

津波浸水想定区域の指定が 人口の社会増減にもたらす処置効果の分析

中居 楓子¹・長町 侑²・秀島 栄三³

¹正会員 名古屋工業大学大学院助教 工学研究科社会工学専攻 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: nakai.fuko@nitech.ac.jp

²学生会員 名古屋工業大学大学院 工学研究科社会工学専攻 (同上)
E-mail: y.nagamachi.956@stn.nitech.ac.jp

³正会員 名古屋工業大学大学院教授 工学研究科社会工学専攻 (同上)
E-mail: hideshima.eizo@nitech.ac.jp

本研究では、津波防災地域づくりに関する法律の制定前後の小地域における人口データを用いて、津波浸水想定の有無と人口変化の関係を統計的に分析した。浸水有無と人口の関係には交絡因子として地域の特性が存在し、人口変化が浸水の有無によるものか、地域特性によるものかが判別できない。そこで、本研究では、傾向スコアマッチングを用いて処置群と対照群の割り当てをランダム化することにより、津波浸水想定が小地域の人口動態に与えた影響を分析した。傾向スコアは、処置の割り当てを浸水の有無として、産業やインフラを共変量としたロジスティック回帰の結果から算出した。推定の結果、浸水想定区域を含む小地域の方が含まない小地域よりも人口が減少していることが分かった。

Key Words : tsunami inundation zone, propensity score matching, difference-in-difference, population

1. はじめに

2011年12月に「津波防災地域づくりに関する法律」が制定され、各都道府県ではL2を基準とした総合的な対策として、L2津波の浸水想定区域（以下、浸水区域と表記する）の設定や沿岸部における「津波災害警戒区域」の指定、津波防災地域づくり推進計画の作成などが進められている。これらは、堤防などの海岸保全施設だけでなく、背後のまちづくりも含めたハード、ソフトによる面的な防災対策となっている。こうした対策によって居住者のリスク認知が進めば、地域の人口の空間分布にも影響が及ぶと考えられる。実際、浸水区域から津波のリスクが少ない地域への移転が検討された例として、静岡県沼津市内浦重須地区で7世帯が高台移転した例¹⁾や、高知県黒潮町出口地区の高台移転勉強会²⁾などがある。本研究では、このような浸水区域と人口の移動の処置効果を定量的な観点から把握することを試みる。

浸水区域の指定による人口への処置効果を推定する際に課題となるのが、浸水区域指定以外の要因が人口に及ぼしている影響を除くことである。例えば、まちの利便性や市街地への近接性などは人口増に影響すると考えられる。したがって、仮に単純に浸水区域とそれ以外の地域の人口変化量の差を浸水区域の効果として見たとき、

もし、浸水区域の方が利便性が低い傾向があったとすると、人口変化が浸水区域か利便性の低さのどちらに起因するものが判別できない。浸水区域の効果を推定する際は、それらの浸水区域指定以外に人口に影響を与え得る要因（共変量）を考慮する必要がある。

このような観点から、災害と人口の関係性の推定に関する既往の研究では、共変量によるバイアスの調整が行われている。2005年までに整備された津波浸水想定図と500mメッシュ人口の因果関係を示した研究³⁾では、一年間の期待利潤を共変量、主観浸水深、津波の襲来確率の関数で表し、各メッシュの期待される人口を推計する手法をとっている。ここでは、特に高年層の人口減少への影響が顕著であることが示されている。また、L2相当の津波高とそれ以前に想定されていた津波高の差（引き上げ幅）と市区町村の人口の因果関係を示した研究⁴⁾では、浸水区域と隣接する市町村を対照として比較している。その結果、引き上げ幅が社会増減に負の影響を及ぼすことや、DID地区への防災対策機能の集約度とその影響の度合いに関わることが示されている。以上より、浸水想定と人口の因果関係は概ね認められると言えるが、原因、結果として用いるデータや分析単位、選択バイアスの補正方法によって推定結果は異なる。本研究では、既往研究では試されていない(1) L2の浸水想定と人口

の変量の組み合わせ、(2) 傾向スコアによる選択バイアスの補正をおこない、既往の結果と比較する。

2. 対象地域および使用するデータ

本分析では、原因変数として浸水有無を、結果変数として(1) 全世代人口、世代別人口に分けた(2) 若年層、(3) 中年層、(4) 高年層、そして(5) 転入数を用いる。共変量として、産業やインフラ整備状況に関するデータを用いる。分析単位は、2015年の国勢調査によるデータで区切られた小地域の境界を単位とした。

