

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：30112

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06590

研究課題名(和文) 空港連携による地域航空ネットワークの相互補完性の評価

研究課題名(英文) Evaluation of mutual complementarity of regional aviation network through airport cooperation

研究代表者

田村 亨 (Tamura, Tohru)

北海商科大学・商学部・教授

研究者番号：80163690

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は次の3つから成る。それは、地域航空ネットワークの事業領域を抽出する、北海道の地域航空ネットワークを対象として、空港連携が国民の社会的厚生にどのように影響するかを分析するモデルを構築する、モデルを使って地域連携による相互補完性の評価を行う、である。本研究の最大の成果は、このモデル構築にあり、モデルは複数空港を運営する会社の着陸料、航空会社の機材・運行頻度、および旅客の交通需要が同時決定される構造となっている。本モデルにより、需要サイドの条件が明確になれば、運航事業者の調達・整備コストの縮減の程度、路線維持あるいは路線新設等による地域経済の活性化への影響を計測することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
わが国では少子高齢化や人口減少が進み、地方都市の消滅までも言及されている。空港を有する地方部の自治体は、地域経済を活性化させ自律的な経済を構築して、航空需要の増加をとおした路線の維持を図る必要がある。その需要増加策のひとつとして本研究では、北海道の『7空港一括民営化』を取り上げ、空港連携による地域航空ネットワークの相互補完性の評価を行った。具体的には、旅客と航空会社、空港運営会社の3者それぞれの最適化行動を考慮できるモデルを構築し、7空港の総利潤は民営化前より民営化後の方が大きくなることを定量的に示した。本研究により、複数の自治体が「連携して空港を利活用する枠組み」が提案できた。

研究成果の概要(英文)：This research consists of the following three. That is, (1) extract the business domain of regional aviation network, (2) target regional aviation network in Hokkaido, and build a model to analyze how airport cooperation affects the social welfare of the people, (3) Use the constructed model to evaluate mutual complementarity through regional cooperation. The most important feature of this research is the model construction. The model has a structure in which the landing fee of a company that operates multiple airports, the equipment and operating frequency of an airline, and the traffic demand of passengers are simultaneously determined. With this model, it is possible to measure the impact of "degree of reduction in operating company's procurement and maintenance costs" and "route maintenance or new route construction" on the vitalization of the regional economy.

研究分野：工学

キーワード：空港連携 地域航空 航空ネットワーク 相互補完性 評価

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

わが国では少子高齢化や人口減少が進み、地方都市の消滅までも言及されている。空港を有する地方部の自治体は、地域経済を活性化させ自律的な経済を構築して、航空需要の増加をととした路線の維持を図る必要がある。その需要増加策のひとつとして、複数の自治体が「共同で空港経営をする(その経営を民間委託することを含めて)」、「航空機材の共同保有をする」など、世界中には様々な連携事例がある。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、経営の時代にある空港を複数の自治体が「戦略的に連携して利活用をする」枠組みを提案し、地域の全体最適の視点からその相互補完性を明らかにするものである。

本研究の特長は、地域連携による相互補完性を評価するためのモデル構築にある。提案するモデルは、複数空港を運営する会社の着陸料、航空会社の機材・運行頻度、および旅客の交通需要が同時決定される構造とする。ここで重要となる地域連携の有無は、次の2ケースの比較で行うこととした。一つは「各空港の運営会社が利潤最大化で独立して着陸料を決める(個別で民営化した)ケース」、他の一つは「複数空港を一括して運営する空港会社を考えて、収益性の高い空港の着陸料を高く設定し、収益性の低い空港の着陸料を低く設定することにより、経営するすべての空港が持続可能となる着陸料とする(複数空港を一括で民営化した)ケース」である。

