

## IV-4

### 航空ネットワークのハイアラキー構成について

○北海道大学 学生員 上野 文男  
北海道大学 正 員 田村 亨  
北海道大学 正 員 五十嵐日出夫

#### 1. はじめに

我が国の航空ネットワークは幹線とローカル線によるフィーダー型のネットワークから、近年の地方空港と東京、大阪を結ぶ直行便型のネットワークの増加にみられるように、より高密度なネットワークに変化してきている。

このような状況下、国土計画的観点から航空ネットワーク全体のあり方を新たに検討する必要があると考えられる。

すなわち、千歳空港、福岡空港を含めた地方空港の国際空港化、国内航空ネットワークの整理、地域ごとのコミューター航空ネットワーク等、階層性を考慮したネットワーク構成の検討である。

本研究は、交通ネットワークとしてハイアラキーを持たせることの意義等について論じるとともに、航空ネットワークを対象として、次の2点を検討するものである。第一は、我が国の航空ネットワーク構成について、アメリカとの比較や、我が国の地域ブロック間の比較からそのあり方を検討する。第二は、北海道ブロックを対象として、航空需要構造からみたネットワークのあり方を検討する。

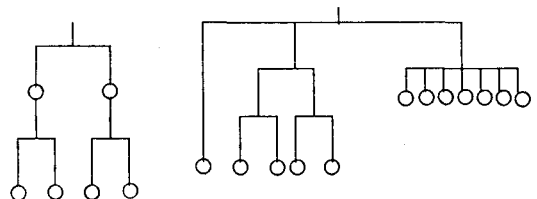
#### 2. 交通ネットワークのハイアラキー

昭和62年6月閣議決定された第四次全国総合開発計画は、21世紀に向けての望ましい国土構造として、「多極分散型の国土を形成すること」と「交流ネットワーク構想の推進」を掲げている。ここで言われる「ネットワーク型社会」を交通の面から考えると、理念的には完全グラフ的な交流、すなわちすべてのノードを直接つなぐようなネットワーク構造を追求していくことになると思われる。この様な、そもそも行きたい人が完全グラフ的に真直ぐ目的地に行けることが、交通では最も望ましいのではあるが、現実にはそれをいくつか

束ねてある程度迂回させ、束ねただけ違う目的のトリップを排除して単純化することにより、高いサービスをマスとして与えている。すなわち、交通サービスにハイアラキー（階層）を作りだしていることになる。以下、交通ネットワークのハイアラキーについて①ネットワーク型社会との関係、②サービス供給側・需要側との関係、③地域航空・高規格道路等の位置づけ、④ハイアラキーの区分の指標の4点からまとめる。

##### 2-1. ネットワーク型社会との関係

ハイアラキー（階層）という、一点から発するツリー構造と一般には考えられる。国土・地域計画的立場から考えると、実際には東京に対する京阪神等、地域がいくつかまとまってブロックとして対応するなどいろいろなハイアラキーの形態が考えられる。例えば北海道は札幌への一点集中であるのに対し、九州ではいくつかの都市への分散というように、ブロックごとに違った形態が育ってきている（図-1）。



ツリー構造の一般型

国土・地域構造にみる  
ハイアラキー形態の  
ツリー構造

図-1 ハイアラキーとツリー構造

この傾向は、一般には人口でみることができ、雇用、教育、医療等社会を構成する各要素からも検討できる。そして、これらの要素によるハイアラキーが同じ構造である必要は全くなく、例えば小川博三の線上中小都市論で言われているように、それぞれの要素（機能あるいは組織）が最も適切な構造をもつような

形で多重化して行くことも考えられる。

さて、ネットワーク型社会と交通ネットワークのハイアラキーについてまとめると概ね次の2点が重要となろう。第1は、交通施設投資を分散せざるを得ないことによる非効率性であり、第2は、国土・地域の階層と交通サービスの階層との適合性である。