(1) 原因変数：津波浸水想定区域データ

各都道府県が公表している L2 津波の浸水区域のうち、国土交通省が国土数値情報として公開している 2012 年から 2015 年に整備された 10 m メッシュの浸水深データを用いる。表-1 に、入手した 17 県の浸水想定データの公開年月を示す。2010 年から 2015 年の人口の変化を扱うため、入手した 17 県のうち、2015 年以降に浸水想定が公開された小地域は除外する。10m メッシュデータによる浸水情報を小地域単位に変換する際は、小地域にわずかでも浸水区域が重なっている場合は「浸水あり(処置群)」とした。データが公表されている全県の小地域における浸水有無は図-1 のとおりである。

(2) 結果変数：人口に関するデータ

a) 人口データ

国勢調査データから町丁字単位の 5 歳階級別の人口を入手し、自然増減(死亡者数、出生数)を除いた人口を求める。本研究では、南海トラフ沿いで初めて新想定が発表された 2012 年の前後に実施された 2010 年と 2015 年の国勢調査データを用いる。

死亡者数は「国立社会保障・人口問題研究所」が公表している統計データと小地域の人口データを用いて算出する。地域 A における死亡者数 D^A は、年齢階級 i の死亡率 M_i に、地域 A における年齢階級 i の人口 P_i^A を乗じたものを全年齢階級について和をとった値である。

$$D^A = \sum_i P_i^A \times M_i \quad (1)$$

地域 A における出生数 B^A は、年齢階級別における 0 歳から 5 歳の人口とする。これを地域 A における人口 P^A に加え、式(1)によりもとめた死亡者数 D^A を引くことにより、自然増減を排除した地域 A の人口 S^A を得る。

$$S^A = P^A - D^A + B^A \quad (2)$$

算出した 2010 年と 2015 年の人口の差を取ることで、

表-1 L2 津波浸水想定区域の公表年月

都道府県/年	2012	2013	2014	2015
青森県	10 月	2 月		3 月
茨城県	8 月			
神奈川県				3 月
静岡県		11 月		8 月
三重県				3 月
大阪府		8 月		
兵庫県			3 月	
山口県			1 月	3 月
徳島県	12 月			
愛媛県		6 月		
高知県	12 月			
佐賀県				7 月
長崎県			4 月	
熊本県		4 月		
大分県			3 月	
鹿児島県			9 月	
沖縄県				3 月

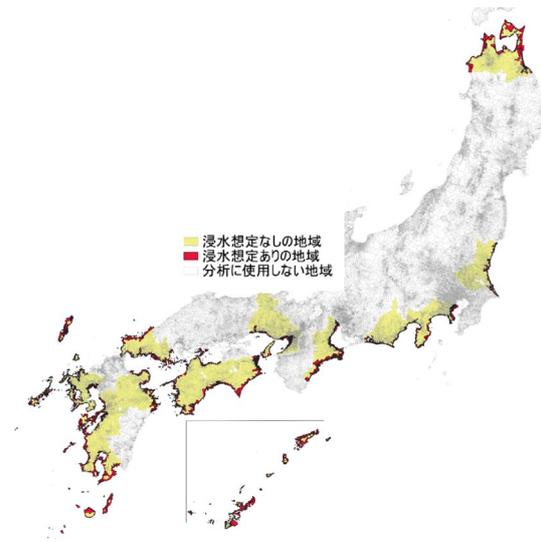


図-1 小地域における L2 津波浸水想定の有無

2010 年から 2015 年までの社会増減数を求める。

この方法によりもとめた人口について、牛木ら³⁾と結果を比較するため、同じ世代分類方法によるデータを作成する。就職や結婚、定年退職などの異なるライフステージに置かれている 3 つの階層(若年層、中年層、高年層)に分類した。これにより世代によって異なる移住の選択傾向の影響⁵⁾が均質化できると考えられる(表-2)。

以上の処理により、(1) 全世代をまとめた人口デー

表-2 ライフステージを考慮した世代の分類とコーホートの対応

世代	2010年	2015年	内訳	ライフステージ
若年層	15～49歳	20～54歳	他の世代と比べ将来に渡る住居移転の可能性が高い	進学, 就職, 結婚, 転勤
中年層	50～64歳	55～69歳	ある程度生活が安定した世代	定年退職
高年層	65歳～	70歳～	自発的な住居移転の可能性が低い世代	子世帯の同居

