

北海道におけるハブ・アンド・スポーク航空路線の構築に関する研究*

Development of Hub and Spoke System for Domestic Airlines in Hokkaido*

日野 智^{**}、岸 邦宏^{***}、相浦 宣徳^{****}、佐藤 馨一^{*****}

By Satoru HINO^{**}, Kunihiro KISHI^{***}, Nobunori AIURA^{****}, Keiichi SATOH^{*****}

1. はじめに

近年の航空輸送業界における規制緩和の進展から、航空会社にはこれまで以上に効率性を重視した経営が求められている。そのため、採算性の高い幹線区間と採算線の低い地方航空路線とではサービス水準に格差が生じることが懸念される。すなわち、幹線区間では新規航空会社の参入や運航便数の増加、柔軟な運賃設定による価格競争などサービス水準の向上が図られている。しかし、地方航空路線では運航便数の減少や路線の廃止、航空運賃の値上げがなされ、地域における航空サービスの低下を招く恐れがある。

北海道と道外間の移動においては航空機が年間 2,182 万人を輸送し、交通機関全体の 84.3%を占めている。一方、道内間では 102 万人と全体の 1%にも満たない¹⁾。そのような中、1998(平成 10)年 3 月に道内主要空港間を結ぶコミューター航空である北海道エアシステム(HAC)が運航を開始し、年々利用者数を増加させている。このことは北海道においてもコミューター航空が十分に機能することを示しており、地域の交通・航空サービス向上のためにさらなるコミューター航空の活用方策が求められている。

航空輸送網の一つの形態であるハブ・アンド・スポークシステムは最小路線数で接続空港数を最大とする効率的な路線網を形成可能であり、座席利用率の向上や使用機材数の減少を図りうる。そのため、航空会社の運営を合理化・効率化しうる路線形態といえる。さらに、航空利用者にとってのサービス水準も効率性と両立させることが可能である。しかし、大橋ら²⁾が指摘しているように、ハブ・アンド・スポークネットワーク形成については航空会社だけではなく、利用者側の要因も影響すると考えられる。実際、北海道内の地方空港における路線は東京を中心とした道外への直航便が多く、ハブ・アンド・スポークシステムを構築した際、ハブ空港となる新千歳空港における乗り継ぎが航空利用者に受け入れられるか

は不明である。その利用者数も少ないために新千歳空港と結ぶフィーダー路線の運航便数を十分に確保できず、その機能を活かすことができない可能性もある。

本研究は航空路線のハブ・アンド・スポークシステムに着目し、コミューター航空をフィーダー路線として活用することを提案する。そのため、女満別空港における意識調査から航空利用者の航空輸送利用実態と乗り継ぎ便の選択意識を把握し、乗り継ぎ便利用者数の算定を試みる。さらに、路線毎の座席利用率を算出し、機材運用におけるコミューター航空の有用性を検証する。それらによって、新千歳空港をハブ空港とした北海道内における国内航空路線のハブ・アンド・スポークシステムの実現可能性を明らかにするものである。

大橋ら²⁾はハブ・アンド・スポークネットワークが形成される条件や空港使用料政策が航空市場構造に与える影響について考察している。また、田村ら³⁾は出発希望時間に着目した航空需要モデルの構築と地域航空ネットワークの最適スケジューリングを行っている。航空のスケジューリング手法については、徳永ら⁴⁾や遺伝的アルゴリズム(GA)を適用した田村ら⁵⁾による研究がある。

これまでの研究事例の多くは航空市場を仮定した分析であった。本研究は利用者が望む航空サービスを把握するという観点から自由時間の拡大効果を明らかにし、意識調査の実施から利用者の乗り継ぎ便(ハブ・アンド・スポークシステム)選択意識を分析した。また、既存研究ではハブ・アンド・スポークシステム導入時には直行便を廃するものとした分析がなされている。本研究では乗り継ぎ便選択率モデル構築によって、直行便と乗り継ぎ便が並立した航空ネットワークを分析対象としている。

コミューター航空の需要予測は非集計行動モデルを構築した森地ら⁶⁾による研究などがある。しかし、コミューター航空をハブ・アンド・スポークシステムのフィーダー路線と捉え、既存航空路線からの転換によってその利用者を算出している点が本研究の特徴である。

2. 北海道における航空輸送の状況

(1) 各空港における旅客輸送人員と座席利用率

北海道には離島も含めて 12 カ所の空港が存在する。そのうち、北海道外への路線が設定され、年間の旅客輸送人員が 10 万人を超えるものは新千歳・函館・女満別・旭川・釧路・帯広・稚内・中標津の 8 空港である(図 1)。

*キーワード：空港計画、意識調査分析、ハブ・アンド・スポークシステム

**学生会員、修(工)、北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻(札幌市北区北 13 条西 8 丁目、TEL 011-706-6822、FAX 011-706-6216)

***正 会 員、博(工)、北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻(札幌市北区北 13 条西 8 丁目、TEL 011-706-6216、FAX 011-706-6216)

****正 会 員、博(工)、神奈川大学工学部経営工学科

(横浜市神奈川区六角橋 3 丁目、TEL 045-481-5661、FAX 045-413-6565)

*****フェロー、工博、北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻(札幌市北区北 13 条西 8 丁目、TEL 011-706-6209、FAX 011-706-6216)

いずれもジェット機が就航しており、東京(羽田空港)との間に路線が設定されている。中でも、新千歳空港の輸送人員は多く、北海道における基幹空港としての役割を果たしている。航空路線やその運航便数も道内他空港と比較すると非常に多い。

各空港における道外間との路線では、東京と結ぶ路線の輸送人員が多く、新千歳・女満別空港を除き、総輸送人員の半数以上を占めている。その座席利用率は各路線とも60%前後となっている(表1)。

道内間の路線では札幌(新千歳・丘珠空港)と結ぶ路線が中心であるが、東京便と比較するとその輸送人員は少ない。また、旭川・帯広空港では札幌方面への航空路線は設定されていない。年間の座席利用率は新千歳空港に比べ、札幌市郊外に位置する丘珠空港と結ぶ路線の方が高くなっている。また、座席利用率が50%を下回る路線

