

原発事故が消費選好に与えた影響の分析 —被災県産モモを事例に一*

太 田 壘, 李 琦

1. はじめに

東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故は、福島県を中心に被災地とその近隣県での農業、畜産業、漁業、林業、その他産業の生産活動に大きな影響を与えた。特に、放射性物質は農作物に付着することがあり、それを食品として大量に体内に取り入れると内部被ばくをもたらす。これは消費者にとって大きな懸念であり、科学的根拠に欠けているとしても、健康リスクを考えて、短期間に福島県を中心に被災地の食品に対する買い控え行動が生じた。

このような背景から、原発事故によるネガティブな情報が消費選好に与えた影響を定量的に計測することは大変重要な問題だと考える。そこで、本研究では東京都中央卸売市場におけるモモ類取引データを用い、2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故が被災県産のモモへの消費選好に与える影響を実証分析した。東日本大震災が消費者に与えた影響については様々な観点から分析が行われているが、私たちの知る限り、消費者の選好パラメータを分析した研究はない。原発事故により、特定の財の消費選好がどのように変化したかを明らかにしたのは本稿が初めてだと考えられる。

* 本論文は横浜市立大学大学院国際マネジメント研究科に修士論文として提出した李（2019）を加筆・修正したものである。作成にあたり康聖一教授および坂口利裕教授より有益なコメントを頂いた。本研究は JSPS 科研費 16K03635 の助成を受けた。

本研究は効用関数の推定を通して、東日本大震災による原子力発電所事故が、消費者の被災県産のモモに対する選好にどのような影響を与えていたかについて分析を行った。推定結果によると、2011 年震災発生以後、福島県及び山形県産モモに対する消費者の選好パラメーターが大幅に低下した。消費者が製品の品質を判断するのに十分に合理的であれば、その選好パラメーターの低下は製品品質の低下を反映できる。本稿の分析は原発事故による経済被害を計測する際に、商品の価格と数量の変化だけでなく、商品の品質変化の要因を考慮に入れることが重要であることを示唆している。

また、効用関数の推定結果に基づいて、原発事故によって引き起こされる価格の歪み率及び死重の損失を推計した。原発事故前の 2005 年から 2010 年にかけて歪み率は 1 より大きかった一方、事故後は歪み率が小さくなっている。このことは、夏の贈答品として利用された福島県産のモモが、事故によりブランド品として質を失い、価格に大きなマージンを乗せられなくなった結果ではないかと推測される。

本研究の構成は以下の通りである。次節では原発事故が消費選好行動に与えた影響に関する先行研究を概観しながら、本研究の背景を明らかにする。第 3 節では行動モデルと効用関数の推定について説明する。第 4 節では震災前後においての効用関数のパラメーターがどのように変化したかを分析した上に、原発事故による価格の影響を分析した。第 5 節に関しては、福島県産モモの理論価格を導き出すことによって、原発事故に起因する死重的損失を推計した。最終節では、本研究の実証分析から得た結論のまとめおよび今後の課題について述べる。

2. 先行研究

原発事故により放射性物質が人々の健康被害をもたらし、さらにそれが消費者の行動の変化をもたらしているかどうかを確認するべきである。原発事故が消費者の購買行動に与えた影響について、多くの先行研究は独自

のアンケート調査結果に基づき、食品安全性情報の消費者需要への影響を明らかにしているが、家計消費データと取引市場のデータにより原発事故が消費者の購買行動に与える影響の研究は少ない。したがって、本節では、過去の震災またはその他自然災害の影響分析に関する研究を含め、本文の問いに関連する先行研究を振り返っていききたい。また、原発事故が消費行動に与える影響を扱っている研究もまとめている。

2.1. 家計消費データと取引データを利用した購買行動の分析

家計消費データと取引データを用いた需要体系モデルに基づき、原発事故が消費者の需要に与える影響について分析した先行研究として、水田・乾・松浦（2016）がある。彼らは放射性物質の飛散に関して物理的に影響を受けていないコメに着目し、首都圏の小売店におけるコメ購買データ（POS データ）を用い、2011 年 3 月に発生した東日本大震災に伴う放射性物質の飛散情報が 2010 年産コメの購買行動に与えた影響を実証的に分析し、原発事故前後の南関東の食品スーパーにおいて、福島県産以外を含む被災地産コシヒカリの売上金額の伸び率が、対照群と比較して低下したことを示した。また、その要因として単価の落ち込みよりも販売量の落ち込みが大きく寄与したことが明らかになった。福島県産等のブランドの廉売だけではなく、これらの地域等からのコメの買い控えも一因であるものと考えられる。

また、Tajima, Yamamoto, and Ichinose（2016）は実際の消費を顕示された選好として、支払意思（価格）情報を用いたヘドニック法で分析を行った。具体的には 2006 年 1 月から 2015 年 2 月までの東京都中央卸売市場における 6 種類の野菜（アスパラガス、モヤシ、ブロッコリー、キュウリ、インゲンおよびトマト）の月次取引価格情報を利用して、東日本産野菜の大消費地である東京都における消費者行動を、産地による差異を原発事故前後で比較するアプローチを用いた。推定結果により、2011 年の 3 月を境として福島県産であることによりトマト以外の 5 品目において市場価格

が他県産と比較して大幅に低下したことを明らかにした。すべてのパラメータは統計的に有意である。さらに、この価格の低下は事故後 4 年を経た時点でも事故前の水準に回復していなかったことを示した。価格の変動幅は品目によって異なるが、事故前と比較して 10 - 36%の低下となっており、事故から 4 年目の 2014 年 3 月 - 2015 年 2 月の期間でも事故前より価格が 8 - 37%低下していた。実際に市場に流通している農産物に対する消費者による回避行動が長期に渡って続いていることも指摘した。

