

自動車交通による環境変化が地域社会 経済に与えるインパクトの 計量経済学的分析†

山口 誠*, 鯉江 康正**, 石川 隆司**

1. 研究の概要

世界的に環境の悪化が進んでいる。わが国においても大気、水質、騒音等の環境問題が顕在化して久しい。都市的集中の激しい東京圏（東京、神奈川、埼玉、千葉）では早くから行政政策の中心課題のひとつになっていたにもかかわらず、環境問題は複雑化・深刻化し続けている。

最近では、自動車による大気汚染が問題となっている。とりわけ、東京都における窒素酸化物汚染は非常に深刻な状況になっている。固定発生源に対する総量規制の導入や自動車排出ガス規制などの各種施策が実施されているが、二酸化窒素（NO₂）に関する環境基準の達成率は低く、1989年で見ると、東京都内の一般環境大気測定局35局中、環境基準を満たしているのは17局にすぎない。すでに、人体に対する影響も報告されており、早急に窒素酸化物汚染を解決・緩和するための抜本的対策を講じる必要がある。

しかしながら、現代社会の諸活動と自動車交通は密接な関係にあり、自動車交通量を強制的な対策によって削減した場合には、東京圏全体に対して様々な社会経済的影響があることが予想される。したがって、単に自動車に対する走行量規制で二酸化窒素濃度を低下させるだけでは十分ではない。実際に自動車交通量削減対策を行うためには、各種対策がもたらす、① 交通条件の変化、② 大気汚染を中心とする自然環境の変化、③ 社会経済の変動を計測して最も効果的かつ現実的な対策を採用する必要がある。

本研究は、東京都環境保全局が進めている大気汚染対策のための上記3つに対応するプロジェクトのうち、地域に与える社会経済的インパクトを計測するプロジェクトの中核をなすものである。各プロジェクトで構築したモデルの関連フローは図1のとおりである。交通と環境

* 江戸川大学社会学部, ** (株) ライテック 社会開発部

† 本研究は第28回日本地域学会国内大会(於、筑波大学)において報告したものを一部加筆修正したものである。学会において討論者の労をとって頂いた筑波大学北畠佳房助教授、京都大学瀬尾美巳子教授をはじめ、京都大学福地崇生教授、上智大学岩田規久男教授など多数の方々から有益なコメントを頂戴したことに感謝いたします。また、数多くの貴重なご教示を賜った2人のレフェリーに厚くお礼を申し上げます。

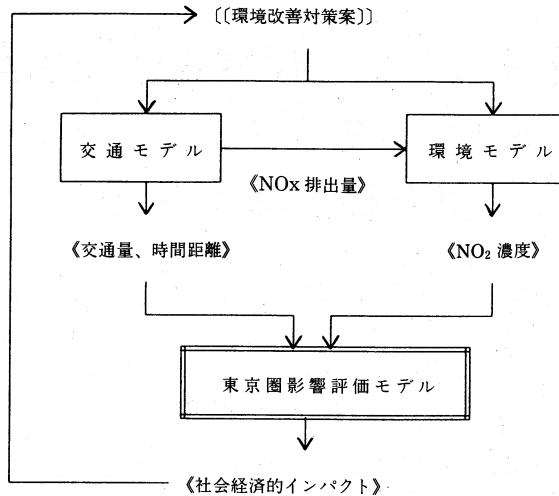


図1 プロジェクトの全体構成

に関するモデルは別のプロジェクトで作成しているので、交通条件および環境条件を与件とする4地域連動型の計量経済モデルを構築し、東京圏における自動車交通量削減対策・大気汚染(NO_2)対策の社会経済に及ぼす影響を検討することにした。なお、表1はサーベイに代えて、文末参考文献を都市分析のための地域計量経済モデル分析および交通・環境関連文献に分けて、まとめたものである。

2. 東京圏の現状

東京圏の現状を主要な指標を図表化することにより概観してみよう。

表2は、全国と東京圏の常住人口、従業地ベースの就業者数、域内総生産をまとめたものである。東京圏では、1975年から80年の域内総生産を除き、観測期間の全期間にわたって、3つの指標すべてが全国平均を上回る伸びを示している。シェアについても増大傾向が続いている。

表1 参考文献のまとめ

関連分野	文献番号
モデル関連文献	[3], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [21], [26], [28], [29]
交通関連文献	[4], [17], [19]
環境関連文献	[1], [2], [12], [13], [14], [15], [16], [18], [20], [22], [23], [24], [25], [27]

注) 文献番号は、参考文献一覧の文献番号による。なお、分野が跨る場合には関連の深い方に分類してある。

表2 東京圏の社会経済の動向 (単位: 千人, 10億円; 1985年暦年価格)

	1975年	1980年	1985年	1988年	年平均伸び率 (%)				
					80-75	85-80	88-85	88-75	
人口									
全国	111,940 (100.0)	117,060 (100.0)	121,049 (100.0)	122,758 (100.0)	0.90	0.67	0.47	0.71	
東京圏	27,042 (24.2)	28,699 (24.5)	30,273 (25.0)	31,199 (25.4)	1.20	1.07	1.01	1.11	
埼玉	4,821 (17.8)	5,420 (18.9)	5,864 (19.4)	6,182 (19.8)	2.37	1.58	1.78	1.93	
千葉	4,149 (15.3)	4,735 (16.5)	5,148 (17.0)	5,391 (17.3)	2.68	1.69	1.55	2.04	
東京	11,674 (43.2)	11,618 (40.5)	11,829 (39.1)	11,862 (38.0)	-0.09	0.36	0.09	0.12	
神奈川	6,398 (23.7)	6,924 (24.1)	7,432 (24.5)	7,764 (24.9)	1.59	1.43	1.47	1.50	
屋間従業員数									
全国	52,974 (100.0)	55,750 (100.0)	58,191 (100.0)	59,803 (100.0)	1.03	0.86	0.91	0.94	
東京圏	12,644 (23.9)	13,528 (24.3)	14,868 (25.6)	15,673 (26.2)	1.36	1.91	1.77	1.67	
埼玉	1,655 (13.1)	1,901 (14.1)	2,149 (14.5)	2,280 (14.5)	2.81	2.49	1.99	2.50	
千葉	1,476 (11.7)	1,671 (12.4)	1,843 (12.4)	1,936 (12.4)	2.52	1.98	1.65	2.11	
東京	7,065 (55.9)	7,317 (54.1)	7,903 (53.2)	8,264 (52.7)	0.70	1.55	1.50	1.21	
神奈川	2,449 (19.4)	2,639 (19.5)	2,973 (20.0)	3,193 (20.4)	1.50	2.41	2.41	2.06	
域内総生産									
全国	216,661 (100.0)	270,120 (100.0)	321,139 (100.0)	375,233 (100.0)	4.51	3.52	5.33	4.32	
東京圏	62,935 (29.0)	77,716 (28.8)	96,155 (29.9)	119,195 (31.8)	4.31	4.35	7.42	5.04	
埼玉	6,806 (10.8)	8,957 (11.5)	11,145 (11.6)	13,761 (11.5)	5.65	4.47	7.28	5.56	
千葉	6,525 (10.4)	8,747 (11.3)	10,832 (11.3)	13,207 (11.1)	6.04	4.37	6.83	5.57	
東京	37,011 (58.8)	43,911 (56.5)	55,061 (57.3)	68,096 (57.1)	3.48	4.63	7.34	4.80	
神奈川	12,593 (20.0)	16,101 (20.7)	19,118 (19.9)	24,132 (20.2)	5.04	3.49	8.07	5.13	

