

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06256

研究課題名(和文) 自然災害が消費者の食料需要に与える影響：ビッグデータと自然実験に基づく因果推論

研究課題名(英文) Impacts of a natural disaster on consumer food demand: causal inference using big data and a natural experiment

研究代表者

松田 敏信 (MATSUDA, Toshinobu)

鳥取大学・農学部・教授

研究者番号：40301288

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、ホームスキャンデータを用いて差の差分析による因果推論を実施し、大規模自然災害が保存性食品の需要に与えた影響を推定した。2016年に発生した熊本地震をカップ麺の需要増加をもたらす自然実験とみなし、アウトカムに影響する既知の要因をすべて調整するために重回帰モデルを通じて差の差分析を行った。分析の結果、地震発生と主な被災地の熊本県におけるカップ麺の需要との間に因果関係があること、熊本県における地震発生月の平均因果効果は地震発生翌月以降の平均因果効果より明らかに大きいこと、また地震発生翌月以降の全国的効果は、全期間にわたる減少トレンドにより半年余りで徐々に相殺されたことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本では元々、その位置、地形、地質、気象などの自然条件のため、地震、噴火、台風などによる自然災害の発生が海外に比べて多いことが知られている。さらに、近年は異常気象による大規模な風水害や土砂災害が多発している。自然災害の発生は人々の生活に直接的・間接的に影響するが、消費者の食料需要にはどのような影響を与えるのか。本研究は、熊本地震がカップ麺の需要に与えた影響を、自然実験による因果推論を用いて明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study investigates the impacts of a large-scale natural disaster on the demand for non-perishable food, drawing a causal inference based on difference-in-differences (DID) analysis of aggregate homescan data. The 2016 Kumamoto earthquake is used as a natural experiment inducing increase in the demand for pot noodles. The DID analysis is performed through a multiple regression model to control all known variables affecting the outcome. The results find a statistically significant causal effect of the earthquake on the demand for pot noodles in Kumamoto prefecture as well as its effect on the pot noodle demand all over Japan. The causal effect in Kumamoto prefecture is much larger in the month of the earthquake than in the months afterward. The effect on the demand all over the country is found to be canceled out gradually over about half a year by a decreasing trend.

研究分野：農業経済学

キーワード：因果推論 カップ麺需要 差の差分析 自然実験 大規模自然災害 平均因果効果 平行トレンド仮定  
ホームスキャンデータ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本では元々、その位置、地形、地質、気象などの自然条件のため、地震、噴火、台風などによる自然災害の発生が海外に比べて多いことが知られている。さらに、近年は異常気象による大規模な風水害や土砂災害が多発している。自然災害の発生は人々の生活に直接的・間接的に影響するが、消費者の食料需要にはどのような影響を与えるのか。

自然災害が頻繁に起こるわが国において、このような問いは特に生産・販売サイドにとって重要な意味を持ち、既存研究でも取り組まれてきた。しかし、方法の限界やデータの制約により、自然災害と食料需要との因果関係が正しく識別されていない可能性がある。既存研究の大部分は、自然災害を含む外生的ショックと食料需要との相関を需要関数などによって構造推定したもの(松田, 2014 など)か、アンケート調査に基づく表明選好法によって影響を評価したもの(氏家, 2013 など)である。構造推定は、検証されていない先験的な理論仮説や根拠が希薄な定式化に依存しており、推定できるのは変数間の因果関係ではなく相関関係のみである。また表明選好法では、実際に商品が購入されるわけではないので仮想バイアスが発生する危険性があり、リアリティに欠ける面がある。このような既存研究の短所をいかに克服すべきか。

特に近年、経済学の実証研究では、生物医学統計で多用される無作為化比較試験またはそれに準じる方法による因果関係の推定、いわゆる「科学的根拠に基づく経済学」が重視されるようになってきている。しかし多くの場合、適切な無作為化によって変数間の因果関係を検証できる環境にはなく、食料需要を含む消費者行動の実証研究に因果関係の推定が浸透しているとはいえない。無作為化比較試験は現代の臨床研究におけるゴールドスタンダードとなっているものの、経済学の実証研究において介入群と対照群への無作為な割り付けは現実には不可能なことが多い(澤田, 2016)。

