

旅客流動調査に基づく地域間交流構造の分析

岡山大学環境理工学部助教授 阿部 宏史

I はじめに

厚生省による人口中位推計によれば、わが国の総人口は2010年前後に約1億3000万人のピークを迎え、その後は減少に転ずると予測されている¹⁾。そして、国全体での人口減少という新たな局面の下で、人口をめぐる地域間競争はますます激化していくと予想されている。

また一方では、高規格幹線道路網、新幹線網、航空網等の高速交通体系の整備にともなって地域間の交通利便性は着実に向上しており、広域交流や新たな地域連携に向けての基盤が整いつつある。

そして以上のような状況をふまえて、最近の国土・地域計画では、基本目標を従来の定住人口増加から交流人口増大へと変化させており、交流人口の定量的な把握や指標化に向けての調査研究も進められている²⁾³⁾。また、現在策定作業が進められている次期全国総合開発計画においても、地域連携軸構想をはじめとする地域間交流の活性化をねらいとする様々な施策が提案されている。

本研究では、以上のような国土・地域計画における潮流の変化を背景として、地域間交流の代表的な指標である地域間旅客移動数を取り上げ、わが国の地域間交流の実態を把握するとともに、地域間交流パターンからみた今後の政策課題を検討する。

II 使用データと分析の構成

1. 使用データ

本研究では、運輸省の旅客地域流動調査結果をデータとして用いる。この調査は、運輸省が昭和37年から継続的に実施しているものであり、鉄道、自動車、旅客船、定期航空の各交通手段別に、都道府県間の1年間の旅客流動数を推計している。

ここでは、運輸省が発行している運輸経済統計要覧に所収の全国16地域間旅客地域流動表のうち、沖縄県を除く15地域間のデータを使用する。表1に15地域と46都道府県との対応関係を示す。また、分析年次は、1965年、70年、75年、80年、85年、90年の25年間、6時点とした。

なお、旅客地域流動調査は、調査年次によっては2地域間相互の旅客流動数を往、復の方向別に集計せず、往復それぞれの流動量が等しいものと

表1 15地域と46都道府県との対応

15地域	46都道府県
(1) 北海道	北海道
(2) 表東北	青森, 岩手, 宮城, 福島
(3) 裏東北	秋田, 山形
(4) 北関東	茨城, 栃木, 群馬
(5) 南関東	埼玉, 千葉, 東京, 神奈川
(6) 甲信	山梨, 長野
(7) 東海	岐阜, 静岡, 愛知, 三重
(8) 北陸	新潟, 富山, 石川, 福井
(9) 近畿	滋賀, 京都, 奈良, 和歌山
(10) 阪神	大阪, 兵庫
(11) 山陰	鳥取, 島根
(12) 山陽	岡山, 広島, 山口
(13) 四国	徳島, 香川, 愛媛, 高知
(14) 北九州	福岡, 佐賀, 長崎
(15) 南九州	熊本, 大分, 宮崎, 鹿児島

1) 国土庁計画・調整局編『第四次全国総合開発計画 総合的点検中間報告』, 大蔵省印刷局, 1993年

2) 国土庁計画・調整局編『交流人口—新たな地域政策—』, 大蔵省印刷局, 1994年

3) 国土庁編『国土レポート'95—新たな交流圏の形成に向けて—』, 大蔵省印刷局, 1995年

仮定して、往復合計の総流動数を折半処理している場合がある。そこで、本研究ではすべての分析年次について、2地域間の往・復流動量が等しいものと仮定して（すなわち旅客地域流動表を対称行列化して）分析に使用した。

さらに、運輸省のデータには地域内々の流動数も表示されているが、本研究では当該地域と他地域との交流に分析の主眼を置くため、地域内々の流動は分析対象外とした。

2. 分析の構成

本研究では、旅客流動に基づく地域間交流パターンの推移を明らかにするため、「流動相手地域の構成比」と「多次元尺度法による地域間距離」の2つの指標を用いた分析を行う。以下に各分析の概要を述べる。

(1) 流動相手地域の構成比による分析

流動相手地域の構成比とは、地域*i*と他の14地域それぞれとの旅客流動量の構成比（すなわちシェア、%）であり、次式(1)で定義する。

$$R_{ijk} = M_{ijk} / \sum_{j \neq i} M_{ijk} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 R_{ijk} は年次*k*において地域*i*に出入りする旅客数のうち地域*j*の占める割合(%), M_{ijk} は年次*k*における地域*ij*間の旅客流動数である。

