

非観測道路区間交通量推定のための交通量観測点の最適配置計画に関する研究

A Study on Optimum Allocation of traffic counting point
for Estimation of Traffic Volume at Non-Observed Road Sections

外井哲志*・天本徳浩**

by Satoshi TOI and Tokuhiro AMANOTO

We have developed a model, which enables us to estimate the traffic volume at non-observed road sections. This model needs the observed volume at other sections and the constitutional ratio of OD trips on each section in the network.

In this paper, the approximate equation of error which arises in the process of the estimation is introduced, and then the effect of using the data of observed links on the reliability of the estimation is analysed. The effective and essential links for estimation of traffic volume, which would reduce the error, are extracted from the road network including Fukuoka City using the branch-and-bound method.

1. はじめに

道路交通管理においては将来計画等に比べて最新の交通量データを必要とする度合いが大きい。このため調査間隔が長く、調査地点が限定された従来の道路交通計画等のための調査データでは、精度上十分に目的を達成することができないことが多い。一方道路交通管理のための交通量の調査体制は、データの利用が不定期的かつ不定型的であることもあり、システムとして確立していないのが実状である。このような状況を考えると、適切な道路交通管理のためには、長周期調査の中間年の補間推定あるいは直接観測されていない区間の交通量推定により、最新の交通量の推定値を提供できるシステム、およびそのシステムを有効ならしめる交通量観測体制を構築する必要性が大きいといえよう。

* 正会員 工修 九州大学講師 工学部土木工学科

** 学生員 工修 九州大学大学院 博士課程

(〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)

以上の背景から、道路交通センサスのような大規模調査をベースとして非観測区間、非観測時点における道路区間交通量を推定する試みがなされている。この立場は区間交通量の現状を知ることを主たる目的とするが、交通量の推定法のみならず、推定誤差および観測点の道路網内における代表性、最適配置までも含めて考察するものであり、これに関連して交通量観測点の配置という観点から、OD網羅規準を用いて観測点を道路網上で特定する方法^{2,3)}、走行台キロの推定誤差と観測地点の配置間隔との関係^{4,5)}などの研究がなされている。また、観測交通量の利用という立場から、現実の道路網に即した交通需要を比較的小規模の範囲において推計する目的で、観測交通量を用いて対象道路網内のOD交通量の推定を行う実測路上交通量モデル¹⁾に関する研究などが行なわれている。

ところで、交通量観測体制の合理化に関する考察を行なうためには、交通量の推定の方法、推定交通量に要求される精度等に関する前提を明確にしてお

く必要がある。道路区間交通量の推定方法としては、時系列分析による方法が考えられるが、交通量の推定を必要とする区間の過去のデータの蓄積の状況によっては適用不可能な場合もあること、現在の状況を全く考慮できないこと等の理由から、積極的に用いるべき手段ではないと考えられる。そこで、第2の方法として、現在の交通量が観測されている道路区間（観測区間）の観測値と道路網上の各リンク交通量のOD構成推定値とを用いて、交通量が観測されていない道路区間（非観測区間）の現在交通量を推定する方法が考えられる。この方法は現在の状況を交通量観測値を用いて反映させることができ、またOD構成については既存の交通量配分結果等を用いればよく、大きな労力を要しない利点がある。

本稿は上記第2の方法による推定を前提として、その推定誤差の大きさに関する定式化を試みるとともに、観測点の配置状況が推定誤差に及ぼす影響の構造および誤差評価と最適観測網等について考察し、その理論を実在の道路網に適用した結果を示すものである。

2. 非観測区間の交通量推定法

ノードとリンクとで構成される道路網上を各OD交通が複数ルートに分かれて通行しており、各リンクのOD構成は既知であるとする。また、少数のリンクには交通量の観測点が配置されており、実測交通量が即座に提供されるものとする。さて、ここで非観測リンクの交通量を構成するODを、(1) 観測リンクを流れているもの（観測OD）と (2) 観測リンクを流れないもの（非観測OD）の2種類に区分する。以下に記号の説明を行う。

t_{ij} : リンク j を流れるODペア i の交通量

t_j : リンク j の交通量

F_j, H_j : リンク j を流れるODのうち、道路網内の観測点において少なくとも一部が観測されているODペアの集合および全く観測されていないODペアの集合

