

幹線道路網への実用的交通量配分計算

A CALCULATION OF TRAFFIC ASSIGNMENT TO A ARTERIAL ROAD NETWORK

星 野 哲 三

by Tetsuzo HOSHINO

In the calculation of traffic assignment to a road network, we have used the simultaneous equations method from way back. The solution method is to be named as "one after another approach method". In a first stage, the value divided equally to every route of every O D pair is given, as the assignment ratio and the solution is sought by iteration. The result executed to a model and real network is stated, concluding the convergence state. The local traffic volume in equations contributes to the calculation seeking solution and the agreement to real values.

1. まえがき

交通量配分計算において計画者がOD間の経路を先決し、その経路間に配分率条件式を適用し、いわゆるフロー条件式と連立して方程式群をたて、経路交通量やリンク交通量などを求めていく筆者の方法については、昭和34年以来数回にわたり発表してきたが、方程式系の解法の実際については昭和35年に雑誌“道路”に発表したもの¹⁾以外にない。しかもこの時の配分率式は京浜地区でのアンケート調査にもとづく転換率時間比曲線を直線近似したものを使用していた。しかしその後一般有料道路の実測にもとづく時間比-転換率曲線の作成²⁾最近では日本道路公団の現行式のロジット化³⁾等研究を進めているので、本論ではこのロジット化された配分率式

を条件式として方程式を書き、模型道路網で配分計算した詳細を述べると共に、昨年発表した論文⁴⁾において(局地交通量-配分交通量)がマイナスの結果を得たものがある不都合を解消するべく現地調査をした結果、横浜環状2号線という8車線の道路(市道)の存在に気づき、他の2, 3の道路(主に県道)と共に対象道路網に加え、又経路表も再検討して計算を実行したので報告する。

2. 本配分手法の特徴

本配分手法を分類的にみると最近の加藤の論文⁵⁾“交通量配分理論の系譜と展望”によれば単一経路モデルでなく複数経路モデルであり、分割配分モデルでなく全数配分モデルであり、フローインディペンデントでなくフローディペンデントな配分に当たる。又転換率曲線の存在を認め、同一OD間に走行所要時間の異なる車のあることを認めるのでWARD

正員 工博 山梨大学講師(非常勤) 工学部
(400 甲府市武田4-3-11)

ROP均衡とは縁のないものである。なお上記加藤の論文ならびにこれも最近の宮城の”交通ネットワークフロー分析手法の現況と課題”⁶⁾その他にある確率的均衡配分モデルと本手法とは類似していると思われるが以下の点に違いがあるようである。前者は(i)経路列挙は行わずDIALの配分法を用いている、(ii)解法に逐次平均化法又は縮小写像

法を用いている、などと思われるがDIALの方法を用いているため、経路列挙の必要がない反面経路交通量を求めることが困難となつている様である。本手法は解法として当初から”逐次近接法”ともいふべき方法を用いている。これについては後にのべる局地交通量の存在が収束を有利に進めているというのが、以前計算に当つてもらったコンサルタントの数値計算の専門家の言であつたことを覚えている。

3. 模型道路網における配分計算

O D 表				Q - V 式									
乗用車				Q-V	QMIN	QMAX	VMAX	VMIN	QMIN	QMAX	VMAX	VMIN	
1	0	2	3	4	1	0	2450	69.7	26.0	0	2450	57.0	26.0
2	600	0	0	1500	2	0	1490	71.8	25.7	0	1490	58.8	25.7
3	400	0	0	500	3	0	993	45.4	15.2	0	993	37.2	15.2
4	2000	1500	500	0	4	0	5570	104.4	59.5	0	5270	82.8	45.0
					5	0	3500	104.5	59.5	0	3287	81.0	44.0
					6	0	2415	55.1	18.9	0	2415	45.1	18.9
					7	0	1960	53.5	16.3	0	1960	44.1	16.3
					8	0	1150	49.0	20.3	0	1150	40.1	20.3

