

近畿圏における航空旅客の空港選択シミュレーションツールの開発

○笠谷直輝 村田忠彦 (関西大学)

Developing a Tool for Simulating Air Travelers' Airport Selection in Kinki Region

*N. Kasatani and T. Murata (Kansai University)

Abstract In this paper, we develop a tool for simulating air travelers' airport selection in Kinki Region, Japan. In this paper, Kinki Region includes four prefectures that are Osaka, Hyogo, Nara and Kyoto. That region has three airports, Osaka Airport, Kansai Airport and Kobe Airport. In order to share air travelers in this region, cooperation among these three airports is highly important. Since Osaka Airport and Kobe Airport locate near to the urban area of Kinki Region, it is important for Kansai University to take some actions to collect more air travelers. In this paper, we examine a policy for Kansai University to give low cost access by reducing the access fee to the airport by a simulation tool. We show the relation between the number of passengers and the access fee to the airport using our simulation tool in this paper.

Key Words: Social simulation, Statistical data, Traffic selection

1. はじめに

リーマンショックから世界的な景気後退により、日本の国内線の航空需要は減少傾向にある。近畿圏においても同様に、2006年までは、多少の変動はあるものの航空旅客数は増加、維持傾向であったが、2007年以降は明らかに減少傾向にある (Fig.1)。これらの原因として、景気後退に加えて、新幹線の整備が進められていることも理由の1つである。航空と新幹線の利用者比較では、運航頻度、切符の買いやすさ、申込期限、変更対応で新幹線の方に利便性が高く、特に航空旅客の4割以上を占めているビジネスマンにとっては、この点を重視する傾向にあると考えられる。航空業界では、2007年3月にオーストラリアのジェットスターが、LCC (Low Cost Carrier) として、国際線の定期便の運航を開始したのをはじめとして、各国のLCCが国際線を拡大している。2012年は、日本の国内線にもLCCが登場し、「LCC元年」と呼ばれ、交通手段の選択に変化が現れ、新しい顧客層を創出し、航空利用者が増加している。

近畿には、伊丹空港 (大阪国際空港)、関西空港、神戸空港の3つの空港があり。その中でも関西空港には、2012年3月にLCCのPeachが就航し、利用者の拡大がみられている¹⁾。しかし、関西空港は都市圏から距離が離れており、都市圏からのアクセス時間、アクセス料金は、ほかの近畿圏の空港と比較して、多くかかる。Fig. 2, Fig. 3は、近畿の各市区町村からアクセス時間が最小になる空港と、アクセス料金が最小になる空港をそれぞれ示したものであり、関西空港は、アクセス時間でもアクセス料金でも、最小になるエリアが少なく、利便性の面で課題がある。一方、近年のLCCの台頭により、空港利用者の獲得のため、関西空港アクセスの改善に力を入れる取り組みがなされている²⁾。

本研究では近畿圏の空港利用者の内訳の変化をシミュレートするツールを開発し、利用者獲得のための施策のシミュレーションを行う。具体的には、国土交通省が提供するアンケート調査³⁾を基に、近畿圏で実施されている鉄道の指定路線の割引額の変化

による影響、および都市圏からの高速アクセスの影響を検証し、利用者の誘致が期待されている関西空港における利用者推移のシミュレーションを行う。

本研究と同様の研究として、平成23年度関西国際空港高速アクセスに関する検討調査⁴⁾があげられる。アンケート調査を行い、需要予測モデルによって分析を行っている。また、綾城ら⁵⁾は利用者の行動特性やニーズを反映したモデルを構築し、羽田空港への空港アクセス改善施策の効果について分析し、主にバスを用いたアクセスの有効性について指摘している。栢元ら⁶⁾は、日本国内を移動する際の交通手段として、鉄道と航空路線を組み込んだ複数の経路を考慮し、幹線旅客流動の集計データを用いて経路選択モデルを提案している。山下⁷⁾らは、東京圏、大阪圏、北部九州の複数の空港が近接する都市圏において、複数の空港を選択可能な地域の利用者が空港にアクセスするための経路選択のモデルを構築している。財団法人関西空港調査会⁸⁾は、平成23年度航空需要創出研究会として、関西空港の旅客数増加のため、関西空港のアクセス改善やLCC就航の促進、関西空港と伊丹空港の連携を行うことで、潜在的な航空需要の掘り起こしと航空利用の促進の可能

