

# 構造・築年代を考慮した建物単位での 推計避難者数に基づく 地区別避難所収容能力の分析

濱中 貴士<sup>1</sup>・加知 範康<sup>2</sup>・塚原 健一<sup>3</sup>・秋山 祐樹<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 九州大学大学院学生 工学府 都市環境システム工学専攻  
(〒819-0395 福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号館 1005)  
E-mail:hmnk@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東洋大学准教授 情報連携学部 情報連携学科  
(〒115-0053 東京都北区赤羽台 1-7-11 4407 教員室)  
E-mail:kachi@iniad.org

<sup>3</sup>正会員 九州大学大学院教授 工学研究院 附属アジア防災研究センター  
(〒819-0395 福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号館 1005)  
E-mail:tsukahara@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 東京大学助教 空間情報科学研究センター  
(〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 東京大学柏キャンパス総合研究棟 4 階 404 号室)  
E-mail:aki@iis.u-tokyo.ac.jp

発生が予測される大規模地震に対して福岡市地域防災計画の被害想定では、県や市単位で避難者数・避難所収容人数を算出しており、小地域での避難所収容能力の比較は行われていない。

本研究は想定警固断層南東部地震の揺れによる被害を対象とし、建物属性を考慮した被害率曲線を用い、建物単位での推計避難者数に対する小学校区ごとの収容人数の過不足を推計することが目的である。

防災科研の震源断層を特定した地震動予測地図と居住者・築年数・構造等の属性を建物単位で含む「建物ポイントデータ」、内閣府中央防災会議で検討された築年による被害の違いを考慮した被害率曲線を用い避難者数を計算した結果、収容人数の推計値を約 1 万人上回る約 16 万人となった。地区別に集計し、避難所収容能力が不足していたのは全 146 校区中 67 校区で、全区に広く分布していた。

**Key Words:** regional evacuation center, elementary school district, Estimation of evacuees, standard for earthquake resistant design, damage ratio curve

## 1. はじめに

### (1) 背景と目的

平成 28 年に発生した熊本地震では避難所への避難者が最大 183,882 名発生したが、その内約 3 万 6000 人が地域防災計画で定められていない指定外避難所へ避難したため、発災直後に自治体が指定外避難所を把握することは難しく、支援物資の分配や住民の安否確認作業に支障をきたした<sup>1)</sup>。また避難所の容量不足により避難所に入所できず車中泊や野外での生活を選択し、身体的や精神的な負担を強いられた避難所外避難者も発生した。加えて避難所外での生活等の身体的負担による死者(震災関

連死)も 191 名に上り(平成 29 年 10 月 16 日現在)<sup>2)</sup>、避難所の環境整備が被災者の生活に多大な影響を与えているといえる。

内閣府中央防災会議の対策検討ワーキンググループは首都直下地震に対する被害想定として対象地の避難所収容能力を踏まえ、地震による総避難者数は約 720 万人、うち避難所外避難者は約 430 万人と想定し、現時点の避難所収容人数が不足していることを指摘しており<sup>3)</sup>、避難所で生活できない避難所外避難者の発生を考慮した防災計画策定を進めている。しかしこの想定も都道府県単位のマクロな分析であり、内閣府中央防災会議が述べている通り、各地方自治体が個別の地域における防災対策

を検討する際には使用データの集計単位や集計法の違いを踏まえたより詳細な検討を行う必要があるとしている。そこで、地方自治体において避難者と避難所収容人数について詳細な検討が行われているか調べた。

調査を行った福岡市において、平成 20 年に地震調査研究推進本部が公表した警固断層南東部の地震を想定した強振動評価では、今後 30 年以内にマグニチュード 7.2 程度の大規模地震が最大 6%と日本の主要活断層帯の中では高い確率で発生すると推定されており<sup>4)</sup>、それに対して福岡市は地域防災計画を策定し、福岡市全域を対象に建物全壊・半壊数や想定発生避難者数などの被害想定を公表している<sup>5)</sup>。しかし計画では避難所収容に関して市内全域の発生避難者数の推定と指定避難所の公表にとどまり、避難者の避難所収容の推定は行われていなかった。また福岡市は警固断層南東部の地震による想定震度分布から市民が建物の耐震性能を自らで求められるよう揺れやすさマップ<sup>6)</sup>を公表しているが、市全体での避難者数の推定は行っておらず、避難所収容人数についての記述もない。これより福岡市は、現状では指定避難所が避難者をすべて収容する能力を有しているのかどうか明らかではない。

このような福岡市において避難者の避難所収容を詳細地域で把握されていない現状を踏まえ、本研究は警固断層南東部地震の揺れによる被害を対象とし、建物属性を考慮した被害率曲線を用い、建物単位での推計避難者数に対する地区別の避難所収容人数の過不足を推計し、避難者収容の地域特性を把握することを目的とする。

## (2) 研究の位置づけ

### a) 震災時の避難者発生の特徴を分析した研究

佐藤ら<sup>7)</sup>は、東日本大震災において顕在化した避難者発生の特徴を仙台市の避難所収容定員の計画に反映できていなかったとし、重要な防災ユニットである小学校校区を評価単位とした、東日本大震災における仙台市内の避難者発生の特徴を明らかにした。避難者の時間発生をふまえた分析により各地域は、津波被災地域からの避難者の受け入れが多い地域、帰宅困難者を多く収容した地域、避難所閉鎖による移転避難者を多く受け入れている地域、そして避難者の変化が長期間ほとんどない地域に大別された。

