

モーダルシフトを考慮した長距離輸送経路選択に関する一考察

日大生産工（院） ○吉田 光博 日大生産工 大澤 紘一
日大生産工 若林 敬造

1. はじめに

近年、企業の運輸部門では、コスト削減、顧客サービスの向上、運輸全体の最適化のみならず、環境問題への意識が高まってきており、長距離輸送において環境負荷の高いトラック輸送から、環境にやさしい海運・鉄道への転換を目指すモーダルシフトが注目されている。

国土交通省では全国貨物純流動調査の3日間調査¹⁾において、特に関東近郊から北海道への多くの長距離輸送経路を継続的に調査している。その中では図1に示すように大洗港から苫小牧港のフェリー経路および関東近郊の鉄道ターミナルから札幌貨物ターミナルへの鉄道経路の利用率が高くなっている。しかし、環境負荷を考慮したこれらの経路の選択方法については、まだ検討が十分とは言えない。

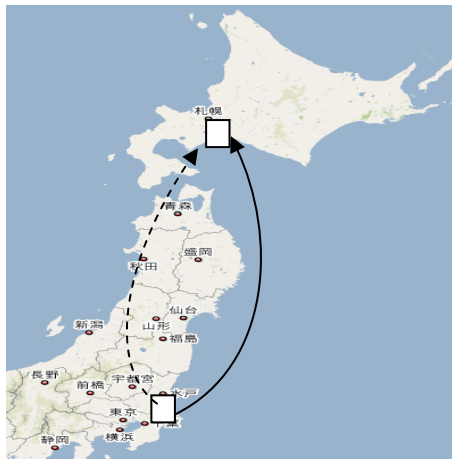


図1 関東から北海道への輸送経路

そこで本稿では、千葉近郊から札幌近郊までの長距離輸送を対象に、経路上のCO₂排出量を計算することによる輸送経路選択方法を提案し、CO₂排出量および輸送コスト削減におけるその効果を考察する。

2. 輸送経路選択方法の提案

輸送経路は、発地と着地の位置により荷物 1 t あたりのCO₂排出量が最も低くなる経路を選択する方法を提案した。実際の計算は各輸送機関毎に平均的に求めたトンキロあたりのCO₂排出量と実際の輸送距離により行う。特にフェリー経路および鉄道経路の場合は次のような計算を行う。

2.1 フェリー経路

まず発地から出港地までのトラック輸送距離を x_1 km, 出港地から着港地までのフェリー輸送距離を y_1 km, 着港地から着地までのトラック輸送距離を z_1 kmとすると、フェリー経路は図2のように示される。

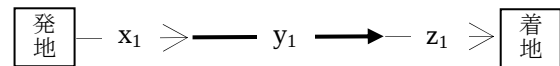


図2 フェリー経路

ここで、トラックのトンキロあたりCO₂排出量をTK kg/トンキロ、フェリーのトンキロあたりCO₂排出量をFR kg/トンキロとすると、フェリー経路における荷物 1 t あたりのCO₂排出量は(1)式で計算できる。

$$TK \cdot (x_1 + z_1) + FR \cdot y_1 \text{-----} (1)$$

2.2 鉄道経路

まず発地から発駅までのトラック輸送距離を x_2 km, 発駅から着駅までの鉄道輸送距離を y_2 km, 着駅から着地までのトラック輸送距離を z_2 kmとすると、鉄道経路は図3のように示される。

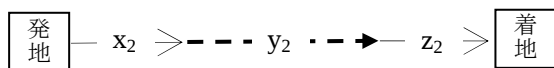


図3 鉄道経路

ここで、鉄道のトンキロあたりCO₂排出量をTR kg/トンキロとすると、鉄道経路における荷物1tあたりのCO₂排出量は(2)式で計算できる。

$$TK \cdot (x_2 + z_2) + TR \cdot y_2 \text{-----} (2)$$

3. 数値実験

提案した輸送経路選択方法のCO₂排出量および輸送コストの削減効果を考察するため、一様乱数に基づくモンテカルロ法による数値実験を行った。

3.1 実験上の仮定

(1) 発地および着地

実験は発地と着地が、鉄道貨物ターミナルとフェリー港の両者を利用する可能性の高い範囲内に存在することを前提に行った。

このため発地は図4に示す大洗港と千葉貨物ターミナルを結ぶ矩形範囲内にランダムに発生することを仮定した。同様に着地は苫小牧港と札幌貨物ターミナルを結ぶ矩形範囲内にランダムに発生することを仮定した。