注) ()内は構成比である。なお、埼玉、千葉、東京、神奈川の構成比は、東京圏に対する構成比である。
出典) 国勢調査報告、県民経済計算年報

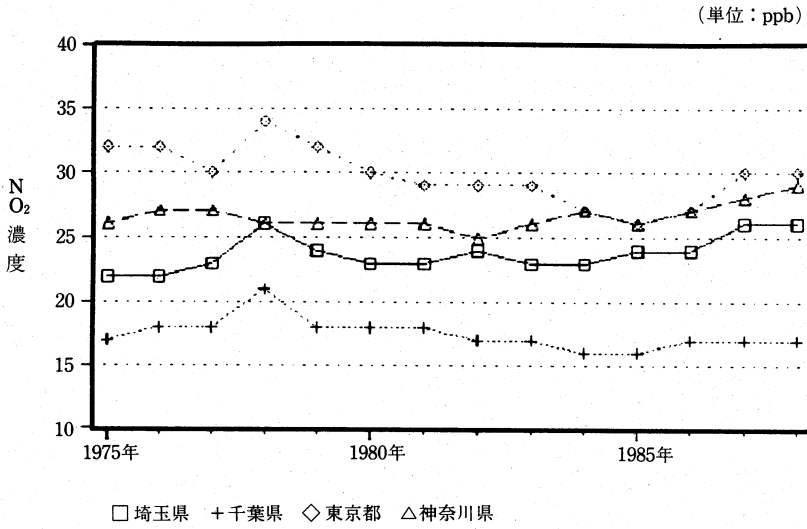
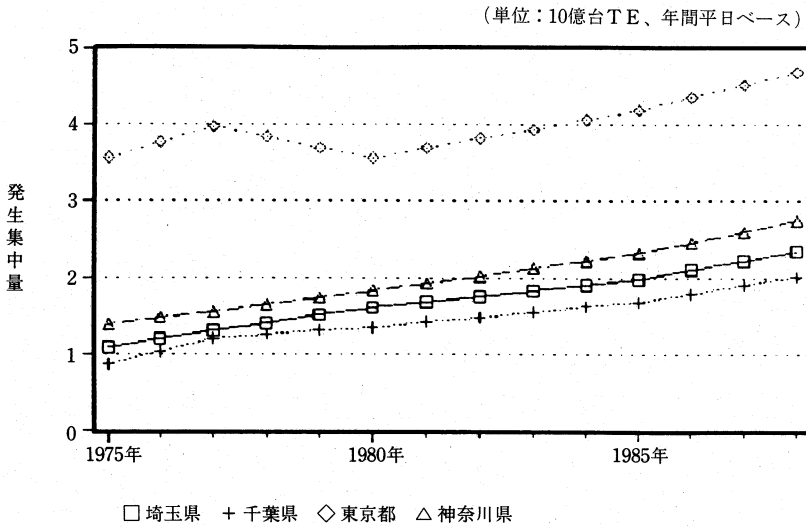
図2 東京圏におけるNO₂濃度の推移

図3 東京圏における発生集中量の推移(自動車)

注) 図2および図3における単位は以下のとおりである。ppb (PARTS PER BILLION) は大気汚染の濃度を表す単位であり、一定体積の大気中に占める汚染物質の体積比(10^{-9})である。発生集中量は、発生交通量と集中交通量を合計したものである。発生交通量は一定時間の間にあるゾーンから発生したトリップの総数で、集中交通量は一定時間の間にあるゾーンに到着したトリップの総数である。また、TEはトリップ・エンドの略で交通量を表す単位であり、1トリップの両端、すなわち発地点と着地点をトリップ・エンドと総称する。

東京圏1都3県の各指標の伸び率を比較すると、東京都よりも周辺3県の伸び率が高くなっており、東京都一極集中から東京圏一極集中への移行がみられる。本研究の主たる対象である東京都についてみると、人口は横ばいであるのに対して、従業者数および域内総生産はかなり伸びており、業務地としてのより一層の集中化傾向がみられる。

図2および図3は、本モデルの政策変数であるNO₂濃度および自動車の発生集中量の推移をみたものである。主要な対象地域である東京都のNO₂濃度（年度平均）は、1975年（32ppb）以降1978年に上昇（34ppb）したが、固定発生源対策や自動車排出ガス規制強化の効果もあり、1985年には26ppbまで低下した。しかし、経済活動の活発化や自動車交通の増加に伴い悪化に転じ、1988年には30ppbに上昇した。現在、都内の多くの測定局でNO₂に関する環境基準を満たしていない。

東京都は業務活動の中心地域として経済面では発展が続いているものの、過度の集中に伴う住宅難・通勤苦・環境悪化等の弊害もいたるところでみられる。そして、その影響範囲は広域化しており、周辺3県を含めた大都市圏—東京圏全体の問題になっている。東京都における対策を検討する場合でも、東京都の分析のみでは十分ではなく、周辺3県を含めた東京圏全体の社会経済構造を分析対象としなければならないのである。

3. 東京圏環境影響評価モデル

モデルは、1都3県内の主要な社会経済指標を決定するコアモデル部分（東京圏環境影響評価モデル、以下、東京圏モデルという）と、その結果をうけて東京都の産業別諸指標を決定するサブモデルで構成される。今回報告するコアモデルは、4地域において人口・就業・支出・生産・所得・資本・地価の7ブロックが相互に関連しあう構造となっている。