f_j, h_j : リンク j の観測OD交通量の和および非観測OD交通量の和

$$f_j = \sum_{i \in F_j} t_{ij}, \quad h_j = \sum_{i \in H_j} t_{ij} \quad (1)$$

非観測OD交通量は、リンクのOD構成から先決的に観測OD交通量との比(r_j)を計算しておけば、

観測OD交通量が推定されると同時に求められる。

$$h_j = r_j \cdot f_j \quad (2)$$

また観測OD交通量のうちODペア i に対応するものは、観測リンク全体におけるODペア i の構成量と各非観測リンクにおけるODペア i の構成量の比および観測リンクの実測交通量を用いることによって知ることができる。これを各々のリンクで観測OD全体について総合することによって、各非観測リンクを流れる観測ODの交通量を知ることができる。

$$u_{ij} = t_{ij} / T_i \quad (3)$$

$$T_i = \sum_{m \in M} t_{im} \quad (4)$$

$$v_{im} = t_{im} / \sum_{i \in G} t_{im} = t_{im} / t_m \quad (5)$$

ここに、

T_i : 道路網内の観測リンクを通過するODペア i 交通量の単純和

t_{im}, v_{im} : 観測リンク m を通過するODペア i の交通量とそのリンク内構成率

M : 観測リンクの集合、 G : ODペアの集合

また、 q_m を観測リンク m における観測交通量とすれば、定義された諸量を用いることにより、 f_j 、 t_j は次のように表わされる。

$$f_j = \sum_{i \in F_j} u_{ij} \left(\sum_{m \in M} v_{im} q_m \right) \quad (6)$$

$$t_j = f_j + h_j = (1 + r_j) f_j \quad (7)$$

式(6),(7)において、 u_{ij}, v_{im}, r_j は道路網におけるOD交通の流れのパターンと交通量観測点の配置リンクの位置から決まる既知量であり、 q_m のみが変量である。式(6),(7)は、各リンクのOD構成率は求められた当初において、ある程度以上の精度が保証されており、その後の短期間内に大きく変化しないということ、および観測交通量 q_m に大きな誤差が含まれないこと、という2つの重要な仮定の上に成立つ。

3. OD構成率、観測交通量の誤差の影響

2. で示した仮定は現実には容易に成立しないので、式(7)中の各要素にある程度の誤差が含まれることを前提として考察を続けなければならない。

リンク j を通過する i OD交通量 t_{ij} は、交通量配分計算や路側OD調査の結果として入手できる数

量であり、誤差 e_{ij} を含んでいる。すなわち、

$$t_{ij}' = t_{ij} + e_{ij} \quad (8)$$

q_m にも誤差 Δq_m が含まれているとすると、

$$q_m = t_m + \Delta q_m \quad (9)$$

また、誤差 e_{ij} の各種集計値を次のように定義する。

$$\begin{aligned} \alpha_j &= \sum_{i \in F_j} e_{ij}, & \beta_j &= \sum_{i \in H_j} e_{ij} \\ e_j &= \sum_{i \in G} e_{ij}, & E_i &= \sum_{m \in H} e_{im} \end{aligned} \quad (10)$$

ここで、誤差 e_{ij} の期待値は0であるとすれば α_j , β_j , e_j , E_i はそれぞれ f_j , h_j , t_j , T_i に対して極めて小さな値であると考えることができる。以下、リンク交通量 t_j の推定誤差を解析する。

r_j の誤差を Δr_j とする。式(1), (2), (8)より、

$$\begin{aligned} r_j + \Delta r_j &= \frac{h_j + \beta_j}{f_j + \alpha_j} \\ &= \frac{h_j}{f_j} \left(1 + \frac{\beta_j}{h_j} - \frac{\alpha_j}{f_j} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

次に f_j の誤差を Δf_j とすると、 $f_j + \Delta f_j$ は式(8)を式(3), (5)に代入して整理した結果を、さらに式(6)に代入して得られ、

$$\begin{aligned} f_j' &= f_j + \Delta f_j \\ &= \sum_{i \in F_j} (u_{ij} + \Delta u_{ij}) \sum_{m \in H} (v_{im} + \Delta v_{im}) (t_m + \Delta q_m) \\ &= f_j + \alpha_j - \sum_{i \in F_j} \left\{ \frac{t_{ij} + e_{ij}}{T_i} \sum_{m \in H} \frac{e_m - \Delta q_m}{t_m} \right\} \end{aligned} \quad (12)$$

となる。

したがって、 j リンクの推定交通量 t_j' は、

$$\begin{aligned} t_j' &= t_j + \Delta t_j = (1 + r_j + \Delta r_j) (f_j + \Delta f_j) \\ &= (1 + r_j) f_j + \Delta r_j f_j + (1 + r_j) \Delta f_j \\ &\quad + \Delta r_j \Delta f_j \\ \Delta t_j &= \Delta r_j f_j + (1 + r_j) \Delta f_j + \Delta r_j \Delta f_j \end{aligned} \quad (13)$$

