



ESRI Discussion Paper Series No.335

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～

直井道生、佐藤慶一、田中陽三
松浦広明、永松伸吾

March 2017



内閣府経済社会総合研究所
Economic and Social Research Institute
Cabinet Office
Tokyo, Japan

論文は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません（問い合わせ先：<https://form.cao.go.jp/esri/opinion-0002.html>）。

ESRI ディスカッション・ペーパー・シリーズは、内閣府経済社会総合研究所の研究者および外部研究者によって行われた研究成果をとりまとめたものです。学界、研究機関等の関係する方々から幅広くコメントを頂き、今後の研究に役立てることを意図して発表しております。

論文は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません。

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～

直井道生¹⁾、佐藤慶一²⁾、田中陽三³⁾
松浦広明⁴⁾、永松伸吾⁵⁾

平成29年3月

【要 旨】

本研究では、住民基本台帳に基づく人口動態データと、内閣府による南海トラフ巨大地震の被害想定データを収集・整理して、差分の差分（Difference-in-Differences, DID）推定量による分析を行った。結果として、公表された津波高は社会増減に対して負の影響があることが確認された。さらに、転出に対する影響は公表直後に観測されるのみであるが、転入に対する影響は、公表後の各年で継続して負の影響が出ていることが明らかとなった。被害想定公表によって、期待されていた避難訓練や耐震化といった防災行動を超え、津波高の引き上げ幅が高い地域への転入減やそうした地域からの転出増という形での人口減少を通じて、人々がリスク回避を図っている可能性がある。また、防災業務に携わる関係機関の人口集中地区への集約度を考慮した推計では、集約度が高い市区町村ほど、転入に対する津波高の負の影響が弱まるという結果を得た。

-
- 1) 慶應義塾大学経済学部准教授
 - 2) 専修大学ネットワーク情報学部准教授
 - 3) 内閣府経済社会総合研究所研究官
 - 4) 松蔭大学副学長兼学術総合センター長
 - 5) 関西大学社会安全学部教授

目次

1. はじめに.....	3
2. データ収集と社会増減の傾向.....	4
2.1 データ収集.....	4
2.2 社会増減の傾向.....	7
3. 災害リスク情報の公表と人口移動に関する実証分析.....	9
3.1 災害リスク情報の公表：先行研究.....	9
3.2 分析に用いるデータ.....	10
3.3 分析の枠組み.....	12
3.4 分析結果.....	13
4. まとめ.....	23
4.1 結論と考察.....	23
4.2 今後の課題.....	23
謝辞.....	26
参考文献.....	27

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

1. はじめに

地震の危険性を計測する方法として、地域危険度、ハザードマップ、地震被害想定があり、それぞれの内容や目的は表 1 のように整理できる。

地域危険度は、町丁目単位で、建物倒壊危険度、火災危険度、災害時活動困難度などを考慮した総合危険度を算出し、相対評価を行うもので、東京都により 1975 年から現在まで 7 回実施⁶されてきた。東京都の防災都市づくり推進計画において、整備地域・重点整備地域は「地域危険度が高く、かつ、老朽化した木造建築物が特に集積するなど、震災時に特に甚大な被害が想定される地域」とされているように、実際の防災事業のプライオリティづけに利用されており、東京の地震災害リスクを着実に低下させてきた。関連して、永松・佐藤他(2015)は、全国市区町村単位で、災害リスクに曝露量や脆弱性、地域対応力を加味してマルチハザード型の災害危険度評価を試みたもので、長期的な国土利用のあり方を志向したものであった。

ハザードマップは、地表面の揺れ、液状化、土砂崩れなどを、地盤の特性から凶化するもので、多くの自治体が作成して公開⁷している。住民や企業の不動産用地選択、既に選択された場所での安全投資、火山や洪水など周辺住民への啓蒙や避難訓練の現場で、広く参考にされているところである。佐藤・松浦他(2016)は、地震調査研究推進本部による確率論的地震動予測地図や、国土数値情報ダウンロードサービスで公開されている洪水による浸水想定区域および土砂災害危険箇所といった災害リスク情報を用いて、地価公示や不動産取引価格情報、家賃データといった不動産市場データとの関係性を、ヘドニック分析により明らかにしたものであった。

地震被害想定は、「ある特定の震源・規模・時期の地震が発生した場合、どんな被害が発生するかを予測」するもので、その目的は、主に「応急対応のための防備」の根拠を得ることであった。東日本大震災という M9.0 の「想定外」の巨大地震が発生したことを受けて、内閣府では 2003 年の東南海・南海地震の被害想定を見直し、2012 年から 13 年にかけて南海トラフ巨大地震による津波高や震度分布等の計算結果を公表⁸している。内閣府ではこの被害想定の意味を、「広域的な防災対策の立案、応援規模の想定に活用するための基礎資料」としてだけでなく、「防災対策の必要性を国民に周知すること」と明示している。さらに具体的に、「国民一人一人が、今回の被害想定に何ら悲観することなく、①強い揺れや弱くても長い揺れがあったら迅速かつ主体的に避難する、②強い揺れに備えて建物の耐震診断・耐震補強を行うとともに、家具等の固定を進める、③初期消火に全力をあげる」ことの必要性

⁶ 「地震に関する地域危険度測定調査（第 7 回）」（東京都）

http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa_6/home.htm より。

⁷ 「わがまちハザードマップ」（国土交通省）<http://disaportal.gsi.go.jp/hazardmap/>より。

⁸ 「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等（第二次報告）及び被害想定（第一次報告）について」（内閣府）http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/nankaitrough_info.html より。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

が述べられている。しかしながら、「このような甚大な被害想定結果を目の当たりにして、ともすれば、不安感を募らせ、これまでの防災対策が無意味であるかのような風潮が出てくる可能性もある」とも述べられており、その影響が懸念されるところであった。

本研究では、この内閣府による巨大地震の被害想定結果と、市区町村ごとの人口移動の対応関係に着目して、パネルデータ分析を行うものである。10mを超えるような津波高が想定された市区町村が多数にのぼるが、このような情報を前に、避難や耐震化といった従来の防災行動とは違った、安全な場所への移住という選択肢があり得ると考えたためである。

表 1 地震の危険性の計測方法、内容、目的

計測方法	内容	目的	対応する研究
地域危険度	地震に対してどの地区がどれだけ危険かを相対評価したもの	防災事業のプライオリティ付け、住民啓蒙	永松・佐藤他（2015）
ハザードマップ	地表面の揺れ、液状化、土砂崩れなどを、地盤の特性から図化	都市開発における用地選択や安全投資、住民啓蒙	佐藤・松浦他（2016）
地震被害想定	ある特定の震源・規模・時期の地震が発生した場合、どんな被害が発生するかを予測	応急対応のための防備、住民啓蒙	本研究

梶・塚越（2007）を加筆修正

2. データ収集と社会増減の傾向

2.1 データ収集

本研究では、地震の被害想定が居住地移動へ与える影響を分析するために、市区町村単位のパネルデータを用意する。そこで、政府機関等で公表されている各種データを利用することとした。収集した市区町村単位のデータ一覧は表 2 のとおりである。

データの収集にあたっては、複数年に跨るデータを利用するため、2015 年 1 月 1 日時点の行政界を基準として、特別区以外の区を市単位で集計した 1741 市区町村単位のデータを用意した。

人口移動に関するデータについては、2013 年調査から外国人住民が追加されているが、それ以前の外国人住民の状況が不明であることから、本研究では日本人のみを扱うこととする。また、2014 年調査からは、調査期日が 3 月 31 日現在から 1 月 1 日現在に、調査期間

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

が4月1日～3月31日から1月1日～12月31日にそれぞれ変更⁹されている。なお、公表データは公表時点の行政界であるため、データを手後、2015年1月1日時点の行政界になるよう人口を編集している。

震度、津波高データについては、2003年と2012年に公表された震度及び津波高がそれぞれ利用可能となっている。ただし、2003年の公表は東南海・南海地震の被害想定に関するものであり、2012年の南海トラフ巨大地震の被害想定とは対象範囲が異なる。

2012年公表の震度については、「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等（第二次報告）及び被害想定（第一次報告）について」（内閣府）によると、強振動生成域を4ケース設定したのち、メッシュ単位で震度を推計し、さらにこれを補完するため、震源からの距離に従い地震の揺れがどの程度減衰するかを示す経験的な式を用いて震度を推計し、合計5ケースについて震度を計算している。さらに、防災対策の前提とすべき震度分布としては、これらの震度の最大値を採用している。

