

An Econometric Model of Toyohashi City with Environmental Issues

Hiroyuki SHIBUSAWA and Makoto YAMAGUCHI

In this paper, we construct an econometric model of Toyohashi city. Taking account of the socio-economic characteristics, the following subjects are examined. First, water demand/supply is an important problem due to the increase in the water demand as well as other areas in Japan. Second, Toyohashi city is a birthplace of a campaign of no garbage (530 campaign). We examine the effects of the recycling system on the regional economy. Third, Toyohashi city has the international ports. The amount of imports and exports are increasing year by year. The effects of the development of Toyohashi Port are also examined. Fourth, the transportation system is an important subject in the urban area. Recently, new parking area was constructed at Toyohashi station. We examine the effects of the development on the urban transportation system. The model has 43 structural equations and 6 identities, with 12 exogenous variables. We analyze the socio-economic structure in Toyohashi city using the econometric method.

環境を考慮した豊橋市計量経済モデル

渋 澤 博 幸, 山 口 誠

1. はじめに

本稿は地方中核都市の社会経済システムに環境問題を内生化した地域計量経済モデルの中間報告である。近年、地方中核都市でも環境・資源が大きな問題となっている。特に、廃棄物と水は重点課題である。廃棄物のリサイクルや水資源の有効利用が都市の社会システムの中でどのように行われるべきかを検討することが、本研究の主要課題である。研究対象地域には愛知県豊橋市を選択した。

豊橋市は、530（ゴミゼロ）運動の発祥地であることから、市民の環境美化意識は高く、1980年代から分別によるゴミ収集を行っている。最近では、ゼロエミッション化、ゴミのリサイクル化など積極的に環境問題への取り組みがみられる。しかし、実際に物質循環プロセスが地域経済の中でどの程度有効に機能しているか明確ではない。また、豊橋市の水源は主に豊川に頼っているが、近年、夏場を中心に節水が叫ばれている。社会経済システムの特徴としては、三河港と工業団地の造成及び交通システムを中心に検討した。国際貿易港である豊橋港の港湾取扱貨物量は年々増加傾向にあり、港湾施設の整備と臨海部に造成された工業団地の建設は、豊橋港の発展を一層促進し、地域経済に与える効果が期待されている。交通システムでは、豊橋市内には路面電車・豊橋鉄道があり、市民の通勤・通学の足として機能している一方で、自家用車交通も他の地域に先行しているといえる。豊橋駅総合開発事業により公共駐車場が整備され、駅前でも自動車交通の重要性が高まっている。地下駐車場整備による交通需給構造の変化の分析を試みた。いずれの課題も、本格的な分析を行うためには、東三河地域を含むより広範なモデル設定が必要であるが、本稿では、その中心地域である豊橋市に限定した計量モデルによる分析を試みる。

2. 豊橋市の概要

2.1 豊橋市の土地・気象・人口

豊橋市は、愛知県の南東部に位置し、東は尾張山地を境に静岡県と接し、南は太平洋に臨み、西は三河湾に面している。河川は、豊川をはじめ柳生川、梅田川、朝倉川が豊橋市を東西に貫流

し、三河湾に注いでいる。市域は東西に17.8km、南北に23.9km、面積は260.92km²で、愛知県下88市町村中4番目の広さである。明治39年の市政施行当時の人口は37,635人であったが、90年を経過した現在では35万人（356,299人：1996年）を超えた。人口ピラミッドの形は、昭和25年では若年層が多い「富士山型」であったが、その後の高齢化・少子化に伴い、近年では壮年齢層が多い「つりがね型」となっている。気候は、南方を太平洋の暖流が流れ、東と北の二方を山地に囲まれ、比較的温暖な気候となっている。しかし、冬季には北西の季節風が吹き寒さを感じる。市制施行以降90年間の平均で、年平均気温は15.9℃、年間降雨量は1,693mmである。

2. 2 豊橋市の産業形態

産業別就業者人口をみると、昭和25年から近年まで、全体の就業者数は人口に比例し増加している。産業別では第一次産業が昭和35年をピークに減少傾向にある反面、第二次産業と第三次産業が増加を続けている。第一次産業の農業は、豊川用水の通水によって野菜を中心にした作物の大量生産が可能となり、農業粗生産額で昭和42年以来日本一を誇っている。第二次産業は製造業が中心である。昭和25年当時は繊維などの軽工業が主流であったが、近年では機械などの重化学工業の割合が高まっており、出荷額は1兆円を超えている。第三次産業のうち商業では、昭和27年から昭和45年まで商店数は増加したが、大型店舗の郊外立地により、昭和57年をピークに減少に転じ、モータリゼーションの影響を受け中心市街地は衰退しつつある。豊橋市の特産品としては、豊橋筆、焼ちくわ、ゼリー、次郎柿、キャベツ、大葉、うずらなどがあげられる。

