

# 空間的相互作用モデルによる東京大都市圏における 市区間人口移動の分析

1. はじめに
2. 従来のモデルによる分析
3. セクター成分を取り入れたモデルによる分析
4. むすび

小森谷 祥 明\*  
杉 浦 芳 夫\*\*  
矢 野 桂 司\*\*\*

## 要 約

本稿では、1980年の東京大都市圏における市区間人口移動を対象にして、発地区固定型空間的相互作用モデル実行後に得られる距離パラメータ値の顕著な空間的分布パターンの解消とそのバラツキの緩和をめざした。そのために、通常モデルに3番目の変数として、1) 競合効果を表わすアクセシビリティ、2) 介在機会効果、3) 離散的セクター・ダミー変数、のいずれかを取り込み、一般線形モデルのパッケージGLIMを用い、キャリブレーションを行なった。その結果、魅力度を夜間人口、3番目の説明変数をセクター・ダミー変数とした場合に、距離パラメータの空間的分布に顕著なパターンがみられないこと(地図パターン問題の解消)が判明した。

た。

しかし、ニュートンの引力法則のアナロジーから派生した古典的重力モデルは統計学上の問題点が多く、それらを克服するために新しいモデルが必要とされた。こうした文脈の中で、Wilson (1967) によってエントロピー最大化空間的相互作用モデルが定式化され、空間的相互作用モデル族の精緻化が進むことになる。重力モデルからエントロピー最大化モデルへという大きな潮流については、既にいくつかのレビューがなされてきている(杉浦、1986)。そして、1970年代後半の、空間的相互作用モデルの距離パラメータの解釈、

## 1. はじめに

人口移動をはじめとする様々な流動現象をマクロにとらえる空間的相互作用モデリングに関する研究は、空間現象のモデル化に関心を持つ地理学およびその関連分野の中で最も活気のあるテーマの一つとなっている(石川、1988)。古典的な空間的相互作用モデルとしては、地表上の人・物・情報などの空間的相互作用の流動を、発地区の放出性、着地区の吸引力(魅力度)、発・着地区間の分離性から説明しようと試みた重力モデルがあっ

\*社会調査研究所

\*\*東京都立大学大学院理学研究科・都市研究所兼任研究員

\*\*\*立命館大学文学部

パラメータの推定方法、モデルの誤った特定に関する論争（地図パターン問題）を経て、近年では様々な空間的相互作用モデルが提案されている。

しかし、これらの空間的相互作用モデルは、観察された地区間流動数を、ポアソン分布で近似される頻度分布とみなす、ポアソン回帰モデルによって包括されることがわかった（矢野、1991）。すなわち、介在機会モデル（Stouffer、1960）、エントロピー最大化モデル（Wilson、1967）、ポアソン重力モデル（Flowerdew and Aitkin、1982）、競合着地モデル（Fotheringham、1983a）等の空間的相互作用モデルは、取り込まれる説明変数の違いを除けば、すべて一般線形モデルの枠組みで統合することができるのである。

本稿では、東京大都市圏内部の人口移動を矢野（1989）の示した二つのタイプに分け、市区間人口移動総数（ALL）、14歳以下の子供を伴う30歳以上の壮年層に代表される年齢層（0～14歳、30歳～）の市区間人口移動数（AGE1）、20歳代の若・青年層に代表される年齢層（15～29歳）の市区間人口移動数（AGE2）、それぞれに一般線形モデルのパッケージであるGLIMを適用し、発地区固定型空間的相互作用モデルの距離パラメータ値の空間的分布パターンをまず明らかにする。そして、最終的には、Fotheringham（1983a, b）が従来の空間的相互作用モデルにアクセシビリティを取り込み、競合着地モデルを構築したように、東京大都市圏内部の人口移動の距離パラメータ値に偏りをもたらす要因を取り込んだ形での、新しい空間的相互作用モデルの定式化を目指す。この新しい説明変数をモデルに取り込むことにより、通常の発地区固定型の発生制約型モデルの距離パラメータ値の分布にみられる顕著な空間的偏りと、パラメータ値のバラツキを緩和することができると考えられる。この新しい説明変数が、行動論的研究で指摘されているセクター状の移動流（小森谷ほか、1996）に関わるものであることは、後に明らかにされるであろう。結果的に、それは、マクロなモデル分析とミクロな行動論的研究を結び付けることにもなる。

本稿では1979年10月1日～1980年9月30日の東

京大都市圏内の人口移動を対象とするが、資料ならびに対象地域の範囲については前稿（小森谷ほか、1996）を参照されたい。以下、第2章では、通常の発生制約型モデル、および通常モデルに3番目の変数として、競合効果を表わすアクセシビリティ（競合着地モデルと同型）ないしは介在機会効果を表わす変数を取り込んだモデルを、第3章では、3番目の変数としてセクター成分を取り込んだモデルを、それぞれGLIMを用いて特定し、適合度・距離パラメータ・残差分布の面から、適切なモデルの検討を行なう。

## 2. 従来のモデルによる分析

### 2. 1 本稿におけるモデルについて

#### (1) 通常の変数のモデルについて

本稿においては、発地区固定型の空間的相互作用モデルを、発地区ごとに、ALL、AGE1、AGE2の三つの異なるデータに対し適用する。魅力度としては、図1に示す総流入人口（ $W1$ ）と図2に示す夜間人口（ $W2$ ）を使用する。魅力度の選定にあたり、実際の移動者の側にとってみれば、着地区における空き家数や住宅地面積のような変数が最も適当と思われるが、この種のデータを市区単位で入手することはむずかしく、結局のところ総流入人口および夜間人口を使用せざるをえなかった。そして、地区間距離としては、1980年当時の市区役所の最寄り駅を基点とし、有値最短バス行列（テーフ・ゴージェ、1975）の冪乗演算により求められる、当時の最短鉄道営業距離（km）を使用する。

#### (2) GLIMについて

一般線形モデルのパッケージであるGLIM（Generalised Linear Interactive Modelling）は、実際の地区間人口移動者数をポアソン分布に適合する頻度分布とみなす回帰モデルである。このポアソン回帰に基づく重力モデルは、古典的重力モデルの統計学的短所を克服するモデルとして、Flowerdew and Aitkin（1982）によって提案さ

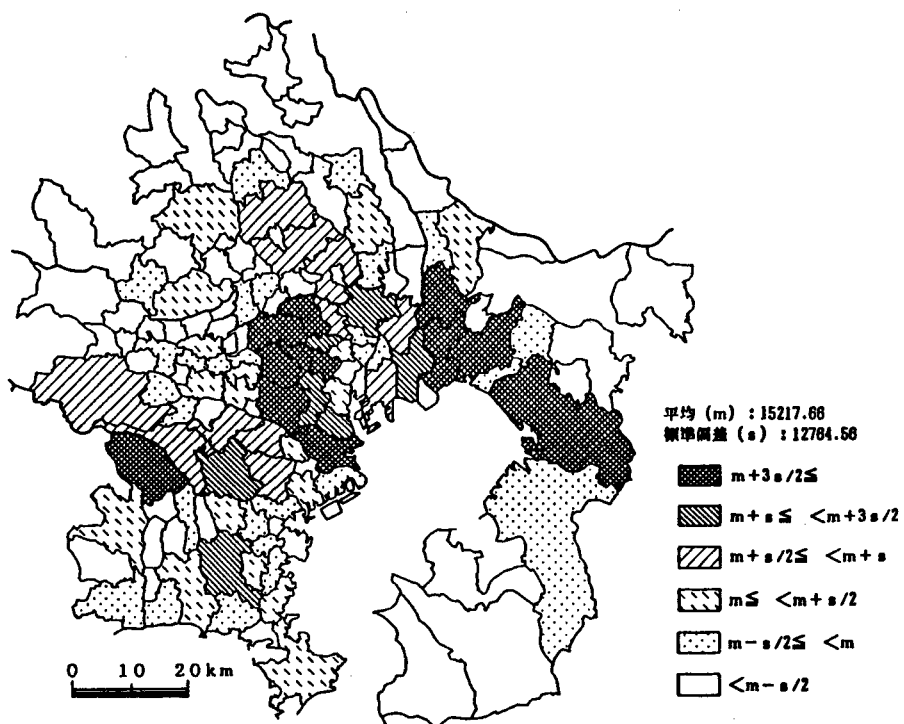


図1 総流入人口 (W1) の分布

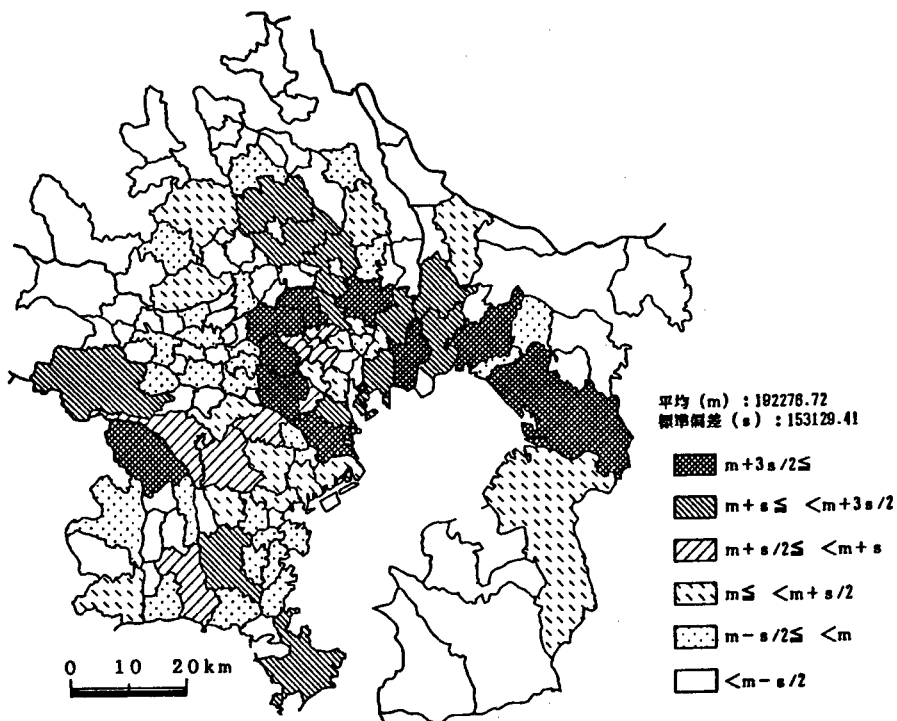


図2 夜間人口 (W2) の分布

れたものであり、発地区*i*、着地区*j*間の市区間人口移動者数は次式で表わされる。

$$p(A) = e^{-B^A} / A! \quad (1)$$

ただし、*A*は地区間流動数の観察値 $T_{ij}$ 、*B*は地区間流動数がポアソン分布に従う場合の平均値 $\lambda_{ij}$ 、 $p(A)$ は地区*i*、*j*間の移動者数が*A*である確率、*e*は誤差あるいは残差である。ここで、 $\lambda_{ij}$ の推定値を、発地区の放出性 $V_i$ 、着地区の吸引力(魅力度) $W_j$ 、発・着地区間の分離性 $d_{ij}$ により表わされる関数と仮定すると、次のように示される。

$$\hat{\lambda}_{ij} = \exp(\beta_0 + \beta_1 \ln V_i + \beta_2 \ln W_j - \beta_3 \ln d_{ij}) \quad (2)$$

ただし、 $\beta_0$ 、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ 、 $\beta_3$ は発地区ごとに推定されるべきパラメータである。さらに、この式(2)を変形すると、

$$\hat{\lambda}_{ij} = k V_i^{\beta_1} W_j^{\beta_2} d_{ij}^{-\beta_3} \quad (3)$$

という、重力モデルと構造上同じ式が導かれる。ただし、 $\beta_0 = \ln k$ である。ここで重要なことは、この式(3)で示されるモデルは、最小二乗法によりパラメータ推定を行なう、通常重力モデルにみられた統計学上の問題点を克服することができる(石川、1988; 矢野、1991)、ということである。

こうして特定されたモデルの適合度は、次にあげる二つの測度で評価される。まず、観察値と、モデル実行により得られた推定値の全体的な差を示す、発地区ごとに求められる調整済みの逸脱度( $D_i$ )は、

$$D_i = 2 \left\{ \left| \sum_j y_{ij} \ln(y_{ij} / \hat{\lambda}_{ij}) \right| - \left| \sum_j (y_{ij} - \hat{\lambda}_{ij}) \right| \right\} \quad (4)$$

で示される。ただし、 $y_{ij}$ は発地区*i*から着地区*j*への観察された人口移動数、 $\hat{\lambda}_{ij}$ は発地区*i*から着地区*j*への推定された人口移動数である。 $D_i$ の値が大きいほどモデルの適合度は低く、0に近いほどモデルの適合度は高くなる。また、この逸脱度

から、各変数のモデルの適合度上昇への貢献度を間接的に評価することができる。すなわち、新たな変数を加えたときの逸脱度の減少率によって、その変数の重要性がわかるのである。

そして、GLIMでは、定数項だけからなるモデル(ヌル・モデル)についても適用が可能である。この場合の地区間人口移動数の推定値は次式で示される。

$$\hat{\lambda}_{ij} = P_i / (n - 1) \quad (5)$$

ただし、 $P_i$ は発地区*i*の総転出者数、*n*は着地区数である。本研究では自地区内流動は除くので、推定値は*n*-1の商として表わされる。ただし、ここで推定される $\hat{\lambda}_{ij}$ は着地区に関係なくすべて一定であることに注意されたい。また、各説明変数の重要性は、キャリブレーション後に得られる標準誤差によっても判断できるが、推定されたパラメータの値と標準誤差の商の絶対値が2.0以上である場合、その説明変数は統計的に有意であると解釈される(Lovett, 1984)。

そして、発地区ごとの観察値と推定値の差を示す残差 $R_{ij}$ は次式で定義される。

$$R_{ij} = (y_{ij} - \hat{\lambda}_{ij}) / \sqrt{\hat{\lambda}_{ij}} \quad (6)$$

この残差は、絶対残差と同様に、観察値と推定値が一致した場合に0になる。一般に、この値の絶対値が2.0以上の場合には、さらなる検討が必要とされる(Lovett, 1984)。したがって、新しい説明変数をモデルに取り込む場合には、発地区ごとに求められる残差分布を生じさせた要因についても考慮する必要がある。かくして、モデルの適合結果はこれらの統計量によって直接・間接的に評価されることになる。

## 2. 2 従来のモデルによる分析

### (1) 通常モデルに加える変数について

地区間距離、魅力度の次にモデルに取り込まれる、3番目の変数である競合効果を表わすアクセシビリティ( $H_j$ )は、次のように定義される

(Fotheringham, 1983a, pp. 22-23)。

$$H_j = \sum_{k \neq j} m_k \cdot d_{kj}^{-\alpha} \quad (7)$$

ただし、 $m_k$ は着地区  $j$  にとって競合する着地区  $k$  の魅力度、 $d_{kj}$ は地区  $k, j$ 間の距離、 $\alpha$ はパラメータである。本稿では、(1) $m_k$ に  $W1$ を、 $\alpha$ に  $-1.0, -1.5, -2.0$ を与え、得られた  $H_j$ をそれぞれ  $A_{1j}, A_{2j}, A_{3j}$ とし、(2) $m_k$ に  $W2$ を、 $\alpha$ に  $-1.0, -1.5, -2.0$ を与え、得られた  $H_j$ をそれぞれ  $B_{1j}, B_{2j}, B_{3j}$ とした。