第1の点；ネットワーク型社会をあらゆる地域がネットワークによって緊密に結ばれる社会と考えると、従来の国土幹線を中心とした交通ネットワークに代わって、地域幹線あるいは地方都市相互間を結ぶネットワークが重視されよう。例えば、道路、鉄道によって構成される地域幹線交通網の整備によるブロックとしての機能強化（面的整備）と地方都市間の航空サービスの向上（線的整備）というものである。これにより明らかに、東京等大都市圏への機能及び人口の集中が減速されよう。しかし、地方において需要の少ないところに投資をおこなうため、投資効果が低くなる可能性があることには十分留意すべきである。

第2の点；一般に交通ネットワークのハイアラキーは、需要に応じたサービス水準の確保（需要追従型の施設整備がなされている場合）から必然的に生じる。これは交通施設は需要に対しマスメリットが存在することによる。例えば、道路の場合、交通量の増加に従って、必要な幅員が広がるばかりでなく、高速道路や国道のように規格やサービス水準の高い道路を建設する経済性が出てくる。また長いトリップにとっては走行速度の速い道路を走行するメリットが大きくなり、その道路までのアクセス時間が長くなっても利用価値が大きくなる。したがって、基幹的交通ネットワークは高いサービス水準で、ローカルな交通ネットワークは低いサービス水準で整備することの経済合理性が、ここに存在する。航空ネットワークにおけるハブ＆スポーク型の追求は、この経済合理性の追求である。国土・地域の階層性はともかく、交通サービスの階層性については道路・鉄道・航空・港湾等との交通施設計画においても、その構造が不明確である。少なくとも、どういうトリップ長のどういう速度を希望している需要に対するサービスを重点的に取り上げていくべきかという位置づけを明確にすることが交通サービスの階層性を明確にする一つの方法となろう。

## 2-2. サービス供給側・需要側との関係

交通ネットワークのハイアラキーを明確にする意義は、サービス供給側・需要側に分けて考えると理解しやすい。

サービス供給側にとってのハイアラキーとは序列化（あるいは秩序化）と考えられる。交通ネットワークを序列化する意義は概ね次の4つであろう。

- ①投資効率の向上；交通ネットワークの階層が国土・地域のバランスある発展にいかに関与するかまた交通事業者の経済合理性をいかに追求できるようにするかという視点からの意義（前節で述べた）である。
- ②費用負担の公平性；これは本来、地域間、世代間、受益者層間で議論されるべきことである。地域間の費用負担の例として次のことがあげられる。高速道路等の全国幹線は各自治体をまたがるトリップの比率が高いのであるから、一般には国の負担が高くなる。このように序列化は、ネットワークのサービス階層に応じた財源負担割合に合理的理由を与えることになる。
- ③トリップの純化によるサービスの向上；異なる性質を有するトリップの混在がサービス水準を低下させることから、ネットワークの各階層を使うトリップを純化させることの必要性からの意義である。
- ④地域の視認性向上；交通ネットワークの序列化により、人々が自分の居る場所を視覚的に理解できる可能性が向上することの意義である。

サービス需要側にとってのハイアラキーとは、利便性の向上やネットワークの分かりやすさの増加がその必要理由となろう。この中で、先の序列化に対応する重要な要素として、連続性と多様性が挙げられる。

以下においては、利用者側のニーズに対応したネットワークの階層を創出するため特に留意する必要がある連続性と多様性についてまとめる。連続性については、利用者のトリップが多くの場合、1つのネットワークの階層のみで完結しないことである。航空ネットワークは単に路線のみで論じられるべきではなく、空港までのアクセス・イグレスも重要なネットワークの一部であり、この意味で各階層間の連続性が問題となる。連続性は、異種交通機関の間や交通施設と土地利

用との間においても重要なことはいうまでもない。多様性については、人々の活動によって利用するネットワークの階層が異なることを意味する。都市圏内の交通を見ても、通勤業務・レクリエーション・買物等によってその内容が異なる。従来の交通計画が日常的な全国ベースでの物流と都市圏内の通勤トリップに重点をおいて計画されてきたのに対して、業務交通や非日常的トリップに焦点をあてた交通ネットワークのハイアラキー構成の検討が今後必要と思われる。