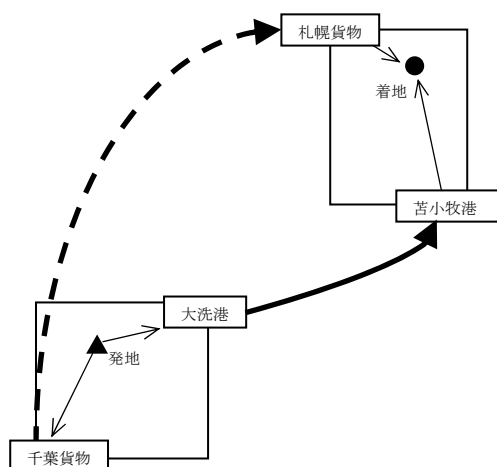


図4 矩形範囲内での発生例

(2) 輸送距離

フェリーの輸送距離 y_1 は商船三井フェリーHP²⁾より754km、鉄道の輸送距離 y_2 はJR貨物HP³⁾より1228kmと仮定した。

トラックの輸送距離はGoogleマップ⁴⁾からドライブルートを検索することにより求めた。ルートが複数表示された場合は最も距離が短いものを選択した。

(3) 輸送荷物の重量

長距離輸送のため大型10tトラックを使用することを前提に、積載効率の高い5tから10tまでの範囲でランダムに発生するものとした。

(4) CO₂排出量の計算

提案した輸送経路選択方法では、各輸送機関毎に平均的に求めたトンキロあたりCO₂排出量から1tあたりのCO₂排出量を計算した。

しかし、数値実験ではトラックの最大積載量とその積載重量により変化する燃費を考慮して改良トンキロ法の計算式⁵⁾で燃料使用量を算出し、これにCO₂排出係数を掛けることで、より精密なCO₂排出量を計算した。CO₂排出係数については2.62 Kg-CO₂/l⁶⁾とした。

改良トンキロ法による燃料使用量算出は2006年に施行された改正省エネ法において推奨された方法であり、この方法から計算されたCO₂排出量は、多くの荷主にとって意味のある数字となる。

(5) 輸送コストの計算

フェリー経路のトラック輸送運賃は2008年版カサイ式トラック実勢運賃調査⁷⁾の結果より輸送距離に応じて請求されたものと仮定した。フェリー運賃は商船三井フェリーHP²⁾より131,360円とした。

鉄道経路のトラック輸送運賃は2009年JR貨物時刻表より典型的な第二種運送事業者が輸送距離に応じて10tコンテナで輸送した場合に請求されたものとし、鉄道料金も同じく2009年JR貨物時刻表⁸⁾より109,000円とした。

3.2 実験手順

数値実験は次の手順に従って実施した。

(手順-1) Microsoft Excel 2003 の一様乱数発生機能で、ランダムに発地および着地を決める緯度と経度を発生させた。

(手順-2) 手順-1の方法で決定した発地と着地データを100組分集め、100回の輸送で1サンプルを構成し、これを繰り返して独立に3サンプルを生成した。

(手順-3) 生成された3サンプルに対応させ、表1に示す3種類の経路で輸送した場合を想定し、各サンプルごとに100件のCO₂排出量と輸送コストを計算した。

表1 輸送経路

フェリー	すべての輸送についてフェリーを利用する。
鉄道	すべての輸送について鉄道を利用する。
選択	発地、着地の場所により提案した輸送経路選択方法に従ってフェリーか鉄道を選択して輸送する。

3.3 実験結果と考察

(1) CO₂排出量

各平均値の95%信頼区間グラフ化したものを図5に示す。

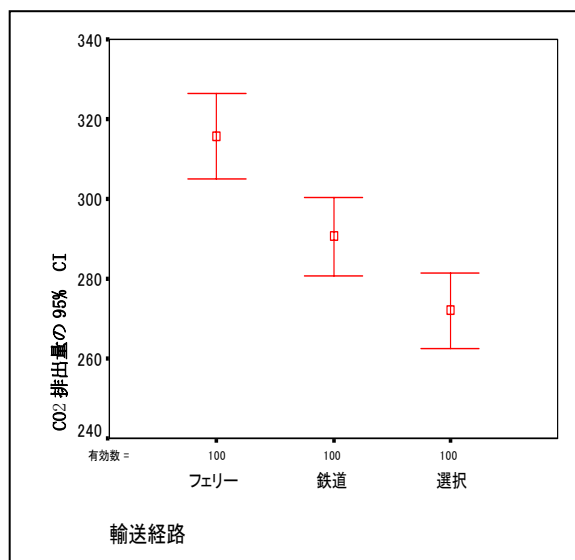


図5 CO₂排出量平均値95%信頼区間[kg-CO₂]

さらに、各ケース間の平均値の差を統計的に検定するために、統計分析ソフトSPSS11.5Jを用いて、Tukeyの方法による多重比較⁹⁾を行った。この結果を表2に示す。

表2 CO₂排出量の多重比較

(I) 経路	(J) 経路	平均値の差 (I-J)
フェリー	鉄道	25.1206**
	選択	43.6697**
鉄道	フェリー	-25.1206**
	選択	18.5491*
選択	フェリー	-43.6697**
	鉄道	-18.5491*
*: 5%有意		** : 1%有意

