

3.3.12 震災時における避難行動の把握と大都市大震災時における避難行動モデルの構築

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成 15 年度業務目的

(2) 平成 15 年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の実施方法
- (c) 業務の成果
 - 1) 大震災時における避難所選択行動の分析
 - 2) 地域住民の大震災発生時における避難行動に関する意識調査
 - 3) 大震災時における避難行動モデルの最適化
- (d) 結論ならびに今後の課題
- (e) 引用文献
- (f) 成果の論文発表・口頭発表等
- (g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

(3) 平成 16 年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

震災時における避難行動の把握と大都市大震災時における避難行動モデルの構築

(b) 担当者

| 所属機関 | 役職 | 氏名 | メールアドレス |
|----------|-----|------|-----------------------|
| 京都工芸繊維大学 | 教授 | 森田孝夫 | tmorita@ipc.kit.ac.jp |
| 京都工芸繊維大学 | 助教授 | 阪田弘一 | skt@ipc.kit.ac.jp |
| 京都工芸繊維大学 | 助手 | 高木真人 | mtakagi@ipc.kit.ac.jp |

(c) 業務の目的

都市部をおそった大震災である阪神・淡路大震災では、これまでの地域防災計画における避難計画では想定されていなかった避難行動および避難生活が展開され、従来の避難計画の問題点が浮き彫りとなった。本研究項目では、大震災を想定した避難所の配置・規模・空間的性能に関する計画の最適化を図るため、避難所計画の有効性を評価するシステムの構築を目的とする。具体的には、阪神・淡路大震災および過去の災害事例における避難行動および避難生活の実態をもとに、まず大震災時の避難行動モデルと避難所候補施設の空間的性能評価モデルを作成する。次にこれらを軸に構築したシステムを用いて、地方自治体等の地域防災計画において避難所として想定されている施設群の性能面および配置・規模面での有効性を評価することである。

(d) 5ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成14年度：大震災時における避難計画の実態とその課題の把握

大震災を想定した避難計画の課題に関して、既往文献・研究の調査・分析、および地方自治体の防災担当者へのヒアリング調査を行って、自治体避難計画、避難モデル、避難生活モデル、に関して得た結果の概要は以下のとおりである。

阪神・淡路大震災以降、都市型の自治体においては、防災計画の避難計画に改善がみられる。しかしながら、整備完了した都市は少なく、避難誘導・避難所立ち上げ計画の実施可能性、避難生活の長期化への対応などに課題がみうけられる。

関東大震災に類似する大都市大震災を想定した広域避難計画のための避難モデルの蓄積は豊富である。一方、都市直下型地震である阪神・淡路大震災の実態から、避難モデルを検討することも重要である。また、震災直後に期待される行政等の役割が機能しない事態に陥った場合、被災者の自主的な避難行動が展開される。このような、想定しない多様な事態発生の可能性も織り込んだモデルの構築を含め、さまざまな視点から避難計画の慎重な検討がなされなければならない。

大都市大震災時においては、避難生活が長期に及ぶ避難者が多数発生する可能性は高い。避難所生活の長期化は、避難者の健康や精神衛生上、また都市機能の復旧・復興の障害ともなる。そのため、避難生活を適切に解消させることを目的に、一連の避難所生活を震災

発生時間・ライフラインの復旧といった外的要因と、自主運営システムといった内的要因との関係からモデル的に捉えた研究が必要と考えられる。

2)平成15年度：震災時における避難行動の把握と大都市大震災時における避難行動モデルの構築

3)平成16年度：避難行動モデルの有効性の検討、および避難所生活に求められる避難所の空間的整備水準の検討

4)平成17年度：避難所の空間的性能評価モデルの構築および有効性の検討、および両モデルを組み込んだ避難所計画評価システムの開発

5)平成18年度：避難所計画評価システムの汎用性および有効性の検討

(e)平成15年度業務目的

大都市大地震に備え、被災者が避難を安全に実施し、最低限健康的な避難生活を送ることを可能にする避難計画を立案するために、大都市部に大震災が発生した場合、被災者は、どのような避難所を選択し、避難所生活を展開するのかを既往研究および震災実態、被災地市民への意識調査から把握するとともに、そこで得られた結果を反映させた避難所選択行動モデルおよび避難所整備モデルの作成を試みる。

(2)平成15年度の成果

(a)業務の要約

震災時の避難所選択行動に関する既往研究および2003年に発生した宮城県沖地震での避難所選択行動の実態を調査した結果、大都市大震災における避難計画は、震災の様相により広域型と近隣型の対極的な避難が展開される可能性を視野に入れたモデルの提案の必要性が認められた。そこで、大震災での避難行動を予測する避難行動シミュレーションモデルの第一段階として、メッシュ型広域避難シミュレーションモデルをベースとし、上記の課題を盛り込んだ避難所選択行動プログラムの開発に着手し、現段階における挙動を確認した。

また、神戸市灘区（非火災地域）および長田区（火災地域）を対象に、震災時における避難所整備の指針を得ることを目的としたアンケート調査より、回答者の被災経験の違いが想定する避難所や避難所生活の期間、避難所に要求する設備内容等に影響しており、被災の様相や各避難所に期待される整備レベルに、避難経験者の整備要求を反映させることを示唆した。

(b)業務の実施方法

本業務の実施体制は、以下のとおりである。

1) 研究の総括

京都工芸繊維大学教授 森田孝夫

2) 大震災時における避難所選択行動の分析

京都工芸繊維大学助教授 阪田弘一

3) 地域住民の大震災発生時における避難行動に関する意識調査

京都工芸繊維大学助手 高木真人

4) 大震災時における避難所選択行動モデルの開発

京都工芸繊維大学教授 森田孝夫

(c) 業務の成果

1) 大震災時における避難所選択行動の分析

a) 既往研究における避難所選択行動の整理

震災時における避難所選択行動に関する主だった研究を概観すると、阪神淡路大震災以前の研究においては、避難所の配置・規模計画への反映を目的に避難行動を捉えた研究は限られている。その中で、新潟地震において堀口ら¹⁾は、若年層ほど避難する傾向が強いこと、避難場所選択理由として、「安全」が最も多く、次いで「近い」「避難勧告による指示」であったことが明らかにされている。また谷口ら²⁾は東京都民を対象としたアンケート調査により、回答者の約8割が指定避難地を認識していながら、半数近くの回答者はそこではなく近くの公園や社寺、学校などに避難するとしているおり、避難に関して限界距離のような意識がみられることを示している。また室崎ら³⁾は神戸市民へのアンケート調査から、回答者の多くが地震時における避難地として広域避難地ではなく、居住地から100~300mの小学校や公園などを目指すとしていること、避難動線と日常動線の一致度は高く、その場所に対する認知度が避難地選択に影響していることを示している。

阪神・淡路大震災を対象とした研究は多数存在するが、主だったものとして塩崎ら⁴⁾が、東灘・灘・中央・兵庫・長田・須磨区の11箇所の避難所生活者へのアンケート調査より、避難者には高齢者、世帯では単身および夫婦世帯の占める割合が高いことなどを明らかにしている。また、白井ら⁵⁾は震災初期の行動を捉えるためのアンケート調査より、避難先は避難所次いで親戚宅であること、最初に避難した避難所を選択した理由は自宅に最も近いこと、岩見ら⁶⁾は火災発生地域に居住していた世帯を対象にアンケート調査を行い、地震当日の火災によりほとんどの住民が避難したが、約半数の人が学校や公共施設、病院、公園などに避難したことなどをそれぞれ明らかにしている。著者らも避難所選択行動に関し、上記の研究成果と同様の傾向を確認している^{7,8)}。

b) 宮城県北部地震における避難所選択行動の実態との比較

2003年7月に起きた宮城県北部地震を対象に、阪神・淡路大震災における実態^{7等)}との

比較を通し、阪神・淡路大震災における避難行動実態から明らかになった傾向の一般性について考察を行う。

）研究の対象と方法

宮城県北部地震で災害救助法が適用された南郷、矢本、鳴瀬、河南に加え、隣接する松島を合わせた5町を対象とし、中でも最も人口や建物が多く都市的特徴が強い矢本町を中心に考察を行う。図1に5町の位置を示す。

研究方法は、8月4～9日にかけて、被災地に赴き行政施設（矢本町、河南町、南郷町、鳴瀬町、松島町各役場）およびそれら施設に近接する避難所（河南町老人福祉センター、河南町町立広淵小学校、南郷町公民館）を訪問し、避難所に関する資料収集と関係者へのヒアリングを行った。

）宮城県北部地震の特徴

宮城県北部の石巻地方を中心とし、2003年7月26日午前0時13分頃から発生した最大震度6強の大きな地震であった。同時刻の最大震度6弱の後、午前7時13分頃には同地域で最大震度6強、午後4時56分頃には最大震度6弱と1日のうちにあわせて3回の地震が観測された。

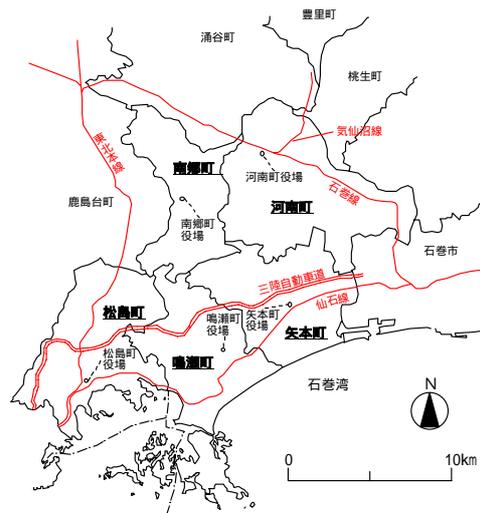


図1 調査対象地の位置

地震が発生した当日、雨が降り続き、大雨警報が発令されていた。そのため、土砂災害の恐れもあり、27日16時頃には宮城県内全体で最大約3000人もの住民が避難した。人的被害は、死者こそ出なかったものの、宮城県、山形県において重軽傷者676名を出し、宮城県内において3件の火災発生、住宅被害においては全半壊合わせて11561棟に及んだ。ライフラインに関しては、電話・ガスに被害は見られなかったものの、電気、水道に被害をうけ、電気は26日23時15分に全線復旧、水道が全戸復旧となったのは、30日午前4時であった。交通機関では、河南町の石巻線で脱線事故が起き、復旧に2日を要した。

