

道路建設による波及効果の影響と拡散の予測について

大阪大学工学部 正 員 毛利正光
大阪大学大学院 学生員 〇葉 光毅

1. はじめに

地城南開発政策の一環として、高速道路建設が複数の県にまたがって、与える影響は極めて大きい。これまで作成された南開発効果予測モデルはほとんど複数をいし単一の県単位の地域を対象としたものである。しかし高速道路の建設が全国的に広がり、高速道路沿線の市町村数が増えるに伴い、沿線の各市町村住民に与える高速道路の影響を予測することが必要されるようになってきた。一方地方市町村の経済は蓄積が小さく、相対的経済の自律性が低いために、高速道路建設の経済構造に及ぼす影響は大きい。したがって、市町村モデルの作成に当っては柔軟性のあることが必要である。従来、道路インパクトの予測においては主として線形モデルの南開発問題にのみ注がれてきた。しかし道路建設による産業立地条件の変化に最も敏感に反応する産業を分析し、それら産業立地の拡散過程、それら産業を中心として、複雑な経済システムの波及過程の展開の中で、各経済要素間のサブシステムの存在について、本格的に取り扱ったものは少ないようである。また、従来、道路インパクトの予測において、全成長から自然成長を引いたものを道路建設による効果とみなしていた。しかし経済活動と道路の効果は相互に絡み合い、分けたくても分けられないという事実を考慮すれば、その問題の解決が必要とされる。さらに波及効果の開始時点は必ずしも道路の供用時点と一致しない。この波及効果の開始時点は如何に測定すれば良いか。これら一連の問題は依然としてそのまゝ残されている。こうした認識を踏まえて、本研究は道路建設前後における各市町村の経済変動の時系列分析から産業立地の時間的・空間的拡散過程を考究し、複雑な経済システムの波及過程についてより現実的（階層的・非線形・非逐次サブシステムなど問題の提起）なアプローチ手法を提案したものである。

2. 研究の概要

まず研究全体の流れを示す図-1のようである。研究の手順は以下のように要約できる。(1)高速道路の建設に敏感に反応でき、かつ、他の経済指標への影響も大きい指標を直接指標とした。高速道路のインパクトは直接指標に集約され、直接指標から逐次他の指標へ波及していく形となる。分析対象市町村の諸指標の時系列分析により、経済変動の諸法則を把握し、それに基づいて、直接指標を決定した。(2)直接指標の中で最も重要な工場立地の時間的変化を分析し、ロジスティク曲線をあてはめ、その変曲点の算定により、波及効果の開始時点を決定した。さらに、その波及効果はインターチェンジを中心として、距離に比例して、周辺部に波及していくことを明らかにした。そのために工場立地の空間的秩序を見出す必要がある。(3)、(1)の分析の中で把握した経済変動の諸法則性により、諸指標間の概念因果モデルを作成した。ブール代数とグラフ理論を用いて、階層別の各要素間の因果順序関係も明らかにした。この段階の分析はいわゆるESM手法である。(4)直接指標および波及効果の開始時点を決定し、さらに階層別の各要素間の因果関係を明らかにした。PSSを用いた改良型GMDH手法の導入によって、非線形システムの市町村モデルの構築をおこなった。(5)高速道路建設による最も重要な工場立地の時間的・

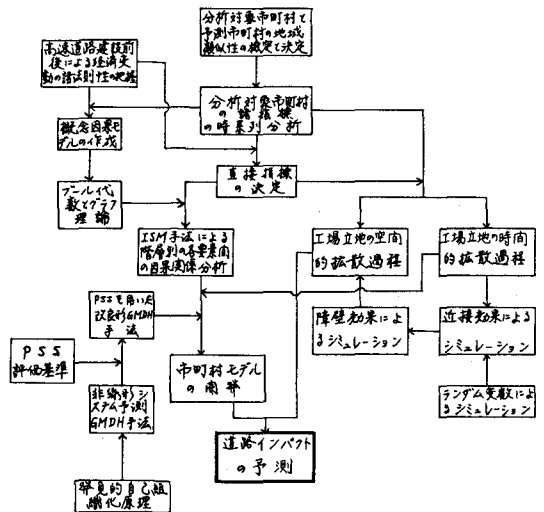


図-1 研究のフローチャート

かにした。そのために工場立地の空間的秩序を見出す必要がある。(3)、(1)の分析の中で把握した経済変動の諸法則性により、諸指標間の概念因果モデルを作成した。ブール代数とグラフ理論を用いて、階層別の各要素間の因果順序関係も明らかにした。この段階の分析はいわゆるESM手法である。(4)直接指標および波及効果の開始時点を決定し、さらに階層別の各要素間の因果関係を明らかにした。PSSを用いた改良型GMDH手法の導入によって、非線形システムの市町村モデルの構築をおこなった。(5)高速道路建設による最も重要な工場立地の時間的・

