

圏域間と圏域内の 航空ネットワークバランスに関する研究

白石 勇人¹・平田 輝満²

¹非会員 東日本高速道路株式会社 関東支社 京浜管理事務所 (〒224-0044 神奈川県横浜市都筑区川向町1047)
E-mail: y.shiraishi.ac@e-nexco.co.jp

²正会員 茨城大学准教授 工学部都市システム工学科 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町四丁目12-1)
E-mail:terumitsu.hirata.a@vc.ibaraki.ac.jp

国土形成計画では複数都道府県が一つにまとまり、その中で広域交通体系を整備し、圏域内の拠点性と圏域内交通サービスレベルの向上が目標づけられ、さらに各圏域が海外と直接に繋がる重要性が示されている。本研究は、複数都道府県をまとめた圏域内の交通サービスの向上と流動促進を念頭に、特に東京首都圏への一極集中の問題、地方圏域の拠点性向上の視点から、圏域間と圏域内の交通サービスの関係性について分析を行った。まず、過去 10~15 年程度の圏域間、圏域内の交通流動実態を把握し、その後、航空サービスにおける直行便と乗継便の選択モデルを活用して、リージョナルジェット等による小型多頻度化の効果、羽田空港への LCC 参入の影響、また、人口減少の影響について定量的に分析を行った。

Key Words : air transportation network, inter-region and intra-region transport, LCC

1. 研究の背景と目的

我が国の国内航空ネットワークは、2000年までの航空規制緩和により、航空会社の判断によって航空路線の参入・撤退が自由に行われるようになり、運賃設定を各社基準で決めることが可能になった。その結果、羽田空港を発着する幹線への参入が増え、運賃や便数等のサービスレベル（以下、LOS）の競争が行われた。その一方で、原油価格の高騰や航空会社の破たんなども影響し、競合の少ない地方間を結ぶ路線は利益が見込めず、減便や休廃止も相次いだ¹⁾。以上の動向より、首都圏一極集中型の航空ネットワークがより一層進行していると考えられる。これにより、地方圏域間のつながりが弱まり、地方の拠点性低下にもつながることが懸念される。一方で、2012年以降の航空市場に新しく格安航空会社（以下、LCC）が参入し始めた。LCCの参入は近年減少傾向だった国内航空需要を増加させるほどインパクトを持つこと²⁾から、今後の航空ネットワークの維持・形成を検討する上で、LCCの動向にも注視する必要がある。

航空ネットワーク以外にも我が国の人口や経済等ほとんどが首都圏一極化している。その現況を是正するため、国は2008年に国土形成計画³⁾を策定した。国土形成計画では複数都道府県が一つにまとまり、その中で広域交通

体系を整備し、圏域内の拠点性と圏域内交通サービスレベルの向上が目標づけられ、さらに各圏域が海外と直接に繋がる重要性が示されている。この観点から、複数都道府県をまとめた圏域内の交通サービスの向上と流動促進を念頭に、特に東京首都圏への一極集中の問題、地方圏域の拠点性向上の視点から、圏域間と圏域内の交通サービスの関係性やそのバランスについて分析を行う必要性があると考えた。例えば、地方圏域内の非拠点都市では、地元の空港から羽田空港などへの直行便の就航により首都圏とのつながりを強化することが期待されるが、一方で、圏域内の各地域が首都圏と個別につながりが強化されると、圏域内の拠点を經由して首都圏と行き来していた流動が減少し、結果的に圏域内の交通サービスと流動の低下、圏域の拠点都市の拠点性の低下にもつながるといふ、圏域のまとまりや拠点性の面で望ましくない影響も懸念される。例えば、図-1には北海道内の主要路線における乗り継ぎ客（北海道外から新千歳経由で北海道の郊外都市に移動）の占めるシェアを示しているが、道内路線のように需要の少ない路線では新千歳のような地域拠点を乗り継いで搭乗する旅客によって路線が維持できている側面があることが分かる。そこで本研究では、以下の点を研究の目的とした。

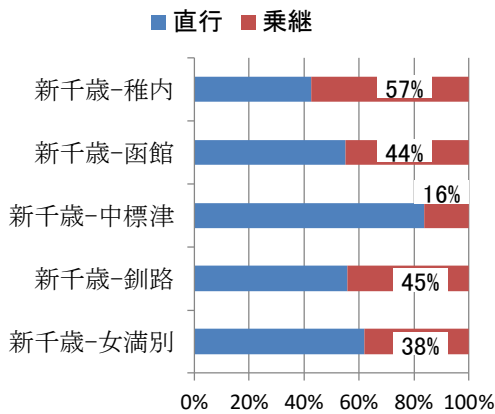


図-1 道内路線の搭乗者に占める乗り継ぎ客のシェア (2010年. 純流動調査データから集計)

