

交通手段別流動から見た札幌都市圏のゾーン間結合特性に関する研究*
A Study on Property of Zone Linkage in Sapporo City Using Urban Traffic Flow

足達 健夫**・高野 伸栄***・佐藤 馨一****
by Takeo ADACHI, Shin-ei TAKANO, Keiichi SATO

1. はじめに

地域間に存在する交通流動は、それ自体が当該地域の諸活動を反映するものであり、地域計画においてはその交通流動をどのような立場に立ていかに評価すべきかが重要な課題である。交通流動の評価はすなわち地域と地域の関係の評価であるといえ、その意味で、従来から行われてきた交通流動による地域間の結合の評価は、現在の地域相互の関係のありようを把握するための中心的な役割を果たしているもののひとつであろう。

一方、近年の大都市中心部における交通混雑や、公共交通機関の整備などによる、比較的長い期間における都市内交通流動の変化が、都市の空間構造にさまざまな影響を与えていることはいうまでもない。都市内においては都市内交通流動によって、1都市を構成する小地域間における結合の評価を行う必要性があると思われる。

本研究は地域間の結合を、そこに存在する交通流動をどのような観点から捉えるべきか、いくつかの評価指標について考察している。また、市町村間ではなく都市内交通流動をデータとしていることが特徴であり、札幌市をモデルケースに分析を行っている。本研究は交通流動によって結びついている地域の関係を多角的に把握する必要性の提言を目的とするものである。

2. 流出率によるゾーン間の結合評価

(1) 結節構造分析における圏域設定

* キーワード：都市内交通流動量、流出率、地域間結合度

** 正会員 工 修 専修大学北海道短期大学土木科
(〒079-01 美幌市光珠内町 Tel 01266-3-0245, Fax 01266-3-3097)

*** 正会員 学術修 北海道大学工学部土木工学科
(〒060 札幌市北区北13条西8丁目 Tel 011-706-6213, Fax 011-726-2296)

**** 正会員 工 博 北海道大学工学部土木工学科
(〒同上 Tel 011-706-6209, Fax 同上)

地域概念のひとつとしての結節地域は、対象地域の構成単位地域（以降、ゾーンと呼ぶ）が、機能的に結びついているという観点から地域全体を捉えるものである。種々の交通圏設定は、市町村などをゾーンとして、それらの間に存在する交通流動を機能的な結合と考え、中心地から周辺への交通上の機能的結合がどこまで及んでいるかを求めるものである。「...圏（域）」という用語は一般的に様々な用途で用いられるが、以上のような意味に限定して考えた場合、交通流動量を指標とする交通圏は、中心ゾーンへの交通の流出割合を一定値以上有する周辺ゾーンの集合と見るのがもっとも一般的である。

ゾーン間に表1のような分布の交通流動が存在するとき、あるゾーン間交通流動量を発ゾーン発生量で除すと、式1の流出率が求められる。

$$f_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sum_j t_{ij}} \quad \text{式1}$$

流出率が大きいほど、当該交通流動（ $i \rightarrow j$ ）は発ゾーン*i*にとって重要な交通流であるから、逆に言えば着ゾーン*j*はそれだけの交通の吸引力を*i*まで及ぼしていると考えることができる。

(2) 圏域における中心性と階層性

以上のような特性から、流出率を用いて評価された結合のパターンに現れるもっとも顕著な特徴は、「中心性」と「階層性」であろう。同一の中心ゾーン（中核都市など）への流動を、高流出率として評価する周辺ゾーン（周

表1

	...	<i>j</i>	...	
⋮		⋮		⋮
<i>i</i>	...	t_{ij}	...	$\sum_j t_{ij}$
⋮		⋮		⋮
	...	$\sum_i t_{ij}$	...	$\sum_{i,j} t_{ij}$