使用データの項でも述べたように、本研究では運輸省によるデータの都合上、2地域間の往復流動数を折半処理した旅客数を使用する。従って、式(1)の流動相手地域の構成比は、地域*i*と他地域との総旅客流動における地域*j*のウエイトを表すことになる。

(2) 多次元尺度法による旅客流動構造の分析

この分析では、多次元尺度法を利用して地域間旅客流動数から地域間距離を推定し、地域間の近接性という観点から地域間交流パターンの推移を検討する。なお、本研究で推定する地域間距離は、旅客流動パターンに適合する地域間距離を求めたものであり、旅客流動からみた地域間の潜在的な位置関係を推定するものである。従って、地図上での距離や各種交通手段による時間距離のような

物理的距離とは異なる。

多次元尺度法 (Multi-Dimensional Scaling, 以下MDSと記す)とは、対象間の距離（あるいは非類似性）データを用いて任意の次元数の空間における対象の座標値を決定する方法である⁴⁾。

本研究では、旅客流動数から推定した距離に基づいて2次元空間における15地域の布置をMDSによって決定し、その結果を各地域の地図上の位置関係と比較することによって、旅客流動からみた地域間交流の特徴を分析する。なお、MDSの地域間流動への応用は、既に中村⁵⁾や筆者⁶⁾による研究事例があり、その中では人口、情報等の移動パターンの類似性が検討されている。本研究で適用する分析手法は、筆者が地域間人口移動パターンの分析に使用した方法⁷⁾を、地域間旅客流動に適用したものである。

MDSは、対象間の距離の定義によって「単純ユークリッドモデルによるMDS」と「重み付きユークリッドモデルによるMDS」に大別される。

前者は、対象（本研究では15地域）*ij*間の距離データ D_{ijk} に式(2)で定義される単純ユークリッド距離 d_{ijk} を当てはめ、 D_{ijk} と d_{ijk} との乖離を最小とするように、*t*次元空間における対象の座標値 x_{irk} を決定する。

$$d_{ijk} = \left(\sum_{r=1}^t (x_{irk} - x_{jrk})^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

ここに、*k*は距離行列の番号であり、本研究では各分析年次に対応する。

式(2)の単純ユークリッドモデルによるMDSが単一の距離行列から対象の座標を決める方法であるのに対し、重み付きユークリッドモデルによるMDSは、 d_{ijk} を要素とする複数組の距離行列（すなわち本研究では年次別の地域間距離行列）が与えられた時に、次式(3)の重み付きユークリッド距離 d_{ijk} を当てはめ、各次元における対

4) 高根芳雄『多次元尺度法』, 東京大学出版会, 1980年

5) 中村有一「地域間情報活動に関する研究」, 『日本都市計画学会論文集』, No. 22, pp. 463-468, 1987年

6) 阿部宏史「人口の社会移動からみた我が国の地域構造の推移について」, 『日本都市計画学会論文集』, No. 25, pp. 157-162, 1990年

7) 上掲6)

象の座標値 x_{ir} と距離行列ごとの各次元に対するウエイト w_{kr} を決定する。

$$d_{ijk} = \left\{ \sum_{r=1}^i w_{kr} (x_{ir} - x_{jr})^2 \right\}^{1/2} \quad (3)$$

重み付きユークリッドモデルによる MDS では、各距離行列に共通な対象の座標値 x_{ir} と、距離行列ごとに各次元に対するウエイト w_{kr} を求める。そして、前者から対象間の構造、また後者から各距離行列の差異や特徴を検討する。

本研究では、重み付きユークリッドモデルによる MDS を適用して、各分析年次に共通な地域間の位置関係（2次元空間における各地域の座標値）とその変動（各次元に対するウエイトの経年的変動）を検討する。

