

居住地分布の変更による通勤トリップ長について

Reducing the Journey-to-work Trip Lengths by Re-location Urban Structure

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 梶 谷 有 三 (Yuzo Masuya)

室 蘭 工 業 大 学 フェロー 田 村 亨 (Tohru Tamura)

室 蘭 工 業 大 学 フェロー 斎 藤 和 夫 (Kazuo Saito)

1 はじめに

持続可能な都市形成や環境負荷の軽減のため、あるいは人口減少化における都市の形態として「コンパクトシティ」が提案されている。中心市街地の衰退は、都心商業の衰退と郊外部への大型商業施設立地などが相まって、地方都市における主要な課題である。また、人口減少の推移によっては拡大した都市をいかに集約し、都市機能を維持していくかなど大きな課題となってきた。

そこで、都市交通における主要な部分を占める通勤交通を対象として、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、職住分布の変化と通勤トリップ長に関係については、梶谷ら¹⁾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。この研究では居住地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選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行われていない。

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通勤交通行動の現象把握が行われてきている。^{2), 3)}

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。そこで、居住地プリファレンス曲線を基礎とした居住地移転問題との比較検討を行った。さらに、札幌市をはじめとする道内4都市における通勤交通行動に対して、居住地分布の変化に伴う通勤トリップ長等について分析を行った。

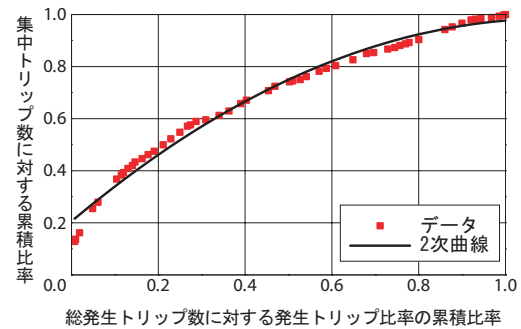


図-1 従業地プリファレンス曲線の例

2 従業地プリファレンス曲線

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。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変化すれば、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

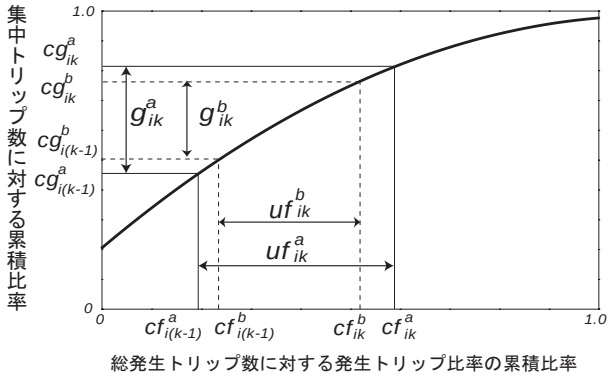


図-2 立地量変化に伴う OD 交通量の相対比率の算定

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 $c f_{ik}^b$ 、 $u f_{ik}^b$ (破線) から $c f_{ik}^a$ 、 $u f_{ik}^a$ (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量に伴う 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。

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

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

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

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

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

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

$$c f_{ik}^a = c f_{i(k-1)}^a + u f_{ik}^a \quad (8)$$

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

$$c g_{i(k-1)}^a = a_i c f_{i(k-1)}^a + b_i c f_{i(k-1)}^a + c_i \quad (9)$$

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

$$c g_{ik}^a = a_i c f_{ik}^a + b_i c f_{ik}^a + c_i \quad (10)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$u f_i^a$: 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

$u f_{ik}^a, c f_{ik}^a$: 立地量変化後のゾーン i における k 番目のゾーンの立地量の相対比率及び累積比率

$c g_{i(k-1)}^a, c g_{ik}^a$: 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、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。