辺市町村など)が多いほど、当該ゾーンは高い中心性を持つことになる。また「中心-周辺」の関係は相対的なものであるから、周辺市町村であっても副次的な中心ゾーンとなりうる。各ゾーンをノード、高流出率として評価された交通流動をリンクで表すと、中心ゾーンや副次中心ゾーンにリンクが集中し、全体としては階層的な「ハブとスポーク」のような形態となる。流出率による結合の評価は、交通流動パターンによって「中心-周辺」関係の明示が可能になるがゆえに階層性を表現できるといえよう。

(3) 閾値の設定

流出率によりゾーン間の結合を評価して行く圏域の設定において重要な点のひとつは、有意とすべき流出率の閾値をいかに定めるかということである。どの程度の流出率から有意と見なすかで、圏域の大きさが変化するからである。これについては、その発ゾーンにとって最大の流出率を持つODのみを有意とするもの、一定の閾値を設け、それを超える流出率のODのみを有意とするものなどがあげられる。後者では、閾値以上なら各ゾーンは複数の着ゾーンとの関係を認めることが可能なため、圏域の重複が表現できるという利点がある。その一方で、あるひとつの閾値によって設定される圏域の境界線は恣意的なものであり、実情に即した圏域設定としては不十分なものであるとの指摘⁹⁾もなされている。本研究では後

述のように対象ゾーンが多数なため、分析結果が複雑にならない最大流出率による評価法を採用している。

3. 地域間結合度による結合評価

(1) 地域間結合度

流出率はいわば、発ゾーンから見て着ゾーンが交通上どの程度の重要性を有するかを表す指標である。したがってそれは発ゾーンにとってのみ意味を持ち得るものであり、着ゾーンからは当該交通流動が自ゾーンにとっていかなる意味を持つかは評価できない(図1左)。この発着2ゾーンだけの結合の評価に限って考えるとすれば、着ゾーンにとって発ゾーンがどれほどの重要性を持つかを考慮すべきであると考えられる。

ある交通流動に対して、これを発ゾーンからのみならず着ゾーンからもその重要度を評価できるようにすれば2ゾーン間の結びつきを発・着双方から評価できる(図1右)。そこで発ゾーンにおける流出率に、着ゾーンにおける流入率を加味し、これらの相乗平均をとることのできる地域間結合度を定式化する。

$$c_{ij} = \sqrt{\frac{t_{ij}}{\sum_j t_{ij}} \times \frac{t_{ij}}{\sum_i t_{ij}}} = \frac{t_{ij}}{\sqrt{\sum_j t_{ij} \sum_i t_{ij}}} \quad \text{式2}$$

地域間結合度では、たとえ発ゾーンにとって最大流出率を持つ流動先であっても、着側ではその交通流動を流

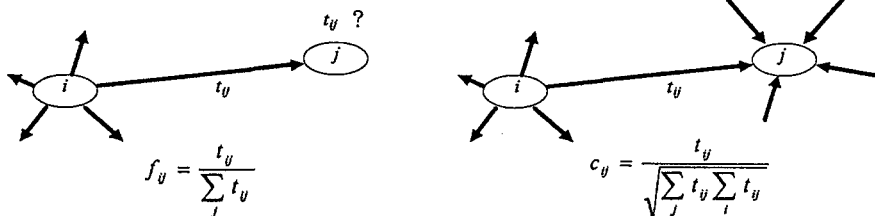


図1 流出率と地域間結合度

表2

	...	j	...	
⋮		⋮		⋮
i	...	10	...	100
⋮		⋮		⋮
	...	?	...	$\sum_{i,j} t_{ij}$

表3 a

	...	j	...	
⋮		⋮		⋮
i	...	10	...	100
⋮		⋮		⋮
	...	500	...	$\sum_{i,j} t_{ij}$

表3 b

	...	j	...	
⋮		⋮		⋮
i	...	10	...	100
⋮		⋮		⋮
	...	20	...	$\sum_{i,j} t_{ij}$

入率として大きく評価するとは限らないので、おなじ交通流動量であっても評価値は異なる。いま仮にゾーン i, j 間に 10 トリップの交通が存在し、 i ゾーン発生量が 100 トリップあるとする。 $i-j$ 間の結合を流出率で評価すれば、表 2 から発ゾーン i は発生量のうち 10 トリップを j へ向けているから、 $f_{ij} = 0.10$ となる。しかしこの 10 トリップが j ゾーンにとって大きいのか小さいのかは評価できない。それは j における集中量に依存する。一方、地域間結合度でこれを評価すると、表 3 a, b のように j ゾーン集中量が 500 トリップの場合と 20 トリップの場合では、 c_{ij} はそれぞれ 0.04, 0.22 と異なる。この場合、表 3 b の 10 トリップの t_{ij} のほうが、 i, j 双方にとって大きな交通流動量として評価される。