また、2012年公表の津波高については、大すべり域及び超大すべり域が1か所の場合を基本的な検討ケース（計5ケース）とし、その他派生的な検討ケースとして計6ケースを加えた合計11ケースのそれぞれについて、10mメッシュ単位で津波高等を計算している。さらに、公表時には、全体が概観できるよう、市区町村別ケース別に最大津波高を整理するとともに、ケース別の市区町村の平均津波高も整理している。

ここで、前者の最大津波高は10mメッシュ単位で計算した場合の津波の最大値を市区町村毎に整理しているため、局所的な地形の影響が含まれている。一方で後者の平均津波高は、市区町村ごとに津波高の平均値を計算しているため、前者と比べると津波高の変動は少なくなっている。また、2003年公表の津波高については、前者の最大津波高と類似の推計結果が報告されている。

本研究では、2003年と2012年の被害想定の変化に着目し、2時点の最大震度データと最大津波高のデータを利用している。

国土数値情報のデータはGISデータとして公開されているため、ArcGIS10.2でデータを読み込んだ後、市区町村単位の施設数、人口集中地区（DID地区）内の施設数及び面積を再計算することで、人口密度、空港、鉄道駅、医療機関、教育機関、消防施設のデータをそれぞれ用意した。特に、医療機関、教育機関、消防施設については、DID地区内の施設数を市区町村内の施設数で除することで、当該市区町村におけるDID地区内の施設集約度を計算した。

⁹ このため、本研究では2013年の社会増減率を求める際、分母となる前年調査の調査期日現在の人口に1月1日時点の人口ではなく3月31日時点の人口を用いた。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

また、南海トラフ地震防災対策推進地域・南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域（以下、「特別強化地域」という。）については、内閣府のホームページ上で該当する市区町村を確認し、該当する市区町村に 1、該当しない市区町村には 0 を入力してデータを作成した。

表 2 収集した市区町村単位のデータ一覧

No	データ	内容 (年)	出典
1	人口、転入数、転出数	2007 年から 2015 年までの日本人人口、転入数、転出数	「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数」(総務省)の『【日本人住民】市区町村別人口、人口動態及び世帯数』
2	震度	2003 年公表の最大震度、2012 年公表の最大震度	「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等(第二次報告)及び被害想定(第一次報告)」(内閣府)の『資料 1-6 市町村別最大震度一覧表』
3	津波高	2003 年公表の最大津波高(m)、2012 年公表の最大津波高(m)	「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等(第二次報告)及び被害想定(第一次報告)」(内閣府)の『資料 1-2 都府県別市町村別最大津波高一覧表<満潮位>』、『資料 1-3 市町村別平均津波高一覧表<満潮位>』
4	地震動の超過確率	2008 年から 2016 年までに公表された、今後 30 年間に震度 6 強以上の揺れに見舞われる確率	「地震動予測地図データ」(国立開発研究法人防災科学技術研究所)
5	課税対象所得額	2006 年から 2015 年までの課税対象所得(千円)	「地域別統計データベース」(e-Stat)の『課税対象所得』及び「平成 27 年度市町村税課税状況等の調」(総務省)の『市町村別内訳表 1 1』
6	人口密度	2001 年から 2015 年までの日本人人口を市区町村面積で除したもの(人/km ²)	「地域別統計データベース」(e-Stat)の『住民基本台帳人口(日本人)』及び「国土数値情報」(国土交通省)の『行政区域』を基に筆者作成
8	空港	2007 年と 2011 年から 2014 年までの空港の標点位置の数	「国土数値情報」(国土交通省)の『空港』を基に筆者作成
9	鉄道駅	2008 年と 2011 年から 2014 年までの鉄道駅中心の数	「国土数値情報」(国土交通省)の『鉄道』を基に筆者作成
10	道路実延長	2008 年から 2013 年の道路実延長(km)	「地域別統計データベース」(e-Stat)の『道路実延長』
11	製造業事業所数	2008 年から 2014 年までの事業所数	「工業統計調査」(経済産業省)の『市区町村編データ』
12	医療機関	2010 年と 2014 年の全国の病院、(一般)診療所、歯科診療所の地点数、DID 地区内の地点数及び DID 地区内の施設集約度	「国土数値情報」(国土交通省)の『医療機関』、『DID 人口集中地区』を基に筆者作成
13	教育機関	2006 年と 2013 年の全国の小学校、中学校、中等教育学校、高等学校、高等専門学校、短期大学、大学及び特別支援学校の数、DID 地区内の数及び DID 地区内の施設集約度	「国土数値情報」(国土交通省)の『学校』、『公共施設』、『DID 人口集中地区』を基に筆者作成
14	消防施設	2006 年と 2012 年の全国の消防施設の数、DID 地区内の施設数及び DID 地区内の施設集約度	「国土数値情報」(国土交通省)の『消防施設』、『公共施設』、『DID 人口集中地区』を基に筆者作成
15	特別強化地域	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に基づく南海トラフ地震防災対策推進地域・南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域であれば 1、そうでなければ 0	「南海トラフ地震対策」(内閣府)の『南海トラフ地震に係る地域指定市町村一覧』を基に筆者作成 http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/

2.2 社会増減の傾向

市町村の人口は、出生数と死亡数の差となる自然増減と、転入数と転出数の差となる社会増減の差し引きにより、変化をする。本研究では、地震被害想定前後で転入・転出の傾向に変化があったのかを調べることを目的としているため、自然増減を含めた人口そのものではなく、社会増減のみを分析の対象とする。

2012年8月に内閣府より公表された南海トラフ巨大地震の被害想定をきっかけとして、津波高が高い市町村で社会減が進み、津波が想定されていない市町村で社会増が進んだのではないかと、という問題意識から、特別強化地域内の138¹⁰沿岸市町村とそれらの市町村に隣接する105¹¹の市町村、および全国の3区分で、2008年～2015年の社会増減率を計算した結果を図1に示す。

特別強化地域内の沿岸市町村で、被害想定が公表された2012年から、2011年以前はマイナス0.05～0.1%程度であった社会増減率が、およそ2～4倍のマイナス0.2%程度となっており、その後も同水準が継続している。それに比べて、特別強化地域内の沿岸市町村に隣接する市町村では、2010年頃より僅かなマイナス傾向で、2012年以降でも顕著な変化は見られず、全国値と近似した傾向である。



図 1 特別強化地域区分ごとの社会増減率（2008年～2015年）

社会移動をさらに分解して、転入率（転入者数／前年調査の調査期日現在の人口）と転

¹⁰ 特別強化地域内の市町村は139市町村存在するが、「国土数値情報」（国土交通省）の『海岸線』データを利用して沿岸市町村か否かを判定した。

¹¹ ArcGIS10.2のポリゴン隣接機能を利用して隣接市区町村を求めた。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

出率（転出者数／前年調査の調査期日現在の人口）を先ほどと同様に、特別強化地域内の沿岸市町村、隣接する市町村、全国の3区分で集計した結果を図2と図3に示す。

特別強化地域内の沿岸を見ると、被害想定が公表された2012年から、2011年以前は3.2%程度であった転入率が、3.1%程度と0.1%ほど減少し、その後も同水準が継続している。他方、転出率は被害想定公開前後での変化は読み取り難い。

特別強化地域内の沿岸に隣接する市町村を見ると、被害想定が公表された2012年も、2011年以前は4.3%程度であった転入率は同水準で、2014年に変化があるものの、それ以外は概ね同水準が継続している。転出率についても、被害想定公開前後での変化は読み取り難い。

