

世界の第二層都市における空港と高速鉄道との 国際・都市間連携に関する分析

矢倉 俊雄¹・土井 健司²

¹学生会員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail:yagura.toshio@civil.eng.osaka-u.ac.jp

²正会員 大阪大学大学院教授 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail:doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

東京中心の高速交通ネットワークの拡大により国土の一極集中化が進む中で、大阪などの第二層都市群が果たすべき役割が問われている。本研究は世界の都市域人口統計の分析に基づき、各国の第二層都市の特徴を明らかにした上で、都市の発展戦略を交通インフラの機能連携という観点から考察することを目的としている。

本研究では、国際交通インフラである空港と都市間交通インフラである高速鉄道駅との近接性が第二層都市の国際旅客数に大きな影響を与えていること、および大阪都市圏においては両者の近接性が相対的に低いことを明らかにしている。その上で、大阪が国際旅客に選ばれる都市となるためには、国土軸を形成する新幹線との「国際・都市間連携」を重視した空港の活用が求められ、国内機能に特化している大阪国際空港の国際化などの方策が検討されるべきことを示唆している。

Key Words : *secondary cities, international and intercity connectivity, airport, high-speed rail, urban growth model*

1. はじめに

我が国では高速交通ネットワークの整備が着実に進められ、今後、北陸新幹線の延伸やリニア中央新幹線などの東西二極を結ぶ広域インフラの整備に向けた取り組みが急がれている。人口・経済ともに首都・東京への一極集中が加速する中で、大阪に対しては、1)西極としての玄関機能（空港、港湾機能）、2)首都のバックアップ機能（補完的役割）、3)西日本地域全域との連携強化が求められており¹⁾、そのために域内のネットワーク強化や利便性向上によるメガリージョンの基盤強化が不可欠とされている²⁾。

大阪をはじめとする第二層の都市群が持続的な発展を遂げていくためには、東京追随型の思考に囚われず独自の発展戦略が求められると考えられるが、そのためには、まず第二層都市が果たすべき都市機能や交通機能が明確にされる必要がある。こうした背景から、本研究では、国際比較の観点から第二層都市の都市・交通機能を分析し、特に交通の「国際・都市間連携」、すなわち国際交通インフラと都市間交通インフラとの機能連携に注目して、第二層都市の発展戦略に関する知見を得ることを目的とする。なお、ここで取り上げる国際交通インフラと

は空港であり、都市間交通インフラとは高速鉄道である。また、本稿では国内の人口動態や経済動向に大きな影響を及ぼす高速鉄道を、旅客流動における国土軸と捉える。

2. 既往研究の概要と本研究の位置づけ

(1) 既往研究の概要

関西経済連合会は、関西が独自のポジションを形成するためには、創造性と開放性を前面に出した多核型都市圏（クリエイティブ・メガリージョン）を指向することが重要であることを提言している³⁾。また、そのためには観光・先端産業などの産業・集客機能配置と都市拠点・インフラなどの都市拠点・広域基盤配置を市街地や自然・地形などと合わせて考える「多核連携重層型」都市圏の形成とその実現のための交通インフラネットワークの形成が必要であることを示している。ただし、この提言は、主としてニューヨーク・ロンドン・パリなどの首都機能を持つ都市との比較に基づくものであり、第二層都市に求められる機能についての知見は乏しい。

