第III部

流動量分析理論の都市分析への適用

～　主として都市内交通量を対象としたモデル分析　～

第7章　都心の交通集中構造の解析

7.1　はじめに

本章では本論文の第I部と第II部で体系立てた領域内流動量モデルを現実の都市交通量データに適用し，都心の交通量集中の構造を記述するモデルを作り，現実の交通量データを用いてその構造を分析することを目的とする．

ところで[交通工学研究会,1984]などによれば，都市交通を記述するモデルは数理的な手法を用いた理論モデルと，OD調査やPT調査などを基にしたシミュレーションモデルとに大別できる．それぞれの方針でなされた研究を概観すると，前者は一般的に交通現象の因果関係を考慮しないか，考慮してもミクロな交通流の分析にとどまることが多く，後者については調査・分析に要するコストが比較的大きくなりがちであるなどの問題があるように思える．

本分析ではいくつかの強い仮定の下で設計した前章までの都市モデルを適用し，精度の高い交通量推定を行うというよりはむしろパラメータを極力減らしたモデルを構築し，これを用いて都心部の自動車交通構造を分析するという方針を取ることにしよう．

具体的には都市内流動量がおおよそ**都心に関係する交通流パターン**と**それ以外の交通流パターン**の2つの要素から成ると仮定し，実際の交通量データから推定される2つの流動パターンの構成比を集中の度合いを示す指標として定義する．本研究では第7.3節で名古屋都市圏の自動車交通量分布データに対してこのモデルを適用し集中比の考察を行う．

ところでこの分析は[腰塚,1992]でなされた土浦駅前の1次元的な街路空間における歩行者流動量推定にその基本的な着想を得ている．

結論からいうと本論文で2次元平面に拡張して行った分析結果は，[腰塚,1992]の分析で得られたものに比べ信頼性が低かった．この点については本章の最後に考察する．

7.2　都市交通モデルの設計

いま半径Rの円盤状の都市領域Dを仮定する．円の中心からhだけ離れた地点の流動量$F(h)$について，図7.1のように都心に関わる流動パターンとそれ以外の流動パターンとに分けてモデルを設計する．

つまり円領域の中心を交通の起終点が特別に集約されていると考えられる"都心"と定義し，この都心と他の地点を結ぶ交通すなわち通勤(帰宅)交通と考え，その他の交通がおおむね一様に発生・集中すると仮定するわけである．

以下それぞれの交通パターンについて領域内の任意の地点を通過する流動量をそれぞれ定式化していこう．

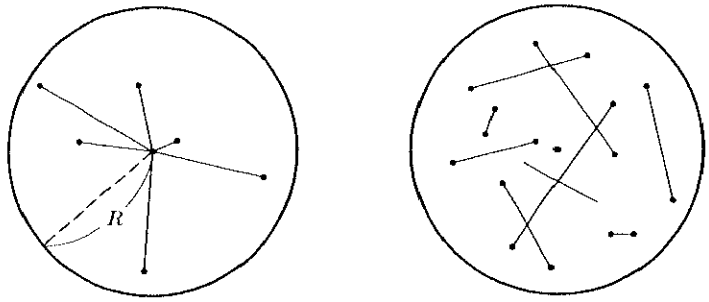

図 7.1: 2 通りの交通パターン

7.2.1　都心に関わる移動

まず都心に関わる交通 (通勤交通) について考える．前述のように円領域の中心にある "都心" に一方の端点があり，もう一方の端点 ("都心" に対して "住宅" に相当する点) の密度が，図 7.2 のように中心からの距離 h に対して線形に増加する分布を仮定する．

