

職住分布構造と通勤交通行動について

Urban Structure and Journey-to-work Travel Behavior

室蘭工業大学大学院	○学生員	金平真道 (Masamichi KANEHIRA)
専修大学北海道短期大学	正会員	榎谷有三 (Yuzo MASUYA)
室蘭工業大学大学院	正会員	藤井 勝 (Masaru FUJII)
室蘭工業大学	正会員	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

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、都市構造の面及び通勤者の交通行動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。通勤トリップ長は、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、さらには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(通勤距離最小化行動)、あるいは遠くの従業地を勤務先としているのか(最大化行動)に関する交通行動等によって影響を受ける。

そこで、本研究においては、職住分布構造としての居住地・従業地の分布パターンが与えられた場合において、就業者の従業地選好行動としての通勤交通行動を考慮したときの通勤トリップ長算定を試みる。そして、通勤トリップ長の面から職住分布構造と通勤交通行動の関係について分析を行う。本研究において通勤交通行動としては、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することができるプリファレンス曲線を用いる。

本研究では、プリファレンス曲線を組み込んだ最適化問題(最小化及び最大化)を定式化して、ある職住分布構造に対する通勤トリップ長の最小値及び最大値の算定を試みた。そして、正方都市形態モデルを通して職住分布構造と通勤交通行動について考察を試みた。

2. 通勤交通行動を考慮した通勤トリップ長最適化問題

正方都市におけるモデル計算を通して、居住地・従業地分布の関係から通勤トリップ長の算定、各ゾーンにおける通勤交通行動としてのプリファレンス曲線の回帰係数・定数を算定するために、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土地利用パターンとして、各ゾーンにおける居住地・従業地分布である発生・集中交通量を設定する。
- (2) 総通勤トリップ長の最小化、及び最大化を図る各ゾーンにおけるプリファレンス曲線の回帰係数・定数を算定するために制約条件を設定し最適問題を解く。
- (3) (2)の最適問題を通して、各土地利用パターンにおける通勤交通行動の特性を求める。

通勤交通行動を考慮した通勤トリップ長の最適化問題は、以下のように定式化することができる。

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

$$\sum_{i=1}^n X_{ik} \leq G_k \quad (k=1, \dots, n) \quad (2)$$

$$ug_k = \frac{G_k}{T} \quad (k=1, \dots, n) \quad (3)$$

$$cg_{ik} = cg_{i(k-1)} + ug_{ik} \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (4)$$

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

$$cf_{ik} = a_i cg_{ik}^2 + b_i cg_{ik} + c_i \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (6)$$

$$f_{ik} = cf_{ik} - cf_{i(k-1)} \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n f_{ik} = 1 \quad (8)$$

$$X_{ik} = F_i \cdot f_{ik} \quad (i=1, \dots, n)(k=1, \dots, n) \quad (9)$$

$$a + b + c = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n X_{ik} d_{ik} : \min \text{ or } \max \quad (11)$$

ここで、

T : 総トリップ数

G_i : ゾーン i (居住地) における発生交通量(既知)

F_i : ゾーン i (従業地) における集中交通量(既知)

- u_{g_k} : 従業地の立地量の相対比率
- $u_{g_{ik}}, c_{g_{ik}}$: 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
- $c_{f_{i(k-i)}}, c_{f_{ik}}$: 2次曲線の回帰係数を用いたゾーンにおける*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
- X_i : 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係数・定数 (変数)

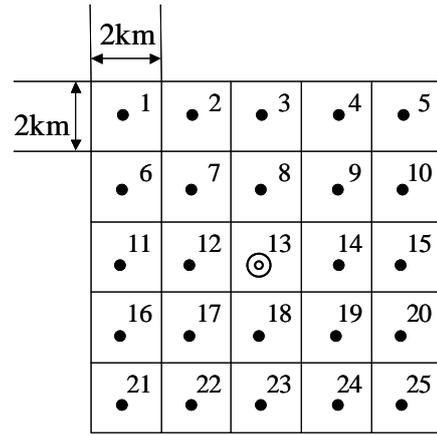


図 - 1 都市形態モデル

式 (1) ~ (10) を制約条件として、式 (11) の目的関数を最小化及び最大化する最適問題となる。

本研究では、通勤トリップ長の最適化（最大化と最小化）を行い、通勤交通行動と職住分布構造についての考察を行う。

3. 都市構造と土地利用パターンについて

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。居住地及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 とし、総トリップ数は 250000 トリップである。