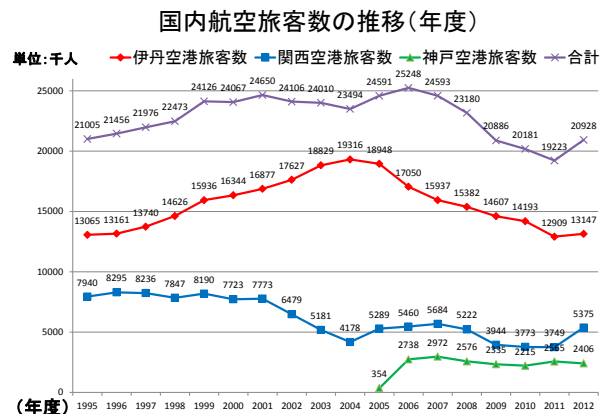


Fig.1 近畿圏の国内空港旅客数の推移

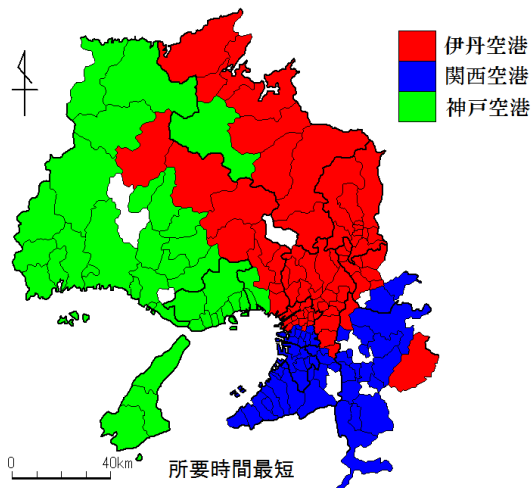


Fig.2 アクセス時間最小

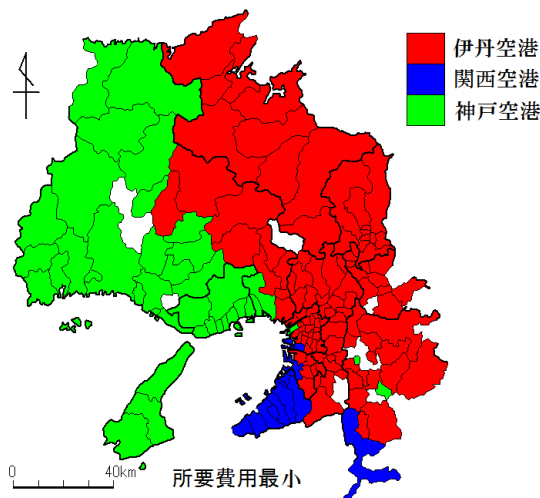


Fig.3 アクセス料金最小

性、利用促進を図るための方策について提案している。関西国際空港全体構想促進協議会⁹⁾は、大阪市に対して、国を代表する国際拠点空港の一つとして機能していくために、鉄道ネットワークの強化・改善、通行料金の低減、LCCの誘致や空港機能の強化を要望し、関西空港の発展に取り組んでいる。

2. システム

本研究では実験空間として、近畿の主要空港である伊丹空港、関西空港、神戸空港と大阪、京都、兵庫、奈良の2府2県に住所をもつ利用者を対象としてシミュレーションを行う。161の市区町村を、対象としている。エージェントが利用する駅は、Google Mapsを使用し、各市区役所から徒歩で一番近い駅を利用している。また、条件を同一とするため、国内線の利用者に対するアンケート結果を用いて、システムを構築している。統計データとしては、国土交通省のホームページに記載されている各市区町村から3空港への利用者数を利用している。なお、各市区町村から、3空港へのアクセス時間、アクセス料金、乗換回数に関しては、2013年12月02日正午時点のYahoo路線のデータを利用し、到着時間順、料金の安い順、乗換数順の3パターンを用意している。

