Ⅳ-98　　ターミナルの立地に関する基礎的研究

京都大学工学部　正員　　長尾義三
関西大学工学部　正員　　則武通彦
京都大学工学部　学生員　○山田孝嗣

1) はじめに

本研究は，異なった輸送機関の結節点であるターミナルの立地選定に関する問題をマクロな視野からとらえようとするものである。

空陸輸送あるいは海陸輸送の結節点である空港や港湾においては，陸上機関によって輸送された容体の他輸送機関への転換が行なわれる。この転換を支障なく行なわせるためには，ターミナルにそれ相応の取扱能力が必要であり，これはターミナルに集まってくる輸送容体量によって変化する。そして取扱能力とそれだけの能力を持つ施設を建設する費用との間には1対1の対応があるので，ターミナルの立地規模は輸送容体量によって影響を受けるであろう。又，輸送容体量とターミナルの施設建設費用との間の関係は図-1のようになると考えられるので，初期建設費と追加建設費との割合もターミナルの立地に影響するであろう。

又，輸送需要発生点からの距離によってターミナルまでの内陸輸送費が変化するので，ターミナルの立地は距離によっても影響を受けるであろうと考えられる。

このような観点から，問題のパターンをモデル化し定式化を行なう。

2) 問題のパターンと定式化

問題のパターンは，図-2のようにとらえることができる。すなわち i を輸送需要発生点，k，k' はターミナル，j は輸送需要吸収点を示している。

i から j への輸送需要が発生すると，輸送容体は $i \to k \to k' \to j$ へと移動する。逆方向についても同様である。

ここで国際貿易を対象とすると，j は外国消費地となり，$k'-j$ 間の分配に関してはわが国の国民経済上の観点から見て無視できることになり，モデルは図-3のように変形できる。さて次にこのモデルの定式化を行なうわけであるが，そのために発生する費用を考えると次の3つに分類できる。

a) $i-k$ 間輸送費用　　これは距離と輸送容体量の関数となる。

b) $k-j$ 間輸送費用　　bについても同様

c) ターミナル関連費用　　これには図-4のようにターミナルの取扱量に関して連続的に変化する費用と図-1のようにターミナルの取扱量に関して不連続になる費用とが考えられる。さて以上のような費用を考えて定式化を行なうのであるが，今，距離を与えられているとし，評価基準として費用最小を用いることにする。

$$\sum_i\sum_k C_{ik}(x_{ik}) + \sum_k\sum_j C_{kj}(x_{kj}) + \sum_k\sum_{k'} \alpha_k^{k'} F_k(g_k)\, y_k^{k'} + \sum_k f_k(g_k) \longrightarrow \mathrm{Min}$$

sub to

$\sum_k x(i,k)=S(i)$　　$\sum_k x(j,k)=S(j)$　i,j 地域での需要量と供給量

$\sum_k x(k,i)=D(i)$　　$\sum_k x(k,j)=D(j)$　の制約

$\sum_i x_{ik} \le \sum_{k'} Q_k^{k'} y_k^{k'}$　ターミナルの取扱量に関する制約　$0 \le \sum_{k'} y_k^{k'} \le 1$　$y_k^{k'}$: 0-1 integer

$\sum_i x(i,k) = \sum_j x(k,j)$　　$\sum_i x(k,i) = \sum_j x(j,k)$　　$g_k = \sum_i x_{ik}$

図-1

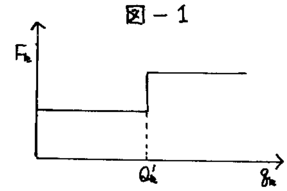


図-2

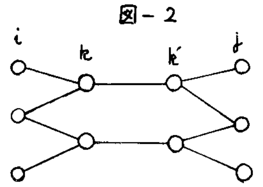


図-3

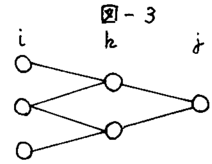
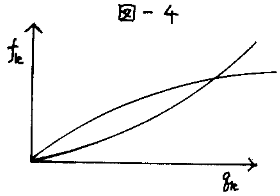


