

時間距離を用いた密度関数による東京大都市圏の通勤交通分析

An Analysis on Commuting Flow in Tokyo Metropolitan Area
Using Density Function of Time-Distance Variable

秋元伸裕*, 太田勝敏**

By Nobuhiro AKIMOTO and Katsutoshi OHTA

The purposes of this paper are to discuss the usefulness of applying the Clark's density function to the commuting movements in Tokyo Metropolitan Area, and then to make clear the logical relationship between the growing process of employment centers and the changing pattern of two parameters of the function.

As a result, firstly, the Clark's function of time-distance variable is more powerful than that of spatial-distance variable. Secondly, we have found the existence of the logical relationship using Census Data of 1970 and 1985. Lastly, by comparing the sectorial density functions, we have shown that the changing pattern of two parameters can be explained by the combination of employment centers' growing stage and sectorial residential development stage.

1. はじめに

都市圏レベルの都市活動分布を考える際、これを記述・分析するモデル式が、さまざまな分野で古くから提案されてきている。その中でも、最も簡単なモデル式のひとつとして、C.Clark の密度関数¹⁾が知られている。これは、都市活動を人口密度で捉え、この分布が都心を最大値とし、周辺郊外へ向けて距離の指数関数の形で低下していく、というものである。このモデルは、パラメータが山の頂上の高さを表す切片と、その低下の度合いを表す密度勾配の2つだけであり、適用が容易であるうえ、その式構造から、中心がひとつで、地形的制約が少なく人口が一様に分布できる場合、比較的よくあてはまる。

キーワード：密度関数、東京大都市圏、通勤流動

* 学生員 工修 東京大学大学院 工学系(都市工学)

** 正会員 Ph.D 東京大学教授 工学部都市工学科

(〒113 東京都文京区本郷7-3-1)

筆者らは、この密度関数を、1つの従業地へ通勤する従業者の常住地分布に適用することを考え、国勢調査の従業地集計結果に基づく市区町村単位の通勤者数を常住地の面積で割って密度化し、これを従業地・常住地間の距離で説明することを試みた²⁾³⁾。適用した都市圏は東京大都市圏(都庁中心70km圏)であるが、この都市圏では従来からの東京都心・副都心の業務地区に加え、そのすぐ外側の23区や、郊外部の30km帯前後に整備が計画されている業務核都市⁴⁾などでも、従業者が集まる雇用中心があり⁵⁾、この面では、単中心というよりはむしろ多中心といえる構造を形成している。各従業地を単中心とする、直線距離による密度関数の分析の結果、ある程度の規模をもつ個々の従業地に対する各々の通勤者の分布は、クラークのモデル式で比較的よく説明できることがわかった²⁾。また、都心部への放射鉄道に沿ったセクターで対象圏域を分割したモデルの適用では、各々パラメータ特性が異なることも示した³⁾。

ところが、これらの分析では説明変数は市区町村間の直線距離であり、交通利便性や地理的要因などにより、密度関数からの乖離が大きくなるゾーンが存在する。そこで、経年的な通勤流動変化を分析する際は、直線距離よりも、時間距離が適していると考えられる。また、この密度関数を用いて、2つのパラメータの変化パターンを検討すれば、各従業地への通勤者の分布について、その集中化や圏域の拡大など、マクロ的な構造を把握することができる。

本研究の目的は、時間距離を用いた密度関数の有効性の検証と、パラメータの変化パターンからみた各中心従業地の成長過程の解明、および放射鉄道ごとの交通利便性や居住余地等を考察するため、放射セクターごとの居住地特性を明らかにすることである。以下、3章では、主要従業地での、時間距離を用いた密度関数と直線距離を用いたものとの比較を行い、続いて主要な従業地に対する密度関数のパラメータ変化パターンを分析して、雇用の中心性の成長過程を明らかにした。4章では、放射鉄道に沿ったセクター別の都心従業地の密度関数を求め、パラメータの変化パターンから、セクター別の居住地特性について、従業地の成長過程を踏まえて考察した。

