

修士論文

石川県を中心とした雪害による道路途絶時の代替輸送の可能性について

矢島 健

主指導教員 林 幸雄

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
知識科学

令和6年2月

Abstract

Trucks are a very important means of transportation in Ishikawa Prefecture. Transportation is divided into four categories: trucks, railroads, ships, and airplanes, with trucks accounting for more than 99% of transportation in Ishikawa Prefecture. In recent years, roads such as National Route 8, Hokuriku Expressway, and Tokai-Hokuriku Expressway, which are important for logistics in Ishikawa, have been disrupted by snow damage, and in 2018 and 2021, these road disruptions affected the food supply in Ishikawa, mainly processed food products such as bread and instant noodles. The number of food products affected by the disruption of these roads is estimated to be about 1.5 million. However, there have been no specific surveys or studies on which food items are affected and why. Even under normal circumstances, the production bases and distribution routes for each food item are often not recognized, and there is no data on the distribution routes for food items in Ishikawa Prefecture.

The purpose of this study is to clarify the impact of road disruption due to snow damage in Ishikawa Prefecture, and to show the possibility of preventing food shortages through alternative transportation. Although the prefectural government and road management companies are taking measures to cope with snow damage, the current measures are not sufficient to deal with the impact on food supplies, as convenience stores and supermarkets are experiencing shortages and shortages of products. In this study, we consider the possibility of providing food supplies through alternative transportation from prefectures that are not affected by road disruptions, which is different from the normal situation. In this case, we will target items that are in relatively high demand during disasters due to time constraints. Although there have been no specific surveys or studies on which items were in short supply and to what extent due to road disruptions in Ishikawa and other prefectures, there were many reports in newspapers and other media that bread and noodles were in short supply. Therefore, in addition to bread and noodles, beverages that are essential for sustaining life were selected as target items.

First, the impact on food supply due to road disruptions caused by snow damage mainly in Ishikawa Prefecture was investigated by the prefectural government, road management companies, and newspapers of the time. As a result, we found that in February 2018 and January 2021, when National Route 8, Hokuriku Expressway, Tokai-Hokuriku Expressway, and other roads in Fukui Prefecture were closed, many fresh foods, in addition to processed foods such as rice balls, lunch boxes, bread, and ham, ran out of stock or were out of stock in supermarkets and convenience stores. In addition to processed foods such as onigiri (rice balls), boxed lunches, bread, ham, etc., many fresh foods were out of stock or out of

stock at supermarkets and convenience stores. However, there were no reports of shortages of beverages such as mineral water and soft drinks, with the exception of milk, as far as we could ascertain, suggesting that either Fukui Prefecture supplies these beverages from other prefectures not affected by the road disruptions under normal circumstances, or that the amount in stock was sufficient.

Next, the relationship between the disruption of National Route 8 and the Hokuriku Expressway and food supply to Ishikawa Prefecture, especially processed food products, was examined based on the logistics census and the location of plants of major food manufacturing companies. Ishikawa Prefecture does not have a large-scale production base for processed food products. There are no instant noodle factories in Ishikawa. Although there is only one bread factory, the low value of bread shipments compared to all other prefectures suggests that many of these products are imported from other prefectures. In addition, a large number of processed food products are also considered to be imported from other prefectures. A high percentage of these products are imported from the Kinki and Chubu regions. The roads connecting Ishikawa Prefecture with the Kinki and Chubu regions are National Route 8 and the Hokuriku Expressway, and it is thought that these roads were cut off, resulting in inadequate food supplies. As for beverages, it is possible that supermarkets and convenience stores did not run out of supplies because of the high volume of beverages from Toyama and Gifu prefectures, which are less affected by the road disruption in Fukui Prefecture.

In addition, as a countermeasure to food supply in the event of snow damage, it was mentioned that alternative routes to National Route 8 and the Hokuriku Expressway would be the Tokai-Hokuriku Expressway and National Route 41. The need for alternative transportation from different areas than usual was also mentioned, since the food supply was actually affected even when alternative routes existed. However, it is considered difficult to arrange transportation from different areas immediately after a disaster. In preparation for road disruptions, it is necessary to secure multiple suppliers at normal times and to study supply routes in advance in case of road disruptions.

The concept of potential was introduced to the food supply in order to consider from which prefectures alternative transportation is possible in the event of a road disruption. The potential was calculated using the OD matrices of "other food products" and "beverages" in the "inter-prefecture flow-weight" of the Census of Logistics. However, the values of the "inter-prefectural flow-weight" were not consistent, possibly due to the fact that the values differed significantly from one survey year to another. The logistics census and the location of factories were used to determine which regions supply processed food products to Ishikawa Prefecture under normal conditions, but the specific quantities of each item are still unknown.

Visualization of production bases and distribution routes for each food item and quantification of inter-regional flow are desired to study more accurately the risks to food supply and the measures to cope with such risks.

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的	2
1.3	先行研究	2
1.4	本論文の構成	3
第2章	北陸地方の雪害と対策	4
2.1	雪害による被害の概要	4
2.1.1	石川県の国道におけるスタック箇所	4
2.1.2	2018年2月	6
2.1.3	2021年1月	8
2.1.4	2022年12月	10
2.2	食料供給への影響のまとめ	10
2.3	県や道路管理事業者の雪害対策	11
第3章	石川県の平常時の食料供給	13
3.1	石川県への流入出に関連する主な都道府県	13
3.2	平常時の石川県への食料供給	16
3.2.1	物流センサス(全国貨物純流動調査)で 使用するデータと問題点について	16
3.2.2	その他の食料工業品	19
3.2.3	パン類	21
3.2.4	即席麺類	22
3.2.5	飲料	23
3.2.6	工場立地	24
3.3	食料不足に陥った理由の考察	25
第4章	道路途絶時の代替輸送の考察	26
4.1	災害時における代替路の例	26
4.2	雪害発生時に使用可能な道路	28
4.2.1	重要物流道路制度	28
4.2.2	冬季閉鎖区間	29
4.3	国道8号線や北陸自動車道の代替路	30

4.3.1	代替路となる高速道路の料金	30
4.4	石川県の代替輸送の必要性	34
第5章	各都道府県の食料供給ポテンシャル	35
5.1	Hodge-Kodaira 分解定理による OD 行列を用いたポテンシャルの導出	35
5.2	ポテンシャルの計算結果	36
5.2.1	その他の食料工業品	36
5.2.2	飲料	38
5.3	ポテンシャルの考察	39
第6章	結論	40
6.1	まとめ	40
6.2	今後の展望	41
	謝辞	42
	付録A Google マップにプロットする方法	43
	付録B QGIS データから道路ネットワーク自動生成	46
B.1	概要	46
B.2	プログラムの仕様	47
B.3	実行例と結果	50
B.3.1	石川県の高速道路と一般国道から構成される道路ネットワークの作成と可視化	50
B.3.2	石川県の主要地方道から構成される道路ネットワークの作成と可視化	51

目 次

2.1	2010年から2020年までの石川県で発生したスタック箇所	5
2.2	2018年2月の通行止め箇所	7
2.3	2021年通行止め位置図	8
2.4	2021年1月の国道8号線における通行止め区間	9
2.5	2021年1月の北陸自動車道における通行止め区間	10
2.6	2021年1月の東海北陸自動車道における通行止め区間	10
2.7	定置式溶液散布装置	12
2.8	広域迂回広報のイメージ	12
3.1	貨物輸送における石川県と各地域との関係	14
3.2	石川県の流入出に関する主な都道府県	15
3.3	石川県への食料工業品の都道府県別の移入量の割合	20
3.4	主要な製パン企業の工場立地	21
3.5	主要な即席麺類製造企業の工場立地	22
3.6	石川県への飲料の都道府県別の移入量の割合	23
3.7	主要な飲料企業の工場立地	24
4.1	新潟県中越地震時の道路の交通量の変化	27
4.2	東日本大震災時の道路の交通量の変化	27
4.3	石川県を中心とした重要物流道路	28
4.4	石川県と隣接県の冬季閉鎖区間	29
4.5	国道158号線を代替路とするルート	31
4.6	北陸自動車道の高速道路料金(大型車)	32
4.7	東海北陸自動車道の高速道路料金(大型車)	33
4.8	東日本大震災時のセブンイレブンによる東北地方への代替輸送	34
5.1	「その他の食料工業品」のOD行列による各都道府県のポテンシャル	37
5.2	「飲料」のOD行列による各都道府県のポテンシャル	38
A.1	マーカーをプロットするために必要なリスト	43
A.2	Google マイマップを開く手順	44
A.3	マイマップにリストのファイルをインポートする手順	44
A.4	テーマの変更手順	45

A.5	マーカーの形や色の変更手順	45
B.1	pajek で表示した石川県の道路ネットワーク (高速道路, 国道) . . .	50
B.2	pajek で表示した石川県の道路ネットワーク (主要地方道)	51

表 目 次

3.1	物流センサスにおける 8 品類と 85 品目	17
3.2	物流センサスにおける「その他の食料品」と「飲料」の内容例 . . .	18
B.1	Node クラスの仕様	47
B.2	RoadNetwork クラスの仕様 (属性)	47
B.3	RoadNetwork クラスの仕様 (メソッド)	48
B.4	道路コード	49

第1章 はじめに

1.1 研究背景

石川県と他都道府県との物流において、トラックは重要な輸送手段である。なぜなら、物流の輸送手段はトラック輸送、鉄道輸送、船舶輸送、航空輸送の4つに大別されるが、石川県において重量 t ベースでのトラック輸送分担率は99%を超えるからである [1]。しかし近年、気候変動の影響もあってか北陸地方において他地方とをつなぐ主要な道路が大雪によって途絶する事態が度々発生している。例えば、2018年2月には福井県の国道8号線と北陸自動車道、および中部縦貫自動車道で通行止めが発生し、国道8号線においては最大で約1500台の車両が滞留した [2]。また、2021年1月には北陸自動車道と東海北陸自動車道で通行止めが発生した [3]。2022年12月には新潟県の国道8号線と北陸自動車道が通行止めとなった [4]。ところで、国道8号線は新潟県新潟市を起点として日本海沿いに北陸地方を縦貫し、滋賀県を經由して京都府京都市にいたる一般国道であり、北陸地方と関西圏や中京圏とをつなぐ大動脈と言える。また、北陸自動車道は国道8号線と並行する高速道路であり、東海北陸自動車道は岐阜県を經由して東海地方と北陸地方を繋いでいる。これらの道路の途絶は北陸地方の物流にとって非常に大きな影響を与えると考えられる [1]。実際に2018年や2021年など、大規模な滞留が発生した際には、石川県や福井県のスーパーマーケットやコンビニエンスストアで品薄や欠品となる店舗が発生した [5]。

北陸地方において雪害発生時に食料不足に陥ることを防ぐために、まず平常時に石川県にどこから食料が供給されているかを把握し、大雪のリスクを事前に考慮することが重要である。石川県への食料品の供給は他県に頼っていると考えられる。なぜなら、石川県が主導する石川県の食品産業の方向性として、商品の大量生産ではなく、希少価値や機能性を追求するものとなっている [6] からである。石川県が生産する主な食品は生菓子や日本酒、醤油などの緊急性の低いものばかりであり、加えてこれらの企業の規模も小さいことも理由に挙げられる、しかしながら、現状は食料品の生産拠点や流通経路が認識されていないことが多く [7]、石川県においても、具体的な数量は公開されておらず不明である。また、品目別に生産拠点、包装材などの関連資材の製造拠点、流通拠点や経路を可視化することが提言されている [7] が、いまだ実施されていない。

よって、平常時にどこから食料が供給されているかが不明であるため、ある道路が途絶した場合に食料供給にどれほど影響があるかも不明である。石川県への

食料の供給を途絶えさせないためには、通常時にどの品目がどこから供給されているのかを把握し、道路が途絶した場合の通常時と異なる食料供給について考慮することは非常に重要である。

1.2 研究目的

本研究の目的は、石川県において、雪害によって道路が途絶した際に、代替輸送によって食料不足に陥ることを防ぐ可能性を示すことである。

県や道路管理事業者が雪害の対策をしているものの、コンビニエンスストアやスーパーマーケットで欠品や品薄状態に陥っていることから、現在の対策では食料への影響に十分に対応できていないと考えられる。本研究では通常時とは異なる、道路の途絶の影響を受けない県からの代替輸送によって食料供給を行うことも考える。その際に、時間的制約から災害時に比較的需要の高い品目を対象とする。石川県を中心とした道路の途絶によって、どの品目がどの程度不足したかについての具体的な調査や研究はこれまで存在しないが、パン類や麺類が不足したという記述が新聞等に多く見られた。よって、対象とする品目はパン類、麺類に加えて、雪害による道路途絶が復旧するまでの2-3日間における生命維持に不可欠な飲料とする。

1.3 先行研究

北陸地方の道路の途絶に関する研究として、河越ら [8] は国道ネットワーク上での関東、中部、近畿の主要都市から石川県への非交差経路数の組み合わせ数を近似的だが実用可能時間で求めている。一方で、北陸地方において道路が途絶したことによって食料供給にどのような影響あるのかについての詳しい調査や研究は行われていない。食料について品目別に生産拠点、包装材などの関連資材の製造拠点、流通拠点や経路を可視化することが提言されているが、いまだ実施されていない [7]。また、通常時の食料供給について国土交通省は高速道路を対象にETC2.0と積載品目・重量などを調査するためのアンケートを組み合わせたデータを収集する取り組みを検討している [11] が、まだ実施されていないのが現状であり、一般道を対象とした調査は全く検討すらされていない。地域別では、守山ら [9] は物流センサス [25] のデータを用いて首都圏や中部地方、関西地方への平常時の流通経路について分析しているが、石川県を対象としたものはない。

災害の影響に関する分析として、地域産業連関表を用いて北海道の農業部門の生産供給が停止した場合の他部門への経済的な影響を調査したものがある [12]。しかしながら、本分析で使用される地域産業連関表は東北地方、関東地方、中部地方など、地方間のデータであり、石川県への影響が見えにくいこと、そして、食

料品のどの品目に対して影響があるのかが見えにくいことから、本研究では使用しない。

災害時の代替輸送について、平成 30 年の豪雨や台風で JR 西日本の山陽線が不通となり、鉄道による貨物輸送をトラックやフェリーで代行した事例を分析したものがある [12]。代行したことにより、九州地域と関東・中部・近畿地域間の車のトリップ数が増加した。トラック輸送や船舶の輸送力の制約を鑑みた場合、このような輸送はリソースの浪費であり、幹線物流ネットワークの強靱化には地域近傍の物流だけでなく、全国規模の視点から物流ネットワークを検討すべき [12] としている。

1.4 本論文の構成

本論文の構成は以下のようなものである。第 2 章では雪害による道路途絶の食料に対する影響と、県や道路管理事業者が行なっている雪害対策について述べる。第 3 章では、物流センサスや食料工業品の工場の立地から平常時の石川県への食料供給について調査し、なぜ道路が途絶したことによって食料供給に影響があったのかについての考察を行う。第 4 章では、代替輸送についての検討を行う。第 5 章では、食料供給にポテンシャルの概念を導入することによって、どの都道府県の食料の流れについての分析を行う。第 6 章では、本研究にて調査分析した結果のまとめを述べる。

第2章 北陸地方の雪害と対策

本章は、事前調査として、近年の北陸地方における大雪によって発生した大規模な通行止めによる被害，及び雪害への省庁や県の対策について述べる．交通への被害や対策については省庁や県が発表している資料から調査する．また，通行止めによる食料供給への影響を当時の新聞記事から調査する．

2.1 雪害による被害の概要

2.1.1 石川県の国道におけるスタック箇所

図2.1は2010年から2020年の間で、石川県の国道において登坂不能車が発生した箇所である．登坂不能車発生箇所にマーカーがプロットされており，発生頻度によって色付けされている．福井県との県境にある加賀市や，富山県との県境にある河北郡津幡町，七尾市の国道160号線において多くスタックが発生している．

