

通勤交通行動を考慮した最適従業地分布について

Optimal Urban Structure Considering Journey-to-work Travel Behavior

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

学生員 金平真道 (Masamichi KANEHIRA)
正会員 榎谷有三 (Yuzo MASUYA)
フェロー 斎藤和夫 (Kazuo SAITO)

1. はじめに

通勤交通は、日常的に繰り返されるとともに、都市交通における主要な部分を占めていることから、都市構造の面から通勤トリップ長を分析することはエネルギー消費及び環境負荷等の地球環境問題を考える上で重要である。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によって形成されているため、通勤トリップ長は都市規模(人口規模)、居住地と従業地の空間分布、都市の職住構造あるいは都市形態などの相違、さらには通勤者の通勤交通行動によって影響を受ける。したがって、通勤トリップ長の削減策は居住地と従業地の空間分布、CBDの位置と規模等に関する職住分布構造、通勤者がそれぞれの居住地から近い従業地を勤務先としているか、あるいは遠くの従業地を勤務先としているのか等に関する通勤交通行動の面から考える必要がある。

そこで、本研究においては通勤者の実際の交通行動を踏まえて通勤トリップ長を減少させるような職住分布構造について考察を試みる。すなわち、通勤トリップ長をより減少させるような、居住地ならびに従業地の分布としての都市構造と通勤交通行動の関係について把握を試みる。本研究においては、モデル計算を通してある居住地分布としての都市構造に対して、通勤交通行動を考慮した最適従業地分布について考察を試みた。

2. 通勤交通行動を考慮した非線形計画問題

正方都市におけるモデル計算を通して、都市構造と通勤交通行動の関係から通勤トリップ長の算定、各従業地における集中交通量の分布の考察を試みるため、大きく次のような手順を考えた。

- (1) 都市構造としての都市モデル及び各ゾーンにおける居住地分布である発生交通量を設定する。
- (2) 各ゾーンの通勤交通行動としてのプリファレンス曲線の回帰係数及び回帰定数の設定。
- (3) 設定した各居住地の分布としての発生交通量及び各ゾーンの通勤交通行動としてのプリファレンス曲線から、各居住地ゾーンにおける発生交通量の相対比率の算定。
- (4) 総通勤トリップ長の最小化を図る各従業地ゾーンの集中交通量を算定するために制約条件を設定し非線形計画問題を解く。
- (5) (4)の非線形計画問題を通して、各従業地における集中交通量を求める。

総通勤トリップ長の最小化と各従業地における集中交通量の算定のための定式化は以下ようになる。

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

$$ug_i = G_i / T \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2)$$

$$cg_{ik} = cg_{i(k-1)} + ug_{ik} \quad (i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n) \quad (3)$$

$$cf_{i(k-1)} = a_i cg_{i(k-1)}^2 + b_i cg_{i(k-1)} + c_i \quad (i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n) \quad (4)$$

$$cf_{ik} = a_i cg_{ik}^2 + b_i cg_{ik} + c_i \quad (i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n) \quad (5)$$

$$f_{ik} = cf_{ik} - cf_{i(k-1)} \quad (i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n) \quad (6)$$

$$X_{ik} = F_i \cdot f_{ik} \quad (i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n) \quad (7)$$

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

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n X_{ik} d_{ik} : \min \quad (i = 1, \dots, n)(k = 1, \dots, n) \quad (9)$$

F_i : given

G_i : variable

ここで、

T : 総トリップ数

G_i : 従業地の立地量 (変数)

ug_i : 従業地の立地量の相対比率

ug_{ik}, cg_{ik} : 立地量変化後のゾーン i における k 番目ゾーンの立地量の相対比率及び累積比率

- $cf_{i(k-1)}, cf_{ik}$: 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} : 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
- 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
- a_i, b_i, c_i : プリファレンス曲線の回帰係数・定数
- F_i : 従業地の立地量

