

複数層^(レイヤー)の重ね合わせマップの作成
—建物被害率注意度と要援護者分布の重ね合わせ—

正会員 ○白井茉似那*1 同 大谷英之*2 同 永野康行*3

5. 構造—2. 振動—k. 被害予測・地震防災

建物被害率, 要援護者, 南海トラフ地震, 防災, 木造建物

1. はじめに

本研究は、大地震発生後の人的被害を最小限にとどめるための対策として①要援護者分布図と②地域別建物被害注意度マップを作成し、それらを重ね合わせた複数層の重ね合わせマップを作成することを目的としている。

①要援護者分布

大地震発生時、高齢者や幼い子供、障害者などは単独での避難が困難であり、何らかの援助が必要であると考えられる。このような人々への対策は地域の周辺住民や自治体で取り組むべき課題であるが、神戸市のような都市部では自治体内や地域内のつながりが希薄であることが多い。よって、住民1人1人が自身の住む地域の現状を把握する機会を設けるために要援護者分布を作成する。

②地域別建物被害注意度マップ

本研究の対象地域である神戸市は1995年に兵庫県南部地震の強い地震動を受けている。兵庫県南部地震発生以前に建設された建物は将来発生が予測される南海トラフ地震で2回目の大きな揺れを経験することになるため、被害を受ける可能性が高く、その対策が急がれる。そこで南海トラフ地震発生時の建物被害シミュレーションを行い、その結果より、危険度の高い地域を可視化するために地域別建物被害注意度マップを作成する。

③複数層^(レイヤー)の重ね合わせマップ

要援護者分布図と地域別建物被害注意度マップを重ね合わせることで建物被害予測結果と単独での避難に不安のある要援護者の居住地域を可視化し、効率的な避難行動や救助活動を促進することが目的である。

2. 対象地域

兵庫県神戸市中央区の中でも人口や建物数が多く、大地震発生時に大きな被害を受けると予測されるJR三ノ宮駅周辺の地域を対象とする。対象地域は、旭通、吾妻通、小野柄通、加納町、北長狭通、北本町通、雲井通、琴ノ緒町、三宮町、東雲通、下山手通、中山手通、二宮

町、布引町、花隈町、日暮通、元町高架通、八雲通、若菜通の19地域とする。

3. 要援護者分布

3.1 要援護者数

要援護者の対象は、0~4歳までの子ども、75歳以上の高齢者、障がい者とする。子どもや高齢者の分布は平成27年度国勢調査⁽¹⁾を参照する。障がい者数は障がい者手帳交付数⁽²⁾をもとに中央区内の人口分布と同じ割合で分布しているものとして算出する。

表1 要援護者数

対象地域	0~4歳(人)	75~歳(人)	障がい者(人)	要援護者(人)
旭通	78	221	125	424
吾妻通	40	85	58	183
小野柄通	25	78	42	145
加納町	85	232	157	474
北長狭通	47	202	113	362
北本町通	24	222	67	313
雲井通	40	155	88	283
琴ノ緒町	32	201	100	333
三宮町	0	19	4	23
東雲通	54	209	92	355
下山手通	234	1062	408	1704
中山手通	376	837	471	1684
二宮町	85	449	197	731
布引町	7	111	51	169
花隈町	96	271	151	518
日暮通	58	312	110	480
元町高架通	0	15	1	16
八雲通	36	249	98	383
若菜通	17	62	25	104
計	1334	4992	2358	8684

Making OverlapMaps by Some Layers

-Map of Attention level by Building damage & Distribution of Required support-

SHIRAI Maina , OOTANI Hideyuki and NAGANO Yasuyuki

3.2 要援護者分布

対象地域別の要援護者数を5段階のレベルに分類し色分けした地図を作成する。要援護者数の少ない順にレベル1～レベル5とする。レベルごとの色分けは、要援護者の少ない順に、青、緑、黄色、オレンジ、赤とし要援護者分布図を作成する。