モデルの対称性から住宅密度 ρ はつぎのように書ける．

$$\rho(h) = Ch. \quad (C \geq 0) \tag{7.2.1}$$

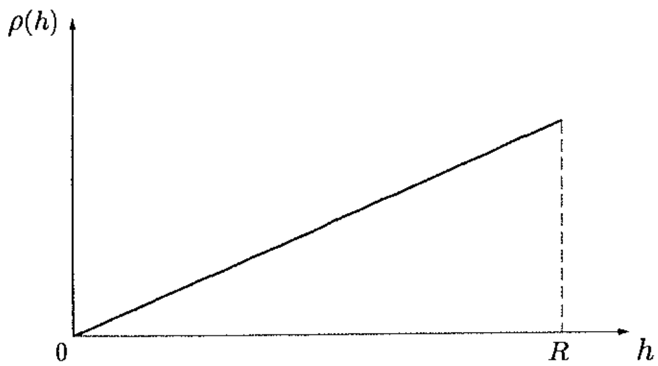

図 7.2: 都心に関わる交通の起終点密度分布

よって領域の中心から h $(0 \leq h \leq R)$ だけ離れた地点を通過する都心に関わる交通の流動量 $f_{都心}$ は図 7.2 より，

$$\begin{aligned} f_{都心} &= \frac{2\left(\frac{2}{3}C\pi R^3 - \frac{2}{3}C\pi h^3\right)}{2\pi h} \\ &= \frac{2C}{3h}(R^3 - h^3) \end{aligned} \tag{7.2.2}$$

と定式化できる．

離心率 $k = h/R$ と流動量 $f_{都心}$ の関係を図 7.3 に示す.

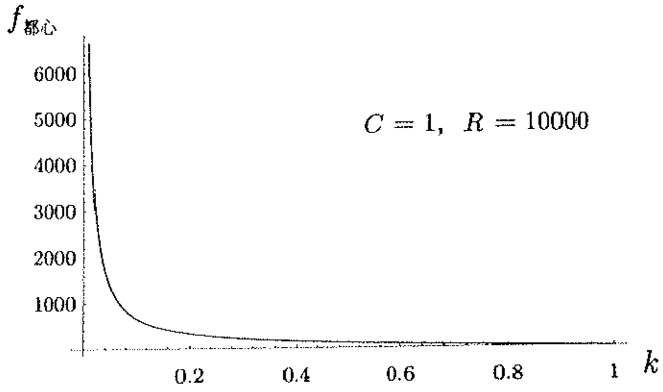

図 7.3: 中心からの離心率と流動量 $f_{都心}$ の関係

7.2.2 領域内で一様に発生・集中する移動

都心とは関係なく領域内で一様に発生・集中する交通のモデルは，第 6.2 節で導いた冪級数展開を用いて近似した流動量分布式 (6.2.5) を用いることにする.

すると，領域内で一様に発生・集中する流動を $f_{一様}$ は，

$$f_{一様} = 4\pi R(R^2 - h^2)\left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{h^2}{R^2}\right) \tag{7.2.3}$$

のように定めることができる.

離心率 $k = h/R$ と流動量 $f_{一様}$ の関係は図 7.4 に示す.

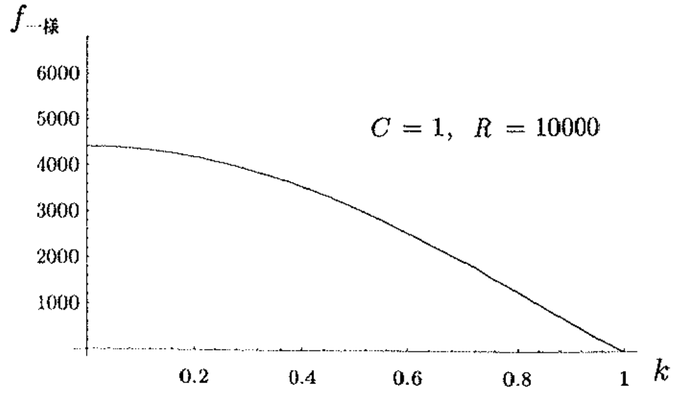

図 7.4: 中心からの離心率と流動量 $f_{一様}$ の関係

7.2.3　合成した流動量分布

ここまでに示した都心に関わる流動パターンと一様な流動パターンを合成して交通量モデルを設計するにあたってつぎの点に注意する必要がある．

ここでいう“流動量”とは第2.2節で定義したように，ある地点を通過する移動経路(線分)の量に他ならない．つまり地点流動量を領域のあらゆる地点について足しあげたものが総移動起終点ペアの量になるように基準化(無次元化)しておかないと2つのパターンを合成することが出来ない．

