

## 土地利用を考慮した通勤交通流動特性について

Characteristic of Journey-to-Work Travel consideration of Land use

苫小牧工業高等専門学校 ○正会員 下タ村 光 弘 (Mitsuhiro Shitamua)  
 専修大学北海道短期大学 正会員 榊 谷 有 三 (Yuzo Masuya)  
 室 蘭 工 業 大 学 正会員 田 村 亨 (Tohru Tamura)  
 室 蘭 工 業 大 学 フェロー 齋 藤 和 夫 (Kazuo Saito)

## 1. はじめに

都市構造の変化に伴う通勤交通の変化を視覚的、計量的に分析する手法としてプリファレンス曲線が提案されている<sup>1)</sup>。プリファレンス曲線はストウファアの介在機会モデルの概念を基礎としていることから、到着地点としての従業地（業務地）の様子を反映した分析である。この曲線を基礎に各ゾーンの通勤交通流動の相違及び時系列的な種々の分析を行うため、プリファレンス曲線とX軸で囲まれた面積値は、指標の算定が容易であるとともに、曲線形状等も容易に把握することができるなどの特徴がある。

通勤交通流動は居住地と従業地の位置関係によって発生することから、通勤トリップ長はこれらの位置関係や従業地の空間分布としての都市構造の等によって異なってくる。また、通勤トリップ長は通勤者が住宅地から従業地をどこにしているか等の交通行動によって異なってくる。このような通勤交通行動と都市構造の関係を最適職住割当問題の面から考察する場合、トリップ長を基礎とした分析<sup>2)3)</sup>を行ってきたが、従業地の影響つまり業務地の分布は平均トリップ長からの都市構造しか考慮していない。

しかし、従業地の空間分布だけでなく、各ゾーンのポテンシャルとしてのアクセシビリティなどを考慮することは、どのような従業地を選択しているか、またそれらのゾーンがなぜ選択されたのかなどの交通行動分析において重要な項目である。プリファレンス曲線は土地利用としての集中トリップの影響を考慮できることから<sup>4)</sup>、本研究では、土地利用としての従業地の影響を分析可能なプリファレンス曲線を基礎とし、最適職住割当問題を適用した新たな指標としての流動特性指標をととして種々考察を試みた。

本研究では、1972年、1983年及び1994年に実施された、3つの年次の道央圏パーソントリップ調査のうち、札幌市の通勤交通を対象に分析を行った。

## 2. プリファレンス曲線と流動特性指標について

通勤交通に対するプリファレンス曲線は、図-1に示されているように、従業地の分布状況を表す集中トリップの累積比率と居住地における就業者の発生状況を表す発生トリップの累積比率の関係を示したものである。この曲線は、「ある出発地からある到着地までのトリップ数（比率）は、到着地点の機会数に比例し、その途中に介在する機会数に反比例する」というストウファアの介

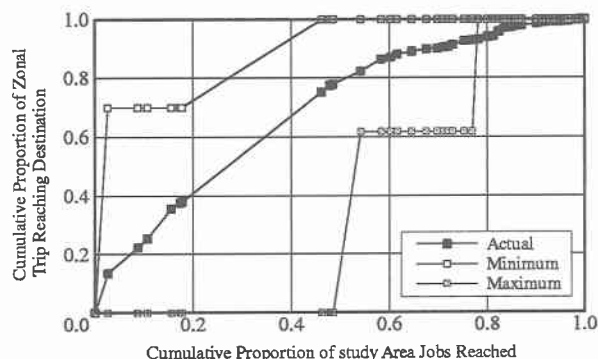


図-1 最大・最小値をプロットしたプリファレンス曲線（1972年、ゾーン3）

在機会モデルの概念を基礎としている。そして、この曲線を通して就業者が居住地からある確率に従って従業地を選択して通勤するという行動を把握することが可能となる。

横軸（X軸）は、対象とするゾーン*i*と他のゾーン*j*間の交通抵抗（空間距離、時間距離あるいは一般化費用等）によってゾーン*j*を小大順に並び変えたとともに、並び変えられたゾーン*j*までの総トリップに対する集中トリップ数の累積比率を表す。一方、縦軸（Y軸）は、当該ゾーンを発生する総トリップ数に対するゾーン*j*までの累積比率を表す。このように、プリファレンス曲線に着ゾーンのポテンシャルや発ゾーンの交通行動を表現できる指標であり、同じグラフに異なる年度や、異なるゾーンの曲線を書くことができることから、それぞれの交通流動の違いを視覚的に容易に把握することができる。