表-1 模型道路網配分諸条件

(1) 対象道路網と配分諸条件

図-1に示す模型道路網で表-1に示すOD間交通量、Q-V式、リンクデータ、局地交通量、経路表の条件の下で配分計算を実行した。

(2) 配分関係諸方程式と集約された

超越多元連立方程式

i) 配分対象OD間交通量 Q_{ij} とその経路交通量 $r_{Q_{ij}}$ との間に

$$Q_{12}=Q_1 = 1Q_{12} + 2Q_{12} (= \text{順番に } X_1 + X_2 \text{ とおく 以下同様})$$

$$Q_{13}=Q_3 = 1Q_{13} (= X_3)$$

$$Q_{14}=Q_4 = 1Q_{14} + 2Q_{14} + 3Q_{14} + 4Q_{14} (= X_4 + X_5 + X_6 + X_7)$$

$$Q_{24}=Q_2 = 1Q_{24} + 2Q_{24} (= X_8 + X_9)$$

$$Q_{34}=Q = 1Q_{34} + 2Q_{34} (= X_{10} + X_{11})$$

ii) 各リンクの代表地点の総交通量 q_l (l はリンクの名称)はそのリンクを通る各ODの経路交通量 $r_{Q_{ij}}$ とそのリンクの局地交通量(配分対象OD間交通量以外の局地的交通) x_{q_l} との和であるから

$$q_1 = y_1 = 1Q_{12} + 1Q_{14} + x_{q_1} (= x_1 + x_4 + k_1)$$

$$q_2 = y_2 = 1Q_{14} + 1Q_{24} + x_{q_2} (= x_4 + x_8 + k_2)$$

$$q_3 = y_3 = 2Q_{12} + 2Q_{24} + x_{q_3} (= x_2 + x_9 + k_3)$$

$$q_4 = y_4 = 2Q_{12} + 2Q_{14} + x_{q_4} (= x_2 + x_5 + k_4)$$

$$q_5 = y_5 = 2Q_{14} + 2Q_{24} + x_{q_5} (= x_5 + x_9 + k_5)$$

$$q_6 = y_6 = 1Q_{13} + 3Q_{14} + 4Q_{14} + x_{q_6} (= x_3 + x_6 + x_7 + k_6)$$

$$q_7 = y_7 = 3Q_{14} + 1Q_{34} + x_{q7} \\ (= x_6 + x_{10} + k_7)$$

$$q_8 = y_8 = 4Q_{14} + 2Q_{34} + x_{q8} \\ (= x_7 + x_{11} + k_8)$$

iii) Q-V式を交通量 $Q=0$ (QMIN, VMAX) の点と交通容量 (QMAX, VMIN) の点との間は直線 $Q=AV+B$ で表せば、OD間の各経路の走行時間 T_{ij} はその経路を構成する各リンクLの走行時間の和と考えると以下の諸式が成立する。なおQMAX以上はVMINで一定としている。

$$1T_{12} = Z_1 = L_1 / V_1 \\ = L_1 / ((y_1 - b_1) / a_1)$$

$$2T_{12} = Z_2 = L_4 / V_4 + L_3 / V_3 \\ = L_4 / ((y_4 - b_4) / a_4) \\ + L_3 / ((y_3 - b_3) / a_3)$$

$$1T_{13} = Z_3 = L_6 / V_6 \\ = L_6 / ((y_6 - b_6) / a_6)$$

$$1T_{14} = Z_4 = L_1 / V_1 + L_2 / V_2 \\ = L_1 / ((y_1 - b_1) / a_1) \\ + L_2 / ((y_2 - b_2) / a_2)$$

$$2T_{14} = Z_5 = L_4 / V_4 + L_5 / V_5 \\ = L_4 / ((y_4 - b_4) / a_4) \\ + L_5 / ((y_5 - b_5) / a_5)$$

$$3T_{14} = Z_6 = L_6 / V_6 + L_7 / V_7 \\ = L_6 / ((y_6 - b_6) / a_6) \\ + L_7 / ((y_7 - b_7) / a_7)$$

$$4T_{14} = Z_7 = L_6 / V_6 + L_8 / V_8 \\ = L_6 / ((y_6 - b_6) / a_6) \\ + L_8 / ((y_8 - b_8) / a_8)$$

