

# 都市間交通における所要時間指標の人口移動分析への適用可能性に関する研究\*

A Study on the Applicability of Inter-city-travelling-time-indexes to Analysis of Migrations\*

波床 正敏<sup>\*\*</sup>、塚本 直幸<sup>\*\*\*</sup>、山内 健司<sup>\*\*\*\*</sup>

By Masatoshi HATOKO, Naoyuki TSUKAMOTO and Kenji YAMAUCHI

## 1. はじめに

地域間の相互作用を取り扱うモデル分析などでは、多くの場合「所要時間」が、その地域間の交流に対する空間的抵抗を表すものとして用いられる。しかし、この所要時間はモデルなどにおいて重要な役割を果たしているにもかかわらず、その算出に十分な注意が払われることは少なかった。

これに対し、中川<sup>1)</sup>、奥山<sup>2)</sup>、天野<sup>3)</sup>らは、従来の都市間交通における所要時間の考え方は、定義そのものが曖昧であるうえ、都市間交通の特性を反映することができないことを指摘し、いくつかの都市間交通における所要時間の定義を行い、その有用性について検討を行っている。例えば文献3)4)では地域間の所要時間指標として「期待所要時間」が定義され、府県間の旅客輸送量や国際交通における空港選択モデル、海外出国者数について指標の適用性の検討が行われている。

しかし、これらは主として地域間の一時的な旅客移動に関する検討であり、人口移動のような恒久的な移動に対するものとはなっておらず、指標の適用性の検討が課題となっていた。

本研究では、「期待所要時間」「滞在可能時間」「厳密最短所要時間」などの地域間の空間的抵抗を表す所要時間指標、および従来から用いられてきている簡便な方法による指標、地理的な直線距離について、戦後の都道府県間の人口移動についてモデル分析を行い、各指標の適用可能性について検討を行った。

## 2. 所要時間指標の用途と指標の要件

地域間の空間的抵抗が用いられる場面とそれに対する指標の要件としては、以下が考えられる。

### (1) 移動の利便性そのものの分析

都市間交通の利便性の計測や交通の発達過程の分析などでは、分析対象が交通機関の高速性・運行頻度・乗継ぎ利便性など、旅行における移動に要する抵抗そのものが分析対象となる。したがって、移動に要する実質的な所要時間の計測が必要であり、待ち時間や乗継ぎの利便性、運行頻度などの要素を詳しく考慮する必要がある。

### (2) 一時的な移動現象の分析など

地域間産業連関分析における交易係数の算出や交通需要の分析・予測などでも、所要時間指標が用いられる。これらの分析では交流や旅客移動のような一時的な移動現象が対象となっており、所要時間が分析結果に大きな影響を与えることが多く、より正確に指標値を算出する必要がある。したがって、この場合にも、単なる移動時間だけでなく、待ち時間や乗継ぎの利便性、運行頻度などの要素を詳しく考慮する必要がある。

### (3) 恒久的な移動現象の分析など

立地・移転モデルや人口移動モデルなどでは、所要時間の用途は2種類あると考えられる。

まず、立地や人口移動の要因となる都市や地域のポテンシャルを計測する用途である。例えばアクセシビリティ指標は、人流や物流、あるいは情報流などの集散のしやすさを総合的に表す交流のポテンシャルの概念であるが、これらは前述した一時的な移動現象の一種であると考えられ、空間的抵抗の計測においては一時的な移動現象の場合と同様の配慮

\* キーワード：地域計画、人口分布、地域間所要時間  
\*\* 正会員 工博 大阪産業大学 工学部 講師  
\*\*\* 正会員 工博 大阪産業大学 工学部 助教授  
\*\*\*\* 学生員 大阪産業大学大学院 工学研究科  
〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1  
Tel: 0720-75-3001 Fax: 0720-75-5044