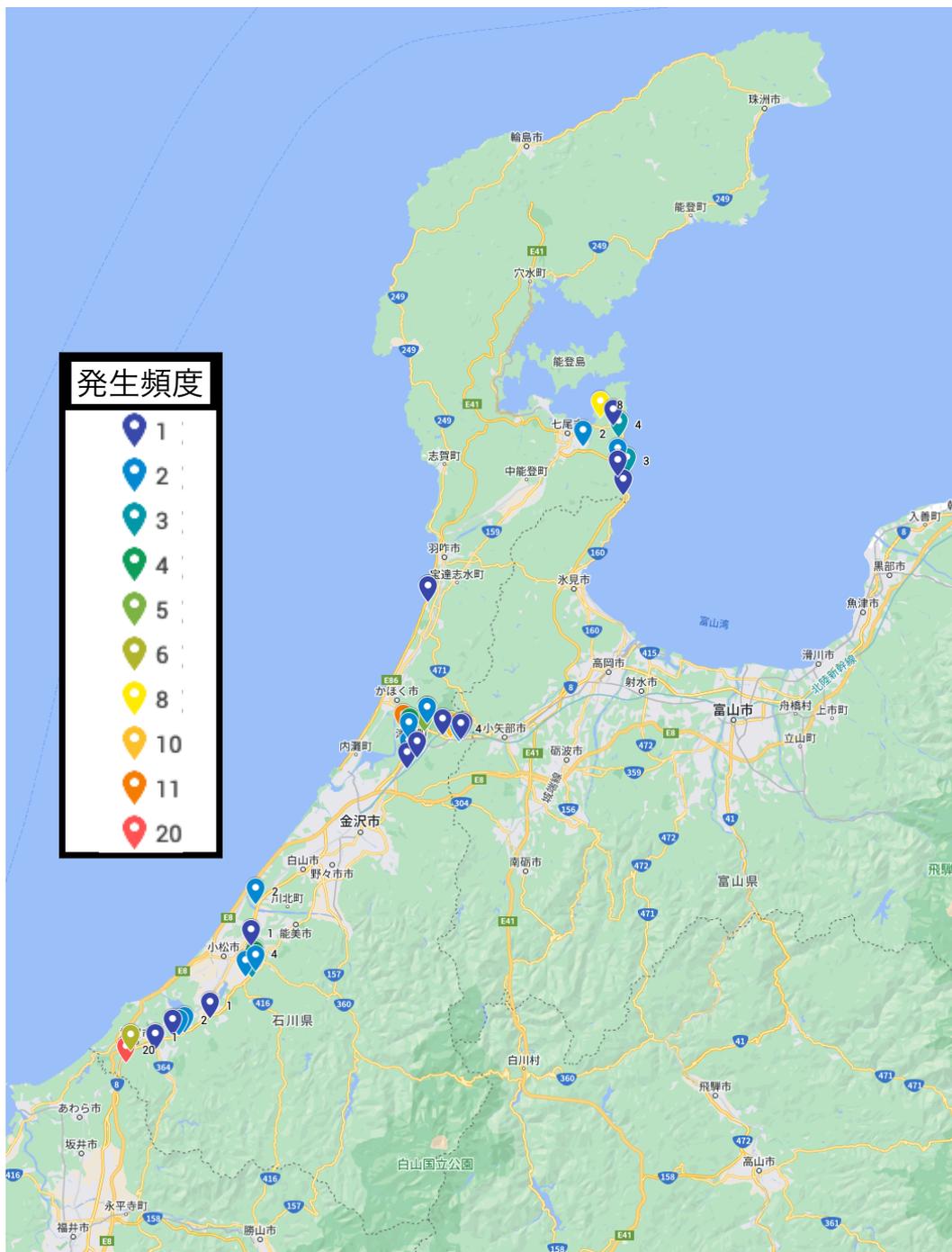


図 2.1: 2010 年から 2020 年までの石川県で発生したスタック箇所. [13] より作成.

2.1.2 2018年2月

2018年2月4日からの強い冬型の気圧配置により、福井県の嶺北を中心に5日から13日にかけて大雪となった。この大雪の影響により6日から9日にかけて国道8号線や北陸自動車道、中部縦貫自動車道で通行止めが発生した [2]。図2.2は福井県において発生した大規模渋滞の位置図である。国道8号線においては坂井市からあわら市にかけて最大で1500台の車両が滞留し、66時間の通行止めが発生した。また、北陸自動車道では加賀インターチェンジから武生インターチェンジまでの区間で31時間の通行止めが発生した。中部縦貫自動車道でも、福井北ジャンクションから松岡インターチェンジまでの区間で113時間の通行止めが発生した。

国道8号線や北陸自動車道が通行止めとなったことで物流が滞り、石川県や福井県ではスーパーマーケットやコンビニエンスストアで欠品や品薄が発生した。2月7日の新聞記事を見ると「国道8号の立ち往生や北陸道の通行止めの影響で、福井や石川県内の店舗を中心に商品の配送に遅延が生じている。(中略)福井県あわら市のローソン金津菅野店では、6日朝を最後に商品配送が途絶えており、7日朝は弁当類やサンドイッチなどが陳列棚から完全に消えた状態だという。」とある [14]。同じく7日の他の新聞記事では、「北陸3県でスーパー53店舗を展開するバローホールディングスでは福井市や富山県南砺市にある物流センターから商品を配送しているが、国道8号の立ち往生や北陸道の通行止めの影響で、福井や石川県内の店舗を中心に商品の配送に遅延が生じているという。」とある [15]。また、2月9日の新聞では、『小売店は幹線道路の国道8号が不通になった影響で、福井県を中心に商品の入荷が思うように回復しない。ドラッグストアのゲンキーは大型トラックを使うと交通渋滞を招きかねないとして自粛を決めた。小型車両でパンや生鮮食品の運搬を始めたが「品薄は続いている」という。(中略)石川県でドラッグストアを展開するコメヤ薬局(白山市)は牛乳やハムなど加工食品の入荷が3日ぶりに再開したが「まとめ買いをする顧客が多く品薄が解消しない』とある [16]。



図 2.2: 2018 年 2 月の通行止め箇所. [2] より引用.

2.1.3 2021年1月

2021年1月9日から12日にかけて、国道8号線と北陸自動車道、東海北陸自動車道において大規模な車両滞留が発生した [3]。図 2.3 は福井県と富山県で発生した大規模通行止めの位置図である。図 2.4 は福井県北部の国道8号線において発生

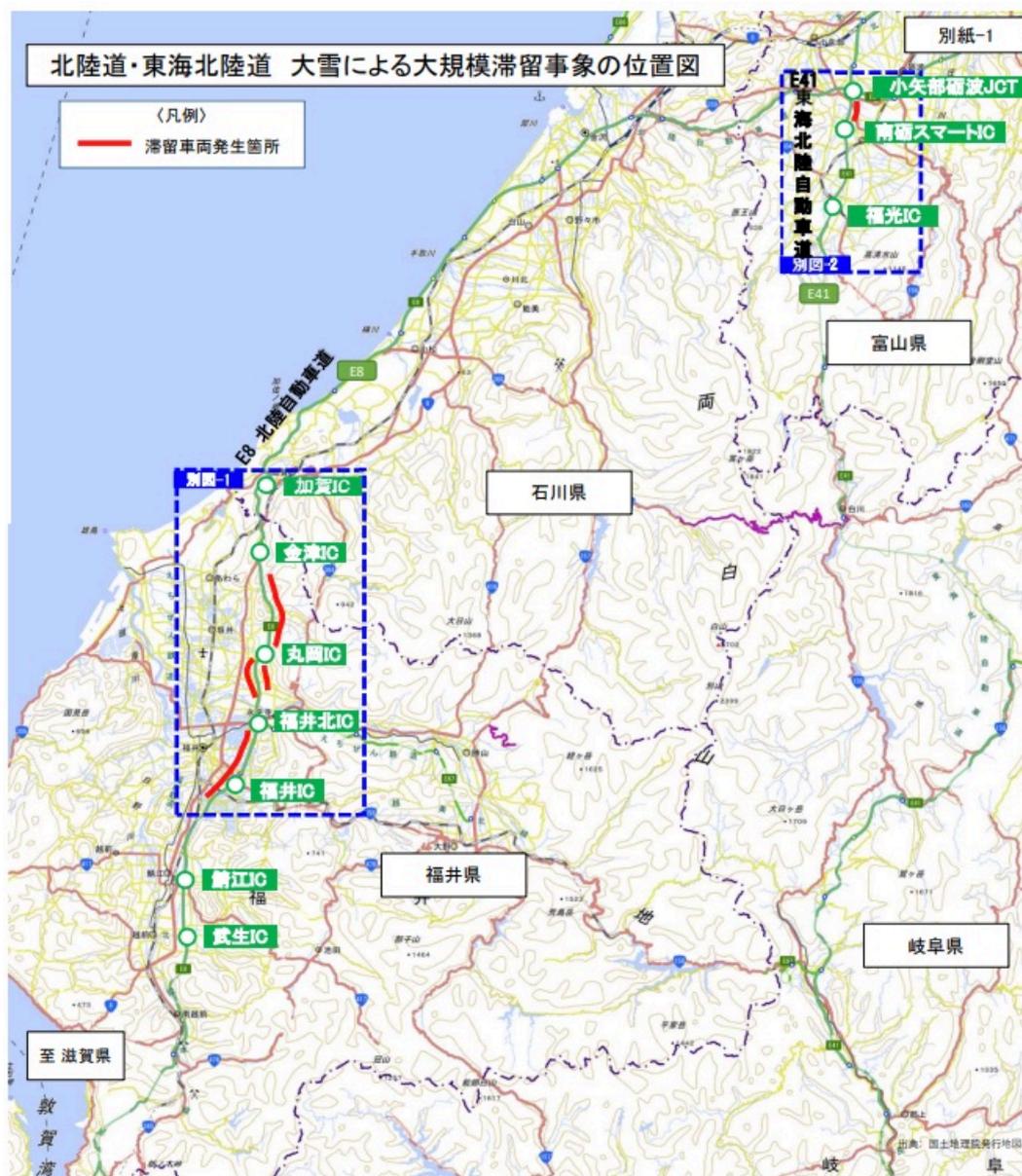


図 2.3: 2021年1月9日から12日にかけて発生した北陸自動車道と東海北陸自動車道の通行止め区間。青い点線で囲まれた箇所が大規模滞留箇所。[3]より引用。

した通行止めの詳細を示したものである。10日のスタック車両発生をきっかけに渋滞が発生し、あわら市から坂井市の区間で最大で約25時間の通行止めが発生した。図 2.5 は福井県北部の北陸自動車道において発生した通行止めの詳細を示した



図 2.4: 2021 年 1 月の国道 8 号線における通行止め区間。[19] より引用。

ものである。1月9日の大型車のスタックをきっかけに福井県の福井インターチェンジから石川県の加賀インターチェンジの区間が1月9日から12日にかけて通行止めとなった。同区間で滞留した車両は最大で約1600台となった。図2.6は富山県の東海北陸自動車道において発生した通行止めの詳細を示した図である。1月9日に発生した大型車のスタックをきっかけに富山県の福光インターチェンジから小矢部砺波ジャンクションの区間で1月9日から11日にかけて通行止めが発生した。同区間で滞留した車両は最大で約200台となった。

福井県の調査書によれば『北陸自動車道通行止めの影響により、1月9日の午後から県外のメーカーなどからの入荷が困難となり、併せて県内配送センターからスーパーやコンビニの各店舗への配送に遅延や中止が発生し、店内在庫が売り切れた10日から、特に総菜、乳製品といった日配品を中心に品薄状態の店舗が発生、市場では嶺北の卸売市場で県外からの青果物や鮮魚等の入荷に影響』とある[19]。また、1月11日の新聞によれば「県内のスーパーやコンビニでは物流が滞り、品薄が相次いだ。（中略）おにぎりや弁当、パンなどの食料品の在庫は底をつき、中華まんなどのホットスナックも少なくなっているという。」とある[17]。1月13日の新聞では「大雪のため福井県の北陸自動車道で続いていた車の立ち往生は11日深夜に全て解消し、通行止めも12日午前6時まで解除され、3日ぶりに県内部分が全通した。鉄道の運行も再開したが、県内のスーパーで品薄状態が続くなど市民生活への影響が続いている。」とあり[18]、通行止めが解除された後もスーパーマーケットで品薄状態が続いたことがわかる。

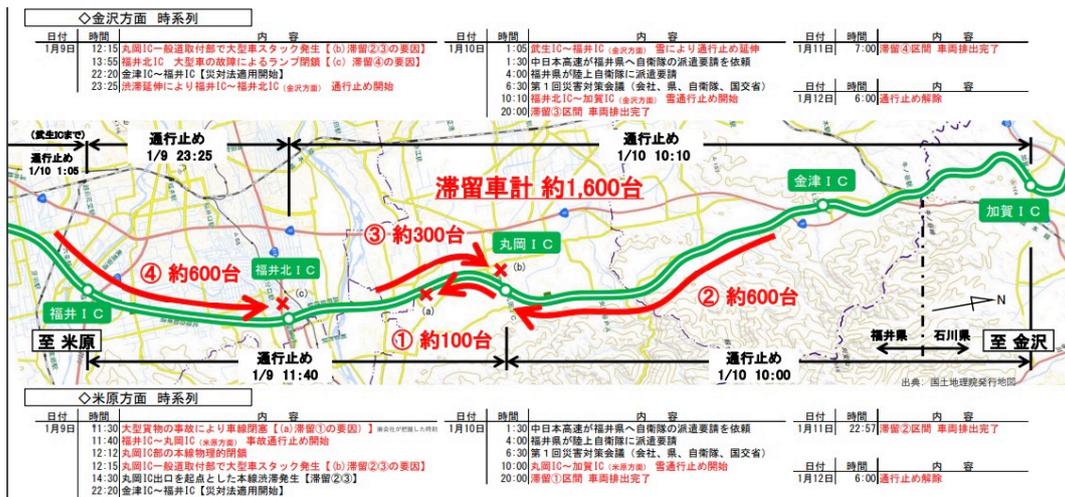


図 2.5: 2021 年 1 月の北陸自動車道における通行止め区間. [3] より引用.



図 2.6: 2021 年 1 月の東海北陸自動車道における通行止め区間. [3] より引用.

2.1.4 2022 年 12 月

新潟県柏崎市内の国道8号線と、見附市、長岡市、小千谷市にかけての国道8号線で通行止めが発生した [4]。関越自動車道においては小千谷インターチェンジから長岡ジャンクションの区間で通行止めが発生した。この通行止めによって新潟県上越市内のスーパーマーケットなどでは、長岡方面からの配達途絶えたことにより欠品となった [20] が、石川県において食料品が届かなくなったという資料はなかった。

2.2 食料供給への影響のまとめ

2018年や2021年では福井県中心の降雪であったためか、福井県のスーパーマーケットやコンビニエンスストアでの被害状況に関わる新聞記事が多かったものの、

石川県においても物流に影響があったとする記事がいくつか見られた。新聞記事等からでは、どの品目がどの程度の量不足したかという詳細な被害は不明であるもの、国道8号線や北陸自動車道の通行止めに陥ったことによって、石川県や福井県において食料供給に大きな影響があったことは確認できた。品切れや欠品が発生した品目として、おにぎりや弁当、パン、ハムなどの加工食品に加えて、生鮮食品など多くのものが挙げられた。しかしながら、調査した限りでは牛乳を除く、ミネラルウォーターや清涼飲料水などの飲料が不足したという記載は見られなかったが、これは平常時に福井県の道路の途絶の影響を受けない県からの供給を行っているか、在庫保管による量で十分だったと考えられる。

2.3 県や道路管理事業者の雪害対策

NEXCO 中日本は雪害に対してハードソフトの両面での対策を行なっている [3]。ハード面の対策では除雪車の増車、過去に自力走行不能車両が発生した区間では、定置式溶液散布装置 (図 2.7) や監視カメラの設置や増設を行っている。加えて救援車両を事前配備することによってスタック車両の早期救助を行なっている。ソフト面では、大雪時に、県や警察、河川国道事務局、気象台、自衛隊などの各関係機関一体となって情報連絡室を開設し、路面や降雪状況などを共有し、連携することによって道路ネットワークの確保に努めている。また、大雪予測時には広域の迂回を案内している。図 2.8 は北陸自動車道の通行止めが予想される場合の迂回ルートである。迂回ルートに関しては、第 5 章でも議論する。

ところで、石川県は、被災者に対して円滑に食料、飲料水、生活必需品、燃料などの供給が円滑に行われるように物資の備蓄・調達・輸送体制の整備を図っている [21]。県民やドライバーに対して、雪害に備えて備蓄するように呼びかけている。交通渋滞が発生した場合には、ドライバー等への食料、飲料水関する対策としては、県や市町は非常食の備蓄を行い、県は要請があった場合には所有する備蓄食料を供給したり、あらかじめ供給協定を締結した製造業者等からおにぎりや等の供給の斡旋を行っている [21]。



定置式溶液散布装置



散布状況

図 2.7: 定置式溶液散布装置. [3] より引用.