2. データと時間距離の設定

(1) 通勤データの設定

以前の分析²⁾と同様、昭和45年と60年の2時点で、東京大都市圏（東京70km圏・図1）の範囲の国勢調査の従業地集計データを用いる。対象圏域は1都7県に跨がり、市区町村数は292である。また、密度関数適用に対しては、常住地別従業者の値を各常住地の面積で除した通勤密度を用いた。

(2) 時間距離の設定

本研究では、東京大都市圏に対し昭和45・60年の時刻表を元に、それぞれの鉄道路線ネットワークを作成した。鉄道のないゾーンに対してはバスリンクを仮定し、道路距離に対しては50km圏内で時速15km/h、圏外で20km/hとして所要時間を決定した。ゾーン間の時間距離は、このネットワークに基づく最短経路に沿った所要時間とした。この期間では、武蔵野線・新玉川線等の新規開業や千代田線と常磐線の相互直通開始などがあり、時間距離が大きく短縮されたゾーンが存在する（図2、3）。

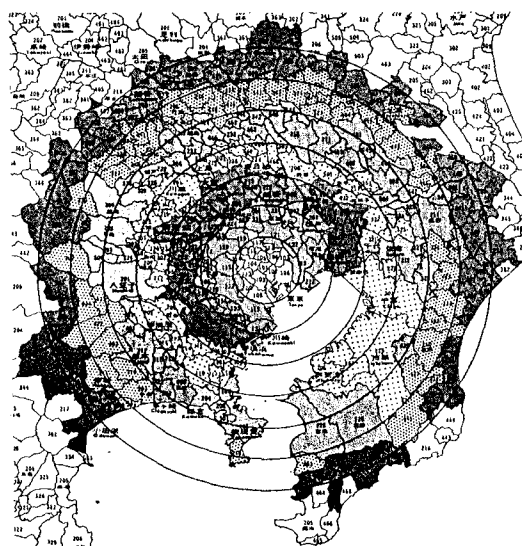


図1. 東京大都市圏(出典:文献6))

(3) C. Clarkの密度関数

以上、準備されたデータを用いて、本研究では、次のように密度関数を定義する。

$$\rho(t) = \rho_0 \cdot \exp(\beta t)$$

t : 従業地からの時間距離[分]

$\rho(t)$: 従業地から時間距離 t 分離れた常住地の通勤密度[人/km²]

ρ_0 : 切片(従業地における外挿通勤密度)

β : 密度勾配(負値)

ただし、時間距離を用いる場合、150分を超えるゾーン間の従業データは、日常的通勤ではないと判断し、密度関数適用からは除外した。

3. 主要従業地に対する密度関数の適用

(1) 時間距離による密度関数の有効性

まず、東京大都市圏における主要従業地である⁵⁾、都心3区(千代田・中央・港)、副都心3区(新宿・渋谷・豊島)、および業務核都市(横浜市区・中区・八王子・立川・浦和・大宮・千葉)の従業者の常住地分布に対して、密度関数を適用してその特性を考察する。

表1は、直線距離を用いた密度関数²⁾と、今回の時間距離を用いた密度関数の自由度調整済み決定係数を比較して示したものである(パラメータは全て99%有意)。いずれの都市においても、時間距離の方が決定係数は上昇し、特に核都市に対しては、決

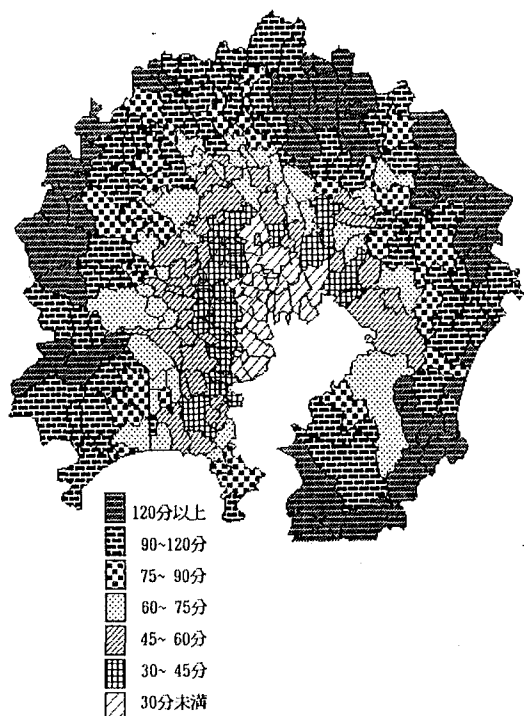


図2. 千代田区への時間距離(60年)

