

2014 年度 卒業研究

題 名

大阪梅田地下街における津波浸水からの避難に関する研究

指導教員 伊津野 和行 教授
川崎 佑磨 助教

立命館大学 理工学部

都市システム工学科 2160110103-0 番

氏 名 村山 誠治

要旨

災害が発生する以前に、避難時における問題点を把握しておくことは重要である。そこで本研究では大阪市北区の梅田周辺の地下街を対象とし、マルチエージェントシミュレーターを使用し南海トラフ巨大地震発生時における津波浸水からの避難シミュレーションを行った。

その結果、津波浸水の可能性を周知し、避難開始時間を早めることが重要であることを明らかにした。その一方で、現状では津波避難ビルの存在や位置を周知させた場合、かえって避難が遅くなることがわかった。現状の問題や混雑などを解消するためにも、津波避難ビルは増加させた上で、周知することが望ましいという結論に至った。

《目次》

第1章 序論

1.1 概説	p.1
1.2 研究の背景	p.1
1.3 従来の研究	p.3
1.4 研究目的	p.3

第2章 シミュレーションソフト artisoc について

2.1 概説	p.4
2.2 シミュレーションソフト artisoc について	p.4
2.3 シミュレーションモデルについて	p.5

第3章 本研究のシミュレーションモデルについて

3.1 概説	p.6
3.2 対象地域	p.6
3.3 設定条件	p.11
3.3.1 想定する地震と津波被害	p.11
3.3.2 避難人数と避難者の分類	p.12
3.3.3 避難速度と混雑度の考慮	p.12
3.3.4 通路幅について	p.13
3.3.5 避難場所と避難ビルについて	p.13
3.3.6 避難開始時間	p.15
3.3.7 避難方法と避難ビル情報について	p.15
3.3.8 階段の考慮について	p.18
3.4 シミュレーション結果の表示方法	p.21
3.4.1 属性マップ	p.21
3.4.2 密度マップ	p.23

第4章 シミュレーション結果と考察

4.1 概説	p.24
--------	------

4.2 シミュレーション結果と考察	p.24
4.2.1 避難時間に関する考察	p.26
4.2.2 避難看板が避難時間に及ぼす影響に関する考察	p.29
4.2.3 混雑に関する考察	p.32
4.2.4 避難者の属性に関する考察	p.33
4.2.5 避難場所に関する考察	p.36

第5章 結論

5.1 概説	p.38
5.2 まとめ	p.38
5.3 今後の課題	p.39

参考文献

謝辞

第1章 序論

1.1 概説

本章では、研究の背景と従来の研究を明らかにし、本研究の目的について述べる。

1.2 本研究の背景

我が国は海に囲まれた島国であり、国土の約2分の3が森林といった世界的にみても自然豊かな国である。しかし、その一方で多くの自然災害が発生し毎年多くの犠牲者が生まれていることもまた事実である。そして数ある自然災害の中でも、地震は広範囲にわたって甚大な被害をもたらす。これは関東大震災（1923年 死者・行方不明者：約10万5000人）¹⁾ や阪神・淡路大震災（1995年 死者・行方不明者：約6400人）²⁾ といった過去の事例からも周知の事実である。

また、近年では、2011年3月11日に東日本大震災が発生し、死者・行方不明者約18500人³⁾ という甚大な被害が発生し、今なお、約23万6千人が避難を余儀なくされている⁴⁾。中でも、それぞれの死因に注目すべきだと考えられる。1995年阪神淡路大震災の死因⁵⁾ (図1.2.1)の約80%が窒息・圧死である一方で、東日本大震災の死因⁶⁾ (図1.2.2)の約90%は津波による溺死であるというデータから、地震による被害はもちろん津波による被害も軽視できないことが分かる。そして、中央防災会議によれば、約60%の確率で30年以内に南海トラフ巨大地震が発生すると言われている⁷⁾。この地震が発生した場合、人口約880万人を抱える大阪府においては、死者は最大13万人、最大5mの津波が来るとも言われている⁸⁾。津波被害を最小限に抑えるためには、日頃から防災意識を高めることはもちろん、避難における問題点を把握し、さらには具体的な避難方法を検討、周知させることが必要である。

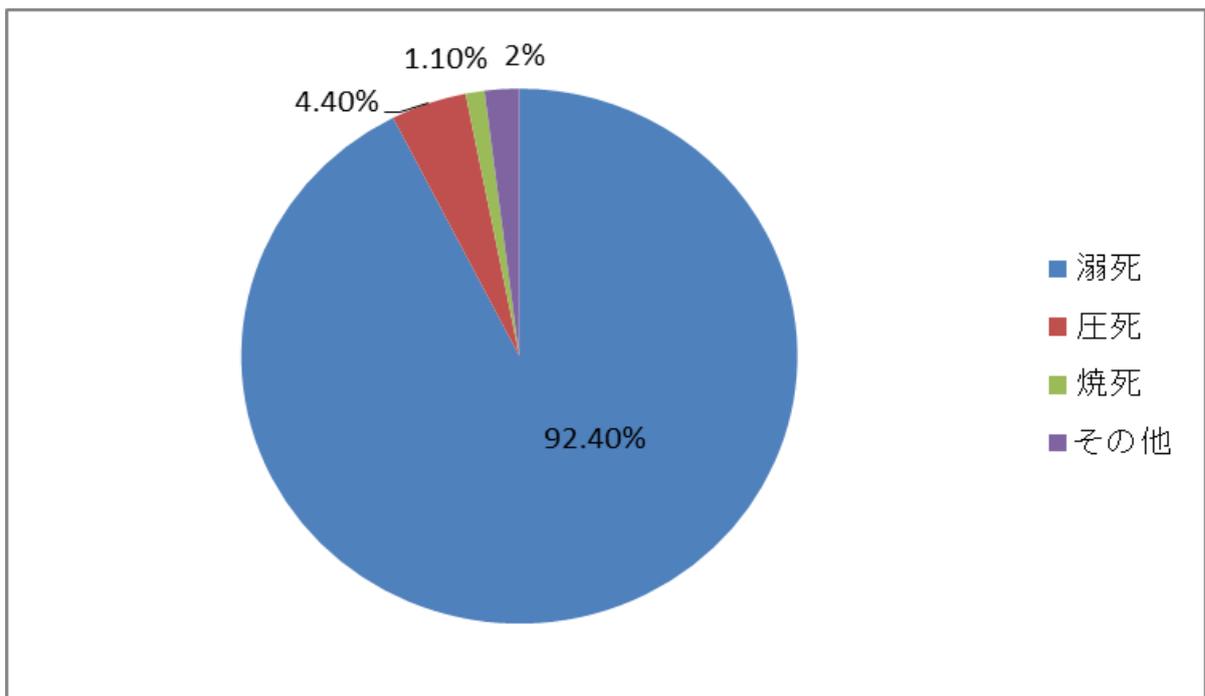


図 1.2.1 阪神淡路大震災の死因⁵⁾

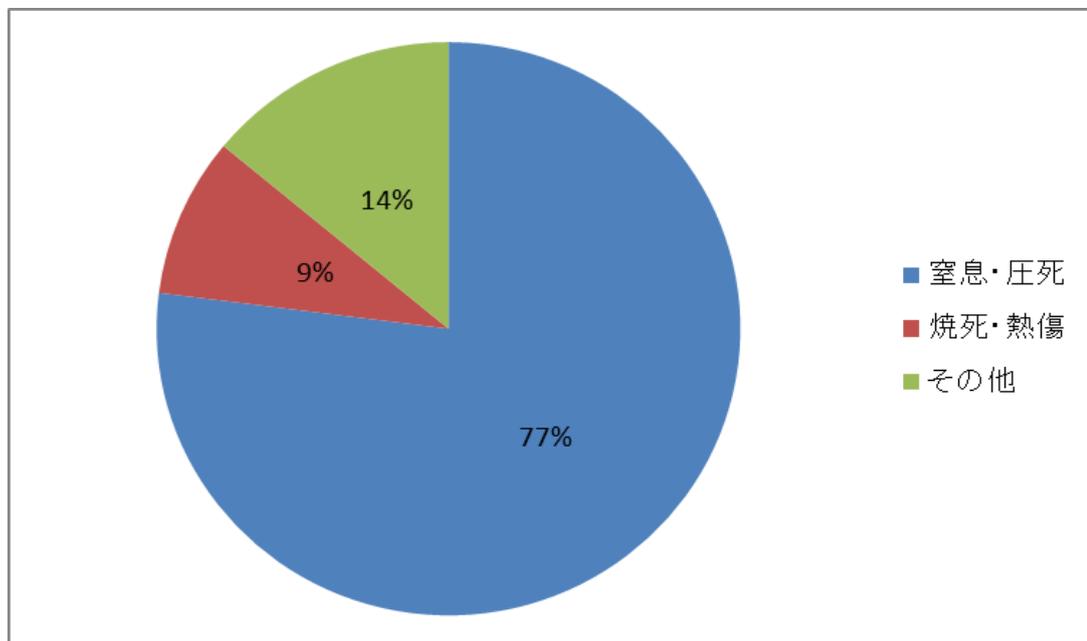


図 1.2.2 東日本大震災の死因⁶⁾

1.3 従来の研究

堀口は梅田地下街の中でも特に混乱が予想される区域を対象に、大規模地震による津波発生時の避難行動観測するためのモデルを作成した。⁹⁾ 性別や各個人の力など、詳細な条件を考慮したシミュレーションモデルを構築することで、避難率は人の力や速度といった避難者それぞれの属性ではなく、避難開始時の位置や混雑度、階段数などの場所の特性が大きく影響することを明らかにした。しかし、対象区域を限定していることや避難ビルの考慮がされていない。

近藤は津波来襲時、避難者は異なる行動特性を持つため、避難開始時間の違いや避難場所の設定パターンの違いなどから、津波からの避難率について検討している。¹⁰⁾ その結果、避難開始時間の早い人が増加することによって街全体での混雑が緩和され、結果的に避難開始が遅れた避難者が迅速に避難できることを明らかにした。しかし、避難場所の避難可能人数や津波避難ビルについての周知率について考慮ができていない。

太田外氣晴、山中浩明らは東日本大震災での動画から津波や人・自動車などの速度を調査し、その結果から避難時の現実的な速度は想定速度の約1/3であることを明らかにした。¹¹⁾ しかし、映像での速度調査のため、その誤差が可能な限り生じないよう工夫がされているが、それでも誤差が生じている可能性が高い。

柳原純夫・村上ひとみらは石巻本庁地区でのポスティングアンケート結果から避難における平均移動距離・移動手段・地域内移動パターン・発生した渋滞との関連性などをとりまとめることで今後の課題を明らかにしている。¹²⁾ しかし、このアンケートは仮設住居者のみが対象であること、また質問内容が複雑で児童の回答数が少ないことから、実際の同市の課題を明確にするためには少し不十分である。

1.4 研究目的

本研究は、大阪市北区にある梅田周辺の地下街を対象地域としている。従来の研究等では地下街の避難者はすぐに地上に避難すると想定した上で、シミュレーションを行っている。しかし章3.3.1で後述するように、地震発生後から第一波到達までに十分な時間があるため、すぐに地上に避難する必要性は高くない。むしろ、広大な地下街を利用し迅速な避難につなげるべきではないかと考えた。したがって、この梅田地下街で津波浸水の避難シミュレーションを実施し、現状の問題点を明らかにすることで最適な避難経路や避難方法について検討を行う。また、津波避難ビルの存在や津波の想定被害などの周知の必要性について検討することを目的としている。

第2章 シミュレーションソフトについて

2.1 概説

本章では、津波避難シミュレーションを行うために使用する解析ソフト artisoc3.0 とシミュレーションモデルについての説明を述べる。

2.2 シミュレーションソフト「artisoc3.0」について

本研究では株式会社構造計画研究所の artisoc3.0 を使用している。Artisoc3.0 とは、artificial societies の略称であり、人間の相互作用や個人の特性などが影響する社会現象などをコンピュータ上に再現することで、社会現象をより現実的に分析する「マルチエージェント・シミュレーション(MAS)」を構築することが可能なシミュレーションプラットフォームである。

また、この artisoc3.0 は 2003 年度より 5 年計画で実施された学術創成プロジェクト「マルチエージェント・シミュレータによる社会秩序変動の研究」の一環として株式会社構造計画研究所と東京大学大学院総合文化研究科・山影進教授によって開発されたものである。¹³⁾

2.3 シミュレーションモデルについて

artisoc3.0 内では、図 2.3.1 のようにノード（交差点）とリンク（道路）と称される二つの要素から、道路ネットワークが構築される。

本研究のシミュレーションモデルでは、避難者は避難場所までのルート検索において、コストと呼ばれる1つのリンク（道路）に要する所要時間の合計が最少となるルートを選択するように設定されている。このコスト（所要時間）は、道幅・混雑度・歩行速度から算出している。したがって、避難者は最短避難時間を計算し、最短時間経路で避難を行っていることになる。つまり、図 2.3.1 において、避難者は黒矢印の経路を選択することとなる。上記のようなルート選択の方法をダイクストラ法と呼ぶ。

実際の災害時の避難において、避難者全員が最短時間経路を選択し避難するとは考えにくい。しかし、本研究では最短時間経路で避難した場合の避難に要する時間を提示することで、迅速な避難指示の必要性、あるいは的確な避難経路の指示の必要性を提案するものとする。

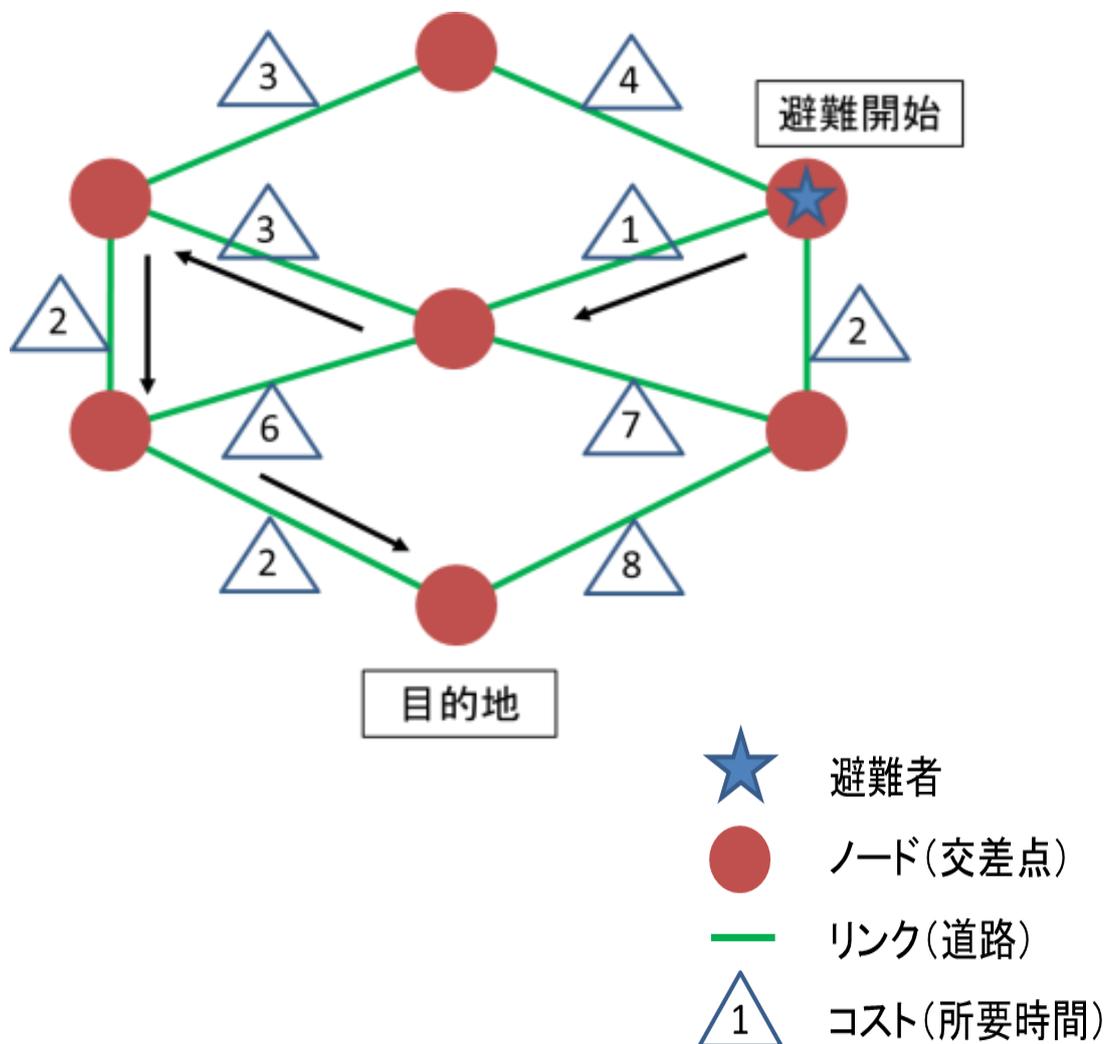


図 2.3.1 artisoc3.0 内における道路ネットワーク 概略図

第3章 本研究のシミュレーションモデルについて

3.1 概説

本章では、本研究で作成したシミュレーションモデルの対象とする地域や設定条件について述べる。

3.2 対象地域

本研究は、大阪市北区にあるJR大阪駅ならびに阪急梅田駅周辺の地下街を対象地域としてシミュレーションモデルを作成している。対象地域周辺には、阪急電鉄梅田駅・阪神電鉄梅田駅・市営地下鉄梅田駅、東梅田駅、西梅田駅、JR北新地駅といった多くの駅が密集している。またオフィスビル・商業施設・ホテルや百貨店などが点在している大阪の中心地であり、世界的にみても、鉄道の乗降客数が非常に多い地域である。(図3.2.1)



