

# 食料供給機能に着目した北海道の道路ネットワークの評価に関する研究

Evaluation of Road Network in Hokkaido Based on Function of Food Transport

北海道大学大学院工学院 ○学生員 岩館 慶多 (Keita Iwadate)  
 北海道大学大学院工学研究院 正員 岸 邦宏 (Kunihiro Kishi)  
 北海道大学大学院工学研究院 正員 中辻 隆 (Takashi Nakatsuji)

## 1. 本研究の背景と目的

近年、安全・安心な食料への関心や中長期的な世界の食料需給の逼迫から国産食料供給の重要性が高まっている。日本の食料自給率（平成 21 年度）はカロリーベースでは 40%、金額ベースでは 70%となっている中、北海道においてはカロリーベースでは 190%、金額ベースでは 198%に上り、北海道は日本の食料供給に大きく貢献をしている。また、北海道内においても農水産品の生産は特に地方部で盛んであり、人口では札幌一極集中が進む中、1 次産業は地方部、すなわち広大な北海道を支える役割も果たしている（図-1）。

インフラの評価をめぐっては、人口減少など右肩下がり時代の迎えるにあたって、あるいは東日本大震災を経て、現在の B/C の限界や貨幣換算の無粋さに直面し、「そもそも何のためにインフラを作るのか」という命題から新たな指標が求められている。

道路事業評価においては、走行時間短縮、走行経費減少、交通事故減少のいわゆる 3 便益に加えて、地域の特性に基づいた効果についても評価することが試みられている。北海道においてはとりわけ農水産品の輸送における効果が挙げられることが多いが、その評価は定性的な効果として扱われたり、ネットワークではなく事業区間ごとの評価にとどまっているのが現状である。

このように北海道の日本に対する貢献、地方部の北海道に対する貢献を道路事業において定量的に評価する研究を蓄積していくことは重要である。これは都市部が需要のポンプ役として捉えられ、地方の道路はお情けで建設されているといった見方さえある中で、「地方の道路はしっかり働いている」という事実や「地方こそ需要のポンプ役」という姿を示すこととなると考える。そこで本研究は以下の 2 点を目的とする。

- 1) 食料供給機能に着目して北海道の道路ネットワークを定量的に評価する。
- 2) 食料供給機能を表現する指標（熱量[cal]，自給率[%]，供給可能人数[人]）を提案し、それらの特徴を比較する。

## 2. 既存研究のレビュー

物流面からの道路ネットワーク評価の研究として、国土技術政策総合研究所<sup>1)</sup>では港湾貨物を道路ネットワーク上へ配分し、各リンクについて品目別、方向別に評価を行っている。ここで評価指標については重量 [t]、金額 [円] およびそれらを組み合わせた単位重量当たり金額 [円/t] を用いている。図-2 に示すように、道路ネットワーク上における各リンクの輸送量（左図）やある路線（方向別における輸送品目とその輸送量（右図）などがアウトプットとなっている。本研究においても同様の枠組みで食料に着目して評価を行う。

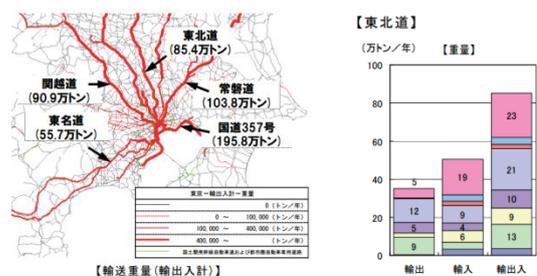


図-2 既存研究のアウトプット例

## 3. 本研究の枠組み

図-3 に本研究の枠組みを示す。食料 OD 推計、品目特性、交通条件の設定をした上で、道路ネットワーク上へ食料を配分し、用意した指標を用いて評価を行う。そして、本研究の目的に当たる 2 点について考察を行う。