）宮城県北部地震における避難の特徴

各町の防災担当者へのヒアリングをもとに、避難の初動に関する実態についてまとめた

ものが表1である。各町によって住民への避難の呼びかけ・誘導の主体や方法にばらつきがみられるほか、松島町では住民による自主的な避難が行われた。

表1 各町における避難初動

| 町名 | 避難の呼びかけ・誘導 |
|----|--|
| 矢本 | 各行政区長のほか、消防団の団長、公民館館長など、地域ごとに異なる主体により行われた。 |
| 河南 | 各行政区長のほか、消防団団長、民生委員により地域ごとに異なる主体で行われた。 |
| 鳴瀬 | 各行政区長により行われた。 |
| 南郷 | 町により防災無線を用いて行われた。 |
| 松島 | 住民が自主的に役所に避難先を問い合わせ、避難が行われた。 |

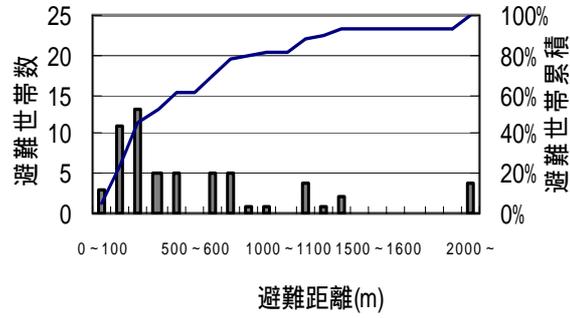
表2にこの5町で避難所として利用された施設の種類別構成割合を示す。公民館・集会所の割合が最も多く、次いで小・中学校や体育館のほか、学習等供用施設といった施設の割合が大きくなっている。大半は地域防災計画で指定していた収容避難所であり、広域避難場所は全ての町において利用されていない。各町における避難所の収容能力は十分であったとみられ、阪神・淡路大震災時のように広域避難所のほか、指定外の施設やオープンスペースにも多数の避難者が生活するといった事態には及んでいない。

表2 各町における使用避難所の種類別構成

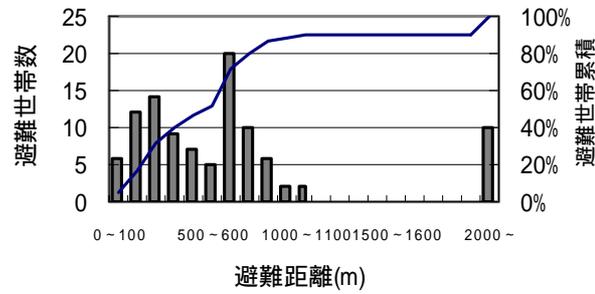
| 町名 | 小学校 | 中学校 | 学習等供用施設 | 公民館・集会所 | 体育館 | その他 | 合計 |
|----|--------|-------|---------|---------|-------|-------|----------|
| 矢本 | 5 | 1 | 6 | 17 | 1 | | 30 |
| 鳴瀬 | 2 | 1 | 4 | 9 | 1 | 2 | 19 |
| 南郷 | 1 | 1 | | 1 | | | 3 |
| 松島 | | | | 6 | | 1 | 7 |
| 河南 | 1 | 1 | | 7 | | | 9 |
| 合計 | 9(13%) | 4(6%) | 10(15%) | 40(59%) | 2(3%) | 3(4%) | 68(100%) |

図2は5つの避難所における避難世帯数と避難距離の関係を示した。また、図3には27日時点における矢本町の各避難所を核としたボロノイ線図に、避難者数が比較的多くかつ隣接する5つの避難所における避難世帯の希求線図を示したものである。これより、大きな傾向としては阪神・淡路大震災や既往研究の成果と同様に近距離からの避難が行われていることがわかる。ただし、阪神・淡路大震災での実態に比べると若干広がりが見られ、高速道路や川などのバリアを越えて遠方から来た避難世帯も少数存在する。また、表4は各避難所の90%避難圏域を示したものであるが、小・中学校より西公民館で狭く、コミュニティセンターで広がっていることから、日常時における各施設の利用圏域が、避難圏域と関係していることが読み取れ、これも阪神・淡路大震災や既往研究の成果と同様の傾向といえる。

矢本第一中学校



矢本東小学校



矢本西小学校

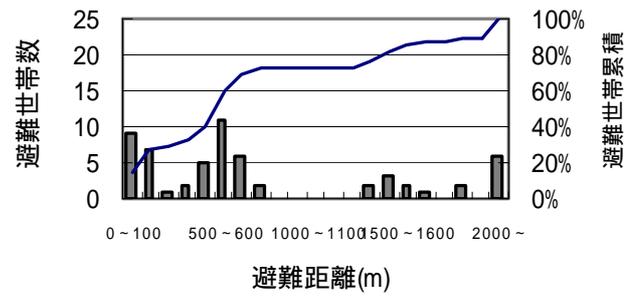


図2 避難世帯数と避難距離の関係

- | | | |
|--------------|--------------|-------------|
| 1 矢本第一中学校 | 11 赤井南学供 | 21 袖沢集会所 |
| 2 矢本西小学校 | 12 赤井南小学校 | 22 下区生活センター |
| 3 矢本西公民館 | 13 小分木生活センター | 23 四反走分館 |
| 4 矢本東小学校 | 14 大塩小学校 | 24 中区分館 |
| 5 コミュニティセンター | 15 塩入分館 | 25 横沼学供 |
| 6 鹿妻学供 | 16 裏沢生活センター | 26 南浦文館 |
| 7 道地学供 | 17 上小松生活センター | 27 上町学供 |
| 8 小松学供 | 18 表分館 | 28 老人福祉センター |
| 9 大曲小学校 | 19 表集会所 | 29 立沼分館 |
| 10 勤労者体育館 | 20 大島生活センター | 30 五味倉分館 |

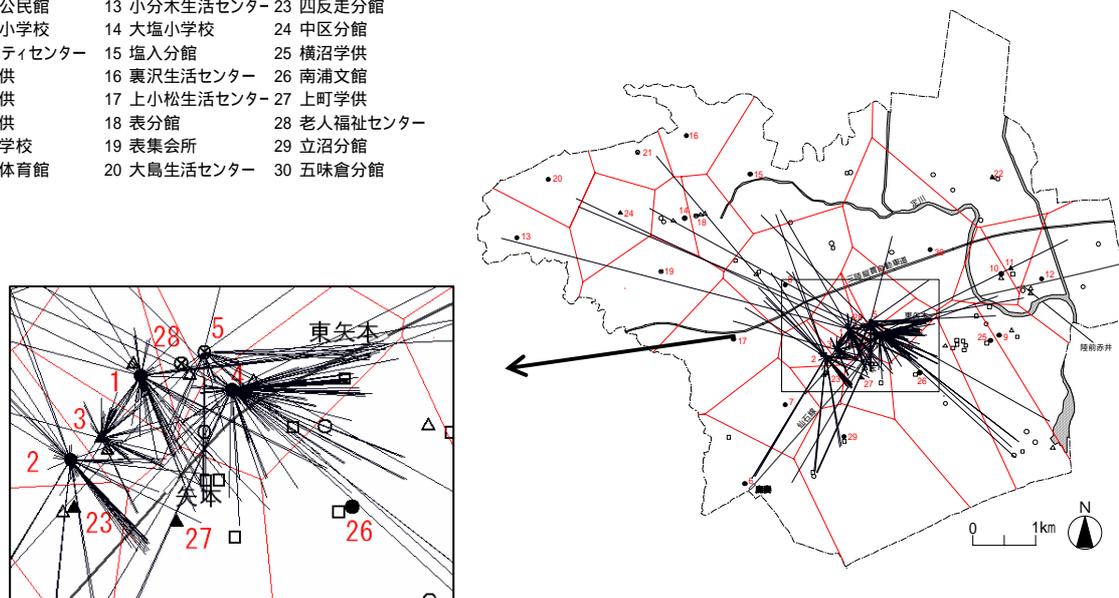


図3 避難所のポロノイ図および希求線図（矢本町）

表3 各避難所の90%避難圏域

| 避難圏区分(m) | 宮城県北部連続地震調査 | 90%避難圏域(m) | 阪神・淡路大震災調査 | 90%避難圏域(m) |
|-----------|-------------|------------|------------|------------|
| 0～500 | 西公民館 | 300～400 | 西灘保育所 | 200～300 |
| 500～1000 | | | 稗田小学校 | 500～600 |
| | | | 福住小学校 | 600～700 |
| | | | 麻耶小学校 | |
| | | | 青陽東養護学校 | |
| 1000～1500 | 矢本東小学校 | 1000～1100 | | |
| | 矢本第一中学校 | 1200～1300 | | |
| 1500～ | 矢本西小学校 | 1800～1900 | 神戸高校 | 1700～1800 |
| | コミュニティセンター | 1900～2000 | 王子スポーツセンター | 1800～1900 |

各町の避難者数の推移を示したものが図4である。各町とも地震発生から2日経過した時点で急激に避難者が減少しており、地震発生から数日後に避難者数がピークに達した阪神・淡路大震災とは対照的である。ヒアリングから、この地震では、局地的に家屋の全壊がみられ、その地域の住民が避難所生活を強いられている一方で、住居の被害が軽くても余震を恐れて避難した者や、地震発生当日に大雨警報が発令されており二次災害を恐れて避難した者、そして水道・電気の停止により一時的に住居での生活が困難となった者なども多く含まれていることが確認されており、そうした避難者の多くがこの時期に自宅へ戻ったと考えられる^{注1)}。その後、避難者が減少するにしたがって、避難所は統廃合を繰り返し、和室や冷房設備、調理設備のある施設に移動している。

