

国際交通の利便性指標としての積み上げ所要時間に関する研究\*

A Study on the Piled-up-Time as an Accessibility Indicator of International Transportation\*

中川 大\*\*・伊藤 雅\*\*\*・波床正敏\*\*\*\*・西澤洋行\*\*\*\*\*

By Dai NAKAGAWA\*\*, Tadashi ITOH\*\*\*, Masatoshi HATOKO\*\*\*\* and Yoko NISHIZAWA\*\*\*\*\*

1. はじめに

需要予測や空港選択など、国際交通の利便性について分析される際、これまで多くの場合において、空間的抵抗を表すために「最短所要時間」という指標が用いられてきたが、この指標は、フリークエンスーや乗り換え待ち時間などが考慮されていないため、必ずしも適切に利便性を反映したものとはなっていない。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」<sup>1)2)</sup>という指標がいくつかの点で優れていることが示されており、この指標を国際交通に適用することによって、より適切に空間的抵抗を表現できると考えられる。

そこで本研究では、まず「積み上げ所要時間」指標の適用可能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海外都市への交流可能性についての分析を行う。

なお、分析に用いる所要時間の定義は下記の通りである。

①最短所要時間

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て作成されたネットワークにおいて最短経路を求めたもの。

②積み上げ所要時間

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算出し、それを平均したもの。各便の所要時間が小さいほど、また運行頻度が高いほど小さくなる特徴を持つ<sup>1)2)</sup>。

また本研究では、積み上げ所要時間をさらに以下の2通りで求めている。

- ・国際空港までの積み上げ所要時間  
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
- ・海外空港までの積み上げ所要時間  
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

2. 「積み上げ所要時間」のモデルへの適用可能性

(1) 空港選択モデルによる検証

まず、国際交通の利便性指標としての、積み上げ所要時間の適用可能性を検証するため、表-1に示した3パターンの変数を用いた空港選択モデルの構築を行う。なお、これらのモデルは、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、選択する出国空港を説明するロジットモデルである。

表-1 3種類のモデル構築に用いた指標

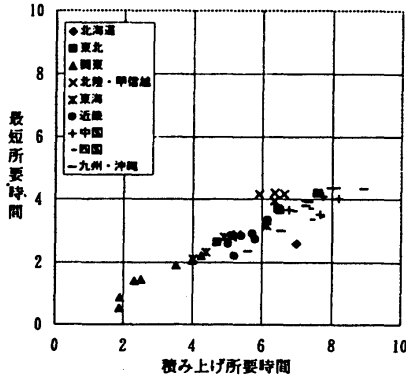
モデル1	・国際空港までの最短所要時間(分) ・適当たり便数
モデル2	・国際空港までの積み上げ所要時間(分) ・適当たり有効便数 <sup>注)</sup>
モデル3	・海外空港までの積み上げ所要時間(分)

注) 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。

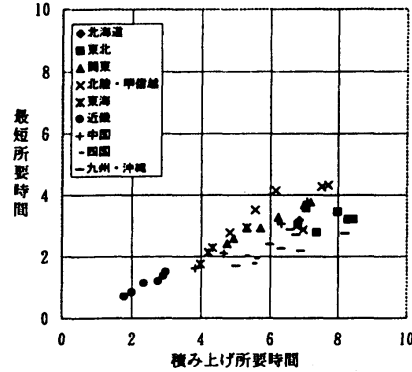
表-2 空港選択モデルの構築結果

	上段:パラメータ		下段:t値
	モデル1	モデル2	モデル3
最短所要時間/	-0.0179	-0.0113	-0.0021
積み上げ所要時間	-15.80	-17.57	-15.58
便数/	0.0466	0.1213	-
有効便数	16.19	16.32	-
サンプル数	752	752	752
尤度比	0.227	0.387	0.277
的中率(%)	59.2	70.2	69.6

\*キーワード: 国際交通, 空港計画  
 \*\*正員, 工博, 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻 (〒606-01 京都市左京区宮田本町, Tel. 075-753-5138)  
 \*\*\*正員, 工修, 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻  
 \*\*\*\*正員, 工修, 大阪産業大学工学部土木工学科 (〒574 大阪府大東市中垣内3-1-1, Tel. 0720-75-3001)  
 \*\*\*\*\*学生員, 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻



図一(1) 成田空港への最短所要時間と積み上げ所要時間



図一(2) 関西空港への最短所要時間と積み上げ所要時間

モデルの構築結果を表-2 に示す。積み上げ所要時間をを用いたモデル 2, 3 を見ると、いずれも最短所要時間をを用いたモデル 1 よりも高い説明力が得られている。

### (3) 海外出国者数との相関分析による検証

近年海外出国者数はますます増大しているものの、依然として大都市部と地方部との出国者数の格差は大きい。その要因を説明する際、海外都市までの利便性（アクセシビリティ）が重要であるといわれている。しかし、このことをモデル分析などで実証する際には、アクセシビリティを直接表すことのできる指標がないため、空港選択モデルなどから得られたログサム変数を用いるなどの方法が必要であった<sup>9)</sup>。しかしながら、積み上げ所要時間は、それ自体がフリークエンシ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、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、1990 年における国内各都市から 11 海外目的地への出国者数を被説明変数とする単回帰分析を行った。ここで、積み上げ所要時間を説明変数に用いた回帰モデルと比較したのは、(1) で構築したモデル 1（最短所要時間モデル）から式 1 によって求めたアクセシビリティ指標を説明変数に用いた回帰モデルである。

$$AV_i = \ln \left( \sum_j \exp[V_{j,i}] \right) \dots \text{(式 1)}$$

但し、

$V_{j,i} = \sum_k \theta' X_{j,i,k}$ : 発地  $j$ 、目的海外空港が  $i$  の場合の  $j$  出発空港のシェア  
 $X_{j,i,k}$ :  $j, i, k$  に対応する  $k$  番目の変数  
 $\theta$ : 空港選択モデルより得られる  $k$  番目変数にかかるパラメータ

結果は、積み上げ所要時間と出国者数との決定係数が 0.5578、アクセシビリティ指標を用いたモデルの決定係数は 0.5084 となり、ロジットモデルによって求めたアクセシビリティ指標よりも、積み上げ所要時間をそのまま用いたモデルの方が高い決定係数が得られた。

以上、(1) (2) の分析結果は、積み上げ所要時間が空間的抵抗を表す指標として有効であるという可能性を示すものであり、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この指標の特徴を示す。

### 3. 国際空港への「積み上げ所要時間」

国内各都市から海外へ向かう場合、国際便への乗り継ぎを行う国際空港までの利便性を考えることは重要であるが、「最短所要時間」はフリークエンシーや乗り換え時間が考慮されていないなど、従来の指標では実際の利便性が反映されない。そこで以下では、1995 年における成田空港と関西空港の 2 国際空港への国内各都市の利便性について、「最短所要時間」と「積み上げ所要時間」の両方を算出して比較する。

#### (1) 最短所要時間と積み上げ所要時間の比較

図-1(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、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、「最

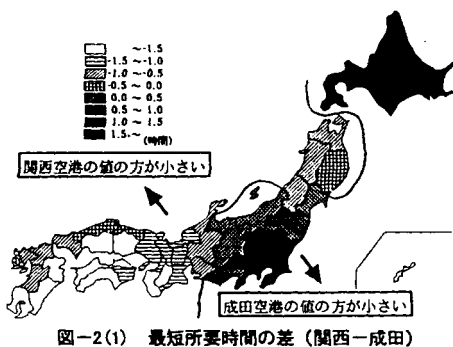


図-2(1) 最短所要時間の差(関西-成田)

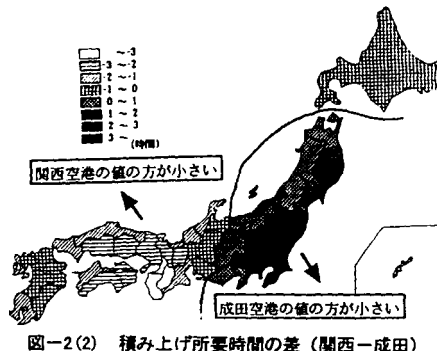


図-2(2) 積み上げ所要時間の差(関西-成田)

最短所要時間はすべて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大きい。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って異なる複数の経路を考慮していることによって、各都市の差が表現されており、このような特性は空間的抵抗を表す指標として有効なものであると考えられる。

(2) 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。両空港への「最短所要時間」の比較を図-2(1)に示す。この図を見ると、東日本の青森・盛岡・秋田・山形の各都市においても関西空港の値の方が小さく表されている。