上式の第3項は微小項と考え、第1項、第2項のみを対象とすると、 t_j の推定誤差 Δt_j は次式(14)で表わされる。

なお、ネットワークにおけるシミュレーションに

$$\begin{aligned} \Delta t_j &= e_j - (1 + r_j) \sum_{i \in F_j} \left(\frac{t_{ij} + e_{ij}}{T_i} \right) \cdot \\ &\quad \frac{1}{T_i} \sum_{m \in H} \frac{e_m - \Delta q_m}{t_m} \end{aligned} \quad (14)$$

よると、 Δt_j に関する厳密値(式(1), (2), (7)に式

(8)を代入して得られる $t_j + \Delta t_j$ から t_j を差し引いた値)と式(14)より得られる値との相関係数は e_{ij} の大小にかかわらず、ほぼ1.0であり、式(14)は十分な精度の近似であるといえる。また、式(14)をさらに簡略化した次の式(15)によって得られる値と厳密値との相関係数もほぼ1.0であり、式(15)も式(14)と同様十分な精度の近似であるといえる。

$$\Delta t_j = e_j - (1 + r_j) \sum_{i \in F_j} \frac{t_{ij}}{T_i} \sum_{m \in H} \frac{e_m - \Delta q_m}{t_m} \quad (15)$$

4. 観測地点の配置状況と推定誤差との関係

式(15)において、第1項は配分計算等による誤差であり、リンク固有の値である。これを固有誤差と呼ぶことにする。第2項の $1 + r_j$ は観測されるOD交通量が増加するに従って減少し、すべてのODが観測された状態では $r_j = 0$ となるため最小値1をとる。誤差 e_{ij} を確率変数とすると、式(15)で表わされる Δt_j も確率変数である。ここで観測交通量の誤差 $\Delta q_m = 0$ の場合を考えて見よう。式(15)は、

$$\begin{aligned} \Delta t_j &= e_j - (1 + r_j) \sum_{i \in F_j} x_i \\ x_i &= \frac{1}{T_i} \sum_{m \in H} \frac{t_{im}}{t_m} e_m \end{aligned} \quad (16)$$

のように表現される。式(16)において、 e_j (e_m), x_i はともに確率変数である。 e_j (e_m) の期待値を、 e_j^* (e_m^*), 分散を σ_j^2 (σ_m^2) とすれば、 x_i の期待値 x_i^* , 分散 σ_{x^2} は次のように表わされる。

$$\begin{aligned} x_i^* &= \frac{1}{T_i} \sum_{m \in H} \frac{t_{im}}{t_m} e_m \\ \sigma_{x^2} &= \left(\frac{1}{T_i} \right)^2 \sum_{m \in H} \left(\frac{t_{im}}{t_m} \right)^2 \sigma_m^2 \end{aligned} \quad (17)$$

式(17)を用いると Δt_j の期待値 Δt_j^* , 分散 σ_{t^2} は次のように表わされる。

$$\begin{aligned} \Delta t_j^* &= e_j^* - (1 + r_j) \sum_{i \in F_j} (t_{ij} x_i^*) \\ \sigma_{t^2} &= \sigma_j^2 + (1 + r_j)^2 \sum_{i \in F_j} (t_{ij}^2 \sigma_{x^2}) \end{aligned} \quad (18)$$

式(18)で表わされる j リンク交通量の推定誤差の期待値と分散とは、観測リンクの数と組み合わせによって異なってくる。解析によれば、リンク j の交通量を構成するOD交通量の成分を観測リンクでカバーする割合が高いほど推定誤差は小さくなる。すなわち、一般的傾向として多数の観測点を増加す

ることは、(1) F_j の要素数の増加、(2) 同一ODに関する複数リンクによる多重の観測、の2面から σ_e^2 の第2項(伝播誤差)を減少させる効果があることがわかる⁶⁾。逆説的にいえば、観測点を多数追加しても、伝播誤差部分が減少しなければ、追加リンク群に含まれるリンクの個別的追加も効果はないと考えることができる。このことは、後に述べる分枝限定計算の際の探索枝棄却(step(4))の根拠となっている。

5. 推定誤差の評価と観測網の最適化

ここで推定誤差の評価法とこれを用いた最適観測網の構成法について考察する。式(18)に示された Δt_{ij}^* は正負いずれの値もとりに得ることから、 Δt_{ij}^* が正の場合には $\Delta t_{ij}^* + \sigma_e$ が、また Δt_{ij}^* が負の場合には $\Delta t_{ij}^* - \sigma_e$ がそれぞれ絶対値の大きい側の σ 点となる。この値をできるだけ0に近づけることにより、各リンクの推定誤差を全体として小さくすることができる。そこで各リンクにおける誤差の評価に関して次の関数を考える。

$$Z_j = [(\Delta t_{ij}^* + \sigma_e)^2 + (\Delta t_{ij}^* - \sigma_e)^2] / 2 \\ = \Delta t_{ij}^{*2} + \sigma_e^2 \quad (19)$$