一方、介在機会は、Stouffer (1960)の修正介在機会モデルにしたがい、次のように定義される。発地区  $i$ ・着地区  $j$ 間の中点  $O_{ij}$ を中心とし、 $d_{ij}$ を直径 ( $d_{io} = d_{oj}$ を半径)とする円の内側に存在する地区に着地区を限定した場合の、着地区における特定の魅力度の合計であり、次式で表わされる。

$$I_{ij} = \sum_k m_k \quad (8)$$

ただし、

$$d_{io} = d_{oj} \geq d_{ok} \quad (9)$$

$m_k$ は着地区  $k$ の総流入人口、 $d_{io}$ は発地区  $i$ と中点  $O_{ij}$ 間の距離、 $d_{ok}$ は中点  $O_{ij}$ と着地区  $k$ 間の距離であり、 $n$ を着地区の集合であるとすると、 $k \in n$ である。本研究では、 $k \neq j$ のとき  $I_{1j}, k \neq i,$

$j$ のとき  $I_{2j}$ とした。図3の事例1は  $k \neq j$ の場合、事例2は  $k \neq i, j$ の場合を示している。すなわち、介在機会の値は、発地区  $i$ ・着地区  $j$ 間を結んだ直線を直径とする円内に含まれる黒丸で示される着地区の総流入人口の合計である。ここで、中点  $O_{ij}$ を中心とする円内に当該発・着地区以外の着地区が存在しない場合について若干説明を加える。 $k \neq j$ の場合、前述の事態が生じたとき、 $I_1$ の値は発地区  $i$ の総転入人口数となり、 $k \neq i, j$ の場合、 $I_2$ の値は0になってしまう。しかし、この介在機会は3番目の説明変数としてモデルに加えるものであり、この値が0になるとモデルの実行が不可能になる。そこで、 $I_2$ が0になった場合には、モデル実行の便宜上、1.0を与えることにする。

(2) モデルの適用結果

以下では、従来のモデル、および3番目の変数としてアクセシビリティないしは介在機会を加えたモデルを、発地区ごとに、ALL、AGE1、AGE2それぞれに対し実行した結果について考察する。

キャリブレーションの結果得られた逸脱度を ALL、AGE1、AGE2 ごとに示したのが、表1～3である。説明変数の数の増加と逸脱度減少の関係をみるために、定数項だけからなるヌル・モデルと、説明変数が地区間距離だけの場合も示した。式(4)で示される逸脱度は、対象とする市区間人

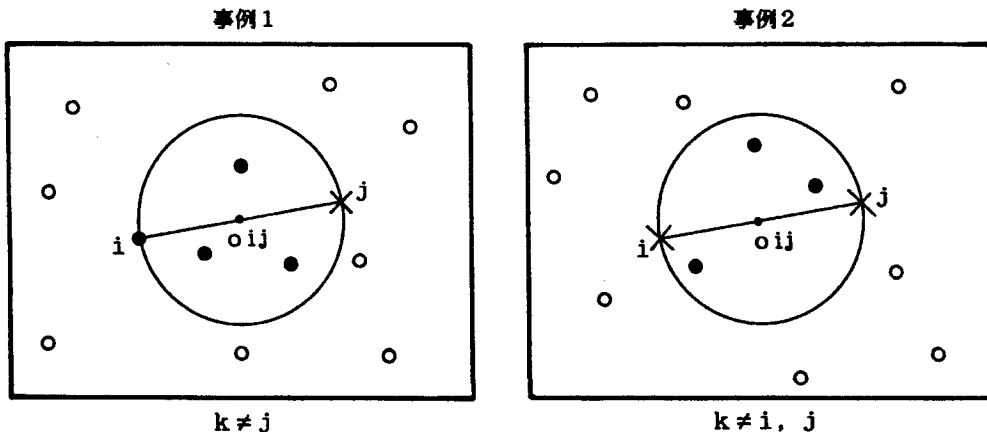


図3 介在機会の定義

表1 発地区ごとの逸脱度(ALL) - 発生制約型・競合着地・介在機会モデルの場合一

	ヌル	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
			W1	W1 A1	W1 A2	W1 A3	W1 B1	W1 B2	W1 B3	W1 I1	W1 I2
千代田区	9278	2635.0	560.5	403.1	401.8	444.5	403.1	401.4	402.8	446.1	469.6
中央区	11943	5138.5	2778.6	1961.1	1931.9	2378.7	2064.8	2056.1	2058.0	1896.3	1444.4
港区	27903	13185.0	3157.1	3127.6	3154.1	2943.1	3085.5	3137.8	3157.0	2040.0	941.6
新宿区	48331	16790.0	3862.9	3202.0	3098.0	3406.6	3231.4	3141.2	3090.4	3563.6	3411.0
文京区	23241	10080.0	2234.5	1984.9	1987.1	2222.1	2025.2	2031.0	2028.1	1798.3	1760.7
台東区	21580	6302.4	4254.6	2663.5	2725.8	4194.4	2893.6	3025.5	3169.9	2743.7	3571.6
墨田区	23060	11635.0	7912.6	3204.1	3164.7	6110.9	3379.2	3395.1	3486.2	4205.4	4265.9
江東区	32804	21143.0	13555.0	6011.1	5778.8	10631.0	6400.5	6259.6	6271.5	4582.4	5027.9
品川区	40072	12464.0	2794.1	2254.6	2237.2	2522.4	2262.2	2239.8	2218.7	2473.6	1338.5
目黒区	42688	19250.0	4993.1	4314.8	4378.8	4812.9	4416.9	4513.5	4684.8	2891.5	3246.7
大田区	44575	20067.0	5886.5	3566.8	3526.9	5477.2	3529.5	3475.4	3493.8	3537.4	4644.9
世田谷区	74315	37117.0	12065.0	8948.2	9090.3	12057.0	8621.9	8690.9	9265.8	6383.0	10072.0
渋谷区	44930	14243.0	3335.5	3323.2	3312.7	3146.8	3303.5	3283.0	3267.3	2558.5	3244.1
中野区	52317	19943.0	5779.7	4653.2	4598.2	4774.6	4495.4	4424.7	4449.6	4982.3	5019.6
杉並区	59111	28519.0	8636.5	7307.8	7279.7	8397.0	7027.9	6931.1	7064.1	4175.8	6501.9
豊島区	40715	12982.0	4788.7	2478.2	2490.0	4264.2	2554.8	2574.7	2713.8	4234.2	3895.6
北区	36264	12538.0	5691.7	2477.9	2647.2	5480.8	2589.3	2806.1	3143.2	3499.7	4399.6
荒川区	22380	4330.0	2597.8	1545.1	1521.7	2278.7	1602.6	1583.5	1566.5	2125.1	2162.6
板橋区	38674	21034.0	14377.0	10341.0	10753.0	14189.0	9717.0	10031.0	10934.0	8557.1	10382.0
練馬区	45771	25410.0	15521.0	10217.0	10385.0	14534.0	9385.0	9360.0	9954.0	8563.8	12655.0
足立区	43184	22115.0	18603.0	10532.0	10371.0	16989.0	10523.0	10343.0	10468.0	5997.5	11368.0
葛飾区	45472	27359.0	20903.0	16285.0	15928.0	17543.0	16606.0	16328.0	15984.0	5358.5	9236.0
江戸川区	42655	25850.0	16746.0	9393.0	9160.0	13110.0	9598.0	9396.0	9222.0	2612.2	5801.5
	ヌル	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
			W2	W2 A1	W2 A2	W2 A3	W2 B1	W2 B2	W2 B3	W2 I1	W2 I2
千代田区	9278	2635.0	897.2	839.1	837.4	784.8	797.4	784.9	776.9	893.6	693.3
中央区	11943	5138.5	2452.8	1854.7	1833.5	2140.7	1871.4	1847.3	1841.7	2000.5	1420.7
港区	27903	13185.0	5225.5	5154.1	5090.1	5052.9	5224.2	5213.5	5185.3	4361.5	1849.4
新宿区	48331	16790.0	5860.2	4331.9	4233.6	5171.8	4208.1	4069.7	4059.9	5854.4	5268.6
文京区	23241	10080.0	2925.9	2925.8	2925.7	2925.9	2924.8	2919.5	2906.5	2817.9	2254.4
台東区	21580	6302.4	3207.5	2369.9	2397.3	3202.0	2512.2	2571.5	2642.0	1898.8	2440.9
墨田区	23060	11635.0	6298.6	3006.5	2943.7	5083.7	3083.4	3028.3	3048.5	3775.1	4052.8
江東区	32804	21143.0	11586.0	6042.3	5779.5	9479.0	6182.4	5913.7	5808.1	5163.7	5672.1
品川区	40072	12464.0	3917.8	3874.8	3863.8	3830.8	3843.7	3811.5	3763.7	3577.7	2777.9
目黒区	42688	19250.0	6133.8	4993.8	5038.0	5858.7	4985.6	5030.9	5222.5	4458.5	4026.4
大田区	44575	20067.0	6884.4	5571.7	5525.2	6626.0	5368.7	5235.5	5147.6	5294.1	6325.4
世田谷区	74315	37117.0	17724.0	12749.0	12791.0	17492.0	12140.0	11968.0	12516.0	9809.0	14239.0
渋谷区	44930	14243.0	5561.6	5343.3	5296.7	5212.4	5227.1	5139.4	5078.0	4930.0	5288.6
中野区	52317	19943.0	8106.6	6366.1	6320.8	6769.4	5990.4	5869.5	5906.1	7173.0	7046.5
杉並区	59111	28519.0	12960.0	11166.0	11134.0	12548.0	10678.0	10497.0	10608.0	6435.8	9514.0
豊島区	40715	12982.0	5298.3	3604.6	3619.1	4734.2	3402.4	3363.2	3461.7	5225.0	4243.7
北区	36264	12538.0	5282.5	3458.5	3557.7	5222.4	3382.5	3463.4	3649.4	4118.3	3941.0
荒川区	22380	4330.0	2041.1	1490.7	1465.2	1919.0	1523.2	1491.2	1457.7	1516.0	1850.2
板橋区	38674	21034.0	15558.0	12817.0	13073.0	15417.0	12008.0	12099.0	12743.0	10686.0	11880.0
練馬区	45771	25410.0	17915.0	13849.0	13909.0	16821.0	12770.0	12545.0	12872.0	9832.0	14347.0
足立区	43184	22115.0	17640.0	10951.0	10744.0	16491.0	10867.0	10584.0	10613.0	6596.0	11772.0
葛飾区	45472	27359.0	18324.0	13651.0	13324.0	15706.0	13852.0	13545.0	13239.0	5995.2	10004.0
江戸川区	42655	25850.0	16329.0	10641.0	10348.0	13609.0	10690.0	10353.0	10051.0	5422.3	6864.5

口移動量が大きいほど、大きい値を示す傾向がみられる。発地区ごとの全体的な乖離度を示す逸脱度は、発地区についての市区間人口移動量の合計、すなわち総転出者数の大小に大きく左右されるため、逸脱度を発地区間で直接比較することはできない。したがって、ここでは、発地区ごとに結果

の比較を行なうことにする。これらの表をみると、ALLの逸脱度はAGE1とAGE2の逸脱度の和で近似できることがわかる。また、ヌル・モデルから説明変数の数が増すにつれて逸脱度の値は小さくなり、適合度は上昇していく。東京都区部のうち、板橋・豊島・文京・千代田・港区を含み、

表2 発地区ごとの逸脱度 (AGE 1) - 発生制約型・競合着地・介在機会モデルの場合一

	ヌル	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
			W1	W1 A1	W1 A2	W1 A3	W1 B1	W1 B2	W1 B3	W1 I1	W1 I2
1 千代田区	5051	1463.2	317.3	227.8	227.0	255.7	228.1	227.0	227.8	254.3	264.5
2 中央区	6575	2959.0	1613.9	1101.1	1084.8	1386.5	1165.8	1161.4	1164.1	1086.2	828.7
3 港区	15883	7664.8	1850.7	1827.7	1846.7	1733.1	1801.4	1835.1	1850.6	1198.0	559.7
4 新宿区	22059	8392.7	1963.1	1599.5	1556.4	1795.7	1598.7	1556.8	1543.2	1855.6	1703.5
5 文京区	11201	5185.2	1229.1	1034.2	1037.3	1223.6	1065.0	1070.2	1071.4	962.0	972.4
6 台東区	13179	3938.6	2674.5	1668.1	1705.8	2637.6	1813.3	1894.3	1984.1	1736.7	2245.6
7 墨田区	13110	6955.9	4798.1	1908.0	1883.8	3750.2	2030.8	2038.0	2091.7	2493.2	2696.4
8 江東区	19541	13320.0	8574.0	3604.5	3465.9	6838.6	3890.7	3805.9	3822.9	2843.2	3581.3
9 品川区	20578	6918.2	1685.6	1256.4	1248.9	1553.5	1264.2	1254.5	1250.6	1547.3	931.3
10 目黒区	21961	10294.0	2787.0	2332.0	2368.3	2720.9	2383.1	2437.9	2545.4	1673.3	1858.2
11 大田区	24040	11828.0	4246.5	2501.5	2485.9	4054.5	2487.2	2466.3	2509.9	2470.8	3228.6
12 世田谷区	38603	20983.0	7821.3	5474.7	5596.0	7810.4	5271.1	5344.1	5783.9	4035.4	6615.4
13 渋谷区	21282	7294.0	1660.0	1637.5	1629.9	1601.4	1617.9	1603.5	1596.6	1362.4	1585.7
14 中野区	22351	9686.0	2915.5	2211.1	2188.0	2532.5	2117.4	2083.1	2111.4	2501.1	2490.5
15 杉並区	27507	14588.0	4693.8	3797.5	3791.8	4625.1	3628.0	3579.4	3679.3	2245.7	3501.6
16 豊島区	19060	6707.6	2693.2	1341.4	1356.5	2475.7	1392.2	1409.5	1499.5	2343.2	2224.0
17 北区	19725	7626.5	4103.6	1670.4	1814.7	4047.9	1766.2	1943.0	2215.1	2541.0	3254.6
18 荒川区	12794	2644.2	1636.0	937.9	924.2	1451.9	976.7	966.0	958.5	1339.8	1370.5
19 板橋区	19710	12553.0	9536.0	6929.2	7209.5	9513.0	6618.3	6832.9	7431.3	5427.9	7176.1
20 練馬区	23812	14758.0	10126.0	6397.2	6512.9	9718.0	5902.3	5895.5	6318.5	5663.5	8531.1
21 足立区	26961	15136.0	13294.0	7165.5	7078.6	12357.0	7215.0	7116.6	7260.6	4419.9	8478.5
22 葛飾区	26875	17016.0	13268.0	9886.0	9655.0	11258.0	10119.0	9934.0	9712.0	3342.3	6370.3
23 江戸川区	25744	16839.0	11182.0	5789.5	5640.6	8860.0	5970.9	5842.2	5738.7	1802.6	4374.6
	ヌル	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
			W2	W2 A1	W2 A2	W2 A3	W2 B1	W2 B2	W2 B3	W2 I1	W2 I2
1 千代田区	5051	1463.2	506.2	472.2	471.1	446.7	449.1	441.9	437.3	504.2	391.9
2 中央区	6575	2959.0	1448.0	1069.3	1056.6	1271.8	1083.2	1068.8	1066.0	1170.0	842.6
3 港区	15883	7664.8	3046.9	3016.2	2984.2	2954.0	3046.9	3043.4	3030.8	2550.2	1106.1
4 新宿区	22059	8392.7	3123.2	2332.4	2291.0	2851.3	2247.9	2179.5	2185.0	3123.2	2799.6
5 文京区	11201	5185.2	1562.0	1553.6	1550.8	1561.8	1549.4	1541.5	1529.4	1484.3	1220.2
6 台東区	13179	3938.6	2032.3	1494.9	1511.1	2029.1	1585.3	1621.6	1665.6	1222.4	1556.1
7 墨田区	13110	6955.9	3895.4	1843.5	1803.5	3186.2	1905.7	1869.4	1879.4	2305.3	2597.3
8 江東区	19541	13320.0	7505.2	3800.5	3634.9	6266.4	3929.8	3758.7	3694.3	3365.7	4061.3
9 品川区	20578	6918.2	2260.2	2182.9	2173.4	2221.1	2157.1	2132.5	2101.0	2121.4	1675.7
10 目黒区	21961	10294.0	3546.6	2822.6	2843.6	3430.1	2807.4	2826.7	2938.3	2658.8	2416.2
11 大田区	24040	11828.0	4767.6	3675.2	3647.9	4652.8	3554.1	3475.7	3443.0	3509.8	4223.7
12 世田谷区	38603	20983.0	11136.0	7718.1	7770.5	11100.0	7366.1	7292.8	7709.7	6161.9	9122.0
13 渋谷区	21282	7294.0	2921.8	2758.4	2732.6	2789.7	2683.6	2633.2	2604.5	2691.5	2736.0
14 中野区	22351	9686.0	4207.7	3193.9	3172.0	3681.4	2993.9	2930.1	2959.6	3732.4	3623.6
15 杉並区	27507	14588.0	7129.4	5997.0	5982.9	6987.8	5721.9	5622.3	5700.6	3678.3	5237.9
16 豊島区	19060	6707.6	2979.3	1949.3	1961.3	2750.7	1856.5	1839.5	1904.4	2911.8	2437.3
17 北区	19725	7626.5	3801.4	2246.9	2340.4	3796.8	2222.2	2308.1	2481.9	2860.3	2943.3
18 荒川区	12794	2644.2	1303.9	919.3	903.5	1234.0	942.2	922.3	903.2	979.9	1185.6
19 板橋区	19710	12553.0	10159.0	8255.0	8439.0	10148.0	7842.7	7928.8	8379.0	6717.5	7996.4
20 練馬区	23812	14758.0	11369.0	8407.8	8448.1	10927.0	7779.2	7647.7	7900.6	6340.2	9441.0
21 足立区	26961	15136.0	12784.0	7565.5	7436.8	12106.0	7560.2	7382.7	7451.8	4916.7	8800.0
22 葛飾区	26875	17016.0	11953.0	8550.0	8336.0	10370.0	8706.0	8499.0	8297.0	3953.6	6935.0
23 江戸川区	25744	16839.0	11070.0	6762.4	6567.0	9324.0	6840.8	6617.4	6424.0	3688.2	5138.9

