

第2章 東京都地域危険度測定要因による地域類型の区分

都市内のそれぞれの地域は、地形、地盤、位置など自然的条件が異なることによって、都市内の一部分として占める位置が異なり、それによって固有の機能や機能の集積度が決められる。そして、その機能を効率的に遂行するために、都市開発の物理的形態が地域ごとに特性を持つようになる。例えば、業務地域では、建物の高層化に伴って鉄筋コンクリート造や鉄骨造建物が多く建てられるが、都心外縁部の住居地域では、低層の木造建物が多い。したがって、災害が発生した時に脆弱な部分あるいは発生する被害の類型が、地域の性格によって違ってくる。

東京都の地域危険度測定調査に使用される要因は、地盤性状、建築物・建物付属物、都市空間の特性、人口など大きく4つに区分される。これらの要因の中で地盤性状を除いた3つの要因は、地域の機能や集積度によって物理的形態や規模が異なる。したがって、逆にこれらの要因を分析すれば、地域の機能が区分でき、それによって災害時に発生のおそれのある被害の類型を想定することができる。

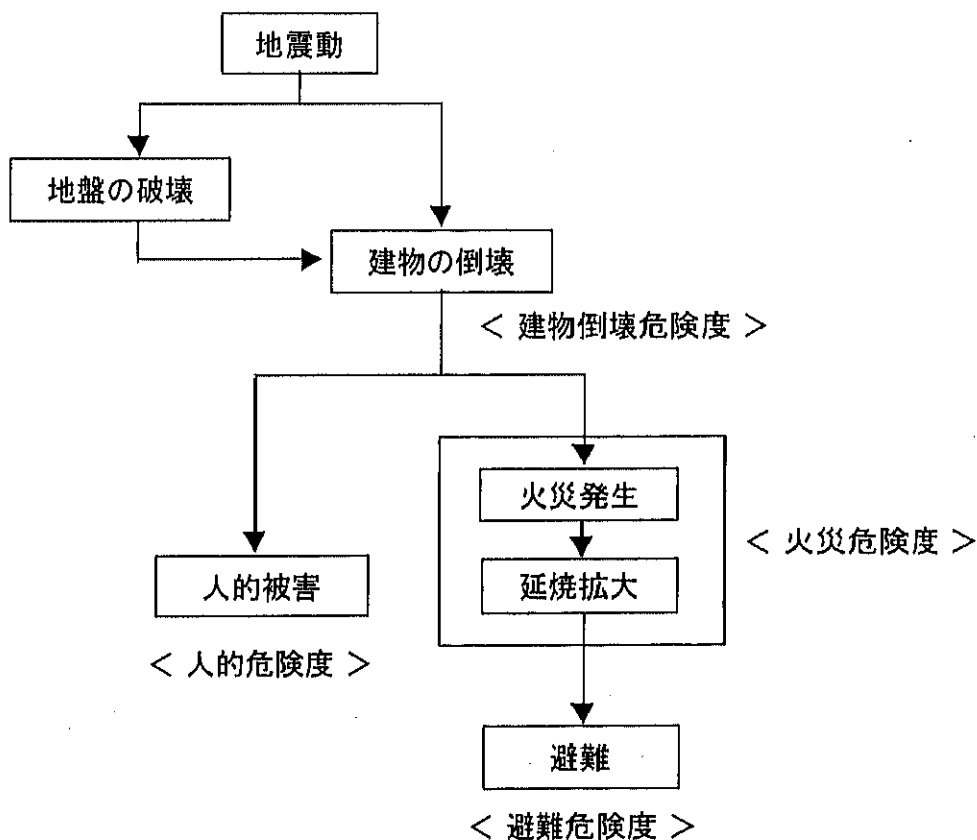


図 2-1 地震被害と地域危険度

以上のような観点に基づいて、本章では、東京都の地域危険度測定調査に使用される要因を用いて東京都の地域類型を区分した。このように区分された地域の特性は、災害時に発生のおそれのある被害の類型を推定することができ、災害に対してより効率的に対応できる防災計画を策定する基礎的資料となり得る。したがって、本章での分析の結果は、第3章以降の研究の基本骨格と位置づけられる。

