

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 31 日現在

機関番号：33917

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510162

 研究課題名（和文） グローバル社会における戦略的航空ネットワークの設計と評価に関する
 数理的手法の研究

 研究課題名（英文） A Mathematical Approach to Design and Evaluate Airline Networks in
 the Global Society

研究代表者

佐々木 美裕（SASAKI MIHIRO）

南山大学・情報理工学部・准教授

研究者番号：20319297

研究成果の概要（和文）：

格安航空会社(LCC)の新規参入によって競争が激化している日本の航空市場において、メガキャリアとの競合を考慮した LCC の航空ネットワーク設計モデルを提案した。航空運賃や旅客数の実データを用いてモデルで使用するパラメータを推定し、その結果を用いて、LCC のハブ空港と運航路線および便数を求めた。LCC にとって最適な戦略は、羽田空港を拠点とし、各地域の最大都市よりもその近郊の空港への路線の展開であるという結果を得た。

研究成果の概要（英文）：

We consider network design for a low-cost air carrier (LCC) entering a market where mega carriers have already provided flight services. Using the real data reported by Japan's Government, we estimate the parameters of logit model. The proposed network design model finds an optimal hub-and-spoke network for LCC and the flight frequency in each air route simultaneously. Our numerical experiments show that an optimal strategy for LCC is providing flight services between Haneda Airport and airports located in the neighborhood of large cities rather than the large cities.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2012年度	100,000	30,000	130,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：オペレーションズ・リサーチ

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 ・ 社会システム工学・安全システム

キーワード：ネットワーク設計、施設配置、ハブ・アンド・スポークモデル

1. 研究開始当初の背景

ハブ・アンド・スポークシステムの数理モ

 デルが O' Kelly によって提案されて以来、
 20 年以上に渡り、さまざまなモデルやその解

法が研究されてきた。その多くは、米国の国内需要のみを考慮しており、また、市場には競合相手が存在しないことを仮定している。しかし、この 20 年で航空業界は大きく様変わりした。グローバル化が急速に進んだことにより、競争が激化し、ヒト、モノの流動は国境を超え、さまざまな問題を地球規模で考える必要性が生じている。このような社会の激変により、グローバル社会における航空ネットワーク構築に必要な要素は、「競合」と「国際需要の考慮」である。過去の関連研究では、これらの要素を取り入れたモデルの研究はほとんど行われていない。また、モデルおよび解法の提案に主眼が置かれ、モデルや最適ネットワークの分析・評価を行った研究も極めて少ない。そこで、本研究では、グローバル社会に適したネットワーク設計およびネットワークの評価を総合的に行う手法を提案しようと考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、グローバル化により競争が激化している社会における航空ネットワークの設計および評価を行う数理的手法を提案することである。近年、アジア地域を中心として、旅客、貨物とも航空需要は増大する傾向にあり、航空業界の競争はますます激化しているが、先行研究では、1978 年の米国航空規制緩和が行われたときの社会情勢を仮定しているアプローチが多い。日進月歩の発展を続ける現在の社会を反映するためには、旅客のみでなく、今後さらに需要が伸びると予想される貨物の輸送にも着目し、グローバル社会の激しい競争に負けない戦略的な航空ネットワーク設計が必要となる。現在、羽田空港のハブ空港構想をはじめ、アジア地域の航空ネットワーク再編は注目の話題となっている。本研究では、日本をはじめとするアジア地域における競合を考慮した際の航空ネットワーク設計手法を提案する。

3. 研究の方法

(1) シュタツケルベルグ型ハブ・アーク配置モデルを用いた先手と後手の最適戦略の違いに関する分析

- ① 先手と後手の最適ネットワークを比較し、最適ネットワークにどのような差があるのか、競合する両社の利益にどのような変化をもたらすのかについて、実データを用いた計算実験により検証する。
- ② 先手と後手の最適戦略の違いについて分析し、最適ネットワーク構築に重要となる要因を明らかにする。
- ③ 旅客輸送と貨物輸送の最適ネットワークの比較を行う。
- ④ 旅客と貨物の双方を輸送する会社にとって最適なネットワーク構築モデルを

提案する。

- ⑤ 上述の計算結果をまとめ、先手と後手が競合する場合、先手と後手のそれぞれの最適戦略の傾向について、旅客を対象とする場合と貨物を対象とする場合に分けて分析し、結果をまとめる。