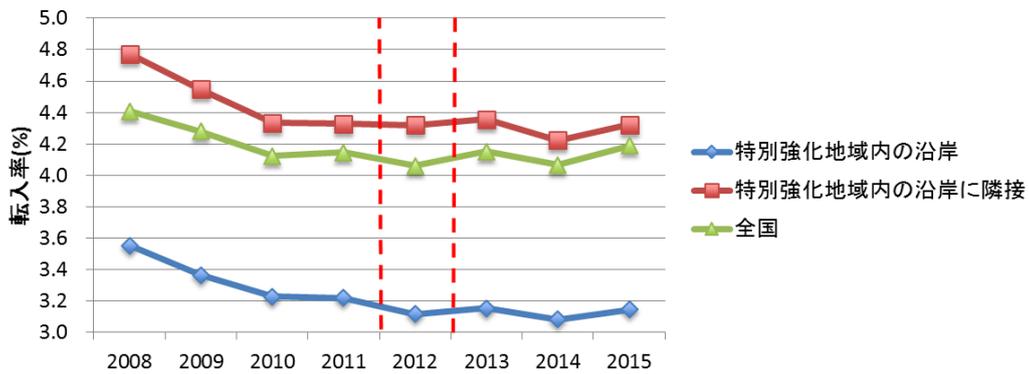


図2 特別強化地域区分ごとの転入率（2008年~2015年）

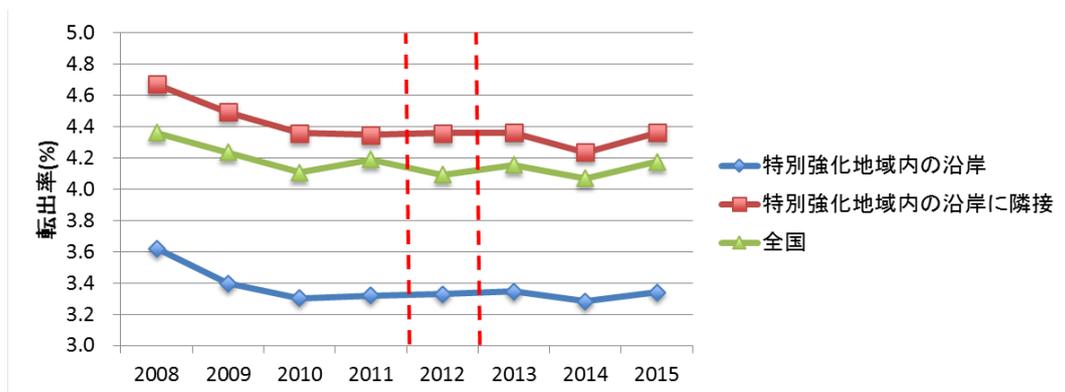


図3 特別強化地域区分ごとの転出率（2008年~2015年）

3. 災害リスク情報の公表と人口移動に関する実証分析

災害リスク情報は、自治体の防災まちづくりのための重要な資料であるだけでなく、そうした情報の公表によって、それらが地域住民の自助的な防災・減災行動を促すことが期待されている。本章では、こうした災害リスク情報の中でも地震災害に焦点を当てて、政府による南海トラフ巨大地震に関する被害想定公表が、対象地域の人口移動に与えた影響を考察する。

地震災害に対しては、家具類の固定や転倒防止、水・食料などの備蓄、避難経路や避難場所の確認、住宅の耐震化など様々な事前の防災・減災対策が考えられるが、災害リスクを考慮した居住地の選択もその一つであるといえる。

3.1 災害リスク情報の公表：先行研究

災害リスク情報と家計行動の関連については、主として災害リスクに対する支払意志額 (Willingness to Pay, WTP) の計測という観点から、ヘドニックアプローチによる分析が行われてきた。例えば、Brookshire et al. (1985) は、カリフォルニアにおける地震災害リスクの公表と住宅価格の関係を分析しており、情報の公表後には、リスクの高い地点での住宅取引価格が有意に低下したことを報告している。同様の研究として、洪水リスク情報の有無と住宅価格の関連を検討した Bin and Polasky (2004) では、やはりリスクが住宅価格を引き下げる効果を持つことが明らかになっている。

日本を対象とした分析には、東京都が公表している「地震に関する地域危険度測定調査」や防災科学技術研究所による地震動予測地図を用いたヘドニック分析の事例がある (Nakagawa et al., 2007; Hidano et al., 2015; Naoi et al. 2009)。また、本研究でも扱う地震災害の被害想定に関しては、南海トラフ巨大地震に関する被害想定公表と公示地価との関係を検討した Nakanishi (2014, 2016) があり、津波に対する被害想定公表後には、評価地点の標高が地価水準に影響を与えることが示されている。

これらの結果は、リスク情報の提供が住民の行動を変える可能性を示唆しており、実際、Brookshire et al. (1985) や Nakanishi (2014, 2016) では、リスク情報の提供によって（高リスク地点の）地価や住宅価格が下落したことが報告されている。関連する研究として、川脇 (2009) では、仮想評価法 (CVM) に基づいて地震リスク情報の提供と保険加入行動の関係を分析している。その結果、地震リスク情報の提供は危険地域・建物居住者の WTP を引き上げる効果を持つ一方、安全地域・建物居住者の WTP には顕著な影響を与えないことが報告されている。本研究は、地震災害に関するリスク情報の提供が、住民の居住地移動に与え

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

る影響を検証したものであり、これらの先行研究と補完的な関係にある¹²。一方で、被害想定というこれまでの研究になかったリスク情報の効果を検証している所に新規性がある。

3.2 分析に用いるデータ

分析期間を2008年～2015年とし、2015年1月1日時点の行政界を基準とした市区町村別パネルデータを利用した。分析対象となる地域は、「特別強化地域を含む都道府県内の沿岸自治体とその隣接自治体」(26都府県、430自治体)である¹³。以下の分析では、津波の被害想定を主要な分析対象としているため、その影響を受けるであろう沿岸自治体及びその比較対象として隣接自治体を分析対象サンプルに選んでいる。

分析対象となる人口移動に関しては、市区町村別にみた人口の社会増減率、転入率および転出率を用いた。ここで、社会増減率は、調査期間内に発生した人口の純流入(転入数－転出数)を、期初時点における人口で除した値として定義される。転入率および転出率に関しても、同様に期初人口に対する比率として定義した¹⁴。

災害リスクに関する被害想定に関しては、2003年および2012年に公表された津波高および震度の想定値に関する情報を用いた。これらの情報は、前述のとおり2012年に公表された「南海トラフ巨大地震の被害想定(第二次報告)」(内閣府)による。津波高に関しては、11のケース別に10mメッシュ単位の地形情報を考慮した推計結果が示されている。また、同資料からは、2003年に公表された中央防災会議による推計結果も利用可能であり、実際の分析においては津波高の引き上げ幅を説明変数として用いている¹⁵。

一方、最大震度に関しては、2003年に公表された被害想定で震度6弱以下とされた自治体のうち、2012年度に新たに公表された被害想定で震度6強以上となった自治体について1を取るダミー変数を用いている。したがって、この変数は新たな被害想定で震度が6強以上に引き上げられたことを計測している。

これらに加えて、地震動超過確率、人口一人当たり課税対象所得額、人口密度、面積当た

¹² ヘドニック法による環境評価の問題点として、しばしば大規模な環境変化に対する過大評価が指摘される。本研究で分析対象とする被害想定公表は、規模が大きくと同時に、対象地域の範囲も大きいため、ヘドニック法による分析には問題が生じる可能性がある。

¹³ 沿岸自治体のうち、日本海に面しているものは除外した(付図1)。また、製造業事業所数のデータが不足している自治体も分析対象から除外した。なお、隣接自治体のない東京都の離島部を除いた推計でも結論は変わらなかった。

¹⁴ 人口移動に関するデータの詳細およびデータ取り扱い上の留意点に関しては、第2章第1節および巻末の参考資料を参照されたい。

¹⁵ 本研究の分析対象となる市区町村のうち、2012年の被害想定で津波高の引き下げが報告されている自治体は1市のみであり、その引き下げ幅も1mとなっている。そのため、以下では特に断りのない限り、津波高に関しては引き上げの効果を見ることとする。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

りてみた空港・駅・道路総延長・製造業事業所数を説明変数に用いている¹⁶。これら変数の詳細は、第2章第1節を参照されたい。

分析に用いたデータの概要を表3および表4に示す。表3は分析に用いた各変数の記述統計、表4は想定される津波高の引き上げ幅別に見た市区町村の分布である。

表3 記述統計量

変数	平均	(標準偏差)	最小	最大
社会増減率(%)	-0.227	(0.684)	-8.092	5.096
転入率(%)	3.593	(1.753)	1.240	21.019
転出率(%)	3.820	(1.511)	1.800	20.833
津波高:引き上げ幅(m)	2.984	(4.395)	-1.000	25.000
震度:震度6強以上に引き上げ=1	0.307	(0.461)	0.000	1.000
今後30年間で震度6強以上の地震発生確率	0.088	(0.110)	0.000	0.614
人口一人当たり課税対象所得額(万円, 対数値)	4.732	(0.355)	3.790	6.628
人口密度(人/㎢)	1459.9	(2922.4)	2.157	18062.0
空港数(面積当たり)	0.001	(0.010)	0.000	0.161
鉄道駅数(面積当たり)	0.125	(0.426)	0.000	5.886
道路実延長(km)(面積当たり)	6.953	(5.505)	0.491	26.175
製造業事業所数(面積当たり)	2.491	(6.085)	-0.013	96.938
サンプルサイズ	3,440			

表4 市区町村別の津波高の引き上げ幅分布

引き上げ幅	市区町村数	割合(%)	引き上げ幅	市区町村数	割合(%)
0m	195	(45.3)	7m	14	(3.3)
1m	46	(10.7)	8m	12	(2.8)
2m	32	(7.4)	9m	11	(2.6)
3m	23	(5.3)	10m	11	(2.6)
4m	28	(6.5)	11~14m	16	(3.7)
5m	14	(3.3)	15m以上	11	(2.6)
6m	17	(4.0)	総数	430	(100.0)