$$1T_{24} = Z_8 = L_2 / V_2 \\ = L_2 / ((y_2 - b_2) / a_2)$$

$$2T_{24} = Z_9 = L_3 / V_3 + L_5 / V_5 \\ = L_3 / ((y_3 - b_3) / a_3) \\ + L_5 / ((y_5 - b_5) / a_5)$$

$$1T_{34} = Z_{10} = L_7 / V_7 \\ = L_7 / ((y_7 - b_7) / a_7)$$

$$2T_{34} = Z_{11} = L_8 / V_8 \\ = L_8 / ((y_8 - b_8) / a_8)$$

iv) 各ODにつきその各経路交通量は既往の観測から得られた、ある配分率関数に基づいて分けられていると考え、配分率関数には精度の

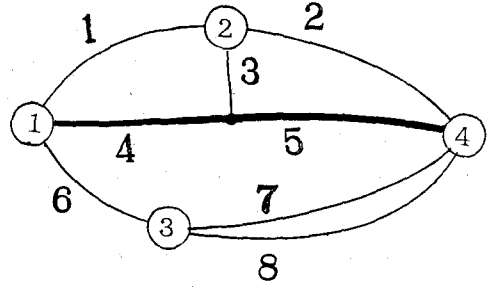


図-1 模型道路網図

向上した日本道路公団の現行の転換率式をロジット型に変換したもの³⁾を用いた。OD別に β_f を時間に β_f を料金にかかる係数として $x_i / Q_i = 1P_{12} = P_1$

$$= \frac{e^{\beta_{12}\sqrt{Z_1}}}{e^{\beta_{12}\sqrt{Z_1}} + e^{\beta_{12}\sqrt{Z_2}} + \beta_{12}\sqrt{F_{12}}} \\ = 1 / (1 + e^{\beta_{12}(\sqrt{Z_2} - \sqrt{Z_1})} + \beta_{12}\sqrt{F_{12}})$$

$$x_2 / Q_1 = 2P_{12} = P_2 = 1 - P_1$$

$$x_3 / Q_3 = 1P_{13} = P_3 = 1$$

$$x_4 / Q_4 = 1P_{14} = P_4$$

$$= 1 / (1 + e^{\beta_{12}(\sqrt{Z_3} - \sqrt{Z_1})} + \beta_{12}\sqrt{F_{12}} \\ + e^{\beta_{12}(\sqrt{Z_4} - \sqrt{Z_1})} + \beta_{12}\sqrt{F_{12}})$$

(以下省略)

以上の(i)乃至(iii)の式を(iv)の式に代入して整理すると以下のよな両方向で超越2元連立方程式を得る。(料金 E_{nr} は Q_n のr番目の経路の料金)

$$X_1 = Q_4 / \left[1 + \frac{\exp\left\{\beta_{12}\left(\sqrt{\frac{a_4 L_4}{x_2 + x_5 + k_4 - b_4}}\right)}{+ \frac{a_3 L_3}{x_2 + x_9 + k_3 - b_3} - \sqrt{\frac{a_1 L_1}{x_1 + x_4 + k_1 - b_1}} + \beta_{12}\sqrt{F_{12}}}\right\} \right]$$

(以下省略)

(3) 求解計算と収束状況の検討

未知数が $x_1 \sim x_{11}$ の11個、式の数も11個で解けるわけであるが、解法は当初から逐次近接法ともいべき手法が用いられている。先ず各 Q_{ij} をその経路数 r によって等分割したものを初期値として与え、フロー条件式・配分率式に合致するよう繰り返し計算を行なって解を求めるもので、所定の収束条件に達するまで計算を繰り返す。ここでは $n-1$ 回目と n 回目の配分率の差が、すべての rQ_{ij} で0.01以下になることを条件としている。収束状況は図-2の通りで5回で収束条件をクリアしているが、2回目ですでに概略値に近接しているのには驚かされる。