### 2-3 地域航空・高規格道路等の位置づけ

ハイアラキーに注目した交通施設整備の動向を簡単にまとめると、高速交通体系から地域幹線体系への変化があると思われる。昭和30年代からの高度経済成長期には、急増する需要に量的に答えると同時に、質的にも一般に高いサービス水準の交通ネットワークが形成された。すなわち、高速道路網、新幹線、地下鉄、ジェット化空港、大規模港湾等の整備である。そして現在は、地域幹線あるいは地方都市相互間を結ぶネットワークの整備が重視されるようになってきていると思われる。その具体的な内容について昭和62年に閣議決定された高規格幹線道路についてネットワーク設定の基本理念をみると、①地方開発の拠点となる都市相互を効率的に連絡する、②重要な空港・港湾との連絡、③全国の都市、農村地区からおおむね1時間以内で到着するなどがあげられている。その他、この様なローカルサービスの動きに対応したものとしては、地方空港の国際化、コミューター航空、ミニ新幹線や在来線鉄道の地域交通ネットワークとしての再構築等があげられよう。

### 2-4 ハイアラキーの区分の指標

交通ネットワークのハイアラキーを区分する方法として、区分の指標をまとめる。区分の指標については一般的な定説はなく、経験によって決められているのが実情である。例えば、民間航空用の公共用飛行場の場合、第1種～第3種とその他の空港といった4段階に区分され、それに応じた空港整備事業費における国の負担率および補助率が決められている。ここでは、道路、鉄道、航空、港湾等のこれら区分を通して、交通ネットワークのハイアラキー区分指標をまとめる。

その内容は、概ね次の四つに分けられよう。

- ① 需要特性による区分：トリップ長、需要量等
- ② サービス水準による区分：速度、交通容量等
- ③ 建設・運用上の区分：建設コスト、縦断・平面の線形等建設基準、保守・運営費
- ④ 財源の負担割合による区分：建設主体や管理・運営主体、財源の負担割合

### 3. わが国の航空ネットワーク構成のあり方

わが国の航空政策はここ数年大きな変化を示している。それは昭和61年6月に出された運輸政策審議会の答申に明らかにされているように、①国際線の複数社制②国内線における競争促進策の推進等である。国内線のみにもても、同年6月に運輸省は各航空会社に対し、ダブルトラッキング等の基準を示している。具体的には、年間需要70万人以上の路線についてはダブルトラッキング、年間需要100万人以上の路線についてはトリプルトラッキングを積極的に進めると言うものである。これまで各航空会社は、戦略的な航空ネットワーク計画を立てる必要もなかった。しかし、前記のような規制緩和が進み、かつ羽田沖合い展開、関西国際空港の建設、成田空港の二期工事等のこれまでの空港容量制約がなくなる見通しが立ってきたことや、ローカルサービスの拡充として、コミューター空港・ヘリポートの建設が積極的に行われていることを考えると、今後は、体系的な航空ネットワーク計画が立案されるものと考えられる。

以下においては次の2つの検討を行う。第一は、日米の網形成比較、第二は北海道・九州の2ブロックの網形成比較である。

#### 3-1 日米の網密度比較

わが国の航空路線をしいて分類すれば幹線とローカル線の2つに分けられよう。一方、アメリカのそれは、幹線、ローカル線、コミューター、ヘリコプターの4種類である。アメリカの航空ネットワーク構成は1978年の規制緩和により、直行サービス網からハブ&スポーク型のネットワークに移行したといわれる。これは2章でもかいたとおり、航空会社の経済合理性の追求から生まれたものであり、アメリカの規制緩和（運賃の設定自由、路線の参入・撤退自由等）を一大実験とみ