阪田<sup>8)</sup>は、従来の地域防災計画は関東大震災での被害を踏まえ広域避難を前提として作成されたが、阪神・淡路大震災での大火災を伴わない被害発生により想定とは異なる様相を示したことで避難者行動に対応できるものではなかったと述べた。この事例をもとに、避難計画の改善に関してより適正な避難所の施設規模や配置計画を策定することが重要であるとした。そのため避難者数の推移特性と避難所選択行動特性を分析した結果、これら

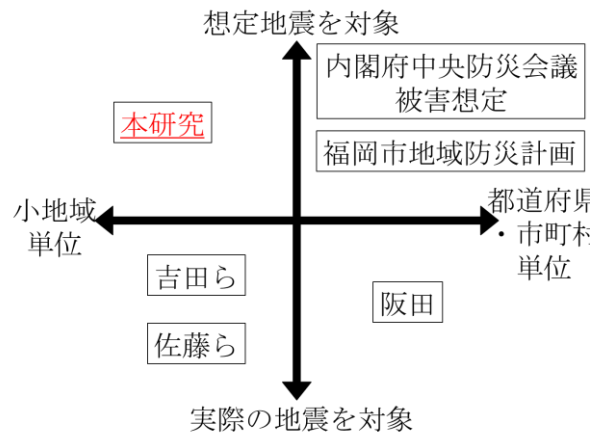


図 1 本研究の位置づけ

の行動に影響を及ぼす要因がライフラインの復旧速度、避難所との距離、避難所の敷地面積であることを明らかにした。

吉田ら<sup>9)</sup>は、2016 年熊本地震において住民の退避行動の特性を明らかにし、避難所別の住民の退避者予測を行うための住民の退避行動モデルを構築した。熊本地震における住民の避難状況として、避難者の多くは指定避難所に避難しているが、指定緊急避難場所やそれ以外の避難所に避難する住民も少なくなかったとしている。また避難所選択モデルから、震災直後は自治体が事前に指定していた場所に住民が避難する傾向が読み取れた。

### b) 警固断層を震源とする想定地震を対象とした研究

川瀬ら<sup>10)</sup>は、想定警固断層地震の震源モデルを作成し、福岡市において強振動予測と建物大破率や死者数を推定した。この強振動予測では警固断層北東側で震度 7 となる地域が現れ、複数の建物群モデルで応答解析を行ったところ、すべてのケースで大破率 80%を越える地域が生じるなど、兵庫県南部地震に匹敵する人的被害が起こりうることを示した。

### c) 位置づけ

震災時の避難者特性に着目した先行研究と本研究の位置づけについて図 1 にまとめた。想定地震を対象とした発生避難者と避難所収容人数の比較・推定を行う研究は少なく、同様の推定を行う事例は(1)背景と目的で述べた通りであるが、それらは都道府県、市町村単位の集計にとどまっており、行政区や小学校区といった小地域での推定は行われていない。また、警固断層を対象とした強振動予測に基づく被害推定に関しては、川瀬らにより町丁目ごとの被害棟数と死亡者数は推定されていたが、避難者数の推定や避難所収容人数を含む推定を行う研究は見当たらなかった。

以上より、本研究の特徴は想定地震である警固断層南東部地震について小地域ごとに発生避難者数と避難所収

容人数を集計し比較することで、それらの地域特性を把握したことである。

## 2. 地区別避難所収容能力の分析方法

### (1) 地区別避難所収容能力の分析の流れ

研究の流れを図 2 に示す。

本研究の目的である避難者数と避難所収容能力の比較のために、建物ポイントデータと地震動予測地図を用いて導出した建物全壊数・半壊数から避難者数を推計した。また本研究では建物被害を受け住居での生活ができなくなった避難者を研究対象とするため、避難場所ではなく避難所の収容人数のみを集計した。

建物ポイントデータとは秋山ら<sup>1)</sup>により整備された空間情報データである。このデータは居住人数、木造・非木造などの建物構造、建築年代等の基礎情報を建物単位で含んでいる。秋山らは、メッシュ単位や市区町村単位で集計された各種統計データ(国勢調査・住宅土地統計等)の統計値を建物データに確率的に最適配分することで、全国約 6,000 万棟の建物毎の耐火性能、構造、築年代、居住者情報を推定し空間情報データを整備した。これにより、行政が公開している従来の町丁目や地域メッシュ単位での地震被害想定では行えなかった、建物単位での被害状況の把握と任意の集計単位での集計をすることができる。つまり、建物ポイントデータを用いることで大規模地震発生時の地域の被害状況の詳細把握が可能となる。本研究では小学校区や行政区といった地区単位での避難所収容人数の過不足を分析することが目的であり、避難者発生数をこのデータから推計し任意単位の集計を行い、避難所収容能力との比較を行うために建物ポイントデータを使用した。

