

道路案内標識の経路誘導効果

*

**

○島崎敏一

桑原雅夫

赤松 隆

by Toshikazu SHIMAZAKI, Masao KUWAHARA, and Takashi AKAMATSU

This paper analyses the effectiveness of the route guidance signs quantitatively. We develop two models: Two Groups Model and Time Reduction Model, which are applied to the Metropolitan Expressway. The former model shows that 80 % of drivers obeys the route guidance signs. The latter shows that the signs have an equivalent effect to travel time reduction by about 10 min. The effectiveness of route signs depends on 1) the number of junctions on a guided route, 2) the minimum distance between junctions on a guided route, and 3) whether a famous location name of a destination zone is shown.

1. はじめに

大都市における道路の交通混雑に対処する方法として、10年程前からアメリカでは TSM (Transportation System Management) という考え方がでてきた。これは、交通混雑に対処するのに、これまでのように新たな道路の建設というハードの施設によるのではなく、カープール、一方通行規制などのいわばソフトな対策によろうとするものである。大都市における道路建設コストの高騰から発案されたものであり、新たな投資をする前に、道路という既存の資源の活用を図ろうとするものである。TSM の1つとして主として路線バスを対象とするものであるが、双方方向通信設備により、道路の混雑状況などをリアル

タイムで報知するというものがある。このような通信設備による経路誘導に関する研究¹⁾も近年みうけられる。

しかし、道路交通では、一般の車のほうが圧倒的に多く、こうした車に対して双方方向の通信設備を設置するのは、コストなどからみて、容易でない。むしろ、案内標識のような片方向の報知設備のほうがより可能性が高いと考えられる。案内標識に関する研究としては標識自体の表示形式（文字の大きさ、文字の配列、標識の掲示される高さ等）に関する研究はいくつか行われている。^{2,3)} しかしながら、案内標識によってドライバーの経路選択がどのように影響を受けるのかという経路誘導効果を定量的に把握する研究はほとんどなされていない。

4段階推定法における最後の段階である配分交量の推計にあたっては、これまでは、いくつかの配分モデルが提案されてきた。最短経路配分法、総走行時間最小化法、転換率曲線法、時間比配分法、均衡配分法などがそれであるが、これらはいずれも、

* 正会員 工学博士 東京大学工学部助教授
(東京都文京区本郷 7-3-1)

** 正会員 Ph.D 東京大学工学部講師

*** 学生会員 東京大学工学部土木工学科修士

各経路の所要時間、コスト、距離などの定量化できる要因のみを交通施設のサービス変数として考慮したものである。この点で、快適性、案内標識の誘導効果などの定量化の困難な要因は無視されてきたといえる。

本研究は、経路交通量を明示的に把握できる時間比配分法を首都高速道路網に適用して、道路案内標識の経路誘導効果を検討するものである。首都高速道路を対象に選んだ理由は、経路交通量に関するデータが得られていることと、さらに首都高速道路は、料金が現行 500 円均一であり、経路所要時間と経路案内標識の誘導効果との関係をかなり純粋に記述できると思われるからである。

2. 解析モデル

本研究では、経路誘導効果を分析するために以下のような 2 種類の配分モデルを用いる。

2. 1 二集団モデル

日本では、いわゆる日曜ドライバーというものの割合が多く、ある地域の道路ネットワークの構造、サービスレベルなどについてはあまりよく知らず、もっぱら案内標識、道路マップなどの外部情報に依存して経路を決定しているグループが存在する。一方、タクシー、トラックなどの運転者のように、道路ネットワークについて熟知しており、狭い一方通行の道路までも利用して経路を決定しているグループもある。

本モデルは、平日の道路交通においては、この 2 種類の運転者グループがあり、道路ネットワークをよく知らないグループについては道路案内標識にしたがって経路を選択し、熟知しているグループについては、各自の判断で、所要時間を基準として経路の選択を行っていると仮定する。道路ネットワークを熟知しているグループに対しては、時間比配分法を適用する。