図5および表2より、フェリー、鉄道、提案した選択方式の順にCO₂が低くなり、多重比較結果では、3者の間に有意差が生じている。

この結果から、鉄道のCO₂排出量はフェリーよりも小さいが、提案した選択方式の輸送を行えばさらにCO₂削減効果が得られると考えられる。

(2) 輸送コスト

各平均値の95%信頼区間グラフ化したものを図6に示す。

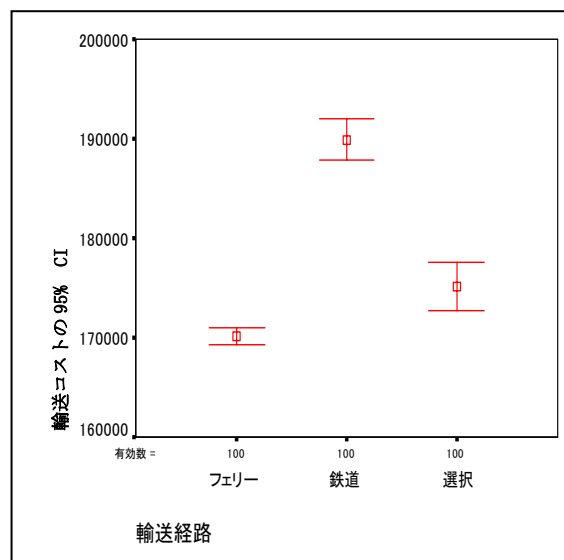


図6 輸送コスト平均値95%信頼区間[円]

さらに、各ケース間の平均値の差を統計的に検定するために、統計分析ソフト SPSS11.5J を用いて、Tukey の方法による多重比較を行った。この結果を表 3 に示す。

表 3 輸送コストの多重比較

(I) 経路	(J) 経路	平均値の(I-J)
フェリー	鉄道	-19767.42**
	選択	-4995.85**
鉄道	フェリー	19767.42**
	選択	14771.57**
選択	フェリー	4995.85**
	鉄道	-14771.57**
*: 5%有意 **: 1%有意		

図 6 および表 3 より、フェリーと鉄道の間には大きな輸送コストの違いが存在するが、提案した選択方法では、この違いを大きく解消する効果があると考えられる。しかし提案した選択方法とフェリーとの間には依然として輸送コストの有意差が存在しており、今後はいかに鉄道経路における輸送コストを削減するかが大きな課題と考えられる。

4. まとめ

本稿では、千葉近郊から札幌近郊までの長距離輸送を対象に、経路上のCO₂排出量を計算することによる輸送経路選択方法を提案し、CO₂排出量および輸送コスト削減における効果を考察した。

モンテカルロ法による数値実験結果からは、フェリー経路、鉄道経路との比較において、提案した輸送経路選択方法が、改正省エネ法で定められた算出方法によるCO₂排出量削減に効果があることが示された。

輸送コストに関しては、最も大きなコストを発生させる鉄道経路に比べ、提案した選択方法による輸送経路がコストを大きく抑える効果が示された。しかし、そのコストはフェリー経路よりも大きく、今後はいかに鉄道経路におけ

る輸送コストを削減するかが大きな課題と考えられる。

<参考文献>

- 1) 国土交通省：全国貨物純流動調査(物流センサス)
<http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/census/census-top.html>
- 2) 商船三井フェリー：大洗－苫小牧航路運賃案内 - 商船三井フェリー
<http://www.sunflower.co.jp/ferry/index.shtml>
- 3) JR 貨物：コンテナ輸送 | 鉄道貨物輸送のご案内 | JR 貨物 日本貨物鉄道株式会社
<http://www.jrfreight.co.jp/transport/container/index.html>
- 4) Google : Google マップ - 地図検索 -
<http://maps.google.co.jp/>
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁, (財)省エネルギーセンター:改正省エネ法荷主対応マニュアル第3版, (2008), pp. 15.
http://www.eccj.or.jp/law06/pamph_shipper3/ninushiver3.pdf
- 6) (社)日本ロジスティクスシステム協会ロジスティクス環境会議環境パフォーマンス評価手法検討委員会:二酸化炭素排出量算定ガイド (Ver.2) (データ収集方法事例集)【輸配送/トラック輸送版】, (2006), pp. 55.
http://www.logistics.or.jp/green/report/08_tool.html#co2_2007
- 7) 月刊ロジスティクス・ビジネス編集部:2008年版カサイ式トラック実勢運賃調査, ライノス・パブリケーションズ, 東京, (2008), pp. 118-119.
- 8) (社)鉄道貨物協会:JR 貨物時刻表, (2009), pp. 178-179.
- 9) 永田靖, 吉田道弘:統計的多重比較法の基礎, サイエンティスト社, (1997), pp. 187.