

A Multi-Regional Socio-Economic Structure with Water Supply/Demand – A Multi-Regional Econometric Model of the East Mikawa Area –

**Hiroyuki Shibusawa, Makoto Yamaguchi,
and Kosuke Nakazawa***

Abstract

The East Mikawa area is located in the southeastern part of Aichi Prefecture, which spreads from the urban, bay area in the south to the rural, mountainous area of the north. This area, particularly the southern area, has seen development ever since water has been supplied from the Toyo River. Today, this development includes the high value-added agricultural systems in the cities of Toyohashi and Tahara, and the manufacturing base, which includes the automobile industry, around and beyond Mikawa Port. Since the water supply for the area depends on the Toyo River, changes in the industrial structure and the lifestyles of residents have resulted in the serious problem of water shortages. This area also faces several policy issues including environmental preservation in Mikawa Bay, highway construction, consolidation of municipality, and the aging and depopulation of the communities in the northern mountain area. However, the problem of water supply and demand is of increasing importance as water resources continue to dry up around the world. In this study, our purpose is to construct a multi-regional econometric model by dividing the East Mikawa area into 4 regions in order to analyze the impacts of water supply and demand on the social and economic structures.

* LITEC.Ltd.

水需給を含む多地域社会経済構造 —東三河多地域計量経済モデルの開発—

澁澤博幸
山口誠
中澤光介*

1. はじめに

本研究は、愛知県東三河地域の社会経済構造を把握し、水資源が地域社会経済に与えるインパクトを実証し、さらに政策シミュレーションを行うことを目的とする計量経済モデルを構築するものである。

対象地域である東三河地域における広域的課題としては、三河湾の環境保全、高規格道路網の整備、市町村合併、山間地での高齢化および過疎化の進行などがあげられるが、なかでも水需給問題は長年に及ぶ課題であり、現在に至るまで新たな水源となるダムの建設が熱心に要望されている。

都市活動に水資源が必須であることは言うまでもないが、本地域は豊川用水の通水により産業が飛躍的に発展しており、水資源はきわめて重要な要素であるといえる。近い将来に予測される地球規模の水資源の枯渇がすでに我々の生活環境に多大な影響を及ぼしつつある現在、水資源の現在と将来について東三河地域を対象地域として検討することは必須である。それらを踏まえて、本研究では計量経済モデルによって社会経済構造と水需給構造を結合した分析を行う。用水および愛知県を対象とした地域計量経済分析の先行事例として [8] [9] [10] などがあるが、本研究の特色は、対象地域を 1) 豊橋市、2) 豊川市・蒲郡市・宝飯郡、3) 田原市、4) 新城市・北設楽郡の 4 地域に分割し、これに豊川用水サブモデルを加えた地域連動型の計量経済モデルを構築し、水需給が対象地域の社会経済に及ぼす影響について分析を行うことである。

*株式会社ライテック

2. 対象地域

2.1 東三河地域の社会経済

東三河地域は愛知県の東部を占め、豊橋市を中心都市として、豊川市、蒲郡市、新城市、田原市、北設楽郡（設楽町・東栄町・豊根村）、宝飯郡（音羽町、小坂井町、御津町）の5市5町1村からなる地域である（平成21年2月現在は宝飯郡音羽町、御津町が豊川市に編入合併し5市3町1村）。本地域の面積は約1,812平方キロメートルで愛知県総面積の約35%を占める。南部の三河湾沿岸には豊橋平野、渥美半島が広がり、北部（奥三河）は山林となっている。地域を南北に一級河川である豊川が流れ、三河湾に注いでいる。

住民人口（2004年）は750,862人であり、愛知県全体の10.6%を占める。また、就業人口（2000年）は41,126人であり、産業別構成割合は第一次産業が10.2%、第二次産業が38.4%、第三次産業が51.4%となっている。愛知県全体と比較すると第一次産業のウエイトが高い。本地域は首都圏、近畿圏の中間に位置し、かつ中京圏の一角を占める交通利便性の非常に高い地域であり、多様な産業が発展している。1次産業は豊橋渥美地区を中心に花き、野菜などの生産がさかんであり、全国有数の高付加価値型農業地帯となっている。2次産業は、輸送機器・電気機器・一般機械器具などを中心とした加工組み立て型産業が製造業出荷額等全体の約6割を占め、中でも田原市を中心とする輸送機器製造が全体の5割を占めていることが特徴的である。近年は外資系自動車企業が進出し、国際物流・業務拠点へと進展し、自動車の輸出入額は平成13年度から日本一である。

表1. 東三河地域社会経済（金額は実質値）

	1985年	2004年
住民人口（人）	706,709	750,862
農業組生産額（百万円）	155,345	178,408
製造業出荷額等（百万円）	2,611,252	4,947,526
卸小売業販売額（百万円）	1,861,455	2,008,209
課税対象所得（百万円）	676,589	1,154,074
工業用水淡水使用量（m ³ /日）	1,314,274	2,052,817
水道用水有収水量（千m ³ /年）	63,259	84,131
農業用水配水量（千m ³ /年）	167,145	200,935
工業用水配水量（千m ³ /年）	17,064	15,549
生活用水配水量（千m ³ /年）	43,345	61,541