一方、自然実験では、自然災害のような偶発的に起きた原因(外生的ショック)により、あたかも無作為であるかのように、事実と反事実の原因が自然と割り振られた特定の出来事や状況を事後的に利用する。自然実験を利用することで、先験的な理論仮説や仮定への依存を最小限に抑えて、因果関係を調べることができる(Dunning, 2008)。自然実験は、変数間に因果関係があるという内部妥当性の確保においては、実験室実験にやや劣る。しかし、現実には起きた出来事の記録をそのまま利用するので、分析結果が社会一般で観察されるという外部妥当性やリアリティの点で優れている(Roe and Just, 2009)。さらに、消費者に対して研究者からの介入がないので、倫理的問題が発生する可能性は低い。例えば、Almond (2006)は妊娠時にスペインかぜにかかった女性の子どもの成人死亡率、学業成績、身体障害の発生率、所得、および社会経済的地位と母親の罹患との因果関係について、また Almond et al. (2009)はチェルノブイリ原発の事故時に妊娠していた女性の子どもの学業成績と事故との因果関係について、それぞれ自然実験により分析している。

### 2. 研究の目的

本稿は、大規模自然災害の事例として熊本地震を自然実験とみなし、代表的な保存性食品であるカップ麺の需要に熊本地震が与えた影響を明らかにする。消費者の実際の購買行動を記録した大標本のホームスキャンデータに基づく因果推論を行うことで、既存研究が把握できなかった自然災害と食料需要との厳密な因果関係を推定し、科学的根拠に基づくインプリケーションを提示する。

熊本地震では、2016年4月14日から16日にかけて、2回の震度7を含む震度6弱以上の地震が相次いで7回発生し、熊本県で最大18万人を超える避難者が出た(消防庁応急対策室, 2019)。被害や避難者の大部分が熊本県に集中していたことから、熊本地震は、熊本県の消費者を介入群、その他の都道府県の消費者を対照群とする自然実験とみなすことができる。

一方、1971年に日本で発売され、国内はもとより海外にも普及しているカップ麺は、日常の主食や間食としてだけでなく、非常用食料としての性格も併せ持っている。すなわち、一般に軽量で保存性が高く手軽に食べられるため、防災備蓄に適しており、代表的な非常用食料の一つとなっている。また、通常は熱湯を注いで数分で食べられるが、お湯を利用できない場合には水で戻して食べることも可能である。

非常用食料として利用されることも多いカップ麺の需要が、大規模災害の発生によって増加することは容易に推察できる。ただし、大規模災害は各種メディアを通じて全国に報道されるため、災害発生後、カップ麺の需要は全国的に増加することが考えられる。大規模災害の発生と被災地におけるカップ麺の需要との間に因果関係があるのかを明らかにするためには、災害発生後における被災地の需要増加がその他の地域の需要増加よりも大きいのかを因果推論によって検証する必要がある。

### 3. 研究の方法

(1) 基になるデータは、株式会社マクロミルにより収集された、2012年1月~2019年2月における延べ購入回数 4,246,647、異なる消費者数 80,733、異なる品目数 14,581 のカップ麺に関するホームスキャンデータである。個人の因果効果を推定することはできないので、集団の平均因果効果を推定する必要がある。そのため、保存性が高くしばしばまとめ買いされるカップ麺の性格を考慮し、基になるデータから月別・都道府県別に、観測値数 3,956 の変数(一人当たり月間購入量(g)、実質単価(円/g)、年齢(歳)、18歳以下の世帯人数(人)、19~60歳の世帯人数

(人), 61歳以上の世帯人数(人))に集計した。なお, 購入量には内容量を用い, 価格は総務省統計局の消費者物価指数(総合, 都道府県庁所在都市別)で除し100を掛けた。また, 購入量, 年齢, 各世帯人数は, 非購入者を含む消費者における平均である。

(2) 因果推論の方法として差の差分析(difference-in-differences analysis, DID; Ashenfelter and Card, 1985)を用い, 介入前後のアウトカムの差を介入群と対照群において比較する(差をとる)ことで, 介入群の平均因果効果を推定する。以下の式において,  $q$ は一人当たり月間購入量, 上付き文字 $T$ と $C$ はそれぞれ介入群と対照群, 下付き文字1と0はそれぞれ介入後と介入前を表す。