また本研究では防災科学技術研究所の震源断層を特定した地震動予測地図<sup>2)</sup>を予測震度分布図に採用した。この地図は特定の地震に対して、ある想定シナリオに対する詳細な強振動評価を行ったものである。計算に用いられる震源断層のパラメータは地震調査研究推進本部の結果を利用し、地震動強さを断層形状やすべり量、破壊開始点等を考慮して計算している。また日本全国の主要活断層に対し同様に詳細な強振動評価を行っている。本研究において、警固断層南東部を想定断層としメッシュ単位での計測震度を公表している点から、この地図を採用し計算に用いた。また、2017 年度モデルでは地震の破壊開始点(アスペリティ)の違いにより 4 つのケースを想定されていたが、本研究では後述する避難者数推計で最も発生数が多くなったケース 1(図 1)を利用した。震度分布の特徴として、破壊開始点は図に示されているように春日市と大野城市の市境に位置している。また、福岡

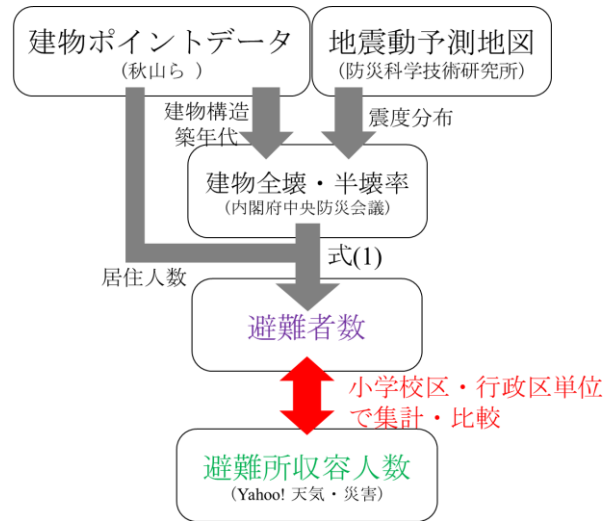


図 2 地区別避難所収容能力の分析の流れ

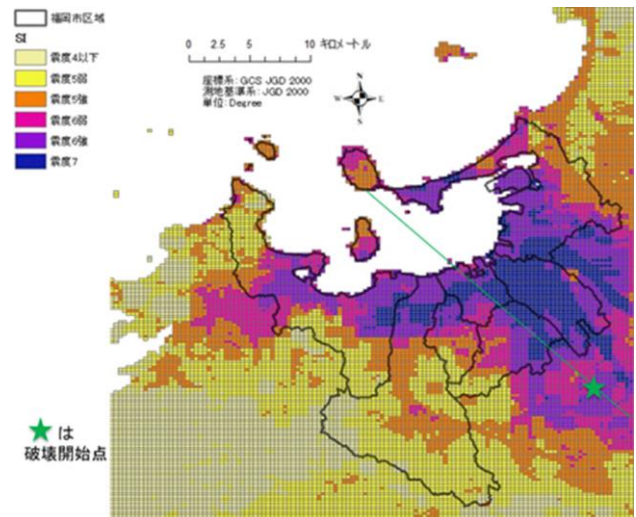


図 3 防災科研 震源断層を特定した地震動予測地図 警固断層南東部 2017 年地震活動モデル ケース 1 震度分布

市内の各行政区に震度 7 地域が分布し、特に博多区の広範囲に確認された。

#### a) 建物被害予測法の設定

建物被害の予測方法として地方自治体では、建物の応答解析によって建物の被害予測を行う方法と、過去の地震被害をもとに被害率曲線を設定する方法の二つが挙げられる。損害保険料算出機構<sup>3)</sup>によると、近年は適用の簡便性や兵庫県南部地震(1995)以降の強振動被害データの充実から後者を採用する自治体が多い。そのため本研究の被害率推定法として建物の構造・建築年次別に被害率曲線を設定し、計測震度との対応から建物全壊率、半壊率を算出する方式を採用した。

#### b) 被害率曲線の設定

被害率曲線の設定の際、内閣府中央防災会議の首都直

下地震対策検討ワーキンググループで使用された地震の揺れによる建物の被害率曲線<sup>3)</sup>を参考にした。この曲線は長尾・山崎(2011)<sup>14)</sup>で指摘されているように建物の築年により被害に違いがみられることや耐震改修による効果を考慮し、構造別、建築年次別(木造 6 区分/非木造 3 区分)で分類・作成されている。本研究では建物ポイントデータで区分された年代ごとに全壊率・全半壊率曲線を作成し、建物ごとの被害率を計算した(図 4.5)。曲線の特徴として、築年の違いで大きな被害率の差があり、近年観測されている地震による被害において新耐震基準に適合した建物に比較的被害が少ないという分析結果を反映している点が挙げられる。

避難者数の推定について、内閣府中央防災会議の手法を参考に式(2)を作成した。今回対象としている建物被害に関する避難者数推定において、内閣府中央防災会議首都直下地震対策検討ワーキンググループの首都直下地震の被害想定<sup>3)</sup>では以下の式

$$\text{全避難者数} = (\text{全壊棟数} + 0.13 \times \text{半壊棟数}) \times p \quad (1)$$

(ここで、 $p$  : 一棟当たりの平均人員を表す。) で推定していた。この想定は広域的な被害推計であるため、建物単位の詳細な避難者数は導出できていない。

本研究では建物ポイントデータの利用により建物単位の避難者数推計が行われるため、 $n$ 棟当たりの避難者数

$y$ について、

$$y = \sum_{i=1}^n [(a_i + b_i \times 0.13) \times p_i] \quad (2)$$

(ここで、 $a_i$  : 建物全壊率、 $b_i$  : 建物半壊率、 $p_i$  : 一棟当たりの居住人数を表す。)

