

航空との補完的サービスを考慮した最適鉄道運行計画*

Optimal Railroad Operations Considering the Complementary Service with Domestic Flights *

村上直樹**・竹内太郎***・奥村 誠****・塚井誠人*****

By Naoki MURAKAMI・Taro TAKEUCHI・Makoto OKUMURA・Makoto TSUKAI

1. はじめに

地方分権化と政府機能のスリム化の要請を受け、国土形成においても中央政府が全てを誘導するのではなく、地方政府や民間企業との協働を図る動きがある。2005年7月に成立した国土形成計画法では、広域地方圏の計画策定を、地方自治体や地元経済界との協議会で行うこととしている。一方、都市間交通に関する今春の話題として、神戸空港、新北九州空港という2つの海上空港の開港に伴い早朝深夜便の設定によって需要の拡大を図ろうとする航空会社と、東京博多間の直通列車の増発によりシェアの減少を防ごうとする鉄道会社との競争がある。

規制緩和により民間活力を活かすという文脈からすると、民間交通事業者間の競争は歓迎すべき動きであるが、その陰で山陽新幹線の区間運行列車が18本(うち3本は一部区間)削減されて、列車間隔が1時間に広がった駅もあるなど、このような事業者間の競争が利用者の利便性を上昇させることになるのかについては明確ではない。

2005年の国勢調査の速報でも日本の人口は減少期に入ったことが確認されている。今後、人口減少が加速する中で都市間交通の旅客数も減少に向かうと考えられ、限られた資源を同じ市場に投入して競争を行うことよりも、航空と鉄道の特性を生かした連携によって効率的なサービスの提供を行うことが重要になると思われる。例えば、すでにJR北海道やJR九州が取り組んでいるような空港への特急列車の乗り入れなどの中距離アクセス機能の充実が、広い地域に分散している利用者の利便性や鉄道需要の増加に有効である¹⁾ 可能性もある。

以上のような背景を受け、本研究では国土計画上重要な都市間の高速度旅客交通ネットワークのあり方を考えるという視点から、航空サービスと鉄道サービスの組み合わせ

わせにより、利用者の利便性を確保する可能性を検討することを目標とする。

本研究では、筆者ら²⁾が既往研究において開発した全国鉄道ネットワーク上のリンク毎の運行頻度を最適化するGAモデルを拡張して、利用者の航空と鉄道の統合的な利用の可能性を考慮できるようにする。さらに、所与の航空サービスの下で利便性を最大化するような鉄道運行頻度を求めることにより、航空との補完的なサービスの可能性に関する分析を行う。

2. 関連する研究

(1) 都市間交通網の利便性評価方法に関する研究

都市間鉄道の利便性の評価方法としては、中川ら³⁾のように、利用者数と短縮所要時間の時間価値を乗じた金額による簡便な方法が用いられてきたが、旅行者の真のODを把握できる幹線旅客純流動調査データの整備を受け、精緻な行動モデルに基づく評価方法が実用化されてきた。屋井ら⁴⁾は、経路選択ロジットモデルから得られる最大期待効用から利用者便益を計算する手法を示し、高瀬ら⁵⁾、姚ら⁶⁾は交通整備事業の便益計測を行っている。

児玉ら⁷⁾は、航空利用者にとってのサービスは、幹線部分の主要交通手段ばかりでなく、アクセス部分のサービスレベルに左右されると指摘している。実際空港の利用にとって、ラインホール全体の信頼性が重要であることから、空港整備事業の費用対効果分析マニュアルの中に軌道系アクセスが位置づけられた⁸⁾。空港アクセス条件の評価については塚田ら⁹⁾、森川ら¹⁰⁾があるが、利用空港が先決されており、アクセス整備により主要交通機関分担率や利用空港が変化するという視点は見られない。また、空港の選択を扱った既存研究¹¹⁾も一つの都市圏に存在する空港間の選択に限定されている。

栢元ら¹²⁾は、幹線旅客純流動調査の個表データの中に、鉄道や自動車の中距離を移動して他の都市圏の空港を利用する形態が無視出来ない程度含まれていることを示し、このような複合的な経路を含めた経路選択モデルのLogSum変数から消費者余剰を求めて、利便性の評価を行う方法を提案している。本研究もこの手法を用いる。

