

ネットワーク上の航空需要を考慮した  
空港運営政策に関する研究

萬 谷 和 歌 子

2015年



# 目次

<b>第1章 序論</b>	<b>1</b>
1.1 研究の背景	1
1.2 研究の目的	3
1.3 問題意識	5
1.4 研究方法	6
1.5 論文の構成	7
<b>第2章 2面性市場の理論と概念</b>	<b>9</b>
2.1 はじめに	9
2.2 航空ネットワークに関する既存研究	10
2.3 ネットワーク外部性	12
2.4 空港運営に関するネットワーク外部性	15
2.5 2面性市場	17
<b>第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング</b>	<b>27</b>
3.1 はじめに	27
3.2 モデル設定	30
3.3 ポイント・トゥ・ポイントネットワークの分析（航空会社がAB間の地方路線を運航している場合）	33

3.4	ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの分析（地方路線が存在せず，幹線のみ運航する場合）	36
3.5	ポイント・トゥ・ポイントネットワークとハブ・アンド・スポーク型ネットワークの解の比較	38
3.5.1	運航頻度に関する比較	39
3.5.2	旅客数に関する比較	39
3.5.3	生産性に関する比較	40
3.5.4	航空機サイズに関する比較	40
3.5.5	運賃に関する比較	41
3.5.6	数値計算	43
3.6	数値計算結果	44
3.6.1	都市間市場における旅客需要 ( $\beta_u$ )	44
3.6.2	フライト一便あたりの固定費用と着陸料 ( $\theta_0 + l$ )	47
3.6.3	旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ )	49
3.7	政策分析	51
3.8	結論	53
3.9	付録	56
<b>第4章</b>	<b>2面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策</b>	<b>65</b>
4.1	はじめに	65
4.2	本研究の基本的考え方	67
4.2.1	既存の研究概要	67
4.2.2	ゲートウェイ空港の経済的価値	69
4.2.3	2面的市場理論	71
4.3	2面的航空市場モデル	74

---

4.3.1	モデルの前提条件	74
4.3.2	家計行動の定式化と需要関数	77
4.3.3	分権的航空市場における航空会社の行動	78
4.3.4	空港の最適課金問題	85
4.4	ゲートウェイ空港の役割	89
4.4.1	集権的就航都市戦略決定モデル	89
4.4.2	空港の最適課金問題	93
4.4.3	ゲートウェイ空港の役割	94
4.5	比較静学	96
4.5.1	家計，航空会社への影響	96
4.5.2	着陸料設定問題	98
4.5.3	政策的示唆	102
4.6	おわりに	103
4.7	付録	104
<b>第5章</b>	<b>ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおける空港アライアンス</b>	<b>109</b>
5.1	はじめに	109
5.2	本研究の基本的考え方	110
5.2.1	既存の研究概要	110
5.2.2	空港サービスの補完性と需要の外部性	111
5.2.3	空港アライアンス	113
5.3	基本モデル	114
5.3.1	モデルの前提条件	114
5.3.2	家計と航空会社の行動	116
5.3.3	空港の課金行動	118

---

5.3.4	分権的市場均衡 . . . . .	120
5.3.5	集権的市場均衡 . . . . .	120
5.3.6	社会的最適解 . . . . .	122
5.4	空港のアライアンスモデル . . . . .	124
5.4.1	モデル化の前提条件 . . . . .	124
5.4.2	アライアンスの利潤配分問題 . . . . .	128
5.4.3	政策的示唆 . . . . .	131
5.5	おわりに . . . . .	133
5.6	付録 . . . . .	134
<b>第 6 章</b>	<b>結論</b>	<b>137</b>
	謝辞	<b>141</b>

## 目次

3.1	ネットワーク構造	30
3.2	運航頻度 $f$	36
3.3	都市間市場における需要 ( $\beta_u$ ) が消費者余剰に与える影響	45
3.4	都市間市場における需要 ( $\beta_u$ ) が航空会社の利潤に与える影響	45
3.5	都市間市場における需要 ( $\beta_u$ ) が社会厚生に与える影響	46
3.6	乗継による不利便性 ( $\mu$ ) と都市間市場における需要 ( $\beta_u$ ) が消費者余剰に与える影響	46
3.7	1フライトごとの固定費用と着陸料 ( $\theta_0 + l$ ) が消費者余剰に与える影響	47
3.8	1フライトごとの固定費用と着陸料 ( $\theta_0 + l$ ) が航空会社の利潤に与える影響	48
3.9	1フライトごとの固定費用と着陸料 ( $\theta_0 + l$ ) が社会厚生に与える影響	48
3.10	旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) が消費者余剰に与える影響	49
3.11	旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) が航空会社の利潤に与える影響	50
3.12	旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) が社会厚生に与える影響	50
3.13	ネットワーク構造の違い	54
4.1	ネットワークの概念図	69
4.2	モデルの空間構造	74
5.1	モデルの概要	115





## 表目次

5.1 空港課金戦略ゲーム . . . . .	111
-------------------------	-----



# 第1章 序論

## 1.1 研究の背景

1970年代よりアメリカで始まった規制緩和はその後世界中で推進され、現代の航空産業は、燃料費の高騰、規制緩和、オープンスカイ政策、景気の低迷、フルサービスキャリア（FSC）とローコストキャリア（LCC）を含む航空会社間の競争に加え、国内では新幹線との競争等、様々な課題に直面している。この時代に生き残るため、航空会社は航空ネットワークとアライアンスを再構築し、マイループログラムの提供や、価格差別、イーロード・マネジメント、最適な契約条件を採用するなど、常に経営戦略を模索し続けている。

航空産業の世界的な課題の一つは、空港管理と運営である。かつて幼稚産業として保護されてきた航空産業は徐々に国際的に競争する産業へと変化し、航空輸送が成熟しつつある現在では国際的に空港の民営化が一般化している。わが国ではかつて政府が所持していた空港の管理と運営が、過去30年間に民営化又は半官半民へと進化してきた。空港の民営化が進んだ理由としては、収益性の向上、事業の多角化の拡大に必要な投資資金の確保、および空港利用促進の為に施設改良や競争力向上が挙げられる。日本の空港整備は従来国が一括して行ってきたが、公共事業費減少の中、民間の知恵と資金が積極的に活用される仕組みの導入を志向することが推進されており、運営効率化のため国管理空港の27空港を2020年までに民間委託に移行する予定である。また、関西国際空港を首都圏空港と並ぶ国際拠点空港として再生するため、2012年大阪国際空港との経営統合が行われ

た。公共施設等運営権を一体で民間に付与する手法（コンセッション）が検討されている中で、現在全国の空港経営の改革に向けた先行事例との位置づけがなされているが、わが国に関しては長期的視野に立った一貫した航空政策が取られていないのが現状である。

航空会社のみならず、空港も世界中の他の空港と競合しており、今や空港を利用する航空会社と乗客の両方を誘致する必要性が問われる中、航空ネットワークが重要な選択要因となりつつある。空港の民営化は、日本においても重要な課題であり、日本の国際空港は収益力を強化する為、また乗り継ぎ旅客の利用促進と激しい国際競争で生き残る為の方法を模索している。適切な空港運営スキームは空港や航空産業の将来のビジョン決定する重要な要素であり、観光立国を目指すこれからの日本の将来を左右する鍵を握っていると言える。

航空輸送のネットワーク経済は供給側からのコスト構造から生じ、輸送密度の経済性がハブ・アンド・スポーク型ネットワークの形成促進をもたらしてきたが、既存の研究の多くは、供給サイドからのハブ空港間競争、ハブ・アンド・スポークの優位性、密度や範囲の経済性、ハブ・プレミアム、参入障壁、アライアンスにおけるHSS（Hub-and-spoke Systems）の役割、空港の混雑やスロット配分、価格設定、航空アライアンスとネットワーク構造、またはオペレーションズ・リサーチの立場から、ハブ配置モデルによる空間的なHSSの最適化に基づき分析されてきた。同じく航空政策と空港の管理・運営に関しても、空港整備特別会計、着陸料設定、スロット配分等、供給側の視点で議論されてきた。航空ネットワークは航空会社や空港の重要な戦略的な要因であり、収益と費用だけでなく、競争力を生成するための主な要因であるが、今後の航空政策においては供給側だけではなく、需要側双方の観点からの議論が必要である。

大都市圏のハブ空港機能の促進とコンセッション方式による効率的な管理・運

営は、その地域において経済的、政治的、また社会的景観を形成する上で、空港の利用者と地域社会との良好な協力関係を維持し、地域経済への貢献をもたらす牽引する責任を負っている。航空輸送市場におけるネットワーク効果は、通常コスト面での共同生産の影響に起因すると見られている。望ましい空港運営方式に関する研究は、近年の民営化や PPP (Public Private Partnership) といった、新たな官民の役割分担を目指した試みが世界的に進む中で膨大に蓄積されてきた。民営化や PPP では、民間企業の利益追求の結果、その運営上の効率性が向上すると期待されている。実際に世界の多くの主要空港で民営化が試みられており、その望ましい効果を支持するような実証研究も存在している。

これらの既存研究ではネットワークの外部性を考慮した需要サイドからの分析は行なわれておらず、このような観点から空港政策及び航空政策をどのように行うべきかについて、十分な議論がなされているとは言いがたい。二面性市場、空港間アライアンス等、需要側の概念を用いた新しい空港運営に関する最適なスキームを明らかにすることが本研究の目的である。

## 1.2 研究の目的

本研究では既存の研究では行われてこなかった需要サイドからの分析を行う。空港のネットワーク外部性と運賃設定によりに伴う需要の外部性を内部化できるような経済モデルを定式化し、理論的分析を試み、結果に基づき社会厚生にとって最適なネットワーク上の航空旅客需要を考慮した空港の着陸料課金制度と政策提言を行なうことを目的とする。

3章では、日本の国内線市場の特徴である幹線と地方路線の旅客需要の異なる現状を反映させ、大都市圏人口と地方路線の人口の差異をモデル化し、外生的パラメータの影響を比較するため、数値計算を行うことで、社会的に最適なネット

ワーク構築に関する分析を行う。

4章では、ゲートウェイ空港（玄関口）として国際拠点空港に位置づけられる空港を国内線との乗り継ぎ（内際乗り継ぎ）を可能とするプラットフォームとし、国内線と国際線の路線数がバランスよく存在し、ゲートウェイ空港としての価値を高めるようなモデルを構築することで、ゲートウェイ空港における乗り継ぎ利便性を向上させ、空港の最適課金戦略と便益帰着構造を明らかにするための比較静学を行う。また内際乗り継ぎの利便性向上政策がゲートウェイ空港の経済的価値に及ぼす影響を評価する。

5章ではハブ・アンド・スポーク型航空ネットワークにおける旅客の乗り継ぎトリップ行動を定式化し、ハブ空港とスポーク空港の利潤最大化行動を考慮した市場均衡モデルを定式化する。さらに空港間アライアンスの導入が市場均衡解の効率性に及ぼす影響を分析し、ハブ・アンド・スポーク型航空ネットワークにおいて分権的に運営されるハブ空港とスポーク空港の課金行動に関し、空港間アライアンスを通じて調整するメカニズムを提案する。

以上をふまえた本研究の主な目的は以下の通りである。

1. 航空ネットワークにおける最適な空港運営スキームを構築する。
2. 需要の外部性を内部化するようなハブ空港間競争に関する理論モデルを構築する。
3. モデルを経済学的視点より拡張し、ハブ空港とスポーク空港の課金行動にゲーム理論を用いて、空港間アライアンスを通じて調整するメカニズムを提案し、分析結果より適切な着陸料課金制度と航空政策を提言する。

## 1.3 問題意識

長く「45/47体制」が続き、保護政策の下、各航空会社の棲み分けがあった日本の航空事情も時代と共に変わり、80年代より段階的に行われた国内の需給調整規制の撤廃と運賃自由化が導入され、航空会社の自由度が向上した現在、空港整備に関する特別会計制度（空港整備勘定）に関する議論や、発着枠の配分、空港整備制度の見直しが問われている。空港は公共交通機関を司る重要な拠点であり、海外では伝統的な空港経営体だけでなく、国際的な社会資本建設のノウハウを有する建設業や、広く資金を集める術にたけている投資ファンドなど、様々な業種の企業が多様にコンソーシアムを組んで、グローバルに空港ビジネスを展開している。世界の成功した空港経営に共通するのは、空港使用料を、日本のように航空機の着陸料だけに依存せず、旅客の数なども考慮して、航空会社・便・路線ごとにきめ細かく設定し、個別企業への売却、運営権売却、BOT等を導入している点にある。そのような料金体系に応じた詳細な誘致マーケティング手法の開発およびそれらの諸施策を実行する知恵と意欲と人材と資金を与えるのが、民営化であり外資の導入である。ただし、航空事情は各国、各地域異なるため、海外の事例をそのまま日本に導入するのではなく、わが国独自の社会厚生を最大化する空港運営スキームの検討が必要であるが、政府主導の長期的視野に立った航空政策の検討がなされていないという問題点を抱えている。

この問題に新たな知見と施策を提言するため、本研究では公共事業費減少の中、民間の知恵と資金が積極的に活用される仕組みの導入を志向し、運営効率化のための空港運営という視点より、日本市場に応じた分析を行う。

## 1.4 研究方法

本研究はミクロ経済理論を用いて二面性市場，空港間アライアンス等の需要側の概念を導入し，空港運営に関して新たな政策提言と知見を得ることを目的とし，社会厚生上最適な空港運営スキームを明らかにする．また需要サイドからの理論的分析により，空港のネットワーク外部性と運賃設定によりに伴う需要の外部性を内部化できるような経済モデルを定式化し，結果に基づき社会厚生にとって最適な着陸料課金制度と政策提言を行う．

2章では，需要サイドに焦点を置いた空港運営スキームを分析するため，既存研究レビューを行い，持続可能な航空政策の構築の為の航空ネットワークと空港整備の研究がどのように行われてきたかを分析する．

3章では，ミクロ経済理論を用いて，大都市圏の人口と地方路線の人口の差異をモデルに表す．例えば国内で需要の高い羽田-伊丹間のフライトと地方路線を結ぶ需要では全く異なる為，需要を非対称的に設定，ネットワーク構造の変化が社会厚生に与える影響を分析するため，独占の航空会社が地方路線を撤退し，非対称の旅行需要を持つネットワーク構造が2地点直行便型から経由便となるハブアンドスポーク型ネットワークに変更された場合，スケジューリング，輸送量，航空運賃と使用機材のサイズにどのような影響を与えるかということに焦点を置き，分析を行う．加えて外性的パラメータの影響を比較する為の数値計算を行う．2000年以降，国内線の減便や不採算路線廃止の動きが益々加速しており，わが国の航空政策は，需要の低い地方の生活路線の維持と公共交通機関でありながら収益性が求められる企業の公益性のバランスをどう取るべきかという課題を抱えているため，国内線市場の現状を踏まえてモデルを定式化し，分析を行う．

4章では，需要サイドからの分析として，社会的効率性の観点から，ネットワーク外部性および需要の外部性の内部化を可能にする制度的仕組みを提言し，ネッ



トワーク外部性を内部化する運賃連動型着陸料スキームの導入により、乗り継ぎトリップに伴う外部性を内部化することが可能であることを示す。

5章では、ゲーム理論を用いてハブアンドスポーク型航空ネットワークにおいて分権的に運営されるハブ空港とスポーク空港の課金行動を、空港間アライアンスを通じて調整するメカニズムを提案する。ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおけるハブ空港とスポーク空港の文献的な課金行動は家計行動を通じて金銭的外部性を及ぼし、結果的にパレート劣位な均衡に陥る可能性を指摘し、空港アライアンスを形成することにより、社会的公正を改善できることを理論的に示す。

以上より本研究では、航空ネットワーク上の航空需要を考慮して、2面性市場、空港間アライアンス等の需要側の概念を導入し、空港運営に関して新たな政策提言と知見を得ることを目的とした分析を行い、社会厚生上最適な空港運営スキームを明らかにする。

## 1.5 論文の構成

本研究の構成は以下の通りである。まず1章では、研究背景、研究目的、研究方法を明示する。2章においては本研究の位置を明らかにするため、これまでの航空交通ネットワークシステムにおける二面性市場の分析が行われてきた背景と、空港間競争に関する研究のレビューを行う。3章では非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリングの分析を扱い、4章では二面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策を議論する。5章では、ハブアンドスポーク型ネットワークにおいて、ハブ空港とスポーク空港が空港アライアンスを形成することにより空港の課金の調整が行われ、ハブアンドスポーク型航空ネットワーク全体の収益構造及び社会厚生が改善するメカニズムを明らかにする。6章は結論であり、本研究で得られた成果について総括を行う。本研究ではこれまでにな

## 第 1 章 序論

---

かった 2 面性市場，空港アライアンスという概念を用いて需要側からの分析を行い，空港運営スキームに関し新しい知見を得る点に意義があると言える。

## 第2章 2面性市場の理論と概念

### 2.1 はじめに

現在、世界的な流れとして航空輸送の下部インフラとなる空港は政府主体の中央集権的な整備、運営体制から株式会社を主とした分権的なシステムに移行しつつあり、空港の国際競争力を高めるため、外資参画のもと BOT (Build-Operate and Transfer) や長期経営権の売却にあたるなど、空港の整備、運営に積極的に民間を関与させる方向にあり、日本も例外ではない。わが国では「戦略的成長プログラム」のもと、関西国際空港と伊丹空港の統合が実施され、平成 24 年には国 100 % 出資の新関西国際空港株式会社が設立、今後は国の基本方針及び自社の中期経営計画に基づき、関西空港の着陸料の戦略的な引下げや際内乗継機能の強化、LCC 拠点化や貨物取扱機能の強化などに取り組み、空港の事業価値を高めた上で、コンセッション（事業運営権の売却）の実施が予定されている。コンセッションは民間企業に設備投資の権限を委ねることにより生じるリスク分担の責任の明確化、経営の自由度の確保というメリットがあり、運営者は利用者のニーズを把握しながら収益確保に向けた戦略を立てることができる。また首都圏では 2020 年の東京オリンピックに向け、首都圏空港（羽田・成田）機能を強化し、国際競争力強化、訪日外国人の増加、地域活性化にアジアの成長力を取り込むことへの実現を目指している。

日本の航空業界においても国際的な自由競争を促進する「オープンスカイ（空の開放）政策」が 2010 年より導入実施され、航空輸送量・空港利用者も増加傾

向にあるが、日本が従来抱える首都圏空港（成田空港，羽田空港）の容量制限，チャーター便の規制や社会資本整備特別会計（平成25年廃止後，空港整備勘定のみ自動車関連の特別会計に統合）による運営や不透明な地方空港の運営に関して指摘がなされ，議論がされてきた。

これまで航空産業に関しては供給側の立場より，ハブ・アンド・スポーク型ネットワーク構築，スロット配分，Pricing政策，IATAの定めた着陸料収入による空港運営が実施されてきたが，持続可能な航空政策の構築の為には航空ネットワークと空港整備が不可欠である。また航空ネットワークの拡充はインフラである空港と航空会社の協同により機能することから，首都圏のみならず関西圏および地方空港とのネットワークを最大限活用するような効率的空港運営スキームが求められており，そのためこの章では需要サイドに焦点を置いた空港運営スキームを分析するため，特にネットワークの外部性に焦点を置いた既存研究レビューを行う。

### 2.2 航空ネットワークに関する既存研究

米国における1978年の規制緩和以降，航空のネットワークはポイント・トゥ・ポイントネットワーク（二地点直行型ネットワーク，point-to-point network）からハブアンドスポークネットワーク（hub-and-spoke network）へと移行した。大都市にある空港を核とし（ハブ），目的地の小空港までつながる路線を多数確保するというシステムであり，この運航形態は都市間を直行便で結ぶよりも，効率的なネットワーク形成を可能とした。ヨーロッパ各国もそれに倣い1997年頃より順に航空に関する規制緩和を促進してきた（Button and Stough, 2000）。また1993年のEU統合がヨーロッパ域内の国際航空規制の自由化を進め，ヨーロッパ域内の航空協定は，二国間協定もしくは多国間協定に収束していった（Schipper, 2001）。アメリカがヨーロッパ域内と締結したオープンスカイ協定は1990年半ば

にはほぼ終結し、その後アジア各国との締結を推進するようになった（Oum and Park, 1997）。日本は2010年10月25日、米国とオープンスカイ協定を締結後、アジア・ゲートウェイ構想の下、アジア諸国との締結も進み、2014年8月現在、27ヶ国と締結している。

航空の規制緩和は、ネットワークの変化以外にもフリークエント・フライヤー・プログラム（FFP）、コンピュータ予約システム（CRS）の導入や運賃の低下をもたらし、Morrison and Winston (2000)によると、1994年から1998年の間、旅客の80%、また有償旅客マイルではその85%において27%の運賃の低下が見られた。また運賃だけではなく、サービスの質の向上をももたらし、便数の増加、乗り継ぎの利便性、運賃の多様化が生じた。

既存の航空ネットワーク分析の潮流は、供給サイドからのハブアンドスポークの優位性を研究するものであり、Morrison and Winston(1995)はハブ空港に集中するアメリカの主要航空会社の旅客輸送量のシェアを分析した結果、ハブ化がハブ空港における1社あるいは2社の航空会社の独占を促進したことを明らかにした。また輸送密度の経済性、ハブ・プレミアム、参入障壁、アライアンスにおけるハブアンドスポークの役割、オペレーションズ・リサーチの観点から空間的なハブアンドスポークの最適化を目的とする実証研究、理論研究が行われてきた。また規制緩和後の航空ネットワーク研究は主に、ネットワークがポイント・トゥ・ポイントからハブアンドスポークへ変化したことによって生じた輸送密度の経済性に焦点が当てられてきた経緯があり、輸送距離の経済は、目的地までより直接的に輸送するほど、所要時間の短縮・燃料効率の改善により、距離あたり輸送費が減少することを指す。また交通密度が大きいほど需給のマッチング効率が向上し、より規模の大きい機体を高積載率で運行可能となり、交通量あたり輸送費が減少することを意味する。航空会社の運航にかかる費用には主に運航乗務員の賃金・

手当、燃料費、整備費、着陸料、清掃や給油等の地上ハンドリングサービス料等があるが、輸送密度の経済性に関する実証研究では、航空会社の費用関数を推定した Caves, Christensen and Trethaway(1984), Brueckner et al (1992), Brueckner and Spiller (1994) などがあり、航空会社にとって最適なネットワークを選択した結果、輸送密度の経済性によってハブ・アンド・スポーク型ネットワークとなったことを分析結果より証明している。

また航空会社がネットワークをいくつかのハブに集中させる程度に焦点を当てた研究では Dennis (1994), Reynolds-Feighhan(2001) があり、ハブ・アンド・スポークを展開する企業は、乗客にダイレクト・フライトとハブを経由するインダイレクト・フライトを提供するが、乗客の乗り継ぎ時間および迂回時間に関する乗客の損失を最大化するために、効率的なスケジューリングの議論が必要となり、ネットワークコネクティビティの研究が促進されてきた。また空港の料金政策に関する研究として、IATA のガイドライン方式に基づいた希少資源である空港の混雑空港の発着枠をいかに効率的に活用するかに関心が置かれ、発着枠配分方法のあり方、空港の混雑料金の課金（ピークロードプライシング）、利用者への直接課金の方法などが議論されてきた。空港料金政策に関する研究では、Basso and Zhang (2007) により、伝統的アプローチと垂直構造アプローチの二つに分類できるとし、これらのアプローチではいずれも空港利用料金と空港の混雑費用の関係に着目しているため、需要側から分析する本研究には新規性があり、また現実問題に基づいた考察を行うことに意義があるといえる。

### 2.3 ネットワーク外部性

ネットワーク産業の需要サイドの特徴はネットワーク外部性である。ネットワークの外部性とは、「需要サイドの消費決定が、互換可能なネットワークの規模の

大小を通じて、消費者相互の選好に直接的影響を与えるような技術的外部性」のことであり、1950年代 Leibenstein が、「バンドワゴン効果 (Bandwagon Effect)」として提唱し、70年代 Rohlfs が「通信サービスの相互需要」として定式化した。80年代 Katz and Shapiro や Farrel and Saloner のゲーム理論的研究で、一躍脚光を浴びた。

ネットワーク外部性が存在するサービスでは、利用者が増えれば増えるほど価値が高まり、そのために更に利用が増えるという「正のフィードバック」が存在する。運輸、金融、電気電子などのネットワークに加入するほど、他の多くの加入者や業者と接続できる利便性が高まり、加入者が特定のネットワークに集中する傾向がある。航空事業においては、他社との提携やグローバル・アライアンス加入によって、より広範囲なネットワークにつながっているほど、そのネットワークの利用価値を高めることになる。

航空グローバル・ネットワークは、ネットワークが単に国境を越えるだけではなく地球規模で構築されることを意味する。航空業の例では、ネットワークのグローバル化が競争原理によって進んでおり、ネットワークの充実度（広大なネットワーク、高頻度等）が、航空サービスの価値を高め、近年世界の航空会社間で大規模なグローバル・アライアンスが進展しているが、自社のネットワークと提携先航空会社のネットワークを結ぶことにより、より利便性の高い航空サービスを利用者に提供することができる。

Gillen and Morrison (2003) は米国での 1978 年の規制緩和以降、各航空会社はハブ・アンド・スポーク型ネットワーク構造が、需要とコストの両方に価値を付与したと述べている。例えば、需要面では、乗客にとっての目的地の選択が増え、同時に便の頻度も増し、地理的に広範囲な目的地へのアクセスを可能にし、コスト面で航空会社は運航費用、取引費用、乗客にとってのサーチコスト、および接

続便のための時間コストを削減することが可能となったと述べている。また規模の経済性と輸送密度の経済性の存在を示し、旅客を主要ハブ空港へ集め、乗り換えによって最終目的地まで運ぶスポークを利用することにより、利用可能な座席当たりのコストを下げ、また主要都市を大型機運航で結ぶことにより、生産量の増加による平均費用の低下をもたらした。

一般的にネットワーク効果とは、消費者の効用あるいは企業利潤が同一（または互換可能な）の技術を利用する消費者または生産者の数により直接的に影響をうけるような外部性の一つである。またそれは財またはサービスの利用率（または人口）の増加により、ネットワーク効果が生み出されるとも表現する。消費者の効用が同一または互換可能なブランドを利用する人口の増加により増える場合は、正のネットワーク効果となり、その逆は負のネットワーク効果となる。負のネットワーク効果は、財の供給過剰もしくは妨害により生み出され、その財が広く普及することを嫌がるスノビズムや虚栄心を持つ特権階級が消費を控えることにより生じる。ここでは「ネットワーク」は同様の財またはサービスを利用する利用者の集団（消費者もしくは企業）間に生ずるものと仮定する。直接または間接ネットワーク効果に分ける場合もあり、直接効果は正も負もネットワークの他のメンバーの増加によるものであり、間接効果は直接的構成要素がなくとも、代わりに規模の経済を含む。例としてクレジットカードのネットワークでは、カード使用者はもしもう一人メンバーが増えたとしても、何も得るものはないが、メンバーの増加はクレジットカード受け入れ店舗の加盟を促進し、このことはカード利用者から見ると、カードを利用できる店舗が増え、選択肢が増えるという結果をもたらす。

Church and Gandal (2005) はネットワーク経済が、消費が構成要素のシステムで構成されている状態に対して適用されると議論している。この観点は消費による



便益が補完財の結合に依存するとし、直接ネットワークの場合、購読者同士の相互連携を生み出し、間接ネットワークの場合、補完財はハードウェアまたはソフトウェアを指す。Church et al. (2008) はネットワークが直接であるか間接であるかに関わらず、外部性の source は同じであることを論じ、実際に互換性に対する3つのアプローチ（ネットワーク外部性、構成要素、ソフトウェアの多様性に関するアプローチ）は特定のブランドの利用者数の機能として、しばしば近似の均衡を示すと述べた。これは消費者が特定のブランドを購入すればするほど、ソフトウェアがその特定のブランドの為に作成されることを意味し、均衡が利用者の購入するハードウェアをサポートするソフトウェアのアプリケーションよりも、利用者の数に依存することを意味する。

他企業との競争以前に企業がマーケットシェアを獲得する際、ネットワーク効果は既存のベースとなるスイッチングコストを生み出すことに関連する。スイッチングコストとは互換性のない他のブランドに乗り換えする際に消費者が負担する費用のことであり、これは消費者（または企業）が新規の顧客ネットワークを獲得するまでに既存の継続しているネットワークを切り離すのに必要な短期にかかる費用ともいえる。特に消費者（または企業）はより人気のない互換性のないブランド（技術）に切り替える費用を負担する。Farrell and Klemperer (2007) では現在のスイッチングコストに関する研究を包括している。また Katz and Shapiro (1994), Economides (1996b), Shy (2001) にもネットワーク効果に関する先行研究がまとめられている。

## 2.4 空港運営に関するネットワーク外部性

空港は互いに航空会社にサービスを提供し、その代わりに空港は出発点として、または目的地として、もしくは両方の役割を果たす。航空会社にとって空港着陸

料は路線運航決定の重要な要素であり、航空運賃は利用者の便益に大きく影響する。従来より社会的に望ましい空港運営のあり方が議論されてきた。航空会社が交通サービスを提供するための垂直的投入要素として位置づけるモデルにおける空港の役割は、航空機が着陸するために希少な時間（スロット）を提供することであり、着陸料はスロットの効率的な配分を目的として決定される。OD旅客輸送市場を対象とした実証分析は、Kanafani and Gobrial (1985)の研究が最初期であるとされ、アメリカ国内市場のテキサス・イリノイを中心として中南部市場におけるハブ・アンド・スポーク型ネットワークサービスを前提とした市場モデルを提案した。

この分析では航空会社がハブとして利用することによりプレミアムが生じる場合、プレミアムの度合いが高いほどハブに乗り入れる便数は減少し、ロードファクターが上昇（利用者の便益は減少）すると指摘している。一方で空港の収益はプレミアムの高さに比例して増加すると結論づけハブとなる動機を説明している。

Hendrics et al. (1997)は新規参入や異なる属性のキャリアが存在する状況かでの競争を表現する場合、2段階ゲームの枠組みで表現できることを示し、2社でのネットワーク競争下においてどのようなネットワークが実現しうるかを解明した。空港運営の効率性に関する理論分析にはOum et al. (1996)において、ハブ空港とスポーク空港が補完的であると仮定し、ハブとスポークのそれぞれの空港が他のネットワークの空港と独立に料金設定を行うと家庭するモデルと、ハブとスポークの空港が連結して料金設定を行うと仮定するモデルで経済厚生を比較、スポーク空港の金銭的ロスに対して、ハブ空港に課税を行うなどの適切な手段を講ずることなく、独立に地方辞したいや民間企業に経営権を移行させたならば、資源配分の効率性に対して逆効果を及ぼすと主張し、スポーク空港の金銭的なロスを、ハブ空港が補填するような設定が最適であるとしている。Oum and Yu (2004),

Oum et al. (2006), および Oum et al. (2008) は、世界の空港を対象とした分析で、いずれも民間比率の高い空港はパフォーマンスも高いことを示し、Oum et al (2006) では民営空港のパフォーマンスが高い理由として、着陸料収入等に加えて商業的収入が多いことをあげている。Pels et al. (2003) は、ヨーロッパの 33 空港における 1995 年から 1997 年のデータの pooled cross-section 分析で規模の経済の検証を行い、規模の小さい空港は比較的規模の経済が強く働き、規模の大きい空港はあまり働かないことを示した。

Gillen は 2 面性市場の概念を航空運営研究に導入し、乗客と航空会社を同じ空港に集めることにより、空港は 2 面性市場であるとしているが、2 面性市場理論の課題であるプラットフォームの利用料金政策を理論的に分析した研究はこれまでのところない。本研究ではハブ空港を経由する乗り継ぎトリップを前提として航空市場におけるプラットフォームとして位置づけ、空港料金政策を通じた航空ネットワークの内政的形成メカニズムを分析し、空港着陸料設定によって異なる航空会社間で生じるネットワーク外部性を内部化することが可能であることを指摘する点で新規性がある。

## 2.5 2面性市場

Rochet and Tirole(2003) によって 2 面性市場の理論モデルが提示されて以降、さまざまな産業分野におけるプラットフォーム課金の構造が明らかになってきた。もともとは 1962 年の Gale and Shapley による“二つのエージェントが存在し、一方のエージェントがプラットフォームを通してのみもう片方と取引する市場は 2 面性と考えられる。”という指摘が 2 面性市場という概念の始まりであった。Parker and van Alstyne (2005), Rochet and Tirole (2003) によると、クレジットカード利用者とクレジットカード加盟店、安全かみそりと剃刀の刃、レーザープリンター

とインクカートリッジ、iPodとiTunes等に関して、複数の主体が1つのプラットフォーム上で取引を行うような市場を2面性市場と呼び、2面性市場では、片方の主体がもう片方の主体に影響及ぼす外部性が存在する。2面性市場はプラットフォームが2つ、またはいくつかの異なるエンドユーザーの仲介者として両者に課金することで市場に参加させ、両エンドユーザーを結びつけることで成立している市場であり、取引量は料金の総和だけでなく料金がどのように両エンドユーザーに振り分けられるかによって決定される。第一の特徴として、2面性市場の仮定として、2つの異なるタイプのエンドユーザーが存在し、価格弾力性は異なるとされることから、2つのエンドユーザーに対するプラットフォームの料金設定は価格弾力性に応じて決まり、「補償される（限界費用価格かそれ以下の課金をされる）ユーザー」と「補償する（プラットフォームがトータルで利潤を得られる水準の課金をされる）ユーザー」に分けられるということが挙げられる。この特徴から「料金の両エンドユーザーへの振り分け方によって取引量が決定される」という2面性市場の説明の根拠となるものである。Caillaud and Jullien (2003)は結婚相談所、不動産エージェントやインターネット焦点のように、競争的なマッチメーカーについて分析し、同質な売り手と買い手を仮定した場合、独占的なプラットフォームが生じる場合と複数のプラットフォームが共存する場合が内生的に導かれることを示した。2面性市場が生じる要因として、エンドユーザー間の取引費用、プラットフォームが課すエンドユーザーの間でのプライシングの制約、取引量に依存しないメンバーシップ外部性（事前）と利用の外部性（事後）が存在する場合、プラットフォームの課金構造が取引量に影響を与える。Armstrong (2006)は相対的な需要の価格弾力性がプラットフォームの価格構造に与える影響を明らかにした。

Bergman (2004)は、二つの航空会社が同じ空港を利用する場合に乗り継ぎ可能に

するという点において、それが間接的なネットワーク効果を含むとした。Gatwick Airport (2010)によると2面性市場の概念を空港に応用することは今後重要なコンセプトとなりうること、また空港運営者自身が空港をプラットフォームとみなし始めていることを指摘している。Gillen (2011)が、空港をプラットフォームとした非航空系収入と航空系収入主体がエージェントになるという2面性市場の概念を導入して以降、エージェントを空港と周辺地域の不動産開発業者という設定にした既存研究はあるものの、航空ネットワークを設定にしたものはない。

本研究では4章において、内際ハブ空港が国内線と国際線をつなぐゲートウェー機能の経済的価値（ゲートウェー価値）に着目した分析を行う。要塞ハブ（fortress hub）のように、1つの航空企業がハブ空港の路線の大部分を占める場合には、就航路線の意思決定を集権的に行うことができるため、ネットワーク外部性を効果的に内部化することが可能である。しかし、国際線と国内線のプラットフォーム機能に着目する場合、国内線を運航する航空会社と国際線を運航する航空会社が異なることが多い。このとき、航空会社のハブ空港への路線就航に関する意思決定が分権的に行われるため、効果的にネットワーク外部性を内部化する仕組みが必要となる。本研究では、空港の着陸料課金政策を通じて、国内と国際線のプラットフォーム機能を果たす内際ハブ空港において発生するネットワーク外部性を内部化することが可能になることを明らかにする。



## 参考文献

- [1] Armstrong. M. Competition in Two-sided Markets, *The RAND Journal of Economics*, Volume 37, Issue 3, pp. 668-691, 2006.
- [2] Bergman. M. A Welfare Ranking of Two-Sided Market Regimes, *Sveriges Riksbank Working Paper Series 185*, Stockholm University, 2005.
- [3] Brueckner. J., Dyer. N., and Spiller. P. "Fare Determination in Airline Hub-and-Spoke Networks", *The RAND Journal of Economics*, Vol.23, No.3 , pp.309-333, 1992.
- [4] Brueckner, J. and P. Spiller: Competition and Mergers in Airline Networks, *International Journal of Industrial Organization*, Vol.9, pp.323-342, 1991.
- [5] Button. K. and Stough. R: *Air Transport Networks: Theory and Policy Implications*, MPG Books, Cornwall, Great Britain, 2000.
- [6] Caillaud.B, and Jullien. B. Chicken and egg: Competition among Intermediation Service Providers, *RAND journal of Economics*, Vol.309, pp.1494-1504, 2003.
- [7] Caves. D., Christensen. L., and Tretheway. M. "Economies of Density versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Service Airline Costs Differ", *The RAND Journal of Economics*, Vol. 15, No. 4, pp. 471-489, 1984.