図 3.2.1 梅田周辺地域の様子

なお、第 2.3 章で前述しているように、artisc3.0 ではノード（交差点）とリンク（道路）で道路ネットワークを表現している。梅田の地下街は大小様々な通路で構築され、非常に複雑で。（図 3.2.2 図 3.2.3）

そのため本研究では図 3.2.4¹⁴⁾ をもとに、図 3.2.5¹⁵⁾ に地下街を簡略化したモデルを作成し使用している。（図 3.2.6）なお、避難行動の設定上、地上の道路を一部使用する必要性があるため、一部地上の道路をモデル化している。（図 3.2.7 赤線部分）

また、地上の道路を使用する場合あるいは避難ビルを使用する場合、必ず階段を利用するため、階段での速度低減、混雑を考慮する必要があると判断し、第 3.3.8 章において後述している。

梅田地下街のある大阪市の概要を下記に記す。（平成 22 年国勢調査）¹⁶⁾

人口・・・・・・・・・・・・・・・・・・266 万 5314 人
世帯数・・・・・・・・・・・・・・・・・・131 万 1523 世帯
65 歳以上人口（高齢者人口）の割合・・・22.7%
昼間人口・・・・・・・・・・・・・・・・・・353 万 8576 人
夜間人口・・・・・・・・・・・・・・・・・・2,665,314 人



図 3.2.2 梅田地下街 様子①



図 3.2.3 梅田地下街 様子②

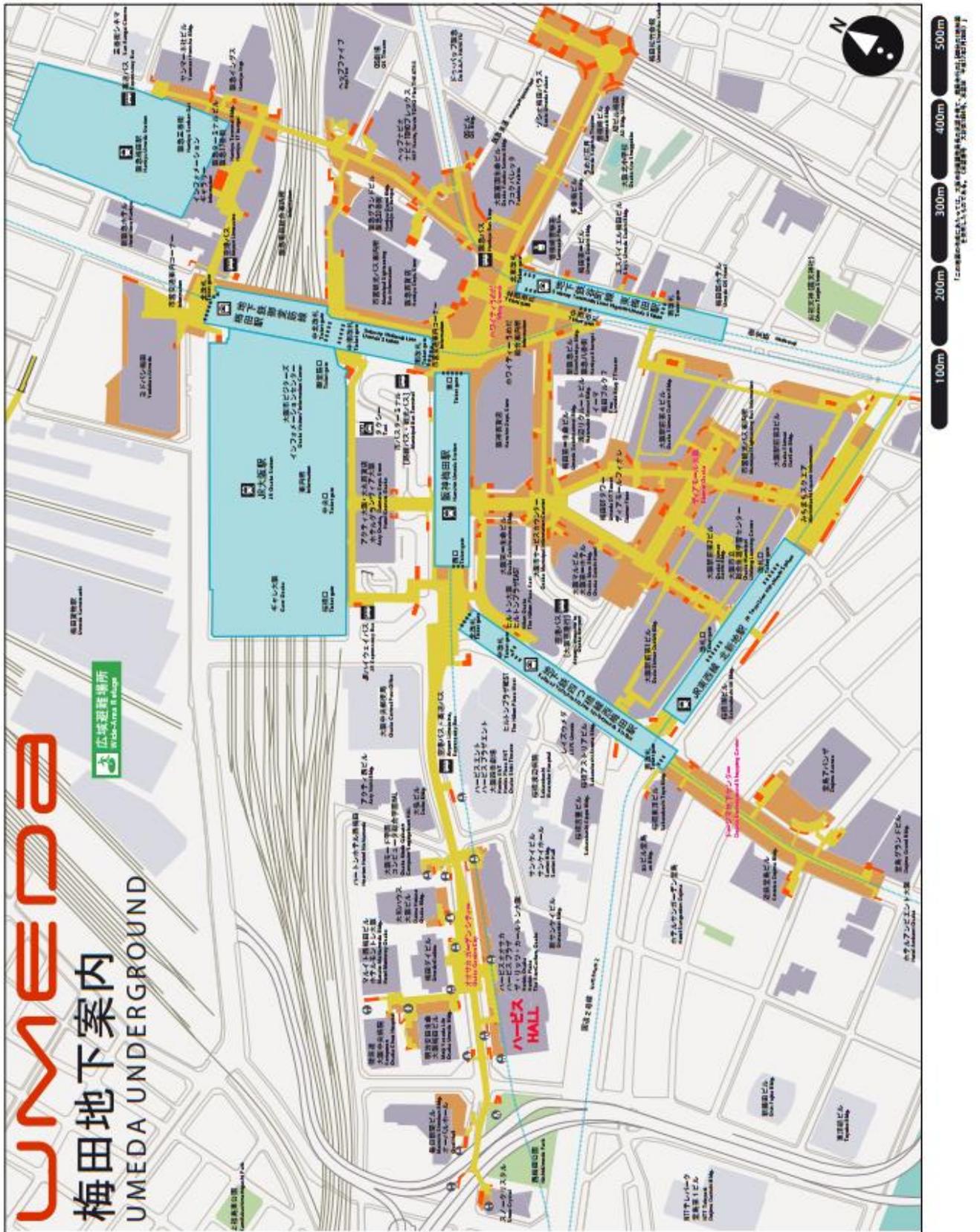


図 3.2.4 梅田地下案内図¹²⁾

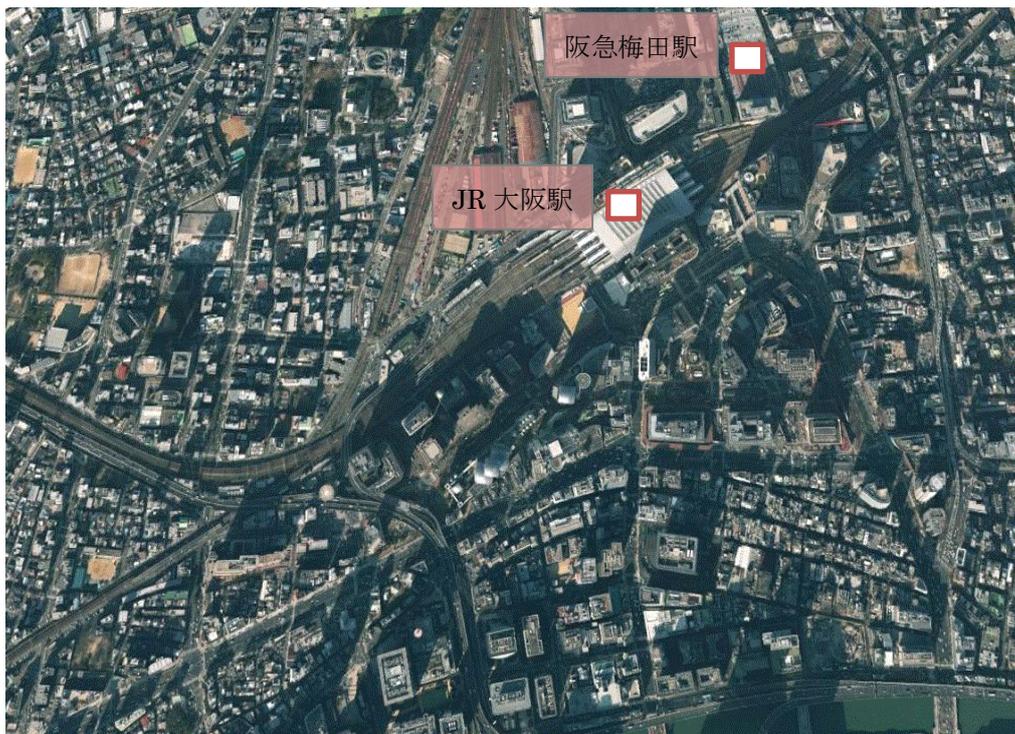


図 3.2.5 梅田周边上空地図
(Google earth¹⁵⁾ に加筆)

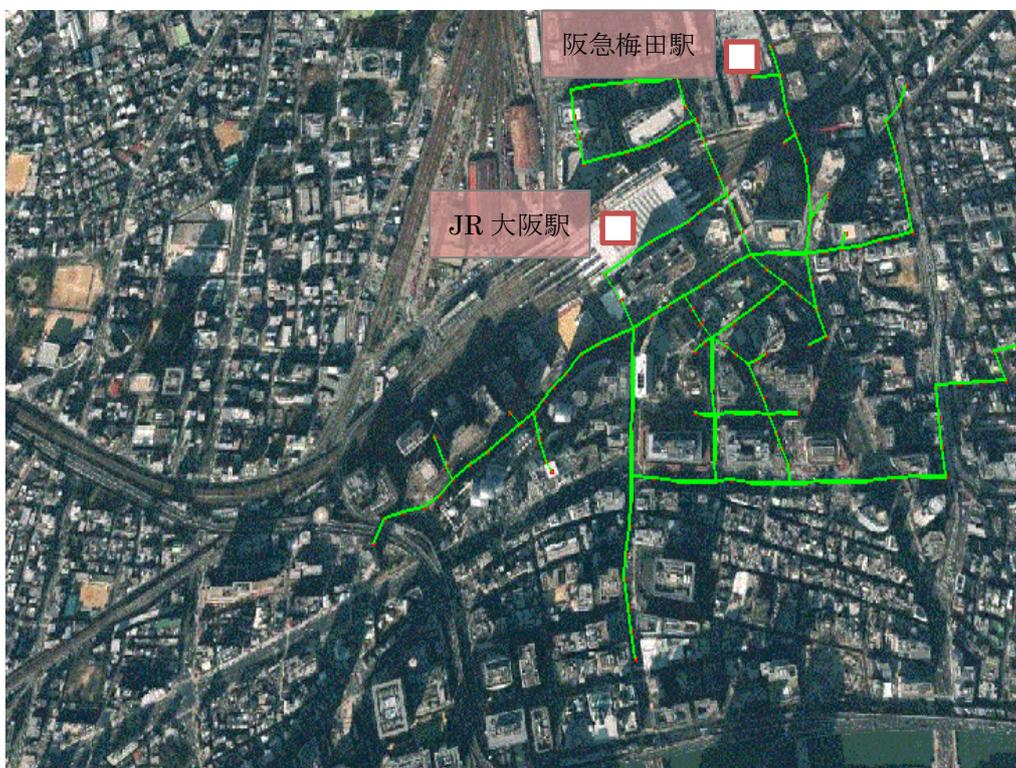


図 3.2.6 道路ネットワーク図
(Google earth¹⁵⁾ に加筆)

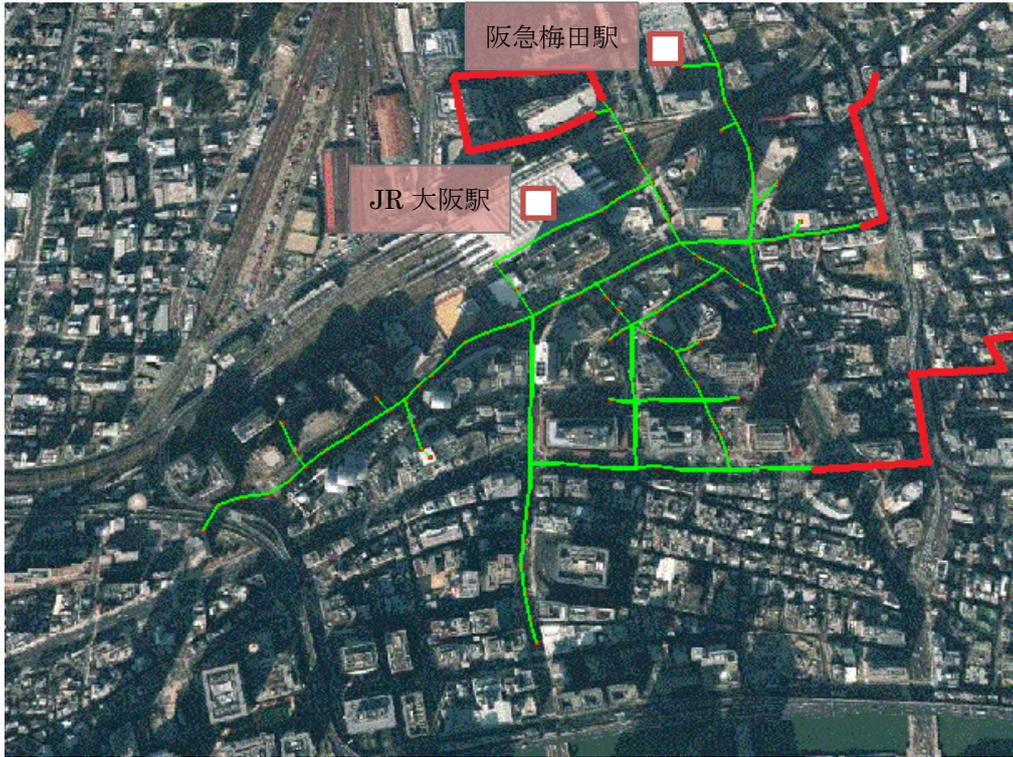


図 3.2.7 道路ネットワーク 地上道路（赤線）
（Google earth¹⁵⁾）に加筆

3.3 設定条件

本章では、シミュレーションモデルの各種設定条件の詳細について述べる。

3.3.1 想定する地震と津波の第一波到達時間

今回のシミュレーションでは近年、発生および被害が危惧されている南海トラフ巨大地震が発生した場合を想定し、モデルを構築している。なお、大阪市の発表に基づき、津波の第一波到達時間は地震発生後 1 時間 50 分と想定している。¹⁷⁾