- ① 圏域間・圏域内という視点に着目した国内航空ネットワークの時系列変化の実態を把握する
- ② 今後の人口減少を考慮し、特に地方圏域内・地方圏域間の航空ネットワークの持続可能性について、LCCの参入・機材変化の面から定量的に明らかにする。

2. 既存研究の整理

日野らの研究⁴⁾は北海道を対象とし、旅客の出発地・目的地(OD)が同一で直行経路と乗継経路を選択できる状況下において、所要時間の短く手間のかからない直行経路が選択されることを明らかにしている。乗継経路を選択する層は、他に選択できる経路がないことや所要の時間に間に合わせるなど、やむを得ず乗継経路を選択するという意識が得られている。一方で、圏域内と地方-首都圏間に限定した旅客流動に着目した研究であり、地方圏域間の ODを対象とした分析はされていない。

山口ら⁵⁾は、都市間交通の集約・効率化に向けた施策の検討に「LOS弾力性」の推計方法を提案し、LOS弾力性を踏まえた都市間交通施策を示している。これより、羽田空港と地方空港を結ぶ路線の同LOSでもゾーンごとに流動への影響は異なることが示された。一方で、圏域内と圏域間の交通サービスレベルのバランスのいう視点では十分に検討がなされていない。

3. 圏域の考え方と対象とする旅客流動

圏域とは国内を広域ブロックで捉えた単位であり、複数都道府県で圏域を形成している。国土形成計画上の圏域は全国を10区分としている。しかし航空ネットワークの構造を捉えるにあたり、10分類は各圏域が小さいことから、全国を6区分にした圏域を定義した。圏域の基準は各圏域内に1つ以上の地方拠点空港を有することにし

表-1 各圏域における拠点空港

圏域	拠点空港
北海道	新千歳空港
東北	仙台空港
関東	羽田空港
中部	中部空港 (名古屋空港)
関西	伊丹・関西空港
九州	福岡空港

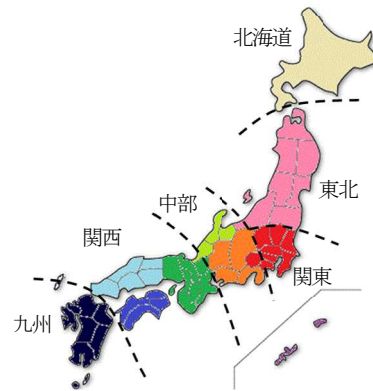


図-2 圏域の分類

各圏域の拠点空港を表-1に示した。また、沖縄県は圏域の規模が他圏域と比べて非常に小さいことと、観光の旅客流動が大半を占めているため、本研究の対象から除いた。図-2において色付きで区分した圏域は国土形成計画上で、点線で囲んだ区分は本研究で定義した圏域である。圏域間・圏域内移動の3分類し、その概念図を図-3に示した。

対象とする旅客流動は2000年、2005年、2010年の全国幹線旅客純流動調査データ⁶⁾とし、離島および国際流動を含まないトリップを対象とする。使用したデータの種類は、平日・休日両方の調査を加味して年間拡大処理をした流動量データを扱い、都道府県間を総量とした旅客流動量を扱う。

4. 圏域間・圏域内に着目した国内航空ネットワーク構造の時系列変化に関する実態分析

(1) 地方-首都圏間と地方圏域間を就航する航空路線の推移

前述の圏域区分を前提に、まずは圏域間の航空路線に関して、その運航頻度に関して時系列変化をマクロに分析した。航空輸送統計年報データを基に図-4、図-5に航空旅客全体の流動量および頻度の推移を示す。2000年から2010年にかけて全体的な旅客需要は減っているものの、羽田空港路線は運航頻度およびそのシェアが増加しつづけていることが図-5でわかる。実際にほとんどの地方-羽田路線は多頻度化されており、特に九州圏、次いで関西圏が増加していた(図-6)。

