

逐次近接法による幹線道路網への交通量配分計算

TRAFFIC ASSIGNMENT CALCULATION TO A ROAD NETWORK DUE TO ONE AFTER ANOTHER APPROACH METHOD

星 野 哲 三

by Tetsuzo Hoshino

The author has used simultaneous equations method in the assignment calculation to a road network since 1959. And in computation, the method to be called "One After Another Approach Method" has been used. This time the details of the computational process by this method is stated in the case of a simple model road network. And then when this method was applied to the actual road network, the difficulty occurred in the computation of convergence. But this difficulty was dispelled by an idea. As a result, coefficient of correlation between calculated traffic volumes and actually counted spot traffic volumes were gained 0.965.

1. まえがき

連立方程式手法による筆者の道路網への交通量配分計算において、その求解に用いられている”逐次近接法”と名づけた方法についてその計算過程の実際を簡単な模型道路網に即して述べると共に、実際道路網に適用した際電算計算で起こった収束計算上の困難を打開して良好な結果を得ることができたのでこれも併せてのべることにする。

2. 模型道路網での計算

図-1の道路網においてゾーンaとゾーンbとの間に配分対象のOD間交通 Q_{ab} があり、1, 2, 3の各リンクに未知数として経路交通量が ${}_1Q_{ab}$, ${}_2Q_{ab}$, ${}_3Q_{ab}$ ($=x_1, x_2, x_3$)として分かれて流れるものとする。なおここでは簡単のために各経路は各1個のリンクより構成されているとする。リ

ンク1は高速道路で他は一般道路とし一般道路上の代表地点には配分対象OD間交通量以外の局地的交通(局地交通量と名づける) ${}_kq_2, {}_kq_3$ が存在している。各経路の所要時間 ${}_1T_{ab}$ 等 ($=t_1$ 等, 未知数) は各経路の延長を走行速度 V (未知数) で除したものであるが、走行速度は各リンクの代表地点の総交通量 q_1 (未知数) の関数である。ここに q_1 は経路交通量と局地交通量との和である。上記のいわゆる $Q-V$ 式は実際道路網で用いられているものの中から高速道路、一般道路各1つずつを選んでいゝる。また各経路交通量はある配分率式で分けられているとしその配分率式には日本道路公団で用いられている高速道路転換率式を筆者がロジット型に変換したもののうち乗用車の式をここで使用している。

以上のことを式で表すと以下のようになり、 $Q-V$ よりの V を ${}_1T_{ab}$ ($=t_1$) 等に代入して t_1 等と x_1 等の関数として表し、これらを転換率式に代入して得た式において先ず $x_1 = x_2 = x_3 = Q_{ab}/3$

として配分率 P_i を計算し、これにより得られた x_i 等を次にまた配分率式に代入して P_i を計算するという風に計算を進め、 $(n-1)$ 回目と n 回目との差が 0.01 以下になるまで計算を行い真値とした。計算の手順も以下のとおりである。

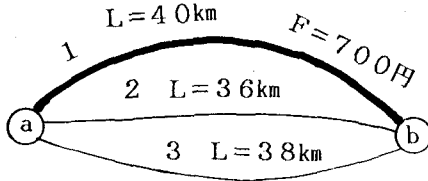


図-1 模型道路網図

Q-V式

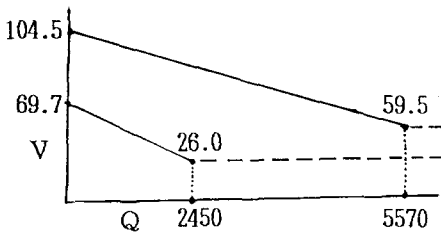
高速 (リンク 1)

$$Q = -123.78V + 12934.8$$

一般 (リンク 2, 3)

$$Q = -56.06V + 3907.7$$

Q-V図



配分率式

$$ADLS = (40+36+38)/3=38$$

$$\beta_t = -10.7553 \cdot 38^{-0.5} = -1.74474$$

$$\begin{aligned} \beta_f &= -121.70/38^2 + 43.198/38^2 - 6.0984/38 \\ &\quad - 0.000016278 \cdot 38 + 0.00000015134 \cdot 38^2 \\ &= -0.13318 \end{aligned}$$

