

博士論文

地震被災危険度のマクロゾーネーション

—直下型地震の被害、対応面から見た地域特性—

2000年8月

浦川 誠

①

博 士 論 文

地震被災危険度のマクロゾーネーション

—直下型地震の被害，対応面から見た地域特性—

平成12年 3月

浦 川 豪

地震被災危険度のマクロゾーネーション  
— 直下型地震の被害、対応面から見た地域特性 —

目次

はじめに

第1章 序論	I-1-I-6
1-1 研究の背景及び目的	
1-2 研究の概要	
1-3 研究要旨	

第2章 地震対策の現況とマクロゾーネーションの概要	II-1-II-14
2-1 市町村防災計画の比較・検討	
2-2 マクロゾーネーションの概要	

第3章 リモートセンシングを利用した「都市のダメージ」評価	III-1-III-49
3-1 目的・概要	
3-2 地震災害におけるオープンスペースの効果と土地被覆による分類	
3-3 リモートセンシングを利用した、地震時における都市のオープンスペースの抽出と特性分析のための基礎研究	
3-4 リモートセンシングを利用した、地震時における都市のオープンスペースの抽出と特性分析	
3-5 主成分分析による「都市のダメージ」評価	
3-6 まとめ	
参考文献	

第4章 「都市の被害軽減能力」評価	IV-1-IV-23
— 住民側から見た都市の潜在的被害軽減能力評価 —	
4-1 目的	
4-2 概要	
4-3 アンケート調査	
4-4 クロス集計による調査結果の分析	
4-5 防災意識・地域コミュニティへの影響要因分析	
4-6 防災意識、地域コミュニティの重回帰分析	
4-7 まとめ	
注釈、参考文献	
アンケート調査表	

第5章 海上交通・陸上交通における

「アクセスビリティ・サポートビリティ」評価

V-1-V-28

—直下型地震直後の緊急対応面から見た都市の被救援可能性に関する研究—

5-1 目的

5-2 概要

5-3 事例調査による影響要素の考察

5-4 都市のアクセスビリティ・サポートビリティに関する 評価手法の検討

5-5 都市のアクセスビリティ・サポートビリティ評価

5-6 国土的見地からの対策の考察

5-7 まとめ

注釈、参考文献

第6章 マクロゾーニングによる総合評価のケーススタディーとその活用 VI-1-VI-53

6-1 マクロゾーニングの総合評価のケーススタディー

6-2 マクロゾーニングの活用① 市町村地域防災計画への導入

6-3 マクロゾーニングの活用②

マクロゾーニングによる都市内部の地震危険度・地域特性評価

—横浜市におけるケーススタディー—

第7章 総括

VII-1-VII-6

おわりに

謝辞

## はじめに

本研究は、1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災の後、1996年度より文部省科学研究費補助金・重点領域研究(B-1)課題番号 08248109(研究代表者;村上處直)「地震被災危険度のマクロゾーネーション」、現在、文部省科学研究費補助金・特定領域研究(B-1)課題番号 08248109(研究代表者;村上處直)「地震被災危険度のマクロゾーネーション」の中心的研究として、1996年度から1999年度の4年間という研究期間の中で進めてきた研究である。

阪神・淡路大震災は、内陸直下型の大規模地震が大都市を襲った初めてのケースであり、神戸市を中心として多くの死傷者及び建物倒壊、高速道路や一般道路の損壊等の大きな被害を出した。その教訓から、本研究は活断層、建造物の耐震性、交通システム、災害情報等の研究とともに、今後の地震対策の必要不可欠な内容として位置づけられた。これまでの地震対策は、主に建物の耐震性強化等、都市内部の細かい、部分的な対策を中心に進められていた。また、市町村地域防災計画の制度を基本とし、ほぼ全国一律の地震対策が自治体を中心として進められてきた。しかし、日本国土は南北に長く、気候、地勢、風土等の様々な地域的な特徴があることから、地震による被害の様相も異なる。

そこで、本研究では、直下型地震発生による被害から、その対応までの時間的なスケールを考慮し、直下型地震に影響を及ぼす、日本全土の地域的な特徴を把握することによって、それぞれの地域での地震対策の指針となるような研究として位置づけている。

本研究では、地震対策における「マクロ」な見地による都市の分析に焦点をおき、阪神・淡路大震災の事例を中心とした事例調査、日本全国各地でのアンケート調査、ヒヤリング調査、現地調査等4年間の研究成果としてまとめたものである。

2000年 3月  
浦川 豪

第1章 序論

第1章

序論

## 第1章 序論

## 1-1 研究の背景・目的

我が国は関東大震災（1923年）、近年では阪神・淡路大震災（1995年）等世界的に見ても頻繁に国土の各地で大規模な地震の被害に見舞われている。地震による被害の様相も、発生地域、建物や構造物及び人口等による都市構造、時代等によって異なり、阪神・淡路大震災では、都市直下型地震によって神戸市が甚大な被害を受け、大都市の地震による脆さを示した結果となった。

また、都市直下型地震は、今後日本のどの都市で発生するかは予測できず、特に大都市では大規模な被害を受ける可能性が高いと考えられる。

しかし、これまでの地震対策は建物単体や道路等構造物の耐震性向上というハード面の対策に重点が置かれ、「都市」というスケールの中での構造物、人、時間といった関係性を視点に入れた都市防災対策が欠如していた。同時に、自治体を中心とした地震対策は、市町村地域防災計画を基本方針とした全国一律の制度に基づき進められている。今後の地震対策は日本全国での地域的な特徴を反映させた項目、指標等を制度の枠組みの中に取り入れることが必要である。

本研究では、「マクロ」（自治体単位のスケールを最小単位とした相対的な都市の比較）というスケールに着目した。そして、様々な都市が持っている地震災害の影響要因となる特性のうち、都市によって大きく異っている特性を抽出し、その特性によって地域的な特徴を明らかにすることは、各自治体の政策等の指針になると考えられる。

さらに、本研究では、「マクロ」な視点から直下型地震に関する都市の特性を分析するとともに、都市内部での地震対策の検討（「マイクロ」な視点からの地震対策）を行い、GIS（地理情報システム）の有効的な活用法を提示することによって、日本全国での「マクロ」な都市の分析と、都市内部での「マイクロ」な地震対策の関連性を検討するものである。

## 1-2 研究の概要

本研究は、自治体を中心とした地震対策が、市町村地域防災計画を基本方針とした全国一律の制度に基づき進められていることに対する問題点を提起し、「マクロ」（自治体単位のスケールを最小単位とした相対的な都市の比較）というスケールに着目した都市の地域的な特徴を分析している。

ここでは、日本全国での災害対策の指針となっている、市町村地域防災計画のしくみ及びに各自治体を実施している被害想定のしくみを取り上げる。

## 1-2-1 市町村地域防災計画のしくみ

市町村地域防災計画<sup>注1)</sup>は1961年に交付された災害対策基本法に基づき、制定されることになっている。災害対策基本法には第42条にその旨が記載されている。

「市町村防災会議（市町村防災会議を設置しない市町村にあっては、当該市町村の市町村長。以下この条例において同じ。）は、防災基本計画に基づき、当該市町村の協議会は、防災基本計画に基づき、当該市町村の地域に係わる市町村防災計画を作成し、及び毎年市町村防災計画に検討を加え、必要があると認めるときは、これを修正しなければならない。この場合において、当該市町村地域防災計画は、防災業務又は当該市町村を包括する都道府県の都道府県地域防災計画に抵触するものであってはならない。」また、「市町村地域防災計画は、次の各号に掲げる次項について定めるものとする。一。当該市町村の地域に係わる防災に関し、当該市町村及び当該市町村の区域内の公共的団体その他防災上重要な施設の管理者の処理すべき事務又は業務の大綱二。当該市町村の地域に係わる防災施設の新設又は改良、防災のための調査研究、教育及び訓練その他の災害予防、情報の収集及び伝達、災害に関する予報又は警報の発令及び伝達、避難、消火、水防、救難、救助、衛生その他の災害応急対策並びに災害復旧に関する事項別の計画三。当該市町村の地域に係わる災害に関する前号に掲げる措置に要する労務、施設、設備、物資、資金等の整備、備蓄、調達、配分、輸送、通信等に関する計画四。前各号に掲げるもののほか、当該市町村の地域に係わる防災に関し市町村防災会議が必要と認める事項」等（文献1）より引用

市町村地域防災計画は、国の制定する法律に従い、都道府県、市町村が作成することが明記されており、地震対策を含む自治体の災害対策は必然的に、日本全国で同一のフォーマットになっている。実際の地震発生時に、市町村地域防災計画を効果的に利用できるような内容にするためには、細部の検討とともに、本研究の主旨であるそれぞれの地域的な特徴を全国同一フォーマットの中にもり込むことが重要であると考えられる。

市町村地域防災計画の内容は上記にしたがって、主に、以下に記載する計画項目と内容で構成されている。

- （総則）計画の目的等計画の基本方針、市町村の自然・社会的条件、過去の地震災害事例、被害想定等、防災関連機関の業務の大綱等
- （災害予防計画）地震による被害を防止させる計画、地域防災拠点、地域医療体制、広域避難所の整備等の整備計画等

(災害応急対策計画) 災害対策本部の設置、職員の配置、情報収集等緊急時の活動内容、方法を記載

(災害復旧計画) 復旧時の、市長村民、街の復旧に関する内容、方法を記載

1-2-2 地震被害想定

地震被害想定は、地域防災計画立案のための基礎資料となるもので、地域防災計画の総則に記載されているケースが多い。その内容は、主に地震の規模(震度)、最大加速度等と地盤から、地震による揺れを算出し、建物データ等と組み合わせることによって、人的被害(死傷者数等)、建物被害(全壊及び半壊棟数)を算出するものである。また、液状化や地震火災(出火件数、消火件数、焼失面積)による被害、津波、ライフライン被害等の被害想定も行われている。(図1-2-1、表1-2-1参照)

近年では、GIS(地理情報システム)を利用した被害想定システムの構築している自治体も増えている。

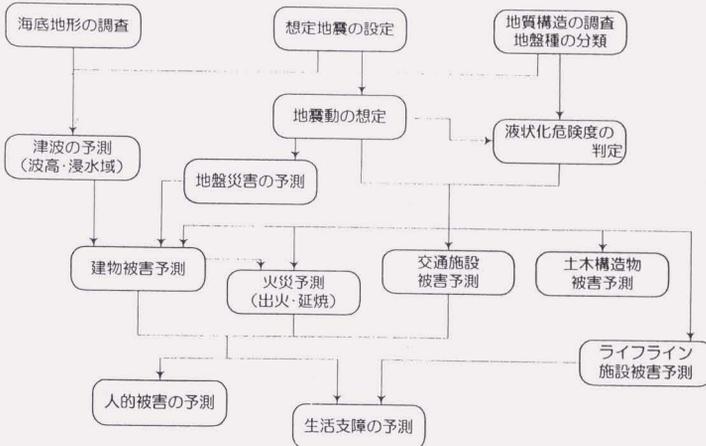


図1-2-1 一般的な地震被害想定調査の流れ(文献3)より引用

表1-2-1 地震被害想定調査の主な項目とその内容(文献3)より引用

大項目	アウトプット例	大項目	アウトプット例	大項目	アウトプット例
地震動	震度 最大加速度 最大速度(SI値)	建物被害	全壊(大破)棟数 半壊(中破)棟数	交通施設被害	橋梁・盛土等 被害箇所数 被害箇所数 通行可能性
液状化危険度	液状化安全率 液状化指数	地震火災	出火件数 消火件数 焼失棟数(面積)	人的被害	死者数 負傷者数 要救出者数
津波	最大波高 浸水域 浸水家屋数	ライフライン施設	埋設物被害量 支持物被害量 架空線被害量	生活支援	避難者数 罹災者数 ライフライン供給停止状況

## 1-3 研究要旨

第1章では、阪神・淡路大震災に代表される様々な地震による被害や教訓から、これまでの地震対策が建物の耐震性強化等ハード面の対策を中心に行われていたこと等、自治体を中心とした直下型地震対策における問題点を提起し、日本全国での、「マクロ」(自治体単位のスケールを最小単位とした相対的な都市の比較)というスケールでの地域的な特徴を反映した地震対策の重要性を述べた。

また、日本全国での地震対策を含む災害対策の指針となっている、市町村地域防災計画のしくみ及びに各自治体が行っている被害想定のしくみを取り上げた。

第2章では、日本全国から入手した市町村地域防災計画(自治体の地震対策の指針として用いられている)の内容を比較・検討するとともに、その問題点を提起した。同様に各自治体が行っている、地震被害想定の内容についての考察を行った。

次に、日本全国の市町村地域防災計画を比較することによって問題提起した内容をふまえ、本研究のマクロゾーニングの概念及び手法について述べた。「マクロ」な視点からの、直下型地震における都市が持つ地域的な特徴の分析を「マクロゾーニング」と位置づけ、マクロゾーニングを構成している諸要素(直下型地震における、都市が共通に持っている要素)を整理した。

次に、地震発生以前からの時間的なスケール(地震発生以前から復興に至る長期的な時間スケール)を考慮した評価軸を設定(「都市のダメージ」、「都市の被害軽減能力」、「アクセスビリティ・サポートビリティ」、「都市の回復力」)し、その内容を明記するとともに、以降の都市を評価するための指針を示した。

また、ここでは1891年濃尾地震から1995年阪神・淡路大震災までに発生した死者の被害が出た大地震による被害を受けた都市及び政令指定都市25都市の一部を含む都市を、日本全国で選択した。

第3章では、リモートセンシングを利用した「都市のダメージ」評価を行った。直下型地震が発生による被害を拡大につながる要因及び被害を軽減させる要因を、阪神・淡路大震災等の過去の地震災害事例から分析し、要因分析から都市を評価するためのデータを抽出し、因子分析を用いて、「都市のダメージ」評価を行った。

その際、リモートセンシングの効果的な利用を考え、その能力から直下型地震による被害を軽減する要因となる、オープンスペースを抽出等の利用が効果的であると考えた。リモートセンシングを利用することによって、建物等の詳細な判別は不可能であるが、オープンスペース(市街地の森林、草地、裸地等)に着目することによって、その配置、絶対量等の詳細な分析を行うことができる。また、その他、被害を軽減させる要因及び被害の拡大につながる要因である建物等他の統計データとともに因子分析を行うことによって「都市のダメージ」を評価した。

第4章では、「都市の被害軽減能力」評価を行った。住民側から見た都市の潜在的被害軽減能力は、地震に対する住民の意識、地域コミュニティから生じるものであると考え、都市居住者の防災意識と地域コミュニティに関する調査研究を進めた。

アンケート調査により、地震発生時の都市居住者の潜在的な被災軽減能力に影響すると考えられる、住民の防災意識、地域コミュニティについて、調査結果の分析と

都市の分類を行った。アンケート調査結果から、日本全国の都市の地域性を明らかにするとともに、既存の統計データとの相関を分析することで、防災意識及び地域コミュニティに関する、日本全国を相対的に比較できるような定量化の手法を検討した。

日本全国同一の方法で、定量化が難しい防災意識や地域コミュニティといった項目を定量的に評価し、「都市の被害軽減能力」と位置づけた。

第5章では、直下型地震によって都市が被災したと想定し、短期間（約72時間を想定）のうちに被災都市が周辺都市から救援・救助を受けられる可能性、受け入れられる可能性を、海上交通と陸上交通から選択した都市に対して、「アクセスビリティ・サポートビリティ」として相対的に評価した。

海上交通・陸上交通の「アクセスビリティ・サポートビリティ」とは、都市が直下型地震によって被災したことを想定し、被災都市が短期間で周辺都市から救援・救助を受けられる可能性と周辺都市からの救助を受け入れられる可能性を、被災都市を中心とした広域的な視野に立ち、被災都市の規模、周辺都市の規模、ロケーション、アクセス等の都市間の関係から海上及び陸上において都市を評価したものである。直下型地震直後の緊急対応に着目し、阪神・淡路大震災での海上交通と陸上交通の救援・救助の事例を調査し、影響する要素を抽出した。事例調査から抽出した影響要素から、被災都市と周辺都市の位置関係（ロケーション）、被災都市と周辺都市の規模、都市間のアクセス等に相当するデータを既存の統計資料等から抽出し、救援・救助に関する相対的な指標を作成した。

この指標から「アクセスビリティ・サポートビリティ」による都市の比較、類型化を行い、都市の救援に関する地域的な特徴を明らかにした。

第6章では、マクロゾーニングによる総合評価のための特性分析とその活用する方法を明らかにした。

まず、マクロゾーニングによる総合評価のための特性分析では、第3章～第5章までの、「都市のダメージ」、「都市の被害軽減能力」、「アクセスビリティ・サポートビリティ」の結果から、マクロゾーニングによる総合評価のための特性分析を行った。

直下型地震による、被害、被害の軽減、救援・救助にいたる地震発生以前からの時間的なスケールを考慮し、総合的に都市の地域的な特性を分析した。

次に、マクロゾーニングの活用として、研究結果の市町村防災計画への適応を考察した。同時に、マクロゾーニングの活用の一例として、都市内部（横浜市）での地震危険度・地域特性評価を行った。特に、都市内部での地震対策の検討をマイクロな視点からの地震対策と位置づけ、マクロゾーニングとの関連性についても検討した。マクロゾーニングでは、「都市のダメージ」における木造建物棟数、人口等都市のスケール（自治体単位）が最小単位であることから、都市内部の詳細な状況を把握することは困難である。ここでは、横浜市の3地区をスタディーエリアとし、具体的に都市内部の地震対策の手法を検討することで、直下型地震に影響する要因の都市内部での活用手法を提案した。

第7章は、総括としてマクロゾーネーションの成果を整理するとともに、本研究内容において成し遂げたこと、成し遂げることができなかったこと等、問題点等を明らかにし、今後の研究につがるものとした。

注

1) 災害は地域的特性の強い現象であり、それぞれの地域の実状にそくした防災に関する計画を作成する必要がある、一定地域に即した防災に係わる計画をつくることができる。都道府県レベルでは都道府県地域防災計画、市町村レベルでは都道府県地域防災計画、市町村レベルでは市町村地域防災計画、二つ以上の都道府県または市町村にまたがる場合は、それぞれ、指定地域都道府県防災計画、指定地域市町村防災計画と呼んでいる。

参考文献

- 1) 防災六法 防災行政研究会 編集
- 2) 地域防災計画の実務 京都大学防災研究所編
- 3) 地震被害想定資料集 平成10年9月 損害保険料率算定会
- 3) 都市防災計画論—時・空概念から見た都市論— 村上處直筆

第2章

地震対策の現況とマクロゾーンネイションの概要

## 第2章 地震対策の現況とマクロゾーネーションの概要

## 2-1 市町村地域防災計画の比較・検討

## 2-1-1 市町村地域防災計画の内容

前章では、市町村地域防災計画のしくみを述べ、国が定める災害対策基本法に基づき作成されていることを述べた。ここでは、本研究で選択している市町村(2-3-2参照)について、市町村防災計画を入手し、具体的にその内容を分析するとともに、問題点を提起することを目的としている。表 2-1-1 は市町村地域防災計画の入手状況と計画内容の最終改定時期を示している。

表 2-1-1 市町村防災計画の入手状況

都市名	入手状況	最終改定時期
札幌市	○	平成10年10月
釧路市		
青森市	○	平成9年度
仙台市		
千葉市		
東京区部		
横浜市	○	平成9年3月
新潟市	○	平成11年3月
福井市	○	不明
長野市		
静岡市	○	平成10年度
浜松市	○	平成11年3月
名古屋市		
和歌山市	○	平成10年4月
京都市		
大阪市	○	平成10年
神戸市	○	平成10年6月
鳥取市	○	平成10年3月
岡山市		
広島市	○	平成10年11月
高知市	○	平成9年度
高松市	○	平成10年度
福岡市	○	平成11年1月
熊本市		
宮崎市	○	平成11年1月

入手した全ての市町村地域防災計画が1995年阪神・淡路大震災以降、内容を改定していることがわかる。しかし、これまでの研究及び調査<sup>2)</sup>から修正内容のほとんどは、「字句、数字の修正等の軽微な事項」が最も多く、それ以外には、「災害発生危険箇所」、「情報連絡体制」、「防災対策の組織・運営」などが多くなっており、データ等の更新にとどまっているのが現状である。

前章で述べたように、市町村地域防災計画の枠組みは、総則、災害予防計画、災害応急対策計画、災害復旧計画となっている。以下に実際の市町村地域防災計画の項目

等を取り上げ、日本全国の市町村防災計画の内容を比較するとともに、その問題点等を明らかにする。(ここでは、入手できた防災計画の中から、その一例として表 2-1-2 札幌市、表 2-1-3 神戸市、表 2-1-4 横浜市の地域防災計画の項目を記載した。)

内容(項目等)は取り上げたの3都市でもわかるように、同一のフォーマットで作成されていることがわかる。

表 2-1-2 札幌市の防災計画の項目

(総則)	1. 計画の範囲、2. 計画の構成と概要、3. 市、防災関連機関及び市民等の役割 4. 地域の災害環境、5. 地震被害の想定
(災害予防計画)	1. 災害に強いまちづくり、2. 公共施設等の災害対策、3. ライフライン施設の災害対策 4. 災害対応力の向上、5. 災害に強い組織・ひとづくり、6. 消防体制の強化 7. 応急対策のための環境づくり、8. 災害弱者のための対策
(災害応急対策計画)	1. 災害応急対策計画の基本方針、2. 災害対策本部、3. 情報の収集・伝達 4. 応急派遣要請、5. 消防活動、6. 応急医療・救護、7. 避難、8. 交通対策・緊急輸送、 9. 生活支援、10. 建物対策、11. 公共施設の応急対策、12. ライフラインの応急対策 13. 遺体の処理・埋葬、14. 防疫・清掃・環境対策、15. 災害弱者対策、 16. ボランティア活動対策、17. 応急教育対策、18. 災害救助法の適応
(災害復旧計画)	1. 市民生活安定への支援、2. 災害復旧事業の推進、3. 災害復旧計画

表 2-1-3 横浜市の防災計画の項目

(総則)	1. 計画の方針、2. 本市の概況、3. 地震及び被害の想定、4. 市民及び事業者の基本的責務、 5. 本市及び防災関連機関等が行うべき業務の大綱
(災害予防計画)	1. 地震に強い都市づくりの推進、2. 防災力強化の取り組み、3. 地域防災拠点の整備 4. 地域医療救護体制の整備、5. 広域避難場所の整備、6. 防災体制の強化推進、 7. 緊急輸送体制の整備、8. 災害に強い人づくり、9. 災害に強い地域づくり、10. 津波対策
(応急対策)	1. 応急対策の基本、2. 災害対策本部の設置、3. 職員の配置と動員、4. 情報の収集と伝達、 5. 消防活動、6. 応急医療と保健衛生、7. 防災機関との相互連携、8. 避難と受け入れ 9. 警備と交通対策、10. 輸送の確保、11. 行方不明者の救出と遺体の取扱い、 12. 市民生活の安定、13. 学校活動、14. 災害ボランティアの活動、15. 公共施設の管理 16. 災害救助法の適応、17. 公益事業者の応急活動
(災害復旧と復興事業)	1. 市民生活の安定・復旧、2. 災害復旧の推進、3. 横浜市震災復興本部
(警戒宣言対応計画)	1. 警戒宣言の発令、2. 判定会収集時から警戒宣言が発せられるまでの対応措置 3. 警戒宣言発令時対策、4. 警戒宣言の発令に対する事前対策の推進
(災害応援計画)	1. 災害応援の基本、2. 災害応援活動の展開、3. 相互応援協定の発動、被災者の生活支援

表 2-1-2 札幌市の防災計画の項目

(総則)	1. 計画の基本方針 2. 計画の前提条件(自然・社会的条件、阪神・淡路大震災での被害状況、被害推定等) 3. 防災関係機関、4. 神戸市防災会議組織
(予防計画)	1. 安全都市づくり推進計画、2. ライフライン機関の施設の強化
(応急対応計画)	1. 防災活動計画、2. 災害救助法の適応、3. 情報収集・伝達・広報計画、 4. 広域連携・応急体制計画、5. 救助・救急医療体制、6. 地震火災対策、 7. 市民・企業の自主防災活動、8. 避難計画、9. 救援・救護対策、 10. 災害弱者・外国人への対応、11. 遺体捜索・埋火葬計画、12. 廃棄物処理計画 13. 被災地安全確保対策、14. ライフライン復旧対策、15. 災害時交通規制・緊急輸送対策 16. 生活安定対策、17. ボランティア活動支援、18. 二次災害の防止
(災害復旧計画)	1. 公共施設の災害復旧

### 2-1-2 市町村地域防災計画の問題点の考察

前述のように、日本全国で市町村地域防災計画の枠組みはほぼ同じということができる。ここでは、市町村地域防災計画の問題点を提起する。問題点は大きく2つに分けることができると考えている。1つは市町村地域防災計画の利用に関する問題点である。もう1つは、記載されている内容(項目等)に関する問題点である。

(市町村防災計画への問題提起)

①市町村地域防災計画自体に関する問題

②市町村地域防災計画の記載内容(項目等)に関する問題点

①は、市町村地域防災計画をどのように利用するのか?ということである。地震発生時に効果的に利用されるには、記載内容も含めて、使いやすい実践的なものが求められると考える。今回入手した市町村地域防災計画をもとに、その計画作成内容は、以下のように大きく3つの形式に分けられると考える。

1. 全ての内容が1つの計画(冊子)にまとめられているもの
2. 地震対策編と資料編(データ等)に分かれているもの
3. 地域の特徴的な内容を考慮、または同時にマニュアル等を作成しているもの

入手した市町村地域防災計画から判断すると、近年では2.の形式が増え、対策編と資料編とで作成されている。しかし、特に地震災害による被害をこれまでに受けていない都市及び風水害の被害が多い都市では、1.のような形式で作成されている。

また、3.の中で、静岡市、浜松市は一般的な地震対策編とは別に、東海地震等地震対策編と、特定の地震を想定した対策内容を作成している。

札幌市では、対策編と資料編の他に資料編「シナリオ型応急・復旧計画」というように、地震発生からのシナリオを想定した対策内容を作成している。

神戸市では、対策編と資料編の他に地震防災対応マニュアルを作成し、阪神・淡路大震災の教訓から、地震時により実践的に利用できるような内容を目指していると考えられる。

②は、計画中に記載されている内容(項目等)に関する問題点である。ここで、最も注目したのが、総則の内容に記されているそれぞれの都市の概況(自然的条件、社会的条件)である。ほとんどの都市の概況は、気候、地形、地質等の自然的条件、人口、面積等の社会的条件の一般的な概況の記載に限られている。

しかし、ここでは、地震対策に着目した自然的条件、社会的条件の整理が必要であり、地震対策における日本全国の地域的な特徴が明確になるべき項目だと考える。

総則の段階で、地震対策に着目した、それぞれの都市での、自然的条件、社会的条件が整理されれば、その後の項目にも日本全国で特色のある、項目等があげられ、より具体的な対策につながるものと考えられる。

地震対策に着目した、それぞれの都市での、自然的条件、社会的条件とは、

1. 地震が起りやすい地域かどうか
2. 都市内に、地震による被害を受けやすい要因、被害を拡大させる可能性が高い要因、被害を軽減する要因がどの程度存在するか
3. 被害だけではなく、救援・救助、復旧・復興に関する要因がどの程度存在するか

の3つに大きく分けることができると考える。1.は活断層やロケーション等、自然的条件によるものであり、2.は建物、道路等の構造物や地盤、地形、オープンスペース等様々な要因が考えられ、3.は地震発生からある程度長期的なスケールでとらえた

時に、それぞれの時間帯で影響する要因であり、地震発生によって影響を及ぼす様々な要因を、事前に整理することが重要であると考え。地震対策に着目し、これらの要因を事前に整理することによって、現在の地域防災計画をベースとし、都市の地域的な特徴をもちこんだ計画が作成できると考える。また、緊急対応のプライオリティ等、詳細な対策の決定等にも役立ち、地域防災計画の応急対応計画につながるものとする（地域防災計画の項目のつながり、方向性が明確になる）。

このような考えから、今回の防災計画の内容を検討してみると、気候（自然的条件）において、札幌市、青森市等計画の中（応急対応計画の中）に除雪等の項目が取り入れられているにとどまっている。

本研究では、特に市町村地域防災計画の問題点の②に着目し、現在日本全国で一律の手法で作成されている地域防災計画の内容に都市の地域的な特徴をもちこむことを目指すものである。上記の地域防災計画に関する考え方が、次節からのマクロゾーネーションの考え方、手法につながる。

## 2-2 マクロゾーネーションの概要

### 2-2-1 研究の概要

本研究では、研究の目的で述べているように、「マクロ」（自治体単位のスケールを最小単位とした相対的な都市の比較）というスケールに着目し、様々な都市が持っている地震災害影響要因となる特性のうち、都市によって大きく異っている特性を抽出する。抽出した地震災害影響要因となる特性によって、あらかじめマクロ視野に立って、地域的な特徴の分類を行う。地震災害に着目し、都市の地域的な特徴を明らかにすることは、マイクロゾーニング（都市内部での危険度評価等）やこれまで全国一律であった市町村地域防災計画の内容をより有効に生かすための枠組みとして役立つものと考えている。

マクロゾーネーションの主となる研究内容は、「マクロ」な視点からの、直下型地震における都市が持つ地域的な特徴の分析であり、「マイクロゾーニング」と位置づける。

また、都市内部の地震対策を「マイクロゾーニング」と位置づけ、「マクロ」と「マイクロ」の関連性を検討している。

#### （マクロゾーニングの諸要素）

都市を相対的に比較できるような指標作成であり、選択している都市が共通に持っている都市を構成する諸要素からの評価である。共通に持っている要素の中から、地震災害に大きく影響すると思われる要素を抽出し、日本全土に散在している都市に対して、抽出した要素から地域性を明らかにするといった横断的な都市の評価を行う。マクロに評価した指標は、都市内部のミクロな対策を行うための危険要因抽出に役立つ指標となると考えている。マクロな都市の評価は、直下型地震の被害に影響する要素という切り口からそれぞれの都市の地域性及び他都市との類似点を明らかにすることを重要視した都市を評価するための分析である。

まず、上記で述べているマクロな視点からの「都市が共通に持っている要素」を図2-2-1に整理した。直下型地震における、都市を構成する共通要素を念頭に置き、【自然】、【人工物、人間活動】、【歴史】という大きな3つの柱を設定した。

【自然】では地勢として、都市の立地（平野に立地、山地に囲まれて立地、海岸線に立地等のロケーション）、地形（標高等）、地盤（軟弱地盤等、地域特有の地盤状況）、活断層等があげられる。また、風土として気候（気温、降水量、積雪量等）、文化（地域の伝統的な都市構造、建物等）、木造建築（気候的な特徴が影響していると考えられる在来工法）等があげられる。

【人工物、人間活動】では、都市内部の能力として、都市の規模（人口、人口密度、面積等）、構造物（高層建物、住宅等の都市内部の構造物）、都市の交通（都市内の道路網、橋梁等）、経済（都市の生産力等）、条例・制度（地域特有の条例等）、行政（自治体の規模等）、民力（市民の防災意識やコミュニティー等）等があげられる。都市間の関係として、都市間交通（都市間の道路網や橋梁、海上アクセス等）、周辺都市の位置（周辺都市の立地等）、周辺都市の能力（周辺都市の規模等）等があげられる。

【歴史】では、過去の災害事例として、地震災害（過去に発生した大地震や地震発

生回数), 自然災害(過去に発生した風水害の記録等)があげられる。成り立ちでは, 都市の発生(都市の歴史的な成り立ち等), 都市の推移(人口推移, 面積推移, 経済推移等)等があげられる。

- |  |
|--|
| <p>【自然】<br/>                 (地勢) ロケーション, 地形, 地盤, 活断層等<br/>                 (風土) 気候, 文化, 木造建築等</p> <p>【人工物, 人間活動】<br/>                 (都市内部の能力) 都市の規模, 構造物, 都市の交通, 経済, 条例・制度, 行政, 民力等<br/>                 (都市間の関係) 都市間交通, 周辺都市の位置, 周辺都市の能力等</p> <p>【歴史】<br/>                 (過去の災害事例) 地震災害, 自然災害等<br/>                 (成り立ち) 都市の発生, 都市の推移等</p> |
|--|

このような, マクロな視点からの「都市が共通に持っている要素」を明確に分類するは困難であるが, 研究を進める上で, 事前に整理しておく必要があると考えた。これらの諸要素をもとに, 3章以降の直下型地震に関する様々な都市の分析を行う。

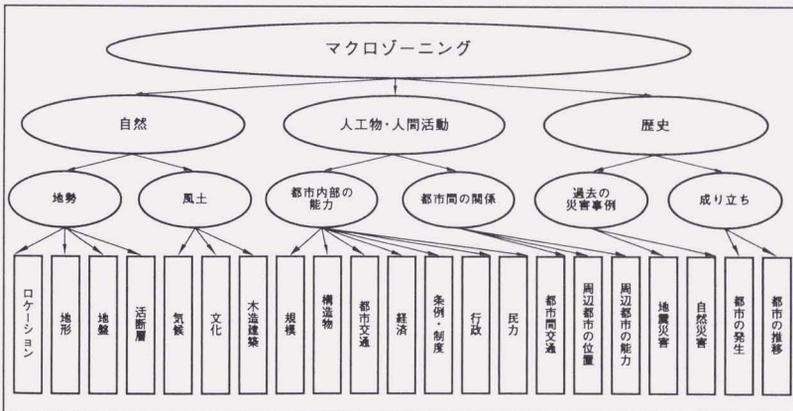


図 2-2-1 マクロゾーニングの諸要素

### 2-2-2 研究の手法

本研究では, 都市のスケールを最小単位とした地震災害に関するマクロな都市の分析が目的であり, 地震発生以前からの時間的なスケール(地震発生以前から復興に至る長期的な時間スケール)を考慮した評価軸を図 2-2-2 のように設定した(「都市のダメージ」, 「都市の被害軽減能力」, 「アクセスビリティ・サポートビリティ」, 「都

市の回復力)。

本研究内容は、直下型地震の被害、対応面から見た地域的な特性の分析に焦点をあて、評価軸中の「都市のダメージ」、「都市の被害軽減能力」、「アクセスビリティ・サポートビリティ」を評価軸とし、評価軸に基づく都市の地域特性の評価、分析をおこなう。

【都市のダメージ】

「都市のダメージ」とは、都市に直下型地震が発生したことを想定し、都市の被害の規模、様相（建物倒壊、火災等）等人的、物的な被害を拡大する要因と、オープンスペース等被害を抑制する要因とから、「都市のダメージ」として相対的に分析したものである。

【都市の被害軽減能力】

「都市の被害軽減能力」とは、それぞれの都市で暮らす住民が、都市の直下型地震による死傷者、負傷者等の被害を軽減する能力を潜在的に持っていると考え、都市の居住している住民の意識や人のつながりを「都市の被害軽減能力」として相対的に評価したものである。

【アクセスビリティ・サポートビリティ】

「アクセスビリティ・サポートビリティ」とは、直下型地震によって都市が被災したと想定し、短期間（約72時間を想定）のうちに被災都市が周辺都市から救済・救助を受けられる可能性、受け入れられる可能性を、海上交通と陸上交通から選択した都市に対して、「アクセスビリティ・サポートビリティ」として相対的に評価したものである。

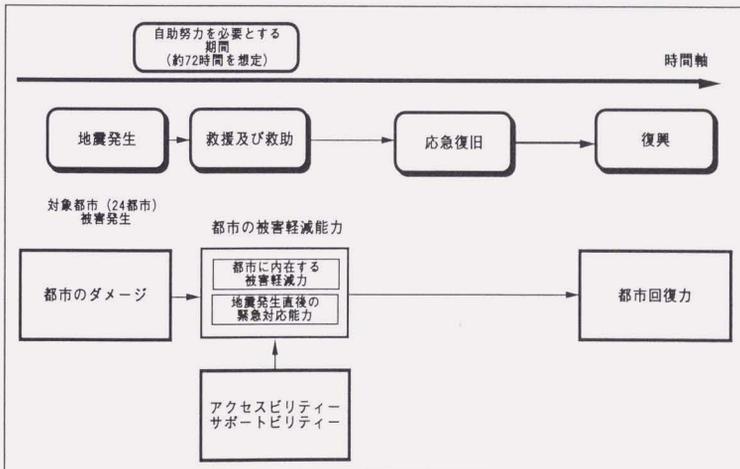


図 2-2-2 評価軸と地震発生からの時間的な位置づけ

(都市の選定)

上記のように、「都市のダメージ」、「都市の被害軽減能力」、「アクセスビリティ・サポートビリティ」について都市の地域的な特徴を分析するために、日本全国から25都市を選定した。なお、1891年濃尾地震から1995年阪神・淡路大震災までに発生した死者の被害が出た大地震<sup>注1)</sup>(図2-2-3)による被害を受けた都市及び政令指定都市25都市の一部を含む都市を、日本全国で選択した(図2-2-4)。



図2-2-3 過去の地震災害事例



図 2-2-3 選択した 24 都市

## 注

1) 1891年濃尾地震から1995年阪神・淡路大震災までに発生した死者の被害が出た大地震を以下に記載する。(参考文献4)から作成)

**濃尾地震(1891.10・28)M8.0**

死者 7,273 建物全壊 14 万余り 半壊 8 万余り

仙台以南の全国で地震を感じた。我が国の内陸地震としては最大級のもので、根尾谷を通る大断層を生じ、水鳥で上下に6メートル、水平に2メートルずれた。

**庄内地震(1894.10・22)M7.0**

死者 726 建物全壊 3,858 半壊 2,357

この地震の被害は主に庄内平野に集中したものであった。酒田付近では20日前から川水が減り、井戸が枯渇し、吹浦では14~15日前から海水がひくこと約45センチに及んだ。

**明治三陸地震(1896 6・15)M8.5**

死者 22,072 家屋流失全半壊 1 万以上

この地震の被害はなかったが、地震後約35分で津波が三陸沿岸に来襲した。津波来襲直前に鳴響のあったところが多く、第2波が最大だった。また、ちょうど満潮時にあたっていた。津波による被害地域は北海道から牡鹿半島にいたり、波高は、吉浜24.4m、綾里38.2m、田老14.6mなどである。

**妹川(江濃)地震(1909.8・14)M6.8**

死者 41 家屋全壊 978

滋賀県妹川付近を震源とする地震が発生した。虎姫付近の被害が最大だった。また、妹川河口の湖底が数10m深くなった。

**秋田仙北地震(1914.3・15)M7.1**

死者 94 家屋全壊 640

秋田県仙北郡を震源とする地震が発生した。仙北郡で最も被害が多く、地割れ、山崩れが多かった。

**関東大震災(1923.9・1)M7.9**

死者・行方不明者約 142,000 家屋全半壊 254,000 焼失 447,000

相模トラフを震源とする、深さ約50キロの巨大地震が発生した。東京は震度6で、最大振幅14~20、地震後の火災が被害を大きくした。房総方面・神奈川県南部では隆起、東京付近以西・神奈川北方は沈降した。関東沿岸に津波が襲来し、波高は熱海で12m、相浜で9.3mを記録した。

**北但馬地震(1925.5・23)M6.8**

死者 428 家屋倒壊 1,295 焼失 2180

兵庫県北部を震源とした直下型の地震が発生した。円山川付近での被害が大きく、火災発生による被害も大きかった。

**北丹後地震(1927.3・7)M7.3**

死者 2,925 家倒壊 12,584

京都北西部を震源とした、震源の深さ10キロ未満の直下型地震が発生した。地表に、大断層・郷村断層(18キロ、水平ずれ最大2.7m)とそれに直交する姫之湯断層が生じた。被

害は丹後半島頸部が最も激しく、淡路・福井・岡山・米子・徳島・三重・香川・大阪・に及んだ。

#### 北伊豆地震(1930.11・26)M7.3

死者 272 家屋倒壊 2165

北伊豆を震源とする直下型の地震が発生した。山崩れ崖崩れが多く、丹那断層(35 キロ)が生じ、多くの地割れが発生した。

#### 三陸はるか沖地震(1933.3・3)M8.1

死者・行方不明者 3,064 家屋倒壊 1817 流失 4034

三陸沖の日本海溝を震源とした地震が発生した。仙台市は震度5で、地震に伴う大津波が発生し甚大な被害をもたらした。綾里湾では波高 24mにも達した。また、津波誤に発生した火災によって大きな被害が出た。

#### 鳥取地震(1943.9・10)M7.2

死者 1083 家屋倒壊 7485 半壊 6158

鳥取市を中心に大きな被害をもたらした。鹿野断層(8 キロ)、吉岡断層(4.5 キロ)を生じた。特に鳥取市では火災が1晩中続き、大きな被害をもたらした。

#### 東南海地震(1944.12・7)M7.9

死者・行方不明者 1223 家屋倒壊 17599 半壊 36,520

紀伊半島からわずか 30 キロ沖の熊野灘沖を震源とした、関東大震災クラスの巨大地震が発生した。津波が三重県尾鷲で波高 6 mにも達し、三重県のほか、愛知県下と静岡県下に大きな被害をもたらした。軟弱地盤地域、名古屋の埋め立て地や、静岡の太田川流域には大きな被害を与えた。

#### 三河地震(1945.1・13)M6.8

死者 2360 家屋倒壊 7221 半壊 16555

三河湾北岸を震源とした直下型の地震が発生した。特に、幡豆郡の被害が大きく、深溝断層(延長9キロ、上下ずれ最大2メートルの逆断層)を生じた。

#### 南海地震(1946.12・21)M8.0

死者 1330 行方不明者 102 家屋全壊 11,591

紀伊半島の沖合いの南海トラフを震源とした、深さ 20 kmの地震が発生した。大津波が発生し、紀伊半島の南端では波高 6.6

#### 福井地震(1948.6・28)M7.1

死者 3,848 負傷者 21,709 家屋全壊 33,482

福井市の北東 10 kmの福井平野を震源とした、震源の深さが 10 kmと浅い直下型の地震が発生した。福井市の震度は当時最高の震度6でこの地震の後震度7(激震)が設定された。被害区域は狭かったが、震央が内陸にあったため局部的に甚大な被害を受けた。

#### 十勝沖地震(1952.3・4)M8.2

死者 28 行方不明者 5 家屋全壊 815

北海道十勝沖を震源とした地震が発生した。北海道、東北地方に津波が押し寄せて死者を出した。

#### 新潟地震(1964.6・16)M7.5

死者 26 家屋全壊 1960 半壊 6640

新潟市の北方およそ 50 キロの粟島付近を震源とした地震が発生した。新潟、秋田、山形

の各県に被害が及んだ。特に新潟市は被害が大きく、石油タンクの炎上による火災が地震発生と同時に発生し、周辺民家を焼失させた。また、地盤の液状化による建造物の倒壊も特徴的だった。

#### 松代群発地震(1965.8・3)M5.4

負傷者 15 家屋全壊 10 半壊 4

この地震は松代皆神山付近に始まり、少しづつ活動範囲を広げていった。ほとんど終息した1970年末までに松代で有感地震62821回、震度5、4はそれぞれ、9回、50回だった。

#### えびの地震(1968.2・11)M6.1

死者 3 負傷者 42 建物全壊 368 半壊 636

霧島山山麓を震源とした地震が発生した。二時間ほど前にM5.7の前震、翌日にもM5.6の余震があった。山崩れによる被害が多かった。また、3月25日にもM5.4、M5.7の地震が発生した。

#### 十勝沖地震(1968.5・16)M7.9

死者 52 負傷者 330 建物全壊 673 半壊 3004

北海道十勝沖を震源とした地震が発生した。青森を中心に、北海道南部、東北地方に大きな被害を与えた。この地震の特色は、山崩れによる生き埋めや、家の崩壊が多く出たこと、耐震設計したはずの鉄筋コンクリート建物の被害が目立ったこと、火災関係では石油ストーブを含む石油器具からの出火が多かったことである。

#### 伊豆半島沖地震(1974.5・9)M6.9

死者 30 負傷者 102

伊豆半島沖を震源とした地震が発生した。被害は伊豆半島南端が大きく、崖崩れや斜面崩壊によるものだった。また、御前崎では最大波高22cmの津波が発生した。

#### 伊豆大島近海地震(1978.1・14)M7.0

死者 25 負傷者 211 家屋倒壊 96 半壊 616

伊豆大島近海を震源とした地震が発生した。開発による人災の要素が大きく崖崩れなどの斜面崩壊による被害が特徴的だった。斜面が多いという潜在的な危険性を斜面開発が助長したという結果につながる。

#### 宮城県沖地震(1978.6・12)M7.4

死者 28 負傷者 1325 家屋全壊 651 道路損壊 888

仙台の東方沖約100kmを震源とし、深さ40kmの地震が発生した。仙台市を中心とした広い範囲にわたって被害が生じ、特に仙台市の旧市街地をドーナツ状に囲む地域に開発された新興開発地での被害が目立った。死者のほとんどがブロック塀や門柱の下敷きになったもので、近代都市が初めて直面した地震災害であり、今日の都市型地震災害の典型であると言われている。

#### 日本海中部地震(1983.5・26)M7.7

死者 104 負傷者 163 家屋全壊 934 半壊 2115 流出 52 船沈没・流失 706

秋田県沖を震源とした地震が発生した。被害は秋田県が最も多く秋田市では震度5を記録した。津波と液状化による地盤災害が特徴的だった。特に、津波災害では、死者104人のうち100人を占め、津波の恐ろしさを再認識させられた。また、液状化による建造物倒壊も多数見受けられた。

**長野県西部地震(1984.9・14)M6.8**

死者 29 人 負傷者 10 人

震源の深さが4～5キロと浅かったために大きな被害を出した。いわゆる直下型地震の典型的なもので、死者・行方不明者の全てがほとんど山崩れや、崖崩れの下敷きになって土砂に呑み込まれてしまった。御岳山の大崩壊は特徴的であった。

**宮崎地震(1987.3・18)M6.6**

死者 1 負傷者若干名

日向灘沖を震源とする地震が発生した。建物、道路などの被害が見受けられた。

**千葉県東方沖地震(1987.12・17)M6.7**

死者 2 負傷者 138

千葉県東方沖を震源とする地震が発生した。千葉県と東京都を中心に被害が出た。

**北海道釧路沖地震(1993.1・15)M7.8**

死者 1 人 負傷者 933 人

北海道釧路沖の日本海溝を震源とした地震が発生した。釧路市では震度 6 を記録し、北海道と東北地方で大きな被害を受けた。

**千葉県東方沖地震**

死者 2 人 負傷者 138 人

千葉県東方沖を震源とした地震が発生し、東京都と千葉県で被害を受けた。

**北海道南西沖地震(1993.7・12)M7.8**

死者・行方不明者 230 負傷者 305 人

北海道南西の奥尻島北方沖を震源とし、奥尻島では最大打ち上げ高 31m の津波が押し寄せ、日本海沿岸では日本だけでなくロシアや韓国でも津波が観測された。特に奥尻島では地震発生から約 4 分で津波が来襲し、その後の火災発生で甚大な被害を受けた。

**北海道東方沖地震(1994.10・4)M8.1**

負傷者 435 人 家屋全壊 9 半壊 68 一部破損 4,489

北海道釧路沖の日本海溝を震源とした地震が発生した。津波も発生し、北海道と青森県で大きな被害を受けた。火災は発生しなかったが北海道だけではなく北方四島も甚大な被害を受けた。

**三陸はるか沖地震(1994.12・28)M7.5**

死者 3 人 負傷者 596 人

三陸沖の日本海溝を震源とした地震が発生し、青森県下を中心に大きな被害を受けた。特に、八戸市の震度は 6 で、中心街の被害が大きく、ビルなどのガラスが割れて、負傷者の大半はガラスで手を切った怪我だった。

**阪神・淡路大震災(1995.1・17)M7.2**

死者・行方不明者 5,504 負傷者 4,152 家屋全壊 100209 半壊 107074

都市直下型地震で大都市を直撃するものであり、その被害も甚大なものとなった。この地震では、火災などの二次災害による被害も特徴的だった。神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市、淡路島では震度 7 を記録した。

参考文献

- 1) 防災六法 防災行政研究会 編集
- 2) 地域防災計画の実務 京都大学防災研究所編
- 3) 地震被害想定資料集 平成10年9月 損害保険料率算定会
- 4) 新編 日本被害地震総覧 宇佐美 龍夫著 東京大学出版会
- 5) 札幌市地域防災計画 札幌市防災会議  
     札幌市地域防災計画 資料編 札幌市防災会議  
     札幌市地域防災計画 資料編 「シナリオ型応急・復旧計画」(資料) 札幌市防災会議
- 6) 青森市地域防災計画 一地震編一 青森市防災会議
- 7) 横浜市防災計画 震災対策編 横浜市防災会議
- 8) 新潟市地域防災計画 (震災対策編) 新潟市防災会議
- 9) 福井市地域防災計画 福井防災会議
- 10) 静岡市地域防災計画 (一般対策編) 静岡市防災会議  
     静岡市地域防災計画 (東海地震等対策編) 静岡市防災会議
- 11) 浜松市地域防災計画 一般対策編 浜松市防災会議  
     浜松市地域防災計画 東海地震等対策編 浜松市防災会議
- 12) 和歌山市地域防災計画 地震災害対策編 和歌山市防災会議  
     和歌山市地域防災計画 総則・予防・資料編 和歌山市防災会議
- 13) 大阪市地域防災計画 <震災対策編> 大阪市防災会議  
     大阪市地域防災計画 <資料編> 大阪市防災会議
- 14) 神戸市地域防災計画 総括 地震対策編 神戸市防災会議  
     神戸市地域防災計画 防災データベース 神戸市防災会議  
     神戸市地域防災計画 地震防災対応マニュアル(概要版) 神戸市防災会議  
     神戸市地域防災計画 一防災事業計画一 安全都市づくり推進計画 神戸市防災会議
- 15) 鳥取市地域防災計画 鳥取市防災会議
- 16) 広島市地域防災計画 (震災対策編) 広島市防災会議
- 17) 高知市地域防災計画 震災対策編 高知市防災会議  
     高知市地域防災計画 高知市水防計画 資料編 高知市防災会議
- 18) 高松市地域防災計画 (震災対策編) 高松市防災会議  
     高松市地域防災計画 (資料編) 高松市防災会議
- 19) 福岡市防災計画 (地震対策編) 福岡市防災会議
- 20) 宮崎市地域防災計画 宮崎市防災会議

第3章

リモートセンシングを利用した「都市のダメージ」評価

## 第3章 リモートセンシングを利用した「都市のダメージ」評価

## 3-1 目的・概要

本章では、都市に直下型地震が発生したことを想定し、都市の被害の規模、様相（建物倒壊、火災等）等人的、物的な被害を拡大する要因と、オープンスペース等被害を軽減する要因とから、「都市のダメージ」として相対的に分析したものである。

地震による被害の想定は、1章で述べたように、死者数、負傷者数といった人的被害、建物倒壊数や火災による焼失数等の物的な被害といった、被害想定システム等から算出する数値的演算と、その結果が最も重要視されている。そのため、これら被害想定に利用されるデータは、主に地震の規模（震度）、最大加速度等と地盤からの地震による揺れ、倒壊の可能性が高い木造建物のデータ等、限られたデータによる数値解析になっている。被害想定システムは、ある程度の被害規模等の把握のためには重要であると考えられるが、詳細な数値はそれほどの意味を持たないと考える。

1995年1月17日兵庫県南部地震が発生し、神戸市を中心に人々や建物が甚大な被害を受けた。その一方で、都市内のオープンスペースが延焼遮断帯として機能したこと、避難場所として利用されたなど、地震による被害の軽減等に効果があったことが多数報告されている。

地震災害時のオープンスペースは、単に延焼遮断帯として機能するだけでなく、避難場所として、又ある時は救護施設等、というように多種多様に変化し、都市の被害軽減能力そのものであると考えられる。従ってオープンスペースは地震災害に直面した都市におけるダメージを評価する上での重要な指標であると考えられる。本研究では地震災害時における「都市のダメージ」をマクロな視点から評価することを目指し、オープンスペースの評価に関する基礎研究を行うとともに、基礎研究をもとに、リモートセンシング<sup>註1)</sup>による都市のオープンスペースの評価をおこなった。

本章では、リモートセンシングを用いてオープンスペースのその量と分布を読みとり、都市の地震災害に対するダメージを評価するという手法を試みた。リモートセンシングを利用することによって個々の能力を持つオープンスペースが都市において、どれだけの量、またはどのような位置関係で存在しているかをマクロな視点で把握する事が可能であり、そこから都市の地震災害に対するダメージを評価することができると考えた。これは都市の防災対策に有用な資料になり得ると考えられる。

本研究では、被災地神戸の事例から整理したオープンスペースの特性を踏まえ、またオープンスペースの利用度に関する考察を加え、全国24都市におけるオープンスペースの量、分布を読みとることによって各都市の地震によるダメージを考察する。

マクロゾーニングでは、直下型地震における日本全国での地域的な特徴を把握することが目的であり、その手法として地物の形質を広域的かつ瞬時に把握でき、都市スケールでの比較が容易である、リモートセンシング技術を利用することは、非常に有効であると考えた。

また、リモートセンシングの利用は、その特徴から、公園、空き地等の都市のオープンスペースの量、配置によるバランス等を分析するために効果的であると考え、ま

ず「都市のダメージ」(2章参照)の地震による被害を軽減させる要因の1つと考えられる都市のオープンスペースに着目した。

ここでは、阪神淡路大震災の事例からオープンスペースの災害時における機能や用途を発災時から時系列に整理した。さらに各用途の機能を持つオープンスペースにどのようなものが挙げられるかを検討した。

これら地震時のオープンスペースの定義から、神戸市、横浜市、東京都(区部)において、リモートセンシングを用いて都市のオープンスペースを評価するための基礎研究を行った。

オープンスペースの土地被覆構成を考察し、本章において都市の比較を行う上で扱うオープンスペースの土地被覆を定義した。これらの土地被覆を用いてリモートセンシングにより、都市に対しての土地被覆分類図を作成した。作成された分類図をもとに、都市のオープンスペースの量と位置関係及び直下地震災害における影響を考察した。