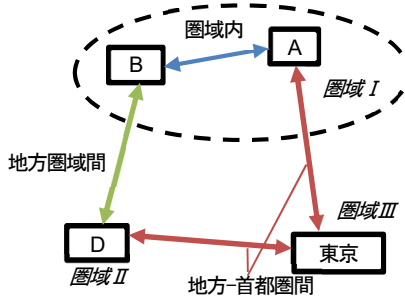


図-3 圏域間・圏域内の移動に関する概念図

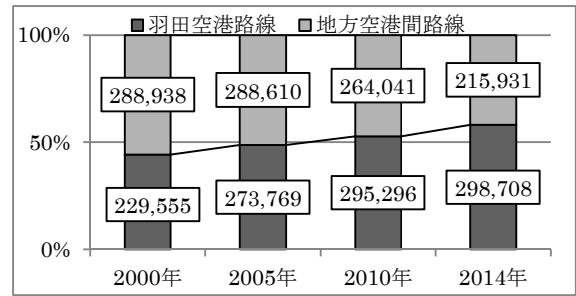


図-5 地方空港間路線と羽田空港路線の運航頻度シェア

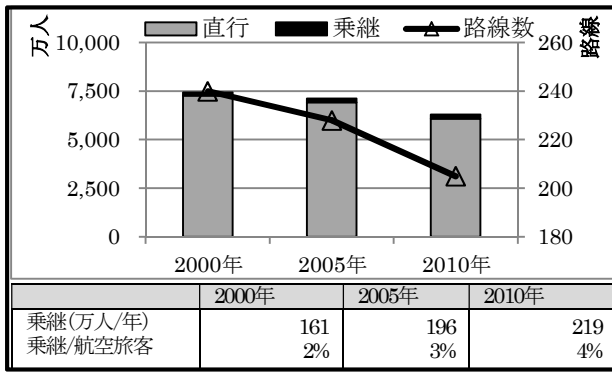


図-4 直行便と乗継便の需要変化および航空路線数推移

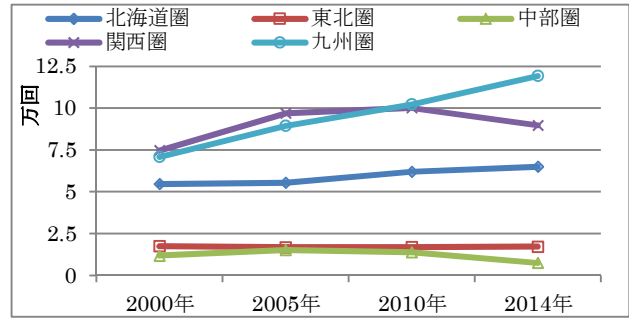


図-6 地方空港と羽田空港路線の運航回数変化

(2) 乗り継ぎ旅客の流動変化

図-4をみると、乗り継ぎ旅客数は全体の旅客数に比べると非常に小さいシェアであるが、その旅客数やシェアは年々増加傾向にある。これは地方間路線の直行便の休廃止に伴い羽田空港や地方拠点空港での乗り継ぎが増加していることも影響していると考えられる¹⁾。そこで、どのような乗り継ぎ経路で旅客数が増加しているのか、圏域構造からの視点で分類して集計した結果が図-7である。ここでは、乗継空港(羽田, 圏域内拠点, 異なる圏域)・OD(地方, 拠点, 羽田)の分類別に集計した旅客流動を示している。その結果、羽田乗継経路のシェアがほとんどであることと、その流動量増加が顕著であることが分かった。特に地方-羽田-拠点の流動量が増加しており、圏域内乗継と羽田空港乗継間で競合する需要のほとんどが羽田空港に偏っている現状であった。一方で、小規模ながらも羽田空港へ移動するときに圏域内を乗り継ぐ流動が増加しており、圏域内の拠点性を向上する一例が確認できた。

以上より、羽田空港への一極化を直行便、乗継便においても確認することができた。乗継経路および一部の直行便は圏域内を乗り継ぐ選択肢があるにも関わらず、羽田空港乗継や直行便を選択する層が多い。本研究は圏域内・地方圏域間路線を維持するために地方の拠点性を向上する視点が重要であると考えた。したがって、羽田空港に偏っている旅客流動を一定量転換させるような政策を行うことの効果を定量的に明らかにする必要があると考え、以降のモデル分析を行った。

