

災害時の農産品流動量推計からみた 地方の重要性に関する基礎的研究

土屋 哲¹・谷本 圭志²・橋本 悠真³

¹正会員 鳥取大学大学院准教授 工学研究科社会基盤工学専攻（〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101）
E-mail:tsuchiya@sse.tottori-u.ac.jp

²正会員 鳥取大学大学院教授 工学研究科社会基盤工学専攻（〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101）
E-mail:tanimoto@sse.tottori-u.ac.jp

³非会員 株式会社パルコス

我が国において、農産品の大部分は地方で生産されており、これらの生産地を災害が襲った場合には、都市部などの大消費地に対する影響は甚大なものとなりうる。また、農産品の生産は空間（生産地）的な偏りがあるばかりでなく、時間（出荷時期）的にも偏っており、災害の発生時期や発生場所によって消費地への影響は大きく異なる可能性がある。このような状況では、供給源としての可能性を持つ地方の存在価値は平常時以上に大きくなる。そこで本研究では、災害により農産品の供給が一部困難になる状況を想定し、災害前後における流通量を比較することで地方の重要性評価について検討する。

Key Words : *agricultural products, interregional trade, disaster risk, importance of rural areas*

1. はじめに

我が国において、農産品を始めとする食料の大部分は地方で生産されており、大都市への供給により私たちの食生活が保たれている。都市における農産品の自給率は地方に比べて低く、その多くを地方に、さらには輸入に依存している。したがって、大災害が生産地を襲った場合、都市部を中心とする消費地への影響は甚大なものとなりうる。東日本大震災が発生した際には、東北地方太平洋沖地震及び津波による東北地方を中心とする広範囲の被害や、放射性物質の検出に伴う多くの食品の出荷制限、食に関する風評被害、日本産食品に対する輸入規制等により、我が国の農林水産業は大きな被害を受けた。特に被災した岩手県、宮城県、及び福島県の3県については、沿岸部地域において農業と漁業が盛んであったため、震災の被害は非常に大きなものとなった。また、昨夏、米国では干ばつが深刻の度合いを深め、トウモロコシ生産地帯「コーンベルト」全体が大打撃を受けて価格が高騰している。他にも大豆、小麦などの主要穀物の供給不足も懸念されている。

このように、災害時には被災地のみならず、他の消費地に対しても安定した食料の供給を行うことの重要性は非常に大きいと言える。また、今後も日本において地震などの災害による被害が予想されることから、

全国いずれの地域であっても食糧危機に陥る可能性がある。以上のことから、食料の供給源としての地方への期待は高く、緊急時における都市や他の地方への対応、すなわち食料の輸送などといった対応がいかに効率よく実施されるかが注目される。また、ある地域が食糧危機に陥った場合、比較的距離が近い周辺地域からの援助が求められるが、その際に、それらの周辺地域のみで必要とされる食料の不足分をまかなえるかは不明確である。さらに、農産品には季節性を持ったものがあり、県や市町村ごとに見ても時期が違えば収穫量や出荷量が大きく異なる。したがって、被害地域への効率的な対応には、輸送距離のような空間的に表したもののだけではなく、被害時期に対応する時間的な条件も考慮することが必要であると考えられる。

本研究では、国内の災害により被災地からの農産品の供給が一部困難になる場合を想定し、その状況下で農産品の地域間流動量の変化について着目することで、地方の重要性について検討することを目的とする。

2. 本研究の考え方

財の地域間流動パターン最適化問題は、おもに線形計画問題（輸送問題）として定式化するもの^{例えば 1)}と、経済均衡モデルを利用するもの^{例えば 2)}が挙げられる。本研

究では後者を援用することとし、着目する農産品の需給が各生産地（供給地）・消費地においてそれぞれ均衡状態にあるという前提のもとで分析をすすめる。この前提は、災害時も同様である。災害時には、被災地からの供給量が減少するため、平常時の地域間流動とは異なるパターンで農産品の価格及び（均衡状態としての）消費地需要量が実現する。当面、国内の災害のシナリオのみを扱い、それゆえ地域間流動も国内で需給が均衡することを前提とし、海外からの流動は考慮しない。このような分析の枠組みでも、本研究が着眼する問題の本質は損なわれない。