2. 1 危険度測定要因と相互関係

第1章で考察した東京都地域危険度測定調査における各危険度測定の論理的な関連性及び相互関係は、図2-1に示すとおりである。すなわち、地震が発生すると地震動は建物の構造に直接影響し、一次的に地盤が破壊され建物の倒壊等をもたらす。

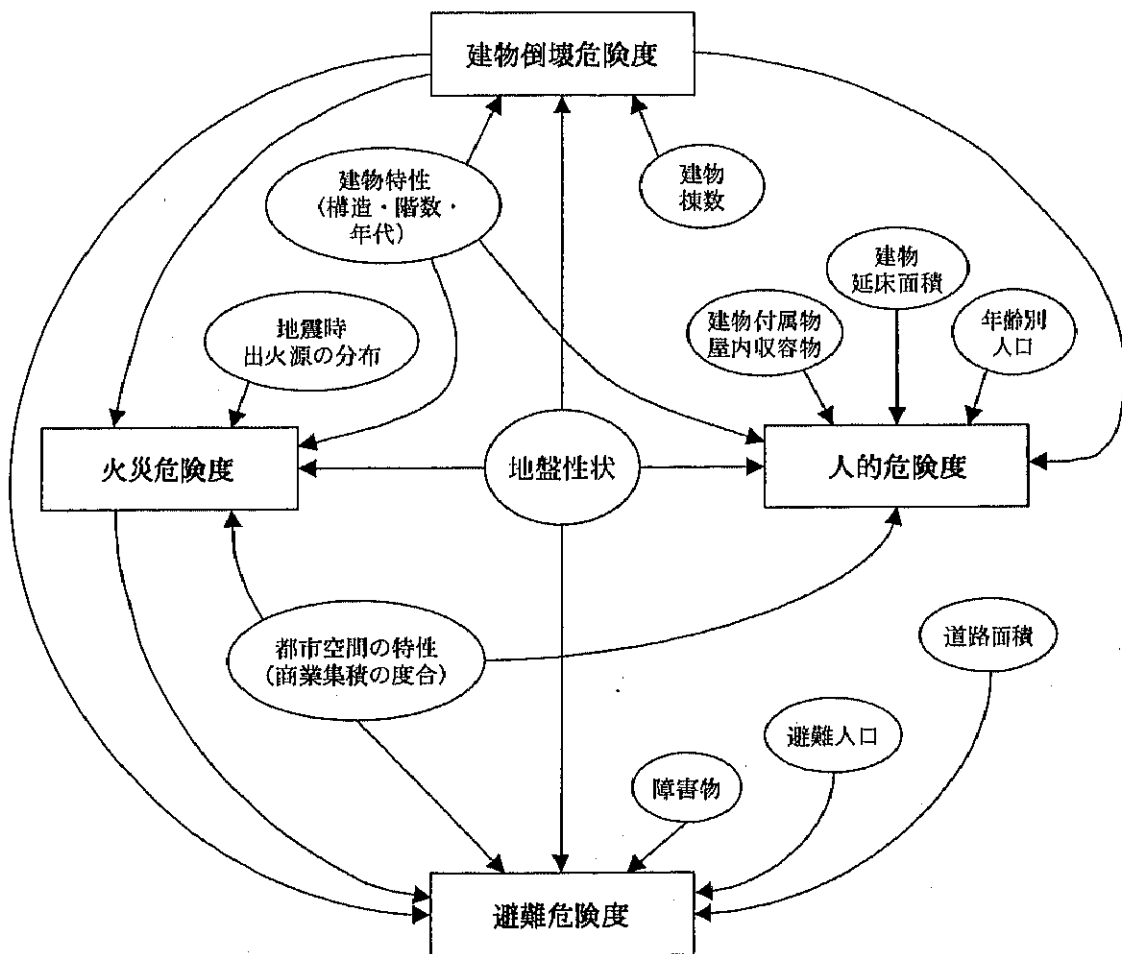


図 2-2 地域危険度測定において考慮する要因

このような危険性を測定したものが建物倒壊危険度であり、建物の倒壊等による人々の死傷の危険性を測定するのが人的危険度である。また、地震の揺れによる出火や火災の拡大状況を予測することが火災危険度の測定であり、同時多発的に発生した火災が延焼拡大する危険が生じた場合に、住民が避難場所までの避難に要する時間を算定したものが避難危険度である。