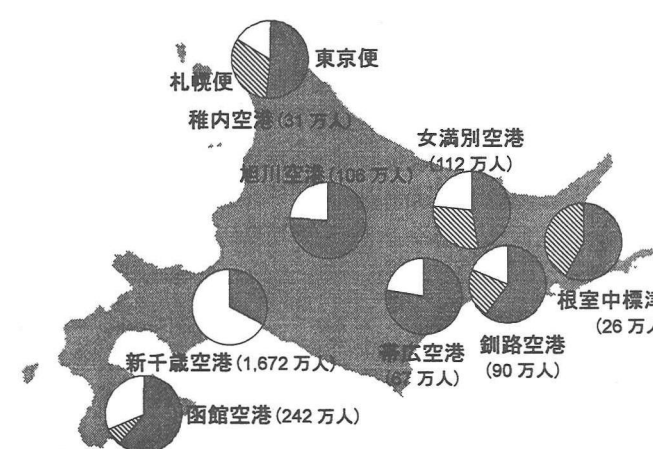


図1 主要空港の年間旅客輸送人員と各路線が占める割合(平成10年度)¹⁾

表1 各路線の旅客数と座席利用率(対東京)⁷⁾

路線	旅客数	座席数	座席利用率
羽田～新千歳	8,657,817	13,061,999	66.3%
羽田～稚内	174,824	261,034	67.0%
羽田～釧路	548,617	924,751	59.3%
羽田～函館	1,476,202	2,243,990	65.8%
羽田～旭川	763,621	1,324,310	57.7%
羽田～帯広	536,809	840,129	63.9%
羽田～中標津	124,657	226,328	55.1%
羽田～女満別	512,389	882,975	58.0%

表2 各路線の旅客数と座席利用率(対札幌)⁷⁾

路線	旅客数	座席数	座席利用率
札幌～稚内	104,432	177,088	59.0%
丘珠～稚内	47,680	72,448	65.8%
新千歳～稚内	56,752	104,640	54.2%
札幌～釧路	168,066	321,076	52.3%
丘珠～釧路	53,188	91,622	58.0%
新千歳～釧路	114,878	229,454	50.1%
札幌～函館	153,980	227,456	67.7%
札幌～中標津	109,034	190,176	57.3%
新千歳～中標津	51,567	119,648	43.1%
丘珠～中標津	57,467	70,528	81.5%
札幌～女満別	319,762	652,488	49.0%
新千歳～女満別	312,534	634,953	49.2%
丘珠～女満別	7,228	17,535	41.2%

※札幌は新千歳・丘珠両空港を含む

も存在している。
道内各空港の地元自治体の多くは羽田空港への直行便の就航を働きかけ、就航後も運航便数の増加や運航時間帯の拡大を望んでいる。しかし、羽田空港発着枠の制限や路線としての採算性、夜間駐機などの点から、地域における航空利用者に対するサービス改善は困難なのが現状である。また、運賃面でも幹線航空路線と比較すると、実勢運賃では不利な状況にある。

一方、新千歳～羽田空港間はわが国全体においても旅客数が多い航空路線である。そのため、現在は新規参入会社を含めた4社によって46往復/日が運航され、運賃を含めたサービス競争が行われている。

(2) 北海道におけるコミューター航空

北海道内のコミューター航空は北海道エアシステム(HAC)によって担われている。HACは地域航空ネットワークの形成による北海道内の高速交通空白地域の解消などを目指し、日本エアシステムと北海道庁の出資によって1997(平成9)年9月に設立された。1998(平成10)年3月の運航開始時には1機体制で新千歳～函館・函館～旭川・旭川～釧路間に就航した。現在では3機体制に機材が増強され、北海道内の6路線にその運航路線を拡大している。その輸送人員の推移は開業年度である平成9年度こそは少ない水準にとどまったが、その後は運航路線の拡大もあり、輸送人員数・座席利用率を大きく伸ばしている(表3)。経営収支も平成11年度には黒字に転換している(表4)。

HACは小型機を使用するコミューター航空であるために既存の航空輸送と比べ、輸送人員の絶対数は多いものではない。しかし、その目標としてきた役割は十分に

表3 北海道エアシステム利用者数と座席利用率の推移

路線	年度	平成9	平成10	平成11	平成12 (7月末)
新千歳～函館 ¹⁾	年度	102	24,435	32,276	19,014
	利用率	35.4%	38.4%	45.5%	72.1%
函館～旭川 ^{※1)}	年度	331	27,236	24,964	10,242
	利用率	65.7%	51.4%	47.9%	58.7%
旭川～釧路 ^{※1)}	年度	259	15,394	9,844	3,588
	利用率	51.4%	37.4%	38.1%	41.7%
釧路～函館 ^{※2)}	年度		12,753	20,618	5,808
	利用率		61.3%	48.0%	67.2%
新千歳～釧路 ³⁾	年度		3,797	27,771	12,635
	利用率		72.7%	84.3%	82.8%
女満別～函館 ⁴⁾	年度			6,470	4,398
	利用率			50.2%	50.7%
各路線合計 及び平均	年度	692	83,615	121,943	55,685
	利用率	53.4%	45.5%	51.3%	65.5%

※1: H10.3.28～ ※2: H10.7.1～ ※3: H11.1.16～
※4: H11.10.1～ (上段: 利用者数、下段: 座席利用率)

表4 北海道エアシステム営業成績の推移

	平成9年度	平成10年度	平成11年度
営業収入	5,583	941,182	1,440,071
当期利益	△30,056	△75,164	70,772
当期末 未処理利益	△30,056	△105,220	△34,447

(単位: 千円)

果たしているといえる。

3. ハブ・アンド・スポークシステムと通勤・航空の活用

(1) ハブ・アンド・スポークシステムによる効果

大橋⁸⁾はハブとなる空港を中心に放射状の路線(スポーク)を構成する運航ネットワークシステムであるハブ・アンド・スポークシステムの影響について、以下のよう整理している。

