

国際交通分析における利便性指標としての 積み上げ所要時間に関する研究

中川 大¹・波床正敏²・伊藤 雅³・西澤洋行⁴

¹正会員 工博 京都大学大学院助教授 工学研究科土木システム工学専攻 (〒606-01 京都市左京区吉田本町)

²正会員 博士(工学) 大阪産業大学助手 工学部土木工学科 (〒574 大阪府大東市中垣内3-1-1)

³正会員 博士(都市・地域計画) 京都大学大学院助手 工学研究科土木システム工学専攻

⁴学生会員 京都大学大学院 工学研究科土木システム工学専攻

交通需要予測や空港選択など国際間交通について分析する際に、空間的抵抗を表す指標としてこれまで用いられてきた「所要時間」は、定義が不明確である上、必ずしも適切に利便性を反映したものはなっていないという問題点があった。そこで本研究では、国際交通の分析のための指標として、地点間の期待所要時間を意味する「積み上げ所要時間」の考え方に着目し、まず空港選択モデルと海外出国者発生量モデルを構築することによって、この指標の有効性を示す。そのうえで、これを用いて国内各都市の国際交通の利便性についての分析を行う。

Key Words: piled-up-traveling-time, international transportation, accessibility index

1. はじめに

交通需要予測や空港選択など、国際間の交通を取り扱う分析では、多くの場合において空間的抵抗として「所要時間」が用いられている。しかしながら、都市間の所要時間は、後述するように定義が不明確であり、特に国際交通のようにフリークエンシーや乗り換え待ち時間など、直接の乗車時間以外の要因が大きなウェイトを持つ交通の分析においては、モデルの指標として用いることができるような有効な定義が示されていない。

一方、都市間の空間的抵抗を表す指標としては、「積み上げ所要時間」¹⁾がいくつかの点で優れていることが示されている^{2),3)}。この指標は、地点間の「期待所要時間」を意味するものであり、国際交通分析においても、地点間の空間的抵抗を表現できる一つの指標であると考えられる。そこで本研究では、まずこの指標の国際交通分析における有効性をモデル分析によって示し、次にその指標を用いて国内各都市における国際交通の利便性についての分析を行う。

なお、「積み上げ所要時間(期待所要時間)」の定義は、本研究の3.でも述べているが、詳しくは文献1)に示されている。

2. 所要時間を算出するうえでの国際交通の特徴

表-1に、所要時間を算出する際に踏まえておく必要のある国際交通の特徴を、都市内交通及び国内の都市間交通と比較して整理した。この表にも示しているように、本来「所要時間」とは便ごとに定まるものであって、「地点間の所要時間」という定まった値が存在するわけではない^{4),5)}。都市内交通の分析において、ある一定の値(例えば、ゾーン間の所要時間として一般に t_{ij} と表されているものなど)が地点間の所要時間として用いられているのは、都市内交通では表-1に示したように、便による所要時間の変動や経路・モードの変動が小さいと仮定しても分析上大きな問題とならないからである。また、乗り換え待ち時間を運行間隔の1/2とするような方法が可能なもの、フリークエンシーが高く、しかも運行間隔の変動が少ないからである。これに対して、国際交通(国内各都市から海外への交通を指すものとし、国際空港へのアクセスのための国内の都市間交通を含む)においては、所要時間が最も小さくなる経路やモードは時刻によって変動し、それに伴って所要時間も大きく変動しているため、ある特定の経路の特定の便の値を用いて地点間の所要時間を特定するのは適切ではない。

表-1 所要時間を算出するうえでの国内交通と国際交通の特徴

	都市内交通	都市間交通	国際交通 ^{注2)}
各便の所要時間 ^{注1)}	便による所要時間の変動は小さい。	便によって所要時間が変動する。特に乗り換えが生じる場合に変動が大きい。	便によって所要時間が変動する。特に空港での待ち時間による変動が大きい。
経路及びモード	所要時間が最短となる経路及びモードは出発時刻による変化が少ない。	所要時間が最短となる経路やモードは、出発時刻によって変化する場合も多い。	出発時刻・曜日によって所要時間が最短となる出国空港は変化し、またその出国空港に至るまでの経路とモードも出発時刻によって変化する。
フリークエンシー ^{注3)} (先着便の本数)	フリークエンシーは比較的高く、運行間隔の変動も少ないため、出発までの調整時間の変動幅も小さい。	新幹線など一部を除きフリークエンシーが低く、運行間隔の変動幅も大きい。また、出発までの調整時間の変動も大きい。	フリークエンシーはきわめて低い。国内におけるアクセスのフリークエンシーが低い場合には、実質的なフリークエンシーは国際便の便数よりさらに小さくなる。
乗り換え待ち時間	全体的に小さく、また待ち時間の変動幅も小さい。	経路、時間帯などにより異なり、場合によっては数時間の待ち時間が必要となる。	変動が大きく、発都市によっては、空港までのアクセス途中で宿泊を要する場合も少なくない。
「地点間の所要時間」を表す指標の条件	特定のモードによる特定の経路の最短所要時間を「地点間の所要時間」として採用しても、分析上特に問題のない場合が多い。	出発時刻によって所要時間が異なる上、所要時間が最短となるモードや経路が変化することを考慮する必要がある。また、運行間隔の1/2を待ち時間とするような仮定は妥当ではない。	都市間交通と同様の特徴を考慮する必要があるほか、国際便搭乗の前日に出発しなければならない場合があることなどによる所要時間の増大も考慮する必要がある。