表3は、東京圏モデルで取り扱う変数の一覧表である。また、図4は、東京圏モデルのブロック間の因果序列を示すブロック関連図のうち代表的な東京都分である。

NO₂濃度の低下は、自然・生活環境の改善を代表する変数として転入人口の増加・転出人口の減少という形で人口ブロックに影響を与える。すなわち、人口移動を、域内（東京圏内）での移動と域外（対全国）との移動に分離し、域外との移動については集積度をあらわす変数として対全国人口ならびに一人あたりの民間住宅資本ストックを、域内での移動については地価変数に加え、環境変数を導入した。また交通量・移動時間は、生産ブロックの生産関数をはじめとする多くの式に輸送力代理変数・ポテンシャルとして入っている。生産関数においては交通量変数が資本ストック・労働サービス変数とならんで交通サービス変数として取り込まれている。さらに、最終需要のうち、民間最終消費支出関数と政府最終消費支出関数に、地域間の移動時間を考慮したポテンシャル変数を導入した。移動時間は交通量対策による混雑度の低下

表3 東京圏モデルの主要な変数記号一覧

ブロッ ク名	変数 記号	変 数 名	単 位	備考	ブロッ ク名	変数 記号	変 数 名	単 位	備考	
人口	NN^i	人口	千人	*	所得	YD^i	分配所得	10 億円	*	
	SI^i	社会流入人口 (転入)	千人	*		資本	KP^i	民間企業資本ストック	10 億円	*
	SO^i	社会流出人口 (転出)	千人	*			KH^i	民間住宅資本ストック	10 億円	*
就業	LO^i	i から東京都への通勤人口 ($i=S, C, K$: 注6)	千人	*	地価	PL^i	地価	円/m ²	*	
	LI^i	東京都から <i>i</i> への通勤人口 ($i=S, C, K$: 注6)	千人	*		ポテン シャル	PN_k^i	人口ポテンシャル		
	ET^i	全産業従業地就業者数 ($E1^i+E2^i+E3^i$)	千人	*	PE_k^i		就業ポテンシャル			
	$E2^i$	第2次産業従業者数	千人	*	PY_k^i		所得ポテンシャル			
	$E3^i$	第3次産業従業者数	千人	*	外生	ODG^i	全車発生集中量	百万台 TE		
支出	YY^i	域内総支出 (=総生産)	10 億円	*		ODK^i	貨物車発生集中量	百万台 TE		
	CP^i	民間最終消費支出	10 億円	*		T_k^{ij}	県間平均時間距離	分		
	CG^i	政府最終消費支出	10 億円	*		NO_2^i	NO ₂ 濃度年度平均値	ppb		
	IP^i	民間企業設備投資	10 億円	*		$E1^i$	第1次産業従業者数	千人		
	IH^i	民間住宅投資	10 億円	*		$Y1^i$	第1次産業生産額	10 億円		
	IG^i	公的投資	10 億円	*		ZN	全国人口	千人		
	生産	YP^i	域内総生産+帰属利子 ($Y1^i+Y2^i+Y3^i$)	10 億円		*	ZY	国内総支出	10 億円	
$Y2^i$		第2次産業生産額	10 億円	*		ZYP	国内総生産+帰属利子	10 億円		
$Y3^i$		第3次産業生産額	10 億円	*		INT	銀行貸出金利	%		
					$PLRT$	6大都市宅地地価指数	S60=100			
					ROU	稼働率指数	S60=100			
					$DUMP$	年度ダミー (西暦年)	対象年=1			

注1) 価格データは、1985年 (S60) 暦年価格である。但し、地価のみ名目値を用いた。

注2) 上添字 i, j は地域を表す。($i, j=S$: 埼玉, C : 千葉, T : 東京, K : 神奈川)

注3) 下添字 k は交通機関を表す。($k=R$: 鉄道, C : 自動車)

注4) 人口ポテンシャルは以下の定義による。また、各ポテンシャルも同様の定義による。

$$PN_k^i = NN^i + \sum_j \frac{NN^j}{T_k^{ij}} \quad \text{但し, } i, j: \text{地域 } (i \neq j)$$

T_k^{ij} : k 機関 ij 県間平均時間距離

なお、第2項は次のように他地域のみの効果等を表すポテンシャルとして、分解して用いた式もある。

$$ON_k^i = \sum_j \frac{NN^j}{T_k^{ij}} \quad \text{但し, } i, j: \text{地域 } (i \neq j)$$

T_k^{ij} : k 機関 ij 県間平均時間距離

注5) 備考欄*つき変数は、推定式である。

注6) 東京都から周辺3県への通勤人口の和 LO^T と周辺3県から東京都への通勤人口の和 LI^T を、

$$LI^T = LO^S + LO^C + LO^K$$

$$LO^T = LI^S + LI^C + LI^K$$

で定義した。

注7) 発生集中量 (ODG, ODK) は、年間平日ベースの数値である。

により短縮されるため、経済活動を活性化させる。(表4参照)

以下に、本モデルの主たる対象地域である東京都の構造方程式の一部を提示する。推定期間は1976年~88年までの13サンプル、推定法は通常の最小二乗法 (OLS) である。推定式係数下の () 内は t 値である。また、各推定式下の R は重相関係数、 RB は自由度修正後の重相関係数、 S は方程式の標準誤差、 $D.W.$ はダービン=ワトソン統計量である。