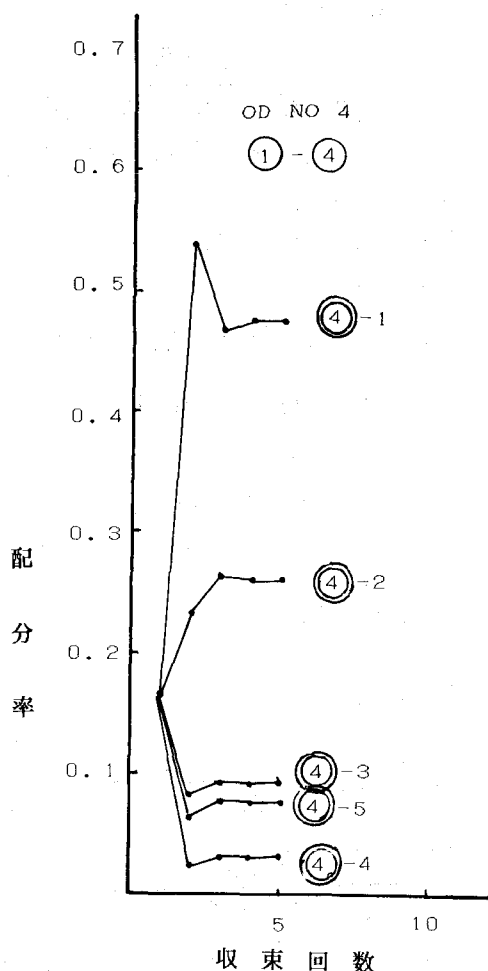


図-2 模型道路網配分計算収束状況図

(4) 計算結果の検討

計算結果を図-4に示すが、以下の様な点から結果を検討してみた。

- i) OとDとが反対方向になっても配分交通量、経路時間、配分率とも同一の値となっている。OD表も対角線に対象になっており、経路表も反対方向で同一のものを与えているからである。
- ii) 各ODで各経路の配分交通量の合計値は車種別にOD表の値となっている。
- iii) 経路時間は乗用車、小型貨物車、普通貨物車の順に長くなっている。Q-V式で上の順にVを遅く与えているからである。
- iv) 有料でない一般道路の経路の比較ではQ-V式や局地交通量の如何にもよるが、距離の長いもの程時間も長く配分率も低い常識的な結果となっている。
- v) 各リンクの各車種合計配分交通量に局地交通量を加えた総交通量をQとしQ-V式より

交通量 (片側 台/日)