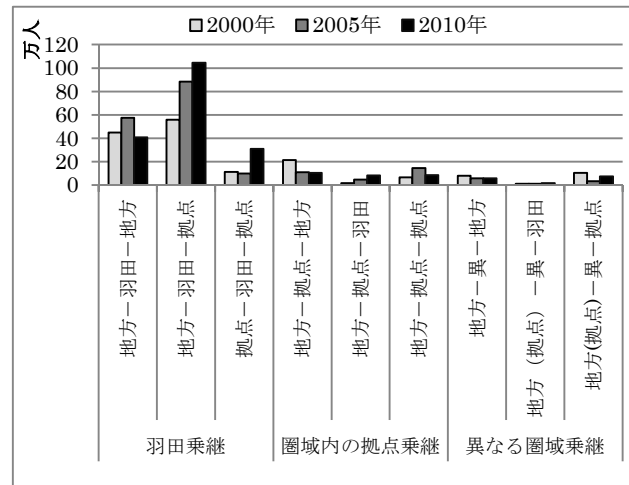


図-7 乗継経路の分類別の流動量変化

5. 圏域間・圏域内の航空経路選択モデルの構築

(1) モデル分析の対象とする旅客行動

モデルの目的は、羽田空港路線へ偏っている旅客流動を圏域内乗継の流動とバランスさせることの可能性を分析することである。したがって、同一ODで乗継経路に競合する需要を含むような行動モデルを構築する。対象とする旅客行動は3. で定義したトリップからさらにスクリーニングをし、表-2に示す3分類の旅客行動を対象とした。

表-2 モデル分析の対象OD

ODの分類	選択肢集合に直行便を含む
直行便および圏域内乗継の経路があるOD	○
圏域内乗継および羽田乗継経路があるOD	×
直行便および羽田乗継の経路があるOD	○

(2) モデル構造

本研究では圏域間と圏域内を移動する旅客の経路選択実態から、以下の集計ロジットモデルを用いて分析した。

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^J \exp(V_j)} \quad (1)$$

$$V_i = \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ik} \quad (2)$$

P_i : 経路*i*の選択確率 (分担率)

V_i : 経路*i*の確定効用 (効用関数)

β_k : 説明変数*k*に対するパラメータ

X_{ik} : 経路*i*の説明変数*k*

パラメータは実際の流動量のシェアから推定を行い、特定の選択肢をベースとした選択確率比を目的変数として最小二乗法で推定した。

(3) LOSデータの整備

次に、経路ごとのLOSデータ (所要時間、運賃、頻度) を表-3に整備した。なお、集計作業を単純化のためLOSは各ODの年間旅客数が最も多いODを「代表OD」として、2010年の「代表OD」における経路毎のLOSデータのみを整備した。この内、乗り継ぎ経路の有効頻度については、乗り継ぐ前後の便のうち少ない方の便の便数のことで、かつ同一航空会社間で乗継が可能な便 (最低時間は30分) のみをカウントした。ただし、乗継割引のある経路は割引運賃のある頻度とした。乗継便の待ち時間は乗継割引有の経路は30分とし、無い経路は60分とした。

端末交通のLOSは国土交通省が開発・提供しているNITAS⁷⁾を用いた。抽出条件は各空港と207ゾーン間の一般化費用が最小になる経路のサービス水準を整備した。

(4) パラメータ推定

推定結果を表-4に示す。OD間の経路選択肢において、直行便の有無によって有意な説明変数が大きく異なったため、直行便の有無で2つのモデルを作成した。

モデル1は、経路選択肢集合に直行便を含むモデルである。例えば、圏域内乗継か直行便か、羽田乗継か直行便か、といったODを対象としたモデルである。モデル2は、直行便がないODを対象としたモデルであり、複数の乗り継ぎ経路を選択するモデルである。例えば、圏域内乗継か羽田乗継か、といった行動を表現するモデルである。直行便なしの複数の乗り継ぎ経路の選択においては、

その有効な運航頻度 (便数) が有意に影響を与える結

表-3 LOSデータ整備とデータの抽出

LOSの種類	LOS項目	データ元	備考
頻度	有効頻度	JTB時刻表	直行便は便数そのもので、乗継便は乗り継ぎ便数(複数ある場合は最短(ただし最低乗継時間以上)で乗り継ぎ便のみ)を計上
所要時間	航空乗継便の乗継待ち時間	航空会社発行資料	乗継割引のある経路は30分、ない経路は60分
	フライト時間	JTB時刻表	JTB時刻表に記載されている到着時刻-出発時刻の差
	アクセス時間	NITAS	各ゾーンの中心都市を出発地として、鉄道、バス、車を使って空港までの一般化費用最小となる経路を選択
	イグレス時間	NITAS	同上
費用	アクセス費用	NITAS	同上
	イグレス費用	NITAS	同上
	航空運賃	JTB時刻表、航空会社発行資料	乗継割引、早割、普通運賃の内最も安い運賃を選択 乗り継ぎ割引の有無は航空会社のHPで確認

