

DB
1933
2003
HG

震災時における個人交通需要の 変動メカニズムと需要モデル

崔 宰栄(崔 宰英)

システム情報工学研究科
筑波大学

2003 年 3 月

寄贈
崔 宰英氏

04016901

〔目 次〕

要旨

.....	3
-------	---

第 1 章 序

1.1 研究背景と目的	7
1.1.1 交通需要分析の位置付け	7
1.1.2 防災計画での交通需要	9
1.2 研究の概要	11
1.3 研究対象の概要	17

第 2 章 交通需要のパラダイム

2.1 交通需要のパラダイムの変遷	23
2.1.1 1950 年代の交通政策・計画	23
2.1.2 1960 年代の交通政策・計画	25
2.1.3 1970 年代の交通政策・計画	26
2.1.4 1980 年代の交通政策・計画	28
2.1.5 1990 年代以降の交通政策・計画	29
2.2 災害時交通需要のパラダイム:交通需要統合空間概念 (Unidimensional Travel Demand Conception; UTDC)	32
2.2.1 災害時交通需要のパラダイム	32
2.2.2 交通需要統合空間概念(UTDC)の概要	34
(1) 交通需要空間の集合的概念	34
(2) 交通需要統合空間概念(UTDC)の概要	35
2.2.3 交通需要統合空間概念(UTDC)での 交通需要の形成プロセス	38
2.2.4 交通需要統合空間概念(UTDC)のダイナミクス	39

第3章 震災後の短期交通需要の変動構造

3.1 分析データの概要	45
3.2 震災後の短期交通需要の変動特性	51
3.2.1 個人交通需要の変動特性	51
(1) 1日交通需要の日変動	51
(2) 時間別交通需要の変動	52
(3) 通行目的別交通需要の変動	53
(4) 交通手段別交通需要の変動	56
(5) 地域別交通需要の変動	57
(6) 避難交通需要の発生状況	60
3.2.2 車両の運行特性	61
(1) タクシー	61
(2) バス	62
3.3 交通需要変動の要因分析	63
3.3.1 分析モデルの検討	63
3.3.2 交通需要変動の要因分析	65
3.4 まとめ	71

第4章 震災直後の交通需要変動へのレスポンス構造

4.1 分析データの概要	77
4.2 震災直後の交通需要変動へのレスポンス特性	81
4.2.1 地震発生直後の交通状況	81
(1) 地震発災時の居場所	81
(2) 地震発災直後の交通手段分担状況	81
4.2.2 交通需要の変動	82
(1) 交通需要の発生状況	82
(2) 交通需要の時間変動	83
4.2.3 交通需要変動へのレスポンス	84
(1) 通行目的変更へのレスポンス	84
(2) 交通手段変更へのレスポンス	85
(3) 通行経路変更へのレスポンス	86
(4) 通行時のレスポンスと情報入手	87
4.3 交通需要変動へのレスポンス要因分析	88

4.3.1	交通需要変動へのレスポンスと諸要因との関連性	88
4.3.2	交通需要変動へのレスポンス要因	90
(1)	交通手段変更へのレスポンス要因	92
(2)	通行経路変更へのレスポンス要因	93
(3)	通行時の情報入手へのレスポンス要因	94
(4)	通行経路変更へのレスポンス理由	95
4.4	まとめ	98

第5章 震災直後の避難交通需要特性

5.1	分析データの概要	103
5.2	震災直後の避難交通需要特性	106
5.2.1	避難交通需要の発生特性	106
(1)	避難交通需要の発生状況	106
(2)	避難交通需要の時間変動	108
(3)	避難交通需要の避難理由	109
5.2.2	避難交通需要の分布特性	110
(1)	避難交通需要の避難先別分布	111
(2)	避難交通需要の避難先別平均時間係数の変動	111
(3)	避難交通需要の避難先別距離分布	112
5.2.3	避難交通需要の交通手段分担特性	113
(1)	避難交通需要の交通手段分担	113
(2)	避難交通需要の交通手段別平均時間係数の変動	114
(3)	避難交通需要の交通手段別距離分布	114
(4)	避難交通需要の交通手段別避難先	115
5.3	避難交通需要の要因分析	117
5.3.1	分析モデルの検討	117
5.3.2	避難交通需要の要因分析	119
5.4	まとめ	123

第6章 震災直後の避難発生交通需要モデル

6.1	モデル変数の概要	127
6.2	モデル変数の関連性分析	130

6.3 需要モデルの構築と適合性検定	134
6.3.1 モデリングのあり方	134
6.3.2 構築モデルの概要	135
6.3.3 需要モデルの構築	137
6.3.4 構築モデルの適合性検定	140
6.4 まとめ	146

第7章 結

7.1 研究のまとめ	149
7.2 政策的含意	157
7.3 今後の課題	160

謝辞	162
----------	-----

◆引用・参考文献

1. 引用文献	165
2. 参考文献	176

◆付録

・付録目次	187
1. 交通政策・計画などの変遷	
1.1 時代別変遷	189
1.2 英文の略語	194
2. 地域防災計画での交通管理対策(道路交通規制)の事例	
2.1 東京都地域防災計画	197
2.2 広島市地域防災計画	203
2.3 災害時交通規制関連法	209
2.4 災害時交通規制除外車両用標章の種類 (阪神・淡路大震災)	211

3. パーソントリップのとり方	
3.1 トリップの概念	212
3.2 トリップの事例	212
3.3 非トリップの事例	215
4. 災害後通行調査:平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震	
4.1 パーソントリップ調査票	216
4.2 車両運行特性調査票(タクシー用)	220
4.3 車両運行特性調査票(バス用)	221
5. 災害時通行調査:平成 13 年(2001 年)芸予地震	
.....	225
6. 被災地での住民行動実態に関するアンケート	
:平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震	227
7. サンプル抽出率の計算プロセス	
.....	230
8. 交通需要の時間変動について	
.....	233
9. グラフィカル分析のプロセス	
.....	236
Research Summary	
.....	241

〔表 目 次〕

第 1 章 序

表 1.1 研究の概要	13
表 1.2 分析データの概要	17

第 2 章 交通需要のパラダイム

表 2.1 阪神・淡路大震災時の交通管理対策(交通規制)	33
表 2.2 阪神・淡路大震災時の交通規制除外車両用標章の交付状況	33
表 2.3 発震後の時期別災害緊急活動の推移	37

第 3 章 震災後の短期交通需要の変動構造

表 3.1 地震及び桧山支庁の被害概要	46
表 3.2 調査概要	47
表 3.3 短期交通需要の変動特性	59
表 3.4 多重分散分析に考慮した要因とモデル	64
表 3.5 モデルの解析精度	64
表 3.6 1 人当りトリップ数に及ぼす年齢及び職業の影響度	65
表 3.7 1 人当りトリップ数に及ぼす各カテゴリー別影響度	66
表 3.8 個人属性別短期交通需要変動 (平均順位変動量)の増減特性	68

第 4 章 震災直後の交通需要変動へのレスポンス構造

表 4.1 地震及び広島市の被害概要	78
表 4.2 調査概要	80

表 4.3 通行内容(交通手段, 通行経路)の変更理由	82
表 4.4 交通需要変動へのレスポンスと諸要因との関連性(χ^2 検定)	89
表 4.5 交通需要変動のレスポンスモデル(ロジスティック回帰)	90
表 4.6 社会的アクティビティと通行経路変更理由	97

第 5 章 震災直後の避難交通需要特性

表 5.1 地震及び神戸市の被害概要	104
表 5.2 分析データの概要	105
表 5.3 避難交通需要の発生状況	106
表 5.4 多重分散分析に考慮した要因とモデル	117
表 5.5 各モデルの分析精度	118

第 6 章 震災直後の避難発生交通需要モデル

表 6.1 設定したモデル変数	128
表 6.2 避難発生交通需要と諸変数の近似曲線推定	133
表 6.3 避難発生交通の需要モデル	138
表 6.4 <i>FNN</i> モデルのネットワーク構成	139
表 6.5 構築モデルの適合性検定	142

〔図 目 次〕

第 1 章 序

図 1.1 4 段階推計法の予測プロセス	7
図 1.2 人々の「時間-空間-活動」の動的推移	8
図 1.3 研究の構成	14

第 2 章 交通需要のパラダイム

図 2.1 地震発生から事業所従業員の出勤日	32
図 2.2 交通需要空間の集合的概念	34
図 2.3 交通需要統合空間概念(UTDC)の概要	35
図 2.4 交通需要統合空間概念(UTDC)での 災害時個人交通需要の形成プロセス	38
図 2.5 交通需要統合空間概念(UTDC)のダイナミクスと 災害時の交通需要管理(TDM)領域	40

第 3 章 震災後の短期交通需要の変動構造

図 3.1 研究対象地域	46
図 3.2 調査項目別調査対象期間	47
図 3.3 バスの運行路線図	48
図 3.4 1 日交通需要の日変動	51
図 3.5 地震後と平常時の曜日係数の比較	52
図 3.6 非通行理由	52
図 3.7 時間別交通需要の変動	53
図 3.8 通行目的別交通需要の変動	54
図 3.9 通行目的別交通需要変動の増加パターン	55
図 3.10 通行目的別交通需要変動の減少パターン	55
図 3.11 交通手段別交通需要の変動	56
図 3.12 交通手段別交通需要変動の増減パターン	57

図 3.13 地域別交通需要の変動	58
図 3.14 地域別交通需要変動の増減パターン	58
図 3.15 地域別道路被害	59
図 3.16 発震からの避難開始時間の分布	60
図 3.17 避難所要時間の分布	60
図 3.18 平常時と避難時の交通手段の比較	60
図 3.19 平常時と避難時の平均乗車人数の比較	61
図 3.20 タクシーの1日車両走行距離と乗客数の変動	61
図 3.21 タクシーの運行特性変動の理由別回答数	62
図 3.22 バス乗客数の変動(ピーク時)	62
図 3.23 要因別交通需要総変動量の推移	68
図 3.24 時期別交通需要変動(平均順位変動量)の相関	70

第4章 震災直後の交通需要変動へのレスポンス構造

図 4.1 研究対象地域	78
図 4.2 地震発生時の居場所	81
図 4.3 交通手段分担率(地震発生時)	82
図 4.4 交通手段変更理由(地震直後)	82
図 4.5 非通行理由	83
図 4.6 交通需要の時間変動	83
図 4.7 通行目的の変更	84
図 4.8 通行目的変更の内訳	84
図 4.9 交通手段の変更	85
図 4.10 交通手段変更の内訳	85
図 4.11 通行経路変更の時間変動	86
図 4.12 通行経路の変更理由(複数回答)	86
図 4.13 通行内容の変更と情報入手状況	87
図 4.14 通行時の情報入手媒体(複数回答)	87
図 4.15 交通手段変更へのレスポンス要因	92
図 4.16 通行経路変更へのレスポンス要因	93
図 4.17 通行時の情報入手へのレスポンス要因	94
図 4.18 性別通行経路変更理由	95

図 4.19 年齢別通行経路変更理由	95
図 4.20 職業別通行経路変更理由	96
図 4.21 地震による交通需要変動のレスポンス構造	97

第 5 章 震災直後の避難交通需要特性

図 5.1 研究対象地域	104
図 5.2 市区別全壊棟数率と全壊棟数当たり死者数(非堅牢)	107
図 5.3 避難交通需要の時間変動	108
図 5.4 避難開始時期別避難理由(複数回答)	110
図 5.5 避難交通需要の避難先別分布	111
図 5.6 避難交通需要の避難先別平均時間係数	111
図 5.7 避難交通需要の避難先別距離分布	112
図 5.8 避難交通需要の交通手段分担	113
図 5.9 避難交通需要の交通手段別平均時間係数	114
図 5.10 避難交通需要の交通手段別距離分布	115
図 5.11 避難交通需要の交通手段別避難先	115
図 5.12 避難交通需要に及ぼす諸要因の関連	119
図 5.13 避難発生交通に及ぼす要因別カテゴリー影響度	120
図 5.14 避難先別分布交通に及ぼす要因別カテゴリー影響度	121
図 5.15 避難交通手段分担に及ぼす要因別カテゴリー影響度	121

第 6 章 震災直後の避難発生交通需要モデル

図 6.1 避難発生交通需要と諸要因との関連	131
図 6.2 避難発生交通需要と諸要因との散布図	132
図 6.3 ニューラルネットワークの基本構成	135
図 6.4 Fuzzy ARTMAP Classification ネットワークモデル	135
図 6.5 避難発生交通需要の実際値と予測値との相関:FNN モデル(I・II)	143
図 6.6 避難発生交通需要の実際値と予測値との相関:関数モデル(III・IV)	143
図 6.7 避難発生交通需要の実際値と予測値との相関:関数モデル(V)	144
図 6.8 予測誤差率の度数分布(累積構成比率)	144

要 旨

要 旨

要 旨

地域での生活や社会・経済活動は、人や財貨、情報の流れ(いわば交通)により成り立っており、その円滑な遂行、維持、改善、管理等を行なうため、国や自治体は、安全で快適な社会や都市・地域づくりの工夫を行なっている。そのよう中、防災政策や計画は、災害時の迅速な救助や消火活動による人的・物的被害の拡大防止(安全確保)を第一としており、その後も、孤立地域への早期啓開・現状復旧を、復旧・復興段階の最大目標としている。とりわけ、防災政策(計画)は、組織的な災害時緊急交通の円滑な処理に最優先のプライオリティーを置いている。

一方、非組織的な人々の交通は、災害時の物理的規制の政策対象となっており、本来のあるべきその円滑な管理(維持、改善など)の対象までは至らず、政策や計画の空白領域となっている。そのため、通常的生活や社会・経済活動での交通が災害の影響を受け、どのように反応しどのように変動するのか、その特性やメカニズムに関する基本情報すら、十分に蓄積されてない状況である。

そこで、本研究では、防災計画と交通計画の境界領域である災害時のパーソントリップを対象に、防災政策(計画)、とくに災害時の総合的な交通需要管理政策への展開に必要とする基本情報に資することを目的とし、震災時の交通需要特性分析と需要モデル構築を、実証的かつ体系的な計量分析を試みた。

第1章では本研究の背景と目的について、第2章は交通需要パラダイムの(平常時・災害時)考察、第3章は震災後の短期交通需要変動の構造分析、第4章は震災直後の交通需要変動のレスポンス構造の分析、第5章は震災直後の避難交通需要の特性分析、第6章は震災直後の避難発生交通需要のモデル構築、第7章では各章のまとめと結論および課題を述べる。以下に、明らかになった震災時の交通需要変動などの主な分析結果を示す。

はじめに、震災後の短期交通需要変動の構造分析(第3章)では、「平成5年(1993年)北海道南西沖地震(平成5年7月12日、月曜日、22時17分発生)」を取り上げ、北海道桧山支庁管内でパーソントリップ(PT)調査を行なった(有効サンプル1,016人)。その結果、地震発生当日には、平常時の1日通行量の45.5%に相当する避難通行量が1時間以内に発生し、そのうち56%が乗用車によって避難しており、地震後、登校・出勤目的の通行は減少し、業務・買い物目的の通行は増加している。震災後の交通需要の変動要因としては職業と年令が大きな影響を及ぼし、特に、販売・運輸・学生・教育・無職の職業と20代未満・30代の年令層の与える影響が大きいことが判った。

つぎに、震災直後の交通需要変動のレスポンス構造の分析(第4章)では、「平成13年(2001年)芸予地震(平成13年3月24日、土曜日、15時28分発生)」を対象

とし、広島市でPT調査を実施した(有効分析サンプル1,038人)。その結果、地震発生当日の交通需要は本来の交通需要より4.4%増加し、地震発生1時間後の16時台にピーク時間帯(28.0%)を形成した。特に、帰宅から乗り換え目的へ、鉄道から乗用車へのレスポンスが、転換交通需要の最も多くを占める(各々34.8%, 38.1%)。震災直後の交通需要変動へのレスポンス(経路変更)要因として、若い年代層、社会的な拘束度の低い層、同伴者の少ない高いモビリティのトリップ、長(時間)距離の低いアクセシビリティのトリップ、通行時の情報入手のトリップなどが有意な影響を及ぼすことが明らかになった。

つづいて、震災直後の避難交通需要の特性分析(第5章)では、「平成7年(1995年)兵庫県南部地震(平成7年1月17日、火曜日、5時46分)」「阪神・淡路大震災」を取り上げ、神戸市で行われた既存アンケート調査を用いた(有効分析サンプル1,469世帯)。その結果、未明に発生した発災当日の避難交通は3つのピーク時間帯(朝、昼、夜)を形成するパターンで、平常時の都市部のパターンと類似しており、被害度が一定水準を超える場合(ここでは住宅全壊率45%以上)、被害度の増加による避難交通の増加傾向は鈍化する。また、避難先別分布交通は、避難先までの距離が交通抵抗となって距離が遠くなるほど減っており、公共性の高い避難先ほどモビリティの低い徒歩という避難交通手段が多くを占める。避難交通需要に影響を及ぼす要因は世帯特性と被害特性で、家族数の少ない世帯、乳幼児のない世帯、被害程度が高い地域での世帯ほど、避難交通を発生しやすい傾向である。

最後に、震災直後の避難発生交通需要のモデル構築(第6章)では、阪神・淡路大震災の発災当日の避難発生交通需要を対象に、ファジー・ニューラルネットワーク(FNNモデル)を用いて需要モデルを構築した。その結果、既存関数モデルと近似曲線推定による諸要因との関連分析では、相関係数 r (-0.143~0.579)や決定係数 r^2 (0.453~0.614)が6割以下の低い水準で、既存モデルやそのあり方に限界を露呈しているのが確認された。一方、本研究で考察された逐次モデリングによるFNNモデルのFuzzy ARTMAP Classificationモデルの適合性は、既存モデルより約2~9倍の高い精度で評価された。また、FNNモデルにより、避難発生交通需要に影響を及ぼす要因が、世帯の動きやすさ(平均世帯人数)、地域における情報入手の容易さ(情報伝達尺度)と地震による直接的な物理的被害度(全建物全壊率、集合住宅全壊率)であると分析されるなど、FNNモデルの有効性を実証した。

以上の分析結果から、災害の発生時期や規模、地域特性の違いにより短絡的ではあるものの、災害時の交通需要は、周期性、復帰性、ピーク性、類似性を持って変動しており、また交通需要の変動には被災からの直接な影響に加え、トリップ発生源のアクティビティ、トリップのアクセシビリティ、モビリティ、情報性により規定されていることが明らかになった。

第 1 章 序

1.1 研究背景と目的

1.1.1 交通需要分析の位置付け

1.1.2 防災計画での交通需要

1.2 研究の概要

1.3 研究対象の概要

第1章 序

1.1 研究背景と目的

1.1.1 交通需要分析の位置付け

システムの規模にかかわらず、それに要する運用、整備、管理、評価などに欠かさない要素は、システム全体のニーズを把握することである。システムのニーズ、すなわち、需要というのはシステム構築の出発点であり、把握された需要は、当該システムに対し、マクロ的な情報を提供するとともに、ミクロ的にはその需要を前提とした他のサブシステムへの情報をも提供するものである。したがって、不十分な検定や低い精度の需要把握は、それによる誤差が大きければ大きいほど、その誤差が連鎖的に次から次へ蓄積され、システム全体に大きな歪みを生じさせるおそれがある。また、社会のあらゆる分野でのニーズは、人それぞれが持つ個性、地域や社会の自然、文化、政治、経済環境などの違いにより、需要特性もさまざまであるため、当該システムでの精度の高い需要把握が求められるだろう。

とくに、交通計画では、パーソントリップを中心とした需要分析と予測の重要性を鑑み、デトロイトやシカゴを始めとし、1950年代から積極的な研究や計画段階への応用が図られ、図1.1に示す伝統的な4段階推計法¹⁾をベースとした多数の理論体系やモデルの開発^{2), 3)}などが行なわれた。その結果、現在の精度の高い需要予測モデルや分析手法の下で、交通施設計画、交通需要管理、交通事業案の作成や評価など交通政策の決定に至るまで、数多く用いられている。

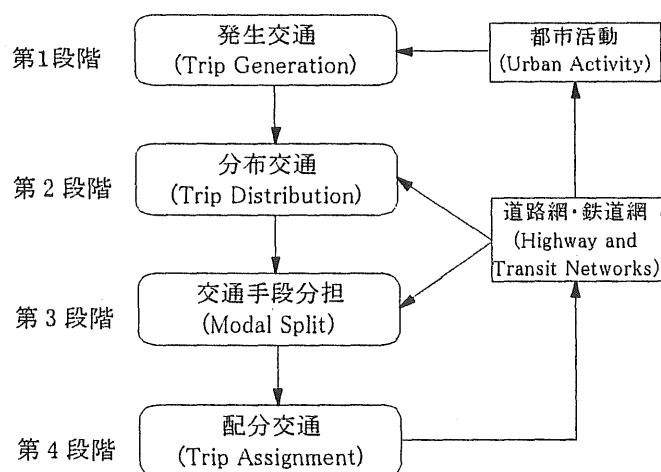
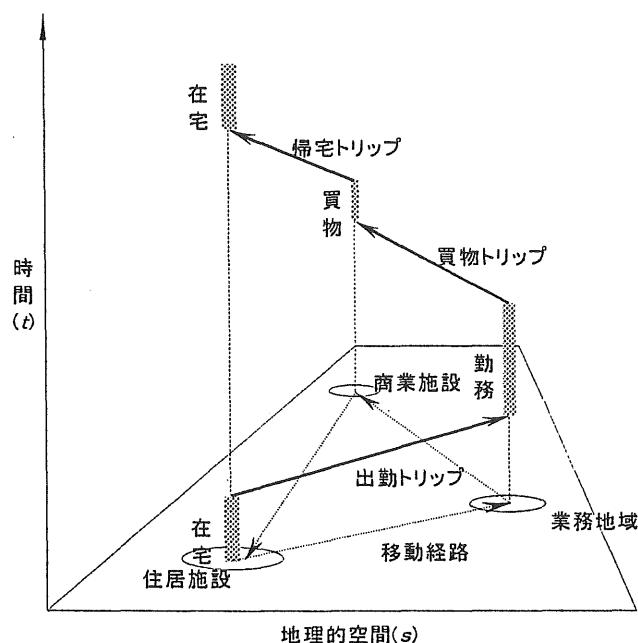


図1.1 4段階推計法の予測プロセス

一方、大都市域で大規模な災害、とくに震災が発生した場合、平常時とは全く異なる交通需要が生じると指摘^{4)~9)}されている。とくに、震災時の人々や物資の交通上での様々な問題は、平成7年に発生した阪神・淡路大震災を契機に顕在化し、災害時の交通需要マネジメント (Transportation Demand Management; TDM)に関する関心が

高まり、多くの研究が報告されている。しかし、これらの研究は、震災後の道路交通の状況や交通行動を中心としたものが多く^{10)~12)}、交通需要の変動メカニズムとその要因分析、理論などに関する研究は、現在まで検討された例は少ない^{13), 14)}。

従来、日本での災害対策、とくに、地震災害における道路防災計画は、道路施設の液状化対策、耐震性や高規格幹線道路網の強化¹⁵⁾、災害時における交通の規制(災害対策基本法第 76 条)など、主に管理者の観点から構造的、かつ物理的な対策実施という施策展開を図ってきた。そのため、災害時の交通需要管理政策に必要とする基本情報(intelligence needs of policy)¹⁶⁾は、活用できるほど十分な研究成果が蓄積されているとは言えない状況である。



注) ハーガーストランドの時空間経路¹⁷⁾を基とし、作成したものである。

図1.2 人々の「時間-空間-活動」の動的推移

(マグニチュード 7.1)と平成 6 年 1 月 17 日にサンフェルナンドバレーで発生したノースリッジ地震(マグニチュード 6.7)時の HOV (High Occupancy Vehicle)車線の運用による需要管理^{5), 7), 9)}や、人災ではあったものの、平成 13 年 9 月 11 日、同時多発テロ事件が発生したニューヨーク市では、交通規制とともに交通需要管理政策の 1 つとしてカープール制を発災数日後から一部地域で導入し、マンハッタンの交通渋滞緩和に少なからず、効果があったと報告されている¹⁸⁾。

以上のようなことから、今後の防災計画において、従来の管理者を中心とした施設的、物理的な対策だけではなく、交通需要発生源を直接的にコントロールする需要管理への施策展開が必要とされるため、災害時の交通需要分析に関するニーズは一層高まるものと予想される。

災害時の交通需要管理は、時間的なフェーズの推移につれ、その内容やニーズなども異なり、交通需要発生主体である通行者の属性や通行特性、またその地域の交通システムなどによって、大きく影響を受ける。とくに、人々の活動(通行)は、図 1.2 に示すように、時空間の推移とともに目的を達するための動的な特性を有し、常時可変的である。

一方、アメリカでは、平成元年 10 月 17 日にサンフランシスコ

コで発生したロマ・プリエタ地震

1.1.2 防災計画での交通需要

防災計画立案に必要な需要の一つとして、災害時の人的・物的被害状況がある。災害時の人的・物的被害状況は、これらを基にした避難、消防、救助・救済、復旧、復興対策やこれらに伴う資機材・人材の配置、運営、財政計画などに必要とする基本指標である。また、現在、日本では、地震時の被害想定・推定システムをはじめ、危険度評価や復旧、消防支援に関するシミュレーションシステムなどが数多く開発されている。これらは積み重ねた研究から得られた地震時の被害状況などを基礎情報とし、構築されたシステム^{19)~21)}である。

とくに、災害時緊急交通を対象としたネットワーク評価や避難計画を支援するため開発されたシミュレーション研究は、日本や海外で数多く報告されているものの、シミュレーションの入力値の一つである避難を含む災害時緊急交通需要(交通量)は、その本質や需要予測などに関する厳密な議論もせず初期交通として用いられ(また、現時点ではこれらに関する研究はない)、交通量の配分システムやアルゴリズムに焦点を置いた研究^{22)~35)}が多くを占める。

このように、災害時の交通需要に関する詳細な研究がほとんど行われてないうえ、災害時の交通に関する政策展開は、災害時の組織的活動である災害時緊急交通の円滑な処理に、政策目標の第1プライオリティを置いている。しかしながら、阪神・淡路大震災の事例では、地震発生から3日以内で企業の従業員の約5割弱が出勤し、災害発生の早い段階から社会・経済活動は動き始めていたと報告¹²⁾されている。

そのため、人々の生活や社会・経済活動での派生的な需要である交通、とくに非組織的な個人交通(パーソントリップ)は、災害時緊急交通のための警備活動の一環としての交通規制の対象となっており、本来あるべきその円滑な管理(遂行、維持、改善など)の対象までは至らず、防災計画や政策の空白領域となっている。

一方、災害時の交通需要のうち、緊急交通の一つである避難交通(非組織的な活動)に関する需要分析や予測レベルでの研究においても、現在までほとんど検討された例^{36)~40)}はなく、ある限定された条件などが設けられている。また、多くの地域における地震被害想定では、避難需要として避難者数の設定を全員避難という前提条件で国勢調査に基づく夜間人口や昼間人口によって設定しており、あるいは発災1日後の避難者数を、自宅建物の被害程度(全壊・焼失、半壊、被害軽微・被害なし)別避難率により対象地域に一律的に、さらにその値の根拠(ただし、阪神・淡路大震災での調査値であることは示しているものの)や関連性などをも明らかにせず算定に用いる状況である^{41), 42)}。

また、災害発生後、道路施設などの被災により、交通機能の大幅な低下の中で、

避難交通は、徒歩だけではなく車両をも利用し、世帯を中心に、短時間に多く発生していると指摘されている^{6), 13)}。そのため、避難交通の安全確保や誘導に重大な支障をきたすばかりでなく、最も重要である初期段階の円滑な救助・救援活動や消防活動、および、その後の復旧活動にも大きな影響を及ぼしている。このような問題は、阪神・淡路大震災時にも議論されるなど、避難交通の需要把握は、重要な課題となっている。

したがって、避難交通の需要把握は、避難施設の計画、避難路の確保と誘導計画や施策立案、評価などの基礎指標として提供されるため、重要な位置を占める。しかし、災害時の避難に関しては、避難という事象を質として取り上げ、避難者の避難行動や意識などに着目した研究は多数行われている^{36)~40)}。一方、通常の人々の活動は図 1.2 に示したように、時空間の推移とともに、活動目的を達成していく動的特性を有するため、避難者数の算定に関する既存の考え方では、人々の動きを精度高く防災計画などへ反映するには限界がある。

また、交通計画において、地震時の避難交通需要を対象とした研究は、現在まで検討された例もなく、消費者行動理論や効用理論などをベースとする通常交通需要モデルでは、避難交通需要を説明し切れない部分が多い。このように、地震時の避難交通は、防災計画や交通計画との間に接点を持つ交通という共通領域で位置付けられるにもかかわらず、既存研究はほとんどない⁴³⁾。

このように、本研究は、

- ①交通需要分析の位置づけからみる需要分析の重要性
- ②平成 7 年の阪神・淡路大震災以降の災害時交通問題に関する社会的な関心の増加による社会的な必要性
- ③災害時交通需要管理政策の不在及び政策対象の多元化の必然性
- ④災害時の交通需要に関する情報不足と需要モデルの研究欠如

などを背景としている。

そこで、本研究は、防災計画と交通計画の境界領域である災害時のパーソントリップを対象に、災害時の総合的でかつ柔軟な交通需要管理政策への展開に必要なとする基本情報に資することを目的としている。そのため、災害時の交通需要はどのようにレスポンスし、どのように変動するのか、またそのメカニズムはどうなっているのかを明らかにするとともに、避難交通需要モデルの構築を試みるものである。また、本研究の目的を達成するために、震災時の避難交通を含む交通需要の変動(レスポンス)特性やそのメカニズムと、避難交通需要モデルの構築を主として、パーソントリップ調査と既存調査に基づき実証的、かつ体系的な計量分析を行なうこととする。

1.2 研究の概要

本研究の目的(災害時の交通需要変動(レスポンス)の特性とメカニズムの究明, 避難交通需要モデルの構築)を達成するため, 3 つの災害を対象として, 震災時のパーソントリップを研究対象とし, 主に図 1.1 での第1段階の発生交通(trip generation)の内, 生成交通(trip production)を取り上げ,

- ①発震後の短期交通需要(第3章)
- ②発震直後の当日交通需要(第4章)
- ③発震直後の当日災害時緊急交通需要(第5, 6章)

の3つの交通需要を用いる。

ここで, 当日と短期という時間範囲は, 防災計画において最も混乱している時期と認識されている時間単位である。地震発生直後の当日は, 地震による恐怖や情報の錯綜のなかで, 状況確認や安全確保などを目的とする非組織的な個人活動と, 人命救助や災害拡大の防止などを目的とする組織的な活動が, 短時間に集中的に発生する非常に混乱している時期(混乱期)である。

また, 地震発生後の短期, とりわけ救援期を含む発災後1週間での応急復旧期は, 生活環境の確保を目的とする非組織的な個人活動と, 被災者支援と緊急措置のための組織的な活動が, 大量かつ不規則に発生する(応急復旧期)とともに, 地震発生の早い段階から個人の社会・経済活動がなされ始め, 交通上の混乱や渋滞を深刻化させる時期でもある。そのため, これら時期での交通需要に関する研究が最も必要とされるだろう。

一方, 各時期ごとの交通需要の把握・分析に当たって, 1つの地震災害を対象とし調査分析を行なうのが最も望ましいが, 1つの震災に対し1回のパーソントリップ調査で, 分析に相応しいデータを収集するのは, 極めて困難である。なぜなら, 地震発生後, 直ちに被災地に入り調査を行なうのは被災者の心境上不可能なもので, 調査は, 被災地の状況が落ち着いた数週間から数ヶ月後にならざるを得ないものである。また, 各分析目的(時系列的な短期交通需要の変動特性分析, 当日のレスポンス特性分析, 当日の避難交通特性分析)によっては, その質問の仕方や調査内容の相違, パースントリップに関する調査内容が膨大となり, 回答者への負担や記憶による調査データの信頼性への問題など, 災害特有の事情を抱えているからである。その上, 個人レベルでの調査研究に関する制約などの限界も内在する。そのため, 本研究では, 長い年月をかけ独自で行なった2回(平成5年, 平成13年)のパーソントリップ調査データ(第3章, 第4章)と, 組織的に行なわれた(平成7年)既存調査データ(第5章, 第6章)を用いる。

また、交通需要の研究対象範囲は、上記の時間的範囲に応じ適切な内容で対応できるように設定する。しかし、前述したように、今まで災害時の交通需要に関する厳密な研究はなく、本研究によるものが初めて試みることもあり、災害時交通需要特性に関する全体図を明らかにする必要性も求められることから、段階的ではあるものの、

- ①短期交通需要の変動分析(第3章)
- ②当日交通需要のレスポンス分析(第4章)
- ③当日避難交通需要の特性分析(第5章)
- ④当日避難発生交通需要のモデル構築(第6章)

という流れで、研究対象の時間的な範囲を段階的に絞っていき、研究内容を深めるように構成した。

一方、災害時交通需要変動(レスポンス)に対する需要モデルは、各章で用いた交通需要別に構築するのが最も望ましい。しかし、災害による交通需要の変動は、後述の図 2.4 で示すようなレスポンス内容となっているため、それらを対象とする需要モデルの構築は、課題(第7章)で示しているように、最終的には全体的な総合的観点からの研究が必要である。また、その研究には、膨大な作業量(平常時の伝統的な4段階推計法では、各段階別に多くの需要モデルがあるように、図 2.4 で示す災害時の各需要別モデルの数も多くなる)を求められるため、本研究の対象とするためにはさまざまな制約を伴う。このようなことから、本研究では、現在の防災計画のなかで、唯一需要量として用いられている避難需要の算定手法の問題点に着目し、主に第6章では、災害時緊急交通需要のうち、避難発生交通を取り上げ、需要モデルを構築することとする。

表 1.1 には本研究の概要を、図 1.3 には各章の研究構成を示す。

はじめに、第1章、本章では、研究の背景とその目的を明確にするため、災害時交通需要管理政策の観点から、実態領域、問題領域、研究領域での現状や課題などを考察、整理するなど、主に

- ①交通需要分析の位置付け、防災計画での交通需要に関する政策実態や問題、研究動向からの現状や課題を整理し、需要分析の重要性と必要性の分析
- ②各章の概要及び分析に用いる各データ(災害、地域など)の違いなどを取りまとめた研究概要の要約

の2項目で構成される。

表 1.1 研究の概要

区 分	研究対象	研究内容	分析手法
第 1 章	・交通需要分析の位置付け, 防災計画での交通需要に関する課題分析による研究の背景及び目的の考察 ・研究の概要		
第 2 章	・交通政策, 計画などの変遷のまとめによる交通需要のパラダイムのレビュー ・災害時の交通需要のパラダイムの分析と, その概念化		
第 3 章	短期交通需要 ¹ (パーソントリップ)	時系列変動分析 要因分析	時系列分析 多重分散分析
第 4 章	当日交通需要 (パーソントリップ)	レスポンス特性分析 要因分析	χ^2 検定 ロジスティック回帰分析
第 5 章	当日避難交通需要 (パーソントリップ)	需要の特性分析 要因分析	クロス分析 グラフィカル分析 ² 多重分散分析
第 6 章		避難発生交通需要 のモデル構築	グラフィカル分析 ² 近似曲線推定分析 ファジー・ニューラルネットワーク理論
第 7 章	・災害時交通需要管理政策の観点から, 各章の研究成果の要約とその政策的含意, 及び今後の課題整理		

注) 1. 車両(タクシー・バス)運行の時系列変動特性をも分析する。

2. グラフィカル分析: 詳細は, 付録 9 を参照されたい。

つぎの第 2 章では, 交通計画(政策)での交通需要のパラダイムを理解するため, 平常時の交通計画などの主な出来事を既存文献より時系列にまとめ, その変遷をレビューする。また, 災害時の交通需要に関するパラダイムを災害事例から分析し, その問題点を考察するとともに, 今後災害時にあるべき交通需要のパラダイムを概念化する。その内容は,

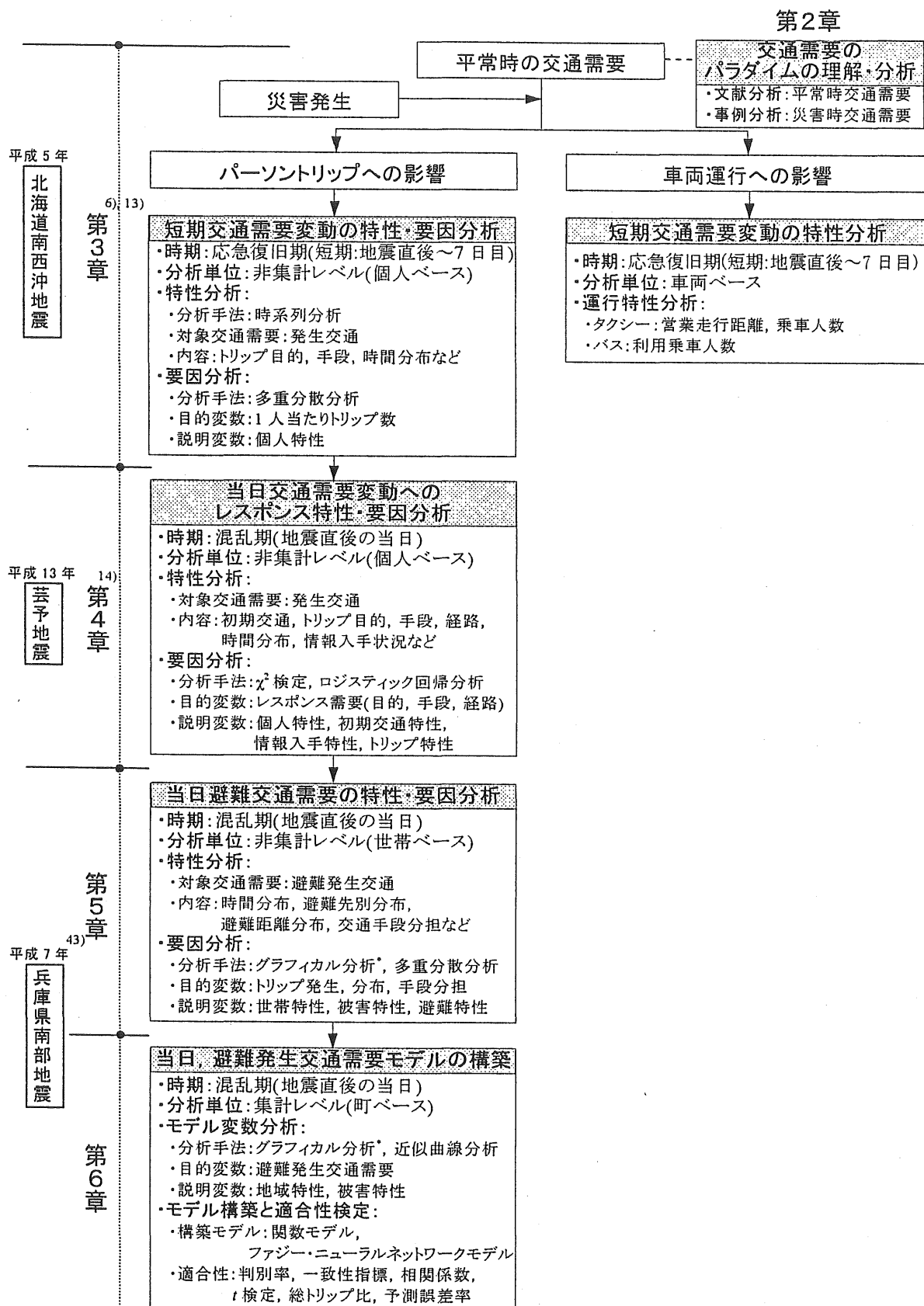
①平常時の主な交通政策(計画)などの変遷を既存文献よりまとめ, 交通需要に関するパラダイムのレビュー

②災害時の交通需要のパラダイムを災害事例から分析し, 今後災害時交通需要管理政策でのあるべき交通需要のパラダイムの概念化

の 2 項目で構成される。

つぎに, 第 3 章では, 震災時の交通需要の全体的な時系列変動特性やその変動要因を明らかにすることを目的とし, 「平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震」を取り上げ, 短期間(応急復旧期: 発震直後～7 日目)での交通需要特性と非集計レベルでの要因分析を行なう。研究内容は, 交通需要の発生源を人と車両に分け,

①人の交通需要(以下, パーソントリップ)を対象とした, 短期間や時間別交通需要(通行目的, 交通手段)変動の特性分析



注) グラフィカル分析: 詳細は、付録9を参照されたい。

図 1.3 研究の構成

- ②パーソントリップのうち、地震発生当日の災害時緊急交通需要(避難交通)の発生特性分析
 - ③公共交通機関(タクシー、バス)の短期間での車両運行特性の変化分析
 - ④短期間でのパーソントリップの交通需要の変動に与える諸要因の分析
- の4項目で構成される。

つづいて、第4章では、第3章の研究範囲(時間的範囲、対象の範囲)から、さらにその研究範囲を絞り込み、地震発生直後の当日の交通需要変動の詳細なレスポンス構造とレスポンスへの影響要因を明らかにすることを目的とし、「平成13年(2001年)芸予地震」を取り上げ、交通需要変動へのレスポンス特性と非集計レベルでの要因分析を行なう。研究内容は、パーソントリップの発生交通需要(通行目的、交通手段、経路)のレスポンス交通を対象とし、主に

- ①地震発生時の初期交通状況分析
 - ②交通需要変更へのレスポンス特性分析
 - ③レスポンス交通需要の内容(内訳)分析
 - ④交通需要変更へのレスポンスの諸要因分析
- の4項目で構成される。

また、第5章では、第4章の研究対象から、さらにその研究範囲を地震発生直後、当日の災害時緊急交通需要の避難交通に着目し、その発生特性とそれに与える影響要因を明らかにすることを目的とし、「平成7年(1995年)兵庫県南部地震」を取り上げ、避難交通需要の発生特性と非集計レベルでの要因分析を行なう。研究内容は、パーソントリップの避難交通需要(トリップ発生、トリップ分布、交通手段分担)を対象とし、主に

- ①時系列(避難開始時期別)の避難交通需要の発生特性分析
 - ②避難交通需要別クロス特性分析
 - ③避難交通需要発生の諸要因分析
- の3項目である。

つぎの第6章では、第5章で分析を行なった避難交通の需要モデルを構築することを目的とし、集計レベルでの避難交通需要発生と関連する諸要因を分析するとともに、その諸要因を投入変数とする需要モデルの構築を行なう。研究内容は、主に第5章で取り上げた避難発生交通需要を対象とし、

- ①避難発生交通需要と諸要因との関連性分析

②避難発生交通の需要モデルの構築

③構築モデルの適合性検定

の3項目である。

最後に、第7章では、災害時交通需要管理政策の観点から各章の研究成果を要約しその政策的な含意をまとめるとともに、今後の課題などを整理し災害時交通需要管理政策の展開や研究での方向性を示す。

1.3 研究対象の概要

ここでは、本研究に用いる研究対象の災害や分析地域及び分析データの概要をまとめ、各研究ごとの前提状況などの違いを表 1.2 に示す。

表 1.2 分析データの概要

区 分		第 3 章	第 4 章	第 5, 6 章
* 災害特性	地震名	平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震 ⁴⁴⁾	平成 13 年(2001 年)芸予地震 ⁴⁵⁾	平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震 ⁴⁶⁾
	発生日時	平成 5 年 7 月 12 日 (月)22 時 17 分	平成 13 年 3 月 24 日 (土)15 時 28 分	平成 7 年 1 月 17 日 (火)5 時 46 分
	地震規模(震源の深さ)	M7.8 (35km)	M6.7 (51km)	M7.2 (16km)
	被害集中地域	北海道(桧山支庁)	広島県(広島市)	兵庫県(神戸市)
	被害額(研究対象地域の被害額, うち道路の被害額)	1,243 億円 (1,046 億円, 34 億円)	252.65 億円 (55 億円, 14 億円)	10 兆円 (6 兆円, 23 億円)
	死者数(研究対象地域)	201 人(20 人)	1 人(なし)	6,433 人 ⁴⁷⁾ (4,571 人)
	避難者数(研究対象地域)	—	545 人(なし)	(236,899 人)
	地震直後の避難勧告	津波警報(22 時 22 分)による避難勧告発令	避難勧告なし	避難勧告なし(個別的な避難勧告あり)
* データ特性	調査内容	パーソントリップ調査 車両運行調査	パーソントリップ調査	住民行動調査
	調査日	平成 5 年 10 月 13 日	平成 13 年 5 月 23 日	平成 7 年 4 月
	調査主体	本研究 ^{6), 13)}	本研究 ¹⁴⁾	既存調査 ⁴⁸⁾
	調査対象地域	桧山支庁管内	広島市	神戸市
	分析有効サンプル数	1,016 人, 21 社(534 台)	1,038 人	2,748 世帯
	研究対象地域(行政区域)	北海道桧山支庁 ⁴⁹⁾	広島県広島市 ⁵⁰⁾	兵庫県神戸市 ⁵¹⁾
* 地域特性	地域区分	地方地域	地方都市圏	3 大都市圏
	立地特性	背山臨海型	背山臨海型	背山臨海型
	5 歳以上人口数	54,995 人 ⁵²⁾	754,609 人 ⁵³⁾	1,359,770 人 ⁵⁴⁾
	面積(行政区域)	2707.07km ²	741.75km ²	547.39km ²
	宅地(地目)面積	11.74km ²	76.17km ²	84.69km ²
	宅地(地目)対人口密度	46.84 人/ha	99.07 人/ha	160.56 人/ha
	道路延長	1,906.1km	3,844km ⁵⁵⁾	5,189.7km
	自動車交通手段分担率	49.3% ⁵⁶⁾	38.8% ⁵⁷⁾	23.6% ⁵⁸⁾
	1 人当たりトリップ数(日)	2.48トリップ/人 ⁵⁶⁾	2.82トリップ/人 ⁵⁷⁾	2.57トリップ/人 ⁵⁸⁾

- 注) 1. 災害特性: 地震規模のマグニチュード(M)が 1 増えるとエネルギーは約 32 倍になる(M6:M7:M8=1:32:1000)。兵庫県南部地震の研究対象地域の被害額は 6 兆円とも言われているが、正確な額を確認できないため参考値までとする。また、北海道南西沖地震での避難者数は公表値の確認はできていないものの、文献 59)より、最も被害の多かった奥尻町での調査世帯の約 8 割弱が、地震発生直後、避難行動を行なったことを確認できる。
2. データ特性: 既存調査では、筑波大学都市防災研究室も参加している。
3. 地域特性: 各統計値は、桧山支庁(奥尻町除外値)は平成 5 年現在値⁴⁹⁾を、広島市は平成 12 年現在値⁵⁰⁾を、神戸市は平成 6 年現在値⁵¹⁾のものである。立地特性での「背山臨海型」とは、背後に山を控えて臨海部に立地する立地型である。また、「背山臨海型」の地域での主要幹線道路は、主に臨海部を沿って位置し、単純な帯状型の道路網となっており、迂回路が少なく、帯状型の幹線道路軸に交通が集中しやすい地域特性を持っている。神戸市での自動車交通手段分担率、1 人当たりトリップ数は、文献 58)から引用した平成 2 年度近畿圏パーソントリップ調査値(建設省)である。

表 1.2 に示したように、研究対象となる地震や地域は、それぞれ異なる特性を持っており、そのため当該地域での各地震による影響なども相違なものである。その特徴はつぎのようである。

はじめに、第 3 章で用いる「平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震(平成 5 年 7 月 12 日、月曜日、22 時 17 分発生、マグニチュード 7.8)」の場合、震動に加えて津波による被害が大きく、深夜 10 時すぎの暗闇のなかで多くの人命(死者 201 人)や被害(被害額約 1 千億円)をもたらした震災である。とくに、地震発生後間もなく津波に襲われた(気象庁により 22 時 22 分、津波警報の発令)北海道桧山支庁管内の奥尻町の被害は、甚大なもので、島南端の青苗地区では火災もあって壊滅状態であったものである。津波の高さは青苗の市街地で 10m を越えたところがあったと報告されている。また、津波警報による避難勧告の発令が出され、非常に短時間で避難交通需要が集中しているため、他の災害とは違った避難特性が認められる。一方、地震の発生が、ほとんどの日常的な社会・経済活動が終わった夜 10 時台であったこともあり、当日の交通需要変動に与える影響は殆どなく、翌日からの時間の経過に伴い交通需要変動への影響が見られた災害である。また、研究対象地域(北海道桧山支庁管内)は地方地域であることもあり、相対的に単純な地域構造や交通施設などの整備水準が低く、自動車の手段分担率が大きいため、複雑な構造の大都市圏に比べ、道路交通を形成する交通需要(パーソントリップ)の変動特性を把握しやすい地域である。

つぎに、第 4 章での「平成 13 年(2001 年)芸予地震(平成 13 年 3 月 24 日、土曜日、15 時 27 分発生、マグニチュード 6.7)」は、瀬戸内海西部の芸予諸島付近を震源とする中規模の地震で、中国・四国地方を中心に西日本の広い範囲で揺れをもたらしたものである。この地震により、中国・四国 7 県で死者 2 人、負傷者 175 人、建物の被害 5 千棟以上等の被害が生じたもので、他の地震と比べ大きな被害はなかつたものである(被害額約 2 百億円)。また、地震による被害は、広島市周辺の海岸部では液状化、広島市と隣接した呉市、今治市等では建物被害が顕著なもので、全体的な被害は、地震の揺れそのものによる直接的な被害の程度は少なかった震災である。一方、地震発生の時刻が、土曜日の午後であったこともあり、平常時に比べ休みによる非通行が多く、また週末の個人目的の交通需要が発生する時間帯であったため、平常時の交通内容とは異なる部分もありうる。また、中規模の地震であったため、震災がもたらした影響は膨大ではなかったものの、調査対象地域(広島県広島市)が、地方都市圏の中心都市であることや、当該地域での平常時交通需要(パーソントリップと道路交通とともに)のピーク時間帯が形成される約 2 時間前の午後に、地震が発生していたため、人々の最も活発な活動時間帯における交通

需要のレスポンス特性を捕らえることが容易なものである。また、地震発生直後、避難勧告の発令もなかったため、自己判断による自主的なレスポンス特性を把握しやすい地域でもある。

最後に、第 5 章と第 6 章における「平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震(平成 7 年 1 月 17 日、火曜日、5 時 46 分、マグニチュード 7.2)」は、活断層の活動による直下型地震で、過去の他の地震と比較して、とくに地震の規模が大きいわけではないが、近代的な大都市部を襲った都市型の震災であった。そのため、非常に大きな被害をもたらし、都市機能などのあらゆる領域に長時間にわたり甚大な影響を与えた地震災害である。被害は、多くの木造家屋、コンクリートの建物のほか、高速道路、新幹線を含む鉄道なども崩壊し、大きな物理的な損害が生じたうえ(被害額約 10 兆円)、また 5 千人以上に上る直接的な死者の多くは、地震発生が早朝であったため、家屋の倒壊と火災により犠牲となった悲惨な震災であった。一方、通常の交通需要は殆ど発生しない早朝であったこともあり、発災直後の通常の交通需要の変動はほぼみられない震災である。また、しかし、限られた情報のなかで、想像を超える地震の衝撃からの安全確保を第一とした個人の避難交通等に加え、消火活動や人命救助などの組織的な交通も発生し、短時間で多くの災害時緊急交通需要が慌ただしく交錯し合い、極めて混乱した状況を招いた震災である。そのうえ、道路施設や沿道での建物などの倒壊による道路閉塞の状況も著しく、それによる交通機能の大幅な低下は更なる交通障害や混乱を深刻化したものである。また、調査対象地域(兵庫県神戸市)は、3 大都市圏の政令指定都市であり、地震による被害の大半(総死者数の約 7 割の死者、20 万人/ピーク日以上避難者の発生など)を占めるなど、震災直後のさまざまな厳しい状況から逃れようとする避難交通のニーズが最も多く発生した地域である。

なお、データ特性の概要は、当該章で述べることとし、ここでは省略する。

第2章 交通需要のパラダイム

2.1 交通需要のパラダイムの変遷

2.1.1 1950年代の交通政策・計画

2.1.2 1960年代の交通政策・計画

2.1.3 1970年代の交通政策・計画

2.1.4 1980年代の交通政策・計画

2.1.5 1990年代以降の交通政策・計画

2.2 災害時交通需要のパラダイム

: 交通需要統合空間概念

(*Unidimensional Travel Demand Conception;*
UTDC)

2.2.1 災害時交通需要のパラダイム

2.2.2 交通需要統合空間概念(*UTDC*)の概要

2.2.3 交通需要統合空間概念(*UTDC*)での
交通需要の形成プロセス

2.2.4 交通需要統合空間概念(*UTDC*)の
ダイナミクス

第2章 交通需要のパラダイム

第2章では、本研究で主題としている交通需要のパラダイムが、交通政策や計画の中でどのように位置づけられ変遷してきたかを、既存文献からレビューするとともに、災害時の交通需要のパラダイムを事例から分析し、その概念化を図る。

2.1 交通需要のパラダイムの変遷^{60)~127)}

地域での生活や社会・経済活動は、人や財貨、情報の流れ(いわば交通)により成り立っており、国や自治体は、その円滑な遂行、維持、改善、管理等を行ない、さまざまな政策や計画などの立案・実施によって安全で快適な社会や都市・地域づくりを工夫している。そのため、交通分野での政策や計画などは生活や社会・経済活動を取り巻く環境やシステムの変化とともに変わりつつあり、また、それらの基本情報となる交通需要のパラダイムも連動し変化している。

そこで、以下に、現代の都市交通計画の母体と言える DMATS (Detroit Metropolitan Area Traffic Study)と CATS (Chicago Area Transportation Study)のあった1950年代以降の日米の主な交通政策や計画などを考察し、交通需要のパラダイムの変遷をまとめる。また、分析時期は単純に10年ごとに区分し、「1950年代」、「1960年代」、「1970年代」、「1980年代」、「1990年代以降」の5つの時期とした。そして、以降のレビューでの個々の政策名などは挙げないが、その詳細は付録1.1を参照されたい。また、アメリカでの組織、法律、政策(計画)名などは略称で書いており、その正式名は付録1.2を参照されたい。

一方、Gakenheimer と Wheaton⁶²⁾は、都市交通計画の学問的な形成によるその発展段階に着目し、第二次世界大戦後の1946年から1975年までを、「概念的発展段階(1946年~1954年)」、「方法論的発展段階(1955年~1964年)」、「定着段階(1965年~1969年)」、「批判的検証・修正段階(1969年~1975年)」の4時期に区分している。

2.1.1 1950年代の交通政策・計画

1950年代は、日米の社会・経済情勢に多少の違いはあったものの、第二次世界大戦後の復興期で、活発な社会・経済開発により幹線道路網が積極的に整備され

るとともに、自動車の大衆化、都市化や住宅地の近郊化、交通渋滞などが顕著化され、都市問題として取り上げられるようになった時期である。

しかし、1950年代後半の頃にモータリゼーションが起こり始めた日本に比べ、1920年代頃から最も早い段階にモータリゼーションを経験したアメリカでは、その問題が非常に深刻なものであった。これは、今まで都市の主要な交通機関であった鉄道、とくに路面電車からバスや地下鉄(新交通システムをも含め)に移り替えるなど公共交通政策への見直しを招いた。

そのため交通計画での需要は、従来の道路交通からパーソントリップ(PT)に移り変わり、1953年に始まったDMATSでは、計画過程にPT調査をベースとした交通需要予測を取り入れるなど、都市交通計画の体系化を図る端となった。DMATSでの交通需要予測は、Mitchell and Rapkin(1954年)により交通需要と活動(土地利用)との関連付けを概念化し、発生交通需要の予測を始め、重力モデルによる分布交通の予測、速度と距離曲線による交通量配分で構成された。しかし、DMATSでの交通需要予測は、将来の土地利用の予測において既存の土地利用計画からの結果をそのまま用いたため、ゾーン間の雇用状況や人口密度の違いによる面積当りトリップ発生・集中率のばらつきが大きくなるなど、さまざまな問題が指摘³⁾された。

このような問題意識の中、現在の都市交通計画の手本となったCATSが、1955年のDMATSでの計画プロセスをベースとし行なわれた。この計画の特徴は、自動車交通機関を中心としたDMATSとは異なり、公共交通機関までを含めた総合的な計画で、コンピュータによる大量のデータ処理や分析などが実施されたことであった。そのため、各交通機関がいかに需要を分担していくかという問題がクローズアップされるとともに、土地利用の予測にはJohn Hamburgらの開発容量という概念を取り入れるなど、多くのモデルが開発された。また、この時期から伝統的な4段階推計法の概念が形成され、以降、多くの都市圏での交通計画にPT調査が普及されるとともに、PT調査などに基づく総合的な都市交通計画を義務づけられた(1962年、FAHA)。

一方、日本は、第二次世界大戦後の復興期の高度経済成長の道を歩み始めた時期で、CATSでの総合的な都市交通計画の概念の導入までは至らず、活発な経済活動による国内輸送能力の増加や効率化を目的とした道路交通中心のインフラ整備が盛んで行なった。そのため、不完全なOD表ではあったものの、1952年の東京都区部で路側調査を初め、最初の全国道路交通情勢調査(1958年)が実施されるなど、交通量調査の体制を整えていた。

このように1950年代は、活発な経済活動などによる自動車の普及や都市化が急速に進み交通問題などが顕在化され、道路交通を中心とした政策を展開する中、パーソントリップをベースとする総合的な都市交通計画が萌芽した時期であった。

2.1.2 1960年代の交通政策・計画

1960年代は、1950年代でのDMATSとCATSの総合的都市交通計画の試みが、制度的に体系化(1962年, FAHA)されるなど、アメリカ全州や日本などで普及され、確立し始めた時期である。

また、1960年代の日米での交通計画の目標は、社会経済活動に伴い発生する交通の効率的な処理のため、交通施設の新設や改築に重みが置かれた。とくに、アメリカ都市部での交通計画は、費用・便益の問題だけではなく、事故、渋滞、アクセシビリティの低下、騒音、大気汚染、地域住民との合意形成などの問題領域まで考慮することとなった。そのため、総合的交通計画の立案(1962年, FAHA)、環境影響評価、公聴会など(1969年, NEPA)が求められた。一方、自動車普及の継続的な増加、道路網の拡大、人口の郊外移転などによる公共交通利用者の減少は、公共交通機関の財政危機を招き、財政補助や新たな都市交通システムの開発など、積極的な公共交通政策が展開された(1964年のUMTA, 1966年の都市公共交通局の設置)。

一方、以前からのPT調査は、国勢調査での交通関連調査項目の新設(1960年)、地理コーディングシステム(GCS)を取り入れた都市交通パッケージ(UTP, 現在のUTPP)によるデータベースの統合など、その調査項目や調査体制などを整備した。また、国民自動車利用実態調査(1961年, NAUS)、全国PT調査(1969年, NPTS)が実施されるなど、全交通手段や目的、自動車利用状況などに関する全国的な調査が行なわれた。その後、1977年、1983年にも実施されたが、1990年以降は、従来の家庭訪問調査方式から電話インタビュー調査(CATI)方式に変更され行なわれた。

一方、日本は、1950年代以降、旺盛な設備投資と衰えをみせない消費需要、そして輸出の好調に支えられ、高度経済成長や国土開発の加速度を増していた時期であった。また、その活発な経済生産活動や経済的な豊かさは、アメリカの後を付けモータリゼーション社会への進展を促進させ、都市化、住宅地の郊外化、交通事故の増加、公共交通機関での財政問題、公害問題、公共事業への反対運動などなど(その度合いの差はあるものの)アメリカと変わらない多様な都市問題に直面した。また、1960年代後半には、高度経済成長のひずみが広く社会問題化し深刻になりつつあった。都市部での人口・産業の集中による過密都市の弊害は、通勤ラッシュ、交通事故の多発など生活環境の領域まで、その悪影響を及んでいた。

そこで、従来の道路交通を中心とした政策展開からCATSでのパーソントリップ(PT)調査や4段階推計法を用いた総合的都市交通計画の検討が求められた。パーソントリップの概念を最初に取り入れたのは、1963年の富山県高岡地域での調査で、生活行動圏調査として称され、長岡、高松等の多くの都市地域で実施された。

しかし、その大半は小中学校生徒を通じて調査票を配布した学校配布方式であったため、サンプルの偏りなど調査精度に大きな問題があった。そこで、家庭訪問調査による本格的なPT調査が、広島都市圏交通計画で行なわれた(1967年、約12,000世帯)。また、その需要予測では、原単位法、重力モデル、各交通手段別利用率曲線、容量制限による分割方式を採用した最短時間経路配分の手法を用いるなど、日本での体系的な総合的都市交通計画の始まりであった。その後、第1回東京都市圏PT調査(1968年)を始め、1970年代に入り京阪神・静岡などの都市圏で普及された。また、その調査項目などを標準化(1976年、建設省)し、2000年までに44の都市圏で実施され(概ね50万以上の都市圏で10年ごとに調査)、多くの都市圏で総合的交通計画の立案に大きな役割を果たした。

また、PT調査による全交通手段の需要特性の把握が求められる中、従来の全国道路交通情勢調査においても、高速道路での一般交通量調査(1965年)、旅行速度調査(1968年)など調査内容を拡充させた。他方では、公共交通機関のOD交通調査も実施され、1960年に3大都市圏(首都圏、中京圏、京阪神圏)で、最初の大都市交通センサス(運輸省)を行なうなど、総合的都市交通計画のための多様なデータが調査されつつあった。

このように、1960年代は、社会・経済の発展やモータリゼーションの進展による都市問題、とくに都市交通問題への対応は、パーソントリップをベースに公共交通機関などを含む多様な観点からの交通政策(計画)が求められ、多くの地域で総合的都市交通計画が普及された時期であった。

2.1.3 1970年代の交通政策・計画

1970年代に入り、日米の都市交通計画での諸問題やイシューなどは共通となり、その政策や計画展開に類似な傾向が見られた。その背景には2回のオイルショック(1973年、1979年)と世界大不況の経験があった。それに伴ったエネルギー問題や歳入減少による厳しい財政などは、省エネルギー政策と既存施設の有効な運用政策という共通分母を生み出した。また、市民意識の向上に伴いあらゆる場面での市民の声も大きくなった。そこで、今までのインフラ整備による需要供給の均衡を図ろうとした政策は、その経済効果の評価への再認識が求められ、交通計画に考慮すべき要因などが交通渋滞問題を始め、公共交通機関や資源の有効利用、環境問題への配慮、多様な市民意見の反映など幅広い領域から多様になった。

そのため、道路交通での政策などは厳しい制約に置かれ、アメリカではマルチモーダルへの工夫を図るなど、公共交通機関への政策展開を拡大した。公共交通機関への長期的な財源補助策の確立(1970年、UMTAA)、運営費補助(1974年、

NMTAA), バス関連施設整備への道路財源の弾力的運用(1976 年, FAHA), 道路交通と公共交通での財源の一体化(1978 年, STAA)など, 積極的に公共交通の活性化を図った。このような公共交通政策の 1 つの流れは, 道路交通と公共交通を考慮する長期計画と交通システム管理(TSM)を取り込む短期計画の 2 つの柱で構成される都市交通計画規則の制定(1975 年, UTPR)と, 都市交通計画システムの開発(1976 年, UTPS)を行い標準的な都市交通分析ツールとして用いられた。

また, TSMは, 短期的で低費用でかつ地域レベルで容易に用いられる補助的な戦略として評価され, 多くの社会実験(1970年のUCDP, 1974年のSMD, 1978年のNRDP)や容量及び安全増進交通運用プログラム(TOPICS)の中で実施された。これにより, 新たなシステム(公共交通優先車線, HOV車線等)を導入した様々なTSM施策の開発, 評価マニュアルの作成, 運用可能性の検証などが行なわれた。

このような変化は, 大規模なPT調査や4段階推計法をベースとする従来の長期的な政策構想や計画案では, 1970年代の多様な要求に耐えられなくなった結果であった。とりわけ, 従来の4段階推計法(集計モデル)は, 多元化された政策(計画)による交通サービスの変化を精度高く評価できないうえ, 予測作業の時間がかかるなど, 政策評価が明確でかつ十分に対応できない問題を露呈していた。

そのため, 短期交通政策(計画)の評価への必然性は, 非集計モデルの新たなモデリングの概念を生み出した。非集計モデルは, 既存の集計モデルに比べ短期間でかつ少ないサンプルにより, 個人レベルでのアクティビティー特性, 多様な政策変数評価の容易さや高い精度が保持できるものとして認められた。一方, この新たなモデルの理論ベース(計量経済学, 数理モデルなど)は, 実務者らが理解するのに難しいこともあり既存計画に容易に持ち込まれない問題はあったものの, 計画への適用の試みはあった^{122)~124)}。

一方, 日本は, アメリカと同様に急速な都市化の進展により, 渋滞問題から環境問題まであらゆる領域での問題を抱えていた。対応内容や程度などの違いはあったものの, 政策対象は供給側から需要側に移り変わった。また, その詳細な政策などは, アメリカと殆ど同じ背景で行なわれ, TSM施策の実施(1970年, 1974年), 公共交通整備への補助(1972年)への対応などが考慮された。そのような中, 総合的都市交通計画のためのPT調査は普及され, その調査手法の標準化(1976年)が行なわれるほか, 1970年の国勢調査では交通関連調査項目を追加した。また, 全国道路交通情勢調査では, 全国規模の自動車起終点調査(1971年), 試験的な休日調査(1974年)など, 交通データの拡充を図った。

このように, 1970年代は, PT調査ベースの従来の4段階推計法を軸とする総合的都市交通計画が, 環境への配慮, 制限資源の有効利用, 公共交通の優先, 短期

計画などの観点から批判され、その計画(政策)のあり方、施策の開発、評価方法に関する見直しが行なわれるなど、交通政策への多元化が生じた総合的都市交通計画の批判期で、また交通需要管理(TDM)の萌芽期であった。

2.1.4 1980年代の交通政策・計画

1980年代は、1979年のオイルショックの影響が引き続き、アメリカの社会・経済情勢はより厳しくなったが、日本は1980年代後半からバブル経済期を迎えることとなり、アメリカとは多少異なった。このため、とくに交通需要管理(TDM)に関する日米の政策での積極性に大きな違いを見せた。

アメリカは、1970年代に行なったTSM政策から、政策対象を需要側に向けた戦略としてTDM政策を打ち出すなど、積極的な対策展開を模索した。そのため、1980年に非営利団体(NPO)の交通管理組合(TMA)を設置し、予約バスの運行、フレックスタイムプログラムの管理、ライドシェアリングプログラムの管理機能などを与えTDMの推進を試みた。その後、TDM施策の実行を強化するための通行削減条例(TRO)が、1984年カリフォルニア州のプレザントン市で初めて公表された。また、公共交通の活性化を目的とし、新たな公共交通プロジェクトの評価要件の強化(1984年、UMTMCP)、公共交通での民間参入への資金補助(1984年、PPPUMTP)などが定められた。

環境問題対策としての交通政策は、先述のTDMや公共交通の活性化、交通渋滞の緩和、自動車交通需要の発生抑制を図るとともに、交通事業に関する厳密でかつ総合的な環境影響評価の実施(1984年のUMTMCP、1987年のERA)など、1970年代からの政策を維持した。また、計画段階での合意形成のためのパブリック・インボルブメント(PI)を取り込む(1987年、ER)など、環境と社会への包括的な政策を進展した。

一方、財政問題や環境問題の 이슈により、以前から議論してきた従来の総合的都市交通計画のあり方への批判は続き、非集計モデルによる短期的な交通政策評価が強く求められた。その上、コンピュータの飛躍的な発展が1950年代後半のCATSでの画期的な計画プロセスを容認したように、1980年代に始まったマイクロコンピュータの台頭によるデータの収集と分析の新たなニーズや次世代(1990年代)でのIT革命などの影響は、交通計画での更なる可能性のバージョンを高めた。こらは、既存調査の充実と新たな調査手法の開発の議論を可能にした。従来のPT調査では得られなかった質的な交通行動特性を把握するため、選好意識(SP)調査(1981年、マニュアル作成)、パネル調査(1985年、オランダ)、計画技術のアプリケーション開発とデータ収集のあり方などが議論(1987年、NCTPA)されるなど、交通需要に関する

新たな認識が起り始めた。

そして、日本も、都市化、近郊化、交通渋滞、公共交通の経営赤字、環境問題(大気汚染)、多様な意見の対立などなど1970年代よりその問題さを増し、アメリカと同様な交通問題に逢着した。しかし、1980年代の日本の都市交通計画は、TDMを用いた短期的な計画(政策)や環境問題に関するアメリカのような積極的な議論ほどではなく、パーソントリップ(PT)調査を基本とする従来の4段階推計法を取り込んだ総合的都市交通計画の長期的なものであった。一方、マイカー自粛、逆行バス専用レーン、時差出勤、ノーマイカーデーなど、個別的なTDM施策の試みはあった¹²⁷⁾。しかし、実施するための積極的な環境づくりは、1997年の「経済構造の変革と創造のための行動計画」が閣議決定され、「都市圏交通円滑化総合対策実施要綱」(警視庁・建設省、1998年)が通知されてからであった。他方では、新交通システムの各地での開業(1981年、1985年)やその補助制度の整備(1986年、1989年)などが行なわれ、公共交通機関の機能強化と活性化をも図った。そして、環境問題における交通政策は、1970年代の延長線上であったものの、TDMと同様に1990年代以降に積極的に行われた。

また、従来のPT調査をベースとする総合的都市計画への批難は続き、新たな調査のあり方が探求される中、総合都市交通体系調査マニュアルの改訂(1980年)、全国都市PT調査(1987年、131都市、全国規模の小サンプル、1999年調査のための予備調査)を行なうなど、PT調査が体系的に実施されつつあった。自動車交通では、従来の全国道路交通情勢調査が道路交通センサスの調査名に変え、従来の概ね3年から概ね5年ごとに調査を行なうこととなった。他方では、交通行動での詳細な情報を得るため、1987年に広島市で初めての選好意識(SP)調査を試みるなど従来の調査を拡大しながら、新たな調査のあり方の模索を試みた。

このように、1980年代の日米は、異なる社会・経済状況の明暗の中でその政策展開の強度に差はあったものの、従来のPT調査をベースとした総合的都市交通計画での反省とともに、多くの地域では短期的方策や環境問題への対応を求めるなど、総合的都市交通計画が修正され短期計画としてのTDMが普及されていた。

2.1.5 1990年代以降の交通政策・計画

1990年代以降は、日米ともに、都市交通計画での大きな転換期を迎え、計画(政策)や交通需要に関する認識に大きな変化が生じた。社会・経済情勢での複雑な変調が認識される中、科学技術の飛躍的な進歩が、多くの分野での可能性を高めていた。とくに、マイクロコンピュータやインターネットなどIT革命は、以前のモータリゼーションがそうであったように社会へ大きな影響をもたらした。その一つがグロー

バリゼーションの進行による市民社会での意識変化などで、これまで国家を中心としていたエネルギー・環境問題などの公共性が、グローバルな公共財として認識し共有するようになった。そのため、各国の交通政策は、地球レベルでのエネルギー・環境問題の認識の下で温室効果ガスを削減するなど、交通渋滞の緩和に加え大気質の改善という大きなイシューとして用いられた。

そんな中、アメリカは、州の実施計画(SIP)での交通と関連する大気質の分析やその対策の検討を義務付けるなど、都市交通計画のあり方の見直しが始まった(1990年、CAAA)。とくに、都市交通計画などに大きな影響を与えた陸上交通効率化法(ISTEA)は、道路交通と公共交通の財源統合、道路交通の効率化、環境(大気質)改善のための交通計画、パブリック・インボルブメント(PI)の導入などを義務付けるとともに、1998年の21世紀に向けた交通標準化法(TEA21)によって持続的な政策展開を図った。これは、従来のTDMによる短期交通計画に対し、新技術を生かしたシステムの効率化やその改善、新たなシステムの開発(LRT、プライシング、AGT、DMT、IVHS、MAGLEV等)など、選択肢の幅広い方策の模索を可能にした包括的であつ統合的な戦略的計画・管理(SPM)を求めるものであった。

一方、このような変化とともに、急速に普及されている高性能のマイクロコンピュータやアプリケーションは、交通計画のあらゆる局面で使われるようになり、従来の総合的交通計画での需要予測プロセスを大きく変えた。また、携帯電話、PDA、GPS、GISなどの技術の飛躍的な進歩も、多様な交通需要の調査方法や分析(予測)手法への新たな展開を招いた。このような背景で、交通統計庁(BTS)の設立と交通モデル強化プログラム(TMIP)が実施され(1991年、TRANSIMS)、交通需要分析と予測技術の高度化を図った。しかし、TMIPの実行に当たり、古いデータベースと広域でのデータ収集(家庭訪問調査、OD調査)は大きな課題となり、GISによる新しいデータベースの構築、電話インタビュー(CATI)調査による調査規模の拡大(1995年、NPTS)など交通需要に対する新たな動きがあった。

そして、日本は、1980年代のバブル経済の崩壊による長期的な経済不況の中、構造改革、公共事業の見直しなど社会・経済情勢の変調が顕著な時期であった。とりわけ、政策(計画)目標や評価観点を取り巻く環境は、環境(大気)問題、省エネルギー、少子・高齢化社会、SOHOなどの就業形態の変化、都心部の活性化、自動車保有と利用形態の変化、市民参画(PI)など多様化となっていた。とくに、環境問題はアメリカと同様に重大な国策となり、地球温暖化防止(1998年の地球温暖化対策推進法、1998年と2002年の地球温暖化対策推進大綱)、二酸化窒素の大気環境基準の確保(1992年の自動車NO_x法、2001年の自動車NO_x・PM法)など、自動車交通への規制を一層強化した。これらは、自動車排出ガスの削減、クリーンエ

エネルギー自動車の開発・普及、共同輸配送、モーダルシフト、公共交通機関の利用促進、ITSなどを用いた都市圏交通円滑化総合対策(1998年)の推進を定め、交通渋滞緩和とともに、大気汚染防止のための交通政策を求めた。

また、1990年代以降の主な政策の1つは、これまでの社会基盤施設のナショナル・ミニマムの拡充という従来の政策から、選択的整備という戦略的政策への展開であった(1997年、経済構造の改革と創造のための行動計画)。これは、交通政策(計画)でのあらゆる施策の選択肢を幅広く打ち出したもので、ITSの本格的な導入(VICS, ETC, AHS)、マルチモーダル施策、TDM施策、中心市街地の交通環境整備などを提示するなど、包括的かつ総合的な政策であった。

このように、今後の交通政策(計画)は、地球環境に加え、地域活性化、福祉、市民参画、戦略的政策評価など、今までの供給側からの交通渋滞緩和を主にしてきた方針とは異なった多様性が求められた。とりわけ、量的な供給(需要)から質的な供給(需要)へと交通政策は、変わりつつあるといえよう。

また、交通政策の大きな変化の中、その需要を把握するための交通調査なども変化する社会ニーズに応じざるを得なくなり、PT調査内容の充実や追加、調査手法の改善や新技術の開発などを試みていた。それが、道路交通センサスでの調査内容の拡充(1990年、1994年)、PI方式による機能調査を取り入れた新道路交通センサス(1999年)であった。さらに、全国PT調査(有効回収サンプル500世帯/都市の小規模調査、98都市)、新都市OD調査(15都市圏、抽出率:平日10~20%、休日2~3%)も実施された。一方、第4回東京都市圏PT調査(1999年)では、交通意識調査項目を追加するなど多様な政策変化に応じながら、新技術による調査のあり方も試みた。また、交通需要を取り巻く新たな最近の動向や展望などは、ここ数年の間、土木学会の交通調査技術検討小委員会を中心に、多くの研究者らの研究成果が公表されており、その詳細な内容(PT調査の変遷と時期区分、限界、新たな調査技術の展望など)は、文献84)~94)、96)~117)を参照されたい。

このように、これまでの自動車一辺倒であった量的供給の政策に対し、1990年代以降では、地球環境、地域活性化、TDM、公共交通利用の促進、市民参画(PI)、などなど、多様な観点から質的供給の戦略的政策への転換を図っており、交通需要の調査内容や調査手法、モデルなどの考え方も、政策などの変遷とともに多様化しつつある。

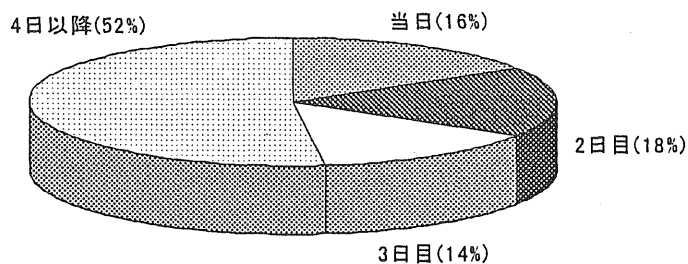
2.2 災害時交通需要のパラダイム: 交通需要統合空間概念

(Unidimensional Travel Demand Conception ; UTDC)

2.2.1 災害時交通需要のパラダイム

現在までの防災計画は、災害からの物理的な被害の復旧に重点を置き、被災地域での交通需要変動を考慮に入れた交通規制や復旧計画までには至っていない。とりわけ、災害応急対策の的確かつ円滑な遂行を政策目標とし、後述の表 2.3 に示す組織的な災害時緊急交通需要の輸送ルート確保を最優先とする戦略の基で、一般交通に対する交通規制を行なっている(災害対策基本法第 76 条)。そのため、当該地域での一般の個人交通需要は、本来のあるべきその円滑な管理(遂行、維持、改善など)という政策対象の射程から排除されている。そこで、非組織的な個人交通(パーソントリップ)は、阪神・淡路大震災(平成 7 年 1 月 17 日、火曜日、午前 5 時 46 分発生)時の事例^{128)~130)}(表 2.1, 表 2.2)や既存の地域防災計画^{131)~135)}(付録 2.1, 付録 2.2)からも判るように、災害時緊急交通のための警備活動の一環としての交通規制(付録 2.3)の対象となっている。

しかしながら、阪神・淡路大震災の事例では、図 2.1 に示すように、地震発生から



注) 母数は、平常時の7割以上の出勤可能日である。

図2.1 地震発生から事業所従業員の出勤日

3 日以内で企業の従業員の約 5 割弱が出勤をしていたと報告¹²⁾され、災害発生の早い段階から社会・経済活動は動き始めていたと判断するのは難しくないだろう。

そのため、多くの被災者は、災害による直接的な被害や

苦しみに加え、さまざまな制約から間接的な労苦等をも二重に背負うこととなり、地域住民の生活や社会・経済活動は、各種の交通上の制約を長期間に涉って受けることを余儀なくされている。

このようなことから、防災計画と交通計画との接点を持った交通需要分析の 1 つのあり方として、災害時の避難、救助・救援、消防や復旧活動などと、通常の社会・経済活動を目的とする交通需要の領域(空間)を統合した交通需要統合空間概念(Unidimensional Travel Demand Conception, 以降 UTDC)という枠組みを用いて総合的かつ柔軟に交通需要を把握し、管理する必要がある。