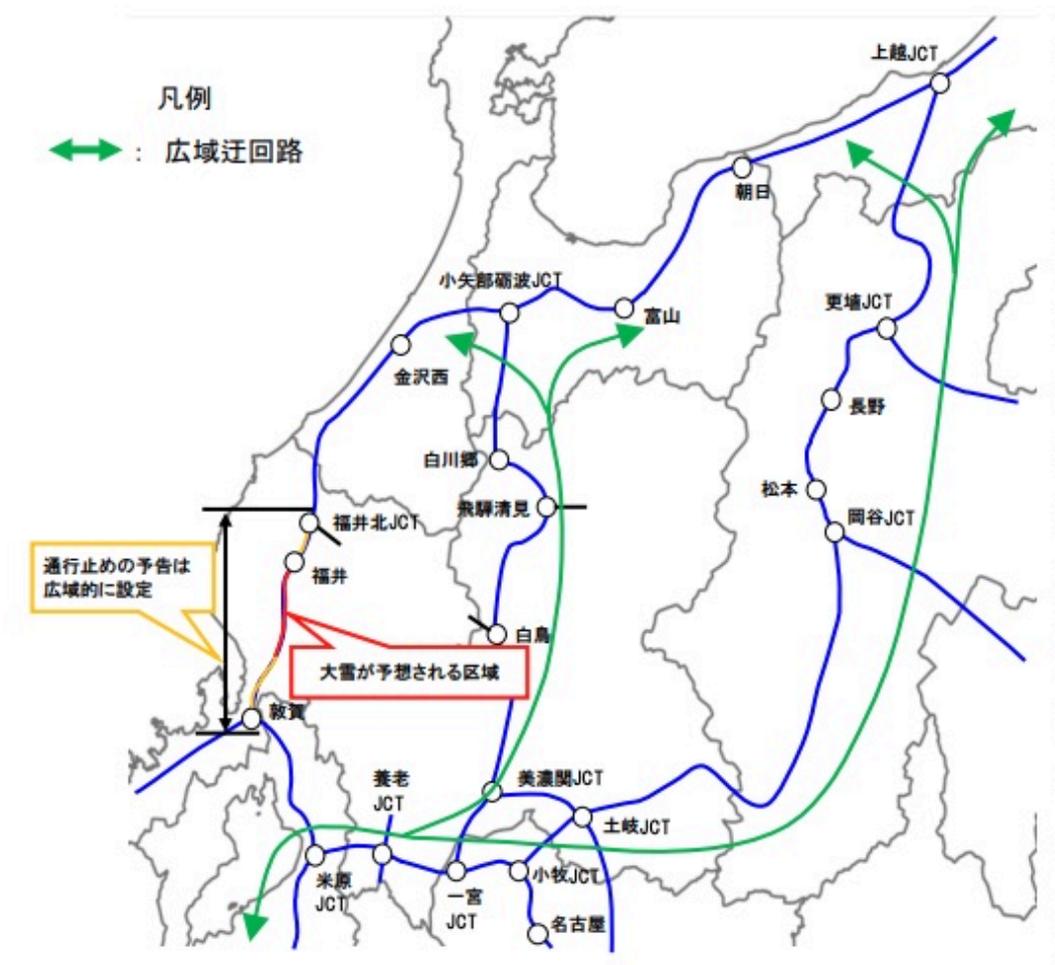


図 2.8: 広域迂回広報のイメージ. [3] より引用.

第3章 石川県の平常時の食料供給

本章では、平常時に石川県がどこの都道府県から食料供給を行っているのかについて調査した結果を述べる。石川県の平常時に何県から食料が供給されているのかを物流センサス（全国貨物純流動調査）を用いて調査する。また、パン類と即席麺類については工場の立地を主要な製造企業のホームページ等から調査し、これらの品目の生産拠点を明らかにする。そして、平常時の石川県への食料供給の調査結果から、なぜ雪害によって食料供給に影響があったのかについての考察を行う。

3.1 石川県への流入出に関連する主な都道府県

まず、通常時に石川県はどの地方との結びつきが強いのかについて述べる。図3.1は石川県と各地方間の移出入についての図であり。図3.1の左側の図は、石川県から各地方へ発出される貨物の重量を、石川県から石川県を除く全ての都道府県へ発出される貨物の重量で割ったものである。右側の図は、各地方から石川県に到着する貨物の重量を、石川県を除く全ての都道府県から石川県に到着する貨物の重量で割ったものである。到着の図を見ると、中部地方からの到着の割合が最も大きく、30%となっている。次に大きいのが近畿地方と北陸地方からの到着の割合でそれぞれ24%、その次が関東地方からの到着の割合で12%となっている。

石川県

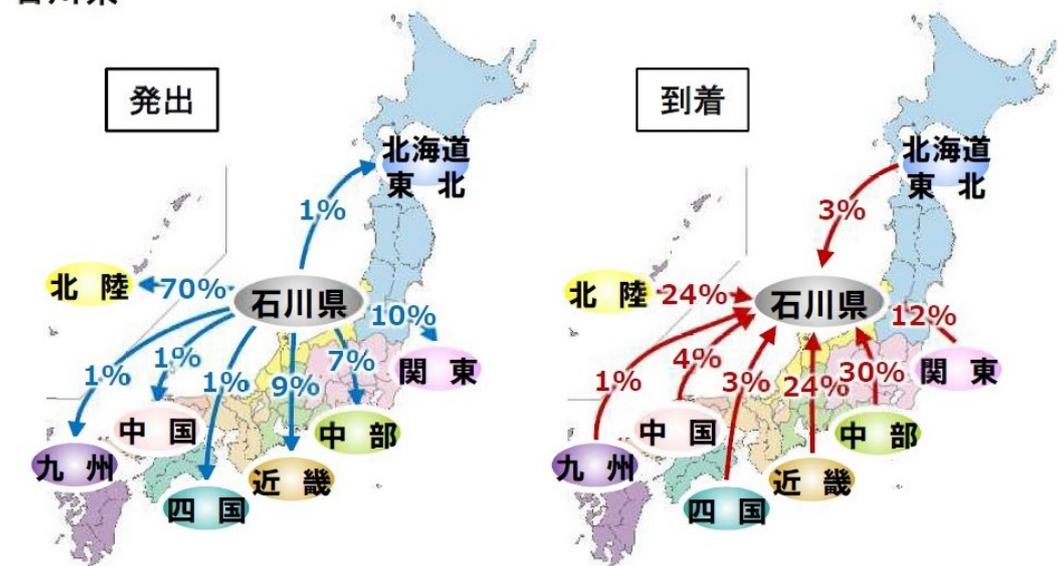
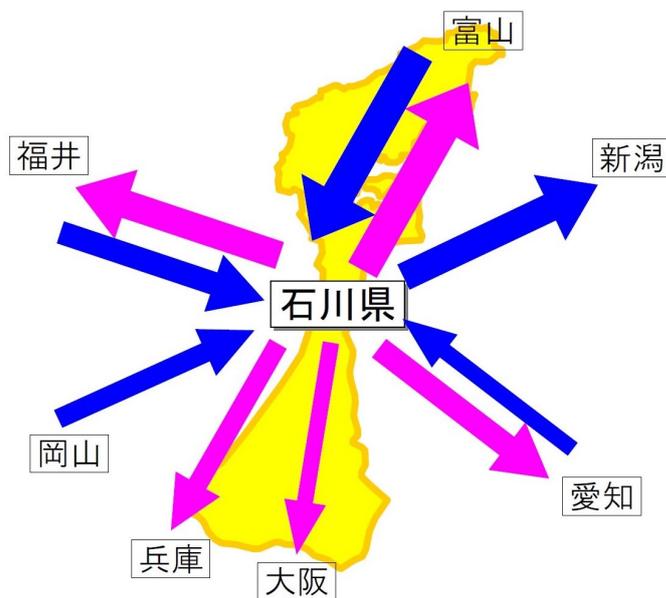


図 3.1: 貨物輸送における石川県と各地域との関係. [22] より引用.

図3.2は、石川県から発出される貨物と到着する貨物の重量であり、上位5県の値が示されている。図3.2を見ると、富山県や福井県など、隣接する県との結びつきが強いほか、愛知県や兵庫県、大阪府といった中部地方や関西地方の主要な都市との結びつきが強いことがわかる。



発貨物		
順位	着県	トン数
域内	石川	30,895
1	富山	4,129
2	福井	2,519
3	愛知	921
4	兵庫	632
5	大阪	582
7	長野	361
8	新潟	320
	その他	2,148
	計	42,506

着貨物		
順位	着県	トン数
域内	石川	30,895
1	富山	1,370
2	新潟	1,002
3	福井	952
4	岡山	707
5	愛知	535
19	長野	131
	その他	4,909
	計	40,501

図 3.2: 石川県の貨物の流入出に関する主な都道府県。[23] より引用。

3.2 平常時の石川県への食料供給

3.2.1 物流センサス(全国貨物純流動調査)で 使用するデータと問題点について

物流センサス(全国貨物純流動調査)とは、荷主企業など出荷側から貨物の動きを調査するものとして、全国を対象に輸送手段を網羅的に把握するための実態調査である [1]。1970年の第1回調査以来5年ごとに実施されている。その中の9の品類と85の品目別に都道府県間の移出入量を調査した「都道府県間流動量 -重量-」を用いて、石川県が何県から食料を移入しているかについて分析する(9の品類と85の品目については表3.1を参照。85の品目が9の品類に分類されている。)。また、「都道府県間流動量 -重量-」は3日間調査によってデータ収集がされている。3日間調査とは貨物の流動を詳細に把握するための調査であり、調査年の10月中旬の火曜日から木曜日までの3日間で実施している。

しかしながら、3日間調査の結果は精度に問題があることに注意が必要である。例えば、石川県は米の自給率が高く、2010年ではカロリーベースの自給率は173%である [24] ため、県内の流動量は他の都道府県からの移入量と比べて高くなるはずである。実際に2015年のデータでは石川県へ米を移出している都道府県は、石川県、長野県、静岡県であり、それぞれの重量は132t, 1t, 2tとなっており、石川県の値が他県と比べて非常に大きい。しかしながら、2021年のデータでは石川県へ米を移出している都道府県は、北海道、新潟県、広島県で、重量はそれぞれ12t, 7t, 1tであり、石川県内の移出入量は0tとなっている。このように調査年によって値が大きく異なり、調査が5年に一度であることから、都道府県間の移出入量の傾向が変化したか、または調査期間が3日間であることを原因とした精度の問題であるのかはデータからは読み取れない。また、「その他の食料工業品」の中にはパン類や即席麺類以外にも多くのものが含まれていることに注意が必要である。しかしながら、都道府県間の貨物の移出入量のデータは本調査以外に存在しないため、本調査結果を用いて石川県に各食料がどの都道府県から供給されているのかについて考察の材料とする。

本章では、このうちパン類や即席麺類が含まれる「その他の食料工業品」と「飲料」のデータを用いて、平常時に石川県の食料がどこから供給されているのかをそれら分類品目ごとに考察する。表3.2において、「その他の食料工業品」と「飲料」の内容例を示す。

品類	品目	品類	品目
農水産品	麦 米 雑穀・豆 野菜・果物 羊毛 その他の畜産品 水産品 綿花 その他の農産品	化学工業品	その他の石油製品 コークス その他の石炭製品 化学薬品 化学肥料 染料・顔料・塗料 合成樹脂 動植物性油脂 その他の化学工業品
林産品	原木 製材 薪炭 樹脂類 その他の林産品	軽工業品	パルプ 紙 糸 織物 砂糖 その他の食料工業品 飲料
鉱産品	石炭 鉄鉱石 その他の金属鉱 砂利・砂・石材 石灰石 原油・天然ガス りん鉱石 原塩 その他の非金属鉱物	雑工業品	書籍・印刷物・記録物 がん具 衣服・身の回り品 文房具・運動娯楽用品 家具・装備品 その他の日用品 木製品 ゴム製品 その他の製造工業品
金属機械工業品	鉄鋼 非鉄金属 金属製品 産業機械 電気機械 自動車 自動車部品 その他の輸送機械 精密機械 その他の機械	排出物	廃自動車 廃家電 金属スクラップ 金属製容器包装廃棄物 使用済みガラスびん その他容器包装廃棄物 古紙 廃プラスチック類 燃え殻 汚泥 鉱さい ばいじん その他の産業廃棄物 動植物性飼肥料
化学工業品	セメント 生コンクリート セメント製品 ガラス・ガラス製品 陶磁器 その他の窯業品 重油 揮発油 その他の石油 LNG・LPG	特殊品	金属製輸送用容器 その他の輸送用容器 取り合せ品

表 3.1: 物流センサスにおける 8 品類と 85 品目. [1] より作成.

品目	内容例
その他の食料工業品	牛乳，ヨーグルト，バター，アイスクリーム，小麦粉，食塩，みそ，香辛料，ハム・ソーセージ，めん類，パン，菓子，製茶，缶詰・ビン詰食品，調味料，豆腐，漬物，佃煮，こうじ，寒天，弁当，寿司，冷凍食品，レトルト食品，切り餅，氷，たばこ
飲料	ビール，清酒，洋酒，清涼飲料水，ミネラルウォーター，茶飲料

表 3.2: 物流センサスにおける「その他の食料品」と「飲料」の内容例. [1] より作成.

3.2.2 その他の食料工業品

食料加工品の石川県の移出入の傾向を見るために、物流センサスの「その他の食料工業品」と「その他の食料工業品」について、各都道府県から石川県への移入量を石川県の総移入量で割ることで、各都道府県ごとの石川県への移入量の割合を計算した。2005年、2010年、2015年、2021年の計4年分のデータ [1,10,25,26] から割合を計算した結果を図3.3に示す。調査年によって値は異なるもの、関西地方や中部地方からの移入の割合が高い。特にそれらの地方の中でも愛知県、兵庫県の高割合が高い。

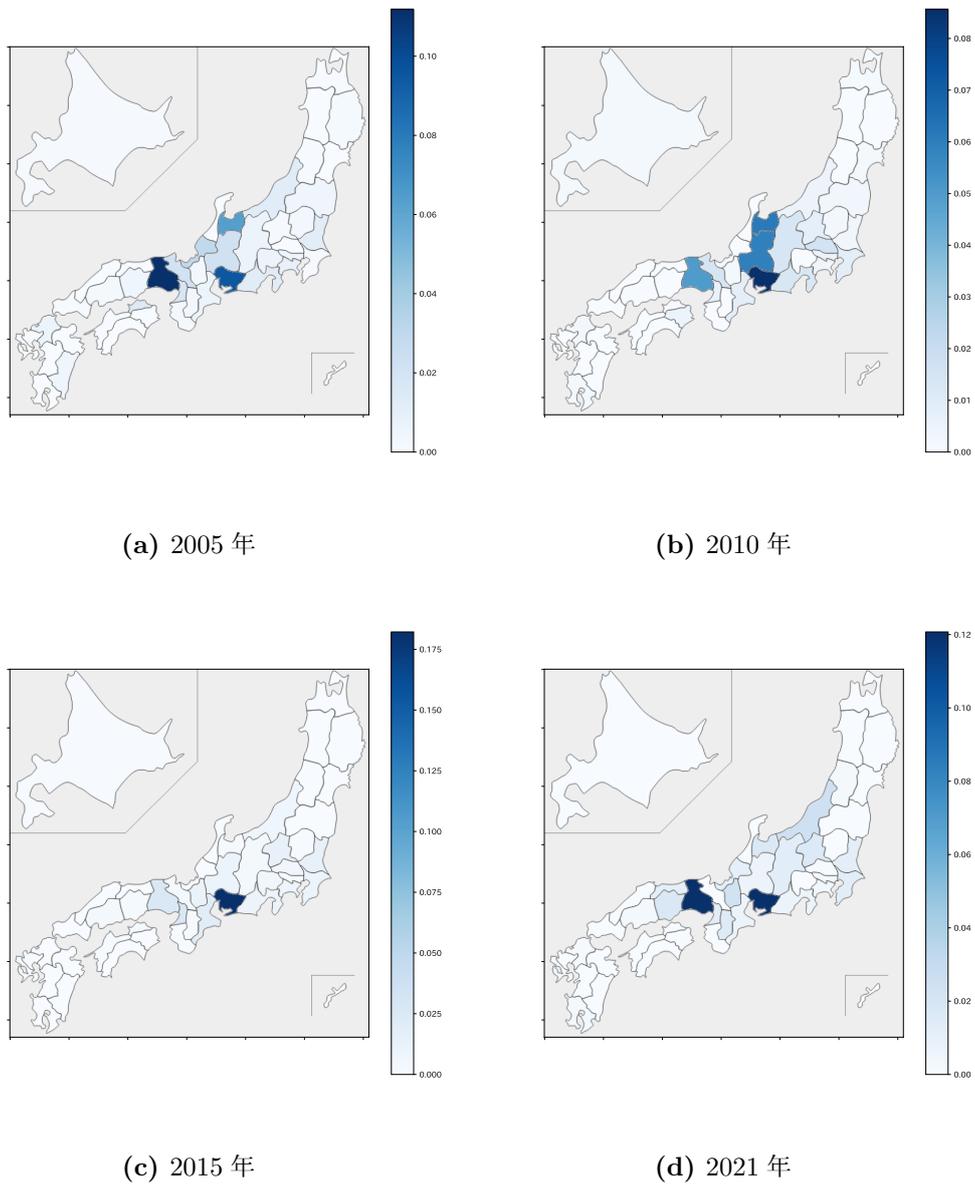


図 3.3: 石川県への「その他の食料工業品」の都道府県別の移入量の割合. [1, 10, 25, 26]より作成.

