

IV—26

ネットワークの成長サイクルを考慮したコミューター航空計画に関する研究

北海道大学大学院 学生員 渡辺 英章

北海道大学工学部 正 員 佐藤 馨一

北海道大学工学部 正 員 高野 伸栄

1. はじめに

これまでもコミューター航空のネットワーク構成に関する研究は多くなされてきたが、その大部分は、採算性を重視したものであり、採算にのらない路線は考えないようなネットワーク構成となっていた。これは路線1つ1つを独立として考えていたからである。しかし、このような形でのネットワークでは、コミューターを本当に必要としているが採算上、飛ばすことができない地域を見殺しにしてしまうことになる。これでは、真の意味での地域航空としてのコミューター航空とはなり得ないと考える。また、現実の問題として地方においてコミューター航空を飛ばした場合、実際にどの程度の需要があるのかが正確には分からないままその次の、スケジューリング等の問題が論じられていた。このように需要予測があいまいであったことが、これまでのコミューター航空に関する研究の問題点であったとも言える。そこで本論文では、この地域航空の需要予測をどのようにしていくかを中心に考え、需要予測を理論だてて行なうことと、その結果として出て来る予測需要を基にして、どのような形でネットワークを形成していくべきかの提案を目的とする。

2. 需要予測の手法について

(1) 情報流動率を用いたの都市間親和度

都市間の結びつきの強さを考える場合、都市間を流動するものによって判断する。この際、都市間を流動するものとして交通と情報の2つがあるが、これまでは交通に重きがおかれており、情報の流動についてはあまり重要視されていなかった。しかし実際は交通の流動と情報の流動の2つを考えてはじめて都市の結びつきがわかるはずである。一般に情報流動の大きい都市間は交通流動も大きい傾向にある。

ということは、情報流動から交通流動が判断でき、都市間の結びつきの強さもわかるということになる。このようなことから、本論文では情報流動によって都市間の親和度を定義することにした。情報伝達手段としては、郵便・電話などいくつかの種類があるがその中で、距離抵抗を考慮して交通機関と比較してみると、時間的抵抗が小さいという点で航空機と電話は比較的性格の近い手段と考えられる。そこで、電話の流動から、新規に路線を開設する地点間における航空流動も推量できると考え、電話の交流による都市間親和度を定義することにした。親和度の定義式についてであるが、単純に情報流動の絶対量で判断してしまうと当然大都市間の方が大きいという結果になってしまう。そこで、両都市の人口で除することにより、人口に対しての情報流動の大きさがわかり、これにより、結びつきの程度が推量できると考えられる。定義式は、以下になる。

$$I'_{ij} = \frac{I_{ij}}{m_i \cdot m_j} \quad (1)$$

ここで、 I_{ij} は2都市間の情報流動量で、 m は人口である。情報量の単位としては、使用回数で捉えることにした。 I'_{ij} は人口に対する情報量の割合となる、情報流動率である。このように定義される情報流動率を、都市間の親和度とする。

(2) 需要予測の定式化

交通需要の性格として、情報流動の大きいところは交通流動も大きく、また、交通流動の大きさは都市間の距離に反比例すると考えられる。この2つのことから、従来都市間流動の予測に使われていた重力モデルでは表現できないことが表わせると考えられる。そこで、次のような形の式を定義して、これにより都市間の航空流動量を予測する。

$$T'_{ij} = k \cdot \frac{(I'_{ij})^b}{(L_{ij})^a} \quad (2)$$

都市間の需要量をSとして

$$S = T'_{ij} \cdot (m_i \cdot m_j) \quad (3)$$

となる。

ここで、a, b, kはパラメータで、 I'_{ij} は情報流動率、 L_{ij} は都市間の距離、 T'_{ij} は交通流動率とする。 T'_{ij} の定義については情報流動率と同じである。