表 2.1 阪神・淡路大震災時の交通管理対策(交通規制)

区 分			内 容	備考(関連法)
混乱期	1月17日(水)	5:46	・「平成7年兵庫県南部地震」発生	・平成8年2月9日までの 県管理道路における総規 制箇所数:87ヶ所 ・道路交通法第6条:現場 警察官の混雑緩和措置
		6:20	・警察署管内の通行可能道路の調査開始(兵庫県警)	
		6:45	・被災地区内への車両乗り入れ防止対策実施	
救援期	1月18日(木)	6:00	・緊急、救助物資輸送ルートでの交通規制実施(規制除外車両のみ通行可) ・規制路線の入口での規制除外標章の交付開始(19日まで続く)	・道路交通法第5条, 第114条の3:警察署長及び 高速道路交通警察隊長 規制
応急復旧期	1月19日(金)	20:00	・緊急、救助物資輸送ルートでの交通規制実施(規制除外車両のみ通行可)	・災害対策基本法第76 条:災害時における交通 の規制等(名神高速道路 等においては道路交通法 第114条の3)
	2月24日(金)		・申請により, 規制路線での規制除外標章の交付開始 ・「2月19日(日)~24日(金)」の6日間の交通規制延長	
復旧期	1月28日(土) ~ 1月31日(火)		・鉄道代替バス優先レーンの交通規制実施(2月1日から3月12日まで, 一部路線では災害対策基本法第76条により交通規制実施)	・道路交通法第6条:指導 レーン
復興期	2月25日(土) ~ 翌年8月9日(金)		・復興物資輸送ルート(バス, タクシー:4月1日より, 除外車両のみ通行可)及び生活, 復興関連物資輸送ルート(除外車両外の乗用車の通行禁止)での車種による交通規制実施	・道路交通法第4条:公安 委員会規制
	8月10日(土)		・交通規制の全面解除	—

注) ・文献(128)~(130)を基で再編成したものである。

・各関連法の詳細な内容は, 付録2.3を参照されたい。

・上表のほかに道路法第46条に基づく交通規制(通行の禁止又は制限)が被災区間において実施された。

表 2.2 阪神・淡路大震災時の交通規制除外車両用標章の交付状況

規制除外車両用標章	交付件数
災害対策基本法第76条(期間:1月19日~2月24日)	計 338,322 件
(緊)緊急輸送車両用標章	兵庫県外:234,299 件(69.3%) 兵庫県内: 35,556 件(10.5%)
(許)社会的要求に応じるための標章	64,566 件(19.1%)
(認)住民等の生活上の必要性に応じるための標章	1,710 件(0.5%)
(廃)ガレキ等の搬送車両用標章	2,191 件(0.6%)
道路交通法(期間:2月25日~8月27日現在)	計 81,598 件
復興標章:災害対策基本法による(緊)と(廃)に相応	59,838 件(73.3%)
除外標章:災害対策基本法による(許)と(認)に相応	21,760 件(26.7%)

注) ・文献(129), (130)を基で再編成したものである。

・標章の詳細な内容は, 付録2.4を参照されたい。

2.2.2 交通需要統合空間概念(UTDC)の概要

(1) 交通需要空間の集合的概念

まず, ここで, トリップ発生源となる人の集まり, すなわち全集合 $U=\{x|x \text{ は地域でのトリップ発生源となる人}\}$ があるとすれば, 全集合 U の内, トリップを発生した人の

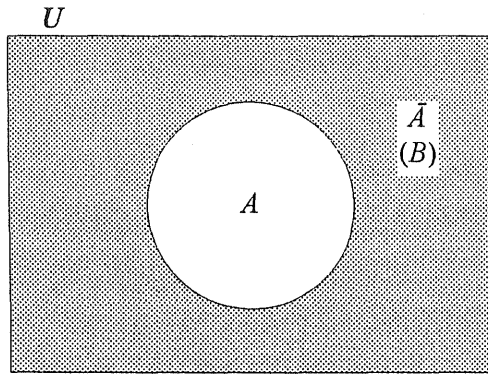


図 2.2 交通需要空間の集合的概念

集まり, すなわち部分集合は, $A=\{x|x \text{ は地域でのトリップを発生した人}\}$ で, トリップ発生があった人の集合となる。ここで, U が地域全体のトリップ発生源となる全体の集合, A が地域でのトリップを発生した人の全体の集合に違いのない場合, A の補集合 \bar{A} は明らかに, 地域でのトリップを発生していない人(トリップ発生のなかった人)の全体の集合となる。図 2.2 に, 交通

需要空間の集合的概念を示す。

図 2.2 は,

$$U = A \cup \bar{A} \text{ かつ, } A \cap \bar{A} = \emptyset \quad (2.1)$$

となる。

また, 式(2.1)の補集合 \bar{A} は, 部分集合 $B=\{x|x \text{ は当該地域でのトリップを発生していない人}\}$ と置き換えることができ, 各集合の要素の個数, すなわち人の数を数えれば,

$$n(U) = n(A) + n(B) \quad (2.2)$$

となる。

また, 各集合ごとに重み W_u, W_A, W_B を与えると,

$$n(U)W_u = n(A)W_A + n(B)W_B \quad (2.3)$$

となる。

ただし, 重みは, 各集合のトリップ発生源となる人の(交通)需要量を表す原単位の意味を持つもので, ここでは通行量(トリップ)ではなくその総延べ人数とする。すなわち, 式(2.3)の左項, $n(U)W_u$ である。したがって, 式(2.2)は, $W_u=1.0, W_A=1.0, W_B=1.0$ の場合の全集合 U の総需要量 $n(U)$ を示す。

また, 部分集合 A の重み W_A は, 一人当たりのトリップ発生率「トリップ/人」となるが(トリップ発生率は「総トリップ数/全人口」となる場合もあるが, ここでは「総トリップ数/トリップ発生があった総人数」とする), ここで「トリップ」をカウントされたトリップ発生源の延べ人数とすれば「延人/人」となる。それで, 部分集合 A の需要量は $n(A)W_A$ となる。例えば, トリップを発生した人 100 人($n(A)$)が, 280 トリップを発生した場合, トリッ

プ発生率は2.8トリップ/人で、2.8延人/人となり、 $W_A=2.8$ である。それで、部分集合 A の総需要量は、 $n(A) \times 2.8$ となる。

部分集合 B の重み W_B は、トリップの非発生源の数の延べ人数「1 延人/人」で、 $W_B=1.0$ の一定に固定された重みである。それで、部分集合 B の総需要量は $n(B)$ となる。したがって、式(2.3)は、式(2.4)になる。

$$n(U)W_u = n(A)W_A + n(B) \quad (2.4)$$

また、全集合 U の重み W_u は観測不可能な概念上の重みであるが、式(2.4)を解かせば式(2.5)のように W_u が求められ、全集合 U の総需要量は $n(U)W_u$ である。

$$W_u = n(A)W_A/n(U) + n(B)/n(U) \quad (2.5)$$

(2) 交通需要統合空間概念(UTDC)の概要

図 2.3 は、災害時交通需要のパラダイムとして交通需要統合空間概念(UTDC)の概要を示したもので、図 2.2 の交通需要空間の集合的概念のベンダイアグラムに、時間軸を取り入れた交通需要空間の概念図である。ここで、図 2.2 の部分集合 $A=\{x|x \text{ は地域でのトリップを発生した人}\}$ は顕在交通需要に、部分集合 $B=\{x|x \text{ は当該地域でのトリップを発生していない人}\}$ は潜在的交通需要に、また図 2.3(b)の災害時緊急交通需要は、部分集合 $C=\{x|x \text{ は地域での災害時緊急トリップを発生した人}\}$ に置き換えられる。なお、ここでの総需要量は式(2.4)に $n(C)W_C$ を加え求められる。

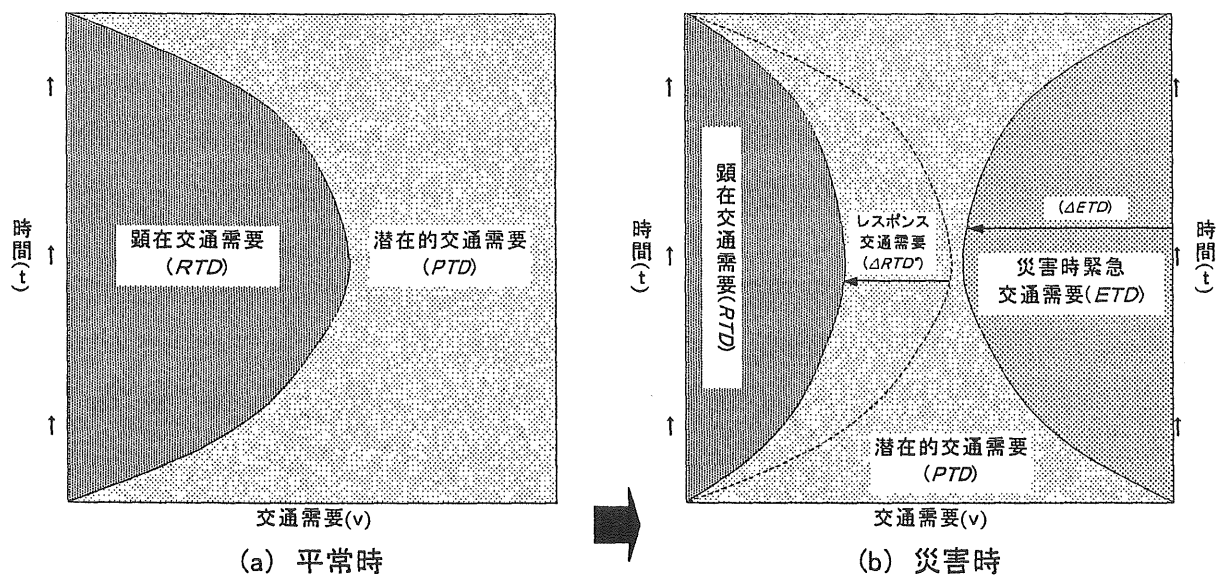


図 2.3 交通需要統合空間概念(UTDC)の概要

そのため、図 2.3 に示した交通需要の分布曲線や大きさ(面積)は、実際の地域での需要分布ではなく、数理的(関数的)な意味を持ったないことに注意が必要である。また、ここでは 1 日交通需要として取り上げており、その需要は初期から徐々に増加し、ピークを形成した後、時間につれ減少して行く単純な分布をすると仮定し、主にパーソントリップを対象とする。場合によっては、この時間軸を 1 週間、1 ヶ月など短期、中期、長期の時間のスパンで、また交通需要軸を貨物の物流需要や道路交通の需要など、各分野に応じ捉えても良いものである。ただし、時間軸が 1 日以外の場合、図 2.3(a)に示す右の縦軸は、潜在的交通需要のための時間(t)の軸となる。

図 2.3(a)に示すように、地域における平常時の交通需要は、顕在交通需要(Real Travel Demand; RTD)と潜在的交通需要(Potential Travel Demand; PTD)の 2 つの需要領域(空間)で構成される。顕在交通需要(RTD)は、通常の社会・経済活動目的を達するための人々の動き、すなわち交通(通行)の総量を示すもので、一般的に交通計画の対象となる交通需要に該当する。潜在的交通需要(PTD)は、ある条件が満たされた時(ここでは、災害時)、顕在化すると思われる潜在交通需要(Latent Travel Demand; LTD)と全く需要発生の可能性のないゼロ需要、すなわち非通行の総量で、これらの有効需要(effective demand)への転化有無に係わらず、いわば現時点での顕在交通需要(RTD)以外の需要発生源の領域(空間)である。

また、ここでの潜在交通需要(LTD)とは、通常の交通計画での LTD の概念(詳細な概念は文献 136)参照)と同様のものではあるものの、本研究では、災害の影響による交通環境(サービス、施設など)や生活環境の変化(または、改善)により、災害発生後、顕在交通需要(RTD)や災害時緊急交通需要(ETD)の有効需要へ転化されられると思われる潜在需要(latent demand)を指す。しかし、潜在交通需要(LTD)を正確に把握(計測)するのは、極めて困難であると通常でも言われており、とくに災害の場合は、その困難さは最も厳しいものと思われる。

一方、災害時の交通需要は、図 2.3(b)のように顕在交通需要(RTD)、災害時緊急交通需要(Emergency Travel Demand; ETD)、潜在的交通需要(PTD)の 3 つの需要領域(空間)から成り立つ。顕在交通需要(RTD)は、災害にも関わらず、通常の社会・経済活動目的を達するための交通需要で、災害時緊急交通需要(ETD)は、災害による災害緊急活動を目的とする交通需要である。

潜在的交通需要(PTD)は、図 2.3(a)で定義した PTD を示すが、災害にも関わらず、交通規制の解除などによる交通環境や生活環境などの改善により、ある条件が満たされるまで、顕在化(または災害緊急化)されない潜在交通需要(LTD)と全く需要発生の可能性のないゼロ需要(非レスポンスの非通行の総量)である(図 2.4 参照)。ここでのレスポンスとは、災害の影響を受け、当初の通行内容(通行有無、通

行目的, 利用交通手段, 通行経路など)から, 通行者が対応(応答)した通行内容の変更, すなわち交通行動の変更を示す。また, その量をレスポンス交通需要(Response Travel Demand; ΔRTD^*)と呼ぶ。このレスポンス交通需要(ΔRTD^*)は, 後述の図 2.4 で示す 5 つのレスポンス内容で構成される。

一方, 災害時緊急交通需要(ETD)を構成する災害緊急活動は, 発災後の時間区分により, 個人レベルでの非組織的活動と公的機関レベルでの組織的活動によって構成される。表 2.3 は, 文献 137)を基にして地震発生後の時期別各活動の推移を再編成したものである。

表 2.3 発震後の時期別災害時緊急活動の推移

区分	発災当日 (被災期～混乱期)	発災後 1 週間 (救援期～応急復旧期)	発災後 1 週間以降 (復旧期～復興期)
非組織的活動	<ul style="list-style-type: none"> ・目的: 状況確認と安全確保 ・内容: 安否確認, 救出, 避難, 物資搬送, 状況把握, 帰宅 	<ul style="list-style-type: none"> ・目的: 生活環境の仮確保 ・内容: 避難, 見舞, 状況把握, 物資搬送 	<ul style="list-style-type: none"> ・目的: 生活環境の再構築 ・内容: 復旧活動, 物資搬送
組織的活動	<ul style="list-style-type: none"> ・目的: 人命救助と災害拡大防止 ・内容: 救急・救助, 状況把握, 消火・消防 	<ul style="list-style-type: none"> ・目的: 被災者支援と緊急措置 ・内容: 医療・救護, 物資調達と配送, 状況把握, 緊急措置 	<ul style="list-style-type: none"> ・目的: 災害復旧と被災者ケア ・内容: 復旧活動, 物資調達と配送, 瓦礫や廃棄物処理

しかし, ここで用いる災害時緊急交通需要(ETD)は, 非組織的活動であっても, 組織的活動であっても, その発生源の主体を人とする通常の交通計画でのパーソントリップの(1トリップ)定義^{57), 138)}に基づくトリップである(付録 3 参照)。したがって, 図 2.3 の交通需要統合空間概念(UTDC)から非組織的活動と組織的活動を明確に区分し, 災害時緊急交通需要(ETD)を論じるのは困難である。また, ここでは組織的活動の有無にかかわらず, パーソントリップ(個人通行)に限定しているため, トリップの質的な内容は, 非組織的活動や組織的活動を含む場合もありうる。

また, 通常のパーソントリップ分析は最も複雑な(世帯訪問によるサンプル調査だけではなく, 全パーソントリップの確定までは, 他にスクリーンライン調査, コードンライン調査, 大型施設での利用客調査などの結果を補足し, 最終的な全数化を行なう)ものであるため, 交通需要分析では主に世帯訪問によるパーソントリップ調査を用いることが多い。しかし, 各計画内容や目的に応じ, 道路交通センサスや大都市交通センサス, 貨物自動車の動きを把握するための物資流動調査などをも行なっている。したがって, 交通需要統合空間概念(UTDC)における災害時緊急交通需

要(ETD)でも、基本的に通常のパーソントリップの定義による顕在交通需要(RTD)と同様な位置づけで捉えなければならない。

ただし、これは、災害時の非組織的活動と組織的活動で構成される災害時緊急活動の本質を否定するものではなく、パーソントリップに加え災害時の各計画の内容や目的に応じ、各活動別の2分類による交通需要分析ものの必要性は認められる。

2.2.3 交通需要統合空間概念(UTDC)での交通需要の形成プロセス

図 2.3 に示した交通需要統合空間概念(UTDC)での交通需要は、平常時の交通需要(顕在交通需要 RTD, 潜在的交通需要 PTD)が災害の影響を受け、非レスポンス顕在交通需要(non-response RTD), レスポンス顕在交通需要(ΔRTD), レスポンス災害時緊急交通需要(ΔETD), レスポンス潜在的交通需要(ΔPTD), 非レスポンス潜在的交通需要(non-response PTD)の5つのレスポンス交通需要に変移し、災害時の交通需要(顕在交通需要 RTD, 災害時緊急交通需要 ETD, 潜在的交通需要 PTD)へ再編成されるというプロセスによるものである。図 2.4 に、パーソントリップの通行目的から見た交通需要統合空間概念(UTDC)での災害時個人交通需要の形成プロセスを示す。

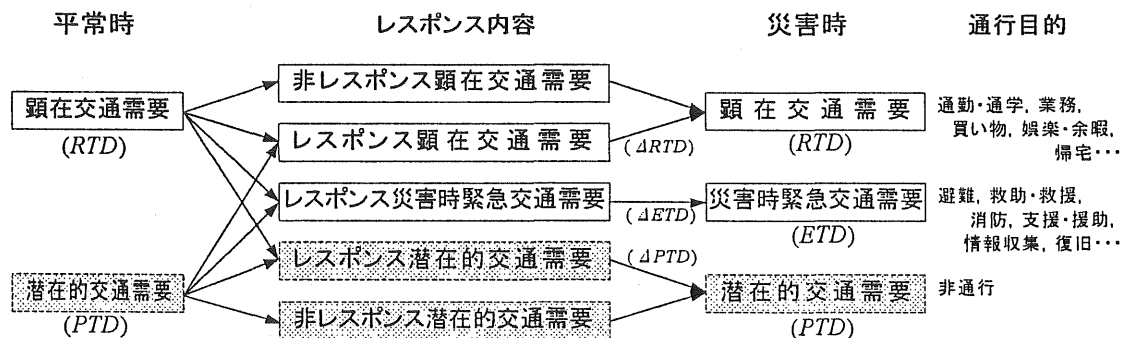


図 2.4 交通需要統合空間概念(UTDC)での災害時個人交通需要の形成プロセス

はじめに、図 2.4 に示す非レスポンス顕在交通需要(non-response RTD)は、災害にも関わらず、平常時の顕在交通需要(RTD)の内容を維持し、その通行目的を遂行する需要である。

つぎに、レスポンス顕在交通需要(ΔRTD)は、災害の影響により、平常時の顕在交通需要(RTD)と潜在的交通需要(PTD)から、その通行目的や内容(通行時間、交通手段、通行経路など)に変更のあるものである。例えば、災害発生時の通行目的に着目した場合、後述する災害時緊急交通需要(ETD)を除き、通常の買い物等や非通行から、帰宅や(災害を起因とし新たに生じる)災害業務、出勤、買い物、親

戚・知人訪問などの通行目的に変わる需要である。しかし、厳密には、災害を原因とするこれらの通行目的と平常時の通行目的の質に異なる部分もある(例えば、日常生活での通常の買い物と、災害による後片付けや生活必需品の買い物)と思われるが、通行目的分類の名目上、通常と切り離すのは困難であるため、ここでは、通常の目的分類(例では、買い物の通行目的)と同様にする。

また、レスポンス災害時緊急交通需要(ΔETD)は、災害時の緊急活動を目的とする需要で、平常時の顕在交通需要(RTD)と潜在的交通需要(PTD)から転化する需要である。その通行目的は、避難、救助・救援、消防、支援・援助、復旧、緊急活動のための情報収集、安否確認など、災害時の身の安全や地域再建という緊急性を有する活動範囲の需要である。

つづいて、レスポンス潜在的交通需要(ΔPTD)は、災害の影響を受けた平常時の顕在交通需要(RTD)と潜在的交通需要(PTD)が、災害前から予定していた当初の社会・経済活動を取り止めた災害後の非通行の総量である。また、この需要は、災害後の交通規制の解除などによる交通環境や生活環境などの改善によりある条件が満たされるまで、顕在化(または災害緊急化)されない需要、すなわち現時点での非通行までをも含む。

最後に、非レスポンス潜在的交通需要(non-response PTD)は、災害発生があっても、平常時の潜在的交通需要(PTD)からレスポンスのない需要、及び(上記の ΔPTD と同様に)ある条件が満たされるまで、顕在化、または災害緊急化されない需要で、現時点での非通行の総量である。

2.2.4 交通需要統合空間概念($UTDC$)のダイナミクス

図 2.4 に示した災害時交通需要の形成プロセスは、さらに、人々の通行(トリップ)の動的特性(図 1.2)と、また、災害の突発性(いつ、どこで発生し、どの程度の被害をもたらすのかの予測は極めて困難)を有するため、交通需要統合空間概念($UTDC$)は可変的な動的特性(ダイナミクス)を持つ。図 2.5 に、災害の発生時点を朝、昼、夜の 3 つの時間帯に限定した時の $UTDC$ のダイナミクスを示す。なお、ここでの交通需要の分布や大きさ(面積)も、説明上簡略化した仮定のものであり、実際とは異なる。例えば、顕在交通需要(RTP)の変化量、すなわちレスポンス交通需要(ΔRTD^*)は減少となっているが、増加する場合などもありうる。

図 2.5 に示すように、災害時の交通需要は、災害の発生時点により、顕在交通需要(RTD)、災害時緊急交通需要(ETD)、潜在的交通需要(PTD)の量や質が異なるものであり、交通需要統合空間概念($UTDC$)のダイナミクスと連動し、災害時の交通需要管理(Transportation Demand Management; TDM)領域も可変性を持つことになる。

しかし、従来の災害対策では、災害応急対策を的確かつ円滑に行なうため、災害対策基本法案第76条により、画一的な交通の規制を行なっている(表2.1, 表2.2)。これは、図2.5に示す顕在交通需要(RTD)を物理的に規制し、災害時緊急交通需要(ETD)を処理することを主な政策目標とするため、現在の防災計画では、顕在交通需要(RTD)や潜在的交通需要(PTD)をも考慮に入れた多様な対応性や柔軟性を持つ総合的な交通需要管理への政策展開は極めて困難な状況である。

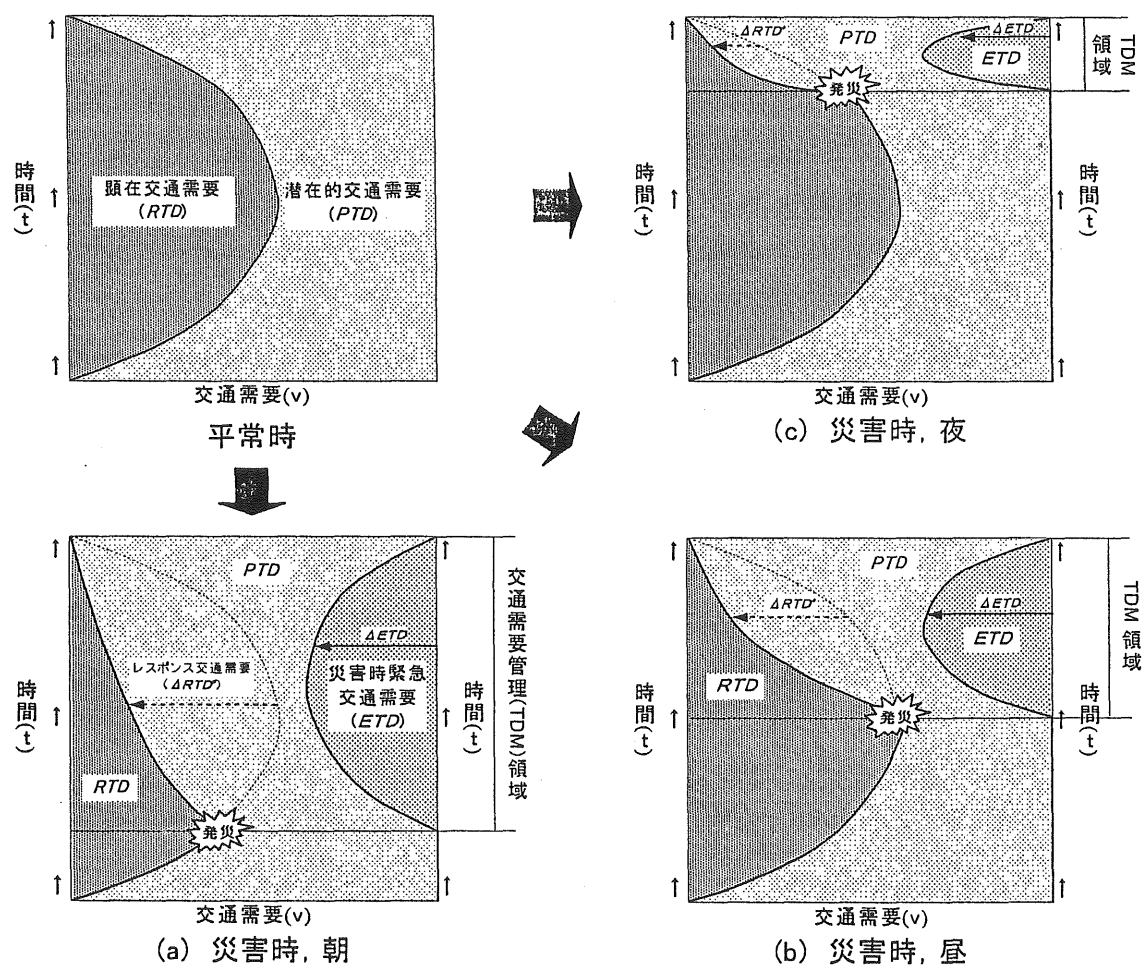


図 2.5 交通需要統合空間概念(UTDC)のダイナミクスと
災害時の交通需要管理(TDM)領域

以上のことから、災害時の交通需要に対し、交通需要統合空間概念(UTDC)の持つ特徴と意義は、

- ①防災計画と交通計画の接点からの交通需要の概念化
- ②交通需要分析の枠組みの確立
- ③動的で、かつ総合的な交通需要分析の一括化
- ④人々の動的な動きと、災害発生の突発性に応じた災害時の交通需要管理政

策への多様で柔軟な展開と、政策対象の多元化を可能とすることにある。

したがって、今まで平常時の交通計画のプロセスが伝統的な4段階推計法(図1.1)をベースとし行なわれてきたように、今後災害時にあるべき交通需要の1つのパラダイムとして交通需要統合空間概念(UTDC)の枠組みの必要性は認められる。

第 3 章 震災後の短期交通需要の変動構造

3.1 分析データの概要

3.2 震災後の短期交通需要の変動特性

3.2.1 個人交通需要の変動特性

3.2.2 車両の運行特性

3.3 交通需要変動の要因分析

3.3.1 分析モデルの検討

3.3.2 交通需要変動の要因分析

3.4 まとめ

第3章 震災後の短期交通需要の変動構造

第3章では、災害時の交通需要の時系列的変動特性やその変動要因を明らかにすることを目的とし、「平成5年(1993年)北海道南西沖地震」を取り上げ、短期間(応急復旧期:発震直後～7日目)での交通需要の変動特性と非集計レベルでの要因分析を行なう。

本章での分析は、

- ①人の交通需要(以下、パーソントリップ)を対象とした、交通需要(通行目的、交通手段など)の短期間での変動特性分析
- ②パーソントリップのうち、地震発生当日の避難交通需要の発生特性分析
- ③パーソントリップを輸送する道路交通(タクシー、バス)を対象に、短期間での車両運行特性の変化分析
- ④短期間での交通需要(パーソントリップ)変動に与える諸要因の分析を行なう。

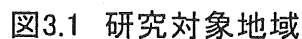
3.1 分析データの概要

本章の目的にあわせるためには、大都市圏に生じた地震を対象とするのがふさわしいが、本章の研究^{6), 13)}実施時点(平成5年)ではこのような事例は生じていなかった。このため、ここでは、研究時点で比較的最近の災害であった「平成5年(1993年)北海道南西沖地震(平成5年7月12日、月曜日、22時17分発生)」に着目することとした。この地震では、総額で約1,046億円の被害が生じたが、中でも本章の分析対象地域である北海道桧山支庁管内では、全体の69.0%にあたる大きな被害を受けた。表3.1は、当該地域の被害状況⁴⁴⁾などの概要を示したものである。

また、図3.1には研究対象地域を示す。桧山支庁管内には10町あるが、奥尻町を除く9町を分析対象とする。奥尻町を除いたのは、本章の目的が、主に道路交通を構成するパーソントリップの(需要)変動構造を分析するのに対して、奥尻町と他の9町との交通手段はフェリーだけであり、他の地域と孤立し、道路交通による連絡がないためである。平成2年の国勢調査によれば、桧山支庁管内の総人口は62,359人⁵²⁾である。

(平成5月11月25日現在)

2.道路の被害は、道と市町村による工事件数である。



46

表 3.2 調査概要

区 分		内 容
調 査 日		平成 5 年 10 月 13 日(水曜日)
調 査 対 象	地域	桧山支庁 9 町(江差町, 上の国町, 厚沢部町, 乙部町, 熊石町, 大成町, 瀬棚町, 北桧山町, 今金町)
	人口	5 歳以上の人口 54,995 人(平成 2 年国勢調査 ⁵²⁾ より)
サンプル数		抽出サンプル数:1,485 人(無作為抽出) 有効サンプル数:1,016 人(有効サンプル抽出率 1.85%)
調 査 項 目	パー ソント リップ 特 性	<ul style="list-style-type: none"> ・世帯特性:所在地, 居住者数, 5 歳以上居住者数, 自動車保有台数, 平均乗車人数 ・個人特性:性別, 年齢, 月所得, 職業, 学校・勤務先の所在地, 活動が平常時に戻った時期, 地震前後に変化した通行目的・手段 ・通行特性:非通行の理由, 通行目的, 通行手段, 同乗者数, 出発・到着時刻, 出発地・到着地の所在地及び施設の種類 ・避難特性:避難場所の所在地・施設の種類, 避難開始時間・避難所要時間, 避難時の利用交通手段, 5 歳以上避難者数
	車 両 運 行	<ul style="list-style-type: none"> ・会社特性:車庫の所在地, 車両保有台数, 原因別非運行車両台数, 営業時間(タクシー), 路線毎のダイヤと路線図(バス), 地震による被害の程度 ・運行特性:①タクシー:総走行距離, 車両運行台数, 総乗客数, 車両運行特性の変化の理由 ②バス:路線・ダイヤの変更有無, 変更路線とそのダイヤ, 変更期間, 変更理由, 変更後の運行所要時間, ピーク時の乗客数

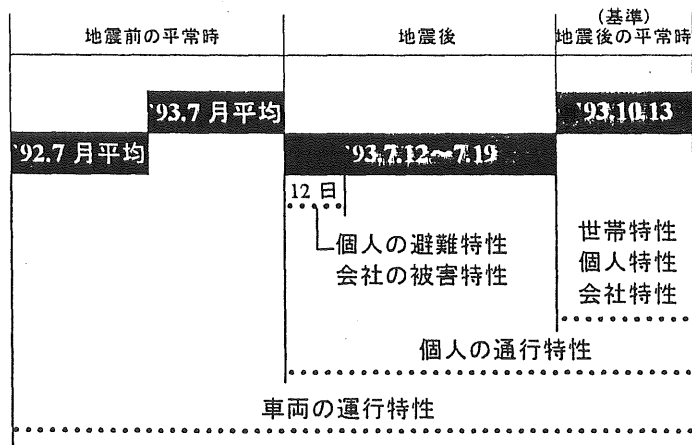


図 3.2 調査項目別調査対象期間

運行特性」の2項目で構成されている。また、パーソントリップと運輸会社の車両運行に関する各調査項目ごとの調査対象期間は、図3.2に示す通りである。

パーソントリップ特性のうちの「世帯特性」と「個人特性」は、調査票(付録4.1)を配布した平成5年10月13日(水曜日)を対象として調査した。水

曜日を選んだのは、交通需要は曜日で変化するが、水曜日は1週間の中の平均的な交通需要を表わす^{139), 140)}といわれているためである。

また、「避難特性」は地震が発生した平成5年7月12日(月曜日)を対象に、「通行

特性」は地震発生前と地震発生後に分けて調査した。ここで、「通行特性」を地震発生前後に分けたのは、地震の影響を受ける前の平常時の交通需要状況と地震後、時間経過とともに徐々に平常時にもどっていく交通需要の変化を把握するためである。

地震が発生しないとした時にどの程度の交通需要があったかを知るためには、地震発生と同時期の平成4年7月期の交通需要をみるのが一番望ましいが、個人に対する調査を過去に1年も遡って行なうことは困難である。このため、ここでは、地震が発生しなかったとした時の交通需要として、地震の影響がほぼなくなったと考えられる平成5年10月13日(水曜日)の交通需要を用いることにした。以下、これを平常時の交通需要と呼ぶ。

地震後の交通需要に対する調査対象期間は、応急復旧期の地震後1週間を目処に、平成5年7月12日(月曜日)から7月19日(月曜日)までとした。

車両運行特性の中、「会社特性」については調査票(付録4.2, 付録4.3)を配布した平成5年10月13日(水曜日)時点について、また、被害状況は地震発生当日である平成5年7月12日(月曜日)について、それぞれ調査を行なった。

車両の「運行特性」はパーソントリップと同様に地震前後に分けて調査することとし、地震の影響を受けない平常時の交通需要を知るために、平成4年7月期(1ヶ月間の平均)、平成5年7月期(1日～11日までの平均)及び平成5年10月期(1ヶ月の平均)を調査対象とした。ただし、バスについては、各バス停留所ごとの乗客数を必要とするが、長期間のデータ調査は膨大な作業を必要とする。このため、上記のように

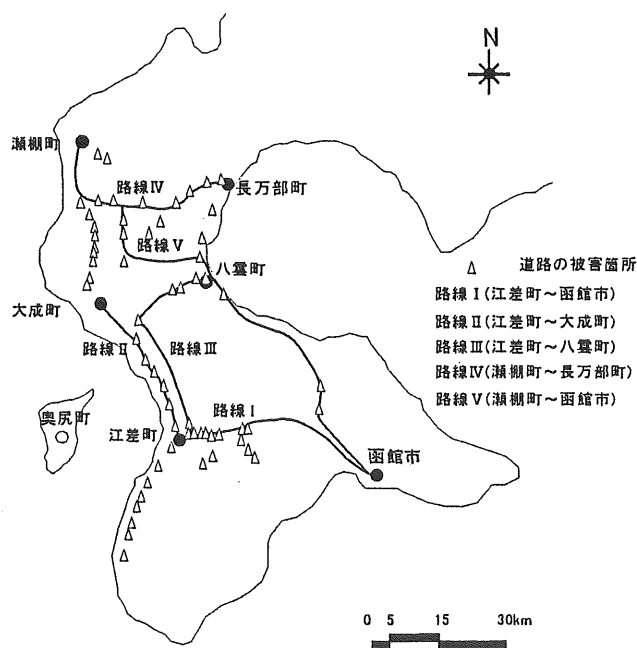


図 3.3 バスの運行路線図

ある期間の平均をとるかわりに、地震のちょうど1週間前の平成5年7月7日(水)及び、約3ヶ月後の10月6日(水)について調査した。

また、地震後については、地震発生から1週間「平成5年7月12日(月)～7月19日(月)」を調査対象とした。図3.3に、バスの通行路線を示す。後述するように、バス路線Ⅱ(江差町～大成町)において利用者の減少が最も著しかった。

パーソントリップの交通需要変動を分析するためには、全数調査が望ましいが、平成2年の国勢調査によれば、松山支庁管内の9町の世帯数は19,391世帯、交通生成年齢層と考えられる5歳以上人口は54,995人⁵²⁾であり、全数調査を行なうことは時間的、経済的に不可能である。そのため、ここでは無作為抽出によるサンプル調査を行ない、有効分析サンプル1,016人(抽出率1.85%)を得た。

一方、本分析に要する適切なサンプル数は、式(3.1)¹³⁸⁾により644人と算定され、1,016人の有効分析サンプル数は分析に十分耐え得る大きさであると評価される。また、式(3.1)での「母集団での特性値(P)」は自動車通行量の交通手段分担率49.3%⁵⁶⁾を用いた。また、「調査項目のカテゴリー数(C)」は、調査項目、いわば、母集団(交通需要)を構成する特性の項目数(通行時間、通行目的、交通手段などの区分)で、ここでは、交通需要の時系列変動を明らかにすることを目的としており、また付録7で厳しく評価された時間の項目数の24を用いた。抽出率計算プロセスと式(3.1)での各パラメータの詳細は、付録7を参照されたい。

$$F = \alpha/P \quad (3.1)$$

$$= k \times \sqrt{(1/(\bar{N}-1))} \times \sqrt{((1-\mu)/\mu)} \times \sqrt{((1-P)/P)}$$

ここで、 μ :抽出率

F :調査精度(相対誤差:0.203)

α :サンプリング誤差(0.050)

P :母集団での特性値(自動車通行量の交通手段分担率:0.493)

k :信頼係数(信頼度90%の1.64)

\bar{N} :調査項目ごとの母集団の大きさ(N_{PT}/C , 5,670通行/時間)

N_{PT} :母集団の大きさ(1日通行量: $N \times PT$, 136,058トリップ/日)

C :調査項目のカテゴリー数(時間区分:24)

N :調査対象地域の5歳以上人口数(54,995人)

PT :1人当たり平均トリップ数(PT_D/N_H :2.474トリップ/人・日)

PT_D :松山支庁管内の1日通行量(146,870トリップ/日)

N_H :松山支庁管内の5歳以上人口数(59,356人)

ただし、有効分析サンプル1,016人分の調査票の中には、部分的な回答しかされていないものが多数含まれている。全ての調査項目について回答されているのは198人分である。したがって、全ての項目が関連するような調査に対しては、198人分のデータを解析対象とする。しかし、なるべく解析に用いるデータを増やすために、当該解析項目に対して回答が得られているデータは、極力解析に用いるようにした。したがって、何件のデータを解析に用いているかは、各解析項目ごとに変わっているので、これらについては、それぞれの解析の箇所を示すこととする。

運輸会社に対する車両運行特性調査は、松山支庁管内を運行している会社に対して全数調査を行なった。すなわち、タクシーについては函館地区ハイヤー協会に加盟している40社、バスについては管内の5路線を運行している函館バス(株)である。このうち、タクシーについては40社のうち16社に属する386台、バスについては5路線の全ての148台分の調査票が回収された。

3.2 震災後の短期交通需要の変動特性

3.2.1 個人交通需要の変動特性

(1) 1日交通需要の日変動

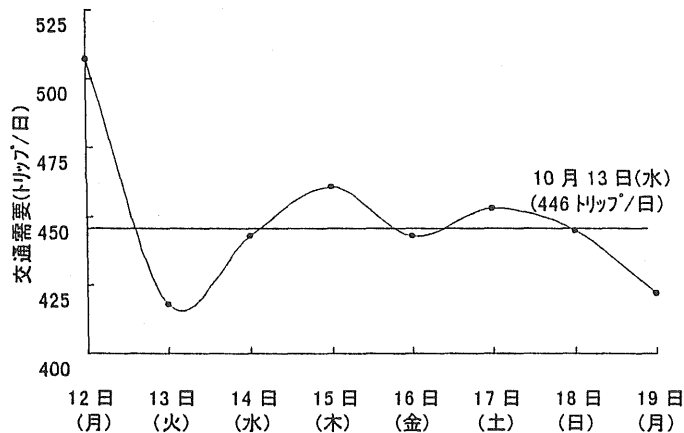


図3.4 1日交通需要の日変動

地震が発生した7月12日以後、どのように交通需要が変動していたかを知るために、1日交通需要を用いて図3.4に示す。解析に用いたサンプル数は198人である。

これによれば、平常時と見なした平成5年10月13日(水)の1日交通需要は446トリップ/日であり、これと比べて地震当日(12日)には507トリッ

プ/日と13.7%も増加している。これは、後述するように地震直後の避難交通需要の発生に起因とするものである。一方、地震発生翌日(13日)には平常時よりも6.3%減少しているが、15日には再び増加し、平常時の3.4%増にまで回復している。

このように、地震後1週間の間には、増減の周期性を持った交通需要変動が確認できるが、これを平常時の分布状態(パターン)と比較するために、1日交通需要のうち、「徒歩」、「自転車」、「鉄道」、「その他」を除く道路交通機関を用いた交通需要、すなわち「乗用車」、「バス」、「貨物車」による通行量だけを取り上げて平成2年道路交通量常時観測調査結果(北海道開発局の平均値)¹⁴¹⁾をもとにした曜日係数 A_{WD} と比較する。また、ここで北海道開発局の平均値を用いたのは、当該地域での関連データがなかったことや、当該周辺地域での平均値と北海道開発局の平均値に大きな差が認められなかったためである。ただし、道路交通量常時観測調査での曜日係数は年平均日通行量AADTによってスケールアップされているが、本章では、平常時とみなした平成5年10月13日の交通機関トリップによって式(3.2)のようにスケールアップを行なった。

$$A_{WD} = \frac{\text{毎日の交通機関トリップ}}{\text{平常時(10月13日)の交通機関トリップ}} \quad (3.2)$$

これを示したのが図3.5である。平常時の交通需要は土曜日や日曜日に多く、ウィークデイにはほとんど差が見られない地方部幹線道路交通の典型的な特性¹⁴⁰⁾をし

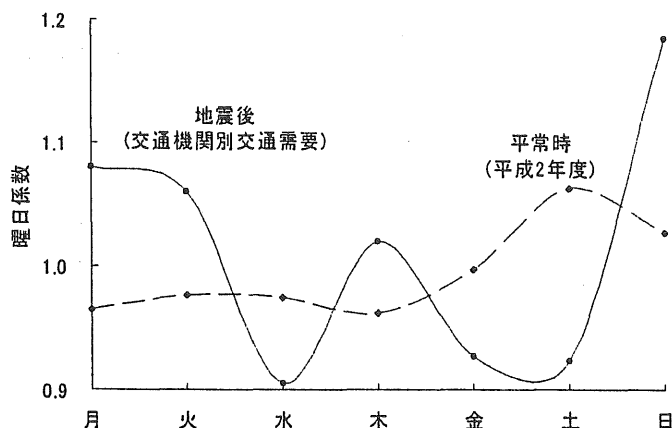


図3.5 地震後と平常時の曜日係数の比較

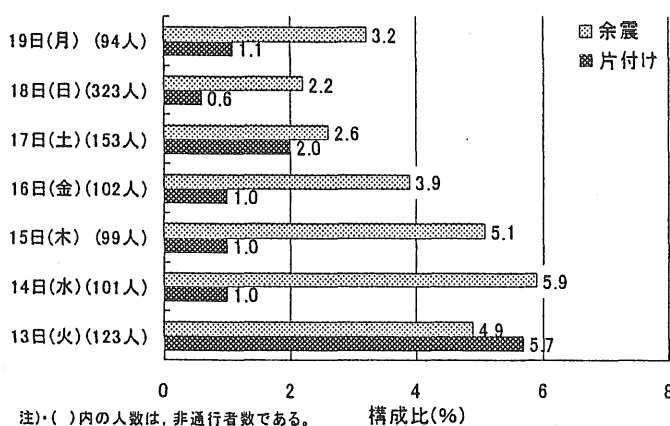


図3.6 非通行理由

理由だけを取り上げ、その構成比を示したものである。また、地震発生当日については、地震発生が夜10時17分であり、すでに、当日の通常の通行を終えた住民が大部分であるため、ここには示していない。

これによれば、非通行、すなわち、外出しなかった理由としては、全体の約2～6%が「余震」に対する恐怖であり、地震後1週間にわたって持続的に非通行の理由となっている。また、地震翌日には、全体の約6%が「片付け」のために非通行となっており、2日目以後には減少している。

一方、図3.6には示していない理由であるが、地震による物理的な被害である「勤務先や学校の被害」、「道路の被害」によって非通行となった者は、地震翌日に限られ、それぞれ全体の13.8%、2.4%が見られる。これは、「片付け」による非通行要因とともに地震発生翌日の非通行の大きな原因の1つとなっている。

(2) 時間別交通需要の変動

図3.7は、198人の解析データを用いて、発生時間別の交通需要を示したもので

ているが、地震後は、日によって大きく変化している。また、曜日係数の時系列的な変動においても、図3.4の1日交通需要の日変動と同様に、増減のパターンを繰り返している周期性が認められる。

一方、地震後1週間の間に外出しなかった理由(非通行理由)に関してはいろいろある。例えば、通常の「家事」に従事したという理由が非通行要因の40～50%を占めており、他にも「病気」、「高年齢」のためといった要因がある。こうしたものを除外し、地震による影響と判断される主な要因について見ると図3.6の通りである。ただし、図3.6は、1週間の比較が可能な欠損値のない

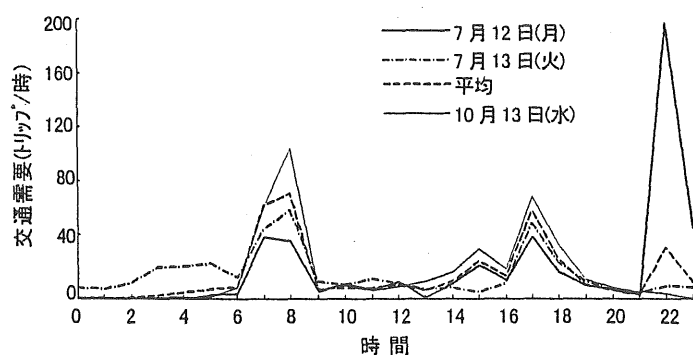


図3.7 時間別交通需要の変動

ある。地震発生当日(12日), 翌日(13日), 平均(「12日～16日」+19日), 平常時(10月13日)の4つに整理して時間別交通需要を示している。

地震発生当日を除けば交通需要が発生する時間帯はほぼ同じで(平常時との類似性), 午前ピークは8時台, 午後ピークは17時台となっている。

重要な点は, 地震が発生した22時17分を含む22時～23時の時間帯の間には避難目的のために200トリップ/時という非常に大きな交通需要が発生していることである。これは, 平常時の午前ピーク(8時台)の交通需要, 70トリップ/日の約3倍に相当する大きな値である。地震発生後, 気象庁は22時22分に津波警報を発令しており, これが避難行動に大きく影響したと考えられる。なお, 研究対象地域の津波警報の解除は13日7時である。

避難先から帰宅するために発生したトリップにより, 地震翌日の早朝(0時～6時)には, この日の1日交通需要の26.6%にあたるトリップが発生している。平常時にはほとんどトリップが発生しない時間帯であり, これも地震後の特有の現象といえる。

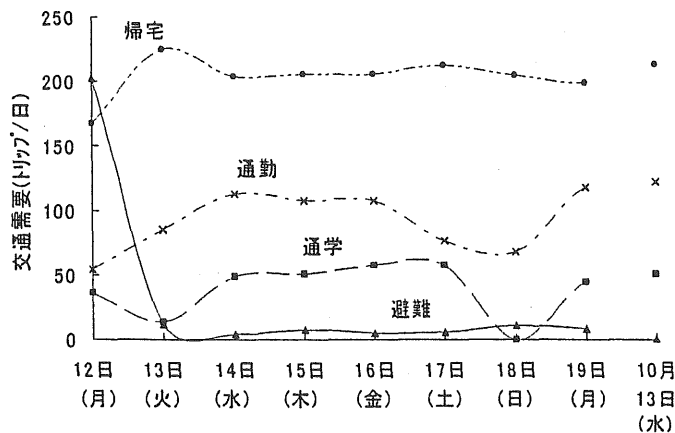
(3) 通行目的別交通需要の変動

通行目的別交通需要の変動を示すと図3.8のようになる。解析に用いたデータ数は198人である。

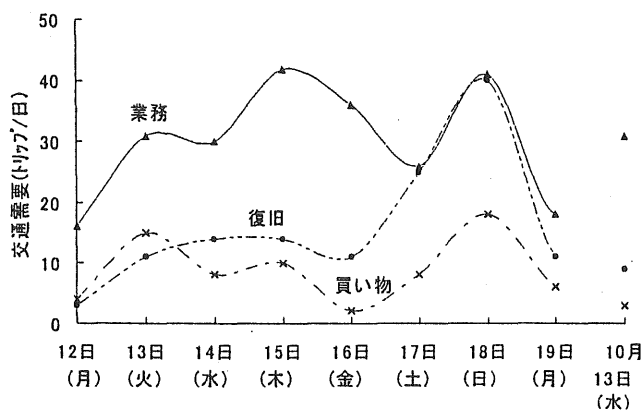
このうち, 最も直接的な地震の影響は「避難」の通行目的で, 地震発生当日には203トリップ/日と平常時の1日交通需要(446トリップ/日)の45.5%に相当する非常に大きな値となっている。このため, 地震発生当日には, 1日交通需要は平常時より13.7%も増加している。地震発生が午後10時17分と遅く, すでに, ほとんどの一般交通が終わった後に, 地震によって新たに生じた交通によって13.7%も1日交通需要が増加した点は興味深い。

「通勤」の通行目的は, 地震の翌日および地震後の最初の土曜, 日曜日には最大で55.7%減少している。これは地震によって被災した自宅の復旧や, 事務所の被災によって通学できないこと等によると考えられる。また, 「通学」の通行目的は, 地震発生翌日には顕著に減っている。これは, 明らかに生徒や家族のけが, 休校などの影響によると考えられる。

一方, 「帰宅」の通行目的は, 地震発生当日だけ平常時から22.0%程度減ったが,



(a) 避難, 通勤, 通学, 帰宅



(b) 業務, 買い物, 復旧

図3.8 通行目的別交通需要の変動

また、通行目的別交通需要変動の増減パターンを分析するため、時系列分析の指数平滑化モデル(exponential smoothing model)^{142)~149)}を用いた。指数平滑化モデルは、観測データだけで時系列システムに関するモデルの構築や予測を容易にするため、時系列的に短期間に変動しやすい(短期間での)セールスの予測、在庫量の予測、系列平均の変化しやすい分野などの予測に応用されている。また、トレンドと周期のパターン識別、平滑化された系列の視覚化などに利用されている。

図3.9、図3.10は、通行目的別交通需要の増減パターンを示したものである。しかし、ここで用いる時系列分析(指数平滑化モデル)は、短期間での交通需要変動特性を分類するために用いたもので、その値、すなわち交通需要の正確な予測を目的としていないため、モデルによる推定値の残差は大きくなる場合もありうる。ただし、その変動傾向を表すのには差し支えないことから、分析を行なった。

まず、図3.9で示す増加パターンの通行目的は、「通勤」、「通学」、「買い物」の通行目的で、週末の変動特性の大きい通行目的である。とくに、「買い物」の通行目的は、発災後1週間にわたって一定水準を維持しており、平常時より多い交通需要

翌日からはほぼ平常時の値に回復している。

つぎに、「業務」と「買い物」の通行目的は、平常時に比べて地震後の4日間に、それぞれ20.2%, 38.9%増加している。また、「業務」の通行目的は、後述の「復旧」通行目的とともに、震災後の最初の日曜日である18日にも多く発生している。これは、地震被害の後片付けや生活必需品の購買、地震による新たな業務の発生等によると考えられる。最後に、「復旧」の通行目的は地震当日から発生しているが、とくに日曜日(18日)に多くなっている。これは、休日を利用して地域的に復旧活動が進められたためである。

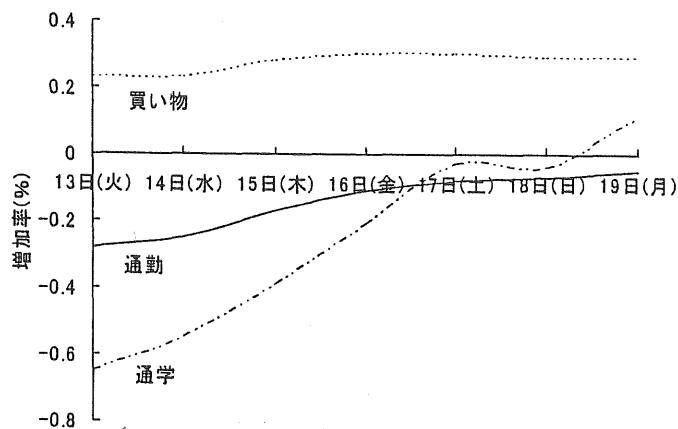
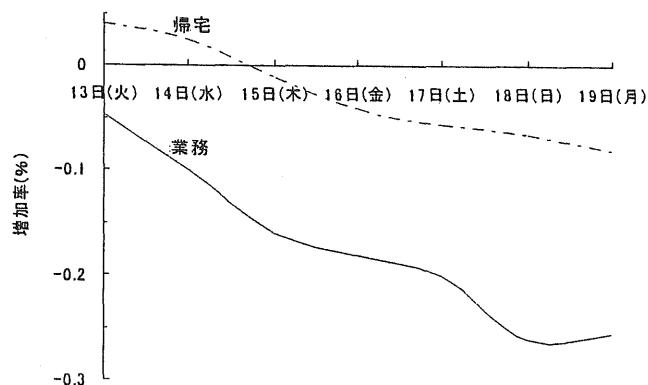


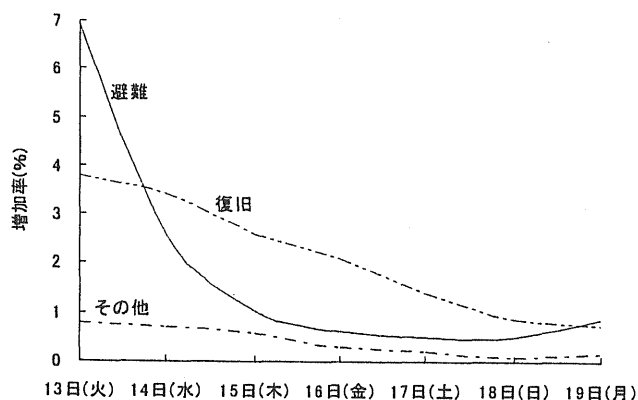
図3.9 通行目的別交通需要変動の増加パターン

い交通需要を示しているが、1週間にかけて平常時の交通需要を回復していく(平常時水準への復帰性)。一方、図3.10に示すように、減少パターンの通行目的は、「帰宅」、「業務」、「避難」、「復旧」と「その他」の通行目的である。

とくに、「避難」の通行目的は、発災当日のみ特定の時間帯に非常に多い交通



(a) 帰宅, 業務



(b) 避難, 復旧, その他

図3.10 通行目的別交通需要変動の減少パターン

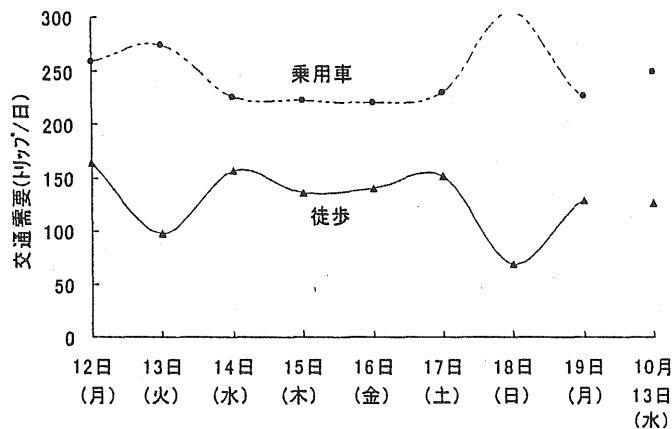
を示している。これからみると震災後は、地震被害の後片付けや生活必需品の購買による「買い物」の通行目的が増加することがわかる。

「通勤」と「通学」の通行目的の場合は、発災翌日には復旧活動やその支援と余震の不安、休校などの影響のため減少した平常時より少な

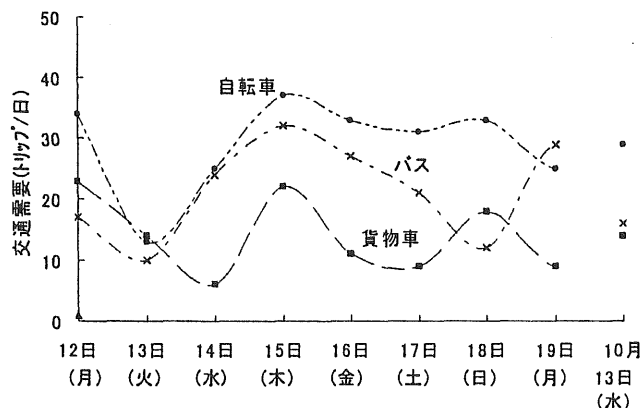
い交通需要が発生し、翌日まで影響を与えている。また、発災後は、余震と住宅の全壊などによって避難交通需要の大部分が発生していたため、その交通需要も限定され、少ないという特徴がある。したがって、発災後の1週間における避難交通需要の増減パターンの分析は、線形による指数平滑化モデルよりも1次指数による平滑化の方が良好な結果になったので、図3.10における「避難」の通行目的は、1次指数による分析結果を用いた。また、「帰宅」通行目的の場合、発災翌日には前日の避難から帰宅する通行によって増加しており、それ以降、減少している。

(4) 交通手段別交通需要の変動

交通手段としては、「徒歩」、「自転車」、「乗用車」、「バイク」、「タクシー」、「バス」、「鉄道」、「貨物車」、「その他(船舶など)」があるが、以下の交通手段別交通需要の変動分析では、その変動に特徴があり、かつ平常時(10月13日)の交通手段別分担率が相対的に高い「徒歩」、「自転車」、「乗用車」、「バス」、「貨物車」の5交通手段を用いた。図3.11に5交通手段の交通需要変動を示す。解析に用いたデータ数は198人である。



(a) 乗用車, 徒歩



(b) 自転車, バス, 貨物車

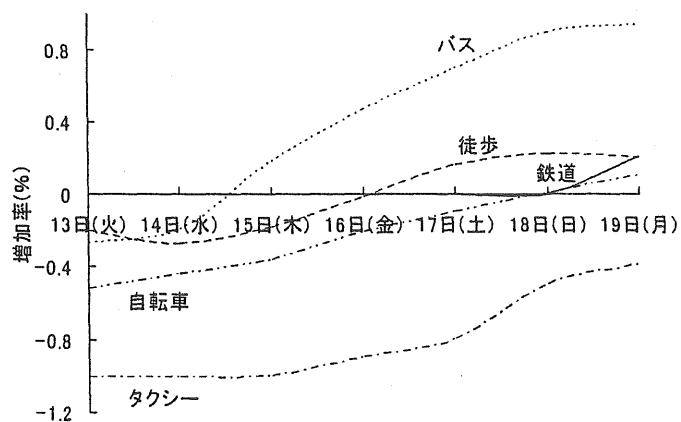
図3.11 交通手段別交通需要の変動

が休みであったりしたこと、「買い物」や「復旧」通行目的の「乗用車」トリップが増加したこと等が原因と考えられる。したがって、こうしたことを除けば、「乗用車」と「徒歩」の交通手段は、地震後ほとんど変化しなかったといつてよい。

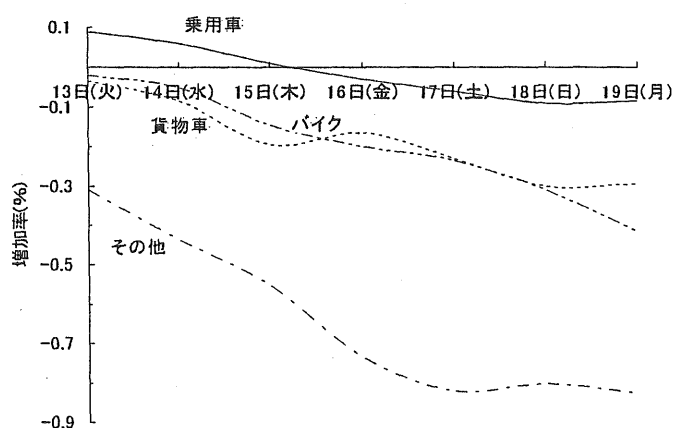
一方、「自転車」や「バス」の交通手段の場合、地震翌日には平常時よりそれぞれ55%, 33%減少し、3日後には14%, 69%増加している。「貨物車」の交通手段は、地震後2日目、3日目には減少するが、これは、地震による地域内の貨物の減少が原因と考えられる。

全体としては、「乗用車」と「徒歩」の占める交通手段分担率がそれぞれ約50%, 約30%程度と圧倒的に大きい。これは、対象地域の公共交通の整備水準が低いため、主として「乗用車」か「徒歩」という選択のみに限られているためである。重要な点は、これらの交通需要を平常時と地震後と比較すると、それ程大きな違いはないという点である。

ただし、地震の翌日(13日, 火曜日)と地震後6日目(18日, 日曜日)には、「徒歩」が減少する替りに「乗用車」が増加している。これは、地震の翌日や地震後最初の日曜日には生徒の通学が減ったり、職場



(a) 増加パターン



(b) 減少パターン

図3.12 交通手段別交通需要変動の増減パターン

増加パターンの交通手段と比べ、モビリティが高い(または、地域での交通手段分担率の高い)個人の交通手段となっている。

各交通手段別交通需要変動の増減パターンを図3.12に示す。ここでは、交通手段の交通需要変動分析から除外した交通手段分担率の低い「バイク」、「タクシー」、「鉄道」、「その他」の交通手段の増減パターンをも分析することとする。

図3.12によれば、増加パターンは、「徒歩」、「自転車」、「タクシー」、「バス」、「鉄道」の5交通手段による交通需要で、地域での交通手段分担率が比較的低い、またはモビリティの低い個人交通手段と公共交通機関である。

一方、減少パターンは、「乗用車」、「バイク」、「貨物車」、「その他」の4交通手段による交通需要で、図3.12の

(5) 地域別交通需要の変動

調査対象地域別に生成交通(trip production)と集中交通(trip attraction)の交通需要を分析すると、地域を発着する交通需要の差はほとんどなかった。これは、調査対象地域外への交通需要が全体交通需要の約1%にもならないもので、調査対象地域住民の1日交通圏が周辺特定地域へ限定されているためである。したがって、ここでは、主に生成交通(以下、交通需要)を中心に分析することとし、地域別発生交通需要の変動を図3.13に示す。

平常時における交通需要の最も多い地域は、「江差町」(140トリップ/日)、「熊石町」(74トリップ/日)、「大成町」(55トリップ/日)、「上の国町」(54トリップ/日)の順である。これらのうち、とくに、「熊石町」と「大成町」の地震発生当日(7月12日)の交通需要が、

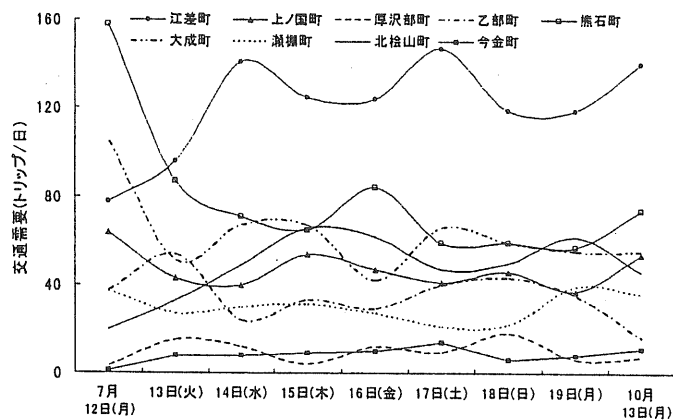
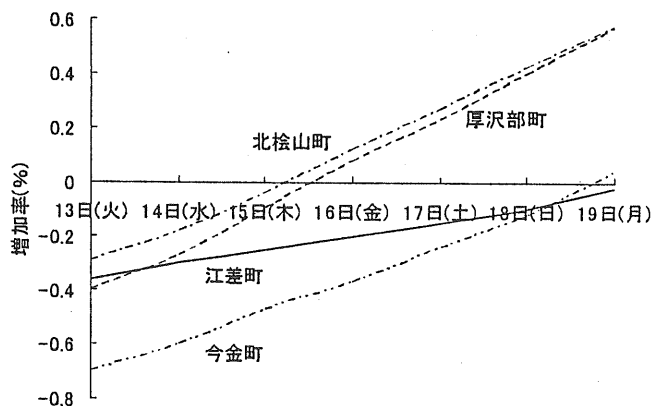
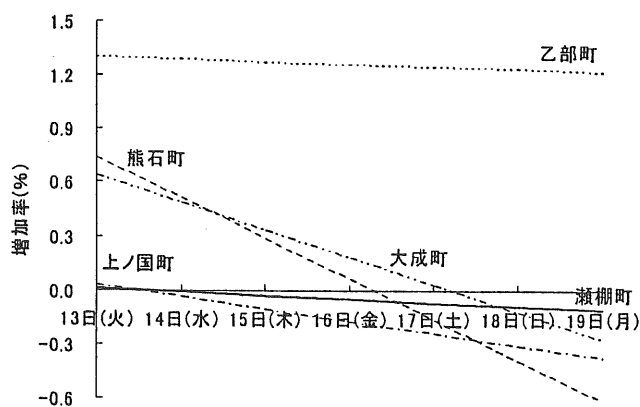


図3.13 地域別交通需要の変動



(a) 増加パターン



(b) 減少パターン

図3.14 地域別交通需要変動の増減パターン

各々158トリップ/日と105トリップ/日で、平常時に比べ約2～3倍も増加している。

一方、これらの地域別交通需要変動の増減パターンを、指数平滑化で分析し、示したのが図3.14である。地域別交通需要変動の増加パターンは、「江差町」、「厚沢部町」、「北桧山町」、「今金町」の4地域で、地震発生後の交通需要が平常時よりも少ない地域であり、平常時の交通需要に回復するような傾向で交通需要が増加している。後述しているが、これらの地域は、他の地域に比べ地震による道路施設への被害が相対的に大きい。

また、減少パターンの地域は、「上の国町」、「乙部町」、「熊石町」、「大成町」、「瀬棚町」の5地域で、地震発生後の交通需要が平常時より多い地域で、北海道南西沖地震による道路施設の被害が、上記の増加パターンの地域に比べ少ない地域となっている。とくに、「熊石町」と「大成町」では、交通需要の減少率が最も高くなっており、道路施設の被害も最も少ない地域である。

地域別交通需要の変動(増減)が、道路施設の被害程度にどのように依存しているかを見るために、道路施設の被害件数及び道路延長を図3.15に示す。ただし、「大成町」では、道路が当該地域の市街地を通過していないため、ここには示して

いない。また、ここに示す道路施設の被害件数及び道路延長は、農道や山林道など人口が集中していない地域の道路を除いた数値である。

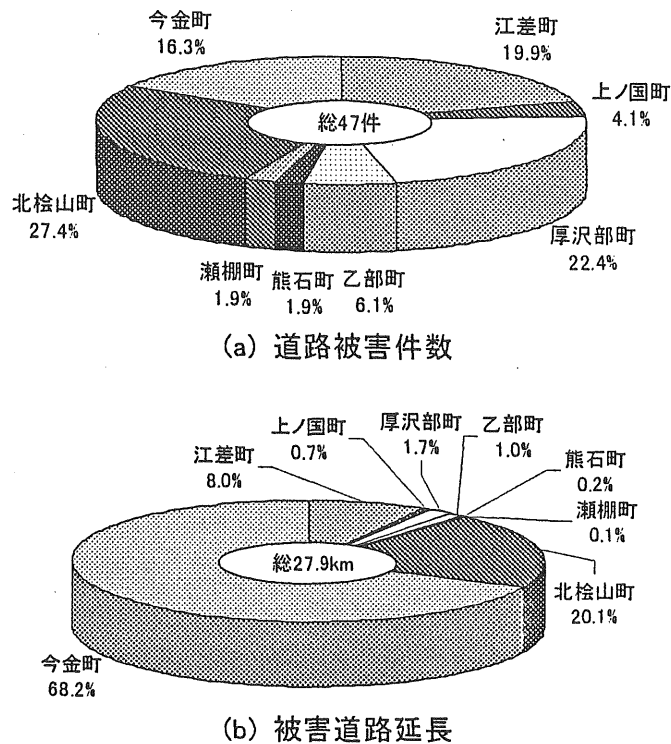


図3.15 地域別道路被害

図3.15によれば、総被害件数と被害を受けた道路の延長は、47件の27.9kmである。このうち、交通需要変動の増加地域であった「江差町」、「厚沢部町」、「北桧山町」、「今金町」の4地域の被害件数は、20.0%、22.4%、27.5%、16.3%と高い割合となっており、被害道路の延長についても「今金町」が全体の68.2%で最も高い割合を占める。

したがって、道路施設の被害程度が大きい、すなわち地域へのアクセシビリティが制限されるほど交通需要

は増加パターンとなり、また逆にその被害程度が低い(地域へのアクセシビリティが相対的に制限されない)ほど、交通需要は減少パターンになるものと思われる。

以上の分析結果から、地震後の短期交通需要の変動特性を表3.3にまとめる。

表3.3 短期交通需要の変動特性

交通需要区分	短期交通需要の変動特性	
	増加パターン	減少パターン
通行目的	・週末変動特性の大きい通行目的	・週末変動特性の低い通行目的 ・災害時緊急交通需要及び災害による交通需要発生の可能性の高い通行目的
交通手段	・モビリティの低い個人交通手段 ・公共交通機関 ・交通手段分担率の低い交通手段	・モビリティの高い個人交通手段 ・交通手段分担率の高い交通手段
地域別	・大きい道路施設の被害(程度)を受け、地域へのアクセシビリティの低い(制限される)地域	・少ない道路施設の被害(程度)を受け、地域へのアクセシビリティの高い(制限されない)地域

(6) 避難交通需要の発生状況

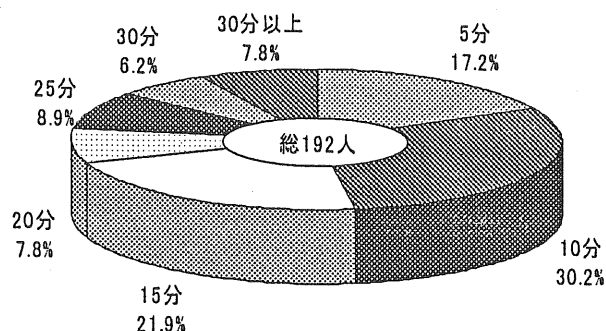


図3.16 発震からの避難開始時間の分布

こしていた訳で、極めて迅速な対応といえよう。全避難者の約70%は地震後15分以内に避難を開始している。前述したように、気象庁による津波警報の発令が、地震発生5分後の22時22分であり、それが避難行動に大きな影響を与えたと考えられる。なお、本調査は地震後約3ヶ月後に行なっているが、非常に緊迫した状況の中での避難であり、避難行動を開始した時間に対する避難者の記憶については、とくに信頼性に問題はないと考えられる。

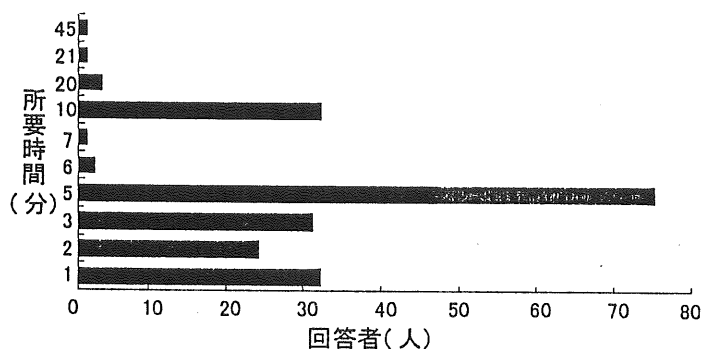


図3.17 避難所要時間の分布

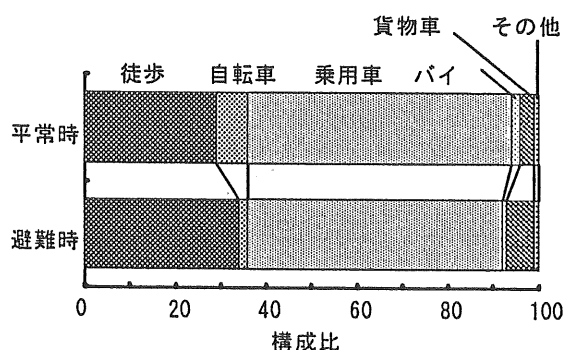


図3.18 平常時と避難時の交通手段の比較

地震後いつから避難を開始したかを示すと図3.16のようになる。解析に用いたデータは192人である。これによれば、早い人は地震が発生した22時17分から1分後には避難を開始している。地震が大きいと感じた瞬間に避難行動を起

つぎに、避難に要した時間は、図3.17に示す通りであり、平均5.04分である。5分以内には全体の約80%が避難を終了した。これは、津波による被害をもたらした北海道南西沖地震の災害特性を反映したもので、気象庁からの津波警報(22時22分発令)を受けた避難世帯の約8割が、自宅近く(高台42.6%、公共施設20.0%、避難所18.4%)に避難をしたもので、他の災害とは全く異なる特徴である。解析に用いたデータは192人である。

図3.18は、解析データ184人を用いて、避難時の交通

手段分担率を示したものである。「乗用車」が全体の56.1%、「徒歩」が33.8%で平常時とほとんど変わっていない。しかし、ここで重要な点は避難通行の半分以上が「乗用車」を利用しているということである。もし、同じような傾向で大都市部に平常時のピーク交通需要を越えるトリップが集中して発生すると仮定すると、道路施設の被災による物理的な制約と相まって、深刻な混乱が生じる可能性がある。

一方、災害特性は異なるものの、第5章の「平成7年(1995年)兵庫県南部地震」での避難交通需要の発生特性(平常時ピーク交通需要の2倍以上)と同様な傾向を示

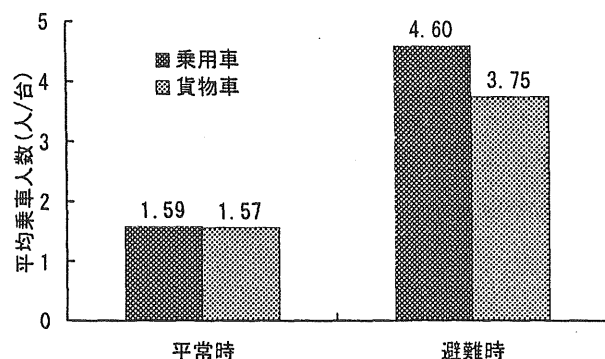


図3.19 平常時と避難時の平均乗車人数の比較

2.9倍、貨物車は2.4倍と高い数値を示している。

すため、地震直後の避難(ピーク)交通需要は、平常時ピーク交通需要を超え発生するものと思われる。

図3.19は、解析データ181人を用いて、避難時の平均乗車人数を示したものである。家族単位で避難したため、平常時に比べて「乗用車」は

3.2.2 車両の運行特性

(1) タクシー

地震前後のタクシーの走行距離と乗客数をまとめると図3.20に示すようになる。地震後には走行距離と乗客数が大きく増加しており、地震によってタクシーの需要が増加したことを示している。とくに、地震発生翌日には、走行距離は400km/台・日となってお

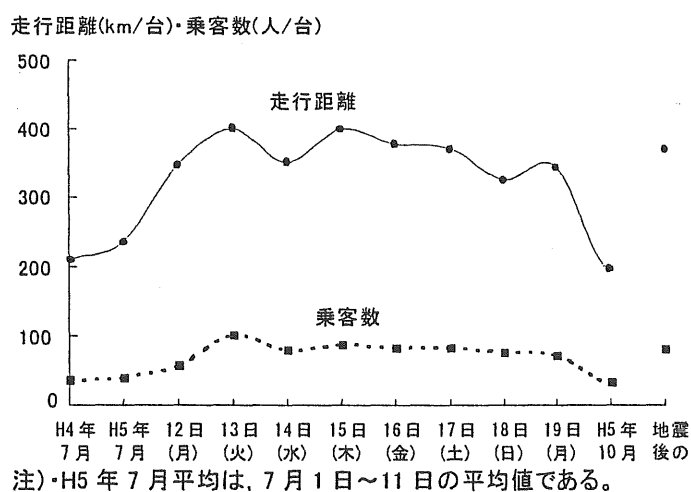


図3.20 タクシーの1日車両走行距離と乗客数の変動

り、これは、同年7月1日～11日の(H5年7月)平均236km/台・日の1.7倍に相当する。

車両の1日走行距離と乗客数は、地震後の時間経過とともに同じ様な傾向で変化している。なお、タクシー会社に対するヒアリングによれば、ほぼ平常時の運行に

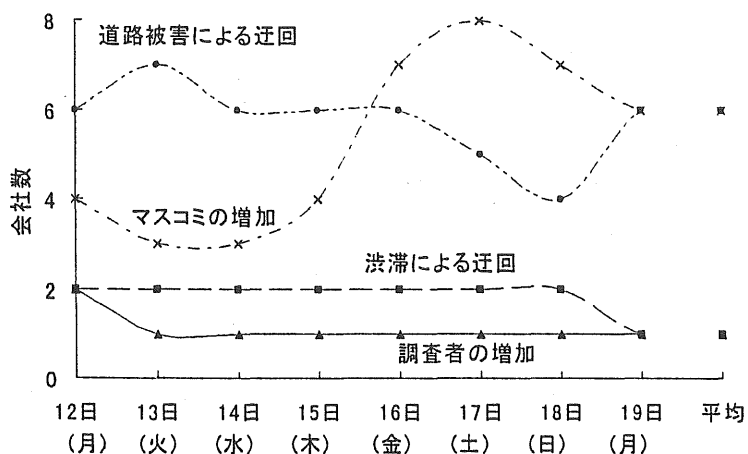


図3.21 タクシーの運行特性変動の理由別回答数

戻ったのは、地震後約32日経った8月13日である。

このように、運行特性が変動した理由をタクシー会社数で示した結果が図3.21である。主要原因としては、「道路の被害」とこれによる「渋滞」、「マスコミ」や「地震被害の調査者」の増加などがある。

とくに、車両の運行に最も大きな影響を生じたのは「道路の被害」で、地震後1週間にわたって連続的に大きな影響を与えている。これは、道路の復旧が地震発生後の地域の円滑な交通需要の処理や復旧活動の確保に大きな影響を与えることを示している。