介入群(熊本県)のアウトカム(一人当たり月間購入量)において介入(地震発生)の前後で

$$E(\Delta q^T) = E(q_1^T) - E(q_0^T)$$

の変化があり, 対照群(その他の都道府県)のアウトカムにおいて介入前後で

$$E(\Delta q^C) = E(q_1^C) - E(q_0^C)$$

の変化があったとすると, 平均因果効果は

$$DID = E(\Delta q^T) - E(\Delta q^C)$$

となる。 $E(\Delta q^C)$ は地震発生の全国的効果,  $E(\Delta q^T)$ は「平均因果効果+全国的効果」を表すと考えることができる。

また, 介入前のアウトカムにおいて介入群と対照群との間に

$$E(\Delta q_0) = E(q_0^T) - E(q_0^C)$$

の差があり, 介入後のアウトカムにおいて介入群と対照群との間に

$$E(\Delta q_1) = E(q_1^T) - E(q_1^C)$$

の差があったとすると, 平均因果効果は

$$DID = E(\Delta q_1) - E(\Delta q_0)$$

とも表現することができる。 $E(\Delta q_0)$ は介入群と対照群との違い(地震発生前からある地域差)による効果,  $E(\Delta q_1)$ は「平均因果効果+地域差」を表すと考えることができる。

本稿は, 介入後として地震発生月および地震発生翌月以降の二種類を想定するとともに, アウトカムに影響すると考えられる既知の要因を調整するため, 次のような重回帰モデルにより差の差分析を実施する。

$$q = \beta_0 + \beta_1 D^T + \beta_2 D^Z + \beta_3 D^A + \beta_4 D^T D^Z + \beta_5 D^T D^A + \sum_{i=6}^{67} \beta_i x_i + e \quad (7)$$

ただし,  $D^T$ は熊本県を1, その他の都道府県を0とするダミー変数,  $D^Z$ は地震が発生した2016年4月を1, それ以外を0とするダミー変数,  $D^A$ は地震発生の翌月以降を1, それ以外を0とするダミー変数,  $x_i$ はそれらの他に一人当たり月間購入量に影響すると考えられる変数,  $e$ は誤差項を表す。 $x_i$ のうち,  $x_6$ は「実質単価価格」,  $x_7, \dots, x_{10}$ はいわゆる「人口統計的変数」,  $x_{11}$ と $x_{12}$ はそれぞれ全期間と地震発生後の「月次トレンド」,  $x_{13}, \dots, x_{23}$ は1月をベースラインとする「月ダミー」,  $x_{24}, \dots, x_{67}$ は東京都をベースラインとする「熊本県ダミー」以外の「都道府県ダミー」である。

(3)  $D^T$ のパラメータ $\beta_1$ は 式の $E(\Delta q_0)$ に相当し, その他の説明変数を不変とした場合に, 熊本県とその他の都道府県で一人当たり月間購入量がどれだけ異なるか, すなわち地域差を表す。式における「都道府県ダミー」のベースラインは東京都なので, 具体的に $\beta_1$ は熊本県と東京都との差を表している。

式の説明変数には「月次トレンド(地震後)」 $x_{12}$ が含まれるので, 式の $E(\Delta q^C)$ に相当するのは,  $\beta_2 + \beta_{12}$ および $\beta_3 + \beta_{12}x_{12}$ である。ただし,  $\beta_2$ は $D^Z$ のパラメータ,  $\beta_3$ は $D^A$ のパラメータ,  $\beta_{12}$ は $x_{12}$ のパラメータを表す。 $\beta_2 + \beta_{12}$ は, その他の説明変数を不変とした場合に, 地震発生前( $x_{12} = 0$ )と地震が発生した月( $x_{12} = 1$ )で一人当たり月間購入量がどれだけ異なるか, すなわち地震発生月の全国的効果を表す。 $\beta_3 + \beta_{12}x_{12}$ は, その他の説明変数を不変とした場合に, 地震発生前と地震発生の翌月以降( $x_{12} = 2, \dots, 35$ )で一人当たり月間購入量がどれだけ異なるか, すなわち地震発生翌月以降の全国的効果を表す。

$D^T D^Z$ のパラメータ $\beta_4$ および $D^T D^A$ のパラメータ $\beta_5$ は, 式または 式のDIDに相当する。 $\beta_4$ は, その他の説明変数を不変とした場合に, 地震発生月における熊本県の一人当たり月間購入量が地震発生前における東京都の一人当たり月間購入量よりもどれだけ大きいのか, すなわち地震発生月における熊本県の平均因果効果を表す。 $\beta_5$ は, その他の説明変数を不変とした場合に, 地震発生翌月以降における熊本県の一人当たり月間購入量が地震発生前における東京都の一人当たり月間購入量よりもどれだけ大きいのか, すなわち地震発生翌月以降における熊本県の平均因果効果を表す。なお,  $D^T D^Z$ では地震発生月の熊本県が1, それ以外が0,  $D^T D^A$ では地震発生翌月以降の熊本県が1, それ以外が0となる。