廣瀬ら⁴⁾は世界における都市・地域の競争の方向性として、立地獲得（外資を中心に工場・事業所を誘致する）、ハブ獲得（グローバルな観点での地域拠点、金融、

物流などの中心地となる), 次世代産業育成(集積を活かし開発型産業を生み出す), 観光(外国人観光客に目的地として選ばれる)を挙げている。

Parkinson⁵⁾はヨーロッパにおける首都と二層目の都市群の経済成長についての比較分析を行っている。その結果, 首都の GDP 平均成長率が国全体の GDP 成長率より高い都市数は, 29 都市中 22 都市であるのに比べ, 二層目の都市群については国の GDP 成長率を上回る都市数は 118 都市中 57 都市と, 半分にも満たないことを明らかにしている。この結果に基づき, 各国の発展戦略を考える上で, 第二層都市の活性化により焦点を当てるべきと指摘している。また, Roberts⁶⁾は第二層の都市群への近年の学術的関心の高まりに言及した上で, 第二層都市はもはや人口規模のみによって定義づけられるものではなく, 国際・国内の都市体系の中で果たす機能(functionality)や連携性(connectivity)が第二層都市群の重要な要素となっていることを指摘している。また, これらの都市群の開発課題を整理し, 発展戦略の方向性を示している。

(2) 本研究の位置づけ

本研究は主に Roberts の先行研究を受けて, 第二層都市に求められる交通機能やその連携性を国際比較の観点から論じるものであるが, 地理的条件や国土の人口分布の階層性が大きく異なる国との比較には無理があると思われる。そこで, 都市域人口データを活用した国土の人口分布の階層性分析に基づき, 比較対象とする第二層都市の絞り込みを行う。日本と類似した階層性を有する国の第二層都市のみを抽出して, 図-1 に示すように国際交通インフラと都市間交通インフラとの連携(国際・都市間連携)に関する分析を進めるものとする。

図中の都市集積の人口規模を捉えるにあたっては, Demographia 世界都市域データ⁷⁾を用いる。このデータは人口 50 万人以上の行政単位ではなく, 社会的経済的つながりを持った都市圏を扱っており, 合計で 896 の都市

図-1 中の「国土構造の階層性」とは, 各国の都市域の人口規模の分布に関する階層性である。この階層性を捉えるに際しては, 人口の動的成長モデルから導かれるパレート法則に基づき, 各国の特徴把握を試みる。また, 「国土軸と機能配置」とは, 各国の第二層都市における交通等の機能配置の国土軸との整合性を意味している。

3. 都市域人口統計に基づく第二層都市群の分析

国土構造の階層性を分析するために, 本研究では適地度を考慮した動的成長モデル⁸⁾によって導かれるパレート指数の国による違いに着目し, 国土構造の違いを分析する。指数の導出方法については, 付録に示す。

国ごとの国土構造分析の結果の一部を類型ごとに図-2 ~ 図-5 に示す。横軸が都市域の人口規模の国内順位, 縦軸が都市域人口を示し, 横軸, 縦軸は対数のグラフである。また, グラフの傾きの逆数がパレート指数 α の傾きとなる。傾きが急なほどパレート指数が小さく, 傾きが緩やかなほどパレート指数が大きくなる。Zipf 則に完全に従うとき, ランクサイズ分布は傾きが 1 の直線となる。

類型化した国ごとのパレート指数の数値および関連する人口指標値を表-1 に示す。人口 50 万人以上の都市域の人口の合計を国全体の人口で割った人口割合はパレート指数と強い負の相関を示している。パレート指数が小さいほど都市域に住んでいる人口割合が大きく, 人口が集中していると言える。なお, アメリカのパレート指数は 1.02 であり, 古典的な Zipf 則にほぼ一致している。本研究では, パレート指数が 1 より小さく, 人口が相対的に都市域に集中している国々の中から, 首都と人口最大都市が一致している国として, 韓国, 日本, 台湾, スペイン, フランス, イギリスを選定する。

表-2 は, これらの国々の第二層都市, 釜山, 大阪, 高雄, リヨン, バルセロナ, マンチェスターの概要を示している。また, 図-6 には, これらの都市群が工業都市・港湾都市としての機能的な共通性が高いことを, 歴史年表の形で整理している。スペインの第二層都市バルセロナはかつてカタルーニャのマンチェスターと称され, 大阪も東洋のマンチェスターと呼ばれた歴史を有する。釜山や高雄は, これらとは工業都市としての性格は異なるものの港湾都市としての類似点を有する。

