

IV-17

マルチ・エアポート・システムの構築

北海道開発コンサルト(株)	正員	浦田 康滋
室蘭工業大学	学生員	松本 直彰
室蘭工業大学	正員	田村 亨
室蘭工業大学	正員	斎藤 和夫

1、マルチエアポートシステムとは

世界の多くの大都市では、同一都市圏内に複数の空港をもっている。我が国では、無駄な投資を避けたいなどの理由から、空港圏を重ねることなく空港と空港圏をワンセットで考えることが多い。これに対しヨーロッパなどでは、利用者と空港経営者の選択の範囲を広げるという意味から、複数の空港が同一圏域を共有する事の方が多い。これは、商圈理論のそもそもの解釈の違いによるもので、我が国では、施設の最適配置が議論されているが、海外では活動の最適配置が検討される。従って人々がどういった行動をとり、どのような生活時間を使うのかといった見通しに関する議論がされる。このため活動の選択をいかに増やすかが大切とされるのである。この解釈の違いの概念を図-1に示す。

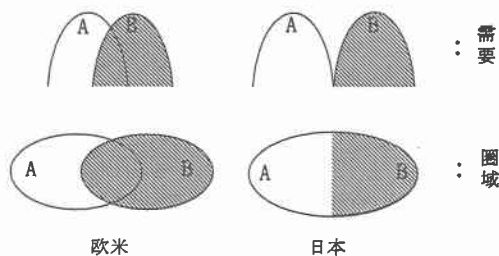


図-1 欧米と日本の交通網整備における商圈の考え方の違い

マルチエアポートシステム（以下、MA Sと呼ぶ）は、その空港へのアクセスしやすさ、空港からのサービス、航空会社の競争戦略などによって、航空旅客者に選択肢を与えるところで興味深く、輸送供給の様々な結果（輸送改善、空港の業務上の制限または改良、新空港の建設、投資）を評価するためにも

重要である。

近年、MA Sのあり方に関する議論が世界中で盛んになされており、我が国の空港整備に関しても、いくつかの現存、或いは計画中である空港をいかに効率よく利用するか議論されてきている。本研究では、この議論のなかで最も新しいMark Hansenのモデル(1993)について研究するとともに空港間の時間距離を変化させた場合の空港位置選択モデルの提案とその有効性の検討を行う。

2、Hansenの空港選択モデル

Hansenモデルは、航空旅客の選択に関係がある以下の3つの提案に基づいている。

- ①旅行者は出発地から最も近い空港を選ぶ
- ②アクセス交通手段のレベル（所要時間、サービス性など）が最も高い空港を選ぶ。
- ③旅行全体の交通のレベル（運行便数、全体の所要時間、空港の魅力など）が最も高い空港を選ぶ。

この提案からHansenは、「空港の魅力」「路線の魅力」「アクセスしやすさ」をパラメータとした空港選択行動をモデル化した。

モデル式を(1)、(2)に示す。

$$P(j|i, k) = \frac{e^{V_{j,k}}}{\sum_k e^{V_{j,k}}} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_{j,k} = \alpha \cdot \log(PAX_{j,k} + \theta \cdot (NLPAX_j + \sum_{m \neq k} PAX_{j,m})) + \beta \cdot \log(DIST_{j,k}) \cdot \log(1 + PAX_{j,k}) + \phi \cdot ATIME_{j,k} + \gamma_j \dots\dots\dots(2)$$

ただし、

$P(j|i, k)$: 地域*i*に居住する人の目的地*k*への移動における*j*空港の選択率

PAX_{jk} : j空港から目的地kへの乗客の総計
 $NLPAX_j$: j空港における幹線航空利用者数
 $DIST_k$: 複数空港地域と目的地kの間の距離
 $ATIME_{ij}$: 地域iからj空港までのアクセス時間
 γ_j : j空港に関する定数項

