

京都大学大学院 学生員 松元利徳
 京都大学工学部 正員 香名 攻
 京都大学工学部 正員 吉川和広

[1] はじめに

航空貨物の地上端末輸送の合理化を目的として都市内あるいは都市周辺部に空港と分離して設けられる貨物ターミナルのことを航空貨物シティー・ターミナル(ACT)と呼ぶが、本研究の目的は、このACTを中心とした航空輸送関係の公共ターミナルの立地を決定するのに必要情報を目標計画法を用いたモデル分析によって求めることである。ここでは航空貨物輸送の合理化の程度をはかる尺度として「総輸送費用」「総輸送時間」「トラック延走行台キロ」「延年続き時間」の4つを取りあげ、これらの低減を計画目標として、その達成度をACTが建設されない場合と各候補地点にACTが建設された場合について求め、その比較を通じてACT建設の効果各候補地の優劣およびACTの利用率(全航空貨物量に対するACTを経由する航空貨物の比率)を調べることにした。(ACTの立地において考慮すべき建設費については別に検討を加える。)そこで本研究では次の2つのモデルを提案した。モデル1は空港での取扱いが不可欠なものを除いてすべての航空貨物がACTを経由すると仮定したものである。モデル2はこの仮定を除いたもので、ACTを経由する貨物量は変量となる。

[2] モデル化 (図1を参照)

1)モデルにおける主な前提条件; ①空港の後背圏をm個の地区に分割し各地区の発生・集中貨物量は与件とする。また各地区の位置は貨物量に関する重心点(地区重心)で表わすものとする。②ACTはただ一ヶ所に建設されるものとし、その候補地を各地区重心の中からn個選出す。③各地区の発生・集中貨物は空港での取り扱いが不可欠なものを除いて、すべてACTを経由するものとする。(この前提はモデル1の場合だけでありモデル2では除かれる。)④各地区重心とACTの間は個別輸送であり、そのルートに関しては複数目標を考慮したこととの符合を考えて代替性をもたせた。またACTと空港の間では大型車(18t車)による一括輸送が高速道路を用いて行われ、かつそのルートは与件とする。

ii)モデル1の定式化

(a)貨物の流れに関する連続式(個別輸送について)

$$\sum_r x_{ir}^l = g_i^l \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (l=1,2) \quad \dots(1)$$

ここに x_{ir}^l : ルートrを経由して運ばれる地区iの方向lの貨物量。l=1のときは発生貨物でありl=2のときは集中貨物である。 g_i^l : 地区iにおける方向lの貨物量。

(b)目標の制約化; 本研究における各計画目標間の関係はL字型効用関数の形で規定すると次のように定式化される

①総輸送費用について

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^2 \sum_r C_{ir} (x_{ir}^l / w_i^l) + \sum_{i=1}^m C (\sum_{l=1}^2 g_i^l) / w^l - y_c + z_c = G_c \quad \dots(2)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^2 \sum_r C_{ir} (x_{ir}^l / w_i^l) + \sum_{i=1}^m C (\sum_{l=1}^2 g_i^l) / w^l \leq \bar{g}_c \quad \dots(3)$$

②総輸送時間について

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^2 \sum_r T_{ir} (x_{ir}^l / w_i^l) + \sum_{i=1}^m T (\sum_{l=1}^2 g_i^l) / w^l - y_t + z_t = G_t \quad \dots(4)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^2 \sum_r T_{ir} (x_{ir}^l / w_i^l) + \sum_{i=1}^m T (\sum_{l=1}^2 g_i^l) / w^l \leq \bar{g}_t \quad \dots(5)$$

③トラック延走行台キロについて

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^2 \sum_r D_{ir} (x_{ir}^l / w_i^l) + \sum_{i=1}^m D (\sum_{l=1}^2 g_i^l) / w^l - y_d + z_d = G_d \quad \dots(6)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^2 \sum_r D_{ir} (x_{ir}^l / w_i^l) + \sum_{i=1}^m D (\sum_{l=1}^2 g_i^l) / w^l \leq \bar{g}_d \quad \dots(7)$$

④延年続き時間について

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^2 \sum_r T_{ir} \alpha_i^l x_{ir}^l - y_p + z_p = G_p \quad \dots(8)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^2 \sum_r T_{ir} \alpha_i^l x_{ir}^l \leq \bar{g}_p \quad \dots(9)$$

⑤各目標の達成度の均衡をはかるための条件式

$$y_c / \lambda_c = y_t / \lambda_t = y_d / \lambda_d = y_p / \lambda_p \quad (\lambda = g - G \text{である}) \quad \dots(10)$$

ここに G_c, T_c, D_c ; それぞれ地区iの貨物がルートrを経由して個別輸送されるときのトラック(2t車)1台当たりの運送費用, 運送時間, 運送距離である。 C, T, D ; それぞれ一括輸送におけるトラック(18t車)1台当たりの運送費用, 運送時間, 運送距離である。 w_i^l ; 地区iの方向lの貨物の個別輸送における平均積載重量。 $1/w_i^l$; 地区i, 方向lの一件当たりの貨物量。 w^l ; 一括輸送における平均積載重量。 y_c, z_c ; 各目標の満足水準からのカイ離を示す補助変数。 G, \bar{g} ; 各目標に関する満足水準および許容水準,