空間的拡散過程と市町村モデルを検討し、道路インパクトを考察した。

3. 直接指標の決定

ここでは、まず高速道路建設前後において、衰退産業部内に特化し、立地的長所を持ち、高速道路建設前の昭和35年時点において、人口1万人以上を有する滋賀県の市町村（守山市、野洲町、甲西町、水口町）を選び、昭和35年～昭和40年における5年ごとの産業別就業者の請変動率を求めた。その結果を表-1に示す。表-1から分かるように地域全体の諸業種の総変動率は大きく、高速道路の建設が地域に与える影響は大きい。特に農業の負変動率と製造業の正変動率は対照的であり、第1次産業の農業から第2次産業への転換が自覚されている。大規模工場の立地につれて、隣接ゾーン（甲西、水口）は建設業就業者の流動性が深くなり、負の変動率となっているが、他のゾーンの建設業就業者は増大している。つぎに図-2に示した各産業就業者構成比の時系列推移よりわかるように、第1次産業構成比の変化は少なく、第1次産業構成比の急減から第2次産業構成比の急増という転換が顕著である。研究対象地域におけるある産業の就業者の構成比と全国におけるその産業の就業者の構成比との比を求むる立地商を求めた。各年度産業別立地商の変化を図-3に示す。

$LQ_i = \frac{E_{ir}/E_n}{E_r/E_n} - 1$ 、ここで、 LQ_i : 産業*i*に関する立地商、
 n : 全国、 r : 研究対象地域、 E : 就業者。図-2および図-3より

、つぎのような結論が得られる。すなわち、地方市町村における高速道路の建設は主に第1次産業（特に農業）就業者から第2次産業（特に工業）就業者への転換を生ぜしめる。第1次産業就業者の変化はごくわずかである。したがって、直接指標は農業就業者、工業就業者の2指標と考えることができる。年度別工場進出状況、年度別人口集中・分散の動態、各産業の経年的変化の度合および農地から工場用地への転用状況などに関する実証分析から分るよう

に、高速道路建設により、工場はすぐれた立地条件をもつところに進出し、これは各市町村成長の原動力となる。こういう工場の立地が雇用機会を増やす原因となり、農業就業者から工業就業者への転業や工業就業者の外部からの流入を促進する。そしてこれら就業者の家族も集まり、人口が増加し、商業が発達し、それにつれて宅地面積と建設業者も増え、さらに工場が立地していく。このような波及過程の循環が絶えず行なわれて、各市町村が成長していくという波及効果のメカニズムが成立する。このメカニズムは概念因果モデルを作成する際に、重要な参考資料になる。したがって、道路建設による各市町村の発展の原動力は工場立地による農業就業者から工業就業者への転業および工業就業者の外部からの流入である。それゆえに、本研究は農業就業者、製造業就業者の2指標を直接指標とする。