て、経済理論の正当性を論ずる交通経済学者もいるほど、ハブ&スポーク網の経済合理性の高いことが知られている。図-2は、アメリカの現在の航空網としてハブ&スポーク網がどの範囲で発達しているかを示したものである。(ダラス・フォートワース空港の例であり1983年で73年へ 278便が運行している。)

わが国の網形成と比較すると次のことが言えよう。  
①スポークを形成する路線の距離が長いこと。②あるブロック内のハブ空港と言うのではなくハブ空港からあらゆる方面にスポーク組まれていること。③この図では表されていないが、Large-Hub(23)、Medium-Hub(36)、Small-Hub(66)の3つのハブ階層が生まれ、少なくとも、Large-Hub間には幹線が生まれ、大量・高頻度のサービスを行っていること。

わが国の場合、このハブ&スポーク構成がよいのか否かはいろいろな視点から考察されなければならない。わが国が、アメリカの例から学ぶべきことは①この構成を組むことにより、ローカル空港が準幹線空港や幹線空港、国際空港に格上げされる可能性があることである。これは、スポーク網の構成により空港圏域が拡大し利用者増を計ることで、従来利用者が少ないために存在しなかった路線を開設できることである。②F A A (米連邦航空局)の利用者アンケートによると、直行便でネットワークが構成されていた時に比べて、ネットワークが分かりやすくなったということである。

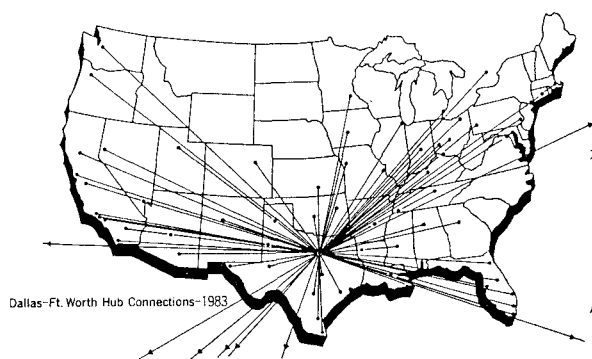


図-2 米規制緩和後の航空ネットワーク  
(アメリカン航空 1983年)

### 3-2 北海道・九州の網形成比較

次に北海道、九州2つのブロックの航空ネットワークを比較してその特徴をまとめる。

北海道の航空ネットワークは、札幌地区の千歳、丘珠空港を中心としたハブ&スポーク型ネットワーク形成されている。

一方、九州についてみると、福岡からの内々路線が比較的多いもののこの空港を中心としたハブ&スポーク網が形成されているとは言い難い。

ちなみに、これらのネットワーク構成は各空港の母都市の人口集積を比較することで納得できる。

九州の各空港の母都市は県庁所在地であり、人口集積率は25%となっているが、北海道の場合、札幌市が25%程度である他は、旭川・函館が6%、以下釧路(4%)、帯広(3%)、稚内・北見(各1%)となっている。

次に、輸送密度の点から考えるために、F A A の基準によって各空港の分類を試みる。

この基準では、全航空利用者に対する各空港利用者の比率が1%以上であればLarge-Hub、0.25%~1%がMedium-Hub、0.05%~0.25%がSmall-Hub、0.05%未満がNon-Hub 空港と分類される。この分類レベルに従って北海道、九州のネットワークのハイアラキーについて表現したものが図-3である。