上記の基礎研究を踏まえ、地震時における都市のオープンスペースの抽出方法を具体的に検討し(リモートセンシングと同時にGISを利用することによって、本章で手意義付けている都市のオープンスペース抽出が可能である)、対象24都市において、地震時における、都市のオープンスペースを相対的に評価した。

また、抽出したオープンスペースとその他、地震による被害を軽減すると考えられる要因及びに被害を拡大させると考えられる要因(老朽木造建物、人口集中地区等)とから「都市のダメージ」として対象都市を相対的に分析した。

本研究ではリモートセンシングデータとしてランドサットTM<sup>(注2)</sup>を用いた。

### 3-2 地震災害におけるオープンスペースの効果と土地被覆による分類

阪神・淡路大震災ではオープンスペースの災害時における用途は被災直後から時系列的に変化した。ここではまずオープンスペースの災害時における用途の時系列的整理し、次に、土地利用と土地被覆種別の関連性を検討することによって、オープンスペースと土地被覆種別の関連性を検討した。

#### 3-2-1 地震災害におけるオープンスペースの効果

阪神・淡路大震災により大きな被害を受けた、神戸市においてオープンスペースが多種多様な役割を担っていたことは、神戸において発行されている様々な被害報告書によって明らかにされている。実際にオープンスペースが地震発生から復興までの間にどのように利用されていたのか、または機能していたのかを整理した。

震災直後、震災時、そして復興時という時間の流れの中で、オープンスペースには以下の用途・機能が事例により明らかとなっている。

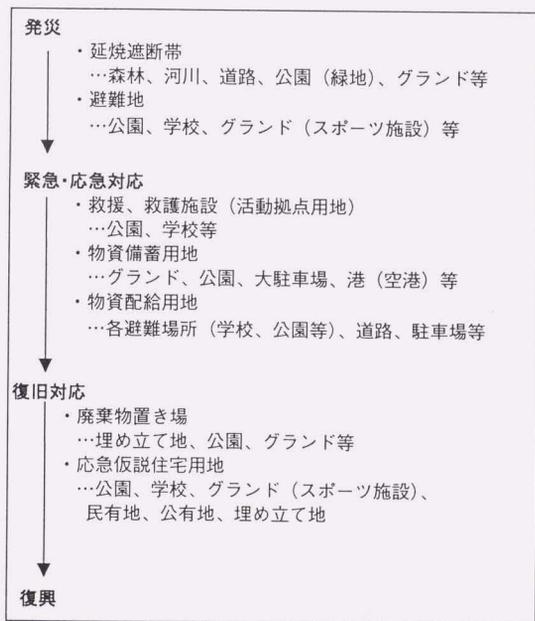


図 3-2-1 オープンスペースの利用例（時系列）

以上のように、オープンスペースの用途・機能は時系列をおって、長期間継続される用途、短期間集中的に必要となる用途等に分けられる。

以下に神戸におけるオープンスペースの各用途・機能の時間的移り変わりと利用状況を

示す。

#### ・緊急避難スペース

直下型地震が発生した時に、建物等の構造物倒壊等の危険性から身を守るために、屋外に緊急的に避難することが考えられる。その際、周辺にオープンスペースがあるかどうかという基本的な事が最も重要であると考ええる。建物が密集している地域は、建物等の倒壊から身を守るスペースがなく、地震による被害を拡大させる要因につながる。

緊急避難のスペースとして、空地、都市公園、広幅員道路等のオープンスペースがあることが地震による被害を軽減すると考えられる。

#### ・延焼遮断帯

地震直後において、火災に対して避難経路を確保し、延焼を遮断する等、延焼遮断帯としての機能が期待される。こうした機能を持つオープンスペースには、市街地内部の森林や河川、公園、グラウンド等が挙げられる。

地震災害における火災による被害は、神戸市の長田区等、大都市の密集した市街地において重要な課題であると考ええる。

阪神淡路大震災では火災により建築物が焼失もしくは焼損したところで死亡した人数は、全体で 13.3%、652 人にのぼり、特に、木造建築物が多いと考えられる低層建築物で、全体の 91.0% を占めている。木造建築物は延焼効果を拡大させる要因ともなり、木造棟数の多い長田区においては最も焼失区域面積が大きく、それによる罹災世帯数も最大であった。しかし焼失区域面積の少ない東灘区も決して少なくない木造棟数を有しており、ここに火災による被害と建築物の密集度の関係が伺える。住宅の密集度には建ぺい率、道路幅員の改善等による建て詰まりの解消が考えられるが、阪神淡路大震災において都市域内のオープンスペースが延焼抑制要素として影響していたことが報告されている。

公園や空地、グラウンド等のオープンスペースは延焼による火災の被害軽減に効果的に機能していたと考えられる。

<p>* 「延焼阻止要因の合計」 延焼規模の合計</p> <p>「道路・鉄道」 40%</p> <p>「耐火造・防火壁・崖等」 23%</p> <p>「空地（オープンスペース）」 23%</p> <p>「消防」 14%</p>
---

#### ・避難所（救援救護施設、物資配給所）

阪神・淡路大震災では、余震が続く中、住民の初期の避難所として近隣公園の利用度が最も高かった。その後次第に学校園やグラウンド等へと避難住民が移っていった。救援救護施設や物資供給所等の用地としてオープンスペースにある避難所が転用されるケースも多かった。

避難所には一時、30万人を越える避難者がつめかけるほどとなり、発災直後から市内各地の大小公園、学校がその大半を占めていた。緊急の安全確保としては近所の小さな公園が最も緊急避難場所として有効であったといえる。時間がたつにつれて「近所の公園」

から大公園・学校へと人は流れ1週間後には避難所数、避難者数共に最大に膨れ上がった。3ヶ月経ったころからしだいに各地で避難所が廃止になり、神戸市の避難所も約半年後にその役目を終えた。

*神戸市内		ピーク時
避難所数	601カ所	学校園が6割を占める
避難者数	236,899人	夜間人口の約15%

神戸市内において発災直後に避難所として用されたオープンスペースは地区の学校、住宅地付近に点在する公園が多く、利用率は約100%であった。ピーク時の避難所の数においても学校園がその6割を占めていた。これは学校や公会堂などの大規模施設は広いオープンスペースや多くの部屋があるため、被災者救援のための様々な受け入れることができたことが挙げられる。しかし学校が継続して避難所として利用される一方、公園は大規模であれば自衛隊駐屯地へと変わり、小さ過ぎれば救護作業が機能しきれないものとして消え、最終的には中規模のものが避難所として残った。避難所の形態としては、オープンスペースのみの「広場型」、オープンスペースと建物の「学校型」、そして建物みの「施設型」がみられた。また特徴的な避難所として「広場型」ともいえるが河川付近の公園(石屋川)等にテント村が形成されていた。ピーク時の避難者数は夜間人口の約15%であったが、避難者の多くは建物焼失によって家を失った避難者と、水をもとめて避難活動を行う避難者が占め、水が手に入りやすい状況であればなるべく自宅付近に居たいと考える住民が避難活動を行わないという実態もあった。全体としては学校、公園を含めたオープンスペース等の配置が、避難所の効果的な配置につながり、災害時における重要な役割を果たす。

#### ・救援・救護施設

神戸市において、救援・救護施設は病院、避難所内に設置されていたので、利用されたオープンスペースの数量は基本的には避難所の数と同程度である。これは医療活動用のスペースを確保する事が出来なかったことを表している。障害者や重病人、高齢者用の緊急救護スペースが避難所となるオープンスペースに隣接している必要があると考える。

*神戸市における主な例	
東灘区	野寄公園
灘区	浜田公園
中央区	宮本公園
兵庫区	門口公園
長田区	県立文化体育館東側

いずれも中規模公園、学校であり地区の主要避難場所である。それぞれを中心として他の避難場所での救護を行うという形態をとっている。また歯科においては、地域の歯科診療所が被災し、歯科診療が行えないなかで、救急医療が落ち着きをみせる震災後2~3日頃から歯科救護活動は行われた。しかし避難活動もピークとなる1月25日(震災から8日目)にしても、歯科診療所の開設率が被災の大きい6区で15%、全市

でも23%であった。このため急遽歯科救護所を設置していった。

\*歯科救護所（計11ヶ所）

東灘区	御影公会堂、東灘診療所、本山南小学校
灘区	原田中学校
中央区	県歯科医師会口腔保健センター、吾妻小学校、上筒井小学校
兵庫区	大開小学校、兵庫中学校、心身障害者歯科診療所
長田区	旧長田保健所

・物資備蓄用地

救援物資等の配送経路が確保され、物資が大量に運ばれるようになると、物資を備蓄する用地の確保が重要になった。これには広い道路に面したグラウンドや、公園、大駐車場等のオープンスペースが利用された。

初期の備蓄用地としては県消防学校と県庁があったが、それだけでは足りなくなり各地区の倉庫、果てはグラウンド、駐車場（保養施設グリーンピア三木）を使用しながら配給活動を行った。配給用地は震災直後において市役所周辺の道路及び駐車場が物資集積と兼ねて利用され、後は各地の避難場所が配給場所となり市内4カ所の中継地点を経て配給活動を行っていた。

一方、食料においては当初現地での炊き出しやおにぎり製造等によって賄われたが、震災翌日の18日からは全国からの物資の受付が始まり、自衛隊、消防ヘリコプターによる食料の輸送が始まった。全国各地から届く菓子パン類やおにぎり等は、各駐屯地、基地を経て、ヘリコプターで王子公園へ運ばれ、東遊園地、垂水下水処理場（垂水区平磯）、市民運動場（長田区蓮池町）等を経て、各区役所へ配送され、避難所へ配られた。

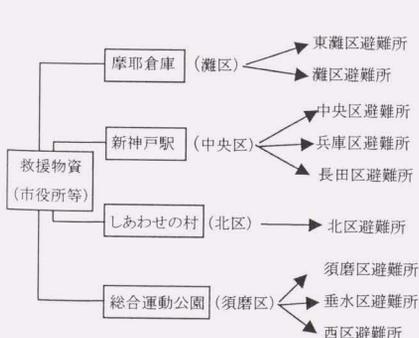


図 3-2-2 救援物資配送ルート

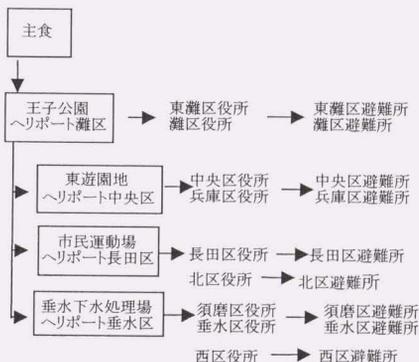


図 3-2-3 主食配送ルート

### ・廃棄物置き場

避難活動から復興活動へと移行すると、家屋の崩壊等により発生した瓦礫等廃棄物の一時的な置き場が必要となり、埋め立て地や公園、グラウンド等が利用された。廃棄物置き場として用いられたオープンスペースは避難活動時、住区からのアクセスの悪いなどの理由で避難所として利用されなかったものが用いられた。

大量に発生する荒生混合ゴミ、特に建造物の倒壊による瓦礫は救助・捜索活動や緊急車両の通行を阻んだだけでなく慢性的な交通渋滞を引き起こし、物資の配送等の障害となった。これら災害廃棄物を処理するため、焼却しきれないもの（コンクリート系瓦礫）をグラウンド等に運び集積し最終的には六甲アイランドやポートアイランド等の埋め立て地で埋立資材として処分された。ゴミ・瓦礫仮置き場としては以下のものがあげられる。

中央区小野浜町小野浜グラウンド

中央区磯上町磯上グラウンド

東灘区魚崎浜町魚崎浜球技場

長田区南駒町大阪ガス跡地

### ・応急仮設住宅

復旧活動の始まる時期になると、住居をなくした住民のために応急仮設住宅の建設がはじまり、その用地として、それまで避難場所であった公園や学校園の校庭、グラウンド、公有地や埋め立て地等が利用された。

倒壊または焼失により家を失った行き場のない人たちの居住先を1日も早く提供するため応急仮設住宅の建設は開始された。用地として利用された場所は多種多様であり、それだけに発注された必要戸数の量が多かった。特に利用されていた場所は公園、空き地（震災によりできたものも含む）、埋め立て地等である。市内各区分で建てられた仮設住宅の戸数は被害の少ない西区が最も多く、次いで東灘区、中央区が埋め立て地を共に持つため多くの仮設住宅が建設された。全体として29,178戸の住宅が建造され必要戸数を上回った。

各地区の主な仮設住宅用地として以下のものが挙げられる。（規模の大きいもの順）

西区	西神（櫛谷町、平野町、伊川谷町）
北区	しあわせの村
東灘区	六甲アイランド
中央区	ポートアイランド

### \*必要戸数

必要戸数を算出するには、まず避難世帯数を知る必要があり、避難世帯数とは次式で表される。

$$\text{ピーク時の避難所避難者数} \div 3 \text{人} (\text{1世帯平均家族数}) = \text{避難世帯数}$$

ここでの避難世帯数とは以下のものである。

①家屋の全壊・半壊を理由に避難している世帯

②その中でもなんとか自力で住宅確保の見通しがつきそうな世帯

③ライフラインの不通や余震に対する恐怖心から身を寄せている世帯

従って住宅確保の見通しが全くない世帯は①-②であり、これが必要戸数となる。

なお県内外の公団や公営住宅の確保できる空き家があればその分を引き、算出されたものが実際に建てなければならない仮設住宅の戸数である。

・学校と公園の利用度

オープンスペースの各用途・機能を整理していく中で、多様に利用されていたオープンスペースが公園と学校でありこれらオープンスペースが緊急非常時にかなり頼りになることが確認できた。これは公園と学校が数ある他のオープンスペースに比べ抜きに出て地域性を持っているからである。学校も公園も普段から住民の生活と密接な関係を持ちながら、そのほとんどが住区の中心部に位置しその周りを住宅が囲んでいる。特に緊急避難所として考えた場合、学校の周りには学校区、通学路等がすでに整備されているため、緊急の避難所として最適な環境となると考えられる。

また公園はほとんどのものが周りを緑地に囲まれているので避難後の火災による被害が少ないと考えられている。

上記のような、阪神・淡路大震災における神戸市の事例をもとに、表 3-2-1 のようにそれぞれの用途とオープンスペースの土地利用形態を対応させた。

表 3-2-1 オープンスペースの用途と土地利用との対応

地震時のオープンスペースの用途	構成する土地利用形態
・延焼遮断帯	緑地、河川、広幅員道路、公園、グラウンド等
・避難所(救援救護施設、物資配給用地)	公園、学校校庭、グラウンド等
・物資備蓄用地	グラウンド、公園、大駐車場等
・廃棄物置き場	埋め立て地、公園、グラウンド等
・応急仮設住宅	公園、学校校庭、グラウンド、公有地、埋め立て地等

表 3-2-1 のように、オープンスペースは地震発生直後から長期間にわたって効果的に利用することができる。

ここでは、地震による被害を軽減する要因としてのオープンスペースを取り上げ、火災の延焼遮断帯の他、詳細な事例による調査は困難ではあったが、緊急的な避難により建物到壊による人的な被害を軽減する効果があると考えている。

## 3-2-2 土地被覆によるオープンスペースの分類

ここでは、さらにオープンスペース等の土地利用形態を、リモートセンシングの分布データによって得られる土地被覆種別と対応させるために、表 3-2-1 のオープンスペースのそれぞれの土地利用形態を構成する土地被覆要素を以下のように仮定した。

表 3-2-2 土地利用形態と土地被覆による分類の対応

土地利用形態	土地被覆による分類	土地利用形態	土地被覆による分類
緑地	森林+草地	学校(校庭)	裸地
公園	草地+裸地	道路, 駐車場	アスファルト
グラウンド	裸地	河川	水面
埋め立て地	裸地		

土地利用と土地被覆の対応について、たとえば河川の土地利用の中には河道のほか、に河川敷も含むため、草地の土地被覆が河川という土地利用の一部をなしている場合がある。また土地被覆が森林の場合でも、古墳や宅地内緑地など、ここで扱うオープンスペース以外の土地利用も含まれる。しかし、本研究で解析対象とした地域内については上記のように土地利用と土地被覆の対応を仮定しても影響は少ないと考え、いずれも対象外とした。

また、また基礎研究及び次項での応用研究において、土地被覆種別の中のアスファルトについては、建物との判別が困難であると考え扱わないこととする。このため「道路・駐車場」のオープンスペースについての考察は行わない。

上記の他のオープンスペースについては、森林、水面、草地、裸地の4種類の土地被覆から構成される。これらはリモートセンシングにより他の土地被覆と分類が可能である。ここではリモートセンシングで得られた市街地内の森林、水面、草地、裸地は、すべてここで扱うオープンスペースであると仮定した。

### 3-3 リモートセンシングを利用した、地震時における都市のオープンスペースの抽出と特性分析のための基礎研究

ここでは、前節までの地震災害時におけるオープンスペースの効果をもとに、地震時における、都市のオープンスペースの評価手法等を検討し、ケーススタディーとして、神戸市、横浜市、東京都（区部）において、都市のオープンスペースの特性を分析する。

#### 3-3-1 土地被覆分類図の作成

ここでの土地被覆分類は、最尤法による教師付分類により行った。分類した土地被覆種別は、森林、草地、水面、裸地、市街地の5分類である。分類に用いたランドトゥールズデータ（教師データ）は、空中写真と 1/2500 地形図を用いた読み取りにより抽出した。

もちいたリモートセンシングデータは LANDSAT の TM センサーによる7バンドのマルチスペクトルデータで、地上分解能 30 メートル（熱バンドのみ 120m）である。観測日は、それぞれ横浜市、東京都 23 区中心部が 1993 年 10 月 28 日、神戸市が 1990 年 8 月 6 日である。

図 3-3-1、図 3-3-2、図 3-3-3 に、それぞれの土地被覆分類結果を示す。市街地を囲む森林、草地は、横浜市では北、西、南の三方に広がる周辺丘陵地に森林緑地が分散して分布しているのに対し、神戸市では北側に六甲山がまとまった大きな森林地帯を形成している。一方東京都 23 区中心部は大規模公園・臨海部埋立地以外には、まとまった森林、草地は見られない。水面の分布について、いずれの対象地区にも海面が含まれている。横浜市、東京都 23 区中心部には比較的大きな河川が見られるが、神戸市では大規模な河川は対象地区には見られない。裸地は神戸市、東京都 23 区中心部では臨海部の埋立地にまとまって見られるが、横浜市では臨海部の他に丘陵地周辺にも裸地が分布している。

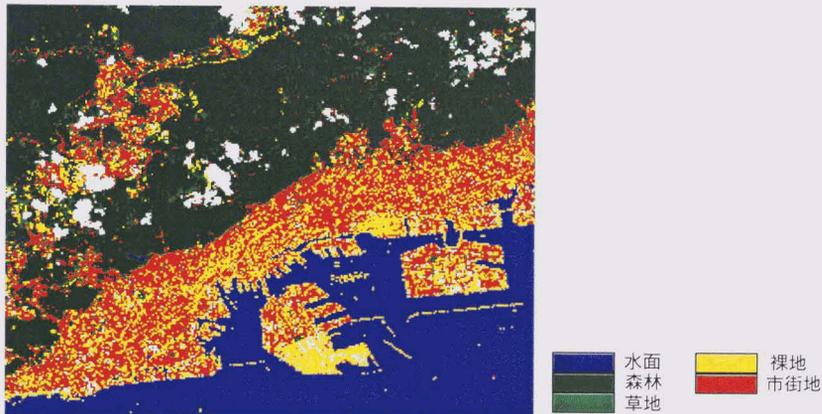


図 3-3-1 土地被覆分類図（神戸市）

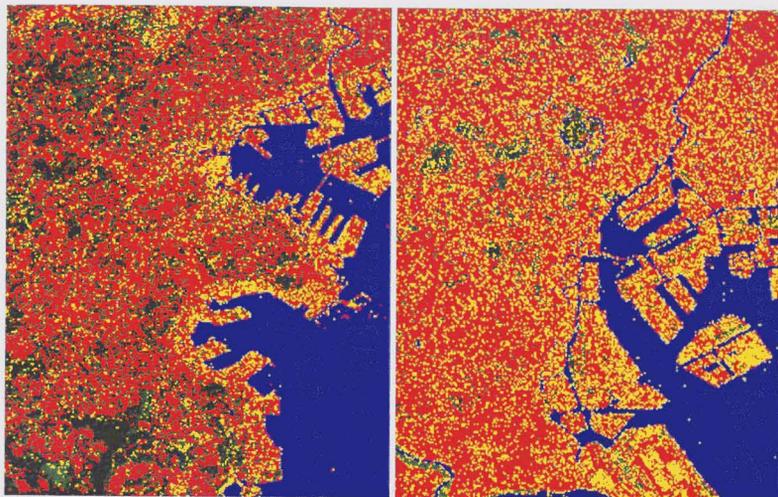


図 3-3-2 土地被覆分類図 (横浜市)

図 3-3-3 土地被覆 分類図 (東京都(区部))

### 3-3-2 評価手法の概要

災害時において必要とされるオープンスペースは地震による被害を拡大する要因が集中している，中心部の都市域内において効果的に被害を軽減すると考えられる。中心部の都市域内におけるオープンスペースの分布を比較するため，ここでは各対象都市域に中心点を設定し，それを中心とした最大半径7kmまでの，1km毎の同心円内に含まれるオープンスペースの割合（土地被覆比率）を求めた。

基礎研究におけるケーススタディ対象地区は横浜市と神戸市，さらに高密度大規模市街地の代表である東京都23区中心部の3地区である。中心部の都市域内におけるオープンスペース分布評価の中心点は，今回それぞれ横浜駅・三ノ宮駅・東京駅とした。

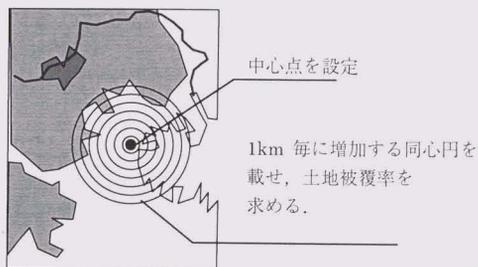


図 3-3-4 評価手法の概要

### 3-3-3 地震時における都市のオープンスペースの分析（ケーススタディー）

ここでは、上記の土地被覆分類図と評価手法を用いて、神戸市、横浜市、東京都（区部）においてケーススタディーとして、都市のオープンスペースを分析した。

（各土地被覆の割合比較）

図3-3-5は各半径の範囲内で5種類の土地被覆の割合について横浜市と神戸市で比較したものである。評価中心点が海に近く、いずれも2km以上の円内には海面が含まれた。また神戸市では4km以上の円内に六甲山の森林が含まれ、5km以上の円内にポートアイランドが含まれる。両者の比較において横浜市には裸地が10%以上多く、神戸市の2km以上の範囲において森林が多かった。その他は両都市ともほぼ似た傾向が見られた。

横浜市のデータは1993年のものであり、裸地には「みなとみらい地区」の建設用地が含まれている。

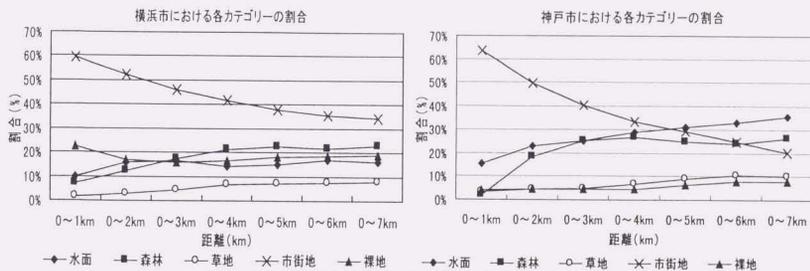


図3-3-5 各土地被覆の割合比較（横浜市、神戸市）

（延焼遮断機能を持つオープンスペースの分布比較）

図3-3-6は延焼遮断帯として機能する土地被覆を森林と草地、裸地とし、これらの土地被覆の割合について比較したものである。ここでは森林、草地、裸地を「オープンスペース1」と呼ぶ。水面にも延焼遮断の効果は期待されるが、対象地域の評価円内の主な水面が海面で占められていることから、水面の評価は行わなかった。

横浜市ではオープンスペース1の割合が神戸市に比べて全般的に高く、横浜市では半径1km以内での裸地の割合が大きく、このためこの範囲における両者の差は特に大きくなった。2km以内での評価では神戸市では六甲山が含まれないが、大規模緑地公園（東遊園地）が含まれ、森林の割合が大きくなり、オープンスペース1の割合の差は少なくなっている。

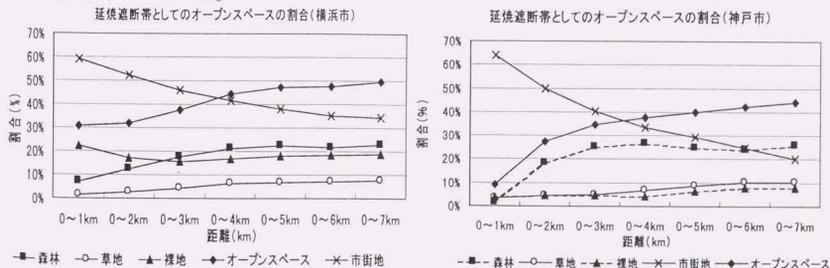


図3-3-6 延焼遮断機能を持つオープンスペースの割合（横浜市、神戸市）

(避難用途としてのオープンスペースの分布比較)

図 3-3-7 は避難所として用いることのできるオープンスペースについて比較したものである。避難所として利用できるオープンスペースの土地被覆を前述のように草地と裸地とした。森林は特に火災に対する有効な避難空間となるが、ここではより長期間における用途について検討し、避難所は避難活動が進むにつれて応急救護施設等に転用されることより、開けた場所が望ましいと考え、森林は除外した。ここでは草地と裸地を「オープンスペース 2」呼ぶ。

両都市を比較すると、神戸市は横浜市より中心部におけるオープンスペースの割合が全般的に10%前後少ない。

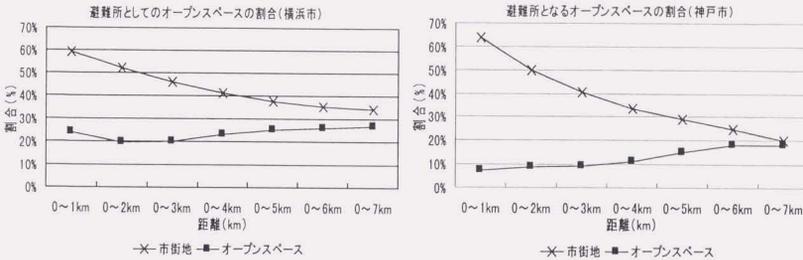


図 3-3-7 避難所としての機能を持つオープンスペースの割合 (横浜市、神戸市)

(オープンスペース量のニーズを含めた比較)

都市の比較を行う上で、オープンスペースの絶対量だけを比較するだけではなく、都市の規模を考慮に入れた比較が必要である。

ここでは都市の規模を表す要素として人口を選び、オープンスペース 2 を、昼間人口、夜間人口 (特に大都市では、昼間人口と夜間人口の格差が非常に大きく、地震による被害の規模も昼間と夜間で異なると考えた) に対し、一人当たりのオープンスペース 2 の量として比較を行った。

ここでは東京都 23 区中心部についても比較を行った。図 3-3-8 にその結果を示す。

横浜市における一人当たりのオープンスペース 2 の面積が大きいことがわかり、エリアが広がるにつれて一定の割合でその面積も増えていることがわかる。神戸市は、昼間人口一人当たりのオープンスペース 2 の面積が非常に少なく、東京都 23 区中心部と同様の結果が得られ、昼間時における被害を軽減する効果を持つオープンスペース量が不足していることがわかる。

夜間人口一人当たりのオープンスペース 2 の面積は、約 4km をこえるエリアで、神戸市が大きくなることがわかる。神戸市は、夜間人口におけるオープンスペース面積が他の都市に比べて大きいことわかる。

横浜市、神戸市とも一人当たりオープンスペース 2 の面積は昼間と夜間で大きな差が見られた。一方東京都 23 区中心部ではあまり差が見られないことから、東京都 23

区中心部では、昼夜間関係なく、地震時に被害を軽減する効果を持つオープンスペース量が不足していることがわかる。

また、今回の人口一人当たりのオープンスペース量を算出する方法として、町丁目単位の人口と、同心円で区切られた町丁目の面積と町丁目の面積との割合をかけあわせることによって、同心円で区切られたエリアあたりの人口を算出し、オープンスペース面積とともに人口一人当たりのオープンスペース量を算出した。

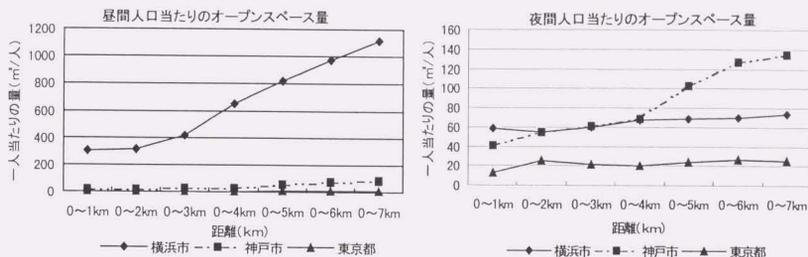


図 3-3-8 一人当たりオープンスペースの量(横浜市、神戸市、東京都)

### 3-3-4 基礎研究のまとめ

阪神・淡路大震災の神戸市におけるオープンスペースの用途等から、オープンスペースの用途と都市の土地利用の形態との関連性を考察し、リモートセンシングから読み取ったオープンスペースの土地被覆との関連性を検討し、面積と分布についての地震時における都市のオープンスペースを評価した。

基礎研究ではオープンスペースの分布の評価について、ある点を中心とした円内の対象土地被覆の面積比による評価手法を提案した。オープンスペース量の評価のため、昼間人口・夜間人口を用いた評価も行った。ここではこの手法を検討するため、各都市一点ずつの代表点について評価を行ったが、被害の軽減とは直接関係の無いと考えられる海面や山地について、評価にいか反映するかが課題として残った。

また実際には被害を軽減するオープンスペースとして機能する都市内の駐車場や道路などのアスファルトで覆われたオープンスペースが評価から除外されている。リモートセンシングによる分類が困難な土地被覆については、例えば GIS (地理情報システム) のデータを利用する方法などが検討されるべきであろう。

またオープンスペースひとつひとつの規模については今回の評価では考慮していない。リモートセンシングデータには面積の情報が含まれ、今後こうした考慮も行う必要がある。さらに今回の対象地区には大規模な再開発用地がオープンスペースとして評価された。都市の土地被覆、土地利用の変化は激しく、適宜データを更新しながら評価を続けていく必要があると考えている。

以上の課題を検討し、解析において問題となる要因を考慮した上で、この基礎研究を応用した形での研究を次項において行った。

参考文献

- 1) 阪神・淡路大震災神戸市災害対策本部 阪神・淡路大震災-神戸市 1995年 神戸市  
1996年発行
- 2) (財)神戸市都市問題研究所 阪神淡路大震災
- 3) 阪神・淡路大震災 航空写真撮影・編集グループ 阪神・淡路大震災 航空写真集  
アジア航測株式会社 1995年 6月1日発行

データ提供

財団法人リモートセンシング技術センター

衛星データ所有：米国政府

衛星データ提供：Space Imaging EOSAT/宇宙開発事業団

### 3-4 リモートセンシングを利用した、地震時における都市のオープンスペースの抽出と特性分析

前項では、オープンスペースの都市域内における量と、分布を都市に中心点を設定することで評価することを試みた。それにより各都市のオープンスペースのバランス（立地）等から地震時のオープンスペースに関する比較を行った。

しかし課題として、中心点の設定による評価基準のばらつきや、対象エリアからの森林の抜き出し、都市域と山林の境界及び都市域内における森林の利用度の吟味などが残った。

ここでは、神戸市においてオープンスペースの利用度に関する調査を再度行い、オープンスペースと傾斜角との関係等を考察した。それにより都市域（平地）における森林の差別化をおこなった。また都市域内に含まれる利用度の低いオープンスペースについての吟味を行うものとした。

解析に当たってはリモートセンシングのみでは判断が困難な行政界、標高、傾斜に関しては、GIS（地理情報システム）を利用し、リモートセンシングとGISの利点を生かすことによって、より精度の高い都市のオープンスペースの評価が可能になると考えている。

またオープンスペースの定義については基礎研究を引き継ぐものとする。

#### 3-4-1 オープンスペースの利用度に関する調査

##### （調査の背景）

前項では学校園の利用度の高さについて触れたが、震災直後に撮られた、中央区野崎通1丁目周辺の航空写真を見てみると（写真 3.5.1）、同じ学校においてもグラウンドまで利用されているものとそうでないものがあるようにみられる。

まず、避難所として利用されている場所としては宮本公園、葦合高校が高い利用度であり、利用度の低いものとしては神戸海星女子学院が挙げられる。同様のことが今度は中央区熊内町周辺（写真 3.5.2）においても確認できる。この場合利用度の高いものが雲中小学校、春日野小学校、葦合中学校で低いものが布引中学校となる。これは、位置的な問題がからんでいて布引中学校や海星女学院は高台に位置し、搬入や搬出のルートから外れていたのではないかと、また避難住民にとってアクセスが悪かったことが利用度低下に影響しているのではないかとということが推察される。

しかし両学校とも避難所としてのスペースは十分であり、早期の緊急避難場所としては十分有効であったと思われる。これらの要因が実際に避難住民にとってどの程度影響していたのか現地調査によってある程度把握することが重要であると考えている。

またライフラインの止まる災害時において、住区周辺の河川は避難者にとって唯一水の利用できる場所であり、洗濯、炊事等で高度に利用されていた。河川付近には適当なオープンスペースも存在しているため、例えば大石川上流の篠原公園や石屋川中流の御影公会堂等は周りの避難所に比べ多くの避難者が集まった。

ここでは、マクロな視点から地震時のオープンスペースを評価することを目的として

いるが、オープンスペースの抽出方法等を考える上で、阪神・淡路大震災における神戸市の事例（利用度の高いオープンスペースとその要因）を把握しておくことは重要であると考えている。



写真 3-4-1



写真 3-4-2

（ヒヤリング調査）

神戸市での現地調査では、航空写真より容易に利用度を判別できるオープンスペースと建物の学校型形態の避難所周辺でヒヤリングを行い、オープンスペースの利用度を把握することを試みた。

調査地 神戸市

Q：どこへ避難したか、なぜそこへ行こうとしたのか。

写真 3-4-1 地区周辺での回答

葦合高校、王子スポーツセンターという解答が多く、理由として、「高校は県立なので公共性が高い」、「王子公園内施設は公園が広域避難場所に指定されているから」という声が多かった。神戸海星女子学院があまり利用されなかった理由として、避難者は被害の大きい南側に居住していて、上述の 2 ヶ所の場所が最近接避難場所となるからであると考えられる。またこの地区は北に向かって緩やかな上り勾配となっている。

写真 3-4-2 地区周辺での回答

雲中小学校、葦合中学校という解答が多く、布引中学校周辺では避難しなかったという声が多かった。理由としては、「国道に面しているのでアクセスしやすい」（車で避難）、「地域に密着している建物だから」などの声があった。この地区についても、建物が倒壊または焼失したなどの被害で避難した人々は南側に集中していた為、布引中学校までは避難しなかったことが考えられる。この地区もまた北方向へ緩やかとは

いえない上り勾配がついている。

各区の学校園周辺での回答

最も多かった回答は近くの小学校、次いで中学校、公会堂などであった。いくつもの避難所と考えられる場所が近接しているとき、公共性の高いものが順番に選択されるということが考えられる。また、最初に避難した場所にガス漏れや周辺からの延焼の危険などの情報が入った際にはそこから近くの避難所に移ったなどの声も聞かれた。

Q：どんな場所にどれだけの人が避難したか。

神戸市役所からの回答

「震災当時の神戸市民生局の記録により避難場所とその避難者数を把握することはできる。しかし、避難者数の大小から避難所の利用度が解ったとしても、必ずしもその避難所の周辺環境（道路幅員、傾斜、住宅との距離）が良好であった為だとはいえない。なぜなら、被害の大きかったところは当然避難者数も増加するからである。」という回答を頂いた。また、避難所は地域防災計画で指定されているところ以外にも自然発生で形成された場所もあったとも付け加えていた。

以上のことより、避難の必要がある人は近隣学校園や諸施設に避難し、そのオープンスペースは様々な用途に用いられること、また、比較的建物に被害の少なかった人の中には、ライフライン復旧まで食事の配給を受ける為のみに避難所を利用し、就寝はしていなかった人も多かったということがわかった。

しかしこれらのことは統計上には数値として含まれてこない。資料から判る避難者数の大小がオープンスペースの利用度につながるわけではなく、その避難所がどのような役割を担ったかで、オープンスペースの使用のされ方も変わってくると考えられる。

### 3-4-2 傾斜度の選定

ヒヤリングによってオープンスペースの利用度に差があったとは一概に言えないことが判った。従って本研究では、延焼遮断帯として機能するオープンスペースは都市域内の水面、森林、草地、裸地を全て抽出するものとし、避難所として機能するオープンスペースについてはそこから都市域内に存在する森林を抜いたものを抽出することにした。

しかし土地被覆分類図から地震時に利用できると推測される、オープンスペースを有する都市域（平地）を残して、森林地帯を除外することを試みた。（平地内の都市公園等、土地被覆分類において森林と分類されたものの中から、地震時に利用できる森林を残す必要がある）。標高データから作成した傾斜角による境界線を、都市域と森林地帯との境界線とした。まず GIS によって学校園等の避難所の位置をあらかじめ設定しておき、その上に、いくつかの傾斜角を重ねておく（図 5.2。11）。この傾斜角とは、標高のポイントデータから作成した標高データにより算出した傾斜角であり、実際は約 2.5 倍の値を持つ傾斜となる。ここではこの傾斜角を算定傾斜角として定義し利用した。次に現地調査で、それ以上の傾斜角で森林地帯が始まり、また避難所となる施設、学校園等が存在しないと思われる場所を調べた。そして、避難所の位置と森林地帯の関係から、避難活動において利用できない森林地帯が始まる傾斜として妥当であると思われる傾斜角を決めた。

この方法から算定傾斜角 10 度が、概ね都市域と森林地帯の境界線になり得ていると判断しこの傾斜角で森林を含まない都市域（平地）を切り取ることを試みた。

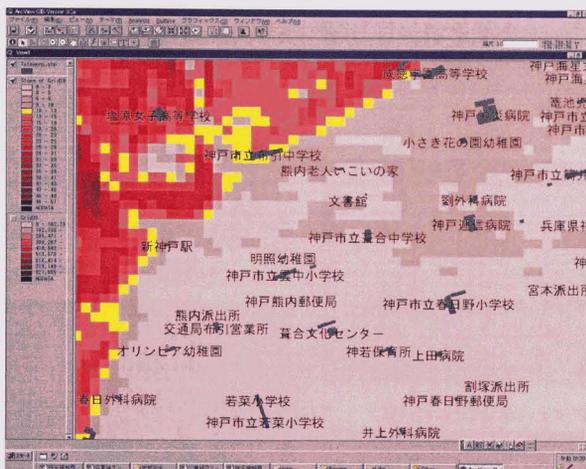


図 3-4-1 傾斜角を利用した境界線の評価  
(算定傾斜角と避難所の関係)

### 3-4-3 オープンスペースの抽出

基礎研究では 3 都市における土地被覆分類を全て最尤法による教師付き分類で行ったが、24 都市全てで地図や航空写真からの読み取りによって抽出することは困難である。従って、ここでは教師なし分類<sup>注 2)</sup>というグランドトゥルースデータを用いないクラスタ分類を併用して 24 都市に対する土地被覆分類を行った。

図 3-4-2～図 3-4-25 に対象 24 都市の土地被覆分類結果を示す。



図 3-4-2 札幌市の土地被覆分類

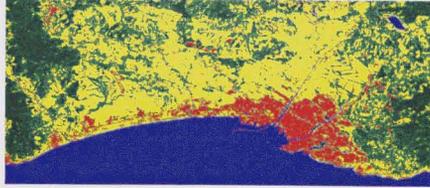


図 3-4-3 釧路市の土地被覆分類

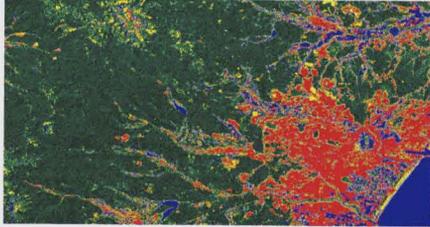


図 3-4-5 仙台市の土地被覆分類

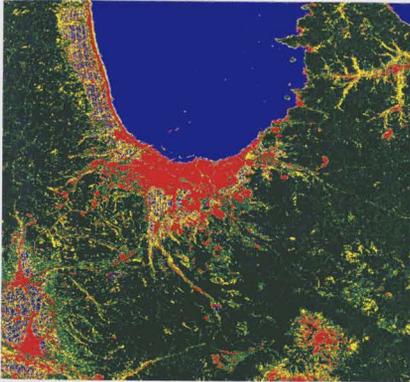


図 3-4-4 青森市の土地被覆分類

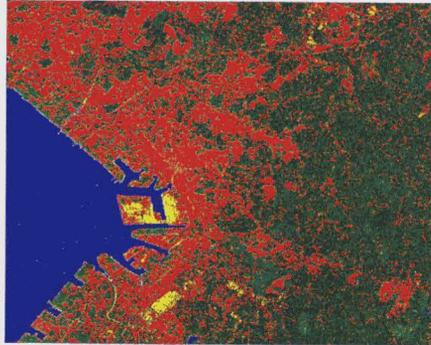


図 3-4-6 千葉市の土地被覆分類

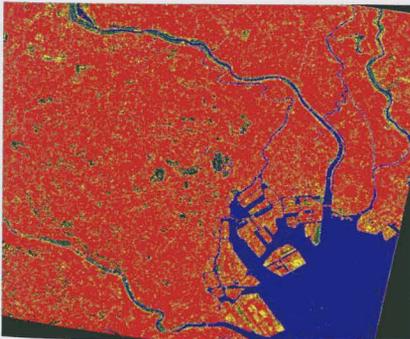


図 3-4-7 東京都の土地被覆分類



図 3-4-8 横浜市の土地被覆分類



図 3-4-9 新潟市の土地被覆分類

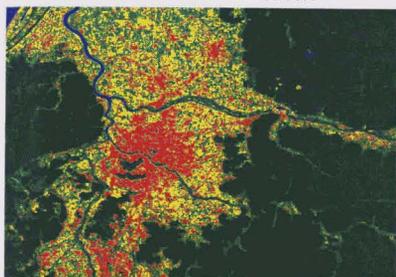


図 3-4-10 福井市の土地被覆分類

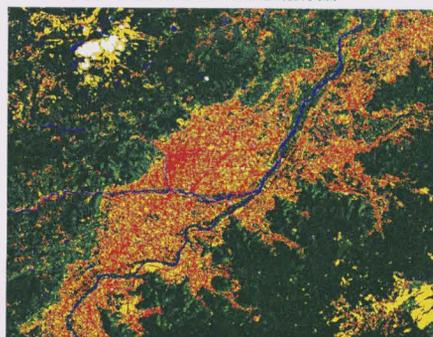


図 3-4-11 長野市の土地被覆分類



図 3-4-12 浜松市の土地被覆分類

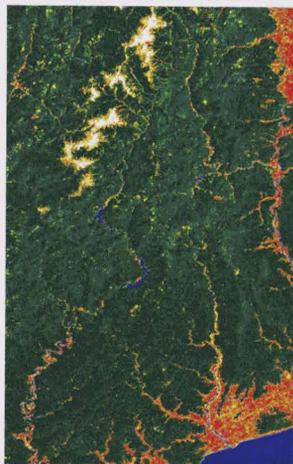


図 3-4-13 静岡市の土地被覆分類

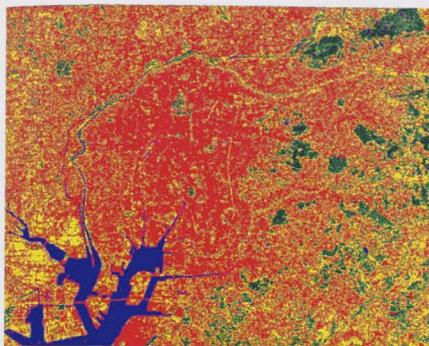


図 3-4-14 名古屋市の土地被覆分

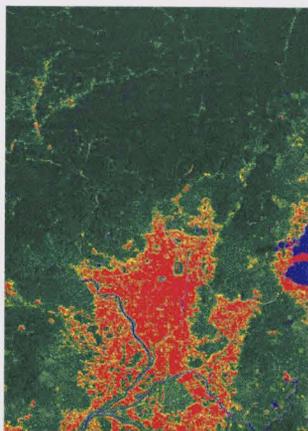


図 3-4-15 京都市の土地被覆分類

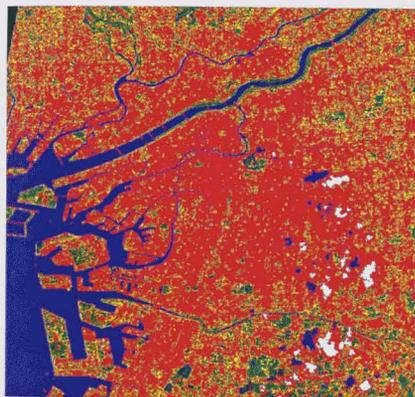


図 3-4-16 大阪市の土地被覆分類



図 3-4-17 神戸市の土地被覆分類

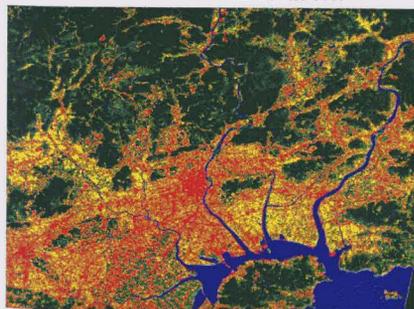


図 3-4-18 岡山市の土地被覆分類

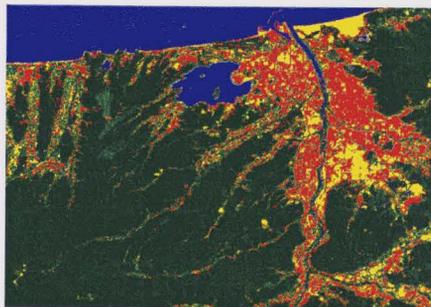


図 3-4-19 鳥取市の土地被覆分類

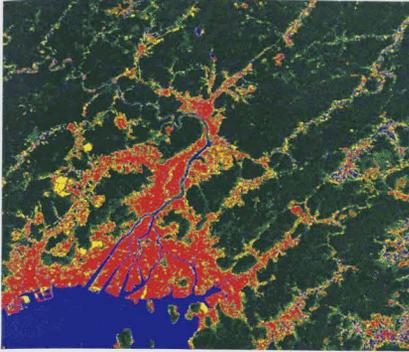


図 3-4-20 広島市の土地被覆分類

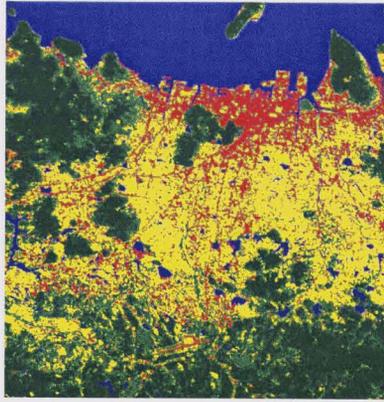


図 3-4-21 高松市の土地被覆分類

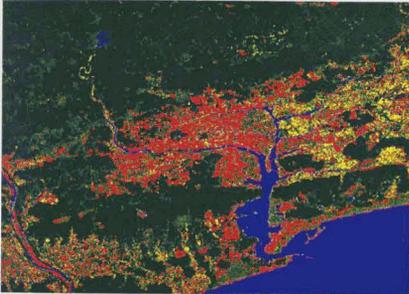


図 3-4-22 高知市の土地被覆分類

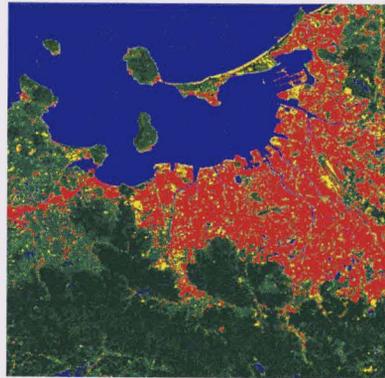


図 3-4-23 福岡市の土地被覆分類



図 3-4-24 宮崎市の土地被覆分類

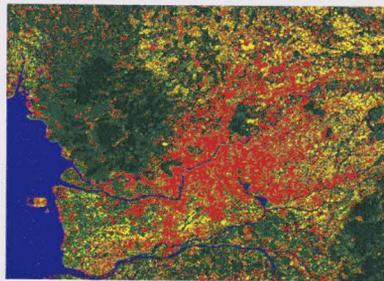


図 3-4-25 熊本市の土地被覆分類

これら24都市の土地被覆分類を用いて以下のようにオープンスペースを抽出した。教師付き、若しくは教師なし分類を用いて、図 3-4-28 のような土地被覆分類図が完成する。これは青森における土地被覆分類の結果である。中央の赤い部分が中心市街地である。

しかし、今回は最終的に市町村単位（自治体単位）のオープンスペースを評価することを目的としているため、次の段階として、青森の土地被覆分類図の中に、青森市全体がどのように含まれているのかを示すために、地図投影を合わせた行政界を重ねあわせた。

このようにして（図 3-4-26、図 3-4-27）、一定エリア内（行政界）の土地被覆分類図を作成した。

リモートセンシングでは広域的な土地利用等を把握することができるという利点があるが、それと同時に GIS によるデータを組み合わせることによって、行政区を単位としたデータ抽出が可能になると考えている。

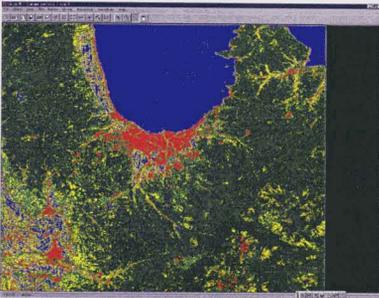


図 3-4-26 土地被覆分類されたデータ（青森）

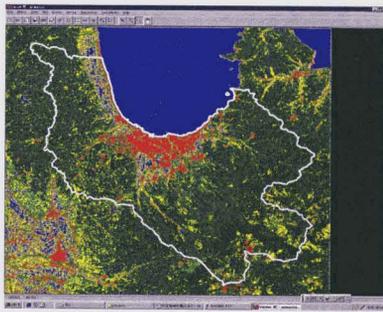


図 3-4-27 行政界との重ねあわせ



図 3-4-28 青森市のみで抜き取った土地被覆分類図



前述のように、ここでは、都市域（平地）と山林地帯の境界線として算定傾斜角 10 度以下を設定している。

この傾斜角以下に含まれる土地被覆は地震発生時に有効なオープンスペースを有すると考える。この算定傾斜角 10 度以下を表すデータを、切り出しを行った土地被覆分類図に重ねあわせ、含まれる土地被覆を抽出する。

図 3-4-29 は標高データより算出した算定傾斜角エリアのデータを用いて、青森市における算定傾斜角 10 度以内を表したものである。

図 3-4-30 は傾斜角のデータと行政界によって切り出した青森市の土地被覆分類図を重ねたものである。

図 3-4-31 算定傾斜角 10 度以下のエリアで切り取った、土地被覆の部分が地震時に活用できるオープンスペース、つまり都市の被害を軽減するオープンスペースを有する都市域（平地）であると位置づけている。



図 3-4-29 算定傾斜角 10 度以下のエリア



図 3-4-30 土地被覆分類図との重ねあわせ

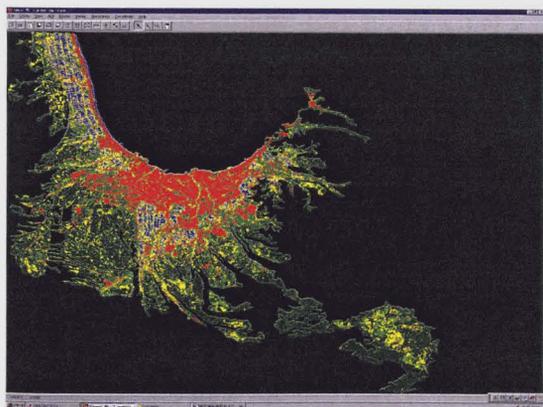


図 3-4-31 抽出した都市域（平地）



## 3-4-3 地震時における都市のオープンスペースの特性分析

ここでは、前項で抽出した都市のオープンスペースに関する特性分析を行う。

基礎研究において、オープンスペースの地震災害時における用途や機能について整理を行い、オープンスペースの持つ土地被覆構成からリモートセンシングにおいてなにが読み取られるのかを考察した。災害時におけるオープンスペース、つまり水面、森林、草地、裸地は以下のような被害軽減能力を持ち、地震に対する都市の潜在能力を評価する基準となり得る。

- ・延焼抑制要素として  
水面、森林、草地、裸地
- ・緊急避難及び建物倒壊危険の軽減要素として  
森林、草地、裸地
- ・長期的な避難場所として  
草地、裸地

基礎研究においては対象範囲内における水面のほとんどが海面で占められていたため、水面にたいする評価を行わなかったが、この応用研究において抽出した水面は全て、河川、湖、もしくは水田であるため評価の対象として延焼抑制効果を持つ要素として含めた。ここでは「延焼抑制要素」、「緊急避難及び建物倒壊危険の軽減要素」、「長期的な避難場所」という3つの被害軽減要素に焦点をおいた24都市に対する分析・評価を行った。

また、分析結果を用いて都市を評価するにあたって、各都市の規模を考慮する必要があると考える。都市の規模によって、直下型地震による被害の規模も異なり、おおまかではあるが、都市規模（ここでは、人口を都市規模を表す指標として利用した。）により事前に都市を分類し、それぞれのグループ内で都市のオープンスペースを比較、分析した。抜き取った各都市域が傾斜の緩やかな平地であることを考慮すると、各都市域は居住の可能なエリアであると考えられる。従って、まず、都市規模を表すと考えられる人口のデータを用いて対象都市を定性的に分類を行った。