土地利用パターンとして、各ゾーンの発生・集中交通量の相対比率を表 - 1 に示す。表 - 1 の相対比率から各ゾーンの発生・集中交通量は以下のような3つのタイプを考えた。①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、②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、③対象域全域において発生・集中密度が均一である全域均等型である。これらの3タイプの発生・集中交通量の相対比率を組み合わせから、表 - 2 に示す9つの土地利用パターンを考えた。

4. プリファレンス曲線について

プリファレンス曲線とは、図 - 2 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、居住地における就業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。本研究では、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・定数の値に従うものとする。その結果、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が与えられた場合に、居住地と従業地の分布交通量を各ゾーンのプリファレンス曲線から算

表 - 1 発生・集中交通量の相対比率

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

表 - 2 土地利用パターンの組み合わせ

発生 \ 集中	中心高密	周辺高密	全域均等
中心高密	パターン1	パターン2	パターン3
周辺高密	パターン4	パターン5	パターン6
全域均等	パターン7	パターン8	パターン9

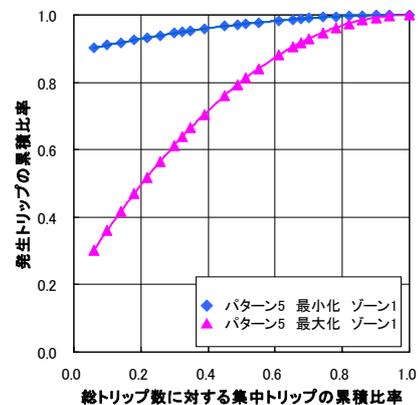


図 - 2 プリファレンス曲線の例

定することが出来る。プリファレンス曲線は、近距離ゾーンへのトリップ比率が多い場合(図-2の最小化)は上に凸、遠距離ゾーンへのトリップ比率が高い場合(図-2の最大化)は直線的になる特徴を持つ。特に、内々トリップ比率が多い場合には、すなわち自ゾーンでのトリップ比率が多いときにはプリファレンス曲線のY切片(X=0に対する値)の値も大きくなる。

また、複数のゾーンの曲線を同時に描くことができるため、各ゾーンの通勤交通行動の相違を把握することも可能である。そして、この曲線を通して計量的分析を行うためには、曲線回帰によるパラメータ推定等が必要である。2次曲線による曲線回帰が適合度指標の面からも優れていることが確認されており、式(12)で表すことができる。

$$Y = aX^2 + bX + c \quad (12)$$

ここに、a, b:回帰係数、c:回帰定数

本研究においては、これらの回帰係数 a, b、定数 c の値により、各土地利用パターンに対する通勤交通行動の特性を考察していく。

5. 平均トリップ長について

発生・集中交通量の相対比率の組み合わせからなる9つの土地利用パターンについて、前述の手順(1)～(3)を行った。そして、各土地利用パターンに対して最小化と最大化の場合における平均トリップ長を算定した。最小化・最大化の土地利用パターンに対する平均トリップ長は図-3に示すようになった。図-3では、最小化の平均トリップ長の小大順に土地利用パターンを並び替えている。ここでは、平均トリップ長を基に考察を行う。

最小化の場合、平均トリップ長は1.94 km～3.33 kmの範囲となった。最も小さい値は、土地利用パターン5であり、平均トリップ長は1.94 kmであった。この土地利用パターンは居住地が周辺部高密度型、従業地も周辺部高密度型であり、発生・集中交通量の相対比率が同様の分布をしている場合である。また、平均トリップ長が小さい値となった、土地利用パターン1,9も発生・集中交通量の相対比率が同様の分布をしている場合であった。

一方、最も大きい値は土地利用パターン4の場合であり、土地利用パターンとしては、居住地が周辺部高密度型であり、従業地は中心部高密度型の場合であった。これらのことから、従業地と居住地が離れている場合には平均トリップ長が増加することが窺える。

最大化の場合、平均トリップ長は3.38 km～4.22 kmの範囲となっている。平均トリップ長の最も小さい値は土地利用パターン1の場合であり、居住地、従業地ともに中心部高密度型であった。同様に居住地が中心部に集中している場合の土地利用パターン2,3も平均トリップ長は小さい値となった(それぞれ、3.63 km, 3.54 km)。