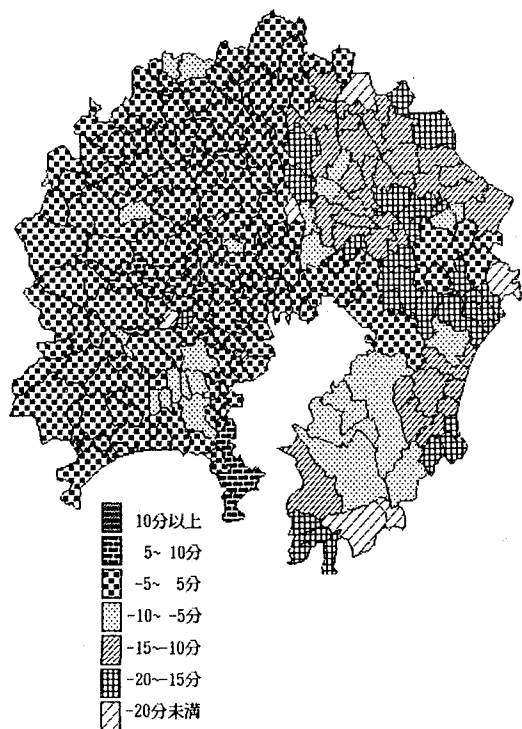


図3. 千代田区への時間距離の増加

表1. 自由度調整済み決定係数の比較(上:45/下:60年)

都市名	直線	時間	都市名	直線	時間
千代田	0.6722	0.8649	横浜	0.7434	0.7759
	0.7305	0.8780	西区	0.7802	0.8478
中央	0.6845	0.8700	横浜	0.7883	0.8300
	0.7465	0.8707	中区	0.7913	0.8564
港	0.6926	0.8684	八王子	0.5549	0.7263
	0.7200	0.8651		0.6650	0.8159
新宿	0.7007	0.8899	立川	0.6258	0.7366
	0.7780	0.9006		0.7170	0.8102
渋谷	0.7358	0.8889	浦和	0.5004	0.7783
	0.7718	0.8930		0.6538	0.7914
豊島	0.6844	0.8518	大宮	0.5159	0.8332
	0.7184	0.8769		0.6674	0.8270
---	---	---	千葉	0.5905	0.6899
				0.6503	0.8036

定係数の値そのものは都心・副都心各区に比べて小さいものの、直線距離に比べれば大きく改善されている。当初の目論見通り、ネットワークによる時間距離を用いたことによる改善効果が確かめられた。

(2) パラメータの値とその変化パターン

前述の通り、時間距離を用いた密度関数が有効であることがわかったので、これを用いてパラメータの値とその変化を分析し、各従業地の特性を考察する。密度関数は、切片と勾配の2つのパラメータをもつが、その変化パターンを考えると図4(太線が変化後)の4つが考えられる。

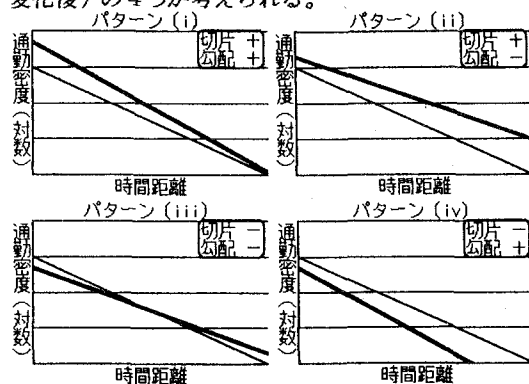


図4. パラメータの変化パターン(太線が60年)

〔i〕切片+, 勾配(絶対値)+: 勾配が急になるが切片の上昇が大きいことから、近距離帯での通勤密度上昇が顕著である。従業地に近接したゾーンでの居住が、まず初めに進行していくという、雇用中心の成長過程の第一段階と考えられる。