以上のような、需要予測の方法をまとめたものが図1のようになる。

初期データ

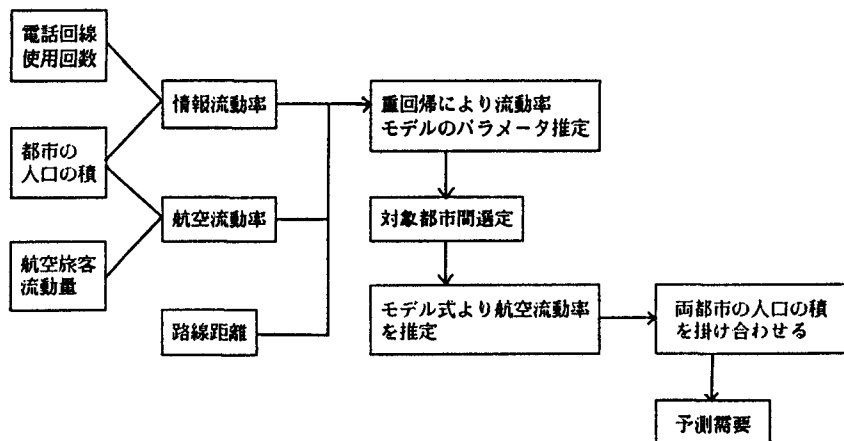


図-1 航空需要予測モデルの流れ

3. 地域航空需要モデルの検証

(1) 北海道における都市間親和度

需要予測を行なうに先立って北海道内の主要都市間の親和度を計算してみる。計算にあたっては回線の一時間あたりの使用回数(これをアールと呼ぶ)を示したデータをもとにして、一年間あたりの使用回数に直したものをを用いた。このデータを使用して情報流動率を計算した結果は、表1のようになる。これを視覚的にわかりやすく示したものが、図2である。また、図3は、比較のために情報流動量を表わしたものであるが、この2つを比較すると、絶対量ではわからなかった都市間の結びつきが見えてくる。このように、情報流動率による都市間親和度を考えることにより、潜在的な需要を把握することができると考えられる。

(2) 需要予測モデルの検証

北海道内の既存の航空路線について、都市間親和度により需要を予測してみる。需要予測の式におけるパラメータ決定においては、式の両辺を対数化して線形になおし重回帰により決定した。データは、日本全国における、航空路線ごとの旅客流動のうち、

東京および大阪の発着を除外した、ローカルの路線についてのデータを用いた。

表-1

i	j	人口の積	情報流動量	情報流動率
札幌	函館	414592	2365	0.005
札幌	帯広	196800	1545	0.007
札幌	旭川	450072	4097	0.009
札幌	釧路	282080	1723	0.006
札幌	苫小牧	187616	1487	0.007
札幌	中川	57728	496	0.008
札幌	稚内	72160	625	0.008
函館	稚内	17380	29	0.001
函館	帯広	47400	55	0.003
函館	旭川	108072	140	0.001
函館	釧路	67940	117	0.001
函館	苫小牧	49478	198	0.007
函館	中川	13904	20	0.001
函館	旭川	51300	190	0.004
帯広	釧路	32250	832	0.026
帯広	苫小牧	21450	153	0.007
帯広	中川	6600	51	0.008
帯広	稚内	8250	18	0.002
旭川	釧路	73530	204	0.003
旭川	苫小牧	48906	478	0.01
旭川	中川	15048	179	0.012
旭川	稚内	18810	650	0.035
釧路	苫小牧	30745	272	0.009
釧路	中川	9460	90	0.01
釧路	稚内	11825	35	0.003
苫小牧	中川	7865	81	0.01
苫小牧	稚内	2420	27	0.01

これにより決定されたハラメータを用いた式は次のようになり、重相関係数は0.96と比較的高いものとなった。

$$T' = 0.127 \times \frac{(I')^{0.6723}}{L^{0.219}} \tag{4}$$

表2は、(4)式により予測される需要を実績値と比較するための、最近10年間の道内既存路線における航空流動の実績値を表わしている。(4)式を用いて予測した結果は表3ようになる。表3には、実績値の中で、予測値と最も近い値も併せて掲載している。ここで、需要値の単位はすべて千人である。実績値と見比べてみると、需要予測に使用した情報流動のデータと同年度の実績値と比べて全体的にほぼ一定の割合で少なく見積られている。データの年度よりも数年先の実績値とほぼ一致した予測が得られている。この結果は、情報と交通の関係を物語っているものではないかと解釈される。つまり、情報伝達手段の発達した現在、情報による結びつきが先にあり、それによる結びつきがある程度強まってから、実際に人が移動するという交通による結びつきが行なわれるのではないかと。つまり、情報流動による親和度を用いての需要予測は、その時点から見ての将来の需要あるいは潜在需要を表わすものと言えよう。このことから、この需要予測モデルは現在だけではなくても将来の需要を考えるうえではかなり信頼性のあるモデルと言えよう。このことから、新たに路線を開設した場合の需要の予測においても使えるモデルと考えられる。