(2) バス

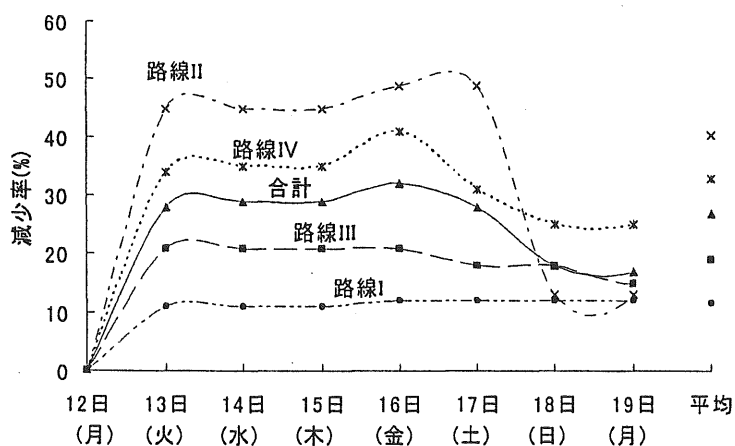


図3.22 バス乗客数の変動(ピーク時)

対象地域を運行している5路線の139台のバスについて、それぞれの路線ごとのピーク時の利用乗客数の減少率を示すと図3.22のようになる。とくに、バスの場合、その運行終了時刻は21時41分であり、地震が発生した22時17分にはすでに運行を終了していたので、地震発生当日(平成5年7月12日)のピーク時のデータを平常時のデータとした。

地震後の乗客数は、一部を除くと、ほとんどすべての路線において減少している。とくに、北海道南西沖地震で大きな被害を受けた路線II(江差町～大成町)では、平常時に比べて約50%と大きく減少している。前述した図3.3には道路施設の被害分布とバス路線を示しているが、図3.22の乗客数減少率はこれとよく対応している。なお、バス会社へのヒアリングによれば、車両の運行状況が平常時に戻ったのは、地震発生から約1ヶ月後である。

3.3 交通需要変動の要因分析

3.3.1 分析モデルの検討

交通需要の変動において、交通発生の主体である個人の特性(性別, 年齢, 職業など)がどの程度影響を及ぼしているかを分析するため, 多重分散分析(Multiple Classification Analysis; MCA)¹⁵⁰⁾を行なった。多重分散分析(MCA)は, 目的変数の交通需要(1人当たりトリップ数)という事象に与える説明変数の諸要因(個人特性)の影響を分析する統計手法の1つである。MCAは, 式(3.3)のように単純なモデル構造で, かつモデルの分析結果の精度評価や解釈が容易な回帰モデルである。分析は, 「7月12日～7月19日, 10月13日」を対象期間とし, 198人のサンプルを用いた。

$$Y = \alpha + X\beta + E \quad (3.3)$$

ここで, Y : 交通需要の観測値($N \times 1$)

X : 個人特性値(説明変数)の行列($N \times p$)

α : 常数

β : X のパラメータ($p \times 1$)

E : 誤差項($N \times 1$)

N : サンプル数

p : 説明変数の項目(カテゴリー)数

「3.2 震災後の短期交通需要の変動特性」では, 短期での1日交通需要の変動特性を分析したが, ここでは, 交通需要変動に及ぼす個人特性の影響を非集計レベルで解析する。分析では, 1日交通需要を人数で除して1人当たりトリップ数(トリップ/人・日)を目的変数とする。また, それに及ぼす要因(説明変数)としては, 表3.2に示した調査項目から交通需要の発生源である個人特性を表す「性別」, 「年齢」, 「職業」, 「所得水準」の4要因を用いた。

一方, 交通とは, 人々の生活や社会・経済活動の派生的な需要であるため, 人々の社会・経済的な活動性, すなわちアクティビティーと関係しており, 個人特性はそのアクティビティーを規定するものである。また, このほかには, 世帯規模, 車の保有なども考えられる。

しかし, 分析に用いる要因が多くなればなるほど, 分析での要因の組み合わせ数も($\sum 2^n - 1$)通りで多くなるため(例えば, 表3.4の4要因の組み合わせでは15通り), ここではその組み合わせによる分析結果が比較的に良好であった要因だけを探索的に用いたものである。また, その分析結果の良好な3モデルを取り挙げ, 表3.4に示す。

モデルIは「性別」、「年齢」、「職業」、「所得水準」の4要因を全て考慮したもので、モデルIIはこれから「所得」を除いた3要因を、また、モデルIIIは「年齢」と「職業」の2要因だけを考慮したものである。

表3.4 多重分散分析に考慮した要因とモデル

区 分	性別	年齢	職業	所得水準
モデルI	○	○	○	○
モデルII	○	○	○	—
モデルIII	—	○	○	—

表3.5は、各モデルの精度を「決定係数 R^2 」、「残差の平均二乗 MSE (Mean of Squares due to residual Errors)」及び「 F 値」によって検討した結果を示したものである。「決定係数 R^2 」は、モデルの説明力、すなわち観測値と推定値の間の一致率を示す指標で、 R^2 が大きいほど説明力が高い。「残差の平均二乗 MSE 」は、観測値と推定値の間の差の程度を示す指標で、 MSE 値が小さいほど分散分析の精度は高い。「 F 値」は、回帰モデルによって説明される変動を示す指標で、式(3.4)によって

$$F = MSR / MSE \quad (3.4)$$

表3.5 モデルの解析精度

区 分		7月12日 (月)	7月13日 (火)	7月14日 (水)	7月15日 (木)	7月16日 (金)	7月17日 (土)	7月18日 (日)	7月19日 (月)	10月13日 (水)
モデル I	MSE	N.A.	0.08	0.08	0.14	0.03	0.08	0.05	0.02	0.08
	F 値	N.A.	2.93*	1.95	0.59	3.50*	1.82	2.42	8.25**	2.41
	R^2	N.A.	0.81	0.78	0.48	0.86	0.72	0.71	0.94	0.82
モデル II	MSE	0.75	0.51	0.20	0.51	0.39	0.34	0.21	0.13	0.31
	F 値	2.28	1.70	2.50**	1.71	1.85*	1.65	1.17	2.81**	1.75
	R^2	0.54	0.33	0.44	0.33	0.36	0.38	0.32	0.46	0.36
モデル III	MSE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	F 値	—**	—**	—**	—**	—**	—**	—**	—**	—**
	R^2	0.80	0.37	0.58	0.40	0.55	0.41	0.50	0.61	0.52

注) ・ MSE : 回帰によって説明されない変動の平均(Mean of Squares due to residual Errors)

・N.A.: 各要因の間の欠損値のため分析できない。(Not Analysis) ・ R^2 : 決定係数

・—: F 値は MSR/MSE ので、 $MSE = 0.00$ のため計算できない。これは、要因の相互作用効果によって MSE の部分がほとんど説明されているためである。また、*は有意水準5%で、**は有意水準1%で有意である。

与えられる。ここで、 MSR (Mean of Squares due to Regression)は回帰によって説明される変動の平均であり、「 F 値」が大きいほど分析モデルの精度は高い。

表3.5において、モデルIの7月12日のデータは各要因の欠損値があり、また、モデルIIIの「 F 値」は $MSE=0$ となるため、それぞれ計算していない。各評価指標によってモデルの精度に対する評価結果が少しずつ異なるが、モデルIIIが全体的に適合性は高い。したがって、以下の解析にはモデルIIIを用いることとする。モデルIIIによれば、「年齢」と「職業」の2つの要因によって交通需要変動のうち、およそ37%～80%程度($R^2=0.37\sim0.80$)が説明されており、「 F 値」でみるとこれらはすべて1%水準で有意となる。

3.3.2 交通需要変動の要因分析

個人特性による交通需要変動、すなわち1人当りトリップ数(トリップ/人・日)の変動要因を、表3.5のモデルIIIによるMCA分析結果から表3.6、表3.7に示す。

表3.6は、「総変動(偏差) SST (Total Sum of Squares)の平均 SST^* 」と MSR を示したものである。 MSR からみると、「年齢」より「職業」の方が1人当りトリップ数の変動程度をよく説明している。

表3.6 1人当りトリップ数に及ぼす年齢及び職業の影響度

区 分	7月12日 (月)	7月13日 (火)	7月14日 (水)	7月15日 (木)	7月16日 (金)	7月17日 (土)	7月18日 (日)	7月19日 (月)	10月13日 (水)
SST^*	0.75	0.53	0.26	0.41	0.27	0.40	0.14	0.17	0.34
MSR	年齢	1.23	0.47	0.37	0.40	0.20	0.59	0.19	0.32
	職業	1.57	0.62	0.52	0.63	0.59	0.30	0.21	0.32

注) ・ SST^* :総変動(偏差) SST (Total Sum of Squares)の平均

・ MSR :回帰によって説明される変動の平均(Mean of Squares due to Regression)

また、表3.7は、各要因のカテゴリーごとに1人当りトリップ数がどのように変動しているかをまとめたものである。ここには、1人当りトリップ数の平均、要因の偏相関係数、カテゴリーの得点(あるいは重み付け)とその変動に関するレンジを示している。例えば、7月12日に着目すると、「20代未満」の「学生」の場合には、1人当りトリップ数は式(3.3)から $2.59+1.70-1.23=3.06$ トリップ/人・日となる。

1人当り平均トリップ数は、平常時とみなした10月13日に2.25トリップ/人・日であったものが、地震後1週間においてはこれから-0.13～0.34トリップ/人・日変化し、2.12～2.59トリップ/人・日となっている。また、これに及ぼす影響をカテゴリーレンジによってしてみると、「職業」の方が「年齢」よりも大きいことが確認できる。

一方、1人当たりトリップ数に及ぼす「職業」の影響をみると、平常時には、「販売業」の 카테고리得点が1.02で最も高く、反対に「技能職」が-0.48と最も低い。地震後には「公務職」や「運輸業」の 카테고리得点が高く、反対に、地震後には「教育」、「専門」、「無職」の 카테고리得点が低くなっている。とくに、「学生」や「教育職」など教育関係の場合は、地震による休校に伴い交通需要が減少している傾向である。

「年齢」別にみると、「30代」の層では地震後 카테고리得点が0.07～0.45と大きくなっており、トリップ数を持続的に増加させている。これは「30代」が、地域社会の様々な面から震災復旧を含めた社会活動に中心的役割を果たしているためと考えられる。「50代」の層は、平常時には 카테고리得点が0.70と高いが、地震後には-0.34～0.07と低い水準になっている。また、地震当日には、「20才未満」の層において、 카테고리得点が1.71と一番大きい。

表3.7 1人当たりトリップ数に及ぼす各 카테고리別影響度

(単位:トリップ/人・日)

区 分		7月12日 (月)	7月13日 (火)	7月14日 (水)	7月15日 (木)	7月16日 (金)	7月17日 (土)	7月18日 (日)	7月19日 (月)	10月13日 (水)
平 均		2.59	2.28	2.23	2.31	2.19	2.33	2.18	2.12	2.25
年 齢	偏相関係数	0.61	0.29	0.40	0.31	0.28	0.44	0.43	0.45	0.30
	카테고리-렌지	2.16	0.63	0.78	0.51	0.42	0.73	0.38	0.52	1.01
	20代未満	1.70	-0.14	-0.53	0.36	-0.17	-0.25	0.02	-0.15	0.15
	20代	-0.19	0.03	-0.09	-0.14	-0.18	0.11	0.03	-0.17	0.21
	30代	0.21	0.39	0.25	0.27	0.24	0.45	0.13	0.30	0.07
	40代	-0.46	-0.10	0.07	-0.06	0.00	0.08	0.19	-0.00	-0.05
	50代	-0.34	-0.04	-0.05	-0.15	0.07	-0.28	-0.18	0.07	0.70
	60代以上	0.45	-0.24	0.05	-0.15	-0.09	-0.21	-0.19	-0.22	-0.31
職 業	偏相関係数	0.90	0.51	0.67	0.57	0.71	0.43	0.66	0.67	0.67
	카테고리-렌지	2.49	1.38	1.36	1.65	1.61	1.57	1.62	1.19	1.50
	農水産	0.51	0.06	-0.26	-0.28	-0.27	0.16	0.35	-0.18	-0.17
	学生	-1.23	-0.66	0.34	-0.60	0.03	0.04	0.24	0.07	-0.40
	主婦	-0.85	-0.31	0.13	0.09	-0.01	0.14	0.02	0.10	-0.03
	公務	0.73	0.10	0.21	-0.10	0.07	-0.14	-0.10	0.05	0.10
	教育	-0.06	-0.92	-0.32	-0.49	-0.46	-0.35	-0.87	-0.41	-0.45
	販売	-0.71	0.45	1.04	1.05	1.15	-0.03	-0.14	0.78	1.02
	サービス	-0.85	0.09	-0.08	-0.12	0.00	0.36	0.27	-0.03	0.42
	事務	0.77	0.27	-0.05	0.14	-0.04	-0.15	-0.05	0.04	-0.24
	運輸	1.20	0.26	0.17	欠損値	0.16	1.22	欠損値	0.20	0.18
	専門	-0.15	-0.32	-0.21	-0.13	-0.13	-0.26	-0.04	-0.07	-0.23
	技能	0.44	0.46	-0.31	0.34	-0.40	0.27	0.13	-0.35	-0.48
	無職	-1.29	-0.81	-0.28	-0.32	-0.13	-0.17	0.34	-0.08	-0.22
	その他	0.95	0.10	-0.11	-0.18	0.08	-0.27	-0.35	-0.04	0.08

注) 1. 20代未満は、5歳以上から19歳までである。

以上では、北海道南西沖地震時の1人当たりトリップ数(以下、交通需要)の変動に影響を与えた主な要因とその影響程度を分析したが、ここではこれら影響度(カテゴリー得点)の時系列的な変動を分析することとする。

しかし、表3.6と表3.7で得られた各係数は、日単位で行なったMCAの結果値で、各日間の値は独立である。そのため、時系列データのタイムラグ間の従属性(すなわち、 t 期は $t-1$ 期に従属する)を前提とした「3.2 個人交通需要の変動特性」での指数平滑化モデルによる分析は、困難なものである。したがって、ここでは、各要因の影響度の時系列変動特性を、日単位での各要因の影響の総変動量と影響順位の変更状況から分析する。その概要は、後述することとし、まず、表3.6に示した年齢と職業に関する影響の総変動量の時系列変化を見ることとする。

表3.6は、短期間における交通需要変動に影響を与えた要因の相対的な重みを比較したもので、その影響度の時間的な変動特性までは分析できなかった。したがって、ここでは、表3.7を用いて各要因別総変動量を式(3.5)より求め、その時系列変化を分析する。まず、式(3.5)での1人当たり平均トリップ数 \bar{Y} は、表3.7から求められた「1人当たりトリップ数」の合計 $\sum y_n$ の総サンプル N に対する平均値であり、常数項 α の合計 $\sum \alpha$ (又は、 $N\alpha$)を平均したものが表3.7の「平均」に相当する。また、 $\sum X_{pn}$ は、説明変数(要因) X (年齢、職業)の各項目 p (カテゴリー)のサンプル数で、 $\sum X_{pn}/N$ は全サンプル N での構成比(比率)である。そこで、各カテゴリー p のカテゴリー得点(β)に各 p の比率(重み)をかけると、平均(α)に対する各 p の総カテゴリー変動量 $\beta_p (\sum X_{pn}/N)$ となる。さらに、各変数(要因) X 別に総カテゴリー変動量を合計すると、 α (平均)に対する各 X の総変数(要因)変動量 $\sum \beta_p (\sum X_{pn}/N)$ となる。したがって、「総要因変動量」は、各要因が1人当たり平均トリップ数 \bar{Y} に与えた総変動量を示す。そのため、各日単位の平均を基準、すなわち0(図3.23の原点)と考えれば、災害時交通需要変動の総量と解釈できる。ただし、「職業」の「運輸」では、欠損値があるため、当該日は計算から外し「総要因変動量」を求めた。

$$\bar{Y} = \alpha + \sum \beta_p^A (\sum X_{pn}^A / N) + \sum \beta_p^W (\sum X_{pn}^W / N) \quad (3.5)$$

ここで、 \bar{Y} :1人当たり平均トリップ数(トリップ/人・日)

X :説明変数(表3.7の個人特性値で、 X^A は年齢、 X^W は職業である)

α :常数(表3.7の平均)

β : X のパラメータ(表3.7のカテゴリー得点で、 β^A は年齢、 β^W は職業のである)

p :説明変数 X の項目 p (表3.7の各カテゴリー)

n :サンプル n

N :総サンプル数

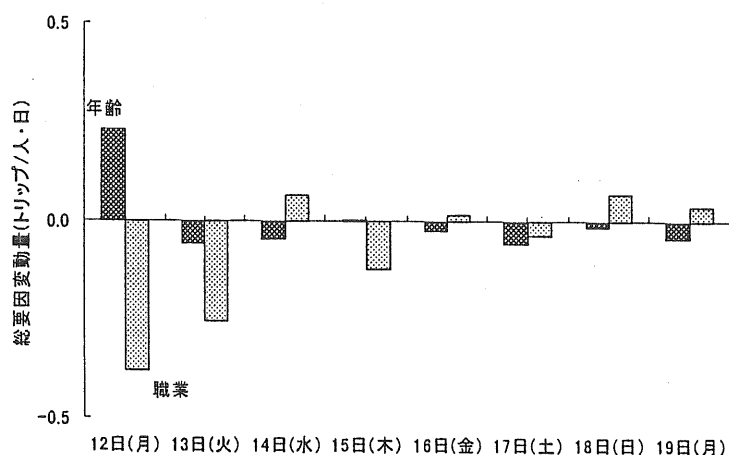


図3.23 要因別交通需要総変動量の推移

幅の差はあるものの、増加、または減少を繰り返しながら、短期交通需要変動への各要因の影響は、「年齢」は減少パターンで、「職業」は増加パターンで変動しているものと思われる。

一方、交通需要変動への影響要因のカテゴリー別影響度の時系列変動特性を表3.8に示す。ここで用いるカテゴリー影響度の時系列変動特性は、表3.7で示した

表3.8 個人属性別短期交通需要変動
(平均順位変動量)の増減特性

区 分		平均順位 変動量	備 考
年 齢	40 代	0.49	・増加パターン
	50 代	0.26	・社会的なアクティビ ティーの高い層
	20 代	0.13	
	30 代	0.08	
	60 代以上	-0.60	・減少パターン
	20 代未満	-1.82	・低いアクティビティー層
職 業	販売	1.32	・増加パターン
	学生	1.15	・職場の規模が小さ く、勤務時間等、社 会的な拘束度の低 い職業
	無職	1.08	
	サービス	0.92	
	主婦	0.87	
	専門	-0.02	・減少パターン
	技能	-0.42	・職場の規模が大き く、勤務時間等、社 会的な拘束度の高 い職業
	教育	-0.49	
	農水産	-0.57	
	公務	-0.72	
	事務	-0.75	

カテゴリー得点を、各日単位で順位を付け、短期間における順位の変動状況から算出したものである。ここで、順位とは、該当日での交通需要変動に与えた影響度の序列を示すもので、その順位が高ければ高いほど、交通需要変動に及ぼす影響が相対的に上位であることを指す。そのため序列の時系列変化は、例えば、上位からその順位が下がるのは、交通需要変動に与える影響度が低くなったことを示す。すなわち、交通需要変動を減少する方向に、働きかけたこととなる。また、同様に下位から上位となったのは、交通需要変動を増加する方向

に、働きかけたこととなるが、その変動の大きさを指すものではなく、その変化、すなわち＋方向か－方向かの傾向を示す指標である。

その算出プロセスは、はじめに、日単位で各要因別カテゴリー得点を大きい順番で並べ替え、その順位を付けた後、早い順から大きい「順位重み」を与える。例えば、7月12日の「年齢」の場合、「20代未満」の1.70が最も大きく第1位となり、「40代」は-0.46で一番小さいため、最後尾の第6位となる。その後、順位ごとに「順位重み」を与えるが、最も単純なのは、第1位に「年齢」のカテゴリー数6を、第2位に5を与え、第6位には1を与える方法である。しかし、各カテゴリーの交通需要変動への影響度の重みが均等(一様)間隔であるとは考え難いため、ここでは、表3.7のカテゴリー得点をそのまま「順位重み」として用いることとし、各順位に対応させる。また、ここで求められた順位は表3.7のカテゴリー得点を並べ替えたものであるため、一様な間隔の整数の代替重みとしてカテゴリー得点を用いても全体の計算結果には影響を及ぼさず、順位間の各変化量にもっと明確に差を付けることができる。

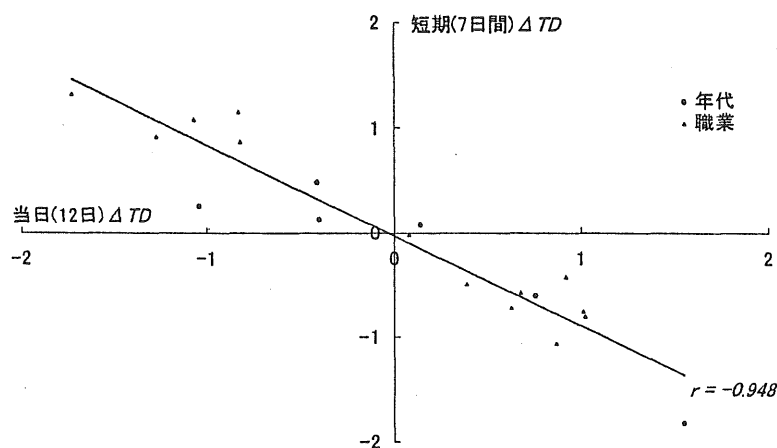
したがって、第1位の「20代未満」は1.70、第6位の「40代」は-0.46となる。結果的には、各カテゴリー得点を大きい順で並べ替えたものである。

つぎに、地震発生当日の12日を基準とし、日ごとの順位がどの程度変わったのか、その「順位変動量」を求める。例えば、「年齢」の第1位「20代未満」の場合、12日に1.70であった順位が、13日には-0.14となり、その「順位変動量」は-1.84となる。最後に、求められた「順位変動量」を、各カテゴリーごとに平均を求める。これは、地震発生当日の影響順位の短期間における「平均順位変動量 ΔTD 」で、短期間での各カテゴリーの影響順位の変動度合いを計る指標である。例えば、「20代未満」の場合、「平均順位変動量 ΔTD 」は、 $(-1.84 - 2.23 - 1.34 - 1.87 - 1.95 - 1.68 - 1.85)/7 = -1.82$ となり、「20代未満」の年齢層は、地震発生当日(12日)より7日間における交通需要変動をマイナス(－)方向に働きかけていた、すなわち減少パターンの年齢層と解釈できる。ただし、「平均順位変動量 ΔTD 」は、交通需要変動に与える影響の時系列増減パターンを分析するための指標であり、その影響度の大きさを示す指標ではない。各カテゴリーごとの影響度の大きさの指標は、表3.7に示したカテゴリー得点である。

表3.8に示すように、地震発生後、交通需要変動への個人属性別影響の時系列変動は、個人の社会的な活動、すなわち社会的なアクセシビリティと、職場での拘束性と関連しているものと思われる。相対的に社会的なアクティビティの高い年齢層(20代～50代)は増加パターンを、またアクセシビリティの低い「20代未満」と「60代以上」は減少パターンとなっている。一方、「職業」の場合、無職関連(学生、主婦、無職)と商業関連(販売、サービス)の「職業」が、交通需要変動を増加させる

傾向である。これらの「職業」は、職場の規模が比較的に小さく、勤務時間など、職場の拘束力が低い職種である。また、これとは反対に、職場の規模が大きく、職場での拘束力の高い「職業」(専門、技能、教育、農水産、公務、事務)では、その影響は減少パターンとなっている。

一方、地震発生当日、すなわち初期の交通需要変動に影響する要因の大きさ(平均順位変動 ΔTD)が、その後の変動にどのように影響しているのか、すなわち相関を分析する。図3.24は、当日「平均順位変動量 ΔTD 」(7月12日重み順位-10月13日重み順位)と短期「平均順位変動量 ΔTD 」(表3.8)を用いて、その相関を示したものである。



注) ΔTD は、交通需要変動の平均順位変動量である。

図 3.24 時期別交通需要変動(平均順位変動量)の相関

「あることを意味する。すなわち、地震発生当日、交通需要が増えた人は、時間の経過につれ、本来の交通需要に戻るため、その交通需要は減少していることを示すものである。」

このように、交通需要変動の増減パターンに関する一連の傾向(3.2震災後の短期交通需要の変動特性)から、単純で明確な論理ではあるが、災害時の交通需要は、地震による交通需要の反発(レスポンス)から本来の交通需要に戻ろうとする、いわば復帰性を持って変動しているものと思われる。そのため、災害時の交通需要管理は、減少パターンの交通需要の場合、初期段階での増加交通需要の発生を抑制、あるいは遅延させる方向で、また、増加パターンの交通需要の場合、短期間で増加交通需要を分散させるとともに、その増加を鈍化(あるいは遅延)させる方向で対策を検討するなど、柔軟な対応が求められるものと思われる。

図3.24によれば、当日「平均順位変動量 ΔTD 」と短期「平均順位変動量 ΔTD 」との相関 r は、 -0.948 の負の相関である。これは、「地震発生当日の交通需要変動に大きな影響を及ぼす要因は、時間の経過に伴い交通需要変動への影響度を減少させて

3.4 まとめ

震災による交通需要(パーソントリップ)変動のメカニズムとその変動に与えた要因を究明することを目的として、平成5年7月12日に生じた北海道南西沖地震を対象にパーソントリップ調査に基づく分析を行なった。本章での分析より、北海道南西沖地震による桧山支庁管内(奥尻島を除く)における短期間(応急復旧期)での交通需要変動について、以下の点が指摘できる。

地震発生後、短期交通需要(平成5年7月12日～7月19日;1週間)の変動特性は、以下のである。

- 1) 地震発生当日の「避難」交通需要203トリップ/日は、平常時の1日交通需要446トリップ/日の45.5%に相当する大きなもので、このため、地震当日の1日交通需要は平常時より13.7%程度増加している。また、翌日は減少しており、その後1週間での交通需要変動は、「増加⇒減少」を繰り返す周期性が見られる。
- 2) 「避難」通行目的は全て地震後の22時～23時の間に発生しており、これは平常時ピーク(7時台)の3倍を越える。地震後には、15分以内に全体の約70%が避難を開始し、5分以内に全体の約80%が避難を終了している。また、地震発生翌日の早朝(0時台～6時台)には、「避難」からの「帰宅」目的のため、この日の1日交通需要の26.6%にあたる交通需要が発生した。
- 3) 避難時の交通手段分担率は、「乗用車」と「徒歩」がそれぞれ56.1%と33.8%で、避難交通需要の大半を占める。ただし、この分担率は平常時と大きな違いはない。このような傾向は、災害特性は異なるものの、第5章での「平成7年(1995年)兵庫県南部地震」における避難交通需要の発生特性からも確認できる。したがって、同様な傾向で大都市部に平常時のピーク交通需要を越える避難交通の多くが「乗用車」を利用し、短時間で発生する場合、道路施設の被災による物理的な制約と相まって、深刻な混乱が生じると考えられる。
- 4) 地震直後の「避難」交通による交通需要の増加と翌日の「避難」からの「帰宅」目的の交通需要や土・日曜日の交通需要の時間分布を除けば、地震後1週間での時間別交通需要分布は、平常時の分布パターンと類似し、午前(8時台)と午後(17時台)のピークを形成している。
- 5) 地震後1週間にわたって、「通勤」や「通学」の通行目的は復旧活動や勤務先、学校の被害等によって減少している。「業務」や「買い物」目的の通行は地震による新たな業務の発生や地震後の後片付け及び生活必需品の購買等のため、それぞれ平均20.0%、38.9%増加している。

- 6) また、地震発生後1週間での通行目的別交通需要変動のパターンは、交通需要の週末変動特性の高い「通勤」、「通学」などが、地震発生直後に減少し、時間の経過とともに増加する増加パターンである。一方、災害時緊急交通や地震による交通需要発生の可能性の高い「避難」、「復旧」などは、地震直後増加し、時間の経過につれ減少する減少パターンである。
- 7) 研究対象地域では、公共交通の整備水準の低い地方地域であるため、地震前後ともに「乗用車」と「徒歩」の交通手段分担率が、約50%と約30%で、総交通需要の約8割を分担している。平常時の交通手段分担特性は、避難交通を含む地震発生後の交通需要での交通手段利用にも反映している。
- 8) また、地震発生後1週間での交通手段別交通需要の変動パターンは、交通手段分担率の低い公共交通機関(「タクシー」、「バス」、「鉄道」)やモビリティの低い個人交通手段(「徒歩」、「自転車」)は増加パターンで、交通手段分担率やモビリティの高い個人交通手段(「乗用車」、「貨物車」、「バイク」)は減少パターンである。
- 9) 地震発生後の地域別交通需要は、当該地域での道路施設の震災が大きいほど、地域へのアクセシビリティが制約され、平常時の交通需要より減少し、時間の経過とともに増えていく増加パターンを示す。
- 10) 地震発生時の短期間での交通需要変動の増減パターンから、災害時の交通需要は、地震による交通需要の反発(レスポンス)から本来の交通需要に戻ろうとする、いわば復帰性を持って変動している。
- 11) 平常時に比べて地震後にはタクシーの走行距離と乗客数はそれぞれ38%~70%、45%~155%増加している。また、バスの乗客数の減少率は、大きな被害を受けた路線ほど大きくなっている。減少率が最も大きかったのは、「江差町~熊石町~大成町」路線で、約50%であった。

また、地震後の交通需要変動に与えた影響要因は、以下のようにまとめることができる。

- 1) 地震による交通需要の変動のおよそ37%~80%程度($R^2=0.37\sim0.80$)は、「年齢」と「職業」によって有意水準1%で説明される。「年齢」より「職業」の方が交通需要の変動に与える影響は大きい。
- 2) また、地震後、短期間における交通需要は、「年齢」による影響が時間につれ減少しており(減少パターン)、「職業」による影響が増加する(増加パターン)特性を、反映し変動している。

- 3) 地震後、交通需要の変動幅(カテゴリーレンジ)が交通需要の平均値の80%以上となるカテゴリーは、「年齢」では「20代未満」と「30代」、「職業」では「販売」、「運輸」、「学生」、「教育」、「無職」である。これらのカテゴリーに属する社会層の場合、震災の影響を受けやすいといえる。
- 4) また、地震後、短期間での交通需要の変動に与えるカテゴリー別影響は、社会的な活動のアクティビティーの低い年齢層(「20代未満」、「60代以上」)、職場の拘束度の高い職業(「専門」、「教育」、「公務員」など)の社会層であるほど、時間の経過に伴い、減少する傾向である(減少パターン)。

第4章 震災直後の 交通需要変動へのレスポンス構造

4.1 分析データの概要

4.2 震災直後の交通需要変動へのレスポンス特性

4.2.1 地震発生直後の交通状況

4.2.2 交通需要の変動

4.2.3 交通需要変動へのレスポンス

4.3 交通需要変動へのレスポンス要因分析

4.3.1 交通需要変動へのレスポンスと

諸要因との関連性

4.3.2 交通需要変動へのレスポンス要因

4.4 まとめ

第4章 震災直後の交通需要変動へのレスポンス構造

第4章では、災害発生直後の交通需要変動の詳細なレスポンス構造やレスポンスへの影響要因を明らかにすることを目的とし、「平成13年(2001年)芸予地震(平成13年3月24日、土曜日、15時28分頃発生)」を取り上げ、パーソントリップ調査に基づいた実証的分析を行なう。

本章での分析は

- ①地震発生時の初期交通状況分析
- ②交通需要変更へのレスポンス特性分析
- ③レスポンス交通需要の内容(内訳)分析
- ④交通需要変更へのレスポンスの諸要因分析

を行なう。

4.1 分析データの概要

大都市部における地震発生直後の交通需要変動へのレスポンス要因を分析するため、「平成13年(2001年)芸予地震」による影響を受けた広島市の西区、佐伯区の2地域を調査対象地域とした。これらの地域は、この地震により、広島県内で、震度5強の最も大きな揺れを記録し(郡部では震度6の地域はあったものの)、また相対的に被害の多かった地域である⁴⁵⁾。表4.1は、研究対象地域を含む広島市全体の被害状況などの概要を示したものである。

また、図4.1には、調査対象地域を示す。調査対象地域の西区と佐伯区は、広島市西部に立地し背後に山を控えた臨海地形で、都心部や周辺地域へのアクセスは、主に国道2号線(宮島街道、西広島バイパス)、JR山陽本線、広島電鉄(宮島線)の臨海部に沿った帯状の東西路線に依存している地域である。そのため、これらの地域は他の地域に比べ、地震による地域の発着交通への影響を把握しやすい地域であると思われる。

本調査は、地震発生2ヶ月後の平成13年5月23日(水曜日)、調査対象地域の小中高校に在籍する生徒の世帯を母集団とし、無作為の432世帯の家族全員(5

表 4.1 地震及び広島市の被害概要

(平成 13 年 10 月 23 日現在)

区 分	内 容
発生日時	平成 13 年 3 月 24 日(土)午後 3 時 28 分
震 源 地	安芸灘 北緯 34.1° 東経 132.7° (震源の深さ約 51km)
規 模	マグニチュード 6.7
震 度	5 強:西区, 安佐南区, 安佐北区, 佐伯区, 5 弱:中区, 南区, 安芸区, 4:東区
被害規模 (広島市)	被害額 ・約 55 億円(公共施設 22 億円, 民間施設 33 億円)
	避 難 ・避難勧告なし ・自主避難:20 世帯 35 人
	人的被害 ・28 人(重傷 10 人, 軽傷 18 人)
	建物被害 ・民間:6,791 棟(火災 2 棟, 半壊 124 棟, 一部損壊 6,665 棟) ・公共:509 ヶ所(学校 203 ヶ所, その他 306 ヶ所)
	土木施設 ・道路:294 件(損壊 220 件, 土砂流入 74 件) ・河川:18 ヶ所 ・山がけ崩れ:292 ヶ所 ・その他(墓石, ブロック塀の転倒等):745 ヶ所
	ライフライン ・電気:10,657 世帯停電(南区 116 世帯, 安佐南区 10,541 世帯) ・水道:水道管破裂など 780 件 ・ガス:ガス漏れ 141 件 ・JR:広島市内在来線・呉線不通, その他の線は部分運転 ・アストラムライン:24 日 19 時 20 分運転開始 ・バス:市全域平常運転 ・広島電鉄:市内電車 24 日 16 時 32 分運転再開, 宮島線電 24 日 20 時運転再開 ・高速道路(24 日通行止解除分):山陽道(岡山～山口)と中国道 (佐用～小郡)上下, 広島道・浜田道と広島呉道全線, 広島高速 3 号線 ・NTT:通信施設の被害なし (24 日 22 時 21 分電話の接続規制解除)

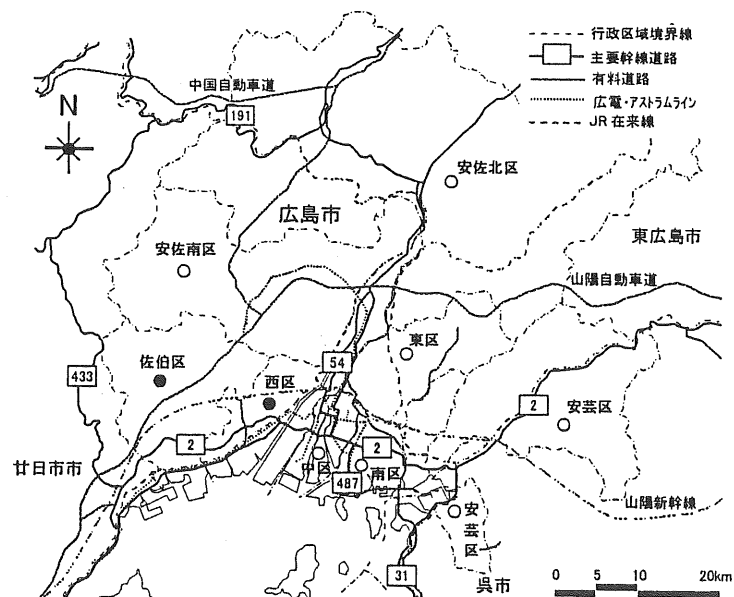


図 4.1 研究対象地域

歳以上)を対象に、信頼度 95%が確保されるようパーソントリップ調査を実施した。最終的に、250 世帯 1,038 人(広島市:205 世帯 885 人, 広島市外:45 世帯 153 人)の有効サンプルを得た。

一方、式(4.1)¹³⁸⁾によって求められた本分析での適切なサンプル数は、抽出率 0.10%の 755 人(広島市)で、有効サンプル 885 人(広島市, 抽出率 0.12%)は、本分析に耐え得るサンプル数であると評価される。式(4.1)における「母集団での特性値(P)」は自動車通行量の交通手段分担率 38.8%⁵⁷⁾を、また、ここでの「調査項目のカテゴリー数(C)」は第 3 章と異なり、主に通行内容(通行目的, 交通手段, 通行経路など)別のレスポンス構造分析を目的としているため、交通手段の項目(徒歩, 二輪車, 乗用車, バス, 鉄道, その他)数の 6 を用いた(計算プロセスは付録 7 参照)。一方、通行目的の場合、母集団での通行目的は、災害緊急の通行目的がないなど、通行目的の項目が対応していないことから、交通手段の項目を用いた。

$$F = \alpha/P \quad (4.1)$$

$$= k \times \sqrt{(1/(\tilde{N}-1))} \times \sqrt{((1-\mu)/\mu)} \times \sqrt{((1-P)/P)}$$

ここで, μ : 抽出率

F : 調査精度(相対誤差:0.129)

α : サンプルング誤差(0.050)

P : 母集団での特性値(自動車通行量の手段分担率:0.388)⁵⁷⁾

k : 信頼係数(信頼度 95%の 1.960)

\tilde{N} : 調査項目ごとの母集団の大きさ(N_{PT}/C , 88,667トリップ/項目)

N_{PT} : 母集団の大きさ(1日通行量: $N \times PT$, 2,127,998トリップ/日)

C : 調査項目のカテゴリー数(交通手段の区分:6)

N : 広島市の 5 歳以上人口数(754,609 人)⁵³⁾

PT : 1 人当り平均通行回数(PT_D/N_H :2.819トリップ/人・日)

PT_D : 広島都市圏の 1 日通行量(3,963,848トリップ/日)⁵⁷⁾

N_H : 広島都市圏の 5 歳以上人口数(1,406,014 人)⁵⁷⁾

また、有効サンプル 1,038 人のうち、地震発生当日、通行のあった通行者数は 606 人(58.4%)であるが、完全なトリップ情報、すなわち欠損値のないデータを持つのは 240 人(通行者の 39.6%)である。以降、この完全トリップを基に分析を行なうこととする。

調査票(付録 5)の配布と回収は、調査対象地域の各教育機関を通して行った。調査内容は、「世帯・個人特性」、地震発生時の「初期通行特性」、「情報入手特性」、「当日の通行特性」の 4 項目の計 27 要因(変数)となっている。表 4.2 に、調査概要を示す。

表 4.2 調査概要

区 分	内 容
調 査 日	平成 13 年 5 月 23 日(水曜日)
調 査 地域	広島市 2 区(西区, 佐伯区)
対 象 世帯	子供(5 歳以上)のいる世帯(子供のいる広島市 202,353 世帯, 754,609 人(a), 平成 12 年国勢調査 ⁵³⁾ より)
サ ン 抽出	432 世帯(無作為抽出)
プ ル 有効	250 世帯 1,038 人 (広島市:205 世帯 885 人(b), 広島市外:45 世帯 153 人)
数	(有効サンプルのうち, 広島市西区, 佐伯区:142 世帯 627 人)
抽 出 率	0.12%(b/a)
調 査 項 目	①世帯・個人特性:居住地, 居住者数, 年齢, 性別, 職業 ②初期通行特性:地震時の居場所, 居場所の種類, 居場所への目的, 移動中の交通手段, 交通手段や経路変更有無・理由 ③当日通行特性:非通行理由, 通行目的, 通行手段, 同行者数, 発着地の施設, 発着時刻, 本来予定した通行内容(目的・到着地・到着時刻・手段・経路)の変更有無 ④情報入手特性:通行時の情報入手有無, 情報入手媒体・アクセス数(地震直後 1 時間と当日)

注)・調査対象地域は広島市西区・佐伯区となっているが, 調査票の配布された在校生の居住地は西区・佐伯区を含め, 広島市全域やその周辺地域となるため, 分析サンプルは調査対象地域に限定されない。

4.2 震災直後の交通需要変動のレスポンス特性

本分析においてレスポンスとは、地震発生当日(15 時台～24 時台, 10 時間), 地震の影響を受け, 当初の通行内容(通行目的, 利用交通手段, 通行経路など)から, 通行者が対応(応答)した通行内容の変更, すなわち交通行動の変更を示すものとしている。また, 当初の通行内容からレスポンスのあった通行(トリップ)量を, これ以降, レスポンス交通需要と呼ぶこととする。

4.2.1 地震発生直後の交通状況

(1) 地震発生時の居場所

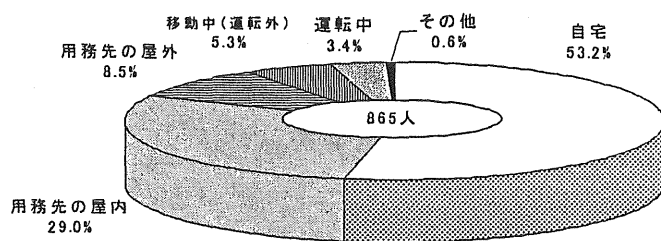


図 4.2 地震発生時の居場所

平成 13 年 3 月 24 日(土)15 時 28 分頃, 「平成 13 年(2001 年)芸予地震」が発生した時, 人々が置かれた交通状況(トリップ特性)を示すと図 4.2 のようである(有効分析サンプル 865 人)。地震発生時, 有効

分析サンプルの 8 割以上の 711 人が建物の中(「自宅」:53.2%, 460 人, 「用務先の室内」:29.0%, 251 人)におり, 交通手段を利用し移動中であったのは「運転中」を含め 8.7%(75 人)であった。また, 有効分析サンプルの 8.5%(74 人)は「用務先の屋外」であった。

(2) 地震発生直後の交通手段分担状況

地震発生時, 運転中を含む移動中であったトリップの交通手段別分担率(有効分析サンプル 74 トリップ)を図 4.3 に示す。総 74 トリップのうち, 最も高い分担率を占めるのは「乗用車」の 70.3%(52 トリップ)である。次に「徒歩」と「鉄道」が, 各々 10.8%(8 トリップ)と 8.1%(6 トリップ)の分担率を示す。また, 総 74 トリップのうち, 交通手段の変更があったのは 10 トリップ(13.5%)で, これらの変更理由(複数回答 21 件)を図 4.4 に示す。また, 交通手段の変更理由は, 表 4.3 に示すように調査票の 14 項目から類似した項目にグルーピングし, 7 カテゴリーに再編成したものである。地震発生直後, 運転中を含む「移動中」であったトリップの主な交通手段変更理由は, 「物理的な制約」の 61.9%(13 件), つづいて「選択上の制約」の 14.2%(3 件)である。

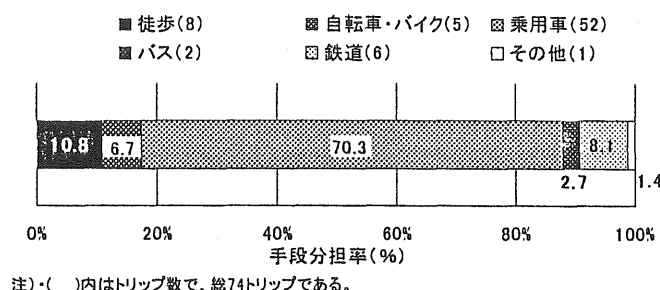


図 4.3 交通手段分担率(地震発生時)

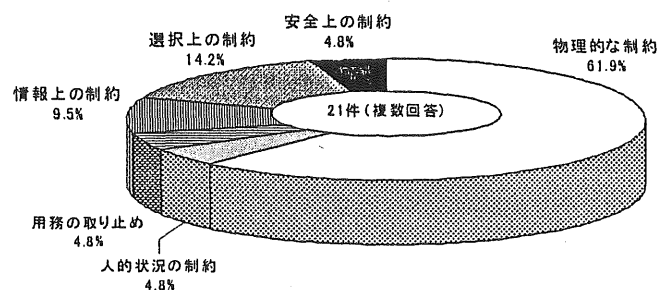


図 4.4 交通手段変更理由(地震直後)

表 4.3 通行内容(交通手段, 通行経路)の変更理由

集約カテゴリー	調査票の選択肢
物理的な制約	通行止め, 交通機関の運行停止
人的状況の制約	運転者・管理者の指示, 同行者の都合, 人々の様子
用務の取り止め	用務の取り止め
情報上の制約	情報入手の困難, 迂回路が分らない
選択上の制約	迂回路がない, 代替交通手段がない
安全上の制約	予定経路が危険, 利用交通機関が危険
通行時間の制約	所要時間の増加, その他

4.2.2 交通需要の変動

(1) 交通需要の発生状況

地震発生当日, 有効分析サンプル 1,038 人のうち通行のあった人(通行者)は 606 人(58.4%), 非通行者数は 432 人(41.6%)で, 通行者の占める割合がやや多くなっている。また, その非通行者の非通行理由(有効分析サンプル 414 人)を図 4.5 に示す。

発震が 3 月下旬の土曜日の午後であったこともあり, 非通行理由の 9 割の 366 人が, 「用務無し」(52.7%, 218 人)と「休み」(35.7%, 148 人)の 2 つの理由となって

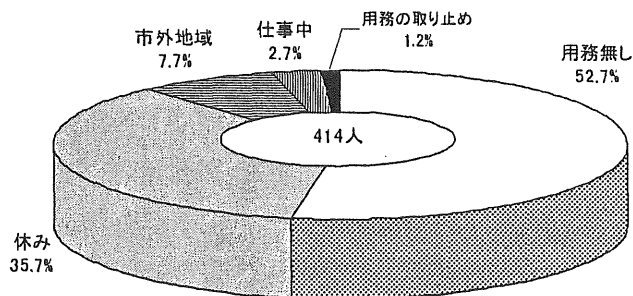


図 4.5 非通行理由

いる。今回の地震(震度 5 強)は、地域や交通環境に大きな影響を与えるほどの規模ではなかったこともあり、地震による「用務の取り止め」は 1.2%(5 人)という低い水準で、人々の交通需要抑制への影響は軽微であったものと見られる。

(2) 交通需要の時間変動

地震発生当日(15 時台～24 時台; 10 時間)の総交通需要(有効分析サンプル 240 人)は、329 トリップ/日で、1 人当たりトリップ数は 1.37 トリップ/人である。地震発生当日の交通需要の時間変動を時間係数により示すと図 4.6 のようになる。ここで、各時間係数は、式(4.2)の日交通需要を 10 時間(15 時台～24 時台)に換算し、算出した。道路交通量とパーソントリップの時間分布に関する見解は、付録 8 を参照されたい。

$$\text{時間係数} = (\text{時間交通需要} / \text{日交通需要}) \times 100 \quad (4.2)$$

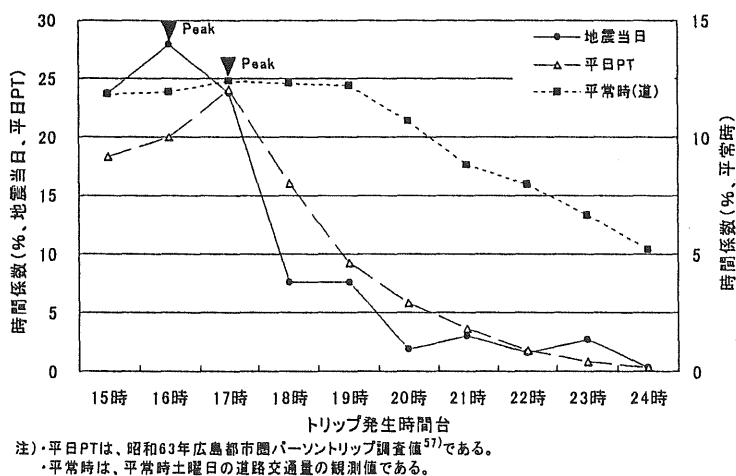


図 4.6 交通需要の時間変動

地震発生当日の交通需要は、地震発生後、1 時間が経過した 16 時台にピーク時間帯(時間係数 28.0%, 92 トリップ/時間)を形成しており、その後夜に向けて、交通需要は減少している。これは、広島市における通常のピーク時間帯

(17 時台)の分布パターンとは異なるもので、地震による交通需要変動へのレスポンスが、地震発生から1時間後に顕われた結果であると思われる。また、地震発生当日と比較した平日の交通需要は、土曜日と異なる特性であるものの、正午以降の交通需要の増減パターンには、平日、土曜日ともに大きな差がなく、類似したパターンであったことが確認されたため、本分析で用いることとした。

4.2.3 交通需要変動へのレスポンス

(1) 通行目的変更へのレスポンス

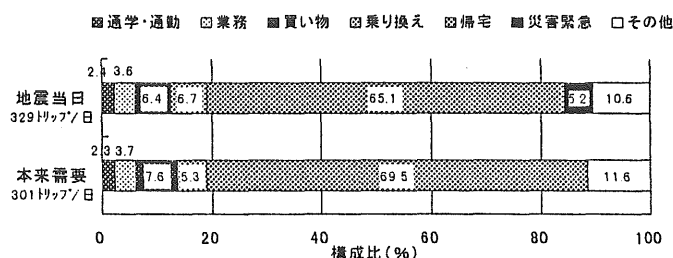


図 4.7 通行目的の変更

通行目的別需要変動を、地震発生当日の交通需要と当日予定していた(地震のなかった場合)本来の交通需要に分けて示したものが図 4.7 である。

一方、通行目的のトリップ数は、ある目的を持って出発地から目的地までの通行(移動中のトリップチェーン数、例えば、乗り換えなどは考慮しない)を1トリップとカウントするのが一般的であるが、ここでは地震によるトリップチェーンでのレスポンス特性を分析するため、乗り換えなどをも1トリップとしてカウントし、分析を行なうこととする。

地震発生当日の交通需要は、本来の 301 トリップから 9.3%(28 トリップ)増加した 329 トリップで、地震による交通需要の変動がわずかに見受けられる。増加した交通需要 28 トリップ(当日交通需要の 8.5%)は、情報入手、復旧、避難の「災害緊急」の新たな通行目的(14 トリップ)と、トリップ連鎖により新たに増加した「乗り換え」などの通行目的(14 トリップ)で構成されている。

また、通行目的別交通需要の変動は軽微なもので、「帰宅」、「買い物」、「その他」、「業務」の通行目的において、それぞれ「69.5%→65.1%; 4.4%減」、「7.6%→6.4%; 1.2%減」、「11.6%→10.6%; 1.0%減」、「3.7%→3.6%; 0.1%減」の順で減少が確認できる。

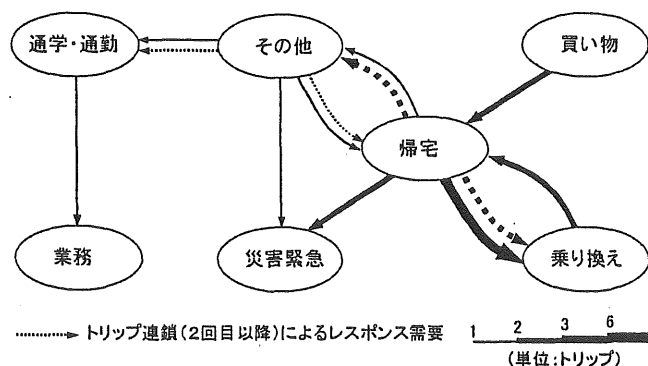


図 4.8 通行目的変更の内訳

一方、地震発生当日に増加した交通需要 28 トリップは、本来の交通需要からの変動が通行目的ごとに相殺されたもので、通行目的別レスポンス内容を具体的に確認することは困難である。このようなことから図 4.8 に、本来の通行目的から変更のあった 23 トリップ(当日交通需

要の 7.0%)のレスポンス交通需要を示す。

図 4.8 によると、地震による交通需要変動へのレスポンスは「帰宅」通行目的を中心としている。とくに、「帰宅」から「乗り換え」への通行目的が相対的に多くを占める

(34.8%, 8 トリップ)。これは、地震が鉄道と道路施設などへの物的な被害や交通規制などに影響を与えた結果、後述のように、通行者は交通手段や経路変更をせざるを得なかった状況を示すものである。

(2) 交通手段変更へのレスポンス

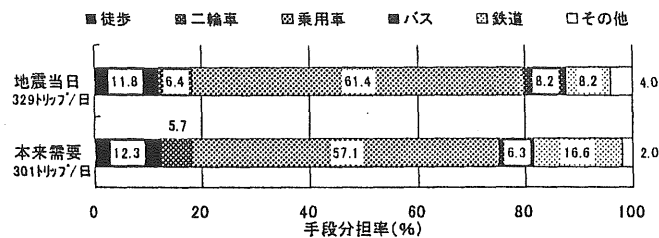


図 4.9 交通手段の変更

比較を図 4.9 に示す。

「鉄道」の分担率は、本来 16.6%(50トリップ)であったのが、地震当日、8.4%減少した 8.2%(27 トリップ)となっており、他の交通手段の分担率は、本来の需要より増加している。一方、増加した交通手段分担率のうち、相対的に増加幅の大きい「乗用車」は、「本来 57.1%(172トリップ)→地震当日 61.4%(202トリップ)」の 4.3%(30トリップ)増加で、「鉄道」からのレスポンス交通需要の主な代替(転換)交通手段となっている。

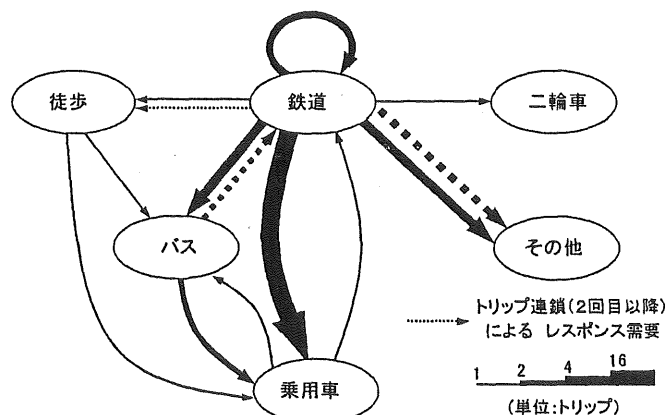


図 4.10 交通手段変更の内訳

交通手段別交通需要の変動では、「徒歩」、「二輪車」(自転車・バイク)、「乗用車」、「バス」、「鉄道」、「その他」(タクシーなど)の 6 交通手段を用いて、地震当日と本来の交通需要の手段分担率との

また、図 4.10 に、本来の交通手段から手段変更のあった 42 トリップ(当日交通需要の 12.8%)のレスポンス交通需要の内訳を示す。

地震による交通手段別交通需要変動へのレスポンスは、「鉄道」を中心とし、他の交通手段に転換していることが確認できる。これは、広島

市内を運行している鉄道(路面電車、新交通システムや JR 在来線など)が、地震発生によって運転を見合わせたため、通行者が代替交通手段を選択せざるを得なかった結果と思われる。とくに、レスポンス交通需要の 38.1%(16トリップ)は、「鉄道」から「乗用車」に転換している。もし、同じような傾向で、平常時の交通需要の 4 割近くが、「鉄道」から「乗用車」を代替交通手段として転換した場合、道路施設の被災に

よる物理的な制約と相まって、深刻な混乱が生じた可能性がある。

また、今回の地震(震度5強)よりもさらに大きい、例えば、阪神・淡路大震災をもたらした「兵庫県南部地震」のような規模の地震が大都市部を襲った場合、上記の4割を上回るレスポンス需要が発生するという推測は難しくないだろう。

(3) 通行経路変更へのレスポンス

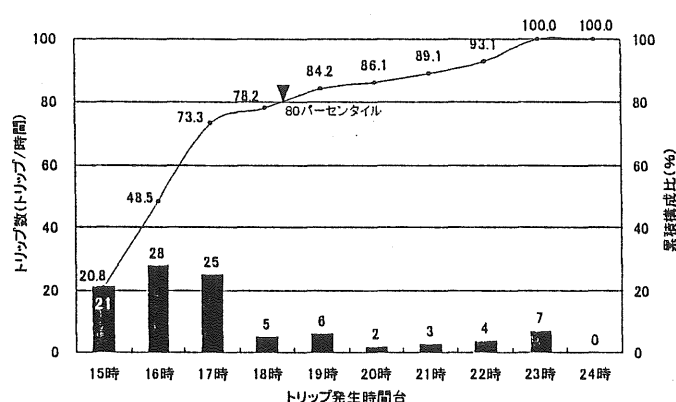


図 4.11 通行経路変更の時間変動

間後の16時台にピーク時間帯(時間係数27.7%, 28トリップ/時間)を形成し、時間の経過とともに減少している。また、経路変更のあったレスポンス交通需要の80%は、地震発生から4時間後の18時台までに集中している。これは、地震発生時刻にも依存するものの、地震発生後4時間が災害時の交通需要マネジメントにおける最も重要な最初の時期であることを示唆するものである。

地震発生当日、通行経路変更のあったレスポンス交通需要101トリップ/日(当日交通需要の30.7%)の時間変動を図4.11に示す。

通行経路変更の時間変動は、図4.6で示した地震発生当日の交通需要と類似した増減パターンで、発震から1時

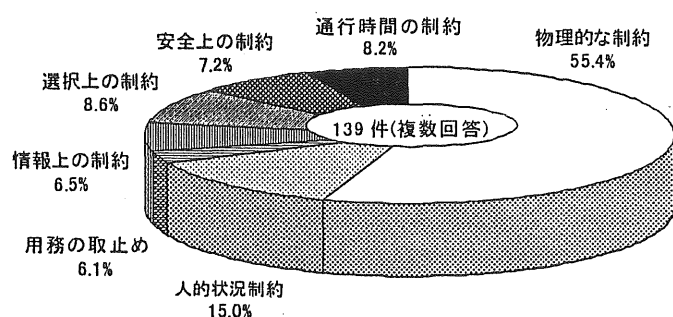


図 4.12 通行経路の変更理由(複数回答)

除いた「情報上の制約」、「選択上の制約」、「安全上の制約」、「通行時間の制約」の理由には、大きな差はなく各々6.5%(9件)、8.6%(12件)、7.2%(10件)、6.5%(9件)を占める。とくに、「通行時間の制約」という理由の場合、交通手段変更における割合(2.3%)よりも、約3倍近くを占める理由となっている。このようなことから、震災の規模にもよるものの、震災時の通行経路変更の際、人々は通行での所要時間の短縮化を図ろうとする効用理論に従っているものと考えられる。

また、通行経路の変更理由(複数回答139件)の最も多くを占めるのは、図4.12に示すように、「物理的な制約」で全体の55.4%(77件)、つづいて「人的状況の制約」の12.9%(18件)である。「用務の取り止め」(2.9%, 4件)を

(4) 通行時のレスポンスと情報入手

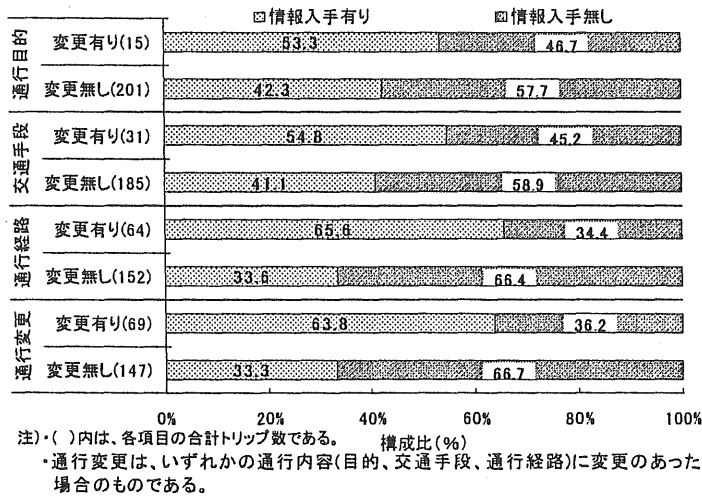


図 4.13 通行内容の変更と情報入手状況

か1回でも「通行変更」、すなわちレスポンスのあった場合、通行内容の変更のあった69人の63.8%(44人)は情報を入手しており、これとは逆に、「通行変更」のなかった147人の66.7%(98人)は情報を入手していない。

また、各通行内容(目的、交通手段、通行経路)の変更状況と情報入手状況との関係においても、その占める割合の差は多少あるものの、「通行内容の変更のあった場合、情報を入手していたトリップは多い」、または「通行内容の変更のなかった場合、情報を入手していたトリップは少ない」というパターンには変わりのないものである。このようなことから、当然なことではあるが、人々は、レスポンスの際、情報を求めているという傾向が確認できる。

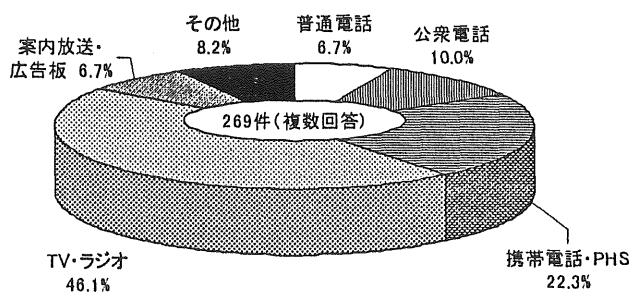


図 4.14 通行時の情報入手媒体(複数回答)

移動通信媒体の普及の拡大とともに、災害時の重要な情報入手媒体となっていくのは間違いないことで、それに伴う基盤整備、情報提供のあり方や災害時の交通需要管理における活用策など、今まで以上の政策展開への模索が必要とされるだろう。

地震発生当日の通行にあたって、情報を入手していたのは、有効分析サンプル216人のうち、43.1%(93人)で、半分以下の水準である。一方、情報入手の状況と、通行内容(目的、交通手段、通行経路)の変更との相互関係を見ると図 4.13 のようである。

まず、通行目的、交通手段、通行経路のうち、いずれ

一方、図 4.14 に示す通行にあたっての情報入手媒体の分布(複数回答 269 件)は、「TV・ラジオ」が最も多く(全体の 46.1%, 124 件)を占める。次に、「携帯電話・PHS」の移動通信媒体が 22.3% (60 件)を、また今までの主な通信手段であった「公衆電話」や「普通電話」は各々10.0%, 6.7%の低い水準を示す。このようなことから、今後も更なる

4.3 交通需要変動へのレスポンス要因分析

4.3.1 交通需要変動へのレスポンスと諸要因との関連性

地震発生当日、交通需要変動へのレスポンスと諸要因との関連性分析を、式(4.3)の χ^2 検定(Chi-square test)¹⁵⁰⁾により行なう。

$$\chi^2 = \sum_{ij} ((f_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij}) \quad (4.3)$$

ここで、 f_{ij} :行列(i, j)の度数

E_{ij} :行列(i, j)の理論度数($r_i C_j / W$)

r_i : i 行の合計(度数)

C_j : j 列の合計(度数)

W :総計(度数)

i, j :各変数のカテゴリー

表 4.4 は、表 4.2 に示した計 28 要因(変数)を用いて検定を行なった結果である。各交通需要(通行目的、交通手段、通行経路)の変動、情報入手へのレスポンスと 18 要因が、有意水準 0.01, 0.05 で、統計的に有意な関連性が見られる。検定で用いた帰無仮説 H_0 は、「交通需要変動(情報入手)へのレスポンスと諸要因とは無関係」である。

はじめに、図 4.8 に示した通行目的変更へのレスポンスと関連性のある諸要因は、有意水準 0.01 で「交通手段」、「出発地の種類」、有意水準 0.05 で「発着地」の 3 要因である。今回の地震による通行目的変更へのレスポンスは、通行者の「当日の通行特性」と関係するもので、通行者の「個人特性」や「初期通行特性」、「情報入手特性」とは無関係であったと思われる。

つぎに、図 4.10 に示した交通手段変更へのレスポンスでは、「情報入手特性」を除外した計 12 要因(有意水準 0.01:10 要因、有意水準 0.05:2 要因)に関連性がある。「個人特性」では、「年齢」、「性別」、「職業」の 3 要因、「初期通行特性」では、「居場所の種類」、「居場所への目的」(有意水準 0.05)の 2 要因、「当日の通行特性」では、「同行者数」、「通行目的」(有意水準 0.05)、「交通手段」、「発着地」、「出発地の種類」、「通行時間」、「通行目的の変更」の 7 要因である。

つづいて、図 4.11 の通行経路変更へのレスポンスでは、計 15 要因(有意水準 0.01:14 要因、有意水準 0.05:1 要因)との関連性が見られる。とくに、他のレスポンスでは見られなかった「情報入手特性」の要因が確認できたのが特徴的である。各特性別にみると、「個人特性」では、「年齢」、「性別」の 2 要因、「初期通行特性」では、「居場所の種類」、「居場所への目的」の 2 要因、「情報入手特性」では、「情報入手」、「直後の情報入手媒体へのアクセス数」(有意水準 0.05)の 2 要因、「当日の通行特

表 4.4 交通需要変動へのレスポンスと諸要因との関連性(χ^2 検定)

区 分		交通需要変動へのレスポンス			
		通行目的	交通手段	通行経路	情報入手
個人 特性	年齢	—	24.60	15.72	—
	性別	—	11.85	9.03	—
	職業	—	17.71	—	—
初期 通行 特性	居場所(発震時)	—	—	—	28.01
	居場所の(施設)種類	—	20.55	39.74	22.21
	居場所への目的	—	16.62**	27.68	23.81
情報 入手 (直後)	情報入手(有無)	—	—	12.36	—
	情報入手媒体	—	—	—	42.77
	情報へのアクセス数	—	—	10.04**	17.14
当日 通行 特性 (発災 後)	同行者数	—	15.08	15.08	—
	通行目的	—	11.13**	22.45	—
	交通手段	32.43	133.30	86.75	—
	発着地(OD)	4.04**	8.07	21.12	5.38
	出発地の(施設)種類	16.24	24.70	31.75	—
	到着地の(施設)種類	—	—	20.53	16.89
	通行時間	—	24.54	27.21	8.78
	通行目的の変更(有無)	—	16.15	26.95	—
	交通手段の変更(有無)	—	—	78.39	—

注)・ χ^2 検定は、有意水準 1%で有意である。但し、**は、有意水準 5%で有意である。

・期待度数 5 以下のセルがある場合、SPSS Exact Tests により評価された結果である。

・発着地(OD)は、区レベルでのゾーン内々交通とゾーン内外交通で 2 区分である。

性」では、「同行者数」、「通行目的」、「交通手段」、「発着地」、「出発地の種類」、「到着地の種類」、「通行時間」、「通行目的の変更」、「交通手段の変更」の 9 要因である。

最後に、通行時の情報入手へのレスポンスは、「初期通行特性」の 3 要因(発震時の居場所、居場所の種類、居場所への目的)、「情報入手特性」の 2 要因(情報入手の媒体、情報入手媒体へのアクセス数)、「当日の通行特性」の 3 要因(発着地、到着地の種類、通行時間)の計 8 要因が、有意水準 0.01 で、その関連性がある。

一方、各レスポンスと諸要因との関連性の大きさ(重み)は、表 4.4 の統計量だけでは判断できない部分もあるが、その相対的な値を比較してみると、交通需要の変更、すなわち通行目的変更、交通手段変更、通行経路変更へのレスポンスは、3 者ともに交通手段との関連性が大きいものである。このようなことから、交通手段別交通需要は、災害時の交通需要管理政策における主なコントロール変数の 1 つとなると思われる。一方、通行時の情報入手へのレスポンスでは、情報入手の媒体との関連性が他の要因に比べその統計量が大きく、これも主な政策変数の 1 つであると考えられる。

4.3.2 交通需要変動へのレスポンス要因

ここでは、表 4.4 で分析した 18 要因を用いて、各交通需要変動と情報入手へのレスポンスに影響を与えた要因を分析することとする。要因分析に用いたのは、見かけ上、回帰モデルを拡張した式(4.4)のロジスティック回帰(logistic regression)¹⁵⁰⁾モデルで、その構築モデルの適合性を評価したのが表 4.5 である。

$$P(Y=1) = \mu = \exp(\eta) / (1 + \exp(\eta))$$

or

$$\ln(\mu / (1 - \mu)) = \eta = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k \quad (4.4)$$

ここで、Y: 目的変数(二項変数)
 μ : Y の反応確立($P(Y=1)$)
 β : ロジスティック回帰係数
 X_i : 説明変数 i

表 4.5 交通需要変動のレスポンスモデル(ロジスティック回帰)

区 分		交通需要変動のレスポンスモデル			
		通行目的	交通手段	通行経路	情報入手
モデル 評価	Deviance (-2 log likelihood)	102.66	125.76	170.00	172.86
	HL (Hosmer-Lemeshow)検定	0.67(3)	2.25(3)	3.81(8)	2.54(2)
	χ^2 値(有意水準 0.05)	7.81	7.81	15.51	5.99
	帰無仮説 H_0 の棄却	棄却	棄却	棄却	棄却
判 別 率	全体	94.4%	93.8%	85.1%	71.5%
	レスポンス	0%	44.4%	54.1%	68.3%
	非レスポンス	100.0%	92.5%	95.6%	78.8%

注)・HL 検定での()は、自由度である。帰無仮説 H_0 は、「観測値と推定値は無関係」である。

構築したモデルは、通行目的変更、交通手段変更、通行経路変更、情報入手へのレスポンス要因を構造化した 4 モデルで、ステップワイズ変数投入法を用いたものである。また、モデルへの変数投入は、各変数間の多重共線性(multicollinearity)問題を考慮しつつ、モデルに多くの変数が精度よく反映されるように配慮した。

一方、表 4.4 の 18 要因のうち、「年齢」(10 歳以下, 11~19 歳, 20~39 歳, 40~64 歳, 65 歳以上), 「同行者数」(0 人, 1 人, 2 人, 3 人, 4 人, 5 人以上), 「通行時間」(15 分以下, 16~30 分, 31~60 分, 61 分以上)は、カテゴリー変数(順位尺度)となっているが、モデリング上、カテゴリーの値を連続変数と見なすこととする。

地震による交通需要変動へのレスポンス要因の構造モデル(structure model)は、重回帰分析(multiple regression analysis), 判別分析(discriminant analysis), 多重分

散分析(multiple classification analysis), 共分散構造分析(covariance structure analysis, 通称 Amos)などが考えられる。しかし, 分析モデルは, 用いる変数が, 連続変数とカテゴリー変数の組み合わせの容易性, すなわち, 多変量の正規分布の当てはまらない尺度変数で, なおかつその分析結果の解釈が最も容易であったロジスティック回帰モデルを探索的に用いたものである。

表 4.5 に示すモデルの適合度とは, 構築モデルがどの程度データ(観測値)に適合しているかを観測値と推定値との差で定義される残差の度合い(重回帰モデルの残差平方和に相当)を用いて評価するものであり, あまり少なければモデルが適合していると判断した。そこで, 最尤推定に基づくロジスティック回帰モデルでは, 式(4.5)の尤度比(likelihood ratio)の対数の-2 倍のデビアンس(deviance)と呼ばれる尤度比検定統計量(likelihood ratio test statistic)¹⁵⁰⁾を用いる。

$$D = -2 \sum_i (c_i y_i \ln(\hat{\mu}_i) + c_i (1 - y_i) \ln(1 - \hat{\mu}_i)) \quad (4.5)$$

ここで, D : デビアンス(deviance)

c_i : ケース i の重み

y_i : ケース i の観測値

$\hat{\mu}_i$: μ_i (式 4.4)の推定値

また, モデルに投入される変数によっては, 欠損値による有効サンプル数の違いや減少(スパースデータ; sparse data)が生じ, デビアンスの χ^2 分布への漸近的近似に影響を与える恐れもあると言われている¹⁵¹⁾ため, 自由度を-2 とした式(4.3)の HL 検定(Hosmer-Lemeshow test)も設ける。その検定は, 帰無仮説 H_0 「観測値と推定値は無関係である」の基で行なう。

各レスポンスモデルの絶対評価は困難なものであるが, モデル間の残差(デビアンス D)を比較して見ると, 通行目的(102.66), 交通手段(125.76), 通行経路(170.00), 情報入手 (172.86)のモデル順になっている。また, これらのモデルは, 有意水準 0.05 で帰無仮説 H_0 が棄却され, モデルの適合度が良くないと判断する根拠が乏しいことから, 表 4.5 のモデルは統計的に評価される。しかし, その判別率を見ると, 全体的には良い水準であるようにも見えるが, 各レスポンスの有無での判別率に, 大きな差が確認できる。とくに, 通行目的のレスポンスでは 0%で, 非常に判別率の悪いものとなっているなど, 構築モデルの改善は認められる。そのため, 以降の要因分析では, 通行目的のレスポンスモデルを排除し, 交通手段, 通行経路, 情報入手の 3 モデルから分析することとする。

また, 各交通需要変動と情報入手へのレスポンス要因分析は, ロジスティック回

帰係数(logistic-regression coefficient)の比較により行なう。一方、ロジスティック回帰モデルでは、一般的に式(4.6)のオッズ比(odds ratio)により各要因の影響度(大きさ)を評価するが、ロジスティック回帰係数(β)は式(4.6)にも内在しており、交通需要変動に与えるレスポンス要因の分析では、十分であると思われるため用いたものである。オッズ比に関する詳細は、文献 151)を参照されたい。図 4.15～図 4.17 は、表 4.5 に示した各モデルの分析結果(ロジスティック回帰係数、以下回帰係数)をまとめたものである。

$$\begin{aligned}\Phi_{st} &= \exp(\beta_{is} - \beta_{it}) \\ \text{or} \\ \Phi_i &= \exp(\beta_i)\end{aligned}\tag{4.6}$$

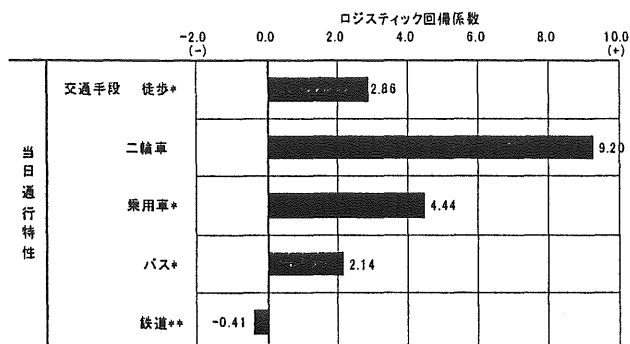
ここで、 Φ_{st} : 質的説明変数 i のカテゴリー s, t のオッズ比(odds ratio)

Φ_i : 量的説明変数 i のオッズ比(odds ratio)

β_{is}, β_{it} : 説明変数 i のカテゴリー s, t の係数(coefficient)

β_i : 説明変数 i の係数(coefficient)

(1) 交通手段変更へのレスポンス要因



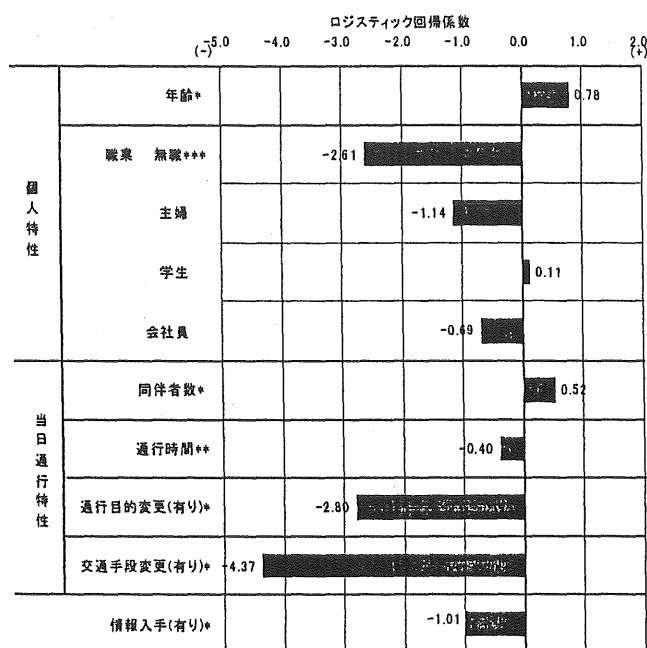
注) *は有意水準 1%, **は有意水準 5%で有意である。
 +方向はレスポンスしにくい、-方向はレスポンスしやすい傾向である。

図 4.15 交通手段変更へのレスポンス要因

まず、交通手段変更へのレスポンス要因は、図 4.15 に示すように、「当日の通行特性」の「交通手段」の 1 要因である。カテゴリー別に見ると「鉄道」の交通手段(有意水準 0.05)だけが、マイナス(-)の回帰係数で、交通手段変更へのレスポンスに影響するものとなっている。他の交通

手段の回帰係数は、プラス(+)の値で、非レスポンスの傾向に働きかけている(有意水準 0.01, 二輪車は除外)。これは、「4.2 震災直後の交通需要変動のレスポンス特性」においても分析されたように、広島市内を運行している鉄道(路面電車, 新交通システムや JR 在来線など)が、地震発生によって運転を見合わせたため、通行者が代替交通手段を選択せざるを得なかった結果と思われる。このようなことから、公共性の高い交通機関(鉄道)の交通需要は、地震による影響を受けやすいものと考えられる。

(2) 通行経路変更へのレスポンス要因



注) *は有意水準 1%, **は有意水準 5%, ***は有意水準 10%で有意である。

+方向はレスポンスしにくい、-方向はレスポンスしやすい傾向である。

図 4.16 通行経路変更へのレスポンス要因

通行経路変更へのレスポンス要因は、「個人特性」の 2 要因(年齢, 職業), 「当日の通行特性」の 4 要因(同行者数, 通行(所要)時間, 通行目的の変更, 交通手段の変更), 「情報入手特性」の 1 要因(情報入手へのレスポンス)の計 7 要因となっている。図 4.16 は、通行経路変更へのレスポンス要因である。

まず、要因「年齢」(有意水準 0.01)の場合、年齢が増加すると非レスポンス、言い換えれば、若い年代になるとレスポンスしやすい傾向があることは、社会的、またはメンタ

ルティーの成熟度の浅い年代、すなわち高いエントロピーを持つ年代であるため、地震の影響によるトリップの安定性が保持できなくなった結果の顕われと判断できる。

要因「職業」の場合、回帰係数の統計的な有意性は、「無職」だけが水準 0.10 で厳しく評価されるものの、社会的なアクティビティーを持ち、なおかつ社会的な拘束度の低い(あるいは、自由度の高い)社会層であるほど、レスポンスしやすい傾向であると判断される。

要因「同伴者数」(有意水準 0.01)は、トリップの動き(モビリティ)や意思決定の容易さを表すもので、トリップの際の同伴者数が少なければ少ないほど、トリップは動き易くなり、またそのトリップ意思が決定し易くなることから、レスポンスしやすい傾向に働きかけた要因と思われる。