表-3 共変量データの候補

分類	項目	変数	単位	公表年次	入手先
産業	事業所数	数値	所	H21, H24, H26	経済センサス
	従業者数	数値	人	H21, H24, H26	経済センサス
	農家数	数値	戸	H22, H27	農林業センサス
DID(人口集中地区)	DIDの有無	ダミー		H22, H27	国土数値情報
教育機関	小学校数	数値	校	H22, H28	国土数値情報
	中学校数	数値	校	H28	国土数値情報
	学校数	数値	校	H25	国土数値情報
	学校までの距離	数値	m	H25	国土数値情報
医療機関	医療機関までの距離	数値	m	H22, H26	国土数値情報
	医療機関の数	数値	軒	H22, H26	国土数値情報
避難施設	津波災害に対する避難施設の数	数値	軒	H24	国土数値情報
	津波災害に対する避難施設までの距離	数値	m	H24	国土数値情報
土砂災害警戒区域	土砂災害警戒区域の有無	ダミー		H25	国土数値情報
鉄道	鉄道駅までの距離	数値	m	H24, H25, H26, H27	国土数値情報
高速道路	ICまでの距離	数値	m	H23, H24, H25, H26, H27	国土数値情報
バス	バス停留所までの距離	数値	m	H22	国土数値情報
港湾	港湾までの距離	数値	m	H20, H26	国土数値情報
漁港	漁港までの距離	数値	m	H18	国土数値情報

たと、それを世代別に分けた (2) 若年層, (3) 中年層, (4) 高年層における小地域単位の人口データを揃えた。

b) 転入数データ

国勢調査の項目の一つである「5年前の常住地」から「5年前は現住所以外」の属性を利用することで、地域における (5) 転入数のデータを作成する。

c) 人口増減率の算出

a)と b)によって求めた (1) 全世代, (2) 若年層, (3) 中年層, (4) 高年層, (5) 転入数の値は地域によって差が大きく、地域間の比較には向かない。そこで、本分析では 2010 年から 2015 年にかけての増減率を結果変数として使用する。地域 A における (1) ～ (5) の人口に関する増減率 y^A は、式(3)のとおり、2015 年と 2010 年の人口データの差 $S_{2015} - S_{2010}$ を 2010 年の人口データ S_{2010} で割り 100 を掛けることで、それぞれ算出する。

$$y^A = \frac{S_{2015}^A - S_{2010}^A}{S_{2010}^A} \times 100 \quad (3)$$

(3) 共変量データ

既往研究³⁻⁶⁾を参考に、人口移動に影響すると言われている産業やインフラ整備状況などのデータを共変量候補とした (表-3)。産業データは、事業所数、従業者数を総務省統計局が公表する経済センサス⁷⁾から、農家数を農林水産省が公表する農林業センサス⁸⁾から、またインフラ整備状況のデータは国土交通省が公表する国土数値情報⁹⁾から入手した。これらは、メッシュデータの場合、集計によって、小地域単位のデータに変換した。

(4) 使用する小地域の選別

以降の分析では、小地域を単位として、浸水有無 (原因), 人口データ (結果), 各種社会経済データ (共変量) がすべて揃っているデータのみを使用する。また、世代別データは、各世代で比較するために3つの世代のデータがすべて揃っている小地域を用いる。全国の小地域数は219,270個あるが、最終的に使用する小地域の個数は、(1) 全世代のデータで59,061個 (26.9%)、(5) 転入のデータで57,796個 (26.4%)、世代別のデータで

58,702個 (26.8%) となった. そのうち, 処置群 (浸水あり) の小地域数は全世代のデータで13,373個, 転入のデータで13,176個, 世代別のデータで13,283個となった.

3. 分析方法

(1) 差分の差分法

本研究で検討する政策は浸水想定区域の指定であり, これを「浸水あり (処置あり)」と「浸水なし (処置なし)」の2値の変数として表現する. 前者に該当する地域を処置群, 後者に該当する地域を対照群とする.

結果変数は人口データであり, これは処置が行われる前後の時間的なトレンドにも着目する必要がある. そこで, 本研究では処置による結果変数のトレンドの変化を扱うことのできる差分の差分法を用いる. これは, 処置が行われる前後の結果の差を処置群と対照群で比較するという仕組みで処置効果を推定する方法である. 本研究では, 図-2に示す通り, 「浸水ありの地域での浸水想定発表前後の差分 $A2 - A1$ 」と「浸水なし地域での浸水想定発表前後の差分 $B2 - B1$ 」の差を求め, その平均を浸水想定による処置効果として推定する.

(2) 対照群の選定方法

a) 傾向スコアによるランダム化

今回, 対象となる事象は表-4に示すように, 欠損データを抱えている. したがって, 差分の差分法による処置効果の推定では, 欠損しているデータを何らかの形で補わなければならない. そこで, 共変量から推定した傾向スコアを用いて, 処置群とよく似た対照群を設定することにより, 比較をおこなう. 傾向スコア e とは, 観測された共変量 x を条件づけたときに, 各地域が「処置あり」に割り当てられる ($z = 1$ となる) 確率である.

$$e(x) = p(z = 1|x) \quad (4)$$

また, 共変量 x は, 傾向スコア $e(x)$ を条件づけたときの割り当て変数 z と独立となる.

