

## 東アジアの航空ネットワークにおける 国際航空旅客流動分析のためのモデル構築

石倉智樹\*

### 要 旨

米国国内や欧州の航空ネットワークでは、ローコストキャリアの台頭により二地点間輸送の形態が拡大し、ハブアンドスポーク全盛の時代から大きな変化が生じている。この傾向は一部のアジア地域にも現れつつある。さらに、航空機材に着目すると、リージョナルジェットと呼ばれる小型ジェット機の航空ネットワークへの投入が進んでいる。また、中国をはじめとする東アジア諸国では、経済成長に後押しされた航空需要の伸びが大きく、高い水準の成長率を示している。

こうした国際航空ネットワーク市場の動きは我が国の航空市場にも影響を及ぼすと考えられ、航空政策においても、自国だけではなく東アジア全体の航空市場を視野に入れる必要がある。本研究は、東アジアの航空輸送市場を見据えた政策決定を支援するツールとして、東アジアの国際航空ネットワークにおける旅客流動分析モデルを構築した。さらに、モデルの検証を行うため、仮想的な将来シナリオとして、中国の OD 需要増加シナリオと東アジア域内における機材小型化などのいくつかのシナリオを設定し、モデルの挙動解析を行った。その結果、個々の航空路線や空港における再現性や、外生インパクトに対して敏感という課題を残すものの、東アジアの航空旅客流動パターンを概ね再現可能な手法であり、今後のシナリオ分析に有用なツールとなることを確認することができた。

**キーワード：**東アジア，国際航空輸送，ネットワークモデル，需要成長，機材小型化

---

\* 空港研究部主任研究官

## **An Analysis of International Passenger Traffic Flow Pattern in East Asia Region in the Future**

**Tomoki ISHIKURA \***

### **Synopsis**

Air transport network structure has changed in recent years. Point-to-point network is emerging and traditional hub and spoke network system may lose the dominant position. Low cost carriers and regional airlines are said to be the reasons. The change of network arose in Europe and North America prior to Asia. In near future, East Asia can also experience the change of air network.

In East Asia, especially China, air demand grows rapidly. Not only network change, the demand increase also may affect passenger's traffic pattern. Policy planning needs to take into account of the prospect of passenger flow pattern.

This paper constructs a network model for the analysis of East Asia's international air passenger flow pattern based on user equilibrium theory. Applying the model to some scenarios; growth of China's air demand, downsizing and Kansai Airport's network development, the author examines behavioral analysis of the model. Although the model shows sensitivity to exogenous impact, the model can describes roughly East Asian air transport flow pattern.

**Key Words:** East Asia, International Air Transport Network, Network Assignment Model, Demand Growth, Aircraft Downsizing

---

\* Senior Researcher, Airport Department

## 目 次

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 1. はじめに .....                              | 1  |
| 2. 航空需要分析に関する既存研究 .....                    | 1  |
| 3. ネットワークモデル .....                         | 1  |
| 3.1 モデルにおけるネットワークの概念 .....                 | 1  |
| 3.2 リンクコスト関数の定義 .....                      | 2  |
| 3.2 モデルのパラメータ推定および再現性 .....                | 3  |
| 4. 東アジア航空ネットワークの将来シナリオによるシミュレーション分析 .....  | 5  |
| 4.1 中国発着OD需要増加シナリオのシミュレーション分析 .....        | 5  |
| 4.2 アジア地域における機材サイズ小型化シナリオのシミュレーション分析 ..... | 6  |
| 5. 関西国際空港のサービスレベル向上シミュレーション .....          | 7  |
| 6. まとめ .....                               | 8  |
| 参考文献 .....                                 | 9  |
| 付録A：ネットワークモデルの概念 .....                     | 10 |
| 付録B：東アジアの国際航空旅客輸送に関するデータベースの作成方法 .....     | 12 |



## 1. はじめに

近年における経済・社会活動のグローバル化・ボーダーレス化の進展、アジア諸国等の経済発展によって、東アジアにおける国際間の交流が活発化し、国際航空旅客がますます増大することが期待される。このことは同時に、国という枠組みを越えた国際空港間での需要獲得競争が活発化することも意味している。

国際航空輸送における運航権規制の観点から近年の流れを俯瞰すると、欧州では、1997年のパッケージⅢの規制緩和により、カボタージュを含む域内航空輸送が自由化され、航空市場統一が実行に移された。オーストラリアとニュージーランドの間でも2002年の自由航空協定を経て航空市場統一が実現した。(戸崎(1995), 長谷川(1997), 三輪・花岡(2003)) このように、国際航空市場における世界の潮流は、バミューダ協定以来の二国間協定から、航空市場統合や多国間協定へと移行しつつある。アジア域内の国間では、欧米ほど自由化が進展しておらず二国間の航空協定が主流であるが、近い将来に自由化が進展し、第七の自由(第三国間輸送)のような運航形態が一般化していくことも予想される。

また、航空路線ネットワークについても、米国国内や欧州の市場では、ローコストキャリアの台頭により二地点間輸送の形態が拡大し、ハブアンドスポーク全盛の時代から大きな変化が生じている。航空規制と同様にアジア域内では、ローコストキャリアの勢力拡大が欧米ほど進んでいないが、運航規制や空港容量制約という問題が解消されるにつれて、欧米ビジネスモデルの模倣が行われていくことの可能性は否定できない。

このような近年の流れを考慮すると、我が国の航空政策の計画においては、自国だけではなく東アジア全体の航空市場を視野に入れる必要があると言えよう。本研究は、東アジアの航空輸送市場を見据えた政策決定を支援するツールとして、東アジアの国際航空ネットワークにおける旅客流動分析モデルを構築した。さらに、モデルの検証を行うため、仮想的な将来シナリオとして、中国のOD需要増加シナリオと東アジア域内における機材小型化などのいくつかのシナリオを設定し、モデルの挙動解析を行った。

## 2. 航空需要分析に関する既存研究

航空旅客の経路選択行動を扱った研究としては、米国国内航空旅客を対象としたKanafani and Ghobrial(1985)が先駆的業績である。それ以降の航空旅客需要分析においては、サンフランシスコ地域の空港選択を分析したHarvey(1987)に代表されるように、Nested Logit Modelが

最も一般的手法として採用されている。

我が国における航空需要予測手法・分析手法についても、国内航空・国際航空を問わず、機関や経路の「選択」として捉える方法が主流であり、古市・Koppelman(1993)、森地・屋井・兵藤(1994)、高瀬・森川・脇(2001)、運輸政策研究機構(2001)等のように、多段階のNested Logit Modelによる需要モデルへと発展が進んでいる。

このように、航空需要を扱った研究は多くの実績があるが、対象を東アジア圏域における国際航空ネットワークとする研究に限定すれば、まず屋井・高田・岡本(1998)が挙げられる。屋井・高田・岡本(1998)は、ネットワークの特性および国際航空旅客の選好特性分析、航空サービス整備効果評価を行った。屋井・高田・岡本(1998)は、ネットワークにおける旅客行動をlogit modelにより分析・評価しており、このためログサム値を利用して利用者便益の推計も可能となっている。

竹林・黒田・鈴木・宮内(2001)は、旅客とエアラインの関係をNash均衡と見なして国際航空旅客市場をモデル化しており、旅客の経路選択行動は利用者均衡配分により表現されている。同様の考え方は家田ら(2001)も適用している。このように、旅客の経路選択をネットワーク配分問題として捉えると、経路決定に関わる要因をリンクの特性として扱うことができるため、巨大なネットワークを対象とする場合やネットワーク自体が変化する場合の旅客流動分析が容易となる。

本研究は、東アジア地域における航空路線ネットワークにおける需要分析を目的とするため、広大なネットワークを対象としていると言える。そこで、本研究においてもネットワーク配分モデルのアプローチを利用して旅客流動を分析することとする。ただし、本研究は、航空政策変化やエアラインの路線戦略の変化に応じて国際航空旅客流動がどのように反応するかを分析を目的としており、航空会社の行動は本研究の範囲外として外生的に扱う。

## 3. ネットワークモデル

### 3.1 モデルにおけるネットワークの概念

一般的な交通ネットワーク配分モデルを航空輸送ネットワークにおけるモデルへと拡張するためには、航空輸送の特性を反映する改良が必要となる。特に、ネットワークの定義が最も重要な課題となる。本モデルにおいては、航空輸送ネットワークを、以下のようなノードとリンクから構成されるネットワークとして表現する。

ノードについては、以下の4属性ノードを定義する。

①Departure ノード：空港から出発(離陸)する際の発地

- ②Arrival ノード：空港に到着（着陸）する際の着地
- ③Origin ノード：トリップが発生するノード
- ④Destination ノード：トリップが吸収されるノード

リンクについては、以下の3属性リンクを定義する．

- ①Flight リンク：航空輸送を表すリンク
- ②Transit リンク：空港におけるトランジットを表すリンク
- ③Generation および Concentration リンク：セントロイド（Origin および Destination ノード）と空港との間のトリップを表すリンク

