

首都圏大震災後の応急住宅対策シミュレーションに関する検討

○佐藤 慶一¹⁾, 中林 一樹²⁾, 翠川 三郎³⁾

- 1) 東京工業大学 都市地震工学センター ksato@enveng.titech.ac.jp
2) 首都大学東京 大学院都市環境科学研究科 nakabasi@comp.metro-u.ac.jp
3) 東京工業大学 都市地震工学センター smidorik@enveng.titech.ac.jp

1. はじめに

想定される首都直下地震では、約 30 万から 85 万棟程度の建物全壊が見込まれている。建物棟数と世帯数の関係より概算すると、約 50 万～150 万世帯の住宅喪失世帯が発生することとなる。社団法人プレハブ建築協会によると、仮設住宅は、半年間で約 12 万戸の供給が限界とされており、首都直下地震時には大幅な対策量不足となることが危惧される。平成 15 年度住宅・土地統計調査によると、首都圏には約 100 万戸の賃貸住宅空家があり、この活用が課題と考えられる。しかしながら、この問題は、仮設住宅はどこにどれくらい建つのか、賃貸空家はどこにどの程度利用可能な物件があるのか、さらにそれらを踏まえた上で住宅喪失世帯がどのような判断を行うのか、など複数の要因が絡み合い、対策量の議論だけでは不十分である。そこで、需給関係を詳細に捉えたマイクロモデルによる応急住宅対策シミュレーションの開発を試みることにした。

研究では、①まず、首都直下地震後の応急住宅に関連するデータを収集し、GIS を利用しデータの分布把握を行なう。②次に、世帯属性、住宅属性、行政支援を考慮に入れた首都圏広域の住民の応急住宅選択モデルの構築を行う。③そして、実際の応急住宅関連データと、アンケート調査より構築する応急住宅選択モデルを用いた、マイクロシミュレーションモデルを構築し、演算試行を行う。最後に、シミュレーション結果について考察し、今後の研究課題を整理する。

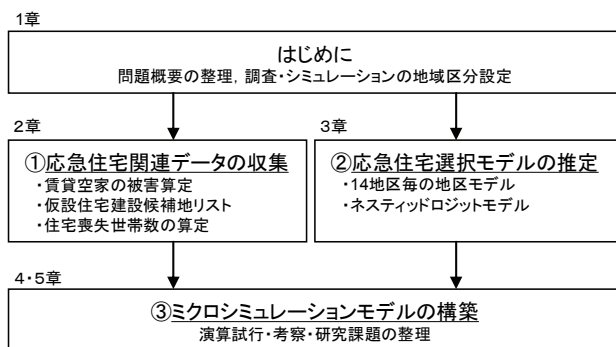


図 1: 研究のフロー

なお、分析対象として、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県に加えて、茨城県一部（つくば市、つくばみらい市、取手市、守谷市、常総市、利根町、龍ヶ崎市、牛久市、阿見町、土浦市、下妻市、八千代町、坂東市、境町、古河市、五霞町）を扱うこととした。これは、つくばエクスプレスの開通により都心へのアクセスが改良されたことで、首都直下地震時の応急住宅先として位置づけられると判断したためである。その上で、調査対象を 24 に区分し、分析の単位とした。調査区分は、応急住宅関連データの整備の集計単位とし、非集計行動モデルおよびマイクロシミュレーションの構築基盤とするものである。これは、東京都市圏パーソントリップ調査の 52 の大ゾーンを利用し、被験者が回答する際にイメージしやすいように、幾つかを統合し区分数を減らし、形状や面積を勘案し一部境界を変更し、独自に区分したものである。

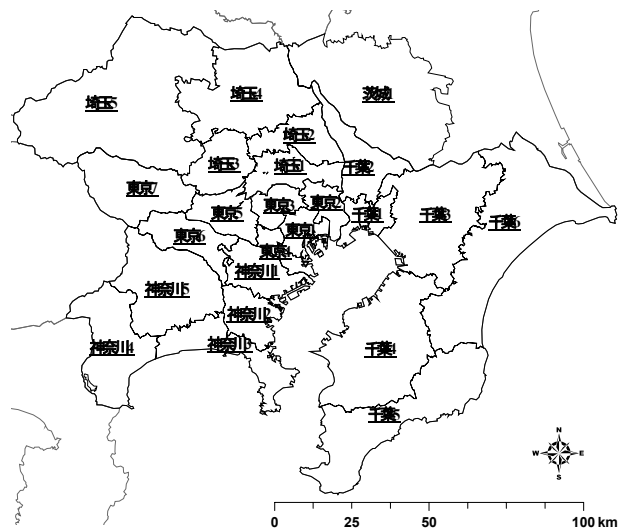


図 2: 調査・シミュレーションの区分設定

2. 応急住宅関連データの分布把握

2.1. 地震後に利用可能な賃貸空家分布の把握¹⁾

中央防災会議による首都直下地震被害想定²⁾では、死者数・建物被害、避難者、帰宅困難者、交通寸断、廃棄物の想定はあるが、応急居住期の支援可能量や対策需要は扱われていない。応急居住期の被害想定

や事前対策検討において、対策量確保の視点から、賃貸住宅空家の扱いは重要であるが、これまで十分な検討や既往研究は見られなかった⁽¹⁾。

そこで、賃貸住宅空家に関する社会統計である住宅・土地統計調査と、中央防災会議の首都直下地震の被害想定結果を利用して、応急居住期に利用可能な賃貸住宅空家および住宅喪失世帯の分布および特性をマクロ的にやや簡便に把握する方法を図3に示すように構築した。

通常、地震被害想定は、メッシュ単位で行われるが、住宅・土地統計調査における空家数は、市区町村単位である。空家データの精度を保つことを優先し、本稿における推計は、市区町村単位で行う。

まず、地震の揺れによる被害を算定する。はじめに、2003年住宅・土地統計調査の「市区町村ごとの空家数」に、後述する「市区町村ごとの構造・築年代比率」を乗じることで、「市区町村・建物構造・築年代ごとの賃貸住宅空家数」を求める。つぎに、内閣府の東京湾北部地震 M7.3 の震度分布図から、「市区町村ごとの想定震度」を与える。震度が複数予測されている市区町村は、最大面積を占める予測震度を与える。以上のデータセットに、東京都の被害想定より「震度と建物の構造・築年代ごとの被害比率」を与え、揺れによる全壊数を算定する。半壊の物件は地震後補修して利用可能として、全壊数を揺れによる被害数とする。

火災および急傾斜地崩壊による建物被害は、ま

ず、住宅・土地統計調査の「都県ごとの賃貸住宅空家数」と「都県ごとの住宅総数」の比率を、内閣府の想定被害数に与えることで、都県ごとの賃貸空家被害数を割り出す。そこに、都県自治体の地震被害想定で、要因別被害数の都県における集計値を分母として、市区町村ごとの被害棟数を分子とした比率「市区町村ごとの火災・がけ崩れによる被害比率」をかけあわせ、市区町村ごとの被害数を算定する。

液状化による建物被害の算定は、内閣府の東京湾北部地震 M7.3 の液状化による全壊棟数の分布図³⁾を利用し、目視で被害がある市区町村を抽出し、市区町村ごとに被害数を分配する比率を与えることで求める。

以上の手順で求まる要因別の被害数の総和をとり、「市区町村ごとの賃貸住宅空家の被害数」を算出する。住宅・土地統計の賃貸住宅空家数から被害数を除くことで、「市区町村ごとの賃貸空家残存数」を算定する。

最後に、市区町村ごとの賃貸空家被害数に対して、住宅・土地統計調査における市区町村ごとの住宅特性比率を乗じることで、被害空家物件の特性（部屋数・家賃等）を把握する。地震の揺れにより被害を受ける物件については、構造・築年代ごとに算定しているので、市区町村・建物構造・築年代ごとの住宅特性比率を乗じることで、空家物件の特性をより細かく把握する。住宅・土地統計調査で把握できる特性ごとの空家物件数から、算定した特性ご

