

巨大災害における疎開・移住行動に関する研究-東日本大震災の定量分析と予測手法の提案-

名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻
博士課程前期課程 2 年 福和研究室 齊藤健太

1. 研究の背景と目的

1923 年に発生した関東大震災では旧東京市の全人口約 200 万人に対し、約 78 万人が広域的な避難行動（疎開）を行ったとされている¹⁾。東日本大震災の被災地においても、市町村境界を越えた広域的な人口移動が発生し、宮城県女川町では3割の人口が減少するなど、地域の人口動態に中長期的な影響を及ぼしている。懸念されている南海トラフ地震や首都直下地震等の巨大災害が発生した際には、人口の密集する大都市部が被災することから、住宅を求めてさらに大規模な人口移動が生じる恐れがある。

しかしながら現段階で、このような巨大災害から広域的な避難や中長期的な移住を行う人々の移動を予測し、適切な支援を実現するための戦略に焦点を当てた研究は乏しい。本研究ではこのような市町村境界を越えた広域的な避難行動や疎開行動等の人口移動に関し、被災地域の急激な人口減少を考慮した望ましい都市構造の実現もにらんで、量的予測技術を確立することを目的とする。

なお、本研究では池田ら²⁾を参考に住宅を失った世帯が住宅を求めて移り住む行動を、図1に示す3つの段階からなるものであると仮定している。第2章では疎開行動、第3章では移住行動における世帯移動を推計する。

2. 疎開期の世帯移動シミュレーション

2.1 序論

「疎開期の世帯移動」とは、収容避難施設から仮住まい住宅に生活の場を移す疎開行動に伴って生じる世帯の移動を指す。このような仮住まいを求めて市区町村間を移動する世帯数（以下、「疎開世帯数」と呼ぶ）の算定を試みる。この段階で利用できる住宅の種類は、簡単のためプレハブ仮設、みなし仮設、親戚・知人の家のみとした。なお、行政が借り上げて被災者に提供する、みなし仮設住宅は一般に賃貸住宅のみを利用するが、ここでは賃貸などが意図されていない「その他空き家」の一部を考慮したパターンも計算している。新

耐震基準でかつ腐朽・破損のないその他空き家の割合が 20.9%であることから、2 割程度が仮住まいとして利用できると考えて計算条件とした。

2.2 災害時疎開シミュレーションの概要

図2に計算の概要を示す。効用は筆者らによるアンケート調査の結果をもとに、最尤推定法を用いてパラメータを求めた。表2は推定した効用関数の係数と変数の概要である。効用は、係数と変数の線形和の値をとる。求めた効用からロジットモデルを使って各市区町村間で疎開する確率を算出する。次に、図3の手順で、被害想定に基づく全壊棟数データと空き家の戸数データ⁴⁾から各市区町村の仮住まいの需要戸数 O_i と供給可能な戸数 $D_j^{(k)}$ を算出する。仮住まいの供給戸数を制約条件として、モンテカルロ法によって需要戸数を配分し、最終的な疎開世帯数を算出している。なお、本シミュレーションでは、1世帯は1戸の仮住まいに入居し、世帯分離や世帯合併は考えないものとしている。