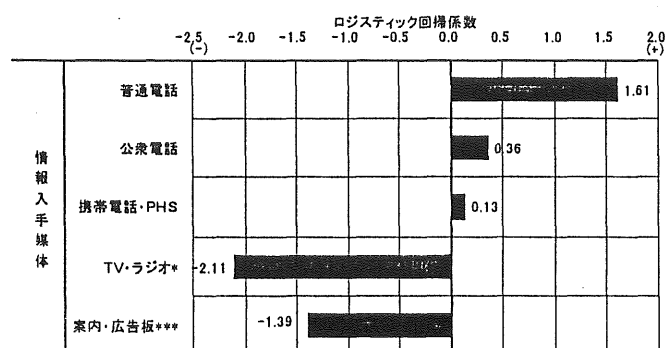
要因「通行時間」(有意水準 0.05)は、時間距離から見たトリップのアクセシビリティ¹⁵²⁾で、長いトリップであればあるほど、そのアクセシビリティは低くなり、また、地震による鉄道と道路施設などの物理的な被害や交通規制などの影響を受け、さらに通行時間の増大を恐れた(または、増大した)結果、通行者はその改善を求めたものである。これは、通行での所要時間の短縮化を図ろうとする効用理論に基づく働きの要因とも読み取れる。

要因「通行目的変更(有り)」と「交通手段変更(有り)」(有意水準 0.01)は、レスポンス連鎖の波及を表すもので、図 1.1 で示した 4 段階推計法と同様なプロセス(段階)で、人々のトリップの意思決定プロセスが形成されると思われる。そのため、通行目的の変更トリップは交通手段変更へ、また交通手段の変更トリップは、通行経路変更へのレスポンスに連鎖的に影響した結果と解釈される。

最後に、要因「情報入手(有り)」(有意水準 0.01)は、通行の際の情報入手有無に関するもので、情報入手へのレスポンスがあった場合、通行経路変更へのレスポンスはしやすくなる傾向を示す。これは、通行に必要とする情報入手が、通行者の選択肢に関する期待値を高めるとともに、当該トリップ達成への信頼度、または確実性を与えた結果、情報入手へのレスポンスを向上させたものと思われる。

このようなことから、やや断定的ではあるものの、通行経路変更へのレスポンスは、若い年代、または社会的な拘束度の低い通行者、長(時間)距離トリップ、通行目的や交通手段変更のレスポンス連鎖に加え、通行時の情報入手へのレスポンスの要因によって説明されよう。

(3) 通行時の情報入手へのレスポンス要因



注) *は有意水準 1%, ***は有意水準 10%で有意である。
+方向はレスポンスしにくい、-方向はレスポンスしやすい傾向である。

図 4.17 通行時の情報入手へのレスポンス要因

最後に、通行時の情報入手へのレスポンスは、図 4.17 に示すように「情報入手媒体」の 1 要因に影響している。その要因を見ると、情報の一方的流れの媒体である「TV・ラジオ」(有意水準 0.01)によるものが、通行の際に必要なとする情報入手へのレスポンスをしやすくする傾向を表す。一方、統計的な有意性は、有

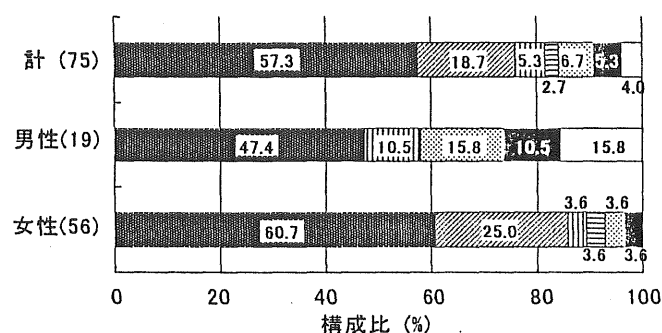
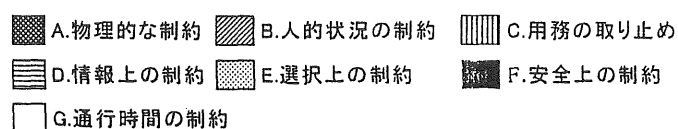
意水準 0.10 で厳しく評価されるものの、同じく情報の一方的流れの媒体と思われる「案内放送・広告板」(構内放送、張り紙、道路交通情報案内板など)も、情報入手へのレスポンスに働きかけるものと判断される。

また、これらの情報源は、公共性と客観性のある媒体で構成されるもので、必要最小限のエッセンス情報が提供されるものである。そのため、通行者は、通行に必要なとする情報を、個人の情報入手媒体の電話等よりも、確実に情報を得られるこれらの情報源を利用したものと見られる。

(4) 通行経路変更へのレスポンス理由

ここでは、以上から分析されたレスポンス要因の背後となる理由を見ることとし、個人属性の要因を多数含む通行経路変更でのレスポンス理由を主に取り上げる。また、各カテゴリー別比較は、その構成比の差の大きい上位2位まで用いて主な特徴だけを分析する。通行経路の変更理由は、表 4.3 に示した内容と同様である。

①性別通行経路変更理由

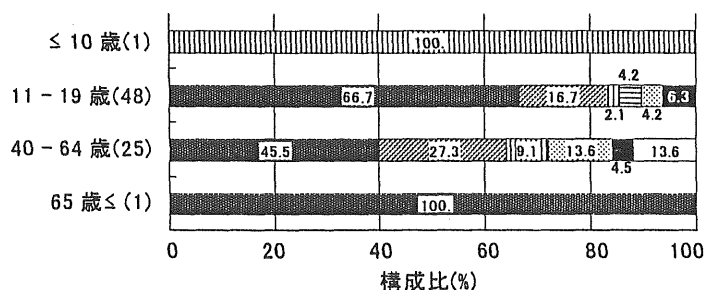
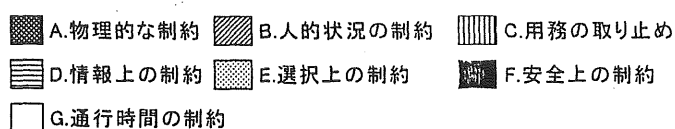


注)・()内は、各項目の合計である。

図 4.18 性別通行経路変更理由

において、「物理的な制約」と「人的状況の制約」が、通行経路の変更理由(各々 60.7%, 25.0%)の多くを占める。

②年齢別通行経路変更理由



注)・()内は、各項目の合計である。

図 4.19 年齢別通行経路変更理由

分析は行なわない。

まず、性別通行経路変更の第1の理由を図 4.18 に示す(有効分析サンプル 75 件)。

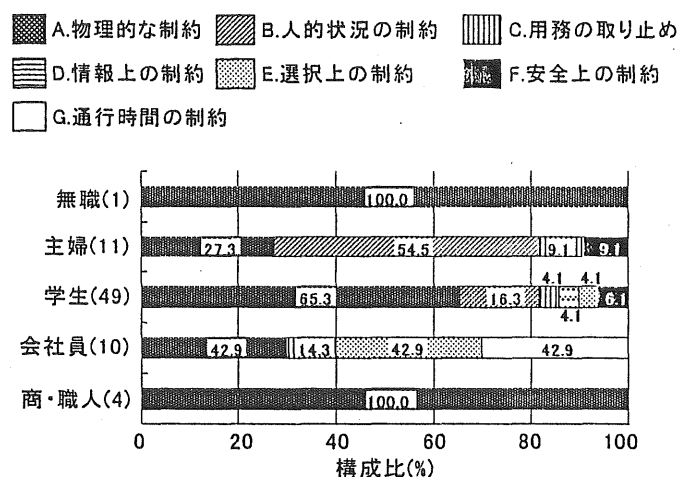
「女性」と比較し相対的に社会的な活動のアクティビティーが高いと思われる「男性」は、「選択上の制約」(15.8%)と「通行時間の制約」(15.8%)による通行経路の変更が、「女性」(各々 3.6%, 0%)に比べ多くなっている。また、相対的にアクティビティーの低い「女性」

地震発生当日、年齢別通行経路変更の第1の理由を図 4.19 に示す。有効分析サンプルは 75 件である。

一方、「20～39 歳」の年齢層は、該当する有効分析サンプルがないため、図 4.19 から除外してある。また、「10 歳以下」と「65 歳以上」の年齢層は有効分析サンプルが1件しかないため、他との比較

図 4.19 によれば、アクティビティーの低い「11～19 歳」の年齢層は、地震発生当日、「物理的な制約」を理由とした通行経路の変更が 66.7%で大半を占める。また、「11～19 歳」の年齢層に比べアクティビティーの高いと思われる「40～64 歳」の年齢層は、45.5%の「物理的な制約」による通行経路の変更も多いものの、「11～19 歳」の年齢層に比べると低い水準である。一方、「人的状況の制約」、「選択上の制約」、「通行時間の制約」(各々 27.3%, 13.6%, 13.6%)においては、「11～19 歳」の占める割合(各々 16.7%, 4.2%, 0%)と比較し、相対的に高い水準である。とくに、「通行時間の制約」による通行経路の変更は、アクティビティーの高い「40～64 歳」のみで見られるものである。

③職業別通行経路変更理由



注)・()内は、各項目の合計である。

図 4.20 職業別通行経路変更理由

また、地震発生当日、職業別通行経路変更の第 1 の理由を図 4.20 に示す。分析に用いた有効分析サンプルは 75 件で、そのうち、「無職」と「商人・職人」の場合、サンプル数が少ない(各々 1 件, 4 件)ため、ここでは、「主婦」、「学生」、「会社員」の 3 つの職業間の比較分析を行なう。

まず、「主婦」の場合、「人的状況の制約」が 54.5%と大半を占めており、この理由は図 4.18 に示した「女性」の通行経路の変更特性と関連しているように見える。また、相対的にアクティビティーの低い「学生」層では、「物理的な制約」が 65.3%と多くなっており、続いて「人的状況の制約」が 16.3%を占める。これは、図 4.19 に示した「11～19 歳」年齢層の変更理由の分布特性と類似しているものである。アクティビティーの高い「会社員」は、「選択上の制約」と「通行時間の制約」が各々 42.9%を占める。一方、「会社員」の「物理的な制約」においても、これらの理由と同じ水準の 42.9%を占めてはいるものの、「学生」の 65.3%と比較すると相対的に低くなっているため、「会社員」の特徴としては取り上げないこととする。

これらの変更理由は表 4.6 のように集約できる。相対的に社会的な活動のアク

ティビティーの高い属性グループは、主に「選択上の制約」、「通行時間の制約」など、通行者の自己判断による変更理由が最も多くを占める。また、アクティビティーの低い属性グループは、「物理的な制約」と「人的状況の制約」など、通行者自身を取り囲む直接的な外部環境の変化によるものが、主な変更理由で、アクティビティーの違いによる変更理由の相違が確認できる。

以上の分析結果から、地震発生当日の交通需要変動へのレスポンスは、やや断定的ではあるが、図 4.21 に示すようなツリー構造で成り立ったものと推測される。

表 4.6 社会的アクティビティーと通行経路変更理由

属性 変更理由	社会的な活動のアクティビティー					
	高い			低い		
	男性	40～64 歳	会社員	女性(主婦)	10 代	学生
物理的な制約				○	○	○
人的状況の制約		○		○	○	○
用務の取り止め						
情報上の制約						
選択上の制約	○	○	○			
安全上の制約						
通行時間の制約	○	○	○			

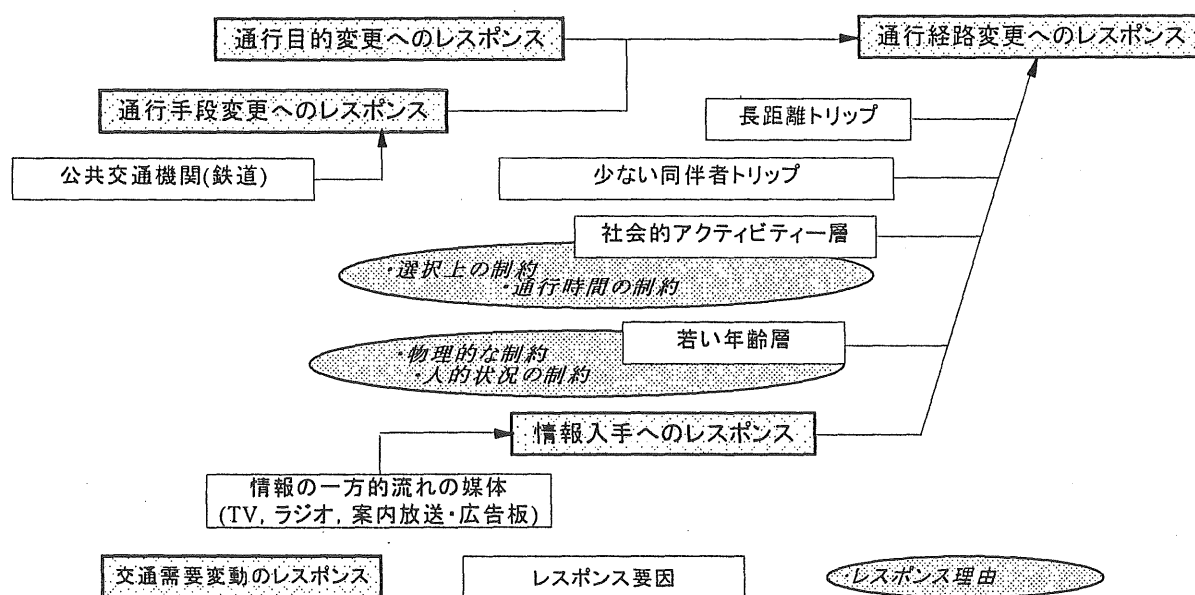


図 4.21 地震による交通需要変動のレスポンス構造

4.4 まとめ

地震による交通需要変動へのレスポンス要因を明らかにすることを目的とし、「平成 13 年(2001 年)芸予地震」に遭遇した広島市民を対象に、パーソントリップ調査を行ない、以下の結果を得た。

地震発生当日(15 時台～24 時台の 10 時間)の交通需要変動とそのレスポンスの特性分析では、

- 1) 地震発生当日の交通需要は、地震発生1時間後の 16 時台にピーク時間帯(時間係数 28.0%)を形成しており、本来の交通需要より 9.3%増加していた。また、新たに増加した交通需要は、情報収集、復旧、避難目的となる災害緊急や乗り換えなどの交通であった。
- 2) 当日交通需要の 7.0%を示す通行目的別レスポンス交通需要は、主に帰宅目的を中心としており、とくに、帰宅目的から乗り換え目的への転換が、レスポンス交通需要の 34.8%を占める。
- 3) 当日交通需要の 12.8%を示す交通手段別レスポンス交通需要は、主に、鉄道の交通需要が本来の需要より減少し、他の交通手段を代替交通手段としている。とくに、鉄道から乗用車への転換が、レスポンス交通需要の 38.1%を占める。
- 4) 当日交通需要の 30.7%を示す通行経路変更へのレスポンス交通需要は、地震発生当日の交通需要変動パターンと同様に、地震発生1時間後の 16 時台にピーク時間帯(時間係数 27.7%)を形成しており、その 80%は地震発生から 4 時間以内に発生している。

ことが指摘できる。

また、地震発生当日、交通需要変動に影響を与えたレスポンス要因を、ロジスティック回帰モデルにより分析した結果、

- 1) ロジスティック回帰モデルにより構築された 4 つのレスポンス(通行目的変更、交通手段変更、通行経路変更、通行時の情報入手)モデルの適合度(HL 検定, Hosmer-Lemeshow test)は、モデルが良くないと判断する根拠はない(有意水準 0.05)ことから、統計的な有意性が認められる。
- 2) 4 モデルによる各レスポンスの判別率は、通行目的変更が 0%で最も低い水準となっているものの、他の 3 モデル(交通手段変更、通行経路変更、情報入手)は、各々 44.4%, 54.1%, 68.3%であった。

- 3) 交通手段変更へのレスポンスに影響を与えた要因は、「鉄道」の交通手段(有意水準 0.05)の 1 要因で、公共性の高い交通機関(鉄道)は、地震による影響を受けやすいものと考えられる。
 - 4) 通行経路変更へのレスポンスに影響を与えた要因(有意水準 0.01)は、若い年代、社会的な拘束度の低い通行者(有意水準 0.10)、同伴者の少ない高いモビリティのトリップ、長(時間)距離の低いアクセシビリティのトリップ(有意水準 0.05)、通行目的や交通手段変更のレスポンス連鎖に加え、通行時の情報入手へのレスポンスの計 7 要因であった。
 - 5) 通行経路変更へのレスポンス理由は、短絡的ではあるが、社会的な活動のアクティビティの違いによる変更の相違が見られる。相対的にアクティビティの低い女性、10 代、学生らのグループは、交通施設の被害などによる物理的な制約と、周辺の人々の動きなどによる人的状況の制約など、通行者自身を取り囲む直接的な外部環境の変化による変更理由が最も多くを占める。
 - 6) また、アクティビティの高い男性、40～64 歳、会社員の場合、主に代替交通手段や経路の選択上の制約に加え、効用理論に基づく通行時間の制約など、通行者の自己判断によるものが、主な変更理由であった。
 - 7) 最後に、通行時の情報入手へのレスポンスに影響を与えた要因(有意水準 0.01)は、情報源に公共性と客観性があり、また情報が一方的に流れる媒体である TV・ラジオ、案内放送・広告板(有意水準 0.10)の計 2 要因であった。
- ことが明らかにされた。

第 5 章 震災直後の避難交通需要特性

5.1 分析データの概要

5.2 震災直後の避難交通需要特性

5.2.1 避難交通需要の発生特性

5.2.2 避難交通需要の分布特性

5.2.3 避難交通需要の交通手段分担特性

5.3 避難交通需要の要因分析

5.3.1 分析モデルの検討

5.3.2 避難交通需要の要因分析

5.4 まとめ

第 5 章 震災直後の避難交通需要特性

第 5 章では、災害発生直後、当日の災害時緊急交通需要、主に避難交通の発生特性とそれに与える影響要因を明らかにすることを目的とし、「平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震」(阪神・淡路大震災)を取り上げ、避難交通需要の発生特性と非集計レベルでの要因分析を行なう。

本章での分析は、

- ①時系列(避難開始時期別)の避難交通需要の発生特性分析
- ②避難交通需要別クロス特性分析
- ③避難交通需要発生 of 諸要因分析

を行なう。

5.1 分析データの概要

本章で取り上げる阪神・淡路大震災は、兵庫県南部地震(マグニチュード 7.2)によってもたらされたものであり、関東大震災(大正 12 年 9 月 1 日)以降、大都市部に最も大きい被害をもたらした震災の 1 つである。

兵庫県南部地震は、平成 7 年 1 月 17 日(火)午前 5 時 46 分、兵庫県淡路島北部の深さ 16km を震源として発生し、神戸市と阪神間および淡路島北部の市町の広い範囲で被害をもたらした。そのなかでも、神戸市では、4,500 人を超える死者、建物 67,000 棟以上の全壊や交通施設(道路、鉄道など)900 ヶ所以上の物的被害などの甚大な被害を受けた。表 5.1 は、神戸市の被害状況などの概要^{46), 153)}を示したものである。

神戸市には、図 5.1 に示すように 9 区あるが、本章では、地震による被害の大部分を占める東灘区、灘区、中央区、兵庫区、長田区、須磨区の 6 区を研究対象地域とする。これらの地域は、臨海部に沿って位置しており、東西方向に縦断する JR 神戸線、山陽新幹線の鉄道や国道 2、43 号線、阪神高速神戸線などの主要幹線道路が集中している。とくに、これらの地域には、今回の震災によって生じた神戸市の死者数 4,571 人の 98.9%(4,523 人)が、集中している。

表 5.1 地震及び神戸市の被害概要

(平成 12 月 1 月 1 日現在)

区 分	内 容
発 生 日 時	平成 7 年 1 月 17 日(火) 午前 5 時 46 分
震 源 地	兵庫県淡路島 北緯 34.36°東経 135.02° (震源の深さ 16km)
規 模	マグニチュード 7.2
被 害 概 要 (神 戸 市)	<div> <div>・死者:4,571 人</div> <div>・避難者数:236,899 人</div> <div>・全壊建物:67,421 棟</div> <div>・火災発生件数:175 件¹⁾</div> <div>・道路:960 ケ所²⁾</div> <div>・橋梁:74 ケ所</div> <div>・港湾:239 ケ所</div> <div>・鉄道:9 ケ所</div> </div>

注)1.火災発生件数は、1 月 17 日～27 日の 10 日の集計値である。

2.道路などの交通施設の被害ヶ所数は、文献 153)によるものである。

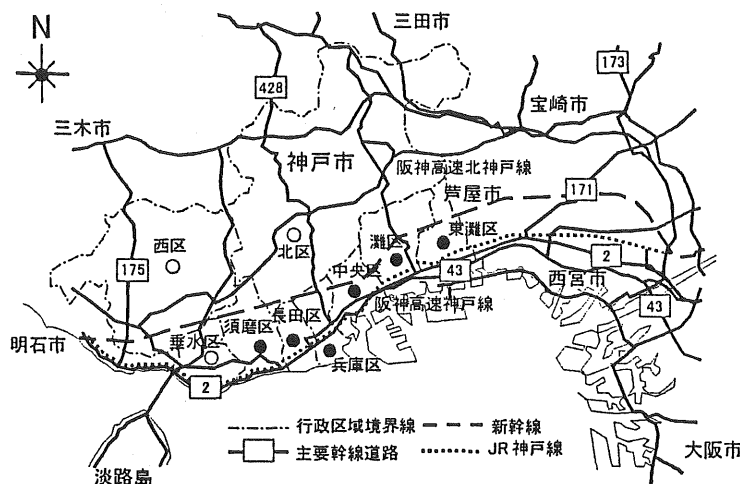


図 5.1 研究対象地域

避難交通需要の分析データは、表 5.2 に示すように、既存の調査⁴⁸⁾,¹⁵⁴⁾を用いたもので、各調査項目(付録 6)については、データの欠損値の状況と本章の目的にあわせ、再編成した。既存の調査⁴⁸⁾は、筑波大学都市防災研究室も参加したもので、本章の研究対象地域である神

戸市 6 区で行われ、調査地域の約 1 万世帯を調査対象とし、震災発生から 3 ヶ月後に、郵送配布・郵送回収したものである。しかし、郵送配布した世帯のうち、約 25% (2,500 世帯)程度のものが、あて先不明により返送されてきたため、サンプルの偏りがあり得る。最終的には、2,748 世帯の有効回答が得られ、調査地域 6 区の総 357,765 世帯(平成 6 年 12 月現在)⁵⁴⁾に対し、0.77%のサンプル抽出率を示すものである。

分析データは、避難主体の世帯属性に関する「世帯特性」項目、震災の影響程度に関する「被害特性」項目、地震発生当日の避難交通需要に関する「避難特性」項目の 3 項目で、既存調査結果から再編成した。また、地域の住宅全壊率¹⁵⁴⁾は、本分析の町単位で再集計したものである。本章の分析用データとして利用したサンプル数は、最大 1,469 世帯で、研究対象地域 6 区の 0.41%である。

表 5.2 分析データの概要

区分	内 容
調査概要	<ul style="list-style-type: none"> ・調査日時:平成7年 4 月 ・調査地域:神戸市市内 6 区 (東灘区, 灘区, 中央区, 兵庫区, 長田区, 須磨区) ・調査対象:調査地域内の約 1 万世帯 ・有効回答:2,748 世帯(無作為抽出)
分析データ	<ul style="list-style-type: none"> ・有効解析サンプル数:1,469 世帯(抽出率 0.41%) ①世帯特性:家族数, 乳幼児の有無, 高齢者の有無 ②被害特性:家屋の被害有無, 地域の住宅全壊率 ③避難特性:避難交通の発生有無, 避難同伴者数, 避難先, 避難開始時間, 避難先までの距離, 避難交通手段, 避難理由

注)1.調査概要は, 既存調査⁴⁸⁾の内容である。

2.分析データは, 本章の目的に合わせ, 既存の調査項目から再構成したものである。

3.被害特性である地域の住宅全壊率¹⁵⁴⁾は, 建物の建築面積をベースとし, 分析対象サンプルが居住していた町レベルで算出したもので, 算出式は, 「(全壊戸建住宅+全壊集合住宅)/(全用途施設-未調査用途施設)」である。

一方, 本分析に要する適切なサンプル数は, 母集団の特性値である母数(parameter), すなわちここでは, 震災時の世帯当り避難トリップ数, 人口当り避難トリップ数, 避難交通手段の分担率など, 避難交通需要に関する指標で, 過去の実績や経験の情報から求められる。しかし, 今まで, 本研究対象地域のように, 大都市部などにおける避難交通需要を対象とした研究例がないため, 適切な母数を得るのは, 極めて困難なものである。そこで, 本章では, 避難行動の主体が世帯であることから, 母集団の平均世帯人数(人/世帯)を推定母数と見なし, 式(5.1)¹⁵⁵⁾により分析に必要なサンプル数を概算した。

$$n = Z^2 S^2 / d^2 \quad (5.1)$$

ここで, n : サンプル数

Z : 信頼度係数(信頼度 99%の 2.575)

d : 精密度(0.10 人/世帯)

S : 標準偏差(1.39 人/世帯)⁴⁸⁾

その結果, 本分析に耐え得るサンプル数は 1,281 世帯(抽出率 0.36%)と算出され, 最終的に用いたサンプル数 1,469 世帯を下回っており, 本分析に適切なサンプル数であると考えられる。ただし, 1,469 世帯の中には, 分析項目によって部分的な回答しかされていないものも含まれているため, 分析にはできる限り多くのサンプルを用いるようにし, その有効解析サンプル数は当該分析の個所で示すこととする。

5.2 震災直後の避難交通需要特性

一般的に、交通需要予測モデルや需要解析は、図 1.1 で示した発生交通(trip generation)、分布交通(trip distribution)、交通手段分担(modal split)、配分交通(trip assignment)という伝統的な 4 段階推計法で行われている。また、災害時の避難交通においてもこの 4 段階のプロセスにより、避難交通需要を分析することができよう。

本章では、この 4 段階のうち、第 1～3 段階である発生交通、分布交通、交通手段分担の 3 つに着目し、発災当日の避難交通需要特性を分析する。

ここで、避難交通(トリップ)とは、震災による危機感や生活維持困難(居場所の喪失など)のため、居場所から安全な場所などへ移動する目的の人々の交通(パーソントリップ)を示す。また、交通計画でのパーソントリップとは、都市や地域レベルでの計画を前提としたものであるため、一定以上の距離や時間におけるある目的をもつ移動をトリップとする場合(例えば、徒歩などによる 5 分以上の移動)もある。しかし、本章では、このような条件を考慮せず、震災からの危険性などを避けて居場所以外の空間に移動する目的の交通を、避難交通とする。

5.2.1 避難交通需要の発生特性

(1) 避難交通需要の発生状況

発生交通(trip generation)は、生成交通(trip production)と集中交通(trip attraction)の 2 つの交通需要で構成される。ここでは、生成交通(trip production)に焦点をおいて分析することとし、これを以下発生交通と呼ぶ。また、以下での「発生」とは、production の意味を指す。有効解析サンプル 1,469 世帯を用いて、表 5.3 に発災当日における避難交通需要の発生状況を示す。

表 5.3 避難交通需要の発生状況

区 分		計	地域の住宅全壊率 ¹⁾			
			15%以下	15～30%	30～45%	45%以上
避難トリップ数(A)		2,113	1,167	585	296	65
避難世帯数(B)		729	407	204	98	20
世帯当りトリップ数(A/D)		1.44	1.20	1.86	2.08	1.55
トリップ 発生率(%)	A/C(人口ベース)	46.2	38.5	60.7	67.0	46.8
	B/D(世帯ベース)	49.6	41.9	65.0	69.0	47.6
平均避難同伴者数(A/B)		2.90	2.87	2.87	3.02	3.25
サンプルの総人口(C)		4,572	3,028	963	442	139
サンプルの総世帯(D)		1,469	971	314	142	42

注)1.地域の住宅全壊率は、町単位のものである。

これによれば、避難交通需要は2,113トリップ(避難トリップ数(A))が発生し、「世帯当り避難トリップ数(A/D)」は 1.44 トリップ/世帯であった。また、避難交通の「トリップ発生率」をみると、「人口ベース(A/C)」の場合 46.2%,「世帯ベース(B/D)」の場合 49.6%, 世帯ベースの方が多少高いものの、ほぼ同じ水準のトリップ発生率である。

他方、地域の住宅全壊率別「世帯当り避難トリップ数」をみると、「全壊率 30～45%」で2.08トリップ/世帯、「15～30%」で1.86トリップ/世帯の避難トリップが発生する。しかし、被害程度が、「全壊率 15%以下」の低い水準か、「全壊率 45%以上」の最も高い水準では、「世帯当り避難トリップ数」が、各々1.20 トリップ/世帯、1.55 トリップ/世帯で、「全壊率 15～45%」に比べ、相対的に少ない避難トリップ数である。最後に、避難世帯の「平均避難同伴者数(A/B)」をみると、避難交通全体(計)で、2.90 人/世帯であった。地域の住宅全壊率別「平均避難同伴者数」は、「全壊率 45%以上」で最も多い3.25 人/世帯であり、全壊率が増加するとともに、避難世帯の平均避難同伴者数も増加する傾向がある。

以上のことから、避難交通の発生交通は、地域の住宅全壊率、すなわち地域の被害程度が増加するとともに、増加するものと考えられる。これは、地域の被害程度の増加が、人々に、災害による直接的な危機感を増幅させたことと、住宅施設の被害による発災当日の生活維持の困難性(寝場所の喪失など)を高め、避難交通発生を促進させたものと思われる。

一方、地域の被害程度が一定水準(ここでは、住宅全壊率 45%以上)を超えた場合、平均避難同伴者数を除いた避難交通の発生交通は他に比べ相対的に抑制される傾向を示している。これは、「地域の被害程度(建物全壊率)が高いと道路閉塞程度も高い」^{156), 157)}ということから、地域における被害程度が増加するとともに、道路閉塞程度も増加するため、避難交通の移動性を制約するなど、抑制要因として働いた結果と考えられる。また、もう一つの理由としては、「被害率が上昇すると倒壊

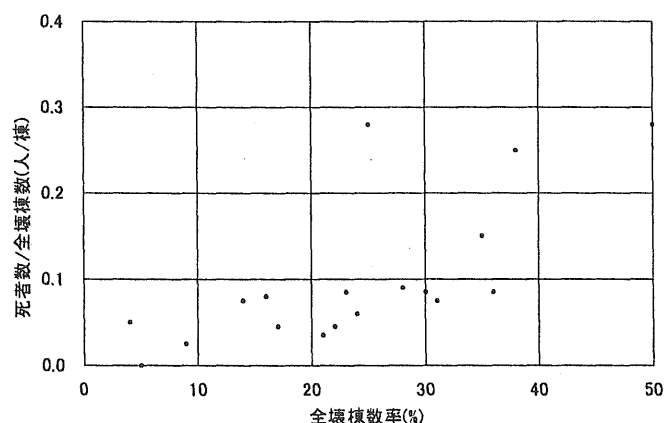


図 5.2 市区別全壊棟数率と
全壊棟数当たり死者数(非堅牢)

家屋の下敷きとなる被害者が急増する」(市区別の全壊棟数率が 40%を超えると死者数/全壊棟数は 3 倍となる)ということから、その救出や他の活動によって避難交通需要の発生が減少したものと思われる。図 5.2 に、市区別の全壊棟数率と全壊棟数当たりの死者数¹⁵⁸⁾を示す。

以上のことから、阪神・淡路

大震災時の避難は、世帯を中心に行っていること、人口ベースと世帯ベースの避難交通の発生状況にそれほど差が見られないことから、以後の分析では、世帯ベースの避難交通(以下、避難交通)のみを取り上げ、交通需要特性を分析する。

(2) 避難交通需要の時間変動

図 5.3 は、有効解析サンプル 729 世帯を用いて、避難交通需要の時間変動特性を時間係数で表したものである。また、一般都市部の平常時の時間係数^{159), 160)}を取上げ、ピーク形成の傾向も比較する。時間係数は、式(5.2)により求めたもので、式(5.2)の日交通量は、一般的に「7 時～翌日 6 時」の 24 時間交通量を用いる。しかし、分析対象の避難交通需要は、発災当日の「6 時～24 時」(正確には、5 時 46 分から)の 19 時間のものであるため、平常時の時間係数も、19 時間の日交通量と基準化し、再算出する。また、道路交通量とパーソントリップの時間分布に関する見解は、付録 8 を参照されたい。

$$\text{時間係数} = (\text{時間交通量} / \text{日交通量}) \times 100 \quad (5.2)$$

ただし、ここで用いた平常時の時間係数は、一般都市部における「幹線道路」と「その他道路」での交通機関の道路交通^{159), 160)}を平均したものであり、災害時の時間係数は、徒歩を含む交通手段の避難交通を用いて求めたものである。このように、災害時の場合、交通機関だけではなく交通手段による避難交通を用いたのは、道路施設への直接的な被災と沿道の倒壊建物による間接的な被災が、平常の道路機能(歩道と車道)に影響を与えその機能分担ができず、徒歩による避難交通が車道を利用するなど交通手段別避難交通が一つの道路空間に混雑し、生じられるからである。

発災当日の避難交通の時間係数をみると、最も高い水準を占めるのは、地震発生後約 1 時間である午前 6 時台(6:00～7:00)の 16.0%(117 世帯/時間)で、地震の揺

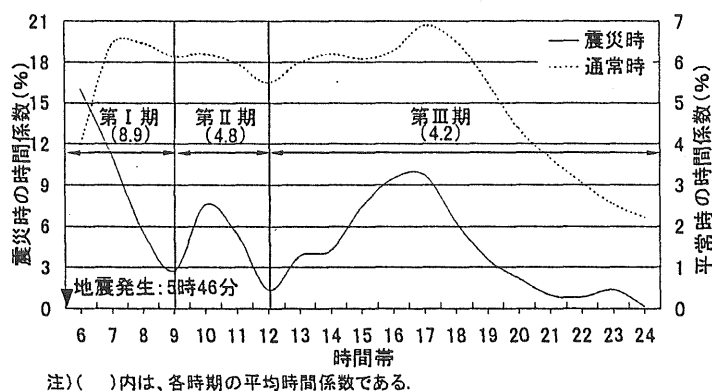


図 5.3 避難交通需要の時間変動

れや被害状況などによる直接的な危機感から生じた緊急避難が主に発生したものと思われる。一般的に、都市部幹線道路の平常ピーク時の時間係数は、約 6～8%^{139), 159), 160)}であるといわれているものの、地震発生直後の時間係数 16.0%

は、平常時の最大ピーク 6.9%(17 時台;17:00~18:00, 図 5.3 により)の約 2.3 倍に達する水準である。また、災害特性は異なるものの、第 3 章の「平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震」での避難交通需要が、平常時ピーク交通需要の約 3 倍の水準であったことから、地震直後の避難発生交通は、平常時ピーク交通需要を超え発生するものと思われる。

その後も、午前 10 時台(10:00~11:00)と午後 5 時台(17:00~18:00)に避難交通のピーク時間帯が形成されている。これらの時間係数は、各々 7.5%, 9.7%で、平常時の最大ピーク 6.9%よりも高い。これは、緊急的に発生した避難交通がある程度収まった後、時間の経過とともに、身の回りが徐々に明るくなり、周辺と地域の被害状況なども確認できるなど、被災や余震などによる自宅での居住可能性や被災当日の生活維持(寝場所などの確保)に関する判断が可能になったため、発生した避難交通需要と考えられる。

このように、早朝(5 時 46 分)に発生した阪神・淡路大震災時の避難交通需要は、震災直後の午前 6 時台に最初のピークが形成され、減少した後、再び午前 10 時台と午後 5 時台にピークが現れるなど、概ね朝、昼、夜の時間帯ごとに計 3 回のピークが確認できる。このような地震発生当日における避難交通需要のピーク時間帯の形成パターン(3 回のピーク)は、平常時、都市部のピーク時間帯の形成パターン(概ね朝、昼、夜の時間帯ごとの計 3 回ピーク;7 時台, 10 時台, 17 時台, 図 5.3)と類似したものである。

ここで、ピーク形成の時間帯に着目し、避難開始時期を以下に示す 3 時期にわけ、以後の避難交通需要を分析する。一方、この 3 時期における避難交通の発生状況について、時間係数を各時期別該当時間で平均した平均時間係数を用いる。この 3 時期のうち、第 I 期の平均時間係数が 8.9%で、時間単位の避難交通発生が最も高い時期を示す。第 II, III 時期の平均時間係数は、各々 4.8%, 4.2%で、それほど大きな差は見られない。

- ・第 I 期: 発災後 1~4 時間(6 時~9 時)で、最初のピーク形成時期
- ・第 II 期: 発災後 5~7 時間(10 時~12 時)で、午前のピーク形成時期
- ・第 III 期: 発災後 8~19 時間(13 時~24 時)で、午後のピーク形成時期

(3) 避難交通需要の避難理由

有効解析サンプル 729 世帯を用いて、避難交通需要の避難理由を図 5.4 に示す。避難理由は、「建物全壊や火災」、「ライフラインの停止」、「余震の心配」、「周辺の避難状況」、「情報入手困難」、「その他」の 6 カテゴリーである。一方、避難理由は、合

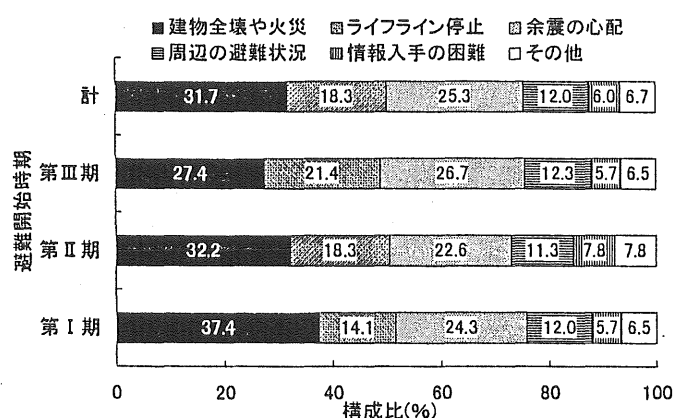


図 5.4 避難開始時期別避難理由(複数回答)

件)の「ライフラインの停止」、12.0%(196 件)の「周辺の避難状況」の順である。とくに、物的被災の直接的な影響と思われる「建物全壊や火災」と「ライフラインの停止」による避難理由が、全体の 50.0%を占めることから、地震による物的被害は、避難交通需要生成に影響を与える主要因の1つであると考えられる。

図 5.4 に示す避難理由の避難開始時期別変化をみると、「建物全壊や火災」による避難は、時間の経過(第Ⅰ期→第Ⅲ期)によって「37.4%→27.4%」と変化し、その構成率が減っている。これは、前項で述べたように、避難交通需要の生成に及ぼす物的被害の影響力が、時間の経過とともに減少しているためと考えられる。一方、「ライフラインの停止」による避難は「14.1%→21.4%」で、その構成率が増えている。これは、時間の経過とともに、周辺の被害が徐々に明らかにされていく中で、多くの世帯が、「発災当日の寝場所などの確保をも含め、自宅での生活が困難である」という判断が増加したものと考えられる。

他の避難理由は、第Ⅱ期の避難開始時期を変曲点とし、「余震の心配」、「周辺の避難状況」による避難が、「24.3%→22.6%→26.7%」、「12.0%→11.3%→12.3%」と減少した後、増加する。また、「情報入手困難」と「その他」による避難は、「5.7%→7.8%→5.7%」と「6.5%→7.8%→6.5%」で、増加した後、減少する傾向である。両者とも、その時期別変動幅はあまり大きくなく、一定水準で推移している。

5.2.2 避難交通需要の分布特性

一般的に分布交通は OD 交通を示すが、避難交通の分布交通特性は、避難交通の避難先別分布、避難開始時期別平均時間係数、距離分布から、その特性を分析する。避難先は、「避難所」(学校など)、「公園施設」、「知人宅」(知合い宅や実家など)、「その他」(宿泊施設や医療施設など)の 4 カテゴリーに分類する。

計 1,627 件の複数回答がなされているので、以後の分析では、これを母数とする。

まず、発災当日の避難理由をみると、1,627 件のうち、「建物全壊や火災」による避難が 31.7%(515 件)で、全体の中で最も多い避難理由を占める。次は、25.3%(411 件)の「余震の心配」、18.3%(299

(1) 避難交通需要の避難先別分布

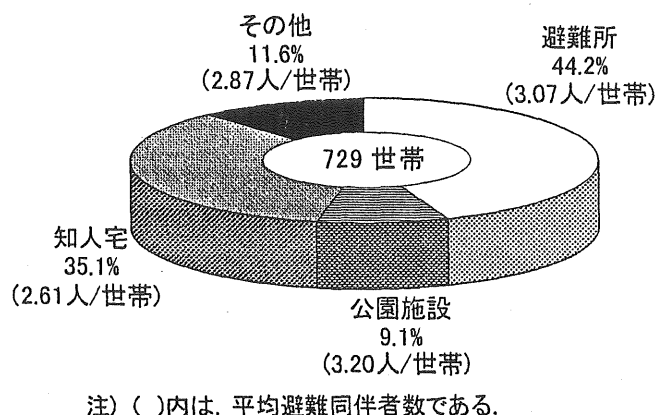


図 5.5 避難交通需要の避難先別分布

日の主な避難先となる。これら、「避難所」と「知人宅」の2避難先だけでも79.3%の非常に高い構成比を示す。他方、「その他」を避難先とする避難交通の分布は、11.6% (85 世帯)であり、「公園施設」は、4 つに分類した避難先のうち、その占める割合が最も低い9.1%(66 世帯)の避難先であるものの、「その他」と顕著な差は見られない。

また、避難先別平均避難同伴者数をみると、公共施設の「避難所」と「公園施設」が多く、各々3.07 人/世帯、3.20 人/世帯を示す。「その他」と「知人宅」は、2.87 人/世帯、2.61 人/世帯で、公共施設より少ない。このようなことから、避難者の収容能力が大きい公共施設ほど、平均避難同伴者数は多いと考えられる。

(2) 避難交通需要の避難先別平均時間係数の変動

有効解析サンプル 729 世帯の避難開始時期別平均時間係数を用いて、その変動を図 5.6 に示す。また、これらの平均時間係数は、図 5.3 の避難開始時期別平均時間係数の避難先別内訳でもある。

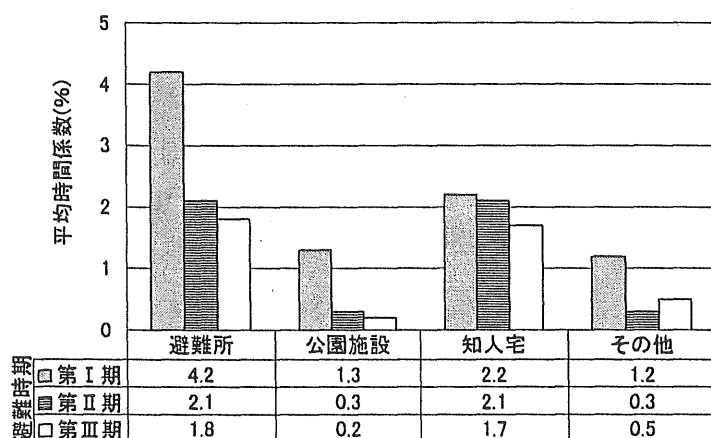


図 5.6 避難交通需要の避難先別平均時間係数

図 5.5 は、有効解析サンプル 729 世帯を用いて、避難交通需要の避難先別分布を示したものである。これによれば、有効解析サンプル 729 世帯のうち、避難交通の最も多い避難先は、44.2%(322 世帯)の「避難所」で、ついで、35.1%(256 世帯)の「知人宅」が「避難所」とともに、発災当

避難先の避難開始時期別平均時間係数の変化をみると、「避難所」の場合、第Ⅰ期には、4 つの避難先のうち、平均時間係数が最も大きい 4.2%であったものの、第Ⅱ、Ⅲ期には、各々50.0%、57.1%減少した2.1%、1.8%で、後述の「知人宅」と同様に一定水

準を示す。

「公園施設」の場合、第Ⅰ期の平均時間係数 1.3% に比べ、第Ⅱ、Ⅲ期には、各々 76.9%、84.6% 減少した 0.3%、0.2% で、その減少率が最も大きい避難先である。

「知人宅」の場合、第Ⅰ期に 2.2% であった平均時間係数が、第Ⅱ、Ⅲ期には 2.1% と 1.7% で、時期別にはそれほど大きな差は見られず一定水準で推移している。その減少率においても第Ⅱ期は 4.5%、第Ⅲ期は 22.7% で、時期別変動が最も少ない避難先である。

「その他」の場合、第Ⅰ期の平均時間係数 1.2% に比べ、第Ⅱ、Ⅲ期は、各々 66.7%、58.3% 減少した 0.3% と 0.5% で、平均時間係数においては、前述の「公園施設」とほぼ同じ水準を占めるものの、その減少率は、「公園施設」より、多少低い水準である。

このように、震災直後の緊急避難が最も多い第Ⅰ期には「避難所」を、第Ⅱ、Ⅲ期においては、「避難所」と「知人宅」を主な避難先とした避難交通が多くを占める。

(3) 避難交通需要の避難先別距離分布

有効解析サンプル 378 世帯を用いて、避難交通需要の避難先別距離分布を示したものが図 5.7 である。避難先別距離は、避難交通の出発地から避難先までの距離で、「0.5km 以下」、「0.5～1.0km」、「1.0～2.0km」、「2.0km 以上」の 4 カテゴリーに分類し、分析を行なう。

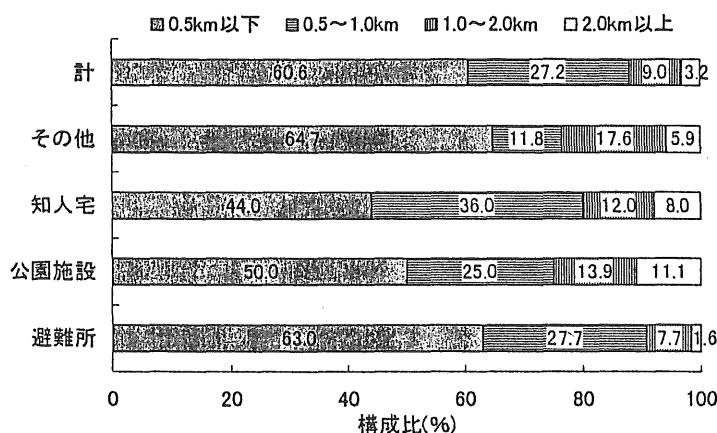


図 5.7 避難交通需要の避難先別距離分布

まず、避難交通全体(計)の距離別分布特性をみると、有効解析サンプル 378 世帯のうち、「0.5km 以下」の短い距離は 60.6%(229 世帯)で、最も多い。つぎは、「0.5～1.0km」の 27.2%(103 世帯)で、距離が増加するとともに、その構成比は減少する傾向にある。このようなことから、震災時においても、平常時と同様に、目的地までの距離は交通抵抗として、分布交通に影響を与えていると思われる。

また、これら「0.5km 以下」と「0.5～1.0km」の 2 つ距離だけでも、その占める割合は、有効解析サンプル 378 世帯の 87.8%(332 世帯)で、多くの避難交通が 1.0km 以下の距離で分布する。

避難先別の距離分布をみると、「その他」を除いた「避難所」、「公園施設」、「知人宅」は、上述の全体傾向と同様に、避難先までの距離が交通抵抗として働き、距離が遠いほど、分布交通の構成比は低くなる傾向を示す。

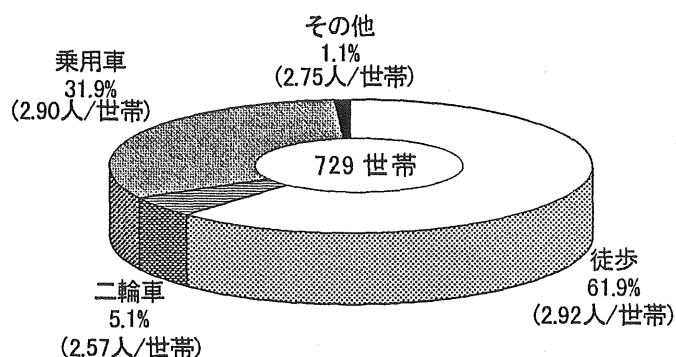
「0.5km 以下」の短い距離の分布が多い避難先は、64.7%の「その他」で、次は、63.0%の「避難所」で、両者とも高い水準である。とくに、「避難所」の場合、「0.5km 以下」と「0.5～1.0km」を含む 1.0km 以下の距離では 90.7%と非常に高い比率で、短い距離における避難交通の主な避難先であると思われる。また、「避難所」は 1.0km 以上の距離（「1.0～2.0km」、2.0km 以下）で 9.3%の避難交通が分布するものの、「公園施設」、「知人宅」、「その他」の場合、1.0km 以上の距離でも、「避難所」の構成比より高い 20.0～25.0%の避難交通の分布を占める。このようなことから、公共性の高い「避難所」を避難先とする避難交通は、短い距離に多く分布すると思われる。

5.2.3 避難交通需要の交通手段分担特性

避難交通需要の交通手段分担特性は、交通手段別分担率、避難開始時期別平均時間係数、距離分布、避難先別分布に着目し、その交通需要特性を分析する。交通手段は、「徒歩」、「二輪車」（自転車とバイク）、「乗用車」、「その他」（救急車と知人の迎え車など）の 4 カテゴリーに分類する。

(1) 避難交通需要の交通手段分担

有効解析サンプル 729 世帯を用いて、避難交通需要の交通手段分担をみると図 5.8 のようである。図 5.8 によれば、交通手段分担率の高いものは、61.9% (451 世帯) の「徒歩」で、避難交通の大半を占める。次は、31.9% (233 世帯) の「乗用車」で、「徒歩」とともに、発災当日の主な避難交通手段となり、「二輪車」と「その他」は、各々 5.1% (37 世帯)、1.1% (8 世帯) で、交通手段分担が低い。一方、平常時における乗用車の手段分担率は、



注 () 内は、平均避難同伴者数である。

図 5.8 避難交通需要の交通手段分担

平常時の乗用車利用特性(手段分担率)は、災害時にも反映されているものと思われる。また、災害特性は異なるものの、第 3 章の「平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震」での避難交通手段の分担特性も同じ傾向を示していた。

また、避難交通手段別に平均避難同伴者数をみると、「徒歩」と「乗用車」による避難が、2.92 人/世帯、2.90 人/世帯で、両者とも、ほぼ同じ水準で、4 避難交通手段のうち、最も多い平均避難同伴者数を占める。ここで、「乗用車」の平均避難同伴数は、平均乗車人数に相当するものである。次は、「その他」の 2.75 人/世帯、「二輪車」の 2.57 人/世帯の順である。

(2) 避難交通需要の交通手段別平均時間係数の変動

ここでは、発災当日の避難開始時期別平均時間係数を用いて、その変動を分析する。図 5.9 は、有効解析サンプル 729 世帯の交通手段別平均時間係数を示したもので、図 5.3 の避難開始時期別平均時間係数の交通手段別内訳でもある。

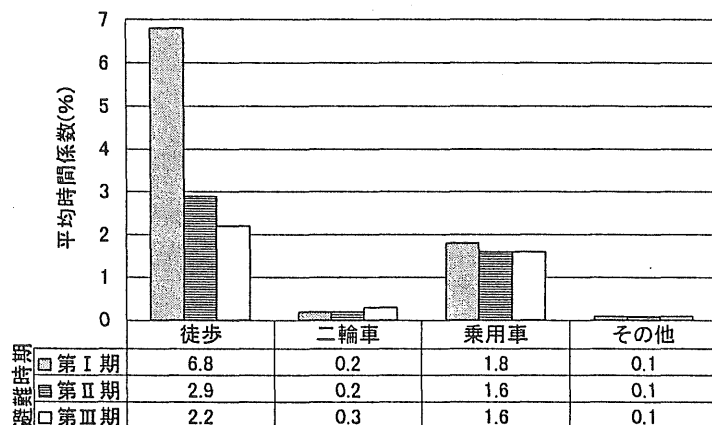


図 5.9 避難交通需要の交通手段別平均時間係数

図 5.9 によると、4 交通手段のうち、最も高い平均時間係数を示す「徒歩」の場合、第Ⅰ期に 6.8%であったものが、第Ⅱ, Ⅲ期になると、各々 57.4%, 67.7%減少した 2.9%, 2.2%で、その減少程度も大きい交通手段である。「徒歩」の次に、平均時間係数の高い交通手段は「乗用車」で、第Ⅰ期に平均時間係数 1.8%であったものが、第Ⅱ期には 11.1%減少した 1.6%, 第Ⅲ期にも同じく 1.6%と時間的な変動が少ない一定水準を保つ避難交通手段である。「二輪車」と「その他」は、平均時間係数の低い避難交通手段で、「二輪車」の場合、第Ⅰ期に 0.2%であったものが、第Ⅱ期には、第Ⅰ期と同じ水準の 0.2%で、第Ⅲ期には、第Ⅰ期より 50.0%増加した 0.3%の平均時間係数を示す。「その他」の場合、第Ⅰ～Ⅲ期は 0.1%の同じ水準の平均時間係数で、避難開始時期によるその変化がない避難交通手段である。

(3) 避難交通需要の交通手段別距離分布

避難交通需要の交通手段別距離分布は、図 5.10 に示され、分析に用いた有効解析サンプル数は 377 世帯である。ただし、避難交通手段の「その他」については、1 世帯だけが「2.0km 以上」の避難距離を示しているので、他の避難交通手段との比較が困難である。そのため、ここで、「その他」の交通手段は分析から除外することと

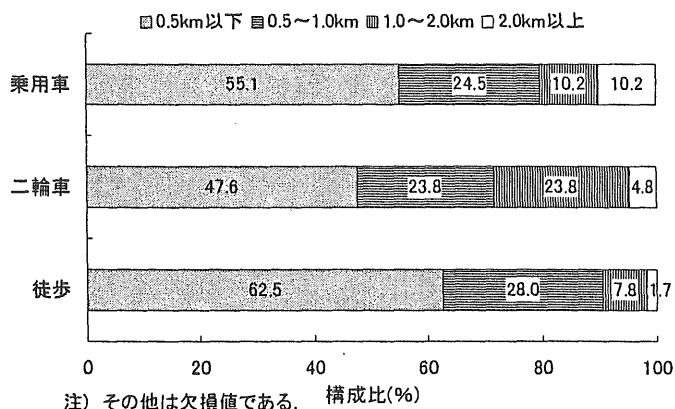


図 5.10 避難交通需要の交通手段別距離分布

で 28.0%, 1.0km 以下の合計では 90.5%で、「徒歩」による避難交通の大半が短い距離である。

「徒歩」の次に、「0.5km 以下」で多く分布する避難交通手段は、55.1%の「乗用車」で、「0.5~1.0km」の距離では、24.5%である。1.0km 以下の合計では、79.6%で、「徒歩」の次に多い避難交通を占める。一方、相対的に遠い距離と思われる 1.0km 以上(「1.0~2.0km」、「2.0km 以上」)では、「徒歩」の 9.5%(7.8%, 1.7%)に比べ、「乗用車」の方が 20.4%(10.2%, 10.2%)の高い割合である。

「二輪車」の場合、「0.5km 以下」、「0.5~1.0km」での分布は 47.8%, 23.8%で、「徒歩」と「乗用車」と比べ低い分布であるものの、「1.0~2.0km」の距離では、「徒歩」(7.8%)と「乗用車」(10.2%)より高い 23.8%を示す。

(4) 避難交通需要の交通手段別避難先

有効解析サンプル 729 世帯を用いた避難交通手段別避難先の分布を図 5.11 に示す。これによれば、「徒歩」の場合、4 避難交通手段のうち、「避難所」の占める避難交通が最も多い 59.6%で、

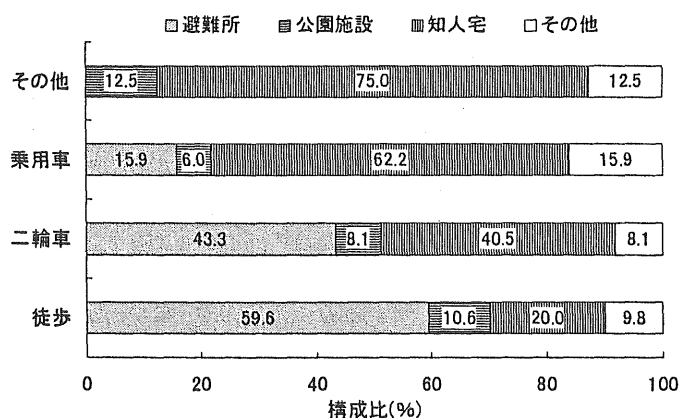


図 5.11 避難交通需要の交通手段別避難先

する。距離の分類については、避難先別距離分布と同様に、「0.5km 以下」、「0.5 ~ 1.0km」、「1.0 ~ 2.0km」、「2.0km 以上」の 4 カテゴリーとする。

まず、「徒歩」による避難交通の距離分布は、「0.5km 以下」の短い距離で 62.5%、「0.5~1.0km」

避難交通が最も多い 59.6%で、「徒歩」による主な避難先である。つぎは、20.0%の「知人宅」、10.6%の「公園施設」、9.8%の「その他」の順となる。

「二輪車」による避難先別分布をみると、「避難所」への避難交通が 43.3%で最も多く分布し、「知人宅」においても、あまり差がない 40.5%の

高い割合である。また、「公園施設」と「その他」においては、各々8.1%、8.1%の同じ水準を示す。

「乗用車」による避難先別分布をみると、「徒歩」や「二輪車」で多く見られた「避難所」への避難交通は、15.9%と低い構成比であるものの、「知人宅」への避難交通は62.2%と高い構成比を占める。また、「乗用車」による「その他」と「公園施設」への避難交通は、15.9%と6.0%の低い割合である。

「その他」の交通手段の場合、「避難所」への避難交通はみられないが、「知人宅」への避難交通は70.5%で、避難交通の大部分を占める。ついで、「その他」と「公園施設」があげられ、両方とも12.5%の同じ割合である。

このようなことから、公共性の高い(あるいは個人性の低い)と思われる避難先は、モビリティの低い交通手段ほどその占める割合が高くなり、これとは逆に、公共性の低い(あるいは個人性の高い)と思われる避難先は、モビリティの高い交通手段ほどその占める割合が高いと思われる。ただし、「その他」の避難先は、公共性のある医療施設と個人性のある宿泊施設などで構成されていることに、注意する必要がある。

5.3 避難交通需要の要因分析

5.3.1 分析モデルの検討

諸要因が、避難交通需要生成にどの程度影響を及ぼしているのかを明らかにするため、多重分散分析(Multiple Classification Analysis, MCA)と多次元尺度(Multi-Dimensional Scaling, MDS)分析を行なう。

多重分散分析(MCA)とは、式(3.3)のように、目的変数の避難交通需要(発生交通、分布交通、交通手段分担)という事象に与える説明変数の諸要因(世帯特性、被害特性、避難特性)の影響を分析する統計手法の1つである。ただし、MCAに用いる変数は、量的なデータの目的変数(避難交通需要)と、質的なデータの説明変数(諸要因)であるものの、今まで述べてきた避難交通需要の対象は、「避難有無」などのカテゴリーの質的なものである。このようなことから、本分析においては、質的な変数である避難交通需要を、量的な変数と見なすこととする。「避難有無」は、「0. 避難無し, 1. 避難有り」で、値が大きい(すなわち値が1に近い)ほど避難交通は発生しやすいものとする。避難先は、「1. 避難所, 2. 公園施設, 3. 知人宅, 4. その他」の順で、値が低い(すなわち値が1に近い)ほど公共性の高い(あるいは個人性の低い)ものとする。避難交通手段は、「1. 徒歩, 2. 二輪車, 3. 乗用車, 4. その他」の順で、値が低い(すなわち値が1に近い)ほどモビリティが低いものとする。表5.4に、これらの分析に考慮した要因を示す。

また、避難交通需要と諸要因との関連性は、多重分散分析(MCA)と多次元尺度(MDS)分析を行ない概念的なイメージを視覚化する。多次元尺度(MDS)は、事象間の類似性(または非類似性)、データの構造を幾何学的な図で表す統計手法である。類似性データとは、事象間の概算距離を表す類似性、非類似性、距離、あるい

表 5.4 多重分散分析に考慮した要因とモデル

区 分		目的変数		
		避難有無	避難先	避難交通手段
世帯特性	家族数	○	○	○
	乳幼児の有無	○	○	○
	高齢者の有無	○	○	○
被害特性	家屋の被害有無	○	○	○
	地域の住宅全壊率	○	○	○
避難特性	避難開始時期	-	○	○
	避難同伴者数	-	○	○
	避難先までの距離	-	○	○
	避難先	-	-	○

は接近性などで、事象間の関連性を量として反映するものである。ここでは、避難交通需要、諸要因の各変数間の相関係数を事象間の距離とし、その概念的な位置関係を図式化する。一般的に概念的な位置関係は、事象の間に類似性があれば2つの近接した点で、相違すれば遠く離れた2点で、ユークリッド距離により表す。また、MCAとMDSの詳細な計算式などに関しては、文献150)を参照されたい。

表5.5は、MCAの分析精度を「残差の平均二乗MSE (Mean of Squares due to residual Errors)」、「F値」及び「決定係数 R^2 」によって検討した結果を示したものである。「残差の平均二乗MSE」は、観測値と推定値との差の程度を示す指標で、MSE値が小さいほど分析モデルの精度は高い。「F値」は、回帰モデルによって説明される変動(分散)で、MSEに対するMSRの比率を示す指標である。ここで、MSR(Mean of Squares due to Regression)は回帰によって説明される変動の平均であり、「F値」が大きいほど分析モデルの精度は高い。「決定係数 R^2 」は、モデルの説明力、すなわち観測値と推定値の間の一一致率を示す指標で、 R^2 が大きいほど説明力は高い。

各評価指標によってモデルに対する評価結果は少しずつ異なるが、全体的にその精度は低い。これは、分析モデルによる避難交通需要の推定値が、整数である観測値に対し、小数となるため、観測値と推定値との差が大きくなった結果と思われる。一方、各モデル(式(3.3)の推定線)は、避難交通需要の全変動を低いレベルで説明しているものの、各パラメータ(β)、すなわち説明変数(X)が1単位変化する時の目的変数(Y)の変化量は、求められた推定線での影響度を表すものである。そのため、求められた各モデルの推定線上での相対的な評価は可能である。また、以降の図5.13での分析結果は、第6章でのFNNモデルにより説明された避難発生交通需要への影響要因と大きな違いは殆ど認められず、同様な分析結果を得ている。このようなことから、ここでは、避難交通需要に及ぼす影響要因だけを分析することとし、避難交通需要モデルの精度などのモデル自体に関する議論は、第6章で行なうこととする。

表 5.5 各モデルの分析精度

区 分	避難有無	避難先	避難交通手段
MSE	3.00	0.80	2.07
F 値	13.09*	1.28	5.02*
決定係数 R^2	0.09	0.05	0.21

注)・MSE:回帰によって説明されない変動の平均

・*:有意水準1%で有意

5.3.2 避難交通需要の要因分析

諸要因による避難交通需要への影響は、MCA から得た各要因のカテゴリーレンジにより影響程度を分析し、その概念的な位置関係を MDS により表す。ここで、カテゴリーレンジとは、目的変数の総平均と説明変数の各要因のカテゴリー別平均との差(カテゴリー偏差)の範囲で、要因別カテゴリーの影響による総平均の変動幅を示す指標である。

MCAとMDSによる概念的なイメージの視覚化(以降、グラフィカル分析; graphical analysis という)に当っては、まず、避難交通需要、諸要因の各変数間の相関値により、各々の空間的距離の概念的な位置をプロットする。そのあと、MCA からの有意水準 1%と 5%で有意である各要因のカテゴリーレンジだけを用いて、対応する変数間を結んで表現する(付録 9 参照)。これは、各要因間の相関関係や影響度分析を 1 つで把握できる手法として評価されよう。

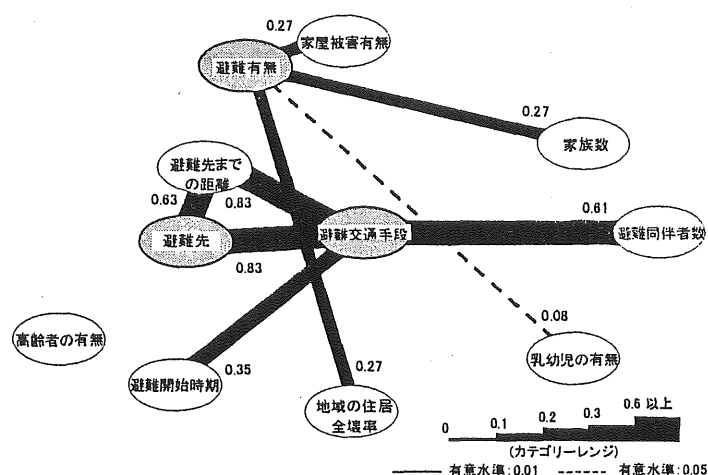


図 5.12 避難交通需要に及ぼす諸要因の関連

の相関が低い、負の相関関係であることに注意する必要がある。また、図 5.12 の中の値は、線の太さ(カテゴリーレンジ)を示す。これによると、「避難有無」の場合(発生交通、有効解析サンプル 1469 世帯)、有意水準 1%で有意である 3 要因、「世帯特性」の「家族数」、「被害特性」の「家屋の被害有無」と「地域の住宅全壊率」の要因により影響を受ける。

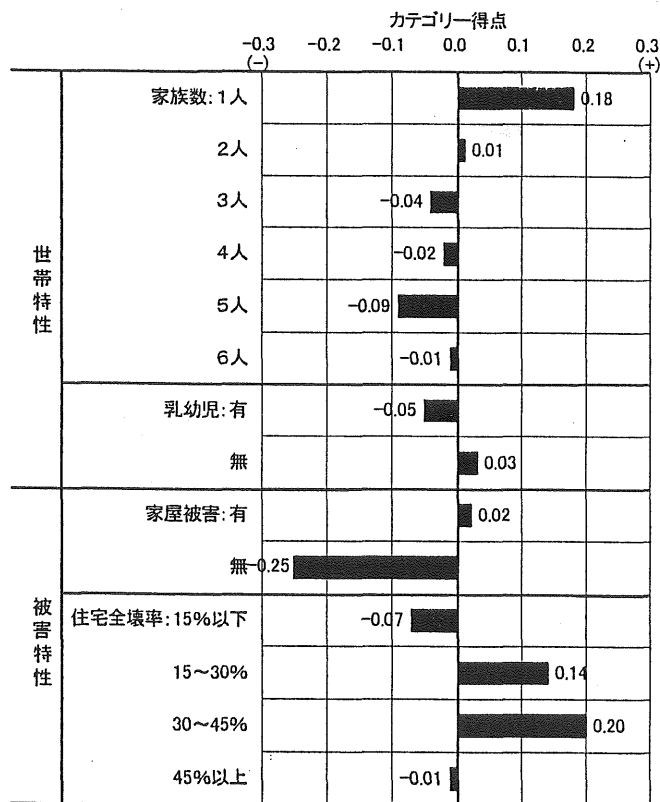
その影響度(カテゴリーレンジ)は、3 つとも 0.27 で、避難交通の発生に及ぼす影響は同じ水準を示す。また、「乳幼児の有無」は、有意水準 5%で有意である要因で、その影響度は 0.08 とそれほど大きい影響ではない。「避難先」の場合(分布交通、有効解析サンプル 378 世帯)、「避難先までの距離」だけの要因(有意水準 1%で有意)が、分布交通の変動に影響(0.63)を与える。また、「避難交通手段」の場合(交通手

図 5.12 は、以上の手続きによって、避難交通需要に及ぼす諸要因の影響程度を集約したものである。変数間の距離が近いと、変数間の関係は高い(正の相関)ことを、変数間を結んだ線が太いと、避難交通需要に与える影響は大きいことを意味する。ただし、変数間の位置関係において、距離が遠い場合、変数間の

段分担, 有効解析サンプル378世帯), 有意水準1%で有意である要因は, 避難特性に関する「避難先」, 「避難同伴者数」, 「避難開始時期」, 「避難先までの距離」の4要因である。避難交通手段分担の変動への影響度は, 各々0.83, 0.61, 0.35, 0.83で, 「避難先」の種類と「避難先までの距離」による影響が最も大きい。

一方, 避難交通需要に及ぼす各要因のカテゴリー別影響度の分析は, MCA から分析した各要因別カテゴリー偏差(以下, カテゴリー得点)を用いて行う。カテゴリー得点の大きさは, 要因別カテゴリーによる避難交通需要の変動の感度を示す指標の1つである。避難発生交通は図 5.13 に, 避難先別分布交通は図 5.14 に, 避難交通手段分担は図 5.15 に, 図 5.12 と同様に, 有意水準1%と5%で有意である各要因別カテゴリー得点だけを用いて示す。

避難発生交通の場合(図 5.13), カテゴリー得点の読み方は, 標準化された平均0.0を基準とし, 各要因のカテゴリー得点が, 左側にあると避難交通を発生しにくい傾向(-)に, 右側にあると避難交通を発生しやすい傾向(+)に影響すると解釈する。「世帯特性」からみると, 2人以下で「家族数」の少ない場合(カテゴリー得点0.01~



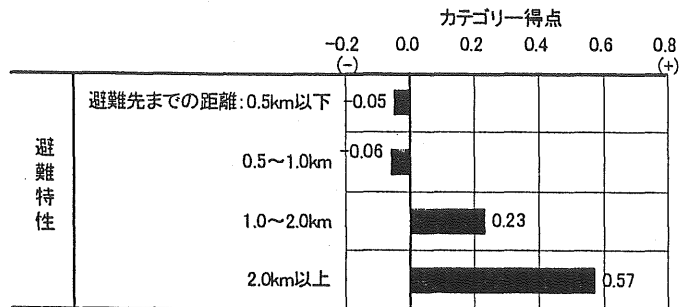
注) + : 避難交通の発生しやすい
- : 避難交通の発生しにくい

図 5.13 避難発生交通に及ぼす
要因別カテゴリー影響度

0.18), 乳幼児のない場合(0.03)の方が, 避難交通を発生しやすい方(+)に影響を与える。これは, 世帯の構成特性と世帯単位での動きやすさとの関連性を反映した結果と思われる。「被害特性」においては, 地震による家屋の被害がある場合(0.02)と住宅全壊率が高い場合(30~45%, 0.20), 避難交通を発生しやすい傾向(+)に影響する。ただし, 「地域の住宅全壊率」が45%以上で, 被害度が最も大きい場合, 避難交通の発生を抑制する要因(-0.01)として働く。これは, 「5.2.1 の(1) 避難交通需要の発生状況」からも述べたように, 一定水準以上の被害状況では, 地

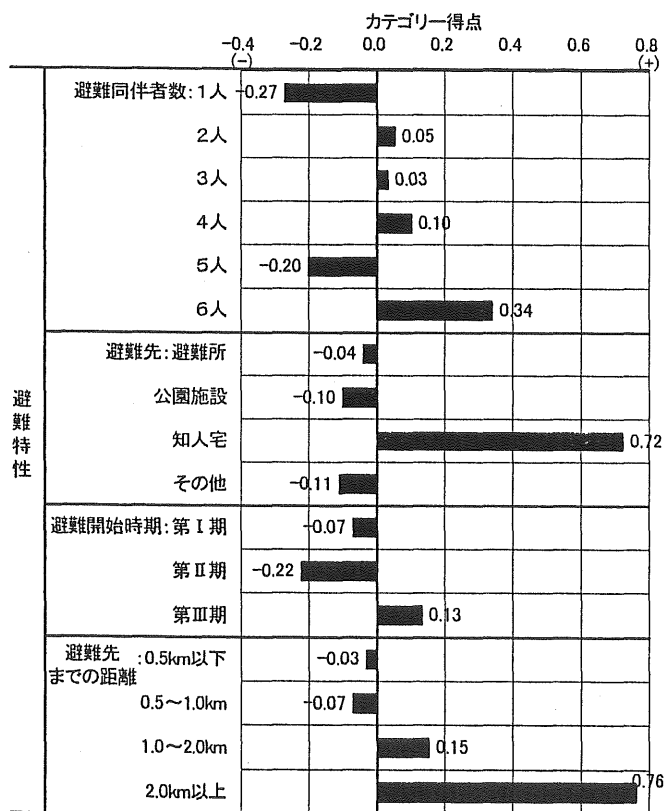
域における被害程度の増加とともに、道路閉塞程度も増加するため、避難交通を抑制する要因となったものと考えられる。

避難交通の避難先別分布交通の場合(図 5.14), 標準化された平均 0.0 を基準とし、各要因の 카테고리得点が左側にあると、避難交通は公共性の高い(あるいは個人性の低い)避難先に分布する傾向(+)に、右側にあると、避難交通は公共性の低い(あるいは個人性の高い)避難先に分布する傾向(-)に影響するものである。ここで用いた要因は、有意水準 1% で有意である避難特性の「避難先までの距離」だけである。図 5.14 によると、「避難先までの距離」が遠いほど(「2.0km 以上」、カテゴリ得点 0.57)、公共性の低い(あるいは個人性が高い)避難先(+)への分布に影響を及ぼす要因であると考えられる。



注) + : 公共性の低い(個人性の高い)避難先
- : 公共性の高い(個人性の低い)避難先

図 5.14 避難先別分布交通に及ぼす
要因別カテゴリ影響度



注) + : モビリティの高い避難交通手段
- : モビリティの低い避難交通手段

図 5.15 避難交通手段分担に及ぼす
要因別カテゴリ影響度

避難交通の交通手段分担の場合(図 5.15), 標準化された平均 0.0 を基準とし、各要因の カテゴリ得点が、左側にあると、避難交通はモビリティの低い交通手段の分担しやすい傾向(-)に、右側にあると、避難交通はモビリティの高い交通手段の分担しやすい傾向(+)に影響するものである。避難交通手段分担に影響を及ぼす要因は、避難特性に関するもので、避難同伴者の場合、避難同

伴者数が多い(6人, カテゴリー得点 0.34)と避難交通手段は, モビリティの高い交通手段の分担しやすい方(+)に影響する。一方, 5人の避難同伴者数(-0.20)は, これとは反対で, モビリティが低い交通手段の方(-)を示すが, その理由については現段階では不明である。また, 避難先の公共性が低く(「知人宅」, 0.72), 避難開始時期が遅く(第 III 期, 0.13), 「避難先までの距離」が遠い(「2.0km 以上」, 0.76)ほど, モビリティの高い避難交通手段の分担しやすい傾向(+)を示す。ただし, 避難先の「その他」は, 公共性の高い医療施設と公共性の低い宿泊施設で構成されるものの, 交通手段分担においては, モビリティが低い手段分担に影響(-0.11)を及ぼすカテゴリーである。

5.4 まとめ

災害時の避難交通需要特性とその需要に影響を及ぼす要因を分析することを目的とし、平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災発生当日の避難交通を対象に解析を行った。その結果、以下の点が明らかになった。

地震発生当日(6時台～24時台)の避難交通需要の発生特性は、

- 1) 地震発生当日の世帯当り避難トリップ数は、1.44 トリップ/世帯であり、地域の被害度(住宅全壊率)の増加は、災害による危険性や発災当日の生活維持困難性(寝場所の喪失など)を高め、避難交通を増加させる要因となる。
- 2) 地域の被害度の増加は、道路閉塞程度の増加による避難交通の移動性の制約と、倒壊建物による生き埋めの急増による救出やその他の活動を伴うため、被害度が一定水準(ここでは、住宅全壊率 45%以上)を超える場合、被害度の増加による避難交通の増加傾向は鈍化する。
- 3) 発災当日、避難交通のピークは、地震発生直後の午前6時台(時間係数 16.0%)に発生しており、平常時ピーク(17時台)の2倍を超える。また、10時台、17時台にもピーク時間が発生し、平常時ピーク時間帯形成とよく似たパターンである。
- 4) 避難交通発生の主な理由は、「建物全壊や火災」と「ライフラインの停止」で 50.0%であるが、「建物全壊や火災」による避難は時間の経過とともに減少し、「ライフラインの停止」による避難は増加する傾向である。
- 5) 発災当日の主な避難先は、「避難所」(44.2%)と「知人宅」(35.1%)で、平常時の分布交通と同様に、距離が交通抵抗となり、避難交通の 87.8%は、1.0km 以下の短い距離の避難先に多く分布する。
- 6) 避難交通の主な交通手段は、61.9%の「徒歩」と 31.9%の「乗用車」で、とくに、「徒歩」による避難交通の 90.5%は、1.0km 以下の短い距離である。また、「徒歩」は公共性の高い「避難所」を、「乗用車」は公共性の低い「知人宅」を避難先とする避難交通手段である。一方、乗用車による避難交通(手段分担率)は、平常時の乗用車の手段分担率(23.6%)と大きな差はなく、その利用特性を反映している。このような傾向は、災害特性は異なるものの、第3章の「平成5年(1993年)北海道南西沖地震」での避難交通需要の発生特性からも見受けられる。

であった。

また、地震発生当日、避難交通需要の発生に影響する要因の分析を行なった結果、

- 1) 避難交通の発生交通に影響を及ぼす要因は、「家族数」、「乳幼児の有無」、「家屋の被害有無」、「地域の住居全壊率」の 4 要因である。また、「家族数」の少ない世帯、乳幼児のない世帯、被害が大きい世帯ほど、避難交通を発生しやすい傾向である。
 - 2) 避難先別分布交通に影響する要因は、「避難先までの距離」の 1 要因で、近い距離ほど、公共性の高い避難先に分布しやすい傾向である。
 - 3) 避難交通手段分担に影響を与える要因は、「避難同伴者数」、「避難先」の種類、「避難開始時期」、「避難先までの距離」の 4 要因である。多い避難同伴者数、公共性の低い避難先、遅い避難開始時期、遠い避難先ほど、モビリティの高い避難交通手段が選択されやすい傾向である。
- ことが確認できた。

第6章 震災直後の避難発生交通需要モデル

6.1 モデル変数の概要

6.2 モデル変数の関連性分析

6.3 需要モデルの構築と適合性検定

6.3.1 モデリングのあり方

6.3.2 構築モデルの概要

6.3.3 需要モデルの構築

6.3.4 構築モデルの適合性検定

6.4 まとめ

第 6 章 震災直後の避難発生交通需要モデル

第 6 章では、第 5 章で分析を行なった避難交通の需要モデルを、集計レベルで構築することを目的とし、避難交通需要発生と関連する諸要因を分析するとともに、その諸要因を投入変数とする需要モデル構築を行なう。

本章での分析内容は、第 5 章で取り上げた避難交通需要の内、発生交通を対象とし、

- ①避難発生交通需要と諸要因との関連性分析
- ②避難発生交通需要モデルの構築
- ③構築モデルの適合性検定

の 3 項目となる。

6.1 モデル変数の概要

本章では、第 5 章で用いた阪神・淡路大震災(表 5.1)を取り挙げ、神戸市の 6 区をモデリング対象地域(図 5.1)とする。また、避難発生交通の需要モデルを構築するため、設けた変数を表 6.1 に示す。