グループ1：東京都（区部）、横浜市、名古屋市、大阪市

グループ2：札幌市、仙台市、千葉市、神戸市、京都市、広島市、福岡市

グループ3：釧路市、青森市、福井市、長野市、新潟市、静岡市、浜松市、岡山市、鳥取市、高松市、高知市、熊本市、宮崎市

次に、都市規模によって定性的に分類した都市について、「延焼抑制要素」、「緊急避難及び建物倒壊危険の軽減要素」、「長期的な避難場所」という3つの被害軽減要素に関する都市の分析・評価を行った。

## （延焼抑制要素）

都市域において延焼避難要素として機能すると考えられる水面、森林、草地、裸地の合計値を「オープンスペース1」と仮定して、その絶対量からの比較と、都市の規模を表す土地被覆である市街地との割合を分析した。

グループ 1

図 3-4-32 のように、このグループの都市は市街地規模が非常に大きく、オープンスペース 1 の量、割合ともに少ないグループである。市街地の量は図 3-4-33 のように東京(区部)のほうが名古屋に比べて 2 倍程度であるため、東京(区部)の都市域におけるオープンスペース 1 の割合は約 20%程度と、極めて小さくなっている。グループ全体を通して、オープンスペース 1 の割合は小さい。しかし横浜市にはオープンスペース 1 が約 50%程度あり、人口の多い都市としては少なくとも、延焼抑制の効果をもつオープンスペースの量が多少あるとおもわれる。

グループ 2

図 3-4-34 を見ると各都市の絶対量は仙台市、札幌市が大きい。このグループは、オープンスペース 1 の都市域における割合はグループ全体で約 50%~60%と、市街地と同程度の割合を有している(図 3-4-35)。一様に、延焼抑制効果のあるオープンスペースをある程度有していると思われる。

グループ 3

高知市と岡山市とは、全体の面積が 4 倍以上も異なるが(図 3-4-36)、図 3-4-37 のようにオープンスペース 1 と市街地とのバランスは同様の傾向を示している。その他の都市も同程度の割合を持っており、人口量がそれほどない都市であることを考えると、延焼抑制の効果を持つオープンスペースの量は非常に多いといえる。特に青森や釧路のオープンスペース 1 の割合は約 80%という値を示している。

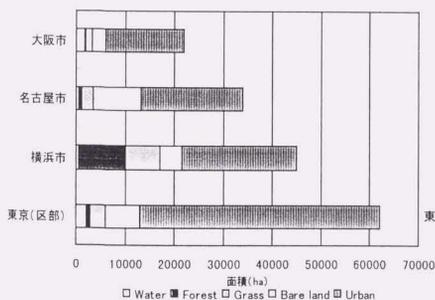


図 3-4-32 各土地被覆の絶対量 (グループ 1)

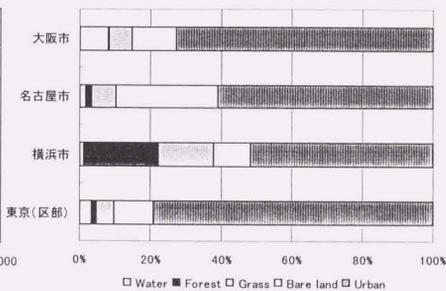


図 3-4-33 各土地被覆の割合 (グループ 1)

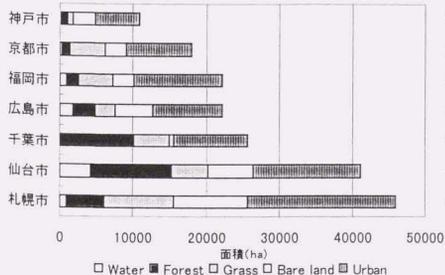


図 3-4-34 各土地被覆の絶対量 (グループ 2)

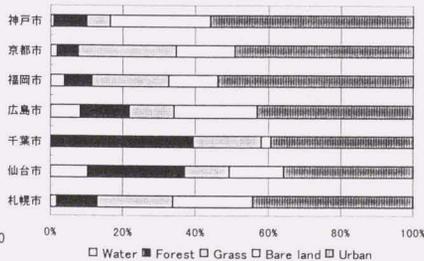


図 3-4-35 各土地被覆の割合 (グループ 2)

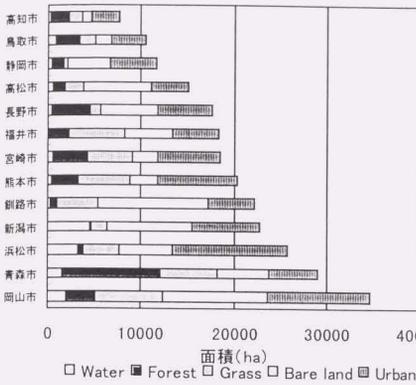


図 3-4-36 各土地被覆の絶対量

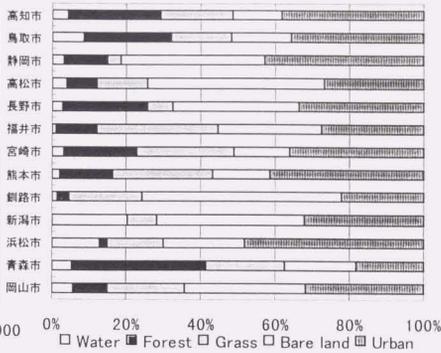


図 3-4-37 各土地被覆の割合

(緊急避難及び建物倒壊危険の軽減要素)

被災直後の緊急避難場所として、また建物倒壊による危険の軽減要素として機能すると考えられる、森林、草地、裸地をオープンスペース 2 と仮定し、その絶対量の比較と、市街地との割合を分析した。

グループ 1

全体的にオープンスペース 1 と同様の傾向を示しているが(図 3-4-38),水面が抜けたことによって大阪市と東京(区部)のオープンスペース 2 の割合がほぼ同じ値の約 20%程度となりオープンスペースが不足している(図 3-4-39)。名古屋市と横浜市ではそれでも 40%, 50%の値を持っており、人口の多い都市であることを考えると十分であるとはいえないが、大規模都市の中では、緊急時の避難や建物の倒壊による危険の軽減に効果の有るオープンスペースを持ち合わせていることがわかる。

グループ 2

水面の割合が比較的多かった、広島市のオープンスペース量が少なくなり、水面の割合が少ない福岡ではオープンスペース 1 と同程度の値を示している(図 3-4-40)。

オープンスペース 2 と市街地の割合を見ると、広島市のほうが福岡市よりもオープンスペースの割合が高く出ていることがわかる(図 3-4-41)。また全体的に各都市とも市街地と同程度の割合でオープンスペース 2 を有しているが、神戸市と福岡市のオープンスペース 2 の割合が、他の都市に比べて若干低い値を示している。他都市に比べ、神戸市と福岡市においては他の都市に比べて人口量も多いので、多少緊急時の避難や建物の倒壊による危険の軽減に効果を有する、オープンスペースが不足することがわかる。

グループ 3

ここでも水面を抜いたことにより、水田の多いと思われる、新潟市や浜名湖が有る浜松市においてオープンスペース量が減少した(図 3-4-42)。新潟市ではそれでもオープンスペース 2 の割合が 60%以上となっているが、浜松においては 40%近くにまで落

ちている。浜松市は新潟市のように水田による影響ではなく、湖によるものなので、緊急時の避難や建物の倒壊による危険の軽減に効果があるオープンスペースは少ないと予想される。その他の都市は60%~80%のあたりを持っており、被害軽減に効果のあるオープンスペースを十分に持ち合わせていることがわかる。

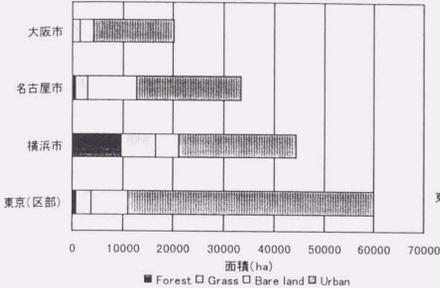


図 3-4-38 各土地被覆の絶対量 (グループ 1)

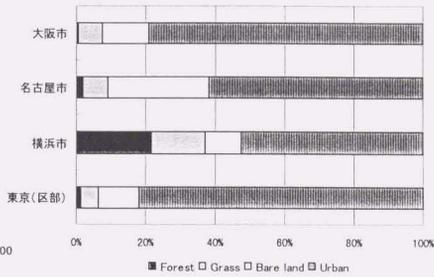


図 3-4-39 各土地被覆の割合 (グループ 1)

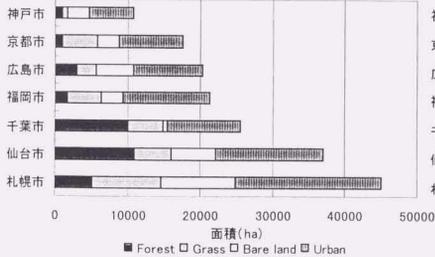


図 3-4-40 各土地被覆の絶対量 (グループ 2)

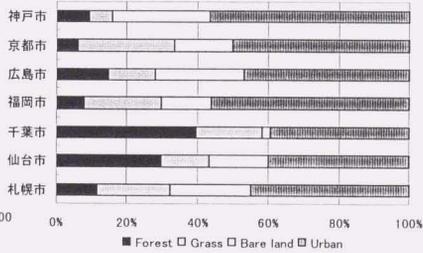


図 3-4-41 各土地被覆の割合 (グループ 2)

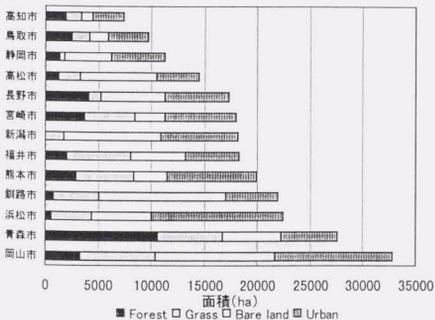


図 3-4-42 各土地被覆の絶対量 (グループ 3)

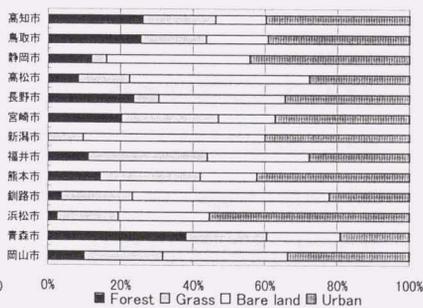


図 3-4-43 各土地被覆の割合 (グループ 3)

(長期的な避難場所)

森林は緊急の避難場所としては延焼効果も有り、有効であると言うこともできるが、より長期的な意味合いでの避難所(被災者が避難生活を過ごす)としては、学校の校庭等の草地や裸地が避難所として適切な土地分類であると考える。

都市域に存在するこれら2つの土地被覆をオープンスペース3と仮定し、絶対量の比較市街地との割合の比較を行った。都市域中に森林を多く有する都市は多数存在し、これによって各グループとも、これまでのオープンスペース1,2とは異なる結果が得られた。

グループ1

森林の多かった横浜市におけるオープンスペースの絶対量が下がり(図3-4-44)、都市域におけるオープンスペース3の割合も、名古屋に比べ低くなった(図3-4-45)。このグループは都市規模が大きく、他都市と比較して被害規模は大きくなることが予測され、グループ全体のオープンスペース量が40%以下になり、全都市を通して長期的な避難所として効果の有るオープンスペースの不足が予想される。

グループ2

森林が非常に多い、千葉市や仙台市におけるオープンスペースの絶対量の低下している(図3-4-46)。千葉市、仙台市ともに、これまでこのグループでは特にオープンスペースの割合が高く、被害軽減の効果が期待されたが、長期的な避難所としての効果をもつオープンスペースの量は、札幌市や京都市より低いという結果が得られた。千葉市は、このグループ中最もオープンスペースの割合が低い都市である(図3-4-47)。

グループ3

全体的に森林の割合が高い都市が多かった(図3-4-48)。しかし千葉市と同様に森林の多い青森においてもオープンスペースの割合は約70%程度あり、このグループの平均的なオープンスペースの量の多さが伺える(図3-4-49)。最も低い割合の浜松市でも40%以上の割合でオープンスペースを有していた。都市規模も他都市と比較して小規模な都市であることから、グループ全体で長期的な避難所として利用できるオープンスペースの量が十分にあることが分かる。

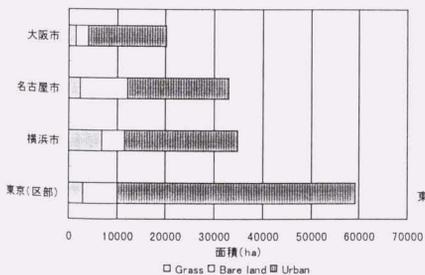


図3-4-44 各土地被覆の絶対量(グループ1)

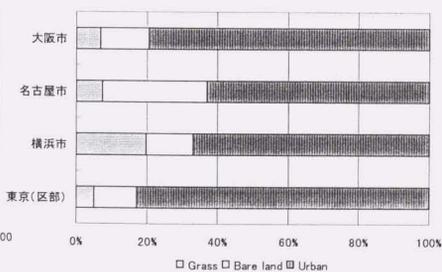


図3-4-45 各土地被覆の割合(グループ1)

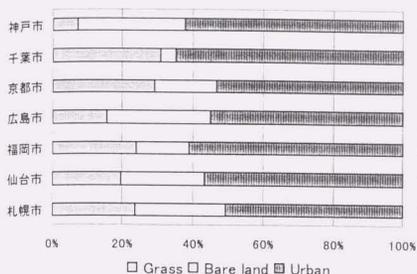


図 3-4-46 各土地被覆の絶対量

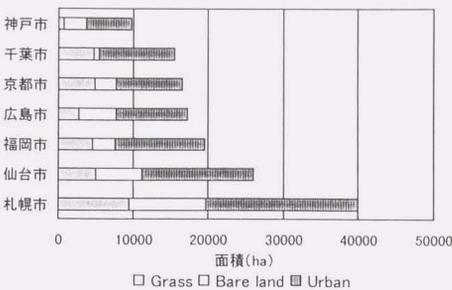


図 3-4-47 各土地被覆の割合

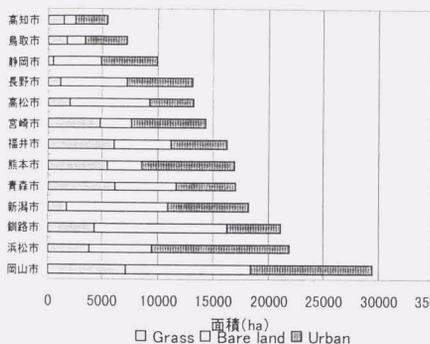


図 3-4-48 各土地被覆の絶対量

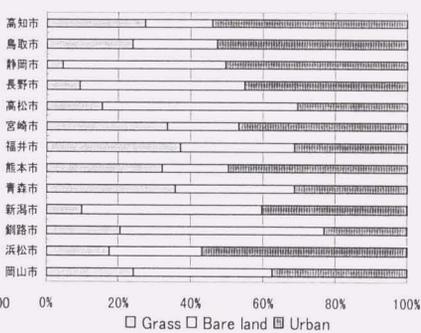


図 3-4-49 各土地被覆の割合

本研究において定義づけている地震時に活用できるオープンスペースにより、地震発生時に効果的に活用できる可能性の高いオープンスペースを抽出した。一般的な指標（森林・山地を含めたオープンスペース）では平均以上あったオープンスペースの割合が、本章での手法では、何十%も下がるケースがいくつか認められ、本章で意図した目的を明確に示す指標を作成できたのではないかと考えている。

全体を通して、絶対量のみでは一概に各被害軽減要因における効果の期待度を詳細に推定することはできないが、このようにリモートセンシングを利用したマクロな視点で、地震の被害に対する都市の被害軽減能力のポテンシャルを読み取ることは可能であり、それぞれの都市内部での詳細な分析につながると考えている。

また、今後、絶対量、割合だけではなく、オープンスペースの配置等基礎研究をもとに研究を進めていくことが必要であると考えている。

本研究において、リモートセンシングを利用し、地震時に活用できるオープンスペースを抽出したことは、地震時のオープンスペースをマクロな視野から分析したものととして重要であると考えられる。また、これまでの統計資料等既存のデータでは分析が困難であった、地震時のオープンスペースの評価手法を提案したものととしても重要で

あると考える。

注

- 1) ある物体あるいは現象に関する情報を直接触ることなく、検知装置（センサ）によって取得することをいう。狭義では電磁波エネルギーを画像の形で記録し、地表面に関する情報を得ることをいうが、広義では重力、音波などの測定による場合も含む。利用されるセンサには、カメラ、マルチスペクトルスキャナ、レーダー、散乱計などがある。
- 2) 狭義の意味での最初の地球観測衛星で、Landsat 1号～5号まであり、現在5号が稼働中である。高分解で土地被覆に適している TM と呼ばれるセンサが搭載されたのは4号からで、この頃からより詳細な解析が積極的に始まった。TM データは非常に分光度が優れ、その他のセンサと比べて Band（各波長域を持つ波長帯）の数も多く、従って土地被覆分類に適しているわけである。
  - ・ Band1～4…可視、近赤外域の波長であり、RBG 値に対応して各被覆の色となる
  - ・ Band5 …積雪と雲の識別、融雪の始まっている所そうでない雪の識別（中間赤外域）
  - ・ Band6 …温度情報を得る（熱赤外域）
  - ・ Band7 …岩石の識別に役立つ情報を得る（中間赤外域）
- 3) ある母集団が道の母数  $\theta$  によって規定されているとする。このとき観測地 X が得られる確率を、 $\theta$  変量とする関数とみなすとき尤度という。これを  $?(\chi|\theta)$  と描くと、同一母集団からのランダム標本の観測値  $(\chi_1, \dots, \chi_n)$  があれば、その尤度  $L(\chi_1, \dots, \chi_n|\theta)$  は

$$L(\chi_1, \dots, \chi_n|\theta) = \prod_{i=1}^n ?(\chi_i|\theta)$$

である。この  $L$  を  $\theta$  に関する  $\theta$  の最尤推定量という。与えられた標本値に対し尤度を最大にする母数を推定する方法を最尤推定法または最尤法という。リモートセンシングの自動分類においては、母集団として多次元正規分布をとり、離散的な母数として分類クラスの平均ベクトルと分散・共分散行列の値をとる。観測値は画像中の分類しようとする一つの画像スペクトルである。

- 4) 分類に必要な母集団のパラメータ（統計量等）を、対象データ以外の情報を用いて推定し、それを利用して分類する方法。画像分類では、通常人間がトレーニングエリアを指定することにより統計量が推測される。分類は普通推定された母集団の分布と未知のデータとの類似性に基づいて行われる。最尤法、最短距離法、ツリー型分類などがある。
- 5) データの自動分類の手法の中で、分類に必要な母集団のパラメータを、対象データからの情報から抽出する分類方法のことをいう。代表的なものにクラスタ分析がある。

## 3-5 主成分分析による「都市のダメージ」評価

ここでは、前節で抽出したオープンスペースと、その他地震時に被害を拡大させる要因、被害を軽減する要因を考察し、これらを含めて因子分析を用いて「都市のダメージ」評価を行った。

## 3-5-1 「都市のダメージ」に影響する要因の分析とデータ抽出

ここでは、他地震時に被害を拡大させる要因、被害を軽減する要因を考察し、統計データ等のデータを抽出する。

また、地震による被害を考え、「地震発生に影響するする要因」、死傷者等の人的被害、建物等構造物の物的被害を含む多くの要因からなる「地震による被害発生及び被害拡大に影響する要因」、「地震による都市火災に影響する要因」に分類した。

## 【地震発生に影響するする要因】

地震発生の危険性及び予測は困難であるが、ここでは地震発生に影響するする要因として、有感地震の回数、大地震発生の回数、活断層数を取り上げた。

## (有感地震の回数)

有感地震回数が多い都市に必ずしも、大規模な地震が発生するとは限らないが、地震発生の可能性は高いと考え、有感地震の回数を取り上げた。有感地震のデータは1926年から1995年までの管区気象台の震度観測記録を利用している。(静岡市は1941年、千葉市は1961年に観測を開始したため、全観測期間の平均値により補正した)

また、地震の回数は近年(1995年以前の、10年間)の地震回数と長期間での回数とでは影響が異なると考え、の2つの地震回数を取り上げた。

## (大地震発生の回数)

大規模な地震による被害を経験している都市が、将来的に、必ずしも大規模な地震の被害にあうとは限らないが、被害にあう可能性は高いと考え、大規模地震事例は死者の被害が出た地震の回数を取り上げた。

## (活断層数)

各対象都市の市街地(市役所を中心)から半径30km(1995年兵庫県南部地震における激震地が、震源から約半径30kmの範囲内に分布していたため、その範囲を30kmと設定した)以内にある確実度Ⅰ<sup>注1)</sup>、Ⅱ<sup>注2)</sup>の活断層もしくは海底活断層であることが確実及び推測されるもの数である。なお、調査に当たっての各都市における活断層の分布状況は、文献3)の「日本の活断層」で調査されているものを用いた。<sup>2)</sup>

注1) 「確実度Ⅰ<sup>3)</sup>」活断層であることが確実なものである。具体的には次のどれかの地形的な特徴を持ち、断層の位置、変移の向きがともに明確なものをいう。1) 数本以上にわたる尾根・谷の系統的な横ずれ、2) ひと続きであることが確かな地形面を切る崖線、3) 時代の異なる地形面群を切っている崖線があり、古い地形面ほど変位が大きい(変位の累積が認められる)場合、4) 同一地形面の変形(たわみ・傾斜等)、5) 第4紀層を変位させている断層の露頭等<sup>2)</sup>

注2) 「確実度Ⅱ<sup>3)</sup>」活断層であるものと推測されるものである。すなわち、位置・変位の向

さも推定できるが、確実度 I と判定できる決定的な資料に欠けるものである。<sup>2)</sup>

#### 【地震による被害発生・被害拡大に影響する要因】

ここでは、都市内の地震による被害を引き起こす要因、被害の規模を拡大させる要因を取り上げた。(ここでは、都市規模が影響すると考えられる死傷者等の人的被害、建物等構造物の物的被害に影響すると考えられる都市の基礎的な要因の抽出である。)

まず、都市の規模(ここでは、都市面積が示す面的な大きさだけでなく、人口規模等も含んでいる)に比例し、地震による被害の規模も大きくなると考え、人口、人口密度を取り上げた。

次に、人口の中でも、高齢者は地震発生時に被害にあう可能性が高いと考え、65歳以上の人口の割合、65歳以上のみで暮らす世帯数を取り上げた。

次に、経済的に低所得の世帯は建物等、地震の被害にあう可能性が高い住宅や長屋等に暮らしている可能性が高いと考え、年間所得300万未満世帯割合を取り上げた。

次に、都市の市街化と比例し、地震による被害の規模も大きくなると考え、市街化の指標として、DID人口、DID面積、DID人口密度を取り上げた。

次に、地震発生による昼間と夜間での影響の違いに着目し、夜間人口に対する昼間人口の割合を取り上げた。(特に、ここでは昼間の地震による被害に着目している)

また、ここでは、地震発生による被害の中でも建物の被害、特に建物到壊に影響する要因を抽出した。

まず、建物の中でも、木造建物は、1995年の阪神・淡路大震災等過去の大規模な地震の際、大きな被害を受けた。ここでは、住宅棟数、木造建物棟数、非木造建物棟数、81年以前に建設された木造建物棟数を取り上げた。

また、非木造建物の中でも、建設年度が古い非木造建物も木造建物同様に、阪神・淡路大震災等過去の地震による被害を受けていることから、71年以前に建設された非木造建物棟数を取り上げた。

建物被害、特に建物到壊に影響する大きな要因として、地震動、地震動と地盤による揺れが考えられるが、ここでは建物のデータのみを扱うこととする。

#### (人口、人口密度<sup>注3)</sup> 4)

都市の規模に比例し、地震による被害の規模も大きくなると考え、都市の規模をあらゆる指標と考えられる、人口、人口密度を取り上げている。

<sup>注3)</sup> 人口密度は、定住人口を対象とした夜間人口密度である。

(65歳以上の人口の割合<sup>4)</sup>、65歳以上のみで暮らす世帯数<sup>5)</sup>)

高齢者は地震発生時に、逃げ遅れ等から被害にあう可能性が高い(災害弱者)と考えられる。ここでは、65歳以上の人口の割合を取り上げた。また、高齢者のみで構成する世帯は、家族の手助けが得られず、さらに被害にあう可能性が高いと考えられる。

(年間所得300万未満世帯割合)<sup>5)</sup>

経済的に低所得の世帯は建物等、地震の被害にあう可能性が高い住宅(老朽化した木造建物)や長屋等に暮らしている可能性が高いと考えられる。図 3-5-1 は、阪神・

淡路大震災での神戸市長田区における木造建物の用途別被害割合である<sup>6)</sup>。長屋の全壊率が高い(70%以上)ことわかる。

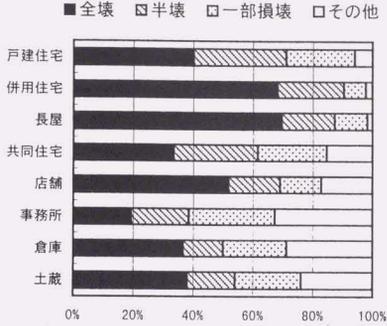


図 3-5-1 木造建物の用途別被害割合 (神戸市長田区)

ここでは、年間所得 300 万未満世帯を低所得世帯として取り上げた。表 3-4-1 は都道府県別の平均所得と全国平均の所得を示している。所得の全国平均から、年間所得 300 万未満を取り上げている。

表 3-5-1 都道府県別の平均所得と全国平均<sup>6)</sup>

都道府県	一人当たり県民所得(万円)	都道府県	一人当たり県民所得(万円)
北海道	280.5	滋賀県	332.4
青森県	246.7	京都府	303.9
岩手県	252.7	大阪府	326.8
宮城県	278.2	兵庫県	273.6
秋田県	259.0	奈良県	259.3
山形県	265.9	和歌山県	243.9
福島県	278.1	鳥取県	252.9
茨城県	301.2	島根県	231.5
栃木県	304.1	岡山県	279.1
群馬県	306.5	広島県	300.5
埼玉県	314.0	山口県	272.0
千葉県	315.7	徳島県	264.1
東京都	441.1	香川県	280.1
神奈川県	325.5	愛媛県	255.8
新潟県	289.0	高知県	244.0
富山県	293.6	福岡県	283.9
石川県	289.8	佐賀県	252.5
福井県	277.5	長崎県	249.1
山梨県	278.4	熊本県	252.5
長野県	299.4	大分県	269.0
岐阜県	281.9	宮崎県	232.0
静岡県	321.6	鹿児島県	230.5
愛知県	355.0	沖縄県	211.8
三重県	293.2	合計	13,249.8
		平均	281.9

(DID人口, DID面積, DID人口密度)

都市の市街化と比例し、地震による被害の規模も大きくなると考え、市街化の指標としてDID<sup>注4)</sup>人口, DID面積, DID人口密度を取り上げた。

<sup>注4)</sup> DID (人口集中地区) とは、人口密度が<sup>5)</sup>40人/ha以上の国勢調査の調査区が集合し、合計人口が5000人以上となる地域。都市的地域の特質を明らかにするために設定されたものである。

(夜間人口に対する昼間人口の割合)

ここでは、地震発生による昼間と夜間での影響の違いに着目した。特に大都市は昼間人口の割合が非常に高く、地震による被害の様相も夜間時とは異なると考え、夜間人口に対する昼間人口の割合を取り上げた。

(住宅棟数)<sup>5)</sup>

ここでは、建物が木造、非木造等建物種別に関係なく、都市の建物数と建物被害の大きさは比例すると考えた指標として、住宅棟数を取り上げた。

(木造建物棟数, 81年以前に建設された木造建物棟数)<sup>5)</sup>

これまでの地震災害事例において、木造建物が建物到壊に影響しており、さらに老朽化木造建物は、被害にあう可能性が高いことから木造建物棟数, 81年以前に建設された木造建物棟数を取り上げた。

図3-5-2は1995年阪神・淡路大震災における芦屋市の木造建物の建設年代別被害棟数<sup>7)</sup>を示している。また、図3-5-3は1995年阪神・淡路大震災における芦屋市の木造建物の建設年代別被害割合<sup>7)</sup>を示している。建設年代が古いほど、全壊、半壊した建物の棟数と全壊建物の割合が高いことがわかる。同様に、図3-4-3のように、建設年代が古いほど、特に全壊建物の割合が高いことがわかる。また、80年を境界として、全壊した建物の割合が急激に増える傾向がわかる。

以上から、ここでは建物被害に影響する要因として、81年以前に建設された木造建物棟数を取り上げた。また、図3-5-4、図3-5-5は芦屋市の詳細調査による木造建物の建設年代別被害割合<sup>7)</sup>を示している。ここでも、建設年代が古いほど、全壊、半壊した建物の棟数と全壊建物の割合が高いことが明らかである。

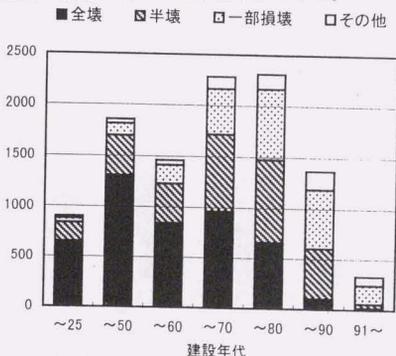


図3-5-2 芦屋市の木造建物の建設年代別被害棟数<sup>7)</sup>

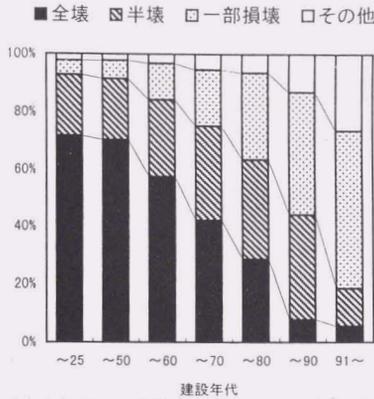


図 3-5-3 芦屋市の木造建物の建設年代別被害割合<sup>7)</sup>

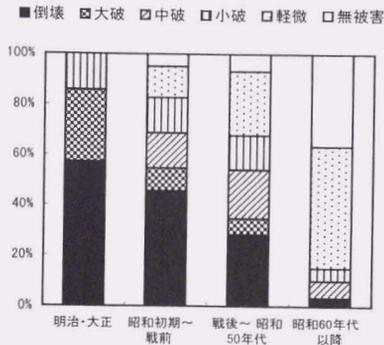


図 3-5-4 芦屋市の建設年代別建物被害割合：観察調査<sup>7)</sup>

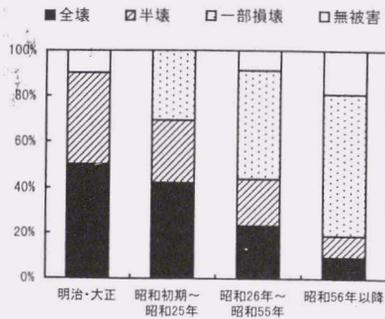


図 3-5-5 芦屋市の建設年代別建物被害割合：アンケート調査<sup>7)</sup>

(71年以前に建設された非木造建物棟数)

ここでは、鉄筋コンクリート造、鉄骨造等の建物を含む、71年以前に建設された非木造建物棟数を取り上げている。1968年に発生した十勝沖地震では、学校建築物を中心に、鉄筋コンクリート造の建物が大きな被害を受けた。十勝沖地震後、1971年に建築基準法施工令等改正されている。また、阪神・淡路大震災でも、鉄筋コンクリート造、鉄骨造の建物が大きな被害を受けている。

表 3-5-2 は阪神・淡路大震災の被害地域における、鉄筋コンクリート造を中心とした文教施設の被害調査の集計<sup>8)</sup>である。表中の建築年代の第1世代は1971年以前、第2世代は1972年～1981年、第3世代は1982年以降である。第1世代の建物の被害が大きいことが明らかに分かる。表 3-5-3 は学校建物の建築年代被災度分布<sup>8)</sup>、表 3-4-4 は震度Ⅶ相当地域学校建物の建設年代と被災を示している。他の年代に比べて第1世代の建物は、特に倒壊、大破といった大きな被害を受けた建物の数が多いことがわかる。

事例は、鉄筋コンクリート造の学校建築中心であるが、神戸市を中心として軽量鉄骨造等多くの古い年代に建てられた建物の被害が発生した。

ここでは、1971年建築基準法改正以前に建てられた非木造建物を建物被害の危険性が高い建物として取り上げた

地区名	調査件数	調査棟数	用途				建築世代				被災状況別棟数							
			校舎	体育館	庁舎会館	ホール体育館	第1世代	第2世代	第3世代	不明	無被害	軽微	小破	中破	大破	倒壊	不明	計
伊丹市	11	26	25	1	0	0	12	13	0	1	1	7	1	11	6	0	0	26
尼崎市	11	18	18	0	0	0	17	0	0	1	0	2	2	10	3	0	1	18
宝塚市	4	12	12	0	0	0	7	5	0	0	0	4	0	6	1	1	0	12
西宮市	88	338	258	78	1	1	137	113	84	4	227	24	28	37	11	4	7	338
芦屋市	5	26	19	0	6	1	12	6	8	0	1	2	7	11	2	3	0	26
神戸市東灘区	31	111	95	14	1	1	49	31	30	1	37	22	20	24	3	5	0	111
神戸市灘区	21	58	45	9	1	3	28	6	23	1	32	10	6	7	2	1	0	58
神戸市中央区	31	59	48	4	7	0	31	11	16	1	10	33	10	5	1	0	0	59
神戸市兵庫区	22	56	53	3	0	0	26	6	19	5	16	31	2	4	1	1	1	56
神戸市長田区	10	20	17	2	1	0	17	1	2	0	3	3	0	2	3	5	4	20
神戸市須磨区	5	12	10	1	1	0	8	3	1	0	0	3	2	5	1	1	0	12
神戸市垂水区	5	9	9	0	0	0	8	1	0	0	1	0	1	5	2	0	0	9
神戸市北区	3	8	6	0	2	0	0	7	1	0	1	1	2	4	0	0	0	8
神戸市西区	3	5	4	0	1	0	3	0	2	0	0	1	1	3	0	0	0	5
明石市	8	14	10	1	3	0	8	5	0	1	0	3	1	8	2	0	0	14
三原郡	8	8	6	0	2	0	0	1	0	7	6	1	0	1	0	0	0	8
津名郡	36	41	28	1	10	2	11	2	12	16	5	25	1	7	1	2	0	41
洲本市	7	7	3	0	4	0	0	1	0	6	2	5	0	0	0	0	0	7
三木市	1	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
川西市	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
総計	311	832	670	114	40	8	374	216	198	44	342	177	84	153	40	23	13	832

表 3-5-2 20 地域における文教施設調査内訳<sup>8)</sup>

	被災度	第1世代	第2世代	第3世代	不明	計
全調査建物	無被害	119	89	123	11	342
	軽微	60	40	50	27	177
	小破	47	23	13	1	84
	中破	95	45	12	1	153
	大破	27	11	0	0	40
	倒壊	20	3	0	0	23
	不明	6	5	0	2	13
	計	374	216	198	44	832
学校校舎	無被害	104	63	83	10	260
	軽微	55	32	32	15	134
	小破	41	21	7	1	70
	中破	90	39	11	1	141
	大破	24	9	0	2	35
	倒壊	18	2	0	0	20
	不明	4	4	0	2	10
	計	336	170	133	31	670
学校体育館	無被害	15	26	37	0	78
	軽微	3	4	8	2	17
	小破	3	0	5	0	8
	中破	3	3	1	0	7
	大破	0	2	0	0	2
	倒壊	0	0	0	0	0
	不明	1	1	0	0	2
	計	25	36	51	2	114

表 3-5-3 学校建物の建築年代と被災度分布<sup>8)</sup>

被災度	第1世代	第2世代	第3世代	不明	計
無被害	29	18	27	1	75
	19.3%	31.6%	41.5%	12.5%	26.8%
軽微	26	14	28	4	72
	17.3%	24.6%	43.1%	50%	25.7%
小破	21	15	6	1	43
	14.0%	26.3%	9.2%	12.5%	15.4%
中破	43	8	4	0	55
	28.7%	14.0%	6.2%	0.0%	19.6%
大破	10	1	0	1	12
	6.7%	1.8%	0.0%	12.5%	4.3%
倒壊	15	1	0	0	16
	10.0%	1.8%	0.0%	0.0%	5.7%
不明	6	0	0	1	7
	4.0%	0.0%	0.0%	12.5%	2.5%
計	150	57	65	8	280
	100%	100%	100%	100%	100%

表 3-5-4 震度Ⅶ相当地域学校建物の建設年代と被災度<sup>8)</sup>

### 【都市火災に影響する要因】

ここでは、地震発生による被害の中でも火災の延焼拡大及びに延焼抑制に影響する要因を抽出した。阪神・淡路大震災では、神戸市長田区を中心とした都市大火が発生したことは記憶に新しい。また、長田区は、老朽化木造住宅が密集した地区だった。

ここでは、火災の延焼拡大要因として木造建物密度、火災の延焼抑制要因としてオープンスペース密度を取り上げた。

### (木造建物密度)

ここでは、都市の火災延焼拡大に影響する要因として、木造密度を取り上げた。木造建物が密集している地区は火災延焼を拡大させる危険性が高いと考え、市街化区域<sup>注5)</sup> 1haあたりの木造建物棟数を木造建物密度としている。

注5) 市街化区域とは、都市計画区域<sup>注6)</sup>のうち、市街地として積極的に開発・整備する区域は市街化区域という。すでに市街地を形成している区域は、国勢調査区等を単位として算定される人口密度40人/ha以上の土地が連担し、人口3000人以上である区域(既成市街地)及びこれに接続する土地で同様の単位ごとに算定した場合に建築敷地として利用される土地の割合が1/3以上となる区域。<sup>9)</sup>また、市街化調整区域(都市計画区域のうち市街化を抑制すべき区域)とで、都市計画区域を形成している。

注6) 市町村の中心の市街地を含み、かつ、自然的・社会的条件、人口・土地利用・交通量などの現況・推移を勘案して、一体の都市として総合的に整備、開発、保全する必要があ

る区域を指定する。<sup>9)</sup>

#### (オープンスペース密度)

オープンスペースは前節のリモートセンシングを利用したオープンスペースのデータ作成及びデータ抽出の手法から算出したものである。また、ここでは前節で位置づけた、延焼遮断帯としてのオープンスペースとして、リモートセンシングによって分類された、都市内の森林、草地、裸地、水面を合計したものを全体の都市域（平地）に対する割合として算出した。

### 3-5-2 主成分分析による「都市のダメージ」評価

前節において分類し、要因分析とデータ抽出を行った、「地震発生に影響するする要因」、「地震による被害発生及び被害拡大に影響する要因」、「地震による都市火災に影響する要因」について主成分分析を用いて、それぞれの要因における都市の地域的な特徴を分析した。

#### 【地震発生に影響するする要因】

前節のように、地震発生に影響するする要因として、有感地震の回数、大地震発生回数、活断層数を取り上げた。

これらのデータを利用して、主成分分析を行った結果を表 3-5-5 に示す。

表 3-5-5 地震発生に影響するする要因の主成分分析結果

データ項目	主成分No.1	主成分No.2
全震度階の回数(回)	0.8424	0.0633
全震度階の回数(10年間)(回)	0.9307	-0.0003
活断層数	-0.1424	0.9892
大地震回数(回)	0.8712	0.1008
寄与率	0.59	0.25
累積寄与率	0.59	0.84

表 3-5-5 のように主成分負荷量から、第 1 主成分は有感地震の回数（全震度階の回数、全震度階の回数（10 年間））、大地震発生回数の相関が高く、日頃の地震の発生と過去の大地震の経験から見た地震発生の可能性を示すものである。また、第 1 主成分は活断層数から地震発生の可能性を示すものと考えられる。また、累積寄与率（0.84）から、この分析の信頼性はある程度高いと言える。

次に、主成分分析結果から各都市の主成分得点（表 3-5-6）を利用して、図 3-5-6 のように散布図を作成した。

この結果から 2 つの特徴が読み取れる。1 つは第 1 主成分の高い値を示した都市（釧路市、横浜市、東京都区部、千葉等）は日頃の地震発生率と大地震の被害による値が高いが、活断層による地震発生の影響は低い。逆に、第 2 主成分の高い値を示した都市（京都市、名古屋、大阪市、長野市、神戸市等）は活断層による地震発生の影響の値が高いが日頃の地震発生率と大地震の被害による値が低い。また、今回取り上げた

要因にほとんど影響を受けない都市が多くあることも分かる。

このように、地震発生予知等は困難であるが、地震発生に影響すると考えられる要因から都市の特徴が考察できる。

表 3-5-6 各都市の主成分得点

都市名	主成分No.1	主成分No.2
札幌市	-0.9591	-0.8076
釧路市	3.5350	-0.2360
青森市	0.4187	-0.2741
仙台市	0.5031	-0.2006
千葉市	0.9957	-0.5875
東京都区部	1.7641	-0.3039
横浜市	0.8416	-0.4605
新潟市	-0.5366	-0.6403
福井市	-0.4138	0.5097
長野市	0.4575	1.1459
静岡市	-0.4900	-0.5606
浜松市	-0.2939	-0.7486
名古屋市	-0.1438	1.8934
京都市	-0.4149	3.0361
大阪市	-0.6140	1.3667
神戸市	0.2023	1.4679
鳥取市	-0.0021	-0.5302
岡山市	-0.4290	-0.6911
広島市	-0.9684	-0.4607
高松市	-0.6253	-0.4979
高知市	-0.5418	-0.8325
福岡市	-1.0902	-0.6104
熊本市	-0.7170	-0.2855
宮崎市	-0.4780	-0.6917

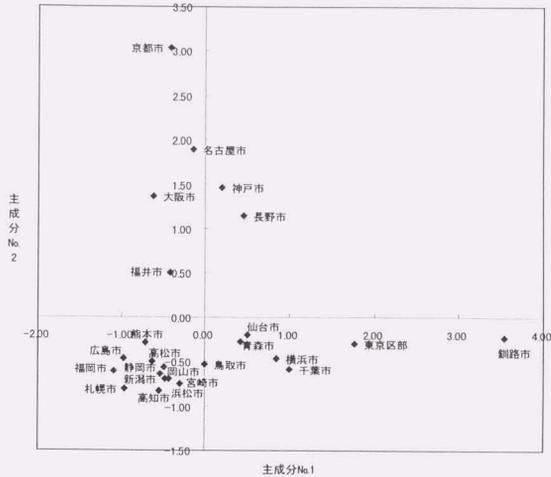


図 3-5-6 主成分得点による地震発生に関する都市の特徴

【地震による被害発生・被害拡大に影響する要因】

前節のように、ここでは、都市内の地震による被害を引き起こす要因、被害の規模を拡大させる要因として人口、人口密度、65歳以上の人口の割合、65歳以上のみで暮らす世帯割合、年間所得300万未満世帯割合、DID人口、DID面積、DID人口密度、夜間人口に対する昼間人口の割合（昼間人口比率）、住宅棟数、木造建物棟数、非木造建物棟数、81年以前に建設された木造建物の割合、71年以前に建設された非木造建物の割合を取り上げている。

主成分分析による結果を表 3-5-7 に示す。表 3-4-7 のように第1主成分は人口、人口密度、DID人口、DID面積、DID人口密度、夜間人口に対する昼間人口の割合（昼間人口比率）、住宅棟数、木造建物棟数、非木造建物棟数が高い相関をしめしている。第1主成分は都市の規模（都市面積、人口集中等都市の市街化の程度を表す）を表す成分と考えられる。第2主成分は65歳以上の人口の割合、65歳以上のみで暮らす世帯割合、年間所得300万未満世帯割合、81年以前に建設された木造建物の割合が高い相関を示している。第2主成分は高齢者に関する成分であり、地震時に人的被害、老朽木造建物の倒壊等物的被害に高い可能性が分かる成分だと考えられる。第3主成分は71年以前に建設された非木造建物の割合からなり、地震時の非木造の倒壊に関する成分であると考えられる。また、累積寄与率（0.87）から、この分析の信頼性はある程

度高いと言える。

表 3-5-7 地震による被害発生・被害拡大に影響する要因の主成分分析結果

データ項目	主成分No.1	主成分No.2	主成分No.3
人口(人)	0.9951	-0.0308	-0.0599
人口密度(人/km <sup>2</sup> )	0.8965	0.1469	0.1850
DID人口(人)	0.9955	-0.0223	-0.0606
DID面積(km <sup>2</sup> )	0.9737	-0.1339	-0.0242
DID密度(人/km <sup>2</sup> )	0.8658	0.1339	0.0740
65歳以上人口比率(%)	-0.0635	0.7698	-0.2663
65歳以上のみ世帯割合	-0.0635	0.9124	0.0238
昼間人口比率(%)	0.8617	0.1876	-0.2512
年間所得300万未満世帯割合(%)	-0.3809	0.5668	-0.3714
住宅総数	0.9933	0.0037	-0.0891
木造建物総棟数(棟)	0.9821	-0.0547	-0.1305
非木造総数(棟)	0.9933	0.0559	-0.0511
木造割合(81年以前)	0.0860	0.8229	0.3891
非木造割合(71年以前)	0.2401	0.0848	0.8632
寄与率	0.60	0.18	0.09
累積寄与率	0.60	0.78	0.87

次に、表 3-5-7 の3つの成分を図 3-5-7、図 3-5-8 のように組み合わせることによって(表 3-5-6 の結果から散布図を作成)、地震による被害発生・被害拡大に影響する要因に関する都市の特徴を分析した。また、表 3-5-8 は各都市の主成分得点である。

図 3-5-7 は第 1 主成分と第 2 主成分による地震による被害発生・被害拡大に関する都市の特徴を示している。上記のように第 1 主成分は都市の規模(都市面積、人口集中等都市の市街化の程度を表す)を示し、地震発生時の被害の規模に直接的に結びつくものと考えられる。第 2 主成分から高齢者が老朽化木造に居住している可能性が高く、さらに年間所得 300 万未満の低所得世帯である可能性が高いことが分かり、高齢者を中心とした成分であると読み取れる。また第 2 主成分は地震時の被害を拡大する可能性の高さ(高齢者は人的被害に遭う可能性が高く、老朽木造建物は建物到壊等の物的な被害にあう可能性が高いと仮定した場合)を、全体に対する割合で示しているという点で、第 1 主成分とは異なる意味を持つと考えられる。(第 2 主成分のデータは、絶対量のデータではなく、割合のデータが多いことから)

このような解釈から考えると、図 3-5-7 から東京都区部、横浜市、大阪市、名古屋市、京都市、神戸市は地震時の被害の規模が大きくなることが予測され、大阪市、京都市、神戸市、東京都区部は、さらに低所得の高齢者、木造建物が原因となり、地震による被害を拡大させる可能性が高いことが読み取れる。また、高知市、高松市、宮崎市は地震による被害の規模はそれほど大きくないものの、低所得の高齢者、木造建物が原因となり、地震による被害を拡大させる可能性が高いことが読み取れる。

また、図 3-5-8 は第 2 主成分と第 3 主成分による地震による被害発生・被害拡大に関する都市の特徴を示している。第 3 主成分は 71 年以前に建設された非木造建物の割合からなり、地震時の非木造の倒壊により被害を拡大させる可能性を示している。図 3-5-8 から前述のように大阪市、京都市、神戸市、東京都区部、高知市、宮崎市、高松市は、低所得の高齢者、木造建物が原因となり、地震による被害を拡大させる可能性が高いが、特に大阪市、神戸市は低所得の高齢者、古い木造建物の他に、さらに古い非木造建物の被害により、地震による被害を拡大させる可能性が高いことが読み取れる。また、横浜市、千葉市は、主に高齢者、木造建物が原因となる被害は大きくないが、古い非木造建物の被害により、地震による被害を拡大させる可能性が高いことが読み取れる。

ここで、再確認しておく必要しておく。ここでは、地震による被害の要因として、地震動の入力及び地震動と地盤による地盤の振動を今回は取り扱っていないことから、この結果が直接的に被害想定に結びつくとは考えにくく、逆に被害想定として受け取られることは危険であると考えている。

ここでは、都市の規模と建物、高齢者を主とした、都市の地震による被害の特徴分析であるということを再度確認しておく。

表 3-5-8 各都市の主成分得点

都市名	主成分No.1	主成分No.2	主成分No.3
札幌市	0.1483	-1.3735	-1.6797
釧路市	-0.6703	0.0238	1.0232
青森市	-0.5906	-0.2696	0.2435
仙台市	-0.2560	-1.7896	-1.3527
千葉市	-0.0955	-2.0324	2.0900
東京都区部	4.0751	0.2496	-1.2743
横浜市	1.1635	-1.5104	1.4403
新潟市	-0.4376	-0.6900	-0.9146
福井市	-0.6092	0.5348	-0.0950
長野市	-0.5416	0.5645	0.5721
静岡市	-0.4514	-0.4269	-0.2906
浜松市	-0.4163	-0.8797	-0.2952
名古屋市	0.6291	0.2167	1.0299
京都市	0.1427	0.8812	-0.6634
大阪市	1.1854	1.8889	1.2733
神戸市	0.1882	0.9190	1.6124
鳥取市	-0.6854	0.5584	-0.1693
岡山市	-0.4480	0.2893	0.1018
広島市	-0.1133	-0.5083	0.0864
高松市	-0.5568	1.0089	0.2296
高知市	-0.6275	1.5660	-1.1130
福岡市	0.0849	-0.4239	0.0268
熊本市	-0.4251	0.4251	-0.9573
宮崎市	-0.6929	0.7781	-0.9242

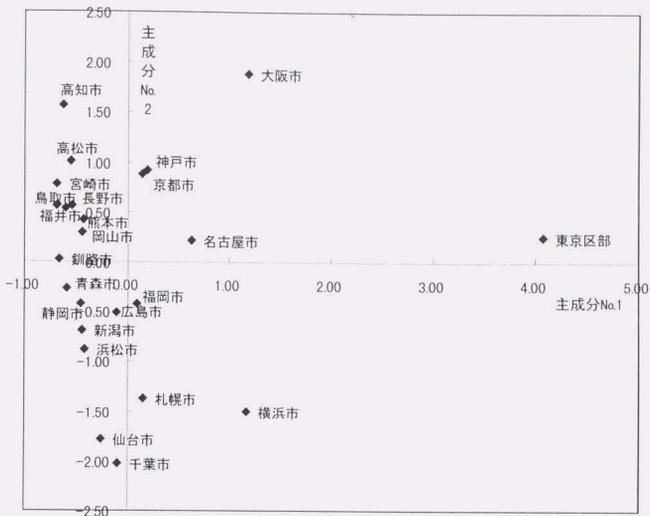


図 3-5-7 主成分 No.1 と主成分 No.2 による地震による被害発生・被害拡大に関する都市の特徴

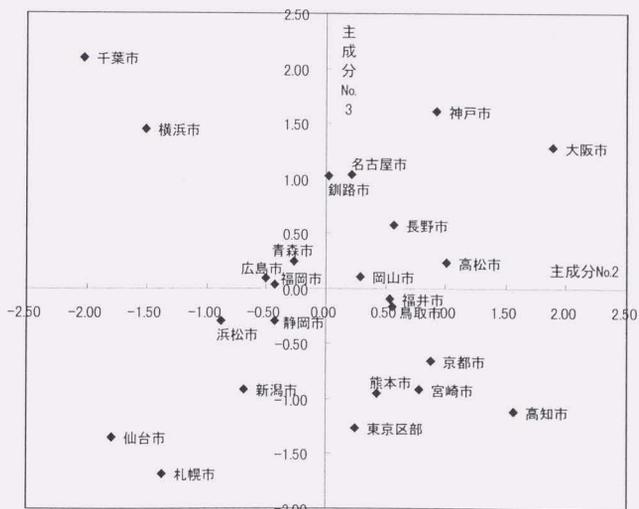


図 3-5-8 主成分 No.2 と主成分 No.3 による地震による被害発生・被害拡大に関する都市の特徴

また、ここでは主成分分析結果（主成分 No.1：都市の規模（都市面積、人口集中中等都市の市街化の程度を表す）を表す成分）と前節で抽出した都市のオープンスペースの中から、緊急避難及び建物倒壊危険の軽減要素として抽出した、森林、草地、裸地の合計（ha）とから、直下型地震による被害規模に関する要因と、その被害を軽減するオープンスペース密度から都市を分析した（図3-5-9）。

東京都区部は特に、都市の規模が大規模であることから、他都市と比較して地震による被害の規模が大きくなることが予測され、さらにオープンスペースの密度も低いことから被害を軽減する能力も低いことがわかる。

大阪市、名古屋市も東京都区部同様の特徴を持つと考えられる。都市の規模が大きい都市の中で、横浜市は比較的オープンスペースの密度が高い都市であり、被害を軽減する能力が同等の都市規模を持つ都市と比較して高いことがわかる。

青森市、釧路市は他の都市と比較して、都市規模が小さく、オープンスペースの密度が非常に高いことから、建物倒壊等からの緊急避難等、都市内にゆとりのあるスペースがあり、被害を軽減する能力が備わっていると考えられる。

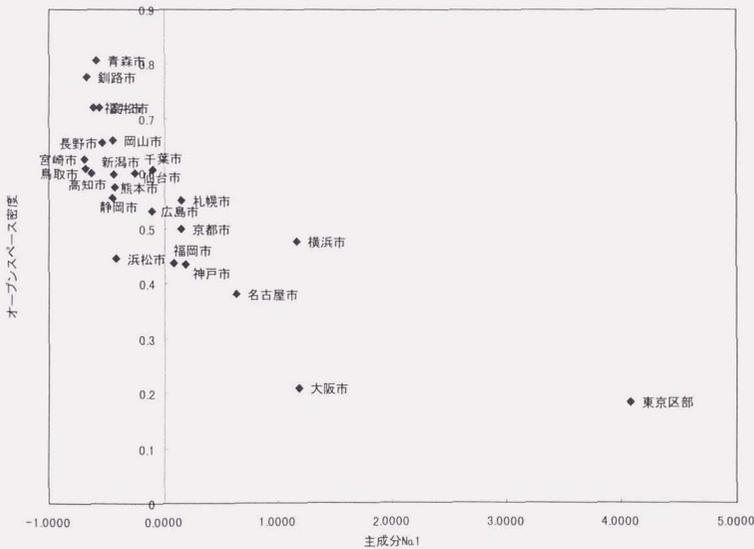


図3-5-9 主成分 No.1 とオープンスペース密度との関係

【都市火災に影響する要因】

前述のように、ここでは、火災の延焼拡大要因として木造建物密度、火災の延焼抑制要因としてオープンスペース密度を取り上げている。他の要因では主成分分析を用いた都市の評価・分析を行ったが、ここでは都市火災を拡大させる要因として、木造建物の密度を取り上げ、逆に都市火災を抑制する延焼遮断帯の役割を持つと考えられる要因として前節までに作成した、オープンスペースの密度を取り上げた。

