

規制緩和下における国際航空旅客輸送市場のモデル分析*

A Model Analysis of the Deregulated Int'l Air Transportation Market

黒田勝彦**・竹林幹雄***・平井一人****・正木智也*****・鈴木秀彦****

*Katsuhiko KURODA**, Mikio TAKEBAYASHI***, Kazuto HIRAI****,*

*Tomoya MASAKI***** and Hidehiko SUZUKI*****

1. はじめに

近年、米国を中心として提唱されている航空路線運営に関わる規制緩和、いわゆる“Open Sky”¹⁾構想が世界的に進んでいる。アジア-太平洋路線に目を向けると、航空旅客輸送市場はアジア、特にASEAN諸国の急成長と相まって急速に拡大しつつある。市場の拡大はエアライン間にさらなる競争を促し、その結果一層の規制緩和が望まれるという循環構造が生まれていると考えられる。

こういった流れを受けて、アジア各国では次世代機の就航をも見据えた巨大空港、いわゆる『スーパーハブ空港』の整備を積極的に行っている²⁾。そして、98年7月開港した香港のチェック・ラップ・コック国際空港をはじめとして、ソウルのインチョン国際空港、クアラルンプールのセパン国際空港などの超巨大空港は来世紀初頭には部分的あるいは完全に供用される計画である²⁾。

このようにアジア諸国において超巨大空港が多数供用されることによる国際航空旅客輸送市場への影響は多大であることが予想され、エアライン各社の就航路線の変更、それに伴う旅客流動の大幅な変化が生じると考えられる。

一方、我が国においても来世紀初頭には関西国際空港の2期工事の完成、新中部国際空港の供用など、将来的な旅客需要を見据えた整備が行われる¹⁾。しかし、前述のように、アジア各国の空港政策の影響は我が国の空港整備・運営政策にも多大な影響を与えるものと考えられる。

こういったことから、我が国の今後の空港政策を立案する上で、各空港政策の変化が市場に与える影響を的確に把握できる手法の確立が急務である。

航空旅客輸送市場を取り扱った研究は数多いが、競争市場として取り扱った研究としてはKanafani et al.³⁾の研究が代表的なものとして取り上げることができよう。彼らはエアラインの行動に着目し、米国国内線におけるサービスルート選択をモデル化した。そして、運営コストの最小化を目的とするエアラインの行動の帰結として、エアラインの形成するネットワークがhub and spokes型に集約されることを明らかにした。Kanafaniらはエアライン間の競争を考察対象としたことで先見的研究であるが、旅客の行動を明示的に取り扱うことはなかった。

また屋井ら⁴⁾は国際路線におけるエアライン間のアライアンスをも取り扱うことのできるモデルを開発した。ここではエアラインの便益に焦点を当て、アライアンス成立時のネットワークフローについて検討を行っている。しかし、Kanafaniの場合と同様、あくまでも考察対象はエアラインの行動に限定されている。実際との対応を考えれば、旅客の路線選択行動とエアラインのサービスルート設置行動の両者を同時に検討できる方法論が必要であろう。

一方、小林ら⁵⁾は空港におけるターミナルコストと、エアラインのラインホールコストの関係について検討している。すなわち、ラインホールコストの限界生産性がターミナルコストの限界生産性よりも高い場合、round and robin型のネットワークとなり、逆に低い場合hub and spokes型に変化することを理論的に明らかにした。そしてネットワーク形状は費用に対して不連続に変化することを数値計算を通じて明らかにしている。小林らの研究は理論的展開として極めて精緻であると考えられる。しかし、空港容量が無量大であるなど、実証的な検討を行う上では非常に厳しい制約条件を有する点が問題である。

一方、黒田ら⁶⁾は国内航空旅客市場を1社独占のエアラインの元でのキャリアーと旅客間の均衡によるものと考え、シュタッケルベルグ計画問題として定式化を行った。そして、実証的な見地から空港整備の影響を検討している。ここでは新たに2種類の異なる経済主体間の均衡を取り上げている点が新しいが、旅客がシステム最適で行動する点など、旅客行動を極度に単純化した点や、運賃が与件であるなど市場の限定的な

*キーワード：国際航空旅客流動，スーパーハブ空港

**：フェロー 工博 神戸大学工学部建設学科

(〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL&FAX:078-803-6008)

***：正 員 博(工) 神戸大学工学部建設学科

(〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL&FAX:078-803-6017)

****：学生員 神戸大学大学院自然科学研究科

*****：正 員 修(工) 大林組

検討にとどまる点が問題である。

さらに大橋らは⁷⁾ 空港経営者、複数のエアライン、旅客を経済主体と考え、シュタッケルベルグ均衡問題として一般的な定式化と均衡条件式の導出を行っている。ここでは国内航空旅客市場を可能な限り一般的に表現することに重点を置いているため、理論的には精緻である。しかし、数値計算例で示されるように、定性的な分析は可能であるが、実証分析を行うには計算量が膨大であり、非現実的である点が問題である。