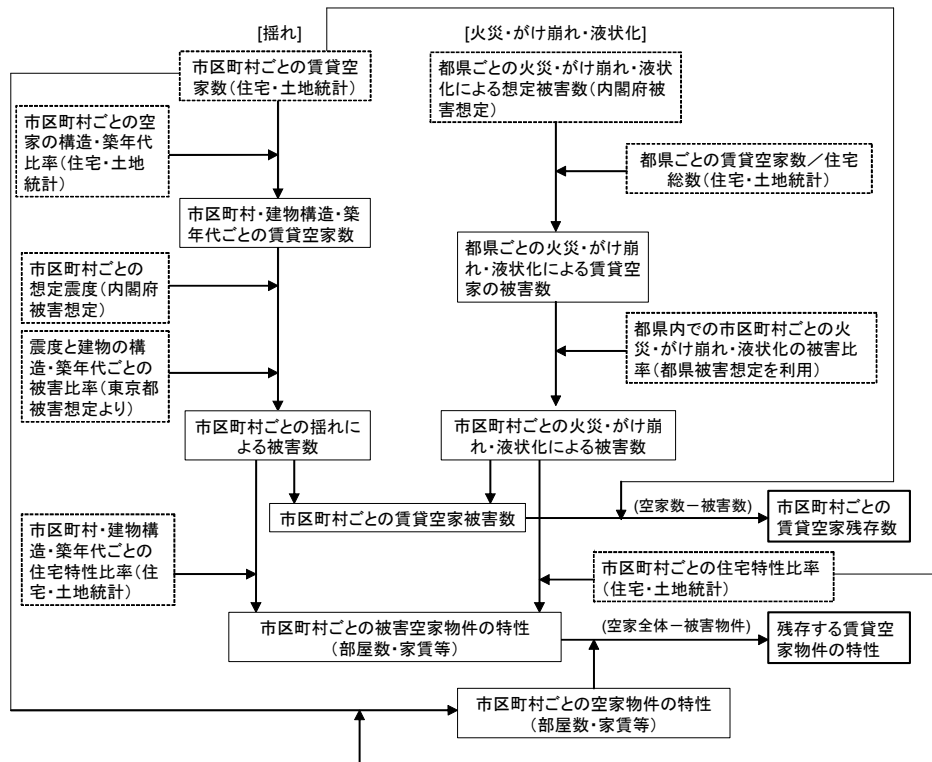


図3：地震後に利用可能な賃貸空家分布の把握方法

との被害物件数を除くことで、「残存する賃貸物件の特性」を把握する。

表 1 に、東京湾北部地震 M7.3 による賃貸住宅空家の被害算定結果を都道府県単位で集計したものを示す。首都圏にある約 107 万戸の空家の内、約 7 万戸から 12 万戸に被害が及ぶが、約 94 万戸から約 99 万戸は活用可能であると算定された。都県別に見ると、東京都の被害が大きく算定された。

表 1：首都圏賃貸空家の被害算定結果

都県	揺れによる被害数	液状化による被害数	急傾斜地崩壊による被害数	風速 3m/s 時の火災被害数	風速 15m/s 時の火災被害数	被害総計(風速 3m/s)	被害総計(風速 15m/s)	空家残存数(風速 3m/s)	空家残存数(風速 15m/s)
東京都	15,363	1,324	714	30,608	69,718	48,009	87,119	406,991	367,881
神奈川県	2,150	647	729	3,801	9,080	7,327	12,606	240,163	234,884
埼玉県	582	313	5	2,621	5,123	3,521	6,023	160,589	158,087
千葉県	1,907	561	69	4,720	9,579	7,257	12,116	149,563	144,704
茨城県(一部)	0	124	0	0	0	124	124	31,106	31,106
合計	20,002	2,969	1,517	41,750	93,500	66,238	117,988	988,412	936,662

次に、残存する賃貸空家物件の特性として、「家賃」と「部屋数」の分布を、図 3 に示す方法で、市区町村ごとに算定した。図 4 に、東京湾北部地震 (M7.3) 後に利用可能な賃貸物件の家賃と部屋数の傾向を示す。

家賃は、いずれの都県でも 6 万円未満と安価な物件が多く残存すると算定された。東京都で比較的高額の物件が多く、他県では少ない傾向が見られた。

部屋数は、東京都内で 1 部屋もしくは 2 部屋の狭い物件が半数以上と多く、隣接県で 4 部屋以上と比較的に部屋数が多い物件が多い傾向となった。都県によりに差はあるが、総じて、部屋数は少ない物件が多く、家賃は安い物件が多く残存する傾向となった。災害後の応急住宅を「本格的な住宅再建に備えてなるべく家賃が安いもので、狭くても一時的なものとして我慢する」ものと捉えると、この賃貸空家の物件特性は、応急住宅として十分活用可能なものと判断できる。

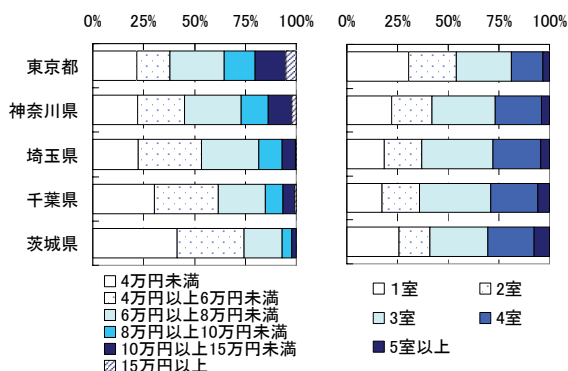


図 4：残存する賃貸空家の特性(左:家賃, 右:部屋数)

2.2. 仮設住宅建設候補地の分布把握

東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県では、地域防災計画に基づき、市区町村にデータ提供を依頼し、仮設住宅建設候補地リストを作成している。このリストは実際の災害時に活用することを前提として作成されているもので、首都直下地震時の仮設住宅建設用地の情報として最も信頼性の高いものである。

そこで、上記の都県自治体へ仮設住宅建設候補地リストの提供を依頼し、個別データを公開しないことを前提として、建設候補地ごとに住所、面積、建設可能面積、建設可能戸数等の情報を得た。都県では、民有地の利用も想定してリストアップを行っているが、必ずしも地権者との調整がなされている訳ではなく、その利用可能性は未知数である。データ提供においては、民有地データについては提供を受けておらず、公有地のみデータとなる。

建設候補地を都県単位で集計したものを、表 2 に示す。東京都では、約 10 万戸の公用地がリストアップされていた。神奈川県については、戸当たり 80 平米として有効面積から換算したものであるが、約 14 万戸の公用地がリストアップされていた。埼玉県は、約 4 万戸、千葉県は約 5 万戸の用地がリストアップされていた。埼玉県については、提供を受けたデータの面積が、建設可能面積でなく用地面積であるため、戸当たりの面積がやや大きくなっている。東京都では、戸当たり 50 平米とかなり高密度な配置を計画していることが伺える。

仮設住宅については、プレハブ建築協会の報告する半年で 12 万戸という供給能力がボトルネックになると考えられるが、リストアップされている建設用地が膨大な瓦礫処理に用いられること、また、その地理的分布に偏りがあること、など具体的な建設計画上の課題がある。

表 2：仮設住宅建設候補地の集計

	東京都	神奈川県※1	埼玉県※2	千葉県	合計
建設可能面積(m ²)	4,996,360	11,373,596	6,966,619	5,742,228	29,078,803
建設可能戸数	99,919	141,716	41,510	55,096	338,241
m ² /戸	50.0	80.3	167.8	104.2	86.0