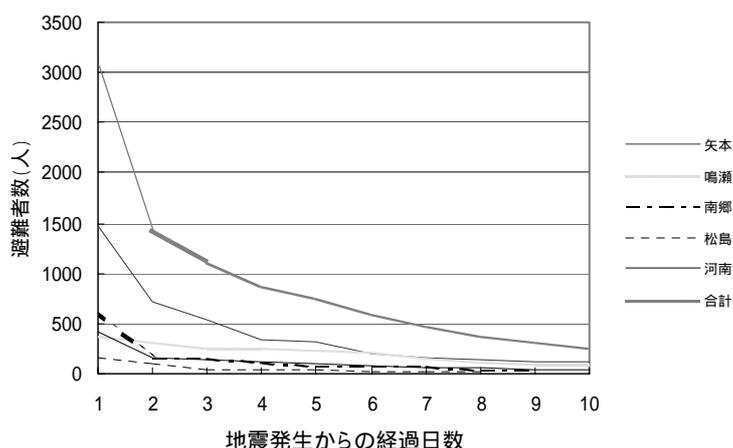


図4 各地域の避難者数の推移

c) まとめ

避難所選択行動に関する既往研究の成果、および宮城県北部地震における避難実態の調査結果より、避難所選択行動におけるいくつかの共通点が抽出された。特に、避難初動の多様性、近隣施設や日常生活において認知度の高い施設への避難傾向という共通点は、大都市震災時の避難所計画に反映されるべき一般性を有する内容であり、本研究の目標の1つである避難行動モデルへの反映を課題としたい。

2) 地域住民の大震災発生時における避難行動に関する意識調査

都市部における大震災に備えた避難所整備において、被災経験者の避難所に関する意識は有用な知見となる。被災者属性は多様であるが、中でも避難経験の有無、また居住地域の違いは、阪神・淡路大震災における被災のダメージの受け取り方の違い、ひいては今後の震災時における避難に関する判断や整備内容に関する評価の的確さに違いを生じさせることが予想される。震災時における避難所を想定した施設の、効果的な整備指針の目安としては、市民の避難所生活行動に関する現実性を有した意識を反映させることが適切である。そこで本報告では、1995年の阪神・淡路大震災における被災地の市民を対象にアンケート調査を行い、被災経験の違いによる避難所生活に関する意識や要求の実態とその傾向について比較考察を行う。

a) 調査の対象と方法

1) 研究対象地域

著者らが以前、阪神・淡路大震災における避難所調査^{文7)}を行った神戸市長田区と灘区の一部地域である。ともに住宅が密集する地域で、阪神・淡路大震災時には甚大な被害を受け、長期にわたり複数の避難所が運営された。主な違いとしては、灘区対象地域は、地理的には傾斜地であり、同震災時に火災の発生は免れた。一方、長田区対象地域は平坦地で、同震災時には多数の火災が発生し、避難所生活の長期化も特に問題となった。図5に両区の位置及び両区内の調査対象地域を示す。

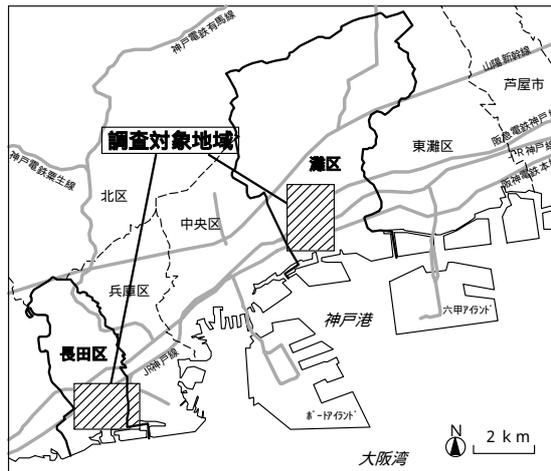


図5 調査対象地域

）研究の方法

2004年1月20日に神戸市長田区、灘区の一部地域に対し調査票を配布し、回収、分析を行った。アンケート調査に関する概要を表4に示す。

なお、主な調査内容は以下の通りである。

回答者属性：年齢、世帯、住宅、被災経験

震災時の避難行動：想定避難場所・避難所、避難所生活、避難所に要求する設備

表4 アンケート調査概要

| | |
|-------|------------------|
| 配布日 | 2004年1月20日 |
| 投函締切日 | 2004年2月2日 |
| 配布数 | 長田区1400通、灘区1400通 |
| 回収数 | 長田区228通、灘区292通 |
| 回収率 | 長田区16.3%、灘区20.9% |

b) アンケート回答者の属性

i) 年齢構成

長田区、灘区それぞれの回答者の年齢構成を図6に、また、図7に平成12年度国勢調査による両区の人口の年齢構成を示す。アンケートの回答者の年齢構成は、両区ともに、それぞれの人口の年齢構成と比較して、高齢者の占める割合が非常に多い。

）避難経験の有無

回答者のうち、灘区・長田区で阪神・淡路大震災に被災した人はともに約9割、自宅以外の場所に避難した人は6～7割、そして避難生活を送った人の割合も6～7割と非常に高い割合を示している。

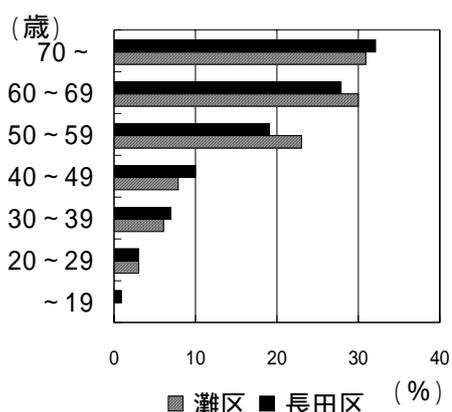


図6 回答者年齢構成

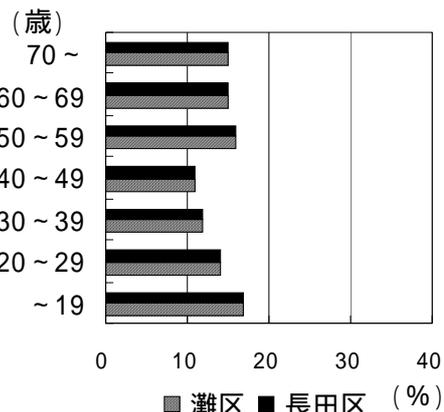


図7 対象地域人口の年齢構成

c) 被災経験と想定避難所生活の関係

ここでは、アンケート結果のうち、避難所生活に関する回答者の主だった想定と、回答者の居住地域および阪神・淡路大震災における自宅以外への場所への避難経験者（以下、経験者）と非避難経験者（以下、非経験者）という属性との関係に着目して回答の比較を行う。

i) 避難所生活に関する回答と属性の関係

避難所生活に関する回答と属性の関係について、「各属性のカテゴリーにおける、避難所生活の想定傾向は一致する」という帰無仮説のもと、²検定を行った結果を表5に示す。有意水準を0.05とし、ハッチングを施した項目は帰無仮説が棄却された部分となる。

表5 ²検定結果

| | | 避難所施設 分類 | 避難所想定 理由 | 避難期間 | 設備の絶対 必要度 |
|------------|-----|-------------|-------------|-------|--------------|
| 避難経験 | 長田区 | 0.024 | 0.911 | 0.020 | 0.113 |
| | 灘区 | 0.175 | 0.908 | 0.006 | 0.356 |
| 地域(長田区・灘区) | | 0.024 | 0.020 | 0.000 | 0.000 |

) 想定避難所の傾向 (図8)

検定では、地域および避難経験（長田区）で帰無仮説が棄却された。地震発生後、自宅での生活が困難な状況下での避難生活先について、長田区、灘区ともに、全体および経験の有無に関わらず学校施設を想定している回答者の割合が高い。まず、小学校が過半数以上を占めており、中学校・高校を含めた学校関係でみると約3/4を占めている。これより学校施設、特に小学校の震災時における避難所としての役割の大きさが示唆される。一方、経験の有無が想定避難所の回答割合の違いとして表れているのが公園である。灘区では非経験者のほうが、長田区では経験者のほうがそれぞれ高い割合を示しており、経験者と非経験者の選択の傾向が安定していないことから、公園を避難所として積極的に扱うことには慎重さを要すると考えられる。

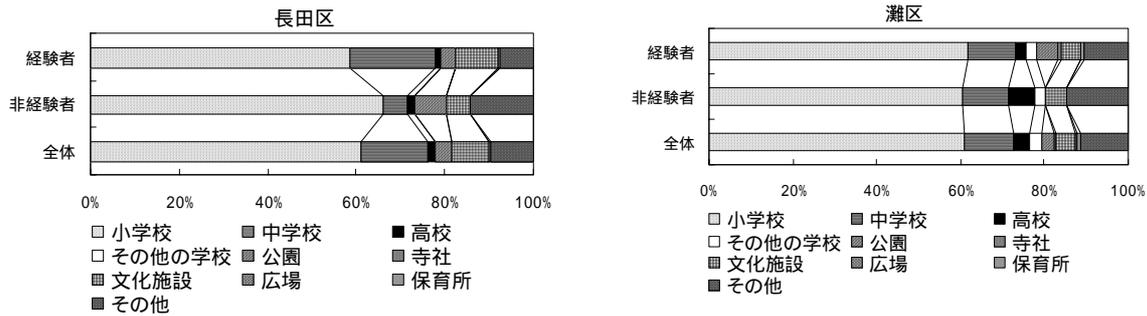


図 8 想定している避難所

）避難所想定理由の傾向（図 9）

検定では、地域で帰無仮説が棄却された。上記の避難所を想定する理由としては、図に示すとおり、長田区、灘区ともに、全体および経験の有無に関わらず「自宅から近い」、次いで「安全な建物だから」の割合が高い。