以上のような状況を踏まえ、本研究では、今後進展すると考えられる規制緩和下における国際航空旅客輸送市場を分析するために、実用規模の航空ネットワークを取り扱うことが可能な、均衡アプローチに立脚したモデルの開発を行うことを目的とする。そして、モデルの特性を明らかにするとともに、数値計算を通じて規制緩和下での国際航空旅客輸送市場の構造分析を行い、さらに次世代機 (SST) 導入により進展すると考えられるスーパーハブ空港の立地特性について検討することとする。

2. 国際航空旅客輸送市場のモデル化

(1) 前提条件

国際航空旅客輸送市場を考えた場合、フラッグ・キャリアは存在するものの、一つのサービスルートに関しても、規制緩和の進んだ路線では多くの企業が参入していることがわかる。これは、サンクコストが比較的小さいためであると考えられ、今後自由化が進展すれば、さらに参入・退出が自由となり、競争性がより顕著になると考えられる。このことから、各サービスルートは完全競争市場と見なすことができる。

以上のことを踏まえて、本研究ではモデル化にあたり、次に示す前提条件を設けることとした。

- 1) 各サービスルートには複数の競合する等質なキャリアが存在する。キャリア数は完全競争市場が成立するように、十分多いものとする。
- 2) 市場においてキャリアの参入・退出は自由であり、サンクコストはないものとする。
- 3) 同一サービスルートにおいてはキャリアは就航便数、就航機材に関して等質なサービスを提供するものとする。
- 4) サービスルートの運行距離・時間は与件である。
- 5) 空港の最大離発着量は与件であるとする。同様に着陸料などの空港でキャリアに課される諸費用も与件であるものとする。
- 6) 航空燃料 1 ガロン当たりの価格は空港に関係なく一定で、与件として与えられるものとする。

- 7) 各サービスルートで投下される機材は 1 種類のみとする。本研究では Boeing 747-400 とした。

なお、本研究で対象とする市場では、キャリアと旅客間の均衡は Nash 均衡であると思なすことができる。

(2) エアラインの行動の定式化

各エアラインは運航コストを最小化することを目的として行動する。エアラインの操作変数はサービスルートへの機材投下数である。エアラインが要する費用は、機材の運行費用および着陸料に代表される空港使用料である。運賃は旅客の均衡フロー達成時に同時に内生的に決定される均衡価格として示される。一方、各キャリアは後述する旅客の利用者均衡状態を達成することを制約とするため、キャリアはネットワークをこの制約を満たすように設定しなければならない。このことから、キャリア全体としては独占競争的に行動すると仮定してもよいと考えられる。以上のことから、エアラインの行動は次のように定式化される。

$$\min_{(f_l)} C(f_l) = \sum_{l \in L} f_l (AC_l + \delta_h^l LC_h) \quad (1)$$

Sub. to

$$\sum_{l \in L} \delta_h^l f_l \leq CA_h \quad (2)$$

$$p_l(x_l + x_{l'}) = f_l(AC_l + \delta_h^l LC_h) + f_{l'}(AC_{l'} + \delta_h^{l'} LC_h) \quad (3)$$

$$x_l \leq \omega_l CP_l f_l \quad (4)$$

$$f_l \geq 0 \quad (5)$$

ここで、

$C(f_l)$: 1 週あたりのトータルコスト (US ドル)。

l : 有方向グラフとして表されるサービスルートのインデックス。

l' : サービスルート l の往復ルート。

f_l : l における運行回数 (フライト/週)。

AC_l : l における 1 フライト当たりのラインホール費用 (US ドル/フライト)

LC_h : 空港 h で 1 フライトあたりの空港使用料 (US ドル/フライト)。

δ_h^l : クロネッカーデルタであり空港 h がサービスルート l に含まれている場合 1, その他は 0 を取る。

CA_h : 空港 h の最大滑走路容量 (フライト/週)。

x_l : サービスルート l での利用者数 (人/週)。

p_l : サービスルート l の航空運賃 (US ドル/人/フライト)。

CP_l : サービスルート l での最大収容数 (人/フライト)。

ω_l : 平均収容率 (全てのルートで一定)。

L : サービスルートの集合。

である。なお本研究では最大滑走路容量をもって空港容量とする。

式 (2) は最大滑走路容量制約式、式 (3) は価格均衡式、式 (4) はリンクの輸送容量制約式、式 (5) はフライト頻度の非負条件式である。

(3) 旅客の行動の定式化

参考文献 6) では、国内交通旅客を対象として定式化を行った結果、走行時間の最小化が最も適合性が良好であった。しかし、本研究では国際航空旅客を対象としており、ビジネス客のみならず、観光客をも多く含んでいるものと考えられ、旅行時間の他に旅行費用が経路選択に大きく影響するものと考えられる。そこで、本研究においては、旅客は自らの一般化費用を最小化するように行動すると仮定し、一般化費用を旅行費用に移動時間を貨幣換算したものを加えたものと定義することとした。なお、旅客の旅行費用は、航空運賃の他に、ラインホール時間、および空港での平均出発待ち時間を貨幣換算したものが含まれるものとし、発空港および中継空港における待ち時間は、平均待ち時間は与えられるものとした。