*キーワード：都市間鉄道、運行頻度、機関分担

**正会員、修(工)、日本通運株式会社松江支店
(松江市平成町182-9、TEL 0852-21-4721)

***学生員、広島大学大学院工学研究科
(東広島市鏡山1-4-1、TEL&FAX 082-424-7827)

****正員、博(工)、東北大学東北アジア研究センター
(仙台市青葉区川内41、TEL 022-795-7571、FAX-7677)

*****正員、博(工)、立命館大学理工学部都市システム工学科
(草津市野路東1-1-1、TEL&FAX 077-561-5986)

(2) 都市間交通網の設計方法に関する研究

都市間交通網の形成を政策立案者の立場からとらえた研究として、片山ら¹³⁾は、道路ネットワーク形状のデザイン問題を2段階最適化問題として定式化し、提案した貪欲解法を全国の高速度道路データに適用した。松中ら¹⁴⁾は遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて、高速度道路ネットワークの実際の整備プロセスが、純便益最大化の解とほぼ同じであることを明らかにした。大橋ら¹⁵⁾は政府、航空会社、利用者の3つの主体の目的の総和を社会的厚生水準として定式化し、それを最大化する航空リンクのサービス水準(運賃、便数、機材種別)を求めて、ハブアンドスポークネットワークの形成について理論的に分析を行った。田村ら¹⁶⁾は大規模な航空ネットワークを対象に、利用者獲得に有利なネットワーク形態を求める問題に対し、従来の数理計画手法に代わるGAによる解法を提案している。都市間鉄道の運行頻度設定問題に対するGAモデルも、筆者ら²⁾の既往研究において開発されている。しかし、以上の研究はいずれも単一の交通モードの旅客を対象としており、利便性の変化に応じてモード選択が変化することを考慮していない。本研究では筆者ら²⁾の既往研究に鉄道と航空を含む複数経路間の選択行動を加えることにより、この課題を解決する。

3. 都市間鉄道の利便性の評価方法

(1) 都道府県間交通量モデルの構築

本研究では、栢元ら¹²⁾にならい、都市間鉄道の利便性の評価指標として、都道府県間の消費者余剰を求め、それを全国的に集計したものをを用いる。その前提として、各都道府県の県庁所在地間のODについて、式(1)のような対数線形型の重力モデルを作成しておく。

$$\log(T_{OD}) = \log(\Lambda) + \alpha \log(N_1) + \beta \log(N_2) + \phi \log(LOS_{OD}) \quad (1)$$

- T_{OD} : 分布交通量(万人)
- N_1 : OD都道府県の人口の大きい方の値(万人)
- N_2 : OD都道府県の人口の小さい方の値(万人)
- LOS_{OD} : OD間の交通サービス水準
- $\Lambda, \alpha, \beta, \phi$: パラメータ

このモデルの説明変数であるOD間のLOS(サービス水準)は、(2)に示すロジット型の3経路選択モデルを構築し、経路の効用のLogSum変数を求めたものである。

都道府県庁所在地間の経路選択肢として、航空リンクを含む経路を2経路と、幹線鉄道のみによる最短所要時間経路を、第K経路探索法¹⁷⁾により探索する。沖縄を除く46都道府県相互の1035のODペアのうちで、鉄道の最短所要時間経路の1.5倍の所要時間以内に2経路以上の

表1 距離帯別の交通量モデルの推定結果

パラメータ	推定値	
	300-800km	800-km
定数	0.35 *	0.15 *
	(1.99)	(2.23)
人口(出発地)	1.26 **	1.39 **
	(21.53)	(28.51)
人口(目的地)	1.21 **	1.10 **
	(20.26)	(18.62)
LOS_{OD}	1.61 **	0.22 **
	(6.20)	(5.99)
決定係数	0.7045	0.7535
修正済決定係数	0.7024	0.7517
サンプル数	431	414

()内は t 値 * :5%有意, ** :1%有意

航空利用経路が探索できた845ODを、重力モデルの推定に用いる。航空利用経路はアクセス部分に幹線鉄道リンクを含む可能性を許し、以下では航空部分の距離の長い順に航空第1、航空第2経路と呼ぶ。2000年幹線旅客純流動調査の個票データから都道府県間の流動数を集計した上で、上記のモデルを距離帯ごとに推定した結果を表1に示す。ここでは、OD間の鉄道最短経路の距離によりODペアを2つの距離帯に分類した上で推定を行った。