の式(2)を用いた。この式の特徴は、建物ポイントデータが含む一棟当たりの居住人数データを用いることで建物単位での避難者数を推計が可能である。

また、この式に影響を与えるパラメータは、図 2 に示されている通り、建物構造、建物築年代、震度分布と居住人数の 4 つである。

### c) 本研究の対象とした指定避難所の定義

福岡市地域防災計画では、「避難所は、被災者を滞在させるために必要となる適切な規模を有し、速やかに被災者等を受け入れること等が可能な構造又は設備を有する施設であって、想定される災害による被害が比較的少なく、災害救援物資等の輸送が比較的容易な場所にあるものを指定する。」とあり<sup>15)</sup>、一時、収容、福祉、臨時避難所に分類される。福岡市は当計画や防災マップにて一時、収容避難所の指定施設の計 415 か所について公表しており、本研究でもこの二種類を対象として避難所収容人数を集計した。

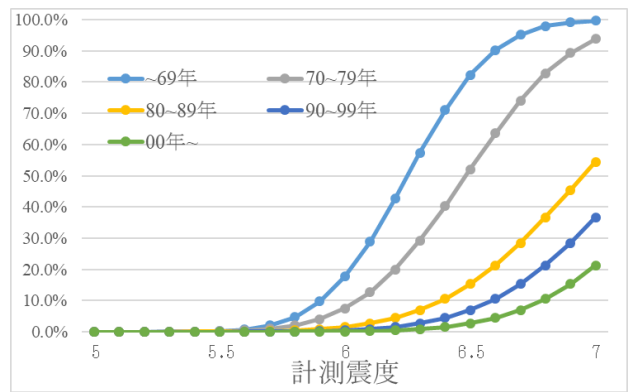


図 4 木造建物の全壊率曲線

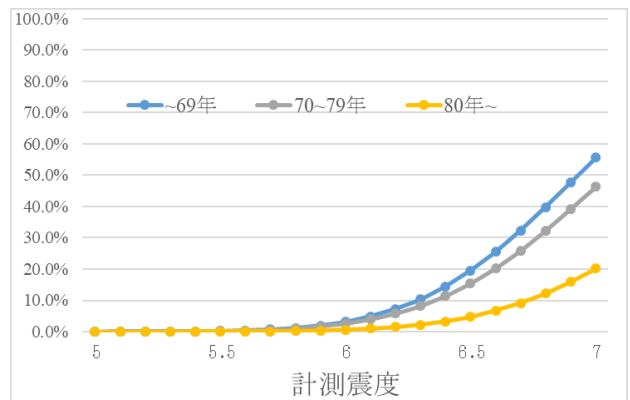


図 5 非木造建物の全壊率曲線

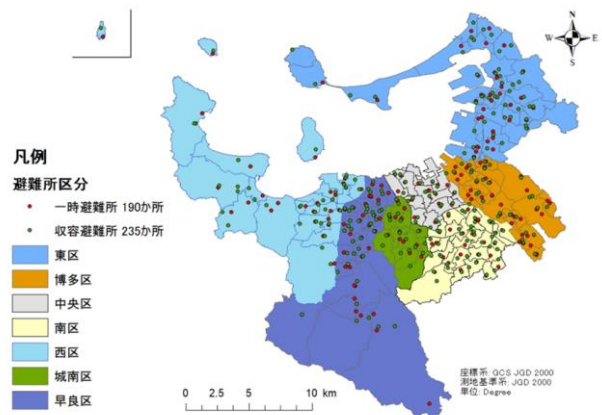


図 6 福岡市内の指定避難所

避難所の収容人数について福岡市は公表していないが、ヤフー株式会社と締結された災害に係る情報発信等に関する協定<sup>16)</sup>より、福岡市は福岡市内の避難所等の防災情報をヤフーに提供し、ヤフーがこれらの情報を平常時からヤフーサービス上に掲載するなどして、一般に広く周知している。これより市が提供したデータを掲載する Yahoo! 天気・災害の避難所データ<sup>17)</sup>を利用した。なお Yahoo! 天気・災害にも収容人数が掲載されていない避難所については、公民館や学校など施設ごとに算出した平均値を当てはめた。避難所の基礎情報と福岡市における配置を図 6 に示す。

表 1 行政区ごとの計算結果(人)

地区	住民数 (A)	避難所収容人数 (B)	住民数に対する 収容人数比(B/A)	避難者数(C)	住民数に対する 避難者数比(C/A)	不足分(C-B)
東区	300,390	27,654	9.2%	18,713	6.2%	-8,941
博多区	228,551	23,674	10.4%	44,836	19.6%	21,162
中央区	193,831	14,985	7.7%	20,876	10.8%	5,891
南区	265,499	24,414	9.2%	33,774	12.7%	9,360
西区	188,642	24,549	13.0%	12,626	6.7%	-11,923
城南区	131,355	12,700	9.7%	8,407	6.4%	-4,293
早良区	218,240	25,583	11.7%	21,817	10.0%	-3,766
市全体	1,526,508	153,559	10.1%	161,048	10.6%	7,489