表 - 2

年度	5 4	5 5	5 6	5 7	5 8	5 9	6 0	6 1	6 2	6 3
札 - 釧	355	340	315	287	264	243	241	247	247	256
札 - 函	243	237	223	213	211	218	218	259	279	296
札 - 帯	80	81	82	32	9	-	-	-	-	-
札 - 女	140	144	142	141	135	137	160	176	204	212
札 - 稚	39	50	55	57	58	64	68	73	78	83
札 - 中	9	28	46	53	46	57	58	51	63	65

単位 (千人)

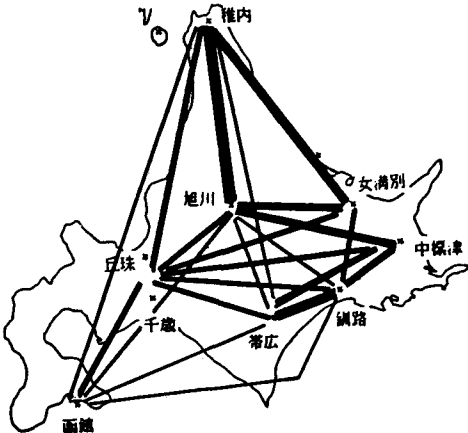


図 - 2 都市間情報流動率

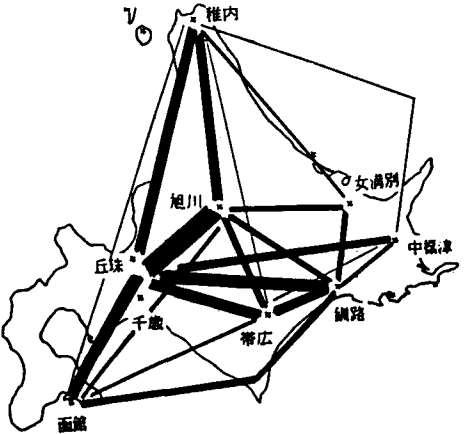


図 - 3 都市間情報流動量

表 - 3

i	j	交通流動率	予測需要	実績値
札	函	0.0006376	264	223
札	釧	0.0006574	185	315
札	女	0.0006953	130	142
札	中	0.0007647	44	46
札	稚	0.0007993	57	55

4. コミューター・ネットワークと成長サイクル

(1) 需要予測からネットワークの形成

2, 3で、通勤・航空の需要を予測するためのモデルの構築及びその検証を行ない、その結果、このモデルの有用性が明らかになった。そこで、通勤・航空の需要を把握することができるようになったことにより、次の段階としての通勤・ネットワークの形成について考えていけるようになった。以下では、ネットワークの形成についての考えを述べていくことにする。

(2) 一般的なネットワークの構成について

ネットワークを考えていくときに、その構成の形には以下に挙げるようなものがある。1つは、ハブ・アンド・スポークと呼ばれる形である。これは、アメリカ合衆国で発達してきたネットワーク構成である。これは、ハブと呼ばれる各地域の中心空港があり、そのハブに、通勤・航空によって地域内の旅客を集め、ハブとハブの間の幹線に乗せ、到着のハブからまた通勤・航空で最終目的の地域に旅客を運ぶというものである。日本においては、国際空港の関係で、成田、羽田、関西空港といったところが国際線における日本のハブ空港となっているという状況がある。しかし日本国内においてはダイレクトに路線を結んでいく形が進んでいる。これは、ロビンアラウンドと呼ばれる形である。日本のような狭い地域では、わざわざハブを設けて、そこからさらに分岐させていくような2段階にせずとも直接結んだ方が早いことが影響しているためであろう。ただし、地方において中核となる都市を設けたいという計画がある場合には、中核とすべき都市をハブ空港として、そこから地域内の各地へ分岐させていくということも考えられよう。

(3) ネットワークの成長サイクル

ネットワークをそれぞれ有機的に結びつけて考えていくために、ネットワークを広げていく際に図4のようなサイクルを考えて、このサイクルに乗っ取って進めていく。このサイクルを、ネットワークの成長サイクルと名付ける。サイクル内の各作業について簡単に説明する。まず、ネットワークの設定であるが、設定においては都市間の親和度および競合交通機関との兼ね合いでの路線距離から判断していく。親和度からの需要予測であるが、ここでの需要予測は、成長できるだけの需要がとれる路線を判断するために行なう。そこで、初期の段階では比較的大きな都市について需要予測を行なう。需要予測は、前述(6)、(7)式を用いて行なう。次のネットワークの順位付けであるが、これは、需要のとれる路線と政策目標などから必要とされている地域の路線とのどちらを優先させるかという優先順位をつけるために行なう。これを入れておくことにより、高速交通空白地域といった、需要が少なくても必要であるとされる地域を含めて計画を立てることができる。次の成長条件は、実際に路線を拡張できるかどうか、また路線拡張をするときにどのように進めていくかを決定する部分である。ここでは、需要から生じる余剰および、その前の段階での順位付けの2点から判断する。