3.3.2 避難人数と避難者の分類

大阪梅田地下街は増改築を繰り返しており、3つある地下街が結合されている。そのため地下街の一部であるホワイトメ田では一日約40万人以上が利用するというデータがあるものの、地下街全体での詳細なデータは公表されていない。そのため本研究のモデルでは、避難者数を7500人と仮定しモデルを作成している。

なお、避難者を表3.3.1のように4パターンに分類する。

避難者それぞれの割合は大阪市の人口分布¹⁸⁾(平成26年10月1日現在推計人口)から算出した値により定義している。

表 3.3.1 避難者の割合

	避難者の割合 (%)
乳幼児 (0歳～4歳)	3.8
16歳未満	5.4
16歳以上65歳未満	71.7
65歳以上	19.1

3.3.3 避難速度と混雑度の考慮

本研究では避難者の歩行速度を兼田敏之・artisocで始める歩行者エージェントシミュレーション¹⁹⁾を参考に、上記の表3.3.1の分類別に以下の表3.3.2のように定義している。なお、16歳～64歳の歩行速度は16歳～25歳、26歳～50歳、51歳～64歳のそれぞれの歩行速度の平均値を用いている。

表 3.3.2 避難者別 歩行速度

	歩行速度 (m/s)
乳幼児 (0歳～4歳)	1.39
5歳～15歳	1.53
16歳～64歳	1.47
65歳以上	1.16

また、避難時の混雑による首都直下地震避難対策等専門調査会報告²⁰⁾の混雑度別混雑の状況を参考に、表 3.3.3 のように 6 段階の歩行速度補正係数を設定した。

表 3.3.3 混雑度別 歩行速度補正係数

混雑度(人/m ²)	~1.5未満	1.5~2.75未満	2.75~4未満	4~5.25未満	5.25~6未満	6~
歩行速度補正係数	100%	87%	63%	38%	17%	9%

※混雑度(人/m²)1.5未満時の歩行速度を基準とした場合

3.3.4 通路幅について

対象地域としている大阪梅田地下街は統一された通路幅ではなく、また通路幅についてのデータは公表されていない。そのため本研究では現地調査を行い、そのデータを通路幅として使用している。なお、調査方法は実際に通路を歩行し、通路幅を歩数で計測した。得られたデータに測定者の歩幅（10 歩当たり 870cm）を乗算するという方法を取っている。

3.3.5 避難場所と津波避難ビルについて

本シミュレーションモデルでは、JR大阪駅、阪急梅田駅ならびに大阪市が指定している津波避難ビル²¹⁾を避難場所として指定している。梅田地域にはこの他にも駅はあるが、全て地下駅であるため、本研究では避難場所として選定していない。

津波避難ビルとは津波等による浸水被害が発生、又は発生するおそれがあるときに、一時的に避難することができる3階建て相当以上の堅牢な建物のことであり、大阪市が津波避難ビルを選定している。大阪市北区では、東南海・南海地震による津波の想定浸水エリアに新たに含まれた（平成24年8月内閣府発表）ことを受け、津波避難ビルとして民間施設・市営住宅・市立学校を選定し、避難可能人数を設定している。（2014年6月19日現在）しかし今回、対象地域の避難者が利用できると考えられる津波避難ビルは民間施設のみであった。その中でも、比較的近辺と考えられる津波避難ビルを選定し、本モデルの避難場所として設定した。表 3.3.4 が避難場所の名称と避難可能人数であり、図 3.3.1 が地図上における避難場所である。図 3.3.1 では津波避難ビルは白色で表示されているが、収容人数を越えた場合、赤色で表示されるよう設定している。

なお、駅を避難場所とする避難者が最大何人程度発生するかを明らかにするために、本研究ではJR大阪駅と阪急梅田駅の避難可能人数を無制限としている。

表 3.3.4 避難場所名称と避難可能人数

	施設名称	避難可能人数
①	ポートピア梅田(北大阪堂山ビル)	2805人
②	大阪富国生命ビル	736人
③	兔我野町 聚楽マンション	114人
④	グランフロント大阪 南館、北館	3000人
⑤	ブリーゼタワー	1000人
⑥	阪急梅田駅	無制限
⑦	JR大阪駅(南口)	無制限
⑧	JR大阪駅(桜橋口)	無制限

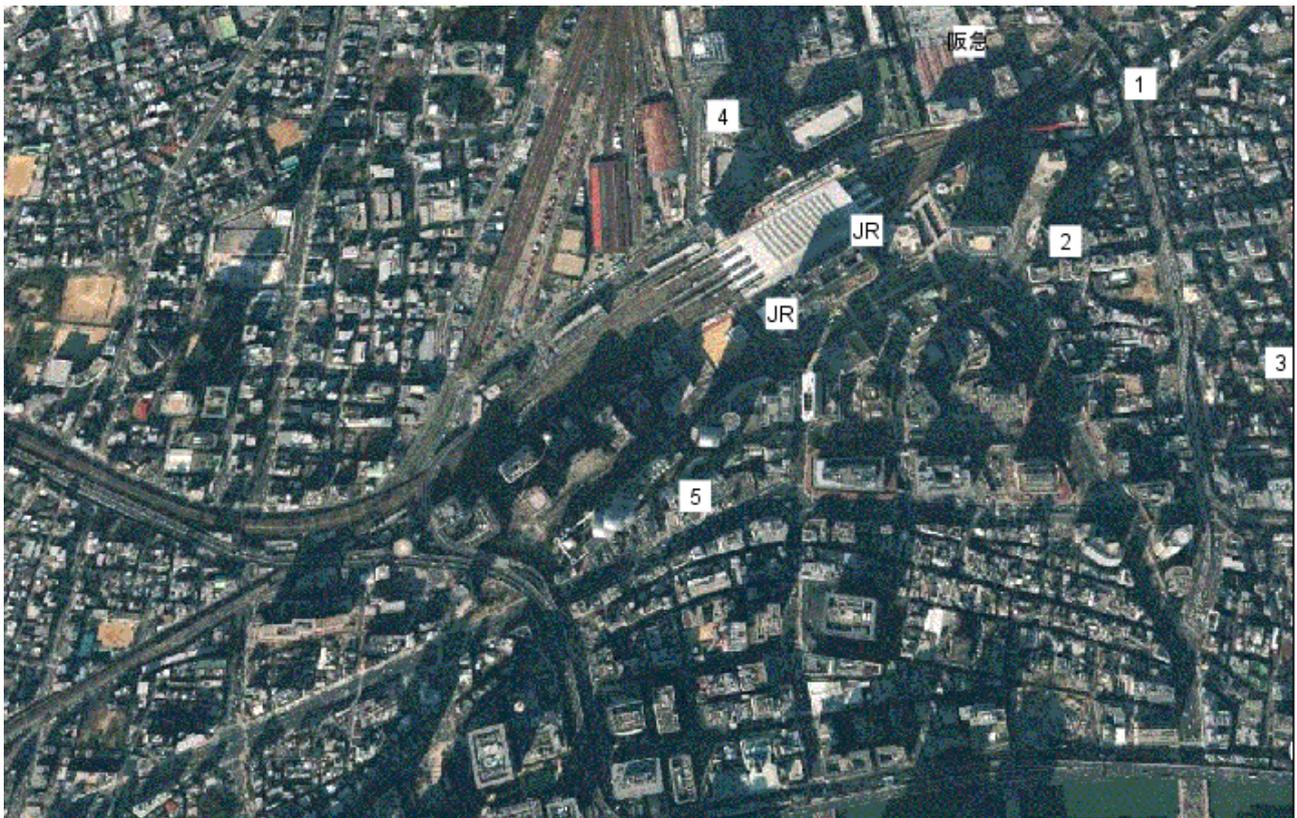


図 3.3.1 地図上における避難場所の位置
(Google earth¹⁵⁾) に加筆

3.3.6 避難開始時間

東日本大震災の津波被災現況調査結果（第3次報告）²²⁾によれば、東日本大震災発生時、地震発生後30分以内に避難開始をした人は約80%、地震発生後約10～15分後に避難を開始した人が最も多いといったデータが得られている。上記のデータを考慮すると、対象地域である大阪梅田地下街においては、全ての避難者が地震発生直後津波から避難を開始するとは考えにくい。実際に、東日本大震災発生時首都圏では、被災者の多くが駅や広場に密集していた。しかし、避難開始時間についての詳細なデータはなく、また予測も困難である。したがって、本シミュレーションモデルでは地震発生後すぐに避難を開始したと仮定することで、避難行動の初動を何分以内に行うべきについて考察することとする。

3.3.7 避難方法と避難ビル情報について

本研究では、避難者は図3.3.2のフローチャートに従って行動するものと仮定した。初期避難行動（図3.3.2 分岐①）において、避難場所として避難ビルを選択する割合は変更できるように設定している。本研究では、避難ビルの情報の有用性を判断するため1%・25%・50%・99%の場合について検討している。

また、避難行動中に津波避難ビル情報を入手し、避難場所を避難ビルに変更する避難者がいることを考慮し避難ビル情報を持った看板を設置している。情報取得後、避難場所を津波避難ビルに変更する確率を10%としている。（図3.3.2 星印）なお避難看板は津波避難ビルの近辺および通行人が多いと考えられる通路の交差点に設置しており、図3.3.3の黄色△が避難看板を表現している。

津波避難ビルが収容可能人数を越えた場合は（図3.3.2 分岐②）、避難できなかった避難者が再び避難ビルに向かうとは考えにくいいため、別の津波避難ビルへ避難する確率を10%と設定している。

なお、非常に混雑している場合（混雑度）も、10%の確率で別の津波避難ビルへのルートを再検索する。

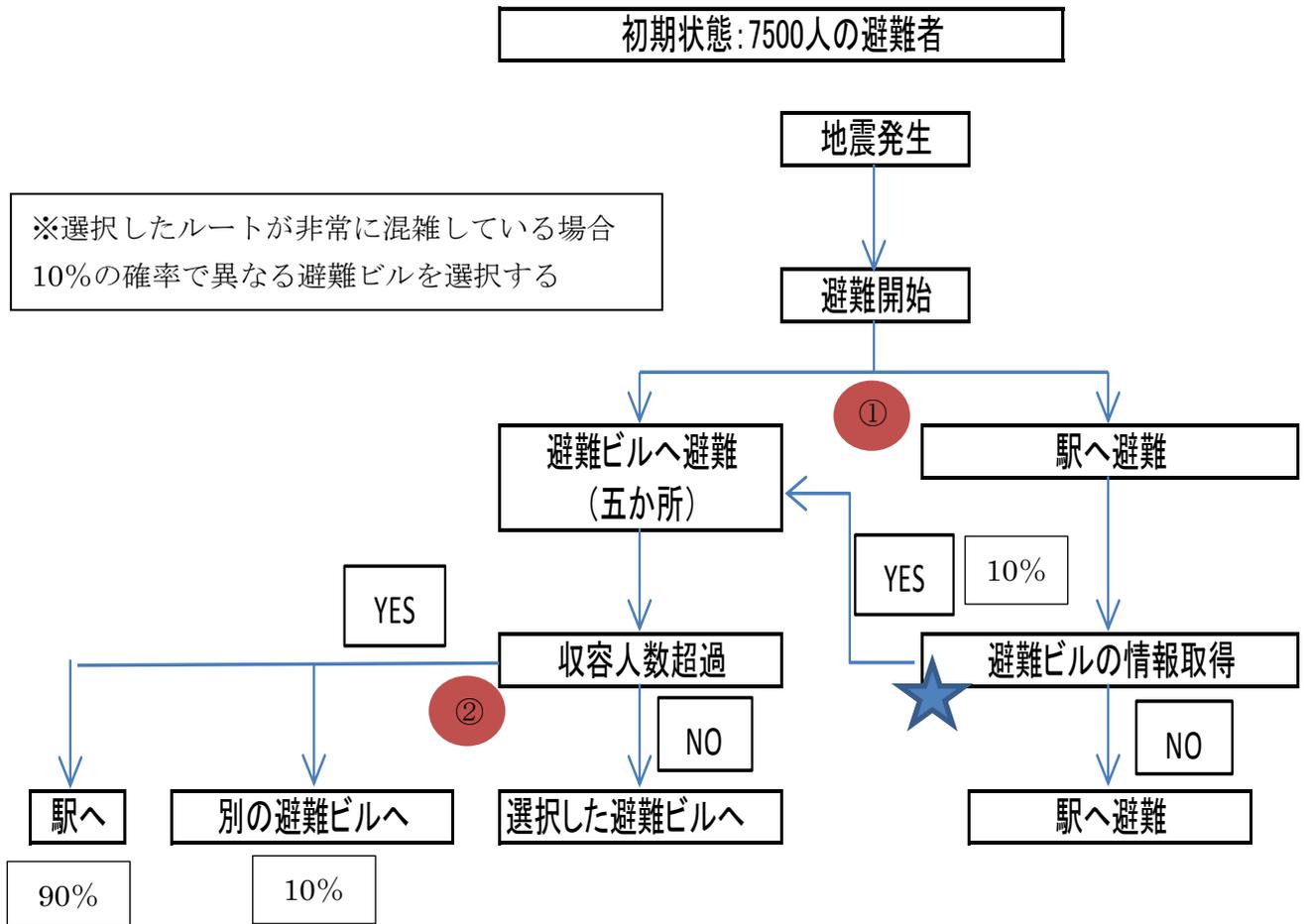


図 3.3.2 避難行動フローチャート

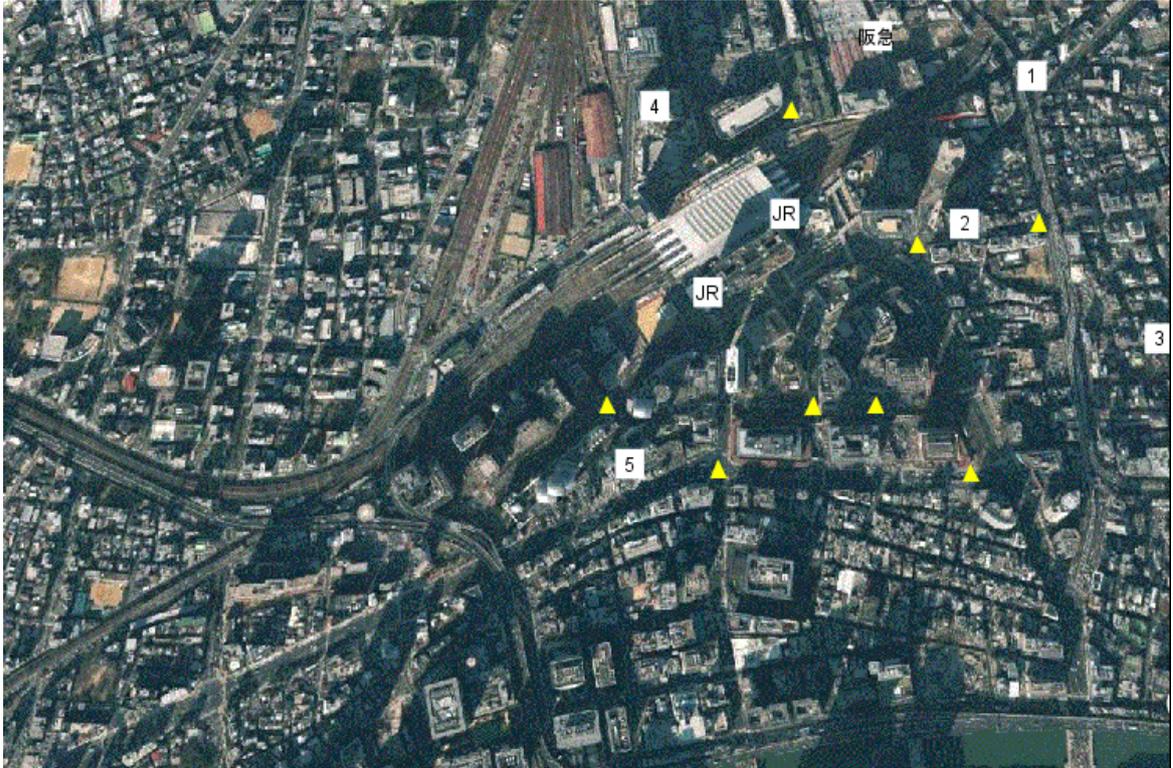


図 3.3.3 地図上の避難看板
(Google earth¹⁵⁾) に加筆

3.3.8 階段の考慮について

本研究のシミュレーションモデルは、地下街の道路ネットワークおよび一部地上の道路しか作成していない。しかし、地上の道路を使用する場合あるいは避難ビルを使用する場合、必ず階段を使用する必要がある。そこで本研究では以下の2パターンに分類し、階段を考慮し歩行速度を低減させている。地図上における階段部分は図 3.3.6 の黄色の円部分である。