出典：[1] [2] [3] [4] [5] [6]

2.2 都市用水の利用状況

工業用水は新規に取り入れられる補給水と工場内で再生・循環利用される回収水に大別される。本研究で淡水補給水は水道補給水とその他補給水に区分して取り扱うが、水道補給水は工業用水道、公共水道の使用量の総和であり、その他補給水は地表水、井戸水、その他淡水の使用量の総和である。また、全淡水使用量に占める回収水使用量のシェアが回収率である。また、臨海部では主に冷却水として海水も利用される。2004年の工業用水使用量は2,052,817立方メートル/日である。うち淡水補給水は129,752立方メートル/日である。また、2004年工業用水回収率は93.7%であり、全期間を通して微増傾向である。

生活用水は家庭用が大半であり、その他の用途も都市人口に依存する部分が多い。2004年

生活用水有収水量（水道料金を賦課した水量）は84,131千立方メートル／年である。

表1に観測期間内における東三河地域の主要な社会経済および水需給に関する指標を示す。

2.3 豊川用水

東三河地域の水源は、豊川水系・天竜川水系から取水する豊川用水である。東部幹線水路が渥美半島など地域南部に農業・工業・生活用水を、西部幹線水路が地域西部に農業・工業・生活用水を、牟呂松原用水が豊橋市北部周辺に農業・生活用水を供給している（図1）。

豊川用水全体での配水量の用途別シェアは、農業用水が72.3%、工業用水が5.6%、生活用水が22.1%である。観測期間中における豊川用水用途別配水量の推移を図2に示す。

東三河地域の水需給は昭和43年の豊川用水通水によって一応の安定を見たが、都市化の進展や営農形態の変化等により水需要の増加が著しく、毎年のように渇水に見舞われ水需給が緊迫している。各用途年間最大節水率の推移を図3に示す。4年に1回程度は、数十日以上以上の取水制限による節水をしなければ水源であるダムが枯渇する状況にある。

東三河地域では、水需要の増大に対応するため、新規ダム建設等の水資源開発を進めるとともに、安定した水供給を図るために新規の水資源開発を目的とする豊川総合用水事業が行われ、平成13年に完了した。また、豊川用水施設緊急改善事業、愛知県水道用水供給事業、東三河工業用水事業、県営かんがい排水事業などのほか、各種事業を推進している。現在は老朽化した水路施設の改築等を実施する豊川用水二期事業が進められている。なお、平成2年には豊川水系が水資

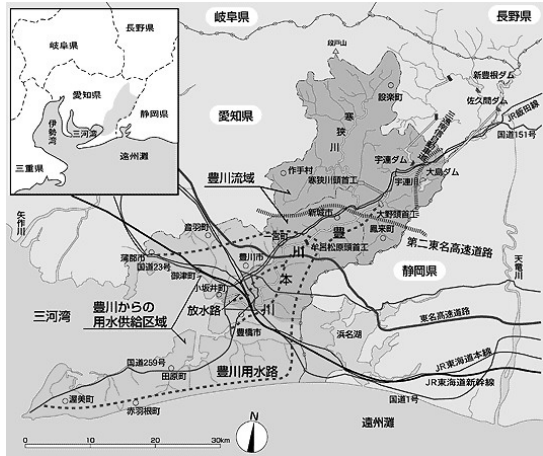


図1. 東三河地域と豊川用水

出典：[7]

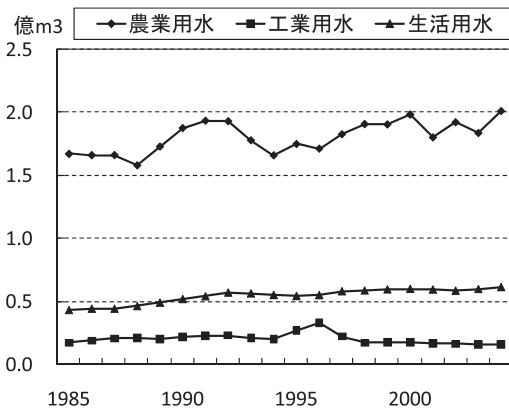


図2. 豊川用水年間配水量

出典：[6]

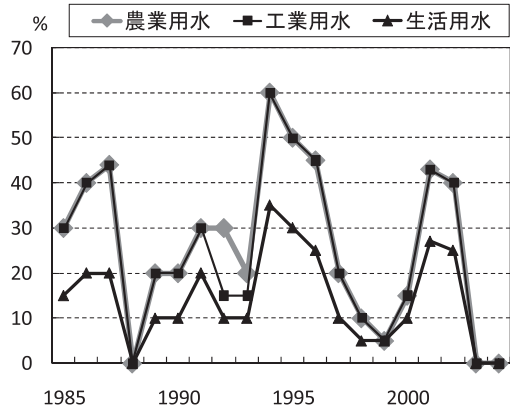


図3. 豊川用水年間最大節水率

出典：[6]