収容人数の平均値として、公民館・老人いこいの家は 252.2 人、市民センターが 2161.7 人、市民体育館が 718.9 人、小学校が 311.8 人、中学校が 389.2 人、高校が 535.1 人となった。また、避難所配置の内訳として、一時避難所が東区に 35 か所、博多区に 38 か所、中央区に 18 か所、南区に 27 か所、西区に 27 か所、城南区に 13 か所、早良区に 32 か所配置されている。収容避難所は東区に 47 か所、博多区に 30 か所、中央区に 22 か所、南区に 41 か所、西区に 36 か所、城南区に 18 か所、早良区に 41 か所配置されている。

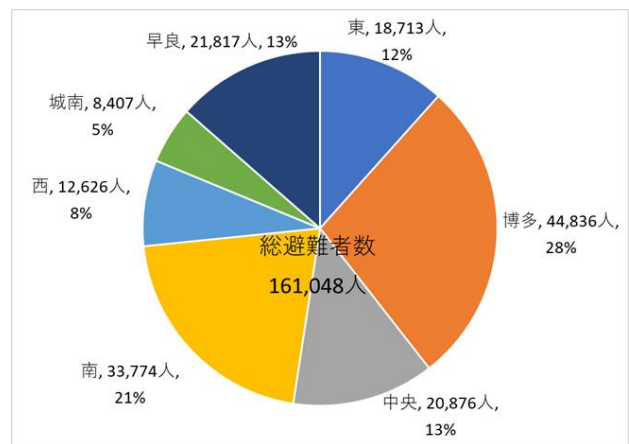


図 7 総避難者数に対する各行政区の割合

### 3. 地区別避難所収容能力の分析結果

#### (1) 行政区別避難所収容能力の分析結果

行政区ごとの計算結果を表 1 に示す。表には各行政区ごとの住民数、避難所収容人数、避難者数、そして収容人数の避難者数に対する不足分を示した。また、目安として住民に対する収容人数比と避難者数比を併記した。

表 1 から読み取れることとして、住民数に対しておおむね 10%程度が現在の指定避難所収容人数の目安であることがわかる。そして、発生避難者数が 10.6%と避難所収容人数比よりも高いことからわかる通り、市全体の避難所収容人数は予測避難者数よりも 7,489 人分少ないことが確認できた。避難所収容人数について、中央区が 7.7%と他区と比較して 2%以上少なく、西区が 3%多い。避難者数比では博多区が 19.6%と最も多く、東区、南区、城南区がおおむね 6%台だった。

図 7 で避難者の内訳を、図 8 で避難所収容人数と総避難者数の関係を示した。図 7 から読み取れることとして、博多区と南区の割合が 20%を越えており、城南区が 5%と最小であった。図 8 から、東区、西区の避難所収容人数の多い地域での避難者数が少なく、収容能力に余裕があることがわかる。