発ゾーンと着ゾーン間に K 種類の経路があり、そのうち経路誘導されている経路を k^* とあらわすことにする。ある発ゾーン i ($i=1, \dots, I$) から、着ゾーン j ($j=1, \dots, J$) への分布交通量を T_{ij} とあらわし

道路ネットワークを熟知している人の割合を p_{ij} とすれば、分布交通量 T_{ij} のうち道路ネットワークを熟知している人の分布交通量 T'_{ij} と、ネットワークをよく知らない人の分布交通量 T''_{ij} は、次のようにあらわせる。

$$T'_{ij} = T_{ij} p_{ij} \quad (1)$$

$$T''_{ij} = T_{ij} (1 - p_{ij}) \quad (2)$$

道路ネットワークを熟知している人については、次のような時間比配分モデルを仮定する。

$$T'_{ijk}/T'_{ij} = \exp(-at_{ijk}) / \sum_m \exp(-at_{ijm}) \quad (3)$$

ここで、 t_{ijk} は OD ペア ij 間の第 k 経路の所要時間であり、 a はパラメーターである。

一方、道路ネットワークをよく知らないグループについては、全員が誘導経路に配分されると仮定して、

$$T''_{ijk} / T''_{ij} = \delta_{ijk} = \begin{cases} 1, & k = k^* \\ 0, & k \neq k^* \end{cases} \quad (4)$$

式 (1) から (4) より、発ゾーン i から着ゾーン j まで経路 k によるトリップ数は次式で与えられる。

$$T_{ijk} = T_{ij} p_{ij} \{ \exp(-at_{ijk}) / \sum_m \exp(-at_{ijm}) \} + T_{ij} (1 - p_{ij}) \delta_{ijk} \quad (5)$$

この式で、OD 調査、速度調査などが行われていれば、未知数は、道路ネットワークを熟知している人の割合 p_{ij} および配分交通量モデルのパラメータ a のみである。

2. 2 時間割引モデル

ここでは、見方を変えて、異なった経路選択行動のモデル化を試みることにする。ドライバーは、均質な集団で構成されていると考え、各ドライバーは

案内標識が全く無かったらば、式(3)で示されるような時間比配分モデルに従うとする。ところが、案内標識が存在する場合にはドライバーはある程度その誘導されている経路にひきつけられ、あたかもその経路の所要時間が割引されたようにその経路に誘導されると仮定する。

先に述べた時間比配分モデルを用いると、 i, j 間のODペアのうち第 k 経路を選択する交通量の割合は、

$$T_{ijk}/T_{ij} = \frac{\exp\{-a(t_{ijk} - \delta_{ijk} c_{ij})\}}{\sum_m \exp\{-a(t_{ijm} - \delta_{ijm} c_{ij})\}} \quad (6)$$

と表せる。すなわち経路案内されている経路 k^* については、仮定よりその所要時間が、 c_{ij} だけ割引されるものとする。

3. 首都高速道路網への適用

3.1 道路網の概要と使用したデータ

首都高速道路網でのデータを用いて提案した二つのモデルのパラメーターをキャリブレーションした。

ネットワークの概略を図1に示す。ネットワークは、東京駅をほぼ中心とする直径約4kmの環状線とそこから外側に延びる放射線とで構成されている。ただし、環状線内には、八重洲線と通称 k 線が混在している。首都高速は、分岐点での分岐方向がその道路構造によって指定されているため、一旦環状線を外回り(右回り)に通行し始めると、外回り方向にしか通行できないようになっている。そのためあるODペアを考えた場合、可能な経路数は3から4本に限定される。例えば、AからFに向かうトリップをとると、A-B-D-E-F, A-B-C-D-E-F, A-B-C-E-F, A-G-Fの4本の経路が可能である。ところが、A-B-D-C-E-Fという経路は分岐Dでの分岐方向が一方方向のみに決められているので存在しない。