表-4 パラメータ推定結果

	モデル1 (直行便あり)		モデル2 (直行便なし)	
	β	t値	β	t値
総費用 (円)	-4.5*10 ⁶	-1.71	-1.7*10 ⁵	-2.46
総所要時間 (分)	-2.8*10 ⁴	-1.66	—	—
アクセス・イグレス時間(分)	—	—	-0.0017	-1.87
ln 有効運航頻度(便/日)	—	—	0.37	5.27
直行ダミー (直行便=1,その他=0)	0.61	13.63	—	—
近隣ダミー(近隣空港路線=1,その他=0)	-0.11	-3.77	—	—
補正済み R ²	0.82		0.50	
時間価値(円/時)	3801		5918	
観測数	75		31	

果となった。

6. 国内航空ネットワークにおける圏域間・圏域内のサービスレベルのバランスに関する分析～北海道を対象に

(1) 人口減少による航空需要減少の仮定

国内航空路線の持続可能性を評価するにあたり、近い将来の人口減少を想定し、路線が維持可能か判断する必要がある。本研究では、2035年を対象とし、以下のように簡易な方法で人口減少による航空旅客需要変化を仮定した。全OD別旅客数に対して、人口問題研究所⁸⁾が推定している各ゾーンの2010年、2035年人口データから人口変化率を算出し、各OとDのトータルの人口減少率を各ODの2010年旅客数に乗じて2035年次のOD需要として算出した。

(2) LCCの参入の影響

圏域内として北海道を対象としてケーススタディを行う。まず、LCC（格安航空会社）の参入したときに運賃低下が引き起こす旅客流動の変化に着目した。ここ数年、LCC参入で国内航空需要も減少から増加に転じた。LCCは需要創出、維持に大きなインパクトがあるが、最大の混雑空港である羽田空港では基本的にLCCの発着を制限している。今後、羽田発着枠をLCCにも配分するかは大きな政策課題であり、羽田空港にLCCが参入したことによる旅客流動の変化を明らかにすることで、羽田空港におけるLCC枠の開放を判断する材料になる。LCC参入区間は、①道内ローカル空港（女満別など）と羽田空港間にLCCが参入した場合と、②道内ローカル路線と地域拠点である新千歳空港間に参入した場合の2ケースの分析を進め、圏域内路線にとって競合する需要をどの程度獲得または喪失するか分析した。具体的には大手航空会社とLCCのイーロード比から算出された0.41を既存運賃に乘じ運賃変化による経路選択の実態変化を算出した。その結果を図-8に示す。当然ながら①ケースの羽田空港路線にLCCが参入すると競合する圏域内の新千歳経由路線の乗り継ぎ流動量が減少し、道内路線の需要が減少する一方で、②ケースの圏域内路線にLCCを参入させると、逆に道内路線の乗り継ぎ需要を増加させることにより、人口減少の影響に伴う需要減少を一定程度緩和することが可能であることが示されている。相対的に羽田への直行便需要は大きいため、道内路線への乗り継ぎ需要に転換しても大きな影響はないが、一方の道内路線にとってはもともと需要が小さいため、路線維持にとっては大きな意味があり、その結果、道内の流動や交流を維持促進することに繋がる可能性もある。

(3) 地方航空路線の機材更新と多頻度化の影響分析

次に、圏域内路線の機材更新（小型化）に伴う多頻度化の関係に着目した。世界的に50席クラスの小型機材は生産停止しており、今後の機材更新は困難な状況である。圏域内を結ぶ航空路線の機材は30席クラスの小型機材から166席クラスの機材まで様々である。将来の地方路線維持に、MRJ（Mitsubishi Regional Jet）の投入が期待されており、70、90席のMRJで地方路線が需要との関係でどの程度持続可能か整理する必要がある。北海道内の路線を対象に70席へ機材更新し、一日あたりの供給力（各機材の座席数×便数）を変えないとすると新千歳-釧路路線で2便、新千歳-女満別路線で1便の増便することが可