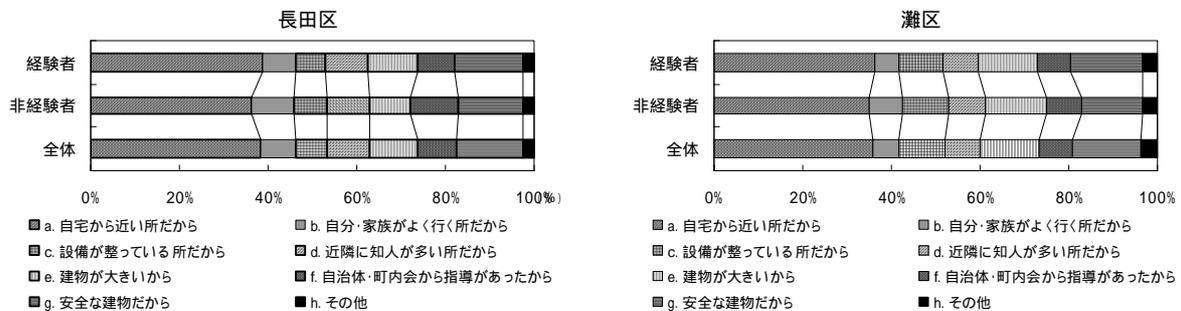


図 9 避難所を想定している理由

）想定避難期間（図 10）

地震発生から 1 週間程度を避難所で過ごした後も自宅での生活、そして仮設住宅への入居も困難な状況下での避難所生活の継続期間についてたずねた。検定では、地域、避難経験とも帰無仮説が棄却された。長田区と灘区ともに全体では、「すぐに新たな場所に移転」と「仮設住宅に移れるまでそのまま生活」の両極の項目の割合が高く、移転先がすぐ想定できる回答者とそうでない回答者の差が結果に表れたものと考えられる。経験の有無で比較すると、長田区、灘区ともに、経験者のほうが「すぐに新たな場所に移転」の割合が高く、経験者のほうが避難所の早期退所を望む傾向が指摘できる。

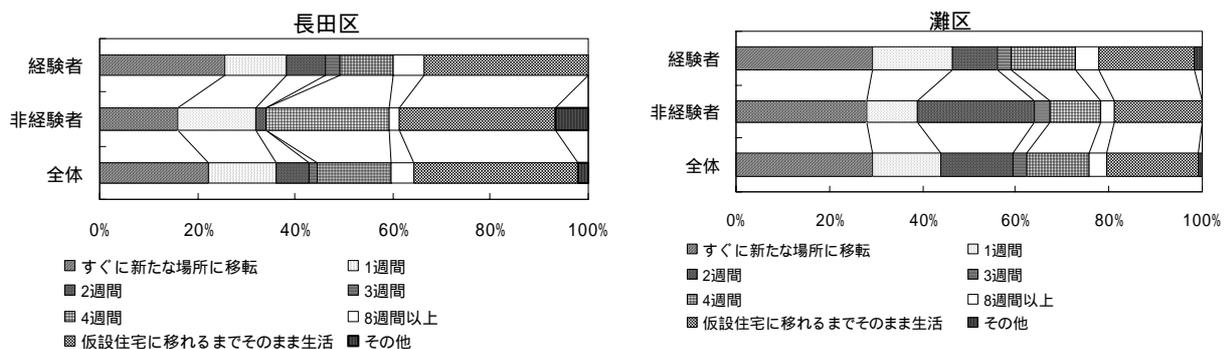


図 10 想定避難期間

）避難所設備要求（図 11・12・13）

避難所に必要な設備^{注2}）について、「絶対必要」から「不要」までの5段階での評価をたずねたものが図 11 である。検定は「絶対必要」の回答に着目しその割合について行った結果、地域で帰無仮説が棄却された。また、図 12・13 は、特に経験者の切実な要求を重視した避難所整備のレベル設定を行うための指標として、それぞれ長田区および灘区の経験者と非経験者の回答のうち「絶対必要」の回答割合、長田区および灘区の経験者に絞って想定する避難期間

