

環境負荷低減に向けた鉄道貨物輸送における

回送ネットワークの構築に関する研究

学籍番号：2002706

氏名：稲垣 篤史 指導教官名：鶴田三郎 黒川久幸 教授

・輸送量、輸送回数 ≥ 0

1. 序論

地球温暖化が叫ばれる中で、物流分野ではモーダルシフトによる環境負荷低減が急務となっている。特に鉄道貨物輸送は CO_2 排出の少ない輸送機関として脚光を浴びている。その割合を知る指標として用いられているのが「二酸化炭素排出原単位」であり、輸送貨物量 1 トンキロあたりの排出量が輸送機関別に示されている。しかし、この原単位に基づく CO_2 算定法では、輸送において生じる空回送列車や空回送トラックの走行に伴う CO_2 排出量の算出が不可能である。よって、輸送機関の走行に要したエネルギー量、電力量を算出し、その量から CO_2 排出値を適切に導く方法を新たに提案する。そして空回送を考慮した CO_2 排出量を最小とする回送ネットワークの構築を目指す。

2. CO_2 排出量の算出方法 (エネルギー算出法)

トラックはエネルギー消費量、鉄道は電力消費率のデータなどを用いて、より正確な CO_2 排出量を求める。式で表現すると下のようになる。

トラックの CO_2 排出量 =

燃料の単位発熱量 \times 燃料消費率 \times (転がり抵抗 + 空気抵抗 + 加速抵抗) \times 速度 \times 輸送時間 \times 二酸化炭素排出係数

鉄道の CO_2 排出量 =

電力消費率 \times 列車総重量 \times 走行距離 \times CO_2 排出率

<用語説明>

二酸化炭素排出係数：単位エネルギーあたりの CO_2 排出量

電力消費率：1 kWh 使用時の CO_2 排出量

3. 回送ネットワーク設計の定式化

目的関数として CO_2 排出量が最小となるとき算出式、決定変数として各ノード間の輸送回数を設定した。

<目的関数>

$$E_{total} = E_{truck} + E_{rail} \rightarrow \min$$

$$E_{truck} = \sum_{(i,j) \in L_t} \gamma \left((\alpha + \beta W) d_{ij} \right) \times R_{ij}$$

$$E_{rail} = \sum_{(i,j) \in L_r} (\mu M d_{ij}) \times S_{ij}$$

<用語説明>

α, β : 定数 W, M : 機関重量 R, S : 輸送回数

d : 輸送距離 γ : 二酸化炭素排出係数 ij : $i \rightarrow j$ へのリンク

輸送ネットワーク構築のための諸条件を制約条件として下記に示した。

- ・発貨物量 - 着貨物量 = 流入量
- ・各ノード間の流動量 \leq 輸送機関の積載貨物量 \times 輸送回数
- ・発本数 = 着本数 (トラック・鉄道ともに)

4. 設計結果

最適化によって、回送ネットワークにおける鉄道の運行は図 1 のような輸送機関の流れになる。

<輸送条件>

(A) 1 駅対 1 駅の往復輸送。復路は空回送。

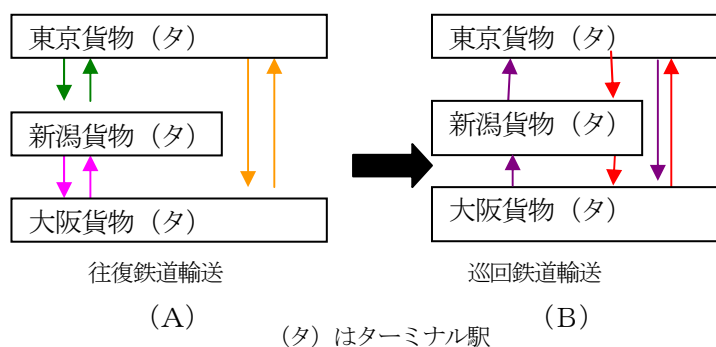
(B)、回送を考慮して、 CO_2 削減を目指した巡回輸送。

図 2 の (A) では、エネルギー算出法を用いて CO_2 排出量を示し、(B) では、回送を考慮した場合の CO_2 排出量を示した。回送部分と輸送部分を色分けして示した。

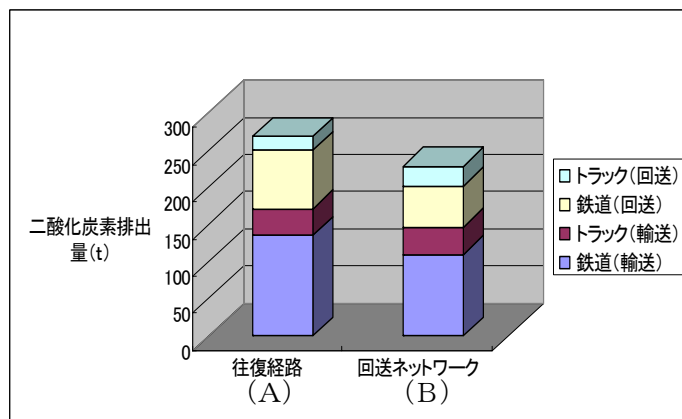
全体の CO_2 排出量の 1 ~ 2 割が削減され、鉄道の回送による CO_2 排出量が特に削減された。

5. まとめ

空回送を考慮した CO_2 排出量を最小とする回送ネットワーク設計の定式化を示し、最適化による CO_2 削減結果によって、その有効性を示した。



<図 1 回送ネットワーク設計のイメージ図>



<図 2 輸送条件別 CO_2 排出量>

キーワード

CO_2 算出法、エネルギー算出法、空回送列車、空回送トラック