

## 職住分布の変化が通勤トリップ長に及ぼす影響について

## Effect of Distribution of Residence and Employment on Journey-to-work Trip Length

室蘭工業大学大学院  
専修大学北海道短期大学  
苫小牧工業高等専門学校  
室蘭工業大学工学部

○学生員 北川智也(Tomoya KITAGAWA)  
正会員 榊谷有三(Yuzo MASUYA)  
正会員 下村光弘(Mitsuhiro SHITAMURA)  
フェロー 斎藤和夫(Kazuo SAITO)

## 1. まえがき

通勤交通は、居住地と従業地との地理的位置関係によって発生するものであるから、通勤トリップ長はこれらの位置関係、特に従業地の空間分布としての都市構造（一極集中型あるいは多極分散型）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それぞれの住宅から近い従業地を勤務先としているか（通勤距離の最小化）、あるいは遠くの従業地を勤務先としているか（通勤距離の最小化）等の通勤者の交通行動によっても異なってくる。通勤トリップ長を基礎にした分析は、持続可能な都市の形成、あるいは各種の都市交通政策を考えるうえでも重要である。

本研究では、通勤交通行動を計量的に分析することができるプリファレンス曲線を基に、職住分布の変化が通勤トリップ長に与える影響について考察を試みる。その結果、ある交通行動の下で、通勤トリップ長を減少させることができる職住分布について種々考察することができる。

## 2. プリファレンス曲線について

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わ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わ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好して通勤するという行動を把握することが可能となる。

プリファレンス曲線を通して交通行動の相違を分析するためには、計量的に算定できる指標あるいは曲線回帰によるパラメータの推定が必要である。図-1 の例に見られるように、札幌市の通勤交通を対象にしたとき、曲線の特性及び形状等から 2 次曲線による回帰曲線が相関係数 ( $R^2=0.9860$ ) 等からも優れていることが確認されている。そこで、本研究においては各ゾーンの通勤交通行動は、各ゾーンのプリファレンス曲線に対する回帰係数の値にしたがって行なわれるものとする。

そうすると、ある土地利用パターンとしての各ゾーンの従業地に対する立地量(集中トリップ)が与えられたとき、居住地と従業地間の分布交通量 (OD 交通量) は各ゾーンのプリファレンス曲線を通して算定することができる。プリファレンス曲線を用いることにより、すなわち、従来の発生集中交通量を基にした重力モデル等による分布交通量の算定と比較して容易に分布交通量を求めることができる。さらに、各ゾーンの通勤交通行動は、各ゾーンの職住分布としての立地量の変化に関わらず、当該ゾーンの

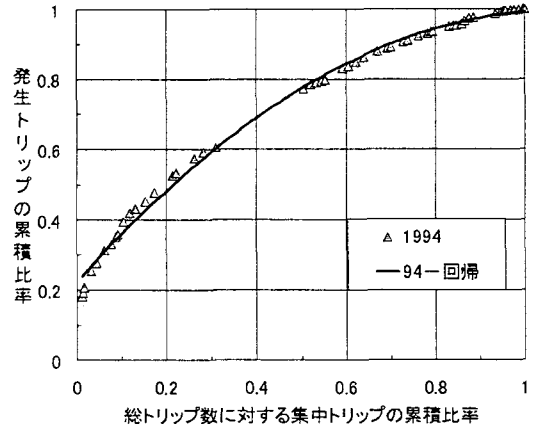


図-1 プリファレンス曲線の例（札幌市の通勤交通）

プリファレンス曲線に従うとしたとき、立地量の変化に伴う OD 交通量も容易に算定することができる。本研究においては、ある目的関数を最適化するような職住分布としての各ゾーンの立地量と分布 OD 交通量の算定について試みるものである。

