

居住地分布の変化による通勤トリップ長削減について*

Reducing the Journey-to-work trip length by Re-location of Urban Structure

下村 光弘**・梶谷 有三***・田村 亨****・斎藤 和夫*****

By Mitsuhiro Shitamura**・Yuzo Masuya***・Tohru Tamura****・Kazuo Saito*****

1 はじめに

通勤交通は、都市交通における主要な部分を占めており、通勤トリップ長を分析することは、エネルギー消費の削減や環境への負荷、持続可能な都市の形成などを考慮する上で重要な指標となっている。また、通勤交通は、居住地から発生する交通と従業地へ集中する交通から成り立っているため、通勤トリップ長は、居住地及び従業地の規模、職住分布構造、通勤者の交通行動などによって大きく影響を受ける。このため、これらの影響要因を通して種々の通勤トリップ長削減策が考察されてきた。

これまで、通勤者が居住地からいずれの従業地を勤務先としているかという行動について、ストウファーの介在機会モデルを基礎としたプリファレンス曲線を基に研を行ってきたが、これらの研究は居住地ゾーンをベースに、就業者が居住地からある確率に従って従業地を嗜好して通勤するという行動を把握することが可能である。しかしながら、従業地ゾーンから見たとき、いずれの居住地ゾーンからの就業者が当該ゾーンを従業地として嗜好しているかどうかについては把握することはできない。

通勤交通の場合、従業地の分布（一極集中か多極分散か）や規模等の空間分布によって、従業地として嗜好されるかどうかとも異なると考えられる。そこで、通勤トリップ長の削減等を考える場合には、従業者がいずれの居住地ゾーンから当該ゾーンを従業地として嗜好しているのかに関する交通行動分析も重要である。

李らの研究¹⁾では、常住距離・従業距離を定義し、通勤距離について2つの側面から分析し、それぞれの違いを考察している。通勤トリップ長の削減策等を職住分布構造としての従業地分布の面から考察するうえでも、各従業地ゾーンにおける通勤交通行動を把握することは重要である。そこで、従業地ゾーンへの通勤交通行動を従業地プリファレンス曲線により、従業地ゾーンからみた

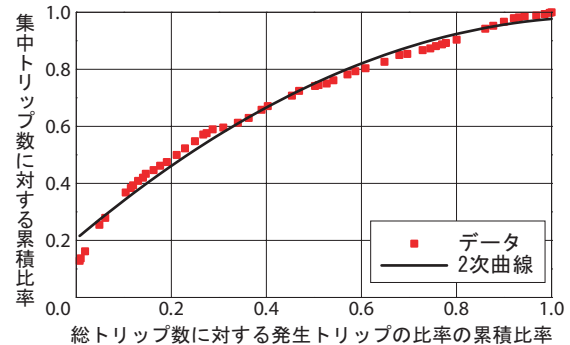


図 - 1 従業地プリファレンス曲線の例

通勤交通行動の現象把握が行われてきている。^{2, 3)}

また、職住分布の変化と通勤トリップ長に関するについては、梶谷ら⁴⁾がプリファレンス曲線を基礎として、通勤トリップ長を削減させるような居住地あるいは従業地の立地量の算定を行っている。この研究ではプリファレンス曲線を基礎としていることから、居住地ゾーンをベースに就業者が従業地を嗜好するという行動について分析が行われているが、従業地ゾーンを基礎とした通勤交通行動に対して、職住分布構造の変更による通勤トリップ長削減のために分析はわれていない。

そこで、本研究では従業地ゾーンを基礎とした通勤交通行動として従業地プリファレンス曲線を用い、居住地の移転に伴う通勤トリップ長削減を検討するため、実際の交通行動として従業地プリファレンス曲線を組み込んだ非線形最適化問題として定式を行った。そうして、札幌市における通勤交通行動に対して、通勤トリップ長を削減できる居住地分布について種々の分析を行った。