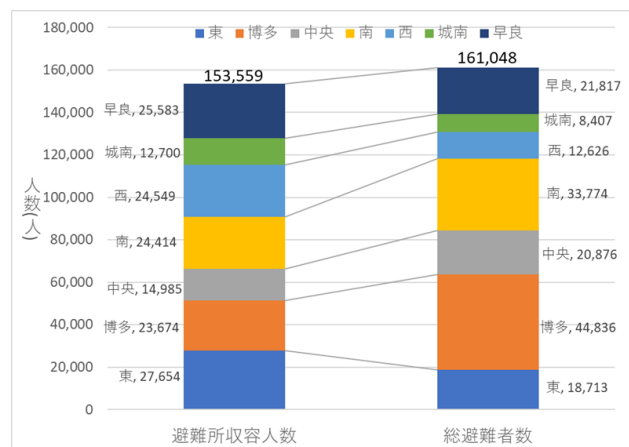


図 8 総避難所収容人数と総避難者数の推計

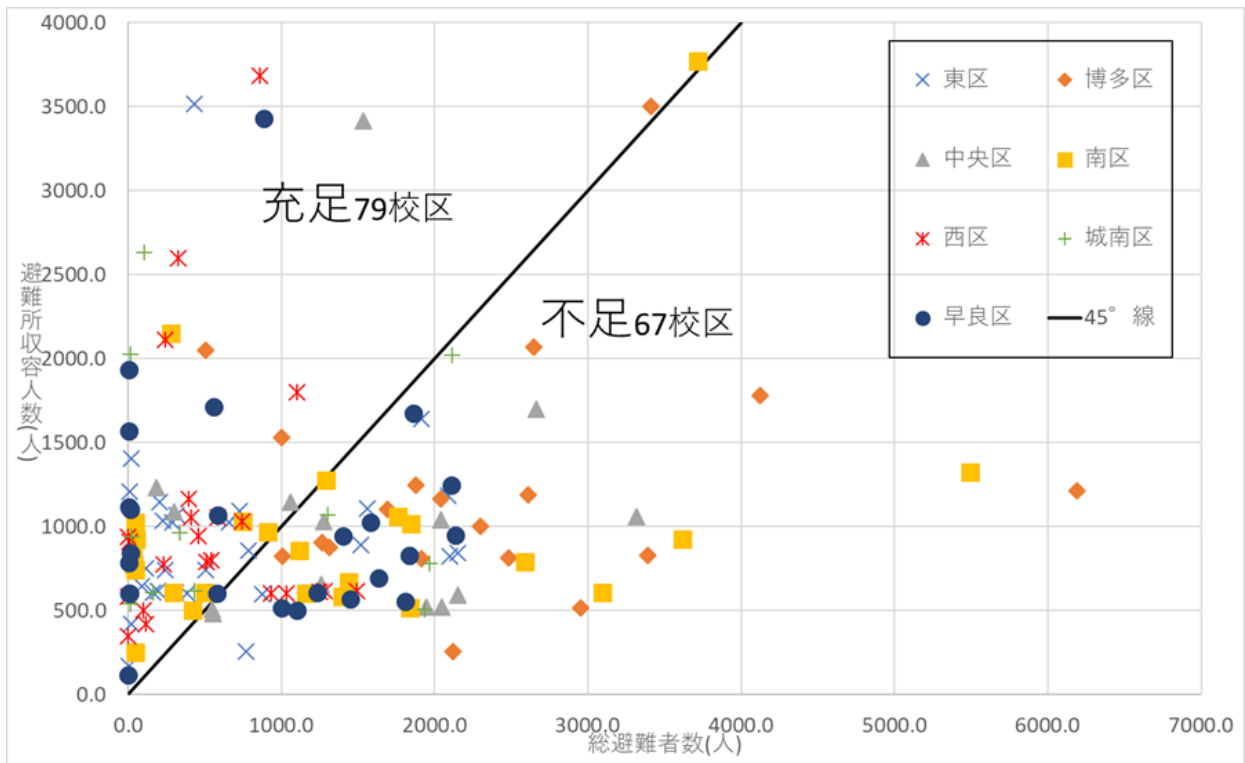


図 9 小学校区別の避難者数と避難所収容人数の比較

(2) 小学校区別避難所収容能力の分析結果

図 9 に示した通り小学校区ごとに比較すると、収容能力が充足した地域が 79 校区、不足した地域が 67 校区発生した。避難者発生、避難所収容人数、そして不足収容人数が最も大きかった校区を挙げると、最大避難者発生数の校区は博多区的那珂校区であり、6,188.2 人の発生が予測された。避難所収容人数の最も多い校区は南区の塩原校区であり、校区全体で 3,771 人分の収容能力がある。不足収容人数が最も大きい校区は博多区的那珂校区であり、4,975.2 人分の不足が確認された。収容能力が 3,500 人前後の校区はすべて充足地区であったが、避難者の多く発生した博多区、南区では収容能力に余裕がなく、他校区からの受け入れの役割は果たせないことが読み取れる。全 146 校区の避難所収容人数の平均値は 1,051.8 人、避難者の平均値は 1,103.1 人であり、校区の多くがその周辺に位置している。また 67 校区で集計した場合は約 7 万人分の避難所容量が不足するという計算になった。図 10 に小学校区ごとの収容能力の過不足判定を示した。避難所容量が不足した地域を黄色で、充足した地域を白色で表してある。不足地域は 67 校区あり、全行政区に分布している。また、不足地域は震度 7 の分布する地域と重なる地域が多い。博多区は全 19 校区中 16 校区が、中央区は全 14 校区中 10 校区が不足地域であり、地図上でも不足地域が区内の広範囲に分布していることがわかる。加えて、不足地域の多くは隣接して分布しているので、避難所に入所できなかった被災者が避難所収容能力

凡例 全146校区

- 福岡市区域
- 不足 67 校区
- 充足 79 校区

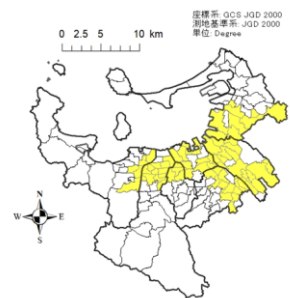


図 10 小学校区ごとの避難所収容人数の過不足判定

に余力のある地域に移動を試みた場合、複数の校区をまたいだ移動を強いられる可能性があることがわかる。

前述の通り西区、早良区のように住民数に対する避難所収容人数比が高く、区域内の避難者発生数が容量を超過していない地域は校区自体の面積が広く、一棟当たりの居住者数も市平均値を下回っており(市平均 4.88 人に対し西区 3.72 人、早良区 4.34 人)、一軒家が多く分布する地域であるとわかる。一方、不足地域は校区面積も比較的小さく、一棟当たりの居住者数も多いことから、集合住宅の多く分布する地域であることがわかる。

