

搭乗率保証制度を用いた地域航空路線の 持続可能性を高めるための政策設計

Policy design for sustainable regional air transport using load factor guarantee

湊 宣明 (Nobuaki Minato)

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
minato.nobuaki@sdm.keio.ac.jp

Risako Morimoto

Toulouse Business School
r.morimoto@esc-toulouse.fr

Abstract : Management of regional air transport is generally unstable and thus government provides several supports for sustaining flights at regional airports. The purpose of this paper is to propose a design methodology for sustainable regional air transport using load factor guarantee (LFG). In LFG, airline and local government mutually agree with load factor of a regional flight beforehand and the government compensate for the difference between the actual and the agreed load factor. Based on the simulation of Noto Airport in Japan, the LFG between Ishikawa Prefecture and ANA is unlikely to be self-sustained as it is today due to the fact that it encounter a critical turnaround around 8th year since the beginning of the agreement. Combinational design of the LFG for mitigating short-term business risks and the long-term strategic demand creation is essential for sustainable regional air transport.

キーワード：地域航空システム、持続可能性、搭乗率保証、政策設計、能登空港、全日本空輸

要旨：地方空港を発着する地域航空路線は一般に経営が不安定であり、路線維持のための公的支援策が不可欠である。本研究の目的は、航空会社と地方自治体とで予め一定の搭乗率を合意し、これを下回った場合には自治体から航空会社へ損失を補填する搭乗率保証制度をSDモデルで再現し、同制度が地域航空路線の維持に与える長期的影響を評価することで、地方航空路線の持続可能性を高めるための政策設計を提言することである。SDモデルにより能登一羽田間の地方航空路線を分析した結果、制度開始後8年前後でシステムの挙動が大きく変化することが確認され、現在の合意枠組みのままでは能登一羽田路線は存続し得ないことが明らかとなった。地方航空路線の持続可能性を高めるには、短期的なリスクを排除する搭乗率保証制度と共に長期的な需要創造を組み合わせる設計する必要がある。

1. はじめに

1. 1 問題の背景

羽田空港の国際化や海外格安航空会社の新規就航に世間の注目が集まる中、地方空港を発着する地域航空路線の多くは存続の危機に直面している。地方航空路線は、一般に旅客需要が小さい上に季節変動も激しく、また、運航経済性も幹線路線に比べて低い[1]ため、持続的に利益を確保し続けることが難しい。従って、地域航空路線の就航にあたっては、綿密な需要分析に基づいた運航頻度の決定が重要となる[2]。しかし、既存の航空輸送実績を活用できない新規航空路線開設の場合には、旅客数を予測することは極めて困難であり、航空会社の事業リスクはさらに高まる。そのため、民間企業である航空会社の事業リスクを軽減する手段として、赤字補填や着陸料減免、航空機燃料税減免といった様々な政策が、地域航空路線の新規開設・路線維持のために設計されている[3]。これらの政策は、生活路線としての離島航空路線において最も手厚く、機体購入費補助金や運航費補助金等が国及び地方自治体によって航空会社に対し支払われている[4]。すなわち、経営基盤の脆弱な地域航空路線は、公的資金を頼りに支えられているのである。

地域航空路線への公的支援は、海外でも一般的に行われている。米国では地理的に隔離された地域の住民に対

して最低レベルの航空輸送サービスを提供する Essential Air Service (EAS)が存在する。これは、全ての米国民がいずれかの地域空港を経由しさえすれば全米の各都市へ高速移動できることを保証する仕組みである[5]。一方、欧州にも Public Service Obligation (PSO)という制度が存在し、商業的には成立し得ない航空路線を公的資金によって支える仕組みが確立されている。これら一連の公的支援政策の背景には、航空自由化の副次的作用として発生する地域航空路線への負の影響を予め補完しておくという政策目標が存在する[6]。すなわち、規制緩和によって航空会社の路線選択の自由度が高まった結果、航空会社の路線選択は大都市間を結ぶ高収益路線に集中し、収益性の低い地域航空路線からは徐々に撤退することが容易に予想された。従って、規制緩和に対する地域からの反発というシステム内の抵抗を最小限に抑えつつ、航空自由化による国家全体での競争の促進、経済のさらなる活性化という政策の大目標を実現するためのシステム思考に基づく複合的政策設計であったと分析できる。

一方で、これら公的支援制度の運営の非効率性は常に問題点として指摘されていることも事実である。Grubestic と Matisziw は、米国のモンタナ州 Lewistown から Billings までの航空運賃が EAS の支援を受けて 2006 年には片道 88 ドルで提供されていたが、実際の乗客数は 1 日に平均 2 人しかおらず、結果として政府支出は乗客 1 人当たり 1343 ドルにも達したことを指摘している[5]。航空路線の有無は地域経済の発展に少なからぬ影響を及ぼすため、地理的に隔離された地域の経済発展を維持するというのが、このような一見非効率とも感じられる公的資金支出の理論的根拠となっている[7]。

地域経済の持続的発展の必要性は認めつつも、その目的達成のために持続的に公的資金を提供し続けることは、持続可能な地域航空システムの設計とは言い難い。そこで本研究は、より市場原理に近い形で地域航空路線の維持を図る搭乗率保証制度に着目する。搭乗率保証制度とは、航空会社と地方自治体との間で一定の搭乗率を予め合意し、実績値がこれを下回った場合には地方自治体から航空会社へ相当額の損失金額を補填する仕組みである。同時に、実績値が合意された搭乗率を大幅に上回った場合には、航空会社から地方自治体にその収益の一部を還流する事例も存在する[8]。これによって、航空会社は航空路線の搭乗率を確実に事業採算ライン以上に保つことができ、収益性の低い地域航空路線にも参入し易くなる。また、地方自治体にも搭乗率を上げるために地域からの航空輸送の利用者を増やすというインセンティブが発生する。すなわち、航空会社と地方自治体とがリスクとリターンを相互に共有しながら、地域航空路線を維持していく政策設計であると言える。筆者らは、この搭乗率保証制度を適切に活用することで、持続可能な地域航空システムを設計できると考えている。

そこで本研究の目的は、搭乗率保証制度を用いることで、地域航空路線の持続可能性をより一層高めるための政策設計が可能かどうかを検証することである。具体的な研究目標として、以下の 2 つを設定する。

- (1). 能登空港-全日本空輸間の事例を参考に、システムダイナミクスを用いて搭乗率保証制度のシミュレーションモデルを構築する。
- (2). 政策設計の差から生じるシステム全体の振舞いの特徴を分析し、地域航空路線の持続可能を高めるために政策立案者は何をすべきかを提言する。

以下、第 2 章で先行研究を論じながら本研究の独自性を明らかにし、第 3 章で地域航空路線のモデルの構造を説明し、続いて第 4 章でシミュレーション結果を分析しながら持続可能な地域航空路線の政策設計を提言する。最後に第 5 章で本研究の成果を纏めながら、今後の課題と研究の方向性について述べる。

