

日本大学大学院 学生員 轟 朝幸

日本大学理工学部 正 員 榛沢 芳雄

1. はじめに

近年、ハイモビリティへの要望が強まり、航空需要は増加の一途をたどっている。それに伴い航空関連施設の整備も強く望まれるようになってきた。

しかし、空港や機材の整備には多大な費用と時間を要する。特に東南アジアなどの開発途上国にとっては航空関連施設の整備が進まないのが実状である。費用と時間を費やさずに整備を進める手段として、運航形態を効率のよいものにすることが重要となってくる。

そこで本稿では、運航形態の1つである航空ネットワークについて整理し、効率がよいとされるハブ&スポーク型のネットワークの構築を行い、インドネシアの国内航空に適用した結果について報告する。

2. 航空ネットワーク形態の整理

航空ネットワークの形態は大きく2つに分けられる。ロビン&ア라운드型とハブ&スポーク型ネットワークである。前者は空港間をダイレクト便により路線を結ぶものであり、一般的なネットワークである。後者はある空港を拠点施設(ハブ空港)として整備し、そのハブ空港から各空港へ支線で結ぶネットワーク形態である。アメリカにおいて、事業者側の運用効率を追求してハブ&スポーク・システムは発達してきた。しかし、日本を始め多くの国々では、需要に応じてハブ機能を持った空港が自然的に発生してきており、ハブ&スポーク型とロビン&ア라운드型の混合した複雑な形態となっている。

両者のネットワーク形態の利点と欠点を表-1に整理した。ハブ&スポーク・システムは事業者にとって運用効率を上げることができ、利用者也各地域どこへでも行けるといったメリットが受けられる。一方ロビン&ア라운드・システムは航空施設が十分に整備されている場合には、事業者・利用者ともにデメリットが小さくなり有用である。

3. ハブ&スポーク・システムの定式化

ハブ&スポーク型のネットワークの構築をハブ施設の配置の最適化問題として捉える。つまり点状の

表-1 航空ネットワーク形態の利点と欠点

		利 点	欠 点
ハブ & スポーク型	事業者	・ 直行便の減少 → 路線数の減少 → 機材、人材の節約 → 利用率の上昇 ↓ ・ 運航効率の上昇 ・ 整備基地の拠点化 → 整備コストの削減	・ ハブ空港の混雑 → 航空機の発着遅延 ↓ ・ ハブ空港の整備
	利用者	・ 便数の増加 → 時間的束縛の減少 ・ 各地域へのモビリティの向上 → 公平性の向上 ・ 運航効率の上昇 → 運賃の低下	・ 直行便の減少 → 迂回の強要 → 乗り換え回数が増加 ・ ハブ空港の混雑 → 航空機の発着遅延
ロビン & アラウンド型	事業者	・ 整備基地の分散化 → 発着遅延の解消	・ 直行便の増加 → 路線数の増加 → 機材、人材の不足 ↓ ・ スケジュールの複雑化
	利用者	・ 直行便の増加 → 乗り換え回数の減少 → 発着遅延の解消	・ 事業者の機材・人材の不足 → 路線数、便数の減少 ↓ ・ 迂回の強要

くつかの空港のうち、ハブ施設をどの空港に設置するかを決定するものであり、総輸送量が最小となる空港にハブ施設を設置することとする。

1) シングル・ハブ・システム

ここでは、既存の空港の中から1港をハブ空港として利用することを考える。今、空港間の方向別移動量を与件とし、移動量と移動距離の積の総和(総移動距離)が最小となるとき、その空港がハブ空港として最適であると仮定する。この最適化問題は次式のように定式化できる。

$$\text{Min}_{(H)} \sum_{i,j} W_{ij} \{d(p_i, H) + d(H, p_j)\} \quad \dots (1)$$

ここに W_{ij} : 空港 i から j への移動量
 H : ハブ空港の立地位置
 p_i : 空港 i の立地位置
 $d(x, y)$: x — y 間の距離

