

津波浸水想定が沿岸部の人口動態に与える影響：傾向スコアを用いた分析と考察

長町 侑¹・中居 楓子²・秀島 栄三³

¹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

(〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail: y.nagamachi.956@stn.nitech.ac.jp

²正会員 名古屋工業大学大学院助教 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail:nakai.fuko@nitech.ac.jp

³正会員 名古屋工業大学大学院教授 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)

E-mail:hideshow.eizo@nitech.ac.jp

本研究は、黒潮町内 61 地区における南海トラフ地震の想定発表前後 22 年間の人口動態データを用いて、想定される津波浸水の有無と人口動態の関係を統計的に分析した。着目する人口動態と浸水有無には、地域の特性や居住者の属性など、いずれの変数にも関係しそうな交絡因子が存在し、人口動態が津波浸水想定の有無に影響を受けたものかどうか特定できない可能性がある。そこで、本研究では、傾向スコアマッチングによって津波浸水想定が地区の人口動態に与えた影響を分析した。傾向スコアは、介入の割り当てを浸水の有無として、居住のきっかけ等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、新想定発表前よりも発表後の方がやや人口減少が進んでいるという結果が得られた。

Key Words: propensity score, tsunami risk, demography

1. はじめに

内閣府は南海トラフ巨大地震地震の新たな想定（以下、「新想定」と表記する）について、第一次報告を 2012 年 3 月 31 日に、第二次報告を 2012 年 8 月 29 日に公表した。第一次報告では南海トラフ巨大地震の 11 のシナリオと、それぞれの震度分布・津波高（50m メッシュ）の推計結果が¹、第二次報告では 10m メッシュによる津波高及び浸水域等の推計結果が示され²、沿岸部の地域では、従来よりも大きな外力を想定した対応が求められた。

災害リスクと居住地選択の関係性について、山口ら³による理論的研究がある。災害危険度に関する情報が利用可能な場合と不可能な場合の家計の居住地選択行動をモデル化し、立地均衡分析を実施した結果、情報の提供は災害危険度の高い地区への人口・資産の集積を軽減させることが示されている。また、実際に観察された事例として、静岡県沼津市内浦重須地区における集団移転⁴や、高知県黒潮町での高台移転に関する議論⁵がある。以上の先行研究や事例を踏まえれば、新想定において従来よりも高い、あるいは広範囲の津波が想定された沿岸部の地域では、人口はどちらかと言えば減少する傾向があると推察される。しかし、地価と災害リスクに関する

実証的研究の蓄積⁶が示唆するように、災害リスクへの反応は地域や災害の特性によって異なる可能性が高い。特に、もともと人口が減少傾向にあるような地域では研究の蓄積が少なく、都市部のような反応が出ない可能性もある。そこで、本研究では、地方の地域として高知県黒潮町を選定し、津波浸水想定と人口動態の関係を統計的に分析する。

高知県黒潮町は高知県の西南部に位置しており、世帯数が 5,520 世帯、高齢化率が 43.3%⁷の海沿いの町である。人口は年々減少しており、1998 年に 15,156 人いた人口が 2019 年には 11,217 人となっている（図-1）。

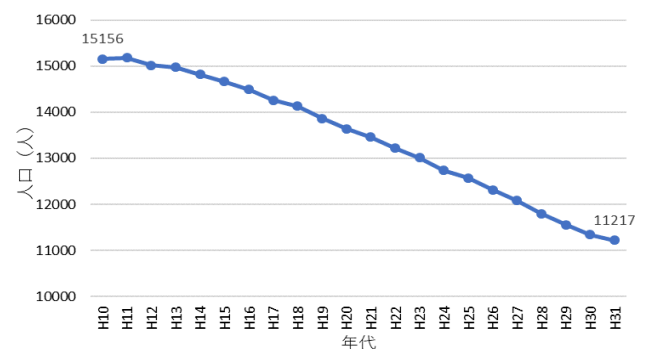


図-1 黒潮町における人口の経年変化

黒潮町は 61 の地区に区分されており、海に面している地区と山間部に位置する地区がある。新想定では、津波高が全国で最も大きな値である 34m と想定されており、30cm 津波が到達する最短時間が 2 分⁹⁾。最大深度が 7 になると想定されており、これらは 2012 年以前に町の防災の基準としてきた外力よりシビアな値である。

