

在庫費用を考慮した輸送問題

東北大学 学生員 ○白須敬二

東北大学 正会員 湯沢 昭

東北大学 正会員 須田 潔

1. はじめに

本研究の目的は、港湾のバースが、地震等により、被害を受けた場合、その復旧順位を決定することである。バースが破壊することにより、荷役が不能となり、背後地で必要となる貨物を確保するためには、他のバースなり、他の港湾より貨物の搬出入を行なうことが要求される。当然その場合、バース待ちによる費用や、陸上部での輸送費用の増加が考えられる。本研究では、港湾での費用の増加を、貨物の在庫費用として、また陸上での輸送費用の増加は、荷役する港湾を変更することによる輸送距離の増加（輸送費用の増加）と考え、それらの増加費用が最小となるようなバースの復旧順位を決定する。

2. システムの概要

本システムは、待ち行列型のシミュレーションモデルである。特に入港船舶一隻毎の状況を把握する必要があるため、Event-Sequence法を適用する。システムの概要を以下に示す（図-1 参照）。

①対象とする港湾別のバースと、背後地での品目別年間必要量、各バースと背後地までの距離及び輸送費用等のデータを入力する。

②船舶の品目、荷役量及び発生時期は、現実のデータを基に乱数により求める。ただし、一船舶一品目とする。

③背後地の決定。

背後地(i)の品目(j)の(k)時点での充足率を $\alpha_{ij}(k)$ とする。

$$\alpha_{ij}(k) = S_{ij}(k) / D_{ij} \quad (1)$$

$\alpha_{ij}(k)$; 背後地(i), 品目(j)のk時点

での充足率

$S_{ij}(k)$; k時点での累積供給量(t)

D_{ij} ; 年間必要量(t) 、 $D_{ij} = S_{ij}(n)$

$\alpha_{ij}(k)$ の最も小さい地域を選択し、(ただし $\alpha_{ij}(0)$ においては、 D_{ij} の大きい地区を選定する) k時点の貨物搬入地とする。

④バースの決定。

船舶が入港(品目(j)を積載)し、 $\alpha_{ij}(k)$ の最も小さい背後地に貨物を送る場合、港湾での待ち費用(在庫費用)と陸上での輸送費用の和が最小となるバースを探索する。

品目(j)の在庫費用は、式(2)より求める。

(図-2 参照)

$$C_1 = (m + z^2 - z^2) / (2 \cdot r) \cdot c + b \cdot z \quad (2)$$

C_1 ; 在庫費用(円)

m ; 貨物量(t)

r ; 貨物の減少率(t/h)

c ; 保管費用(円/h)

z ; 在庫量(t)

b ; 滞船費用(円/h)

貨物の減少率とは倉庫に入った貨物がトラック輸送により時間とともに減少する割合のことである。従って、投入トラック台数が一定で

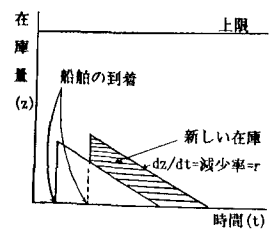


図-2 在庫量の変化

あるとすれば、減少率は港湾と背後地との距離に反比例することになる。減少率rは、式(3)より求める。

$$r = n \cdot s \cdot k / 24 \quad (3)$$

$$k = o / (2 \cdot d / v + w) \quad (4)$$

r ; 減少率(t/h)

n ; トラック1回当たりの運搬能力(t/回)

s ; 投入トラック台数(台/日)

k ; 1日当たりのトラック往復回数(回/台)

- o; 1日当たりの労働時間 (h)
d; 港湾から背後地までの距離 (km)
v; トラックの平均速度 (km/h)
w; 貨物の積み落し時間 (h)