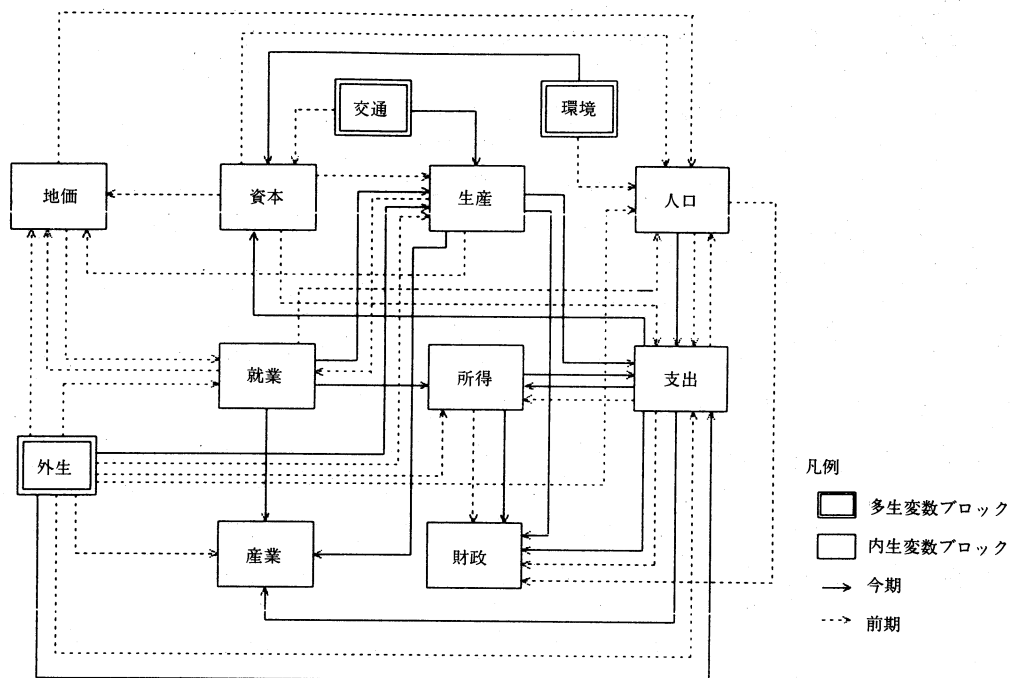


図4 東京圏モデルのブロック関連図（東京都分抜粋）

表4 主要な政策変数を含む内生変数

内生変数記号	主要な政策変数				内生変数記号	主要な政策変数			
	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県		埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県
SI	-NO ₂		-NO ₂		CG	+PN _R	+PN _R	+ON _R	+PN _R
SO	+NO ₂	+NO ₂	+NO ₂	+NO ₂	IG	+PE _C	+PN _R		+PE _C
E2	+PN _R				Y2			+ODK	
E3	+ON _C		+OE _R	+OE _R	Y3	+ODG	+ODG	+ODG	+ODG
CP	+PY _R	+PY _R	+PY _R	+PY _R					

注) 政策変数の前の符号は、対応する内生変数に対する符号条件である。

[東京圏モデル：東京都分構造方程式の一部]

<1> 社会移動関数：地価比を用いた効用格差モデル

$$\ln(SI^T)_t = 10.795 + 1.785 * \ln(NN^T/ZN)_{t-1}$$

(14.44) (7.25)

$$-0.06762 * \ln(PL^T / (PL^S * PL^C * PL^T * PL^K)^{1/4})_{t-1} - 0.1278 * \ln(NO_2^T)_{t-1}$$

(-2.73) (-1.81)

$$R = 0.9614 \quad RB = 0.9482 \quad S = 0.013 \quad D.W. = 2.56$$

$$\ln(SO^T)_t = 5.252 + 0.2571 * \ln(PL^T / (PL^S * PL^C * PL^T * PL^K)^{1/4})_{t-1}$$

(12.65) (6.25)

$$-0.5796 * \ln(KH^T / NN^T)_{t-1} + 0.4414 * \ln(NO_2^T)_{t-1}$$

(-9.66) (4.01)

$$R=0.9860 \quad RB=0.9813 \quad S=0.020 \quad D.W.=1.87$$

<2> 静態人口関数：生産性を用いて自然増人口を説明するモデル

$$(NN^T - SI^T + SO^T)_t = -822.851 + (1.096 - 0.003132 * (YY^T / ET^T)_{t-1}) * (NN^T)_{t-1}$$

(-0.91) (13.39) (-3.58)

$$R=0.9895 \quad RB=0.9873 \quad S=13.487 \quad D.W.=2.36$$

<3> 就業関数：労働市場の需給均衡の誘導型

$$\ln(E_2^T)_t = 1.870 + 0.7590 * \ln(E_2^S + E_2^C + E_2^T + E_2^K)_{t-1} + 0.4623 * \ln(E_2^T / ET^T)_{t-1}$$

(2.05) (6.54) (7.28)

$$R=0.9201 \quad RB=0.9033 \quad S=0.004 \quad D.W.=1.37$$

$$\ln(E_3^T)_t = 2.058 + 0.08978 * \ln(Y_3^T)_{t-1} + 0.4040 * \ln(ET^T)_{t-1} + 0.3727 * \ln(OE_R^T)_{t-1}$$

(1.62) (2.61) (2.03) (7.48)

$$R=0.9992 \quad RB=0.9989 \quad S=0.004 \quad D.W.=2.18$$

<4> 消費関数：ブラウン型習慣形成仮説にもとづくモデル

$$\ln(CP^T / NN^T)_t = -0.086 + 0.2891 * \ln(PY_R^T / NN^T)_t + 0.6146 * \ln(CP^T / NN^T)_{t-1}$$

(-1.76) (2.08) (2.81)

$$R=0.9881 \quad RB=0.9857 \quad S=0.017 \quad D.W.=1.44$$

<5> 政府支出関数：人口ポテンシャルを用いた需要要因型モデル

$$\ln(CG^T)_t = -12.051 + 1.435 * \ln(NN^T)_{t-1} + 1.112 * \ln(ON_R^T)_{t-1}$$

(-1.80) (1.92) (15.51)

$$R=0.9921 \quad RB=0.9906 \quad S=0.015 \quad D.W.=1.91$$

<6> 設備投資関数：所得・利子決定型のケインジアンタイプのモデル

$$\ln(IP^T)_t = -15.143 + 2.226 * \ln(YY^T)_{t-1} - 0.1211 * \ln(INT)_t + 0.080 * DUMP(85)$$

(-17.93) (32.18) (-1.83) (3.08)

$$R=0.9986 \quad RB=0.9981 \quad S=0.024 \quad D.W.=1.34$$

<7> 住宅投資関数：利子を含むストック調整型モデル

$$\ln(IH^T)_t = 6.860 + 1.986 * \ln(YD^T)_t - 1.804 * \ln(KH^T)_{t-1} - 0.5715 * \ln(INT)_{t-1}$$

(4.18) (5.02) (-4.86) (-4.42)

$$-0.141 * DUMP(82 \sim 85)$$

(-4.24)

$$R=0.9717 \quad RB=0.9573 \quad S=0.045 \quad D.W.=2.76$$

〈8〉 公的投資関数：ストック調整型モデル

$$\ln(IG^T)_t = 11.307 + 0.5449 * \ln(Y Y^T)_{t-1} - 0.9025 * \ln(KG^T)_{t-1} \\ (5.22) \quad (1.74) \quad (-2.04) \\ - 0.118 * DUMP(79,80,82) - 0.262 * DUMP(85 \sim 86) \\ (-2.36) \quad (-4.30)$$

$$R=0.9035 \quad RB=0.8511 \quad S=0.071 \quad D.W.=2.70$$

〈9〉 生産関数：コブ・ダグラス型生産関数

$$\ln(Y_2^T/E_2^T)_t = -4.560 + 0.3803 * \ln((KP_{t-1}^T + KG_{t-1}^T)/E_{2t}^T) + 0.5203 * \ln((ROU)_t) \\ (-2.80) \quad (6.16) \quad (3.39) \\ + 0.3742 * \ln(ODK^T)_t \\ (1.96)$$