### 3. 研究の方法

#### (1) 地域航空サービスの事業領域と研究対象地域の抽出

採算性と公共性で構成される領域を考えて、本研究で扱う地域航空サービスの事業領域を決めるとともに【研究成果の(1)】、北海道を研究対象として地域航空サービス路線を抽出する【研究成果の(2)】。次に、地域航空サービス路線網として、本研究で想定するハブ&スポーク構造を決定する【研究成果の(3)】。

#### (2) 空港連携が社会的厚生に与える影響を分析するモデル構築

本研究では、北海道の7空港バンドリングコンセッションを対象として、空港連携が航空ネットワークへ及ぼす影響を分析するモデル構築を行う。まず、構築するモデルの特長と対象路線網を明示するとともに【研究成果の(4)】、モデルにおける空港運営会社、航空会社および旅客それぞれの最適化行動をモデルフローとして表現する【研究成果の(5)】。その上で、モデルパラメータを推計するための入力データを定める【研究成果の(6)】。

#### (3) 地域連携による相互補完性の評価

構築したモデルを使って、モデルシミュレーションを行い【研究成果の(7)】、地域連携による相互補完性の評価をモデル分析の結果としてまとめる【研究成果の(8)】。

#### (4) 研究の総括

研究を総括する【研究成果の(9)】。

### 4. 研究成果

#### (1) 地域航空サービスの事業領域

日本における地域航空サービスの定義は、「主に30~70席程度の小型機により、離島その他の地方航空路線の運航に関わる航空会社が提供するサービス」とされている。研究対象とする事業領域として、本研究では、採算性と公共性で構成される領域を考えて(図1)、「地方空港アジア路線」、「通勤・ター路線」、「地方(都市)間路線」とした。

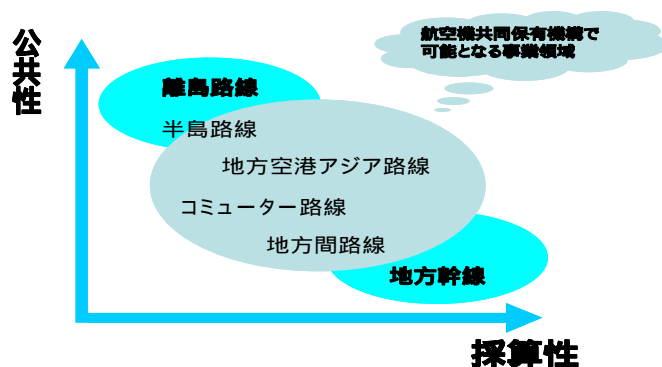


図1 ターゲットとする事業領域

#### (2) 北海道における対象路線

研究対象地域である北海道には13の空港があり、「札幌都市圏の2空港(新千歳空港と丘珠空港)」と「その他の空港(11空港)」の間には、ハブ&スポーク網が構成されている。その一方で、近年、地方部から首都圏への移動には、新千歳空港経由便から羽田空港直行便へのシフトがみられる。地域航空サービスを充実させるためには、北海道や九州などの地域ブロック内の航空需要をハブ&スポーク網で強化する必要があり、地方空港から羽田空港への直行便の利便性向上は、地域航空サービスの阻害要因となっている。

本研究では、「離島空港と丘珠空港を除いた道内9空港」に着目して、道内空港間と道内-羽田空港間の路線を対象に、社会・経済状況の変化と自然災害の影響、ジャンボジェット機材が使用されなくなった影響、YS-11機材が使用されなくなった影響、羽田空港の容量制約の影響

響を分析した。使用したデータは、航空輸送統計年報の1987年から2018年までの31年分のデータであり、路線ごとの旅客数、座席数、運航回数を分析して、地域航空ネットワーク構成の変遷がもたらすサービス低下と羽田空港の混雑緩和に係わる課題を整理した。

### (3) 地域航空サービス路線網としてのハブ&スポーク構造

北海道の地域航空サービスを分析する上で、道央圏に複数空港が存在することの影響を考える必要がある。このため、道央圏にある丘珠空港と新千歳空港の2空港に着目して、就航する航空会社と旅客数の変遷を分析し、地域航空サービスのハブ空港化について考察した。