- [8] Caves, R.E., N.N. Ndoh and D.E. Pitfield: Route Choice Modeling Applied to the Choice between Mature Airports and Emergent Airports in their Shadow, *Paper presented at the 31st RSA European Congress*, Lisbon, Portugal, pp.27-30, August 1991.
- [9] 中条潮「航空政策・空港政策に関する誤解と疑問—成長戦略に向けての本質的課題」, 運輸と経済 71(1), pp.23-31, 2011.
- [10] Church. J., Gandal. N., and Krause., D. Indirect Network Effects and Adoption Externalities, *Review of Network Economics*, Volume 7, Issue 3, 2008.
- [11] Dennis, N. Airline Hub Operations in Europe, *Journal of Transport Geography*, Volume 2, Issue 4, pp. 219?233, 1994.
- [12] Economides. N. The economics of networks, *International Journal of Industrial Organization*, Volume 14, Issue 6, Pages 673?699, 1996.
- [13] Encaoua, David., Moreaux, Michael. And Perrot, Anne: Compatibility and competition in airlines demand side network effects, *International Journal of Industrial Organization*, Vol.14, pp.701-726, 1996.
- [14] Farrell. J., and Klemperer. P. Coordination and Lock-In: Competition with Switching Costs and Network Effects, *Handbook of Industrial Organization*, Volume 3, Pages 1967?2072, 2007.
- [15] Farrell. J, and Saloner. G. Coordination Through Committees and Markets, *The RAND Journal of Economics*, Vol. 19, No. 2, pp. 235-252, 1988.
- [16] Gale .D.,and Shapley., L. College Admissions and the Stability of Marriage, *The American Mathematical Monthly*, Vol. 69, No. 1, pp. 9-15, 1962.



- 
- [17] Gillen. D. The Evolution of Airport Ownership and Governance, *Journal of Air Transport Management*, Volume 17, Issue 1, pp. 3-13, 2011.
- [18] Gillen. D., and Morrison, W. Bundling, Integration and the Delivered Price of Air Travel: Are Low Cost Carriers Full Service Competitors?, *Journal of Air Transport Management*, Volume 9, Issue 1, pp. 15-23, 2003.
- [19] Katz. M, and Shapiro. C. Network Externalities, Competition, and Compatibility, *The American economic review*, Vol. 75, No. 3, pp. 424-440, 1985.
- [20] Leibenstein, H. Bandwagon, Snob, and Veblen Effects in the Theory of Consumers' Demand, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 64, No. 2, pp. 183-207, 1950.
- [21] Morrison S., Winston C. The Evolution of the Airline Industry, *Brookings Institute Press*, Washington D.C., 1995
- [22] Morrison S., and Winston C. The Remaining Role for Government Policy in the Deregulated Airline Industry, *Brookings Institute Press*, Washington D.C., 2000
- [23] Parker. G., and Van Alstyne. M. Two-Sided Network Effects: A Theory of Information Product Design, *Management Science*, Vol.51, Issue.10, pp.1494-1504, 2003.
- [24] Oum T., Adler N. and Yu.C.: Privatization, Corporization, Ownership forma and Their Effects on the Performance of the World ' s Major Airports, *Journal of Air Transport Management*, Vol.12, Issue 3, pp.109-121, 2006.

- [25] Oum T., Adler N. and Yu.C.: Ownership Forms Matter for Airport Efficiency: A Stochastic Frontier Investigation of Worldwide Airports. ” , *Journal of Urban Economics*, 64, pp.422-435, 2008.
- [26] Oum T., and Park J. “ Airline Alliances: Current Status, Policy Issues, and Future Directions ” , *Journal of Air Transport Management*, Volume 3, Issue 3, pp. 133-144, 1997
- [27] Pels, Eric., Peter Nijkamp., and Piet, Rietveld.: Airport choice in a multiple airport region: an empirical analysis for the San Francisco Bay Area, working paper, Free University Amsterdam, 2003.
- [28] Pels, E., Peter Nijkamp and Piet Rietveld: A Note on the Optimality of Airline Networks, *Economic Letters*, Vol.69, pp.429-434, 2000.
- [29] Pels. E., and Verhoef. E. The Economics of Airport Congestion Pricing, *Journal of Urban Economics*, Volume 55, Issue 2, pp. 257-277, 2004.
- [30] Reynolds-Feighan, A.: Traffic Distribution in Low-cost and Full-service Carrier Networks in the US Air Transportation Market, *Journal of Air Transport Management*, Volume 7, Issue 5, pp.265-275, 2001
- [31] Rochet. C. and Tirole. J., Platform Competition in Two-sided Markets, *Journal of the European Economic Association*, Volume 1, Issue 4, pp. 990-1029, 2003.
- [32] Rohlfs. J. A Theory of Interdependent Demand for a Communications Service, *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 5, No. 1, pp. 16-37, 1974.

- 
- [33] Schipper Y., Rietveld P., and Nijkamp P. "Environmental Externalities in Air transport Markets", *Journal of Air Transport Management*, Volume 7, Issue 3, pp. 169-179, 2001.
- [34] Shy. O. *The Economics of Network Industries*, Cambridge University Press, 2001.
- [35] Yetiskul, E, Matsushima, K and Kobayashi, K: Airline Network Structure with Thick Market Externality, *Research in Transportation Economics*, Vol.13, pp.143-163, 2005.
- [36] Zhang, A. and Y. Zhang: Concession Revenue and Optimal Airport Pricing, *Transportation Research E*, Vol.33, pp.287-296, 1997.
- [37] Zhang, A. and Y. Zhang: Airport Charges and Capacity Expansion: Effects of Concessions and Privatization, *Journal of Urban Economics*, Vol.53, pp.54-75, 2003.
- [38] The UK Civil Aviation Authority (CAA) website: <http://www.caa.co.uk/>
- [39] Zhang, A. and X. Wei: Competition in Airline Networks, The Case of Constant Elasticity Demands, *Economic Letters*, Vol.42, pp.253-259, 1993.



## 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

本章では、以下の章において空港運営スキームの検討を進めるうえで必要となる航空ネットワークについて、非対称の需要下におけるネットワーク構造とスケジューリングに関して検証を行う。

### 3.1 はじめに

1980年代の規制緩和以降、日本の航空会社は熾烈な競争に生き残りを賭け、航空サービス自体の見直し、新たな価格設定システムの導入、航空機種の拡大など、抜本的な改革を行ってきた。主に地方路線に関しては、国土交通省が段階的な規制緩和を導入し国内市場での自由参入・退出が可能となった2000年以降、国内線の減便や不採算路線廃止の動きが益々加速しており、わが国の航空政策は、需要の低い地方の生活路線の維持と公共交通機関でありながら収益性が求められる企業の公益性のバランスをどう取るべきかという課題を抱えている。

本章では、独占の航空会社が地方路線を撤退し、非対称の旅行需要を持つネットワーク構造が2地点直行便型から経由便となるハブアンドスポーク型ネットワークに変更された場合、スケジューリング、輸送量、航空運賃と使用機材のサイズにどのような影響を与えるかということに焦点を置き、分析を行なった。既存の理論研究において目的地が完全に接続されたポイント・トゥ・ポイントネットワーク (fully-connected network) と、ハブアンドスポーク型ネットワークとの違いを

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

分析した研究は数多く見られるものの、Berechman and Shy (1998), Brueckner and Zhang (2001), Wojahn (2001), Brueckner (2004) などの独占市場における航空会社のスケジューリングを分析した研究は蓄積がない。

この分析は Brueckner (2004) のモデルを踏襲し拡張したものであるが、ここでは旅客需要の扱いが大きく異なり、ポイント・トゥ・ポイントネットワーク (fully-connected network) と、ハブアンドスポーク型ネットワークの旅客需要を非対称型にした点が大きく異なる。これは日本の国内線市場の特徴である幹線と地方路線の旅客需要が大きく異なる現状を反映したものであり、大都市圏の人口と地方路線の人口の差異をモデルに表した。例えば需要の高い羽田-伊丹間のフライトと地方路線を結ぶ需要では全く異なる為、需要は非対称的に設定したほうがより現状をモデル化でき、加えてこの分析においては外性的パラメータの影響を比較する為、数値計算を行なった点が先行研究と大きく異なる。

分析より得られた主な考察としては、地方路線の旅客需要が低くかつ運行費用が高く、乗客は運行頻度に重きを置くものの接続便乗り継ぎに必要な移動時間に重きを置かない場合には、社会厚生観点よりハブアンドスポーク型ネットワークが望ましいという結果となった。これは Brueckner の分析とほぼ一致している。しかし、拡張として行なった本研究独自の結果としては、非対称の需要を適用した場合、固定費用と可変費用が小さく、地方路線の旅客需要が幹線に限りなく近い場合は、2地点間の完全に接続されたネットワーク (ポイント・トゥ・ポイントネットワーク) が社会的に望ましいことを示した。また航空会社は、大都市を結ぶ幹線と地方路線の需要が非対称である時、ハブアンドスポーク型ネットワークを採用する傾向があるが、消費者は一般的にポイント・トゥ・ポイントネットワーク (2地点間直行型ネットワーク) を好む傾向にあることが今回の分析結果として示された。乗り継ぎ時間のコストが適度に小さい場合にのみ、ハブアンド

スポークネットワークは、より大きな消費者余剰を生む結果となった。

運行頻度、輸送量、及び運賃に関しては、ハブアンドスポーク型ネットワークの幹線ルートにおいて最も高い結果となった。航空運賃に対する旅客の支払い意欲は運航頻度とともに上昇するため、運航頻度と運賃は連動し、運航頻度が高いほど、運賃も高くなる傾向がみられた。また航空会社はポイント・トゥ・ポイントネットワークの地方路線では小型機を採用し、ハブアンドスポーク型ネットワークの幹線では大型機を選択する分析結果となった。なお航空会社にとって地方路線がポイント・トゥ・ポイントネットワークの一部である場合には、地方路線はより生産的でありより運航頻度が高くなるが、地方路線がハブアンドスポーク型ネットワークの一部である場合は、地方路線の需要が高まるにつれ運賃も値上がりするというトレードオフに直面することがわかった。

ハブアンドスポーク型ネットワークシステムを採用する場合、「輸送密度の経済性」が働くことにより、航空会社は運航費用を削減することが可能となる。このような経済性は、本来座席キロ当たりの運航費用が高い小型機を運航する必要のあったそれぞれの低輸送量ネットワークをまとめてできた大きなネットワークに伴って生じるものである。Caves, Chistensen, and Tretheway (1984), Brueckner, Dyer and Spiller (1992) などの先行研究では、これらの航空ネットワークの輸送密度の経済性に関して実証分析を行い、Hendricks, Piccione, and Tan (1995) の分析では輸送密度の経済性に関し、なぜハブアンドスポーク型ネットワークが最適であるかを示した。Hendricksらは、ポイント・トゥ・ポイントネットワーク（とハブアンドスポーク型ネットワークを比較し、限界費用が高く、需要が低い場合にはハブアンドスポーク型ネットワークが望ましく、固定費は大きい可変費用が小さい場合には、2地点直行型ネットワークが社会的に好ましいことを示した。

2009年第3四半期において、日本航空は不採算の国内6路線の運航を廃止し、

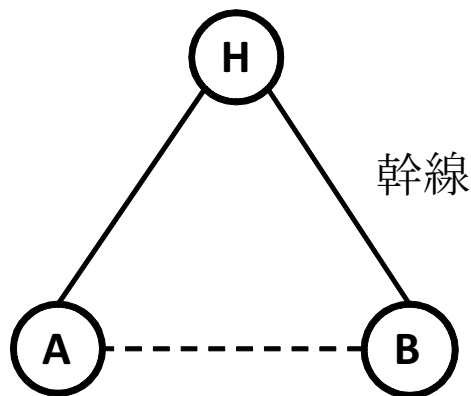


図 3.1: ネットワーク構造

全日本空輸は 11 路線を運航停止とした。これらの地域住民は直行便路線撤退の為、ハブ都市を経由して最終的な目的地へ乗り継ぐか、他交通機関の選択を余儀なくされる状態である。航空会社はこの乗り継ぎの不便の代替として、今後廃止が予定されている路線を含め、乗り継ぎ便割引運賃の提供を開始している。経営破たんによる経営陣の刷新を行い、政府の再建による保護を申請した日本航空は、少なくとも 2011 年までに国内 29 路線の運航廃止を発表したが、地方空港を運営する地方自治体は航空会社の公共性に関して主張し、地方路線からの撤退に反対の意を表している。分析結果からの結論、及び社会厚生を最大化するための分析結果、政策的含意と今後の研究課題に関しては第 6 章で述べる。

### 3.2 モデル設定

図-3.1 に示すようなネットワークシステムを考える。以下、上付き文字  $H$  はハブアンドスポーク型ネットワークを指し、 $F$  は、ポイント・トゥ・ポイントネットワーク (Fully-Connected Network) を表す。下付き文字  $u$  は、幹線ルート ( $AH$ ,  $BH$ ) を意味し、 $l$  は地方路線 ( $A-B$ ) を意味する。独占の航空会社が 3 都市、 $AH$ ,  $BH$ , および  $AB$  の各都市間を運航し、 $AH$  と  $BH$  のルートは需要の大きい



「幹線」であり、 $A-B$  ルートが需要の小さい「地方路線」であるとする。

この分析では各市場において一方向のみの片道旅客需要に焦点を置き、2地点直行型ネットワークでは、航空会社は $ABH$ 各都市間の直行便を運航し、地方間を結ぶ $AB$ ルートにおいても直行便が存在している。航空会社が地方路線 $A-B$ の直行便の運航を廃止した場合、 $AB$ 間と移動する乗客は直行便がない為、ハブ都市 $H$ を経由した $AH$ と $BH$ の利用を余儀なくされる状態となり、ネットワーク構造は、 $AH$ と $BH$ のみのハブアンドスポーク型となる。

旅客需要は、 $AH$ と $BH$ 都市間の市場（幹線）と同じであり、 $AB$ 市場（地方路線）は $AH$ と $BH$ とは独立したより少ない需要であると設定する。消費者の効用は所与として

$$u = C + B - \text{timecost} \quad (3.1)$$

であり、 $C$ が消費、 $B$ は消費者間で異なる旅行によって得られる利益であり、各消費者の持つ実際の移動時間費用は任意の都市間の直行便を利用した旅行にかかる $G$ に等しい。また、消費者は希望の出発時刻との実際の出発時刻との間の不一致によって生じるスケジュール遅延の費用を負担するとする。消費者の希望出発時刻は均一に24時間内に分布し、不一致により生じる1時間ごとにスケジュール遅延コスト $\delta$ が発生する。スケジュール遅延のコスト $\delta$ 導出の為、航空会社の便は均等に24時間に均等に配置され、 $T$ は利用可能な時間数を示す。 $f(f > 0)$ はフライト数、フライトの時間間隔 $T/f$ を表す。最寄りの出発時間までの平均時間は、この1/4の価値である $T/(4f)$ とする。平均スケジュール遅延コストは $\frac{\delta T}{4f}$ であり、スケジュール遅延費用は、 $f$ の減少関数である。この平均値は、各時間の消費者に関連すると仮定すると、効用は以下のように定式化される。

$$u = C + B - G - \frac{\delta T}{4f} \quad (3.2)$$

この仮定では、消費者が平均的なスケジュールの遅延に注意を払い、また旅行を

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

決める時には利用可能なフライトの頻度に加えて自分の希望の出発時刻は把握しているが、厳密な出発時刻はわからないこととする。Yは消費者の所得の共通レベルを示し、pを航空運賃を表すと、以下ようになる。

$$C = Y - p \quad (3.3)$$

消費者が移動しななければ利益が享受されていないと仮定すると、この設定より生じる効用はYとなる。その結果、消費者は旅行をする時

$$Y - p + B - G - \frac{\delta T}{4f} \geq Y \quad (3.4)$$

となり、旅行の価値は以下を満たす。

$$B \geq p + G + \frac{\delta T}{4f} \quad (3.5)$$

次に、Bは $[\underline{B}, \bar{B}]$ を満たす均一な密度の分布を持つとし、

$$\eta_u = \frac{1}{\bar{B} - \underline{B}}, \quad \eta_l = \frac{\phi}{\bar{B} - \underline{B}}, \quad (\phi < 1) \quad (3.6)$$

地方路線の密度は、幹線に比べて少なく、旅行する消費者の数は次のように表される。

$$q_i^j = \int_k^{\bar{B}} \eta_i dB = \left( \bar{B} - p_i^j - G - \frac{\delta T}{4f} \right) \eta_i \quad (3.7)$$

$$i = u, j, \quad j = F, H, \quad k = p_i^j + G + \frac{\delta T}{4f}, \quad i \neq j \neq k$$

ここで $\alpha = \bar{B} - G$ ,  $\beta_i = 1/\eta_i$ ,  $\gamma = \frac{\delta T}{4}$ , また $\beta_l > \beta_u > 0$ とする。この設定から、平均スケジュール遅延が減ると、飛行頻度の増加によりより多くの消費者の旅行を促す。

ハブアンドスポークネットワーク型を利用する地域路線の旅客は、乗り継ぎ時間と乗り継ぎの為に滞在時間に対する追加の時間コストGが課される。これらのコストの合計を $\mu$ と示し、これらの乗り継ぎ旅客の旅行需要を $\alpha - \mu$ と表す。乗り

### 3.3 ポイント・トゥ・ポイントネットワークの分析（航空会社がAB間の地方路線を運航している場合）

継ぎ滞在時間  $\mu$  は運航頻度  $f$  に独立するものとする。ハブアンドスポーク型ネットワークにおける地方路線旅客の逆需要関数は以下のように示される。

$$P_l^H = \alpha - \mu - \beta_l q_l^H - \gamma / f_u^H \quad (3.8)$$

ここで、 $s(> 0)$  は航空会社によって選択される変数であるフライトごとの座席数（航空機サイズ）とし、1フライトごとの運航費用は

$$c(s) \equiv (\theta_0 + l) + \tau s \quad (3.9)$$

とする。ここで、 $\theta_0(> 0)$  は固定費用、 $l(> 0)$  は着陸料、 $\tau(> 0)$  は座席あたりの可変費用とする。(3.9)より、座席あたりのコストは  $(\theta_0 + l)/s + \tau$  で、この費用構造は現実的ではないものの簡単化のため、より大きな機材を使うことによる経済性を反映させた。また乗り継ぎ滞在時間より可変費用を引いたもの  $(\mu - \tau)$  と正であること  $\mu - \tau > 0$  を前提とする。すべての航空機の座席が埋まると、搭乗率は100パーセントとなり、この仮定の下で、 $f, q, s$  は次の式で表される。

$$s_i^j = q_i^j / f_i^j, \quad i = u, l, \quad j = F, H, \quad i \neq j \quad (3.10)$$

与えられた路線におけるフライトごとの座席は、フライト数で割った総旅客と同じでなければならない。搭乗率が100パーセントよりも現実的に小さい値に固定された場合、分析はその影響を受けないこととする。

### 3.3 ポイント・トゥ・ポイントネットワークの分析（航空会社がAB間の地方路線を運航している場合）

路線廃止の影響を分析する為、まずベンチマークケースとしてポイント・トゥ・ポイントネットワークケースを分析する。最初に航空会社の費用を仮定し、路線ごとの総費用を  $fc(s)$  とすると、(3.9) 及び (3.10) を用いて、 $f[(\theta_0 + l) + \tau(q/f)]$

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

となる。またフライトごとの固定費用と着陸料 ( $\theta_0 + l$ ) に運航頻度 ( $f$ ) を掛け、旅客ごとの可変費用 ( $\tau$ ) を総旅客数で掛けたものを足すと

$$fc(s) = (\theta_0 + l)f + \tau q \quad (3.11)$$

となる。幹線の旅客数 ( $AH$  と  $BH$ ) は  $q_u^F$  と表し、地方路線を結ぶ  $AB$  路線の旅客数を  $q_l^F$  と示す。  $q_u^F$  と  $q_l^F$  は需要が異なるため、  $q_u^F > q_l^F$  となり航空会社の総費用は  $(\theta_0 + l)(2f_u^F + f_l^F) + \tau(2q_u^F + q_l^F)$  となる。幹線 ( $AH, BH$ ) の航空運賃は

$$p_u^F = \alpha - \beta_u q_u^F - \gamma / f_u^F \quad (3.12)$$

地方路線 ( $AB$ ) の航空運賃は

$$p_l^F = \alpha - \beta_l q_l^F - \gamma / f_l^F \quad (3.13)$$

となる。(3.10) より、航空機サイズは

$$s_i^F = q_i^F / f_i^F, \quad i = u, l \quad (3.14)$$

となる。3都市間全てを直行便で結ぶ航空会社の利潤は、(3.11), (3.12), (3.13) より、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \pi^F &= 2q_u^F (\alpha - \beta_u q_u^F - \gamma / f_u^F) + q_l^F (\alpha - \beta_l q_l^F - \gamma / f_l^F) \\ &\quad - 2((\theta_0 + l)f_u^F - \tau q_u^F) - (\theta_0 + l)q_l^F - \tau q_l^F \end{aligned} \quad (3.15)$$

ここで、 $f$  は連続変数である。旅客数  $q_u^F$  と  $q_l^F$  は次の一階条件を満たす。

$$\alpha - 2\beta_u q_u^F - \gamma / f_u^F - \tau = 0 \quad (3.16a)$$

$$\alpha - 2\beta_l q_l^F - \gamma / f_l^F - \tau = 0 \quad (3.16b)$$

また運航頻度  $f_u^F$  と  $f_l^F$  は次の一階条件を満たす。

$$q_u^F \gamma / (f_u^F)^2 - \theta = 0 \quad (3.17a)$$

$$q_l^F \gamma / (f_l^F)^2 - \theta = 0 \quad (3.17b)$$

### 3.3 ポイント・トゥ・ポイントネットワークの分析（航空会社がAB間の地方路線を運航している場合）

これらは限界収入  $q_i^j$  が座席数  $\tau$  の限界費用に等しくなったとき、旅客数が最適であることを述べている。二階条件では、総輸送量が固定された状態で、1フライトあたりの固定費と着陸料  $(\theta_0 + l)$  が、機材が大きくなったことによって収容可能になった乗客一人当たりで増加する収入、つまり乗客  $q_i^j$  に1フライト増加するごとに増加する収入分の運賃  $(q_u^F \gamma / (f_u^F)^2, q_l^F \gamma / (f_l^F)^2)$  を掛けたものに等しい飛行頻度  $f$  が最適に設定されている。  $q_i^j$  と  $f$  は (3.16), (3.17) により決定され、(3.14) より最適な機材サイズ  $(s_i^F)$  が設定されるとし、(3.16) 式を書き直すと、

$$q_u^F = \frac{\alpha - \tau - \gamma / f_u^F}{2\beta_u}, \quad q_u^F > q_l^F \quad (3.18a)$$

$$q_l^F = \frac{\alpha - \tau - \gamma / f_l^F}{2\beta_l} \quad (3.18b)$$

(3.18) を用いて、(3.17) に  $q_u^F$  と  $q_l^F$  を代入すると、下記の通りになる

$$2\beta_u(\theta_0 + l)(f_u^F)^3 / \gamma = (\alpha - \tau)f_u^F - \gamma \quad (3.19a)$$

$$2\beta_l(\theta_0 + l)(f_l^F)^3 / \gamma = (\alpha - \tau)f_l^F - \gamma \quad (3.19b)$$

この状態は図-3.2 に示されている通り、S型のカーブを描く。  $\alpha - \tau$  は正の値であるべきであり、(3.19a) 式と (3.19b) 式を固定すると、曲線は上向きを描く。この図は (3.19a) 式と (3.19b) 式からの3つの異なった解を示し、他の可能性として、真の解が存在しない場合（第一象限のどの地点においても直線が曲線の下にある場合）や二つの繰り返しの正の解が存在する場合（第一象限において直線が接している場合）が考えられるが、後者は変数のわずかな動きによって成立しないため、以上より最適化において、以下の命題が導かれる。

**補題** 図-3.2 で示されているポイント・トゥ・ポイントネットワーク（2地点直行型ネットワーク）における都市間および地方路線を結ぶ第2の正の解が最適である。これらの解を固定し、航空会社の最適化問題で二階微分をした際、第1の正の解を満たさない。

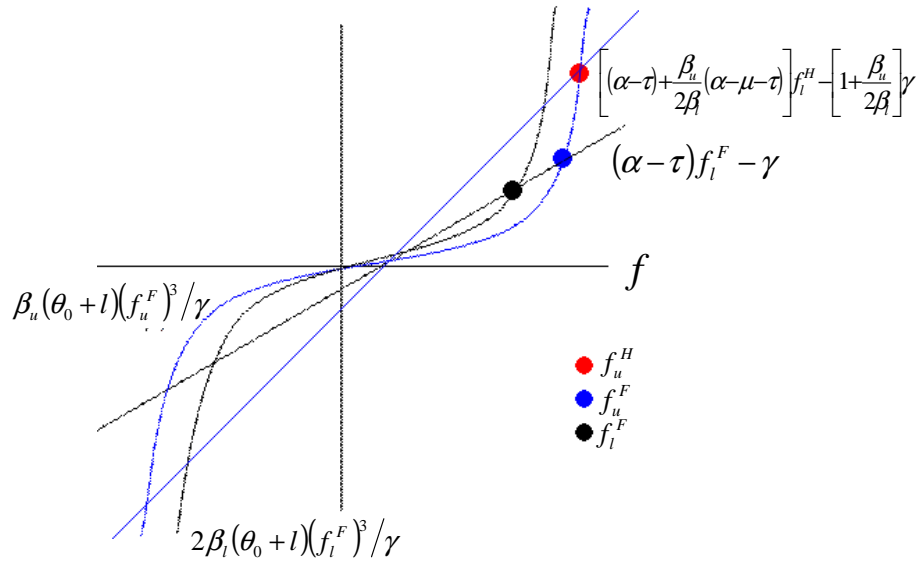


図 3.2: 運航頻度  $f$

補題と他の結果の証明は付録参照のこと。多くの解は図-3.2より導かれ、比較静学の結果より、次の命題1が導かれる。

**命題1** 運航頻度  $f$  は需要が上昇し ( $\alpha$  が上昇,  $\beta$  が下降), 固定費用と着陸料または可変費用が低下し, ( $\theta_0 + l$  または  $\tau$  が下降), 運航スケジュールの遅延による不便性が上昇する時 ( $\gamma$  が上昇) に上昇する。旅客数  $q$  は  $\gamma$  において曖昧に変化する時以外, 運航頻度に伴って移動する。

### 3.4 ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの分析 (地方路線が存在せず, 幹線のみ運航する場合)

航空会社が図1のAB間の地方路線の運航を停止した時, ネットワーク構造はポイント・トゥ・ポイントネットワーク(二地点直行型)からハブアンドスポーク型へと変化する。この場合, 航空会社は都市Aと都市Bの旅客を幹線AH, BHへとまとめて運送するため, これらの路線において平均旅客数が増加する。その

### 3.4 ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの分析 (地方路線が存在せず，幹線のみ運航する場合)

結果，企業利潤は上昇し，フライトごとの運航コストは低下する．幹線の運航頻度を  $f_u^H$ ，幹線 ( $AH, BH$ ) の旅客需要を  $q_u^H$ ， $AB$  間の乗継ぎ旅客を  $q_l^H$  とする． $q_u^H$  と  $q_l^H$  は需要の仮定の上で等しくないと設定する．先行研究に倣ってハブ・アンド・スポーク型ネットワークの乗継便運賃は既存路線  $AH, BH$  の運賃と独立で設定されるものとし，乗継旅客の運賃 ( $AB$ ) は  $AH$  と  $BH$  を足し合わせた料金とは異なると設定する．価格相違のため乗継運賃は  $AH$  と  $BH$  を足した料金より安く設定するので， $p_l^H < 2p_u^H$  となる．これらの条件下でハブ・アンド・スポーク型ネットワークの都市間の運賃は以下のように表す．

$$p_u^H = \alpha - \beta_u q_u^H - \gamma / f_u^H \quad (3.20)$$

乗継ぎの運賃 ( $AB$  間) は以下の通りである．

$$p_l^H = \alpha - \mu - \beta_l q_l^H - \gamma / f_u^H \quad (3.21)$$

乗継旅客はハブ都市である  $H$  を経由しなければならず， $AH$  および  $BH$  間の旅客数は  $q_u^H + q_l^H$ ，また航空機のサイズは  $s_u^H = (q_u^H + q_l^H) / f_u^H$  となる．乗継ぎ旅客の総運賃は  $2(\theta_0 + l)f_u^H + \tau(2q_u^H + q_l^H)$  となり，航空会社がこのハブ・アンド・スポーク型ネットワークの2都市間幹線市場より得る利潤は以下の通りあらわすことができる．

$$\begin{aligned} \pi^H &= 2q_u^H (\alpha - \beta_u q_u^H - \gamma / f_u^H) + q_l^H (\alpha - \mu - \beta_l q_l^H - \gamma / f_u^H - \tau) \\ &\quad - 2\tau q_u^H - 2(\theta_0 + l)f_u^H \end{aligned} \quad (3.22)$$

$q_u^H$ ， $q_l^H$  および  $f_u^H$  の一階条件式はそれぞれ以下の通りである．

$$\alpha - 2\beta_u q_u^H - \gamma / f_u^H - \tau = 0 \quad (3.23a)$$

$$\alpha - \mu - 2\beta_l q_l^H - \gamma / f_u^H - \tau = 0 \quad (3.23b)$$

$$\gamma(2q_u^H + q_l^H) / (f_u^H)^2 - 2(\theta_0 + l) = 0 \quad (3.23c)$$

(3.23a) 式と (3.23b) 式より  $q_u^H$  と  $q_l^H$  を求めると、以下のようになる。

$$q_u^F = \frac{\alpha - \tau - \gamma/f_u^F}{2\beta_u}, \quad q_u^F > q_l^F \quad (3.24a)$$

$$q_l^F = \frac{\alpha - \mu - \tau - \gamma/f_u^F}{2\beta_l} \quad (3.24b)$$

(3.24) 式を (3.17b) 式に代入すると、

$$2\beta_u\beta_l(\theta_0 + l)(f_u^H)^3/\gamma = \left[ \beta_l(\alpha - \tau) + \frac{1}{2}\beta_u(\alpha - \mu - \tau) \right] f_u^H - \left[ \beta_l + \frac{1}{2}\beta_u \right] \gamma \quad (3.25)$$