この様に輸送密度、空港後背地の人口集積によってブロック内、対ブロック外の各路線のネットワーク構成が変化することが理解される。

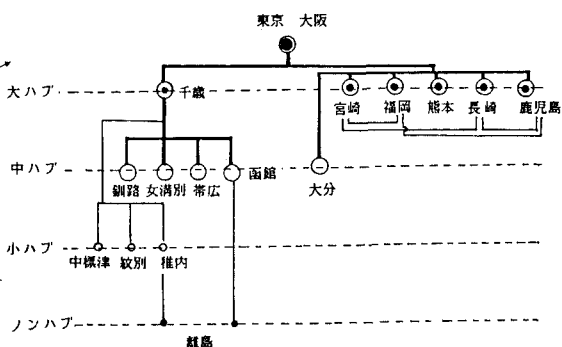


図-3 北海道、九州の航空ネットワーク  
のハイアラキー

4. 北海道における航空動態について

4-1 北海道の航空機利用特性

昭和60年航空動態調査（運輸省航空局）によると、北海道における航空利用者は、道内内路線\*で17%、道外路線\*で83%となっている。

\*真の出発地、到着地を道内に有する利用者。なお、道内便の乗継ぎは1トリップとしてカウントする。

※真の出発地、到着地のどちらかを道外に有する利用者。例えば、釧路-千歳-大阪をそれぞれ航空機で移動する者は釧路-大阪1トリップとカウントするためには釧路-千歳の道内便にはカウントされない。

道内々路線については、各路線の運行距離が200km～300kmと比較的短距離であり他の交通機関との競合から比較的用户者が少ないと考えられる。

一方、道外路線については、海越え路線であり、かつ飛行距離が500km～1000kmであり、航空機の出発率が高く利用者が多い。

また、北海道の航空旅客において千歳空港を出発空港、または乗継ぎ空港としている割合は 75.3%であり千歳空港への一極集中が顕著である。

また、目的地別にみると東北地方 7%、関東地方 67%、中部地方10%、近畿地方10%、中国地方1%、四国地方1%、九州地方 5%、となっている。

さて、道外へ至る経路としては、最寄りの空港から道外直行便を利用するか、もしくは千歳空港へ何等かの方法でアクセスし千歳空港から道外への便を利用するパターンが考えられる。

現在道外への直行便を持つ空港は、千歳空港以外に旭川空港、釧路空港、女満別空港、帯広空港、函館空港の5空港である。

表-1 目的地が道外の場合の空港選択状況

|       | 千歳空港利用     |              | 最寄り空港利用          |
|-------|------------|--------------|------------------|
|       | 航空機によるアクセス | 航空機以外によるアクセス | 千歳空港利用者を100とした指数 |
| 旭川    | *****      | 100.0%       | 188              |
| 釧路    | 51.4%      | 48.6%        | 171              |
| 北見、網走 | 58.4%      | 41.6%        | 122              |
| 帯広    | 20.5%      | 79.5%        | 192              |
| 函館    | 29.4%      | 70.6%        | 1608             |

千歳空港をのぞく各空港の道外路線利用者について、最寄り空港からの直行便を選択するか、千歳空港乗継ぎの便を選択するかを検討する。分析データは北海道航空動態調査（昭和57年北海道開発局）でありその結果を表-1に示す。

この表から、旭川、帯広等千歳空港に比較的近い都市においては、最寄り空港からの運行頻度、路線数に制約があるために千歳空港の利用率が高くなっている。

これに対し、函館の場合には他空港に比べて路線数、運行頻度等についてのサービス水準が高いことや千歳空港へのアクセス距離が長く、目的地と逆方向の移動となるために千歳空港の利用率は低い。

4-2 経路選択構造の分析について

航空のネットワーク構築を考える際に、ネットワークの特性（運行頻度、便の行先、所要時間等）が変化したときに輸送密度がどの様に変化するかを推計することはきわめて重要である。

前節で述べたように、利用者はアクセス時間の短い空港を利用するのではなく、最終目的地までの移動に関して最も効用の高い経路を選択しており、その過程として空港選択を行っていると考えられる。

例えば、釧路に居住している人が東京へ行く場合には運行頻度等について制約があるものの、費用、所要時間については直行便の方が明らかに効用が高く、乗継ぎ便に関しては乗り換え抵抗が存在することから、直行便を利用すると考えられる。上記の、4空港について前述の北海道航空動態調査の結果より直行便、千歳乗継ぎ便利用率を表-2にまとめた。

同様にして最寄りの空港から直行便がなく、いずれかの空港での乗継ぎが必要となる経路を考える。例として前述の4空港について大阪を最終目的地とした場合の経路選択は表-3のようになる。