$$R=0.9887 \quad RB=0.9849 \quad S=0.023 \quad D.W.=2.16$$

$$\ln(Y_3^T/E_3^T)_t = -6.994 + 0.4141 * \ln((KP_{t-1}^T * ROU_t + KG_{t-1}^T)/E_{3t}^T) + 0.9299 * \ln(ODG^T_t) \\ (-9.26) \quad (8.72) \quad (9.04)$$

$$R=0.9923 \quad RB=0.9907 \quad S=0.020 \quad D.W.=1.15$$

〈10〉 地価比関数：生産性および資本ストックの格差を考慮したモデル

$$\ln(PL^T / (PL^S * PL^C * PL^T * PL^K)^{1/4})_t = -1.465 + 2.551 * \ln(YPA)_{t-1} \\ (-1.63) \quad (1.48)$$

$$+ 1.804 * \ln(KKA)_{t-1} + 0.2546 * \ln(PL^T / PLRT * 100)_{t-1} + 0.429 * DUMP(86) \\ (1.45) \quad (2.34) \quad (6.74)$$

$$R=0.9706 \quad RB=0.9555 \quad S=0.052 \quad D.W.=1.72$$

ここで、 YPA と KKA は以下のような加工変数である。

$$YPA = \frac{YP^T/ET^T}{(YP^S + YP^C + YP^T + YP^K)/(ET^S + ET^C + ET^T + ET^K)}$$

$$KKA =$$

$$\frac{KP^T + KG^T + KH^T}{KP^S + KP^C + KP^T + KP^K + KG^S + KG^C + KG^T + KG^K + KH^S + KH^C + KH^T + KH^K}$$

[ファイナル・テスト結果]

モデルの現実の社会経済変動に対する適合度と説明力および予測力等を検討するためにファイナル・テストを実施した。理論値系列は実現値系列を十分にトレースしており、誤差系列も適当な範囲内におさまっていた。表5はポテンシャルを除く全内生変数について実績値とテスト値の相関係数をまとめたもの、表6は平均絶対値誤差率(MAPE)をまとめたものである。これらを総合すると、ファイナル・テストの結果は良好であり、本モデルは東京圏4地域の社会

表5 ファイナル・テストにおける相関係数の分布 —変数の数—

相 関 係 数	埼 玉 県	千 葉 県	東 京 都	神 奈 川 県	計
0.99~1.00	23 (69.7)	20 (60.6)	15 (45.5)	14 (42.4)	72 (54.5)
0.94~0.99	7 (21.2)	9 (27.3)	13 (39.4)	15 (45.5)	44 (33.3)
0.90~0.94	2 (6.1)	1 (3.0)	3 (9.1)	1 (3.0)	7 (5.3)
0.90 以下	1 (3.0)	3 (9.1)	2 (6.1)	3 (9.1)	9 (6.8)
計	33 (100.0)	33 (100.0)	33 (100.0)	33 (100.0)	132 (100.0)

注) ()内は各地域の全変数に対する構成比(%)である。但し、ポテンシャルは除く。

表6 ファイナル・テストにおける MAPE の分布 —変数の数—

M A P E	埼 玉 県	千 葉 県	東 京 都	神 奈 川 県	計
2.0% 以下	23 (69.7)	23 (69.7)	21 (63.6)	21 (63.6)	88 (66.7)
2.0~4.0%	7 (21.2)	7 (21.2)	9 (27.3)	9 (27.3)	32 (24.2)
4.0~6.0%	1 (3.0)	2 (6.1)	3 (9.1)	3 (9.1)	9 (6.8)
6.0~8.0%	2 (6.1)	1 (3.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (2.3)
計	33 (100.0)	33 (100.0)	33 (100.0)	33 (100.0)	132 (100.0)

注1) $MAPE = \frac{\sum |(\text{実績値} - \text{テスト値}) / \text{実績値}|}{\text{サンプル数}} \times 100\%$

注2) ()内は各地域の全変数に対する構成比(%)である。但し、ポテンシャルは除く。

経済構造と地域間交絡を近似することに成功していると判断できる。

4. 内挿シミュレーション結果

東京圏モデルを用いて種々のシミュレーションを実施し、東京圏の社会経済の動向と窒素酸化物削減を目的とした施策の影響等についての動学的な分析を行った。そのうちから特徴的な5ケースをとりあげて論じることとする。条件と結果は表7, 8にまとめている。

ケース1, 2は人口動態に関する初期値テストを兼ねている。いずれも東京圏の中心地域である東京都の人口が初期年において若干多かった場合を想定している。ケース1は、東京都の対東京圏外社会減が遅れたという仮定である。埼玉県・千葉県で人口が増加し、2・3次の従業者と生産が増え、行政需要の増大にともなって公共支出が激増したという結果になった。一方、東京都から周辺3県への人口流出が遅れたと仮定したケース2の場合には、神奈川県への影響が大きく、東京では民間住宅投資の増加が著しかった。神奈川県では、社会流入が大幅に減少し、それにともない人口も減少した。

ケース3は、東京都において地価抑制策をとったと仮定したケースである。観測期間中、異

表7 内挿シミュレーション・ケース一覧

ケース	シミュレーションの想定	変数の処理方法
1	東京圏以外の地域から東京都への人口集中の鈍化が若干遅れたケース（人口集中が続いたケース）	東京都の1975年の人口に10万人を加える。
2	東京都から周辺3県への人口分散が若干遅れたケース	東京都の1975年の人口に10万人を加え、埼玉県、千葉県、神奈川県は1975年の人口比に応じて各県から削減する。（東京圏の人口は変化なし）
3	東京都に対してのみ地価抑制策をとった場合を仮定したケース	東京都の地価と全国（6大都市）の地価との比をシミュレーション期間中一定に保つようにする。
4	交通流の円滑化・単体規制等の対策が効果を発揮し、都内全域ではほぼ環境基準が達成されたと仮定したケース	東京都関連の県間時間距離を、1975年値（シミュレーション期間中で最速値）でシミュレーション期間中固定とする。また、東京都のNO ₂ 濃度を、1985年値（シミュレーション期間中で最も低い濃度）でシミュレーション期間中固定とする。
5	自動車抑制策によって交通量が削減され、都内全域ではほぼ環境基準が達成されたと仮定したケース	東京都の発生集中交通量および東京都関連の県間時間距離を、1975年値でシミュレーション期間中固定とする。また、東京都のNO ₂ 濃度を1985年値でシミュレーション期間中固定する。

常に上昇した東京都の地価を抑えるため、全国地価との連動政策を行った場合に当たる。当然とも言える結果になった。東京都からの人口流出は減り流入は増加した結果、常住人口は増大した。相対的に地価が高くなる周辺3県では、社会流入が減り、関連の支出も減少した。