ODペアについては、対象ネットワーク上の6本の放射線上のランプを取りまとめた6個のランプブロックを作成し、これを一つのゾーン単位とした(

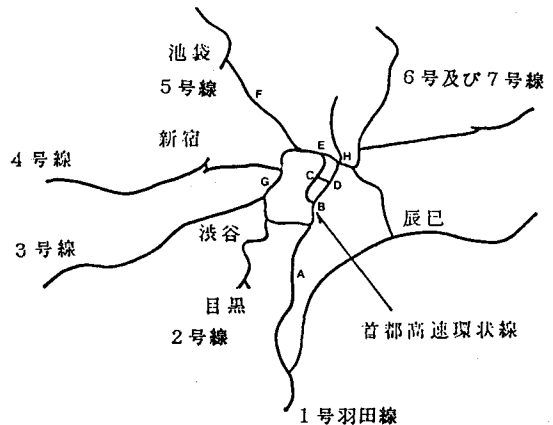


図1 首都高速道路網図

1号羽田、2号、3号、4号、5号、6及び7号)。従って、分析対象とするペアは放射線から環状線に入り再び放射線に流入するペアに限られる。ここで用いた時間比配分モデルは経路間の所要時間の差のみの関数となるので、一つのゾーン内での流入あるいは流出ランプの違いによる経路所要時間のバラツキは、問題にはならない。

経路の所要時間については、首都高速道路公団が行ったスピード感知器のデータとリンク長より求めた。このデータは、昭和57年11、12月の6週間にわたって、ネットワーク上の922の感知器から得られたものであり、午前6時から午後5時までの11時間について5分間隔で車のスピードを検出したものである。このデータより、リンクの平均スピードを集計し、所要時間を1時間ごとに求めた。

実際の経路選択行動については、同じく首都高速道路公団が昭和58年10月に実施した、第17回首都高速道路交通起終点調査⁴⁾によった(サンプルは約13万トリップ、20%サンプル率)。これを集計し、1時間ごとに各トリップの起終点と通過経路を把握した。

3. 2 パラメーターのキャリブレーション結果

パラメーターの値は両モデルとも以下のように残差の二乗和を最小にする事により求めた。

$$\sum_{ijk} (T_{ijk}^* - T_{ijk})^2 \rightarrow \text{Min}$$

ここで T_{ijk}^* は ij OD間の第 k 経路交通量実測値である。

トリップの種類を I: 通勤、通学目的あるいは貨物車のトリップ（以下、通勤トリップと言う）、II: その他（買物、社交、業務、等）の 2 種類に分類して求めたパラメーターの値を表 1~4 に示す。ただし、ODペアのうち、トリップ種類別の日交通量が 100 トリップ未満のペアについては除外している。

表 1 二集団モデルのパラメーター（通勤・通学・貨物）

	1 類	2	3	4	5	6
1 号・通勤	----	----	0.00	0.05	0.38	0.05
	----	----	0	1.8	3.7	0.9
2 号	----	----	----	0.01	0.08	0.19
	----	----	----	0.8	2.4	1.6
3 号	0.02	----	----	----	0.02	----
	1.0	----	----	----	0.4	----
4 号	0.02	----	----	----	0.00	0.08
	1.2	----	----	----	0	1.1
5 号	----	0.17	0.07	----	----	0.00
	----	4.5	1.1	----	----	0
6 号	0.12	0.17	0.75	0.03	0.00	----
	3.2	2.9	6.5	0.8	0	----

$\alpha = 0.116$, 上段: Pij, 下段: 誤差率 (%)

表 2 二集団モデルのパラメーター（その他）

	1 類	2	3	4	5	6
1 号・通勤	----	----	0.02	0.07	0.28	0.11
	----	----	1.2	1.9	3.5	2.5
2 号	----	----	----	0.00	0.13	0.31
	----	----	----	0	4.3	3.6
3 号	0.02	----	----	----	0.02	----
	0.8	----	----	----	0.7	----
4 号	0.03	0.00	----	----	0.06	0.09
	1.4	0	----	----	0.9	0.9
5 号	----	0.18	0.05	0.00	----	0.00
	----	3.1	1.1	0	----	0
6 号	0.29	0.29	0.93	0.10	0.02	----
	6.3	3.5	6.7	0.8	0.3	----