2.1 エージェントの属性

本研究では、空港利用者をエージェント(i)として扱う。エージェントは、住所、住所から各空港(j)への移動方法、アクセス時間($Time$)、アクセス料金($Fare$)、乗換回数($Transfer$)のパラメータをもつ。アクセス時間、アクセス料金、乗換回数の単位はそれぞれ、分、円、回である。また、アクセス時間、アクセス料金、乗換回数に対して、エージェント個人の重みを設定する(X, Y, Z)。また、 X, Y, Z の合計が1になるよう設定する。この比重は、エージェントが何を重視して空港選択を行うかを表現しており、エージェントごとに値は異なっている。そのため、同じ地点から同じ目的地に向かって移動する時でも、アクセス時間、アクセス料金、乗換回数に対するコストはエージェントごとに異なる。また、エージェントは空港に対して魅力度($Charm$)をもつ。これは、実際の利用者の中に時間や料金にかかわらず、特定の空港を選択する利用者が存在するためである。Table 1 にエージェントのパラメータを示す。

2.2 空港選択

エージェント i は、自らがもつパラメータを利用して空港選択を行う。空港選択には式(1)のコストを使用する。式(1)をコストと呼び、コストは各空港 j に対して計算する。エージェントは、最小のコストを提示する空港を選択する。

$$Cost_{ij} = Charm_{ij} \times (X_i \times Time_{ij} + Y_i \times Fare_{ij} + Z_i \times Transfer_{ij}) \quad (1)$$

また、エージェントのアクセス料金、アクセス時間、乗換回数を0から1に正規化している。2013年12月02日正午時点のYahoo路線のデータを用いると、アクセス料金の最大値は7340円、アクセス時間の最大値は340分、乗換回数の最大値は6回であった。各エージェントの最寄りの駅からのコストは、これらの最大値を用いて正規化した。したがって、乗換1回に対応するアクセス料金は約1223円、アクセス時間は約57分と同等になる。これらのコストにエージェントごとに合計が1になる重み(X, Y, Z)を用いて計算した重み和に魅力度 $Charm_{ij}$ を乗じてコストを計算する(Table 2)。

2.3 エージェントの属性の調整

国土交通省が公表している各市区町村から各空港への利用者数と、シミュレーションから得られたデータを比較することで現実のデータに合致するようにシミュレーション内のパラメータを調整する。まず、シミュレーションで行った各市区町村の利用者数が統計データと合致するか比較する。合致しない場合、各空港への利用者数の過不足数を算出する。計算の結果、対象となる市区町村から利用者が不足している空港の魅力度を全エージェントに対して高めることで調整を行う。ここで魅力度は式(1)の各コストの重み和に対して掛ける係数なので、魅力度を高めることは、 $Charm_{ij}$ の値を小さくすることである。

Table 1 エージェントのパラメータ

| 保持情報 | 備考 | パラメータ |
|--------|--|-------|
| 住所 | 大阪、京都、神戸、奈良の2府2県内の市区町村 | — |
| 目的空港 | 伊丹空港、関西空港、神戸空港 | — |
| アクセス時間 | 市区町村から3空港への移動に掛かる時間(分)を最小値～最大値で正規化 | 0～1 |
| アクセス料金 | 市区町村から3空港への移動に掛かる運賃(円)を最小値～最大値で正規化 | 0～1 |
| 乗換回数 | 市区町村から3空港への移動に掛かる乗換回数(回)を最小値～最大値で正規化 | 0～1 |
| 魅力度 | 3空港への魅力度 伊丹空港の係数+ 関西空港の係数+ 神戸空港 =1 | 0～1 |