図-4



記号の説明　$x(a,b)$: a→b 間の輸送容体量　　$x_{ab}=x(a,b)+x(b,a)$

$S(a)$: a地点の供給量　　$D(b)$: b地点の需要量

C_{ab} : a−b間の輸送費用

F_c : cターミナルの初期建設費

Q_c^k : cターミナルをk段階で建設する時の処理能力

$y_c^k=1$: cターミナルをk段階で建設する場合

　　0 : cターミナルをk段階で建設しない場合

α_c^k : cターミナルのk段階建設費用／cターミナルの初期建設費

輸送費が輸送容体量に関してLINERに変化し，f_kも各ターミナルに集まる輸送容体量の線型関数であると仮定すれば，評価関数は次のようなFIXED CHARGE PROBLEMとして書き下すことができる。

$$\sum_i\sum_k C_{ik}(x_{ik}) + \sum_k\sum_r \alpha_k^r F_k(g_k)\, y_k^r \qquad i=i+j \quad \cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

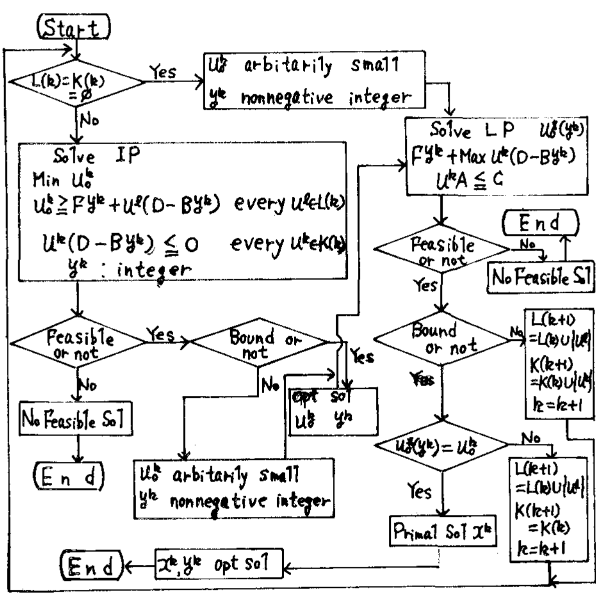
このように定式化された問題に対して混合整数計画法を用いたアプローチを次に述べることにする。

3) 混合整数計画法(MILP)によるアプローチ

(2)式で定義された評価関数は，輸送容体量に関してLINERな連続変数とDISCRETEな0−1変数とを含んでいるので，本研究ではBENDERSのPARTITIONING ALGOLITHMを用いて解を求める。この方法を簡潔な言葉で表現するならば，もとの問題を主問題であるところの整数計画(IP)とそれに付随した線型計画(LP)に分解して解くということになる。問題を一般的な形で記述すると次のようになる。

$$cx + Fy \longrightarrow \mathrm{Min}$$
$$\text{sub to} \quad Ax + By \geqq D$$
$$x, y \geqq 0 \quad y : \text{integer}$$

図−5



まずyの取りうる範囲を限定した上で，yに関するIPを解くとこれはもとの問題の最適解x^*の下限値となっているはずである。次に上述のIPで求まったyを固定してxに関するLPを解くと，その最適解はx^*の上限値となる。したがって，もし上限値と下限値とが一致すればそれがx^*であるし，もし違っていればyに関する制約を強めて上述の演算を繰り返して行けば，有限回の繰り返しで最適解x^*に到達する。(但し，もとの問題に解があると仮定している。)上記のアルゴリズムをフローチャートに示したものが図−5である。ここでL(k)はk回目のDual演算における端点の集合，K(k)はk回目のDual演算におけるextreme rayの集合を表わす。

4) おわりに

上記のアルゴリズムにしたがって，現在計算を実行中であり，詳細については講演時に発表を行なうことにする。

参考分献

1) Integer Programming : Robert S. Garfinkel and George L. Nemhauser

2) Mixed Integer Programming Algorithm For site selection and other Fixed Charge Problems Having capacity constraints : Paul Gray