2.2. 独自のアンケート調査を利用した購買行動の分析

齋藤・松本・河田（2012）は震災発生 3 か月後の平成 23 年 6 月に、大学生を対象に実施したハウレンソウに対する購買行動調査にもとづき、福島県産農産物に対する消費者の購買行動を分析し、放射能検査の実施が購買意欲の回復にどの程度貢献するのかを分析した。結果は放射能検査の有効性を示すものであった。また、経済的選好や行動特性を対象に調査を行ったところ、東日本大震災の前後で同一個人を追跡した大阪大学 GCOE データをもとに、震災前後において日本人の選好パラメーターが変化したという調査結果もある（大竹・明坂・齋藤、2014）。¹ 氏家（2012）は福島県産と茨城県産のハウレンソウならびに牛乳を対象に、2011 年 3 月末から 2012 年 2 月までに行ったインターネットによる消費者調査に基づき、WTA（Willingness to Accept）関数のモデルを推定し、消費者評価の推移のありようを定量的に分析した。そこでは、汚染による健康リスクを評価した上で買い控えるという合理性が消費者行動の中に存在することが明らかにされた。

一方で、日本政策金融公庫（2013）が 2013 年 1 月に実施した 2012 年度下半期消費者動向市場調査では、震災から約 2 年が経過し、原発事故の影

¹ Hanaoka, Shigeoka, and Watanabe (2018) は大阪大学 GCOE データを用いて、地震の激しさを経験した後に個人のリスク選好が変化するかどうかを分析している。

響があると考える生産物（生鮮食品や加工食品とも）への安全性に対する懸念が徐々に薄れ、消費者の購買意欲が戻りつつある傾向を示した。また有賀（2014）は、2014年1月30日～2月4日に実施したアンケート調査を用い、消費者の環境に対する意識が発電所近辺を産地とする食品購入に与える影響について検証した。環境意識の高い消費者ほど原発近辺を産地とする食品に対する購入意欲があることが示された。また食品内の放射性物質の規格基準への信頼、高年齢、男性といった要素は購入意欲に正の影響があることがわかった。一方、高所得、高学歴、子供が多い、居住地が原発から離れているといった要素は購入意欲に負の影響を与えることが明らかとなった。

贈答用途の売買取引については、購買者と使用者（消費者）が異なるために、半杭（2016）は卸売市場における取引のような公表資料のデータを使わなかった。福島県産のモモとリンゴについて贈答向けの購買経験と居住地によって絞り込んだ福島県、首都圏、京阪神の消費者を対象としてインターネットアンケートを用いて調査し、得られたデータを実証分析した。結論では、震災発生年におけるモモとリンゴの贈答用の購買は大きく落ち込んだ。その理由として想定される放射性物質に対する懸念について、払しょく材料として期待されるモニタリング検査の結果、調査対象が暫定規制値を超える放射性物質が検出されていないことを知っていても購買者の選択につながらないことを示唆している。

東日本大震災が家計に与えた影響については、「慶応義塾家計パネル調査」を利用して、様々な観点から分析が行われている。² しかしながら、消費者の選好パラメーターを分析した研究はない。

² 例えば萩原（2012）は東日本大震災の直後に起こった買い溜めや買い控えの原因を「不安」という観点から捉え、不安が消費行動に与える影響を分析した。また、馬（2012）は東日本大震災前後の家計所得と家計消費の変動について消費保険仮説を検証し、石野・大垣・亀坂・村井（2012）は東日本大震災発生前後の人々の主観的な幸福感や利他性などの価値観、寄付などの利他的経済行動の在り方について考察した。

2.3. 原発事故がもたらした日本食品の輸出への影響

東日本大震災により原発事故が発生して以来、韓国、中国、香港、シンガポール、マカオ、台湾等、国・地域で日本の一部の都県を対象に食品輸入停止を継続している（農林水産省食料産業局、2018）。規制措置の内容は各地域で異なっているが、依然として輸入停止措置が継続されている地域もあるといったように、農産物の輸出に関する規制としてはかつてない大規模なものになっている。

日本の対中国農産物輸出をみると、2011 年は 5.8 億円となっており、2010 年の 13.1 億円と比べると大きく減少している。また 2013 年において、台湾や米国といった他の主要輸出先では 2010 年とほぼ同じ規模にまでに回復しているものの、対中国輸出では 9.0 億円にとどまっており、回復は比較的緩慢であると捉えることができる（佐藤、2015）。さらに、東日本大震災を境に、それまで長期間黒字基調にあった日本の貿易収支に大きな変化が起きていた。国民経済計算（SNA）ベースの貿易・サービス収支である名目純輸出（季節調整値）は、2011 年 4～6 月期、7～9 月期と 2 四半期連続でマイナスとなった。

表 1 は 2011 年におけるモモ類輸出の月別の推移を示したものである。東日本大震災後の各国・地域での輸入規制の強化のため、モモ類の輸出環境が悪化となった。名目輸出額を確認すると、2011 年原発事故発生年モモ類の輸出額が前年差約一億九千四百万円にも達した。総輸出量は 2010 年に比べると、約 21 万キログラムも減少した。

以上の既存研究のレビューにより、被災地域における事故の影響に関する分析の大部分は、災害によって生産されたモノの生産と出荷制限、風評被害による価格および取引量の下落の状況の分析であることが分かる。人々の消費行動に与える影響に関して、これまでの多くの分析については、消費者の実際の購買行動ではないアンケート調査によるデータを用いたもので、研究結果はある程度に限定的なものと考えられる。取引データに基づいて消費選好パラメーターの推定を通じながら、放射能汚染の懸念が消費