①地下通路と津波避難ビルが直結されている場合（図 3.3.4）

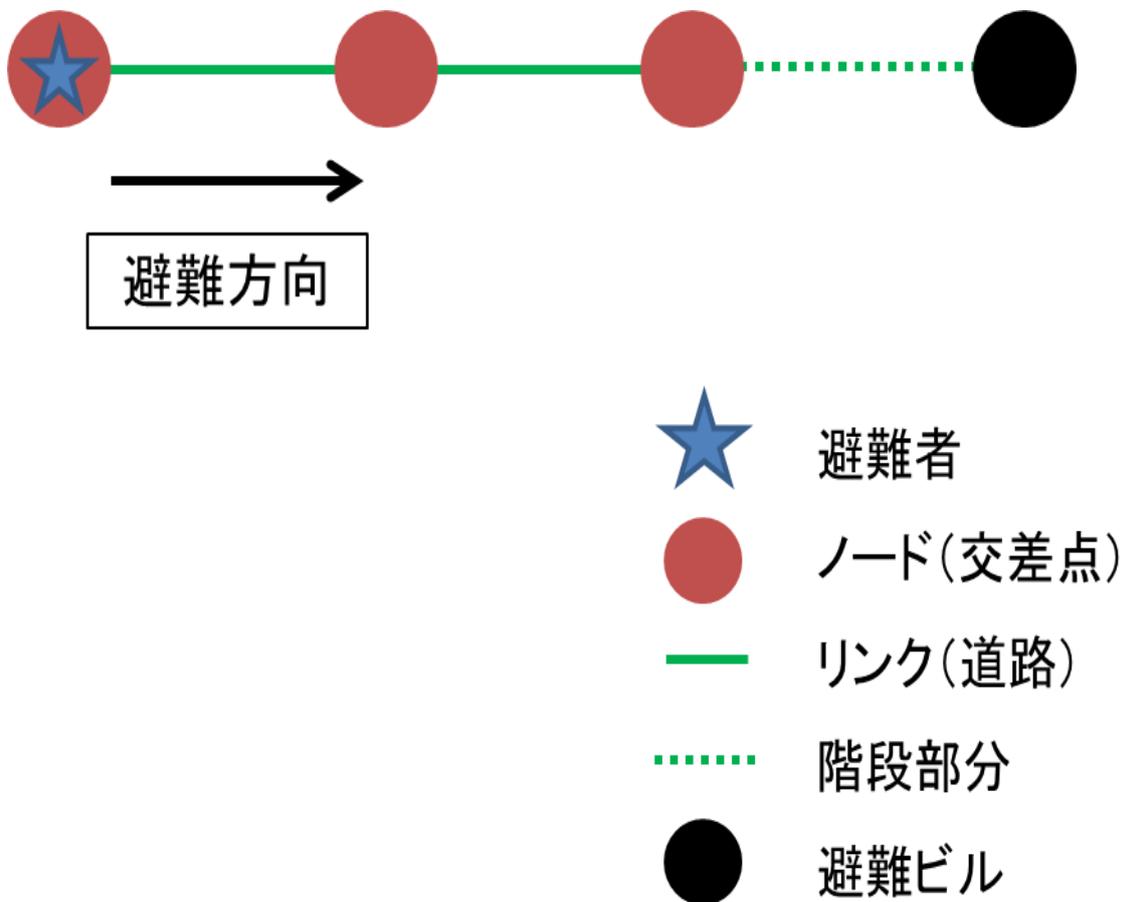


図 3.3.4 地下通路と避難ビルが直結

兼田敏之・artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション²³⁾を参考にし、階段部分を通行する場合の歩行速度は通常時の1/2と設定している。

②地下通路から地上へ、地上から津波避難ビルの場合（図 3.3.5）

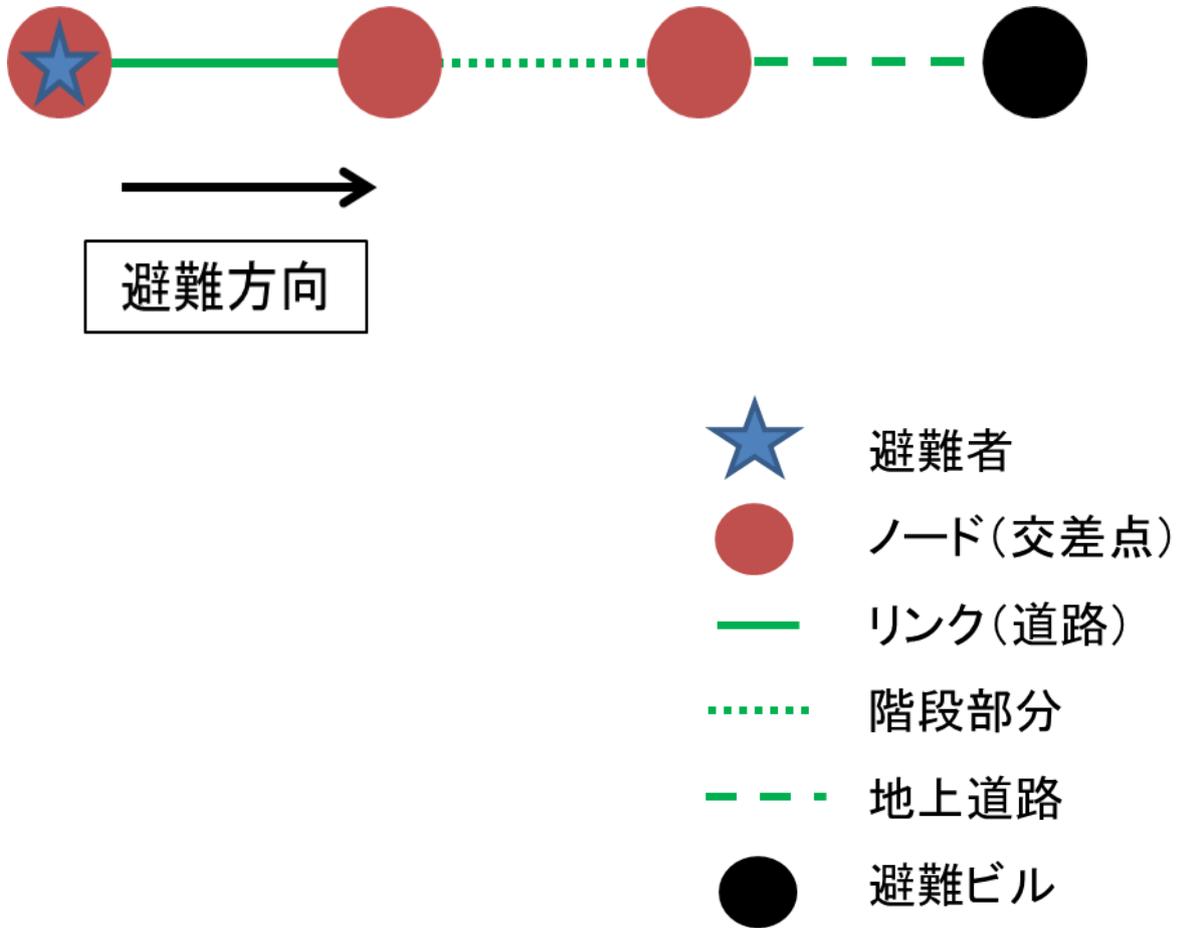


図 3.3.5 地下通路から地上へ、地上から避難ビル

①の場合と同様に、階段部分を通行する場合の歩行速度は通常時の 1/2 と設定する。

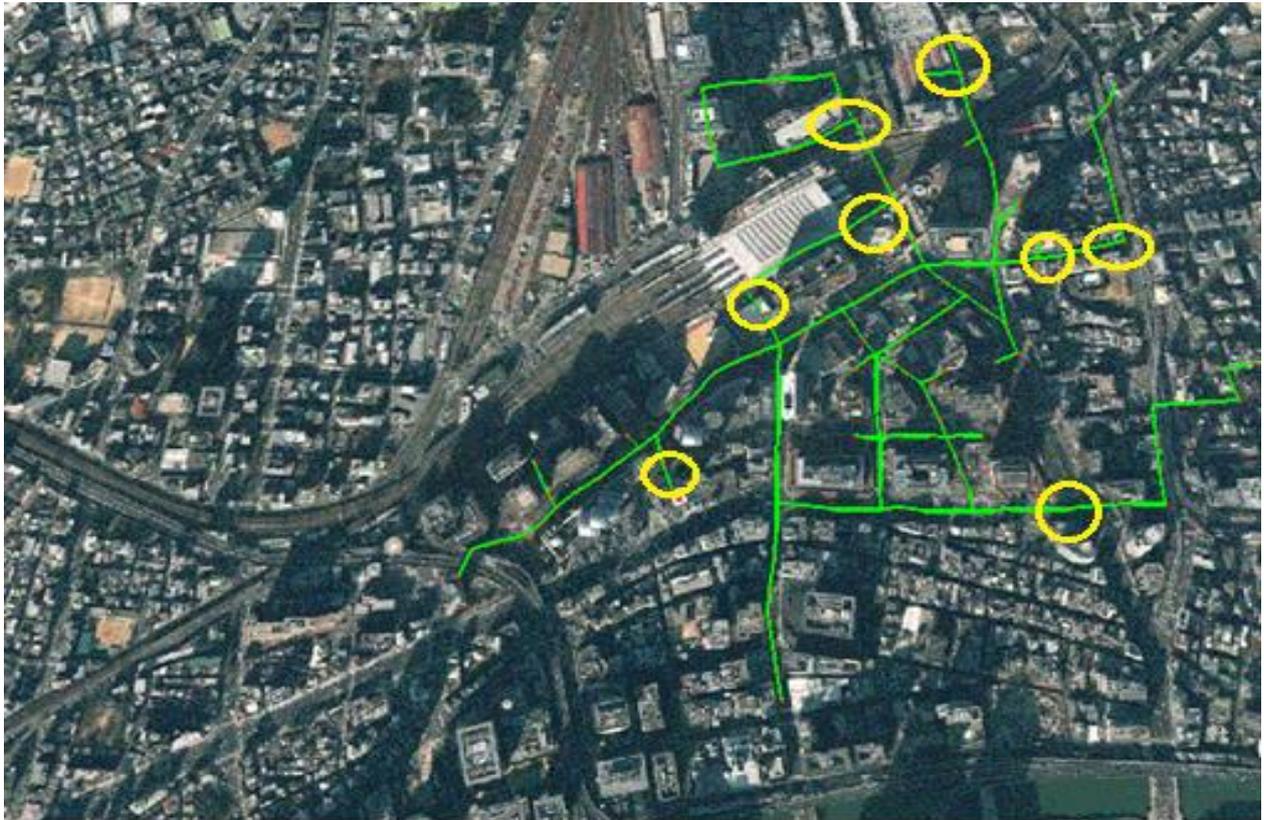


図 3.3.6 地図上における避難場所の位置
(Google earth¹⁵⁾) に加筆)

3.4 シミュレーション結果の表示方法

本研究では、シミュレーション結果を属性マップと密度マップの2種類で表示している。

3.4.1 属性マップ

属性マップでは、3.3.2 章において分類した避難者を識別できるよう、色で分類している。

(表 3.4.1) (図 3.4.1)

表 3.4.1 属性マップにおける避難者毎の色分け

	避難者の色
乳幼児(0歳~4歳)	青
5歳~15歳	黒
16歳~64歳	緑
65歳以上	赤

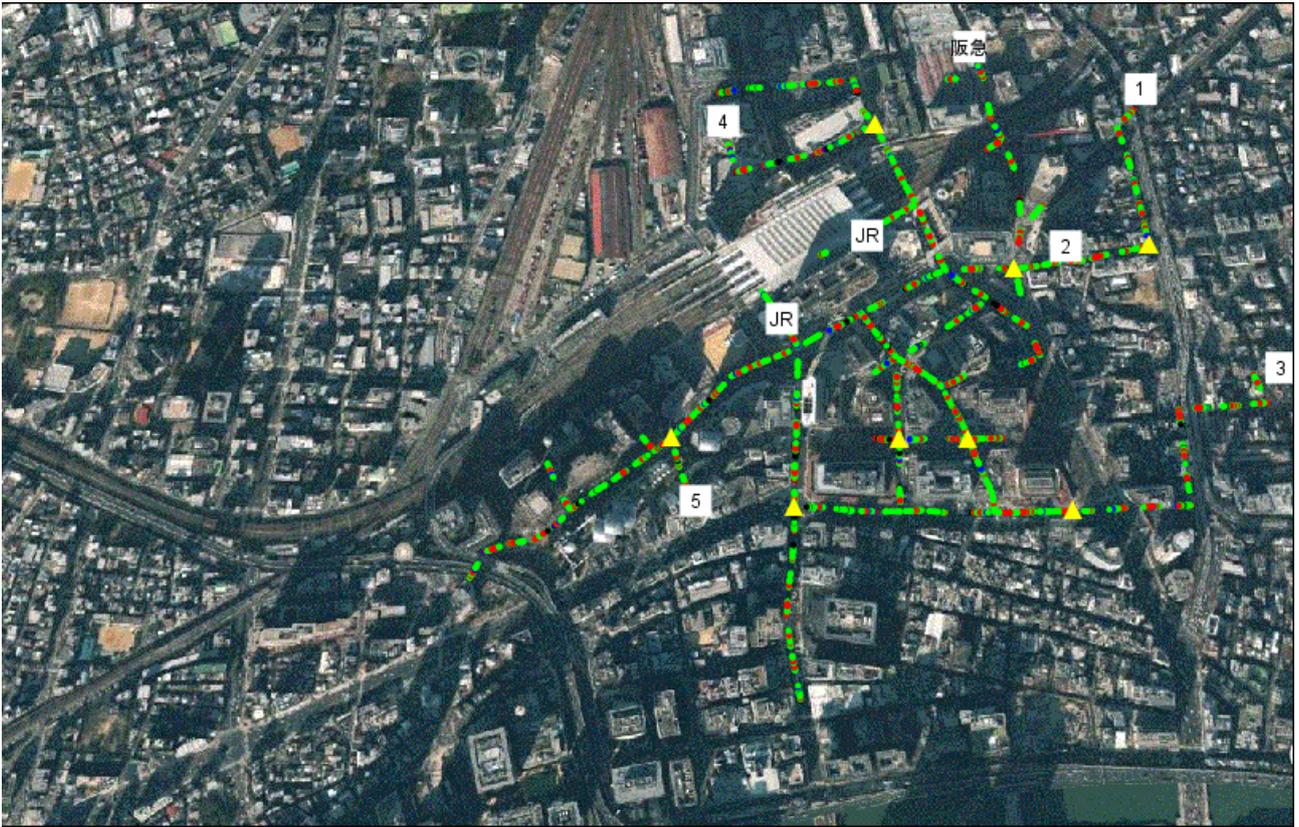


図 3.4.1 属性マップ (例)
(Google earth¹⁵⁾) に加筆

3.4.2 密度マップ

密度マップでは、どの地点でどの程度の渋滞が発生しているかを確認するために、3.3.3章で分類した混雑毎に避難者に3種類の色を与えている。(表 3.4.2) (図 3.4.2)

