2003年日本オペレーションズ・リサーチ学会
春季研究発表会

相互補完システムのデポを利用した巡回型輸送モデルについて

01500665 広島大学 ＊平木秀作 HIRAKI Shusaku
01001300 日本大学 市村隆哉 ICHIMURA Takaya
01103860 早稲田大学 片山 博 KATAYAMA Hiroshi
01007483 金沢工業大学 石井和克 ISII Kazuyoshi

1．まえがき

国際協力による相互補完生産システムは，多国間で構成品・部品を分担して生産し，相互に補完しあって製品を生産して市場に供給するシステムであり，各国で生産した構成品・部品をどのように他国に供給するか計画する必要がある．われわれは，シンガポールを物流拠点として ASEAN４カ国で構築された自動車部品相互補完生産システムをモデルに，デポを利用した巡回型輸送モデルを提案した[1]．本研究は，[1]で提案した輸送モデルの有効性を数値実験により検証するものである。

2．物流拠点を利用した巡回型輸送モデル

記号を次のように定義する．

$M=\{1,\cdots,N\}$,

k_0：物流拠点，k_i：生産拠点（$i\in M$）

c_i：生産拠点k_iで生産する構成品・部品

d_{ij}：計画期間中に生産拠点k_iからk_jへ輸送する構成品・部品c_iの量(単位：コンテナ)

(k_i, k_j)：物流拠点又は生産拠点k_iからk_jに向かう輸送

$(k_h, k_i, \cdots, k_q, k_r, k_h)$：輸送$(k_h, k_i)$, $\cdots$, (k_q, k_r), (k_r, k_h)の系列．これをk_hからk_rへの輸送経路と呼ぶ．

L_{ij}：物流拠点又は生産拠点k_iからk_jへの輸送リードタイム（単位：日）

T：計画期間（単位：日）

w：輸送機器の輸送容量(単位：コンテナ)

輸送経路の集合が（1)式で与えられる輸送モデルを巡回型輸送モデルと呼ぶ．

$$R=\{(k_i, k_0, k_j, k_i),\ (k_j, k_0, k_i, k_j)\ |\ i, j\in M,\ i<j\} \tag{1}$$

3．所要輸送機器数

3．1 条件

２．で示した巡回型輸送モデルの所要輸送機器数を以下の条件の下で求める．

(1) 輸送機器の輸送容量は等しい．

(2) 輸送経路ごとに輸送機器を用意する．

所要輸送機器数を求めるために，変数を次のように設定する．

$x_{i0ji}(k_i, k_0; c_h)$：輸送経路(k_i, k_0, k_j, k_i)の輸送(k_i, k_0)で生産拠点k_iから物流拠点k_0へ運ぶc_hの量．($h\in\{i, j\}$)

$x_{i0ji}(k_0, k_j; c_h)$：輸送経路(k_i, k_0, k_j, k_i)の輸送(k_0, k_j)で物流拠点k_0から生産拠点k_jへ運ぶc_hの量．($h\in M-\{j\}$)

$x_{i0ji}(k_j, k_i; c_h)$：輸送経路(k_i, k_0, k_j, k_i)の輸送(k_j, k_i)で生産拠点k_jから生産拠点k_iへ運ぶc_hの量．($h\in M-\{i\}$)

$x_{j0ij}(k_j, k_0; c_h)$：輸送経路(k_j, k_0, k_i, k_j)の輸送(k_j, k_0)で生産拠点k_jから物流拠点k_0へ運ぶc_hの量．($h\in\{i, j\}$)

$x_{j0ij}(k_0, k_i; c_h)$：輸送経路(k_j, k_0, k_i, k_j)の輸送(k_0, k_i)で物流拠点k_0から生産拠点k_iへ運ぶc_hの量．($h\in M-\{i\}$)

$x_{j0ij}(k_i, k_j; c_h)$：輸送経路(k_j, k_0, k_i, k_j)の輸送(k_i, k_j)で生産拠点k_iから生産拠点k_jへ運ぶc_hの量．($h\in M-\{j\}$)

3．2 輸送経路の選択問題

(1) 制約条件

a) 輸送経路の所要輸送量

$$y_{i0ji}=\max\Big\{\sum_{h\in\{i,j\}} x_{i0ji}(k_i, k_0; c_h),\ \sum_{h\in M-\{j\}} x_{i0ji}(k_0, k_j; c_h),\ \sum_{h\in M-\{i\}} x_{i0ji}(k_j, k_i; c_h)\Big\} \tag{2}$$

$$y_{j0ij}=\max\Big\{\sum_{h\in\{i,j\}} x_{j0ij}(k_j, k_0; c_h),\ \sum_{h\in M-\{i\}} x_{j0ij}(k_0, k_i; c_h),\ \sum_{h\in M-\{j\}} x_{j0ij}(k_i, k_j; c_h)\Big\} \tag{3}$$

b) 輸送経路の選択

$$z_{i0ji} = \begin{cases} 1 & (y_{i0ji} > 0 \text{ のとき}) \\ 0 & (y_{i0ji} = 0 \text{ のとき}) \end{cases} \tag{4}$$