(3.25) 式と (3.19a) 式より、以下が求められる。

$$2\beta_u(\theta_0 + l)(f_u^H)^3/\gamma = \left[ (\alpha - \tau) + \frac{\beta_u}{2\beta_l}(\alpha - \mu - \tau) \right] f_u^H - \left[ 1 + \frac{\beta_u}{2\beta_l} \right] \gamma \quad (3.26)$$

ポイント・トゥ・ポイントネットワークの場合、 $\beta_l > \beta_u$  となるため、この曲線は同じ切片で異なる傾きを持つが、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの場合は二地点直行型  $\gamma < \left(1 + \frac{\beta_u}{2\beta_l}\right)\gamma$  よりも切片がより負の値を示し、傾きは不明確である。運航頻度  $f_u^F, f_l^F, f_u^H$  も同様であるため、以下の結果が導かれる。

**命題2** ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの運航頻度と旅客数における変数  $\alpha, \beta, \theta_0 + l, \tau$  および  $\gamma$  は二地点直行型ネットワークと同じである。運航頻度  $f_u^H$ 、および旅客数  $q_u^H$  と  $q_l^H$  は乗継旅客の旅行回数に伴い減少する。(乗継ぎによる負利便性  $\mu$  が上昇するとき)

### 3.5 ポイント・トゥ・ポイントネットワークとハブ・アンド・スポーク型ネットワークの解の比較

まずポイント・トゥ・ポイントネットワークとハブ・アンド・スポーク型ネットワークの運航頻度、旅客数、生産性、航空機サイズと運賃に関して比較分析を行う。



### 3.5 ポイント・トゥ・ポイントネットワークとハブ・アンド・スポーク型ネットワークの解の比較

#### 3.5.1 運航頻度に関する比較

アメリカにおける規制緩和は運航頻度の増加に伴い、より良い質のサービスを提供する結果をもたらした。規制緩和が旅客にもたらした利益の3分の2は運航頻度の上昇にともなうサービスの上昇であり、これがハブ・アンド・スポーク型ネットワークの形成を促進した。屋井ら(2008)によると、日本では他国と異なり空港容量に制限があるため、航空会社は運航頻度を増加させることができず、そのため国内路線においてもボーイング747型機やボーイング777型機のような大型機を使用せざるをえない状況にある。運航頻度を比較するため、(3.19)式、および(3.25)を再度記すと、

$$2\beta_u(\theta_0 + l)(f_u^F)^3 / \gamma = (\alpha - \tau)f_u^F - \gamma \quad (\text{fully-connected, urban}) \quad (3.19a)$$

$$2\beta_l(\theta_0 + l)(f_l^F)^3 / \gamma = (\alpha - \tau)f_l^F - \gamma \quad (\text{fully-connected, local}) \quad (3.19b)$$

$$2\beta_u\beta_l(\theta_0 + l)(f_u^H)^3 / \gamma = \left[ \beta_l(\alpha - \tau) + \frac{1}{2}\beta_u(\alpha - \mu - \tau) \right] f_u^H - \left[ \beta_l + \frac{1}{2}\beta_u \right] \gamma \quad (3.25)$$

(hub-and-spoke)

(3.19a)式, (3.19b)式, (3.25)式より、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの切片は2地点直行型よりも負を示し、傾きは不明である。また運航頻度  $f_u^H, f_u^F, f_l^F$  の比較においても同様であるため、以下が示される。

**命題3** 運航頻度はポイント・トゥ・ポイントネットワークの幹線および地方路線と比較した場合、 $f_u^H > f_u^F > f_l^F$  の設定より、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの幹線において最も高くなる。

#### 3.5.2 旅客数に関する比較

命題3の証明から、運航頻度  $f_u^H > f_u^F > f_l^F$  は  $q_u^H + q_l^H / 2 > q_u^F > q_l^F$  となることが示される。これより運航頻度が上昇すると各路線における旅客の支払い意思額

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

が上がるとすると、それに伴い運賃も上昇する。ポイント・トゥ・ポイントネットワークの旅客  $q_u^F$  および  $q_l^F$  によって支払われる各路線ごとの運賃はより高くなり、運賃上昇分はハブ・アンド・スポーク型ネットワークの旅客  $q_u^H + q_l^H/2$  の各路線ごとの運賃によって効率的に支払われる(航空会社は乗継ぎ旅客の2路線分からより高い運賃収入を得ることができるので、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの  $q_l^H$  旅客に関しては、一路線ごとの収入を2分割する必要がある)。より多くの旅客が影響を受けるという仮定 ( $q_u^H + q_l^H/2 > q_u^F > q_l^F$ ) では、ドル(円)収入はハブ・アンド・スポーク型ネットワークの幹線においてより高くなる。地方路線の旅客数  $q_l^F$  と  $q_l^H$  は(3.24b)式における変数  $\alpha - \mu - \tau$  が(3.18b)式における  $\alpha - \tau$  同様に、運航頻度の相違を相殺するため不明である。ハブ・アンド・スポーク型ネットワークにおける  $AB$  間(地方)の需要が運航頻度に伴いより上昇する一方で、旅行時間が短縮されるため、総需要は不明となる。

#### 3.5.3 生産性に関する比較

運賃 ( $\gamma/(f_u^H)^2$ ) の上昇において運航頻度が高い場合の生産性は、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークよりも低く設定され、運航コストの限界費用 ( $\theta_0 + l$ ) に対し総収入を運航頻度で除して表す ( $\gamma(q_u^H + q_l^H/2)/(f_u^H)^2$ )。これは  $f_u^H > f_u^F > f_l^F$  である場合にのみ有効であり、以上より、生産性は以下を満たす。

$$\frac{\gamma}{(f_u^H)^2} < \frac{\gamma}{(f_u^F)^2} < \frac{\gamma}{(f_l^F)^2} \quad (3.28)$$

(Hub-and-spoke) (Fully-connected,urban) (Fully-connected,local)

#### 3.5.4 航空機サイズに関する比較

航空機サイズを比較するため、 $s_i^j = q_i^j/f_i^j$  に(3.11)式と(3.14)式を代入すると、 $s_i^j = (\theta_0 + l)f_i^j/\gamma$  となる。2地点直行便の場合、地方路線  $AB$  間の航空機サイズは

### 3.5 ポイント・トゥ・ポイントネットワークとハブ・アンド・スポーク型ネットワークの解の比較

$s_l^F = q_l^F / f_l^F = (\theta_0 + l)f_l^F / \gamma$ , 幹線  $AH$  と  $BH$  路線の航空機サイズは  $s_u^F = q_u^F / f_u^F = (\theta_0 + l)f_u^F / \gamma$ ,  $f_u^F > f_l^F$ . 以上より,  $s_u^F > s_l^F$  となる. ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの場合, 幹線  $AH$  と  $BH$  の航空機サイズは以下の通りである.

$$s_u^H = \frac{q_u^H + q_l^H}{f_u^H} = \frac{q_u^H + q_l^H}{q_u^H + q_l^H / 2} \cdot \frac{(\theta_0 + l)f_u^H}{\gamma} \quad (3.29)$$

$f_u^H > f_u^F$  であるため, (3.29) 式の右の第一項比率は総数よりも大きくなり,  $s_u^H > s_u^F > s_l^F$  より, ハブ・アンド・スポークの幹線において, 2 地点直行型幹線よりも, より大きい航空機サイズとなることを示す.

#### 3.5.5 運賃に関する比較

ここでは運賃に関する比較分析を行う. 規制緩和以降, アメリカおよび日本両国において, 平均航空運賃は低下した. Morrison と Winston によると, 規制緩和によりアメリカにおける航空運賃は規制緩和前と比較し, 約 58 % の運賃低下をもたらした. 日本においては, 規制緩和以前は国土交通省が需要に関係なく飛行距離に応じた運賃設定を行っていた. 田浦 (2003) によると, 日本では規制緩和は需要の高い幹線において激しい競争環境と価格低下をもたらしたが, 地方路線に関しては消費者利益の著しい低下を指摘している. 各路線における運賃の比較のため, ポイント・トゥ・ポイントネットワークの旅客数は ( $q_u^j$  と  $q_l^j$  の一階条件式より),

$$q_u^F = \frac{\alpha - \tau - \gamma / f_u^F}{2\beta_u}, \quad q_l^F = \frac{\alpha - \tau - \gamma / f_l^F}{2\beta_l}$$

となり,  $q_u^F > q_l^F$  となる. ハブ・アンド・スポーク型ネットワークに関しては,

$$q_u^H = \frac{\alpha - \tau - \gamma / f_u^H}{2\beta_u}, \quad q_l^H = \frac{\alpha - \mu - \tau - \gamma / f_u^H}{2\beta_l}$$

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

となり,  $q_u^H > q_l^H$  となる. 幹線における運賃の比較 ( $p_u^F, p_u^H$ ) のため, ネットワークごとに  $q_u^j$  を代入すると,

$$p_u^F = \alpha - \beta_u q_u^F - \frac{\gamma}{f_u^F} = \alpha - \beta_u \left( \frac{\alpha - \tau - \gamma / f_u^F}{2\beta_u} \right) - \frac{\gamma}{f_u^F} = \frac{\alpha + \tau - \gamma / f_u^F}{2} \quad (3.30a)$$

$$p_l^F = \alpha - \beta_l q_l^F - \frac{\gamma}{f_l^F} = \alpha - \beta_l \left( \frac{\alpha - \tau - \gamma / f_l^F}{2\beta_l} \right) - \frac{\gamma}{f_l^F} = \frac{\alpha + \tau - \gamma / f_l^F}{2} \quad (3.30b)$$

$$p_u^H = \alpha - \beta_u q_u^H - \frac{\gamma}{f_u^H} = \alpha - \beta_u \left( \frac{\alpha - \tau - \gamma / f_u^H}{2\beta_u} \right) - \frac{\gamma}{f_u^H} = \frac{\alpha + \tau - \gamma / f_u^H}{2} \quad (3.30c)$$

$$p_l^H = \alpha - \mu - \beta_l q_l^H - \frac{\gamma}{f_u^H} = \alpha - \mu - \beta_l \left( \frac{\alpha - \tau - \gamma / f_u^H}{2\beta_l} \right) - \frac{\gamma}{f_u^H} = \frac{\alpha - \mu + \tau - \gamma / f_u^H}{2} \quad (3.30d)$$

以上より,  $f_u^H > f_u^F > f_l^F, p_u^H > p_u^F > p_l^F$  となる. また  $q_u^H + q_l^H / 2 > q_u^F > q_l^F$  より,  $p_u^H > p_u^F > p_l^F$  となり, 幹線  $AH$  と  $BH$  の運賃が両ネットワーク共により高くなる. 地方路線  $AB$  の不明な解における旅客数と運賃比較において, 以下の命題が設定される.

**命題4** 幹線  $AH$  と  $BH$  の旅客数はポイント・トゥ・ポイントネットワークよりもハブ・アンド・スポーク型ネットワークにおいて高くなり, ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの運航頻度は2地点直行型ネットワークの運航頻度よりも高い. またハブ・アンド・スポーク型ネットワークの地方路線の運航頻度は幹線  $AH$  と  $BH$  よりも低い ( $q_u^H + q_l^H / 2 > q_u^F > q_l^F$ ). ハブ・アンド・スポーク型ネットワークの幹線が最も運賃が高く, ポイント・トゥ・ポイントネットワークの地方路線の運賃が最も低い ( $p_u^H > p_u^F > p_l^F$ ). 地方路線  $AB$  の旅客と運賃に関するネットワークごとの比較は不明である ( $q_l^F > (<) q_l^H$  and  $p_l^F > (<) p_l^H$ ). 航空会社はハブ・アンド・スポーク型ネットワークの幹線において, 大型機材を選択し, ポイント・トゥ・ポイントネットワークの地方路線では小型機を選択する ( $s_u^H > s_u^F > s_l^F$ ).

### 3.5.6 数値計算

異なるネットワーク間の地方路線との様々な比較は外生変数に依存するため、数値計算を行う必要がある。消費者余剰、企業利潤および社会厚生に関して比較を行うために、それぞれの変数が与える影響に関する数値計算を行った。消費者余剰は以下の数式により計算する。

$$\frac{\beta_i (q_i^j)^2}{2}, \quad i = u, l, \quad j = F, H, \quad i \neq j \quad (3.31)$$

ハブ・アンド・スポーク型ネットワークにおける社会厚生 ( $SW^H$ ) は以下のようにあらわす。

$$\begin{aligned} SW^H = & \frac{\beta_u (q_u^H)^2}{2} + \frac{\beta_l (q_l^H)^2}{2} + 2q_u^H (\alpha - \beta_u q_u^H - \gamma / f_u^H - \tau) \\ & + q_l^H (\alpha - \mu - \beta_l q_l^H - \gamma / f_u^H - \tau) - 2(\theta_0 + l) f_u^H \end{aligned} \quad (3.32)$$

二地点直行型ネットワークにおける社会厚生 ( $SW^F$ ) は以下のようにあらわす。

$$\begin{aligned} SW^F = & \frac{\beta_u (q_u^F)^2}{2} + \frac{\beta_l (q_l^F)^2}{2} + 2q_u^F (\alpha - \beta_u q_u^F - \gamma / f_u^F - \tau) \\ & + q_l^F (\alpha - \mu - \beta_l q_l^F - \gamma / f_l^F - \tau) - 2(\theta_0 + l) f_u^F - (\theta_0 + l) f_l^F \end{aligned} \quad (3.33)$$

数値計算の結果は、消費者余剰に関してはポイント・トゥ・ポイントネットワークのほうが高い傾向にある。理由としては乗継ぎにより生じるコストと不便性がハブ・アンド・スポーク型において高くなるからである。一方、航空会社の利潤は、運航費用が低くなるためハブ・アンド・スポーク型ネットワークのほうが高くなる傾向が明らかになった。社会厚生に関して最適なネットワーク型を明らかにするには、社会厚生が旅客需要、固定費用と着陸料、可変費用と乗継ぎにより生じるコストなどの外生変数の値に依存するため、以下の数値計算を行った。

## 3.6 数値計算結果

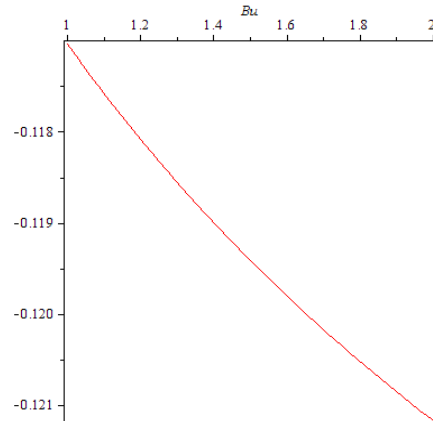
### 3.6.1 都市間市場における旅客需要 ( $\beta_u$ )

消費者余剰に関しては、都市間市場における旅客需要 ( $\beta_u$ ) と乗り継ぎによる不便性 ( $\mu$ ) の数値によって、ポイント・トゥ・ポイントネットワークのほうが消費者余剰が高くなる。乗り継ぎによる不便性と旅客需要の両方が低い場合、**図-3.6**に見られるように、消費者余剰はハブ・アンド・スポーク型ネットワークのほうが低くなる。航空会社の利潤に関しては、都市間市場の旅客需要が高く、地方路線と同等の場合、ポイント・トゥ・ポイントネットワークのほうがより航空会社の利潤が高くなる。その場合以外は運航頻度が旅客需要の大きさに制約されてしまうため、航空会社の利潤は、ハブ・アンド・スポークのほうが高くなる。この問題は地方路線を都市間の路線に集約することで解決する。地方路線の旅客需要が低い場合、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークのほうが社会厚生が高くなる傾向にある。

**図-3.3** はハブ・アンド・スポークにおける都市間市場の旅客需要 ( $\beta_u$ ) より、2地点直行型の都市間市場の旅客需要をひいた差である。都市間市場の旅客需要 ( $\beta_u$ ) が低いとき、消費者余剰はハブ・アンド・スポーク型の方が低くなる。都市間市場の旅客需要 ( $\beta_u$ ) が大きくなるにつれ、その傾向が強くなる。

**図-3.4** は都市間市場における旅客需要 ( $\beta_u$ ) に関し、ハブ・アンド・スポークにおける航空会社の利潤より、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの航空会社の利潤をひいた差である。都市間市場における旅客需要 ( $\beta_u$ ) が低いとき、航空会社の利潤はハブ・アンド・スポーク型の方が低くなる。

**図-3.5** は都市間市場における旅客需要 ( $\beta_u$ ) に関し、ハブ・アンド・スポークにおける社会厚生より、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの社会厚生をひいた差である。都市間市場における旅客需要 ( $\beta_u$ ) が1.2以下のとき、社会厚生



< 消費者余剰 >

$$\beta_u \in [1, 2), \quad \beta_l = 2, \quad \beta_u < \beta_l$$

$$\theta_0 + l = 0.15$$

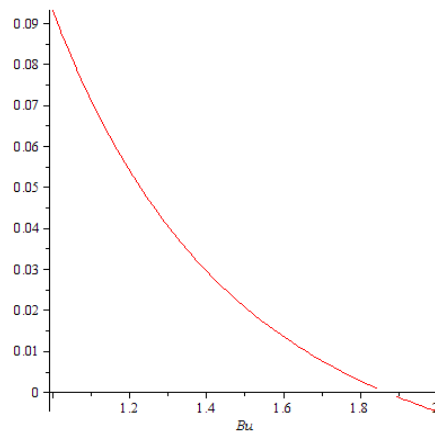
$$\tau = 0.05$$

$$\gamma = 0.1$$

$$\alpha = 8$$

$$\mu = 0.5$$

図 3.3: 都市間市場における需要 ( $\beta_u$ ) が消費者余剰に与える影響



< 航空会社の利潤 >

$$\beta_u \in [1, 2), \quad \beta_l = 2, \quad \beta_u < \beta_l$$

$$\theta_0 + l = 0.15$$

$$\tau = 0.05$$

$$\gamma = 0.1$$

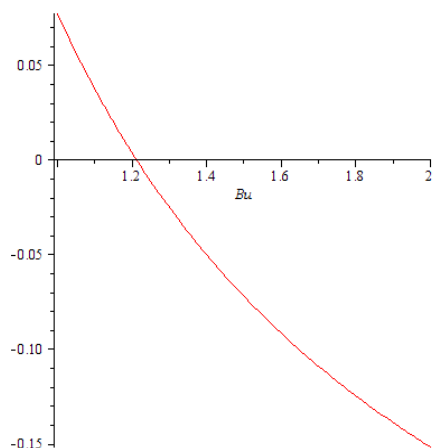
$$\alpha = 8$$

$$\mu = 0.5$$

図 3.4: 都市間市場における需要 ( $\beta_u$ ) が航空会社の利潤に与える影響

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

はハブ・アンド・スポーク型の方が高くなる。



< 社会厚生 >

$$\beta_u \in [1, 2), \quad \beta_l = 2, \quad \beta_u < \beta$$

$$\theta_0 + l = 0.15$$

$$\tau = 0.05$$

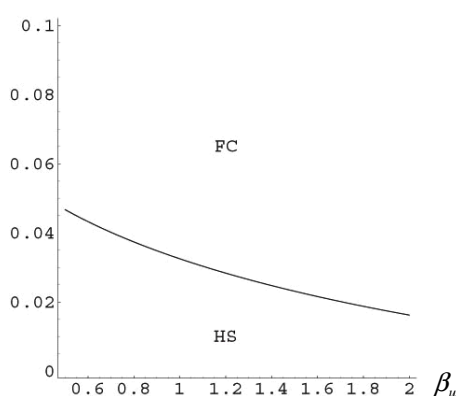
$$\gamma = 0.1$$

$$\alpha = 8$$

$$\mu = 0.5$$

図 3.5: 都市間市場における需要 ( $\beta_u$ ) が社会厚生に与える影響

図-3.6 は乗継による不便利性 ( $\mu$ ) と都市間市場における旅客需要 ( $\beta_u$ ) に関して数値計算を行ったもので、消費者余剰に関してハブ・アンド・スポークにおける社会厚生より、2地点直行型の社会厚生をひいた差である。乗継による不便利性 ( $\mu$ ) が小さく、また都市間市場の旅客需要 ( $\beta_u$ ) が低い時、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークのほうが、消費者余剰が高くなる。



< 乗り継ぎによるコスト >

$$\beta_u \in [0.5, 2), \quad \beta_l = 2, \quad \beta_u < \beta$$

$$\theta_0 + l = 0.15$$

$$\tau = 0.05$$

$$\gamma = 0.1$$

$$\alpha = 8$$

図 3.6: 乗継による不便利性 ( $\mu$ ) と都市間市場における需要 ( $\beta_u$ ) が消費者余剰に与える影響



### 3.6.2 フライト一便あたりの固定費用と着陸料 ( $\theta_0 + l$ )

フライト一便あたりの固定費用と着陸料が低いとき、ポイント・トゥ・ポイントネットワークのほうがより消費者余剰が高くなるため、運航頻度が高まる。固定費用と着陸料が低いとき、航空会社の利潤も2地点直行型の方が高くなる。社会厚生は固定費用と着陸料が十分高くなる時のみ、ハブ・アンド・スポークのほうが高くなる。

図-3.7 はフライト一便あたりの固定費用と着陸料  $\theta_0 + l$  に関して、ハブ・アンド・スポークにおける消費者利潤より、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの消費者利潤をひいた差である。フライト一便あたりの固定費用が高くなるほど、消費者余剰はハブ・アンド・スポーク型の方が低くなる。

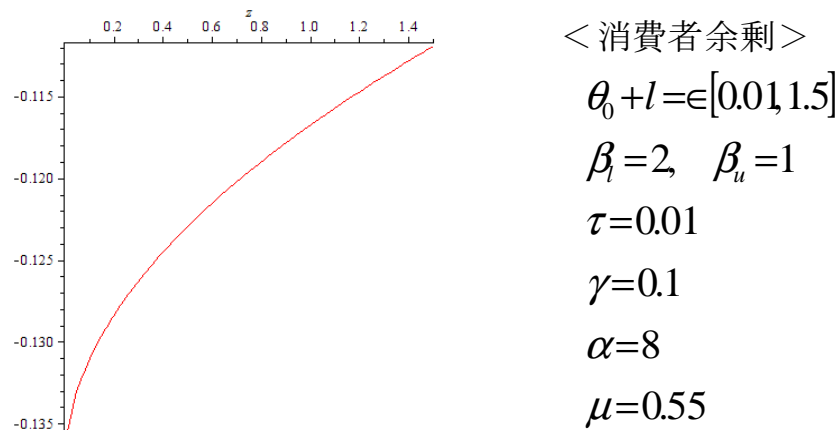
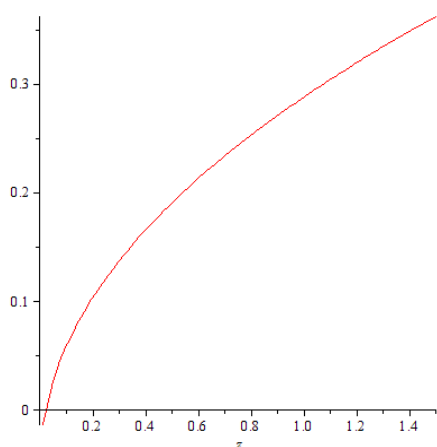


図 3.7: 1 フライトごとの固定費用と着陸料 ( $\theta_0 + l$ ) が消費者余剰に与える影響

図-3.8 はフライト一便あたりの固定費用 ( $\theta$ ) と着陸料に関してハブ・アンド・スポークにおける航空会社の利潤より、2地点直行型の航空会社の利潤をひいた差である。フライト一便あたりの固定費用と着陸料が相当低い時のみ、航空会社の利潤はハブ・アンド・スポーク型の方が低くなる。

図-3.9 はフライト一便あたりの固定費用 ( $\theta_0$ ) と着陸料 ( $l$ ) に関してハブ・ア

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング



< 航空会社の利潤 >

$$\theta_0 + l = \in [0.01, 1.5]$$

$$\beta_l = 2, \quad \beta_u = 1$$

$$\tau = 0.01$$

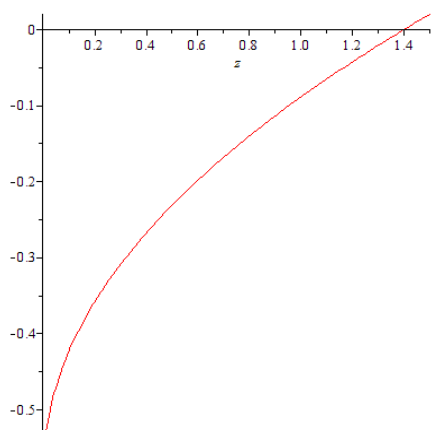
$$\gamma = 0.1$$

$$\alpha = 8$$

$$\mu = 0.55$$

図 3.8: 1 フライトごとの固定費用と着陸料 ( $\theta_0 + l$ ) が航空会社の利潤に与える影響

ンド・スポークにおける社会厚生より、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの社会厚生をひいた差である。フライト一便あたりの固定費用と着陸料が相当高いとき以外、社会厚生はハブ・アンド・スポーク型の方が低くなる。



< 社会厚生 >

$$\theta_0 + l = \in [0.01, 1.5]$$

$$\beta_l = 2, \quad \beta_u = 1$$

$$\tau = 0.01$$

$$\gamma = 0.1$$

$$\alpha = 8$$

$$\mu = 0.55$$

図 3.9: 1 フライトごとの固定費用と着陸料 ( $\theta_0 + l$ ) が社会厚生に与える影響

### 3.6.3 旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ )

消費者余剰は旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) が大きくなるほど、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの消費者余剰が高くなる傾向にある。航空会社にとっては、可変費用が低くなるほど、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの方が利潤が高くなる。旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) が高くなると、需要と航空会社の利潤が低くなるため、航空会社はハブ・アンド・スポーク型ネットワークを選択するインセンティブが高くなる。社会厚生は旅客一人あたりの可変費用が極めて低い場合、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの方が高くなる。

図-3.10 は旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) に関して、ハブ・アンド・スポークにおける消費者余剰より、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの消費者余剰をひいた差である。旅客一人あたりの可変費用が高くなるほど、消費者余剰はハブ・アンド・スポーク型の方が低くなる。

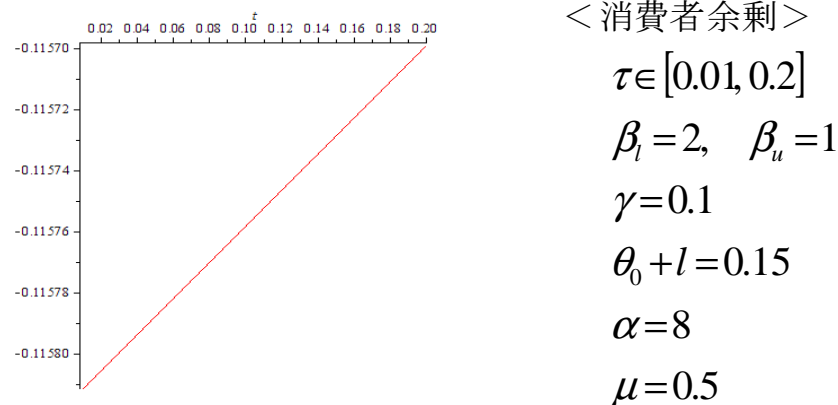
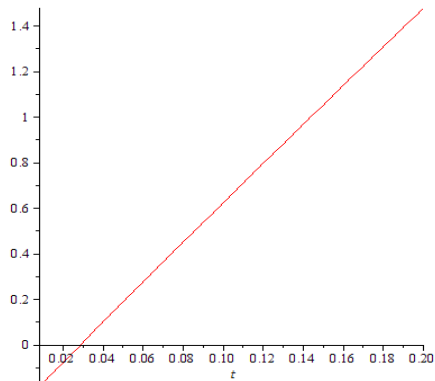


図 3.10: 旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) が消費者余剰に与える影響

図-3.11 は旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) に関して、ハブ・アンド・スポークにおける航空会社の利潤より、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの航空会社の利潤をひいた差である。旅客一人あたりの可変費用が低いときのみ、航空会社

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

の利潤はハブ・アンド・スポーク型の方が低くなる。



< 航空会社の利潤 >

$$\tau \in [0.01, 0.2]$$

$$\beta_l = 2, \quad \beta_u = 1$$

$$\gamma = 0.1$$

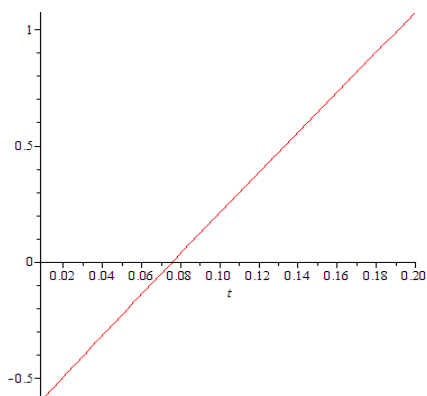
$$\theta_0 + l = 0.15$$

$$\alpha = 8$$

$$\mu = 0.5$$

図 3.11: 旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) が航空会社の利潤に与える影響

図-3.12 は旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) に関してハブ・アンド・スポークにおける社会厚生より、ポイント・トゥ・ポイントネットワークの社会厚生をひいた差である。旅客一人あたりの可変費用が低いときには社会厚生はハブ・アンド・スポーク型の方が低くなり、旅客一人あたりの可変費用が高い時、社会厚生はハブ・アンド・スポーク型の方が高い。



< 社会厚生 >

$$\tau \in [0.01, 0.2]$$

$$\beta_l = 2, \quad \beta_u = 1$$

$$\gamma = 0.1$$

$$\theta_0 + l = 0.15$$

$$\alpha = 8$$

$$\mu = 0.5$$

図 3.12: 旅客一人あたりの可変費用 ( $\tau$ ) が社会厚生に与える影響

### 3.7 政策分析

この章では、前章の数値計算結果に基づき、航空政策に対する提言をする為の分析を行なう。ここで政策立案者が運航頻度と輸送量を決定し、その目標は消費者余剰に加えて航空会社の利潤を合計した社会厚生を最大化することとする。5.6節の図に示すように、フライトを運航する費用が高く、地方路線の旅客需要が低い時、または乗客が運航頻度に高い価値を置くが、乗り継ぎに必要な追加の移動時間によって生じる不便が低い場合には、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークが社会的に最適という結果となった。また旅客一人当たりの可変費用が固定費よりも小さく、地方路線の旅客需要が幹線と同様である場合は、ポイント・トゥ・ポイントネットワークシステムが社会厚生最大化のため選択される。この分析ではまた航空会社の利益がハブ・アンド・スポーク型ネットワークよりも多い場合、ポイント・トゥ・ポイントネットワークが社会的に望ましいという結果となった。これらは実行可能な政策を検討するための条件となりうる。

社会的に望ましい政策の為には、ポイント・トゥ・ポイントネットワークを採択する航空会社の収益性を高めるために、政府は航空会社に対して幹線では着陸料を多く課金し、地方路線においては少なく課金することが必要である。航空会社は日本において、着陸料、航空管制、燃料税、航空機、空港施設料のための固定資産税、航空保安サービス料等の税金や使用料を支払う必要がある。例えば、着陸料は利用旅客人数に関わらず、最大離陸重量に基づき定額に課せられている。航空会社のポイント・トゥ・ポイントネットワーク選択を促進する為、この着陸料設定を最大離陸重量ではなく、需要に応じた制度にするなどの負担軽減の改善が必要である。また韓国と日本でのみ課せられている航空機に対する固定資産税を軽減するための措置の検討を行う必要がある。日本の航空会社は、購入してからの最初の10年間は約1億円の固定資産税が掛けられるが、これは韓国の約10

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

倍の値段であり、航空会社の経営により負担を与えている。これらの税収は「社会資本整備特別会計（自動車安全特別会計）」として収集され、空港の建設と維持管理に費やされている。現時点で、日本には98空港があり、多くは楽観的な予測に基づいて建設された経緯がある。これらの空港は通常民間空港、国または自治体が運営するものに分類される。両方とも航空会社と利用者負担による「社会資本整備特別会計（自動車安全特別会計）」の下に運営されており、不採算空港を運営する為の支払いは不透明である。政府と地方自治体の間で、一貫性のある政策が採られていないことは、空港の管理のあいまいさと説明責任の欠如につながる。これらの負担を軽減し、空港のより健全な経営のためには、一貫性のある公共政策や長期的な視野に立った戦略の策定が不可欠である。これは、空港開発プロジェクト、新しい補助金制度や「社会資本整備特別会計（自動車安全特別会計）」そのものの改革に対する健全な再検討につながる。

さらに、ポイント・トゥ・ポイントネットワークを奨励することが有益であるという前提の下で、もう一度、社会厚生を最大化するために、地方自治体が旅行需要を増加させるための戦略的方策を取ることが考えられる。石川県は2003年以降、知事の主導で、県立能登空港に「搭乗率保証制度」を導入し、この取り組みはこの10年間ビジネス戦略として成功している。全日本空輸（ANA）は羽田ー能登空港間を毎日運航4便（2往復）運航し、県は運航継続のため、座席率を保証して航空会社にインセンティブを与えている。実際の搭乗率が目標を下回った場合、県が航空会社の赤字分を補填し、また逆に目標レートを超えた場合、航空会社が地方自治体に対して金銭で還元する。この取り組みが開始されて以来、搭乗率を下回ったことがなく、大都市圏を対象とした積極的な広報が功を奏した為、高い旅行需要を維持し、地方を活性化することができたモデルケースとして地方空港活性化の今後のあり方のひとつを示した。

一方、一部の沖縄・北海道地域における生活を維持するための離島路線に対する補助金制度は、長い間存在しており、また路線維持の為に着陸料割引プランは、山形や花巻空港で実施されている。しかし、旅行需要を高めるために、地方自治体による一層の自助努力が必要である。社会厚生を最大化する空港政策立案に関しては、政府の戦略と整合する長期的な視野に立ったプランの策定、および時代によって変化する旅行者需要や航空会社のインセンティブに対応する措置の検討が必要である。