Table 2 パラメータの最小値, 最大値

| | アクセス料金(円) | アクセス時間(分) | 乗換回数(回) |
|-------|-----------|-----------|---------|
| 最小値 | 0 | 0 | 0 |
| 最大値 | 7340 | 340 | 6 |
| 単位当たり | アクセス料金(円) | 0.04632 | 0.00082 |
| | アクセス時間(分) | - | 0.02 |
| | 乗換回数(回) | 1223 | 57 |

これらの計算を各市区町村から各空港への利用者数が統計データとシミュレーションデータで合致するまで継続し (t 回), 最終的なパラメータを保存する. また, 魅力度 $Charm_{ij}$ を変更する際, 統計データと合致するまで 0.0001 刻みで魅力度係数を小さくする. t 回目で合致する時, 各エージェントの魅力度は以下の式のように更新されることになる.

$$Charm_{ij} = Charm_{ij} - 0.0001 \times t \quad (2)$$

3. シミュレーション

3.1 割引切符

システムで同定したエージェントのパラメータを利用し, 南海電鉄と各電鉄企業の事業で行われている割引切符⁶⁾の料金を値下げした時の空港利用率の変化を調べる. 南海電鉄は, 大阪市営地下鉄と提携して関空ちか得きっぷ, 阪急電鉄と提携して京都アクセスきっぷ, 阪神電車と提携して神戸アクセスきっぷ, 近鉄電車と提携して奈良アクセスきっぷを発売している. 以下のシミュレーションでは, これらの割引切符を利用可能な駅を利用する市区町村の全エージェントは割引切符を利用する. 対象となる駅を利用できるエージェントのうち, 大阪, 兵庫, 奈良に住居を持つエージェントはなんばで, 京都に住居をもつエージェントは天下茶屋で乗換を行う. なお, 神戸アクセスきっぷについては, 現在のところ, 関西空港から神戸方面のみの利用となっており, 神戸方面から関西空港への利用はできなくなっているが, 以下のシミュレーションでは, 片道のみシミュレーションを行っており, 神戸方面の利用者は,

割引切符を利用できるものとしている. Fig. 4 から Fig. 6 に割引切符が利用できる時の利用者の変化を示す. 図では, 市区町村ごとに, そのエリアからの利用者数が最大になる空港の色を付け, その割合に応じて, 色の濃さを変化させている. 図から大阪市内, 奈良市内, 西宮市内で関西空港利用者の増加が確認できた. また, 通常運賃で空港を選択する場合, 割引切符の価格で空港を選択した場合, 割引切符から値引きした価格で空港を選択した場合の関西空港の利用者数の増加を Table 3 に示す. Table 3 から割引率を, 大きくすることで, 関西空港の利用者を増やせることが確認できた. 兵庫県, 奈良県についてはなんば乗換となるため, なんばまで乗り換えなしで行くことができる市区町村で特に効果がみられた.

前述のシミュレーションでは, 割引切符を利用可能な駅の最寄り駅に住むすべてのエージェントが割引切符を利用できるものとした. しかし, 実際には, 全ての利用者が割引切符の存在を知っているわけではない. 特に, 関西空港の切符売り場では, 割引切符の存在がわかりやすく説明されているが, エージェントの最寄り駅では, 関西空港に行くための割引切符の広報が行われているわけではないため, 割引

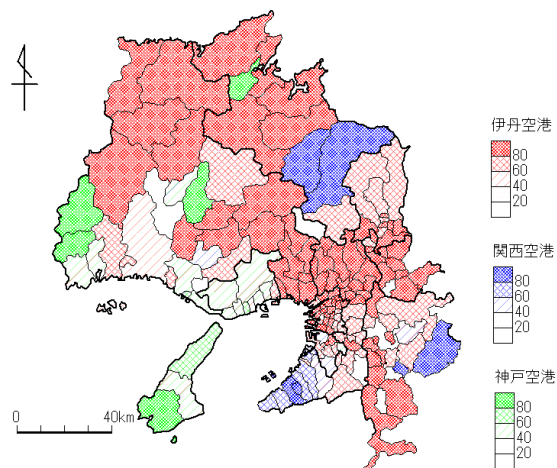


Fig.4 現行の利用率 (割引切符未使用)