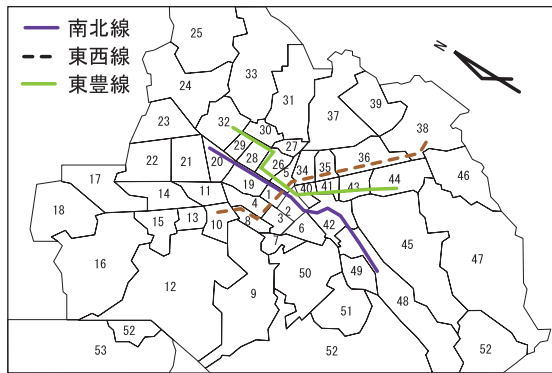


図-3 札幌都市圏のゾーン図

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。2次曲線による曲線回帰の適合性が高いことから、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。

各ケースにおける平均トリップ長と移転量の結果を図-4にとりまとめた。移転量の増大に伴い平均トリップ長の減少が窺える。ここで、居住地プリファレンス曲線を基礎として居住地変更に伴う平均トリップ長及び移転量を算定した結果を図-5に示した。

従業地は現状のままで居住地の変更を考えた今回の問題では、従業地プリファレンス曲線の場合、目的関数を最小化する職住割当パターンとして各ゾーンの発生交通量を算定しているが、居住地プリファレンス曲線の場合は職住割当パターン一定の下で目的関数を最小化する各ゾーンの発生交通量を求めるものであり、この違いが図-5の違いとなっていると考えられる。この結果より、従業地プリファレンス曲線による算定の方が、平均トリップ長の減少率が大きい。

5 道内4都市における通勤交通行動について

ここで、北海道内の札幌市、函館市、旭川市、釧路市の4都市を対象とし分析を試みた。対象としたデータは表-1のとおり各都市で実施されたパーソントリップ調査のデータを使用した。札幌市と同様に、各ゾーンに対し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。次に、各都市において居住地の立地量変化に伴う通勤トリップ長の減少程度を考察するため、全ゾーンを対象に同じ

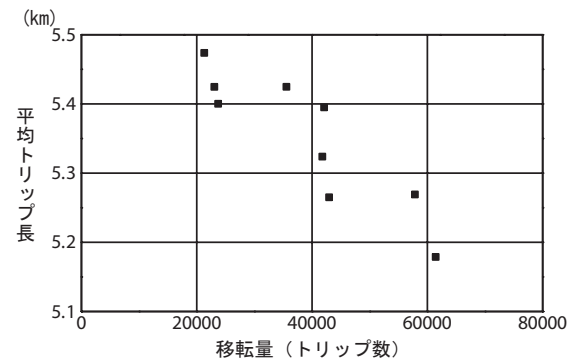


図-4 移転量と平均トリップ長（札幌市）

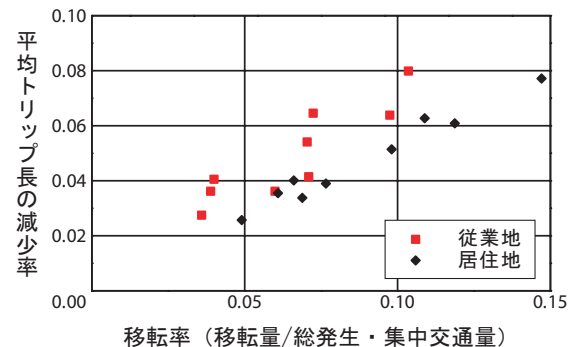


図-5 移転量と平均トリップ長の減少率（札幌市）

表-1 各都市の総トリップ数及び平均トリップ長

都 市 名	札幌	旭川	函館	釧路
調 査 年 次	1994	2002	1999	1999
総トリップ数	606,116	168,038	116,274	93,417
平均トリップ長 (km)	5.966	4.327	4.290	4.054

上限値及び下限値を設定した。ここも先に札幌市で算定したと同じ条件で、上限値及び下減値を設定し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に取りまとめた。平均トリップ長の減少程度としては、各都市とも立地量の上限値（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。最も減少の大きい立地可能量3,000トリップ、減少率30%の場合、札幌では0.45kmの減少で減少率8.0%、旭川0.386km(9.0%)、函館0.404km(9.6%)、釧路0.444km(10.9%)と1割前後の減少が可能である。