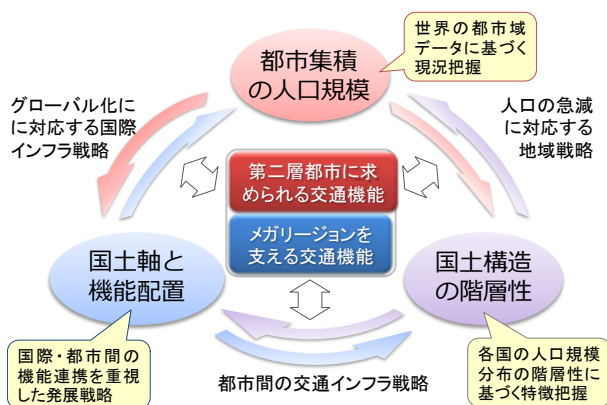


図-1 第二層都市に求められる交通機能と発展戦略

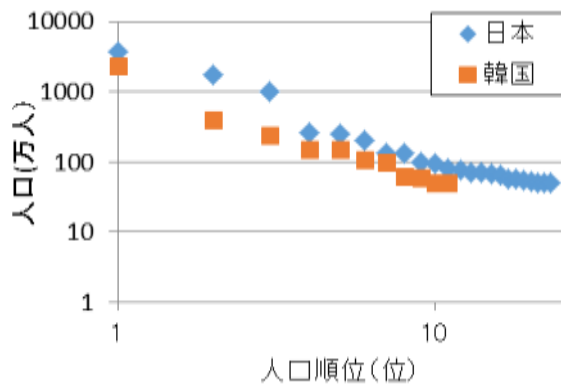


図-2 類型 I-1 のランクサイズ分布

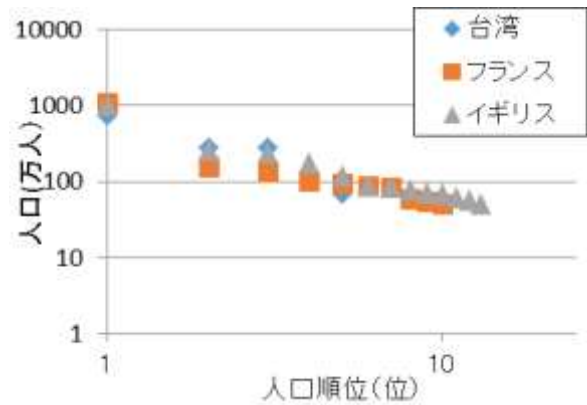


図-3 類型 I-2 のランクサイズ分布

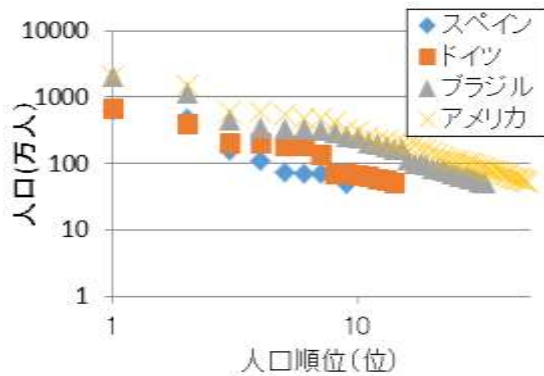


図-4 類型 II-1 のランクサイズ分布

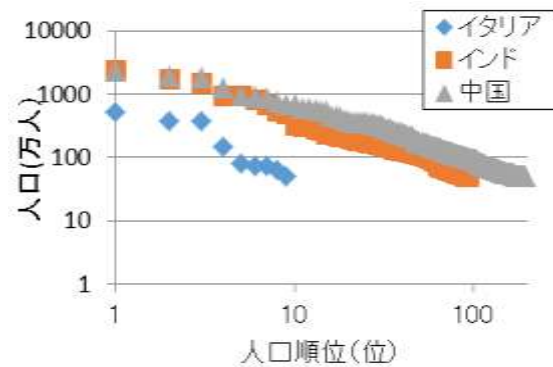


図-5 類型 II-2 のランクサイズ分布

表-1 各国の都市域人口とパレート指数

類型	国	都市域人口(千人)	都市域面積(km ²)	人口割合(%)	面積割合(%)	パレート指数(α)
I-1	韓国	36683	3634	73.04	3.65	0.68
	日本	84902	20555	66.67	5.44	0.71
I-2	台湾	14914	2319	63.81	6.44	0.75
	フランス	19243	9270	30.23	1.68	0.89
	イギリス	23747	5153	37.05	2.12	0.93
II-1	スペイン	16850	3625	36.12	0.72	0.83
	ブラジル	80163	15967	39.88	0.19	0.96
	ドイツ	24261	9065	30.03	2.54	0.98
	アメリカ	117511	95523	37.14	0.99	1.02
II-2	イタリア	17694	5279	29.57	1.75	0.84
	インド	203614	16972	16.38	0.52	1.11
	中国	370639	64612	27.24	0.67	1.13
パレート指数との相関		0.684	0.541	-0.843	-0.739	

表-2 第二層都市の概要