また、本研究では O.D. 交通量は与件として与えられ、ネットワークの影響を受けないものとする。以上のことから、旅客の行動は次のように定式化できる。

$$\min_{(x_{ij}^k)} \left(\sum_l \sum_k \delta_k^l u_l \right) = \sum_l \sum_k \delta_k^l \left[\{f_l(AC_l + \delta_h^l LC_h) + f_{l'}(AC_{l'} + \delta_h^{l'} LC_h)\} / (x_l + x_{l'}) + \alpha(t_l + \delta_{l_2}^{h_2} \frac{OT_h}{2f_{l_2}}) \right] \quad (6)$$

Sub. to

$$\sum_k x_{ij}^k = X_{ij} \quad (7)$$

$$x_l = \sum_i \sum_j \sum_k \delta_k^l x_{ij}^k \quad (8)$$

$$x_{ij}^k \geq 0 \quad (9)$$

and 式 (4)。

ここで、
 u_l : サービスルート l での一般化費用 (US ドル/人)。
 δ_k^l : クロネッカーデルタでサービスルート l がゾーン i から j への第 k 経路に含まれる場合 1, その他は 0 を取る。
 t_l : サービスルート l のラインホール時間 (分)。
 OT_h : 空港 h の営業時間。 (分)。
 f_{l_2} : 中継空港で使用するサービスルート l_2 における運行回数 (フライト/週)。
 $\delta_{h_2}^l$: クロネッカーデルタであり、空港 h_2 がサービスルート l の出発空港である場合 1, その他は 0 を取る。
 α : 時間価値換算計数 (US ドル/分)。
 x_{ij}^k : ゾーン i からゾーン j の第 k 番目の経路を利用する利用客数 (人/週)。

X_{ij} : ザーン i からゾーン j に至る O.D. 交通量 (人)。

式 (7) は OD 保存式、式 (8) はリンク交通量保存式、式 (9) は経路交通量の非負条件式である。

ここで、ゾーン i からゾーン j に至る旅客の一般化費用 λ_{ij} は均衡価格で示されることとなる。すなわち、

$$if \ x_{ij}^k > 0 \ then \ \sum_k \delta_k^l u_l = \lambda_{ij} \quad (10)$$

$$if \ x_{ij}^k = 0 \ then \ \sum_k \delta_k^l u_l > \lambda_{ij} \quad (11)$$

という均衡条件を満たす必要がある。

3. モデル特性の検討

(1) 入力データ

前章で示したモデルの特性を、規制緩和の進んだアジア・北米・欧州路線 (2010 年時点を想定) を対象として検討することとする。適用に先立ち、以下のような設定を行った。

- 対象とする O.D. ザーンは極東、東南アジア、オセアニア、北米および東西欧州とする。区分の詳細は表-1 の通りとする。ただし、空港間の整備の影響を詳細に把握するために日本のみ国内を 5 分割することとした。
- O.D. 交通量は IATA など⁸⁾ で公表されている将来ゾーン間交通量を参考に算出した値を用いた (表-2 参照)。
- 対象とする空港は O.D. ザーンに存在する代表的空港を取り上げることとした。また、その最大離発着数は表-3 に示す値を基本とすることとした。
- 各空港における空港使用料は IATA 発行の Airport Statistics⁹⁾ の値を用いた (表-3 参照)。
- エアラインの運行費用関数は ICAO 発行の Financial Data¹⁰⁾ より回帰分析を行い、
 サービスルート運行費用 = 89.566 × (サービスルート運行距離)
 という推計結果を得、これを用いることとした。

表-1 O.D. ザーン

エリア	ゾーン
極東	日本 (北海道, 関東, 中部, 関西, 九州) 中国, 韓国, 香港, 台湾,
東南アジア	フィリピン, タイ, インドネシア, マレーシア, シンガポール
オセアニア,	オセアニア (含 オーストラリア, N.Z.)
北米	北米 (含 米国, カナダ)
欧州	西欧 (フランス・イタリア以西) 東欧 (ドイツ以东)

表-2 OD 旅客数

(単位：人/週)

エリア	北海道	関東	中部	関西	九州	韓国	中国	香港	台湾
北海道	-	-	-	-	-	4741	8013	6623	3573
関東	-	-	-	-	-	37929	64104	52980	28299
中部	-	-	-	-	-	16120	27244	22517	12027
関西	-	-	-	-	-	28446	48078	39735	21224
九州	-	-	-	-	-	7586	12821	10596	5660
韓国	4741	37929	16120	28446	7586	-	50921	35113	17122
中国	8013	64104	27244	48078	12821	50921	-	72941	42453
香港	6623	52980	22517	39735	10596	35113	72941	-	99221
台湾	3537	28299	12027	21224	5660	17122	42453	99221	-
フィリピン	1369	10955	4656	8217	2191	5730	6336	28228	20069
タイ	3510	28080	11934	21060	5616	14295	18711	49449	45325
インドネシア	1869	14956	6356	11217	2991	6957	8346	22797	17332
マレーシア	1394	1156	4741	8367	2231	5415	6745	18200	14939
シンガポール	2439	19516	8294	14637	3903	8700	21513	29434	23760
オセアニア	2078	16624	7065	12468	3325	6906	4897	15542	7878
北米	4498	35982	15293	26987	7196	14531	15098	23377	12536
西欧州	2286	18289	7773	13717	3658	8895	7511	16516	7917
東欧州	1966	15731	6686	11798	3146	7749	6608	14183	7098