災害が起こった際の流動パターンの変化により、ある生産地に対する需要量が供給量を上回る場合、農産品の価格が上昇し、それに伴って各消費地の需要量が減少する。消費地における需要量が減るために、今度は生産地に対する総需要量も減少し、供給総量に近づく。このような調整を繰り返し、最終的に全地域で供給量と需要量が一致した時点での地域間流動量を災害前のそれと比較する。その結果、被災地や主要都市にとってより重要な供給地が判明する。ここでは、災害による供給量の不足分をまかなう地域を取り上げる。

また、農産品には季節性を持ったものが多く、時期別に見ると出荷量も地域によって大きく異なる。それに伴い、各地域間における需要量、供給量が変化する。これに対応するため、本研究では月別のデータを扱うことにより、災害時期による地域間流動パターンの変化を考慮し、時期別、品目別にデータを捉えることとする。

3. 地域間流動モデルの定式化

(1) 購入先地域の選択確率

地域間の供給量と需要量が均衡状態にあるときに、ある地域が被災して農産品を出荷できなくなった場合、その不足分を他地域からの供給でまかなおうとする。その結果、ある消費地が複数の生産地の中から農産品購入先地域を選択する確率（以下、「選択確率」と呼ぶ）は災害前と災害後ではそれぞれ異なると考えられる。

消費地 l における生産地 k の選択確率 S_{kl} を、次式(1)のように記述する。

$$S_{kl} = \frac{Y_k \exp(-\alpha p_k - \beta h_{kl})}{\sum_k Y_k \exp(-\alpha p_k - \beta h_{kl})} \quad (1)$$

ここに、 Y_k は生産地 k における総供給量、 p_k は農産品の生産地価格、 h_{kl} は地域間輸送距離、 α (≥ 0) と β (≥ 0) は品目に固有のパラメータである。 α 、 β は最尤推定法を用いて推定する。

(2) 農産品生産地への総需要量と需給調整

(1) のように選択確率を定めると、消費側（需要側）からさかのぼって考えていくことで生産地 k の総需要量 X_k が次のように求まる。

$$X_k = \sum_l x_{kl} = \sum_l S_{kl} D_l \quad (2)$$

ただし、 x_{kl} はある品目の地域 k 間流動量、 D_l は地域 l における消費需要量を表す。

このようにして求められた総需要量 X_k と総供給量 Y_k とを比較する。もし $X_k > Y_k$ であれば価格は上昇し、 $X_k < Y_k$ であれば価格が低下することで、いずれの場合にも需給のアンバランスが解消される方向に変化していく。 m 回目から $(m+1)$ 回目への価格の変化を式(3)で表す。

$$p_k^{m+1} = \frac{X_k^m}{Y_k} p_k^m \quad (3)$$

消費地においてある品目を購入する際に、品目が同じであれば生産地の違いによる影響はないものとして考え、消費地における価格 p_l の形成が式(4)で表されるとする。

$$p_l = \sum_k p_k S_{kl} \quad (4)$$

また、価格の変化に伴い各消費地の需要量 D_l が変化する。このとき、価格が上昇すれば D_l は減少し、価格が低下すれば D_l は増加するものとし、式(5)のように p_l を用いて新たに需要量 D_l を算出する。

$$D_l^{m+1} = \frac{p_l^m}{p_l^{m+1}} D_l^m \quad (5)$$

さらに、式(3)により与えられた価格のデータを式(1)に代入し、新たに選択確率 S_{kl} を算出する。この選択確率と式(5)によって与えられた需要量 D_l を式(2)に代入し、…、という流れで、最終的に全ての地域間における需給バランスがとれるまで逐次的に計算を行う。

(3) 調整プロセスの収束

平常時であれ災害時であれ、最終的には全ての地域間で需要と供給が均衡する。調整プロセス収束の条件、すなわち需給バランスの条件は、各生産地における X_k と Y_k の差を絶対値で表したものの総和が十分小さくなることである。その時点での x_{kl} が災害後の地域間流通量として推定される。