## 3. 通勤交通行動を考慮した問題の定式化

通勤トリップ長は、居住地と従業地との地理的位置関係及び空間分布によって異なってくる。したがって、各ゾーンの居住地に対する立地量あるいは各ゾーンの従業地に対する立地量に変化すれば、各ゾーン間の OD 交通量も変化し、延いては通勤交通エネルギー消費に関する指標である総通勤トリップ長にも影響を及ぼす。そこで、本研究においては、通勤トリップ長を減少させるような各ゾーンの居住地及び従業地に対する立地量について考察を試みる。すなわち、職住分布としての各ゾーンの立地量を変化（他ゾーンへの移転等）させることによって、都市圏全体の交通エネルギー消費の減少を図ろうとするものである。

本研究では、集中トリップが一定の下で居住地（発生トリップ）の立地量を変化させた場合、発生トリップが一定の下で従業地（集中トリップ）の立地量を変化させた場合、さらに居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合の 3 つのケースについて計算を試みた。

## (1) 居住地の立地量を変化させた場合

従業地としての各ゾーンの集中トリップ数（立地量）は変化しない、すなわち集中トリップ数は一定として、居住地の立地量を変化させた場合について計算を試みた。このとき、各ゾーンの従業地に対する相対比率は変化しないことから、OD 交通量は各ゾーンの発生トリップの変化に伴

って増減する。そして、OD交通量は各ゾーンのプリファレンス曲線を通して容易に算定することができる。各ゾーンの通勤交通行動、すなわちプリファレンス曲線を考慮した問題の定式化は次のようになる。

$$\sum_{i=1}^n F_i^n = T \quad (i=1, \dots, n) \quad (1)$$

$$F_i^n = F_i^o + \Delta F_i \quad (i=1, \dots, n) \quad (2)$$

$$\Delta F_i : \text{free variable} \quad (i=1, \dots, n) \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta F_i = 0 \quad (i=1, \dots, n) \quad (4)$$

$$\Delta F_i^L \leq \Delta F_i \leq \Delta F_i^U \quad (i=1, \dots, n) \quad (5)$$

$$X_{ik} = F_i^n \cdot f_{ik} \quad (i=1, \dots, n) \quad (k=1, \dots, n) \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n X_{ik} d_{ik} : \min \quad (i=1, \dots, n) \quad (k=1, \dots, n) \quad (7)$$

ここで、

- $F_i^o, F_i^n$  : 各ゾーンの居住地に対する既存及び新規の立地量
- $\Delta F_i$  : 居住地における立地量の変化量(自由変数)
- $T$  : 総トリップ数
- $\Delta F_i^L, \Delta F_i^U$  : 変化量の下限値及び上限値
- $f_{ik}$  : ゾーン*i*における*k*番目のゾーン間とのOD交通量の相対比率
- $X_{ik}$  : ゾーン*i*における*k*番目のゾーン間とのOD交通量
- $d_{ik}$  : ゾーン*ik*間の距離

そうすると、式(1)～(6)を制約条件式として、式(7)の目的関数を最小化する最適化問題となる。式(3)の居住地における立地量の変化量は式(5)の立地量の変化量の下限値及び上限値の範囲内で増加あるいは減少するが、総トリップ数は変化しないため、式(4)で示されるように0となる。その結果、式(7)の総通勤トリップ長を最小化するような居住地における新規の立地量及び分布OD交通量を算定することができる。

## (2) 従業地の立地量を変化させた場合

居住地としての各ゾーンの発生トリップ数(立地量)は変化しない、すなわち、発生トリップ数は一定として従業地の立地量を変化させた場合について計算を試みた。この場合も、プリファレンス曲線を用いることによって従業地の立地量の変化に対するOD交通量は容易に算定することができる。各ゾーンの通勤交通行動、すなわちプリファレンス曲線を考慮した問題の定式化は次のようになる。

$$\sum_{i=1}^n G_i^n = T \quad (i=1, \dots, n) \quad (8)$$

$$G_i^n = G_i^o + \Delta G_i \quad (i=1, \dots, n) \quad (9)$$

$$\Delta G_i : \text{free variable} \quad (i=1, \dots, n) \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta G_i = 0 \quad (i=1, \dots, n) \quad (11)$$