(2) 経路選択モデルの推定

経路選択モデルでは鉄道最短経路と航空利用2経路の3経路間の選択を扱い、運行頻度や一般化費用を説明変数とする式(2)のような線形型効用関数を仮定する。

$$V_m = \beta_{GC} GC_m + \beta_{A1} Air_m^1 + \beta_{A2} Air_m^2 \quad (2)$$

GC_m : 経路 m の一般化費用(万円)

Air_m^1, Air_m^2 : 航空第1経路、第2経路固有ダミー

$\beta_{GC}, \beta_{A1}, \beta_{A2}$: パラメータ

一般化費用は、所要時間に平均待ち時間を加えた時間を時間価値 0.3(万円/時間)で換算し、運賃に加えたものである。平均待ち時間は経路の運行頻度が18時間の有効時間帯に均等に提供されていると仮定している。

後述するように、本研究ではリンク毎の列車運行頻度を最適化するモデルを作成する。その際、経路の運行頻度を厳密に与えようとするれば、列車運行時刻を設定した上でOD間のスケジュールを検索するという膨大な計算が必要となり、最適化計算を実行することが困難となる。そこでここでは、各経路に含まれるリンクの運行頻度を比較し、その最小値を経路の運行頻度として代用することとする。経路選択モデルの推定においても、上記の方法で運行頻度を求め、平均待ち時間、一般化費用への換算を行った。

ここでは2000年の幹線旅客純流動個票データから、

鉄道直通経路と、航空2経路の全3経路が選択された都道府県ODペア(全280OD)を抽出し、経路ごとに流動数を集計したものをサンプルとする。交通量モデルと同様に、OD間の鉄道距離で2つの距離帯にサンプルを分類した上でそれぞれのパラメータを推定した結果を表2に示す。

(3) 消費者余剰の計算方法

各リンクの運行頻度が変化した際の消費者余剰の変化分を算出して、その総和を評価値とする。すなわち評価値は、以下の式(3)で与えられる。

$$\Delta H = \sum_{OD} \Delta E_{OD} = \frac{1}{\phi\beta_F} \sum_{OD} [T_{OD2} - T_{OD1}] \quad (3)$$

ΔH_{OD} : 全国評価値の変化分

ΔE_{OD} : OD間の消費者余剰の変化分

T_{OD2} : 運行頻度変更後の分布交通量(万人)

T_{OD1} : 運行頻度変更前の分布交通量(万人)

β_F : 経路選択モデルにおける運行頻度のパラメータ

実際に最大化を行う際には、事前の T_{OD1} は一定であるため、次の式(4)を目的関数として用いることができる。

$$H_2 = \frac{1}{\phi\beta_F} \sum_{OD} T_{OD2} \quad (4)$$

このように3経路選択モデルを用いることによって航空-鉄道間のシェアの変化を考察できる点、航空利用経路の中のアクセス手段として幹線鉄道が考慮されている点が、本モデルの大きな特徴である。

4. 鉄道リンクの運行頻度の設定モデル

(1) 問題の設定

本研究では航空ネットワークのサービスを所与として、都市間旅客の利便性、または鉄道事業者の収入を最大化するような幹線鉄道の運行頻度を求める問題を考える。

ここでは総列車距離の制約条件の下で、3. で示した消費者余剰(式(3))を最大にする各幹線鉄道リンクの列車距離を求める。ただし、鉄道経路の所要時間や運賃は一定であると仮定する。

なお、航空サービスを利用する際には、空港から都道府県庁所在地または幹線鉄道の主要駅まで、地下鉄、私鉄、バスなどで移動すると考え、それを46のアクセスリンクで表現してサービスレベルは固定する。