表-2 OD 旅客数 (つづき)

エリア	フィリピン	タイ	インドネシア	マレーシア	シンガポール	オセアニア	北米	西欧州	東欧州
北海道	1369	3510	1869	1394	2439	2078	4498	2286	1966
関東	10955	28080	14956	11156	19516	16624	35982	18289	15731
中部	4656	11934	6356	4741	8294	7065	15293	7773	6686
関西	8217	21060	11217	8367	14637	12468	26987	13717	11798
九州	2191	5616	2991	2231	3903	3325	7196	3658	3146
韓国	5730	14295	6957	5415	8700	6906	14531	8895	7749
中国	6336	18711	8346	6745	21513	4897	15098	7511	6608
香港	28228	49449	22797	18200	29434	15542	23377	16516	14183
台湾	20069	45325	17332	14939	23760	7878	12536	7917	7098
フィリピン	-	7945	4096	3112	10515	1559	1553	931	818
タイ	7495	-	16421	20547	56751	23338	21417	24967	22325
インドネシア	4096	16421	-	13553	57219	1991	1792	1374	1224
マレーシア	3112	20547	13553	-	95039	2277	2736	15868	14112
シンガポール	10515	56751	57219	95039	-	20570	23416	15868	14112
オセアニア	1559	23338	1991	2277	20570	-	-	-	-
北米	1553	31417	1792	2736	23416	-	-	-	-
西欧州	931	24967	1374	1914	15868	-	-	-	-
東欧州	818	22325	1224	1706	14112	-	-	-	-

表-3 空港に関する諸条件

空港	最大離発着数 (/週)	空港使用料 (US \$ /週)
新千歳	700	7338
成田	2600	8954
新中部	2148	8654
関西	2820	8654
福岡	700	7338
ソウル	6062	1992
上海	5754	1594
香港	7288	2862
台北	5754	1962
マニラ	2000	1615
バンコク	5831	1962
ジャカルタ	1500	1569
クアラルンプール	8746	2123
シンガポール	11088	3077

(2) モデル特性の検討

ここでは、本研究で提案したモデルの挙動特性について検討を加える。まず、OD 旅客量に対するモデルの挙動特性を把握するために、表-4 に示すような複数の OD 旅客数のシナリオ下での数値計算を行った。無論、モデルの挙動を把握するためにはさらに多くのケースを設定する必要があるが、紙面の都合上、ここではモデルの挙動特性が明確に示されるケースを取り上げるものとする。まずケース 1 は比較の基本ケースとするものである。ケース 2 は全体の OD 旅客数が縮小した場合、ケース 3～5 は特定の OD 旅客数を伸縮させたものである。

表-5 は各ケースにおける空港別の就航便数の計算結果の一覧、表-6 は乗り換え客数の一覧である。表-5、および表-6 より、基本的に自ゾーンの総発着旅客数が比較的大きなゾーンに立地し、かつ空港容量が大きな空港が多く、便数が乗り入れるハブ空港となる傾向にあることがわかる。典型的な例はソウル、香港、台北であり、これらはいずれも他と比較して自ゾーンの総発着旅客数、空港容量ともに大きく、また地理的にも、北米、欧州といった長距離路線に関してはほぼ同じ条件である。一方、成田は自ゾーンの総発着旅客数は非常に大きいものの、空港容量が小さいため、必ずしもハブ空港になるとは限らないことがわかる。また、ケース 3 においては、台湾、シンガポール発着旅客が大幅に減少することに連動して、台北、シンガポール空港への就航便数が大幅に減少していることがわかる。この減少幅は、OD 旅客数の縮小以上の割合であり、表-6 から経路便の減少が大きいことがわかる。

表-4 数値計算における OD 旅客数のシナリオ

ケース	条件
ケース 1	表-2 の OD 交通量を用いる。
ケース 2	表-2 の OD 交通量を一律に 25%縮小する。
ケース 3	表-2 の OD 交通量のうち、台北およびシンガポール発着旅客数を一律に 25%縮小する。
ケース 4	表-2 の OD 交通量のうち、上海-北米間旅客数を一律に 25%縮小する。
ケース 5	表-2 の OD 交通量のうち、上海-北米間旅客数を一律に 25%拡大する。

表-5 空港別就航便数一覧

(単位：便/週)