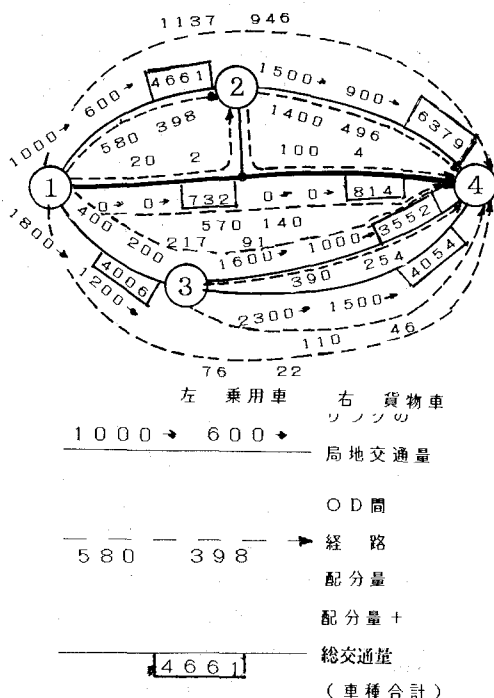


図-3(a) 模型道路網配分計算結果図

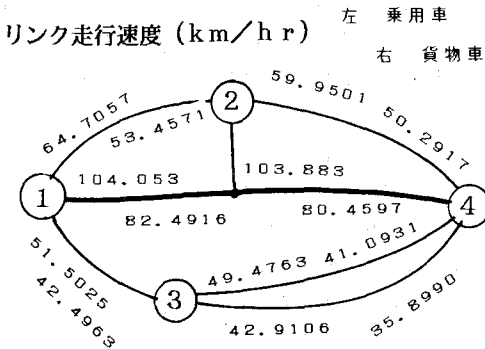


図-3 (b) 模型道路網配分計算結果図

V (km/h) を計算した値が大体有効数字4桁目で電算計算値と異なる程度である。

vi) 電算された経路の時間、与えられた料金などより配分率を計算してみると有効数字4桁目で電算計算値と異なっている程度である。

4. 実際道路網における配分計算

(1) 配分計算の目的と手順

ある地域の道路網を考えた時交通量配分計算の目的の主要なものは、将来その地域内または近傍に新しく道路が建設された場合その新設道路の交通量およびそれによって影響を受ける諸道路の交通量の変化を予測することにあると考える。なぜならば何ら道路の新設 (又は拡張など) がないないならば、なまじっか配分計算を行なっても対象道路網の選定の如何、OD間交通量の発生・集中を一点ないし線分上とせざるをえないこと、その点などの位置の決め方の恣意性、内内交通量の処理の困難さなどにより、リンクの断面交通量の時系列による伸び率による推定値を上回る精度は望みにくいと考えられるからである。

上記のことを目的として今回の配分計算の手順を以下のように設定した。

i) 基準年次 (昭和52年) の配分対象地域 (神奈川県東部) 内の道路の中で近來新設された諸道路を取り上げ、それらの道路を利用することにより影響を受ける在來道路を新設道路と共

OD間経路時間 (h r)

左 乗用車

右 貨物車

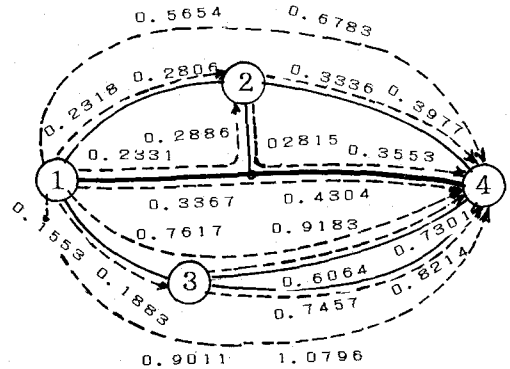


図-3 (c) 模型道路網配分計算結果図

に対象道路とする。

ii) 上記道路網に3.でのべた手法により交通量を配分する。その時局地交通量として観測普通交通量 (断面交通量) を与える。そしてOUTPUTとして (断面交通量) - (配分交通量) のリンク別表をつくる。何故ならば断面交通量の中には配分対象OD間交通量が含まれているからである。そしてこの量を基準年次の真の局地交通量の推定値と考える。

iii) 将来年次 (昭和60年) の局地交通量として、上の基準年次の局地交通量を、その地点の属するゾーンの内外交通量の伸び率で昭和60年まで伸ばしたものを採用する。何故ならば局地交通量は地域的な内内交通量が大きな部分を占めると考えられるからである。

iv) 上記局地交通量の上に将来年次の配分対象OD間交通量を流す。得られた (配分交通量) + (局地交通量) = (総交通量) を昭和60年観測普通交通量と比較して精度を検討する。

というものであるが、本論は上の前半の (i) と (ii) に相当するものであることをお断りしておく。

(2) 配分対象道路網と関連道路網の設定

配分対象道路網は図-4の点線内に示されており、近來新設された道路として第三京浜道路、首都高速道路横羽線、一般国道16号保土ヶ谷バイパス、東名高速道路を取り上げている。また此等の道路の利用によって影響を受ける道路として東京都内および神奈川県玉両県内の幹線道路ならびに関西方面に向かう東名高速道路、名神高速道路、国道1号、国道

246号線など、また関越自動車道、東北自動車道、国道4号、17号その他を取り上げ関連道路網としている。リンク数は昨年発表のものより10本ふえ238本となっている。238番は新子安付近羽横線ランプとなっておりこのランプを利用する車の料金を計上するためのものである。