4. 工場立地の拡散過程

高速道路の建設により、沿線各市町村を成長させるのは工業開発を中心とするものである。その効果はイン

表-1 産業別就業者の請変動率

年次	ゾーン	農 業 変動率 ₁	製 造 業 変動率 ₂	建 設 業 変動率 ₃	商 業 変動率 ₄	その他 ₅ 変動率 ₅	総変動率 ₆	全就業者 変動率 ₇
昭和35	甲西町	-15.9	87.7	46.2	71.2	-7.2	228.2	12.5
昭和40	守山市	-4.6	81.5	10.2	8.8	20.7	125.8	17.5
昭和40	野洲町	-11.8	61.4	39.3	1.6	32.6	146.7	13.6
昭和40	甲西町	-29.2	347.1	101.0	27.8	-9.3	534.4	10.1
昭和40	水口町	-19.0	164.7	-3.2	45.3	-21.3	253.5	6.0
昭和40	津江市	-14.3	93.3	31.4	46.4	-6.5	191.9	26.0
昭和40	守山市	-17.5	35.3	29.8	26.6	23.8	133.0	12.3
昭和40	野洲町	-15.7	34.2	33.6	69.3	28.5	181.3	14.2
昭和40	甲西町	-22.7	106.7	-2.4	34.8	-33.6	200.2	13.8
昭和40	水口町	-19.9	40.7	32.2	17.2	21.5	127.0	11.5
昭和40	津江市	-41.3	13.4	67.8	30.1	71.1	223.7	21.7
昭和40	守山市	-31.9	5.0	24.0	41.7	23.4	126.0	5.1
昭和40	野洲町	-36.8	43.2	23.1	20.2	72.8	153.1	9.3
昭和40	甲西町	-53.4	74.2	55.5	11.2	7.9	208.2	29.2
昭和40	水口町	-46.1	7.8	24.6	22.6	11.0	107.1	-1.0

注) 産業別就業者の変動率(%) = $\frac{E_{ir} - E_{in}}{E_{in}} \times 100$ 、 E_{ir} : t 年より
 E_{in} : $t-1$ 年、1 期間(5 年間)

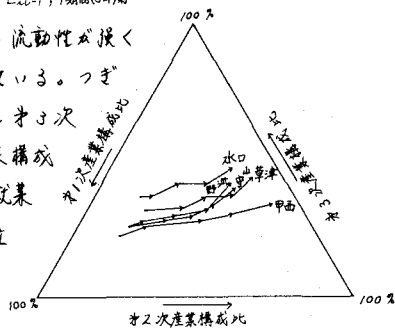


図-2 各産業就業者構成比の変化図
 (昭和35年と昭和40年との比較)

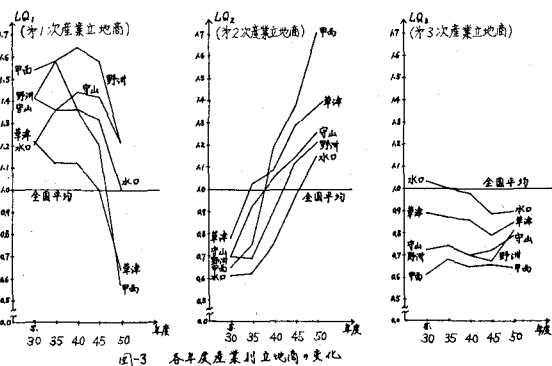


図-3 各年度産業別立地商の変化

ーチェンジを中心として、一般道路によって、周辺一帯まで及び。ここでは、工場立地の時系列的な変化の傾向にロジスティック曲線を適用し、変曲点を求めることにより、波及効果の開始時点を明らかにする。さらに、工場立地の空間的分布およびその空間構造を説明し、変化させ、秩序づけている空間的拡散過程の法則を明らかにする。

4-1. 工場立地の時間的拡散

工場立地はまずインターチェンジ近辺に立地し時間の経過につれて周辺部へ拡散していく。ただし自然の抑止効果から工場数の増加は遅減する。これら一連の過程（始動期、激動期、遅減期）は②式で示すロジスティック曲線で示すことができる。 $Y = \frac{L}{1 + me^{-at}}$ — ② ここで、Y：各年度の工場累積数（軒）、L：Yの極限值、m、aは定数、t：年数。栗東インターチェンジ

表-2 工場立地数の時系列的変化過程

ゾーン名	草津市	守山市	野洲町	甲西町	水口町	栗東町	石部町	竜王町	全体
シミュレーション値	74.3	42.3	25.0	11.5	7.2	78.3	24.5	38.0	418.9
実測値	138.0	128.0	170.0	175.0	149.0	140.0	120.0	130.0	130.0
年数	7.9 (3.9)	6.3 (2.3)	6.8 (2.8)	12.1 (8.1)	16.8 (12.8)	14.4 (3.6)	6.8 (2.8)	12.8 (8.8)	8.2 (4.2)

注) Yは工場数(軒)、tは年数(数字の数字は道路供用年数からの年数)

