

函館都市圏における職住分布と通勤トリップ長について

Urban Structure and Trip length considering Journey-to-work Travel Behavior in Hakodate city

室蘭工業大学大学院
専修大学北海道短期大学
室蘭工業大学工学部

○学生員 佐々木和彦 (Kazuhiko SASAKI)
正会員 梶谷有三 (Yuzo MASUYA)
フェロー 斎藤和夫 (Kazuo SAITO)

1. はじめに

通勤交通は、居住地から発生する交通と従業地へと集中する交通によって形成されているため、通勤トリップ長は居住地及び従業地の地理的位置関係等の都市構造、通勤者の交通行動によって異なってくる。通勤交通は、都市交通において主要な部分を占めており、日常的に繰り返されるものであることから、通勤トリップ長を基礎とした分析は、持続可能な都市の形成、環境への負荷の減少及び都市交通政策等を考える上で重要である。

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、函館都市圏（1999 年）におけるゾーン区分を用い、各ゾーンの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、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考察することができた。

2. 通勤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す集中トリップの累積比率と、居住地における通勤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は（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」というストウファの介在機会モデルの概念を基礎としている。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。

図における横軸（X 軸）は、対象とするゾーン*i*から他のゾーン*j*間を、交通抵抗（空間距離あるいは時間距離）の大小順に並べかえるとともに、並びかえられたゾーン*j*までの集中トリップ数の累積和の総トリップ数に対する比（累積比率）を表す。また、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。その結果、図-1 のように描くことができる。

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。本研究で対象としている函館都市圏の通勤交通の場合では、図-1 に見られるように曲線の特性、形状、相関係数（ $R^2=0.9972$ ）等から 2 次曲線による回帰曲線が優れていることが確認できた。そこで、本研究においては各ゾーンの通勤交通行動は、2 次曲線によって曲線回帰されたプリファレンス曲線に対する回帰係数及び定数の値に従って行われるものとする。

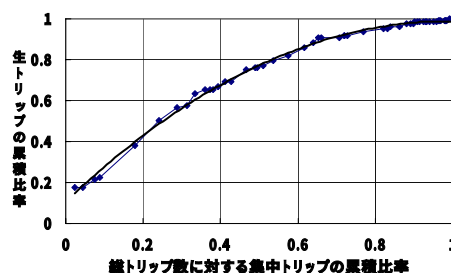


図-1 プリファレンス曲線の例(函館都市圏の通勤交通)

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)が与えられた時、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。さらに、各ゾーンの通勤交通行動は、各ゾーンの居住地、従業地の立地量の変化に関わらず、当該ゾーンの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。

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、居住地と従業地の地理的位置関係によって異なってくる。したがって、各ゾーンの居住地及び従業地等の立地量が変化すれば、各ゾーン間の OD 交通量も変化し、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。そこで本研究では、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の立地量について考察を試みる。

本研究では、図-2 に示す函館都市圏のゾーン区分を対象に 1999 年の通勤交通に対するプリファレンス曲線を用いて、居住地の立地量を一定に従業地の立地量を変化させた場合、従業地の立地量を一定に居住地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の 3 ケースについて計算を試みた。

(1) 従業地の立地量を変化させた場合

各ゾーンの居住地の立地量（発生トリップ数）を一定に従業地の立地量（集中トリップ数）のみを変化させた場合について計算を試みた。この場合は、各ゾーンの発生トリップの相対比率は変化しないことから各ゾーンの集中トリップが変化することにより OD 交通量も変化し、さらには総通勤トリップ長も変化する。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以下となる。

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

$$G_i^a = G_i^b + \Delta G_i \quad (i=1, \dots, n) \quad (2)$$

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

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

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

$$ug_i^a = G_i^a / T \quad (i=1, \dots, n) \quad (6)$$

$$cg_{ik}^a = cg_{i(k-1)}^a + ug_{ik}^a \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (7)$$

$$cf_{i(k-1)}^a = a_i cg_{i(k-1)}^{a^2} + b_i cg_{i(k-1)}^a + c_i \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (8)$$

$$cf_{ik}^a = a_i cg_{ik}^{a^2} + b_i cg_{ik}^a + c_i \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (9)$$

$$f_{ik}^a = cf_{ik}^a - cf_{i(k-1)}^a \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (10)$$

$$X_{ik}^a = F_i \cdot f_{ik}^a \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n X_{ik}^a d_{ik} : \min \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (12)$$

ここで、

G_i^b, G_i^a : 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

ΔG_i : 従業地の立地量の変化量(自由変数)