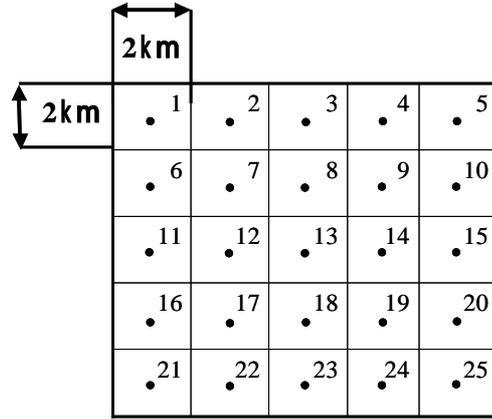


図 - 1 都市形態モデル

式(1)~(8)を制約条件として、式(9)の目的関数を最小化する非線形計画問題となる。

表 - 1 各ゾーンの発生交通量の相対比率

3. 都市構造と通勤交通行動

都市形態としては、図 - 1 に示す 25 ゾーンからなる正方都市形態モデルを取り上げた。居住地および従業地は各ゾーンに均等に分布しているものとし、各ゾーンの中心間の距離は格子型道路網として最短距離とする。隣り合うゾーン間距離は 2.0km、内々トリップに対する距離はゾーン間距離の半分の 1.0km とする。なお、総トリップ数は 250000 トリップである。

居住地としての各ゾーンの発生交通量の相対比率を表 - 1 に示すように 5 つの居住地分布パターンを考えた。中心部において高密度で周辺部にいくほど低密度である中心部高密度型、中心部において低密度で周辺部にいくほど高密度である周辺高密度型、対象域全域において発生密度が均一である全域均等型、正方都市モデルにおける下部のゾーン 23 を中心に居住地の密度が高く正方都市モデルの上部において低密度であるゾーン 2 3 型、正方都市モデルにおいてゾーン 25 を中心に発生密度が高いゾーン 2 5 型である。

実際の通勤交通行動として、本研究においては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できるとともに、曲線回帰によって通勤交通行動を計量的に分析することが可能であるプリファレンス曲線に着目した。本研究においては、図 - 2 に示す 3 つの通勤交通行動を考えた。各通勤交通行動の回帰係数及び定数の値については、表 - 2 に示した。ここで、各通勤交通行動のうち、交通行動は職住近接型として自ゾーンを中心にした近距離ゾーンを従業地とするものである。一方、交通行動は自ゾーン以外の他のゾーンを均等に従業地とするものである。そして、交通行動は交通行動に比べて遠距離のゾーンを従業地とするものである。

本研究においては、図 - 1 に示す正方都市形態モデルにおける 5 ゾーンを、大きく中心部(ゾーン7,8,9,12,13,14,17,18,19)と周辺部(ゾーン 1~6,10,11,15,16,21~25)に分けた。そして、中心部及び周辺部それぞれに異なる通勤交通行動を適用して、表 - 3 に示す 9 つの通勤交通行動モデルを考えた。そして、前述の 5 つの居住地分布パターンとの組み合わせから、あわせて 45 ケースを考えた。そして、それぞれのケースに対して総通勤トリップ長の最小化を図り、各

ゾーン番号	1	2	3	4	5
中心高密	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
周辺高密	0.060	0.040	0.040	0.040	0.060
全域均等	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
ゾーン23	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
ゾーン25	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
ゾーン番号	6	7	8	9	10
中心高密	0.025	0.050	0.050	0.050	0.025
周辺高密	0.040	0.039	0.025	0.039	0.040
全域均等	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
ゾーン23	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
ゾーン25	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
ゾーン番号	11	12	13	14	15
中心高密	0.025	0.050	0.200	0.050	0.025
周辺高密	0.040	0.025	0.025	0.025	0.040
全域均等	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
ゾーン23	0.025	0.025	0.050	0.025	0.025
ゾーン25	0.025	0.025	0.050	0.050	0.050
ゾーン番号	16	17	18	19	20
中心高密	0.025	0.050	0.050	0.050	0.025
周辺高密	0.040	0.039	0.025	0.039	0.040
全域均等	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
ゾーン23	0.025	0.050	0.050	0.050	0.025
ゾーン25	0.025	0.025	0.050	0.050	0.050
ゾーン番号	21	22	23	24	25
中心高密	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
周辺高密	0.060	0.040	0.040	0.040	0.060
全域均等	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
ゾーン23	0.050	0.050	0.200	0.050	0.050
ゾーン25	0.025	0.025	0.050	0.050	0.200

従業地ゾーンの集中交通量の算定を試みた。

4. 平均トリップ長について

居住地分布パターンと通勤交通行動モデルの組み合わせから考えた 45 ケースに対して前述の手順(1)から(5)を行った。そして、45 ケースに対して総通勤トリップ長が算出されている。ここでは、平均トリップ長を基