都心に関わる流動パターンにおける起終点ペアの総量は，やはり図7.2より，

$$2\left(\frac{2}{3}\pi R^2\right) C\,R \;=\; \frac{4}{3}\pi C\,R^3 \tag{7.2.4}$$

一様な流動パターンの起終点の総量は，モデルの仮定から領域の面積の2乗になるので，

$$\left(\pi\,R^2\right)^2 \;=\; \pi^2\,R^4 \tag{7.2.5}$$

そこで式(7.2.2)，式(7.2.3)で示した2通りの流動パターン$f_{都心}, f_{一様}$を，式(7.2.4)，式(7.2.5)で計算したそれぞれの起終点の総量で除して改めて以下のように定義し直す．

$$\begin{aligned} f_{都心} &= \frac{\frac{2C}{3h}(R^3 - h^3)}{\frac{4}{3}\pi C\,R^3} \\ &= \frac{1}{2\pi h}\left(1 - \frac{h^3}{R^3}\right), \end{aligned} \tag{7.2.6}$$

$$\begin{aligned} f_{一様} &= \frac{4\pi R\left(R^2 - h^2\right)\left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{h^2}{R^2}\right)}{\pi^2\,R^4} \\ &= \frac{4}{\pi R}\cdot\left(1 - \frac{h^2}{4R^2}\right)\cdot\left(1 - \frac{h^2}{R^2}\right). \end{aligned} \tag{7.2.7}$$

ここで，都心に関連した地点流動量$f_{都心}$と領域内で一様な流動量$f_{一様}$を合成した流動量$F(h)$をつぎのように定義する．

$$F(h) = \alpha f_{都心} + \beta f_{一様} \tag{7.2.8}$$

式(7.2.7)を代入して変形すると，つぎのように書き直すことができる．

$$F(h) = \frac{\beta}{\pi R^5}h^4 - \left(\frac{\alpha}{2\pi R^3} + \frac{5\beta}{\pi R^3}\right)h^2 + \frac{\alpha}{2\pi}h^{-1} + \frac{4\beta}{\pi R}. \tag{7.2.9}$$

現実の観測データから式 (7.2.9) の係数を推定できれば，α, β さらに R も推定することができる．以下，実際に名古屋都市圏の交通量調査データを用いて都心交通構造の分析を試みる．

7.3 名古屋都市圏交通量分析

名古屋都市圏における平成 2 年と平成 6 年の交通量調査データ ([建設省道路局, 他,1995]) に対して，前節で作った流動量分布のモデルを用いて重回帰分析をおこなう．

調査はともに 9 月下旬から 10 月上旬の間の平日に行われたもので，両時点で同一の調査地点のうち 174 地点において観測された 12 時間自動車類交通量 (午前 7 時から午後 7 時) を抽出した．ただし国道 23 号線については湾岸部の通過交通に特化する傾向が顕著にみられたので対象データから除外してある．

中心からの距離については，各調査地点と名古屋市役所 (都心代表点) の直線距離を地図上で計測した．(図 7.5 はおよそ半径 10km の範囲である．詳しい調査地点は [建設省道路局, 他,1995] を参照のこと．)