(2) アジア地域におけるゲートウェイ空港配置モデル

- ① アジア地域内の需要とアジア地域から欧米や北米への国際需要の双方を考慮した場合のアジア地域内におけるゲートウェイ空港の最適配置を求めるモデルを提案する。
- ② 2009 年に発表したアジア地域内の需要のみを考慮したゲートウェイ配置モデルを用いた場合の最適配置と比較する。
- ③ 全需要に対する国際需要の割合によって、ゲートウェイの最適配置がどの程度影響を受けるのかについて分析する。
- ④ 上述の計算結果をまとめ、アジアにおいてゲートウェイ空港候補として地理的に優位な場所はどこであるのかを明らかにする。
- ⑤ 過去の関連研究では国内需要のみが考慮されてきたが、国際需要を考慮することがグローバル社会において重要であることを数理モデルを用いて確認する。

(3) メガキャリアとの競合を考慮した格安航空会社(LCC)の航空ネットワーク設計モデル

- ① 国土交通省が発表している路線別航会社別の旅客数データを収集し、各路線におけるメガキャリアとLCCの便数および運賃の違いによる旅客の両者への配分率を推定する。
- ② メガキャリアのみが運航している市場に新たにLCCが参入する状況を考慮し、LCCの航空ネットワーク最適化モデルを提案する。
- ③ ①で求めた実データを用いて②のモデルの最適解を求め、LCCの最適戦略を分析する。

4. 研究成果

(1) シュタツケルベルグ型ハブ・アーク配置モデルを用いた先手と後手の最適戦略の違いに関する分析

- ① 過去の研究では、先手と後手のハブ間のディスカウントファクタは同じであると仮定してきたが、この制約を緩和し、モデルを一般化した。これにより、規模や費用構造の異なる2社の競合をモデル化することが可能となった。

- ② 飛行機の乗り換えに対してコストを導入し、モデルの改善を行った。これにより、過去のハブ・アンド・スポークモデルの研究ではほとんど考慮されてこなかった「乗り換えにかかる時間」も考慮したより現実的なモデルの構築が可能となった。
- ③ ①②の改良を加えたモデルを用いて、異なるパラメータを用いて計算実験を行った。その結果、先手は一般的に需要の多い路線をハブ・アークとして選択することが最適であるのに対し、後手は先手のハブ・アーク付近の比較的需要の多い路線をハブ・アークとして選択することが最適であるという結果が得られた。
- ④ 貨物輸送と旅客輸送の最適ネットワークの違いを分析するために、2つのシナリオを考えた。各社の目的を、貨物輸送の場合は輸送費用の最小化、旅客輸送では移動距離の最小化として設定し、最適解の比較を行った。この結果の分析は継続中である。
- ⑤ さまざまな競合のシナリオを設定し、ハブ・アーク配置モデルを用いて競合のメカニズム、先手後手の最適戦略の違いを明らかにすることができた。最適解を求めるだけでなく、最適戦略の傾向を分析できたことは意義のあることだと考えている。今後は、このモデルを用いて、複数の中小の後手の会社が大規模な先手の会社と競合する状況を考慮したモデル等に拡張したいと考えている。

(2) アジアにおけるゲートウェイ空港配置モデル

- ①過去の研究では、アジア地域内から北米や欧州への需要のみを考慮したモデルを扱ったが、アジア地域内の需要も急速に伸びていることから、地域内、地域外への需要双方を考慮したモデルの提案を行った。
- ②2005年のIATAの旅客需要データを用いて、アジア地域内の35の空港をゲートウェイ空港の候補とし、地域内のみ、地域外のみ、双方を考慮した3つのケースについて計算実験を行った。その結果、選択されるゲートウェイの配置は大きく異なることがわかった。特徴的であるのは、地域外の需要のみを考慮した場合は、成田空港がゲートウェイとなるケースが多かったのに対し、他のケースでは、バンコクやインチョンが最適となるケースが増えた。また、目的地が北米の場合と欧州の場合でもゲートウェイの配置は異なることがわかった。
- ③本研究で扱ったモデルでは、ゲートウェイ空港として地理的に優位となる配置を求めることに主眼を置いた。ゲートウェイの最適配置は、需要量の変化に大きく依存することがわかったため、今後は、需要量の変化が最適配置に与える影響について分