$$Q_{ab} = 600 \text{ 台/時 (} = 10000 \text{ 台/日)}$$

$$k_{q1} = 0$$

$$k_{q2} = 1200 \text{ 台/時 (} = 20000 \text{ 台/日)}$$

$$k_{q3} = 900 \text{ 台/時 (} = 15000 \text{ 台/日)}$$

$$q_1 = {}_1Q_{ab} + 0 = x_1$$

$$q_2 = {}_2Q_{ab} + 1200 = x_2 + 1200$$

$$q_3 = {}_3Q_{ab} + 900 = (600 - x_1 - x_2) + 900$$

$${}_1T_{ab}(=t_1) = \frac{40}{\frac{12934.6 - x_1}{123.75}} \times 60$$

$$= \frac{297072}{12934.8 - x_1}$$

$${}_2T_{ab}(=t_2) = \frac{36}{\frac{3907.7 - (x_2 + 1200)}{56.06}} \times 60$$

$$= \frac{121090}{2707.7 - x_2}$$

$${}_3T_{ab}(=t_3) = \frac{38}{\frac{3907.7 - (1500 - x_1 - x_2)}{56.06}} \times 60$$

$$= \frac{127817}{2407.7 + x_1 + x_2}$$

$$[1] P_1 = 0.3333 = 0.3333 = P_2 = P_3$$

$$x_1 = 200 \quad x_2 = 200 \quad x_3 = 200$$

$$P_1 = \frac{e^{\beta_t \sqrt{t_1}} + \beta_f \sqrt{F}}{e^{\beta_t \sqrt{t_1}} + \beta_f \sqrt{F} + e^{\beta_t \sqrt{t_2}} + \beta_f \sqrt{F} + e^{\beta_t \sqrt{t_3}} + \beta_f \sqrt{F}}$$

$$= \frac{1}{1 + e^{\beta_t (\sqrt{t_2} - \sqrt{t_1})} - \beta_f \sqrt{F} +}$$

$$e^{\beta_t (\sqrt{t_3} - \sqrt{t_1})} - \beta_f \sqrt{F}}$$

$$\frac{1}{P_1} = 1 + \text{EXP}(-1.7447 \left(\sqrt{\frac{121090}{2707.7 - 200}} \right.$$

$$\left. - \sqrt{\frac{297072}{12934.8 - 200}} - (-0.1332) \sqrt{700} \right.$$

$$\left. + \text{EXP}(-1.7447 \left(\sqrt{\frac{127817}{2407.7 + 200 + 200}} \right. \right.$$

$$\left. - \sqrt{\frac{297072}{12934.8 - 200}} - (-0.1332) \sqrt{700} \right.$$

$$= 1 + e^{-0.1729} + e^{+0.1792}$$

$$= 1 + 0.8412 + 1.1963 = 3.0375$$

$$P_1^{(1)} = 0.3292$$

$$P_2 = \frac{e^{\beta_t \sqrt{t_2}}}{e^{\beta_t \sqrt{t_1}} + \beta_f \sqrt{F} + e^{\beta_t \sqrt{t_2}} + \beta_f \sqrt{F} + e^{\beta_t \sqrt{t_3}} + \beta_f \sqrt{F}}$$

$$= \frac{1}{e^{A_1(\sqrt{t_1} - \sqrt{t_2})} + B_1\sqrt{t_1} + 1 + e^{A_2(\sqrt{t_3} - \sqrt{t_2})}}$$