### 3.8 結論

本研究の新規性は、旅行需要が非対称である場合のネットワーク構造の変化に着目し、独占航空会社が地方路線を撤退し、ネットワーク構造がポイント・トゥ・ポイントネットワークから、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークに変更した場合のスケジューリング、運送量、運賃と航空機材のサイズに関する影響を分析したことである。また消費者余剰、航空会社の収益性と社厚生への影響を分析するため研究を拡張し、政策的含意を示唆した。

都市間を結ぶ幹線と地方路線の需要が非対称である場合には、消費者余剰はポイント・トゥ・ポイントネットワークの方が大きい一方で、航空会社の利益はハブ・アンド・スポーク型ネットワークを採用している場合に大きくなる傾向がある。地方路線の需要が低く、運航費用が高く、乗客が運航頻度に高い価値を置くが乗り継ぎに必要な追加の移動時間に不便を感じない場合に、ハブ・アンド・スポークシステムは社会的に最適である。しかし運航にかかる固定費用と可変費用が小さく、地方路線の需要が都市部の幹線と同様である場合は、ポイント・トゥ・ポイントネットワークが社会的に最適である。運航頻度、輸送量、運賃は、ハブ・アンド・スポークネットワークの都市間を結ぶ幹線で最も高い。航空機利用に対

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

する支払い意欲は運航頻度とともに上昇するため、運航頻度と運賃は連動することがわかった。

アメリカでの規制緩和後、米国の主要キャリアは、ハブ・アンド・スポーク型ネットワークを発展させることによって、乗り継ぎのサービスを促進してきた。図-3.13は7つの目的地を持つネットワークに関するものであり、左側は規制緩和以前に一般的であったポイント・トゥ・ポイントネットワーク、右側は規制緩和後に発展したハブ・アンド・スポーク型ネットワークである。2地点直行型ネットワークは7つの目的地に対して28路線を運航し、右側は同じ7つの目的地に対して1つの幹線および6つの地方路線を持つハブ・アンド・スポーク型ネットワークを表している。異なる出発地から同じ目的地に向かう乗客を組み合わせることによって、航空会社は1飛行あたりの乗客の平均数を増加させ、それにより運航コストを削減することができる。

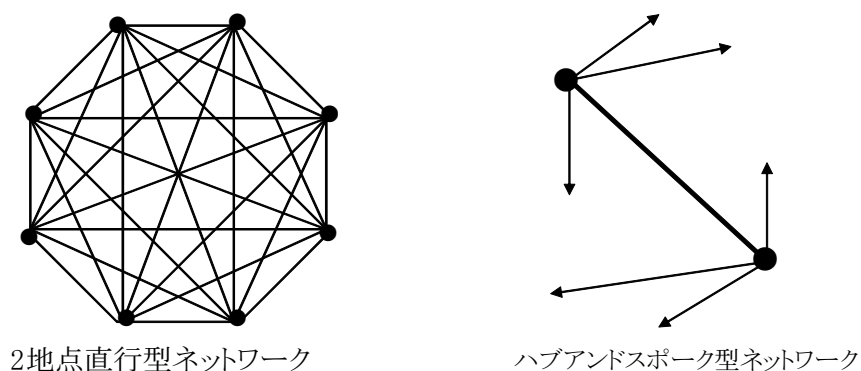


図 3.13: ネットワーク構造の違い

米国では規制緩和により、ハブ・アンド・スポーク型ネットワーク形成が促進されたが、日本では航空会社数に限りがあり、市場自体が米国よりもはるかに小さい為、一部の大都市国際ハブ空港で部分的にのみハブ・アンド・スポーク型ネットワークが形成された。また、都市部のハブ空港（伊丹空港，羽田空港）は、供給量に限界があり各スロットの数が限られている為、日本の大手航空会社は地方



路線からのネットワークを網羅できていない。戸崎（2001）によると、これらの違いは都市機能が全て首都圏に集中している日本の都市構造に由来し、また東京以外の政治経済圏がないことが理由の一つであると述べている。また日本では長距離旅行者が利用可能な代替輸送の新幹線網が発達していることも主な理由として挙げられるであろう。

世界中の航空会社が自由化を推進する流れの中、従来型航空会社は新規参入の格安航空会社との競争を余儀なくされ、経営戦略の建て直しと航空ネットワークの再構築が必要である。また新しい時代を迎えるにあたり、日本の航空業界は世界の他地域とは異なる固有の事情を抱え、日本国内市場に焦点を当てた更なる分析が必要な時期に来ている、それは公共政策、公共交通機関や航空会社の利益の最大化を含む構造かつ、政府は民間航空のための長期的な戦略を構築し、個々の地域の特定のニーズに沿った政策を取る必要がある。この分析結果より、航空会社は、地方の市場を非対称型需要に設定したときには社会厚生を最大化するため、政府による航空機着陸料や航空燃料税、および固定資産税等の税金の免除など、必要に応じて適切な政策を導入することの検討が必要である。また、旅行需要を増加させるため、地方自治体による一層の努力が必要とされる。長期的な視野に立った政策立案の為には、消費者の需要の変化や航空会社のインセンティブと政府の航空戦略が一致するような政策を取る必要がある。

今回の分析では、より日本市場の現実を反映するため、需要を非対称に設定し、分析を行った。消費者、航空会社、および政府にとっての最適な選択肢を明らかにするため、ネットワーク構造の相違による比較を行った。このモデルは取り扱いやすさの理由により、独占の航空会社が運航する市場に焦点を当てたが、今後は寡占市場と競争に拡張し、国際便、LCC、フルサービスキャリアの参入や、

空港管理のための最適な補助金制度導入が競争にどう影響するかを検討するた

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

めの分析を行う必要がある。また空港運営のための全体的な予算配分に関する政策に関して議論を行うことが今後の課題である。

## 3.9 付録

補題証明：この結果は2段階の最適化問題において導かれる。(3.17a)式と(3.17b)

式を  $f_i^F$  で一階微分したものを  $q_i^F$  を代入すると以下が導かれる。

$$\begin{aligned} & \frac{(\alpha - \tau - \gamma/f_i^F)\gamma}{2\beta_i(f_i^F)^2} - (\theta_0 + l) \\ &= \frac{1}{(f_i^F)^3} \left[ -(\theta_0 + l)(f_i^F)^3 + \frac{(\alpha - \tau)\gamma}{2\beta_i}(f_i^F)^2 - \frac{\gamma^2}{2\beta_i} \right] = 0 \end{aligned} \quad (3.34)$$

二階条件を確認するために、(3.34)を  $f_i^F$  で微分すると、以下ようになる。

$$\begin{aligned} \frac{\gamma^2}{2\beta_i(f_i^F)^4} - \frac{(\alpha - \tau - \gamma/f_i^F)\gamma}{\beta_i f_i^F} &= \frac{1}{(f_i^F)^4} \left[ -\frac{(\alpha - \tau)\gamma f_i^F}{\beta_i} + \frac{3\gamma^2}{2\beta_i} \right] \\ &= \frac{\gamma}{2\beta_i(f_i^F)^4} \left[ -2((\alpha - \tau)f_i^F - \gamma) + \gamma \right] \end{aligned} \quad (3.35)$$

(3.35)より、最適解において  $-4\beta_i(\theta_0 + l)(f_i^F)^3/\gamma + \gamma$  となる。(3.19a)式と(3.19b)式の曲線は二番目の解よりも傾きが大きいため、 $6\beta_i(\theta_0 + l)(f_i^F)^3/\gamma > (\alpha - \tau)f_i^F$  となる(両方とも傾きは  $f_i^F$  で乗じる)。(3.19a)式と(3.19b)式を用いて右項を解くと、 $6\beta_i(\theta_0 + l)(f_i^F)^3/\gamma > 2\beta_i(\theta_0 + l)(f_i^F)^3/\gamma + \gamma$  となり、 $-4\beta_i(\theta_0 + l)(f_i^F)^3/\gamma + \gamma < 0$  は二階条件を満たす。一番目の接点においては上記の傾き状態は逆になり、二階条件を満たさないため、二番目の接点が最適解となる。

Q.E.D

命題1証明：図-3.2より、運航頻度  $f$  は of changes in  $\alpha, \beta, \theta, \tau$  において変化する。

旅客数  $q$  は(3.18)式より以下ようになる。

$$q_u^F = \frac{\alpha - \tau - \gamma/f_u^F}{2\beta_u}, \quad q_l^F = \frac{\alpha - \tau - \gamma/f_l^F}{2\beta_l}$$

運航頻度  $f$  に関する乗継の負利便性  $\gamma$  の影響を明らかにするため、補題の証明および (3.19) 式より、

$$\frac{\partial f}{\partial \gamma} = \frac{2\beta_i(\theta_0 + l)f_i^F/\gamma^2 - 1}{\psi} = \frac{(\alpha - \tau)f_i^F}{\gamma\psi} > 0$$

ここで  $\psi = 6\beta_i(\theta_0 + l)f_i^F/\gamma - (\alpha - \tau) > 0$  とする。ただし  $f_i^F/\gamma$  の  $\gamma$  が不明であるため、(3.18) 式より  $q_i^F$  においては不明とする。

Q.E.D

命題 2 証明：命題 1 と同様、図-3.2 および (3.18) 式より証明できる。

Q.E.D

命題 3 証明：

〈  $f_u^H$  と  $f_u^F$  の比較 〉 (3.26) 式右項を図-3.2 に代入し、ハブアンドスポーク型ネットワーク  $f_u^H$  の解は 2 地点直行型ネットワークよりも低いまたは同じ高さの位置にあるとする。(3.19a) 式と (3.26) 式を用いて、この差異を表すと以下のようになる。

$$\left[ (\alpha - \tau) + \frac{\beta_u}{2\beta_l} (\alpha - \mu - \tau) \right] f_u^H - \left( 1 + \frac{\beta_u}{2\beta_l} \right) \gamma \leq (\alpha - \tau)f_u^H - \gamma$$

$$\frac{\beta_u}{2\beta_l} f_u^H (\alpha - \mu - \tau - \gamma/f_u^H) \leq 0$$

(3.24b) 式より、 $2\beta_l q_l^H = \alpha - \mu - \tau - \gamma/f_u^H$  となる。 $\beta > 0$ ,  $f_u^H > 0$ ,  $\beta_u f_u^H q_l^H \leq 0$ , であるため、 $q_l^H \leq 0$ 。次の差異は  $q_l^H \leq 0$  で示され、逆に  $f_u^H$  において 2 地点直行型ネットワークの曲線はハブアンドスポーク型ネットワークの曲線の下に位置する。2 地点直行型ネットワークの曲線は  $f_u^H$  の三次曲線において下に位置し、2 地点直行型ネットワークの曲線はその曲線よりも傾きが緩やかになるため、 $f_u^F$  の値は  $f_u^H$  よりも小さいものでなければならず、よって  $f_u^H > f_u^F$  となる。

Q.E.D

第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

〈 $f_u^F$  と  $f_l^F$  の比較〉 命題3の結果は2地点直行型ネットワークとハブアンドスポーク型ネットワークの運航頻度に関する一階条件の比較より分析することができる。(3.23c)式より,(3.18a)式と(3.18b)式を比較するために, $f_u^H$ を一階微分すると以下ようになる.

$$\gamma(q_u^H + q_l^H/2)/(f_u^H)^2 - (\theta_0 + l) = 0 \quad (\text{ハブアンドスポーク型ネットワーク})$$

$f_u^F$ の一階条件式は

$$\gamma q_u^F / (f_u^F)^2 - (\theta_0 + l) = 0 \quad (2 \text{ 地点直行型, 幹線})$$

$f_l^F$ の一階条件式は

$$\gamma q_l^F / (f_l^F)^2 - (\theta_0 + l) = 0 \quad (2 \text{ 地点直行型, 地方})$$

となる. $q_u^F$ と $q_l^F$ は以下の通りであり,

$$q_u^F = \frac{\alpha - \tau - \gamma/f_u^F}{2\beta_u}, \quad q_l^F = \frac{\alpha - \tau - \gamma/f_l^F}{2\beta_l}, \quad q_u^F > q_l^F$$

(3.18a)式と(3.18b)式に $q_u^F$ と $q_l^F$ を代入すると

$$\begin{aligned} \frac{\gamma}{(f_u^F)^2} \cdot \frac{\alpha - \tau - \gamma/f_u^F}{2\beta_u} - (\theta_0 + l) &= 0 \\ \frac{\gamma}{(f_l^F)^2} \cdot \frac{\alpha - \tau - \gamma/f_l^F}{2\beta_l} - (\theta_0 + l) &= 0 \end{aligned}$$

どの $f$ に対しても, $\beta_l > \beta_u$ となることから,

$$\frac{\gamma}{(f_u^F)^2} \cdot \frac{\alpha - \tau - \gamma/f_u^F}{2\beta_u} > \frac{\gamma}{(f_l^F)^2} \cdot \frac{\alpha - \tau - \gamma/f_l^F}{2\beta_l} \quad (3.36)$$

となる. 以上より $f_u^F > f_l^F$ となり, よって $f_u^H > f_u^F > f_l^F$ となる.

Q.E.D

## 参考文献

- [1] Ashford, N. and M. Benchemam: Passengers' Choice of Airport: An Application of the Multinomial Logit Model, *Transportation Research Record 1147*, National Research Council, Washington, D.C., 1987.
- [2] Barbot, Cristina.: Airport and airlines competition: Incentives for vertical collusion, *Transportation Research Part B*, Vol.43, pp.952-965, 2009.
- [3] Barrett, Sean.: Airport Competition in the Deregulated European Aviation Market, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 6, pp.13-27, 2000.
- [4] Brueckner, J. and P. Spiller: Competition and Mergers in Airline Networks, *International Journal of Industrial Organization*, Vol.9, pp.323-342, 1991
- [5] Brueckner, J.: The Economics of International Codesharing: An Analysis of International Alliances, *International Journal of Industrial Organization*, Vol.19, pp.1475-1498, 2001.
- [6] Bondzio, L.: *Modelle fuer den Zugang von Passagieren zu Flughafen*, Ph.D. thesis, Ruhr-University, Bochum, Germany, 1996.
- [7] Burghouwt, G. and J.G. de Wit: Temporal Configurations of Airline Networks in Europe, *Journal of Transport Management*, Vol.11, No.3, pp.185-198, 2005.

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

---

- [8] Button. K. and Stough. R: *Air Transport Networks: Theory and Policy Implications*, MPG Books, Cornwall, Great Britain, 2000.
- [9] Caves, R.E., N.N. Ndoh and D.E. Pitfield: Route Choice Modeling Applied to the Choice between Mature Airports and Emergent Airports in their Shadow, *Paper presented at the 31st RSA European Congress*, Lisbon, Portugal, pp27-30, August 1991.
- [10] Dresner, M. and FL Windle: The Impact of Low Cost Carriers on Airport and Route Competition, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.30, No.3, September, pp.309-328, 1996.
- [11] Dennis, N. P.: Scheduling Strategies for Airline Hub Operations, *Journal of Air Transport Geography*, Vol.2, No.4, pp.131-44, 1994.
- [12] Dennis, N. P.: Airline Hub Operations in Europe, *Journal of Transport Geography*, Vol.2, No.4, pp.219-233, 1994.
- [13] Encaoua, David., Moreaux, Michael. And Perrot, Anne: Compatibility and competition in airlines demand side network effects, *International Journal of Industrial Organization*, Vol.14, pp.701-726, 1996.
- [14] Gillen D. and W. G. Morrison: Bundling, Integrational and the Delivered Price of Air Travel: Are Low-cost Carriers Full-service Competitors?, *Journal of Air Transport Management*, Vol.9, No.1, 2003.
- [15] Harvey, G.: Airport Choice in a Multiple Airport Region, *Transportation Research*, Vol.21A, No.6, pp.439-449, 1987.

- 
- [16] Henddcks, K., M. Piccione and G. Tan: The Economics of Hubs: The Case of Monopoly, *Rand Journal of Economics* 28, pp.291-303, 1995.
- [17] Kanafani, A. and Ghobrial, A.: Airline hubbing?Some Implications for Airport Economics, *Transportation Research Part A: General*, Volume 19, Issue 1, February 1985, pp.15-27, 1985.
- [18] Ndoh, N.N., D.E. Pitfield, and R.E. Caves: Air Transportation Passenger Route Choice: A Nested Multinomial Logit Analysis, *Spatial Choices and Processes*, eds M.M. Fischer, P. Nijkamp, and Y.Y. Papafeorgiou, 349-365, Elsevier Science Publishers, North-Holland, 1990.
- [19] Oum, Tae., Zhang, Anming. and Zhang, Yimin.: Airline Network Rivalry, *The Canadian Journal of Economics / Revue canadienne d'Economie*, Vol.28, No.4a, pp.836-857, 1995.
- [20] Oum T., and Yu. C.: Measuring Airports' Operating Efficiency: A Summary of the 2003 ATRS Global Airport Benchmarking Report., *Transportation Research Part E*, Vol.39, pp.341-361, 2004.
- [21] Oum T., Adler N. and Yu.C.: Privatization, Corporization, Ownership forma and Their Effects on the Performance of the World's Major Airports., *Journal of Air Transport Management*, Vol.12, No.3, pp.109-121, 2006.
- [22] Oum T., Adler N. and Yu.C.: Ownership Forms Matter for Airport Efficiency: A Stochastic Frontier Investigation If Worldwide Airports., *Journal of Urban Economics*, Vol.64, pp.422-435, 2008.

### 第3章 非対称の旅客需要下における航空ネットワーク構造とスケジューリング

---

- [23] Pels, Eric., Peter Nijkamp., and Piet, Rietveld.: *Airport choice in a multiple airport region: an empirical analysis for the San Francisco Bay Area*, working paper, Free University Amsterdam.
- [24] Pels, E., Peter Nijkamp and Piet Rietveld: A Note on the Optimality of Airline Networks, *Economic Letters*, Vol.69, pp.429-434, 2000.
- [25] Shy, Oz: *The Economics of Network Industries*, Cambridge University Press, London, 2007.
- [26] Suzuki, Yoshinori.: Modeling and Testing the ‘ Two-Step ’ Decision Process of Travelers in Airport and Airline Choices., *Transportation Research Part E*, Vol.43, pp1-20, 2007.
- [27] Thompson, A. and R.E. Caves: The Projected Market Share for a New Small Airport in the North of England, *Regional Studies*, Vol27, No.2, pp.137-147, 1993.
- [28] Young, Seth. and Wells, Alexander.: *Airport Planning and Management 6/E*, McGraw-Hill Professional, 2011.
- [29] Zhang, A. and Y. Zhang: Concession Revenue and Optimal Airport Pricing, *Transportation Research E*, Vol.33, pp.287-296, 1997.
- [30] Zhang, A. and Y. Zhang: Airport Charges and Capacity Expansion: Effects of Concessions and Privatization, *Journal of Urban Economics*, Vol.53, pp.54-75, 2003.
- [31] The UK Civil Aviation Authority (CAA) website: <http://www.caa.co.uk/>



- 
- [32] Zhang, A. and X. Wei: Competition in Airline Networks: The Case of Constant Elasticity Demands, *Economic Letters* 42, pp.253-259, 1993.
- [33] 加藤浩徳: 混雑空港の発着枠配分問題の行方, 運輸政策研究, Vol.6.Spring, pp.58-59, 2003.
- [34] 戸崎肇: 首都圏第三空港問題をめぐって, 運輸と経済, Vol.61, No.5, pp.70-76, 1995.
- [35] 橋本悟, 深山剛, 越智成基, 山内弘隆: イギリス・オーストラリアの空港民営化に関する国内外の論文紹介ー我が国における今後の空港政策検討への材料提供としてー, 運輸政策研究, Vol.13, No.1, Spring., pp.22-29, 2010.
- [36] 屋井鉄雄, 平田輝満, 山田直樹: 飛行場管制からみた空港容量拡大方法に関する研究, 土木学会論文集 D, Vol.64, No.1, pp.122-133, 2008.
- [37] ヤン・フェルトハイス, ギオーム・ブルハウト, ヤップ・ドゥイット, 松本秀暢: 日本の主要空港における航空ネットワーク・パフォーマンスの評価ー総合的な評価方法の提案と適用ー, 運輸政策研究, Vol.11, No.3., pp.2-12, 2008.



## 第4章 2面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策

### 4.1 はじめに

現代の航空ネットワークでは、ハブ・アンド・スポーク・システム（Hub-and-spoke System；以下，HSS）が支配的な構造となっている。HSSの利点は、旅客をハブ空港に集約することによって、輸送密度の経済性を引き出すことができる点にある。ハブ空港は、その空港が立地する都市への旅客のみだけではなく、乗り継ぎを目的とした旅客にも多く利用される。例えば、世界的なハブ空港であるドイツのフランクフルト空港の場合、空港利用者数の53%が乗り継ぎのために同空港を訪れている。このように、ハブ空港は、当該空港が立地する都市の玄関口としての役割にとどまらず、航空輸送でアクセス可能なさまざまな都市へ向かう接続点としての役割も大きい。ハブ空港における旅客需要のうち、乗り継ぎを目的とした需要に占める割合は小さくない。

わが国の航空ネットワークにおいても、旅客の乗り継ぎ機能を提供する役割を期待される空港が存在する。わが国の空港法で国際拠点空港に位置づけられる成田、羽田、中部、関西、伊丹の5空港は日本の空のゲートウェイ（玄関口）としての機能が期待されている。国際拠点空港は、国際線から国内線への乗り継ぎ、あるいは国内線から国際線への乗り継ぎ（内際乗り継ぎ）が可能にする。国際的なゲートウェイとしての機能が期待される国際拠点空港（以下，ゲートウェイ空港）では、国際線と国内線の路線数がバランスよく存在することが求められる。

仮に、国際線の数が多くても、国内線の数が少なければ、乗り継ぎ目的の旅客を集めることができない。国内線の数が多く、国際線の数が少ない逆の場合も同様である。国際拠点空港にとって、国内線と国際線の就航都市の制御は重要な課題である。自由化された航空市場では、航空会社が就航路線に係わる意思決定を行う。ゲートウェイ空港では、航空会社に対する課金政策を通じて、国内線と国際線の就航路線数を適度にバランスすることで、ゲートウェイ機能の価値を高めることができる。

ゲートウェイ空港が存在する HSS では、ネットワーク外部性が存在する。本研究では、内際乗り継ぎ拠点としてのゲートウェイ空港が存在する航空市場の構造を、2面的市場モデル (two-sided market model) [2][3] に基づいて定式化する。航空市場を2面的市場モデルに基づいて定式化することにより、ゲートウェイ空港を巡って生じる複雑なネットワーク外部性の発生構造を分析できる。その上で、ゲートウェイ空港の航空会社に対する課金政策の規範的分析を行う。さらに、定式化したモデルを拡張し、内際乗り継ぎの利便性向上政策がゲートウェイ機能の経済的価値に及ぼす影響を評価する。以下、**4.2** では、本研究の基本的考え方を示す。**4.3** では、乗り継ぎ旅客のみを考慮したゲートウェイ空港をハブとするハブ・アンド・スポーク型の航空ネットワークを前提とした航空市場モデルを定式化する。その上で、ゲートウェイ空港における国内線を運航する航空会社と国際線を運航する航空会社が分権的に戦略を決定する市場を前提とする分権的航空市場は2面的であることを示す。一方、**4.4** では、ゲートウェイ空港に独占的にアクセス権を有する独占的航空会社が戦略を決定する集権的航空市場は1面的であることを明らかにする。**4.5** では、ゲートウェイ空港における乗り継ぎ利便性が向上した場合に、空港の最適課金戦略に及ぼす影響と便益帰着構造を明らかにするため比較静学分析を行う。

## 4.2 本研究の基本的考え方

### 4.2.1 既存の研究概要

航空産業組織論の分野では、航空市場の自由化を背景とした航空ネットワークの形成過程に関する理論的・実証的研究が蓄積されてきた [4]~[10]. 航空輸送技術には密度の経済性 (economy of density) が働く. 密度の経済性が存在する場合, 航空旅客をある特定の空港に集中させ, 一度に大量の旅客を輸送する HSS 型の航空ネットワークが有利となることが理論的にも実証的にも明らかにされている. これらの既存研究では, 航空ネットワークの形成メカニズムを明らかにするために, 航空会社の行動のみに着目した航空会社ベースの分析が行われている. 本研究のような, 空港の課金政策が航空ネットワークの形成に与える影響に着目した空港ベースの分析は, 航空会社ベースの分析と比較すると多くはない.

本研究で対象とする空港の課金政策に関連する研究も蓄積が進みつつある [11]~[13]. Basso and Zhang[14]~[15] は, 空港の課金政策に関する従来の研究が, 伝統的アプローチ (traditional approach) と垂直的構造アプローチ (vertical-structure approach) の2つに分類できると指摘している. 伝統的アプローチは, 航空市場を明示的にモデル化せず, 空港サービスの需要が, 航空会社と旅客の両方に課される空港の利用料と混雑費用によって決まる部分均衡モデルの枠組みが採用されている. 一方, 垂直的構造アプローチでは, 空港サービスに対する需要が, 航空市場の均衡状態によって決まる構造を持っている. したがって, 垂直的構造アプローチでは, 航空会社と旅客が直接的に空港サービスから効用 (あるいは, 不効用) を得る伝統的アプローチとは異なり, 空港に対する需要は派生需要であると捉えられる. 以上の2つのアプローチは, いずれも空港利用料金と空港の混雑費用との関係に着目している. 空港が提供するサービスは, 航空機の離発着のための時間スロットである. したがって, 従来の伝統的アプローチも垂直的構造アプローチも, 供

#### 第4章 2面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策

---

給側の技術条件に着目した空港の課金政策を議論している。一方、本研究では、HSSにおける空港のプラットフォーム機能に着目した研究は、ごく最近発表されたわずかな研究を除いて存在しない。

航空会社にとって、空港着陸料は、当該空港への就航するかどうかを決定する重要な要因の1つである。空港着陸料は、航空会社のネットワーク形成行動を通じて、地域経済に影響をもたらす。これまでも、空港着陸料金政策や、それを実現するための空港運営スキームに関する多くの研究が行われてきた。垂直的構造アプローチでは、航空会社が交通サービスを提供するための垂直的投入要素として空港を位置づけており、航空機が地上に着陸するための滑走路を使用する希少な時間を提供することである。また、空港着陸料の設定は、空港の発着容量という資源制約を前提とした最適化問題として位置づけられる。

本研究では、空港のプラットフォーム機能に着目する。プラットフォームは、クレジットカードやパーソナルコンピューターのオペレーションシステムのように、異なるグループに属するエージェントの間の取引を可能にする。Rochet and Tirole[2]・[3]を嚆矢として、プラットフォームを介した2面的市場と呼ばれる市場構造に関する研究が急速に進展した[16]~[18]。さらに、2面的市場の分析枠組みを応用することにより、プラットフォームを介したさまざまな市場構造が分析できるようになった。空港をプラットフォームとして位置づけた研究は、これまでに定型化された理論的枠組みを示した研究は存在していないものの、その重要性について指摘した研究は存在する。例えば、Bergman (2004)[23]は、2つの航空会社が同じ空港を利用する場合に乗り継ぎを可能にするという点において、それが間接的なネットワーク効果を含む2面的市場の構造を有していることを指摘している。Gillen (2010)[22]は、乗客と航空会社を同じ空港に集めることによって、空港の価値が生まれるという点において、2面的市場であると指摘している。し

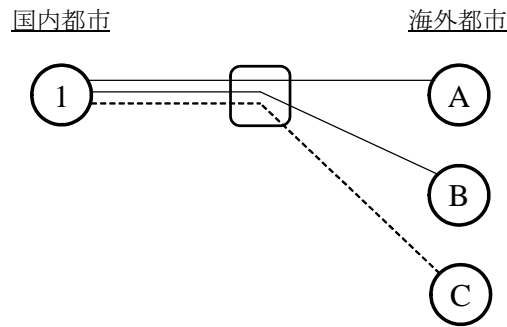


図 4.1: ネットワークの概念図

かしながら、これらの研究は空港の2面的市場としての特性に言及しているものの、2面的市場理論の中心的課題であるプラットフォームの利用料金政策を理論的に分析しているわけではない。本研究で対象とするように、ハブ空港を経由する乗り継ぎトリップを前提とした航空市場におけるプラットフォームとして位置づけ、空港料金政策を通じた航空ネットワークの内生的形成メカニズムを分析した研究は、筆者の知る限り存在しない。本研究では、空港着陸料設定によって、異なる航空会社間で生じるネットワーク外部性を内部化することが可能であることを指摘する。

#### 4.2.2 ゲートウェイ空港の経済的価値

ゲートウェイ空港は、国内線と国際線の接続点として、さまざまな国内都市と海外都市を結ぶプラットフォームとしての役割を果たす。図-4.1は、ゲートウェイ空港を介したハブ・アンド・スポーク型のネットワークの概念図を示している。いま、ゲートウェイ空港には、1つの国内都市との間に国内路線、2つの海外都市A、Bとの間に国際路線が就航している。国内都市から海外都市へ移動する旅客が、ゲートウェイ空港において乗り継ぎを行う場合、国内路線を利用する旅客の中には、海外都市Aへの旅客と海外都市Bへの旅客が含まれる。議論を簡単

## 第4章 2面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策

---

にするために、国内路線、あるいは国際路線のみを利用する旅客は存在しないと仮定する。ここで、新たに海外都市Cとゲートウェイ空港との間に新規路線が開設された場合を考える。ゲートウェイ空港の海外都市の就航路線が1単位増加すれば、国内線を運行する航空会社は、新たな就航都市への旅客を追加的に運ぶことができる。海外就航都市が増加すれば、ゲートウェイ空港を経由する海外旅行者数が増加するため、国内の1路線あたりから得られる利潤も増加する。国内1路線から得られる利潤の追加的増加により、国内路線を運行する航空会社は、さらに就航路線を増加させることができる。

ゲートウェイ空港の乗り継ぎを可能にする接続点としての役割に着目すれば、ゲートウェイ空港が提供するサービスは、都市間を結ぶ各リンクである。例えば、**図-4.1**では、ゲートウェイ空港が、リンク1-A、リンク1-B、リンク1-Cの3リンクを提供していると考えられる。ゲートウェイ空港の航空会社に対する課金は、これら1リンクに対して、いくら課金するかが問題となる。

国内航空会社は、国際線の就航都市の増加により、追加的利潤を獲得できる。逆に、国内の就航都市の増加についても、国際線を運行する航空会社に対しても同様の効果を持つ。すなわち、異なるグループの間に外部性（cross-group externalities）が存在する。国内線と国際線が単独の航空企業で経営されている場合、航空会社は国際線、国内線の就航路線を最適に設計することにより、ネットワーク外部性を内部化することが可能となる。

しかしながら、国内線と国際線を運航する航空会社が異なる場合、国内線を運航する航空会社は、国際線の航空会社に与える経済的影響を考慮せずにゲートウェイ空港への路線就航に関する意思決定を行う。同様に、国際線を運行する航空会社が国内線を運行する航空会社に与える効果も考慮せずに開設路線を決定する。国内線、国際線の航空会社は、国内線旅客、国際線旅客という異なるグルー



プの間にある外部性を内部化することが不可能である。ゲートウェイ空港は、国内線、国際線に対する空港着陸料の設定を通じて、国内航空会社及び国際航空会社の就航路線の決定行動に影響を及ぼすことが可能である。したがって、ゲートウェイ空港の着陸料を適切に設定することにより、グループ間外部性が内部化されないことにより発生する非効率性を軽減することができる。なお、国内航空会社と海外航空会社の間にはグループ間外部性が存在しなければ、ゲートウェイ空港を経由した航空サービス市場は1面市場となる。すなわち、空港が国内線、および国際線の課徴する着陸料金の総額のみが問題となり、国内線、国際線に対する着陸料の分配は、航空会社の就航路線の決定行動に影響を及ぼさない。

本研究では、国内線と国際線の内際乗り継ぎを可能にする2つのグループに属する航空会社のプラットフォームとしてのゲートウェイ空港の機能に着目し、ゲートウェイ空港の着陸料設定が社会的厚生に与える影響について分析する。基本モデルでは、国内線と国際線の間には存在する外部性を明示的に概念化した上で、ゲートウェイ空港が直面する市場が2面的市場であることを示す。基本モデルに基づいた分析を通じて、以下の点を明らかにしたい。

- ゲートウェイ空港の最適着陸料が満たすべき必要条件
- ゲートウェイ空港の運営形態と社会的厚生
- ゲートウェイ空港の拠点都市から発生する旅客需要が最適着陸料に与える影響

### 4.2.3 2面的市場理論

ゲートウェイ空港は、国内線と国際線の乗り継ぎ拠点として、国内外の多くの都市にアクセスサービスを提供している。海外の就航都市が少ないゲートウェイ空港は、国内の乗り継ぎ旅客を引きつけることはできない。同様に、国内の就航

#### 第4章 2面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策

---

都市が少ないゲートウェイ空港も海外からの乗り継ぎ旅客を引きつけることはできない。内際乗り継ぎを前提とした航空ネットワークでは、国内線と国際線の組み合わせによって、1つのOD需要に対する旅客サービスを提供する。ゲートウェイ空港は、国内線、国際線のいずれか一方だけではなく、国内路線と国際路線という2つのグループの間の各路線を互い結合するプラットフォームとして機能している。より正確には、

2つのグループに属する経済主体がプラットフォームを介した取引を実施する場合を考える。このような取引の典型例として、クレジット取引を指摘することができる。プラットフォームで生じる市場取引において、それぞれのグループに対して課徴する取引料金の分配を変化させることにより、プラットフォームを介した取引量に違いが生じる場合、市場取引は2面性を有することになる。Rochet and Tirole[3]は、2面性（two-sidedness）を以下のように定義する。

プラットフォームを用いた取引量を  $V$  と表そう。また、プラットフォームの一方の利用者に対して課す取引あたりの料金を  $a_1$ 、もう一方の利用者に対して課す取引あたりの料金を  $a_2$  と表す。プラットフォームを通じた取引量  $V$  が、プラットフォームが課すすべての料金  $a = a_1 + a_2$  にのみ依存するとき、プラットフォームの市場は、「1面（one-sided）」であると定義される。すなわち、プラットフォームを用いた取引量  $V$  は、2つの市場での料金の分配には影響を受けない場合、市場が1面である。逆に、プラットフォームの総料金  $a$  を一定として、一方の料金  $a_1$  を変化させることにより、取引量  $V$  が変化するとき市場は2面であると呼ぶ。

2面的市場が生じる要因として、1) エンドユーザー間の取引費用、2) プラットフォームが課すエンドユーザーの間でプライシング上の制約、3) 取引料に依存

しないメンバーシップ費用あるいはメンバーシップ料金の存在が指摘されている[3]。これらの要因によって、両サイドのエージェントの間に利用の外部性 (usage externalities) あるいは、メンバーシップ外部性 (membership externalities) が生じる場合に、プラットフォームの課金構造が取引量に影響を与える。プラットフォームを利用できるエージェント (経済主体) は、プラットフォームを利用する権利を有するメンバーだけに限定される。メンバーシップを有するエージェントは、メンバーシップを有する他のエージェントと取引を行う。取引は、2人のエージェントが取引を行う誘因を持つ場合にのみ成立する。利用の外部性とは、プラットフォームを通じた取引を行うかどうかの意思決定に関連して生じる外部性である。一方、メンバーシップ外部性は、エージェントの取引行動ではなく、プラットフォームのメンバーシップに属するかどうかの意思決定に関連して生じる外部性である。

Rochet and Tirole[2] によって、2面的市場のプラットフォームの最適課金の理論モデルが提示されて以降、さまざまな産業分野におけるプラットフォーム課金の構造が明らかになってきた。Caillaud and Jullien (2003)[16] は、結婚相談所、不動産エージェントやインターネットの商店街のように、競争的なマッチメイカーについて分析している。そこでは、同質な売り手と買い手を仮定し、競争的なマッチメイカーが間接的なネットワーク効果の結果、独占的なプラットフォームが生じる場合と複数のプラットフォームが共存する場合が内生的に導かれることを示した。Armstrong (2006)[17] は、独占的なプラットフォームと競争的なプラットフォーム及び競争的ボトルネックの3つのケースのモデルを定式化した。Hagiu (2006)[18] は、Bertrand 競争の下で、プラットフォームの所有によるプラットフォーム企業の利潤最大化行動によって、間接的なネットワーク効果を内生化することができることを指摘しており、供給する財の多様性が最適な2面的市場

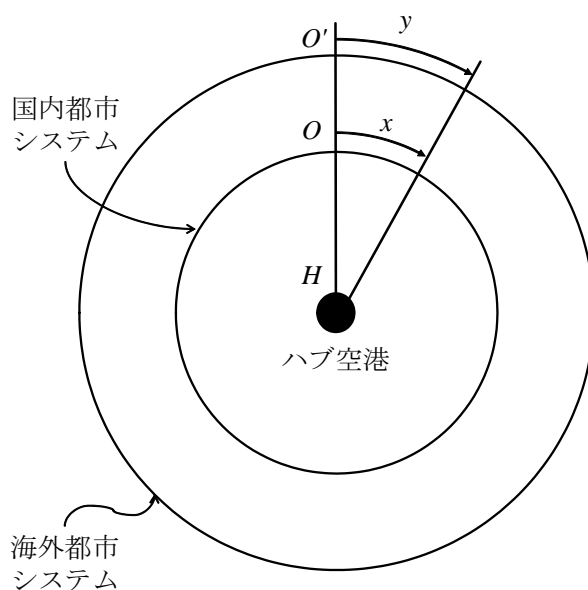


図 4.2: モデルの空間構造

の価格構造を決定する重要な要素となることを明らかにした。また, Caillaud and Jullien (2003)[16], Rochet and Tirole (2003)[2] と Armstrong (2006)[17] は, 相対的な需要の価格弾力性がプラットフォームの価格構造に与える効果を明らかにしている。2面的市場の価格構造を決定する要因には, 1) グループ相互間の外部性の比較的サイズ, 2) 固定課金/従量課金, 3) シングル・ホーミング/マルチ・ホーミングを指摘している [17].