Z_j はリンク j の推定誤差の代表値であるので、この値が各リンクで許容される範囲内であることが望まれる。すなわち、

$$\Delta t_{ij}^{*2} + \sigma_e^2 \leq \theta_j^2 \quad (20)$$

ここに、 θ_j はリンク j に求められる誤差許容水準値であるが、一般的な許容水準に各リンクの重要性を加味して定められる値である(例えば、一般的な許容水準 p に対して、 $\theta_j = f(p/l_j)$ とするなど)。

交通量観測点の最適配置の問題は、(1) 観測点数一定の制約条件下に式(19)の Z_j の和または積を最小化する、(2) 各リンクの式(20)の制約条件の下に観測点数 Y (目的関数) を最小化する、の2通りのアプローチが考えられる。(1) は観測地点数が現状あるいは予算的な面から既定である場合に観測点の位置を決定する問題であるが、明確な意味のある目的関数の設定の方法が難しい。(2) は目的(制約条件)達成のための観測体制の構築(地点数と位置の同時決定)を行なうもので、より自由度の高い最適化となる。本研究では必要な観測体制の追究に重点を置き、(2) の考え方による最適化について考察する。

6. 実在ネットワークへの適用

本研究では福岡市およびその周辺を一部含む地域を対象とし、道路交通センサスにおける交通量配分ネットワークを基本として作成した幹線道路網を用いた。また、リンク j の i OD ペア交通量 t_{ij} は、一般に広く行なわれている分割配分法を用いて配分計算により求めた。ゾーン数は25、対象地域内セントロイド数は20、リンク数は約140であり、分割回数25とした。

t_{ij} は交通量配分によって求められるので、データとしての t_{ij} の推定誤差 e_{ij} は、主にOD交通量 d_i に含まれる推計誤差と配分計算誤差に起因するものとするのが妥当であろう。このうち前者については自動車OD調査の抽出誤差と考えればよく、リンクの固有誤差を求めるには、抽出率に応じた信頼限界値を用いて、OD交通量の誤差を正規乱数として発生させて^{8), 9)} シミュレーションを行えばよい。後者については同一OD間に経路が複数存在し、各経路への適正な配分が行なわれない場合に生じる誤差と考えられ、経路別に t_{ij} の大きさに応じた正規乱数を与え、 t_{ij} の非負条件と経路間の配分誤差の和が0である事実留意して、シミュレーションを行えばよい。本研究では後者の誤差に関して以下のように分析を行なった。

t_{ij} の推定誤差 e_{ij} は標準正規乱数 r を用いて、

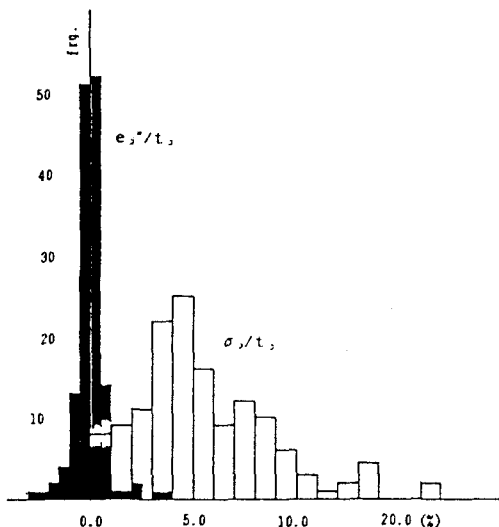


図-1 e_{ij}/t_{ij} , σ_e/t_{ij} の頻度分布

$$e_{ij} = t_{ij} \cdot r / 3 \quad (21)$$

により (t_{ij} が 3σ に相当する), 乱数を発生させ, 次の2条件を満足するものを採用した.

(1) t_{ij}' の非負条件

$$|e_{ij}| \leq t_{ij} \quad (22)$$

(2) 同一OD交通が流れる代替ルート間で,

$$\sum_{k \in R_i} e_{ik} = 0 \quad (23)$$

ここに, e_{ik} は i OD 交通の流れる第 k ルートへの配分誤差, R_i は i OD 交通の流れる代替ルートの集合 = $\{1, 2, \dots, k, \dots, r\}$.

本例では300回程度のシミュレーションで安定した e_j^*, σ_j^2 が得られたので, その結果を用いた.