2. 3 水資源

水需要の増加と近年の少雨傾向などにより、豊橋市においても水不足が問題となっている。豊橋市の水道資源は、自己水源と愛知県営水道からの受水に大別され、平成5年度末において、水源施設は、1日最大154,100（自己水源：61,000、受水：93,100）の供給能力を有している。自己水のうち地下水は塩水化など水質の悪化に伴い年々減少の傾向にある。農業用水は、昭和43年に全面通水された豊川用水への依存度が非常に高く、消費者ニーズの変化による施設栽培の増加など、水需要が年々増加している。工業用水の水源は、豊川用水を水源とした県営東三河工業用水道と地下水の揚水によるものと大きく分類される。水資源の確保については、豊川総合用水事業や設楽ダム建設事業が展開されている。

2. 4 交通

豊橋市は、東名高速道路、国道1号線、東海道線等、陸上交通網の要衝にあり、物流に有利な条件を備えている。市内には豊橋鉄道（渥美線）と市内線：路面電車があり、市民の通勤、通学の足として重要な役割を担っている。また、自動車の増加に伴う中心市街地での駐車場の不足や交通渋滞の発生、環境への悪影響に対応するため、近年においては、豊橋駅総合開発事業、駐車場の整備や駐車場案内システムの導入が行われている。

昭和47年5月に全国で102番目の国際貿易港として開港した豊橋港は、これら道路アクセスの良さから東三河のみならず三遠南信地域の海の玄関として注目を集めてきた。また近年では、豊橋港の有利性・将来性が海外でも認められ、次々と外資系企業が進出しており、国際的物流の拠

点として位置づけられている。輸出入の主なものは自動車で、平成7年の輸出台数は全国3位、輸入台数は第1位と、自動車貿易港の色合いが濃くなっている。長年にわたる港湾施設の整備と臨海部に造成された工業団地の建設は、豊橋港の発展を一層促進し、今後の三遠南進地域の発展の原動力として期待されている。

2. 5 ゴミ処理

豊橋市では、省資源・省エネルギーを実施するため、昭和55年に廃棄物総合処理施設である資源化センターを建設し、それらの施設から発生する熱エネルギーや有機質たい肥などを農業地域に還元し、さらに廃棄物のなかから再生できるものは資源として活用している。さらに、昭和56年に「省エネルギーモデル都市」に指定されると同時に「省資源省エネルギー都市宣言」を行い市民と行政が一体となった啓発普及活動を行っている。豊橋市は、全国に広がった身近な環境保全の原点ともいわれる530（ゴミゼロ）運動の発祥地であることから、市民の環境美化意識は高い。全国に先駆けて分別収集を行っている。昭和55年から5分別（燃やせるゴミ、燃やせないゴミ、資源ゴミ、大きなゴミ、有害ゴミ）による収集を行っている。

3. 豊橋市計量経済モデル

3. 1 モデル

表1 変数記号表

内生	内容	内生	内容	外生	内容
NF	世帯数（世帯）	HGB1	燃やせるゴミ（t/年）	NJ1	国鉄（JR）（人/年）
NR	住民人口（人）	HGB2	燃やせないゴミ（t/年）	NJ2	名古屋鉄道（人/年）
NO	転出（人）	HGB3	大きなゴミ（t/年）	NE	人口定義式誤差（人）
NB	出生数（人）	HGB4	資源ゴミ（t/年）	YT	愛知県民所得（百万円）
ND	死亡数（人）	HGBA	家庭ゴミ総量（t/年）	WMT	〃 製造業給与額（千円/人）
NA	農家人口（人）	FGB1	一般廃棄物（t/年）	YYT	〃 内総生産額（百万円）
FPOP	外国人登録（人）	FGB2	産業廃棄物（t/年）	NJ	日本人口（人）
AM	農業粗生産額（百万円）	FGBA	事業ゴミ収集総量（t/年）	DIM	豊橋港輸入貨物量（t/年）
EM	製造業就業者数（百万円）	INCI	焼却（t/年）	DEX	豊橋港輸出貨物量（t/年）
SM	〃 出荷額（百万円）	REC	再利用（t/年）	TAI	高速堆肥化（t/年）
KM	〃 固定資産総額（百万円）	CENT	リサイクルセンター（t/年）	HGB5	有害ゴミ（t/年）
CSM	〃 現金給与総額（百万円）	FILL	埋立（t/年）	WM3	地表水・伏流水（m ³ /日）
IIM	〃 投資額（百万円）	RGBW	ゴミ処理総量（t/年）	WM4	井戸水（m ³ /日）
ES	卸小売業従業者数（人）	WD	水道総配水量（m ³ /日）	WM5	その他淡水（m ³ /日）
SS	〃 従業者数（人）	WM1	工業用水道（m ³ /日）	CAN	ピンカンボックス数
LA	農地面積（ha）	WM2	上水道（m ³ /日）	T	タイムトレンド（西暦年）
LR	住宅地面積（ha）	WM6	回収水（m ³ /日）		
LM	工業敷地面積（ha）	WMA	製造業用水総量（m ³ /日）		
LS	商業売場面積（ha）	PAK	公共駐車場利用数（台/年）		
LH	宅地面積＝LR+LM+LS（ha）	CAR	自動車登録数（人/年）		
PLS	平均地価指数	NJ3	渥美線乗車人員（人/年）		
RE	歳入総額（百万円）	NJ4	路面電車乗車人員（人/年）		
TA	税収総額（百万円）	NJA	総乗車人員（人/年）		
GE	歳出総額（百万円）				