表2 要援護者数 分類レベル

レベル	要援護者数 (人)	対象地域数
1	0～200	6
2	201～400	6
3	401～600	4
4	601～800	1
5	801～	2

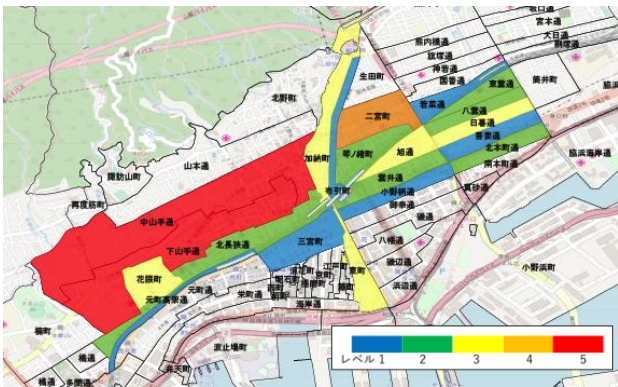


図1 要援護者分布

4. 建物注意度マップ

4.1 解析モデルの設定

1981年に新耐震基準制度が制定され、その基準の木造建物は震度7の地震に耐えられるはずであった。しかし熊本地震では新耐震基準の建物が倒壊し、その建物の大半が1981年から2000年までに建設された建物であった例が報告されている。1981年から新耐震基準制度が改定される2000年までは金物規定が設定されておらず、1981年から2000年までに建設された木造建物の中には現行の耐震基準に満たない木造建物が存在する可能性が高い。神戸市では多くの木造建物が阪神淡路大震災を受けて建替えをしたが、その建物が2000年までに建設された場合南海トラフ地震で再び被害を受ける可能性がある。そこで本研究では建物築年代と建物の剛性・強度ごとに区分分けしたモデルを作成し、昨年度研究より詳細に建物被害シミュレーションを行う。

4.2 建物モデルの築年代割合

神戸市中央区における建物の築年代をひょうご住まいの統計⁽³⁾を参照し、それを基に各年代別の建物モデルの割合を算出する。

表2 年代別建物モデルの割合

建物モデル	築年代 (年)	割合 (%)
1959年 基準法モデル	～1980	19
1981年 基準法モデル (金物なし)	1981～1999	48
2000年 基準法モデル	2000～	30

ただし、1958年以前に建設された木造建物はモデル設定がないため計算対象外とする。

4.3 都市モデルの設定

解析対象は神戸市中央区内の2階建て木造建物17391棟とする。表2の3区分から、金物規定による建物の剛性・強度を考慮して、1981年～2000年に建てられた建築物のうちの50%が金物規定を満たさない強度の低いモデルとする。

表3 解析モデルの割合

建物モデル	築年代 (年)	割合 (%)
1959年 基準法モデル	～1980	19
1981年 基準法モデル (金物なし)	1981～1995	24
1981年 基準法モデル (金物あり)	1996～1999	24
2000年 基準法モデル	2000～	30

4.4 入力地震波

すべての建物モデルに対して兵庫県南部地震と想定南海トラフ地震の2波連動の地震波と、想定南海トラフ地震のみの地震波の2パターンの地震波を入力して地震応答解析を行う。その結果から築年代に適した入力地震波を入力したモデルを採用する。

4.5 モデル概要

統合地震シミュレータ (IES : Integrated Earthquake Simulator) を使用し建物被害のシミュレーションを行う。文献⁽⁴⁾で設定された 1959 年基準法モデル、1981 年基準法モデル、2000 年基準法モデルの層せん断力係数と層間変形角の関係性を参照する。この 1981 年基準法モデルとは 1981 年～2000 年に金物を用いて建てられたと仮定した金物ありのモデルとする。今回作成する金物無しモデルは金物ありのモデルより耐力を低減させたモデルとする。その手法として 1959 年基準法モデルと 1981 年基準法モデル (金物あり) の各階の層せん断力係数の平均値をモデルの耐力として採用する。ただし 1959 年モデルでは A_i 分布を考慮していないため、1 階と 2 階の耐力が同じであると設定されているが、1959 年基準法モデルの場合にも A_i 分布を考慮すると仮定し 2 階の層せん断力係数を算出し、平均値を求める。