(2) 制約条件と遺伝子の設定

本研究では、各リンクの距離と一日の運行頻度の積である列車距離を275の幹線鉄道リンクについて合計した総列車距離を、運行頻度を設定する際の制約値として

表2 距離帯別の経路選択モデルの推定結果

パラメータ	推定値	
	300-800km	800-km
一般化費用	-0.34 ** (-3.21)	-1.07 ** (-7.38)
運行頻度	0.01 (1.11)	0.02 ** (3.52)
航空経路ダミー	-1.32 ** (-9.93)	0.09 (0.72)
初期尤度	-395.5	-527.3
最終尤度	-322.4	-465.2
尤度比	0.185	0.118
サンプル数	360	480

()内は t 値 * :5%有意, **:1%有意

用いる。これは、現在の事業者が供給している総列車距離の範囲であれば、現在の鉄道事業者の総運行コストの範囲での運行が供給できると考えられるためである。

GAにより最適化を行う中で、個体は各幹線鉄道リンクへの列車距離の配分案であり、遺伝子は、ある鉄道リンクを基準としたときの各幹線鉄道リンクへの列車距離の配分比を256段階で表した8ビットの数字として表現する。ここで用いるネットワークの幹線鉄道リンクは275リンク存在するため、1つの染色体は274個の遺伝子からなる。遺伝子によって幹線鉄道リンクへ配分された列車距離を、そのリンクの距離で除すことにより運行頻度が決定する。

以上の方法により遺伝子から運行頻度を決定すると、既存の施設では運行可能でないような過大な本数が鉄道リンクに設定されてしまう可能性がある。実際、都市間路線で最も頻度の高い東海道新幹線では、最大でも4分間隔でしか運行できない。つまり、既存の施設では運行頻度は片道で1時間に7.5本、一日(18時間)あたり約135本までしか運行頻度を設定できないことを示している。このため、本研究では、列車距離が配分された結果135本を超えてしまう場合には、その鉄道リンクの運行頻度を135本として計算する。

(3) GAによる運行頻度の最適化

まず、ランダムに総列車距離の配分率を設定した配分案を60個用意し初期配分案集合を設定する。

次に各配分案の評価を行う。はじめに、各鉄道リンクの列車距離をもとに、各経路の運行頻度を計算する。前述したように、経路毎の運行頻度はそれを構成するリンクの運行頻度のうちの最小値に等しいと考え、計算量を節約している。LogSum変数を用いて各ODのLOSを求め、重力モデルを介して式(4)に基づき消費者余剰を求める。以上の計算より求めた消費者余剰の値を個体の評価値とする。

配分案の評価値に基づいて、適者生存、交叉、突然変異の操作を行うことで新しい配分案集合を作成(世代

交代)する。交叉は一点交叉、突然変異率は0.02である。また、評価値の高い上位6個の個体はそのまま次世代に残している。新しく作成した配分案を評価し、世代交代を繰り返すことで、より評価値の高い配分案を探索する。

以上の手順は配分案集合の平均評価値の増分が0に近づいた時に終了する。実際には、6万回の世代交代が終了した時点で計算を打ち切り、そのときの配分案集合の中で最も高い評価値を与えた配分案を実用解とした。

5. 計算結果と考察

180の航空リンクのサービスレベルとして2000年の実績値を与えるCASE1と、それよりも劣る状況(CASE2)を考え、4.で示した最適化方法により鉄道リンクへの列車距離の配分案を求めた。CASE2の航空サービスレベルとしては1970年当時の実績値を設定した。総列車距離の制約値は、2000年の実績値である297,025列車km/日を用いる。図1は、各空港に設定されている羽田便の便数をCASE別に示している。

両CASEの消費者余剰はそれぞれ308.1兆円/年、306.4兆円/年であり航空サービスが充実したCASE1のほうが0.5%高い結果となった。

図2,3は、両CASEにおける消費者余剰最大化の配分案が示すリンク別最適運行頻度を表している。図2,3より、どちらも、東京、大阪、福岡、仙台といった大都市間をつなぐような区間に運行頻度が高く設定されている。これより、大都市間の発生・集中トリップの通過リンクとなる鉄道リンクに連続的に高く頻度を設定することが、消費者余剰の増加につながる事がわかる。