2. 先行研究

我が国の地域航空路線の持続可能性を論じた研究としては、主に、(1) 地域に着目する研究と、(2) 仕組みに着目する研究の 2 種類がある。

まず、地域に着目した研究としては、北海道における地域航空の在り方を分析した佐藤他[9]の研究や日野他[10]の研究、長崎県の離島航空を対象とした松本[11]の研究がある。佐藤他[9]は、広大な土地に人口が分散する北海道の特徴を踏まえ、地域航空のための旅客需要推計モデルを構築した。需要予測に基づいて北海道域内の採算路線と不採算路線を識別し、採算ラインからの収益を基にした航空機の減価償却を行うことで、非採算路線を含む地域航空ネットワーク全体としての経営モデルを提案している。

日野他[10]は、北海道宗谷南部を対象として住民にロジット型価格感度測定を行い、航空路線が存在しない地域であっても住民にとって受入可能な運賃価格帯を設定することで 50%~60%の搭乗率が確保できる可能性を示した。ただし、日野他の研究は地域外からの旅客需要を考慮しておらず、域外からの観光客等の需要を考慮した航空路線の持続可能性の評価は今後の課題としている。

¹ 年間搭乗者数を年間提供座席数で割った値。航空路線の運航の効率性や採算性を示す指標として用いられる。

松本[11]は、長崎県における 5 つの離島航空路線を対象とし、代替交通機関である高速船舶との競合も踏まえながら地域航空の持続可能性を論じている。離島航空路線は、ナショナルミニマムとしての輸送手段を提供するだけでなく、人口減少・高齢化によって疲弊する離島経済の活性化を観光振興によって実現する観点からも重要であると指摘する。日野他[10]の研究も松本[11]の研究も、観光需要による地域航空路線の安定経営に言及する。しかし、観光需要は季節によって大きく変動する上、景気や天候といったコントロール不可能な外部要因に左右されやすい。すなわち、観光需要に軸足を置いた地域航空路線の持続可能性設計には大きなリスクがあり、将来の不確実性をどうマネジメントするかが重要な鍵となる。

そこで筆者ら[12]は、仕組みに着目した研究として、金融工学におけるポートフォリオ理論を応用した航空路線の新たなマネジメント手法を提案している。株式ポートフォリオ組成における複数株式所有のリスク低減効果を参考に、離島によって異なる観光需要特性を「Tourism β 」²という新たな指標で表現し、航空路線を適切に組み合わせることで全体としての需要変動リスクを低下させ、地域航空路線の持続可能性を高められることを示した。同手法は、日本エアコミューターによる実際の航空路線運航データを基にして、観光需要に依存する屋久島路線のリスクが、種子島といった周辺の離島と適切に組み合わせることによって低減することを実証している。

仕組みに着目した他の研究としては、本論文の主題である搭乗率保証制度を論じた福山他[13]の研究や航空機の機体サイズを論じた上村・平井[14]の研究がある。福山他[13]は、搭乗率保証制度を航空会社と地方自治体との交渉ゲームとして捉え、ナッシュ交渉解を求めることで、鳥取県 - アシアナ航空で合意された保証搭乗率の妥当性を検証した。結果、2007 年度の米子空港 - ソウル便の実績値はナッシュ交渉解に近い値を示していることを証明したが、同時に、鳥取県民の米子空港利用の低下から、現在の搭乗率保証制度の下で交渉を続けていくと、2010 年には 80% を超える保証搭乗率と 1 億円をこえる補償支払いを求められると予測している。地域航空路線維持のためには、妥当で効率的な公的支援策をパッケージとして継続的に設計するべき、というのが彼らの結論である。

上村・平井[14]は、首都圏への経済の一極集中と羽田空港の容量不足により、日本の航空会社は大型機の運航を余儀なくされ、結果、そもそも需要の少ない地域航空路線では採算が取りにくい事業構造にあると主張する。もし、70 席程度の小型機を導入すれば、収益性が高いビジネス客を輸送することで、採算の取れる路線が成立する可能性は高いと分析し、航空自由化の流れに乗って経済成長著しいアジア諸国との航空路線を強化することで、地域経済のさらなる活性化を実現することも可能としている。

これら一連の研究は、地域航空路線の経営の難しさを課題とする点では全て共通するが、地域に着目した研究が地域の実績データを統計的に解析することで解決策を導き出すアプローチを採るのに対して、仕組みに着目した研究では、仕組みの導入や変更が周りの環境に対してどのような影響を及ぼすのかを評価することで最適解を導き出そうとするアプローチが多い。言い換えれば、前者はシステムが生み出した結果に着目して問題を解こうとするのに対して、後者は結果を生み出すシステムの構造に着目して問題を解くアプローチである。Sterman は、時間的にも空間的にも離れている複雑な事象に対し効果的な解決策を導き出すには、対象となるシステムの構造やダイナミクスをまず把握しなければならないと述べている[15]。地域航空システムは、航空会社、地方空港、乗客、地方自治体、地域コミュニティー等、複数の利害関係者が航空路線の維持という共通目的のために時間と空間を越えて相互に作用し合う複雑なシステムである。言い換えれば、相互作用や利害関係を個別に分析するだけでは不十分であり、ある政策がシステム全体に与える長期的な影響を見極めながら最適な政策設計を行う必要がある。地域航空をシステムとして捉え、まずその構造をモデル化し、時間の経過とともに変化するシステムの動的な振る舞いを評価しながら最適な政策設計を実現できるところに本研究の価値がある。

3. モデリング

本研究では、2003 年に新規開港した能登空港の事例をベースに、全日本空輸 (ANA) と石川県との間の搭乗率保証制度を SD モデルで再現し、同制度が羽田一能登という地域航空路線の持続可能性に与えた影響をシミュレーションによって分析する。羽田一能登を選択した理由としては、(1) 能登が少子化・高齢化が進行する過疎地域の一つであり、また、近隣に小松空港及び富山空港を有するため、それらとの競合関係からも地域航空路線としての持続可能性が危ぶまれていること[17]、(2) 羽田一能登の 1 路線のみしかなく、乗り継ぎ客等の影響を排除できること、(3) 実際に搭乗率保証制度を過去数年間にわたって実施していること、が挙げられる。最初に

² 特定の島における観光需要の変動の大きさを、市場全体の動きに対する感度という観点で数値化したもの。観光需要をある地域に特有の事情によって発生するユニークな変動と、休日や季節によって国全体に一律に生じるマーケット変動に分け、前者の変動リスクを複数の島の適切な組み合わせにより減少させるためのポートフォリオ計算に用いる。

能登空港を管理・運営する石川県と ANA との間で合意された搭乗率保証制度の概要を簡単に述べた上で、構築した SD モデルの構造を説明する。

3. 1 石川県 - 全日本空輸間の搭乗率保証制度

石川県の能登空港は、能登半島のほぼ先端に位置し、高速移動網が未発達な同地域の振興と周辺地域の活性化を主な目的として建設[18]された地方管理空港である。現在は、羽田 - 能登間を 1 日 2 往復、計 4 便が ANA によって定期運航されている[19]他、チャーター便も運航している。当初地元は 1 日 3 往復のフライトを希望していたが、過疎地域でもある能登地域の航空需要に不安を抱く航空会社が 1 日 1 往復を主張したため、空港の管理主体である石川県と ANA との間で新たに搭乗率保証の枠組みを合意することとなった。その合意内容は、ANA が羽田 - 能登間のフライトを 1 日 2 往復運航する代償として、石川県は一定の搭乗率を ANA に保証するというものである。すなわち、両者間で目標とする搭乗率を予め合意し、搭乗率の実績値がこれを下回った場合には、石川県がその差分に相当する損失を ANA に対して保証金として支払い、逆に、実績値が目標搭乗率を上回った場合には、相当する利益の一部を ANA が石川県に対して協力金として支払うというものである。同制度は能登空港の開港に合わせ、初年度は目標搭乗率 70% という合意の下に、2003 年 7 月から運用が開始された[8]。