本節の分析結果より、北海道の地域航空ネットワークを対象として「空港連携による地域航空ネットワークの相互補完性の評価」を行う場合、新千歳空港を北海道ブロックのハブ空港と捉えて、「道内地方空港」と新千歳空港・羽田空港とのネットワークのあり方を検討すればよいことが分かった。

### (4) 構築するモデルの特長と対象路線網

本研究では、2020年1月から実施された北海道内7空港のバンドリング・コンセッション(ひとつの特別目的会社〔SPC〕が7つの空港を一括民営化する方式)を対象とし、7空港の一括民営化が地域航空ネットワークへ及ぼす影響を評価可能なモデルを構築する。モデル構築にあたっては、航空会社の機材投入や航空の運航頻度が交通需要等に与える影響を明示的に表現することとする。したがって、構築するモデルでは、空港運営会社、航空会社および旅客それぞれの最適化行動を考慮した上で、空港運営会社の着陸料、航空会社の機材・運行頻度、および交通需要が同時決定される問題構造とする。その点は、既存研究とは異なる本研究の特長である。

本研究では、道内7空港(新千歳・稚内・釧路・函館・旭川・帯広・女満別)と、外部の1空港(羽田空港)の計8つの空港を対象に、2017年時点で実際に運航されている11ルートを対象にシミュレーションを行う。シミュレーション時に使用したネットワークを図2に示す。

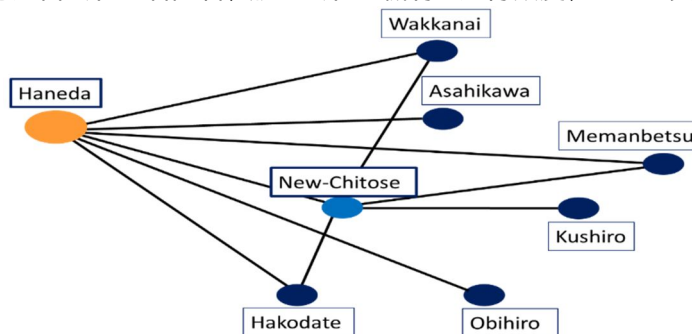


図2 対象とする地域航空ネットワーク

### (5) モデルフロー

本研究のモデルフローを図3に示す。旅客配分では一般化費用最小問題を、航空機配分・着陸料の設定においては利潤最大化問題を解き、着陸料・運行頻度・旅客の需要数などの変数が同時決定される問題となっている。また、本研究ではこのネットワークの仮定として、航空機以外の交通手段が必ず存在し、運賃は所与であるという仮定のもとシミュレーションを行った。図3に沿って、以下に旅客配分、航空機配分、着陸料の設定について述べる。

#### 旅客配分

旅客は、移動に要する自身の一般化費用を最小化するように交通行動を決定するものとする。旅客の選択行動を本研究では2階層のNested-logit-modelを用い表現する。モデル階層1では交通モード(航空、航空以外)を選択し、次いで、「モデル階層1で航空を選択した旅客」はモデル階層2で航空会社を選択する。

#### 航空機配分

航空機配分においては、航空会社は自社の利潤を最大化するようにルートの運行頻度と機体サイズを決定するものとする。したがって、航空会社の運行頻度と機体サイズ決定問題は利潤最大化問題として定式化される。