析を行う予定である。

(3) メガキャリアとの競合を考慮したLCCの航空ネットワーク設計モデル

- ①各路線における旅客は、メガキャリアかLCCのいずれかを選択するものとし、両社への旅客の配分は、それぞれの普通運賃と運航便数によって決まると仮定したロジックモデルを提案し、実データを用いて旅客数の予測を行った。その結果、運航便数には強い説明力があつたものの、運賃の説明力はあまり強くなかった。また、LCCの運賃が高くなり、メガキャリアの運賃が安くなると、LCCを選択する旅客数が増えるという直観とは異なる結果が得られた。これは、ドル箱と呼ばれる路線では、メガキャリアが運航する便数が多く、高い料金を設定しても旅客は選択せざるを得ない状況であることが原因であると考えられる。
- ②推定したパラメータを用いて、LCCの最適なハブの配置、路線および便数を求める問題を定式化し、日本国内の約80の空港を対象として計算実験を行った。その結果、需要の最も多い羽田空港をハブとすることが最適となった。しかしながら、最適な運航路線は、羽田—新千歳、羽田—福岡、羽田—那覇などのドル箱路線ではなく、羽田—函館、羽田—熊本、羽田—長崎など、周辺の空港への路線であるという興味深い結果が得られた。LCCの最適な戦略は、メガキャリアが羽田から運航している都市の近隣に運航することであることを示唆していると言える。
- ③提案したモデルでは、潜在需要を考慮していない。LCCがメガキャリアとの競合に勝つためには、現在は運航されていない路線に新規参入して新しい需要を獲得することも重要であると考えられるので、今後は、このような潜在需要の獲得も考慮した最適ネットワーク設計モデルの構築が必要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① Mihiro Sasaki, Takehiro Furuta, Fumio Ishizaki and Atsuo Suzuki: A mathematical programming approach to the multi-round topology construction problem in wireless sensor networks, Journal of the Operations Research Society of Japan, 査読有, Vol. 55, pp. 199-208, 2012.
- ② Takamori Ukai, Mihiro Sasaki, Fumio Ishizaki, Atsuo Suzuki: A New Approach

for Scheduling Problem in Multi-Hop Sensor Networks, Operations Research and Its Applications, Lecture Notes in Operations Research, 査読有, Vol. 12, pp. 356-363, 2010.

- ③ Takehiro Furuta, Mihiro Sasaki, Fumio Ishizaki, Takamori Ukai, Hajime Miyazawa, Wonyong Koo, Atsuo Suzuki and Keisuke Inakawa: New formulation for scheduling problem in multi-hop wireless sensor networks, Proceedings of International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC2010), 査読有, CD-ROM, 2010.

[学会発表] (計 8 件)

- ① 齊木 和弥, 佐々木 美裕: メガキャリアとの競合を考慮した LCC の航空路線編成モデル, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2013 年春季研究発表会, 東京大学, 2013 年 3 月 6 日, (発表アブストラクト集 pp. 228-229.)
- ② Mihiro Sasaki, Takehiro Furuta, Atsuo Suzuki: Gateway location models considering both intra- and inter-regional flows, 「都市の OR」ワークショップ 2011, 南山大学, 2012 年 12 月 18 日.
- ③ James F. Campbell, Mihiro Sasaki: Competitive hub arc network design for airlines, EWGLA XIX Meeting, Nantes (France), 2011 年 10 月 14 日.
- ④ Mihiro Sasaki, Takehiro Furuta and Atsuo Suzuki: Optimal locations of gateway and local hub airports in Asia, EWGLA XIX Meeting, Nantes (France), 2011 年 10 月 13 日.
- ⑤ James F. Campbell, Mihiro Sasaki: Competitive Stackelberg hub location, The International Federation of Operational Research Societies (IFORS), Melbourne, 2011 年 7 月 11 日.
- ⑥ Mihiro Sasaki, James F. Campbell: Including competition in designing airline hub networks, 「都市の OR」ワークショップ 2010, 南山大学, 2010 年 12 月 18 日.
- ⑦ Mihiro Sasaki, James F. Campbell: The role of competition in airline hub network design, 応用地域学会名古屋大会, 名古屋大学, 2010 年 12 月 5 日.
- ⑧ Mihiro Sasaki, James F. Campbell, Andreas Ernst and Mohan Krishnamoorthy: Hub arc location with competition, EWGLA XVIII Meeting Naples (Italy), 2010 年 4 月 29 日.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐々木 美裕 (SASAKI MIHIRO)
南山大学・情報理工学部・准教授
研究者番号: 20319297

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号:

(4) 研究協力者

James F. Campbell
University of Missouri-St. Louis (USA)・
Business School・Professor