以上の各々の危険度を測定するにあたっては、地盤性状、建築物・建物付属物、都市空間の特性、人口等大きく4つに区分される要因を考慮しなければならない。図2-2は、これらの要因が各危険度算定に及ぼす影響や危険度相互間の関係を示すものであり、これを相互影響マトリックスとして表現したものが表2-1である。

図2-2と表2-1は、危険度算定に直接的に影響を与える要因を示している。しかし、一つの危険度は他の危険度算定に影響を与えているため、各要因は間接的に大部分の危険度に影響を及ぼしているといえる。また、各危険度算定には複数の要因が影響を与え、一つの要因は複数の危険度にも影響を及ぼす。その例として、古い建物が密集している地域では、建物倒壊危険度が高く評価されているが、これらの

表2-1 危険度測定において考慮する要因

		建物倒壊危険度	火災危険度	人的危険度	避難危険度
地盤性状	液状化可能性	○	○	○	○
	大規模造成地	○		○	
	急傾斜地	○		○	
	埋立地	○		○	
建築物・建物付属物	建物の構造	○	○	○	○
	層数	○	○	○	
	建築年代	○	○	○	○
	用途	○	○	○	
	屋内収容物			○	
	落下物			○	
	ブロック塀			○	○
都市空間の特性	商業集積の度合		○	○	○
	火気や危険物施設等、地震時出火要因の分布		○		
人口	夜間人口	○	○	○	○
	昼間人口	○	○	○	○
	年齢別人口			○	
建物倒壊危険度		-	○	○	○
火災危険度		-	-	-	○
人的危険度		-	-	-	-
避難危険度		-	-	-	-

地域では地震動による建物・建物付属物等の倒壊・破壊による人的被害の可能性も大きい。さらに、火災危険度を高くする要因には、木造建物が密集している地域の影響が強く反映されているが、全体的な傾向として木造建物密集地域では、建物倒壊や火災危険度、人的危険度が高く評価されている。

以上のような要因は、都市内各地域の性格あるいは機能によって物理的形態や集積度が異なるように、各要因間にも差があることから、これらの要因を用いて都市内の地域を区分することができる。

2. 2 地域危険度測定要因による地域類型の区分

災害による被害発生可能性を把握するために地域類型を区分する際に使用する資料は、以下のような点を考慮して選定した。

i) 地域危険度測定で一般的に使用されるものであること

本研究で地域類型を行なう目的は、第1章の研究目的で述べたように、地域の物理的な環境特性によって災害時に発生する被害の類型が異なるという仮定の下で、さまざまな地域を類型化して発生するであろう被害を把握する方法を開発することである。したがって、本研究の結果を他の方法と比較検討することができ、資料の共有による研究遂行の効率性を勘案して、使用する資料は地域危険度測定で一般的に使用されているものとする。

ii) 災害発生と被害の側面で細分された地域の性格が反映されるものであること

以上のような観点から本研究で地域類型区分に使用した要因を、以下のように選定した。

①人口：昼間・夜間人口は、世帯密度及び土地利用特性を表す重要な指標である。人口は町丁目面積の影響を受けるため、昼・夜間の人口密度（人/km²）を変数として用いる。

②建物：使用するデータの建物の構造区分は、木造（木造・防火造）と非木造（RC造、SRC造、S造）に2区分し、建物棟数密度（棟/km²）と建物延床面積密度の両方を用いる。

③土地利用：商店街、飲食店街、繁華街等の商業地域における火気使用及び商業地域特有の都市空間が有する人的被害の危険性を表す指標として商業集積率（商業集積地域面積の町丁目面積に対する比率）を用いる。

商業集積率の高い地域は不特定多数の人々が集まる地域であり、道路幅員も小さく、建物付属物である危険物（立て看板や自動販売機等）が相当量存在する地域として考えられる。