図1 多次元尺度法による地域間旅客流動の分析

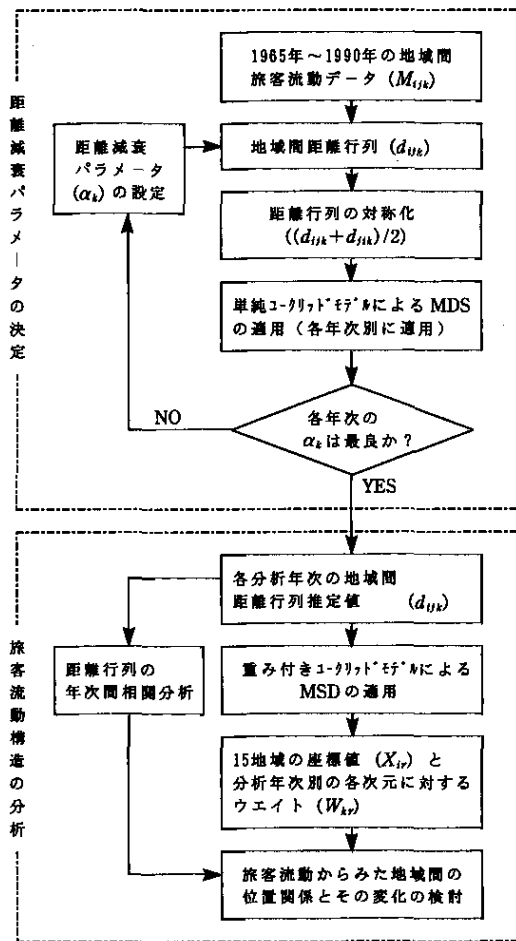


図1に分析手順を示す。まず、単純ユークリッドモデルによる MDS を利用して、各分析年次の旅客流動数から地域間距離を推定する。

この際、本研究では、地域間距離を推定するために、地域間旅客流動モデルとして式(4)のグラフィティ・モデルを仮定する。式(4)を変形すると、地域間距離と旅客流動数との関係を式(5)のように表すことができる。

$$M_{ijk} = (\sum_i M_{ijk}) \cdot (\sum_j M_{ijk}) / (D_{ijk})^{\alpha_k} \quad (4)$$

$$D_{ijk} = \{ (\sum_i M_{ijk}) \cdot (\sum_j M_{ijk}) / M_{ijk} \}^{1/\alpha_k} \quad (5)$$

ここに、 M_{ijk} は年次 k における地域 i から j への旅客流動数、 D_{ijk} は年次 k における地域 ij 間の距離、 α_k は年次 k の距離減衰パラメータである。

式(2)は、距離減衰パラメータ α_k が定まると、地域間旅客流動数から地域間距離 D_{ijk} が決定されることを示している。しかし、式(2)の α_k は未知量であるため、 D_{ijk} を推定するためには、何らかの基準にもとづいて最良の α_k を先決する必要がある。

本研究では、各分析年次について α_k の値を逐次的に変化させながら単純ユークリッドモデルによる MDS を繰り返し適用し、地域間距離の実績値 D_{ijk} と MDS による地域間距離の推定値 d_{ijk} との乖離（以下では d_{ijk} の D_{ijk} に対する「非適合度」とよぶ）を最小とする α_k の値を採用することとした。非適合度は、年次 k の距離データ D_{ijk} の行列から求めたスカラー積行列を A_k 、MDS によって推定した地域間距離 d_{ijk} に基づく距離行列から求めたスカラー積行列を a_k とするとき、次式(3)の ϕ_k で定義される。

$$\phi_k = \sqrt{\text{tr}(a_k - A_k)^2 / \text{tr}(A_k^2)} \quad (3)$$

ここに、 tr は正方行列の対角要素の総和（トレース (trace)）である。 ϕ_k は、MDS による距離推定値 d_{ijk} の実績値 D_{ijk} に対する残差2乗和を、地域間距離の2乗和によって相対化した指標に相当する。

また、MDS を適用する際にデータとして用いる距離行列は対称行列であることを必要とするた

め、式(5)で求めた年次 k の距離行列の各要素 D_{ijk} を $(D_{ijk}+D_{jik})/2$ で置き換え、距離行列を対称化する。但し、使用データの項でも述べたように、本研究で使用する旅客流動数は、データ収集の段階で既に対称行列化されている。

以上の手法によって、年次 k ごとに距離減衰パラメータ α_k が決定されると、式(5)によって各地域間の距離が推定される。先に述べたように、この距離は旅客流動の背景にある地域間の潜在的距離を表すものであり、地図上の距離や各種交通手段による時間距離のような物理的距離とは異なる。

本研究では、図4に示すように、推定した距離行列を用いて2通りの分析を行う。1つは地域間距離行列の年次間での相関分析であり、地域間距離からみた地域構造の変化を定量的に検討する。他の1つは、式(3)の重み付きユークリッドモデルによるMDSを利用した旅客流動構造の分析である。