源開発促進法に基づく水資源開発水系に指定されており、新たな水源として設楽ダムの建設に向けた調査が進められている。

3. 東三河多地域連関型計量経済モデル

3.1 対象地域

社会経済の描写および水資源のインパクトの検討を東三河各地域について行うことを目的として、モデルは4地域モデルおよび豊川用水サブモデルに分割する多地域連関型計量経済モデルとした。分割に際しては豊川用水の受益地、現状での広域行政および進行中の市町村合併を考慮した。各地域の区分および用水との関係を表2と図4に示す。

3.2 変数

各地域モデルの推定式は人口部門、産業部門、生活関連部門、用水気象部門に分類される内生変数によって説明した。また、豊川用水サブモデルでは用水配水量を用途ごとに内生化した。さらに、外生変数として、第3・第4地域外国人登録者数、第2・第3地域工業用水海水使用量、第1～第4地域一般家庭水道料金、第1～第4地域年間降水量、農業・工業・生活用水最大節水率、愛知県県内総生産額、タイムトレンドを導入した。地域と豊川用水サブモデルが連動して動き、全体として内生変数は合計122個（推定式114本、定義式8本）、外生変数23個（ダミー変数を除く）の相互関係によって東三河地域の社会経済を描写するシステムである。

表3に変数記号表を示す。観測期間は1985年から2004年までの20年間、推定期間は1期ラグを用いるので1986年から2004年までの19サンプルである。推定法は普通最小二乗法を用いた。金額表示の変数は、愛知県県内総支出デフレータ（2000年基準）により実質値に変換した。なお、製造業有

表2. 地域区分と用水供給

地域	構成自治体	用水供給
1	豊橋市	東部幹線水路（農、工、上水）、 牟呂松原用水（農、上水）
2	豊川市・蒲郡市・ 宝飯郡	西部幹線水路（農、工、上水）、 牟呂松原用水（農、上水）
3	田原市	東部幹線水路（農、工、上水）
4	新城市・ 北設楽郡	東部幹線水路（農、工、上水）、 西部幹線水路（農、工、上水）、 牟呂松原用水（農、上水）

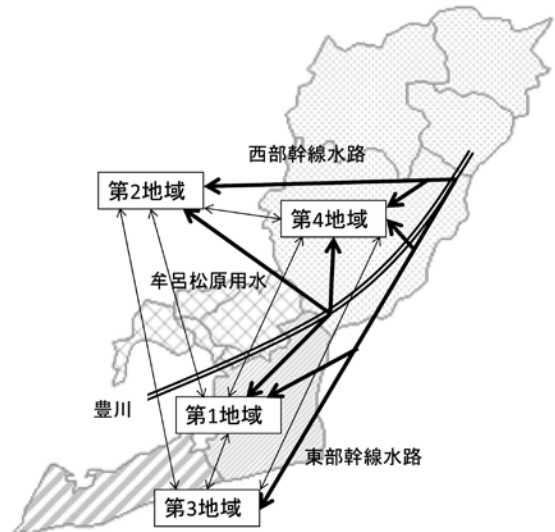


図4. 4地域モデルと豊川用水モデル

形固形資産は、調査対象が従業者数30人以上の事業所である点が他の項目（4人以上の事業所が対象）とは異なるが、変数として導入した。また、卸小売業関連の変数は、3年毎の商業統計調査結果を補間（人数は線形補間、金額は対数補間）したものである。

表3. 変数記号表

	記号	内容		記号	内容
人口部門	NB*	出生者数（人）	用水気象部門	WMH*	工業用水水道補給水（m ³ /day）
	ND*	死亡者数（人）		WMI*	〃その他補給水（m ³ /day）
	NI*	転入者数（人）		WMR*	〃回収水（m ³ /day）
	NO*	転出者数（人）		WMT*	〃使用量（WMH*+WMI*+WMR*）（m ³ /day）
	NE*	不突合（人）		WMS*	工業用水海水使用量（m ³ /day）
	NR*	住民人口（人）		WGT*	生活用水有収水量（千m ³ ）
	NF*	世帯数（世帯）		PW*	一般家庭水道料金（10m ³ ）
	FOR*	外国人登録者数（人）		RAIN*	年間降水量（mm/year）
産業部門	EA*	農業就業者人口（人）	豊川用水	WWAE	農業用水東部幹線配水量（千m ³ ）
	SA*	農業粗生産額（百万円）		WWAW	〃西部幹線配水量（千m ³ ）
	EM*	製造業就業者数（百万円）		WWAM	〃牟呂松原用水配水量（千m ³ ）
	CSM*	〃現金給与総額（百万円）		WWME	工業用水東部幹線配水量（千m ³ ）
	SM*	〃出荷額等（百万円）		WWMW	〃西部幹線配水量（千m ³ ）
	KM*	〃有形固定資産（百万円）		WWGM	生活用水東部幹線配水量（千m ³ ）
	INM*	〃投資額（百万円）		WWGW	〃西部幹線配水量（千m ³ ）
	ES*	卸小売業就業者数（人）		WWGM	〃牟呂松原用水配水量（千m ³ ）
	SS*	〃販売額（百万円）		WWA	=WWAE+WWAW+WWAM（農業用水総量）
	AS*	卸小売業売場面積（m ² ）		WWM	=WWME+WWMW+WWMM（工業用水総量）
				WWG	=WWGE+WWGW+WWGM（生活用水総量）
生活関連部門	Y*	課税対象市民所得（百万円）	愛知県	SWA	農業用水年間最大節水率（%）
	RE*	歳入総額（百万円）		SWM	工業用水年間最大節水率（%）
	TX*	地方税収総額（百万円）		SWG	生活用水年間最大節水率（%）
	GE*	歳出総額（百万円）		YYT	愛知県県内総生産額（百万円）
	LHA*	住宅地（ha）		PET	〃総支出デフレータ
	LHB*	その他宅地（ha）			
	LA*	農用地			
	PL	住宅地平均価格（千円/m ² ）		T	タイムトレンド