〔ii〕切片+, 勾配-: 切片は上昇するが、勾配は緩やかになっており、遠距離帯での上昇が大。雇用中心としては、近接ゾーンの増勢が鈍り郊外化が進行して行くという、成長過程の第二段階と考えられる。

(iii)切片ー、勾配ー：切片の減少が勾配が緩やかになるのと並行して起こる場合。中心付近からの通勤者が減少しており、中心部の空洞化を示すという、成長から停滞、あるいは衰退への過程と考えられる。

(iv)切片ー、勾配＋：切片は減少し、さらに勾配が急になっている。近接ゾーンの人口の減少よりも郊外部での居住者減少の方が激しく、急激に中心性が衰退している従業地といえる。

なお、時間距離あるいは通勤密度の、意味のある値の範囲内で、新旧両関数がパターン〔i〕で交差する場合、および〔iii〕で交差しない場合も考えられるが、いずれも最遠距離帯で通勤者の実数が減少しているケースであり、これはパターン〔iv〕も含めて、東京大都市圏の主要な雇用中心では、他の強力な雇用中心の存在等以外の理由では、通常起こらないと考えられる。今回は、個々の従業地の成長過程に着目し、単中心のモデルを対象とするため、パターン〔i〕、〔iii〕については、図4のようなケースとする。

前節の主要従業地に対する、各パラメータとその変化傾向を表2、図5に示す（図5は図の番号が凡例の①～⑬に対応し、番号のある点が60年データ）。まず、パラメータの大きさを比較すると、都心・副都心と横浜市中区では切片が大きく勾配が急、八王子と浦和・千葉等では両方とも逆である。おおむねこの2グループにわかれており、豊島区や西区・立川などが両者の中間的存在である。前者に比べて後者は近距離帯での通勤密度が低いことになる。

さらに、変化の傾向をみると、都心・副都心と横浜は前述のパターン〔ii〕に該当し（中央区は〔iii〕）、核都市のうちの残りはパターン〔i〕に該当している。前者は、通勤者の分布が遠隔化してきており、中央区は切片が頭打ちになっている。後者は、急激に雇用の中心性を増しつつある。

雇用中心の成長過程が〔i〕→〔ii〕→〔iii〕と進むと仮定すると、45～60年の間では、中央区が〔iii〕、他の都心・副都心各区と横浜が〔ii〕、残りの核都市が〔i〕の各段階にあったと考えられる。

4. 都心・副都心の放射セクター別特性

表2. パラメータの値とその変化パターン(上:切片対数/下:勾配)

都市名	45 → 60	変化	都市名	45 → 60	変化
千代田	7.9201 → 8.0728 -0.0718 → -0.0696	＋ －(ii)	横浜	5.1093 → 5.3968 -0.0737 → -0.0718	＋ －(ii)
中央	8.0963 → 8.0233 -0.0711 → -0.0678	－ －(iii)	横浜 中区	6.5126 → 6.6060 -0.0727 → -0.0710	＋ －(ii)
港	7.5410 → 7.8931 -0.0709 → -0.0691	＋ －(ii)	八王子	4.6796 → 5.3688 -0.0577 → -0.0616	＋ ＋(i)
新宿	6.7840 → 7.2073 -0.0718 → -0.0681	＋ －(ii)	立川	5.0658 → 5.5464 -0.0643 → -0.0723	＋ ＋(i)
渋谷	6.6043 → 6.9239 -0.0723 → -0.0668	＋ －(ii)	浦和	4.8134 → 5.2117 -0.0634 → -0.0640	＋ ＋(i)
豊島	5.7796 → 6.0846 -0.0685 → -0.0657	＋ －(ii)	大宮	4.6069 → 5.0022 -0.0610 → -0.0630	＋ ＋(i)
---	---	---	千葉	4.9906 → 5.5005 -0.0489 → -0.0535	＋ ＋(i)