表 3.4.2 密度マップにおける混雑度毎の避難者の色

混雑度(人/m ²)	~1.5未満	1.5~2.75未満	2.75~4未満	4~5.25未満	5.25~6未満	6~
色	緑	緑	赤	赤	黒	黒

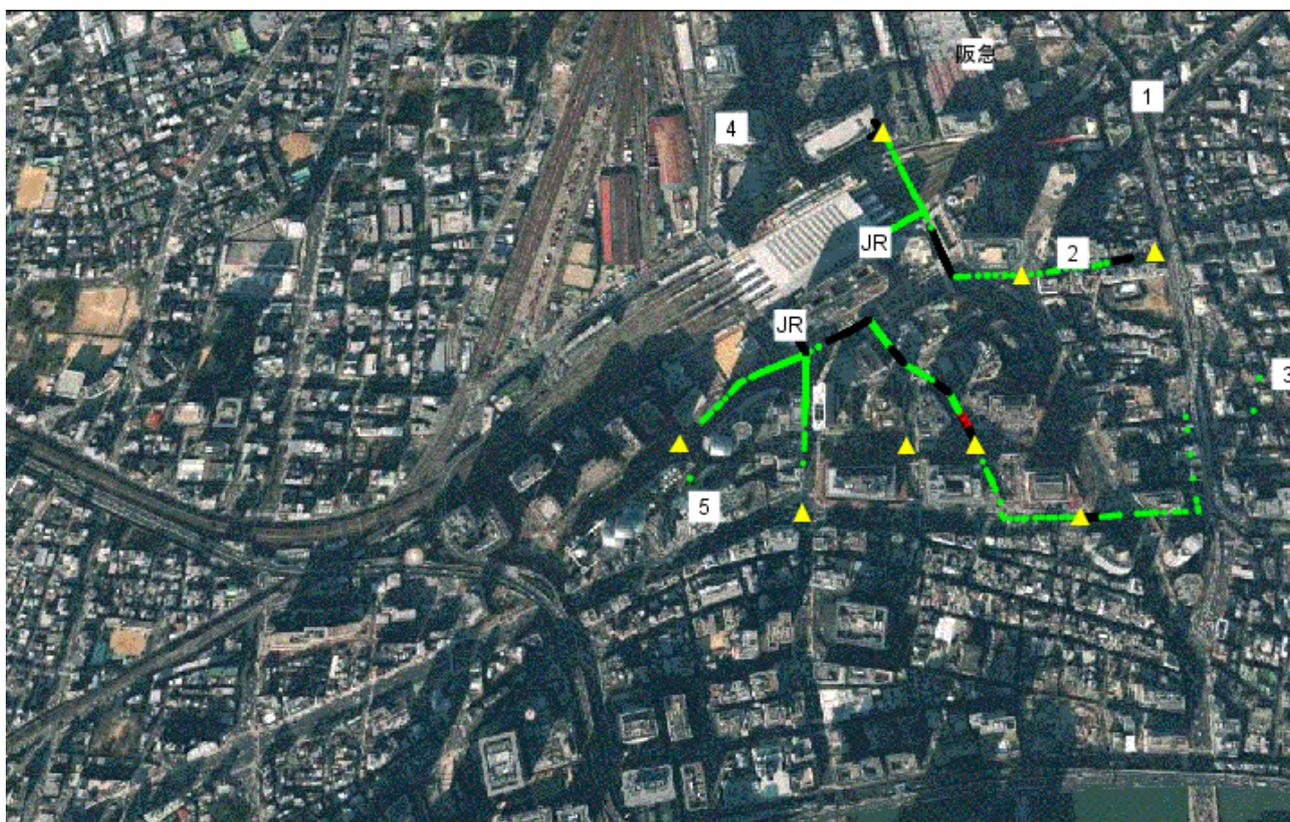


図 3.4.2 密度マップ (例)
(Google earth¹⁵⁾) に加筆

第4章 シミュレーション結果と考察

4.1 概説

本章では、対象モデルにおいてシミュレーションを実行しその結果について考察する。

4.2 シミュレーション結果と考察

本研究では、以下の表 4.2.1 のように 8 パターンについて検証を行った。3.3.7 項で前述したように、津波避難ビル情報と避難看板の有用性をそれぞれ判断するために割合と有無を変更している。

表 4.2.1 シミュレーション 場合分け

	避難者数	初期避難：避難ビルへ	避難看板
①	7500人	1%	有
②	7500人	1%	無
③	7500人	25%	有
④	7500人	25%	無
⑤	7500人	50%	有
⑥	7500人	50%	無
⑦	7500人	99%	有
⑧	7500人	99%	無

8 パターンの結果をグラフ化したものが図 4.2.1、避難時間をまとめたものが表 4.2.2 である。

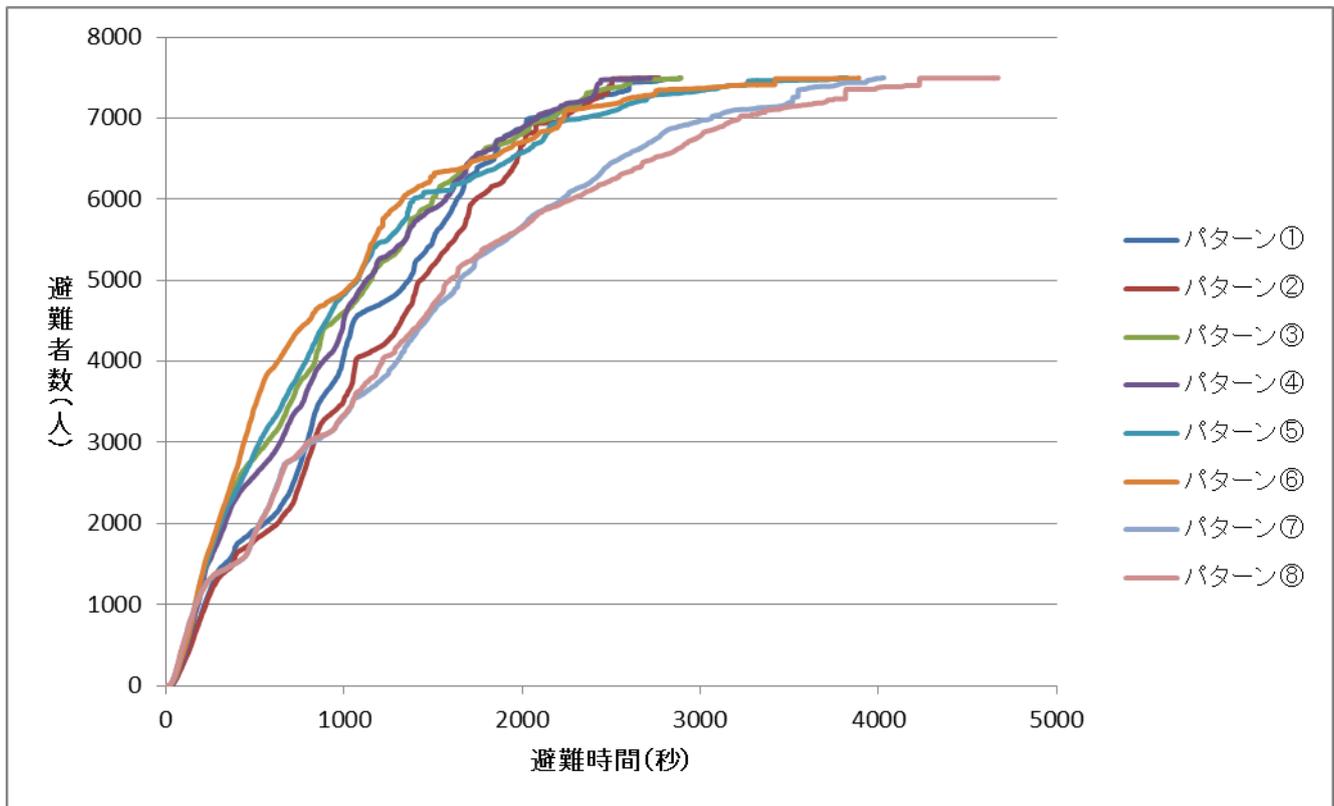


図 4.2.1 シミュレーション結果～8 パターン～

表 4.2.2 シミュレーション結果 避難時間

パターン	避難時間(秒)
①	2887
②	2769
③	2893
④	2720
⑤	3824
⑥	3891
⑦	4031
⑧	4673

4.2.1 避難時間に関する考察

ここでは結果に大きな違いが生じたパターン④（最短避難時間）とパターン⑧（最長避難時間）を比較する。（図 4.2.2.）

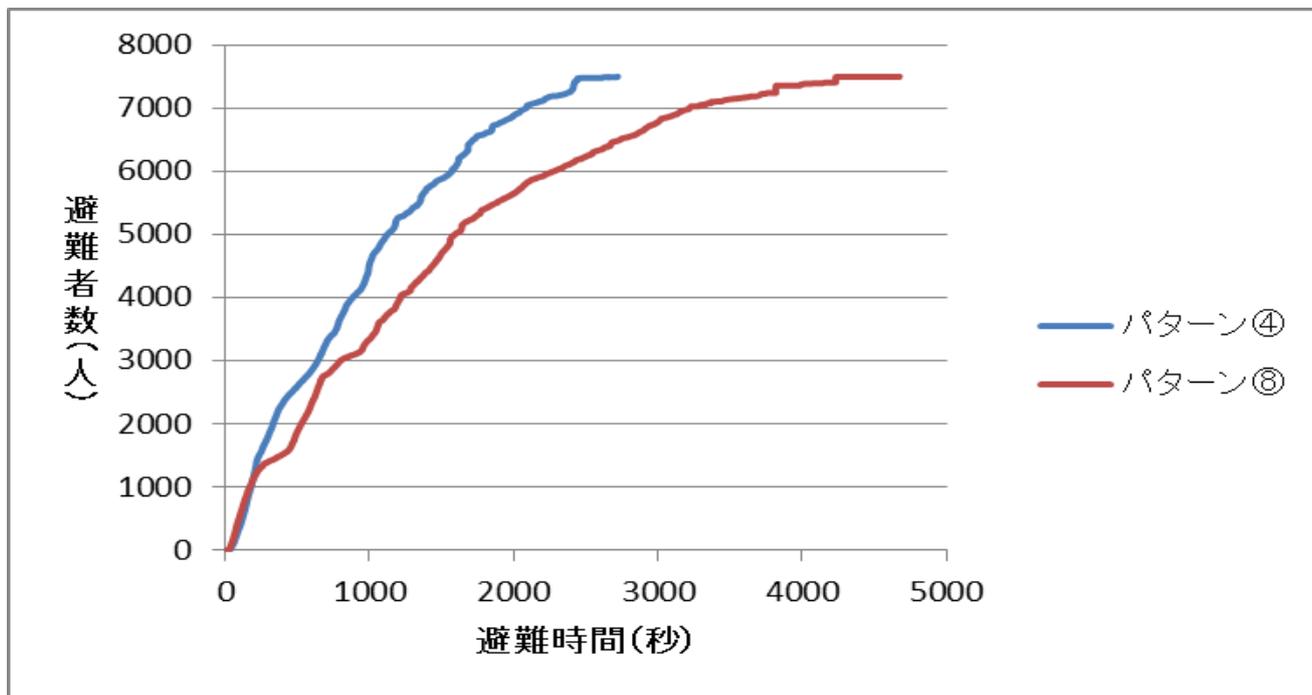


図 4.2.2 シミュレーション結果～パターン④・⑧の比較

最短避難時間：2720（秒） 約 45 分

パターン④（避難者 7500 人 初期避難：避難ビルへ 25% 避難看板 無）

最長避難時間：4673（秒） 約 78 分

パターン⑧（避難者 7500 人 初期避難：避難ビルへ 99% 避難看板 無）

パターン⑧の避難が遅れた理由は、避難ビルが収容人数を越えたことにより避難者がたらいまわしにされたことである。避難開始から約 1200 秒後には 3 箇所の津波避難ビルが収容人数を越えており（図 4.2.3 赤色表示の津波避難ビル）避難者の多くが選択した津波避難ビルに避難できずに、駅あるいは別の津波避難ビルへの避難を余儀なくされていた。また、これは最短で避難ができたパターン④（下記の図 4.2.4）でも見られた結果である。したがって、現状の津波避難ビルの収容人数では不足していると考えられ、現状の津波避難ビルの数や収容人数では周知させてしまうとかえって避難に時間がかかると推測される。

大阪市の想定では、津波の第一波到達時間は地震発生後 110 分と想定されているため¹⁵⁾、遅くとも地震発生後 30 分以内に避難を開始すれば、無事に避難が完了すると推測できる。しかし、この結果から津波浸水を軽視することはできない。前述した参考文献 20) によれば、東日本大震災発生時、地震発生後 30 分以内に避難開始をした人は約 80% と言われている。仮に、このデータを本研究に当てはめた場合、避難者の約 20% が津波浸水の被害にあうことになる。また、このデータは津波に対する意識が比較的高いと考えられる沿岸部付近の市町村を対象にした調査結果である。したがって、通勤や通学者、観光客も多く、津波に対する意識が比較的低いと推定できる大阪梅田駅周辺では、データ以上に避難開始が遅れることと推測される。今後、いかに津波浸水の被害を周知させ、避難の開始を早められるかが焦点である。