#### 着陸料の設定

空港運営会社が決定する着陸料は、空港運営会社の利潤が最大化されるよう設定する。着陸料については、( )個別で民営化した場合、( )一括民営化した場合の2パターンを考える。個別で空港民営化を行った場合、各空港運営会社はそれぞれの利潤を最大化するように着陸料を決定すると考えられる。その場合の利潤最大化問題は、着陸料が各空港で異なる値をとることになる。さらに、空港によっては利潤が確保できない場合が想定され、そうした空港運営会社の撤退行動も表現されると考えられる。一括で空港民営化を行った場合、空港運営会社は民営化される空港における総利潤が最大になるよう着陸料を決定するようになると考えられる。この場合の利潤最大化問題は、着陸料が民営化された空港において異なる値をとことは個別民営化の場合と同様ではあるが、収益性の高い空港や空港混雑が激しいルートにおいては着陸料を高く設定し、収益性の低い地方路線などにおいては着陸料を低くし、全ての空港が持続可能になり、一番高い総利潤を出すことが可能となる料金設定を表現可能とした。



(6)モデルへの入力データ

本研究で使用した8空港11ルート  
の各番号を表1に示す。なお、  
表1の中の、総移動者数、航空旅  
客数、航空シェアは(7)のモデルシ  
ミュレーションで予測された値で  
ある。

航空会社は実際に11ルート内を  
運行している4社を対象にシミュ  
レーションを行った。また航空運  
賃と運行頻度については4社の  
2018年1月時点におけるデータ  
を使用した。使用機材は、大型機・中  
型機・小型機の3種を考慮し、実  
ルートにおいて頻繁に使用される  
機材と座席数の路線毎の平均値を

入力データした。航空運賃は、正規運賃を使用した。なお、計算時におけるエラーをなくすため、  
ルート内において運航していない航空会社が存在する場合、航空運賃を100万円に設定した。運  
航頻度は、同様に、運行されていない箇所についてはエラー回避のために0.0001便/日とした。

航空機以外を選択する旅客の一般化費用においては、各ルートにおける現在の交通機関分担  
率をもとに現況再現を行った。本研究では航空ネットワークの分析のみであるため、旅客数は  
航空機を使用する旅客数をもとに、総旅客数の推定を行う点に留意する必要がある。そして、  
現在の航空機の選択確率を現況再現したのちに、総旅客数の推定を行った。各ルートにおいて  
推定される総旅客数と航空利用者数・航空の選択確率を表1に示す。

次に、到着空港の「機体サイズに応じた空港使用料」については、大型機の着陸料の1/3が中  
型機、さらに1/3のものが小型機の着陸料と設定した。また、空港の利潤最大化問題を解く際  
に使用する、空港の着陸料以外の収入(売上額)や空港に生じるコストについては、国土交通省航  
空局における資料を参考に作成した<sup>1), 2)</sup>。

さらに、空港における空港容量については、滑走路の構成から決定する。具体的には、滑走路  
の構成が1本の場合:14万回/年、オープンパラレル方式の場合:30万回/年、クローズ  
パラレル方式の場合:18万回/年、と算定している。本研究で使用する各空港においては、羽田  
空港はのオープンパラレル方式のみを考慮しているため、空港容量を用いて計算を行うので  
はなく、空港における総便数(国際線含む)からその空港を使用しているルートの便数割合を算  
出することにより各ルートにおける空港容量を算出した。

最後に、混雑関数の推定においては、管制コントロールや滑走路の方角、離着陸時の方角を考  
慮し推定を行うのが望ましいが、今回は総売上額から利益分と航空会社に生じるコストを減算  
したものを混雑費用とし使用した。

表1 路線番号と予測された区間別総移動者数、航空機利用者数・航空シェア

路線	番号	総移動者数 (人/日)	航空旅客数 (人/日)	航空シェア (%)
新千歳 - 稚内	1	620	126	0.204
新千歳 - 釧路	2	1134	252	0.223
新千歳 - 函館	3	3286	169	0.051
新千歳 - 女満別	4	1360	498	0.366
新千歳 - 羽田	5	25020	24620	0.984
稚内 - 羽田	6	312	308	0.986
釧路 - 羽田	7	1323	1321	0.998
函館 - 羽田	8	3609	3010	0.834
旭川 - 羽田	9	2328	2291	0.984
帯広 - 羽田	10	1511	1508	0.998
女満別 - 羽田	11	1241	1238	0.998