空港	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
新千歳	324 (46%)	254 (36%)	318 (45%)	324 (46%)	324 (46%)
成田	2568 (99%)	2236 (86%)	2594 (100%)	2568 (99%)	2568 (99%)
新中部	1420 (66%)	836 (39%)	1408 (66%)	1420 (66%)	1420 (66%)
関西	1908 (68%)	1472 (52%)	1846 (65%)	1908 (68%)	1908 (68%)
福岡	512 (73%)	398 (57%)	494 (71%)	512 (73%)	512 (73%)
ソウル	3260 (54%)	2428 (40%)	3378 (56%)	3260 (54%)	3260 (54%)
上海	3024 (53%)	2338 (41%)	2910 (51%)	3052 (53%)	3104 (54%)
香港	4524 (62%)	4168 (57%)	4522 (62%)	4524 (62%)	4524 (62%)
台北	4262 (74%)	3044 (53%)	2482 (43%)	4262 (74%)	4262 (74%)
マニラ	846 (42%)	656 (33%)	800 (40%)	846 (42%)	846 (42%)
バンコク	2932 (50%)	2258 (39%)	3018 (52%)	2932 (50%)	2932 (50%)
ジャカルタ	1370 (91%)	1054 (70%)	1240 (82%)	1370 (91%)	1370 (91%)
クアラルンプール	1532 (18%)	1182 (14%)	1340 (15%)	1532 (18%)	1532 (18%)
シンガポール	3704 (33%)	2996 (27%)	2660 (24%)	3704 (33%)	3704 (33%)

(註：() 内は空港容量に対する比率を表す)

逆にケース 4、5 において上海発着の北米向き OD 旅客数を伸縮させても、ネットワーク全体には全く影響がないことがわかる。

さらに、複数の空港がハブ化することから考えて、立地地点によってサービスルートが特化している可能性がある。このことを把握するために典型的な例として、ケース 1 およびケース 2 について経路便利用客を方面別に整理したものを図-3、および図-4 に示す。

図-3、4 より、まずアジア内での乗り継ぎ旅客は台北を最もよく利用する傾向にあり、次いでソウル、シン

表-6 空港別経由便利用客数の比較

(単位：千人/週)

空港	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
成田	3.1 (709.2)	38.4 (545.5)	18.8 (685.3)	3.1 (709.2)	3.1 (709.2)
新中部	45.8 (301.4)	0 (231.9)	49.9 (291.2)	45.8 (301.4)	45.8 (301.4)
関西	0 (531.9)	0 (409.1)	0 (514.0)	0 (531.9)	0 (531.9)
ソウル	177.8 (554.3)	124.8 (426.4)	200.8 (541.4)	177.8 (554.3)	177.8 (554.3)
上海	0 (844.7)	0 (649.8)	0 (812.7)	0 (837.1)	0 (852.2)
香港	74.7 (1114.9)	152.7 (857.6)	105.9 (1050.6)	74.7 (1114.9)	74.7 (1114.9)
台北	208.2 (772.8)	127.2 (594.5)	60.2 (570.7)	208.2 (772.8)	208.2 (772.8)
マニラ	0 (235.7)	0 (181.2)	0 (220.4)	0 (235.7)	0 (235.7)
バンコク	7.24 (802.5)	5.6 (617.3)	44.3 (751.4)	7.24 (802.5)	7.24 (802.5)
ジャカルタ	0 (381.0)	0 (293.1)	0 (343.7)	0 (381.0)	0 (381.0)
クアラルンプール	0 (428.1)	0 (329.3)	0 (373.1)	0 (428.1)	0 (428.1)
シンガポール	91.5 (851.3)	90.1 (654.9)	55.7 (629.6)	91.5 (851.3)	91.5 (851.3)

(注：上段は経由便利用客数，下段 () 内は直行便利用客数を表す)

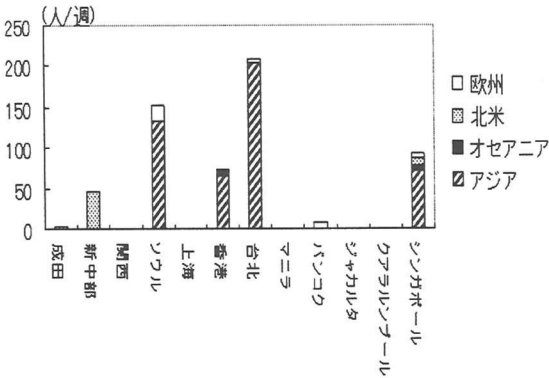


図-3 経由便利用者の経由空港別渡航方面別旅行者数 (ケース 1)

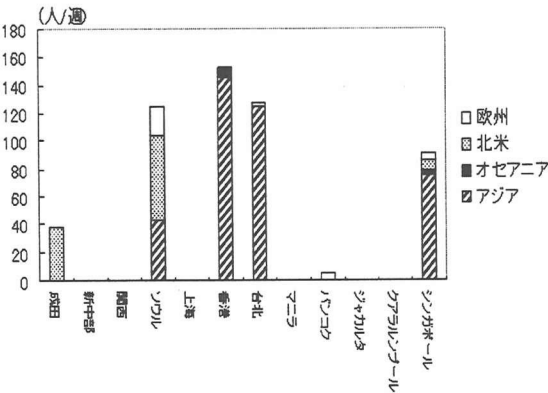


図-4 経由便利用者の経由空港別渡航方面別旅行者数 (ケース 2)