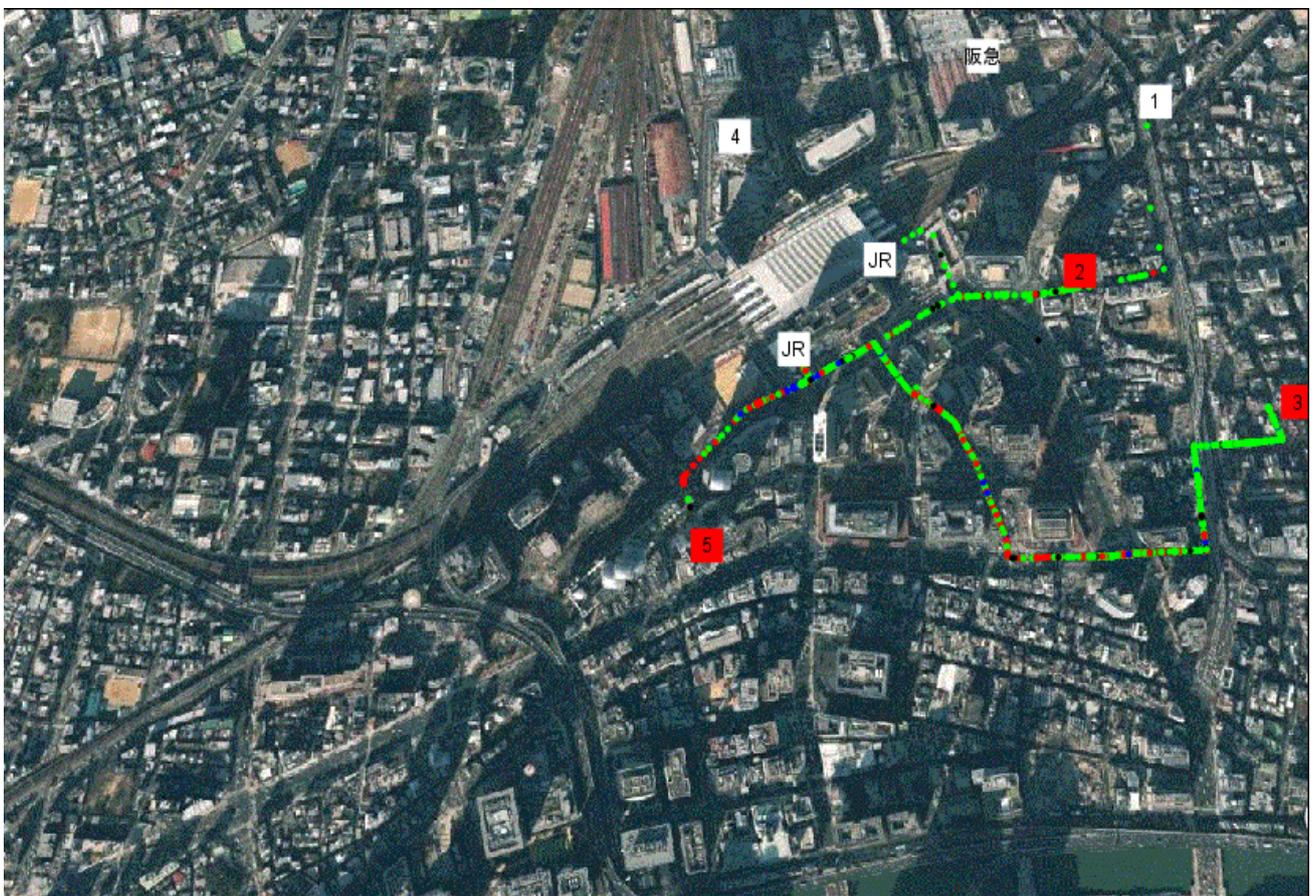


図 4.2.3 避難開始後約 1200 秒後 パターン⑧

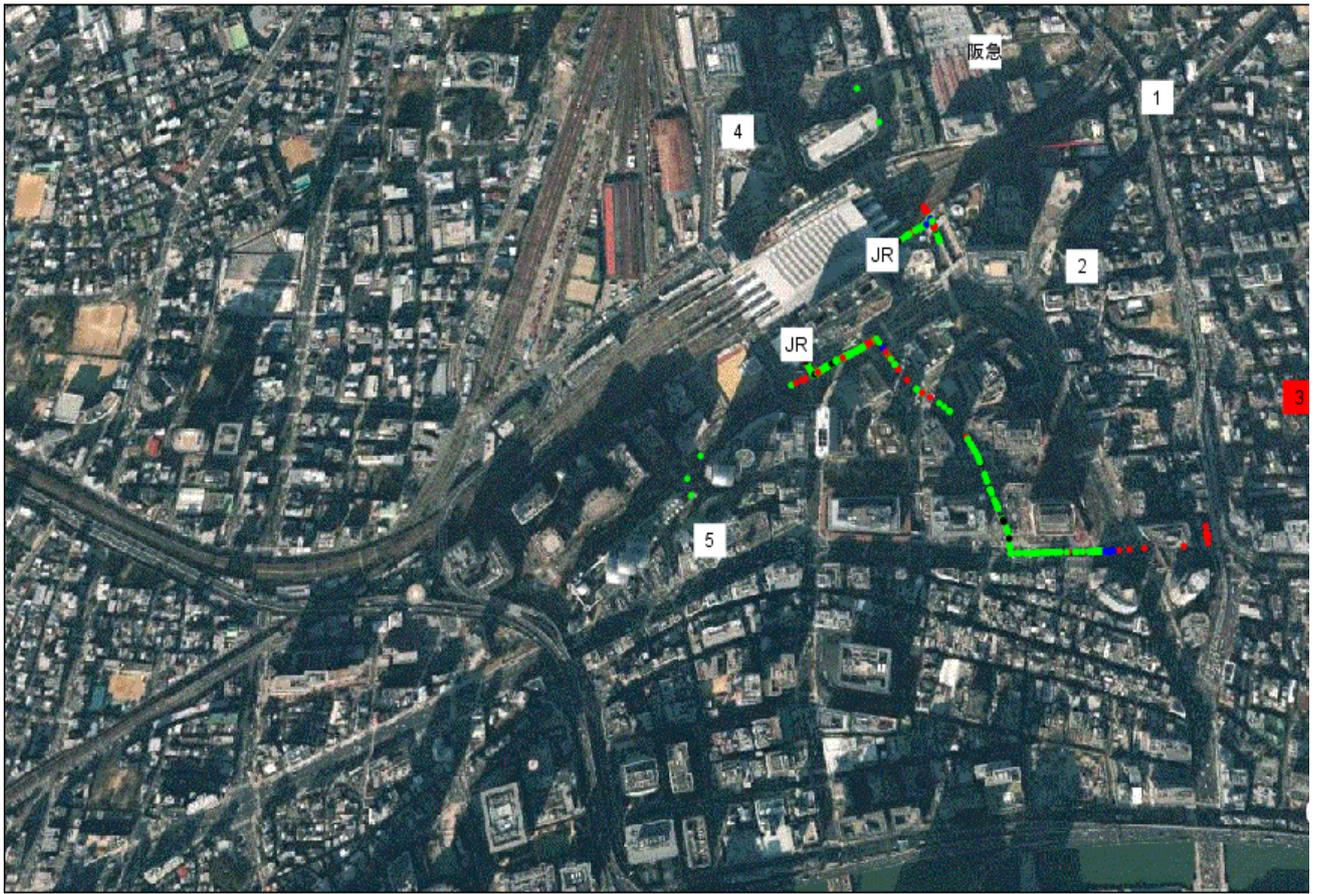


図 4.2.4 避難開始後約 1200 秒後 パターン④

4.2.2 避難看板が避難時間に及ぼす影響に関する考察

避難看板が避難時間に及ぼす影響を検証するために、以下4つのグラフを作成した。

(図 4.2.5 図 4.2.6 図 4.2.7 図 4.2.8)

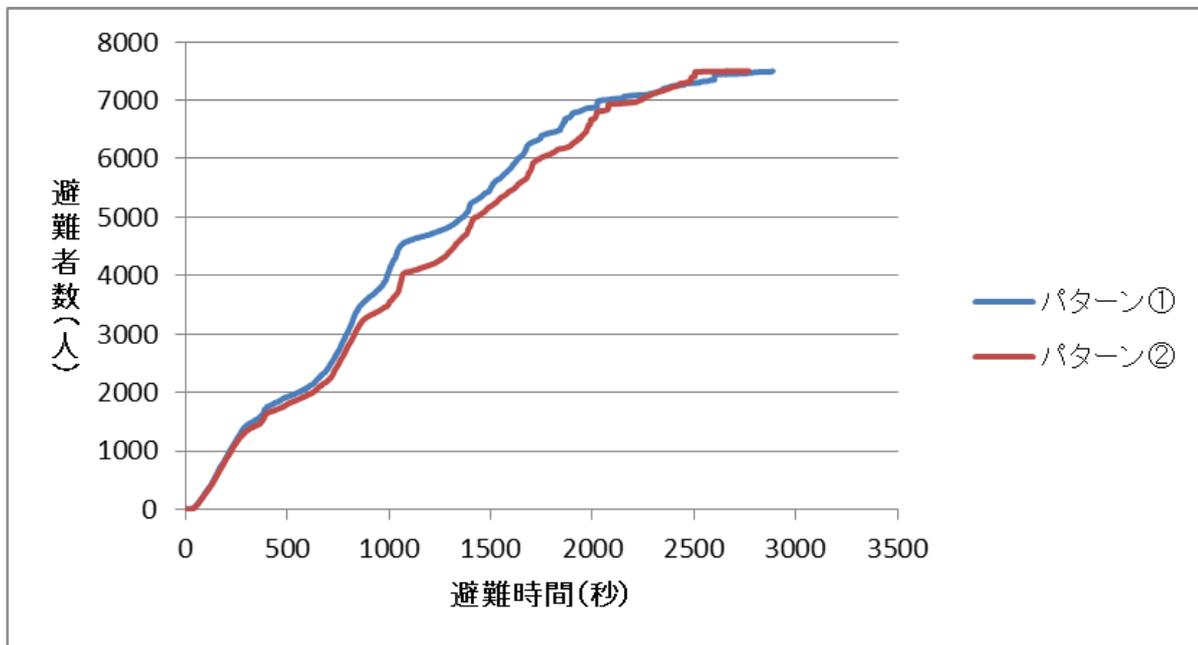


図 4.2.5 シミュレーション結果 (パターン①・パターン②)

避難完了時間

パターン① : 2887 秒

パターン② : 2769 秒

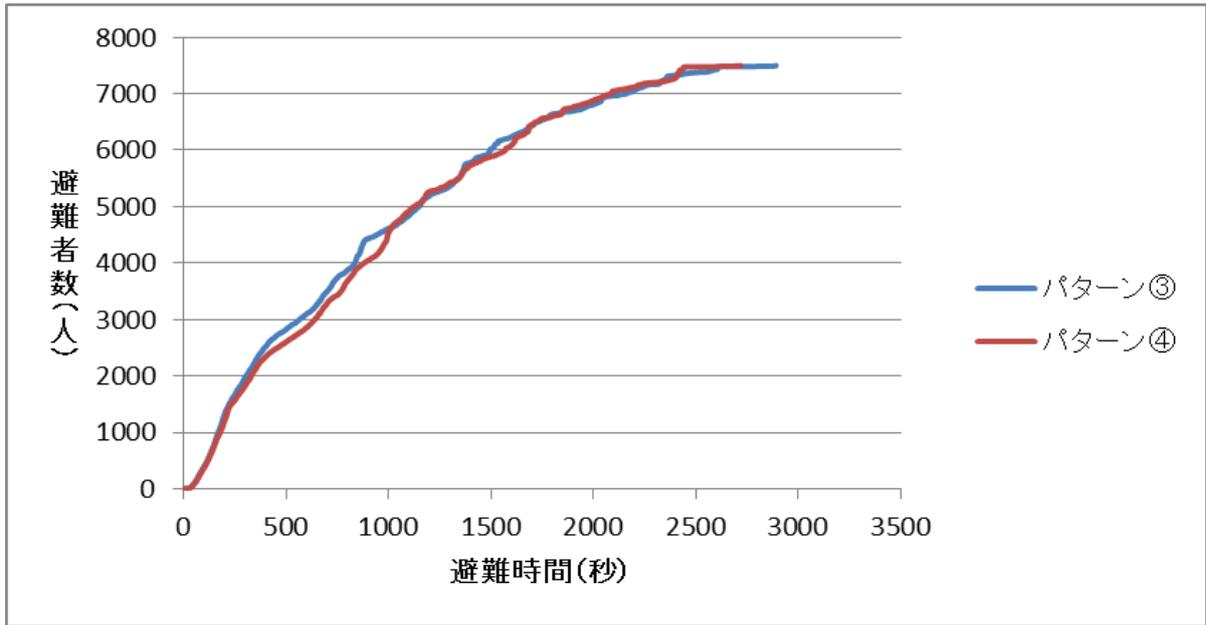


図 4.2.6 シミュレーション結果 (パターン③・パターン④)

避難完了時間

パターン③ : 2893 秒

パターン④ : 2720 秒

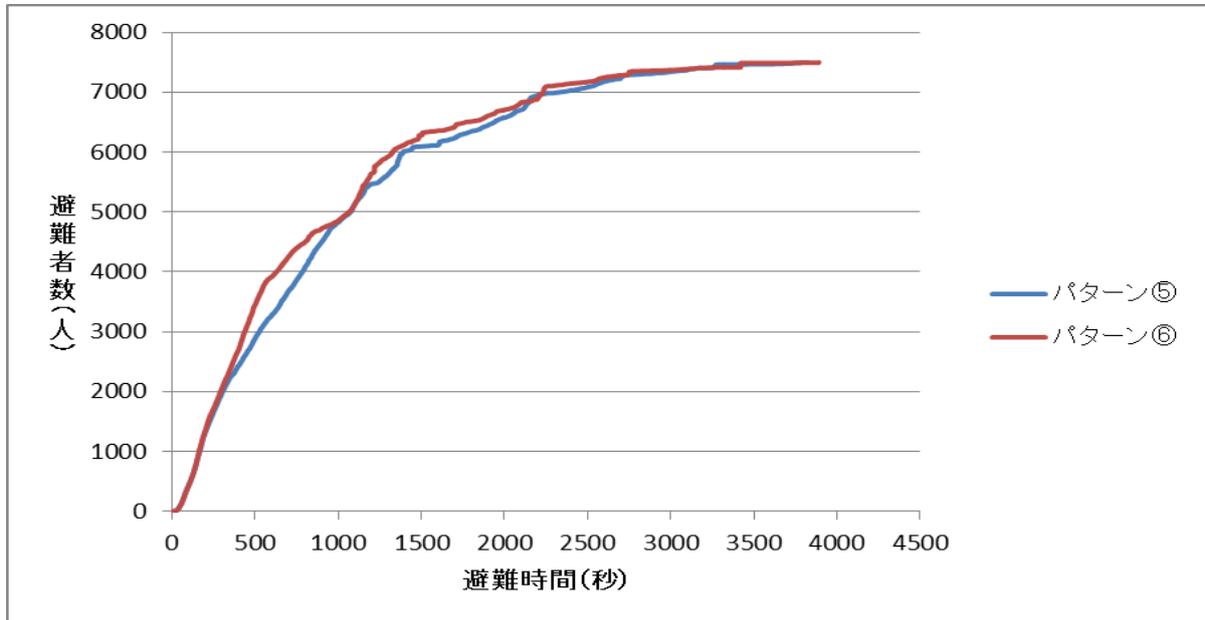


図 4.2.7 結果 (パターン⑤・パターン⑥)

避難完了時間

パターン⑤ : 3824 秒

パターン⑥ : 3891 秒

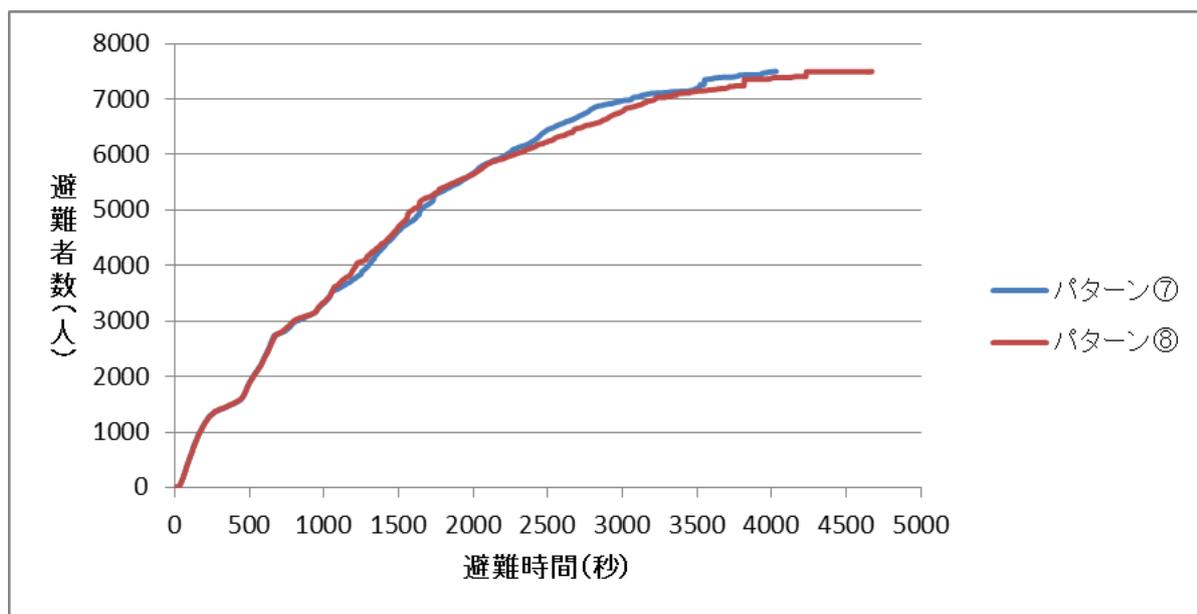


図 4.2.8 結果 (パターン⑦・パターン⑧)