後者の分析では、単純ユークリッドモデルによるMDSで推定した1965年～1990年の5年ごと6時点の地域間距離行列に重み付きユークリッドモデルによるMDSを適用し、 t 次元空間内での15地域の座標値（これは各分析年次に共通の座標値）と分析年次別の各次元に対するウエイトを求める。そして、座標値より旅客流動からみた地域構造の特徴、また各年次のウエイトから地域構造の経年的変化を検討する。

多次元尺度法において、座標やウエイトを求めるためのコンピュータ・プログラムは、単純ユークリッドモデルと重み付きユークリッドモデルのそれぞれについて様々なものが開発されている。本研究では、高根⁵⁾によるADDSCAL（単純ユークリッドモデルによるMDS）とSUMSCAL（重み付きユークリッドモデルによるMDS）を使用した。また、次元数 t は結果の視覚的検討の容易さを考慮して、すべて2次元として分析を行った。

Ⅲ 流動相手地域の構成比による分析結果

図2（その1）～（その15）は、式(1)で述べた指標を用い、15地域のそれぞれについて流動相手

8) 上掲4)

地域の構成比を求めた結果である。ここでは、比較を容易にするために、1965年と1990年の2時点の構成比、及び1965年～1990年の構成比の変化の3つの指標値をグラフ化した。図2から、15地域のそれぞれについて、地域間交流における他地域のウエイトの変化を検討できる。

まず、全体的な特徴として、各地域ともに近隣地域との交流が大きい。特に、南関東と北関東、阪神と近畿、北九州と南九州の3つの地域ペアの構成比が大きい。このうち、前2者については、通勤通学による流動を反映していると考えられる。

次に、東京圏（南関東）及び大阪圏（阪神）と他地域との関係を見ると、南関東は北海道、表東北、北関東、東海、甲信、北陸の各地域において構成比が大きいのに対して、阪神は近畿、山陰、四国、山陽の各地域における構成比が大きい。以上のことから、旅客流動における東京圏と大阪圏の勢力範囲は、北陸と東海付近が境界になっていることがわかる。