$\Delta G_i^L, \Delta G_i^U$: 従業地の立地量の変化量の下限値及び上限値

ug_i^a : 従業地の立地量の相対比率

ug_{ik}^a, cg_{ik}^a : 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

$cf_{i(k-1)}^a, cf_{ik}^a$: 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}^a : 立地量変化後のゾーン 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}^a : 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

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(1)から(11)までを制約条件式として、式(12)の目的関数を最小化する非線形最適化問題として定式化することができる。また、式(8)、(9)、(10)が、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通して、立地量の変化に伴う OD 交通量の相対比率を求める制約式である。これらの計算を行うことにより、式(12)の総通勤トリップ長を最小化するような各ゾーンの従業

地の新規の立地量、分布 OD 交通量を算定することが可能となる。

(2) 居住地の立地量を変化させた場合

各ゾーンの従業地の立地量を一定に、居住地の立地量のみを変化させた場合について計算を試みた。この場合は、各ゾーンの集中トリップの相対比率は変化しないことから各ゾーンの発生トリップ数を変化させることにより OD 交通量に変化を促し総通勤トリップ長の減少を図ろうとするものである。問題の定式化は以下となる。

$$\sum_{i=1}^n F_i^a = T \quad (i=1, \dots, n) \quad (13)$$

$$F_i^a = F_i^b + \Delta F_i \quad (i=1, \dots, n) \quad (14)$$

$$\Delta F_i : \text{free variable} \quad (i=1, \dots, n) \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta F_i = 0 \quad (i=1, \dots, n) \quad (16)$$

$$\Delta F_i^L \leq \Delta F_i \leq F_i^U \quad (i=1, \dots, n) \quad (17)$$

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

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

ここで、

F_i^b, F_i^a : 各ゾーンの居住地に対する既存及び新規の立地量

ΔF_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}^b : 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}^a : 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(13)～(18)を制約条件式として、式(19)の式を最小化する線形計画問題を定式化することができる。各ゾーンの立地量(自由変数)は、式(18)の上・下限値の範囲で増加あるいは減少するが、総変化量は 0 (式(16))であることから総トリップ数は変化しない。これらの結果、式(12)の総通勤トリップ長を最小化するような各ゾーンの居住地の新規の立地量、分布 OD 交通量を算定することが可能となる。

(3) 居住地及び従業地の立地量を変化させた場合

居住地及び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。この場合は、式(1)～(11)、及び式(13)～(18)を制約条件式として式(12)の目的関数を最小化する問題として定式化することができる。その結果、式(12)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 交通量を算定することができる。

4. 函館都市圏の通勤交通を対象とした分析結果

本研究では、図-2 に示す 55 ゾーンからなる函館都市圏の通勤交通（1999 年：総トリップ数 119274）を対象に分析を試みた。函館都市圏の通勤交通の特徴としては、C B Dであるゾーン 15 の集中トリップ比率が 9.1%、次いでゾーン 1 の 6.3%となっており、他のゾーンと比べると集中トリップ比率が目立って高くはなく、多極分散型の従業地の空間分布パターンとなっていることである。一方、居住地はゾーン 30 の 5.4%を最高とし、ゾーン 15 以北で多く分布している。

本研究では、全てのゾーンに対し（1）従業地の立地量を変化させた場合（2）居住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の 3 ケースについて計算を行ったが、制約条件として上・下限値を設定した。上限値とは、当該ゾーンにおいて既存の立地量に加えて新規に立地可能な量、下限値とは、当該ゾーンの立地量を減少させることができる割合を示している。上限値は（1）、（2）、（3）で 1000、2000、3000 トリップ数と同様の値となっており、下限値は、（1）（2）で当該ゾーンの立地量の 5%、10%、20%、30%とし、（3）で 10%、20%、30%と設定している。

（1）従業地の立地量を変化させた場合

図-3 は、従業地の立地量の変化に伴う平均トリップ長の減少程度を示している。平均トリップ長は、3.94Km（0.29Km 減）まで減少が可能である。上・下限値により減少程度は異なり、上限値が 1,000 の時、通勤トリップ長は大きく減少しているが、その後 2,000 及び 3,000 と上限値を増大させても通勤トリップ長は大きく減少しないようである。図-4 は、上・下限値の組み合わせによる 12 ケース全てにおいて立地量が増加あるいは減少対象となったゾーンを示しており、白地の部分は、条件によって立地量が増加、あるいは減少対象となるゾーンである。ゾーン 15 を中心とした従業地の立地量の増加あるいは減少が見られるが、中でも発生交通量が特に多いゾーン 15 よりも北側周辺に位置しているゾーン 30、27、29 で従業地の立地量の増加、ゾーン 15 よりも南側での従業地の立地量の減少が平均トリップ長を短くすることができるようである。