※1神奈川県については、有効面積についてのデータのみであったため、建設可能戸数は、戸あたり80m²で試算した。用地毎に試算し、小数点は切り下げた。

※2埼玉県の建設可能面積は、有効面積でなく総面積を示す。

2.3. 住宅喪失世帯の分布把握

住宅喪失世帯は、①まず、内閣府被害想定都県ごとの全壊全焼棟数を、都県被害想定を利用して、市区町村ごとの全壊全焼棟数へと配分し、②次に、市区町村ごとの国勢調査の世帯数と都県被害想定建物棟数より、世帯数と建物棟数の比率を求め、③最後に、①と②を掛け合わせることで、市区町村ご

との全壊全焼世帯数を算出する。既往研究⁴⁾を見ると、阪神・淡路大震災時には、全壊全焼世帯数と、震災後に住宅が異なる人の数は、概ね一致しているともでき、ここでは、全壊全焼世帯を住宅喪失世帯と定義して分析を行うこととする。

住宅喪失世帯の特性は、市区町村ごとの住宅喪失世帯数に、国勢調査の市区町村ごとの世帯人数分布の比率や、住宅・土地統計調査の市区町村ごとの世帯年収分布の比率等に乗じることで、特性分布を把握する。ここでは、市区町村単位で演算したものを地区や都県単位で集計し、被害が大きい市区町村の特性を反映させることで、マクロな住宅喪失世帯の特性を把握するに留める。

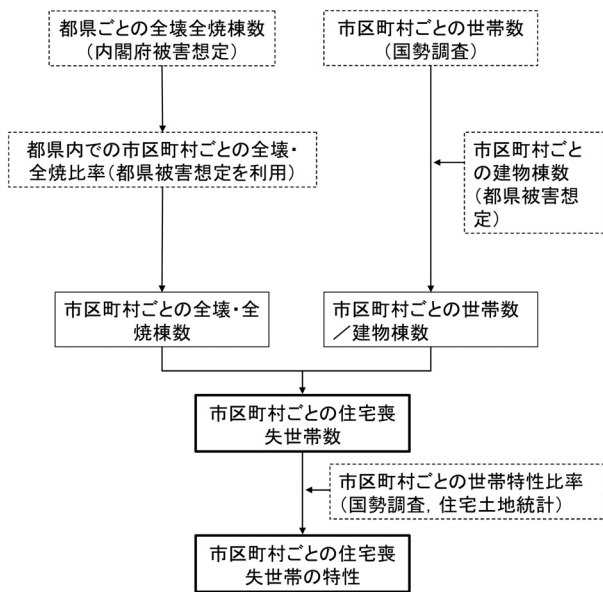


図5：住宅喪失世帯の分布の把握方法

内閣府被害想定之都県ごとの全壊全焼棟数と、2005年国勢調査の市区町村ごとの世帯数をベースに、住宅喪失世帯を算定した。利用した被害想定は、空家被害算定と同様に「東京湾北部地震(M7.3)」である。市区町村ごとに算出された住宅喪失世帯数を、都道府県単位で集計したものを表3した。住宅喪失世帯数は、東京都で約70万～120万世帯、千葉県で約14万～22万世帯、神奈川県で約11～20万世帯、埼玉県で約8万～13万世帯となり、総計で約103万～180万世帯と算定された。

表3：住宅喪失世帯の算定結果の集計値

都県	東京都	神奈川県	埼玉県	千葉県	合計
住宅喪失世帯数(風速3m)	700,221	112,598	80,102	140,902	1,033,823
住宅喪失世帯数(風速15m)	1,237,066	204,732	136,170	224,645	1,802,613

2.4 複数データの分布比較

最後に、残存する賃貸住宅空家、仮設住宅建設可能戸数、住宅喪失世帯のデータの地理的分布を同時に比較することで、首都直下地震時の応急居住をめぐる状況を整理する。図6および図7に棒グラフを用いて複数データの分布を表現した。

風速3mの場合でも、都区部で、住宅喪失世帯数が、仮設住宅建設可能数と賃貸空家残存数を大きく上回る状況となることが分かった。郊外部には若干の余裕があるが、それでも都心部の不足分を補うに十分な対策量ではないことが分かる。風速15mの場合は、都区部の住宅喪失世帯数が、仮設住宅建設可能数と賃貸空家残存数を遥かに凌駕しており、疎開や応急住宅の多様化など他の方策の必要性が示唆される結果となった。

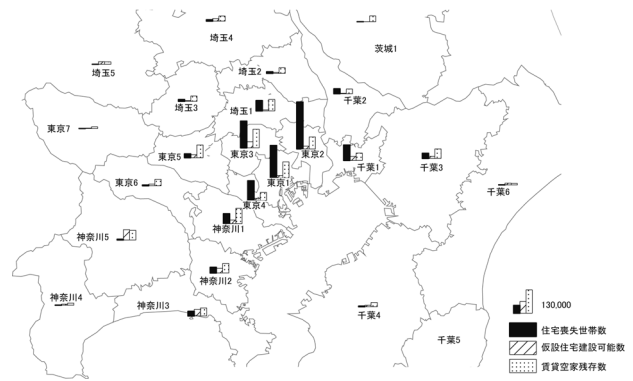


図6：東京湾北部地震M7.3 風速3m時の応急住宅量

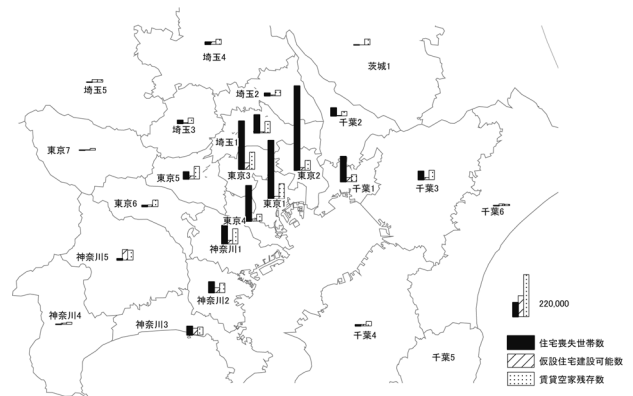


図7 東京湾北部地震M7.3 風速15m時の応急住宅量

3. 応急住宅選択モデルの構築

本章では、平成18年度の検討を踏まえて、最終的にシミュレーションに用いることとしたモデルについてのみ記述する。モデル構築に用いたアンケートデータの収集方法、回答者属性、説明変数の定義、確定効用式の定義等は、平成18年度報告書⁵⁾を参照されたい。

3.1. ネスティッドロジットモデルの構築

類似する選択肢をまとめて扱い、確定的効用式を入れ子状にすることで、モデルの適合度が向上する場合がある。

ここでは、図8に示すように、応急住宅選択モデルを、多項ロジットモデル(ML)1つとネスティッドロジットモデル(NL)3つで表現する。NLモデルは、パラメータ推計で求まるスケールパラメータを見ながら試行錯誤して構築したものである。

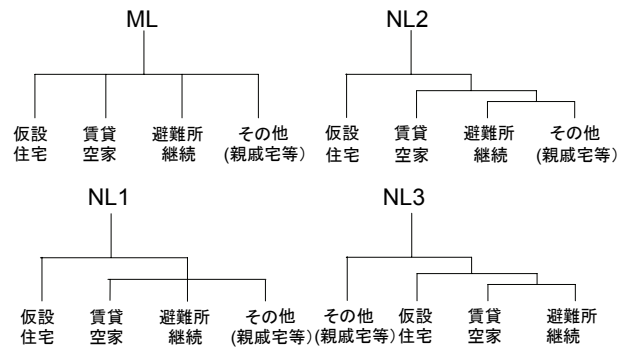


図8: MLおよびNLモデル

3.2. パラメータ推計結果

アンケート回答結果を用いて、R言語 optim 関数の BFGS 法(準ニュートン法)により、対数尤度関数を最大化することで、パラメータ推定を行った。14 地区毎に、パラメータ推定を行い、それぞれ ML モデルと NL モデル 3 つの 4 モデルを推定し、調整済み尤度比が高いモデルを採択することとした。全