国	首都	第二層都市	人口(万人)	面積(km ²)	首都からの距離(km)	GRP(10億ドル)
日本	東京	大阪	1723	3212	394	655
韓国	ソウル	釜山	398	401	331	284
台湾	台北	高雄	278	363	296	105
フランス	パリ	リヨン	154	1178	395	90
スペイン	マドリード	バルセロナ	466	1075	506	171
イギリス	ロンドン	マンチェスター	256	630	264	88

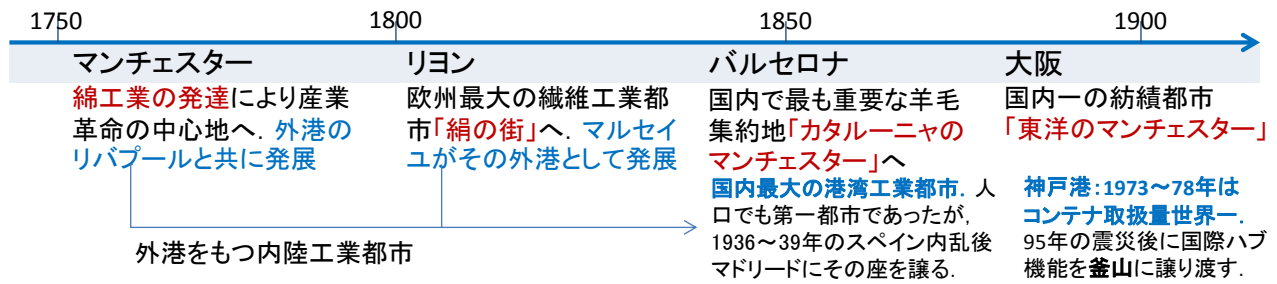


図-6 工業都市・港湾都市としての第二層都市の発展

4. 第二層都市群の国際・都市間交流機能の比較

(1) 空港利用と鉄道ネットワークに関する都市間比較

本研究では、「選ばれる」都市の必要条件として交通面に焦点を当て、航空と鉄道のインターモーダルな結節性に着目する。また、各国においては都市間を結ぶ高速鉄道が国土軸を形成していると考えられる。そうした国土軸と国際インフラとしての空港の近接性にも着目する。

空港利用者数、都市圏人口当たりの空港利用者数を示したものが図-7、図-8 である。各都市圏の空港は大阪が関西国際空港・大阪国際空港・神戸空港、釜山が金

海国際空港、高雄が高雄空港、リヨンがリヨン空港、バルセロナがエル・プラット国際空港、マンチェスターがマンチェスター空港となっている。関西3空港とは大阪の三つの空港の利用者数を合計したものである。そのほかの都市に関しては都市圏内に空港は一つしか存在しない。参考のデータとして東京と名古屋の都市圏人口当たりの空港利用者数を示している。これらの図より大阪都市圏（人口 1723 万人）の3空港の利用者数はバルセロナ都市圏（人口 466 万人）とほぼ同程度であること、都市圏人口当たりの利用者数は釜山と高雄の中間程度しかないことが読み取れる。また、人口当たりでみた国際線旅客数は非常に少なく、最も低い水準であることも分かる。