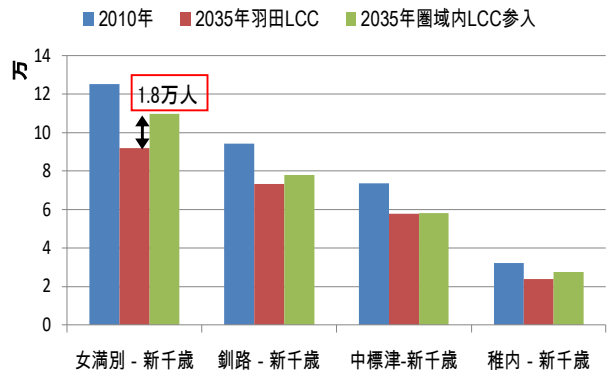


図-8 LCC参入の影響分析結果（2035年予測需要。道内ローカル空港から羽田にLCCが参入したケースと道内ローカル空港から新千歳間の道内路線にLCCが参入したケースの比較）

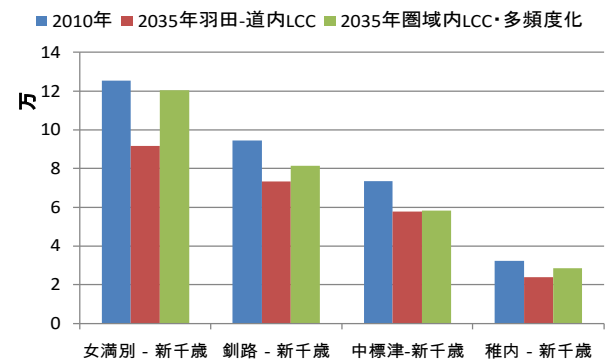


図-9 LCC参入と道内路線の小型多頻度化の影響分析結果（2035年予測需要。道内ローカル空港から羽田にLCCが参入したケースと道内ローカル空港から新千歳間の道内路線に小型多頻度LCCが参入したケースの比較）

能であった。その結果と前述のLCC参入の効果も同時に加味した結果を図-9に示す。多頻度化により、道内路線の需要維持・増加に若干ではあるが貢献できることが示唆された。

7. 結論

本研究では、国内の圏域構造とその圏域内の交通・交流を維持促進することの重要性を前提として、圏域間と圏域内の交通サービスレベルのバランスに関して分析を行った。特に北海道を圏域内交通の対象としてケーススタディを行い、航空市場における羽田路線や圏域内路線へのLCC参入の影響、機材の小型化、人口減少の影響について定量的な予測を行った。本研究で得られた結果を以下に示す。

① 圏域間・圏域内の関係性から旅客流動量の変化に着目すると、羽田空港路線に需要が集中し、地方-首都圏間が多頻度化し続けてた。一方で、地方間の航空路線は

減便・休廃止に至る事例が多く、航空乗継の重要性が高まっている。乗り継ぎの8割が羽田空港経由であり、一部で圏域内の拠点性を向上する事例があるものの、圏域内の拠点性は現状で低いことを明らかにした。

② 人口減少による需要減少に対しLCCの参入と多頻度化による需要増加がどの程度現況維持に貢献するか分析した結果、圏域内ローカル空港と羽田の間の直行便にLCCが参入する場合と圏域内路線にLCCが参入するケースでは圏域内（道内）路線の需要に対して大きな差が生じることが分かった。

参考文献

- 1) Yuto Shiraishi and Terumitsu Hirata: Analysis of the Impact of Abandoned Direct Air Routes on Inter-regional Passenger Travel Flows in Japan, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.11
- 2) 国土交通省国土交通政策研究所:LCCの参入効果分析に関する調査研究,2014
- 3) 国土交通省:国土形成計画(2015年7月改正)
http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudokeikaku_fi3_000003.html
- 4) 日野智, 岸邦宏, 相浦宣徳, 佐藤繁一:北海道におけるハブアンドスポーク航空路線の構築に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, No.4, 2001
- 5) 山口裕通, 奥村誠, Titom Huseyin, 金進英:都市間交通需要のLOS弾力性に関する研究,土木学会論文集D3, Vol.69, No.5, 2013
- 6) 国土交通省:全国幹線旅客純流動調査 第1回～第5回
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_f_000016.html
- 7) 国土交通省:NITASの紹介
<http://www.mlit.go.jp/common/001079898.pdf>
- 8) 国立社会保障・人口問題研究所HP<http://www.jpss.go.jp/>

(2016. 7. 31 受付)

Analysis of the air transportation network considering the relationship between inter-region and intra-region transport conditions

Yuto SHIRAISHI and Terumitsu HIRATA