以上のネットワーク構成の概念を図-1に示す．図-1は、空港における旅客フローを中心として示している．

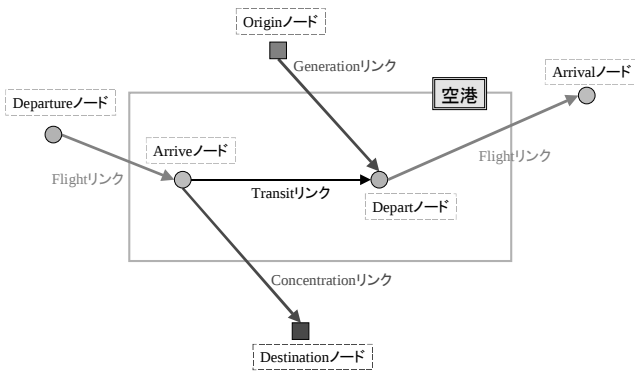


図-1 モデルにおけるネットワークの概念

航空旅客の流動は、ネットワーク上のリンクを流れるフローとして表される．任意の地点間の OD 旅客流動は、Origin ノードから Destination ノードへの総フローとして定義される．都市間直行フライトによる旅客流動は、Origin ノード→（Generation リンク）→Departure ノード→（Flight リンク）→Arrival ノード→（Concentration リンク）→Destination ノードというパスフローとなる．途中でトランジットを行う旅客流動は、1回のトランジットの場合を例とすると、Origin ノード→（Generation リンク）→Departure ノード1→（Flight リンク1）→Arrival ノード1→（Transit リンク）→Departure ノード2→（Flight リンク2）→Arrival ノード2→（Concentration リンク）→Destination ノード、のようなパスフローとして表される．

このような簡略化は現実的なネットワークを精緻に再現するものではないが、巨視的なシナリオ・政策分析においては、簡便に効果を予測することが可能という利点を持つ．

本研究では、与件の航空ネットワークにおける旅客流動を、需要固定型利用者均衡（UEFD）問題として捉え、

旅客流動の分析を行う．通常、道路交通ネットワーク配分モデルにおいては、リンク通過所要時間がリンクコストとして見なされる．すなわち、ある交通容量を持つ道路において交通量が増加すると、混雑によって所要時間が増加するが、それがリンクコストの変化となる．したがって、交通流パターンに依存して各リンクにおけるリンクコストが変化するため、その結果として任意の OD 間移動における最短経路（最小コスト経路）も変化する．交通ネットワーク配分モデル（需要固定利用者均衡型）は、このようなネットワークにおいて Wardrop 均衡を満たす交通流パターンを推計する手法である．

本研究のモデルにおいても一般的な UEFD 問題と同様に、旅客流動は、以下の最適化問題の解として得ることができる．

$$\min_{h_{ij}^k} TC = \sum_{a \in A} \int_0^{q_a} C_a(x) dx \quad (1)$$

subject to

$$H_{ij} = \sum_{k \in K} h_{kij} \quad (2)$$

$$q_a = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \delta_{akij} h_{kij}^k \quad (3)$$

$$h_{kij} \geq 0 \quad (4)$$

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

$C_a$ ：リンク  $a$  のリンクコスト関数

$h_{kij}$ ：OD ペア  $ij$  間の OD 交通量のうち経路  $k$  を通過するフロー

$\delta_{akij}$ ：クロネッカーのデルタ（リンク  $a$  が OD ペア  $ij$  の

経路  $k$ に含まれるとき 1，そうでないとき 0をとる）

$q_a$ ：リンク  $a$  のリンクフロー

$H_{ij}$ ：OD ペア  $ij$  間の OD 交通量

### 3.2 リンクコスト関数の定義

ネットワークモデル化において、ネットワーク構成の定義と同様に、リンクコストの定義も重要である．本研究では、国際航空輸送の所要時間をリンクコスト指標と見なしてモデル化を行う．

航空旅客が旅行経路を選択する際には、時間指標だけではなく、運賃などの金銭的費用も重要な要因と考えられる．しかし、本研究では、①通常の国際航空運賃は OD（パス）毎に設定されており、リンク（フライト）毎の運賃を特定し推定することが困難、②エアラインのイー

質的には時間指標と何ら変わらない、等の理由から、金銭費用については考慮しないこととした。しかし、この点については、モデル発展のための今後の課題であると考えらる。

Flight リンクにおけるリンクコスト関数を以下のよう  
に想定する。

$$C_a = \left( LT_a + \frac{T}{2F_a} \right) \cdot f(q_a), (a \in \text{Flight}) \quad (6)$$

$C_a$ : リンク  $a$  のリンクコスト (Flight リンク)

$LT_a$ : リンク  $a$  のラインホール時間

$F_a$ : リンク  $a$  の航空便数

$T$ : 利用可能時間 (=1 年: 定数)

$q_a$ : リンク  $a$  のリンクフロー

(6)式において  $f(q_a)$  は混雑によるコスト増加効果を現す項である。航空輸送の混雑によって発生する旅客のコストは、満席のために搭乗をあきらめなければならないことの不便益と見なすことができる。例えば、代替経路を利用せざるを得ない場合に必要となる余分な時間や費用、旅行自体を中止した場合において旅行が可能であった際に得られる便益の犠牲分などが挙げられる。

航空輸送では座席に空きがあれば搭乗可能であるため、フライト単発での状況を想定すれば、座席容量が埋まらない限り、混雑によるコスト増加は発生しないと考えることもできる。しかし、交通ネットワークモデルは、便単位のマクロな需要ではなく、一定期間 (例えば 1 年) における路線需要を対象とするものである。したがって、ある期間における輸送容量に対して同期間の需要が近づく、満席となる便が存在する確率が増加することとなる。すなわち、期間全体を通して考えれば、路線輸送量に依存して、混雑コストが変動すると考えることができる。

混雑項は以下のように想定する。

$$f(q_a) = \left[ 1 + \alpha_1 \cdot \left( \frac{q_a}{\beta \cdot \text{Capa}_a} \right)^{\alpha_2} \right] \quad (7)$$

$\text{Capa}_a$ : リンク  $a$  の輸送容量

$\alpha_1, \alpha_2, \beta$ : パラメータ

式(7)において、 $\alpha_1$  と  $\alpha_2$  は混雑によるリンクコスト増加の度合いを表すパラメータである。同様に、 $\beta$  は、混雑状況が発生する段階でのロードファクターに関連するパラメータである。

Transit リンクにおいては、以下のようにリンクコスト関数を想定する。

$$C_a = TR_a \quad (a \in \text{Transit}) \quad (8)$$

$C_a$ : リンク  $a$  のリンクコスト (Transit リンク)

$TR_a$ : リンク  $a$  のトランジット時間

本モデルでは、トランジットの際に要する時間コスト要因として、乗り継ぎ時間のみを対象とした。したがって、このリンクコストは、Transit リンクにおけるリンクフローに依存しない。

Generation および Concentration リンクについては、コストが生じないものと仮定している。すなわち、空港へのアクセス・イグレスは無視され、これらの属性のリンク  $a$  においては、 $C_a=0$  となる。

本研究は、国際航空ネットワークにおける旅客流動を分析対象としている。国際間旅客流動において、旅客の発生集中地に関する OD 情報を厳密に把握することは困難であり、現実には、空港間 OD ベースでの発生集中地が最も詳細な単位のデータとなることが多い。

また、上記のデータ制約と関連して、本研究は同一都市圏に複数空港が存在する場合、これらの空港を無差別と見なす。このため、アクセス・イグレス条件による空港選択は考慮されない。

以上の理由から、本研究では、旅客の発生集中地を空港 (都市圏空港群) 単位として扱うため、アクセス・イグレスに相当する Generation リンクと Concentration リンクにおいては、移動抵抗を考慮しないこととした。

### 3.2 モデルのパラメータ推定および再現性

上記のモデルを UEFD 問題として捉え、リンクコスト関数のパラメータ推定を行う。パラメータ推定のためには、国際航空輸送ネットワークにおけるリンク情報データと OD データが実績値として必要となる。

本研究は、リンク情報のデータとして ICAO 発行の Traffic by Flight Stage 統計 (以下 TF) データより、路線距離、路線便数実績、供給座席数、旅客数を用いた。TF データは、ICAO によるエアラインへの質問調査を基に作成されるため、未報告エアラインがある場合、データ欠損が生じる。このため、本研究では、TF データの欠損部分を、OAG 時刻表を用いて、週間運航情報を年間拡大することにより補完した。

国際旅客 OD データとしては、ICAO 発行の On Flight Origin and Destination 統計 (以下 OFOD) データを用いた。OFOD データは、国際航空旅客の航空券ベースのデータを集計したものであるが、企業情報保護のため、2 社以

上のエアラインが運航している OD のみが統計データとして公表されている。したがって、単一社運航の国際 OD データが含まれないという問題点がある。しかし、アジア地域全般を対象として、旅客 OD 情報を得られるデータとしては、より望ましいデータが存在しない。国際旅客 OD データをより正確に推定することは、今後の重要な課題である。

なお、各統計データの年次は全て 2000 年におけるものである。

モデルの対象となる空港は、ミャンマー以東のアジア地域諸国において、国際路線が就航する空港とした。パラメータ推定において、国際旅客 OD を UEFD 配分し、各 Flight リンクのリンクフローを推定し、残差自乗和を最小にするパラメータの組合せを探索する方法を用いた。