図-1は e_j^*, σ_j を t_j で基準化した値の頻度分布図である. e_j^*/t_j は0まわりに左右対象に分布し, その分布範囲は狭く, 約90%が $\pm 1\%$ 内に収まっている. σ_j/t_j は最頻値4~5%のまわりに分布し, 広がりが大きい. ただし全体の90%が10%内に収まっている. ここで σ_j/t_j の大きさと t_j (図-7参照), リンク内のODペア数 n_j との関係を見ると, t_j, n_j の増大とともに σ_j/t_j は減少しており, このことから t_j, n_j の多いリンクの交通量は安定していると判断できる.

次に観測点配置の最適化について述べる. 配置の最適化は最小の観測点数で各リンクにおいて式(20)を満足させることであるが, 観測点配置によってコントロールできるのはリンク交通量推定誤差のうち

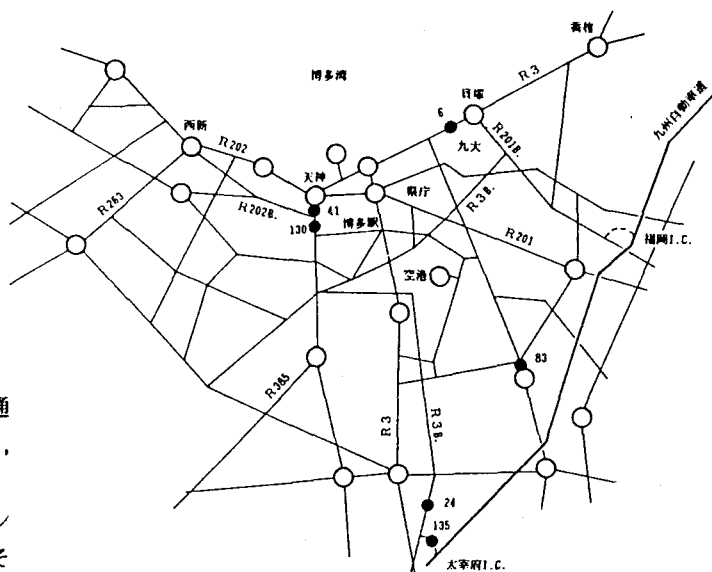


図-2 最適解構成リンクの位置分布

伝播誤差のみであるため, 式(20)左辺のうち固有誤差部分よりも小さな θ_j^2 を与えても解は得られない. そこで伝播誤差部分を可能な限り小さくするような最適問題を考え, 次のような最小化問題を解くこととした. すなわち ξ_j と η_i を導入して, 式(20)の左辺を伝播誤差部分のみとし, 目的関数を加えると次のようになる.

$$\text{minimize } Y = \sum_j \xi_j$$

s. t.

$$(1 - \xi_j) \cdot (1 + r)^2 \cdot$$

$$\{ (\sum_i \eta_i t_{ij} x_i^*)^2 + \sum_i \eta_i t_{ij}^2 \sigma_x^2 \} \leq \theta_j^2$$

$$x_i^* = (\sum_j \xi_j t_{ij} e_j / t_j) / (\sum_j \xi_j t_{ij})$$

$$\sigma_x^2 = \sum_j \xi_j (t_{ij} \sigma_j / t_j)^2 / (\sum_j \xi_j t_{ij})^2$$

$$1 + r_j = t_j / \sum_i \eta_i t_{ij} \quad (24)$$

ここに,

ξ_j : j リンクが観測リンクである場合に1, そうでない場合に0をとる(1,0)変数

η_i : i ODペアの一部が観測されている場合に1, そうでない場合に0をとる(1,0)変数

式(24)は非線形式であるが, 組合せ最適化問題として分枝限定法等を用いて解けば, 最適解を求めることができる. 具体的には次の手順で解を求めた.

表-1 最適解の組合せと解の諸特性

リンク組合せ	交通量の和	ODペア数	σ_j/t_j
{41, 135}	319,732	130	1.380
{41, 24}	300,591	130	1.620
{41, 130}	255,301	116	0.925
{41, 83}	228,888	109	0.910
{41, 6}	300,949	111	0.969
41	191,373	86	0.843
135	128,359	57	2.176
24	109,218	57	2.980
130	63,928	36	1.170
83	37,515	34	1.250
6	109,576	33	1.190
107	28,656	47	7.250