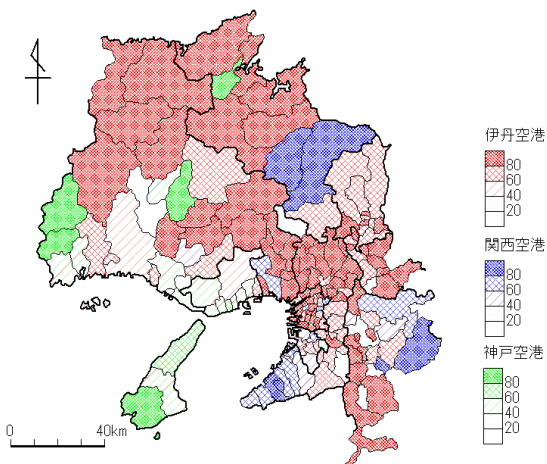


Fig.5 割引切符利用した利用率

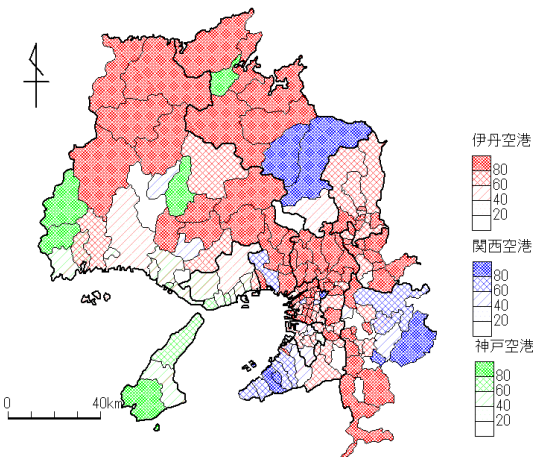


Fig.6 割引切符からさらに 200 円下げた利用率
Table 3 関西空港利用率と利用者増加数の推移

| 利用運賃 | 関西空港利用率 50%以上 | 利用者増加数(年間)/人 |
|----------|------------------|--------------|
| 通常運賃 | 15 (13.4%) | - |
| お得意っぷ 現行 | 20 (17.9%) | 171185 |
| ¥-100 | 20 (17.9%) | 189800 |
| ¥-200 | 26 (23.2%) | 210970 |
| ¥-300 | 39 (34.8%) | 240170 |
| ¥-400 | 54 (48.2%) | 271560 |

対象市区町村:112

切符を利用せずに関西空港に行き、復路でその存在に気づく利用者も多いと思われる。そこで、割引切符を利用するエージェントの比率を 100%、70%、50%、30%、10%としそれらを認識率とする。そして、割引切符、割引切符から 100 円の値引き、200 円の値引きの 3 パターンを用意し、現行の利用率(割引切符未使用)から各 3 パターンに変化した時に、割引切符利用による収入がどのように変化するかをシミュレートした。これは、割引切符によって利用者が増加しても単価が下がるため、収入が増加するとは限らないため、Fig.7 に通常運賃の際の収入と比較して、割引切符を利用した場合とさらに値下げを行った場合について、認識率と収入額の関係を示す。Fig.7 から収入の面では、現行の割引切符を採用し、全エージェントが利用するパターンで一番収入があることがわかった。また、認識率が下がった場合でも、現行の割引切符の価格が、ほかの 2 パターンを上回っており、収入を考えた場合、現在の割引切符の料金が一番適正だということがわかった。割引切符から 200 円値引きした場合、関西空港への利用者を増やすことはできるが、収入を考えた場合、認識する割合が増えるほど赤字になってしまうことが確認できた。

3. 2 高速アクセス

システムで同定したエージェントのパラメータを利用し、大阪、新大阪、なんばのいずれかの駅から関西空港への高速アクセスを仮定し、シミュレーションを行う。また、所要時間は 10 分、20 分、30 分、