$$x \perp z | e(x) \quad (5)$$

このとき, 処置なし ($z = 0$) の場合の結果変数 $y(0)$, 処置あり ($z = 1$) の場合の結果変数 $y(1)$ は, 傾向スコア $e(x)$ を条件づけたときの割り当て変数 z と独立となる.

$$y(0), y(1) \perp z | e(x) \quad (6)$$

これは, 傾向スコアの値が近ければ, 「浸水有・無」の割り当てはランダムに行われたとみなせることを意味

表-4 観測可能なデータと欠損データ

	処置ありの結果	処置なしの結果
処置あり	観測可能	欠損
処置なし	欠損	観測可能

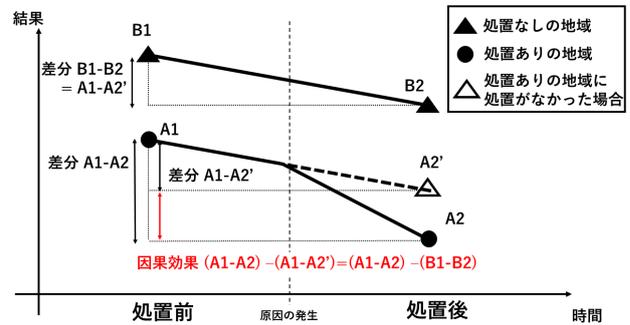


図-2 差分の差分法

する. ランダム化された処置群と対照群の組による比較であれば, 共変量の値の違いによる割り当てのバイアスはないため, 浸水区域の指定という処置による純粋な効果を測ることができる.

b) 共通ショックと平行トレンド仮定

処置群と比較対象となる対照群は「共通ショック」と「平行トレンド」の二つの仮定を満たしている必要がある. 共通ショックとは, 浸水区域指定以外の別の政策やイベントがない, あるいは処置群と対照群のどちらかのみに生じるようなイベントがないことを示す仮定である. この仮定については, 日本全体で処置群と対照群を区別したような政策を取っていないことから, 満たされていると仮定して分析を進める.

一方, 平行トレンドとは, 処置が行われなかったとしたら, 対照群の人口の推移 ($B1-B2$) と処置群の人口の推移 ($A1-A2$) が平行になるというものである. 傾向スコアによるランダム化をおこなう際には, 同じ傾向スコアをもつ処置群, 対照群の人口の推移が処置前の段階において平行であることを確認する必要がある. 本研究では, 用いる共変量のうち入手可能な年度をすべて検討に入れ, 結果変数である人口の推移との相関関係が強いものを採用することにより, 平行トレンド仮定を満たすような調整を試みた.

4. 処置効果の推定と考察

(1) 傾向スコアの推定

傾向スコアは, ロジットモデルの式(7)により算出する. このとき, 処置の割り当て z を被説明変数, 共変量 x を説明変数とおいたロジスティック回帰モデル(8)を求め, 地域 A の共変量 x_A を用いて処置の割り当てを表す z_A

を推定する。推定された z_A の値が大きければ大きいほど「処置あり」に割り当てられる確率が高くなる。

$$p(z_A = 1 | \mathbf{x}_A) = \frac{1}{1 + \exp(-z_A)} \quad (7)$$

$$z_A = \alpha_1 x_{A1} + \dots + \alpha_j x_{Aj} + \beta \quad (8)$$

傾向スコアの算出に用いる共変量は、表-3を候補として、浸水区域指定という処置以外にと結果変数に影響するようなデータを選定する。その際、共変量候補の経年トレンドにおいて変化があれば、その共変量は結果変数の変化に影響を与えると考えられるから、モデルに含むべきであると考えられる。そこで、共変量候補の経年トレンドを確認したところ、どの項目も経年による変化があまりなかった。つまり、共変量の経年トレンドではなく、共変量の任意の年度のデータを用いればある程度のランダム化は可能と考えられることがわかった。そこで、本研究でモデルに含む共変量は、処置前後の年次別データが揃っているもののうち、原因変数と結果変数との相関係数が大きい年次のものを採用することとした。その結果、表-5に示す12項目の共変量が採用された。

表-5に、傾向スコアに用いるロジスティック回帰モデルの推計結果を示す。係数パラメータ（共変量が「浸水あり」に及ぼす限界効果）において、「港湾までの距離」のP値が0より大きく 2.00×10^{-16} より小さいとしているのは、P値が極めて小さく、分析に用いたソフトウェア上でこのような表示となったためである。また、「事務所数」や「高速道路 IC までの距離」「避難施設の数」「医療施設の数」「鉄道駅までの距離」「バス停までの距離」が正の値、つまり、浸水ありに割り当てる確率を高めることがわかる。一方、「農家数」や「DID」「土砂災害警戒区域の有無」「漁港までの距離」「港湾までの距離」「学校の数」は負の値、つまり浸水なしに割り当てる確率を高めることがわかる。