設定したモデル変数は、目的変数として避難発生交通需要に関する「需要特性」項目、説明変数として避難主体の世帯や地域に関する「地域特性」項目、震災の影響程度に関する「被害特性」項目の 3 項目の総 14 変数で、図 5.12 の分析結果を考慮しつつ、表 5.2 の既存データ^{48), 154)}から再編成した。また、分析ゾーンは、本章に用いる既存データの欠損値などの状況を考慮し、研究対象地域 6 区の町レベルの計 518 ゾーンから抽出した 176 ゾーンで構成した。また、町レベルの 176 ゾーンでの分析データは、式(5.1)で示した推定母数(平均世帯人数)の区間推定を式(6.1)¹⁶¹⁾により行ない、その推定結果が有意水準 1%で評価されるゾーンのデータだけを用いたものである。

$$M - Z \times S / \sqrt{n} \leq m \leq M + Z \times S / \sqrt{n} \quad (6.1)$$

ここで、 m : 母平均(抽出ゾーンの平均世帯人数の実際値)

表 6.1 設定したモデル変数

区 分			備 考
目的変数	需要特性	避難トリップ発生率 ¹⁾	避難発生トリップ数/人口数
説明変数	地域特性 ²⁾	平均世帯人数	人口数/世帯数
		5歳未満人口比	5歳未満人口数/人口数
		人口密度	人口数/面積
		情報伝達尺度 ³⁾	$\sqrt{(\text{住居延床}/\text{人口数}) \times \sqrt{\text{世帯数}}}$
	被害特性 ⁴⁾	施設別全壊率	全壊施設/(全施設-未調査施設)
		施設別半壊率	半壊施設/(全施設-未調査施設)
		施設別火損率	火損施設/(全施設-未調査施設)

注)1. 避難トリップ発生率における人口数は、サンプル人数である。また、トリップ数は、既存データ⁴⁸⁾から避難開始時間が発災当日である避難だけを分析ゾーン単位で集計したものである。

2. 地域特性における面積の単位は、 m^2 である。

3. 式での住居延床は、住居施設の延べ床面積である。情報伝達尺度とは、「 $\sqrt{(\text{住居延床}/\text{人口数})}$ 」の一人当りの居住長(距離)に「 $\sqrt{\text{世帯数}}$ 」の世帯行列長(世帯数)を乗じた地域での概念的な情報伝達(あるいは入手)の距離で、情報入手や伝達の容易さを示す指標である。情報入手の最も困難な時期である発災当日、避難主体となる世帯の求める情報は、地域での世帯と人々への直接的な係わりにより、入手・伝達され、避難世帯の世帯構成員がその情報を共有するものと考えられる。したがって、その係わる領域、いわば情報伝達(入手)距離が近ければ近いほど、情報入手や伝達の期待値は高くなると思われる。そこで、一人当たりの居住長(距離)を世帯構成員の情報伝達距離の概念に置き換え、地域における世帯数(世帯行列長)をかけると、地域での総情報伝達距離を表す尺度が得られる。しかし、このような仮定は、本章において正確な議論がされていないものの、やや抽象的な概念に基づき分析を行なうこととする。

4. 被害特性の施設は、全建物、戸建住宅、集合住宅の3種類の建築物であり、全壊・半壊率における全施設とは、全施設(建築物)から火災による損傷施設を引いたものである。また、火損率は火災損傷率で、全施設は該当ゾーンの全建築物である。

M: 標本平均(抽出ゾーンの平均世帯人数)

Z: 信頼度係数(信頼度 99%の 2.575)

S: 標本の標準偏差(抽出ゾーンの世帯人数の標準偏差)

n: サンプル数(抽出ゾーンのサンプル数)

「需要特性」での避難交通(トリップ)とは、第 5 章で定義したように、震災による危機感や生活維持困難(居場所の喪失など)のため、居場所から安全な場所などへ移動する目的の人々のパーソントリップを示す。また、交通計画でのパーソントリップとは、都市や地域レベルでの計画を前提としたものであるため、一定以上の距離や時間におけるある目的をもつ移動をトリップとする場合(例えば、徒歩などによる 5 分以上の移動)が多いが、本章では、このような条件を考慮せず、震災からの危険性などを避けて居場所以外の空間に移動する目的の交通を、避難交通とする。また、

避難発生交通需要の指標として、発災当日の避難交通のトリップ発生率を用いる。

説明変数として取り上げた地域特性の「平均世帯人数」は、避難発生交通需要に影響する世帯規模を表す変数として用いる。これは、災害時における避難行動の主体が主に世帯を中心としており、その発生源の規模となるものである。また、「5歳未満人口比」は、5歳未満の乳幼児が少なければ少ない世帯ほど動き易いという世帯単位での動きやすさ(モビリティ)を表す間接的な変数として、地域の人口に対する乳幼児(5歳未満)人口比とする。「人口密度」と「情報伝達尺度」(表 6.1 の注 3)は、避難行動の影響要因の1つとして考えられる情報入手の容易さを、人々や世帯間の概念的な距離により間接的に表す変数として用いる。これは、人々や世帯間の距離が近ければ近いほど、情報を入手する期待値は高くなると思われるからである。最後に、被害特性として用いる各施設別の「全壊率」、「半壊率」、「火損率」は、住宅施設を含む建物の物理的な被害状況が避難発生に直接的な影響を与える要因となるため、設けられた変数である。

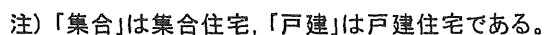
6.2 モデル変数の関連性分析

避難発生交通需要モデル構築にあたって、適切なモデル変数を用いるため、避難発生交通需要(避難トリップ発生率)と諸変数(地域特性、被害特性)との関連性を、相関分析(correlation analysis)、重回帰分析(multiple regression analysis)、多次元尺度分析(multi-dimensional scaling)を行ない、総合的に可視化する。以下、これをグラフィカル分析(graphical analysis)という。また、避難発生交通需要モデルは、発災当日の1日交通需要を対象としているが、諸変数との関連性分析においては、図5.3に示したように、避難発生交通需要を避難開始時期別に分け、時期別の違いも見ることにする。

図6.1に、グラフィカル分析による避難発生交通需要と諸変数との関連性を示す。グラフィカル分析のプロセスは、第5章で行なったものと同様である(付録9参照)。まず、相関分析から得た避難発生交通需要と諸変数との相関ベクトルを用いて、多次元尺度分析を行ない各々の空間的距離の概念的な位置関係をプロットする。そのあと、ステップワイズ変数投入法による重回帰分析から得た有意水準0.01と0.05の標準化回帰係数を用いて、対応する変数間を結び、避難発生交通需要の変動(分散)への影響度を線の太さで表現する。

各変数間の距離が近いと相関の高いこと(正の相関)を、変数間を結んだ線が太いと避難発生交通需要の変動に及ぼす影響度は大きいことを意味する。ただし、変数間の位置関係において、距離が遠い場合、変数間の相関が低いか、負の相関関係であることに注意する必要がある。また、図6.1の中の値は、線の太さ(標準化回帰係数)を示す。一方、重回帰分析は、常数項を含めない「 $y = b_1x_1 + \dots + b_nx_n$ 」の関数モデルを用いる。これは、諸変数のうち、地域特性の変数である「平均世帯人数」が0人/世帯、すなわち居住者がいない場合、避難交通需要は発生しない(0トリップ/人)からである。

図6.1によると、発災当日(第I～III期;発災後1～19時間)の避難発生交通需要の変動に影響を及ぼす変数(決定係数 $r^2=0.76$)は、「平均世帯人数」、「集合住宅全壊率」、「全建物全壊率」、「全建物半壊率」の4変数で、水準0.01で有意である。その影響度(標準化回帰係数)は、地区特性の「世帯平均人数」が0.36で最も大きい水準を示しており、つづいて被害特性の変数である「集合住宅全壊率」、「全建物全壊率」、「全建物半壊率」が、各々0.25, 0.24, 0.25で、避難発生交通需要の変動に与える影響はほぼ一定水準である。一方、これら3つの被害特性変数は、空間的な位置関係も近く、各変数間の相関による多重共線性(multicollinearity)の問題が内在しているものと考えられる。また、地域特性の変数である「情報伝達尺度」



る変数となっている。

最も低い分析水準($r^2=0.27$, 有意水準 0.01)である避難開始第Ⅱ期(発災後 5~7 時間)の場合、住宅施設の被害特性を表す「集合住宅全壊率」と「戸建住宅全壊率」の 2 変数が、各々 0.33, 0.27 の影響を与える。これらは、世帯の居場所である住宅への直接的な被害を示す変数で、時間の経過に伴い発災当日の自宅での生活維持の危険性(倒壊の恐れなど)や困難性(寝場所の喪失など)を高めたことにより、避難交通需要を生じさせたものと思われる。

避難開始第 III 期(発災後 8~19 時間)の場合、「平均世帯人数」と「全建物全壊率」の 2 変数($r^2=0.58$, 有意水準 0.01)が、各々 0.91, 0.49 の影響を与えている。とくに、避難開始第 III 期では、「平均世帯人数」による影響が最も大きく見られる。つづいて、世帯のモビリティと情報入手の容易さを表す「5 歳未満人口比」と「情報伝達尺度」は、各々 -0.37, -0.28 の影響度(有意水準 0.01)がある。これらの変数は、時間の経過とともに、周辺の被害状況や情報などが徐々に明らかにされていく中で、多くの世帯の「発生当日の寝場所などの確保も含め、ライフラインの停止などによる自宅での生活が困難である」という判断を増加させる傾向に影響を与え、避難交

は、水準 0.05 で有意な変数で、それほど大きい影響(標準化回帰係数 -0.19)ではなく、負の影響を与えている。また、これらの 4 変数は、以下の避難開始時期別の分析でも述べているように、各時期別の避難発生交通需要変動に影響を与え

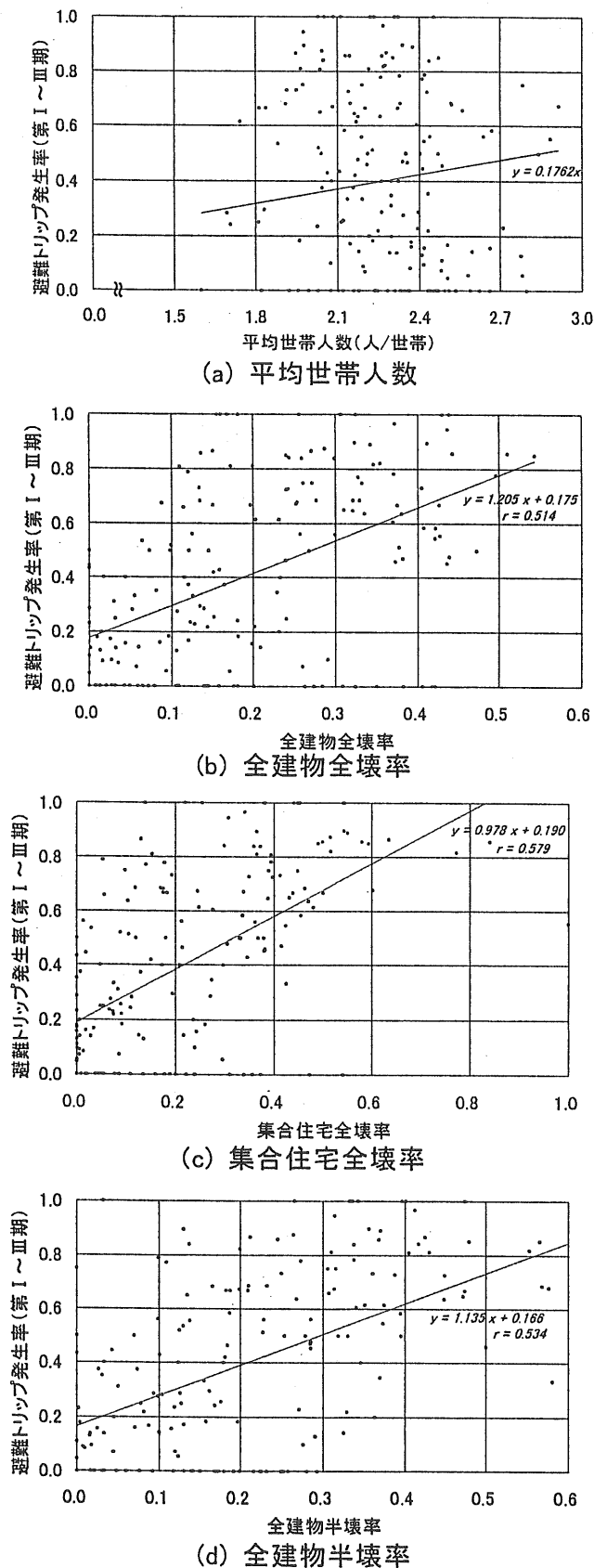


図 6.2 避難発生交通需要と諸変数との散布図

通需要を創出したものと考えられる。

また、各避難開始時期での避難交通需要の詳細な分析は、「5.2 震災直後の避難交通需要特性」を参照されたい。一方、以上の分析に用いた重回帰分析の決定係数 r^2 は、0.32～0.76で、いずれも充分なものとはいえず、この関数モデルによって説明できない避難発生交通需要の変動(分散)が多く残されている。そのため、避難発生交通需要モデルの構築にあたって、精度の高い関数モデルの保持に限界があると思われる。また、「5.3 避難交通需要の要因分析」でも示したように、避難発生交通需要と諸変数との分布特性や関数関係を示した図 6.2 と表 6.2 から、関数モデルの限界性を読み取ることができる。

図 6.2 は避難発生交通需要と諸変数との分布関係を示したもので、図 6.1 から、発生当日の交通需要(第Ⅰ～Ⅲ期)と有意な関係(有意水準 0.01)であった「平均世帯人数」、「全建物全壊率」、「集合住宅全壊率」、「全建物半壊率」の 4 変数を用いた(標準化回帰係数順)。また、図 6.2(a)は常数項のないモデルである(表 6.2 の注)1 参照)ため、モデルでの r^2 は、モデルによって説明された目

的変数の原点についての変動の比率を示すもので、常数項のあるモデルの r^2 と比較することはできないため、 r を省略する。

図 6.2 によれば、各変数によって避難発生交通需要との分布形態は異なっており、そのばらつきは、分布特性を特定できないほど、広範囲に散らばっている(相関係数 $r = 0.514 \sim 0.579$)ことから、その線形関係は低いものと見られる。とくに、各変数に対し、避難トリップの発生率 0、すなわち避難交通需要の非発生ゾーンが数多くあるため、これらが避難発生交通需要の変動(分散)を大きくした理由の1つであると考えられる。

また、表 6.2 には、避難発生交通需要と各変数との関数関係を、諸関数により近似曲線推定を行なった結果を示す。各変数により説明される避難発生交通需要の変動の程度を示す決定係数 r^2 (有意水準 0.01) は、0.453～0.622 で、依然として高い水準ではない。

以上の分析結果を踏まえると、やや断定的であるが、避難発生交通需要と諸変数との関連性を、通常関数モデルにより特定するのは難しく、また、その需要構造の分析精度にも限界のあるものと思われる。

表 6.2 避難発生交通需要と諸変数の近似曲線推定

区 分		関数モデル ¹⁾ の決定係数 r^2				
		線形	対数	逆数	2 次	3 次
地域特性	平均世帯人数	0.583	0.577	0.610	0.614	0.614
	情報伝達尺度	0.453	0.589	0.511	0.597	0.622
被害特性	集合住宅全壊率	0.579	— ²⁾	—	0.598	0.600
	全建物全壊率	0.514	—	—	0.532	0.534
	全建物半壊率	0.534	—	—	0.543	0.550

注)1. モデルは、線形 $y=a+b_1x$, 対数 $y=a+b_1\log(x)$, 逆数 $y=a+b_1/x$, 2 次 $y=a+b_1x+b_2x^2$, 3 次 $y=a+b_1x+b_2x^2+b_3x^3$ である(有意水準 0.01)。ただし、地域特性の変数は「世帯のない地域では、避難交通需要は発生しない」ということから、常数項のないものとする。また、上記の 5 モデルの他、複合成長、べき乗、S 曲線、成長曲線、指数、ロジスティックモデルも考えられるが、変数が 0 の場合、変数変換ができないため、近似曲線推定は行なわない。

2. 避難トリップ発生率の推定範囲は 0.0～1.0 であるが、各モデル(対数、逆数)の推定値では負の値が生じるため、決定係数 r^2 は該当しない。

6.3 需要モデルの構築と適合性検定

6.3.1 モデリングのあり方

従来の交通需要予測は、平常時の消費者行動理論や効用理論など、交通需要の構造分析に関連する多くの研究成果を基に、精度の高いモデルから蓄積されている。また、その交通需要は、交通という事象と様々な社会的な指標との関係を、人々の置かれた社会システムやライフスタイルなどによる規則性を反映しているものである。

一方、災害時における避難交通は、人為的に作られた社会システムやライフスタイルなどから身に付けた通常の行動規則(いわば、学習行動)と異なり、突然、襲われた災害による危険性やパニック状況からの限られた情報を基に、自分や家族の安全確保を第一とした生存行動に基づいた交通である。また、発災直後や当日、人々が得る情報や判断には、不確実性やあいまいさなどが内在しているため、避難発生交通需要の構造は、通常の関数的なパラダイムなどによって分析するような単純なものではなく、「6.2 モデル変数の関連性分析」でも実証されたように、その論理的規則を特定しにくいものである。

すなわち、災害時の避難発生交通需要とは、

- ①日常生活から得られない非学習的な行動
- ②危険からの安全確保を第一とする生存行動の意思決定
- ③あいまいな情報や判断による避難の突発的な意思決定

であるため、その需要発生の規則性を特定しにくく、また明確で論理的な構造分析も欠如しているなど、既存のモデルや理論による一律的な解析には限界があるといえる。

したがって、本章では、論理的な構造に欠け、また限られた不確実性の下で、また、あいまいな情報から、情報処理の自己組織化を通しシステム全体の規則性の特定化を図る探索的な手法として評価されているニューラルネットワークとファジー理論を用いて、避難発生交通需要モデルの構築を試みる。

また、ここで検討されるモデルは、

- ①避難交通需要の発生有無ゾーンの分類(判別)モデル
- ②避難発生ゾーンにおける需要(予測)モデル

の2モデルに分け、段階的に行なう(以降、逐次モデリング; recursive modeling)。また、構築モデルのパラダイムにおいては、Fuzzy ARTMAP (Adaptive Resonance Theory MAPping) Classification ネットワークを用いる。

このように構築モデルを逐次的に行なうのは、図 6.2 に示したように、避難交通需

要の非発生ゾーン(トリップ発生率 0)による分散の影響を, モデルから極力排除するためである。これは, 避難発生の有無ゾーンに関する分類モデルが精度高く構築されればされるほど, 以降のモデル精度の向上をも図れると思われるからである。ただし, これを裏返せば, 最初の分類モデルの精度が低ければ, その後のモデルの精度も低くなるという逆効果の恐れもありうるため, 十分な配慮を必要とする。

6.3.2 構築モデルの概要

ニューラルネットワーク理論^{162)~169)}は, 与えられた情報を構成する各要因, 本章では, 避難発生交通の需要と諸変数との連結特性を, 一連の信号(ニューロの連結の強さ, 重み)で単純化し, これらの状態規則(構造)を探索的に自己組織化するものである。ニューラルネットワークの基本構成は, 図 6.3 のようである。

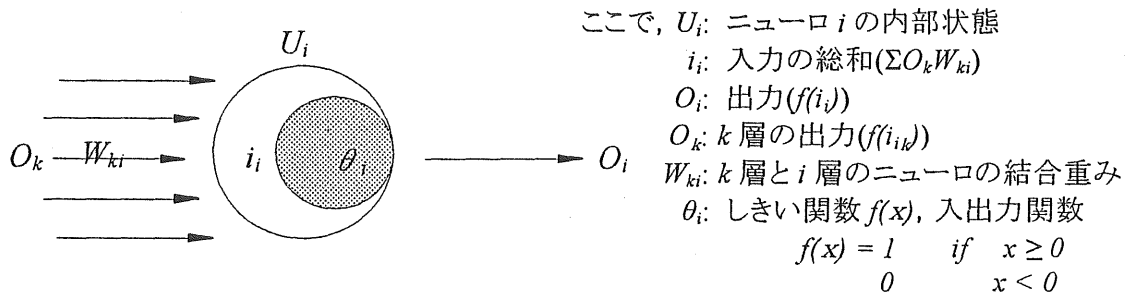
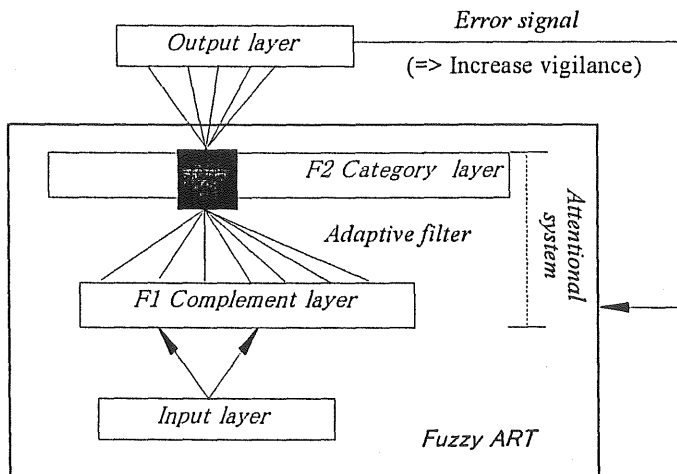


図 6.3 ニューラルネットワークの基本構成



注) 各層の間での実線は, 情報の流れが相互であることを示す。

図 6.4 Fuzzy ARTMAP Classification ネットワークモデル

ARTMAP である。そのモデル構造を図 6.4 に示す。

入力値(避難発生交通需要に影響する諸変数の値)に対し, 一定の学習から認識された情報(出力値; 避難発生交通需要の予測値)を実際値(避難発生交通需要の観測値)に近似するよう, 重み W_{ki} の調整を行い収束させるのが, ニューラルネットワークモデルの方法である。さらに学習過程の中で, しきい関数 θ_i の演算や重み W_{ki} の収束をファジー理論に基づき, ネットワークを収束させるのが, Fuzzy

Fuzzy ARTMAP は、図 6.4 のように、避難発生交通需要に対応するアウトプット層(output layer)と、Fuzzy ART モジュールにおける諸変数のインプット層(input layer), その特性識別ニューロン(feature detector neuron)で構成される補完層(complement layer)F1, インプット情報(諸変数の値)による反応パターンを分類するカテゴリーニューロン(category neuron)のカテゴリー層(category layer)F2 の計 4 層で構成されている。また、F1 と F2, これらを相互連結するシナプス(adaptive filter)を含めたサブモジュールを世話システム(attentional system)という。この世話システムが、インプット情報に対し認識されたカテゴリーの選択や誤認識されたカテゴリー情報のリセットなど、その認識にあった情報の学習を式(6.2)～(6.5)により行なう。

$$m_I: F \rightarrow [0, 1] \quad (6.2)$$

$$I_i = m_I(F_i)$$

$$T_j(I) = |I \wedge W_j| / (\alpha + |W_j|) \quad (6.3)$$

$$|I \wedge W_j| / |I| < \rho \quad (6.4)$$

$$W_j^{(new)} = I, \text{ or} \quad (6.5)$$

$$W_j^{(new)} = \beta(I \wedge W_j^{(old)}) + (1-\beta) W_j^{(old)}$$

ここで、 m_I : 全体集合 F でのファジー集合 I のメンバーシップ関数(membership function)

F : ファジー集合 I の全体集合(universe of discourse)

F_i : ファジー集合 I における各ニューロン i の成立度(degree of membership)

I : インプットベクトル(諸変数の値ベクトル)

$T_j(I)$: ベクトル I に対する F1 から F2 への反応重み(bottom-up weight)の選択関数

j : F2 のアクティビティニューロン

W_j : F2 のアクティビティニューロンから F1 への反応重み(top-down weight)ベクトル

α : 学習パラメータ($L-1$)

L : 長期記憶素子のパラメータで、F1 と F2 のシナプスの重み

ρ : 学習終了の監視(vigilance)パラメータ

$W_j^{(new)}$: 収束された W_j の新たな重みベクトル

β : 学習(スローレコード)パラメータ($0 < \beta \leq 1$)

($\beta < 1$ の場合、誤認識によるノイズデータは減少)

$W_j^{(old)}$: 収束される前の W_j の旧重みベクトル

式(6.2)は他の式におけるファジー演算のメンバーシップ関数、式(6.3)は認識カテゴリーの選択関数、また、式(6.4)はそのリセット条件、式(6.5)はネットワークの学習ルール(ファースト伝達ルール、スローレコードルール)の基本式である。ここで、認識とは、インプット情報に対し、反応した F1 のニューロンのアクティビティパターンと、F2 のニューロンから F1 への Top-down の読み出しによる F1 のニューロンのアクティビティパターンが一致すること、すなわち「予測値＝実際値」を指す。また、カテゴリーとは、認識、または誤認識した時の F2 の各ニューロンの反応(共鳴)パターンである。これらの詳細は、文献 166)～169)を参照されたい。

6.3.3 需要モデルの構築

避難発生交通需要モデルは、「6.2 モデル変数の関連性分析」で検討した「平均世帯人数」、「情報伝達尺度」、「集合住宅全壊率」、「全建物全壊率」、「全建物半壊率」の5変数(有意水準 0.01, 0.05)を用いて、図 6.4 の Fuzzy ARTMAP Classification ネットワークモデル(以降、FNNモデル; Fuzzy-Neural Network model)と通常の関数モデルにより、逐次モデリングを行なう。また、関数モデルは、判別分析(discriminant analysis)と重回帰分析となっており、FNNモデルとの比較のため用いたモデルである。

とくに、避難交通需要の発生有無ゾーンの分類では、ロジットモデルなど他の関数モデルも考えられるが、これは一般的に非集計レベルでの行動モデル^{122)~124)}を中心としたものである。また、ロジットモデルに取り込まれている分布特性や効用理論などは、前節で述べた避難発生交通需要の性質により、その応用における論理性が欠けていることから、通常の関数モデルを用いるようにする。しかし、ここで用いる関数モデルは、関数モデルの前提条件の1つである諸変数間の多重共線性の問題が解決されてないまま、モデル構築を行なったものである。図 6.1 に示したように、各変数間の空間的位置関係からも多重共線性の問題が読み取れるにもかかわらず、この問題を考慮せずモデリングを行なったのは、単純に関数モデルに取り込む諸変数の数を増やし、その説明力だけを高め、FNNモデルの評価を相対的に厳しくするためである。この詳細については、以降の分析で述べる。

また、モデリングデータは、ニューラルネットワーク理論のあり方に基づき、「モデル構築用データ(以下、学習データ)」と「構築モデルの汎用性のテスト用データ(以下、テストデータ)」の2種類で再編成する。そのデータは、母数 176 ゾーンからランダムで抽出した 156 ゾーン(90.0%)の学習データと 20 ゾーン(10.0%)のテストデータで構成される。

一方、通常の関数モデルの場合、モデリングデータは、学習データやテストデータという概念を問わず、該当データ(本章では 176 ゾーン)すべてで構成されるのが一般的である。そのため、モデリングデータの設定方法における両者間の矛盾が生じるが、ここでは、この矛盾に関する議論は別の機会とし、触れないこととする。

しかし、構築モデルの汎用性検定という観点では、ニューラルネットワーク理論のあり方が厳密なモデル評価となるため、本章では、学習データとテストデータの概念を用いたものである。一方、以降で検討される関数モデル(V)は、通常概念(学習データとテストデータの非区分)に基づき母数 176 ゾーンを用いたもので、モデリングデータの設定の違い(学習データとテストデータの区分有無)によるモデルの適合性検定の差を見ることにする。表 6.3 にモデリング結果を示す。

表 6.3 避難発生交通の需要モデル

区 分		FNN モデル ¹⁾		関数モデル ²⁾		
		モデル I	モデル II	モデル III	モデル IV	モデル V
パラダイム		Fuzzy ART. ³⁾	Fuzzy ART.	判別分析	重回帰分析	重回帰分析
説明変数	平均世帯人数(x_1)	-11.61	-3.36	-0.12	0.54	0.08
	情報伝達尺度(x_2)	17.85	5.07	0.57	—	-0.001
	集合住宅全壊率(x_3)	5.75	17.67	-0.08	0.56	0.44
	全建物全壊率(x_4)	14.94	8.44	0.18	0.72	0.52
	全建物半壊率(x_5)	1.00	7.51	0.85	—	0.51
モデルの精度 ⁴⁾		—	—	0.11	0.88	0.76
モデル用データ数 ⁵⁾		156	156	156	156	176
備 考 ⁶⁾		分類	予測	分類	予測	予測 ⁷⁾

- 注) 1. FNNモデルは、ファジー・ニューラルネットワーク(Fuzzy-Neural Network)モデルで、感度係数を示したものである。また、FNN モデルに用いる変数の値は、「0.0～1.0」を範囲とすることとし、平均世帯人数(x_1)は $1/x_1$ 、情報伝達尺度(x_2)は $1/x_2 \times 10$ に変数変換したものである。
2. モデル III は、避難発生有リゾーンの分類における係数(標準化正準判別関数係数)を示したものである。モデル IV, V は、常数項のない「 $y = b_1x_1 + \dots + b_nx_n$ 」の重回帰モデルで、標準回帰係数を示したものである。その理由は、表 6.2 の注)1 を参照されたい。
3. Fuzzy ART.は、Fuzzy ARTMAP (Adaptive Resonance Theory MAPping) Classification ネットワークモデルである。
4. モデルの精度は、判別分析のモデル III は固有値で、重回帰分析のモデル IV, V は決定係数 r^2 である。
5. モデリングデータ数はゾーン単位のもので、母数は分析ゾーン 176 ゾーンである。また、モデル用データ数 156 ゾーンはモデリングに用いたものであり、残り 20 ゾーンはモデルの汎用性の検定のためのテストデータである。
6. 分類は避難交通需要の発生有無ゾーンの判別である。また、予測は、避難交通需要の発生ゾーンに対する避難発生交通需要(避難トリップ発生率)の予測である。
7. モデル V の予測は、避難交通需要の非発生ゾーン(避難トリップ発生率 0)を含む予測モデルである。

表 6.3 における FNN モデル(I, II)は、表 6.4 に示すネットワーク構成となっており、また、そのモデル構造は直接に記述できないため、ここでの分析は、インプット層の各説明変数によるアウトプット層の出力値の反応程度を示す式(6.6)¹⁷⁰⁾の感度係数(S)を用いる。また、この指標は、次の関数モデルの標準化回帰係数と同様な意味を持つものである。関数モデル(III, IV, V)の各係数、標準化正準判別関数係数と

$$S = \sum ((O_{kj} - O^*) / (I_{ij} - I^*) \times 100) / N \quad (6.6)$$

ここで、 S :感度係数(sensitive parameter)

O_{kj} : ケース j の想起(リコール)期でのアウトプット層のニューロ k の出力値

O_k^* : 入力値 I^* による想起(リコール)でのアウトプット層のニューロ k の出力値

I_{ij} : ケース j の想起でのインプット層のニューロ i の入力値

I_i^* : インプット層のニューロ i のディザ(dither)入力値 $((\max_i - \min_i) \times d)$

(\max_i, \min_i : ニューロ i の最大値, 最小値, d : 任意係数のディザ値, 5%で設定)

N : サンプル数(ここでは、ゾーン数)

表 6.4 FNNモデルのネットワーク構成

区 分			レイヤー				
			Bias ¹⁾	Input	F1	F2	Output
モデル I	ニューロン数 ²⁾		1	5	10	30	2
	関数 ³⁾	Summation	Sum	Sum	Sum	F.A.	Sum
		Transfer	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
		Output	Direct	Direct	Direct	F.A.	F.A.M.
		Error	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
		Learning Rule	—	—	—	F.A.	W.H.
		Noise	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform	Uniform
	総シナプス数		675				
モデル II	ニューロン数		1	5	10	50	1
	関数	Summation	Sum	Sum	Sum	F.A.	Sum
		Transfer	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear
		Output	Direct	Direct	Direct	F.A.	F.A.M.
		Error	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
		Learning Rule	—	—	—	F.A.	W.H.
		Noise	Uniform	Gaussian	Gaussian	Gaussian	Gaussian
	総シナプス数		1,065				

注)1. Bias は、ネットワークの学習が確実にこなされるように設けられたニューロンで、その役割などに関する詳細は文献 168)を参照されたい。

2. 単純ネットワーク構造におけるニューロン数の決定方法は報告^{171), 172)}されているものの、本章に用いた FNN モデルのような複雑なネットワーク構造におけるニューロン数の決定方法は、現在まで確立されていないため、本章では、幾つかのネットワークアーキテクチャを設け、その分析結果から最適なものを採用したものである。

3. 関数の Summation は入力値の総和関数、Transfer は入力値の伝達関数、Output はアクティベーション関数、Error は「 $Output_{(t)} - Output_{(t-1)}$ 」又は、「Output-Training Signal」の関数、Learning Rule は重みを更新する学習コントロール関数、Noise は伝達関数 Transfer に入力する前に総和関数 Summation に追加するノイズ(エラー)のランダムな発生関数で、各関数式の詳細は文献 173)を参照されたい。また、F.A.は Fuzzy ART, F.A.M.は Fuzzy ARTMAP, W.H.は Widrow-Hoff である。

標準化回帰係数は、目的変数(避難発生交通需要)の変動(分散)における各変数の影響度(重み)を表す指標である。

一方、表 6.3 に示す関数モデルは、上述したように、各説明変数の間に多重共線性問題を持っている。このように、統計的に意味のない変数を用いたのは、避難発生交通需要と諸変数間の関連性が低いこと(「6.2 モデル変数の関連性分析」参照)、統計的に有意な変数だけで構築される関数モデルではモデルの説明力(決定係数 r^2)が低下するからである。一方、関数モデルにおける多重共線性問題を排除した場合、モデル IV は $y=0.89x_4$ ($r^2=0.79$)、モデル V は $y=0.09 x_5$ ($r^2=0.68$)で表 6.3 に示す決定係数(r^2) 0.88 と 0.76 に比べモデルの説明力は低くなっている。そのため、ここで示す関数モデルは、FNN モデルとの比較において、単純に相対的な説明力を上げるためのものであり、統計的な意味はない。また、表 6.3 のモデル

IV はステップワイズ変数投入法, モデル V は強制変数投入法を用いた。

一方, *FNN* モデルにおいても, 関数モデルと同様に変数間の多重共線性の問題は内在するものの, *FNN* モデル自体は, 説明変数間の独立性に関する前提条件などは設けられてない。そのため, *FNN* モデルでは, 多重共線性の問題によるモデルの制約は当てはまらない。

このようなことから, *FNN* モデルの感度係数を主とし, 避難発生交通需要の変動に与える諸変数の影響度分析を行なう。また表 6.3 に示す「平均世帯人数」(X_1)と「情報伝達尺度」(X_2)は, 逆関数による変数変換(表 6.3 の注 1)を行なったものであるため, これらの解釈においては十分な注意が必要とされる。

表 6.3 によると, モデル I と II の場合, 「平均世帯人数」(X_1)は感度係数-11.61, -3.36 で, 世帯人数が多くなると避難発生交通需要は高くなる傾向を示す。また, モデル I では, 避難交通需要の発生と関連して, 「情報伝達尺度」(X_2)と「全建物全壊率」(X_4)が感度係数 17.85, 14.94 と最も大きく影響し, 情報伝達尺度が低く, また全建物全壊率が高くなると避難交通需要が発生しやすくなることを示す。一方, モデル II では, 「集合住宅全壊率」(X_3)が感度係数 17.67 で, 避難発生ゾーンの避難交通需要の変動に与える影響が最も大きい。

FNN モデルから見た集計レベルでの避難発生交通需要は, 平均世帯人数が大きい, 低い情報伝達尺度, 集合住宅全壊率や全建物全壊率の高いゾーン(地域)であるほど, 高くなる傾向であると考えられる。これらの変数は, 避難交通需要の発生にあたり, 交通発生源の大きさ, 地域における情報入手の容易さと地震による直接的な物理的被害度を表すものとなっている。

6.3.4 構築モデルの適合性検定

構築モデルの適合性検定では, 予測値と実際値との関連性から「判別率(a)」, 「一致性指標(I)」, 「相関係数(r)」, 「 t 検定」, 「総トリップ比(p)」の 5 指標を用いて, 学習データとテストデータごとに行い, モデルの精度を評価する。各評価指標の式を, 式(6.7)～(6.11)に示す。また, 最後に構築モデルの実用性を評価する。

$$\text{判別率}(a) = \text{再現件数} / \text{サンプル数} \quad (6.7)$$

$$\text{一致性指標}(I) = 1 - S_Y / S_y \quad (6.8)$$

$$\text{相関係数}(r) = \Sigma(y_i - \bar{y})(Y_i - \bar{Y}) / ((n-1) S_Y S_y) \quad (6.9)$$

$$t\text{検定} = r \sqrt{(n-2) / (1-r^2)} \quad (6.10)$$

帰無仮説(Hypothesis) H_0 (Null Hypothesis): $e = 0$

H_i (Alternative Hypothesis): $e \neq 0$

$$e: \text{実際値と予測値の相関係数}(r) \\ \text{総トリップ比}(p) = \Sigma Y_i / \Sigma y_i \quad (6.11)$$

ここで, y_i : 実際値
 \bar{y} : 実際値の平均値
 S_y : 実際値の標準偏差
 Y_i : 予測値
 \bar{Y} : 予測値の平均値
 S_Y : 予測値の標準偏差
 r : 実際値と予測値との相関係数
 n : サンプル数

「判別率(a)」は、モデル I, III による避難交通需要の発生有無ゾーンの分類程度、すなわち判別精度を評価する指標で(式(6.7))、「判別率」が高いほど分類モデルの精度は高い。「一致性指標(I)」は、予測値と実際値との全変動(分散)に対し構築モデルにより説明された変動の比を示す指標で(式(6.8))、回帰分析の決定係数(r^2)に相当するものである。値が大きいほど精度の高いモデルである。「相関係数(r)」は、予測値と実際値との相互関係を示す指標で(式(6.9))、値が高いほど相互関係は強く予測モデルの精度も高い。「 t 検定」は、予測値と実際値の相互関係が統計的に有意であるかを検定するもので(式(6.10))、有意水準 0.01 と 0.05 から「実際値と予測値の相関はない」という帰無仮説を検定し、棄却されると統計的に有意なモデルである。「総トリップ比(p)」は、避難発生交通の総需要量の実際値に対する予測値の比で(式(6.11))、1 に近いほど精度の高いモデルである。表 6.5 に、構築モデルの適合性検定結果を示す。

はじめに、避難交通需要の発生有無ゾーンの分類モデル(I, III)では、FNN モデル(I)の「判別率」が、学習データの 1.000、テストデータの 0.950 で、テストデータにおいて多少「判別率」が低くなっているものの、全体的に非常に精度の高いモデルが得られ、構築モデルの汎用性も認められる。一方、関数モデル(III)の「判別率」は、学習データの 0.622、テストデータの 0.700 で、FNN モデル(I)の約 7 割の水準に留まり、精度の良いモデルではないと判断される。

また、避難発生交通需要の避難トリップ発生率の予測モデル(II, IV)では、FNN モデル(II)および関数モデル(IV)ともに、テストデータにおける適合性検定結果が学習データの評価よりも全般的に低くなっている。これは、構築モデルの汎用性が欠けていることを示すもので、今後の FNN モデルの改良課題でもある。

学習データの場合、FNN モデル(III)と関数モデル(IV)を比較すると、「一致性指標(I)」、「相関係数(r)」、「総トリップ比(p)」ともに、FNN モデル(0.611, 0.781, 0.913)

表 6.5 構築モデルの適合性検定

区 分			判別率	一致性指標	相関係数	<i>t</i> 検定	総トリップ比
学習データ	FNN モデル	モデル総合 ¹⁾	—	0.771	0.878	0.000	0.912
		モデル I	1.000	—	—	—	—
		モデル II	—	0.611	0.781	0.000	0.913
	関数 モデル	モデル総合	—	0.329	0.574	0.000	0.726
		モデル III	0.622	—	—	—	—
		モデル IV	—	0.497	0.705	0.000	0.908
テストデータ	FNN モデル	モデル総合	—	0.557	0.746	0.000	1.170
		モデル I	0.950	—	—	—	—
		モデル II	—	0.327	0.572	0.017	1.004
	関数 モデル	モデル総合	—	0.141	0.376	0.103	1.303
		モデル III	0.700	—	—	—	—
		モデル IV	—	0.140	0.375	0.138	1.218
全データ	²⁾ FNN モデル(I・II)		—	0.750	0.859	0.000	0.946
	関数モデル(III・IV)		—	0.315	0.561	— ³⁾	0.791
	モデル V		—	0.393	0.627	0.000	1.006
評価 順	⁴⁾ FNN モデル(I・II)		1	1	1	1	1
	関数モデル(III・IV)		2	3	3	3	3
	モデル V		—	2	2	2	2

注)1. モデル総合は、分類と予測の逐次モデリングによるモデル I と II, モデル III と IV の検定結果をまとめ、構築モデルの精度を計ろうとしたものである。

2. FNN モデル(I・II)と関数モデル(III・IV)は、学習データ(156 ゾーン)とテストデータ(20 ゾーン)によるモデルを、総合評価したものである。また、モデル V では、データ(176 ゾーン)を用いたのを評価したものである。

3. テストデータによるモデルの「*t* 検定」(有意水準 0.103)は、水準 0.01 と 0.05 において、有意ではないと検定されたため、全データ(学習データ、テストデータ)での評価は、該当しない。

4. 評価順は、各評価指標の優位を総合的に評価した順位で、値の小さい方が優位なモデルである。

の方が、関数モデル(0.497, 0.705, 0.908)より、それぞれ 0.114, 0.076, 0.005 高い水準(「*t* 検定」の有意水準 0.01)となっている。テストデータにおいても、「一致性指標(*I*)」、「相関係数(*r*)」、「総トリップ比(*p*)」ともに、FNN モデル(0.327, 0.572, 1.004)の方が、関数モデル(0.140, 0.375, 1.218)より、それぞれ 0.213, 0.197, 0.214(絶対値)の高い水準で、相対的に汎用性があるモデルと評価される。一方、関数モデルの場合、水準 0.05 で、統計的な有意性は認められない(「*t* 検定」の有意水準 0.138)。また、FNN モデルの場合、水準 0.01 では、わずかな水準で統計的に有意ではない(「*t* 検定」の有意水準 0.017)ものの、水準 0.05 では有意なモデルと評価される。

つぎに、FNN モデル(I・II)、関数モデル(III・IV)、関数モデル(V)を総合的に評価すると、「一致性係数(*I*)」において、FNN モデル(I・II)が 0.750 で、関数モデル(III・IV, V)の 0.315, 0.393 より約 2 倍高くなっている。また、「相関係数(*r*)」においても、FNN モデル(I・II)が 0.859 で、関数モデル(III・IV, V)の 0.561, 0.627 より約 1.5 倍

高い値を示している。

一方、モデリングデータを学習データ(156 ゾーン)とテストデータ(20 ゾーン)に分けたモデル III・IV の適合性は、「一致性指標(I)」、「相関係数(r)」、「総トリップ比(p)」ともに、データを分けず 176 ゾーンを用いたモデル V より、低い水準(それぞれ 0.078, 0.066, 0.215 の差)となっており、モデリングデータの設定の違いによるモデル適合性の相違が認められる。

最後に、避難発生トリップの「総トリップ比(p)」では、 FNN モデル(I・II)が 0.946 で、全体避難発生交通需要の約 95% を再現している。また、関数モデル(V)は 1.006 で、総避難発生交通需要のほぼ 100% を再現しているようにも見えるが、以降に示す図 6.7 によると、関数モデル(V)は、実際の避難発生交通需要より過小評価されたケースが多く、また、避難交通需要の非発生(避難トリップ発生率 0)ゾーンは過大評価されるなど、全避難発生交通需要の過不足分が相殺されている。そのため、関数モデル(V)における「総トリップ比(p)」が、見かけ上、良い水準となっている。

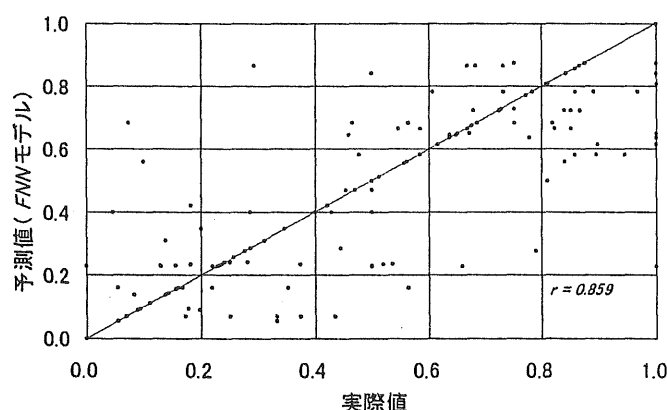


図 6.5 避難発生交通需要の実際値と予測値との相関: FNN モデル(I・II)

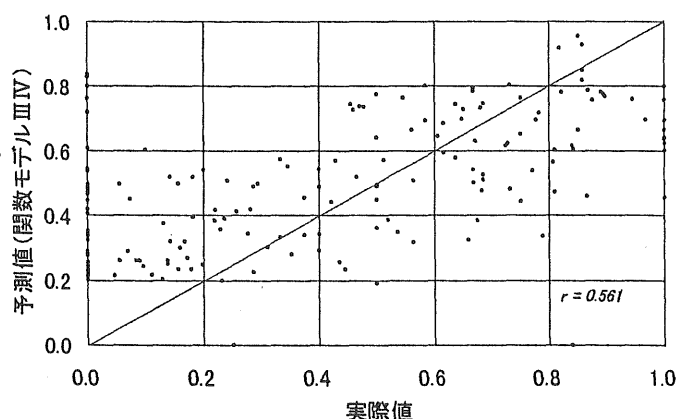


図 6.6 避難発生交通需要の実際値と予測値との相関: 関数モデル(III・IV)

以上の分析結果から、各評価指標の優位な順で、総合順位を付けると、 FNN モデル(I・II)が 1 位、関数モデル(V)が 2 位、関数モデル(III・IV)が 3 位で、 FNN モデルが適合性の高いモデルとして評価される。

図 6.5～図 6.7 は、実際値と各モデルの予測値との相関関係を示したものである。図 6.5 から分かるように、 FNN モデル(I・II)の場合、避難交通需要の非発生ゾーン、すなわち避難発生率 0 での予測が、図 6.6 と図 6.7 の関数モデル(III・IV, V)より極めて高い精度で予測されている。また、実際値と FNN モデルの予測値との分布においても、多少ばらつきはあるもの

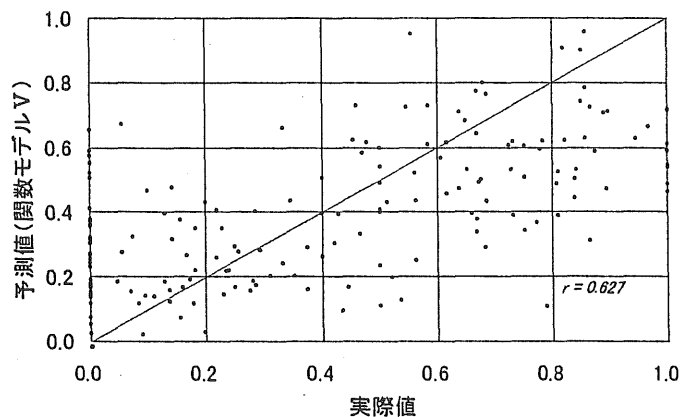
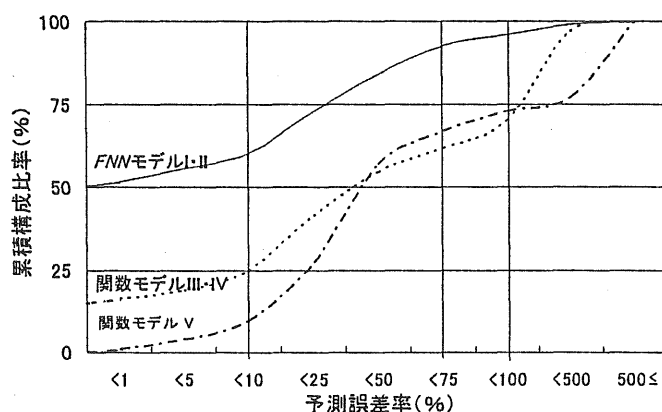


図 6.7 避難発生交通需要の実際値と予測値との相関: 関数モデル(V)



注) 予測誤差率は、モデル残差(予測値－実際値)の絶対値である。

図 6.8 予測誤差率の度数分布(累積構成比率)

25.0%(44 ゾーン), 9.7%(17 ゾーン)のゾーンが予測されるなど、約 2～6 倍の高い精度で FNN モデルの優位が認められる。

つづいて、「予測誤差率」の大きい 75.0%以上のゾーンは、FNN モデル(I・II)が 7.4%(13 ゾーン), 関数モデル(III・IV)が 38.1%(67 ゾーン), 関数モデル(IV)が 33.0%(58 ゾーン)で、FNNモデルが関数モデルより約 4～5 倍以上も少ない水準である。また、「予測誤差率」100.0%以上のゾーンとその最大値では、各モデル順に、4.0%(7 ゾーン, 最大値 830.9%), 34.7%(61 ゾーン, 最大値 796.9%), 28.4%(50 ゾーン, 最大値 3162.0%;ただし、避難トリップの発生率の実際値は 0 であるため、実際値を 1 と換算し、求めた値)のゾーンが予測され、FNNモデルが関数モデルより約 7～9 倍以上の少ない水準で、依然として精度の高いモデルを示す。

また、最後にモデルの実用性^{174), 175)}を、実データによるモデル仕様の妥当性、予測結果の妥当性、モデルの精度の 3 つから評価する。

まず、実データによるモデル仕様の妥当性は、FNN モデルの構築に当たり、学

の、他の関数モデルより、対角線(実際値=予測値)の近くに多く集中している。

一方、モデルの残差(予測値－実際値)を絶対値とした「予測誤差率」を用いて、サンプルデータ 176 ゾーンの度数分布の累積構成比を図 6.8 に示す。まず、「予測誤差率」0.0%(実際値=予測値)の場合、FNN モデル(I・II)が 51.1%(90 ゾーン), 関数モデル(III・IV)が 15.3%(27 ゾーン), 関数モデル(IV)が該当ゾーンなしで、FNN モデルによって正確に予測されたゾーンの数に関数モデルの約 3 倍以上で、非常に高い精度である。また、「予測誤差率」10.0%以下の場合、各モデル順で、60.2%(106 ゾーン),

習データ(モデル構築用データ)とテストデータ(構築モデルの汎用性のテスト用データ)を用いたため、テストデータを含む表 6.5 の適合性検定から総合的に評価される。しかし、モデルの汎用性を評価するために用いたテストデータは、同一地域でのデータであるため、厳密な汎用性、すなわち他地域で厳密に適用し得るかは不確実である。これを改善するためには、幾つかの地域でのデータを収集し検証する必要があるものの、災害時でのデータの確保は、長時間の所要時間や災害特有の問題なども有するため、その調査方法や代替手法の工夫が求められる。

つぎに、予測結果の妥当性は、*FNN* モデルによる避難発生交通需要は、交通発生源の大きさ(平均世帯人数)、地域における情報入手の容易さ(情報伝達尺度)、地震による直接的な物理的被害度(全建物全壊率、集合住宅全壊率)に大きく影響していることが常識の範囲で評価された。

最後に、モデルの精度は、実データによるモデル仕様の妥当性と同様に、表 6.5 の適合性検定から総合的に評価されるとともに、図 6.8 からも評価される。さらに、(汎用性は検証されたが)1 地域を対象としたモデルであるものの、構築モデルの精度やその結果の妥当性は評価されるため、その実用性はあるものと判断されよう。ただし、モデリングケースが 1 地域で限られているため、今後モデリングケースを十分確保していけば、その完成度は高くなるのは確実である。

以上の分析結果を踏まえると、*FNN* モデルは、そのモデルの改良などの余地は残されているものの、関数モデルより非常に精度の高いモデルであり、なおかつ、その需要構造をも説明できるなど、災害時の避難発生交通需要モデルとして評価されよう。

6.4 まとめ

阪神・淡路大震災の発災当日の避難発生交通需要を対象に、集計レベルでの需要モデル構築を目的とし、通常関数モデルとファジー・ニューラルネットワーク理論によるモデリングを行なった。以下、その結果をまとめる。

避難発生交通需要と諸変数との関連分析では、

- 1) 避難発生交通需要は、「平均世帯人数」、「集合住宅全壊率」、「全建物全壊率」、「全建物半壊率」の4変数(有意水準 0.01)と「情報伝達尺度」(有意水準 0.05)の計5変数との関連性が認められるものの(決定係数 $r^2 = 0.76$)、需要モデルに耐えうるほど高い精度の水準ではなかった。
- 2) 相関分析(相関係数 $r = -0.143 \sim 0.579$)や近似曲線推定($r^2 = 0.453 \sim 0.614$)の結果、避難発生交通需要と諸変数との関連付けは容易ではなく、その関数関係も特定しにくいものであった。

ことから、既存の関数式による避難発生交通需要の構造分析には限界があり、その分析精度にも限りのあるものと実証された。

また、ファジー・ニューラルネットワーク理論の Fuzzy ARTMAP Classification モデル(以下、FNN モデル)を用いた避難発生交通需要モデルの構築では、

- 1) FNN モデルによる避難発生交通需要の構造は、交通発生源の大きさ(平均世帯人数)、地域における情報入手の容易さ(情報伝達尺度)、地震による直接的な物理的被害度(全建物全壊率、集合住宅全壊率)に大きく影響していることが分かった。
- 2) FNN モデルは、関数モデルより非常に精度の高い需要モデルとして評価された。とくに、避難交通需要の発生ゾーンの分類では、学習データで 100.0%、テストデータで 95.0%の極めて高い判別率であった。また、モデルの適合性検定では、FNN モデルが関数モデルより、約 2~9 倍の高い精度であった。

ことが検証され、避難発生交通需要の1つの構造モデルとして、その有効性が確認された。

第 7 結

7.1 研究のまとめ

7.2 政策的含意

7.3 今後の課題

・謝 辞

第7章 結

7.1 研究のまとめ

地域での生活や社会・経済活動は、人や財貨、情報の流れ(いわば交通)により成り立っており、国や自治体は、その円滑な遂行、維持、改善、管理等を行ない、さまざまな政策や計画などの立案・実施によって、安全で快適な社会や都市・地域づくりの工夫を行なっている。しかし、交通を含むあらゆる分野での政策や計画の理念やあり方は、生活や社会・経済活動を取り巻く環境やシステムの変化とともに、変わりつつある。とりわけ、コーポラティズムの国と特定集団主導の物理的、土木的なものづくりから、政策ネットワークの多元化の住民運動や親環境的なものづくりなどへ移り変わっている。

しかしながら、突然の天災や人災(以下、災害)を対象とする防災政策や計画では、このような時代の流れの移行を受け入れるのにさまざまな制約を伴う。危機管理時の初期段階での迅速な救助や消火活動は、人的・物的被害の拡大を防ぐとともに、安全確保を第一としており、またその後も、孤立地域への早期啓開や当該地域の早い段階での現状復旧を、復旧・復興段階の最大目標としている。そのため、多くの人々の生活や社会・経済活動での交通は、一方的で物理的な制約を受けざるを得なくなり、国や自治体主導の政策に依存しがちである。

そうとはいえ、危機管理時の生活や社会・経済活動(交通)が停止するわけではなく、被災による直接的な衝撃や苦しみに加え、さまざまな制約からの間接的な苦勞等をも二重に背負いながら、その活動目標を達している。しかし、現在のさまざまな社会ニーズに応じたあらゆる分野での政策や計画の理念やあり方の変化が、危機管理時の防災政策や計画でも同様な概念で適用されるのは非常に困難なものの、今までのように社会や地域への一方的な強要は、また更なる問題を深めるのに違いにないだろう。

さらに、災害時の交通、とくにその発生源を人とするパーソントリップは、国や自治体の防災政策や計画での物理的な規制の対象であり、本来のあるべきその円滑な管理(遂行、維持、改善など)の対象までは至らず、政策や計画の空白領域となっている。そのため、通常的生活や社会・経済活動での交通が、突発的な災害による影響を受け、どのように反応し、どのように変動するのか、その特性やメカニズムに関する基本情報すら、(今後の防災政策や計画に活用できるほど)十分に蓄積され

てない状況である。

そこで、本研究では、防災計画と交通計画の境界領域である災害時のパーソントリップを対象に、防災政策(計画)、とくに災害時の総合的で、かつ柔軟な交通需要管理政策への展開に必要とする基本情報に資することを目的とし、震災時の交通需要分析と需要モデル構築を行なった。交通需要分析に当たり、その 1 つのパラダイムとして交通需要統合空間概念(Unidimensional Travel Demand Conception, *UTDC*)の枠組みを提案するとともに、避難交通需要などを含む災害時の交通需要変動(レスポンス)のメカニズム分析や避難発生交通需要モデルの構築を、幾つかの地震災害を取り上げ実証的、かつ体系的な計量分析を試みた。

以下に、各章の分析から明らかになった震災時の交通需要変動(レスポンス)の主な特性をまとめる。

① 震災後の短期交通需要の変動構造

震災後の短期交通需要の変動構造の分析(第 3 章)では、「平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震(平成 5 年 7 月 12 日、月曜日、22 時 17 分発生)」を取り上げ、北海道桧山支庁管内を対象としパーソントリップ調査を行なった(有効サンプル 1,016 人)。その結果、地震発生当日には、平常時の 1 日通行量の 45.5%に相当する避難通行量が震災後 1 時間に集中し、そのうち 56%が乗用車によって避難しており、周期性と復帰性を持って地震後、登校・出勤目的の通行は減少し、業務・買い物目的の通行が増加した。震災後の交通需要の変動要因としては、職業と年令が大きな影響を及ぼし、特に、販売・運輸・学生・教育・無職の職業と 20 代未満・30 代の年令層において交通需要変動幅が大きい。

② 震災直後の交通需要変動へのレスポンス構造

震災直後の交通需要変動へのレスポンス構造の分析(第 4 章)では、「平成 13 年(2001 年)芸予地震(平成 13 年 3 月 24 日、土曜日、15 時 28 分発生)」を対象とし、広島市でパーソントリップ調査を実施した(有効分析サンプル 1,038 人)。その結果、地震発生当日の交通需要は本来の交通需要より 4.4%増加し、地震発生 1 時間後の 16 時台にピーク時間帯(時間係数 28.0%)を形成しており、特に帰宅から乗り換え目的へ、鉄道から乗用車へのレスポンスが、転換交通需要の最も多くを占めていた(各々 34.8%, 38.1%)。震災直後の交通需要変動へのレスポンス要因(有意水準 0.01)は、若い年代層、社会的な拘束度の低い層(有意水準

0.10), 同伴者の少ない高いモビリティのトリップ, 長(時間)距離の低いアクセシビリティのトリップ(有意水準 0.05), 通行時の情報入手のトリップなどであった。

③ 震災直後の避難交通需要特性

震災直後の避難交通需要特性の分析(第5章)では,「平成7年(1995年)兵庫県南部地震(平成7年1月17日,火曜日,5時46分)」「(阪神・淡路大震災)」を取り上げ,神戸市で行われた既存アンケート調査(神戸大学・野村総合研究所,筑波大学)を用いた(有効分析サンプル 1,469 世帯)。その結果,未明に発生した発災当日の避難交通は3つのピーク時間帯(朝,昼,夜)を形成するパターンで,平常時の都市部のパターンと類似しており,被害度が一定水準を超える場合(ここでは,住宅全壊率45%以上),被害度の増加による避難交通の増加傾向は鈍化していた。また,避難先別分布交通は,避難先までの距離が交通抵抗となって距離が遠くなるほど減っており,公共性の高い避難先ほどモビリティの低い徒歩という避難交通手段が多くを占めた。避難交通需要に影響を及ぼす要因は,世帯特性と被害特性で,家族数の少ない世帯,乳幼児のない世帯,被害程度が高い地域での世帯ほど,避難交通を発生しやすい傾向であった。

④ 震災直後の避難発生交通需要モデル

震災直後の避難発生交通需要モデルの構築(第6章)では,阪神・淡路大震災の発災当日の避難発生交通需要を対象に,ファジー・ニューラルネットワーク(*FNN* モデル)による集計レベルでの需要モデルの構築を試みながら,通常関数モデルとの比較を行った。その結果,既存関数モデルによる災害時の避難発生交通需要の構造分析は,諸変数との相関係数 r ($-0.143 \sim 0.579$)や近似曲線推定の決定係数 r^2 ($0.453 \sim 0.614$)が6割以下の低い水準で,またそれらの分布も幅広く乱れ散っているなど,既存関数モデルやあり方に限界を露呈しているのが確認された。一方,本研究で考察された逐次モデリング(*recursive modeling*)による *FNN* モデルの Fuzzy ARTMAP Classification モデルは,避難交通需要の発生ゾーン有無に対する高い精度の分類やその需要モデルの適合性が,既存関数モデルより約2~9倍の高い精度で評価された。また,*FNN* モデルにより,避難発生交通需要に影響を及ぼす要因が,世帯の動きやすさ(平均世帯人数),地域における情報入手の容易さ(情報伝達尺度)と地震による直接的な物理的被害度(全建物全壊率,集合住宅全壊率)であると分析されるなど,*FNN* モデルの有効性が実証された。

そして、災害の発生時期や規模、地域特性の違いにより、交通需要の変動特性や(避難発生)交通需要モデルに関する各章での分析結果は、短絡的ではあるものの、幾つかの共通的な特徴が明らかになっており、以下にその研究成果の意義を取りまとめる。

1) 災害時、交通需要分析の 1 つの理論的モデルとして交通需要統合空間概念(UTDC)を提案し、災害時の交通需要分析の概念化を図った(第 2 章)。

従来の防災計画は、災害による物理的な被害の復旧などに重点を置き、被災地域での交通需要変動を考慮した総合的な交通規制までは至っておらず、場当り的な個別的または局所的な交通規制などを行なっているため、災害がもたらす被害に加え、地域住民の生活や社会・経済活動は、各種の交通上の制約を長期間に涉って受けることを余儀なくされている。

また、現在の災害時交通需要、とくにパーソントリップは交通規制の対象であり、マネジメントの対象としての認識は欠けている。したがって、防災計画と交通計画との接点を持った総合的で、かつ柔軟な交通需要管理政策の展開が求められる。そのため、精度の高い総合的かつ体系的な交通需要分析が必要となり、その 1 つのあり方として、顕在交通需要(通常社会・経済活動からの通勤・通学、買い物、帰宅など)、潜在的交通需要(ある条件を満たすまでの潜在需要と非通行)、災害時緊急交通需要(避難、救助・救援、消防や復旧活動など)の 3 つの需要領域を統合する交通需要統合空間概念(UTDC)の枠組みを提案し、その概念化を図った。これは、交通計画における交通需要分析の伝統的な 4 段階推計法と同様に位置づけられるもので、防災計画における総合的な災害時交通需要分析の 1 つの理論モデルとして期待されよう。

2) 災害時、避難交通を含む個人交通需要の変動(レスポンス)は、需要変動の周期性、復帰性、ピーク性、時間別需要変動の通常時との類似性、需要変動とトリップ発生源のアクティビティー、トリップのアクセシビリティ、トリップのモビリティ、情報性、需要変動の多様性により、規定されているのが明らかになり、災害時交通需要管理に必要とする貴重な情報を得た(第 3 章～第 5 章)。

① 災害時、交通需要変動の周期性

発災地域や時期、時刻によって交通需要の発生状況は異なり、一律的には判断できないものの、災害の影響を受けた日交通需要では発災当日に、また避

難交通などを含む時間交通需要では発災直後1時間に、レスポンス交通需要の増加が多く見られた。また、その以降の交通需要は、異なる分析データにも係わらず、増減を繰り返しながら周期性を持って変動していたことが、共通的な傾向で確認できる。したがって、災害時の組織的な緊急交通需要を最優先とする従来の一律的かつ画一的な交通規制などから、交通需要の周期的な可変性に応じる柔軟な交通需要管理の工夫が必要とされるだろう。

② 災害時、交通需要変動の復帰性

災害時の短期での交通需要変動に関する一連の周期性から、単純で明確な論理ではあるが、災害時の交通需要は、災害による交通需要の反発(レスポンス)から本来の交通需要に戻ろうとする、いわば復帰性を持って変動していた。そのため、災害時の交通需要管理は、短期での減少傾向の交通需要の場合、初期段階での増加交通需要の発生を抑制、あるいは遅延させる方向で、また、増加傾向の交通需要の場合、短期間での増加交通需要を分散させるとともに、その増加を鈍化(あるいは遅延)させる方向で対策を模索するなど、交通需要の変動特性に応じた対応が求められるだろう。

③ 災害時、交通需要変動のピーク性

災害発生後、道路施設などの被災により、交通機能の大幅な低下の中で、処理することができる交通需要も通常時と比べ減少するため、有効的な道路施設の運用が求められる。しかし、従来では、災害直後の混乱やその工夫がなされてなかったこと、初期段階での対応の遅れとその後の一律的な交通規制などにより、発災直後の混乱を一層招いていた。そのため、避難交通などを含む災害時の交通需要変動の持つ周期性から見れば、発災直後の初期段階でのピーク交通需要に対する需要管理の展開が重要なタイミングとなる。また、各時期におけるピーク交通需要を分散させるため、需要発生が遅延や地域での滞在時間を延ばすバッファー形成など、限られた道路施設への負荷の適切な管理タイミング(適時性)を図る必要があるだろう。

④ 災害時、時間別交通需要変動の通常時との類似性

発災後、避難交通などを含む交通需要の時間別需要変動は、災害の規模、発災時刻や地域に拘らず、短期交通需要や直後の交通需要とともに、当該地域での通常時の時間別交通需要分布パターンと類似する傾向を示していた。これは、通常時の当該地域の交通システムや環境、それに対する通行者の依存性

や生活パターンなどが、災害時にも反映され顕れたものと思われる。そのため、災害時の交通需要管理に当たり、個人交通需要に偏った現在の一方的な交通規制から、通常時の交通需要の時間別分布特性(交通行動)などを重要な情報の1つとして取り入れた模索が要求されよう。

⑤ 災害時、交通需要変動とトリップ発生源のアクティビティー

災害による交通需要の変動やレスポンス特性は、通行者、すなわちトリップ発生源の持つ社会的な活動のアクティビティーによって、需要変動の増減パターンやレスポンス特性に相違が見られた。短期交通需要の場合、相対的に社会的な活動のアクティビティーの高い層では、時間の経過に伴い交通需要の減少する傾向で、また発災直後の交通需要変動へのレスポンスは、社会的な活動のアクティビティーの高い層で起こり易い傾向であった。さらに、高いアクティビティーは、通行者のトリップに対するエントロピーを高め、発災後の通行者の状況がより不安定な状況となり、交通需要の変動を活発化させる傾向に働きかけていた。したがって、通行者の社会的な活動のアクティビティーは、災害時交通需要管理での主な政策情報となるだろう。

⑥ 災害時、交通需要変動とトリップのアクセシビリティ

通行目的地までの通行距離、所要時間や災害による道路施設などの被災程度は、当該地域でのアクセシビリティに影響(制限)を与え、交通需要変動の増減パターンやレスポンス特性に違いが確認できた。地域でのアクセシビリティが低ければ低いほど、短期交通需要は時間経過にしたがって増える傾向であり、発災直後の当日交通需要変動へのレスポンスは起こりやすくなる傾向であった。そのため、災害発生後の地域でのアクセシビリティの改善や保持は、交通需要変動を安定(減少)させる役割を果たし、交通需要変動のエントロピー抑制に働きかけよう。

⑦ 災害時、交通需要変動とトリップのモビリティ

災害時の交通需要変動に与える影響は、徒歩や公共交通機関のように相対的に低いモビリティであればあるほど、短期交通需要を増加させる傾向に、かつ発災直後の交通需要変動へのレスポンスをしやすくする傾向であった。また、これらの交通需要は、地域での交通手段分担や被災状況を反映し、高いモビリティの乗用車を代替交通とするレスポンス交通需要で現れていた。したがって、災害時の交通需要管理は、地域での交通システムや交通施設の被災状況を十

分に配慮しつつ、モビリティの異なる代替交通手段に対する対策の明確な方向性やポリシーの確立が必然とされる。

⑧ 災害時、交通需要変動と情報性

発災直後、通行の際の情報入手は、当日交通需要変動へのレスポンス、とくに通行経路変更に影響する主な要因の 1 つであった。また、通行者は、通行に必要とする情報を、個人の情報入手媒体の電話などよりも、確実な情報を得るため公共性と客観性を持つ情報源、すなわち TV・ラジオ、案内放送・広告板を利用していた。このようなことから、通行の際に必要とされる情報媒体別の情報内容や情報提供タイミングなど、情報に関する工夫は、交通需要変動の制御に影響を与えらると思われる。

⑨ 災害時、交通需要変動の多様性

災害が交通需要の変動に与える影響は、通行時期、通行目的、交通手段やトリップ発生源のアクティビティー、トリップのアクセシビリティ、トリップのモビリティなどトリップ特性ごとに異なり、その需要変動に多様性をもたらししていた。そのため、災害時の交通需要変動に、トリップ特性別の需要変動の増減パターン、レスポンス特性、周期性などの相違が見られた。したがって、今後、災害時の交通需要管理は、トリップ特性別需要変動の多様性を考慮し、多方面に応じた、かつプライオリティーを持つ詳細な対策案づくりが求められる。

3) 災害時、交通需要モデルとして避難発生交通を取り上げ、需要モデル構築を試み、既存の関数モデルやモデリングのあり方の限界を指摘するとともに、ファジー・ニューラルネットワーク理論による避難発生交通需要モデルの有効性を実証した(第 6 章)。

従来の交通計画では、パーソントリップを中心とした需要モデルが積極的な研究や計画段階に用いられたことによって、多数の理論体系やモデルの開発が進んできた。しかし、防災計画での地震被害想定では、とくに、避難需要の設定を全員避難という前提条件で昼夜人口の大きさや自宅建物の被害程度に基づく原単位により対象地域に一律的に算定に用いるなど、災害時の交通需要に関する理論やモデルの研究まで至ったものはない。さらに、本研究により、集計レベルでの

地域の建物被害率を含む諸要因と避難発生交通需要との分布特性は、分布パターンを特定しにくいほどそのばらつきが大きく、既存の関数モデルによる近似曲線の推定も困難なため、既存の関数モデルやあり方に限界を露呈しているのが確認された。一方、ファジー・ニューラルネットワーク理論を用いた避難発生交通需要モデルは、災害時の交通需要モデルの 1 つとして逐次モデリング(recursive modeling)による *FNN* モデル(*Fuzzy-Neural Network model*)の有効性を実証した。

7.2 政策的含意

このように防災計画と交通計画の接点を持つ災害時の個人交通(パーソントリップ)は、震災のもたらしたその変動やレスポンス特性に多様性を持って発生している。しかし、それにもかかわらず、従来の防災政策は災害応急対策の的確かつ円滑な遂行に政策目標の第一プライオリティーを置き、組織的な災害時緊急交通のための警備活動の一環として非組織的な個人交通を交通規制の政策対象として位置づけた戦略を用いている。なおかつ、通常時の交通政策では、政策対象の射程から排除されるなど、災害時とはいえ、個人交通が本来あるべきその円滑な管理(遂行、維持、改善など)の対象までは至らず、あらゆる分野の政策での空白領域となっている。

そのような中、震災時の交通需要変動の復帰性は、震災による需要変動が通常時の水準に戻ろう(又は通常時の水準を維持しよう)とするプロセスでの一種の派生需要としての顕われを指す要素である。また、交通需要変動のピーク性は、災害発生後、道路施設などの被災による交通機能の大幅な低下の中で、短時間での需要集中(渋滞)を招く要素となる。さらに、交通需要変動の周期性は、災害発生後の時系列での需要変動の復帰性とピーク性を再現(反復)させる要素として意味づけられる。また、これら要素(復帰性、ピーク性、周期性)は、災害時交通需要の事象を構成する3要素として定義されよう。

したがって、災害時の交通需要は時間の経過とともに増加、又は減少する動的有機体であり、そのためその内容(量・質)の変化に多様性を持たせている。また、その変化の多様性を規定する要因は、大きく分けトリップ(発生源)を取り巻く外部的な要因(災害や被災規模、地域の交通システムや社会・経済環境など)と、トリップ(発生源)その自体が持つ内面的な要因の2つ要因がある。その内面的な影響要因は、本研究により明らかになった交通需要(時間)変動の通常時との類似性、そのトリップ発生源のアクティビティー、トリップのアクセシビリティ・モビリティ・情報性の5要因である。

一方、このように動的な多様性を持っているのにもかかわらず、従来の防災政策は物理的な交通抑制の規制対象であったため、災害(危機管理)時に多くの限界(問題)が露呈している。とりわけ、今後の災害時の交通需要は、これまで規制するという政策対象から、管理するという政策対象として見直す必要があることを意味する。また、これは、災害対策基本法(昭和36年)を基とする既存の災害時交通対策での体制整備の必然性を示唆するものである。なぜなら、この法律が制定されてから概ね半世紀が過ぎているにも係らず、災害時の危機管理という状況とは言え従

来の政策理念を現在も引き受けざるを得ないからである。しかし、現在、あらゆる分野では、従来のコーポラティズム主導の物理的で土木的なものづくりの政策理念から、新環境的かつ市民参画の合意形成などによるものづくりの政策理念への変化を求められており、また変わりつつある。とりわけ、今後の防災政策においてもこのような時代の流れに応じざるを得ないだろう。

そして、災害時の交通管理、すなわち交通需要管理(TDM)は、個人交通需要を対象とする通常時の TDM の展開と異なった観点で、包括的かつ総合的に政策対象を把握しなければならない。なぜなら、災害時の交通需要とは、災害緊急目的の組織的な交通(災害時緊急交通需要)、通常目的の非組織的な交通(顕在交通需要)、非通行及び発生可能交通(潜在的交通需要)で構成されるからである。そのため、この3つの需要(災害時緊急交通需要、顕在交通需要、潜在的交通需要)を災害時交通需要管理の政策対象として総合的かつ弾力的に考えなければならない。そこで、本研究で提案した交通需要統合空間概念(UTDC: Unidimensional Travel Demand Conception)は、防災政策での災害時交通需要を総合的に考える上での1つのパラダイムになるだろう。また、このように、災害時 TDM 政策での政策対象の多元化は、災害時交通に対する総合的政策と各政策対象に対する戦略的政策の展開を求めるものである。

例えば、震災時交通需要の3要素の内、ピーク性に着目すると、顕在交通需要(非組織的な交通)と災害時緊急交通需要(組織的な交通)は、相互のピーク形成時間を平滑化、あるいはタイムラグを形成するための総合的な政策が必要である。さらに、そのピーク時間帯への交通需要の集中を分散するための各需要別の戦略的な政策が必要とされよう。一方、現在、災害時の交通需要管理政策の施策や戦略は検討された例はないため、従来の TDM の施策などに頼れざるを得ないが、今後災害時特有の状況を踏まえた社会的合意を得られる施策の開発は求められる。

しかし、本研究の序論で紹介したノースリッジ地震(サンフェルナンドバレー)、ロマ・プリエタ地震(サンフランシスコ)と9.11同時多発テロ事件(ニューヨーク)での危機管理時の TDM 施策は、従来からの TDM の施策の1つであった HOV (High Occupancy Vehicle)車線を運用し、当該地域での交通渋滞緩和に少なからず、効果があったと報告されている。この背景には、その施策自体が根強く地域社会に普及、又は認識されていたことであろう。言い換えれば、3つの地域社会(アメリカ全体)は、TDM 施策に対する交通行動への学習が終えていたことである。このように、通常での交通行動の学習効果は、本研究で指す災害時交通需要変動の通常時との類似性を規定する要因として考えられる。すなわち、従来からの交通行動は、現在の交通行動に影響を与えるという自明な論理を意味する。そのため、これらの3つの地

域での例は、交通需要のパラダイムの変遷の中で、1970年代からTSM・TDMの技術開発、適用(社会実験)、改良、制度的な整備などアメリカ政府の積極的な政策展開の成果である。また、これは、通常時からの政策成果が危機管理時にも反映され有効策として評価されたことで、通常時の政策運営は危機管理時の延長線で位置づけられることを意味するものでもある。残念ではあるが、日本のTDMに関する(従来の)政策は社会に浸透されている程ではなく、その実施効果を災害時に直ちに期待するのは難しいものと判断される。幸い、日本政府は、1990年代から主にエコ政策としてTDM政策を積極的に取り込んではいっているものの、その運用策は、今後社会全体に幅広く普及し浸透されることに違いはないだろう。

そのため、災害時の交通需要管理は、ポスト政策(post-TDM)だけではなくプレ政策(pre-TDM)として持続的な政策展開を考えなければならない。また、通常時のTDM策として、1980年代から民間サイド(NPO)を政策の中に取り込み運営し始めた交通管理組合(TMA)のような組織を、災害時にも適用・運営できるような体制整備や、既存の防災組織などを積極的に活用するなど交通計画と防災計画を寸断することのない総合的かつ持続的政策(体制)づくりが求められよう。

7.3 今後の課題

本研究を通し、災害時交通需要に対する1つのパラダイムを提案し、概念化するとともに、災害時のパーソントリップを中心とした個人交通需要の変動(レスポンス)特性とメカニズム分析、避難発生交通需要モデルの構築などを初めて実証的に、かつ体系的な計量分析を用いて試みた。しかし、本研究では、限られた地域、災害、分析サンプル等の研究範囲の制約などをも抱えているため、以下の課題が残される。

1) 災害時、交通需要変動(レスポンス)の諸特性の規範化

今後、本研究により得た災害時の交通需要変動(レスポンス)の諸特性に関する一般性を高めるとともに、明確な論理的構造や理論構築に関する研究に発展させ、その規範性を確立する必要がある。そのため、更なる調査・分析からの成果や情報を蓄積し、多様な地域や災害での詳細な事例研究が求められる。

2) 災害時、交通需要分析での交通需要統合空間概念(*UTDC*)の数理化

災害時の交通需要の変動(レスポンス)特性に関する規範性の基で、交通需要統合空間概念(*UTDC*)での顕在交通需要、災害時緊急交通需要、潜在的交通需要に関する詳細でかつ厳密な概念定義や需要モデルを構築するとともに、最終的には各需要モデル間を連携・統合する需要モデルを構築する必要がある。また、このように数理化した *UTDC* は、総合的で、かつ柔軟な災害時の交通需要分析を容易にするとともに、円滑な交通需要管理の展開を可能にするだろう。