3.2.3 パン類

製パン業界において主要な企業は山崎製パン、敷島製パン、フジパン、神戸屋、第一屋製パンであり、これらの企業の日本の製パン市場におけるパン市場のシェア率は7割を超える [27]。以上の5社とその製造委託先の企業のホームページ [28–33] から工場の立地を調査し、それらを地図にプロットしたものが図3.4である。調査の結果、石川県内に1か所のみ、山崎製パンから製造委託を受けている製造所があることがわかったが、パン類の工場の立地の傾向としては、大阪府や愛知県、東京都など、人口の多い都府県とその周辺に多くに集中していることがわかった。

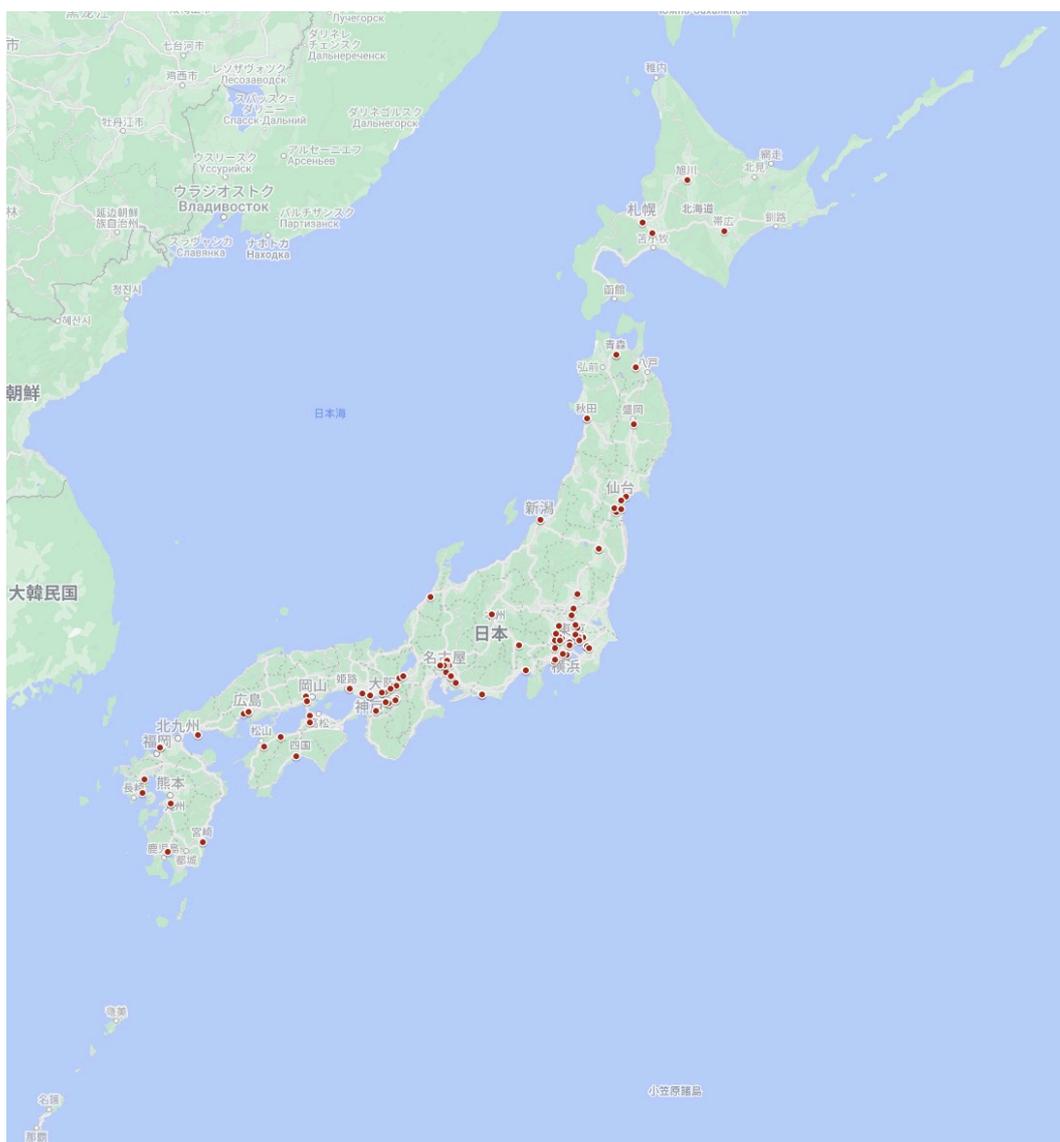


図 3.4: 主要な製パン企業の工場立地 [28–33], Google マップより作成.

3.2.4 即席麺類

即席麺類の製造に関して、主要な企業は日清食品、東洋水産、サンヨー食品、エースコック、明星食品であり、これらの企業の販売金額シェアは国内市場の87% [34]である。これらの企業の工場の立地を各社のホームページ [32,33,35-39] から調査し、それらを地図にプロットしたものが図3.5である。調査の結果、工場立地の傾向として、パン類と同様に関東地方や中部地方、近畿地方に多く分布している。また、即席麺類に関しては、主要な企業の工場は石川県には存在しないことがわかった。



図 3.5: 主要な即席麺類製造企業の工場立地。 [32,33,35-39] より作成。

3.2.5 飲料

「その他の食料工業品」と同様に飲料においても2005年、2010年、2015年、2021年の計4年分のデータ [1,10,25,26] で、各都道府県から石川県への移出量を石川県の総移入量で割った結果が図3.6である。調査年によって値は異なるが、愛知県や静岡県、長野県、岐阜間の中部地方や石川県と隣接する富山県の割合が高い。また、年によっては兵庫県からの割合も高い。また、関東地方からは群馬県からの移入していることがわかる、

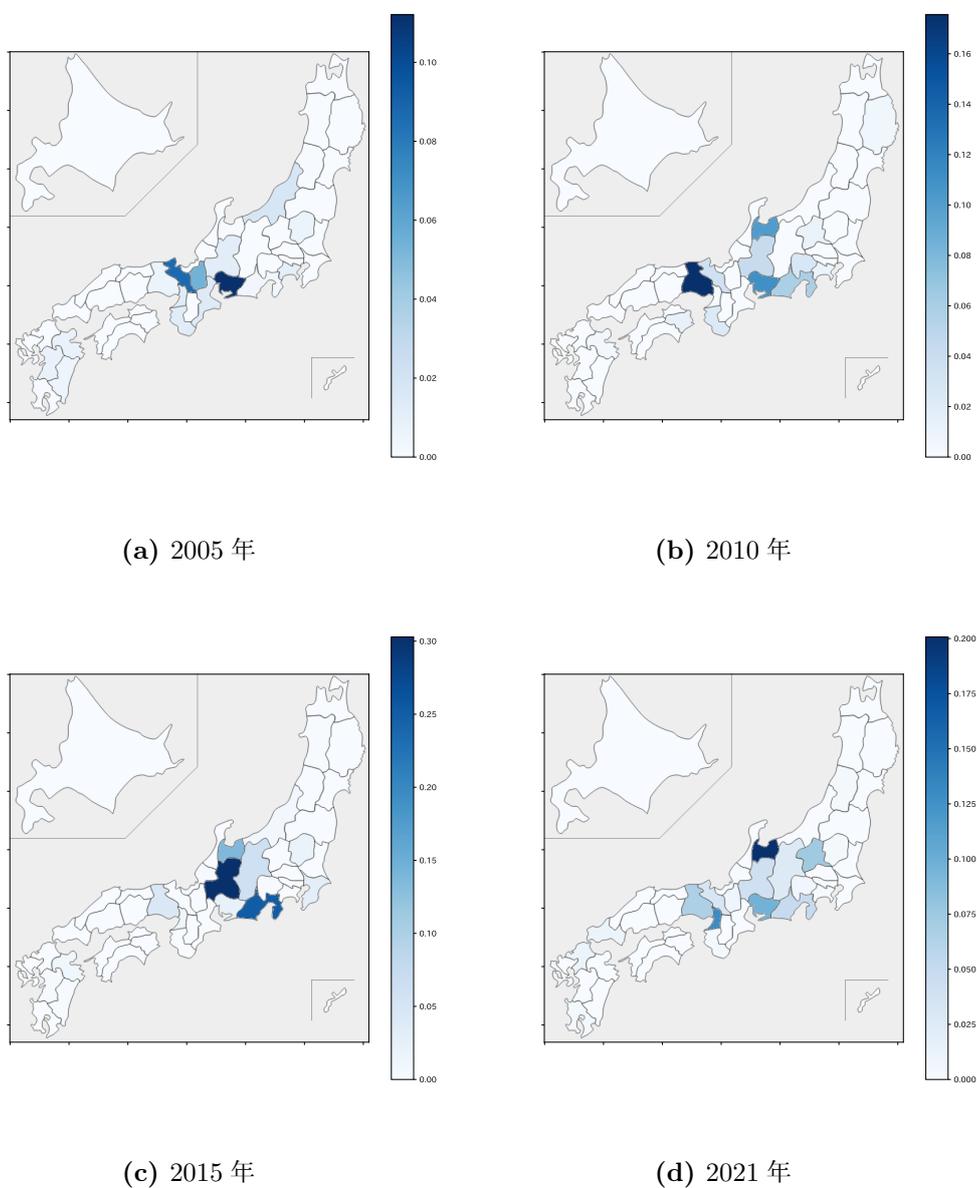


図 3.6: 石川県への「飲料」の都道府県別の移入量の割合。 [1,10,25,26] より作成。

3.2.6 工場立地

飲料業界において主要な企業は日本コカ・コーラ，サントリー，アサヒ，キリンビバレッジ，伊藤園，大塚HD，ダイドードリンコ，ヤクルト本社，カゴメ，ポッカサッポロであり，これらの企業のシェア率は85.6% [40]である．これらの企業とその製造委託先の企業のホームページ [32, 33, 41–49] から工場の立地を調査し，地図にプロットした図が図 3.7である．飲料の工場の立地について，大都市の近郊に加えて，山梨県や静岡県に多く分布していることがわかった．山梨県と静岡県はミネラルウォーターの生産量が多く，日本全体の生産量のうち山梨県は35.4%，静岡県は12.1%を生産している [69]．また，飲料工場については北陸地方にも分布しており，石川県と隣接する富山県に存在する．

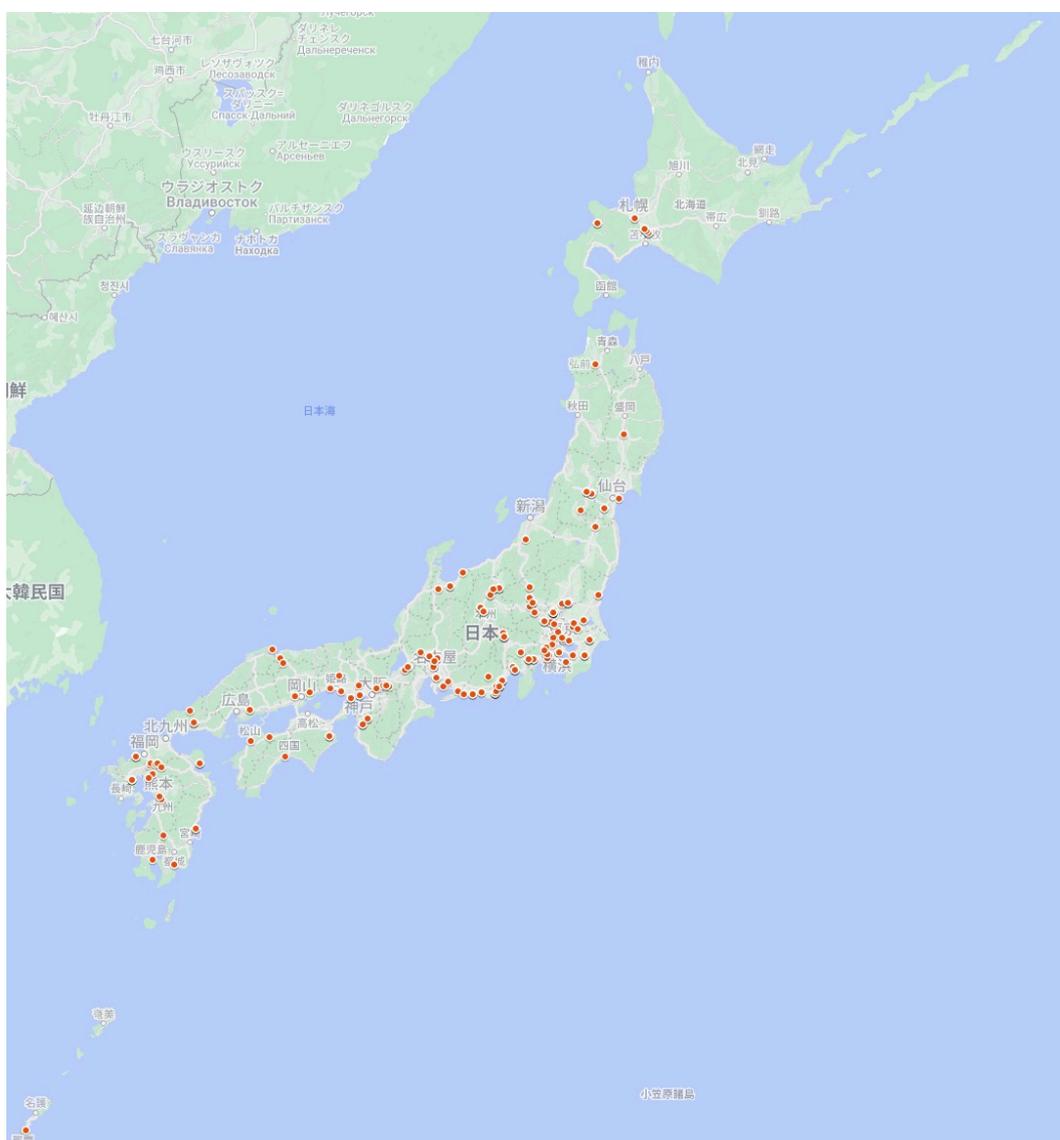


図 3.7: 主要な飲料企業の工場立地. [32, 33, 41–49], Google マップより作成.