表-1 Flight リンクのパラメータ

| パラメータ      | 値      |
|------------|--------|
| $\alpha_1$ | 0.8939 |
| $\alpha_2$ | 2.1469 |
| $\beta$    | 0.91   |

$\alpha_1$  と  $\alpha_2$  は、整数計画問題のメタ戦略解法である、多スタート法とシミュレーテッド・アニーリング法を併用することにより、パラメータベクトルを離散的に探索し、ヒューリスティックに推定した。 $\beta$  に関しては、対象とする地域の航空ネットワークの中で最大のロードファクターである 0.91 とした。

Transit リンクを設定するにあたり、トランジット可能な国際空港を前提条件として与えた。選定の基準として、作成した航空路線ネットワークデータを基に、発着路線数が 60 以上である空港を Transit リンクを持つ空港として定義した。Transit リンクにおけるトランジット時間は、OAG 時刻表に示されている Minimum connecting times を基に、際際、際内、内際乗り継ぎ時間の平均値とした。

現状再現性の検証は、2000 年 TF データ（航空路線）の旅客数実績と推定リンクフロー（Flight リンク）を比較することによって行った。アジア域内航空路線ベースで見た実績値と推定値のプロットを、図-2 に示す。

図-2 より、リンクフローの残差は、全体的に過大推計の傾向となることが確認できる。残差が大きいリンクは、クアラルンプール、シンガポール、バンコク、香港等を結ぶリンクに集中している。その原因を特定することは困難であるが、今後、ネットワーク概念やリンクコスト定義の改良により改善する必要がある。

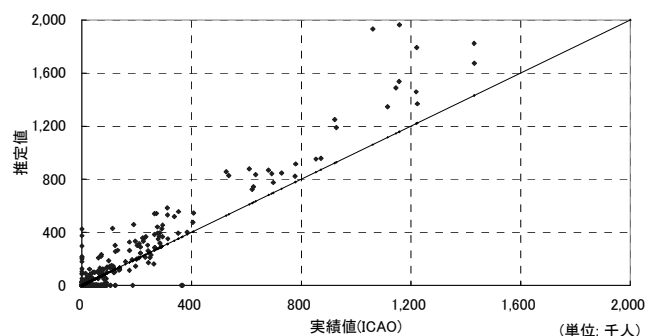


図-2 アジア域内航空路線ベースの再現性

Flight リンクのフローを発着空港毎に集計し、各空港における発着国際航空旅客需要の推定値を算出した。国際旅客数が 100 万人以上である空港を対象に、推定値と ACI ベースおよび TF データ集計（発着空港毎にリンクフローを集計）ベースによる国際旅客需要実績値を比較した結果を図-3 に示す。

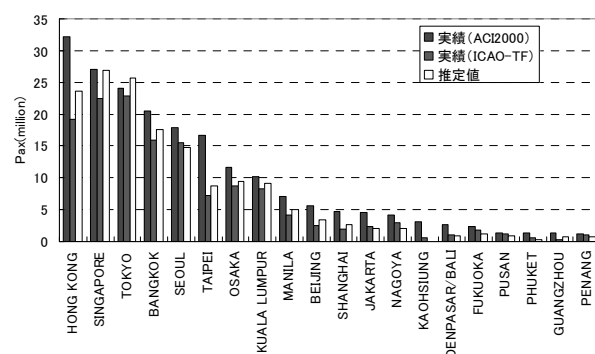


図-3 空港需要ベースの再現性

空港毎の国際航空需要について、ACI 統計を基準とすると全体的に過小推計傾向であるが、TF データ集計値と比べると大規模空港ではやや過大推計という結果となっている。TF データは航空リンクのフロー実績に欠損値を含むため、一般に ACI による実績より小さな値となる傾向を持つ。

本研究は、TF データのリンクフローに対する残差自乗和を最小化するようにパラメータ推定を行ったため、図-3 に見られるように、ACI 実績との乖離は大きく、TF データ実績により近い空港需要値が推定されるという傾向がある。TF ベース実績値に対して、需要規模の大きな空港において過大推計傾向であることは、ハブ空港経由ルートの需要が過大評価され、小規模空港からの海外直行ルート需要が過小評価されている可能性があることを

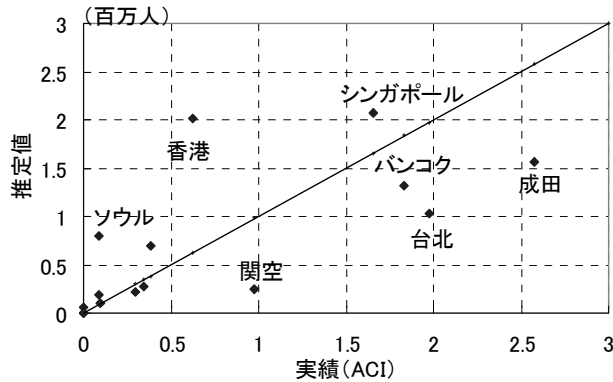


図-4 トランジット旅客の再現性

示している。しかし、一部の空港を除き、全体的な傾向は再現されているといえる。

図-3において、香港のACI実績値が推定値よりも非常に大きいことについて、ACI統計では中国本土路線を国際路線として集計していることに対し、OFODデータでは国内路線として見なされデータに含まれていないことが原因として考えられる。推定値が実績値よりも小さな値を示している場合には、データ制約によりOD需要の入力値が単一エアラインの運航するOD需要を含んでいないことが影響していると考えられる。

トランジット旅客需要の再現性についても、推定値の乖離が大きい空港が多いが、需要規模の傾向は概ね表現されている(図-4)。

#### 4. 東アジア航空ネットワークの将来シナリオによるシミュレーション分析

本章は、将来の東アジア航空ネットワークにおける仮想的なシナリオを用いて、モデルの挙動を分析する。本モデルは、OD需要とエアラインの路線設定を外生条件としており、ネットワークを流れる旅客需要のみが出力値となる。

##### 4.1 中国発着OD需要増加シナリオのシミュレーション分析

本分析では、シナリオとして中国発着のOD需要が増加した場合を想定し、アジア地域の航空旅客流動に生じる変化を分析する。具体的には、ネットワーク条件を不変のまま、中国国内空港を発着地とするOD需要を50%増加させるというインパクトを与え、ネットワークフローに生じる変化を分析する。

空港毎に集計した、アジア域内航空旅客需要の変化を図-5に示す。最も大きな旅客数増加が見られたのは、香

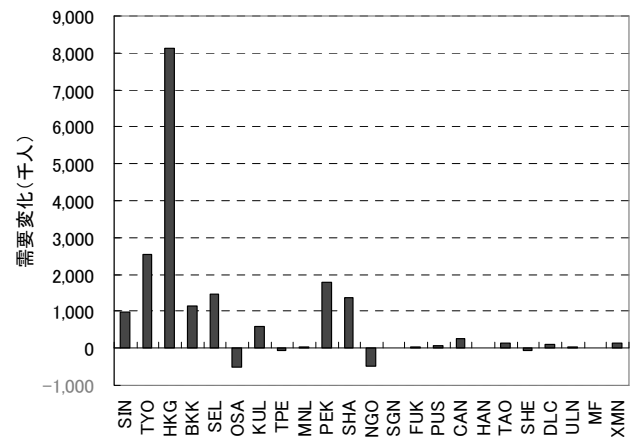


図-5 中国発着OD需要増加シナリオにおける各空港需要の変化量

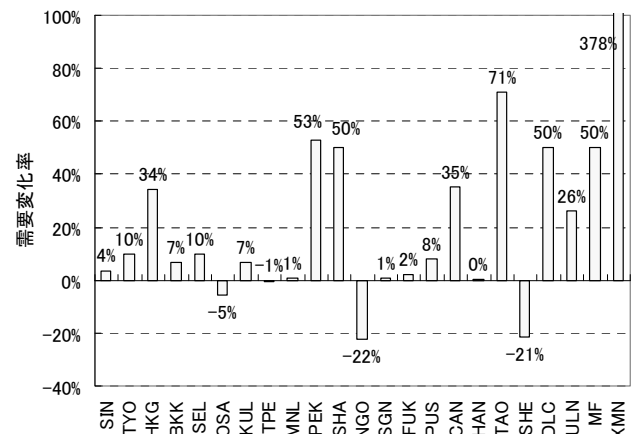


図-6 中国発着OD需要増加シナリオにおける各空港需要の変化率

港(HKG)であり、基本ケースから800万人以上の需要増加効果が確認された。次いで、東京成田(TYO)、北京(PEK)、ソウル(SEL)、上海(SHA)、バンコク(BKK)の順に、増加量が多い。

逆に、大阪関西(OSA)、名古屋(NGO)では、需要が減少するという結果となっている。旅客数の増加に伴う、一部航空リンクにおける混雑の増加が、経路(時間)コストを変化させ、これらの空港における国際航空需要を減少させている。成田空港を経由する経路へのシフトが生じたと考えられる。

図-6は、結果を需要の変化率で表したものである。廈門(XMN)、青島(TAO)をはじめとする、中国空港にお

る変化率が相対的に大きいことが確認できる。廈門における需要増加率が非常に大きいことは、基本ケースでは国内他空港を経由していた国際旅客の利用経路が、直行経路にシフトしたことによるものである。