*は第1～4地域の各地域を表す。

3.3 計量経済モデル

推定式の例として、第1地域の農業粗生産額、製造業出荷額等、卸小売業販売額、工業用水水道補給水、工業用水その他補給水、工業用水回収水、生活用水有収水量関数を、また、豊川用水サブモデルはすべての推定式を示す。係数下の<>はt値、変数記号の下添え字(-1)は1期ラグを示す。D**はダミー変数であり**は年を表す（年数が続く場合には、例えば、1993年から1995年のダミー変数はD93-95と表す）。また、各略号はRR：決定係数、RRB：自由度修正済決定係数、SD：方程式の標準偏差、DF：自由度、DW：ダービンワトソン比、MAPE：平均絶対誤差率（パーシャルテスト時）である。

全推定式の自由度修正済み重決定係数は0.7以上であり、各説明変数のt値の絶対値は1.0以

上かつ符号条件をクリアしている。図5に第1地域モデル産業、用水気象部門および豊川用水関連変数の変数間相互関係を表す因果序列図を示す。

1) 農業粗生産額関数

労働、土地を生産要素とするコブ・ダグラス型生産関数を念頭に、農業用水配水量をシフト要因として導入した。第1地域は労働生産性として定式化した。

$$L(SA1/EA1) = -2.1523846 * \text{const.} \quad +1.0574303 * L(LA1/EA1) \quad +.34781553 * L(WWAE+WWAM) \\ \langle -1.010 \rangle \quad \langle 6.848 \rangle \quad \langle 1.997 \rangle \\ +.10213283 * (D91) \quad +.10698097 * (D00) \\ \langle 2.370 \rangle \quad \langle 2.619 \rangle$$

$$RR=0.8819 \quad RRB=0.8482 \quad SD=3.730D-02 \quad DW=2.010 \quad DF=14 \quad MAPE=1.80$$

2) 製造業出荷額等関数

労働、資本を生産要素とするコブ・ダグラス型生産関数を念頭に、工業用水使用量をシフト要因として導入した。

$$L(SM1) = -8.7159492 * \text{const.} \quad +.48121719 * L(EM1) \quad +.23196345 * L(KM1)_{-1} \\ \langle -1.570 \rangle \quad \langle 1.654 \rangle \quad \langle 2.382 \rangle \\ +.1043418 * L(WMT1) \\ \langle 3.604 \rangle$$

$$RR=0.8320 \quad RRB=0.7984 \quad SD=5.886D-02 \quad DW=1.251 \quad DF=15 \quad MAPE=0.31$$

3) 卸小売業販売額関数

労働および資本を代理する売場面積を生産要素とするコブ・ダグラス型生産関数を念頭に、近隣の構成地域の卸小売業販売額、所得、集積などのシフト要因を考慮して定式化した。第1地域は資本生産性で定式化した。

$$L(SS1/AS1) = 33.134666 * \text{const.} \quad +3.2102214 * L(ES1/AS1) \quad -.70174487 * L(SS2+SS3+SS4) \\ \langle 1.391 \rangle \quad \langle 2.618 \rangle \quad \langle -1.242 \rangle \\ +.81798662 * L(SM0) \quad +1.0586862 * L(Y0/NR0) \quad -1.371D-02 * (T) \\ \langle 2.868 \rangle \quad \langle 2.607 \rangle \quad \langle -1.058 \rangle \\ -.17175507 * (D92) \quad -8.660D-02 * (D93) \\ \langle -2.388 \rangle \quad \langle -1.411 \rangle$$

ただし Y0=Y1+Y2+Y3+Y4, NR0=NR1+NR2+NR3+NR4, SM0=SM1+SM2+SM3+SM4

$$RR=0.9061 \quad RRB=0.8463 \quad SD=5.597D-02 \quad DW=1.633 \quad DF=11 \quad MAPE=2.44$$