それらを結ぶ線より南西方向にある14の発地区は、2番目の変数(魅力度)として夜間人口(W2)よりも総流入人口(W1)を取り込んだ方が適合度が高く、他の9発地区ではその逆の結果が得られた。3番目の変数としては、アクセシビリティより介在機会の方が全体的に適合度は高く、特にI1は、ALLの11地区、AGE1の12地区、AGE2

の11地区において最も逸脱度の値が小さくなっている。介在機会全体でみると、ALL・AGE1でそれぞれ15地区、AGE2の16地区において逸脱度が最も小さくなっている。また、逸脱度の減少率をみても、介在機会が逸脱度の減少に大きく貢献していることがわかる。

一方、得られた距離パラメータ値は表4～6に

表3 発地区ごとの逸脱度 (AGE 2) - 発生制約型・競合着地・介在機会モデルの場合一

	ヌル	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
			W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1
			A1	A2	A3	B1	B2	B3	I1	I2		
1 千代田区	4229	1173.2	244.1	176.3	175.8	189.7	176.0	175.4	176.0	192.6	206.0	
2 中央区	5395	2193.3	1172.9	870.4	857.4	1002.5	909.7	905.3	904.4	817.5	626.9	
3 港区	12063	5544.4	1313.9	1306.9	1313.9	1218.5	1292.0	1309.9	1312.7	851.0	391.7	
4 新宿区	26545	8486.2	1965.7	1688.0	1627.4	1674.1	1716.5	1668.9	1631.4	1763.4	1782.3	
5 文京区	12203	5006.4	1076.6	1012.6	1011.9	1070.5	1024.1	1024.9	1021.9	904.7	864.6	
6 台東区	8409	2367.2	1582.4	998.5	1022.9	1559.1	1083.3	1134.1	1188.7	1009.3	1328.7	
7 墨田区	10002	4705.8	3132.2	1319.4	1303.9	2382.6	1372.6	1380.8	1418.0	1726.9	1592.4	
8 江東区	13469	7952.0	5072.6	2513.8	2419.3	3898.8	2620.9	2563.8	2558.3	1843.1	1550.1	
9 品川区	19673	5644.7	1191.8	1064.6	1056.3	1057.1	1065.8	1055.2	1041.7	997.5	497.4	
10 目黒区	20900	9063.0	2276.4	2056.1	2082.3	2156.8	2103.9	2143.0	2203.3	1281.2	1471.8	
11 大田区	21003	8574.0	1898.8	1286.5	1265.3	1689.5	1269.1	1240.5	1224.3	1253.4	1624.0	
12 世田谷区	36564	16724.0	4743.8	3910.3	3938.8	4682.7	3793.0	3797.0	3949.4	2775.4	3973.4	
13 渋谷区	23890	7059.1	1774.2	1773.9	1773.9	1636.2	1773.6	1770.2	1765.0	1269.8	1755.5	
14 中野区	30428	10405.0	3010.6	2605.8	2575.0	2395.6	2543.4	2507.8	2506.1	2623.9	2697.5	
15 杉並区	32289	14270.0	4229.2	3807.3	3786.1	4054.1	3700.8	3654.1	3688.9	2204.3	3310.0	
16 豊島区	21909	6394.2	2204.4	1255.1	1251.8	1898.3	1283.7	1286.2	1335.9	1999.1	1798.6	
17 北区	17007	5262.7	1889.4	1038.8	1072.6	1702.3	1065.0	1114.2	1193.0	1229.0	1448.8	
18 荒川区	9612	1697.5	972.2	615.3	605.6	838.0	634.3	626.1	617.0	793.2	804.2	
19 板橋区	20035	9000.0	5180.6	3819.5	3946.2	4949.6	3535.4	3628.8	3922.0	3404.4	3630.2	
20 練馬区	22965	11250.0	5802.9	4205.5	4259.4	5213.9	3886.4	3871.2	4054.2	3276.6	4586.8	
21 足立区	16749	7432.3	5704.7	3631.2	3563.7	5028.0	3590.4	3515.2	3512.1	1897.5	3260.3	
22 葛飾区	18866	10553.0	7829.8	6530.7	6406.1	6489.6	6624.0	6531.1	6412.1	2190.6	3061.2	
23 江戸川区	17316	9337.0	5852.7	3793.0	3708.4	4554.1	3828.2	3754.8	3685.8	1063.3	1721.0	
	ヌル	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
			W2	W2	W2	W2	W2	W2	W2	W2	W2	W2
			A1	A2	A3	B1	B2	B3	I1	I2		
1 千代田区	4229	1173.2	391.8	367.8	367.2	339.0	349.2	343.9	340.6	390.2	302.3	
2 中央区	5395	2193.3	1010.9	793.7	785.1	877.3	797.1	787.3	784.4	836.3	587.3	
3 港区	12063	5544.4	2189.0	2144.3	2111.4	2110.2	2185.9	2178.0	2161.7	1821.9	753.7	
4 新宿区	26545	8486.2	2782.3	2079.0	2020.6	2367.3	2040.9	1970.1	1952.5	2768.3	2525.1	
5 文京区	12203	5006.4	1442.0	1427.5	1431.5	1442.0	1435.4	1440.0	1442.0	1408.8	1116.5	
6 台東区	8409	2367.2	1177.5	877.9	889.0	1175.3	929.8	952.7	979.0	678.9	887.5	
7 墨田区	10002	4705.8	2419.7	1185.1	1161.9	1918.5	1200.8	1181.4	1191.2	1484.8	1478.3	
8 江東区	13469	7952.0	4173.1	2346.3	2248.5	3317.2	2361.4	2262.7	2220.4	1903.7	1720.0	
9 品川区	19673	5644.7	1754.3	1754.1	1754.2	1708.5	1753.0	1748.5	1737.6	1538.0	1205.5	
10 目黒区	20900	9063.0	2638.7	2233.0	2254.7	2479.0	2239.0	2263.3	2340.2	1845.6	1680.5	
11 大田区	21003	8574.0	2382.3	2109.8	2093.1	2245.3	2037.8	1988.6	1943.5	1980.0	2305.9	
12 世田谷区	36564	16724.0	7050.2	5471.0	5465.0	6804.0	5220.9	5128.8	5272.8	4051.8	5606.7	
13 渋谷区	23890	7059.1	2729.2	2675.5	2656.7	2508.4	2636.0	2601.0	2570.9	2299.0	2646.4	
14 中野区	30428	10405.0	4017.9	3329.6	3305.7	3222.0	3159.1	3101.9	3108.7	3559.8	3572.6	
15 杉並区	32289	14270.0	6079.3	5446.5	5427.7	5812.4	5240.0	5159.5	5191.2	2995.9	4563.3	
16 豊島区	21909	6394.2	2425.4	1769.4	1771.8	2089.2	1665.0	1643.1	1677.2	2412.3	1932.8	
17 北区	17007	5262.7	1799.2	1434.8	1449.9	1708.7	1398.1	1404.4	1433.0	1530.3	1317.8	
18 荒川区	9612	1697.5	749.0	579.3	569.8	697.1	589.4	577.4	563.4	546.0	677.4	
19 板橋区	20035	9000.0	5757.8	4973.5	5043.1	5558.3	4613.0	4615.9	4801.5	4274.8	4316.7	
20 練馬区	22965	11250.0	6962.0	5828.0	5849.3	6286.1	5400.0	5311.7	5399.0	3879.2	5380.9	
21 足立区	16749	7432.3	5243.5	3635.7	3562.0	4774.8	3575.8	3476.1	3449.8	1998.2	3335.3	
22 葛飾区	18866	10553.0	6551.0	5223.8	5112.0	5525.9	5275.4	5174.2	5069.9	2209.8	3261.8	
23 江戸川区	17316	9337.0	5563.7	4077.9	3979.8	4603.6	4061.2	3947.6	3840.5	1997.7	2031.5	

示されている。また、通常モデル（魅力度は総流入人口ないしは夜間人口）の距離パラメータ値の分布を図4・5に、魅力度を総流入人口とし、3番目の変数として適合度の高かった、アクセシビリティA1、B2、介在機会I1を取り込んだ各モデルのキャリブレーションの結果得られた距離パラメータ値の分布を図6～8に示した。これらの

図から次のようなことがいえる。まず、魅力度を総流入人口とした通常モデルと、アクセシビリティA1ないしはB2を加えたモデルの適用により得られた距離パラメータ分布は、西低東高の分布傾向を示すのに対し、介在機会I1を加えたモデルでは、東京都区部東部に距離パラメータ値の小さい地区が集中している。そして、通常モデルでは、



表4 発地区ごとの距離パラメータ推定値 (ALL) - 発生制約型・競合着地・介在機会モデルの場合 -

	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W1	W1 A1	W1 A2	W1 A3	W1 B1	W1 B2	W1 B3	W1 I1	W1 I2
1 千代田区	1.1310	1.6150	1.5740	1.2090	1.6550	1.6120	1.5450	0.5842	0.9095
2 中央区	1.1640	1.9380	1.8930	1.2710	1.9350	1.8850	1.8100	-0.1301	0.1605
3 港区	1.0710	1.1990	1.1090	1.1290	1.2830	1.1740	1.0630	0.0044	0.5144
4 新宿区	0.8839	1.3890	1.4180	0.9639	1.3220	1.3330	1.3110	0.5355	0.6350
5 文京区	1.0510	1.3700	1.3400	1.0660	1.3730	1.3410	1.3040	0.3789	0.7726
6 台東区	1.3310	2.0100	1.9440	1.3550	2.0340	1.9570	1.8540	-0.0256	0.9038
7 墨田区	1.1160	2.2250	2.1440	1.3070	2.2920	2.2140	2.0990	-0.6434	0.1260
8 江東区	0.9200	2.4960	2.4160	1.2080	2.5640	2.4840	2.3380	-0.7606	0.0437
9 品川区	0.9798	1.1190	1.1310	1.0140	1.1170	1.1310	1.1530	0.7430	0.4570
10 目黒区	0.8127	1.3500	1.3380	0.8867	1.2630	1.2270	1.1380	-0.0377	0.3673
11 大田区	0.8537	1.1720	1.1910	0.9024	1.1930	1.2250	1.2540	0.3622	0.4263
12 世田谷区	0.8048	1.7140	1.7010	0.8182	1.6330	1.6130	1.5090	-0.0796	0.5015
13 渋谷区	0.8677	0.9276	0.9493	0.9292	0.9540	0.9751	0.9839	0.2177	0.7364
14 中野区	0.8771	1.3590	1.3630	1.0190	1.3480	1.3440	1.3140	0.3354	0.5930
15 杉並区	0.8169	1.2770	1.2690	0.8707	1.2700	1.2630	1.2160	0.1577	0.5762
16 豊島区	1.0890	1.7540	1.7180	1.1830	1.7690	1.7310	1.6590	0.3331	0.6749
17 北区	1.1370	1.7790	1.7300	1.2210	1.8300	1.7820	1.6960	0.1375	0.7175
18 荒川区	1.5030	1.8450	1.8290	1.5790	1.8750	1.8700	1.8520	0.8124	0.9663
19 板橋区	0.9671	2.0190	1.8980	1.0430	2.1910	2.0810	1.8480	-0.0918	0.4151
20 練馬区	1.0010	1.9140	1.8730	1.1830	1.9830	1.9570	1.8680	0.0802	0.5604
21 足立区	1.1630	1.9510	1.9150	1.3540	2.0530	2.0300	1.9620	-0.6115	0.4199
22 葛飾区	1.2520	1.7460	1.7330	1.5570	1.7830	1.7740	1.7540	-0.3146	0.4460
23 江戸川区	1.2320	2.1660	2.1250	1.5670	2.2290	2.1940	2.1310	-0.7033	0.3093
MAX	1.5030	2.4960	2.4160	1.5790	2.5640	2.4840	2.3380	0.8124	0.9663
MIN	0.8048	0.9276	0.9493	0.8182	0.9540	0.9751	0.9839	-0.7606	0.0437
MEAN	1.0446	1.6667	1.6348	1.1581	1.6934	1.6607	1.5940	0.0558	0.5319
MAX-MIN	0.6982	1.5684	1.4667	0.7608	1.6100	1.5089	1.3541	1.5730	0.9227
STD	0.1787	0.3951	0.3715	0.2203	0.4238	0.4023	0.3707	0.4353	0.2387
	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W2	W2 A1	W2 A2	W2 A3	W2 B1	W2 B2	W2 B3	W2 I1	W2 I2
1 千代田区	1.1960	1.4930	1.4700	1.2750	1.6130	1.5970	1.5540	1.1050	0.8726
2 中央区	1.1970	1.9090	1.8680	1.3060	1.9380	1.8090	1.8280	0.3168	0.4040
3 港区	1.1170	0.9206	0.8645	1.1710	1.0890	1.0390	0.9900	0.2065	0.4619
4 新宿区	1.0850	1.7840	1.7920	1.1690	1.7160	1.7090	1.6560	1.0400	0.8038
5 文京区	1.0140	1.0090	1.0220	1.0140	1.0380	1.0660	1.0920	0.7020	0.6981
6 台東区	1.2330	1.7250	1.6850	1.2420	1.7350	1.6890	1.6210	0.0568	0.7763
7 墨田区	1.0280	1.9790	1.9190	1.2100	2.0380	1.9840	1.8940	-0.3515	0.2911
8 江東区	0.8766	2.2730	2.2190	1.1570	2.3460	2.3000	2.1830	-0.5433	0.1711
9 品川区	0.9604	1.0030	1.0120	0.9860	1.0150	1.0310	1.0560	0.7226	0.4765
10 目黒区	1.0870	1.7280	1.7280	1.1620	1.6570	1.6410	1.5690	0.3564	0.5669
11 大田区	0.9116	1.1550	1.1730	0.9523	1.1840	1.2190	1.2530	0.5385	0.6427
12 世田谷区	1.0890	2.1830	2.1790	1.1450	2.0890	2.0780	1.9720	0.0668	0.6588
13 渋谷区	1.1070	1.3250	1.3450	1.1720	1.3420	1.3590	1.3590	0.5282	0.8734
14 中野区	1.1090	1.6770	1.6740	1.2520	1.6690	1.6590	1.6180	0.5437	0.7698
15 杉並区	1.0750	1.5890	1.5760	1.1350	1.5890	1.5800	1.5280	0.2629	0.7220
16 豊島区	1.1510	1.7330	1.7030	1.2510	1.7800	1.7520	1.6860	0.8970	0.7124
17 北区	1.0770	1.5730	1.5400	1.1270	1.6330	1.6060	1.5450	0.3732	0.6697
18 荒川区	1.3150	1.5920	1.5870	1.3830	1.6140	1.6190	1.6160	0.5987	0.9829
19 板橋区	0.9884	1.8760	1.7820	1.0590	2.0810	2.0080	1.8080	0.0988	0.5010
20 練馬区	1.1030	1.9010	1.8720	1.2960	1.9980	1.9890	1.9190	0.0945	0.6098
21 足立区	1.0750	1.8000	1.7780	1.2540	1.8980	1.8910	1.8400	-0.5433	0.4396
22 葛飾区	1.1240	1.7340	1.7180	1.4480	1.7740	1.7620	1.7360	-0.2968	0.4404
23 江戸川区	1.1030	2.0310	2.0030	1.4430	2.0910	2.0720	2.0230	-0.7076	0.1816
MAX	1.3150	2.2730	2.2190	1.4480	2.3460	2.3000	2.1830	1.1050	0.9829
MIN	0.8766	0.9206	0.8645	0.9523	1.0150	1.0310	0.9900	-0.7076	0.1711
MEAN	1.0879	1.6519	1.6308	1.2004	1.6925	1.6721	1.6237	0.2637	0.5968
MAX-MIN	0.4384	1.3524	1.3545	0.4957	1.3310	1.2690	1.1930	1.8126	0.8118
STD	0.0967	0.3565	0.3459	0.1269	0.3543	0.3373	0.3044	0.4914	0.2120