(2) 地域間結合度による評価の特性

地域間結合度は、対象地域内の各ゾーンを「中心」・「周辺」といった関係ではなく、ひとつの交通流動についての発ゾーン・着ゾーンとして捉えるのみであるから、中心地やその圏域の設定、またゾーン間の従属関係から階層構造を求めるのには不適である。しかし任意の 2 ゾーンに限って着目するなら、その結合関係の評価は交通流動の発着地双方から等しくなされるべきであり、地域間結合度はそこに利点を持つ。その 2 ゾーンの結合関係を単位とする集合によって対象地域全体が形成されると見れば、同じ交通流動分布でも流出率による評価とは異なった空間構造が現れると考えられる。

(3) 希望線図

希望線図もやはりゾーン間相互の交通流動の様相を示

すもののひとつである。希望線図は OD 間の交通流動量をそのままリンクの太さで表現する。交通流動の絶対量を用いるため、すべての OD ペアについて、リンク相互を比較できることが利点であるといえる。これに対し、流出率を用いて有意とされたリンクは、発ゾーンにおける相対的な関係を表すにすぎず、発ゾーン以外にとってはリンクの持つ量は意味を持たない。地域間結合度でも、リンクはその両端の発・着ゾーンにのみ意味を持ちうる。流出率・地域間結合度においては対象地域全体の中でのリンクの重要性よりも、むしろ自ゾーンが関わる結合関係に、評価の力点が置かれるものといえよう。

4. 都市内交通流動による分析

(1) 第 2 回道央都市圏パーソントリップ調査データの概要

本研究で用いたデータは 1983 (昭和 58) 年より 4 年計画で実施された「道央都市圏パーソントリップ調査」によるものである。本調査は、札幌市を含む 5 市 4 町を対象として実施された。なお、第 3 回調査がすでに昨年秋季より実施されているが、現時点ではデータがまだ完全に整備されていないなどの制約があるため、今回は第 2 回調査のものを用いた。使用データは以下の 4 つの交通手段別に、市内 172 ゾーン間の OD 行列の形とした。

①路線バス・市電 ②乗用車 ③地下鉄 ④徒歩

(2) 分析の流れ

172 次の正方行列としてデータを入力し、流出率 f_{ij} ・地域間結合度 c_{ij} の 2 つの指標で行列要素を置き換えた後、有意と認められる OD 間にリンクを図示し、地理的

表 4 各評価指標の相違点

	希望線図による評価	流出率による評価	地域間結合度による評価
OD 交通量の評価方法	t_{ij}	$t_{ij} / \sum_j t_{ij}$	$t_{ij} / \sqrt{\sum_j t_{ij} \sum_i t_{ij}}$
リンク(ゾーン間交通量)の意味	対象地域の全ノードにとって意味を持つ絶対量	リンクの発側ノードにとってのみ意味をもつ相対量	リンクの両端(発・着)ノードにとって意味を持つ相対量
リンク同士の比較	○	—	—
中心性・階層性	—	○	—
両端の 2 ノードに関する結合の評価	—	—	○