4) 課税対象所得額関数

給与所得・財産所得を代理する各変数で説明した。

$$\begin{aligned}
(Y1) &= -905920.87* \text{const.} + 3.3417525* (Y1)_{-1} + 3.2182245* (NR1) \\
&\quad \langle -5.102 \rangle \quad \langle 3.529 \rangle \quad \langle 5.101 \rangle \\
&+ 1.758D-02* (SA1+SM1+SS1) + 2.7307809* (PL1*LHA1) + 26080.079* (D92) \\
&\quad \langle 1.269 \rangle \quad \langle 3.622 \rangle \quad \langle 3.815 \rangle \\
&- 9853.2853* (D03) \\
&\quad \langle -1.418 \rangle \\
RR=0.9962 \quad RRB=0.9943 \quad SD= 6039.3363 \quad DW=1.843 \quad DF= 12 \quad MAPE= 0.72
\end{aligned}$$

5) 工業用水水道補給水関数

供給能力を代理する工業用水配水量、水道補給水を代替可能な資源であるその他補給水使用量・回収水使用量、および工業用水年間最大節水率で説明した。各地域によって説明変数の組み合わせが異なる結果が得られたが、産業構造に地域特性が強く表れているといえる。

$$\begin{aligned}
L(WMH1) &= -70.556660* \text{const.} + 2.25642067*L(WWME) - 0.59161653*L(WMR1) \\
&\quad \langle -6.343 \rangle \quad \langle 1.967 \rangle \quad \langle -1.569 \rangle \\
&+ 6.689D-02*L(1-SWM) + 4.258D-02*(T) + 1.12231676*(D91-95) \\
&\quad \langle 1.344 \rangle \quad \langle 5.767 \rangle \quad \langle 2.858 \rangle \\
RR=0.9372 \quad RRB=0.9131 \quad SD= 4.989D-02 \quad DW=1.462 \quad DF= 13 \quad MAPE= 0.35
\end{aligned}$$

6) 工業用水その他補給水関数

その他補給水を代替可能な資源である水道補給水使用量・回収水使用量およびタイムトレンドで説明した。タイムトレンドが負で有意であることは、その他補給水の大半を占める井戸水が全域で減少傾向であることを反映しているといえる。

$$\begin{aligned}
L(WMI1) &= 55.558676* \text{const.} - 0.35151460*L(WMR1) + 0.23196354*L(SM1) \\
&\quad \langle 13.619 \rangle \quad \langle -2.018 \rangle \quad \langle 2.034 \rangle \\
&- 0.11526979*L(KM1)_{-1} - 2.095D-02*(T) - 7.644D-02*(D93-96) \\
&\quad \langle -1.592 \rangle \quad \langle -7.323 \rangle \quad \langle -3.370 \rangle \\
RR=0.9760 \quad RRB=0.9668 \quad SD= 2.746D-02 \quad DW=2.480 \quad DF= 13 \quad MAPE= 0.16
\end{aligned}$$

7) 工業用水回収水関数

第1地域は技術進歩を示すタイムトレンド、工業用水年間最大節水率で説明した。

$$\begin{aligned}
L(WMR1) &= -13.935269* \text{const.} + 0.28108112*L(SM1) - 0.4098D-02*L(1-SWM) \\
&\quad \langle -3.606 \rangle \quad \langle 2.690 \rangle \quad \langle -1.146 \rangle \\
&+ 1.167D-02*(T) + 4.981D-02*(D93) - 7.059D-02*(D96) \\
&\quad \langle 4.833 \rangle \quad \langle 1.238 \rangle \quad \langle -1.712 \rangle \\
RR=0.8952 \quad RRB=0.8549 \quad SD= .03787944 \quad DW=1.264 \quad DF= 13 \quad MAPE= 0.20
\end{aligned}$$

8) 生活用水有収水量関数

供給能力を代理する用水配水量、人口規模、水道料金、生活水準を代理する県内総生産額で説明した。各地域ともほぼ同様の構造を示している。

$$L(WGT1) = 1.3077787* \text{const.} + 0.45626714*L(WWGE+WWGM) + 0.48041084*L(NR1+FOR1) \\ < 0.497 > \quad < 3.716 > \quad < 1.347 > \\ -0.24907168*L(PW1) \\ < -1.519 >$$

$$RR=0.9663 \quad RRB=0.9596 \quad SD= 1.598D-02 \quad DW=0.793 \quad DF= 15 \quad MAPE= 0.12$$

9) 農業用水配水量関数（東部幹線・西部幹線・牟呂松原用水）

農業用水配水量関数は、供給能力の代理変数として前期値を導入し、生産規模として受益地の農業関連変数を用いて説明した。東部幹線はシフト要因として農業用水年間最大節水率が有意である。西部幹線関数および牟呂松原用水は農業用水年間最大節水率、年間降水量が有意である。雨水やため池等の影響もあり必ずしも統計的に十分な精度で推計することはできていないが、用水と各地域との関係が明確に示される結果となっている。

$$L(WWAE) = 4.5262087* \text{const.} + 0.55703405*L(WWAE)_{-1} + 0.146D-02*L(1-SWA) \\ < 3.298 > \quad < 4.682 > \quad < 3.639 > \\ +0.09731786*L((SA1+SA3+SA4)/(LA1+LA3+LA4)) - 0.11076462*(D93) \\ < 1.356 > \quad < -3.857 > \\ -0.12580557*(D96) \\ < -4.284 >$$