注:「0m」には津波高の引き下げ(1m)があった1市を含む。

¹⁶ 人口一人当たり課税対象所得額に関しては、分析対象となる人口移動の前年の課税対象所得額を、前年期初時点の人口で除したものとして定義した。また、空港・駅・道路総延長・製造業事業所数の各変数については、対象期間中の少なくとも1時点で欠損値が生じている。そのため、線形補間を行った変数を分析に用いた。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

3.3 分析の枠組み

以下の分析では、差分の差分 (Difference-in-Differences, DID) 法の枠組みで、公表された被害想定が人口移動に及ぼす影響を検証する。DID 法は、ある介入が成果変数に及ぼす因果的効果を検証するために、介入の有無のみが異なると考えられる 2 グループ (処置群および統御群) に着目し、介入の前後での成果変数の変動を比較するものである。本研究における分析では、介入変数は公表された被害想定 (津波高および震度)、成果変数は人口移動 (社会増減率、転入率、転出率) に相当する。

いま、分析の被説明変数を y_{pct} 、被害想定にかかわる変数を s_c とすると、最も基本的な推計式は以下のようになる。

$$y_{pct} = \alpha + \beta_0 s_c + \beta_1 s_c \times d_t + x'_{pct} \gamma + \delta_p + \phi_t + \varepsilon_{pct} \quad (1)$$

ここで、添え字の p は都道府県、 c は市区町村、 t は時点を表す。また、 d_t は被害想定公表後 (南海トラフ地震については 2012 年) であれば 1 をとるダミー変数、 x_{pct} は被害想定以外の説明変数、 δ_p は都道府県固有の効果、 ϕ_t は時点固有の効果、 ε_{pct} は誤差項である。ここで興味のあるパラメータは β_1 であり、公表された津波高および震度が人口変化に及ぼす影響を計測している¹⁷。

DID 法によって介入の因果効果を推定するには、事前の意味で処置群と統御群の同質性が担保されている必要がある。いま、津波被害が予想される処置群の自治体は、明らかに沿岸部に集中することになる。以下の分析では、これらの処置群との同質性を考慮し、隣接する内陸部の自治体を比較対象となる統御群として選択している。

上記の統御群の選択は、地理的な近接性に基づいて処置群と統御群の同質性を担保しようとしたものである。しかしながら、沿岸部の自治体と (隣接する) 内陸部の自治体の間には、地理的な近接性だけではコントロールしきれない異質性が存在する可能性もある。そのため、分析に当たっては、(1) 式の基本的な推計式に加え、市区町村レベルでの固定効果を考慮したモデル、および都道府県ごとに異なる時間効果を許容するモデルの推計も行っている。これらを考慮した結果、最終的な推計モデルは以下のようになる。

$$y_{pct} = \alpha_c + \beta_1 s_c \times d_t + x'_{pct} \gamma + \phi_{pt} + \varepsilon_{pct} \quad (2)$$

ここで、 α_c は市区町村の固定効果、 ϕ_{pt} は都道府県ごとに推計される時点効果である。

¹⁷ 前述の通り、津波高および震度については、いずれも 2012 年の被害想定における引き上げの効果を分析対象としている。なお、従前の被害想定から津波高および震度 (6 強以上) が引き下げられた自治体はそれぞれ一つずつ (岡山県備前市および岐阜県中津川市) であった。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

3.4 分析結果

ベンチマークとなる推計結果を表 5 に示す。なお、以降いずれの推計においても標準誤差はすべて市区町村でクラスタリングした値を報告している¹⁸

表 5 によれば、津波高の引き上げは推計モデルの特定化によらず、いずれの場合も人口の社会増減率に対して有意に負の影響を与えることが分かる。推定された係数の大きさは $-0.017\sim-0.022$ であり、社会増減率のサンプル平均値(-0.227%)に対する相対的な大きさを見ると、1m の津波高の引き上げによって、観察される社会増減率は約 7.5~9.7%低下することが分かる¹⁹。

転入率および転出率に対する影響を見ると、社会増減率に対する負の影響は、転入の抑制と転出の増加の双方によって生じていることが分かる。都道府県ごとに異なる時間効果を許容するモデル(第 3 列)の結果を見ると、津波高の引き上げは、転入率の減少と転出率の増加に対して、絶対値で見るとほぼ同程度の影響を持つ。この結果は、新たに公表された津波高の引き上げが、追加的な情報として転入・転出者の行動に影響を与えたことを示唆する²⁰。

一方、震度の震度 6 強以上への引き上げは、どの被説明変数、特定化についてみても、人口移動に対して統計的に有意な影響は持たない²¹。ただし、あとで示すように、震度の引き上げについても、公表後の短期間に限定すると転入率を減少させる効果を持っていた可能性がある(表 6)。

¹⁸ 分析結果の頑健性を確認するため、クラスタリングのレベルを都道府県にした分析も行ったが、主要な結果に違いはなかった。また、平行トレンドの仮定をチェックする目的で、トリートメントとなる津波高(および震度)と分析期間中の各年度ダミーとの交差項を導入した分析も行っている(付表 1)。結果として、公表された津波高引き上げの影響は主として 2012 年度以降にのみ観察され、公表前には一部の例外を除いて統計的に有意な影響は観察されないことが分かった。

¹⁹ 第 2 章第 1 節で説明したとおり、津波高に関しては市区町村別の平均津波高の情報も利用可能である。ただし、2003 年に公表されている津波高の試算は、これとは異なる方法で推計されているため、平均津波高を用いた場合には、従前の被害想定からの変化を対象とした分析は困難になる。そのうえで、2012 年に公表された市区町村別の平均津波高をトリートメントした分析も行ったが、やはり社会増減率に対しては公表された津波高が負の影響をもたらすことを確認している。

²⁰ 2012 年公表の津波高の水準を用いて同様の推計を行うと、当該変数は転入率を有意に減少させる一方で、転出率には有意な影響を持たないことが分かる(結果は省略)。南海トラフ地震については、2012 年の被害想定公表前から津波による被害が懸念されていたため、特に既存住民の転出行動に対しては、追加的な津波高の変化が重要な役割を果たしていた可能性が示唆される。

²¹ 対象として、内陸部を含む南海トラフ地震防災対策推進地域のうち説明変数に欠損のある自治体分を除いた 29 都府県、701 自治体のデータを用いて同様の分析を行っても、結論は変わらなかった。

表 5 社会増減率・転入率・転出率に関する推計結果

被説明変数:	社会増減率(%)			転入率(%)			転出率(%)		
	係数 (標準誤差)	係数 (標準誤差)	係数 (標準誤差)	係数 (標準誤差)	係数 (標準誤差)	係数 (標準誤差)	係数 (標準誤差)	係数 (標準誤差)	係数 (標準誤差)
南海トラフ地震									
津波高:引き上げ幅(m)	-0.0059 (0.0041)			0.0196 (0.0161)			0.0255 (0.0157)		
津波高:引き上げ幅(m) ×被害想定公表後(2012年以降=1)	-0.0170 *** (0.0046)	-0.0165 *** (0.0050)	-0.0220 *** (0.0059)	-0.0085 * (0.0044)	-0.0055 (0.0035)	-0.0115 *** (0.0041)	0.0085 *** (0.0032)	0.0111 *** (0.0038)	0.0104 *** (0.0037)
震度:震度6強以上に引き上げ=1	0.0226 (0.0550)			0.1457 (0.1144)			0.1231 (0.0993)		
震度:震度6強以上に引き上げ=1 ×被害想定公表後(2012年以降=1)	0.0061 (0.0356)	0.0212 (0.0347)	-0.0350 (0.0570)	-0.0096 (0.0347)	0.0210 (0.0290)	-0.0452 (0.0374)	-0.0157 (0.0328)	-0.0002 (0.0262)	-0.0101 (0.0416)
固定効果									
年ダミー	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No
市区町村ダミー(固定効果モデル)	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes
都道府県ダミー	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes	No	No
都道府県ダミー×年ダミー	No	No	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes
決定係数	0.3857	0.0349	0.1040	0.6576	0.1178	0.2084	0.5599	0.0954	0.1584
サンプルサイズ	3,440	3,440	3,440	3,440	3,440	3,440	3,440	3,440	3,440