表-2に示す。インターチェンジに近いほど工場立地の激動期（L曲線の変曲点）は高速道路供用時期に接近する。各市町の中心からインターチェンジまでの距離Yと変曲点の年数を求めると、 $Y = -0.49 + 1.2t$ となる。したがって、インターチェンジが位置する栗東町は供用前の3年ほど前から工場の立地が急ピッチに進み、その周囲の草津、守山、野洲、石部は供用後ほぼ3年目に工場の立地が自立している。さらに遠く離れている甲西、竜王はそれぞれ8年目に、最も遠い水口町は13年目に工場進出は最大になっている。したがって、高速道路の建設による波及効果はインターチェンジ付近では供用開始の年ごろから始まり、周辺ではほぼ5年のおくれをもたず始まるようである。

4-2 工場立地の空間的拡散

高速道路建設により、インターチェンジを中心として工場が立地し、ほぼ5年おくれをもたず、距離に比例して、周辺部に波及していく。これは空間的な拡散は何らかの秩序があることを意味している。その空間的秩序を見出すためにつぎの3つのことを順次考えていく。(i)シミュレーションのためのモデル地域を図-4に示す。インターチェンジ周辺の一般道路

は均質整備されていると仮定する。モデル地域の各ゾーンの昭和35年、40年、45年、50年、55年における工場立地数と各メッシュ内にランダム乱数を発生させて、割りわけた。このようにシミュレートした空間的拡散過程を現実と対比したものが図-5である。図-5からわかるように実測値とシミュレーション(I)値の誤差は大きい。甲西を除く、インターチェンジに近い草津、栗東、石部のシミュレーション値は実測値より小さい。逆に、インターチェンジから遠い竜王、水口のシミュレーション値は実測値より大きい。これは現実の空間的拡散過程は全くランダムに展開しているのではなく、何らかの空間秩序が存在することを示唆している。(ii)工場の時間的拡散過程およびシミュレーション(I)の結論から分るのよう

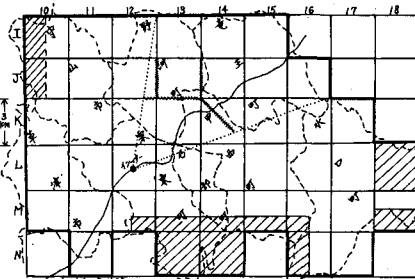


図-4 シミュレーションのためのモデル地域

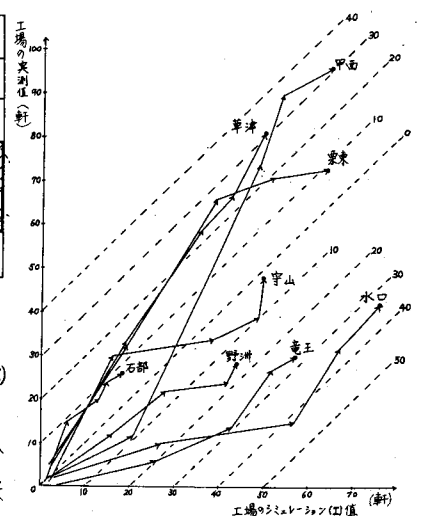
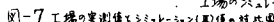
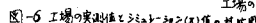


図-5 工場の実測値とシミュレーション(I)値の対比

うに、工場ができるだけインターチェンジ近くに立地するという傾向が見られる。ここでは、近接効果の概念を導入し、インターチェンジから各市町の中心までの距離と各市町の立地工場密度の関係式として、回帰式 $Y = 18.669 - 0.0838X$ — ③ をえた。Y：各ゾーン1kmの工場数、X：インターチェンジから各ゾーンの中心までの距離。

と列が 1 の要素からなる先行集合 $A(S_2)$ が求められる。 $R(S_2) \cap A(S_2)$

—150—

[illegible]

=R(S₂)となるS₂の集合を求め、これを階層1とする。さらに、可到達行列から階層1の要素を取り除いた行列に対して同様な方法を行ない、階層2をうる。以下同様にしてすべての階層が決定される。その結果を表-4に示す。この階層順序により再配置した行列を表-5に示す。例表-4によくと、要素1、5は第1階層に属する。要素2、4、9は第2階層に属し、要素6、7、3、14、15、16は第3階層に属している。また、要素6、7と要素14、15、16はそれぞれサブシステムを形成している。要素8は第4階層に属する。要素12、13は第5階層に属し、一つのサブシステムを形成する。要素10、11は第6階層に属し、一つのサブシステムを形成する。