表2は、図2に示した1965年～1990年の構成比の変化のうち、交流のウエイトが増大した上位20

図2（その1）北海道と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

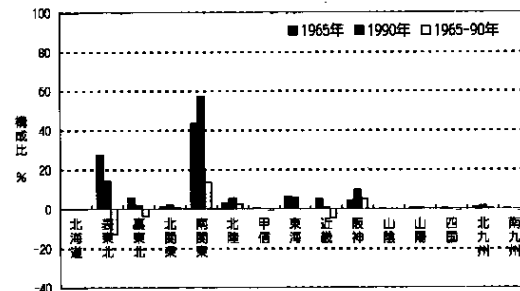


図2（その2）表東北と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

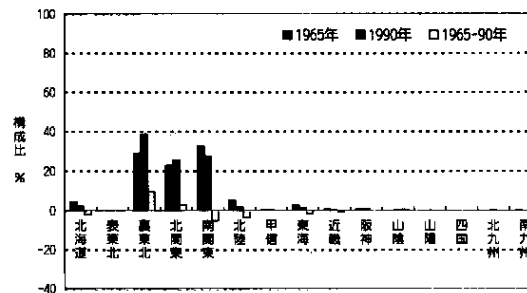


図2 (その3) 裏東北と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

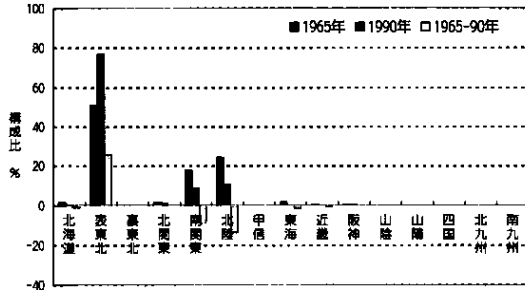


図2 (その7) 東海と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

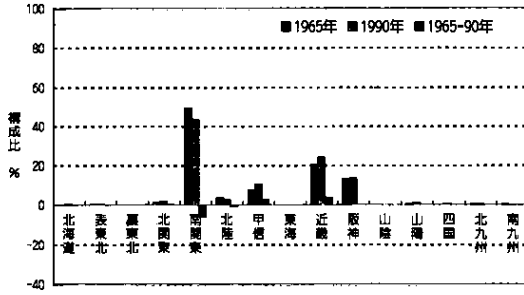


図2 (その4) 北関東と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

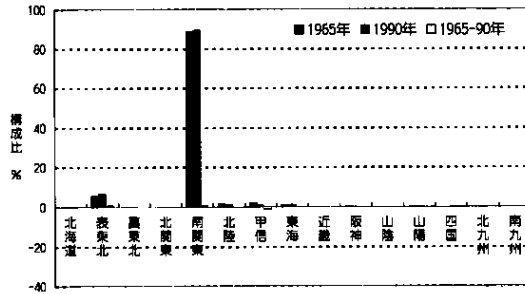


図2 (その8) 北陸と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

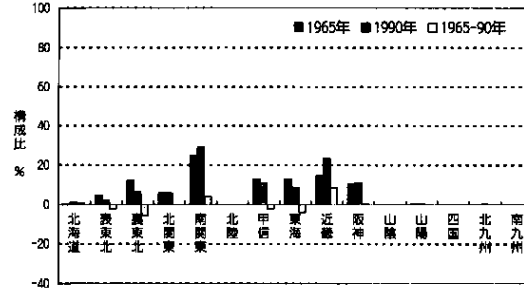


図2 (その5) 南関東と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

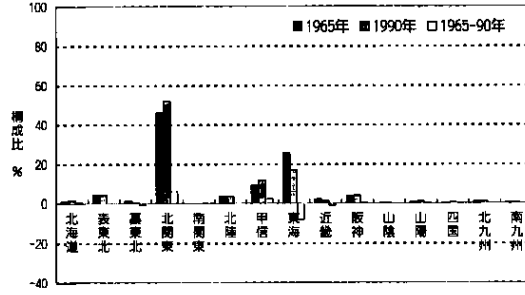


図2 (その9) 近畿と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

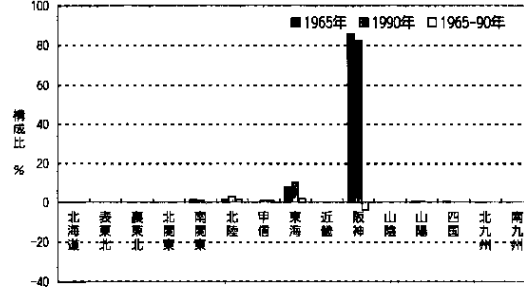


図2 (その6) 甲信と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

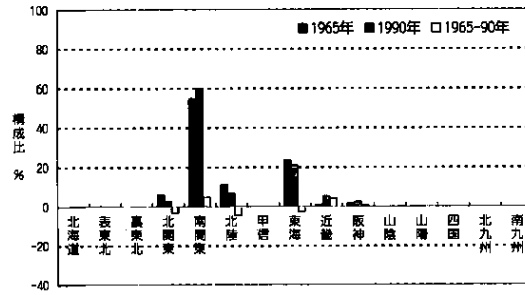


図2 (その10) 阪神と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

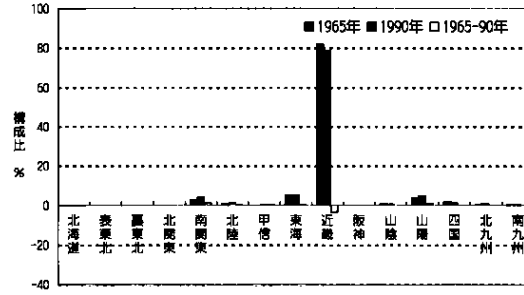


図2 (その11) 山陰と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

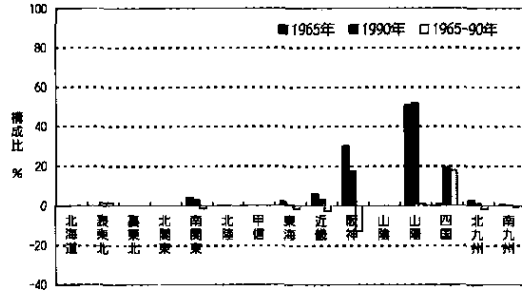


図2 (その15) 南九州と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

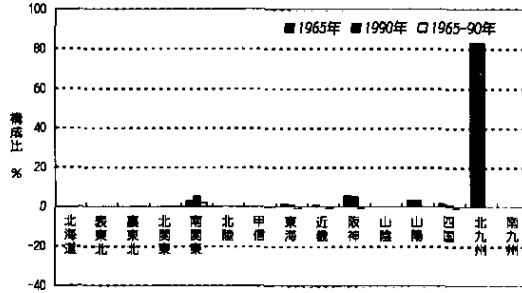


図2 (その12) 山陽と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