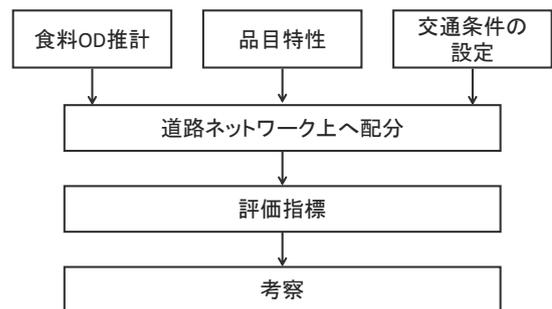


図-3 本研究の枠組み

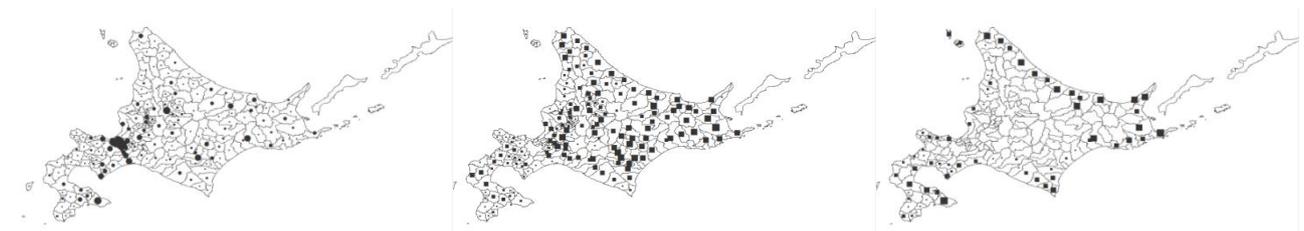


図-1 分布図（左から人口，耕地面積，水産品生産額）

4. 各種統計の整理

本研究で参照した統計について、流動に関する統計、生産高に関する統計、品目特性に関する統計に分類し、それぞれ示す。

4.1 流動に関する統計

(1) 物流センサス（貨物地域流動調査）<sup>2)</sup>

国土交通省が行っている調査である物流センサスの貨物地域流動調査は鉄道、海運、自動車を対象貨物として、都道府県（北海道は7地域に細分）間の流動を調査したものである。品目については9品目と32品目の2種類の分類がある。表-1に食料に関する品目について整理する。

表-1 貨物地域流動調査の品目

9品目	32品目
農水産品	穀物、野菜・果物、その他の農産品、畜産品、水産品
軽工業品	食料工業品(紙パルプ、繊維工業品)

このように貨物地域流動調査は本来、物流の研究ではベースとなるべき統計であるが、以下のような問題点を含んでおり、本研究では使用しないこととした。

- 1) 鉄道貨物の大半のデータが補足できていない（値がゼロになっている）。
- 2) 全機関の場合でも不自然なゼロが多く見受けられる（例：函館→札幌の野菜・果実、旭川→札幌の畜産品、室蘭→札幌の水産品、など）
- 3) 分類上の食料となっている貨物としての動きを捉えているのであり、「産地から消費者」という食料としての自然な流れを捉えることはできない。

(2) 北海道内地域間産業連関表<sup>3)</sup>

北海道内地域間産業連関表（以下、地域間産業連関表）は、北海道6圏域（道央、道南、道北、オホーツク、十勝、釧路・根室）を対象として、圏域相互の投入（費用構成）と産出（販路構成）の構成を示した表である。

部門については、13部門、33部門、65部門があり、本研究では中間需要、最終需要ともに部門まで区別されている33部門を使用する。表-2に食料に関する部門について整理する。

表-2 地域間産業連関表の部門分類表

65部門分類	33部門分類	13部門分類
食用耕種農業	耕種農業	農業
非食用耕種農業		
畜産	畜産	畜産
農業サービス		
漁業	漁業	漁業
と畜・肉・酪農品	と畜・肉・酪農品	製造業
水産食料品	水産食料品	
精穀・製粉	その他の食料品	
その他の食料品		
飲料		
飼料・有機質肥料		
たばこ		
...	...	