ガポールが利用されることがわかる。一方、オセアニア方面では香港を第1に、次いでシンガポールを利用することがわかる。また北米方面の利用客はケース1では新中部を第1に、次いでシンガポール、成田を利用することがわかる。ケース2ではソウル、および成田を中心に利用することがわかる。また、欧州方面に関してはいずれの場合も、ソウルを中心的に利用することがわかる。これは立地条件である空港間距離およびO.D.旅客数に依存し、旅客数の大きなODペアの選択する直行路線の便数の増加、それに伴う価格の低下が大きいため、旅客数の比較的小さなO.D.ペアが直行便を利用せず、経由便を選択することにつながったと考えられる。さらに、経由便利用の割合はケース1よりもケース2の方が高い。すなわち、空港容量に余裕がある場合、hub and spokes型のネットワークが形成されやすい傾向にあることを示している。

またいずれのケースにおいても、台北、ソウルそしてシンガポール空港が安定的に多くの経由旅客を獲得する結果を得ていることから、これら3空港がアジアでのハブ空港として機能する傾向にあるといえる。いずれの空港も、自空港発着の総OD旅客数、空港容量共に大きい。逆に成田空港に関しては、自空港発着の総OD旅客数と比較して、空港容量に余裕がある場合、北米方面のハブ空港として機能する可能性があることがケース1と2の比較からわかる。ソウル-北米に関しても同様の傾向が認められる。いずれの場合も、自空港発着の総OD旅客数および北米方面へのOD旅客数が比較的大きく、かつ北米への移動単価が低いことが挙げられる。さらに、空港容量にも余裕がある場合、ハブとして機能することがわかる。

このように、本研究で提案したモデルでは、サービスルート形成に関して、空港容量、および空港の地理的条件(空港間距離および立地ゾーンの総OD交通量)に大きく依存することがわかる。そして、方面別にハブ空港が成立する傾向にあることが認められる。

4. スーパーハブ空港設置の影響

21世紀初頭に実用化される予定の次世代機の拠点となる空港はスーパーハブ空港とよばれ、各大陸に1ないし2空港配置されるといわれており²⁾、次世代機(SST)が就航した場合、アジア諸国は社会的・経済的に影響を受けると考えられる。そこで本章では、前章で提案したモデルを用いて、アジアとアメリカ・ヨーロッパ間といった主要サービスルートに次世代機が就航した場合を想定し、アジア内のスーパーハブ空港設置による旅客ならびにエアラインへの影響について検討を加える。なお、使用するOD旅客数はケース1と同様、表-2に示したものをを使用することとする。

ここで検討する次世代機に関しては、参考文献 2) で公表されている Boeing 747-X の値を基本とし、座席数 622 席とした。また巡航速度は 747-X ではマッハ 0.85 であるが、本稿では SST 就航時点において、現行機材よりも性能が向上することを想定し、巡航速度マッハ 1 (現対象機の 1.2 倍) と設定した。また、運航費用の詳細は不明であるため、暫定的に現行就航機材の 1.5 倍と想定した。

以下で検討するシナリオは、アジア内にスーパーハブ空港を 1 空港設置する場合を想定している (図-5 参照)。すなわち新千歳および福岡空港を除くアジア内の主要空港のいずれかがスーパーハブ空港として機能する場合について検討を加えることとする。なお、OD など諸条件は 前章で取り上げた基本ケースを用いている。

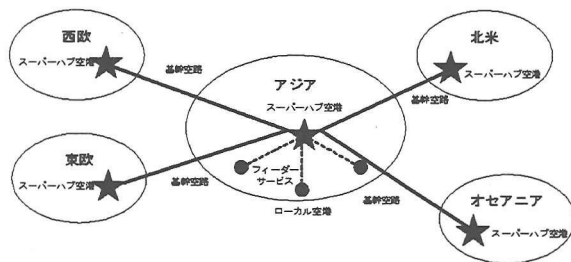


図-5 スーパーハブ空港設置の概念図

まず、就航便数について検討した場合、多くの空港で総就航便数が表-3 に示す空港容量を超過し、その結果空港容量制約を満たす均衡解を得ることができなかった。よって、ここでは容量を超過した空港に関して最大離発着数を増加させ、検討することとした。その結果を図-6 に示す。これから、ほとんどの空港で、計画されている最大離発着数では、スーパーハブ空港に必要な容量を確保していないことがわかる。