表 1 羽田—能登間のフライト実績と搭乗率保証制度

	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
年間搭乗者数 (人)	155,623	160,052	156,945	158,558	150,365	148,768
年間提供座席数 (席)	241,017	240,575	241,195	242,517	241,437	239,294
平均搭乗率 (%)	64.6%	66.5%	65.1%	65.4%	62.3%	62.2%
目標搭乗率 (%)	63%	64%	62%	62%	62%	62%

3. 2 モデルの構造

本研究で構築したモデルの全体像を図 1 に示す。搭乗率保証に関する政策変数設定の差異がシステム全体にどのような影響を及ぼすのかを評価するため、コントロール可能な政策変数として、(1) 目標搭乗率、(2) 特別枠、(3) 需要調整率の 3 つを考慮することとした。航空会社にとっては、フライト頻度や使用機体、座席数にも一定の選択の自由度があるため政策変数となり得るが、今回はモデルを単純化するために実績に基づいた定数として扱った。表 2 にベースラインとして用いる各定数・変数の設定を示す。これらの設定は、能登空港利用促進協議会 (NAPC) [8] や ANA [19]、石川県庁 [20] によって公開されている実績値をそのまま採用した。価格弾力性については、山内 (2000) の先行研究より国内線の平均として 0.74 を採用した。

モデルには、航空会社の財務状態、地方政府の財務状態、旅客収入単価の 3 種類のストックをデザインした。年間提供座席数は、旅客が乗っているかどうかにかかわらず航空会社が 1 年間に当該路線に対して提供した座席の数であり、1 便あたりの座席数に 1 日あたりフライト数と 365 日をかけ、さらに、年間平均運航率を乗じて求める。年間平均運航率は、当初計画したフライト数から欠航等でキャンセルされたフライト数を差し引き、これを計画したフライト数で割った値であり、運航の安定性を表す。今回は、過去の実績を基に正規分布の乱数として発生させることとした。年間搭乗者数は、1 年間に当該路線に対して発生する基本需要と需要調整との和により求める。基本需要は、2004 年から 2009 年までは実績値 (NPAC) をそのまま用い、それ以降については石川県より公開された関東からの観光客数、能登地域への観光客数、能登地域の人口統計データを用いて重回帰分析により推定値を求めた。需要調整は、平均搭乗率と目標搭乗率との差を求め、この差を埋めるように調整される。具体的には、搭乗率の差に年間提供座席数をかけて差を埋めるために必要な搭乗者数を求め、これに需要調整率をかけあわせて創出する需要数を求める。なお、モデルでは需要調整の遅れとして 1 年間の想定した。搭乗率保証制度は、前年度の実績を踏まえて翌年にその内容が更新されること加味したものである。年間搭乗者数と年間提供座席数を用いて平均搭乗率を Eq.(1) のとおり求める。

$$\text{平均搭乗率} = \frac{\text{年間搭乗者数}}{\text{年間提供座席数}} \quad \text{Eq. (1)}$$

この平均搭乗率の計算結果を基にして、搭乗率保証制度における地方自治体と航空会社間のキャッシュの移動が行われる。キャッシュの移動には、保証金と協力金の 2 種類がある。保証金は、原則として平均搭乗率が目標搭乗率を下回った場合に地方自治体から航空会社に対して支払われる金銭であり、逆に協力金は、平均搭乗率が目標搭乗率を上回った場合に航空会社から地方自治体に対して支払われる金銭である。ただし、今回のモデルに

においては特別枠の概念を盛り込んだ。これは、目標搭乗率の前後に数%の幅で相互に金銭の負担義務が発生しない安全地帯を設けることで、将来の不確実性に伴って双方が本来負担すべきリスクをできる限り少なくしようとする政策設計である。この特別枠の値を目標搭乗率に加減して、保証金支払ラインと協力金支払ラインとをそれぞれ Eq.(2)、Eq.(3)のとおり計算する。

$$\text{保証金支払ライン} = \text{目標搭乗率} - \text{特別枠} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\text{協力金支払ライン} = \text{目標搭乗率} + \text{特別枠} \quad \text{Eq. (3)}$$

保証金の支払いが発生するのか、それとも、協力金の支払いが発生するのかは、当該年度の平均搭乗率の結果次第である。よって、条件式として IF THEN ELSE 関数を用いて、保証金支払率と協力金支払率をそれぞれ Eq.(5)、Eq.(6)のとおり計算する。

$$\text{保証金支払率} = \text{IF } \text{保証金支払ライン} - \text{平均搭乗率} > 0, \text{ THEN } \text{保証金支払ライン} - \text{平均搭乗率}, \text{ ELSE } 0 \quad \text{Eq. (5)}$$

$$\text{協力金支払率} = \text{IF } \text{平均搭乗率} - \text{協力金支払ライン} > 0, \text{ THEN } \text{平均搭乗率} - \text{協力金支払ライン}, \text{ ELSE } 0 \quad \text{Eq. (6)}$$