表 1 2011 年におけるモモ類の輸出の変化

輸出（前年差）	数量（KG）	前年差	金額（千円）	前年差
2011 年 1 月	0	0	0	0
2011 年 2 月	0	0	0	0
2011 年 3 月	0	0	0	0
2011 年 4 月	0	-224	0	-809
2011 年 5 月	4,375	-7,267	13,759	-21,699
2011 年 6 月	13,928	-16,298	21,905	-28,644
2011 年 7 月	57,767	-94,085	61,046	-71,912
2011 年 8 月	125,575	-52,093	103,109	-37,159
2011 年 9 月	77,378	-43,861	58,205	-34,248
2011 年 10 月	1,395	110	1,021	204
2011 年 11 月	0	0	0	0
2011 年 12 月	0	0	0	0
2011 年 1-12 月	280,418	-213,718	259,045	-194,267

注：財務省「貿易統計」をもとに作成。ここでモモ類はネクタリンを含む。この後、本研究での主な分析で用いたデータはネクタリンを含まない。

活動に与える影響に関しては、十分な研究蓄積が進んでいない。

そこで本研究では、原発事故が被災地域産物に対する消費者の実際の購買行動にどのように影響したのか、原発事故の前後に消費者の選好がどのように変化していたかを明らかにする。³ また、福島県産のモモはブランド認証産品であり、原発事故によって価格にも影響があったと考えられる。推定した効用関数を用いて、消費者が直面した理論価格と取引価格との差についても分析を行う。

3. 分析の枠組み

本研究は、夏期に親戚や上司への贈答品によく選択されるモモに対する

³ Callen (2015) は、インド洋大地震を事例として人々の経済的選好が自然災害の影響を受けることを明らかにした。

消費者の選好に、焦点を当てている。モモに注目した主な理由としては、福島産のモモは最も品質の高いものの一つであると考えられるため、モモに対する消費者選好の変化は、その他の農産物よりも大きいと推測できるからである。モモの生産は夏の7月～9月に集中している。また、痛みやすいため、賞味期間が短く、原発事故によるリスクに対する消費者の短期的な意識とそれに対する購買行動の変化を把握するのに適していると考えられる。

本研究の重要な前提は、原発事故前後において被災地域産の物に対して、消費者の好みが変わったことである。したがって、震災前後期間での消費者効用関数が異なることを想定している。また、消費者がリスク情報に対して合理的な行動をとることを仮定している。原発事故発生後にモモの購入について、例年モモの生産量が多い福島県、山形県、山梨県、長野県産モモの取引データを用いて、震災前後の効用関数を直接推定する。これにより市場取引価格と効用関数の推定値から計算される、消費者が直面する理論価格の間の歪み率を推定できる。

本節では、被災県産農産物に対する消費者の選好がどのように変化したかを明らかにするため、Yano, Takahashi and Mizuno (2005) による、多層消費モデル (Multi-tier Consumption Model) を用いて福島第一原発事故が消費選好に与えた影響を推定する。3.1 節で使用するデータについて説明した後、3.2 節で Yano et al. (2005) を基にした推定モデルを記述し、3.3 節では消費者効用関数の具体的な推定過程ならびに推定結果について説明する。

3.1. データ

本研究のデータは、日本国内最大の東京都中央卸売市場が提供している市場取引情報から構築されている。⁴ したがって、日本国内、特に東日本

⁴ データは東京都中央卸売市場のホームページ内『市場取引情報』より入手した。

に在住する消費者の選好を推定していると考えられる。消費者が原発事故による放射線汚染を特に懸念する可能性のあるモモ類(モモとネクタリン)の産地別月次データを用いた。

データ期間は 2005 年から 2016 年であり、モモが特定の季節に適応しながら成熟していくので、データの季節変動が推定精度を低下させないために季節外のデータを使用する必要はないと考えた。したがって、本研究の分析期間を 13 年間各年の 5 月から 10 月までに調整した。また、価格データは 2015 年の消費者物価指数で実質化した。

表 2 は記述統計量である。取引量と取引金額の面では、山梨県産のモモが国内で最大のシェアを占めている。日本全国における、モモの取引量の上位 4 地域は、山梨県、福島県、長野県、山形県である。これらの産地の合計取引量は、日本の総取引量の 92% 以上を占めている。そのため、本研究では、山梨県、福島県、長野県、山形県の 4 県をモモ産地として限定した。

図 1 は東京都中央卸売市場における 2005 年から 2016 年まで各年のモモ取引量変化を示したものである。このグラフをみると、12 年間で山梨県産のモモは日本国内で最大取引量を維持している。気温要因と自然条件等による毎年の取引量にバラツキがあるが、長期的なトレンドとして考えれば 2011 年以後日本全国のモモの取引量は震災前とほぼ変わらぬ平均水準に戻っていたことがわかる。

一方で、価格面の変化は様子が異なる。図 2 は福島県、山形県、山梨県と長野県産モモの実質平均価格及び全国の実質平均価格変化である。福島県、山形県と長野県産モモの平均価格は全国平均価格を下回り、山梨県産モモの平均価格は全国平均価格を上回っている。また、震災発生年においては、山梨県産以外の平均取引価格は下がっており、中でも福島県産モモの実質平均価格の最大価格落差は 240 円に達した。全国平均価格と比較して、2011 年において、福島県産モモの平均価格と全国平均価格の差が一時的に拡大した。しかし、長期的なトレンドを見ると、2012 年から 2016