3) 災害時、*FNN*モデルによる避難発生交通需要モデルの実用化

ファジー・ニューラルネットワーク理論を用いた避難発生交通需要の *FNN* モデル(*Fuzzy-Neural Network model*)は、極めて高い精度で構築され、その汎用性も実証されたものの、その一般化、すなわち実用性に当たり、多くのケースの実績データを収集し、検証していく必要がある。しかし、災害時での実績データの確保は、長時間の所要時間や災害特有の問題などをも有するため、その調査方法や代替手法の開発も求められる。一方、ファジー・ニューラルネットワークの計算プロセスなどがブラックボックスとは言われているものの、実際、各レイヤーやニューロンでの計算パラダイムは数理的なものであり、入力値に対する出力値の反応を感度係数により評価されるなど、単純に出力値の結果だけを求めるものではなく分析しようとする事象の構造も究明可能な構造モデルとしても評価される。また、既存の関数モデルな

どの数理モデルによる避難交通需要分析での限界が実証的に認められており、モデリングケースやあり方の研究を積み重ねれば、FNN モデルの需要予測モデルとしての実用性は高く保持されよう。また、災害時緊急交通需要の1つのモデルとして、UTDC の数理化のなかで、他のモデルとともに検討していく必要性もあるだろう。

4) 総合的で、かつ柔軟な災害時交通需要管理支援ツールの開発

本研究では、災害時の交通状況(需要)に関するシミュレーションモデルの開発までは至っていない。また、現在、開発されている災害時の各種シミュレーションシステム(被害想定・推定システムをはじめ、危険度評価や復旧、消防支援システム、避難計画支援システムなど)には、災害時の交通状況(需要)を高い精度で再現可能なモジュールやシステムがないため、その開発が求められる。一方、この交通関連モジュールやシステムは、特定の交通状況だけではなく、交通需要統合空間概念(UTDC)での交通需要概念に基づくもので、他のシミュレーションシステムの精度を一層強化するとともに、単体では、災害時の交通需要管理を支援する総合的で、かつ柔軟な対策案の作成ツールとして期待されよう。

5) 災害時交通需要管理政策やその施策の具体化

本研究は、防災計画と交通計画の接点を持つ災害時のパーソントリップを対象に、防災政策(計画)、とくに災害時の総合的で、かつ柔軟な交通需要管理政策への展開に必要とする基本情報に資することを目的としている。そのため、避難交通需要などを含む災害時交通需要変動(レスポンス)のメカニズム分析などを行ない貴重な情報を得ており、今までの災害時交通需要管理における一律的で、かつ物理的な交通規制からの政策転換の必要性に関する合意は認められた。しかし、その詳細な政策や施策展開に必要とする具体的な研究までは至っていない。そこで、本研究で得た各情報の規範化の基で、政策変数などの詳細な研究や分析を重ね、災害時交通需要管理への展開可能な政策や施策の具体化が要求される。

謝 辞

長い年月を終え、ここに 1 つの論文をまとめることとなり、ご助言・ご指導ならびにご支援を頂いた多くの方々に記して感謝の意を表わしたい。

長い間、本日に至るまで修養のない私を温かく見守ってくださった熊谷良雄(筑波大学、教授)先生に深く感謝する。在学していた頃から、学校を離れた後も、研究室やゼミなどに参加させていただくなど、いつも研究への道を明るくして頂いた。また、研究への厳しいご指導は、私の思い込みや誤った認識と方向を修正する原動力でもあり、激励でもあった。さらに、目に見えない温かいお心やご配慮は、私の落ち込みや焦りなどを取り払ってください、ともすると乱れがちの私が研究に専念できるよう、自覚を持たせていただいた。その結晶がこの論文である。

また、石田東生(筑波大学、教授)先生、糸井川栄一(筑波大学、教授)先生からも、お忙しい中、論文の完成に当り貴重なアドバイスを頂いた。とくに、石田東生先生からのアドバイスは、未熟な限界への反省や広い視野を持たせてくださった。また、糸井川先生からは、分析指標の解釈や論文のまとめなどでいきづまっていた私に、その解決の糸口を探り出す力を付けて頂いた。そして、佐藤亮(筑波大学、教授)先生、鈴木勉(筑波大学、助教授)先生、岡本直久(筑波大学、助教授)先生からの論文審査での厳しいご講評は、より充実した研究成果を得るのに欠かせないことであった。

一方、梶秀樹(慶応義塾大学、教授)先生からは、日本文部省奨学金で研究する機会や学問への道を与えていただき、本論文の原点を作ってくださいました。また、川島一彦(東京工業大学、教授)先生は、身も知らぬ私を丁寧にご指導ご支援して下さいました。当時の建設省土木研究所での研究活動による SYE や学会での発表などは、本論文の出発点であり、大きな土台となった。また、研究のほかに、個人的な悩みにも多くの温かいご配慮を頂いたのは、今でも忘れられないことである。

さらに、長い間、お世話になった辻中豊(筑波大学、教授)先生からは、新たな学問への知見と推進力を付けて頂いた。ときには、試練の道でさ迷う私に、冷静で客観的な判断ができるよう、いつも温かく見守ってくださった。そして、母校の呉允杓(東亜大学、教授)先生から、学問・研究のみならず公私に渡ってご指導ご助言を頂いたことは、私にとっては激励であり大変心強い支えとなり、勇気を与えられた。

各種資料の収集・提供やパーソントリップ調査などでは、各地域での行政機関と教育機関の関係者、研究者や市民の方々及び筑波大学社会工学系都市防災研究室の皆様、私の研究室のスタッフ、また、論文校正では都市防災研究室の勝山和代さんに一方ならぬご協力やご助力を得た。

最後に、長い間、静かな支えで私を見守ってくれた家族にこの論文を捧げたい。

◆引用·参考文献

1. 引用文献

2. 参考文献

◆引用・参考文献

1. 引用文献

: 本論文中に引用した文献(本文引用順)

- 1) *User-Oriented Materials for UTPS, An Introduction to Urban Travel Demand Forecasting ~ A Self-Instructional Text~*, Federal Highway Administration and Urban Mass Transportation Administration, U.S. Dept. of Transportation, pp.21~31, 1977.
- 2) Oppenheim, N: *Urban Travel Demand, From Individual Choices to General Equilibrium*, John Wiley & Sons Publishers, New York, 1997.
- 3) David A. Hensher and Kenneth J. Button: *Handbook of Transport Volume 1 Handbook of Transport Modeling*, Pergamon, New York, 2000.
- 4) 宮城県: 「1978 年宮城県沖地震」による事務所活動への影響調査, 昭和 54 年.
- 5) 亀田弘行, 浅岡克彦, 小川信行, 能島暢呂: ロマ・プリエタ地震がサンフランシスコ湾岸地域の交通システムに与えた影響, 都市耐震センター研究報告, 別冊第 7 号, 京都大学防災研究所, 1991.
- 6) 崔宰榮, 川島一彦, 中島燈: 北海道南西沖地震による交通需要変動の解析, 第 9 回日本地震工学シンポジウム, Vol.2, pp.2203~2208, 1994.
- 7) 若林拓史, 亀田弘行: ロマ・プリエタ地震後のサンフランシスコ湾岸地域の道路網運用の効果分析と災害時の道路網計画, 都市計画論文集, No.30, pp.91~96, 1995.
- 8) 中川大: 地震直後の交通渋滞と防災交通計画, 交通工学, Vol.30 増刊号, pp.22~27, 1995.
- 9) 若林拓史, 能島暢呂: ノースリッジ地震と阪神大震災から学ぶ交通システムの危機管理, 地域安全学会論文報告集, No.5, pp.244~250, 1995.
- 10) 中川大, 吉川耕司, 伊藤雅, 小林寛: 阪神・淡路大震災における地震発生直後の交通状況に関する研究, 土木計画研究・講演集, No.19/1, pp.9~12, 1996.
- 11) 味沢慎吾, 家田仁, 加藤浩徳: 阪神大震災における被災者の生活と交通需要実態, 土木学会第 51 回年次学術講演会, IV-32, pp.64~65, 1996.
- 12) 日野泰雄, 上野精順, 和田実, 見寄権次郎: 震災時における自動車ニーズと

- 交通運用の考え方, 第 2 回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.505~512, 1997.
- 13) 崔宰榮, 川島一彦: 北海道南西沖地震が交通需要の変動に与える影響, 土木学会論文集, No.543I-36, pp.259~269, 1996.
 - 14) 崔宰榮: 「平成 13 年(2001 年)芸予地震」直後の交通需要変動のレスポンス特性, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 講演論文集 CD-ROM, pp.2343~2348, 2002.
 - 15) 内閣府: 平成 13 年版防災白書, 2001.
 - 16) Harold D. Lassell: *Policy Orientation*, Policy Sciences, Stanford University Press, pp.3~15, 1951.
 - 17) Hägerstrand T.: *What about people in Regional Science?*, Papers of the Regional Science Association, Vol.24, pp.7~21, 1970.
 - 18) 横浜市ニューヨーク事務所: 同時多発テロ事件におけるニューヨーク市の対応について, pp.22~32, 2001.
 - 19) 建設省国土地理院, 土木研究所, 建築研究所: 建設省総合技術開発プロジェクト 災害情報システムの開発報告書 第 IV 巻 都市防災編, 平成 4 年.
 - 20) 建設省土木研究所: 震害予測システムの構築に関する試験調査, 平成 12 年.
 - 21) 国土交通省建築研究所, 国土交通省土木研究所, (財)国土技術研究センター: 防災まちづくりにおける防災性能評価手法の基本フレームと防災対策推進方策に関する調査報告書, 平成 13 年.
 - 22) Sheffi Y., Mahmassani H. and Powell W. B.: *A transportation network evacuation model*, Transportation Research A, Vol.16 (3), pp.209~218, 1982.
 - 23) KLD Associates, Inc.: *The DYNEV model: An effective tool for developing evacuation plans*, 61st Annual TRB (Transportation Research Board) Meeting, Washington, D.C., 1982.
 - 24) 増山格, 梶秀樹: 大地震時広域避難計画検討のための最遅避難モデルの開発, 第 19 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.379~384, 昭和 59 年.
 - 25) Hobeika A. G. and Hwang K. P.: *A decision support system for evacuation planning and operation in emergency management*, Second European Simulation Congress, Society for Computer Simulation: Antwerp, 1987.
 - 26) Anthony F. Han: *TEVACS: Decision support system for evacuation planning in Taiwan*, Journal of Transportation Engineering, Vol.116, No.6, pp.821~830, 1990.
 - 27) Hobeika Antoine G.: *A location-allocation model and algorithm for evacuation planning under hurricane flood conditions*, Transportation Research B, Vol.25

- (6), pp.439~452, 1991.
- 28) Janakiraman Kalyan Kumar, Hideki Ishii, Eiichi Koizumi and Akichika Ishibashi: *An Approach to Evacuation System Modeling and Assessment-II*, 土木学会第 51 回年次学術講演会, IV-27, pp.54~55, 平成 8 年.
 - 29) Kambiz Farahmand: *Application of simulation modeling to emergency population evacuation*, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, pp.1181~1188, 1997.
 - 30) Church Richard L. and Cova: *Mapping evacuation risk on transportation networks using a spatial optimization model*, Transportation Research Part C, Vol.8 (1-6), pp.321~336, 2000.
 - 31) De Silva F.N. and Eglese: *Integrating simulation modeling and GIS: Spatial decision support systems for evacuation planning*, Journal of the Operational Research Society, Vol.41 (4), pp.423~430, 2000.
 - 32) Ramgiridhar Reddy Kilim, John McFadden, Akhilesh Pal, Veerabhadra Rao Karri and Andrew Graettinger: *Evaluation of evacuation procedures during extreme weather events for the Gulf Coast of Alabama*, 27th International Forum on Traffic Records and Highway Information Systems, http://www.atsip.org/forum/2001/S_04/McFadden_paper.pdf, 2001. Access date: January, 2003.
 - 33) Rong XIE and Ryosuke Shibasaki: *Conceptual framework of human spatial behavior simulation based on HLA*, the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore, <http://www.crisp.mus.edu.sg/~acrs2001/pdf/258XIE.pdf>, 2001. Access date: January, 2003.
 - 34) Oscar Franzese and Lee Han: *Using Traffic simulation for emergency and disaster evacuation planning*, 91st TRB (Transportation Research Board) Annual Meeting, Washington, D.C., 2002.
 - 35) Richard L. Church and Ryan M. Sexton: *Modeling small area evacuation: Can existing transportation infrastructure impede public safety?*, California Department of Transportation Task Order 3021 Final Report, Vehicle Intelligence & Transportation Analysis Laboratory, University of California, 2002.
 - 36) 熊谷良雄, 小林明彦: 災害時の避難行動の分析-'81 小貝川水害を事例として-, 17 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.541~545, 昭和 57 年.
 - 37) 小阪俊吉, 堀口高尾: 地震浸水時の広域避難行動-1964 年新潟地震の新潟市-, 第 20 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.61~66, 昭和 60 年.
 - 38) 総合研究開発機構(NIRA): 大都市直下型震災時における被災地域住民行動実態調査, 平成 8 年.
 - 39) 塩野計司, 宮野道雄, 小坂俊吉: 地震時の短期的避難需要とその抑制, 第 3 回都市直下地震災害総合シンポジウム, pp.453~456, 1998.

- 40) 堀切真美, 小谷通泰: 阪神・淡路大震災後における住民の避難行動に関する分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.17, pp.819~826, 2000.
- 41) 広島市: 広島市大規模地震被害想定調査報告書, 平成 9 年.
- 42) 東京都: 東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書, 平成 9 年.
- 43) 崔宰榮: ファジー・ニューラルネットワークによる阪神・淡路大震災時の避難発生交通の需要モデル, 地域安全学会論文集 No.4, pp.31~40, 2002.
- 44) 北海道南西沖地震災害対策本部: 平成 5 年北海道南西沖地震に係る被害状況報告書, 平成 5 年.
- 45) 広島市: 「平成 13 年(2001 年)芸予地震」による被害状況, 平成 13 年.
- 46) 神戸市: 阪神・淡路大震災-被災状況及び復興への取り組み状況-, 平成 12 年.
- 47) 地震調査研究推進本部: 日本における被害地震の発生頻度に関する統計分析について, 地震調査委員会報告資料, 平成 14 年.
- 48) 神戸大学, (株)野村総合研究所: 「被災地での住民行動の実態に関するアンケート」調査, 平成 7 年.
- 49) 北海道檜山支庁: 檜山統計, 平成 5 年.
- 50) 広島市: 第 23 回広島市統計書(平成 13 年版), 平成 14 年.
- 51) 神戸市: 第 71 回神戸市統計書(平成 6 年度版), 1995.
- 52) 総務省: 平成 2 年国勢調査, 平成 4 年.
- 53) 総務省: 平成 12 年国勢調査, 平成 14 年.
- 54) 総務省: 平成 7 年国勢調査, 平成 9 年.
- 55) 広島市: 広島の都市計画, 2000.
- 56) 北海道開発局: 平成 2 年度道路交通情勢調査, 自動車起終点調査集計表, 平成 3 年.
- 57) 広島都市圏交通計画協議会: 昭和 62 年度 広島都市圏パーソントリップ調査報告書 2 実態調査編, 昭和 63 年.
- 58) 味沢慎吾, 家田仁, 加藤浩徳: 阪神大震災における被災者の生活と交通需要実態, 土木学会第 51 回年次学術講演会, IV-32, pp.64~65, 平成 8 年.
- 59) 東京大学社会情報研究所「災害と情報」研究会: 1993 年北海道南西沖地震における住民の対応と災害情報の伝達-巨大津波と避難行動-, 東京大学社会情報研究所, 平成 6 年.

- 60) Peter R. Stopher and Arnim H. Meyburg: *Urban Transportation Modeling and Planning*, Lexington Books, Lexington Massachusetts, 1975.
- 61) *Automated Guideway Transit: An Assessment of PRT and Other New Systems*, Office of Technology Assessment, U.S. Congress, Washington, 1975.
- 62) Ralph Gakenheimer and William C. Wheaton: *Priorities in Urban Transportation Research*, Transportation, Vol.5 (1), pp.73~91, 1976.
- 63) John W. Dickey: *Metropolitan Transportation Planning*, Second Edition, McGraw-Hill, New York, pp.1~233, 1983.
- 64) Michael D. Meyer and Eric J. Miller: *Urban Transportation Planning: A Decision-Oriented Approach*, McGraw-Hill, New York, pp.1~176, 1984.
- 65) 森田悦三: アメリカ合衆国の道路政策, 交通工学, Vol.19, 増刊号, pp.26~31, 1985.
- 66) 木下瑞夫: アメリカ合衆国の都市交通政策, 交通工学, Vol.19, 増刊号, pp.32~36, 1985.
- 67) 森杉壽芳: アメリカ合衆国の輸送分野における公的規制の緩和, 交通工学, Vol.19, 増刊号, pp.37~39, 1985.
- 68) *Transportation, Urban Form, and the Environment*, Spatial Report 231, Transportation Research Board National Research Council, Washington, D.C., pp.1~42, 1991.
- 69) *Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991 - Summary*, U.S. Dept. of Transportation, 1991.
- 70) 大野昌仁: 米国の交通政策, 交通工学, Vol.28, No.3, pp.48~54, 1993.
- 71) *1995 Nationwide Personal Transportation Survey User's Guide for the Public Use Data Files*, Federal Highway Administration, U.S. Dept. of Transportation, Washington, 1997.
- 72) *The Transportation Equity Act for the 21st Century*, U.S. Dept. of Transportation, <http://www.fhwa.dot.gov/tea21/sumtoc.htm>, 1998. Access date: January, 2003.
- 73) Edward Weiner: *Urban Transportation Planning in the United States: An Historical Overview*, Fifth Edition, Greenwood Pub Group, New York, 1999.
- 74) *The National Household Travel Survey 2001*, Bureau of Transportation Statistics, U.S. Dept. of Transportation, <http://www.bts.gov/nhts/index.html>, September 2002 Update, Access date: January, 2003.
- 75) San Francisco Bay Area Rapid Transit District: *History of BART*, http://www.bart.gov/about/history/history_1.asp, Access date: January, 2003.
- 76) *The America Census Survey*, U.S. Census Bureau, <http://www.census.gov/acs/>

www/Index.html, Access date: January, 2003.

- 77) *The National Household Travel Survey (NHTS)*, Federal Highway Administration, U.S. Dept. of Transportation, <http://www.fhwa.dot.gov/ohim/nptspage.htm>, Access date: January, 2003.
- 78) 岩崎信義: 都市交通計画のたて方 (II)都市交通計画のための調査体系, 交通工学, Vol.16, No.7, pp.29~38, 1981.
- 79) 松原重昭: 都市交通計画のたて方 (III)都市交通実態調査, 交通工学, Vol.17, No.1, pp.41~48, 1982.
- 80) 新谷洋二: パーソントリップ調査が交通計画に果たした役割, 土木学会誌, Vol.81(14), pp.39~45, 1996.
- 81) 北村隆一: 交通需要予測の課題 次世代手法の構築にむけて, 土木学会論文集, No.530, IV-30, pp.17~30, 1996.
- 82) 西井和夫, 北村隆一, 飯田恭敬, 杉恵頼寧, 石田東生のほか: これからの交通需要分析・予測のための交通調査手法の課題, 土木計画学研究・講演集, No.21(1), pp.529~534, 1997.
- 83) 里屋和義: パーソントリップ調査による都市交通の将来推計マニュアルについて, 道路, No.3, 1977.
- 84) 石田東生, 森川高行, 永野光三, 毛利雄一, 中野敦: パーソントリップ調査の現状と課題, 土木計画研究・講演集, No.21(1), pp.601~608, 1998.
- 85) 黒川洸: 新世紀暮らしと交通の挑戦, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.1~2, 1999.
- 86) 建設省道路局企画課道路経済調査室: 新・道路交通センサス, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.29~31, 1999.
- 87) 建設省都市局交通調査室: 全国都市パーソントリップ調査・新都市 OD 調査の実施について, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.32~35, 1999.
- 88) 石田東生: 総合交通データベースに向けて, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.3~7, 1999.
- 89) 中村文彦: 交通データの有効利用の課題: 事例考察を通して, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.8~12, 1999.
- 90) 原田昇: 交通 GIS の整備状況と展開, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.13~17, 1999.
- 91) 鎌田秀一: 第 4 回東京都市圏パーソントリップ調査について, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.18~22, 1999.

- 92) 新階寛恭, 田宮佳代子: 新技術を活用した交通実態調査の新展開, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.23~28, 1999.
- 93) 中野敦, 毛利雄一, 佐藤和彦: 交通統計調査データの現状と課題, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.36~40, 1999.
- 94) 古谷知之: 交通調査/交通 GIS の先進事例-ポートランド都市圏の交通調査体系, 交通工学, Vol.34, 増刊号, pp.41~46, 1999.
- 95) 石井晴夫: 交通ネットワークの公共政策, 中央経済社, 1999.
- 96) 石田東生: 都市圏交通マスタープランとパーソントリップ調査, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.5~8, 2000.
- 97) 原田昇: 人の動きを捉える都市交通調査のあり方, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.9~12, 2000.
- 98) 中野敦: パーソントリップ調査データへのニーズと活用, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.13~17, 2000.
- 99) 越智健吾: 東京都市圏総合都市交通体系調査における実態調査結果概要と新たな試みについて, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.18~22, 2000.
- 100) 北村隆一: 都市圏交通調査の新たな展開, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.23~26, 2000.
- 101) 西井和夫: 都市圏休日交通への対応, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.27~30, 2000.
- 102) 長瀬龍彦: 都市圏交通調査の新技術と展望, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.31~34, 2000.
- 103) 浅野光行: 大規模開発と PT 調査, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.35~38, 2000.
- 104) 谷口正明, 原加代子: 交通問題への取り込みにおける都市圏交通調査の役割, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.39~42, 2000.
- 105) 城山英明: 合意形成手段としての都市圏交通調査の制度的諸課題 -有効利用, 統計法との関係, 情報公開に焦点を当て-, 都市計画, Vol.49, No.2, pp.43~46, 2000.
- 106) 石田東生, 原田昇, 屋井鉄雄, 森川高行: 交通調査技術検討小委員会報告, 土木学会論文集, No.681, IV-52, I-12, pp.1~12, 2001.
- 107) 東京都市圏パーソントリップ調査 PTデータ利用の手引き, 東京都市圏交通計画協議会, 平成 13 年.
- 108) 土木学会 交通調査技術検討小委員会: 都市交通調査を考える~新しい技術と展望~, 第 38 回土木計画学シンポジウム, 平成 13 年.

- 109) 国土交通省都市・地域整備局都市計画課都市交通調査室: 都市圏 PT 調査の経緯・実績と今後の課題, 交通工学, Vol.37, No.2, pp.21~26, 2002.
- 110) 石田東生: 都市交通政策の転換と交通調査, 交通工学, Vol.37, No.2, pp.1~2, 2002.
- 111) 原田昇: PT 調査の課題と新たな展開の方向性, 交通工学, Vol.37, No.2, pp.5~10, 2002.
- 112) 持丸和久: 都市圏交通計画プロセスにおける PI/PR, 交通工学, Vol.37, No.2, pp.16~20, 2002.
- 113) 大都市交通問題対策検討委員会: 東京都内の道路交通関連データの状況, 交通工学, Vol.37, No.2, pp.41~48, 2002.
- 114) 羽藤英二: ゾーンからドットへ ポストモダン交通工学, 交通工学, Vol.37, No.5, pp.6~13, 2002.
- 115) 兵藤哲朗: 交通需要予測の課題と展望 -新しいデータ, 新しいモデル, そして需要予測不信-, 交通工学, Vol.37, No.5, pp.15~21, 2002.
- 116) 赤松隆: 交通ネットワーク・フロー・モデル分析とデータ革命, 交通工学, Vol.37, No.5, pp.22~32, 2002.
- 117) 河野浩之: トリップデータ解析と時空間データ構造, 交通工学, Vol.37, No.5, pp.33~40, 2002.
- 118) 新・道路交通センサス, 国土交通省道路局, <http://www.mlit.go.jp/road/index.html>, Access date: January, 2003.
- 119) 都市交通調査, 国土交通省都市局, <http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/index.html>, Access date: January, 2003.
- 120) 国土交通省所管法令等一覧, 国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/hourei/all.html>, Access date: January, 2003.
- 121) 国立国会図書館法令議会資料室 閣議決定等文献リスト及び本文, 国立国会図書館, http://www.ndl.go.jp/horei_jp/kakugi/kakugi_main.htm, Access date: January, 2003.
- 122) 太田勝敏: 非集計モデルに関する研究-高速道路利用経路選択問題への適用例-, 昭和 53 年度文部省科学研究費補助金調査, 東京大学, 昭和 54 年.
- 123) 太田勝敏: 非集計モデルの交通計画への適用に関する研究(II)-非集計行動モデルの概要と適用例-, 昭和 55 年度文部省科学研究費補助金調査, 東京大学, 昭和 56 年.
- 124) 土木学会土木計画研究委員会: 非集計行動モデルの理論と実際, 土木学会, 1995.

- 125) 土木学会: 交通ネットワークの均衡分析 -最新の理論と解法-, pp.1~9, 1998.
- 126) 太田勝敏(監修), 岡並木, 高田邦道, 山本雄二郎: 交通需要マネジメントの方策と展開, 地域科学研究会, pp.163~170, 1996.
- 127) 建設省土木研究所: 道路交通の需要マネジメントに関する調査 報告書, 1998.
- 128) 兵庫県: 阪神・淡路大震災誌「平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震」-土木施設の地震災害記録-, pp.122~153, 平成 9 年.
- 129) (財)国際交通安全学会: 阪神・淡路大震災の実態調査に基づいた震災時の道路交通マネージメントの研究, pp.125~170, 平成 10 年.
- 130) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会: 阪神・淡路大震災調査報告 共通偏-3 都市安全システムの機能と体制, pp.288~300, (社)日本建築学会, 1999.
- 131) 東京都防災会議: 東京都地域防災計画 震災編(平成 10 年修正)[本冊], pp.238~249, 平成 10 年.
- 132) 東京都防災会議: 東京都地域防災計画 震災編(平成 10 年修正)[別冊資料], pp.293~305, 平成 10 年.
- 133) 広島市防災会議: 広島市地域防災計画 (平成 12 年), pp.151~158, 平成 12 年.
- 134) 広島市防災会議: 広島市地域防災計画=(震災対策編)=(平成 12 年), pp.241~243, 平成 12 年.
- 135) 広島市防災会議: 広島市地域防災計画=(資料編)=(平成 12 年), pp.142~150, 平成 12 年.
- 136) Anthony Downs: *Stuck in traffic: coping with peak-hour traffic congestion*, Brooking Institution, Washington, D.C., 1992.
- 137) 建設省建築研究所, 建設省土木研究所, (財)国土技術研究センター: 防災まちづくり技術開発における個別技術課題に関する調査報告書, 平成 12 年.
- 138) 東京都市圏交通計画協議会: 昭和 63 年度 東京都市圏総合都市交通体系調査報告書-実査・基礎集計編-, No.1, 平成元年.
- 139) (社)交通工学研究会編: 交通工学ハンドブック 2001 CD-ROM 版, (社)交通工学研究会, 平成 13 年.
- 140) *Highway Capacity Manual*, Second Edition, Transportation Research Board Special Report 209, 1985.
- 141) 建設省: 平成 2 年度交通量常時観測調査報告書, 平成 4 年.
- 142) Robert V. Hogg and Allen T. Craig: *Introduction to Mathematical Statistics*, 4th edition, Macmillan, New York, 1978.

- 143) S.M. Pandit and S.M. Wu: *Time Series and System Analysis with Applications*, John Wiley & Sons, New York, 1983.
- 144) C. Chatfield: *The Analysis of Time Series, An Introduction*, Fourth edition, Chapman & Hall, London, 1989.
- 145) M. Kendall and J. Keith Ord: *Time Series*, Third edition, Edward Arnold, London, 1990.
- 146) Robert S. Pindyck and Daniel L. Ruinfeld: *Econometric Models and Economic Forecasts*, Third Edition, McGraw-Hill, New York, 1990.
- 147) *SPSS-X Trends*, SPSS Inc., Chicago, 1991.
- 148) Terence C. Mills: *Time Series Techniques for Economists*, Cambridge University Press, London, 1990.
- 149) Andrew C. Harvey: *Time Series Models*, Second edition, Haverster Wheatsheaf, London, 1993.
- 150) *SPSS Statistical Algorithms*, Second Edition, SPSS Inc., Chicago, 1991.
- 151) 丹後俊郎, 山岡和枝, 高木晴良: ロジスティック回帰分析 SAS を利用した統計解析の実際, 朝倉書店, 2000.
- 152) W. R. Blunden : *The Land-Use/Transport System Analysis and Synthesis*, Pergamon, New York, pp.194~197, 1973.
- 153) 神戸市: 阪神・淡路大震災-神戸市の記録 1995 年-, 1996.
- 154) 建設省建築研究所: 阪神・淡路大震災復興計画支援システムによる建築物被災度集計結果, 平成 8 年.
- 155) Wilburn, Arthur J.: *Practical statistical sampling for auditors*, Marcel Dekker Publishers, New York, 1984.
- 156) 塚口博司, 戸谷哲男, 中辻清恵: 阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究, 国際交通安全学会誌, Vol.33 No.2, pp.21~31, 1996.
- 157) 関沢愛, 吉原浩: 阪神・淡路大震災における道路通行障害に関する研究, 地域安全学会 論文報告集, No.7, pp.32~35, 1997.
- 158) 熊谷良雄: 死者発生状況の全体像, 地震時死傷問題に関する学際シンポジウム報告書, pp.11~14, 人的被害研究会, 1997.
- 159) 藤田大二編: 交通現象と交通容量, 交通工学研究会, 1987.
- 160) 吹山四郎: 道路工学演習, 学献社, 1993.
- 161) Alexander M. Mood, Frankin A. Graybill and Duane C. Boes: *Introduction to the theory of statistics*, 3rd edition, McGRAW-HILL, New York, 1974.

- 162) 高山一: スピングラス, 丸善, 1991.
- 163) 上坂吉則: ニューロコンピューティングの数学的基礎, 近代科学社, 1993.
- 164) 西森秀稔: ニューラルネットワークの統計力学, 丸善, 平成7年.
- 165) 阿部重夫: ニューラルネットワークとファジィシステム-理論と応用-, 近代科学社, 1995.
- 166) Bart Kosko: *Neural Networks and Fuzzy Systems, A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence*, Addison-Wesley Publishing Company, CANADA, 1991.
- 167) John Herts, Anders Krogh and Richard G. Palmer: *Introduction to the Theory of Neural Computation, Lecture Notes Volume I*, Addison-Wesley Publishing Company, CANADA, 1991.
- 168) Laurene Fausett: *Fundamentals of Neural Networks*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1994.
- 169) *Neural Computing a Technology Handbook for Professional II/PLUS and NeuralWorks Explorer*, NeuralWare, Inc., Pennsylvania, 1995.
- 170) *Reference Guide, Software Reference for Professional II/PLUS and NeuralWorks Explorer*, NeuralWare, Inc., Pennsylvania, 1995.
- 171) 山本広祐: 3 層ニューラルネットワークの中間層ユニット数の決定方法について, 土木学会第47回年次学術講演会, I-556, pp.1286~1287, 平成4年.
- 172) *Using NeuralWorks, Software Reference for Professional II/ PLUS and NeuralWorks Explorer*, NeuralWare, Inc., Pennsylvania, 1995.
- 173) *Advanced Reference Guide, Software Reference for Professional II/ PLUS and NeuralWorks Explorer*, NeuralWare, Inc., Pennsylvania, 1995.
- 174) 赤羽弘和, 大口敬, 吉井稔雄, 堀口良太: 交通シミュレーションモデルの実用化に向けての課題, 土木計画学研究・講演集, No.20 (1), pp521~523, 1997年.
- 175) 交通シミュレーション自主研究委員会: 交通流シミュレーションの標準検証プロセス Verification マニュアル(案), 交通工学会, 第2版, pp.1~4, 平成14年. <http://www.jste.or.jp/sim/manuals/VfyMan.pdf>, Access date: January, 2003.

2. 参考文献

: 本論文での引用はしていないが、本研究にあたり参考した主な文献(年度順)

・震災関連

- 176) 小林誠, 中塚塚魔, 佐藤彰俊: FEMA-企業と自治体のための総合地震対策指針-, 日本規格協会, 1995.
- 177) 河田恵和: 災害対策基本法と防災基本計画, 自然災害科学, Vol.15, No.2, pp.81~92, 1996.
- 178) 表俊一郎, 久保寺章: 都市直下地震-熊本地震から兵庫県南部地震まで-, 古今書院, 1998.
- 179) 目黒公郎, 松岡延浩: 兵庫県南部地震以降の首都圏の自治体の防災対策について, 自然災害科学, Vol.17, No.2, pp.93~119, 1998.
- 180) 浅岡克彦, 若林拓史, 亀田弘行: 交通システムを中心とする日米の地震対応計画について, 自然災害科学, Vol.18, No.4, pp.449~464, 2000.
- 181) 建設省建築研究所, 建設省土木研究所, (財)国土開発技術研究センター: 防災まちづくり技術開発における個別技術課題に関する調査報告書, 平成12年.
- 182) 黒田勝彦: 阪神・淡路大震災と交通, 交通工学, Vol.30, No.3, pp.11~14, 1995.
- 183) 沖村孝: 緊急と日常-阪神・淡路大震災で生じた交通問題の背景-, 交通工学, Vol.30, 増刊号, pp.9~13, 1995.
- 184) 日野泰雄: 震災体験からみたいいくつかの問題と今後に向けた課題, 交通工学, Vol.30, 増刊号, pp.14~17, 1995.
- 185) 中川大: 地震直後の交通渋滞と防災交通計画, 交通工学, Vol.30, 増刊号, pp.22~27, 1995.
- 186) 松村哲男: 地震災害時における危機管理としての道路交通確保, Vol.30, 増刊号, pp.32~35, 1995.
- 187) 塚口博司: 道路幅員について, 交通工学, Vol.30, 増刊号, pp.18~21, 1995.
- 188) 塚口博司, 戸谷哲男, 中辻清恵: 阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究, 国際交通安全学会誌, Vol.22, No.2, pp.101~111, 1996.
- 189) 青木英輔, 石田東生, 大野栄治, 堀健一: 震災時の街路閉塞からみた街路網の安全性に関する検討, 土木学会第51回年次学術講演会, IV-22, pp.44~45, 平成8年.

- 190) 李燕, 塚口博司: 震災時の閉塞交差点の街路網上の特徴について, 土木学会第 51 回年次学術講演会, IV-23, pp.46~47, 平成 8 年.
- 191) 関沢愛, 吉原浩: 阪神・淡路大震災における道路通行障害に関する研究, 地域安全学会論文報告集, No.7, pp.32~35, 1997.
- 192) 家田仁, 上西周子, 猪股隆行, 鈴木史徳: 阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響, 土木学会論文集, No.576, IV-37, pp.69~82, 1997.

・災害時, 避難関連

- 193) 熊谷良雄: 避難モデル論, 都市計画, 通巻 89 号, pp.40~50, 1976.
- 194) 枝村俊郎, 橋本基宏: 大震火災に対する避難広場計画の基礎的検討, 昭和 54 年度第 14 回日本都市計画学会学術研究発表会, pp.307~312, 1979.
- 195) 室崎益輝, 山田剛司: 居住者の避難場所選択に関する研究, 昭和 55 年度第 15 回日本都市計画学会学術研究発表会, pp.259~264, 1980.
- 196) 熊谷良雄, 岸栄吉: 火災時における避難行動の分析-酒田大火と関東地震火災・東京を例にして-, 昭和 58 年度第 18 回日本都市計画学会学術研究発表会論文集, pp.169~174, 1983.
- 197) 橋本昭洋, 林亜夫, 渡辺伸明: 火災を考慮した避難施設整備計画の評価, 昭和 58 年度第 18 回日本都市計画学会学術研究発表会論文集, pp.175~180, 1983.
- 198) 清野純史, 三浦房紀, 八木宏晃: 個別要素法を用いた被災時の避難行動シミュレーション, 土木学会論文集, No.591, I-43, pp.365~378, 1984.
- 199) 増山格, 梶秀樹: 大地震時広域避難計画検討のための最遅避難モデルの開発, 昭和 59 年度第 19 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.379~384, 1984.
- 200) 小坂俊吉, 堀口孝男: 地震浸水時の広域避難行動-1964 年新潟地震の新潟市-, 昭和 60 年度第 20 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.61~66, 1985.
- 201) 増山格, 梶秀樹: 最遅避難モデルによる大震火災時の広域避難計画の評価, 昭和 60 年度第 20 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.67~72, 1985.
- 202) 忠末裕美: 広域避難を想定した実験歩行における経路選択行動についての分析, 昭和 61 年度第 21 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.157~162, 1986.
- 203) 小坂俊吉, 堀口孝男: 広域避難シミュレーション手法による大震火災時の群集行動解析, 土木学会論文集, 第 365 号, IV-4, pp.51~59, 1986.

- 204) 新谷景一, 忠末裕美, 小出治: 地区レベルでの経路選択に関する研究, 昭和 62 年度第 22 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.559~564, 1987.
- 205) 忠末裕美, 新谷景一, 小出治: 避難からみた地区防災計画の研究, 昭和 62 年度第 22 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.565~570, 1987.
- 206) 大野栄治, 加藤晃, 浅井誠治: 住民の避難行動を離散的に捉えた避難シミュレーションシステム, 昭和 62 年度第 22 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.571~576, 1987.
- 207) 小坂俊吉, 堀口孝男: 地震時の人間行動の定量的分析-行動評価法の確立へ向けて-, 土木学会第 47 回年次学術講演会, IV-85, pp.214~215, 平成 4 年.
- 208) 熊谷良雄: 地震発生後の避難と対策-「1995 年(平成 7 年)兵庫県南部地震」時の神戸市を中心として-, 安全工学, Vol.3, No.3, pp.185~191, 1995.
- 209) 高棹琢馬, 椎葉充晴, 堀智晴: 水害避難行動のマイクロモデルシミュレーションと制御に関する研究, 土木学会論文集, No.509, II-30, pp.15~25, 1995.
- 210) 横山秀史, 目黒公郎, 片山恒雄: 避難行動解析へのポテンシャルモデルの応用, 土木学会論文集, No.513, I-31, pp.225~232, 1995.
- 211) 広瀬弘忠: 災害の社会科学-災害時の人間行動-, 自然災害科学, Vol.15, No.2, pp.103~115, 1996.
- 212) 清野純史, 三浦房紀, 瀧本浩一: 被災時の群集避難行動シミュレーションへの個別要素法の適用について, 土木学会論文集, No.537, I-35, pp.233~244, 1996.
- 213) 瀧本浩一, 三浦房紀, 清野純史: 防災要員と避難者の間の情報の伝達を考慮に入れた避難行動シミュレーション, 土木学会論文集, No.537, I-35, pp.257~266, 1996.
- 214) 小泉栄一, カリヤン・クマール, 石井秀樹: 災害時の避難所と緊急経路の評価手法に関する研究(3) 短い区間の自動車走行における走行時間推定に関する基礎的研究, 土木学会第 51 回年次学術講演会, IV-28, pp.56~57, 平成 8 年.
- 215) 三木剛, 福島徹: 兵庫県南部地震における避難所および避難者数の推移に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, No.19(2), pp.59~62, 1996.
- 216) 天国邦弘, 呂恒俊, 望月利男: 兵庫県南部地震における豊中市の避難者実態に関する考察, 自然災害科学, Vol.15, No.4, pp.287~302, 1997.
- 217) 熊谷良雄: 発災後の避難と対策について-阪神・淡路大震災を事例として-, 別冊 安全工学-阪神・淡路大震災特集-, 安全工学協会, pp.1~7, 1997.

- 218) 塩野計司, 小坂俊吉, 宮野道雄: ライフライン震害と避難者の発生-1995 年兵庫県南部地震/宝塚市での調査から-, 土木計画学研究・講演集, No.20(2), pp.523~526, 1997.
- 219) 片田敏孝, 及川康, 田中隆司: 災害時における住民への情報伝達シミュレーションモデルの開発, 土木学会論文集, No.625, IV-44, pp.1~13, 1997.
- 220) 三木剛, 福島徹: 兵庫県南部地震における避難者数の推移に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.20(2), pp.519~522, 1997.
- 221) 柏原士郎, 上野淳, 森田孝夫: 阪神・淡路大震災における避難所の研究, 大阪大学出版会, 1998.
- 222) 浦中邦彰, 小谷通泰, 堀切真美: 震災直後の住民による避難行動に関する考察, 土木学会第 53 回年次学術講演会, IV-49, pp.98~99, 平成 10 年.
- 223) 高橋政稔, 伊藤康浩, 中屋敏男: 兵庫県南部沖地震における避難行動についての一考察, 土木学会第 53 回年次学術講演会, IV-50, pp.100~101, 平成 10 年.
- 224) 塩野計司, 宮野道雄, 小坂俊吉: 地震時の短期的避難需要とその制御, C-18, 第 3 回都市直下地震災害総合シンポジウム, 1998, pp.453~456, 1998.
- 225) 田中聡, 林春男, 重川希志依: 4.被災者の対応行動にもとづく災害経過の時系列展開に関する考察, 自然災害科学, Vol.18, No.1, pp.21~29, 1999.
- 226) 及川康, 片田敏孝: 河川洪水時の避難行動における洪水経験の影響構造に関する研究, 自然災害科学, Vol.18, No.1, pp.103~118, 1999.
- 227) 堀切真美, 小谷通泰: 阪神・淡路大震災後における住民の避難行動に関する分析, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.511~514, 1999.
- 228) 片田敏孝, 浅田純作, 岡島大介, 及川康: 洪水避難時における世帯行動特性と世帯内の役割分担に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.171~174, 1999.
- 229) 堀切真美, 小谷通泰: 阪神・淡路大震災後における住民の避難行動に関する分析, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.819~826, 2000.
- 230) 財高度情報科学技術研究機構, 災害情報に対する住民反応に関する研究 (III) 成果報告書, 平成 13 年.
- 231) 新階寛恭, 家田仁, 長瀬龍彦, 篠恭彦, 近藤慶太: 都市内地区施設等の震災時における防災効果のマクロな評価手法 避難行動に着目した地区内道路の防災性評価手法について, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.4, pp.691~697, 2001.
- 232) 崔宰榮: 災害時危機管理政策の基本情報に関する一考察 -阪神・淡路大震

災時の避難交通需要特性を中心に-,筑波法政, 第 32 号, pp.127~149, 2001.

・災害時, 交通関連

- 233) Kazuhiko kawashima, Hideki Sugita, Takashi kanoh: *Effect of Earthquake on Driving of Vehicle Based on Questionnaire Survey*, Structural Eng./Earthquake Eng, , Japan Society of Civil Engineer, Vol.6, No.2, pp.405s~412s, 1989.
- 234) 赤羽弘和: 被災地における道路交通の実態, 交通工学, Vol.30, 増刊号, pp.32~35, 1995.
- 235) 大西寛美: 阪神・淡路大震災とクルマの動き, 交通工学, Vol.30, 増刊号, pp.54~59, 1995.
- 236) (財)国際交通安全学会: 阪神・淡路大震災交通調査, 平成 7 年度研究調査報告会用資料, 平成 8 年.
- 237) 岸野啓一, 本田武志, 白井芳樹, 中野敦: 震災時の交通行動に関する一考察, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.665~672, 1996.
- 238) 松村暢彦, 新田保次, 西尾健太郎: 交通規制による被災地域住民の自動車利用の変化特性, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.697~700, 1996.
- 239) 村野隆彦, 松本圭司, 内田敬: 阪神・淡路大震災時の交通規制下における乗用車交通流, 土木学会第 51 回年次学術講演会, IV-29, pp.58~59, 1996.
- 240) 若林拓史, 亀田弘行, 兼信真, 坪内勇介: 阪神・淡路大震災が通勤交通に与えた影響に関するアンケート調査の分析, 土木学会第 51 回年次学術講演会, IV-33, pp.66~67, 平成 8 年.
- 241) 本間正勝, 森健二, 木戸伴雄, 齋藤威: 阪神・淡路大震災後の交通行動実態, 土木学会第 51 回年次学術講演会, IV-34, pp.68~69, 1996.
- 242) 中川大, 吉川耕司, 伊藤雅, 小林寛: 阪神・淡路大震災における地震発生直後の交通状況に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.19(1), pp.9~12, 1996.
- 243) 松村暢彦, 新田保次, 西尾健太郎: 震災後の交通規制下における被災地域住民の通勤交通手段に関する分析, 土木計画学研究・講演集, No.19(1), pp.13~16, 1996.
- 244) 藤井聡, 北村隆一, 柘植章英, 大藤武彦: 阪神・淡路大震災が交通行動に及ぼした影響に関するパネル分析, 土木計画学研究・講演集, No.19 (1), pp.17~20, 1996.
- 245) 日野泰雄, 上野精順, 吉田長裕, 鈴木孝治: 震災時における自動車利用ニーズに関する分析, 土木計画学研究・講演集, No.19(2), pp.323~326, 1996.

- 246) 松本誠, 小谷通泰, 峠尾哲哉: 震災後の被災地内におけるマイカー利用の実態分析, 土木計画学研究・講演集, No.19(2), pp.327~330, 1996.
- 247) 梶谷有三, 下村光弘, 田村亨, 斎藤和夫: 災害時における発生・集中可能交通量について, 土木計画学研究・講演集, No.19(2), pp.331~334, 1996.
- 248) 飯田恭敬, 大蔵泉, 内田敬, 屋久哲夫: 阪神・淡路大震災の交通流動調査-車両感知器データの活用・GIS化, 第16回交通工学研究発表会, 1996.
- 249) 藤井聡, 北村隆一, 柘植章英: 阪神・淡路大震災が個人の交通行動・生活行動に及ぼした影響の分析, 交通工学, Vol.32, No.2, pp.37~46, 1997.
- 250) 千葉利晃, 小西浩史: 阪神・淡路大震災時における電話・車の使用と防災教育の必要性, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.493~498, 1997.
- 251) 加藤浩徳, 味沢慎吾, 家田仁: 阪神・淡路大震災における地震発生後1週間の被災者・支援者の交通行動に関する調査分析, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.499~504, 1997.
- 252) 松本誠, 小谷通泰, 峠尾哲哉, 今井秀幸: 震災時におけるマイカーの利用行動に関する考察, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.513~520, 1997.
- 253) 澤田俊明, 赤澤哲也, 山中英生, 三谷哲雄, 湊格: 淡路島被災地にみる日常生活への復帰に関する一分析, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.521~524, 1997.
- 254) 道路経済研究所: 道路の防災機能, 平成10年.
- 255) 村上明, 亀田弘行, 若林拓史, 岩井哲: 阪神・淡路大震災における通勤交通行動の分析と空間情報展開, 土木学会第52回年次学術講演会, IV-291, pp.582~583, 平成9年.
- 256) 松本誠, 小谷通泰, 今井秀幸: 震災後におけるマイカーの交通実態に関する一考察, 土木学会第52回年次学術講演会, IV-299, pp.598~599, 平成9年.
- 257) 本間正勝, 木戸伴雄, 齋藤威: 大規模災害時に特有な交通行動実態に関する基礎的研究-阪神・淡路大震災を例として-, 土木計画学研究・講演集, No.20(2), pp.515~518, 1997.
- 258) 関根淳, 小川好, 笹岡弘治: 東京での震災後の社会生活上の制約から生じる交通需要の推定, 土木計画学研究・講演集, No.21(2), pp.201~204, 1998.
- 259) 松村暢彦, 新田保次, 西尾健太郎: 被災地住民の不満度による震災復興期の交通規制の評価, 土木計画学研究・講演集, No.21(2), pp.205~208, 1998.
- 260) 高橋和雄, 藤井真, 原野安弘, 西村寛史: 雲仙普賢岳の火山災害における

交通途絶が物流に及ぼした影響, 自然災害科学, Vol.18, No.2, pp.183~190, 1999.

- 261) 田中伸治, 桑原雅夫, 赤羽弘和, 吉井稔雄: 災害時における交通需要推定と交通シミュレーションを用いた交通管理策の評価, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.499~502, 1999.
- 262) 椎名啓雄, 赤羽弘和, 浪川和大: 災害発生時における交通状況調査システムについて, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.515~518, 1999.
- 263) 村上憲市, 小谷通泰: 震災直後における出勤交通手段の選択行動に関する分析, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.519~522, 1999.
- 264) 秋田直也, 小谷通泰: 大規模災害時における自家用車への交通規制に対する住民意向の分析, No.22(2), pp.523~526, 1999.
- 265) 尾原達巳: 阪神・淡路大震災における交通対策とその後の交通管理諸対策について, 交通工学, Vol.35, No.5, pp.10~16, 2000.
- 266) 道路経済研究所: 自然災害と道路の危機管理, 平成 14 年.
- 267) 熊谷良雄, 糸井川栄一, 崔宰栄: 地震・火山災害における住民・行政の対応と被災地の復興 その1; 芸予地震に対する広島市市民の交通行動の対応調査, pp.135~158, (財)都市防災美化協会・地域安全学会, 2002.

・交通需要分析, TDM

- 268) Peter R. Stopher and Arnim H. Meyburg: *Urban Transportation Modeling and Planning*, Lexington Books, CANADA, 1978.
- 269) *Impact of Advanced Group Rapid Transit Technology*, Office of Technology Assessment, U.S. Congress, Washington, 1980.
- 270) 恵頼寧, 藤原章正: 個人の交通行動特性の時間的及び地域間安定性, 昭和 61 年度第 21 回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.151~156, 1986.
- 271) 近藤勝直: 交通行動分析, 晃洋書房, 1987.
- 272) 崔宰栄: 釜山市将来交通需要予測手法に関する実証的研究-交通発生段階を中心に-, 東亜大学校大学院修士論文, 1988.
- 273) 運輸経済研究センター: 大都市地域における道路交通需要抑制に関する調査報告書, 平成 2 年.
- 274) H.S.リダサン, 田村亨, 石田東生, 黒川洸: 対数線形モデルによる交通行動パネルデータの解析, 土木計画学研究・講演集, No.15(1), pp.83~88, 1992.
- 275) 西井和夫, 近藤勝直: 対数線形モデルによる休日買物行動パネルデータの動的特性分析, 1992 年度第 27 回日本都市計画学会学術研究論文集,

pp.403～408, 1992.

- 276) 運輸経済研究センター: 都市部における道路交通混雑緩和対策に関する調査報告書-バス利用促進に向けた事例分析を中心として-, 平成 5 年.
- 277) 道路経済研究所: 情報化による道路交通マネジメント, 平成 5 年.
- 278) 秋山孝正, 楊海, 高橋寛: ニューラルネットワークを用いた交通行動パターン分析, 交通工学, Vol.28, No.1, pp.25～33, 1993.
- 279) 飯田恭敬, 柳沢吉保, 内田敬: 通勤ドライバーの出発時刻と経路の同時選択に関する行動分析, 交通工学, Vol.28, No.6, 論文, pp.11～20, 1993.
- 280) 北村隆一: 時間利用データを用いた交通行動分析-次世代の交通計画に向けて-, 交通工学, Vol.29, No.1, 提言, pp.11～13, 1994.
- 281) 都道府県渋滞対策協議会: 交通需要マネジメント(TDM)シンポジウム開催記録 日本における TDM の実施に向けて, 平成 6 年.
- 282) 道路経済研究所: 道路交通量予測モデルの適用に関する研究, 平成 8 年.
- 283) 道路経済研究所: TDM(Transportation Demand Management)の検討-ロードプライシング法制度研究-, 平成 8 年.
- 284) 道路経済研究所: 総合的な交通計画に関する研究-都市交通政策事例の研究 フランスとアジア-, 平成 8 年.
- 285) 道路経済研究所: 交通心理学からみた道路交通の問題点-ドライバーの心理の観点から-, 平成 8 年.
- 286) 建設省道路局: TDM わが国における交通需要マネジメント実施の手引き, 平成 8 年.
- 287) TDM 分科会: TDM ワークショップ TDM とその動向, 平成 8 年.
- 288) 坪井兵太, 秋山孝正: ファジィ・ニューラルネットワークを用いた経路選択行動のモデル化, 土木計画学研究・講演集, No.20(2), pp.193～196, 1997.
- 289) 藤井聡, 北村隆一, 瀬戸公平: 生活行動に伴う個人の効用を考慮した生活行動-交通行動モデルシステムの開発, 土木学会論文集, No.562, IV-35, pp.83～96, 1997.
- 290) Shinya Kikuchi and Matti Pursula: *Treatment of uncertainty in study on transportation: fuzzy set theory and evidence theory*, Journal of Transportation Engineering, Vol.124, No.1, pp.1～8, 1998.
- 291) 道路経済研究所: 交通需要予測モデルと時間的空間的予測フレームに関する研究, 平成 11 年.

- 292) 名取義一, 谷下雅義, 鹿島茂: パーソントリップ調査における回答誤差とその発生要因, 土木計画研究・講演集, No.22(2), pp.403~406, 1999.
- 293) 道路経済研究所: 東南アジアの道路交通問題と交通需要管理政策, 平成 12 年.
- 294) 道路経済研究所: 欧州におけるロードプライシングをはじめとする TDM 施策に関する実態調査報告書, 平成 13 年.
- 295) 大規模開発地区交通環境研究会: 大規模開発地区関連交通計画マニュアルの解説 都市開発に伴う交通問題にどう対処すればよいか, 平成 14 年.
- 296) 北村隆一, 森川高行, 佐々木邦明, 藤井聡, 山本俊之: 交通行動の分析とモデリング, 技報堂, 2002.

・その他

- 297) 土木学会: 土木用語大辞典, 技報堂, 1999.
- 298) 自然災害学会: 防災辞典, 築地書館, 2002.
- 299) 豊田秀樹: 非線形多変量解析-ニューラルネットによるアプローチ-, 朝倉書店, 2000.
- 300) 豊田秀樹: 共分散構造分析[入門編]-構造方程式モデリング-, 朝倉書店, 2000.
- 301) 豊田秀樹: 共分散構造分析[応用編]-構造方程式モデリング-, 朝倉書店, 2000.

◆付録

・付録目次

1. 交通政策・計画などの変遷
2. 地域防災計画での交通管理対策
(道路交通規制)の事例
3. パーソントリップのとり方
4. 災害後通行調査
:平成 5 年(1993 年)北海道南西沖地震
5. 災害時通行調査
:平成 13 年(2001 年)芸予地震
6. 被災地での住民行動実態に関するアンケート
:平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震
7. サンプル抽出率の計算プロセス
8. 交通需要の時間変動について
9. グラフィカル分析のプロセス

〔付録目次〕

1. 交通政策・計画などの変遷	
1.1 時代別変遷	189
1) 1900年代～1940年代	189
2) 1950年代	190
3) 1960年代	190
4) 1970年代	191
5) 1980年代	192
6) 1990年代以降	193
1.2 英文の略語	194
2. 地域防災計画での交通管理対策(道路交通規制)の事例	
2.1 東京都地域防災計画	197
2.2 広島市地域防災計画	203
2.3 災害時交通規制関連法	209
1) 災害対策基本法	209
2) 道路交通法	209
3) 道路法	210
2.4 災害時交通規制除外車両用標章の種類(阪神・淡路大震災)	211
1) 災害対策基本法に基づく標章(平成7年1月～2月24日)	211
2) 道路交通法に基づく標章(平成7年2月25日～8月27日)	211
3. パーソントリップのとり方	
3.1 トリップの概念	212
3.2 トリップの事例	212
3.3 非トリップの事例	215
4. 災害後通行調査:平成5年(1993年)北海道南西沖地震	
4.1 パーソントリップ調査票	216
4.2 車両運行特性調査票(タクシー用)	220
4.3 車両運行特性調査票(バス用)	221
5. 災害時通行調査:平成13年(2001年)芸予地震	225
1) 世帯調査票	225
2) 個人調査票(パーソントリップ調査)	226
6. 被災地での住民行動実態に関するアンケート :平成7年(1995年)兵庫県南部地震	227
7. サンプル抽出率の計算プロセス	230
8. 交通需要の時間変動について	233
9. グラフィカル分析のプロセス	236

◆付 録

1. 交通政策・計画などの変遷 ^{60)~127)}

1.1 時代別変遷表

1) 1900年代～1940年代

米国	日本
1900年代～1920年代	
<ul style="list-style-type: none"> ・1904年: ニューヨークでの最初の地下鉄の開通 ・1908年: フォード社の小型自動車(モデルT)の大量生産開始 ・1916年: 最初の「連邦補助道路法」制定(Federal Aid Highway Act (FAHA) of 1916) ・1926年: 最初のUS Highwayの建設(現US 1: Boston～Bath), Boston Transportation Study (Gravity Modelによる需要予測) ・1927年: Cleveland Regional Area Traffic Study (線形投影(linear projection)による需要予測) 	<ul style="list-style-type: none"> ・1906年: 鉄道国有法 ・1919年: 最初の道路法の制定(道路管理・整備) ・1920年: マツダ創業(主に貨物車生産) ・1925年: 軌道法の制定 ・1927年: 日本初の地下鉄開通(東京: 上野～浅草) ・1928年: 最初の道路交通量調査の実施(道路交通量の現況把握, 旧道路改良会「現日本道路協会」, 旧全国道路交通情勢調査の端)
1930年代	
<ul style="list-style-type: none"> ・1933年: ニューディール政策開始(世界大恐慌(1929年～1933年)後の, 景気刺激策として, 大きな公共事業の一貫として道路建設事業の開始) ・1933年: 自動車運送法の制定(Motor Carriers Act) ・1934年: FAHA of 1925(体系的な道路計画の実施: 道路交通量調査, 計画, 経済性分析等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・1931年: 満州事変後, 重要産業統制法の成立(軍需生産貨物の増加) ・1931年: 自動車交通事業法の制定 ・1933年: 全国道路交通情勢調査の実施(内務省土木局) ・1936年: トヨタ自動車の創業 ・1938年: 国家総動員法の制定(物資輸送の重視), 陸上交通事業調整法の制定
1940年代	
<ul style="list-style-type: none"> ・1944年: FAHA of 1944の制定(州際・防衛高速道路網(National System of Interstate and Defense Highways)の構想), 家庭訪問によるパーソントリップ(PT)調査のマニュアルの作成(BPR: Bureau of Public Roads), PT調査の実施(Tulsa, Little Rock, New Orleans, Kansas City, Memphis, Savannah, Lincolnの7地域) 	<ul style="list-style-type: none"> ・1941年: 交通政策要綱の決定(高度国防国家体制での交通施設整備拡充), 帝都高速度交通営団法の制定(東京都での地下高速度交通事業の推進) ・1942年: 陸上交通調整法による市内路面交通事業「市内電車, 路線バス」の統合(戦時の公共交通の効率化) ・1945年: 連合国軍総司令部(GHQ)の設置(横浜) ・1948年: 全国道路交通情勢調査の再開(建設省道路局)
<ul style="list-style-type: none"> ・交通計画での需要分析・予測モデル: <ul style="list-style-type: none"> ・1926年: グラビティモデルによる需要予測(Boston) ・1927年: 線形投影(straight-linear projections)による需要予測(Cleveland) ・1940年代: 自動車交通需要の予測: 重力モデル, 回帰モデル, トレンドモデル ・1948年: 原単位法(San JuanとPuerto Rico, 土地利用用途別交通発生率算出) 	

2) 1950年代

米国	日本
<ul style="list-style-type: none"> 1950年: Highway Capacity Manual (HCM)の作成 (US Dept. of Commerce), Rout Selection and Traffic Assignmentの作成 (High way Research Board) 1951年: San Francisco Bay Area Rapid Transit (BART) Commissionの設立 1952年: Benefit-Cost Analyses マニュアル作成 (American Association of State Highway Officials (AASHO)によるハイウェイ計画での経済分析マニュアル), Standard Traffic Diversion Curveの作成 (AASHO, 通行時間比による配分手法の開発) 1953年~1955年: Detroit Metropolitan Area Traffic Study (DMATS)の実施(最初の体系的な総合都市交通計画, PT調査) 1954年: Policy on Geometric Design of Rural Highwayの実施(ハイウェイ設計規格の提示) 1955年~1959年: Chicago Area Transportation Study (CATS)の実施(PT調査及び4段階推計法の導入) 1956年: Federal Aid Highway Act (FAHA) of 1956の制定(1944年法の実行のための財源拡充) 	<ul style="list-style-type: none"> 1951年: 道路運送法の制定 1952年: 道路法の改正(道路網の整備), 最初の自動車OD調査の実施(東京都区部, 路側調査, 不完全なOD表) 1954年: 第1次道路整備5ヵ年計画の閣議決定 1955年: 経済自立5ヵ年計画の閣議決定(経済自立と完全雇用), 国民車育成要綱(通称, 国民車構想)の発表(通産省), 1956年: 道路整備特別措置法の制定(道路整備の促進) 1957年: 国土開発幹線自動車建設法と高速自動車国道法の制定(高規格幹線道路網の構築) 1958年: 道路整備緊急措置法の制定(道路交通の安全と円滑化), 全国道路交通情勢調査での自動車起終点調査項目の追加, 日本初の国民車「てんとう虫」の登場(1955年, スズライト発表あり) 1959年: 第2次道路整備5ヵ年計画の閣議決定(計画対象に高速自動車国道の追加), 路面電車軌道敷地内での自動車通行の許可(警視庁)
<p>交通計画での需要分析・予測モデル:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1952年: 均衡配分法(Wardrop) 1954年: Frata法 1955年: Newellの交通流モデル(自由流モデル), 1956年: 修正重力モデル(Voorhees), Beckmannの需要変動型利用者均衡問題の定式化 1957年: 最短経路配分(Moore, Danzig; CarrollによりCATSで修正され1964年完成) 1958年: SasakiとHermanの交通流モデル(追従モデル) 1959年: 速度-密度曲線(Greenberg) 	

注) DMATSやCATSを取り上げる際、各引用レポートの公表年の違いにより、文献によってはその代表年度が異なっている。そのため、本論文では各計画の開始年度を基準とする。

3) 1960年代

米国	日本
<ul style="list-style-type: none"> 1960年: 1960 Censusで交通関連調査項目の追加 (U.S. Bureau of the Census(BC)) 1961年: Housing Act (HA) of 1961の制定(1954年HAの改正, 公共交通手段を考慮した総合都市交通計画への誘導), National Automobile Use Studyの実施(BCによる自動車利用特性調査) 1962年: Federal Aid Highway Act (FAHA) of 1962の制定(PT調査ベースの総合的都市交通計画樹立の義務付け) 1963年: 3C (Continuing, Comprehensive, and Cooperative) Planning Processの提示(BPR), 	<ul style="list-style-type: none"> 1960年: 国民所得倍增計画の閣議決定(極大成長, 生活水準向上, 完全雇用), 道路交通法の制定(道路交通での安全確立), 大都市交通センサスの実施(運輸省: 3大都市圏での大量輸送機関利用者の利用状態調査, 5年間隔調査) 1961年: 第3次道路整備5ヵ年計画の閣議決定(全国的な幹線道路網の整備・拡充) 1962年: 全国総合開発計画の閣議決定(拠点開発構想による地域間の均衡な発展を支える有機的な連結),

<p>Highway Planning Program Manualの作成開始(3C Planning Processの一環として交通需要予測手法のガイドラインなどの作成)</p> <p>・1964年: Urban Mass Transportation Act of 1964の制定(公共交通機関への財政補助)</p> <p>・1966年: Urban Mass Transportation Act of 1964の改正(新たな都市交通システムの開発プロジェクトの実施), National Traffic and Motor Vehicle Safety Act of 1966の制定(交通・自動車の安全性の規定), Department of Transportation (DOT)の設立</p> <p>・1967年: Traffic Operations Program to Improve Capacity and Safety (TOPICS)でのバスレーンの実験運用開始(FAHAの補助金により)</p> <p>・1968年: FAHA of 1968の制定(都市部の混雑緩和と交通疎通の促進, TOPICSの確立), DOT内に Urban Mass Transportation Administration (UMTA)の設置(GRT (Group Rapid Transit)など新交通システムや都市高速鉄道整備の推進担当), UMTAの「Tomorrow's Transportation: New Systems for the Urban Future」レポートの議会提出(新交通システム開発の長期的な財政援助の必要性を提示)</p> <p>・1969年: National Environmental Policy Act (NEPA) of 1969 の制定(Environment Impact Statement(EIS)の実施), 1969 Nationwide Personal Transportation Survey (NPTS)の実施(BC, 第1回家庭訪問調査)</p>	<p>日本初の高速道路開通(名神高速道路: 栗東～尾崎), 地下高速鉄道建設費補助制度の開始(運輸省, 運営費の補助)</p> <p>・1963年: 富山・高岡都市圏で, 日本初のPT調査実施(旧生活行動調査, 学校調査方式)</p> <p>・1964年: 東海道新幹線(東京～新大阪)の開業, 首都高速道路1号線(日本橋本町～羽田)と4号線(江戸橋～代々木初台)開通, 羽田モノレールの開業</p> <p>・1965年: 第4次道路整備5ヵ年計画の閣議決定, 全国道路交通情勢調査での一般交通量調査対象に高速道路追加, 名神高速道路全線開通,</p> <p>・1966年: 交通安全施設等整備事業に関する緊急措置法(総合的な交通安全施設等整備事業計画による交通事故の防止)</p> <p>・1967年: 経済社会発展計画(均衡で充実した経済社会への発展, ナショナル・ミニマムの拡充), 広島都市圏交通計画でのPT調査の実施(PT調査と4段階推計法の導入)</p> <p>・1968年: 第5次道路整備5ヵ年計画の閣議決定, 大気汚染防止法の制定(自動車排出ガスの量の許容限度の規制), 全国道路交通情勢調査での旅行速度調査の追加実施, 東京都市圏での第1回PT調査の実施</p> <p>・1969年: 新全国総合開発計画の閣議決定(広域生活圏構想に伴う高規格交通網の整備), 東名高速道路全線開通</p>
<p>・交通計画での需要分析・予測モデル:</p> <p>・1962年: 需要予測への確率論の導入(Oi and Shuldiner, Warner)</p> <p>・1964年: Lowryモデル (Pittsburgh Regional PlanningのためのLand Use Allocation Simulation Modelの開発)</p> <p>・1965年: 吸収マルコフ配分理論(佐々木)</p>	

4) 1970年代

米国	日本
<p>・1970年: Clean Air Act Amendments (CAAA) of 1970の制定(Environmental Protection Agencyの設立, 都市交通計画でのTransportation Control Planの取り込み), Urban Mass Transportation Assistance Act of 1970の制定(公共交通機関への長期的な財政補助策の確立, 高齢者モビリティ確保), Urban Corridor Demonstration Programの実施(DOT: Transportation System Management (TSM)技術の模索), 1970 Census(BC: Urban Transportation Package(UTP)としてデータベース化)</p> <p>・1972年: BARTの開通</p> <p>・1973年: Federal Aid Highway Act (FAHA) of 1973の制定(公共交通機関整備への財源援助),</p>	<p>・1970年: 全国新幹線鉄道整備法の制定(高速輸送体系の鉄道網整備), 交通安全対策基本法の制定(交通安全対策の総合的な計画的な推進), 道路構造令の政令制定(道路施設の規格化), 日本初のバスレーン運用(東京, 目黒通りと玉川通り, 朝だけ), 京阪神都市圏での第1回PT調査の実施, 国勢調査に交通関連調査項目追加(従業者地又は通学地(1960年より), 利用交通手段)</p> <p>・1971年: 第6次道路整備5ヵ年計画の閣議決定, 全国道路交通情勢調査での自動車起終点調査の全国規模実施,</p>

<p>Rehabilitation Act of 1973 (公共交通などでの交通弱者の配慮)</p> <ul style="list-style-type: none"> •1974年: National Mass Transportation Assistance Act of 1974の制定(公共交通の運営費の補助), Service and Methods Demonstrations Programの実施(TSM技術開発・適用・評価) •1975年: 都市交通計画規則の制定(FHWAとUMTA: 都市交通計画プロセスの確立: 道路交通と公共交通の考慮, 長期計画とTSMによる短期計画の考慮) •1976年: FAHA of 1973の制定(バス関連施設整備へ弾力的な基金運用), Trip Generation, An information Report (TGAR) Technical Council of the Institute of Transportation Engineers (ITE), 1st) (土地利用用途別通行発生率の作成, 単位開発計画での交通需要算定の参考基準) •1977年: CAAA of 1977の制定(大気環境基準の目標達成のための州の実施計画(State Implementation Plan; SIP)の改正), 1977 NPTSの実施(第2回家庭訪問調査) •1978年: National Energy Act of 1978 (省エネルギー交通計画, TSMの改良), Surface Transportation Assistance Act of 1978(幹線道路と公共交通の財源一体化), National Ridesharing Demonstration Program(TSM技術開発・評価・普及) •1979年: 大規模開発地区関連交通計画検討マニュアル(案)の公表, TGAR (ITE, 2nd) 	<p>公害の防止に関する事業に係る国の財政上の特別措置に関する法律の制定(公害防止対策事業の経費補助), 自動車排気ガスによる大気汚染の限度を定める省令の制定(厚生省: 汚染限度, 測定方法などの規定)</p> <ul style="list-style-type: none"> •1972年: 新線建設・複々線化工事等の事業制度の開始(鉄道建設公団(1964年設立), 民鉄の整備補助(P線補助金)), 都市モノレールの整備の促進に関する法律の制定(都市モノレールの整備促進), 東京都の路面電車の廃止(荒川線除く) •1973年: 第7次道路整備5ヵ年計画の閣議決定 •1974年: 全国道路交通情勢調査での自動車起終点調査の休日調査の試行, 最初のバス優先信号設置(名古屋市), 最初のゾーンバス開業(大阪市), 最初のHOV車線の運用(新潟市) •1976年: 都市交通計画マニュアル作成(建設省: PTの調査手法の標準化), 世界初のCVS(Computer controlled Vehicles System)の1秒間隔の実車運行実験成功(通産省) •1977年: 第3次全国総合開発計画の閣議決定(定住環境整備のため, 社会資本整備の一環としての道路網整備) •1978年: 第8次道路整備5ヵ年計画の閣議決定, 東京都市圏での第2回PT調査の実施(調査対象地域に茨城南部の追加)
<p>•交通計画での需要分析・予測モデル:</p> <ul style="list-style-type: none"> •1971年: Dialの交通配分ローディングアルゴリズム •1973年: McFaddenの確立的意思決定モデル(多項ロジットモデルと効用最大化理論の関連付け), Ben-Akiva ネスティッドロジットモデル(IIA特性の緩和), Urban Transportation Planning System (UTPS)の開発 •1974年: BACKPACのソフト開発(FHWAによりPLANPACの強化) •1976年: UTPSのリリース(UMTAとFHWAによりマルチモーダル対応) •1978年: McFaddenのGEVモデル 	

5) 1980年代

米国	日本
<ul style="list-style-type: none"> •1980年: Transportation Management Associationの運営(通勤交通問題への非営利団体の参与), 1980 Census(BC, Urban Transportation Planning Package (UTPP)としてデータベース化) •1981年: Federal Aid Highway Act (FAHA) of 1981の制定(バス関連施設整備への補助), SP(選好意識)調査のマニュアル作成(DOT) •1982年: Surface Transportation Assistance Act (STAA) of 1982の制定(道路交通関連税制の改定), TGAR (ITE, 3rd) •1983年: 1983 NPTSの実施(第3回家庭訪問調査) •1984年: Urban Mass Transportation Major Capital Investment Policyの公表(環境影響評価, 費用 	<ul style="list-style-type: none"> •1980年: 総合都市交通体系調査マニュアル-PT調査編-として改訂(建設省), 全国道路交通情勢調査の現調査体系「道路交通センサス」の確立(5年間隔), 東北新幹線, 上越新幹線の開業 •1981年: 神戸市, 大阪市でのAGT(Automated Guideway Transit)の導入 •1982年: 中央高速道路全線開通 •1983年: 第9次道路整備5ヵ年計画の閣議決定 •1985年: 北九州高速鉄道の開業, 関越自動車道全線開通 •1986年: 特定都市鉄道整備促進特別措置法の制定(特定都市鉄道積立金制度, 都市鉄道の整

<p>効果分析, 既存TSMとの比較評価など連邦財源管理のための要件強化策), Trip Reduction Ordinanceの制定(プレザントン市:TDM実施のための最初の条例), Policy on Private Participation in the Urban Mass Transportation Program実施(公共交通部門への民間参入誘導のための補助)</p> <p>・1987年: Surface Transportation and Uniform Relocation Assistance Act of 1987の制定(交通関連事業(道路, 交通安全, 公共交通, 事業に伴う補償)への補助規則の強化), FHWA/UMTA Environmental Regulationの改正(総合的な環境影響評価の誘導, 計画段階でのPublic Involvement (PI)の導入), TGAR(ITE, 4th) (回帰式による原単位算出)</p>	<p>備支援), 東北自動車道全線開通</p> <p>・1987年: 第4次全国総合開発計画(多極分散型国土の構築のため, 全国1日交通圏形成の高規格幹線道路網計画), 広島SPパネル調査開始(1997年迄), 最初の全国都市PT調査実施(131都市)</p> <p>・1988年: 第10次道路整備5ヵ年計画の閣議決定, 道路交通センサスでの一般交通量調査の休日調査の開始,</p> <p>・1989年: 大都市地域における宅地開発および鉄道整備の一体的推進に関する特別措置法の制定(都市鉄道の整備支援), 大規模開発地区関連交通計画検討マニュアル(案)の公表(建設省:土地利用用途別発生集中原単位の作成)</p>
<p>・交通計画での需要分析・予測モデル:</p> <p>・1981年: 均衡モデルとロジックモデルの一体化(Van Vleet: Dial配分とMNLとの関連付け証明)</p> <p>・1982年: アクティビティベースドアプローチの提案(オックスフォード大学)</p> <p>・1984年: QRS(Quick Response System)の開発(小規模の地域開発での交通需要予測プログラム)</p> <p>・1985年: パネルデータ調査開始(オランダ)</p> <p>・1985年: ドライビングシミュレータ開発(ダイムラー)</p> <p>・1987年: National Conference on Transportation Planning Applications in Orlandoの開催(厳しい財政での交通データ収集のあり方の議論)</p>	

6) 1990年代以降

米国	日本
<p>・1990年: Clean Air Act Amendments (CAAA) of 1990の制定(CO・NO_xなどに関するNational Ambient Air Quality Standardsの達成のため, 州の実施計画(SIP)での交通と関連した大気質の分析や計画の義務付け), Americans with Disabilities Act of 1990の制定(交通弱者のアクセシブル化, キーステーションの整備などの義務付け), 1990 Nationwide Personal Transportation Survey(NPTS)実施(第4回, Computer-Assisted Telephone Interviewing: CATI調査),</p> <p>・1991年: Intermodal Surface Transportation Efficiency Act (ISTEA) of 1991の制定(総合的交通計画の確立; 道路と公共交通の財源の統合, Metropolitan Planning Organizationによる計画の充実, 交通計画での大気質改善, Public Involvement導入の義務付けなど), Bureau of Transportation Statisticsの設立, Travel Model Improvement Programの開始(運輸省(DOT)と環境保護庁(EPA: Environmental Protection Agency);, 支援組織の改良, 既存の交通需要予測手法や新技術の普及, 新たな交通需要予測手法の開発, データ収集方法の開発や補強, 新たな土地利用予測手法の開発),</p>	<p>・1990年: 道路交通センサスでの自動車起終点調査の休日調査の開始, 国勢調査の交通関連調査項目(通勤・通学時間の調査項目追加),</p> <p>・1991年: 鉄道整備基本法の制定(新幹線・主要幹線・都市鉄道の計画的な整備)</p> <p>・1992年: 自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法(通称, 自動車NO_x法; 大気汚染の改善)</p> <p>・1993年: 環境基本法の制定(環境保全の総合的な計画の推進, 環境影響評価の推進), 第11次道路整備5ヵ年計画の閣議決定, 第2回全国都市PT調査実施(78都市)</p> <p>・1994年: 道路交通センサスでの駐車場調査の開始</p> <p>・1995年: 道路交通情報システム(VICS)スタート</p> <p>・1997年: 環境影響評価法の制定(評価手順の規定), 運輸施設整備事業団法の制定(鉄道整備基本法廃止; 運輸施設整備の推進), 経済構造の変革と創造のための行動計画の閣議決定(都市圏交通円滑化総合計画の策定と実施)</p> <p>・1998年: 21世紀の国土のグランドデザイン(参加と連携のための高規格幹線道路や空港の整備; 東アジア1日圏, 地域半日圏の形成), 地球温暖化対策推進法の制定(地球温暖</p>

<p>Trip Generation, An information Report (ITE, 5th)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1992年: Energy Policy Act of 1992の制定(代替燃料車の普及策, 税制上の優遇処置) ・1995年: National Highway System (NHS) Designation Act of 1995の制定(26万kmの幹線道路網の計画, 55マイル/時間の速度規制の撤廃), 1995 NPTSの実施(第5回, 電話インタビュー調査) ・1996年: American Community Surveyの実験調査(統計庁(BC), 国勢調査での交通関連調査の見直し) ・1997年: Trip Generation, An information Report (ITE, 7th) ・1998年: Transportation Equity Act of the 21st Century (TEA-21)の制定(ISTEAの継続法で時限立法, ISTEA政策の継続) ・2000年: American Community Surveyの実施(BC) ・2001年: The National Household Travel Survey (NHTS)の実施 ・2002年: AB1493の制定(カリフォルニア州の法, 世界初の温室効果ガス削減の為に自動車(乗用車)排ガス規正法案, カリフォルニア州衛生安全法(California Health and Safety Code)の改正) 	<p>化の防止), 地球温暖化対策推進大綱の公表(地球温暖化対策推進本部; 温暖化防止の方針等), 都市圏交通円滑化総合対策実施要綱の公表(警視庁・建設省, TDM等の積極的展開), 新道路整備5ヵ年計画の閣議決定, 第4回東京都市圏総合都市交通体系調査実施(交通意識調査の項目追加),</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1999年: 新道路交通センサスでの機能調査の開始(PI方式の導入), 第4回東京都市圏PT調査での補強調査実施(政策意識調査), 第3回全国PT調査の実施(約100都市), 新都市OD調査の実施(15都市圏) ・2000年: 高齢者, 身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律(通称, 交通バリアフリー法で, 交通弱者のための交通施設整備) ・2001年: 自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法の制定(通称, 自動車NOx・PM法で, 自動車NOx法の改正), 道路構造令の改正(車道中心から, 他の交通手段のための道路構造の見直し) ・2002年: 地球温暖化対策推進大綱の公表(地球温暖化対策推進本部; 抑制基準の目標設定等)
<p>・交通計画での需要分析・予測モデル:</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1991年: SP(Stated Preference)データとRP(Revealed Preference)データとの融合推定法(Ben-Akiva & Morikawa) ・1997年: 佐々木のマルコフ配分とMNLとの関連付け(赤松) ・2001年: Link Nested Logitモデル(経路重視問題に関するIIA特性の考慮: 兵藤・室町) 	