これらの旅客流動への影響は、航空需要の増加に伴い、航空路線における混雑抵抗が変化することに起因するものである。本分析においては、航空ネットワークのサービスレベルを固定した状態での OD 増加インパクトであるため、容量逼迫が生じやすい状況を想定している。

実際には需要の伸びに合わせて供給量も増加することが考えられ、本分析で設定した外生インパクトは、予測のためのシナリオとしては適切ではない。現実的な将来予測のためには、OD 需要だけではなく航空路線ネットワークも変化させるシナリオが必要である。したがって、本分析の結果は将来生じうる需要変化を示唆するものではなく、モデルの挙動分析の一結果である、という認識を持って捉える必要がある。

#### 4.2 アジア地域における機材サイズ小型化シナリオのシミュレーション分析

エアバス社の超大型航空機材 A380 が、近い将来に航空市場に導入されるため、その影響はしばしば議論されている。一方で、近年、リージョナルジェットと呼ばれる小型機が各国航空市場で増加しており、欧州では国際路線へも数多く投入されている。

本節は機材サイズに関する将来シナリオの一つとして、アジア地域における航空ネットワークにおいて使用される機材が小型化した状況を想定したシミュレーション分析を行う。機材の小型化が定量的なサービスレベルについて意味することは、1 便あたりの供給座席数が減少することであるが、その例の両極として 2 つの状況が想定できる。

第一は、供給座席数に変化を与えず平均的機材サイズが小型化する場合であり、その結果として便数増加という効果がもたらされる。第二は、便数に変化を与えず平均機材サイズが小型化する場合であり、この結果としては、供給座席数が減少するというサービスレベル低下がもたらされる。

実際には、供給座席数と便数の両方に変化が生じ、上記 2 ケースの中間的状況となることが考えられる。しかし、供給座席数と便数それぞれの変化についての組合せは無数に存在するため、本分析は上記両極のケースについて航空旅客流動に及ぼされる影響を推定する。機材小型化というシナリオに関しては、これらの結果を比較して、効果を判断する必要がある。

##### 4.2.1 供給座席数不変便数増加の場合

機材小型化シナリオとして、アジア域内の国際航空路線において、供給座席数が不変のまま平均座席数が 20% 小型化した状況を外生インパクトとして与える。結果として、各路線において便数が増加するというサービスレベル向上効果が生じる。

旅客流動の変化を空港毎に集計した結果を図-7 に示す。小型化に伴う便数サービスレベル向上により、大きく旅客数増加効果が現れているのは、ソウル(SEL)、香港(HKG)、東京成田(TYO)などである。逆に、シンガポール(SIN)、台北(TPE)、大阪関西(OSA)では、需要減少の効果がみられる。

同様に、変化率で表した結果は図-8 のとおりである。廈門(XMN)、クチン(KCN)では 100%以上の需要増加となり、ペナン(PEN)、青島(TAO)においても比較的大きな増加が見られる。瀋陽(SHE)、名古屋(NGO)では、減少率が大きい。本シミュレーション分析より、中国東北部および

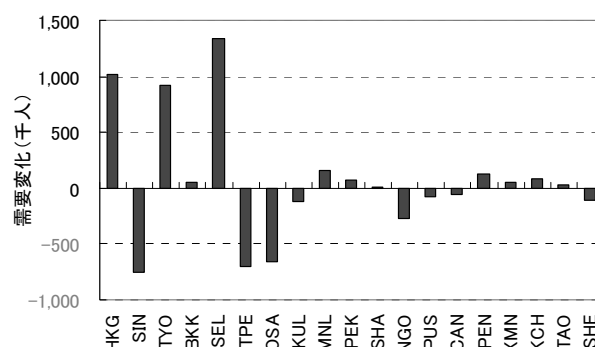


図-7 機材小型化（供給座席数固定）シナリオにおける各空港需要の変化量

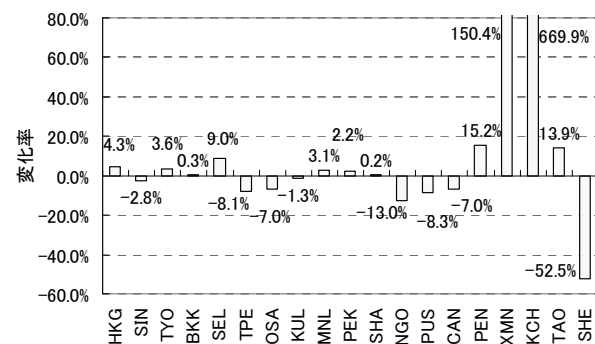


図-8 機材小型化（供給座席数固定）シナリオにおける各空港需要の変化率

び東部と東南アジアの空港において、相対的に大きな影響が生じることが示唆されている。

#### 4.2.2 便数不変供給座席数減少の場合

同様に機材小型化シナリオとして、アジア域内の国際航空路線において、路線便数が不変のまま平均座席数が20%小型化した状況を外生インパクトとして与える。その結果、各路線において供給座席数が減少することとなり、混雑効果が現れやすくなるというサービスレベル低下が生じる。

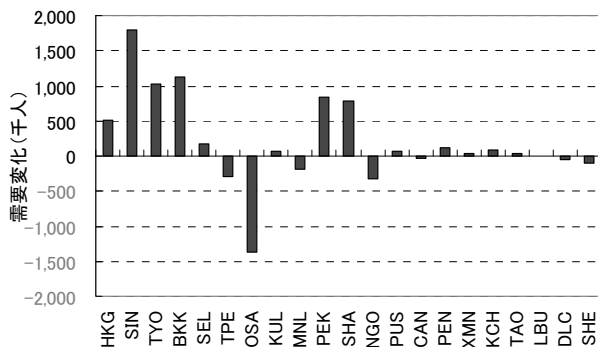


図-9 機材小型化（便数固定）シナリオにおける各空港需要の変化量

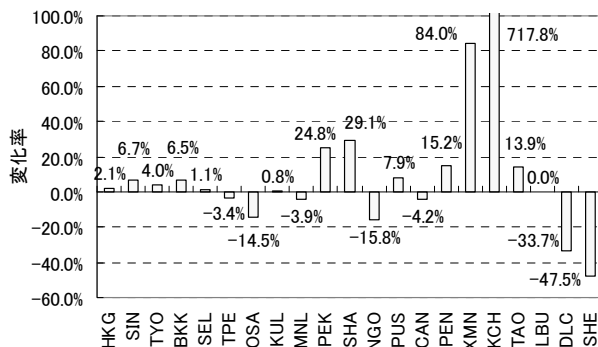


図-10 機材小型化（便数固定）シナリオにおける各空港需要の変化率

本分析において確認される各空港の需要量変化を図-9に示す。シンガポール(SIN)、バンコク(BKK)、東京成田(TYO)、北京(PEK)、上海(SHA)等では、比較的大きな需要増加効果が見られる。逆に、大阪関西(OSA)では大きく減少している。

変化率についての結果を図-10に示す。クチン(KCN)や廈門(XMN)のような、相対的に小規模な空港では大

きな増加率を示しており、瀋陽(SHE)や大連(DLC)では、需要減少率が高い。我が国においては、大阪関西(OSA)と名古屋(NGO)の需要が減少するという結果が見られる。

#### 4.2.3 機材小型化シナリオの分析結果に見られる特徴

本分析では、機材小型化シナリオを、供給座席数を変えずに便数が増加した状況と、便数を変えずに供給座席数が減少した状況の2つの外生インパクトとして与えた。これらはどちらも機材小型化の想定シナリオの両極と言えるが、分析結果には共通する特性がいくつか現れている。

どちらの場合においても、大規模空港では香港と東京成田、比較的小規模の空港では廈門、クチン、ペナン等で、大きな需要増加効果が見られる。また、ソウルと北京に関しては、便数増加の場合はソウルにおいて、座席数減少の場合は北京において、需要増加効果が高い。これに対して、大阪関西、名古屋、台北、広州、瀋陽では、どちらの機材小型化シナリオの場合でも、需要が減少するという結果となった。シンガポールに関しては、外生インパクトの与え方によって需要の変化方向が逆になり、機材小型化による需要の増減を一概に結論づけられない。

これらの分析結果によれば、我が国の関西、名古屋(中部)空港では、航空ネットワークの機材小型化によって、旅客需要が他空港(主に成田)へシフトしやすいという挙動を示している。6章で後述する、利用者均衡配分モデルの特徴がこの挙動に影響している可能性が考えられる。したがって、この点に関しては、モデルの特性による要因が卓越しているのか、航空ネットワークや航空需要パターンによる要因が卓越しているのか、今後検証する必要がある。

本分析では、アジア域内全体に対して同水準で機材小型化が生じた場合のシナリオを想定している。このため、局地的な機材変化インパクトが生じた場合には、本分析と異なる効果が現れる可能性がある。本シナリオ分析の結果は、平均的な機材小型化による、平均的な旅客流動パターン変化の方向性という位置付けである。具体的な局地的航空ネットワーク変化については、別途シナリオを用意して分析する必要がある。

### 5. 関西国際空港のサービスレベル向上シミュレーション

前章は、アジア全域に対して、一定のOD変化パターンと航空サービスレベル変化パターンを与えたシミュレ

ーション分析を行った。本章は、局地的な外生インパクトを与え、モデル出力についての挙動解析を行う。

前章の分析では、いずれの場合においても我が国の大阪関西（関西国際空港）や名古屋にとっては、需要減少効果が見られた。そこで、関西国際空港を一例として、単一空港における航空サービスレベルの向上が、どのような影響を及ぼすか分析を行う。