(3) 港湾統計（陸上出入貨物調査）<sup>4)</sup>

港湾統計（陸上出入貨物調査）は、港湾と背後圏である市町村のつながりを示した統計である。北海道の港湾としては稚内港、紋別港、網走港、根室港、釧路港、十勝港、苫小牧港、室蘭港、函館港、小樽港、石狩湾港、

留萌港の12港湾、品目については貨物地域流動調査と同様となっている。

4.2 生産高に関する統計

(1) 作物統計調査<sup>5)</sup>

作物統計調査（以下、作物統計）は、農林水産省が耕地及び作物の生産に関する実態を明らかにし、農業行政の基礎資料とすることを目的として行っている調査である。地域区分については市町村別、集計項目については農産物は収穫量[t]、畜産物は飼養頭数[頭]となっている。表-3に平成18年度産の作物統計で扱っている品目を示す。

表-3 作物統計の品目

区分	品目
水陸稲	水稲、陸稲
麦類	小麦、六条大麦、二条大麦、裸麦
豆類	大豆、小豆、いんげん、らっかせい
かんしょ	
飼料作物	青刈りとうもろこし、ソルゴー、牧草、青刈りえん麦
そば	
工芸農作物	茶、い、てんさい、こんにやくいも、さとうきび、葉たばこ
野菜(根菜類)	春だいこん、夏だいこん、秋だいこん、かぶ、春夏にんじん、秋にんじん、冬にんじん、ごぼう、れんこん、春植えばれいしょ、秋植えばれいしょ、秋冬さといも、その他さといも、やまのいも
野菜(葉茎菜類)	春はくさい、夏はくさい、秋冬はくさい、こまつな、春キャベツ、夏秋キャベツ、冬キャベツ、ちんげんさい、ほうれんそう、ふき、みつば、しゅんぎく、セルリー、アスパラガス、カリフラワー、ブロッコリー、春レタス、夏秋レタス、冬レタス、春ねぎ、夏ねぎ、秋冬ねぎ、にら、たまねぎ、にんにく
野菜(果菜類)	冬春きゅうり、夏秋きゅうり、かぼちゃ、冬春なす、夏秋なす、冬春トマト、夏秋トマト、冬春ピーマン、夏秋ピーマン、スイートコーン、さやいんげん、さやえんどう、そらまめ、えだまめ
野菜(香味野菜)	しょうが
野菜(果実的野菜)	いちご、メロン、すいか
果樹	みかん、なつみかん、はっさく、いよかん、ネーブルオレンジ、りんご、日本なし、西洋なし、かき、びわ、もも、すもも、おうとう、うめ、ぶどう、くり、パイナップル、キウイフルーツ
畜産	乳用牛、肉用牛、豚

(2) 北海道水産現勢<sup>6)</sup>

北海道水産現勢（以下、水産現勢）は、北海道水産庁が生産高についてまとめている水産統計である。地域区分については市町村別、集計項目については魚種別の数量[t]、金額[円]となっている。表-4に平成23年の水産統計で扱っている品目を示す。

表-4 水産現勢の品目

区分	品目
魚類	にしん、まいわし、かたくちいわし、さけ、ます、たら、すけとうだら、こまい、ほっけ、さば、さんま、ひらめ、まがれい、ひれぐろ、すながれい、そうはち、あかがれい、くろがしがれい、まつかわ、その他のかれい類、ぬめけ、きちじ、まぐろ、ぶり、さめ類、いかなご、ししゃも、はたはた、あいなめ、そい類、その他の魚類
その他水産品	するめいか、あかいが、やりのか、その他のいか類、みずだこ、やなぎだこ、なまこ、たらばがに、毛がに、花咲がに、ずわいがに、その他のかに、えぞばふんうに、きたむらさきうに、ほっかいえび、ほっこくあかえび、とやまえび、その他のえび類、その他の水産動物
貝類	ほたて貝、ほっき貝(うばがい)、あわび、かき類、つぶ類、あさり、ばかがい、いがい、その他の貝類
海藻類	こんぶ、わかめ、その他の海藻類
くら	