ごとの「絶対必要」の回答割合をそれぞれプロットしたものである。

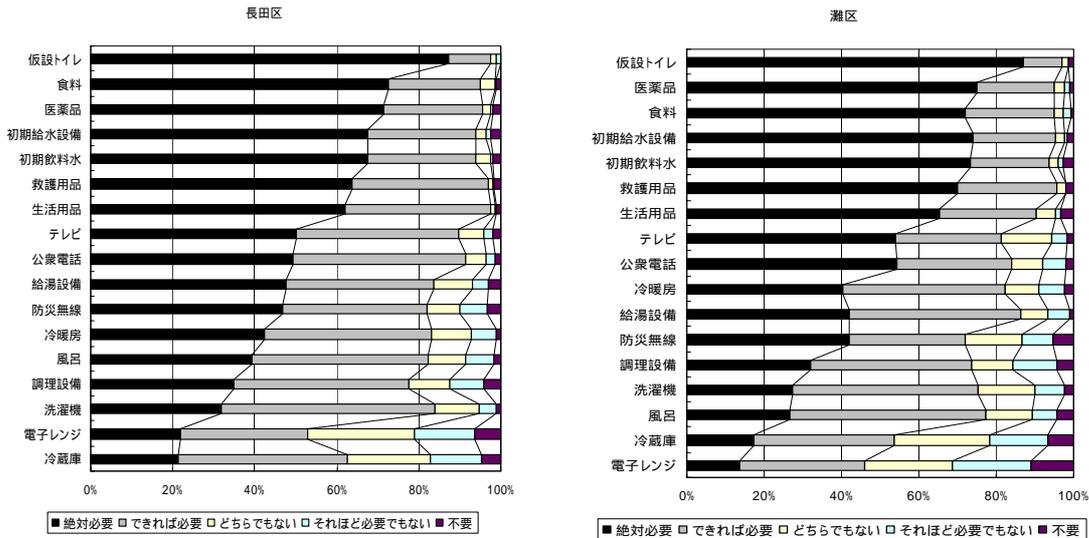


図 11 避難所生活に必要な設備

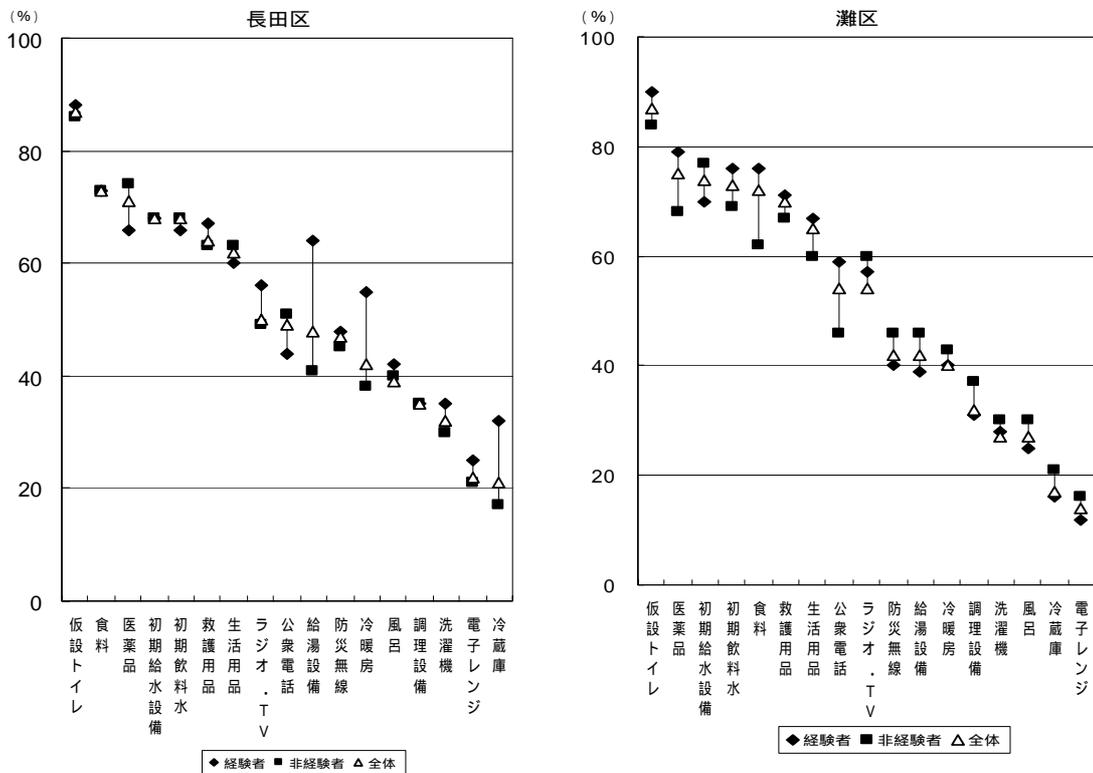


図 12 被災経験と設備要求

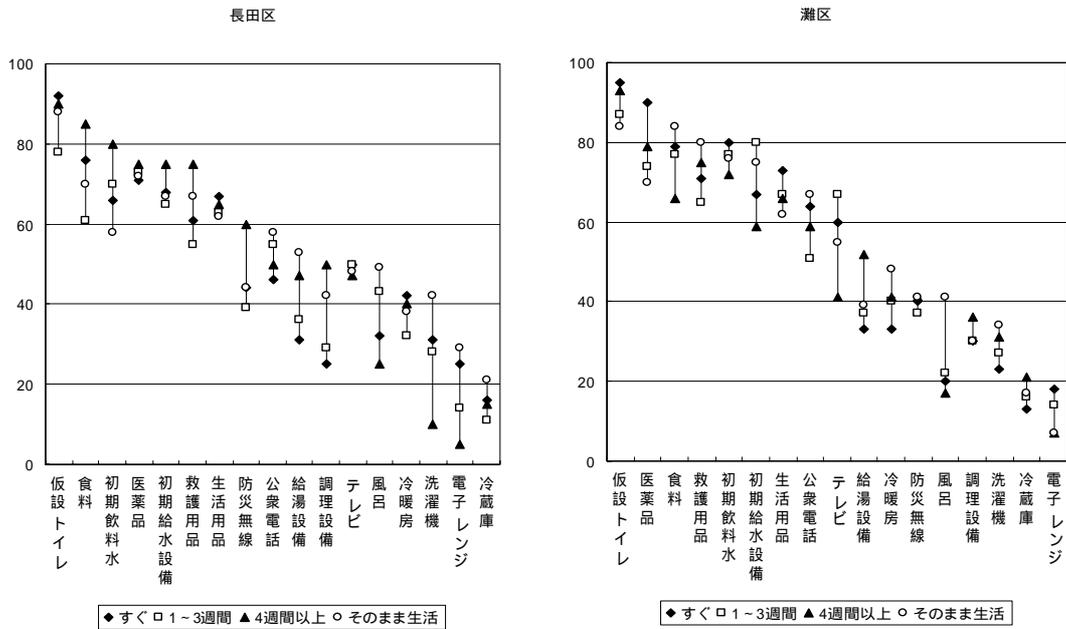


図 13 想定避難生活期間別の設備要求

図 12 より読み取れることは、長田区、灘区とも全体と比較すると、阪神・淡路大震災で排泄物の処理が大きな問題となったこともあり、ともに仮設トイレが最も高い。その他、項目の細かな順位の入れ替わりは両区の間であるものの、共通して食料、水、医療品など生命の確保に直接関わる設備や公衆電話、TV・ラジオなど必要な情報を収集するための設備が50%以上の割合を示し、給湯・冷暖房、調理設備といった生活向上のための設備が50%を下回っている。経験の有無で比較すると、長田区と灘区で経験者と非経験者の割合の大小関係が多くの項目で逆転している傾向がみられるのが特徴である。長田区では、避難生活向上のための設備で、灘区では生命の確保に直接関わる設備で、それぞれ経験者のほうが高い割合を示している。特に長田区で給湯設備、冷暖房、冷蔵庫が約20%の、灘区では食料、公衆電話が約15%の大きな開きをみせている。これは両区の阪神・淡路大震災における避難所生活の特徴が関係していると考えられる。主に、灘区では避難所立ち上げ期に発生する課題が、一方、長田区では冬から夏に至るまで季節を越えて長期化した避難所生活で発生した課題が重視され、回答に影響していると推測される。

また図 13 からは、長田区、灘区ともほとんどの設備で「仮設住宅に入居できるまでそのまま生活」という最も長期間の避難所生活の想定をした回答者の割合が、それよりも短期間の想定をした回答者の割合より高くなる傾向がみられ、特に避難生活向上のための設備でその傾向が強くなっていることが読み取れ、避難所生活の長期化にともなう設備に対する要求の変化が示唆される。

d) まとめ

阪神・淡路大震災での被災地市民へのアンケート調査から、被災および避難経験の差が市民の震災時における避難所生活に関する想定や避難所に対する要求内容に影響を及ぼしていることを示した。また、避難所整備の指標として、避難経験者の避難所設備に対する要求度を採用した整備レベルの提案を行っている。避難所の整備に際しては、画一的な整備に留まらない、それぞれの避難所に求められる役割に応じた適切な事前整備計画や、震

災発生後は予想される状況の変化に応じて避難所それぞれに適切な事後整備が実施されるよう、震災時に想定されるさまざまな状況に対応した要求を反映させうる避難所の整備レベルを設定することが望ましい。

3) 大震災時における避難行動モデルの最適化

a) 開発の方針

本研究では、1979年の大阪大学吉田勝行氏らによる避難シミュレーションプログラム(HISIM-5)をベースに、2年間をめぐり以下の改良を行う。

阪神・淡路大震災等の避難行動の実態を反映させる。

小学校区程度のミクロな地域での避難行動も扱える。

簡便に利用できる。

ハフモデルを避難所選択の根拠として採用する。

当時のシミュレーションシステムはFORTRAN言語で記述されているが、そのプログラムをWindows OS上で稼動するような改変を行っている。

b) プログラムの概要

吉田勝行氏らのプログラム(1979年)のフローチャートは図14のように表される。

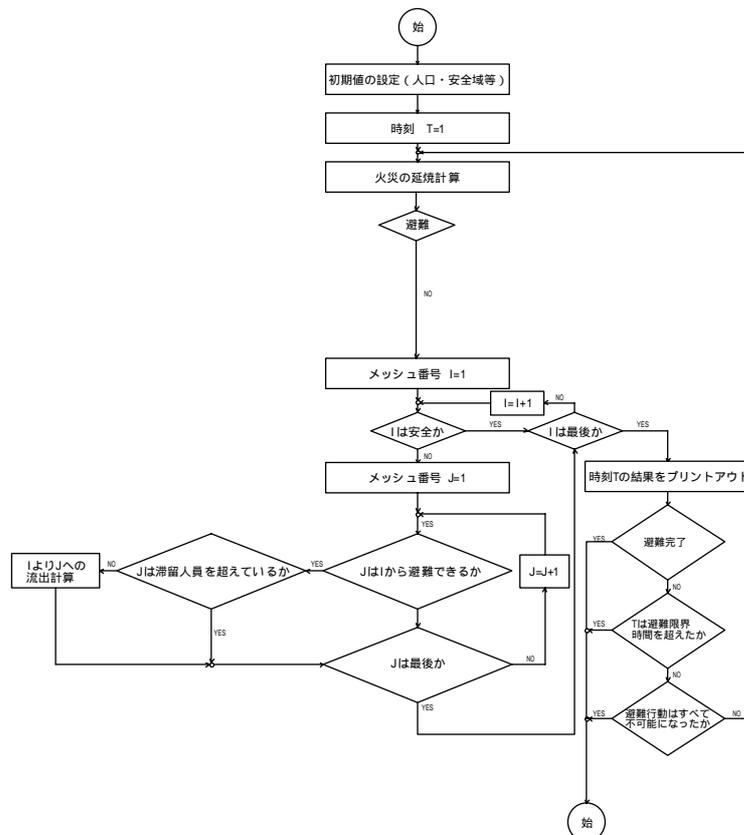


図 14 元になったプログラムのフローチャート

避難所選択行動のモデル化に際しては、複雑な地形を正方形のメッシュに分割して扱う。また領域内にあるメッシュに安全域フラグを設けることによって、そのメッシュを避難域

として指定することが可能である。また避難域に滞留可能人数、空地量の設定を行うこと
によって避難所、避難場所としての規模も同時に設定することが可能である。避難所選択
行動のルールはメッシュごとに決まるものとしている。つまり同一メッシュ内に属する避
難者は全て同じルールに従って行動するものとしている。また、あるメッシュから避難を
始めて、次のメッシュに移った避難者は、移った先のメッシュのルールに基づいて行動す
るものとする。避難所選択行動のルールは、後に述べるハフモデルに基づくものである。

また、扱うデータの種類としては、本プログラムでは避難所選択シミュレーションの前
提として、滞留密度、収容密度、群集流動係数という人間の行動に関する定数とともに、
地域差のある、道路率、人口分布、空地量、避難所魅力度を可変な各メッシュごとの定数
として扱っている。

c) 改良の概要

著者らの研究成果^{7,8)}を反映させ、避難選択要因としてのハフモデルの導入を行う。
ハフモデルに関しては、筆者らの調査結果⁸⁾をもとにした、施設魅力度パラメータを持つ
修正ハフモデルを適用している。施設魅力度に関するパラメータ（ここでは吸引指数）、
避難距離に関するパラメータ（ここでは抵抗指数）は次の関係式で示される。