$$\frac{1}{P_2} = e^{0.1729} + 1 + e^{0.3521} = 3.6108$$

$$P_2^{(1)} = 0.2769$$

$$[2] \quad P_1 = 0.3292 \quad P_2 = 0.2769 \quad P_3 = 0.3239$$

$$x_1 = 197.52 \quad x_2 = 166.14 \quad x_3 = 236.34$$

$$\frac{1}{P_1} = 1 + e^{-0.0928} + e^{0.1013}$$

$$= 1 + 0.9114 + 1.1066 = 3.0180$$

$$P_1^{(2)} = 0.3313$$

$$\frac{1}{P_2} = e^{0.0928} + 1 + e^{0.1942}$$

$$= 1.0972 + 1 + 1.2143 = 3.3115$$

$$P_2^{(2)} = 0.3020$$

$$[3] \quad P_1 = 0.3313 \quad P_2 = 0.3020 \quad P_3 = 0.3667$$

$$x_1 = 198.78 \quad x_2 = 181.20 \quad x_3 = 220.02$$

$$\frac{1}{P_1} = 1 + 0.8793 + 1.1458 = 3.0254$$

$$P_1^{(3)} = 0.3307$$

$$\frac{1}{P_2} = 1.1369 + 1 + 1.3030 = 3.4399$$

$$P_2^{(3)} = 0.2907$$

$$[4] \quad P_1 = 0.3306 \quad P_2 = 0.2907 \quad P_3 = 0.3787$$

$$x_1 = 198.36 \quad x_2 = 174.42 \quad x_3 = 227.22$$

$$\frac{1}{P_1} = 1 + 0.8940 + 1.1287 = 3.0227$$

$$P_1^{(4)} = 0.3308$$

$$\frac{1}{P_2} = 1.1185 + 1 + 1.2610 = 3.3795$$

$$P_2^{(4)} = 0.2959$$

$$|P_1^{(3)} - P_1^{(4)}| < 0.01$$

なお局地交通量の一部 x_{q3} を変えて計算したものを以下にかかげるが、やはり3回のイテレーションで完結している。 x_{q3} を多くし x_{q2} と等しく設定したので、経路交通量 ${}_3Q_{ab}$ は少なく配分されている。