表 2 記述統計

変数		平均	標準 偏差	最小値	中央値	最大値
平均取引価格 (円/kg)	福島県産のモモ	734.87	559.80	220.76	481.47	3233.49
	山形県産のモモ	446.90	287.17	122.02	386.40	1575.88
	山梨県産のモモ	860.42	585.87	404.70	604.46	2347.82
	長野県産のモモ	784.12	525.98	288.32	486.71	1885.83
市場シェア (総金額)	福島県産のモモ	0.20	0.19	0.00	0.19	0.55
	山形県産のモモ	0.08	0.10	0.00	0.02	0.34
	山梨県産のモモ	0.48	0.32	0.00	0.55	0.93
	長野県産のモモ	0.11	0.13	0.00	0.07	0.59
取引量 (1,000kg)	福島県産のモモ	736.5	1,120.8	0.02	356.6	4,614.3
	山形県産のモモ	138.1	208.8	0.01	9.8	677.2
	山梨県産のモモ	1,369.3	1,937.2	0.07	268.3	6,499.3
	長野県産のモモ	156.3	216.6	0.3	32.0	727.9
市場シェア (総量)	福島県産のモモ	0.21	0.20	0	0.19	0.63
	山形県産のモモ	0.09	0.11	0	0.02	0.33
	山梨県産のモモ	0.45	0.32	0	0.44	0.91
	長野県産のモモ	0.11	0.13	0	0.09	0.60

注：表 2 は東京都中央卸売市場「市場取引情報（月報・年報）」をもとに作成したものである。ここでモモ類はネクタリンを含まない。いずれも 2005 年から 2016 年の 12 年間で毎年 5 月から 10 月までの月次データの記述統計である。サンプルサイズは 72。

年にかけて福島県産モモの平均価格水準と全国平均価格の格差は徐々に小さくなっていることが見てとれる。山梨県産モモにおいては安定した上昇を維持している。平均価格の最大値は 2013 年の 638.63 円 / kg、最小値は 2005 年の 485.87 円 / kg である。震災発生年の山梨県産モモの平均価格は、全国の平均価格よりも高い水準を維持してきたが、原発事故により放射性物質の影響を受けなかったことが原因と考えられる。

図1 東京都中央卸売市場における 2005 年～ 2016 年
モモの取引量の変化

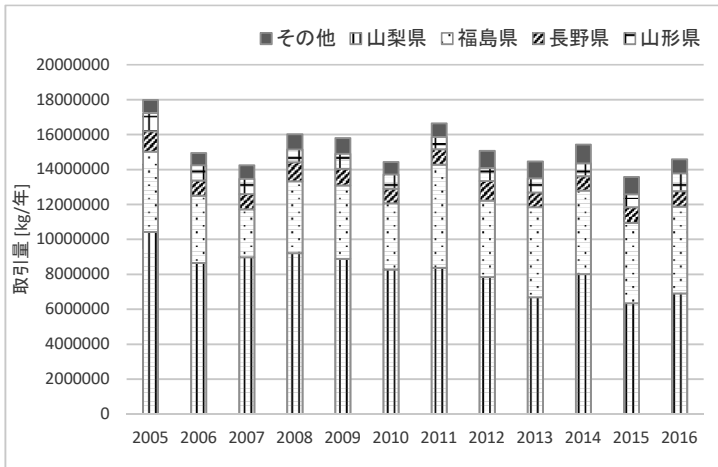
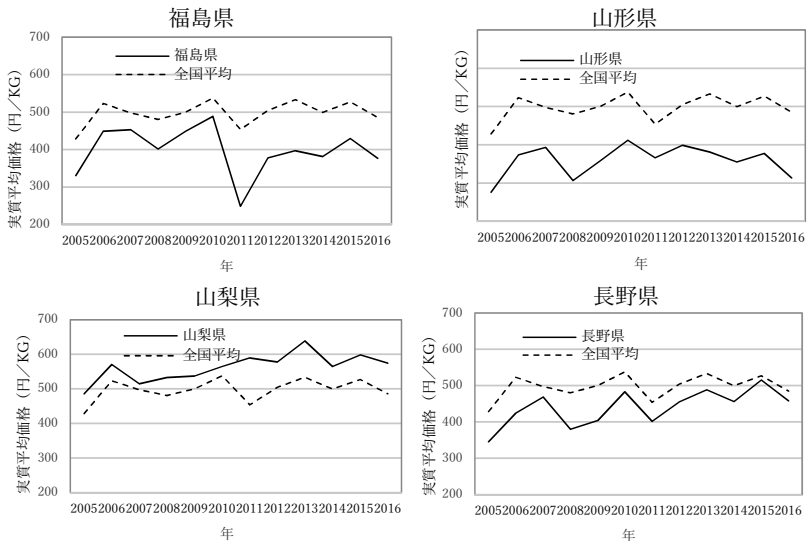


図2 東京都中央卸売市場における産地別 2005 年～ 2016 年モモの
実質平均価格の変化



注：東京都中央卸売市場による公表データを用いて作成した。CPI は「総務省『消費者物価指数』の東京都都区部（品目別価格指数）、中分類指数・果物、2015 年基準」を利用した。

3.2. モデル

本小節では、福島第一原発事故が消費選好に与えた影響を定量分析するため、消費効用関数の推定を可能にする多段階の消費モデルについて説明する。原子力発電所事故の近くで生産された農産物は汚染されている可能性が高いため、消費者はこれらの食品に放射性物質が含まれている可能性が高いことを認識していたならば、事故以後、被災県の生産地における農産物の需要は、放射性物質を受けなかった生産地に比べて減少することと推測される。したがって、本研究は原発事故の発生前後において、被災県産および非被災県産の農産物に対する消費者の効用関数が変化したと仮定している。

早川（2011）によると、放射能数値が一番高い地域は福島県であり、また山形県、茨城県、宮城県、栃木県もある程度の放射能が広がっている。福島県と山形県は地理的に近いため、本研究は原発事故を受けたモモの消費量は、福島県産のモモ及び山形県産のモモの消費量に関連していると想定した。また、長野県と山梨県は福島第一原子力発電所から距離的には遠く離れており、放射線量も相対的に少ない。更にこれら二つの地域は、日本のモモの重要な生産地域である。それゆえに、本研究では原発事故を受けなかった地域のモモの消費量は、山梨県産のモモと長野県産のモモによる消費量に関連していると想定した。また、消費者が市場で選択可能な財のタイプは第一段階財（upper-tier goods）と第二段階財（bottom-tier goods）の2種類があると定義し、消費者の効用は第二段階財の消費量に依存と想定する。