表5 発地区ごとの距離パラメータ推定値 (AGE1) -発生制約型・競合着地・介在機会モデルの場合-

	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W1	W1 A1	W1 A2	W1 A3	W1 B1	W1 B2	W1 B3	W1 I1	W1 I2
1 千代田区	1.1070	1.5960	1.5540	1.1840	1.6350	1.5920	1.5250	0.5656	0.8811
2 中央区	1.0970	1.9140	1.8670	1.2090	1.9100	1.8580	1.7780	-0.2027	0.0914
3 港区	1.0130	1.1600	1.1270	1.0710	1.2420	1.1340	1.0230	-0.0297	0.4613
4 新宿区	0.7839	1.3060	1.3240	0.8544	1.2490	0.9075	1.2210	0.4899	0.5258
5 文京区	0.9474	1.3380	1.3000	0.9622	1.3400	1.3010	1.2530	0.2301	0.6653
6 台東区	1.3070	1.9920	1.9260	1.3320	2.0160	1.9400	1.8360	-0.0427	0.8786
7 墨田区	1.0530	2.1960	2.1140	1.2470	2.2590	2.1810	2.0640	-0.7379	0.0689
8 江東区	0.8153	2.4590	2.3750	1.1080	2.5210	2.4390	2.2880	-0.8656	-0.0456
9 品川区	0.9192	1.0970	1.1100	0.9550	1.0940	1.1090	1.1310	0.7076	0.4184
10 目黒区	0.7515	1.3490	1.3390	0.8133	1.2630	1.2310	1.1400	-0.0818	0.3153
11 大田区	0.7857	1.1670	1.1870	0.8347	1.1890	0.9668	1.2510	0.2279	0.2894
12 世田谷区	0.7165	1.7870	1.7650	0.6959	1.6860	1.6570	1.5290	-0.2575	0.4009
13 渋谷区	0.7826	0.8962	0.9137	0.8313	0.9214	0.9386	0.9393	0.2187	0.6225
14 中野区	0.7500	1.3060	1.3060	0.8785	1.2920	1.2840	1.2440	0.1859	0.4544
15 杉並区	0.7020	1.2370	1.2230	0.7442	1.2250	1.2130	1.1560	0.0251	0.4513
16 豊島区	0.9980	1.7160	1.6750	1.0840	1.7260	1.6840	1.6050	0.1827	0.5895
17 北区	1.0630	1.8130	1.7540	1.1190	1.8670	1.8070	1.7050	-0.0239	0.6215
18 荒川区	1.4650	1.8330	1.8160	1.5410	1.8650	1.8590	1.8380	0.7513	0.9255
19 板橋区	0.7990	1.9270	1.7930	0.8334	2.0810	1.9580	1.7050	-0.3716	0.2445
20 練馬区	0.8711	1.8830	1.8390	1.0250	1.9460	1.9160	1.8180	-0.1054	0.4458
21 足立区	1.1050	1.9920	1.9510	1.2870	2.0990	2.0700	1.9910	-0.7711	0.3327
22 葛飾区	1.1740	1.7320	1.7170	1.4820	1.7710	1.7600	1.7370	-0.4315	0.3655
23 江戸川区	1.1060	2.1520	2.1050	1.4650	2.2150	2.1750	2.1060	-0.8947	0.1769
MAX	1.4650	2.4590	2.3750	1.5410	2.5210	2.4390	2.2880	0.7513	0.9255
MIN	0.7020	0.8962	0.9137	0.6959	0.9214	0.9075	0.9393	-0.8947	-0.0456
MEAN	0.9614	1.6456	1.6122	1.0677	1.6701	1.6079	1.5601	-0.0535	0.4427
MAX-MIN	0.7630	1.5628	1.4613	0.8451	1.5996	1.5315	1.3487	1.6460	0.9711
STD	0.1967	0.3997	0.3729	0.2397	0.4256	0.4373	0.3739	0.4626	0.2493
	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W2	W2 A1	W2 A2	W2 A3	W2 B1	W2 B2	W2 B3	W2 I1	W2 I2
1 千代田区	1.1720	1.4760	1.4530	1.2500	1.5930	1.5780	1.5340	1.0810	0.8480
2 中央区	1.1270	1.8820	1.8390	1.2400	1.9070	1.8670	1.7920	0.2288	0.3348
3 港区	1.0630	0.8948	0.8386	1.1160	1.0590	1.0080	0.9584	0.1803	0.4166
4 新宿区	0.9808	1.6860	1.6870	1.0580	1.6300	1.6190	1.5600	0.9843	0.6954
5 文京区	0.9192	0.9996	1.0040	0.9161	1.0270	1.0460	1.0590	0.5575	0.6076
6 台東区	1.2100	1.7110	1.6710	1.2200	1.7210	1.6750	1.6060	0.0417	0.7559
7 墨田区	0.9678	1.9560	1.8960	1.1530	2.0110	1.9570	1.8650	-0.4454	0.2382
8 江東区	0.7775	2.2460	2.1890	1.0590	2.3100	2.2620	2.1420	-0.6455	0.0917
9 品川区	0.9071	0.9884	0.9994	0.9317	0.9980	1.0160	1.0420	0.7021	0.4474
10 目黒区	1.0170	1.7100	1.7120	1.0840	1.6410	1.6270	1.5520	0.2987	0.5081
11 大田区	0.8432	1.1510	1.1700	0.8828	1.1790	1.2160	1.2490	0.4090	0.5036
12 世田谷区	0.9889	2.2210	2.2090	1.0200	2.1090	2.0890	1.9620	-0.1023	0.5539
13 渋谷区	1.0190	1.2850	1.3020	1.0770	1.3010	1.3150	1.3080	0.5289	0.7606
14 中野区	0.9743	1.6130	1.6060	1.1100	1.6020	1.5880	1.5390	0.3905	0.6257
15 杉並区	0.9485	1.5300	1.5120	1.0020	1.5250	1.5110	1.4510	0.1313	0.5895
16 豊島区	1.0600	1.6990	1.6640	1.1510	1.7390	1.7070	1.6340	0.7275	0.6322
17 北区	1.0070	1.6200	1.5770	1.0250	1.6820	1.6450	1.5660	0.1927	0.5830
18 荒川区	1.2820	1.5860	1.5800	1.3490	1.6090	1.6140	1.6080	0.5509	0.9458
19 板橋区	0.8295	1.8120	1.7060	0.8553	1.9920	1.9040	1.6830	-0.1505	0.3388
20 練馬区	0.9667	1.8680	1.8360	1.1290	1.9540	1.9410	1.8620	-0.0852	0.4972
21 足立区	1.0270	1.8530	1.8260	1.1980	1.9550	1.9440	1.8820	-0.6872	0.3602
22 葛飾区	1.0590	1.7390	1.7200	1.3850	1.7810	1.7660	1.7360	-0.4007	0.3709
23 江戸川区	0.9956	2.0510	2.0180	1.3570	2.1110	2.0860	2.0300	-0.8946	0.0602
MAX	1.2820	2.2460	2.2090	1.3850	2.3100	2.2620	2.1420	1.0810	0.9458
MIN	0.7775	0.8948	0.8386	0.8553	0.9980	1.0080	0.9584	-0.8946	0.0602
MEAN	1.0062	1.6338	1.6093	1.1117	1.6711	1.6513	1.5922	0.1563	0.5115
MAX-MIN	0.5045	1.3512	1.3704	0.5297	1.3120	1.2540	1.1836	1.9756	0.8856
STD	0.1152	0.3601	0.3487	0.1435	0.3556	0.3402	0.3057	0.5163	0.2166

表6 発地区ごとの距離パラメータ推定値 (AGE 2) - 発生制約型・競合着地・介在機会モデルの場合 -

	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W1	W1 A1	W1 A2	W1 A3	W1 B1	W1 B2	W1 B3	W1 I1	W1 I2
1 千代田区	1.1610	1.6390	1.5980	1.2410	1.6800	1.6370	1.5710	0.6076	0.9455
2 中央区	1.2560	1.9660	1.9260	1.3560	1.9640	1.9190	1.8500	-0.0288	0.2581
3 港区	1.1580	1.2550	1.1660	1.2160	1.3410	1.2320	1.1220	0.0576	0.5957
4 新宿区	0.9883	1.4610	1.5030	1.0760	1.3840	1.4030	1.3930	0.5811	0.7558
5 文京区	1.1680	1.4020	1.3820	1.1840	1.4030	1.3810	1.3570	0.5487	0.8972
6 台東区	1.3690	2.0390	1.9720	1.3930	2.0630	1.9860	1.8830	0.0029	0.9460
7 墨田区	1.2060	2.2650	2.1860	1.3920	2.3370	2.2600	2.1480	-0.5060	0.2095
8 江東区	1.0830	2.5480	2.4730	1.3640	2.6260	2.5490	2.4110	-0.5875	0.1867
9 品川区	1.0510	1.1450	1.1550	1.0820	1.1440	1.1560	1.1760	0.7794	0.5039
10 目黒区	0.8881	1.3420	1.3270	0.9756	1.2530	1.2130	1.1240	0.0145	0.4352
11 大田区	0.9410	1.1760	1.1930	0.9872	1.1940	1.2240	1.2540	0.5414	0.6197
12 世田谷区	0.9139	1.6100	1.6060	0.9648	1.5560	1.5470	1.4720	0.1378	0.6299
13 渋谷区	0.9605	0.9472	0.9740	1.0350	0.9769	1.0030	1.0220	0.2128	0.8721
14 中野区	0.9969	1.3940	1.4040	1.1490	1.3870	1.3890	1.3690	0.4735	0.7343
15 杉並区	0.9415	1.3080	1.3070	1.0040	1.3080	1.1200	1.2730	0.2986	0.7150
16 豊島区	1.1870	1.7920	1.7600	1.2880	1.8090	1.7760	1.7120	0.5066	0.7750
17 北区	1.2400	1.7350	1.7000	1.3660	1.7790	1.7440	1.6810	0.3689	0.8560
18 荒川区	1.5570	1.8610	1.8480	1.6320	1.8900	1.8870	1.8720	0.8966	1.0280
19 板橋区	1.1950	2.1150	2.0140	1.3270	2.3030	2.2130	2.0130	0.2801	0.6543
20 練馬区	1.1800	1.9490	1.9130	1.4000	2.0270	2.0060	1.9280	0.3264	0.7264
21 足立区	1.2600	1.8910	1.8650	1.4670	1.9850	1.9700	1.9190	-0.3490	0.5631
22 葛飾区	1.3700	1.7700	1.7610	1.6690	1.8020	1.7970	1.7820	-0.1394	0.5683
23 江戸川区	1.4150	2.1830	2.1500	1.7130	2.2420	2.2150	2.1630	-0.4158	0.5034
MAX	1.5570	2.5480	2.4730	1.7130	2.6260	2.5490	2.4110	0.8966	1.0280
MIN	0.8881	0.9472	0.9740	0.9648	0.9769	1.0030	1.0220	-0.5875	0.1867
MEAN	1.1516	1.6867	1.6601	1.2731	1.7154	1.6794	1.6302	0.2003	0.6513
MAX-MIN	0.6689	1.6008	1.4990	0.7482	1.6491	1.5460	1.3890	1.4841	0.8413
STD	0.1723	0.3981	0.3749	0.2173	0.4297	0.4179	0.3771	0.3991	0.2269
	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W2	W2 A1	W2 A2	W2 A3	W2 B1	W2 B2	W2 B3	W2 I1	W2 I2
1 千代田区	1.2260	1.5130	1.4900	1.3070	1.6360	1.6210	1.5780	1.1350	0.9040
2 中央区	1.2940	1.9440	1.9060	1.3960	1.9760	1.9410	1.8750	0.4423	0.5035
3 港区	1.1980	0.9567	0.9011	1.2530	1.1320	1.0820	1.0350	0.2463	0.5314
4 新宿区	1.1960	1.8730	1.8890	1.2830	1.7950	1.7930	1.7480	1.0960	0.9242
5 文京区	1.1220	1.0130	1.0370	1.1240	1.0400	1.0800	1.1240	0.8679	0.8028
6 台東区	1.2690	1.7480	1.7080	1.2790	1.7580	1.7110	1.6440	0.0822	0.8106
7 墨田区	1.1160	2.0090	1.9520	1.2920	2.0730	2.0210	1.9330	-0.2131	0.3694
8 江東区	1.0350	2.3110	2.2620	1.3120	2.3960	2.3540	2.2460	-0.3702	0.3008
9 品川区	1.0230	1.0190	1.0250	1.0490	1.0330	1.0470	1.0690	0.7406	0.5123
10 目黒区	1.1770	1.7400	1.7380	1.2580	1.6710	1.6520	1.5820	0.4278	0.6457
11 大田区	1.0000	1.1600	1.1740	1.0390	1.1880	1.2180	1.2520	0.7097	0.8406
12 世田谷区	1.2160	2.1280	2.1320	1.2970	2.0580	2.0590	1.9800	0.2768	0.7960
13 渋谷区	1.2020	1.3560	1.3800	1.2740	1.3780	1.3990	1.4060	0.5224	1.0100
14 中野区	1.2380	1.7240	1.7250	1.3840	1.7210	1.7150	1.6830	0.6885	0.9186
15 杉並区	1.2140	1.6450	1.6370	1.2780	1.6520	1.6480	1.6060	0.4044	0.8726
16 豊島区	1.2500	1.7640	1.7380	1.3580	1.8170	1.7940	1.7360	1.0910	0.8067
17 北区	1.1740	1.5070	1.4870	1.2730	1.5610	1.5480	1.5110	0.6364	0.7932
18 荒川区	1.3620	1.5990	1.5960	1.4310	1.6190	1.6260	1.6260	0.6648	1.0390
19 板橋区	1.2040	1.9240	1.8510	1.3370	2.1570	2.1070	1.9430	0.4338	0.7276
20 練馬区	1.2930	1.9390	1.9140	1.5290	2.0510	2.0480	1.9900	0.3334	0.7741
21 足立区	1.1560	1.7180	1.7040	1.3480	1.8070	1.8080	1.7720	-0.3022	0.5699
22 葛飾区	1.2250	1.7280	1.7160	1.5450	1.7660	1.7590	1.7380	-0.1371	0.5468
23 江戸川区	1.2630	1.9980	1.9790	1.5680	2.0570	2.0470	2.0110	-0.4212	0.3610
MAX	1.3620	2.3110	2.2620	1.5680	2.3960	2.3540	2.2460	1.1350	1.0390
MIN	1.0000	0.9567	0.9011	1.0390	1.0330	1.0470	1.0350	-0.4212	0.3008
MEAN	1.1936	1.6659	1.6496	1.3137	1.7105	1.6990	1.6560	0.4068	0.7113
MAX-MIN	0.3620	1.3543	1.3609	0.5290	1.3630	1.3070	1.2110	1.5562	0.7382
STD	0.0865	0.3553	0.3460	0.1301	0.3569	0.3435	0.3099	0.4534	0.2069