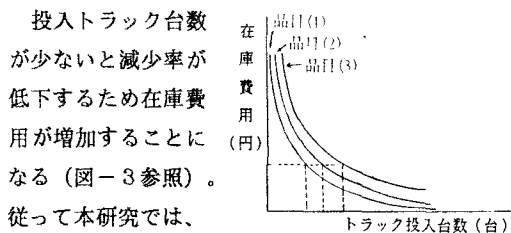


図-3

投入トラック台数が少ないと減少率が低下するため在庫費用が増加することになる(図-3参照)。

従って本研究では、各品目別の在庫費用が、ほぼ同程度となるように品目別の投入トラック台数を決定する。

また倉庫容量に上限を設けることにより、一ヶ所に貨物が集中するのを防止する(図-2参照)。

品目(j)の陸上での輸送費用C2は、式(5)より求める。

$$C2 = d(i) \cdot e(j) \text{-----}(5)$$

C2 ; 陸上部での輸送費用(円)

d(i) ; 背後地(i)までの輸送距離(km)

e(j) ; 品目(j)の輸送単価(円/km)

従って、総費用Cは式(6)のようになる。

$$C = C1 + C2 \text{-----}(6)$$

⑤全ての背後地の充足率 $\alpha_{ij}(k)$ が1になるまで繰り返す。

以上が、常時(パースが被害を受ける前)のシステムの説明である。この場合は、在庫費用と輸送費用の和が、最小となっていることは明白である。次に、パースが被害を受け、荷役不能となった場合、その復旧順位は以下の様に決定する。

- 1) 被害を受けたパースをシステムから除去し、シミュレーションを行なう。この場合の総費用は、最大となる。
- 2) 次に被害を受けたパースを一つだけ、システムに組み込み、総費用を求める。
- 3) 最も費用の減少の大きいパースを第一順位とする。
- 4) 以下同様にして順位を決定する。

パースが港湾に関係なく全て独立しているとする、その繰り返し回数は、 $n(n+1)/2-1$ 回行なう必要があるが、ここで同じ港湾内のパースについては、背後地までの距離が等しいので、予め、港湾内で順

位づけを行なうとその回数は、 $w(w+1)/2-1$ 回となり $n \geq w$ であるから、大幅に回数を減らすことができる(n ;被災したパース数、 w ;被災したパースを持つ港湾数)。

3. モデルの適用例(ケーススタディ)

ケーススタディ

としては、宮城県

と福島県を想定す

る(図-4参照)。

1) 港湾は、仙台港、

石巻港、小名浜港

とし、各港湾にパ

ースが3つずつあ

ると仮定した。

2) 品目は穀物、原

木、鉄鋼の3品目とする。

3) 品目別年間必要貨物量

は、陸上出入貨物調査よ

り、輸送費用、保管費用

は、1986年度版貨物運賃

と各種料金表より引用し

た(表-1表-2参照)。

ただし、貨物運賃表で

は距離単価は、

50km毎に変化し

ているが、距離

の効果を出した

めに、回帰直線

式(7)を用いて、1km毎に運賃を表わした。

$$Y = 213.2X + 25880 \quad (R = 0.99726) \text{-----}(7)$$

Y; 輸送費用(円/10t), X; 輸送距離(km)

4. 結論

本研究に用いたシミュレーションモデルから、復旧順位を求めることができた。また、本研究のモデルは在庫費用により大きく左右されることが分かった。従って、復旧順位を決定するに当たり、在庫費用の見積りを十分考慮する必要がある。

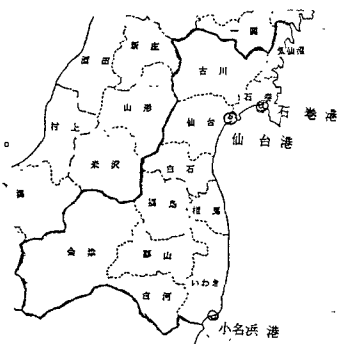


図-4 エリア図

表-1 背後地の品目別年間必要量 (t)

背後地	穀	穀	原木	鉄鋼
仙台	126084	528672	492828	
石巻	204	28176	7500	
気仙沼	108	15516	4284	
古川	360	6120	1812	
白石	708	876	17796	
福島	600	30888	21864	
相馬	300	1428	0	
いわき	58752	1161830	103056	
郡山	348	27408	12768	
白河	0	30996	2172	
会津	0	31500	4632	
合計	187464	1863408	668532	

表-2 品目別在庫費用と付加価値

品目	従量率	従価率	付加価値
穀物	186.5	0.63	1.7307
原木	260	0.88	2.0355
鉄鋼	124	0.0139	13.6974
	円/t/10日	円/千円/10日	万円*