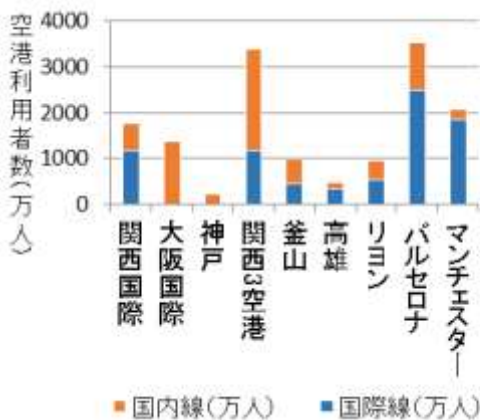


図-7 空港利用者数

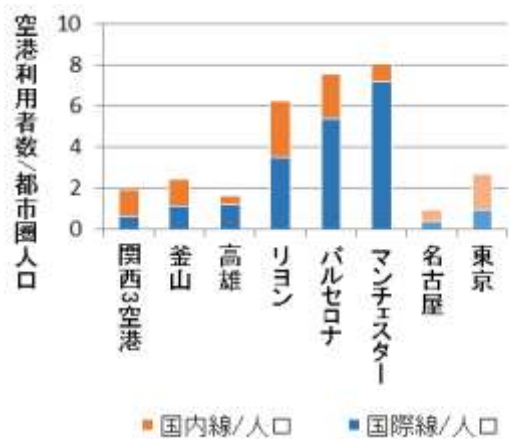


図-8 都市圏人口当たりの空港利用者数

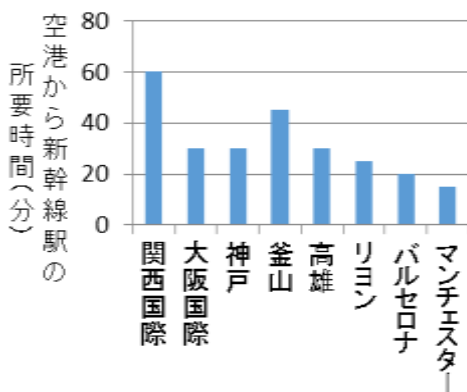


図-9 空港から新幹線駅の所要時間

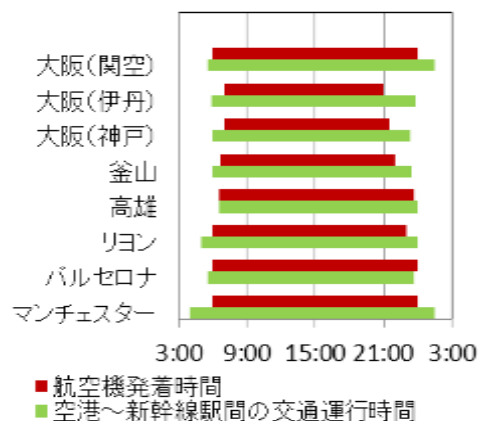


図-10 航空機発着時間と公共交通運行時間

表-3 鉄道ネットワークの整備状況

都市	営業キロ (km)	営業キロ/ 人口 (km/万人)	営業キロ/ 面積 (km/km ²)
大阪	3641	1.75	0.134
釜山	196	0.55	0.255
高雄	117	0.42	0.004
リヨン	463	2.63	0.143
バルセロナ	634	1.14	0.082
マンチェスター	314	1.16	0.246