(2) 式の第一項は、当該空港の魅力(トランジットを含む)を示し、幹線とローカル線に路線を分けることによって当該空港のハブ機能の大きさを表している。第二項は、路線距離とその需要量を用いて路線の魅力を表している。式中で需要に1が加わっているのは、需要がないときも距離によって路線の魅力を表すためである。そして第3項は、空港アクセスに関するものとなっている。このモデルの今後の課題としてHansenらは、空港制約容量をどのように取り込むかを挙げている。

3、空港位置選択モデルの提案

本研究では、このHansenモデルのMASのなかで、空港間がアクセス整備された2つの空港を考え、Hansenモデルの構築を一步拡張させたモデルの構築を行う。そこで、ある地域にアクセス整備された2つの空港を考え、空港間の時間距離を単位長さ1.0とする。この地域に空港利用者が点在しており、その分布を空港利用圏として幅(大きさ)1.0の線状に仮定する。これを、ある空港端より δ だけずらすことにより、2つの空港間の時間距離を変化させたときの空港選択率を求めることができると考える。図-2は空港2に有利に空港利用圏が存在する場合の仮定を示しており、時間距離の相対的な比率は、空港2の方が大きい。

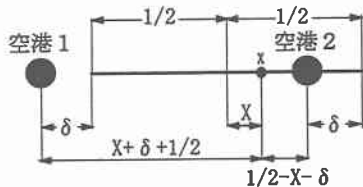


図-2 空港利用圏の概念図

図-2において空港1の選択率を考える。空港利用圏の中心から X の位置($-1/2 \leq X \leq 1/2$)に居住している人の空港1を利用する確率を $P(1|X)$ とすると、その定式化は(4)式で示される。なお $MS1$ は、空港1のマーケットシェアであり、(3)式のように示

す。式中の $f(\alpha, \beta)$ 、 ϕ は、空港の魅力・路線の魅力と空港へのアクセスに関わる重み係数でありHansenのモデルのパラメータより与えられる。これより、空港利用圏とその中の2つの空港との時間距離の変化 δ に応じた空港選択率を求めることができる。

$$MS1 = \int_{X=-1/2}^{X=1/2} P(1|X) dX \dots\dots\dots(3)$$

$$P(1|X) = \frac{e^{f(\alpha, \beta) \cdot MS1 - \phi \cdot (X + \delta + 1/2)}}{e^{f(\alpha, \beta) \cdot MS1 - \phi \cdot (X + \delta + 1/2)} + e^{f(\alpha, \beta) \cdot (1 - MS1) - \phi \cdot (1/2 - X - \delta)}} \dots\dots\dots(4)$$

図-3は、 $\delta=0$ として(3)(4)式によって予測した $MS1$ と独立変数として扱った $MS1$ の関係を示したものである。45°の直線は、両方のマーケットシェアが等しく、方程式が満足されたものであり、「安定した」という表現を用いる。図より方程式が安定するのは、 $MS=0$ 、 $MS=0.5$ 、 $MS=1$ のときである。 $MS=0$ 、 $MS=1$ のときは、 $f(\alpha, \beta)$ 、 ϕ 、 δ の変数に関係なく安定するが、 $MS=0.5$ の安定は、 $\delta=0$ の時の空港システムの釣り合いがもたらすものである。

$f(\alpha, \beta)=0.5$ で、 $\phi=1$ または $\phi=3$ のとき、 $MS=0.5$ という安定した解が存在することを $\phi=1$ のケースで説明すると、そのシステムは $MS=0.7$ においては安定せず、図中の矢印のように0.5に近づくことにより、安定していく。また $f(\alpha, \beta)=2$ 、 $\phi=1$ のケースでは、 $MS=0.4$ から $MS=0$ に近づく事によって安定から遠ざかることがわかる。これらのことから、 $MS=0.5$ のときは、確実に安定しているが、 $MS=0$ と $MS=1$ のときは、確実に安定しているとはいえない。従って、空港利用圏が2つの空港間に収まっている場合、空港の魅力が同じならば、両空港のシェアは、50%・50%である。