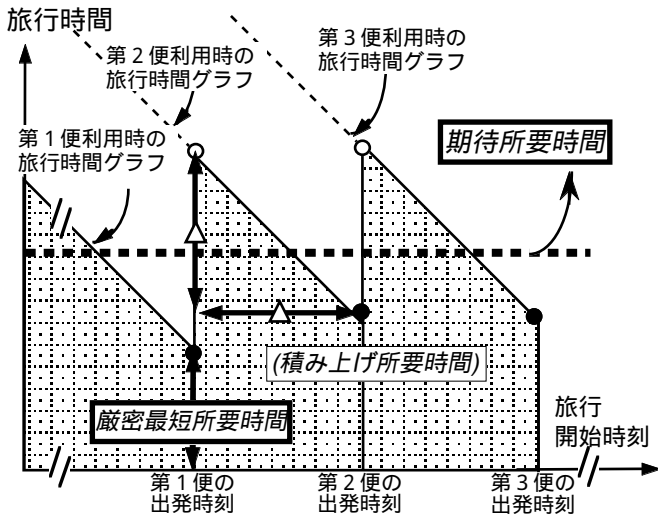


図1 期待所要時間と厳密最短所要時間の考え方

が必要である。

次に、人口移動の分析などにおいては、移動により享受できる便益に比べて移動そのものに伴う費用の割合は小さいものの、実際には地域間の移動量は地域間距離あるいは所要時間などの影響を受ける場合が少なくない。このような場合について、指標算出において交通機関の運行頻度やダイヤ設定などを考慮すべきか否かは明らかでない。

### 3. 地域間の所要時間を表す指標

#### (1) 「滞在可能時間」の考え方

滞在可能時間とは、ある都市を一定時刻(例えば朝6時)以後に出発し、一定時刻(例えば24時)以前に帰着する場合に目的地において滞在できる時間数であり、主として朝夕の交通利便性を表現している。

#### (2) 「期待所要時間」の考え方

期待所要時間は以下のように定義する。

2地点間の旅行時間は、図1の点の箇所のように便ごとに求まるが、他の時刻に対する旅行時間は、次の便の出発時間までの時間が加わって、図中の右下がりの斜め線ようになる。そこで、各時刻における旅行時間を足し合わせたもの(のこぎり状の線の下部分の面積)を「積み上げ所要時間」と定義する。また、出発時刻帯の幅で除した所要時間に相当する指標を「期待所要時間」と定義する。「期待所要時間」は1日を通しての全便の乗継ぎやダイヤ設定などの利便性を表現している。

表1 モデルの基本式

<p>基本式：<math>M_{ij} = P_i P_j T_{ij} \dots (1)</math></p> <p>ただし：<math>M_{ij}</math>：住民基本台帳による地域iから地域jへの5年間の移動量(人)</p> <p><math>P_i, P_j</math>：国勢調査による都道府県人口(人)</p> <p><math>T_{ij}</math>：地域iから地域jへの所要時間指標(分)</p> <p>：パラメータ</p> <p>計算方法：基本式の両辺の対数をとった下式を用いて、線形の回帰分析を行う。</p> <p><math>\log \frac{M_{ij}}{P_i P_j} = a + b \cdot \log T_{ij} \dots (2)</math></p>
---

#### (3) 「厳密最短所要時間」の考え方

厳密な意味での地域間の「最短所要時間」は図1に示すように1日の利用可能なすべての便のうち、実際の乗継ぎを考慮した上での最も目的地までの所要時間の小さい便の所要時間である。本研究ではこれを「厳密最短所要時間」と定義するが、これは1日のうち最も便利な便の利便性を表現している。

#### (4) リンクごとの最速利用を仮定した所要時間

所要時間の計算方法として最も一般的なのは、結節点間(リンク)ごとに最速便の所要時間を設定するもので、通常最短経路探索が利用できるため、最も多くの場合この方法が用いられていると考えられている。この場合乗換え時間は、ダミーノードなどによって考慮することになる。本研究では、この方法による所要時間を以下「仮想最速所要時間」と呼ぶこととするが、これは仮想的な値であって、実際の地域間の交通状況を表すものではない。

### 4. 人口移動に対する指標の適用性の検討

#### (1) 分析の概要

戦後の都道府県間の人口移動量について、前章で示した4種類の所要時間指標、および参考のための都道府県間の「直線距離」を用いて説明する表1のようなグラビティタイプのモデルを作成し、その適合性を比較検討する。

#### (2) 分析の対象と条件

所要時間計測の代表地点は各都道府県庁所在都市の中心駅(鉄道)とし、それら相互間の所要時間を前章の4つの定義によって求める。ただし、歴史的背景を考慮して沖縄県は分析対象から除外している。

各所要時間指標の定義は前述した方法によるもの

表2 データの年次

	人口移動量累計 Mi j	都道府県人口 Pi, Pj	時間距離 Ti j
モデル1-1~1-5	1961~1965年	1960年	1961年
モデル2-1~2-5	1975~1979年	1975年	1975年
モデル3-1~3-5	1990~1994年	1990年	1990年