本研究では、津波の想定が地域の人口動態に及ぼす効果を、統計データの単位である地区（小字に相当）ごとに分析する。ただし、今回着目する人口動態（従属変数）と津波浸水の有無（独立変数）のデータには、地域の特性や人々の居住のきっかけなど、いずれの変数にも関係しそうな交絡因子が存在する。そこで、本研究の分析では、中居⁹⁾による黒潮町の地区防災計画アンケートのうち、(1) 世帯構成、(2) 現在の住居に住むことになった理由に関する地区別の集計データを共変量とした傾向スコアマッチングをおこなう。

2. 使用するデータ

(1) 黒潮町の地区別人口（従属変数）

黒潮町の地区別人口は住民基本台帳に記載されている人口データを使用する。住民基本台帳は、住民票の住所に基づき、自治体によって管理されているデータである。1970 年から 2017 年までの期間分のデータが記載されているが、地区別の人口データの更新間隔は年代によって異なり、1970 年から 1998 年までは、年号が変わった 1989 年の例外的な更新を除き、5 年毎を基本的に更新されている。本分析では、毎年更新されている 1998 年から 2017 年までのデータのみを使用する。

本分析では住民基本台帳に記載されている人口から自然増減を排除した人口を使用する。そのため、まず排除する自然増減を黒潮町の各地区で年ごとに算出する。そこで、黒潮町の地区における自然増減は出生数の影響が小さく、死亡数で大きく左右されると考えられたため、死亡数を自然増減とした。黒潮町の各地区における年ごとの死亡数を(1)の式から算出する。データは、厚生労働省が行った人口動態調査の 5 歳階級別死亡数¹⁰⁾と住民

基本台帳年齢階級別人口¹¹⁾をそれぞれ 1998 年から 2017 年まで使用した。日本における年齢階層別の死亡率を算出し、死亡数を算出したのち、(2)の式を使って自然増減を排除した人口を算出する。

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

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

D^A : A 地区の推計死亡数

P_i^A : A 地区における年齢階層の人口

M_i : 日本における年齢階層の死亡率

P^A : A 地区の人口

S^A : A 地区の自然増減を除いた人口

また、新想定発表前後の人口動態の変化に関する変数を従属変数とするため、各地区の人口 S^A と年の関係を新想定前後で各々近似した式(3)(4)を算出し(図-2)、係数 a と a' の差 $a' - a$ を求めた。本研究では、地区ごとに求めた $a' - a$ の値を「係数差」とよび、従属変数として用いる。

$$S^A = at + b \quad (3)$$

$$S^{A'} = a't + b' \quad (4)$$

(2) 津波の浸水（独立変数）

本研究では、津波浸水想定がなされている地域を処置群とする。使用するデータは新想定発表後の 2012 年 12 月に高知県が公表した『[高知県版第 2 弾] 南海トラフ巨大地震による震度分布・津波浸水予測』である¹²⁾。このデータはマグニチュード 9.1 の南海トラフ巨大地震のうち、高知県の海岸線で津波高が高くなるケースを仮定したものである¹⁰⁾。10m メッシュで推計された浸水分布から、各地区の津波浸水想定の有無を求めた(図-3)。津波浸水想定のある地区が沿岸部に位置していることが分かる。