注: ***, **, * はそれぞれ1%水準、5%水準、10%水準で推計された係数が統計的に有意であることを示す。カッコ内は市区町村ごとにクラスタリングを行った標準誤差。すべての推計で以下の説明変数をコントロールしている。今後30年以内の震度6強以上の地震発生確率、人口一人当たり課税対象所得額(対数値)、人口密度、面積当たりの空港数・鉄道駅数・道路実延長・製造業事業所数。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

上記の分析に加え、津波高引き上げの影響の非線形性を検討するために、津波高の引き上げ幅の水準ごとにダミー変数を定義し、これらを導入した推計を行った。該当する市区町村数が少ない場合、複数の引き上げの水準をひとまとめにしてダミー変数を定義している。具体的には、津波高が11m以上となる場合には、11～14mおよび15m以上の2グループに分類を行った。ベースとなるカテゴリは、(想定地域外を含む)津波高の引き上げがなかった市区町村である。なお、津波高が引き下げられた1自治体もベースカテゴリに含めている。

推計された各ダミー変数の係数の値、および95%信頼区間を図示した結果を図4に示す。なお、分析に当たっては表5と同様の説明変数をコントロールし、都道府県ごとに異なる時間効果を許容するモデルを検討した。

全般的に見ると、津波高の引き上げ幅が大きくなるにつれて、社会増減率および転入率は減少し、転出率は増加する傾向がある。ただし、いずれの場合にも(ベースとなる引き上げなしの自治体と比較して)統計的に有意な影響が観察されるのは引き上げ幅が10mを超えるような大きな変化が生じたケースであることが分かる。

次に、被害想定公表後の影響の推移について検証するために、震度および津波高と、公表後の各年ダミーの交差項を導入した推計結果を表6に示す。結果として、津波高の引き上げが転入におよぼす影響に関しては、2014年を除き一貫して負の影響が観察され、かつその大きさは時間を通じて減少しているようには見えない一方、転出におよぼす影響は公表直後にしか見られない。また、震度の引き上げに関しても、公表後の2012年および2013年の転入率を引き下げる影響が一部観察される。

津波高の引き上げによる影響が、転入と転出で異なることの背景には、いくつかの可能性が考えられる。第一に、転入者と転出者では、直面する意思決定の状況が異なっているかもしれない。転入者は、移住を所与として、立地の選択を行っている可能性が高い一方で、転出者はそもそも移住するか否かの意思決定を行っている可能性が高い。この場合、転入者は追加的に与えられたリスク情報に敏感に反応して立地(転入先)を選択する一方、移住のコストが十分高いのであれば、転出者の反応は小さくなる可能性がある²²。第二に、転入者と転出者の属性の違いが影響している可能性もある。例えば、転入者と転出者の年齢構成が大きく異なる場合、一般に高齢者のほうが移住コストは高くなることが予想されるため、非対称な影響を生み出しうる。第三に、既存住民による事前の津波被害に対する認知や対策が非対称な影響を生じさせている可能性もある。いま、大幅な津波高の引き上げがあった地域で、従前の防災対策が進んでいたとすれば、追加的な被害想定公表が既存住民の転出行動に

²² これと関連して、コントロールグループを沿岸部の隣接自治体としていることも、特に転入率への効果が大きくなっていることと関係しているかもしれない。いま、転入者が比較的小さな地理的範囲の中から移住先を選択しているとすれば、沿岸自治体における津波高の引き上げによって、移住先が隣接する内陸自治体にシフトする可能性がある。こうした場合、特に沿岸自治体とその隣接自治体を比較すると、転入の影響は大きく出ることになる。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

及ぼす影響は、転入行動に比べて相対的に小さくなる可能性がある。

上記の結果は、被害想定公表による影響を含むものと考えられるが、同時に今回の分析期間（2008～2015年）は東日本大震災の発生を含み、かつ被害想定公表は震災発生直後であるため、結果の解釈には注意を要する。震災による影響を完全に取り除くことは難しいが、追加的な分析として、震災による直接的な被害の対象となった関東地方（茨城、千葉、東京、神奈川）のサンプルを除いた分析も行った。これらの追加的な分析からも、津波高の引き上げが社会増減率および転入率を減少させる効果は引き続き観察される。一方で、転出率に対しては、一部で転出率引き上げの効果がみられるものの、多くの場合統計的な有意性が失われる結果となった。後者の結果については、震災による影響を否定できないが、同時に前述した既存住民による事前の津波被害に対する認知や対策が影響している可能性もある。いま、特に大きな津波高の引き上げがあった自治体は、高知県・和歌山県・静岡県・三重県などに集中しているが、これらの地域で被害想定公表前から津波リスクの認知や防災・減災対策が進んでいたとすれば、追加的な津波高の引き上げによる影響は小さくなる可能性がある。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

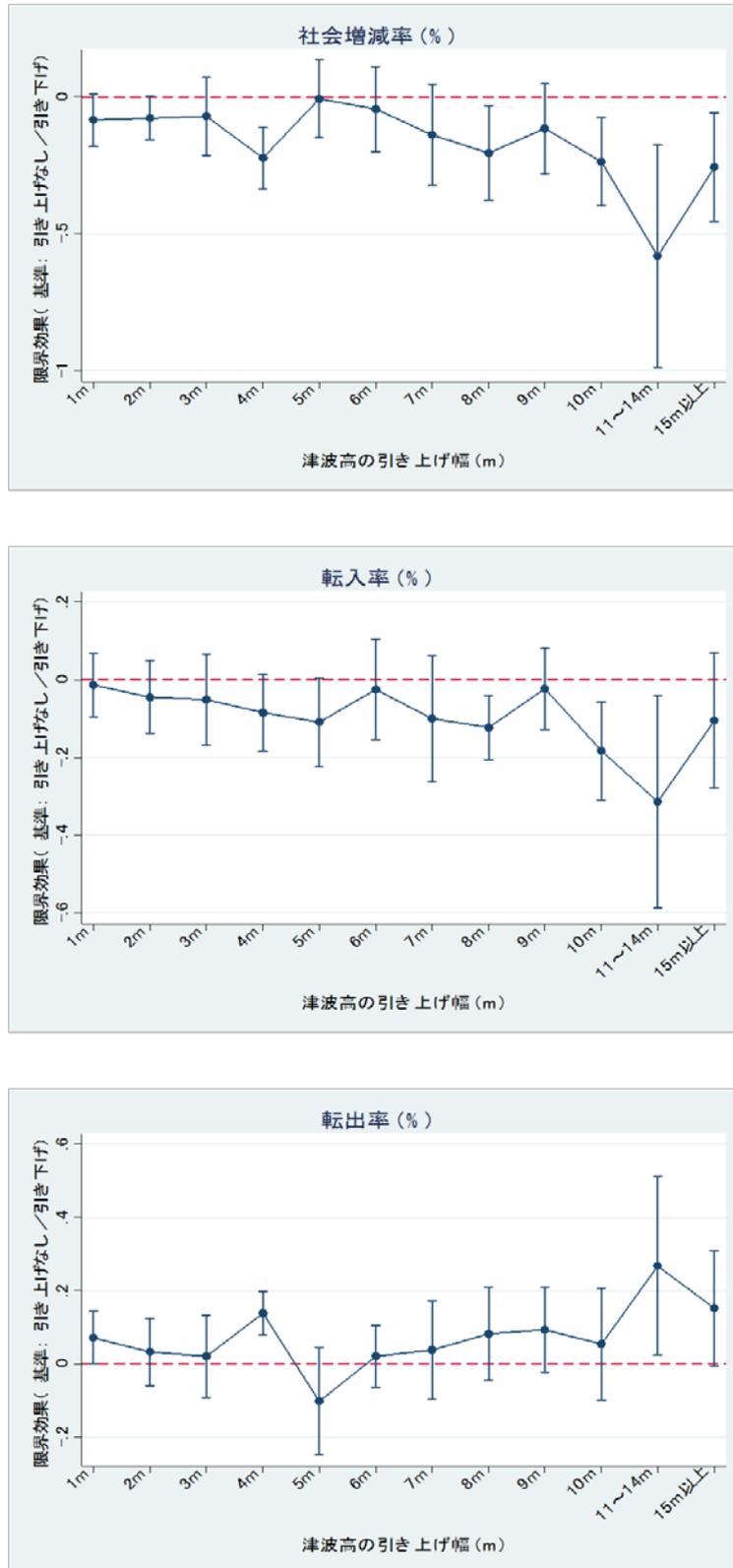


図 4 津波高の引き上げ幅が社会移動に与える影響

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

表 6 年度ごとの推計

被説明変数:	社会増減率	転入率	転出率
	係数	係数	係数
	(標準誤差)	(標準誤差)	(標準誤差)
津波高: 引き上げ幅 (m)			
× 2012年 = 1	-0.0266 ** (0.0105)	-0.0122 * (0.0074)	0.0144 ** (0.0061)
× 2013年 = 1	-0.0238 *** (0.0076)	-0.0132 ** (0.0055)	0.0106 * (0.0056)
× 2014年 = 1	-0.0193 *** (0.0056)	-0.0081 (0.0060)	0.0112 (0.0068)
× 2015年 = 1	-0.0177 *** (0.0058)	-0.0130 ** (0.0060)	0.0048 (0.0064)
震度: 震度6強以上に引き上げ = 1			
× 2012年 = 1	-0.0378 (0.0735)	-0.1053 ** (0.0504)	-0.0675 (0.0723)
× 2013年 = 1	-0.0883 (0.0773)	-0.0949 * (0.0501)	-0.0066 (0.0584)
× 2014年 = 1	-0.1329 ** (0.0635)	-0.0476 (0.0530)	0.0853 (0.0593)
× 2015年 = 1	0.1174 (0.1053)	0.0689 (0.0531)	-0.0485 (0.0838)
固定効果			
市区町村ダミー(固定効果モデル)	Yes	Yes	Yes
都道府県ダミー×年ダミー	Yes	Yes	Yes
決定係数	0.1074	0.2110	0.1612
サンプルサイズ	3,440	3,440	3,440