(2) マッチングによる処置効果の推定結果

a) マッチング方法の検討

処置群と対照群から傾向スコアが近い地域のペアを作

る。マッチングにはすべての共変量が同じ値を持つ地域をペアにする完全マッチングと、共変量の距離が最も小さくなる地域でペアにする最近傍マッチングの2つの種類がある。また、マッチング構成比として、処置群の1地域と対照群の1地域でマッチングをする「1対1」、

表-5 回帰モデルのパラメータ推定結果（限界効果）

共変量(年)	限界効果	P 値	
(切片)	1.229133	3.55×10^{-207}	***
農家数(2010)	-0.011518	7.46×10^{-63}	***
DID(2015)	-0.490517	2.39×10^{-61}	***
事務所数(2014)	0.00128	1.07×10^{-22}	***
土砂災害警戒区域の有無(2013)	-0.592921	5.22×10^{-106}	***
漁港までの距離(2006)	-0.000081	1.98×10^{-173}	***
高速道路 IC までの距離(2011)	0.000005	1.94×10^{-4}	***
医療施設の数(2014)	0.022812	7.90×10^{-5}	***
避難施設の数(2012)	0.247953	2.76×10^{-127}	***
港湾までの距離(208)	-0.00017	$0-2.00 \times 10^{-16}$	***
学校の数(2013)	-0.079667	1.05×10^{-3}	**
バス停までの距離(2010)	0.000031	1.12×10^{-3}	**
鉄道駅までの距離(2015)	0.000004	7.00×10^{-3}	**

***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, *: $p < 0.1$

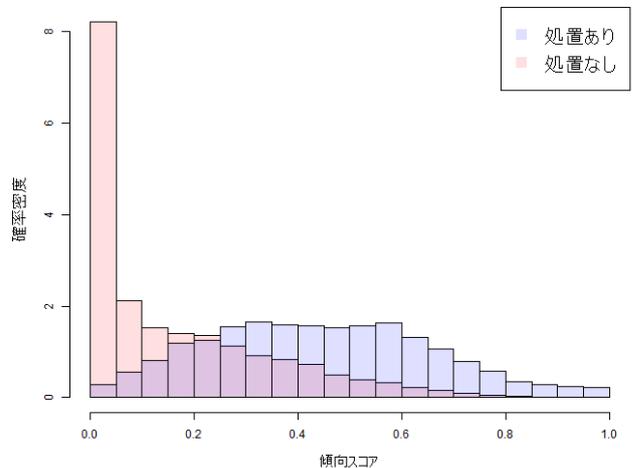


図-3 処置群と対照群における傾向スコアの相対頻度の分布

表-6 マッチングした小地域の例

処置群		対照群	
小地域名	傾向スコア	小地域	傾向スコア
うるま市与那城伊計	0.33240148	青森市大字古館	0.33244516
鹿児島市谷山中央1丁目	0.33298178	青森市大字古館	0.33244516
徳島市末広2丁目	0.33237943	青森市大字古館	0.33244516
大阪市西区千代崎2丁目	0.29710460	阿波市市場町興崎	0.29753890
横須賀市佐原3丁目	0.36605531	荒尾市野原	0.36624194

処置群の 1 地域と対照群の複数地域でマッチングをする「多対 1 マッチング」、処置群の 1 地域と対照群の複数地域に加え、対照群の 1 地域と処置群の複数地域でマッチングをする「フルマッチング」の 3 種類がある。さらに、対照群から地域を抽出する方法として非復元マッチングと復元マッチングがある。

本分析で推定された傾向スコアの相対頻度分布は処置群と対照群で大きく異なっている (図-3) ため、完全マッチングでは傾向スコアが離れた地域がペアになってしまう可能性がある。また、1 対 1 マッチング、非復元マッチングではサンプル数の少ない方の地域数に制約を受け、使えないデータが多くなってしまふ。そこで、本研究では、1 対 1 の復元マッチングによって、最近傍の傾向スコアをもつ対照群と処置群のペアを作ることとした。

b) 傾向スコアによるマッチングの結果

マッチングの結果、ペアは 13,373 組となった。表-6 はマッチングした小地域の例であるが、傾向スコアの近い値でペアとなっており、対照群の小地域が繰り返し用いられていることがわかる。

また、共変量を導入したことで選択バイアスがどれだけ改善されたかを見るため、マッチングによる共変量の調整前後の処置群と対照群の標準化平均差を比較することでバランスがどの程度改善されたかをバランスを確認する。標準化平均差とは、平均の差を処置群と対照群における標準誤差で割った値である。この値 2 群間の差が小さくなっていけば調整できたといえる。