### 4.3 2面的航空市場モデル

#### 4.3.1 モデルの前提条件

図-4.2 に示すような2重円形都市システムを考える。内側の円形都市システムは国内都市システム, 外側の円形都市システムは海外都市システムである。議論の見通しをよくするために, 「ゲートウェイ空港と国内都市の間」及び「ゲートウェイ空港と国際都市間」の空間的距離をともに1に基準化する。各円形都市シ

システムには、人口  $2\pi$  の都市が連続的に分布している。国内都市のインデックスを  $x$  で表し、ベクトル  $H-O$  との角度 (ラジアン) として定義する。国内都市の集合は  $\bar{X} = [0, 2\pi)$  と表される。また、海外都市のインデックスを  $y$  で表し、国内都市と同様に  $H-O'$  との角度  $y$  で定義する。海外都市の集合は  $\bar{Y} = [0, 2\pi)$  と表される。国内都市の全ての家計は同質的であり、確率的に決定する海外都市の目的地に 1 回旅行することにより、効用を獲得する。目的地が都市  $y$  となる確率は、すべての都市について同一であり、 $1/2\pi$  である。

都市  $H$  にゲートウェイ空港が立地しており、国内都市の集合  $X \subset \bar{X}$  との間に国内線が就航している。また、海外都市の集合  $Y \subset \bar{Y}$  との間に国際線が就航している。国内都市  $x$  に居住し、海外都市  $y$  に渡航することにより効用を獲得する家計を考える。実際には、国内線、国際線の旅客には、海外に居住し国内都市を訪問する旅客も含まれる。しかし、このような旅客を考慮しても、以下の議論は本質的に影響を受けない。そのため、モデルの表記を簡略化するために、国内に居住する旅客のみを考慮して分析を行う。家計は、都市間  $(x, y)$  が都市  $H$  を経由して渡航可能であれば、以下の 2 つの代替経路のうち、いずれかの経路を選択し、海外都市  $y$  に渡航する。

1. 都市  $H$  にて国内線専用の空港から国際線専用の空港に移動し航空機を乗り継ぐ (経路  $R_H$ )
2. その他の手段 (経路  $R_A$ )

一方、都市間  $(x, y)$  が都市  $H$  を経由して渡航可能でない場合は、経路  $R_A$  のみが利用可能である。航空会社は、ゲートウェイ空港と各都市の間に航空輸送サービスを提供し利潤を獲得する。航空市場には、ゲートウェイ空港と国内都市を結ぶすべての路線に対して市場支配力を持つ国内航空会社と、都市  $H$  と海外都市を結ぶすべての路線に対して市場支配力を持つ海外航空会社の 2 社が存在する。国内

## 第4章 2面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策

航空会社は、ゲートウェイ空港と国内の各都市との間に航空路線を開設するかどうかを決める。また、航空路線を開設する場合の航空運賃を決める。ゲートウェイ空港と国内都市、海外都市との間の距離は一定であり、旅客1人当たりの限界費用をそれぞれ  $c_D, c_I$  と表す。  $n_x, n_y$  は、それぞれ路線  $x$  及び路線  $y$  の旅客数を表す。ゲートウェイ空港と都市  $x$  を結ぶ路線（路線  $x$ ）の費用関数  $C_D(n_x, x)$ 、及びゲートウェイ空港と都市  $y$  を結ぶ路線（路線  $y$ ）の費用関数  $C_I(n_y, y)$  を

$$C_D(n_x, x) = c_D n_x + k_D(x) \quad (4.1-a)$$

$$C_I(n_y, y) = c_I n_y + k_I(y) \quad (4.1-b)$$

と定義する。  $k_D(x)$  は、路線  $x$  の旅客数に依存しない固定費用を表す。  $k_I(y)$  は、路線  $y$  の固定費用を表す。路線の固定費用は各都市  $x, y$  に依存し、

$$k'_i(\cdot) < 0, k''_i(\cdot) > 0, i = D, I \quad (4.2)$$

が成立する。本研究で想定する国内、海外都市システムは、路線の固定費用が小さい都市からインデックスの小さい順に並んだものとして定義している。路線の固定費用が都市ごとに異なる理由には、国内都市、海外都市の空港の着陸料や駐機料の違いなどが考えられる。

ゲートウェイ空港は、国内線1路線あたり  $l_D$  の着陸料を国内航空会社に、国際線1路線あたり  $l_I$  の着陸料を海外航空会社に課す。また、空港の費用は、就航路線の数に比例し、

$$C_H(N) = k_H N = k_H(N_D + N_I) \quad (4.3)$$

と定義する。ただし、  $N_D, N_I$  はそれぞれ国内及び海外の就航都市数、  $k_H$  は単位あたりの就航都市数増加に伴う限界費用を表す。空港の費用は、就航都市数にのみ依存し、空港を利用する旅客数には依存しない。また、国内都市及び海外都市におけるスポーク空港の費用及び着陸料設定の問題は、外生的に与えられており

0に基準化している。ただし、外生的なスポーク空港の費用、着陸料を正の値として明示的に考慮しても、本研究の帰結に本質的な影響はない。

#### 4.3.2 家計行動の定式化と需要関数

本研究では、海外旅行の際の家計の経路選択行動に着目するため、獲得する効用が選択した経路に依存するような効用関数を定義する。国内都市  $x$  に居住しており、海外都市  $y$  に旅行することにより効用を獲得する機会が訪れた家計をタイプ  $(x, y)$  の家計と呼ぶ。タイプ  $(x, y)$  の家計が経路  $R_H$  を選択した場合の効用を、

$$u_{xy}(p_x, p_y, \varepsilon) = u - p_x - p_y + \varepsilon \quad (4.4)$$

と定式化する。ここで、 $p_x, p_y$  はそれぞれ国内路線  $x$  と海外路線  $y$  の運賃を表す。 $\varepsilon$  は、経路  $R_H$  を選択することによって得られる確率的効用を表しており、区間  $(-\infty, +\infty)$  において定義される同一の確率密度関数  $f(\varepsilon)$  (分布関数  $F(\varepsilon)$ ) に従う。確率密度関数  $f(\varepsilon)$  は、 $\varepsilon \in [0, +\infty)$  の区間において、 $f' < 0, f'' > 0$  を満たす。一方、任意のタイプの家計について、経路  $R_A$  を選択した場合には、留保効用 0 を獲得する。このとき、家計の経路選択行動は、

$$\begin{cases} \text{経路 } R_H \text{ を選択} & u_{xy}(p_x, p_y, \varepsilon) \geq 0 \text{ のとき} \\ \text{経路 } R_A \text{ を選択} & u_{xy}(p_x, p_y, \varepsilon) < 0 \text{ のとき} \end{cases} \quad (4.5)$$

と表される。家計の確率効用項が分布関数  $F(\varepsilon)$  にしたがう場合、家計  $(x, y)$  が都市  $H$  を経由して海外都市  $y$  に渡航する確率は、

$$\psi(p_x, p_y) = 1 - F(-u + p_x + p_y) \quad (4.6)$$

と表される。したがって、経路  $R_H$  により国内都市  $x$  から海外都市  $y$  に渡航する期待旅客数は、

$$n_{xy}(p_x, p_y) = 2\pi \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \psi(p_x, p_y) = \psi(p_x, p_y) \quad (4.7)$$

と表される。

いま、ある国内都市  $x \in X$  について、ゲートウェイ空港  $H$  に向かう国内線  $x$  の旅客は、当該の国内都市  $x$  から都市  $H$  を経由して渡航可能な海外都市  $y \in \bar{Y}$  に渡航するすべての家計によって利用される。したがって、国内線  $x$  の期待旅客需要は、

$$n_x(p_x, p_y, Y) = \int_{y \in \bar{Y}} n_{xy}(p_x, p_y) dy \quad (4.8)$$

と表すことができる。一方、国際路線  $y$  は、都市  $H$  を経由して海外都市  $y$  に渡航可能な国内都市  $x \in X$  に渡航するすべての家計によって利用される。したがって、海外路線  $y$  の期待旅客需要は、

$$n_y(p_x, p_y, X) = \int_{x \in X} n_{xy}(p_x, p_y) dx \quad (4.9)$$

と表される。以上のような家計行動を前提とすれば、国内都市路線間での集計的トリップ需要に関する代替弾力性はゼロであり、例えば国内路線  $x$  の運賃  $p_x$  が変化しても、他の国内路線の需要には影響を及ぼさない。国際都市路線の間でも同様である。

### 4.3.3 分権的航空市場における航空会社の行動

航空会社は 4.3.2 で分析した需要行動を所与として、1) ゲートウェイ空港と各都市を結ぶ路線を開設するかどうか（就航都市戦略）と、2) 開設した路線の運賃（運賃戦略）を決定する。国内航空会社は、ゲートウェイ空港の国内線を独占的に運航する権利を、海外航空会社はゲートウェイ空港の国際線を独占的に運航する権利を有する。国内航空会社と海外航空会社は、ゲートウェイ空港の就航都市戦略と運賃戦略を分権的に意思決定する。航空会社の戦略決定行動は、次のような2段階問題として定式化される。第1段階では、国内線及び国際線の就航都市の集合  $X, Y$  を所与として、国内航空会社及び海外航空会社の運賃戦略を決定する。



第2段階では、就航都市ごとに規定される運賃戦略を所与として、就航都市戦略を決定する。

### 運賃戦略

国内航空会社は、就航都市集合及び国際路線の運賃を所与として、国内の各路線の航空運賃を決定する。国内航空会社の利潤  $\pi_D$  は、

$$\pi_D = \int_{x \in X} \{(p_x - c_D)n_x(p_x, p_y, Y) - k_D(x) - l_D\} dx$$

と表される。また、国内航空会社の利潤最大化行動は

$$\max_{\{p_x\}_{x \in X}} \pi_D$$

と定式化できる。ここで、すべての国際路線で運賃が均一であり、任意の  $y \in Y$  に対して

$$p_y = p_I$$

が成立すると考える。のちに、すべての国際路線の運賃が均一になるような運賃設定戦略が自己拘束性を有することが示される。このとき、国内航空会社の利潤  $\pi_D$  を、

$$\int_{x \in X} [(p_x - c_D)N_I \{1 - F(-u + p_x + p_I)\} - k_D(x) - l_D] dx$$

と書き換えることができる。ただし、

$$N_I = \int_{y \in Y} dy \tag{4.10}$$

であり、国際線の就航都市数を表す。国内航空会社の国内線  $x$  の運賃  $\{p_x\}$  に関する利潤最大化の1階条件式は、任意の  $x$  に対して、

$$\begin{aligned} & -(p_x - c_D)f(-u + p_x + p_I) \\ & + \{1 - F(-u + p_x + p_I)\} = 0 \end{aligned} \tag{4.11}$$

第4章 2面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策

と導かれる。式(4.11)の第1項は、運賃の微小な変更による国内路線  $x$  の需要変化への影響を通じた利潤変化を表し、第2項は、運賃変更に伴う直接的な利潤の変化を表している。各路線の利潤最大化運賃は、すべての国内路線について同一となる。任意の  $x$  に対して式(4.11)が成立するためには

$$p_x = p_D \quad (4.12)$$

が成立しなければならない。

国際航空会社の、国際線各路線の運賃決定行動も同様に導出できる。海外航空会社の利潤  $\pi_I$  は、

$$\pi_I = \int_{y \in Y} \{(p_y - c_I)n_y(p_x, p_y, X)dy - k_I(y) - l_I\} dy$$

と表せる。国内運賃がすべての路線で同一であり、任意の  $x \in X$  に対して

$$p_x = p_D$$

が成立する場合、海外航空会社の利潤は、

$$\int_{y \in Y} [(p_y - c_I)N_D \{1 - F(-u + p_D + p_y)\} - k_I(y) - l_I]$$

と表すことができる。ただし、

$$N_D = \int_{x \in X} dx \quad (4.13)$$

であり、国内線の就航都市数を表す。国内航空会社  $y$  の国内の各路線運賃  $\{p_y\}$  に関する利潤最大化の1階条件式は、任意の  $y$  に対して、

$$\begin{aligned} & -(p_y - c_I)f(-u + p_D + p_y) \\ & + \{1 - F(-u + p_D + p_y)\} = 0 \end{aligned} \quad (4.14)$$

と導かれる。式(4.14)は、国内のすべての路線で運賃が同一であれば、海外路線における利潤最大化運賃は、すべての路線で同一となることを表している。すなわち、任意の  $y \in Y$  に対して、

$$p_y = p_I \quad (4.15)$$

が成立する。ここで、国内航空会社と海外航空会社の運賃設定ゲームにおけるナッシュ均衡を考える。国内路線の運賃  $p_D^*$ 、国際路線の運賃  $p_I^*$  は

$$\begin{aligned} & -(p_D^* - c_D)f(-u + p_D^* + p_I^*) \\ & + \{1 - F(-u + p_D^* + p_I^*)\} = 0 \end{aligned} \quad (4.16-a)$$

$$\begin{aligned} & -(p_I^* - c_I)f(-u + p_D^* + p_I^*) \\ & + \{1 - F(-u + p_D^* + p_I^*)\} = 0 \end{aligned} \quad (4.16-b)$$

を同時満たすような  $p_D^*, p_I^*$  として決定される。すなわち、国内路線、国際路線の運賃  $p_D^*, p_I^*$  は、

$$p_D^* = c_D + \frac{1 - F(-u + p_D^* + p_I^*)}{f(-u + p_D^* + p_I^*)} \quad (4.17-a)$$

$$p_I^* = c_I + \frac{1 - F(-u + p_D^* + p_I^*)}{f(-u + p_D^* + p_I^*)} \quad (4.17-b)$$

と決定される。国内航空会社、海外航空会社は独占企業であり、航空運賃は限界費用  $c_D, c_I$  に対して式(4.17-a),(4.17-b)の第2項をマークアップする水準に決定される。ここで、旅客1人当たりの粗利潤  $\alpha$  を

$$\alpha = \frac{\{1 - F(-u + p_D^* + p_I^*)\}^2}{f(-u + p_D^* + p_I^*)} \quad (4.18)$$

と表すと、ナッシュ均衡運賃の下での国内航空会社及び海外航空会社の利潤は、

$$\pi_D(p_D^*, p_I^*, Y) = \int_{x \in X} \{\alpha N_I - k_D(x) - l_D\} dx \quad (4.19)$$

$$\pi_I(p_D^*, p_I^*, X) = \int_{y \in Y} \{\alpha N_D - k_I(y) - l_I\} dy \quad (4.20)$$

と表される。分権的航空市場モデルのナッシュ均衡解における運賃及び旅客1単位あたりから得られる余剰は、就航都市集合や路線に依存しない形で導出できる。

#### 就航都市戦略

ナッシュ均衡運賃は、就航都市集合に依存しない形で導出される。したがって、すでに導出したナッシュ均衡運賃の下で、利潤最大化を目的として、国内航空会社は国内路線の就航都市を、海外航空会社は国際路線の就航都市を選択する。関数  $k_D(x), k_I(y)$  は、それぞれ  $x, y$  に関して単調増加関数であるため、1路線当たりの利潤  $\rho_D(x), \rho_I(y)$

$$\rho_D(x) = \alpha N_I - k_D(x) - l_D \quad (4.21-a)$$

$$\rho_I(y) = \alpha N_D - k_I(y) - l_I \quad (4.21-b)$$

は  $x, y$  に関して単調減少関数である。したがって、国内線、国際線の就航都市集合は、臨界都市  $\theta_D, \theta_I$  を用いて

$$X = [0, \theta_D], Y = [0, \theta_I]$$

と表すことができる。また、国内路線及び国際路線の就航都市数  $N_D, N_I$  は

$$N_D = \int_0^{\theta_D} dx = \theta_D, N_I = \int_0^{\theta_I} dy = \theta_I$$

と表される。したがって、就航都市集合のカットオフとなる都市のインデックスは、就航都市数に一致する。以下では、就航都市数  $N_D, N_I$  として、就航都市のカットオフのインデックス  $\theta_D, \theta_I$  を用いる。

国内航空会社は、ゲートウェイ空港に着陸料を支払い国内路線1路線を開設することにより、当該都市から  $\theta_I (= N_I)$  の数の海外都市へ旅行を行う旅客を運ぶことができる。すなわち、国内航空会社がゲートウェイ空港に支払う国内線着陸料

金は、 $\theta_I$  つの海外都市に対するアクセシビリティのために支払われる料金 (アクセス料金) と解釈できる。逆に、海外航空会社は、ゲートウェイ空港に国際路線 1 路線を開設することにより、 $\theta_D (= N_D)$  つの国内都市から集まる旅客を当該国際都市に運ぶことができる。したがって、海外航空会社がゲートウェイ空港に支払う国際線着陸料金は、 $\theta_D$  の国内都市に対するアクセス料金と解釈できる。

ここで、4.2.2 で指摘したように、内際乗り継ぎを可能にするゲートウェイ空港が提供する根源的サービスは、都市に対するアクセシビリティのメニューである。したがって、ゲートウェイ空港は、国内 (海外) 航空会社に対して、次のように定義される海外 (国内) 1 都市あたりのアクセス料金マージン  $s_D, s_I$  を決定する問題を考える。

$$s_D \equiv \frac{l_D - k_H}{\theta_I}, \quad s_I \equiv \frac{l_I - k_H}{\theta_D} \quad (4.22)$$

このとき、国内航空会社及び海外航空会社の利潤を

$$\begin{aligned} \pi_D &= \{(\alpha - s_D)\theta_I - k_H\}\theta_D - \int_0^{\theta_D} k_D(x)dx \\ \pi_I &= \{(\alpha - s_I)\theta_D - k_H\}\theta_I - \int_0^{\theta_I} k_I(y)dy \end{aligned}$$

と書き換えることができる。国内航空会社は  $\theta_D$  に関して利潤  $\pi_D$  の最大化を図り、海外航空会社は  $\theta_I$  に関して利潤  $\pi_I$  の最大化を図る。利潤最大化の 1 階条件式から、

$$\begin{cases} (\alpha - s_D)\theta_I - k_D(\theta_D) - k_H = 0 \\ (\alpha - s_I)\theta_D - k_I(\theta_I) - k_H = 0 \end{cases} \quad (4.23)$$

を得る。したがって、就航都市数  $\theta_D$  は  $s_D$  及び  $\theta_I$  の関数として表され、就航都市数  $\theta_I$  は  $s_I$  及び  $\theta_D$  の関数として表される。ここで、

$$\begin{cases} v_D = (\alpha - s_D)\theta_I - k_H \\ v_I = (\alpha - s_I)\theta_D - k_H \end{cases}$$

とおく。  $v_D, v_I$  は、それぞれ、国内路線および国際路線 1 路線あたりの固定費用

控除前の利潤を表している。このとき、式(4.23)は、

$$\begin{cases} v_D - k_D(\theta_D) = 0 \\ v_I - k_I(\theta_I) = 0 \end{cases} \quad (4.25)$$

と表される。式(4.25)において、 $v_D$  および  $v_I$  を所与とすると、国内および海外航空会社が選択する就航都市数は、

$$\theta_D \equiv \zeta_D(s_D, \theta_I) = k_D^{-1}(v_D) \equiv \phi_D(v_D) \quad (4.26-a)$$

$$\theta_I \equiv \zeta_I(s_I, \theta_D) = k_I^{-1}(v_I) \equiv \phi_I(v_I) \quad (4.26-b)$$

となる。ただし、仮定(4.2)から、関数  $\phi_i(v_i)$  ( $i = D, I$ ) は、 $\phi'_i > 0, \phi''_i < 0$  を満足する。

国内航空会社の就航都市選択行動において外生的パラメーターである  $s_D$  および  $\theta_I$  の微小変化が、就航都市選択行動に及ぼす影響は、

$$\frac{\partial \zeta_D}{\partial s_D} = -\theta_I \frac{d\phi_D}{dv_D} \quad (4.27-a)$$

$$\frac{\partial \zeta_D}{\partial \theta_I} = (\alpha - s_D) \frac{d\phi_D}{dv_D} \quad (4.27-b)$$

と表すことができる。国際路線の就航都市の増加によってもたらされる生産者余剰の限界的増分は  $\alpha$  となる。式(4.27-b)は、生産者余剰の限界的増分のうち、 $s_D$  は空港に帰属し、 $\alpha - s_D$  は国内路線を運行する航空会社に帰属することを表している。同様に、

$$\frac{\partial \zeta_I}{\partial s_I} = -\theta_D \frac{d\phi_I}{dv_I} \quad (4.28-a)$$

$$\frac{\partial \zeta_I}{\partial \theta_D} = (\alpha - s_I) \frac{d\phi_I}{dv_I} \quad (4.28-b)$$

が成立する。 $s_D$  と  $s_I$  を所与とすれば、式(4.26-a)及び式(4.26-b)の連立方程式から、 $\theta_D$  および  $\theta_I$  を内生的に導くことができる。すなわち、国内線、国際線の就

航都市数は、

$$\theta_D = \Theta_D(s_D, s_I)$$

$$\theta_I = \Theta_I(s_D, s_I)$$

の形で表される。このとき、式(4.26-a)および(4.26-b)から、

$$\frac{\partial \Theta_D}{\partial s_D} = \frac{\frac{\partial \zeta_D}{\partial s_D}}{1 - \frac{\partial \zeta_D}{\partial \theta_I} \cdot \frac{\partial \zeta_I}{\partial \theta_D}}, \quad \frac{\partial \Theta_I}{\partial s_D} = \frac{\frac{\partial \zeta_D}{\partial s_D} \cdot \frac{\partial \zeta_I}{\partial \theta_D}}{1 - \frac{\partial \zeta_D}{\partial \theta_I} \cdot \frac{\partial \zeta_I}{\partial \theta_D}} \quad (4.30-a)$$

$$\frac{\partial \Theta_I}{\partial s_I} = \frac{\frac{\partial \zeta_I}{\partial s_I}}{1 - \frac{\partial \zeta_D}{\partial \theta_I} \cdot \frac{\partial \zeta_I}{\partial \theta_D}}, \quad \frac{\partial \Theta_D}{\partial s_I} = \frac{\frac{\partial \zeta_I}{\partial s_I} \cdot \frac{\partial \zeta_D}{\partial \theta_I}}{1 - \frac{\partial \zeta_D}{\partial \theta_I} \cdot \frac{\partial \zeta_I}{\partial \theta_D}} \quad (4.30-b)$$

が導出できる [3].

#### 4.3.4 空港の最適課金問題

以上の航空会社の戦略を前提として、ゲートウェイ空港の最適課金問題を考える。ゲートウェイ空港は、公共主体によって所有されており、1空港単独での独立採算で運営される場合を考える。このとき、ゲートウェイ空港の運営主体は、利潤の非負制約の下で社会的厚生を最大化するようなラムゼイ価格を選択する。ゲートウェイ空港が獲得する利潤は、

$$\pi_H = (l_D - k_H)\theta_D + (l_I - k_H)\theta_I$$

と表される。ゲートウェイ空港の利潤を1リンクあたりの課金額  $s_D, s_I$  を用いて書き直すと、

$$\pi_p = (s_D + s_I - c_H)\Theta_D(s_D, s_I)\Theta_I(s_D, s_I) \quad (4.31)$$

が得られる。ここで、 $c_H = 0$ であるが、計算の便宜上、1リンクあたりの限界費用を明示化し、後の分析において  $c_H = 0$ を代入する。社会的厚生  $W$  は、消費者

第4章 2面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策

余剰，航空会社に帰属する生産者余剰，空港に帰属する生産者余剰の和として定義し，次のように表される．

$$\begin{aligned}
 W &= (2\alpha + \beta)\theta_D\theta_I - \int_0^{\theta_D} k_D(x)dx \\
 &\quad - \int_0^{\theta_I} k_I(y)dy - (\theta_D + \theta_I)k_H
 \end{aligned} \tag{4.32}$$

である．ただし，

$$\beta = \int_{-u+p_D^*+p_I^*}^{+\infty} (u - p_D^* - p_I^* + \varepsilon)f(\varepsilon)d\varepsilon$$

空港がゼロ利潤制約の下で，社会的厚生最大化を目的とするラムゼイ価格は，

$$\begin{aligned}
 &\max_{s_D, s_I} W \\
 \text{s.t.} \quad &s_D + s_I = 0
 \end{aligned}$$

と定義される．1階条件式は

$$\frac{\partial W}{\partial s_D} = \frac{\partial W}{\partial s_I} \tag{4.33}$$

である．式(4.32)より

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial W}{\partial s_D} &= \{(2\alpha + \beta)\theta_I - k_D(\theta_D) - k_H\} \frac{\partial \Theta_D}{\partial s_D} \\
 &\quad + \{(2\alpha + \beta)\theta_D - k_I(\theta_I) - k_H\} \frac{\partial \Theta_I}{\partial s_D}
 \end{aligned} \tag{4.34}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial W}{\partial s_I} &= \{(2\alpha + \beta)\theta_I - k_D(\theta_D) - k_H\} \frac{\partial \Theta_D}{\partial s_I} \\
 &\quad + \{(2\alpha + \beta)\theta_D - k_I(\theta_I) - k_H\} \frac{\partial \Theta_I}{\partial s_I}
 \end{aligned} \tag{4.35}$$

である．式(4.33)は，

$$\begin{aligned}
 &\{(2\alpha + \beta)\theta_I - k_D(\theta_D) - k_H\} \left( \frac{\partial \Theta_D}{\partial s_D} - \frac{\partial \Theta_D}{\partial s_I} \right) \\
 &= \{(2\alpha + \beta)\theta_D - k_I(\theta_I) - k_H\} \left( \frac{\partial \Theta_I}{\partial s_I} - \frac{\partial \Theta_I}{\partial s_D} \right)
 \end{aligned} \tag{4.36}$$



と書き直すことができる。式(4.23)から、

$$(2\alpha + \beta)\theta_I - k_D(\theta_D) - k_H = (\alpha + \beta + s_D)\theta_I$$

$$(2\alpha + \beta)\theta_D - k_I(\theta_I) - k_H = (\alpha + \beta + s_I)\theta_D$$

となる。また、式(4.30-a)と式(4.30-b)から、式(4.34)及び式(4.35)は、

$$\begin{aligned} & (\alpha + \beta + s_D)\theta_I \cdot \frac{\frac{\partial \zeta_D}{\partial s_D} - \frac{\partial \zeta_I}{\partial s_I} \cdot \frac{\partial \zeta_D}{\partial \theta_I}}{1 - \frac{\partial \zeta_D}{\partial \theta_I} \cdot \frac{\partial \zeta_I}{\partial \theta_D}} \\ = & (\alpha + \beta + s_I)\theta_D \cdot \frac{\frac{\partial \zeta_I}{\partial s_I} - \frac{\partial \zeta_D}{\partial s_D} \cdot \frac{\partial \zeta_I}{\partial \theta_D}}{1 - \frac{\partial \zeta_D}{\partial \theta_I} \cdot \frac{\partial \zeta_I}{\partial \theta_D}} \end{aligned} \quad (4.37)$$

と変形できる。さらに、式(4.27-a)–式(4.28-b)を代入すると、

$$\frac{\sigma_D \{1 + (\alpha - s_D)\sigma_I\}}{\alpha + \beta + s_I} = \frac{\sigma_I \{1 + (\alpha - s_I)\sigma_D\}}{\alpha + \beta + s_D}$$

が導出できる。ラムゼイ価格では、制約条件として  $s_D + s_I = 0$  を満たす必要がある。したがって、

$$s_D = -s_I = \frac{(\alpha + \beta)(\sigma_I - \sigma_D)}{\sigma_D + \sigma_I + 2\beta\sigma_D\sigma_I} = \mu \quad (4.38)$$

が成立する。ここで、 $\sigma_D, \sigma_I$  は、ゲートウェイ空港における国内路線需要の準弾力性 (quasi elasticity) であり、

$$\sigma_D = \frac{\theta_I}{\theta_D} \frac{d\phi_D}{dv_D}, \quad \sigma_I = \frac{\theta_D}{\theta_I} \frac{d\phi_I}{dv_I}$$

と表される。式(4.38)は、分権的航空市場においてゲートウェイ空港が直面する市場が2面的 (two-sided) であることを表している。ゲートウェイ空港が提供するサービスは、国内都市と海外都市を結ぶリンクを供給する点にある。仮に、市場が1面的 (one-sided) であれば、ゲートウェイ空港の需要は1リンクあたりの課金

#### 第4章 2面的航空市場とゲートウェイ空港の料金政策

額  $s_D + s_I$  のみに依存する。しかし、式 (4.38) は、1 リンク当たりの課金額  $s_D + s_I$  の国内線と国際線への配分が経済的効率性に影響を与え、最適な配分が一意に決まることを表している。以上の分析結果を、次の命題 1 として取りまとめておこう。

**命題 1** 国内線と国際線を運航する航空会社が異なる分権的航空市場では、ゲートウェイ空港が直面する市場は 2 面的である。

2 面的市場では、2 つの市場に対する課金のバランスが経済的効率性に影響を与える。そのため、非負利潤制約の下でのセカンドベスト解を実現するためには国内線と国際線への課金額のバランスが重要である。式 (4.38) における  $\mu$  の符号は、 $\sigma_D$  と  $\sigma_I$  の相対的な大きさの差異に依存する。 $\sigma_D, \sigma_I$  は、それぞれ国内線及び国際線の準需要の価格弾力性を表している。 $\mu$  が正であれば、国際線の準需要の価格弾力性が国内線のそれと比べて相対的に大きく、 $\mu$  が負であれば、その相対的大小関係は逆になる。仮に、国内線、国際線ともに準需要の価格弾力性が同じであれば、 $s_D = s_I = 0$  である。空港の課金額を 1 路線あたりの着陸料で表すと

$$\begin{cases} l_D = k_H + \mu\theta_I \\ l_I = k_H - \mu\theta_D \end{cases} \quad (4.39)$$