航空会社については①効率的なネットワークの拡大と需要の囲い込み、②座席利用率の上昇などによる費用の削減、③市場支配力の上昇を挙げている。また、利用者については①運航便数の増加による待ち時間減少、②航空会社による接続空港数の拡大による効果を挙げている。さらに、大橋はハブ・アンド・スポークシステムが地域経済システムへ与える影響についても言及している。

しかし、ハブ・アンド・スポークシステムでは利用者の所要時間が増加し、ハブ空港における乗り継ぎの手間も発生する。そのため、ハブ・アンド・スポークシステムの構築が必ずしも地域の航空サービスの向上にはつながらない。また、利用者数が少ない場合、フィーダー路線の運航本数も少ないものとなる。航空会社には効率化の効果があっても、利用者にとってはサービスの低下となる。

そこで、本研究では通勤・航空をハブ空港と連絡するハブ・アンド・スポークシステムのフィーダー路線とすることを考えた。すなわち、新千歳空港をハブ空港としたネットワークを確立することで、北海道内におけるハブ・アンド・スポークシステムを構築することを提案する。これまでも通勤・航空は道内間の輸送に活用されてきたが、道外との間においてもフィーダー路線として地域の航空サービスを向上させよう。ハブ空港と地方空港とを結ぶフィーダー路線は運航便数が多いことが望まれるが、通勤・航空は採算性や機材運用における柔軟性から対応が可能と考えられる。さらに、これまで空港が存在しなかった地域においても、通勤・航空を整備することで道内と道外間とを合わせた輸送について、航空利用者の利便性を向上させよう。

(2) 女満別空港におけるハブ・アンド・スポーク路線の設定

本研究では女満別空港を例として、新千歳空港経由で女満別空港と羽田空港を結ぶハブ・アンド・スポーク路線を設定した。現在、女満別空港には羽田・新千歳空港を含め、道外3路線・道内3路線の航空路線が就航している。また、羽田～女満別路線については利用者数の季節変動が大きく、座席利用率も35～77%(平成11年度)と大きく変動している(図2)。これは新千歳との間や羽田～新千歳空港間の路線よりも大きな変動である。

路線設定においては、女満別～新千歳間の駐機時間は原則30分とし、各区間の所要時間は現状から女満別～新

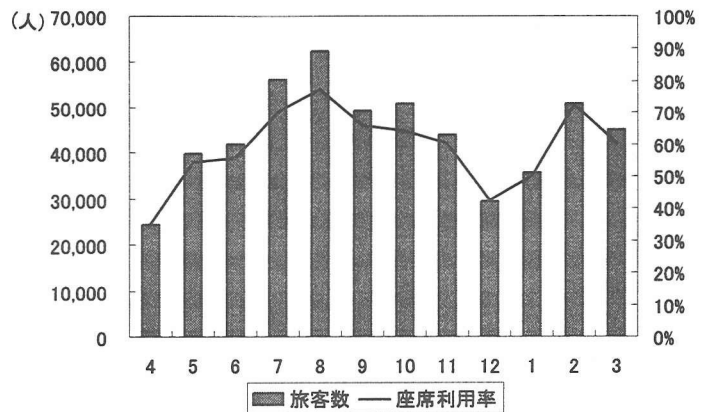
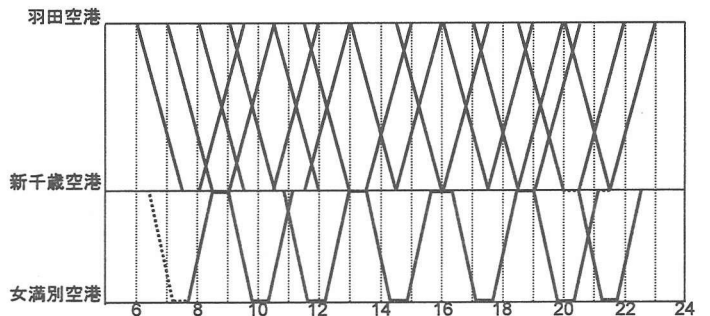


図2 羽田～女満別空港間の利用者数と座席利用率の変動⁷⁾

千歳空港を50分、新千歳～羽田空港を1時間30分と仮定した。また、乗り継ぎの待ち時間は各航空会社の時刻表から最短と考えられる20～30分とした。また、使用する航空機材は2機とした。ただし、新千歳空港から他空港への路線を考慮し、女満別空港では必ず折り返して運航するものとしている。本研究ではフィーダー路線として6～7本/日の運航便数を設定した(図3)。



(3) 改良型時間空間座標によるハブ・アンド・スポークシステムの表現

本研究では改良型時間空間座標⁹⁾によって、ハブ・アンド・スポークシステムの効果を表現する。アクティビティ・ベースト・アプローチの基本的概念が時間空間座標であり、ある地点における活動が線分、座標において自由に移動できる時間空間をプリズムとして表現する。

改良型時間空間座標では、時間空間座標においてプリズムで表現される公共交通による移動を斜めの線分によって、また、乗換時間や自由時間をプリズムによって表現する。さらに、従来は都市平面を2次元に射影していたが、これを平面図と正面図で表現する。

(2)で設定した乗り継ぎ便と現状の直行便の始発と終発便から、羽田空港を目的地とした改良型時間空間座標を作成した(図4)。乗り継ぎ便によってプリズム(図4・菱形部分)が大きく拡大することがわかる。プリズムは自由に移動できる時間空間を表しており、女満別から日帰りする場合、東京において自由に行動することができる時間や空間が拡大することを意味する。直行便と比較すると航空機による所要時間は1時間ほど増加するが、運航便数の増加とそれに伴う目的地における滞在時間・自由時間の拡大が利用者にとっての利点となる。