表-5 階層順序による行列の再配置

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

1: N₁ 2: E₁ 3: E₂ 4: E₃ 5: P₁ 6: E₄ 7: L₁ 8: E₅
9: L₂ 10: L₃ 11: E₆ 12: O₁ 13: S₁ 14: E₇ 15: S₂ 16: O₂

表-4 可到達行列による要素の階層決定

階層	要素	可到達集合 R(S)	先行集合 A(S)	階層
1	1	{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{1}	1
2	2	{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{2}	2
3	3	{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{3}	3
4	4	{4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{4}	4
5	5	{5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{5}	5
6	6	{6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{6}	6
7	7	{7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{7}	7
8	8	{8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{8}	8
9	9	{9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{9}	9
10	10	{10, 11, 12, 13, 14, 15, 16}	{10}	10
11	11	{11, 12, 13, 14, 15, 16}	{11}	11
12	12	{12, 13, 14, 15, 16}	{12}	12
13	13	{13, 14, 15, 16}	{13}	13
14	14	{14, 15, 16}	{14}	14
15	15	{15, 16}	{15}	15
16	16	{16}	{16}	16

。表-4より、経済システムは階層別有向グラフは図-8のように形成することができる。図-8によると、高速道路が経済システムに与える影響は階層6の工業用地面積、製造業就業者と階層5の農業就業者、農耕地面積から始まる。表-4からわかるように工業の関連指標(階層5、6)が全経済システムに対する波及範囲が最も広い。また、ほとんどの要素が人口(階層1)に波及効果を与えている。このISMを用いることにより、階層構造としての明確さ、サブシステムの存在の明示、およびモデリングに対して適切な変数と不適切な変数の分離がなされ、高速道路インパクトの波及過程が明らかになった。

6. 市町村モデルの開発

階層別各要素間の非線形関係を求めるために、ここではPSSを用いる改良型GMDH手法を適用した。このアルゴリズムは図-9に示すように、つぎの3つの部分より構成されている。(i)部分表現式に含まれる変数の組合せを選択し、PSSを用いて、予測誤差を最も小さくする組合せを選択する。(ii)選択された最適な部分表現式によって発生される中間変数に対して、PSSの値の小さいものを自己選択する。各選択層ではPSSの値が減少する中間変数のみを発生している。(iii)さらに層を通過させても同一の中間変数を発生し、PSSの値が改善されないと層の積重ねを打ち切る。

図-8で得られた階層別各要素間の因果順序は、この改良型GMDH手法を適用するためのアルゴリズムはつぎのようになる。①各階層に分解された「要素」に対して、予測すべき変数はその変数より一階層低い下位階層の諸要素から波及効果を受ける。予測すべき変数を被説明変数とし、その変数より一階層低い下位階層の諸要素を説明変数とする。②各階層のサブシステムの中の予測すべき変数は、当該サブシステム内の他の変数を内生変数として、そのサブシステムより一階層低い下位階層の諸要素を外生変数とする。これらの内生変数と外生変数から波及効果を受ける。高速道路建設は直接指標に波及し、これらの直接指標をもとに、波及効果が全経済システム

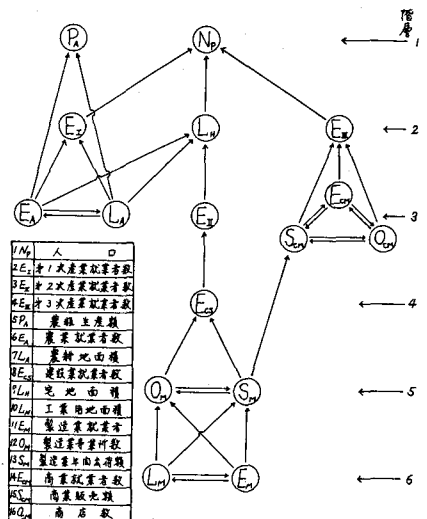


図-8 経済システムの階層構造

に広がっていく。直接指標である製造業就業者は工業用地面積と製造業就業者というサブシステムの中に含まれる。予測する変数(ここでは製造業就業者 E_M)に対しては、道路建設による交通条件の変化を代表できるアクセシビリティ・ポテンシャル(ACSP)を外生変数として、同サブシステムの他の要素(ここでは工業用地面積 L_M)を内生変数としてモデル式を作成した。その結果は表-6の上から二番目の式である。この式は道路インパクトを計測する際に、全成長から自然成長を引いたものを道路建設による部分とする、従来の考えとは異なり、経済活動と道路の効果を相互に絡み合った形で表現している。