- 注1) 表中の「所要時間」は、ある便に乗ったときに出発から到着までに要する時間を指している。本来「所要時間」は、便ごとに定まるものであって、「地点間の所要時間」という定まった値が存在するわけではない。
- 注2) 「国際交通」は、国内の出発地から海外の目的地までの交通を指すものとし、国内の出発地から出国空港までの国内の都市間交通を含むものとして捉えている。
- 注3) 都市間交通のフリークエンシーの定義も一般には明確ではない。例えば、のぞみ、ひかり、こだまや航空機などが混在する東京大阪間の場合、何をもってフリークエンシーと呼ぶかは明確ではない。ここでは、フリークエンシーの正確な定義として、先着便の本数を用いている。先着便とは、その便よりあとに出発して先に到着する他の便のない便のことである。

表-2 空港選択モデルに用いた変数

	説明変数
モデル1	最短所要時間・便数
モデル2	(その1) 積み上げ所要時間・便数 (国際空港まで)
	(その2) 積み上げ所要時間・有効便数 (国際空港まで)
モデル3	積み上げ所要時間 (海外空港まで)

注) モデル2(その1)は、モデル1と比べて、所要時間の変数のみを代えることによって積み上げ所要時間の有効性を検証するためのものである。
 モデル2(その2)は、さらに便数に代えて有効便数を用いるものである。
 有効便数とは、積み上げ所要時間算出の際に得られる、国内各都市から海外空港までの先着便の頻度を表したもので、モデル1に用いた便数よりも、現実に近い頻度を表すことのできる指標である。

表-3 空港選択モデルのモデル式

$$P_{j,i \rightarrow k} = \frac{\exp[V_{j,i \rightarrow k}]}{\sum_j \exp[V_{j,i \rightarrow k}]}$$

ただし、
 $P_{j,i \rightarrow k}$: 発地 i , 目的海外空港 k の場合の j 出発空港のシェア
 $V_{j,i \rightarrow k} = \sum_l \theta^l X_{j,i \rightarrow k}^l$
 $X_{j,i \rightarrow k}^l$: i, j, k に対応する l 番目の変数
 θ^l : l 番目の変数にかかるパラメータ

3. 「積み上げ所要時間」の有効性の検証

(1) 空港選択モデルによる検証

まず、国際交通分析に積み上げ所要時間を用いることの有効性を、表-2にモデル1~3として示した空港選択モデルの説明力を比較することによって検証する。これら

そこで本研究では、各便の所要時間や運行頻度も考慮して定義される「積み上げ所要時間(期待所要時間)」を用いて国際交通の分析を行い、従来型の指標と比較する。

表-4 空港選択モデルの構築結果

変数	上段：パラメータ 下段：t値			
	モデル1	モデル2		モデル3
		(その1)	(その2)	
最短所要時間(分)	-0.0179 -15.80	—	—	—
積み上げ所要時間(分) (国際空港まで)	—	-0.0105 -18.04	-0.0113 -17.57	—
積み上げ所要時間(分) (海外空港まで)	—	—	—	-0.0021 -15.58
便数 (便/週)	0.0466 16.19	0.0513 16.26	—	—
有効便数 (便/週)	—	—	0.1213 16.32	—
サンプル数	752	752	752	752
尤度比	0.227	0.320	0.387	0.277
的中率 (%)	59.2	67.0	70.2	69.6

表-5 海外出国者発生量モデルの構築結果

	回帰式 ()はt値	決定係数
モデルA	Y = 0.5248 X + 0.1987 (23.08) (4.97) Y : ln(都道府県人口千人あたり出国者数) X : 空港選択モデル1より算出されたパラメータを用いて求めたアクセシビリティ指標	0.508
モデルB	Y = 0.4337 X + 0.8149 (26.96) (27.13) Y : ln(都道府県人口千人あたり出国者数) X : 空港選択モデル2(その2)より算出されたパラメータを用いて求めたアクセシビリティ指標	0.585
モデルC	Y = -2.7397 X + 20.175 (-25.49) (26.43) Y : ln(都道府県人口千人あたり出国者数) X : ln(積み上げ所要時間 (分))	0.558
考察	空港までのアクセシビリティを表す指標としては、最短所要時間を用いた場合よりも積み上げ所要時間を用いた場合の方が高い説明力を持っているといえる。また、モデルCがモデルAより高い決定係数となっていることから、積み上げ所要時間そのものがアクセシビリティを表す指標として有効であると考えられる。	