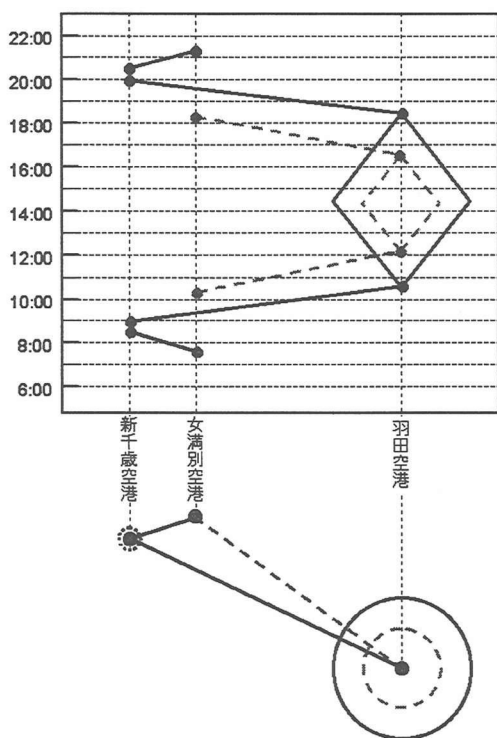


図4 女満別～羽田空港間の改良型時間空間座標

4. 意識調査による航空利用状況の把握

(1) 意識調査の概要

東京(羽田空港)を目的地と考えた場合、北海道内の地方空港には直行便が就航している。そのため、ハブ・アンド・スポークシステムは航空機を乗り継ぐ必要があることなどから、航空利用者にとって意識的な抵抗は大きいものと考えられる。大橋⁹⁾は北海道におけるハブ・アンド・スポークシステムを導入し、利用者と航空会社の便益変化を計測している。そこで、利用者は負の便益を享受する可能性を指摘している。しかし、筆者は運航本数の増加などによる自由時間の拡大効果は大きなものとする。

そのため、本研究では乗り継ぎを中心とした航空機の利用実態と新千歳空港経由の乗り継ぎ便の選択意識を明らかにするため、空港利用者を被験者とした意識調査を実施した。乗り継ぎ便の選択意識の把握を行うため、実験計画法¹⁰⁾を用い、東京(羽田空港)を出発・目的地とした路線を分析対象とした。

調査地は利用者の多さや航空路線の設定、羽田空港までの直行便と乗り継ぎ便の所要時間差などを考慮し、女満別空港とした。意識調査は2000(平成12)年6月15日(金)・16日(土)に行い、対面方式によって214票を回収した。女満別～羽田空港間の利用者は道内居住者のみに限られない。そのため、道内及び道外居住者の双方を被験者としている。

(2) 航空機と乗り継ぎ便の利用状況

航空機の利用目的については、出張などの業務目的と観光・帰省などの私用目的がそれぞれ半数ずつを占

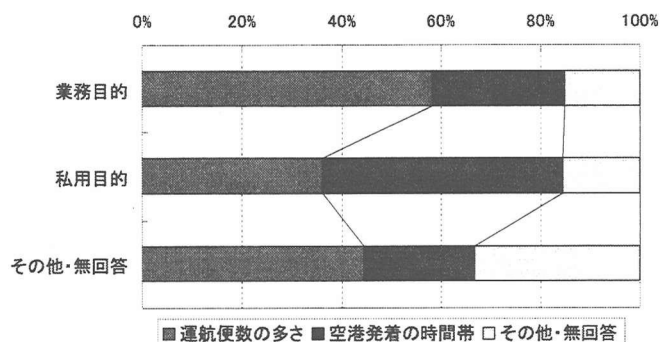


図5 主な利用目的と運航ダイヤに重要視することの関係

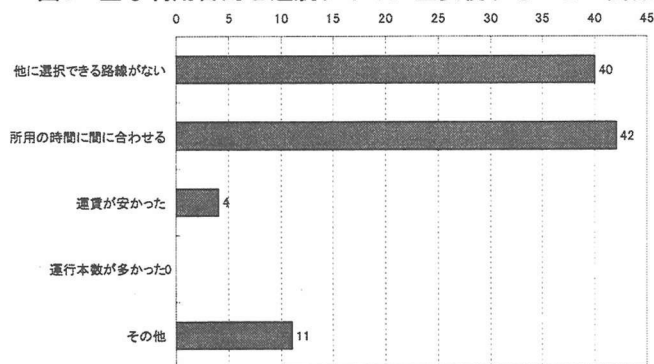


図6 航空機を乗り継いで利用した理由(複数回答可)

めている。また、主な利用目的と航空利用時に運航ダイヤに重視することとの関係を見ると、わずかではあるが業務目的では「運航便数の多さ」、私用目的では「空港発着の時間帯」が重要とされている(図5)。このことから、目的によって利用者が望ましいと考える運航ダイヤは異なるといえる。

乗り継ぎ便利用の経験については、利用したことがある人が40.7%を占めている。利用した理由については、「他に選択できる路線がなかった(直行便がなかった)」ことと「所用の時間の間に合わせる」ことが多い(図6)。他に選択できる路線がない場合は当然であるが、直行便を選択できる場合においても目的地への到着時間などの時間的な制約条件から航空機を乗り継いで利用する場合が少なくないことがわかる。

乗り継ぎ時に不満を感じたことについては、「待ち時間が長い」ことを挙げる利用者が非常に多い(図7)。他にも、「移動距離が長い」「運賃面などの優待措置」なども比較的多く挙げられている。一方、乗り継ぎ便を利用したことがない人については、その理由として「利用する機会がなかった」ことに回答が集中している(図8)。乗

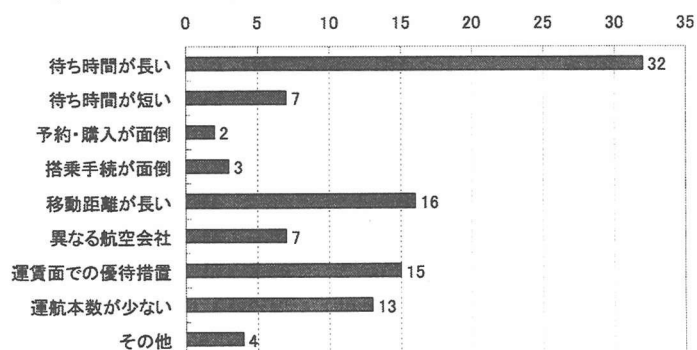


図7 乗り継ぎ便利用に際して不満と感じたこと(複数回答可)