$$\Delta G_i^L \leq \Delta G_i \leq \Delta G_i^U \quad (i=1, \dots, n) \quad (12)$$

$$ug_i^n = G_i^n / T \quad (i=1, \dots, n) \quad (13)$$

$$cg_{ik}^n = cg_{i(k-1)}^n + ug_{ik}^n \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (14)$$

$$cf_{i(k-1)}^n = a_i cg_{i(k-1)}^n + b_i cg_{i(k-1)}^n + c_i \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (15)$$

$$cf_{ik}^n = a_i cg_{ik}^n + b_i cg_{ik}^n + c_i \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (16)$$

$$f_{ik} = cf_{ik}^n - cf_{i(k-1)}^n \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (17)$$

$$X_{ik} = F_i \cdot f_{ik} \quad (i=1, \dots, n) \quad (k=1, \dots, n) \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n X_{ik} d_{ik} : \min \quad (i=1, \dots, n) \quad (k=1, \dots, n) \quad (19)$$

ここで、

- $G_i^o, G_i^n$  : 各ゾーンの従業地に対する既存及び新規の立地量
- $T$  : 総トリップ数
- $\Delta G_i$  : 従業地における立地量の変化量(自由変数)
- $\Delta G_i^L, \Delta G_i^U$  : 従業地における立地量の変化量の下限値及び上限値
- $ug_i^n$  : 従業地の立地量の相対比率
- $ug_{ik}^n, cg_{ik}^n$  : ゾーン*ik*間の距離を小大順に並び替えた時の*k*番目ゾーンの相対比率及び累積比率
- $cf_{i(k-1)}^n, cf_{ik}^n$  : 2次曲線の回帰係数を用いたゾーン*i*における*k-1*番目及び*k*番目ゾーンの累積比率
- $f_{ik}$  : ゾーン*i*における*k*番目のゾーン間とのOD交通量の相対比率
- $F_i$  : ゾーン*i*における発生交通量
- $X_{ik}$  : ゾーン*i*における*k*番目のゾーン間とOD交通量
- $d_{ik}$  : ゾーン*ik*間の距離
- $a_i, b_i, c_i$  : プリファレンス曲線の回帰係数及び定数

そうすると、式(8)～(18)を制約条件式として、式(19)の目的関数を最小化する非線形の最適化問題となる。式(10)の従業地における立地量の変化量は式(12)の立地量の変化量の下限値及び上限値の範囲内で増加あるいは減少するが、総トリップ数は変化しないため、式(11)で示されるように0となる。その結果、式(19)の総通勤トリップ長を最小化するような従業地の新規の立地量、分布OD交通量を算定することができる。

## (3) 居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合

居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合について計算を試みた。この場合については、式(1)～(6)及び式(8)～(17)を制約条件として式(19)の目的関数を最小化する非線形の最適化問題となる。その結果、式(19)の総通勤トリップ長を最小化するような居住地及び従業地の新規の立地量、分布OD交通量を算定できる。

#### 4. 札幌市を対象とした分析結果

本研究においては、図-2 に示す札幌市のゾーン区分を対象に、1994年の通勤交通に対するプリファレンス曲線を用いて問題の定式化及び計算を試みた。札幌市における通勤交通の特徴のひとつとして、ゾーン1（図-2に示す濃いゾーン：CBD）の従業地に対する立地量の比率が19.5%（117,979トリップ数、総トリップ数606,116）であり、いわゆる一極集中型の従業地の空間分布パターンとなっている。

本研究では、(1)すべてのゾーンに対する居住地の立地量を変化させた場合、(2)従業地の立地量を変化させた場合、(3)居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合についてそれぞれ考察を試みた。制約条件としての上・下限値の設定は(1)、(2)及び(3)で同じ設定となっている。上限値の設定としては1000トリップ数から1000ずつ3000トリップ数まで増加させている。また、下限値の設定としては当該ゾーンの立地量を5%~30%まで5%ずつ減少させている。なお、ここでいう上限値は当該ゾーンにおいて既存立地量に加えてさらに立地可能な値を示し、下限値は当該ゾーンの立地量を減少させる場合を示している。