注: ***, **, * はそれぞれ1%水準、5%水準、10%水準で推計された係数が統計的に有意であることを示す。カッコ内は市区町村ごとにクラスタリングを行った標準誤差。すべての推計で以下の説明変数をコントロールしている。今後30年以内の震度6強以上の地震発生確率、人口一人当たり課税対象所得額(対数値)、人口密度、面積当たりの空港数・鉄道駅数・道路実延長・製造業事業所数。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

最後に、医療機関・教育機関・消防施設といった防災業務に携わる関係機関の立地の集約度に焦点を当てた分析を示す。医療機関や消防施設、そして災害時に避難場所となる教育機関の立地集約度は、地域の防災対策機能の集約化の指標と見なすことができる。防災対策機能の集約化には少なくとも2つの利点がある。1つは、防災業務に携わる関係機関が近隣に立地することにより、初動期の緊密な連携が可能になり、速やかで、包括的な災害対応が期待できること、今1つはDID地区に立地することにより、より多くの人々が短時間でアクセスすることが期待できることである。一方で、市区町村内の被害想定の高い地域に、それらが集約された場合に、災害によって一度に全てが被害に遭い機能しなくなることもあり得る。しかし、今回、分析に利用した被害想定は市区町村単位で公開されており、少なくとも、この被害想定の情報から、人々は（各市区町村内において）防災業務に携わる関係機関が、災害リスクの高い（あるいは、低い）地域に集中しているのかを判別することはできない。従って、もし、被害想定が公開に際して、防災対策機能の集約化が考慮されるとすれば、その利点の方を、人々は考慮すると考えられる。

ここでは、これら施設の集約度によって、被害想定公表が人口移動におよぼす影響が異なるか否かを検証した。具体的には、市区町村別に計測される各施設の総数のうち、DID地区内に立地するものの割合を施設の集約度とした。

なお、施設数および立地に関する情報は、医療機関については2010年、教育機関および消防施設については2006年のものを用いた²³。分析に当たっては、分析対象となるサンプル内で集約度が上位50%の自治体と下位50%の自治体にサンプルを分割して、それぞれ表5と同様の分析を行った。分析に用いた各変数の記述統計は表7、分析結果は表8に示される。

結果として、防災業務に携わる関係機関の立地集約度は、津波高の引き上げが社会増減率に及ぼす影響に対しては顕著な違いをもたらすことはなかったが、転入率・転出率を対象とした分析では対照的な結果が得られた。

転入率を被説明変数とした推計結果を見ると、防災業務に携わる関係機関の立地集約度が高い自治体では、津波高の引き上げによる影響が小さく、かつ統計的にも有意ではない結果となった。こうした結果は、DID地区における防災対策機能の集約化が、地域の防災・減災対策として有効に機能している可能性を示唆している。ただし、地域の防災まちづくりには、防災対策機能の集約化以外にも、多様な取り組みが考えられ、防災対策機能の集約化が進んでいる地域では、ここで考慮していない他の防災上の取り組みも積極的に行われているかもしれない。その場合、上記の結果は必ずしも防災対策機能の集約化の影響のみを表しているわけではない点に注意が必要である。また、防災対策施設の集約度

²³ これらの情報は、毎年調査されているわけではなく、ここでは被害想定公表前の直近の情報を利用した。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

が、様々な生活関連施設の集約度と非常に高い相関を持つとすれば、そもそも防災対策ではなく、生活の利便性が高いことの影響を含んでいる恐れがある。

また、防災対策機能の集約化が進んでいる地域は、そもそも地域住民の防災意識が高く、そのことが被害想定の影響の違いを生んでいる可能性もある。ただし、ここで見ている被説明変数は転入率であるため、既存住民の既存の地域住民の防災意識の違いや、自助的な防災・減災対策が影響している可能性は低い。したがって、上記の結果は、防災業務に携わる関係機関の立地集約度が直接的な影響をもたらしている可能性を示唆している。

一方で、転出率についてみると、医療機関や教育機関の集約化が進んだ地域では、津波高の引き上げによる転出率への影響が大きく出ており、DID 地区外における避難場所の確保が困難になるなどの理由から転出が増加する可能性もわずかながら示唆される。

表 7 記述統計量

変数	医療機関の集約度				教育機関の集約度				消防施設の集約度			
	高		低		高		低		高		低	
	平均	(標準偏差)	平均	(標準偏差)	平均	(標準偏差)	平均	(標準偏差)	平均	(標準偏差)	平均	(標準偏差)
社会増減率(%)	-0.007	(0.562)	-0.450	(0.725)	-0.005	(0.555)	-0.452	(0.729)	0.016	(0.558)	-0.390	(0.712)
転入率(%)	4.024	(1.802)	3.154	(1.585)	4.001	(1.804)	3.178	(1.596)	4.068	(1.948)	3.273	(1.528)
転出率(%)	4.032	(1.437)	3.603	(1.554)	4.006	(1.442)	3.630	(1.556)	4.052	(1.561)	3.663	(1.456)
津波高: 引き上げ幅 (m)	2.267	(3.376)	3.714	(5.132)	2.175	(3.260)	3.808	(5.180)	2.087	(2.843)	3.588	(5.097)
震度: 震度6強以上に引き上げ = 1	0.341	(0.474)	0.272	(0.445)	0.359	(0.480)	0.254	(0.435)	0.329	(0.470)	0.292	(0.455)
今後30年間の震度6強以上の地震発生確率	0.115	(0.121)	0.060	(0.089)	0.112	(0.117)	0.063	(0.096)	0.108	(0.112)	0.074	(0.106)
人口一人当たり課税対象所得額(万円, 対数値)	4.940	(0.317)	4.521	(0.252)	4.939	(0.315)	4.521	(0.256)	4.966	(0.325)	4.575	(0.280)
人口密度(人/km ²)	2678.7	(3719.9)	218.2	(302.2)	2674.9	(3720.2)	222.1	(329.8)	3063.2	(4037.6)	380.7	(651.4)
空港数(面積当たり)	0.002	(0.012)	0.001	(0.007)	0.002	(0.012)	0.001	(0.007)	0.001	(0.006)	0.002	(0.012)
鉄道駅数(面積当たり)	0.225	(0.582)	0.024	(0.043)	0.225	(0.582)	0.024	(0.040)	0.267	(0.644)	0.030	(0.047)
道路実延長(km)(面積当たり)	9.519	(5.972)	4.339	(3.362)	9.528	(5.986)	4.330	(3.323)	9.828	(5.982)	5.018	(4.162)
製造業事業所数(面積当たり)	4.420	(8.072)	0.526	(0.858)	4.422	(8.064)	0.524	(0.925)	4.805	(8.800)	0.934	(1.953)
社会インフラ施設のDID集約度	0.747	(0.192)	0.021	(0.073)	0.518	(0.281)	0.006	(0.020)	0.705	(0.269)	0.000	(0.000)
サンプルサイズ	1,736		1,704		1,736		1,704		1,384		2,056	

注: 社会インフラ施設のDID集約度について、医療機関は2010年、教育機関および消防施設は2006年の値を用いている。これらの平均および標準偏差はそれぞれ単年のデータに基づく。