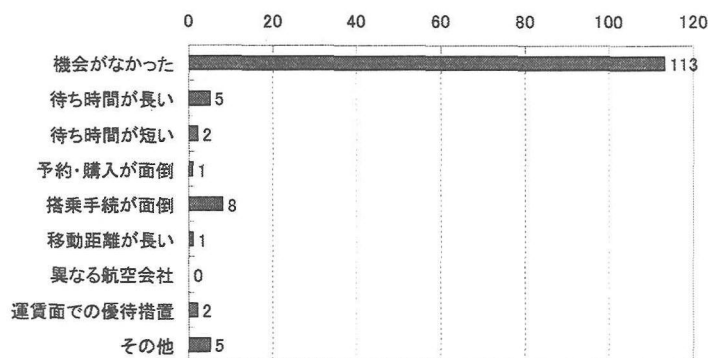


図8 乗り継ぎ便を利用したことがない理由（複数回答可）
り継ぎ便の設定がない航空路線のみを利用してきたこと
もあろうが、直行便の路線が存在する場合には乗り継ぎ
便の利用を考えないという意識が表れているとも考えら
れる。つまり、利用者は乗り継ぎ便を通常では航空経路
の一つとして認知していない可能性がある。

5. 乗り継ぎ便選択率モデルの構築と利用者数の算出

(1) 乗り継ぎ便選択意識の分析

本研究では実験計画法を用いた意識調査を行うことで、乗り継ぎ便選択意識を分析した。ここでは、3.で設定したハブ・アンド・スポーク路線を直行便と比較する乗り継ぎ便とし、その運航時刻・所要時間などを質問の際に被験者に提示している。

乗り継ぎ便の選択に影響を与える要因として、交通目的や方向、乗り継ぎ便の合計運賃、直行便の運航本数の4要因に2水準を設定した(表5)。また、所要時間や直行便の運賃などは固定とし、現状や設定した値を用いている(表6)。これら変動要因の組み合わせをL₈直交表に割り付けることで8種類の調査票を作成し、それぞれについて乗り継ぎ便の選好意識を質問している。

各票種における割付と乗り継ぎ便の選択結果を表7に示す。全体的に乗り継ぎ便の選択率は低く、乗り継ぎ便の利用に対する意識的な抵抗は大きなものと考えられる。

乗り継ぎ便選択率に対する分散分析を行った結果を表8に示す。乗り継ぎ便の運賃が最も寄与率の高い要因であり、利用者は主として運賃によって航空路線を選択している。また、交通目的と交通方向は単独ではほとんど選択率に寄与していないが、交通目的と方向の交互作用(A×B)の寄与率が比較的高いことが着目される。交互作用はある二つの要因を組み合わせることで表れる影響である。すなわち、道内居住者を例とすると「業務目的で女満別から羽田空港に向かう場合は直行便を利用するが、帰りの羽田から女満別空港へは乗継便を利用する」といった目的と方向を組み合わせた選択意識が生じている。

(2) 乗り継ぎ便選択率モデルの構築

本研究では意識調査の結果から乗継便選択モデルを構築した。モデルは集計ロジットモデルから構築している。交通目的と方向の交互作用の寄与率が比較的高い値であ

表5 変動要因の種類と水準

	要因	第1水準	第2水準
A	交通目的	業務目的	私用目的
B	交通方向	女満別→羽田	羽田→女満別
C	乗継便合計運賃	4万4500円	3万0000円
D	直行便運航便数	4本/日	2本/日

表6 固定要因の種類と水準

要因	値
乗継便の所要時間	2時間50分
直行便の所要時間	1時間40分
新千歳空港での待ち時間	30分
直行便運賃	3万5000円
女満別～新千歳空港間運航便数	6本/日
東京～新千歳空港間運航便数	12本/日

表7 直交表による割付と乗り継ぎ便の選択意識

票種	A (交通目的)	B (交通方向)	C (乗継便運賃)	D (直行便便数)	乗継便 選択率	n
①	業務	女満別発	4.45万円	4本/日	21.4%	56
②	業務	女満別発	3.00万円	2本/日	47.3%	55
③	業務	羽田発	4.45万円	2本/日	17.0%	53
④	業務	羽田発	3.00万円	4本/日	20.0%	50
⑤	私用	女満別発	4.45万円	4本/日	4.0%	50
⑥	私用	女満別発	3.00万円	2本/日	39.6%	53
⑦	私用	羽田発	4.45万円	2本/日	20.0%	55
⑧	私用	羽田発	3.00万円	4本/日	41.1%	56

表8 分散分析表

要因	変動 S	自由度 f	分散 V	分散比 F ₀	寄与率 ρ
A:交通目的	0.13	1	0.13	0.01	-
B:交通方向	25.21	1	25.21	2.86	1.01
C:乗継運賃	915.92	1	915.92	103.85	59.52
D:直行便数	174.85	1	174.85	19.82	10.89
A×B	302.58	1	302.58	34.31	19.27
A×C	96.61	1	96.61	10.95	5.76
e:誤差項	8.82	1	8.82	1.00	3.48
全体	1524.1	7			

ったことを考慮し、その組み合わせを変数としてモデル式に取り込んでいる。構築された選択モデルは(1)式、(2)式に、各パラメータのt値を表9に示す。ここで、変数x_{1i}は交通目的と方向の組み合わせによって係数が変化するダミー変数であり、x₁₄はパラメータを0としている。

$$P=1/(1+\exp F(x)) \quad (1)$$

$$F(x)=-3.4713 \left\{ \begin{array}{l} -0.1685x_{11} \\ +0.6129x_{12} \\ +0.9270x_{13} \\ +0 \cdot x_{14} \end{array} \right\} +0.0000892x_2+0.3403x_3 \quad (2)$$

$$(R^2=0.882)$$

ただし、P: 乗り継ぎ便選択率

x_{1i}: 交通目的・方向変数

(x₁₁: 業務目的・女満別空港発, x₁₂: 業務目的・羽田空港発

x₁₃: 私用目的・女満別空港発, x₁₄: 私用目的・羽田空港発)

x₂: 乗継航空路線運賃(円)

x₃: 直行便運航便数(本/日)

直行便運航本数を4本/日とした際(図9)と2本/日に減

表 9 推定した各パラメータのt値

切片	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₂	X ₃
-2.5019	-0.2695	0.9803	1.4828	2.9262	1.5398