$$P_{ij} = \frac{W_j d_{ij}^{-\alpha}}{\sum_j W_j d_{ij}^{-\alpha}}$$

P_{ij} : メッシュ i から避難所のあるメッシュ j に移動する確率

W_j : メッシュ j の魅力度

d_{ij} : メッシュ i 、 j 間の距離

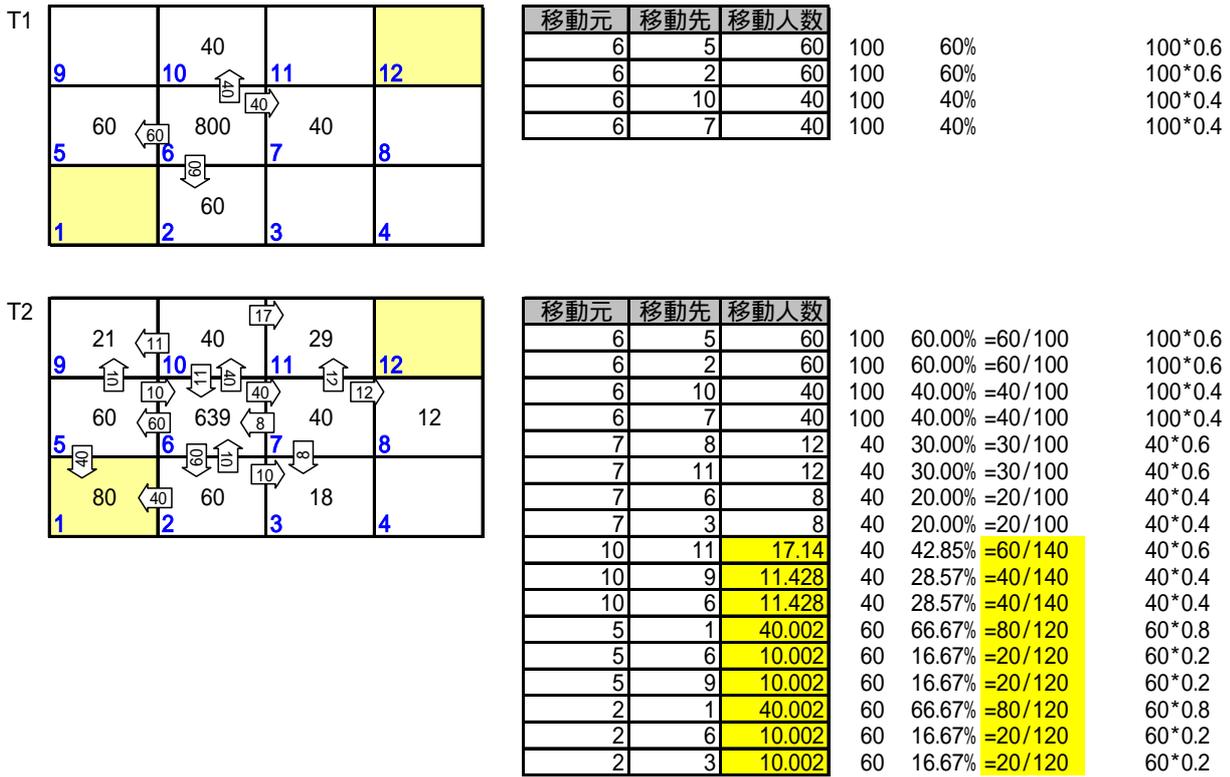


図 15 ハフモデルによる人口移動のモデル

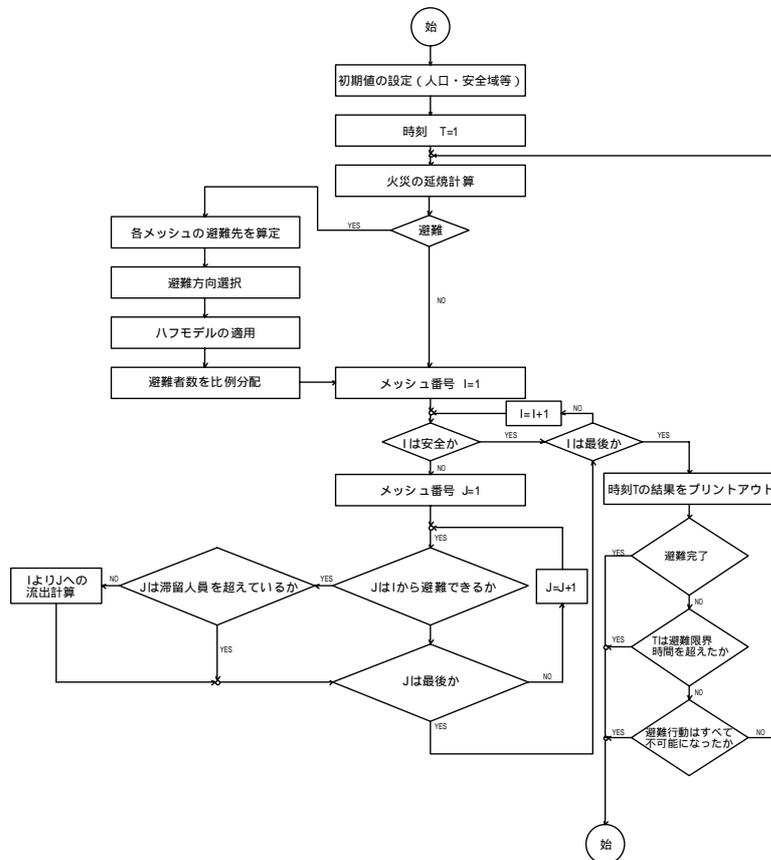


図 16 ハフモデルを導入したフローチャート

また、インターフェースの改良も大きな目的としており、本プログラムでは Microsoft Excel におけるマクロを用いており、データの変更が Excel 上で行えるため、操作が非常に容易になっており、データ入力に費やされる時間が短縮される。

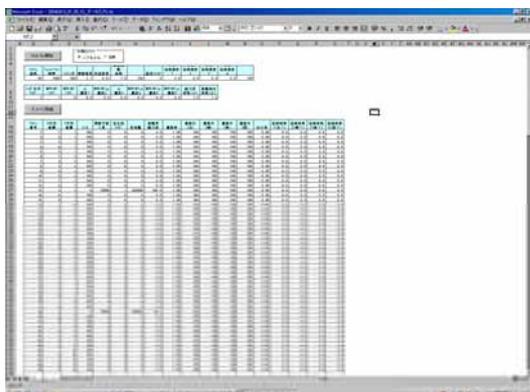


図17 Microsoft Excel によるデータ読込時のウィンドウ

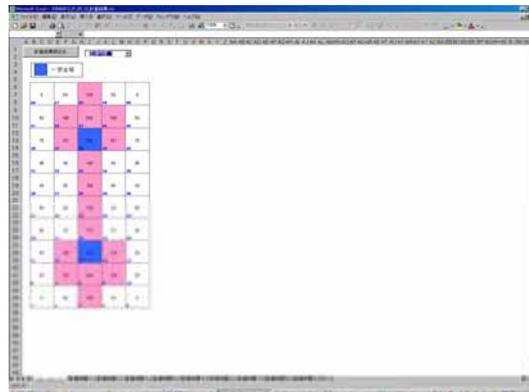


図18 Microsoft Excel によるデータ読込時のウィンドウ

d) デモンストレーションによる挙動

本報告では、500m 角の複数のメッシュによって作られる平面をシミュレーション対象地域としている。(50 個のメッシュによって 2.5km × 5km の平面を作成している。うち 2 メッシュを、避難所がある避難目的地 (左図着色部分) として設定し、それ以外のメッシュに 100 人ずつとなるように、避難者計 4,800 人が均等に分布している。)また、 と避難完了時における避難地の人口及びその比率、 と避難完了時刻 T の関係をグラフ化している。

これは今後、実際の震災等における避難所選択行動実態を反映したプログラムに改良する際、本プログラム自体の計算精度を確かめるとともに、抽象化されたモデルにおけるハフモデルの挙動を説明するためのものである。

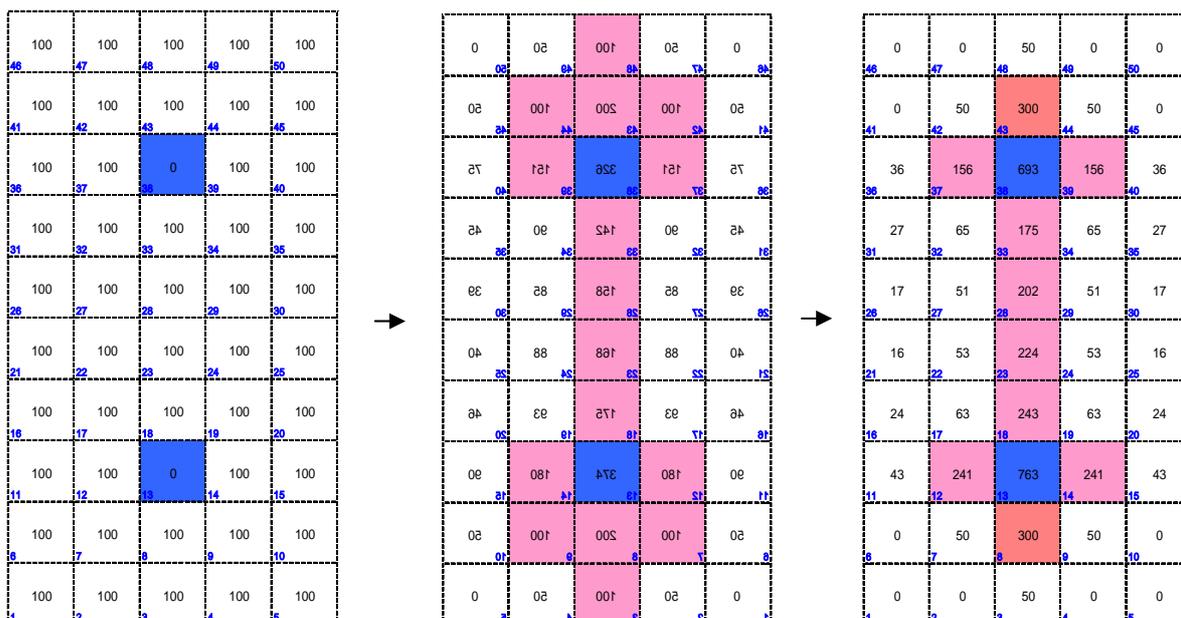


図19 時間経過による各メッシュ避難者数 (グラデーションは密度を表現。)

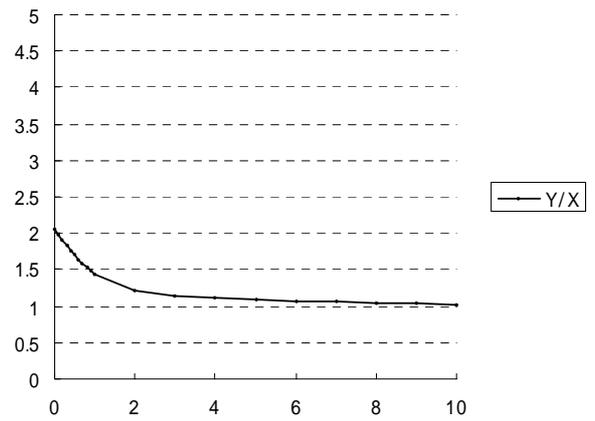
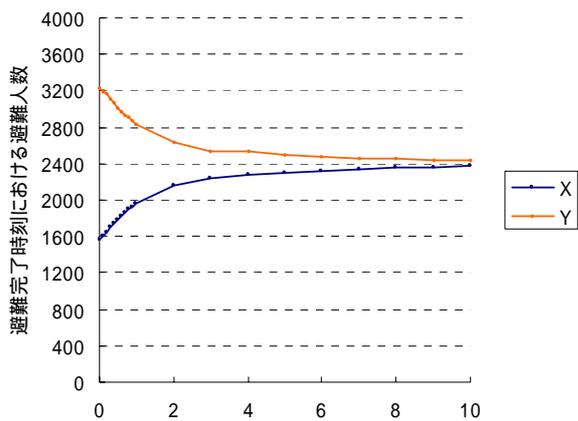


図 20 と避難人口の関係 (魅力度比 $X:Y=50:100$)