に居住地分布パターンと通勤交通行動との関係について分析を試みる。

4.1 各居住地分布パターンに対する平均トリップ長

各居住地分布パターンに対する平均トリップ長は、図-3に示すように各通勤交通行動モデルにおいて、いずれも中心高密、ゾーン23型、ゾーン25型、全域均等、周辺高密の順に大きくなっている。通勤交通行動モデルごとに平均トリップ長をみると、モデル1がいずれの居住地分布パターンにおいても最も小さい値を取っている。この通勤交通行動モデル1は、正方都市形態において中心部と周辺部の通勤交通行動が職住近接型として自ゾーンを中心にした近距離ゾーンを従業地とするモデルである。そして、各居住地分布パターンに対する平均トリップ長は、中心高密が2.20 km、ゾーン23型が2.39 km、ゾーン25型が2.48 km、全域均等が2.58 km、周辺高密が2.70 kmとなった。

一方、平均トリップ長が大きい値を取るの通勤交通行動モデル9である。通勤交通行動モデル9は、中心部と周辺部においていずれも遠距離ゾーンを従業地とする交通行動を取っている。そして、平均トリップ長の値は、中心高密が3.45 km、ゾーン23型が3.73 km、ゾーン25型が4.06 km、全域均等が4.22 km、周辺高密が4.58 kmとなった。

これらの結果から、中心部高密度型、ゾーン23型、ゾーン25型、全域均等型あるいは周辺部高密度型等、居住地分布パターンにかかわらず中心部と周辺部ともに通勤交通行動、いわゆる職住近接型として自ゾーンを中心にした近距離ゾーンを従業地とする通勤交通行動が平均トリップ長をより短くするようである。一方、いずれの居住地分布パターンにおいても遠距離のゾーンを従業地とする通勤交通行動を取る場合には平均トリップ長も増加することが窺える。

4.2 各通勤交通行動モデルに対する平均トリップ長

各通勤交通行動モデルに対する各居住地分布パターンの平均トリップ長は、図-4に示すように中心部高密度型では通勤交通行動モデル1 4 2 5 7 3 8 6 9の順に、ゾーン23型、ゾーン25型、全域均等型ではモデル1 4 2 5 7 8 3 6 9の順に、また、周辺部高密度型では1 4 2 7 5 8 3 6 9の順に大きくなるという傾向を示している。また、すべての通勤交通行動モデルにおいて居住地分布パターンが中心高密の場合において平均トリップ長が最も小さくなっている。平均トリップ長の範囲は2.20 km~3.45 kmである。一方、居住地分布パターンが周辺高密の場合において平均トリップ長が最も大きい値を取っている。値の範囲は2.48 km~4.58 kmである。

これらの結果から、各ゾーンにおいての通勤交通行動が与えられた場合、居住地分布としては、中心部において高密度で周辺部にいくほど低密度である中心部高密度型の場合に平均トリップ長がより短くなることが窺える。一方、居住地分布が中心部において低密度で周辺部にいくほど高密度である周辺部高密度型の場合には平均トリップ長はより増加することが分かる。

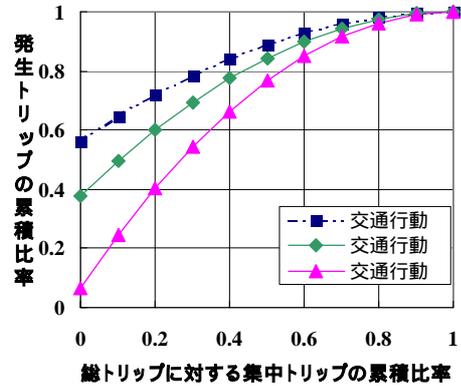


図-2 各通勤交通行動に対するプリファレンス曲線

表-2 各通勤交通行動に対する回帰係数及び定数

通勤交通行動	係数		定数
	a	b	c
	-0.4391	0.8782	0.5609
	-0.6229	1.2458	0.3771
	-0.9328	1.8656	0.0672

表-3 通勤交通行動モデルの組み合わせ

	周辺部の回帰定数			
		a=-0.4391	a=-0.6229	a=-0.9328
中心部の回帰定数	a=-0.4391	モデル1	モデル2	モデル3
	a=-0.6229	モデル4	モデル5	モデル6
	a=-0.9328	モデル7	モデル8	モデル9