2.3 熊本地震を対象としたシミュレーションの検証

図4はNTTのモバイル空間統計による、熊本地震の発

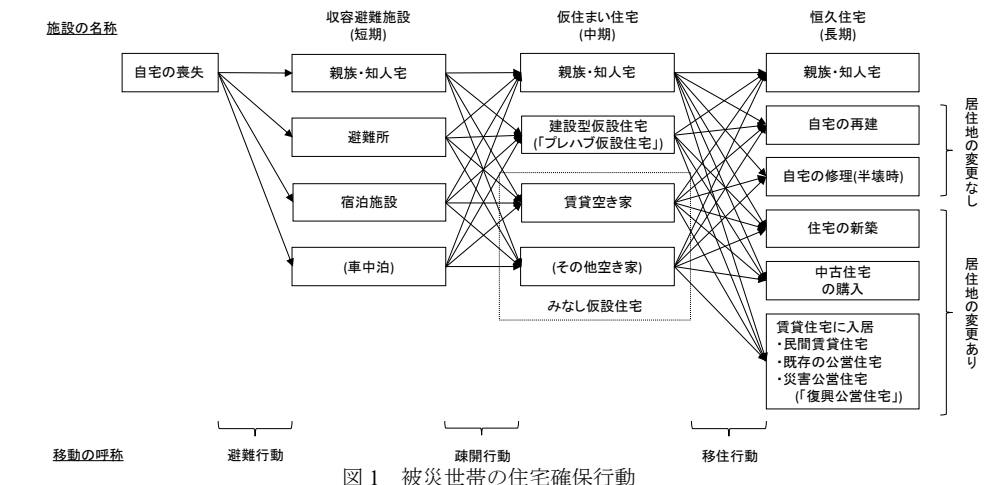


図1 被災世帯の住宅確保行動

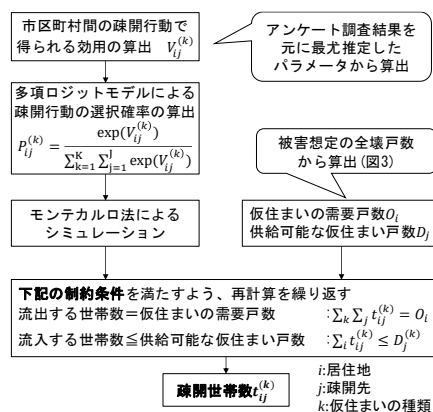


図2 疎開シミュレーションのフロー

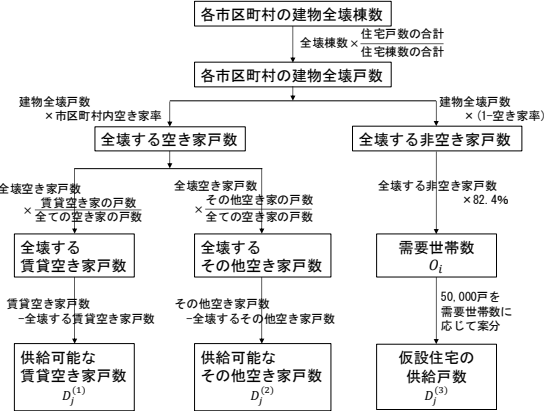


図3 制約条件の設定方法

表2 疎開行動における効用関数の係数と変数の概要

	係数(推定値)		変数の概要	引用元となるデータ
	みなし仮設住宅	仮設住宅		
選択肢属性	定数項	1	---	---
距離	距離	-0.015 **	-0.015 **	市区町村間の直線距離(単位: km)
	(仮住まいの)戸建てダミー	0.651	---	仮住まいが戸建てなら1、それ以外は0
世帯属性	単身世帯ダミー	1	-0.639 *	65歳未満で世帯人数が1人なら1、それ以外は0
	夫婦世帯ダミー	1	-0.596 *	65歳未満で世帯人数が2人なら1、それ以外は0
	子育て核家族世帯ダミー	1	-0.396 *	18歳以下の世帯員を1人以上含み、世帯人数2-5人なら1、それ以外は0
	成熟世帯ダミー	1	-0.19	18歳以下の世帯員を含まず、世帯人数が3-5人なら1、それ以外は0
	三世帯・大家族ダミー	1	-0.602 *	18歳以下の世帯員と65歳以上の世帯員を含む、ないしは世帯人数6人以上なら1、それ以外は0
	高齢夫婦世帯ダミー	1	-0.088	65歳以上で世帯人数が2人なら1、それ以外は0
職業属性	高齢単身世帯ダミー	1	-0.555	65歳以上で世帯人数が1人なら1、それ以外は0
	雇用者ダミー	1	1.069	世帯主が雇用者ならば1、それ以外は0
	無職ダミー	1	1.242	世帯主が無職ならば1、それ以外は0
	年収	1	0.834 **	世帯年収(単位: 百万円)の値
通勤属性	通勤時間	1	1.02	世帯主の通勤時間(単位: 十分)の値、無職者は0
	自動車通勤ダミー	1	0.106 **	自家用車で通勤する場合は1、それ以外は0、無職者は0
	公共交通手段ダミー	1	0.225 **	公共交通機関で通勤する場合は1、それ以外は0、無職者は0
居住地属性	居住地人口	1	0.666 **	居住地の自治体の人口(単位: 万人)の値
	DID人口割合	1	6.202 **	居住地の自治体の進人口に占める、DIDに住む人口の割合
自宅属性	自宅戸建てダミー	1	1.606 *	自宅が戸建てならば1、それ以外は0
	居住継続年数	1	1.008 *	現在の居住地に住んでいる年数(単位: 十年)
	持ち家ダミー	1	-0.666 **	自宅が持ち家ならば1、それ以外は0
	借家ダミー	1	-0.407 **	自宅が借家ならば1、それ以外は0
McFadden尤度比		0.17	** : p<0.01 * : p<0.05	