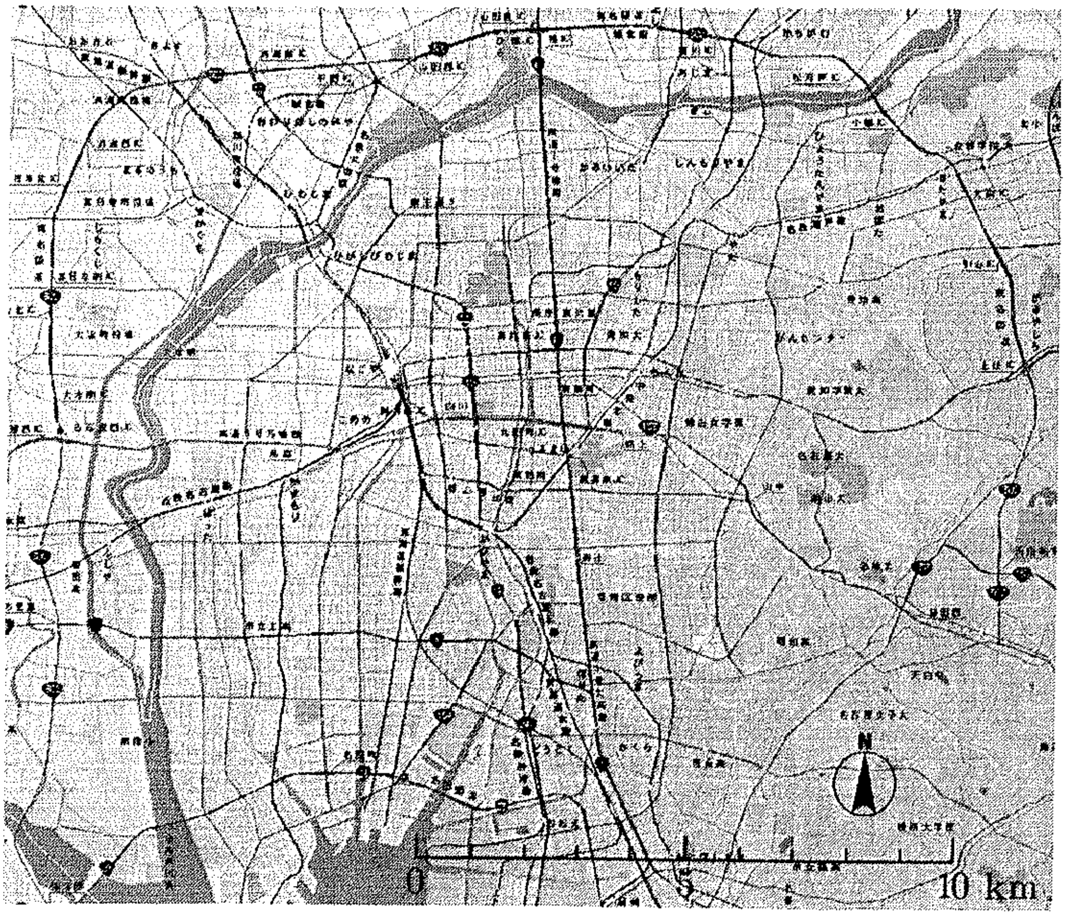

図 7.5: 名古屋都心部

7.3.1　合成流動量モデルのパラメータ推定

分析の結果得られた係数 α, β, R と $\gamma = \alpha/\beta$，および決定係数を表 7.1 にまとめる．また，それぞれの年度で回帰式と実際の自動車交通量を比較したものを図 7.6，図 7.7 に示す．

表 7.1: 名古屋都市圏交通量データによる計算結果

調査年	R(領域半径)	α	β	γ	決定係数
平成 2 年	$16,798m$	8.0×10^6	6.9×10^7	0.12	0.26
平成 6 年	$17,472m$	6.4×10^6	7.4×10^7	0.09	0.24