（2）居住地の立地量を変化させた場合

図-5 は、居住地の立地量の変化に伴う平均トリップ長の減少程度を示している。平均トリップ長は、3.74Km（0.49Km 減）まで減少が可能で、従業地の場合と比較すると立地量の変化に伴う平均トリップ長の減少程度は大きい結果となるようである。図-6 は、12 ケース全てにおいて立地量が増加、あるいは減少対象となったゾーンを示している。ゾーン 15 を中心とした居住地の立地量の増加あるいは減少が見られるが、従業地の場合と比較すると、増加対象となるゾーンが南側に、減少対象となるゾーンが北側に多くなるようになった。集中交通量が多く見られるゾーン 15 よりも南のゾーンへの居住地の立地量の増加、発生交通量が多く見られるゾーン 15 よりも北のゾーンでの居住地の立地量の減少が平均トリップ長を短くすることができるようである。

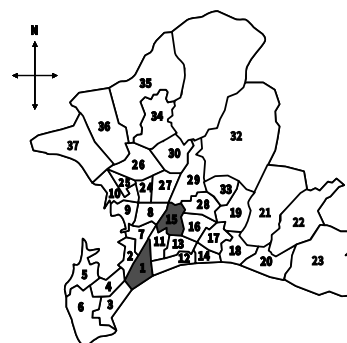


図-2 分析対象となる函館都市圏のゾーン区分

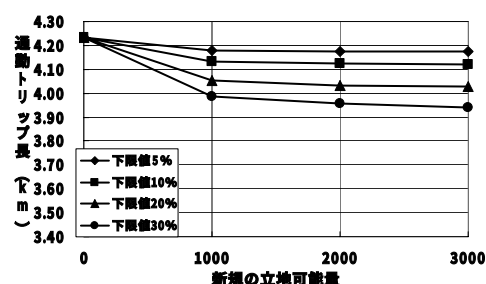


図-3 従業地の変化に伴う通勤トリップ長の変化

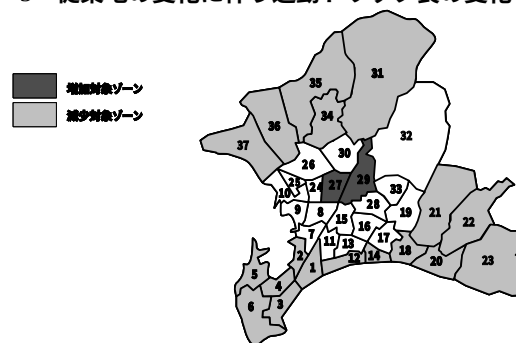


図-4 立地量が増加あるいは減少対象となるゾーン

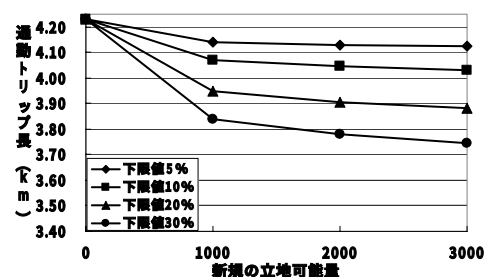


図-5 居住地の変化に伴う通勤トリップ長の変化

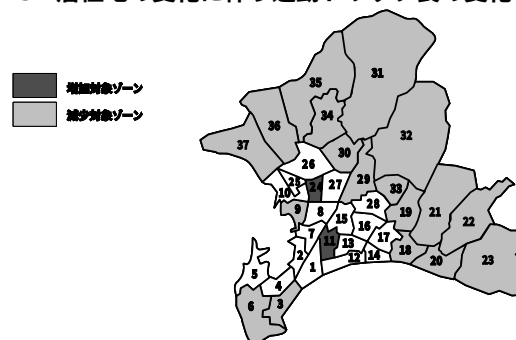


図-6 立地量が増加あるいは減少対象となるゾーン

(3) 居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合

全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計算を試みた。この場合は、上限値（立地可能量）は(1)、(2)の場合と同様だが、下限値（減少率）は当該ゾーンの10～30%とし、併せて全27ケースの組み合わせについて計算を試みた。図-7、図-8、図-9は、各ゾーンの居住地及び従業地の立地量の変化に伴う平均トリップ長の減少程度を示している。平均トリップ長は、下限値が30%、従業地の上限値が3000トリップ数、居住地の上限値が3000トリップ数の条件の下で3.43Km（0.80Km減）まで減少が可能である。(1)、(2)の場合と同様に、立地量の変化の範囲を増大させることによって減少程度は大きくなり、上限値が1,000の時、通勤トリップ長は最も大きく減少しているが、その後2,000及び3,000と上限値を増大させても通勤トリップ長は大きく減少しないようである。図-10は、上・下限値の組み合わせによる27ケース全てにおいて立地量が増加あるいは減少対象となったゾーンを示しており、増加対象となるゾーンのうち、ゾーン8、15、27、28は従業地、ゾーン11、13、24は居住地に対するものである。ゾーン15を中心とした居住地、従業地の立地量の増加、郊外のゾーンでの立地量の減少が平均トリップ長を短くすることができるようである。

