

# 差分の差分分析を用いた津波浸水想定の公表による年齢階層別人口分布変化の把握

牛木 賢司<sup>1</sup>・河野 達仁<sup>2</sup>・多々納 裕一<sup>3</sup>・中園 大介<sup>1</sup>・杉澤 文仁<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員(株)建設技術研究所 東京本社河川部海岸・港湾室

(〒330-6030さいたま市中央区新都心11-2明治安田生命さいたま新都心ビル)

E-mail:kj-ushiki@ctie.co.jp, d-nakazono@ctie.co.jp

<sup>2</sup>正会員 東北大学大学院教授 情報科学研究科(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail: kono@plan.civil.tohoku.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 京都大学防災研究所教授 社会防災研究部門(〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

E-mail: tatano@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp

<sup>4</sup>国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所海岸課(〒420-0068 静岡県静岡市葵区田町3-108)

津波による甚大な被害が予測されている南海トラフ沿いの太平洋沿岸地域では、内陸部と比較して沿岸部の人口減少が大きい可能性が指摘されている。一方、防潮堤により浸水リスクを減少させることができる。そのため、浸水リスクの違いによる人口分布パターン変化の把握ができれば、防潮堤整備が人口分布に与える影響を捉えることができる。津波による浸水リスクは、地形条件によって空間的に異なる。また、地域固有の人口立地要因が存在する。そこで、本研究では、地域固有の影響を考慮したうえで浸水リスクによる住宅立地への影響を捉えるために、差分の差分分析(Difference-in-Differences)を用いる。具体的には、コーホート法に基づいて、浸水想定公表前後の時点の同年出生の年齢階層別人口分布の立地データを用いて、各県が公表した津波の浸水想定の影響による人口変化を分析した。各世代で浸水公表後に負の影響が出るのが明らかとなり、特に高齢者への影響が大きいことが確認された。

**Key Words:** *Difference-in-Differences, Relocation of houses, Tsunami hazard map, Cohort*

## 1. はじめに

太平洋沿岸では、南海トラフを震源とする大規模地震の発生が高い確率で予測されている地域が多く、津波に対する予備的対策、ならびに、津波発生後の復旧・復興の枠組みを事前に準備しておくことが喫緊の課題である。そのような背景から、各自治体では防災・減災対策を実施するための基礎情報として、大規模地震による津波浸水予測を実施し、ハザードマップとして公表している。ハザードマップの公表は防災・減災を推進することを目的としている一方で、津波リスクが広く認知される影響により、浸水エリアでの居住価値が下がり、人口が減少する可能性が指摘されている。また、自治体へのヒアリングにおいてもその可能性は認識されている。しかしながら、津波リスクにより人口が減少する影響について、定量的に分析された研究は少ない。

津波リスクは沿岸部からの距離や地形条件によって空間的に異なり、その津波リスクの違いに応じて人口が変化すると想定される。そこで、本研究では、近年、注目度の高い『差分の差分分析』を適用し、津波リスクによる人口変化を把握する手法を提案する。

分析対象は、南海トラフ地震津波による甚大な被害が想定されている静岡県・愛知県・三重県・和歌山県・徳島県・高知県とする。ここで、住宅が立地する際には交通利便性等の利潤に基づくと考えられるため、本研究ではこれらの影響も考慮したモデルを構築する。以降、2.では、対象 6 県や分析に用いるデータの概要、3.ではヒアリング及び統計データ整理による年齢階層別の人口数変化の実態を整理する。4.では、構築するモデルの推定式の導出と考慮する要素について説明し、5.では、分析結果として、県別及び年齢階層別の人口変化について考察。6.では、本研究の成果と課題を取りまとめる。

## 2. 分析データの概要

### (1) 各県が公表した津波浸水予測図データ

各県では、平成 14 年「南海トラフ地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」や平成 23 年東北地方太平洋沖地震による津波被害を背景に、表-1 のように津波浸水予測図を公表してきた。平成 13 年～平成 17 年に公表された浸水予測図は、過去に発生した東海・東南海・南海地震による津波を再現した外力であったものに対して、平成 23 年以降に公表された浸水予測図は、平成 23 年「津波防災地域づくりに関する法律」に準じて、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を外力としており、東北地方太平洋沖地震クラスの非常に大きな津波が想定されたことが特徴である。

本研究では、津波リスクによる企業立地の変化を捉えるため、公表から十分な時間が経過している平成 13 年～平成 17 年の津波浸水想定図を対象とし、浸水深等データは各県から提供を受けた。

### (2) 年齢階層別の人口数

年齢階層別の人口数の統計値は、パネルデータとして国勢調査(H12, H17, H22)の世界測地系地域メッシュデータを利用する。各統計調査の調査基準日は表-1 に示すとおり、5 年毎に実施されている。地域メッシュデータは、各調査回において共通データが入手できる 2 分の 1 地域メッシュ(第 4 次地域メッシュ：緯度経度による約 500m 格子)とした。

国勢調査における年齢階層は 5 歳階級のデータであるが、住宅立地の意思決定においては、5 歳階級までの細分は必要なく、世代間の特徴を反映するために 3 階層に

分類することとする。ここで、15 歳未満の学生世代については、住宅立地の意思決定権はないことから、15 歳以上を対象とする。

第 1 世代：15 歳～49 歳

若年層であり、他の世代と比べ、将来に渡って住居移転の可能性が高い世代

第 2 世代：50 歳～64 歳

ある程度生活が安定した世代

第 3 世代：65 歳～

高齢者であり、自発的な住居移転の可能性が低い世代

また、住宅立地の意思決定者は、国勢調査の調査年毎に年齢が上がっていくため、それを考慮するため、図-1 のようにコーホートを考慮する。

なお、分析期間中において、各メッシュの人口数のうち、経年的にゼロ値を含むメッシュは、変化の大きさを計測する際に 0 未満への変化量を計測できないため、変化傾向を歪める可能性があることから、経年的にゼロ値を含まないメッシュのみを対象とする。