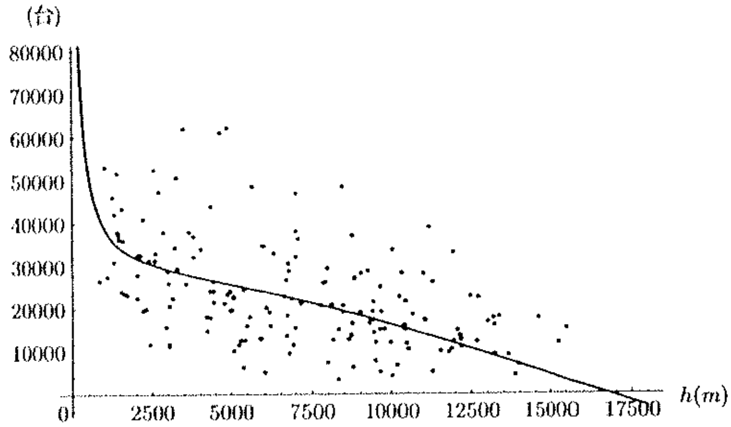

図 7.6: 回帰式と交通量データ　(平成 2 年)

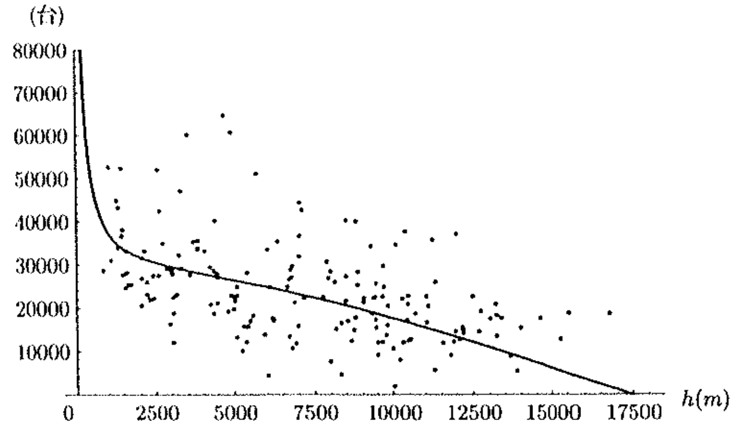

図 7.7: 回帰式と交通量データ　(平成 6 年)

α と β の比率 $\gamma = \alpha/\beta$ が意味するところを考えてみると，もし交通量がここまでのモデルで仮定したように中心に関わるものとそうでないものに分けられるならば，都市内交通における交通流動集中の度合いと解釈することができよう．

ただし推定されたパラメータについて考察を行う上で，$f_{都心}$ と $f_{一様}$ はいずれも都心で最大と

なるような分布の関数であるため，先ほどの回帰分析の結果は多重共線性の影響を受けている可能性があることに注意する必要がある．仮にそうでないとしても両年度とも決定係数は0.25前後であるから，いずれにしてもこの推定結果から多くを述べるのは危険である．

そこで，この後に続く分析はひとまず回帰分析の結果を尊重することにして，あくまで都心交通量の分析手法の提案として述べることにしたい．

7.3.2 流動パターン構成比率についての考察

それぞれの回帰式は平成2年と平成6年の名古屋都市圏の自動車交通量分布を端的に説明するものだと考えられる．また前出の回帰分析で求められた係数を用いて2つの流動パターンごとの分布を知ることもできる．図7.8，図7.9に交通パターンごとの分布を示す．