1.2 英文の略語

AGT: Automated Guideway Transit

AHS: Automation Handling System

BTS: Bureau of Transportation Statistics

CAAA: Clean Air Act Amendments

CATI: Computer-Assisted Telephone Interviewing

CATS: Chicago Area Transportation Study

DMATS: Detroit Metropolitan Area Traffic Study

DMT: Dual-Mode Transit

EPA: Energy Policy Act

ETC: Electronic Toll Collection system

FAHA: Federal Aid Highway Act

GCS: Geographical Coding System

GIS: Geographic Information System
 GPS: Global Positioning System
 HOV: High Occupancy Vehicle
 ISTEA: Intermodal Surface Transportation Efficiency Act
 ITS: Intelligent Transportation System
 IVHS: Intelligent Vehicle Highway System
 LRT: Light Rail Transit
 MAGLEV: Magnetic Levitation and Propulsion
 MPO: Metropolitan Planning Organization
 NAUS: National Automobile Use Study
 NCTPA: National Conference on Transportation Planning Applications
 NEA: National Energy Act
 NEPA: National Environmental Policy Act
 NPO: Non Profit Organization
 NPTS: Nationwide Personal Transportation Survey
 NRDP: National Ridesharing Demonstration Program
 PDA: Personal Digital Assistant
 PI: Public Involvement
 PPPUMTP: Policy on Private Participation in the Urban Mass Transportation Program
 PT: Person Trip
 SIP: State Implementation Plan
 SMD: Service and Methods Demonstrations
 SOHO: Small Office/Home Office
 SP: Stated Preference
 SPM: Strategic Planning and Management
 STAA: Surface Transportation Assistance Act
 TDM: Transportation Demand Management
 TEA21: Transportation Equity Act for 21st Century
 TMA: Transportation Management Association
 TMIP: Travel Model Improvement Program
 TOPICS: Traffic Operations Program to Improve Capacity and Safety
 TRANSIMS: TRansportation ANalysis and SIMulation System
 TRO: Trip Reduction Ordinance
 TSM: Transportation System Management

UCDP: Urban Corridor Demonstration Program
UMTA: Urban Mass Transportation Act
UMTAA: Urban Mass Transportation Assistance Act
UMTMCP: Urban Mass Transportation Major Capital Investment Policy
UTP: Urban Transportation Package
UTPP: Urban Transportation Planning Package
UTPP: Urban Transportation Planning Package
UTPR: Urban Transportation Planning Regulation
UTPS: Urban Transportation Planning System
VICS: Vehicle Information and Communication System

2. 地域防災計画での交通管理対策(道路交通規制)の事例

2.1 東京都地域防災計画^{131), 132)}

第2節 交通規制

災害時における交通の確保は、消火をはじめ負傷者の搬送、緊急物資の輸送、ライフラインの復旧等応急対策活動を行なう上で不可欠である。

1 交通対策(警視庁)

(1) 交通規制の実施

大地震の発生直後の交通混乱を最小限度にとどめ、被災者の安全な避難と対応策に必要な緊急車両の運行を確保することを最重点として、次のような交通規制を実施する。(図 3-3 及び図 3-4 参照)

第1次交通規制(災害発生直後)	<p>大震災が発生した場合は、現場の警察官は命令を持つことなく、速やかに次の規制措置をとる。</p> <p>(ア) 都県境、国道 16 号線における規制 国道 16 号線以東の都県境では、車両の流入・流出とも通行禁止、国道 16 号線以南から都心方向への車両は、進入禁止となる。</p> <p>(イ) 通行禁止区域 多摩川、国道 246 号線及び環状 7 号線を結ぶ内側の区域を前面車両禁止とする。</p> <p>(ウ) 緊急交通路 次項(表 1)に掲げる避難者及び緊急通行車両用の 37 路線(以下「交通確保指定 37 路線」という。)は、通行禁止区域外であっても全線車両通行禁止とする。 なお、高速道路(首都高速道路及び高速自動車国道)の規制区間は、次項(表 2)のとおり。</p> <p>(エ) 交通視察重点路線 第 2 次交通規制に備えて、次項(表 3)に掲げる 9 路線(以下「交通視察重点 9 路線」という。)について、道路状況の視察、点検を実施する。</p>
-----------------	--

○留意事項

- (ア) 第 1 次交通規制の前提となる「大震災が生じた場合」とは、都内に震度 5 以上の地震が発生し、かつ、大規模な火災が発生したことを現場の警察官が認知した場合をいう。
- (イ) 通行禁止区域(面的規制区域)内への規制を行なう線となる外周道路(環 7 等)については、規制した車両の迂回路とするので規制しない。
- (ウ) 第 2 次交通規制に示す規制措置はあくまでも基本であって、必要に応じこれによらない規制措置を行なう。特に、時間の経過により状況が変化するため、実施する規制措置もこれに対応させていく。

(表 1)交通確保指定 37 路線

(表 2)高速道路(首都高速道路及び高速自動車国道)の規制区間

(表 3)交通視察重点 9 路線

(各表の詳細省略)

交通幕僚(交通部長)は、被災地域・被災状況等の実態に対応した交通規制を実施する。この場合、次の規制措置を基本とし、第 1 次交通規制において実施中の規制は、状況に応じその一部を変更又は解除する。	
交通幕僚(交通部長)は、被災地域・被災状況等の実態に対応した交通規制を実施する。この場合、次の規制措置を基本とし、第 1 次交通規制において実施中の規制は、状況に応じその一部を変更又は解除する。	
(ア) 都心部に被害が集中している場合の規制措置	
a 通行禁止区域の拡大・縮小	
通行禁止区域は、次の区域を基準として拡大又は縮小する。	
①下町区域:(詳細省略)	
②環状 5 号線内側区域:(各道路の詳細省略)	
③環状 6 号線内側区域:(各道路の詳細省略)	
④環状 7 号線内側区域:(各道路の詳細省略)	
⑤環状 8 号線内側区域:(各道路の詳細省略)	

第2次交通規制	<p>b 都心地区指定路線の視察 次頁(表 4)に掲げる都心地区の 36 路線(以下「都心地区指定 36 路線」という。)の道路状況を視察する。</p> <p>c 緊急交通路 第 1 次交通規制に視察した交通視察重点 9 路線と第 2 次交通規制で視察した都心地区指定 36 路線のうち、通行可能な路線の中から緊急交通路と追加指定し、通行禁止区域外であっても全線車両通行禁止とする。</p> <p>(イ) 多摩地区に被害が集中している場合の規制措置</p> <p> a 多摩地区指定路線の視察 次頁(表 5)に掲げる多摩地区の 12 路線(以下「多摩地区指定 12 路線」という。)を視察する。</p> <p> b 緊急交通路の追加指定 多摩地区指定 12 路線のうち、通行可能な路線の中から緊急交通路を追加指定し、全線車両通行禁止とする。</p> <p>(ウ) 都内全域に被害が拡大している場合の規制措置 前記(ア)及び(イ)の規制措置を同時に実施する。この場合、通行禁止区域にあつては、必要により国道 16 号線以内又は都内全域にその区域を拡大する。</p> <p>(エ) 広域交通規制を必要とする場合の規制措置 次の地点で規制措置をとるよう隣接県警察に要請する。</p> <p> a 高速自動車国道 (各道路の詳細省略)</p> <p> b 一般道路 国道 16 号線以内への車両の流入規制に必要な地点</p>
---------	--

(表 4)都心地区指定 36 路線

(表 5)多摩地区指定 12 路線

(各表の詳細省略)

(2) 緊急交通路等の実施把握

緊急交通路等の交通情報の収集は、ヘリコプター、ヘリコプターテレビ及び現場警備本部長(各警察署長)等からの報告によるほか、白バイ、交通パトカー等による緊急交通路等の視察及び東京消防庁、道路管理者等の関係機関との情報交換等により、全般的な状況の把握に努める。

(3) 交通規制の実効性を確保する手段・方法

ア 主要交差点への規制要員の配置

都県境、国道 16 号線、環状 7 号線及び緊急交通路の主要交差点に規制要員を配置して、緊急交通路の確保に努める。

イ 特別派遣部隊(交通部隊)の配置運用

道府県公安委員会から特別派遣部隊(交通部隊)の派遣があった場合は、視察・移動規制、緊急交通路の確保、緊急通行車両の先導等特別派遣部隊の機動性に配慮した効果的な配置運用を図る。

ウ 警備員、ボランティア等の協力の受入れ

規制要員は、制服警察官を中心に編成するものとするが、警察署長は、規制要員が不足することを考慮し、平素から警備業者、交通安全協会、地域交通安全活動推進委員会等の民間の協力団体、ボランティア等の協力を得るよう配慮する。

エ 整備資器(機)材の効果的な活用

交通規制の実施にあたっては、サインカー等の規制車両を有効的に活用するほか、ロープ、セーフティコーン等の整備資器(機)材を効果的に活用する。

オ 交通管制システムの適切な運用

交通管制センターをはじめ、防災型信号機、可変式規制標識、交通情報板、路側通信装備等の交通管制システムの適切な運用に努める。

(4) 緊急物資輸送路線の指定

避難、救助、消化等の初期活動が一段落したところで、緊急交通路の中から緊急物資輸送のための路線を指定する。

(5) 緊急通行車両等の確認事務等

警察署、隊本部、緊急交通路の起終点及び交通要点に設ける交通検問所等において緊急通行車両等の確認事務及び交通規制から除外すべき車両の認定事務を行う。

(6) 広報活動

ア 報道機関への広報要請

新聞、ラジオ、テレビ等の報道機関に対して、運転者や一般家庭に向けた避難時の車利用抑制や交通規制への協力呼びかけ等についての広報の要請を行う。

イ 運転者等に対する広報

現場の警察官は、交通規制の実施について、サインカー、パトカー、白バイ、広報車等による現場広報を行うとともに、次により運転者のとるべき措置について広報を行う。

運転者のとるべき措置

- 1 家族との連絡・避難等には、車両を使用しない。
- 2 通行禁止区域内の道路上にある車両の運転者は、速やかに駐車場、公園、空き地等の道路外に車両を移動させること。道路外に移動できない場合は、交差点付近や幹線道路を逃げ、道路の左側端に寄せて停車する。
- 3 緊急交通路上の車両の運転者は、速やかに直近のう回路等の緊急交通路以外の道路又は道路に車両を移動する。
ただし、幹線道路を走行中の場合は、次の4大原則を守る。
 - ① あわてずに減速し、左側(渋滞等で左側に寄せられない場合は右側)に寄せ、右側(又は道路中央部)を空けて停車し、エンジンを切る
 - ② カーラジオなどで、地震情報・交通情報を聞いて状況を把握する
 - ③ 危険が迫迫している場合以外は、自分の判断でみだりに走行しない
 - ④ ラジオ、文字情報等による警察や道路公団等からの指示、案内又は誘導を待って移動する
- 4 通行禁止区域内若しくは緊急交通路上であっても、やむを得ず車両を道路上において避難するときは、次の4大鉄則を守る。
 - ① 交差点を逃げ、道路の左側端に寄せて停車する
 - ② エンジンを切り、エンジンキーは付けたままとする
 - ③ 窓を閉め、ドアはロックしない
 - ④ 貴重品を車内に残さない

(7) 防災型交通管制システムの整備

発災時に緊急交通路を確保し、被害の拡大を防止するとともに交通の混乱を最小限に抑制するため、交通管制センター中央からの指令により、発災地方向に対する信号機を一斉に流入抑制表示(赤信号)に切り替える。

なお、交通情報を提供するため、緊急広報用路側通信端末(1,620KHz)や交通情報板をこれまで整備し、断面車両感知器、交通監視カメラ等により交通量等の実態を把握してきたが、今後はこれらに並行して、停電時に自動的に信号機に電気を提供する自動起動式発電機を整備する。また、NTT 専用回線が途絶しても中央からの制御機能を維持するための無線通信付加装置等の整備を図る。

(事業目標の設備整備内容表省略)

資料第121 ①緊急通行車両等の確認事務処理要領(都財務局)
(本文 261 頁)

(目 的)

第1条 この要領は、大規模地震対策特別措置法施行令(昭和53年政令第385号。以下「大震法施行令」という。)第12条及び災害対策基本法施行令昭和37年政令第288号。以下「災対法施行令」という。)第33条の規定に基づき、知事が行う緊急輸送車両及び緊急通行車両(以下「緊急通行車両等」という。)の確認事務の処理について、必要事項を定めることを目的とする。

(緊急通行車両等の要件)

第2条 地震防災応急対策及び災害応急対策のため、緊急通行車両等として確認する車両は、次の各号に掲げるいずれかの一に該当する業務に従事する車両とする。

なお、災害対策基本法(昭和36年法律第223号)第76条に規定する災害時における交通の規制等が措置された場合は、災対法施行令第32条の2第1項に基づき道路交通法(昭和35年法律第105号)第39条第1項の緊急自動車は除くものとする。

ア 警戒宣言発令時の地震予知情報の伝達、災害発生の警報の発令及び伝達並びに避難の勧告又は指示に使用されるもの

イ 消防、水防その他応急措置に使用されるもの

ウ 応急の救護を要すると認められるものの救護、被災者の救護、救助その他の保護に使用されるもの

エ 災害を受けた児童及び生徒の応急の教育に使用されるもの

オ 施設及び設備の点検、応急復旧に使用されるもの

カ 清掃、防疫その他保健衛生に使用されるもの

キ 犯罪の予防、交通の規制その他災害地における社会秩序の維持に使用されるもの

ク 緊急輸送の確保に使用されるもの

ケ 警戒宣言発令時、地震災害が発生した場合における食糧、医療品その他物資の確保、清掃、防疫その他保健衛生に関する措置、その他応急措置を実施するため必要な体制の整備に使用されるもの

コ その他に災害の発生の防衛又は拡大の防止並びに軽減を図るための措置に使用されるもの

(確認機関)

第3条 都所有の車両、雇上車両及び業務の委託並びに協定に伴い必要となる車両(以下「関係車両」という。)のうち次項に規定するもの以外の確認については、財務局長が行う。

2 交通局、水道局、下水道局及び東京消防庁に所管する関係車両の確認については、交通局長、水道局長、下水道局長及び東京消防庁消防総監が行う。

(確認)

第4条 確認は、当該緊急輸送業務等の実施の責任者(以下「申請者」という。)に別記様式第1の緊急通行車両等確認申請書(以下「確認申請書」という。)を提出させ、当該関係車両が緊急通行車両等に該当するか審査して行うものとする。

(事前届出)

第5条 関係車両のうち、地震防災応急対策及び災害応急対策に使用することがあらかじめ決定しているものについては、確認手続の効率化・省力化を図るため、申請者の申出により、第3条の各確認機関において、あらかじめ緊急通行車両等に該当するか審査(以下「事前届出」という。)を行うことができものとする。

2 申請者は、別記様式第2の1の緊急通行車両等事前届出書を提出するものとする。

3 審査の結果、緊急通行車両等に該当すると認められたものについては、別記様式第2の2の緊急通行車両等事前届出済証(以下「届出済証」という。)を申請者に交付するものとする。

4 届出済証の交付を受けた車両(以下「届出済車両」という。)の使用者は、当該車両が緊急通行車両等に該当しなくなったとき、廃車になったとき及びその他緊急通行車両等としての必要が無くなったときは、速やかに届出済証を返還するものとする。

5 各確認機関は、別記様式第3の緊急通行車両等事前届出受理簿(届出済証交付簿)を備え付け、事前届出書の受理、届出済証の交付等の事務処理経過を明らかにしておくものとする。

(標章及び証明書の交付)

第6条 各確認機関は、第4条の確認を行ったときは、当該申請者に対し、大震法施行令第12条に基づく場合は大規模地震対策特別措置法施行規則(昭和54年総理府令第38号)第6条に規定する標章及び緊急輸送車両確認証明書を、災対法施行令第33条に基づく場合は災害対策基本法施行規則(昭和37年総理府令第52号)第3条に規定する緊急通行車両の標章及び緊急通行車両確認証明書(以下「標章等」という。)を交付するものとする。

2 各確認機関は、届出済車両について確認の申請があった場合には、第4条の確認申請書に代えて届出済証を提出させて行うものとする。この場合においては、確認のため必要な審査は省略できるものとする。

3 届出済車両の確認の申請は、事前届出を行った確認機関に対し行うことを原則とするが、やむを得ない場合には、警察

び消火活動が継続中の時期(以下「災害応急活動期」という。)に救命・救助又は消火活動に従事する車両に、白色のものは食料品等の生活関連物資の輸送車両等に対して用いる。

イ 審査

申請に係る車両が緊急通行車両等に該当するか否かの審査は、取扱警察署長等から申請の報告を受けた交通部長(都市交通対策課都市交通対策第二係経由。以下同じ。)が次の要件について行う。

(ア) 申請に係る車両を使用して行う事務又は業務の内容が、次に掲げる災害応急対策又は災害応急対策に必要な物資の緊急輸送その他の災害応急対策に係る措置であること。

ア 災対法に基づく災害応急対策

(a) 警報の発令及び伝達並びに避難の勧告又は指示に関する事項

(b) 消防、水防その他の応急措置に関する事項

(c) 被災者の救済、救助その他保護に関する事項

(d) 災害を受けた児童及び生徒の応急の教育に関する事項

(e) 施設及び設備の応急の復旧に関する事項

(f) 清掃、防疫その他の保健衛生に関する事項

(g) 犯罪の予防、交通の規制その他災害時における社会秩序の維持に関する事項

(h) 緊急輸送の確保に関する事項

(i) その他災害の発生の防御又は拡大の防止のための措置に関する事項

バ 地震法に基づく地震防災応急対策

(a) 地震予知情報の伝達及び避難の勧告又は指示に関する事項

(b) 消防、水防その他の応急措置に関する事項

(c) 応急の救護を要すると認められる者の救護その他の保護に関する事項

(d) 施設及び設備の整備及び点検に関する事項

(e) 犯罪の予防、交通の規制その他当該大規模な地震により地震災害を受けるおそれのある地域における社会秩序の維持に関する事項

(f) 緊急輸送の確保に関する事項

(g) 地震災害が発生した場合における食糧、医薬品その他の物資の確保、清掃、防疫その他の保健衛生に関する措置その他応急措置を実施するため必要な体制の整備に関する事項

(h) その他地震災害の発生の防止又は軽減を図るための措置に関する事項

(イ) 災害発生時等に前(ア)の緊急通行又は緊急輸送の事務並びに業務を行う計画があること。

(ウ) 計画に係る輸送人員、品名、輸送経路、車両の使用等が適正であること。

ウ 届出済証の交付

取扱警察署長等は、交通部長が緊急通行車両等に該当すると認めたものについては、申請者に対して別記様式第1の緊急通行車両等事前届出済証(前記アのウ)のbと同様、桃色と白色の2種類がある。以下「届出済証」という。)の交付の措置をとるものとする。

エ 届出済証の再交付

取扱警察署長等は、届出済証の交付を受けた者から、事前届出の内容に変更が生じ又は届出済証を亡失・滅失・汚損し、若しくは破損した旨の申し出があり、届出済証の再交付が必要と認めた場合は、再交付する届出済証の右上部に「再」と朱書きし、再交付の措置をとるものとする。

オ 届出済証の返還

取扱警察署長等は、届出済証の交付を受けた者から、申請に係る車両が緊急通行車両等の要件に該当しなくなった、廃車した、その他緊急通行車両としての必要性がなくなったことなどを理由に、届出済証の返還の申し出があった場合は、これを受領し、速やかに公安委員会に返還の手続きをとるものとする。

カ 事前届出の処理経過

(ア) 取扱警察署長等は、別記様式第2の「緊急通行車両等事前届出受理及び交付簿」を備え付け、届出済証を交付しなかった場合の理由を備考欄に簡記するなど事前届出の受理、届出済証の交付等の事務処理経過を明らかにしておくものとする。

(イ) 届出済証の交付状況等の報告要領については、別途指示する。

2 緊急通行車両の確認

災対法に規定する緊急通行車両(道路交通法(昭和35年法律第105号)第39条第1項の緊急自動車は除く。)の確認は、都市交通対策課長、警察署長、交通機動隊長及び高速道路交通警察隊長(以下「警察署長等」という。)が、警視庁本部、警察署、隊本部、交通検問所において、次により行うものとする。

(1) 届出済証の交付を受けている車両の確認

ア 申請者

交付されている届出済証に記載されている車両を使用する者

イ 申請書類

届出済証(届出済証の備考欄に通行日時を記載させること。)

ウ 確認

届出済証の交付を受けていない緊急通行車両の確認申請に優先して確認を行い、確認のための必要な審査は省略すること。

エ 道府県の公安委員会が発行した届出済証による確認申請は、前アからウまでと同様に取り扱うこと。

(2) 届出済証の交付を受けていない緊急通行車両の確認

ア 申請者

申請する車両の使用者

イ 申請車両

原則として、前1の(1)と同様とする。

ウ 申請書類

(ア) 別記様式第3の「緊急通行車両等確認申請書」(以下「確認申請書」という。)

(イ) 災害応急対策に係る事務又は業務である旨を疎明する書類(輸送協定書等)

エ 確認

前1の(2)のイの(ア)のaに掲げる要件について審査を行うこと。

(3) 標章及び確認証明書の交付緊急通行車両であることの確認を行った場合は、災害対策基本法施行令(昭和37年政令第288号)第33条第2項並びに災害対策基本法施行規則(昭和37年総理府令第52号)第3条第1項及び第2項に規定する「緊急通行車両確認証明書」及び「標章」(別記様式第4及び別記様式第5)の交付の措置をとるものとする。ただし、災害応急活動期にあつては、標章の交付対象車両を、救命・救助活動等に必要の車両に限定(届出済証の交付を受けている車両については、桃色の届出済証であることを確認する。)し、食糧品等の生活関連物資の輸送車両等については、災害応急活動期が経過した後に、交通部長が模写電送等により行う指示を待って標章を交付するものとし、災害応急活動期の活動に支障が生じないように配慮すること。

3 緊急輸送車両の確認(警戒宣言発令時)

(1) 届出済証の交付を受けている車両の確認は、前2の(1)と同様に行うものとする。

(2) 届出済証の交付を受けていない車両の確認は、前2の(2)のアからウまでと同様に行い、前記1の(2)のイの(ア)のbに掲げる要件について審査を行う。

(3) 警察署長等は、地震法に基づく通行の禁止又は制限に伴う緊急輸送車両であることの確認を行った場合は、大規模地震対策特別措置法施行令(昭和53年政令第385号)第12条第2項及び大規模地震対策特別措置法施行規則(昭和54年総理府令第38号)第6条の規定による「緊急輸送車両確認証明書」及び「標章」(別記様式第6及び別記様式第5)の交付の措置をとるものとする。

(4) 警戒宣言に係る地震が発生した場合は、前(3)の緊急輸送車両確認証明書の交付を受けている車両は、前2の(3)の緊急通行車両確認証明書の交付を受けている緊急通行車両とみなす。

4 処理経過及び報告

(1) 警察署長等は、別記様式第7の「緊急通行車両等確認申請受理及び交付簿」を備え付け、緊急通行車両等の確認申請の受理、緊急通行車両の確認証明書等の交付等の事務処理経過を明らかにしておくものとする。

(2) 警察署長等は、緊急通行車両等の確認証明書等の交付状況を、災害発生後の状況を見て指示する方法により、交通部長に報告するものとする。

- (3) 警察署長等は、道府県の被災地での緊急取材を目的とした緊急通行車両等の確認申請を受理し、緊急通行車両等の確認証明書等を交付した場合は、当該報道機関の名称及び標章交付数を速やかに交通部長に報告するものとする。

第3 交通規制対象除外車両の認定に係る事務

災害発生後において、緊急通行車両等以外であっても社会生活の維持に不可欠な車両又は公益上通行させることがやむを得ないと認められる車両については、公安委員会の意思決定に基づき通行禁止の対象から除外されることとなるから、警察署長等は、次により交通規制対象除外車両の認定に係る事務を行うものとする。

1 交通規制の対象から除外する車両

通行の禁止又は制限の対象から除外する車両は、次のとおりとする。

- (1) 災害応急対策に従事する者が使用中の自転車
- (2) 災害発生後、災害応急対策に従事する指定行政機関等の職員が、当該勤務場所に参集するため使用中の二輪の自動車又は原動機付自転車
- (3) 警察署長等が、次の理由によりやむを得ないと認めて別記様式第8の「交通規制対象除外車両通行証明書」及び別記様式第9の「除外標章」を交付した車両で、除外標章を掲出しているもの
 - ア 緊急の手当を要する負傷者又は急病人の搬送
 - イ 徒歩で避難することが困難な病人、介護を必要とする高齢者、身体障害者等の最寄りの病院、避難場所等への避難
 - ウ 報道機関の緊急取材
 - エ その他通行させることがやむを得ない理由

2 交通規制除外車両の認定手続

別記様式第1 整理番号() 課 署 号

地震防災 応急対策用 災害 緊急通行車両等事前届出書 年 月 日 東京都公安委員会殿 申請者 職関名 所在地 (電話) 役職名 氏名 印		地震防災 第 号 応急対策用 災害 緊急通行車両等事前届出済証 左記のとおり事前届出を受けたことを証する。 年 月 日 東京都公安委員会 印	
番号欄に表示されている番号 車両の用途(緊急輸送を行う車両にあっては、輸送人員又は品名) 使用者 住所 () 局 番 氏名 出 発 地	備考 (注) 警戒宣言発令時又は災害発生時には、この届出済証を最寄りの警察庁本部、警察署、交通機関隊、高速道路交通警察隊交通機関所等に提出して、所要の手続を受けて下さい。 2 届出内容(番号欄に表示されている番号を除く。)に変更が生じ、又はこの届出済証を亡失し、滅失、汚損、破損した場合には、東京都公安委員会(都市交通対策課又は警察署経由)に届け出て再交付を受けて下さい。 3 次に該当するときは、本届出済証を返還して下さい。 (1) 緊急通行車両等に該当しなくなったとき (2) 緊急通行車両等が廃車になったとき (3) その他緊急通行車両等としての必要性がなくなったとき		

備考 用紙の大きさは、日本工業規格 A4 とする。

別記様式第2

報告() 第 号
年 月 日

交通部長殿(交・都・対2)

