

# 道路ネットワークの食料供給機能寸断による 地域経済影響評価手法に関する研究

末廣 真道<sup>1</sup>・岸 邦宏<sup>2</sup>・岩舘 慶多<sup>3</sup>・中辻 隆<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 中部国際空港株式会社 空港運用本部 (〒479-8701 愛知県常滑市セントレア一丁目1番地)  
E-mail: Masamichi\_Suehiro@cjiac.co.jp

<sup>2</sup>正会員 北海道大学准教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)  
E-mail: kishi@eng.hokudai.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 国土交通省北海道開発局 建設部道路計画課 (〒060-8511 札幌市北区北8条西2丁目)  
E-mail: iwadate-k22aa@hkd.mlit.or.jp

<sup>4</sup>正会員 北海道大学名誉教授  
E-mail: naka@eng.hokudai.ac.jp

本研究では食料供給機能としての北海道の道路ネットワークに着目し、日々安定的な食料の供給を行っている道路を定量的に評価する一手法を構築した。各種統計と地域間産業連関表を援用して開発した先行研究の食料OD表をベースとし、北海道物流における高速道路選択モデルと従来の最短経路探索法(Dijkstra法)を道路ネットワーク上への配分で適用させたことで、食料輸送経路の定量的表現が可能となった。さらに生産地から加工場への流通段階(FtoP)の食料輸送に焦点を当て、災害等を起因とした道路不通の経済的影響をサプライチェーンの前方連関効果に着目し、道路リンクごとに分析及び評価を行っている。本研究で構築した分析手法より、経済活動の観点から強靱な道路ネットワークの整備に向けた重要な区間を明らかにした。

**Key Words :** Food OD, Expressway choice model, Disaster, Supply chain, Forward linkage effect

## 1. 本研究の背景と目的

北海道は我が国の食料基地としての役割を果たしてきたが、日々安定的な食料の供給を行っている北海道の道路の役割は定量的に評価されてこなかった。一方、近年は自然災害により道路が寸断する事態が散見され、特に東日本大震災においては被災地の東北地域のみならず全国各地の企業の生産活動に影響が及んだ。北海道においては活火山や根室・十勝沖を震源とした津波災害、そして冬季の豪雪等の影響で道路ネットワークが寸断した場合、食料輸送の停止が遠く離れた他地域の生産活動に経済的な被害が及ぶことも考えられる。

本研究は、道路の機能としての食料輸送に焦点を当て、災害等によって道路が寸断し、食料供給が停止したことによるサプライチェーンへの影響を、地域間産業連関表を用いて明らかにする手法を構築することを目的とする。平時にどの区間をどれだけ食料が輸送されているのかを定量的に明らかにした上で、災害による生鮮食料の輸送が寸断することの経済的影響を産業連関分析の前方連関効果に着目して評価するものである。

## 2. 本研究の枠組み

図-1に本研究の枠組みを示す。先行研究<sup>1)</sup>の食料OD表をベースに、新たに構築した高速道路選択モデルと従来の最短経路探索法(Dijkstra法)を道路ネットワーク上への配分に適用することで、食料の輸送経路を定量的に明らかにする。そして、生産地から加工へと向かう流通段階に着目し、サプライチェーン途絶時の北海道内他地域への経済的影響を前方連関分析によって道路リンクごとに明らかにする。

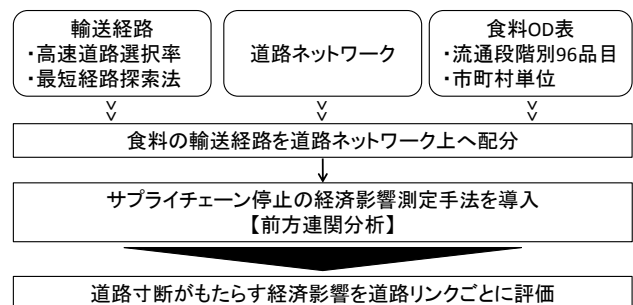


図-1 本研究のフレームワーク

### 3. 先行研究による食料 OD の概要と推計フロー

先行研究<sup>1)</sup>では、北海道内における食料 OD 表を各種統計をもとに図-2 に示すフローで作成している。どの地域で生産された食料がどこへ輸送されているのかという移出状況を重量ベースで示しているものであり、食料の品目ごとに作成されている（農産 30 品目、畜産 3 品目、水産 63 品目）。OD の起点は道内 179 市町村、終点の道内分は 14 振興局、道外向けの移出分は重要港湾以上の 12 港湾としている。