計量的指標として曲線とX軸及びX=1.0で囲まれる面積値で分析することができるが、面積値だけによる比較では計量的に曲線の相違を求めることが出来ないことから、X軸の累積比率の和SX（式（2））についても考察を行った。SXはアクセシビリティと関連がある指標であることから、今回の分析はアクセシビリティを踏まえたものである。

$$A_t = \int_0^1 y_t(x) dx_t \quad (1)$$

$$SX_{i,t} = \sum_{j=1}^n X_{ij,t} \quad (2)$$

都市構造の変化に対する交通流動パターンの変化を分

析するにあたり、本研究では、交通流動のパターンとしての上限値及び下限値が算定可能な数理最適化モデルとしての最適職住割当問題の算定を行った。問題は、式(3)～式(5)の制約条件の下で、式(6)を最適化(最小化あるいは最大化)する Hitchcock 型輸送問題として定式化できる。ここで、 $T_{ij}$ 、 $d_{ij}$  はゾーン  $ij$  間の通勤交通及び距離である。また、 $E_i$ 、 $E_j$  はそれぞれゾーン  $i$  及び  $j$  における発生トリップ数、集中トリップ数である。

$$\sum_{j=1}^n T_{ij} = E_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n T_{ij} = E_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$T_{ij} \geq 0 \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \cdot T_{ij} \Rightarrow \text{Max or Min} \quad (6)$$

そうすると、総通勤距離が最小及び最大の時の交通流動が各ゾーンにおいても求まることから、各ゾーンの最小及び最大通勤距離をとる場合のプリファレンス曲線の作成を図-1 のように行うことができる。プリファレンス曲線の計量的指標として面積値では算定することができる。それぞれの曲線と X 軸及び  $X=1.0$  で囲まれる面積値を求め、通勤距離最小の場合の面積を  $A_{min}$ 、実際の通勤距離の場合の面積を  $A_{act}$ 、通勤距離最大の場合の面積を  $A_{max}$  とすると、各ゾーンにおいてそれぞれの面積値から以下のように指標値を定義した。

$$\text{交通流動範囲} = A_{min} - A_{max} \quad (7)$$

$$\text{流動特性指標} = \frac{A_{min} - A_{act}}{A_{min} - A_{max}} \quad (8)$$

交通流動範囲はある都市構造において起こりうる交通流動の範囲つまり最小値と最大値の差であり、実際の交通流動はこの範囲の中にあると考えられる。また流動特性指標は交通流動が変化するなかで実際の交通流動が最大値と最小値とのどの位置にあるのか、あるいは最小値からどの程度乖離しているかを考察することができる。一般的に流動特性指標値は、0 に近づくほど通勤距離が小さいことから都市における交通行動としては、効率的な通勤行動と考えられ、1 に近づく傾向は通勤距離が最大値に近い交通行動を意味しており、通勤距離が長くなることから通勤交通の効率性が低いとも考えられる。

### 3. 札幌市の通勤交通流動特性について

本研究では、1972 年、1983 年及び 1995 年に実施された道央圏パーソントリップ調査のうち、札幌市の通勤交通の発生・集中交通量を対象とした。対象地域の札幌市を 1972 年の OD 調査区分に基づいた 53 ゾーンに、1983 年及び 1994 年いずれの OD 交通量及び時間距離等を取りまとめている。53 ゾーンすべてについて、1972 年、1983 年、1995 年の各年次の OD 交通量と道路網上の最短距離をゾーン間距離としてプリファレンス曲線を作成