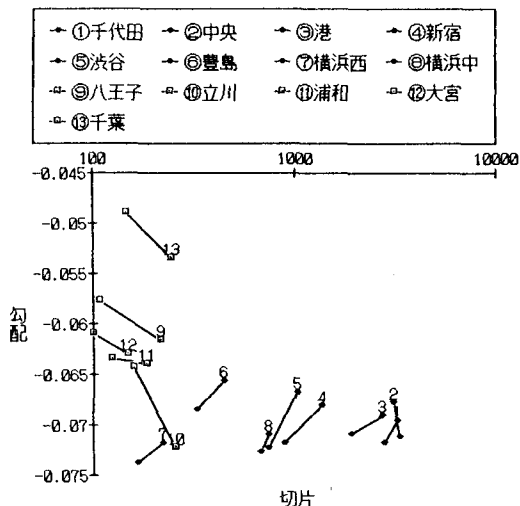


図5. 各密度関数のパラメータ変化

(1) セクター別特性の考え方

本章では、前章の変化パターンをもとに、都心・副都心に対する放射鉄道セクター別の、常住地特性を分析する。鉄道セクターは、直線距離の密度関数での分析時³⁾のものに準拠したが、時間距離であるから地理的条件は概ね排除できると考え、房総半島地域もセクター7に加えた（図6）。セクター別密度関数とは、対象圏域を放射鉄道路線に基づき7つのセクターに分割し、各々の発生データのみで密度関数を設定するものである。ここでは、都心・副都心6区に加え文京・台東区を合わせた8区を、どのセクターにも含まれない中心とし、通勤データと時間距離は、都心・副都心各区を終点とした。

既出の図5でもわかるように、パラメータの大きさとその変化幅を考えると、都心・副都心各区は、成長の大きさは異なっている。中央区や千代田区は

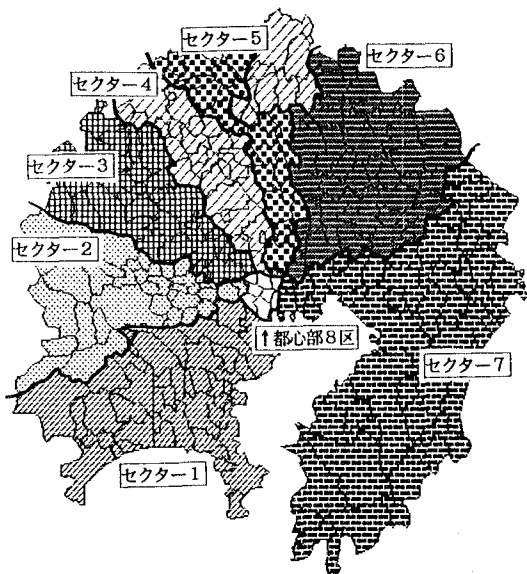


図6. 東京大都市圏セクター分割図

切片の増加が頭打ちであるのに比べ、港区や副都心は大きく増加している。また居住地側では、45～60年の間に、交通利便性が大きく向上したセクターやほとんど変化のないセクターが存在したり、人口密

度分布やD I Dの広がりなどに見られるように、歴史的な市街地形成の差から、比較的短い時間距離に居住人口余地の大きなゾーンが有るかどうかや、地価の高低など、セクターごとの居住特性が存在する。セクター別の密度関数の変化パターンは、この両者の影響が、相互に影響していると考えられる。

(2) パラメータの値とその変化パターン

表3および図7-1～3に各セクターのパラメータの値と変化パターンを示す(番号のついている点が60年)。ここに示した84個の密度関数は、いずれもパラメータは99%有意であり、決定係数も良好である(最小は60年中央区セクター2の0.7990)。

各パラメータの大きさをみると、いずれの都市においても西部のセクター1～4で切片が大きく、多くの通勤者が分布している傾向があり、東部方面では切片が小さく、かつ郊外へ向けてゆるやかに分布している。また、全ての都市においては明確には言えないが、セクター間の違いは縮小しつつあるのが大体の傾向である。

変化パターンに着目すると、従業地側では、千代田・中央は港区や副都心各区とは異なっており、セ

表3. 都心副都心各区セクター別・パラメータ変化パターン(上:切片対数/下:勾配)