### (3) 津波浸水深と統計データの重ね合わせ

各県が公表した津波浸水予測図は、浸水範囲のラインデータや平面直角座標系メッシュ等の様々な形式でデータ提供を受けたため、人口数の統計データと重ね合わせる必要がある。図-2 のように、緯度経度による約 500m 格子の地域メッシュデータと津波浸水予測データを GIS 上で重ね合わせ、地域メッシュ内に含まれる最大浸水深を当該メッシュの浸水深とする。

表-1 各県が公表した津波浸水想定図の公表年月

	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28
静岡県		5月												6月			
愛知県					3月										3月		
三重県					3月								3月		3月	3月	
和歌山県						3月								3月			
徳島県					3月							12月	10月				
高知県	3月		3月			5月							12月				
人口数統計値	10/1					10/1					10/1						10/1

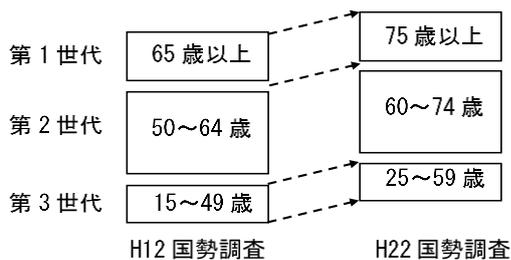


図-1 コーホートの考慮方法



図-2 地域メッシュと津波浸水予測図の重ね合わせ例

表-2に、津波浸水深を地域メッシュデータに割り当てた結果、各県の人口が立地している全メッシュ数に対する浸水メッシュ数の割合を示す。静岡県は約 10%、愛知県は約 2%、三重県・和歌山県・徳島県では約 20%強、高知県では約 30%強となっており、愛知県における浸水割合が極端に低くなっている。人口分布の変化の分析において十分なサンプル数が得られないため、愛知県は分析対象から除くこととする。なお、平成 26 年に愛知県が公表した津波浸水想定図では大きな浸水範囲が想定されており、愛知県の津波リスクが小さいことを示しているわけではないことに留意されたい。

(4) インフラ等データ

インフラ等のデータは、国土数値情報(国土交通省)で公表されている以下の GIS データを取得した。

- ・ 高速道路インターチェンジの配置
- ・ 港湾、漁港の配置
- ・ 旅客鉄道駅の配置
- ・ 鉄道の貨物取扱駅の配置
- ・ 幹線道路(緊急物資輸送道路)の配置

表-2 県別の全メッシュ数に対する浸水割合

	全県のメッシュ数	津波浸水メッシュ数	浸水割合
静岡県	8,481	809	9.5%
愛知県	9,857	143	1.5%
三重県	6,140	1,447	23.6%
和歌山県	3,048	723	23.7%
徳島県	2,666	589	22.1%
高知県	2,623	840	32.0%

3. 人口分布変化の実態把握

(1) 県民意識調査

表-3、表-4 に対象 6 県において実施されている「地震・津波防災に関する県民意識調査」の実施年度と「地震への関心度に関する質問有無」を整理した。これらの結果では、全県で共通して、平成 23 年の東日本大震災の直近の年に関心強く、徐々に関心が薄れている結果となっている。

(2) 人口の社会増減数

浸水域内外の人口増減の実態を把握するため、「浸水なし」、「浸水 2m 未満」、「浸水 2m 以上」の各エリアの転入、転出、社会増減数を集計した。社会増減数は、図-3に示すような内訳より、以下の式により自然減を除いた人口数を算出する。

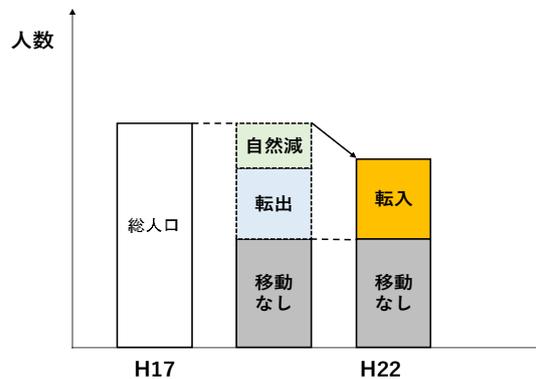


図-3 人口増減数の内訳

表-3 地震・津波防災に関する県民意識調査の公表状況(出典：各県 HP)

	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	備考	
静岡	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		
愛知			△		△		△		○		○		○		○		○		○		・H13～H17の報告書は公表されていない ・H13～H17の一部は、各年の報告書にて過去のデータとして整理されている
三重															○	○	○	○	○		・H14から調査を実施している。 ・過去の報告書については、別途県への依頼が必要
和歌山						○	○※			○※			○		○				○		
徳島							△			△		△		△					○		・H16、H19、H22、H24は「沿岸地域の経年変化等の概要」で公表している。 ・H16、H19、H22、H24の調査は沿岸市町のみ対象で、平成27は全県も対象としている
高知															○				○		

※4県(三重県・和歌山県・徳島県・高知県)共同調査

表-4 「地震への関心度」に関する質問項目の有無

	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	経年変化の整理の有無	
静岡	○		○		○		○		○		○		○		○		○		○		○(H3～H29)
愛知			○		○		○		○		○		○		○		○		○		○(H13～H29)
三重															△	△	△	△	△		△(H27～H29)
和歌山						○	○		○		○		○		○				○		○(H16～H28)
徳島						○	○		○		○		○		○				○		○(H16～H27)
高知																					

$$\begin{aligned} \text{(社会増減の人数)} &= \text{(転入人数)} - \text{(転出人数)} \\ \text{(転入人数)} &= \text{(5年前の総人口)} - \text{(移動なしの人数)} \\ &\quad - \text{(自然減の人数)} \\ \text{(自然減の人数)} &= \text{(5年前の総人口)} \\ &\quad - \text{(5年前の総人口)} \\ &\quad \times \{1 - \text{(死亡率)}\} \times 5 \end{aligned}$$

自然減少を除いた人口の社会増減について、浸水有無による社会増減数(図-4)及び平面分布(図-5)を整理した。人口は主に鉄道沿線に分布しており、郊外での増加傾向が見られた。また、津波浸水範囲では、浸水がないエリアと比べて減少傾向が見られ、特に浸水深 2m 以上で減少数が大きいことが分かった。