表-1 面積算定結果

|      | 1972  | 1983  | 1994  |
|------|-------|-------|-------|
| 最小値  | 0.613 | 0.629 | 0.638 |
| 最大値  | 0.893 | 0.907 | 0.890 |
| 平均値  | 0.707 | 0.705 | 0.713 |
| 標準偏差 | 0.051 | 0.043 | 0.044 |

表-2 SX の算定結果

|      | 1972 年 | 1983 年 | 1994 年 |
|------|--------|--------|--------|
| 最小値  | 29.026 | 28.412 | 28.140 |
| 最大値  | 41.756 | 37.910 | 35.592 |
| 平均値  | 34.604 | 32.692 | 31.481 |
| 標準偏差 | 3.513  | 2.571  | 2.094  |

し ta. プリファレンス曲線を計量的に評価する指標としての面積値を算定し、その結果を表-1 に取りまとめた。ここでは実際の交通流動の算定を行っていることから、図-1 の Actual の曲線に囲まれた面積を取りまとめたものである。

プリファレンス曲線は従業地の分布を表す集中トリップの累積比率と、居住地における就業者の発生状況を表す発生トリップの累積比率の関係を表したものであることから、従業地の影響をこの曲線から分析することが可能であるが、土地利用の影響を分析するために、プリファレンス曲線の X 軸の累積比率の和である SX (式(2)) の算定を行いその結果を表-2 に取りまとめた。図-1 の面積値は年々増加していることから、実際の交通行動はより最小値側へシフトしていることが窺える。また SX は年々減少しておりアクセシビリティの減少を窺うことができる。SX の空間分布は都心部が高く、郊外に行くに従い減少する同心円的な分布を示してた。

各年次における職住割当問題の算定結果を表-3 に取りまとめた。総トリップ数、平均トリップ長はパーソントリップ調査の結果より得られたもので、総トリップ数の増大に伴って平均トリップ長、総走行距離の増加並びに最小値と最大値の範囲の拡大が理解できる。年次毎の職住割当問題の算定から得られた各ゾーンの最大及び最小の時の交通流動を基に、図-1 に示したプリファレンス曲線を作成し、交通流動範囲(式(7))及び流動特性指標(式(8))の算定を行った。

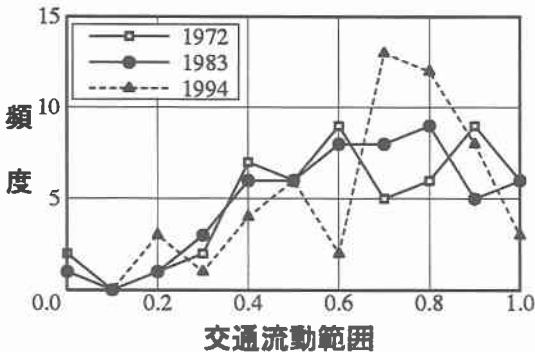
現況の土地利用で起こりうる交通流動の範囲を示す交通流動範囲は表-4、図-2 のとおり、年々増加傾向がみられる。図-3 には 1972 年における交通流動範囲を示した、この図より西部及び東部の郊外では流動範囲の値が大きく、都心部及び北部にかけて小さな値を示している。このように地域によって流動範囲にも違いがみられる。一般的に都市の拡大により交通流動範囲が増加すると考えられることから、業務地や住宅地の立地位置等

表-3 輸送問題の算定結果

|             | 1972 年    | 1983 年    | 1995 年    |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 総トリップ数      | 335,218   | 498,434   | 606,116   |
| 平均トリップ長(km) | 4.85      | 5.62      | 5.97      |
| 総走行距離(人・Km) |           |           |           |
| 最小値         | 950,543   | 1,464,593 | 1,858,126 |
| 実際値         | 1,625,681 | 2,799,269 | 3,615,997 |
| 最大値         | 2,966,792 | 5,241,867 | 7,036,495 |