- (1)対象リンクの中から n_j (ODペア数)の最大のリンクを抽出し、そのリンクのみを用いたときに伝播誤差が許容値以下に収まらないリンク数 N を求める。
- (2)第2番目に n_j の大きなリンクを解に加えたとき、 N が減少するならば、これを解の構成リンクとする。
- (3)可能解が得られるまで(1),(2)を繰返す。可能解のリンク数を Y_0 とする。
- (4)以下、初期可能解をベースとして、構成する各リンクを解から除去した場合の新たな可能解の存在を調べる。制約条件が満たされない場合には未検討リンク全てを加えた場合に制約条件が満たされるかどうかを調べ、満たされるならば、未検討リンクの中から n_j の大きい順に検討解に加えつつ制約条件の満足状況を判定する。未検討リンクを全て追加しても制約条件が満たされなければ、先に述べた理由により個別リンクの追加では制約条件が満たされな

- いと判断し、その探索枝はその段階で検討を打切る。
- (5)この検討過程において、あるリンクを検討解から除去しても制約条件が満たされている場合には、その時の解のリンク数 Y は Y_0 より小さく、 $Y_0=Y$ とし、この新たな可能解をベースとして(4)の過程を繰返す。
- (6)ベースとする可能解を構成する全てのリンクに関して、解に含める場合、除去する場合を検討し終わった時点で計算を終了する。

探索の初期に現れる可能解は、3リンク構成であり、この可能解構成リンクの他のリンクによる代替性を検討する段階で、2リンク構成の解 $[41, 135]$ が出現し、その後最終段階までに、20組の2リンク構成解が最適解として得られた。そのうちリンク41を軸とする解のリンクの組合わせを表-1に、またその分布を図-2に●印で示す。リンク41はネットワークのやや西側に偏っているが、福岡市の最中心部を貫く幹線道路である。

さて、最適解による伝播誤差、およびいくつかのリンクを単独で用いたときの伝播誤差の累加分布を図-3に示した。最適解における伝播誤差は大半が

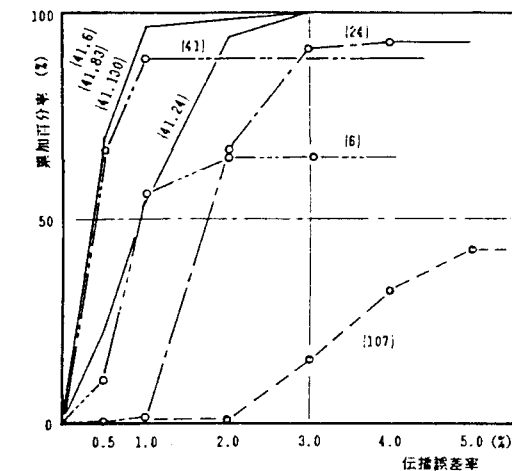


図-3 最適解および単独リンクによる伝播誤差の累加分布

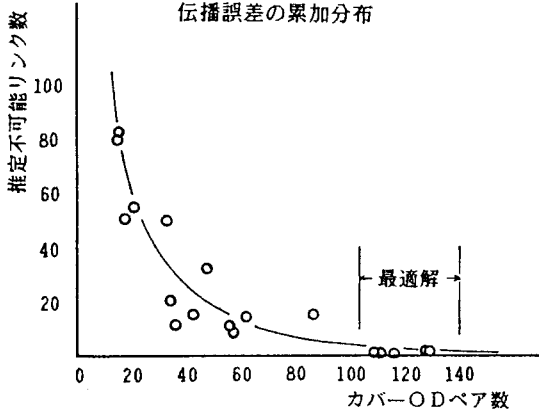


図-4 リンクのカバーODペア数と推定不可能リンク

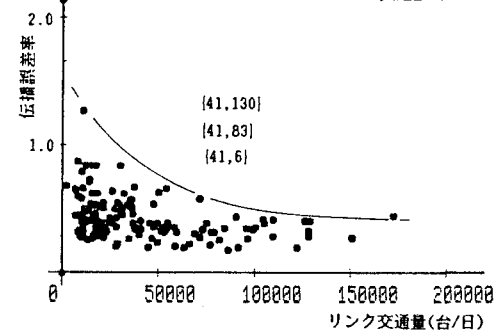
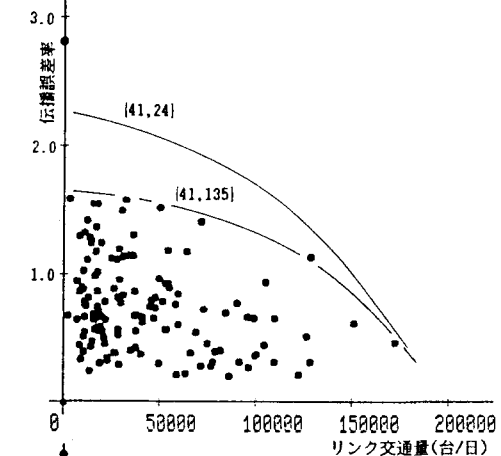