2 従業地プリファレンス曲線について

従業地プリファレンス曲線は、図 - 1 に示されているように居住地の分布状況を表す発生トリップの累積比率と、従業地における就業者の集中状況を表す集中トリップの累積比率の関係を示したものである。この曲線を通して従業地へある確率に従って就業者が嗜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。従業地プリファレンス曲線の特性として、内々トリップ比率も含め近距離ゾーンからのトリップ比率が多いとき、曲線は左側へシフトし、遠距離ゾーンからのトリップ比率が多くなると、右側にシフトする特徴を持っている。また、この曲線は、同じグラフ上に異なるゾーンの曲線を描くこ

*キーワード: 通勤交通行動, 職住分布, 従業地プリファレンス曲線
**正員, 博(工), 苫小牧工業高等専門学校准教授 環境都市工学科
(〒059-1273 苫小牧市錦岡 443 番地, TEL 0144-67-8055,
E-mail:shita@civil.tomakomai-ct.ac.jp)

***正員, 工博, 専修大学北海道短期大学教授 みどりの総合学科
****フェロー, 工博, 室蘭工業大学工学部教授 建設システム工学科
*****フェロー, 工博, 室蘭工業大学工学部特任教授 建設システム工学科

とができることから、各ゾーンの通勤交通行動の違いを視覚的に容易に把握することができる。

そして、この曲線を通して計量的に分析するには、曲線回帰によるパラメータ推定が必要である。曲線回帰としては、図 - 1 及び後述の札幌市の通勤交通を対象とした例にもあるように、既往の研究より式 (1) に示す 2 次曲線が相関係数等から優れている。

$$y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

ここで、 a, b : 回帰係数

c : 回帰定数

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、各ゾーンの居住及び事業所等の立地量が増減すれば、各ゾーン間の交通量も変化し、ひいては通勤交通エネルギー消費に関す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住居の立地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、従業地プリファレンス曲線を基礎とし、住居等の立地を変化させた場合について定式化を試みた。ここで、従業地として各ゾーンへ集中する OD 交通量の相対比率は、当該ゾーンの通勤交通行動としての従業地プリファレンス曲線に従って行われるものと仮定する。その結果、各ゾーンの住居等の立地量としての発生トリップ数が変化すると、OD 交通量も変化して総通勤トリップ長も変化する。いま、あるゾーンの通勤交通行動としての 2 次曲線で回帰された従業地プリファレンス曲線を図 - 2 とする。図 - 2 に示すように各ゾーンの立地量の変化に伴い、ゾーン i における k 番目のゾーンの発生トリップ数の累積比率及び相対比率が cf_{ik}^b, uf_{ik}^b (破線) から cf_{ik}^a, uf_{ik}^a (実線) に変化することによって、ゾーン i の k 番目の OD 交通量の相対比率も g_{ik}^b から g_{ik}^a に変化する。すなわち、このような各ゾーンの住居等の立地の変化に伴う OD 交通量の変化によって、総通勤トリップ長の削減を図ろうとするものである。ここで、ゾーン i における k 番目のゾーンとは、ゾーン i と他のゾーン j 間の交通抵抗によって並び替えたときのことを言う。各ゾーンの通勤交通行動、すなわち従業地プリファレンス曲線を考慮した問題の定式は次のようになる。

$$\sum_{i=1}^n F_i^a = T \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2)$$

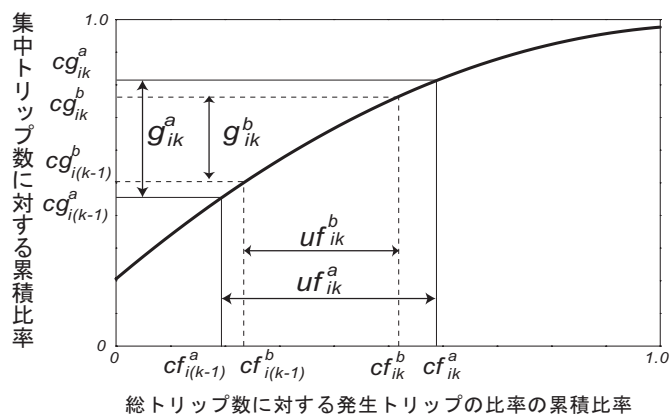


図 - 2 立地量変化に伴う OD 交通量の相対比率の算定

$$F_i^a = F_i^b + \Delta F_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (3)$$