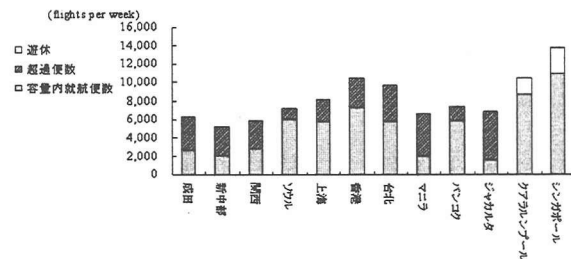
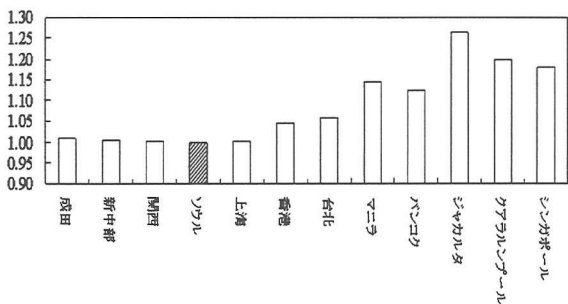


図-6 各空港をスーパーハブ空港とした場合の就航便数

図よりクアラルンプール、シンガポール以外の空港では大幅な便数超過が見られることがわかる。特に我が国の 3 空港はいずれも大幅な容量不足となる可能性を指摘することができる。極東で最大規模の空港である香港においても 25% 程度の不足が指摘される。こう

いったことから、スーパーハブ空港を 1 空港のみ設置するのであれば、クアラルンプール、シンガポールいずれかが可能であるととどまる。他の空港がスーパーハブ空港として機能するためには空港の拡張が必須であるといえる。

次に、エアラインの総運航コストは図-7 のとおりである。これはいずれも図-6 に示した最大離発着数を緩和したものに関して検討を加えている。



(注：韓国を 1 とする)

図-7 エアラインの総運航費用の比較

図から明らかなように、ソウルをスーパーハブ空港として設置した場合、最小のコストでエアラインは運航することができる。これは極東部では一般的な傾向として見られ、我が国の場合と比較してもその差は僅差であることがわかる。逆に、東南アジア方面に南下するに従い、コストは上昇する傾向になることがわかる。特に、クアラルンプール、シンガポールに関してはソウルに設置した場合より 20% 以上コストが上昇することとなり、スーパーハブ空港として機能させる動機をエアライン側に生みにくい状況であるといえる。これはソウル空港などは極東に位置するという北米に対する地理的優位性の他に、前述のような日本の出入国旅客数が極めて多いということに起因すると考えられる。この結果、スーパーハブ空港が 1 空港のみである場合、エアラインはコスト最小化の観点からは極東アジアに拠点を構える可能性が高いと考えられる。

図-6、図-7 から、空港の最大離発着数が計画値通りであればクアラルンプール、シンガポールなど東南アジアにスーパーハブ空港が立地する可能性があるが、エアラインとしては、コストの観点から高コスト化につながる東南アジアよりもむしろ極東に立地することが好ましいといえる。

次に旅客の行動に与える影響について考察する。
表-7 はソウルがスーパーハブ空港として機能する場合の、旅客一人当たりの旅行時間旅行費用の推移を表したものである。韓国をスーパーハブ空港として利用

表-7 各空港と東ヨーロッパ間の旅行時間と費用

ゾーン	旅行時間差 (分)	旅行費用差額 (US \$)
新千歳	-219	7
成田	-79	98
新中部	-312	61
関西	-161	12
福岡	-240	4
ソウル	-185	-5
上海	-105	513
香港	1	155
台北	-144	394
マニラ	61	232
バンコク	148	1,048
ジャカルタ	44	868
クアラルンプール	169	976
シンガポール	81	973

する場合、主に極東アジア地域で旅行時間が減少する傾向にあることがわかる。一方、旅行費用は若干上昇する傾向にあるが、その上昇は極めて軽微なものであると予測される。逆に、東南アジア地域については費用・時間ともに上昇し、スーパーハブ空港立地ゾーンである韓国を発着地とする旅客は旅行時間・費用とも低下する傾向にあることがわかる。これは欧米方面への渡航者が韓国路線に集約することによりアジア内就航路線の利便性が向上したためであると考えられる。このことから自ゾーンの空港がスーパーハブ空港となることにより当該ゾーンを発着地とする旅行者の効用を増大させることが可能であるといえる。

5 まとめ

本稿では、Nash 型の均衡アプローチを用いて、規制緩和の進んだ国際航空旅客輸送市場に対応した分析モデルを構築した。そして、アジア太平洋路線を対象として、モデルの挙動特性を把握した。その結果、モデルによって表された市場の特性として、ハブ空港は当該空港発着の総 OD 旅客数、立地地点、および空港の最大滑走路容量に依存して成立し、同時に方面別にハブ空港が成立する傾向にあることがわかった。

また、スーパーハブ空港を 1 港のみアジアに設置する場合、エアラインのコストの面からはソウルが選択される可能性があるが、空港容量の観点からはシンガポール、クアラルンプールが選択される可能性があることを明らかにした。

本研究で得られた結果から、次のような示唆が得られる。まず規制緩和により、極東に位置するソウル、東京（成田）などの一部の空港を除けば、多くの空港でかなりの規模の遊休損失が生じる可能性がある。これは莫大な開発費用を必要とする空港整備を考える上で、現在のような国家間競争のみの視点からの検討を再考する必要性があることを示唆するものである。また、スー