のモデルは、国内 47 都道府県に居住する人々が海外 16 目的地へ向かう際に選択する出国空港 (全国 12 空港) を説明するロジットモデルで、そのモデル式を表-3 に示す。

また、各モデルにおいて用いている所要時間指標の定義はそれぞれ下記のとおりである。

◆ 最短所要時間(モデル1で使用)

各リンクにおける最小の所要時間をそのリンクの所要時間としたネットワークにおいて、最短経路を求めたもの。従来の多くの国際交通分析や都市間交通分析において用いられてきた指標である。一般に最短所要時間と呼ばれるため本研究でもこの呼称を採用するが、厳密な定義による地点間の最短所要時間とは異なるものである¹⁾。

◆ 積み上げ所要時間 (期待所要時間)

各時刻において、目的地に最も早く到着するために要する時間を、出発便の時刻までの待ち時間を含めて算出し、それを平均したもの¹⁾。各時刻における実際の所要時間を平均したものであるため、出発時刻をランダムにとった時の期待所要時間と言い換えることもできる。地点間の所要時間の定義の一つであり、各便の所要時間が小さいほど小さい値となり、運行頻度が高いほど小さい値となるという特徴を持つ。また、接続の利便性など乗り換え時間の大小も反映される。ただし、国際交通においては、時差の関係で適当な出発時刻が限られる場合があることなどから、この指標が実際の利便性をそのまま反映していると直ちにいうことはできない。そこで、本研究では数値モデルによって上述の最短所要時間と比較することによって有効性を検証する。積み上げ所要時間は、任意の2地点で算出することができ、本研究では以下の2通りで求めている。

◆ 国際空港までの積み上げ所要時間(モデル2で使用)

国内各都市から成田空港・関西空港などの各国際空港を目的地とした場合の積み上げ所要時間。算出時間帯は1日(24時間)で、10分ごとに所要時間の値を算出し、その24時間の平均値を用いている。

◆ 海外空港までの積み上げ所要時間(モデル3で使用)

国内各都市から各海外空港を目的地とした場合の積み上げ所要時間。国内でのアクセスのための所要時間と国際空港での待ち時間、国際便の所要時間を含むものである。ここでの算出時間帯は、国際航空便の曜日変動を考慮して1週間としている。すなわち、10分ごとに所要時間を算出し、その1週間の平均値を用いている。

なお、所要時間の算出にはJR時刻表(1990年3月)、旅客データには国際航空旅客動態調査【運輸省航空局】(1989年)を用いた。

また、所要時間は各都道府県の県庁所在都市の中心駅を出発地として計測しており、国際空港へのアクセスのための所要時間はすべて、鉄道・国内航空・バス・船舶等の公共交通機関を利用した場合の値を用いている。

以上の指標を用いた3つのモデルの構築結果を表-4に示す。国際空港までの積み上げ所要時間と国際便の有効便数を用いたモデル2(その2)の説明力が最も高く、海外空港までの積み上げ所要時間のみを用いたモデル3でも、最短所要時間と便数を用いたモデル1より説明力が高いという結果が得られた。