4.3 品目特性に関する統計

(1) 農畜産物及び加工食品の移出実態調査結果報告書<sup>7)</sup>

農畜産物及び加工食品の移出実態調査結果報告書（以下、移出実態調査）は、北海道開発局が北海道の農畜産物及び加工食品の移出実態について農業団体、商系出荷団体及び関係企業を対象に行った調査である。

表-5に品目について示す。地域区分については振興

局単位であり、品目ごとに輸送機関比（JR，トラック・フェリー，内航船，航空機）と出荷先の道内外比がクロス集計として示されている。

表-5 移出実態調査の品目

区分	品目
穀物類	うるち米、もち米、小麦、豆類(大豆、小豆、菜豆等)
野菜	馬鈴しょ、たまねぎ、かぼちゃ、だいこん、ながいも、キャベツ、ごぼう、スイートコーン、ねぎ、はくさい、トマト類、アスパラガス、ほうれんそう、ゆりね、レタス、きゅうり、ブロッコリー、ピーマン、メロン、すいか、その他野菜(さやいんげん、さやえんどう、いちご、えだまめ、みつば、パセリ、春菊、かきゆりなど)
果実	果実類(りんご、ぶどう、なし、おうとう、プルーン、アロニア、プラム、くり、ももなど)
畜産	牛肉、豚肉
生乳	生乳
乳製品	濃縮乳、牛乳、れん乳、全脂粉乳、脱脂粉乳、その他粉乳、バター、チーズ、生クリーム
加工品	でんぷん、砂糖
花き	切花類

(2) 農林漁業及び関連産業を中心とした産業連関表<sup>8)</sup>

農林漁業及び関連産業を中心とした産業連関表（以下、農水省産業連関表）は農林水産省が農林漁業及び関連産業を中心に部門統合を行った産業連関表である。表-6に地域間産業連関表（65部門）と農水省産業連関表の部門対照表を示す。

表-6 農水省産業連関表の部門（食料関連抜粋）

65部門分類		農林漁業及び関連産業を中心とした産業連関表
コード	部門名	部門名
01	食用耕種農業	米、稲わら、麦類、いも類、豆類、野菜、果実、砂糖原料作物、飲料用作物、その他の食用耕種作物
02	非食用耕種農業	飼料作物、種苗、花き・花木類、その他の非食用耕種作物
03	畜産	酪農、鶏卵、肉鶏、豚、肉用牛、その他の畜産
04	農業サービス	農業サービス
06	漁業	海面漁業、海面養殖業、内水面漁業・養殖業
10	と畜・肉・酪農品	牛肉、豚肉、鶏肉、その他の肉、と畜副産物、肉加工品、畜産びん・かん詰、酪農品
11	水産食料品	冷凍魚介類、塩・干・くん製品、水産びん・かん詰、ねり製品、その他の水産食品
12	精穀・製粉	精穀、製粉
13	その他の食料品	めん類、パン類、菓子類、農産びん・かん詰、農産保存食料品、砂糖、でん粉、ぶどう糖・水あめ・異性化糖、植物油脂・加工油脂、植物油かす、動物油脂、塩、調味料、冷凍調理食品、レトルト食品、そう菜・すし・弁当、学校給食、その他の食料品
14	飲料	酒類、茶・コーヒー、清涼飲料、製氷
15	飼料・有機質肥料	飼料、有機質肥料
16	たばこ	たばこ

5. 食料 OD 表の作成

5.1 食料 OD 表の概要

本研究では食料の動きを表す OD 表（以下、食料 OD 表）を作成する。図-4 に食料 OD 表の概略図を示す。食料 OD 表は食料の品目ごとにそれぞれ作成され、どの地域で作られた食料がどこへ輸送されているかという移出状況を示す。

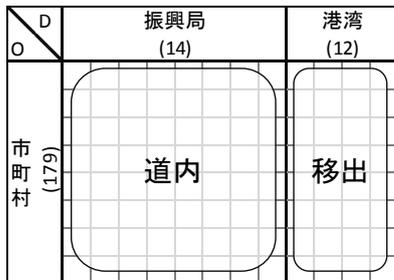


図-4 食料 OD 表の概略図

OD について、起点 O は道内 179 市町村、終点 D の道内分は 14 振興局、道外への移出分は重要港湾以上の

12 港湾とする。起点を市町村としたのは、振興局内の輸送に関する道路も評価が可能となるようにするためである。一方、食料 OD 表は食料の移出に着目しているため、道内分の終点については振興局単位で扱う。