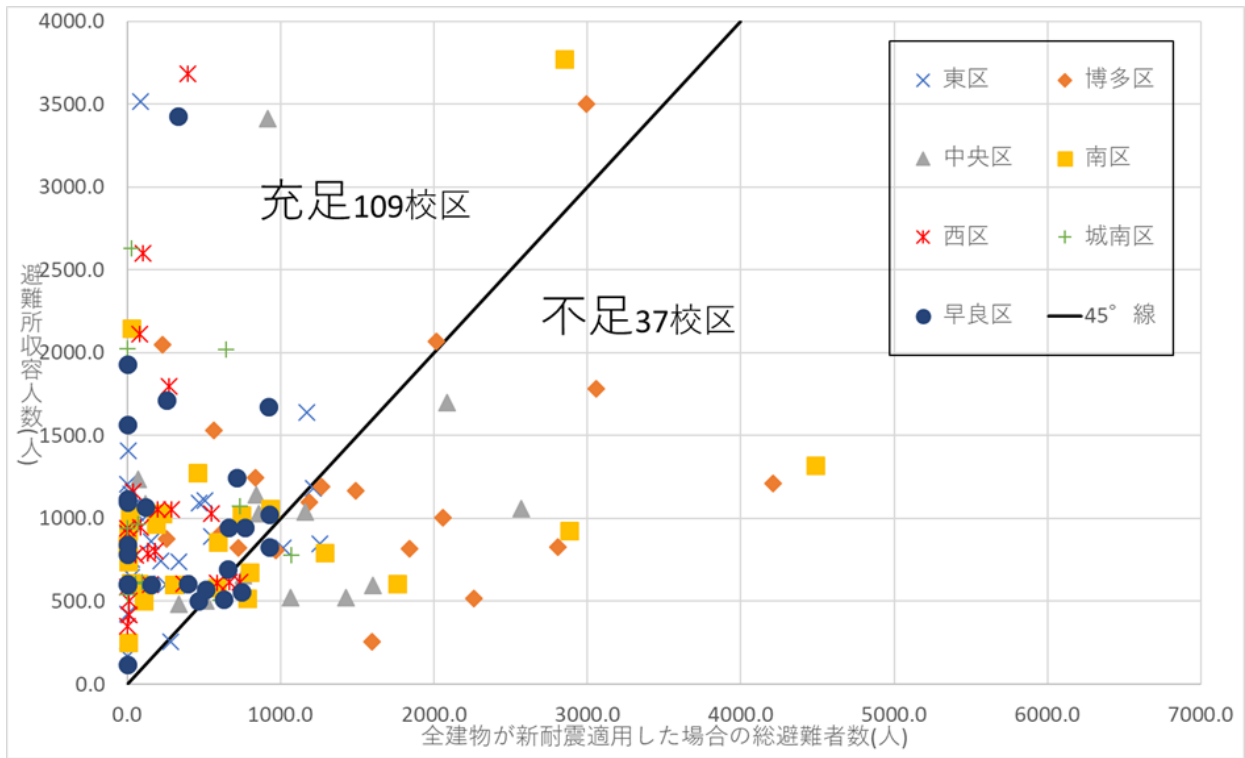


図 11 全建物が新耐震適応した場合の避難者数と避難所収容人数の比較

(3) 全建物が新耐震基準に適合した場合の収容能力の分析結果

これまで現在の建物分布について避難者数推定，それに対する避難所収容能力の分析を行ってきたが，一般的に建物はそれぞれ建築寿命を迎え，移転による機能の移行や建て替えといった更新が行われる．すなわち 1981 年以前に建設され，新耐震基準を満たしていない旧基準建物の総数は年々減少していくと考えられる．加えて内閣府中央防災会議では，首都直下地震の被害想定において建物の耐震性の強化による防災対策の効果を評価しており，現状の耐震化率約 79%ではゆれによる全壊棟数が約 17 万 5 千棟である一方，耐震化率約 100%の場合は全壊棟数が約 2 万 7 千棟に減少するとした．そこで本項目からは，すべての建物が建て替えにより新耐震基準に適合した場合を仮定し，建物被害率，避難者数，そして避難所収容人数との比較を行い，耐震化率の向上による避難者発生数の減少が避難所収容能力に対してどれほどの影響があるのかを検証する．

図 11 が表す通り，仮定による計算から充足校区が 79 校区から 109 校区に，不足地区は 67 校区から 37 校区にそれぞれ移り変わった．総避難者数でいえば 90,419 人となり，市全体の避難者収容人数である 153,559 人を下回るため，福岡市内で避難者を振り分けることができるのであれば避難者は全員避難所に収容できるという結果になったものの，不足校区は 37 校区発生するため，小学校区単位ではすべてが充足地区にはならなかった．さら

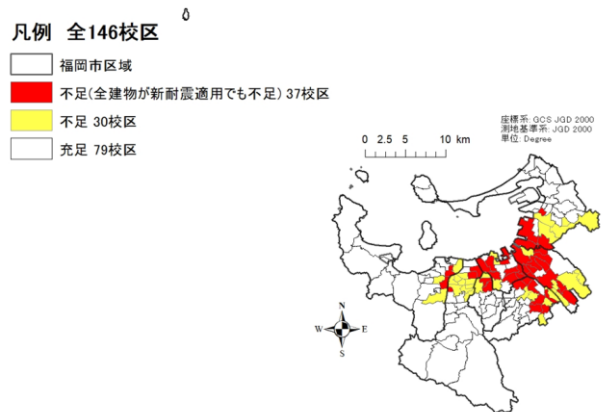


図 12 新耐震適応の場合の避難者数と避難所収容人数の比較

に行政区単位では，博多区単独で避難所収容人数を上回る避難者が発生するという推計結果となった．

図 12 で表す通り，現状で避難所収容人数が不足する地域において新耐震適応を仮定しても不足したままの地域が 37 校区存在し，新耐震適応による避難者数の減少で収容能力が充足となる地域が 30 校区見られた．特に早良区，東区では比較的多くの校区が避難所収容能力の充足地域に転じていた．収容能力不足から充足に転じた地域においては，建物の耐震化を行うことで避難所外避難者の発生を予防できるため，該当する 30 校区では建物の耐震化を進めることが避難者収容の観点から有効であるといえる．反対に，建て替えが進んでも避難所収容