具体的には、基準状態における関西国際空港発着アジア方面国際航空路線について、便数と座席数を同時に変化させ、旅客流動パターンの変化を観察する。外生インパクトとして、これらの値が、基準時よりも10%増加した場合から50%増加した場合まで、10%刻みで5パターン想定した。なお、路線網形状には変化を与えていない。

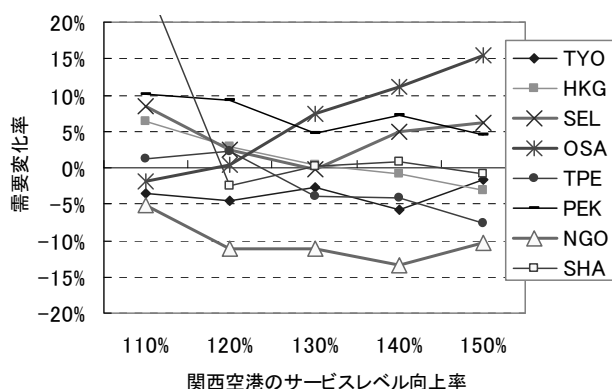


図-11 関空の航空LOS変化による各空港需要の変化率

結果としては、全航空路線における需要変化を観測することが可能であるが、ここでは現実的にも影響が大きく現れると考えられる、東北アジア地域の主要な空港における発着航空旅客需要について評価する。

図-11は、挙動解析の結果として、各空港需要の基準状態からの変化率を示している。関西国際空港（OSA）における10%のサービスレベル向上では、OSA自身の需要が減少する結果となっている。この変化率は、収束計算における誤差範囲と考えられ、実質的には旅客流動への影響が微少であると思われる（上海空港（SHA）の変化率が大きいことも同要因と思われる）。30%以上のサービスレベル向上では、明確な需要増加効果が確認される。

国内他空港に着目すると、成田国際空港（TYO）、名古屋空港（NGO）ともに需要減少が確認され、関西国際空港への需要転換が生じていると推測される。

近隣諸外国の空港においては、結果の傾向がそれぞれで異なる。ソウル（SEL）および北京（PEK）は、需要

増加傾向の特性が見られる。香港（HKG）および台北（TPE）については、関西国際空港のLOSが向上するにつれて需要が減少するという結果となった。

以上の結果より、本モデルの特性として、関西国際空港は国内の国際空港とは競合関係にあり、ソウルや北京などの空港とは補完的关系にあることが表現されていると推定できる。国際路線の充実によって利便性が向上し、旅客の経路がシフトするという傾向が現れており、挙動解析としては妥当な結果と考えられる。

実務的なインプリケーションとしては、第一に、ソウル仁川空港は、トランジット空港としては競合関係となりうるが、総合的に見れば補完的なパートナー関係にあると考えられ、相互のサービス利便性向上による効果が大きいであろうと推測される。

第二に、本分析においてはサービスレベルを20%向上させた場合までは、目立った需要増加効果が現れなかった点が特徴的である。すなわち、現状では需要シフトが生じにくい状態にあり、関西国際空港が転換需要を確保するためには、小規模のサービスレベル向上では効果が期待されず、大幅なサービスレベル向上が必要である可能性がある。本分析では、外生的にエアラインの供給量を増加させているが、実際には市場状態を反映して供給行動が行われる。したがって、サービス供給量の増加をもたらすためには、エアラインのコストや効率性などの生産構造に直接影響を及ぼすような政策を検討しなければならない。

## 6. まとめ

中国が他地域よりも高い航空需要成長となることは、IATAや航空機材メーカーの需要予測においても示されている。機材サイズの小型化については、比較的不確実性が大きい、将来の可能性の一つとして考えられる。本研究ではこれらのシナリオを想定して分析を行ったが、両シナリオにおいて、航空政策上興味深い結果がいくつか得られた。

ただし、本研究の与えたシナリオは、モデル挙動解析を目的としたものであり、将来の状況を精緻に反映したものではない。例えば、中国需要増加シナリオにおいては、OD需要の変化にもかかわらず航空ネットワークにおけるサービス水準が不変という、非現実的な仮定を置いている。つまり、本研究の需要推定結果は、将来需要を予測したものではなく、モデルの特性を示すためのものであることに留意する必要がある。精緻な将来予測のためには、手法の改良のみではなく、与えるべき将来条件シナリオについても精査しなければならない。

本研究で開発したモデルは、標準的な利用者均衡配分問題の概念を利用し、ネットワークとリンクコストの考え方について、国際航空輸送を反映するよう応用したものである。本モデルには、供給側であるエアラインの行動を外生としているという課題があるが、国際航空輸送市場は多くの規制により自由競争市場ではないという背景がある。需要者側の行動に特化した分析を目的とする場合には、供給側である航空ネットワークを外生的シナリオ化することは一定の妥当性を持つと考えられる。本研究はこのような視点から、東アジアの航空ネットワークにおける旅客流動について、今後生じうる状況をシミュレーションしたものである。

モデルの現況再現性については、手法の構造自体の改良と、入力値として用いる OD 需要データ精度の向上の点において、改善の必要があると考えている。

手法の技術的側面については、第一に、トランジットのモデル化の方法が単純化されているという課題がある。この点に関しては、空港毎のサービスレベルを反映可能な手法へと発展させたいと考えている。

また技術的な第二の課題として、利用者均衡配分では経路間にコスト差がある場合、ローコスト経路が 100% 利用されるという特性があるため、前提条件を変えると旅客流動パターンが過敏に反応するという特性がある。この特性は、流動変化の傾向を分析するためには適しているとも考えられるが、フロー量自体の推定精度を高めるためには、SUE 問題への改良等が有効と考えられる。

データに関する課題として、OD 需要の入力値については、ICAO の発行する Series OFOD の値を用いているが、当該データは企業情報保護のため、単一エアラインの運航する OD 需要データが含まれない。この点が、小規模空港における需要データ欠損の原因となり、モデルの現況再現性における課題となっている。我が国においてもこの問題の影響を受ける空港は多いので、モデルの改良とともに、OD 旅客需要実績値の推定も今後の課題である。

(2005 年 11 月 24 日)

## 参考文献

- 家田仁, 望月篤, 柴崎隆一, ファン レ ビン: 旅客およびエアラインの行動に基礎をおいた階層的フライトネットワークモデル, 土木計画学研究・講演集, No.24, CD-ROM, 2001
- 竹林幹雄, 黒田勝彦, 鈴木秀彦, 宮内敏昌: 完全競争市場として見た国際航空旅客輸送市場のモデル分析, 土木学会論文集, No.674, IV-51, 35-48, 2001

- 戸崎肇: 航空の規制緩和, 勁草書房, 1995
- 長谷川通: エアラインエコノミクス, 中央書院, 1997
- 古市正彦, Koppelman, F.: 国際航空旅客需要に関する統合型予測モデルの開発, 土木計画学研究・論文集, No.11, 239-246, 1993
- 三輪英生, 花岡伸也: 我が国の航空協定のあり方と交渉戦略, 土木計画学研究・講演集, No.27, CD-ROM, 2003
- 森地茂, 屋井鉄雄, 兵藤哲朗: わが国の国際航空旅客の需要構造に関する研究, 土木学会論文集, No.482, IV-22, 27-36, 1994
- 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, IV-40, 71-85, 1998
- Harvey, G.: Airport Choice in a Multiple Airport Region, Transportation Research -A vol.21A, No.6, 439-449, 1987
- Kanafani, A. and Ghobrial, A.: Airline Hubbing –Some Implications for Airport Economics, Transportation Research -A vol.19A, No.1, 15-27, 1985

## 付録A：ネットワークモデルの概念

交通量配分において、全ての旅行者が、自らのトリップにおいて一般化費用を最小となるように経路選択を行った場合に達成される均衡状態を想定する。これを利用者均衡（Wardrop 均衡）配分と呼ぶ（土木学会(1998)）。

Wardrop 均衡（等時間原則）とは、「起終点間に存在する利用可能経路のうち、利用される経路については所要時間（一般化費用）が全て等しく、利用されないどの経路の所要時間（一般化費用）よりも小さい」状態と定義される。

この均衡は、以下の

$$\begin{aligned} \sum_{a \in A} \delta_{akij} c_a &= u_{ij} \quad (h_{kij} > 0) \\ \sum_{a \in A} \delta_{akij} c_a &\geq u_{ij} \quad (h_{kij} = 0) \end{aligned} \quad (1)$$

$$H_{ij} = \sum_{k \in K} h_{kij} \quad (2)$$

$$x_a = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \delta_{akij} h_{ij}^k \quad (3)$$

$$h_{kij} \geq 0 \quad (i \in I, j \in J, k \in K) \quad (4)$$

という条件を満たすリンクフローを求める問題として定式化できる。ここで、各変数・関数の定義は以下の通りである。

$c_a$ ：リンク  $a$  のリンクコスト関数， $h_{kij}$ ：OD ペア  $ij$  間の OD 交通量のうち経路  $k$  を通過するフロー， $\delta_{akij}$ ：クロネッカーのデルタ（リンク  $a$  が OD ペア  $ij$  の経路  $k$  に含まれるとき 1，そうでないとき 0 をとる）， $u_{ij}$ ：OD ペア  $ij$  最小経路コスト， $x_a$ ：リンク  $a$  のリンクフロー， $H_{ij}$ ：OD ペア  $ij$  間の OD 交通量