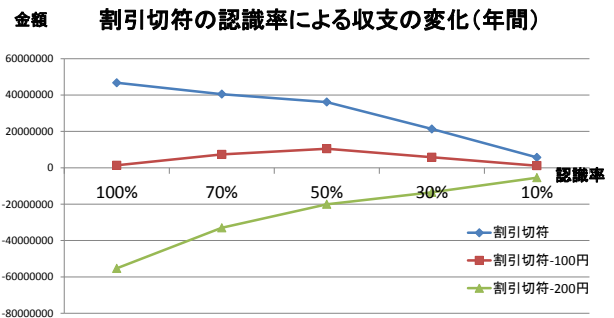


Fig.7 割引切符の認識率による収支の変化

料金は、1000 円、2000 円、3000 円を仮定している。Table 4 に、新たに高速アクセスができた場合の駅の場所、所要時間、運賃の組み合わせ (27 通り) を示す。Fig.8, Fig.9, Fig.10 は、それぞれ大阪駅、新大阪駅、なんば駅から関西空港までの高速アクセスを仮定したシミュレーション結果である。Fig.8 では、大阪駅とその周辺の市区町村で利用者の増加が期待される。Fig.9 において、新大阪駅は大阪駅より周辺利用者数が少ないため、大阪駅と比較して利用者数は減少した。Fig.10 においては、なんばは大阪駅の南側にあるため、大阪市の北側からなんばにかけて増加すると考えられたが、大阪駅と比較して範囲は広がらなかった。また、Fig.11 は、国土交通省が平成 23 年度に実施した関西国際空港高速アクセスに関する検討調査に報告されていた図を引用している。Fig.8 と Fig.11 では条件をほぼ同一としたため、同様に大阪駅周辺で利用者の増加が期待できるが、Fig.11 では大阪府南部や和歌山でも増加している。これは、大阪駅から関西空港までの高速アクセスをシミュレーションしているため、今回の実験では大阪南部からの利用者は含まれていない。Table 5, Table 6, Table 7 では、大阪駅、新大阪駅、なんば駅からパラメータを変化させた時の利用者数の変化を示している。これらの結果から、条件が同じであるならば、大阪駅の利用者が一番多くなることが分かった。また、なんば駅で、運賃が 1000 円の時は大阪駅とほぼ同様の利用者数だが、値段が上がるにつれて、急激に利用者が少なくなっている。これは、3 つの駅で一番関西空港に近いことが原因だと考えられる。運賃が高くなることで高速アクセス以外の方法で関西空港に行くようになったためだと考えられる。

4. おわりに

本稿では、空港利用者のシミュレーションを行うツールを作成し、関西空港利用促進のための事業である鉄道の割引切符の割引金額を変えてシミュレーションを行った。さらに、主要都市である大阪、新

Table 4 関西空港へのアクセスの組み合わせ

| | |
|------|-------------------------|
| 結節点 | = {大阪(梅田), 新大阪, なんば} |
| 所要時間 | = {10分, 20分, 30分} |
| 運賃 | = {1000円, 2000円, 3000円} |