一方、土地利用パターン4,5,6のように居住地が周辺部に集中する場合において、平均トリップ長は増加す

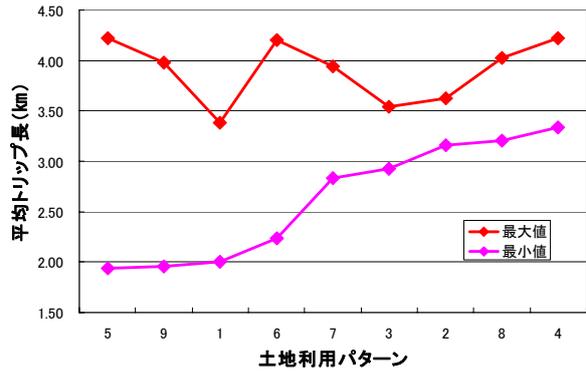


図-3 土地利用パターンに対する平均トリップ長

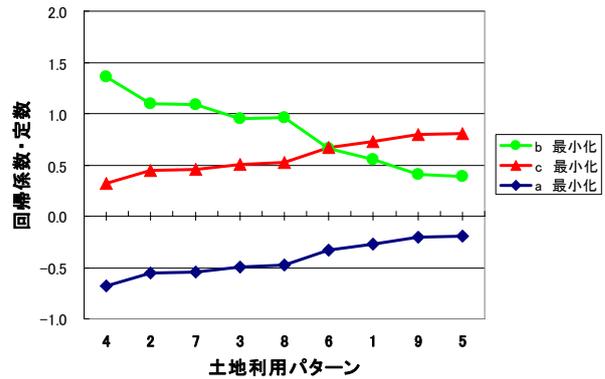


図-4 最小化に対する回帰係数・定数の平均値

表-3 最小化に対する回帰係数・定数の最小値・最大値

土地利用パターン	項目	a	b	c
パターン1	最小値	-0.5491	0.222	0.451
	最大値	-0.1111	1.098	0.889
パターン2	最小値	-0.8892	0.273	0.113
	最大値	-0.1365	1.777	0.864
パターン3	最小値	-0.7585	0.107	0.242
	最大値	-0.0909	1.517	0.909
パターン4	最小値	-0.835	0.545	0.165
	最大値	-0.2727	1.670	0.727
パターン5	最小値	-0.5438	0.222	0.457
	最大値	-0.1113	1.087	0.889
パターン6	最小値	-0.6209	0.255	0.379
	最大値	-0.1277	1.242	0.872
パターン7	最小値	-0.7771	0.367	0.223
	最大値	-0.1834	1.554	0.817
パターン8	最小値	-0.6727	0.363	0.329
	最大値	-0.1819	1.510	0.819
パターン9	最小値	-0.5424	0.222	0.458
	最大値	-0.1111	1.085	0.889

ることが確認できた。このことから、平均トリップ長は、居住地の分布である居住地分布パターンの変化により、異なってくることが窺える。

最小化において平均トリップ長が最も小さい値となった土地利用パターン5の場合、図-3に示すように通勤距離最小化行動と最大化行動のトリップ長は2倍異なる。このことから、通勤交通行動は通勤トリップ長に大きく影響することが窺える。

6. 各土地利用パターンにおける通勤交通行動

各土地利用パターンに対する各ゾーンのプリファレンス曲線の回帰係数・定数を最適化問題を基に算定した。図-4(図-5)には最小化(最大化)の各土地利用パターンにおける各ゾーンの回帰係数・定数の平均値の値を取りまとめた。また、表-3(表-4)には各土地利用パターンに対する、各ゾーンの回帰係数・定数の最も小さい値と最も大きい値を示した。プリファレンス曲線は、回帰係数a、定数cが大きくなると近距離ゾーンのトリップ比率が多くなり、プリファレンス曲線のY切片の値としての定数cの値も大きくなる。ここでは、プリファレンス曲線の回帰係数a,b定数cの値により各土地利用パターンの通勤交通行動について考察を行う。