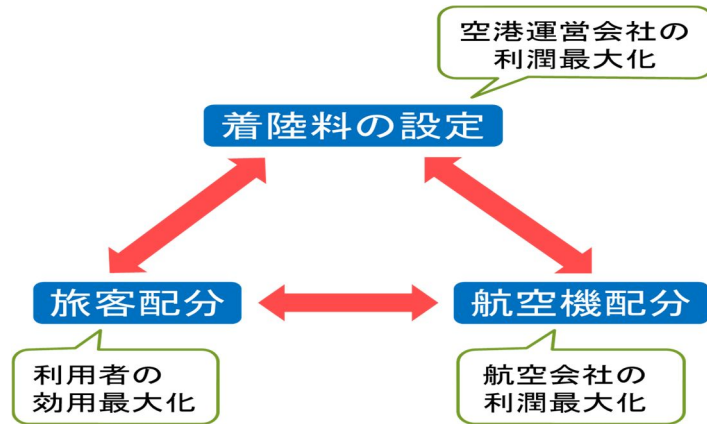


図3 モデルフロー

## (7) モデルシミュレーション

最初に、構築したモデルの有効性を検証する。航空機を選択する旅客の選択確率について、2017年度（民営化前）実績値とモデル予測値を比較した結果、提案するモデルの有効性が分かった。モデルの有効性が確認できたので、このモデルを用いて、以下の4つの分析を行った。

まず、航空機の運航便数の変化を検討した。紙幅の関係で数値を示さないが、路線5、8、9のような、羽田と北海道の大きな都市を結ぶ路線において運航便数の増加がみられた。しかし、路線1～4のような道内路線においては運航便数が大幅に減る結果となった。

2つめに、各ルートにおける着陸料の変化を検討した。本研究では、空港全ての利潤を足し合わせたものが最大になるようなモデルとなっているため、全体的に全ての空港における着陸料が7%減少する結果となった。

3つめに、各ルートにおける航空旅客の搭乗者数の変化を検討した。道内の運行便数が減少していることから分かるように、搭乗客数においても道内路線においては需要が減少する結果となった。逆に、道内の各都市と羽田を結ぶ路線に関しては概ね搭乗客数が増加する結果となった。

最後に、各空港における収支の変化を検討した。稚内空港以外のすべての空港において収支の改善や、赤字の軽減がみられた。また一括民営化後において、7空港の合計における変化については民営化前より民営化後の方が、収支は改善する結果となった。これは、便数の増加に加え、機材の大型化により着陸料の収入が大きく増加したことが原因であると考えられる。

## (8) モデル分析の結果

本研究では、道内7空港を一括民営化することにより航空ネットワークがどのように変化するかを分析するため、旅客と航空会社、空港運営会社の3者それぞれの最適化行動を考慮できるモデルを構築した。これにより、着陸料によって生じる旅客の交通需要の変化や航空機の運行頻度、また空港が設定する着陸料などの変数を同時に決定することが可能となった。

道内7空港一括民営化の効果として、7空港とも着陸料が7%減少する、稚内空港以外の6空港において収支の改善がみられる、民営化前に比べて、7空港一括民営化により空港全体の収益は改善する、ことが分かった。

## (9) 研究の総括

本研究は、2020年1月から北海道で始まった「7空港一括コンセッション」を取り上げて、空港連携による地域航空ネットワークの相互補完性を評価したものである。本研究で明らかとなったことは以下のとおりである。