- 静岡県は、県全体として人口が減少傾向であり、特に「浸水深 2m 以上」の減少が大きい。
- 愛知県は、「浸水なし」では人口が増加しており、「浸水深 2m 未満」、「浸水深 2m 以上」では増加している。
- 三重県は、県全体として人口が減少傾向であり、特に「浸水深 2m 以上」の減少が大きい。

- 和歌山県は、県全体として減少傾向であり、特に「浸水深 2m 以上」の減少が大きい。
- 徳島県は、浸水の有無に関係なく減少傾向であり、浸水メッシュの方が「浸水なし」よりも減少が大きい。
- 高知県は、一部を除き、浸水の有無に関係なく減少傾向である。

表-5 人口増減算出の使用データ

項目	データの詳細	備考
総人口	国勢調査「総人口」	
移動なしの人数	国勢調査「5年前も現住所(5歳以上人口)」	自然増(出生)の影響を除外するため、5歳以上人口のデータを使用
転入者数の人数	国勢調査「5年前は現住所以外(5歳以上人口)」	
自然減の人数	総人口に性と年齢階層別の死亡率を乗じて算出 ※年齢不詳については、死亡率の総数の値を用いて自然減の人数を算出	死亡率は「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を使用
転出者の人数	5年前の総人口から「移動なし」と「自然減」の人数を差し引いて算出	