このようにして推計された災害後の流通量を災害前の流通量と比較することにより、地方の重要性を検討・評価するための指標とする。

4. 災害シナリオに基づく事例分析

(1) 農産品の価格データ及び地域間流動データ

農産品の流通量、価格のデータとして、農林水産省の統計データ「野菜の主要消費地域別・産地別の卸売数量及び卸売価格³⁾」を用いる。本統計は、平成15年からのデータが月別で記されており、15品目の農産品データが揃っている。本研究では、平成22年の月別データを用いて分析を行う。本事例分析で対象とする品目は、ねぎ、キャベツ、たまねぎ、及びレタスの4品目とする。ここで、統計データに記載されている「消費地」は、都道府県ではなく東北や関東といった地方単位の区分であるため、都道府県区分のものとして扱えるように適切に按分する。ただし、生産地価格については、各生産地とそれら生産地が含まれる消費地域との間における価格を用いている。

統計データにおいて、消費地が地域区分で表されたもとの卸売数量を都道府県ごとの人口比で分割・配分することにより都道府県間における流通量を推計する。都道府県別人口には、平成22年の国勢調査⁴⁾を用いる。また、農産品流通統計においては、消費地の中に沖縄県が含まれておらず、生産地の中には含まれるものの各消費地への供給がどの品目においても非常に少量であったため、本研究では沖縄県を除いた46都道府県間におけるデータを用いて分析を行うこととする。また、式(1)の中に含まれる輸送距離については、都道府県庁間の距離(国土交通省)を用いる。ここで、生産地と消費地が同地域である場合の輸送距離は全て10(km)と設定した。以上のデータを用いて分析を行う。

(2) 災害シナリオ

本研究では東海・東南海・南海地震を災害の対象とし、想定震源域に含まれる海域に面する静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、及び高知県の6県が津波などの甚大な被害に遭い、農産品出荷量がそれぞれ3割減となるケースを仮想的な災害シナリオとする。

(3) モデルの推定

まず、統計データ(各品目の年間地域間流動データ)を用いて、式(1)のモデルの未知パラメータ α 、 β を品目ごとに推定する。続いて、推定されたモデルの再現性を、各品目の購入先地域選択確率の推計値と実績値との相関により確認する。ここで、再現性を確認する際に使用する実績データは、各品目の年間地域間流動データとする。月別データにおいても品目が同じであれば年間データを用いた選択確率導出モデル及びパラメータ α 、 β で代用できるものとする。

表-1 購入先地域選択モデルのパラメータ及び再現性

	ねぎ	キャベツ	たまねぎ	レタス
α	0.0011	0.0107	0.0019	0.0023
β	0.0036	0.0043	0.0004	0.0030
相関係数	0.72	0.81	0.96	0.83

これらの結果を表-1に示す。表-1の相関係数より、いずれの品目についても再現性からみてまずまず良好な結果が得られた。

(4) 災害前後における流通量の比較

ある月に災害が発生した場合に、災害前における流通量と災害シナリオの下で推計された災害後の流通量を比較し、どの程度変化が見られるのかを確認する。ここでは、被災地や主要都市にとって災害時に重要な役割を持つ地域、すなわち供給量の不足分を補っている生産地を都道府県別に表す。具体的には、災害前後における流通量の変化量を算出し、被災地を始めとする各消費地に大きな影響を与えると考えられる生産地を挙げる。なお、災害による被災地6県の被害の大きさに関して、どの月に災害が発生したとしても4品目全ての出荷量が3割減となるものとして推計を行う。

以下の表-2～表-5は、4品目のそれぞれについて、ある被災地における生産地別農産品の災害前後での流通量 x_{id} とその変化量 V を表したもので、変化量の大きい順に上位3つの生産地を取り上げている。

表-2 6月に災害が起きた場合の愛知県における生産地別キャベツの流通量の変化(t)

生産地	災害前 x_{id}	災害後 x_{id}	変化量 V
千葉県	1167.89	1241.25	73.36
茨城県	592.76	630.98	38.22
神奈川県	305.60	324.05	18.45

表-3 3月に災害が起きた場合の静岡県における生産地別たまねぎの流通量の変化(t)

生産地	災害前 x_{id}	災害後 x_{id}	変化量 V
北海道	1421.14	1427.60	6.46
長崎県	84.41	84.72	0.31
愛媛県	31.11	31.23	0.12

表-4 4月に災害が起きた場合の徳島県における生産地別レタスの流通量の変化(t)

生産地	災害前 x_{id}	災害後 x_{id}	変化量 V
兵庫県	41.40	41.81	0.41
茨城県	19.52	19.80	0.28
香川県	20.13	20.34	0.21

表-5 11月に災害が起きた場合の和歌山県における
生産地別ねぎの流通量の変化(t)