$$RR=0.8675 \quad RRB=0.8165 \quad SD= 2.672D-02 \quad DW=1.953 \quad DF= 13 \quad MAPE= 0.15$$

$$L(WWAW) = -4.7421173* \text{const.} + 0.38243705*L(WWAW)_{-1} + 0.24486450*L(1-SWA) \\ < -0.468 > \quad < 1.901 > \quad < 2.859 > \\ +1.1648714*L(LA2+LA4) + 0.88520011*L((SA2+SA4)/(EA2+EA4)) \\ < 1.006 > \quad < 2.124 > \\ -0.19386229*L(RAIN2) - 0.21632442*(D96) - 0.8151D-02*(D01) \\ < -1.588 > \quad < -2.532 > \quad < -1.032 >$$

$$RR=0.8887 \quad RRB=0.8178 \quad SD= 6.232D-02 \quad DW=2.190 \quad DF= 11 \quad MAPE= 0.39$$

$$L(WWAM) = 33.775260* \text{const.} + 0.36206375*L(WWAM)_{-1} + 0.17437163*L(1-SWA) \\ < 3.690 > \quad < 2.688 > \quad < 1.892 > \\ +1.0512758*L((SA1+SA2)/(LA1+LA2)) - 0.17437216*L((RAIN1+RAIN2)/2) \\ < 4.110 > \quad < -1.326 > \\ -0.1438D-02*(T) - 0.37621136*(D88) + 0.10893937*(D02) \\ < -3.004 > \quad < -4.598 > \quad < 1.612 >$$

$$RR=0.9140 \quad RRB=0.8593 \quad SD= 5.637D-02 \quad DW=2.454 \quad DF= 11 \quad MAPE= 0.29$$

10) 工業用水配水量関数（東部幹線・西部幹線）

工業用水配水量関数は、供給能力の代理変数として前期値を導入し、用水需要として受益地の工業用水水道補給水の総和を用いて説明した。また、東部幹線、西部幹線いずれも工業用水年間最大節水率が有意である。

$$L(WWME) = 44.027741 * \text{const.} + 3.3164087 * L(WWME)_{-1} + 8.478D-02 * L(1-SWM) \\ < 3.773 > \quad < 1.636 > \quad < 1.488 > \\ + 7.6228167 * L(WMH1+WMH3) - 2.297D-02 * (T) + 9.646D-02 * (D96) \\ < 2.512 > \quad < -3.621 > \quad < 1.513 > \\ - 1.5234375 * (D99) \\ < -2.304 >$$

$$RR=0.9050 \quad RRB=0.8576 \quad SD= 5.887D-02 \quad DW=1.784 \quad DF= 12 \quad MAPE= 0.36$$

$$L(WWMW) = 3.1465796 * \text{const.} + 4.7216841 * L(WWMW)_{-1} + 4.911D-02 * L(1-SWM) \\ < 2.180 > \quad < 3.216 > \quad < 1.283 > \\ + 1.0347447 * L(WMH2) - 5.835D-02 * (D98) + 2.6734021 * (D99) \\ < 1.101 > \quad < -1.453 > \quad < 6.428 > \\ + 5.928D-02 * (D00) \\ < 1.112 >$$

$$RR=0.8685 \quad RRB=0.8028 \quad SD= 3.752D-02 \quad DW=1.812 \quad DF= 12 \quad MAPE= 0.25$$

11) 生活用水配水量関数（東部幹線・西部幹線・牟呂松原用水）

生活用水配水量関数は、供給能力の代理変数として前期値を導入し、用水需要として受益地の生活用水有収水量の総和を用いて説明した。東部幹線および西部幹線はシフト要因として生活用水年間最大節水率が有意である。牟呂松原用水はシフト要因として生活用水年間最大節水率および年間降水量が有意である。

$$L(WWGE) = -4.5232756 * \text{const.} + 6.0135912 * L(WWGE)_{-1} + 1.8190628 * L(1-SWG) \\ < -1.766 > \quad < 3.673 > \quad < 1.772 > \\ + 6.9391307 * L(WGT1+WGT3+WGT4) \\ < 1.972 >$$

$$RR=0.9101 \quad RRB=0.8921 \quad SD= 5.608D-02 \quad DW=2.258 \quad DF= 15 \quad MAPE= 0.38$$

$$L(WWGW) = .17919873 * \text{const.} + 3.6245247 * L(WWGW)_{-1} + 2.0385868 * L(1-SWG) \\ < 0.126 > \quad < 1.838 > \quad < 2.638 > \\ + 5.0826749 * L(WGT2) \\ < 2.310 >$$

$$RR=0.7685 \quad RRB=0.7222 \quad SD= .04196324 \quad DW=1.838 \quad DF= 15 \quad MAPE= 0.32$$

$$L(WWGM) = 10.784398 * \text{const.} + 5.3932467 * L(WWGM)_{-1} + 1.0231611 * L(1-SWG) \\ < 2.137 > \quad < 2.242 > \quad < 1.043 > \\ + 1.2042658 * L(WGT1+WGT2+WGT4) - 9.878D-02 * L((RAIN1+RAIN2+RAIN4)/3) \\ < 2.192 > \quad < -1.108 > \\ - 9.658D-03 * (T) - 7.052D-02 * (D93) - 8.463D-02 * (D97) \\ < -2.354 > \quad < -1.762 > \quad < -2.035 >$$

$$RR=0.9514 \quad RRB=0.9204 \quad SD= 3.270D-02 \quad DW=1.761 \quad DF= 11 \quad MAPE= 0.21$$