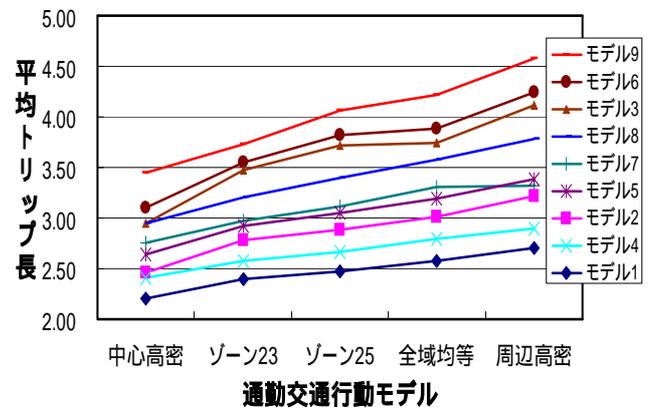


図-3 各居住地分布パターンに対する平均トリップ長

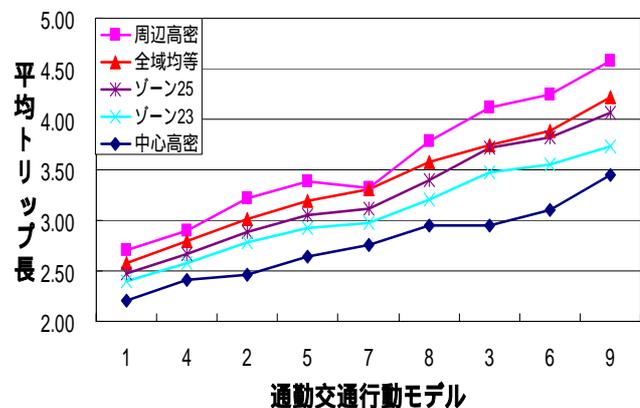


図-4 各通勤交通行動に対する平均トリップ長

5.各ゾーンにおける集中交通量について

居住地の分布としての5つの居住地分布パターンと9つの通勤交通行動モデルの組み合わせから45ケースに対して集中交通量をそれぞれ求めた。居住地分布パターンごとに、従業地分布としての各ゾーンの集中交通量を取りまとめると以下ようになる。

(1)居住地分布パターンが中心部高密度の場合

通勤交通行動モデルによって大きく2つの集中交通量の分布が得られた。モデル1~6ではCBDがゾーン13となり、ゾーン13を中心に集中交通量が集中している。また、モデル7~8ではCBDがゾーン13となりCBDのみに集中交通量が集中している。例としてモデル1と7を図-5に示す。

(2)居住地分布パターンが周辺部高密度の場合

通勤交通行動モデル1,4は中心部の集中交通量が他のゾーンよりも小さくなる。モデル2,5では、ゾーン7,9,17,19で集中交通量が他のゾーンよりも大きくなる。モデル7,8では中心部よりも周辺部の集中交通量が大きい分布になる。モデル3,6,9ではCBDがゾーン8になり集中交通量がゾーン8,13に集中する分布になる。例としてモデル2,4,7,9を図-6に示す。

(3)居住地分布パターンが全域均等型の場合

通勤交通行動モデル1,2,4,5では集中交通量がほぼ均等になる。モデル3,6,9ではCBDがゾーン8になり集中交通量がゾーン8,13に集中する分布になる。モデル7では中心部よりも周辺部の集中交通量が大きい分布になる。モデル8ではCBDがゾーン13となる。例としてモデル1,7,8,9を図-7に示す。

(4)居住地分布パターンがゾーン23型の場合

図-8に示すように、通勤交通行動モデル1,4,7ではCBDがゾーン23となる。モデル2,5,8では集中交通量がゾーン23 18 13の順に大きくなり、モデル3,6,9では18 13 23の順に大きくなる傾向を示している。

(5)居住地分布パターンがゾーン25型の場合

図-9に示すように、通勤交通行動モデル1,2,4,5ではゾーン25がCBDとなり、CBDの上部にも集中交通量が集中している。モデル3,6,9ではゾーン14,19に集中交通量が集中し、モデル7,8ではゾーン25,15,20集中交通量が集中している。