次に、これらの配分案にどのような違いがあるか詳しくみるために、2つのCASEのリンク別運行頻度の差をとった(図4)。図4において正の値はCASE1の方が頻度が高いことを意味する。CASE1のほうが頻度の高い鉄道リンク数は41、CASE2のほうが高いリンク数は78であり、全体的にCASE2のほうが運行頻度の高いリンクの数は多い。図4から、CASE1では、東北、関西、四国、九州北部といった地域内の鉄道リンクの運行頻度が高く設定されている。一方、CASE2では、東北-関東、北陸-関西、関西-中国などといった地域間をつなぐリンクにおいてCASE1よりも多い本数が設定されている。

CASE1では航空サービスが充実しており航空経路のLOSが高いため、地域間をつなぐ鉄道直通経路に運行頻度を多く配分してLOSを高める必要性が低い。よって航空経路上で空港までアクセスする部分路として利用される鉄道リンクに集中的に列車距離を配分することが効率的である。例えば仙台、新潟、羽田、広島、北九州、福岡、長崎の各空港につながる路線の設定値が大きくなっている。逆に、CASE2では航空のサービスレベルが

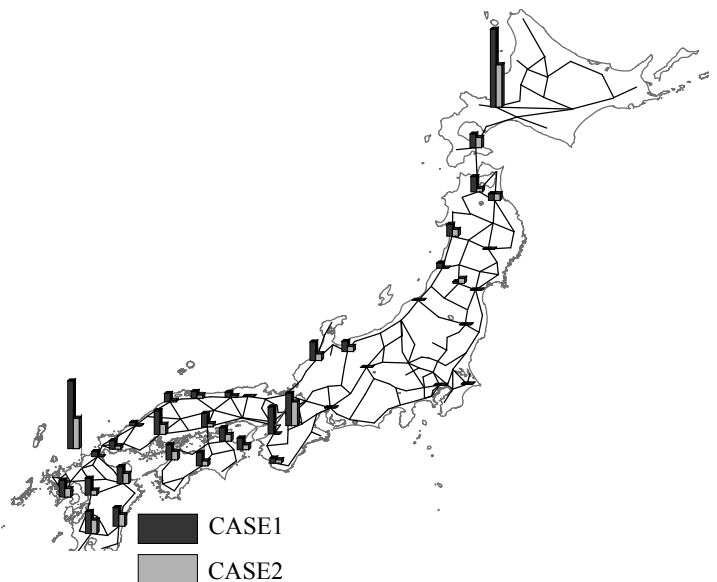


図1 各空港に設定されている羽田便の便数(CASE別)

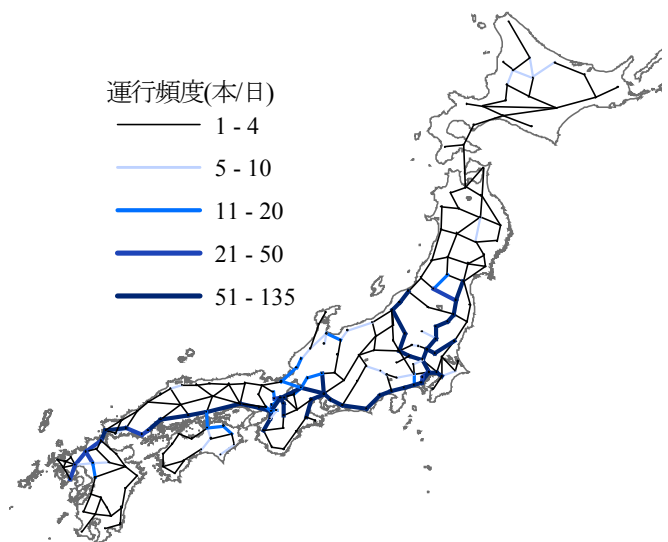


図2 リンク別最適運行頻度(CASE1)

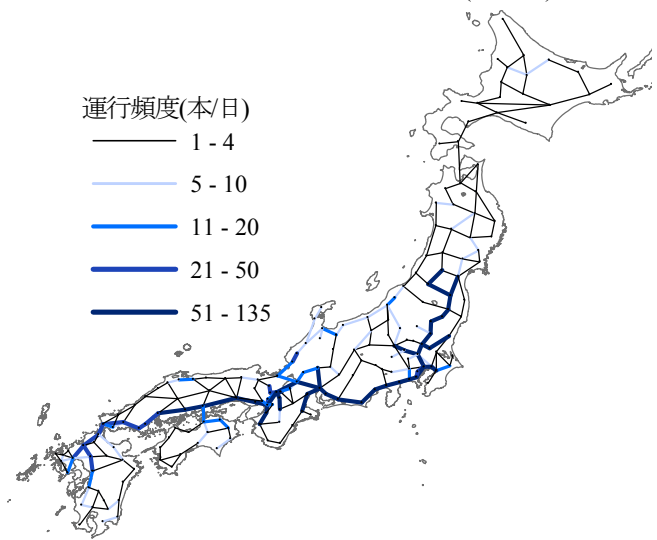


図3 リンク別最適運行頻度(CASE2)