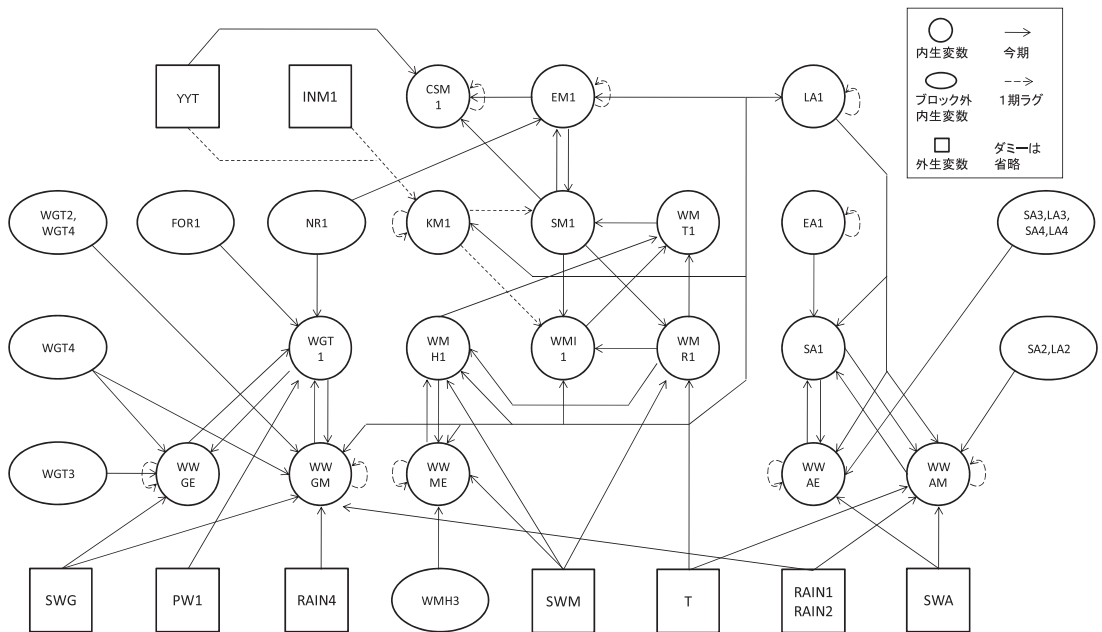


図5. 第1地域（豊橋市）産業、用水気象部門および豊川用水因果序列図

4. ファイナルテストと内挿シミュレーション

4.1 ファイナルテスト

計量経済モデル全体の適合結果を確認するために推定期間（1986～2004年）の全期間にわたってファイナルテスト（最終テスト）を行った。その結果を表4に示す。全内生変数に関する理論値と実現値の相関係数および平均絶対値誤差率（MAPE）はそれぞれ0.7以上、10%以下に収まり、良好な結果であった。このことから本モデルが東三河地域の各地域および豊川水系の社会経済構造を描写できていると判断した。

表4. ファイナルテスト結果

R \ MAPE	1%以下	1～3%	3～5%	5～10%	10%以上	合計
0.95～1.00	16	30	17	2	0	65
0.9～0.95	0	15	11	4	0	30
0.8～0.9	0	8	7	4	0	19
0.7～0.8	0	4	3	1	0	8
0.7以下	0	0	0	0	0	0
合計	16	57	38	11	0	122

4.2 内挿シミュレーション

さらに、モデルが表現する東三河地域の社会経済構造が各種のインパクトに際してどのように波及し変化するかを見極めるとともに、当該モデルが安定した構造を持ち攪乱的な変動に対応できるかを検討するために表5に示す各ケースについて内挿シミュレーションを実施した。

表 5. 内挿シミュレーション・ケース

	ケースの想定	計算上の処理
ケース 1	第 1 地域への人口集積が現実よりも進行する場合。	第 1 地域住民人口の初期値を 5%増加させる（初期値テストを兼ねる）。
ケース 2	愛知県の社会経済がより高水準で推移した場合。	愛知県県内総生産額を全期間にわたって 5%増加させる。
ケース 3	愛知県の社会経済がより低水準で推移した場合。	愛知県県内総生産額を全期間にわたって 5%減少させる。
ケース 4	慢性的に渇水が発生した場合。	各種用水の最大節水率を全期間にわたって 5%上昇させる。
ケース 5	2001 年に竣工したダムが 5 年早く竣工し節水が緩和された場合。	1996～2002 年最大節水率を 0%にする（ショックテストを兼ねる）。
ケース 6	技術進歩により工業用水回収率が上昇した場合。	工業用水回収水量を全期間で 5%増加させる。