生から3ヶ月が経過した同年7月14日の午前3時における熊本県民の増減人口と、本疎開シミュレーションを熊本地震の実被害をもとにして計算し、増減人口を算出して両者を比較したものである。熊本県内の人口減少については比較的に精度が高く当てはまっているものの、熊本県外の人口増加は都市部(A点は福岡市博多区、B点は鹿児島市、C点は福岡市中央区、D点は宮崎市、E点は大分市、F点は福岡県大牟田市)を中心として過小評価しており、精度の面で課題が残った。

2.4 南海トラフ地震での計算例

図5は、南海トラフ巨大地震の被害想定⁵⁾に基づいて災害時疎開シミュレーションを計算した数値例(世帯の増減率)である。制約条件としてケース1は5万戸のプレハブ仮設と約400万戸の賃貸空き家のみが供給された場合、ケース2はその他空き家の20%(約50万戸)が供給された場合の結果である。ここで想定するハザードは、中央防災会議が想定する陸側①ケースであり、揺れ被害が大きく、かつ津波被害は東海地方で被害が大きくなるものである。なお地震火災については冬期深夜・風速8mのパターンを引用している。このような甚大な被害を想定した場合、いずれの場合においても、太平洋沿岸部の市区町村で世帯数は大幅に減少し、被害が小さい内陸部の市区町村の世帯数が増加する。他方でケース2はケース1と比較して、西日本の地方の政令市や中核市を中心に世帯増加率が大きくなる傾向が確認でき、太平洋沿岸部の世帯減少率も比較的緩やかである一方、首都圏の世帯増加率は少なくなっている。これらの傾向は、仮住まいとして戸建住宅を選好する被災者が多いことから、ケース2では戸建住宅の多いその他空き家が供給されたことで、首都圏などの大都市へ疎開する世帯数が減少し、被災地から近い中部や西日本の都市部で世帯数が増加したことを示しているものと考えられる。