路線を拡張する際の成長条件が1つのポイントとなってくる。成長するための条件としては、以下の2つのことを考える。

① 路線内での余剰が生じること。

これは純粹に成長させるということ考えた場合の条件である。そのための判定式として、次のようなものを考える。

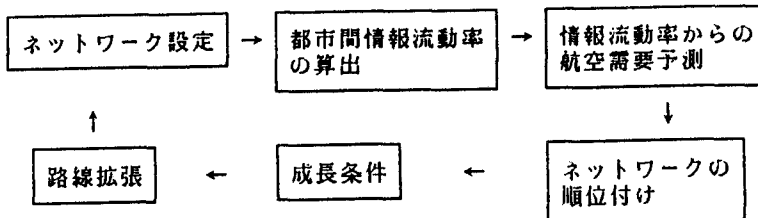


図-4 ネットワークの成長サイクル

生産費用： A_i 売上費用： S_i 余剰費用： N_i と
して、

$$N_i = S_i - A_i = 0 \cdots \cdots \text{平衡状態} \quad (5)$$

$$> 0 \cdots \cdots \text{非平衡状態}$$

非平衡状態の時に余剰費用が生じる。

そこで、既存リンク数を x として、1つのリンクに
についての売上費を S_i 、生産費用を A_i 、として、全
体の余剰 $\sum N_i$ は、

$$\sum_{i=1}^x N_i = \sum (S_i - A_i) \quad (6)$$

増えるリンク数を y として、負の余剰つまり欠損を
考えると、

$$\sum_{j=1}^y N_j = \sum (S_j - A_j) \quad (7)$$

この2つを合わせた、

$$\sum N_i + \sum N_j > 0 \quad (8)$$

となれば、ネットワーク全体としての余剰が生じる
ことになり、成長条件の①を満たすことになる。

②政策目標に合致していること。

ネットワークの順位付けに関係してくるが、これは
地域開発を考慮したものである。その地域での政策
目標と照らし合わせて、どのように路線を拡張して
いくかを決定する必要がある。その目標として、北
海道地域であれば、高速交通機関の空白地域を埋め
るための通勤・航空の利用や、札幌への一極
集中の現状を改善して、各地域へ機能の分散を図る
ための交通機関の整備としての通勤・航空の
利用などがある。

以上の2つのことを考慮して、どのように路線の拡
張をしていくかを考えていく。

(4) 北海道内の通勤・航空ネットワーク設
定についての提言

通勤・航空のネットワークの設定にあたっ
ては、通勤・航空導入に適切な路線距離かど
うかを考慮にいれて考える必要がある。これは、予
測する需要が通勤・航空の利用者数を表わす
ものとなるわけであるから、現実の問題として、コ
ミューター航空を飛ばすのにはあまりにも近すぎる
路線を排除するためである。高規格道路が完成した
際の都市間の移動時間と空港までのアクセス時間を
含めた通勤・航空による移動時間を示したもの
が、表4である。この表から、暫定的に、移動時

間が通勤・航空を利用した場合でも自動車に
よる時間の1/2 以内に短縮されない路線を削除して、
残った路線について、親和度から航空需要を算出す
ることにしてみる。需要の予測値算出にあたっては、
前述の(4) 式を用いて行なった。

表 - 4 単位 (分)

i	j	路線距離	通勤・	+アクセス	自動車
札幌	函館	232	45	105	252
札幌	帯広	200	40	100	159
札幌	旭川	140	28	88	85
札幌	釧路	310	60	120	241
札幌	女川	360	45	105	280
札幌	中川	354	65	125	340
札幌	稚内	308	60	120	250
函館	稚内	450	90	150	430
函館	帯広	340	38	128	355
函館	旭川	200	40	100	317
函館	釧路	430	86	146	437
函館	女川	436	87	147	480
函館	中川	440	87	147	355
帯広	旭川	210	42	102	221
帯広	釧路	120	24	84	110
帯広	女川	180	36	96	154
帯広	中川	180	36	96	317
帯広	稚内	440	88	148	437
旭川	釧路	270	54	114	303
旭川	女川	200	40	100	220
旭川	中川	230	46	106	280
旭川	稚内	230	46	106	165
釧路	女川	130	26	86	180
釧路	中川	120	24	84	140
釧路	稚内	380	76	136	480
女川	稚内	280	56	116	385
中川	稚内	400	80	140	420