$\alpha = 0.116$, 上段: Pij, 下段: 誤差率 (%)

まず、両モデルの各 OD ペア別の誤差の大きさを見ると、両モデルとも、(7) 式にて示される誤差率は概ね 10 % 以下であった。

$$\text{誤差率} = \{ \sum_k (T_{ijk}^* - T_{ijk})^2 \}^{1/2} / T_{ij} \quad (7)$$

パラメーター α の値については、二集団モデルではトリップ種類によらず、0.116 [1/分] であった。また時間割引モデルについては、トリップ種類 I で 0.175 [1/分]、II で 0.155 [1/分] というように、通勤トリップに関する所要時間の重みが多少大きくでている。この範囲の α の重みというのは、所要時間差が 10 分間の二経路間の分担率を約 3 : 7 から 2 : 8 にする程度の効果を持ち、経路選択率は所要時間にかかなり敏感であると言える。

表 3 時間割引モデルのパラメーター（通勤・通学・貨物）

	1 類	2	3	4	5	6
1 号・通勤	----	----	∞	32.2	11.5	16.8
	----	----	0	2.0	3.6	0.8
2 号	----	----	----	30.9	26.6	10.5
	----	----	----	0.9	2.8	2.5
3 号	29.7	----	----	----	20.9	----
	7.5	----	----	----	0.4	----
4 号	33.8	----	----	----	∞	13.5
	1.3	----	----	----	0	1.1
5 号	----	16.5	15.6	----	----	∞
	----	4.9	1.2	----	----	0
6 号	14.4	12.2	1.6	14.1	∞	----
	2.3	2.8	5.8	0.8	0	----

$\alpha = 0.175$, 上段: Cij (分), 下段: 誤差率 (%)

表 4 時間割引モデルのパラメーター（その他）

	1 類	2	3	4	5	6
1 号・通勤	----	----	30.1	31.9	15.3	14.1
	----	----	1.2	2.3	3.8	2.5
2 号	----	----	----	∞	18.4	8.6
	----	----	----	0	4.8	5.0
3 号	30.7	----	----	----	25.5	----
	13.3	----	----	----	0.7	----
4 号	34.2	∞	----	----	10.2	12.6
	1.8	2.4	----	----	0.9	0.9
5 号	----	19.8	17.1	∞	----	∞
	----	3.5	1.2	0.8	----	0
6 号	8.0	8.8	0.1	12.2	16.6	----
	5.4	3.5	5.8	0.8	0.3	----

$\alpha = 0.155$, 上段: Cij (分), 下段: 誤差率 (%)

通勤トリップの二集団モデルのパラメーター p_{ij} は、6号線から3号線、及び1号羽田線から5号線についてのペア以外で、概ね 0.2 以下の範囲で分布している。又、その他のトリップについては、およそ 0.3 以下である。この6号線から3号線に向かう場合の誘導経路には、3号線を代表する”渋谷”という地名が経路の分岐地点での案内標識に表示されていない。このために、誘導されている経路を選択する割合が小さくなり、よって p_{ij} の値が大きくなっているものと思われる。又、1号羽田線から5号線に向かう誘導経路は、このペア間の最短所要時間経路とくい違っているために p_{ij} が多少大きくなっていると解釈できる。

各ODペアごとの p_{ij} の大小関係は、トリップ種類別に大きいところは大きく、小さいところは小さいというように、同じ傾向を示している。ただ、各ODペアごとに通勤トリップと、その他のトリップを比べると標識に従わない人の割合(p_{ij})が通勤トリップで小さくなっている。一般には通勤トリップについては、ネットワークを良く知っている人が多いと考えられるにもかかわらず標識に従わない人の割合(p_{ij})の値が通勤トリップで小さくでているのである。これについては、買物、社交、業務目的のトリップであっても、かなりネットワークを知っている人のみが首都高速道路を利用しているのではないかと考えられる事と、さらにこれらのトリップ目的については、タクシー利用者がかなり多く、ネットワークを熟知しているタクシー運転手の行動がパラメーターに現れてしまっている事が理由にあげられる。