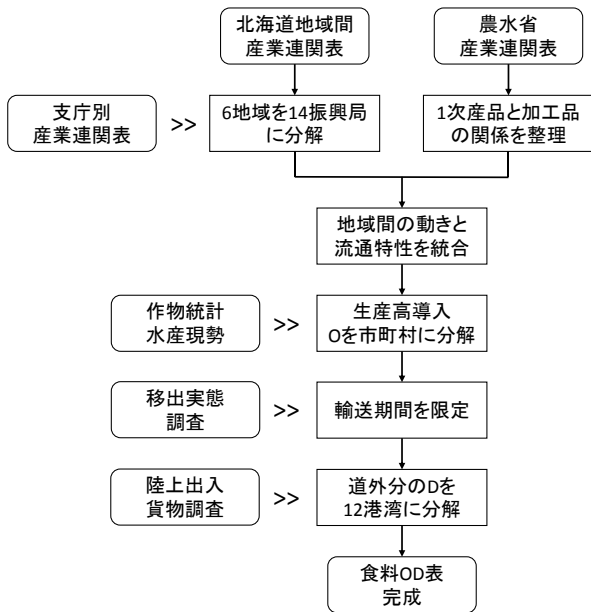


図-2 食料 OD の推計フロー（先行研究<sup>1)</sup>より抜粋）

先行研究では、以下の 3 つの流通段階別に食料 OD 表を作成している。経済影響の評価では 1 次産品から加工品へと輸送される FtoP の流通区分について分析を行う。

- 1) FtoC : Farm to Consumer (1 次産品→消費者)
- 2) FtoP : Farm to Processing (1 次産品→加工品)
- 3) PtoC : Processing to Consumer (加工品→消費者)

### 4. 高速道路選択モデルとネットワーク配分方法

#### (1) 北海道内物流における高速道路選択モデルの構築

経路選択においては、高速道路を利用する場合と一般道のみを利用する場合とのそれぞれの選択率を考慮する必要がある。先行研究<sup>1)</sup>における道路ネットワーク上への食料の配分では既存の高速道路選択モデル<sup>2)</sup>を用いている。しかし、この既存モデルは全国ベースの都市間物流データを基に開発したものであり、北海道における一般等・高速道路並行区間の大型車両分担率<sup>3)</sup>に鑑みると、北海道の高速道路選択モデルを検討する必要があると考える。

そこで本研究では北海道内物流における高速道路選択モデルを開発するため、「2010 年度第 9 回全国貨物純流動調査<sup>4)</sup>（通称：物流センサス）」の 3 日間データから得られたレコードを整理し、北海道内における市町村間の貨物車輸送かつ、高速道路利用の有無が判断できる食料品輸送のレコード抽出を表-1 に示すとおり行った。

表-1 物流センサスの抽出レコード数の内訳

全国レコード総数	1,019,975
北海道発	23,453
北海道内輸送	19,489
発着市町村特定	17,936
貨物車以外の輸送	295
貨物車輸送	17,641
市町村内輸送	6,794
市町村間輸送	10,847
高速道路利用判断不可	4,450
可能	6,397
食料品	394