分析に使用したデータは、「第4回地震に関する地域危険度測定調査(平成10年)」、「東京における直下地震の被害想定に関する調査(平成9年)」、「第5回東京都の地震時における地域別出火危険度測定(平成9年)」で使用されているものであるが、分析の空間単位は東京区部の町丁目とし、町丁目の面積の大小が分析に影響を及ぼす場合には、単位面積当たりの値によって基準化する。

2.2.1 地域類型区分

地域類型の区分に用いた手法は主成分分析である。主成分分析には、分散共分散行列による方法と相関行列による方法の二通りがあるが、各々のデータ単位が異なるため、相関行列を用いた主成分分析を利用した。

(1) 固有値と寄与率

総合した特性の重要度を表す固有値と寄与率の値が大きいほど主成分の説明力は高くなる。主成分の数の決め方は累積寄与率が約60%以上大きくなること、相関

表 2-2 固有値と寄与率

成分	固有値	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
1	2.93	41.9	41.9
2	2.31	32.9	74.8
3	0.80	11.5	86.3
4	0.45	6.40	92.7
5	0.38	5.39	98.1
6	0.11	1.52	99.6
7	0.03	0.38	100.0

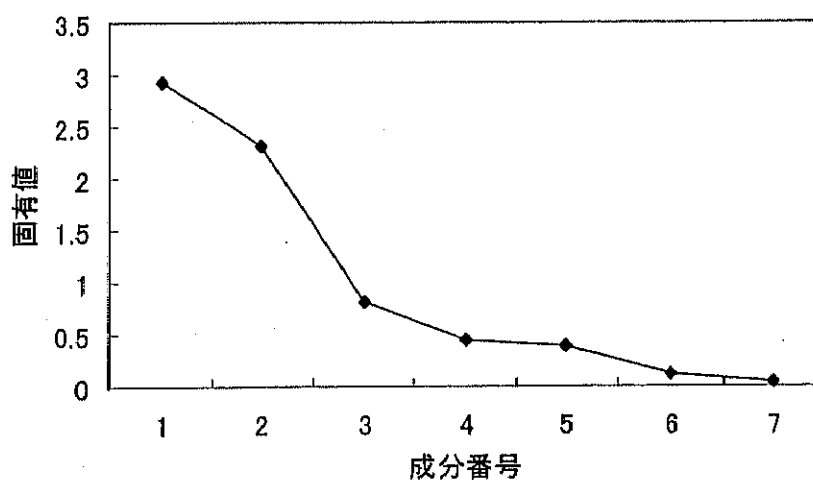


図 2-3 固有値プロット

行列で主成分分析を行うときは、固有値が1.0以上であることが一般的な方法である。表2-2によって固有値と累積寄与率を見ると、値1以上の固有値は第2軸までであり、第2主成分までの累積寄与率が約75%になっている。また、図2-3の固有値プロットを見ると、第3主成分の固有値が変曲点となっており、ここでは、第2主成分までを分析対象とした。

(2) 主成分の解釈

各主成分の係数となる固有ベクトルは、表2-3に示す通りである。

表2-3 固有ベクトル

変数	第1固有ベクトル	第2固有ベクトル
夜間人口密度	0.806	0.254
昼間人口密度	-0.508	0.754
商業集積率	0.121	0.537
非木造建物棟数密度	0.148	0.819
非木造建物延床面積密度	-0.522	0.786
木造建物棟数密度	0.921	0.247
木造建物延床面積密度	0.932	0.188

①第1主成分：住居地域

第1主成分では、木造建物棟数密度、木造建物延床面積密度、夜間人口密度の高い地域ほど主成分得点が高い。逆に、昼間人口密度、非木造建物延床面積密度の高い地域では主成分得点が小さくなる傾向にある。これを図2-4の主成分プロットによって見ると、第1主成分軸のプラス側に位置する変数は、木造建物棟数密度、木造建物延床面積密度、夜間人口密度である。したがって、第1主成分を地域別に区分すると、木造住宅や共同住宅が多く、常住人口密度の高い住居地域を示すものと考えられる。