3.3 食料不足に陥った理由の考察

食料工業品について、3.1節で指摘したように石川県は大阪府や兵庫県、愛知県との結びつきが強く、石川県はこれらの府県から多く移入している。物流センサスのデータを見ても、中部地方や近畿地方からの移入量が多い傾向にある。また、2021年の石川県の即席麺類の出荷額は「事実不詳」となっている。石川県に主要な企業の工場が存在しないことから、生産量は0、もしくは少ないと考えられる。よって石川県は即席麺類の供給は他県からの移入に頼っていると考えられる。また、パン類について見てみると、2021年の調理パン、食パン、菓子パンの都道府県ごとの出荷額が公表されている [52-54](出荷額は経済産業省の経済構造実態調査 [51] をもとに作成されている)。調理パンについては、日本全体の出荷額のうち石川県の出荷額の割合は1.22%ほどである。また食パンと菓子パンに関してはそれぞれ0.04%、0.03%ほどであり、他県と比べても割合は小さくパン類についても供給は他県からの移入に頼っていると考えられる。石川県と近畿地方をつなぐ主要な道路である国道8号線やそれと並行する北陸自動車道であり、それらが途絶したことによって石川県に十分な食料供給がされなくなったと考えられる。飲料については、石川県と隣接する富山県や岐阜県などに飲料の工場がいくつか存在することから、福井県の道路の途絶による影響を受けにくいと考えられる。

第4章 道路途絶時の代替輸送の考察

第2章で述べたように，雪害は石川県の食料供給に大きな影響をもたらした．石川県は近畿地方や中部地方からの移入が多いことから，国道8号線や北陸自動車道の途絶に対して非常に脆弱であると言える．よってこれらの道路が途絶した場合でも安定した食料供給を行うために，代替路を用いた輸送，もしくは通常時とは異なる他県からの食料供給を行う必要があると考えられる．過去には災害による道路途絶時に代替路を用いて輸送した例や，通常時と異なる地域から供給を行った例がある．本章ではそのような事例を紹介し，石川県の災害時において代替輸送を行うことを提案する．

4.1 災害時における代替路の例

災害時において被災した道路の代替路は，被災地の救援や物資の供給に貢献するという点において非常に重要である．2004年に発生した新潟県中越地震では，震源地周辺に位置していた一般国道や関越自動車道が通行止め，上越新幹線が運休となり，新潟県と首都圏の高速交通網が途絶えた．その際に，通行止めとなった関越自動車道の代替機能を磐越自動車道と上越自動車道が分担することによって，首都圏との交通を確保した [55]．図 4.1 は新潟中越地震における代替機能を分担した高速道路の交通量の変化である．また，2011年に発生した東日本大震災では，東北自動車道や常磐自動車道など太平洋側の道路が途絶した際には，日本海側の道路である北陸自動車道や，関東地方と日本海側とをつなぐ関越自動車道などが物資の輸送ルートとして活躍した [56]．図 4.2 は東日本大震災時における道路の交通量の変化である．太平洋側の道路の交通量が減少し，日本海側の道路の交通量が増加した．



図 4.1: 新潟県中越地震時の道路の交通量の変化. [55] より引用.

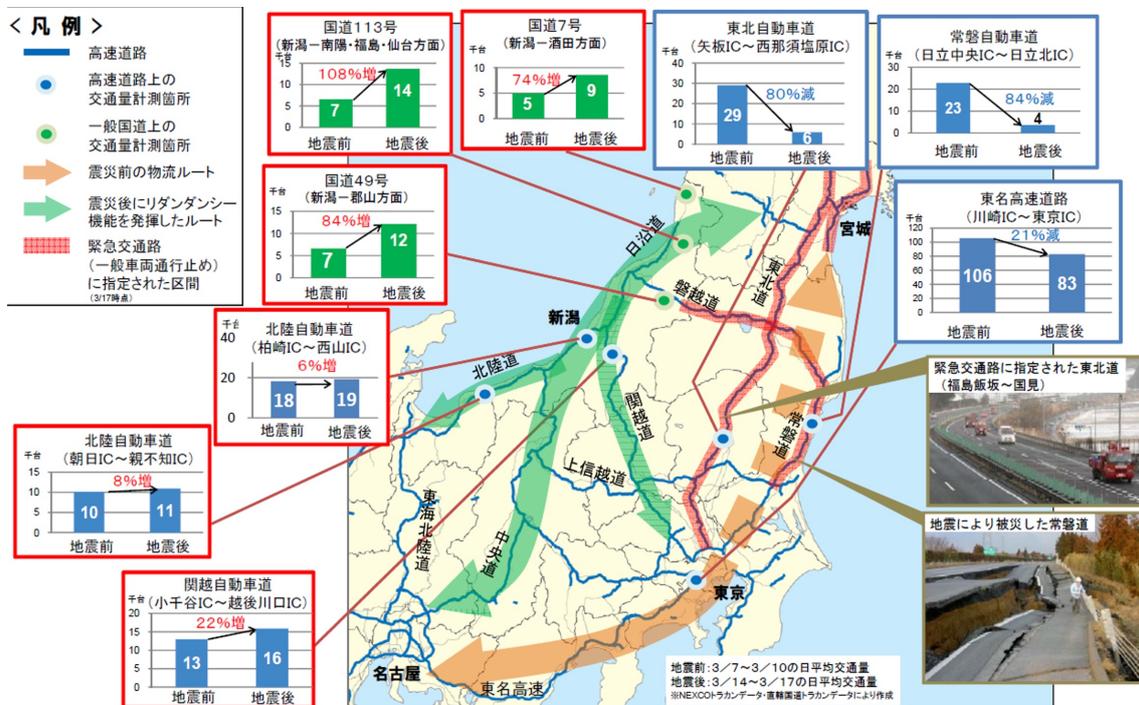


図 4.2: 東日本大震災時の道路の交通量の変化. [56] より引用.

4.2 雪害発生時に使用可能な道路

4.2.1 重要物流道路制度

物流の更なる円滑化等を図るため、物流の観点から重要な道路を「重要物流道路」として国土交通大臣が指定し、機能強化を推進している [57]。この制度が創設された背景として、平常時においてトラックドライバーが不足していることや、トラックが大型化していること、災害時においては、熊本地震によって緊急輸送道路で通行止めが発生したことや、国民に対する調査で、緊急時の道路についての不安があると答えた人の割合が増加したことが挙げられる [58]。重要物流道路として定められた道路では、トラックの大型化に対応した道路構造の強化や災害時の警戒・復旧の迅速化などが行われる。また、事前規制区間等の脆弱な区間に対して代替路や補完路があらかじめ設定されている [59]。平常時、雪害時問わず物流に大きな貢献をすると考えらる。図 4.3 は、石川県を中心とした重要物流道路を示した図である。



図 4.3: 石川県を中心とした重要物流道路. [61] より作成.

4.2.2 冬季閉鎖区間

冬季閉鎖区間とは、積雪や路面凍結により道路が危険な状態になる恐れがあり、交通の安全が確保できないために閉鎖される区間である。閉鎖される期間は概ね12月から3月である。雪害によって大規模な滞留が発生するのは12月下旬から2月中旬までであり、その際には閉鎖されていると考えられる。以下の図4.4に石川県とその隣接県の国道の冬季閉鎖区間を示す。赤い線が国道、緑の線が高速道路、黒く塗られた線が冬季閉鎖区間である。石川県と福井県をつなぐ国道416号線が冬季閉鎖区間となっている。

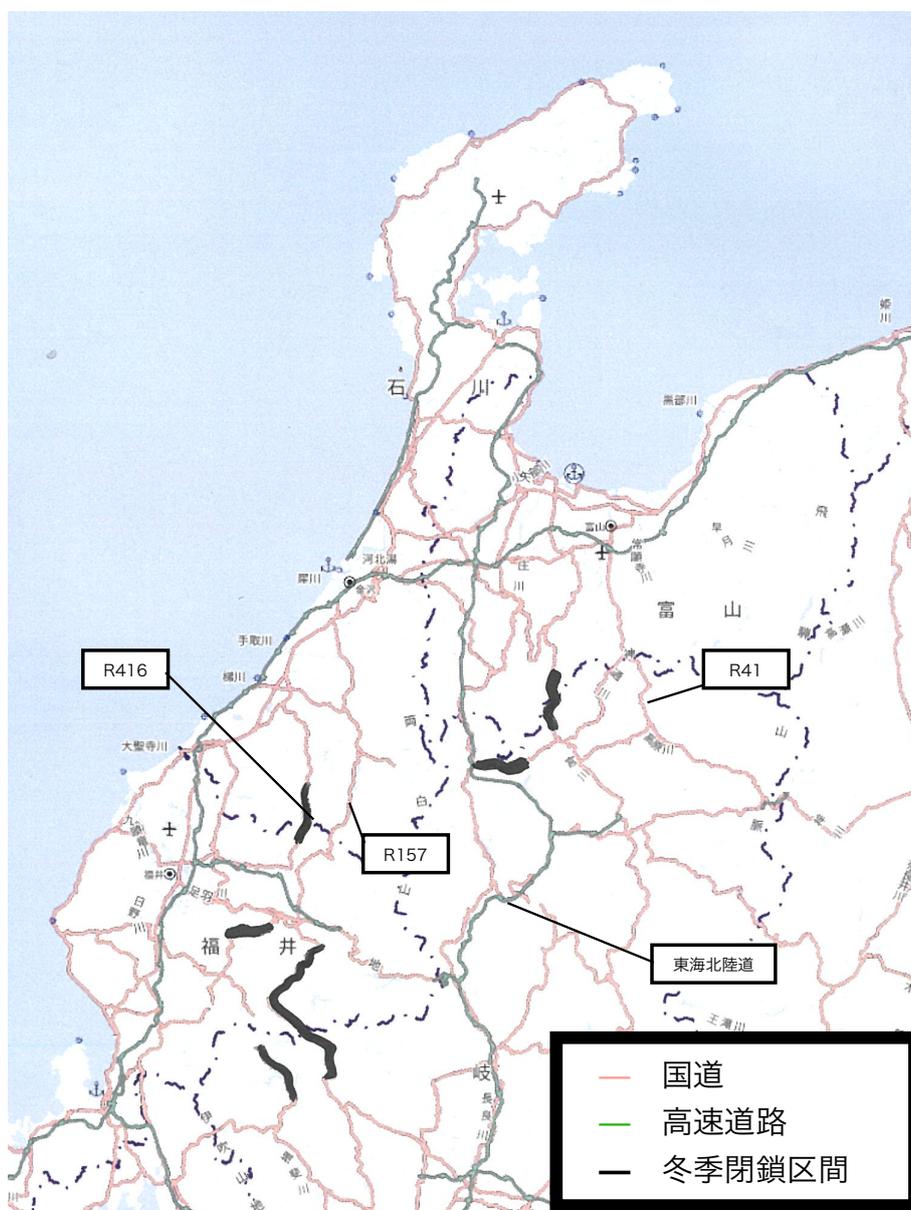


図 4.4: 石川県と隣接県の冬季閉鎖区間。[60] より作成。

4.3 国道8号線や北陸自動車道の代替路

関西地方と石川県間の貨物輸送は、主に国道8号線と北陸自動車道が使用されると考えられる。2018年や2021年の雪害時には、福井県坂井市やあわら市、石川県加賀市の道路が途絶した。そのような場合、石川県と福井県をつなぐ国道は冬季閉鎖区間を除くと157号線のみとなるが、県境における国道157号線の大型車の交通量は132台/日であり [61]、県境における国道8号線の大型車の交通量が4,812台/日、北陸自動車道の大型車の交通量が10,177台/日である [61] ことを考えると、関西方面からのトラックを国道157号線のみで代替することは可能ではないと考えられる。よって、福井県坂井市やあわら市、石川県加賀市の道路が途絶した場合の関西方面と石川県間の貨物の輸送には、岐阜県を通る東海北陸自動車道や国道41号線を用いた広域迂回が必要となる。また、福井県福井市から岐阜間群上市にかけて、国道158号線が存在し、国道8号線と東海北陸自動車道を接続している。図4.5の青く塗られた線が国道158号線である。で福井市の以南か以北のどちらかのみが通行止めとなった場合には、この道路も迂回路として使用することができる。実際に、2022年8月の福井県南越前町から敦賀市間の道路が豪雨によって通行止めとなった際には、国道158号線が代替路として使用された [62]。

4.3.1 代替路となる高速道路の料金

図4.6と図4.7は、北陸自動車道と東海北陸自動車道の大型車の料金である。北陸自動車道が通行止めとなる際には、代替路である東海北陸自動車道の無料措置が取られることもある。無料措置がとられなかった場合の大型車の高速道路料金について、神戸北インターチェンジから金沢東インターチェンジまでの北陸地方自動車道を用いた場合と、東海北陸自動車道を用いた場合では料金が変わらず11,300円であった [63]。図4.6は北陸自動車道の大型車の料金である。

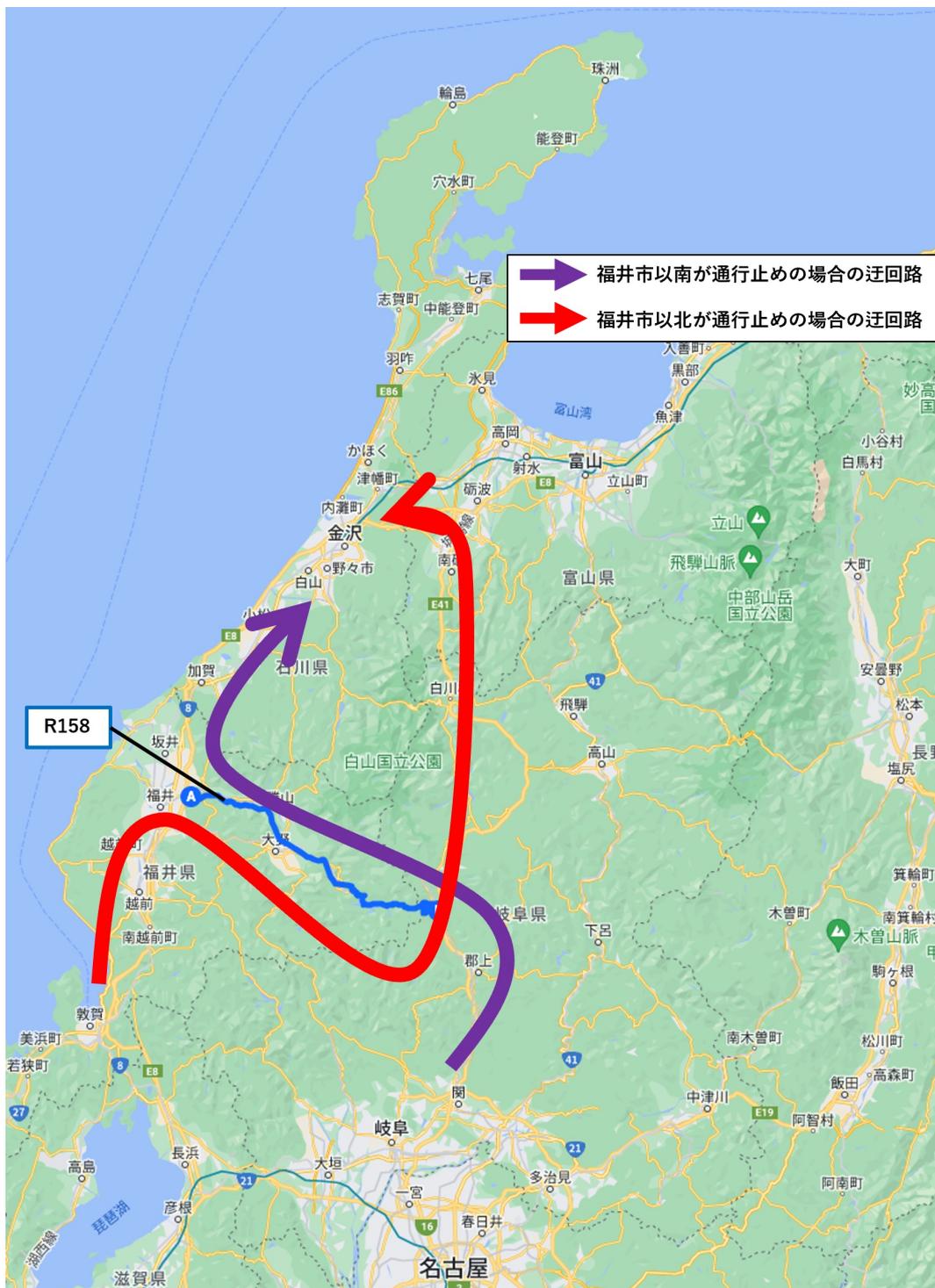


図 4.5: 国道 158 号線を代替路とするルート。

4.4 石川県の代替輸送の必要性

北陸自動車道の代替路として、東海北陸自動車道を通行することが案内されていたが、実際の雪害発生時には食料品の品切れや欠品が発生していることから、食料供給への対策は十分であったと言えない。緊急時の食料供給への対応策として、調達先の分散化や代替調達先からの供給が考えられている [65]。代替輸送の例として、図 4.8 のような東日本大震災でのセブンイレブンの対応が挙げられる [66]。東北地方や関東地方の道路や食料の生産拠点が破壊され、しかも原子力発電所のメルトダウンにより太平洋側のルートが使えなくなり、通常時と同様な商品の調達ができなくなった。その際に新潟・北陸地区の工場や長野・山梨地区の工場から関東や東北地方へ、おにぎりや弁当などの配送を行った。道路のみならず生産拠点が破壊されたという点で、雪害による道路途絶とは状況が異なるものの、通常時と同様に供給がされなかったという点は同じである。しかしながら、被災直後に通常時と異なる地域からの移入の手配は難しいと考えられる。道路途絶に備え、平時から複数の業者を確保すること [66] や、道路が途絶したときのための供給ルートを事前に検討しておく必要がある。