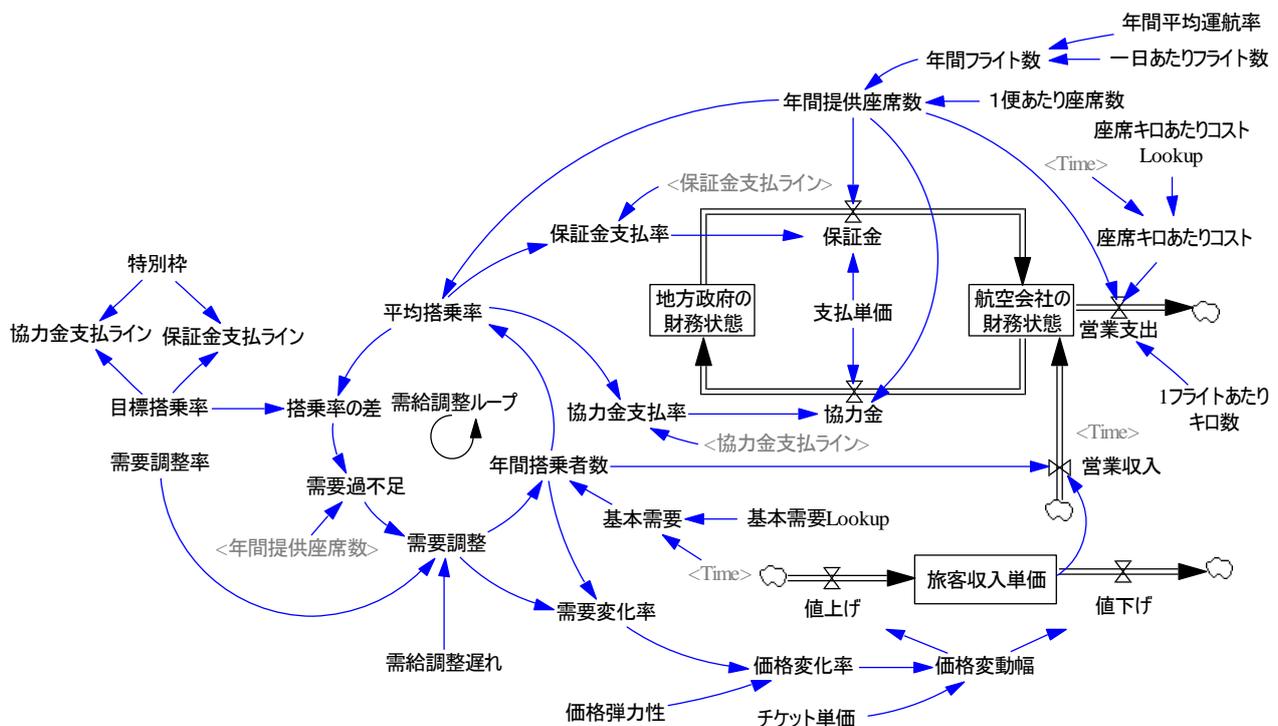


図 1 地域航空路線における搭乗率保証制度のSDモデル

航空会社の財務状態は、2種類のインフローと2種類のアウトフローにより決定する。インフローとしては、営業収入と保証金があり、営業収入は年間搭乗者数に旅客収入単価を乗じた額として求める。保証金は、Eq.(5)で求めた保証金支払率に、年間提供座席数と支払単価を乗じて Eq.(7)のとおり計算する。アウトフローとしては、営業支出と協力金がある。営業支出は、ANA アニュアルレポートを基に座席キロあたりコスト³を求め、これに1フライトあたりキロ数と年間提供座席数を乗じて計算する。協力金は、Eq.(6)で求めた協力金支払率に、年間提供座席数と支払単価を乗じて Eq.(8)のとおり計算する。地方自治体の財務状態は、1種類のインフローと1種類のアウトフローにより決定する。インフローは協力金であり、アウトフローは保証金である。

³ 航空機が1座席を1キロ運ぶのに必要なコスト

$$\text{保証金} = \text{保証金支払率} \times \text{年間提供座席数} \times \text{支払単価} \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\text{協力金} = \text{協力金支払率} \times \text{年間提供座席数} \times \text{支払単価} \quad \text{Eq. (8)}$$

表 2 ベースライン設定

変数名	値	設定根拠等
1日あたりのフライト数	4 回	NPAC
1便あたりの座席数	166 ⁴ 席	NPAC
1フライトあたりキロ数	331.2 km	ANA
年間平均運航率	正規分布 (Max. 99.9, Min. 99.0, Mean 99.5, Stdev. 0.3)	NPAC
支払単価	6,000 円	石川県
チケット単価	22,000 円	NPAC
基本需要	重回帰分析により推定	ANA 及び石川県
目標搭乗率	64 %	NPAC
特別枠	0 %	NPAC

4. 政策シミュレーション

4.1 目標搭乗率によるシミュレーション

最初に、コントロール可能な政策変数のうち、目標搭乗率を変化させることで結果を望ましい方向へ導くことができるかを評価する。すなわち、最適な目標搭乗率を設定することによって、地域航空路線の持続可能性を高めるための政策設計が可能かどうかを検証する。シナリオとしては、特別枠及び需要調整は無いものと仮定し、目標搭乗率をそれぞれ 61%、62%、63%、64%、65%、66%とした場合のシミュレーションを行った。ここで、搭乗率保証の本来の目的は、1日1往復から2往復に増便した場合に発生する航空会社の事業リスクをヘッジし、航空会社による地方航空路線への参入を促し、かつ、その持続的な路線運航を担保することにある。金銭の授受が発生することは必ずしも本来の目的に合っているとはいえず、金銭の授受がより発生しない方向で政策設計をすることが望ましい。よって、保証金総額と協力金総額とを足し合わせた交換総額という新しい概念 (図 2) を創造し、期間の累計としてこの交換総額を最小化するような目標搭乗率の設定を求める。協力金総額は、協力金の支払いが発生する度にその金額をストックとして蓄積することで求め、同様に、保証金総額も保証金の支払をストックとして蓄積することで求める。

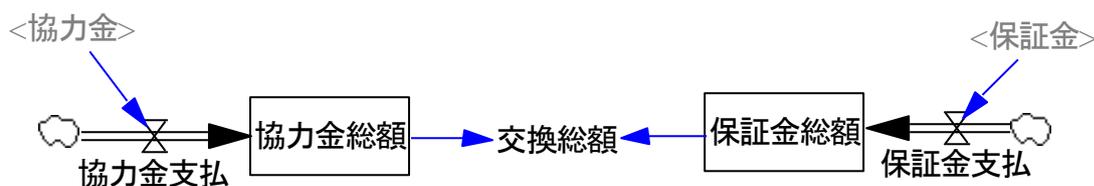


図 2 交換総額のモデル

目標搭乗率による交換総額のシミュレーション (図 3a~図 3d) からは、評価する累計期間によって交換総額を最小化する最適な政策設計値が異なるという興味深い結果が得られた。開始直後の2年間は目標搭乗率を64%に設定する政策設計が交換総額を最小化するが、3年目から7年目までの累計では目標搭乗率65%の政策設計、8年目から9年目の累計では再び64%に設定することが最適な政策設計となる (図 3b)。10年目の累計では64%と63%でほぼ同様の最小値を示し、11年目の累計では63%と62%でほぼ同様の最小値を示す (図 3b)。12年目から14年目までの累計では目標搭乗率62%の政策設計が最小値を示し、最終的に15年目と16年目の累計では目標搭乗率61%の政策設計が最小値を示している (図 3a)。期期間全体をマクロな視点で見ると、目標搭乗率

⁴ Airbus A320 を使用

を最も小さい61%に設定した場合、当初9年間は交換総額を最大化する政策設計となるが、10年目から徐々に低くなり、今回のシミュレーション期間最終期の15年目からは最も交換総額の少ない政策設計となる(図3a)。逆に、目標搭乗率を最も高い66%に設定した場合、当初9年間は理想的な政策設計の1つになり得るが、10年目からは最も交換総額の大きい政策設計となってしまう。このようなシステムの特徴的振舞いは、交換総額を再び保証金(図3c)と協力金(図3d)に分解することによって、そのメカニズムを明らかにすることができる。路線を開通してしばらくは見込需要に合致する一定の航空旅客需要が存在したために平均搭乗率を比較的高く保つことができ、従って、平均搭乗率が目標搭乗率を上回り、航空会社から地方政府への協力金の支払いがシステム内部で支配的であったと考えられる(図3c)。協力金シミュレーション(図3c)結果からも、目標搭乗率を低く設定すればするほど地方政府は航空会社から多くの協力金を獲得できたことが分かる。しかし、時間の経過とともに過疎地域である能登の住民減少、旅行者数減少が加速し、やがて平均搭乗率も徐々に目標搭乗率を下回るようになり、地方政府から航空会社への保証金の支払いがシステム内部で支配的となっていったと考えられる(図3d)。保証金シミュレーション(図3d)結果からも、路線開設後しばらくの間は目立った動きはないものの、時間経過とともに目標搭乗率が高ければ高いほど保証金の支払額が増加していくことが分かる。