$$x_{q3} = 1200 \text{ 台/時 (=20000 台/時)}$$

$$[1] \quad P_1 = 0.3333 \quad P_2 = 0.3333 \quad P_3 = 0.3333$$

$$x_1 = 200 \quad x_2 = 200 \quad x_3 = 200$$

$$\frac{1}{P_1} = 1 + 0.8412 + 0.6034 = 2.4446$$

$$P_1^{(1)} = 0.4091$$

$$\frac{1}{P_2} = 1.1887 + 1 + 0.7173 = 2.9060$$

$$P_2^{(1)} = 0.3441$$

$$[2] \quad P_1 = 0.4091 \quad P_2 = 0.3441 \quad P_3 = 0.2468$$

$$x_1 = 245.46 \quad x_2 = 206.46 \quad x_3 = 148.08$$

$$\frac{1}{P_1} = 1 + 0.8406 + 0.6955 = 2.5361$$

$$P_1^{(2)} = 0.3943$$

$$\frac{1}{P_2} = 1.1896 + 1 + 0.8274 = 3.0170$$

$$P_2^{(2)} = 0.3315$$

$$[3] \quad P_1 = 0.3943 \quad P_2 = 0.3315 \quad P_3 = 0.2742$$

$$x_1 = 236.58 \quad x_2 = 198.90 \quad x_3 = 164.52$$

$$\frac{1}{P_1} = 1 + 0.8536 + 0.6664 = 2.520$$

$$P_1^{(3)} = 0.3968$$

$$\frac{1}{P_2} = 1.1715 + 1 + 0.7807 = 2.9532$$

$$P_2^{(3)} = 0.3387$$

$$[4] \quad P_1 = 0.3968 \quad P_2 = 0.3387 \quad P_3 = 0.2645$$

$$x_1 = 238.08 \quad x_2 = 203.22 \quad x_3 = 158.7$$

$$\frac{1}{P_1} = 1 + 0.8452 + 0.6762 = 2.5214$$

$$P_1^{(4)} = 0.3966$$

$$\frac{1}{P_2} = 1.1832 + 1 + 0.8001 = 2.9833$$

$$P_2^{(4)} = 0.3352$$

$$|P_1^{(3)} - P_1^{(4)}| < 0.01$$

3. 実際道路網における計算

3-1 既往の経緯

配分計算は基準年次たる昭和52年の諸値を対象にしており、実際道路網は神奈川県東部の横浜市を

中心とした地域を配分対象道路網とし、その周辺の関連道路網として神奈川県西部、東京都、埼玉県を中心として西は京都、北は熊谷、東北は宇都宮までとりあげているが、当初使用したOD表、Q-V式、局地交通量、リンクデータなどは既発表の第一の論文²⁾で、収束計算の詳細について第二の論文³⁾にのべている。なお後者では対象道路網の一部が訂正され、横浜環状2号線など数本の道路が追加された。第二の論文では紙面の関係で配分計算結果については触れられなかったが、最近の第三の論文⁴⁾でこれを述べている。ただしここでは配分対象道路網の一部訂正（首都高速道路横羽線がその上を通っている産業道路の追加）とOD表の一部訂正がなされている（図-2参照）。すなわち川崎区と鶴見区とから臨海部を分離新設（統合OD表の51、52）したこと、ゾーンペア統合段階で15ゾーン関係の内容を改善したことである。52×52ゾーンペア、247リンクである。配分計算では収束の悪いことが第二論文で判明していたので同様に4つのODペア ①～⑥，⑦，⑧，⑨だけを別個配分計算し、他のOD交通量は一括配分計算を実行したものである。収束条件は第二論文では配分率についてだけ、第三論文では配分率とリンクの走行時間の両者についてn回目とn-1回目の値の差が0.01以下になることとしている。局地交通量として観測地点交通量を与えたデータ（DATA52P2）にもとづく計算では16回で収束している。しかし観測地点交通量の中には当然配分対象交通量が含まれているのでその分を差し引かなければ真の局地交通量とはいえない。そのためDATA52P2に基づいた計算結果である地点別の配分交通量を観測地点交通量から差し引いたものを新しい局地交通量としたデータDATA52Q2を計算した。なを差し引いた時マイナスとなったリンクについては0とsetしてある。しかしこれは常数項である局地交通量が減少したためと思われるが、収束回数199回でも収束しなかった。そのためODペアの中には不合理な結果を示すものがあり、観測値と計算値との間の相関係数は0.931となっている。この値は通常配分計算の精度0.7程度と比べれば良好と考えられるが、収束しないということ是不合理なので今回はこれの改善を試みたので報告するものである。

3-2 今回の収束計算

前節でのDATA52Q2の計算で収束が思わしくなかったため、OD別に収束状態を調べることとし、全ODペアにつき収束回数を5回までアウトプットさせた。ODペアのうち ① を起点とするものが最もODペアの数が多く、OD交通量の値も大

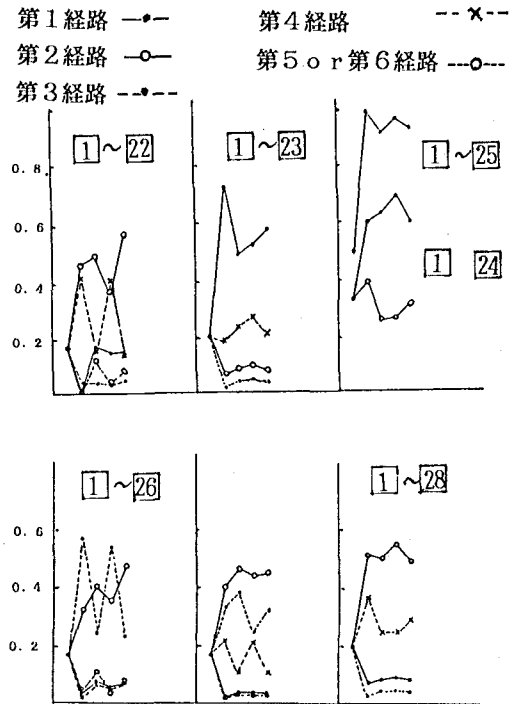


図-3 収束状況 (DATA52Q2)

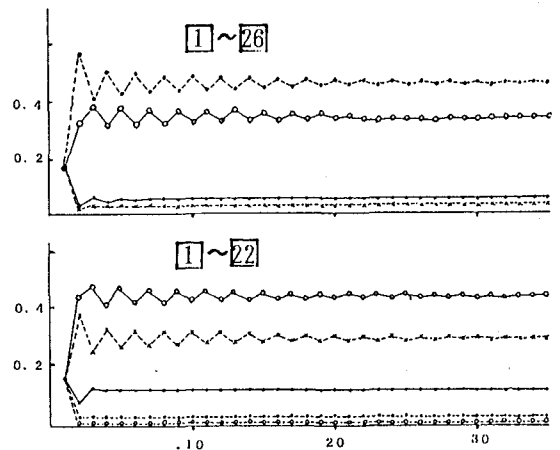


図-4 収束状況 (52×52)