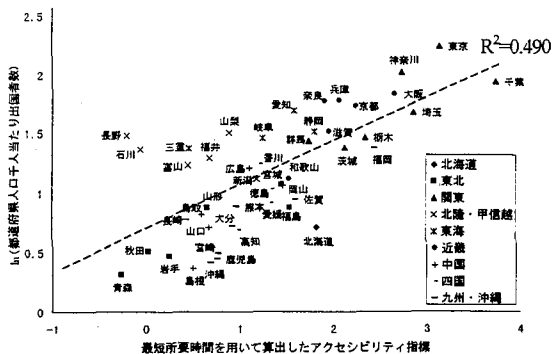


図-1(1) モデルAにおけるシンガポールへの
出国者発生量回帰分析結果

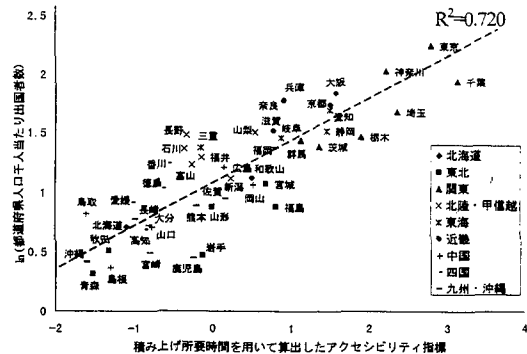


図-1(2) モデルBにおけるシンガポールへの
出国者発生量回帰分析結果

(2) 海外出国者数との相関分析による検証

大都市部と地方部における人口あたりの海外出国者数の格差を分析する場合などにおいては、各都市から海外都市までの利便性（アクセシビリティ）を表す指標が重要な役割を持つが⁹⁾⁹⁾、この海外への利便性を直接示す指標として定着したものはなく、森地・屋井ら¹⁰⁾によって空港選択モデルから算出されるログサム変数を用いたアクセシビリティ指標が最も精緻なものであるといえる。しかしながら、この指標においても都市間の所要時間には最短所要時間が用いられているため、アクセス交通の利便性を十分に説明できていない可能性がある。そこで、最短所要時間、積み上げ所要時間両指標を用いて、海外への利便性と出国者数の関係を表す回帰モデルを作成して比較する。モデルは1990年における国内47都道府県から11海外目的地への出国者数を被説明変数とする単回帰モデルである。本節においても3種類のモデルを構築するが、このうちモデルA、モデルBにおいては、(1)の空港選択モデルから得られたパラメータを用いて、式(1)によって算出したアクセシビリティ指標を説明変数としている。

$$AV_{i \rightarrow k} = \ln \left(\sum_j \exp[V_{j,i \rightarrow k}] \right) \quad (1)$$

ただし、

$$V_{j,i \rightarrow k} = \sum_l \theta^l X^l_{j,i \rightarrow k}$$

$X^l_{j,i \rightarrow k}$: i, j, k に対応する l 番目の変数

θ^l : 空港選択モデルより得られるパラメータ

(モデルAでは空港選択モデルのモデル1より、またモデルBでは空港選択モデルのモデル2(その2)より算出されたパラメータを用いている。)

また、積み上げ所要時間はそれ自体がフリークエンシー

ーや乗り換え時間も含めたアクセシビリティを表現しているため、式(1)のようなログサム変数を用いなくても、1指標のみで分析を行うことができる可能性がある。そこでモデルCとして、海外までの積み上げ所要時間と出国者数との単回帰モデルを構築した。

表5に示した構築結果より、まずモデルAとモデルBを比較すると、空港選択モデルと同様、積み上げ所要時間を用いたモデルBの方が最短所要時間を用いたモデルAよりも良好となっており、積み上げ所要時間の有効性を示す結果が得られた。

さらに、このような結果を得ることができる理由を具体的に示すため、各県の出国者数のデータとアクセシビリティ指標との関係を調べた。図-1(1)、図-1(2)は、海外目的地をシンガポールに限定して、モデルA、Bと同様の回帰を行った場合の結果を示したものである。両図の縦軸は各県からの実際の出国者数であり、横軸は(1)図では最短所要時間を用いた場合のアクセシビリティ指標、(2)図では積み上げ所要時間を用いた場合のアクセシビリティ指標である。両図を比較すると、北海道、高知、島根、沖縄などは、(1)と比較して(2)では左側にスライドすることによって回帰直線に近づき、逆に愛知、岐阜、山梨、長野、石川などは右側にスライドすることによって回帰直線に近づいている。すなわち、前者のグループは最短所要時間を用いるとアクセシビリティ指標の値が回帰直線より大きく算出されるグループで、後者は小さく算出されるグループであるが、積み上げ所要時間ではそれぞれ回帰直線に近づく値が算出されている。前者は国際空港へのアクセスが主に航空機のみとなるグループであり、後者はよりフリークエンシーの高い鉄道でのアクセスも可能となるグループであることを考えると、積み上げ所要時間は、このようなフリークエンシーを含めた地点間の利便性を表現していることによって説明力が高まっていることがわかる。