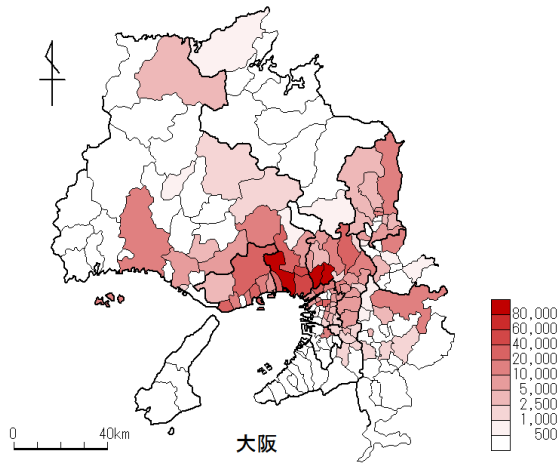


Fig.8 高速アクセスによる利用者増加数（年間）
大阪—関西空港 10分，1000円

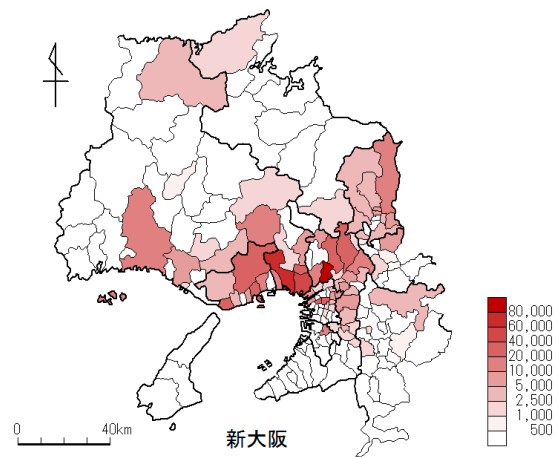


Fig.9 高速アクセスによる利用者増加数（年間）
新大阪—関西空港 10分，1000円

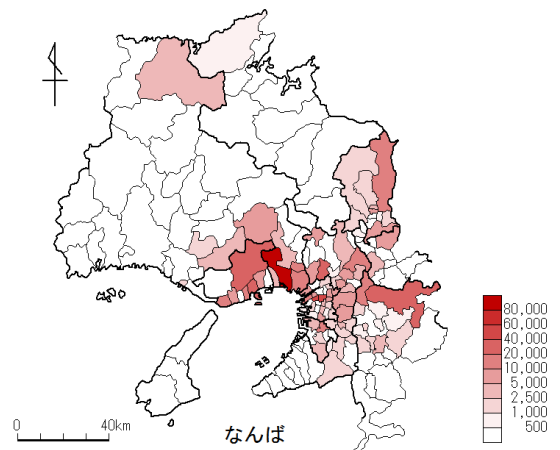


Fig.10 高速アクセスによる利用者増加数（年間）
なんば—関西空港 10分，1000円

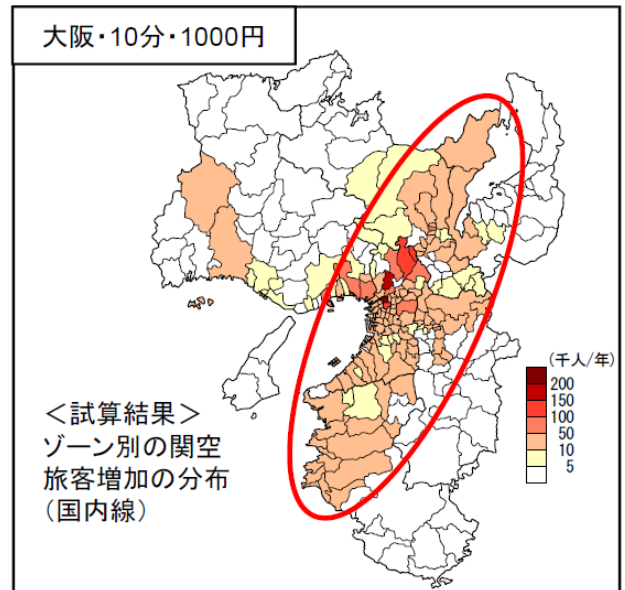


Fig.11 平成23年度 関西国際空港
高速アクセスに関する検討調査 調査概要の図

Table 5 大阪—関西空港間の高速アクセス変化

| 所要時間 | 10分 | 20分 | 30分 |
|-------|--------|-------|-------|
| 1000円 | 113880 | 99280 | 84680 |
| 2000円 | 78110 | 70080 | 57305 |
| 3000円 | 64970 | 55480 | 49275 |

単位：人

Table 6 新大阪—関西空港間の高速アクセス変化

| 所要時間 | 10分 | 20分 | 30分 |
|-------|-------|-------|-------|
| 1000円 | 79205 | 68620 | 59495 |
| 2000円 | 61685 | 53655 | 43435 |
| 3000円 | 50005 | 42705 | 37960 |