しかしながら、シミュレーション終盤には全ての政策設計の振舞いが指数的成長を示しており、平衡に向かう気配はない(図3a)。仮にこのままシミュレーションを継続した場合には交換総額が増加し続けることが予想される。従って、最適な目標搭乗率を求めるだけでは、地域航空システムの持続可能性を高める政策設計は困難であると考えられる。つまり、目標搭乗率を単独で操るだけの政策設計では、持続可能な地域航空システムを実現することができないのである。

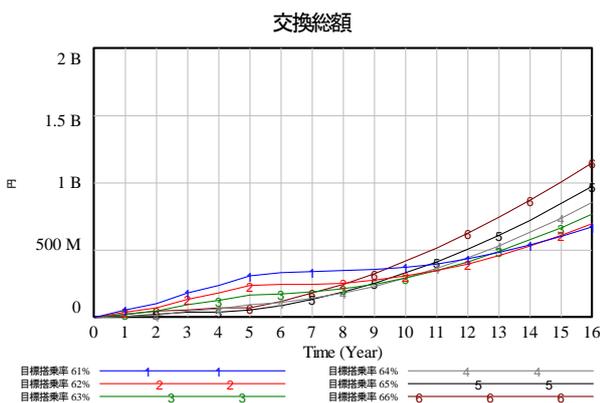


図 3a 交換総額
[目標搭乗率シミュレーション]

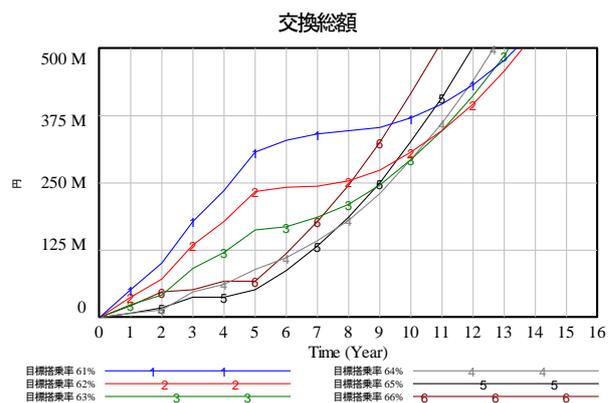


図 3b 交換総額 (拡大図)
[目標搭乗率シミュレーション]

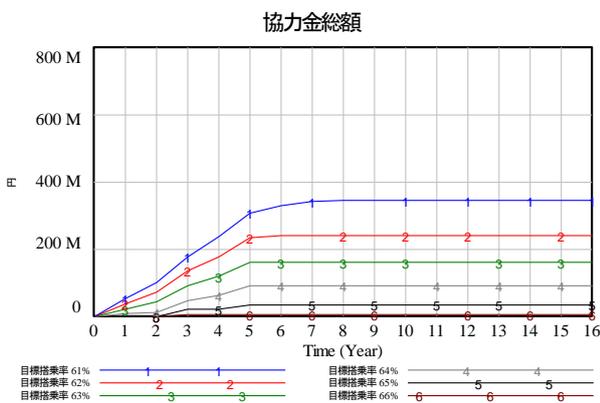


図 3c 協力金総額
[目標搭乗率シミュレーション]

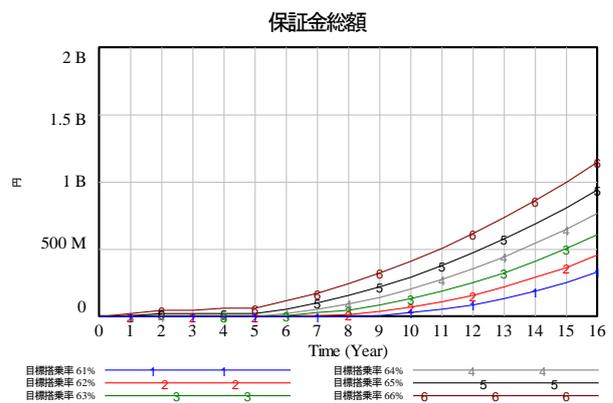


図 3d 保証金総額
[目標搭乗率シミュレーション]

4. 2 特別枠によるシミュレーション

次に、コントロール可能な政策変数のうち、特別枠を変化させることで結果を望ましい方向へ導くことができるかを評価する。すなわち、最適な特別枠を設定することによって、地域航空路線の持続可能性を高めるための政策設計が可能かどうかを検証する。特別枠とは、目標搭乗率の上下数%に金銭の授受が発生しない安全地帯を設ける発想である。すなわち、2005年の場合、特別枠を上下1%と設定し、これにより目標搭乗率がたとえ64%であっても、石川県が義務として負う保証金の支払いラインは63%に維持することができる。一方、協力金の支払ラインも65%となるため、平均搭乗率の実績が65%を超えない限りANAは協力金を支払う義務を免れる。これは、地方政府と航空会社がお互いに金銭の支払いをできるだけ発生させないようにするという目標を共有し、協力して将来の不確実性に対処するための政策設計であると言える。シミュレーションでは、目標搭乗率をベースラインの64%と設定し、特別枠を0%、1%、2%、3%、4%、5%と変化させた場合に、交換総額がどのように変化していくかを分析した。

シミュレーション結果からまず読み取れるのは、特別枠を大きく設定すればするほど、期間累計での交換総額を小さくできるという事実である。特別枠は金銭の交換を免除する仕組みのため、当然の結果であると言える。具体的な結果を見ていくと、特別枠がない(0%)場合、交換総額は指数的に増加し16年間で約8億5千万円にも達する(図4a)。1%、2%の特別枠では平均搭乗率の変動を上手く吸収できず当初数年間で金銭の交換が発生してしまうが、3%の特別枠を設定することで当初の8年間は地方政府と航空会社との間で金銭の交換は発生しないという結果が出ている(図4b)。その後、時間の経過とともに能登地域の過疎化進行、観光客減少により平均搭乗率が目標搭乗率を大きく下回ることが多くなると考えられ、金銭の交換を発生させないための安全地帯としての特別枠に必要な幅が次第に増加していく。12年目になると、特別枠を5%に設定しても保証金の支払いが発生してしまい、16年間の累計では、交換総額は約1億3千万円になる。特別枠がない場合と比較すると、5%の特別枠設定により約7億2千万円のコスト削減を抑制できたことになる。しかしながら、特別枠はリスクの排除と引き換えに損害の発生に対して本来補償されるべき金銭が入ってこない仕組みでもあり、地方政府、航空会社双方の財務状態に影響を及ぼすと考えられる。そこで、地方政府の財務状態、航空会社の財務状態にも着目し、特別枠による影響を分析した。