空港と新幹線の結節性を比較するために空港から新幹線駅までの所要時間に着目する。空港から新幹線駅の所要時間についての比較結果を図-9に示す。大阪の三つの空港の所要時間に関して、国際線を運航していない大阪国際空港と神戸空港は他の都市の空港とほとんど差は見られない。一方、大阪の国際旅客機能を担う関西国際空港の所要時間は他の都市の空港に比べ非常に大きな値となっている。また、航空機の発着時間や公共交通の運行時間を図-10に示すが、ほとんど差は見られない。

鉄道インフラのストックと活用状況について、都市圏内の鉄道営業キロ、面積当たりの鉄道営業キロ、人口当たりの鉄道営業キロを表-3に示す。大阪都市圏の整備量自体は非常に大きいものの、人口や面積で基準化すると必ずしも高い整備率とは言えない。

(2) 空港の利用実態と鉄道インフラとの関係

これらの比較と一人当たりの GRP をまとめて、コブダグラス型の関数で都市圏人口当たりの空港利用者数を説明したものが式(3)である。この式では、空港から新幹線駅の所要時間は 1%水準で有意であり、鉄道網密度は 5%で有意である。この式から、空港と新幹線駅が近接しているほど、また、面積当たりの鉄道密度が高いほど人口当たりの空港利用者数は多いことが分かる。人口当たりの空港利用者数の現況値と推定値を図-11に示す。

$$\ln AP = \alpha_1 \ln IMC + \alpha_2 \ln DOR + \alpha_3 \ln PGRP + \beta \quad (1)$$

ここに、 AP ：都市圏人口当たりの空港利用者数（万人）、 IMC ：空港～新幹線駅の所要時間（分）、 DOR ：鉄道営業キロ/都市圏面積(km/km²)、 $PGRP$ ：都市圏一人当たり GRP（10万ドル/人）である。

表-4 空港利用者数（国内+国際）の重回帰分析の結果

説明変数	係数値	t 値	p 値
IMC	-1.70	-10.01	0.010
DOR	0.63	5.75	0.029
$PGRP$	1.01	1.98	0.190
定数項	9.36	8.57	0.013
決定係数	0.984		

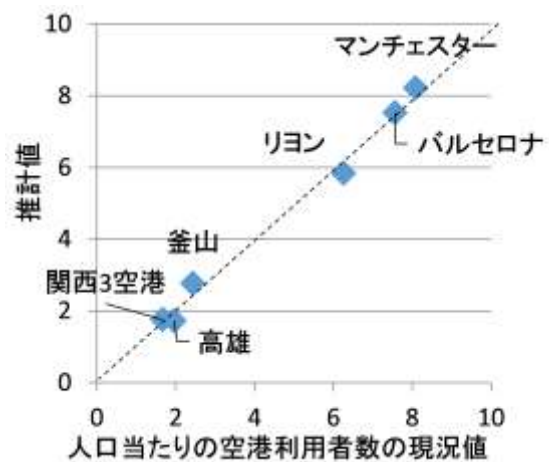


図-11 人口当たりの空港利用者数の現況値と推定値

先ほどと同様に、人口当たりの国際旅客数を表したものが式(2)である。空港から新幹線駅までの所要時間は 1%水準で有意であり、近接しているほど、人口当たりの国際旅客数は多くなっている。人口当たりの国際線利用者数の現況値と推定値を図-12に示す。

このことより、大阪の国際線利用者の少なさの一因は、空港と新幹線駅との近接性の低さと考えられる。そこで、より新幹線に近接している大阪空港に国際旅客機能を持たせることにより、この状況は大きく改善されるものと推測される。

表-5 国際線利用者数の重回帰分析の結果

説明変数	係数値	t 値	p 値
IMC	-1.91	-10.36	0.0092
DOR	0.39	2.84	0.11
$PGRP$	0.28	0.44	0.70
定数項	8.38	6.56	0.022
決定係数	0.985		