(3) 配分対象OD間交通量

本配分手法は(i)でのべたように道路の新設などが行なわれた時その影響を予測することにあるので、それと関連のないODは最初から取り上げず局地交通量として処理する。また関連のあるOD交通も統合可能なものは統合し配分計算の膨大化を避ける処置をとる。統合の方針は新設道路へ利用可能性のあるOD間交通量で競合道路と分岐する地点以遠のODは統合するというもので実例を上げれば、横浜市中区から東京都心へいく交通の場合、昭和52年には新設道路と考えた第三京浜道路、首都高速横羽線と競合道路である第一京浜、第二京浜、中原街道などとの分岐点は横浜駅付近であるので、磯子区や金沢区を発し東京都心へいく交通は中区から東京都心への交通と統合するわけである。勿論横浜横須賀道路が対象の中に入る昭和60年には分岐点は磯子区、金沢区とも別個となるので統合はできない。すなわち統合は方向別に厳密にはODペアごとに統合するわけで、全国109ゾーンを対象に50*50のゾーンに集約している(文献4参照)。

なお収束状態などを見るためにOD交通量の構成を(i)乗用車2000台以上、普通貨物車500台以上と両者のODに相当するODの小型貨物車のものを"DATA52R"、(ii)乗用車1000台以上、普通貨物車500台以上と両者のODに相当するODの小型貨物車のものを"DATA52T"(228リンク)、"DATA52TT"(238リンク)、(iii)上のOD表中空欄のところにも配分対象交通量があれば追加したものを"DATA52T2"(238リンク)などとしてRUNさせ収束状況などを調べた。なお最終的本番用のデータは"DATA-52Z"と"DATA-52X"と名付けてある。

(4) Q-V式の設定

昨年発表の論文⁴⁾と同様4.6.8車線区間17本、2車線区間11本計28本のQ-V式を用意使用した。

なおQ-V式のQは1時間交通で表されているが配分対象OD間交通量・局地交通量は日交通量で与えているので、プログラムの中でこれらに0.06を乗じ昼間の1時間平均値に変換してしている。交通管制などに利用するいわゆる動的交通配分ではないからである。なお交通量の時間変動を考慮した配分手法についてはかつて発表したことがある。¹⁾

(5) 局地交通量の設定

昨年と同様各リンクの代表地点に対応する地点の昭和52年の全国交通情勢調査の12時間交通量(24時間に昼夜率で換算)又は24時間交通量をそのまま採用し局地交通量としている。勿論これは第一近似的のもので(1)で述べたような処置ののち真と考えられる局地交通量が求められる。

(6) 配分率式

日本道路公団では高速道路への転換率式として従使用されていた(料金/時間差)をパラメータとした式を、昭和52、55年の全国交通情勢調査の結果を用いて改訂し、新たに(時間差)をパラメータに加え実績値と計算値との相関係数を0.94~0.97と大幅に向上した転換率式を作成し現在使用している、これを筆者が電算計算に便利で、汎用性も高く、3経路間以上の場合も簡明に計算でき、無料の一般道路相互の間の計算も可能なロジット型に変換したものがある³⁾のでこれを使用した。下記の式がそれである。なお道路公団の式ではシフト率Sというものがあり、昭和55年を1.0とし以後の年次に使用する時は(料金/時間)をSで割った値をパラメータとして使用しているが、これは料金をSで割っていることと同一で料金を国民所得などの上昇率で割り引いているわけで各年次で料金だけを変更すればよいことが分かる。

乗 用 車

$$L < 10\text{km} \quad L \geq 10\text{km}$$

$$\beta_{t'} = -13.515L^{-0.5992} \quad \beta_{t'} = -10.7553L^{-0.5}$$

小型貨物車

$$L < 10\text{km} \quad L \geq 10\text{km}$$

$$\beta_{t''} = -21.3717L^{-0.6951} \quad \beta_{t''} = -13.6385L^{-0.5}$$

普通貨物車

$$L < 10\text{km} \quad L \geq 10\text{km}$$

$$\beta_{t'''} = -15.397L^{-0.6355} \quad \beta_{t'''} = -11.186L^{-0.5}$$

$$\begin{aligned} \text{乗 用 車 } \beta_f' &= -121.70/L^3 + 43.198/L^2 \\ &\quad -6.0984/L - 0.000016278L \\ &\quad + 0.00000015134L^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{小型貨物車 } \beta_f'' &= -126.96/L^3 + 44.904/L^2 \\ &\quad -6.6345/L - 0.00010528L \\ &\quad + 0.00000036096L^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{普通貨物車 } \beta_f''' &= -92.986/L^3 + 34.017/L^2 \\ &\quad -5.2124/L - 0.00032258L \\ &\quad + 0.00000088733L^2 \end{aligned}$$