これらのレコードデータを用い、高速道路選択モデルを二項ロジットモデルによって以下の式(1)、(2)に示すとうり構築した。

なお、食料それぞれの品目特性が高速道路選択に寄与すると考えられる。そこで本分析では要冷蔵品目としての輸送が想定される水産品目（サンプル数：132）を品目特性のダミー変数として効用関数式に導入している。

$$P = \frac{1}{1 + \exp(-V)} \quad (1)$$

$$V = \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma \quad (2)$$

$P$  : 高速道路選択率

$V$  : 高速道路選択に係る効用関数式

$x_1$  : 輸送距離 (km)

$x_2$  : 水産品ダミー (1:水産品、0:その他の品目)

$\alpha, \beta, \gamma$  : 各説明変数に係るパラメータ

最尤法によるパラメータの推定結果を表-2 に示す。この輸送距離と輸送品目特性に着目したモデルを北海道内物流における高速道路選択率（図-3）として、食料の道路ネットワーク配分に適用する。

表-2 パラメータ推定結果

	パラメータ	t値
輸送距離(km)	0.0035	2.839 ***
水産品ダミー (定数項)	-0.6635	-1.720 *
	-2.4534	-8.868 ***
サンプル数	394	
的中率	89.1%	
自由度修正済み尤度比	0.51	

\*\*\*:0.1%有意 \* :10%有意

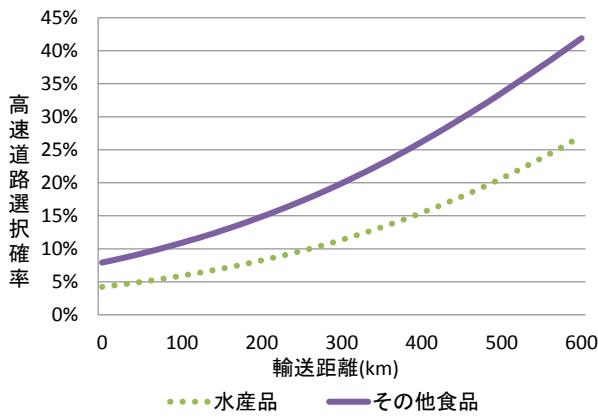


図3 北海道内における食料輸送の高速道路選択率

(2) 食料の道路ネットワーク上への配分方法

配分ネットワークは高速・高規格道路，一般国道，道道，市区町村道を含んだ38,134リンクから成り立っている。道路ネットワークへの配分には容量制約無しオール・オア・ナッシング配分手法である最短経路探索法(Dijkstra法)を採用し，所要時間を制約条件とした最短経路の探索を行っている。ここに高速道路選択モデルを各OD間の距離と食料品目に応じて適用させる。

5. 道路ネットワークの配分結果及びリンク分析

(1) 道路ネットワーク上への配分結果

各道路リンクにどれほどの食料が運ばれているかを，GISを用いることで地図上にアウトプットすることができ，ネットワーク全体としての路線の比較や評価を行うことが容易となる。

GISを用いた分析例として，FtoPの流通段階における品目別の輸送量を，重量ベース[t]で配分した結果を図4～図6にそれぞれ示す。水産品の輸送量を示した図4では沿岸部の道路において輸送量が多いことが分かる。その一方，図5から農産品は内陸部の道路で運ばれていることが見てとれる。また，各食料品目に共通して道内都市間を繋ぐ幹線道路が食料輸送においても大動脈としての役割を担っていることが示されている。

(2) 道路リンクにおける品目別の輸送先構成の分析

食料OD表をベースとした分析の特徴として，各道路リンク上を運ばれる食料の総量のみならず，「どこから」「どこへ」向かっているかという輸送の流れも品目ごとに捉えることができる。図7に道内主要道である国道333号線(旭峠道路)と国道38号線(白糠～大楽毛)で運ばれている一次産品の食料(FtoC及びFtoP)の品目構成と輸送先地域の関係を示す。