となる。価格弾力性が相対的に小さい方の路線に対しては、空港利用で生じる 1 路線あたりの限界費用 ( $k_H$ ) に正のマークアップが付加される。例えば、国内線の準需要の価格弾力性が相対的に小さいとき、 $\mu$  は正となる。国内線市場からは、 $\mu\theta_D$  の黒字が得られる一方、国際線からは、同じだけの額の赤字が生じる。したがって、ゲートウェイ空港が航空会社に対する課金政策によって、国内航空会社と海外航空会社との間の cross subsidy が実現している。ゲートウェイ空港は、課金政策を通じて、国内航空会社と海外航空会社の間が存在する「内生的な」外部

性を制御することができる。

## 4.4 ゲートウェイ空港の役割

### 4.4.1 集権的就航都市戦略決定モデル

4.3では、ゲートウェイ空港に就航する国内路線と国際路線が異なる航空会社によって所有される分権的航空市場モデルを前提とした。分権的航空市場モデルでは、国内航空会社と海外航空会社の間に存在するネットワーク外部性を内部化できない。一方、国内路線と国際路線が1つの航空会社によって所有される集権的航空市場モデルでは、ネットワーク外部性が企業内で内部化される。以下では、集権的航空市場におけるゲートウェイ空港の最適課金戦略を分析する。

#### 運賃戦略

集権的航空市場モデルでは、ゲートウェイ空港に就航可能な独占的航空会社が就航都市の選択、及び就航路線の運賃を決定する。分権的航空市場モデルと同様の手順に従い、航空会社の行動は1) 就航都市の選択、2) 就航路線の運賃の決定の2段階の問題として定式化される。まず、ゲートウェイ空港の就航都市の集合 $\hat{X}, \hat{Y}$ を所与として、独占的航空会社の利潤最大化運賃を明らかにする。分権的航空市場モデルの場合と同様に、国内路線及び国際路線の運賃が $p_x, p_y$ 、任意の $x \in X, y \in Y$ に対して、

$$p_x = p_D, p_y = p_I \quad (4.40)$$

が成立すると考える。このとき、独占的航空会社の利潤は

$$\begin{aligned} \Pi(p_D, p_I, \hat{X}, \hat{Y}) &= \pi_D + \pi_I \\ &= (p_D + p_I - c_D - c_I)\{1 - F(-u + p_D + p_I)\}N_D N_I \\ &\quad - l_D N_D - l_I N_I - \int_{x \in \hat{X}} k_D(x) dx - \int_{y \in \hat{Y}} k_I(y) dy \end{aligned} \quad (4.41)$$

であり，利潤最大化行動は，

$$\max_{p_D, p_I} \{\Pi(p_D, p_I, \hat{X}, \hat{Y})\} \quad (4.42)$$

と表すことができる．式(4.41)から，独占的航空会社の利潤は，明らかに国内路線と国際路線の運賃の和  $p_D + p_I$  にのみに依存する． $p_D + p_I = p$  と表すと，最適化の1階条件式から，集権的航空市場における利潤最大化運賃  $p^{**}$  は，

$$\begin{aligned} & -(p^{**} - c_D - c_I)f(-u + p^{**}) \\ & + \{1 - F(-u + p^{**})\} = 0 \end{aligned} \quad (4.43)$$

を満たす．集権的運賃最適化条件式(4.43)は，式(4.40)を前提としている．ここで，式(4.43)が成立している状態では，独占的航空会社は，国内及び国際路線のいずれの運賃を変化させても，より高い利潤を実現することができないことを確認しておこう．いま，式(4.43)を満たす任意の集権的利潤最大化運賃のもとで，ある特定の国内路線  $\bar{x}$  の運賃  $p_{\bar{x}}$  のみを微少変化させた場合の限界変化率は，

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial \Pi}{\partial p_{\bar{x}}} \right|_{p_{\bar{x}} + p_I = p^{**}} &= N_I [-(p^{**} - c_D - c_I)f(-u + p^{**}) \\ &+ \{1 - F(-u + p^{**})\}] = 0 \end{aligned} \quad (4.44)$$

となる．また，同様にある特定の国際路線の運賃  $\bar{y}$  の運賃  $p_{\bar{y}}$  のみを微少変化させた場合の限界変化率は，

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial \Pi}{\partial p_{\bar{y}}} \right|_{p_D + p_{\bar{y}} = p^{**}} &= N_D [-(p^{**} - c_D - c_I)f(-u + p^{**}) \\ &+ \{1 - F(-u + p^{**})\}] = 0 \end{aligned} \quad (4.45)$$

となる．以上から，集権的航空会社は，国際路線及び国内路線の同一運賃の前提の下で導出された集権的利潤最大化運賃の状態から，一部の路線のみの運賃を変更したとしても，総利潤を増加させることができない．したがって，式(4.40)は，

導出された航空会社の運賃設定行動の分析結果に関する一般性を制限するものではなく本質的な仮定ではない。

式 (4.16-a), (4.16-b) と式 (4.43) を比較すると,

$$p^{**} < p_D^* + p_I^* (= p^*) \quad (4.46)$$

が得られる。乗り継ぎトリップを前提とした場合、国内線の運賃と国際線の運賃の両方がトリップの需要に影響する。分権的航空市場では、国内航空会社（国際航空会社）の運賃設定行動が、国際航空会社（国内航空会社）へ与える影響を考慮しない需要の外部性が生じる。集権的航空市場では、需要の外部性は、独占的航空会社によって内部化される。そのため、国内線と国際線の集計的運賃は、分権的航空市場より集権的航空市場の方が安くなる。

式 (4.43) には、外生的に与えた就航都市集合  $\hat{X}, \hat{Y}$  に依存する変数が含まれていないことに注意しよう。したがって、任意の就航都市集合に対して、集権的航空市場モデルにおける利潤最大化運賃  $p^{**}$  は、常に一定である。集権的航空市場モデルにおける独占的航空会社の利潤は、

$$\begin{aligned} \Pi(\hat{X}, \hat{Y}) &= \hat{\alpha} N_D N_I - l_D N_D - l_I N_I \\ &\quad - \int_{x \in \hat{X}} k_D(x) dx - \int_{y \in \hat{Y}} k_I(y) dy \end{aligned} \quad (4.47)$$

と表すことができる。ただし、

$$\hat{\alpha} = \frac{\{1 - F(-u + p^{**})\}^2}{f(-u + p^{**})} \quad (4.48)$$

であり、旅客 1 単位から獲得できる国内線と国際線の生産者余剰の和を表している。式 (4.46) から、

$$\hat{\alpha} > 2\alpha \quad (4.49)$$

が成立する（証明は付録参照）。集権的航空市場における家計 1 トリップから生じる粗利潤は、分権的航空市場におけるそれよりも大きいことを表している。一

一般的に、需要の外部性が存在する市場では、集権的価格の下で得られる生産者余剰は、分権的価格の場合よりも大きくなる。

### 就航都市戦略

集権的航空会社の就航都市選択問題を考える。2面的航空市場モデルの場合と同様に  $k_D(\cdot), k_I(\cdot)$  の単調性から、利潤を最大化する最適就航都市集合は、国内線、国際線が就航される臨界都市  $\hat{\theta}_D$  及び  $\hat{\theta}_I$  を用いて、 $\hat{X} = [0, \hat{\theta}_D]$ ,  $\hat{Y} = [0, \hat{\theta}_I]$  の形で得られる。臨界都市  $\hat{\theta}_D, \hat{\theta}_I$  を用いて、独占的航空会社の利潤 (4.47) を表すと、

$$\begin{aligned} \Pi(\hat{\theta}_D, \hat{\theta}_I) &= \pi_D + \pi_I \\ &= (p_D + p_I - c_D - c_I)\{1 - F(-u + p_D + p_I)\}\hat{\theta}_D\hat{\theta}_I \\ &\quad - l_D\hat{\theta}_D - l_I\hat{\theta}_I - \int_0^{\hat{\theta}_D} k_D(x)dx - \int_0^{\hat{\theta}_I} k_I(y)dy \end{aligned} \quad (4.50)$$

となる。ここで、アクセス料金の価格マージン  $s_D, s_I$  を用いて、独占的航空会社の利潤 (4.51) を書き直すと、

$$\begin{aligned} \Pi(\hat{\theta}_D, \hat{\theta}_I) &= \pi_D + \pi_I \\ &= (\hat{\alpha} - s_D - s_I)\hat{\theta}_D\hat{\theta}_I - k_H(\hat{\theta}_D + \hat{\theta}_I) \\ &\quad - \int_0^{\hat{\theta}_D} k_D(x)dx - \int_0^{\hat{\theta}_I} k_I(y)dy \end{aligned} \quad (4.51)$$

となる。集権的航空会社は、総利潤の最大化を目的として、就航都市集合を決定する。すなわち、集権的航空会社の就航都市選択問題は、

$$\max_{\hat{\theta}_D, \hat{\theta}_I} \Pi(\hat{\theta}_D, \hat{\theta}_I) \quad (4.52)$$

と定式化できる。独占的航空会社が  $s_D, s_I$  を所与として、就航都市を決定する。このとき、 $\hat{\theta}_D, \hat{\theta}_I$  に関する1階の最適化条件より、

$$\begin{cases} (\hat{\alpha} - s_D - s_I)\hat{\theta}_I - k_D(\hat{\theta}_D) - k_H = 0 \\ (\hat{\alpha} - s_D - s_I)\hat{\theta}_D - k_I(\hat{\theta}_I) - k_H = 0 \end{cases} \quad (4.53)$$

が得られる。式 (4.53) は、独占的航空会社の就航都市の選択行動は  $s_D + s_I = s$  にのみ依存している。国内線と国際線の着陸料のバランスは経済的帰結に影響を与えない。以上の分析結果から、次の命題 2 を得る。

**命題 2** 国内路線と国際路線を同一の航空会社が運航する集権的航空市場は、着陸料バランスが経済的帰結に影響を与えないという意味で、1 面的である。

分権的航空市場では、国内線の国際線の就航都市選択行動に係る外部性を内部化することができない。しかし、集権的航空市場では、国内線と国際線を運航する航空会社を統合することにより、国内線と国際線の間就航都市選択行動に関連して生じる外部性を内部化することが可能になる。このとき、空港は、国内線と国際線の間外部性を着陸料を通じて制御する効果は失われる。したがって、集権的航空市場は 1 面的となる。

#### 4.4.2 空港の最適課金問題

集権的航空市場は、1 面的市場となる。空港の最適課金問題は、空港のゼロ利潤制約の下で、社会的厚生を最大化する国内線と国際線の着陸料の和  $s = s_D + s_I$  を決定する問題に帰着する。ここで、 $s$  は、一リンクあたりの価格であるため、ゼロ利潤制約を満たすのは、 $s = 0$  のときのみである。したがって、集権的航空市場の下での最適課金は、 $s^{**} = 0$  となる。 $s^{**} = 0$  の下で選択される就航都市数  $\theta_D^{**}, \theta_I^{**}$  は、

$$\begin{cases} \hat{\alpha}\theta_I^{**} - k_D(\theta_I^{**}) - k_H = 0 \\ \hat{\alpha}\theta_D^{**} - k_I(\theta_D^{**}) - k_H = 0 \end{cases} \quad (4.54)$$

を満たす。

### 4.4.3 ゲートウェイ空港の役割

分権的航空市場では、運賃戦略と就航都市戦略という航空会社の2つの戦略変数に関連して外部性が生じている。運賃に関する均衡戦略は、空港の着陸料設定とは独立して決まる。ゲートウェイ空港における課金戦略が分権的航空市場における就航都市選択行動に関連して生じる外部性に働きかける効果に着目するため、国内航空会社と海外航空会社が運賃戦略のみ集権的運賃を設定できる場合を仮想的に考えよう。すなわち、国内航空会社及び海外航空会社が設定する国内線及び国際線の運賃は、任意の  $x \in X, y \in Y$  に対して、

$$p_x = p_y = \frac{p^{**}}{2} \quad (4.55)$$

となる場合を考える。このとき、国内線及び国際線の旅客1人あたりの粗利潤  $\hat{\alpha}_D, \hat{\alpha}_I$  は

$$\begin{cases} \hat{\alpha}_D = p^{**}/2 - c_D \\ \hat{\alpha}_I = p^{**}/2 - c_I \end{cases} \quad (4.56)$$

と表される。ただし、 $\hat{\alpha} = \hat{\alpha}_D + \hat{\alpha}_I$  が成立する。

以上の運賃戦略と1旅客あたりの粗利潤を所与として、国内航空会社と海外航空会社が就航都市戦略を分権的に決定する場合を考える。国内航空会社と海外航空会社の就航都市戦略行動は、

$$\begin{cases} (\hat{\alpha}_D - s_D)\theta_I - k_D(\theta_D) - k_H = 0 \\ (\hat{\alpha}_I - s_I)\theta_D - k_I(\theta_I) - k_H = 0 \end{cases} \quad (4.57)$$

と表される。ここで、式(4.54)と比較すると、式(4.57)の就航都市選択行動が、集権的航空市場モデルで実現する就航都市選択行動と一致するためには、

$$\begin{cases} \hat{\alpha}_D - s_D = \hat{\alpha} \\ \hat{\alpha}_I - s_I = \hat{\alpha} \end{cases} \\ \Leftrightarrow s_D^\circ = -\hat{\alpha}_I, s_I^\circ = -\hat{\alpha}_D \quad (4.58)$$

が成立する必要がある。



式(4.58)は、分権的に就航都市を決定する航空会社に対して、負の課金、すなわち補助金を支払うことを意味している。国内線及び国際線の就航都市を1単位増加させることによる航空会社の集計的収益の増分は $\hat{\alpha}$ となる。就航都市を分権的に決定する場合には、国内航空会社が国内線の就航都市を1単位増加させることによって得られる集計的収益 $\hat{\alpha}$ のうち、 $\hat{\alpha}_D$ のみが国内航空会社に帰着する。同様に、海外航空会社が国際線の就航都市を1単位増加させる集計的収益 $\hat{\alpha}$ のうち、 $\hat{\alpha}_I$ のみが海外航空会社に帰着する。したがって、国内航空会社と海外航空会社が分権的に就航都市を決定するケースにおいて就航都市の集権解を実現するためには、外部に帰着する就航都市選択の限界収益を補助金として支払う必要がある。

式(4.58)で表される空港課金を設定するとき、空港の利潤は

$$\pi_H = -(\hat{\alpha}_D + \hat{\alpha}_I)\theta_D^{**}\theta_I^{**} \quad (4.59)$$

となり、明らかに負となる。ゲートウェイ空港は、分権的な就航都市選択を制御するために支払った補助金を、固定的な課金を通じて回収することが可能である場合を考える。すなわち、国内航空会社及び海外航空会社に対して、ゲートウェイ空港に1路線でも就航すれば、それぞれ固定的な課金 $\Psi_D, \Psi_I$ を課す場合を考えよう。

$$\begin{cases} \Psi_D = \hat{\alpha}_I\theta_D^{**}\theta_I^{**} \\ \Psi_I = \hat{\alpha}_D\theta_D^{**}\theta_I^{**} \end{cases} \quad (4.60)$$

と固定的な課金額を設定すれば、空港の利潤はゼロとなり、集権的航空市場モデルと同一の経済的帰結を実現することができる。以上の分析結果から、次の命題3が得られる。

**命題3** 国内航空会社と海外航空会社が就航都市を分権的に決定する場合、ゲートウェイ空港は式(4.58)及び式(4.60)で表される2部料金を課金することにより、集権的航空市場モデルと同一の経済的帰結を実現することができる。

式(4.58)は、国内航空会社と海外航空会社が分権的に就航都市にする場合には、ゲートウェイ空港が国内線と国際線に課す料金のバランスが、やはり重要な役割を果たす2面市場であることを表している。

## 4.5 比較静学

### 4.5.1 家計，航空会社への影響

都市圏複数空港における乗継機能を考えた場合、空港間のアクセスは非常に重要になる。近年では、この空港間アクセスを改善しようという動きも出ている。例えば、羽田-成田空港間では、政府が羽田空港と成田空港を都心で直結する鉄道の整備に向けた検討を進めている。伊丹-関西空港間では、2015年3月末まで両空港間シャトルバスの無料キャンペーンを実施中である。本付録では、4.3で示した2面的航空市場モデルに基づき、都市圏複数空港間の乗継アクセスが改善された場合に、航空ネットワークがどのような影響を受けるのかを比較静学により分析する。

海外旅行の際、タイプ  $(x, y)$  の家計が経路  $R_H$  を選択した場合の効用を、乗継コスト  $\lambda$  の要素を加え、

$$u_{xy}(p_x, p_y, \lambda, \varepsilon) = u - p_x - p_y - \lambda + \varepsilon \quad (4.61)$$

と定式化する。乗継コスト  $\lambda$  は、乗継の際の空港間の移動にかかる交通費や所要時間を含めたコストであり、空港間の直結鉄道が整備されるといった乗継利便性が向上するにつれ、乗継コスト  $\lambda$  は減少する。

このとき、家計の経路選択行動は、

$$\begin{cases} \text{経路 } R_H \text{ を選択} & u_{xy}(p_x, p_y, \lambda, \varepsilon) \geq 0 \text{ のとき} \\ \text{経路 } R_A \text{ を選択} & u_{xy}(p_x, p_y, \lambda, \varepsilon) < 0 \text{ のとき} \end{cases} \quad (4.62)$$

と表される。家計  $(x, y)$  が都市  $H$  を経由して海外都市  $y$  に渡航する確率, 経路  $R_H$  により国内都市  $x$  から海外都市  $y$  に渡航する期待旅客数は,

$$\psi(p_x, p_y, \lambda) = n_{xy}(p_x, p_y, \lambda) = 1 - F(-u + p_x + p_y + \lambda) \quad (4.63)$$

と表される。

よって, 国内路線, 国際路線の運賃  $p_D^*, p_I^*$  は,

$$\begin{aligned} p_D^* &= c_D + \frac{1 - F(-u + p_D^* + p_I^* + \lambda)}{f(-u + p_D^* + p_I^* + \lambda)} \\ p_I^* &= c_I + \frac{1 - F(-u + p_D^* + p_I^* + \lambda)}{f(-u + p_D^* + p_I^* + \lambda)} \end{aligned} \quad (4.64-a)$$

となる。また, 旅客 1 人当たりの粗利潤  $\alpha$  は,

$$\alpha = \frac{\{1 - F(-u + p_D^* + p_I^* + \lambda)\}^2}{f(-u + p_D^* + p_I^* + \lambda)} \quad (4.65)$$

と表される。式 (4.64-a) を全微分し整理すると,

$$\frac{dp_D^*}{d\lambda} = -\frac{f + (p_D^* - c_D)f'}{3f + (p_D^* + p_I^* - c_D - c_I)f'} < 0 \quad (4.66-a)$$

$$\frac{dp_I^*}{d\lambda} = -\frac{f + (p_I^* - c_I)f'}{3f + (p_D^* + p_I^* - c_D - c_I)f'} < 0 \quad (4.66-b)$$

つまり, 乗継コストが減少すると, 国内路線・国際路線の運賃は共に増加する。

これにより, 渡航確率  $\psi(p_D^*, p_I^*, \lambda)$ , 期待旅客数  $n_{xy}(p_D^*, p_I^*, \lambda)$  への影響を求めると,

$$\begin{aligned} \frac{d\psi}{d\lambda} = \frac{dn_{xy}}{d\lambda} &= -f \cdot \left(1 + \frac{dp_D^*}{d\lambda} + \frac{dp_I^*}{d\lambda}\right) \\ &= -\frac{f^2}{3f + (p_D^* + p_I^* - c_D - c_I)f'} < 0 \end{aligned} \quad (4.67)$$

となり, 乗継コストが減少する場合, タイプ  $(x, y)$  の家計が経路  $R_H$  を選択する確率, さらには国内都市  $x$  から経路  $R_H$  により海外都市  $y$  に渡航する期待旅客数は, 共に増加する。

また、航空会社の旅客一人当たりの粗利潤  $\alpha$ 、旅客一人当たりの余剰  $\beta$  も、以下のように、乗継コストが減少するにつれ、増加していくことが確認できる。

$$\begin{aligned}\frac{d\alpha}{d\lambda} &= -\frac{(1-F)\{2f+(1-F)f'\}}{f^2}\left(1+\frac{dp_D^*}{d\lambda}+\frac{dp_I^*}{d\lambda}\right) \\ &= -\frac{(1-F)\{2f+(1-F)f'\}}{f\{3f+(p_D^*+p_I^*-c_D-c_I)f'\}} < 0\end{aligned}\quad (4.68)$$

$$\begin{aligned}\frac{d\beta}{d\lambda} &= -(1-F)\left(1+\frac{dp_D^*}{d\lambda}+\frac{dp_I^*}{d\lambda}\right) \\ &= -\frac{(1-F)f}{3f+(p_D^*+p_I^*-c_D-c_I)f'} < 0\end{aligned}\quad (4.69)$$

#### 4.5.2 着陸料設定問題

##### 就航都市選択

2面航空市場モデルにより、航空会社の就航都市選択の条件は以下のように表される。

$$\begin{cases} (\alpha - s_D)\theta_I - k_D(\theta_D) - k_H = 0 \\ (\alpha - s_I)\theta_D - k_I(\theta_I) - k_H = 0 \end{cases}\quad (4.70)$$

一都市あたりの価格マージン  $s_D, s_I$  を着陸料  $l_D, l_I$  で置き換えると、航空会社の就航都市戦略の条件式は、

$$\begin{cases} \alpha\theta_I - k_D(\theta_D) - l_D = 0 \\ \alpha\theta_D - k_I(\theta_I) - l_I = 0 \end{cases}\quad (4.71)$$

と表される。国内航空会社は、海外就航都市数  $\theta_I$  を所与として、国内就航都市数  $\theta_D$  を決定する。そこで、 $\theta_I$  を固定して式 (4.71) を全微分すると、

$$\frac{d\theta_D}{d\lambda} = \frac{1}{k'_D}\left(\theta_I\frac{d\alpha}{d\lambda} - \frac{dl_D}{d\lambda}\right)\quad (4.72)$$

乗継利便性の向上により国内線の着陸料  $l_D$  が減少した場合、国内就航都市数  $\theta_D$  は必ず増加する。

海外航空会社は、国内就航都市数  $\theta_D$  を所与として、海外就航都市数  $\theta_I$  を決定する。そこで、 $\theta_D$  を固定して式 (4.71) を全微分すると、

$$\frac{d\theta_I}{d\lambda} = \frac{1}{k'_I} \left( \theta_D \frac{d\alpha}{d\lambda} - \frac{dl_I}{d\lambda} \right) \quad (4.73)$$

乗継利便性の向上により国際線の着陸料  $l_I$  が減少した場合、海外就航都市数  $\theta_I$  は必ず増加する。

#### 消費者余剰最大化着陸料

空港会社は、消費者余剰を最大化するような着陸料設定を行う。ここでは、国内路線と国際路線が一つの空港会社によって一体運営されているものとする。

$$\begin{aligned} \max_{s_D, s_I} CS &= \beta \theta_D \theta_I \\ \text{s.t.} \quad \pi_H &= (s_D + s_I - c_H) \Theta_D(s_D, s_I) \Theta_I(s_D, s_I) \end{aligned}$$

ラムゼイ料金と同様に、着陸料を求めると

$$\begin{aligned} s_D &= \frac{\sigma_I - \sigma_D}{2\sigma_D\sigma_I} \\ s_I &= \frac{\sigma_D - \sigma_I}{2\sigma_D\sigma_I} \end{aligned} \quad (4.74)$$

着陸料に置き換えると、

$$\begin{cases} 2(l_D - k_H)\theta_D = k'_D\theta_D^2 - k'_I\theta_I^2 \\ 2(l_I - k_H)\theta_I = k'_I\theta_I^2 - k'_D\theta_D^2 \end{cases} \quad (4.75)$$

と表される。この条件式を全微分する。

$$\begin{aligned} \frac{dl_D}{d\lambda} &= -\frac{2(l_D - k_H) - (k''_D\theta_D^2 + 2k'_D\theta_D)}{2\theta_D} \frac{d\theta_D}{d\lambda} - \frac{k'_I\theta_I^2}{2\theta_D} \frac{d\theta_I}{d\lambda} \\ \frac{dl_I}{d\lambda} &= -\frac{2(l_I - k_H) - (k''_I\theta_I^2 + 2k'_I\theta_I)}{2\theta_I} \frac{d\theta_I}{d\lambda} - \frac{k'_D\theta_D^2}{2\theta_I} \frac{d\theta_D}{d\lambda} \end{aligned}$$

式 (4.72), (4.73) の航空会社の就航都市戦略を代入すると、

$$\begin{aligned} \frac{dl_D}{d\lambda} &= \frac{A_D}{B_1} \frac{d\alpha}{d\lambda} \\ \frac{dl_I}{d\lambda} &= \frac{A_I}{B_1} \frac{d\alpha}{d\lambda} \end{aligned} \quad (4.76)$$

ただし,

$$\begin{aligned}
 A_D &= k'_D k''_D \theta_D^5 + (k'_D)^2 \theta_D^4 + k''_D k'_I \theta_D^3 \theta_I^2 - 2k'_D k''_I \theta_D^2 \theta_I^3 \\
 &\quad - 2k'_D k'_I \theta_D^2 \theta_I^2 + (k'_I)^2 \theta_I^4 \\
 A_I &= (k'_D)^2 \theta_D^4 - 2k''_D k'_I \theta_D^3 \theta_I^2 - 2k'_D k'_I \theta_D^2 \theta_I^2 \\
 &\quad + 2k'_D k''_I \theta_D^2 \theta_I^3 + (k'_I)^2 \theta_I^4 + k'_I k''_I \theta_I^5 \\
 B_1 &= (k''_D \theta_D^3 + 3k'_D \theta_D^2 + k'_I \theta_I^2) (k''_I \theta_I^3 + k'_D \theta_D^2 + 3k'_I \theta_I^2)
 \end{aligned}$$

この式の分母  $B_1$  は正であるため,  $A_D, A_I$  の正負によって,  $dl_D/d\lambda, dl_I/d\lambda$  の正負が定まる. ここで, 国内・海外航空会社の就航路線の固定費用を以下のように定義する.

$$\begin{aligned}
 k_D(\theta_D) &= e^{a_1 \theta_D}, & k_I(\theta_I) &= e^{a_2 \theta_I} \\
 a_1, a_2 &> 0
 \end{aligned}$$

乗継コストが減少した場合の着陸料の変化を考える際には, この  $a_1, a_2$  のバランスが重要になる.

i).  $a_1 = a_2$  の場合

このとき, 式 (4.71) の就航都市数の均衡解は  $\theta_D = \theta_I$  となる. よって,

$$A_D = A_I = 0 \Rightarrow \frac{dl_D}{d\lambda} = \frac{dl_I}{d\lambda} = 0$$

つまり, 乗継コストが減少しても, 着陸料は変化しない.

ii).  $a_1 > a_2$  の場合

このとき, 式 (4.71) の就航都市数の均衡解は  $\theta_D < \theta_I$  となる. よって,

$$A_D < 0, A_I > 0 \Rightarrow \frac{dl_D}{d\lambda} > 0, \frac{dl_I}{d\lambda} < 0$$

つまり、乗継コストが減少した場合、国内線の着陸料は減少し、国際線の着陸料は増加する。

iii).  $a_1 < a_2$  の場合

このとき、式(4.71)の就航都市数の均衡解は  $\theta_D > \theta_I$  となる。よって、

$$A_D > 0, A_I < 0 \Rightarrow \frac{dl_D}{d\lambda} < 0, \frac{dl_I}{d\lambda} > 0$$

つまり、乗継コストが減少した場合、国内線の着陸料は増加し、国際線の着陸料は減少する。

以上より、空港会社は弾力性の小さい路線の着陸料を高く設定し、弾力性の大きい路線の着陸料を低く設定し、国内路線と国際路線間での内部相互補助の役割を果たしている。一方で、国内路線と国際路線が別の空港会社により分離運営されていると考えた場合、利潤ゼロ条件下では着陸料は、 $l_D = l_I = k_H$  である。そのため、乗継コストが減少した場合、国内線と国際線の分離運営では着陸料が一定であるのに対し、一体運営では路線間の弾力性の違いを考慮した差別化着陸料設定によって、さらなる内部相互補助を実現できる。したがって、都市圏複数空港の一体運営では、空港間の乗継アクセスが向上するほど、分離運営での場合と比べてより高い経済的価値を実現できるようになる。

最後に、就航都市数の変化を考える。航空会社は、空港会社が設定した着陸料に応じて、就航都市数(就航路線数)を設定する。式(4.72),(4.73),(4.76)より、

$$\begin{aligned} \frac{d\theta_D}{d\lambda} &= \frac{2\theta_D^2\theta_I(k'_D\theta_D^2 + 5k'_I\theta_I^2 + 2k''_D\theta_D^3)}{B_2} \frac{d\alpha}{d\lambda} < 0 \\ \frac{d\theta_I}{d\lambda} &= \frac{2\theta_D\theta_I^2(5k'_D\theta_D^2 + k'_I\theta_I^2 + 2k''_I\theta_I^3)}{B_2} \frac{d\alpha}{d\lambda} < 0 \end{aligned} \quad (4.77)$$

ただし、

$$B_2 = (k'_D\theta_D^2 + k'_I\theta_I^2)\{3(k'_D\theta_D^2 + k'_I\theta_I^2) + (k''_D\theta_D^3 + k''_I\theta_I^3)\}$$

よって、乗継コストが減少すると、国内海外就航都市数は共に増加する。

### 4.5.3 政策的示唆

以上では、ゲートウェイ空港において、国内線を運航する航空会社と国際線を運航する航空会社が独立している場合には、ゲートウェイ空港が直面する市場は、2面的市場となることを指摘した。ゲートウェイ空港は乗り継ぎトリップを可能にするためのプラットフォーム機能を提供する。ゲートウェイ空港が直面する市場が2面的市場であれば、国内線と国際線の着陸料を適切なコーディネーションによって、経済的効率性の高い状態に導くことができることを示している。逆に、国内線と国際線の間での着陸料設定のコーディネーションの欠如は、ゲートウェイ空港としての機能を最大限に引き出すことができないことを示唆している。この点は、平成24年7月から開始されている、関西国際空港（以下、関空）と大阪国際空港（以下、伊丹）の一体運営の意義を理解できる。

現在、伊丹は国内線専用ターミナルとして位置づけられており、国際線はすべて関西空港に集約されている。伊丹まで国内線でアクセスし、関空から海外都市へ向かう場合には、伊丹と関空の2空港で乗り継ぎのプラットフォーム機能を提供する。いま、伊丹と関空が異なる2つの公営企業によって運営されている場合を考える。このとき、伊丹と関空は、それぞれの空港で発生する収益を原資にゼロ利潤となるラムゼイ価格を設定する。伊丹と関空が分離して運営されている場合、国内線及び国際線の1路線あたりのラムゼイ価格の着陸料は、 $l_D = l_I = k_H$ である。このとき  $s_D = s_I = 0$  となる。

一方、国内線を運航する航空会社と国際線を運行する航空会社が異なるような分権的航空市場では、式(4.38)で示したように、いずれか一方の着陸料を高く設定し、もう一方の着陸料を小さく設定し、内部相互補助を導入することで、より高い社会的厚生を実現することが可能になる。伊丹、関空に就航する航空会社を



見ると、必ずしも独占的な1社によって、国内線と国際線の両方を同時に運航する航空会社は少ない。伊丹、関空を内際乗り継ぎのプラットフォームとしてみる  
とき、これらの空港が直面する航空市場は分権的航空市場に近い。

## 4.6 おわりに

本研究では、国内線と国際線の内際乗継のプラットフォームとしての役割を果たすゲートウェイ空港の機能に着目し、空港の着陸料設定が社会的厚生に与える影響について分析を行った。まず、Rothet and Tiroleによって開発された2面的市場モデルに基づいた航空市場モデルを定式化し、ゲートウェイ空港に就航する国内路線と国際路線を異なる航空会社が運行するような分権的な航空市場の場合、市場は2面的市場であることを示した。つまり、分権的な航空市場では、国内路線と国際路線の着陸料のバランスが経済的帰結に影響を与えている。

また、都市圏複数空港間の内際乗り継ぎを考慮すると、分権的な航空市場では、空港の運営形態によって社会的厚生が変化することを示した。ゲートウェイ空港が直面する航空市場が集権的な一面市場である場合は、独占的な航空会社によって路線間の需要の外部性を内部化できる。一方で、航空市場が分権的な2面的市場である場合には、国内線空港と国際線空港を一体的に運営する空港会社が着陸料設定を行うことで、路線間の内部相互補助を可能にし、外部性を内部化している。

ゲートウェイ機能を果たす空港が国内にただ一つ存在する場合を本研究では想定し議論を進めてきたが、実際には内際ハブ空港は複数存在し、そのゲートウェイ空港間での競争も考慮する必要がある。

### 4.7 付録

式(4.49)の証明 式(4.16-a), (4.16-b)より,

$$-(p_D^* + p_I^* - c_D - c_I)f(-u + p_D^* + p_I^*) + 2\{1 - F(-u + p_D^* + p_I^*)\} = 0$$

この式を, 航空会社が獲得する旅客一人当たりの粗利潤  $\alpha$  を用いて表すと,

$$(p_D^* + p_I^* - c_D - c_I)\{1 - F(-u + p_D^* + p_I^*)\} = 2\alpha$$

である. 同様に, 式(4.43)を  $\hat{\alpha}$  で表すと,

$$(p_D^{**} + p_I^{**} - c_D - c_I)\{1 - F(-u + p_D^{**} + p_I^{**})\} = \hat{\alpha}$$

である. ここで,  $g(p) = (p - c_D - c_I)\{1 - F(-u + p)\}$  とすると,  $2\alpha = g(p^*)$ ,  $\hat{\alpha} = g(p^{**})$  となる.

$$\begin{aligned} g'(p) &= 1 - F(-u + p) - (p - c_D - c_I)f(-u + p) \\ g'(p^{**}) &= 0 \\ g'(p^*) &= -\frac{1}{2}(p - c_D - c_I)f(-u + p) < 0 \\ g''(p) &= -2f(-u + p) - (p - c_D - c_I)f'(-u + p) < 0 \end{aligned}$$

よって,  $g(p)$  の増減表は以下ようになる. ただし, 式(4.46)より,  $p^{**} < p^*$  である.