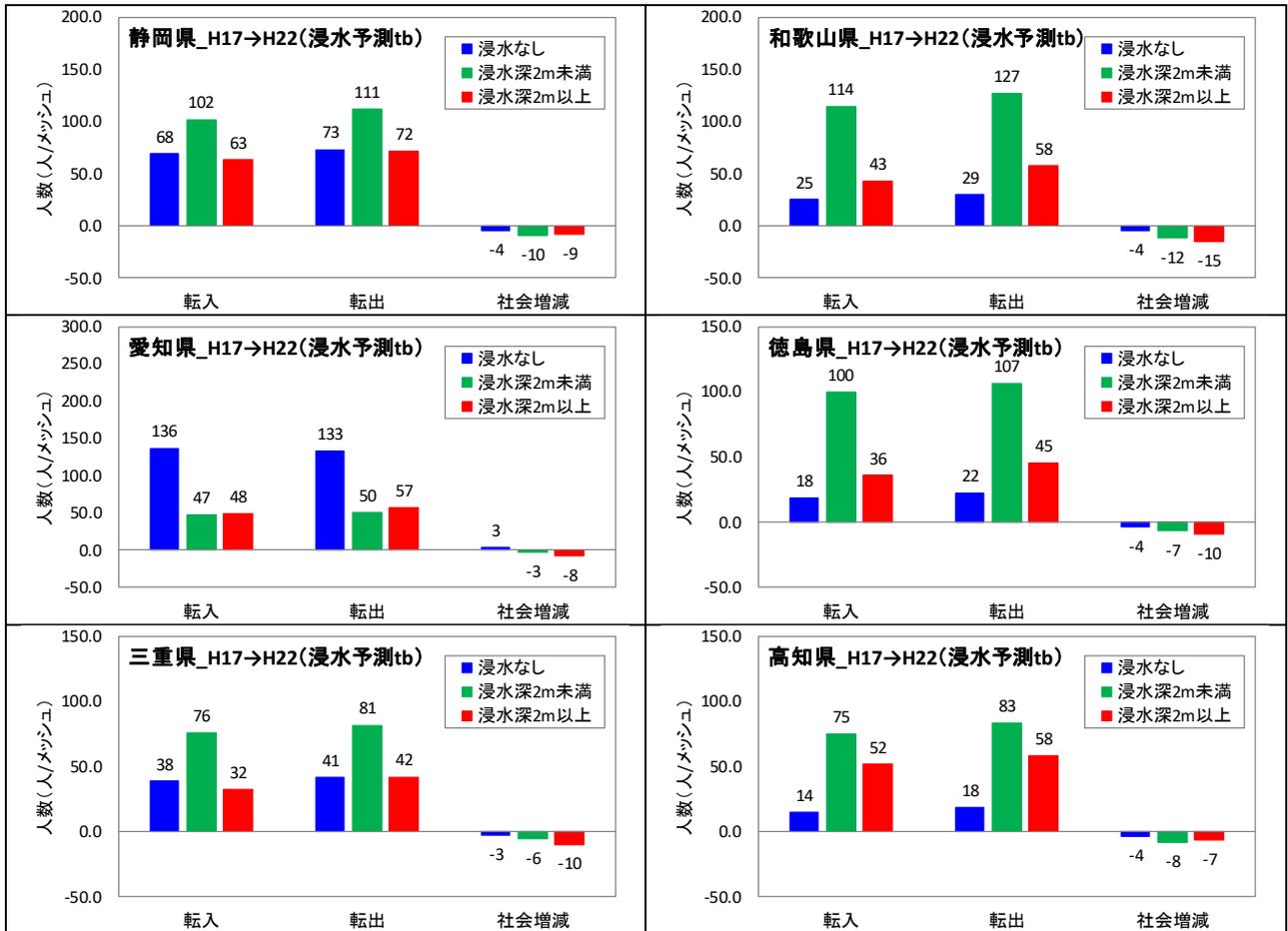


図-4 浸水ランクごとの転入・転出・社会増減数

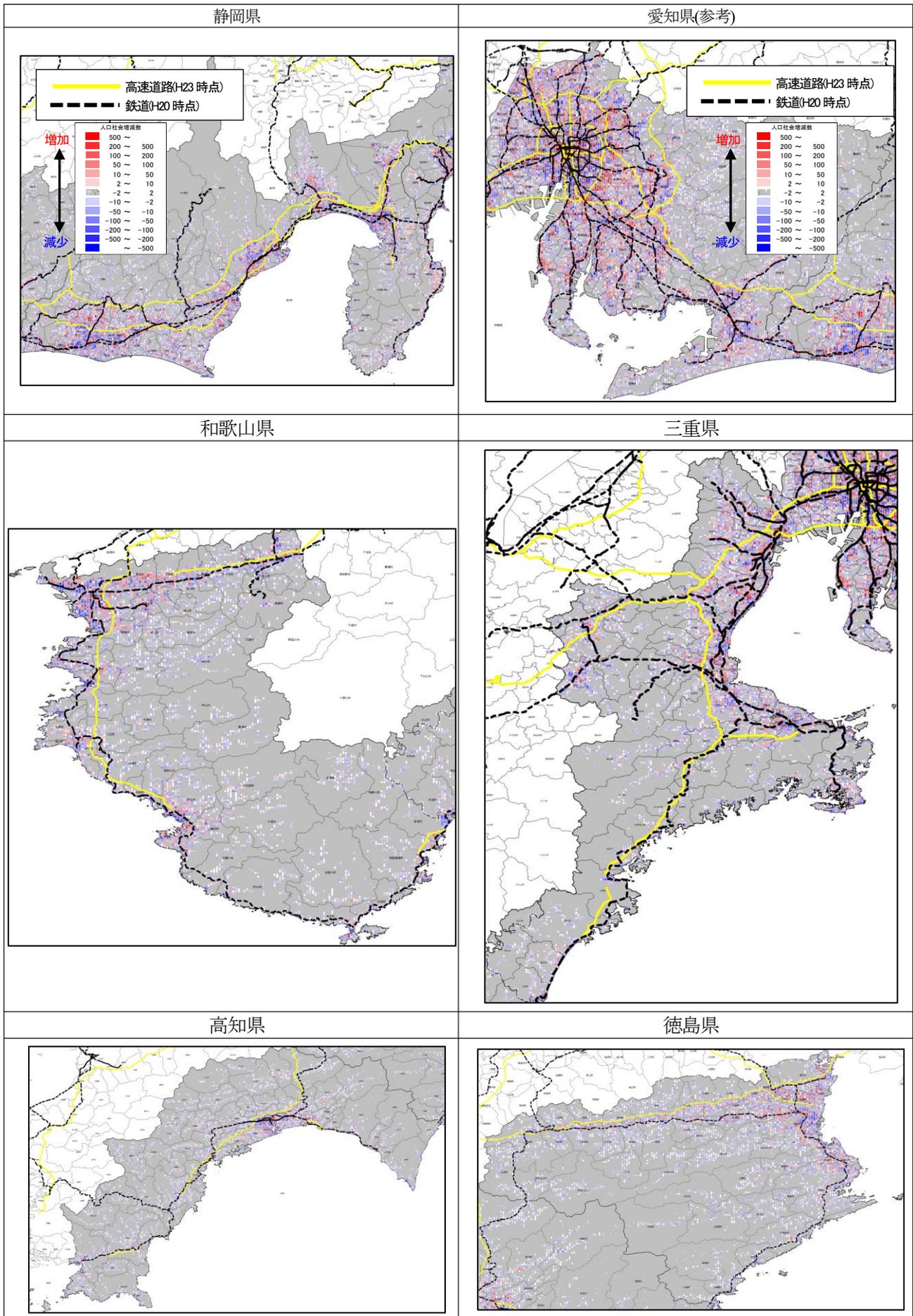


図-5 人口の社会増減の分布(H17からH22の変化)

#### 4. 差分の差分を用いた人口分布変化分析モデル

##### (1) モデルの概要

差分の差分の利点は地域固有効果を除ける点にある。例えば、 $t_a$  時点の人口数  $N(t_a)$  と  $t_b$  時点の人口数  $N(t_b)$  を説明するとき、それぞれの地域での居住には地域固有の要因によるものがある。しかし、 $N(t_a) - N(t_b)$  のように差分をとると、その地域固有効果が時間的に変化しないとすると、地域固有効果を分析する必要がなくなる。地域固有効果は様々な要因が考えられるため、それらを捉えるのではなく、取り除いて分析できることは計量分析において大きな利点である。

しかし、津波リスクに基づくを考慮した場合、通常の差分の差分と異なり、地域固有効果がすべて推計式から除かれるわけではないことがわかった。それは、津波による被災が実際にあったときに、その減災への対応が地域ごとに異なるためである。以下で、その点も含めて、厳密に推定式を導出する。

$t$  時点の  $r$  地域の立地数を  $N_r(t)$  とする。そのとき、それを式(1)のように  $r$  地域で得られる利潤の関数と考えることが一般にできる。

$$N_r(t) = f(U(\mathbf{X}_r, t, D_{r1}(t), D_{r2}(t), \dots, P_1, P_2, \dots)) \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{X}_r = [X_{r1}, \dots, X_{ri}, \dots, X_{rI}]$  とする

ここで、 $U$  は一年間の期待利潤、 $X_{ri}$  は平常時や災害時の利潤に影響する立地要因(リスクの空間的差異以外)のうち分析対象期間において変化がない要因、 $t$  は時間トレンドを表す。 $D_{rk}(t)$  は  $t$  時点における  $r$  地点の  $k$  レベルの津波による主観浸水深、 $P_k$  は  $k$  レベルの津波が一年間に来る確率である。ただし、以降では、実証分析で用いるレベルは一つであるため、 $k=1$  として定式化して、 $k$  のサブスクリプトも省略する。 $k$  が複数ある場合も、まったく同様に式展開が可能である。

そうすると、期待利潤は

$$\pi_r(\mathbf{X}, t, D_r, P) = (1 - P)U_{r0} + PU_{r1} \quad (2)$$

と一般に表せる。ここで、 $U_{r0}$  は一年間無災害時の利潤。ここで、津波が一年間のうちに来た時の年間利潤レベルを  $U_{r1}$  で表すこととする。

ここで、 $U_{r0}$  を次のように特定化する

$$U_{r0} = \alpha + \boldsymbol{\beta}_X \cdot \mathbf{X}_r + \gamma t \quad (3a)$$