リンク別運行頻度の差(本/日)

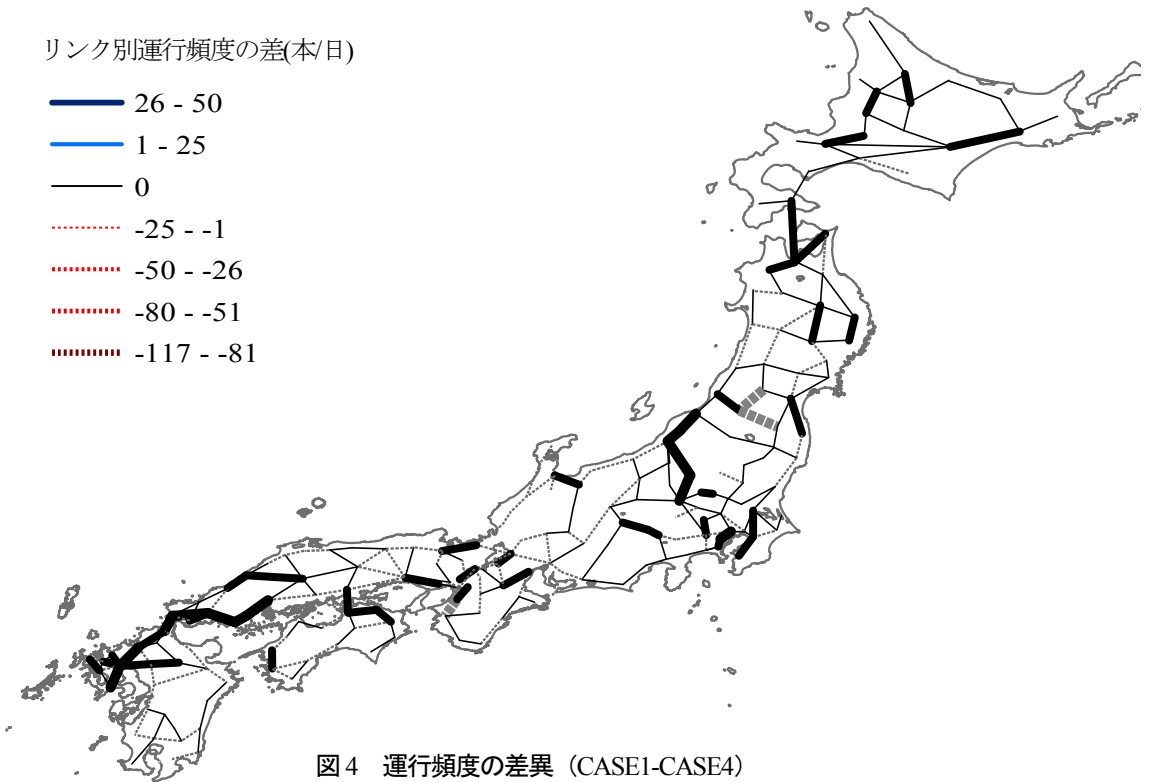
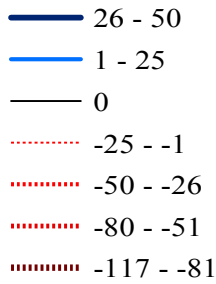


図4 運行頻度の差異 (CASE1-CASE4)