きいものが多く、OD間の経路の数の多いODペアを多く含んでいるので、先ず [1] を起点とするODペアをリストアップし収束状況を図化してみた。その結果の一部が図-3であるが、経路の内第1京浜と第2京浜を競合経路として中に含むものが収束が悪いことが判明した。原因としてほぼ同規格の道路でOD間の延長が近似していることが考えられたので、[1] を起点とするもの以外にも上の原因に該当すると思われるODペアを取り出してみたところやはり収束の悪いものが発見された。よってこれらすなわち [1] ~ [22], [26], [27], [39], [41], [43], [44], [47], [49] および [3] ~ [26] ならびに [5] ~ [22], [26] および [10] ~ [26] をとり出すし、これらとその逆方向でつくる13×13のOD表をつくり計算した（リンク数247）。その結

果は収束条件 0.01 で 35 回で収束した。収束状況の2~3例を図-4にかかげる。次に上のODペアをとり除いた残余のODペアでデータDATA52 QSをつくり計算した。OD表はやはり 52 × 52, リンク数は 247 である。なお上にのべた収束が悪く別途計算した [1] ~ [6], [7], [8], [9] ならびに [1] ~ [22] 等の配分量は局地交通量に加えてある。計算は収束条件 0.01 で9回で収束している。計算結果は表-1にかかげるOD別内訳表のように良好である。また配分対象道路網内の各リンクにつき、局地交通量と配分交通量とを対比して表-2にかかげた。次に局地交通量プラス配分交通量と観測地点交通量とを比較したところ図-5のようであり、相関係数は 0.965（乗用車）、0.973（全車種計）とより良好な結果を得ることができた。

OD NO. = 23		O= 1	D= 23	ROUTE SU = 5			
BBT1=-1.732474		BBT2=-2.196903		BBT3=-1.801852			
BBF1=-0.131681		BBF2=-0.147653		BBF3=-0.125083		ADLS=38.539997	
ROUTE NO.	DISTANCE	SYASYU	RYOKIN	TRAFFIC	VOL	T	ASSIGN RATE
1	34.4	1	0.	418.	0.9297	0.571694	
		2	0.	104.	0.9607	0.651159	
		3	0.	90.	0.9828	0.717720	
2	41.8	1	450.	60.	0.8112	0.082155	
		2	450.	9.	0.8774	0.059638	
		3	750.	6.	0.8907	0.045475	
3	40.2	1	500.	30.	0.8839	0.041632	
		2	500.	6.	0.9021	0.040328	
		3	800.	4.	0.9151	0.033978	
4	35.3	1	450.	162.	0.6834	0.221842	
		2	450.	31.	0.7506	0.197488	
		3	750.	15.	0.7646	0.119801	
5	41.0	1	0.	60.	1.2290	0.082676	
		2	0.	8.	1.2762	0.051387	
		3	0.	10.	1.3138	0.083025	

OD NO. = 24		O= 1	D= 24	ROUTE SU = 3			
BBT1=-1.795045		BBT2=-2.276247		BBT3=-1.866928			
BBF1=-0.139374		BBF2=-0.156022		BBF3=-0.131245		ADLS=35.899998	
ROUTE NO.	DISTANCE	SYASYU	RYOKIN	TRAFFIC	VOL	T	ASSIGN RATE
1	33.5	1	150.	0.	0.6504	0.623562	
		2	150.	0.	0.7214	0.627006	
		3	250.	42.	0.7380	0.468935	
2	34.7	1	0.	0.	0.9554	0.318463	
		2	0.	0.	0.9856	0.337172	
		3	0.	41.	1.0067	0.462642	
3	39.5	1	0.	0.	1.2106	0.057975	
		2	0.	0.	1.2549	0.035822	
		3	0.	6.	1.2901	0.068423	