$p$	...	$p^{**}$	...	$p^*$	...
$g'(p)$	+	0	-		
$g''(p)$	-				
$g(p)$	↗	最大	↘		↘

関数  $g(p)$  は  $p = p^{**}$  で最大値となる. つまり,  $g(p^{**}) > g(p^*)$  である. 以上より,  $\hat{\alpha} > 2\alpha$ .

## 参考文献

- [1] Gillen, D. and Mantin, B.: Transportation infrastructure management - One- and two-sided approaches, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 47, Part 2, pp. 207-227, 2013.
- [2] Rochet, J. C. and Tirole, J.: Platform competition in two-sided markets, *Journal of the European Economic Association*, Vol. 1, No. 4, pp. 990-1029, 2003.
- [3] Rochet, J. C. and Tirole, J.: Two-sided markets: a progress report, *RAND Journal of Economics*, Vol. 37, No. 3, pp. 645-667, 2006.
- [4] Caves, D., Christensen, L. and Tretheway, M.: Economies of density versus economies of scale: Why trunk and local service airline costs differ, *RAND Journal of Economics*, Vol. 15, No. 4, pp. 471-489, 1984.
- [5] Brueckner, J. K., Dyer, N. J. and Spiller, P. T.: Fare determination in airline hub-and-spoke networks, *RAND Journal of Economics*, Vol. 23, No. 3, pp. 309-333, 1992.
- [6] Brueckner, J. K. and Spiller, P. T.: Economies of traffic density in the deregulated airline industry, *Journal of Law and Economics*, Vol. 37, No. 2, pp. 379-415, 1994.
- [7] Hendricks, K., Piccione, M. and Tan, G.: The economics of hubs: The case of monopoly, *Review of Economic Studies*, Vol. 62, No. 1, pp. 83-99, 1995.

- [8] Hendricks, K, Piccione, M. and Tan G.: Entry and exit in hub-spoke networks, *RAND Journal of Economics*, Vol. 28, No. 2, pp. 291-303, 1997.
- [9] Hendricks, K., Piccione, M. and Tan, G.: Equilibria in Networks, *Econometrica*, Vol. 67, No. 6, pp. 1407-1434, 1999.
- [10] Zhang, A.: An analysis of fortress hubs in airline networks, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 30, No. 3, pp. 293-307, 1996.
- [11] Oum, T. H. and Zhang, Y.: Airport pricing: Congestion tolls, lumpy investment and cost recovery, *Journal of Public Economics*, Vol. 43, No. 3, pp. 353-374, 1990.
- [12] Pels, E. and Verhoef, E. T.: The economics of airport concession pricing, *Journal of Urban Economics*, Vol. 55, No. 2, pp. 257-277, 2004.
- [13] Zhang, A. and Zhang, Y.: Airport capacity and congestion when carriers have market power, *Journal of Urban Economics*, Vol. 60, No. 2, pp. 229-247, 2006.
- [14] Basso, L. J. and Zhang, A.: Congestible facility rivalry in vertical structures, *Journal of Urban Economics*, Vol. 61, No. 2, pp. 218-237, 2007.
- [15] Basso, L. J. and Zhang, A.: On the relationship between airport pricing models, *Transportation Research Part B*, Vol. 42, pp. 725-735, 2008.
- [16] Caillaud, B. and Jullien, B.: Chicken and Egg: competition among intermediation service providers, *RAND Journal of Economics*, Vol. 34, No. 2, pp. 309-328, 2003.
- [17] Armstrong, M.: Competition in two-sided markets, *RAND Journal of Economics*, Vol. 37, No. 3, pp. 669-691, 2006.

- 
- [18] Hagiu, A.: Pricing and commitment by two-sided platforms, *RAND Journal of Economics*, Vol. 37, No. 3, pp.720-737, 2006.
- [19] Katz, M. L. and Shapiro, C.: Network externalities, competition, and compatibility, *The American Economic Review*, Vol. 75, No. 3, pp. 424-440, 1985.
- [20] Katz, M. L. and Shapiro, C.: Technology adoption in the presence of network externalities, *Journal of Political Economy*, Vol. 94, No. 4, pp. 822-841, 1986.
- [21] Coase, R. A.: The problem of social cost, *Journal of Law and Economics*, Vol. 3, p. 1-44, 1960.
- [22] Gillen, D.: The Evolution of airport ownership and governance, *Journal of Journal of Air Transport Management*, Vol.17, pp. 3-13, 2011.
- [23] Bergman, M.A.: Competition in services or infrastructure-based competition?, *Report commissioned by the Swedish National Post and Telecom Agency*, Stockholm, 2004.
- [24] Mun, S. and Teraji, Y.: The organisation of multiple airports in a metropolitan area, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 46, No. 2, pp. 221-237, 2012.



## 第5章 ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおける空港アライアンス

### 5.1 はじめに

近年では、ハブ空港と呼ばれる特定の空港に路線を集中させるハブ・アンド・スポーク（hub-and-spoke；以下、HS）型の航空ネットワークが世界的に主流となっている。HS型の航空ネットワークでは、ハブ空港以外の空港（以下、スポーク空港）に旅行する際、ハブ空港での乗り継ぎが必要となる。乗り継ぎが含まれるトリップでは、出発地の空港を除けば、ハブ空港とスポーク空港という少なくとも2箇所空港サービスを利用する。ハブ空港とスポーク空港の2つの空港サービスが両方供されることにより、1つのトリップが実現する。したがって、ハブ空港とスポーク空港は、1つの乗り継ぎトリップを実現するための補完的な投入要素である。

空港は通常、空港サービスの利用に対して課金を行う。空港サービスの課金対象は、航空機の離着陸に伴う着陸料と空港利用旅客が支払うターミナル利用料に大別される。空港課金の負担は、航空運賃への影響を通じて、最終的には旅行を行う家計に帰着する。そのため、乗り継ぎトリップを行う家計の行動は、ハブ空港とスポーク空港の両方の課金額に影響を受ける。このため、ハブ空港の課金行動とスポーク空港の課金行動の間には、互いに外部経済性が存在する。外部経済性が存在する場合に、ハブ空港とスポーク空港が自らの利潤のみを考慮して課金額を設定すれば、非効率な均衡に陥る可能性がある。

HS 型航空ネットワークにおけるハブ空港とスポーク空港の補完的関係を前提とすれば、乗り継ぎトリップを行う旅客に対して、両空港のサービスを1つのパッケージ化したサービスとして考えることができる。本研究では、HS 型航空ネットワークにおいて分権的に運営されるハブ空港とスポーク空港の課金行動を空港間アライアンスを通じて調整するメカニズムを提案する。

以上の問題意識に基づき、本研究では、HS 型航空ネットワークにおける旅客の乗り継ぎトリップ行動を定式化し、ハブ空港とスポーク空港の利潤最大化行動を考慮した市場均衡モデルを定式化する。さらに、空港間アライアンスの導入が、市場均衡解の効率性に及ぼす影響を分析する。以下、5.2では、本研究の基本的考え方を示す。5.3では、HS 型航空ネットワークにおける空港課金を巡る市場均衡モデルを定式化する。5.4では、空港間アライアンスの導入によって市場均衡解の効率性が改善することを示す。5.5では、本研究の結論をとりまとめる。

## 5.2 本研究の基本的考え方

### 5.2.1 既存の研究概要

空港施設の機能をネットワークや都市レベルの視点から分析するために、複数空港の対象とした空港課金方式や所有運営方式に関する研究も存在している。複数空港を対象とした望ましい運営方式に関する研究は、複数空港の機能の代替性に着目した研究と補完性に着目した研究の2つに大別できる。複数空港の機能の代替性に着目した主な対象事例は、複数の空港を有する都市あるいは圏域における空港の機能分担に関する研究 [1] がある。1つの圏域に空港が複数ある存在する場合には、いずれの空港も、その圏域への航空機でのアクセスを可能にするという意味で、その機能は代替的である。このような、複数空港の間で代替性が存在するもとの、望ましい複数空港の間のスロット配分や機能分担に関する分析が行われている。



表 5.1: 空港課金戦略ゲーム

	$l^{**}$	$l^*$
$l^{**}$	$l^{**}D_H, l^{**}D_H$	$l^{**}D_M, l^*D_M$
$l^*$	$l^*D_M, l^{**}D_M$	$l^*D_L, l^*D_L$

複数空港の機能の補完性に着目した主な対象事例は、HS 型航空ネットワークにおける課金政策に関する研究がある。HS 型航空ネットワークの下では、スポーク空港の Oum 等 [2] は、ハブ空港への旅客需要とスポーク空港の旅客需要に存在する補完関係を明示的に考慮した最適空港課金について分析している。そこでは、1つの空港を単独で民営化するやり方では、厚生損失が発生する可能性について理論的に指摘している。本研究においても、HS 型航空ネットワークにおけるハブ空港とスポーク空港の補完性に着目している点で Oum 等の研究を踏襲している。Oum 等の研究では、HS 型航空ネットワークにおいて、スポーク空港単体で空港課金による費用回収を行えば、ハブ空港のスロット配分の効率性が阻害されると指摘しており、HS 型航空ネットワーク内でハブ空港からスポーク空港の cross subsidy の必要性を主張している。Oum 等の研究に対して、本研究は HS 型航空ネットワーク上で生じる空港の課金行動を巡る金銭的外部性に着目する。その上で、ハブ空港とスポーク空港のアライアンスが金銭的外部性の内部化に果たす役割を分析する。

### 5.2.2 空港サービスの補完性と需要の外部性

HS 型の航空ネットワークでは、ハブ空港以外の空港に旅行する場合、必然的にハブ空港での乗り継ぎが必要となる。乗り継ぎトリップでは、出発地の空港を除いて、ハブ空港とスポーク空港の少なくとも2つの空港を利用しなければならない。家計が1つのトリップを実現するためには、ハブ空港とスポーク空港及びそれらを結ぶ航空便のすべてが必要である。したがって、乗り継ぎを行う家計に

## 第5章 ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおける空港アライアンス

とって、ハブ空港とスポーク空港のサービスは、それぞれ個別で利用するのではなく、1つのパッケージ化されたサービスとして認識する。

家計が目的地に至るまでにHS型ネットワーク上での乗り継ぎが必要な場合、航空機で旅行を行うかどうかの選択は、ハブ空港とスポーク空港の両方の課金額に依存して決まる。空港での課金額が大きくなれば、他の交通手段を利用したり、旅行をあきらめる可能性が高くなる。このように、ハブ空港とスポーク空港の課金額が家計のトリップ行動に影響を与える場合、ハブ空港の課金額の設定がスポーク空港の需要に影響を与える。逆にスポーク空港の課金額もハブ空港の需要に影響を与える。このように、1つの空港の課金設定行動が他の空港に及ぼす効果を需要の外部性と呼ぶ。

需要の外部性が存在する下で、2つの空港が分権的に課金額を決定するメカニズムは、囚人のジレンマと同等の構造を有していることを説明しておこう。いま、空港Oから空港Aを経由して空港Bに旅行するトリップ需要を考える。空港Aと空港Bは、 $l^*$ 、 $l^{**}$ の2つのうち、いずれかを選択する。ただし、 $l^* > l^{**}$ である。 $l^{**}$ は、空港Aと空港Bの利潤の総和を最大化する課金額を表しており、 $l^*$ は、各空港の利潤を最大にするような課金額を表している。2つの空港を利用する家計のトリップ需要は、空港Aと空港Bにおける課金額の合計に依存する。両空港の課金額が $l^{**}$ の場合のトリップ需要を $D_L$ 、一方の空港の課金額が $l^{**}$ 、もう一方の空港の課金額が $l^*$ の場合のトリップ需要を $D_M$ 、両空港の課金額が $l^*$ の場合のトリップ需要を $D_H$ と表す。ただし、 $D_H > D_M > D_L$ である。このとき、空港の課金額選択にかかる戦略行動と利得の関係は、表-5.1となる。ここで、

$$2l^{**}D_H > l^{**}D_M + l^*D_M \quad (5.1a)$$

$$l^*D_M > l^{**}D_H > l^*D_L > l^{**}D_L \quad (5.1b)$$

が成立すると考える。式 (5.1a) は、

$$l^{**}(D_M - D_H) > l^* D_M - l^{**} D_H \quad (5.2)$$

と書き換えることができる。式 (5.2) の意味を理解するため、両方の空港が  $l^{**}$  を選択している状況を考える。左辺は、ある空港が課金額を  $l^*$  に変更した場合に、もう一方の空港が利潤の減少分、すなわち、需要の外部性を表す。右辺は空港が課金額を  $l^*$  に変更した場合の自空港の利潤の増加額を表す。式 (5.1b) から右辺は必ず正である。したがって、両空港の課金額が  $l^{**}$  であれば、いずれの空港も望ましい金額から逸脱して、 $l^*$  に変更する誘因を持つ。いずれか一方の空港が  $l^{**}$  を選択し、もう一方の空港が  $l^*$  を選択している場合には、式 (5.1b) から  $l^{**}$  を選択する空港は、 $l^*$  に変更する誘因を持つ。いずれの空港も  $l^*$  を選択している場合には、両空港とも課金額を  $l^{**}$  に変更する誘因を持たない。したがって、2つの空港の課金戦略ゲームのナッシュ均衡解では、両空港とも  $l^*$  が選択される。ここで、仮定 (5.1b) は、

$$2l^{**} D_H > 2l^* D_L \quad (5.3)$$

である。したがって、需要の外部性が存在する下での課金戦略ゲームでは、パレート劣位な均衡に陥る可能性を示唆している。

### 5.2.3 空港アライアンス

需要の外部性が存在する下での、複数空港の課金設定ゲームでパレート劣位な均衡に陥るという事実は、複数空港の課金行動を何らかのメカニズムで調整することによって、より望ましい均衡へと導く可能性があることを示唆している。本研究では、空港の課金行動を調整するためのメカニズムとして、次のような空港アライアンスを考える。空港アライアンスとは、アライアンス内で定められた

## 第5章 ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおける空港アライアンス

ルールに同意する空港のみが加盟できるクラブ組織（以下、空港アライアンス組織）である。

空港アライアンスは、分権的に行われる課金政策を調整する機能を有する。具体的には、空港アライアンス組織は、アライアンスに加盟する空港全体の利潤が最大となるような課金額を設定するように、各空港に強制する能力を有する。さらに、アライアンス組織では、各空港で発生した利潤をそれぞれの空港に配分するためのルールが決められる。アライアンス組織の価格形成及び利潤配分はメンバーの間の交渉を通じて決められる。したがって、空港アライアンス導入による経済的帰結は、クラブ組織内の交渉力配分の影響を受ける。

本研究では、HS型航空ネットワークにおける空港アライアンスを対象とする。HS型の航空ネットワークでは、スポーク空港にトリップを行うためには、必ずハブ空港を経由する必要がある。したがって、ハブ空港とスポーク空港の機能は非対称的である。同じアライアンスのクラブ組織のメンバーの間で非対称性が存在するクラブ組織である。メンバーに非対称性が存在するようなクラブ組織では、課金決定及びクラブ組織形成から得られる追加的利潤の配分に関する交渉力に差異が存在する。本研究では、クラブ組織における利潤配分のルールとして、1) ハブ空港がアライアンスの運営決定権を持って利潤配分を決定する方式（ハブ空港主導方式）、2) スポーク空港が組合としてハブ空港と利潤配分を交渉で決定する方式（交渉方式）を考える。

### 5.3 基本モデル

#### 5.3.1 モデルの前提条件

図-5.1に示すように、都市 $O$ と都市 $H$ を結ぶ航空路線 $O-H$ と都市 $H$ と地域 $S$ 内の都市 $S_i$ を結ぶ航空路線 $H-S_i$ で構成される航空ネットワークを考える。同質な家計が都市 $O$ に居住しており、 $N$ つの都市で構成される地域 $S$ のいずれか

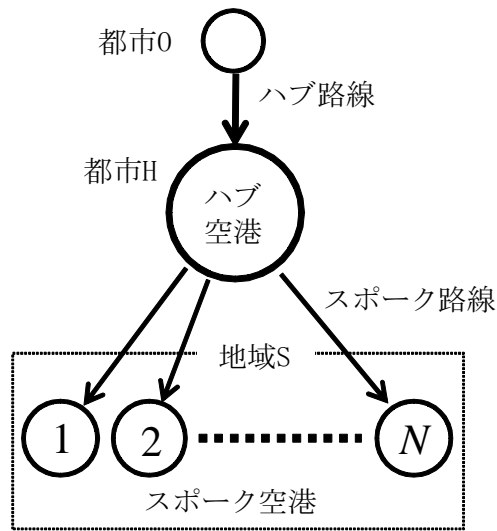


図 5.1: モデルの概要

の都市に 1 回旅行し効用を獲得する。都市  $S_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) に旅行して効用を得る家計をタイプ  $i$  の家計と呼ぶ。各家計がいずれのタイプに属するかは確率的に決定される。家計がタイプ  $i$  となる確率は  $1/N$  である。

都市  $O$  から地域  $S$  の都市に旅行するためには、次の 2 つの経路のいずれかを選択しなければならない。

1. 航空交通を利用する経路（経路  $R_H$ ）
2. その他の手段（経路  $R_A$ ）

地域  $S$  内の空港はすべてスポーク空港であり、都市  $O$  から地域  $S$  内の空港に旅行するためには、都市  $H$  にあるハブ空港を経由しなければならない。

すべての航空路線は、収穫一定技術を有する航空会社によって運航されており、航空市場は完全競争市場である。路線  $O-H$  を運航する航空会社の費用関数

$C_S(D)$  及び路線  $H-S_i$  の費用関数  $C_i(Q_i)$  を

$$C_H(D) = c_H D \quad (5.4a)$$

$$C_S(Q_i) = c_S Q_i \quad (5.4b)$$

と定義される。ただし、 $D$  は路線  $O-H$  の旅客数を  $Q_i$  は路線  $H-S_i$  の旅客数を表す。なお、 $D$  と  $Q_i$  の間には、

$$D = \sum_i^N Q_i \quad (5.5)$$

が成立する。ハブ空港の運営に係る費用関数  $K_H(D)$  及び都市  $S_i$  のスポーク空港  $i$  の費用関数  $K_i(Q_i)$  を

$$K_H(D) = w_H D + G_H \quad (5.6a)$$

$$K_i(Q_i) = w_S Q_i + G_S \quad (5.6b)$$

と定義する。

### 5.3.2 家計と航空会社の行動

タイプ  $i$  の家計が、経路  $R_H$  によって都市  $S_i$  に旅行する場合に得る効用を

$$u(i, \varepsilon) = u - p_i - q + \varepsilon \quad (5.7)$$

と定式化する。ここで  $p_i$  は路線  $H-S_i$  の航空運賃を、 $q$  は路線  $O-H$  の航空運賃を表す。ここで、 $u$  は、 $u - p_i - q > 0$  が必ず成立する程度に大きいと仮定する。 $\varepsilon$  は経路  $R_H$  を選択することによって得られる確率的効用を表しており、区間  $(-\infty, +\infty)$  において定義される同一の確率密度関数  $f(\varepsilon)$  (分布関数  $F(\varepsilon)$ ) に従う。確率密度関数  $f(\varepsilon)$  は、 $\varepsilon \in [0, +\infty)$  の区間において、 $f' < 0, f'' > 0$  を満たす。一方、任意のタイプの家計について、経路  $R_A$  を選択した場合には、留保効用  $0$

を獲得する.

$$\begin{cases} \text{経路 } R_H \text{ を選択} & u(i, \varepsilon) \geq 0 \text{ のとき} \\ \text{経路 } R_A \text{ を選択} & u(i, \varepsilon) < 0 \text{ のとき} \end{cases} \quad (5.8)$$

と表される. 家計の確率効用項が分布関数  $F(\varepsilon)$  に従う場合, タイプ  $i$  の家計が経路  $R_H$  により都市  $S_i$  に渡航する確率は,

$$\psi(p_i, q) = 1 - F(-u + p_i + q) \quad (5.9)$$

と表される. ここで, 都市  $O$  に居住する家計の人口を  $N$  に基準化しよう. このとき, 路線  $H - S_i$  の期待旅客需要は,

$$Q_i(p_i, q) = N \cdot \frac{1}{N} \cdot \psi(p_i, q) = \psi(p_i, q) \quad (5.10)$$

と表される. また, 路線  $O - H$  の期待旅客需要は,

$$D(\mathbf{p}, q) = \sum_{i=1}^N Q(p_i, q) \quad (5.11)$$

と表される. ただし,  $\mathbf{p}$  はスポーク路線の航空企業の運賃ベクトルであり,  $\mathbf{p} = (p_1, \dots, p_N)$  である.

路線  $H - S_i$  を運航する航空会社 (以下, 航空会社  $i$ ) と, ハブ路線を運航する航空会社 (以下, 航空会社  $H$ ) の運賃設定を考える. 航空会社  $i$  の利潤関数  $\pi_i$  及び航空会社  $H$  の利潤関数  $\pi_H$  は,

$$\pi_i = (p_i - c_S - l_i) \{1 - F(-u + p_i + q)\} \quad (5.12a)$$

$$\pi_H = (q - c_H - l_H) \sum_{i=1}^N \{1 - F(-u + p_i + q)\} \quad (5.12b)$$

と表される. ここで,  $l_H$  はハブ空港が航空会社に課す課金額を,  $l_i$  はスポーク空港  $i$  が航空会社  $i$  に課す課金額を表す. 航空市場は完全競争市場であり, 各航空会社が設定する運賃は, 各路線の運賃は

$$p_i = c_S + l_i \quad (5.13a)$$

$$q = c_H + l_H \quad (5.13b)$$

となる。航空会社の行動を所与としたときのハブ空港の利潤  $\Pi_H$  及びスポーク空港  $i$  の利潤  $\Pi_i$  は、

$$\Pi_i = (l_i - w_S)Q_i(c_S + l_i, c_H + l_H) - G_S \quad (5.14a)$$

$$\Pi_H = (l_H - w_H) \sum_{i=1}^N Q_i(c_S + l_i, c_H + l_H) - G_H \quad (5.14b)$$

である。ここで、

$$Q_i(c_S + l_i, c_H + l_H) = \tilde{Q}_i(l_i, l_H) \quad (5.15)$$

と表すと、ハブ空港の利潤  $\Pi_H$  及びスポーク空港  $i$  の利潤  $\Pi_i$  は、

$$\Pi_i = (l_i - w_S)\tilde{Q}_i(l_i, l_H) - G_S \quad (5.16a)$$

$$\Pi_H = (l_H - w_H) \sum_{i=1}^N \tilde{Q}_i(l_i, l_H) - G_H \quad (5.16b)$$

のように書き直すことができる。なお、

$$\tilde{Q}_i(l_i, l_H) = 1 - F(-u' + l_i + l_H) \quad (5.17)$$

$$u' = u - c_S - c_H$$

である。また、家計に帰着する集計的消費者余剰は  $l_S, l_H$  の関数として、次のように定義できる。

$$W(l_S, l_H) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left\{ \int_{-u'+l_i+l_H}^{\infty} \epsilon dF(\epsilon) + (u' - l_i - l_H) \{1 - F(-u' + l_i + l_H)\} \right\} \quad (5.18)$$

ただし、スポーク空港の課金ベクトル  $l_S = (l_1, \dots, l_N)$  である。

### 5.3.3 空港の課金行動

ハブ空港とスポーク空港  $i$  の各空港の運営主体が個別的に利潤最大化行動を目的として空港課金を設定する分権的航空課金レジームを考える。本研究では、ハ



ブ空港を先手、スポーク空港を後手とする Stackelberg 均衡解（以下、分権的レゲーム解）を導出しよう。

ハブ空港の課金額  $l_H$  を所与とした場合のスポーク空港  $i$  の利潤最大化行動は、

$$\max_i \{ (l_i - w_S) \tilde{Q}(l_i, l_H) - G_S \} \quad (5.19)$$

と表される。スポーク空港の利潤最大化問題 (5.19) の最適化 1 階条件は、

$$F_i + (l_i - w_S) f_i = 1 \quad (5.20)$$

と導かれる。ただし、

$$F_i = F(-u' + l_i + l_H)$$

$$f_i = f(-u' + l_i + l_H)$$

である。一階の最適化条件 (5.20) より、スポーク空港  $i$  の最適着陸料  $l_i^*(l_H)$  を求めることができる。スポーク空港が利潤最大化行動を通じて設定する最適課金額は、ハブ空港が設定する課金額  $l_H$  に関する最適反応関数として与えられる。

ハブ空港の運営主体は課金額を独占的に決定できる。ハブ空港の期待旅客需要は、

$$\tilde{D}(l_S^*(l_H), l_H) = \sum_{i=1}^N \tilde{Q}_i(l_i^*(l_H), l_H) \quad (5.21)$$

と表される。ただし、 $l_S^*(l_H) = (l_1^*(l_H), \dots, l_N^*(l_H))$  は、スポーク空港の最適課金額のベクトルである。

ハブ空港の課金額に関する利潤最大化問題は

$$\max_{l_H} \{ (l_H - w_H) \tilde{D}(l_S^*(l_H), l_H) - G_H \} \quad (5.22)$$

と表される。ハブ空港の利潤最大化問題 (5.22) の最適化 1 階条件は、

$$\sum_{i=1}^N \{ F_i^* + (l_H^* - w_H) v_i^* f_i^* \} = N \quad (5.23)$$

$$v_i^* = 1 + \frac{dl_i^*(l_H)}{dl_H} \quad (5.24)$$

と導かれる。ただし、 $f_i^* = f(-u' + l_i^* + l_H)$ 、 $F_i^* = F(-u' + l_i^* + l_H)$ である。

### 5.3.4 分権的市場均衡

すべてのスポーク空港は対称的であり、 $l_i^* = l_S^*$ 、 $F_i^* = F^*$ 、 $f_i^* = f^*$ 、 $v_i = v$ が成立すると仮定する。このような分権的空港市場における対称的 Stackelberg 均衡解は、

$$F^* + (l_S^* - w_S)f^* = 1 \quad (5.25a)$$

$$F^* + (l_H^* - w_H)v^*f^* = 1 \quad (5.25b)$$

を同時に満足するような  $l_S^*(l_H)$ 、 $l_H^*$  として与えられる。以下では、記述の便宜上  $l_S^*(l_H)$  を簡単に  $l_S^*$  と記載する。分権的空港市場における均衡解  $l_S^*, l_H^*$  では、式 (5.25a),(5.25b) より、

$$l_S^* = \frac{1 - F^*}{f^*} + w_S \quad (5.26a)$$

$$l_H^* = \frac{1 - F^*}{v^*f^*} + w_H \quad (5.26b)$$

が成立する。したがって、分権空港市場解 ( $l_S^*, l_H^*$ ) におけるハブ空港とスポーク空港の着陸料の和 (以下、集計的着陸料とする)  $L^*$  は、

$$L^* = l_S^* + l_H^* = \xi^* + w_S + w_H \quad (5.27)$$

$$\xi^* = \frac{1 - F^*}{f^*} \left( 1 + \frac{1}{v^*} \right)$$

### 5.3.5 集権的市場均衡

ハブ空港とすべてのスポーク空港が単一の企業組織によって運営されている場合 (集権的空港市場) を考える。このような企業組織は空港組織全体としての集計的利潤を最大にするように、スポーク空港の着陸料  $l_S$  とハブ空港の着陸料  $l_H$

を設定する。この結果として実現する市場均衡解を集権的空港組織均衡解と呼ぶこととする。企業組織の利潤最大化行動は

$$\max_{l_i, l_H} \sum_{i=1}^N \{(l_i + l_H - w_S - w_H)Q_i(l_i, l_H)\} - G_H - NG_S \quad (5.28)$$

と定義できる。市場の対称性条件より、式 (5.28) の最適化 1 階条件は、

$$\begin{aligned} L^{**} &= l_S^{**} + l_H^{**} \\ &= \frac{1 - F^{**}}{f^{**}} + w_S + w_H \end{aligned} \quad (5.29)$$

と表される。

いま、分権的市場均衡解と集権的市場均衡解を比較すると

$$l_S^* + l_H^* > l_S^{**} + l_H^{**} \quad (5.30)$$

が成立する (付録 1 参照)。つまり、分権的市場均衡解の下でのハブ空港及びスポーク空港の課金額は、集権的市場均衡解のそれと比べて高くなる。したがって、

$$Q_i(l_S^*, l_H^*) < Q_i(l_S^{**}, l_H^{**}) \quad (5.31a)$$

$$D(l_S^*, l_H^*) < D(l_S^{**}, l_H^{**}) \quad (5.31b)$$

が成立する。すなわち、集権解の方が分権解の場合よりも、ハブ空港、スポーク空港の利用者が共に多くなる。さらに、式 (5.18) を用いると、分権解の場合の消費者余剰  $W(l_S^*, l_H^*)$  は

$$W(l_S^*, l_H^*) = \int_{-u'+L^*}^{\infty} \varepsilon dF(\varepsilon) + (u' - L^*)(1 - F^*) \quad (5.32)$$

と定義できる。集権解の場合の消費者余剰  $W(l_S^{**}, l_H^{**})$  も同様に定義できる。また、分権解の場合における空港会社の利潤の総和 (集計的利潤)  $\Phi(l_S^*, l_H^*)$  は

$$\begin{aligned} \Phi(l_S^*, l_H^*) &= N(L^* - w_S - w_H)(1 - F^*) \\ &\quad - Nk_S - k_H \end{aligned} \quad (5.33)$$

と定義する。集権解の場合 ( $\Phi(l_S^{**}, l_H^{**})$ ) も同様に定義できる。このとき、集権解の方が分権解の場合よりも、消費者余剰、空港会社の集計的利潤は共に大きくなる。すなわち、次式が成立する (付録2 参照)。

$$W(l_S^*, l_H^*) < W(l_S^{**}, l_H^{**}) \quad (5.34a)$$

$$\Phi(l_S^*, l_H^*) < \Phi(l_S^{**}, l_H^{**}) \quad (5.34b)$$

### 5.3.6 社会的最適解

社会的余剰  $SW$  を集計的消費者余剰と航空会社、空港が獲得する集計的利潤の和と定義する。集計的消費者余剰  $AC(l_S, l_H)$  は

$$AC(l_S, l_H) = N \left\{ \int_{-u' + l_S + l_H}^{\infty} \epsilon dF(\epsilon) + (u' - l_S - l_H) \{1 - F(-u' + l_S + l_H)\} \right\} \quad (5.35)$$

と表される。よって社会的余剰  $SW$  は

$$\begin{aligned} SW(l_S, l_H) &= AC(l_S, l_H) + \Phi(l_S, l_H) \\ &= N \left\{ \int_{-u' + l_S + l_H}^{\infty} \epsilon dF(\epsilon) + (u' - w_S - w_H) \{1 - F(-u' + l_S + l_H)\} \right\} \\ &\quad - NG_S - G_H \end{aligned} \quad (5.36)$$

と定義される。社会的余剰最大化問題は

$$\max_{l_S, l_H} SW(l_S, l_H) \quad (5.37)$$

と定式化され、一階の最適化条件は

$$(l_S + l_H - w_S - w_H) f(-u' + l_S + l_H) = 0 \quad (5.38)$$

と導かれる。  $f(-u' + l_S + l_H) \neq 0$  であるため、社会的最適課金額  $l_S^{SO}, l_H^{SO}$  は

$$l_S^{SO} + l_H^{SO} = w_S + w_H \quad (5.39)$$

を満たす。各空港の課金額は限界費用以上となることを考えると、

$$l_S^{SO} = w_S, l_H^{SO} = w_H \quad (5.40)$$

が成立する。しかし、空港会社には固定費用が存在するため、社会的最適課金額では空港の正の利潤を保証できない。空港会社が地域独占力を発揮して課金額を設定するため、集権解は社会的最適解とはならない。しかし、集権解を実現させることにより、分権解の場合よりも社会的余剰を増加させることが出来る。

以上の分析結果を次の補題 1 として整理しておく。

**補題 1** HS 型航空ネットワークにおいて、スポーク空港の数が一定という条件の下、空港が利潤最大化を目的として課金額を設定する場合、集権的市場均衡解における消費者余剰、スポーク空港の利潤は分権的市場均衡解よりも大きくなる。ただし、集権解はハブ空港とスポーク空港がネットワーク上で独占力を有するため社会的最適とはならない。

HS 型航空ネットワークで、空港が分権的に課金額を設定する限り、より望ましい集権解の課金額を実現することができない。複数の空港の課金戦略を調整できるメカニズムを導入することで社会的厚生を改善することが可能になる。本研究では、このような課金戦略を調整するためのメカニズムとして、5.4 で示すような空港アライアンス組織を提案する。

## 5.4 空港のアライアンスモデル

### 5.4.1 モデル化の前提条件

5.3 で言及したように，ハブ空港とスポーク空港が利潤最大化行動によって実現する分権的市場均衡解は，集権的市場均衡解より効率性は低下する．本研究では，空港アライアンスを通じて，空港の課金額を調整する効果をもち，社会的厚生改善に寄与することを示す．