2) マルチプル・ハブ・システム

第1のハブ空港を設置した後、第2、第3…のハブ空港を選択する。ハブ空港を複数設置した場合はハブ

空港以外の空港（ローカル空港）がどのハブ空港からサービスを受けるかを決定する必要がある。そこで、ローカル空港は1番近いハブ空港からサービスを受けることとする。

以下、ハブ空港が2港の場合を例として説明する。空港間の移動形態には2タイプが考えられる。1つは1港のハブ空港のみを経由する場合であり、もう1つは両方のハブ空港を経由する場合である。前者は（1）式と同様に表すことができる。後者は、次式のように定式化ができる。

$$\text{Min}_{(H_2)} \sum_i \sum_j W_{ij} \{d(p_i, H_1) + d(H_1, H_2) + d(H_2, p_j)\} \dots (2)$$

ここに H_k : 第kハブ空港の立地位置

第3ハブ空港以降の設置も同様に定式化できる。

4. インドネシアへの適用

インドネシアは、大小合わせて約13,500の島からなる世界最大の群島国家である。国内の主要な幹線交通は、地理的特性が故、陸上交通に頼ることは不可能である。敏速な輸送を必要とする場合に、特に航空は重要である。そこで前節で導出したモデル式をインドネシアの国内航空の旅客輸送に適用する。

用いたデータは、国営企業であるガルーダインドネシア航空が就航している32港を結ぶ主要路線の年間旅客輸送量である。

図-1に試算結果の一例として3ハブ・システムの場合を示す。第1ハブはジャカルタ、第2はスラバヤとなった。やはり、ジャワ島内の需要の多い空港にハブ空港を配置させる結果となった。

また、求められた最適解（総移動距離）の結果を図-2に示す。ハブ空港が1港の場合は約274千万人キロであり現在のネットワークの約235千万人キロより総移動距離が多い結果となった。しかし、ハブ空港を2港に増やした場合、現在のネットワークとほぼ同じ値となり、3港、4港…と増やすにしたがって総移動距離も徐々に少なくなった。

5. おわりに

本稿では航空ネットワークの形態について整理し、航空ネットワークの特徴を明かにした。また、ハブ空港の配置を決定するモデルを構築し、インドネシアの国内航空に適用した。その結果、現在のネットワークより輸送量を減らせることが確認できた。

しかし、本稿では航空ネットワークの構築に関し、簡単なアプローチを試みたにすぎない。ここでの問題点を整理し、今後の課題を以下に述べる。

- ①航空の需要を予件としているが、将来のネットワークの構築には需要を予測する必要がある。
- ②航空ネットワークの構築モデルでは、空港の整備状況や機材の利用制約を考慮する必要がある。
- ③航空ネットワークを評価する手法が必要である。

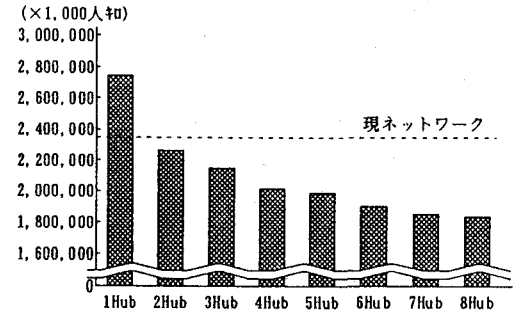


図-2 総移動距離の試算結果

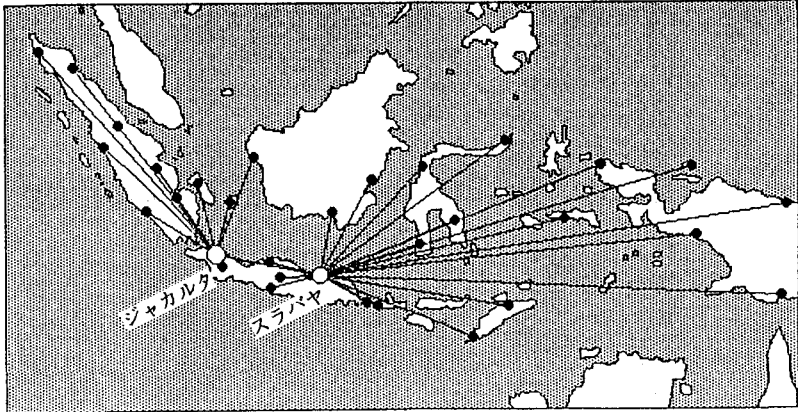


図-1 2ハブ・システムの試算結果