このように木造住宅の多い住居地域で災害が発生した場合には、建物の全半壊等による物的被害が発生する可能性が高い。また、住家での炊事・暖房用等の火気器具は地震時出火原因の大部分を占めるものであり、世帯密度の高い地域（木造建物延床面積密度の高い地域）では地震時の出火の危険性も大きい。さらに、木造住宅が密集した地域では延焼危険も高く、広域避難が必要である。

②第2主成分：商業及び業務地域

第2主成分では全ての得点がプラスとなっている。しかし、図2-4に示した主成分プロットの第2主成分軸のプラス側に位置する変数、すなわち、第2主成分得点を決定する重要な変数は、非木造建物棟数密度、非木造建物延床面積密度、昼間人

口密度、商業集積率であり、第2主成分は、商業及び業務地域と解釈される。

このような地域では、建物の耐震不燃化が進んでおり、災害が発生した場合物的被害の危険性は比較的低いと予想される。しかし、昼間の高い人口密度や商業集積による流動的な人口の集積は、混雑や混乱が誘発する被害の可能性が高い地域と考えられる。

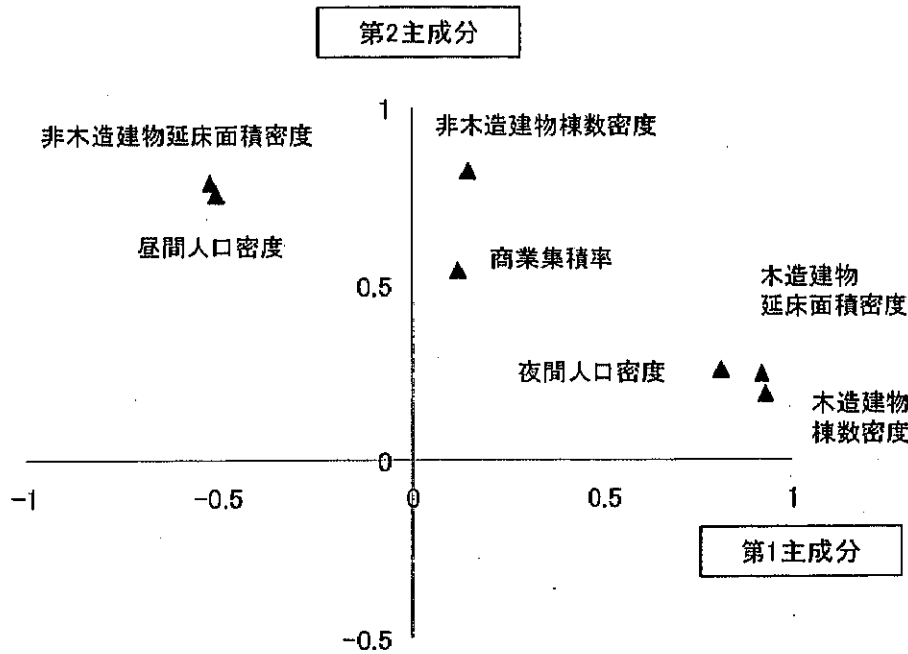


図 2-4 主成分プロット

2.2.2 主成分構成要因と危険量との関係

前述したように、東京都の地域危険度測定調査では、各危険量の測定において様々な要因を考慮している。ここでは、主成分分析で各主成分を決定する主要な要因と、東京都で測定した危険量との関係を考察した。

各主成分を構成する主要な要因は、

第1主成分：木造建物棟数密度、木造建物延床面積密度、夜間人口密度

第2主成分：非木造建物棟数密度、非木造建物延床面積密度、昼間人口密度、商業集積率

である。これら主成分構成要因群と、建物倒壊危険量、火災危険量、人的危険量、避難危険量の4つの危険量群との関係について正準相関分析を用いて分析した。分析に使用したデータは、東京区部の3,130の町丁目を空間単位としている。

(1) 第1主成分構成要因と危険量との関係

第1主成分を構成する要因群である夜間人口密度、木造建物棟数密度、木造建物延床面積密度と、建物倒壊危険量、火災危険量、人的危険量、避難危険量によって構成される危険量群との関係について正準相関分析をした結果の中で主要部分を取り上げて説明すると、以下に示すごとくである。