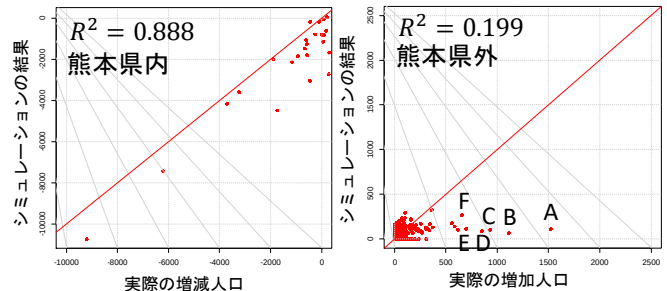


図4 平成28年熊本地震に基づく疎開シミュレーションの検証

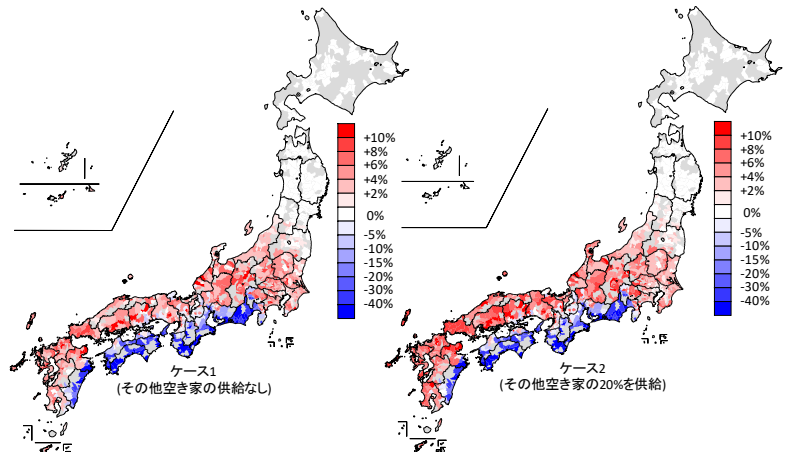


図5 疎開期における世帯増減率

3. 移住期の世帯移動シミュレーション

3.1 序論

「移住期の人口移動」とは、仮住まい住宅から恒久住宅に生活の場を移す移住行動に伴って生じる人口移動を指す。移住行動は、図6のように恒久住宅の種類を決める「居住形態の選択」と「移住先の選択」の2段階のプロセスを経るものと仮定し、モデル化を試みた。なお、移住先の自治体で受入れが不可能である場合は、再度「居住形態の選択」を行うこととする。

3.2 移住行動モデル

選択モデルにおける効用は、疎開期の検討と同様に、筆者らによるアンケート調査の結果をもとに、最尤推定法を用いてパラメータを求めた。表2は居住形態の選択における変数の概要と効用関数の係数、表3は移住先の選択における変数の概要と効用関数の係数である。表2の自宅

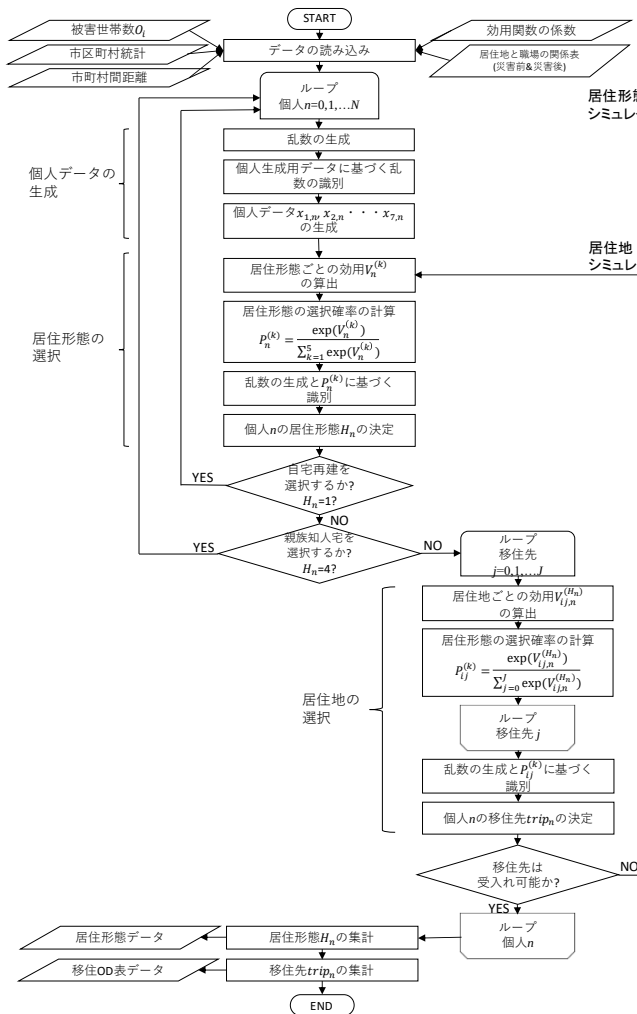


図7 災害時移住シミュレーションのフロー

職場間距離の係数の大きさをみると、職場と自宅の距離が遠くなるほど、中古住宅の購入や賃貸住宅への入居といった、居住地の移動を伴う選択をする傾向が高まることが分かる。表3の距離と職場距離の係数の大きさから、新築住宅を選ぶ世帯は職場と移住先との位置関係の方を重視するが、中古住宅と賃貸住宅を選択する世帯では現居住地と移住先の位置関係の方を重視することが分かる。