ケース4、5は本研究の本来の目的に対応するシミュレーションである。

東京都の調査によると、都市内走行において平均車速が低い地域では、加速・減速が頻繁に繰り返され、平均車速が低くなるほど、ディーゼルバスやトラックの窒素酸化物の排出量が増加する結果が得られている。したがって、交差点の改良、交通管制システムの高度化、路上駐車対策、ドライバーへの適切な交通情報の提供等により、交通流を円滑化することによって、窒素酸化物の排出量が削減されることが期待される。また、ナンバープレート規制、特定地域への乗り入れ規制、特定地域内を通行する自動車への負担金の賦課等の自動車削減策をとれば、自動車交通量自体が減少し、窒素酸化物排出量は削減される。いずれの方法をとっても、窒素酸化物の排出量が削減されれば、削減率ほどではないが二酸化窒素濃度は低下する。

ケース4は、交通流円滑化対策と排出規制強化を想定したケースであり、東京都内全域で環境基準が達成されたと仮定した場合である。東京都の交通流円滑化対策は、主として埼玉県に好影響を及ぼしほとんどの変数が増加、ついで千葉県でも人口流入にともない全体に増加の傾向が見られた。東京都との関係で地域のポテンシャルが低下する神奈川県では、生産活動はほ

表 8 内挿シミュレーションの結果 — 1988 年値のかい離率 —

ブロッ ク名	変数 記号	ケース 1				ケース 2				ケース 3				ケース 4				ケース 5			
		埼 玉	千 葉	東 京	神 奈 川	埼 玉	千 葉	東 京	神 奈 川	埼 玉	千 葉	東 京	神 奈 川	埼 玉	千 葉	東 京	神 奈 川	埼 玉	千 葉	東 京	神 奈 川
人口	NV	+	+	+	•	•	•	+	--	-	-	++	-	+	+	+++	--	+	•	+++	--
	SI	+++	++	++	-	-	-	++	--	--	--	+++	--	+++	+++	+++	--	+++	--	+++	--
	SO	•	•	+	•	•	•	•	•	+	•	---	•	-	+	+	•	-	•	--	•
就業	LI	•	•	•	•	•	•	--	-	•	•	-	•	+	•	•	•	+	•	--	+
	LO	•	•	•	•	•	•	--	-	•	•	•	-	++	++	•	--	--	--	+	--
	ET	++	+	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	+++	+	+	•	+++	-	•	•
	E2	+	+	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	+	•	•	•	++	•	+	•
	E3	++	+	+	•	•	•	•	•	-	-	•	•	+++	+	•	•	+++	-	--	•
支出	YY	+	+	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	++	+	•	•	++	-	--	•
	CP	+	•	+	•	•	•	++	--	-	-	+	-	++	+	•	--	++	--	+++	--
	CG	++	+	++	•	•	•	•	--	-	-	+	-	++	++	+++	--	++	•	+++	--
	IP	+	+	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	++	•	+	•	++	-	--	•
	IG	+++	+++	•	+	+	-	•	•	---	---	•	•	+++	+++	•	+	+++	•	--	+
	IH	+++	•	+	-	--	•	+++	--	---	---	+	--	+++	+	--	--	+++	--	+++	--
生産	YP	+	+	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	++	+	+	•	++	-	--	•
	Y2	+	•	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	+	•	•	•	++	•	--	•
	Y3	+	+	•	•	•	•	•	•	-	-	•	•	+++	+	+	•	+++	-	--	•
所得	YD	+	•	+	•	•	•	+++	--	-	•	+	-	++	+	-	--	++	--	+++	--
資本	KH	++	•	•	•	•	+	--	-	--	-	•	-	+++	+	-	-	++	-	++	--
	KP	+	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	+	•	+	•	+	•	--	•
	KG	+++	++	•	•	•	-	•	•	-	-	•	•	+++	+	•	•	+++	--	++	•
地価	PX	•	--	+	+	--	--	+	+++	+++	+	---	++	+	-	+	+++	++	---	---	+++

注 1) 本表は、ファイナル・テスト値とケース別シミュレーション値を内挿期間の最終年である 1988 年で比較したものである。かい離率および記号の意味は以下のとおりである。

$$\text{かい離率 } X(\%) = \frac{\text{シミュレーション値} - \text{ファイナル・テスト値}}{|\text{ファイナル・テスト値}|} \times 100$$

+++: 10% 以上のプラスの影響があった (10 ≤ X)
 ++: 5%~10% のプラスの影響があった変数 (5 ≤ X < 10)
 +: 1%~5% のプラスの影響があった変数 (1 ≤ X < 5)
 •: ほとんど影響がでなかった変数 (-1 < X < 1)
 -: 1%~5% のマイナスの影響があった変数 (-5 < X ≤ -1)
 --: 5%~10% のマイナスの影響があった変数 (-10 < X ≤ -5)
 ---: 10% 以上のマイナスの影響があった変数 (X ≤ -10)

注 2) ここでの地価は東京圏内での相対比 (圏内幾何平均との比) を示している。

$$PX^i = PL^i / (PL^S * PL^C * PL^T * PL^K)^{1/4}$$

とんど変化しないが、人口の減少と支出面の低下がみられた。

ケース 5 は、東京都の発生集中量を 25~30% (現在、総量規制によって、東京都全域で二酸化窒素に関する環境基準を達成しようとする、この程度の交通量の削減が必要である) 削減することによって環境改善を図った場合である。東京都の人口は環境改善に伴って増加するが、生産活動はかなり大きなダメージをうけるという結果になった。埼玉の生産は拡大するが、東京圏全体としては大幅な経済水準の低下がみられた。なお、このケースにおいて、東京都の分配所得が増大しているが、これは周辺 3 県から東京都への通勤人口が減少するほどには東京都の労働需要が減少しないため、都民によって労働力の供給が図られるためである。その結果、都民の就業率が高まることになる。

5. 今後の方向と課題

東京の環境悪化が叫ばれだして久しい。対応策もそれなりに実施されている。しかし、都市環境と都市経済の成長は、都市問題のほとんどすべてがそうであるようにトレード・オフの関係にある。内挿シミュレーションの結果からも環境対策としての短絡的な自動車交通量の総量規制は東京圏経済に壊滅的な打撃を与えることが明らかである。

現在および将来、どの問題を優先させるかは住民と行政の責任である。住民意識の調査を行っても必ずしも環境問題に対する危機意識は高くはない。また、行政の対応もそれを反映して一貫した有効な政策を採り続けてこなかった。都市環境の問題も都市の全システムの中で考え、長期的な展望に立った効果的な対策を実行する時期になっている。住民の意識改革も含めて。