パーハブ空港を導入するに当たっては、多くの空港で空港容量の大幅な拡張が必要となる。しかし、現在のアジアの経済状態から考えてもさらなる空港拡張は難しいと考えられる。現実的には方面別にスーパーハブ空港を設置するという方策も検討される可能性があるが、これについては今後の検討課題としたい。

また本研究では検討することのできなかった課題も多い。以下に主な課題を列挙する。

- 1) 本稿では、OD 交通量をネットワークのサービスレベルに依存しない需要固定型として取り扱っている。しかし、現実にはネットワークのサービスレベルの高下によって需要が変動することが考えられ、特に旅客の大半を占めるといわれている観光客の発生・集中にはこういったサービスレベルの変化が大きく影響するものと考えられる。
- 2) 各国における空港の整備目的を明示的に取り扱っていない。特に、空港の整備は空港での採算性の他に、空港を整備することによる波及効果を評価に加える必要があると考えられる。今後は空港経営戦略の内生化、OD 交通量の内生化を検討課題の中心とし、そのためには社会・経済モデルの内蔵を検討する必要がある。
- 3) モデルでは、旅客は単一の属性である。前述のように、ビジネス・観光によってもその行動は異なると考えられる。また、OD パターン別に時間価値も異なると考えるのが自然である。属性別の行動を表現できるモデルに拡張することが必要である。

上記の課題の中で、1) の需要変動に関しては小林ら⁵⁾の方法論がいくつかの重要な示唆を与えてくれよう。2) に関してはフロー効果よりもむしろストック効果に着目する必要があると考えられる。このため、各国の経済構造までも視野に入れたアプローチが必要となると考えられる。3) に関しては非集計型のアプローチへの移行も考えられるが、パラメータの処理などデータの制約も多いため、できるだけ集計型のアプローチで処理できる方法論を開発する必要がある。今後は上記の課題への対応も含めつつ、複数ハブの設置の可能性についても検討を加える予定である。

参考文献

- 1) 運輸省：平成 9 年度運輸白書，1998。
- 2) 関西空港調査会：エアポートハンドブック'96，1996。
- 3) Kanafani, A. and Ghobrial, A.: Airline Hubbing - Some Implications for Airport Economics, Transportation Research Record, A-19, A-No.1, 15-27。
- 4) 屋井鉄雄，高田和幸，岡本直久：東アジア圏域の国際航空ネットワークの進展とその効果に関する研究，土木学会論文集，No.597，71-85，1997.4。

- 5) 小林潔司, 栗野盛光, Tuncer, M. A., 石田崇: 空港料金が航空ネットワーク構造に及ぼす影響に関する一考察, 土木学会第 53 回年次学術講演集, 284-285, 1998.10.
- 6) 黒田勝彦, 竹林幹雄, 三保木悦幸: シュタツケルベルグ均衡による国内航空ネットワーク分析, 土木計画学研究・論文集, No.14, 757-765, 1997.
- 7) 大橋忠宏, 安藤朝夫: 航空市場でのハブ・スポークネットワーク形成と空港使用料政策に関する研究, 土木学会論文集, No.611/IV-42, 33-44, 1999.
- 8) IATA: Asia-Pacific Air Transport Forecast 1980-2010, 1995
- 9) ICAO: Airport Statistics, 1997.
- 10) ICAO: Financial Data - Commercial Air Carriers, 1994.

規制緩和下における国際航空旅客輸送市場のモデル分析

黒田勝彦・竹林幹雄・平井一人・正木智也・鈴木秀彦

本研究は、アジア太平洋路線における国際航空旅客輸送市場を対象とし、Nash 均衡市場モデルを開発した。まずエアラインはコスト最小化、旅客は一般化費用最小化で行動すると仮定し、定式化および均衡条件の導出を行った。そしてモデルの特性として、ハブ空港の成立には当該ゾーンの総 OD 交通量、空港容量、空港の位置が大きく影響することが把握された。同時にソウル、成田など極東部での空港の優位性が指摘されたが、同時に多くの空港での遊休が生じる可能性を指摘した。さらに、次世代機を投入したスーパーハブ空港の設置に関して検討を加えた結果、コスト的にはソウルが、空港容量的にはシンガポールなどが選択される可能性を示した。

A Model Analysis of the Deregulated Int'l Air Transportation Market

by Katsuhiko KURODA, Mikio TAKEBAYASHI, Kazuto HIRAI, Tomoya MASAKI and Hidehiko SUZUKI

The present paper aims to analyze the carriers' and the passengers' behavior under the policy of "open sky". First, we assume the air transportation market as the Nash equilibrium between the carriers and passengers. Second, we formulate the air carriers' and the passengers' behavior and show the Nash type equilibrium conditions. The features of the model are discussed by the numerical computation dealing with the Asian-North American/ European air transportation market. We also discuss the impact of the construction of "the super hub airport(s)" on the carriers' behavior and passengers' route choice behavior.