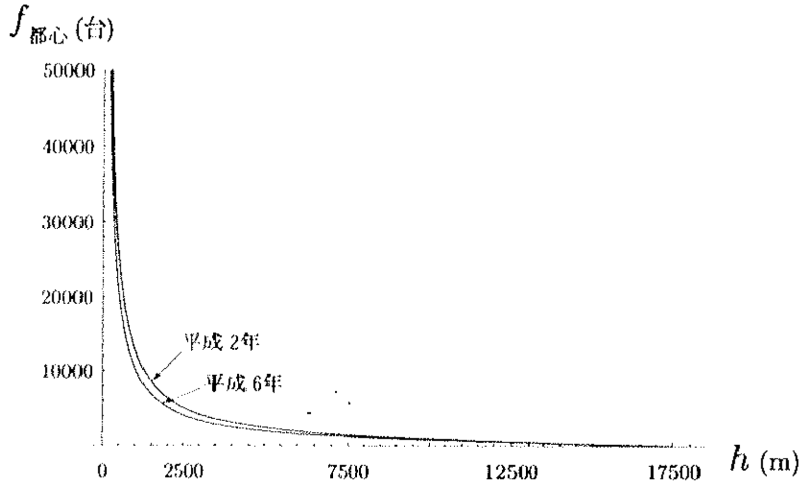

図7.8: 都心に関連する交通量(平成2年，平成6年)

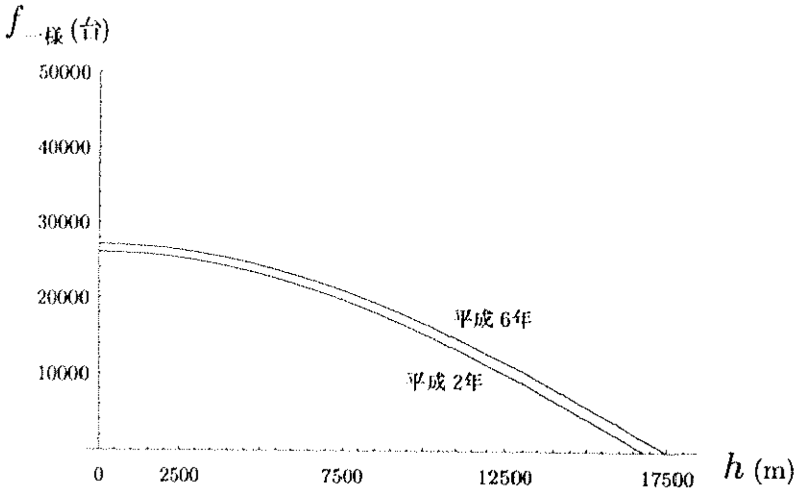

図7.9: 一様に発生する交通量(平成2年，平成6年)

図7.8，図7.9のグラフを観察すると，まず平成2年度と平成6年度では大局的な意味ではほとんど変化がないということがわかる．

ただし分析の対象とした交通量データは12時間の自動車交通量を観測したものであるから，仮に名古屋の都心交通が1日という集計単位において交通容量の上限に近い状態であれば変化はでにくいと予想される．この問題についてはデータの集計単位を「週」や「月」にしたり，対象地域をさらに広くとって分析するなどして確かめる必要があろう．

さらに2つのパターンごとの交通量分布を用いて，任意の地点の交通量に占める2つの流動パターンの構成比を知ることができる．

図7.10，図7.11にそれらの構成比を示す．

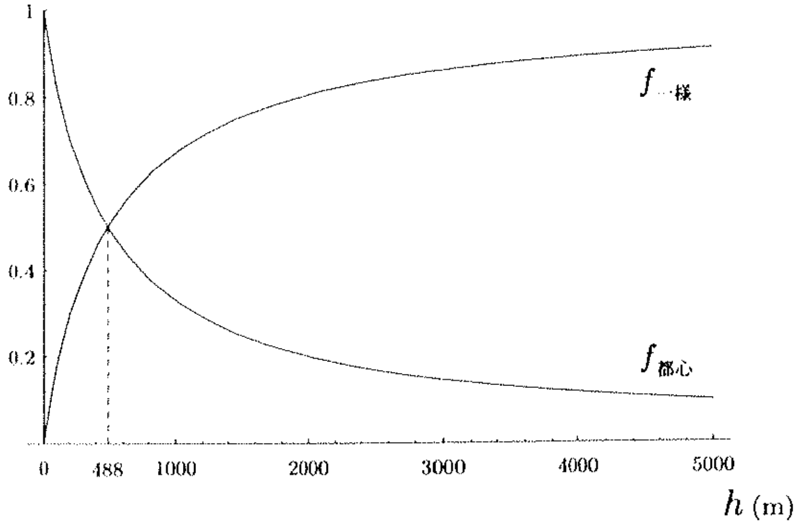

図 7.10: 流動パターンの構成比 (平成2年)