能力が不足する 37 地区では避難所の収容人数の追加指定や他校区への避難者誘導を視野に入れた避難者収容計画を策定する必要がある。

#### 4. おわりに

本研究では警固断層南東部地震の揺れによる被害を対象とし、建物属性を考慮した被害率曲線を用い建物単位での避難者数を推計し、小学校区ごとに集計した避難所収容人数との過不足を集計した。

推計避難者数と避難所収容人数の比較を行った結果、福岡市全域で避難者数が 161,048 名発生すると推測され、市全域の避難所収容人数が 153,559 名であるため、7,489 名分の避難所収容人数の不足がみられた。全 146 小学校区で避難者数と避難所収容人数の比較を行ったところ、収容人数が充足した地域が 79 校区、不足した地域が 67 校区であることが示された。

市全域の建物が新耐震基準に適合した場合、避難者数は約 7 万人減少して 90,419 名となり、市全域の避難所収容人数を下回るものの、小学校区単位では収容人数が不足する地区が 37 校区あり、建物の新耐震基準への建て替え、改築は避難者数の減少に貢献するが、避難所の局地的な収容人数不足をすべて解決することはできないと考えられる。このため、避難者数減少のために旧耐震基準建物の建て替えを推進するとともに、避難所収容人数の不足が見込まれる校区については避難所の追加指定や他校区への避難者誘導計画を事前に指定・策定しておくことが求められる。

今後の課題として、次のものが挙げられる。

- ・ 地震による死者数や負傷者、帰宅困難者数の推計を行うこと。
- ・ 停電や断水などのライフライン被害を含めた避難者発生を想定すること。
- ・ 各建物が新耐震基準かどうかを推定できるデータを用いて全壊、半壊率を求めること。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP17H02040 の助成を受けたものです。また、阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター、福岡市役所、内閣府政策統括官の各担当者の方々から有益な助言を頂戴しました。記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 毎日新聞：2016.5.11.

- 2) 内閣府：熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について、[www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/index.html](http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/index.html).
- 3) 内閣府中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ：首都直下地震の被害想定と対策について(最終報告)～人的・物的被害(定量的な被害)～、[www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku\\_wg/](http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/), 2013.12.
- 4) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：警固断層帯(南東部)の地震を想定した強振動評価について、2008.4.11.
- 5) 福岡市防災会議：福岡市地域防災計画(震災対策編), pp.14, 2015.6.
- 6) 福岡市住宅都市局建築指導部建築物安全推進課：福岡市揺れやすさマップ, [www.city.fukuoka.lg.jp/jutaku-toshi/bid\\_safe/life/map\\_2.html](http://www.city.fukuoka.lg.jp/jutaku-toshi/bid_safe/life/map_2.html).
- 7) 佐藤健, 恋水康俊, 昆野辰樹：東日本大震災における仙台市内の避難者発生の地域特性, 日本地震工学会論文集第 12 巻, 第 4 号(特集号), 2012.
- 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, 第 537 号, pp.141-147, 2000.11.
- 9) 吉田護, 柿本竜治, 畑山満則, 阿部真育：避難所別避難者数予測モデルの構築への試み-2016 年熊本地震を通じて-, 第 56 回土木計画学研究発表会・講演集, 2018.
- 10) 川瀬博, 松島信一, 那仁満都拉, 梅田尚子：想定警固断層地震による強振動予測に基づく福岡市における被害予測, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 2006.
- 11) 秋山祐樹, 仙石裕明, 柴崎亮介：大規模地震時における国土スケールの災害リスク・地域災害対応力評価のためのミクロな空間データの基盤整備, 第 47 回土木計画学研究発表会・講演集, 2013.
- 12) 防災科学技術研究所 地震ハザードステーション：震源断層を特定した地震動予測地図 2017 年地震活動モデル, 警固断層帯南東部, [www.j-shis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/download.html?lang=jp](http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/download.html?lang=jp).
- 13) 損害保険料率算出機構：自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査, 第三章 被害予測手法の整理, [https://www.giroj.or.jp/publication/earthquake\\_research/No08\\_3.pdf#search=%27%E5%BB%BA%E7%](https://www.giroj.or.jp/publication/earthquake_research/No08_3.pdf#search=%27%E5%BB%BA%E7%).
- 14) 長尾拓真, 山崎文雄：2007 年新潟県中越沖地震における柏崎市建物被害の空間分析, 地理情報システム学会 第 21 回学術研究発表大会(2012 年)講演論文集, <https://www.gisa-japan.org/conferences/proceedings/2012/papers/C-2-1.pdf>.
- 15) 福岡市防災会議：福岡市地域防災計画(震災対策編), pp.36, 2015.6.
- 16) 福岡市防災会議：災害に係る情報発信に関する協定(ヤブ一), 福岡市地域防災計画(資料編), pp.199, 2015.6.
- 17) Yahoo! 天気・災害：福岡県避難所マップ, <https://crisis.yahoo.co.jp/shelter/list/40/?p=1>.

(?)