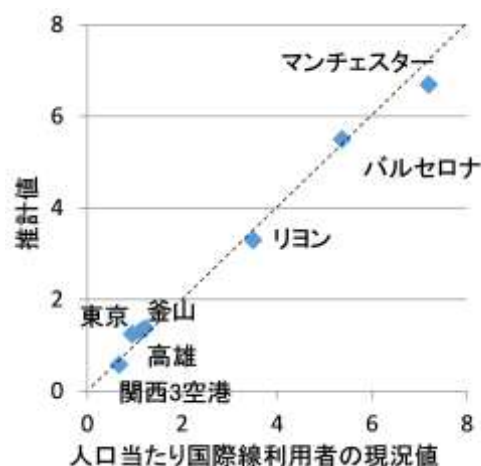


図-12 人口当たりの国際線利用者数の現況値と推定値

なお、本モデルは限られたサンプルのもとで構築されたものだが、推定に用いなかった東京のデータを当てはめると図-12 のようにモデルの応用性が高いことが示される。

$$\ln IAP = \alpha_1 \ln IMC + \alpha_2 \ln DOR + \alpha_3 \ln PGRP + \beta \quad (2)$$

ここに、 IAP ：都市圏人口当たりの国際旅客数（万人）、 IMC ：空港～新幹線駅の所要時間（分）、 DOR ：鉄道営業キロ/都市圏面積(km/km²), $PGRP$ ：都市圏一人当たり GRP（10 万ドル/人）である。

先ほどの式から実際の国際旅客数を算出する式が式(3)である。大阪の国際旅客分担率を大阪空港に移転していった場合の感度分析の結果が図-13 である。大阪空港の分担率を 50%まで上げたとき、年間国際旅客数 2500 万人のバルセロナの水準になることが想定される。

$$IAP = 4359 \cdot POP \cdot IMC^{-1.91} \cdot DOR^{0.39} \cdot PGRP^{0.28}$$

$$IAP = 4359 \cdot POP \cdot \left(\sum_{k=1}^3 s_{ik} t_k \right)^{-1.91} \cdot DOR^{0.39} \cdot PGRP^{0.28} \quad (3)$$

ここに、 IAP ：国際旅客数（万人）、 POP ：都市圏人口（万人）、 IMC ：空港～新幹線駅の所要時間（分）
 DOR ：鉄道営業キロ/都市圏面積(km/km²), $PGRP$ ：都市

圏一人当たり GRP（10 万ドル/人） t ：空港～新幹線駅の所要時間、 s_{ik} ：都市圏における当該空港の国際旅客者数シェアである。

現在、図-14 に示すように⁹⁾、関西空港は国土軸から外れている一方で、大阪空港に国土軸に極めて近い位置にある。このことから、国土軸により近い大阪空港に国際旅客機能を付加し、併せて大阪空港や新大阪の位置する大阪北部エリアでの公共交通の利便性を高めることで空港および地域の活性化の相乗効果が期待される。

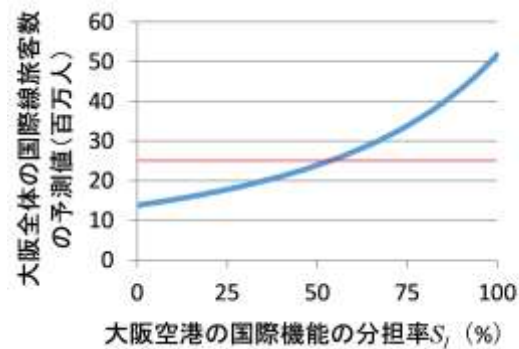


図-13 大阪の国際線旅客数の感度分析



図-14 大阪都市圏における国土軸を重視した交通機能配置の方向性

5. おわりに

本研究では、人口規模分布より各国の位置づけを行い、第二層都市群の中での大阪の特徴を示した。さらに空港利用に重点を置き、今後の交通インフラの活用策を考察した。以下に、本研究で得られた知見をまとめる。