単位：人

Table 7 なんば—関西空港間の高速アクセス変化

| 所要時間 | 10分 | 20分 | 30分 |
|-------|--------|-------|-------|
| 1000円 | 104390 | 87235 | 70080 |
| 2000円 | 61685 | 48910 | 38690 |
| 3000円 | 44895 | 37230 | 27740 |

単位：人

大阪，なんばと関西空港間に高速鉄道が敷設された場合を仮定し，シミュレーションを行った．割引切符では，伊丹空港と比較して都市圏から関西空港へアクセスするには料金，時間がかかるため利用率が低く，料金を下げても関西空港の利用者はなかなか増加しないことがわかった．さらに料金を下げすぎると，利用者は増加するが，それ以上に料金の安さが響いて収入が悪くなるという結果を得た．なお，現在のツールでは，空港利用者のみを対象としたシミュレーションとなっているため，現在の空港利用者数の中での内訳の変化が表現されているのみであることに注意が必要である．したがって，LCC の就航による鉄道旅客から航空旅客への変動

を考慮するとより多くの利用者を獲得できる可能性がある。また、高速アクセスに関しては、国土交通省の調査概要とほぼ同様の結果を得ることができた。特に大阪駅から関西空港への高速アクセスを実現することで、伊丹空港、神戸空港から関西空港へ誘致できる利用者数が一番効果的だということが確認できた。

今後の課題としては、利用者の属性を考慮し、利用者の利用目的をモデル化し、シミュレーションに組み込みたい。また、最終目的地を利用者に選択させることで新幹線利用者と航空利用者のモデルを作成し、航空利用に誘致できる施策を考え、シミュレーションを行うことやLCCの拡大に伴う航空旅客の増加についても検討していきたい。また、航空機の便の頻度、航空機の運賃も考慮したシミュレーションを行うことでシミュレーションの精度の向上が望まれる。

参考文献

- 1) 近畿財務局 Gateway 関空から地域活性化への道筋, <http://kinki.mof.go.jp/content/000012958.pdf>
- 2) 関西国際空港全体構想促進協議会, 関空のゲートウェイ（出入国拠点）機能の強化に向けて, http://www.fly-kix.jp/association/promotion_project.html, 2014年1月アクセス
- 3) 国土交通省, 平成22年度航空旅客動態調査・集計結果, http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk6_000001.html, 2014年1月アクセス
- 4) 国土交通省, 「平成23年度 関空高速アクセスに関する検討調査」の調査結果, http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku18_hh_000019.html
- 5) 綾城本祐, 久保田勤, 小島建太, 齊原潤, 羽田空港アクセス交通需要予測モデルの構築と改善施策の検討に関する調査, 研究運輸政策研究 Vol.9 No.34 Autumn (2006)
- 6) 榎元淳平, 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, 土木計画学研究論文集, 20, 1, 443/448, 9月(2003)
- 7) 山下良久, 井上真志, 早崎詩生, 石倉智樹, 複数空港地域における航空旅客の空港選択に関する研究, 土木計画学研究・講演集, vol139, CD-ROM, (2009)
- 8) 一般財団法人関西空港調査会, 平成23年度 航空創出研究会 報告書, <http://www.kar.or.jp/H23passenger.pdf>
- 9) 大阪市, 関西国際空港の機能強化に関する要望書, <http://www.city.osaka.lg.jp/hodoshiryo/cmsfiles/contents/0000089/89357/youbousyo.pdf>
- 10) 大阪市, 京都市, 南海電気鉄道株式会社, 阪急電鉄株式会社, 関西国際空港株式会社, 国土交通省近畿運輸局, 関西国際空港～大阪～京都間の新たなアクセス手法の提案について～関西から日本の元気を発信します～, <http://holdings.hankyu-hanshin.co.jp/ir/data/ER201105094N4.pdf>, 平成23年5月9日