避難完了時間

パターン⑦ : 4031 秒

パターン⑧ : 4673 秒

パターン⑦とパターン⑧で多少の差異が生じているものの、4つの結果(図 4.2.5 図 4.2.6 図 4.2.7 図 4.2.8)から避難看板が避難時間に及ぼす影響は少ないと言える。しかしこれは、避難看板に遭遇し避難先を変更する確率を 10%と定義したためであり、(3.3.7 項に前述) 今後、実際の災害時において、新たな避難場所に関する情報を避難者が入手した場合どのような行動を取るのか検証する必要があると言える。

4.2.3 混雑に関する考察

避難ビルを選択する割合や避難看板の有無などの違いはあるものの、8パターン全てに共通していたのは、階段部分や道路の交差点における混雑の発生である。(図 4.2.9 黄色の円部分) 避難場所は比較的大きな建物が選定されており、それに通ずる道路幅も大きいため混雑はあまり生じていなかった。混雑は単に避難が遅れるだけでなく、群衆なだれを引き起こす可能性があり大変危険である。²²⁾ 混雑を緩和させるために、津波避難ビルを増加させ避難者を分散させる必要がある。

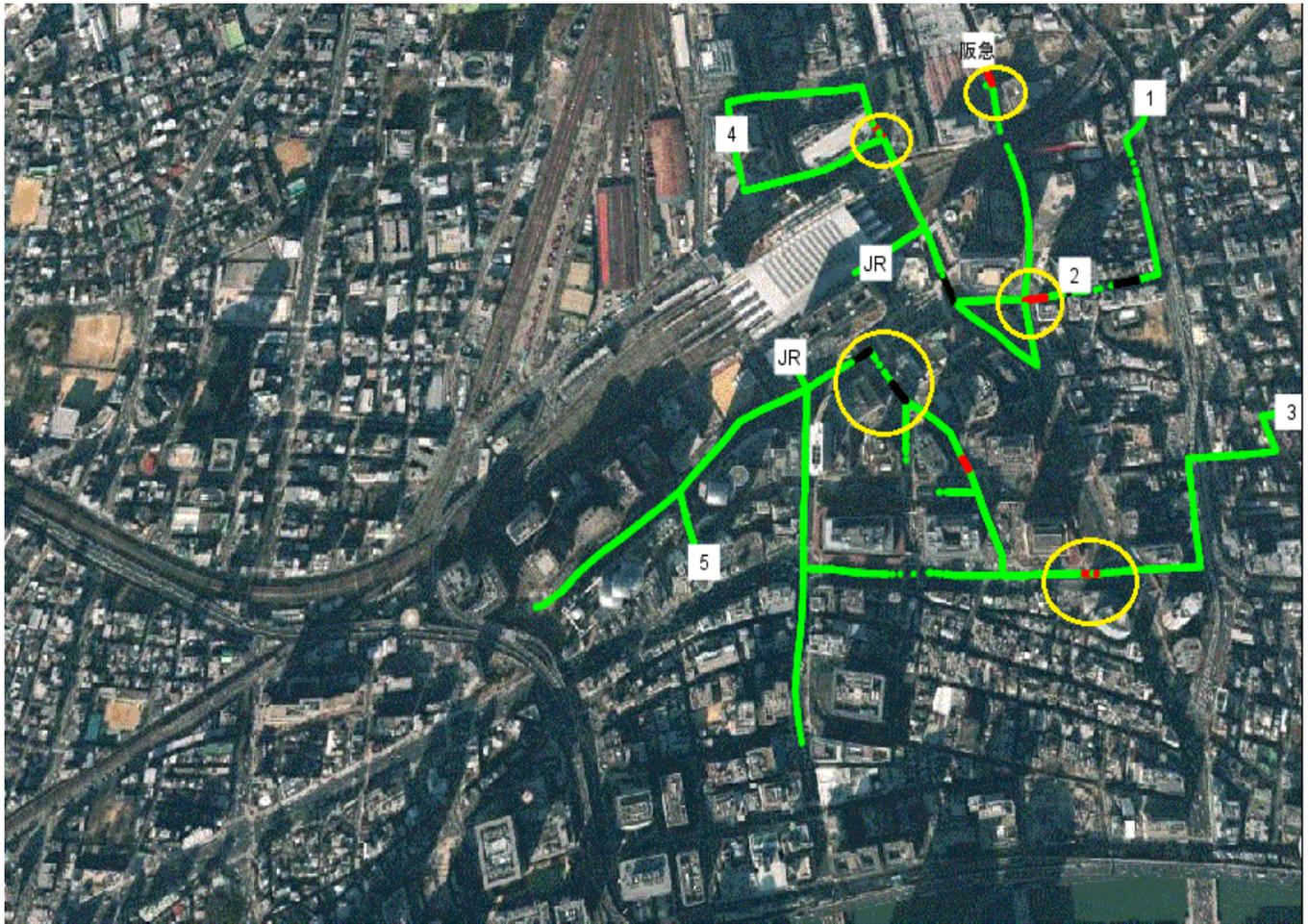


図 4.2.9 地図上の混雑部分

4.2.4 避難者の属性（歩行速度）に関する考察

図 4.2.10 図 4.2.11 図 4.2.12 図 4.2.13 はパターン②・④・⑥・⑧の避難開始から 2000 秒後の属性マップである。これら 4 つの図を比較すると、緑色と赤色の未避難者が多いように感じられる。しかし、この未避難者は 3.3.2 項で算出した避難者の割合に比例していると言える。したがって避難者の属性（歩行速度）は避難時間に大きな影響を及ぼさないと考えられる。また、この結果は 1.3 節で参考文献に挙げた文献⁹⁾の「避難率は歩行速度等の避難者それぞれの属性ではなく、避難開始時などの場所の特性が大きく影響する」という結果と一致していた。よって、避難者の歩行速度ではなく、避難開始時の場所に今後注目する必要があると考えられる。なお、パターン①③⑤⑦で比較した場合も同様の結果が得られた。