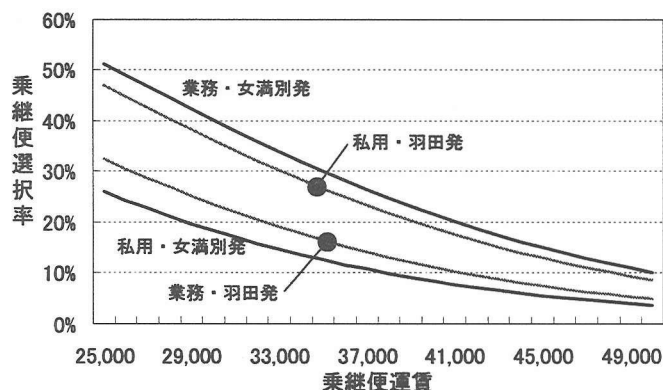


図 9 乗継便運賃と乗継便選択率(直行便：4本/日)

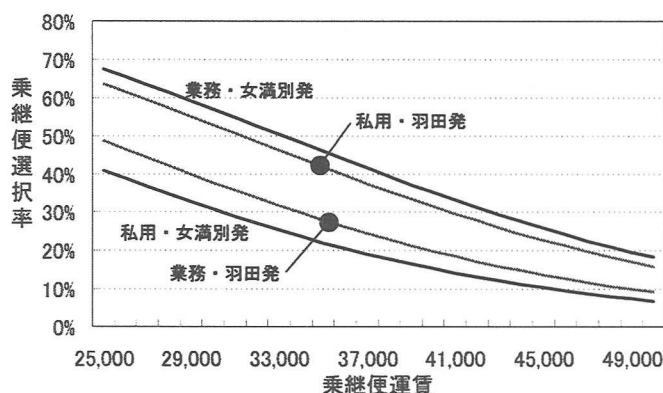


図 10 乗継便運賃と乗継便選択率(直行便：2本/日)

じた際(図 10)の交通目的・方向別の乗継便運賃と選択率の関係を示す。交通目的と方向の組み合わせでは、業務目的で女満別から羽田空港へ向かう場合の選択率が最も高く、私用目的で女満別から羽田空港へ向かう場合が最も低い。また、私用目的で羽田から女満別空港へ向かう場合と業務目的で羽田空港を出発する場合の間には、選択率に大きな差が存在する。

乗り継ぎ便の運賃が44,500円と現状の乗継利用と同額の場合、直行便が4本/日では5.8～15.6%、2本/日であっても選択率は10.9～26.7%と低い値にとどまっている。しかし、女満別空港を出発する場合は業務目的で33,190円、私用目的では20,900円、羽田空港を出発する場合は業務目的で24,400円、私用目的で31,300円以下において乗継便選択率が50%を超える。

以上から、ハブ・アンド・スポークシステムの選択率を高めるためには交通目的や方向の組み合わせといった利用者のニーズを考慮した運航計画が必要である。また、地域の航空サービス水準を考慮すると、ハブ・アンド・スポークシステムを設定しても直行便は廃止しないことが望ましい。

(3) 東京～女満別間における利用者数の算出

構築した乗り継ぎ便選択モデルから、女満別～羽田空港間の直行便の運航本数を2本/日に減じ、同時に同区間に通勤・航空によるハブ・アンド・スポークシ

テムを設定した際の年間旅客数を乗り継ぎ便運賃毎に算出する。モデルでは路線毎の方向別旅客数・座席数(表 10)、OD別の利用目的¹⁾を利用した。羽田～女満別空港間の方向別旅客数と利用目的から乗り継ぎ便と直行便の利用者が算出される(表 11)。算出された乗り継ぎ便利用者は、現在の新千歳～女満別空港間の旅客数に足し合わされる。なお、本研究では羽田発で女満別まで往復する旅客と女満別発で羽田まで往復する旅客がサービスに対して同一の選択意識を有していることを仮定している。

以上のように求められた各路線の旅客数を表 12 に示す。乗り継ぎ便の運賃が44,500円の時、羽田～女満別空港間と新千歳～女満別空港間の路線規模はほぼ同程度になる。現在の直行便と同じ35,000円にまで乗り継ぎ便運賃が引き下げられると、新千歳～女満別空港間の利用者総数は羽田～女満別空港を上回る。フィーダー路線における運航便数を確保するためにも、その路線規模は多い方が望ましいと考えられる。その点からも、ハブ・アンド・スポークシステムには航空運賃の低減が望まれる。

以上のように、ハブ・アンド・スポークシステムの構築は利用者に時間的な効果をもたらし、利用者数も運航ダイヤや航空運賃の設定によってはある程度見込まれることが明らかとなった。しかし、フィーダー路線の規模が比較的大きくなるため、コンピューター機材のみによる

表 10 現状における路線毎の旅客数と座席数⁷⁾

	旅客数	座席数	座席利用率
羽田→女満別	284,735	447,623	63.6%
女満別→羽田	245,239	444,670	55.2%
小計	529,974	892,293	59.4%
新千歳→女満別	163,059	302,725	53.9%
女満別→新千歳	164,625	301,533	54.6%
小計	327,684	604,258	54.2%

表 11 交通目的方向別の乗継便選択率と利用者数

乗継便運賃	業務・女満別発	業務・羽田発	私用・女満別発	私用・羽田発
¥35,000	47,502 45.9%	33,644 28.0%	31,326 22.1%	68,793 41.8%
¥44,500	27,632 26.7%	17,183 14.3%	15,450 10.9%	38,676 23.5%

表 12 算出された運賃・路線毎の年間旅客数

乗り継ぎ便運賃 44,500円	旅客数	うち乗り継ぎ 利用者数
羽田→女満別	228,876	-
女満別→羽田	202,156	-
小計	431,033	-
新千歳→女満別	218,917	55,858
女満別→新千歳	207,708	43,083
小計	426,624	-
乗り継ぎ便運賃 35,000円	旅客数	うち乗り継ぎ 利用者数
羽田→女満別	182,298	-
女満別→羽田	166,410	-
小計	348,708	-
新千歳→女満別	265,490	102,437
女満別→新千歳	243,454	78,829
小計	508,950	-