注：+アクセス・・・通勤・航空の飛行時間に
空港アクセス時間を合わせた時間

表 - 5

i	j	交通流動率	予測需要
函館	稚内	0.0001751	3
函館	帯広	0.0004006	18
函館	旭川	0.0002266	24
函館	釧路	0.0001776	12
函館	女川	0.0004491	22
函館	中川	0.0002211	3
帯広	旭川	0.0004669	23
帯広	稚内	0.000281	2
旭川	釧路	0.0003282	24
旭川	女川	0.0009925	48
旭川	中川	0.0011519	17
旭川	稚内	0.0023657	44
釧路	稚内	0.0004536	5
女川	稚内	0.0009572	7
中川	稚内	0.0009111	2

その結果を表わしたものが表5である。この予測需要を図示したものが図5である。現在道内のコミュニティー・ネットワークの形成の初期段階として、函館、旭川、釧路の3つの中堅都市を結ぶトライアングルでのネットワークを築き、ここで需要を掘り起こしていこうという考えがある。この3都市を結ぶ路線内での総需要が6万人以上であれば、余剰が生じると言うことであるが、この計算結果をみると、この3都市の総予測需要はちょうど6万人となっており、この3都市を結ぶトライアングルでのネットワークを築いていくことは可能となる。しかし、この3都市だけでなく、例えば旭川を中心として、稚内、女満別、といった都市を結ぶ路線は、各々で、4万人以上の需要が見込めるという結果となっている。そこで、例えば、先ほどのトライアングルだけではなく、旭川をハブ空港とした、ハブ・アンド・スポーク型のネットワークを最初に形成するという考え方もできよう。特に注目すべきは、これまであまり重要視されていなかった旭川と稚内を結ぶ路線であろう。この両都市間については、前述の3章における情報流動率による都市間親和度の大きさから、両都市の結びつきの強さが分かる。このように、これまで見落とされていた都市間の路線が実は重要な意味を持っているということも分かってくる。

V. おわりに

今回の研究では、ネットワークの設定にあたって、どのような形で行なえば良いかということの提言として、段階をおって考えていくための成長のサイクルという考え方を提示した。また、その中で、情報流動によって、都市の結びつきの強さを表わす都市間親和度という考えを明らかにし、これにより地域航空流動量の予測が可能であることを明らかにした。これまで、都市間流動を表わすモデルとしては、重力モデルが中心となってきたが、重力モデルでは地域航空流動を良く表わすことができないという状況であった。そこで、今回提示した情報流動による都市間親和度から航空流動を予測するためのモデルは、これまでの重力モデルだけでは表わせなかった流動の様子を表わすことができるようになったと考えている。以上のことから、本研究の成果をまとめると次のようになる。

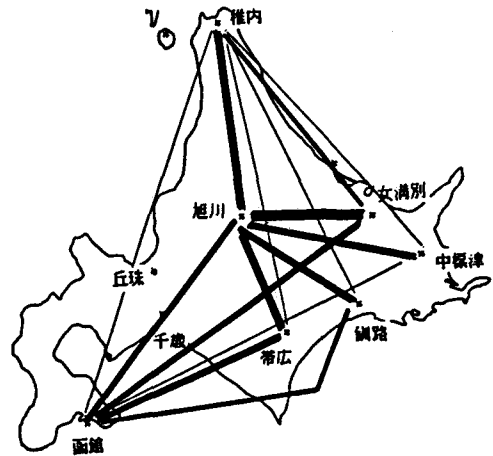


図-5 予測需要

①都市の結びつきを表わすものとして、電話による情報流動から、都市間親和度を考えることにより、これまでのような交通流動だけでは表わせない結びつきを表わしたこと。

②親和度を用いて、従来の重力モデルより優れた地域航空の需要を予測するモデルを構築したこと。今後の課題としては、成長のサイクル全体を概念的なもので終わらせることなく、実際の計画に利用できるような形にしていこうことである。そのために、今回の発表では間に合わなかったネットワークの順位付けの部分をもどのようにしていったら良いかということも現在考慮しているところである。

(参考文献)

航空輸送統計年間 昭和53年度～昭和63年度

地域間トラヒック交流状況表

北海道地域航空整備基礎調査 報告書

運輸省東京航空局

コミューター航空委員会 報告書