市町村モデルは16本の方程式と6本の定義式からなるものである。その結果は表-6に示す。「 L_t 」はタイム・ラグを示す1期間(5年)前の値である。「 Δ 」は期間内の変動量である。なお、波及効果の開始時点は使用の3年前の昭和35年とする。全体の予測誤差から見れば良い結果といえる。建設業就業者の予測誤差が大きいのは工業用地、宅地等の開発により、近隣ゾーン間の流動性が大きいためであろう。製造業出荷

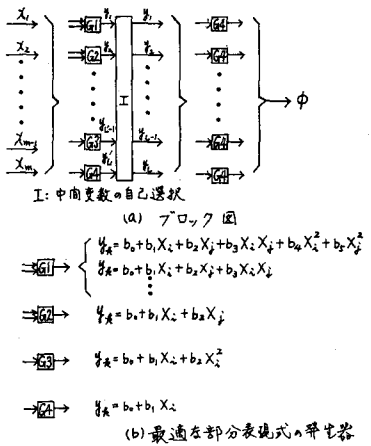


図-9 改良形GMDHのブロック図

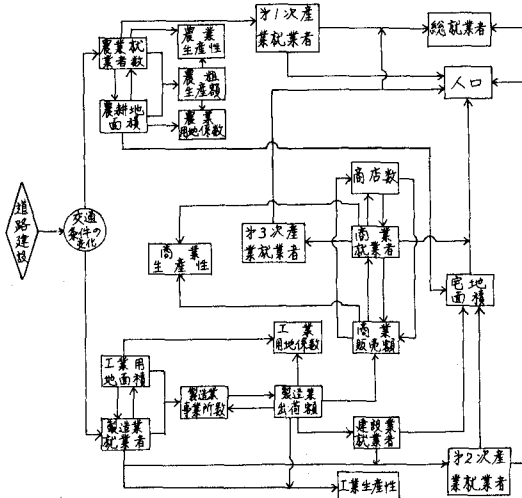


図-10 道路建設による波及効果図

表-6 市町村経済モデル一覧表				
変数	単位	式	値	
L_M	ha	$(aL_M) \cdot 6.27 + 0.0167 \cdot (aE_M)$	405	
E_M	人	$E_M = 15.69 + 0.0243 \cdot L_M + (ACSP/100)$	284	
O_M	所	$O_M = 54.47 + 0.63 \cdot L_M$	278	
S_M	人	$S_M = 365.69 - 10.4717 \cdot O_M + 0.0029 \cdot E_M \cdot O_M$	454	
E_{CS}	人	$(aE_{CS}) = 110.35 + 0.0114 \cdot (aO_M) + (aS_M)$	548	
E_{CM}	人	$E_{CM} = 0.42(207.36 + 0.0237 \cdot O_M \cdot O_{CM-1}) + 0.58(305.41 + 0.0061 \cdot O_{CM-1})$	104	
S_{CM}	人	$S_{CM} = 0.26(72.02 - 0.5895 \cdot O_{CM-1} + 0.0024 \cdot O_M \cdot O_{CM-1} + 0.0006 \cdot O_{CM-1}) + 0.33(73.64 - 1.85 \cdot O_M + 0.0005 \cdot S_M + 0.0129 \cdot O_M^2) + 0.41(4.00 + 0.0006 \cdot S_M)$	28.7	
O_{CM}	所	$O_{CM} = 32.08 + 53.9447 \cdot E_{CM-1} - 6.3017 \cdot S_{CM-1}$	196	
E_A	人	$E_A = -8.39 + 7.7947 \cdot E_{CS}$	162	
E_L	人	$(aE_L) = -521.38 + 3.43 \cdot (aL_M) + 0.0002 \cdot (aACSP)^2$	144	
L_A	ha	$L_A = -0.35 + 0.4147 \cdot E_{A-1}$	11.1	
E_M	人	$E_M = 18.12 + 0.0002 \cdot O_{CM}$	189	
L_M	ha	$L_M = 171.36 + 0.0012 \cdot (76.82 + 5.1106 \cdot E_A)^2$	30.6	
E_L	人	$E_L = -0.91 + 1.0404 \cdot E_A$	3.5	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
N_P	人	$N_P = 0.30[0.33 + 0.97(-1.64 + 0.73(2.77 + 0.47 \cdot E_A) + 0.33(0.42 + 0.0011 \cdot E_A \cdot L_M) + 0.03(-0.27 + 0.94(9.79 + 0.0026 \cdot E_A \cdot E_M + 0.0017 \cdot E_A^2 + 0.0026 \cdot E_M^2) + 0.07(0.42 + 0.0011 \cdot E_A \cdot L_M) - 0.03(-1.64 + 0.73(2.77 + 0.47 \cdot E_A) + 0.33(0.42 + 0.0011 \cdot E_A \cdot L_M))^2 + 0.70(-0.10 + 0.80(9.79 + 0.0026 \cdot E_A \cdot E_M + 0.0017 \cdot E_A^2 + 0.0026 \cdot E_M^2) + 0.21(-1.64 + 0.73(2.77 + 0.47 \cdot E_A) + 0.33(0.42 + 0.0011 \cdot E_A \cdot L_M)))]$	12.3	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_L	人	$P_L = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_M	人	$P_M = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	
P_A	人	$P_A = 1.6656 - 0.2966 \cdot E_A + 1.2867 \cdot L_A$	413	