一方、海外までの積み上げ所要時間との回帰モデルで

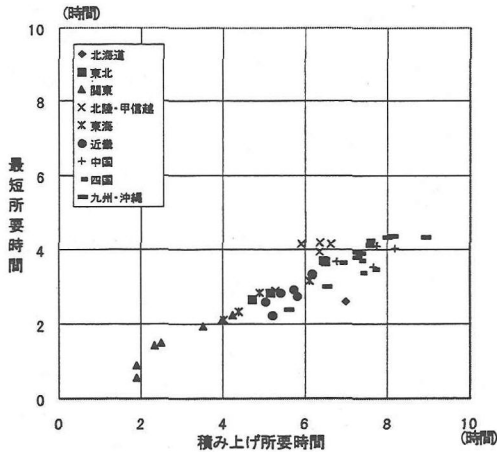


図-2(1) 成田空港への最短所要時間と積み上げ所要時間

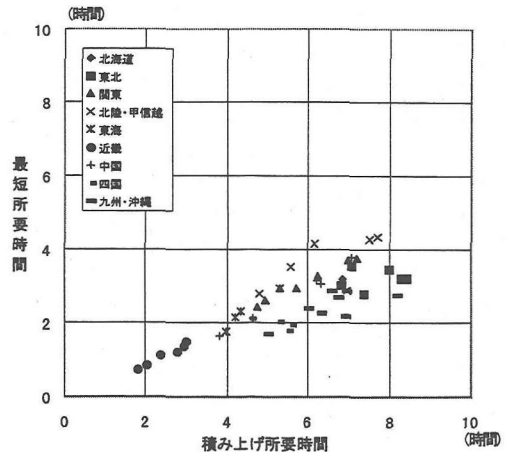


図-2(2) 関西空港への最短所要時間と積み上げ所要時間

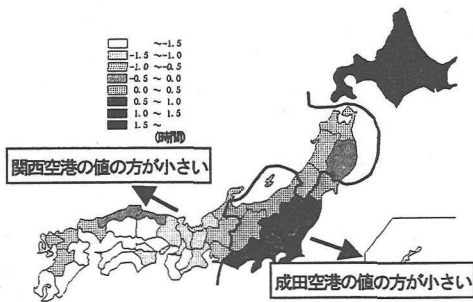


図-3(1) 最短所要時間の差(関西-成田)

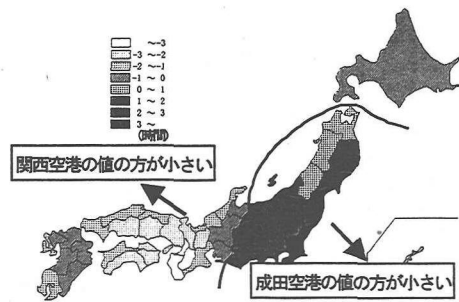


図-3(2) 積み上げ所要時間の差(関西-成田)

あるモデルCをみると、表-5に既に示したようにモデルAよりも高い決定係数が得られている。モデルBよりも低いものの、パラメータ推計などを必要としない単独の指標であり、積み上げ所要時間そのものがアクセシビリティを表す指標になっていると考えることができる。

以上、空港選択モデルと海外出国者発生量モデルの分析結果は、いずれも積み上げ所要時間が国際交通分析における地点間の所要時間を表す指標として有効であることを示すものであり、以下では積み上げ所要時間を用いて、いくつかの視点からの分析を行うことによってさらにこの指標の特徴を示す。

4. 国際空港への利便性分析

(1) 分析の内容

各都市から成田空港や関西空港へのアクセスの利便性は、従来の定義による「最短所要時間」より「積み上げ所要時間」の方がよりよく反映していることを前章のモデル分析によって示した。以下ではさらに、これらの指標を用いて国内各都市から国際空港までの利便性を比較

する。

(2) 最短所要時間と積み上げ所要時間の比較

図-2(1)、(2)に、全国47都道府県所在都市からの、1995年における成田空港、関西空港への「最短所要時間」と「積み上げ所要時間」を比較した図を示す。これらの図を見ると、「最短所要時間」は、成田空港における関東地方や関西空港における近畿地方の各都市を除くと、ほぼ2~4時間に集中しているのに対し、「積み上げ所要時間」においては値の広がりが大きくなっている。これは、「最短所要時間」では遠隔地においても便数の少ない航空機による所要時間がそのまま反映されるため、各都市の違いが生じないのに対して、「積み上げ所要時間」では、頻度の大小や、出発時刻による経路の変化を考慮していることにより、各都市の差が表現されていることによるものである。

(3) 成田・関西両空港への2指標の値

次に、「最短所要時間」と「積み上げ所要時間」を用いて成田、関西両空港へのアクセス時間の比較を行う。ま

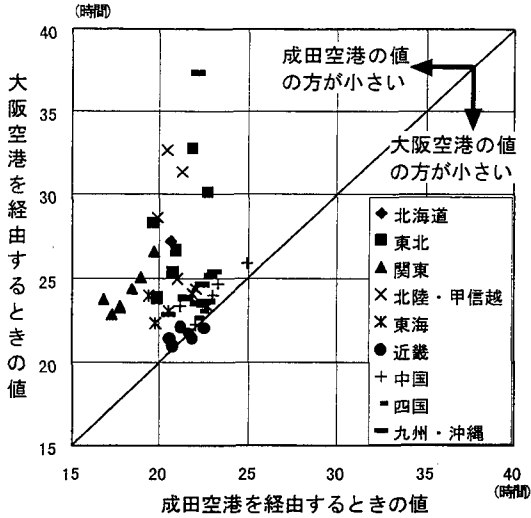


図-4(1) シンガポールへの積み上げ所要時間(1990年)