次に、 $\delta > 0$ のときの MS の安定を示す。図-4は、 $\delta=0.1$ 、 $\phi=1$ とした場合の両マーケットシェアの関係を示しており、確実な安定は、 $f(\alpha, \beta)$ が小さいとき、 $0 < MS < 0.5$ の範囲内となり、 $f(\alpha, \beta)$ が増加すると $MS=0$ となる。さらに $f(\alpha, \beta)$ が増加すると、 $0.5 < MS < 1$ の間となる。このように提案したモデルは、空港1の魅力が小さいならば、2つの空港間のシェアの分配は、位置的に有利となる空港2に移るし、空港1の魅力がとても大きいならば、空港1は、空港2が有利な位置となっても高いシェアを保ち続けることができる事を表す。

空港2の位置が有利になる事による影響は、図-

5で表される。 δ が増加するにつれて、空港1のシェアが下がっていくことがわかる。また、 δ が大きく増加することによって、空港1のシェアは0となることがわかる。

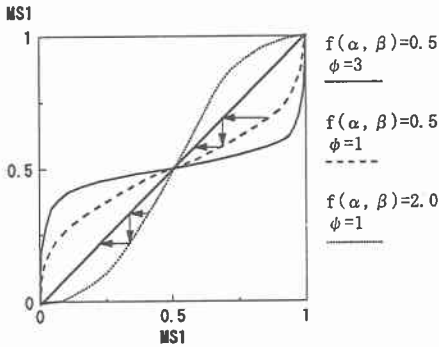


図-3 $\delta=0$ の時の安定

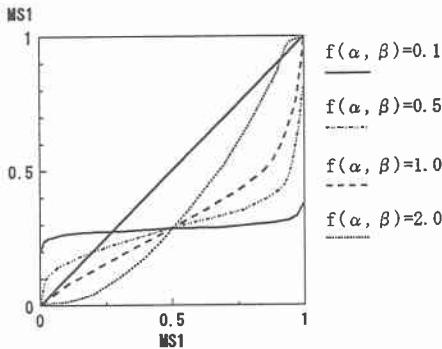


図-4 $\delta=0.1$ 、 $\phi=1$ 、 $f(\alpha, \beta)$ を変えたときの安定

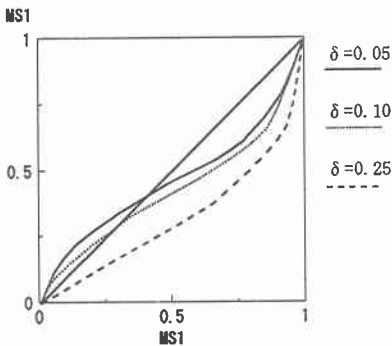


図-5 δ を変えたときの安定

4、ケーススタディ

北海道内の空港を対象として、交通機関選択モデル、空港選択モデルの構築を行う。空港選択モデルのみではなく交通機関選択モデルを構築した理由は、人々はまず交通機関選択を行い、飛行機で行くことを決めてから空港選択を行うという選択の階層性を仮定し、飛行機を選択する効用項を空港選択要因の中に内挿（ログサム変数処理）することを考えたからである。

4-1 交通機関選択モデルの構築

選択肢は、飛行機・鉄道・都市間バス・乗用車の4つで、モデルの説明変数は「運賃」「所要時間」を共通変数とし、乗用車に頻度の項目はないことから「飛行機頻度」「鉄道頻度」「バス頻度」を選択肢固有変数とした。また、そのままの運行頻度を用いたモデル（モデル1）と運行頻度に対数を取りSカーブ効果を導入したモデル（モデル2）の2種類について分析した。分析結果を表-1に示す。

表-1 交通機関選択モデル

モデル1		
説明変数	パラメーター	t 値
運賃	-0.00036	-10.8272
所要時間	-0.02001	-21.4242
飛行機頻度	0.07838	4.1640
鉄道頻度	0.05293	2.8208
バス頻度	0.10406	2.0458

モデル2		
説明変数	パラメーター	t 値
運賃	-0.00035	-10.4905
所要時間	-0.01960	-20.7610
飛行機頻度	0.35589	4.3832
鉄道頻度	0.46114	2.9486
バス頻度	0.30587	1.6535