本研究の当初の目的であった、「自動車交通量と環境変化が地域社会経済に与えるインパクトの計測」については一応の成果を得られるモデルを作成できたと考えている。将来に向けての政策シミュレーションにも耐えられるようなモデルを構築できたと判断している。(将来予測と政策シミュレーションの結果に関しては、現在進行中のプロジェクトの一環であるため、ここでは公表を控えたい。)

しかしながら、本モデルで外生変数として扱っている交通需要は社会経済活動の活発化ともなっていて増加するという関係にあり、都市の環境は人間の活動と相互に影響しあって変化する。現段階では別なモデルで取り扱っている交通関係変数と環境変数を、本モデルの中で内生的に決まるようにすることが必要である。二酸化窒素以外の環境変数を検討することも必要である。さらに、地域住民がうけている被害を把握することによって環境悪化の社会的費用を計測し、明示的に行政の財政支出とのバランスを検討することも重要である。

また、地域計量分析の手続(付図)に厳密に準拠すれば、本モデルは推定期間・推定方法等、多々問題を残している。今後の主要な課題をまとめると以下のようになる。

- 交通需要変数と環境変数の内生化
- 長期予測に統計的有意性を保証するための観測期間の延長(サンプル数の追加)
- 現実妥当性を高めるためのモデルの精緻化や体系的な推定
- 分析に関連する整合性のあるデータの整備(地価、ストック等のデータの整備)
- きめ細かい対策を検討するための地域分割(小地域)
- 交通と社会経済活動の季節・時間等を含めた詳細な検討
- 環境と社会経済活動の地域的特性の検討
- 環境変数の多様化(CO₂、水質、騒音等)
- 環境悪化の社会的費用の計測