時間割引モデルのパラメーター c_{ij} の値は、両トリップ種類についてはほぼ同じ程度の範囲でばらついている。すなわち6号線から3号線へのペアを除くと、約 10 [分] ~ 35 [分] の範囲で分布している。6号線から3号線に関する c_{ij} が特に小さいのも先に述べた理由によるものと思われる。1号羽田線から5号線についても、 c_{ij} の値は小さいものになっている。

p_{ij} と同様に、各 OD ペアごとの c_{ij} の大小関係は、トリップ種類別に同じ傾向を示している。平均的に 15 分程度の所要時間の割引が行われている。すなわち、上記の a を用いた場合、もし所要時間の等しい 2 経路間の一方を案内標識が経路誘導してい

る場合には、分担率が 30~40 % 程度変化するということになる。標識の効果は平均的にかなり大きいと考えられる。

二集団モデルの p_{ij} と c_{ij} を比較すると、 p_{ij} の大きい OD ペアについて c_{ij} が小さいという関係が見られる。案内標識に従わない人の割合(p_{ij})が大きい場合に、時間割引(c_{ij})が小さいということを示し、うなずける結果である。

3. 3 パラメーター(p_{ij} , c_{ij})に影響する要因

これまで、二集団モデルと時間割引モデルを用いて、経路誘導効果を表す指標 p_{ij} 及び c_{ij} を求めたが、本節では、以上で求められた割引き率 p_{ij} 及び c_{ij} のパラツキがどのような要因によって説明されるかを分析する。

(1) 考慮する要因

ここでは、下記のように標識の特性とネットワークの特性を計4つ考慮することにする。

標識の特性

- 1) 有名地点表示率 (案内標識に目的地ゾーン内の有名地点名があるか否か)
- 2) 平均標識数 (誘導経路上の1分岐当りの平均標識数)

ネットワークの特性

- 3) 分岐数 (誘導経路上の分岐数)
- 4) 最小分岐間距離 (誘導経路上の最小分岐間距離)

まず、有名地点表示率であるが、本研究では、各放射線を1つのゾーンにしているので、各々のゾーンについて、著名な地名を、

1号羽田	(ゾーン1)	: 横浜、羽田
2号	(" 2)	: 目黒
3号	(" 3)	: 渋谷
4号	(" 4)	: 新宿
5号	(" 5)	: 池袋
6、7号	(" 6)	: 小松川

とした。そして、有名地点表示率は誘導経路上の案内標識のうち、何割の標識がこの地名を表示しているかを示している。

平均標識数は誘導経路上の標識のうち上記の有名な地名が掲示されているものの数をその経路の分岐数で除した値である。ここでいう分岐とは、あるODペアを考えた場合に考慮すべき経路間の分岐のことであり、他の目的地へ向かう経路との分岐は含んでいない。図1で説明すれば、1号羽田線から5号線へ向かう時、先に説明したように4本の経路が考えられるが、経路間の分岐としては、分岐A,B,Cがあり、分岐Hはここでいう分岐数には含まれないということである。分岐Hは、考慮されている4本の経路間の分岐ではない。分岐数及び最小分岐間距離についていう分岐もここで説明した分岐をいう。

これらの他にも、標識のロケーション例えば、分岐地点から何メートル手前というような要因も考えられるが、これは、どの分岐についてもロケーションがほぼ一定しているので分析できなかった。

(2) 分析

以上の4つの要因と P_{ij} , C_{ij} との相関を描いたのが、図2から7である。図2～5よりわかるように、 C_{ij} は特にネットワーク特性である分岐数と負の相関、そして最小分岐間距離と正の相関が強い。分岐数が多い場合や分岐間距離が短い場合には、分岐点での車線変更が頻繁かつ複雑になる事がこの原因であろう。また、標識の特性のうち有名地点表示率は多少の正の相関は見とれるが、ほとんどの標識が有名地点名を表示してあるので、良い結果は得られなかった。しかしながら、先に述べたように6号線から3号線についての経路誘導効果が小さいことは、この有名地点名表示率によって説明できる。また、平均標識数とは明らかな相関がみられなかった。しかし一般には、複雑な分岐点では多くの案内標識が必要とされ（1分岐当りの案内標識数は多いところで5つある）、分岐地点のジオメトリの複雑さと必要標識数との関連性については、今後の研究が待たれる。