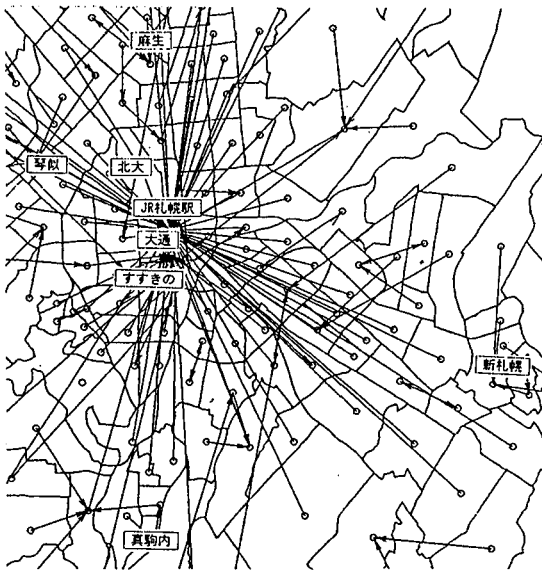


図2 流出率による評価

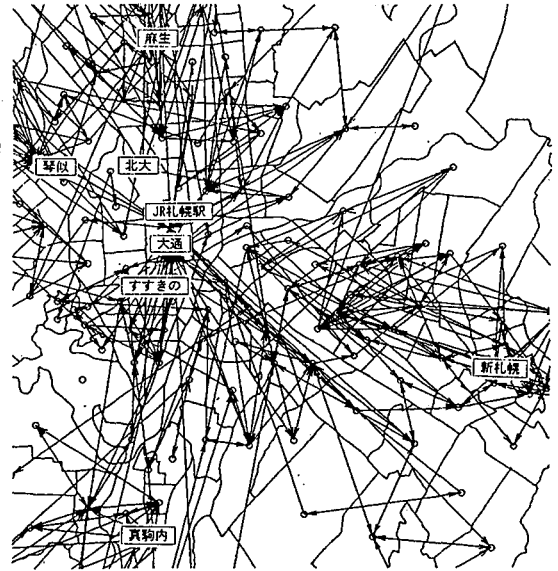


図3 地域間結合度による評価

に把握可能にした。前者では行列の各行について最大の f_j のみを有意とし、後者では閾値を設け、閾値以上の評価値が得られたODペアを有意とした。

5. 札幌市内におけるゾーン間交通流動の評価

(1) 分析結果

分析結果のうち、交通手段「路線バス・市電」の、流出率・地域間結合度の評価によるものを図2, 3に示す。

(2) 都市内交通流動の中心

図2は流出率による評価でデータを処理したものであるが、多くの発ゾーンが都心の少数のゾーンへ最大の流出率を向けており、明らかに都心への集中性が現れているといえる。また地下鉄の終着駅であり、大きなバスターミナルのある新札幌・琴似など都心以外の副次中心的なゾーンへも、いくらかリンクの集まりが見られる。

(3) 交通の指向性

一方同じ交通手段でも、地域間結合度による評価では都心部とリンクしているゾーンはむしろ少数であり、流出率では都心へ集中しているのに対し、発・着ゾーン双方から平均的に見て割合の高い交通は、周辺部に存在することがわかる。ところで c_j は流出率・流入率の平均が

ともに高いと極大となる。これは $i-j$ 間に、ある程度限られたゾーンへ流出し、かつ限られたゾーンから流入してくる交通が存在することを意味する。ある閾値のもとでのリンクの出現数が多いほど、発着地にばらつきのない、より指向性の高い交通が卓越しているものと考えられる。

6. おわりに

本研究では地域間に存在する交通流動から当該地域の結合の評価を行うために、評価指標の検討を行った。それを札幌市をモデルケースとして都市内に適用し、ゾーン間の交通流動データにより、172 という多くのゾーン間について交通手段別に分析した。リンクとノードによって図示した分析結果により、評価指標の違いによる交通流動の形態の差異を確認できた。今後の課題として、地域間結合度評価における閾値設定が恣意的であることについての設定の理論的基盤の整備や、第3回パーソントリップ調査のデータによる時系列分析など、さらに考察を進める必要がある。

参考文献

- 1) 吉武哲信：都市圏の構造把握とそれにもとづく広域的道路網の評価に関する研究，九州大学学位論文，pp.21-23，1993。
- 2) 村山祐司：交通流動の空間構造，古今書院，1991。