これらに関しては既にある程度の検討を行っているものもある。いずれ近いうちに、そのうちいくつかの研究成果を発表する機会を持ちたいと考えている。

謝 辞

最後になったが、対策検討段階であるにもかかわらず、このモデルの公表を快く認めて下さった東京都環境保全局大気保全部自動車公害対策室に感謝したい。

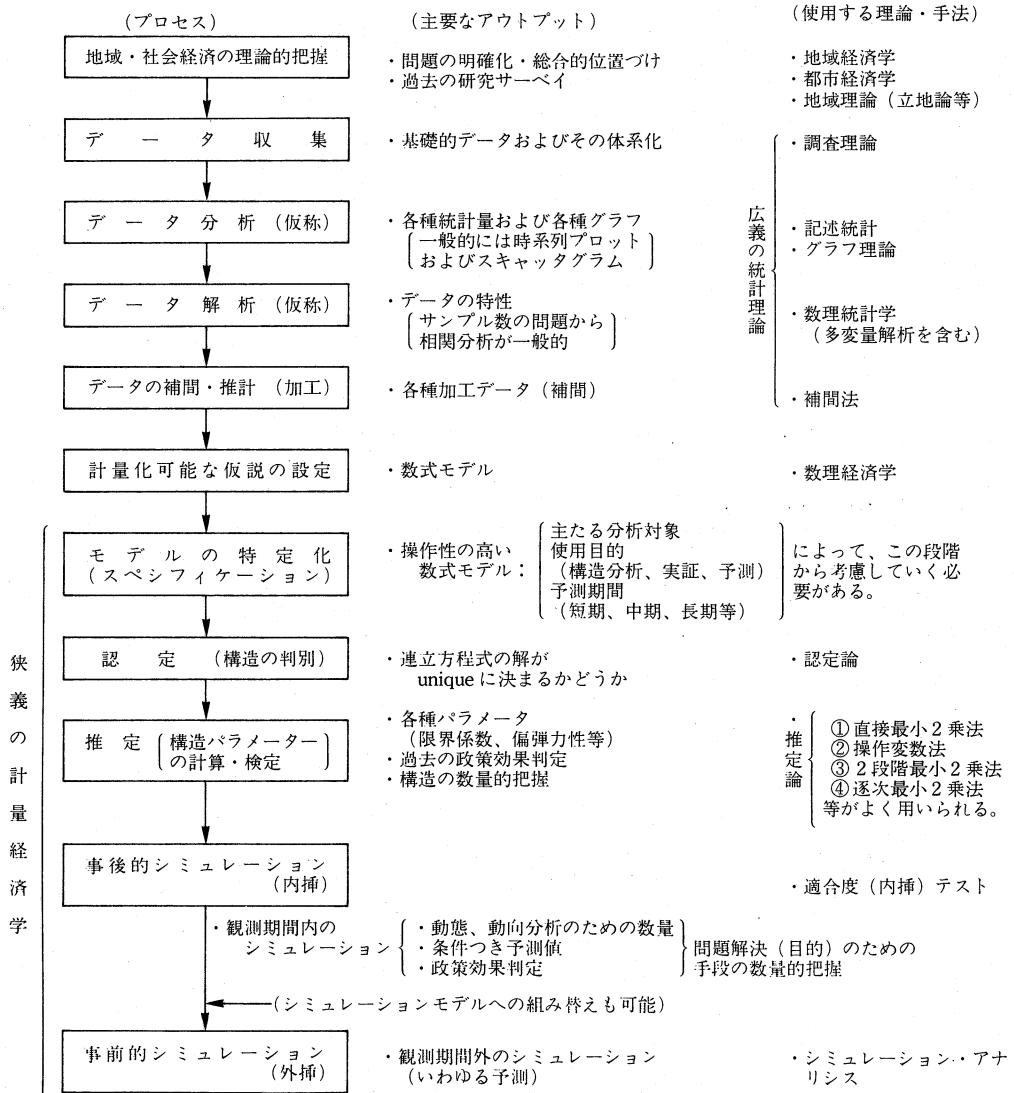
参 考 文 献

- [1] 岩田規久男, “経済的インセンティブを利用した自動車公害対策”, 「環境研究」, No. 71, 1988年11月, pp. 61-70.
- [2] 岩田規久男, 浅田義久, “交通騒音の社会的費用の計測—大阪国際空港を例として—”, 「環境研究」, No. 55, 1985年9月, pp. 124-132.
- [3] 中馬正博, “個別地域計量経済モデルと地域経済データの開発(東北地域を例として)”, 「地域学研究」, Vol. 17, 1986年11月, pp. 181-214.
- [4] 土木学会編, 『交通需要予測ハンドブック』, 技報堂出版, 1981年10月20日。
- [5] 福地崇生, 山根敬三, “三鷹市経済の計量経済学的分析”, 「地域学研究」, Vol. 5, 1974年11月, pp. 135-150.
- [6] Fukuchi, T. and M. Yamaguchi, “An Econometric Analysis of Tokyo Metropolis,” DP No. 80, Institute of Socio-Economic Planning, University of Tsukuba, 1980. 7.
- [7] 福地崇生, 山口 誠, 中馬正博, “都市経済循環の分析手法について—東京都市圏モデルの構築—”, 「都市問題」, 第72巻, 第8号, 昭和56年8月, pp. 43-62.
- [8] 福地崇生, “多層地域連結モデルの作成”, 「ESP」, 1983年7月, pp. 31-35.
- [9] Fukuchi, T., M. Chuuma and M. Yamaguchi, “Inter-regional Economic-Demographic Model of the Tokyo Region,” *Socio-Economic Planning Sciences*. Vol. 17, No. 4 and 5, 1983. 9, pp. 329-344.
- [10] 福地崇生, 山口 誠, 樺山資秀, “大都市中心地域の人口動態・土地利用形態のマクロ的分析”, 「地域学研究」, Vol. 14, 1984年12月, pp. 59-77.
- [11] 金子敬生, 『全国地域計量モデルによる地域経済の予測』, 日本立地センター, 昭和46年3月。
- [12] 環境庁大気保全部, “窒素酸化物対策の費用効果について”, 「公害と対策」, Vol. 14, No. 6, 1978年6月, pp. 29-34.
- [13] 環境庁大気保全部大気規制課編, 『窒素酸化物総量規制マニュアル』, 公害研究対策センター, 1982年5月15日。
- [14] 黒田昌裕, “環境政策と経済計画モデル”, 「環境研究」, No. 44, 1983年6月, pp. 81-92.
- [15] Lowe, Peter D., “環境保護に関する投入産出分析における価格形成の問題”, 「高速道路と自動車」, Vol. 22, No. 12, 1979年12月, pp. 53-59.
- [16] Mackie, A.M., Davies, C.H., “交通流変化の環境に対する影響”, 「高速道路と自動車」, Vol. 26, No. 4, 1983年4月, pp. 61-67.
- [17] 松田一郎, “道路整備の経済効果”, 「道路セミナー」, No. 113, 1977年10月, pp. 59-68.
- [18] 森杉寿芳, 宮武信春, 吉田哲生, “環境影響評価のための社会的費用の測定”, 「高速道路と自動車」, Vol. 23, No. 5, 1980年5月, pp. 31-36.
- [19] 毛利正光, 葉光 毅, “道路整備が地域に及ぼすインパクト予測について”, 「交通工学」, Vol. 18, No. 4, 1983年4月, pp. 9-17.
- [20] 西岡秀三, 森口祐一, “都市構造からみた大気汚染と物流問題”, 「環境研究」, No. 54, 1985年6月, pp. 97-100.

- [21] 信國真載, 福地崇生, “交通投資の長期効果”, 「季刊理論経済学」, Vol. 24, No. 3, 1973年12月, pp. 43-53.
- [22] 設楽正雄, “NO_x 防除対策がエネルギー消費と国民経済に及ぼす影響”, 「公害と対策」, Vol. 14, No. 4, 1978年4月, pp. 47-55, Vol. 14, No. 6, 1978年6月, pp. 21-28.
- [23] 竹本和彦, 中本成美, “窒素酸化物対策の最近の実施状況について”, 「公害と対策」, Vol. 25, No. 1, 1989年1月, pp. 77-83.
- [24] 東京都環境保全局環境管理部, 『快適環境の創造に向けて—東京都環境管理計画—』, 東京都環境保全局環境管理部, 1987年10月。
- [25] 東京都環境保全局大気保全部自動車公害対策室編, 『東京都自動車公害防止計画—住みよい環境の東京をめざして—』, 東京都情報連絡室情報公開部都民情報課, 1989年6月。
- [26] 東京都企画報道室, 『多地域連関型地域計量経済モデルに関する調査—東京圏地域計量経済モデルの構築とシミュレーション分析—』, 1984年2月。
- [27] 東京都企画審議室計画部, 『第三次東京都長期計画マイタウン東京—21世紀をひらく—』, 東京都企画審議室計画部, 1990年11月。
- [28] 山口 誠, 青木吉秋, “大都市圏における中心都市の研究—東京都区部7分割モデルによるシミュレーション分析—”, 「計画行政」, 第11号, 昭和58年11月, pp. 69-84.
- [29] 山口 誠, 福地崇生, “東京都及び周辺3県の計量経済学的分析—東京圏モデルによる4都県社会経済構造のシミュレーション分析—”, 「計画行政」, 第16号, 昭和61年4月, pp. 69-84.

付一地域計量経済モデルの分析手法

地域計量経済モデルの分析プロセス、および各段階において必要とされる理論と手法、各段階での主要アウトプットの大略は、以下のとおりである。



狭義の計量経済学

付図 地域計量経済モデルの分析手法

An Econometric Analysis of the Impacts on Regional Economy by the Changes of Automobile Traffic and Environment

Makoto YAMAGUCHI*, Yasumasa KOIE** and Takashi ISHIKAWA**

Recently, atmospheric pollution caused by automobiles becomes the serious problem. Especially in the Tokyo Metropolitan Area (TMA: Saitama, Chiba, Tokyo, Kanagawa Prefecture), in spite of induction of the total amount control to stationary source of occurrence and enforcement of several plans of the control to exhaust gas by automobiles, the achievement rate of the environmental standard level of NO_2 is still low, the pollution by nitrogen oxides in Tokyo Prefecture needs to be devised immediate and effective plans.

However modern life is closely related with automobile traffic. When the automobile traffic volume is decreased forcibly in order to decrease the concentration of NO_2 , we expect that the economic influence will be diversely caused.

We build a macro-econometric model to measure economic impacts in TMA under the condition that the traffic-situation and environment are changed, and examine the influence of policies of atmospheric pollution (NO_2) in TMA.

The model consists of eight blocks (population, employment, expenditure, production, income, capital stock, land price, potential) and contains 168 variables. 145 variables are endogenous (122 estimated and 23 definitional equations) and 23 variables are exogenous. Concurrently, two projects were held, and they studied the automobile traffic and the environmental changes. So, the traffic-situation and the concentration of NO_2 are exogenous variables. Potential type variables of income and population are used to describe the inter-regional linkages in various equations.

After the final test, the model could properly explain the impacts on TMA's regional economy by the changes of the environment and the automobile traffic. Then, we applied the model to do several simulation studies to clarify various policy effects.

* Edogawa University

** LITEC, Ltd.