図4c、4dは地方政府の財務状態、図4e、4fは航空会社の財務状態に関するシミュレーションの結果を示す。共通して読み取れるのは、8年目前後で風向きが大きく変わっていることである。地方政府の財務状態に関しては、特別枠を小さく設定する政策設計(1%、2%)により7年目まで、特別枠を設定しない政策設計(0%)により8年目まで財務状態をプラスに保つことができる(図4d)。しかし、時間の経過とともに年間搭乗者数が減少して平均搭乗率が低下し、やがて特別枠が十分でなくなり、地方政府から航空会社への保証金の支払いが加速する。結果として、特別枠のない政策設計では、16年後の地方政府の財務状態は-6億7千万円にもなる。一方で、特別枠を大きく設定する政策設計(4%、5%)を当初からしておけば、航空会社からの協力金の支払いが発生しないために当初地方政府の財務状態はプラスには至らないものの、時間が経過してもそれほど大きなマイナスにはならないという結果が出ている(図4c)。一方、航空会社の財務状態(図4e)は、期間全体の傾向として、6~7年目までは継続的に財務状態が改善し、その後は継続的に財務状態が悪化し、やがてマイナスの状態になる。風向きが変わるのはここでも8年目であり、ここまでは特別枠をより大きく設定したほうが航空会社に有利に働いていたが、これ以降ではより小さな特別枠の設定のほうが航空会社にとって有利に働く。このように、本モデルを用いてシミュレーションを行うことで、政策設計上の風向きの転向点を見極めることができる。システムの大きな挙動を予測しながら最適な意思決定をすることができると言える。

4.3 需要調整によるシミュレーション

搭乗率保証は、航空会社にとって予め損失リスクを回避する有効な手段であり、また、特別枠を設定することでも航空需要の不確実性にある程度の対処はできる。しかし、将来において需要減少が予測される地方航空路線においては、ただ単にリスクを排除するだけでは、長期的にみて本質的な問題解決とはならない。需要減少に伴って搭乗率の保証や特別枠そのもののリスクが増大し、やがて地方政府や航空会社の許容限度を超えるからである。そこで、モデル内に需要調整のメカニズムを導入し、需要調整策により結果を望ましい方向へ導くことができるかを評価した。具体的な需要調整の方法に関して、地方政府としては、観光需要喚起のためのキャンペーンや地元住民に対するチケット代金の補助などが考えられる。また、航空会社としては、需要に応じて使用する機体サイズを変えるフリートマネジメントや、複数のチケット価格帯を用意して利益を最大化するイーロードマネジメントなどが考えられる。本研究では、具体的な方法については考慮の対象とせず、平均搭乗率と目標搭乗率の差、すなわち、需要の過不足をどの程度埋め合わせるかという需要調整率の意思決定によって需要調整が決まるものとした。すなわち、最適な需要調整率を設定することによって、地域航空路線の持続可能性を高めるための政策