木造建物密度が高いほど、大規模な都市火災を引き起こす原因となると考えられる。東京都区部は木造建物密度が最も高く、オープンスペース密度が最も低いことから大規模な都市火災を引き起こす可能性が高いと考えられる。東京都区部は、日本最大の近代大規模都市であるという側面、下町といった昔ながらの木造建物が密集している地域が多く存在する。また、人口、建物等の構造物が密集し、都市内に余分なスペースがほとんどないことがあげられる。大阪市も同様に、大規模な都市火災を引き起こす原因となると考えられる。また、阪神・淡路大震災での神戸市、長田区の火災による被害を考えると、神戸市よりも木造密集度が高く、オープンスペース密度が低い都市は、大規模な都市火災を引き起こす危険度のポテンシャルを持っている都市だと考えられる。

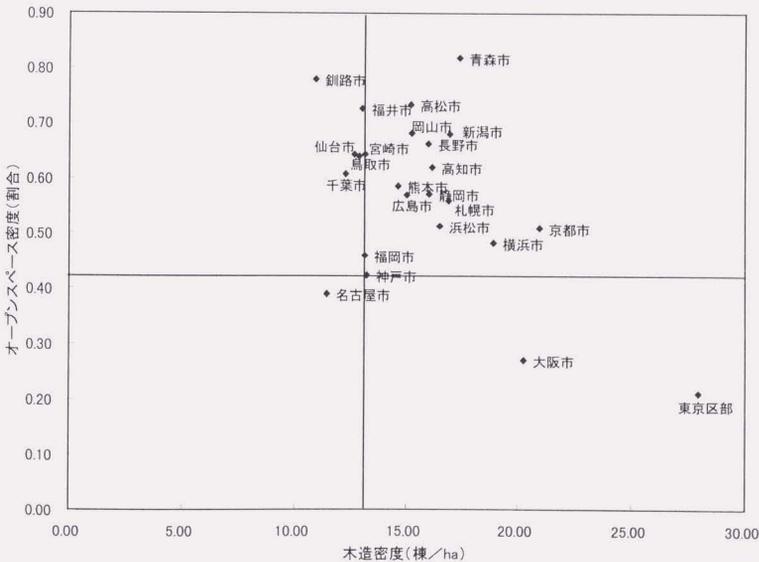


図 3-5-10 木造密度とオープンスペース密度による、火災の延焼拡大に関する要因

## 3-6 まとめ

本章では、まず「都市のダメージ」(2章参照)の中で、地震による被害を軽減させる要因の1つと考えられる都市のオープンスペースに着目した。その際、リモートセンシング技術の適用は非常に有効であると考え、リモートセンシングによる都市のオープンスペースの抽出を試みた。同時に、阪神淡路大震災の事例からオープンスペースの災害時における機能や用途を発災時から時系列に整理した。さらに各用途の機能を持つオープンスペースにどのようなものが挙げられるかを検討した。そして、オープンスペースの土地被覆構成を考察し、本章において都市の比較を行う上で扱うオープンスペースの土地被覆を定義した。

これらの土地被覆を用いてリモートセンシングにより、都市の土地被覆分類図を作成した。作成された分類図をもとに、都市のオープンスペースの量と位置関係及び直下地震災害における影響を考察した。

また、抽出したオープンスペースとその他地震による被害を軽減すると考えられる要因及び被害を拡大させると考えられる要因(老朽木造建物、人口集中地区等)とから「都市のダメージ」として都市を相対的に分析した。

以下に本章で得られた結果をまとめる。

(1) 地震時における、オープンスペースの用途を、阪神・淡路大震災の事例から考察し、緊急避難スペース、延焼遮断帯、避難所等に利用されたことがわかり、本章でのオープンスペースを構成する都市の要素を定義づけた。

(2) 基礎研究として、神戸市、横浜市、東京都(区部)において、リモートセンシングにより、都市の土地被覆分類図を作成し、阪神・大震災の事例からオープンスペースを定義づけることによって、地震時における、都市のオープンスペースの評価を行った。リモートセンシングの特徴から、オープンスペースの絶対量だけではなく、その配置等の分析を行った。

(3) 基礎研究を踏まえ、地震時における、都市のオープンスペース抽出方法の検討及びにその評価を行った。神戸市の六甲山等行政界内に含まれる大きな森林は地震時に有効なオープンスペースとは考えにくく、本研究のオープンスペースとして抽出することは不適当であると考えた。(統計データ等には、全ての森林を含む指標のみが記載されている)逆に市街地内の都市公園等の森林は火災延焼遮断帯等の効果があると考えた。そこで、標高データを、GISを用いて解析することによって、その傾斜角を算出し、算定した傾斜角10度以下の森林を、地震時に利用できる森林として残す形でオープンスペースを抽出した。

(4) 抽出したオープンスペースから、地震時の都市のオープンスペースについての分析を行った。このように、地震時のオープンスペースの効果を考えることによって、これまで地震対策において、あまり利用されなかったリモートセンシングの効果的な利用を提案した。

(5) リモートセンシングによるオープンスペースの抽出データをもとに、その絶対量と配置から、都市のオープンスペースには地域的な特徴があることが明らかになった。

(6) オープンスペースは、地震による被害を軽減する能力があると考えている。これを評価するためには、地震による被害及び被害を拡大する要因を分析し、オープンス

ペースとの相互分析が必要であると考ええる。地震による被害及び被害を拡大する要因を分析し、主成分分析を利用することによって、都市の地震による被害の特徴を明らかにした。また、オープンスペースを含めて相互分析することによって、「都市のダメージ」評価を行い、「都市のダメージ」に関する地域的な特徴が明らかになった。

参考文献

- 1) 新編 日本被害地震総覧 宇佐美 龍夫著 東京大学出版会
- 2) 李康碩, 浦川豪, 中埜良昭, 村上處直, 岡田恒男, 「地域特性を考慮した都市の地震災害危険度の評価手法に関する研究」, 第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp. 339-342, 1998年10月
- 3) 活断層研究会「日本の活断層」東京大学出版会、1996
- 4) 総務庁統計局 平成7年 国勢調査 1995
- 5) 総務庁統計局 平成5年 住宅統計調査報告
- 6) 経済企画庁経済研究所 平成6年 県民経済計算年報
- 7) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会 日本建築学会、地盤工学会、土木学会、日本機械学会、日本地震学会 「阪神・淡路大震災調査報告書」 建築編-4 木造建築物、建築基礎構造
- 8) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会 日本建築学会、地盤工学会、土木学会、日本機械学会、日本地震学会 「阪神・淡路大震災調査報告書」 建築編-1 鉄筋コンクリート造建物、建築基礎構造
- 9) 建設省都市局 平成6年 都市計画年報  
建設省都市局緑地課  
全国消防会 平成7年 消防現勢

第4章「都市の被害軽減能力」評価  
—住民側から見た都市の潜在的被害軽減能力評価—

#### 第4章

#### 「都市の被害軽減能力」評価

—住民側から見た都市の潜在的被害軽減能力評価—

## 第4章 「都市の被害軽減能力」評価

### —住民側から見た都市の潜在的被害軽減能力評価—

#### 4-1 目的

本章では、都市の直下型地震による死傷者、負傷者等の被害をできるだけ減少させるような潜在的な能力、国や地方自治体による政策等によるものではなく、それぞれの都市で暮らす住民による力、「都市の被害軽減能力」に焦点を当てている。具体的には、地震災害に対する防災意識や地域住民のコミュニティである。防災意識や地域コミュニティは日本全国で地域性があるとともに、都市という集合体のスケールでは大きな力となり、地震による被害を軽減するものだと考える。

これまで、防災意識に関する調査研究が行われたが、地震発生後の被災都市を対象とした調査<sup>1)</sup>や東海地震等地震発生の危険性が高い地域におけるもの<sup>2) 3)</sup>に限られ、その調査項目、内容は統一されておらず、比較・検討が困難である。

そこで、本研究では都市に内在する震災による被害を減少させるような潜在的な能力は、地震に対する住民の意識、地域コミュニティから生じるものであると考え、都市居住者の防災意識と地域コミュニティに関する調査研究を進めた。アンケート調査により、日本各都市の地域性を明らかにするとともに、既存統計データとの相関を分析することで、防災意識及び地域コミュニティに関する、日本全国を相対的に比較できるような定量化の手法を検討した。日本全国同一の方法で、定量化が難しい防災意識や地域コミュニティといった項目を定量的に評価した本研究のような研究は従来行われておらず、本研究の成果は、国の政策の意思決定及びそれぞれの都市における地震対策に役立つと考えられる。

#### 4-2 概要

本研究において都市居住者の「潜在的な震災被害軽減能力」とは、

- ① 地震発生に対する危機感等地震に対する意識と、家具固定や非常用品の準備等の事前防災対策とにより、地震動による直接的な被害を軽減する能力。
  - ② 住民の救助活動等の応急的な対応により被害を軽減する能力。
- の2つに大きく分けられ、本章ではこれら①、②に影響すると考えられる要因を「防災意識」、「地域コミュニティ」と呼ぶことにする。

阪神・淡路大震災後の様々な調査から、家具の転倒による圧死<sup>4) 5)</sup>、地域住民による救助活動やバケツリレーによる消火<sup>6)</sup>等が報告されている。防災意識と地域コミュニティに焦点を置き、関東大震災から阪神・淡路大震災までに発生した死者の被害が出た大地震による被害を受けた都市及び政令指定都市25都市<sup>注1)</sup>を選択し、アンケート調査を実施した。

また、防災意識は地震に対する危険度の認識（自分達の都市に地震がどの程度発生しているかといった、地震に対する意識、大規模な地震が発生するという地震発生に対する危機感、大規模地震によって被災するという被災危機）といった意識的なものと、家具固定や非常用品の準備といった物理的な対策を施す具体的なものとの2段階を考えた設問を設定した。

また、アンケートの調査結果を、単純集計、クロス集計するとともに、主成分分析

により都市居住者の防災意識と地域コミュニティの2軸に調査結果を集約した。

このような調査結果の詳細な分析及び都市の比較を行うことによって日本全国での都市の地域特性を明らかにした。

アンケート調査結果をもとに、都市居住者の防災意識と地域コミュニティに影響している要因及び既存のデータを抽出し、重回帰分析によって、都市居住者の防災意識と地域コミュニティとを推定する手法を検討した。

### 4-3 アンケート調査

#### 4-3-1 調査の概要

対象 25 都市において、防災意識とコミュニティに関するアンケート調査を実施した。表 4-3-1 にアンケート概要を示す。(また、学校職員を同レベルの意識を持つサンプルとして適当だと考え、全国の中学校職員を対象とし、表 4-3-2 のような回答方式<sup>2)</sup>、調査内容(フェイスシート、地震に対する意識、事前防災対策、地域コミュニティの 4 つの部分から構成)のアンケート調査を実施した。表 4-3-1 のように、調査期間は平成 10 年 9 月中旬から 12 月上旬、全体の回収率は 81.4% となっている。

アンケート調査の設問内容は表 4-3-2 のように、本研究内容にそって、比較的単純な質問を設定した。

なお、アンケート調査送付前に、電話によるアンケート調査を依頼し、郵送による送付、回収を行った。

またアンケート調査用紙には「1890 年以降の主な地震災害事例」も添付した。

表 4-3-1 アンケート概要

対象	対象25都市内に在住している中学校教員(1都市150部数)
対象都市と各都市の回収部数	札幌市(110)、釧路市(116)、青森市(113)、仙台市(74)、千葉市(76)、東京都(区部)(70)、横浜市(126)、新潟市(115)、福井市(121)、長野市(121)、静岡市(109)、浜松市(97)、名古屋市(113)、和歌山市(93)、京都市(97)、大阪市(83)、神戸市(96)、鳥取市(109)、岡山市(109)、広島市(97)、高知市(97)、高松市(107)、福岡市(116)、熊本市(124)、宮崎市(136) ( )内の数値は回収部数を示す
実施期間	9月中旬～12月上旬
全配布部数	3150部数
全回収部数	2566部数(回収率81.4%、平均回収部数 102.6部数)

表 4-3-2 アンケートの設問内容

		回答方式	
フェイスシート	性別、年齢、住所、家族形態、居住年数、住居形態	2	
防災意識	地震に対する意識	地震による災害を経験したことがありますか?	1
		地震による揺れがよくある方だと思いますか?	3
	事前防災対策	これから4、5年のうちに阪神淡路大震災クラスの大地震が起きるという危機感を抱くことがありますか?	3
		大地震により自分が被害を受けるとい危機感がありますか?	3
		兵庫県南部地震が起きた直後と今とは、地震に対するあなたの関心はそれぞれどの程度ありましたか?	3
		災害に対しての非常食、非常灯などを一つにまとめてありますか?	1
		地震による家具の転倒を防ぐための家具の固定を一部だけでもしていますか?	1
		地震保険に加入していますか?	1
		あなたは周りの近所の人とどのくらい頻繁に会っていますか?	3
		自分がいつも寝ている位置は地震の危険性からの考慮をして決めましたか?	1
地域コミュニティ	地震が起きた際の家族の対応(避難先、連絡手段…)を話し合ったことがありますか?	1	
	あなたは周りの近所の人とどのくらい頻繁に会っていますか?	3	
	あなたは周りの近所の人とどれくらい会話することがありますか?	3	
	あなたは周りの近所の人をどの程度まで理解して知っていますか?	3	
	あなたは町内会の活動にどのくらい積極的に参加していますか?	3	

回答方式: 1. はいいいえの選択<sup>2)</sup>、2. 複数の選択肢からの選択<sup>3)</sup>、3. 5段階の回答方式<sup>2)3)</sup>

#### 4-3-2 調査結果とその要因の考察

アンケートを 5 段階回答の平均値等から単純集計し、その要因等を考察した。アンケート調査のフェイスシートの集計結果を以下に示す。図 4-3-1 は在住年数、図 4-3-2 は解答者の平均年齢の集計結果である。サンプルの平均年齢は過去の地震による災

害の経験に関係するものと考えている。札幌市、千葉市、静岡市、神戸市、鳥取市の平均年齢が他都市に比べて比較的低い。

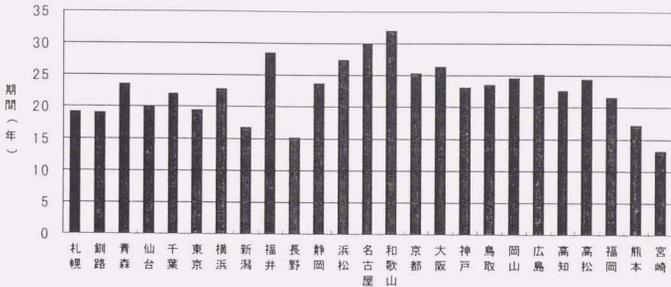


図 4-3-1 市内在住期間

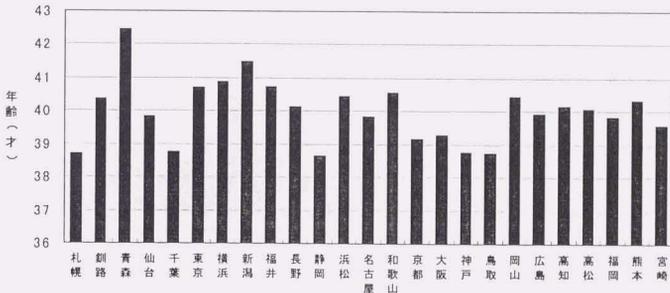


図 4-3-2 回答者の平均年齢

(1) 防災意識の調査結果と考察

(1)-1 地震に対する意識

(災害の経験)

図 4-3-3 は大規模地震経験者の割合、図 4-3-4 は風水害等経験者の割合を示している。図 4-3-3 の地震による災害の経験者数は神戸市等近年の大地震の発生が影響している。高い値を示した釧路市では、北海道釧路沖地震（1993 年）、青森市では日本海中部地震（1983 年）、十勝沖地震（1968 年）、仙台市では宮城県沖地震（1987 年）、新潟市では新潟地震（1964 年）、長野市では長野県西部地震（1984 年）、松代群発地震（1965 年）、神戸市、大阪市、京都市では阪神淡路大震災（1995 年）宮崎市では宮崎地震（1987 年）、えびの地震（1968 年）の影響が大きいと考えられる。千葉市は、千葉県東方沖地震（1987.12.17）が近年発生したにもかかわらず、低い値を示している。これは、平均年齢が若いことが影響していると考えられる。

また、台風等風水害の被害経験も、防災意識に影響していると考えられ、地震災害と同様に図4-3-4のように集計した。風水害等経験者の割合は、九州を含む西の都市（高知市、熊本市、宮崎市）が高い値を示した。

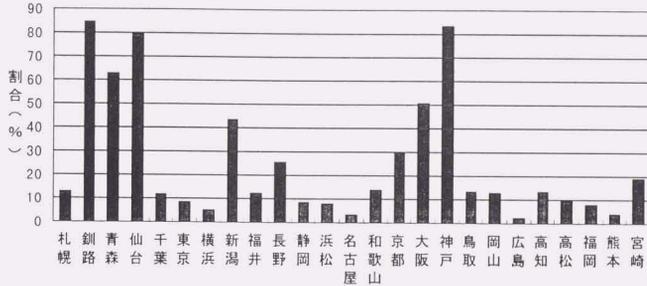


図4-3-3 地震による災害の経験者の割合

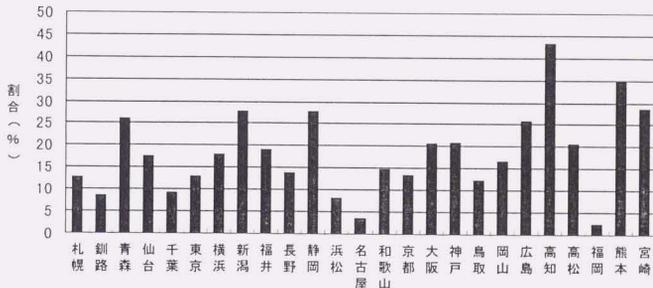


図4-3-4 風水害等経験者の割合

(有感地震の回数と地震の揺れの感覚、発生危機、被災危機)

図4-3-5のように、日頃の地震発生と地震の揺れの感覚、地震の発生危機、地震による被災危機は相関があると考え、有感地震のデータと比較した。なお、有感地震のデータは1926年から1995年までの管区気象台の震度観測記録を利用している。

地震の揺れに対する認識は、ほぼ有感地震の回数と関係性が高いが、東京都（区部）、横浜市、千葉市といった関東地方の都市では、有感地震の回数が多いにもかかわらず揺れていると感じず、小規模な地震発生が頻繁に発生しているため、地震に対する意識が低くなっていることが予測される。逆に静岡市、浜松市では地震回数が少ないが揺れていると感じている。また、和歌山市、釧路市は有感地震の回数が非常に多く、非常に揺れていると敏感に感じていることがわかる。特に、釧路市では近年北海道東方沖等大規模な地震が発生しており、有感地震の回数も多く、全国的に見て、地震によって非常に揺れているという意識を住民が持っていることがわかる。中国、四国、九州エリアの都市は全体的に有感地震の回数が少ないが、宮崎市、熊本市は揺れていると感じていることがわかる。

大地震の発生危機、大地震による被災危険は同様の傾向を示し、東北、関東地方の都市が比較的高く、静岡市、浜松市は非常に高い値を示している。東京都（区部）、横浜市は地震によって揺れていると感じていないが、大規模地震の発生危機、地震による被災危機は高い。札幌市、岡山市、福岡市は日頃の地震の発生回数も少なく、地震に対する意識は低いことがわかる。神戸市は、阪神・淡路大震災の後にも関わらず、周辺の都市と比較しても、大規模地震の発生危機、地震による被災危機ともに低い値を示し、近い将来被災する可能性は低いと考えていることが伺える。

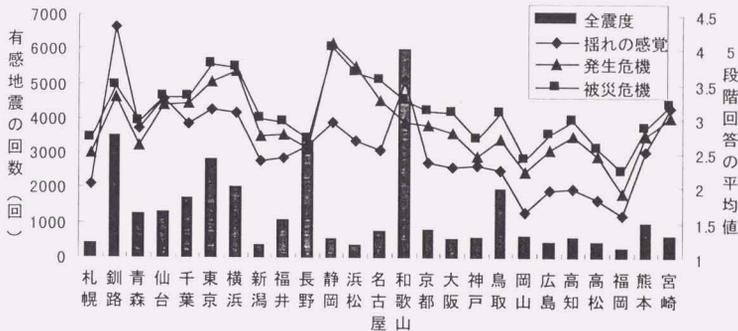


図 4-3-5 有感地震の回数と地震の揺れを感じる、発生危機、被災危機

(阪神・淡路大震災の直後と現在の地震に対する関心)

図 4-3-6 の地震に対する関心は日本全国で阪神・淡路大震災以後低くなっていることがわかる。神戸市、静岡市、東京都（区部）、横浜市、釧路市で地震に対する関心が高い値を示している。現在の地震に対する関心は、神戸市は静岡市、東京都（区部）と同程度の関心を持ち、札幌市、福岡市が低い値を示している。

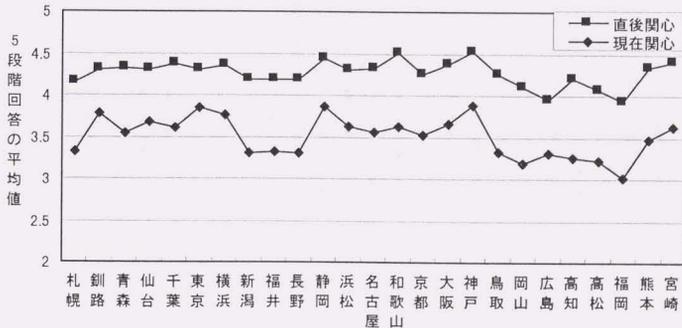


図 4-3-6 阪神・淡路大震災の直後と現在の地震に対する関心

(1)-2 事前防災対策

(非常用品の準備と家具の固定、就寝位置の決定)

図 4-3-7、図 4-3-8 は非常用品の準備と家具の固定の実施、図 4-3-9 は就寝位置の決定についての結果である。

日本全国で、阪神・淡路大震災を契機に非常用品の準備、家具固定等の事前防災対策を施した家庭が多いことが明らかになった。神戸市は最もその割合が高く、釧路市、東京(区部)、静岡市、浜松市等は震災以前から事前防災対策を行っていた割合が高い。釧路市は北海道釧路沖地震(1993.1.15)、北海道東方沖地震(1994.10.4)での被害の経験から家具を固定している割合が高いことが予測される。関東地方の都市は、非常用品は準備している人の割合が高いが、家具固定までの対策を施している割合は低いことがわかる。就寝位置の決定に関しては、神戸市が最も高く、東京(区部)、静岡市、浜松市も高い値を示している。家具の固定と合わせて、阪神・淡路大震災による家具等の倒壊による圧死等の経験が影響していると考えられる。

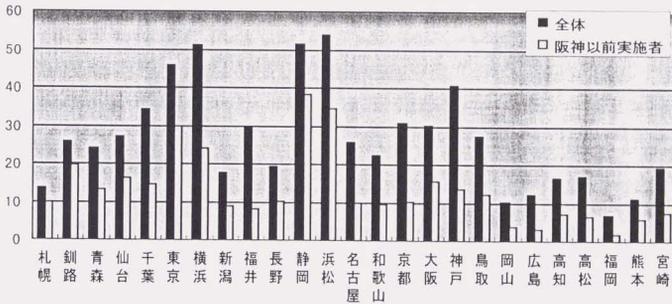


図 4-3-7 非常用品を準備している人の割合

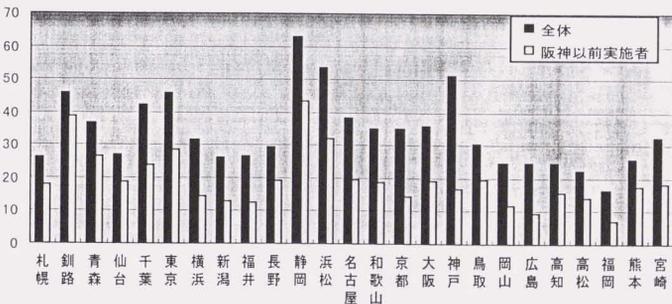


図 4-3-8 家具固定を実施している人の割合

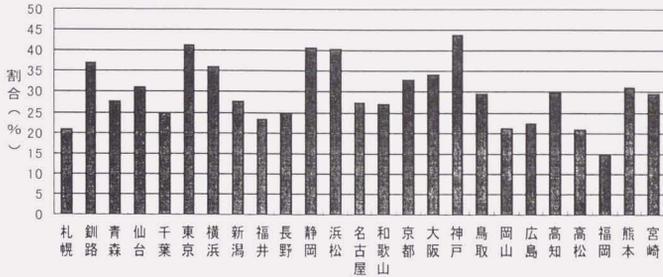


図 4-3-9 就寝位置を決めている人の割合

(地震時の家族の対応の決定)

図 4-3-10 は地震時に家族の対応を決定している割合を示している。関東地方の都市、静岡市、浜松市が同等の高い割合を示している。

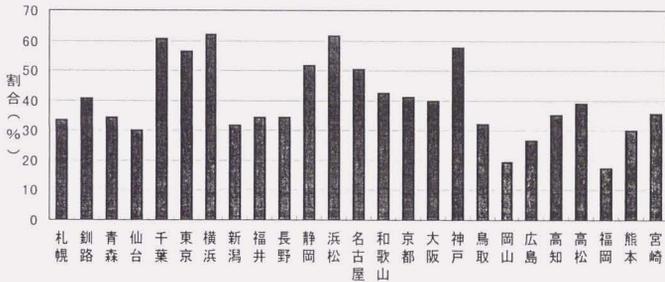


図 4-3-10 地震時の家族の対応（避難、連絡手段）を決めている割合

(指定避難場所の認知度)

指定避難所の認知度は、全国で高い値を示している。ここでは、逆に札幌市、福岡市が低い値を示しており、地震に対する防災意識が比較的低いことがわかる。

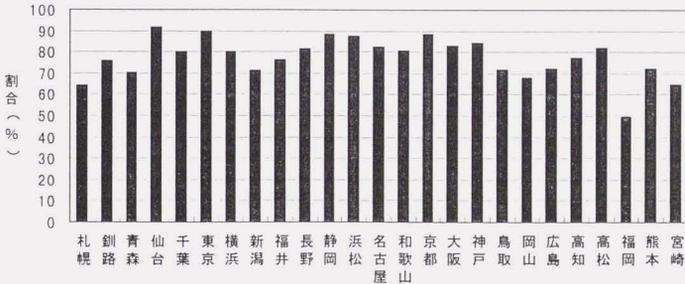


図 4-3-11 指定避難所の認知度

(地震保険への加入)

地震保険の加入率は東京、横浜、静岡に加えて仙台と九州地方の福岡、熊本、宮崎が非常に高い加入率となっている。地震保険は、その性格から他の保険に追加する形で販売されていること等から、結果としては傾向を見つげ出すのは困難であると考ええる。

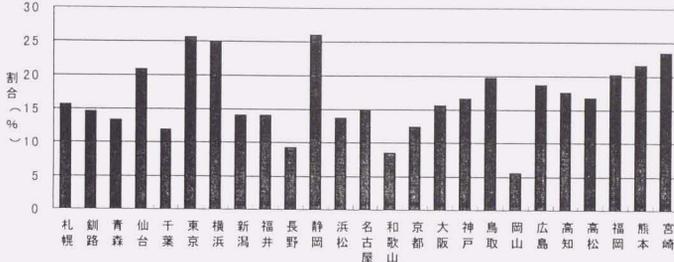


図 4-3-12 地震保険への加入率

以上のような、防災意識に関するアンケート調査結果の集計から、静岡市、浜松市は全国的に見て、地震に対する意識、事前防災対策ともに最も高い数値を示し、地震に対する関心が非常に高いことが伺える。

近年、比較的大規模な地震の被害にあっている釧路市、青森市、仙台市及び東海地震等の危険性から東京都(区部)、横浜市、千葉市といった関東地方の都市も、比較的反災意識が高いことがわかる。

逆に、特に札幌市、福岡市は日頃の地震発生の回数が少なく、大規模な地震災害の被害にあっていないこともあり地震に対する意識、事前防災対策ともに低い数値を示している。

また、事前防災対策の中でも非常用品の準備は家具固定に比べて全国的に高い数値を示し、比較的容易に行動に移せることがわかる。

(2) 地域コミュニティの調査結果と考察

(近所の人との会話の頻度と町内会活動への参加の頻度)

(近所の人と会う頻度)

図 4-3-12、図 4-3-13 は周辺住民との会話、町内会への参加及び周辺住民と会う頻度に関する設問である。

周辺住民との会話及び会う頻度は、和歌山市、鳥取市が高い値を示し、町内会への参加の程度については、鳥取市、福井市が高い値を示しており、地域住民との結びつきが強いと考えられる。また、大阪市、北海道の都市が低い値を示しているという結果が得られた。

地域コミュニティに関する設問は比較的人口等の少ない小規模な都市が高い値を示している。対象とした都市が比較的大都市であるにも関わらず、コミュニティと都市規模は関係性が高いことが明らかになった。

第4章「都市の被害軽減能力」評価  
 —住民側から見た都市の潜在的被害軽減能力評価—

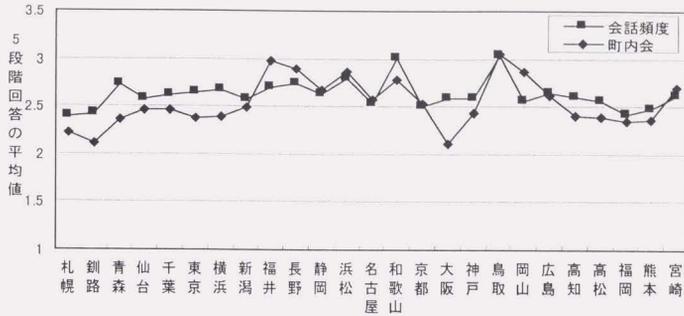


図 4-3-12 近所の人との会話の頻度と町内会活動への参加の頻度

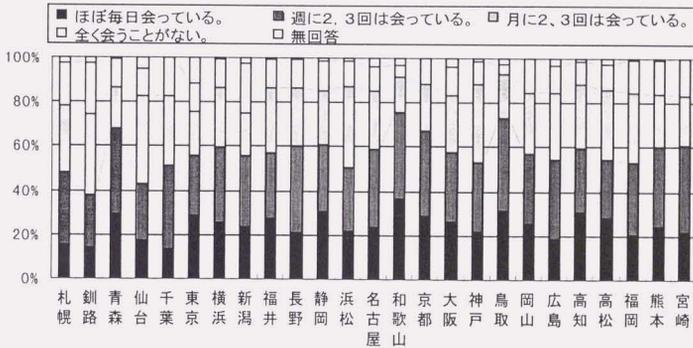


図 4-3-13 近所の人と会う頻度



常に高い。神戸市、東京都区部、釧路市が家具固定の実施率が比較的高い。神戸市は阪神・淡路大震災の影響から、家具固定の実施率が高い。神戸市を含め、関西地方の他の都市も大地震発生の危機感が低いにもかかわらず、家具固定の実施割合が高いことがわかる。また、横浜市は大地震発生の危機感が比較的高いが、家具固定の実施率が低いことがわかる。

図中には、線形近似の直線を表示し、都市を比較するための目安としている。

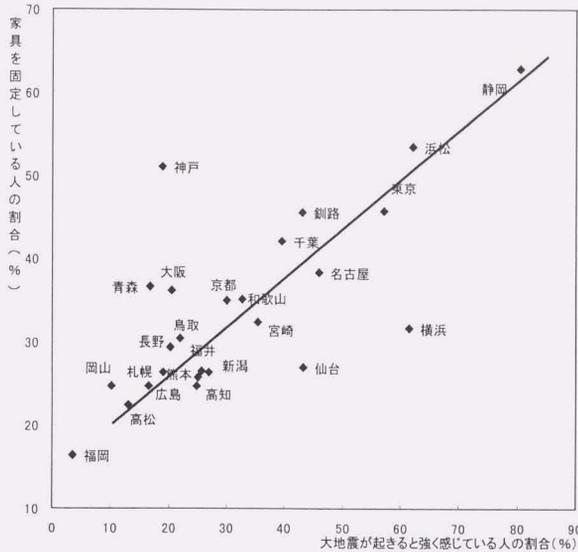


図 4-4-2 大地震発生の危機感と家具固定の実施

(家具の固定実施と非常用品の準備の関係)

図 4-4-3 は地震時の家族の対応を決めていて、非常用品の準備をしている割合と、就寝時の位置を決めていて、家具固定を実施している割合との関連性を示したものである。

非常用品の準備、家具固定を実施ともに静岡市、浜松市及び近年大地震の被害にあった、神戸市と釧路市が高い値を示していることがわかる。また、事前防災対策の中でも、東京都(区部)、横浜市、千葉市といった関東地方の都市は非常用品の準備といった比較的簡単な対策を行っている割合が非常に高く、家具固定を実施は比較的低い。釧路市は、家具固定を実施している割合が高く、非常用品を準備している割合は低いことがわかる。釧路市は近年発生した地震の被害(家具の倒壊による被害を受けた)から家具固定を実施している割合が高いことが予測される。

図中には、線形近似の直線を表示し、都市を比較するための目安としている。

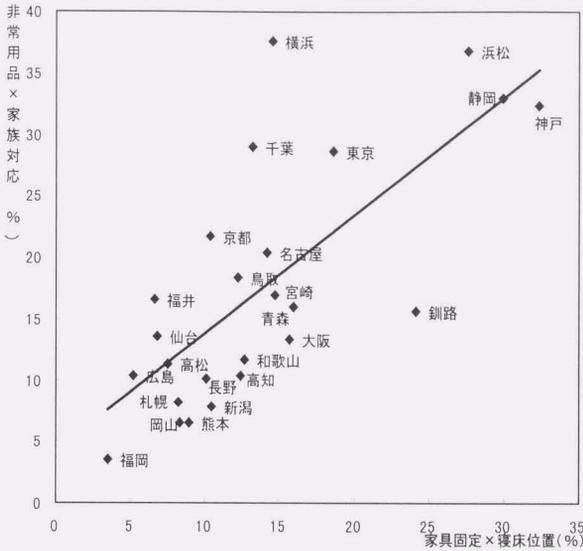


図 4-4-3 家具の固定実施と非常用品の準備の関係

#### 4-4-2 主成分分析による都市の分類

(防災意識の分析)

防災意識の「地震に対する意識」と「事前防災対策」の関係を明らかにするために主成分分析を用いてアンケート結果を集約した。

図 4-4-4 は各々の第 1 主成分による散布図である。各軸の数値は、第 1 主成分得点を示している。また、「地震に対する意識」と「事前防災対策」の寄与率をそれぞれ X1, X2 とすると、X1=0.77, X2=0.67 であった。

地震に対する意識が高い都市ほど積極的に事前防災対策を行っているという相関が明らかになった。浜松市、横浜市、東京都(区部)、静岡市は地震に対する意識が高く、事前防災対策も高い数値を示していることから防災意識が高い都市だと言える。神戸市は地震に対する意識に比べ、事前防災対策が高い値を示しており、これまでの単純集計結果、クロス集計結果の分析で述べたように阪神・淡路大震災の影響が大きい。また、福岡市、岡山市、札幌市等は地震に対する意識が低く、対策の実施割合も低いことから防災意識が低い都市であると言える。

このように、地震に対する意識・具体的な防災対策の日本全国における地域的な特徴が明らかになった。

図中には、線形近似の直線を表示し、都市を比較するための目安としている。

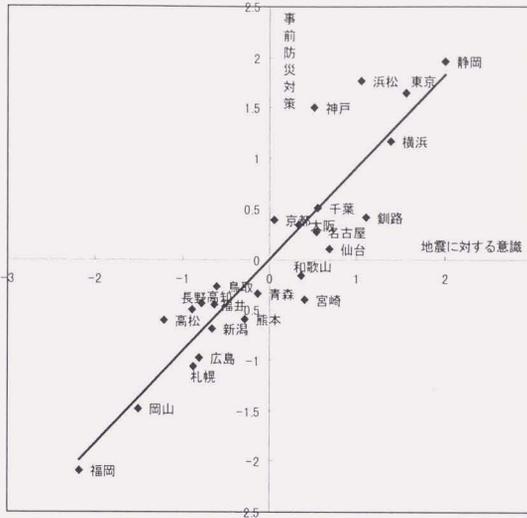


図 4-4-4 地震に対する意識と事前防災対策の関係

(潜在的被害軽減能力の分析と都市の分類)

図 4-4-5 は図 4-4-4 の内容を主成分分析によりさらに防災意識として集約し、防災意識と地域コミュニティ（前章表 4-3-2 参照）の第 1 主成分得点を用いてクラスター分析を行い、都市を分類した。本章において位置づけている都市の潜在的被害軽減能力（「防災意識」と「地域コミュニティ」からなる）に関する都市の分類である。「防災意識」と「地域コミュニティ」の寄与率を  $X_3, X_4$  とすると、 $X_3=0.68, X_4=0.77$  であった。

① クラスタ 1 (東京都 (区部), 横浜市, 千葉市, 静岡市, 浜松市, 神戸市)

特に防災意識が高く、地震に対する被害を軽減する潜在的な能力が高いグループである。神戸市は、阪神・淡路大震災以後このグループの都市と同等の能力が備わったと考えられる。

② クラスタ 2 (釧路市)

防災意識は高いが、地域コミュニティの値が低い。事前の防災対策による地震対策は積極的に行われているが、被災直後の住民による救助活動等の急応対応能力が低いと考えられる。

③ クラスタ 3 (名古屋市, 仙台市, 大阪市, 京都市, 宮崎市, 青森市, 熊本市, 福井市, 高知市, 新潟市, 長野市, 広島市)

防災意識、地域コミュニティともに平均的な値を示している都市である。

④ クラスタ 4 (和歌山市, 鳥取市)

防災意識は平均的な値を示しているが、特に地域コミュニティの値が高い都市で

ある。被災直後の住民による救助活動等の緊急対応能力による死者等の被害の軽減能力が高いと考えられる。

⑤クラスタ5（高松市，札幌市，岡山市，福岡市）

防災意識，地域コミュニティともに低い値を示した都市である。特に防災意識の値は非常に低く，地震の関心等が低いことがわかる。このグループの都市は，日頃の地震の発生頻度が低く，近年大規模地震による被害もないことから，大規模地震発生の危険性は低いことが予測されるが，このグループに地震が発生した場合，本研究内容である潜在的な被害を軽減する能力を期待することは困難であると考えられる。

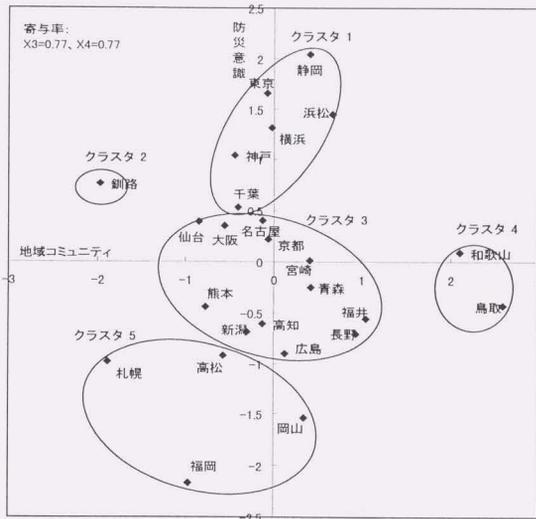


図4-4-5 防災意識と地域コミュニティによる都市の分類

#### 4-5 防災意識・地域コミュニティへの影響要因分析

前章の調査結果から都市の防災意識，地域コミュニティを推定するための影響要因の分析を行った。

##### 4-5-1 有感地震のデータの分析

アンケート調査結果から，日頃の地震発生と地震発生，被災に対する危機感等の地震に対する意識は関係性が高いことが明らかになった。その中でも，日常の地震を示す有感地震の回数は，図 4-5-1、4-5-2 のように長期間の地震発生と近年の地震発生では，その傾向が異なる。(図 4-5-1 は 1995 年以前 30 年間，図 4-5-2 は 1995 年以前 10 年間の震度 3 以上の地震発生回数によるエリア分類である。濃い異色ほど地震発生の頻度が高い) 近年(1995 年以前の 5 年間，10 年間)の地震回数と長期間での地震回数とでは地震に対する意識への影響が異なると考え，表 4-5-1 のように相関分析によって調査結果との相関を分析した。(地震に対する意識の調査結果からの主成分得点と有感地震の回数の相関を分析した) また，有感地震の回数は 1926 年から 1995 年のデータを利用した。(静岡市は 1941 年，千葉市は 1961 年に観測を開始したため，全観測期間の平均値により補正した)

1926 年から 1995 年では震度 4 以上の有感地震の回数，1995 年以前 5 年間では全観測震度回数，1995 年以前 10 年間では震度 4 以上の回数が，人の地震に対する意識との相関が他と比べて高いことが明らかになった。

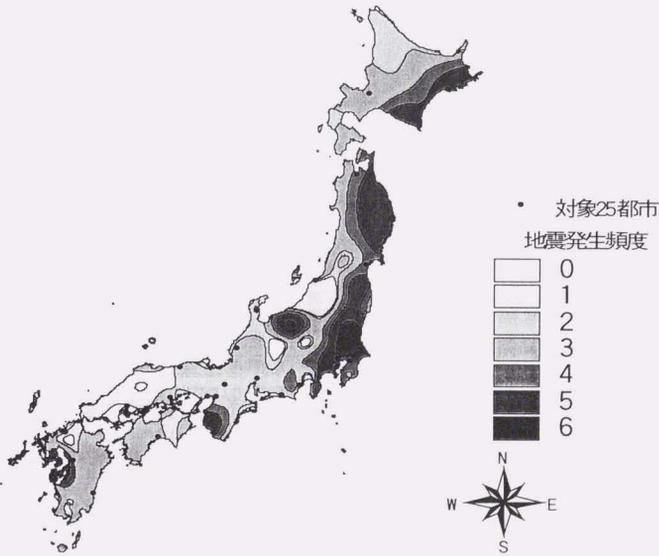


図 4-5-1 震度 3 以上の有感地震発生回数によるエリア分類 (30 年間)

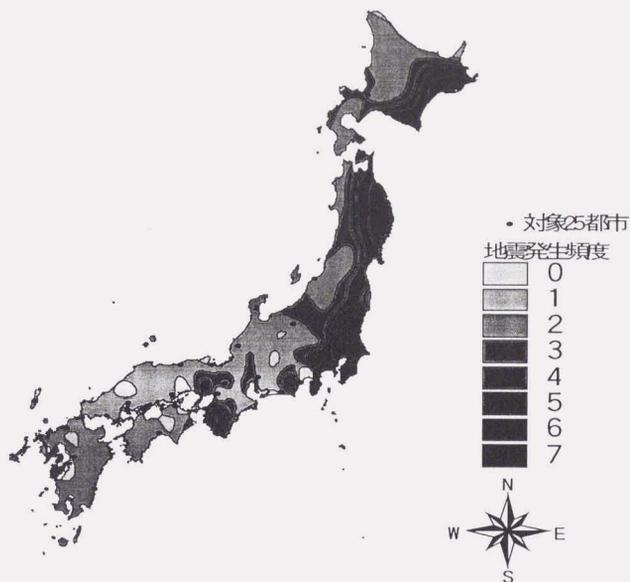


図 4-5-2 震度 3 以上の有感地震発生の回数によるエリア分類 (10 年間)

表 4-5-1 有感地震回数と調査結果の相関分析抽出

変数名	単相関
全震度(1926~1995)	0.21
震度2以上(1926~1995)	0.26
震度3以上(1926~1995)	0.39
震度4以上(1926~1995)	0.43
震度5以上(1926~1995)	0.35
全震度(5年間)	0.46
震度2以上(5年間)	0.40
震度3以上(5年間)	0.41
震度4以上(5年間)	0.42
震度5以上(5年間)	0.30
全震度(10年間)	0.50
震度2以上(10年間)	0.46
震度3以上(10年間)	0.51
震度4以上(10年間)	0.57
震度5以上(10年間)	0.29

4-5-2 防災意識・地域コミュニティへの影響要因分析とデータ抽出

次に、表 4-5-2 のように有感地震の回数のデータを含め、防災意識と地域コミュニティに影響している要因を調査結果等から抽出した。

防災意識では、地震に関係する要因として、有感地震の回数、行政の条例・制度の有無、大地震による被災回数、その他過去の地震を経験（過去の地震災害の伝承等を含む）に関係すると考えられる年齢別人口及び家族形態<sup>7)</sup>の要因を取り上げた。

行政の条例・制度の有無では 1978 年に制定された、大規模地震対策特別措置法の適応地域（地震防災対策強化地域）<sup>注3)</sup> に対して 1.0 の数値を入力し、重み付けを行った。大規模地震事例は死者の被害が出た地震の回数を取り上げた<sup>8)</sup>。

地域コミュニティでは、年齢別人口、都市の規模を示すと考えられる人口、人口密度<sup>7)</sup>、人の結びつきに関係が深いと考えられる家族形態、住居形態<sup>9)</sup>、その土地に居住している期間を示すと考えられる持ち家率<sup>7)</sup>を取り上げた。

これらのデータと、防災意識と地域コミュニティの相関分析を行った。

表 4-5-2 影響要因分析による抽出データ

防災意識	地域コミュニティ
震度4以上(回)	0-14歳の人口比(%)
全震度(5年間)(回)	15-64歳の人口比(%)
震度4以上(10年間)(回)	65歳以上の人口比(%)
行政の条例・制度の有無	人口総数(人)
大地震回数(回)	人口密度(人/km <sup>2</sup> )
0-14歳の人口比(%)	一戸建て住宅の割合(%)
15-64歳の人口比(%)	共同住宅の割合(%)
65歳以上の人口比(%)	持家率(%)
核家族世帯(世帯)	核家族世帯(世帯)
その他の親族世帯(世帯)	その他の親族世帯(世帯)
単独世帯(世帯)	単独世帯(世帯)

#### 4-6 防災意識、地域コミュニティの重回帰分析

前章で抽出したデータから、防災意識と地域コミュニティの重回帰分析を行った。被説明変数をアンケート分析結果の第1主成分得点とし、説明変数を影響要因分析から抽出した各データとした分析を行った。

表4-6-1に被説明変数と各データとの相関係数及び重相関係数を示す。防災意識では有感地震の回数、行政の条例・制度、大地震の回数、高齢者の人口がアンケート結果との相関が高いことがわかる。

また、地域コミュニティでは、高齢者の人口、二世帯住宅等の親族世帯、一戸建て住宅数、持ち家数がアンケート結果との相関が高いことがわかる。

図4-6-1は防災意識、図4-6-2は地域コミュニティに関する、アンケート調査結果と重回帰式を用いた推定値との比較である。また、重相関係数（防災意識:  $R1=0.87$ 、地域コミュニティ:  $R2=0.83$ ）から、影響要因分析によって抽出したデータから防災意識、地域コミュニティに関するアンケート結果をある程度説明できることが明らかになった。

なお、修正済重相関係数は  $R3=0.74$ 、 $R4=0.65$  である（表6参照）。

図4-6-1、4-6-2には線形近似の直線を表示する。この結果を用いれば、今回調査対象としなかった都市についての防災意識、地域コミュニティの状況について推定することが可能である。

表4-6-1 相関係数と重回帰分析による重相関係数

	防災意識との相関分析	地域コミュニティとの相関分析
震度4以上(回)	0.43	
全震度(5年間)(回)	0.46	
震度4以上(10年間)(回)	0.57	
行政の条例・制度の有無	0.51	
大地震回数	0.51	
0-14歳の人口比(%)	-0.39	0.30
15-64歳の人口比(%)	0.32	-0.56
65歳以上の人口比(%)	-0.10	0.53
核家族世帯	0.20	-0.01
その他の親族世帯	0.04	0.67
単独世帯	-0.19	-0.47
人口総数(人)		-0.18
人口密度(人/km <sup>2</sup> )		-0.18
二戸建て住宅の割合(%)		0.48
共同住宅の割合(%)		-0.53
持家率(%)		0.54
重相関係数: R1, R2	0.87	0.83
修正済重相関係数: R3, R4	0.74	0.65



#### 4-7 まとめ

本章では、日本全国から25都市を抽出し、アンケート調査により、地震発生時の都市居住者の潜在的な被災軽減能力に影響すると考えられる、住民の防災意識、地域コミュニティについて、調査結果の分析と都市の分類を行い、日本全国の都市の地域性を明らかにするとともに、調査結果の影響要因分析による既存統計データ等を利用した要因の抽出、調査結果の定量化の手法検討を行った。以下に本章で得られた結果をまとめる。

(1) アンケート調査結果の分析から防災意識、地域コミュニティには日本全国で地域性があることが明らかになった。静岡市や浜松市は地震発生危機、被災危機といった「地震に対する意識」が高く、家具固定や非常用品準備といった「事前防災対策」も積極的に行っており、「地震に対する意識」、「事前防災対策」から成る防災意識が非常に高いと言える。また日頃地震が多く発生している釧路市、関東圏の都市は特に地震に対する意識は高いが、事前防災対策に関して低い値を示した。神戸市は、兵庫県南部地震の影響（過去の地震災害の影響）から事前防災対策を行っている割合は高いが、将来的に地震が発生する可能性や被災危機に対しては、低い値を示している。逆に福岡市、札幌市等日頃の地震発生も少なく、過去に地震災害も経験していない都市は防災意識が低いことが明らかになった。地域コミュニティに関しては、鳥取市、和歌山市が地域住民の結びつきの程度に着目した設問に対して、高い値の調査結果が得られ、周辺住民との結びつきが強いと考えられる。

(2) アンケート調査結果を主成分分析により集約し、防災意識と地域コミュニティの第1主成分得点を用いてクラスター分析を行い、対象都市を5つの類型に分類した。静岡市、浜松市、関東地方の都市、神戸市は防災意識が高いグループに属する等、防災意識と地域コミュニティについて、都市の類似点が明らかになり、日本全国における地域性がわかった。

(3) アンケート調査結果の影響要因を明らかにした。防災意識は、有感地震回数といった日頃の地震発生、過去の大規模地震経験、行政の政策・条例の影響が大きい。地域コミュニティでは持ち家率、高齢者人口、2世帯住宅の割合が影響している。

(4) アンケート調査結果を基に、既存の統計資料等のデータとの関連から、防災意識と地域コミュニティと相関が高いデータを抽出し、重回帰分析を行って、防災意識と地域コミュニティから成る都市居住者の潜在的な被災軽減能力の推定方法を提示した。

本研究で明らかになった結果は、日本全国の都市居住者の潜在的な被災軽減能力に関する地域性を相対的に把握したもので、今後行政や自治体、また住民レベルの防災対策に活用できる基礎的な資料を提示するものである。

注

- 1) 本論文の図中の対象都市名は略記している。(札幌は札幌市)  
また、東京は東京都区部の略である。
- 2) アンケート調査の設問形式(5段階回答方式及び有無の選択方式)の一例を以下に示す。  
①各問の回答欄で、はい・いいえを尋ねられている場合、どちらかを選択して○で囲んで下さい。  
②各問の回答欄で、複数の選択肢からの選択を要求されている場合、自分の考えに最も近いものを選びその番号に○を付けて下さい。  
③各問の回答欄で、下図のような5段階レベルからの選択を要求されている場合、自分の考えに最も近いものの数字に○を付けて下さい。

よくある    5        ④        3        2        1    全くない  
                  └──────────┘

- 3) 大規模地震対策特別措置法は、大規模な地震の発生の予知がなされることを前提として、地震防災対策強化地域の指定を行い、同地域に係わる地震観測体制の強化を図るとともに地震防災体制を整備しておく、地震予知情報に基づく警戒宣言が発せられた時は一斉に地震防災行動をとることによって地震による被害の軽減を図ろうとするものである。

地震防災対策強化地域(大規模な地震によって著しい被害を受けるおそれがあり、地震防災対策を強化する必要がある地域。)としては、当面発生が懸念されている東海地震について、中央防災会議に設置された専門委員会における検討を踏まえ、昭和54年8月以下の区域が指定された。

神奈川県：平塚市、小田原市、茅ヶ崎市、秦野市、厚木市、伊勢原市、海老名市、南足柄市、高座郡、中郡、足柄上郡及び足柄下郡の区域

山梨県：甲府市、富士吉田市、塩山市、都留市、山梨市、大月市、韮崎市、東山梨郡春日居町、同郡牧丘町、同郡勝沼町、同郡大和村、東八代郡、西八代郡、南巨摩郡、中巨摩郡、北巨摩郡双葉町、同郡明野村、同郡白州町、同郡武川村、南都留郡上野原町の区域

長野県：飯田市、伊那市、駒ヶ根市、上伊那郡飯島町、同郡中川村、同郡宮田村、下伊那郡松川町、同郡高森町、同郡阿南町、同郡上郷町、同郡阿智村、同郡下条村、同郡天龍村、同郡秦阜村、同郡喬木村、同郡豊丘村及び同郡信濃村の区域  
(長野県にあたっては、昭和59年12月1日から下伊那郡は飯田市に合併)

岐阜県：中津川市の区域

静岡県：全域

愛知県：新城市の区域

参考文献

- 1) 高橋 章弘、南 慎一「地震災害に対する奥尻町青苗地区住民の防災意識」1996年度大会(近畿)学術講演梗概集 F-1 都市計画 建築経済・住宅問題
- 2) 南雲 晃央、廣田 篤彦、坪井善道「東京圏の震災意識に関する調査・分析、その1」1997年度大会(関東)学術講演梗概集 F-1 都市計画 建築経済・住宅問題
- 3) 村上 處直、佐土原 聡、田中 希代「横浜市住民の家庭レベルでの防災対策及び防災意