(7) 経路選択

従来と同じく運転者が通常選択すると思われる経路を前回⁴⁾と同様最大6本として定めた。前回の経験から経路数をしぼると特定の路線に過大な交通がのることがあるので経路列挙の労と計算時間はふえるがなるべく考えられる経路は取り上げを試みた。なお最大6本としたがODによってはそれ以上ほしいものはあるが1つでもふやすとDIMENSIONが一齐にふえることになるので6本におさえた。

(8) 求解計算と収束状況の検討

求解の方法は模型道路網の場合と全く同様である。以下に(3)でのべたデータの種類に応じて収束状況等をのべるが、データ作成で都合なのはQ-V式、リンクデータ、局地交通量は本番用に全部そろったものをそのまま与えよことで、その中に使用しないQ-V式やリンクがあってもよいことである。しかしOD表は必要最小限なものに集約する必要がある(そのOD表の中に使用しないOD交通量があることはいいようである)。また経路表は必要なものだけを示さなければならない。

(i) DATA52R

対象OD表は(3)にのべた通りで13*13のODペアに集約されている。実際道路網に流しているがリンク数は228で横浜環状2号線などが入っていない昨年と同様のものである。収束条件0.01で9回で収束している。

(ii) DATA52T

(3)にのべたODを対象としており20*20のODペアとなっているがOD表には相当空欄がある。ODペア数は42で充填率は約10パーセントである。収束条件0.01で19回で収束している。

(iii) DATA52T2

20*20のODペアであるが、例えば乗用車1000以下でもOD表の空欄を配分対象OD表で埋めておりODペア数は180で充填率は45パーセントとなっている。収束条件0.01では30回でも収束しない。そこでOD別にいくつか収束状況をしらべた。図-5がそれであるが多くODでは5~6回でほとんど一定値となっているのに、2,3のODで振動幅が大きく一定値に納まらないことが判明した。そこで収束の悪いものの一つ(①-④)[①-⑦]を収束のよいOD(①-②)[①-②]と交換してDATA-52T3として流した結果は全く同一でODの順序によらないことが分かった。そこで収束の悪い3つのOD(①-④), (①-⑤)[①-⑧], (①-⑥)[①-⑨]を削除してDATA52T4として流したところ今度は収束条件0.01で7回で収束した。

(iv) DATA-52X

本番用のDATA-52Zを流しても少なくとも上の3つのODが含まれていれば収束条件0.01で収束は不可能と判断できるので、①-⑥, ①-⑦, ①-⑧, ①-⑨をとにかく取り除いてDATA-52XをつくりRUNさせた。その結果は150回でも0.01では収束しなかった。そこで0.10と変更して流したところ10回で収束した。両者の結果には大差はないがODによって両者の相違にバラツキはある。しかし配分交通量では差異はあっても1~2台程度のものが大部分で実用的には収束条件0.10でも差し支えないものと考えられるが、収束はしなくても30回位は計算させた方が収束値により近いと考え最終的には150回と30回のもの値を採用している。なお先に一時的に取り除いておいた4つのODについてはそれだけを別途流すことになる。

5. あとがき

計算結果の検討を述べる余裕はなくなったが、まだマイナスのリンクが多少あるなど問題点を残している。しかし私なりにプログラムを完成したこと、

大規模ネットワークの収束計算に目途がついたことなどこの1年間にかなりの進展があったと考えている。電算には不得意な筆者がここまでこれたことについては昭和57年の卒論生の山本芳幸君（現北海道開発コンサルタント）以来の卒論生の諸君らや当時教官であった大矢正樹氏（現システム科学研究所）更に今回特に御援助を頂いた山梨大学のプログラム