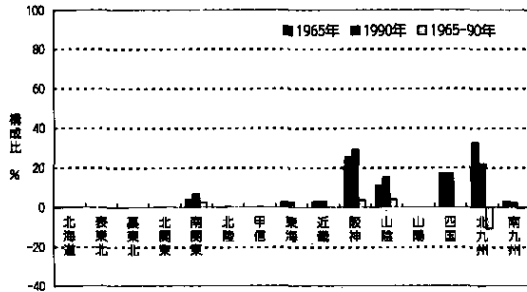


図2 (その13) 四国と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化

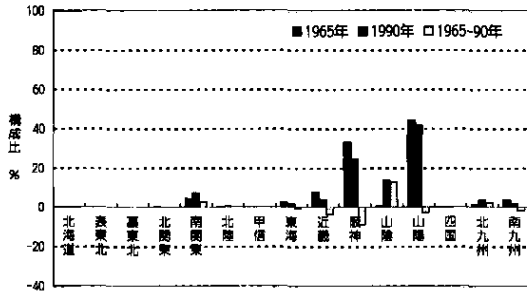
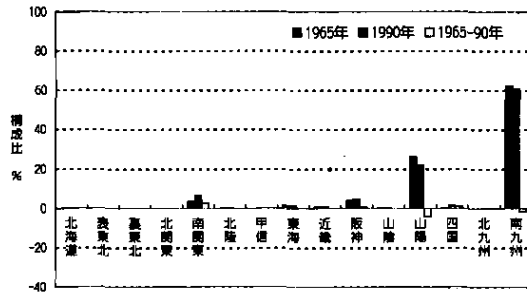


図2 (その14) 北九州と他地域との地域間旅客流動数の構成比とその変化



番目までの地域ペアについて、構成比の変化を大きい順に示したものである。25年間の変化の中では、裏東北と表東北の交流の拡大が特に大きく、東北地方の一体化が進んでいる様子がうかがえる。また、山陰と四国の交流も大きく拡大している。山陰と四国について年次別に検討した結果、1985年～1990年の5年間に構成比が大幅に増加していることが明らかになった。このことは、瀬戸大橋をはじめとする南北高速道路整備の進展が両地域間の交流拡大に寄与したものと思われる。

さらに、大都市圏と地方圏との関係を見ると、表2では南関東との交流が拡大した地域が8地域（北海道、甲信、北陸、北九州、四国、山陽、南九州、阪神）あるのに対して、阪神との交流が拡大した地域は2地域（北海道、山陽）にとどまっており、全体として東京圏の勢力が拡大している。

表3は、以上の構成比について年次間で相関分析を行った結果である。先に述べたように、1965年～1990年の地域間交流パターンには、東京圏の勢力拡大、東北及び中国四国での地域内交流の拡大といった変化が見られた。しかし、表3の相関係数値はいずれの年次間についても0.97以上の大きな値になっており、分析期間を通じて地域間交流の構成比に大きな変動はなく、地域間交流パターンは経年的に安定していると考えられる。

IV 多次元尺度法による旅客流動構造の分析結果

1. 距離減衰パラメータ α_k の推定結果

まず、単純ユークリッドモデルによる MDS を適用して、分析年次別に距離減衰パラメータ α_k

表2 1965年～1990年の間に地域間交流が強化された上位30地域ペア

順位	流動元	流動先	構成比率の変化
1	裏東北	表東北	25.81
2	山陰	四国	18.12
3	北海道	南関東	13.74
4	四国	山陰	13.12
5	表東北	裏東北	9.88
6	北陸	近畿	8.85
7	南関東	北関東	6.01
8	北海道	阪神	5.33
9	甲信	南関東	4.99
10	甲信	近畿	4.59
11	北陸	南関東	4.14
12	山陽	山陰	4.13
13	東海	近畿	3.85
14	山陽	阪神	3.84
15	北九州	南関東	3.06
16	四国	南関東	2.89
17	東海	甲信	2.76
18	表東北	北関東	2.76
19	山陽	南関東	2.68
20	四国	北九州	2.53
21	北海道	北陸	2.45
22	南関東	甲信	2.43
23	南九州	南関東	2.21
24	近畿	東海	2.01
25	山陰	表東北	1.74
26	近畿	北陸	1.50
27	阪神	南関東	1.32
28	阪神	山陽	1.20
29	北九州	四国	1.19
30	近畿	甲信	1.04