5. あとがき

以上、本研究においては、実際の通勤交通行動としてのプリファレンス曲線を組み込んだ問題を定式化して、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の立地量について種々計算を行った。また、1999年の函館都市圏における実際の通勤交通行動を考慮した職住分布の変化とトリップ長について考察を行った。函館都市圏の分析結果をまとめると以下になる。

①居住地の立地量を一定に従業地の立地量を変化させた場合では、総トリップ数の30%に相当するトリップ数を移転させても、通勤トリップ長の減少幅は約7%程度であり、立地量の変化に伴う通勤トリップ長の減少程度は小さいようである。②従業地の立地量を一定に居住地の立地量を変化させた場合では、総トリップ数の30%に相当するトリップ数を移転させた時の通勤トリップ長の減少幅は約12%であり、従業地の立地量を変化させた場合に比べて影響が大きいようである。③居住地及び従業地の両方の立地量を変化させた場合では、総トリップ数の30%に相当するトリップ数を移転させた時、通勤トリップ長の減少幅は約19%と3ケース中、最も大きい減少幅を示した。④ゾーン15を中心とした周辺ゾーンでの立地量の増大、郊外ゾーンでの立地量の減少が通勤トリップ長をより短くすることができるようである。

通勤交通に対するプリファレンス曲線も土地利用パターンの変化によって影響を受けることから、今後は職住分布の変化とプリファレンス曲線のパラメータについて分析を進めて行きたい。

<参考文献>

1) 梶谷・北川・田村・斉藤：通勤交通行動を考慮した職住分布の変化とトリップ長に関する研究,日本都市計画

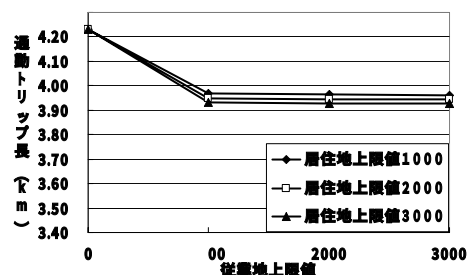


図-7 従業地・居住地の立地量の変化に伴う通勤トリップ長の変化（下限値10%の場合）

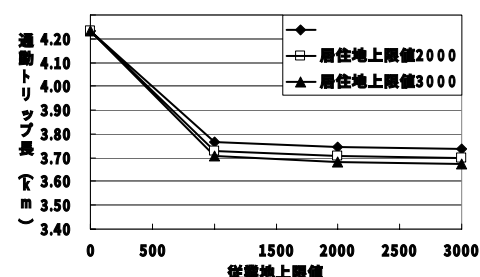


図-8 従業地・居住地の立地量の変化に伴う通勤トリップ長の変化（下限値20%の場合）

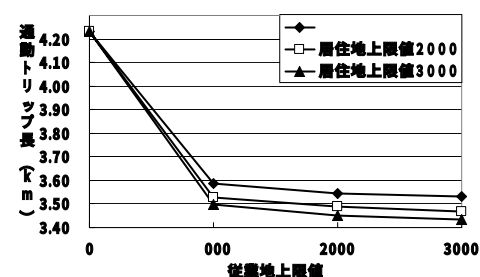


図-9 従業地・居住地の立地量の変化に伴う通勤トリップ長の変化（下限値30%の場合）

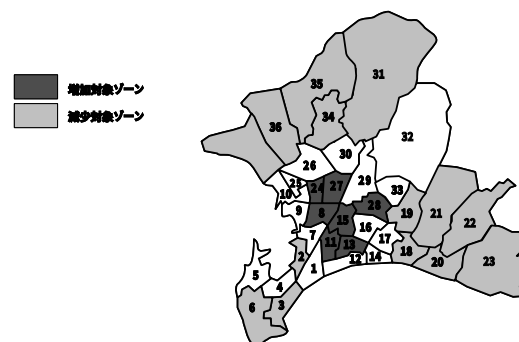


図-10 立地量が増加あるいは減少対象となるゾーン

学会 都市計画論文集, No.39-3, 2004

2) 北川・梶谷・下夕村・斉藤：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, 平成15年土木学会北海道支部論文報告集,