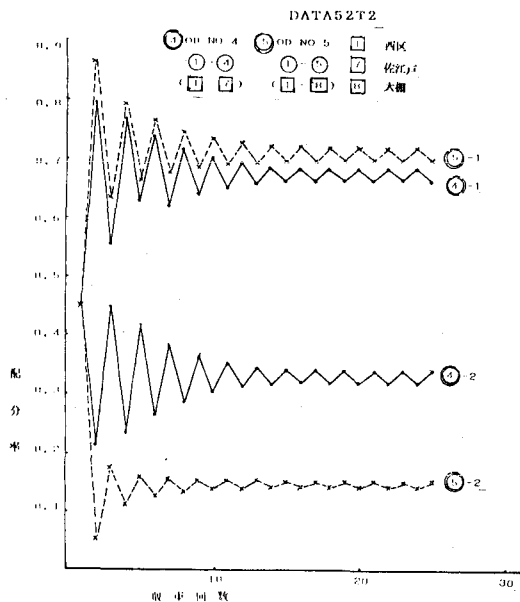
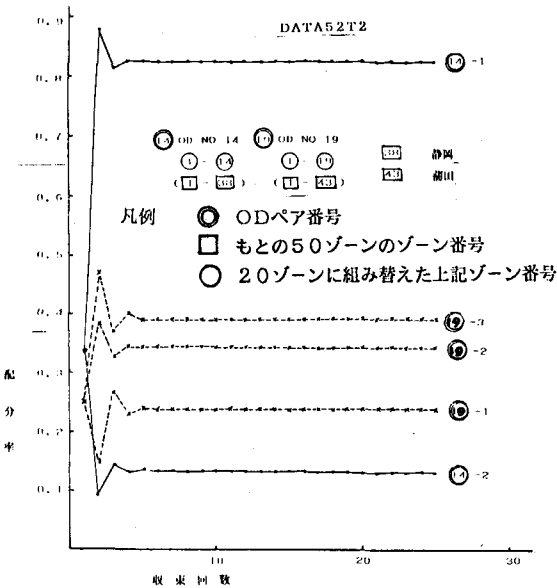


図-5 実際道路網配分計算収束状況図

相談員の横内滋里氏、情報センターの広嶋くに代氏ら、又いろいろと御援助を頂いた山梨大学工学部交通講座の平嶋教授、西井講師、その他土木工学科や基礎工学科、情報センターの諸氏に厚く感謝の意を表するものである。

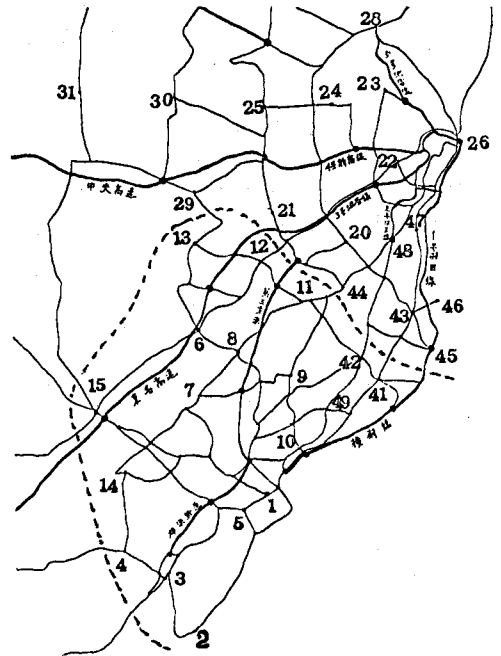


図-4 実際道路網図（中央部）

参考文献

- 1) 星野哲三：道路網における交通流配分の理論，道路，9月号，1960
- 2) 星野哲三：道路網における交通量配分の理論（Ⅰ），道路，4月号，1963
- 3) 星野哲三：日本道路公団高速道路転換率式のロジック型化，高速道路と自動車，4月号，1988
- 4) 星野哲三：実用的見地から見た幹線道路網への交通量配分，第10回土木計画学研究発表会講演集，10月，1987
- 5) 加藤 晃：交通量配分理論の系譜と展望，土木学会論文集，第389号，1月，1988
- 6) 宮城俊彦・溝上章志：交通ネットワークフロー分析手法の現況と課題，高速道路と自動車，2月号，1988