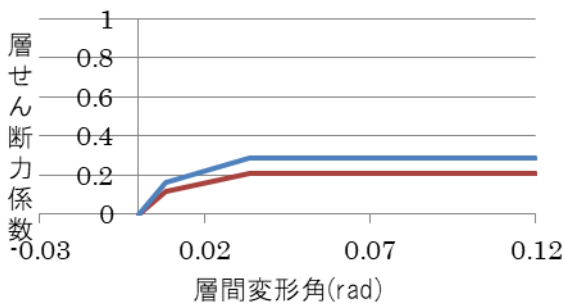


図 2 1959 年基準法モデル

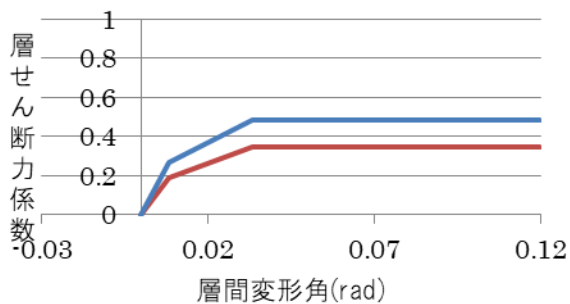


図 3 1981 年基準法モデル(金物無し)

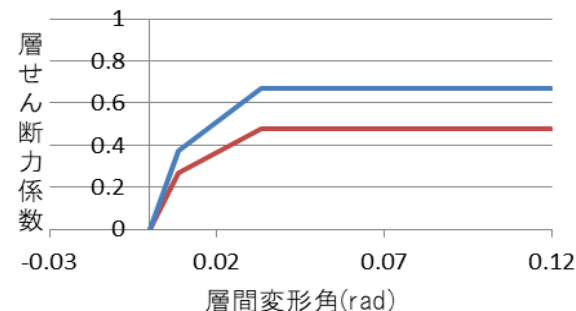


図 4 1981 年基準法モデル(金物あり)

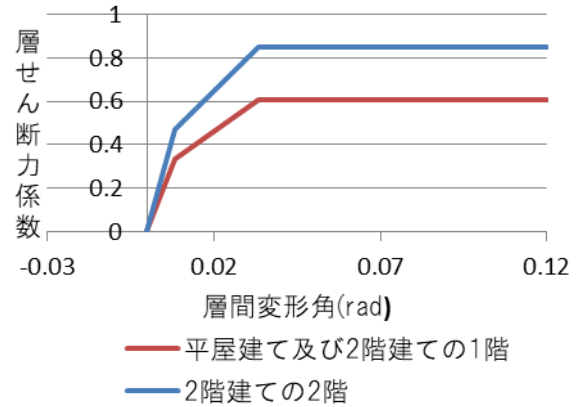


図 5 2000 年モデル

4.6 解析結果

時刻歴地震応答解析によって得られた結果の中から建物の最大層間変形角に着目し、最大層間変形角が $1/200$ を超えた建物を被害建物として抜き出し考察する。1981～1999 年のモデルのうち 70% を 1981～1995 年に建設され兵庫県南部地震を経験したモデル、残りの 30% を 1996～1999 年に建設されたモデルとする。また、1995 年までのモデルは兵庫県南部地震と想定南海トラフ地震の 2 波連動で入力したモデルを採用し、1996 年以降のモデルは想定南海トラフ地震を入力したモデルを採用する。

表 4 築年代別 被害建物数

築年代 (年)	被害建物数	入力地震波
～1959	237	兵庫県南部地震・南海トラフ 2 波連動
1981～1995	843	兵庫県南部地震・南海トラフ 2 波連動
1996～1999	31	想定南海トラフ地震
2000～	1	想定南海トラフ地震

被害建物数から対象地域別建物被害率を算出し、被害率の低い順にレベル 1～5 に分類する。レベルによる色分けは要援護者分布と同様とする。

表 5 建物被害率 分類レベル

レベル	建物被害率 (%)	対象地域数
1	0～10.0	6
2	10.1～20.0	9
3	21.0～30.0	0
4	30.1～40.0	1
5	40.1～	3

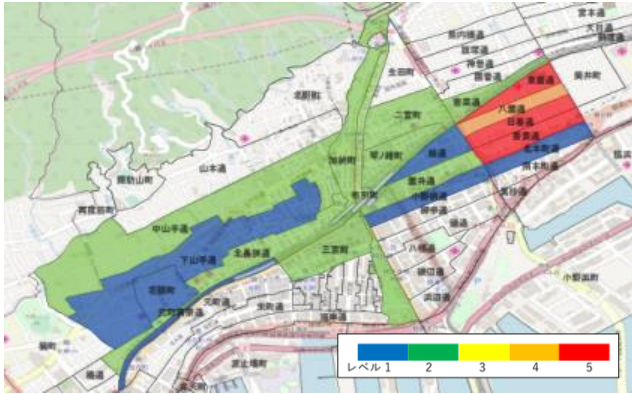


図6 建物被害率注意度マップ

5. 重ね合わせマップ

これまでに作成したレイヤーマップを重ね合わせ、複数層の重ね合わせマップを作成する。レイヤーごとのレベルによって重ね合わせマップのレベルを決定する。レベルの色分けは各レイヤーと同様とする。