6.まとめ

以上、本研究においてはモデル計算を通してある居住地分布としての都市構造の場合に、どのような通勤交通行動であれば通勤トリップ長をより短くすることができるか、あるいは各ゾーンにおいてある通勤交通行動を取る場合にはどのような従業地分布が望まれるかについて種々考察を試みた。その結果、居住地分布パターンと通勤交通行動の関係から、平均トリップ長や集中交通量の分布について考察することができた。

参考文献

- (1) 榎谷有三・劉 斌・田村 享・斎藤和夫(2003) : 都市構造と通勤トリップ長について、都市計画論文集・No.38-3,pp415-420
- (2) 榎谷有三・北川智也・田村 享・斎藤和夫(2004) : 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、都市計画論文集・No.39-3,pp775-780

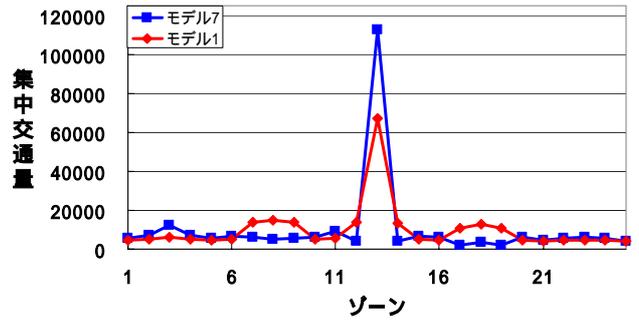


図-5 居住地分布パターンが中心部高密度

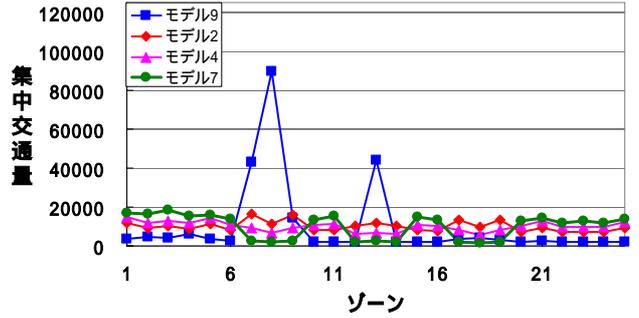


図-6 居住地分布パターンが周辺部高密度

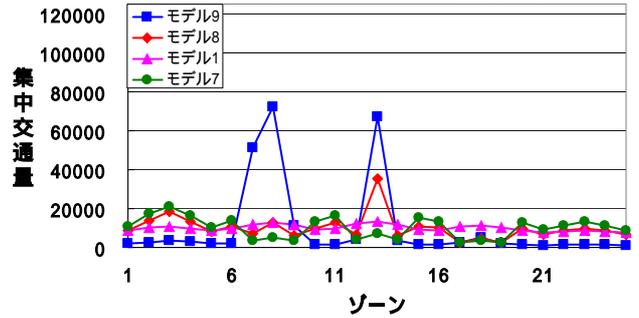


図-7 居住地分布パターンが全域均等型

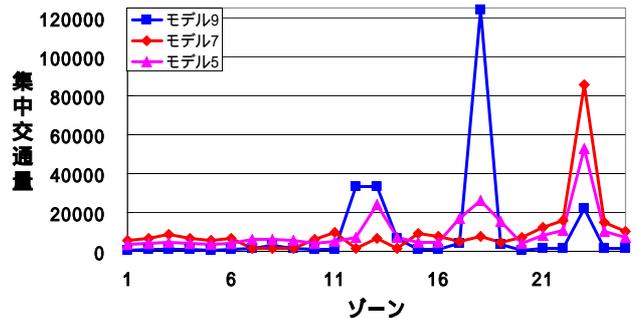


図-8 居住地分布パターンがゾーン23型

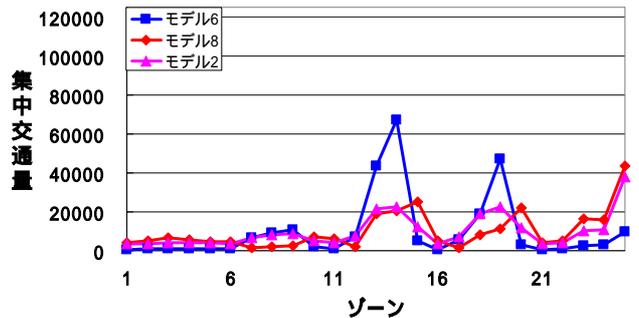


図-9 居住地分布パターンがゾーン25型