署長・隊長

緊急通行車両等確認申請受理及び交付簿

整理番号	番号欄に表示されている番号	申請者氏名	交付番号	交付年月日	備考
1				..	
2				..	
3				..	
4				..	
5				..	
~~~~~					
25				..	
26				..	
27				..	
28				..	
29				..	
30				..	

(備考) 用紙の大きさは、日本工業規格 A4 とする。

#### (1) 申請者

前1の(3)のいずれかの理由により車両を使用するために除外標章の交付を受けようとする者

#### (2) 申請先

交通規制対象除外車両の申請は、警察署長を窓口として、別記様式第10の「規制対象除外車両通行申請書」により、公安委員会に対して行う

#### (3) 認定並びに標章及び証明書の交付

交通規制対象除外車両の申請を受理した警察署長等は、通行の必要を認めかつ、緊急通行車両等の通行に支障を及ぼさないと認めた場合においては、除外標章及び交通規制対象除外車両通行証明書の交付の措置をとること。

#### (4) 緊急措置

ア 前1の(3)の理由に該当する車両で、特に緊急を要すると認められるものについては、現場の警察官の判断で前記(2)の手続を省略し、除外標章を交付して通行させること。

イ 前アの場合において、現場の警察官が除外標章を所持せず交付することができないときは、近くの警察署、交通機関所等で交付を受けるよう教示し、そのまま通行させること。

#### 3 処理経過及び報告

(1) 警察署長等は、別記様式第11の「交通規制対象除外車両申請受理及び交付簿」を備え付け、交通規制対象除外車両申請の受理、交通規制対象除外車両通行証明書等の交付等の事務処理経過を明らかにしておくこと

(2) 警察署長等は、交通規制対象除外車両通行証明書の交付状況等を、災害発生後の状況を見て指示する方法により、交通部長に報告すること。

別記様式第3

地震防災 応急対策用 災害 緊急通行車両等確認申請書 年 月 日 東京都公安委員会殿 申請者住所 (電話) 氏名 印	
番号欄に表示されている番号 車両の用途(緊急輸送を行う車両にあっては、輸送人員又は品名) 使用者 住所 ( ) 局 番 氏名 通行日時 通行経路 出 発 地 目 的 地 備 考	備考 (備考) 用紙は、日本工業規格 A5 とする。

別記様式第4

第 号 緊急通行車両確認証明書 年 月 日 東京都公安委員会 印	
番号欄に表示されている番号 車両の用途(緊急輸送を行う車両にあっては、輸送人員又は品名) 使用者 住所 ( ) 局 番 氏名 通行日時 通行経路 出 発 地 目 的 地 備 考	備考 (備考) 用紙は、日本工業規格 A5 とする。

別記様式第5

登録(車両番号)	
有効期限	年 月 日

備考1 色彩は、記号を黄色、緑及び「緊急」の文字を赤色、「登録(車両番号)」、「有効期限」、「年」、「月」及び「日」の文字を黒色、登録(車両)番号並びに年、月及び日を表示する部分を白色、地を銀色とする。

2 記号の部分に、表面の画像が光の反射角度に応じて変化する措置を施すものとする。

3 図示の長さの単位は、センチメートルとする。

## 別記様式第 6

第 号		年 月 日	
緊急通行車両確認証明書			
東京都公安委員会 印			
番号標に表示されている番号			
輸送人員又は品名			
使用者	住所	( ) 局 番	
	氏名		
輸送日時			
輸送経路	出発地	目的地	
備考			

(備考)用紙は、日本工業規格 A5 とする。

## 別記様式第 7

交通部長殿(交・都・対2)

報告( )第 号  
年 月 日

署長・隊長

## 緊急通行車両等確認申請受理及び交付簿

整理番号	番号標に表示されている番号	申請者氏名	交付番号	交付年月日	備考
1				..	
2				..	
3				..	
4				..	
5				..	
25				..	
26				..	
27				..	
28				..	
29				..	
30				..	

(備考)用紙の大きさは、日本工業規格 A4 とする。

## 別記様式第 9

登録(車両番号)	
除 外	
有効期限	年 月 日
東京都公安委員会	

備考1 色彩は、記号を黄色、緑及び「緊急」の文字を赤色、「登録(車両)番号」、「有効期限」、「年」、「月」及び「日」の文字を黒色、登録(車両)番号並びに年、月及び日を表示する部分を白色、地を銀色とする。

2 記号の部分に、表面の画像が光の反射角度に応じて変化する措置を施すものとする。

3 図示の長さの単位は、センチメートルとする。

## 別記様式第 11

交通部長殿(交・都・対2)

報告( )第 号  
年 月 日

署長・隊長

## 交通規制対象除外車両申請受理及び交付簿

整理番号	番号標に表示されている番号	申請者氏名	交付番号	交付年月日	備考
1				..	
2				..	
3				..	
4				..	
5				..	
25				..	
26				..	
27				..	
28				..	
29				..	
30				..	

(備考)用紙の大きさは、日本工業規格 A4 とする。

## 別記様式第 8

第 号		年 月 日	
交通規制対象除外車両通行証明書			
東京都公安委員会 印			
番号標に表示されている番号			
通行目的			
使用者	住所	( ) 局 番	
	氏名		
通行日時			
通行経路	出発地	目的地	
備考			

(備考)用紙は、日本工業規格 A5 とする。

## 別記様式第 10

地震防災 応急対策用 災害 交通規制対象除外車両通行申請書		年 月 日	
東京都公安委員会殿 申請者住所 (電話) 氏名 印			
番号標に表示されている番号			
通行目的			
使用者	住所	( ) 局 番	
	氏名		
通行日時			
通行経路	出発地	目的地	
備考			

(備考)用紙は、日本工業規格 A5 とする。

## 2.2 広島市地域防災計画 133)~135)

### 3-19-2 異常気象時における道路通行規制要領《道路管理課》

#### 第1 目 的

この要領は、豪雨、強風、地震、地震、梅雨期、台風期、融雪期等の異常気象時又は、落石、雪崩、地すべり等を生じやすい地域（以下「特殊危険地域」という。）において、道路の通行が危険であると認められる場合における道路通行規制に関する基準等を定めることにより、この場合における道路通行規制の有効かつ慎重な実施を図り、もって道路交通の安全かつ円滑化に資することを目的とする。

#### 第2 道路通行規制区間の指定

市長は、その管理に係る一般国道（建設大臣が新設、改築等を行う区域を除く。以下同じ。）、県道及び市道のうち、道路及びその周辺の状況（道路の構造、地形、地質、過去の被害の程度、危険状態の程度、路線としての重要性等）をいう。以下同じ。）から、異常気象時又は特殊危険地域（以下「異常気象時」という。）において被害が発生するおそれがある箇所を含む相当の区間を、別に定める基準により、異常気象時通行規制区間（以下「規制区間」という。）として広島県警察本部長の意見を聴いて指定するものとする。この場合において、一般国道に係る規制区間の指定を行うときは、建設省中国地方建設局長の意見を聴くものとする。

#### 第3 道路通行規制の種類

道路通行規制の種類は、次のとおりとする。

- (1) 通行止め
- (2) 片側通行
- (3) 徐 行
- (4) チューン必要
- (5) 自動車通行止め
- (6) 大型車進入禁止

#### 第4 道路通行規制基準の決定

市長は、第2で指定する規制区間に係る道路通行規制基準を広島県警察本部長の意見を聴いて定めるものとする。この場合において、一般国道に係る道路通行規制基準の決定については、建設省中国地方建設局長の意見を聴くものとする。

#### 第5 道路通行規制の実施

- 1 道路通行規制の実施は、別に定める道路通行規制基準に基づき、道路及びその周辺の状況並びに気象の状況等を総合的に勘察し、規制区間の所在する区域を所管する区役所の長（以下「区長」という。）が行うものとする。ただし、規制区間が2以上の区役所の所管区域にまたがって所在する場合は、関係区長が協議し、主官する区長が通行規制の実施を行うものとする。
- 2 前項の道路通行規制を実施する場合、区長は、あらかじめ当該規制区間を管轄する警察署長に協議しなければならない。ただし、協議するいない場合は、事後において、直ちに通知するものとする。
- 3 第1項の道路通行規制を実施した場合、区長は、直ちに、道路交通情報センター及び建設省中国地方とともに、消防機関、関係市町村長、日本道路交通情報センター及び建設省中国地方

建設省中国地方建設局長並びに当該規制区間に関係する広島県土木（建築）事務所長及び定期的に通行する交通機関等（以下「関係機関」という。）に通知するものとする。この場合において、広島県通工事務所長への通知は、市長管理に係る一般国道についてのみとする。

- 4 道路通行規制の実施は、バリエードの設置又は道路標識若しくは別表に掲げる道路情報板による表示その他必要な措置により行うものとし、通行規制の対象等の変更及び事実上通行に支障が生ずる規制を行う場合も同様に表示するものとする。

- 5 道路情報板の設置位置は、道路通行規制の指定区間の起終点及び主要分岐点その他必要な地点の左側路肩とする。

#### 第6 道路通行規制の解除

- 1 道路通行規制の解除は、区長が通行の安全を確認し、かつ、当該規制区間を管轄する警察署長と協議した後、速やかに行うものとする。

- 2 前項の道路通行規制を解除した場合、区長は、第5の4に規定する措置をやめ、遅滞なく道路交通局長に報告するとともに、関係機関に通知するものとする。

#### 第7 報 告

道路交通局長は、区長から道路通行規制の実施又は解除の報告を受けたときは、遅滞なく建設省道路局長（道路交通管理課）及び建設省中国地方建設局長（道路管理課）へ通知するものとする。

#### 第8 規制区間以外の区間における道路通行規制

- 1 区長は、その所管する道路のうち規制区間以外の区間についても、必要に応じて通行注意の規制を行うとともに、道路の通行に危険が急迫している場合には通行止めの規制を行うものとし、この場合における通行規制の実施及び解除並びに報告等については第5から第7までに準拠するものとする。

- 2 道路情報板へ挿入して表示する表示板は、次の内容とする。

#### (1) 規制事項

- ア 通行止め
- イ 片側通行
- ウ 徐 行
- エ チューン必要
- オ 自動車通行止め
- カ 大型車進入禁止

#### (2) 原 因

- ア がけ崩れ
- イ 落 石
- ウ 路面冠水
- エ 凍 結
- オ 積 雪
- カ 霧 露
- キ なだれ
- ク 事 故

ケ 路側欠陥  
コ 工事  
サ がけ崩れのおそれ

(3) 区間及び場所

ア 指定規制区間

イ 特定箇所の場合はその地名又は地名に付近、地内、以遠、峠、橋等を付しわたりやすくすること。この場合において、通称の使用は可能とする。

(4) 期間

ア 事前の通行規制による通行止め等には期間の提示は行わない。

イ がけ崩れ、欠陥等事案に基づく規制の場合には、復旧見込み等を提示する。

3 通行止めの場合、迂回路の通行が可能となるときは、最寄りの分岐点に設置する情報板の位置に迂回路線の略図を明示すること。

### 異常気象時等における道路通行規制基準

(昭和56年2月16日)

改正 昭和59年4月1日

昭和62年7月1日

異常気象時等における道路通行規制要領第2に基づき規制区間の指定及び第4に基づき道路通行規制の決定についての基準を次のとおり定める。

第1 規制区間の指定基準

路線の重要度、性格等を考慮し、規制区間ごとに、異常気象時等において未然に事故を防止することができるよう次の要件に適合した区間のうちから指定するものとする。

1 過去の被災状況

2 落石、雪崩、地すべり等の発生が道路の構造及びその周辺における地形、地質等から予見される区間

3 その他市長が特に必要と認める区間

第2 通行規制の決定基準

1 降雨による場合

(1) 過去の被災状況を勘案して基準の雨量を定め、別表の規制基準の雨量に達した場合を道路通行規制を実施すべき基準とする。

(2) 基準の雨量は、時間雨量とする。

2 降雨以外による場合

落石、雪崩、地すべり等の発生が予見され、通行に著しく危険があると認められる場合は、過去の被災状況、気象状況等を勘案し決定する。

### 第19節 交通輸送応急対策計画

災害により道路、橋梁、港湾施設等の交通施設に被害が発生し、若しくは発生するおそれがあり、交通の安全と施設の保全が必要になった場合、又は災害時における緊急輸送の確保のため必要があるときは、通行の禁止又は通行の制限等の交通規制を実施するものとする。

第1 道路交通応急対策《道路管理課、道路課》

1 実施責任者

災害時の交通規制は次の区分によって行うものとするが、道路管理者と警察機関は常に緊密な連絡を保ち応急措置に万全を期するものとする。

区分	実施者	種 別	根 拠 法
道 路	道路管理者	道路の破壊、欠陥その他の事由により交通が危険であると認められる場合	道路法第46条
	公安委員会	1 災害応急対策に従事する者又は災害応急対策に必要な物資の緊急輸送を確保するため必要があると認められる場合	災害対策基本法第76条
	警察署長 警察官	2 道路における危険を防止し、その他交通の安全と円滑を図るため必要があると認められる場合 3 道路の損壊、火災の発生その他の事情により道路において交通の危険が生ずるおそれがある場合	道路交通法第4条、第5条 道路交通法第6条

2 発見者等の通報等

災害時に道路、橋梁等の交通施設の被害並びに交通がきわめて混乱している状況を発見した者は、速やかに市長又は警察機関に通報するものとする。

この通報による被害が大規模な場合は道路構造物の被災等により大規模な事故が発生した場合、市（道路交通局）は、建設省中国地方建設局広島国道工事事務所に連絡するものとする。

3 応急対策

道路管理者は、被災後、速やかに災害の拡大の防止のため必要な措置を講ずるものとし、特に、危険物の流出が認められたときには、広島県警察及び広島市消防局等の関係機関と協力し、直ちに防除活動、避難誘導活動を行い、危険物による二次災害の防止に努めるものとする。

4 交通規制の措置要領

各実施責任者は、災害の発生が予想され、又は発生したときは、道路、橋梁等交通施設の巡回調査に努め、危険な状況が予想され、又は被害が発生したときは、速やかに次の要領により規制するものとする。

(1) 道路管理者

災害等により交通施設の危険な状況が予想されるとき、若しくは発見したとき、又は通報等により覚知したときは、速やかに必要な規制を実施するものとする。ただし、市長は本市以外のものが管理する道路、橋梁施設でその管理者に通知して規制するいとまがない場合は、直ちに警察機関に連絡して道路交通法に基づく規制を実施する等応急措置を行うものとする。

この場合、市長は、速やかに道路管理者に連絡して、正規の規制を行うものとする。

なお、異常気象時等における道路の通行規制・区間については、別に定める要領による。(資料3-19-2参照)

(2) 警察機関

災害等により道路、橋梁等の危険な状況が予想されるとき、若しくは発見したとき、又は通報等により覚知したとき、並びに災害が発生した場合において、災害応急対策を的確かつ円滑に行うために必要があるときは、速やかに必要な規制を行うものとする。

5 交通規制の実施

(1) 危険箇所の交通規制

ア 道路の破損、欠損その他の状況により、通行の禁止又は制限をする必要があると認められるときは、道路管理者又は警察機関は、禁止又は制限の対象・区域又は期間及び理由を明瞭に記載した道路標識等を設置するとともに、迂回道路等の案内標識を設置して一般の交通の支障のないよう措置するものとする。

イ 交通規制を行った場合は、標識等を法令に定める場所に設置するものとするが、緊急のため規定の標識等を設置することが困難なときは、適宜の方法により、通行を禁止し、又は制限したことを明示して、必要に応じ警察官等が現場において整理に当たるものとする。

ウ 交通規制を行ったときは、次の事項について報道機関等を通じて一般に周知徹底を図るものとする。

(7) 禁止又は制限の対象

(イ) 区域又は区間

(ウ) 期間及び理由

(エ) 迂回路等の状況

エ 災害対策本部等への通報  
上記各号により交通規制を行ったときは、災害対策本部長又は防災部に通報するものとする。

(2) 緊急通行のための交通規制

ア 県公安委員会は、緊急通行車両以外の車両の通行を禁止、又は制限する必要があると認めるときは、その旨の標示及び適当な迂回路を設定する等、直ちに必要措置を行うものとする。

イ 災害時において応急対策に従事する者、又は応急対策に必要な資器材の緊急輸送を実施しようとするときは、あらかじめ次の事項について県公安委員会に連絡

するものとする。

(7) 日 時

(イ) 種 別

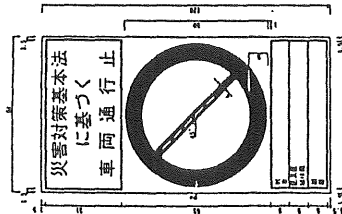
(ウ) 輸 送 量

(エ) 車両の類別

(オ) 発着地

(カ) 経 路

(キ) 理 由 等



(表示)

備考 1 色彩は、文字、緑線及び区分線を青色、斜めの帯及び枠を赤色、地を白色とする。

2 緑線及び区分線の太さは、1センチメートルとする。

3 図示の長さの単位は、センチメートルとする。

4 道路の形状又は交通の状況により特別の必要がある場合においては、図示の寸法の2倍まで拡大し、又は図示の寸法の2分の1まで縮小することができる。

(3) 緊急通行車両の確認手続等

ア 広島県公安委員会が、災害応急対策として緊急の必要があると認め、緊急通行車両以外の通行の禁止又は制限を区域又は区間を指定して行った場合、緊急通行車両とする必要があると認められるもので、各局等が保有する車両については市民局が、区が保有する車両については区本部が、その他の車両については市災害対策本部が、それぞれ次の要領により、必要な手続を行う。

(ア) 広島県又は広島県公安委員会(警察署)に緊急通行車両の証明書及び標識の交付を申請する。

(イ) 交付を受けた標識は、当該車両の運転席と反対側前面の見えやすいか所に掲示する。

イ 事前届出・確認手続(防災部で一括処理)

災害時に緊急通行が必要とされる車両を事前に広島県公安委員会(警察署)に届出ることにより、緊急通行車両の確認を迅速・円滑に行うことができる。

その手続は、次のとおりである。

(7) 対象車両

市が保有する車両、契約等により常時市の活動のために専用に使用される車両及び災害時に市が調達する車両のいずれかに該当し、災害対策基本法第50条

- 第1項に規定する災害応急対策に従事する計画がある車両
- (イ) 事前届出者  
各局・区長等（総務担当又は緊急通行に係る業務担当の責任者）
- (ウ) 事前届出先  
緊急通行車両として届け出る車両の使用の本拠の位置を管轄する警察署交通課
- (エ) 必要書類
- 当該車両を使用して行う業務内容を説明する書類（上中番、輸送協定等による場合は、協定書等の写し）
  - 緊急通行車両事前届出書
- (オ) 緊急通行車両事前届出済証の交付等  
緊急通行車両としての要件が備わっていれば、緊急通行車両事前届出済証が交付されるので、自動車検査証と一括保管しておく。  
災害発生時には、緊急通行車両事前届出済証を警察本部又は最寄りの警察署等に持参し、緊急通行車両確認証明書及び標章の交付を受ける。
- 〈標章〉



- 備考 1 色彩は、記号を黄色、緑及び「緊急」の文字を赤色、登録（車両）番号、「有効期限」、「年」、「月」及び「日」の文字を黒色、登録（車両）番号並びに年、月及び日を表示する部分を白色、地を銀色とする。
- 2 記号の部分に、表面の画像が光の反射角度に応じて変化する措置を施すものとする。
- 3 図示の長さの単位は、センチメートルとする。

証明書

第 号		年 月 日	
緊急通行車両確認証明書			
知 事 印		公安委員会 印	
番号欄に表示されている番号			
車両の用途（緊急輸送を行う車両にあっては、輸送人員又は品名）			
使用 者	住 所	( ) 局 番	
氏 名			
通 行 日 時			
通 行 経 路		出 発 地	目 的 地
備 考			

備考 用紙は、日本工業規格A5とする。

## 第23節 警備対策

震災時における、住民の生命、身体及び財産を保護し、公共の安全と秩序を維持するため、関係機関と密接な連絡、連携を図り、警備活動を実施する。

また、避難輸送、緊急物資の輸送及び消防活動等の災害応急対策が的確かつ円滑に行われるようにするため、速やかに適切な交通規制を行い、交通の混乱を未然に防止する。

さらに、道路管理者等その他の関係機関においても、障害物の除去等を行い、交通確保に努めるものとする。

### 第1 警備対策《広島県警察本部、広島海上保安部》

#### 1 広島県警察の警備対策

広島県警察は、関係機関及び自主防犯組織等と密接な連絡、連携を図り、迅速、的確かつ効果的な警備対策を推進し、被災地及びその周辺における住民の生命、身体、財産の保護、交通秩序の維持、各種犯罪の予防検挙その他公共の安全と秩序を維持して、治安に万全を期するものとする。

##### (1) 警備活動

広島県警察は、「防災関係機関の処理すべき事務又は業務の大綱」に定める活動を行うため、次の警備体制等をとるものとする。

##### ア 警備要員の参集

警察職員は、大地震が発生を知ったときは、警察本部長の定めるところにより自動的に参集し、災害警備活動に従事する。

##### イ 災害警備本部等の設置

広島県警察は、大地震が発生した場合には、警察本部に警察本部長を長とする災害警備本部を、また各警察署に署長を長とする署災害警備本部等を設置し、警備体制を確立する。

##### (2) 警備部隊の編成及び部隊運用

大地震が発生し又は発生するおそれがあるときは、警察本部長の定めるところにより警備部隊の編成を行い、迅速かつ的確な部隊の運用を行う。

### 2 広島海上保安部の治安維持対策

海上における治安を維持するため、情報の収集に努め、次に掲げる措置を講ずる。

- (1) 巡視船舶等を災害発生地域の所要の海域に配備し、犯罪の予防、取締りを行う。
- (2) 巡視船舶等により警戒区域又は重要施設周辺海域の警戒を行う。

### 第2 交通規制・交通確保対策《広島県公安委員会、道路課》

#### 1 陸上交通

##### (1) 交通規制

県公安委員会は、道路の被害及び交通状況の把握に努め、災害が発生し、又は発生に発生しようとしている場合において、応急対策を的確かつ円滑に行うために必要と認めるときは、区域又は区間を指定して、緊急通行車両（道路交通法「昭和35年法律第105号」第39条第1項の緊急自動車及び災害対策基本法施行令で定

める車両。以下同じ。）以外の車両の通行を禁止又は制限する。

#### ア 被災地及び周辺における車両の走行抑制

大地震発生直後の緊急措置として、被災地及びその周辺の主要道路について、区域又は区間を指定して緊急通行車両以外の車両の通行を禁止又は制限する。

なお、緊急通行車両であっても、人命救助及び消火活動に従事する車両の通行を優先するものとする。

#### イ 緊急交通路の確保

- (1) 被災地及びその周辺に通じる主要道路（高速度道路を含む。）については、あらかじめ緊急交通路として設定するとともに、発災後は、区域又は区間を指定して緊急通行車両以外の車両の通行を禁止又は制限し、緊急交通路を確保する。
- (2) JR等、鉄軌道車が通行不能となった場合は、バス輸送等の専用通行路（帯）を設置する。

#### ウ 県内における車両の走行の抑制

緊急交通路以外の主要道路（高速度道路を含む。）については、必要な交通規制又は指導・広報を行って、緊急通行車両以外の車両の通行を禁止又は制限し、車両の走行を極力抑制する。

#### エ 県内への車両の流入の抑制

隣接県に通じる中国縦貫自動車道、中国横断自動車道、山崎自動車道、国道2号及び国道54号等主要道路については、隣接県又は近接県の協力を得て必要な規制又は指導を行って緊急通行車両以外の車両の通行を禁止又は制限し、県内への車両の流入を極力抑制する。

上記エの交通規制を行うために、県内の主要交差点、隣接県境及び高速度道路各インターチェンジ等必要な箇所に検問所を設置する。

#### (2) 運転者にとるべき措置

県公安委員会は、災害応急対策が的確かつ円滑に行われるようにするため、緊急の必要があると認め、緊急通行車両以外の車両の通行を禁止又は制限した区域又は区間においては、運転者に次の措置をとるよう徹底した指導、広報を実施する。

#### ア 走行中の車両

- (1) 速やかに、車両を通行禁止等区間又は区域以外の場所に移動させる。移動させることが困難な場合は、できる限り車両を道路の左側端に寄せ、緊急通行車両の通行妨害とならないように駐車する。

- (2) 移動、駐車後は、カーラジオ等により地震情報、交通規制情報を聴取し、その情報や周囲の状況に応じて行動する。

- (3) 車両を置いて避難するときは、エンジンを切り、エンジンキーは付けたままとし、窓は閉め、ドアはロックしない。

#### イ 避難のための車両

緊急交通路における避難は、徒歩で行うこととし、車両は使用しない。  
(歩行困難な被災者については、最大限的救助措置をとるものとする。)

#### (3) 路上の障害物除去等

- ア 県公安委員会は、車両の通行禁止区域及び緊急交通路を設定したときは、その

旨を道路管理者に直ちに連絡するとともに、連携して通行禁止区域等における障害物の除去及び応急復旧等を優先的に実施するものとする。

イ 交通整理等に従事する警察官は、通行禁止区域等における緊急通行車両の通行を確保するため、車両その他の物件の占有・所有・管理者に対して、道路外の場所への移動等を指示・命令するものとする。

なお、その命令の相手方が現場にいないため等により、当該措置を命ずることができないときは、警察官は自ら当該措置をとることができるものとする。

また、警察官がいない場合に限り、自衛官及び消防員は、自衛隊用及び消防用緊急通行車両の円滑な通行を確保するため、同様の措置等を講ずることができるものとする。

(4) 通行禁止又は制限に関する広報

県公安委員会は、車両の通行禁止又は制限を行ったときには、直ちに居住者等に対して立看板・広報車等による現場広報を行うとともに、警察庁、中国管区警察局、各都道府県警察本部、日本道路情報センター、交通規制センター、道路管理者並びに報道機関等を通じて、交通規制状況、迂回路状況、車両の使用抑制及び運転者にとるべき措置等について徹底した広報を実施する。

(5) 関係機関との連携

ア 県公安委員会は、車両の通行禁止又は制限する場合には、道路管理者等の関係機関、整備業協会等の関係団体との間で相互に緊密な連携を保ち、適切な交通規制を行うものとする。

イ 交通規制のため車両が滞留し、その場で長時間停止することになった場合には、関係機関・団体は一致協力して、その解消に適切な対応措置を講ずるものとする。

ウ 障害物の除去等については、道路管理者、警察官、自衛官及び消防員等は、協力して必要な措置をとるものとする。

2 海上交通

(1) 交通規制

広島海上保安部は、海上交通の安全を確保するため次の措置をとる。

ア 避難勧告、入港制限等

津波による危険が予想される海域に係る港及び沿岸付近にある船舶に対しては、港外、沖合等安全な海域への避難を勧告するとともに、必要に応じて入港の制限又は港内停泊中の船舶に対する移動を命ずる等の規制を行うものとする。

イ 交通整理、指導

船舶交通のふくそうが予想される海域においては、必要に応じて船舶交通の整理、指導を行う。この場合、緊急輸送を行う船舶が円滑に航行できるよう努めるものとする。

ウ 交通の制限及び禁止

海難の発生その他の事情により、船舶交通の危険が生じ、又は生じるおそれがあるときは、必要に応じて船舶交通を制限し、又は禁止するものとする。

(2) 航路の障害物除去等

ア 港湾管理者及び連港管理者は、所管する港湾区域及び連港区域内の航路等につ



## 2.3 災害時交通規制関連法

### 1) 災害対策基本法

(昭和三十六年十一月十五日法律第二百二十三号)

#### (災害時における交通の規制等)

第七十六条 都道府県公安委員会は、当該都道府県又はこれに隣接し若しくは近接する都道府県の地域に係る災害が発生し、又はまさに発生しようとしている場合において、災害応急対策が的確かつ円滑に行われるようにするため緊急の必要があると認めるときは、政令で定めるところにより、道路の区間(災害が発生し、又はまさに発生しようとしている場所及びこれらの周辺の地域にあつては、区域又は道路の区間)を指定して、緊急通行車両(道路交通法(昭和三十五年法律第百五号)第三十九条第一項の緊急自動車その他の車両で災害応急対策の的確かつ円滑な実施のためその通行を確保することが特に必要なものとして政令で定めるものをいう。次条及び第七十六条の三において同じ。)以外の車両の道路における通行を禁止し、又は制限することができる。

2 前項の規定による通行の禁止又は制限(以下この項、次条第一項及び第二項並びに第七十六条の四において「通行禁止等」という。)が行われたときは、当該通行禁止等を行った都道府県公安委員会及び当該都道府県公安委員会と管轄区域が隣接し又は近接する都道府県公安委員会は、直ちに、それぞれの都道府県の区域内に在る者に対し、通行禁止等に係る区域又は道路の区間(次条及び第七十六条の三において「通行禁止区域等」という。)その他必要な事項を周知させる措置をとらなければならない。

### 2) 道路交通法

(昭和三十五年六月二十五日法律第百五号)

#### (公安委員会の交通規制)

第四条 都道府県公安委員会(以下「公安委員会」という。)は、道路における危険を防止し、その他交通の安全と円滑を図り、又は交通公害その他の道路の交通に起因する障害を防止するため必要があると認めるときは、政令で定めるところにより、信号機又は道路標識等を設置し、及び管理して、交通整理、歩行者又は車両等の通行の禁止その他の道路における交通の規制をすることができる。この場合において、緊急を要するため道路標識等を設置するいとまがないとき、その他道路標識等による交通の規制をすることが困難であると認めるときは、公安委員会は、その管理に属する都道府県警察の警察官の現場における指示により、道路標識等の設置及び管理による交通の規制に相当する交通の規制をすることができる。

2 前項の規定による交通の規制は、区域、道路の区間又は場所を定めて行なう。この場合において、その規制は、対象を限定し、又は適用される日若しくは時間を限定して行なうことができる。

3 公安委員会は、交通のひんぱんな交差点その他交通の危険を防止するために必要と認められる場所には、信号機を設置するようにつとめなければならない。

4 信号機の表示する信号の意味その他信号機について必要な事項は、政令で定める。

5 道路標識等の種類、様式、設置場所その他道路標識等について必要な事項は、内閣府令・国土交通省令で定める。  
(罰則 第一項後段については第百十九条第一項第一号、第百二十一条第一項第一号)

#### (警察署長等への委任)

第五条 公安委員会は、政令で定めるところにより、前条第一項に規定する歩行者又は車両等の通行の禁止その他の交通の規制のうち、適用期間の短いものを警察署長に行なわせることができる。

2 公安委員会は、信号機の設置又は管理に係る事務を政令で定める者に委任することができる。

#### (警察官等の交通規制)

第六条 警察官又は第百十四条の四第一項に規定する交通巡視員(以下「警察官等」という。)は、手信号その他の信号(以下「手信号等」という。)により交通整理を行なうことができる。この場合において、警察官等は、道路における危険を防止し、その他交通の安全と円滑を図るため特に必要があると認めるときは、信号機の表示する信号にかかわらず、これと異なる意味を表示する手信号等を行うことができる。

2 警察官は、車両等の通行が著しく停滞したことにより道路(高速自動車国道及び自動車専用道路を除く。第四項において同じ。)における交通が著しく混雑するおそれがある場合において、当該道路における交通の円滑を図るためやむを得ないと認めるときは、その現場における混雑を緩和するため必要な限度において、その現場に進行してくる車両等の通行を禁止し、若しくは制限し、その現場にある車両等の運転者に対し、当該車両等を後退させることを命じ、又は第八条第一項、第三章第一節、第三節若しくは第六節に規定する通行方法及異なる通行方法によるべきことを命ずることができる。

3 警察官は、前項の規定による措置のみによっては、その現場における混雑を緩和することができないと認めるときは、その混雑を緩和するため必要な限度において、その現場にある関係者に対し必要な指示を行うことができる。

4 警察官は、道路の損壊、火災の発生その他の事情により道路において交通の危険が生ずるおそれがある場合において、当該道路における危険を防止するため緊急の必要があると認めるときは、必要な限度において、当該道路につき、一時、歩行者又は車両等の通行を禁止し、又は制限することができる。

5 第一項の手信号等の意味は、政令で定める。

(罰則 第二項については第百二十条第一項第一号 第四項については第百十九条第一項第一号、第百二十一条第一項第一号)

(緊急自動車の通行区分等)

第三十九条 緊急自動車(消防用自動車、救急用自動車その他の政令で定める自動車で、当該緊急用務のため、政令で定めるところにより、運転中のものをいう。以下同じ。)は、第十七条第五項に規定する場合のほか、追越しをするためその他やむを得ない必要があるときは、同条第四項の規定にかかわらず、道路の右側部分にその全部又は一部をはみ出して通行することができる。

2 緊急自動車は、法令の規定により停止しなければならない場合においても、停止することを要しない。この場合においては、他の交通に注意して徐行しなければならない。

(高速自動車国道等における権限)

第百十四条の三 この法律の規定により警察署長の権限に属する事務のうち、高速自動車国道等に係るものは、公安委員会の定めるところにより、当該高速自動車国道等における交通警察に関する事務を処理する警視以上の警察官に行わせることができる。

3)道路法

(昭和二十七年六月十日法律第百八十号)

(通行の禁止又は制限)

第四十六条 道路管理者は、左の各号の一に掲げる場合においては、道路の構造を保全し、又は交通の危険を防止するため、区間を定めて、道路の通行を禁止し、又は制限することができる。

一 道路の破損、欠陥その他の事由に因り交通が危険であると認められる場合

二 道路に関する工事のためやむを得ないと認められる場合

2 道路監理員(第七十一条第四項の規定により道路管理者が命じた道路監理員をいう。)は、前項第一号に掲げる場合において、道路の構造を保全し、又は交通の危険を防止するため緊急の必要があると認めるときは、必要な限度において、一時、道路の通行を禁止し、又は制限することができる。

3 道路管理者は、水底トンネル(水底トンネルに類するトンネルで国土交通省令で定めるものを含む。以下同じ。)の構造を保全し、又は水底トンネルにおける交通の危険を防止するため、政令で定めるところにより、爆発性又は易燃性を有する物件その他の危険物を積載する車両の通行を禁止し、又は制限することができる。

## 2.4 災害時交通規制除外車両用標章の種類(阪神・淡路大震災)^{129), 130)}

### 1) 災害対策基本法に基づく標章(平成7年1月～2月24日)

種別	交付者	交付対象	交付件数
(緊)緊急輸送車両用標章	都道府県知事 都道府県公安委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>・災害応急対策に従事するものを輸送する車両</li> <li>・災害応急対策に必要な物資を輸送する車両</li> <li>・その他応急措置を実施するための輸送車両</li> </ul>	全国: 234,299 件 兵庫県: 35,556 件
(許)社会的要求に応じるための標章	警察署長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・郵便物の収集, 配達のため使用する車両</li> <li>・電報の配達のため使用する車両</li> <li>・伝染病患者収容, 伝染病予防のための使用車両</li> <li>・その他: <ul style="list-style-type: none"> <li>・新聞または新聞用紙輸送車両</li> <li>・家畜用飼料運搬車両</li> <li>・卸売市場への生鮮食料品運搬車両</li> </ul> </li> </ul>	64,566 件
(認)住民等の生活上の必要性に応じるための標章	兵庫県公安委員会	規制区間内の沿道に住居, 車両等があるなど特に止むを得ない理由があると認めた車両	1,710 件
(廃)ガレキ等の搬送車両用標章	兵庫県公安委員会と被災各地の被災対策本部	災害廃棄物等を輸送するために必要と認めた車両	2,191 件

### 2) 道路交通法に基づく標章(平成7年2月25日～8月27日)

種別	交付者	交付窓口	交付対象	交付件数
復興標章	公安委員会	関係省庁 自治体等	復興事業の委託または発注を受けている事業所等の下記の車両 ・復興物資およびガレキの運搬ならびに復興作業に従事するものの運搬に使用中の車両 ・電気, ガス, 水道の応急作業に使用中の車両 ・交通安全施設の設置, 補修に使用中の車両 【4月29日以降】 ・自治体委託以外の民間工事 ・個人でのガレキの運搬 ・生鮮食料品など一部生活物資の輸送	59,838 件
除外標章	警察署長 (兵庫県公安委員会代理)		・社会生活上特に必要と認められる者が使用中の車両: ・新聞輸送に使用中の車両 ・規制沿道に車両, 住所等のある者が使用中の車両 ・犯罪捜査, 交通の指導取締り等警察活動に使用中の車両	21,760 件

### 3. パーソントリップのとり方 ^{57), 138)}

#### 3.1 トリップの概念

##### (1) トリップの概念

この調査は、人の動き(パーソントリップ)を調査するものである。ここでいうトリップとは「人がある目的をもって、ある場所(出発地)から、ある場所(到着地)へ移動すること」と定義し、これを1トリップとします。

① トリップとは、出発地から目的地(到着地)までどのような経路をたもってもどのような交通手段を使っても、また、どれだけの時間をついやしても、その移動の目的が達成されるまで続きます。

② 移動の距離や、そのための所要時間の超短にかかわらず、目的が達成されればそのたびにトリップは終了し、また次の目的に対して次のトリップが始まります。

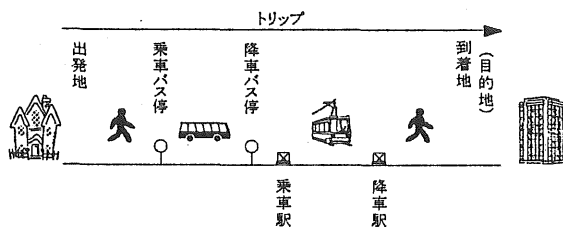


図 5-1 トリップの概念

##### (2) トリップのとらえ方

この調査の目的が「人の動き」を調査することにあることは前述のとおりですがこの「人の動き」をとらえるために、次の12項目を調査します。

- |                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| ①発地(その所在地)            | ⑨太田川放水路、猿俣川の進行状況 |
| ②出発地の施設               | ⑩自動車の運転有無        |
| ③出発時刻                 | ⑪荷物の運搬状況         |
| ④到着地(その所在地)           | ⑫駐車状況(自動車)       |
| ⑤到着地の施設               | ⑬乗車人数            |
| ⑥到着の時刻                | ⑭有料道路の利用状況       |
| ⑦到着地の行かれた目的           | ⑮駐車状況(二輪車)       |
| ⑧交通手段(種類・所要時間・乗り換え地点) |                  |

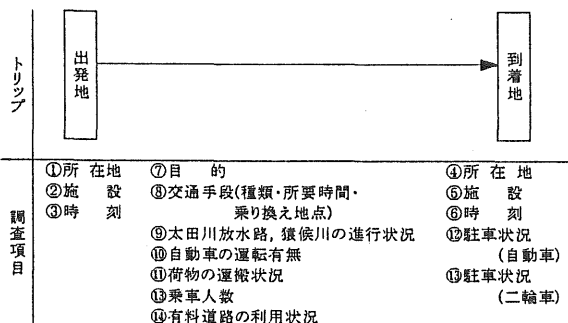


図 5-2 トリップの調査項目

次に、あるサラリーマンの1日の行動例をあげますので、トリップについての考え方ととらえ方の基本を理解してください。

##### ＜サラリーマンの1日の行動例＞

朝、自宅から会社へ出勤した。……………①ばんめ  
お昼に社外の飲食店で食事をした。……………②ばんめ  
食後に会社へ戻らずに、  
そのまま工場へ打合せに行った。……………③ばんめ  
打合せの終わった後、会社へ戻った。……………④ばんめ  
夕方、勤務を終えて、仲間と飲みに行った。…⑤ばんめ  
夜遅く、自宅へ帰った。……………⑥ばんめ

注：参考文献より再入力したもので、レイアウトと絵は、実物と異なる。

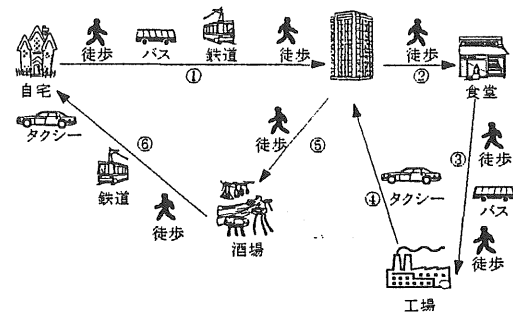


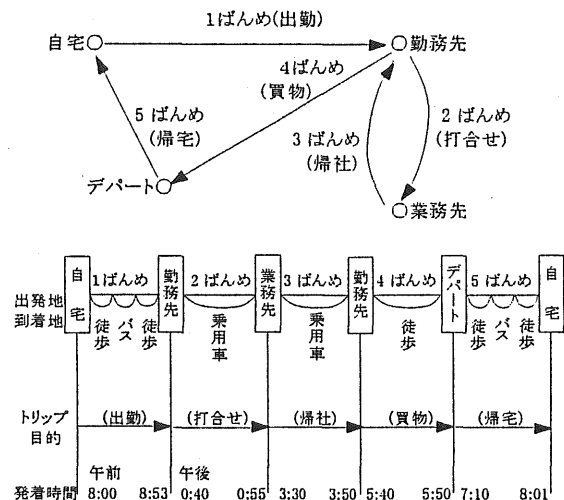
図 5-3 サラリーマンの1日の行動例

#### 3.2 トリップの事例

##### 第8章トリップの事例

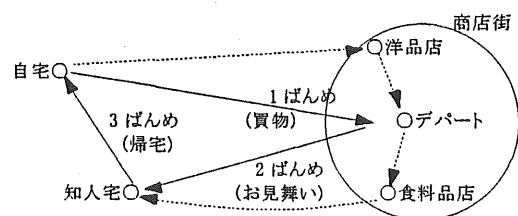
##### 1. トリップのとり方

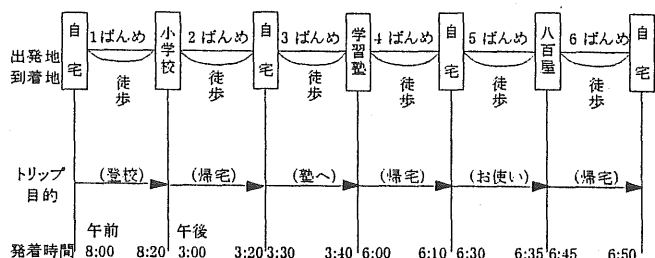
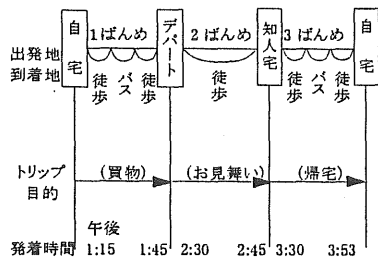
##### 【例1】サラリーマンの例



トリップの順序	出発時刻	トリップの内容と到着時刻	トリップ目的	トリップ目的の種類
1	午前 8:00	自宅から勤務先へバスと徒歩で 8:53 に着く	出勤	1. 勤務先へ
2	午後 0:40	会社の車を運転して得意先に打合せに行き 0:55 に着く	打合せ	9. 打合せ・会議・集金へ
3	午後 3:30	打合せが終わって車で勤務先に 3:50 に着く	帰宅	1. 勤務先へ
4	午後 5:40	会社が終わってから徒歩でデパートへ買物に行き 5:50 に着く	買物	4. 買物へ
5	午後 7:10	自宅へ 8:01 に着く	帰宅	3. 自宅へ

##### 【例2】主婦の例



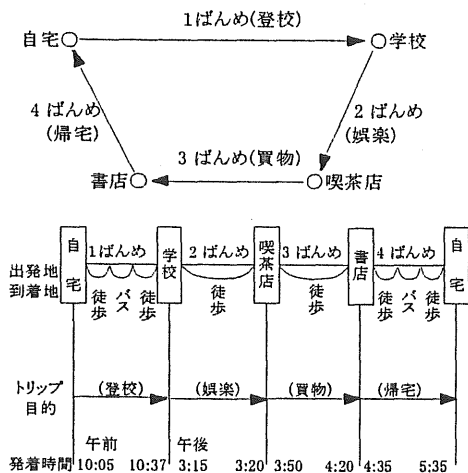


トリップの順序	出発時刻	トリップの内容と到着時刻	トリップ目的	トリップ目的の種類
1	午後 1:15	バスと徒歩で XX 商店街に買物に行き、YY デパートに 1:45 に着く	買物	4. 買物へ
2	午後 2:30	知人宅にお見舞いに行き、2:45 に着く	お見舞い	6. 社交・娯楽・レクリエーション
3	午後 3:30	バスと徒歩で自宅へ 3:53 に着く	帰宅	3. 帰宅へ

トリップの順序	出発時刻	トリップの内容と到着時刻	トリップ目的	トリップ目的の種類
1	午前 8:00	自宅を出て〇〇小学校へ徒歩で行き 8:20 に着く	登校	2. 通学先へ
2	午後 3:00	授業を終って歩いて家へ 3:20 に着く	帰宅	3. 帰宅へ
3	午後 3:30	自転車に乗って学習塾へ 3:40 に着く	塾へ	7. その他の私用へ
4	午後 6:00	塾から家へ 6:10 に着く	帰宅	3. 自宅へ
5	午後 6:30	八百屋までお使いを頼まれ歩いて行き 6:35 に着く	お使いに	4. 買物へ
6	午後 6:45	お使いを済ませ家へ 6:50 に着く	帰宅	3. 自宅へ

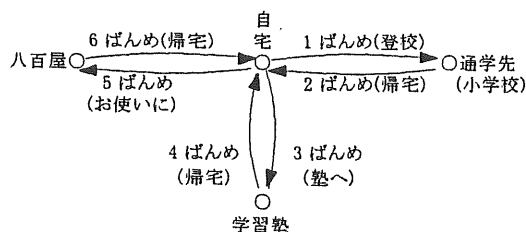
- ・日常的な買物などで買物先が XX 商店街などのように、ごく小さい範囲で何軒も立ち寄ったときは、そのうち代表的な場所、施設を到着地、出発地とします。
- ・このときごく狭い範囲とは 200m 四方程度の広がりとなります。

[例 3] 学生の例



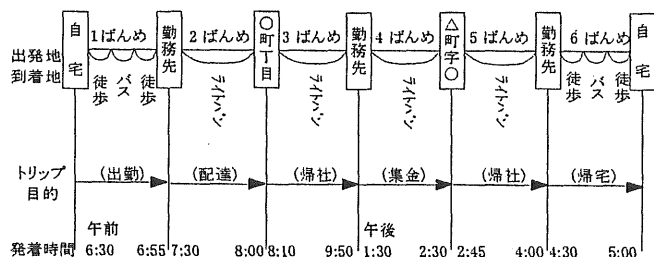
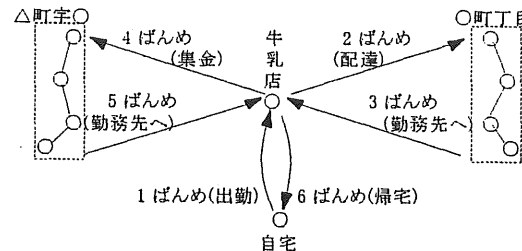
トリップの順序	出発時刻	トリップの内容と到着時刻	トリップ目的	トリップ目的の種類
1	午前 10:05	バス・徒歩で学校へ行き 10:37 に着く	登校	2. 通学先へ
2	午後 3:15	近くの喫茶店へ 3:20 に着く	娯楽	6. 社交・娯楽・レクリエーション
3	午後 3:50	徒歩で本を買いに行き、書店に 4:20 に着く	買物	4. 買物へ
4	午後 4:35	バス、徒歩で 5:35 に家へ着く	帰宅	3. 自宅へ

[例 4] 小学生の例



[例 5] 狭い範囲での配達例

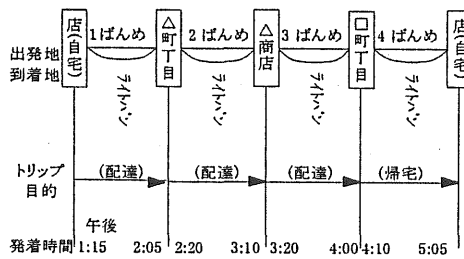
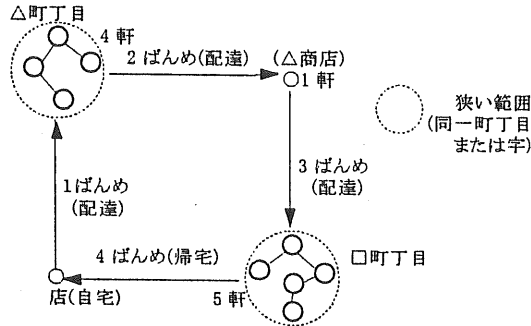
新聞、牛乳などの配達または、集金、道路の維持管理、電気、ガス、水道などの検針、集金などのように、同一目的で、狭い範囲(概ね町丁目、学単位)内で複数の場所へ立ち寄った場合は、狭い範囲内の代表地点または主要施設を到着地、出発地として往復 2 トリップとします。



トリップの順序	出発時刻	トリップの内容と到着時刻	トリップ目的	トリップ目的の種類
1	午前 6:30	バスと徒歩で牛乳店へ 6:55 に着く	出勤	1. 勤務先へ
2	午後 7:30	ライトバンに乗って〇町丁目へ配達に行く。代表的な到着地 XX 商店に 8:00 に着く	配達	8. 販売・配達・仕入・購入先へ
3	午前 8:10	XX 商店から残りの配達を回って 9:50 に牛乳店に着く	帰社	1. 勤務先へ
4	午後 1:30	ライトバンに乗って△町字〇へ集金に行く。代表的な到着地△商店に 2:30 に着く	集金	9. 打合せ・会議・集金・往診へ
5	午後 2:45	△商店から残りの集金先を回って 4:00 に牛乳店に着く	帰社	1. 勤務先へ
6	午後 4:30	バスと徒歩で自宅へ 5:00 に帰る	帰宅	3. 自宅へ

【例 6】 広い範囲での配達の場合

お得意先への配達や営業のように同一目的で、広い範囲にわたって複数の場所に立ち寄る場合は、動いた場所をせまい範囲（おおむね町丁目、学単位）ごとにまとめて狭い範囲相互間の動きを一つのトリップとします。この場合、到着地・出発地は、まとめた狭い範囲内の代表地点または主要施設とします。



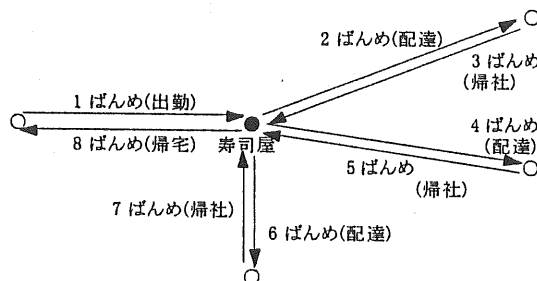
トリップの順序	出発時刻	トリップの内容と到着時刻	トリップ目的	トリップ目的の種類
1	午後 1:15	ライトバンに乗って△町丁目へ配達に行く。代表的到着地○○に2:05に着く	配達	8. 販売・配達・仕入・購入先へ
2	午後 2:20	△町丁目の配達を終えて、△商店に3:01に着く	配達	8. 販売・配達・仕入・購入先へ
3	午後 3:20	□町丁目の代表的到着地□□に4:00に着く	配達	8. 販売・配達・仕入・購入先へ
4	午後 4:10	□町丁目の配達を終えて自宅(店舗)に5:05に着く	帰宅	3. 自宅へ

・自営業などで自宅と店舗・事務所などの勤務先が併設されているような場合の自宅(または勤務先)へのトリップ目的は、その人が到着した施設によって、「3. 自宅へ」と「1. 勤務先へ」と使いわけます。

例えば、住居部分へ着いたときの目的は「3. 自宅へ」とし、店舗あるいは事務所部分へ着いたときの目的は「1. 勤務先へ」とします。

【例 7】 繰り返し往復するトリップの例

寿司屋やそば屋の配達、ダンプカーによる採石場と工事現場の往復のようなピストン輸送をするトリップは、1 回ごとにトリップとして全てのトリップをとります。

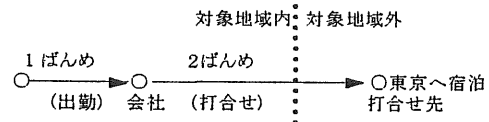


トリップの順序	出発時刻	トリップの内容と到着時刻	トリップ目的	トリップ目的の種類
1	午前 9:30	寿司屋へ 9:55 に着く	出勤	1. 勤務先へ
2	午前 11:35	出前配達に行き配達先に 11:45 に着く	配達	8. 販売・配達・仕入・購入先へ
3	午前 11:50	寿司屋に 0:00 に着く	帰宅	1. 勤務先へ
4	午後 4:55	出前配達に行き配達先に 5:05 に着く	配達	8. 販売・配達・仕入・購入先へ
5	午後 5:25	寿司屋に 5:35 に着く	帰宅	1. 勤務先へ
6	午後 5:45	出前配達に行き配達先に 5:50 に着く	配達	8. 販売・配達・仕入・購入先へ
7	午後 5:55	寿司屋に 6:00 に着く	帰宅	1. 勤務先へ
8	午後 7:05	自宅へ 7:35 に着く	帰宅	3. 自宅へ

・出前途中での立ち寄りは、狭い範囲(同じ町丁目程度)の場合は、まとめて、その町丁目または主要な立ち寄り先などをその狭い範囲の代表として、1 つの到着地、出発地とします。

【例 8】 調査地域外への出張や旅行したトリップの例

調査当日に東京など今回の調査対象地域以外の国内外の地域へ行った場合は、地域外での出発地、到着地は市町村レベルの記入でもよいこととし、対象地域外での動きは省略します。ただし、その日のうちに対象地域内に戻るトリップがある場合は、そのトリップおよびその後のトリップは記入します。



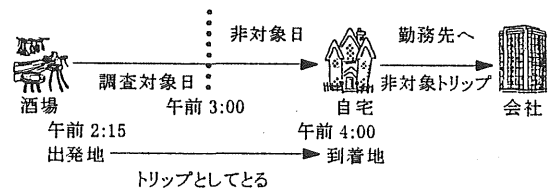
トリップの順序	出発時刻	トリップの内容と到着時刻	トリップ目的	トリップ目的の種類
1	午前 7:30	会社へ 8:50 に着く	出勤	1. 勤務先へ
2	午前 9:30	打合せのため東京へのお出張、午後 1:35 に着く	打合せ	9. 打合せ・会議・集金・往診へ

【例 9】 調査日の午前 3 時、あるいは翌日 3 時に移動中の例

出発の時刻が調査日(調査日の午前 3 時から翌日の午前 3 時まで)であれば、到着時刻が調査日翌日の午前 3 時を越えるトリップであっても正確に記入します。

ただし、出発の時刻が調査日の午前 3 時以前のトリップは到着時間が調査日内にあっても調査日のトリップとしてとりません。

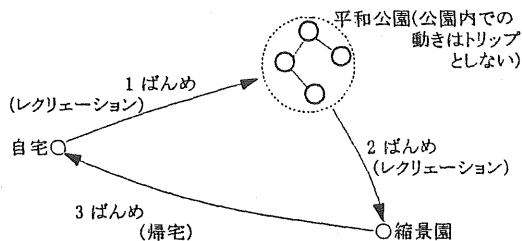
＜例＞夜中の 2 時過ぎまで飲んで、タクシーで家に着いたのが午前 4 時の場合



【例 10】 はっきりした目的地をもたない散歩、ドライブなどの例

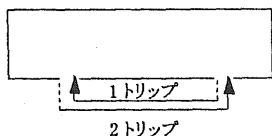
最遠点をもってその目的地と考え、往復で 2 トリップ扱いとします。

＜例＞観光、レクリエーション、レジャーなどで、到着地がばく然としている場合は、施設名または、名所、旧跡名で記入します。なお、施設内での動きはトリップとしません。



【例 11】団地内でのトリップの例

同じ棟内での移動でも、一度路上へ出るような場合は、トリップとします。同じ階段の 4 階から 2 階へといった動きはトリップとしません。

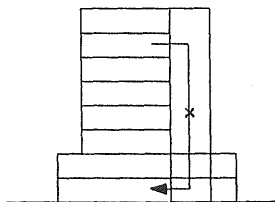


### 3.3 非トリップの事例

#### 2. 記入しないトリップ

【例 1】同一建物内での移動

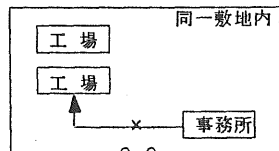
アパート、マンションなど同一建物内での移動はトリップとしません。



・同一ビル内で、他の事務所、地価食堂街などへの動きはトリップとしません。また、併用住宅(2 階以上が住宅で、1 階が事務所、商店などの複合用途をもった建物)の場合、3 階から 1 階へ買物に行くなどの移動もトリップとしません。

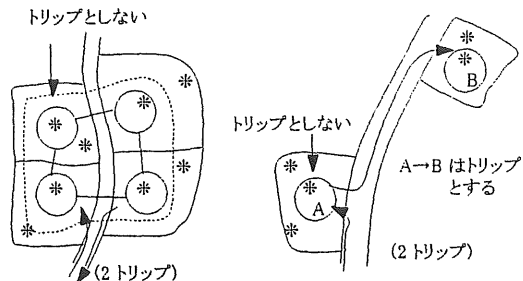
【例 2】同一敷地内での移動

工場の同一敷地にある工場から倉庫へ、倉庫から事務所へといった動きはトリップとしません。また学校構内での授業のための移動もトリップとしません。ただし、公団住宅のような場合の棟から棟への移動はトリップとします。



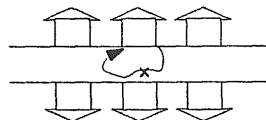
【例 3】連続している田畑、山林での作業のための移動

村部で、公道または農道を使った作業上の位置の移動はトリップとしますが、連続している田畑内での移動はトリップとしません。



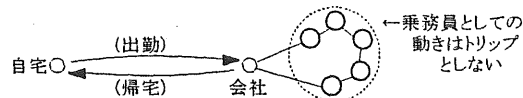
【例 4】付近の路上での遊び、清掃、見物などの移動

付近の路上での「遊び、清掃、積みおろし作業、買物(石焼きいも屋、トラックなどによる八百屋、魚屋、チリ紙交換など)、見物、緊急時の避難」などは、トリップとしません。



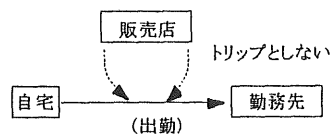
【例 5】鉄道、電車、営業自動車の乗務員としての移動

鉄道、電車、営業自動車(緑ナンバーの車)の乗務員が、乗務員として行った移動はトリップとしません。ただし、通勤、帰宅、打合せなどの乗務以外の業務での移動はトリップとします。ただし、自家用車の専属運転手の場合は、全てのトリップを記入し、送迎の場合は、同乗者の目的でなく、運転手の目的(9. 打合せ・会議・集金・往診へ)を記入します。



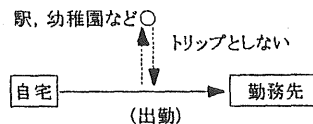
【例 6】目的地への途中で新聞、タバコなどの買物のための移動

目的地への途中で新聞、タバコ、ガムなどの買物、牛乳、清涼飲料水などの立ち飲み、鉄道利用者の駅構内での買物、ガソリンスタンドでの給油などはトリップとしません。



【例 7】目的地への途中で送迎

出勤の途中で家族を駅、幼稚園などへ送るなど、目的地への途中で送迎は、定常のルートを大幅に変えない限りトリップとはしません。ただし、乗客の送迎など、その自身が主な目的である場合はトリップとします。



【例 8】河川、湖、沼、海上だけの移動

遊覧船、漁船等で海上を周遊し同一地点にもどってくる場合はトリップとしません。ただし、島、対岸などへ上陸したときにはそこまでを 1 トリップとします。(図省略)

# 4. 災害後通行調査：平成5年(1993年)北海道南西沖地震 6, 13)

## 4.1 パーソントリップ調査票

### 災害後通行調査

拝啓 時下ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。

平成5年7月12日には、北海道南西沖地震により非常に大きな被害をされました。被害を受けられた方には心からお祈り申し上げます。

建設省土木研究所と筑波大学では、災害に強い道路づくりを目標として、道路の防災対策を勉強しております。防災対策には、過去の災害でどの様な被害が得られたかを正しい理解することが重要であり、より効果の高い防災対策を実施するためには、今回のような大きな災害時における通行特性を詳しく調査する必要があります。

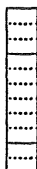
このような調査の一環として、今回の北海道南西沖地震を経験された地域における皆様の実情、時と平常時の通行特性調査を行いたく、アンケートをお願いする次第です。

大変お忙しい所を、また、突然のお願いで誠に恐縮ですが、何卒本調査の主旨をご理解いただき、アンケートにご協力いただきますように、お願い申し上げます。

なお、本件に関する不明な点や疑問点などがありましたら、下記までお問い合わせ下さい。

敬具  
1993年9月  
建設省土木研究所調査研究室 長  
川島 一彦

問い合わせ先  
建設省土木研究所調査研究室  
中島 雄 研究員  
〒305 茨城県つくば市旭1番地  
☎0298-54-2211(内線447)



世帯調査用

#### A) 世帯特性 (各世帯ごとに記入して下さい)

1. 現住所	市・町・村	丁目
2. 現居住者数	( ) 人	
3. 五歳以上居住者	( ) 人	
4. 自動車保有台数	乗用 ( ) 台 貨物 ( ) 台	5. 平均乗車員数 ( ) 人
※以下は選定した方だけ記入して下さい。		
6. 災害時避難場所	市・町・村	丁目
7. 避難場所の種類	( )	
①学校	②公共	③病院
④公園	⑤知り合いの家	⑥その他
8. 五歳以上の避難者数	( ) 人	
9. 避難時間	( ) 月 ( ) 日	①午前 ( ) 時 ( ) 分 ②午後 ( ) 時 ( ) 分
10. 避難場所への到達時間	( ) 分	
11. 避難時に利用した交通手段	( )	
①徒歩	②自転車	③乗用車
④バイク	⑤その他	( )

※調査票の2ページは見返しで、ここでは省略する。



家族1

B) 家族ごとの通行調査 (5歳以上の御家族の御一人につき一式記入して下さい。同じ様式が6式ついておりますが、5歳以上の御家族が7人以上の場合には通行回数が多い人から6人までを記入して下さい。)

(1) 個人特性調査

1. 性別 ( ) ①男 ②女	4. 職業 ( )
2. 年齢 ( ) 歳	①農・林・漁・業 ②学生 ③主婦 ④公務員
3. 年所 ( ) 円	⑤教育職 ⑥販売職 ⑦サービス ⑧事務職
5. 通勤先・通学先の住所 ( )	⑨運輸・通信職 ⑩技術・専門職
市・町・村	⑪技能・単純職 ⑫無職
丁目	⑬その他 ( )
6. 災害後、日常的な活動に戻った時期は ( ) 日後	
7. 災害によって新たに発生した通行目的 ( )	
①新たに発生した通行目的 (複数回答可)	
②新たに発生したが外出できなかった。	
③避難 ④復旧 ⑤その他 ( )	
8. 災害後、新たに発生した通行手段 ( )	
①徒歩 ②自転車 ③乗用車	
④バイク ⑤タクシー ⑥バス	
⑦鉄道 ⑧貨物車 ⑨無し	
⑩その他 ( )	
9. 災害後、新たに発生した通行手段 ( )	
①徒歩 ②自転車 ③乗用車	
④バイク ⑤タクシー ⑥バス	
⑦鉄道 ⑧貨物車 ⑨無し	
⑩その他 ( )	
10. 日常的な活動の中で災害によって使用できなかった通行手段 ( )	

(2) 災害発生から一週間の間に一日中外出しなかった日があれば記入して下さい。ここで、「外出」とは、5分以上あるいは500m以上の徒歩を含むあらゆる交通手段を利用した移動を指します。

災害発生日	外出しなかった理由	災害発生日	外出しなかった理由
当日 (7月12日、月)	( )	4 日後 (16日、金)	( )
1 日後 (13日、火)	( )	5 日後 (17日、土)	( )
2 日後 (14日、水)	( )	6 日後 (18日、日)	( )
3 日後 (15日、木)	( )	7 日後 (19日、月)	( )
①所沢市 ②林が ③高年齢 ④家事・通勤 ⑤災害による道路の不通行 ⑥災害による学校の閉鎖地の被害 ⑦災害による怪我 ⑧その他 ( )			

家族1

(3) 災害発生から一週間以内の外出について記入して下さい。ここで、「外出」とは、5分以上あるいは500m以上の徒歩を含むあらゆる交通手段を利用した移動を指します。出発・到着地の住所は詳しく記入して下さい。同業者がある場合は運転者を含めない人数を記入して下さい。そして「出発・到着時刻」の項目に対しては24時間単位、例えば午後11時30分の場合には23時30分と記入して下さい。

a) 災害発生当日 (7月12日、月)

通行番号	通行目的	通行手段	同乗者数	通行区分	出発・到着地住所		施設種類	出発時刻 (時:分)
					市・町・村	丁目		
①	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
②	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
③	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
④	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
⑤	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
⑥	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
⑦	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )

例1 例2

b) 災害発生1日後 (7月13日、火)

通行番号	通行目的	通行手段	同乗者数	通行区分	出発・到着地住所		施設種類	出発時刻 (時:分)
					市・町・村	丁目		
①	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
②	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
③	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
④	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
⑤	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
⑥	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
⑦	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )

例1 例2 例3

①通勤 ②徒歩 ③乗用車 ④バス ⑤タクシー ⑥貨物車 ⑦鉄道 ⑧その他 ( )

家族 1

c) 災害発生 2 日後 (7月14日、水)

通行番号	通行目的	通行手段	同乗者数	通行区分	出発・到着地住所		施設種類	出発時刻 (時:分)
					市・町・村	丁目		
①	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
②	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
③	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
④	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑤	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑥	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑦	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑧	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )

▼例 1 ▼例 2 ▼例 3

d) 災害発生 3 日後 (7月15日、木)

通行番号	通行目的	通行手段	同乗者数	通行区分	出発・到着地住所		施設種類	出発時刻 (時:分)
					市・町・村	丁目		
①	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
②	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
③	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
④	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑤	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑥	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑦	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑧	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )

▼例 1 ▼例 2 ▼例 3

例 1 → ①通勤 ②買い物 ③通学 ④買物 ⑤買物 ⑥買物 ⑦買物 ⑧買物 ⑨買物  
例 2 → ①徒歩 ②自転車 ③乗用車 ④バイク ⑤ダクトリオン ⑥バス ⑦鉄道 ⑧貨物車 ⑨その他 ( )  
例 3 → ①住宅 ②業務 ③公共 ④販売 ⑤レジャー ⑥運動 ⑦教育 ⑧医療 ⑨交通運輸 ⑩その他 ( )

家族 1

e) 災害発生 4 日後 (7月16日、金)

通行番号	通行目的	通行手段	同乗者数	通行区分	出発・到着地住所		施設種類	出発時刻 (時:分)
					市・町・村	丁目		
①	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
②	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
③	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
④	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑤	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑥	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑦	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑧	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )

▼例 1 ▼例 2 ▼例 3

f) 災害発生 5 日後 (7月17日、土)

通行番号	通行目的	通行手段	同乗者数	通行区分	出発・到着地住所		施設種類	出発時刻 (時:分)
					市・町・村	丁目		
①	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
②	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
③	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
④	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑤	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑥	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑦	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑧	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )

▼例 1 ▼例 2 ▼例 3

例 1 → ①通勤 ②買い物 ③通学 ④買物 ⑤買物 ⑥買物 ⑦買物 ⑧買物 ⑨買物  
例 2 → ①徒歩 ②自転車 ③乗用車 ④バイク ⑤ダクトリオン ⑥バス ⑦鉄道 ⑧貨物車 ⑨その他 ( )  
例 3 → ①住宅 ②業務 ③公共 ④販売 ⑤レジャー ⑥運動 ⑦教育 ⑧医療 ⑨交通運輸 ⑩その他 ( )

(g) 災害発生6日後(7月18日、日)

通行番号	通行手段	同乗者数	通行区分	出発・到着地住所		施設種類	出発時刻 (時・分)
				市・町村	丁目		
①	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
②	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
③	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
④	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑤	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑥	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑦	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑧	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )

h) 災害発生7日後(7月19日、月)

通行番号	通行目的	通行手段	同乗者数	通行区分	出発・到着地住所		施設種類	出来・到着時刻 (時:分)
					市・町・村	丁目		
①	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
②	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
③	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
④	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑤	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑥	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )
⑦	( )	( )	( )	出発	( )	( )	( )	( )
⑧	( )	( )	( )	到着	( )	( )	( )	( )

と、5分以上あるいは500m以上の徒歩を含むあらゆる交通手段を利用した移動を指します。

今日、外出しなかった理由 …… ( )

① 雨気 ② 休み ③ 高年 ④ 家事 ⑤ 家事による道路の不遇  
⑥ 災害による学校・勤務地の被害 ⑦ 災害による怪我  
⑧ その他 ( )

(15) 調査票がお手元に残った日に、外出した方のみ下記に記入して下さい。出発・到着地の住所は詳しく記入して下さい。同乗者がある場合は乗客をふまえない人数を記入して下さい。その「出発時刻」の項目に対しては24時間単位、例えば午後1時30分の場合には23時30分と記入して下さい。

運行番号	運行目的	運行手段	同乗率数	通行区分	出発・到着地住所		提設区画	出発時刻 (時・分)
					市・町・村	丁目		
①	( )	( )	( )	全線	( )	( )	( )	( )
②	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )
③	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )
④	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )
⑤	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )
⑥	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )
⑦	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )
⑧	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )
⑨	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )
⑩	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )
⑪	( )	( )	( )	出雲	( )	( )	( )	( )

# 4.2 車両運行特性調査票(タクシー用)

家族1

会社用

※最後にアンケートの記入上の問題について答えて下さい。

1. アンケートの質問内容に関する理解程度 ..... ( )																								
① 全部理解できた。																								
② 理解しにくい項目があった。																								
③ ④の場合にはその項目をあげて下さい。																								
( )																								
2. 災害後1週間の通行に関する記憶の程度はどのくらいですか、下の図に表示して下さい。																								
<table border="1"> <tr> <td>全然記憶がない</td> <td>半分程度記憶がある</td> <td>全部記憶がある</td> </tr> <tr> <td>10%</td> <td>20%</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>40%</td> <td>50%</td> <td>60%</td> </tr> <tr> <td>70%</td> <td>80%</td> <td>90%</td> </tr> <tr> <td>100%</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>										全然記憶がない	半分程度記憶がある	全部記憶がある	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%		
全然記憶がない	半分程度記憶がある	全部記憶がある																						
10%	20%	30%																						
40%	50%	60%																						
70%	80%	90%																						
100%																								
3. アンケートの内容に対して御意見がありましたら記入して下さい。																								
[ ]																								

どうも御協力ありがとうございました。

1. 会社の特性についてお聞きます。  
「質問5」と「質問6」は、車両の運行日誌を見て答えて下さい。

1. 車両の所在地(住所)を記入して下さい。...	( )市( )郡( )町( )
2. 会社で保有している車両の総台数を記入して下さい。	( )台
3. 2.の総保有台数の内、平均的にみて一日中一度も運行しない車両がどの程度ありますか、その台数を原因別に記入して下さい。	( )台/日
① 車両の定期整備・点検	( )台/日
② 車両の故障	( )台/日
③ 余裕車両(待機)	( )台/日
④ 運転者の欠勤	( )台/日
⑤ その他	( )台/日
4. 車両の交代時間を24時間単位で記入して下さい。特に交代時間がない場合は、営業時間を記入して下さい。	( )人
① 交代1回目	( )から( )まで
② 交代2回目	( )から( )まで
③ 交代3回目	( )から( )まで
5. 右に示す①～③の期間の総乗客数(すべての乗客数を合計したものを)を記入して下さい。	( )人
① 平成4年(昨年)7月1日～31日	( )人
② 平成5年(今年)7月1日～11日	( )人
③ 平成5年(今年)10月1日～30日	( )人
6. 右に示す①～③の期間の総走行距離(お客様の乗せて走行した距離と空車時の距離の合計)と運行した車両の総台数を記入して下さい。	( )台
① 平成4年7月1日～31日	( )km ( )台
② 平成5年7月1日～11日	( )km ( )台
③ 平成5年10月1日～30日	( )km ( )台
7. あなたの会社では、今回発生した北海道南西沖地震で、どのような被害を受けましたか。下記の①～⑤に該当するものがあれば記入して下さい。	
① 運転者が死亡した	( )人
② 会社の建物や車両などが被害を受けた	( )台
③ 会社が走行不能になるぐらいの被害を受けた	( )台
④ 車両が走行には支障がない程度の軽微な被害を受けた	( )台
⑤ その他(何か他に被害を受けたものがあれば記入して下さい)	( )台
8. 北海道南西沖地震後、平常な運行状態に戻ったのはいつ頃ですか。	
..... 平成5年7月12日(地震発生)から( )日後	

※調査票の1、2ページは1. のバーンソートリッップ用調査票と同じ。

# 4.3 車両運行特性調査票(バス用)

バス会社用

バス会社特性

1. 運輸会社特性

1. バスプール(バス基地)の所在地及び車両台数

バス基地名	所在地(市・町・村まで)	バス台数(台)	
		路線バス	路線バス以外
①			
②			
③			
④			
⑤			

2. 平均的にみて一日中運行しない車両がどの程度ありますか、その台数を原因別に記入して下さい。

区 分	路線バス(台/日)					路線バス外(台/日)
	1	2	3	4	5	
①車両の定期整備・点検						
②車両の故障						
③余裕(待機)						
④運転者の欠勤						
⑤その他						

3. 北海道南西沖地震で、受けた被害の程度及び車両の被害台数を記入して下さい。

区 分	路線バス(台/日)					路線バス外(台/日)
	1	2	3	4	5	
①被災し(運転)に支障をきたす程度)運転者(人)						
②施設の被害						
③車両の被害(走行不能、台)						
④車両の被害(経路、台)						
⑤その他						

→ ①全壊 ②半壊 ③被害無し

4. 路線ごと(路線図(路線図から終点まで主要な途中経路のわかる図)及びダイヤ(始発駅及び終点からの出発時間)を1式下さい。

注) 平成3年7月期のダイヤや路線図とは異なる場合にはその状況を教えて下さい。

※調査票の1、2ページは1. のパーソントリップ用調査票と同じ。

バス会社用

2. 地震が発生した直後(平成5年7月12日～19日)の運行状況についてお聞きします。  
地震が発生してから1週間の運行状況を、運行日誌を見て下の空欄に一日ごとに記入して下さい。

区 分	7月12日	7月13日	7月14日	7月15日	7月16日	7月17日	7月18日	7月19日
	地震当日	地震1日後	地震2日後	地震3日後	地震4日後	地震5日後	地震6日後	地震7日後
会社の営業時間が変化した場合には、変化した営業時間を24時間単位で記入して下さい。	始まり :	:	:	:	:	:	:	:
	終り :	:	:	:	:	:	:	:
総乗客数を記入してください。	人	人	人	人	人	人	人	人
運行した車両総台数を記入して下さい。	台	台	台	台	台	台	台	台
すべての車両の走行距離を合計して記入して下さい。(走行距離とは、お客さんを乗せて走行した距離と空車時の距離を合わせた距離です。)	km	km	km	km	km	km	km	km
運行状況が平常時に比べて変化した場合、その理由として考えられるものを下から選んで、番号を記入して下さい。								

→ 複数回答可(重要な理由から順に記入して下さい。)

①会社の建物や車庫などの被害 ②車両の被害 ③運転者の被災 ④道路の被害による迂回 ⑤渋滞による迂回 ⑥乗客の減少 ⑦マスコミの増加 ⑧調査者の増加 ⑨一般乗客の増加 ⑩復旧活動の支援 ⑪その他

御協力ありがとうございました。

•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•

バス会社用

## 2. 路線別走行

2-1.地震発生から1週間の間で、迂回した路線やダイヤ通りに運行できなかった路線があった場合には下記に答えて下さい。

(1)迂回した場合

区 分	路線 1	路線 2	路線 3	路線 4	路線 5
迂回路（地図）					
迂回路 期 間	～	～	～	～	～
運行時間(通常時ルートに 比較してどれだけ余分に 時間がかかりましたか)	通 常( 分) ↓ 迂回時( 分)	通 常( 分) ↓ 迂回時( 分)	通 常( 分) ↓ 迂回時( 分)	通 常( 分) ↓ 迂回時( 分)	通 常( 分) ↓ 迂回時( 分)
迂回路開設の理由					

▶ ※複数回可(但し、重要な理由から順に記入して下さい。)

①迂回(道路被害)……②迂回(渋滞)……③乗客数の減少……④乗客数の増加……⑤復旧活動の支援……⑥その他

- 4 -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

バス会社用

(2) 迂回路はどのように設定しましたか。

_____

_____

_____

_____

(3)ダイヤが影響を受けた場合

区 分	路線 1	路線 2	路線 3	路線 4	路線 5
路線及びその区間					
ダイヤを変更した期間	～	～	～	～	～
どのように変更したか					
ダイヤ変更の理由					

▶ ※複数回可(但し、重要な理由から順に記入して下さい。)

①車両関連(修理、整備等)施設の被害……②車両の被害……③被害した運転者  
④迂回(道路被害)……⑤乗客数の増加……⑥復旧活動の支援……⑦その他……

- 5 -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

バス会社用

### 3. 乗客数の変化特性

### 3-1. 平常時のある水曜日の乗車率

- ・乗車率を右記のように、AからEまでの5段階に分類して、以下の日々ごとに路按別に別紙の様式に記入して下さい。
- ・記入対象日：①平成3年7月8日(火) ②平成5年7月7日(水)
- ・乗車率は、最も遅延する時間帯と最もすいている時間帯の二つについて記入して下さい。
- ・記入の仕方については②記の記入例に従って記入して下さい。

乗車率の区分	乗車状態	乗車者数
A	空車	0名
B	シートの約1/2	( ~ )名
C	シート満席	( ~ )名
D	立っている人が1/2	( ~ )名
E	ぎっしり立っている	( ~ )名

- 時期 [ 1992 年 7 月 8 日 ]  
- 路線 [ 1 ]

バス停名		① 江差駅	② 松山海岸	③ 愛宕	④ 泊工務	⑤ 柳崎橋	⑥ 中崎	⑦ 栄浜	⑧ 沖水橋	⑨ 見市橋	⑩ 多留橋	⑪ 都病院	⑫ 玉川公園	⑬ 八幡神社	⑭ 花石	⑮ 国経駅
最も混雑する 時 (時～時)	往行		0	→		C	→	C	→	C	→	C	→	C	→	
	復行		D			C		D		C		C		C		
最もすいている 時 (時～時)	往行		B			B		C		B		B			C	
	復行		B			C		B		B		B			B	

※区割は、乗客の数の変化を見て2～4程度に分割して下さい。

- 6 -

1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5

バス会社用

### 3-2. 地震後の乗車率

- ・以下の日々こと乗車率は、「3-1」にご記入いただいた平常時の乗車率を比較してその比率(%単位)で記入して下さい。  
 ・記入対象日: ①7月13日(火) ②7月14日(水) ③7月15日(木) ④7月16日(金)  
                   ⑤7月17日(土) ⑥7月18日(日) ⑦7月19日(月) ⑧10月6日(水)  
 ・記入の仕方については下記の記入例に従って記入して下さい。

・時期 [ 1993 年 2 月 14 日 ]  
・路線 [ 1 ]

バス停名		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮					
最も混雑する 時 (9時~10時)	往行	70%		→		120%		→		130%		→		90%		→		100%		→	
	復行	80%		.....		110%		.....		105%		.....		110%		.....		125%		.....	
最もすいている 時 (14時~15時)	往行	60%		.....		50%		.....		70%		.....		40%		.....		60%		.....	
	復行	25%		.....		100%		.....		80%		.....		25%		.....		60%		.....	

※区間は、乗客の数の変化を見て2～4程度に分割して下さい。

4. 災害後1週間の運行に関する記憶はどの程度ですか、下図に表して下さい。

全然記憶がない                      半分程度記憶がある                      全部記憶がある

0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

どうも御協力ありがとうございました。

- 7 -



バス会社用

## 別紙：路線別乗車率（バス）

- 時刻 [ 19 ____ 年 ____ 月 ____ 日 ]

- 路線 [ _____ ]

バス停名		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
最も混雑する 時間 ( 時～ 時 )	往行	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	復行	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
最もすいている 時間 ( 時～ 時 )	往行	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	復行	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

※図間は、乗客の数の変化を見て2～4程度に分割して下さい。



5. 災害時通行調査：平成13年(2001年)芸予地震¹⁴⁾

1)世帯調査票

「平成13年(2001年)芸予地震」における  
『災害時通行調査』のお願い

拝啓 時下ますますご清祥のこととお慶び申し上げます。

平成13年3月24日午後には発生した芸予地震では多くの被害が発生しました。  
被害をうけられた方に、心からお見舞い申し上げます。

筑波大学では、災害に強い道路づくりを目指して、道路の防災対策に関する研究を実施しております。防災対策には、過去の災害でどのような被害が発生したかを正しく理解することが重要であり、より効果的な防災対策を実施するためには、今回のような大きな災害時における「通行特性」を詳しく調査し、分析する必要があります。

このような研究の一環として、2ヶ月前の芸予地震を経験された地域における皆様の地震発生後の通行特性を分析することを目的として、アンケートをお願いする次第です。

調査票は、世帯調査用(1枚)と個人調査用(4枚)の2種類、計5枚同封されております。世帯調査用(このクレーン色の用紙の裏)は、地震発生時、在宅であった方が、世帯主の方が記入して下さい。また、白い個人調査用は、調査票の初めに、記入していただきたい方を指定しておりますが、あてはまる方が4人以上の場合、通行回数が多い順に4人まで記入して下さい。ご回答いただいた調査票は、配布された週の金曜日までに、調査票の入っていた封筒に入れ、お子さんのクラスの先生に、ご提出いただきますよう、お願い申し上げます。

大変お忙しいところ、また、突然のお願いでまことに恐縮ですが、本調査の主旨をご理解いただき、アンケートにご協力いただきますよう、お願い申し上げます。

なお、この調査に関して不明な点や疑問点などがありましたら、下記までお問い合わせください。

敬具  
平成13年5月  
筑波大学社会学系  
教授 熊谷 良雄

【お問い合わせ先】

筑波大学社会学系 助手 堀 幸栄  
〒305-8571 茨城県つくば市天王台1-1-1  
電話: 0298-53-6044, ファックス: 0298-53-7454

※はじめに、この用紙の裏にある「世帯調査用」の質問にお答えください。

A)世帯特性

この調査票は、世帯に関する調査票です。3月24日(土)午後、地震発生時に在宅であった方か、世帯主の方が記入して下さい。

世帯調査用

1. 現住所の郵便番号と丁目 丁目 ( ) 番 ( ) 号 ( ) 丁目 ( ) 人  
2. 現在のお住まいでの居住者数 ..... ( ) 人  
3. 居住者別年齢、性別、職業、及び地震発生後(3月24日15時28分頃)からその日の通行の有無 ※ここで、「通行」とは、ある用事(通学、通勤、買い物など)を目的とし、5分以上、あるいは500m以上の徒歩をきわめらるる交通手段を利用した移動を指します。  
居住者 年齢 性別(○男) 職業 通行有無(○通) 通行理由  
番号 (歳) 男 女 [例1] 通行 非通行 [例2]  
1  
2  
3  
4  
5  
【例1】職業 ①農・漁・林業 ②小学生 ③中学生 ④高校生以上の学生 ⑤主婦  
⑥公務員 ⑦教育職 ⑧無職 ⑨その他(職を直接記入)  
【例2】非通行理由 ①病気 ②休み ③高齢者 ④家事 ⑤用事がなかった  
⑥地震により、当初の通行予定の取りやめ ⑦その他(理由を直接記入)

4. 地震発生時、在宅であった居住者として、その方々の地震発生後の行動  
【注意事項】「例4」Jでは、地震発生時、在宅していた方の居住者番号を、「例3」より、記入して下さい。  
「例4」Jでは、同じ行動をした居住者がいる場合、その代表者だけが記入し、他の方は空欄にて下さい。また、「例4」Jには、同じ行動をした居住者番号(「例3」より)も記入して下さい。

居住者番号	42.地震発生後の行動(行った順序で)【例3】				43.同じ行動であった居住者番号			
	最初	2番	3番	4番	5番	6番	7番	8番

- 【例3】地震発生後の行動 ①家の外へ飛び出した ②家の中に戻った ③動けなかった ④けがや人の救助  
⑤火災や無数の煙 ⑥ガスなど火気器具を止めた ⑦室内を点検した ⑧家の周りを点検した  
⑨近所の人と話した ⑩テレビをつけた ⑪ラジオをつけた ⑫インターネットを接続した  
⑬外出の居住者や友人・知人などに電話をかけた ⑭外出の居住者や友人・知人などからの電話に出た  
⑮外出の居住者のためへ外出 ⑯倒れた食器、ガラスや倒れた家具などの後片付けをした ⑰その他  
5. 地震発生時、ゆれを感じた時間 ①非常に短かった ②短かった ③どちらともいえない  
6. 家のゆれの程度 ①認めなかった ②わずかにゆれた ③かなりゆれた ④もっとゆれた  
⑤非常に激しくゆれた ⑥倒れんばかりにゆれた  
7. ダンス、本棚など重い家具の動きの程度 ①動かなかった ②わずかに動いた ③かなり動いた  
④多少ズリ動いた ⑤大きくズレた ⑥倒れたものもあった ⑦壊れたものもあった  
8. 食器、窓ガラス、戸、障子などの動きの程度 ①動かなかった ②動かす音が立て動いた ③激しく音を立て動いた  
④非常に激しく動き、食器、ガラスなどが割れた、戸が外れたものもあり、大きくズレ倒れたものもあった  
⑤食器、ガラスなどの破損が目立った ⑥食器のほとんどが破れた  
9. 地震による被害程度 ①全壊した ②傾がはすたり、掛け物が傾いた程度 ③わずかながら壁にヒビ割れが入った  
④壁かけ、額などが落ち、または花びん、ガラス器具が割れた ⑤被害はかたがた大きく修理の必要あり  
⑥かなりヒビ割れが入り、柱の継ぎ目の食い違いが目につく程度 ⑦わからぬ



## 6. 被災地での住民行動実態に関するアンケート 48)

### :平成7年(1995年)兵庫県南部地震

平成7年4月

#### 被災地での住民行動実態に関するアンケート

神戸大学工学部室崎研究所  
磯野村総合研究所

お 願 い

阪神・淡路大震災で最愛の家族や友人、知人を失われた皆様方にあつたためにお悔やみ申し上げます。また、被災後、脚心の傷が癒えないまま、不自由な生活を余儀なくされている関係者の皆様方にも心からお見舞い申し上げます。

今回の大震災は、近代的大都市を襲った直下型の地震であつたという点でわが国では初めての経験でした。この未曾有の災いを少しでも福にするためには、悲しみを乗り越え、この経験を次代に伝え、安心して暮らせるまちづくりに活かしていくことだと思ひます。

野村総合研究所は、神戸大学工学部の協力の下、行政当局や関連の機関・団体、そして住民の皆様が、手を携えて暮らすための、被災後の実態を記録し、中立的な調査機関として、今までの防災計画や、まちづくりの実状に照らし、住民一人ひとりの生活行動という見方から、何を改善し、充実させていかなければならぬかを明らかにすることを目的としています。

このアンケート調査は、震災に直面した住民の皆様がどのように行動されたかをとおたずねするものです。今までの防災計画や、まちづくりの実状に照らし、住民一人ひとりの生活行動という見方から、何を改善し、充実させていかなければならぬかを明らかにすることを目的としています。

住民の生活からの安全な神戸・淡路のまちづくり、さらには全国各地のまちづくりに役立てていくという趣旨に、どうかご理解をいただき、この調査にご協力いただけますよう、お願い申し上げます。

【お問い合わせ先】

野村総合研究所 新社会システム研究センター (担当:荒川・志村)

TEL 045-336-7311

〒240 横浜保土ヶ谷区神戸町134番地NR1クワン

【ご記入にあたってのお願い】

- ・アンケート票のご記入は、世帯主またはそれに代わる方へお願いします。
- ・各設問の指示に従って、該当するものの番号に○印を付けるか、回答欄に内容をご記入ください。

・発災当日(1月17日)や発災直後から現在までの間など、時期についての記載がある場合は、注意してご記入ください。

・ご記入いただいたアンケート用紙は、同封の返信用封筒に入れて、誠に恐れ入りますが、5月3日(水)までにご返送ください。なお、郵送されるなどして本アンケートの到着が遅れた場合は、期日を多少遅れても構いませんので是非お答えしてご返送くださいますようお願い申し上げます。

注)○は、分析に用いた項目である。

発災当日、あなたは主に何から情報を得ていましたか。(Oはいくつでも)

1. 自分のラジオ (氏名 )	7. 新聞 (新聞名 )
2. 周囲の人のラジオ ( )	8. コミュニティ ( )
3. 自分のテレビ (氏名 )	9. 行政の広報車 ( )
4. 周囲の人のテレビ ( )	10. 全く情報は得られなかった ( )
5. 避難所にあったラジオ	11. その他 (具体的に )
6. 避難所にあったテレビ	

Q-3 その情報は、どのような情報でしたか。あてはまるものに○印を付けてください。また、そのうち、最も役に立った情報を1つ選んで○印を付けてください。

(Oはいくつでも、Oは1つ)

1. 被害に関する情報	6. 避難勧告に関する情報
2. 地震に関する情報	7. 避難所に関する情報
3. 地震後の行動に関する情報	8. 電気・ガス・水道に関する情報
4. 交通情報	9. 電話に関する情報
5. 火災・火災警報に関する情報	10. その他 (具体的に )

Q-4 発災当日、あなたは自宅以外のどこか別の場所へ避難しましたか。

1. 避難した	2. 避難しなかった (どちらか1つにO)
---------	-----------------------

下のSQ1へお進みください。

下のSQ1へお進みください。

(Oはいくつでも)

1. どこへ避難すればよいか分からなかったから

2. 避難するタイミングを失い、避難しづらくなったから

3. 近所の人がだれも避難しなかったから

4. 自治体の避難勧告が出なかったから

5. 自分や家族の者がけがや病気で動けなかったから

6. 将に危険が迫っていたわけではないから

7. 自宅が何とか生活できる状態であったから

8. 近所の救助・救護・消火活動などに参加していたから

9. その他 (具体的に )

3ページのQO-5へお進みください。

QO-2 あなたはどのような理由で避難しましたか。(Oはいくつでも)

1. 建物が全壊または損傷がひどく、住むことができない状態であったから
2. 建物が火災になったから
3. 近所で火災が発生し、燃え移る危険性があったから
4. 電気・ガス・水道等の供給が停止し、生活が困難だから
5. 家族の中にけがや病気で動けなかったから
6. 自治体の避難勧告に従って
7. 自治会や町内会の指示に従って
8. 近所の人が避難したから
9. 近所の人が避難したから
10. 近所の人が避難したから
11. その他 (具体的に )

QO-3 あなたは何時頃避難しましたか。

(どちらか1つにO)

1. 午前	2. 午後
-------	-------

次ページへお進みください。

※SQ4 あなたはだれと一緒に避難しましたか。

1. ひとりで  
2. 家族全員  
3. 家族の一部  
4. 親戚と  
5. 知人・友人と  
6. 近所の人と  
7. 仕事関係の人と  
8. その他 (具体的に)

※SQ5 あなたはどのような交通手段で避難しましたか。

1. 徒歩  
2. 自転車  
3. バイク 原付  
4. 自家用車  
5. バス・タクシー  
6. 電車 (有軌車)  
7. 知人や親戚の迎えの車  
8. 救急車などの緊急車両  
9. その他 (具体的に)

※SQ6 あなたは何を持って避難しましたか。

1. 食料品や水  
2. 衣類や下着  
3. 財布や現金  
4. ラジオ  
5. 懐中電灯  
6. たばこ等の嗜好品  
7. 宝石や貴金属類  
8. 健康保険証  
9. 預金通帳  
10. 株券や小切手などの債券類  
11. 現金  
12. キャッシュカード  
13. 不動産の権利書などの重要書類  
14. 印鑑  
15. ペット  
16. 何も持たなかった  
17. その他 (具体的に)

※SQ7 発災当日、あなたはどこへ避難しましたか。

1. 親戚宅  
2. 友人宅  
3. 友人、知人宅  
4. 近所の公園・緑地 (具体的に)  
5. 避難所  
6. ホテル・旅館 (具体的に)  
7. 医療機関 (病院・診療所など) (具体的に)  
8. その他 (具体的に)

※SQ8 翌日 (1月18日) の朝を迎えるまでの間、その避難先であなたが困ったことは何ですか。

1. 食料品や水が不足していた  
2. トイレが不自由だった  
3. 暖房設備がなく寒かった  
4. 毛布等の寝具が不足していた  
5. 医薬品が不足していた  
6. 情報の入手が困難であった  
7. 時に困ったことはない  
8. その他 (具体的に)

※SQ9 あなたは現在までの間の避難所の利用状況についてお伺いします。

Q-5 発災直後から現在までの間に避難所にいたことがありますか。

1. ある  
2. ない

→ 次ページSQ10～SQ13へお進みください。

※SQ9 あなたが避難所に行かなかったのは、どのような理由からですか。

1. 安全が得られないから  
2. 人がたくさんいて密集するから  
3. 身内以外の他人から世話を受けるのが嫌だから  
4. 行動が制限され不自由だから  
5. 1人当たりのスペースが狭いから  
6. 同じ地域内にあるので自宅と被褥が合わらないと思ったから  
7. すぐにでも別の安全な場所まで通りの生活を続けたかったから  
8. とこが (指定) 避難所がよく分らなかったから  
9. 避難所へ行くタイミングを失い、行きつづかなかったから  
10. 近所の人がだれも避難所へ行かなかったから  
11. 自分や家族の者がけがや病気で動けなかったから  
12. どの避難所も定員を越えていたため、入ることができなかったから  
13. 自宅に近い身近な避難所がいっぱいで入ることができなかったから  
14. その他 (具体的に)

※SQ10 あなたが最初にいった方へ

※SQ11 最初にいった方へ

※SQ12 最初にいった方へ

※SQ13 あなたは現在までに最初にいった避難所を出ましたか。

1. 自宅に最も近い場所から  
2. よく知っているところだから  
3. 知人や友人が多いから  
4. ボランティアの人が多いから  
5. 医療関係の人が多いから  
6. 自分が住んでいる地域の指定避難所だから  
7. 自治体の避難勧告に従って  
8. 自治会や町内会の役員の指示に従って  
9. 近所の人が避難したから  
10. 食料品や水などの生活必需品の確保が容易だから  
11. トイレなどの衛生設備が整っているから  
12. 暖房設備が整っているから  
13. 情報を入手しやすいから  
14. 荷運面からみて自宅よりも避難所の方が安全だから  
15. その他 (具体的に)

※SQ12 最初にいった方へ

※SQ13 あなたは現在までに最初にいった避難所を出しましたか。

すでに避難所を出てしまっている場合は、どのような理由でその避難所を出たのかお答えください。

1. 出た  
2. 出ていない

→ 次ページSQ10～SQ13へお進みください。

最後にあなたご自身とご家族、ご自宅などについてお伺いします。

【あなたご自身について】

F1 あなたのお名前 (漢字かふりがなで記入)

F2 あなたの性別 (どちらか1つに○)

F3 あなたの年齢

F4 あなたの職業

【ご家族について】

F5 あなたの家族構成 (Oは1つ)

F6 65歳以上の高齢者の存在 (どちらか1つに○)

F7 5歳未満の乳幼児の存在 (どちらか1つに○)

F8 身体障害者の存在 (どちらか1つに○)

F9 地震によるけがや病気の存在 (どちらか1つに○)

【ご自宅について】

F10 震災前に住んでいたご自宅の所有者形態

F11 震災前に住んでいたご自宅の建て方

F12 震災前に住んでいたご自宅の構造

F13 震災前に住んでいたご自宅の建築年数 (Oは1つ)

【地震による影響について】

F14 ご自宅の被害 (Oは1つ)

F15 地震による被害はありませんか。 (Oはいくつでも)

F16 震災前に住んでいた地域の被害 (どちらか1つに○)

F17 震災前に住んでいたお住まいの食料の備蓄 (どちらか1つに○)

【地震後の生活の再開について】

F18 家の事項を震災後、最初におこなったのはいつ頃ですか。 (どちらか1つに○)

F19 あなたが震災後、始めて心のゆとりを感じることができたのはいつ頃ですか。

## 7. サンプル抽出率の計算プロセス

パーソントリップの交通特性を分析するためには、対象とする母集団の全数を調べる全数調査が最も望ましいが、調査に当たり時間的、経済的に大きな負担がかかるため、一般的にサンプル調査が用いられている。そこで、式(1)により抽出サンプルの適切な大きさ(サンプル抽出率)を算定する。ここでは、第3章での調査サンプルの規模の算定プロセスを示す。

$$F = \alpha/P \quad (1)$$
$$= k \times \sqrt{1/(\tilde{N}-1)} \times \sqrt{(1-\mu)/\mu} \times \sqrt{(1-P)/P}$$

ここで、 $\mu$ :抽出率( $n/\tilde{N}$ )

$F$ :調査精度(相対誤差)

$\alpha$ :サンプリング誤差(1-サンプリング信頼性)

$P$ :母集団での特性値の比率

$k$ :信頼係数

$\tilde{N}$ :調査項目ごとの母集団の大きさ

$n$ :サンプル大きさ

調査目的(分析内容)に応じて母集団の大きさは異なるので、サンプル抽出率 $\mu$ はそれぞれの調査項目に適合する母集団の大きさを考慮して決定しなければならない。各調査項目ごとの母集団の大きさ $\tilde{N}$ は、式(2)、式(3)により算定する。

$$\tilde{N} = N_{PT} / C \quad (2)$$

$$N_{PT} = N \times PT \quad (3)$$

ここで、 $\tilde{N}$ :各調査項目ごとの母集団の大きさ(通行数)

$N_{PT}$ :母集団の大きさ(通行数)

$C$ :各調査項目のカテゴリー数

$N$ :調査対象地域の5歳以上人口数(人)

$PT$ :1人当り平均トリップ数(トリップ/人・日)

ここで、カテゴリー数とは各調査項目ごとの質問に対する答え項目の数である。また、分析内容の中、自動車による通行量は、乗用車とタクシーを合わせた通行量を用いる。この理由は、通行量を発生する交通手段として他にも徒歩、自転車、バイク、バス、鉄道があるものの、本研究(第3章)での目的が主に道路の交通需要変動を分析するため交通需要変動の各種要因を究明することであり、鉄道や決まった路線を決まったスケジュールで通行するバスは除外させること、また、徒歩や自転車、バイクは道路の交通需要算定上(調査地域の北海道桧山支庁管内では)それ

程役割を持ってないと思われるからである。

式(3)で母集団  $N_{PT}$  を推定するためには、1人当たり平均通行回数  $PT$  及び5歳以上の人口数  $N$  を定めなければならない。平成2年度の国勢調査⁵²⁾によれば、 $N=54,995$ 人である。平成2年度の道路交通情勢調査⁵⁶⁾によれば、総流動量ではあるものの、松山支庁管内の1日総通行量は146,870トリップ/日である。ただし、これは本研究(第3章)の調査対象から除外した奥尻町を含む総通行量である。奥尻町を除く9町に対する通行量を再編成することは不可能ではないが、計算が大変なため、ここでは、これを松山支庁管内全体の5歳以上の人口59,356人⁵²⁾で割って求められた2.474トリップ/人・日を  $PT$  として用いることとした。以上より、式(2)、式(3)を用いた各調査項目ごとの母集団の大きさ  $\bar{N}$  を推定すると表-1のようになる。

表-1 調査項目別母集団の大きさ  $\bar{N}$

調査項目の内容	カテゴリー数(C)	母集団の大きさ( $\bar{N}$ )
a)総通行量の中、自動車による通行量	1	136,058トリップ/日
b)目的通行量の中、自動車による通行量	9	15,118トリップ/日
c)時間別通行量の中、自動車による通行量	24	5,670トリップ/日
d)地域別通行量の中、自動車による通行量	9	15,118トリップ/日
e)性別通行量の中、自動車による通行量	2	68,029トリップ/日
f)年齢別通行量の中、自動車による通行量	13	10,466トリップ/日
g)職業別通行量の中、自動車による通行量	13	10,466トリップ/日
h)所得水準別通行量の中、自動車による通行量	8	17,008トリップ/日

注) 1.各調査項目のカテゴリーの詳細な内容は、第3章の「3.2 震災後の短期交通需要の変動特性」と「3.3 交通需要変動の要因分析」の該当分析箇所を参照されたい。

2.調査項目には、地域間のOD交通量(9地域×9地域)をも考えられるが、本研究(第3章)での分布(OD)交通の分析は考慮してないため、対象外とする。

式(1)において、母集団における特性値の比率  $P$  とは、母集団にあたる松山支庁管内9町における自動車通行量の手段分担率であり、平成2年度道路情勢調査⁵⁶⁾の結果から0.493とする。サンプリング誤差  $\alpha$  は、サンプリング信頼度が90%になるように10%と設定した。また、調査精度  $F$  は母集団における特性値の比率  $P$  に対するサンプリング誤差  $\alpha$  の相対的割合(相対誤差)を表わすものであり、上記の  $\alpha$  及び  $P$  から20.3%となる。この数値は、昭和53年、63年に行なわれた東京都市圏での第2回及び第3回パーソントリップ調査の調査精度20%とほぼ同じ水準である。

信頼係数  $k$  は、正規分布からサンプルによって抽出された標本が信頼性90%(サンプル誤差10%)水準をもつように1.64とする。以上、サンプル抽出率を算出するために、上記式(1)のパラメータをまとめると表-2のようになる。また、算定された各調査項目ごとのサンプル抽出率  $\mu$  は、表-3のようになる。表-3に示すサンプル抽出

率 $\mu$ の中で、最もその値が大きい「c)時間別通行量の中、自動車による通行量」に対する抽出率 $\mu$ 、1.17%を用いて本調査を行なった。したがって、第3章の3.1 分析データの概要では、このサンプル抽出率( $\mu$ , 1.17%)を用いて説明している。

また、第4章でのサンプル抽出率の計算プロセスに関するここでの記述は省略するが、上述したプロセスと同様な考え方で算出したものである。ただし、第4章の場合、そのサンプリングの信頼度を95%とし、サンプル規模を決め、調査を行なった。

表-2 サンプル抽出率のパラメータ

母集団の大きさ $\tilde{N}$	母集団の特性値比率 $P$	サンプリング誤差 $\alpha$	調査精度 $F$	信頼係数 $k$
表-1 による	0.493	0.100	0.203	1.64

表-3 調査項目別サンプル抽出率  $\mu$

調査項目の内容	サンプル抽出率 $\mu$
a)総通行量の中、自動車による通行量	0.05%
b)目的通行量の中、自動車による通行量	0.44%
c)時間別通行量の中、自動車による通行量	1.17%
d)地域別通行量の中、自動車による通行量	0.44%
e)性別通行量の中、自動車による通行量	0.10%
f)年齢別通行量の中、自動車による通行量	0.64%
g)職業別通行量の中、自動車による通行量	0.64%
h)所得水準別通行量の中、自動車による通行量	0.39%



## 8. 交通需要の時間変動について

本研究では、交通需要の時間変動を分析するため、震災時のパーソントリップと、平常時の道路交通量を用いて比較(第4章の図4.6, 第5章の図5.3)を行なっている。ただし、ここで(各章)の比較とは、相互の時間分布、すなわち時間係数などの大きさを定量的に比較するものではなく、その分布パターン(ピーク時間形成時間帯、増減パターン)の質的な比較分析を行なうものである。

パーソントリップはトリップの開始時刻であり、道路交通量はある時間帯の断面交通量であるため、この二つを比較するのは不適切である。パーソントリップは、出発地から目的地に向かう経路上で、ようやく断面量として観測されるからである。

一方、パーソントリップの通行所要時間が短い場合は(出発時刻にもよるものの)、トリップ開始時刻の時間台と道路交通量の観測時間台は(近似的に)同じであると見直すことはできよう。例えば、トリップ開始時刻が8時5分で、その通行所要時間が50分未満の場合(8時55分到着)、経路上で観測される道路交通は8時台にカウントされ、パーソントリップと道路交通量の時間分布は同じである。しかし、トリップ開始時刻が8時35分で、その通行所要時間が50分未満の場合、トリップ開始時刻から24分が経過した時点(8時59分)では、8時台の交通量としてカウントできるが、経過時間25分以上の場合(9時以降)は、9時台の交通量としてカウントされ、パーソントリップと道路交通量の時間分布は異なる。この点に注意し以降の分析を行なう。

第4章の図4.6で用いた329トリップ/日の内、通行所要時間とトリップ開始時刻(分単位まで)が確認できる62トリップに対し、通行所要時間の時間経過ごとのトリップ時間分布を示したものが、図-1である。また、ここで用いた62トリップによる時間分布(ピーク時間15時台)は21時台、22時台の欠損値などにより、図4.6のピーク時間16時台とは異なったピーク時間を形成している。しかし、ここで分析しようとする道路交通量との比較では、大きな問題はないものと判断する。なぜなら、図-1は62トリップのトリップ開始時刻から経過時間別時間分布の変化を見るもので、その相対的な時間変化の分析ができるからである。

また、図-1で示す凡例「通行所要時間の時間経過比(%)」(以下、時間経過比)は、任意に15%間隔で一律的に用いたものである。例えば、通行所要時間50分のトリップ場合、時間経過比0%は、トリップ開始時刻から時間が経過していないことを意味する。すなわち、トリップ開始時刻で時間変動を分析した図4.6での地震当日の交通需要のグラフと同じ意味のものである。また、時間経過比15%は、トリップ開始から(通行所要時間50分の15%である)7.5分経過した時間台で、経路上での移動

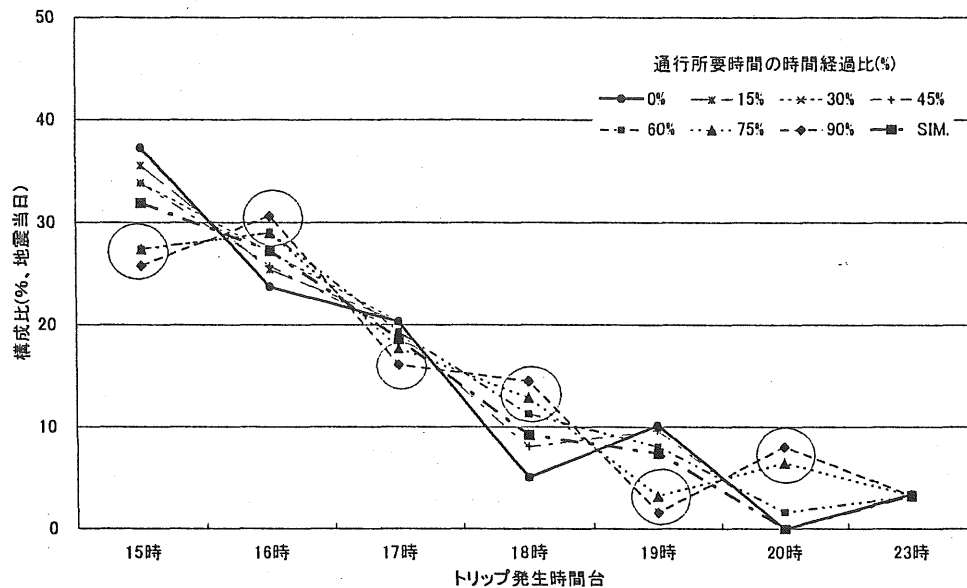


図-1 通行所要時間の時間経過の違いによる交通需要の時間分布の変化

中の交通量(調査時間帯での道路交通量)を表す。時間経過比 30%は、トリップ開始から 15 分(50 分×30%)経過した時間帯を意味するもので、時間経過比 45%～90%も同様な考え方で求めたものである。

ここで、パーソントリップのトリップ開始時刻(時間経過比 0%)による交通需要の時間分布と、(道路交通量として観測される)時間経過比 15%以上の交通需要の時間分布をみると、時間経過比 60%～90%(丸い円の部分)での時間分布に変化が見られる。とりわけ、時間経過比 50%を前後とし、時間分布の相異が認められる。時間分布の構成比の違いはあるものの、トリップ開始時刻による時間分布(時間経過比 0%)と時間経過比 15%～45%による時間分布は近似したものであると判断できる。また、時間経過比 60%～90%の時間分布は、時間経過比 0%～45%と比較すると 1 時間遅れた 16 時台にピークを形成しているが、ピーク形成後の時間分布の減少パターンは同様なものである。すなわち、時間経過比 0%～45%の交通需要を 1 時間のタイムラグで遅らせると、時間経過比 60%～90%の交通需要となることが判る。したがって、全てのトリップが通行所要時間の 50%以上を経過した場合、トリップ開始から 1 時間後に道路交通量として観測されることを意味する。

しかし、図-1 で示した各時経過比は、全トリップ(62 トリップ)に一律的に適用したもので、実際の道路交通のトリップ開始時刻からの時間経過は(一律ではなく)異なる分布であるとは間違いないだろう。そのため、図-1 で検討した分布も、厳密に道路交通量として議論するのは限界を露呈する。そのため、62 トリップの時間経過比を(他の分布も考えられるが)一様分布関数の乱数により発生(計 1,658 万回、約 27

万回/トリップ)させたシミュレーション(モンテカルロ法)にて求めたのが、図-1 の凡例「SIM.」である。シミュレーションの結果からは、時間開始比 0%の時間分布と近似しており、トリップ開始からの時間経過を考慮しても、(構成比の大きさの差はあるものの)全体の時間分布パターンには大きな影響は認められないものと判断できよう。

一方、図 4.6 の実際値から見ると、通常時の道路交通量(平常時)と、パーソントリップ(平日 PT)のピーク形成時間台は同じであり、時間係数の大きさの違いはあるものの、ピーク形成後の時間分布の減少パターンの大きな違いは認められない。そこで、図-1 での時間経過比 60%~90%の時間分布のように、パーソントリップの時間分布が 1 時間のタイムラグで生じるものであれば、図 4.6 の道路交通量(平常時)とパーソントリップ(平日 PT)のピーク時間台にも、相互 1 時間の遅れの差(タイムラグ)が確認されなければならない。とりわけ、パーソントリップと道路交通量の時間分布の違いはあると言われてはいるものの、図-1 のシミュレーションなどの結果と図 4.6 の実際値の分布結果から見ると、必ずしも時間分布に大きな違いがあるとも言い切れないことを示唆する。

また、先述したように、本研究(第 4 章、第 5 章)でのパーソントリップと道路交通量の時間分布の比較は、その時間係数との相互比較や定量的に高い精度を求めるものではなく、その時間分布パターンの傾向の類似性だけを質的に分析するため用いたものである。極端な例として、図-1 の時間経過比 60%~90%のように、パーソントリップは 1 時間の遅れで道路交通量として顕れたとしても、第 4 章の図 4.6、第 5 章の図 5.3 での分析結果(増減の分布パターン)には変わりのないものである。

したがって、本研究で用いたパーソントリップと道路交通(断面交通)の比較は、定量的な分析やその値を厳密に求めるものではない。また、上述したように必ずしもパーソントリップと道路交通量の時間分布に大きな差があるとは認められないため、本研究全体の分析精度を著しく低下させるとは断定できないものである。また、第 5 章の図 5.3 においても図-1 と同様なものであるため、その詳細は省略する。

## 9. グラフィカル分析のプロセス

本研究(第5章, 第6章)で用いたグラフィカル分析(graphical analysis)とは, 数多くの情報を1つの図にまとめ, 分析対象の特性を把握しやすくするための視覚化手法である。しかし, この分析のための数理モデルが設けられているものではなく, 既存の統計手法を組み合わせ, その結果を集約する手法として提案したものである。

複数の分析結果に関する解析(説明)を短縮し, さらに説明しようとする情報が多い場合, 必要な情報だけを分かりやすく, シンプルに伝達できる特徴がある。とりわけ, これによって, 諸変数(目的変数, 説明変数)の相対的な位置関係とその相関関係, 多重共線性問題などをイメージ的に把握可能とするとともに, 各変数間(目的変数と説明変数)の関連(影響)程度の識別が容易となる。

まず, 第5章の図5.12の作成プロセスを説明する。

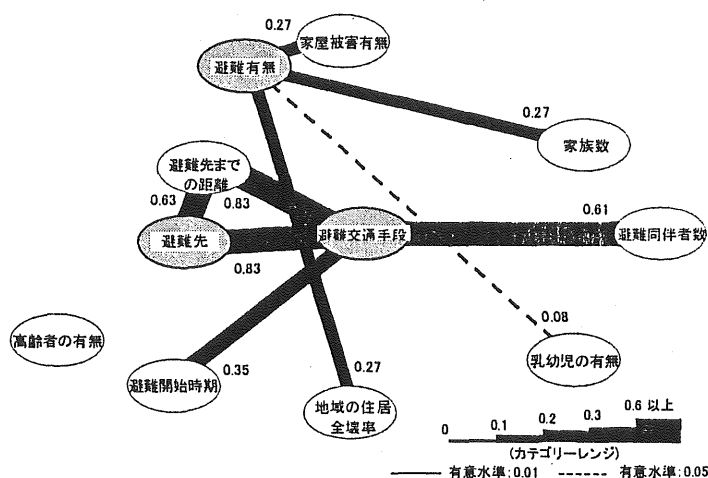


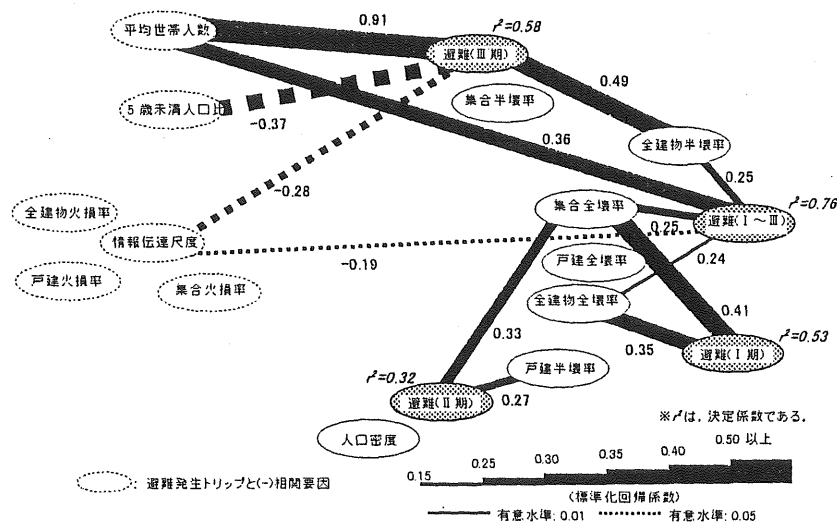
図 5.12 避難交通需要に及ぼす諸要因の関連

- ①諸変数間(目的変数, 説明変数)の相関分析を行ない, 相関係数行列( $M_r$ )を作成する。
- ②プロセス①で作成した相関係数行列( $M_r$ )を分析データとし多次元尺度分析を行ない, 諸変数の概念的な空間座標( $S_{xy}$ )を算出する。
- ③プロセス②で分析した空間座標( $S_{xy}$ )により, 諸変数をプロットする。その空間距離が近ければ近いほど, 相関関係のある変数として認識できる。また, 目的変数と説明変数を分かりやすくするため, プロット模様にな網掛けなどを行なう。一方, ここでは第6章の図6.1と異なり, 目的変数によって正負の相関が混在するため, 負の相関変数を表す工夫ができないので, 解釈に注意が必要である。

解釈に関する詳細は本文(119 頁)を参照されたい。

- ④多重分散分析を行ない, 有意水準 0.01 と 0.05 で有意なカテゴリーレンジを抽出する。
- ⑤プロセス④で分析されたカテゴリーレンジを用いて, プロセス③でプロットした各変数間(目的変数と説明変数)を線で結ぶ。また, カテゴリーレンジの値の大きさによって線の太さを決め, 各変数間の関連(影響)程度を識別できるように工夫する。カテゴリーレンジの有意水準の違いをも線の種類によって工夫する。ここで, 有意水準 0.01 は実線で, 有意水準 0.05 は破線で分けている。また, 必要に応じ, 線の太さの凡例を示すとともに, 線の近くにその値をも書く。

最後に, 第 6 章の図 6.1 の作成プロセスを説明する。



注)「集合」は集合住宅,「戸建」は戸建住宅である。

図 6.1 避難発生交通需要と諸要因との関連

- ①諸変数間(目的変数, 説明変数)の相関分析を行ない, 相関係数行列( $M_r$ )を作成する。
- ②プロセス①で作成した相関係数行列( $M_r$ )を分析データとし多次元尺度分析を行ない, 諸変数の概念的な空間座標( $S_{xy}$ )を算出する。
- ③プロセス②で分析した空間座標( $S_{xy}$ )により, 諸変数をプロットする。その空間距離が近ければ近いほど, 相関関係のある変数として認識できる。また, 目的変数と説明変数を分かりやすくするため, プロット模様にな掛けなどを行なう。さらに, 目的変数と説明変数間の相関が負の場合, プロットする模様の工夫をすると, もっと分かりやすくなる。ここでは, 破線の円形で工夫している。ただし, 第 5

章の図 5.12 のように、目的変数によって正負の相関が混在する場合には、この工夫ができないので、解釈に注意が必要である。

- ④回帰分析を行ない、有意水準 0.01 と 0.05 で有意な回帰係数を抽出する。また、回帰分析の場合、説明変数間の多重共線性の問題に注意しなければならない。最終的には、プロセス③でプロットした諸変数の位置関係からも、多重共線性の問題があるかどうかを確認できる。すなわち、説明変数間の空間的位置が、近ければ近いほど、多重共線性の問題が存在する可能性が高いものと読み取れる。例えば、図 6.1 で(目的変数に対し)負の相関を示す「情報伝達尺度」の周辺に、「全建物火損率」、「戸建火損率」、「集合火損率」が位置しているのを確認できる。
- ⑤プロセス④で分析された回帰係数を用いて、プロセス③でプロットした各変数間(目的変数と説明変数)を線で結ぶ。また、回帰係数の値の大きさによって、線の太さを決め、各変数間の関連(影響)程度を識別できるように工夫する。回帰係数の有意水準の違いをも線の種類によって工夫する。ここで、有意水準 0.01 は実線で、有意水準 0.05 は破線で分けている。また、必要に応じ、線の太さの凡例を示すとともに、線の近くにその値をも書く。さらに、その分析精度を示す決定係数( $r^2$ )を、該当する目的変数の近くには書くと、回帰分析結果の全体を示すことができる。

以上のように、各章によって、多少図の書き方は異なるが、分析結果などの状況に合わせ、表示情報を適切に検討する必要がある。しかし、共通的なプロセスとしては、

- ①諸変数の相関係数行列( $M_r$ )を作成する。
  - ②相関係数行列( $M_r$ )の多次元尺度分析を行ない、概念的な空間座標( $S_{xy}$ )を算出する。
  - ③空間座標( $S_{xy}$ )により、諸変数をプロットする。
  - ④要因分析(回帰分析、分散分析など)からの各種の有意な係数を算出する。
  - ⑤該当変数間を線でつなぐ。線の太さで係数の大きさを表す。
- の 5 つのプロセスで構成される。

## Research Summary

---

Variation Mechanisms and A Demand Model  
of Person Trips During Disasters

# Research Summary

## Variation Mechanisms and A Demand Model of Person Trips During Disasters

*By Jae-Young CHOE*

*Academic Advisor: Professor Yoshio Kumagai*

*Graduate School of Systems and Information Engineering  
University of Tsukuba  
Tsukuba, Japan*

Transportation is an outgrowth of daily life and socio-economic activities conducted in any area and is composed of flows of people, property, and information. In order to assist the smooth execution of these flows, various levels of government oversee the maintenance, improvement, and management of these activities. Moreover, all levels of government establish and carry out various policies and plans for providing safety and amenities in regional and urban areas. However, the goals of providing and achieving policies and plans in all areas (including transportation) are also altered in response to changes in environments and systems composed of individual lifestyles and socio-economic activities. Furthermore, the emphasis on physical and civil engineering projects initiated by corporatist governments and groups is gradually shifting to projects led by citizen movements with pluralistic policy networks and environmentally friendly goals.

However, disaster prevention policies and plans that address all types of disasters are facing various limitations in response to these recent shifts. Rapid rescue and fire-fighting operations designed to stem the spread of physical damage and loss of life make securing safety the main priority in the initial phase of crisis management. Consequently, the most important aims are to immediately ascertain accessible connections between isolated areas and other areas and quickly restore the status quo. For these reasons, rather than considering transportation demand management (TDM) policies that focus on maintaining socio-economic activities and individuals' daily lives, national and local governments have instead concentrated on policies that physically restrict transportation during disaster situations.

Though a situation may be under crisis management, people cannot halt their activities. In fact, not only must people maintain their activities (or transportation) and transcend the direct impact of the disaster, they must also overcome a great deal of inconvenience caused by government restrictions. Yet, recent principles of policies and plans that respond to the diverse needs of today's society are shifting. Combining and maintaining a balance between these same concepts and disaster prevention policies and plans for crisis management is extremely difficult. Furthermore, unilaterally forcing people in disaster areas to patiently endure the situation undoubtedly intensifies the many problems faced when disasters occur.



Furthermore, national and local governments aim at concretely restricting traffic flows during disasters (especially person trips that are undertaken as soon as such disasters occur) as part of their disaster prevention policies and plans. Yet, government's policies, plans, and measures regarding what intrinsically should be done to focus on smooth management of transportation (in terms of execution, maintenance, and improvement) have been unrealized to date. Greatly hindering this is the fact that not enough is known about basic information (such as the intelligence needs for policy-making) regarding certain factors and mechanisms such as responses to and changes in transportation that are necessary to individuals' daily lives and socio-economic activities under the influence of such suddenly occurring disasters.

Hence, this research focuses on making a connection between travel demand on person trips during disasters in terms of disaster prevention plan and transportation planning. Its main goal is to contribute to providing fundamental intelligent policy needs for comprehensive and flexible TDM in disaster prevention policy and plan. For this purpose, the author has analyzed characteristics and constructed a model of travel demand undertaken during the immediate aftermath of earthquakes (examples used are the 1993 Hokkaido Nansei-oki Earthquake, the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, and the Geiyo Earthquake in 2001). To this end, the author proposes the Unidimensional Travel Demand Conception (UTDC) for travel demand analysis during disasters. In addition, this research includes an empirical survey of travel demand during earthquakes and analyzes mechanisms of travel demand variation and response when person trips including evacuation are also undertaken in the aftermath of such disasters. Through this analysis, the author has also constructed a travel demand model for evacuee-trip production.

The following section lists the analytical findings of each chapter:

1. Chapters 1 and 2:

Introducing and conceptualizing the UTDC (Unidimensional Travel Demand Conception) for travel demand analysis during disasters.

In these introductory chapters, the author introduced and conceptualized the UTDC for travel demand analysis during disasters based on problems in disaster prevention policies and plans. To date, such disaster prevention policies have emphasized aspects such as recovery measures from physical damage caused by disasters. In addition, governments have not addressed policies or plans that consider variations and response characteristics of travel demand in disaster areas from an overall traffic-restriction perspective. Moreover, such traffic restrictions during disasters tend to be haphazardly separated and locally based. Those who suffer from disasters are thus unable to avoid enduring long-term limitations in every aspect of transportation in their daily lives and socio-economic activities.

However, the current state of traffic restrictions during disasters is aimed at controlling flows in organized emergency-trips such as rescue, fire-fighting, and restoration, rather than recognizing travel management needs especially in terms of person trips. Consequently, TDM policy in disasters must be comprehensively and flexibly conceived by identifying the intersection where disaster prevention plan and transportation planning coincide. In order to carry this out, we need a highly precise analysis of travel demand during disasters. To this end, three dimensions of travel demand have been incorporated within this conception: (1) real travel demand (trips which are conducted

through the usual course of people's daily lives and socio-economic activities, such as commuting, shopping, and business activities); (2) potential travel demand (non-trips and latent travel demand that occurs under certain conditions); and (3) emergency travel demand (trips for activities such as evacuation, rescue, fire-fighting, and restoration). The proposed UTDC attempts to integrate these three dimensions of travel demand into one conceptual framework. The UTDC can serve to analyze travel demand in disasters as a model as well as the traditional four-step modeling approach that is applied to analyze and forecast travel demand within transportation planning.

## 2. Chapters 3 to 5:

Characterizing diverse variation in travel demand during disasters: cyclical, restoration, peak, similarity, activity, accessibility, mobility, and information.

These chapters introduced and discussed the characteristics and mechanisms of variation (and response) in travel demand on person trips including evacuation in earthquakes. The following characteristics were clearly identified: (1) periodic variations of travel demand; (2) restoration of variations in respect to usual travel demand; (3) the nature of peaks in travel demand variation; (4) similarities in generation patterns in travel demand according to time between disaster and usual daily situations; (5) trip-makers' activities and travel demand variations; (6) trip accessibility and travel demand variation; (7) trip mobility and travel demand variation; (8) information and travel demand response; and (9) diversity in travel demand variation.

### 1) Periodic Variations of Travel Demand

Increases in response travel demand have often been seen particularly in daily and hourly person trips (including evacuation) during the immediate aftermath of a disaster. Furthermore, travel demand that occurs after these particular events demonstrates cyclical patterns such as repeating decreases and increases in travel demand variation. Although to date unilateral and uniform traffic restrictions have been put in place, accommodating these cyclical patterns requires measures such as TDM that consider the nature of cyclical variations in travel demand during disasters.

### 2) Restoration of Variations in Respect to Usual Travel Demand

For a short-term period during disasters, travel demand demonstrating cyclical variations has a characteristic of returning to the usual level of travel demand: Where travel demand increased immediately following a disaster, it demonstrates a decreasing trend to the usual level of travel demand; where travel demand decreased immediately following a disaster, it demonstrates an increasing trend to the usual level of travel demand. Therefore, in the first stage during disasters, strategies of TDM are required to restrain and delay increases in trips that tend to demonstrate decreases in travel demand during disasters. In the case where travel demand demonstrates an inclination to increase, along with dispersal of short-term travel demand, there is a demonstrated need for strategies that attempt to postpone or delay such increases. In short, strategies that consider cyclical variations in travel demand are required.

### 3) The Nature of Peaks in Travel Demand Variation

In situations where damage to roads caused by earthquakes reduces highway functions, there is a pronounced need to effectively utilize road facilities as capacity decreases when compared with usual capacity. Therefore, appropriate timing that identifies a need for TDM at the first peak period immediately following a disaster becomes important from the point of view of considering the nature of peaks in travel demand variation (including evacuee trips) during disasters. Furthermore, measures of TDM during disasters create dispersions in travel demand at peak times and create a buffer to delay the generation of travel demand. Hence, it is necessary to plan the appropriate timing of management that concentrates on the limited (but available) road facilities in order to respond to peak travel demand.

### 4) Similarities in Generation Patterns in Travel Demand According to Time Between Disaster and Usual Daily Situations

During disasters, variations in the generation timing of travel demand including evacuee trips (notwithstanding differences in the scope of damage, the timing of the occurrence of the disaster, and the stricken area) along with short-term travel demand, closely resemble the usual distribution patterns of daily volume within urban areas that form at peak hours. The usual transportation system, users' dependence on it, and lifestyle patterns are reflected in variations of travel demand during disasters. Therefore, it is necessary to examine the nature of this time distribution at usual periods when assessing appropriate strategies of TDM during disasters.

### 5) Trip-Makers' Activities and Travel Demand Variations

Characteristics of variations in and responses to travel demand during disasters demonstrate discrepancies in terms of the activities of those who undertake such trips, namely, trip-makers. In the case of short-term travel demand, as time progresses, it has been found that there is a trend towards decreases in travel demand among those people who have demonstrated a relatively high level of activity. Furthermore, responses of travel demand immediately following a disaster tend to easily occur within these same strata of people. In addition, the situation of trip-makers immediately following the disaster becomes less stable owing to increased entropy concerning their response decisions as shown by high levels of activity. Therefore they demonstrate trends towards activating responses to travel demand. These characteristics are important pieces of information in considering measures of TDM (such as restraint, delay, and decentralization of travel demand generation) during disasters.

### 6) Trip Accessibility and Travel Demand Variation

Certain factors such as trip distance, travel time, and the extent of damage to roads affect trip accessibility in regions including the disaster area. This research confirmed that accessibility accounts for differences in the characteristics of fluctuating patterns found in variations and responses of travel demand during disasters. Trends were also observed in that short-term travel demand increases as time passes when trip accessibility in regions is at its lowest level, and it appears that variations and

responses of travel demand on the same day immediately following the disaster also easily occur. Therefore, maintaining and improving trip accessibility in such regions immediately following a disaster play an important role in stabilizing travel demand variations and responses and work to control the entropy of trip generation in such variations and responses.

#### 7) Trip Mobility and Travel Demand Variation

During disasters, trends were also observed that relate to variations and responses of travel demand to trip mobility. Trips with relatively low-mobility means of transportation such as walking or public transportation tend to easily respond to travel demand immediately following disasters and increase short-term travel demand during disasters. Furthermore, these trips appear as conversion travel demand that consists of relatively high-mobility means such as passenger cars being the main alternative means of transportation as a reflection of usual usage patterns, the degree of damage to roads and railroads, and the damage-affected situation within disaster areas. Therefore, this supports the need for the establishment of clear measures of TDM that reflect a difference of mobility among transportation means.

#### 8) Information and Travel Demand Response

The acquisition of information for trips immediately following disasters is one of the main factors that influences response to travel demand, especially changes in routes. Moreover, trip-makers use publicly provided objective information sources such as TV, radio, broadcast bulletins, and signboards in order to acquire reliable information rather than obtain information personally by telephone such as cellular phone. Therefore, it is necessary to consider the contents of information and the time it was provided or accessed in order to assess measures of TDM (such as dispersion or prevention of over-concentration traffic volume in network) during disasters.

#### 9) Diversity in Travel Demand Variation

The influences of a disaster on variations of travel demand have their own trip characteristics such as trip timing, trip purpose, means of transportation, trip-makers' activities, trip accessibility, and trip mobility; such influences are reflected in the diversity of travel demand variation. Therefore, differences in travel demand variations appear according to responses and cyclical variations of travel demand during disasters. Consequently, TDM during disasters must be ready to create detailed measures that respond to many aspects and consider variations in travel demand as demonstrated by trip characteristics.

### 3. Chapter 6:

Proving the limitations of functional models and the effectiveness of the Fuzzy Neural Network (FNN) model for travel demand on evacuee-trip production.

This final chapter discussed the limitations of existing functional models and modeling conceptions and provided empirical evidence of the effectiveness of the

proposed Fuzzy Neural Network (FNN) model for travel demand with regard to evacuee-trip production.

At present, disaster prevention plan and transportation planning have stopped short of analyzing travel demand theory and examining estimation models for travel demand in terms of evacuee trips. For example, when estimating travel demand with regard to evacuee trips, demand has been calculated by uniformly utilizing the degree of damage to residential buildings or the size of daytime and evening populations in planning areas.

The within research confirmed that the dispersion of travel demand with regard to evacuee trips varies widely with regard to certain factors (including the rate of damage of buildings within affected areas). Therefore it demonstrates the difficulty of approximate estimation of distribution between demand and factors and revealed limitations in existing functional models.

Though recursive-modeling, the FNN model demonstrated extremely high confidence levels of nine-times precision in comparison with functional models.