表-1 OD別配分内訳

リンク	局 地 交 通 量				配 分 交 通 量			
	乗用車	小型貨物	普通貨物	合計	乗用車	小型貨物	普通貨物	合計
3	21947	14982	16707	53636	12118.	6908.	9372.	28398.
4	35698	16868	15628	68194	10574.	6063.	8722.	25359.
5	26059	10753	3176	39988	14459.	8851.	7597.	30907.
6	11572	13429	3497	28498	35677.	18287.	11475.	65439.
7	10437	6644	1188	18269	26073.	15967.	6538.	48578.
8	12935	8977	1949	23861	20763.	13725.	6018.	40506.
9	26149	11274	4422	41845	12881.	9399.	4498.	26778.
11	23451	13152	8184	44787	2995.	1063.	953.	5011.
33	21052	12652	8073	41777	5194.	2169.	2335.	9698.
34	25009	14837	10660	50506	2047.	1139.	1220.	4406.
42	15681	5630	3360	24671	7196.	4904.	6329.	18429.
43	20944	19783	3618	44345	17330.	10604.	9316.	37250.
44	0	1127	1661	2788	2818.	2011.	1865.	6694.
45	3913	3404	2441	9758	8384.	4754.	2589.	15727.
46	839	537	176	1552	22962.	13312.	4618.	40892.
47	3269	4636	646	8551	14526.	7958.	4220.	26704.
48	12853	11389	3490	27732	9540.	5014.	2870.	17424.
49	31302	16196	13659	61157	24192.	12110.	9543.	45845.
50	20094	13390	6280	39764	6900.	4119.	2884.	13903.
51	27192	20788	6571	54551	16948.	9028.	8618.	34594.
52	14310	9866	6678	30854	12095.	7582.	5369.	25046.
53	9568	10185	4196	23949	10723.	6933.	5739.	23395.
54	16589	16610	4155	37354	9887.	6529.	5977.	22393.
63	18968	13753	8553	41274	3353.	1767.	979.	6099.
64	22338	18809	12930	54077	7639.	4342.	4277.	16258.
65	10900	8913	5445	25258	7340.	4403.	6233.	17976.
66	9093	8767	5187	23047	8766.	7114.	6694.	22574.
83	0	3257	0	3257	20257.	11987.	12000.	44244.
84	0	2260	0	2260	19608.	11352.	11284.	42244.
85	0	0	0	0	20344.	11770.	11780.	43894.
90	14772	8152	3190	26114	7975.	2628.	1194.	11797.
91	193	2096	2066	4355	7409.	2390.	1146.	10945.
92	5346	3419	2878	11643	1920.	924.	264.	3108.
93	9	1582	22	1613	11037.	6582.	4715.	22334.
94	941	2991	914	4846	9014.	5047.	3063.	17124.
105	17220	11217	8352	36789	15073.	8831.	2563.	26467.
106	14489	11694	5344	31527	18143.	8595.	5647.	32385.
107	25777	15211	7033	48021	7103.	4584.	3879.	15566.
108	13346	10993	1033	25372	4400.	1742.	1050.	7192.
109	25541	19632	2177	47350	3214.	1440.	1068.	5722.
110	18241	13549	3057	34847	1266.	394.	112.	1772.
111	12646	13096	4404	30146	8133.	5132.	2237.	15502.
112	6605	5472	1523	13600	776.	158.	84.	1018.
113	2795	3023	654	6472	2984.	990.	358.	4332.
114	2832	2101	617	5550	2170.	955.	742.	3867.
115	1008	0	0	1008	1716.	1325.	564.	3605.
116	7427	2903	749	11079	2524.	1752.	718.	4994.
117	6006	5268	684	11958	3804.	1716.	1225.	6745.
118	6556	6300	700	13556	2320.	1196.	1187.	4703.
119	9392	8120	1744	19256	1422.	760.	1059.	3241.
123	3439	3116	665	7220	566.	238.	48.	852.
124	5407	8029	2138	15574	3134.	2644.	870.	6648.
125	5403	8778	2098	16279	5264.	2466.	1090.	8820.
126	5229	8347	1796	15372	3304.	1846.	976.	6126.
127	493	210	43	746	3665.	2381.	1160.	7206.
129	1129	3792	321	5242	6791.	3252.	1205.	11248.
132	6978	3556	3347	13881	3327.	2519.	995.	6841.