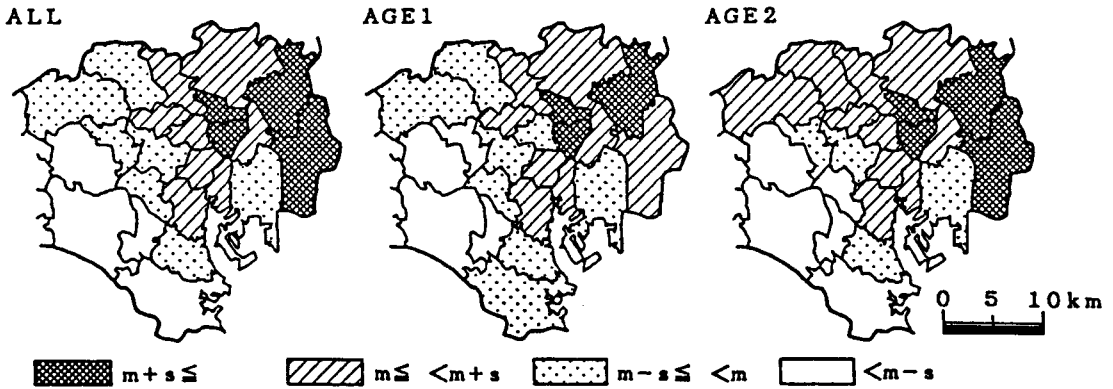


図4 発生制約型モデル（総流入人口）の距離パラメータの分布

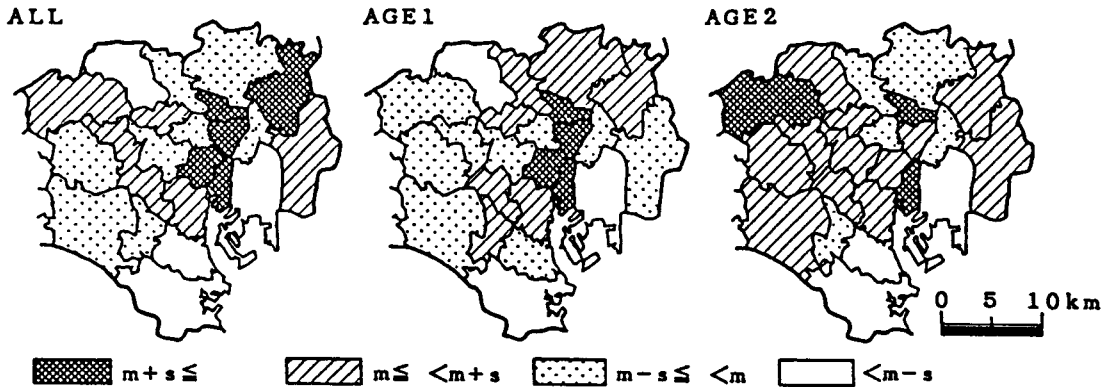


図5 発生制約型モデル（夜間人口）の距離パラメータの分布

台東・荒川区から葛飾・江戸川区方向へのセクター状の大きな距離パラメータ値を示す地域と、世田谷区を中心とした西部での小さな距離パラメータ値を示すセクター状の地域が確認された。さらに、アクセシビリティを加えた場合には通常モデルと似たような傾向がみられ、介入機会を加えた場合にはセクター状分布パターンが若干緩和されている。

また、距離パラメータ値の発地区ごとのバラツキに関しては、説明変数の数を増やすことにより緩和されるわけではなく、むしろ通常のモデルにおいて、そのバラツキは小さいという結果が得られた。特に、介入機会を加えたときには、約半数の地区でしか距離パラメータ値はマイナスの値を示していない。これらのことから、通常モデルに本稿で採用した説明変数を新たに加えても、距離パラメータ値のセクター状の分布やそのバラツキが十分緩和されたとはいえないことがわかった。

この結果は、Fotheringham (1983a) が、アメリカの上位100都市間の航空機旅客流動を対象に、通常モデルで推定された距離パラメータ分布とアクセシビリティ分布が調和的であったことから、そのアクセシビリティを通常モデルに取り込み、競合着地モデルを構築した際に得られた結果とは異なるものである。

最後に、式(6)で表わされる残差（図略）についてふれる。各モデルの発地区ごとに求められた残差の平均および標準偏差は、当然のことながら適合度の高いモデルほど0に近づく傾向にある。通常モデルにおいて、推定値が観察値より大きくなる負の残差は、AGE 1の発地区周辺に位置する着地区にみられ、推定値が観察値より小さくなる正の残差は、AGE 1の外側の特定の方向に位置する着地区に多くみられた。全体としてはAGE 1よりはALL、ALLよりはAGE 2の方が、残差のバラツキは小さい傾向にあった。通常モデルに

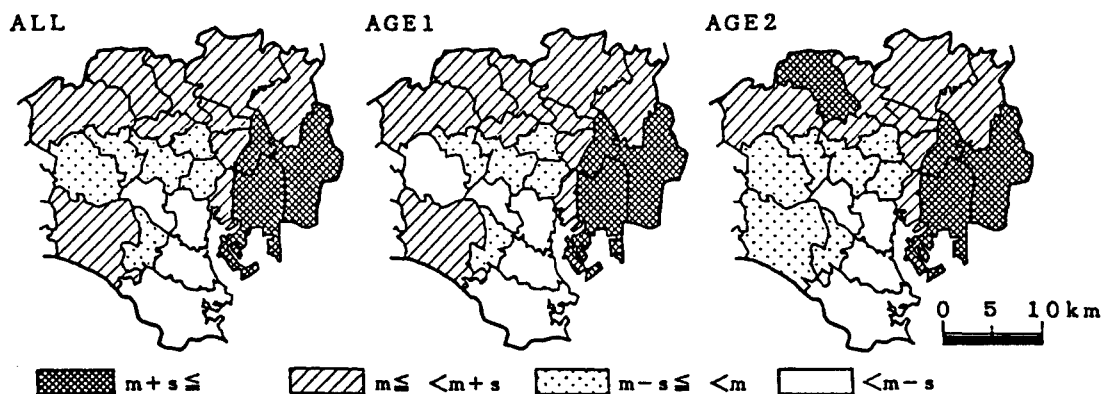


図6 競合着地モデル(アクセシビリティA1)の距離パラメータの分布

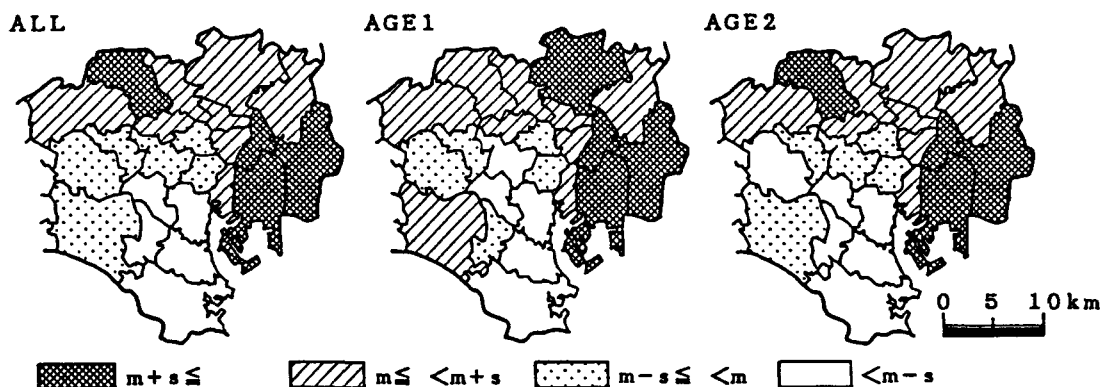


図7 競合着地モデル(アクセシビリティB2)の距離パラメータの分布

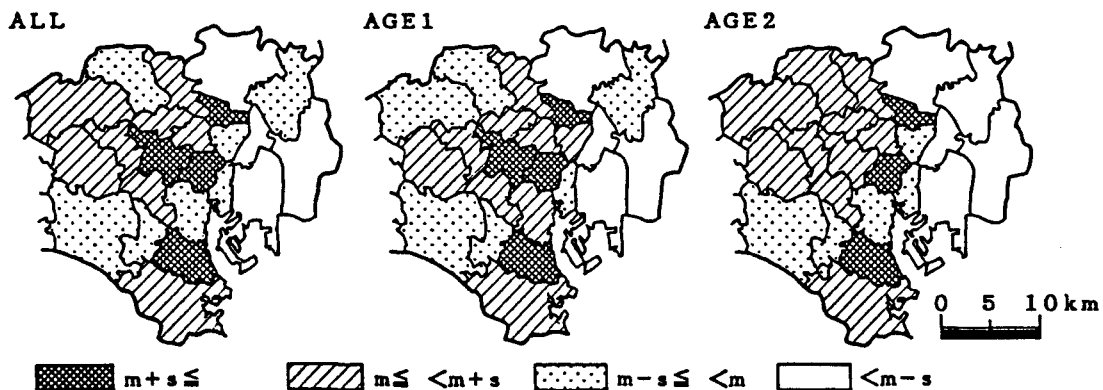


図8 介入機会モデル(介入機会I1)の距離パラメータの分布

みられたこれらの傾向は、3番目の説明変数としてアクセシビリティないしは介入機会を加えても緩和されることはなかった。

キャリブレーション後には、3番目の説明変数として通常モデルに加えられた、アクセシビリティないしは介入機会に関するパラメータも推定される。本稿では、距離パラメータ値に焦点を当てて

いるので、それらを詳細に検討することはしないが、ここで若干の考察を加えることにする。Fotheringham (1983b)によると、アクセシビリティに関するパラメータ推定値が、マイナスの値を示すときには競合効果が、プラスの値を示すときには集積効果が作用しているとされる。本稿においては、アクセシビリティに関するパラメー

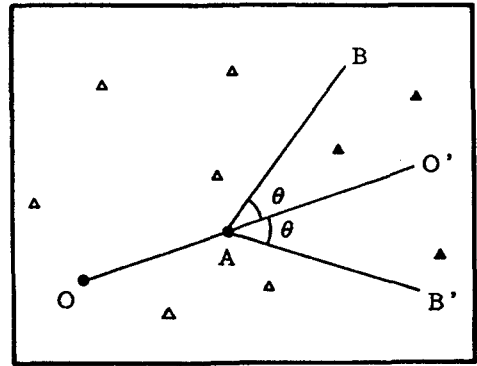
タ推定値は、おおむねマイナスの値を示しており、着地区間の競合効果が作用していることがわかる。また、介入機会に関するパラメータ推定値も、ほとんどマイナスの値を示している。このことと、前述の介入機会を加えたときの距離パラメータ値の変化を併せて考えると、介入機会を加えたモデルでは、介入機会が地区間距離の果すべき距離通減効果の役割の一部をになっていると推察される。

### 3. セクター成分を取り入れたモデルによる分析

#### 3. 1 セクター成分の変数化

東京大都市圏内部の市区間人口移動にみられるセクター成分を変数化するに当たり、本稿では Flowerdew and Lovett (1988) 同様、離散的なセクター方向を示すダミー変数を用いることにする。Flowerdew and Lovett (1988) は、着地区エディンバラに対する各発地区の方角を識別するために、北にあれば1、西にあれば2、南にあれば3（対象着地区としたエディンバラはスコットランド東部の海岸に位置し、東には対象発地区が存在しないため、東は除かれる）という値を与えた。GLIM パッケージにおいて、キャリブレーション後に得られるこれらのダミー変数のパラメータは、最初のダミー変数（この場合は北）にかかるパラメータの推定値を0とした相対的な値として算出される。

それに対し、本稿では、セクターを表わすダミー変数を次のように定義した。まず、東京50km圏の中心である千代田区役所 (O) と発地区役所 (A) を結んだ直線を基準線とする (図9)。そして、発地区役所から外側に延びる基準線 AO' と、発地区役所を基点とした直線 AB および AB' とがなす角度  $\angle BAO'$ 、 $\angle O'AB'$  をともに  $\theta$  とする。本稿における離散的なセクター方向を表わすダミー変数は、この  $\theta$  の値を  $15^\circ \sim 90^\circ$  まで  $15^\circ$  おきに変化させ、それぞれを S1 ( $\theta = 15^\circ$ )、S2 ( $\theta = 30^\circ$ )、S3 ( $\theta = 45^\circ$ )、S4 ( $\theta = 60^\circ$ )、S5 ( $\theta = 75^\circ$ )、S6 ( $\theta = 90^\circ$ ) とし、ダミー変数の値は、



▲ : セクター・ダミー変数 = 1 を与える着地区  
△ : セクター・ダミー変数 = 2 を与える着地区

図9 セクター・ダミー変数の定義

$\angle BAB'$  の範囲内にはいる着地区には1、それ以外の着地区には2を与えた。ただし、発地区が千代田区の場合は、OとAが重なるため、東の方角を基準線 AO' と仮定した。

#### 3. 2 モデルの適用結果

ここでは、通常の発生制約型モデルに3番目の説明変数として、前節で定義された離散的なダミー変数を加えたモデルを特定し、そのキャリブレーション結果について考察を加える。

得られた逸脱度を、ALL、AGE 1、AGE 2 それぞれについてモデルごとに示したのが、表7～9である。通常モデルに3番目の説明変数としてアクセシビリティないしは介入機会を加えた場合の逸脱度と、セクターを識別する離散的なダミー変数を加えた場合の逸脱度とを比較すると、次の点を指摘できる。3番目の説明変数として最も適合度が高かったのは、ALLではアクセシビリティで5地区、介入機会で9地区、セクター・ダミー変数で9地区であり、AGE 1では順に3・9・11地区、AGE 2では順に4・10・9地区である。東京都区部の北よりに位置する発地区ではセクター・ダミー変数を、同南よりに位置する発地区では介入機会を加えた場合に、適合度が高くなる傾向にある。また、セクター・ダミー変数の中ではS3 ( $\theta = 45^\circ$ ) を加えた場合に適合度が特に高くなる。これは、東京大都市圏内の鉄道網が東京都区部の中心地域から放射状に延びており、そこからの人