P_{ij} についても同様の事がいえ、この場合は分岐数と正、最小分岐間距離と負の相関が見受けられる

が、相関は C_{ij} 程クリアーではない。

図2～7は、通勤トリップについての図であるがその他のトリップについても同様の傾向を示している。ちなみに、 P_{ij} と C_{ij} を各々分岐数及び最小分岐間距離で直線回帰分析した結果を表5に示す。

4. まとめ

P_{ij} , C_{ij} という指標に基づいて誘導効果に影響する要因を分析した結果、以下の事が結論される。

- 1) 誘導経路上の分岐数が少ないほど、誘導効果は大きい。
- 2) 誘導経路上の分岐間距離が長いほど、誘導効果は大きい。
- 3) 標識に目的地を代表する有名地点名が表示されているほうが、誘導効果は大きい。

標識自体の改善についてはあまり積極的な結論は得られなかったが、どういったネットワークで誘導効果が大きいのか、また、例えば分岐の少ない経路に誘導してやると効果が大きくなるといったネットワーク特性、あるいは誘導経路の取り方についてある程度参考になる結果が得られた。

表5 パラメーターに関する回帰分析

		二集団モデル		時間割り引きモデル	
		通勤	その他	通勤	その他
回帰 1	β	0.196	0.221	-9.50	-8.49
	α	-0.151	-0.151	32.5	29.3
	$\text{Var}(\beta)$	0.0031	0.0043	8.91	11.0
	R	0.81	0.78	0.81	0.73
回帰 2	γ	-0.0416	-0.0445	3.47	3.67
	α	0.250	0.281	7.11	5.69
	$\text{Var}(\gamma)$	0.00051	0.00066	0.939	0.883
	R	0.64	0.61	0.83	0.84

回帰 1: P_{ij} (or C_{ij}) = $\alpha + \beta$ (分岐数)

回帰 2: P_{ij} (or C_{ij}) = $\alpha + \gamma$ (最短分岐間距離 [km])