地区モデルおよび全データを用いたモデルの推定結果を表4に示す。

通常 0.2 程度以上で問題ないとされる自由度調整済み尤度比は、0.25~0.32 となり、モデルの適合性は確保された。ネスティッドロジットモデルを用いることで、的中率は 10% 程度向上した。

例えば、東京 2 (荒川区, 墨田区等) および東京 4 (世田谷区, 大田区) の 2 地区に着目すると、選択肢属性では、間取りと家賃の捉え方に差異が見られる。間取りのパラメータは、東京 2 では統計的に優位とならなかったが、東京 4 では 0.26 と統計的に優位に推定された。家賃のパラメータは、東京 2 で -0.18 に対し、東京 4 では半分の -0.09 と推定された。東京 2 では、間取りが狭くても家賃が安い応急住宅を選好する傾向があり、東京 4 では家賃が多少高くても間取りが広い応急住宅を選好する傾向がある。地区ごとのモデリングにより、応急住宅の選好の地域差を明示的に扱うことを可能とした。

なお、表 4 では、統計的に有意でないパラメータが散見されるが、シミュレーションで本モデルを用いる際には、当然ながら 0 として扱うこととする。

4. 応急住宅対策シミュレーションの開発

4.1. ミクロシミュレーションモデルの構築

災害により住宅を喪失した世帯は、緊急的に避難所等に避難した後、応急的な住宅を探索することとなる。その際、図9に示すように、行政が供給する仮設住宅、親戚や知人宅等への仮住まいとともに、民

表4: 全データを用いたモデルおよび全地区モデルのパラメータ推計結果一覧

項目	全体	東京1			東京2			東京3			東京4			東京5			東京6			神奈川1			神奈川2			神奈川3			埼玉1			埼玉2			千葉1			千葉2			千葉3		
		ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3	ML	NL2	NL3						
選択モデル	11204	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800				
調整済み尤度比	0.24	0.25	0.27	0.29	0.26	0.30	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26	0.27	0.32	0.26			
AIC	24367	1729	1684	1641	1706	2154	1130	1717	1578	1662	1606	1651	1591	1721	1681	1662	1651	1591	1721	1681	1662	1651	1591	1721	1681	1662	1651	1591	1721	1681	1662	1651	1591	1721	1681	1662	1651	1591	1721	1681			
的中率	0.55	0.57	0.60	0.60	0.56	0.59	0.61	0.58	0.44	0.60	0.62	0.44	0.62	0.59	0.61	0.61	0.58	0.44	0.60	0.62	0.44	0.62	0.59	0.61	0.61	0.58	0.44	0.60	0.62	0.44	0.62	0.59	0.61	0.61	0.58	0.44	0.60	0.62	0.44	0.62	0.59		
time	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02				
floor	0.18	0.17	0.06	0.36	0.26	0.26	0.37	0.44	0.13	0.25	0.24	0.10	0.23	0.24	0.24	0.10	0.23	0.24	0.24	0.10	0.23	0.24	0.10	0.23	0.24	0.10	0.23	0.24	0.10	0.23	0.24	0.10	0.23	0.24	0.10	0.23	0.24	0.10	0.23	0.24	0.10		
rent	-0.12	-0.10	-0.18	-0.13	-0.09	-0.18	-0.11	-0.18	-0.16	-0.06	-0.16	-0.09	-0.18	-0.16	-0.06	-0.16	-0.09	-0.18	-0.16	-0.06	-0.16	-0.09	-0.18	-0.16	-0.06	-0.16	-0.09	-0.18	-0.16	-0.06	-0.16	-0.09	-0.18	-0.16	-0.06	-0.16	-0.09	-0.18	-0.16	-0.06			
toky01	0.20	0.99	0.53	0.23	-0.20	0.43	-0.09	0.17	0.00	0.29	-0.54	-0.02	-0.40	0.29	-1.50	0.29	-0.54	-0.02	-0.40	0.29	-1.50	0.29	-0.54	-0.02	-0.40	0.29	-1.50	0.29	-0.54	-0.02	-0.40	0.29	-1.50	0.29	-0.54	-0.02	-0.40	0.29	-1.50				
toky02	-0.01	0.23	0.50	-0.85	-1.14	0.47	-0.76	0.26	-1.30	0.32	-2.69	0.32	-0.59	0.32	-2.69	0.32	-0.59	0.32	-2.69	0.32	-2.69	0.32	-0.59	0.32	-2.69	0.32	-2.69	0.32	-0.59	0.32	-2.69	0.32	-0.59	0.32	-2.69	0.32	-0.59	0.32	-2.69				
toky03	0.01	0.04	-0.35	0.32	-0.17	0.73	-0.40	1.38	-0.24	-0.90	-0.78	-0.94	-0.12	-1.27	-0.94	-0.12	-1.27	-0.94	-0.12	-1.27	-0.94	-0.12	-1.27	-0.94	-0.12	-1.27	-0.94	-0.12	-1.27	-0.94	-0.12	-1.27	-0.94	-0.12	-1.27	-0.94	-0.12	-1.27	-0.94				
toky04	0.25	0.38	0.22	-0.07	0.28	0.47	-0.16	0.47	-0.26	-0.92	-1.01	-0.73	1.07	0.09	-1.67	1.07	0.09	-1.67	1.07	0.09	-1.67	1.07	0.09	-1.67	1.07	0.09	-1.67	1.07	0.09	-1.67	1.07	0.09	-1.67	1.07	0.09	-1.67	1.07	0.09	-1.67				
toky05	-0.33	-0.63	-1.21	-0.76	-0.73	0.94	-0.20	0.26	-1.04	-0.23	-1.26	-0.23	-1.18	-0.23	-1.26	-0.23	-1.18	-0.23	-1.26	-0.23	-1.18	-0.23	-1.26	-0.23	-1.18	-0.23	-1.26	-0.23	-1.18	-0.23	-1.26	-0.23	-1.18	-0.23	-1.26	-0.23	-1.18	-0.23	-1.26				
toky06	-0.33	-0.43	-1.09	-0.88	-1.66	0.41	0.54	-0.15	-0.30	-2.88	-0.97	-1.57	-1.21	-0.89	-2.35	-1.21	-0.89	-2.35	-1.21	-0.89	-2.35	-1.21	-0.89	-2.35	-1.21	-0.89	-2.35	-1.21	-0.89	-2.35	-1.21	-0.89	-2.35	-1.21	-0.89	-2.35	-1.21	-0.89					
toky07	-0.97	-0.71	-1.27	-1.18	-1.56	0.07	-1.12	-0.55	-1.64	-0.91	-2.88	-1.60	-2.01	-2.88	-1.60	-2.01	-2.88	-1.60	-2.01	-2.88	-1.60	-2.01	-2.88	-1.60	-2.01	-2.88	-1.60	-2.01	-2.88	-1.60	-2.01	-2.88	-1.60	-2.01	-2.88	-1.60	-2.01	-2.88					
kanagawa1	-0.02	0.04	-0.75	-0.49	-0.49	0.56	0.18	0.67	-0.45	0.04	-1.73	-1.64	-1.24	-0.82	-1.64	-1.24	-0.82	-1.64	-1.24	-0.82	-1.64	-1.24	-0.82	-1.64	-1.24	-0.82	-1.64	-1.24	-0.82	-1.64	-1.24	-0.82	-1.64	-1.24	-0.82	-1.64	-1.24	-0.82					
kanagawa2	-0.06	0.08	-0.35	-0.32	-0.04	0.05	-1.03	-1.03	-0.26	0.03	-1.22	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53	-1.22	-1.53						
kanagawa3	-0.21	-0.79	-2.11	-0.87	-0.86	0.78	-0.21	-0.56	-0.28	0.34	-1.99	-0.74	-1.25	-2.17	-0.74	-1.25	-2.17	-0.74	-1.25	-2.17	-0.74	-1.25	-2.17	-0.74	-1.25	-2.17	-0.74	-1.25	-2.17	-0.74	-1.25	-2.17	-0.74	-1.25	-2.17	-0.74	-1.25						
kanagawa4	-1.10	-1.05	-1.68	-3.51	-0.88	-1.73	-1.05	-1.09	-0.93	-0.64	-2.64	-1.99	-1.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89	-1.95	-2.89						
kanagawa5	-0.80	-1.24	-1.05	-1.79	-1.06	0.45	-0.33	-0.44	-0.98	-0.49	-2.02	-1.33	-1.46	-3.60	-1.33	-1.46	-3.60	-1.33	-1.46	-3.60	-1.33	-1.46	-3.60	-1.33	-1.46	-3.60	-1.33	-1.46	-3.60	-1.33	-1.46	-3.60	-1.33	-1.46	-3.60	-1.33	-1.46	-3.60					
saitama1	-0.15	-0.19	-0.82	-0.26	-1.22	0.20	0.14	-1.76	-2.20	-1.44	-0.16	-0.42	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98	-0.33	-0.98						
saitama2	0.05	-0.52	-1.26	-0.72	-2.76	-0.22	0.93	-1.98	-1.65	-1.49	-0.37	0.28	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09	-1.53	-2.09							
saitama3	-0.92	-1.16	-0.61	-1.16	-1.01	-0.57	-1.48	0.20	-1.60	-2.79	-1.30	-0.81	-1.19	-2.12	-0.81	-1.19	-2.12	-0.81	-1.19	-2.12	-0.81	-1.19	-2.12	-0.81	-1.19	-2.12	-0.81	-1.19	-2.12	-0.81	-1.19	-2.12	-0.81	-1.19	-2.12	-0.81	-1.19	-2.12					
saitama4	-1.21	-1.62	-2.05	-1.61	-2.97	-1.33	-1.79	-0.78	-3.06	-1.86	-1.83	-1.02	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25	-1.05	-2.25						
saitama5	-1.44	-0.62	-1.50	-2.44	-1.84	-0.89	-1.24	-1.69	-3.39	-1.91	-1.97	-1.35	-0.57	-2.74	-1.35	-0.57	-2.74	-1.35	-0.57	-2.74	-1.35	-0.57	-2.74	-1.35	-0.57	-2.74	-1.35	-0.57	-2.74	-1.35	-0.57	-2.74	-1.35	-0.57	-2.74	-1.35	-0.57	-2.74					
chiba1	0.16	-0.72	-0.34	-0.63	-1.03	0.30	0.27	-0.52	-1.45	-1.37	-0.90	-0.87	0.06	-0.71	-0.90	-0.87	0.06	-0.71	-0.90	-0.87	0.06	-0.71	-0.90	-0.87	0.06	-0.71	-0.90	-0.87	0.06	-0.71	-0.90	-0.87	0.06	-0.71	-0.90	-0.87	0.06	-0.71					
chiba2	-0.17	-0.85	-0.58	-0.53	-1.48	-0.64	-0.32	-2.43	-3.13	-1.38	-0.26	-0.66	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93	0.53	-0.93						
chiba3	-0.51	-0.54	-1.39	-2.49	-1.58	-0.23	-2.19	-1.30	-1.46	-1.49	-1.95	-1.98	-1.27	-0.78	-1.27	-0.78	-1.27	-0.78	-1.27																								