都市名 セクター	千代田 45 → 60	変化 パターン	中央 45 → 60	変化 パターン	港 45 → 60	変化 パターン
SECTOR ①	7.9581 → 7.8612 -0.0688 → 0.0639	-	8.1764 → 7.7851 -0.0737 → 0.0658	-	7.7404 → 7.9405 -0.0718 → 0.0668	+
SECTOR ②	9.4028 → 8.8857 -0.0832 → 0.0732	-	9.1650 → 9.0737 -0.0755 → 0.0767	+	8.7804 → 9.0141 -0.0754 → 0.0756	+
SECTOR ③	8.7233 → 8.5420 -0.0863 → 0.0750	-	8.1279 → 8.0187 -0.0795 → 0.0738	-	7.9397 → 8.1567 -0.0797 → 0.0730	+
SECTOR ④	7.9687 → 7.6359 -0.0714 → 0.0628	-	8.5198 → 7.8277 -0.0732 → 0.0628	-	7.7498 → 7.5109 -0.0749 → 0.0660	-
SECTOR ⑤	6.7286 → 7.4539 -0.0629 → 0.0644	+	7.1470 → 7.9902 -0.0645 → 0.0725	+	6.3741 → 7.6402 -0.0621 → 0.0702	+
SECTOR ⑥	7.1106 → 7.7473 -0.0618 → 0.0665	+	7.6033 → 7.9485 -0.0625 → 0.0644	+	6.8628 → 7.4628 -0.0634 → 0.0635	+
SECTOR ⑦	6.4605 → 7.0101 -0.0640 → 0.0648	+	7.6657 → 7.7451 -0.0729 → 0.0657	+	6.5862 → 6.9039 -0.0666 → 0.0635	+
都市名 セクター	新宿 45 → 60	変化 パターン	渋谷 45 → 60	変化 パターン	豊島 45 → 60	変化 パターン
SECTOR ①	6.7160 → 6.9612 -0.0712 → 0.0643	+	6.4400 → 6.9084 -0.0715 → 0.0682	+	5.4454 → 5.7408 -0.0662 → 0.0628	+
SECTOR ②	7.4268 → 7.7609 -0.0810 → 0.0786	+	7.4946 → 7.6455 -0.0808 → 0.0750	+	6.6282 → 6.6951 -0.0751 → 0.0716	+
SECTOR ③	7.3166 → 7.8476 -0.0798 → 0.0758	+	7.0034 → 7.2088 -0.0792 → 0.0700	+	6.2973 → 6.6503 -0.0730 → 0.0686	+
SECTOR ④	6.9636 → 6.8498 -0.0722 → 0.0642	-	7.0797 → 6.5764 -0.0778 → 0.0650	-	6.2142 → 5.8761 -0.0741 → 0.0623	-
SECTOR ⑤	6.4375 → 7.0165 -0.0698 → 0.0666	+	6.6784 → 6.9859 -0.0744 → 0.0668	+	5.5604 → 6.3307 -0.0655 → 0.0700	+
SECTOR ⑥	6.1814 → 7.0724 -0.0617 → 0.0645	+	6.1974 → 6.6270 -0.0663 → 0.0616	+	5.6911 → 5.8556 -0.0672 → 0.0631	+
SECTOR ⑦	6.1528 → 6.7698 -0.0701 → 0.0657	+	5.6947 → 6.5576 -0.0633 → 0.0638	+	5.2111 → 5.7991 -0.0669 → 0.0649	+

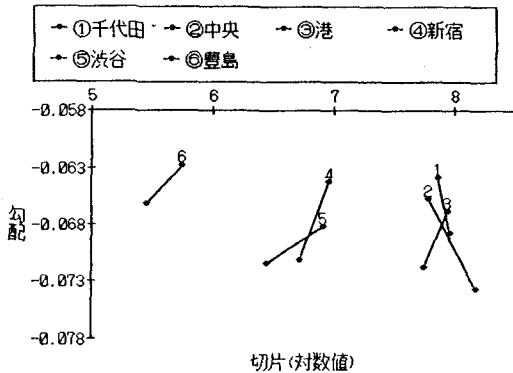


図7-1. 各密度関数のパラメータ変化(セクター1)