充実していないため、地域間をつなぐ鉄道直通経路のLOSを高くするように運行頻度を設定して長距離帯のODの評価を保持しようとする力が働くと考えられる。次に、2つのCASEにおける各ODの3経路の経路分担率を計算した。図5は、鉄道経路の距離帯毎にODを分類した上で経路分担率の平均値を集計した結果である。これより、航空のサービスレベルが高いCASE1の方が航空経路の分担率が大きい。また800km以遠の長距離帯において、航空第1経路から第2経路へのシフトが起きていることがわかる。表3は、距離帯別のOD交通量をもとに、鉄道リンクと航空リンクの総利用距離を集計した結果である。図5では、CASE1の長距離帯における鉄道経路の分担率は、CASE2より1.4%低い、表3より鉄道リンクの利用距離は3.8%多い。これは、航空第2経路のサービスレベルの向上により分担率が上昇し、その中に含まれる鉄道リンクの利用距離が増加したためであると考えられる。

以上のことから航空サービスの充実したCASE1の状況下では、航空第2経路上の空港までのアクセスを鉄道サービスにより補完し、経路全体のサービスレベルを高めることが、消費者余剰の上昇と、鉄道利用者の確保に寄与することがわかる。

6. おわりに

本稿では、鉄道-航空間の機関分担を考慮した運行頻度の最適化モデルを提案した。また、このモデルを用い

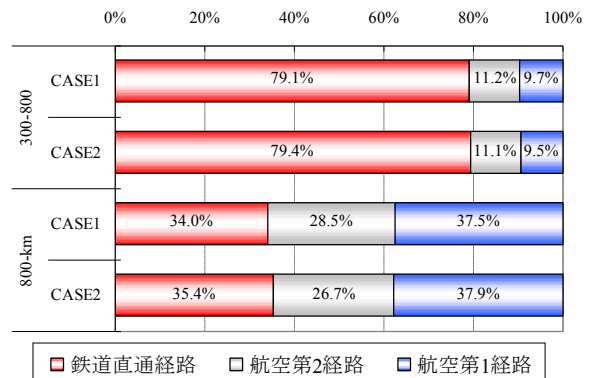


図5 各CASEの距離帯別のOD分担率の平均値

表3 OD距離帯別の機関別総利用距離(億人km)

	300 - 800		800 - km	
	CASE1	CASE2	CASE1	CASE2
鉄道リンク	1,585	1,608 (0.986)	127	122 (1.038)
航空リンク	178	174 (1.024)	213	208 (1.026)

()内はCASE2に対するCASE1の比率

た計算結果から、長距離帯の航空サービスが充実している状況下では、鉄道は空港までのアクセスといった近中距離帯のサービスを分担して航空を補完することが、消費者余剰と鉄道旅客の増大につながることを示した。現在、CO₂の排出量削減問題と関連して物流のマルチモーダル化が注目されているが、本研究の結果は旅客交通分野におけるマルチモーダル化の重要性を示している。

今後の研究課題を以下に示す。(1)本モデルではすべての鉄道リンクに自由に運行頻度が設定できることを仮定している。実際には単線と複線の違いなどの施設面の制約がある。このようなリンク別の頻度の限界値を考慮

したり、設備増強コストを含めた最適化を行うことが必要である。(2)本研究では都道府県毎の人口を固定している。今後の人口減少を前提として計算を行うことが必要である。その際、全列車距離の制約値をより低めていき、利用者の利便性を落とさずにサービスを撤退していく方法を検討することも必要であろう。(3)本研究で取り上げた目的関数は全国の消費者余剰の総和であり、全体的にみて効率的な運行のあり方を議論しているが、国土計画上重要な公平性の視点は考慮していない。(4)航空と鉄道の自由な競争はエネルギーの効率性やCO₂の排出という点でも問題を生み出す可能性がある。例えばCO₂排出量を制約として利便性を確保するような問題を分析することも興味深い。