この数値を各共変量についてプロットしたものを図-4 に示す。どの項目においても共変量調整後の標準化平均差が 0 付近にあり、処置群と対照群において各共変量の平均の差が小さくなっていることから、共変量のバランスを調整することができたと言える。特に、「漁港までの距離」と「港湾までの距離」の値は、調整前は処置群で小さいものが多く、対照群で大きいものが多かったため、標準化平均差が負となっていたが、マッチングによる調整によって改善されたことがわかる。一方、その他の共変量についてはあまり変化がなかったことから、もともと割り当てとの関係は独立であったとも考えられる。

(3) 原因変数別処置効果の推計

原因変数である (1) 全世代、(2) 若年層、(3) 中年層、(4) 高年層、(5) 転入数それぞれについて、ペア k における「処置あり」の小地域の結果変数 y_k^1 と「処置なし」の小地域の結果変数 y_k^0 の差を求め、全ペアの差の平均をとった、式(9)の平均処置効果 (ATE: Average Treatment Effect) を求める。各原因変数データにおける処置効果の推計結果を表-7 に示す。

$$ATE = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_k^1 - y_k^0) \tag{9}$$

(1) 全世代の人口を結果変数として置いた場合、平均処置効果は-0.90%であった。平均処置効果が負の値であるということは、浸水区域の指定前後の人口減少率が、対照群に比べて大きかった、つまり浸水区域指定によって人口の減少率が拡大したことを意味する。ただし、最小値は分布から外れた-2785.81 値がある。これは処置群のとある小地域において、増加率が 2784.25%であったため、このような推計値が算出された。この外れた値によって平均処置効果の値が負に導かれている可能性がある。

(5) 転入数では、全世代の結果と比較するため、同じマッチングのペアで処置効果を算出した。平均処置効

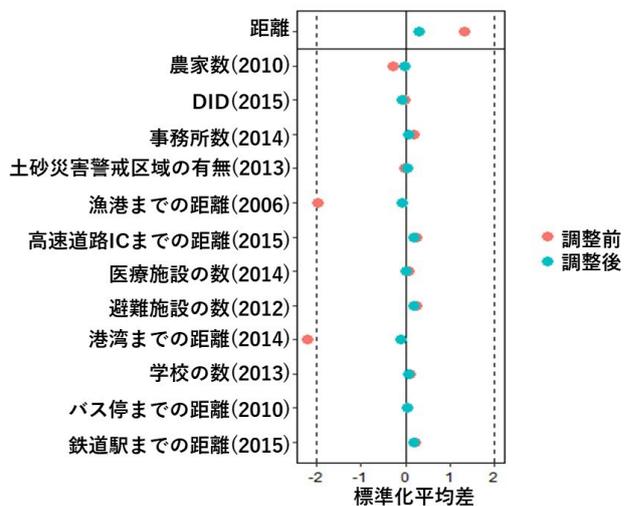


図-4 共変量調整前後の処置群と対照群の標準化平均差

表-7 各原因変数データにおける処置効果の推計結果

	最小値	第1四分位数	中央値	平均処置効果	第3四分位数	最大値	分散
(1) 全世代	-2785.81	-6.11	-0.88	-0.90	4.43	561.11	1679.69
(2) 若年層	-3989.86	-8.02	0.70	0.75	9.68	1826.206	2574.65
(3) 中年層	-2766.80	-9.61	0.38	0.16	10.34	755.24	1152.89
(4) 高年層	-1522.98	-7.97	-0.65	-0.89	6.69	1975.25	1613.47
(5) 転入	-11939.70	-39.04	-1.30	-0.67	35.36	24800.00	114610.60

果は-0.67%であり、転入の増減率を原因変数とした場合も、浸水区域の指定前後の人口減少率は対照群に比べて大きかったことが分かる。これらのことから、人口全体で見ると、浸水区域の指定は人口減少率を拡大させる影響があることといえる。ただし、転入人口については個別の処置効果にはばらつきがあり、(1) 全世代の分散が 1679.69 であるのに対して、(5) 転入数では 114610.60 と大きな値であった。

次に、この平均処置効果を(2) 若年層、(3) 中年層、(4) 高年層の世代別に分けて見てみると、若年層で 0.75%、中年層で 0.16%、高年層で -0.89% となった。平均処置効果が負、すなわち、人口減少率が拡大した世代は高年層のみであった。一方、若年層と中年層では浸水区域であっても人口減の拡大は見られず、むしろ対照群と比較して人口減少率が小さいことがわかった。ただし、どの世代も最小値と最大値が分布から外れたところに位置していることがわかる。こうした外れ値をとった小地域は、最大値は大阪府大阪市北区茶屋町や兵庫県神戸市灘区味泥町(処置群)、最小値は那覇市真嘉比 2 丁目や伊勢市小俣町本町(対照群)であった。