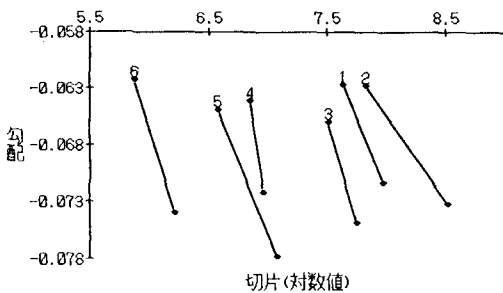


図7-2. 各密度関数のパラメータ変化(セクター4)

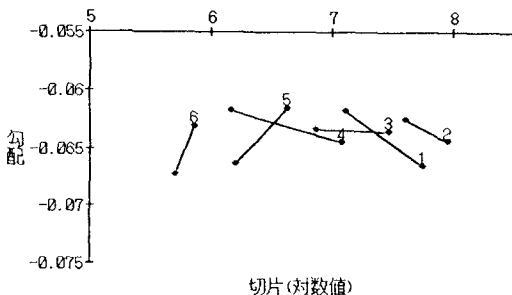


図7-3. 各密度関数のパラメータ変化(セクター6)

クター別にはパターン〔iii〕が多く雇用中心性の伸びは鈍化している。また、居住地側では、都心・副都心に対しては、セクター4では近距離帯での伸びが鈍化し、南西部セクター1～3では千代田・中央以外への伸びが大きい。しかし、セクター5～7では全区に対し、大きく伸びている。

従業地・居住地の相互作用を考えると、先行的に成長した千代田・中央では、鈍化した成長の増加分は、主に近距離居住余地の大きな東部セクターに分布したが、これに対し、港区・副都心の増加分は非常に大きく、東部セクターだけでは居住できず、西部のセクターに遠距離化の形で（つまりパターン〔ii〕

の形で）分布したものと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究の結果は、次のようにまとめられる。

- ① 鉄道を主体とするネットワークの時間距離を用いると、直線距離を用いた場合に比べ、経年的にも密度関数の説明力は大きく向上する。
 - ② 密度関数の2つのパラメータの大きさより、横浜の2区は、他の核都市よりも雇用の中心性が高く、変化傾向は東京都心部に類似する。
 - ③ 2つのパラメータの変化パターンより、雇用の中心性の成長過程を概略的に捉えることができた。
 - ④ 都心部に対する放射鉄道セクターごとにとみると、その変化パターンは、従業地の成長段階とセクターの居住地としての特性が、相互に影響して決まっていることを示すことができた。
- 今後の課題としては、以下等が考えられる。

- ① 今回のネットワークは鉄道主体のものであったためか、都心・副都心に比べ核都市の決定係数の値は小さかった。そこで、道路等のネットワークデータの改善による、郊外部の雇用中心の密度関数の精度向上の検討が考えられる。
- ② 都心・副都心・核都市以外の雇用中心への密度関数を検討し、その変化パターンを分析する。
- ③ 放射セクターの変化パターンと、核都市の放射軸・環状軸方向別の密度関数の変化パターンの、相互影響比較を行う。
- ④ 将来の、雇用中心の変化パターンの予測や計画への、密度関数の具体的な適用方策を検討する。

【参考文献】

- 1) C. CLARK: Population growth and land use, Second Edition, THE MACMILLAN PRESS LTD, 1977
- 2) 秋元・原田・太田：東京大都市圏における密度関数を用いた通勤流動の実態分析，土木計画学研究・講演集No.13, 1990
- 3) 秋元・原田・太田・新谷：密度関数による東京大都市圏の通勤OD分析，第25回日本都市計画学会学術研究論文集, 1990
- 4) 国土庁編，首都圏基本計画／首都圏整備計画
- 5) 秋元・新谷・太田：通勤交通からみた東京大都市圏における常住地・従業地特性の研究，土木計画学研究・講演集No.12, 1989
- 6) 総務庁統計局：昭和60年国勢調査摘要データシリーズNo.2「大都市圏の人口」, 1989