表一2 局地・配分交通量対比表

(以下省略)

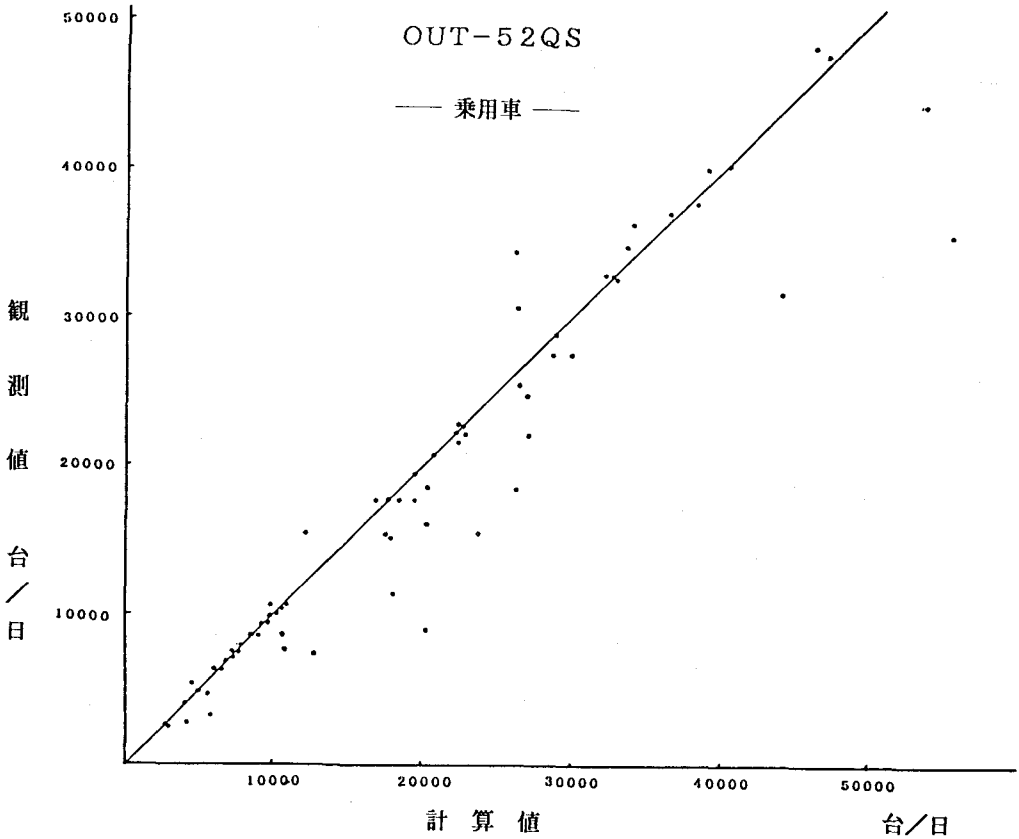


図-5 計算値-観測値相関図

4. 結語

計算値と観測値との間の相関係数が 0.95 以上というような良好な結果を得ることができたことについて、(i) 全部のODを対象とせず、道路新設等の影響を受ける限りのODにしぼった、(ii) 配分対象のOD以外のODを、内内交通量と共に局地交通量として処理した、(iii) OD間に数本の経路がある時それらを利用する交通量の間にはマクロ的にみて走行時間などを説明変数とする配分率関数の存在を認める、などが原因となっているものと考えている。

次に連続、累加、Q-Vなどのいわゆるフロー条件式を上記の配分率式と連立して解く筆者の方式において、逐次近接法を用いて段階的にはあるが求解計算を完遂することができた。段階的にはあるが実用的には問題のない結果を得たものと考えている。

最後にここまで研究を進めることができたことについては、当初筆者の超越多元連立方程式を解いて頂いた平野菅保氏（当時日本建設コンサルタント、現在大学教授）、池上一志氏（当時富士通ファコム、現在大学教授）、実際道路網の転換計算のデータ作成等に従事された日本道路公団東京支社調査課の諸氏、山梨大学で卒論ではじめて本方式の解法に携わった山本芳幸君（現在北海道開発コンサルタント）やその後卒論に携わった当時の学生諸君、配分方式の研究を共にした大矢正樹氏（当時山梨大学助手、現在システム科学研究所）、プログラミングや電算管理に援助を頂いた西井和夫氏（山梨大学助教授）、プログラミングと計算実行に援助を頂いた横内滋里氏（山梨大学プログラム相談員、同助手）、又電算操作等で援助を頂いた情報センターの広嶋くに代氏や土木工学科の教職員の方々に深甚の謝意を表するものである。