設計が可能かどうかを検証する。需要調整率に関する政策設計を 0%、20%、40%、60%、80%、100%と想定し、シミュレーションを行った。

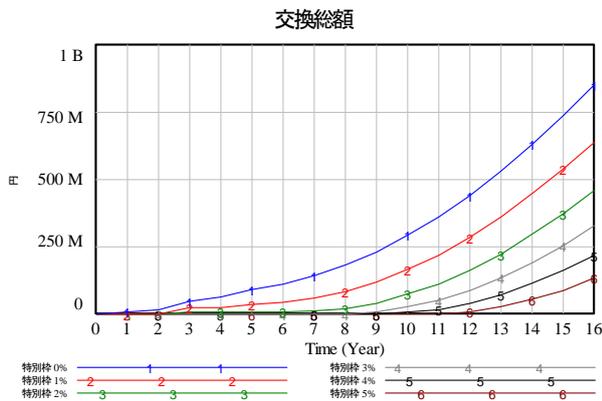


図 4a 交換総額 (全体図)
【特別枠シミュレーション】

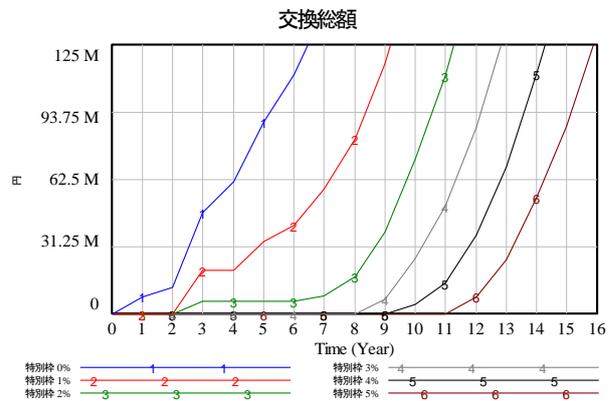


図 4b 交換総額 (拡大図)
【特別枠シミュレーション】

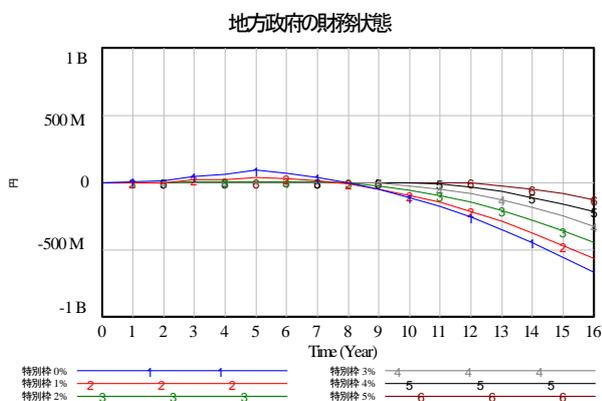


図 4c 地方自治体の財務状態 (全体図)
【特別枠シミュレーション】

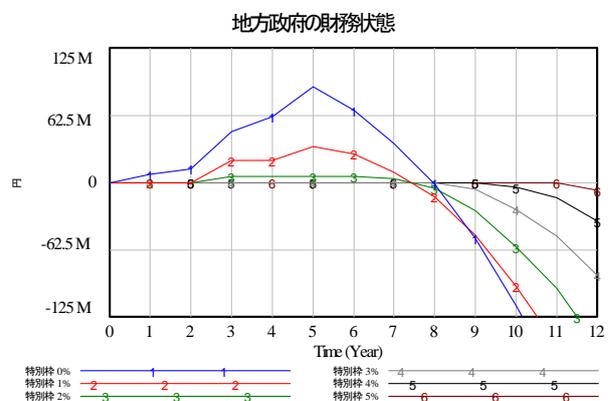


図 4d 地方自治体の財務状態 (拡大図)
【特別枠シミュレーション】

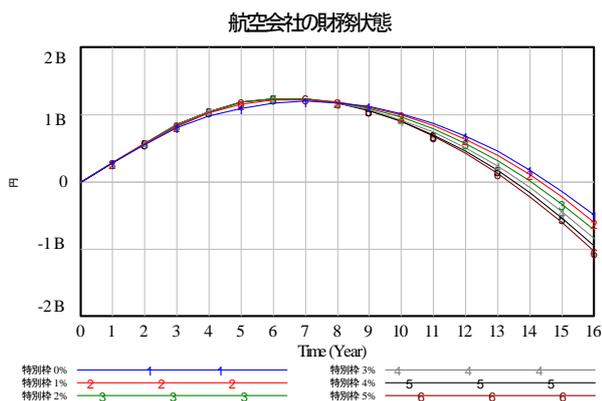


図 4e 航空会社の財務状態 (全体図)
【特別枠シミュレーション】

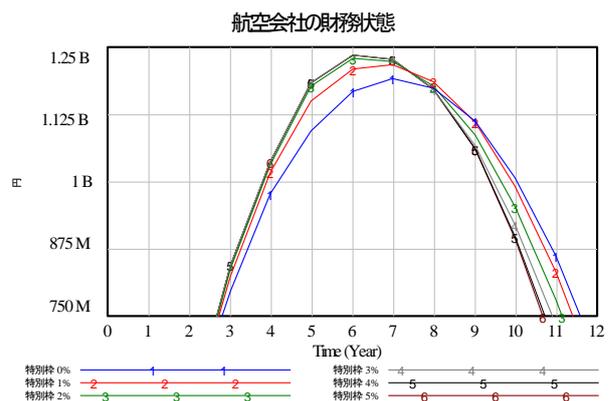


図 4f 航空会社の財務状態 (拡大図)
【特別枠シミュレーション】

興味深い事実は、交換総額を最小化するためには、需要調整が強すぎてもいけないし、弱すぎてもいけないということである。すなわち、シミュレーション結果では、需要調整率を 0%から 20%、40%と上げるに従い交換総額は小さくなり、60%から 80%の間で最も小さい値を示したあと、100%に上がると再び交換総額が増加し、全く調整を行わない政策設計とほぼ同じ程度の金額になる (図 5a)。そこで、より詳細なシステムの振舞いを探るべく、60%から 80%の間で 5%刻みのシミュレーションを再度行った。結果を図 5b に示す。読み取れるのは、需要調整率の差によって当初は大きな差が発生しないものの、やがて差が広がり、最後に再び同じような値に収

束しているという事実である。今回の 16 年間というシミュレーション結果から単純に最適な需要調整率を導くことは難しいが、時期に応じて 60%~80%の間で需要調整を行うことで、交換総額を最小化するような政策設計の効率的フロンティアを導くことが可能ではないかと筆者らは考える。

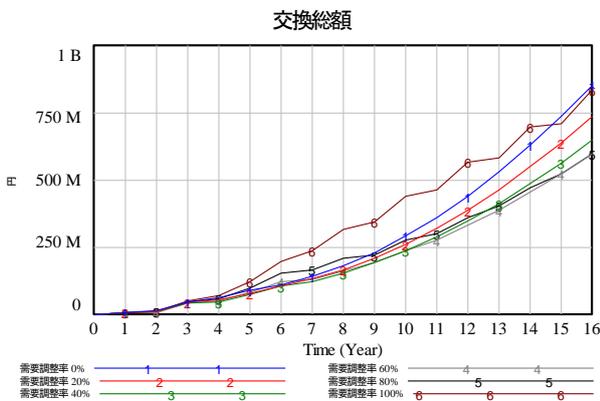


図 5a 交換総額 (20%刻み)
[需要調整率シミュレーション]

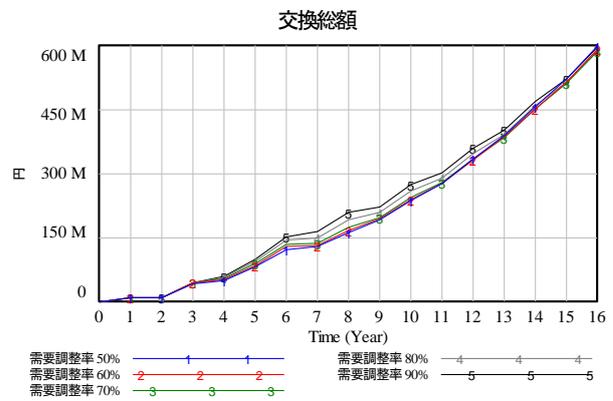


図 5b 交換総額 (5%刻み)
[需要調整率シミュレーション]

これまで目標搭乗率、特別枠、需要調整率をそれぞれ独立して設計することで地域航空の持続可能性を高める政策設計になるかどうかを検証してきた。最後に、政策設計の適切な組み合わせによって持続可能性を高めることができるかを試みる。目標搭乗率と特別枠については、石川県 - ANA 間の合意内容が 2006 年から 2009 年までは目標搭乗率 62%、特別枠 4%で安定しているなのでこの数値を採用し、需要調整率については最適と思われる 60%から 80%の中間値 70%を採用してシミュレーションを行う。

図 6a から図 6c は上記の組み合わせによる政策設計のシミュレーション結果である。交換総額を見ると、需要調整がある政策設計はほぼゼロに近い値を示すが、需要調整がない政策設計では 12 年目以降に指数的な増加を見せている (図 6a)。同様に地方政府の財務状態を見ても、需要調整がある政策設計ではほぼゼロに近い状態を維持するのに対し、需要調整がない政策設計では 12 年目以降に急激な財務状態の悪化が発生している (図 6b)。航空会社の財務状態については、どちらの政策設計であっても需要減少に伴いやがて減少傾向を見せるものの、適切な需要調整のある政策設計では 16 年間にわたって財務状態を正のまま維持している (図 6c)。需要調整のない政策設計では、14 年目以降に財務状態が負になるという結果が出ている。政策設計を適切に組み合わせた場合、目標搭乗率と特別枠によって短期的な需要変動リスクを吸収し、需要の調整施策によって長期的な需要減少への影響を最小限に抑えることができ、結果として当事者の金銭交換を持続的に発生させないことに成功している。このように目標搭乗率と特別枠、そして、需要調整を組み合わせることで、地域航空の持続可能性を高めることが可能となる。

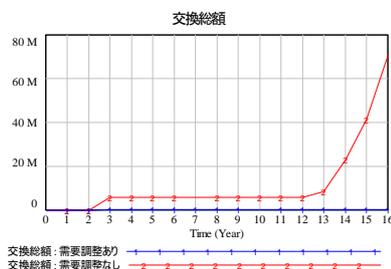


図 6a 交換総額
[組み合わせシミュレーション]

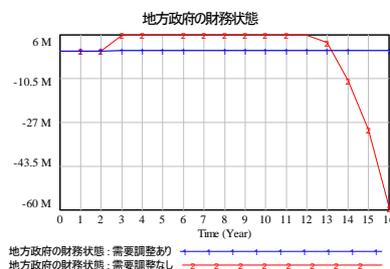


図 6b 地方政府の財務状態
[組み合わせシミュレーション]

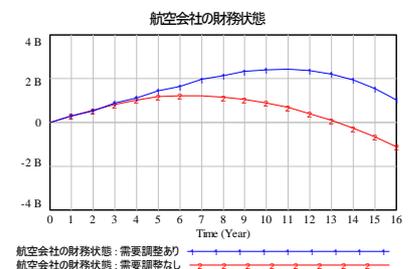


図 6c 航空会社の財務状態
[組み合わせシミュレーション]