ここで、 $\boldsymbol{\beta}_X = [\beta_{X1}, \dots, \beta_{Xi}, \dots, \beta_{XI}]$

とする

・は内積を示す。

ここで、津波リスクによる影響度合いを  $\lambda_{zi}$  ( $Z = X$ ) で表す。すなわち、

$$U_{rk} = \lambda_\alpha \alpha + \boldsymbol{\lambda}_X \cdot \boldsymbol{\beta}_X \cdot \mathbf{X}_r + \lambda_t \gamma t \quad (3b)$$

ここで、 $\boldsymbol{\lambda}_X = [\lambda_{X1}, \dots, \lambda_{Xi}, \dots, \lambda_{XI}]$ , とする

なお、 $\boldsymbol{\lambda}_X$  も、その要素は一般的には 1 以下の値となる。すなわち、1 であるときが、平常時と同様にその要素が寄与するという意味になる。そこで、 $\lambda_{kzi} = 1 - \kappa_{iz}(D_r)$ 、すなわち浸水深に応じて  $\lambda$  が決定すると仮定して式(2)に代入すると

$$\begin{aligned} U_r(t) &= (1 - P)U_0 + PU_1 \\ &= (1 - P)[\alpha + \boldsymbol{\beta}_X \cdot \mathbf{X}_r + \gamma t] \\ &\quad + P[\lambda_{k\alpha} \alpha + \boldsymbol{\lambda}_{kX} \cdot \boldsymbol{\beta}_X \cdot \mathbf{X}_r + \lambda_t \gamma t] \\ &= [\alpha + \boldsymbol{\beta}_X \cdot \mathbf{X}_r + \gamma t] \\ &\quad - P[\kappa_\alpha(D_r) \alpha + \boldsymbol{\kappa}_X(D_r) \cdot \boldsymbol{\beta}_X \cdot \mathbf{X}_r + \kappa_t(D_r) \gamma t] \end{aligned} \quad (4a)$$

となる。

ここで、今回の分析に必要なないゾーンの固定効果を一変数として扱くと、

$$\begin{aligned} U_r(t) &= [\alpha + B_r + \gamma t] \\ &\quad - [\kappa_\alpha(D_r) \alpha' + \boldsymbol{\kappa}_X(D_r) \cdot \boldsymbol{\beta}'_X \cdot \mathbf{X}_r + \kappa_t(D_r) \gamma' t] \end{aligned} \quad (4b)$$

ここで、 $B_r \equiv \boldsymbol{\beta}_X \cdot \mathbf{X}_r$ 、 $\alpha' \equiv P\alpha$ 、 $\boldsymbol{\beta}'_X \equiv P\boldsymbol{\beta}_X$ 、 $\gamma' \equiv P\gamma$  である。なお、 $\kappa_\alpha(D_r)$ 、 $\kappa_t(D_r)$  の関数形としては、線形や非線形が考えられる。二つの特定化のケースをここでは想定する。

$\kappa_{iz}(D_r)$  に関する特定化 1.

$$\begin{aligned} \kappa_\alpha(D_r) &= \mu_\alpha D_r, \quad \boldsymbol{\kappa}_X(D_r) = \boldsymbol{\mu}_X D_r, \\ \kappa_t(D_r) &= \mu_t D_r \end{aligned}$$

$\kappa_{iz}(D_r)$  に関する特定化 2.

$D_r = 0$  のゾーン、

$$\begin{aligned} \kappa_\alpha(D_r) &= 0, \quad \boldsymbol{\kappa}_X(D_r) = 0, \\ \kappa_t(D_r) &= 0 \end{aligned}$$

$D_r = 0.01m -$  のゾーン、

$$\begin{aligned} \kappa_\alpha(D_r) &= \mu_{\alpha 1}, \quad \boldsymbol{\kappa}_X(D_r) = \boldsymbol{\mu}_{X1}, \\ \kappa_t(D_r) &= \mu_{t1} \end{aligned}$$

$\kappa_{iz}(D_r)$  に関する特定化 3.

$D_r = 0$  のゾーン、

$$\begin{aligned} \kappa_\alpha(D_r) &= 0, \quad \boldsymbol{\kappa}_X(D_r) = 0, \\ \kappa_t(D_r) &= 0 \end{aligned}$$

$$D_r = 0.01m - 0.3m \text{のゾーン,}$$

$$\kappa_\alpha(D_r) = \mu_{\alpha 1}, \kappa_X(D_r) = \mu_{X 1},$$

$$\kappa_t(D_r) = \mu_{t 1}$$

$$D_r = 0.3m - 2.0m \text{のゾーン,}$$

$$\kappa_\alpha(D_r) = \mu_{\alpha 2}, \kappa_X(D_r) = \mu_{X 2},$$

$$\kappa_t(D_r) = \mu_{t 2}$$

$$D_r = 2.0m - \text{のゾーン,}$$

$$\kappa_\alpha(D_r) = \mu_{\alpha 3}, \kappa_X(D_r) = \mu_{X 3},$$

$$\kappa_t(D_r) = \mu_{t 3}$$

特定化 2.

$$N_r(t) = [\alpha + B_r + \gamma t] - [\kappa_\alpha(D_r)\alpha' + \kappa_X(D_r) \cdot \beta'_X \cdot X_r + \kappa_t(D_r)\gamma' t]$$

ただし、 $t$ はすべてデータの対数.

特定化 3.

$$N_r(t) = [\alpha + B_r + \gamma t] - [\kappa_\alpha(D_r)\alpha' + \kappa_X(D_r) \cdot \beta'_X \cdot X_r + \kappa_t(D_r)\gamma' t]$$

ただし、両辺の変数はすべて対数.

$N_r(t) = f(U_r)$ の関数形として次の3つの特定化を行う.