(c)目的関数; 各目標の満足水準からのカイ離を示す補助

変数 \$y_c\$ のうち任意の一つを最小化することにより各目標除き各目標を単一目標とするLPを解いて最適値を求めた。不達成度を \$G\$ ベクトルに沿って可能な限り小さくでき、次に各候補地ごとにその値を比較して、その中の最も良くなる。ここでは便宜上 \$y_c\$ を目的関数として取りあげる。

$y_c \rightarrow \min$... (1)

iii) モデル2の定式化; モデル2においては各地区と空港間の個別輸送における貨物量が新たに変量となる。したがって定式化は次のようになる。

(a) 貨物の流れに関する連続式(個別輸送について)

$$\sum_i z_{ir}^k + \sum_r u_{ir}^k = g_i^k \quad \dots (1')$$

ここに \$u_{ir}^k\$; ルート \$r^k\$ を経由して空港まで個別輸送される地区 \$i\$ の方向 \$k\$ の貨物量。

(b) 目標の制約化

① 総輸送費用について

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m C_{ij} (x_{ij}^k / w_i^k) + \sum_{i=1}^m C(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij}^k) / w_i^k + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m C_{ir}^k (u_{ir}^k / w_i^k) - y_c + z_c = G_c \quad \dots (2)'$$

ここに \$C_{ir}^k\$; 地区 \$i\$ の貨物がルート \$r^k\$ を経由して空港まで個別輸送されるときのトラック(27車)1台当りの運送費用である。

他の(4)~(7)式も同様に変わるが、ここでは省略する。なお(10)式の目的関数はそのままである。

ii) ACCT建設候補地の選定について; 既存の資料をもとに各地区重心の中から総輸送時間、総輸送費用、総輸送距離という3つの評価尺度に関していずれも上位にある候補地を選出し、それに対して都市計画、地域計画との適合性という観点からさらに検討を加えた。

v) 個別輸送における代替ルートの選定について; 輸送時間、輸送費用、輸送距離という3つの尺度に関して、いずれも上位10位以内にある輸送ルートを代替ルートとして取りあげた。なお本研究で得ようとしている情報の要件を考えれば、輸送ルートとしては上述の方法で選ばれた代替ルートを取りあげるだけで十分であろう。

さて以上の手順を含めた本研究全体のプロセスをフローチャートに示すと図2のようになる。

[3] 実証的分析について

上述の2つのモデルを \$K\$ 空港に対する ACCT の立地問題に適用し実証的分析を試みた。このとき用いた各目標に関する満足水準、許容水準および計算結果の一部を表1に示す。(モデル2を用いた計算結果は講演時に示す) なお満足水準としてはモデル1の目標に関する制約式を

除き各目標を単一目標とするLPを解いて最適値を求めた。許容水準としては ACCT がなくすべの貨物を空港へ個別輸送するときの値を用いた。(輸送ルートは各評価尺度ごとに10番目のルートを用いた。)

実証的分析の結果として次のことが言える。

① ACCT を都心部あるいは都市周辺に建設することにより総輸送費用、総輸送時間、トラック延走行台キロ、延途続き時間の減少がかなり期待できる。また各候補地とも ACCT の利用率は 90% 以上の高率となった。これらのことは一括輸送による集約効果が大いこの表われであろう。② E 地区、W 地区等の都市部は貨物の発生集中量が多く、そこで ACCT を建設すれば輸送の効率化を示す各目標の達成度は、M 地区、R 地区等の周辺部に建設したときよりも良くなる。しかし都心部は地価および用地の確保という面では逆に不利となる。なお実証的分析の結果に関する詳細は講演時に説明する。

参考文献; 堀口健一「航空貨物ターミナル(ACCT)の立地問題への目標計画法によるアプローチ」

京都大学工学部 卒業論文 昭和53年

図1. モデルの概略図 図2. 本研究のプロセスを示すフローチャート

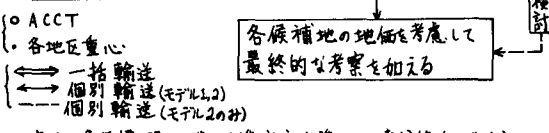
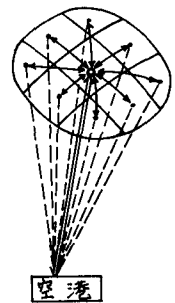


表1 各目標に関する満足水準、許容水準および達成値(モデル1)

目標	総輸送費用(万円)	総輸送時間(分)	トラック延走行台キロ	延途続き時間(分)
満足水準	172.876	5518.26	3149.95	27227.9
許容水準	672.702	21291.16	13007.17	147246.4
E地区	174.785	5746.23	3255.24	28139.1
W地区	175.291	5695.59	3313.21	27843.9
N地区	175.235	5731.51	3283.28	28307.1
F地区	177.463	5962.44	3448.72	31705.4
M地区	180.724	6438.62	3719.61	36143.4
T地区	178.928	6474.45	3585.94	34385.8
A地区	181.326	7031.01	3747.33	39198.2
I地区	180.986	7648.34	3748.39	43069.5
R地区	187.663	7394.80	4233.27	43790.5
現状	282.854	19661.11	12295.61	138557.2