下記の実証分析では、第二段階財の商品が4つあると仮定する。効用関数は、 $u = U(x_1, x_2, x_3, x_4)$ であり、 x_i は i 県で生産された財の消費量である。消費者の効用は第二段階財の消費量に関連する。これら4つの第二段階財のうち、原発事故を受けた地域産の財1、財2、が一つの複合財 X を構成し、第一段階財と定義される。つまり、効用関数は次のように表すことができる。

$$U(x_1, x_2, x_3, x_4) = u(x(x_1, x_2), x_3, x_4) \quad (1)$$

ここで、 $x=x(x_1, x_2)$ は、複合財 X の消費レベルとして定義している。 x_1 は福島県産モモの消費量、 x_2 は山形県産モモの消費量、 x_3 は山梨県産モモの消費量、 x_4 は長野県産モモの消費量である。また、消費は予算制約下での代表的消費者の効用を最大化する問題によって説明される。 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 はそれぞれ財 1、財 2、財 3、財 4 の実質取引平均価格であり、取引量で掛けると、(2) 式のように総予算 M が得られる。上記で多段階消費モデルがあれば、消費者の効用関数を推定することを可能にする。 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 の取引量データと、 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 の価格データを使用して、原発事故が発生していない期間にわたるデータによる効用関数と原発事故が発生以後の期間にわたるデータによる効用関数が分かれば、被災県物の仮想価格を理論値として得ることができる。

$$p_1x_1 + p_2x_2 + p_3x_3 + p_4x_4 = M \quad (2)$$

3.3. 効用関数の推定

本研究は、消費者の異なる生産地域のモモに対する好みがどう変化したかを明らかにしたいと考えている。福島県産のモモ、山形県産のモモ、山梨県産のモモ、長野県産のモモをそれぞれ第二段階財 1、2、3、4、とする。分析を簡単化するため、市場で販売されているのはこれら 4 つ産地のモモに限定されると想定している。また、原発事故を受けたモモの消費量 X は、福島県産のモモ、山形県産のモモによる消費量に関連していると想定している。コブ・ダグラス関数により、

$$x = x(x_1, x_2) = x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \quad (3)$$

とする。ここで、パラメーター α_1 は $0 < \alpha_1 < 1$ 、 α_2 は $0 < \alpha_2 < 1$ を満たすことが必要である。かつ、 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ である。さらに、ここで関数の一次同

次性（linear homogeneity）を仮定すると、複合財のすべての成分の消費が 2 倍になると、複合財の消費量が 2 倍になることが保証される。具体的な効用関数の推定式は（4）式である。

$$u(x, x_3, x_4) = \beta \log(x - \gamma) + \beta_3 \log(x_3 - \gamma_3) + \beta_4 \log(x_4 - \gamma_4) \quad (4)$$

ここで、 β は複合財に対する消費者選好パラメータを示す。 β_3 は原発事故を受けなかった山梨県産のモモに対する消費者選好のパラメータ、 β_4 は長野産モモの消費者選好を示す。また推定式すべての係数は負でなく、取引市場で消費者が扱うことができるモモがこれらの四県産に限定されるので、 $\beta + \beta_3 + \beta_4 = 1$ で保証される。消費水準 (x, x_3, x_4) の係数は非負条件を満たし、かつ $x - \gamma > 0$ 、 $x_3 - \gamma_3 > 0$ 、 $x_4 - \gamma_4 > 0$ であるので、 $x > \gamma$ 、 $x_3 > \gamma_3$ 、 $x_4 > \gamma_4$ の条件を満たす必要がある。

本研究は非線形見かけ上無関係な回帰（Nonlinear seemingly unrelated regression: NSUR）モデルを用いて推定する。⁵ 一般に NSUR モデルを推定するためには誤差項同士の相関を考慮に入れなければならず、全ての回帰式を同時に推定する必要がある。各推定式は、最適化の一階の条件である。

$$\begin{aligned} \theta_i &= \frac{1}{(\alpha_1 + \alpha_2) \frac{\beta x}{x - \gamma} + \frac{\beta_3 x_3}{x_3 - \gamma_3} + \frac{\beta_4 x_4}{x_4 - \gamma_4}} \cdot \frac{\alpha_i \beta x}{x - \gamma}, & i = 1, 2 \\ \theta_i &= \frac{1}{(\alpha_1 + \alpha_2) \frac{\beta x}{x - \gamma} + \frac{\beta_3 x_3}{x_3 - \gamma_3} + \frac{\beta_4 x_4}{x_4 - \gamma_4}} \cdot \frac{\beta_i x_i}{x_i - \gamma_i}, & i = 3, 4 \end{aligned} \quad (5)$$

⁵ 非線形見かけ上無関係な回帰（nonlinear seemingly unrelated regressions, NSUR）モデルでは、観測パラメータいずれも方程式間で異なるので、一見各方程式は無関係のように見えるが、回帰の誤差項が回帰方程式間で相関を持つことにより、相互に規定されている関係にある。この場合各方程式は一連の単一方程式ではなく、これをシステムとして推定することを考える必要がある。

ここで、 θ_i は財 1、財 2、財 3、財 4 に対する総支出における各項目のシェアである。

$$\theta_i = \frac{p_i x_i}{M}, \quad i = 1, \dots, 4 \quad (6)$$

実際の推定は原発事故が発生していなかった期間と原発事故が発生以後の期間を分けて、取引量データ x_1 、 x_2 、 x_3 及び x_4 、実質平均価格データ p_1 、 p_2 、 p_3 及び p_4 を用いて、支出割合関数式 (5) に代入すると、震災前後において、それぞれのパラメーター α_2 、 β_3 、 β_4 、 γ 、 γ_3 及び γ_4 の推定値を計算することができる。表 3 と表 4 は推定結果である。