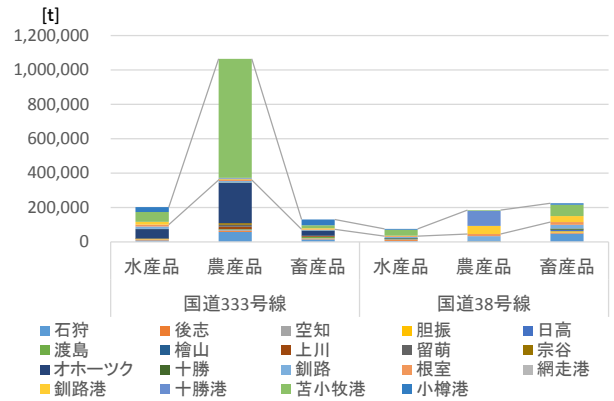


図7 道路リンク分析例 品目別の輸送先構成

輸送先として港湾に設定されているものは本州への移出を表しており，地方道路で運ばれている食料の大半が道外向けの輸送であることが見てとれる。

6. 前方連関分析による食料供給寸断の影響評価

(1) 分析手法

本研究では道路寸断時の経済影響の計測を，一部の食料(中間財)の供給停止が商品そのものの生産へ影響が及ぶといった前方連関効果に着目して分析を行う。サプライチェーンの供給制約に係る既存研究として，下田らによってボトルネック型モデル<sup>9)</sup>が提案されており，これは生産にとって必要不可欠な一部の中間財が届かないことを起因として生産がストップするといった，完全非代替型をイメージとした概念のモデルである。本研究においてもこの概念を基本としてモデルを構築する。

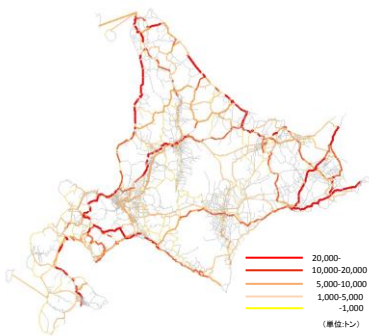


図4 水産品の輸送経路(重量ベース)



図5 農産品の輸送経路(重量ベース)

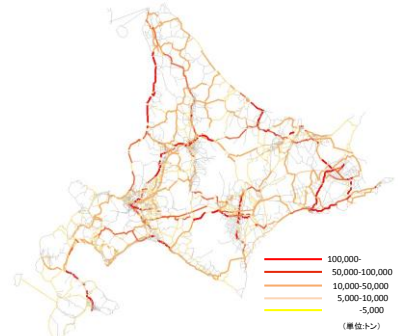


図6 畜産品の輸送経路(重量ベース)



ここに、2 地域から成る産業構造（産出構成： $j$  投入構成： $k$ ）を仮定し、B 地域と A 地域を結ぶ経路上での災害発生により、加工地である A 地域へ産業  $i$  部門の原材料が届かず、供給量に変化（ $\Delta S^{BtoA}$ ）が生じたとする。これを供給制約として捉え、A 地域における各産業の生産額の減少とする。その変化の大きさは B 地域からの原材料が A 地域の各産業へどのように配分されるかという部門別の産出係数と、生産構成を示す投入係数に依存するため、各域内の内生部門別産出係数を  $m_{ij}^{BA}$ 、投入係数を  $\alpha_j^A$  とそれぞれ表現し、これらの係数が災害発生前と同一であることと仮定する。このことを踏まえると、災害発生時における A 地域の  $j$  産業部門の生産額  $X_j^{A'}$  は、式(3)に示す完全非代替型の生産関数として表すことができる。

$$X_j^{A'} = \text{Min} \left\{ \frac{x_{ij}^{AA} + x_{ij}^{BA} (1 - m_{ij}^{BA} \Delta S^{BtoA})}{\alpha_j^A}, \frac{x_{nj}^{AA} + x_{nj}^{BA}}{\alpha_n^A} \right\} \quad (3)$$

(1 ≤ i, j, k ≤ 33, n = 1 to 33, However n ≠ j)