表7 発地区ごとの逸脱度 (ALL) -セクター・モデルの場合-

	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W1 S1	W1 S2	W1 S3	W1 S4	W1 S5	W1 S6
1 千代田区	458.7	473.3	450.1	489.8	495.8	458.9
2 中央区	2778.6	2753.1	2706.4	1882.6	1734.4	1668.5
3 港区	2424.7	2611.2	2733.4	2656.2	2302.4	2276.3
4 新宿区	3331.8	3020.1	2580.2	3045.8	3485.9	3805.5
5 文京区	2234.1	2063.3	1643.5	1416.5	1453.5	1301.8
6 台東区	3795.3	3781.7	2013.5	2028.4	2025.9	2229.1
7 墨田区	7061.8	6815.9	5047.6	4810.4	4311.2	1310.0
8 江東区	12955.0	12784.0	11834.0	9507.0	4154.2	4155.6
9 品川区	2702.4	2725.7	2696.4	2656.3	2577.4	2596.2
10 目黒区	4907.5	4700.6	4773.9	4733.2	4417.6	3986.7
11 大田区	5456.7	5278.9	4993.0	3875.5	3652.0	3492.8
12 世田谷区	10449.0	7671.8	7342.6	8128.6	8821.2	9023.4
13 渋谷区	3273.3	3179.4	3229.7	3305.2	3204.5	3179.4
14 中野区	4735.2	4520.8	4085.7	2884.6	3700.3	4347.3
15 杉並区	7007.0	6191.4	5725.9	5560.4	6035.8	7227.5
16 豊島区	3876.0	2820.6	2952.9	2889.3	2834.9	3631.0
17 北区	4633.9	3923.4	3407.5	3514.7	3387.7	2891.1
18 荒川区	2539.6	2138.9	1818.3	1791.6	1977.2	1905.9
19 板橋区	13216.0	10713.0	8028.7	9186.0	10089.0	9333.0
20 練馬区	12806.0	8684.9	7308.1	8664.0	10055.0	11176.0
21 足立区	17003.0	16604.0	10665.0	6333.1	7691.2	7898.8
22 葛飾区	17886.0	17877.0	14100.0	16660.0	15048.0	15188.0
23 江戸川区	11708.0	11105.0	9937.0	10070.0	9615.0	9066.0
	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W2 S1	W2 S2	W2 S3	W2 S4	W2 S5	W2 S6
1 千代田区	860.3	876.6	873.0	893.5	887.8	897.2
2 中央区	2452.8	2435.0	2415.9	1822.1	1639.8	1623.7
3 港区	4709.6	4970.5	5022.4	4933.8	4398.4	4041.0
4 新宿区	4816.0	4362.8	3752.9	4000.2	4663.5	5209.0
5 文京区	2914.7	2887.4	2631.5	2454.7	2555.5	2497.3
6 台東区	3047.5	3074.0	1812.8	1819.0	1876.1	2150.3
7 墨田区	5673.9	5412.4	4192.6	3962.8	3917.8	1162.8
8 江東区	11305.0	11064.0	10099.0	7650.3	3175.6	3189.8
9 品川区	3757.4	3766.2	3834.3	3907.1	3917.8	3910.4
10 目黒区	5998.9	5677.4	5845.0	5852.2	5757.8	5085.1
11 大田区	6799.7	6721.7	6680.2	5715.6	5491.8	5238.1
12 世田谷区	15585.0	12518.0	12227.0	12890.0	13937.0	14429.0
13 渋谷区	5313.7	5072.7	5145.7	5403.9	5111.3	5036.2
14 中野区	6971.3	6715.2	5881.3	4473.3	5420.6	5992.0
15 杉並区	11541.0	10975.0	10264.0	9586.0	9777.0	11188.0
16 豊島区	4322.4	3511.4	3863.7	3888.2	4025.1	4173.7
17 北区	4593.6	3964.5	3483.0	3513.0	3350.1	2584.4
18 荒川区	1959.0	1799.4	1512.9	1570.9	1684.3	1661.7
19 板橋区	14724.0	12448.0	9871.0	11394.0	12104.0	10902.0
20 練馬区	15570.0	12299.0	10172.0	11584.0	12805.0	13648.0
21 足立区	15777.0	15364.0	9101.6	5641.0	6823.9	7442.8
22 葛飾区	15293.0	15158.0	10906.0	12467.0	11336.0	11507.0
23 江戸川区	10456.0	9598.0	9154.0	9391.0	8824.8	8278.4

口移動がその鉄道網に沿ってなされていることを示している。そして、東京都区部中心地域から西部にかけての発地区では、セクター方向を表わす角度が $45^\circ$ 以下、東部では $60^\circ$ 以上の場合に適合度が高い。これは、東京50km圏の中心に東京湾が存在することの影響を受けていると考えられる。

距離パラメータをモデルごとに示したのが、表

10~12である。また、魅力度を総流入人口および夜間人口とし、3番目の説明変数にセクター・ダミー変数 $S2(\theta=30^\circ) \cdot S3(\theta=45^\circ) \cdot S6(\theta=90^\circ)$ を取り込んだモデルのキャリブレーションの結果得られた距離パラメータ値の分布を、その平均と標準偏差を用いて表わしたのが、図10~15である。魅力度を総流入人口とした場合、セクター・

表8 発地区ごとの逸脱度 (AGE 1) - セクター・モデルの場合一

	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W1 S1	W1 S2	W1 S3	W1 S4	W1 S5	W1 S6
1 千代田区	258.6	266.4	253.2	276.0	279.7	258.9
2 中央区	1613.9	1598.9	1568.0	1116.0	1008.5	980.7
3 港区	1434.0	1540.3	1604.2	1555.4	1346.0	1337.0
4 新宿区	1668.5	1493.6	1286.0	1522.3	1751.5	1919.8
5 文京区	1224.2	1118.5	914.5	727.9	763.6	681.1
6 台東区	2381.1	2376.9	1269.8	1279.0	1272.5	1392.5
7 墨田区	4261.2	4090.0	3017.9	2865.4	2588.3	774.0
8 江東区	8160.0	8037.0	7313.0	5620.4	2581.4	2510.8
9 品川区	1598.5	1609.0	1577.0	1524.0	1465.3	1450.0
10 目黒区	2711.5	2529.5	2570.9	2538.2	2366.2	2122.8
11 大田区	3933.2	3750.0	3516.0	2661.3	2525.6	2341.1
12 世田谷区	6574.2	4750.8	4246.6	4711.4	5133.5	5261.8
13 渋谷区	1600.6	1523.2	1548.8	1605.9	1544.1	1551.9
14 中野区	2370.4	2232.7	1903.4	1382.3	1796.2	2126.7
15 杉並区	3836.3	3278.5	3005.6	2864.2	3117.8	3739.3
16 豊島区	2125.5	1525.8	1517.4	1563.1	1616.6	2052.8
17 北区	3082.4	2458.7	2063.5	2126.3	2021.1	1920.3
18 荒川区	1597.4	1319.9	1098.8	1096.7	1199.1	1156.7
19 板橋区	8634.0	6855.0	4939.2	5485.2	6261.1	6347.1
20 練馬区	8167.0	5342.9	4650.7	5602.6	6413.3	7171.7
21 足立区	12098.0	11645.0	7078.8	4552.1	5415.5	5221.3
22 葛飾区	11111.0	11114.0	8509.0	9834.0	8598.0	8696.0
23 江戸川区	7217.2	6782.2	5910.1	6011.2	5595.6	5189.3
	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W2 S1	W2 S2	W2 S3	W2 S4	W2 S5	W2 S6
1 千代田区	483.5	492.9	490.6	504.9	502.1	506.2
2 中央区	1448.0	1438.1	1424.1	1095.6	971.6	969.7
3 港区	2756.4	2904.7	2929.3	2873.4	2558.2	2360.2
4 新宿区	2577.9	2333.5	2041.8	2153.2	2495.4	2768.5
5 文京区	1561.5	1530.9	1404.0	1262.9	1329.5	1288.8
6 台東区	1925.0	1944.5	1148.1	1151.4	1183.8	1350.4
7 墨田区	3485.3	3303.1	2550.4	2402.2	2382.6	709.4
8 江東区	7299.7	7129.2	6390.4	4610.9	2079.1	2021.6
9 品川区	2216.3	2224.6	2250.0	2256.0	2240.4	2206.1
10 目黒区	3441.0	3187.2	3289.4	3292.6	3251.2	2852.7
11 大田区	4680.4	4585.0	4527.5	3744.6	3597.3	3362.0
12 世田谷区	9538.0	7575.9	7070.4	7477.8	8133.8	8459.7
13 渋谷区	2736.9	2569.3	2601.7	2767.1	2608.7	2604.3
14 中野区	3649.4	3498.9	2946.1	2329.8	2810.4	3093.1
15 杉並区	6427.2	6005.3	5601.9	5179.5	5282.2	6006.7
16 豊島区	2381.8	1915.3	2034.8	2117.7	2242.0	2347.9
17 北区	3061.4	2488.3	2102.7	2108.3	1971.7	1665.2
18 荒川区	1249.8	1124.8	923.2	973.0	1034.7	1021.9
19 板橋区	9465.0	7838.2	6004.2	6802.3	7442.7	7203.8
20 練馬区	9652.0	7363.7	6187.4	7172.3	7881.8	8463.8
21 足立区	11419.0	10951.0	6178.9	4215.3	4976.1	5029.4
22 葛飾区	9780.0	9702.0	6804.9	7470.5	6572.6	6696.7
23 江戸川区	6508.5	5887.9	5520.1	5698.9	5201.3	4802.3

ダミー変数を加えることにより、通常モデルで得られた距離パラメータのバラツキはある程度緩和されたものの、その分布には依然としてセクター状のパターンがみられる。しかし、魅力度を夜間人口とした場合、ALL、AGE 1、AGE 2 すべてにおいて、距離パラメータ値のバラツキは緩和され、その標準偏差も、本稿で実行したモデルのなかでは、S2 および S3 を取り入れた場合に最も

低い値を示した。そして、通常モデルでみられたセクター状の距離パラメータ分布パターンも、これらのセクター・ダミー変数、特に S2 を取り入れたモデルにおいては解消され、距離パラメータ値が多少ともランダムに分布する傾向がみられた。したがって、セクター・ダミー変数 S2 ( $\theta = 30^\circ$ ) を取り込んだモデルにおいて、本稿の目的である、通常モデルにみられる距離パラメータの



表9 発地区ごとの逸脱度 (AGE2) —セクター・モデルの場合—

	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W1 S1	W1 S2	W1 S3	W1 S4	W1 S5	W1 S6
1 千代田区	201.0	207.7	197.7	214.5	216.9	200.8
2 中央区	1172.9	1162.6	1147.1	774.7	734.6	696.2
3 港区	998.5	1078.0	1136.5	1108.5	963.6	947.1
4 新宿区	1731.4	1595.7	1363.3	1591.6	1802.0	1951.0
5 文京区	1074.4	1012.6	796.6	754.0	756.6	687.2
6 台東区	1416.5	1407.1	745.8	751.4	755.4	838.7
7 墨田区	2816.9	2740.5	2044.0	1959.1	1737.5	552.4
8 江東区	4890.6	4841.6	4604.1	3953.5	1665.6	1738.1
9 品川区	1179.2	1186.6	1183.7	1182.4	1165.2	1178.7
10 目黒区	2259.9	2218.7	2244.3	2235.0	2105.6	1927.0
11 大田区	1773.7	1756.9	1691.9	1399.4	1316.0	1315.0
12 世田谷区	4316.5	3355.4	3443.6	3742.9	3994.5	4062.6
13 渋谷区	1764.1	1742.2	1760.7	1774.2	1748.0	1723.6
14 中野区	2504.6	2423.6	2324.0	1655.0	2057.1	2373.3
15 杉並区	3433.8	3168.4	2974.9	2956.6	3187.5	3750.3
16 豊島区	1859.6	1392.7	1518.4	1423.4	1327.3	1688.1
17 北区	1738.2	1602.9	1477.9	1513.9	1485.1	1176.2
18 荒川区	952.4	826.3	724.1	701.8	781.8	753.6
19 板橋区	4892.9	4152.7	3347.4	3873.1	4041.1	3270.3
20 練馬区	5002.1	3653.5	2978.2	3398.1	3966.3	4345.1
21 足立区	5279.9	5287.3	3800.4	2073.4	2564.1	2885.7
22 葛飾区	6942.1	6933.3	5744.3	6875.5	6462.8	6504.6
23 江戸川区	4640.0	4466.9	4157.7	4193.7	4120.0	3968.8
	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W2 S1	W2 S2	W2 S3	W2 S4	W2 S5	W2 S6
1 千代田区	377.5	384.4	383.0	389.2	386.3	391.7
2 中央区	1010.9	1003.3	998.2	733.7	675.4	661.2
3 港区	1964.2	2076.1	2103.6	2071.2	1850.6	1691.3
4 新宿区	2291.8	2085.1	1765.4	1902.6	2222.7	2496.8
5 文京区	1424.1	1431.9	1303.4	1264.4	1299.9	1281.5
6 台東区	1124.6	1131.8	667.0	669.8	694.4	802.1
7 墨田区	2202.9	2121.1	1654.1	1572.2	1548.1	469.1
8 江東区	4097.9	4027.0	3786.3	3099.3	1186.9	1256.2
9 品川区	1610.5	1606.6	1644.4	1697.2	1727.0	1734.1
10 目黒区	2604.4	2522.9	2582.4	2585.5	2541.0	2279.0
11 大田区	2371.9	2367.5	2367.4	2153.5	2081.2	2039.2
12 世田谷区	6448.2	5339.8	5466.9	5711.5	6088.0	6250.3
13 渋谷区	2660.0	2582.7	2617.5	2705.4	2586.0	2522.8
14 中野区	3432.2	3322.3	3061.7	2278.8	2745.7	3034.2
15 杉並区	5332.6	5187.7	4876.5	4624.6	4726.2	5411.2
16 豊島区	2048.9	1693.4	1910.8	1867.3	1890.6	1935.6
17 北区	1731.9	1627.1	1522.6	1537.5	1502.8	1133.7
18 荒川区	720.8	682.2	594.4	605.0	653.3	644.1
19 板橋区	5581.6	4924.8	4154.3	4788.1	4902.9	4018.6
20 練馬区	6288.0	5253.5	4316.5	4761.1	5261.2	5536.0
21 足立区	4727.5	4737.8	3137.0	1712.4	2131.2	2609.8
22 葛飾区	5662.3	5609.6	4242.9	5051.8	4779.1	4828.2
23 江戸川区	4103.2	3857.1	3768.8	3834.2	3729.1	3576.3

顕著な空間的パターンの解消とそのバラツキの緩和が達成されたことになる。

最後に、モデルごとに求められた各発地区の残差分布（図略）は、3番目の説明変数としてアクセシビリティないしは介入機会を加えた前章の結果と比較すると、AGE1の発地区周辺に位置する着地区にみられた負の残差と、外側の特定方向に位置する着地区にみられた正の残差という傾向は、