表3 地域間旅客流動の構成比に関する年次間相関分析

	1965年	1970年	1975年	1980年	1985年
1970年	0.991	—	—	—	—
1975年	0.985	0.993	—	—	—
1980年	0.988	0.994	0.992	—	—
1985年	0.976	0.986	0.987	0.987	—
1990年	0.973	0.980	0.979	0.980	0.981

を推定した。ここでは、各分析年次について α_k の値を1～10の間で0.01刻みで変化させながら単純ユークリッドモデルによるMDSを繰り返し適用し、式(3)の非適合度 ϕ_k と α_k との関係を検討した。図3は、分析結果のうち、 α_k を0.5刻みで変化させた場合の ϕ_k と α_k の関係を示したものである。各分析年次ともに、 α_k の値が4～6の間で非適合度が最小になっている。また、表4には、各年次別に非適合度 ϕ_k が最小となった α_k の値を示す。

α_k は通常の小売買物モデルの場合は2.0前後の値をとるが⁹⁾、本研究の推定値は4～6の大きな値になっている。筆者が同様の手法を1960年～1985年の地域間人口移動に適用した結果によると¹⁰⁾、 α_k の値は2.3～3.1であり、本研究の推定結果は人口の社会移動と比較してもかなり大きな値と言える。 α_k は流動数が距離に対してどの程度敏感に反応するかを表しており、 α_k が大きくなるほど地域間距離に対する抵抗感が大きいことを意味する¹¹⁾。

図2で示されたように、地域間旅客流動は近隣地域間の構成比が大きく、遠距離地域との交流が小さいことが距離に対する大きな抵抗となって表れたものと思われる。また逆に言えば、本研究の結果から、地域間距離が縮小されることによって、地域間旅客流動は大幅に増大すると言える。例えば、1985年～1990年の間に山陰と四国の間の交流が大幅に増加したが、これは同時期における南北

9) 市原実『商圏と売上高予測』、同友館、1995年

10) 上掲6)

11) D. フット(青山吉隆・戸田常一・阿部宏史・近藤光男共訳)『都市モデル—手法と応用—』、丸善、1984年

図3 距離減衰パラメータ α_k と MDS の非適合度 ϕ_k との関係

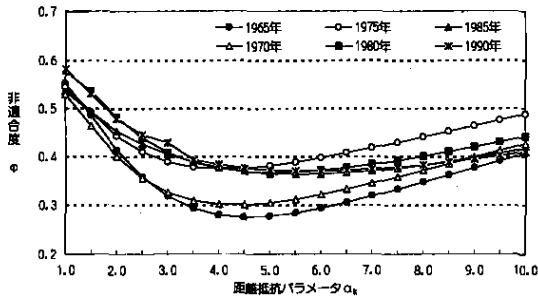


表4 距離減衰パラメータ α_k の推定結果

年次 (k)	距離減衰パラメータ (α_k)	非適合度 (ϕ_k)
1965年	4.560	0.2755
1970年	4.320	0.3012
1975年	4.060	0.3753
1980年	5.070	0.3673
1985年	5.630	0.3638
1990年	5.800	0.3708

高速道路整備の進展によって、両地域間の距離抵抗が縮小したことに起因すると考えられる。

2. 旅客流動構造の分析結果

表5に、各年次ごとに求めた距離行列を用いて、年次間で地域間距離の相関分析を行った結果を示す。表中では、年次が離れるに従って相関係数値が低下する傾向が見られるが、隣接した年次間の相関は高い。

次に図4～5は、重み付きユークリッドモデルによるMDSを適用し、2次元空間における15地域の布置と分析年次別の各次元に対するウエイトを求めた結果である。

図4の2次元空間における15地域の布置をみると、図中の右に東日本、左に西日本の各地域、また縦軸に沿って上方に北日本、下方に南日本の各地域が配置される傾向が見られる。従って、図4の縦軸と横軸は、概ね日本の東西方向及び南北方向を表していると解釈できる。