識に関する調査研究（その1）」1993年度大会（関東）学術講演梗概集 F 都市計画 建築  
経済・住宅問題，建築歴史・意匠

4) 大西一嘉，大津俊雄，村上雅英，西村明儒，宮野道雄 「1995年兵庫県南部地震にお  
ける人的被害（その3）東灘区における典型地区アンケート調査」1996年，F-1分冊

5) 大津俊雄・大西一嘉・村上雅英・西村明儒・宮野道雄 「1995年兵庫県南部地震にお  
ける人的被害（その4）死者発生状況に関する調査」1996年，F-1分冊，p.7

6) 鈴木基之，村田明子，室崎益輝 「阪神・淡路大震災における火災と市民による消火・  
延焼防止活動に関する調査研究」1996年，F-1分冊，p.37

7) 総務庁統計局：平成7年国勢調査報告，1995

8) 新編 日本被害地震総覧 宇佐美 龍夫著 東京大学出版会

9) 総務庁統計局：1993年住宅統計調査，1993

10) 村上處直ら 「地震被災危険度のマクロゾーネーション（2）」第2回都市直下地震災害  
総合シンポジウム論文集，pp.15-22，1997年11月

11) 村上處直ら 「地震被災危険度のマクロゾーネーション（3）」第3回都市直下地震災害  
総合シンポジウム論文集，pp.17-24，1998年10月

12) 浦川豪，佐土原聡，村上處直，「直下型地震直後の緊急対応面から見た都市の被災援  
可能性に関する研究」第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp.465-468，1998  
年10月

13) 李康碩，浦川豪，中埜良昭，村上處直，岡田恒男，「地域特性を考慮した都市の地震  
災害危険度の評価手法に関する研究」，第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，  
pp.339-342，1998年10月

## 市民の防災意識と防災対策についてのアンケート調査

このアンケート調査は、日本全国で 24 都市を対象にした市民レベルでの防災意識や防災対策の現状と地域のコミュニティーの度合いを調査し、各都市ごとによる差が生じるかを分析するために行うものです。

また、質問内容に多少個人のプライバシーに触れるようなことがあります、その点はご容赦下さい。もし、何かお気づきの点などがありましたら、下までご連絡下さい。お忙しいことと存じますが、何とぞご協力のほどをよろしくお願い致します。

連絡先 横浜国立大学 大学院工学研究科 村上處直研究室  
担当；秋本、大久保、浦川  
TEL；045-339-4247（ダイヤルイン）

### 参考資料について

この度、我々の防災対策の研究にも活用しているデータである <1890 年以降の主な地震災害事例> を参考資料として中に挟んでありますので、アンケートを書く前に一度目を通してからお答え願います。また、この参考資料は回収するものではありません。

### 回答上の注意点

- ・ 各問の回答欄で、はい・いいえ を尋ねられている場合、どちらかを選択して○で囲んで下さい。
- ・ 各問の回答欄で、複数の選択肢からの選択を要求されている場合、自分の考えに最も近いものを一つ選びその番号に○を付けて下さい。
- ・ 各問の回答欄で、下図のような 5 段階レベルからの選択を要求されている場合、自分の考えに最も近いものの数字に○を付けて下さい。

よくある    5            ④            3            2            1    全くない  
└──────────┘

- ・ その他に上述以外の形式でこちらが尋ねるときは、注意書きで指示しますので、それを参考の上ご回答下さい。
- ・ 回答される際は基本的に他の人と話し合ったりせず、自分個人の意見でお書き下さい。
- ・ ボールペンで記入して下さい。

\* はじめにあなた御自身についておたずねします。

1. 性別 ( 男・女 )

2. 年齢 ( ) 歳

3. ご住所を書ける範囲でお答え下さい。

( 市・区・郡 区・町・村 )

4. 現在、どのような家族構成で暮らしていますか？

1. 一人暮らし

2. 親との同居

3. 配偶者や子供との同居

4. 配偶者や子供と親との同居

5. その他 \_\_\_\_\_

5. 現在の住まわれている市内には、生活されて何年になりますか？ ( ) 年

6. 現在、あなたの住まわれている建物はどのような所有状況にありますか？

( 一戸建てで持ち家 ・ 一戸建てで借家 ・ 共同住宅で持ち家 ・ 共同住宅で借家 )

7. あなたのご自宅から学校までの主要な通勤手段は何ですか？

( 自動車 ・ 電車 ・ バス ・ バイク ・ 自転車 ・ 徒歩 )

## I : 防災について

● あなた御自身、過去に地震による災害を経験したことがありますか？

( はい ・ いいえ )

\* ( はい ) の方で自分も被害を受けたという方は、その内容をお答え下さい。

何年前 → ( ) 年前 、 どこで → ( 県 市 )

被害内容 ( 人の負傷・家屋の損傷・家具等の転倒・その他 \_\_\_\_\_ )

● あなた御自身、過去に地震以外の災害 (風水害、火災 …) にあったことがありますか？

( はい ・ いいえ )

\* ( はい ) の方は、その内容を書ける範囲でお答えください。

何年前 → ( ) 年前 、 どこで → ( 県 市 )

被害内容 ( )

- あなたの住んでいる地域では、地震による揺れがよくある方だと思いますか？

非常に思う 5      4      3      2      1 全く思わない  
|-----|

- 現在、あなたが住んでいる場所でこれから4、5年のうちに阪神淡路大震災クラスの大地震が起きるといふ危機感を抱くことがありますか？

非常にある 5      4      3      2      1 全くない  
|-----|

- \* また、その大地震により自分が被害を受けるという危機感がありますか？

非常にある 5      4      3      2      1 全くない  
|-----|

- 阪神淡路大震災が起きた直後と今とでは、地震に対するあなたの関心はそれぞれどの程度ありましたか？

(直後) 非常にあった 5      4      3      2      1 全くなかった  
|-----|

(現在) 非常にある 5      4      3      2      1 全くない  
|-----|

\* ここより、あなたもしくは家族が行っている防災対策をお伺いします。

(注；回答欄に \_\_\_\_年前 とあるものには、それを行った時期を記述して下さい。)

1. 災害に対しての非常食、非常灯などを一つにまとめてありますか？

(はい・いいえ)      \_\_\_\_年前

2. 地震による家具の転倒を防ぐための家具の固定を一部だけでもしていますか？

(はい・いいえ)      \_\_\_\_年前

- \* (いいえ)の方へ、あなたは現在家具の固定をする必要があるという危機感をどのくらい抱いていますか？

非常にある 5      4      3      2      1 全くない  
|-----|

3. 地震保険に加入していますか？

(はい・いいえ)      \_\_\_\_年前

4. あなたは市役所が指定している自宅の指定避難場所を知っていますか？

( はい ・ いいえ )

5. 自分がいつも寝ている位置は地震の危険性からの考慮をして決めましたか？

( はい ・ いいえ ) \_\_\_\_\_ 年前

\* ( いいえ ) の方へ、自分の寝ている位置は地震による危険があると感じることがありますか？

非常にある 5 4 3 2 1 全くない  
|-----|

6. 地震が起きた際の家族の対応(避難先、連絡手段…)を話し合ったことがありますか？

( はい ・ いいえ ) \_\_\_\_\_ 年前

## II : コミュニティーについて

\* これより以下は、あなたの御家族全体の意見としての回答をお願いします。

● あなたは周りの近所の人とどのくらい頻繁に会っていますか？

1. ほぼ毎日会っている                      2. 週に2,3回は会っている  
3. 月に2,3回は会っている                  4. 全く会うことがない

● あなたは周りの近所の人とどれくらい会話することができますか？

たいへんよく話す 5 4 3 2 1 全く話さない  
|-----|

● あなたは周りの近所の人をどの程度まで理解して知っていますか？

たいへんよく知っている 5 4 3 2 1 全く知らない  
|-----|

● あなたは町内会の活動にどのくらい積極的に参加していますか？

たいへん積極的に参加している 5 4 3 2 1 全く参加していない  
|-----|

ご協力ありがとうございました。

第5章 海上交通・陸上交通における「アクセスビリティ・サポートビリティ」評価  
— 直下型地震直後の緊急対応面から見た都市の被救援可能性に関する研究 —

第5章

海上交通・陸上交通における

「アクセスビリティ・サポートビリティ」評価

— 直下型地震直後の緊急対応面から見た

都市の被救援可能性に関する研究 —

## 第5章 海上交通・陸上交通における 「アクセスビリティ・サポートビリティ」評価 —直下型地震直後の緊急対応面から見た都市の被救援可能性に関する研究—

### 5-1 目的

都市直下型地震による被害の様相は、阪神・淡路大震災での神戸市のように広範囲の被害には至らないものの、限られた範囲に対して甚大な被害をもたらすことが予測される。特に、人口や都市機能等が集中する大都市では、これまでの地震災害事例では予想困難な被害の発生が考えられ、周辺都市からの緊急対応による救援・救助が必要であると考ええる。

また、阪神・淡路大震災では自衛隊等を含む国を中心とした初期対応の遅れが指摘された。都市に直下型地震が発生し、都市が被災した時、国の救援に頼るのではなく、自分自身で周辺の都市を含む救援・救助等に関するポテンシャルを把握し、国の本格的な支援が受けられるまでの、耐久力を都市自身が身に付ける必要があると考える。特に、直下型地震による被害発生直後の人命救助等は最も重要であり、地震による被害を最小限に軽減する仕組み、対策が必要であると考えられる。

本章では、直下型地震によって都市が被災したと想定し、短期間（約72時間を想定）のうちに被災都市が周辺都市から救援・救助を受けられる可能性、受け入れられる可能性を、海上交通と陸上交通から選択した都市に対して、「アクセスビリティ・サポートビリティ」として相対的に評価したものである。<sup>注1)</sup>

これまでは、道路の耐震性や都市内のアクセス（緊急輸送路等）、市町村防災計画等に記載されている他都市との応援協定に焦点をおいた対策が行われたが、今後の地震対策には被災都市の救援の必要量、周辺都市からの救援される可能性、ロケーション等を含めた、被災都市と周辺都市との関係を考慮に入れた視点からの指標が必要であり、自らを知ることによって効果的な対策を行うことができると考える。

このような、周辺都市を含む行政界を超えた広域的な視点から日本全国での救援・救助に関する都市の地域性を明らかにした本章のような研究は従来おこなわれておらず、本章での成果は、他都市の応援協定を決定するための基礎的な指標、国の政策の意思決定及びそれぞれの都市における地震対策に役立つと考えられる。

### 5-2 概要

本章において海上交通・陸上交通の「アクセスビリティ・サポートビリティ」とは、都市が直下型地震によって被災したことを想定し、被災都市が短期間で周辺都市から救援・救助を受けられる可能性と周辺都市からの救助を受け入れられる可能性を、被災都市を中心とした広域的な視野に立ち、被災都市の規模、周辺都市の規模、ロケーション、アクセス等の都市間の関係から海上及び陸上において都市を評価したものである。

本章では直下型地震直後の緊急対応に着目し、阪神・淡路大震災での海上交通と陸上交通の救援・救助の事例文献及びヒヤリング等から調査し、影響する要素を抽出した。

事例調査から抽出した影響要素から、被災都市と周辺都市の位置関係（ロケーション）、被災都市と周辺都市の規模、都市間のアクセス等に相当するデータを既存の統計資料等から抽出し、関東大震災から阪神・淡路大震災までに発生した死者の被害が出た大地震による被害を受けた都市及び政令指定都市 24 都市を選択し、救援・救助に関する相対的な指標を作成した。

これらの指標から「アクセスビリティ・サポートビリティ」による都市の比較、類型化を行い、都市の救援に関する地域的な特徴を明らかにした。

### 5-3 事例調査による影響要素の考察

ここでは、直下型地震発生し、他都市から被災都市へ海上交通と陸上交通から救援・救助を行う上で、影響する要因を考察するために、阪神・淡路大震災の神戸市の事例調査を行った。

#### 5-3-1 阪神・淡路大震災における海上交通に関する事例調査

##### (1)文献調査

神戸港の受けた被害は大きく、東西 20 キロメートルにわたる神戸港において、約 116 キロメートルに及ぶ水際線の大部分が被害を受け、一部は壊滅した。港湾施設については、防波堤をはじめ大型岸壁 239 バース及び 23 キロメートルにのぼる物揚場の大部分が被災し、背後に位置する上屋、野積場、荷役機械、民間倉庫も使用不能になったものが多い。特に、外資貨物の 7 割を取り扱っていたコンテナターミナルが大きな被害を受け、すべて使用不能になった。また公社・公共 186 バースのうち、利用可能は 9 バースのみという状態であった。神戸港で大部分を占めるケーソン式護岸では、岸壁本体のケーソンが海側に変位し、その背後のエプロンが沈下、陥没した。そのなかでも摩耶埠頭の耐震強化岸壁 3 バースは震災直後から利用可能な状態であったが、バースが連なっていたことと背後の陸上交通が不通になってしまったことから、初期の救援活動にはつながらなかった。

海岸保全施設についても、被害の大きい箇所では護岸が倒壊し、背後の土地が一部水没した箇所もあり、海岸保全施設の大部分が防潮機能を損なわれた。

さらに埋め立て地は液状化によって壊滅的な被害を受けた。特にポートアイランドでは島全域が液状化し、噴砂によって一面が泥沼ようになった。ポートアイランドの地盤は最大 60 センチメートル沈下した。六甲アイランドでも液状化現象に見舞われ、岸壁の背後が最大で 3 メートル陥没。荷揚げクレーンは脚柱が座屈して使用できなくなった。転倒したクレーンもあった。

地盤の液状化によって「側方流動」という現象も起こり、損壊した岸壁を海へと押し出した。クレーンも軒並み脚柱が座屈したために使用できなくなり、荷揚げ機能は麻痺した。

地震による津波などを憂慮して、当初は船舶による避難は行われておらず、数少ない使用可能な陸路は渋滞した。

1 月 19 日によりやく震災後初の臨時海上輸送が開始された。混乱を恐れ、行政側は当初、“唯一正常に機能することが明白であった海”をシャットアウトしようと考え、当初神戸港を使わせていなかった。しかしその結果は、かえってパニック状態にある人々を逆上させることになった。緊急事態であることへの認識と、マニュアルのない例外を作ることへの決断力の弱さと戸惑いが、もっとも貴重であった震災直後の 3 日間を結果的には無駄に費やしてしまうことになった。

例のない緊急事態に頑なな行政に対して、船の所有者たちは“こんな時にそんな規律を守っている場合ではない”と、批判が殺到し、次々と行政を無視した民間の船が自主的に動き始めた。最初に動き始めたのは、チャトルシップなどを所有する小さな海運業者であった。たて割で前へ一歩も進めない行政に先立って立ち上がった『英雄』

として被災者は感謝した。

そうこうしている間に、個人所有の船も自発的に動き始めた。彼らは、阪神にとどまらず、日本中からやってきた。確かな情報も無く、手がかりも無いような状態だったが、“無許可であろうが、何であろうが、とにかく神戸にいてみよう。止められる場所さえあれば手でも着岸できる”と、手探り状態で神戸港へ向かった。停泊できる場所があれば、どんなところでも手当たり次第着岸していったのである。

行政を無視して続々と動き始めた中小海運業や個人の動きに、行政を無視できずにいた大手フェリー会社も、3日後には堪り兼ねて自発的に動き出した。後になって、神戸海運局管理部は許可を出す。手続き上の問題は逆になったが結局、行政は神戸港を使わざるを得ない状況となった。

交通整理もまったくされていない神戸港内には、ありとあらゆる大小様々な船が殺到したにも関わらず、接触もせず、倒壊した岸壁で横転もせず、不思議なことに事故は一件も起こらなかった。

船舶の利用の実態について、初めのうちは親類や知人を頼って疎開避難していく被災者、被災した家族・親類や知人の安否を気づかう人々、自分も被災したが職場も被災しているのでもどうしても通勤しなければならぬサラリーマンを運び、少し落ち着いてからは、通勤の足として活躍した。

遊覧船やレストランシップは飲食・娯楽用の付属施設を全部外し、乗船しやすいようにした。これらは孤島と化した六甲アイランドに生活する被災者の重要な足になった。高速艇・ジェットホイールなども東側から神戸に通勤する幹線として最後まで活躍した。

さらに海上交通によって、関西新空港に寄せられた海外および国内の救援物資を六甲アイランド・ポートアイランド・メリケンパーク・ハーバーランドなどに輸送した。

ホテルシップ、救援隊・医療隊の待機基地としても利用された。あまりに広範囲な被災地区であることから、救援隊・医療隊の待機基地を混乱した現地に置くのではなく、現地から近い海上に設けた。さらに被災者の避難場所も海上に置くことを試みたが、結果としては成功したとは言い難い。当時、神戸に停泊していた大型フェリーの総隻数は30隻、そのうち被災者避難用のホテルシップはわずか2隻にとどまった。その理由としては神戸市が早い時期に停泊船をシャットアウトしてしまったことや、船の快適性を知る人が非常に少なかったこと、陸地への移動が不便だという誤解があったことや宣伝より先に様々なデマ（設備が悪い、揺れる、船の上での快適性への疑問、立地条件が悪いなど）が流れたりしたため、PR不足との相乗効果によって人気がなく、低い利用率にとどまった。残りの28隻の停泊船は主に、被災地外からの救援隊の待機宿泊施設、待機基地として活躍した。

## (2) ヒヤリング調査

文献調査と並行して、運輸省港湾局海岸・防災課災害対策室の協力を得、ヒヤリング調査を行った。

### ● 水深の深いバースは早くに使用できたのか

水深の浅いバースはコンクリートブロック積み上げ式だったので、破損が著しく、また、さらに水深が浅くなったために接岸しにくくなった。

- バース以外のところでは船・フェリーは使えないのか  
また使えたとすればそれはどんな所か  
漁船などの小型の船ならば海岸などにも停泊できたが、人の出入り程度で、それもごく少量の動きだった。
- 被害の少なかったバースの特徴などは  
日本海中部地震以降に耐震基準が見直されたため、それ以降に設けられたバースはそれなりの耐震力がある。お金をかけて耐震力を上げたバースはそれなりの被害にとどまるようだ。
- 海路から陸路との接点において障害物になったものなどはあるのか  
また陸路において主に障害物になったものは何か  
神戸は液状化しないと思われていたマサ土という良質の土を使って港湾地区の埋め立てを行っていたが、想定以上の地震が来たためにあえなく液状化した。また道路は建物倒壊や、舗装したアスファルトの下の地面が液状化したためにアスファルトを叩き落として使ったが、それまでに一週間以上かかってしまった。
- 私設バースにも救援物資受入態勢ができていたのか  
被災直後は私設バースでも救援物資を受け入れる事ができたが、所有者が仕事を始められないために長期にわたっての受け入れは困難。

上記のように文献等の調査を整理すると、表 5-3-1 のように震災発生直後から約 3 日間の救援・救助の状況を時系列で整理した。図 5-3-1 のように救援・救助の目的等は異なるものの、緊急対応による救援・救助は神戸市を中心とした約 100 km 圏内の重要港湾<sup>注2)</sup>とフェリー航路でつながっている港湾からのものが多い事がわかった。

表 5-3-1 阪神・淡路大震災の救援活動事例（海上交通）

日時	時刻	出動	目的	出発地	着岸	物資
1月17日	11:50				鳴尾浜岸壁	巡視船から神戸市給水車へ給水
	17:00	大阪海上保安監部	物資輸送	神戸	神戸	淡路島への救援物資輸送
	21:00	大阪市消防局	食料輸送	堺・高石消防本部	神戸	パン等9000食分と飲料水2.4トン
1月18日						緊急隊員の交代と救援物資の輸送
	8:00	海上自衛隊	食料輸送	市内	ポートアイランド、六甲アイランド	無料緊急海上バス 補給艦7隻、非常用食料10万食と 飲料水1620トン
				大阪市		飲料水200トン
	2:30	兵庫県要請		和歌山港	新港第一突堤Cバース	弁当800食
				大阪南港	神戸摩耶埠頭	NTTの作業員や人員
1月19日				南港	東播磨港	物資積載トラック
				目黒隊	新港第一突堤	救援物資陸あげ
				目黒隊	新港第四突堤	給水
	15:00	大阪市		神戸港沖	西宮甲子園フェリー南側岸壁	飲料水200トン
				徳島	神戸新港第三突堤	護衛艦・掃海母艦・補給艦出動
				岡山日生港	西宮港	物資・人員輸送
1月20日				泉佐野	淡路島北淡町	弁当10000食
				泉南	東播磨港	救援物資
				大阪南港	神戸	フェリー輸送
				大阪	神戸新港	NHK報道関係者
					津名町・西宮市	給水艦
				六甲アイランド	大阪港	救援物資・医師の輸送
				神戸港	大阪港	被災者約200人輸送
	8:00			神戸港	大阪港	被災者約400人輸送

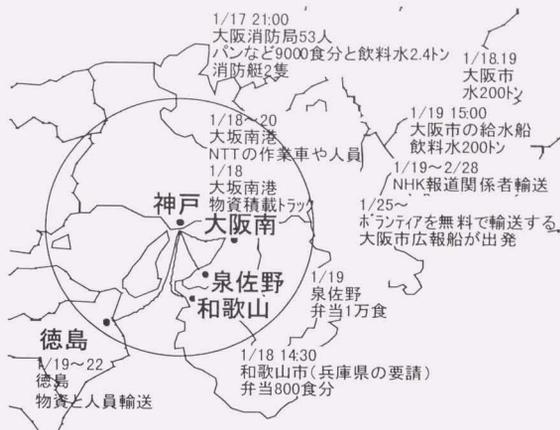


図 5-3-1 阪神・淡路大震災における救援活動事例（海上交通）

このように阪神・淡路大震災における、海上交通による救援・救助は、大阪市を中心として行われたことが分かる。その目的は異なるものの、食料や飲料水等の緊急物資や医師や応急復旧活動のための人員等、様々な輸送に利用されている。

このように、遠隔協定等による遠方からの救援は、短期間のうちに対応することは困難であり、周辺都市のポテンシャルを生かせる対策が求められる。

### 5-3-2 阪神・淡路大震災における陸上交通に関する事例調査

陸上交通では、周辺都市からの救援に関する詳細な記録（日時、ルート等）が入手できず、海上交通同様の考察は困難ではあったが、陸上交通による救援は、道路によるアクセスが最も重要だと考え、表5-3-2のように道路に関する被害事例を調査した。

高速道路、国道を含め多くの主要幹線の被害が発生し、周辺都市から緊急車両等のアクセスに支障をきたしたことが推測される。

阪神・淡路大震災では、高速道路が倒壊した他、鉄道の被害も大きく、交通アクセスに大きな支障をきたしている。また、被害が大きかった神戸市へのアクセスルートは限られており、渋滞等を引き起こしている。

このように、周辺都市からの陸上交通による救援・救助には、道路アクセスが大きく影響しており、都市のロケーション等によって、道路アクセスの状態は異なり、それぞれの都市の陸上交通に関する状況を把握することによって、海上交通同様に、陸上交通についても緊急の救援・救助に関する、具体的・効果的な対策が行えると考えられる。

表 5-3-2 阪神・淡路大震災における道路被害の状況

路線名	部材名	As	A	B	C	D	計		
直轄国道	国道2号	橋脚	鋼製 0(0%)	0(0%)	9(26%)	5(14%)	21(60%)	35(100%)	
		RC	0(0%)	0(0%)	19(24%)	15(19%)	46(58%)	80(100%)	
	国道43号	支承	—	63(24%)	10(4%)	0(0%)	190(72%)	265(100%)	
		上部構造	0(0%)	10(4%)	52(23%)	0(0%)	153(67%)	230(100%)	
		橋脚	鋼製 1(13%)	3(38%)	0(0%)	0(0%)	4(50%)	8(100%)	
		RC	13(9%)	23(16%)	1(1%)	0(0%)	105(73%)	144(100%)	
	国道171号	支承	—	8(3%)	13(4%)	0(0%)	272(89%)	306(100%)	
		上部構造	0(0%)	31(16%)	3(2%)	8(4%)	142(71%)	199(100%)	
		橋脚	鋼製 15(8%)	0(0%)	2(100%)	0(0%)	0(0%)	2(100%)	
		RC	0(0%)	6(4%)	11(7%)	60(38%)	79(51%)	156(100%)	
	国道176号	支承	0(0%)	6(3%)	5(2%)	16(7%)	195(88%)	222(100%)	
		上部構造	—	3(1%)	8(4%)	22(11%)	174(84%)	208(100%)	
		橋脚	鋼製 0	0	0	0	0	0	
		RC	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	20(100%)	20(100%)	
	小計	支承	—	0(0%)	0(0%)	2(4%)	45(96%)	47(100%)	
		上部構造	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	77(100%)	77(100%)	
		橋脚	鋼製 1(2%)	3(7%)	11(24%)	5(11%)	25(56%)	45(100%)	
		RC	13(3%)	29(7%)	31(8%)	77(19%)	250(63%)	400(100%)	
	阪神高速	3号神戸線	支承	—	77(9%)	28(3%)	33(4%)	702(84%)	840(100%)
			上部構造	16(2%)	44(6%)	63(9%)	45(6%)	546(76%)	714(100%)
橋脚			鋼製 3(2%)	8(5%)	12(7%)	112(69%)	28(17%)	163(100%)	
RC			64(7%)	78(8%)	102(11%)	225(24%)	474(50%)	783(100%)	
5号湾岸線		支承	—	371(18%)	274(13%)	383(18%)	1090(51%)	2118(100%)	
		上部構造	26(2%)	67(5%)	243(19%)	215(16%)	753(58%)	1304(100%)	
		橋脚	鋼製 0(0%)	0(0%)	13(9%)	21(15%)	109(78%)	143(100%)	
		RC	0(0%)	0(0%)	1(0%)	22(11%)	179(89%)	202(100%)	
小計		支承	—	30(5%)	72(12%)	196(34%)	286(49%)	584(100%)	
		上部構造	1(0%)	0(0%)	8(2%)	28(6%)	425(92%)	462(100%)	
		橋脚	鋼製 3(1%)	8(3%)	25(8%)	133(43%)	137(45%)	306(100%)	
		RC	64(6%)	78(7%)	103(9%)	247(22%)	653(57%)	1145(100%)	
高速道路		支承	—	401(15%)	346(13%)	579(21%)	1376(51%)	2702(100%)	
		上部構造	27(2%)	67(4%)	251(14%)	243(14%)	1178(67%)	1766(100%)	
		橋脚	鋼製 0	0	0	0	0	0	
		RC	2(0%)	40(4%)	21(2%)	664(64%)	664(64%)	1039(100%)	
中国		支承	—	401(28%)	65(4%)	974(67%)	974(67%)	1451(100%)	
		上部構造	3(0%)	27(2%)	247(21%)	229(20%)	229(20%)	1157(100%)	
		橋脚	鋼製 0(0%)	0(0%)	0(0%)	4(100%)	4(100%)	4(100%)	
		RC	0(0%)	9(2%)	4(1%)	323(71%)	323(71%)	457(100%)	
	支承	—	112(15%)	174(23%)	377(50%)	377(50%)	748(100%)		
	上部構造	0(0%)	24(5%)	31(6%)	272(52%)	272(52%)	520(100%)		
	橋脚	鋼製 0(0%)	0(0%)	0(0%)	4(100%)	4(100%)	4(100%)		
	RC	2(0%)	49(3%)	25(2%)	987(66%)	987(66%)	1496(100%)		
	支承	—	513(23%)	239(11%)	1351(61%)	1351(61%)	2199(100%)		
	上部構造	3(0%)	51(3%)	278(17%)	501(30%)	501(30%)	1677(100%)		
	橋脚	鋼製 4(1%)	11(3%)	36(10%)	166(47%)	166(47%)	355(100%)		
	RC	79(3%)	156(5%)	159(5%)	1890(62%)	1890(62%)	3041(100%)		
計	支承	—	991(17%)	613(11%)	3429(60%)	3429(60%)	5741(100%)		
	上部構造	46(1%)	162(4%)	592(14%)	2225(54%)	2225(54%)	4157(100%)		

#### 5-4 都市のアクセスビリティ・サポートビリティに関する 評価手法の検討

アクセスビリティ・サポートビリティを評価するために、対象都市が周辺都市からの救援を受けられる可能性をサポートポテンシャルとし、周辺都市からの救援を受け入れられる可能性を信頼度（陸上交通では道路アクセスによる信頼性、海上交通では受け入れ港湾の信頼性）とした。

この周辺都市からのサポートポテンシャルと信頼度を用いて、海上交通、陸上交通の両面からの評価手法を検討する。

##### 5-4-1 海上交通の評価手法の検討

海上交通では港湾の規模が大きく対象都市を救援できる可能性が高いと考えられる周辺港湾からの救援（重要港湾からの救援）と日頃の結びつきによる救援（フェリー航路による救援）を取り上げた。そして、日頃の貨物輸送ルートによる救援の可能性も考慮した。また、直下型地震による被害と、周辺都市からの緊急対応を考え、対象都市の市庁舎から 10 km 以上 100 km 以内の全ての重要港湾（中心都市以外の重要港湾を含む）からの救援とフェリー航路からの救援、貨物輸送ルートによる救援をサポートポテンシャルとした。

海上交通の救援のサポートポテンシャルを受け入れる能力としての信頼度は、救援を受け入れる港湾の規模と耐震性が重要だと考え、市庁舎から 10 km 圏内（徒歩で移動可能な距離と想定）の重要港湾の船席数<sup>注 3)</sup>を対象とし、その中でも耐震強化岸壁の船席数と高深度岸壁の船席数<sup>注 4)</sup>（本研究では 9 m 以上深度を持つものを取り上げた）から算定した。

##### 5-4-2 陸上交通の評価手法の検討

陸上交通では、約 10 km 圏内が直下型地震によって被災する地域と想定し、本研究では、周辺都市からの救援・救助を分析する目安として 10 km 以上 50 km 未満に含まれる都市を、被災都市を救援する都市、サポート都市とした。

図 5-4-1 には神戸市を中心とした周辺都市の分布を示す。また、図 5-4-2 には横浜市と神戸市を中心とした周辺都市の規模（救援の規模）とサポート都市の数の推移を、対象都市の市庁舎を中心として直線距離 5 km ごとに示している。

図 5-4-2 のように、中心都市からの直線距離が長くなるにしたがって、サポート都市の総合規模も大きくなるのがわかる。特に直線距離 50 km までは、周辺都市の数、人口ともに増加量が大きく、50 km から増加量が少なくなる傾向が見受けられる。

都市のロケーションによって、上記の傾向は異なることが予測できるが、ここでは、中心都市から直線距離 50 km 圏内を相対比較の一基準として取り上げた。なお、島に位置する市町村は除外し、人口は、市町村単位の数値を利用している。

また、表 5-4-1 には神戸市を中心とした、サポート都市を記載する。

周辺都市の分布、規模は被災都市への緊急対応の際、重要な要素となると考えている。（周辺都市が持つポテンシャルとそのアクセスが重要であると考え）

また、周辺都市の車による救援を想定し、都市の規模に相当すると考えられる人口と道路を利用した都市間の距離から陸上交通のサポートポテンシャルを算定した。

陸上交通の信頼度は、都市間の道路と橋梁から算定した。  
 陸上交通におけるサポート都市の立地、道路は都市のロケーション（都市の立地条件:山地、平野等）と関係性が高いと考える。



図 5-4-1 神戸市を中心とした周辺都市の分布

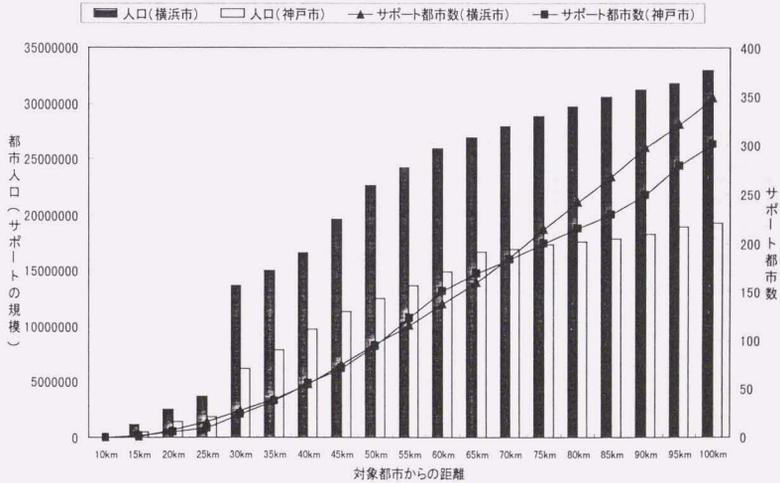


図 5-4-2 横浜市と神戸市を中心とした周辺都市との関係

第5章 海上交通・陸上交通における「アクセシビリティ・サポート小野市」評価  
 一直下型地震直後の緊急対応面から見た都市の被救援可能性に関する研究一

表 5-4-1 神戸市を中心としたサポート都市

神戸市からの距離	サポート都市																
10km																	
15km	兵庫県 西宮市	兵庫県 芦屋市															
20km	兵庫県 尼崎市	兵庫県 明石市	西宮市	兵庫県 芦屋市	宝塚市												
25km	大阪府 大坂市																
30km	兵庫県 尼崎市	明石市	西宮市	兵庫県 芦屋市	伊丹市	宝塚市	三木市	三田市	吉川町								
	大阪府 大坂市	茨木市	豊中市	池田市	長大津市	箕面市	高石市	忠通町	三木市	川西市	三田市	猪名川町	吉川町	東条町			
35km	兵庫県 加東郡 稲美町																
	大阪府 大坂市	堺市	岸和田市	豊中市	池田市	吹田市	泉大津市	貝塚市	守口市	泉佐野市	松原市	和泉市					
兵庫県 尼崎市	明石市	西宮市	兵庫県 芦屋市	伊丹市	加古川市	宝塚市	三木市	川西市	小野市	三田市	猪名川町						
40km	大阪府 大坂市	茨木市	豊中市	豊中市	池田市	吹田市	泉大津市	貝塚市	守口市	茨木市	八尾市	泉佐野市	大阪府 大坂市	阪南市			
	兵庫県 三田市	吉川町	社町	豊中市	池田市	吹田市	高槻市	貝塚市	守口市	茨木市	八尾市	泉佐野市	大阪府 大坂市	阪南市			
45km	兵庫県 豊前町	明石市	西宮市	兵庫県 芦屋市	伊丹市	加古川市	西脇市	宝塚市	三木市	高砂市	川西市	小野市					
	大阪府 大坂市	堺市	岸和田市	豊中市	滝野町	東条町	瑞穂町	泉大津市	高槻市	今田町	津守町	高砂市	川西市	小野市			
兵庫県 三田市	吉川町	社町	豊中市	池田市	吹田市	泉大津市	高槻市	貝塚市	守口市	茨木市	八尾市	泉佐野市	大阪府 大坂市	阪南市			
50km	大阪府 大坂市	堺市	岸和田市	豊中市	池田市	吹田市	泉大津市	高槻市	貝塚市	守口市	茨木市	八尾市	泉佐野市	大阪府 大坂市	阪南市		
	兵庫県 三田市	吉川町	社町	豊中市	池田市	吹田市	泉大津市	高槻市	貝塚市	守口市	茨木市	八尾市	泉佐野市	大阪府 大坂市	阪南市		
京都市 亀岡市																	
55km	大阪府 大坂市	堺市	岸和田市	豊中市	池田市	吹田市	泉大津市	高槻市	貝塚市	守口市	茨木市	八尾市	泉佐野市	大阪府 大坂市	阪南市		
	兵庫県 姫路市	尼崎市	明石市	西宮市	兵庫県 芦屋市	伊丹市	加古川市	西脇市	宝塚市	三木市	高砂市	川西市	小野市	福美町			
京良島 生駒市	香芝市	加西市	猪名川町	吉川町	社町	滝野町	東条町	今田町	津守町	高砂市	川西市	小野市	福美町				
和歌山県 打田町	岩出町																
60km	京都市 亀岡市	向日市	長岡京市	八幡市	大山崎町	久御山町	田辺町	精華町	園部町	八木町							
	大阪府 大坂市	堺市	岸和田市	豊中市	池田市	吹田市	泉大津市	高槻市	貝塚市	守口市	茨木市	八尾市	泉佐野市	大阪府 大坂市	阪南市		
兵庫県 姫路市	尼崎市	明石市	西宮市	兵庫県 芦屋市	伊丹市	加古川市	西脇市	宝塚市	三木市	高砂市	川西市	小野市	福美町				
	京良島 生駒市	香芝市	加西市	猪名川町	吉川町	社町	滝野町	東条町	今田町	津守町	高砂市	川西市	小野市	福美町			
和歌山県 和歌山市	大和町	三郷町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	
65km	京都市 京都市	宇治市	長岡京市	八幡市	大山崎町	久御山町	田辺町	精華町	園部町	八木町							
	大阪府 大坂市	堺市	岸和田市	豊中市	池田市	吹田市	泉大津市	高槻市	貝塚市	守口市	茨木市	八尾市	泉佐野市	大阪府 大坂市	阪南市		
兵庫県 姫路市	尼崎市	明石市	西宮市	兵庫県 芦屋市	伊丹市	加古川市	西脇市	宝塚市	三木市	高砂市	川西市	小野市	福美町				
	京良島 生駒市	香芝市	加西市	猪名川町	吉川町	社町	滝野町	東条町	今田町	津守町	高砂市	川西市	小野市	福美町			
和歌山県 和歌山市	大和町	三郷町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	岩出町	

第5章 海上交通・陸上交通における「アクセシビリティ・サポートビリティ」評価  
 一直下型地震直後の緊急対応面から見た都市の被災可能性に関する研究一

70km	京都府	京都市 井手町 白告町	福知山市 宇治田原町	綾部市 山城町	宇治市 木津町	亀岡市 加茂町	城福市 笠置町	向日市 和束町	長岡京市 精華町	八幡市 京北町	大山崎町 園部町	久御山町 八木町	田辺町 丹波町	
	大阪府	堺市 八尾市 摂津市 忠岡町 姫路市	堺市 泉佐野市 高石市	堺市 富田林市 藤原川市	豊中市 河内長野市 東大阪市	吹田市 河内長野市 泉南市	吹田市 河内長野市 泉南市	泉大津市 東大阪市 交野市	高槻市 和泉市 大塚狭山市	高槻市 箕面市 茨木市	守口市 柏原市 鳥本町	枚方市 羽曳野市 豊能町	茨木市 門真市 能勢町	
	兵庫県	姫路市 高砂市 三木市 加美町 篠山町 西紀町	姫路市 福美町 山崎町	明石市 小野市	西宮市 三田市	伊丹市 加西市	伊丹市 加西市	相生市 神崎町 相原町	相生市 吉川町 市川町	加古川市 津名町 吉川町	龍野市 滝野町 香寺町	西脇市 東条町 大河内町	宝塚市 中町 新宮町	三木市 加東町 揖保川町 種山町
	奈良県	奈良市 斑鳩町 河合町	大和高田市 安堵町	大和郡山田市 大塔町	天理市 三宅町	橿原市 田原本町	桜井市 高取町	五條市 高取町	橿原市 白旗町	御所市 上牧町	生駒市 高取町	香芝市 大内町	平群町 三郷町 広陵町	
	和歌山県	和歌山市 岩出町	海南市 橘本町	和歌山県 高野町	有田市 下津町	野上町 花園村	野上町 花園村	美里町 金屋町	打田町 花園村	粉河町 吉備町	那賀町 桃山町	真志川町 真志川町		
75km	京都府	京都市 井手町 八木町	福知山市 宇治田原町	綾部市 山城町	宇治市 木津町	亀岡市 加茂町	城福市 笠置町	向日市 和束町	長岡京市 精華町	八幡市 南山城村	大山崎町 京北町	久御山町 美山町	田辺町 園部町	
	大阪府	堺市 八尾市 摂津市 忠岡町 姫路市	堺市 泉佐野市 高石市	堺市 富田林市 藤原川市	豊中市 河内長野市 東大阪市	吹田市 河内長野市 泉南市	吹田市 河内長野市 泉南市	泉大津市 東大阪市 交野市	高槻市 和泉市 大塚狭山市	高槻市 箕面市 茨木市	守口市 柏原市 鳥本町	枚方市 羽曳野市 豊能町	茨木市 門真市 能勢町	
	兵庫県	姫路市 高砂市 三木市 加美町 篠山町 朝来町	姫路市 福美町 山崎町	明石市 小野市	西宮市 三田市	伊丹市 加西市	伊丹市 加西市	相生市 神崎町 相原町	相生市 吉川町 市川町	加古川市 津名町 吉川町	龍野市 滝野町 香寺町	西脇市 東条町 大河内町	宝塚市 中町 新宮町 揖保川町 種山町	
	奈良県	奈良市 斑鳩町 河合町	大和高田市 安堵町	大和郡山田市 大塔町	天理市 三宅町	橿原市 田原本町	桜井市 高取町	五條市 高取町	橿原市 白旗町	御所市 上牧町	生駒市 高取町	香芝市 大内町	平群町 三郷町 広陵町	
	和歌山県	和歌山市 岩出町	海南市 橘本町	和歌山県 高野町	有田市 下津町	野上町 花園村	野上町 花園村	美里町 金屋町	打田町 花園村	粉河町 吉備町	那賀町 桃山町	真志川町 真志川町		
80km	三重県	鳥羽原村	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	
	京都府	京都市 井手町 八木町	福知山市 宇治田原町	綾部市 山城町	宇治市 木津町	亀岡市 加茂町	城福市 笠置町	向日市 和束町	長岡京市 精華町	八幡市 南山城村	大山崎町 京北町	久御山町 美山町	田辺町 園部町	
	大阪府	堺市 八尾市 摂津市 忠岡町 姫路市	堺市 泉佐野市 高石市	堺市 富田林市 藤原川市	豊中市 河内長野市 東大阪市	吹田市 河内長野市 泉南市	吹田市 河内長野市 泉南市	泉大津市 東大阪市 交野市	高槻市 和泉市 大塚狭山市	高槻市 箕面市 茨木市	守口市 柏原市 鳥本町	枚方市 羽曳野市 豊能町	茨木市 門真市 能勢町	
	兵庫県	姫路市 高砂市 三木市 加美町 篠山町 朝来町	姫路市 福美町 山崎町	明石市 小野市	西宮市 三田市	伊丹市 加西市	伊丹市 加西市	相生市 神崎町 相原町	相生市 吉川町 市川町	加古川市 津名町 吉川町	龍野市 滝野町 香寺町	西脇市 東条町 大河内町	宝塚市 中町 新宮町 揖保川町 種山町	
	奈良県	奈良市 斑鳩町 河合町	大和高田市 安堵町	大和郡山田市 大塔町	天理市 三宅町	橿原市 田原本町	桜井市 高取町	五條市 高取町	橿原市 白旗町	御所市 上牧町	生駒市 高取町	香芝市 大内町	平群町 三郷町 広陵町	
	和歌山県	和歌山市 岩出町	海南市 橘本町	和歌山県 高野町	有田市 下津町	野上町 花園村	野上町 花園村	美里町 金屋町	打田町 花園村	粉河町 吉備町	那賀町 桃山町	真志川町 真志川町		
85km	三重県	鳥羽原村	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	津市	
	京都府	京都市 井手町 八木町	福知山市 宇治田原町	綾部市 山城町	宇治市 木津町	亀岡市 加茂町	城福市 笠置町	向日市 和束町	長岡京市 精華町	八幡市 南山城村	大山崎町 京北町	久御山町 美山町	田辺町 園部町	
	大阪府	堺市 八尾市 摂津市 忠岡町 姫路市	堺市 泉佐野市 高石市	堺市 富田林市 藤原川市	豊中市 河内長野市 東大阪市	吹田市 河内長野市 泉南市	吹田市 河内長野市 泉南市	泉大津市 東大阪市 交野市	高槻市 和泉市 大塚狭山市	高槻市 箕面市 茨木市	守口市 柏原市 鳥本町	枚方市 羽曳野市 豊能町	茨木市 門真市 能勢町	
	兵庫県	姫路市 高砂市 三木市 加美町 篠山町 朝来町	姫路市 福美町 山崎町	明石市 小野市	西宮市 三田市	伊丹市 加西市	伊丹市 加西市	相生市 神崎町 相原町	相生市 吉川町 市川町	加古川市 津名町 吉川町	龍野市 滝野町 香寺町	西脇市 東条町 大河内町	宝塚市 中町 新宮町 揖保川町 種山町	
	奈良県	奈良市 斑鳩町 河合町	大和高田市 安堵町	大和郡山田市 大塔町	天理市 三宅町	橿原市 田原本町	桜井市 高取町	五條市 高取町	橿原市 白旗町	御所市 上牧町	生駒市 高取町	香芝市 大内町	平群町 三郷町 広陵町	
	和歌山県	和歌山市 岩出町	海南市 橘本町	和歌山県 高野町	有田市 下津町	野上町 花園村	野上町 花園村	美里町 金屋町	打田町 花園村	粉河町 吉備町	那賀町 桃山町	真志川町 真志川町		



### 5-5 都市のアクセスビリティ・サポートビリティ評価

ここでは、前章から海上交通、陸上交通のサポートポテンシャルと信頼度に影響が深いと考えられる要素及びデータを抽出し、都市のアクセスビリティ・サポートビリティ評価を行う。都市のアクセスビリティ・サポートビリティの影響要素の抽出と利用したデータ項目を表 5-5-1 に示す。

表 5-5-1 影響要素の抽出と利用したデータ項目

		影響要素	利用データ
海上交通	サポートポテンシャル	重要港湾	重要港湾の船席数
		フェリー航路	フェリーの車両甲板面積 フェリーの旅客定員数
		フェリー以外の航路	内航商船総トン数
	信頼度	対象都市の規模 港湾の耐震性	人口 耐震強化岸壁船席数 高深度岸壁の船席数
陸上交通	サポートポテンシャル	周辺都市の立地	道路距離
		対象都市の規模	人口
		周辺都市の規模	人口
	信頼度	道路の利用可能性	道路数 橋梁数

#### 5-5-1 海上交通の評価

前節での評価方法の検討をふまえ、表 5-5-1 のようにサポートポテンシャルでは重要港湾数、対象都市に航路を持つフェリーの乗車スペース（車両甲板面積）と乗員スペース（旅客定員数）、対象都市の市庁舎から 10km 以上、100km 以内の重要港湾を、被災都市を支援する港湾とし（表 5-5-2）、重要港湾に來航した船の容積（内航商船総トン数<sup>注5)</sup>）を用いた。また、対象都市の規模を考え、全国の都市を相対的に評価するために対象 24 都市の人口の合計とその対象都市の人口比を利用した（式[1]参照）。

信頼度では、耐震強化岸壁の船席数と高深度岸壁の船席（阪神・淡路大震災直後の神戸港において船席数 106 に対して 7 船席が使用可能であった状況から重み付けをした）を用いた（式[2]参照）。<sup>4) 5) 6)</sup> 表 5-5-3 には海上交通のサポートポテンシャル表 5-4 には信頼度を算定した結果を示す。

[X軸-海上交通サポートポテンシャルの評価式]

$$\left[ \frac{\text{対象都市のフェリー車両甲板面積}}{24 \text{ 都市のフェリー車両甲板面積の平均}} + \frac{\text{対象都市のフェリー旅客定員数}}{24 \text{ 都市のフェリー旅客定員数の平均}} + \frac{100\text{km 圏内港湾の内航商船総トン数} \times 2}{24 \text{ 都市の内航商船総トン数の平均}} \right] / \text{人口比} \dots [1]$$

[Y軸-海上交通信頼度の評価式]

$$\frac{\text{受け入れ港湾の耐震強化岸壁の船席数} + (7 / 106 \text{ 受け入れ港湾の } 9\text{m 以深の非耐震岸壁の船席数}) \dots [2]$$

第5章 海上交通・陸上交通における「アクセスビリティ・サポートビリティ」評価  
 一直下型地震直後の緊急対応面から見た都市の被災援可能性に関する研究一

表5-5-2 被災都市を支援する港湾

都市	サポート港湾				
札幌市	石狩湾新	小樽	石狩	留萌	
釧路市	十勝				
青森市	函館	大湊			
仙台市	塩釜	石巻	大船渡	相馬	
新潟市	直江津				
長野市					
福井市	敦賀	福井	金沢	舞鶴	
東京都区部	千葉	木更津	横浜	川崎	横須賀
千葉市	木更津	東京	横浜	川崎	
横浜市	千葉	木更津	川崎	横須賀	
浜松市	三河	清水	名古屋	衣浦	四日市 御前崎 田子の浦
静岡市	清水	田子の浦	御前崎		
名古屋市	衣浦	三河	四日市	津松阪	
京都市	大阪	尼崎西宮芦屋	敦賀	舞鶴	
大阪市	神戸	和歌山下津	日高	東播磨	姫路
神戸市	大阪	尼崎西宮芦屋	堺泉北	阪南	和歌山下津 東播磨 小松島 岡山 姫路
広島市	呉	福山	尾道系崎	岩国	徳山下松 新居浜 三田尻中間 今治 東予
岡山市	東播磨	姫路	宇野	水島	福山 今治 尾道系崎 新居浜 三島川之江
鳥取市	境	坂出	高松	小松島	
高松市	坂出	東播磨	姫路	岡山	宇野 水島 尾道系崎 福山 和歌山下津
高知市	須崎	新居浜	三島川之江	坂出	小松島 橋 今治
福岡市	須崎	橋	宿毛湾		
福岡市	北九州	下関	小野田	苅田	宇部 唐津 伊万里
熊本市	三角	長崎	三池	八代	水俣
宮崎市	油津	細島	志布志		

表5-5-3 海上交通のサポートポテンシャル

都市	フェリー航路				周辺サポート重要港湾		人口		サポートポ テンシャル (e)
	旅客定員 数合計	旅客平均比 (a)	車両甲板 面積合計	車両平均 比(b)	内航船総 トン数合計	内航総ト ン数平均比	対象都市 の人口	人口平均 比(d)	
札幌市	0	0.00	0	0.00	2884944	0.07	1757025	1.41	0.10
釧路市	1388	0.32	11888	0.62	645869	0.02	199323	0.16	6.11
青森市	4491	1.05	26874	1.41	4749491	0.12	294167	0.24	11.39
仙台市	5772	1.35	27582	1.44	23288572	0.57	971297	0.78	5.05
新潟市	7530	1.76	30686	1.61	517060	0.01	494769	0.40	8.53
福井市	0	0.00	0	0.00	4894718	0.12	255604	0.21	1.17
長野市	0	0.00	0	0.00	0	0.00	358516	0.29	0.00
東京都区部	5358	1.25	77323	4.05	139355763	3.43	7967614	6.40	1.90
千葉市	0	0.00	0	0.00	118576119	2.92	856878	0.69	8.49
横浜市	0	0.00	0	0.00	122614287	3.02	3307136	2.65	2.27
浜松市	0	0.00	0	0.00	66298971	1.63	561606	0.45	7.24
静岡市	0	0.00	0	0.00	9620856	0.24	474092	0.38	1.25
名古屋市	3284	0.77	31200	1.63	28703756	0.71	2152184	1.73	2.21
京都市	0	0.00	0	0.00	27832268	0.69	1463822	1.17	1.17
大阪市	22754	5.30	87530	4.59	57641109	1.42	2602421	2.09	6.09
神戸市	19800	4.62	78146	4.09	90928556	2.24	1423792	1.14	11.54
広島市	9792	2.28	8393	0.44	61887334	1.52	1108888	0.89	6.48
岡山市	1920	0.45	2325	0.12	64434047	1.59	615757	0.49	7.57
鳥取市	0	0.00	0	0.00	1219715	0.03	146330	0.12	0.51
高松市	12264	2.86	25932	1.36	76951028	1.89	331004	0.27	30.14
高知市	2530	0.59	12343	0.65	8296867	0.20	321999	0.26	6.36
福岡市	3361	0.78	14148	0.74	52188480	1.29	1284795	1.03	3.97
熊本市	0	0.00	0	0.00	8249987	0.20	650341	0.52	0.78
宮崎市	2700	0.63	23760	1.24	2821002	0.07	300068	0.24	8.36
合計	102944	24.00	458130	24.00	974600799	24.00	29899428	24.00	4.00
平均	4289	1.00	19089	1.00	40608367	1.00	1245810	1.00	4.00

(e)=(a)+(b)+2\*(c)/(d)

表 5-5-4 海上交通の信頼度

都市	5km内港湾	10km内港湾	船席数	水深9m以上船席数	耐震パース数(a)	非耐震9m船席数	9m期待値(b)	信頼度 $\frac{a}{a+b}$
釧路市	釧路		43	17	0	17	1.12	1.12
青森市	青森		32	7	0	7	0.46	0.46
新潟市	新潟		59	22	2	22	1.45	3.45
東京都区部		東京	165	54	8	52	3.43	11.43
千葉市	千葉		413	85	2	85	5.61	7.61
横浜市	横浜		291	125	3	125	8.25	11.25
名古屋市		名古屋	295	50	3	48	3.17	6.17
大阪市	大阪	堺泉北・尼崎西宮芦屋	441	135	7	131	8.65	15.65
神戸市	神戸		201	118	9	111	7.33	16.33
広島市	広島		87	20	0	20	1.32	1.32
岡山市		岡山	12	0	0	0	0.00	0.00
鳥取市		鳥取	22	1	0	1	0.07	0.07
高松市	高松		64	3	0	3	0.20	0.20
高知市	高知		58	0	0	0	0.00	0.00
福岡市	博多		65	11	0	11	0.73	0.73
熊本市		熊本	4	0	0	0	0.00	0.00
宮崎市	宮崎		19	0	1	0	0.00	1.00
旧神戸市			186	106	3	103	6.80	9.80

さらに、周辺都市から対象都市の港湾施設への救援到着後、被災地への連結性（港湾施設と陸地の連結性）も考慮に入れ、港湾施設から市庁舎へのルートを設定し、表 5-5-3 のように分類した<sup>注6)</sup>。