表 3 NSUR 回帰結果 (震災前：2005 年－2011 年)

パラメーター	Coef.	Std.Err.	z	$p > z $
α_2	0.3237295	0.0213128	15.19	0.000
β_3	0.4133797	0.607591	6.80	0.000
β_4	0.0345716	0.0124169	2.78	0.005
γ	-1031.877	1314.894	-0.78	0.433
γ_3	2029.918	267.7247.	7.58	0.000
γ_4	3148.296	283.5093	11.10	0.000

表 4 NSUR 回帰結果 (震災後：2011 年－2016 年)

パラメーター	Coef.	Std.Err.	z	$p > z $
α_2	0.3122842	0.0276176	11.31	0.000
β_3	0.6358669	0.0411588	15.45	0.000
β_4	0.1491149	0.0258082	5.78	0.000
γ	984.5591	587.3509	1.68	0.094
γ_3	-240020.9	.	.	.
γ_4	-19793.07	11038.55	-1.79	0.073

全体として震災前後において消費者選好のパラメーター ($\alpha_2, \beta_3, \beta_4$) を見ると統計的には有意であると判定された。また、 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ 及び $\beta + \beta_3 + \beta_4$

=1 により、 α_1 と β の値が計算できる。そこで表 5 はそれらの変数について、震災前後においての変化率を示している。

表 5 震災前後において回帰分析の結果の変化率

パラメーター	β	α_1	γ
震災前 (2005-2010)	0.552	0.676	-1031.877
震災後 (2011-2016)	0.215	0.687	984.5591
変化率	-61%	+1.6%	+195.41%

原発事故の影響を受けた地域におけるモモに対する消費者選好パラメーター (β) は 0.552 から震災後の 0.215 まで約 61% 下がった。これは原発事故により、震災後の福島県産モモ及び山形県産のモモに対して、消費者選好が大幅に低下したことを示している。消費者は放射線で汚染された可能性のある地域の品物を嫌っていたことが一つ要因であると考えられる。福島県産のモモに対しては、震災前に $\alpha_1=0.676$ 、震災後 $\alpha_1=0.688$ でありほとんど変化がない。このことは、福島と山形の間に大きな違いはなく、「被災県」全体として影響があったことを意味する。

γ の変化を見ると、震災後の数値が大幅に上がった。式 (4) より、 $x > \gamma$ 、 $x_3 > \gamma_3$ 、 $x_4 > \gamma_4$ の条件を満たすことが必要である。これにより、 γ は消費者が被災県（福島県、山形県）産のモモに対して、正の満足度を得るために必要な最低消費量の基準である。原発事故発生後において、原発事故発生前との同じものと同じ量を消費する時、消費者効用が大きく下がったことが示された。

4. 価格の歪み率の推定

福島県産のモモはブランド認証産品として、震災前は贈答品として利用されていた。しかし、原発事故によりブランド品の質を損なったとしたら、

価格にも影響を与えた可能性がある。⁶そこで、前節で推定した消費者効用関数を用いて、原発事故によって生じる理論価格（消費者が直面する価格）と取引市場価格の間に歪み率を計算することで、原発事故による価格の影響を分析する。

まず、福島県産モモの理論価格を得る必要がある。これは推定した効用関数の下で、実際の消費量が最適であるならば消費者が直面していなければならない価格のことである。取引価格との区別を容易にするために π_1 、 π_2 、 π_3 、 π_4 を代表的消費者が直面する4県産モモの価格とする。これらの価格は推定値 θ_i を用いて $\pi_i = \theta_i M / x_i$ で求めることができる。需要ベクトル $\xi = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ における福島県産モモの理論価格は(7)式ようになる。

$$\pi_1 = \pi_i \left[\frac{u_1(x_1, x_2, x_3, x_4)}{u_i(x_1, x_2, x_3, x_4)} \right] \quad (7)$$

ここで、 $i \in \{2, 3, 4\}$ は任意に選択できる。東日本大震災による原発事故に起因する被災県産モモ取引市場の歪みの程度は、福島県産モモの理論価格と卸売市場データの取引価格の間の比率によって把握することができ、歪み率は $\delta = \pi_i / p_i$ である。したがって、 $\delta < 1$ であれば、東京卸売市場モモの取引価格は消費者が直面するモモの価格を超えている。同様に、 $\delta > 1$ の場合、東京卸売市場モモの取引価格は消費者が直面するモモの価格より低いと説明できる。

表6は、理論価格及び歪み率(δ)の推定値を報告している。モモの旬が夏の7月～9月に集中し、最高気温、降水量、日照時間のそれぞれは桃の品質、収穫量や価格変動に大きな影響を与える。これらの自然要因が与える影響を避けるため、歪み率の時系列は、2005年から2016年までの各年の7月から9月までの福島県産モモの取引量をウェイトとした加重平均価格を使用している。

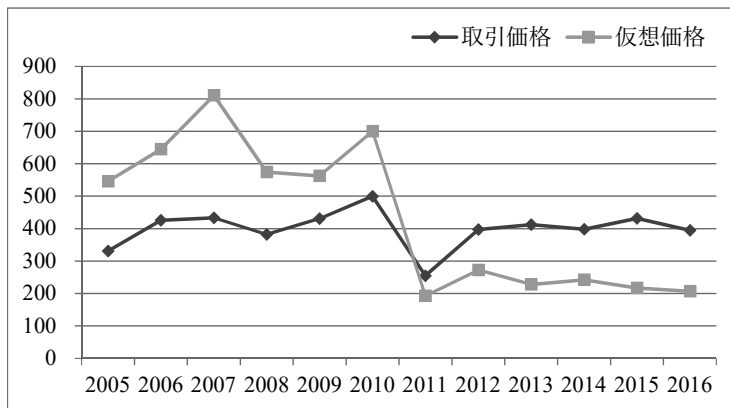
⁶ 平成20年8月7日に福島県は、県ブランド認証制度のブランド認証産品として、モモを認証した。