上記の問題は、起終点間に存在する全ての経路を考慮し、かつ、不等式を含む制約の下で、解となるフローを推計せねばならず、求解が非常に困難である。しかし、上記の等時間原則条件が等価な非線形最適化問題に置き換えられることが、Beckmann ら(1956)によって証明された。Beckmann ら(1956)によれば、Wardrop の利用者均衡と等価の最適化問題は、次のように記述される。

$$\begin{aligned} \min \quad TC &= \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} c_a(x_a) dx_a \\ \text{subject to} \quad H_{ij} &= \sum_{k \in K} h_{kij} \\ x_a &= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \delta_{akij} h_{ij}^k \\ x_a &\geq 0, h_{kij} &\geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

この問題の Kuhn-Tucker 条件（最適解の必要条件）は、

$$L(\mathbf{h}, \lambda) = TC - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \lambda_{ij} \left( \sum_{k \in K} h_{kij} - H_{ij} \right) \quad (6)$$

$$h_{kij} \frac{\partial L(\mathbf{h}, \lambda)}{\partial h_{kij}} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial L(\mathbf{h}, \lambda)}{\partial h_{kij}} \geq 0 \quad (8)$$

$$\sum_{k \in K} h_{kij} - H_{ij} = 0 \quad (9)$$

である。

ここで、 $ca$  がリンクフロー  $\mathbf{xa}$  の単調増加関数であるとすれば、 $ca$  は、 $\mathbf{xa}$  に関する狭義凸関数である。したがって、その線形結合である目的関数  $TC$  も狭義凸関数となる。すなわち、実行可能リンクフロー  $\mathbf{xa}$  の領域内に、 $TC$  の最小値を与える唯一の  $\mathbf{xa}$  の組合せが存在する。したがって、上記 Kuhn-Tucker 条件を満たす  $\mathbf{xa}$  の組合せが、 $TC$  を最小化する解であり、利用者均衡状態を達成するリンクフローパターンとなる。

## 付録B：東アジアの国際航空旅客輸送に関するデータベースの作成方法

### 付B-1 データベースの作成条件

#### 利用データ

TRAFFIC BY FLIGHT STAGE 2000（以下TFデータと略称する）

- ・路線別の就航距離，年間提供座席数，年間利用者数，年間便数，最多就航機材

OAG Fight Guide 2000.5（以下OAGデータと略称する）

- ・TFデータでは「#」が付されている欠損データ，及び国内々路線データが把握できないため，OAGデータによって路線別の就航距離，週間便数，及び最多就航機材を把握した

ON-FLIGHT ORIGIN AND DESTINATION 2000（以下OFODデータと略称する）

- ・空港間別の年間OD旅客量

#### 前提条件

- ・対象年次：2000年(CY)
- ・対象国際航空路線：東アジア地域内→東アジア地域外，東アジア地域外→東アジア地域内，及び東アジア地域内→東アジア地域内の路線
- ・なお東アジア地域とは，ICAOゾーニングにおける「アジア太平洋地域の中央小地域，東北小地域」に含まれる以下の16ヶ国（地域）とする。

|                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|
| 韓国，中国，台湾，香港，フィリピン，タイ，ベトナム，マレーシア，シンガポール，<br>インドネシア，マカオ，ブルネイ，モンゴル，カンボジア，ラオス，日本 |
|------------------------------------------------------------------------------|

## 付B-2 データベースの作成方法

### リンク番号

- ・リンク番号はリンク属性ごとに8種類に区分した4桁の番号を付ける。

表 B-1 リンク番号の設定方法

| リンク番号        | リ ン ク 属 性                | リンク数   |
|--------------|--------------------------|--------|
| 1000 番台      | フライトリンク（東アジア地域内→東アジア地域外） | 436    |
| 2000 番台      | フライトリンク（東アジア地域外→東アジア地域内） | 380    |
| 3000 番台      | フライトリンク（東アジア地域内→東アジア地域内） | 601    |
| 4000～5000 番台 | フライトリンク（東アジア地域内の国内々）     | 1, 174 |
| 6000 番台      | トランジットリンク                | 15     |
| 7000 番台      | 発生ダミーリンク                 | 235    |
| 8000 番台      | 集中ダミーリンク                 | 235    |
| 9000 番台      | データ欠損リンク <sup>注)</sup>   | 57     |
| 合 計          |                          | 3, 133 |

注) データ欠損リンクは欠損している TF データを OAG データで補正できなかったデータを表す。

### ノード番号

- ・ノード番号は空港が位置する国・方面とノード属性を区分した7桁の番号を付ける。
- ・ノード番号は空港毎に付けるが、3レターの都市コードが同一の複数の空港については1つの空港として取り扱う（例：成田空港の空港コードは「NRT」、羽田空港の空港コードは「HND」であるが、3レターの都市コードはともに「TYO」となるため、両空港を同一の空港として1つのノード番号を付ける）。
- ・結果的に TF データから得られる対象空港数は、東アジア地域内が 111 空港、東アジア地域外が 124 空港となり、全体で 235 空港となる。

表 B-2 対象空港数

|         |        |
|---------|--------|
| 東アジア地域内 | 111 空港 |
| 東アジア地域外 | 124 空港 |
| 合 計     | 235 空港 |

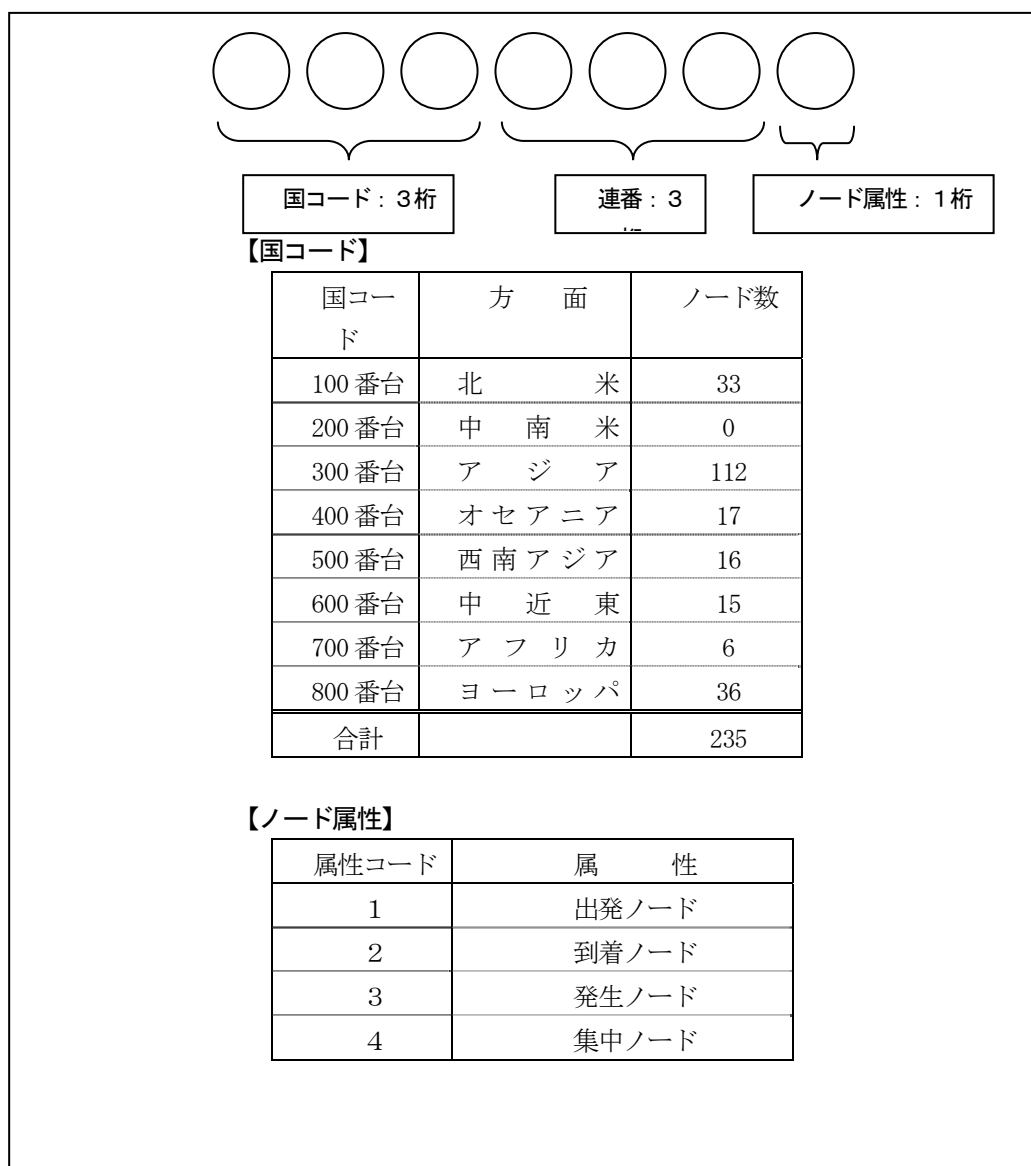
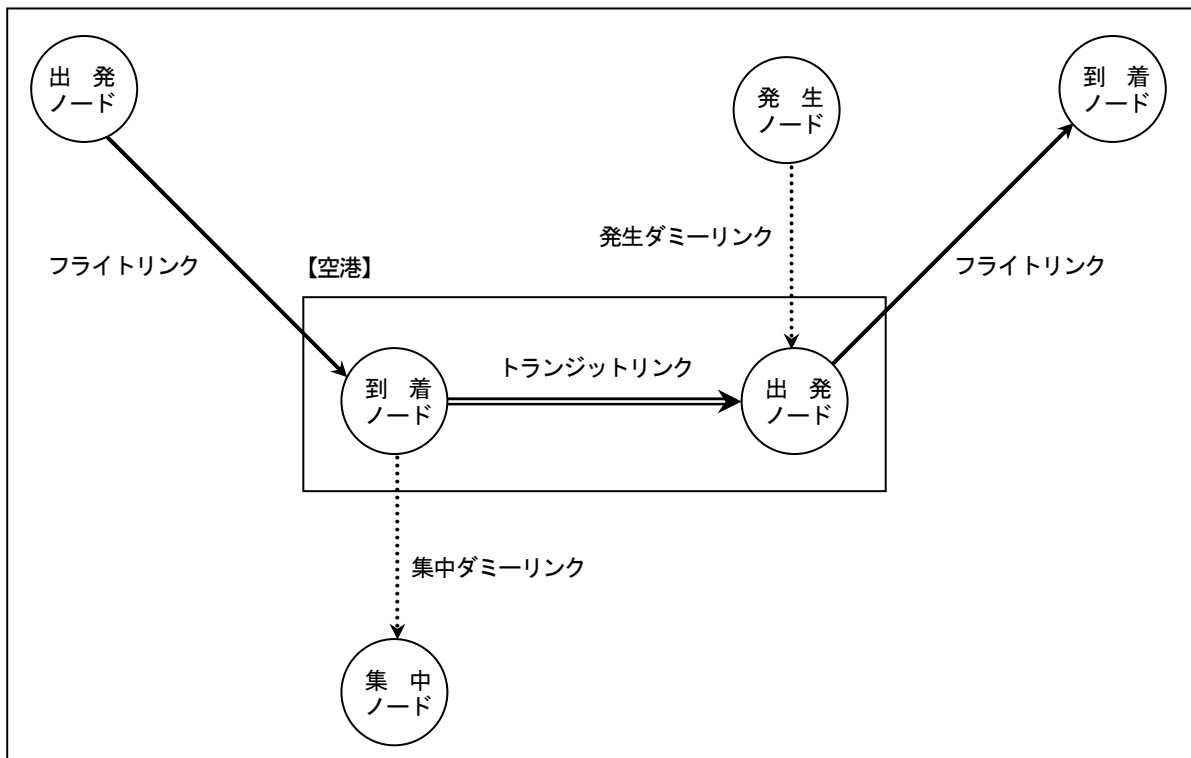