$N_r(t) = f(U_r)$ に関する特定化 1.

$$N_r(t) = \theta U_r(t) \tag{5a}$$

なお、 $t$ すべてデータそのまま

$N_r(t) = f(U_r)$ に関する特定化 2.

$$N_r(t) = \theta U_r(t) \tag{5b}$$

なお、 $t$ すべてデータの対数

$N_r(t) = f(U_r)$ に関する特定化 3.

$$N_r(t) = \theta \exp U_r(t) \tag{5c}$$

なお、 $t$ すべてデータの対数

なお、 $\theta$ は回帰分析のときに式(4)の各パラメータにかかるのみなので、ここでは $\theta = 1$ としても実質的に影響がない。特定化3については $\ln N_r(t) = \ln \theta + U_r(t)$ である。以上のことから、式(4)を代入して、特定化 1, 2, 3の回帰式を示すと、

特定化 1.

$$N_r(t) = [\alpha + B_r + \gamma t] - [\kappa_\alpha(D_r)\alpha' + \kappa_X(D_r) \cdot \beta'_X \cdot X_r + \kappa_t(D_r)\gamma' t]$$

なお、 $\kappa_{iz}(D_r)$ の特定化をした時のパラメータ $\mu_Z$ とパラメータ $\beta'_Z$ は、分離できないパラメータとして求まる。なお、本分析では分離する必要もない。

## 5. 分析結果

### (1) 変数の設定

立地の変化要因として表-7に示す項目を抽出した。説明変数は独立である必要があるため、変数を変えたトライアル計算を行い、妥当性を確認した。その結果、①固有効果、⑦年次ダミー変数、⑧浸水深を説明変数とする最も精度が高かった。①固有効果は、各メッシュをダミー変数とした項であり、他の変数の影響がこの項で説明できるということである。

### (2) 関数形の比較

前章では $\kappa_{iz}(D_r)$ に関して3つのケースで特定化した。各ケースにおいて回帰分析を行った結果、以下の傾向がわかった。

表-7 人口変化に影響を与える説明変数の設定

	説明変数	変数の内容	採用 <sup>※2</sup>
①	メッシュごとの固有効果	各メッシュが有するインフラや生活環境等の様々な要因を含めた地域の魅力を表現するものとして、全メッシュのダミー変数を設定	◎
②	沿岸部 500m 範囲	浸水エリアに限らず、「海が見える観光地」などの視点から設定したダミー変数	(①)
③	周辺企業数・人口	各メッシュ内の人口等に影響を与える周辺企業数・人口数	(①)
④	人口集中地区(DII)	都心部の社会減少実態、高齢者の都心回帰の視点から変数を設定	(①)
⑤	インフラ等の要因	分析期間に変化があったインフラ <sup>※1</sup> の各メッシュ最短距離を設定	(①)
⑥	西暦年	経年トレンドを説明する変数	(⑦)
⑦	年次ダミー変数	調査年前後の社会情勢の影響を考慮するため、初期年を基準とした年次ダミー変数	◎
⑧	浸水深	各県が公表した浸水予測結果	◎
⑨	浸水深×固定要因の交差項	分析期間に変化がないインフラ <sup>※1</sup> の各メッシュ最短距離×浸水深	(①)
⑩	浸水深×変化要因の交差項	分析期間に変化があったインフラ <sup>※1</sup> の各メッシュ最短距離×浸水深	(①)
⑪	浸水深×西暦年の交差項	浸水深×西暦年	(⑦)

※1 インフラ：高速道路 IC，旅客鉄道駅，貨物取扱駅，緊急物資輸送道路，港湾・漁港の各項目で数値設定

※2 分析に採用した変数は◎，他の変数は試計算の結果，( )番号変数との多重共線性のため採用しない

- 浸水有無の分析結果の有意性が最も高く、各県の回帰係数が同程度となることがわかった。
- 浸水ランクが大きい(浸水深が大きい)ほど回帰係数値が大きくなる傾向はみられない。浸水リスクの公表した際には、浸水深の大小より、まずは浸水の有無により立地変化が起きていることが想定される

### (3) 津波リスクによる人口変化

分析結果を表-7、図-6 に示す。各県ともに経年トレンドでは、高齢者を中心とした人口減少が明らかである。

浸水リスクに対しては、第 2 世代(50 歳～64 歳)の減少数が小さいものの、何れの階層も浸水リスクに対して減少となっている。特に高齢層の第 3 世代(65 歳～)において影響が大きく、減少している。

## 6. 本研究の成果と課題

地域固有の影響を考慮したうえで浸水リスクによる立地への影響を捉えるために、差分の差分分析(Difference-in-Differences)を用いて人口分布の変化を定量的に把握する手法をモデル化した。モデル化にあたっては、コーホート法に基づいて、浸水想定公表前後の時点の同年出生の年齢階層別人口分布の立地データを用いて、各県が公表した津波の浸水想定の影響による人口変化を分析した。各世代で浸水公表後に負の影響が出るということが明らかとなり、特に高齢者への影響が大きいことが確認された。

本研究で構築したモデルは、浸水リスクの公表により人口減少することを説明するモデルである。各自治体の立場では、リスク公表によって産業や人口が減少してしまうことを明らかにすることは、将来の都市計画等に重大な影響を与える可能性があり、津波防災・減災対策を計画する上で、留意する必要がある。

表-8(a) 津波浸水想定図公表による人口増減の推計結果【 $\kappa_{IZ}(D_r)$ に関する特定化1.】

	静岡県			三重県			和歌山県			徳島県			高知県			
	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	
年齢階層	H12時点	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~
	H17時点	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~
	H22時点	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~
定数項	308.271	106.280	103.039	24.103	18.738	60.178	24.813	13.966	31.830	13.623	8.051	21.825	12.695	9.416	43.092	
説明変数																
固定効果	浸水深 (m)	-2.685	-0.193	-2.984	-0.902	-0.029	-1.204	-0.933	0.021	-2.302	-1.170	-0.477	-1.486	-0.504	-0.587	-2.929
	年ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
t値	浸水深 (m)	-1.825	-0.373	-3.592	-1.857	-0.179	-4.981	-2.289	0.124	-7.600	-2.029	-2.097	-4.084	-1.517	-4.828	-11.742
	P値	0.068	0.709	0.000	0.063	0.858	0.000	0.022	0.901	0.000	0.042	0.036	0.000	0.129	0.000	0.000
頑健t値	浸水深 (m)	-2.901	-0.434	-4.011	-2.869	-0.190	-5.089	-2.670	0.149	-7.125	-2.598	-2.335	-4.540	-1.549	-4.999	-11.775
	決定係数	0.981	0.988	0.945	0.970	0.983	0.935	0.982	0.989	0.942	0.980	0.983	0.940	0.987	0.991	0.952
サンプルサイズ	21,951	21,984	21,696	15,027	15,054	14,748	9,579	9,606	9,534	8,694	8,736	8,673	9,801	9,807	9,702	