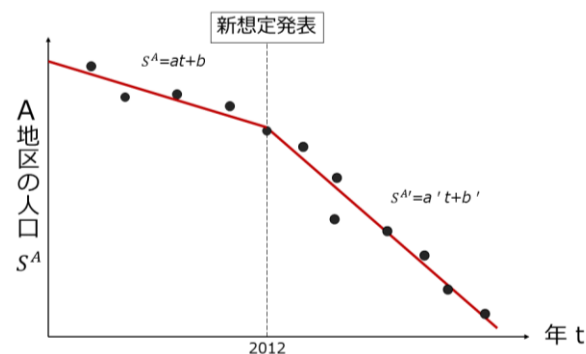


図-2 人口動態の変化を表すデータの算出方法

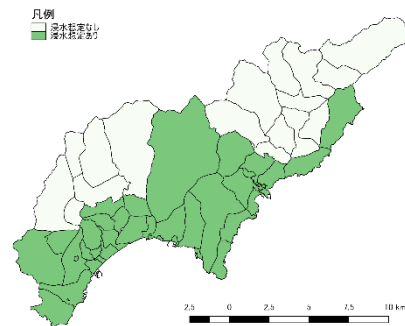


図-3 地区別の津波浸水想定の有無

(3) 考慮する交絡因子（共変量）

黒潮町内には、新興住宅地や団地、サーファー等の移住者に人気のある地域などがあり、地域によって異なる属性の居住者が固まっている可能性もあると考えられる。それらは、人口動態と津波浸水の有無のデータに関連する因子になり得ると考えられる。そこで、本研究では、黒潮町の全世帯を対象として 2018 年に実施された地区防災アンケート⁹⁾の住まいに関わる項目のデータを用いて、地域の住民が現在の居住地に住むことになったきっかけや世帯構成等を共変量として考慮することとする。アンケートは黒潮町内全世帯に配られており、5,110 世帯中 1,428 世帯、27.9%から回答があった。個人の特定はできないが、地区ごとの集計が可能である。分析で用いるアンケートの集計項目は表-1 のとおりである。

3. 傾向スコアマッチングによる分析

(1) 傾向スコアの推定

傾向スコアとは、第*i*対象者の共変量の値を x_i 、割り当て変数（介入の有無）の値を z_i とするとき、群 1 へ割り当てられる確率 e_i のことである¹³⁾。

$$e_i = p(z_i = 1|x_i) \tag{5}$$

本研究の場合、*i*は個別の地区を、割り当て変数 z_i は *i*地区の津波浸水深の有無を、 x_i は地区防災アンケートによる住まいに関わる項目の地区別集計値を表す。

傾向スコアを算出する一般化線形モデルでは、介入有の群に割り当てられる確率 e_i が二項分布に従うものとし、リンク関数にはロジットモデルを用いる。

表-2 に回帰分析の結果を示す。津波浸水深の有無に対し、結婚、就職、子供の誕生・成長・独立、生まれた時から居住、家族構成員の増減、特になし、といった項目は大きく負の値が出ている。介入、つまり津波の浸水有の地域では、特にそれらの項目が負の効果を持っているようである。一方、持ち家の購入の項目については、大きく正の値が出ている。この結果は一見直観に反するが、新築の多い新興住宅地の一部が浸水域に含まれているため、その影響が出ている可能性もある。

(2) 傾向スコアによるマッチングと推定結果

地区*i*が浸水有として割り当てられる確率 e_i を傾向スコアとして、スコアの値が近い地区同士を 1 対 1 のペアとしたマッチングをおこなった。図-3 に示すように、浸水無し（介入無し）の地区の数は比較的少ない。そのため、浸水有りの地区に対して浸水無しの地区を重複させてペアを構成した。

表-1 地域防災計画アンケート⁹⁾の設問と選択項目

設問	選択項目
現在のお住まいに住むことになった理由は何ですか？ (複数項目選択可)	1. 就職 2. 結婚 3. 退職 4. 持家の購入 5. 親や祖父母の介護 6. 子どもの誕生・成長・独立 7. 生まれた時から住んでいる 8. 災害の危険を避けるため 9. 家族構成員の増減 10. 魅力的な地域だったから 11. 特になし 13. 回答なし 12. その他
あなたの世帯構成は？ (どれか一つを選択)	1. 単身（1人暮らし） 2. 一世代（夫婦など） 3. 二世帯（親・子） 4. 三世帯（親・子・孫） 6. 回答なし 5. その他

表-2 ロジスティック回帰の結果

	Estimate	Errorz	z value	Pr(> z)
(Intercept)	13.7745	17.1793	0.802	0.4227
1. 単身（1人暮らし）	-8.5267	17.6142	-0.484	0.6283
2. 一世代（夫婦など）	-1.6289	17.5415	-0.093	0.926
3. 二世帯（親・子）	-0.2446	17.8625	-0.014	0.9891
4. 三世帯（親・子・孫）	4.3202	18.8029	0.23	0.8183
1. 就職	0.422	9.4596	0.045	0.9644
2. 結婚	-12.5523	5.8381	-2.15	0.0316 *
3. 退職	-13.1354	7.6123	-1.726	0.0844 .
4. 持家の購入	17.6978	7.141	2.478	0.0132 *
5. 親や祖父母の介護	-2.8503	6.0299	-0.473	0.6364
6. 子供の誕生・成長・独立	-17.3258	9.5185	-1.82	0.0687 .
7. 生まれた時から居住	-17.5251	7.7281	-2.268	0.0233 *
8. 災害の危険を避けるため	-4.2924	16.2999	-0.263	0.7923
9. 家族構成員の増減	-18.1423	10.9875	-1.651	0.0987 .
10. 魅力的な地域だった	11.1425	8.1314	1.37	0.1706
11. 特になし	-16.363	7.9301	-2.063	0.0391 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