$$z_{j0ij} = \begin{cases} 1 & (y_{j0ij} > 0 \text{ のとき}) \\ 0 & (y_{j0ij} = 0 \text{ のとき}) \end{cases} \tag{5}$$

z_{i0ji}, z_{j0ij}は，それぞれ，輸送経路$(k_i,\ k_0, k_j, k_i)$，(k_j, k_0, k_i, k_j)を使用するとき1，使用しないとき0となる変数である．

c) 生産拠点 k_i から輸出する量に関する制約

$$\sum_{j \in M-\{i\}} x_{i0ji}(k_i, k_0; c_i) + \sum_{j \in M-\{i\}} x_{j0ij}(k_i,\ k_j; c_i) = \sum_{j \in M-\{i\}} d_{ij} \quad (i \in M) \tag{6}$$

d) 生産拠点 k_i が輸入する量に関する制約

$$\sum_{j \in M-\{i\}} x_{i0ji}(k_j, k_i; c_h) + \sum_{j \in M-\{i\}} x_{j0ij}(k_0,\ k_i; c_h) = d_{hi} \quad (i \in M\ ;\ h \in M-\{i\}) \tag{7}$$

e) 物流拠点における平衡方程式

$$\sum_{j \in M-\{i\}} x_{i0ji}(k_i, k_0; c_i) + \sum_{j \in M-\{i\}} x_{j0ij}(k_j,\ k_0; c_i) = \sum_{j \in M-\{i\}} x_{i0ji}(k_0, k_j; c_i) + \sum_{\substack{j,h \in M-\{i\} \\ j<h}} x_{j0hj}(k_0,\ k_h; c_i) + \sum_{\substack{j \in M-\{i\} \\ j<h}} x_{h0jh}(k_0, k_j; c_i) \quad (i \in M) \tag{8}$$

f) 変数の非負条件

変数$x_{i0ji}(*, *; *)$は非負である． (9)

(2) 目的関数(輸送リードタイムの総和)

$$f = \sum_{\substack{i,j \in M \\ i<j}} L_{i0ji} \cdot z_{i0ji} + \sum_{\substack{i,j \in M \\ i<j}} L_{j0ij} \cdot z_{j0ij} \tag{10}$$

<輸送経路の選択問題>

(2)-(9)式の制約のもとで(10)式を最小化する問題を解いて，輸送リードタイムの総和を最小化する輸送経路を求める．この問題は，固定費問題に変換され，0-1 整数計画問題として取り扱われる．

3．3 所要輸送機器数の計算

n_{i0ji}：計画期間Tの間に輸送経路(k_i, k_0, k_j, k_i)を巡回できる回数

$$n_{i0ji} = \quad T / L_{i0ji} \tag{11}$$

ただし，　X　は，X以下の最大整数を表す．

s_{i0ji}：輸送経路(k_i, k_0, k_j, k_i) で計画期間中の所要量を輸送するために必要な輸送機器数

$$s_{i0ji} = \quad y_{i0ji} / (w \times n_{i0ji}) \tag{12}$$

ただし，　X　は，X以上の最小整数を表す．ゆえに，所要輸送機器数は次式で計算される．

$$s = \sum_{\substack{i,j \in M \\ i<j}} s_{i0ji} + \sum_{\substack{i,j \in M \\ i<j}} s_{j0ij} \tag{13}$$

4．数値例

4．1 入力データ

$d_{12} = 800$，$d_{13} = 2000$，$d_{14} = 1620$，
$d_{21} = 6720$，$d_{23} = 3120$，$d_{24} = 1620$，
$d_{31} = 6720$，$d_{32} = 1080$，$d_{34} = 1620$，
$d_{41} = 720$，$d_{42} = 220$，$d_{43} = 1120$．
$L_{10} = L_{01} = 6$，$L_{20} = L_{02} = 8$，$L_{30} = L_{03} = 2$，
$L_{40} = L_{04} = 2$，$L_{12} = L_{21} = 13$，$L_{13} = L_{31} = 2$，
$L_{14} = L_{41} = 7$，$L_{23} = L_{32} = 10$，$L_{24} = L_{42} = 7$，
$L_{34} = L_{43} = 2$．
$T = 90$

4．2 計算結果

表1に所要輸送機器数について，輸送容量をパラメータとして単純往復輸送法との比較を示す．

輸送容量(w)	100	150	200	250	300	350	400	450
巡回型輸送	41	28	21	17	15	14	11	10
単純往復輸送	42	29	23	20	16	14	12	11

5．まとめ

本研究では，相互補完システムにおける構成品・部品の輸送方法として，巡回型輸送モデルを考え，その所要輸送機器数の計算方法を提案した．数値例によれば，単純往復輸送よりも所要輸送機器数が少なくなることがある．本研究で得られた結果をもとに，今後，輸送機器の運行スケジュールを作成する方法を考察する必要がある．

謝辞　本研究は，平成14年度科学研究費補助金，基盤研究(B)(1)(課題番号14402044)の助成によるものであることを付記し，謝意を表します．

参考文献

[1] 平木秀作，市村隆哉，片山　博，石井和克："自動車部品相互補完システムにおける輸送方法に関する一考察"，日本経営工学会秋季研究大会予稿集，pp. 174-175 (2002).