図 21 同 と Y/X (避難人口比) の関係

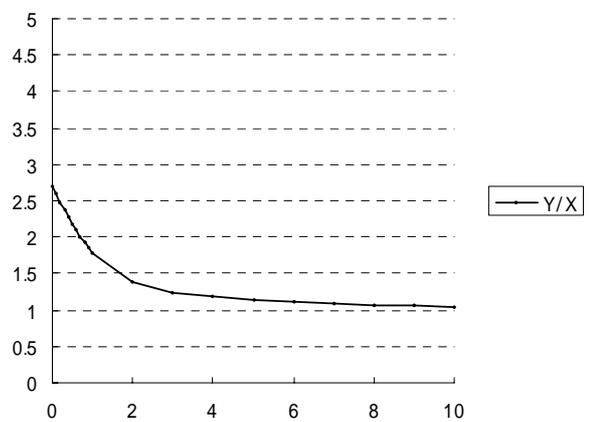
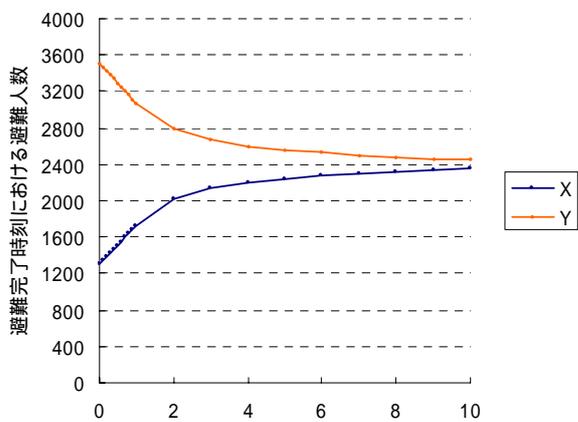


図 22 と避難人口の関係 (魅力度比 $X:Y=33.3:100$)

図 23 同 と Y/X (避難人口比) の関係

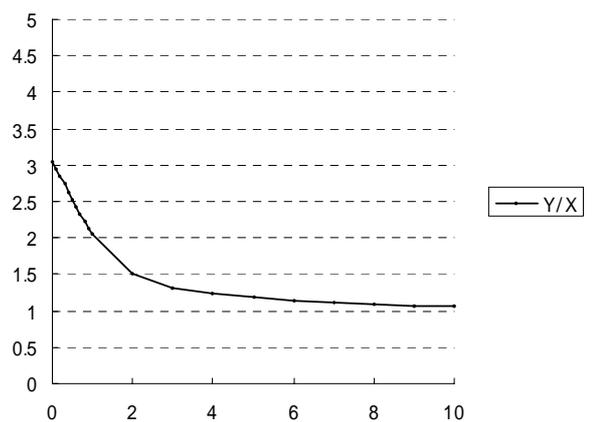
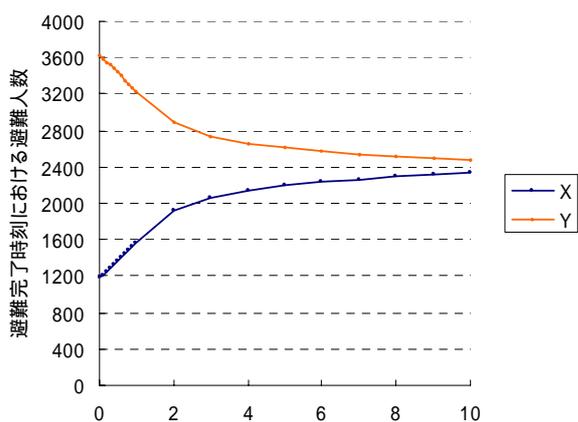


図 24 と避難人口の関係 (魅力度比 $X:Y=25:100$)

図 25 同 と Y/X (避難人口比) の関係

避難目的地 X (メッシュ番号 38)、Y (メッシュ番号 13) における避難所魅力度の値をそれぞれ 50、100 に設定したモデル、および 33.3、100 に設定したモデル、25、100 に設定した 3 種類のモデルにおける挙動をそれぞれ調べた。いずれのモデルにおいても、避難魅力度に差があることから避難者数に差があることが認められる。

) と避難人口の関係 (図 20~25)

を 1.0 に固定し、 と避難人口および避難人口比の関係をグラフにした結果、ある関係が見られた。 の値が小さいとき、それはハフモデルの定義より、避難選択要因が施設魅力度に依存することを意味し、避難完了時において、施設魅力度に応じた人口比に落ち着いている様子が認められる。また の値が大きくなるにつれて、避難選択行動は避難距離に強く依存するため、避難完了時における避難者数は施設魅力度に関わらず、X、Y においてほぼ同値に落ち着く様子が見られた。

) と避難人口の関係 (図 26~31 参照)

を 1.0 に固定し、 と避難人口および避難人口比の関係をグラフにした結果でも、ある関係が見られた。 の値が小さいとき、上記と同様ハフモデルの定義により、避難所選択要因が避難距離に依存することを意味するが、 = 0 のとき、避難完了時において、避難所魅力度に関わらず避難者数の比が 1 : 1 に近いものになっていることが見受けられる。(の増加に応じ、避難者数に差が大きくなり、避難所魅力度の比にもよるが、 の値が一定値を越えた時点から避難者数の比が一定になるという現象が見られた。これは本モデルにおける平面形状によるものであることが推測されるが、避難所魅力度の増加が避難所選択行動に与える影響に限界があることを示す結果である。)

) 、 と避難完了時刻 T との関係

、 と避難完了時刻 T との関係をグラフ化した結果、 、 が独立して変化した場合、 、 それぞれの値の増加に応じて、施設魅力度の比の異なる 3 つのモデルで全て避難完了時間が短縮されるという結果が見られた。これは避難所選択行動が避難所魅力度、または避難距離どちらか一方に依存することから選択が容易になり、避難行動が単純化されることから導き出されたと考えられる結果である。 T に関してはある線形関係、 T に関しては線形ではないが の増加にしたがって T の値が小さくなるという傾向が見られた。

e) 今後の課題

今後は、メッシュによって作られる平面形状、道路率、人口分布、空地量、避難施設魅力度など地域に固有な定数を本プログラムに反映させることで、現在報告されている実際の避難行動と照らし合わせる事が可能であると考えられる。その例としては 2003 年 7 月に起こった宮城県北部地震などのデータを参照し、 、 両指数を逐次決定することで避難選択行動に関する知見を得ることができる。また本プログラムの平成 15 年度の試行では、火災によって起こり得る、避難経路、道路率などの時間的な変化が反映できないが、新たなプログラムの改良によって火災を同時にシミュレーションできれば、阪神・淡路大震災における実態調査から得られたデータを参照

することでより現実的なシミュレーションを行うことも可能になり、既存の防災計画における避難地策定の方法に関しても言及することができるであろう。

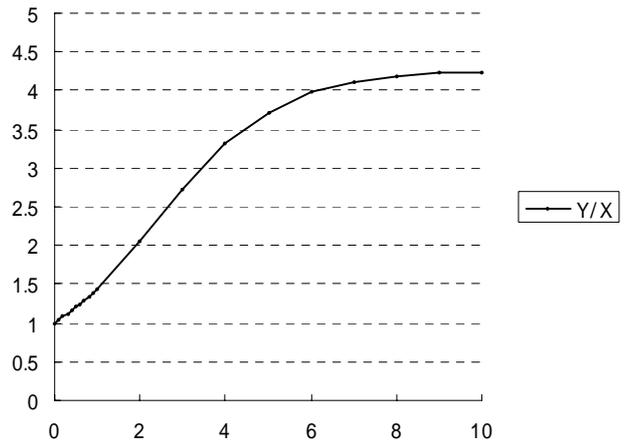
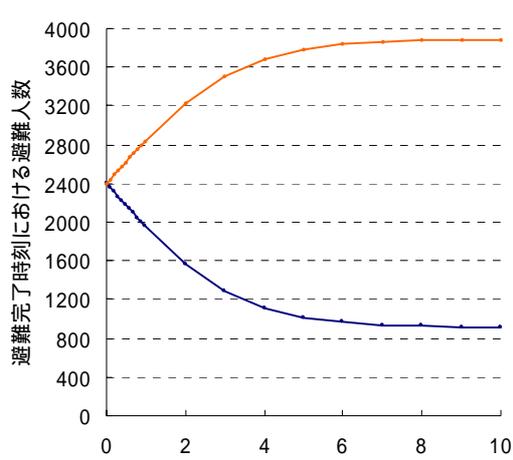


図 26 と避難人口の関係(魅力度比 $X:Y=50:100$) 図 27 同 と Y/X (避難人口比) の関係

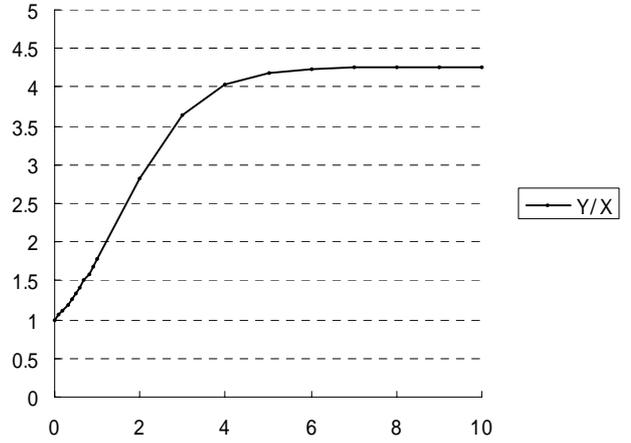
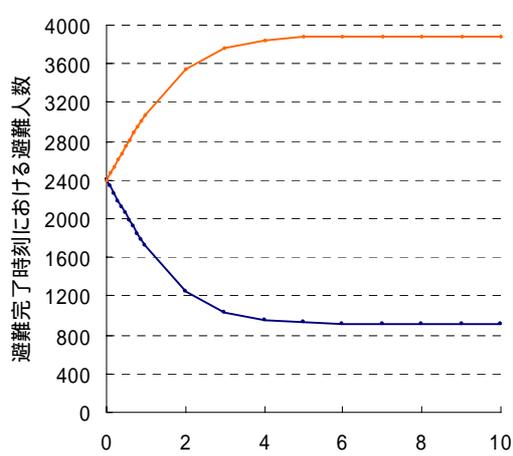