また、本研究は道路ネットワークの評価を目的とするため、輸送機関としてはトラック・フェリーおよび内航船とし、JR については除外する。

食料 OD 表の表現方法として以下の 2 通りを設定する。

- 1) 輸送表：生産地から消費地、生産地から加工地、加工地から消費地の 3 つの輸送を示す表。
- 2) 産消表：生産地と消費地の関係を示す表（自地域での加工率が 100% のとき、輸送表と一致）。

5.2 食料 OD 推計のフロー

図-5 に食料 OD 表の推計フローを示す。基本となるのは、食料が加工品の材料となる流れや 1 次産品および加工品から消費者へ渡る流れについて北海道内の動きを追うことができる地域間産業連関表である。以下、それぞれの手順についてそれぞれ述べる。

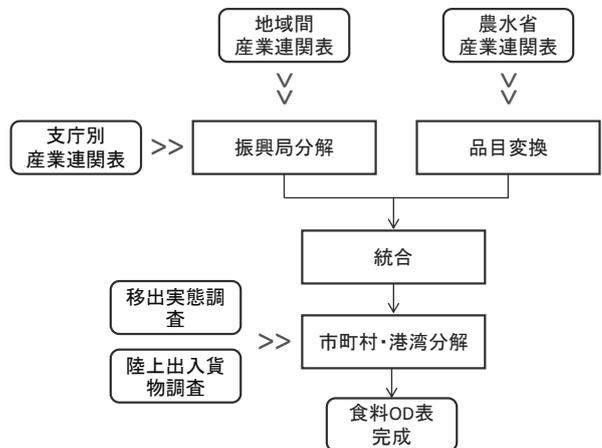


図-5 食料 OD 推計のフロー

(1) 振興局への分解

地域間産業連関表では北海道は 6 地域に区分されている。本研究では、生産地については市町村単位、道内消費地については振興局単位で区分し分析を行うために、まず 6 地域を 14 振興局へ分解する必要がある。そこで、北海道が 2002 年にまとめた「道内支庁別産業連関表作成に係る報告書」<sup>9)</sup> を参考に振興局への分解を行った。

(2) 品目変換

本研究では 1 次産品が加工品となった後の動きについても捕捉をする。このとき加工品の数量について原料換算するというまとめ方をする。すなわち、ある作物に着目するとき、その作物が原料となることができる加工品はその原料の中間投入と等しくなるように変換する。

さらに、農水省産業連関表から特に食料に関わる部門を抜粋して組み換える（以下、食品連関表）。表-7 に食品連関表において採用する部門を整理する。食料連関表を用いて以下の 3 つの流れについて 1 次産品 1 単位からのどの部門にどれだけ派生するかの割合を推計する。

3) については中間需要がなくなるまで収束計算を行い、算出した。

- 1) 1次産品からの最終需要
- 2) 1次産品から加工品への中間需要
- 3) 加工品からの最終需要

表-7 食品連関表の部門

33部門	食品連関表
耕種農業	米、麦類、いも類、豆類、野菜、果実、砂糖原料作物
畜産	酪農、鶏卵、肉鶏、豚、肉用牛
漁業	海面漁業、海面養殖業、内水面漁業・養殖業
と畜・肉・酪農品	と畜、肉加工品、畜産びん・かん詰、酪農品
水産食料品	冷凍魚介類、塩・干・くん製品、水産びん・かん詰、ねり製品、その他の水産食品
その他の食料品	精穀、製粉、めん類、パン類、菓子類、農産びん・かん詰、農産保存食料品、砂糖、でん粉、ぶどう糖・水あめ・異性化糖、植物油・加工油脂、動物油脂、塩、調味料、冷凍調理食品、レトルト食品、そう菜・すし・弁当、学校給食、その他の食料品、酒類、茶・コーヒー、清涼飲料