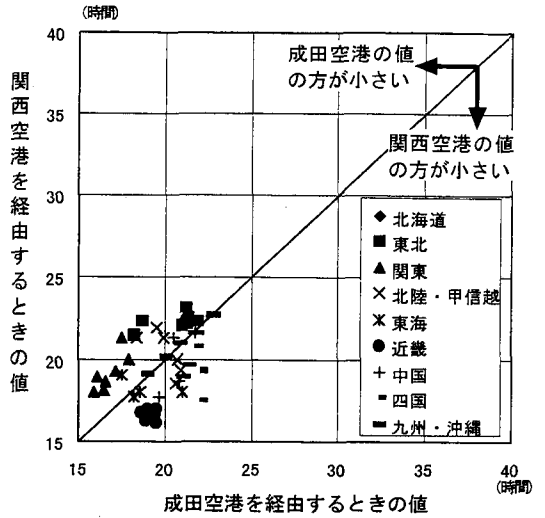


図-4(2) シンガポールへの積み上げ所要時間(1995年)

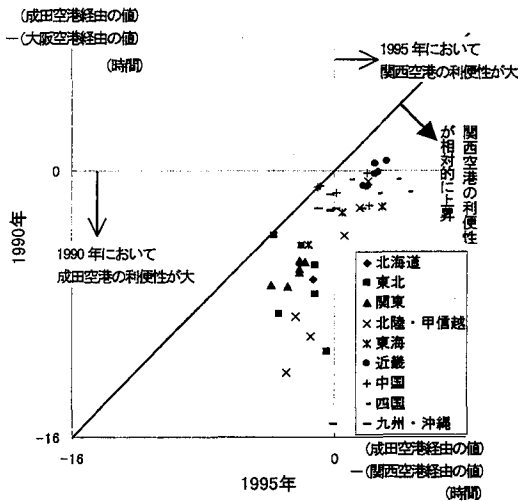


図-5 シンガポールへの成田空港と大阪空港(1990年)・関西空港(1995年)を経由した場合の積み上げ所要時間の差の変化

ず、「最短所要時間」を用いた比較を図-3(1)に示す。この図を見ると、東日本の青森、秋田、山形などにおいても関西空港の値の方が小さく表されている。関西空港へは、直行便が設定されているなどの理由でこのような結果となるが、直行便のフリークエンシーが小さい現状では、このことが直ちに関西空港の方がこれらの都市にとって便利であるということの意味するとはいえない。

一方、「積み上げ所要時間」について同様に表した図-3(2)を見ると、「最短所要時間」の場合とは異なり、東北地方のすべての都市において成田空港の値の方が小さくなっている。東北地方の都市から成田空港へは、フリー

クエンシーの高い鉄道でのアクセスが可能であり、「積み上げ所要時間」ではこのことによる利便性が表現されていることによる。

以上のような比較から、両空港へのアクセスについて、成田空港は国内からの直行便が少ないにもかかわらず、新幹線などの高速鉄道ネットワークを含めてトータルとしてみると比較的高い利便性を有していること、関西空港は直行便の設定による優位性を有しているものの、フリークエンシーが低いことによって成田空港に及ばない部分があることなど、それぞれの空港の特徴を見ることができる。

5. 海外都市への利便性分析

国内各都市と海外都市との間について直接算出した積み上げ所要時間は、海外出国者発生量モデルで示したように、それ自体アクセシビリティ指標を表しているもので、以下ではこの指標を用いて、1990年および1995年における国内都市から海外への利便性の比較を行う。

(1)では成田空港と関西空港(1990年は大阪空港)を経由するとした場合について算出した積み上げ所要時間を用い、(2)では経由する空港を特定せずに算出した積み上げ所要時間を用いて分析する。

(1) 成田・関西両空港間の比較

まず、1990年と1995年において、国内47都市から海外11都市に対して、それぞれの空港を経由した場合について比較した。そのうち、まずシンガポールを対象としたものを図-4(1)、(2)に示す。1990年においては大阪空

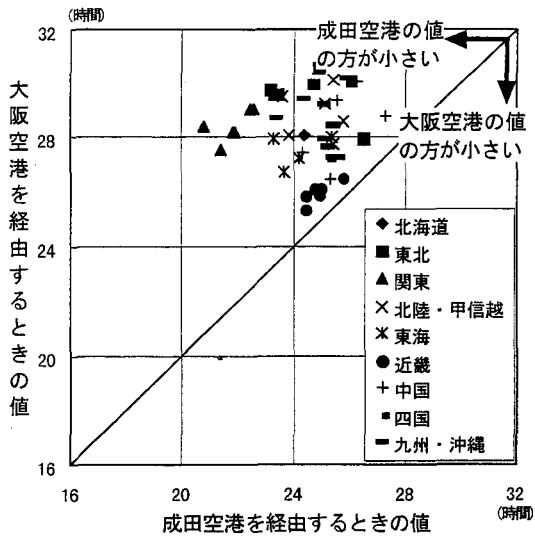


図-6(1) ロサンゼルスへの積み上げ所要時間(1990年)