ある程度緩和されている。そして、残差の平均および標準偏差については、適合度の高いモデルほど0に近いという当然の結果が得られた。

### 3.3 小 結

以上、通常の発生制約型モデルに3番目の説明変数としてアクセシビリティないしは介入機会、そして離散的セクター方向を表わすセクター・ダ

表10 発地区ごとの距離パラメータ推定値 (ALL) -セクター・モデルの場合-

	距離 W1 S1	距離 W1 S2	距離 W1 S3	距離 W1 S4	距離 W1 S5	距離 W1 S6
1 千代田区	1.1440	1.1240	1.1380	1.1160	1.1180	1.1020
2 中央区	1.1640	1.1770	1.2020	1.1670	1.2770	1.3150
3 港区	1.0220	1.0720	1.1020	1.1260	1.1520	1.1930
4 新宿区	0.8273	0.8372	0.8538	0.8885	0.9107	0.8854
5 文京区	1.0510	1.0630	1.0600	0.9900	0.9977	0.9887
6 台東区	1.2910	1.2900	1.2190	1.2850	1.3380	1.2230
7 墨田区	1.0790	1.1120	1.1420	1.1650	1.1300	0.9948
8 江東区	0.9894	1.0020	1.0440	1.1470	1.1900	1.2890
9 品川区	0.8824	0.9163	0.9209	0.9160	0.9071	0.9156
10 目黒区	0.8228	0.8317	0.8352	0.8400	0.8558	0.8512
11 大田区	0.8534	0.8425	0.8500	0.8743	0.8860	0.8860
12 世田谷区	0.8197	0.8656	0.8409	0.8599	0.8679	0.8703
13 渋谷区	0.8661	0.8792	0.8818	0.8639	0.8666	0.8744
14 中野区	0.8705	0.8655	0.8057	0.8067	0.8545	0.8951
15 杉並区	0.7695	0.7392	0.7728	0.8207	0.8586	0.8937
16 豊島区	1.1150	1.0560	1.0570	1.0220	0.9849	1.0190
17 北区	1.0660	1.0460	1.0670	1.0850	1.1080	1.0930
18 荒川区	1.5070	1.3390	1.3210	1.3210	1.3900	1.4230
19 板橋区	1.0070	1.0380	1.0900	1.0500	1.0660	1.0770
20 練馬区	0.9826	0.8709	0.9586	1.0380	1.0840	1.1430
21 足立区	1.1690	1.1470	1.0860	1.0800	1.1570	1.2620
22 葛飾区	1.3310	1.3420	1.4330	1.0750	1.1890	1.2080
23 江戸川区	1.1550	1.1810	1.2740	1.3250	1.3530	1.3770
MAX	1.5070	1.3420	1.4330	1.3250	1.3900	1.4230
MIN	0.7695	0.7392	0.7728	0.8067	0.8545	0.8512
MEAN	1.0341	1.0277	1.0415	1.0375	1.0670	1.0774
MAX-MIN	0.7375	0.6028	0.6602	0.5183	0.5355	0.5718
STD	0.1829	0.1681	0.1746	0.1555	0.1700	0.1771
	距離 W2 S1	距離 W2 S2	距離 W2 S3	距離 W2 S4	距離 W2 S5	距離 W2 S6
1 千代田区	1.1950	1.1880	1.1950	1.2020	1.2040	1.1970
2 中央区	1.1970	1.2090	1.2270	1.2000	1.2940	1.3240
3 港区	1.0900	1.1280	1.1460	1.1640	1.2060	1.2610
4 新宿区	1.0030	1.0220	1.0440	1.0680	1.1130	1.0800
5 文京区	1.0120	1.0220	1.0250	0.9862	0.9939	0.9753
6 台東区	1.2070	1.2090	1.1380	1.1900	1.2410	1.1450
7 墨田区	0.9815	1.0050	1.0410	1.0590	1.0320	0.9244
8 江東区	0.9322	0.9539	1.0010	1.1110	1.1260	1.2280
9 品川区	1.0780	1.0470	1.0100	0.9770	0.9601	0.9485
10 目黒区	1.1020	1.1180	1.1200	1.1240	1.1310	1.1200
11 大田区	0.9123	0.9088	0.9132	0.9294	0.9375	0.9418
12 世田谷区	1.0950	1.1460	1.1250	1.1680	1.1880	1.1940
13 渋谷区	1.0870	1.1060	1.1190	1.0940	1.0920	1.1050
14 中野区	1.1230	1.1270	1.0340	1.0360	1.0950	1.1340
15 杉並区	1.0580	1.0370	1.0610	1.1070	1.1510	1.1860
16 豊島区	1.1850	1.1340	1.1390	1.1100	1.0770	1.0770
17 北区	1.0280	1.0080	1.0220	1.0330	1.0500	1.0300
18 荒川区	1.3120	1.2030	1.1710	1.1840	1.2330	1.2670
19 板橋区	1.0280	1.0630	1.1180	1.0770	1.0860	1.1040
20 練馬区	1.0950	1.0150	1.0980	1.1750	1.2110	1.2650
21 足立区	1.0720	1.0530	0.9803	0.9808	1.0470	1.1770
22 葛飾区	1.1930	1.2000	1.2740	0.9155	1.1130	1.1400
23 江戸川区	1.0090	1.0160	1.1780	1.2300	1.2520	1.2750
MAX	1.3120	1.2090	1.2740	1.2300	1.2940	1.3240
MIN	0.9123	0.9088	0.9132	0.9155	0.9375	0.9244
MEAN	1.0867	1.0834	1.0948	1.0922	1.1232	1.1347
MAX-MIN	0.3997	0.3002	0.3608	0.3145	0.3565	0.3996
STD	0.0941	0.0842	0.0845	0.0893	0.0934	0.1118

表11 発地区ごとの距離パラメータ推定値 (AGE1) -セクター・モデルの場合-

	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W1 S1	W1 S2	W1 S3	W1 S4	W1 S5	W1 S6
1 千代田区	1.1200	1.1000	1.1140	1.0910	1.0940	1.0780
2 中央区	1.0970	1.1100	1.1380	1.1010	1.2130	1.2490
3 港区	0.9646	1.0130	1.0430	1.0680	1.0940	1.1340
4 新宿区	0.7228	0.7341	0.7510	0.7844	0.8098	0.7862
5 文京区	0.9492	0.9585	0.9505	0.8785	0.8860	0.8771
6 台東区	1.2680	1.2660	1.1950	1.2600	1.3140	1.1990
7 墨田区	1.0150	1.0490	1.0800	1.1030	1.0650	0.9312
8 江東区	0.8923	0.9056	0.9544	1.0700	1.0910	1.1980
9 品川区	0.7967	0.8331	0.8408	0.8324	0.8277	0.8317
10 目黒区	0.7647	0.7754	0.7814	0.7871	0.7995	0.7897
11 大田区	0.7849	0.7689	0.7777	0.8055	0.8191	0.8200
12 世田谷区	0.7346	0.7851	0.7597	0.7814	0.7926	0.7956
13 渋谷区	0.7794	0.7965	0.8017	0.7767	0.7815	0.7892
14 中野区	0.7384	0.7328	0.6724	0.6737	0.7249	0.7702
15 杉並区	0.6475	0.6146	0.6501	0.7023	0.7457	0.7896
16 豊島区	1.0250	0.9569	0.9566	0.9184	0.8878	0.9222
17 北区	0.9710	0.9425	0.9723	0.9931	1.0220	1.0060
18 荒川区	1.4690	1.2920	1.2720	1.2740	1.3430	1.3800
19 板橋区	0.8391	0.8614	0.9077	0.8662	0.8827	0.8816
20 練馬区	0.8406	0.7131	0.8038	0.8892	0.9395	1.0080
21 足立区	1.1070	1.0830	0.9999	0.9972	1.0820	1.2000
22 葛飾区	1.2580	1.2680	1.3610	0.9701	1.1080	1.1290
23 江戸川区	1.0130	1.0420	1.1570	1.2150	1.2440	1.2700
MAX	1.4690	1.2920	1.3610	1.2740	1.3430	1.3800
MIN	0.6475	0.6146	0.6501	0.6737	0.7249	0.7702
MEAN	0.9477	0.9392	0.9539	0.9495	0.9812	0.9928
MAX-MIN	0.8215	0.6774	0.7109	0.6003	0.6181	0.6098
STD	0.2012	0.1869	0.1893	0.1709	0.1836	0.1878
	距離	距離	距離	距離	距離	距離
	W2 S1	W2 S2	W2 S3	W2 S4	W2 S5	W2 S6
1 千代田区	1.1720	1.1630	1.1710	1.1770	1.1790	1.1720
2 中央区	1.1270	1.1390	1.1600	1.1330	1.2290	1.2580
3 港区	1.0370	1.0730	1.0910	1.1100	1.1520	1.2050
4 新宿区	0.8977	0.9183	0.9391	0.9610	1.0090	0.9790
5 文京区	0.9186	0.9268	0.9266	0.8850	0.8928	0.8729
6 台東区	1.1840	1.1870	1.1140	1.1670	1.2180	1.1220
7 墨田区	0.9179	0.9423	0.9810	0.9999	0.9709	0.8637
8 江東区	0.8402	0.8632	0.9173	1.0390	1.0340	1.1440
9 品川区	0.9865	0.9606	0.9288	0.8940	0.8814	0.8670
10 目黒区	1.0340	1.0520	1.0570	1.0620	1.0660	1.0510
11 大田区	0.8439	0.8375	0.8438	0.8619	0.8714	0.8768
12 世田谷区	0.9964	1.0500	1.0290	1.0770	1.1030	1.1110
13 渋谷区	0.9959	1.0190	1.0350	1.0050	1.0050	1.0190
14 中野区	0.9818	0.9852	0.8981	0.8993	0.9618	1.0040
15 杉並区	0.9241	0.9011	0.9248	0.9743	1.0240	1.0690
16 豊島区	1.0950	1.0370	1.0420	1.0100	0.9810	0.9813
17 北区	0.9398	0.9136	0.9348	0.9480	0.9896	0.9471
18 荒川区	1.2790	1.1580	1.1250	1.1400	1.1900	1.2290
19 板橋区	0.8725	0.9009	0.9526	0.9120	0.9214	0.9216
20 練馬区	0.9479	0.8548	0.9393	1.0230	1.0620	1.1250
21 足立区	1.0180	0.9961	0.9014	0.9091	0.9815	1.1270
22 葛飾区	1.1310	1.1370	1.2110	0.8231	1.0490	1.0800
23 江戸川区	0.8767	0.8805	1.0780	1.1390	1.1600	1.1870
MAX	1.2790	1.1870	1.2110	1.1770	1.2290	1.2580
MIN	0.8402	0.8375	0.8438	0.8231	0.8714	0.8637
MEAN	1.0007	0.9955	1.0087	1.0065	1.0396	1.0527
MAX-MIN	0.4388	0.3495	0.3672	0.3539	0.3576	0.3943
STD	0.1150	0.1065	0.0999	0.1032	0.1055	0.1203

表12 発地区ごとの距離パラメータ推定値 (AGE2) -セクター・モデルの場合-

	距離 W1 S1	距離 W1 S2	距離 W1 S3	距離 W1 S4	距離 W1 S5	距離 W1 S6
1 千代田区	1.1740	1.1540	1.1680	1.1460	1.1490	1.1330
2 中央区	1.2560	1.2680	1.2900	1.2580	1.3650	1.4070
3 港区	1.1090	1.1600	1.1900	1.2140	1.2400	1.2820
4 新宿区	0.9364	0.9450	0.9610	0.9970	1.0160	0.9890
5 文京区	1.1660	1.1820	1.1830	1.1150	1.1220	1.1130
6 台東区	1.3300	1.3290	1.2600	1.3260	1.3790	1.2630
7 墨田区	1.1710	1.2020	1.2310	1.2530	1.2220	1.0850
8 江東区	1.1410	1.1520	1.1830	1.2680	1.3450	1.4330
9 品川区	0.9944	1.0230	1.0240	1.0240	1.0100	1.0240
10 目黒区	0.8945	0.9008	0.9011	0.9046	0.9247	0.9259
11 大田区	0.9415	0.9356	0.9413	0.9606	0.9699	0.9688
12 世田谷区	0.9250	0.9649	0.9417	0.9562	0.9601	0.9615
13 渋谷区	0.9601	0.9687	0.9682	0.9604	0.9596	0.9669
14 中野区	0.9948	0.9900	0.9327	0.9326	0.9769	1.0130
15 杉並区	0.9011	0.8726	0.9046	0.9483	0.9807	1.0060
16 豊島区	1.2120	1.1610	1.1640	1.1310	1.0890	1.1220
17 北区	1.2000	1.1880	1.1970	1.2100	1.2250	1.2100
18 荒川区	1.5610	1.4090	1.3920	1.3890	1.4570	1.4840
19 板橋区	1.2310	1.2680	1.3220	1.2820	1.2980	1.3330
20 練馬区	1.1750	1.0850	1.1680	1.2400	1.2790	1.3260
21 足立区	1.2730	1.2530	1.2190	1.2110	1.2750	1.3600
22 葛飾区	1.4410	1.4510	1.5380	1.2340	1.3130	1.3290
23 江戸川区	1.3580	1.3800	1.4440	1.4840	1.5070	1.5280
MAX	1.5610	1.4510	1.5380	1.4840	1.5070	1.5280
MIN	0.8945	0.8726	0.9011	0.9046	0.9247	0.9259
MEAN	1.1455	1.1410	1.1532	1.1498	1.1766	1.1854
MAX-MIN	0.6665	0.5784	0.6369	0.5794	0.5823	0.6021
STD	0.1773	0.1648	0.1764	0.1586	0.1742	0.1849
	距離 W2 S1	距離 W2 S2	距離 W2 S3	距離 W2 S4	距離 W2 S5	距離 W2 S6
1 千代田区	1.2260	1.2180	1.2250	1.2330	1.2350	1.2280
2 中央区	1.2940	1.3060	1.3210	1.2930	1.3840	1.4170
3 港区	1.1700	1.2100	1.2280	1.2450	1.2880	1.3450
4 新宿区	1.1150	1.1320	1.1540	1.1800	1.2230	1.1870
5 文京区	1.1170	1.1280	1.1370	1.0990	1.1070	1.0900
6 台東区	1.2450	1.2470	1.1770	1.2290	1.2780	1.1830
7 墨田区	1.0730	1.0940	1.1260	1.1430	1.1190	1.0110
8 江東区	1.0790	1.0990	1.1350	1.2280	1.2730	1.3640
9 品川区	1.2000	1.1600	1.1150	1.0860	1.0630	1.0560
10 目黒区	1.1880	1.2000	1.1990	1.2020	1.2110	1.2060
11 大田区	1.0010	0.9995	1.0010	1.0140	1.0210	1.0240
12 世田谷区	1.2210	1.2670	1.2470	1.2830	1.2950	1.2980
13 渋谷区	1.1870	1.2010	1.2110	1.1940	1.1880	1.2000
14 中野区	1.2560	1.2610	1.1650	1.1660	1.2220	1.2570
15 杉並区	1.2060	1.1850	1.2090	1.2530	1.2910	1.3150
16 豊島区	1.2820	1.2370	1.2420	1.2170	1.1810	1.1800
17 北区	1.1500	1.1380	1.1420	1.1500	1.1600	1.1430
18 荒川区	1.3590	1.2680	1.2380	1.2480	1.2960	1.3220
19 板橋区	1.2360	1.2760	1.3310	1.2860	1.2960	1.3420
20 練馬区	1.2950	1.2340	1.3150	1.3840	1.4130	1.4580
21 足立区	1.1610	1.1440	1.1010	1.0940	1.1500	1.2550
22 葛飾区	1.2870	1.2940	1.3670	1.0570	1.2120	1.2330
23 江戸川区	1.1990	1.2070	1.3230	1.3620	1.3810	1.4000
MAX	1.3590	1.3060	1.3670	1.3840	1.4130	1.4580
MIN	1.0010	0.9995	1.0010	1.0140	1.0210	1.0110
MEAN	1.1977	1.1959	1.2047	1.2020	1.2299	1.2397
MAX-MIN	0.3580	0.3065	0.3660	0.3700	0.3920	0.4470
STD	0.0820	0.0734	0.0865	0.0909	0.0977	0.1207