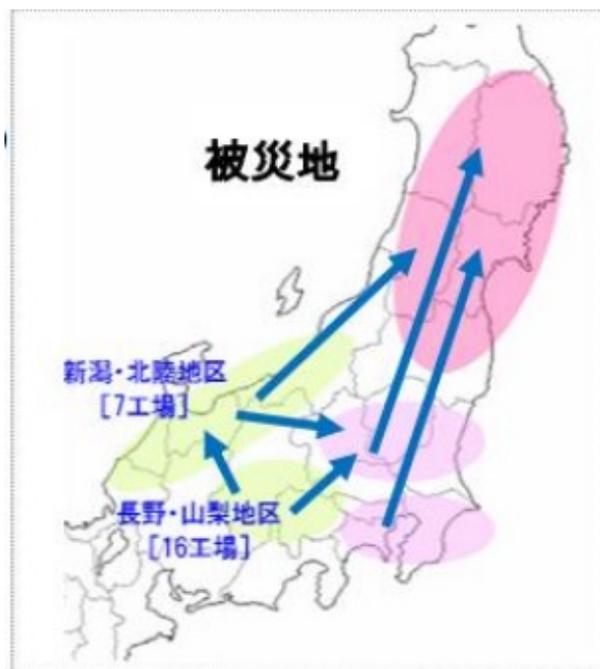


図 4.8: 東日本大震災時のセブンイレブンによる東北地方への代替輸送。 [66] より引用。

第5章 各都道府県の食料供給 ポテンシャル

第3章では、石川県は大規模な食料加工品の生産拠点を持たず、供給を他県からの移入に頼っていることを指摘し、第4章では、災害時によって通常時において食料供給を行っている地域との物流が途絶えた時には、通常時と異なる都道府県から供給を行うことを提案した。しかしながら、どの都道府県から食料供給が可能であるかは自明ではない。そこで、本章では、都道府県間の食料の移出入にポテンシャルを導入することによって、平常時においての都道府県別の食料供給能力について分析し、災害時に代替輸送ができる可能性のある都道府県を見つける。ポテンシャルとは物理学や経済学など、様々な分野において用いられている数学的概念である。食料供給にポテンシャルを導入することによってどの都道府県が供給し、どの都道府県に供給されているか、という食料の流れを捉えることができると考えられる。本章では、食料品のOD行列からポテンシャルを導出する手法 [67] と、物流センサスの「都道府県間流動量 -重量-」のデータから、どの都道府県から食料調達が可能かについて考察する。

5.1 Hodge-Kodaira 分解定理による OD 行列を用いたポテンシャルの導出

OD 行列とは、位置 ij 間の移動量を行列形式で表現したものである。OD 行列を M とすると、その要素である M_{ij} は位置 i から位置 j への移動量である。OD 行列を勾配流と循環流の2つに一意に分解することができる [67]。まず、OD 行列の正味フローを考えて、

$$A = M - M^T, \quad (5.1)$$

とする。ここで、 M^T は M の転置行列である。 A は歪対称行列であり、成分表示すると $A_{ij} = -A_{ji}$ である。また、ポテンシャル s は組み合わせ勾配によって記述でき、以下のように与えられる。

$$(\text{grad } s)(i, j) = s_j - s_i. \quad (5.2)$$

次に、ポテンシャル s の最適化問題を定義する [67].

$$\min_s \|\text{grad } s - A\|_2 = \min_s \left[\sum_{i,j} [(s_j - s_i) - A_{ij}]^2 \right]. \quad (5.3)$$

この最小ノルム解は次のように与えられる [67].

$$s_i = -\frac{1}{N} \text{div} A = -\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N A_{ij}, \quad (5.4)$$

s_i は位置 i におけるポテンシャルであり、 N は位置の数である. 式 (6.1) と式 (6.4) より以下のように書き換えられる.

$$s_i = \frac{1}{N} \left(\sum_{j \neq i}^N M_{ji} - \sum_{j \neq i}^N M_{ij} \right). \quad (5.5)$$

式 (5.5) から、位置 i のポテンシャルは他の位置から位置 i への総移入量と、位置 i から他の位置への総移出量の差であると解釈できる. よって s_i が低い位置から高い位置への移動が多いことを意味する.

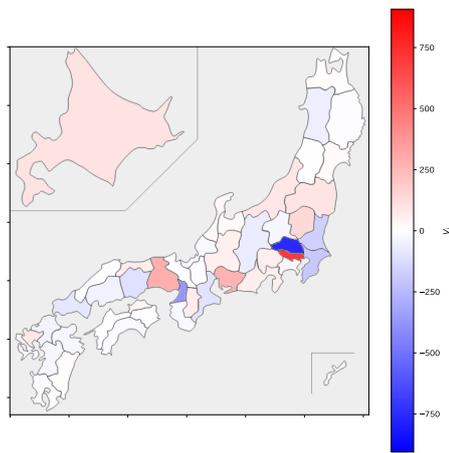
5.2 ポテンシャルの計算結果

物流センサスの「都道府県間流動量 -重量-」のうち、パンや麺類が含まれる「その他の食料工業品」と「飲料」のデータからポテンシャルを計算した. 式 (5.5) から、 s_i の値が小さいほど、ポテンシャルが高いと解釈できるが、値が低いほどポテンシャルが高いというのは複雑である. ここでは $V_i = -s_i$ とし、 V_i が高いほど位置 i におけるポテンシャルが高いとする. また、「都道府県間流動量 -重量-」のデータには、第3章でも述べたように精度の問題があることに注意が必要である. 調査年によって移出入量の値が大きく異なる場合があり、その結果、年によってポテンシャルの値も大きく異なる都道府県が存在する.

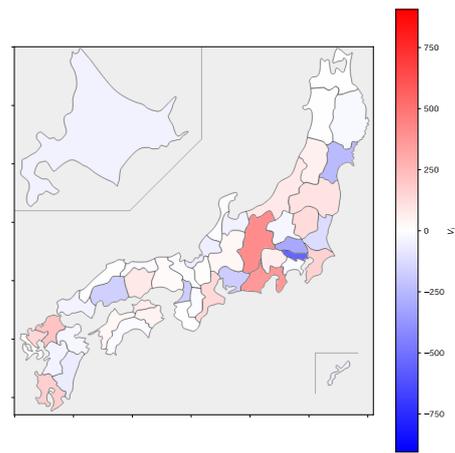
5.2.1 その他の食料工業品

物流センサスの「都道府県間流動量 -重量-」のうちの「その他の食料工業品」のデータから、各都道府県のポテンシャルを計算した. 2005年, 2010年, 2015年, 2021年の計4年分のデータで計算した結果を図5.1に示す.

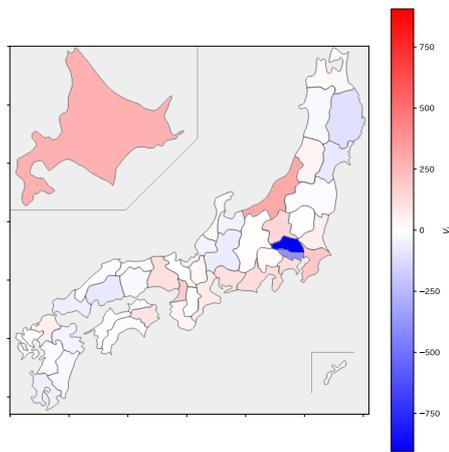
前述の通り、年によってポテンシャルの値は大きく異なるが、その中でも4年分を通して s_i の値が正にならなかった県として、兵庫県, 静岡県, 新潟県, 栃木県が挙げられる



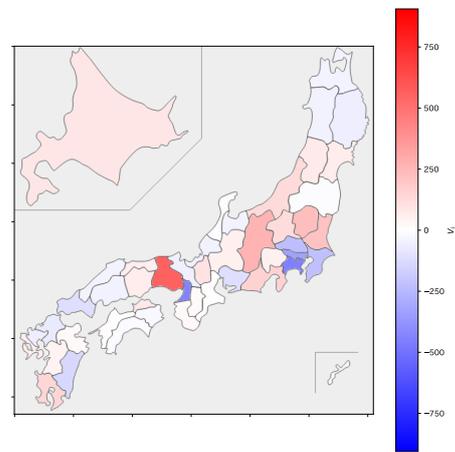
(a) 2005 年



(b) 2010 年



(c) 2015 年



(d) 2021 年

図 5.1: 「その他の食料工業品」の OD 行列による各都道府県のポテンシャル. [1,10,25,26] より作成.

5.2.2 飲料

物流センサスの「都道府県間流動量 -重量-」のうちの「飲料」のデータから、各都道府県のポテンシャルを計算した。2005年、2010年、2015年、2021年の計4年分のデータを図5.2に示す。「飲料」についても、年によってポテンシャルの

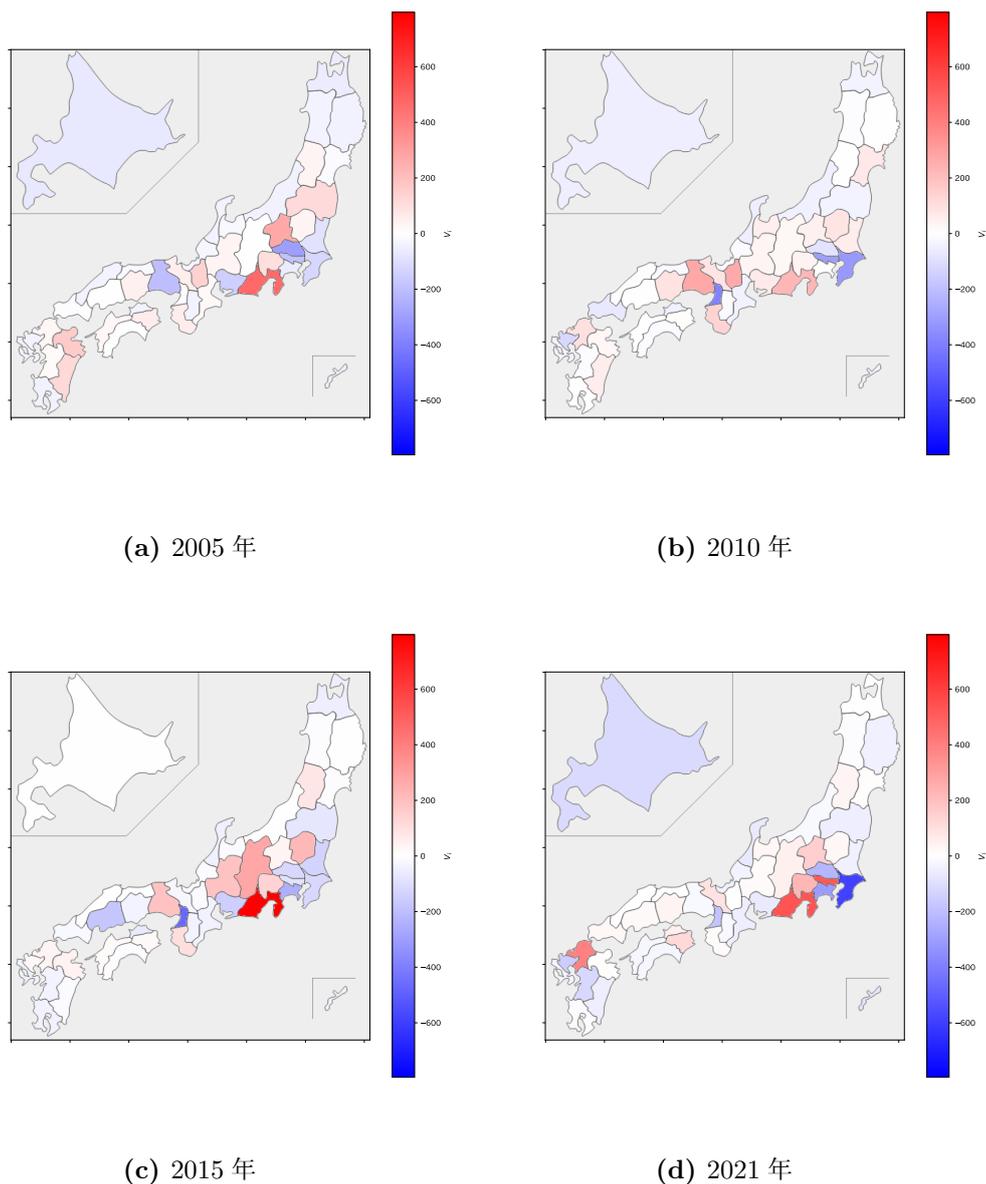


図 5.2: 「飲料」の OD 行列による各都道府県のポテンシャル。[1,10,25,26] より作成。

値にばらつきがあるが、茶系飲料やジュースの出荷額が全国1位である [70,71] 静岡県のパテンシャルは4年分を通して高い。また、石川県については4年ともポテンシャルの値が正であり、飲料の移入量が多い。

5.3 ポテンシャルの考察

ポテンシャルの値が低い都道府県ほど他県へ移出することができる能力があると考えられる。しかしながら、「その他の食料工業品」のポテンシャルの計算結果をみると、埼玉県は全ての年でポテンシャルの値が大きくなっており、多くの量を移入していることになる。しかしながら、埼玉県の出荷額は北海道に次いで全国2位であり [68]、多くの食料品を移出していると考えらるがポテンシャルには反映されていない。また、出荷額の順位は、埼玉県に次いで愛知県、兵庫県、千葉県と並び、それらの県も多くの食料品を移出していると考えらるが、ポテンシャルの計算結果には反映されていない。このポテンシャルの計算方法では、移入量が少なく、移出量が多いほどポテンシャルが高くなる。埼玉県や愛知県、兵庫県は人口が多いことから、移出量が多いが移入量も多くなり、出荷額にポテンシャルが反映されていない。また、物流センサスのデータは調査年ごとに値が大きく異なることがあり、一貫性のない結果が出てしまった可能性も考えられる。どの都道府県から代替輸送が可能かについては今後検討べきと考えらる。

第6章 結論

6.1 まとめ

国道8号線や北陸自動車道，東海北陸自動車道など，石川県の物流にとって重要な道路が雪害によって途絶する事態が発生している。これらの道路が途絶することによってパン類や即席麺類などの食料加工品を中心とした石川県の食料供給に影響が出ていたが，なぜ影響があるのかについての具体的な調査や研究はこれまで行われていなかった。もとより，通常時においても，食料品の品目ごとの生産拠点や流通経路は認識されていないことが多く，石川県においても食料品の流通経路についてのデータは存在しない。

本研究では，まず石川県を中心とした雪害による道路の途絶による食料供給への影響を中心に調査した。その結果，2018年2月や2021年1月に福井県の国道8号線や北陸自動車道，東海北陸自動車道などで，2，3日程度の通行止めが発生した状況において，食料加工品がスーパーマーケットやコンビニエンスストアで品切れや欠品が発生したことが分かった。特に，品切れや欠品が発生した品目として，おにぎりや弁当，パン，ハムなどの加工食品に加えて，生鮮食品など多くのものが挙げられる。