(4) 地域属性の観点から見た平均処置効果の相違

a) 浸水想定区域の面積割合別の平均処置効果

浸水区域指定により、小地域の人口が減少しているという結果が得られたが、2 で示したように、今回は小地域に少しでも浸水区域が含まれた場合に処置があったとみなしてデータを整備している。そのため、浸水区域がごく小さい小地域における浸水区域外の人口増減が結果に影響している可能性も考えられる。

そこで、小地域における浸水面積割合が平均処置効果にどのような相違をもたらすのかを確かめた。浸水面積の割合を 20% 階級別に区分して分析したところ(図-5)、40%以上 60%未満の地域では人口減少率が縮小した一方

で、60%以上 80%未満の地域では人口減少率が拡大したことがわかった。面積割合による影響の違いはあったが、面積割合の大小による影響の傾向はないことがわかった。

b) 県別の平均処置効果

自治体別の処置効果の違いを見るため、都道府県別で分析を行った結果を図-6 に示す。(1) 全世代と(5) 転入数の平均処置効果では、兵庫県と沖縄県は全世代人口、転入人口どちらの平均処置効果も正となった。この 2 県は共通して、沿岸部地域を中心とした観光が盛んな県であり、それに付随した産業などの影響によって浸水区域指定という処置の効果が表れなかったのではないかと考えられる。また、神奈川県、大阪府、大分県は(1) 全世代の平均処置効果が正、(5) 転入数は負であった。これらの県は、もともとの居住者を見た時には浸水区域指定の影響を受けていないが、転入者数は減っていることがわかる。神奈川県と大阪府は横浜市や大阪市などの大きな都市を含むため、このような結果になったと考え

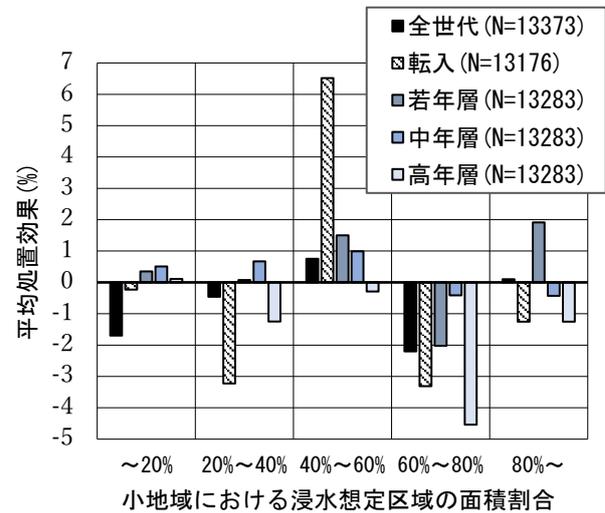


図-5 小地域における浸水想定区域の面積割合

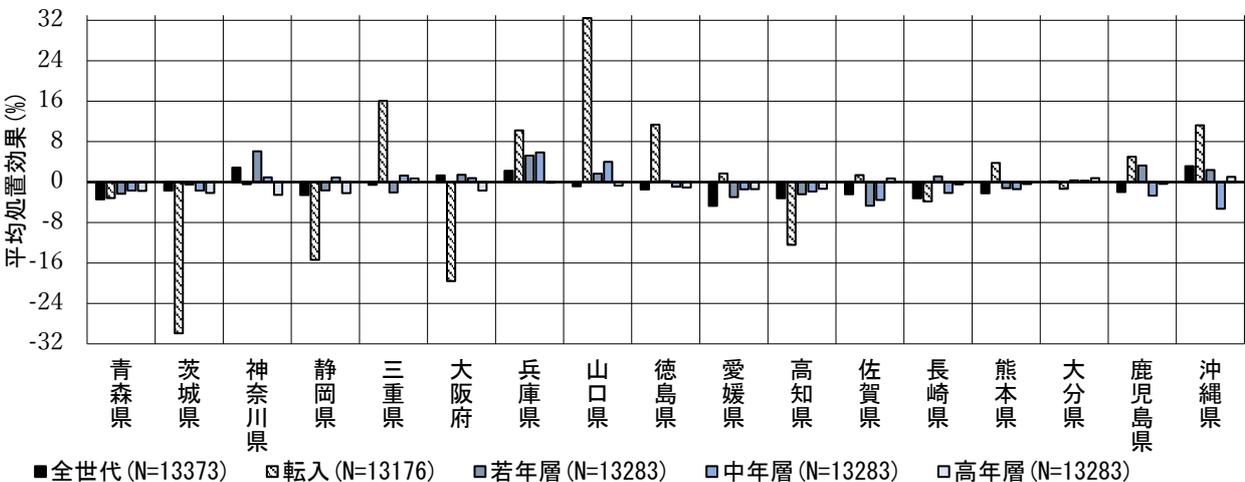


図-6 県別の平均処置効果

られる。一方、上記以外の 13 県は (1) 全世代で処置効果が負となっており、(5) 転入数も平均処置効果が負の値である県は、青森県、茨城県、静岡県、高知県、長崎県であった。これらの県では住民が転入する際に浸水区域として認識されている可能性が考えられる。