注：\*\*\*P<0.01, \*\*P<0.05, \*P<0.10

表-8(b) 津波浸水想定図公表による人口増減の推計結果【 $\kappa_{IZ}(D_r)$ に関する特定化2.】

	静岡県			三重県			和歌山県			徳島県			高知県			
	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	
年齢階層	H12時点	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~
	H17時点	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~
	H22時点	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~
定数項	306.408	106.684	105.097	25.383	19.095	63.256	25.641	15.210	35.566	13.229	7.911	21.385	12.735	9.551	42.039	
説明変数																
固定効果	浸水ダミー	-3.990	-1.169	-11.214	-3.334	-0.725	-7.141	-6.075	-2.256	-18.193	-5.867	-2.229	-7.025	-2.880	-3.530	-14.119
	年ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
t値	浸水ダミー	-1.759	-1.468	-8.799	-2.034	-1.340	-8.734	-3.772	-3.443	-15.399	-3.542	-3.421	-6.744	-2.258	-7.554	-14.789
	P値	0.079	0.142	0.000	0.042	0.180	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.024	0.000	0.000
頑健t値	浸水ダミー	-2.194	-1.572	-8.007	-2.284	-1.381	-8.524	-4.000	-3.295	-12.499	-2.834	-3.003	-5.955	-2.097	-6.740	-12.170
	決定係数	0.981	0.988	0.945	0.970	0.983	0.935	0.982	0.989	0.944	0.980	0.983	0.940	0.987	0.991	0.953
サンプルサイズ	21,951	21,984	21,696	15,027	15,054	14,748	9,579	9,606	9,534	8,694	8,736	8,673	9,801	9,807	9,702	

注：\*\*\*P<0.01, \*\*P<0.05, \*P<0.10

表-8(c) 津波浸水想定図公表による人口増減の推計結果【 $\kappa_{IZ}(D_r)$ に関する特定化3.】

	静岡県			三重県			和歌山県			徳島県			高知県			
	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	第1世代	第2世代	第3世代	
年齢階層	H12時点	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~	15~49歳	50~64歳	65歳~
	H17時点	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~	20~54歳	55~69歳	70歳~
	H22時点	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~	25~59歳	60~74歳	75歳~
定数項	305.730	105.650	97.964	22.167	19.032	62.556	24.805	14.137	32.217	13.229	7.911	21.385	11.857	8.981	41.065	
説明変数																
固定効果	浸水ダミー (浸水深0.01~0.3m)	-0.875	-1.380	-14.839	-19.778	-3.065	-19.991	-12.757	-16.691	-52.200	11.844	1.117	2.827	-4.657	-4.408	-11.495
	浸水ダミー (浸水深0.3~2.0m)	-10.606	-2.471	-16.253	1.476	-0.633	-6.094	-9.569	-6.220	-31.575	-9.443	-3.358	-9.790	-7.039	-6.297	-19.588
	浸水ダミー (浸水深2.0m~)	-2.973	0.382	-0.515	-3.301	-0.360	-5.414	-4.822	-0.647	-13.169	-2.023	-0.997	-3.994	-1.563	-2.677	-12.658
	年ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
t値	浸水ダミー (浸水深0.01~0.3m)	-0.268	-1.203	-8.094	-4.381	-2.060	-8.904	-1.286	-4.146	-7.244	0.483	0.116	0.185	-0.833	-2.123	-2.685
	浸水ダミー (浸水深0.3~2.0m)	-2.462	-1.634	-6.742	0.570	-0.739	-4.707	-3.105	-4.959	-14.016	-4.328	-3.911	-7.146	-2.886	-7.039	-10.702
	浸水ダミー (浸水深2.0m~)	-0.718	0.262	-0.220	-1.589	-0.524	-5.243	-2.663	-0.880	-9.978	-0.883	-1.107	-2.765	-1.092	-5.117	-11.850
	P値	0.789	0.229	0.000	0.000	0.039	0.000	0.199	0.000	0.000	0.629	0.908	0.853	0.405	0.034	0.007
頑健t値	浸水ダミー (浸水深0.01~0.3m)	-0.285	-1.243	-6.596	-3.645	-1.833	-6.255	-0.959	-2.185	-3.717	1.814	0.281	0.841	-1.166	-2.457	-2.693
	浸水ダミー (浸水深0.3~2.0m)	-3.729	-1.685	-5.911	0.590	-0.777	-4.847	-2.746	-3.733	-10.147	-2.773	-2.959	-5.506	-2.567	-4.590	-5.838
	浸水ダミー (浸水深2.0m~)	-1.164	0.314	-0.277	-2.088	-0.544	-5.201	-3.050	-0.944	-8.357	-0.996	-1.159	-2.845	-0.983	-4.913	-10.971
	決定係数	0.981	0.988	0.945	0.970	0.983	0.935	0.982	0.989	0.944	0.980	0.983	0.940	0.987	0.991	0.953
サンプルサイズ	21,951	21,984	21,696	15,027	15,054	14,748	9,579	9,606	9,534	8,694	8,736	8,673	9,801	9,807	9,702	