空港アライアンスモデルにおいて，ハブ空港とスポーク空港のゲームは以下の手順で進行する．1) ハブ空港とスポーク空港は，アライアンス組織を設立する (stage 1) ．2) アライアンス組織がハブ空港とスポーク空港における合計課金額 ( $L = l_H + l_S$ ) を決定する (stage 2) ．3) アライアンス内の利潤配分について交渉が行われ，ハブ空港の課金額とアライアンスに属するスポーク空港の課金額を決定する．同時に，アライアンスに加盟しないスポーク空港の課金額も同時に決定される (stage 3) ．4) 航空会社の運賃設定行動，家計の旅行を通じて，ハブ空港とスポーク空港は利潤を獲得する．なお，アライアンスモデルでは，結果的にはすべてのスポーク空港がアライアンスに加盟することになるが， $N$  つのスポーク空港のうち， $n \leq N$  個のスポーク空港がアライアンスに加盟している状況を想定し議論を進める．アライアンスに加盟したスポーク空港 (以下，加盟空港) の課金額を  $l_{S1}$ ，加入していないスポーク空港 (以下，非加盟空港) の課金額を  $l_{S2}$  と表す．家計が旅行の目的地として向かう都市に存在する空港が，組織に加盟している場合に経路  $R_H$  でその都市に渡航する確率を  $P_1(l_{S1})$  と，組織に加盟していない場合に経路  $R_H$  でその都市に渡航する確率を  $P_2(l_{S2})$  とする．それぞれの確率は

$$P_1(l_{S1}) = 1 - F(-u' + l_{S1} + l_H) \quad (5.41a)$$

$$P_2(l_{S2}) = 1 - F(-u' + l_{S2} + l_H) \quad (5.41b)$$

と表される。

アライアンス加盟空港は、アライアンスが決定したハブ空港とスポーク空港の課金額を与件として、航空会社に対して課金する。アライアンス加盟空港は、アライアンス内に留まるのか否かに関わる意思決定権を持っている。加盟空港が獲得する利潤は

$$\Pi_1 = (l_{S1} - w_S)(1 - F_1) - G_S \quad (5.42)$$

と表される。ただし、 $F_1 = F(-u' + l_{S1} + l_H)$  である。

一方で、アライアンス非加盟空港は分権的な利潤最大化行動を通じてスポーク空港の課金額  $l_{S2}$  を決定する。ハブ空港の課金額が  $l_H^o$  に設定された場合、非加盟空港の利潤最大化行動は

$$\max_{l_{S2}} \Pi_2 = (l_{S2} - w_S) \{1 - F(-u' + l_{S2} + l_H^o)\} - G_S \quad (5.43)$$

と表される。利潤最大化問題 (5.43) の一階最適化条件は

$$F_2^o + (l_{S2}^o - w_S)f_2^o = 1 \quad (5.44)$$

と導かれる。ただし、 $F_2^o = F(-u' + l_{S2}^o + l_H^o)$ 、 $f_2^o = f(-u' + l_{S2}^o + l_H^o)$  である。ここで、スポーク路線の課金額  $l_{S2}^o$  は、ハブ路線の課金額  $l_H^o$  を所与とした課金額  $l_{S2}^o(l_H^o)$  と表される。

アライアンスは、ハブ空港と加盟スポーク空港で構成されており、集計的利潤の最大化を図る。ひとまず、アライアンス内での利潤の配分問題は考慮しない。アライアンスの集計的利潤最大化問題は、加盟スポーク空港に対しては集計的課金額  $L_1(L_1 = l_{S1} + l_H)$  を、非加盟スポーク空港に対してはハブ空港の課金額  $l_H$  を

決定する問題

$$\begin{aligned} \max_{L_1, l_H} \Pi(n) = & n(L_1 - w_S - w_H)(1 - F_1) \\ & + (N - n)(l_H - w_H)(1 - F_2) \\ & - nG_S - G_H \end{aligned} \quad (5.45)$$

として定式化できる。集計的利潤最大化問題 (5.45) の一階最適化条件は、

$$F_1^\circ + (L_1^\circ - w_S - w_H)f_1^\circ = 1 \quad (5.46a)$$

$$F_2^\circ + (l_H^\circ - w_H)v^\circ f_2^\circ = 1 \quad (5.46b)$$

を満足するような  $L_1$ ,  $l_H$  として与えられる。ただし,  $F_1^\circ = F(-u' + l_{S1}^\circ + l_H^\circ)$ ,  $f_1^\circ = f(-u' + l_{S1}^\circ + l_H^\circ)$ ,  $v^\circ = 1 + \frac{dl_{S2}^\circ(l_H)}{dl_H^\circ}$  である。最適化条件 (5.46a) は、集権的最適化条件と同一であり、最適化条件 (5.46b) は、スポーク空港の分権的最適化条件と同一である。よって、集計的課金額  $L_1^\circ$  とハブ空港課金額  $l_H^\circ$  は

$$L_1^\circ = \frac{1 - F_1^\circ}{f_1^\circ} + w_S + w_H = L^{**} \quad (5.47a)$$

$$l_H^\circ = \frac{1 - F_2^\circ}{v^\circ f_2^\circ} + w_H = l_H^* \quad (5.47b)$$

と表される。また、式 (5.44) を考慮すると、非加盟空港のスポーク空港課金額  $l_{S2}^\circ$  とハブ空港課金額  $l_H^\circ$  は共に、通常課金額  $l_S^*$ ,  $l_H^*$  に一致する。すなわち、各空港における課金額は

$$\text{(加盟空港)} \quad \begin{cases} l_{S1}^\circ = L_1^{**} - l_H^* < l_S^* \\ l_H^\circ = l_H^* \end{cases} \quad (5.48)$$

$$\text{(非加盟空港)} \quad \begin{cases} l_{S2}^\circ = l_S^* \\ l_H^\circ = l_H^* \end{cases} \quad (5.49)$$

と表される。加盟スポーク空港の課金額は分権解の場合よりも安くなる。さらに、



加盟空港と非加盟空港の集権的課金額は以下の関係

$$L_1^\circ = L^{**} \quad (5.50a)$$

$$L_2^\circ = L^* \quad (5.50b)$$

を満たす。このとき、家計の消費者余剰は

$$\begin{aligned} W(L_1^\circ, L_2^\circ : n) &= W(L^{**}, L^* : n) \\ &= \frac{n}{N} \left\{ \int_{-u'+L^{**}}^{\infty} \epsilon dF(\epsilon) + (u' - L^{**})(1 - F^{**}) \right\} \\ &\quad + \frac{N-n}{N} \left\{ \int_{-u'+L^*}^{\infty} \epsilon dF(\epsilon) + (u' - L^*)(1 - F^*) \right\} \end{aligned} \quad (5.51)$$

と表される。以上より、次の補題2を得る。

**補題2** 任意の  $N \geq n > 0$  に対して、以下の関係が成立する。

$$\begin{aligned} l_{S1}^\circ + l_H^\circ &= l_S^{**} + l_H^{**} \\ &< l_{S2}^\circ + l_H^\circ = l_S^* + l_H^* \end{aligned} \quad (5.52a)$$

$$W(L_1^\circ, L_2^\circ : n) > W(L^*) \quad (5.52b)$$

補題2で示すように、加盟空港とハブ空港の集計的課金額は、集権的市場において設定される集計的課金額に一致する。一方、非加盟空港とハブ空港の課金額は、分権市場におけるそれぞれの課金額に一致する。そして、加盟空港とハブ空港の集計的課金額は、非加盟空港とハブ空港の集計的課金額よりも安くなる。したがって、アライアンスが組成されることにより、家計の消費者余剰は増加する。以上の補題は、任意の加盟空港数  $n$  に対して成立する。

### 5.4.2 アライアンスの利潤配分問題

アライアンスが獲得する利潤  $\Pi^\circ(n)$  と、分権的空港市場においてハブ空港と加盟スポーク空港が獲得する集計的利潤  $\Pi^\circ(n)$  は、それぞれ

$$\begin{aligned}\Pi^\circ(n) &= n(L_1^\circ - w_S - w_H)(1 - F_1^\circ) \\ &\quad + (N - n)(l_H^\circ - w_H)(1 - F_2^\circ) \\ &\quad - nG_S - G_H\end{aligned}\tag{5.53a}$$

$$\begin{aligned}\Pi^*(n) &= n(L^* - w_S - w_H)(1 - F^*) \\ &\quad + (N - n)(l_H^* - w_H)(1 - F^*) \\ &\quad - nG_S - G_H\end{aligned}\tag{5.53b}$$

と定義される。したがって、アライアンスを組成することにより、ハブ空港とスポーク空港が獲得する追加利潤  $\tilde{\Pi}(n)$  は、 $l_H^\circ = l_H^*$ ,  $F_2^\circ = F^*$ であることを考慮すると、

$$\begin{aligned}\tilde{\Pi}(n) &= \Pi^\circ(n) - \Pi^*(n) \\ &= n(L_1^\circ - w_S - w_H)(1 - F_1^\circ) \\ &\quad - n(L^* - w_S - w_H)(1 - F^*)\end{aligned}\tag{5.54}$$

と表される。式(5.54)は、ハブ空港とスポーク空港がアライアンス空港がアライアンスを形成することによって獲得できる追加的な利潤を表す。アライアンス組織の利潤では、ハブ空港と加盟空港の集計的課金額  $L_1^*$ のみが決定されており、ハブ空港と加盟空港の間の利潤配分については、この時点で議論されていない、以下では、アライアンス組織における利潤配分のルールとして、1) ハブ空港がアライアンスの運営決定権を持って利潤配分を決定する方式（ハブ空港主導方式）、2) スポーク空港が組合としてハブ空港と利潤配分を交渉で決定する方式（交渉方

式) を考える。

#### ハブ空港主導方式

ハブ空港がアライアンス組織の運営し、スポーク空港に対して参加を促す場合を考える。ハブ空港は、アライアンス導入後も分権解価格（以下、基準価格）と同一の  $l_H^o = l_H^*$  を設定する。このとき、非加盟空港は  $l_{S2}^o = l_S^*$  を設定する。一方、ハブ空港はリーダーシップを発揮し、加盟空港に対しては  $l_{S1}^o = L^{**} - l_H^*$  を設定するようなルールを設ける。このとき、加盟スポーク空港全体の追加利潤  $\tilde{\Pi}_S^o(n)$  とハブ空港の追加利潤  $\tilde{\Pi}_H^o(n)$  は

$$\tilde{\Pi}_S^o(n) = n(L^{**} - l_H^* - w_S)(1 - F^{**}) \quad (5.55a)$$

$$-n(l_S^* - w_S)(1 - F^*) < 0 \quad (5.55b)$$

$$\tilde{\Pi}_H^o(n) = n(l_H^* - w_H)(1 - F^{**})$$

$$-n(l_H^* - w_H)(1 - F^*) > 0 \quad (5.55c)$$

と表される。以上の課金額決定ルールを採用すれば、式 (5.57a) からスポーク空港がアライアンスに追加的利潤が負になる。そのため、アライアンス組織内でスポーク空港に対する利潤の移転がなければ、スポーク空港がアライアンスに加盟する誘因を持たない。ハブ空港が主導するアライアンス組織では、ハブ空港がスポーク空港に対してアライアンスに参加するための最小の利潤移転を提案する。このとき、1 加盟空港あたりの所得移転額は、

$$\begin{aligned} t &= -\frac{\tilde{\Pi}_S^o(n)}{n} \\ &= (l_S^* - w_S)(1 - F^*) - (L^{**} - l_H^* - w_S)(1 - F^{**}) \end{aligned} \quad (5.56)$$

となる。加盟空港に対する利潤移転額は、アライアンスに加盟するスポーク空港の数  $n$  に依存しない。アライアンス組織がハブ空港主導方式の場合、アライアン

## 第5章 ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおける空港アライアンス

ス組織の形成による集計的追加的利潤はすべてハブ空港に帰属する。以上のようなアライアンス組織の利潤移転ルールの下で、すべてのスポーク空港はアライアンスに加盟するインセンティブを有する。家計の消費者余剰  $W$  は、

$$W(L_1^\circ : N) = \left\{ \int_{-u'+L^{**}}^{\infty} \epsilon dF(\epsilon) + (u' - L^{**})(1 - F^{**}) \right\}$$

と表される。

### 交渉方式

次に、スポーク空港が組合を形成してハブ空港と交渉を行い、利潤配分額を決定する場合を考える。交渉が決裂した場合は、アライアンスが組成されず分権解が成立する。交渉の結果、ハブ空港およびスポーク空港組合が獲得する追加的利潤をそれぞれ  $\pi_H, \pi_S$  と表す。すなわち、1 スポーク空港あたりのハブ空港からの利潤移転額を  $t$  と表すと、

$$\pi_S = n(L^{**} - l_H^* - w_S)(1 - F^{**}) \quad (5.57a)$$

$$-n(l_S^* - w_S)(1 - F^*) + nt \quad (5.57b)$$

$$\pi_H = n(l_H^* - w_H)(1 - F^{**}) \quad (5.57c)$$

$$-n(l_H^* - w_H)(1 - F^*) - nt$$

と定義される。このとき、アライアンス内における利潤配分は、ナッシュ交渉ゲーム

$$\begin{aligned} & \max_{\pi_S, \pi_H} \pi_S \cdot \pi_H \\ & s.t. \quad \pi_S + \pi_H = \tilde{\Pi}(n) \end{aligned} \quad (5.58)$$

の解  $\tilde{\Pi}_S^{\circ\circ}(n), \tilde{\Pi}_H^{\circ\circ}(n)$  として与えられる。したがって、交渉ゲームの均衡解を実現する利潤移転額は、

$$\tilde{\Pi}_S^{\circ\circ}(n) = \tilde{\Pi}_H^{\circ\circ}(n) = (\tilde{\Pi}(n))/2 \quad (5.59)$$

を満たす。よって、スポーク空港 1 空港あたりの利潤移転額は、

$$t = \frac{n}{2} \left\{ (L^* - L^{**})(1 - F^{**}) + \left( \frac{1}{v^*} - 1 \right) (F^* - F^{**}) \frac{1 - F^*}{f^*} \right\} > 0 \quad (5.60)$$

$$(5.61)$$

と求められる。以上の議論は、任意の  $n$  に対して成立する。したがって、全てのスポーク空港がアライアンスに加盟する誘因を持つ。このとき、家計の消費者余剰  $W$  は、

$$W(L_1^0 : N) = \left\{ \int_{-u' + L^{**}}^{\infty} \epsilon dF(\epsilon) + (u' - L^{**})(1 - F^{**}) \right\}$$

と表される。以上の分析結果は、次の**命題 1**のように整理できる。

**命題 1** すべての空港が加盟する誘因を持つような空港アライアンスを形成することにより、HS 型航空ネットワーク上の空港課金の集権解を実現できる。このとき、ハブ空港からスポーク空港への利潤移転が必要になる。ただし、アライアンス組織の利潤配分方式により、ハブ空港及びスポーク空港が獲得する利潤が異なる。

### 5.4.3 政策的示唆

HS 型航空ネットワークにおける乗り継ぎトリップ旅客が存在する場合には、ハブ空港とスポーク空港の機能は補完的である。したがって、HS 型航空ネットワークに属する空港が分権的に空港課金額を設定すれば、不可避的に需要の外部性が生じる。近年では、HS 型の航空ネットワークが世界的に支配的な構造となりつつある。その一方で、空港の運営管理では、民営化あるいはコンセッションといった民間主体への大幅な権限委譲を伴うスキームも同時に普及しつつある。無論、

## 第5章 ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおける空港アライアンス

---

民営化やコンセッションといっても、民間主体に以上される権限は、さまざまなバリエーションが存在する。しかし、本研究で仮定したような、空港課金額の設定について、民間企業に完全なフリーハンドの権利を与えると、HS型航空ネットワークでは、需要の外部性の存在によって、戦略的に決まる課金額は、パレート劣位な均衡に陥る可能性がある。

需要の外部性が存在する下では、HS型航空ネットワークに属する空港の課金額を適切に調整することによって社会的厚生を改善できる。ネットワーク上の空港課金の額を調整するための最も単純な方策は、HSネットワーク上のすべての空港の所有権あるいは運営権を統合することである。しかし、施設の維持管理やマーケティングのように空港課金以外の業務に対して競争を働かせる上で、複数の空港の所有権あるいは運営権は分離しておき、課金戦略を調整する目的にターゲットを絞ったガバナンスの仕組みを導入した方が有利となる可能性もある。

アライアンスに加盟するスポーク空港に向かう旅客がハブ空港とスポーク空港で支払う額の合計は、アライアンスに加盟しないスポーク空港に向かう旅客と比較して少なくなければならない。一方、ハブ空港の課金額は、アライアンスに加盟するスポーク空港と加盟しないスポーク空港の両方に向かう旅客に適用される。したがって、ハブ空港の課金額を割り引けば、アライアンスに加盟しないスポーク空港は、ハブ空港の課金額の割引行動の余剰を free ride する。そのため、スポーク空港による free ride を回避するためには、ハブ空港の課金額を直接的に割り引くことはできない。アライアンスでハブ空港とスポーク空港に強制される割引は、すべてスポーク空港の課金額における割引を通じて履行される。アライアンスによって得られたアライアンス内の空港の集計的利潤の増加分はハブ空港に帰属する。したがって、アライアンスに加盟しようとするスポーク空港は、ハブ空港からの所得移転がない限り、アライアンスに加盟する誘因を持たない。

## 5.5 おわりに

本研究では、HS 型航空ネットワークにおいて、ハブ空港とスポーク空港が空港アライアンスを形成することにより空港の課金行動の調整が行われ、HS 型航空ネットワーク全体の収益構造及び社会的厚生が改善するメカニズムを明らかにした。HS 型航空ネットワークでは、乗り継ぎトリップが前提となる。乗り継ぎトリップでは、ハブ空港とスポーク空港の2つの空港を利用する。乗り継ぎトリップの旅客需要は、ハブ空港とスポーク空港の課金額の両方に影響される。このときハブ空港とスポーク空港の課金行動は、家計行動を通じた需要の外部性（金銭的外部性）を発生させる。

需要の外部性が存在する下で、HS 型航空ネットワーク上の空港が利潤最大化を目的として分権的に課金額を設定すれば、パレート劣位な均衡解に陥る。このとき、HS 型航空ネットワーク上の空港の課金行動を調整することによって、社会的厚生が改善する可能性がある。本研究では、空港アライアンス組織を形成することにより、複数の空港の課金戦略を調整し、より望ましい集権解を導くことができることを指摘した。空港のアライアンスを導入するとき、アライアンス組織はハブ空港は分権解と同一の課金額を、スポーク空港には分権解より低い価格を強制する。その上で、ハブ空港の利潤をスポーク空港に移転する仕組みが必要であることを指摘した。

以上の知見は、限定的な前提条件の下で導かれたものであることに留意しなければならない。本研究では、空港アライアンスの機能を示すための理論枠組みを示すことに問題意識を絞った。しかし、実際にアライアンスを通じた課金額の設定及びハブ空港からスポーク空港からの利潤移転の決定方法を定めるためには、ハブ空港を最終目的地とする旅客需要、スポーク空港の間の異質性も考慮する必要がある。今後、空港のアライアンスに関する理論的、実証的研究の蓄積が期待

される。

## 5.6 付録

式 (5.30) の証明 式 (5.26a) を全微分すると

$$\frac{dl_S^*}{dl_H^*} = -\frac{f^* + (l_S^* - w_S)f^{**'}}{2f^* + (l_S^* - w_S)f^{**'}} \quad (5.62)$$

が導かれる。よって、 $-1 < \frac{dl_S^*}{dl_H^*} < 0$  であり、 $0 < v^* < 1$  が成立する。ここで式 (5.27), (5.29) を

$$\begin{cases} y_1^1 = y \\ y_2^1 = g(y) + \Omega \end{cases} \quad (5.63)$$

$$\begin{cases} y_1^2 = y \\ y_2^2 = f(y)g(y) + \Omega \end{cases} \quad (5.64)$$

と分解する。すると、集権解  $(l_S^{**}, l_H^{**})$  と分権解  $(l_S^*, l_H^*)$  はそれぞれ、式 (5.63) と (5.64) の交点で与えられる。ただし、 $f(y) = 1 + 1/v^*$ ,  $g(y) = (1 - F)/f$ ,  $\Omega = w_S + w_H$  である。 $g(y) > 0$  であるから  $y_2^2 > y_2^1$  が常に成立し、 $\Omega > 0$  より  $y_2^2$  は  $y_2^1$  よりも上方で、45度線と交わる。以上より、 $l_S^* + l_H^* > l_S^{**} + l_H^{**}$ 。

式 (5.34) の証明 消費者余剰  $W(L)$  に関しては、 $W'(L) < 0$  であるため  $W(l_S^*, l_H^*) < W(l_S^{**}, l_H^{**})$  が成立する。

空港の集計的利潤  $\Phi(L)$  に関して  $\Phi'(L) = 1 - F - (L - w_S - w_H)f$  であり、式 (5.29) より  $\Phi'(L^{**}) = 0$  が成立する。また  $\Phi''(L) = -2f - (L - w_S - w_H)f' < 0$  である。よって、 $\Phi(L)$  の増減表は以下ようになる。ただし、式 (5.30) より、 $L^* > L^{**}$  である。

$L$	...	$L^{**}$	...	$L^*$	...
$\Phi'(L)$	+	0	-		
$\Phi''(L)$	-				
$\Phi(L)$	↗	最大	↘		↘

$\Phi(L)$  は  $L = L^{**}$  で最大値となる。以上より、 $\Phi(l_S^*, l_H^*) < \Phi(l_S^{**}, l_H^{**})$  である。



## 参考文献

- [1] Mun, S. and Y. Teraji: The organisation of multiple airports in a metropolitan area, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 46, No. 2, pp.221-237, 2012.
- [2] Oum,T. H., A. Zhang and Y. Zhang: A note on optimal airport pricing in a hub-and-spoke system, *Transportation Research B*, Vol. 30, No. 1, pp. 11-18, 1996.
- [3] Brueckner, J. and P. Spiller: Competition and Mergers in Airline Networks, *International Journal of Industrial Organization*, Vol.9, pp.323-342, 1991.
- [4] Gillen D. and W. G. Morrison: Bundling, Integrational and the Delivered Price of Air Travel:Are Low-cost Carriers Full-service Competitors?, *Journal of Air Transport Management*, Vol.9, No.1, 2003.
- [5] Harvey, G.: Airport Choice in a Multiple Airport Region, *Transportation Research*, Vol.21A, No.6, pp.439-449, 1987.
- [6] Henddcks, K., M. Piccione and G. Tan: The Economics of Hubs: The Case of Monopoly, *Rand Journal of Economics*, Vol.28, pp.291-303, 1995.
- [7] Oum T., Adler N. and Yu.C.: Privatization, Corporization, Ownership forma and Their Effects on the Performance of the World ' s Major Airports, *Journal of Air Transport Management*, Vol.12, Issue 3, pp.109-121, 2006.

第 5 章 ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおける空港アライアンス

---

- [8] Pels, E., Peter Nijkamp and Piet Rietveld: A Note on the Optimality of Airline Networks, *Economic Letters*, Vol.69, pp.429-434, 2000.

## 第6章 結論

本研究は、需要サイドからの理論的分析により、空港のネットワーク外部性と運賃設定によりに伴う需要の外部性を内部化できるような経済モデルを定式化し、結果に基づき社会厚生にとって最適な着陸料課金制度と政策提言を行なうことを目的として分析を行った。その結果、いくつかの知見を得ることができた。それらを以下に取りまとめる。

2章では、需要サイドに焦点を置いた空港運営スキームを分析するため、既存研究レビューを行い、持続可能な航空政策の構築の為の航空ネットワークと空港整備の研究がどのように行われてきたかを分析した。航空ネットワークの拡充はインフラである空港と航空会社の協同により機能することから、首都圏のみならず関西圏および地方空港とのネットワークを最大限活用するような効率的空港運営スキームが求められており、これまでの研究で二面性市場理論の課題であるプラットフォームの利用料金政策を理論的に分析した研究はこれまでのところない。本研究ではハブ空港を経由する乗り継ぎトリップを前提として航空市場におけるプラットフォームとして位置づけ、空港料金政策を通じた航空ネットワークの内政的形成メカニズムを分析し、空港着陸料設定によって異なる航空会社間で生じるネットワーク外部性を内部化することが可能であることを指摘する点で新規性があることを明らかにした。

3章では、ネットワーク構造の変化が社会厚生に与える影響を分析するため、独占の航空会社が地方路線を撤退し、非対称の旅行需要を持つネットワーク構造が

2地点直行便型から経由便となるハブアンドスポーク型ネットワークに変更された場合、スケジューリング、輸送量、航空運賃と使用機材のサイズにどのような影響を与えるかということに焦点を置き、分析を行なった。我が国の地方路線に関しては、国土交通省が段階的な規制緩和を導入し国内市場での自由参入・退出が可能となった2000年以降、国内線の減便や不採算路線廃止の動きが益々加速しており、わが国の航空政策は、需要の低い地方の生活路線の維持と公共交通機関でありながら収益性が求められる企業の公益性のバランスをどう取るべきかという課題を抱えている。これは日本の国内線市場の特徴である幹線と地方路線の旅客需要が大きく異なる現状を反映したものであり、大都市圏の人口と地方路線の人口の差異をモデルに表した。例えば需要の高い羽田-伊丹間のフライトと地方路線を結ぶ需要では全く異なる為、需要は非対称的に設定したほうがより現状をモデル化でき、加えてこの分析においては外性的パラメータの影響を比較する為、数値計算を行なった点が先行研究と大きく異なる。

分析より得られた主な考察としては、地方路線の旅客需要が低くかつ運行費用が高く、乗客は運行頻度に重きを置くものの接続便乗り継ぎに必要な移動時間に重きを置かない場合には、社会厚生観点よりハブアンドスポーク型ネットワークが望ましいという結果となった。これは既存研究の分析とほぼ一致しているが、拡張として行なった本研究独自の結果としては、非対称の需要を適用した場合、固定費用と可変費用が小さく、地方路線の旅客需要が幹線に限りなく近い場合は、2地点間の完全に接続されたネットワーク（ポイント・トゥ・ポイントネットワーク）が社会的に望ましいことを示した。また航空会社は、大都市を結ぶ幹線と地方路線の需要が非対称である時、ハブアンドスポーク型ネットワークを採用する傾向があるが、消費者は一般的にポイント・トゥ・ポイントネットワーク（2地点間直行型ネットワーク）を好む傾向にあることが今回の分析結果として示され

---

た。乗り継ぎ時間のコストが適度に小さい場合にのみ、ハブアンドスポーク型ネットワークは、より大きな消費者余剰を生む結果となった。

4章では、需要サイドからの分析として、社会的効率性の観点から、ネットワーク外部性および需要の外部性の内部化を可能にする制度的仕組みを提言し、ネットワーク外部性を内部化する運賃連動型着陸料スキームの導入により、乗り継ぎトリップに伴う外部性を内部化することが可能であることを示した。また関西圏のように2空港を経由する場合、2空港を統合して運営されない限り、運賃連動型着陸料浮き一無を導入する誘引が生じないことを理論的に明らかにした。また「ゲートウェイ空港において、国内線を運航する航空会社と国際線を運航する航空会社が独立している場合には、ゲートウェイ空港が直面する市場は2面市場となることを指摘した。

5章では、ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおいて分権的に運営されるハブ空港とスポーク空港の課金行動を、空港間アライアンスを通じて調整するメカニズムを提案した。ハブアンドスポーク型航空ネットワークにおけるハブ空港とスポーク空港の文献的な課金行動は家計行動を通じて金銭的外部性を及ぼし、結果的にパレート劣位な均衡に陥る可能性を指摘し、空港アライアンスを形成することにより、社会的公正を改善できることを理論的に示した。

本研究は、理論的な分析を通じて、需要サイドの観点より空港をプラットフォームとしてネットワークの外部性を内部化し、また空港間アライアンスという新たなスキームによる社会的に最適な空港運営スキームを示した点において意義があると言える。また、分析により得られた知見は、今後の空港経営に関する効率性の観点からも有用なものであると考えられる。今後の課題としては、より実証的な視点から、現実に即し社会厚生を最大化するような効率的な空港経営スキームの開発に関して分析を進める必要がある。



# 謝辞

本研究の遂行に当たり、多くの方から様々なご指導とご協力をいただきました。ここに記して心より感謝の意を表します。

京都大学 小林潔司教授には、本研究の遂行に当たり、多大なご協力を賜り、モデルの分析結果の考察や研究成果の取りまとめに際して、懇切丁寧なご指導とご助言をして下さいました。日本ではまだ特殊な研究分野のため博士課程からの入学でしたが、先生のご協力が無ければ、本研究を完成させることはできませんでした。また、本研究の取りまとめの他にも、先生は筆者の成長のために多くの機会を与えて下さいました。大学に勤務しながらの研究活動で時間制約があったにもかかわらず、先生と対面してご助言をいただける機会に際しては、交通の分野に限らず、豊富な知識と経験に基づいた興味深いお話を多く聞かせていただき、知的な刺激を大いに受けました。小林先生からは人生の先輩としての「人としてのあり方、人としての生き方」を学びました。多大なるご恩をいただいた小林先生に心より深く感謝申し上げます。

京都大学 谷口栄一教授、中川大教授、松島格也准教授には、本研究をとりまとめるにあたり、適切なお助言並びにご指導をいただくとともに、本研究の今後の方向性・発展性について、大変貴重なご意見をいただきました。また、京都大学大学院経済学研究科 文世一教授には、本論文の5章の研究をまとめるにあたり、多大な御助力をいただきました。ここに心より感謝いたします。

京都大学大学院工学研究科 小林研究室 大西正光助教には、本研究の遂行に

当たり、日頃から大変貴重な御助言、御示唆を頂きました。新たな視点に基づいて研究を発展させる上で本研究に貢献いただきましたことに謹んで感謝申し上げます。また、先生には折に触れて同世代の仲間として真摯で心のこもった暖かい言葉をかけていただき、言葉では表現できないほど感謝しております。

計画マネジメント論研究室の皆様には、研究生活を送る上で大変お世話になりました。研究室へ通うこともままならない日々もありましたが、履修に関する情報交換や研究に関して、また人生に関する皆様との雑談や交流のおかげで研究生活を楽しく送ることができました。特に、同期の博士課程の皆様とは、研究の楽しさや困難を共有することができ、大いに研究生活の励みとなりました。博士課程 阿部真育氏には、何気ない雑談から研究についての議論まで、様々なお話を楽しませていただきました。博士課程 瀬木俊輔氏とは、モデルに関する議論や、履修に関する相談など、様々な形でサポートいただきましたことに対し、深謝いたします。博士課程 李茜氏とは、研究に関する議論や、ご子息の成長などについて楽しくお話させていただきました。修士課程 宇波謙介氏には、共同研究者として、また研究室の仲間として大変お世話になりました。修士課程 卒業生の尾木健士郎氏、塩谷賢平氏、福井浩氏、金勇氏、MBA 卒業生 鶴田拓志氏には、いつも笑いの絶えない明るい研究環境をご提供いただきましたこと、改めて御礼申し上げます。

また、京都大学 経営管理大学院 秘書 中本理恵氏、工学研究科 秘書 井上千佳子氏には、研究活動を進めていく上での多くの事務手続き等に関してお手伝いいただきましたことに加え、いつも応援のお言葉を頂戴し、研究を進める上での精神的なサポートをして頂きました。研究室の皆様には厚く御礼申し上げます。

博士前期課程でお世話になりました大阪大学 社会経済研究所 石田潤一郎教授、松島法明教授には、社会人として学習のブランクがあり理解に時間を要する



筆者に対し、丁寧かつ忍耐強いご指導を賜り、また学術的研究手法のみならず、研究の社会的意義、研究の楽しさをご教示いただきましたことに対し、心より御礼申し上げます。

関西交通研究会のメンバー、嘉悦大学 真鍋雅史准教授、兵庫県立大学大学院 シミュレーション学研究科 木村真准教授、大阪大学大学院 国際公共政策研究科 博士後期課程（シンガポール航空会社 関西空港支店） 宇佐美宗勝氏には、共同研究者としてひとかたならぬご支援をいただき、感謝の念を禁じえません。

デルタ航空会社 貨物営業部 中野貴夫氏、ノースウエスト航空会社同期 チョウドリ雅子氏および福岡女子大学 チョウドリ・マハブフル・アロム教授、ヴァリグ・ブラジル航空会社同期 チャイウィラ隆美氏およびご家族には、大学院入学前より多大なるサポートをしていただきましたこと、また常にエアラインに関する最新の情報をご提供いただきましたこと、心より感謝申し上げます。

博士課程在学中より勤務をさせていただきました神戸夙川学院大学、夙川学院短期大学の教職員の皆様にも、心より感謝申し上げます。特に吉島一彦名誉教授、岡本義温教授、竹内正人教授、三木麻子教授、小槻文洋准教授、原一樹准教授、伊多波宗周准教授、安川佳子准教授、周東宗伯氏には、学生と教員を兼務する環境において、惜しみないご理解とご支援を頂きましたこと、感謝の念に堪えません。また萬谷ゼミの瀬倉ヒロミ氏、福本有希氏、山根愛未氏、植山浩成氏、および神戸夙川学院大学、夙川学院短期大学の学生達には、いつも笑顔と希望を頂いて参りました。皆様が世の光となり周囲を明るく照らす人となられますよう、そして叡智の翼を広げて大空に羽ばたいて下さいますよう、感謝とともに心よりご祈念申し上げます。

最後に、いつも暖かい言葉で筆者を励まし成長の糧を与えて下さった全ての航

空関係者の方々，学部時代，筆者に親善大使としてアメリカへ行く機会を与えて下さり，姉妹都市ミネアポリスを本拠地とするノースウエスト航空に就職したことにより生涯のテーマである航空産業への関心のきっかけを与えて下さった茨木オークライオンズクラブの皆様，長い院生生活を支えてくれた母をはじめ，遠くアメリカからいつも応援して下さいました Spilseth 家の皆様，ならびに家族全員に心より深く感謝申し上げます。

2015 年 1 月

萬谷 和歌子