とするが、「滞在可能時間」は6時出発、24時到着の条件で算出し、(3)により計測時間帯  $W_s$  (18時間) から滞在可能時間  $STY_{ij}$  を差し引いたものを半分にするこ  
とで、片道あたりの所要時間指標  $TS_{ij}$  とした。

$$TS_{ij} = (W_s - STY_{ij}) / 2 \dots (3)$$

また、「期待所用時間」「厳密最短所要時間」は6~21時における値を用いて分析を行った。

### (3) 分析年次と利用データ

時代背景の差異により結果が異なる可能性もあるので、戦後の3つの時代についてそれぞれモデル分析を行う。利用したデータ年次については表2に示したが、例えばモデル1-1~1-5は1961年における所要時間を用いて1961~65年の5年間の都道府県間の人口移動量を説明するモデルとなっている。

所要時間指標は年次ごとに全公共交通機関の全便を対象に、市販の時刻表を元に算出し、都道府県人口は所要時間指標を算出した年次に最も近い国勢調査人口を、人口移動量は住民基本台帳をもとにした都道府県間の移動量ODの5年間累計を計算した。また、「直線距離」は理科年表(平成4年版)の値を用いた。

### (4) 分析方法

表1に示したように、所要時間指標単体での適合性を検討するため(1)の両辺を都道府県人口で除した  
ものについて、両辺の対数をとった(2)を用いて単回帰分析を行った。なお、参考のための「直線距離」(単位: km)はそのまま  $T_{ij}$  の値として代入した。

### (5) 分析結果

分析の結果を表3に示したが、各指標の説明力を比較検討するため、図2に相関係数を図示した。

1961~65年の都道府県間の人口移動量について分析したモデル1-1~1-5では「厳密最短所要時間」が最も大きな相関係数となり、参考データの「直線距離」の相関係数が最も小さかった。また、1975~79年の移動量について分析したモデル2-1~2-5についても「厳密最短所要時間」が最も相関係数が大きく、「仮想最速所要時間」が最小であった。さらに、1990~94年について分析したモデル3-1~3-5では、「直線距離」「厳密最短所要時間」の順で相関係数が大きく、「仮想最速所要時間」が最小であった。

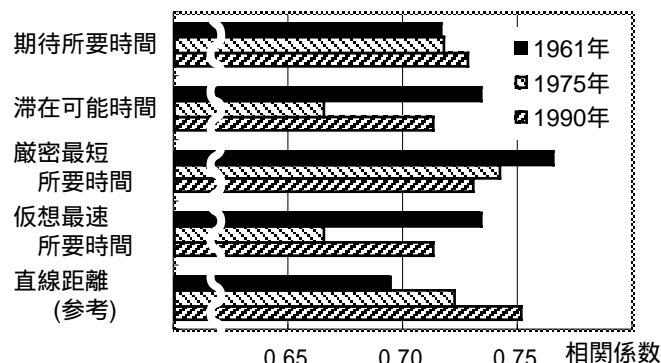


図2 単回帰モデルにおける相関係数の比較

表3 単回帰モデル分析の結果

(1961年)	モデル1-1 期待所要時間	モデル1-2 滞在可能時間	モデル1-3 厳密最短所要時間	モデル1-4 仮想最速所要時間	モデル1-5 直線距離
a	-10.666	-10.262	-11.230	-10.384	-14.199
(t値)	(-46.9)	(-45.8)	(-60.3)	(-46.7)	(-87.5)
b	-1.648	-1.733	-1.678	-1.889	-1.189
(t値)	(-46.7)	(-49.3)	(-54.1)	(-49.1)	(-43.9)
相関係数(R)	0.7166	0.7347	0.7655	0.7339	0.6943
(R <sup>2</sup> 値)	0.5135	0.5398	0.5859	0.5386	0.4821
(1975年)	モデル2-1 期待所要時間	モデル2-2 滞在可能時間	モデル2-3 厳密最短所要時間	モデル2-4 仮想最速所要時間	モデル2-5 直線距離
a	-12.073	-10.786	-11.158	-11.670	-14.950
(t値)	(-61.2)	(-46.3)	(-55.3)	(-49.0)	(-111.1)
b	-1.534	-1.775	-1.820	-1.792	-1.067
(t値)	(-46.9)	(-45.2)	(-50.3)	(-40.5)	(-47.4)
相関係数(R)	0.7178	0.7050	0.7420	0.6649	0.7219
(R <sup>2</sup> 値)	0.5153	0.4971	0.5506	0.4421	0.5212
(1990年)	モデル3-1 期待所要時間	モデル3-2 滞在可能時間	モデル3-3 厳密最短所要時間	モデル3-4 仮想最速所要時間	モデル3-5 直線距離
a	-12.679	-11.074	-11.985	-12.606	-15.102
(t値)	(-68.7)	(-50.2)	(-60.7)	(-64.8)	(-120.0)
b	-1.522	-1.822	-1.770	-1.679	-1.090
(t値)	(-48.4)	(-47.7)	(-48.7)	(-46.2)	(-51.8)
相関係数(R)	0.7285	0.7237	0.7308	0.7130	0.7515
(R <sup>2</sup> 値)	0.5307	0.5237	0.5340	0.5084	0.5647