生産地	災害前 x_{ij}	災害後 x_{ij}	変化量 V
鳥取県	14.04	14.17	0.13
群馬県	7.74	7.86	0.12
茨城県	7.06	7.18	0.12

表-6 8月に災害が起きた場合の和歌山県における
生産地別ねぎの流通量の変化(t)

生産地	災害前 x_{ij}	災害後 x_{ij}	変化量 V
茨城県	18.20	18.62	0.42
千葉県	4.50	4.60	0.10
大分県	6.08	6.15	0.07

表-7 10月に災害が起きた場合の広島県における
生産地別ねぎの流通量の変化(t)

生産地	災害前 x_{ij}	災害後 x_{ij}	変化量 V
長野県	24.81	25.14	0.33
青森県	15.60	15.87	0.27
北海道	12.06	12.30	0.24

表-8 11月に災害が起きた場合の広島県における
生産地別ねぎの流通量の変化(t)

生産地	災害前 x_{ij}	災害後 x_{ij}	変化量 V
大分県	53.63	53.86	0.23
鳥取県	39.81	40.00	0.19
新潟県	12.10	12.25	0.15

また、表-5、表-6 では、同一品目・同一消費地（和歌山県）であっても時期が異なれば流通パターンに明らかな変化があることを示している。これを見ると、災害時期の違いにより地域間流動パターンが異なることが窺える。鳥取県に着目すると、和歌山県で11月に災害が起きた場合の変化量は他県と比較して一番大きいので、同県からみて鳥取が重要な購入先地域となっているのに対して、8月に災害が起こった場合の変化量は第5位であった。このように、地域間流動量及び各生産地の出荷量は時期によって異なり、災害発生時期によって被災地における流通パターンも変化する。

また、主要都市に対して災害時に多くの供給量をまかなう生産地について確認する。ここでは、広島県を例として、災害前後における生産地別ねぎの流通量の変化を見る。表-7、表-8 よりわかることは、災害時期によって流通量及び地域間の関係が大きく異なるということである。同じ品目であっても、災害時期がひと月異なるだ

けで消費地からみて重要となる生産地、すなわち流通量の不足をより多くまかない得る生産地が全く異なる可能性が考えられる。これは、災害時期を考慮することの重要性を示唆するものである。ただし、本分析アプローチは様々な前提のもとに成り立っている。したがって、上記の分析結果はある程度限定的に理解しなければならない。

5. おわりに

本研究では、国内の災害により被災地からの農産品の供給が一部困難になる場合を想定し、その状況下で農産品の地域間流動量の変化について着目することで、地方の重要性を検討・評価した。具体的には、都道府県間における農産品購入先地域の選択モデルを定式化し、災害時における地域間流通量を予測する手法について検討した。事例分析として、東海・東南海・南海地震を災害の対象とし、想定震源域に含まれる海域に面した6県が津波の被害に遭い、農産品生産量（出荷量）がそれぞれ3割減少するとのシナリオを想定し、災害時期を月別に表して、4品目の農産品データを用いて災害時の流動量を推計した。

その結果、災害前後における流通量の変化量を用いて、鳥取をはじめとする地方部の生産地が災害による農産品の不足分をまかなっていることが確認できた。また、様々な視点から推計結果を捉えることで、各地域間の流通の関係には災害時期や品目の違いが大きく関係していることが明らかとなり、それぞれの条件に合った生産地ごとの重要性を示唆しうる結果となった。今後は、現在のモデルの前提を緩和、あるいはより現実に即したものと、精度の向上を図っていくことで、地方の重要性についての検討をさらに深めていきたい。

参考文献

- 1) 藤武麻衣, 佐野可寸志, 土屋 哲: 野菜の地産地消の推進によるCO₂排出量削減の計測, 農村計画学会誌, Vol.30, 論文特集号, pp.303-308, 2011.
- 2) 文世一: 地域間人口配分からみた交通ネットワークの評価—集積の経済を考慮した多地域応用一般均衡分析—, 東北建設協会 建設事業の技術開発に関する助成 研究成果報告書, 1997.
- 3) 農林水産省統計: 野菜の主要消費地域別・産地別の卸売数量及び卸売価格, <http://www.maff.go.jp/j/tokei/>
- 4) 総務省統計局: 平成22年国勢調査, <http://www.stat.go.jp/>