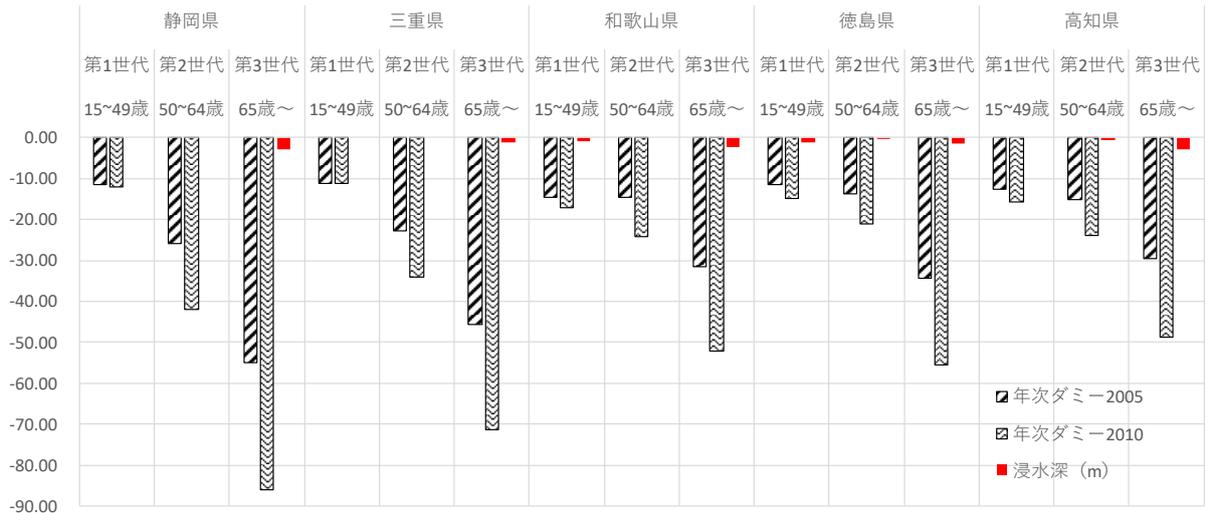


図-6(a) 人津波浸水想定図公表による人口増減の推計結果【 $\kappa_{iz}(D_r)$ に関する特定化1.】

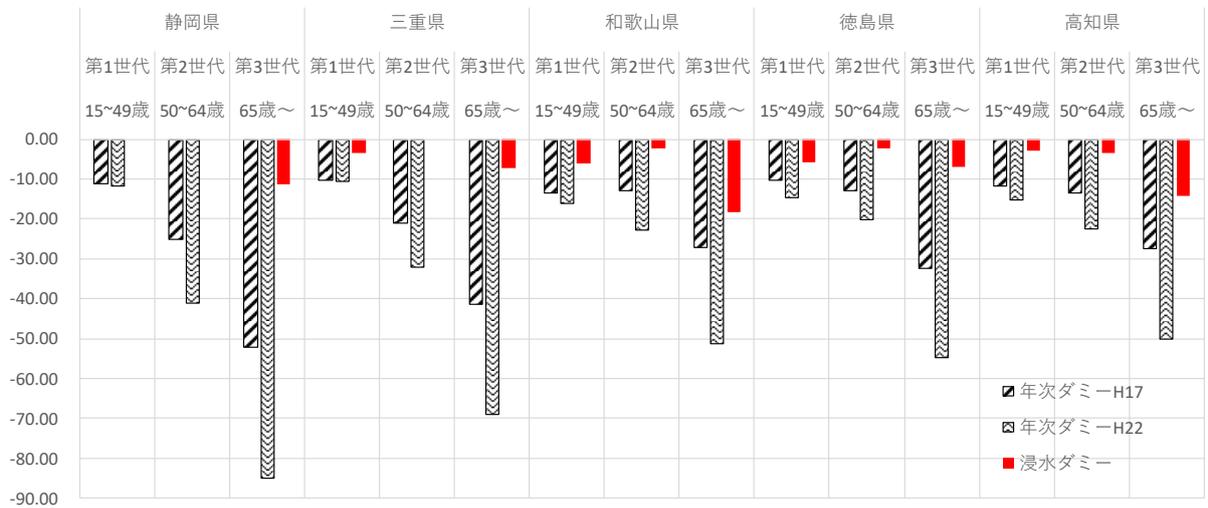


図-6(b) 津波浸水想定図公表による人口増減の推計結果【 $\kappa_{iz}(D_r)$ に関する特定化2.】

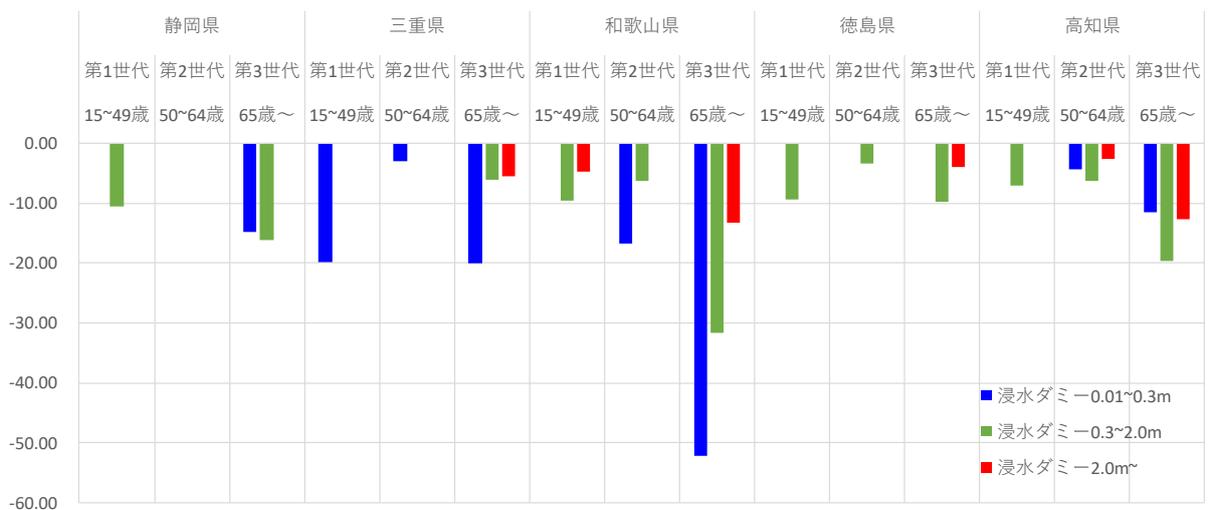


図-6(c) 津波浸水想定図公表による人口増減の推計結果【 $\kappa_{iz}(D_r)$ に関する特定化3.】