図 B-1 ノード番号の設定方法



図B-2 リンクデータとノードデータの関係図

#### 就航距離

- ・路線別の就航距離はTF データ(km 単位)、またはOAG データ(mile 単位)より与える。
- ・OAG データより把握した就航距離は1mile=1.61kmにより km 単位に変換する。

#### 就航時間

- ・就航時間は就航距離を最多就航機材の巡航速度で除し、分単位とする。
- ・また、巡航速度は「数字で見る航空、航空振興財団発行」により設定する。

#### 年間便数

- ・TF データで年間便数を把握することが不可能な路線については OAG データを用いて補正する（参考：国内々路線を除く対象路線の内、TF データにおけるデータ欠損率は約 36%であった）。
- ・具体的には OAG データより路線別に週間便数（2000. 5/14(日)～5/20(土)）を把握し、年拡大係数として 52 倍したものを年間便数とする。

#### 年間座席数

- ・TF データによって年間座席数が得られないリンクデータについては、OAG データにおける最多就航機材の座席数に年間便数を乗じることにより設定する。
- ・また、座席数は「数字で見る航空、航空振興財団発行」により設定する。

表 B-3 機材別巡航速度の設定 (TF データベース)

【TFデータ】

| 機材 (TFにおける表記) |                  | 速度 (km/h) | 速度 (マッハ) |
|---------------|------------------|-----------|----------|
| EA30          | AIRBUS A300B     | 841       | 0.78     |
| EA31          | AIRBUS A310      | 862       | 0.80     |
| EA32          | AIRBUS A320      | 830       | 0.77     |
| EA33          | AIRBUS A330      | 927       | 0.86     |
| EA34          | AIRBUS A340      | 884       | 0.82     |
| B707          | BOEING 707       | 973       | —        |
| B727          | BOEING 727       | 862       | 0.80     |
| B737          | BOEING 737       | 776       | 0.72     |
| B747          | BOEING 747       | 927       | 0.86     |
| B757          | BOEING 757       | 862       | 0.80     |
| B767          | BOEING 767       | 862       | 0.80     |
| B777          | BOEING 777       | 895       | 0.83     |
| DHC6          | DHC-6 TWIN OTTER | 283       | —        |
| DC10          | DOUGLAS DC-10    | 884       | 0.82     |
| MD11          | DOUGLAS MD-11    | 884       | 0.82     |
| MD82          | DOUGLAS MD-82    | 819       | 0.76     |
| MD83          | DOUGLAS MD-83    | 819       | 0.76     |
| F100          | FOKKER 100       | 808       | 0.75     |
| FK50          | FOKKER 50        | 532       | —        |
| TU54          | TUPOLEV TU-154   | 900       | —        |

注1) 速度がマッハで表示されている機材は下式で時速に換算した。

マッハ×299.4(m/sec) ただし、299.4は高度1万mでの音速を表す。

注2) 巡航速度は「数字で見る航空、航空振興財団発行」による。

表 B-4 機材別巡航速度の設定 (OAG データベース)

【OAGデータ】

| 機材 (OAGにおける表記) | 速度 (km/h)                 | 速度 (マッハ) |      |
|----------------|---------------------------|----------|------|
| AT7            | AEROSPATIAN/ALENIA ATR-72 | 460      | —    |
| AB3            | AIRBUS A300               | 841      | 0.78 |
| AB6            | AIRBUS A300-600           | 895      | 0.83 |
| 310            | AIRBUS A310               | 862      | 0.80 |
| 319            | AIRBUS A319               | 841      | 0.78 |
| 320            | AIRBUS A320               | 830      | 0.77 |
| 321            | AIRBUS A321               | 830      | 0.77 |
| 330            | AIRBUS A330               | 927      | 0.86 |
| 332            | AIRBUS A330-200           | 927      | 0.86 |
| 340            | AIRBUS A340               | 884      | 0.82 |
| 342            | AIRBUS A340-200           | 884      | 0.82 |
| 343            | AIRBUS A340-300           | 884      | 0.82 |
| 737            | BOEING 737                | 776      | 0.72 |
| 73M            | BOEING 737-200            | 776      | 0.72 |
| 73S            | BOEING 737-200            | 776      | 0.72 |
| 733            | BOEING 737-300            | 862      | 0.80 |
| 734            | BOEING 737-400            | 798      | 0.74 |
| 735            | BOEING 737-500            | 798      | 0.74 |
| 738            | BOEING 737-800            | 851      | 0.79 |
| 747            | BOEING 747                | 927      | 0.86 |
| 74M            | BOEING 747                | 927      | 0.86 |
| 743            | BOEING 747-300            | 927      | 0.86 |
| 744            | BOEING 747-400            | 916      | 0.85 |
| 74E            | BOEING 747-400            | 916      | 0.85 |
| 74L            | BOEING 747 SP             | 900      | —    |
| 757            | BOEING 757                | 862      | 0.80 |
| 767            | BOEING 767                | 862      | 0.80 |
| 762            | BOEING 767-200            | 862      | 0.80 |
| 763            | BOEING 767-300            | 862      | 0.80 |
| 777            | BOEING 777                | 895      | 0.83 |
| 772            | BOEING 777-200            | 895      | 0.83 |
| 773            | BOEING 777-300            | 895      | 0.83 |
| 146            | BRITISH AEROSPACE 146     | 787      | 0.73 |
| DHT            | DHC-6 TWIN OTTER          | 283      | —    |
| DH8            | DHC-8 DASH8               | 493      | —    |
| DC9            | DOUGLAS DC-9              | 907      | —    |
| D10            | DOUGLAS DC-10             | 884      | 0.82 |
| M11            | DOUGLAS MD-11             | 884      | 0.82 |
| M1M            | DOUGLAS MD-11             | 884      | 0.82 |
| M80            | DOUGLAS MD-80             | 819      | 0.76 |
| M90            | DOUGLAS MD-90             | 808      | 0.75 |
| EM2            | EMBRAER EMB-120           | 552      | —    |
| SWM            | FAIRCHILD 328JET          | 750      | —    |
| F27            | FOKKER F27 FRIENDSHIP     | 480      | —    |
| F28            | FOKKER F28 FELLOWSHIP     | 843      | —    |
| F50            | FOKKER50                  | 532      | —    |
| IL6            | ILYUSHIN IL-62            | 875      | —    |
| ILW            | ILYUSHIN IL-86            | 900      | —    |
| IL9            | ILYUSHIN IL-96-300        | 880      | —    |
| YS1            | NAMC YS-11                | 444      | —    |
| SF3            | SAAB SF 340               | 504      | —    |
| TU5            | TUPOLEV TU-154            | 900      | —    |
| YN7            | YUNSHUJI 7 (YN-7)         | 423      | —    |