表 2-4 より 4 つの危険量と第1主成分構成要因との相関関係をみると、第1主成分構成要因と密接な関係にあるのは建物倒壊危険量のみである。すなわち、建物倒壊危険量は、木造建物棟数密度と 0.855、木造建物延床面積密度と 0.771 の高い相関関係にあり、次いで夜間人口密度と 0.622 で多少高い相関関係を見せている。これは、建物倒壊危険量算定において木造建物の分布量が大きな影響を及ぼしており、木造建物は主に住宅に利用されるため夜間人口とも高い相関関係を持っているものと判断される。

表 2-4 危険量と第1主成分構成要因間の相関関係

	夜間人口密度	木造建物棟数密度	木造建物延床面積密度
建物倒壊危険量	0.622	0.855	0.771
火災危険量	0.322	0.460	0.434
人的危険量	0.104	0.076	-0.013
避難危険量	0.323	0.368	0.386

建物倒壊危険量を除いたその他の危険量と第1主成分構成要因との関係は、強いとはいえない。しかし、群と群の間には表 2-5 に見られるように、高い相関関係が現われている。表 2-5 に見られるように、第1正準相関係数は 0.924 で強い関係を示しており、有意水準も 0.0001 で極めて高い。これより第1主成分を構成する各々の要因は危険量と直接的に大きな相関関係はもっていないが、これらの要因は4つの危険量を算定する主要な要因であることがわかる。残り2つは正準相関係数が小さく、寄与度もほぼ0に近いので考慮対象外とする。

表 2-5 正準相関関係

	正準相関係数	修正済み正準相関係数	Approx F	Pr > F
1	0.924	0.924	837.275	0.0001
2	0.393	0.392	98.855	0.0001
3	0.117	0.116	21.771	0.0001

表 2-6 固有値と寄与率

	固有値	寄与率	累積寄与率
1	5.847	0.968	0.968
2	0.182	0.030	0.998
3	0.014	0.002	1.000

総合した危険量群に対する各危険量の影響力の大きさを示すものが表 2-7 である。ただし、データの単位が異なるため、標準化した正準係数を使用した。表 2-7 に見られるように、総合した危険量を表わす正準変量に一番大きな影響を及ぼすものは、建物倒壊危険量である。次いで火災危険量であるが、大きさは建物倒壊危険量に比べて小さい。とくに、人的危険量は、減少を示しているが、これは環境の改善によって人的危険量が減少することを反映している。

表 2-7 危険量測定のための標準化正準係数

	総合危険量 1	総合危険量 2	総合危険量 3
建物倒壊危険量	1.012	-0.058	-0.342
火災危険量	0.111	0.021	-0.227
人的危険量	-0.270	-0.873	0.565
避難危険量	0.040	0.471	0.961

危険量を測定する第 1 正準変量と第 1 主成分構成要因との相関関係をみると、表 2-8 に見られるように、第 1 主成分を構成する全ての要因が第 1 正準変量と高い相関関係を見せている。したがって、特定危険量を測定するのに第 1 主成分を構成する要因は十分な意味があるものと判断される。

表 2-8 危険量測定正準変量と第 1 主成分要因との相関関係

	総合危険量 1	総合危険量 2	総合危険量 3
夜間人口密度	0.650	0.032	0.083
木造建物棟数密度	0.911	0.067	-0.000
木造建物延床面積密度	0.847	0.157	0.002

(2) 第 2 主成分構成要因と危険量との関係

第 2 主成分を構成する要因群は、商業集積率、昼間人口密度、非木造建物棟数密度、非木造建物延床面積密度の 4 つである。これらの主成分構成要因群と、前述の危険量群との関係を正準相関分析した結果の中で主要部分を取り上げて説明すると、以下のようなものである。

表 2-9 に見られるように、4 つの危険量と第 2 主成分構成要因間には明らかな相関関係が見られない。最も相関関係が高いものは、建物倒壊危険量と非木造建物棟数密度との間の 0.594 である。