6-1. 通勤距離最小化行動

総通勤トリップ長を最小化した場合には、回帰定数cの平均値が大きい順に土地利用パターン5,9,1となっている。これらの土地利用パターンにおける各ゾーンの回帰係数a、定数cの平均値は、パターン5がa=-0.1926 c=-0.8077、パターン9がa=-0.2059 c=0.7940、パターン1がa=-0.2757 c=0.7243となっている。これらの回帰係数a、定数cの値は他のゾーンよりも大きいことから、通勤交通行動としては、自ゾーンを中心とした近距離ゾーンへのトリップ数が多い通勤交通行動を取っていることが分かる。この回帰定数cの大きさの順位は平均トリップ長の小ささの順位と同じである。これらの土地利用パターン1,5,9は、居住地と従業地が同様の分布をしているために、自ゾーンを中心とする通勤交通行動を取り、平均トリップ長が短くなったと考えられる。

一方、回帰係数a、定数cが最も小さい値となった土地利用パターンはパターン4であった。この土地利用パターンでは、居住地と従業地が異なる分布をしていることから、通勤交通行動としては遠距離ゾーンを中心とした通勤交通行動を取り、平均トリップ長も大きな値となっている。

6-2. 通勤距離最大化行動

最大化した場合については、各土地利用パターンにおける各ゾーンの回帰係数a、定数cの平均値は、全体的に小さな値となっている。よって、最大化の場合には、各ゾーンの通勤交通行動としては、他ゾーンへのトリップ数が多く、遠距離ゾーンを従業地とした通勤交通行動を取るゾーンが多いことが分かる。回帰定数cの最大値は0.2825であり、土地利用パターンとしてはパターン3であった。一方、最も小さい値は、c=0.1577であり、最小化の場合と同様に土地利用パターン4であった。最大化の場合でも居住地と従業地が異なる分布であることが、回帰係数・定数の値を小さくし、平均トリップ長を大きくしていると考えられる。

これらの結果から、都市構造としては居住地と従業地が同じ立地パターンで、通勤交通行動としては自ゾーンを中心とした通勤距離最小化行動を取ることが、平均トリップ長をより小さくすることが確認できた。

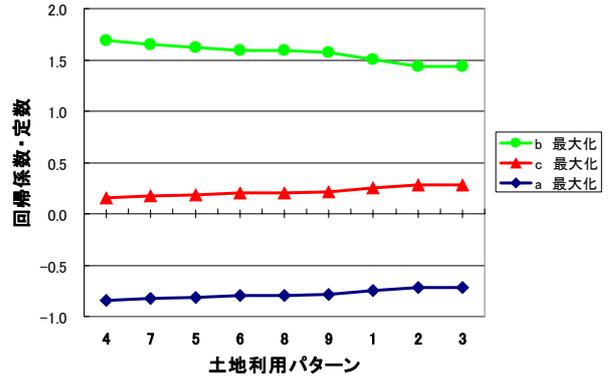


図-5 最大化に対する回帰係数・定数の平均値

表-4 最大化に対する回帰係数・定数の最小値・最大値

土地利用パターン	項目	a	b	c
パターン1	最小値	-1.000	1.152	0.000
	最大値	-0.576	2.000	0.424
パターン2	最小値	-1.002	0.785	0.000
	最大値	-0.393	2.002	0.608
パターン3	最小値	-1.000	0.970	0.000
	最大値	-0.485	2.000	0.515
パターン4	最小値	-1.000	0.921	0.000
	最大値	-0.460	2.000	0.540
パターン5	最小値	-1.002	1.191	0.000
	最大値	-0.596	2.002	0.405
パターン6	最小値	-1.000	0.818	0.000
	最大値	-0.409	2.000	0.591
パターン7	最小値	-1.000	0.676	0.000
	最大値	-0.338	2.000	0.662
パターン8	最小値	-1.002	1.129	0.000
	最大値	-0.565	2.002	0.436
パターン9	最小値	-1.000	0.960	0.000
	最大値	-0.480	2.000	0.520

7. まとめ

本研究においては、通勤交通行動を考慮した通勤トリップ長の最適化問題を定式化し、通勤トリップ長の最小化及び最大化を算定した。その結果、平均トリップ長を基礎に職住分布構造と通勤交通行動最小化(最大化)行動の関係を考察することが出来た。また、最小化及び最大化において、土地利用パターンの相違により、通勤交通行動が大きく異なることが得られた。

今後は、今回の研究と同様の手法を札幌市などの実際の都市に適用し、土地利用パターンと通勤交通行動の関係について考察を進めていく。

参考文献

- 1) 榎谷有三・劉 斌・田村 亨・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 亨・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