経済影響の測定として、平常時における生産額  $X_j^A$  からの差をとることで、前方連関効果に着目した A 地域の  $j$  産業部門における生産減少額とする（式(4)）。

$$\Delta X_j^A = X_j^A - X_j^{A'} \quad (4)$$

食料OD表では、「屠畜・肉・酪農品」「水産食料品」「その他の食料品」のそれぞれの産業部門へと流れる食料をFtoP（1次産品→加工品）の流通段階として定義している。このことから、以上の3産業部門の生産減少額の総和を食料サプライチェーン寸断による経済被害額として分析を行うこととする。

## (2) 道路寸断が地域産業に与える影響分析

本研究では道路寸断は短期的なものとして取り扱う。従って、食料OD表での対象となる全96品目のうち、穀物類や豆類といった長期保存が可能でストックが利く6品目を除外し、要冷蔵品目としての輸送されることが想定され鮮度が要求される生鮮90品目を分析対象とした。なお、食料OD表上では重量ベースであるものを、卸価格や取引価格といった各種統計の原単位<sup>9)78)</sup>を用いた上で、卸市場手数料<sup>9)10)</sup>及び運輸マージンを差し引くことで生産者価格への変換を行っている。

道路寸断した際の迂回を考慮せず届かなかったと仮定した場合の分析として、図-8に各道路リンクが一日寸断した際の道央圏に及ぼす経済影響の規模を示す。地方道路でも寸断した際に道央圏へ与える影響が大きく、平時においても地方の道路が他地域の生産活動を支えていることが分かる。

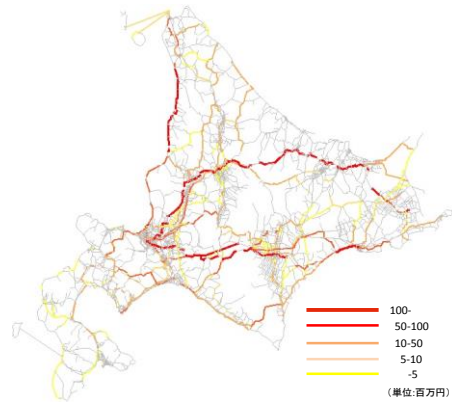


図-8 各道路リンク寸断時の道央圏に与える経済影響

## 7. 本研究の成果

本研究では、北海道内物流における高速道路選択モデルを構築したことにより、食料が道路ネットワーク上のどのルートを通って運ばれているかを定量的に示した先行研究の精度を向上させることができた。

そして、サプライチェーンに着目した前方連関分析の手法を道路リンク評価に導入したことで、道路寸断時の間接被害を示し、とりわけ地方道路が離れた他地域の生産活動を支える役割を果たしていることを明らかにした。

日々の安定的な食料の供給のためにも、現況道路の高規格化や高速道路整備による強靱な道路ネットワークの整備が必要であるが、そのための重要な区間を定量的に示すことができたと考える。

## 参考文献

- 1) 岩館慶多, 岸邦宏, 中辻隆: 「食料供給機能に着目した北海道の道路ネットワークに関する研究」土木計画学研究・講演集, Vol.50, CD-ROM, 2014
- 2) 関谷浩孝, 上坂克己, 小林正憲, 南部浩之: 「輸送品の特性と貨物車の高速道路利用率との関係」土木学会論文集 D3, Vol.67, No.5, pp-769-777, 2011
- 3) 国土交通省道路局道路経済調査室: 平成 22 年度道路交通センサス, 2011
- 4) 国土交通省: 第 9 回全国貨物純流動調査, 2012
- 5) 下田充, 藤川清史: 「産業連関分析モデルと東日本大震災による供給制約」産業連関—イノベーション&I-Oテクニク—, 第 20 巻, 第 2 号, pp-133-146, 2012
- 6) 農林水産省: 平成 23 年青果物卸市場調査, 2012
- 7) 農林水産省: 平成 24 年食肉卸市場調査, 2012
- 8) Jミルク: 総合乳価の推移, 2008
- 9) 札幌中央卸売市場: 札幌ホクレン青果, 2015
- 10) 東京卸市場: 東京食肉市場, 2015