注1) 速度がマッハで表示されている機材は下式で時速に換算した。

マッハ×299.4(m/sec) ただし、299.4は高度1万mでの音速を表す。

注2) 巡航速度は「数字で見る航空、航空振興財団発行」による。

ただし、ILYUSHIN IL-86, IL-96-300, YUNSHUJI 7の巡航速度はホームページによる。

表 B-5 機材別座席数の設定 (OAG データベース)

【OAGデータ】

| 機材 (OAGにおける表記) |                           | 座席数(席) |
|----------------|---------------------------|--------|
| AT7            | AEROSPATIAN/ALENIA ATR-72 | 66     |
| AB3            | AIRBUS A300               | 298    |
| AB6            | AIRBUS A300-600           | 433    |
| 310            | AIRBUS A310               | 230    |
| 319            | AIRBUS A319               | 135    |
| 320            | AIRBUS A320               | 166    |
| 321            | AIRBUS A321               | 195    |
| 330            | AIRBUS A330               | 328    |
| 332            | AIRBUS A330-200           | 328    |
| 340            | AIRBUS A340               | 335    |
| 342            | AIRBUS A340-200           | 283    |
| 343            | AIRBUS A340-300           | 335    |
| 737            | BOEING 737                | 126    |
| 73M            | BOEING 737-200            | 126    |
| 73S            | BOEING 737-200            | 126    |
| 733            | BOEING 737-300            | 141    |
| 734            | BOEING 737-400            | 156    |
| 735            | BOEING 737-500            | 126    |
| 738            | BOEING 737-800            | 189    |
| 747            | BOEING 747                | 483    |
| 74M            | BOEING 747                | 483    |
| 743            | BOEING 747-300            | 483    |
| 744            | BOEING 747-400            | 449    |
| 74E            | BOEING 747-400            | 449    |
| 74L            | BOEING 747 SP             | 282    |
| 757            | BOEING 757                | 214    |
| 767            | BOEING 767                | 235    |
| 762            | BOEING 767-200            | 235    |
| 763            | BOEING 767-300            | 270    |
| 777            | BOEING 777                | 382    |
| 772            | BOEING 777-200            | 382    |
| 773            | BOEING 777-300            | 525    |
| 146            | BRITISH AEROSPACE 146     | 112    |
| DHT            | DHC-6 TWIN OTTER          | 19     |
| DH8            | DHC-8 DASH8               | 37     |
| DC9            | DOUGLAS DC-9              | 112    |
| D10            | DOUGLAS DC-10             | 268    |
| M11            | DOUGLAS MD-11             | 235    |
| M1M            | DOUGLAS MD-11             | 235    |
| M80            | DOUGLAS MD-80             | 155    |
| M90            | DOUGLAS MD-90             | 166    |
| EM2            | EMBRAER EMB-120           | 30     |
| SWM            | FAIRCHILD 328JET          | 33     |
| F27            | FOKKER F27 FRIENDSHIP     | 50     |
| F28            | FOKKER F28 FELLOWSHIP     | 85     |
| F50            | FOKKER50                  | 50     |
| IL6            | ILYUSHIN IL-62            | 140    |
| ILW            | ILYUSHIN IL-86            | 350    |
| IL9            | ILYUSHIN IL-96-300        | 235    |
| YS1            | NAMC YS-11                | 64     |
| SF3            | SAAB SF 340               | 36     |
| TU5            | TUPOLEV TU-154            | 152    |
| YN7            | YUNSHUJI 7(YN-7)          | 48     |

注1) 座席数は「数字で見る航空、航空振興財団発行」による。ただし、  
ILYUSHIN IL-86, IL-96-300, YUNSHUJI 7の座席数はホームページによる。

トランジットリンク

- ・東アジア地域内の対象空港の内、リンクデータ（1000 番台～5000 番台）から得られる発着路線数が 60 以上の空港を主要空港とする。
- ・上記の主要空港に対して、OAG データにおける Minimum connecting times から国内線→国際線、国際線→国内線、国際線→国際線の最低乗り継ぎ時間を把握し、各乗り継ぎ時間の単純平均値を乗り継ぎ時間と設定する。
- ・また、中国における KUNMING（昆明）、QINGDAO（青島）、XI'AN（西安）、CHENGDU（成都）、SHENZHEN（深せん）、HAIKOU（海口）、WUHAN（武漢）、CHONGQING（重慶）の 8 空港については OAG データで最低乗り継ぎ時間が設定されておらず国内線主体の空港であるため、乗り継ぎ時間は設定しないものとした。

表 B-6 主要空港における乗り継ぎ時間の設定

|                              |              | 国内線→<br>国際線<br>(分) | 国際線→<br>国内線<br>(分) | 国際線→<br>国際線<br>(分) | 設定値<br>(分) | 発着<br>路線数 |
|------------------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------|-----------|
| SINGAPORE<br>(チャンギ、シンガポール)   | TERMINAL 1→1 | —                  | —                  | 60                 | 60         | 174       |
|                              | TERMINAL 2→2 | —                  | —                  | 60                 |            |           |
|                              | TERMINAL 1→2 | —                  | —                  | 60                 |            |           |
|                              | TERMINAL 2→1 | —                  | —                  | 60                 |            |           |
| TOKYO（成田、日本）                 | TERMINAL 1→1 | 110                | 130                | 60                 | 103        | 167       |
|                              | TERMINAL 2→2 | 110                | 110                | 110                |            |           |
|                              | TERMINAL 1→2 | 110                | 130                | 110                |            |           |
|                              | TERMINAL 2→1 | 110                | 110                | 110                |            |           |
| HONG KONG（香港、香港）             |              | —                  | —                  | 60                 | 60         | 165       |
| SEOUL（金浦、韓国）                 |              | 80                 | 100                | 90                 | 90         | 163       |
| BANGKOK（バンコク、タイ）             |              | 120                | 120                | 75                 | 105        | 154       |
| KUALA LUMPUR（クアラルンプール、マレーシア） |              | 60                 | 60                 | 60                 | 60         | 149       |
| BEIJING（北京、中国）               |              | 90                 | 90                 | 90                 | 90         | 146       |
| OSAKA（関西、日本）                 |              | 90                 | 75                 | 90                 | 85         | 139       |
| SHANGHAI（上海、中国）              |              | 60                 | 90                 | 60                 | 70         | 120       |
| GUANGZHOU（広州、中国）             |              | 60                 | 60                 | 60                 | 60         | 98        |
| NAGOYA（名古屋、日本）               |              | 90                 | 90                 | 60                 | 80         | 81        |
| KUNMING（昆明、中国）               |              | —                  | —                  | —                  | —          | 80        |
| XIAMEN（厦門、中国）                |              | 60                 | 60                 | 60                 | 60         | 75        |
| DALIAN（大連、中国）                |              | 60                 | 60                 | 60                 | 60         | 74        |
| QINGDAO（青島、中国）               |              | —                  | —                  | —                  | —          | 70        |
| XI'AN（西安、中国）                 |              | —                  | —                  | —                  | —          | 70        |
| MANILA（マニラ、フィリピン）            |              | 120                | 120                | 60                 | 100        | 67        |
| CHENGDU（成都、中国）               |              | —                  | —                  | —                  | —          | 64        |
| SHENZHEN（深せん、中国）             |              | —                  | —                  | —                  | —          | 64        |
| HAIKOU（海口、中国）                |              | —                  | —                  | —                  | —          | 63        |
| TAIPEI（台北、台湾）                |              | 60                 | 60                 | 60                 | 60         | 62        |
| WUHAN（武漢、中国）                 |              | —                  | —                  | —                  | —          | 62        |
| CHONGQING（重慶、中国）             |              | —                  | —                  | —                  | —          | 60        |

注1) データは「OAG Flight Guide(Minimum connecting times)」による。

注2) 乗り継ぎ時間は内際・際内・際々最低乗り継ぎ時間の単純平均値。

注3) 発着路線数はリンクデータ（1000番台～5000番台）の集計値。

## ODデータ

- ・OFOD データから全体で 2,837 ペアのODデータが得られるが、その内、出発地・目的地がともにリンクデータに出現した 235 空港に該当するODペア数は1,441（全体の約 51%）であった。
- ・さらに出発地・目的地の少なくとも 1 つが東アジア地域内の 111 空港に該当するODペア数は679（全体の約 24%）であった。

表 B-7 OFOD データにおけるODペア数

| ODペアの定義                  | ODペア数 |
|--------------------------|-------|
| 全ODペア                    | 2,837 |
| リンクデータに出現した 235 空港間のODペア | 1,441 |
| 東アジア地域内の 111 空港関連のODペア   | 679   |