$$\Delta F_i : \text{free variable} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta F_i = 0 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (5)$$

$$\Delta F_i^L \leq \Delta F_i \leq \Delta F_i^U \quad (i = 1, \dots, n) \quad (6)$$

$$uf_i^a = F_i^a / T \quad (i = 1, \dots, n) \quad (7)$$

$$cf_{ik}^a = cf_{i(k-1)}^a + uf_{ik}^a \quad (8)$$

$$(i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n)$$

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

$$(i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n)$$

$$cg_{ik}^a = a_i cf_{ik}^a{}^2 + b_i cf_{ik}^a + c_i \quad (10)$$

$$(i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n)$$

$$g_{ik}^a = cg_{ik}^a - cg_{i(k-1)}^a \quad (11)$$

$$(i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n)$$

$$X_{ik}^a = G_i \cdot g_{ik}^a \quad (12)$$

$$(i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n X_{ik}^a d_{ik} : \min \quad (13)$$

$$(i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n)$$

ここで

F_i^a, F_i^b : 住居等の立地量変化に伴うゾーン i の変化前 (b) 及び変化後 (a) の立地量 (発生トリップ数)

T : 総トリップ数

ΔF_i : ゾーン i の住居等の立地量の変化量 (自由変数)

$\Delta F_i^L, \Delta F_i^U$: ゾーン i の住居等の立地量の変化量の下限値及び上限値

uf_i^a : ゾーン i の住居等の立地量変化に伴う変化後の立地量の相対比率

a_i, b_i, c_i : 従業地プリファレンス曲線の回帰係数及び定数

uf_{ik}^a, cf_{ik}^a : 立地量変化後のゾーン i における k 番目のゾーンの立地量の相対比率及び

累積比率

- $cg_{i(k-1)}^a, cg_{ik}^a$: 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*番目のゾーンの累積比率
- g_{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
- G_i : ゾーン*i*における集中トリップ
- X_{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
- d_{ik} : ゾーン*ik*間の距離

そうすると、式(2)~(12)を制約条件として、式(13)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。また、式(8)及び(9)に示すように従業地プリファレンス曲線が2次曲線によって曲線回帰されていることから、定式化された問題は非線形の最適化問題となる。

各ゾーンの立地量(自由変数)は、式(6)の上下限値の範囲で増加あるいは減少するが、式(5)に示すように総変化量は0であることから、総トリップ数は変化しない。また、式(9)(10)及び(11)は、各ゾーンの交通行動としての従業地プリファレンス曲線を通して、立地量の変化に伴うOD交通の相対比率を求める制約式である。その結果式(13)の目的関数としての総通勤トリップ長を最小化するような各ゾーンの住居等の立地量(F_i^a)及びOD交通量(X_{ik}^a)を算定する事ができる。

4 札幌市の通勤交通を対象とした分析

本研究においては、図-3に示す札幌都市圏の通勤交通を対象に分析を試みた。分析対象年次はパーソントリップ調査が行われた1994年で、分析対象ゾーン数は53である。総トリップ数及び平均通勤トリップ長は60,6116トリップ数、5.97Kmである。ゾーン1(CBD)への集中トリップ比率は19.5%、次いでゾーン38の4.8%と従業地は都心部への一極集中が窺われる。一方、居住地はゾーン38の6%を最高に2~3%の値を取っており、居住地は全体に広く分散していることが窺える。

各ゾーンに対して従業地プリファレンス曲線の作成を試み、2次曲線による曲線回帰を行った。表-1には全ゾーンの回帰分析の結果を取りまとめた。2次曲線による曲線回帰の適合性の高さが窺えることから、本研究においては各ゾーンの通勤交通はこれら推定された2次曲線に従って行動するとの仮定により以下の分析を行う。

住居等の立地量の変化に伴う通勤トリップ長の減少程度を考察するため、全てのゾーンを対象に同じ上限値及び下限値を設定した。各ゾーン毎に面積、地勢あるいは土地利用状況等を踏まえ立地可能あるいは移転可能な立地量を算定しなければならないが、本研究では通勤トリップ長の減少を図るための職住分布構造を検討すること