間市場に存在する多様な空家も選択対象となる。都道府県自治体等による独自の行政支援（補助金等）も想定され、仮設住宅や空家等の制約のある中、多様な被災者がどのような行動をとるのかを想定することは容易ではない。

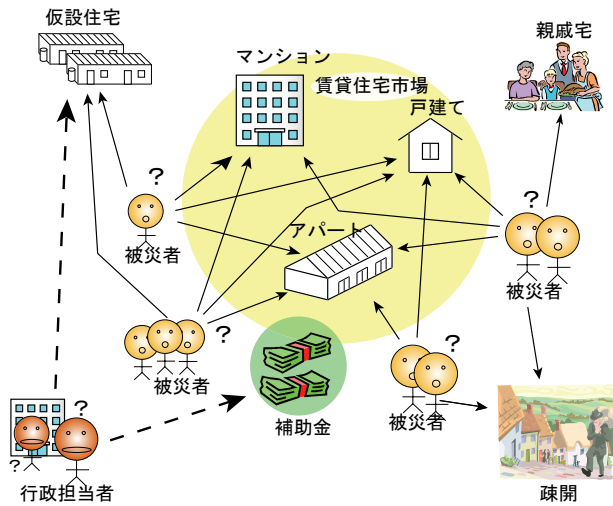


図 9：震災後の応急住宅問題

そこで、被災者や応急住宅を個別に扱ったマイクロシミュレーションモデルを構築し、この複雑な問題の描画を試行した。図 10 に構築したマイクロシミュレーションモデルのフローチャートを示す。シミュレーションは、構築した非集計行動分析モデル、整備した応急住宅関連データを利用して、擬似的に災害後の応急居住状況の描画を試みるものである。

マイクロシミュレーションでは、まず、応急住宅探索行動を行う住宅喪失世帯を一つずつランダムで抽出する。次に、ランダムに抽出された1世帯に対して、世帯属性と賃貸空家データおよび仮設住宅データを用いて、賃貸空家物件と仮設住宅を一つずつ抽出する。

賃貸空家物件の抽出では、まず、世帯属性や居住地区等から賃貸住宅空家の許容限度を確定する。各世帯にとって首都圏全域の全ての空家が選択対象とは考えにくい。アンケート調査で、震災時の仮住まいとしての賃貸住宅についての、立地、間取り、駅からの所要時間に対する許容限度を尋ねたので、その結果を用いて許容する賃貸空家物件をリストアップする。その後、賃貸住宅空家データベースとマッチング処理を行い、許容限度意識にマッチする賃貸空家物件をリストアップする。そして、リストアップされた物件から一つをランダムで抽出する。仮設住宅の抽出では、まず、仮設住宅供給ルールに従い、割当対象の仮設住宅が存在するかを判断する。ここでは、はじめ、現在の居住地区に仮設住宅が残っている際には、その中から一つをランダムで抽出し、現在の居住地区に仮設住宅が残っていない場合

には、他の地区に残っている仮設住宅から一つをランダムで抽出するという供給ルールとした。他にも、高齢者や身障者のいる世帯から優先的に入居させていくなどの供給ルールが考えられるが、本稿ではマイクロモデル構築に主眼を置くので、多様な供給ルールは扱わないこととする。

次に、抽出した賃貸住宅および仮設住宅の属性と世帯属性値を、前章にて構築した応急住宅選択モデルに投入し、応急住宅の選択確率を算出する。算出した選択確率に乱数を与えて、選択結果を割り当てる。選択結果に応じて、賃貸住宅空家データ、仮設住宅データ、住宅喪失世帯データを更新し、次の住宅喪失世帯を抽出する。