表 6 理論価格及び歪み率の推定値

年	取引価格	理論価格	歪み率
2005	330.63	545.89	1.65
2006	425.80	644.25	1.51
2007	432.93	809.54	1.87
2008	382.23	574.45	1.50
2009	430.79	562.78	1.31
2010	499.67	699.63	1.40
2011	254.97	192.77	0.76
2012	397.42	272.05	0.68
2013	412.34	227.82	0.55
2014	398.22	242.69	0.61
2015	431.52	217.15	0.50
2016	394.39	206.80	0.52

注：推定期間は 2005 年から 2016 年までの各年の 7 月から 9 月まで

図 3 2005 年－2016 年福島県産モモにおける取引価格および
仮想価格の変化



注：取引価格は図 2 の福島県産モモ実質平均価格

図3は、表6の取引価格と理論価格を図示したものである。これを見ると、いくつかの明確な期間があることが分かる。最初の期間は2005年から2010年にかけて、歪み率が1より高い期間である。この場合理論価格（消費者が直面する価格）は市場の取引価格より高くなっている。震災前は、福島県産のモモはブランド品とし市場競争力が高かったことが示唆される。第2期は原発事故発生年2011年から2016年にかけて行われ、この期間中、歪み率は、1より小さくなった。即ち、2011年から2016年まで福島県モモの取引平均価格と比較して、消費者が直面する価格が低くなっていた結果が明らかになった。消費者は福島県産のモモには市場価格よりも低い価格を支払っている。つまり、福島県産のモモは、ブランド品として消費者が感じる高い品質が失われたので、福島県の売り手にとっては市場取引に不利な立場に立つこととなった。

5. 死重の損失

死重の損失とは経済的効率性の損失であって、財やサービスについての均衡に達しない場合に生じうる。第4節での福島県産モモにおける市場取引価格と消費者効用関数から得られた理論価格の間の価格歪み率の推定を行った上で、東京都中央卸売市場による取引価格と消費点での無差別曲線を裏付ける理論価格に基づいて、死重損失を計算することができる。

本研究の推定では、既存の東京都中央卸売市場による取引価格を使っている。つまり、第3節で得られた消費者効用関数（4）式を通して、各消費点の効用に基づいて、既存の市場取引価格データの下で消費者がこの効用レベルに達するための最小支出を計算することができる。そうすると、本研究が推計した死重の損失は、既存の市場取引価格によって評価された消費時点の総価値（I）と消費者が同じ効用を達成するために最小支出（M）との差として捉えることができる。

表 7 2005 年－2010 年福島県産モモにおける死重の損失

年	I	M	死重の損失 (円/KG)	総価値 (I) に対する死重の損失の割合
2005	3.61E+09	2.84E+09	7.76E+08	21%
2006	3.50E+09	2.84E+09	6.59E+08	19%
2007	3.26E+09	2.57E+09	6.89E+08	21%
2008	3.45E+09	2.69E+09	7.68E+08	22%
2009	3.62E+09	2.97E+09	6.43E+08	18%
2010	3.71E+09	3.04E+09	6.64E+08	18%

表 8 2011 年－2016 年福島県産モモにおける死重の損失

年	I	M	死重の損失 (円/KG)	総価値 (I) に対する死重の損失の割合
2011	2.89E+09	2.57E+09	3.16E+08	11%
2012	3.17E+09	2.99E+09	1.80E+08	6%
2013	3.33E+09	2.88E+09	4.47E+08	13%
2014	3.34E+09	3.03E+09	3.14E+08	9%
2015	2.88E+09	2.66E+09	2.21E+08	8%
2016	2.85E+09	2.59E+09	2.58E+08	9%

表 7 と表 8 の推計結果を見ると、福島県産のモモに対して死重の損失はかなり大きいことがわかる。表 7 の第 4 列に示されているように、2010 年までは、死重の損失は 6.6 億円を超えている。その後、表 8 で示したように、原発事故発生年 2011 年において死重的損失は 3.16 億円までに下がった。2012 年の死重の損失は 1.8 億円であり、2013 年では 4.47 億円まで上がったものの、2014 年から 2016 年には 3.14 億円から 2.58 億円の間にとどまっている。原発事故により、逆説的ながら、死重の損失が減少した理由は、福島県産モモのブランド力低下による価格マージンの減少と考えられる。

6. 結論と今後の方向

本研究は効用関数の推定を通して、東日本大震災による原子力発電所事故が、消費者の被災県産のモモに対する選好に、どのような影響を与えていたかについて分析を行った。推定結果によると、2011年震災発生以後、福島県及び山形県産モモに対する消費者の選好パラメーターが大幅に低下した。消費者が製品の品質を判断するのに十分に合理的であれば、その選好パラメーターの低下は製品品質の低下を反映できる。本稿の分析は原発事故による経済被害を計測する際に、商品の価格と数量の変化だけでなく、商品の品質変化の要因を考慮に入れることが重要であることを示唆している。

また、効用関数の推定結果に基づいて、原発事故によって引き起こされる価格の歪み率及び死重の損失を推計した。歪み率が1より高い期間である2005年から2010年にかけて、理論価格は市場の取引価格より高くなっている。震災前に、福島県産のモモはブランド品として市場競争力が高かった。2011年から2016年まで、取引平均価格と比較して、福島県産のモモに消費者が直面する価格は低くなっていた結果が明らかになった。福島県産モモはブランド品という高い品質を失い、市場取引に不利な立場になったと推測される。