新想定発表前後の人口動態の変化を表す各地区の係数差 $a' - a$ について、浸水有（介入有）の群、浸水無（介入無）の群の値の差を計算し、介入による因果効果を算出した。その結果、係数差の期待値は-0.23となり、新想定発表前よりも発表後の方がやや係数が負の方向に大きくなるという結果となった。また、共変量による調整を

行わない場合の係数差は-1.95となり、傾向スコアマッチングによる因果効果の方が小さく推計されたことがわかった。

4. おわりに

本研究では、黒潮町の住民基本台帳データを用いて、津波の浸水想定が人口の増減率に及ぼす因果効果の推定を試みた。共変量として、地域の住民が現在の居住地に住むことになったきっかけや世帯構成等を考慮し、傾向スコアマッチングを実施した。推定の結果、新想定発表前よりも発表後の方がやや係数が負の方向に大きくなるという結果が得られた。これより、人口の減少は発表後にやや加速したということがわかった。

ただし、現段階では分析上にいくつかの課題があり、結果についてはさらなる検討を重ねる必要がある。今後の課題は、分析の空間的解像度を地区別ではなく、より細かい単位にして分析をおこなえるようにすることである。今回の分析で、傾向スコアの算出のために実施したロジスティック回帰の結果では、持ち家の購入が浸水有の割り付けにおいて正の効果を持つという、直観と反する結果が得られた。空間的解像度が粗いために実際にはほとんどの世帯が浸水域外に住んでいるような地区が浸水有の地区となっているため、実態とはずれが生じている可能性が高い。空間的解像度の高いデータの入手、あるいは推計が求められる。

共変量については、土地利用や世帯の経済状況など、いくつか追加で考慮すべきと思われるものもある。今後は、それらのデータの追加を試みつつ、一般化線形モデルの改良を実施する予定である。

謝辞：本研究の分析で用いた黒潮町の地区防災アンケートデータは、黒潮町役場と京都大学防災研究所による地区防災計画プロジェクトの一環として実施したものである。調査に協力いただいた関係者および黒潮町の住民の方々に感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 内閣府：南海トラフの巨大地震による 震度分布・津波高について（第一次報告），2012，
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/1st_report.pdf, 2019. 10. 04. 現在.
- 2) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—，2012，
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/pdf/20120829_2nd_report01.pdf, 2019. 10. 04. 現在.
- 3) 山口健太郎，多々納裕一，岡田憲夫：リスク認知のバイアスが災害危険度情報の提供効果に与える影響に関する分析，土木計画学研究・論文集，No. 17, pp. 327-336, 2000.
- 4) 静岡新聞社：津波防災目指し、高台に7世帯移転へ沼津・内浦重須地区，<http://www.at-s.com/news/article/social/shizuoka/bosai/465079.html>, 2019. 10. 04. 現在.
- 5) 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.
- 6) 寺本雅子，西澤諒亮，市川温，立川康人，椎葉充晴：地価分析を用いた水災害リスクに対する住民意識の評価に関する研究，水工学論文集，Vol. 52, No. 2, pp. 457-462, 2008.
- 7) 森英高，西村洋紀，谷口守：水害リスク情報提示が地価の変動に与える影響—「地先の安全度マップ」を活用して—，都市計画報告集，No. 14, pp. 276-280, 2016.
- 8) 高知県黒潮町：“まちのデータ人口”. 高知県黒潮町ホームページ，
<http://www.town.kuroshio.lg.jp/pb/cont/machi-data/261>, 2019. 10. 04. 現在.
- 9) 中居楓子，矢守克也：高知県黒潮町における地区防災アンケートの結果報告：地区の社会的構造と地区防災計画の成果に着目した地区間比較分析，地区防災計画学会誌 C+Bousai, Vol. 14, pp. 51-52, 2019.
- 10) 厚生労働省：人口動態調査 調査の概要，
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1b.html#06>, 2019. 10. 04. 現在.
- 11) 総務省：住民基本台帳に基づく人口，人口動態及び世帯数，
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/daityo/jinkou_jinkoudoutai-setaisuu.html, 2019. 10. 04. 現在.
- 12) 高知県黒潮町：黒潮町地震・津波ハザードマップ-黒潮町公式ホームページ，
<http://www.town.kuroshio.lg.jp/pb/cont/bousai-map/501>, 2019. 10. 04. 現在.
- 13) 星野崇宏：調査観察データの統計科学 因果推論・選択バイアス・データ融合. 岩波書店，2009.