表-2 着地が東京の場合の経路選択状況

| 出発地域<br>(利用空港) | 千歳空港乗継ぎ | 直行便   |
|----------------|---------|-------|
| 釧路(釧路空港)       | 4.3%    | 95.7% |
| 帯広(帯広空港)       | 2.1%    | 97.9% |
| 北見(女満別空港)      | 18.5%   | 81.5% |
| 函館(函館空港)       | 1.8%    | 98.2% |

表-3 着地が大阪の場合の経路選択状況

| 出発地域<br>(利用空港) | 千歳空港乗継ぎ | 東京(羽田)<br>空港乗継ぎ |
|----------------|---------|-----------------|
| 釧路(釧路空港)       | 62.1%   | 37.9%           |
| 帯広(帯広空港)       | 60.0%   | 40.0%           |
| 北見(女満別空港)      | 87.5%   | 12.5%           |
| 函館(函館空港)       | 20.0%   | 80.0%           |

前ケースに比べて経路選択の要因は複雑と考えられる。前ケースの要因に加えて乗り換えに対する負の効用の比較、アクセス、費用、所要時間等を考える必要があるであろう。

すなわち、経路選択の分析に関しては、所要時間、費用、運行頻度、乗り換え抵抗としての待ち時間、アクセス特性、旅行目的、個人属性等の要因が考えられる。また航空の提供しているサービスは、大都市における鉄道やバスとは異なり、相当高価な対価を必要とするという性格があり、このため利用者は希望時刻に到着するためにはどの便が利用できるか、全体の所要時間はどのくらいか、費用はどの程度かについて詳細な検討をするという側面を有するということも重要である。

現在、これらの要因を用いて経路選択モデルを構築中であり、現在までの分析によると特に重要な要因として運行頻度、費用、乗継ぎに必要な待ち時間等が経路選択に大きな影響を与えていると考えられる。

## 5. おわりに：北海道における航空ネットワークのあり方

前章で明らかになったように、北海道における航空利用は、千歳空港に全トリップの4分の3が集中している。これは道央圏に人口の集積が大きいこと、道央圏の利用者にとどまらず他の地域において最寄りの空港がありながら千歳空港を利用している割合が高いことがその理由として上げられる。

また、既に現在のネットワーク自体がハブ＆スポーク型にきわめて近い形態をしている。これらのことから、北海道における航空ネットワークとして千歳空港

をハブとするハブ＆スポークが供給者側（航空会社）、利用者側からも受け入れられやすいであろう。

この際、考慮すべき重要な点は、千歳空港以外の地方空港から東京への直行便が運行されていることである。近年、東京等の空港は混雑が著しくその容量は限界に達している。仮に、これらの地方空港と千歳空港を結ぶ路線のサービス水準（運行頻度、運賃、空港での待ち時間等）を著しく高めることができて、ハブ＆スポーク本来の形式に近づき、現状における東京直行便の利用客の一部が千歳空港乗継ぎ便に移るならば、この問題解決の有効な方策としてもハブ＆スポーク型ネットワークは受け入れられるであろう。

また、地方空港から東京以外へいく人々の乗継ぎ空港は、現在のところ千歳が東京となっている。現在のところ北海道ブロックのハブ空港として千歳空港の格上げ（国際化）を考えることは重要であり、利用者の選択構造を明らかにし可能であれば千歳空港乗継ぎへ誘導していくネットワーク形成が望ましいと思われる。

さらに、ブロック内のローカルネットワーク網形成としてはもっぱら千歳一点集中型の業務トリップに注目して丘珠空港の有効利用等が言われているが、観光・レクリエーショントリップ等の動向にも合わせたネットワークのハイアラキー構成を考えるべきであろう。

コミュータ航空については、高速交通空白地域のみならず、既存空港間の路線も考える必要があろう。

この際、コミュータ航空については60人乗り以下の機材ということから、YS-11クラスの運行まで含めたネットワークのハイアラキー構成を考える必要があろう。