本研究では東日本大震災という短期的なショックとデータ数の制約上、消費者がモモのみを消費すること、および、市場で販売しているのは4県（福島県、山形県、山梨県、長野県）産のみと前提しているが、実際には消費者が夏ギフトを選択する際、その他の果物をも選択している。また、モモを選択するにしても、他の産地も少数ながら存在している。したがって、本研究の推定結果や解釈の説明力については限界を持つものと考えられる。今後さらに地域差について、より詳細な分析を進める必要がある。推定方法については、本研究では非線形見かけ上無関係な回帰を利用した。非線形最小二乗法と最尤推定方法も推定可能なため、このような手法を用いて、さまざまなネガティブな情報やショックが与える品質への影響の分析を今後の課題として検討したい。

参考文献

- 有賀健高（2014）「環境意識の高い消費者は福島原子力発電所近辺の食品購入に積極的なのか：消費者アンケート調査から検証」『環境情報科学学術研究論文集』, No.28, pp.223-226
- 石野卓也・大垣昌夫・亀坂安紀子・村井俊哉（2012）「東日本大震災の幸福感への影響」瀬古美喜・山本勲・樋口美雄・照山博司・慶應・京大連携グローバル COE 編『日本の家計行動のダイナミズム [Ⅷ]—東日本大震災が家計に与えた影響』第 4 章、慶應義塾大学出版会.
- 氏家清和（2012）「放射性物質による農産物汚染に対する消費者評価と「風評被害」健康リスクに対する評価と産地に対する評価の分離」『フードシステム研究』, No.19（2）,pp.142-155.
- 大竹文雄・明坂弥香・齊藤誠（2014）「東日本大震災が日本人の経済的選好に与えた影響」『行動経済学』, No.7,92-95.
- 齋藤陽子・松本実桜・河田幸視（2012）「福島県産野菜に対する購買行動の分析—帯広畜産大学の大学生を対象として—」『帯広畜産大学学術研究報告』, No.33,pp.10-18.
- 坂下玄哲（2001）「ブランドが購買意思決定に与える影響」『流通研究』, No.4（2）,pp.61-72.
- 佐藤敦信（2015）「日本産食品の対中国輸出における食品安全問題の整理」『ICCS 現代中国学ジャーナル = ICCS Journal of Modern Chinese Studies』, No.8（1）,pp.35-38.
- 照井伸彦（2008）『バイズモデリングによるマーケティング分析』40-43, 東京電機大学出版局.
- 日本政策金融公庫（2013）「原発事故影響の懸念薄れる、食品購買意欲が上昇生鮮食品で「気にならない」「買う」が増加—日本公庫・平成 24 年度下半期消費者動向調査結果—」
<https://www.jfc.go.jp/n/release/pdf/topics130306a.pdf>. アクセス日時

2018年10月15日

農林水産省食料産業局 (2018)「原発事故による諸外国の食品等の輸入規制の撤廃・緩和」http://www.maff.go.jp/j/export/e_info/hukushima_kakukokukensa.html アクセス日時 2018年9月1日

萩原里紗 (2012)「不安が家計の買い物行動に与える影響—東日本大震災で起きた買い溜め・買い控えの考察—」瀬古美喜・山本勲・樋口美雄・照山博司・慶應・京大連携グローバル COE 編『日本の家計行動のダイナミズム [Ⅷ]—東日本大震災が家計に与えた影響』第4章、慶應義塾大学出版会。

朴壽永・武井敦夫 (2013)「福島原発事故後の買い控え被害賠償対象地域産農産物に対する消費者購買意思」『システム農学』, No.29 (3), pp.93-99.

早川由紀夫 (2011)「福島第一原発から漏れた放射能の広がり」四訂版
<http://kipuka.blog70.fc2.com/blog-entry-418.html> アクセス日時 2018年4月11日

馬欣欣 (2012)「地震保険加入と震災後の家計消費の変化—消費保険仮説の再検証—」瀬古美喜・山本勲・樋口美雄・照山博司・慶應・京大連携グローバル COE 編『日本の家計行動のダイナミズム [Ⅷ]—東日本大震災が家計に与えた影響』第5章、慶應義塾大学出版会。

半杭真一 (2012)「東日本大震災と原子力発電所事故が福島県農業へもたらした影響：流通・消費段階を中心に」『農業経営研究』, No.49 (4), pp.93-96.

半杭真一 (2016)「贈答を目的とした福島県産果実に対する震災発生年の消費者意識」(放射性物質対策特集 (第2号))『福島県農業総合センター研究報告』, pp.37-49.

水田岳志・乾友彦・松浦寿幸 (2016)「2010年産コメ購買行動における原発事故による影響の分析」*ESRI Discussion Paper Series*, No.328.

李琦 (2019)「原発事故が消費選好に与えた影響の分析—被災県産モノを

事例に―」、横浜市立大学大学院国際マネジメント研究科修士論文

Callen, M. (2015) “Catastrophes and Time Preference: Evidence from the Indian Ocean Earthquake,” *Journal of Economic Behavior & Organization*, 118. 199-214.

Hanaoka, C., Shigeoka, H., and Watanabe, Y. (2018) “Do Risk Preferences Change? Evidence from the Great East Japan Earthquake,” *American Economic Journal: Applied Economics* 2018, 10 (2) :298-330.

Tajima, K., Yamamoto, M., and Ichinose, D. (2016) “How do Agricultural Markets Respond to Radiation Risk? Evidence from the 2011 Disaster in Japan,” *Regional Science and Urban Economics*. 60. 20-30.

Yano, M., Takahashi, R., and Mizuno, H. (2005) . “Welfare Losses from Non-Tariff Barriers: The Japanese Beef Quota Case,” *The Japanese Economic Review*, 56 (4) , 457-468.

利用したデータ

財務省『貿易統計』 <http://www.customs.go.jp/toukei/info/index.htm>

総務省『消費者物価指数』 <https://www.stat.go.jp/data/cpi/>

東京都中央卸売市場『市場取引情報』 <http://www.shijou.metro.tokyo.jp/torihiki/>