図 28 と避難人口の関係(魅力度比 $X:Y=33.3:100$) 図 29 同 と Y/X (避難人口比) の関係

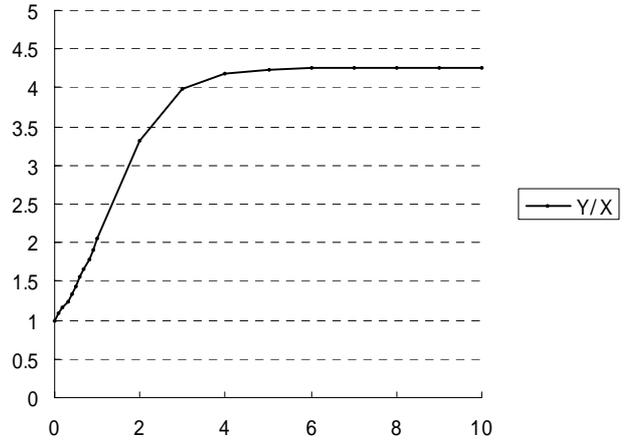
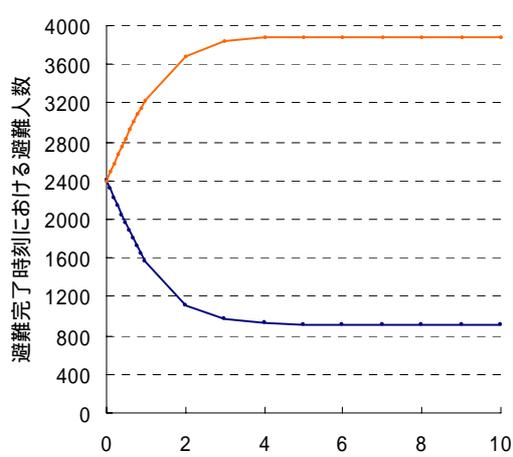


図 30 と避難人口の関係(魅力度比 $X:Y=25:100$) 図 31 同 と Y/X (避難人口比) の関係

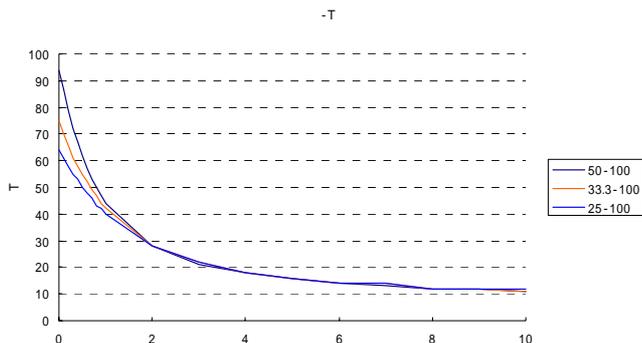


図 32 抵抗指数 と避難完了時刻 T の関係
($\alpha = 1.0$)

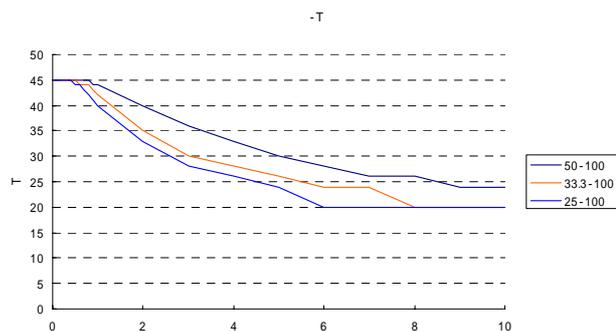


図 33 吸引指数 と避難完了時刻 T の関係
($\alpha = 1.0$)

注

- 1) 高齢者の中には、住宅危険度判定で「要注意」「危険」の判定が出されていても、「避難所が遠い」「家を空けたくない」などの理由で、2・3日目には家に戻って生活する人もいたとのことである
- 2) 設備項目の選択肢作成にあたっては、主要大都市自治体の地域防災計画を調査したうえで、特に充実した整備項目が挙げられていた横浜市防災計画(震災対策編)を参照した。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 阪神・淡路大震災における避難所選択行動実態の分析について

震災時における避難所選択行動に関する既往研究を把握するとともに、2003年に発生した宮城県北部地震での避難所選択行動の実態を調査した。その結果、大都市大震災における避難計画は、震災の様相により広域型と近隣型の対極的な避難が展開される可能性を視野に入れたモデルの提案が必要であると考えられた。

2) 地域住民への大震災発生時における避難行動に関する意識調査について

当研究機関の阪神・淡路大震災時における避難所調査の対象地域であった、神戸市の灘区(非火災地域)および長田区(火災地域)の2地域を対象に、大震災発生時の避難所整備のための指針を得ることを目的にアンケート調査を実施した。主な質問項目は、

想定する避難先

許容できる避難所生活の期間や空間的性能

避難所入所、退所を決定する外的要因

などである。その結果、回答者の被災経験の違いによって、想定する避難所や避難所生活の期間、避難所に要求する設備内容等に違いがみられ、被災の様相や各避難所に期待される役割の違いに、段階的に設定された整備レベルを対応させるべきであると考えられた。そして、整備レベルの指針として、被災経験と設備要求度、および避難経験者における想定避難所生活期間と設備要求度の関係を活用することを示唆した。

3) 大震災時における避難所選択行動モデルの開発

震災での避難行動を予測する避難行動シミュレーションモデルの提案の第一段階として、メッシュ型広域避難シミュレーションモデルの考え方をベースとして、以下の改良点を有した避難所選択行動プログラムの開発に着手し、現段階における挙動を確認した。

a) 小学校区規模の地域における被災者の詳細な避難行動もシミュレーションできるようにするための、メッシュ規模設定のフレキシビリティの向上。

b) 被災者が自主避難を行った場合の行動ルールとしてのハフモデルの導入。

c) シミュレーションを簡便に行え、またシミュレーション結果がビジュアルで容易に把握できるようなインターフェースの開発

今後の課題としては、平成15年度行ったアンケート調査の分析の継続と他の大都市部住民に対する避難所生活に関する意識調査、主要自治体への避難所整備に関する実態調査を通じて、避難所の整備レベルの指針およびその根拠を明確化していくこと、また、関連してそして避難所の規模・配置計画に活用しうる避難行動シミュレーションプログラムの完成を進める。

(e) 引用文献

1) 堀口孝夫，小坂俊吉：地震時の人間行動に関する研究その1，1964年新潟地震の広域避難行動，総合都市研究 第23号，pp77～92，1984．

2) 谷口汎邦，植田光洋，山香祥一郎，内田伸志，：既成市街地における住民の避難意識に関する基礎的研究，1977年度日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)，pp.705～706，1977．

3) 室崎益輝，磯脇正二，北後明彦：避難地選択嗜好と空間認知度，昭和55年度日本建築学会近畿支部研究報告集，pp.205～208，1980．

4) 塩崎賢明，平山洋介，児玉善郎，内藤裕道，後藤浩史，松崎朗人：阪神大震災における避難所生活者の住宅実態調査(その1) - 避難者の避難所生活の実態 - ，平成7年度日本建築学会近畿支部研究報告集，pp.809～812，1995．

5) 白井康德，室崎益輝，大森寿雅：阪神淡路大震災における市民の初期対応行動に関する研究その2 救助・救護活動と避難・退避行動について，平成8年度日本建築学会近畿支部研究報告集，pp.713～716，1996．

6) 岩見達也，室崎益輝，小屋かをり：阪神・淡路大震災における住民の広域避難の実態に関する研究，1996年度日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)，pp.43～44，1996．

7) 柏原士郎，上野淳，森田孝夫(編著)：阪神・淡路大震災における避難所の研究，大阪大学出版会，1998．

8) 阪田弘一：震災時における避難者数推移および避難所選択行動の特性 地域防災計画における避難所の計画に関する研究，日本建築学会計画系論文集，NO.537，P.141-148，2000.11．

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

| 著者 | 題名 | 発表先 | 発表年月日 |
|--------------------------------------|--|-------------------------|------------|
| 阪田弘一 森田孝夫 | 宮城県北部地震における避難所 選択行動と避難者数推移 | 第13回地域安全学会研究発表 | 平成15年11月8日 |
| 伊吹貫人 寺本佳織 森田孝夫 阪田弘一 高木真人 | 阪神・淡路大震災における被災 経験が異なる住民の被災時避難 所生活に関する意識と要求 | 2004年度地域安全学会一般論 文発表会 | 平成16年5月28日 |

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

| 名称 | 機能 |
|---------------------|---|
| 避難所選択行動シミュレーションシステム | メッシュ型広域避難シミュレーションプログラム(HISIM-5)をベースに、ハブモデルを避難所選択の根拠として新たに組み込み、対象地域の全避難者の避難先を予測する。 |

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成16年度業務計画案

(a) 地域住民への大震災発生時における避難行動に関する意識調査

平成15年度行った大震災を経験した神戸市でのアンケート調査の分析を進めるとともに、引き続き、大都市に居住する市民へ大震災発生時の避難行動および避難所生活に関するアンケート調査を実施する。平成15年度想定している対象地域は、大震災へ備え行政による様々な啓発活動や市民自身による自律的活動が育まれている1都市である。大都市における市民の避難に関する意識を把握するとともに、大震災を経験した神戸市市民との意識の違いなども考察する。

主な質問内容は、大震災に備えた自律的活動の有無やその内容、大震災発生時の避難先や避難ルート、許容できる避難生活の期間や生活の質、避難所退所を決定する外的要因、などである。

(b) 主要自治体への大震災発生時における避難計画に関するアンケート調査

全国の主要大都市の自治体への大震災時における避難計画について詳細なアンケート調査を実施する。

主な質問内容は避難計画の準備状況、指定避難所整備の実態、発生時のオペレーショ

ン計画の詳細、および早期避難所解消へ向けて復旧・復興計画との連携手法も含めた方策の現状、などである。

(a)および(b)の調査を通して、避難所として想定されうる各種施設の避難所としての潜在的適性から、想定設置期間や受け入れる被災者属性など震災時に果たすべき役割を見出すとともに、その役割に対応した事前・事後整備レベル、物資・各種サービス供給水準の提案を行う。また、避難所生活の長期化を阻むための各種方策も検討する。

(c) 大都市大震災時における避難行動モデルの構築および有効性の検証

平成15年度着手した避難行動シミュレーションモデルのプログラムの完成を進める。市民の避難に関する意識調査結果への適合性などから有効性を検証し、プログラムの問題点を修正し、より説明力の高いモデルの構築を進める。

避難行動シミュレーションプログラムによる、既往の大都市防災計画における避難所の配置・規模計画の有効性の評価手法を検討する。