一方、「積み上げ所要時間」について同様に表した図-2(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。

5. 海外都市への「積み上げ所要時間」

「積み上げ所要時間」は国内各都市と海外都市との間についても、国内の場合と同様にして算出できることから、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)では成田空港と大阪・関西空港を経由した場合について、(2)では経由する空港を特定せずに算出した場合について分析をする。

(1) 成田・関西両空港間の比較

まず、図-3(1),(2)に、国内47都市からシンガポールへの「積み上げ所要時間」を、両空港を経由した場合について比較したものを示す。1990年においては大阪空港の値の方が成田空港の値を大きく上回る都市が圧倒的に多かったのに比べ、1995年には、ほぼ半数の都市で関西空港の値の方が小さくなり、関西空港の開港の効果が大きく示されている。

次に、図-4(1),(2)にロサンゼルスの場合について同様に求めたものを示す。1995年における関西空港の値は、1990年に比較して小さくなっているが、成田空港の値と比較すると依然として大きい。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、このことが「積み上げ所要時間」に反映されていることが分かる。

(2) 経由空港を特定しない場合の分析

図-5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。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年の値はかなり小さくなっている。関西空港開港による利便性の向上は、主にフリークエンシーの増加によるものであり、このような変化は「最短所要時間」では表すことができないものである。

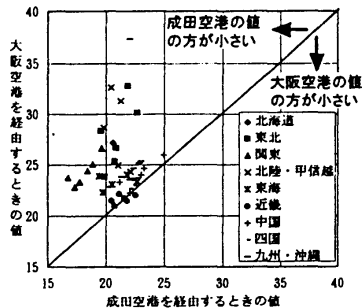


図-3(1) シンガポールへの積み上げ所要時間 (1990年)

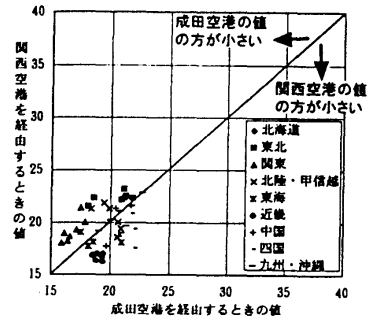


図-3(2) シンガポールへの積み上げ所要時間 (1995年)

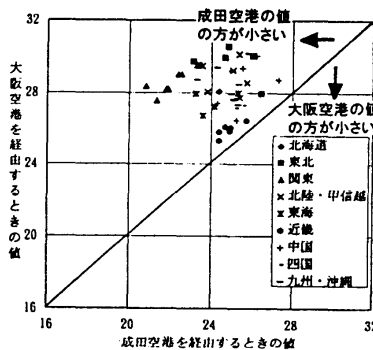


図-4(1) ロサンゼルスへの積み上げ所要時間 (1990年)

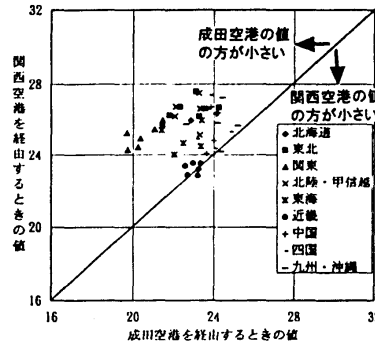


図-4(2) ロサンゼルスへの積み上げ所要時間 (1995年)

## 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。

なお、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て、より詳細な利便性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：「潜在可能時間」と「積み上げ所要時間」の特徴と都市間の交流

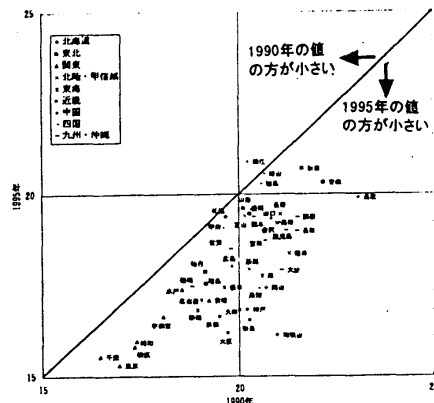


図-5 1990年と1995年における国内各都市からシンガポールへの積み上げ所要時間

可能性，土木計画学研究・講演集No. 15(1), pp. 513~520, 1992

- 3) 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