図-5 リンク交通量と伝播誤差率

2%未満であるのに対し、リンク107では全体の85%のリンクで伝播誤差が3%以上であり、しかも55%のリンクがリンク107と共通のODペアをもたないため推定不能($\sum \sigma_{ij} t_{ij} = 0$ のため $1+r_{ij} \rightarrow \infty$)である。このようにリンクの選定によって、推定時の伝播誤差は大きく変化する。また解の構成リンクがカバーするODペア数と推定不能リンク数との関係を示したのが図-4であり、これより、ODペア数が多いほど推定不能リンクが少ないことがわかる。

図-5は最適解における各リンクの伝播誤差とリンク交通量との関係をみたものである。解によって伝播誤差の分布の範囲は変化するが、共通して上限値がリンク交通量の増加と共に減少する傾向がみられる。これらの最適解の中で、[41, 130]、[41, 83]、[41, 6]の組合わせが最も伝播誤差の上限値が低く、[41, 24]は3%以内、[41, 135]は2%以内とやや高い。このように伝播誤差3%以内という制約条件より求められた最適解にもいくつかのランクがあることがわかる。最適解のカバーODペア数のうち、構成リンク間で重複するものは、表-1中の最適解の順に、13, 13, 6, 11, 8と各解のカバーODペア数1/10以下である。

最後に、最適解に選定されるリンクの特徴を示す。

リンク41はネットワーク中最大の交通量とODペア数を持ち、固有誤差も小さく(表-1)、他のリンクの交通量推計力は最も大きい。しかし各リンクの交通量とODペアとの関係を表わす図-6をみると、最適解に選定されるリンクは右上がりの直線に沿って分布しており、リンク交通量や、ODペア数と直接の関係はみられない。選定リンクの特徴は固有誤差のリンク交通量に対する比率 σ_{ij}/t_{ij} の小さなリンクが多いことであり、図-7によく現れている。これらのことから、推計力の大きいリンク41を軸として、リンク41で推定不能な範囲を σ_{ij}/t_{ij} の小さなリンクで補完するようリンクが選定されたものと解釈できる。図-8にはリンク41, 6のおおよその分担領域を示した。リンク41がネットワークの西部と中央部を、リンク6が東部を分担していることを読み取ることができる。

さて、外井は道路網を流れるOD交通量の一部をいずれかの観測点で捉えるという考え方(OD網羅規準)による交通量の最適配置法を提案した。^{(2), (3)}本ネットワークにおけるODペア数は269であり、