以上の内挿シミュレーションの結果を、理論値（ファイナルテスト結果）に対する各ケースの最終年度乖離率によって表 6 に示す。

ケース 1、2、3 では、対象地域の中心地域および上位地域の社会経済の変化が、対象地域の各地に影響を及ぼす。また、地域間の相互依存関係が社会経済に影響する。

ケース 4、5 では、水資源の動向が生産をシフトさせる。渇水ケースの場合、製造業は用水回収率を向上させることでその影響を小さくできるが、農業は用水の消費的利用が多いため影響が比較的大きくなると考えられる。なお、渇水が発生しない場合は生活用水や工業用水淡水補給水が増加し、より多くの水資源が利用される結果になった。

ケース 6 では、工業用水回収水を増加させることで配水量の減少下にあっても製造業出荷額が増加した。技術進歩により既存の資源量の範囲内でも生産規模を拡大可能であると考えられる。

表 6. 主要変数の理論値に対する各ケース最終年度乖離率

	地域	理論値	乖離率(%)					
			case1	case2	case3	case4	case5	case6
住民人口	全域	750,919.64	1.76	0.25	-0.25	-0.01	0.00	-0.16
	第1地域	359,884.11	5.23	0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.39
農業・製造業・卸小売業就業者数	全域	191,165.15	2.12	2.19	-2.24	-0.02	0.03	0.03
	第1地域	77,256.05	6.15	0.55	-0.55	-0.02	-0.15	0.03
農業粗生産額・製造業出荷額等・卸小売業販売額	全域	6,737,788.83	-0.88	3.80	-3.87	-0.06	0.21	1.90
	第1地域	2,330,401.88	-1.37	1.98	-2.21	-0.08	0.27	0.64
課税対象所得額	全域	1,145,815.10	7.23	7.01	-7.04	-0.06	-0.02	-0.73
	第1地域	565,686.18	17.53	1.10	-1.10	-0.06	-0.29	-1.04
工業用水使用量	全域	1,962,584.80	0.86	0.39	-0.25	-0.04	0.27	6.68
	第1地域	578,153.72	3.14	1.08	-1.17	0.14	0.16	6.30
工業用水補給水	全域	131,568.25	-0.75	1.56	-1.30	-1.69	3.74	-1.69
	第1地域	59,942.01	0.14	-0.48	0.60	-0.86	1.44	-2.10
工業用水回収率	全域	0.9330	0.11	-0.08	0.07	0.11	-0.23	0.53
	第1地域	0.8963	0.30	0.16	-0.18	0.10	-0.13	0.82
生活用水有収水量	全域	84,532.18	3.31	4.33	-4.20	-3.51	5.81	-0.59
	第1地域	40,634.02	7.19	4.53	-4.38	-4.71	7.89	-0.94
豊川用水農業用水配水量	-	200,828.47	0.00	1.38	-1.45	-1.70	3.02	0.01
豊川用水工業用水配水量	-	15,663.70	-5.24	2.03	-1.70	-7.11	16.52	-5.11
豊川用水生活用水配水量	-	70,667.24	10.88	8.18	-7.54	-8.61	15.17	-1.28

5. 結語

本稿は東三河地域を対象地域とし、社会経済活動と水資源の関係に焦点を当て、農業、工業、生活用水の需給構造を明らかにし、さらに社会経済構造と有機的に結合する形で多地域連関型計量経済モデルを構築した。

今後の課題としては、1) 外挿シミュレーション（予測）、2) 用水関連変数の深化、3) 水資源価格の導入による水市場の陽表化、4) 水資源の用途別配分の詳細化、5) 水資源供給と気象の関係の把握、6) 水資源以外の環境変数を導入した広域的課題の検討、7) 距離の導入による空間化の改良などがあげられる。

参考文献・資料

- [1] 愛知県『あいちの県民経済計算』1985-2004年
- [2] 愛知県『あいちの工業』1985-2004年
- [3] 愛知県『あいちの商業』1985-2004年
- [4] 愛知県『愛知県の水道（水道年報）』1985-2004年
- [5] 愛知県『愛知県統計年鑑』1985-2004年
- [6] 独立行政法人水資源機構『豊川 豊川用水 豊川総合用水 管理年報』1985-2004年
- [7] 豊川の明日を考える流域委員会『中間報告書』
<http://www.cbr.mlit.go.jp/toyohashi/kaigi/toyogawa/asu-iinkai/houkokusho/index.html>
(2008年9月17日ダウンロード)
- [8] 山口誠、鯉江康正『工業用水の需要に関する計量経済学的分析』「計画行政」第17巻第2号、1994年
- [9] 山口誠、鯉江康正『情報の有効利用による地域経済への影響分析－愛知県を事例として－』「計画行政」第23巻第1号、2000年
- [10] 山口誠、洪澤博幸『東三河地域の計量経済学的分析－豊川流域の水需給構造に注目して－』「地域学研究」第31巻第1号、2000年