明確な第二層都市が存在する国として、日本、韓国、台湾、フランス、イギリス、スペイン、ドイツ、アメリカ、ブラジルが挙げられる。パレート指数に基づき、大阪の比較対象都市として、釜山、高雄、バルセロナ、リヨン、マンチェスターを抽出し、工業都市や港湾都市としての共通性が高いことを明らかにした。「目的地として選ばれる」度合いを、都市圏人口当たりの国際旅客数で評価した結果、大阪が最も低い水準にあることが示された。人口当たりの国際旅客数への影響要因を分析した結果、国際交通インフラである空港と都市間交通インフラである新幹線駅との近接性が特に有意な影響を及ぼすことを明らかにした。大阪が国際旅客に「選ばれる」都市となるためには、国土軸を形成している新幹線との「国際・都市間連携」を重視した空港の活用が求められ、現在は国内機能に特化した大阪空港の国際化あるいは関西国際空港と高速鉄道との抜本的な近接性の改善が有効であることをモデル分析によって示した。

付録 都市成長モデルによるパレート指数の導出

適地度を考慮した動的成長モデルにおいて、都市 i の人口増加率は人口ストックと適地度に依存すると仮定する。時間 t における都市 i の人口の時間変化速度は式(a1)のように表現できる。

$$\frac{\partial P_i}{\partial t} = q \cdot \frac{(P_i - P_o + \eta_i)}{\sum_{j \in \Omega_t} (P_j - P_o + \eta_j)} \quad (\text{a1})$$

ここに、 P_i : 時間 t の都市 i の人口、 P_o : 都市成立の最小人口、 η_i : 都市 i の適地度、 q : 国の都市人口増加率、 Ω_t : 時間 t の国の全ての都市の集合である。

式(a1)の時間積分により、式(a2)のような都市規模のパレート分布が導かれる。ここで、べき乗の部分の $1+n \times m/q$ がパレート指数 α に相当する。

$$\Pr(x > P) \propto P^{-(1+n \cdot m / q)} \quad (\text{a2})$$

ここに、 m : 国の平均適地度、 n : 都市数の増加率

参考文献

- 1) 関西経済連合会、大阪商工会議所、京都商工会議所、神戸商工会議所、関西経済同友会：国土の新たな発展に向けて、2015、
- 2) 大阪府：データで見る「大阪の成長戦略」、2014、
<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/11876/00000000/data201407.pdf>
<http://www.kankeiren.or.jp/material/150319ikensho.pdf>
- 3) 関西経済連合会 関西都市圏における都市施策研究会：関西都市圏における都市施策の調査研究、
<http://www.kankeiren.or.jp/material/pdf/2009/110427kansaitoshikenhoukokusho.pdf>
- 4) 廣瀬茂夫：都市間競争の実相：地域ごとに目標を定めた戦略を描け、JRI レビュー = Japan Research Institute review, pp.101-120, 2013.
- 5) Parkinson, M. et al. : Second Tier Cities in Europe: In An Age of Austerity Why Invest Beyond the Capitals?, ESPON& European Institute of Urban Affairs, Liverpool John Moores University, 2013.
- 6) Roberts, B.H.: Managing Systems of Secondary Cities - Policy Responses in International Development, Cities Alliance, 2014.
- 7) DEMOGRAPHIA : DEMOGRAPHIA WORLD URBAN AREAS, 10TH ANNUAL EDITION REVISED AT MAY 2014.
<http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>
- 8) Kii, M., Akimoto K, and Doi, K. : Random-growth urban model with geographical fitness Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Elsevier, Volume 391, Issue 23, pp. 5960-5970, 2012
- 9) 大阪府：「公共交通戦略」について、
<http://www.pref.osaka.lg.jp/toshikotsu/senryaku/>

(2015.?? 受付)

A STUDY ON INTERNATIONAL AND INTERCITY CONNECTIVITY OF AIRPORTS AND HIGH-SPEED RAILS IN SECONDARY CITIES OF THE WORLD

Toshio YAGURA and Kenji DOI