表 8 社会インフラ施設の集約度による影響の違い

	医療機関の集約度		教育機関の集約度		消防施設の集約度	
	高 係数 (標準誤差)	低 係数 (標準誤差)	高 係数 (標準誤差)	低 係数 (標準誤差)	高 係数 (標準誤差)	低 係数 (標準誤差)
被説明変数: 社会増減率(%)						
津波高: 引き上げ幅 (m)	-0.0116 ***	-0.0126 **	-0.0088 **	-0.0112 *	-0.0124 **	-0.0100 *
×被害想定公表後(2012年以降 = 1)	(0.0043)	(0.0059)	(0.0042)	(0.0059)	(0.0057)	(0.0051)
震度: 震度6強以上に引き上げ = 1	0.0401	0.0118	0.0318	0.0432	0.0221	0.0719
×被害想定公表後(2012年以降 = 1)	(0.0394)	(0.1182)	(0.0362)	(0.1238)	(0.0458)	(0.0986)
被説明変数: 転入率(%)						
津波高: 引き上げ幅 (m)	-0.0016	-0.0134 ***	-0.0005	-0.0126 ***	-0.0062	-0.0096 **
×被害想定公表後(2012年以降 = 1)	(0.0037)	(0.0046)	(0.0039)	(0.0046)	(0.0054)	(0.0042)
震度: 震度6強以上に引き上げ = 1	0.0086	-0.0472	0.0064	-0.0148	0.0178	0.0050
×被害想定公表後(2012年以降 = 1)	(0.0353)	(0.0659)	(0.0340)	(0.0675)	(0.0410)	(0.0580)
被説明変数: 転出率(%)						
津波高: 引き上げ幅 (m)	0.0100 ***	-0.0008	0.0083 **	-0.0014	0.0063	0.0003
×被害想定公表後(2012年以降 = 1)	(0.0032)	(0.0040)	(0.0032)	(0.0038)	(0.0047)	(0.0036)
震度: 震度6強以上に引き上げ = 1	-0.0316	-0.0590	-0.0254	-0.0581	-0.0044	-0.0669
×被害想定公表後(2012年以降 = 1)	(0.0285)	(0.0869)	(0.0284)	(0.0923)	(0.0306)	(0.0741)
固定効果						
市区町村ダミー(固定効果モデル)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
都道府県ダミー × 年ダミー	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
サンプルサイズ	1,736	1,704	1,736	1,704	1,384	2,056

注: ***, **, * はそれぞれ1%水準、5%水準、10%水準で推計された係数が統計的に有意であることを示す。カッコ内は市区町村ごとにクラスタリングを行った標準誤差。すべての推計で以下の説明変数をコントロールしている。今後30年以内の震度6強以上の地震発生確率、人口一人当たり課税対象所得額(対数値)、人口密度、面積当たりの空港数・鉄道駅数・道路実延長・製造業事業所数。

4. まとめ

4.1 結論と考察

本研究では、住民基本台帳に基づく人口動態データと、内閣府による南海トラフ巨大地震の被害想定データを収集・整理して、被害想定公表が対象地域の人口移動に与えた影響を考察した。その際、単純なクロスセクションの OLS では因果効果の測定は困難であることから、差分の差分 (Difference-in-Differences, DID) 推定量による分析を行った。

自治体によって異なる時間効果を許容したモデルをベンチマークとして推計すると、市区町村レベルでの固定効果をコントロールした上でも、公表された津波高の引き上げは社会増減に対して統計的に有意に負の影響をもつことが明らかとなった。さらに、社会増減を分解すると、津波高の引き上げは、転入の減少と転出の増加の双方を生じさせていることが確認された。被害想定公表によって、期待されている避難訓練や耐震化といった防災行動を超え、津波高の引き上げ幅が高い地域への転入減やそうした地域からの転出増という形でリスク回避が生じているものと見受けられる。

上記の結果の時間効果を見るために、津波高の引き上げ幅と被害想定公表後の各年ダミーの交差項を用いて、被害想定公表後の各年でそれぞれ影響を推計すると、転出に対する影響は公表直後に観測できるのみだが、転入に対しては、公表後の各年で継続して負の影響が出ていることが明らかとなった。転入と転出で対照的な結果が生じている背景には、直面する移住コストの違いや年齢等の属性の違い、従前の防災・減災対策の影響などが考えられる。

津波高の引き上げ幅の水準ごとにダミー変数を導入して、津波高の引き上げによる効果の非線形性を考慮した推計を行うと、転入・転出ともに引き上げ幅が大きくなるにつれて、影響は大きくなる傾向がみられる。ただし、いずれの場合にも（ベースとなる引き上げなしの自治体と比較して）統計的に有意な影響が観察されるのは引き上げ幅が 10m を超えるような大きな変化が生じたケースであることが分かった。

DID 地区への防災対策機能の集約度を考慮した推計をすると、集約度が低い市区町村では、転入率に対する津波高の影響が強く出て、集約度が高い市区町村では、津波高の影響が弱く出るという結果となった。前節で議論したとおり、分析結果の解釈は慎重に行う必要があるものの、上記の結果は、防災対策機能の集約化が地域の防災・減災対策として有効に機能している可能性を示唆している。

4.2 今後の課題

本研究での分析により、東日本大震災後、南海トラフ巨大地震の影響を受けるであろう沿岸自治体及びその隣接自治体で、津波高が高くなるほど市区町村を跨いだ転入が減少

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

し、少なくとも短期的には転出が増加したことがわかった。

国土強靱化の推進方針の中で、「関係機関が連携して津波に強いまちづくりを促進するとともに、都市部における高齢化の進展を見据え、災害時にも高齢者が徒歩で生活し、自立できるようなコンパクトなまちづくりを進める」という個別施策が示されている²⁴。特に都市部でコンパクトなまちづくりを進めることが目指されているが、防災対策機能の集約度が高まる、すなわち、コンパクトなまちづくりが進むと被害想定情報の社会移動への影響が弱くなるという結果を勘案すると、コンパクトなまちづくりと災害リスクの対応に議論の余地が残る。

人口減少下では本来的に、災害リスクが低い箇所にまちを集約していくことが望まれるが、災害リスクが高い箇所でコンパクトなまちづくりが進んでいるようなケースがあれば、災害リスク情報からの居住地移動（緩和的な防災対応）に伴うリスク軽減効果は低いため、避難や耐震補強など取り組み（適応型の防災対応）の必要性が高くなるものと考えられる。

本研究の残された課題としては、第1に、被害想定公表が人口移動に及ぼす因果的効果についての、より詳細な検討が挙げられる。例えば、第3章で議論したとおり、津波高の引き上げが転入率に及ぼす影響は公表後長期にわたって継続する一方で、転出率への影響は短期的にのみ観察されている。こうした背景には、大きな津波高の引き上げがあった地域で、被害想定公表前の段階から、津波被害に対する認知や対策が相対的に進んでいた可能性があるが、被害想定公表の因果的な効果の計測という点では問題が残る。また、被害想定によって、転入先を、沿岸自治体からその隣接自治体に変更したり、沿岸自治体から隣接自治体へ転出があるのであれば、隣接自治体への転入増を通じて、沿岸自治体の転入減を過大に評価してしまうかもしれない。こうした問題に対処するためには、地域的な防災・減災対策の実施や過去の被災状況、被害想定以外に利用可能な災害リスク情報、転入出人口の移住元・移住先の情報など、本研究における分析では必ずしも十分に捉えきれていない要因を慎重に考慮する必要がある。また、これも第3節で議論したとおり、転入者と転出者の年齢構成の違いや市区町村別の高齢化率など、移住コストに影響を与えるであろう要因についても、慎重に検討を進める必要がある。

第2に、本研究では人口移動を直接的なアウトカムとした分析に焦点を絞っているが、被害想定公表による影響をより詳細に検討するためには、地価をはじめとする不動産価格を対象としたヘドニック分析も有用であろう。本研究の結果は、被害想定公表などのリスク情報の開示が、短期的に地域間の人口移動に影響を与えることを示しているが、長期的にはこうしたリスク情報は不動産価格に帰着する可能性がある。自然災害に関するリスク情報の公表が不動産価格に及ぼす影響に関しては、地震危険度を対象とした東京都の地域危険度調査の公表が不動産価格に及ぼす影響を検討した山鹿他(2002)などがある

²⁴ 「国土強靱化基本計画」（平成26年6月3日閣議決定）より。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

が、本研究の対象である被害想定に着目した研究は少ない。

第3に、人口移動に伴い転居前後の災害リスクにどのような変化があったのかを評価することも考えられる。現在の分析に用いているデータは市区町村単位であるため、市区町村内の移住や、市区町村内での災害リスクの詳細を捉えられていない。同じ市区町村内でも津波リスクが高いところと安全なところがあるため、市区町村単位よりも細かい単位での人口移動や災害リスクの影響を捉えることが課題となる。例えば、国勢調査の小地域単位のデータを利用することが考えられるが、本研究では逐年で捉えられていた調査時点が5年おきに限定されてしまうという制約もある。さらに、津波のリスクは、津波高だけでなく居住地の標高等にも依存する。標高、想定浸水域の面積、域内人口、津波到達時間等の情報を利用する余地がある。