3.3 災害時移住シミュレーションの概要

本研究の「災害時移住シミュレーション」では、以下2つの項目を推定する。添え字 n は個人を意味する。

- 被災世帯が選択する居住形態 H_n
- 「2. 新築住宅」「3. 中古住宅」「4. 賃貸住宅」を選択した被災世帯については、その移住先 $trip_n$

図7にシミュレーションのフローを示す。推定は次の5つの手順を経て行う。

Step1 パラメータの入力

市区町村ごとの全壊世帯数、市区町村間の距離、3.2節で推定した効用関数の係数、居住地と従業地のOD表、市町村統計(大世帯の割合・高齢化率・戸建て住宅に住む住民の割合・集合住宅に住む住民の割合・平均年収・DID人口率・人口密度・大型小売店の数)のパラメータを入力

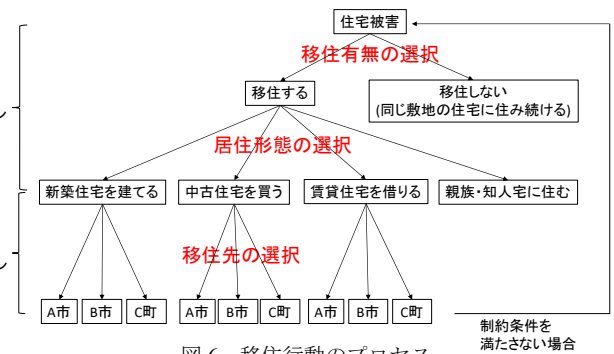


図6 移住行動のプロセス

表2 居住形態の選択における効用関数の変数の概要と係数

変数名	単位	概要								
自宅職場間距離	$x_{1,n}$ [km]	現在の自宅から職場・学校までの距離								
大世帯ダミー	$x_{2,n}$ [ダミー]	核家族・二世帯・三世帯世帯は1、単身世帯・夫婦世帯は0								
高齢者ダミー	$x_{3,n}$ [ダミー]	世帯主が65歳以上なら1、65歳未満なら0								
戸建てダミー	$x_{4,n}$ [ダミー]	自宅が戸建てなら1、それ以外なら0								
集合住宅ダミー	$x_{5,n}$ [ダミー]	自宅が集合住宅なら1、それ以外なら0								
年収	$x_{6,n}$ [百万円]	世帯年収								
DID人口率	$x_{7,n}$ [%]	自宅のある市区町村における、総人口に対する人口集中地区(DID)に居住する人口の割合								
居住形態	定数項	$x_{1,n}$	$x_{2,n}$	$x_{3,n}$	$x_{4,n}$	$x_{5,n}$	$x_{6,n}$	$x_{7,n}$		
1. 自宅再建	17.34	0.98	3.20	**	0.45	-14.24	-15.74	1.04	1.81	
2. 新築住宅	1.14	0.97	3.77	**	-0.73	*	-1.02	-0.19	1.01	2.83
3. 中古住宅	1.37	1.00	1.69		-0.39		-0.03	0.01	1.04	1.88
4. 賃貸住宅	15.90	0.99	2.81	*	0.43		-14.84	-13.69	1.01	3.72
5. 親族知人宅	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*
McFadden尤度比	0.19	※**: 1%有意, *: 5%有意, .: 10%有意								

表3 居住地の選択における効用関数の変数の概要と係数

変数名	単位	概要
距離	d_{ij} [km]	自宅のある市区町村 <i>i</i> と移住先の市区町村 <i>j</i> の距離
人口密度	y_j [千人/km]	移住先の市区町村 <i>j</i> の人口密度
職場距離	d_{wj} [km]	職場 <i>w</i> と移住先 <i>j</i> の距離
大型小売店数	z_j [所]	移住先の市区町村 <i>j</i> の大型小売店の数

居住形態	d_{ij}	y_j	d_{wj}	z_j	McFadden尤度比		
1. 自宅再建	居住地の移動なし						
2. 新築住宅	-0.002	0.074	-0.019	*	0.013	**	0.13
3. 中古住宅	-0.015	*	-0.029	0.003	0.012	.	0.11
4. 賃貸住宅	-0.018	***	0.026	-0.001	0.014	***	0.16
5. 親族知人宅	居住地の推定を行わない						