表－４ 各年次に対する各ゾーンの交通流動範囲及び流動特性指標

|        |      | 1972 年 | 1983 年 | 1994 年 |
|--------|------|--------|--------|--------|
| 交通流動範囲 | 平均値  | 0.5999 | 0.6134 | 0.6207 |
|        | 標準偏差 | 0.2499 | 0.2297 | 0.2265 |
| 流動特性指標 | 平均値  | 0.3644 | 0.3590 | 0.3524 |
|        | 標準偏差 | 0.2391 | 0.2028 | 0.2129 |

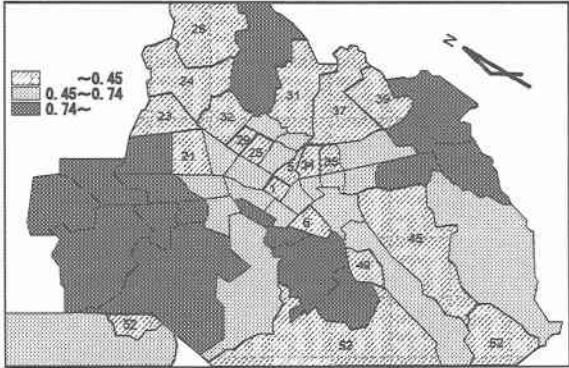


図－２ 交通流動範囲の頻度分布

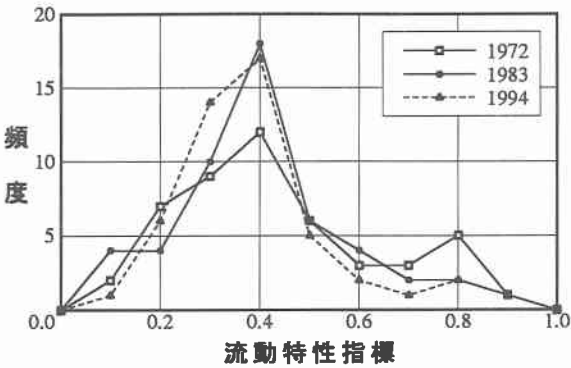
による地理的条件の影響があるものと考えられる。

次に、交通流動範囲の中のどの位置に実際の交通流動があるのかを意味する流動特性指標を求め、表－４、図－４にとりまとめた。流動特性指標は年々減少傾向が見られる。平均トリップ長は増加傾向にあるが、流動特性指標は減少していることから、交通行動としては最小交通行動に近づく傾向を示している。また、流動特性指標の分布を図－５～図－７に示した。この図から札幌市における通勤交通の特徴として、都心部を中心として東西方向（地下鉄東西線沿線）で指標が小さく、南北の外縁部で指標が大きくなっている。これら指標が大きな値を示している地域は、業務地である都心部から遠いが、多くの通勤者が都心部を勤務先として通勤していることがこの指標からも窺える。

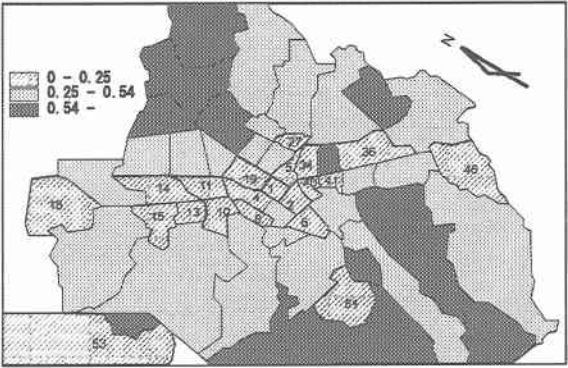
土地利用としてのアクセシビリティと流動特性指標との関係を、図－８は示すようにSXと流動特性指標との関係として分析することができる。図－８は1972年における流動特性指標とSXの関係を示したものである。この図からSXが同じでも流動特性指標にはばらつきがあり、同じようなアクセシビリティをとるゾーンでも、