### (3) 食品連関表と地域間産業連関表の統合

まず食品連関表のアウトプットについて 33 部門に統合する。次に地域間産業連関表からその販路構成を各振興局ごとに特定することで(2)の 1) ~3) に該当する輸送表(振興局単位)が作成される。このとき、3) の加工品となった原料の産地特定については 2) での中間需要の産地構成比率から算出する。

### (4) 市町村・港湾への分解

同一振興局内の市町村の出荷先割合および移輸出割合は同じであるという仮定を置き、(3)で作成した輸送表(振興局単位)の値と各品目の市町村別生産高 [t] に乗じることで輸送表(市町村単位)が作成される。ただし、移出実態調査の値がある品目についてはより詳細であるため移出実態調査の値を採用し、その場合の輸送表については道内の出荷先割合のみを採用する。また、本研究では道路上の動きを対象とするため、あらかじめ生産高にトラック・フェリーおよび内航船の輸送機関比を乗じておく。さらに移輸出分については、陸上出入貨物調査の使用港湾割合に乘以終点 D を港湾に分解する。

## 6. 食料の道路ネットワーク上への配分および評価

### 6.1 道路ネットワーク上への配分

図-6 に本研究で用いる配分ネットワーク図を示す。道路ネットワークは高速・高規格道路、一般国道、道道を対象とし、将来ネットワークも含んでいる。



図-6 配分ネットワーク

配分手法としては、本研究は都市間輸送を対象とすることや全車種を扱うわけではなく食料輸送のみを対象とするため容量制約を設けることが難しいといった理由か

ら、最短経路探索法を用いる。高速道路利用率については既存研究<sup>10)</sup>のモデルから品目および OD ごとに設定する(式1)。

$$\text{logit}(f) = \log\left(\frac{1}{1-f}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 \quad (1)$$

$f$  :高速道路利用率

$x_1$  :輸送距離 (km)

$x_2$  :要冷蔵ダミー (1:要冷蔵, 0:他)

$x_3$  :到着時間指定ダミー (1:時間単位で指定, 0:他)

### 6.2 評価指標

本研究では食料供給を表す評価指標として従来の重量 [t]や金額[円]といった指標に加えて、熱量[cal], 自給率 [%], 供給可能人数[人]といった指標として使用する。特に供給可能人数の指標は、通行台数が少ない地域において多くの食料が積載されているトラックが走っている重要性を端的に表現する指標である。

また、交通の評価指標として食料の OD 距離[km]や所要時間[hr]といった項目を用意し、道路ネットワーク全体の評価を行う。OD 距離については使用港湾の変更や自地域での加工率の変化、所要時間については新たな道路整備や高速道路利用率の変化に伴って変化する。

## 7. おわりに

本研究で提案する分析手法によって、以下のような項目を明らかにすることができる。

- ・本研究で作成した食料 OD 表では、1次産品だけではなく加工品となった後の流動についても産地から消費者まで一貫して捉えることができる。
- ・北海道の道路ネットワークにおいてどの路線が多くの食料を輸送しているかを表すことができる。
- ・路線ごとかつ方向別に輸送されている食料の品目やその産地の構成を表すことができる。

## 参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：マルチモーダル交通体系の構築に関する研究，国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告第19号，2008
- 2) 国土交通省：平成23年度貨物地域流動調査，2013
- 3) 北海道開発局：平成17年北海道内地域間産業連関表，2010
- 4) 国土交通省：平成16年陸上出入貨物調査，2004
- 5) 農林水産省：平成18年度産作物統計調査，2007
- 6) 北海道水産林務部：平成23年北海道水産現勢，2013
- 7) 北海道開発局：平成24年度農畜産物および加工食品の移出実態(平成23年)調査結果報告書，2013
- 8) 農林水産省：平成17年農林漁業及び関連産業を中心とした産業連関表，2010
- 9) 北海道総合企画部：道内支庁別産業連関表作成に係る報告書，2002
- 10) 関谷浩孝，上坂克巳，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 Vol.67, 2011