次に，国道8号線や北陸自動車道が途絶と，食料加工品を中心とした石川県への食料供給の関係について述べた。石川県には食料加工品の大規模な生産拠点を持っておらず，他県から多くの食料加工品を移入していると考えられる，その移入先は近畿地方や中部地方からの割合が高い。近畿地方や中部地方と石川県をつなぐ道路は国道8号線や北陸自動車道であり，これらの道路が途絶したために十分な食料供給がされなかったと考えられる。また，雪害に食料供給への対策として，国道8号線や北陸自動車道の代替路は，東海北陸自動車道や国道41号線となることを述べた。また，代替路が存在していても実際には食料供給に影響があったことから，通常時とは異なる地域からの代替輸送の必要性を述べた。しかしながら，被災直後に通常時と異なる地域からの移入の手配は難しいと考えられる。道路途絶に備え，平時から複数の業者を確保することや，道路が途絶したときのための供給ルートを事前に検討しておく必要がある。

さらに，道路途絶時にどこの都道府県から代替輸送が可能かについて考察するために，食料供給にポテンシャルの概念を導入した。物流センサスの「都道府県間流動量 -重量-」のうち，「その他の食料工業品」と「飲料」の都道府県間のOD行列を用いて分析を行った。2005年，2010年，2015年，2021年のデータでポテ

ンシャルの計算を行ったが、「都道府県間流動量 -重量-」の値は調査年ごとに値が大きく異なることがあり、その影響によってか一貫した結果を得ることはできなかった。どの都道府県から代替輸送が可能であるかについては今後検討べきと考えらる。

6.2 今後の展望

平常時において、石川県の食料加工品がどこの地方から供給されているのかについて、物流センサスや工場立地から考察したが、品目ごとの具体的な数量についてはまだ不明である。より詳細な食料供給へのリスクやその対応策について検討するには、食料品の品目ごとの生産拠点や流通経路の可視化、地域間の流動の定量化が望まれる。

謝辞

第2章で示した石川県で発生した登坂不能実績のデータは，金沢大学の中山昌一郎教授からいただきました．厚く御礼申し上げます．
本研究を進めるにあたり，林幸雄教授からは終始適切なご指導を賜りました．心より感謝申し上げます．

付録A Googleマップに プロットする方法

第3章で示した図3.5や図3.4のように，Googleマップ上で複数の任意の箇所にマーカーをプロットすることができる [72]．以下にその手順を示す．

1. プロットする箇所のリストのファイルを作成する．

最初にプロットするために必要なリストのファイルを作成する (フォーマット形式は CSV, TSV, XLSX, Google スプレッドシート)．リストに必要なデータ項目はマーカーに表示する名前とその住所・座標である．それ以外の要素を追加しても良い．

	マーカーに表示する名前(必須)	プロットする場所(必須)	追加要素		
	A	B	C	D	E
1	名前	住所	電話番号		
2	石川県庁	石川県金沢市般若1丁目1	076-225-1111		
3	金沢市役所	石川県金沢市広坂1丁目1-1	076-220-2111		
4	七尾市役所	七尾市袖ヶ江町イ部25	0767-53-1111		
5	小松市役所	小松市小馬出町91	0761-22-4111		
6	輪島市役所	輪島市ニツ屋2字29	0768-22-2211		
7	珠洲市役所	珠洲市上戸町北方1字6-2	0768-82-2222		
8	加賀市役所	加賀市大聖寺南町ニ41	0761-72-1111		
9	羽咋市役所	羽咋市旭町ア200	0767-22-1111		
10	かほく市役所	かほく市宇野気ニ81	076-283-1111		
11	白山市役所	白山市倉光2-1	076-276-1111		
12	能美市役所	能美市末丸町1110番地	0761-58-1111		
13	野々市市役所	野々市市二納1-1	076-227-6000		
14	穴水町役場	石川県鳳珠郡穴水町字川島ラ174	0768-52-0300		
15	内灘町役場	石川県河北郡内灘町字大学1丁目2-1	076-286-1111		
16	川北町役場	石川県能美郡川北町字ツ屋174	076-277-1111		
17	志賀町役場	石川県羽咋郡志賀町末吉千古1-1	0767-32-1111		
18	津幡町役場	石川県河北郡津幡町加賀爪ニ3	076-288-2121		
19	中能登町役場	石川県鹿島郡中能登町末坂9部46	0767-74-1234		
20	能登町役場	石川県鳳珠郡能登町字宇出津ト字50-1	0768-62-8532		
21	宝達志水町役場	石川県羽咋郡宝達志水町子浦そ18-1	0767-29-3111		
22					
23					
24					
25					
26					
27					

図 A.1: マーカーをプロットするために必要なリスト．

2. Google マイマップを開く.

以下の手順で”Google マイマップ”を開く.
メニュー → マイプレイス → マイマップ → 地図を作成

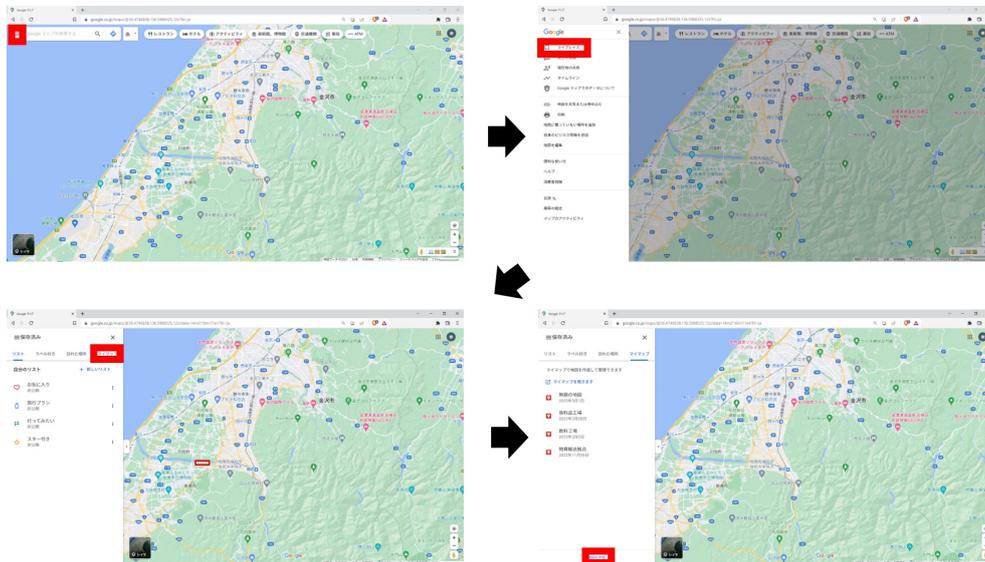


図 A.2: Google マイマップを開く手順.

3. 1 で作成したファイルをインポートする

インポート → ファイルを参照 or ドラッグ

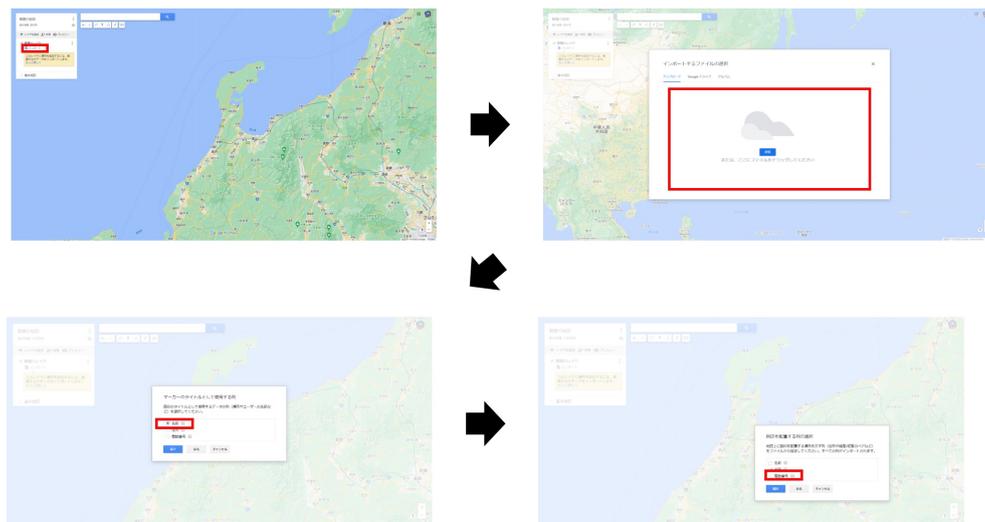


図 A.3: マイマップにリストのファイルをインポートする手順.

4. 編集する.

テーマの変更

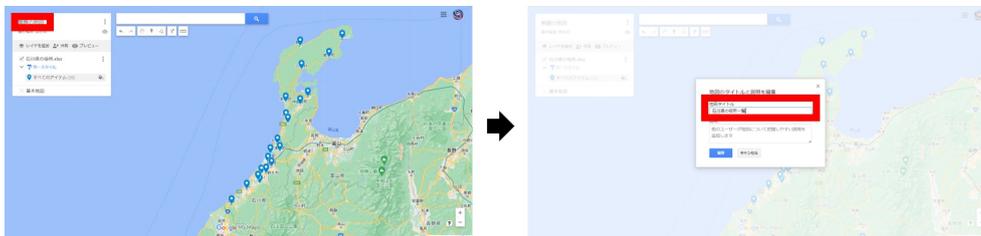


図 A.4: テーマの変更手順

マーカーの形や色の変更手順

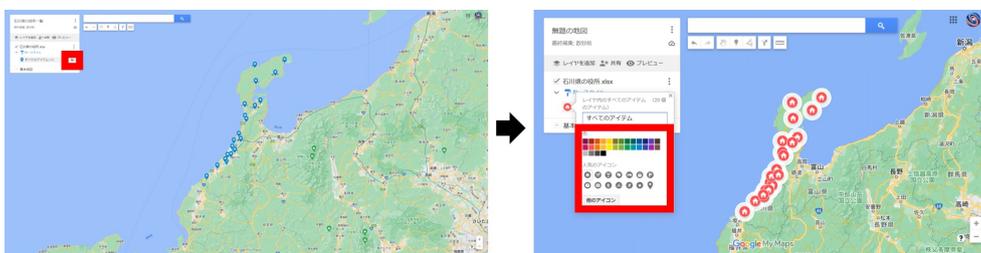


図 A.5: マーカーの形や色の変更手順

付録B QGISデータから道路ネットワーク自動生成

国土交通省が公表している道路データ [73] と、QGIS [75] を用いて日本の道路を可視化することができる。QGISとは地理空間情報データ (GIS) の閲覧や編集、分析機能を備えたオープンソースのソフトウェアである。しかしながら、道路データは線を描画するためのデータであり、ネットワークとして直接利用できるものではない。本研究では使用しなかったが、道路データをネットワークとして利用できる Python のプログラムを作成した。本プログラムでは任意の種類 (高速道路、国道、都道府県道など) から構成されるネットワークデータを作成することができる。今後道路ネットワークの分析を行う際の一助になれば幸いである。

B.1 概要

国土数値情報ダウンロードサイト [73] から、全国、または各都道府県ごとの道路データをダウンロードすることができる。ダウンロードした zip ファイルを解凍すると以下の5つのファイルが入っている。

- ・ KS-META-N01-07L_XX-jgd.xml
- ・ N01-07L-2K-XX_Road.shp
- ・ N01-07L_XX-jgd.xml
- ・ N01-07L-2K-XX_Road.dbf
- ・ N01-07L-2K-XX_Road.shx

※ファイル名の中の”XX”には都道府県コードが入る。(都道府県コードは [74] を参照。)

この中の ”N01-07L-XX-jgd.xml” を使用して道路ネットワークを作成する。また、作成したネットワークデータはネットワークの可視化ソフトである pajek [76] に表示するためのファイル (.net) を出力できる。

B.2 プログラムの仕様

本プログラムは Node クラスと RoadNetwork クラス，そして道路データを読み込んだり，道路ネットワークを出力したりする関数をまとめたプログラムからなる．それぞれのコードの仕様を以下の表にまとめる．

表 B.1: Node クラスの仕様

属性	
型	属性と説明
tuple	coordinate 座標.
List	link_list 自身とリンクを持つノードのリスト.

メソッド	
型	メソッドと説明
void	addLink(tuple coordinate, str road_name) ネットワーク中の coordinate とノードの座標が一致するノードがあればそれとリンクを作成する．また道路名は road_name とする.

表 B.2: RoadNetwork クラスの仕様 (属性)

属性	
型	属性と説明
List	node_list Node 型の変数を格納するリスト.
int	network_size ノードの総数.
double	max_x_coordinate node_list に格納されているノードの中の緯度の最大値.
double	min_x_coordinate node_list に格納されているノードの中の緯度の最小値.
double	max_y_coordinate node_list に格納されているノードの中の経度の最大値.
double	min_y_coordinate node_list に格納されているノードの中の経度の最小値.

表 B.3: RoadNetwork クラスの仕様 (メソッド)

メソッド	
型	メソッドと説明
void	<code>__init__()</code> コンストラクタ. <code>node_list</code> に空のリスト, <code>network_size</code> に 0 を代入.
void	<code>loadXmlFileRoadData(str file_path, List road_type_list)</code> XML ファイル形式の道路データからネットワークを作成する. また, <code>road_type_list</code> に道路の種類のコッドとなる数字 (int 型) を格納することで, 任意の種類 ¹ の道路から構成されるネットワークを作成可能. リストが空だとネットワークは作成されない.
void	<code>loadNetFileRoadData(str file_path)</code> 出力された net ファイル形式の
void	<code>addNode(tuple coordinate, String road_name)</code> <code>node_list</code> に座標が <code>coordinate</code> の新しい Node を追加する.
void	<code>deleteDuplicationVertex()</code> <code>node_list</code> 中の座標が重複している Node を削除する.
void	<code>sortNodeList()</code> <code>node_list</code> に格納されているノードを緯度の昇順でソートする. マージソートアルゴリズムを使用.
int	<code>searchCoordinate(tuple target_coordinate)</code> <code>node_list</code> 中の <code>target_coordinate</code> と等しい座標を持つノードのインデックスを返す. 存在しないときは -1 を返す.
List	<code>searchRoute(tuple origine_coordinate, tuple destination_coordinate)</code> ダイクストラ法を用いた経路探索. 引数の <code>origine_coordinate, destination_coordinate</code> はそれぞれ長さ 2 で要素は 2 つとも double 型で, 2 点間の最短経路を返す. リンクの重みは, リンクの両端のノード間の距離であり, ヒュベニの公式 [77] を用いて計算している. 2 点間の経路が存在しないときは空のリストを返す.
void	<code>exportToNetFile(str saving_file_path)</code> ネットワークデータを net ファイル形式にエクスポートする. ノードのラベルには座標, リンクのラベルには道路名 (XX 自動車道, 国道 XX 号線など) が出力される.