以降同様の処理を全世界帯に対して繰り返すことで、擬似的に応急居住状況を描画する。

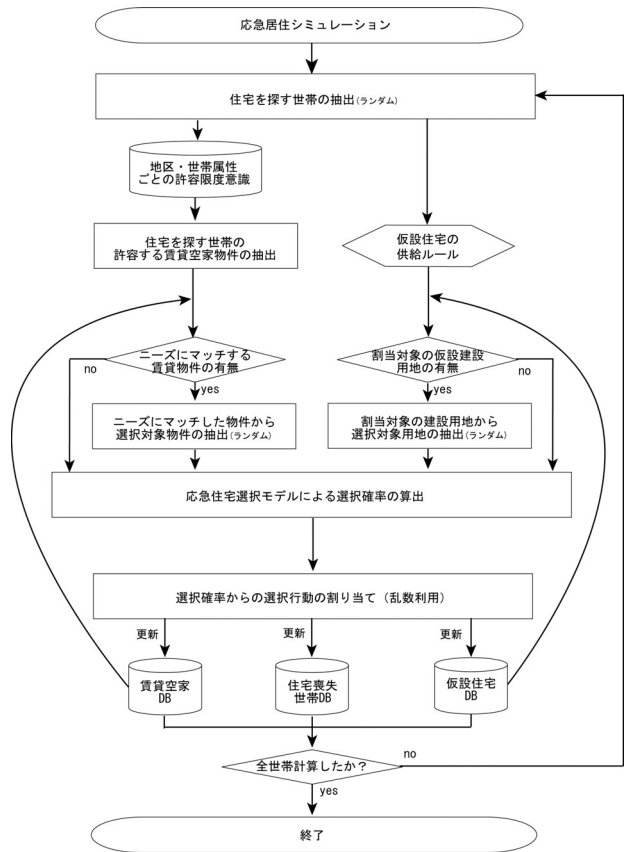


図 10：マイクロシミュレーションモデル

4.2. ミクロデータの生成

マイクロシミュレーションの実行には、シミュレーションプログラムや世帯の選択行動モデルとともに、世帯や賃貸空家のマイクロデータが必要である。しかしながら、既存の統計資料等では、市区町村単位での集計結果を得ることはできるが、個票を得ることはできない。そこで、既存の統計資料等から、擬似的に個票（マイクロデータ）を再生成する必要がある。そこで、本稿では、シミュレーション実行のために、

住宅喪失世帯および賃貸空家について、複数の属性値をもったマイクロデータを生成する。仮設住宅については、都県より提供を受けた建設候補地リストを個票と見なすことができるので、そのままシミュレーションに利用することとする。

住宅喪失世帯のマイクロデータの生成は、

- ①内閣府被害想定と都県被害想定等を用いて、市区町村ごとの住宅喪失世帯数（全壊数）を算出
- ②住宅・土地統計調査より市区町村ごとの世帯人数比率を算出し、市区町村ごとの住宅喪失世帯数に乘じ、世帯人数毎の住宅喪失世帯数を算出
- ③住宅・土地統計調査より市区町村・世帯人数ごとに世帯属性比率（世帯主年齢、住宅所有形態、世帯年収）を算出
- ④世帯人数以外の属性は、世帯人数ごとの世帯属性比率を利用して、0 から 1 の間の乱数により割り当てる形式で、全住宅喪失世帯に属性値を与える。（図 11 参照）
- ⑤仮住まいの当ての有無は、アンケート調査から得る。サンプル数から市区町村単位での付与は難しいので、14 地区ごとに世帯人数と当ての有無の比率を付与し、乱数を発生して、当ての有無を割り当てる。

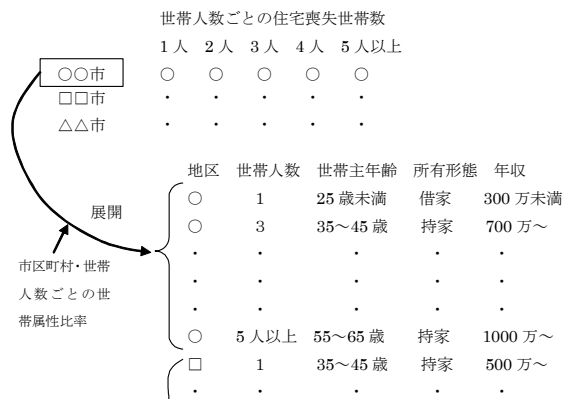


図 11：集計値のマイクロデータへの展開イメージ

住宅喪失世帯のマイクロデータをセットをしたら、各世帯が応急住宅として選択対象となる賃貸物件を絞り込む必要がある。そこで、まず、応急住宅としての賃貸住宅空家の間取り、最寄り駅からの所要時間、立地条件についての許容限度を尋ねたアンケート調査結果を集計し、世帯属性ごとの比率を算出する。調査サンプル数より複数の世帯属性を用いるのが困難であるため、ここでは、間取りと最寄り駅からの所要時間は世帯人数により、立地条件は従前居住地区により説明することとした（表 5, 6, 図 12 参照）。立地条件については、従前居住地区が 14、賃貸空家の立地地区が 24 になるため、表形式では見にくいので、図 12 のような形で、地区ごとの許

容率を表現した。図中のバブルの半径は、許容世帯数の比率と比例している。立地条件については、従前居住地区と同地区である場合は、ほぼ 100%を示し、近隣地区についても 50%程度と比較的高い比率であった。遠隔立地の許容率は極めて低調であった。ただ、都市部についての許容率は、遠隔の場合でも、やや高い傾向が見られた。

表 5：賃貸空家の間取りに対する許容限度意識比率

	間取り	世帯人数				
		単身	2人	3人	4人	5人以上
間取り	1R・1K	59.8%	7.3%	4.2%	2.2%	1.3%
	1DK・2R・2K	42.1%	30.0%	18.0%	7.5%	11.4%
	1LDK・2DK	24.4%	55.2%	44.3%	34.1%	25.3%
	2LDK・3DK	11.8%	53.1%	74.8%	96.5%	100.0%
	3LDK以上	3.4%	9.7%	20.7%	44.7%	83.5%

50%以上

表 6：賃貸空家の最寄り駅からの所要時間に対する許容限度意識比率

	最寄り駅からの所要時間	世帯人数				
		単身	2人	3人	4人	5人以上
最寄り駅からの所要時間	10分未満	28.9%	19.6%	18.3%	14.5%	12.6%
	20分未満	71.3%	67.2%	64.8%	65.6%	56.1%
	30分未満	86.8%	83.6%	82.4%	85.4%	76.5%
	30分以上	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

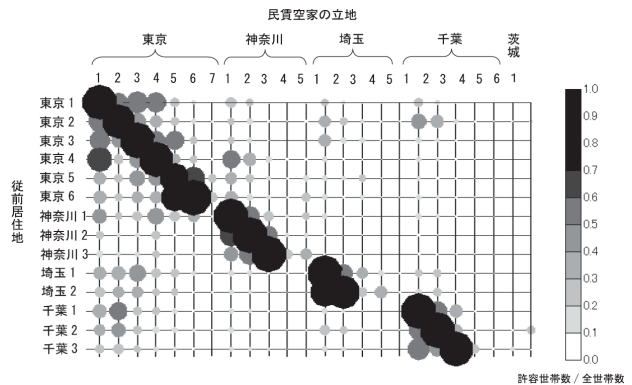


図 12：賃貸空家の立地に対する許容限度意識比率

そして、住宅喪失世帯のマイクロデータに、作成した許容限度意識テーブルに乱数を与えることで、各データ毎に許容限度意識を確定する。この確定意識を用いることで、各世帯の許容する賃貸空家物件（選択肢集合）を形成することが可能となる。

残存する賃貸住宅空家のマイクロデータの生成は、
 ①地区・間取りごとに残存する賃貸住宅空家数を求める（第 2 章参照）。

②インターネット上の賃貸住宅サイト CHINTAI (<http://www.chintai.net/>) を利用して、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県と茨城県一部の物件データを収集する。ここでは、2006 年 9～10

月に収集した 15 万 4,594 件のデータを用いる。

③ 図 13 に示すように該当するネットデータを用いて、地区・間取りごとにマイクロデータを生成していく。推計する地区・間取りごとの空家数が、該当するネットデータより多い場合は、ネットデータを複数回用いて、マイクロデータとする。数を正確に合わせるために、一部はランダム抽出することとなる。推計する地区・間取りごとの空家数が、該当するネットデータより少ない場合は、推計数分をネットデータからランダム抽出すればよい。