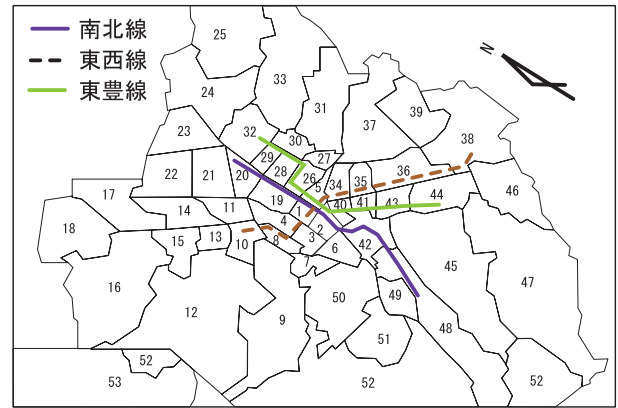


図-3 札幌都市圏のゾーン図

表-1 従業地プリファレンス曲線の回帰係数及び定数

項目	a	b	c	相関係数
最小値	-1.2248	0.5307	0.0103	0.7487
最大値	-0.1028	1.9208	0.7527	0.9995
平均値	-0.6242	1.2874	0.3095	0.9630

表-2 各ケースに対する平均トリップ長

立地可能量	減少率		
	0.1	0.2	0.3
1000	5.474	5.425	5.400
2000	5.425	5.324	5.265
3000	5.395	5.269	5.179

から、全ゾーンに対して同じ上下限値を設定した。ここで、上限値は各ゾーンの既存の立地量(トリップ数)に加えて新たな立地可能量、下限値は既存の立地量から減少可能な量である。下限値に関しては、ゾーンによって既存立地量も異なることから、減少率を設定し、当該ゾーンの既存立地量に掛けた値を用いた。上限値として各ゾーンの立地可能量を1000、2000及び3000トリップ数、下限値は減少率として-0.1(10%)、-0.2(20%)及び-0.3(30%)とした。これら上限値と下限値の組み合わせとして9ケースについて算定を行った。

各ケースに対する平均トリップ長の結果を表-2及び図-4に取りまとめた。立地量の上限値(トリップ数)及び下限値(減少率)の変化量を増大させることによって平均トリップ長も大きく減少している。立地可能量1000トリップ、減少率10%の場合平均トリップ長は0.155km(2.7%)の減少であるが、立地可能量3000トリップ、減少率30%とした場合には0.45km(8.0%)減少させることが可能である。

図-5は9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1を中心として都心部のゾーンにおいて居住地を増加させるこ