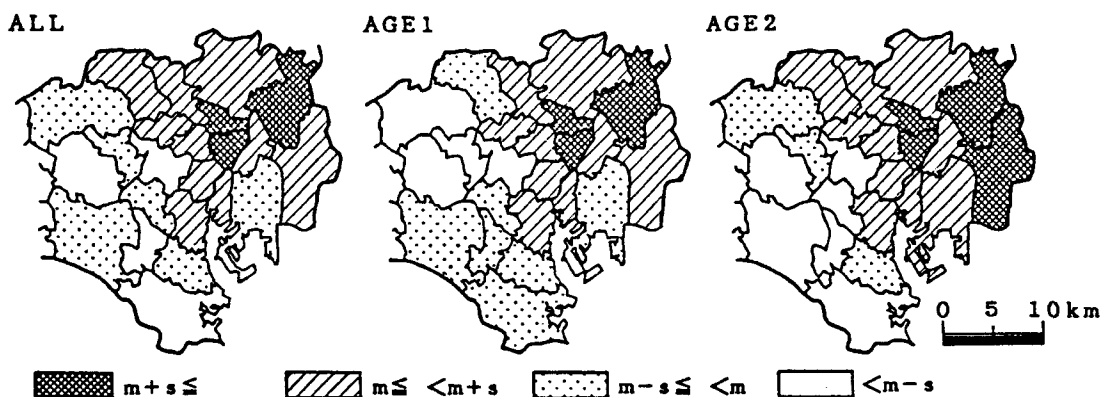


図10 セクター・モデル（総流入人口、ダミー変数S2）の距離パラメータの分布

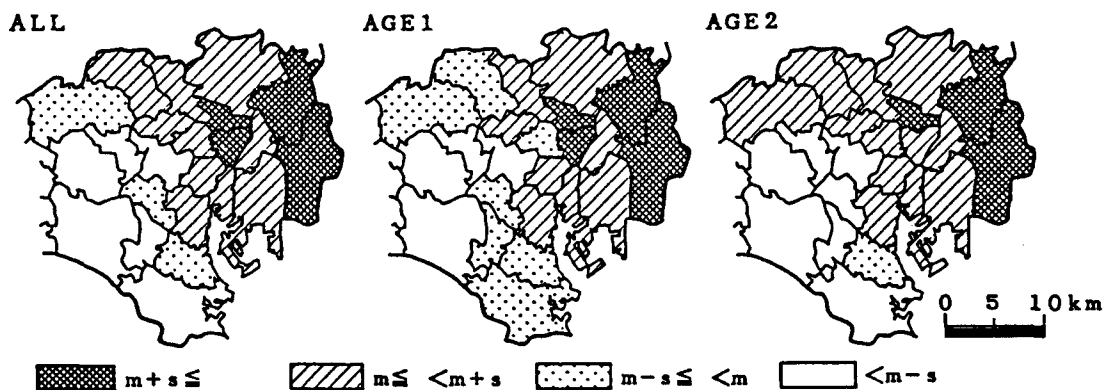


図11 セクター・モデル（総流入人口、ダミー変数S3）の距離パラメータの分布

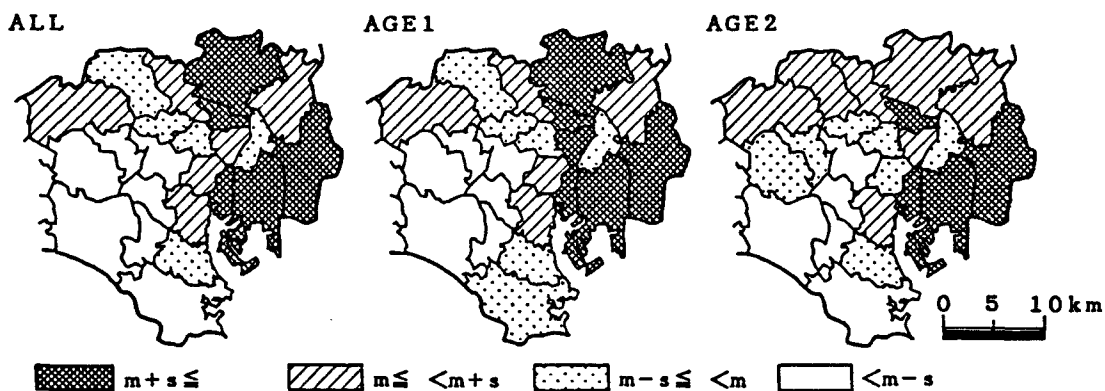


図12 セクター・モデル（総流入人口、ダミー変数S6）の距離パラメータの分布

ミー変数を取り込んだモデルを特定し、キャリブレーション後に得られた様々な測度に基づいて考察を行ってきた。その結果、本稿で対象とした東京大都市圏内部の人口移動においては、地区間距離を最短鉄道営業距離、魅力度を夜間人口、3番目の説明変数として  $\theta = 30^\circ$  の場合のセクター・

ダミー変数を用いたモデルが、本稿の当初の目的に最も適合することがわかった。Fotheringham (1983a) によって構築された競合着地モデルは、彼自身によるアメリカの航空機旅客流動 (Fotheringham, 1983a) や人口移動 (Fotheringham, 1986) を対象とした研究の他、わが国の都道府県

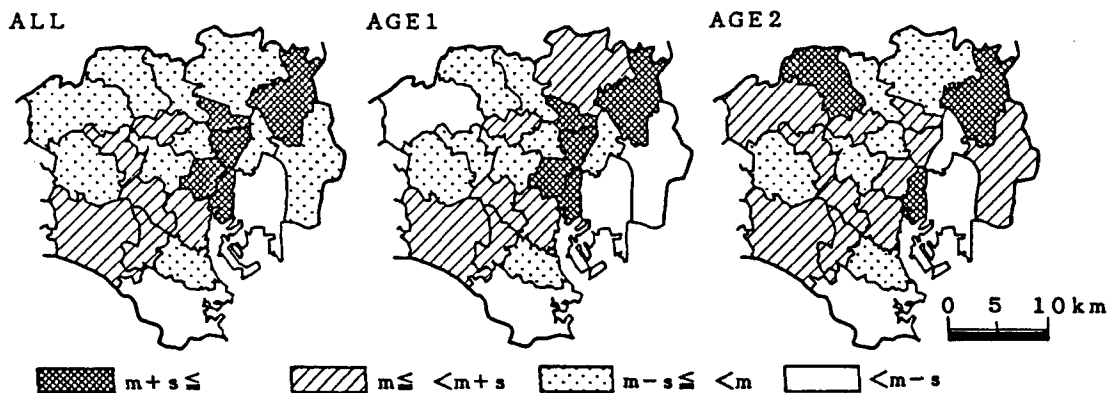


図13 セクター・モデル(夜間人口、ダミー変数S2)の距離パラメータの分布

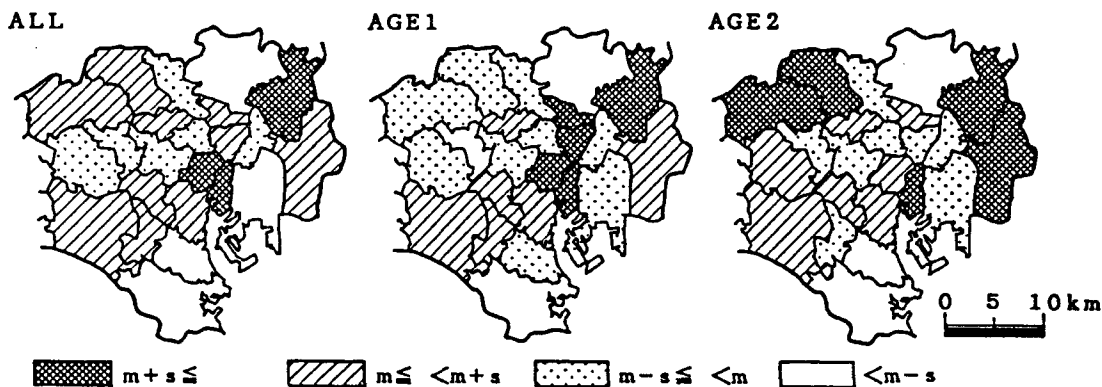


図14 セクター・モデル(夜間人口、ダミー変数S3)の距離パラメータの分布

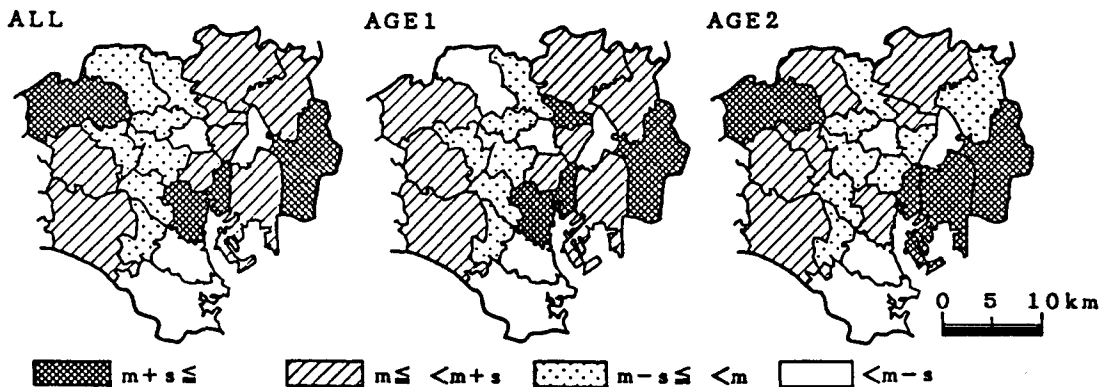


図15 セクター・モデル(夜間人口、ダミー変数S6)の距離パラメータの分布

間人口移動と大学進学者移動を対象とした Ishikawa (1987) 等により、その有効性が確認されている(詳細は、杉浦 (1988)、飯塚・杉浦 (1994) を参照されたい)。しかし、本稿においては、競合着地モデルが必ずしも有効であるとは限らないという結果が得られた。競合着地モデルの

有効性を指摘した以上の研究と違い、本稿においては、発・着地区の数が異なる矩形のデータ、しかも、発地区群が着地区群の中央に位置するデータ(小森谷ほか、1996)を用いたために、モデルにアクセシビリティを取り込むことの必要性がないことを例示したといえるかもしれない。いずれ

にしても、モデルに取り込むべき説明変数は、対象とする流動現象の違いや、そのスケールの違いによって適宜、選択されるべきであるといえよう。

#### 4. むすび

本稿は、東京大都市圏における1980年の年齢階級別市区間人口移動データに空間的相互作用モデルを適用した場合に得られる、距離パラメータの顕著な空間的分布パターンの解消とそのバラツキを緩和することを目的とするものであった。そのために、通常の発地区固定型の発生制約型モデルと、3番目の説明変数としてアクセシビリティないしは介在機会、離散的セクター方向を示すダミー変数を取り込んだモデルを特定し、一般線形モデルのパッケージであるGLIMを援用し、キャリブレーションを行なった。その結果、以下のような事実が判明した。

1) 発地区固定型の発生制約モデルを実行したところ、得られた距離パラメータ値の分布にはセクター状のパターンがみられた。そこで、3番目の説明変数としてアクセシビリティないしは介在機会を加えたモデルを特定し、キャリブレーションを行なった。しかし、適合度の上昇はみられたものの、距離パラメータのセクター状の分布パターンは解消されず、そのバラツキも緩和されなかった。これは、Fotheringham (1983a) が競合着地モデルを構築した際に得られた結果とは異なるものであった。

2) 次に、離散的なセクター方向を表わすダミー変数を通常モデルに取り込み、キャリブレーションを行なった。その結果、発地区全体、特に東京都区部の北よりに位置する発地区で適合度の上昇がみられた。そして、魅力度を夜間人口、3番目の変数を $\theta = 30^\circ$ に相当するセクター方向を示すダミー変数とし、モデルを特定した場合に、本研究の目的である、距離パラメータ分布にみられるセクター状の空間的偏りと、距離パラメータ値のバラツキの緩和が達成された。したがって、東京大都市圏内部の人口移動にみられる顕著な空間構造は、人口移動のセクター的移動傾向を説明変数

としてモデルに取り込むことにより、より明確にされたといえよう。

以上の結果から、本稿は、ミクロな行動論的研究で指摘されてきた、居住地移動の際の移動者をもつ認知地図にしたがう、中心部からより外側へのセクター状の移動傾向を、マクロな空間的相互作用モデルの分析によって実証しえたと結論される。

本稿を作成するに当たっては、都市研究所の研究費ならびに平成9年度文部省科学研究費の一部を使用するとともに、石崎研二氏の協力を得た。

#### 参 考 論 文

- Flowerdew, R. and Aitkin, M., "A method of fitting the gravity model based on the Poisson distribution", *J. Reg. Sci.* 22, pp. 191-202, 1982.
- Flowerdew, R. and Lovett, A. A., "Fitting constrained Poisson regression models to inter-urban migration flow", *Geogr. Anal.* 20, pp. 297-307, 1988.
- Fotheringham, A. S., "A new set of spatial-interaction models: the theory of competing destinations", *Environ. Plann.* A 15, pp. 15-36, 1983a.
- Fotheringham, A. S., "Some theoretical aspects of destination choice and their relevance to production-constrained gravity models", *Environ. Plann.* A 15, pp. 1121-1132, 1983b.
- Fotheringham, A. S., "Modelling hierarchical destination choice", *Environ. Plann.* A 18, pp. 401-418, 1986.
- 飯塚武司・杉浦芳夫「空間的相互作用モデルの距離パラメータの地域的差異に関する考察」, 『人文地理』 46, p. 323-333, 1994.
- Ishikawa, Y., "An empirical study of the competing destinations model using Japanese interaction data", *Environ. Plann.* A 19, pp. 1359-1373, 1987.
- 石川義孝『空間的相互作用モデル—その系譜と体系—』 地人書房, 254p., 1988.
- 小森谷祥明・杉浦芳夫・矢野桂司「セントログラフィによる東京大都市圏の市区間人口移動パターンの分析」, 『総合都市研究』 60, p. 25-47, 1996.

- Lovett, A. A., "Poisson regression using the GLIM package", *Computer Package Guide* No.5, Dept. Geogr., Univ. Lancaster, 30p., 1984.
- Stouffer, S. A., "Intervening opportunities and competing migrants", *J. Reg. Sci.* 2, pp.1-26, 1960.
- 杉浦芳夫「空間的相互作用モデルの近年の展開－重力モデルからエントロピー最大化モデルへ－」, 野上道男・杉浦芳夫『パソコンによる数理地理学演習』古今書院, p.137-185, 1986.
- 杉浦芳夫「着地選択型空間的相互作用モデルによる地図パターン問題克服の可能性について」, 寺阪昭信編『高度情報化社会における地域構造の変容』1987・1988年度文部省科学研究費補助金・総合研究A報告書, p.141-155, 1988.
- テーフ・ゴージェ著, 奥野隆史訳『地域交通論－その空間モデル－』大明堂, 258p., 1975.
- Wilson, A. G., "A statistical theory of spatial distribution models", *Transportation Research* 1, pp. 253-269, 1967.
- 矢野桂司「東京大都市圏内部の年齢階級別人口移動パターン」, 『地理学評論』62A, p.269-288, 1989.
- 矢野桂司「一般線形モデルによる空間的相互作用モデルの統合」, 『地理学評論』64A, p.367-387, 1991.

#### Key Words (キー・ワード)

Spatial Interaction Model (空間的相互作用モデル), Tokyo Metropolitan Area (東京大都市圏), Interurban Migration (都市間人口移動), GLIM (GLIM), Sectoral Bias (セクター状の偏り)



## Spatial Interaction Modeling of Interurban Migration in the Tokyo Metropolitan Area

Yoshiaki Komoriya\*, Yoshio Sugiura\*\* and Keiji Yano\*\*\*

\*Marketing Intelligence Corporation

\*\*Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

\*\*\*Department of Geography, Ritsumeikan University

*Comprehensive Urban Studies*, No.64, 1997, pp.109-133

Using a Poisson regression model, this paper attempts to reduce a sectoral bias effect on the distribution of distance-decay parameters that is observed when the origin-specific production-constrained gravity model is applied to intra-metropolitan migration flows. The Poisson model is calibrated with a dummy variable distinguishing sectoral location of the destination with reference to the origin and the CBD of Tokyo, in addition to the two variables of city size (population or the total inflows) and distance. The data set is the 1980 inter-urban migration flows in the Tokyo metropolitan area: migration from 23 wards of Tokyo City to the total of 131 wards and its neighboring cities. Compared with the gravity model, the competing destinations model and the intervening opportunity model, the Poisson regression model incorporating the sector variable is best in terms of goodness-of-fit and the spatial distribution and variation of distance-decay parameters.