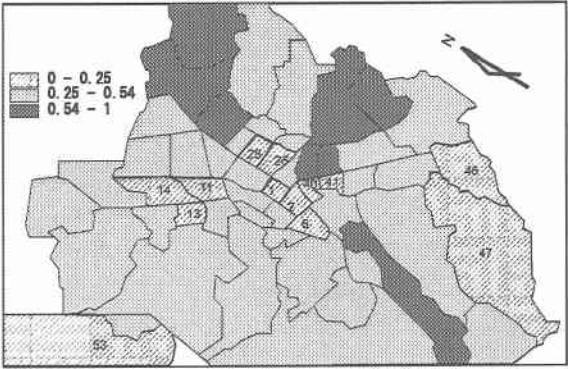
図－３ 各ゾーンの交通流動範囲（1972 年）



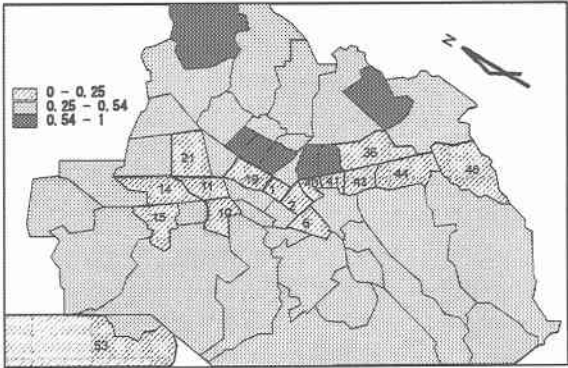
図－４ 流動特性指標の頻度分布



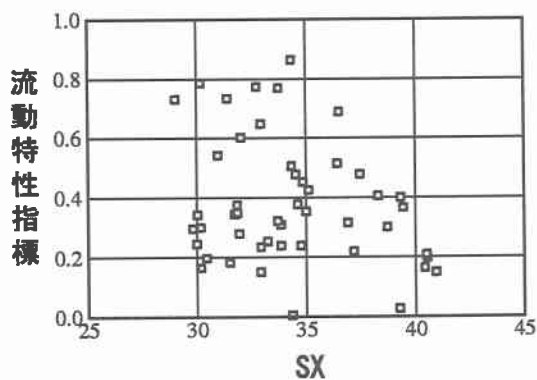
図－５ 各ゾーンの流動特性指標（1972 年）



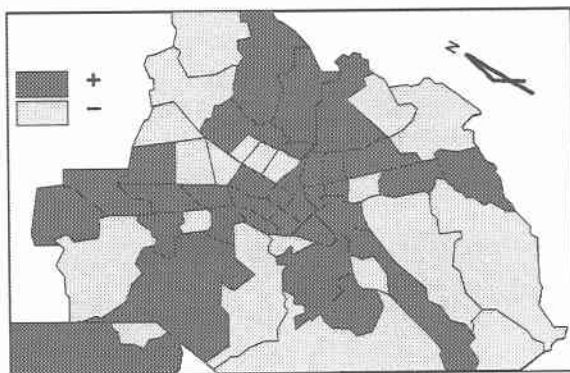
図－６ 各ゾーンの流動特性指標（1983 年）



図－７ 各ゾーンの流動特性指標（1994 年）



図－8 SX と流動特性指標の関係（1972 年）



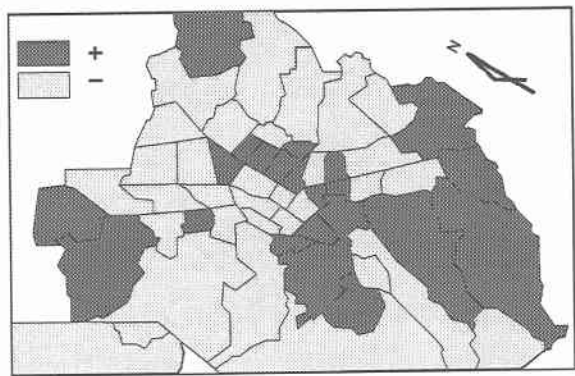
図－9 流動特性指標の変化（1972 年～1983 年）

交通流動に違いがあることが窺われる。この図において SX が 35 を超えるアクセシビリティが大きなゾーンは都心部に集中しており、流動特性指標が 0.8 を超えるゾーンは郊外部に分布している。なお、83 年、94 年についても同様な傾向が見られるが、SX つまりアクセシビリティの低下によって、都心部への集中の低下が窺われる。

流動特性指標の年次間の変化は、53 ゾーンのうち 72 年から 83 年では 21 ゾーン、83 年から 94 年では 27 ゾーンがそれぞれ減少していた。図－9 は 1972 年から 1983 年における流動特性指標値の変化を図示したものであるが、北部と南部の郊外部ゾーンで流動特性指標が減少しているが、都心部では増加しているゾーンが多かった。一方、図－10 は 83 年から 94 年における変化で、72 年～83 年に比べ流動特性指標が減少しているゾーンが増加している。特に都心部においても流動特性指標が減少しており 72 年～83 年とは違う傾向が見られた。これら流動特性指標の減少は、業務地の一極集中から分散化と居住地の郊外化があいまって減少したものと考えられる。流動特性指標の減少はすなわち効率的な交通流動へ向かっていることを意味しており、業務地の分散化により自宅近くの業務地を選択する傾向が増加したものと考えられる。

#### 4. あとがき

以上、本研究では札幌市における 1973 年、1983 年、1994 年の 3 年次のパーソントリップ調査を対象にプリファレンス曲線を適用するとともに、交通流動を分析するために職住最適化問題によりトリップ長が最小及び最



図－10 流動特性指標の変化（1983 年～1994 年）