表6 重ね合わせマップのレベル

レベル		地域別建物被害注意度マップ				
		1	2	3	4	5
要 援 護 者 分 布	1	1×1	1×2	1×3	1×4	1×5
	2	2×1	2×2	2×3	2×4	2×5
	3	3×1	3×2	3×3	3×4	3×5
	4	4×1	4×2	4×3	4×4	4×5
	5	5×1	5×2	5×3	5×4	5×5

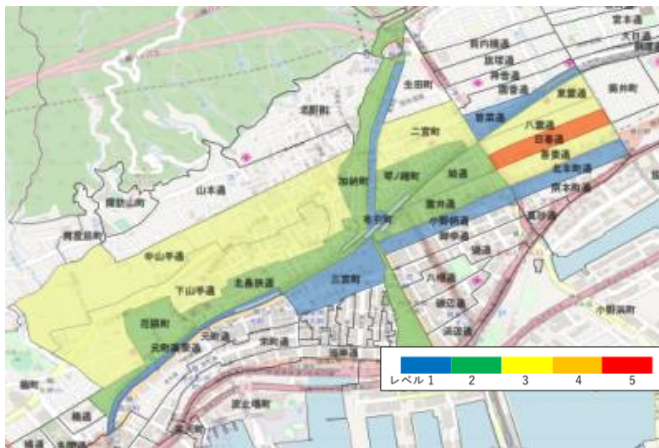


図7 複数層の重ね合わせマップ

6. おわりに

要援護者分布は下山手通と中山手通の2地域が最も要介護者が多いレベル5となった。この2つの地域の建物被害注意度マップのレベルは、レベル1、レベル2となり、重ね合わせマップ上ではどちらもレベル3となった。これより、要援護者数が多いため避難には時間を要するが、地震発生時の危険度はそれほど高くないと言える。次に、建物被害注意度マップのレベルが最も高い吾妻通と東雲通は要援護者分布がレベル1と2であり、要援護者の数が少ないので、重ね合わせマップではレベル3となった。建物被害に関する危険性はあるが、救助などを行う優先順位は低いと考えられる。しかし同じく建物被害のレベルが5の日暮通は要援護者分布でレベル3のため重ね合わせマップでのレベルが4となり本研究で最も危険が高い地域となり、避難に関する事前の対策が必要であると考えられる。

謝辞

本研究は、神戸市水上防火安全協会「平成29年度安全安心まちづくり研究助成制度」の助成金交付により研究を遂行することができました。また、兵庫県立大学大学院永野康行教授には、この論文の執筆にあたり、必要かつ十分な研究手法を御提示いただきました。この場をかりて御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 平成27年国勢調査結果(総務省統計局) 2018/3/5 アクセス <http://www.city.kobe.lg.jp/information/data/statistics/toukei/jinkou/tyoubetsujinkou.html>
- (2) 平成28年度福祉行政報告例/身体障害者福祉2016年度2/身体障害者手帳交付台帳登録数,都道府県-指定都市-中核市×障害の種類、年齢(2区分別2018/3/5 アクセス <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&query=%E8%BA%AB%E4%BD%93%E9%9A%9C%E5%AE%B3%E8%80%85%E6%89%8B%E5%B8%B3%E4%BA%A4%E4%BB%98%E5%8F%B0%E5%B8%B3%E7%99%BB%E8%BC%89%E6%95%B0&layout=dataset>
- (3) 兵庫県県土整備部まちづくり局住宅政策課「ひょうご住まいの統計:平成20年」2011年3月
- (4) 日本建築学会「建築耐震設計における保有水平耐力と変形性能」、39-56、1981年

*1 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究所 修士前期課程
 *2 理化学研究所計算科学研究センター 研究員・博士(工学)
 *3 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究所 教授・博士(工学)

Graduate Student Grad, Sim. Studies, University of Hyogo
 Research Scientist, RIKEN Center for Computational Science, Dr. Eng.
 Prof., Grad. Sch. Sim. Studies, University of Hyogo, Dr. Eng.