4. 4 本モデルの活用

本モデルは、搭乗率保証制度として他の地方航空路線にも適用可能であり、目標搭乗率や特別枠等の政策変数設定に加え、当該路線の基本データ（飛行距離等）、就航する予定の航空機材、運航頻度、航空会社のコスト構造等の情報を入手できれば SD モデルを用いて容易にシミュレーションを行うことができる。ただし、既存路線への参入に関しては、航空輸送統計（国土交通省）により当該路線への過去の航空需要を知ることができるが、新規路線への参入の場合、基本需要の推定からまず始めなければならない。手法としては、新幹線や高速船などの代替高速輸送手段の旅客データにより推計する方法がある。羽田—佐渡島路線の新規開設を検討した新潟県は、その報告書の中で佐渡—新潟港のジェットフォイル（高速船）の利用者統計から潜在的な航空輸送旅客数を推計している[24]。基本需要の推計さえある程度の精度をもって実行できれば、残りの変数はシナリオ分析の対象として扱うことも可能であり、最も望ましい地方航空路線への新規参入シナリオを描くことができる。

5. 結論

本研究では、搭乗率保証という新たな仕組みに着目し、持続可能な地方航空路線の政策設計について論じた。SD モデルは能登—羽田間で実際に ANA と石川県との間で合意された搭乗率保証制度に基づいて再現し、シミュレーションでは、政策変数として目標搭乗率、特別枠、需要調整の3点に着目して、交換総額という新たな指標を用いて時系列での地域航空システムの持続可能性を分析した。

目標搭乗率によるシミュレーションでは、評価期間や時期によって交換総額を最小化する政策設計は異なること、そして、最適な目標搭乗率を設計するだけでは地方航空路線の持続可能性は実現困難であることを確認した。特別枠によるシミュレーションでは、開始後8年目前後で当事者にとっての風向きが大きく変化するシステムの特徴を明らかにすることができた。需要調整によるシミュレーションでは、60%~80%の間に需要調整率を設定することで、16年間のシミュレーション結果として最小値に近い交換総額を実現できることを明らかにした。これらの結果を踏まえて政策設計の組み合わせによるシミュレーションを実施し、目標搭乗率 62%、特別枠 4%、需要調整率 70%の政策設計により、地方政府と航空会社の財務状態を正に保ちつつ、交換総額をほぼゼロにすることが可能であることを示した。SD モデルを有効に用いることで、システムの大きな挙動を踏まえつつ、地域航空路線の持続可能性を高める適切な政策設計の組み合わせを評価可能にしたことが本研究の主な成果である。

搭乗率保証制度は、航空会社にとって予め損失リスクを回避する有効な手段であり、また、特別枠を設定することで航空需要の将来の不確実性にもある程度は対処できる。しかし、航空路線の維持に最も必要な需要を創出させる効果はない。従って、今後の研究の方向性として、観光客誘致策による航空需要の変化の影響もモデルに加えながら、地域航空路線の持続可能性を高めるための政策設計手法を確立していきたいと考えている。また、前年の結果に応じて翌年の目標搭乗率が変化するダイナミックな意思決定をモデル化し、搭乗率保証制度と需要創出策を上手く組み合わせた地域航空システムをデザインしていきたいと考えている。

6. 謝辞

JSD 学会誌発行担当理事小山様、仲澤様、並びに、本論文の査読を担当してくださった2名の審査員の方には適切な指摘とモデル再構成に繋がる有益な助言を頂いた。改めて感謝申し上げます。また、本研究の遂行にあたっては慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科附属 Aerospace and Intelligent Systems Laboratory から多大な支援をいただいた。

参考文献

- [1] 鈴木, 高野, 佐藤, コミューター航空需要推計モデルに関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.12, pp.583-594, 1995.
- [2] 佐藤, 高野, 五十嵐, 地域航空の導入プログラム, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会論文集, pp. 180-181, 1990.
- [3] 野村・切通, 航空グローバル化と空港ビジネス, 同文館出版, pp. 156-170, 2010
- [4] 数字でみる航空, 国土交通省/航空振興財団, pp. 307-309, 2009.
- [5] Grubestic, T., Matisziw, T., A spatial analysis of air transport access and the essential air service program in the United States. *Journal of Transport Geography*, Volume 19, Issue 1, pp. 93-105, 2011.
- [6] Lian, J., Ronnevik, J., Airport competition – Regional airports losing ground to main airports. *Journal of Transport Geography* 19, pp. 85-92, 2011.
- [7] William, G., Pagliari, R., A comparative analysis of the application and use of public service obligations in air transport within the EU. *Transport Policy* 11, pp. 55-66, 2004.
- [8] 能登空港ホームページ, 能登空港利用促進協議会, <http://www.noto-airport.jp/>, 2011年1月21日.
- [9] 佐藤, 高野, 五十嵐, 地域航空システムの導入プログラム, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集,

pp. 180-181, 1990.

- [10] 日野, 岸, 佐藤, 運賃設定からみた高速交通空白地域における地域航空の実現可能性, 秋田工業高等専門学校研究紀要 41, pp. 40-48, 2006.
- [11] 松本, 離島航空路線維持に関する諸問題—長崎県上五島・小値賀空港廃港問題を中心として-, 長崎県立大学論集 41(3), pp. 111-186, 2007.
- [12] Minato, N., Morimoto, R. Sustainable airline strategy using portfolio theory. Journal of Air Transport and Management. pp.1-4, 2010.
- [13] 福山, 香川, 池田, 国際交通安全学会誌, vol.34, No.1, pp.90-98, 2009.
- [14] 上村, 平井, 空港の大問題が良く分かる, 光文社新書, pp. 230-234, 2010.
- [15] Sterman, J., Business dynamics – Systems thinking and modeling for a complex world. McGraw Hill Higher Education, U.S.A., pp. 192, 2000.
- [16] 湊, 航空機産業ビジネスとマネジメント教育, 飛行機シンポジウム講演集, 日本航空宇宙学会, JSASS-2010-5005, 2010.
- [17] 石川県奥能登総合事務所, 能登空港賑わい創出事業の取り組み概要, <http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/soukou/soukou-magazine/1002okunoto-ishikawa.pdf>, 2011年1月21日.
- [18] 石川県, 能登空港パンフレット, pp.2. 2011年1月21日.
- [19] ANA フライトインフォメーション, 全日本空輸, <http://www.ana.co.jp/>, 2011年1月21日.
- [20] 県政モニター回答 Vol.7-2005, 石川県庁, 2011年1月21日.
- [21] 航空産業入門, ANA 総合研究所, 東洋経済新報社, pp.139-147, 2008.
- [22] ANA アニュアルレポート (2004~2009), http://www.ana.co.jp/ir/kessan_info/annual/index.html, 2011年1月21日.
- [23] 国土交通省, 空港施設の複合的活用による地域活性化, pp.103-109. <http://www.mlit.go.jp/common/000116037.pdf>, 2011年1月21日.
- [24] 新潟県, 佐渡 - 羽田航空路の開設に関する検討委員会, <http://www.pref.niigata.lg.jp/kuko/1240516889586.html>, 2011年5月16日.