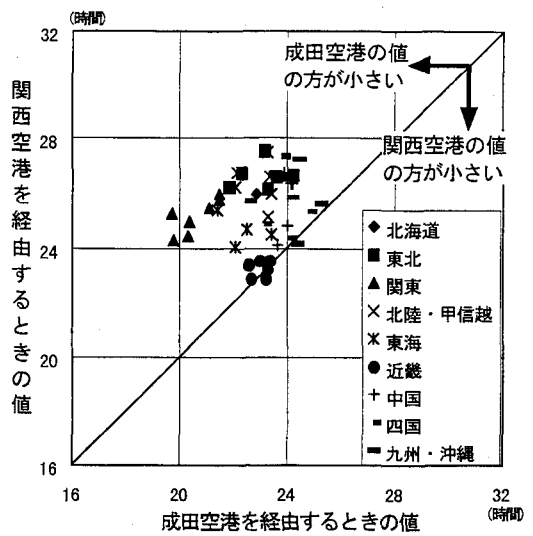


図-6(2) ロサンゼルスへの積み上げ所要時間(1995年)

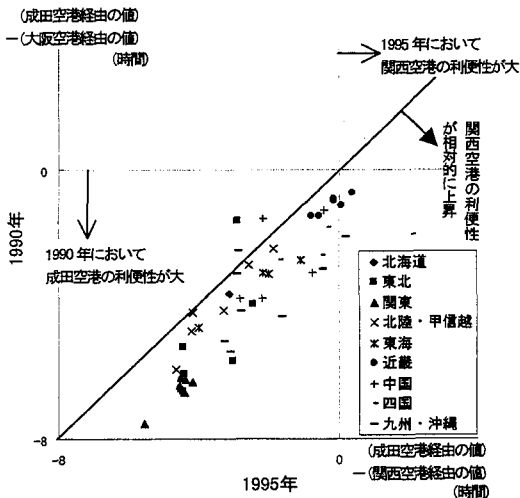


図-7 ロサンゼルスへの成田空港と大阪空港(1990年)・関西空港(1995年)を経由した場合の積み上げ所要時間の差の変化

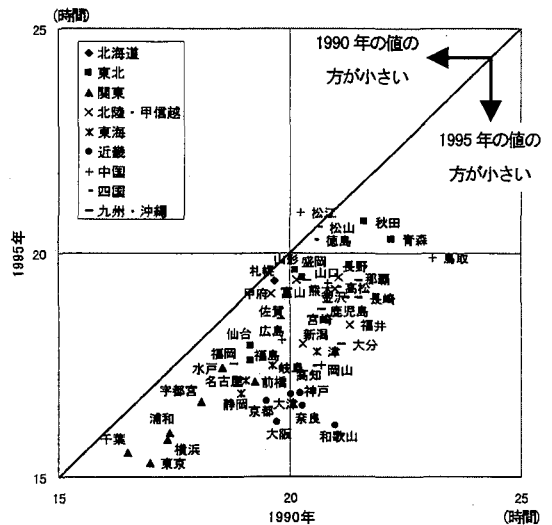


図-8 1990年と1995年における国内各都市からシンガポールへの積み上げ所要時間

港を経由した場合の所要時間の値が成田空港を経由した場合の値より大きい都市が圧倒的に多かったのに比べ、1995年においては、ほぼ半数の都市で関西空港の値が小さくなり、関西空港の開港の効果が顕著に示されている。また、図-5は図-4のデータを用いて、両空港を経由した場合の積み上げ所要時間の差を各都市ごとに求めて、1990年と1995年で比較したものである。すべての都市において1990年の大阪空港よりも、1995年の関西空港の方が、成田空港との比較において、利便性が向上していることがわかる。

次にロサンゼルスについて、シンガポールと同様に求めたものを、図-6(1)、(2)と図-7に示す。図-6の両図の比較からわかるように、1995年における関西空港の値は

1990年に比較して相当改善されているが、ほとんどの都市において依然として成田空港の方が優位であることがわかる。図-7に示すように、都市ごとに見ても、西日本の都市においても成田空港の方が優位になっている都市が多いことがわかる。これは、ロサンゼルス便はフリークエンシーにおいて両空港に大きな差があるためであり、加えて出発時刻が特定の時間帯に比較的集中している関西空港に対し、成田空港発の便の方が出発時刻の幅が広いこと、このことが乗り継ぎ利便性の差になって「積み上げ所要時間」に反映されていることにもよる。