運航では座席数が不足すると考えられる。

6. 機材運用におけるコンピューター航空の有効性

(1) 路線の設定と航空機材の割付

本研究では羽田～女満別空港間を例とし、ハブ・アンド・スポークシステムにおける座席利用率を算出する。利用者数については 5. における乗り継ぎ便利用者数に手順に従う。そのため、各路線の利用者数は乗り継ぎ便の運賃と直行便の運航便数によって決定される。ここでは直行便運賃を一律に 35,000 円とし、直行便の運航本数は減少させることを前提とした。すなわち、航空路線間での競争が発生しない独占事業者によるハブ・アンド・スポークシステムの構築を想定している。

使用機材については各路線で実際に運航されているものとして、羽田～女満別空港間は A-300(定員 295 名)、新千歳～女満別空港間は MD-90(定員 166 名)、コンピューター航空が用いる機材として HAC が現在使用している SAAB-340B(定員 36 名)を仮定している。

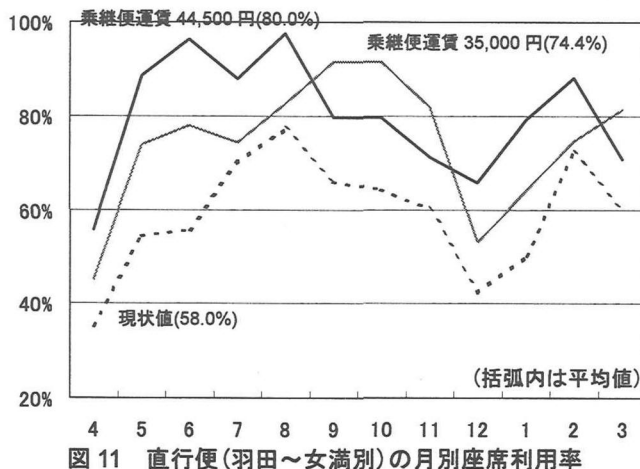
路線設定はハブ・アンド・スポークシステムを前提とする。そのため、フィーダー路線である新千歳～女満別空港間では先に設定した 6～7 本/日の運航本数を確保するものとしている。また、羽田～女満別空港間の運航本数は 2 本/日に減少させることとした。

なお、航空会社の総保有機材数や空港発着枠などによる制限は考慮しておらず、航空会社による運航ダイヤも利用者の季節変動によって変更されるものとする。

(2) 直行便における座席利用率

(1)に示す仮定の下で算出した直行便(羽田～女満別空港)の座席利用率を図 11 に示す。運航本数は 2 本/日を基本としたが、季節変動によって利用者数に対して座席数が不足する月は運航本数 3 本/日に増加させている。ここでは乗り継ぎ便運賃 35,000 円の方が運航本数の変更は少ない。

直行便の運航本数を減少させることで、座席利用率は現状から向上している。利用者のサービス水準を考慮すると運賃は低減させた方が望ましい。



しかし、ここでは直行便運賃は一定としたため、乗り継ぎ便運賃を低下させると直行便の利用者数は減少する。そのため、過度の乗り継ぎ便運賃の低下は直行便の利用者数や座席利用率の低下を招き、直行便の運航が十分に効率化されないこととなる。直行便と乗り継ぎ便双方の運賃を設定できる航空事業者を想定した場合、利用者数と年間を通した運航ダイヤの変更、座席利用率などを考慮した上で乗り継ぎ便運賃を設定する必要がある。

(3) 乗り継ぎ便の座席利用率

乗り継ぎ便(新千歳～女満別空港)の設定に関しては、以下のような 3 つのケースを仮定した。

ケース① 現在と同様の機材(MD-90)を新千歳～女満別空港間に 6～7 本/日運航させる

ケース② コミューター航空(SAAB 340B)を 6～7 本/日運航させ、座席数の不足分を MD-90 で補う

ケース③ MD-90 を 3 本/日または 4 本/日運航させ、座席数の不足分を SAAB-340B で補う

以上の各ケースにおける乗り継ぎ便運賃が 44,500 円での座席利用率を図 12 に示す。また、ケース③において設定された運航本数を表 13 に示す。

ケース①の場合、乗り継ぎ便運賃が 35,000 円の際は路線の利用者数が増加するために座席利用率は年平均 63.9%に向上するが、44,500 円では逆に低下する。つまり、現状と同様の機材ではハブ・アンド・スポークシステムにおける運航の効率化は困難といえる。

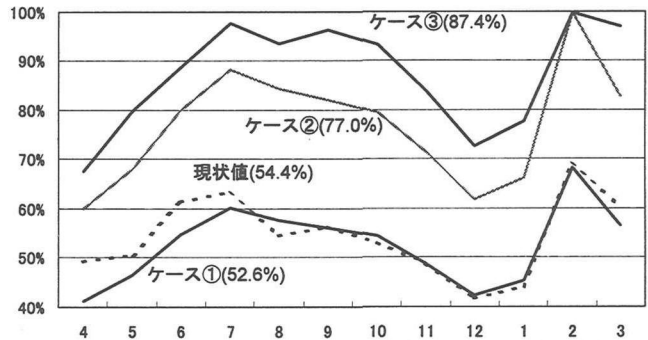


表 13 乗り継ぎ便(新千歳～女満別空港)における運航本数

月	乗り継ぎ便運賃 ¥44,500			乗り継ぎ便運賃 ¥35,000		
	① MD-90	② MD-90	③ SAAB	① MD-90	② MD-90	③ SAAB
4	6～7 本/日	3 本/日	3～4 本/日	6～7 本/日	3 本/日	2～3 本/日
5	6～7 本/日	3 本/日	3～4 本/日	6～7 本/日	3 本/日	2～3 本/日
6	6～7 本/日	3 本/日	4～5 本/日	6～7 本/日	3 本/日	2～3 本/日
7	6～7 本/日	3 本/日	4～5 本/日	6～7 本/日	4 本/日	3～4 本/日
8	6～7 本/日	3 本/日	4～5 本/日	6～7 本/日	4 本/日	3～4 本/日
9	6～7 本/日	3 本/日	3～4 本/日	6～7 本/日	4 本/日	3～4 本/日
10	6～7 本/日	3 本/日	3～4 本/日	6～7 本/日	4 本/日	3～4 本/日
11	6～7 本/日	3 本/日	3～4 本/日	6～7 本/日	3 本/日	2～3 本/日
12	6～7 本/日	3 本/日	3～4 本/日	6～7 本/日	3 本/日	2～3 本/日
1	6～7 本/日	3 本/日	3～4 本/日	6～7 本/日	3 本/日	2～3 本/日
2	6～7 本/日	3 本/日	6～7 本/日	6～7 本/日	4 本/日	5～6 本/日
3	6～7 本/日	3 本/日	3～4 本/日	6～7 本/日	4 本/日	3～4 本/日