##### (1)居住地の立地量を変化させた場合

図-3はすべてのゾーンを対象に立地量（居住地）を変化させた場合の通勤トリップ長の結果である。各ゾーンの立地可能量の範囲を増大させることによって、通勤トリップ長を減少させることが可能であることが理解できる。また、新規の立地可能量が1000トリップ数のとき、通勤トリップ長の減少程度は大きい、上・下限値によって減少程度も異なるようである。図-4はすべてのゾーンの下限値が10%、上限値が1000トリップ数に対する結果である。このときの通勤トリップ長は5.65kmであった（減少幅：0.15km）。色の濃い部分は立地量が増加するゾーンで、白い部分は立地量が減少するゾーンである。通勤トリップ長を減少させるような土地利用パターンを考えたとき、ゾーン1（CBD）の周辺ゾーンであるゾーン2,5,19,26,40等の中心部ゾーンでは立地量は増大し、ゾーン12,16,33,38等の郊外部ゾーンでは立地量は減少するようである。

##### (2)従業地の立地量を変化させた場合

図-5はすべてのゾーンを対象に立地量（従業地）を変化させた場合の通勤トリップ長の結果である。各ゾーンの立地可能量の範囲を増大させることによって、通勤トリップ長は減少するが、居住地の立地量を変化させた場合と比較すると減少程度は小さいようである。また、新規の立地可能量が1000トリップ数のとき、通勤トリップ長の減少程度は大きいようである。図-6はすべてのゾーンの下限値が10%、上限値が1000トリップ数に対する結果である。このときの通勤トリップ長は5.75kmであった（減少幅：0.05km）。ゾーン2,5,19,26,40等の中心部ゾーンで立地量が増大し、ゾーン12,16,33,38等の郊外部ゾーンで立地量は減少している。各ゾーンの通勤交通行動としてのプリファレンス曲線を基に通勤トリップ長を減少させるような土地利用パターンを考えたとき、郊外部での立地量減少、中心部ゾーンでの立地量増大が通勤トリップ長をより減少させるようである。