表 2-9 危険量と第 2 主成分構成要因間の相関関係

	商業集積率	昼間人口密度	非木造建物 棟数密度	非木造建物 延床面積密度
建物倒壊危険量	0.211	-0.016	0.594	-0.021
火災危険量	0.082	-0.020	0.105	-0.067
人的危険量	0.448	0.322	0.406	0.368
避難危険量	0.141	0.023	0.230	0.023

危険量と第 2 主成分構成要因との関係は高くない反面、群と群の間には多少高い相関関係が見られる。

表 2-10、表 2-11 に見られるように、第 1 正準相関係数は 0.719 であり、寄与率は 0.7156 である。第 2 正準相関係数は 0.540 で多少の相関があるとはいえ、寄与率が 0.2752 に過ぎないので第 1 正準相関関係のみを考慮する。

表 2-10 正準相関関係

	正準相関係数	修正済み正準相関係数	Approx F	Pr > F
1	0.719	0.718	254.081	0.0001
2	0.540	0.539	133.759	0.0001
3	0.115	-	10.722	0.0001
4	0.018	-	0.985	0.3210

表 2-11 固有値と寄与率

	固有値	寄与率	累積寄与率
1	1.068	0.7156	0.7156
2	0.411	0.2752	0.9908
3	0.014	0.0090	0.9998
4	0.000	0.0002	1.0000

総合した危険量群に対する各危険量の影響力の大きさを示すものが表 2-12 である。ただし、データの単位が異なるため、標準化した正準係数を使用した。

表 2-12 に見られるように、総合した危険量を表わす正準変量に一番大きな影響を及ぼすものは、建物倒壊危険量である。次いで避難危険量であるが、大きさは建物倒壊危険量に比べて極めて小さい。火災危険量と人的危険量は、減少を示してい

表 2-12 危険量測定のための標準化正準係数

	総合危険量 1	総合危険量 2	総合危険量 3	総合危険量 4
建物倒壊危険量	1.039	-0.527	-0.287	-0.274
火災危険量	-0.196	0.038	1.066	-0.224
人的危険量	-0.028	1.097	0.031	-0.140
避難危険量	0.101	0.247	0.050	1.036

るが、これは第2主成分で分類された地域には主に非木造建物が建てられているためである。

危険量を測定する正準変量と第2主成分構成要因との相関関係をみると、表2-13に見られるように、高い相関関係とはいえない。これは、表2-10、表2-11に見られるように、正準相関係数と寄与率が高くないことから予想されたことである。したがって、特定危険量測定と第2主成分を構成する要因との関係については、新たな角度から考察すべきである。

表 2-13 危険量測定正準変量と第2主成分要因との相関関係

	総合危険量 1	総合危険量 2	総合危険量 3	総合危険量 4
商業集積率	0.096	0.666	0.570	0.577
昼間人口密度	0.034	-0.013	1.358	-1.467
非木造建物棟数密度	1.133	-0.205	-0.195	-0.219
非木造建物延床面積密度	-0.650	0.732	-1.672	0.811

2.2.3 正準相関分析結果の考察

(1) 第1主成分要因

主成分分析で、第1主成分を構成する要因は、木造建物棟数密度、木造建物延床面積密度、夜間人口密度であり、これらの要因は住居地域を示すものであった。このように、木造建物が多く、夜間人口密度すなわち、常住人口の多い地域で発生のおそれのある被害類型は、建物倒壊、火災発生、人的死傷の3つの危険が考えられる。なかでも、火災発生の危険性は、第3章で示す過去の主な地震火災の事例（表3-1）に見られるように、地震発生時の被害量とその拡大を左右するものであるが、表2-4によって危険量と第1主成分構成要因との相関関係をみると、第1主成分を構成する要因と高い相関関係にあるのは建物倒壊危険量のみである。その理由は、第1章の各危険量算定方法で述べたように、建物倒壊危険量は幾つもの要因とともに建物の構造的特性が主な要因となっているが、火災危険量は、シミュレーションより導出される出火危険量と焼失危険量を乗じた結果であり、木造建物存在量や常住人口数と直接的な相関関係は比較的弱いものと考えられる。しかし、第1正準変量の場合、第1主成分を構成する要因と高い相関関係にあり、第1主成分と区分された地域、すなわち、住居地域での主な危険要因を分析し、これらの要因を簡単に表現することは重要な課題と考えられる。本研究では、この危険要因を出火と見なしてこれを簡単に表現することについて第3章で述べる。