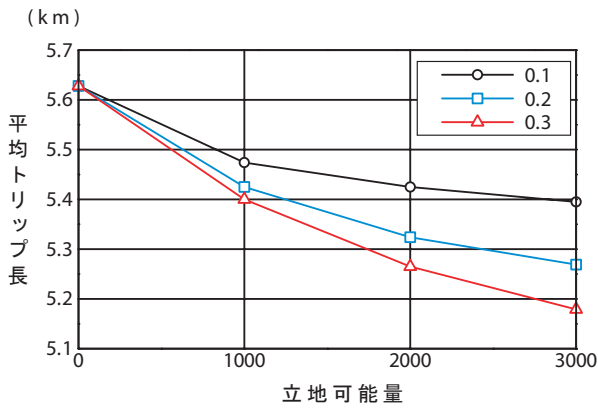


図 - 4 各ケースの平均トリップ長

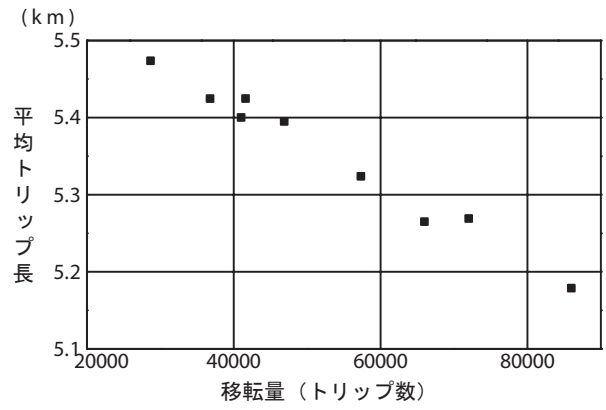


図 - 6 移転量と平均トリップ長

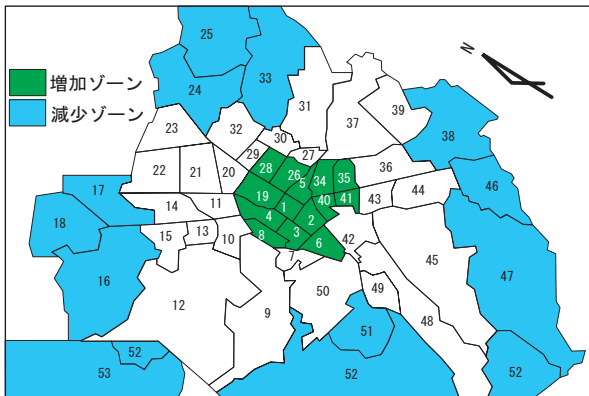


図 - 5 立地量が変化するゾーン

表 - 3 各ケースに対する移転量

立地可能量	減少率		
	0.1	0.2	0.3
1000	28,659	36,772	41,000
2000	41,600	57,318	65,968
3000	46,870	72,000	85,976

とにより、平均トリップ長を減少させられるようである。一方、減少対象のゾーンは郊外に分布している。なお、図中の白地ゾーンはケースによって増加あるいは減少させるゾーンであり、これらのゾーンにおいて居住地の移転を行っても、通勤トリップ長を大きく減少させることは難しいと考えられる。

表 - 3 は各ケースにおける移転量を取りまとめたものである。各ゾーンにおける立地可能量、減少率を拡大するに従い移転量も増加し、立地可能量 3000 トリップ、減少率 30% のとき、総移転量 85,976 トリップで総トリップ数の 14.2% に相当する移転を行うことによって、前述のように平均トリップ長で 0.45km (8.0%) 減少することとなった。図 - 6 は移転量と平均トリップ長の関係を示したもので、移転量の増大に伴い平均トリップ長も減少している。

5 あとがき

以上、本研究では通勤トリップ長の削減等を職住分布構造から考察するうえで有用な従業地プリファレンス曲線を基礎とし、居住地の移転に伴う通勤トリップ長の削減について検討を行うため、実際の交通行動として従業地プリファレンス曲線を組み込んだ非線形最適化問題の定式化を行った。そうして、札幌市の通勤交通行動を対象とし、居住地の移転を行った場合の平均トリップ長の減少程度などについて分析を行った。

その結果、居住地の移転により平均トリップ長を減少させることが可能であり、都心部及びその周辺での居住地の増加が平均トリップ長を減少させるためには効果が高いことが実証された。しかし、今回上限値は各ゾーン同一であり、下限値も現在の立地量から一定割合で減少させることとしたことから、これら上限値、下限値の設定には実際のゾーン特性を反映させ、上限値・下限値を設定する方法について検討をする必要がある。

参考文献

- 1) 李・鈴木：1965-2000 年における大都市圏の通勤距離の変化動向及びその要因に関する研究、日本都市計画学会都市計画論文集、No41-3、pp217-222、2006
- 2) Pelin ALPKOKIN, Yoshitsugu HAYASHI, John BLACK, and Haluk GERCEK : POLYCENTRIC EMPLOYMENT GROWTH AND IMPACTS ON URBAN COMMUTING PATTERNS: CASE STUDY OF ISTANBUL, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp.3835-3850, 2005
- 3) Y.Masuya, M.Fuji, T.Tamura, K.Saito and J.Black : Dynamics of Employment Locationspecific Preference Function In Sapporo from 1972 to 1994, Traffic and Transportation Studies, Proceedings of ICTTS2008, 2008
- 4) 榎谷・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、日本都市計画学会都市計画論文集 No.39-3、pp775-780, 2004