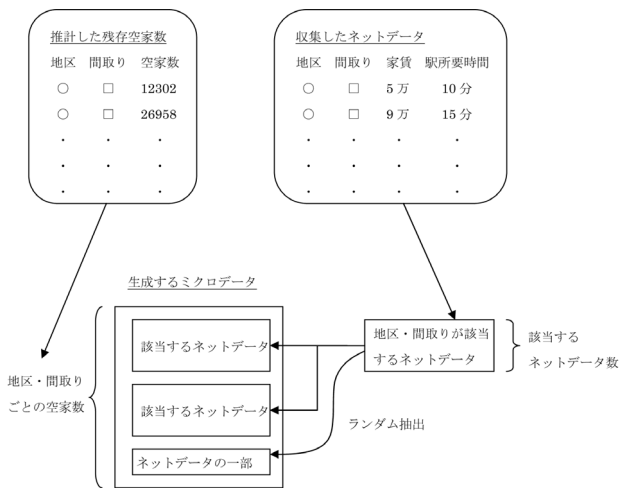


図 13：残存する賃貸空家マイクロデータ生成の概要

4.3. ミクロシミュレーションの実行

ここまで構築したマイクロデータをシミュレーションモデルに投入することで、シミュレーションを実行した。

ケーススタディとして、東京湾北部地震 M7.3 (冬 18 時発生、風速 3m) において、現行制度下でどのような応急居住状況となるのかをシミュレートした。演算は、IntelXeonCPU3.00GHz、メモリ 3.00GBRAM という汎用ワークステーション環境で、概ね 1 時間程度を要した。

図 14 に全世帯のシミュレーション過程を示す。はじめ仮設住宅を選択する世帯が多く、検索順で 20 万世帯目くらいまでで、12 万 2 千戸の仮設住宅は頭打ちとなっている。仮設住宅がなくなった後は、賃貸住宅を選択する世帯が急増し、最後まで同じような割合で増え続けている。また、その他(親戚宅等)や避難所を選択する世帯も、仮設住宅が無くなった後に、急増している。

結果として、仮設住宅に約 12 万世帯、賃貸住宅に約 50 万世帯、避難所に約 10 万世帯、その他(親戚宅等)に約 20 万世帯、という応急居住状況が予測された。

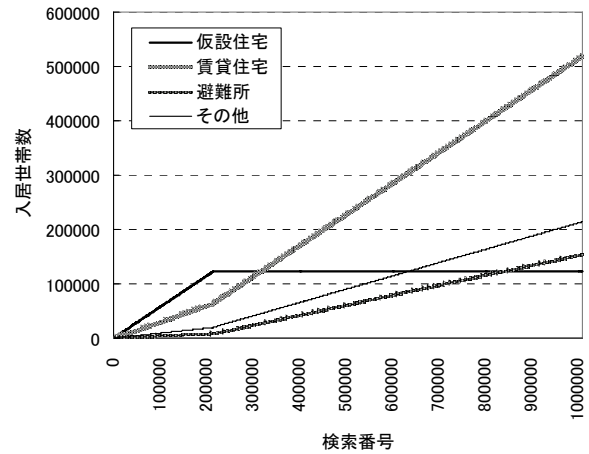


図 14：シミュレーション過程

ミクロシミュレーションでは、当然ながら世帯単位の詳細なシミュレーション結果が得られる。結果を集計することで、どのような地区間移動が起こるのか、どのような人が避難所に残るのか、どのような空家が残存するのかなどを詳細に把握することができる。

ここでは、結果の集計例として、図 15 に東京 2 地区(荒川区、墨田区等)の住宅喪失世帯数と応急居住状況を同じスケールで棒グラフとしたものを示す。東京 2 地区では、約 25 万という膨大な住宅喪失世帯が発生し、地域外の仮設住宅・賃貸住宅へ相当数が移動するが、それでも約 6 万世帯が避難所に残ることが推計された。約 8 万世帯が「その他(親戚宅等)」を選択する結果となったが、阪神・淡路大震災時も相当数が親戚宅等で仮住まいしていた実態⁽²⁾をふまえると、概ね妥当な結果と見ることができる。

シミュレーションでは、世帯の検索順番、応急住宅問題の生成、選択確率からの選択結果の付与など多くの乱数を利用しており、計算結果の安定性を確認する必要がある。ここでは、10 回の計算を行い選択結果のばらつきを確認した図 16 を示すに留める。箱ひげ図を見ると、「仮設住宅」は毎回供給

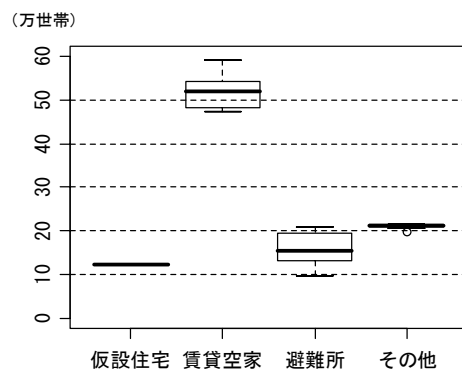


図 16：シミュレーション結果の安定性

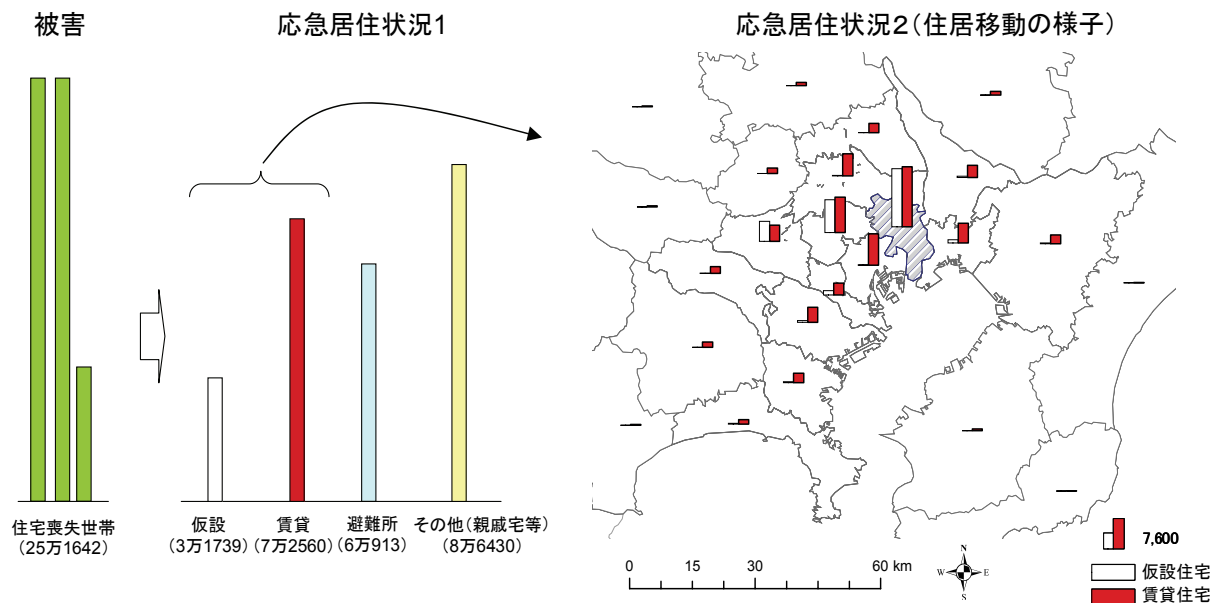


図 15：シミュレーション結果の表示例（東京2地区の応急居住状況）

可能数 12 万 2 千戸まで入居があるため、安定している。一方、「賃貸空家」「避難所」は、中央値からプラスマイナス 5 万世帯くらいのばらつきがあることが確認された。

4.4. 政策シミュレーションの試行

次に、行政支援の設定により、応急居住状況がどのように変動するか、という政策シミュレーションの実行例を示す。ここでは、簡便に次の5つの行政支援パターンを設定した。

- case1：何もなし
- case2：被災者生活再建支援法（2004 年改正版）による支援金
- case3：月額 5 万円の想定家賃補助
- case4：月額 10 万円の想定家賃補助
- case5：全賃貸空家の借上げ