サポートポテンシャルと信頼度、連結性からクラスター分析を行い<sup>注7)</sup>、海上交通のアクセスビリティ・サポートビリティとして図 5-5-1 のように都市を分類した。

表 5-5-3 港湾施設と被災地の連結性

連結性	市庁舎までのルートの河川の有無	人工島の有無
A	なし	なし
B	あり	なし
C	なし	あり
D	あり	あり

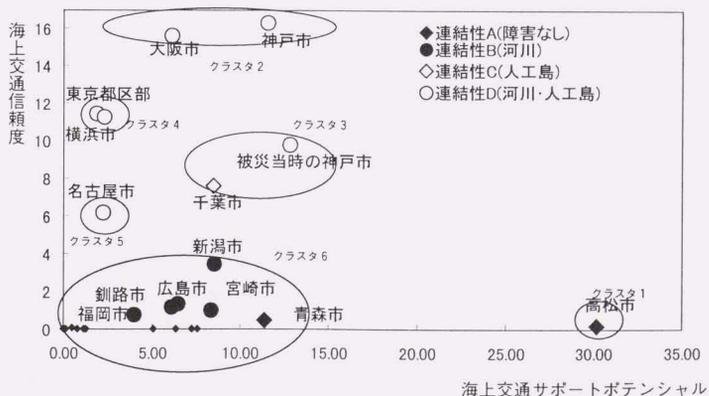


図 5-5-1 海上交通のアクセスビリティ・サポートビリティ評価

① クラスタ1 (高松市)

サポートポテンシャルが高く、周辺からの救援が期待できるが、受け入れる側の信頼度が低く救援の受け入れに問題が出る可能性が高いと考える。

② クラスタ2 (大阪市, 神戸市)

サポートポテンシャルが比較的高く、信頼度も高い。相対的に救援に関する環境が整っていると考える。特に、現在の神戸市は、阪神・淡路大震災後に港湾施設の耐震化が進められ、信頼度が大きく上がっていることがわかる。

③ クラスタ3 (被災当時の神戸市, 千葉市)

被災当時の神戸市を含むことから、阪神・淡路大震災における神戸市と同様、救援量の不足及び受け入れ施設の不足という問題が生じる可能性が高いと考える。

④ クラスタ4 (東京都区部, 横浜市)

信頼度は高いものの、サポートポテンシャルが非常に低く、周辺都市からの緊急の救援が不足する可能性が高いと考える。

⑤ クラスタ5 (名古屋市)

クラスタ4同様の特徴を持ち、サポートポテンシャルが低く、周辺都市からの緊急の救援が不足する可能性が高いと考える。

⑥ クラスタ6 (札幌市, 釧路市, 青森市, 仙台市, 新潟市, 福井市, 長野市, 静岡市, 浜松市, 京都市, 鳥取市, 岡山市, 広島市, 高知市, 福岡市, 熊本市, 宮崎市)

信頼度が非常に低く、受け入れ側の環境を整える必要があると考える。サポートポテンシャルが比較的高い青森市では、受け入れ施設の信頼度を高める必要がある。また、サポートポテンシャル、信頼度ともに低い都市は、海上交通による、救援は期待できないと考えられる。長野市、京都市は内陸部の都市であり、海上交通による救援は困難であると考えられる。

### 5-5-2 陸上交通の評価

表 5-5-1 のように、陸上交通のサポートポテンシャルでは対象都市とサポート都市の規模を表す指標として人口を用い、周辺都市の立地として被災都市と周辺都市の道路の最短距離を利用した。また、神戸市と大阪市の関係性を基準値として相対値を算出した。(式[3]参照)

信頼度では、対象都市と各サポート都市間のルート数と橋梁数により、震災時に対象都市へサポート都市がどの程度アクセスできるかという可能性を確率的に算出した。阪神・淡路大震災での神戸市の事例から橋梁の倒壊率を用い、都市間のルート(国道)と橋梁数から対象都市とサポート都市との都市間通行可能確率を求めた。(式[4]参照)。

[X 軸-陸上交通サポートポテンシャルの評価式]

$\Sigma$  (対象都市とサポート都市の人口比/神戸市と大阪市の人口比) × (神戸市と大阪市の最短道路距離/対象都市と各サポート都市の最短道路距離) … [3]

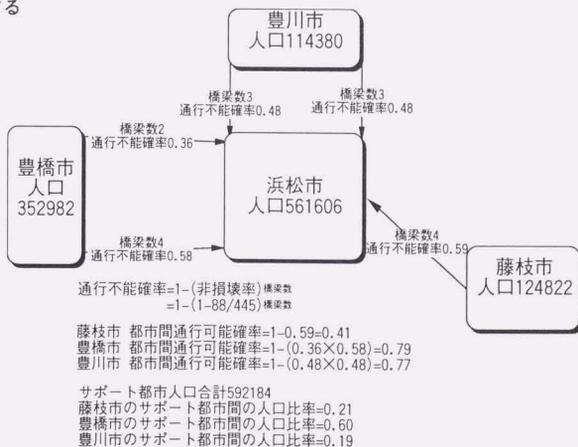
[Y 軸-陸上交通信頼度の評価式]

$\Sigma$  (対象都市とサポート都市間通行可能確率 $\times$ サポート都市人口/サポート都市人口の総数)…[4]

特に、陸上交通の信頼度については、対象都市と周辺都市間で遠回りせずにたどり着けるルート数とそのルートにかかる比較的大きな橋梁数を用いた。道路アクセスは、今回は国道を利用した。橋梁の信頼度については阪神・淡路大震災における主要国道に架かっていた橋梁の損壊率（445 橋脚中 88 橋脚が大規模な被害を受けていたという事例）から係数を算出した。

さらにサポート都市が複数ある場合は人口によって重み付けをし、対象都市にどれだけの都市がアクセス可能かを示した（以下に確率的算出方法の詳細を示すとともに、図 5-5-2 に一例を示す）

1. 橋の非損壊率（橋の通行可能率）を神戸の事例から算出  
 橋の非損壊率 $=1 - (88/445)$
2. 対象都市とサポート都市間にどのくらい橋があるのかをルート毎にカウント
3. ルート毎に通行不能確率を出す  
 通行不能確率 $=1 - (\text{非損壊率の橋梁数乗}) = a$
4. 都市間の通行可能確率をサポート都市毎に出す  $1 - a \times a' \times a'' \times \dots = b$
5. 全サポート都市の人口総数を1つのサポート都市人口で割り、式bに掛けたものを合計する



**浜松市の陸上交通信頼度**

$\Sigma$  サポート都市の都市間通行可能確率 $\times$ サポート都市間の人口比率  
 $= (0.41 \times 0.21) + (0.79 \times 0.60) + (0.77 \times 0.19)$   
 $= 0.09 + 0.47 + 0.15$   
 $= 0.71$

図 5-5-2 陸上交通信頼度 浜松市における例

陸上交通のサポートポテンシャルと信頼度から海上交通同様にクラスター分析を行い、陸上交通のアクセスビリティー・サポートビリティーとして図 5-5-3 のように都市を分類した。

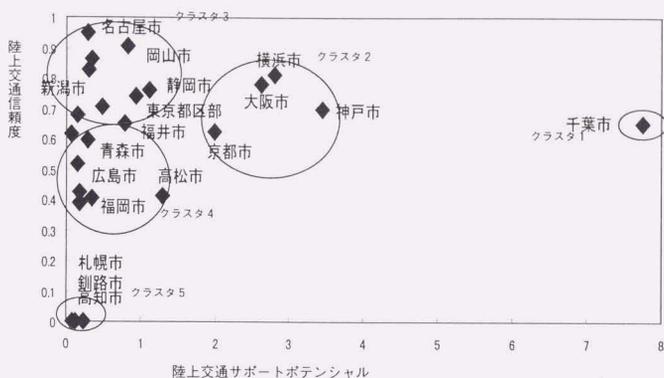


図 5-5-3 陸上交通のアクセスビリティー・サポートビリティー

① クラスタ 1 (千葉市)

サポートポテンシャルが非常に高く、信頼度も高い。直下型地震発生直後の、周辺都市からの救援を受けられる可能性、受け入れられる可能性がともに高いと考える。

② クラスタ 2 (横浜市, 大阪市, 神戸市, 京都市)

信頼度が高く、周辺都市から救援の可能性もある程度高いが、救援量が不足する可能性も高いと考える。

③ クラスタ 3 (福井市, 新潟市, 長野市, 東京都区部, 静岡市, 浜松市, 名古屋市, 鳥取市, 岡山市)

信頼度は高いがサポートポテンシャルが非常に低く、緊急時の救援が大きく不足する可能性が高いと考えられる。

④ クラスタ 4 (青森市, 仙台市, 広島市, 高松市, 福岡市, 熊本市, 宮崎市)

サポートポテンシャルが非常に低く、救援がクラスタ 4 以上に不足する可能性が高く、直下型地震発生直後は自力での対応が求められる。

⑤ クラスタ 5 (釧路市, 札幌市, 高知市)

サポートポテンシャル、信頼度ともに非常に低く、陸路による救援の可能性は低いと考えられる。

5-5-3 救援に関する対策の考察

5-5-1, 5-5-2 から海上交通、陸上交通のアクセスビリティー・サポートビリティーの地域的な特徴が明らかになった。大阪市, 神戸市は海上、陸上ともにサポートポテンシャル、信頼度が高く、直下型地震発生直後の周辺都市からの救援が期待できる都

市である。また、高松市は陸上交通よりも、海上交通に救援を依存する対策が望まれる。千葉市は特に陸上による救援が非常に期待されるとともに、海上による救援も効果的であり、海上、陸上交通ともに周辺都市からの緊急の救援が期待できる。また、長野市、京都市は内陸部に位置し陸上のみによる救援に依存することになる。

これら周辺地域を含めた救援に関する地域的な特徴を考慮し、『サポート港湾やサポート都市との救援協定』を結ぶことは効果的であると考ええる。また、特にサポートポテンシャルが低く、信頼度も低い都市は緊急対応による救援の可能性が低いと考え、『遠隔港湾や遠隔都市との救援協定』とともに、『自助努力の対策・備蓄の確保等』が重要であると考ええる。

都市の立地やアクセス等によって、陸上交通、海上交通を利用した救援に特徴があり、それぞれの都市が市町村防災計画等に記載されている応援協定等だけではなく、自らの都市の救援に関する特徴を把握するとともに、それぞれの特徴を生かした対策が必要であると考ええる。

### 5-6 国土の見地からの対策の考察

前節では海上交通、陸上交通それぞれのサポートポテンシャルと信頼度によって都市のアクセシビリティ・サポートビリティを評価した。

サポートポテンシャルは相対的な指標として人口で平準化しているため、ここでは、人口をかけたものをサポートの絶対量と位置づけ、対象都市が必要とする救援の量(ニーズ)を設定することによって、救援のニーズと絶対量から、救援の不足可能性を算出することによって、救援に関して重点的な対策が必要な都市を検証する。

ここでは、都市の規模が大きければ、直下型地震による被害も大きくなり、周辺からの救援のニーズも大きくなると考え、都市規模を表すと考えられる人口を救援のニーズとして、周辺都市から受けられる救援の絶対量と、被災都市が必要とする救援のニーズを図5-6-1のように示した。

左側が海上交通のサポート絶対量、右側が陸上交通のサポート絶対量、曲線は人口(ニーズ)を相対的に示している。グラフはニーズの降順に並べた。東京都(区部)においてはサポートの絶対量は多いが、人口が非常に多いため、サポート絶対量がニーズに対して不足する可能性が高いことが読み取れる。

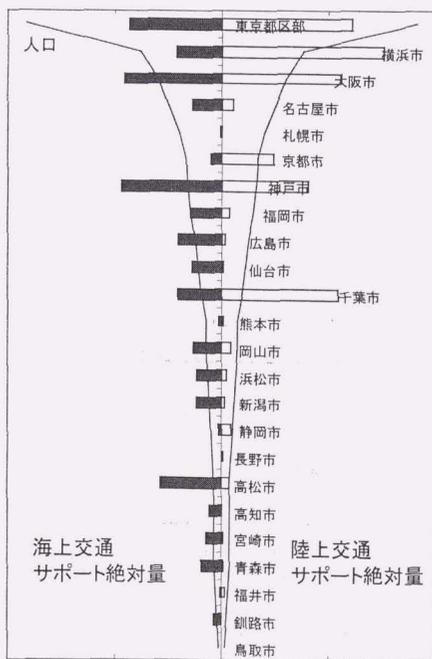


図 5-6-1 海上・陸上のサポート絶対量とニーズ



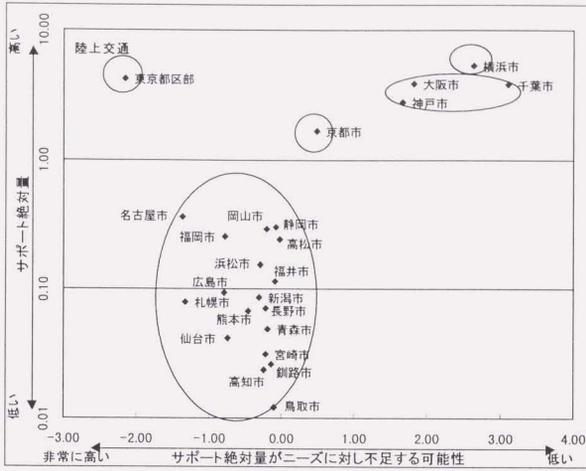


図 5-6-3 陸上交通のサポート絶対量とサポートの不足可能性

### 5-7 まとめ

本章では、日本全国の24都市を選択し、直下型地震発生後、被災都市が短期間で周辺都市から救援・救助を受けられる可能性と周辺都市からの救助を受け入れられる可能性を都市のアクセスビリティ・サポートビリティとし、被災都市を中心とした広域的な視野に立ち相対的に都市を比較・評価することによって、救援・救助に関する地域性を明らかにした。以下に本章で得られた結果をまとめる。

(1)阪神・淡路大震災における神戸市への救援の事例を調査することで、緊急対応による救援は周辺都市からのものが多く、遠隔地からの救援が到着するまでの間、周辺都市からの救援をいかに生かすかが重要であり、周辺都市とともに受け入れる被災都市の両者を考慮する必要があることがわかった。

(2)海上交通と陸上交通のアクセスビリティ・サポートビリティを評価するための影響要素と評価手法を検討し、選択した24都市を評価した。

対象都市が周辺都市からの救援を受けられる可能性をサポートポテンシャルとし、周辺都市からの救援を受け入れられる可能性を信頼度とし、それぞれの影響要素を抽出した。海上交通では、日頃の結びつき（フェリー航路）、受け入れ港湾の耐震性（重要港湾の船席数、耐震強化岸壁の船席数）等を抽出し、陸上交通では周辺都市の分布、周辺都市の人口規模、道路アクセスと橋梁等を取り上げた。

影響要素から既存の統計資料等を用いアクセスビリティ・サポートビリティ評価を行った。海上交通では、大阪市、神戸市がサポートポテンシャル、信頼度ともに高い。特に神戸市は阪神・淡路大震災では救援活動の不十分さが問題となったが、本評価で比較的多くの救援を受けられる都市であることがわかり、神戸市より低い値を示した都市は神戸市の事例をふまえた対策が必要であると考えた。陸上交通では、千葉市、横浜市、神戸市、大阪市が周辺に大都市が立地している点、交通アクセスが発達している点から高く評価された。この評価から、救援に関する地域的な特徴が明らかになり、それぞれの都市の持つ特徴を生かした対策を実施するための指針になると考える。

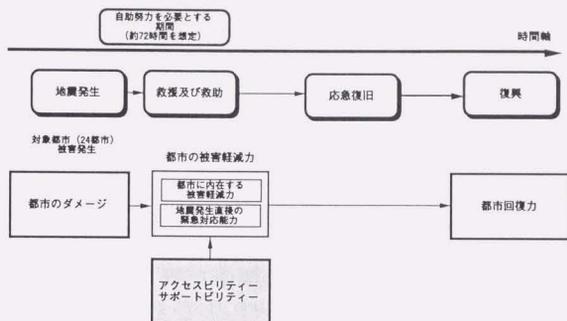
(3)被災都市が必要とする救援の量（ニーズ）を設定し、サポートポテンシャルからサポートの絶対量（人口での標準化を削除）を算出し、都市の救援量の不足量を相対的に算出した。特に、東京都（区部）は海上、陸上ともにサポートの絶対量が多く、上記のようにアクセスビリティ・サポートビリティの評価値は高い。しかし、救援のニーズが非常に大きいため、救援量の不足可能性が大きい。海上交通では、千葉市、大阪市、神戸市、高松市、広島市、陸上交通では千葉市、横浜市、大阪市、神戸市、京都市がサポートの不足量が少ない。救援に関する全国的な視野による弱点が明確になり、救援に関する国土レベルの対策の指針になると考える。

本章では、道路等行政区を越えたデータを利用したが、広域的な精度の高いデータは入手が難しく、今後は更に精度の高いデータを利用した評価が求められると考えている。

しかし、本章はマクロな視野から直下型地震直後の緊急対応による救援に関する都市を評価する手法を提案したケーススタディーとして重要であると考えた。

注

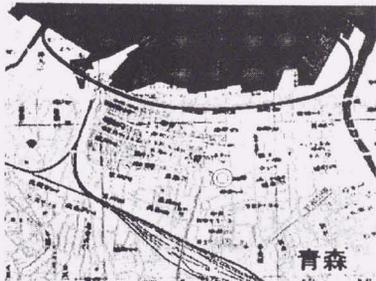
1) 文部省科学研究費補助金・特定領域研究(B-1)課題番号 08248109(研究代表者:村上處直)  
 「直下型地震 被災危険度のマクロゾーネーション」中のマクロゾーニングの評価軸として設定した軸の1つである。



付図1 マクロゾーニングの評価軸（時間的位置づけ）

- 2) 重要港湾とは、国の利害に重大な関係を有する政令で定められた全国で 133 港の港湾をいう。
- 3) 船席数（バース数）とは、船舶が港湾において停泊するためのスペース。一つのバースにいくつかに船席があることが多い。バース（berth）とは「操船余地」という意味であるが、日本においては岸壁とほぼ同義で使われている。
- 4) 耐震強化岸壁（耐震バース）とは大規模な地震が発生した場合に、被災直後の緊急物資および避難者の海上輸送を確保するために、特定の港湾において、通常のものより耐震性を強化して建設される岸壁。現在では重要港湾の中でも特に重要なものに数箇所建設されている程度である。阪神淡路大震災で耐震強化岸壁の重要性が再認識され、運輸省港湾局がとりまとめた「港湾における大規模地震対策施設整備の基本方針（平成 8 年 12 月公表）」に基づき第 9 次港湾整備五箇年計画において、緊急性、重要性の高い港湾から順次整備が推進されている。
- 5) 国内を航行する商船の内部の総容積を示す数値。
- 6) 被災地への連結性（港湾施設と陸地の連結性）も考慮に入れ、本文中には表 5-5-3 のように明記した。ここでは次項に連結性の分類を示す（付図 2）。
- 7) 海上交通のクラスタ分析結果（平均連結法）を付図 3 に示す。

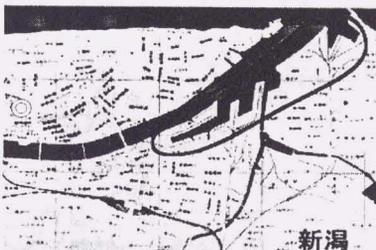
連結性評価 A (グラフ中の印 ◆)



港湾施設から市庁舎までに河川、人工島などの障害がなくスムーズに連結している。

青森  
 岡山  
 高松  
 高知

連結性評価 B (グラフ中の印 ●)



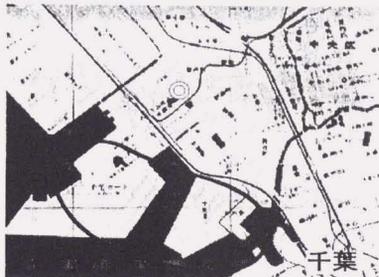
港湾施設から市庁舎までのルートに河川があり、障害となる可能性がある。

釧路  
 新潟  
 新潟  
 取島  
 多岐  
 博宮



付図2 連結性の分類

連結性評価 C (グラフ中の印 ◇)

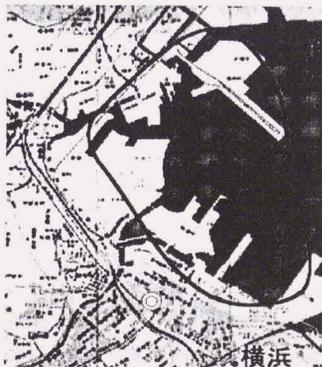


人工島に港湾施設があるが、市庁舎までのルートに河川などの障害はない。

千葉  
神戸



連結性評価 D (グラフ中の印 ○)

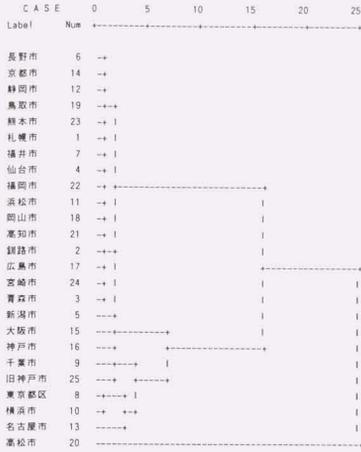


人工島に港湾施設があり、市庁舎までのルートにかせんがあり障害となる可能性がある。

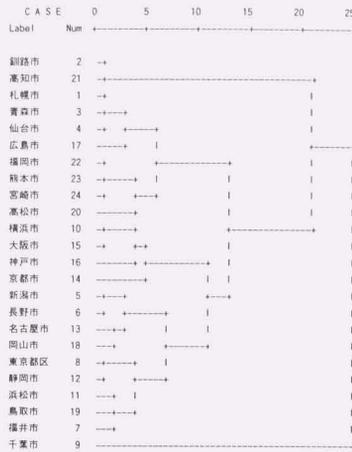
東京  
横浜  
名古屋  
大阪  
堺泉北  
尼崎西宮芦屋  
神戸  
熊本

付図2 連結性の分類

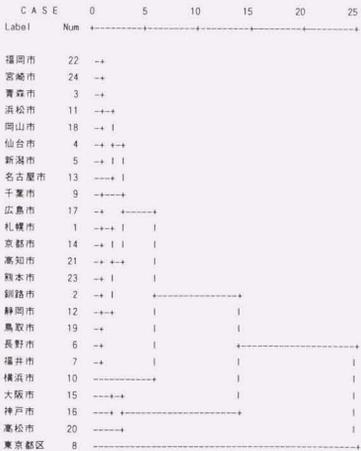
第5章 海上交通・陸上交通における「アクセスビリティ・サポートビリティ」評価  
 一直下型地震直後の緊急対応面から見た都市の被救援可能性に関する研究一



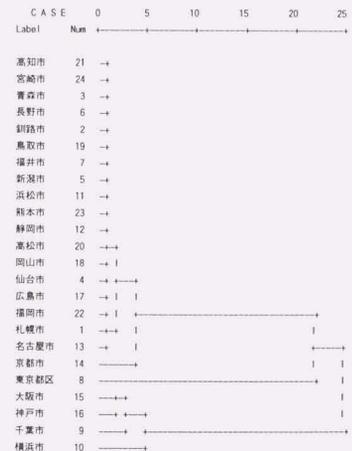
付図3 海上交通のクラスタ分析結果  
(デンドログラム)



付図4 陸上交通のクラスタ分析結果  
(デンドログラム)



付図5 海上交通のサポート絶対量と  
サポートの不足可能性の  
クラスタ分析結果  
(デンドログラム)



付図6 陸上交通のサポート絶対量と  
サポートの不足可能性の  
クラスタ分析結果  
(デンドログラム)

参考文献

- 1) 読売新聞社：読売報道写真阪神大震災全記録，1995年
- 2) 日経BP社：阪神大震災の教訓，1995年
- 3) 神戸市港湾整備局：神戸港復興記録，1997年
- 4) 運輸省港湾局：日本の港湾1997，1997年
- 5) 運輸省港湾局：数字でみる港湾'97，1997年
- 6) 日本旅船協会：全国フェリー・旅客船ガイド1998上期号
- 7) 運輸省第二港湾建設局東京空港工事事務所，株式会社地域開発研究所：平成8年度東京国際空港海上輸送基地整備計画調査報告書，1997年
- 8) 村上處直ら「地震被災危険度のマクロゾーネーション(2)」第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp.15-22，1997年11月
- 9) 村上處直ら「地震被災危険度のマクロゾーネーション(3)」第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，pp.17-24，1998年10月
- 10) 浦川豪，佐土原聡，村上處直，「直下型地震直後の緊急対応面から見た都市の被救援可能性に関する研究」第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，1998年10月
- 11) 李康碩，浦川豪，中埜良昭，村上處直ら「地域特性を考慮した都市の地震災害危険度の評価手法に関する研究」，第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集，1998年10月
- 12) 総務庁統計局：平成7年国勢調査報告，1995年

第6章

マクロゾーニングによる総合評価のための特性分析とその活用

第6章 マクロゾーニングによる総合評価のケーススタディーとその活用

6-1 マクロゾーニングによる総合評価のケーススタディー

2章のマクロゾーニングの概要で、マクロゾーニングの概要と手法を述べ、その評価手法に基づき、3章で主に地震時の被害に関する、リモートセンシングを利用した「都市のダメージ」評価、4章で主に地震時の被害を軽減する要因に関する「都市の被害軽減能力」評価、5章で主に他都市からの救援・救助に関する、海上交通・陸上交通における「アクセスビリティ・サポートビリティ」評価を行った。これらの章では、マクロゾーニングの評価軸の概念をもとに、都市の分析等を行った。

全ての評価手法は、2章で述べた、「マクロ」（自治体単位のスケールを最小単位とした相対的な都市の比較）というスケールに着目し、様々な都市が持っている地震災害影響要因となる特性のうち、都市によって大きく異っている特性を抽出し、その特性によってあらかじめマクロな地域的特徴の分類を行うことを目的とした分析であり、各評価軸の結果を利用し、ここでマクロゾーニングによる総合評価のための特性分析を行う。

6-1-1 マクロゾーニングによる総合評価のための手法検討

まず、各評価軸において都市を分析するために、主成分分析や独自の関数による評価といった、それぞれの特徴に見合った分析方法を行ってきた。分析結果に一律の基準を定めるために、ここではそれぞれの分析結果の最大値と最小値から5つの幅を設け、最大得点5、最少得点1という総合評価のための得点を与えた。

表6-1-1は各分析結果の最大値、最小値及び総合分析のための得点基準である。また、分析結果はそれぞれの章での分析結果をもとにしている。

また、例えば都市のダメージのAにおいて、3.54~2.61が5点、2.61~1.68が4点、1.68~0.76が3点、0.76~-0.17が2点、-0.17~-1.09が1点となる。

また、表6-1-2は各都市のマクロゾーニングによる総合分析のための得点である。

表 6-1-1 各分析結果の最大値、最小値及び総合評価のための得点基準

基準点	都市のダメージ					オープンスペース	都市の被害軽減能力			アクセスビリティ・サポートビリティ			
	被害拡大要因						防災意識	地域コミュニティ	海上交通	陸上交通			
	A	B	C	D	E						F	G	H
最小値	-1.09	-0.83	-0.69	-2.03	-1.68	4751.28	-2.18	-2.09	-1.97	0.00	0.00	0.08	0.39
最大値	3.54	3.04	4.08	1.89	2.09	26397.36	2.01	1.96	2.59	30.14	16.30	7.75	0.95
5	2.61	2.26	3.12	1.10	1.34	22068.14	1.17	1.15	1.68	24.11	13.04	6.22	0.84
4	1.68	1.49	2.17	0.32	0.58	17739.93	0.33	0.34	0.77	18.08	9.78	4.68	0.73
3	0.76	0.71	1.21	-0.46	-0.17	13499.71	-0.50	-0.47	-0.15	12.06	6.52	3.15	0.61
2	-0.17	-0.06	0.26	-1.25	-0.93	9080.50	-1.34	-1.28	-1.06	6.03	3.26	1.61	0.50
1	-1.09	-0.83	-0.69	-2.03	-1.68	4751.28	-2.18	-2.09	-1.97	0.00	0.00	0.08	0.39

- A:有感地震回数、過去の大地震発生回数等過去の地震に関する成分 (3-5 参照)
- B:活断層に関する成分 (3-5 参照)
- C:人口、DID面積、建物棟数、昼夜間人口比率等地震による被害規模に関する成分 (3-5 参照)
- D:高齢者、老朽木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)
- E:71年以前の非木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)
- F:オープンスペース (水面、森林、草地、裸地を含む) (3-4 参照)

- G:地震に対する意識に関する成分 (4-3 参照)
- H:事前防災対策に関する成分 (4-3 参照)
- I:地域コミュニティに関する成分 (4-3 参照)
- J:海上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)
- K:海上交通の信頼度 (5-4 参照)
- L:陸上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)
- M:陸上交通の信頼度 (5-4 参照)

表 6-1-1 各都市のマクロゾーニングによる総合分析のための得点

基準点	都市のダメージ					都市の被害軽減能力			アクセシビリティ・サポートバリエーション				
	被害拡大要因					オープンスペース	防災意識	地域コミュニティ	海上交通		陸上交通		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
札幌市	1	1	1	1	1	5	2	2	1	1	1	1	1
釧路市	5	1	1	3	4	3	4	4	1	2	1	1	1
青森市	2	1	1	2	3	5	3	3	2	3	1	1	2
仙台市	2	1	1	1	1	5	4	3	2	1	1	1	3
千葉市	3	1	1	1	5	3	4	4	2	2	3	5	3
東京都区部	4	1	5	3	1	2	5	5	3	1	4	1	4
横浜市	3	1	3	1	5	4	5	5	3	1	4	3	4
新潟市	1	1	1	2	2	3	2	2	2	2	2	1	4
福井市	1	3	1	4	3	3	2	3	4	1	1	1	3
長野市	1	4	1	4	3	2	2	2	4	1	1	1	5
静岡市	1	1	1	3	2	1	5	5	3	1	1	1	4
浜松市	1	1	1	2	2	2	5	5	3	2	1	1	3
名古屋市	2	4	2	3	4	2	4	3	3	1	2	1	5
京都市	1	5	1	4	2	1	3	4	3	1	1	2	3
大阪市	1	3	2	5	4	1	4	4	2	2	5	2	4
神戸市	2	3	1	4	5	1	4	5	2	2	5	3	3
鳥取市	2	1	1	4	3	1	2	3	5	1	1	1	3
岡山市	1	1	1	3	3	5	1	1	3	2	1	1	5
広島市	1	1	1	1	3	2	2	2	3	2	1	1	2
富松市	1	1	1	4	3	2	2	2	2	5	1	1	1
高知市	1	1	1	5	1	1	2	3	3	2	1	1	1
福岡市	1	1	1	3	3	2	1	1	2	1	1	1	2
橋本市	1	1	1	4	1	2	3	2	2	1	1	1	1
宮崎市	1	1	1	4	2	2	4	3	3	2	1	1	1

6-1-2 マクロゾーニングによる総合評価のケーススタディー 1

前節の手法から、ここではマクロゾーニングによる総合評価のための特性分析を行う。それぞれの都市ごとに成分 A から M までの総合的な得点をもとに、分析する。

(札幌市)

図 6-1-2 のように、札幌市は地震による被害を拡大要因が小さいが、地震が発生した場合、オープンスペースのより被害を軽減する能力は高い。また、防災意識、地域コミュニティの値は低く、これらによって被害を軽減する能力は低い。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

札幌市の場合、地震発生による被害の拡大要因が低いため、その他被害を軽減する要因及び救援に関する要因が低いことは深刻な問題ではないと考えられるが、地震発生の危険性が全くないわけではなく、有事の際の対策を事前に準備することが必要であると考えられる。

(釧路市)

図 6-1-3 のように、釧路市は地震発生に影響する要因が非常に高く、近年大地震による被害も受けている。また、71 年以前の非木造による被害を拡大する危険性が高いと考えられる。防災意識による被害を軽減させる能力が高いことがわかる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

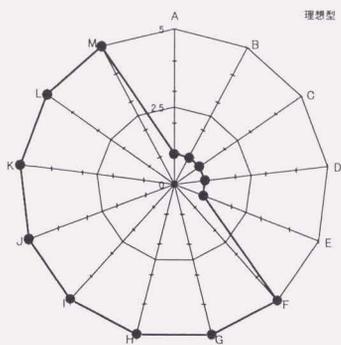


図 6-1-1 理想型

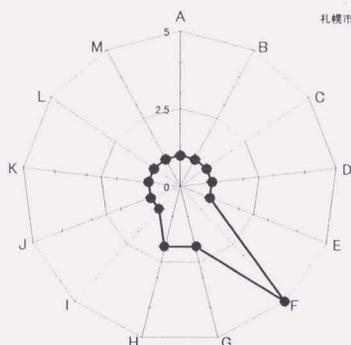


図 6-1-2 札幌市

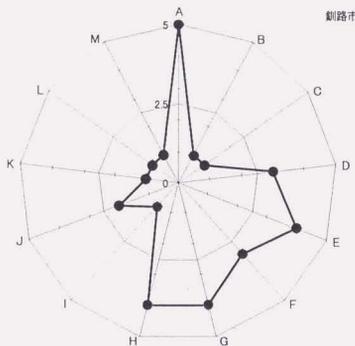


図 6-1-3 釧路市

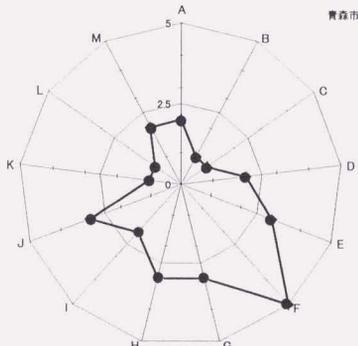


図 6-1-4 青森市

A:有感地震回数、過去の大地震発生回数等過去の地震に関する成分 (3-5 参照)、B:活断層に関する成分 (3-5 参照)、C:人口、DID 面積、建物棟数、昼夜間人口比率等地震による被害規模に関する成分 (3-5 参照)、D:高齢者、老朽木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、E:71 年以前の非木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、F:オープンスペース (水面、森林、草地、裸地を含む) (3-4 参照)、G:地震に対する意識に関する成分 (4-3 参照)、H:事前防災対策に関する成分 (4-3 参照)、I:地域コミュニティに関する成分 (4-3 参照)、J:海上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、K:海上交通の信頼度 (5-4 参照)、L:陸上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、M:陸上交通の信頼度 (5-4 参照)

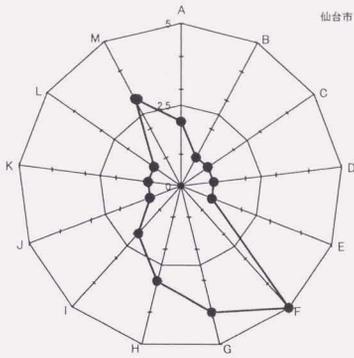


図 6-1-5 仙台市

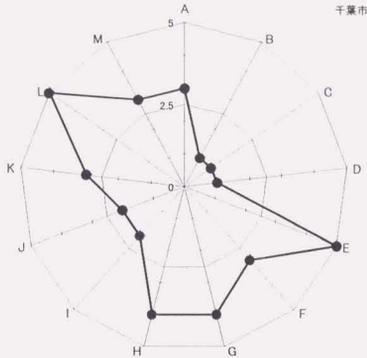


図 6-1-6 千葉市

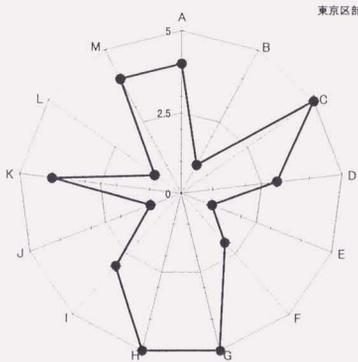


図 6-1-7 東京都(区部)

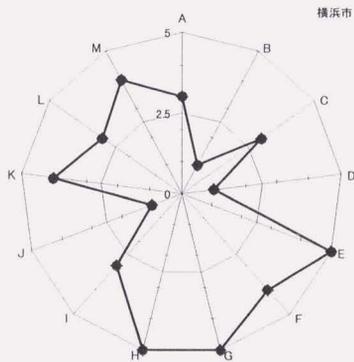


図 6-1-8 横浜市

A:有感地震回数、過去の大地震発生回数等過去の地震に関する成分(3-5参照)、B:活断層に関する成分(3-5参照)、C:人口、DID面積、建物棟数、昼夜間人口比率等地震による被害規模に関する成分(3-5参照)、D:高齢者、老朽木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分(3-5参照)、E:71年以前の非木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分(3-5参照)、F:オープンスペース(水面、森林、草地、裸地を含む)(3-4参照)、G:地震に対する意識に関する成分(4-3参照)、H:事前防災対策に関する成分(4-3参照)、I:地域コミュニティーに関する成分(4-3参照)、J:海上交通のサポートポテンシャル(5-4参照)、K:海上交通の信頼度(5-4参照)、L:陸上交通のサポートポテンシャル(5-4参照)、M:陸上交通の信頼度(5-4参照)

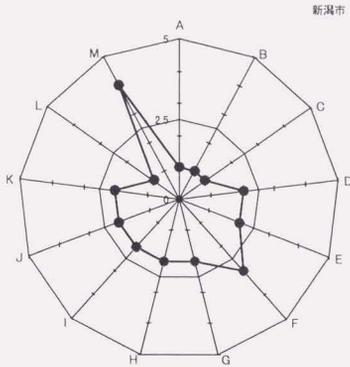


図 6-1-9 新潟市

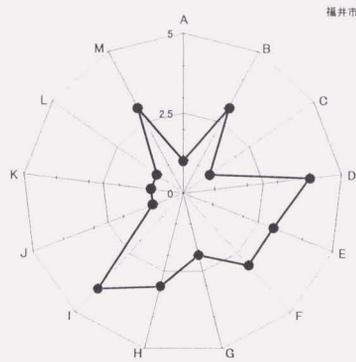


図 6-1-10 福井市

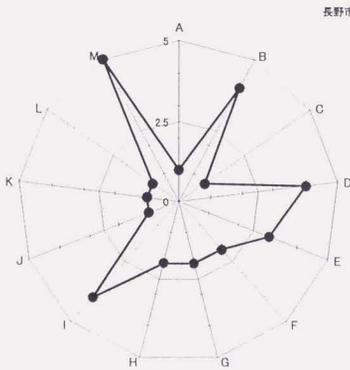


図 6-1-11 長野市

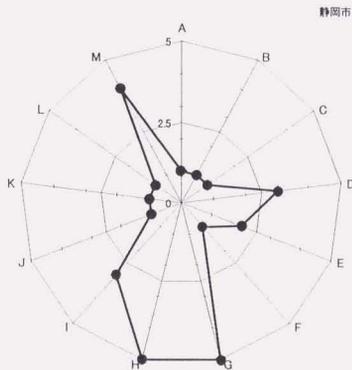


図 6-1-12 静岡市

A:有感地震回数、過去の大地震発生回数等過去の地震に関する成分 (3-5 参照)、B:活断層に関する成分 (3-5 参照)、C:人口、DID 面積、建物棟数、昼夜間人口比率等地震による被害規模に関する成分 (3-5 参照)、D:高齢者、老朽木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、E: 71 年以前の非木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、F: オープンスペース (水面、森林、草地、裸地を含む) (3-4 参照)、G: 地震に対する意識に関する成分 (4-3 参照)、H: 事前防災対策に関する成分 (4-3 参照)、I: 地域コミュニティに関する成分 (4-3 参照)、J: 海上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、K: 海上交通の信頼度 (5-4 参照)、L: 陸上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、M: 陸上交通の信頼度 (5-4 参照)

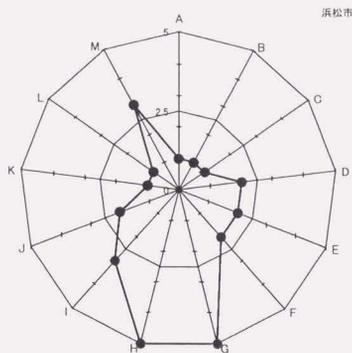


図 6-1-13 浜松市

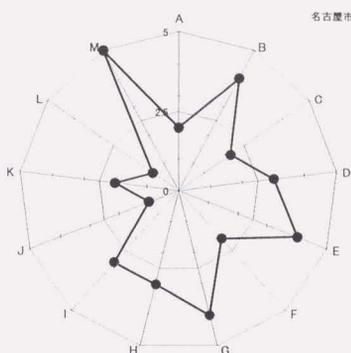


図 6-1-14 名古屋市

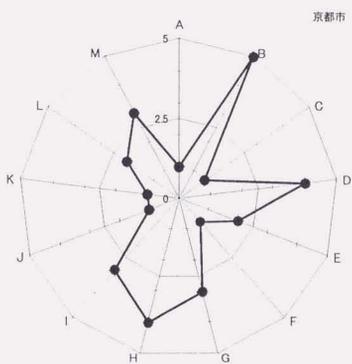


図 6-1-15 京都市

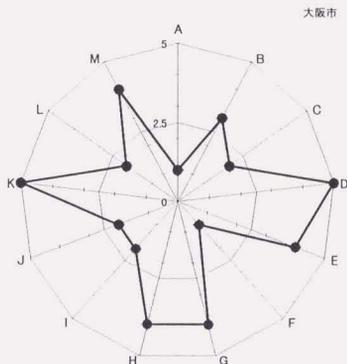


図 6-1-16 大阪市

A:有感地震回数、過去の大地震発生回数等過去の地震に関する成分 (3-5 参照)、B:活断層に関する成分 (3-5 参照)、C:人口、DID 面積、建物棟数、昼夜間人口比率等地震による被害規模に関する成分 (3-5 参照)、D:高齢者、老朽木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、E: 71 年以前の非木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、F:オープンスペース (水面、森林、草地、裸地を含む) (3-4 参照)、G:地震に対する意識に関する成分 (4-3 参照)、H:事前防災対策に関する成分 (4-3 参照)、I:地域コミュニティに関する成分 (4-3 参照)、J:海上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、K:海上交通の信頼度 (5-4 参照)、L:陸上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、M:陸上交通の信頼度 (5-4 参照)

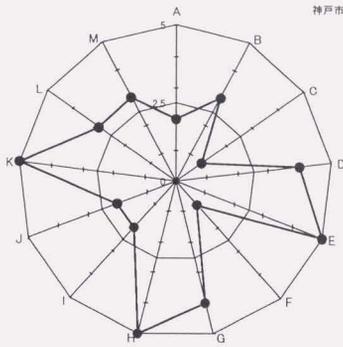


図 6-1-17 神戸市

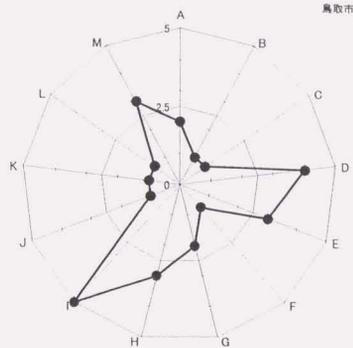


図 6-1-18 鳥取市

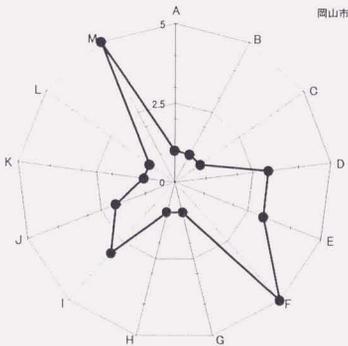


図 6-1-19 岡山市

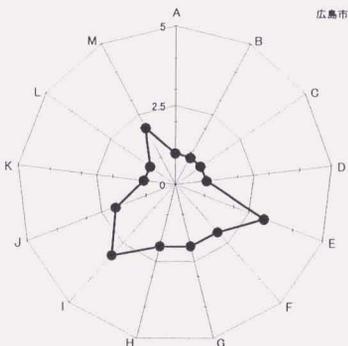


図 6-1-20 広島市

A:有感地震回数、過去の大地震発生回数等過去の地震に関する成分 (3-5 参照)、B:活断層に関する成分 (3-5 参照)、C:人口、D/D 面積、建物棟数、昼夜間人口比率等地震による被害規模に関する成分 (3-5 参照)、D:高齢者、老朽木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、E: 71 年以前の非木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、F:オープンスペース (水面、森林、草地、裸地を含む) (3-4 参照)、G:地震に対する意識に関する成分 (4-3 参照)、H:事前防災対策に関する成分 (4-3 参照)、I:地域コミュニティーに関する成分 (4-3 参照)、J:海上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、K:海上交通の信頼度 (5-4 参照)、L:陸上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、M:陸上交通の信頼度 (5-4 参照)

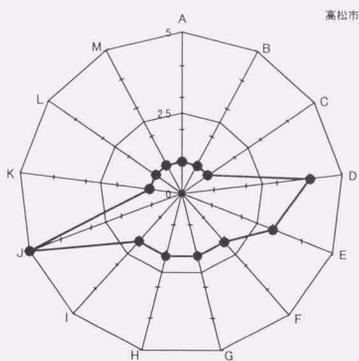


図 6-1-21 高松市

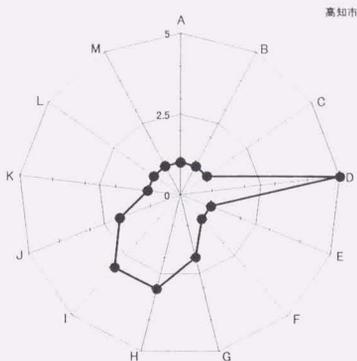


図 6-1-22 高知市

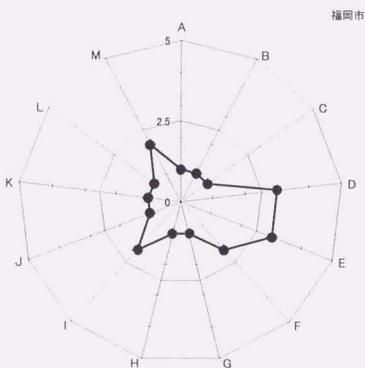


図 6-1-23 福岡市

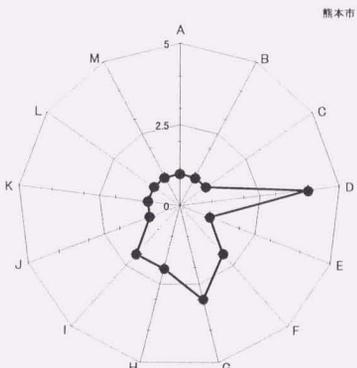
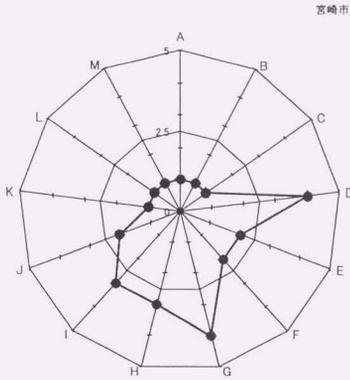


図 6-1-24 熊本市

A:有感地震回数、過去の大地震発生回数等過去の地震に関する成分 (3-5 参照)、B:活断層に関する成分 (3-5 参照)、C:人口、DID 面積、建物棟数、昼夜間人口比率等地震による被害規模に関する成分 (3-5 参照)、D:高齢者、老朽木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、E: 71 年以前の非木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分 (3-5 参照)、F:オープンスペース (水面、森林、草地、裸地を含む) (3-4 参照)、G:地震に対する意識に関する成分 (4-3 参照)、H:事前防災対策に関する成分 (4-3 参照)、I:地域コミュニティに関する成分 (4-3 参照)、J:海上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、K:海上交通の信頼度 (5-4 参照)、L:陸上交通のサポートポテンシャル (5-4 参照)、M:陸上交通の信頼度 (5-4 参照)



(青森市)

図 6-1-4 のように、青森市は 71 年以前の非木造による被害を拡大する危険性が比較的高いと考えられる。また、オープンスペースによる被害を軽減する能力が非常に高く、防災意識により被害を軽減する能力も比較的高い。地震発生直後の海上交通による救援は比較期待でき、そのためには救援を受け入れることができるような信頼性を高めることが必要であると考えられる。

(仙台市)

図 6-1-5 のように、仙台市は被害を拡大させる要因が非常に小さいが、オープンスペースによる被害を軽減する能力が非常に高く、地震発生時には効果的に被害を軽減することができると考えられる。防災意識は高い。しかし、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

(千葉市)

図 6-1-6 のように、千葉市は地震発生に影響すると考えられる要因が高く、71 年以前の非木造による被害を拡大する危険性が高いと考えられる。オープンスペースに関する要因、防災意識は高く、被害を拡大する要因は高いものの、被害を軽減する能力も高いことがわかる。また、特に海上交通による地震発生時直後の周辺都市からの救援の可能性が高く、陸上交通による地震発生時直後の周辺都市からの救援の可能性も比較的高い。地震による被害の規模がある程度大きいことが予測されるが、被害を軽減する能力、周辺からの救援も期待することができる都市であると考えられる。

(東京都(区部))

図 6-1-7 のように、東京都(区部)は地震発生に影響すると考えられる要因、地震による被害規模に関する要因、高齢者及びに老朽木造建物等により被害を拡大させる要因が非常に高い。地震発生時には、大規模な被害が発生することが予測されるとともに、老朽木造建物によって被害が拡大する可能性が高い。さらに、被害を軽減する能力を持つ、オープンスペースの要因が非常に低い。防災意識は高く、人の意識によ

って、できるだけ被害を軽減させることが求められる。地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられ、人の意識等都市内に居住する住民の力によって、できるだけ被害を軽減できるような対策が必要であると考ええる。

(横浜市)

図 6-1-8 のように、横浜市は地震発生に影響すると考えられる要因が高く、71 年以前の非木造建物による被害を拡大させる危険性が高いと考えられる。防災意識による被害を軽減させる能力は非常に高いことがわかる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援の可能性は陸上交通、海上交通ともに高い。

(新潟市)

図 6-1-9 のように、新潟市は地震による被害に影響する要因が低く、オープンスペースに関する要因は比較的高いが、全体的に被害を軽減する能力も低く、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

(福井市)

図 6-1-10 のように、福井市は地震による被害の規模は小さいものの、高齢者及び高齢者及び老朽木造建物等により被害を拡大させる要因、71 年以前の非木造建物による被害を拡大させる要因が比較的高い。また、周辺住民のコミュニティが高く、地震発生直後の救助等が期待できると考えられる。しかし、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

(長野市)

図 6-1-11 のように、長野市は地震による被害に関する要因として、活断層に関する要因、高齢者及び高齢者及び老朽木造建物等により被害を拡大させる要因が非常に高く、さらに 71 年以前の非木造建物による被害を拡大させる要因も高い。オープンスペース、防災意識に関する要因は低く、周辺住民のコミュニティに関する要因のみが高く、地震発生直後の救助等は期待できると考えられる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

(静岡市)

図 6-1-12 のように、静岡市は高齢者及び高齢者及び老朽木造建物等により被害を拡大させる要因が高いが、防災意識が非常に高く、地域コミュニティも高いことから、住民による被害を軽減させる可能性が高いと考えられる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

(浜松市)

図 6-1-13 のように、浜松市は地震による被害に影響する要因が低い。防災意識が非常に高く、地域コミュニティも比較的高いことから、地震発生時には住民による被害を軽減させる可能性が高いと考えられる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

(名古屋市)

図 6-1-14 のように、名古屋市は地震による被害の規模に関する要因が非常に高く、老朽木造建物等により被害を拡大させる要因も高い。防災意識は比較的高く、防災意識により、被害を軽減させる能力は期待できると考えられる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

(京都市)

図 6-1-15 のように、京都市は地震による被害に関する要因として、活断層に関する要因、高齢者及び高齢者及びに老朽木造建物等により被害を拡大させる要因が非常に高い。防災意識、地域コミュニティーに関する要因は比較的高く、被害を軽減する能力が期待できると考えられる。また、陸上交通による救援は、比較的期待できると考えられる。

(大阪市)

図 6-1-16 のように、大阪市は高齢者及び高齢者及びに老朽木造建物等により被害を拡大させる要因が非常に高く、71 年以前の非木造建物による被害を拡大させる要因も高い。オープンスペースに関する要因は非常に低いが、防災意識に関する要因は高く、防災意識による被害を軽減する能力は期待できると考えられる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は、陸上交通、海上交通ともに、比較的少ないものの、救援を受け入れる環境は整っていると考えられる。

(神戸市)

図 6-1-17 のように、神戸市は高齢者及び高齢者及びに老朽木造建物等により被害を拡大させる要因が高く、71 年以前の非木造建物による被害を拡大させる要因も非常に高い。オープンスペースに関する要因は非常に低いが、防災意識に関する要因は非常に高く、防災意識による被害を軽減する能力は期待できると考えられる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は、海上交通は、比較的少ないものの、救援を受け入れる環境は整っており、陸上交通により救援は比較的高い。

(鳥取市)

図 6-1-18 のように、鳥取市は高齢者及び高齢者及びに老朽木造建物等、71 年以前の非木造建物による被害を拡大させる要因が高い。地域コミュニティーに関する要因が非常に高いことから、地震発生時には住民による被害を軽減させる可能性が高いと考えられる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

(岡山市)

図 6-1-19 のように、岡山市は高齢者及び高齢者及びに老朽木造建物等、71 年以前の非木造建物による被害を拡大させる要因が比較的高い。オープンスペースに関する要因が非常に高く、被害を拡大する要因は高いものの、被害を軽減する能力も高いことがわかる。地域コミュニティーに関する要因が比較的高い。

(広島市)

図 6-1-20 のように、広島市は、地震による被害に関する要因、被害を軽減する要因、及びに救援に関する要因ともに低い値を示している。

(高松市)

図 6-1-21 のように、高松市は高齢者及び高齢者及びに老朽木造建物等、71 年以前の非木造建物による被害を拡大させる要因が高い。また、救援に関する要因のうち、海上交通に関する要因が高く、受け入れる環境を整えることが必要であると考えられる。

(高知市)

図 6-1-22 のように、高知市は高齢者及び高齢者及びに老朽木造建物等による被害を

拡大させる要因が高い。また、地域コミュニティに関する要因が比較的高い。

(福岡市)