しかし、いくつかの地域は、実際の地図上の位

表5 地域間距離に関する年次間相関分析

	1965年	1970年	1975年	1980年	1985年
1970年	0.991	—	—	—	—
1975年	0.955	0.967	—	—	—
1980年	0.955	0.968	0.979	—	—
1985年	0.919	0.940	0.951	0.960	—
1990年	0.880	0.895	0.923	0.931	0.935

図4 重み付きユークリッドモデルによるMDSの適用結果 (2次元空間における15地域の布置)

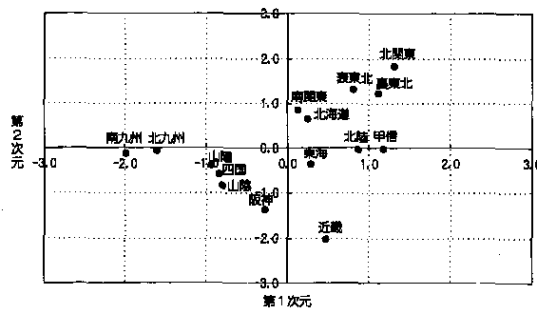
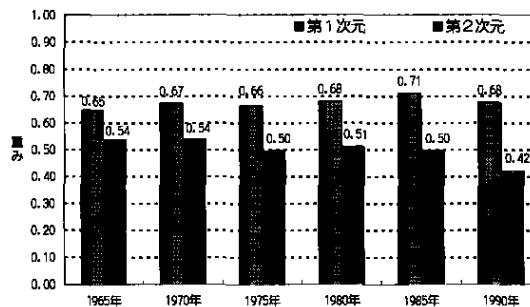


図5 重み付きユークリッドモデルによるMDSの適用結果 (各次元に対する重みの経年変動)



置とは異なる布置になっている。例えば、北海道は南関東に隣接しており、図2の構成比でも示された南関東との密接な関係が表れている。また、北関東は図2において南関東との交流が大きかったが、南関東と他地域との密接な関係のために、南関東から離れた位置に布置されている。同様な傾向は、阪神と近畿の位置関係にも見られ、阪神と山陰、山陽、四国の密接な関係のために、近畿

は阪神からかなり離れた位置に布置されている。

図5の各次元に対するウエイトの変化をみると、1965年～1990年の6時点の重みの変動幅は第1次元0.06、第2次元0.12となっており、第1次元に比較して第2次元の変動が大きい。

特に、1985年から1990年にかけて、第2次元のウエイトが0.50から0.42に0.08ポイント減少している。第2次元が地図上の南北方向に概ね対応することを考え合わせると、近年南北方向の地域間距離が縮小してきたこと（すなわち南北交流の利便性が向上しつつあること）を表すと考えられる。

しかし、全体として分析期間中のウエイトの変化は小さく、図4の15地域の布置に大きな変化は生じていない。

V おわりに

我が国では、高度経済成長期から今日に至るまで、新幹線網、高速道路網、航空網などの整備が着実に進められてきたが、本研究の分析結果で示されたように、旅客流動からみた我が国の地域構造には大きな変化が生じておらず、地域間交流パターンは経年的に安定したものとなっている。

このことは、分析期間を通じて、旅客流動の主流が地方圏から大都市圏への流れになっており、地方圏相互の交流が地方圏から大都市圏への流れを上回るまでには至っていないことを表すと考えられる。

しかしながら、1965年～1990年の25年間の変化を見ると、裏東北と表東北、山陰と四国のように、地方圏相互の交流が拡大しているケースもある。また、北九州と南九州のように、従来から地方圏相互の交流が大きい地域もある。

以上のうち、特に山陰と四国については、1985年から1990年にかけて交流が大幅に拡大しており、1988年に開通した瀬戸大橋等の高速道路整備の進展が地域間交流を活性化させたと思われる。

中国四国における今後の変化に関して、筆者は既往文献¹²⁾の中で、中国四国における高速道路整備が地域内の交通利便性や交流圏の拡大に及ぼす影響を分析している。今後、同様の分析を全国について行い、本研究の分析結果と照合することによって、地方圏における高速交通網整備が交流拡大に及ぼすインパクトをより明確に把握できると考えられる。以上については、今後の課題としたい。

12) 阿部宏史「高速道路整備に伴う中四国地域内の交流圏の変動について」、『地域経済研究』(広島大学経済学部附属地域経済研究センター紀要)、第5号、pp. 69-80、1994年