	モデル1	モデル2
χ^2 乗検定	940.9639	942.3892
自由度	8	8
初期尤度	-3078.4268	-3078.4268
最終尤度	-2607.9448	-2607.2322
尤度比	0.1528	0.1531
自由度調整済み尤度比	0.1521	0.1523
サンプル数	3022	3022

モデルの適合度を示す自由度調整済み尤度比は0.15となっており、都市間の交通機関選択モデルとしては適合度の高いモデルが構築できた。t値で見る

と、交通機関選択に最も影響する要因は「所要時間」であり、次いで「運賃」となっている。

4-2 空港選択モデルの構築

旅行者がとった実際の交通行動について調査したデータを用いて、同一都市圏内の空港1、空港2の空港選択モデルを構築した。モデルの説明変数は、「運行頻度」「飛行時間」「アクセス時間」の3変数とした。「航空運賃」「アクセス費用」の変数をいれたモデルでは、パラメーターの符号条件などにおいて良好なモデル構築には至らなかった。これは、データの9割が仕事目的の旅行なので費用を会社が負担するためであると考えられる。分析の結果を表-2に示す。

表-2 空港選択モデル

モデル1		
説明変数	パラメーター	t値
機材頻度	1.2769	8.0862
飛行時間	-0.0116	-1.0040
アクセス時間	-0.0081	-2.9094

モデル2		
説明変数	パラメーター	t値
運賃	2.1008	7.0252
所要時間	-0.0098	-0.8907
飛行機頻度	-0.0083	-3.0331

	モデル1	モデル2
χ^2 乗検定	86.8106	68.3111
自由度	4	4
初期尤度	-289.5032	-289.5032
最終尤度	-246.0979	-255.3476
尤度比	0.1499	0.1180
自由度調整済み尤度比	0.1419	0.1096
サンプル数	426	426

モデル1とモデル2の違いは、機材頻度にS字カーブを導入する(モデル2)か否かである。モデルの適合度を示す自由度調整済み尤度比は、モデル1が0.14、モデル2が0.11であり、S字カーブを使わないモデル1の方が適合度が高い。t値でみると空港選択に最も影響を与えている要因は、「機材頻度」であり、次いで「アクセス時間」「飛行時間」となっていることがわかる

4-3 空港位置選択モデルの構築

提案したモデルを用いて、前述のデータで同一都

市圏内の空港1、空港2の空港選択モデルについて分析してみる。まず、Hansenモデルのパラメータである「空港の魅力」「路線の魅力」「アクセスの魅力」を表す α 、 β 、 ϕ の各パラメータを求めなければならないが、今回は、ローカル線に対する調査しか行っていないため、「空港の魅力」に関しての分析はしなかった。また、「路線の魅力」に関しては、「機材頻度」と「飛行時間」により求めたため β_1 、 β_2 に分けて計算する。これらの値は、本来ログサム変数を処理した値となるが、ここでは空港選択モデル(4-2)の値のみから判断した。よって、モデルのパラメーターは表-2の値を絶対値表示することで求め、具体的には表-3のとおりである。これらのパラメータにより、2つの空港の時間距離を変化させた場合の空港選択率を容易に求めることができる。

表-3 空港位置選択モデル

説明変数	パラメーター
α	不明
β_1	1.2769
β_2	0.0116
ϕ	0.0081

5、おわりに

本研究のまとめを以下に示す。

- ①Hansenのモデルの発展型として空港間の時間距離を変化させたときの空港位置選択モデルの概念を示した。
- ②提案したモデル式より、空港の魅力が高ければ、たとえ、空港利用圏から多少離れて存在する空港でも高いシェアを保つ場合のあることを明示できた。
- ③提案したモデル式のパラメーターを実データによるモデル分析から特定し、マルチエアポートシステムを評価するモデルの妥当性を検討した。

今後の課題として、分析する空港のすべての需要量(旅客数)や、その空港から発着するすべての路線ごとの需要量を調査することで、今回省略した「空港の魅力」の変数をいれたモデルの構築を行うことが望まれる。

<参考文献>

Hansen M(1993):Modering Multiple Airport Systems, Univ. of California Research Report 93-12