

品目別港湾間輸送モデルを用いた港湾機能の改善効果に関する研究

九州大学大学院 学生員 〇川崎 隆広 九州大学大学院 フェロー 太田 俊昭
九州大学大学院 正会員 外井 哲志

1. 研究の目的

これからの大交流時代には、大型コンテナ船の入港可能な岸壁整備やストックヤードの有効利用、荷役サービスの迅速化等が港湾に要求されている。

本研究では、これらの要求を満たす新港湾システムがある特定港湾に導入された場合の港湾機能の向上が、その港湾を取り巻くコンテナ貨物の輸送航路・方法に与える影響を分析し、その結果から、港湾の施設整備とハブ機能との関連性について考察する。また、このような解析を可能にするモデルとして、品目別港湾間輸送モデルを考案した。

2. 品目別港湾間輸送モデル

本モデルは、複数の港湾間で品目別に輸出入量の定まったコンテナ貨物を輸送する場合に、システム全体の総輸送費用が最小になるような最適輸送方法を線形計画法により求めるものである。このモデルに港湾施設整備前後の条件を入力することにより、港湾機能の改善効果をシステム全体の最小輸送費用の変化として表すことができる。以下に目的関数と制約条件を示す。

【目的関数】

$$\text{Minimize } Z = \sum_s \sum_r c(s,r) + \sum_k \sum_s \sum_r \{f(s,r)L(s,r,k) + g(s,r)U(s,r,k)\} \\ + \sum_s \{t(s,e) + tm(s,e) + w(s,e) + \sum_k u(s,e)U(s,e,k)\}b(s)$$

第1項：貨物船の運航費用、第2項：港湾での荷役費用、第3項：賃金等の運航時間に比例する費用、
 $c(s,r)$ ：航路便 (s,r) の運航費用。到着港 j の港湾使用料を含む、 $f(s,r)$ ：航路便 (s,r) の出発港での単位量当たりの船積み費用、 $L(s,r,k)$ ：航路便 (s,r) の出発港で船積みされる品目 k の貨物量、 $g(s,r)$ ：航路便 (s,r) の到着港での単位量当たりの陸揚げ費用、 $U(s,r,k)$ ：貨物船 (s,r) の到着港で陸揚げされる品目 k の貨物量、 $tm(s,r)$ ：航路便 (s,r) の運航時間、 $T(s,r)$ ：航路便 (s,r) の出航時刻、 $w(s,r)$ ：航路便 (s,r) が到着港に入港するため、および貨物積み替えのために待機する時間、 $u(s,r)$ ：航路便 (s,r) の到着港での単位量当たりの陸揚げ時間、 $b(s)$ ：貨物船 s の時間単価（借上げ料、乗組員の賃金等）

【制約条件】

線形計画問題の制限条件として次の7項目を用いた。①実輸送の和、②各貨物船の積み替え貨物のバランス、③各港湾の積み替え貨物のバランス、④品目別の積載条件、⑤貨物船の積載条件、⑥運航時刻に関する条件、⑦積み替えのための時間調整に関する条件

また、線形計画問題に含まれない制約条件として次の2項目を用いた。①係留数の制限に関する条件、②ストックヤードの容量制限に関する条件

3. 解析方法

図-1に解析全体フローを示す。入力データより、各貨物船の入港できる港湾の中から寄港の重複を許し、最大寄港数を越えない航路をすべて列挙する。そのすべての航路組み合わせにおいて目的関

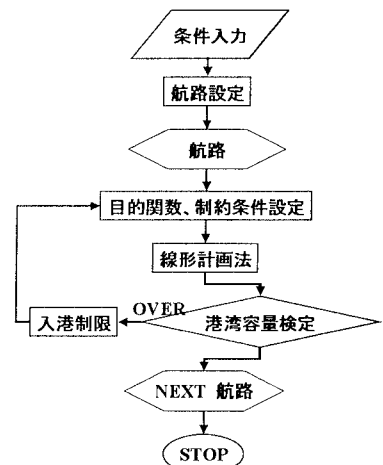


図-1 解析全体フロー

数, 制約条件を設定し, 各輸送経路における最適輸送方法を求める. その輸送方法で, 各港湾のバース数, ストックヤードのコンテナ容量を超過した場合は, 貨物船の入港を単位時間だけ遅らせ, 再計算を行う. このようにして計算した結果の中から, 総輸送費用が最小であった輸送経路を最適輸送経路とする.