- ・地域航空サービスを「採算性と公共性で構成される領域」で分類して、北海道や九州などの地域ブロック内の「地方（都市）間路線」を本研究の対象領域とした。北海道の地方間路線の利用実態分析から「新千歳空港を北海道ブロックのハブ空港と捕えて、道内地方空港と新千歳空港・羽田空港とのネットワークのあり方」を検討することで、空港連携による地域航空ネットワークの相互補完性を評価できることを明らかにした。
- ・地域航空サービスを充実させるためには、北海道や九州などの地域ブロック内の航空需要をハブ&スポーク網で強化する必要がある、地方空港から羽田空港への直行便の利便性向上は、地域航空サービスの阻害要因となっている。北海道ブロックのハブ化が進まなかった北海道側の理由は2つあった。それは、「ジェット機は新千歳、プロペラ機は丘珠」という札幌都市圏の2空港の棲み分けがあったこと、航空会社の経営戦略や機材の更新もあって、札幌都市圏の2空港の総需要が2004年～2017年の13年間で伸びなかったこと、である。
- ・地域連携の有無を、「7空港一括コンセッション（連携有の場合）」と「従来の7空港、個別運営（連携無の場合）」との比較から分析することとして、空港会社の着陸料、航空会社の機材・運行頻度、旅客の交通需要が同時決定されるモデルを構築した。
- ・このモデルを用いて分析した結果、道内7空港一括民営化の効果として7%減少する、稚内空港以外の6空港において収支の改善がみられる、民営化前に比べて、7空港一括民営化により空港全体の収益は改善する、ことが分かった。
- ・その一方で、本研究で着目する地域航空サービスについては、「需要の少ない空港の着陸料低減が盛り込まれているモデル」であるにも関わらず、需要の少ない道内路線の運航頻度減少と需要減が顕著となる結果となった。これを改善する方策としては市場によらない政府の介入が必要と考えられ、丘珠空港の有効活用とともに、政策的に公的資金（補助金など）を投じて地域航空サービスを維持する必要性が高いことが示唆できた。
- ・本研究で作成したモデルとその適用方法は、空港に関わる複数自治体の参加可能性と官民のリスク分担（公共が受容可能な範囲）を定量的に明らかにできるもので、地域住民・議会への合意形成にも役立つものである。

< 引用文献 >

- 1) 国土交通省航空局:平成25年度航空系事業の収支(2018/2/1 閲覧)

<http://www.mlit.go.jp/common/001098754.pdf>

- 2) 株式会社日本空港コンサルタンツ:空港別諸元及び利用実績(2018/2/1 閲覧)

[www.jacinc.jp/db/](http://www.jacinc.jp/db/)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 菊池光貴、長谷川裕修、田村亨	4. 巻 78
2. 論文標題 地方都市へのインバウンド誘客に寄与する航空ネットワーク戦略の検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本交通学会, 第78回研究報告会	6. 最初と最後の頁 C D - R O M
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 菊池光貴、長谷川裕修、田村亨	4. 巻 59
2. 論文標題 地方空港のインバウンド需要を増加させる航空ネットワークの戦略	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会土木計画学研究	6. 最初と最後の頁 C D - R O M
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryuichi Tani, Ibuki Takashima, Teppei Kato, Toru Tamura, Kenetsu Uchida	4. 巻 13
2. 論文標題 An analysis of the effect of bundled airport privatization on an airline network	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 World Conference on Transport Research - WCTR 2019	6. 最初と最後の頁 C D - R O M
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 菊池光貴、長谷川裕修、田村亨	4. 巻 57
2. 論文標題 地方航空ネットワークにおける公共計画の必要性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会土木計画学研究	6. 最初と最後の頁 C D - R O M
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田雨、田村亨
2. 発表標題 地方空港のインバウンド需要を増加させる航空ネットワークの戦略
3. 学会等名 土木学会北海道支部平成30年度年次技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊池光貴, 長谷川裕修, 田村亨
2. 発表標題 首都圏空港の混雑緩和に資する持続可能な地方航空ネットワークのあり方に関する研究
3. 学会等名 土木学会北海道支部平成29年度年次技術研究発表会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----