図 6-1-23 のように、福岡市は、地震による被害に関する要因、被害を軽減する要因、及びに救援に関する要因ともに低い値を示している。

(熊本市)

図 6-1-24 のように、熊本市は高齢者及び高齢者及びに老朽木造建物等による被害を拡大させる要因が高い。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

(宮崎市)

図 6-1-25 のように、宮崎市は高齢者及び高齢者及びに老朽木造建物等による被害を拡大させる要因が高い。防災意識も高く、地震発生時には住民による被害を軽減させる可能性が比較的高いと考えられる。また、地震発生時直後の周辺都市からの救援は期待できないと考えられる。

### 6-1-3 マクロゾーニングによる総合評価のケーススタディー 2

6-1-2 では、これまでの分析結果をもとに、その最大値と最小値から 5 つのレベルに分け、それぞれの都市を評価した。

ここでは、さらに本論文で定義付けているマクロゾーニングのための 3 つの評価軸「都市のダメージ」、「都市の被害軽減能力」、「アクセスビリティ・サポートビリティ」にこれまでの結果を集約し、3 つの評価軸による都市の類型化を試みた。(マクロゾーニングによる大分類)

これまでの章での分析結果は、それぞれの成分において、その特徴が異なる。ここでは、マクロゾーニングによる大分類として、それぞれの分析結果を集約したため、その特徴を詳細に把握することは、困難であるが、最終的なアウトプットとして、都市を類型化し、自治体や地域の住民に分かりやすい形にすることは、研究的にも、社会に還元するという意味でも重要であると考ええる。

基本的な考え方として、このケーススタディーでの結果は、多くの成分を集約した形となり、本研究において、最も大きな分類結果である。この結果だけで、本研究内容を把握することは、困難であり、危険である。ここでの分類結果から、前項触れたケーススタディー 1 における、それぞれの都市の分析、さらにそれぞれの章における、細部にわたる、考え方、調査、分析手法、分析結果等を総合的に把握することで、本研究の目的である、マクロな視野に立った、直下型地震に着目した、都市の地域的な特徴が明らかになり、本研究で目指しているマクロゾーニングの全体像になると考えている。

以下に、ここでの都市の類型化における手法及びそのプロセスを明記する。ここでは、最も分かりやすい形での定性的な都市の類型化を目的とした。

全体として、その手法は、それぞれの分析結果が高いか又は低い都市から 5 つのレベルに分類し、1~5 点の得点を与えた。(ここでは、得点の高い都市が直下型地震による危険度が高いものとした。「都市のダメージ」の関する成分は分析結果の高いものから 5 点を与え、「都市の被害軽減能力」、「アクセスビリティ・サポートビリティ」では、

分析結果の低いものから5点の得点を与えた。

「都市のダメージ」では、直下型地震による被害に最も影響すると考えられる、地震による被害規模に関する成分(3-5参照)、その他、高齢者、老朽木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分(3-5参照)と71年以前の非木造建物等地震時の被害を拡大させる要因に関する成分(3-5参照)を取り上げた。また、ここでは、地震による被害規模に関する成分が地震による被害に最も影響すると考え、他の成分に対して重み付けをした(3倍の重みを持たせた)。

「都市の被害軽減能力」では、地震に対する意識に関する成分(4-3参照)と事前防災対策に関する成分(4-3参照)を集約した防災意識と地域コミュニティに関する成分(4-3参照)を取り上げ、「都市の被害軽減能力」として平均化した。

「アクセスビリティ・サポートビリティ」では、海上交通のサポートポテンシャル(5-4参照)、海上交通の信頼度(5-4参照)、陸上交通のサポートポテンシャル(5-4参照)、陸上交通の信頼度(5-4参照)を取り上げ平均化した。また、陸上交通、海上交通ともにサポートポテンシャルが非常に低い都市は、信頼度が高いとしても、「アクセスビリティ・サポートビリティ」の得点として5を与えた。(信頼度が高いとしても、サポートポテンシャルが非常に低い都市は、周辺都市からの救援を受けられる可能性は低いと考えた。)表6-1-2に各都市の総合得点を示す。

表6-1-2 各都市の総合得点

対象都市	被害規模	高齢者	老朽非木造	都市のダメージ	防災意識	地域コミュニティ	被害軽減能力	海上交通サポートポテンシャル	海上交通信頼度	陸上交通サポートポテンシャル	陸上交通信頼度	アクセス・サポート
青森市	2	2	4	2.4	3	1	2	1	3	4	4	3
大崎市	5	5	5	5	2	4	3	3	1	1	2	1.75
岡山市	2	3	3	2.4	5	2	3.5	2	5	2	1	2.5
茨城市	4	4	2	3.6	3	5	3	4	5	1	3	3.25
鉏路市	1	3	4	2	2	4	3.5	3	2	4	5	3.5
橋本市	3	3	1	2.6	3	4	3.5	5	5	4	5	4.75
高知市	1	5	1	1.8	4	3	3.5	2	5	5	5	4.25
神戸市	4	5	5	4.4	1	4	2.5	1	1	1	2	1.25
札幌市	4	1	1	2.8	5	5	5	5	3	5	5	5
静岡市	2	2	2	2	1	5	1.5	4	4	2	2	3
仙台市	3	1	1	2.2	2	5	3.5	3	4	5	3	4.25
高松市	2	5	4	3	5	4	4.5	1	3	2	4	2.5
千葉市	4	1	5	3.6	2	4	3	1	1	1	3	1.5
東京都区部	5	3	1	3.8	1	3	2	4	1	2	2	2.25
鳥取市	1	4	3	2	3	1	2	5	3	5	3	5
長野市	2	4	4	2.8	4	1	2.5	5	4	3	1	3.5
名古屋市	5	3	4	4.4	2	3	2.5	4	2	3	1	2.5
新潟市	3	2	2	2.6	4	3	3.5	1	2	3	3	1.75
浜松市	3	1	2	2.4	1	1	1	2	4	3	2	2.75
広島市	3	2	3	2.8	4	2	3	2	2	4	4	3
福井市	1	4	3	2	4	1	2.5	4	4	2	3	3.25
福岡市	4	2	3	3.4	5	5	5	2	2	4	4	3.25
京崎市	1	4	2	1.8	3	2	2.5	3	3	3	4	3
横浜市	5	1	5	4.2	1	1	1.5	3	1	1	1	1

次に、表6-1-2の結果をもとに、クラスター分析により都市を類型化した。クラスタの方法として、グループ間平均連結法、その測定方法は平方ユークリッド距離を用いた。

図6-2-26に、クラスター分析結果のデンドログラムを示す。また、各都市を以下のよ

うに6つのグループに分類した(マクロゾーニングによる大分類)。

クラスタ1:東京都(都区部)、横浜市、千葉市、大阪市、神戸市、京都市、名古屋市

クラスタ2:青森市、静岡市、浜松市

クラスタ3:鳥取市

クラスタ4:熊本市、札幌市

クラスタ5:高松市、福岡市、新潟市

クラスタ6:高知市、仙台市、鉏路市、岡山市、福井市、宮崎市、広島市、長野市



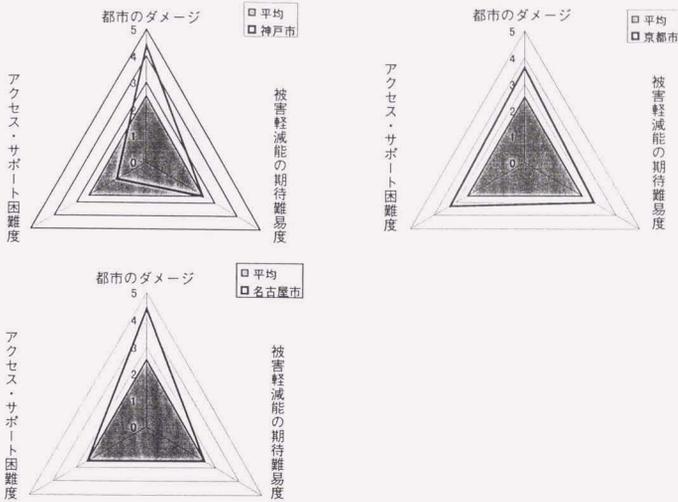


図 6-1-27 クラスタ1 (大分類1) の都市

大分類1の都市は、他の都市と比較して、都市のダメージの値が高い都市である。利用したデータから、都市規模が大きい都市のグループである。特に、大阪市が最も高い値を示している。また、横浜市は被害軽減能力の期待難易度、アクセス・サポート困難度がこのグループの中では低い値を示し、危険度が低いことがわかる。神戸市、千葉市は非常に似た特性を持ち、特にアクセス・サポート困難度がこのグループの中では低い値を示し非常に危険度が低いことがわかる。京都市は、他の都市に比べて、3つの評価軸ともに、危険度が高い側の値を示している。

クラスタ2: 青森市, 静岡市, 浜松市

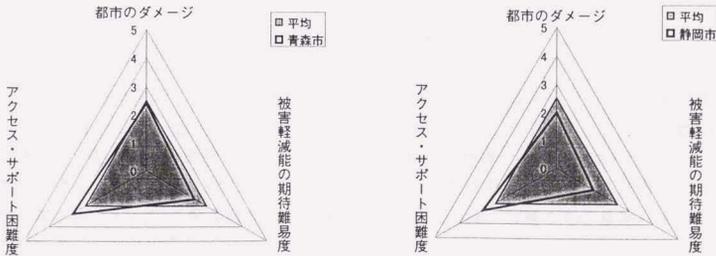




図 6-1-28 クラスタ2 (大分類2) の都市

大分類2の都市は、他の都市と比較して、青森市、静岡市、浜松市ともに被害軽減能力の期待難易度が特に低い値を示し危険度が低く、他の2軸は平均的な値を示している。他都市と比較して、直下型地震による被害の規模等は大きくないが、被害軽減能力による被害の軽減（防災意識による潜在的な被害の軽減及びに地域コミュニティによる緊急時の救助活動等）が期待できる都市である。同等規模の都市と比較した場合、被害軽減能力により直下型地震による被害が軽減される可能性が高い都市であることがわかる。また、周辺都市からの救援は比較的高い値を示し危険度が高いことから、周辺都市からの緊急の救援はあまり期待できないことがわかる。

クラスタ3：鳥取市

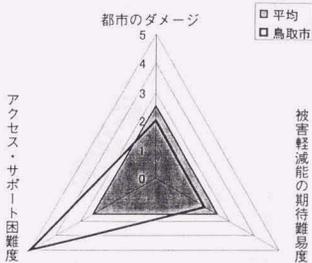


図 6-1-29 クラスタ3 (大分類3) の都市

大分類3の都市は、鳥取市が属し、他の都市と比較して、都市のダメージ、被害軽減能力が低い値を示し、危険度が低いですが、アクセスビリティ・サポートビリティ困難度が非常に高い値を示し危険度が高いことがわかる。被害規模等、他都市に比べて大きくなく、被害軽減能力による潜在的に被害を軽減する能力を持ちあわせている都市であるが、直下型地震が発生した際の周辺都市からの救援（陸上交通、海上交通からの救援）は、期待できないことがわかる。

クラスタ4：熊本市、札幌市

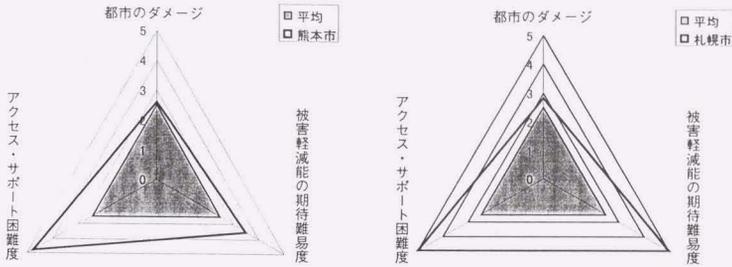


図 6-1-30 クラスタ4 (大分類4) の都市

大分類4の都市は、熊本市、札幌市が属し、他の都市と比較して、都市のダメージは平均的な値を示しているが、被害軽減能力の期待難易度、アクセスビリティ・サポートビリティ困難度が非常に高い値を示し、危険度が高い。被害の規模等は他の都市に比べて、それほど大きくないものの、被害を軽減する能力、周辺都市からの緊急的な救援は期待できないことがわかる。特に、札幌市は、被害軽減能力の期待難易度、アクセスビリティ・サポートビリティ困難度が非常に高い値を示し、危険度が高い都市であることがわかる。

クラスタ5：高松市、福岡市、新潟市

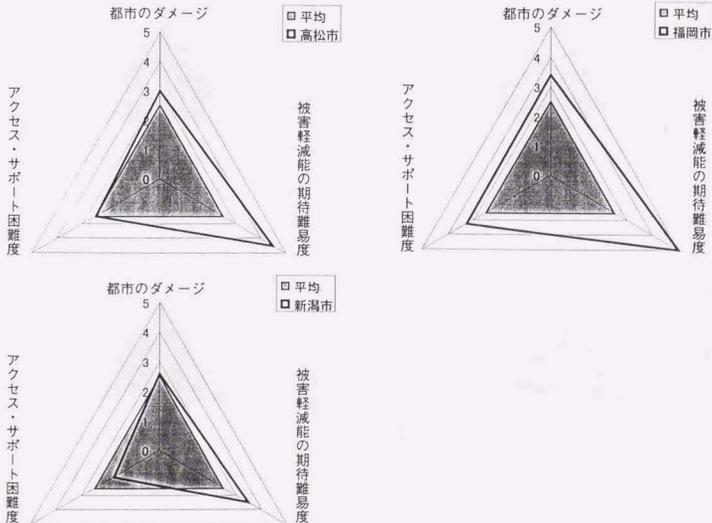
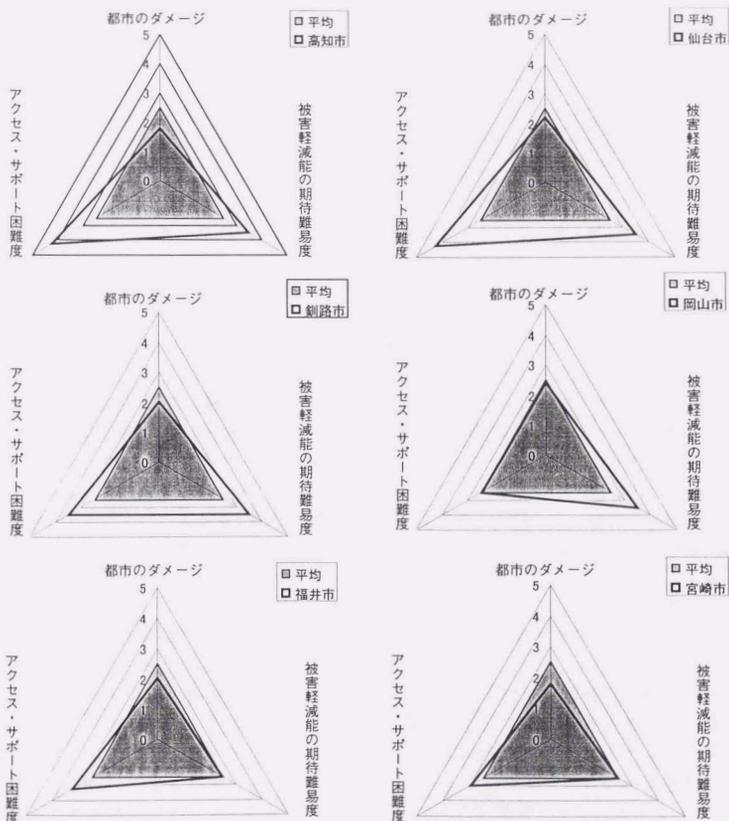


図 6-1-31 クラスタ5 (大分類5) の都市

分類5の都市は、他の都市と比較して、都市のダメージ、アクセスビリティ・サポートビリティ困難度は平均的な値を示しているが、被害軽減能力の期待難易度が非常に高い値を示し、危険度が高い。福岡市は、都市のダメージ、アクセスビリティ・サポートビリティ困難度ともに、高松市、新潟市よりも高い値を示し、このグループの中で最も危険度の高い都市であることがわかる。

クラスタ6：高知市、仙台市、釧路市、岡山市、福井市、宮崎市、広島市、長野市



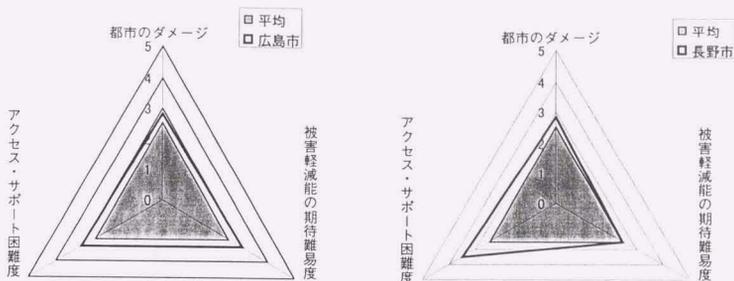


図 6-1-32 クラスタ6 (大分類6) の都市

大分類6の都市は、他の都市と比較して、都市のダメージは平均的な値を示し、アクセス・サポート困難度、被害軽減能力の期待難易度が比較的高い値を示し、比較的危険度が高い都市であることがわかる。高知市、仙台市、釧路市は、このグループの中で、アクセス・サポート困難度、被害軽減能力の期待難易度が高い値(危険側の値)を示しており、被害を軽減する能力、周辺都市からの緊急的な救援を期待するのは困難であることがわかる。福井市、宮崎市、広島市が、選択した都市の中で、平均的な値を示している都市であることがわかる。

以上のように、マクロな視野に立った、直下型地震に着目した、都市の地域的な特徴が明らかになった。上記のように、直下型地震による被害に関する要因、被害の軽減に関する要因、救援に関する要因とで、総合的に分析することで、従来の被害想定に代表される被害のみに着目した危険度評価だけでなく、都市の特性を把握することができる。分析結果から、東京都(23区)、大阪市等のように被害に関する要因が非常に高い都市の中でも、被害の軽減能力が高い都市や周辺からの救援の期待度が高い都市等都市によって特徴がことなる。また、札幌市、福岡市等のように、他都市と比較して、被害の規模はあまり大きくないものの、被害の軽減能力が低く、周辺からの救援の期待度も低い都市は、都市の規模が大きい上記のような都市同等の危険度を持つと考えられる。

直下型地震が発生した際、直面する問題解決に全力をかけることになるが、それぞれの都市に起こりうる共通の問題点、特有の問題点をあらかじめ把握することで、今後の地震対策に生かせるものになると考えている。

前述のように、この結果(大分類による都市の特徴)だけで、本研究内容を把握することは、困難であり、危険であることを再確認する。ここでの分類結果から、前項触れたケーススタディー1における、それぞれの都市の分析、さらにそれぞれの章における、細部にわたる、考え方、調査、分析手法、分析結果等を総合的に把握することで、本研究のコンセプトである、マクロゾーニングの全体像となると考えている。

利用した、データの量、質を考へて、自治体の政策の指針、住民への情報公開等に利用されることを望んでいる。その際、どの段階の分析、評価が最も適切かを十分に吟味する必要があると考えている。

## 6-2 マクロゾーニングの活用① 市町村地域防災計画への導入

ここでは、マクロゾーニングの活用①として、本研究で着目している市町村防災計画への導入を検討する。

市町村地域防災計画は1961年に公布された災害対策基本法に基づき、制定されることになっているおり、日本全国において、ほぼ同一のフォーマットで作成されていることは第1章で述べた通りである。

また、第2章において、市町村地域防災計画の内容に関する問題点を提起した。その中で、本研究では、市町村地域防災計画の記載内容（項目等）に関する問題点に着目した。ここで、最も注目したのが、総則の内容に記されているそれぞれの都市の概況（自然的条件、社会的条件）である。ほとんどの都市の概況は、気候、地形、地質等の自然的条件、人口、面積等の社会的条件の一般的な概況の記載に限られており、地震対策に着目した自然的条件、社会的条件の整理が必要であり、地震対策における日本全国の地域的な特徴が明確する必要があることを明記した。

本研究では、3章で主に地震時の被害に関する、リモートセンシングを利用した「都市のダメージ」評価、4章で主に地震時の被害を軽減する要因に関する「都市の被害軽減能力」評価、5章で主に他都市からの救援・救助に関する、海上交通・陸上交通における「アクセスビリティ・サポートビリティ」評価を行い、日本全国をマクロな視野から評価した指標として重要であるとともに、第6章1節においてマクロゾーニングによる総合評価のケーススタディーを行い、評価・分析結果の総合評価として、2つのパターンの総合評価を行った。特に、「都市のダメージ」、「都市の被害軽減能力」、「アクセスビリティ・サポートビリティ」にこれまでの結果を集約し、3つの評価軸による都市の類型化を試みた、マクロゾーニングによる大分類は、最も分かりやすい評価・分析結果のまとめであり、自治体、住民への公開する情報として最適であると考えている。上記、地震対策に着目した自然的条件、社会的条件の項目の1つとして、他都市と比較して、自分達の居住する都市がどのような特徴を持つのかを記載することは重要であり、その特徴を把握することで、市町村地域防災計画中の（災害予防計画）、（災害応急対策計画）、（災害復旧計画）の内容に地域的な特徴を組み込めるものだと考える。また、同時に、（総則）の内容と（災害予防計画）、（災害応急対策計画）、（災害復旧計画）の内容との関連性が生まれるものだと考えている。

## 6-2-1 市町村地域防災計画への導入への考察

ここでは、これまでの分析結果をもとに、市町村地域防災計画への導入への考察例を述べる。

まず、基本的な考えとして、気候的な特徴、降雪が多い都市は地震発生時の雪対策を事前に考慮する必要があること、台風等の発生により大雨が頻繁に降る都市は、二次災害等の対策が必要であること、季節により気温が非常に低い都市は避難生活に対する配慮が必要なこと、沿岸部に立地する都市は津波対策を考慮する必要があることは容易に想像できる。札幌市、青森市等防災計画の中に除雪等の基本的な項目が取り入れられている。降雪する都市では、救助ゆるされる期間が他地域より短くなることが想定され、さらに救助活動も困難になることから、一般的な救助（救出期間は災害発生の日か

ら3日以内(4日後は死体の捜索として扱う。)に完了するものとする。]青森市防災計画)といった全国的な尺度以上の対策及び方針を立てる必要があると考える。さらに、救援、避難生活にも降雪を配慮した項目が必要であると考える。

本研究では、気候等に代表される日本全国の、基本的な特徴以外のマクロにとらえるべき要素(2章参照)の重要性を考慮しており、これまでの分析結果をもとに、市町村防災計画と参照し、以下のように述べる。

- ・有感地震回数、大地震の発生回数、活断層、都市規模(人口、人口密度)、構造物、木造建築物、高齢者、オープンスペース等…都市のダメージ
- ・被害推定、過去の地震災害…総則

東京都(区部)、横浜市、千葉市、大阪市、神戸市、京都市、名古屋市等の大規模な都市が直下型地震発生の際、被害規模が大きくなることは「都市のダメージ」の章において述べた。地震発生の危険性が高いと言われている都市は、被害推定をGIS(地理情報システム)等を用いて実施しており、被害推定に対する取り組みは評価できる。これらの都市の被害想定手法は、地盤、地震動、木造建物等から被害規模を算出するもので、被害の規模を数値的に把握するものである。

被害想定システムは都市内の地震危険度を把握するために重要であるが、本論文で述べたように、まず、マクロな見地から、他都市に対して、どの程度の地震危険度を持ち合わせているのかを知ることが最も重要であり、効果的な被害想定システムを構築することにもつながると考えられる。そのために、被害の拡大につながる要因(高齢者や木造建物等)、物理的な被害の軽減要因(オープンスペース等)等、従来の被害推定に利用されている要因以外の様々な要因を考慮することが求められる。

被害推定の内容は、6-3で述べるマイクロゾーニングの考え方につながる(ミクロな見地での地震危険度評価)。日本全国で、直下型地震に関する、地域的な特徴があるように、都市内部でも地震被災危険度に関する地域的な特徴があり、影響する要因の整理とともに、特徴を明らかにすることで、従来の被害想定と連動し、より効果的な地震対策にむすびつくものだと考えている。特に、ここではGIS(地理情報システム)の利用は効果的であり、カスタマイズされた被害想定システムとしての利用とともに、上記で述べた、地震危険度に影響する多くの要因を整理することは、予測できない事態への対応につながるものだと考えている。

また、上記述べたように、大規模都市に比べて小規模な都市でも、被害の拡大要因が高く、被害の軽減要因が低い都市も見受けられることから、従来の被害想定システムに取り入れられている要因以外の要因に対する積極的な対策が求められる。

- ・地震災害事例、風水害事例、民力(防災意識、コミュニティ)…都市の被害軽減能力
- ・これまでの災害履歴、災害予防(訓練計画、防災意識普及計画等)…総則、予防計画

市町村地域防災計画に過去の地震災害の記録が記載されていないものもあり、その頻度が他都市に比べて低い場合(これまでに1度程度の被害しか受けていない等)でも、大規

模地震発生の可能性がゼロであるという確信がない限り、明記する必要があると考える。

有感地震が頻繁に発生し、近年地震による被害に見舞われている都市は、住民も地震に対する危険度を感じていることは、本文中（4章参照）で述べた。1995年阪神・淡路大震災は、地震に対する危機感が低い都市で発生したことは記憶に新しく、地震に対して無防備な都市ほど、地震による被害規模が大きくなることを再認識する必要があると考える。

また、防災意識や地域コミュニティは地震による被害を軽減する能力が高い。本論文において、他都市と比較して被害規模等は低いという評価が得られたとしても、被害の軽減能力が低い都市は、結果的に被害規模等による被害予測以上の被害を受ける可能性もあるということを認識し、防災意識や地域コミュニティ向上に力を入れる必要があると考える。規模の大小に関わらず、地震発生の頻度が低い都市の、地震に対する啓蒙は他都市に比べて難しいことは容易に理解できるが、防災意識の高い都市の方針、対策、活動等を学ぶことも重要であり、継続的な活動が求められる。

- ・ロケーション、周辺都市の位置、周辺都市の能力、都市間交通…アクセスビリティ・サポートビリティ
- ・輸送計画（陸上、海上輸送体制）、救援・救護対策（救援物資の受け入れ等）、災害応援活動、災害応援協定…応急対策計画

市町村地域防災計画中には、主に応急救援及び都市内の緊急輸送路の確保（交通規制等）が主である。また、神戸市では救援物資の受け入れに関する項目に、海上での受け入れの場合、耐震強化岸壁の利用することを明記している。神戸市は、阪神・淡路大震災後、耐震強化岸壁による護岸の耐震性を強化した。本論文中で述べた（5章参照）ように、都市のロケーションが異なり、海上交通、陸上交通両面からの救援の受け入れ、救援を受けられる可能性を検討する必要があると考えている。特に、これまで海上交通による救援に関する対策を重視しているものは少なく、海上交通に依存するべき都市は、海上交通を主体とした受入態勢を整備する必要があると考えている。

災害応援協定は都市ないの関係機関等の協定が一般的となっている。神戸市では広域応援マニュアルを作成している点、近隣都市との相互応援協定も明記している。また、13大都市災害相互応援協定（札幌市、仙台市、千葉市、東京都、川崎市、横浜市、名古屋市、京都市、大阪市、広島市、北九州市、福岡市）を結んでいる。札幌市は札幌圏（札幌市、小樽市、江別市等）の近隣の応援協定を結んでいる。横浜市等では首都圏の応援協定を締結。相互応援協定を締結しているという記載のみであり、都市間を考慮した応援を受けられる都市のプライオリティー、都市間の輸送計画等の詳細な対策策定にあたってアクセスビリティ・サポートビリティで評価された内容は役に立つと考えられる。

ここでは、本論文中のコンセプト、分析結果をふまえ、市町村地域防災計画を軸とした、地震対策に関する考察を行った。上記のように、マクロな視野から都市を評価することによって、市町村地域防災計画（総則）の内容と（災害予防計画）、（災害応急対策計画）、（災害復旧計画）の内容との関連性が生まれ、市町村地域防災計画の内容が具体化されるものと考えている。

## 6-3 マクロゾーニングの活用②

マイクロゾーニングによる都市内部の地震危険度・地域特性評価  
—横浜市におけるケーススタディー—

ここでは、マクロゾーニングの活用の一例として、都市内部での地震危険度・地域特性評価を行った。特に、都市内部での地震対策の検討をマイクロな視点からの地震対策と位置づけ、マクロゾーニングとの関連性についても検討した。

ここまでの、日本全国での直下型地震における都市の地域的な特徴を評価したものをマクロゾーニングとし、都市内部での地震対策の手法検討をマイクロゾーニングと位置づけている。マクロゾーニングでは、直下型地震におけるマクロな視点での影響要因を分析した。ここでは、都市内部のマイクロな視点による影響要因を分析と、都市内部の特性評価を行い、評価に用いるデータ等都市の細部に渡っている。

また、マクロとマイクロにおける地震危険度評価に関する一連の考え方等、関連性が深く、プロトタイプ都市として横浜市を取り上げ、マクロゾーニングの活用例として具体的に示した。

都市内部での地震対策の検討において、様々な要素（建物、道路、地盤等）を同時に表示、分析できる GIS(地理情報システム)の活用が効果的であり、本章では、都市内部での地震危険度・地域特性評価とともに、GISの効果的な活用を検討している。

## 6-3-1 地震危険度・地域特性評価の概要

ここでは、GIS(地理情報システム)の地震対策での活用に着目し、1923年関東大震災、1995年阪神・淡路大震災等過去の災害事例から、様々な被害に影響を及ぼした要因を抽出し、都市の地震災害地域危険度を相対的に評価するためのデータベース作成と、その評価手法を検討した。

以下の手順に従って地震災害地域危険度特性評価を行うものとする。

- ① 過去の地震災害現象の事例調査を行い、それに基づき地震災害都市基盤データベースを作成する。
- ② 1において特に災害現象を拡大、または抑制する都市構成要素を抽出、分類する。プロトタイプエリアを設定し、解析および評価を行う。

## 6-3-2 過去の地震災害現象と地震災害都市基盤データベース

地震災害には、大きくわけて予測がある程度可能な被害現象、予測が不可能な被害現象の2つがあると考えられる。予測が可能な被害というものも、予測するには、過去に発生した地震災害の事例を参考として、その時に発生した被害と、それを引き起こした要因の調査が必要である。また、予測が不可能であると考えられていた現象であっても、過去の事例を整理、分析することによって、ある程度予測できる可能性もある。例えば、阪神・淡路大震災の事例を考えてみると、高架橋の倒壊が挙げられる。これは、予測が不可能であったと言われているが、それ以前に発生した米国のサンフェルナンド地震ではその現象が起こっており、また1968年に東北地方で発生した十勝沖地震では、SRC造の小学校校舎にせん断破壊を受けている。

これらのことを考え合わせてみると、1971年以前に建設されたSRC造の高架橋の橋脚にせん断破壊を受けて落下するという可能性を軽んじていた結果だと考えられる。特に、阪神・淡路大震災では、建物、高速道路を含め、日本の耐震性能に関する安全神話が崩壊した事例として、今後の教訓にすべき重要な事例だと考えられる。

このようなことから、過去の地震発生時における被害現象の中で、頻繁に発生している被害現象に対しては、起こりうる現象の予測、その要因、またそれに基づく対策等を過去の地震の調査から分析することが必要である。同時に、それぞれの都市において、これまでの地震災害事例では見受けられなかった被害現象をある程度予測することも重要であると考ええる。

過去の地震の調査を行う上で、それぞれの地震事例には、多くの地震で見受けられた現象、その地震の特徴的な現象等さまざまなことが考えられる。そこで、各地震をカルテ様式に整理することによって、被害現象の似通っている点、特徴的な点等を整理し、いくつもの被害を引き起こした原因と見られる要素などを明らかにすることが重要であると考ええる。

そこで、ここでは、関東大震災から阪神・淡路大震災までの間に発生した大規模都市型地震災害のうち、死者を出し、かつその地震特有の被害があったものについての地震カルテを作成するという条件を設定し、関東大震災(1923年9月1日11時58分M7.9)、福井地震(1948年6月28日16時13分M7.2)、新潟地震(1964年6月16日13時01分M7.7)、十勝沖地震(1968年5月16日9時49分M7.8)、宮城県沖地震(1978年6月12日17時14分M7.4)、阪神・淡路大震災(1995年1月17日5時46分M7.2)の6つの地震災害事例についての地震災害カルテを作成した。それらを表6-3-1~6-3-6に示す。また、これらをマトリックス形式に整理し、多くの地震災害に共通して発生している被害であるのか、または、その地震災害の特徴的な被害であるのかを明確にした(表6-3-7)。今回の地震カルテ作成にあたって、調査した文献等から全ての被害現象を抽出しているとは言い切れないが、上記のような考え方で過去の事例を整理することは重要であると考えている。

以上から、地震災害時に発生する現象と、それに影響を及ぼすと考えられる都市構成要素との関連を明らかにし、被害現象とその影響要因から、GISを活用する際に重要である、地震災害都市基盤データベースを作成した。

地震災害都市基盤データベースは、地震災害時の被害現象を想定するために有効であり、また、異なる組み合わせの要素を重ね合わせることによって、これまでは見受けられなかった、新たな災害現象を予測できる可能性があると考えている。

データベースの形式は、地震災害による被害減少を大きく、構造物損壊、地盤被害、津波、火災の4つに分類し、それぞれの現象を考えるとときに必要な要素について、地震災害カルテの様式を踏襲して整理したものとした(表6-3-8)。

このように、地震発生時の災害現象を引き起こす要因となっている都市構成要素は多数存在するが、この中から特に、表6-3-7を用いて、6つの事例の中でよく見られた災害現象、及び要素を取り挙げ、次項以下で、それらを用いた地域危険度特性の評価を行った。

表 6-3-1 関東大震災（夏、昼食時）

	現象	自然的要素	人工的要素	人的要素	時間的要素
構造物損壊	家の倒壊	沖積層 埋立地 盛土 崖地の辺線	陣元通り 木造家屋		
地盤被害	隆起、陥没 液状化現象 山崩れ				
物的被害	出火 延焼		密集市街地 狭い道路		飲食店から出火
人的被害	焼死	火事場旋風	引火 河川内の重油その他の浮遊物への 多数の倒壊家屋 橋の倒壊及び接合 水道管の破裂 消防署の庁舎の倒壊 消防車両が倒壊家屋の下敷き	避難者が多数のため逃げ場を失う	
被害軽減	延焼		空き地に引火	避難民に荷物を捨てさせた	
被害	被害内容	1次被害	2次被害		

表 6-3-2 福井地震（夏、夕食の炊事時直線）

		現象	自然的要素	人工的要素	人的要素	時間的要素
構造物損壊	工場の倒壊	埋立地	地下50mまでの地層が薄い地域	耐震構造に欠点 老朽家屋多い 重層相家屋		
	家屋の倒壊	沖積層 埋立地				
地盤被害	地割れ、亀裂	潜在断層				
	液状化現象					
火災	延焼	空気乾燥 貯水地が災害中心部になかった	化学薬品や、アソシ配給所からの出 屋がが不燃材ではない 狭い道路による交通障害 倒壊家屋による交通障害 倒壊家屋により火災の早期発見が 困難 倒壊家屋による空地の喪失 水道の利用不可能 通信遮断 交通混乱	住民の消火に對する注意と努力の 差 油類、ガリッ等々を隠している店 舗が多数 消火に及ぶも倒壊家屋の下敷きとなつ た人の人命救助の方を優先	業務用炊事室からの出火が最多	
	火災	液状化現象				
被害程度	死亡					
	死傷					
人的被害	死亡			公衆集合施設(映画館、劇場等)の 倒壊及び損壊による逃げ道の喪失		
	死傷					
被害	被害内容	1次被害				
		2次被害				

表 6-3-3 新潟地震 (夏, 夕食後)

構造物損壊	理象	自然的要素		人工的要素		人的要素		時間的要素	
		旧河川跡の軟弱地盤	地盤の液状化による不同沈下	地下管線や窓枠等の揺れから連帯する付帯的損傷	水道管の破裂	住民らによる初期消火活動	地震発生時に火気を使用していたため一般火災少	一般民家からの出火少	夕食後のため避難活動スムーズ
ライオンビンの倒壊(水道)	津波被害	津波による既設貯留の倒壊	津波による既設石油タンクの倒壊						
津波	津波	津波による石油流出	信濃川の逆流						
物的被害	津波	0m地帯	信濃川の逆流						
地盤被害	液状化現象	砂層からなる地盤	埋立地						
	山崩れ	地下水位の高い低湿地							
	港灣被害	地盤変動による水深の減少							
火災	出火								
	短焼	津波による石油流出							
被害軽減	津波	島全体の隆起							
人的被害	火災								
被害軽減	圧死	噴射土砂に巻き込まれた							
	持死								
	避難								
被害	被害内容	1次被害							
		2次被害							

表 6-3-4 十勝沖地震（春 午前）

	現象	自然的要素	人工的要素	人的要素	時間的要素
建造物損傷 建造物の倒壊	段丘地を背に立地 扇状型の土地 埋立地 盛土 崖地	地割れ 地下 盛土や埋立工事の行われた境界の箇所	老朽木造家屋 煉瓦造りの建物 補強がロックでないものを使用 SRCでは筋違の坐屈、切断 SRC造建物で風土気候に適さない SRC造建物の不良工事 柱等のせん断破壊		
物的損害 津波 地盤被害	ライオンイン被害	地溝り	電話、電気、ガスの管路、設備等の被害		
物的損害 津波 地盤被害	山津波、崖崩れ	5月としては記録的な豪雨の直後 吸水性に富む火山灰土 丘陵地 埋立地を埋め立てたようなどころ 埋立地などの軟弱地盤 地盤沈下			
火災	出火		石油ストーブによる出火 石油コンロの転倒、落下による出火 薬品関係の出火 重油ストーブによる出火 LPガスによる出火 トランスオレインによる出火	機敏な消火活動 市民による初期消火活動 老年層の火の用心的防火思想	震波の影響で、ストーブをひきついでいない家多数
人的被害 人的被害	建物倒壊 圧死	干潮時	屋根が軽く耐震的なもの多		
被害	被害内容	1次被害 2次被害			

表 6-3-5 宮城県沖地震（夏、夕食炊飯時前）

	現象	自然的要素	人工的要素	人的要素	時間的要素
構造物損壊	建築物の倒壊	沖積平野の軟弱地盤 丘陵地帯の新造成地域 木道は水田付近で被害大 木道は丘陵地帯の新造成地で被害 SRC、SRCは沖積地で被害大 軟弱地盤上に盛土された路面			
	フロッグ塙、石塙の倒壊	埋立地帯	埋設管路被害		
物的被害	ライオンライオン被害				
	連立				
地盤被害	地盤被害				
	出火		薬品による出火 有水式ガスホウターの炎上		
被害軽減		4ヶ月前及び直前にやや強い地震の 発生 地盤の良い旧市街地被害少		前震があり火の始末をした家庭が 在宅の住民が消火に努力した	
	火災			依存性の強い年代が戸外で活動 消火	夕食時間前の子供が活動している 時間であった
人的被害	死傷	土砂崩壊	フロッグ塙、石塙、門柱、記念碑など の倒壊 家屋の倒壊 ガラスの破片 家具の転倒		
	火傷	圧死 火傷			
被害	被害内容	1次被害			
		2次被害			





表 6-3-8 地震被害マトリックス

現象		①	②	③	④	⑤	⑥
火災	石油タンクからの出火			○			
	ガスタンクからの出火					○	
	薬品による出火	○	○	○	○	○	
	飲食店からの出火	○	○				
	電線の落下による火災	○					○
	石油ストーブによる出火				○		
	石油コンロによる出火				○		
	重油バーナーの引火による出火				○		
	LPGガスによる出火				○		
	放火による出火						○
	倒壊建物の延焼拡大	○	○				○
	木造密集地での延焼拡大	○	○				○
	熱気流による消火活動の妨害	○	○				○
消火用水の不備	○	○				○	
構造物の倒壊	行政施設の倒壊、焼失	○					
	建築物の倒壊	○	○	○	○	○	○
	劇場等、大きな施設の倒壊による被害	○	○				
	戸外で構造物(塙、鳥居など)の下敷き	○	○		○	○	
	家屋の倒壊による圧迫死等		○				○
	石油タンクの崩壊			○		○	
	ガスタンクの崩壊	○				○	○
交通障害	防波堤の沈下	○					
	道路の被害(亀裂、陥没、崩壊)	○	○	○	○	○	○
	倒壊家屋が道路をふさぎ、機能障害	○	○				○
	国道の不通	○					
	橋の崩壊	○	○	○		○	○
	高架橋の崩壊					○	○
地盤被害	列車不通	○			○	○	○
	地下水の噴出		○	○			
	軟弱地盤地帯での被害	○	○	○	○	○	○
	埋立地での被害	○	○	○	○	○	○
	宅地道成地での被害					○	
	地盤沈下、液状化現象		○	○	○	○	○
	地割れに落ちて死亡		○				
	山崩れ				○		
	崖崩れ				○		○
港湾被害	土砂崩れ				○		
	地滑り						○
	津波			○	○	○	
ライフライン被害	港湾の機能障害	○			○	○	○
	防波堤の倒壊等による機能障害			○			
	ガス管の被害	○	○	○	○	○	○
その他	水道管の被害	○	○	○	○	○	○
	電線の被害	○	○	○	○	○	○
	電話線の被害	○	○	○	○	○	○
	本震前に強い地震があった					○	○
	ラジオでの災害情報					○	○
	テレビでの災害情報						
	市民による初期消火活動			○	○		
生活の知恵				○			

- ① 関東大震災
- ② 福井地震
- ③ 新潟地震
- ④ 十勝沖地震
- ⑤ 宮城県沖地震
- ⑥ 阪神・淡路大震災

### 6-3-3 マイクロゾーニングによる都市内部の地震危険度・地域特性評価 —横浜市におけるケーススタディー—

(メッシュデータによる地域特性危険度評価のための手法)

前項で作成したデータベースから、地震発生時に、被害を拡大する要素(地域危険要因エネルギー)、被害を軽減すると考えられる要素(被害軽減エネルギー)を抽出し、それらを用いて分析するフィールドのスケールを考慮し、メッシュデータとして扱う要素と実データとして扱う要素とに分類した。下図に本研究プロセスを示す。

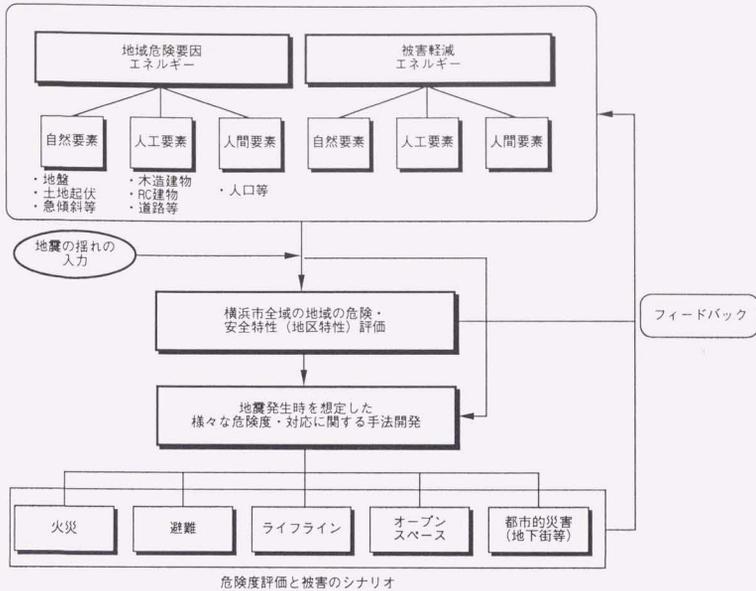
まず、地域危険要因エネルギーと被害軽減エネルギーを抽出し、これらを自然要素、人工要素、人間要素に整理する。さらに、データのスケール(表示するデータのスケール)を考慮し、横浜市全域において利用するデータと区及び町丁目レベルで利用するデータに整理する。ここでは、都市に大量に点在している、人口、建物などの要素をメッシュデータとして扱い、面のデータ(表層地質)及び、都市内の一部の地域に集中しているデータ(危険物保有施設)、主要幹線道路等の線のデータは実データとして、点・線・面のそれぞれの形式で扱った。

特に、メッシュデータ作成に関しては、全てのデータをメッシュ化してもあまり意味が無く、横浜市全域の地震危険度を把握するためのデータとして250mメッシュでのデータ作成を行うとともに、都市内の地震危険度特性を評価するために必要な基礎的なデータ抽出を行った。

地震発生時に、短時間のうちに地震による被害の様相を、ある程度把握することができるようにするためには、都市全体をマクロな視点で相対比較し、地図上でわかりやすく表示する必要がある。ここでは、250mメッシュを利用し、地震時の都市内における地域的な特徴を相対比較した(横浜市全域の地域の危険・安全特性評価)。

本章で述べる、地域特性危険度評価は、横浜市における地震発生時の危険度をおおまかに評価したものであり、これら都市内の地域特性を前もって評価することによって、地域危険度の高いエリアへの絞り込みが容易にできるとともに、さらに多くのデータを利用した詳細な分析(マクロ評価では、都市内部をマクロに相対評価するためのデータ抽出を行っており、利用しているデータを絞り込んでいる。)につながっていく。絞り込んだエリアには、それぞれの特徴があり、建物データや道路等詳細なデータを利用し、それぞれの空間分析を行うとともに、火災延焼、火災対応、建物倒壊、ライフライン被害、崖の崩壊等、多くの被害、対応に関するシナリオを作成することができ、これまでの地震災害事例では見受けられなかった被害の予測に役立つものと考えている。

本章での内容は、危険度の高いエリアに絞り込むための都市内の地域危険度特性分析と、地震災害データベースの作成に関する内容であり、GISを効果的に利用することを同時に考えたものとして重要であると考えている。



横浜市における地震危険度・地域特性評価のフロー

次に、都市の地震危険度・地域特性評価のために用いるデータを抽出した。ここで、250m メッシュデータとして扱う要素を以下の14項目(図6-3-2～6-3-15)とした。これらのデータは、建物データ、道路データ等詳細なデータから作成している。また、人口データは、町丁目別の統計データから作成した。

- ①全棟数,
- ②木造棟数,
- ③1981年以前建設の木造棟数,
- ④重屋根木造棟数,
- ⑤住宅棟数,
- ⑥非木造棟数(以上単位は、棟/mesh),
- ⑦夜間人口,
- ⑧19～25歳の夜間人口,
- ⑨65歳以上の夜間人口,
- ⑩19～25歳, 65歳以上, 以外の夜間人口(以上単位は、人/mesh),
- ⑪道路総延長,
- ⑫幅員6m以下の道路総延長,

- ⑬幅員 6m 以上の道路総延長 (以上単位は, m/mesh),  
 ⑭道路総面積 (m<sup>2</sup>/mesh)

また、今回はスタディーエリアとして、鶴見区エリア、中区エリア、旭区エリアの区の行政界を含む 3 つのエリアを設定した (図 6-3-1)。これらのデータは、過去の地震災害の事例調査を通して、特に様々な被害を起こす要因として挙げられるものに絞っており、火災などのある特定の災害現象に限られる火気取扱店等は実データとして扱うこととした。それぞれの選定理由の要旨を表 6-3-9 に示す。

ここで、設定した 14 項目が都市内の地震危険度・地域特性評価のための、全てを満たしているとは言い切れないが、これ以降述べる手法等、GIS を活用した都市内の地震対策のプロトタイプになるものと考えている。(昼間人口、所得等経済的なデータ等入手及び作成を試みたが、データの制約上、困難な面も有り、現在入手、作成できた 14 項目を取り扱った。)

次に、これらのデータを利用して、250m メッシュ単位での因子分析を行った。上記で取り上げた 14 項目のうち、これまでの地震災害において、建物倒壊、都市火災といった大きな被害を受けている要素である木造建物は、その棟数も重要であるが、老朽化した木造建物 (1981 年以前建設の木造棟数) 等細部のデータが重要であると考え、これら関連するデータ及び高齢者 (65 歳以上の夜間人口) の人口といった全く別種のデータを分析する手法として因子分析は有効的であると考え。因子分析は、木造建物に関するデータ等同種の関連データを 1 つの因子に集約することができること (多くの変数を集約して、新しい概念を提起することができること)、様々な他要素の相関関係を考慮に入れ、分析することができる手法として効果的であると考え。

表 6-3-9 メッシュデータ抽出要因

①,②	建物が密集しているほど被害が多発すると想定されるため。
③	1981 年以前に建設された木造建物に被害が多発すると想定されるため。
④	重屋根の木造建物に被害が多発すると想定されるため。
⑤	被害が多発する可能性が高い建物かつ住民の多いところは人的被害が多発すると想定されるため。
⑥	建物が密集しているほど被害が多発すると想定されるため。
⑦	夜間人口が密集していると夜間に地震が発生した時に人的被害が多発すると想定されるため。
⑧	19~25 歳は古い木質アパート等に住んでいる可能性が高く建物倒壊に巻き込まれる可能性が高いと想定されるため。
⑨	65 歳以上は古い木造住宅に住んでいる可能性が高く建物倒壊に巻き込まれる可能性が高いと想定され、かつ逃げ遅れる可能性が高いと想定されるため。
⑩	その他の年齢層でも夜間に地震が発生したときに建物倒壊等の被害に巻き込まれる可能性が高いと想定されるため。
⑪,⑬,⑭	焼け止まりとしての空地等オープンスペースとしての利用が可能であると想定されるため。
⑫	建物倒壊による通行止め、延焼等の被害が拡大する可能性があるとして想定されるため。