する。

Step2 個人データの生成

個人 n ごとに、職場の位置 w_n と居住形態の選択における効用関数の変数 $x_{2,n}, x_{3,n} \dots x_{5,n}$ をモンテカルロ法によって仮定する。例えば職場の位置 w_n は、図8に示すように各居住地における従業地ごとの通勤者の割合を算出し、その割合と乱数値に応じて決定する。

Step3 居住形態のシミュレーション

表2の係数とStep2で仮定した変数の線形和から居住形態ごとの効用の大きさ $V_n^{(k)}$ の計算を計算する。式(1)より、選択確率 $P_n^{(k)}$ を算出する。

$$P_n^{(k)} = \frac{\exp(V_n^{(k)})}{\sum_{k=1}^5 \exp(V_n^{(k)})} \quad \dots \text{式(1)}$$

		従業地(Destination)			
		A市	B町	C村	合計
(Origin)	居	1	2	3	
	住	50	40	10	100
	地	15	30	5	50
	C村	7	1	2	10

			従業地(Destination)				
			A市	B町	C村	合計	
$i \backslash j$ (Origin)	居	A市	1	0.5	0.4	0.1	1
	住	B町	2	0.3	0.6	0.1	1
	地	C村	3	0.7	0.1	0.2	1

図8 職場の位置の推定方法

そして、乱数を選択確率 $P_n^{(k)}$ に基づいて識別し、個人 n の居住形態 H_n を決定する。

Step4 居住地のシミュレーション

Step3 で決定した個人 n の居住形態が「1. 自宅再建」の場合は、移住しないものとし、「2. 新築住宅」「3. 中古住宅」「4. 賃貸住宅」の個人のみ、以下の計算を行う。移住先の選択肢 j ごとに表3の変数 d_{ij} , y_j , d_{wj} , z_j を代入し、居住形態 H_n を選択した個人 n が市区町村 i から j に移住する効用の大きさ $V_{ij,n}^{(H_n)}$ を算出する。式(2)から現住地 i から移住先 j に移住する確率 $P_{ij,n}^{(H_n)}$ を算出し乱数を識別して移住先 $trip_n$ を定める。

$$P_{ij,n}^{(H_n)} = \frac{\exp(V_{ij,n}^{(H_n)})}{\sum_j \exp(V_{ij,n}^{(H_n)})} \quad \cdots \text{式(2)}$$

Step5 結果の集計と出力を行う。

3.4 東日本大震災におけるシミュレーションの検証

東日本大震災の被害データを用いて移住行動のシミュレーションを行い、国勢調査における移動世帯数(以下、実態値と呼ぶ)と比較することでシミュレーションの検証を行った。平常時の世帯移動の影響を除くため、2010年から2015年にかけての値から、2005年から2010年にかけての値の差分をとった。実態値と比較して、被害の大きい地域は世帯減少を過大に見積もり、被害の大きい地域に隣接した地域は世帯増加を過大に見積もり、被災地から遠方の地域は世帯増加を過少に見積もっている。図9にシミュレーション結果と実態値の散布図を示す。被害が発生した地域では R^2 値で0.407とそれなりに高い相関が得られたが、被害が生じていない地域では R^2 値で0.185と精度が低く、災害時疎開シミュレーションの検証と同様の結果となった。すなわち、移動が到達する地域の推定が課題として残った。

3.5 南海トラフ地震への適応例

2.3節と同様のハザードによる被害世帯数をパラメータとして、4.3節のシミュレーションを行った。図10は雇用喪失の有無別の従業者分布である。雇用喪失の表現は簡単のため、被害率と同等だけ雇用が減少し、減少分を他

地域に按分した。図11は雇用喪失がある場合の世帯増減数と増減率である。雇用喪失がある場合と比べて、喪失がない場合は居住地の変化がない自宅再建を選択する世帯が増加した。図12は雇用喪失なしの場合のケースと雇用喪失ありのケースの