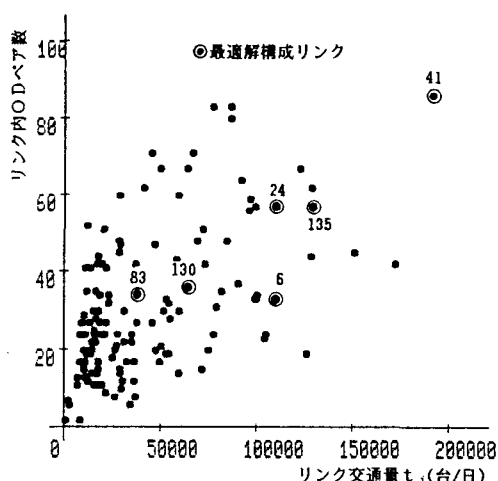


図-6 リンク交通量とODペア数平面上的最適解構成リンクの分布

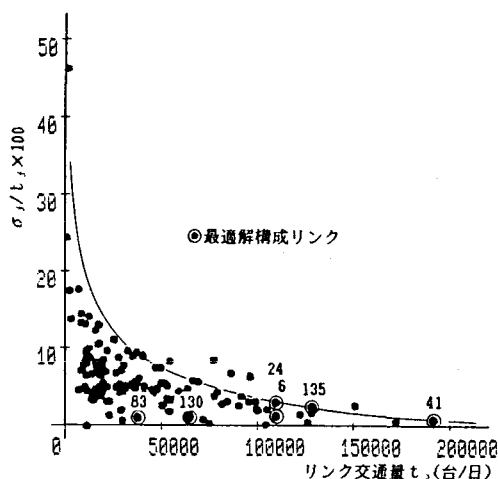


図-7 リンク交通量と固有誤差率平面上的最適解構成リンクの分布

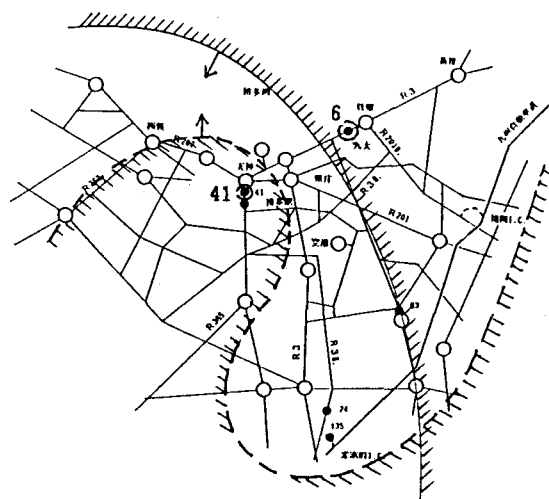


図-8 リンク41, 6の分担領域

OD網羅規準によれば、269のODペアを捉えるためには最低26本のリンクが必要であることが計算の結果明らかとなった。これに対し、本法の最適解では必要リンク数は2と少なく、捕捉するODペア数は109~130と半数以下でこと足りる。このように、非観測区間の交通量推定という目的からは、OD網羅規準による配置よりも、本法による配置の方が効率的であることがわかる。

7. まとめ

本研究の内容をまとめると以下ようになる。

- (1) 観測交通量とリンクのOD構成率とを用いて、非観測道路区間の交通量を推定する簡易推計モデルを提案した。次にOD構成率の推定誤差と観測誤差を変量として、交通量の推定誤差を求め、十分高い精度を持つ近似式を導いた。さらに、この近似式に基づいて、推定誤差の期待値と分散に関する定式化を行った。これらの定式化の結果、推定誤差の分散は、リンクの固有誤差分散と伝播誤差分散とに分けられ、また伝播誤差分散は観測地点によってカバーされるODペアの数および同一ODペアの重複観測によって、急速に小さくなる性質を持つことが明らかとなった。
- (2) 式(19)により、各リンクの誤差評価関数を定義し、最適観測網構成の考え方を示し、福岡市付近の実在のネットワークを用いて、各リンクの交通量推定時の伝播誤差を3%内に収めるという制約条件の下に最適な観測リンクの組合せを求めた。その結果、リンク数2の5組の最適解が得られた。さらに、観測リンクとして選定されるリンクの特性を分析し、基本的には交通量、ODペア数が多く、 σ_j/t_j が小さいリンクが選定されること、本法による最適解は構成リンク相互の重複ODペアが少なく、OD網羅規準と比較してもカバーODペア数が極めて少ない効率的な観測点配置解を求め得るという特徴があることも明らかとなった。

以上の分析により個々の区間の観測交通量で推計し得る道路区間の範囲(代表性)を明確に示す方法、および個々の観測区間の代表性に基づいて、ネットワーク全体における非観測区間の交通量推定精度を考慮した最適な交通量観測地点の配置案を設定する方法の基本的考え方と実現可能性を示し得たと考える。

本研究の観点以外にも交通量観測点の最適配置に関する考え方がいくつかある。例えば、交通量観測値からOD交通量を推定するという観点からの考察、道路の機能分類別に交通量の年間変動特性を把握するという観点からの考察等である。また、誤差 e_{ij} は交通量配分のみに起因するものではないので、OD交通量の調査誤差や、傾向変動に基づく推定誤差の影響に関する分析も加え、観測点配置問題の体系化を図る必要があろう。これらの問題については今後の検討課題としたい。

参考文献

- 1) 土木計画学研究委員会：交通ネットワークの分析と計画，最新の理論と応用，土木計画学講習会テキスト，pp97-118,1987.11
- 2) 外井：交通量調査地点の配置に関する理論的考察，土木技術資料28-11,1986
- 3) 外井：交通量常時観測地点の最適配置に関する考察，土木学会大43回年次学術講演集，1988.10
- 4) 外井：交通量調査地点の配置間隔に関する基礎的研究，土木学会西部支部研究発表会講演集，1988.3
- 5) 外井，樗木他：交通量常時観測データを用いた道路区間交通量および走行台キロの推定手法に関する研究，九州大学工学集報，Vol.62 No.2, 1989
- 6) 外井，樗木他：非観測区間の交通量推定に及ぼす交通量観測地点の影響に関する研究，土木計画学研究講演集，No.11,1988.11
- 7) 外井，樗木他：非観測区間の交通量推定における誤差の伝播構造に関する研究，九州大学工学集報，Vol.62 No.3,1989
- 8) 森木，外井他：交通量推定のための交通量観測点の代表性に関する研究，土木学会西部支部研究発表会，1989.3
- 9) 森木哲朗：交通量推定のための交通量観測点の代表性に関する研究，九州大学卒業論文，1989