なお、その他の都市では、ホノルル・香港を目的地とした場合にシンガポールと同様の傾向が、ロンドンを対象とした場合にロサンゼルスと同様の傾向がみられた。

(2) 経由空港を特定しない場合の分析

図-8に、1990年と1995年における国内各都市からシンガポールまでの「積み上げ所要時間」の変化を示す。ここで、この指標を算出する際には、成田、大阪、関西の各空港のみではなく、シンガポール便の就航する国内全空港(1990年5空港、1995年6空港)を考慮している。この図より、松江を除くすべての都市で値が小さくなっており、特に西日本の各都市においては、1995年の値が1990年と比較してかなり小さくなっていることが示されている。関西空港開港による利便性の向上は、主に国際便のフリークエンスの増加によるものであるが、このような変化は「最短所要時間」では表すことはできないのに対して、「積み上げ所要時間」では、この1指標のみで表すことが可能となっている。

6. さいごに

本研究では、「積み上げ所要時間」が国際交通の分析指標としていくつかの優れた面を持っていることをモデル分析等を行うことによって示した。またこの指標を用いて、わが国の各都市の海外利便性を比較することによって、関西空港開港の効果など従来の指標では表現しにくい利便性向上効果を示した。積み上げ所要時間は、出発時刻をランダムにとった時の地点間の期待所要時間というべき値であるため、実際の出発分布を用いた値ではないが、本研究のモデル分析で示したように、国際交通分析においても従来用いられてきた定義による所要時間よりも良好な結果を得ることができる。積み上げ所要時間の算出には、航空便・鉄道便など利用可能なすべての便の時刻表をデータとして用いる必要があることなどから、モデルに汎用的に用いることが難しいという問題点はあるものの、今後時刻表が電子メディアによって提供されていく可能性は大きく、この指標を汎用的に用いることも可能になっていくと考える。

今後の方向としては、「積み上げ所要時間」算出の際に同時に求めることができる乗り換え待ち時間の大きさ等を用いたより詳細な利便性分析を行うことや、「積み上げ所要時間」によって表された各都市の利便性と出国者数の変化の分析を行うことが考えられる。

参考文献

- 1) 天野光三, 中川大, 加藤義彦, 波床正敏: 都市間交通における所要時間の概念に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No.9, pp. 69-76, 1991.
- 2) 波床正敏, 天野光三, 中川大, 長谷川強: 「滞在可能時間」と「積み上げ所要時間」の特徴と都市間の交流可能性, 土木計画学研究・講演集, No.15(1), pp. 513-520, 1992.
- 3) 中川大, 波床正敏, 加藤義彦: 交通網整備による都市間の交流可能性の変遷に関する研究, 土木学会論文集, No.482/IV-22, pp. 47-56, 1994.
- 4) 奥山育英, 山本篤志, 永田泰章: 利便性による地域間交通格差の一考察, 土木学会第45回年次学術講演会概要集第4部, pp. 296-297, 1990.
- 5) 中川大, 加藤義彦: 都市間交流に関する空間的抵抗を表す指標としての所要時間と滞在可能時間, 高速道路と自動車, Vol. 33, No.12, pp. 21-30, 1990.
- 6) 山下智志: 所要時間に関するNM効用関数, 土木計画学研究・講演集, No.18(2), pp. 337-340, 1995.
- 7) 森浩, 八鍬隆, 笹島隆彦: 日本人出国者の空港選択に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No.11, pp. 173-178, 1988.
- 8) 大井輝夫, 森地茂, 屋井鉄雄, 山本聡: 地方空港国際化のための需要分析モデル, 土木学会第43回年次学術講演会概要集第4部, pp. 492-493, 1988.
- 9) 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, pp. 55-56, 1995.
- 10) 森地茂, 屋井鉄雄, 兵藤哲朗: わが国の国際航空旅客の需要構造に関する研究, 土木学会論文集, No.482/IV-22, pp. 27-36, 1994.

(1997. 6. 30 受付)

A STUDY ON THE PILED-UP-TRAVELING-TIME AS AN ACCESSIBILITY INDEX OF INTERNATIONAL TRANSPORTATION

Dai NAKAGAWA, Masatoshi HATOKO, Tadashi ITOH and Yoko NISHIZAWA

In researches which analyze international transportation activities, "shortest-traveling-time" is often used as an accessibility index. However, it does not appropriately reflect the characteristics of inter-city and international transportation. In this study, we aim at showing the validity of "piled-up-traveling-time" as an index for analysis of international transportation. We first examine its validity by developing airport choice models and trip generation models. Then we analyze the international accessibility of Japanese cities. From these analyses, we show the change of accessibility caused by transportation project such as Kansai International Airport.