	表4 移住先の変化	
	同一市町村に 留まる世帯	同一県内に 留まる世帯
雇用喪失あり	48.7%	65.6%
雇用喪失なし	49.2%	66.0%

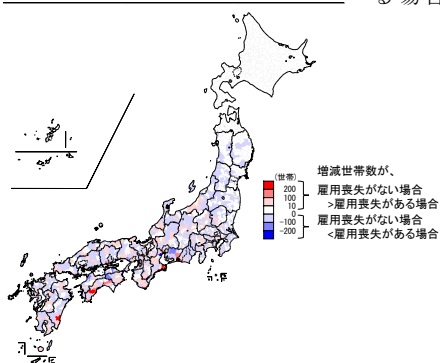


図12 雇用喪失の影響

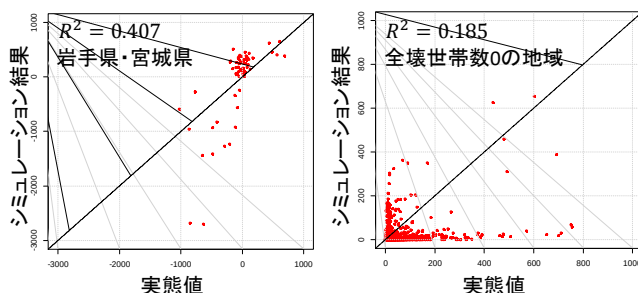


図9 東日本大震災におけるシミュレーション結果と実態値の散布図

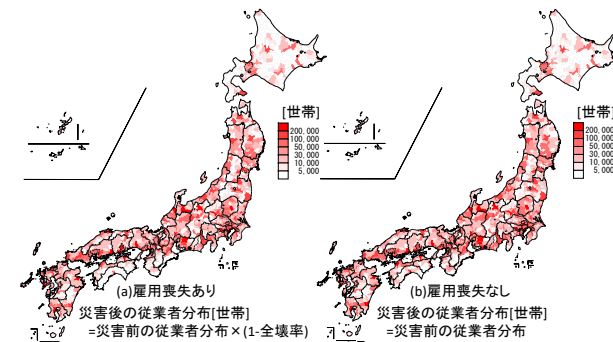


図10 雇用喪失の有無別の従業者分布

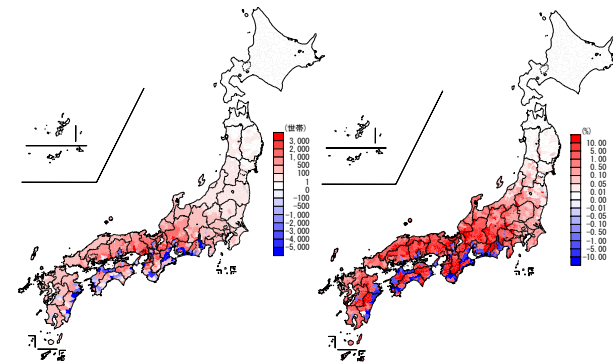


図11 南海トラフ地震の際の世帯増減数と世帯増減率

増減世帯数の差分値である。沿岸部の赤色の地域では、雇用喪失を防ぐことで流出世帯を抑制することができる。また、表4に示すように、雇用喪失がない場合、同一市町村に留まる世帯が増加した。

4. 結論

本論では、疎開期および移住期の世帯移動を推定する手法と計算結果例を示した。パターンを変えて計算を繰り返すことで、災害によって雇用の立地が変わってしまった場合の移住行動の変化や、家計への経済的支援による移住行動の変化を見ることができる。その結果を踏まえ、災害後に望ましい地域の将来像(例えば災害ハザードの低い場所への人口の誘導、地域の存続等)を実現するうえで、有効な政策を分析することが課題である。

参考文献 1) 北原系子(2012):「関東大震災における避難者の動向:「震災死亡者調査票」の分析を通して」、災害復興研究、関西学院大学災害復興制度研究所, No.4, pp.43-51, 2012. 2) 池田浩敬, 中林一樹:「震災からの住宅復興対応のための事前需要推計に関する基礎的研究」, 日本建築学会計画系論文集第549号, pp.223-230, 2001. 3) 総務省消防庁:「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について(第155報)」, 2017. 4) 総務省統計局:「平成25年住宅・土地統計調査結果」5) 中央防災会議:南海トラフの巨大地震 被害想定結果