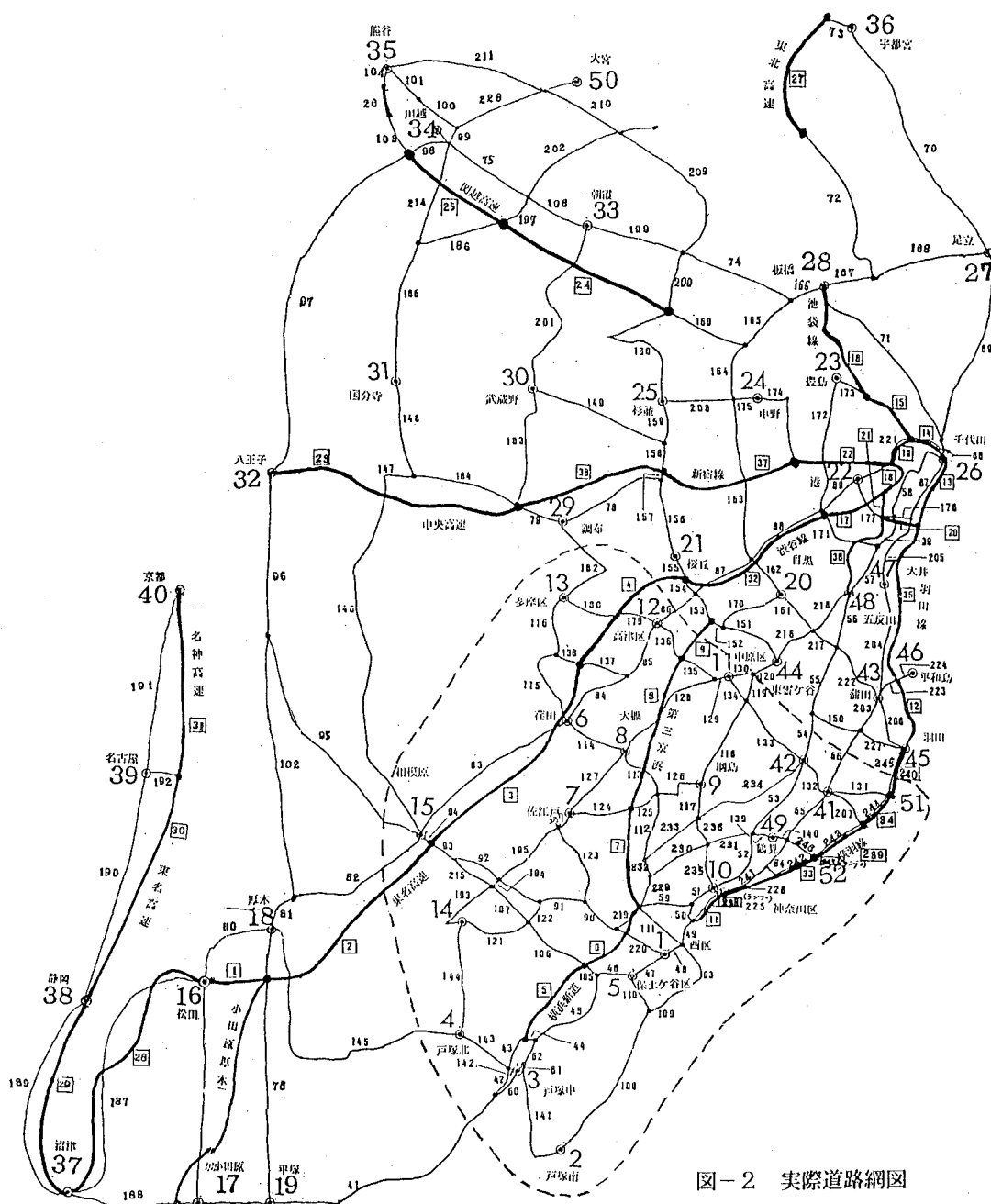


図-2 実際道路網図

参考文献

- 1) 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，Vol.31.NO.4, pp. 21 ~ 26, 1988
- 2) 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，土木計画学研究・講演集，NO.10, pp. 385 ~ 390, 1987
- 3) 星野哲三：幹線道路網への実用的交通量配分計算，土木計画学研究・講演集，NO.11, pp. 15 ~ 22, 1988
- 4) Tetuzo Hoshino：Traffic Assignment to a Arterial Road Network, 5th World Conference on Transport Research, July, 1989