参考文献

- 1) 栢元淳平・奥村誠・塚井誠人・村上直樹：都市間旅客のマルチモーダル利用の実態、第10回鉄道技術連合シンポジウム講演・論文集、pp.429-430、2003。
- 2) 村上直樹・奥村誠・塚井誠人：都市間鉄道の利便性を最大とする運行頻度の設定モデル、第11回鉄道技術連合シンポジウム講演・論文集、pp.389-392、2004。
- 3) 中川大・波床正敏：利用者便益を考慮した整備新幹線の評価に関する研究、土木計画学研究・講演集、No.27、(CD-ROM)、2003。
- 4) 屋井鉄雄・岩倉成志・伊東誠：鉄道ネットワークの需要と余剰の推計法について、土木計画学研究・論文集、No.11、pp81-88、1993。
- 5) 高瀬達夫・森川高行・脇昌央：統合型需要モデルを用いた空港整備に伴う利用者便益の計測法、土木計画学研究・論文集、Vol.18 No.1、pp149-154、2001。
- 6) 姚恩建・森川高行：消費者厚生アプローチを用いた都市間高速鉄道のビジネス目的利用者便益に関する研究、土木計画学研究・講演集、No.27、(CD-ROM)、2003。
- 7) 児玉健・若井郁次郎：空港アクセスについて、土木計画学研究・講演集、No.17、pp55-56、1995。
- 8) 本多均・加藤浩徳・金相奉・金本良嗣：空港整備事業の費用対効果分析、運輸政策研究、Vol.3.No.1、pp23-33、2000。
- 9) 塚田悟之・高田邦道・山口泰男：等時線図を用いた空港アクセスの分析と評価、土木計画学研究・講演集、No.18(1)、pp377-380、1995。
- 10) 森川高行・荻野成康：中部新国際空港のアクセス交通に関する研究、土木計画学研究・講演集、No.17、pp57-60、1995。
- 11) 浦田康滋・杉本直彰・田村亨・斉藤和夫：マルチ・エアポート・システムのモデル化-複数空港が存在する地域の空港選択構造-、土木計画学研究・論文集、No.14、pp765-772、1997。
- 12) 栢元淳平・塚井誠人・奥村誠：複数経路を考慮した鉄道・航空ネットワークの評価、土木計画学研究・講演集、No.26、(CD-ROM)、2002.9
- 13) 片山直登・百合本茂：予算制約を持つネットワークデザイン問題の貪欲解法、土木計画学研究・論文集、Vol.20 No.3、pp779-786、2003。
- 14) 松中亮治・柚木俊郎・青山吉隆・中川大：わが国における高速道路ネットワークの段階的整備プロセスの事後評価、土木計画学研究・論文集、Vol.20 No.1、pp33-42、2003。
- 15) 大橋忠広・安藤朝夫：航空市場でのハブ・スポークネットワーク形成と空港使用料政策に関する研究、土木学会論文集、No.611/IV-42、pp33-44、1999。
- 16) 田村亨・金子裕一・杉本博之：遺伝的アルゴリズムを用いた航空機材スケジューリングの最適化、土木計画学研究・論文集、Vol.11、pp.247-254、1993。
- 17) 加藤直樹・茨木俊秀・三根久：無向グラフの第K最短単純路を求めるO(Kn)アルゴリズム、電気通信学会論文集、Vol.J-61A、No.12、1978。

航空との補完的サービスを考慮した最適鉄道運行計画*

村上直樹**・竹内太郎**・奥村 誠***・塚井誠人****

今後の日本の人口減により、都市間鉄道の需要獲得は更に難しくなると考えられ、事業者は運行コストに直結する頻度の設定を戦略的に考える必要がある。本稿では始めに鉄道-航空間の機関分担を考慮した運行頻度の設定モデルを提案する。次に、2000年と1970年の各航空データを与え求めた解から、長距離帯の航空サービスが充実していれば鉄道は空港までのアクセスといった近中距離帯のサービスを分担してこれを補完することが、旅客の利便性と鉄道旅客の確保につながることを示す。本研究の結果は旅客交通分野におけるマルチモーダル化の重要性を示している。

Optimal Railroad Operations Considering the Complementary Service with Domestic Flights *

By Naoki MURAKAMI・Taro TAKEUCI・Makoto OKUMURA・Makoto TSUKAI

This paper discusses optimal railroad operations considering the complementary service with domestic flights. As an index of consumer's convenience, we formulate the consumer surplus of rail and aviation passengers calculated from the given train frequency on railway links. GA is applied to find the best mixture of number of daily train frequencies for each link maximizing the consumer surplus, with the basis of the given aviation service. We set the service level of aviation links based on the situation in the year 2000 and 1970. From the results of the GA, we show that strengthening the railway service of middle distance band, such as access to airports, is expected, from both viewpoints of travelers' convenience and operators' profitability.