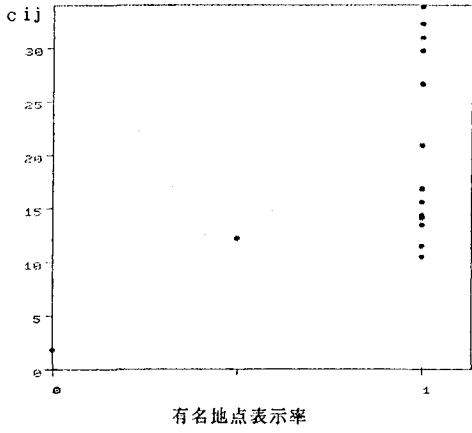


図2 cij (通勤・通学・貨物) と有名地点表示率との相関

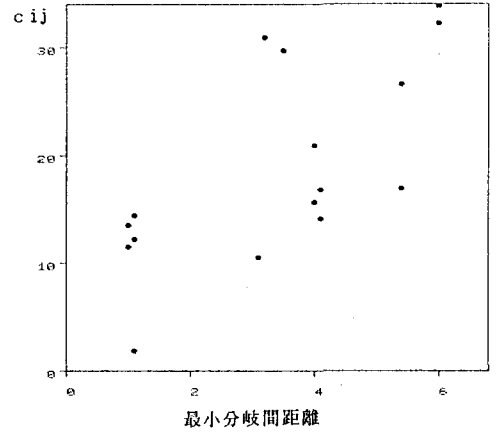


図5 cij (通勤・通学・貨物) と最小分岐間距離との相関

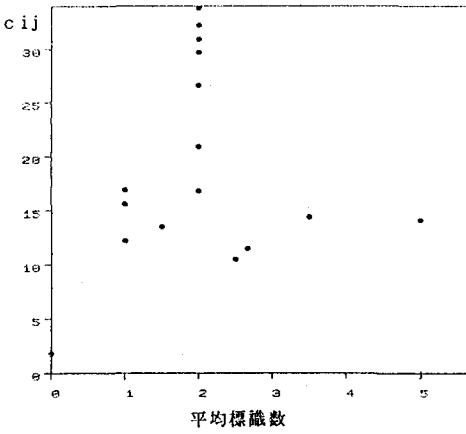


図3 cij (通勤・通学・貨物) と平均標識数との相関

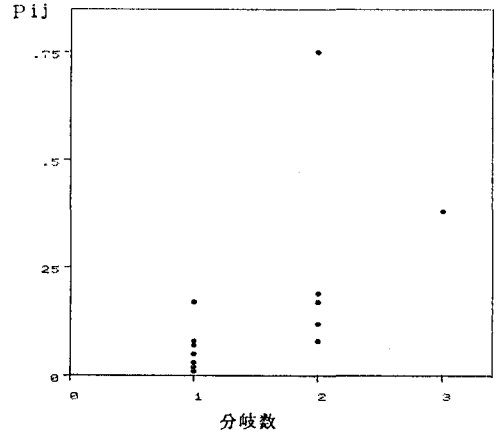


図6 Pij (通勤・通学・貨物) と分岐数との相関

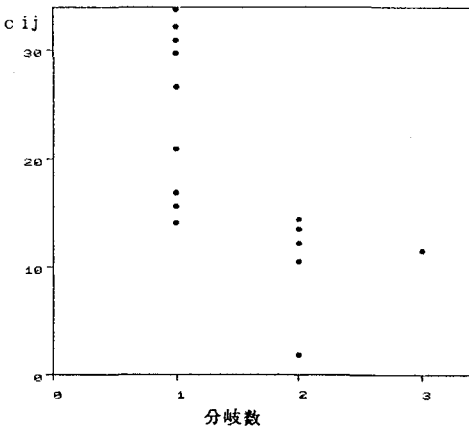


図4 cij (通勤・通学・貨物) と分岐数との相関

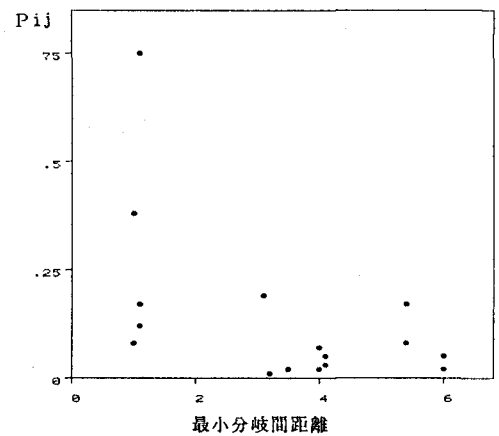


図7 Pij (通勤・通学・貨物) と最小分岐間距離との相関

参考文献

- 1) Tsuji. H et al. : A Stochastic Approach for Estimating the Effectiveness of a Route Guidance System and Its Related Parameters, Transp. Sci. Vol.19, No.4, Nov. 1985.
- 2) 大蔵泉、宇留野藤雄、内海正和：案内標識の情報量に関する一分析、交通工学、Vol.16, No.3, 1981.
- 3) 栗本典彦：案内標識の設置位置と表示規模との関連 - 交通要因を考慮した多車線道路の場合 - 交通工学、Vol.15, No.1, 1980.
- 4) 首都高速道路公団計画部調査課、昭和58年度第17 回首都高速道路交通起終点調査、昭和 59 年12月.
- 5) 松本嘉司：交通計画学、pp.98-102, 培風館、昭和60年2月.
- 6) Office of Policy and Program Development, Urban Mass Transportation Administration, U.S.Dept. of Transportation:Transportation System Management - State of Arts, Feb.1977.