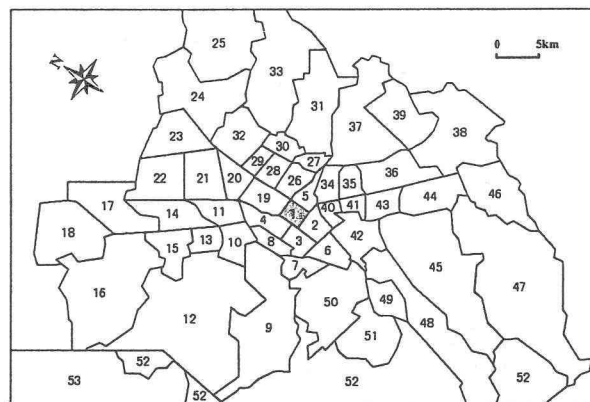


図-2 札幌市のゾーン区分

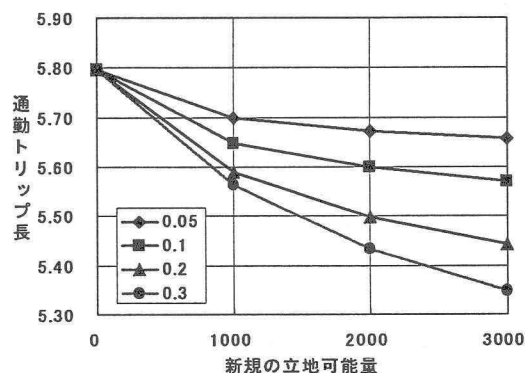


図-3 立地量(居住地)の変化に伴う通勤トリップ長の変化

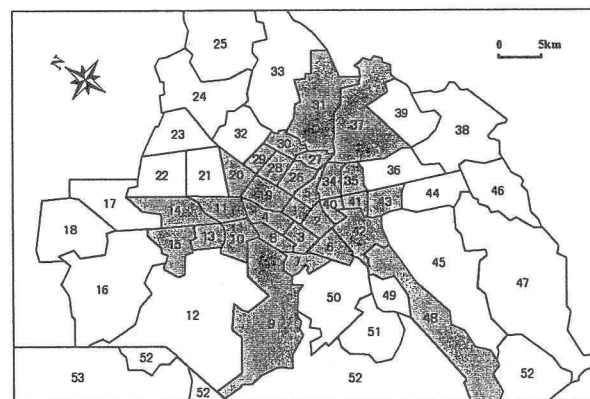


図-4 立地量(居住地)が増加するゾーン

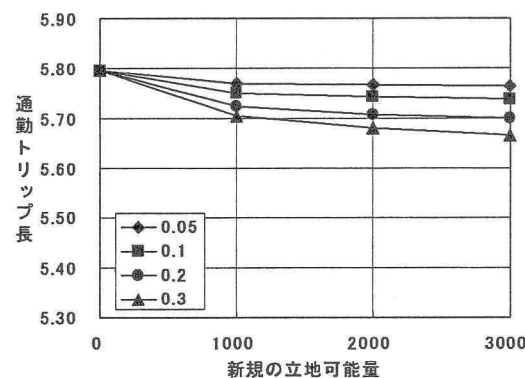


図-5 立地量(従業地)の変化に伴う通勤トリップ長の変化

(3)居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合

すべてのゾーンを対象に居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合について算定を試みた。図-7はすべてのゾーンを対象に立地量を変化させた場合の結果で各ゾーンの立地量の上限値が居住地及び従業地でそれぞれ1000~3000トリップ数、下限値が居住地及び従業地でそれぞれ当該ゾーンの立地量の10%の結果である。上限値が1000トリップ数のとき、通勤トリップ長は大きく減少しているが、2000トリップ数及び3000トリップ数のときはあまり減少程度は大きくないようである。図-8及び図-9はそれぞれ居住地の立地量が増加するゾーン、従業地の立地量が増加するゾーンの濃淡図である。このとき、上限値は居住地及び従業地でそれぞれ1000トリップ数、下限値は居住地及び従業地でそれぞれ10%で通勤トリップ長の値としては5.60km(減少幅:0.20km)であった。居住地はゾーン1(CBD)を中心に広い範囲で立地量が増加しているが従業地はゾーン1(CBD)の周辺で立地量が増加しているようである。

以上、(1)、(2)及び(3)の3つのケースについて種々の計算及び考察を試みた。以下に結果を取りまとめる。

①通勤トリップ長をより減少させることができる職住分布としては、上限値が1000トリップ数で下限値が10%のときと比較すると、居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合であった(減少幅:0.20km)。また減少幅が最も小さかったケースは従業地の立地量を変化させた場合であった(減少幅:0.05km)。しかしながら居住地の立地量を変化させた場合の通勤トリップ長の減少幅が0.15kmとなっており、通勤トリップ長をより減少させるような立地パターンを考えたとき、居住地の立地量の変化が大きな影響を与えるようである。

②本研究では、3つのケースについて種々の計算及び考察を行なったが、いずれのケースにおいてもゾーン1(CBD)を中心に従業地及び居住地の立地量が増加している。居住地においてはゾーン5,9,14,31,48等、ゾーン1を中心に広い範囲で立地量が増加していることが理解できる。また、従業地においては、ゾーン2,5,19,26,40等、ゾーン1の周辺で立地量が増加しているのが理解できる。