#### 4. 研究成果

(1) 差の差分析では, 仮に地震が発生しなかった場合, 熊本県とその他の都道府県の一人当たり月間購入量は同じトレンドを描くという, 平行トレンド仮定が成り立っていることを前提として

いる。ただし、平行トレンド仮定は、実際に起こらなかった結果に関する仮定なので、直接検証することはできない。地震発生前の一人当たり月間購入量のトレンドが、熊本県とその他の都道府県で同じであるかどうかは検定できることから、もし地震発生前のトレンドが同じであるならば、仮に地震が発生しなかった場合に熊本県とその他の都道府県の一人当たり月間購入量は同じトレンドを描くとみなすことができる(Galiani et al., 2005)。

具体的には、地震発生前のデータを用い、式から「月次トレンド(地震後)」、「地震月ダミー」、「地震翌月以降ダミー」、「熊本県ダミー×地震月ダミー」、「熊本県ダミー×地震翌月以降ダミー」を除いて「熊本県ダミー×月次トレンド」を加えた重回帰モデルを普通最小二乗法により推定し、「熊本県ダミー×月次トレンド」のパラメータがゼロであるという帰無仮説に対して検定を実施した(高山ら, 2015)。なお、都道府県別に繰り返し観測されたデータを用いることで誤差項が自己相関をもち、パラメータの標準誤差が過少評価される可能性がある。そこで、都道府県についてクラスタリングしたクラスター標準誤差でパラメータ推定値を除すことにより、 $t$ 値を算出した(Bertrand et al., 2004; Angrist and Pischke, 2015)。「熊本県ダミー」と「月次トレンド」との交差項(「熊本県ダミー×月次トレンド」)のパラメータがゼロであるという帰無仮説は有意水準10%で棄却されないことから、平行トレンド仮定の成立を否定できない。

(2) 普通最小二乗法により式を推定した $t$ 値は、都道府県についてクラスタリングしたクラスター標準誤差を用いて算出した。なお、欠落変数バイアスを回避するため、パラメータ推定値が統計的に有意でない説明変数をモデルから除外していない(安井, 2020)。

地震発生月の全国的効果を表す $\beta_2 + \beta_{12}$ と月次トレンド(全期間) $\beta_{11}$ の推定値を合わせて見ると、地震発生前に比べて地震発生月に一人当たり月間購入量が全国的に約13g増加したことがわかる。また、 $\beta_3 + \beta_{11}x_{11} + \beta_{12}x_{12}$ により地震発生翌月以降の全国的効果と月次トレンド(全期間)を合わせて見ると、地震発生前に比べて地震発生翌月に一人当たり月間購入量が全国的に約5g増加し、その後毎月約0.8gずつ減少していったことが見てとれる。

(3) 「熊本県ダミー」と「地震月ダミー」との交差項(「熊本県ダミー×地震月ダミー」)のパラメータ $\beta_4$ の推定値は、地震発生月における熊本県の平均因果効果であり、地震発生月に主な被災地の熊本県におけるカップ麺の一人当たり月間購入量に地震発生が与えた影響は約25gと評価することができる。また、「熊本県ダミー」と「地震翌月以降ダミー」との交差項(「熊本県ダミー×地震翌月以降ダミー」)のパラメータ $\beta_5$ の推定値は、地震発生翌月以降における熊本県の平均因果効果であり、地震発生翌月以降に熊本県におけるカップ麺の一人当たり月間購入量に地震発生が与えた影響は約11gと評価することができる。

これらの推定結果は、地震発生と被災地におけるカップ麺の需要との間に因果関係があり、地震発生月の平均因果効果は地震発生翌月以降の平均因果効果より明らかに大きいことを示している。また、地震発生翌月以降の全国的効果は、全期間にわたる減少トレンドにより半年余りで徐々に相殺されたことが示唆される。