これまでの調査研究を踏まえた今後の課題としては、ハザードマップや被害想定などの災害リスク情報に加えて、東日本大震災などの実災害や、被災者生活再建支援制度などの行政支援が、転居や耐震化・保険加入などのリスク回避行動に与えた影響を分析していくことが考えられ、上述の残された課題も含めて更なる検討を進めていきたい。

謝辞

本稿の作成にあたり、日本大学経済学部の中川雅之氏、内閣府経済社会総合研究所の坪内浩氏、鈴木晋氏、敦賀貴之氏には、ESRI セミナーの際、草稿に貴重なコメントをいただいた。その他、内閣府経済社会総合研究所の前川守所長、杉原茂次長、豊田欣吾氏、田町典子氏には、多くのご助言をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げたい。ただし、本稿に含まれ得る誤りはすべて筆者らに帰するものである。

参考文献

- Bin, O. and S. Polasky (2004) “Effects of Flood Hazards on Property Values: Evidence Before and After Hurricane Floyd,” *Land Economics*, 80(4), 490-500.
- Brookshire, D.S., M.A. Thayer, J. Tschirhart and W.D. Schulze (1985) “A Test of the Expected Utility Model: Evidence from Earthquake Risks,” *Journal of Political Economy*, 93(2), 369-389.
- Hidano, N., T. Hoshino and A. Sugiura (2015) “The Effect of Seismic Hazard Risk Information on Property Prices: Evidence from a Spatial Regression Discontinuity Design,” *Regional Science and Urban Economics*, 53, 113-122.
- Nakagawa, M., M. Saito and H. Yamaga (2007) “Earthquake Risks and Housing Rents: Evidence from the Tokyo Metropolitan Area,” *Regional Science and Urban Economics*, 37(1), 87-99.
- Nakanishi, H. (2016) “Quasi-Experimental Evidence for the Importance of Accounting for Fear When Evaluating Catastrophic Events,” *Empirical Economics*. Available online: doi:10.1007/s00181-016-1084-6.
- Nakanishi H. (2016) “How the Change of Risk Announcement on Catastrophic Disaster Affects Property Prices,” in G. Chichilnisky and A. Rezai (eds.) *The Economics of Global Environment—Catastrophic Risks in Theory and Policy*, Springer, forthcoming.
- Naoi, M., M. Seko and K. Sumita (2009) “Earthquake Risk and Housing Prices in Japan: Evidence before and after Massive Earthquakes,” *Regional Science and Urban Economics*, 39(6), 658-669.
- 梶秀樹, 塚越功(2012)『改訂版 都市防災学』学芸出版社.
- 川脇康生 (2009)「災害リスク回避選好の計量分析—リスク情報の開示は住民自らの防災投資を誘導するか—」,『応用地域学研究』, No.14, 49-62.
- 佐藤慶一, 松浦広明, 田中陽三, 永松伸吾, 大井昌弘, 大原美保, 廣井悠 (2016)「災害リスク情報と不動産市場のヘドニック分析」内閣府経済社会総合研究所 ESRI Discussion Paper Series No.327, 47p.
- 永松伸吾, 佐藤慶一, 田中陽三, 山本圭一 (2015)「災害に強い国土利用への中長期誘導方策の研究」, 内閣府経済社会総合研究所 New ESRI Working Paper No.34.
- 山鹿久木, 中川雅之, 齊藤誠 (2002)「地震危険度と地価形成: 東京都の事例」,『応用地域学研究』, No.7, 51-62.

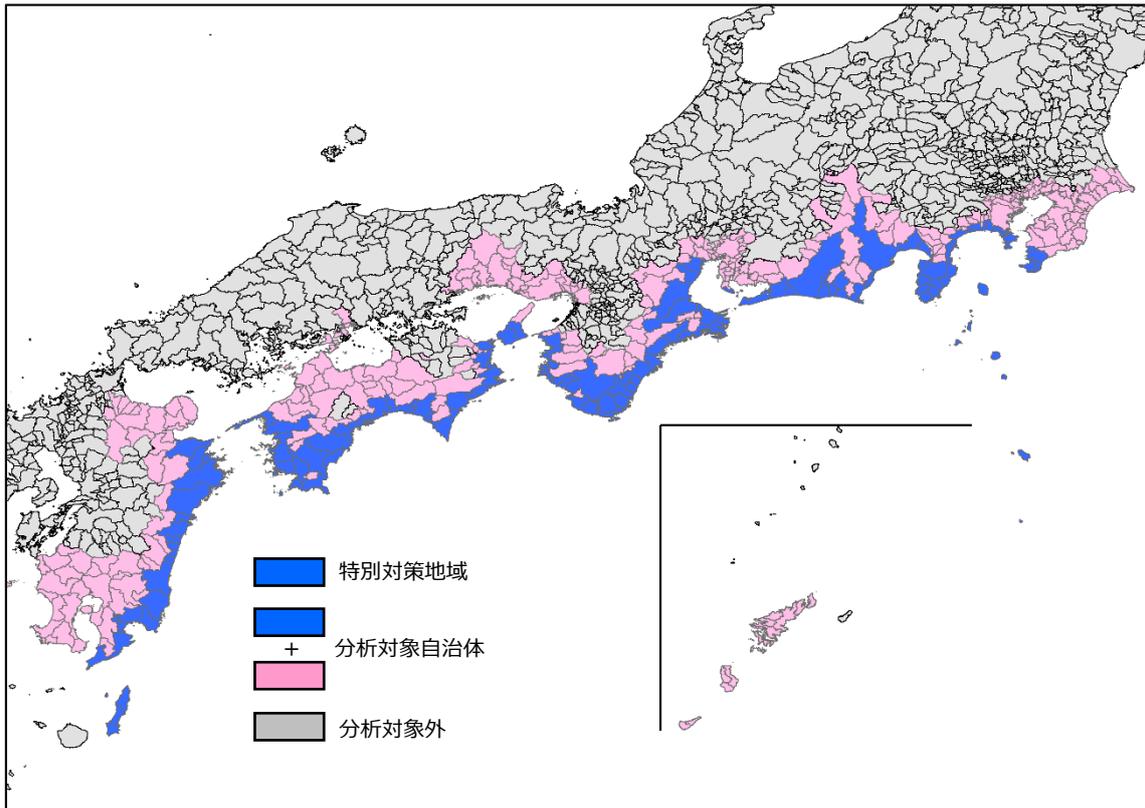
「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」

付表1 平行トレンドの検証

被説明変数:	社会増減率	転入率	転出率
	係数	係数	係数
	(標準誤差)	(標準誤差)	(標準誤差)
津波高の引き上げあり = 1			
× 2009年 = 1	0.1563 *	0.0581	-0.0982 *
	(0.0930)	(0.0654)	(0.0506)
× 2010年 = 1	0.1082	0.0509	-0.0573
	(0.0825)	(0.0618)	(0.0437)
× 2011年 = 1	0.0041	-0.0267	-0.0308
	(0.0793)	(0.0575)	(0.0560)
× 2012年 = 1	-0.1178 **	-0.0377	0.0802 *
	(0.0585)	(0.0563)	(0.0458)
× 2013年 = 1	-0.1114 *	-0.0814	0.0300
	(0.0631)	(0.0607)	(0.0407)
× 2014年 = 1	-0.0729	-0.0522	0.0206
	(0.0715)	(0.0680)	(0.0395)
× 2015年 = 1	-0.0485	-0.0642	-0.0157
	(0.0724)	(0.0544)	(0.0541)
固定効果			
市区町村ダミー(固定効果モデル)	Yes	Yes	Yes
都道府県ダミー×年ダミー	Yes	Yes	Yes
決定係数	0.1078	0.2120	0.1619
サンプルサイズ	3,440	3,440	3,440

注: ***, **, * はそれぞれ1%水準、5%水準、10%水準で推計された係数が統計的に有意であることを示す。カッコ内は市町村ごとにクラスタリングを行った標準誤差。すべての推計で以下の説明変数をコントロールしている。今後30年以内の震度6強以上の地震発生確率、人口一人当たり課税対象所得額(対数値)、人口密度、面積当たりの空港数・鉄道駅数・道路実延長・製造業事業所数。

「南海トラフ巨大地震の被害想定地域における社会移動」



国土数値情報（国土交通省）の『行政区域』をもとに筆者作成

付図 1 分析対象自治体