かにした。得られた主な結果はつぎのとおりである。(1)直接指標を決定するために経済変動の諸法則を分析した。直接指標の中で最も重要な工場立地はできるだけインターチェンジに近接し、道路供用のほぼ3年前から波及効果が生じる。そして、ほぼ5年おきで、工場立地の波状的進出のピークを迎え、地形的な障壁を避け、距離に比例して、周辺部に波及していく。(2)経済システムの各要素間の階層別因果波及順序をISM手法により明らかにした。道路建設は工業部内と農業部分に直接的な影響を与えている。工業部内が商業部内に影響を与え、最後に、ほとんどの要素が人口に波及効果を与えている。(3)道路供用の3年前の昭和35年に工場が急進出し、波及効果が生じ、階層別各要素間の因果順序に従い、全体経済システムの波及過程が成立する。PSSを用いる改良型GMDH手法により、各要素間の非線形関係を計量することができた。従来の重回帰による計量経済モデルより一層現実を反映している。人口を予測する場合に最も複雑な非線形関係が存在する。また、商業に関する指標は工業部内の指標との非線形関係によって予測されている。道路建設による交通条件の変化を代表するアクセシビリティのポテンシャルの変化を外生変数とし、工業部内のサグシステム内に存在する他の変数も内生変数とする非線形モデル式によって、道路インパクトは計測できる。

参考文献

- 1)毛利・兼：道路整備が地域に及ぼすインパクト予測について、土木学会第36回年次学術講演概要集(5.58, 10)
- 2)毛利・兼：高速道路建設前後における産業集積パターンの変化と予測について、土木学会関西支部年次学術講演概要(5.58, 6)
- 3)毛利・兼：地域特性を考慮した高速道路の建設による勢力圏の変動と予測について、第14回日本道路会議一般論文集(5.58, 10)
- 4) John N. Warfield: Binary Matrices in System Modeling, IEEE Transactions on system, man, and Cybernetics, September 1973
- 5) John N. Warfield: Toward interpretation of complex structural Models, IEEE Transactions on System, man, and Cybernetics, September 1974
- 6)田村・近藤：モデル選択の評価規準に予測平方和(PSS)を用いる改良型GMDH, 計測自動制御学会論文集, vol 14, No.5, 1978
- 7) Peter Hagget: Locational Analysis in Human Geography (大明堂)
- 8)石水照雄：計量地理学概論(古今書院)
- 9)奥野隆史等：計量地理学(共立出版社)
- 10)池田三郎等：GMDHの基礎と応用一Ⅱ, システムと制御, vol 24, No.5, P.338~346, 1980
- 11)深尾毅：システム理論入門(昭晃堂)
- 12)池田三郎等：GMDHと複雑系系の固定・予測, 計測と制御 vol 14, No.2, 5.50, 2