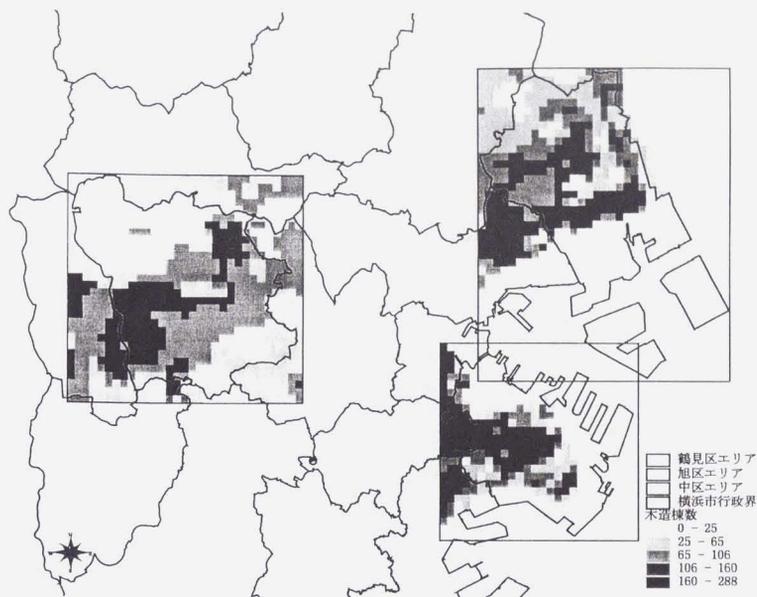


図6-3-3 木造棟数

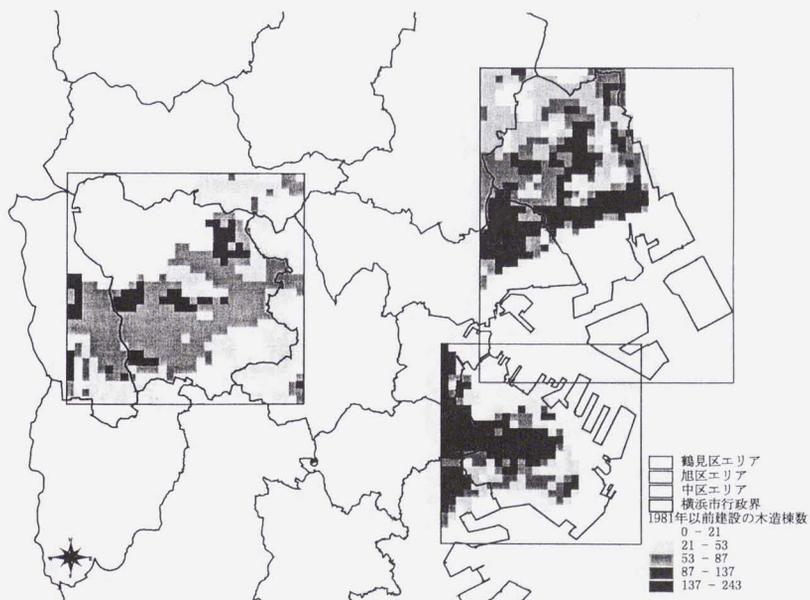


図6-3-4 1981年以前建設の木造棟数

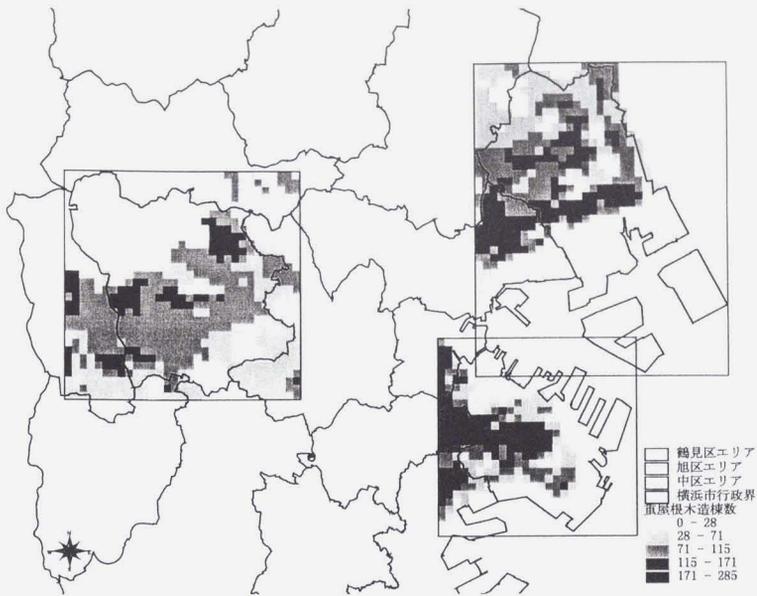


図6-3-5 重木造棟数

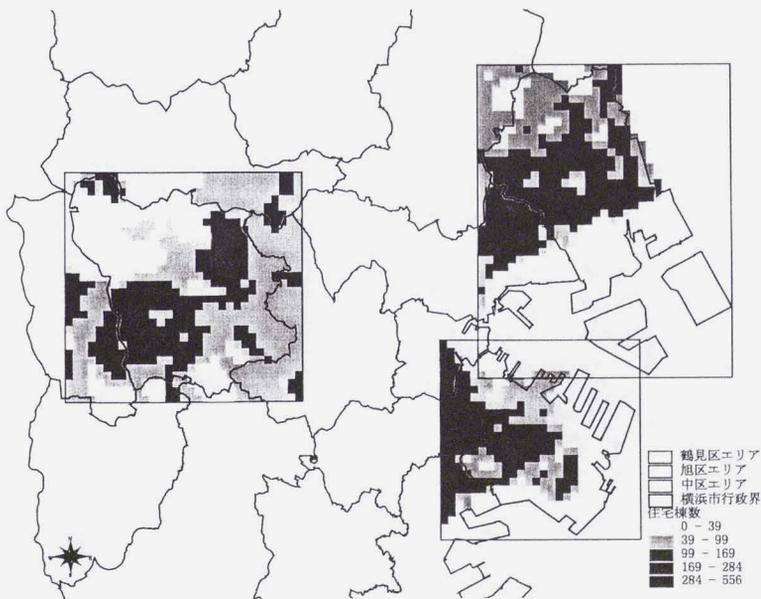


図6-3-6 住宅棟数

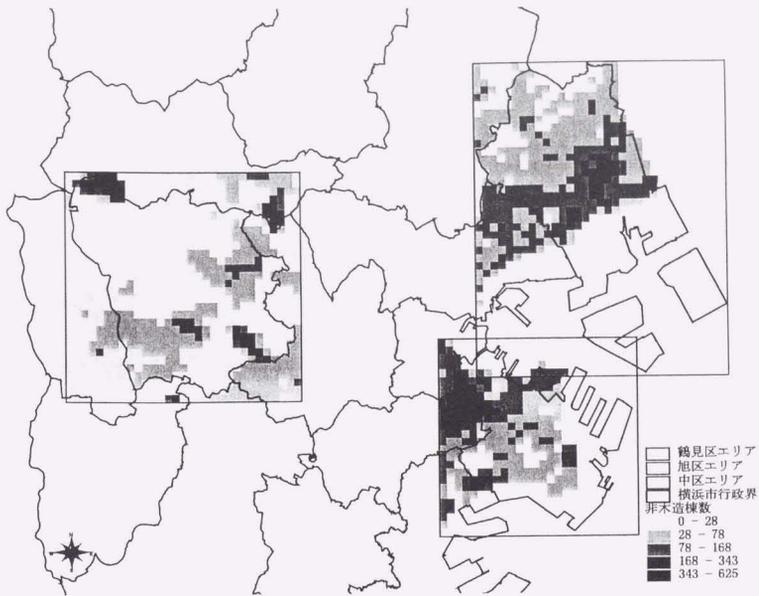


図6-3-7 非木造棟数

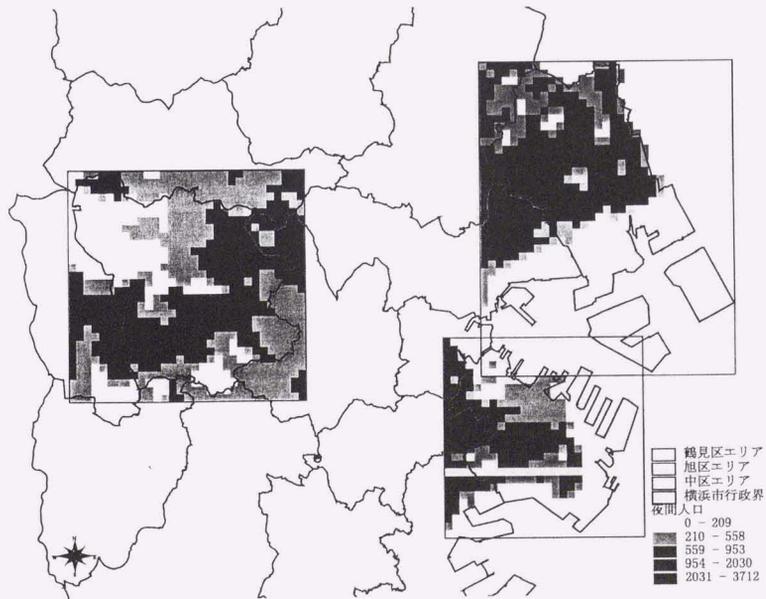


図6-3-8 夜間人口

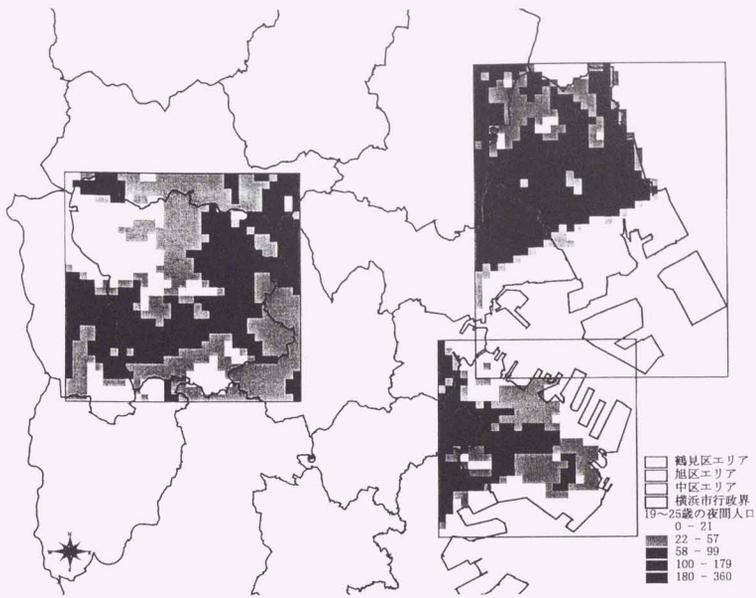


図6-3-9 19~25歳の夜間人口

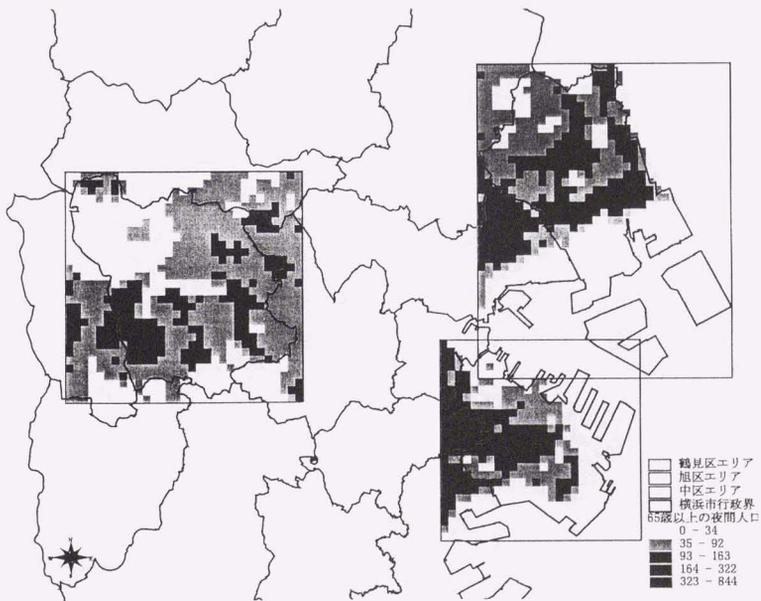


図6-3-10 65歳以上の夜間人口

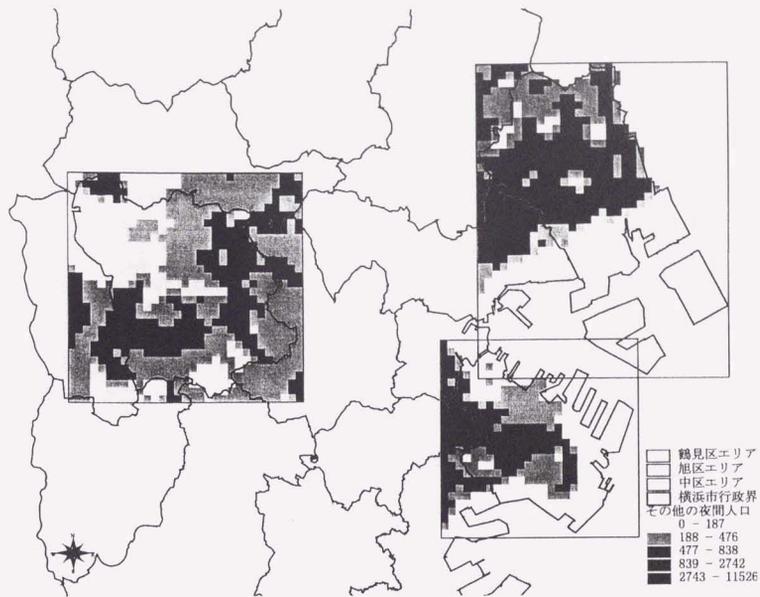


図6-3-11 その他の夜間人口

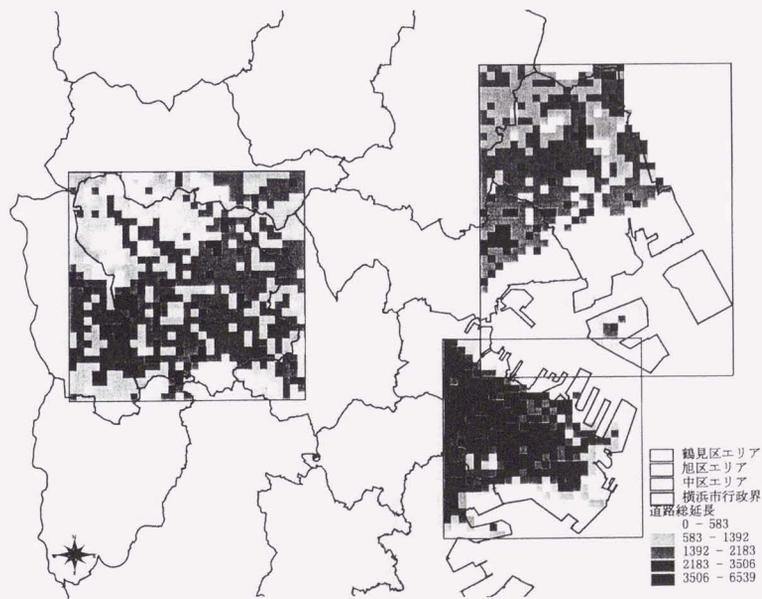


図6-3-12 道路総延長

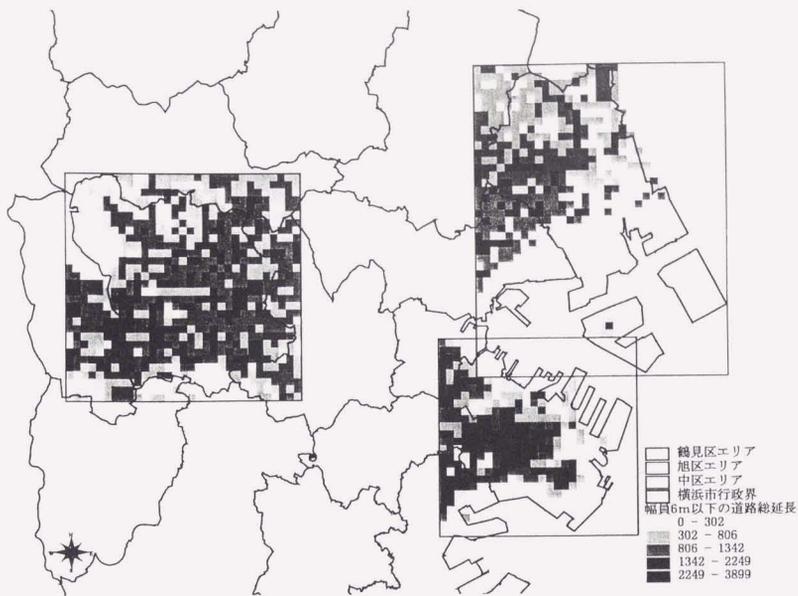


図6-3-13 幅員6m以下の道路総延長

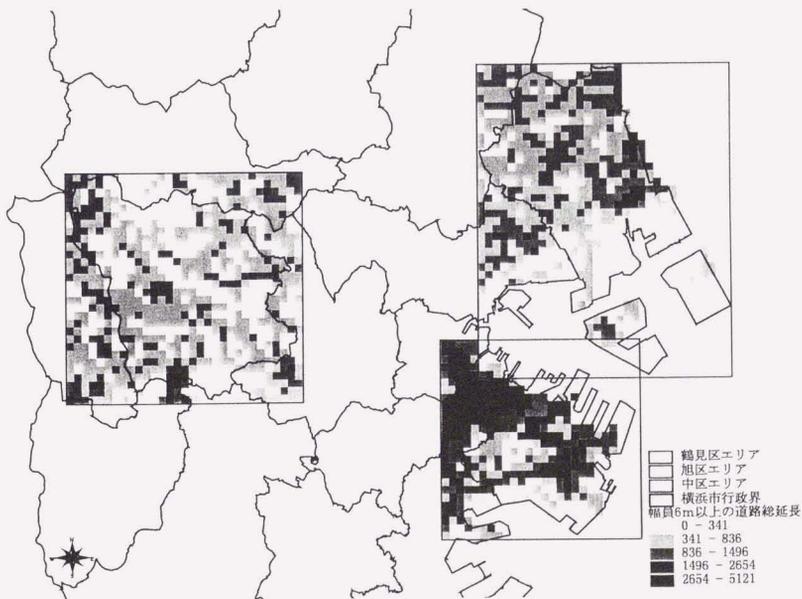


図6-3-14 幅員6m以上の道路総延長

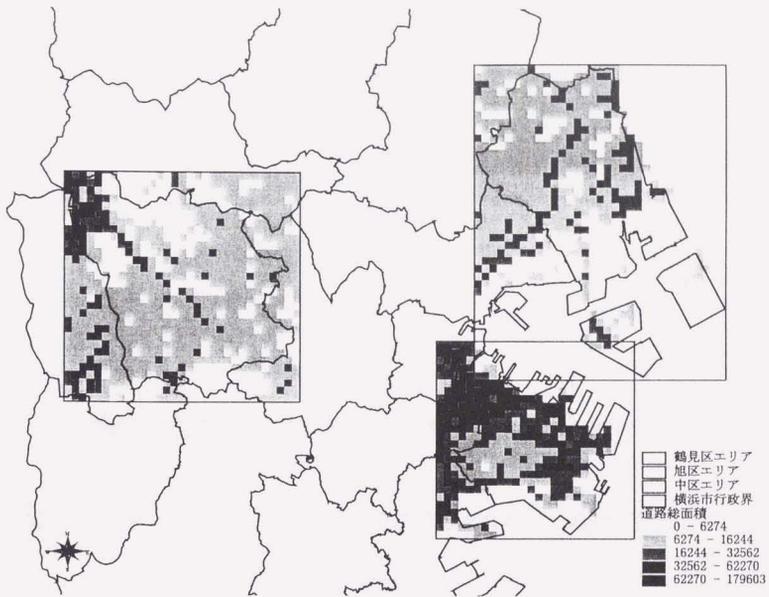


図6-3-15 道路総面積

また、スタディーエリア（鶴見区エリア、中区エリア、旭区エリア）は表 6-3-10 で示すように、昼間人口と夜間人口の格差が少ない鶴見区エリア、旭区エリア、格差が非常に大きい中区エリアという特徴及び臨海部に面したエリアか内陸部かという地理的な条件等の特徴が見られる。

なお、なお、表 6-3-10 の数値は、1km<sup>2</sup>当たりの数値である。

表 6-3-10 スタディーエリアの特徴

区	面積	人口	木造棟数	非木造棟数	住宅棟数	昼間人口	空地
青葉区	35.05	7103	931.44	407.17	1064.08	4909	321764.07
都筑区	27.89	4187	600.93	312.38	640.52	3982	280696.74
港北区	31.37	8904	1400.63	498.98	1530.42	8368	239698.19
鶴見区	32.38	7759	1157.09	437.90	1265.33	7470	216503.29
緑区	25.42	5842	645.93	232.62	697.77	3990	413706.84
神奈川区	23.40	8810	1369.52	489.58	1543.71	9061	260895.09
瀬谷区	17.11	7100	1326.78	317.21	1414.54	5238	240852.49
旭区	32.78	7659	1294.27	371.57	1390.02	5301	490636.65
保土ヶ谷区	21.80	9057	1438.38	404.24	1574.60	7144	389449.48
西区	6.92	10948	1789.00	668.98	2055.67	22200	394520.08
泉区	23.56	5919	1240.58	260.95	1265.25	4029	202703.04
戸塚区	35.69	6820	1065.06	360.29	1167.11	5709	260100.77
南区	12.63	15243	2626.30	710.26	2945.37	11682	273071.92
中区	19.24	6077	907.08	445.23	1031.37	13205	444616.56
港南区	19.87	11208	1553.23	523.72	1793.88	7798	255572.07
磯子区	19.02	8863	1193.37	422.84	1343.07	6779	469362.04
栄区	18.55	6626	1110.32	370.81	1273.75	4447	656342.88
金沢区	30.52	6683	992.01	384.51	1125.50	5955	560145.65
平均	24.07	8045	1257.88	423.29	1395.66	7626	353924.33

#### （因子分析による地域特性危険度評価）

上記の 14 項目の 250m メッシュデータを用いて因子分析を行った。その解析結果を、表 6-3-11 に示す。それぞれの数値は、因子負荷量を示しており、その数値が、1 に近いほど正の相関があり、-1 に近いほど負の相関があると判断できる。そこで、相関があると判断された変数から、それぞれの因子を、以下のように定義づけた。

- ・ 因子 1 → 老朽木造密集度
- ・ 因子 2 → 人口密集度
- ・ 因子 3 → 広幅員道路集積度
- ・ 因子 4 → 高層非木造密集度
- ・ 因子 5 → 狭幅員道路密集度

表 6-3-11 のように、65 歳以上の夜間人口が、老朽木造密集度と相関があると判断され、65 歳以上の人は、古くからの木造建物に居住している可能性が高いと推測できる。ここでは、65 歳以上の人と木造建物の関連性を含め、老朽木造密集度と定義した。また、累積寄与率は、表 6-3-12 に示す。

表 6-3-11 因子分析解析結果(因子負荷量 バリマックス回転後)

変数名	因子No. 1	因子No. 2	因子No. 3	因子No. 4	因子No. 5
全棟数	0.57	0.33	0.27	0.68	0.15
木造棟数	0.91	0.27	0.14	-0.10	0.24
1981年以前木造	0.90	0.26	0.17	-0.16	0.22
重屋根棟数	0.97	0.27	0.14	-0.11	0.24
非木造棟数	0.10	0.27	0.29	0.97	0.02
住宅棟数	0.74	0.32	0.22	-0.51	0.19
夜間人口	0.55	0.69	0.12	-0.35	0.14
19~25歳(夜間)	0.52	0.66	0.07	-0.39	0.13
65歳以上(夜間)	0.66	0.57	0.17	-0.23	0.17
その他人口(夜間)	0.25	0.46	0.17	-0.17	0.11
道路総延長	0.42	0.20	0.57	-0.19	0.53
6m以下	0.49	0.18	0.09	-0.06	0.94
6m以上	0.16	0.13	0.92	-0.23	-0.01
道路総面積	0.07	0.08	0.94	-0.11	0.08

表 6-3-12 累積寄与率

因子No.	二乗和	寄与率	累積寄与率
因子No. 1	4.87	0.35	0.35
因子No. 2	2.58	0.18	0.53
因子No. 3	2.54	0.18	0.71
因子No. 4	2.05	0.15	0.86
因子No. 5	1.30	0.09	0.95

図 6-3-16～図 6-3-20 は因子分析による結果と、その密度が高いエリアを抽出したものである。その際、因子分析によって得られた因子得点を用いて、クラスター解析を行い、密集度を5段階に分類し、最も密集度の高い地域を、密集地域として抽出した。

(図中の黒線で囲まれたエリア) 各因子の持つ特徴から、密集度の高いエリアは大きな被害が発生する危険性が高いエリアであるか、被害を軽減するポテンシャルを持っているエリアと考えられる。

まず、因子 1 によるエリアは、老朽化した木造建物と災害弱者となりうる高齢者が多く密集しており、木造倒壊、火災といった木造建物の物理的な要因による被害、高齢者が原因となり死傷者数が拡大する人的な要因による被害が重なり、地震による被害の危険性が非常に高いエリアであると考えられる。(図 6-3-16)。因子 2 によるエリアは、人口が密集しており、必然的に人的被害(死傷者)が発生する危険性が高いエリアであると考えられる(図 6-3-17)。因子 3 によるエリアは、火災時の焼け止まりとなる可能性がある道路空地が多く、同時にある程度の交通渋滞緩和の働きを担うことも可能である、被害を軽減する能力を持っているエリアであると考えられる(図 6-3-18)。因子 4 によるエリアは、火災時の焼け止まりの効果が期待できると同時に建物が倒壊した際、周辺道路を通行不能になる危険性があるなど、被害の軽減、拡大両方の面を持っているエリアだと考えられる(図 6-3-19)。因子 5 によるエリアは火災時の延焼拡大や交通障害を起こす危険性が高いエリアであると考えられる(図 6-3-20)。

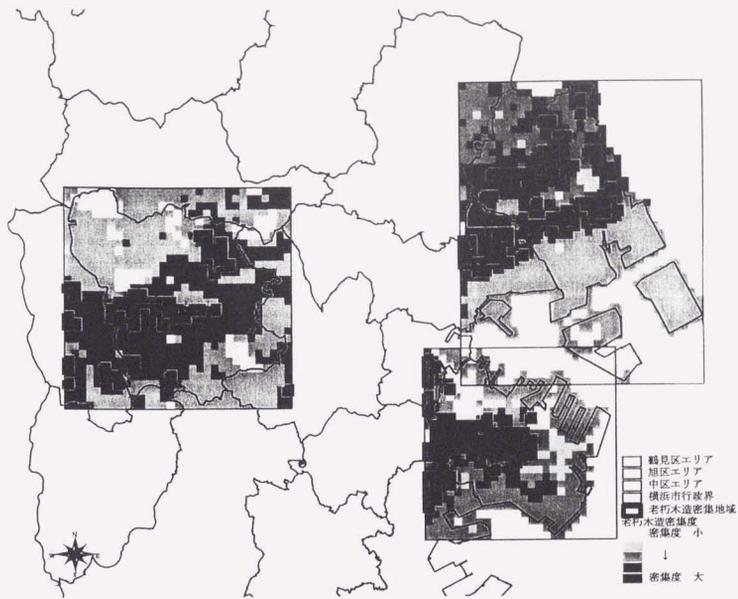


図6-3-16 老朽木造密集度

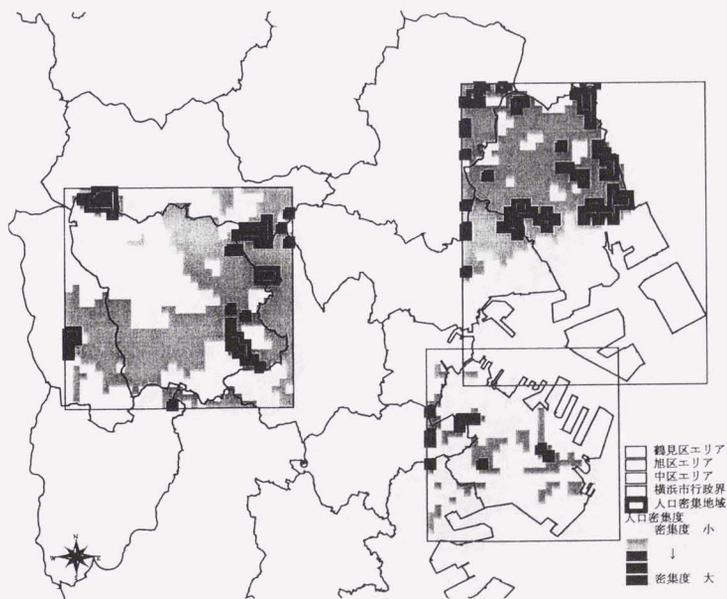


図6-3-17 人口密集度

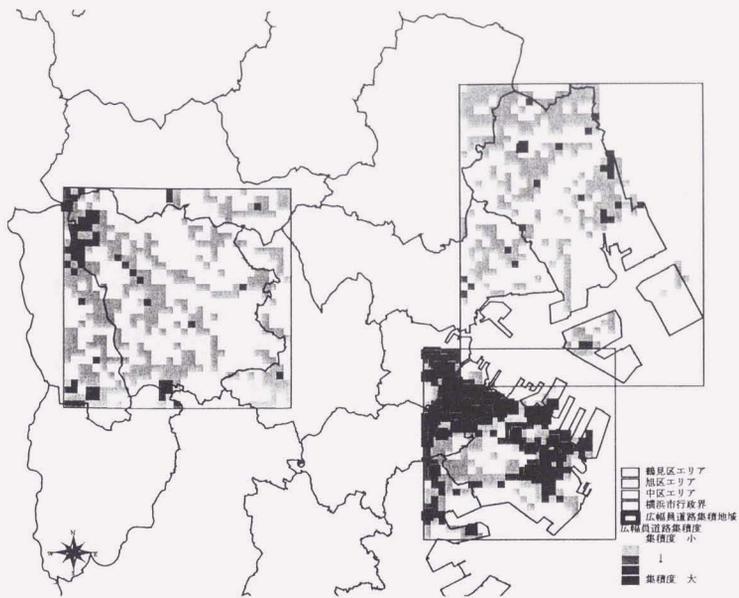


図6-3-18 広幅員道路集積度

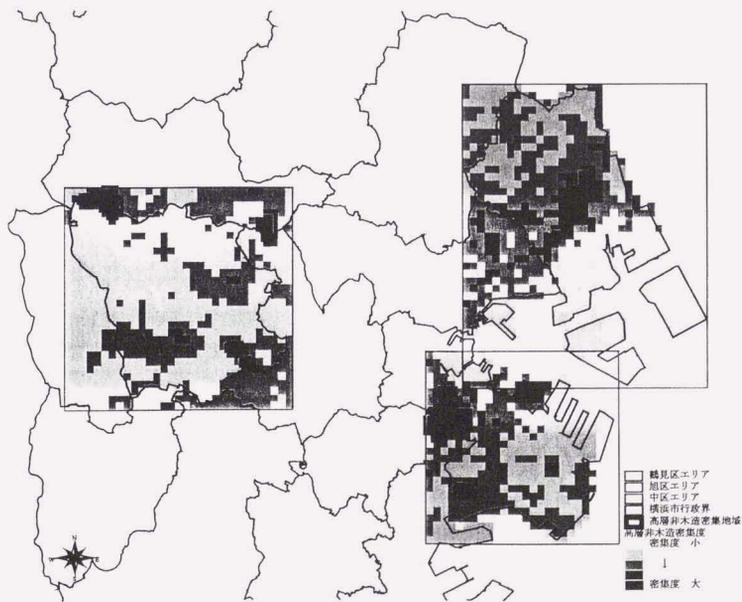


図6-3-19 高層非木造密集度



次に、上記で抽出した密集地域による、相対評価、及び地域特性危険度評価を行った。図 6-3-21 は、それぞれの因子ごとに抽出した密集地域のうち、老朽木造密集地域を示している。その結果、中区、鶴見区エリアに、広範囲にわたって老朽木造密集地域が広がっていることが分かる。

また、先ほどの老朽木造密集地域に、狭幅員道路密集地域を重ねてみると、図 6-3-22 のようになり、老朽木造密集地域で、かつ、狭幅員道路密集地域であるところは、火災が発生した際には、延焼拡大する危険性の高い地域とすることができる。しかし、重なっている地域だけでなく、隣接しあっている地域も、十分に同様の危険性があるということが考えられる。

そこで、これらのデータを基に、区エリアごとの全メッシュ数、及び各密集地域のメッシュ数とその割合についての検討を行った。これらを表 6-3-13 に示す。

表 6-3-13 メッシュ数とその割合

		鶴見区	中区	旭区
全メッシュ数		842	501	930
老朽木造	該当メッシュ数	103	83	61
密集地域	区における割合	12.20%	16.60%	6.60%
人口	該当メッシュ数	74	11	57
密集地域	区における割合	8.80%	2.20%	6.10%
広幅員道路	該当メッシュ数	1	74	1
集積地域	区における割合	0.10%	14.80%	0.10%
高層非木造	該当メッシュ数	5	22	15
密集地域	区における割合	0.60%	4.40%	1.60%
狭幅員道路	該当メッシュ数	16	102	161
密集地域	区における割合	1.90%	20.40%	17.30%

表 6-3-13 のように、鶴見区では、老朽木造、人口ともに、3 区の中で最も高い割合を示しており、古くから居住地域としての役割を果たしてきたことが伺える。中区では、広幅員道路、狭幅員道路、高層非木造ともに割合が比較的高くなっており、神奈川県庁、横浜市役所等行政機関が集中しているエリアであり、近年発達した湾岸エリアも立地することから、広幅員道路、狭幅員道路ともに集中しているエリアが見受けられる。

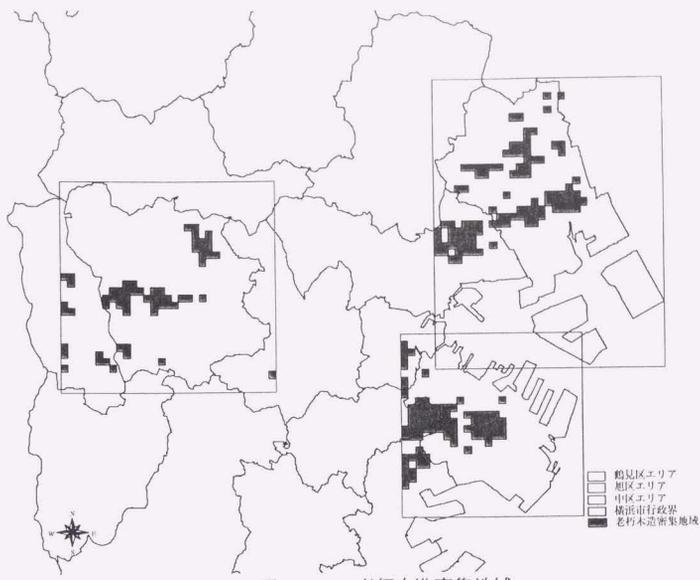


図 6-3-21 老朽木造密集地域

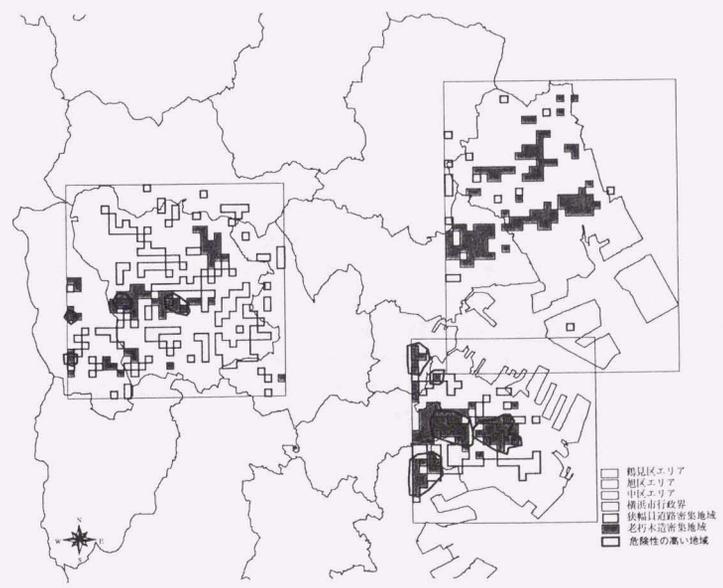


図 6-3-22 延焼拡大の危険性の高い地域

(重ねあわせによる地域危険度特性評価のための分析)

ここでは、前項で行った、メッシュデータ解析による地域特性危険度評価の結果に加えて、更に本節前半で述べた実データを重ねての都市内の地域危険度特性評価による、被害等の分析を行った。

まず、重ねあわせによって評価できる被害について、いくつかの例を示す。

- ・軟弱地盤＋老朽木造密集地域→木造建物の倒壊
- ・液状化想定地域＋高層非木造密集地域→地盤の液状化による非木造建物の倒壊
- ・急傾斜地＋老朽木造密集地域＋人口密集地域

→崖崩れ、地滑り等による倒壊家屋の下敷き

(凡例) 実データ＋メッシュデータ→被害

そこで、ここでは特に火災に関する危険性について述べることにする。

まず、火災発生、及び延焼拡大に影響を及ぼすと考えられる要素は、メッシュデータでは、先に述べた老朽木造密集地域と狭幅員道路密集地域が挙げられる。実データでは、軟弱地盤、火気取扱店、危険物保有施設、季節ごとの風向などが挙げられる。しかし、過去の地震災害の事例では、一般家庭からの出火がほぼ毎回発生しているため、今回は、一般家庭からの出火を想定し、火気取扱店、危険物保有施設については省略した。

また逆に、火災に関して、被害を軽減すると考えられる要素は、メッシュデータでは、広幅員道路集積地域、高層非木造密集地域が挙げられる。

これらのデータを基に、実際に危険度、及び抑制度の分析を行った。

図 6-3-23 は、火災に関して危険性の高いと思われる地域を示したものである。太線で囲んだエリアは、軟弱地盤上の老朽木造密集地域であるので、地震発生時には、木造の倒壊が発生しやすく、そこで出火すれば、木造の瓦礫が道路空地を埋めているため、消防車も近づけず、延焼を食い止める手立てもないため、燃え広がっていくことが想定される。更に拡大してみると、図 6-3-23 のようになり、季節によって、延焼する方向もまた変化し、危険地域としていないエリアであっても、風下方向となっているエリアであれば、同様に延焼の危険性をはらんでいるということが推測される。また、図 6-3-25 は、延焼の抑制力があると考えられる地域である。これは、道路空地が十分にあると考えられるため、焼け止まりとなりうる可能性が想定される。

このように、250m メッシュを利用し、因子分析を用いて地震による被害等の地域的な特徴を明らかにし、さらに地盤、建物の詳細なデータと重ねあわせることによって、大まかではあるものの、地震時の様々な現象を推測することができる。

これらの結果から、建物の詳細データ等を利用した、ミクロな解析を行う指針となると考える。

## まとめ

ここでは、都市内部での地震危険度・地域特性評価をマイクロゾーニングと位置づけ、横浜市内の、鶴見、中、旭区の3区において地域特性危険度評価、及び相対評価の手法の検討を行った。以下に本内容のまとめを記載する。

①まず、マクロゾーニングの活用例としての位置づけである。マクロゾーニングでは、「都市のダメージ」における木造建物棟数、人口等都市のスケール（自治体単位）が最小単位であることから、都市内部の詳細な状況を把握することは困難である。今回ケーススタディーを行った横浜市は人口、建物等集中したエリアが多数あり、マクロで利用した同種のデータ（木造建物、人口等）を、都市内部では、250mメッシュとすることで、その密度等から都市内部での地域的な特徴を明らかにし、マクロとの関連性を示した一例であると考えられる。同時に、GIS（地理情報システム）を活用することによって、都市内部での地震対策に効果的なツールであることが明らかになるとともに、GISを利用する上での考え方を示した。

②都市内部をマクロな視点で評価する（250mメッシュによる地域特性危険度評価）ことにより、行政面での地域ごとの有効な事前対策を立てることが可能になると考えられる。加えて、地震発生直後には、すべての地域のあらゆる情報が一度に入ってくるとは考えにくく、情報面での混乱が想定され、初期対応の迅速さ等に影響を与えるものと考えられる。その際に、あらかじめ、本章の内容のような地震危険度に関する相対評価を行っておくことで、一部の情報が入ってきた段階で、迅速に対応を図ることが可能となり、初期対応の迅速化を図る手助けとなるものと思われる。

また、ここでおこなった分析の利点としては、例えば、同じ木造だけでも多数の要素があり、これらを個別に評価すると、どれが重要であるか判断しにくいので、一軸とし、評価を明確にして見る人にわかりやすくできることと、都市には様々な要素が混在しており、それらとの相関関係をも考慮に入れた分析を行うことができることなどが挙げられる。また逆に、欠点としては、幾つかの要素を一つの密集度として取り扱う事により、個々の要素に関するより詳細な解析を行う事はできないということなどが挙げられる。つまり、都市をマクロな視点で解析する際には有効であるが、より詳細な解析を行う際には、不十分であるということが言える。よって、本章の研究フローで述べた、さらにミクロレベルでの分析、シナリオ作成との連動が重要であると考えている。

①、②のように、横浜市での地震危険度・地域特性評価をプロトタイプとして、おこなうことによって、本論分の主旨であるマクロゾーニングによる結果との関連性を具体的に明らかにするとともに、都市内部の詳細な地震対策の指針となるものと考えている。

参考文献

- 1) 損害保険料率算定会:「地震被害想定資料集」1998年9月
- 2) 横浜市総務局:「関東大震災からの復興記録」1996年5月
- 3) 福井市:「福井烈震誌」1978年6月
- 4) 新潟県:「新潟地震の記録 -地震の発生と応急対応-」1965年6月
- 5) 日本大学生産工学部防災工学研究室:「'68年十勝沖地震 災害調査概要報告」1968年11月
- 6) 宮城県:「'78宮城県沖地震災害の教訓 -実態と課題-」1980年3月
- 7) 朝日新聞社編:「阪神・淡路大震災誌 -1995年兵庫県南部地震-」1996年2月
- 8) 季 康碩:「地域特性を考慮した都市の地震災害危険度評価に関する研究」1999年3月
- 9) 横浜市企画局:「第75回 横浜市統計書」1997年3月
- 10) 横浜市総務局:「危険エネルギー」1972年3月

第7章

総括

## 第7章 総括

本研究では、「マクロ」（自治体単位のスケールを最小単位とした相対的な都市の比較）というスケールに着目した。そして、様々な都市が持っている地震災害の影響要因となる特性のうち、都市によって大きく異っている特性を抽出し、その特性によって地域的な特徴を明らかにすることは、各自治体の政策等の指針になると考えられる。

さらに、本研究では、「マクロ」な視点から直下型地震に関する都市の特性を分析するとともに、都市内部での地震対策の検討（「マイクロ」な視点からの地震対策）を行い、GIS（地理情報システム）の有効的な活用法を提示することによって、日本全国での「マクロ」な都市の分析と、都市内部での「マイクロ」な地震対策の関連性を検討したものである。

本研究の独自性、創造性は以下のようにまとめることができる。

- ①日本全国を対象とした、「マクロ」な視点から直下型地震に関する都市の特性を分析に焦点を置き、マクロな見地に立った直下型地震に影響する要因の抽出、データ作成、データ抽出等を行い、直下型地震に関する都市の特性を分析する手法を提示した。
- ②「マクロ」の定義から、日本全国の自治体の指針となっている、市町村地域防災計画を分析し、その問題点を提起するとともに、地震対策として市町村地域防災計画を具体的に活用するための提案を行った。本研究内容は、自治体を対象とした直下型地震対策への提案であり、社会的貢献度が高い研究である。
- ③本研究は、日本全国の地震対策の防災計画等に追加、補足すべき基礎的資料を提示するとともに、その手法においてリモートセンシングやGIS（地理情報システム）の地震対策における活用法を提示している。GISを利用する上での考え方、及びこれまで地震対策にほとんど利用されなかったリモートセンシングの効果的な活用法を提示することによって、最新の情報技術を上手く活用した研究であると位置づけられる。

また、以下に本研究の総括として、研究プロセス、研究結果をまとめる。

第1章では、直下型地震対策での問題点の提起及び、日本全国での、「マクロ」（自治体単位のスケールを最小単位とした相対的な都市の比較）というスケールの重要性を述べた。また、日本全国での地震対策を含む災害対策の指針となっている、市町村地域防災計画の成り立ち、しくみ及びに各自治体を実施している被害想定のしくみを取り上げた。

第2章では、日本全国から入手した市町村地域防災計画の内容を比較・検討するとともに、その性格上全国一律の作成基準からの問題点を提起し、地震対策に着目した、日本全国の地域的な特徴を盛り込むことが重要であるということ考察した。

次に、日本全国の市町村地域防災計画を比較することによって問題提起した内容を

ふまえ、本研究のマクロゾーニングの概念及び手法について述べた。「マクロ」な視点からの、直下型地震における都市が持つ地域的な特徴の分析を「マクロゾーニング」と位置づけ、マクロゾーニングを構成している諸要素（直下型地震における、市が共通に持っている要素）を整理した。

次に、地震発生以前からの時間的なスケール（地震発生以前から復興に至る長期的な時間スケール）を考慮した評価軸を設定（「都市のダメージ」、「都市の被害軽減能力」、「アクセスビリティ・サポートビリティ」、「都市の回復力」）し、その内容を明記するとともに、以降の都市を評価するための指針を示した。

また、ここでは1891年濃尾地震から1995年阪神・淡路大震災までに発生した死者の被害が出た大地震による被害を受けた都市及び政令指定都市25都市の一部を含む都市を、日本全国で選択した。

3章では、「都市のダメージ」地震による被害を軽減させる要因の1つと考えられる都市のオープンスペースに着目した。その際、リモートセンシング技術の適用は非常に有効であると考え、リモートセンシングによる都市のオープンスペースの抽出を試みた。同時に、阪神淡路大震災の事例からオープンスペースの災害時における機能や用途を発災時から時系列に整理した。さらに各用途の機能を持つオープンスペースにどのようなものが挙げられるかを検討した。そして、オープンスペースの土地被覆構成を考察し、本章において都市の比較を行う上で扱うオープンスペースの土地被覆を定義した。これらの土地被覆を用いてリモートセンシングにより、都市に対しての土地被覆分類図を作成した。作成された分類図をもとに、都市のオープンスペースの量と位置関係及び直下地震災害における影響を考察した。

また、抽出したオープンスペースとその他地震による被害を軽減すると考えられる要因及びに被害を拡大させると考えられる要因（老朽木造建物、人口集中地区等）から「都市のダメージ」として都市を相対的に分析した。

3章での成果は以下のようにまとめられる。

(1) リモートセンシングにより、都市の土地被覆分類図を作成し、阪神・大震災の事例からオープンスペースを定義づけることによって、都市のオープンスペースの抽出方法を検討した。地震時のオープンスペースの効果から、神戸市の六甲山等行政区に含まれる大きな森林の抽出は不相当であると考え（統計データ等には、全ての森林を含む指標のみが記載されている）、逆に市街地内の森林は火災延焼遮断帯等の効果があると考えた。そこで、等高線を利用することによって、地震時の効果を考えた都市のオープンスペースの抽出方法を明らかにした。

(2) (1)のように、地震時のオープンスペースの効果を考えることによって、これまで地震対策において、あまり利用されなかったリモートセンシングの効果的な利用を提案した。

(3) リモートセンシングによるオープンスペースの抽出データをもとに、その絶対量と配置から、都市のオープンスペースには地域的な特徴があることが明らかになった。

(4) オープンスペースは、地震による被害を軽減する能力があると考えている。これを評価するためには、地震による被害及び被害を拡大する要因を分析し、オープンス

ベースとの相互分析が必要であると考ええる。地震による被害及び被害を拡大する要因を分析し、主成分分析を利用することによって、都市の地震による被害の特徴を明らかにした。また、オープンスペースを含めて相互分析することによって、「都市のダメージ」評価を行い、「都市のダメージ」に関する地域的な特徴が明らかになった。

4章では、日本全国から25都市を抽出し、アンケート調査により、地震発生時の都市居住者の潜在的な被災軽減能力に影響すると考えられる、住民の防災意識、地域コミュニティについて、調査結果の分析と都市の分類を行い、日本全国の都市の地域性を明らかにするとともに、調査結果の影響要因分析による既存統計データ等を利用した要因の抽出、調査結果の定量化の手法検討を行った。

4章での成果は以下のようにまとめられる。

- (1) アンケート調査結果の分析から防災意識、地域コミュニティには日本全国で地域性があることが明らかになった。静岡市や浜松市は地震発生危機、被災危機といった「地震に対する意識」が高く、家具固定や非常用品準備といった「事前防災対策」も積極的に行っており、「地震に対する意識」、「事前防災対策」から成る防災意識が非常に高いと言える。また日頃地震が多く発生している釧路市、関東圏の都市は特に地震に対する意識は高いが、事前防災対策に関して低い値を示した。神戸市は、兵庫県南部地震の影響（過去の地震災害の影響）から事前防災対策を行っている割合は高いが、将来的に地震が発生する可能性や被災危機に対しては、低い値を示している。逆に福岡市、札幌市等日頃の地震発生も少なく、過去に地震災害も経験してない都市は防災意識が低いことが明らかになった。地域コミュニティに関しては、鳥取市、和歌山市が地域住民の結びつきの程度に着目した設問に対して、高い値の調査結果が得られ、周辺住民との結びつきが強いと考えられる。
- (2) アンケート調査結果を主成分分析により集約し、防災意識と地域コミュニティの第1主成分得点を用いてクラスター分析を行い、対象都市を5つの類型に分類した。静岡市、浜松市、関東地方の都市、神戸市は防災意識が高いグループに属する等、防災意識と地域コミュニティについて、都市の類似点が明らかになり、日本全国における地域性がわかった。
- (3) アンケート調査結果の影響要因を明らかにした。防災意識は、有感地震回数といった日頃の地震発生、過去の大規模地震経験、行政の政策・条例の影響が大きい。地域コミュニティでは持ち家率、高齢者人口、2世帯住宅の割合が影響している。
- (4) アンケート調査結果を基に、既存の統計資料等のデータとの関連から、防災意識と地域コミュニティと相関が高いデータを抽出し、重回帰分析を行って、防災意識と地域コミュニティから成る都市居住者の潜在的な被災軽減能力の推定方法を提示した。

5章では、日本全国の24都市を選択し、直下型地震発生後、被災都市が短期間で周辺都市から救援・救助を受けられる可能性と周辺都市からの救助を受け入れられる可能性を都市のアクセスビリティ・サポートビリティとし、被災都市を中心とした広域的な視野に立ち相対的に都市を比較・評価することによって、救援・救助に関す

る地域性を明らかにした。

3章での成果は以下のようにまとめられる。

(1)阪神・淡路大震災における神戸市への救援の事例を調査することで、緊急対応による救援は周辺都市からのものが多く、遠隔地からの救援が到着するまでの間、周辺都市からの救援をいかに生かすかが重要であり、周辺都市とともに受け入れる被災都市の両者を考慮する必要があることがわかった。

(2)海上交通と陸上交通のアクセスビリティ・サポートビリティを評価するための影響要素と評価手法を検討し、選択した24都市を評価した。対象都市が周辺都市からの救援を受けられる可能性をサポートポテンシャルとし、周辺都市からの救援を受け入れられる可能性を信頼度とし、それぞれの影響要素を抽出した。海上交通では、日頃の結びつき（フェリー航路）、受け入れ港湾の耐震性（重要港湾の船席数、耐震強化岸壁の船席数）等を抽出し、陸上交通では周辺都市の分布、周辺都市の人口規模、道路アクセスと橋梁等を取り上げた。影響要素から既存の統計資料等を用いアクセスビリティ・サポートビリティ評価を行った。海上交通では、大阪市、神戸市がサポートポテンシャル、信頼度ともに高い。特に神戸市は阪神・淡路大震災では救援活動の不十分さが問題となったが、本評価で比較的多くの救援を受けられる都市であることがわかり、神戸市より低い値を示した都市は神戸市の事例をふまえた対策が必要であると考える。陸上交通では、千葉市、横浜市、神戸市、大阪市が周辺に大都市が立地している点、交通アクセスが発達している点から高く評価された。この評価から、救援に関する地域的な特徴が明らかになり、それぞれの都市の持つ特徴を生かした対策を実施するための指針になると考える。

(3)被災都市が必要とする救援の量（ニーズ）を設定し、サポートポテンシャルからサポートの絶対量（人口での平準化を削除）を算出し、都市の救援量の不足量を相対的に算出した。特に、東京都区部は海上、陸上ともにサポートの絶対量が多く、上記のようにアクセスビリティ・サポートビリティの評価値は高い。しかし、救援のニーズが非常に大きいため、救援量の不足可能性が大きい。海上交通では、千葉市、大阪市、神戸市、高松市、広島市、陸上交通では千葉市、横浜市、大阪市、神戸市、京都市がサポートの不足量が少ない。救援に関する全国的な視野による弱点が明確になり、救援に関する国土レベルの対策の指針になると考える。

6章では、3章での地震時の被害に関する、リモートセンシングを利用した「都市のダメージ」評価、4章での地震時の被害を軽減する要因に関する「都市の被害軽減能力」評価、5章での他都市からの救援・救助に関する、海上交通・陸上交通における「アクセスビリティ・サポートビリティ」での結果を利用して、評価マクロゾーニングによる総合評価のための特性分析を行った。地震による被害、地震による被害を軽減する能力、地震発生後の周辺都市からの救援までを総合的に分析し、直下型地震に関する、マクロな都市の特徴が明らかになった。

またここでは、マクロゾーニングの活用として、これまでの分析結果を受けた市町村防災計画への導入案を提案した。同時に、マクロとミクロの関連性を明確にし、横浜市におけるマイクロゾーニングによる都市内部の地震危険度・地域特性評価を行い、

ミクロ（都市内部）での地震対策の考え方、GIS（地理情報システム）の活用法を提案した。

7章は総括として、研究成果をまとめるとともに、本研究の位置づけ及びユニークな点を明らかにした。

本研究で明らかになった結果は、日本全国の都市の、直下型地震による被害、直下型地震による被害の軽減、地震発生後の救援、救助といった地震発生以前から対応までを考えた都市のマクロ分析であり、本研究成果は、今後行政や自治体、また住民レベルの防災対策に活用できる基礎的な資料を提示するものであると考えている。

## おわりに

本研究は、1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災の後、1996年度より文部省科学研究費補助金・重点領域研究(B-1)課題番号 08248109(研究代表者;村上處直)「地震被災危険度のマクロゾーネーション」、現在、文部省科学研究費補助金・特定領域研究(B-1)課題番号 08248109(研究代表者;村上處直)「地震被災危険度のマクロゾーネーション」の中心的な研究として、1996年度から1999年度の4年間という研究期間の中で進めてきた研究である。研究グループには、耐震工学を専門とする先生方、防災都市計画を専門とする先生方、環境及び都市計画を専門とする先生方、情報技術を専門とする先生方と様々な分野の先生方及び私を含め多くの学生が参加した研究である。その中で「マクロ」にこだわり、4年間の研究成果をD論文という形でまとめることができたことを光栄に感じております。

本論文では、マクロゾーネーションとしてのコンセプトで掲げた、マクロゾーニングに影響する全ての要素を取り扱うことができなかったものの、既存の統計資料やリモートセンシング、GIS等の情報技術を利用し、比較的容易に、日本全国における都市の地域的な特徴を明らかにすることができた研究であるとともに、その考え方、手法等、今後の地震対策に生かせる研究成果であると確信しております。

同時に、本研究のコンセプトである、直下型地震に関する、マクロな視野からの都市の地域的な特徴を明らかにすることの重要性を再認識するとともに、地震対策に係わる多くの人に、本論文の内容を理解して頂き、本研究成果が自治体を含め活用されることを望んでおります。

## 謝辞

本研究は、1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災の後、建物の耐震構造等構造物中心の地震対策だけではなく、日本全国を視野に入れた、マクロな視点の地震対策が必要であるという見地から、1996年度から1999年度の4年間という研究期間の中で進めてきた研究である。この研究内容は日本の直下型地震に関する研究の中心的な研究に位置づけられ、マクロというコンセプトに基づき、様々な事に挑戦してきた研究でもある。

本研究内容のような、日本全国を対象としたスケールの研究はこれまでに行われておらず、様々な困難の中進めてきたが、このようなスケールの大きな研究に携わることができ、本研究がはじまる際、本研究の全てを私に任せてくださった、村上處直教授、佐土原聡助教授に感謝申し上げます。

また、本研究は他大学との共同研究という形で進められ、耐震構造が専門分野、計画的防災が専門分野である先生方が1つの目標に向かって進んできた研究でもある。本研究の研究分担者である、岡田恒男先生（芝浦工業大学）、村上雅也先生（千葉大学）、大網浩一先生（千葉大学）、中野良昭先生（東京大学）、室崎益輝先生（神戸大学）、長島雅則先生（主任研究員）、森山正和先生（神戸大学）、宮崎ひろ志先生（姫路工業大学）、先生方の研究に取り組む姿勢、熱意は私の今後の人生に生かせるものであり、研究における多くの助言とともに、多くの事を学んだと思っております。

また、本研究4年間の中で、卒業論文、修士論文を含め、積極的に本研究に取り組んでくれた横浜国立大学の学生方に感謝するとともに、4年間一緒に研究を進めてきた李さん（東大）や、芝浦工業大学、千葉大学の学生に感謝いたします。

さらに本研究を進める上で、資料提供やアンケート調査、ヒヤリング調査を快く引き受けて下さった日本全国の自治体の方々や地域住民の方々に感謝いたします。

本研究が、多くの方々の協力をもとにここまで進めてくれたこと再認識し、この研究成果を活用できるように、さらなる研究を進めていくつもりです。

2000年3月  
浦川 豪

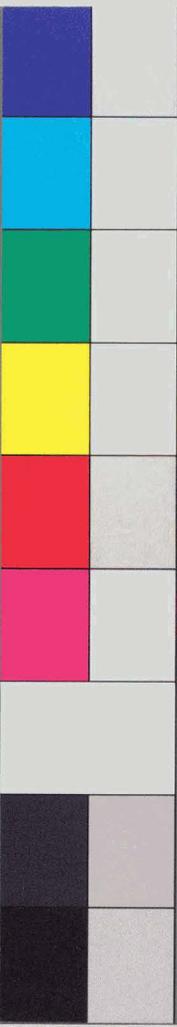


inches 1 2 3 4 5 6 7 8  
cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

# Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM Kodak

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black



# Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM Kodak

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