(2) 若年層、(3) 中年層、(4) 高年層の世代別の平均処置効果を都道府県別にみると、神奈川県、大阪府、兵庫県、山口県が若年層、中年層の平均処置効果が正の値であり、浸水想定の影響を受けていないことがわかった。(1) 全世代と同様、大きな都市を含む都道府県が中心である。また、山口県は、他県とは違い、瀬戸内海と日本海に面しているため、浸水想定の影響が小さかったのではないかと考えられる。一方で、青森県、茨城県、愛媛県、高知県、熊本県は、どの世代も平均処置効果が負の値であり、世代に関係なく浸水ありの影響を受けていることがわかる。

以上の結果から、都道府県によって処置効果の程度が異なることがわかった。この処置効果の程度の差異には、大都市を有するかどうかや、太平洋が瀬戸内海かという点が影響しているとみられる。

5. おわりに

2005 年までに発表された浸水想定区域指定接さない県の影響を分析した牛木らの結果³⁾との類似点として、特に高年層に人口減少のトレンドがみられることがわかった。また、太平洋沿岸の県は比較的処置効果が大きかったが、牛木ら³⁾の分析には含まれていない太平洋に直接面していない県や、高度な都市機能を有する県では処置効果が小さいことがわかった。小地域の浸水面積割合別では、面積割合による影響の違いはあったが、面積割合の大小による影響の傾向はないことがわかった。

今回、地域によって処置効果の大きさに違いがみられたが、このような結果は今後のまちづくりにいくつかの示唆を与える。例えば、浸水想定の影響を受けやすい自治体において、県外への転出を防ぎたいのであれば、浸水想定を発表後に同じ自治体内の安全な土地へ転居しやすくするような政策などが有効であると考えられる。また、浸水想定の影響を受けにくい都市部では、津波避難ビルの指定や避難計画が重要となると考えられる。

なお、対照群の選定方法について、少なくとも今回考慮した共変量と傾向スコアの観点からは、処置群と対照群のバイアスが改善されたことを確認できた。しかし、値の近い傾向スコアを持つペア同士の結果変数の平行トレンド仮定は十分確認出来ていない。また、浸水区域指定以外に、イエローゾーンなどが指定された地域ではその政策の影響もあると考えられる。共変量として加えるべき要因については、引き続き検討する予定である。

謝辞：本研究は、令和2年度中部地域づくり協会研究の助成による研究テーマ「津波防災地域づくりによる各種政策が都市構造に及ぼした影響の実証分析」の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 毎日新聞：高台移転：沼津・内浦重須地区では7 世帯 建築費自己負担で賛同減、<https://mainichi.jp/articles/20180307/ddlk22/040/021000c>, 2018年3月7日（静岡地方版），2021.3.6確認。
- 2) 北川諒，胡嘉毅，高取恒介，宮下りりか，宮田夏希：高知県黒潮町出口地区における防災対策事業に関する費用便益分析，2017。
- 3) 牛木賢司，河野達仁，多々納裕一，中園大介，杉澤文仁：差分の差分分析を用いた津波浸水想定公表による年齢階層別人口分布変化の把握，第60回土木計画学研究発表会・講演集，Vol.60，CD-ROM(02-03)，2019。
- 4) 直井道生，佐藤慶一，田中陽三，松浦広明，永松伸吾：南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動～DID（差分の差分）法による影響の検証～，ESRI Discussion Paper Series, No.335, pp.1-29,2017。
- 5) 森尾淳，杉田浩：ライフステージに着目した地域間人口移動の変化分析と地域活性化政策の方向性，土木計画学研究・論文集，Vol.25，No.1，pp.193-200，2008。
- 6) 山口健太郎，多々納裕一，田中成尚，岡田憲夫：単一中心都市における甚大な災害リスクに関する情報の提供効果に関する分析，土木計画学研究・論文集，Vol.16，pp.333-340，1999。
- 7) 総務省統計局：経済センサス，<https://www.stat.go.jp/data/e-census/index.html>，2021.3.6確認。
- 8) 農林水産省：農林業センサス，<https://www.maff.go.jp/j/taokei/census/af/c/>，2021.3.6確認。
- 9) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス，<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>，2021.3.6確認。

(2021.3.7 受付)

ANALYSIS OF CAUSAL EFFECTS OF DESIGNATING TSUNAMI INUNDATION
ZONE ON POPULATION CHANGE

Fuko NAKAI, Yu NAGAMACHI and Eizo HIDESHIMA