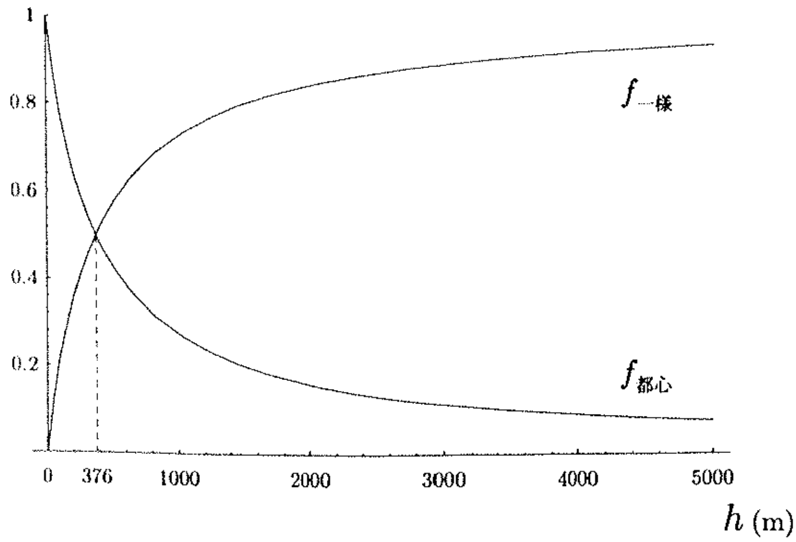

図 7.11: 流動パターンの構成比 (平成6年)

ここで示した総流動に占める2つの流動パターンの内訳から，都心からある距離だけ離れた地点で観測される交通量のうち，平均的にどの程度が都心に関係したものか，あるいは都心を通過するだけのものか見当を付けることができる．

これは最初に指摘した都心交通流入規制をおよそどのぐらいの範囲で実施するのが効果的なのか，あるいは環状路線をどの位置に建設するのがよいかを考えるときの目安になると思われる．

7.4 第7章のまとめ

本章では理論流動量モデルの都市分析への具体的な応用例として，名古屋都市圏の交通量データを用いた交通構造の解析を試みた．

本章の冒頭でも述べたが，全く同じ手法でモデル設計を行った [腰塚,1992] での分析結果に比べてここで行った分析は非常に“あたり”が悪い．その原因は前者が街路規模の歩行者流，後者が都市規模の自動車流という違いにもあるかもしれないが，それ以上に1次元空間と2次元空間の違いにあると推察される．

[腰塚,1992] と本研究はいずれも連続な空間を仮定したモデルを用いて分析している．1次元空間では，交通流を連続的に扱っても途中に離散なノードをおいた離散モデルで扱っても通過量という観点からは大きな違いはない．

ところが，2次元空間においては現実には道路上でしか移動できず，そのとき道路網の密度がよほど高くなければネットワーク上の交通流を連続平面で近似するのは難しいといえる．

とはいえ筆者は，2次元空間上の自動車交通の特性に配慮して，単純に交通量そのものを推定するのではなく道路密度による交通量の調整や道路規格ごとの分析 (たとえば国道だけを対象した分析) をするなど，本論文で示した交通量分析モデルには改良の余地が残されていると考えている．

同時に今後の課題として，モデルを実用的にするためにはもう少し現実的な人口分布，通勤形態をモデルに導入できるようにするべきである．

また，より明確な分析結果を得るためにはもっと離れた時点で比較するか，年や月の平均交通量データを用いる方がよいと考えられる．

最後に，交通量等の調査にかかる膨大なコストを勘定に入れると，“あたり”の良さとモデル操作の手軽さのバランスを取るように心がけることが賢明であるということを訴えておく．