※ ①は MD-90 のみを運航
※ ②は MD-90 に加え、SAAB 340B を 6～7 本/日運航
※ ③は SAAB 340B に加え、MD-90 を 3 本/日または 4 本/日運航

ケース②、③では乗り継ぎ便運賃が 44,500 円の場合でも現状値から向上している。コンピューター機と現状機材とを組み合わせで運航することで、運航本数を増加させても座席利用率を高くできる。ケース②と③を比較すると③の方が座席利用率は高く、特に乗り継ぎ便運賃が 35,000 円の際はその変動も小さくなっている。②はコンピューター機を主とし、その補助として現在の機材を運航する路線設定であり、③は現在の機材を主とし、補助としてコンピューター機を運航する路線設定である。コンピューター航空は定員が少ない機材を使用するため、利用者数の変動に対する細かな調整が可能である。そのため、ケース③では全運航本数や座席利用率の変動が少なくなっていると考えられる。

新千歳～女満別空港間のように既存路線の規模が比較的大きい場合、コンピューター航空は地方空港と新千歳空港とを結ぶ既存航空路線を補完する役割を果たせる。また、コンピューター機は年間を通じた運航ダイヤの変更にも対処した運用が容易と考えられる。

7. おわりに

本研究は利用者に対する意識調査から乗り継ぎ便の選択意識を把握し、選択要因として運賃と目的・方向の組み合わせが影響することを明らかにした。また、乗り継ぎ便選択率モデルを構築し、路線間の競争がない状況を仮定した上での機材運用を行い、コンピューター航空を活用したハブ・アンド・スポークシステムの設定が各路線の座席利用率を向上させることを論じた。座席利用率の向上は運営効率化につながり、航空会社による運賃の低価格化が可能となる。一般に、コンピューター航空は利

用者数が少ない路線において有効と考えられるが、既存の路線と組み合わせることでフィーダー路線として利用者数の比較的多い路線でも有効に機能しうる。

本研究の分析結果は直行便と乗り継ぎ便双方の運賃を設定できる航空事業者を想定したものである。しかし、現実には乗り継ぎ便と他社の直行便間で運賃等の競争が生じることも考えられる。そのため、直行便に現在の実勢運賃で運航する他社を考慮した分析等が望まれる。さらに、今後は航空会社の保有機材数の制限などを考慮したスケジューリング分析も必要とされる。

参考文献

- 1) 財団法人北海道陸運協会：数字で見る北海道の運輸 平成 11 年版、1999
- 2) 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製作に関する研究、土木学会論文集 No.611/IV-42、pp33-44、1999
- 3) 田村亨、稲野茂：地域航空における機材の最適スケジューリング、土木計画学研究・論文集 No.5、pp155-162、1987
- 4) 徳永幸之、稲村肇：ダイナミック・プログラミングによる航空ネットワークのスケジューリングモデル、土木学会論文集 No.440/IV-16、pp109-116、1992
- 5) 田村亨、金子裕一、杉本博之：遺伝的アルゴリズムを用いた航空機材スケジューリングの最適化、土木計画学研究・論文集 No.11、pp247-254、1993
- 6) 森地茂、田村亨、近藤淳一、浅輪宇充：コンピューター航空の需要予測、土木計画学研究講演集 No.8、pp347-350、1986
- 7) 平成 11 年航空輸送統計年報、(社)全日本航空事業連合会、2000
- 8) 大橋忠宏：航空におけるハブアンドスポークシステムとその影響、運輸政策研究 Vol.2 No.2、pp73-74、1999
- 9) 日野智、原田慎一、岸邦宏、佐藤馨一：アクティビティ・ベースト・アプローチによる交通情報の体系化に関する研究、土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集第 4 部、pp674-675、1998
- 10) 田口玄一：第三版実験計画法(上・下)、丸善、1977
- 11) 平成 9 年度航空旅客動態調査、運輸省交通局、1998

北海道におけるハブ・アンド・スポーク航空路線の構築に関する研究

日野 智、岸 邦宏、相浦 宣徳、佐藤 馨一

近年、航空会社には効率性を重視した経営が求められている。そのため、採算性の低い地方航空路線ではサービス水準が低下する恐れがある。そこで、本研究はコンピューター航空をフィーダー路線として活用したハブ・アンド・スポークシステムの実現可能性を明らかにした。女満別空港における意識調査から時間的な制約条件から利用者は乗り継ぎ便を選択し、運賃以外にも交通方向と目的の組み合わせが影響していることが明らかとなった。また、乗り継ぎ便選択率モデルを構築し、利用者数算出とコンピューター機を含めた機材運用の設定を行った。結果として、コンピューター機を活用することが座席利用率を向上させることを示した。

Development of Hub and Spoke System for Domestic Airlines in Hokkaido

By Satoru HINO, Kunihiro KISHI, Nobunori AIURA, Keiichi SATOH

Recently, airline companies are required the efficient management. Therefore, there is a fear of decline of airline's service level in the local airlines. In this study, the feasibility of the Hub and Spoke system in Hokkaido utilizing the commuter airline are clarified. From consciousness investigation, it changes clear that airline users choose hub and spoke route due to time-related constraints and is also made clear that one of the factor of route choice is the combination of purpose and traffic direction. As a result, it is shown that the load factor can be improved by airplane operation including the commuter airline.