表 B.4: 道路コード

コード	道路名
1	高速道路
2	一般国道
3	主要地方道
4	一般都道府県道
5	特例都道
6	市町村道
7	私道

B.3 実行例と結果

以下のプログラムを実行したときの Python のバージョンは Python 3.11.3 である。

B.3.1 石川県の高速道路と一般国道から構成される道路ネットワークの作成のサンプルコード

```
xml_file_path = 'N01-07L_17-jgd.xml'  
net_file_path = 'p17.net'  
road_type_list = [1, 2]  
road_network = RoadNetwork()  
road_network.loadXmlFileRoadData(xml_file_path, road_type_list)  
road_network.exportToNetFile(net_file_path)
```

図 B.1 は net ファイル形式にエクスポートされた高速道路と国道のネットワークデータを Pajek で可視化したものである。

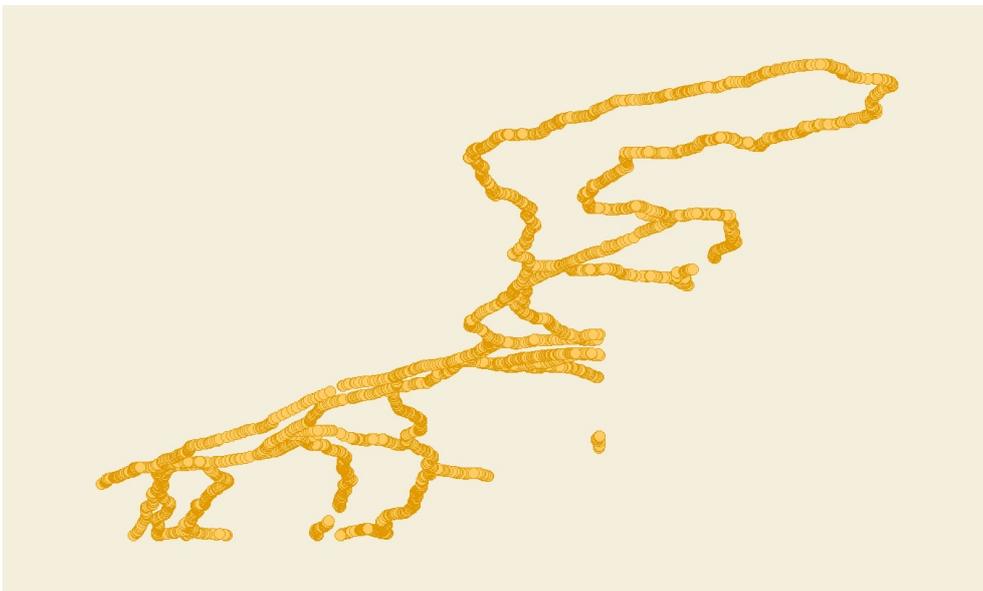


図 B.1: pajek で表示した石川県の道路ネットワーク (高速道路, 国道).

B.3.2 石川県の主要地方道から構成される 道路ネットワークの作成のサンプルコード

```
xml_file_path = 'N01-07L_17-jgd.xml'  
net_file_path = 'p17.net'  
road_type_list = [3]  
road_network = RoadNetwork()  
road_network.loadXmlFileRoadData(xml_file_path, road_type_list)  
road_network.exportToNetFile(net_file_path)
```

図 B.1 は net ファイル形式にエクスポートされた主要地方道ネットワークデータを Pajek で可視化したものである。



図 B.2: pajek で表示した石川県の道路ネットワーク (主要地方道).

参考文献

- [1] 国土交通省. 第 11 回純流動物流調査.
- [2] 福井県. 今後の大雪に対する対策【平成 30 年 2 月豪雪】. 2018.
- [3] 中日本高速道路株式会社. 中日本高速道路における大雪時の「当面実施する対応策」について. 2021.
- [4] 井上 充 昌 . ”新 潟 の 通 行 止 め 国 道 、 38 時 間 ぶ り に 解 除 一 時 は 800 台 が 立 ち 往 生”. 朝 日 新 聞 . <https://www.asahi.com/articles/ASQDP3HCWQDPUOHB001.html>. (参 照 2024/1/20)
- [5] 森崎裕磨, 長木雄大, 藤生慎, 高山純一. 2018 年 2 月の北陸地方における大雪の被害と影響に関する一考察—金沢市・福井市を対象として—. 自然災害科学, Vol.38 , No.3, pp.347-363, 2019.
- [6] 石川県. 石川県食品産業戦略 「食品王国いしかわ」の世界ブランド化に向けて. 2008.
- [7] 新山陽子. 災害に備えたフードシステムの頑健性と耐性評価. フードシステム研究, Vol.12, No.3, pp.201-205, 2019.
- [8] 河越聖, 林幸雄. 日交差経路の組み合わせ数による石川県を中心とした国道ネットワークの定量調査. 北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科修士論文. 2023.
- [9] 守茂昭, 別府茂, 矢代晴実, 守真弓. 平常時における都道府県ごとの食料調達ルートと被災時における食料調達逼迫の可能性について. 日本災害食学会誌, Vol.4, No.2, pp.37-45, 2017.
- [10] 国土交通省. 第 10 回純流動物流調査.
- [11] 田中信也. “ 道路交通センサス OD 調査、ビッグデータ活用拡大へ ETC2.0 から情報取得 調査票併用 品目などは確認できず”, 物流ニッポン ,<https://logistics.jp/pickup/2022/11/29/32169/>. (参照 2023-3-21).

- [12] 阿部秀明. 地域経済におけるサプライチェーン強靱化の課題—地域産業連関分析によるアプローチ—. 共同文化社.
- [13] 国土交通省. 登坂不能実績.
- [14] . ”生活網ズタズタ 食糧が届かない”. 毎日新聞 . <https://mainichi.jp/articles/20180208/k00/00m/040/129000c>. (参照 2024/1/20)
- [15] 岡崎英遠, ”コンビニから弁当類消える 物流にも影響 北陸”, 毎日新聞 . <https://mainichi.jp/articles/20180207/k00/00e/040/296000c>. (参照 2024/1/20)
- [16] ”北陸の豪雪、一部で生産再開 福井では物流の混乱続く”. 日本経済新聞. <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO26702930Y8A200C1LB0000/>. (参照 2024/1/20)
- [17] 浅井貴司, 波多野智月, 藪下千晶. ”滞る物流 復旧早く 閉店繰り上げる店も”. 中日新聞. <https://www.chunichi.co.jp/article/183625>. (参照 2024/1/20)
- [18] 横見知佳, 大原翔. ”大雪 福井・北陸道の立ち往生解消 物流停滞で食料品薄”. 毎日新聞. <https://mainichi.jp/articles/20210113/ddm/041/040/053000c>. (参照 2024/1/20)
- [19] 福井県. 令和3年1月大雪の対応と今後の強化策. 2021.
- [20] ”大雪で物流に影響 上越市一部のスーパーは品薄状態に”. 上越妙高タウン情報. <https://www.joetsu.ne.jp/201985>. (参照 2024/1/20)
- [21] 石川県防災会議. 石川県地域防災計画—雪害対策編—. 2019.
- [22] 国土交通省北陸地方整備局港湾空港部. 「北陸港湾ビジョン」検討にあたっての現状分析. 2020.
- [23] 北陸信越運輸局. 北陸信越の物流データベース. 2010.
- [24] 農林水産省. 平成28年度 北陸食料・農業・農村情勢報告.
- [25] 国土交通省. 第9回純流動物流調査.
- [26] 国土交通省. 第8回純流動物流調査.
- [27] 木村雅敏, 岩坪友義. 消費者評価から見た製パン市場における主要メーカーの位置付けと山崎製パン(株)経営に対する一考察. 日本生産管理学会論文誌 Vol.15, No.1, pp.147-152, 2008.

- [28] 山崎製パン株式会社. ”山崎製パン — 企業情報 — 事業所一覧”. 山崎製パン オフィシャルサイト. <https://www.yamazakipan.co.jp/company/zigyousho/index.html>. (参照 2023/10/10)
- [29] 敷島製パン株式会社. ”営業所・ネットワーク | Pasco | 超熟の Pasco | 敷島製パン株式会社”. 敷島製パン株式会社. <https://www.pasconet.co.jp/corporate/network/>. (参照 2023/10/10)
- [30] フジパン株式会社. ”拠点一覧 / アクセス | フジパン”. フジパングループ本社株式会社. <https://www.fujipan.co.jp/company/access.html>. (参照 2023/10/10)
- [31] ”会社概要 | 第一パン”. 第一屋製パングループ. <https://www.daiichipan.co.jp/company/profile.html>. (参照 2023/10/10)
- [32] ”製造所固有記号ノート”. <https://factorydb.net/>. (参照 2023/10/10)
- [33] ”製造所固有記号@ウィキ”. <https://w.atwiki.jp/seizousho/>. (参照 2023/10/10)
- [34] 金岡節男, 湯川剛一郎, 濱田(佐藤)奈保子. 即席麺業界におけるプライベートブランドを通じた製・販の関係性に関する研究. フードシステム研究 Vol.21, No.4, pp.287-297. 2015.
- [35] 日清食品株式会社. ”生産工場・製造所 — 日清食品 — 日清食品グループ”. 日清食品グループ. <https://www.nissin.com/jp/about/nissinfoods/factory/>. (参照 2023/10/10)
- [36] 東洋水産株式会社. ”事業所・グループ一覧 — 企業情報 — 東洋水産株式会社”. 東洋水産株式会社. <https://www.maruchan.co.jp/company/office/chubu.html>. (参照 2023/10/10)
- [37] サンヨー食品株式会社. ”製造における品質管理 — サンヨー食品”. サッポロ一番 — サンヨー食品公式サイト. <https://www.sanyofoods.co.jp/company/foodsafety03/>. (参照 2023/10/10)
- [38] エースコック株式会社. ”製造所固有記号 | 会社情報 — エースコック株式会社”. エースコック株式会社. <https://www.acecook.co.jp/company/factory/>. (参照 2023/10/10)
- [39] 明星食品株式会社. ”生産工場・製造所 — 明星食品 — 日清食品グループ”. 日清食品グループ. <https://www.nissin.com/jp/about/myojofoods/factory/>. (参照 2023/10/10)

- [40] ”清涼飲料市場／ 2017 年はほぼ横ばいの 3 兆 8217 億円に”。流通ニュース。
<https://www.ryutsuu.biz/commodity/k061244.html>. (参照 2024/1/26)
- [41] コカ・コーラ ボトラーズジャパン株式会社. ”事業所一覧 | コカ・コーラ ボトラーズジャパン株式会社”. コカ・コーラ ボトラーズジャパン株式会社.
<https://www.ccbji.co.jp/corporate/locations/plant.php>. (参照 2023/10/10)
- [42] ”工場 | 事業所一覧 | 企業情報 | サントリーホールディングス”.
<https://www.suntory.co.jp/company/branch/factory.html>.
- [43] アサヒ飲料株式会社. ”会社概要・事業所 | 企業情報 | アサヒ飲料”. アサヒ飲料 - 100 年のワクワクと笑顔を。
<https://www.asahiinryo.co.jp/company/business/>. (参照 2023/10/10)
- [44] キリンホールディングス. ”工場・研究所 — 事業所一覧 — キリンホールディングス”. KIRIN | キリングループ 企業情報サイト.
<https://www.kirinholdings.com/jp/profile/organization/kirinbrewery/office/factory/>.
(参照 2023/10/10)
- [45] 伊藤園株式会社. ”事業拠点 — 伊藤園 企業情報サイト”. 伊藤園 企業情報サイト. <https://www.itoen.co.jp/company/branch/>. (参照 2023/10/10)
- [46] 大塚食品株式会社. ”事業所一覧 — 企業情報 — 大塚食品”. 大塚食品 | OtsukaFoods. <https://www.otsukafoods.co.jp/company/network/>. (参照 2023/10/10)
- [47] ”製造所固有記号 | 商品情報 | ヤクルト本社”. ヤクルト本社.
<https://www.yakult.co.jp/products/symbol.html>. (参照 2023/10/10)
- [48] 会社概要 | カゴメ株式会社. カゴメ. <https://www.kagome.co.jp/company/about/info/>.
(参照 2023/10/10)
- [49] ”工場のご案内 | 企業情報 | ポッカサッポロフード&ビバレッジ”. ポッカサッポロフード&ビバレッジ. <https://www.pokkasapporo-fb.jp/company/factory/>.
(参照 2023/10/10)
- [50] ”インスタントラーメンの生産額の都道府県ランキング (令和 3 年)”. 地域の入れ物. <https://region-case.com/rank-r3-product-instant-ramen/>. (参照 2024/1/26)
- [51] 総務統計局. 経済構造実態調査.
- [52] ”菓子パンの生産額の都道府県ランキング (令和 3 年)”. 地域の入れ物.
<https://region-case.com/rank-r3-product-sweet-bread/>. (参照 2024/1/26)

- [53] ”調理パンの生産額の都道府県ランキング（令和3年）”. 地域の入れ物.
<https://region-case.com/rank-r3-product-cooking-bread/>. (参照 2024/1/26)
- [54] ”食パンの生産額の都道府県ランキング（令和3年）”. 地域の入れ物.
<https://region-case.com/rank-r3-product-bread/>. (参照 2024/1/26)
- [55] 国土交通省北陸地方整備局. 「平成16年新潟中越地震」による被害と復旧状況
～復旧から復興へ～. 2004.
- [56] 国土交通省. 震災等を踏まえた今後の事業評価のあり方について.
- [57] 国土交通省. ”道路：物流ネットワーク（重要物流道路、
大都市環状道路など） - 国土交通省”. 国土交通省.
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/butsuryu/Top03-02-03.htm>. (参照
2024/1/27)
- [58] 国土交通省道路局. 重要物流道路制度の創設について. 2018.
- [59] 国土交通省道路局企画課道路経済調査室. 重要物流道路制度を契機とした新
たな広域道路交通計画について. 道路行政セミナー. 2019.
- [60] ”道路交通情報 Now!!”. 公益財団法人日本道路交通情報センター.
<https://www.jartic.or.jp/>. (参照 2024/1/28)
- [61] 国土交通省. ”令和3年度一般交通量調査結果（可視化ツール）”.
https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/census_visualizationR3/index.html.
(参照 2024/1/28)
- [62] 国土交通省近畿地方整備局. 国道158号 中部縦貫自動車道 大野油坂道路（勝
原IC 九頭竜IC）令和5年10月28日（土）に開通します. 2022.
- [63] NEXCO 西日本. ”高速料金・ルート検索 — NEXCO 西日本の高速道路・料
金・ETC割引・渋滞情報”. 西日本高速道路株式会社の道路交通情報サイト.
<https://search.w-nexco.co.jp/>. (参照 2024/1/28)
- [64] NEXCO 中日本. ”高速道路簡易料金表 — 料金・ルート検索 — 高速道路・
高速情報はNEXCO 中日本”. <https://www.c-nexco.co.jp/navi/toll/>. (参照
2024/1/28)
- [65] 農林水産省大臣官房食料安全保障課. 緊急時の食品産業事業者間連携に係る
指針. 2013.
- [66] 三菱UFJリサーチ&コンサルティング. 令和3年度商取引・サービス環境の適
正化に係る事業（大規模災害時における流通レジリエンス調査）報告書. 2022.

- [67] Takaaki Aoki, Shota Fujishima, Naoya Fujiwara. Urban spatial structures from human flow by Hodge-Kodaira decomposition. Scientific Reports, Vol.12, No.11258, 2022.
- [68] 埼玉県. ”【あれも！これも！Made in 埼玉！】第1回：食料品製造業 - 埼玉県”. <https://www.pref.saitama.lg.jp/a0804/madeinsaitama1.html>. (参照 2024/1/28)
- [69] 一般社団法人日本ミネラルウォーター協会, ”統計資料 | 一般社団法人日本ミネラルウォーター協会 (公式ホームページ) | 普及 | 調査 | 研究”. <https://minekyo.net/publics/index/5/>. (参照 2023/10/10)
- [70] 静岡県. ”緑茶（仕上茶）の出荷量、出荷額日本一 | 静岡県公式ホームページ”. 静岡県公式ホームページ. <https://www.pref.shizuoka.jp/kensei/information/myshizuoka/1002256/1040939/1011289.html> (参照 2024/1/28)
- [71] 静岡県. ”ジュースの出荷額日本一 | 静岡県公式ホームページ”. 静岡県公式ホームページ. <https://www.pref.shizuoka.jp/kensei/information/my>. (参照 2024/1/28)
- [72] Google. ”Google マイマップを使って自分の地図でデータを視覚化する - Google Earth Outreach”. Google. <https://www.google.com/intl/ja-ALL/earth/outreach/learn/visualize-your-data-on-a-custom-map-using-google-my-maps/>.
- [73] 国土交通省. ”国土数値情報 — 道路データ”. 国土数値情報ダウンロードサイト. https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gmlold/datalist/gmlold_KsjTmplt-N01.html.(参照 2024/1/28)
- [74] 国土交通省. ”都道府県コード”. <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/codelist/PrefCd.html>. (参照 2024/1/28)
- [75] QGIS Development Team. ”QGIS プロジェクトへようこそ!”. qgis.org/ja/site/. (参照 2023/10/10)
- [76] ”Networks / Pajek”. <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>. (参照 2023/10/10)
- [77] 三浦英俊. 井戸輝度を用いた3つの距離計算方法. オペレーションズ・リサーチ, Vol.60, No.12, pp.701-705. 2015.