(2) 第2主成分要因

主成分分析で、第2主成分を構成する要因は、非木造建物棟数密度、非木造建物

延床面積密度、昼間人口密度、商業集積率であり、これらの要因は商業及び業務地域を示すものであった。これらの要因と危険量との関係は、表 2-9 に見られるように、非木造建物棟数密度が建物倒壊危険量と約 0.6 の相関関係があることを除いて明らかな関係が見られない。そして、危険量測定正準変量と第 2 主成分要因との相関関係も高くない。

商業及び業務地域で災害が発生した場合予想される危険の種類は、災害発生時に人々が建物の外に出てより安全な場所に移動しようとする傾向から避難危険量が考えられる。しかし、東京都で算定した避難危険量は、各メッシュの中央から避難場所まで避難する時に要する時間であり、第 2 主成分との相関関係がないことは当然である。したがって、第 2 主成分によって分類される地域、すなわち、商業及び業務地域に対しては、新たな角度からみた危険量の測定が必要であると判断される。

商業及び業務地域では、建物の不燃化が進んでおり、延焼火災による危険性は低いと考えられる。したがって、広域避難は不要と考えられるが、人々が建物の外に出て移動しようとする際に道路を中心とする空地では、過密による滞留の問題が予想される。したがって、本研究では、第 5 章において商業及び業務における災害時の滞留による危険性を評価する手法等を述べる。

2. 3 本章のまとめ

東京都地域危険度測定調査で使用されている要因を基にして、地域類型を分類した結果は以下のようにまとめることができる。

- i) 第1主成分：第1主成分を構成する要因は、木造建物棟数密度、木造建物延床面積密度、夜間人口密度である。したがって、第1主成分が大きい地域は住居地域に区分される。
- ii) 第2主成分：第2主成分を構成する要因は、非木造建物棟数密度、非木造建物延床面積密度、昼間人口密度、商業集積率である。したがって、第2主成分が大きい地域は商業及び業務地域に区分される。

第1および第2主成分を構成する要因と東京都地域危険度測定調査で提示する4つの危険量、すなわち、建物倒壊危険量、火災危険量、人的危険量、避難危険量との関係を正準相関分析によって考察した。その結果、各要因と各危険量の間には高い相関関係が見られなかった。そして、各主成分要因群と危険量群間の関係も、第1主成分要因群の場合は高い相関関係があったが、第2主成分要因群の場合は明らかな関係が見られなかった。このように、危険量を測定する要因と危険量との間に高い相関関係が見られなかった理由は、以下のように解釈される。

すなわち、東京都の危険量算定では、主成分分析で用いた要因をシミュレーションモデルの一部変数として扱うため、これらの変数以外に他の要因によって危険量が決められることもある。例えば、第1主成分を構成する要因である木造建物棟数密度、木造建物延床面積密度、夜間人口密度は、一般的に火災危険度と密接な関係にあると思われるが、分析の結果は、建物倒壊危険量と一番強い相関関係があった。その理由は、第1章で述べたように、建物倒壊危険量を算定するにあたって建物の構造が重要な要因として作用するが、火災危険量はシミュレーションの結果であり、他の条件が考慮されてこれらの要因とは大きな相関関係がないものと考えられる。

一般的にある地域の環境条件が示されれば、災害時に発生するであろう被害の類型が予想されるように、防災的観点から都市環境を表わす要因、すなわち、主成分分析で使用した要因から被害の発生可能性をより簡便に指摘できるものと考えられる。

本研究では、本章で分類した地域類型によって想定される被害の類型、すなわち、火災の危険性と災害時の避難や滞留の危険性について論じる。火災は地盤と建物の構造を利用して出火の危険性を判断する。災害時の避難については、第4章で示すように各種の施策が避難に要する時間を短縮する効果について分析する。災害時の滞留可能性については、第5章で示すように、群集密度と群集密度を高める要因を提示し、地区レベルの都市整備の指針として活用できるようにする。