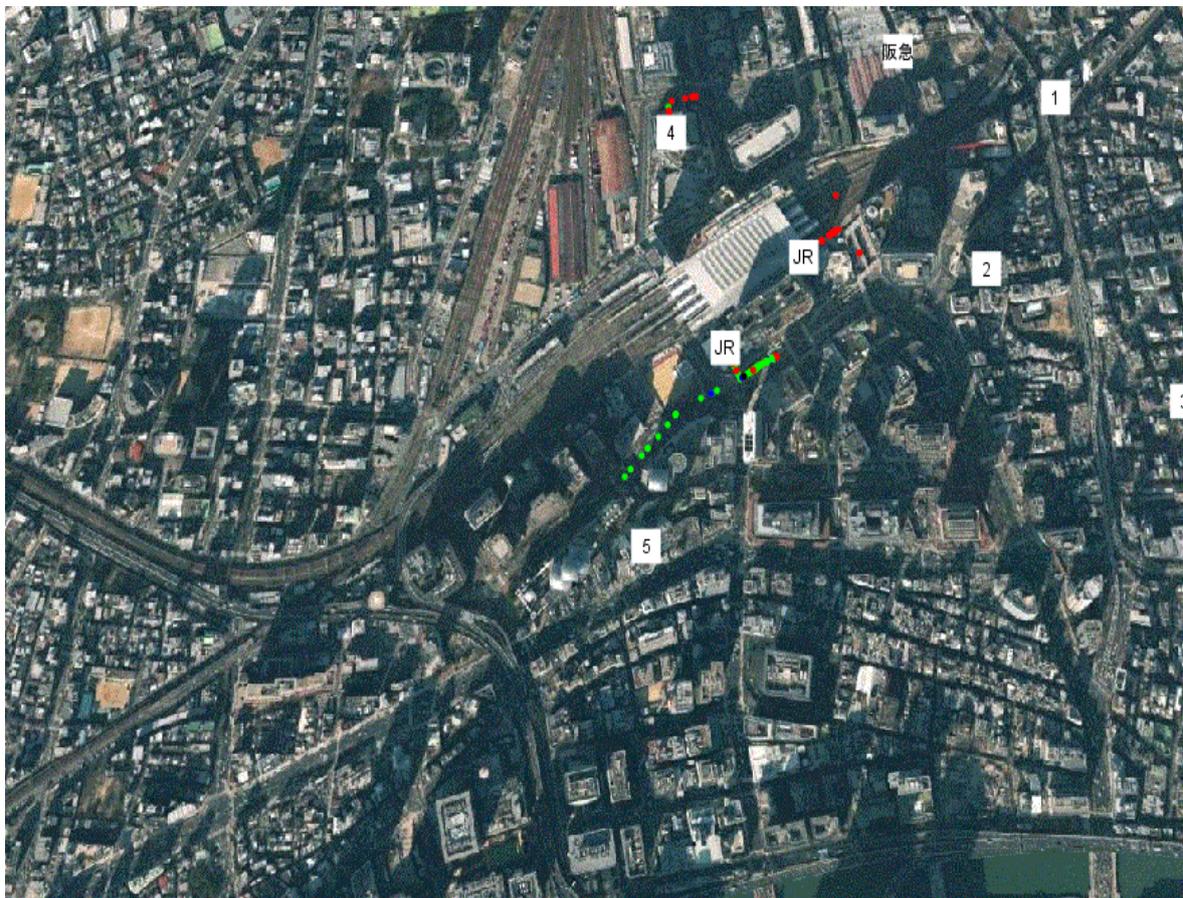


図 4.2.10 シミュレーション結果 パターン②

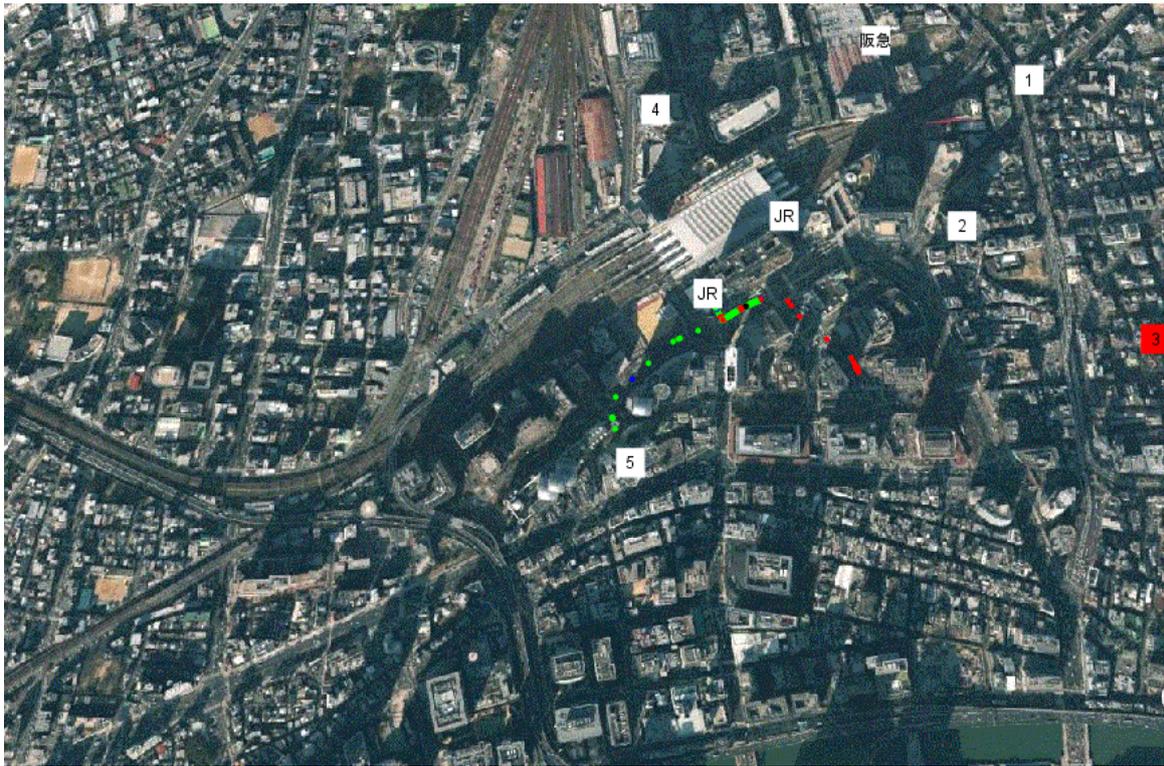


図 4.2.11 シミュレーション結果 パターン④

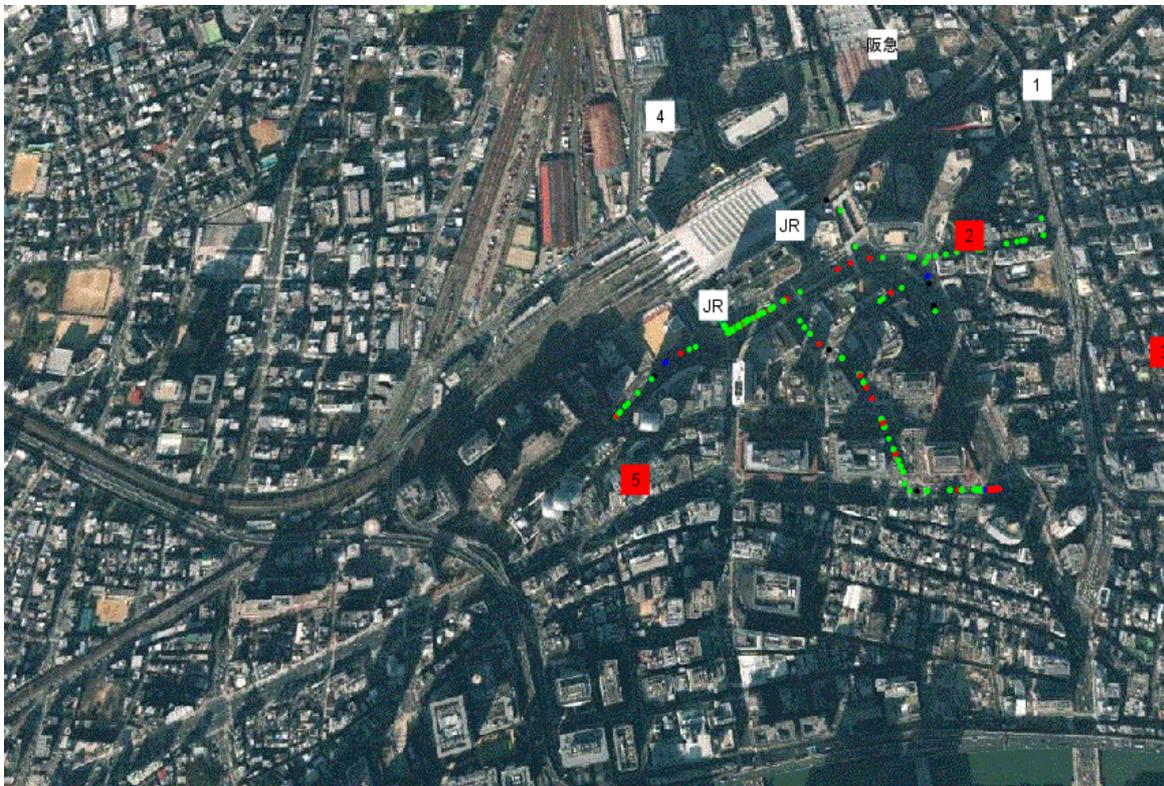


図 4.2.12 シミュレーション結果 パターン⑥

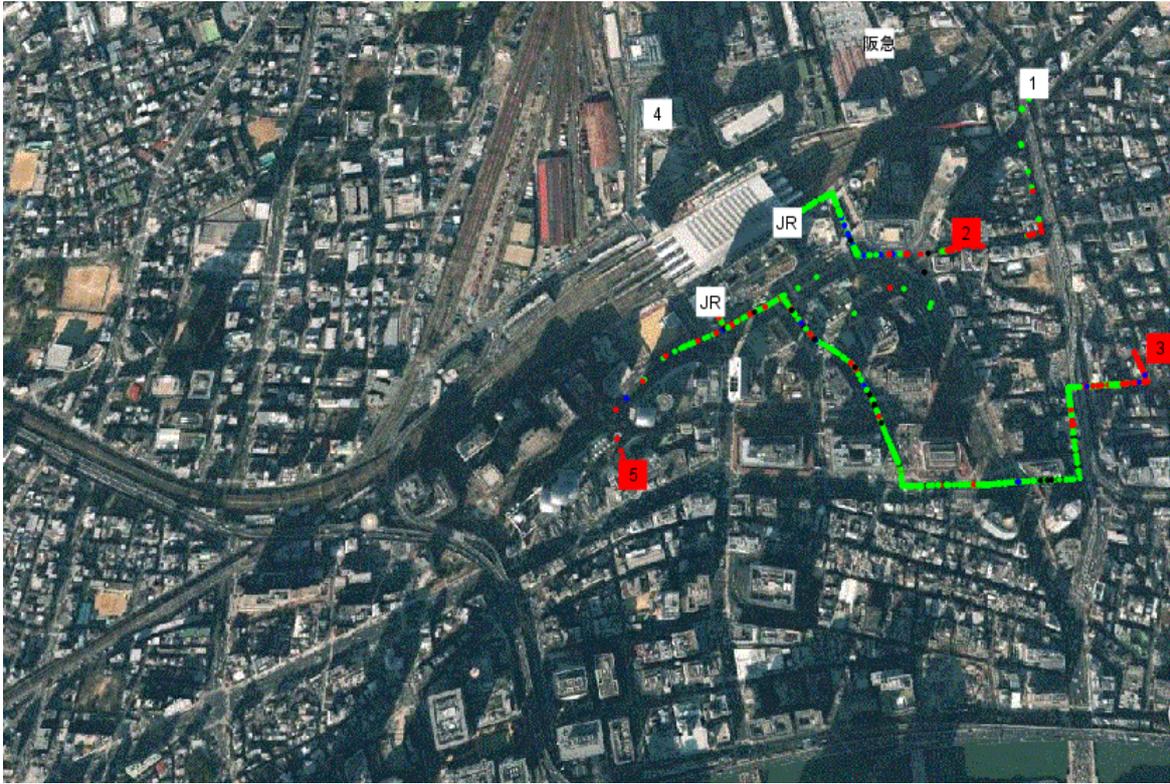


図 4.2.13 シミュレーション結果 パターン⑧

4.2.5 避難場所に関する考察

全 8 パターンにおける、各避難所での避難人数をまとめたものが表 4.2.13 である。

この表 4.2.3 から地下街の中心に位置する J R 大阪駅（南口）、J R 大阪駅（桜橋口）には多くの避難者が避難することがわかり、その一方で阪急梅田駅に避難する避難者は少ないことがわかる。

地下街の中心に集まろうとする避難者を少なくし、混雑を緩和させるためにも、地下街の末端部分に津波避難ビルを配置する必要がある。

また、避難ビル③（兎我野町 聚楽マンション）は全 8 パターン中 7 パターンで収容人数を越えている。避難ビル③（兎我野町 聚楽マンション）は図 4.2.14 の右側部分に位置しており、周辺に避難場所がない。したがって、このことから図 4.2.14 の右側部分付近に津波避難ビルを増やすべきだと考えられる。

表 4.2.3 各避難所における避難人数

パターン	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ポートピア梅田(北大阪堂山ビル)	2	2	77	56	230	162	611	356
大阪富国生命ビル	152	26	475	338	736	736	736	736
兎我野町 聚楽マンション	114	47	114	114	114	114	114	114
グランフロント大阪 南館、北館	3000	66	391	318	777	663	1520	1274
ブリーゼタワー	253	99	889	660	1000	1000	1000	1000
阪急梅田駅	304	302	231	233	158	157	1	2
JR大阪駅(南口)	2456	2664	1886	2065	1474	1447	942	977
JR大阪駅(桜橋口)	4072	4294	3435	3662	3011	3214	2576	3036

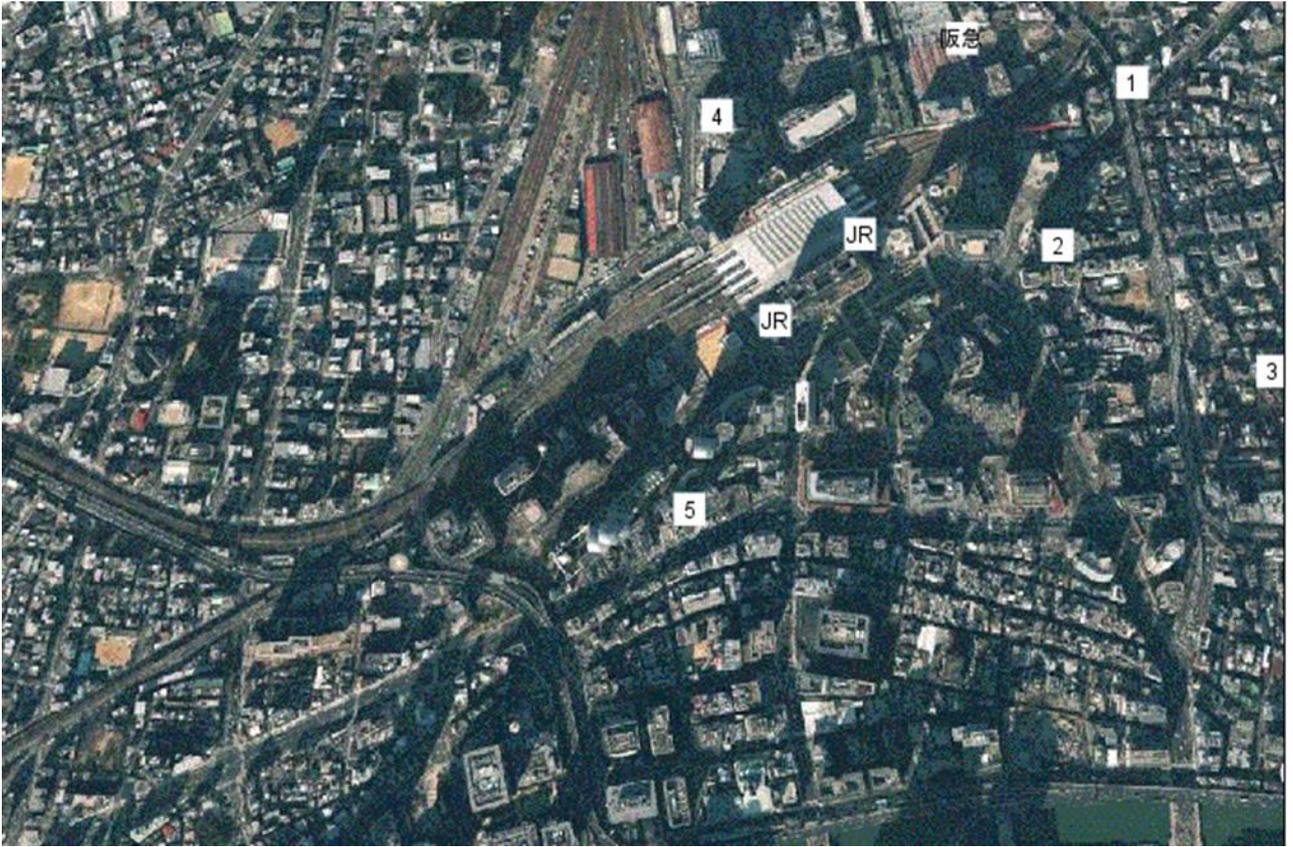


図 4.2.14 地図上における避難場所の位置

第5章 結論

5.1 概説

本章では、本研究のまとめ、今後の課題について述べる。

5.2 まとめ

- 1) 地震発生後から30分以内に避難を開始すれば、津波浸水の被害を最小限に抑えられる。
しかし、東日本大震災発生時、地震発生後30分以内に避難開始をした人は約80%と言われていたため(3.3.6項 前述)、梅田周辺地域でも津波浸水のおそれがあることを周知することで、この割合を向上させることが必要である。
- 2) 階段部分や道路の交差点において混雑が発生していた。避難者を分散させ混雑を緩和させるためには津波避難ビルを使用する必要があるが、現状の津波避難ビル数・収容人数ではかえって避難が遅くなる可能性がある。現時点では、津波避難ビルの利用者を限定するなどの措置が必要であると考えられる。(例 津波避難ビルの利用は高齢者やケガ人のみ限定するなど)
- 3) 避難者の歩行速度などの属性は避難時間に大きな影響を及ぼさないと考えられる。
- 4) 現状の避難場所の位置状態では、避難者の多くが地下街の中心部つまりJR大阪駅(南口)、JR大阪駅(桜橋口)に集まる傾向がある。地下街の末端周辺に津波避難ビルを増加させることで、混雑を緩和できると考えられる。

5.3 今後の課題

- 1) 本研究では梅田地下街を簡略化したモデルを使用しているため、より詳細なモデルを作成する必要がある。そのためには、地下街の利用客数や通路幅等のデータが必要であるため、公表あるいは調査するためにも行政と民間の協力が不可欠である。
- 2) 本研究では全ての被災者が避難行動をとっている。しかし災害時では、被災者は避難以外の様な行動（安否確認・パニック・道に迷う・怪我を負う）をとる。したがって、そのような行動を反映させることができれば、より現実に近い結果が得られると推測できる。
- 3) 本シミュレーションモデルでは地下街を利用して避難場所に避難しているが、地震発生直後に地上に出る避難者も多数いると考えられる。その場合の避難行動の影響を反映する必要がある。
- 4) 今回のシミュレーションモデルでは、地上の避難者あるいは鉄道や周辺店舗の利用客を反映できていない。そのため結果以上に、混雑や収容人数を超える避難者が津波避難ビルに避難するといったことが想定される。
- 5) 避難者がほぼ均一に発生している。梅田地下街は広大でその場所によって、歩行者の数が異なるため、結果に少なからず影響していると考えられる。
- 6) 避難時に目的地とは異なる別の避難場所の情報を入手した場合、どの程度の避難者が避難場所を変更するのかの調査が必要である。そのデータを基に、津波避難ビル情報の提供方法を吟味する必要がある。

参考文献

- 1) 鹿島建設株式会社 : <http://www.kajima.co.jp/news/press/200509/9a1fo-j.htm> (2015年2月2日閲覧)
- 2) 消防庁 : 阪神・淡路大震災について (確定報) : (2015年2月2日閲覧)
<http://www.fdma.go.jp/data/010604191452374961.pdf>
- 3) 警察庁 : 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置
<https://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf> (2015年2月4日閲覧)
- 4) 復興庁 : 全国の避難者等の数 : (2015年2月1日閲覧)
http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat2/sub-cat2-1/20141128_hinansha.pdf
- 5) 国土交通省近畿地方整備局 : 阪神淡路大震災の経験に学ぶ-震災時における社会基盤のあり方について・第一章 <http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/daishinsai/1.html> (2015年2月2日閲覧)
- 6) 内閣府 : 東日本大震災における死因 : (2015年1月29日閲覧)
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h23/bousai2011/html/zu/zu004.htm>
- 7) 中央防災会議 : 南海トラフ巨大地震対策について (最終報告)
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130528_honbun.pdf (2015年1月29日閲覧)
- 8) 産経WEST : 南海トラフ巨大地震 : (2015年2月2日閲覧)
<http://www.sankei.com/west/news/131030/wst1310300064-n1.html>
- 9) 堀口真実 : 大規模地下空間の避難シミュレーション-危機迫る梅田地下街からの脱出
同志社大学文化情報学部卒業論文 2013
- 10) 近藤智 : 東日本大震災の被災地区における津波避難安全性評価に関する研究
立命館大学大学院理工学研究科修士論文 2012
- 11) 太田外氣晴・山中浩明 : 東日本大震災における津波の伝播特性の評価と避難の問題点
日本地震工学会論文集 第13巻、第5号、2013
- 12) 柳原 純夫・村上ひとみ : 東日本大震災における石巻市内での避難行動 - 移動パターン・移動距離からの分析 : 土木学会論文集 A1 (構造・地震構造)、VOL.69 NO.4 (地震工学論文集第32巻)

- 13) 構造計画研究所 : MAS コミュニティ : (2015 年 1 月 15 日閲覧)
<http://mas.kke.co.jp/>
- 14) 大阪市計画調整局 : 梅田地下案内図 : (2015 年 2 月 2 日閲覧)
<http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~ashino/ms2008/map.pdf>
- 15) Google earth : <https://www.google.co.jp/intl/ja/earth/> (2015 年 1 月 15 日閲覧)
- 16) 大阪市 : 平成 22 年国勢調査 : (2015 年 1 月 15 日閲覧)
<http://www.city.osaka.lg.jp/toshikeikaku/page/0000144318.html>
- 17) 大阪市 : 避難の方法(津波) (2015 年 1 月 15 日閲覧)
<http://www.city.osaka.lg.jp/kikikanrishitsu/page/0000011567.html>
- 18) 大阪市 : 人口分布 (平成 26 年 10 月 1 日現在推計人口) (2015 年 1 月 19 日閲覧)
<http://www.city.osaka.lg.jp/toshikeikaku/page/0000014987.html>
- 19) 兼田敏之 : artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション : PP.50-53
構造計画研究所 2010 年
- 20) 中央防災会議 : 首都直下地震避難対策等専門調査会報告 : 2009 年 (2015 年 2 月 1 日閲覧)
<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/shutohinan/pdf/siryo03.pdf>
- 21) 大阪市 : 大阪市北区津波避難ビル登録一覧 (2014 年 6 月 19 日現在)
<http://www.city.osaka.lg.jp/kita/page/0000234115.html> : (2015 年 1 月 26 日閲覧)
- 22) 国土交通省・都市局街路交通施設課 都市計画課
東日本大震災の津波被災現況調査結果 (第 3 次報告) ~津波からの避難実態調査結果(速報)~
<http://www.mlit.go.jp/common/000186474.pdf> ・ (2015 年 1 月 26 日閲覧)
- 23) 兼田敏之 : artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション : PP.61-62
構造計画研究所 2010 年
- 24) 室崎 益輝 : 明石花火大会における群集雪崩 : (2015 年 2 月 5 日閲覧)
https://www.sonpo.or.jp/archive/publish/bousai/jiho/pdf/no_208/yj20808.pdf

謝辞

本論文作成に当たり、ご多忙の中ご指導いただきました伊津野和行教授、川崎佑磨助教授に厚く御礼申し上げます。また、シミュレーション model 作成にあたり、構造計画研究所の玉田様には、多くの助言を頂きました。無事に本研究が終了し、本論文を作成できたのも玉田様のご厚意のおかげであると考えております。ここに、厚く感謝申し上げます。そして、防災システム研究室の皆様には大変お世話になりました。互いに切磋琢磨し本研究を行えたことが嬉しく思います。大学生活で、お世話になった全ての方に心から感謝致します。