4. 計算例

《解析概要》品目別港湾間輸送モデルを用いた例題で港湾改善効果を評価する. この例題では港湾数4, 最大寄港数5, 輸出入品目数5, 貨物船数2とした. 貨物船はすべて同じ仕様であるものとし, そのデータを表-1に示す. 各港湾の輸出入コンテナ数を表-1, 各港湾の入力データを表-2に示す. これらの条件のもとに港湾2の港湾機能に関して以下の7ケースの改善を行った場合の前後の最適航路, 総輸送費用を求めた. ①ストックヤード容量を800から1000へ改善した場合②貨物船係留可能数を1から3へ改善した場合③貨物船入港サイズを10から12へ改善した場合(その場合, 貨物船の大型化に伴い積載容量は1000から1200へ改善される)

④コンテナ処理速度(船積み・陸揚げ)を1から0.5へ改善した場合⑤同時に①②のように改善した場合⑥同時に①②④のように改善した場合⑦同時に①②③④のように改善した場合
《解析結果》図-2に港湾2の港湾機能改善前, 解析条件⑤における港湾機能改善後の最適航路を示す. この結果から, 港湾2のストックヤード容量と貨物船係留可能数を改善することにより, 貨物の流れが港湾2に集中し, ハブ港湾として機能していることが分かる. 表-3に解析条件①から⑦より得られた最小総輸送費用でみる改善率を示す. この表より港湾を整備するには総合的, 複合的な改善が必要であることが分かる.

5. 結論

本研究では, 品目別港湾間輸送モデルの定式化と計算手法の確立を行い, このモデルを用いて港湾機能の改善効果を評価することが可能であることを確認した. また, 本モデルを用いた例題により, 港湾機能の改善効果を出すためには, 特定の機能のみの改善では効果が少なく, 複合的な改善が必要であることが分かった. 今後は, 博多港の港湾施設改善がアジア主要港湾間のコンテナ貨物流動に与える影響を明らかにし, アジア航路の中で博多港がハブ港湾として機能するために必要な施設整備について検討する予定である.

表-1 貨物船データ

貨物船入力データ	
貨物船サイズ	10
貨物船の積載能力	1000
燃費	10
貨物船の時間単価	5
貨物船の速度	1
貨物船の重量	10000

表-2 各港湾の輸出入コンテナ数

	港湾1		港湾2		港湾3		港湾4	
	輸出力	輸出力	輸出力	輸出力	輸出力	輸出力	輸出力	輸出力
品目A	20	0	0	300	0	20	300	0
品目B	350	0	100	0	0	350	0	100
品目C	200	0	0	400	100	0	100	0
品目D	0	180	30	0	50	0	100	0
品目E	0	30	0	70	0	100	200	0

表-3 各港湾の入力データ

港湾2改善前の港湾入力データ	港湾1	港湾2	港湾3	港湾4
港湾の貨物船入港可能サイズ	12	10	12	12
貨物船の係留可能数	2	1	2	2
ストックヤード容量	800	800	800	800
コンテナ単位量当たりの積み込み費用	50	50	50	50
コンテナ単位量当たりの荷下ろし費用	50	50	50	50
コンテナ単位量当たりの積み込み時間	1	1	1	1
コンテナ単位量当たりの荷下ろし時間	1	1	1	1
港湾使用料	100	100	100	100

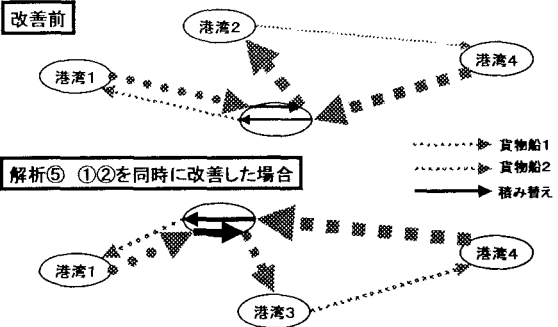


図-2 港湾2の改善前後の航路変化とコンテナ貨物の流れ

表-4 港湾の改善効果

解析① スtockヤード容量を25%改善	0
解析② 貨物船係留可能数を1から3に改善	0
解析③ 貨物船入港可能サイズ改善	0
解析④ コンテナ処理速度を2倍改善	0.2%改善
解析⑤ ①②を同時に改善	15%改善
解析⑥ ①②④を同時に改善	15.7%改善
解析⑦ ①~④を同時に改善	17.1%改善