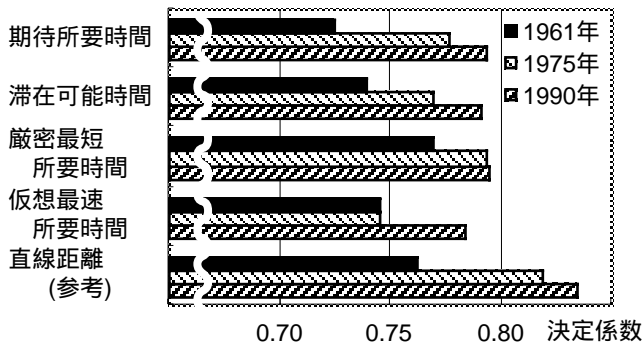


図3 重回帰モデルにおける決定係数の比較

#### (6) 基本式の変更

基本式の形を変更することにより結果が変化する場合もあるため、下の(4)のような基本式を用いた場合についても同様の検討を行った。その結果「厳密最短所要時間」の相関係数が比較的大きく、「仮想最速所要時間」や「直線距離」の相関係数が小さいことが確かめられた。

$$M_{ij} = P_i P_j \exp(-T_{ij}) \dots (4)$$

(、 はパラメータ)

#### 5. 重回帰モデルによる検討

表1の(1)は、都道府県人口と所要時間指標を説明変数とし、人口移動量を被説明変数とする重回帰式となっており、この重回帰式そのものを用いたモデル分析の結果を図3に示した。「厳密最短所要時間」を用いたモデルが各年次とも決定係数が大きく、「仮想最速所要時間」を用いたものは比較的決定係数が小さい傾向にあることがわかる。

なお、参考のため計算した「直線距離」を用いたものについては各年次とも比較的決定係数が大きいですが、前章での分析結果を考慮すると、都道府県人口が所要時間指標の役割の一部を代理している可能性が高く、「直線距離」の空間的抵抗としての説明力はさほど高くないと考えられる。

#### 6. 指標の用途に関する考察

旅客流動や国際交通における出国者数などの一時的な移動を対象とした被説明変数の場合、文献1)3)4)などで示されるように「期待所要時間」「滞在可能時間」などの交通機関の運行頻度や乗継ぎ利便性などを考慮した指標が適しているといえる。

いっぽう、人口移動のような恒久的な移動が分析対象である場合には、移動により享受できる便益に比べて移動そのものの費用の割合が小さいことが多く、運行頻度やダイヤ設定などに起因する空間的抵抗はさほど大きな比重を占めていないと考えられる。このことから、必ずしも「期待所要時間」のような指標が最適とは限らず、むしろ運行頻度やダイヤ設定などの情報を含まない「厳密最短所要時間」の方が適していると考えられる。

さらに、「仮想最速所要時間」の説明力がいずれの分析においても比較的低かったことからわかるように、この指標は地域間の交通状況の実状を適切に反映していないと言える。すなわち、モデル分析などにおいて、このような方法による指標を地域間の空間的抵抗として採用することは、定義上、またその説明力の観点からも不相当である。

#### 7. おわりに

本研究では、人口移動のような恒久的な移動を分析する場合における「期待所要時間」「滞在可能時間」「厳密最短所要時間」などの所要時間指標の説明力の検討を行ったが、高精度な結果が要求される実際のモデル分析や予測などにおいては、一般化費用の採用が必要な場合がある。本研究で検討対象とした「期待所要時間」や「厳密最短所要時間」は、その定義上、いずれも一般化費用の算出などに拡張が可能であるが、その場合においても地域間の実際の交通状況を考慮し、分析目的に応じた指標の算出方法を採用することが重要であると考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) 中川大、加藤義彦: 「都市間交流に対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、1991
- 2) 奥山育英、濱口一起、高梨誠: 「公共交通における交通時間に関する研究」 土木計画学研究・講演集 No.15、pp.505-512、1992
- 3) 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
- 4) 中川大、波床正敏、伊藤雅、西澤洋行: 「国際交通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」 土木学会論文集 No.590 / IV-39、pp.43-50、1998