5 つの設定ごとにシミュレーションを 10 回実行し、集計結果の平均値を取ったものを図 17 に整理した。賃貸空家入居数を見ると、case1 の約 48 万世帯に対して、case2 では約 52 万世帯と、約 4 万世帯増加している。被災者生活再建支援法による支援金で家賃として利用可能な金額が、一定程度、応急住宅選択に影響を与えることが確認された。仮設住宅が不足し大量の世帯が避難所に残存する場合は、都県や市町村自治体が独自に賃貸入居支援策として家賃補助をすることも想定できる。地方自治体などによる独自の家賃補助を想定した case3 では約 60 万世帯、同様の case4 では約 66 万世帯と、賃貸入居数が増加した。月額 5 万円の家賃補助制度を設けることで約 12 万世帯、月額 10 万円の家賃補助制度を設けることで約 18 万世帯、賃貸入居数が増加している。これは全世帯を補助対象と見なした仮想的

な試算ではあるが、家賃補助が災害時の賃貸空家入居に極めて大きな影響を与えることが示唆される。case5 では、賃貸入居数が約 76 万世帯と最大となった。これは、行政が全空家を借上げ、被災者に無償提供するという政策であり、資金的なコストに加え、人的なコストの制約もあり、現実的には提供戸数は限定的になるものと考えられる。

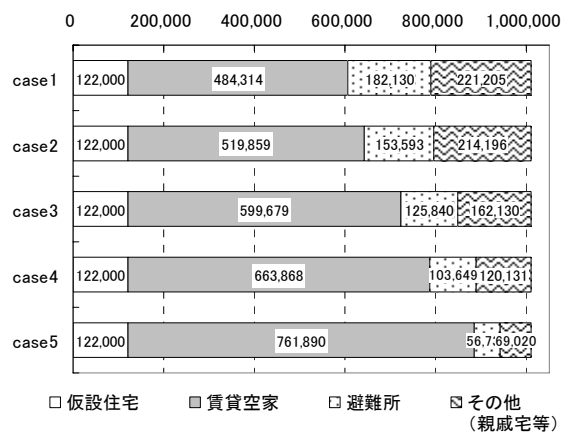


図 17：政策シミュレーション結果の集計図

図 17 を見ると、賃貸空家の入居数が増加すると、「避難所」残存世帯とともに、「その他（親戚宅等）」への入居数が低減している。首都直下地震後の応急住宅対策では、避難所残存世帯を早く解消することと、既存ストック（賃貸空家や親戚宅等）を有効に活用することで仮設住宅の供給不足を補うこと、の2点が課題となる。今後、本シミュレーションを用いて、「避難所」を0に近づけ、「賃貸空家」や「その他（親戚宅等）」を増やすような政策設定を探ることが課題となる。応急居住期の移住や自治体広域連携の扱いも検討課題となる。

5. まとめ

平成 19 年度は、①首都直下地震後の応急住宅に関連するデータを収集し、②首都圏広域の住民の応急住宅選択モデルの構築し、③実際の応急住宅関連データと、アンケート調査より構築する応急住宅選択モデルを用いた、ミクロシミュレーションモデルを構築し、演算試行を行った。

首都直下地震等の大都市大震災時に発生する膨大な応急住宅需要に対しては、仮設住宅、被災者生活再建支援法、公営住宅や民間賃貸の借上げ、さらには、賃貸空家や親戚宅等への入居支援などを組み合わせ、対応することになると考えられる。その際には、どのような世帯が避難所に残存する傾向にあるのか、またそれぞれの対策のコストや影響を把握した上で、被害状況に応じて適切な対策を検討することが望まれる。その際、首都圏に大量にある賃貸空家活用は一つのポイントと考えられる。欧米諸国の通常時の低所得者向けの家賃補助制度などを参考に、より詳細に検討することも課題となろう。

最後に、構築したミクロシミュレーションの課題を列記し、まとめとする。

・想定地震やデータセットの調整

首都直下地震の想定地震としては、被害最大となる東京湾北部地震 M7.3(冬 18 時、風速 15m) や、発生確率が比較的高く見積もられている神縄・国府津－松田断層帯で発生する地震など、検討すべきものがある。住宅喪失世帯や賃貸空家のデータセットは、内閣府想定で公表されている全壊棟数から行っているが、全壊に加えて半壊棟数も扱うような調整も検討すべき課題である。特に賃貸空家については、半壊の一部に応急住宅として利用できないものも想定される。

・家賃の扱い

シミュレーションでは、震災前の家賃をそのまま震災後の家賃として扱っている。阪神・淡路大震災後は、民間住宅における賃料は一時期上昇し、その後に元の水準に戻るという変化をしており⁶⁾、首都直下地震後にも家賃が変動することが想定される。震災後の家賃変動を記述し、シミュレーションに組み込むことが考えられる。

・「その他（親戚宅等）」の扱い

シミュレーションでは、「その他（親戚宅等）」が多く選択される結果となったが、この詳細が不明である。親戚宅なのか、知人宅なのか、ホテルや宿舎等なのか、自力仮設住宅なのか、疎開するのか、多様な選択肢が考えられる。今後、「その他（親戚宅等）」の扱いを詳細にした形で、シミュレーションを実現する必要があると考えられる。

注

- (1)2007 年 10 月に中央防災会議「首都直下地震避難対策等専門調査会」より応急住宅に関する需要バランスの試算結果が公表された。本研究の成果の一部は、同調査会の準備会に提出された。
- (2) 京都大学防災研究所「震災後の居住地の変化と暮らしの実情に関する調査」⁷⁾によると、兵庫県南部地震震度7地域および都市ガス供給停止地域を調査地域としたサンプリング調査で、約 2 ヶ月後時点で、自宅へ戻った世帯は、約 75%、血縁・勤務先・友人近所へ移住した世帯は約 12%、仮設住宅は約 1%、賃貸住宅は約 2%であった。その後、血縁・勤務先・友人・近所は大幅に減少し、自宅へ戻れない世帯は、仮設・賃貸へ仮住まいしていくこととなる。数年後の時点で、被災域の約 5%が自宅に戻れず仮住まいをしていた、とのことである。

謝辞

本研究の推進にあたり、東京都庁、神奈川県庁、埼玉県庁、千葉県庁の防災担当の方々にデータ提供をいただいた。内閣府防災担当の伊藤氏らには、賃貸空家統計を用いた演算に関するコメント等をいただいた。関係各位に御礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 佐藤慶一・翠川三郎:首都直下地震後に利用可能な賃貸住宅空家分布の把握,地域安全学会論文集 No.9, pp.47-54, 2007.
- 2) 中央防災会議:首都直下地震対策専門調査会報告,2005.
- 3) 内閣府:直接的被害想定結果について(参考資料編),2004.
- 4) 室崎益輝:阪神・淡路大震災における住宅再取得過程とその支援方策に関する研究,日本都市計画学会学術論文集, No.31,pp.799-804,1996.(p.800 図-1)
- 5) 佐藤慶一・中林一樹・翠川三郎:首都圏大震災後の住宅喪失世帯の応急住宅選択モデルの構築,文部科学省特別教育研究経費「首都圏大震災軽減のための実践的都市地震工学研究の展開」平成 18 年度成果報告シンポジウム予稿集, pp.131-138, 2007.
- 6) 生田目裕:阪神・淡路大震災が中古住宅の取引価格に及ぼした影響,日本不動産学会誌 12 巻 2 号, pp. 38~42, 1997.
- 7) 木村玲欧・林春男・立木茂雄・田村圭子:阪神・淡路大震災後のすまい再建パターンの再現－2001 年京大防災研復興調査報告－,地域安全学会論文集, No. 3, pp. 23-32, 2001.