各ケースに対する移転量の算定結果は表-3に取りまとめたように、平均トリップ長同様に移転量についても、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、各ケースとも最も移転量が大きくなっている。札幌では61,443トリップ(8.0%)、旭川38,018(22.0%)、函館23,874(20.7%)、釧路24,928(26.8%)と都市規模により移転量の減少率が大きくなっている。

このように、平均トリップ長や移転量は都市規模により違いがあることから、総移転量と総発生・集中量での比で表す移転率と、実際の平均トリップ長と移転を行ったときの平均トリップ長の減少率で図-6である。このように都市規模に関わらず移転率の増大に伴う平均トリップ長の減少

表－2 各ケースに対する各都市の平均トリップ長

減少率 立地可能量	都市名	0.1	0.2	0.3
1000	札幌	5.474	5.425	5.400
	旭川	4.143	4.065	4.007
	函館	4.051	3.940	3.844
	釧路	3.910	3.794	3.706
2000	札幌	5.474	5.425	5.400
	旭川	4.143	4.065	4.007
	函館	4.051	3.940	3.844
	釧路	3.910	3.794	3.706
3000	札幌	5.395	5.269	5.179
	旭川	4.120	3.993	3.890
	函館	4.042	3.905	3.787
	釧路	3.902	3.756	3.625

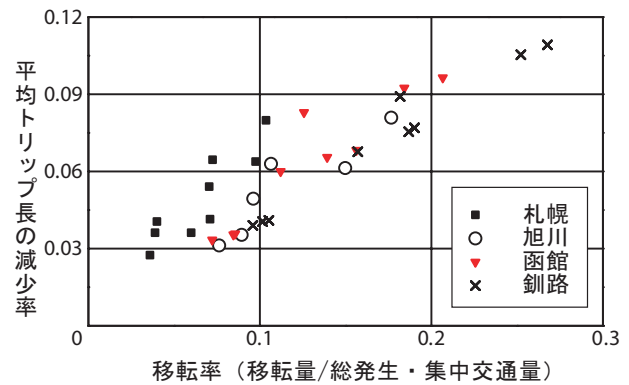
表－3 各ケースに対する各都市の移転量

減少率 立地可能量	都市名	0.1	0.2	0.3
1000	札幌	21303	23051	23706
	旭川	13142	16576	18355
	函館	8341	12952	14523
	釧路	8934	14632	16930
2000	札幌	35551	41784	42955
	旭川	15417	25815	30452
	函館	9768	16083	21281
	釧路	9462	17402	23491
3000	札幌	42090	57837	61443
	旭川	16139	28888	38018
	函館	9887	18049	23874
	釧路	9802	17709	24928

程度には同様な傾向がみられ、これらの間に相関（相関係数:-0.8869）が窺える。そこで線形回帰式として式(14)を求めた。ここで x は移転率、 Y は平均トリップ長の減少率である。

$$Y = 0.3448x + 0.0176 \quad (14)$$

そうすると、この式を通して各都市における居住地の移転に伴う通勤トリップ長の減少程度や通勤トリップ長を減少させるために必要な移転量を容易に算定することができる。たとえば、平均トリップ長を10%減少させるためには、各都市とも23.9%のトリップ数を移転しなければならないことが推定できる。



図－6 移転率と平均トリップ長の減少率

6 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。札幌市における通勤交通行動を対象として、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、移転量の算定などを行った。さらに、従業地プリファレンス曲線を基礎とした職住割当て問題の算定結果との比較により、平均トリップ長の減少率が大きいことが明らかとなった。

さらに、道内4都市において、居住地の移転を行った場合の平均トリップ長などについても分析を行った。都市規模により、平均トリップ長の減少程度や移転数には違いがあるが、移転率と平均トリップ長の減少程度の間には概ね相関が見られ、移転量の増大に伴い平均トリップ長が減少する状況は同様である。そのため、平均トリップ長を減少させるために必要な移転量を推定したり、ある量を移転させた場合の平均トリップ長の減少を推測することができた。

今後は、都市構造の違いによる変化量の違いなどについても詳細に分析を行っていきたい。

参考文献

- 1) 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
- 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