大を取る場合のプリファレンス曲線とその面積値から算定される交通流動範囲、流動特性指標により札幌市における通勤交通流動を実証的に考察した。

分析の結果を取りまとめると、現況の土地利用で起こりうる交通流動の範囲、すなわち交通流動範囲は年々増加しており、都市の拡大による地理的条件の影響によるものと考えられる。流動特性指標からは、都心部及び地下鉄沿線地域における流動特性指標の増加及び周辺・郊外部における減少は住宅地の郊外化に伴い従業地も都心部の一極集中から、分散が進んでいることという都市構造を把握することができた。また、土地利用としてのアクセシビリティと流動特性指標との関係から、流動特性指標を SX により地域の分類の可能性を示せた。さらに、流動特性指標の年次間の変化では 72 年から 83 年では都心部で増加し、郊外部で減少していたが、83 年から 94 年では都心部においても減少しており、効率的な交通流動に向かっていると考えられた。

流動特性指標は、最適職住割当問題を基礎として算定していることから、今後はエネルギー消費や持続可能な都市の観点から、通勤交通の対する各種施策等についても考察をすすめていく。

#### 参考文献

- 1) J A Black : "Dynamics of Accessibility to Employment and Travel Behaviour : a Case Study of the Journey-to-Work in Sydney, 1961 to 2011". In W.Young(ed.) ,Proceedings of International Symposium on Transport, Communications and Urban Form Vol.2
- 2) Yuzo MASUYA and J A Black : Transportatin Infrastructure Development and Journy-to-Work Preference Function in Sapporo, 土木計画学研究・論文集 No10, pp127-134, 1992
- 3) 榊谷・下タ村・田村・斉藤：最適職住割当問題を基礎とした通勤交通の流動特性分析～札幌市の通勤交通を例として 1972-1983-1994～, 日本都市計画学会学術研究論文集, No36,pp619～624, 2001
- 4) 下タ村・榊谷・田村・斉藤：プリファレンス曲線による通勤交通流動分析～札幌市を例として～, 日本都市計画学会学術研究論文集, No36,pp571～576, 2001