(4) カップ麺の一人当たり月間購入量に与えた影響は、「購入者の年齢」がプラス、「実質単価」と「月次トレンド(全期間)」がマイナスである。その他の説明変数を不変とした場合に、分析期間におけるカップ麺の需要は漸減傾向にあるが、地震発生後、その減少幅はやや小さくなっている。「月ダミー」と「都道府県ダミー」のパラメータ推定値を見ると、カップ麺の一人当たり月間購入量は12月をはじめとする気温の低い季節(12~3月)に多く、また北海道、東北、北関東、山陰など積雪地域や寒冷地域で特に多い傾向が見られる。カップ麺は温かくして食べるものが大部分であるため、気温の低い季節や地域における需要が特に多いことを反映した推定結果であるといえよう。

(5) 価格弾力性の計算結果をみると、価格が1%上昇すると購入量が平均で約0.2%減少すること、すなわち価格変化に対する需要反応が非弾力的であることがわかる。ただし、月別・都道府県別に多くの品目を集計する過程で、個々の品目に比べて価格変化に対する需要反応が小さくなった可能性が考えられる。

#### <引用文献>

- Almond, D. 2006. Is the 1918 influenza pandemic over? Long-term effects of in utero influenza exposure in the post-1940 U.S. population. *Journal of Political Economy* 114: 672-712.
- Almond, D., L. Edlund and M. Palme. 2009. Chernobyl's subclinical legacy: prenatal exposure to radioactive fallout and school outcomes in Sweden. *Quarterly Journal of Economics* 124: 1729-1772.
- Angrist, J. D. and J.-S. Pischke. 2015. *Mastering 'metrics: the path from cause to effect*. p.205-208. Princeton University Press, Princeton.
- Ashenfelter, O. and D. Card. 1985. Using the longitudinal structure of earnings to estimate the effect of training programs. *Review of Economics and Statistics* 67: 648-660.
- Bertrand, M., E. Duflo and S. Mullainathan. 2004. How much should we trust differences-in-differences estimates? *Quarterly Journal of Economics* 119: 249-275.
- Dunning, T. 2008. Improving causal inference: strengths and limitations of natural experiments. *Political*

- Research Quarterly 61: 282-293.
- Galiani, S., P. Gertler and E. Schargrodsky. 2005. Water for life: the impact of the privatization of water services on child mortality. *Journal of Political Economy* 113: 83-120.
- 松田敏信 . 2014 . 原子力発電所事故が生鮮魚介・肉類需要に与えた影響 . 谷口憲治編 . 地域資源活用による農村振興 . p.123-143 . 農林統計協会 . 東京 .
- Roe, B. E. and D. R. Just. 2009. Internal and external validity in economics research: tradeoffs between experiments, field experiments, natural experiments, and field data. *American Journal of Agricultural Economics* 91: 1266-1271.
- 澤田康幸 . 2016 . 経済学における実証分析の進化 . 進化する経済学の実証分析 ( 経済セミナー増刊 ) : 13-19 .
- 消防庁応急対策室 . 2019 . 熊本県熊本地方を震源とする地震 . 第 121 報 .
- 高山太輔・正木卓・中谷朋昭・堀部篤 . 2015 . 農地保有合理化法人の設立は農地の流動化を促すか—北海道における市町村段階の農地保有合理化法人を対象として— . 農村計画学会誌 . 34: 151-159 .
- 氏家清和 . 2013 . 農産物の放射性物質汚染に対する消費者評価の推移 . 農業経済研究 . 85: 164-172 .
- 安井翔太 . 2020 . 効果検証入門—正しい比較のための因果推論 / 計量経済学の基礎— .p.48-59 . 技術評論社 . 東京 .

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 松田敏信	4. 巻 27
2. 論文標題 消費者，品目，店舗系列の異質性を考慮したビール系アルコール飲料の需要分析 大標本ホームスキャンデータを用いた階層ベイズモデルの推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 農業生産技術管理学会誌	6. 最初と最後の頁 171-184
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松田敏信	4. 巻 28
2. 論文標題 大規模自然災害がカップ麺の需要に与えた影響 2016年熊本地震の事例分析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 農業生産技術管理学会誌	6. 最初と最後の頁 107-114
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Dinku, S. Y. and Matsuda, T.
2. 発表標題 Effects of bilateral trade agreements on the demand for beef in Japan: The case of Japan-Australia EPA and Japan-US FTA
3. 学会等名 Farm Management Society of Japan
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平松和貴・松田敏信
2. 発表標題 農産物価格時系列の単位根検定に対するサンプルサイズの影響
3. 学会等名 日本農業経営学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------