## 5. あとがき

以上、本研究においては1994年の札幌市における各ゾーンの通勤交通行動、すなわちプリファレンス曲線を基に通勤トリップ長をより減少させるような職住分布について考察を試みた。結果としては、最も通勤トリップ長が減少する職住分布のケースは、居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合であった。また、居住地の立地パターンとしては、ゾーン1を中心に広い範囲での立地量増大、従業地の立地パターンとしてはゾーン1の周辺での立地量増大が通勤トリップ長をより減少させるということが理解できた。

今後は地方都市における職住分布の変化が通勤トリップ長に及ぼす影響について分析していくとともに、プリファレンス曲線の回帰係数及び定数と通勤トリップ長の関係についても分析を進めて行きたい。

### <参考文献>

1) 榎谷・下村・田村・齊藤：通勤交通におけるプリファレンス曲線の曲線回帰分析について—札幌市の通勤交通を例として(1972

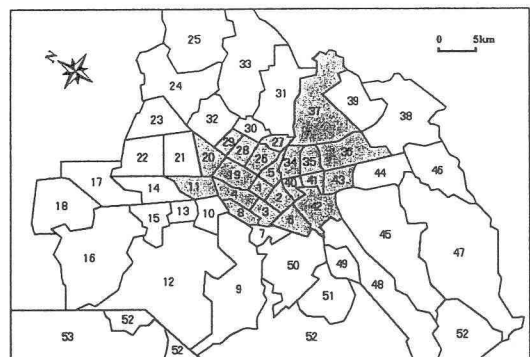


図-6 立地量(従業地)が増加するゾーン

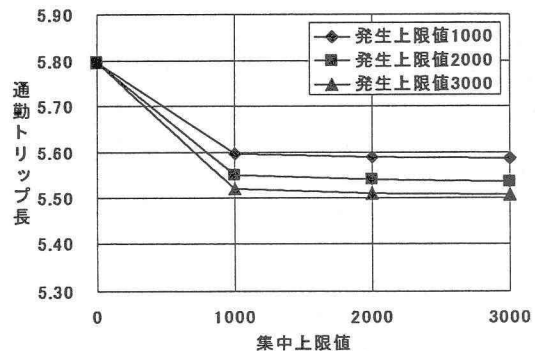


図-7 立地量の変化に伴う通勤トリップ長の変化

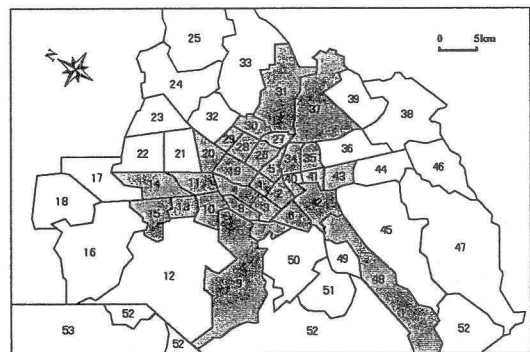


図-8 居住地の立地量が増加するゾーン

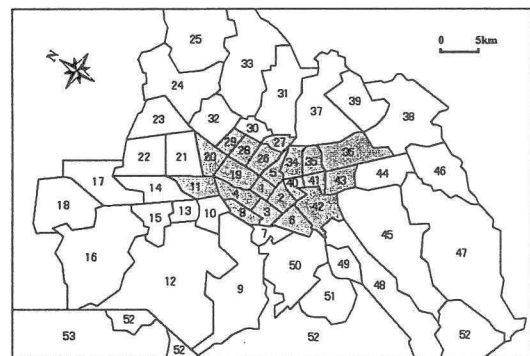


図-9 従業地の立地量が増加するゾーン

—1983—1994),土木計画学研究・論文集, No.18, pp445-453, 2001

2) 北川・榎谷・下村・斎藤：従業地の空間分布が通勤トリップ長に及ぼす影響について,平成14年土木学会北海道支部論文報告集,第59号, pp560-561, 2003.

3) 北川・榎谷・下村・斎藤：従業地の空間分布と通勤トリップ長について,土木計画学研究・講演集 Vol.28, No.140, 2003.