豊橋市モデル (1981 年～1994 年) OLS 推定

[産業関連]

農業粗生産額

$$(AM) = 1068064.3 * \text{const.} + 53716524 * (AM) -1 -524.20478 * (T) \\ \langle 1.302 \rangle \quad \langle 2.348 \rangle \quad \langle -1.287 \rangle \\ +4591.5621 * (D89_91) \\ \langle 1.751 \rangle$$

$$RR=0.7327 \quad RRB=0.6526 \quad SD=3803.8485 \quad DW=2.264 \quad DF=10 \quad MAPE=4.51$$

農家人口

$$(NA) = -3086.3772 * \text{const.} + 2.118D-02 * (AM) + 1.0312088 * (NA) -1 \\ \langle -4.004 \rangle \quad \langle 2.185 \rangle \quad \langle 42.302 \rangle$$

$$RR=0.9963 \quad RRB=0.9957 \quad SD=180.24699 \quad DW=1.375 \quad DF=11 \quad MAPE=0.36$$

製造業就業者数

$$(EM) = 20766.022 * \text{const.} + 7.940D-02 * (CSM) + 6.134D-03 * (SM) -1 \\ \langle 24.482 \rangle \quad \langle 5.228 \rangle \quad \langle 2.410 \rangle \\ -1793.4252 * (D93_94) \\ \langle -5.159 \rangle$$

$$RR=0.9750 \quad RRB=0.9675 \quad SD=366.24701 \quad DW=1.659 \quad DF=10 \quad MAPE=0.70$$

製造業出荷額

$$(SM) = -1048150.6 * \text{const.} + 52.241751 * (EM) + 2.8167138 * (KM) -1 \\ \langle -5.951 \rangle \quad \langle 8.999 \rangle \quad \langle 1.729 \rangle$$

$$RR=0.9726 \quad RRB=0.9676 \quad SD=22609.442 \quad DW=1.308 \quad DF=11 \quad MAPE=2.20$$

製造業粗付加価値

$$(OM) = -506615.64 * \text{const.} + 21.803390 * (EM) + 2.0832799 * (KM) -1 \\ \langle -5.056 \rangle \quad \langle 6.602 \rangle \quad \langle 2.248 \rangle$$

$$RR=0.9595 \quad RRB=0.9522 \quad SD=12862.496 \quad DW=1.186 \quad DF=11 \quad MAPE=3.40$$

製造業現金給与総額

$$(CSM/EM) = -1.2409818 * \text{const.} + 1.12143373 * (SM/EM) + 4.867D-03 * (WMT) \\ \langle -1.965 \rangle \quad \langle 3.433 \rangle \quad \langle 1.393 \rangle$$

$$RR=0.8997 \quad RRB=0.8814 \quad SD=13051238 \quad DW=0.811 \quad DF=11 \quad MAPE=2.61$$

製造業固定資産総額

$$(KM) = 11083.544 * \text{const.} + 9.4337038 * (KM) -1 + 3.2377911 * (IIM) \\ \langle 0.535 \rangle \quad \langle 6.552 \rangle \quad \langle 1.351 \rangle \\ +14194.603 * (D92_94) \\ \langle 0.719 \rangle$$

$$RR=0.9773 \quad RRB=0.9704 \quad SD=13670.059 \quad DW=2.853 \quad DF=10 \quad MAPE=4.42$$

製造業投資額

$$(IIM) = -218711.35 * \text{const.} - 36198741 * (KM) -1 + 478.81565 * (WMT) -1 \\ \langle -4.091 \rangle \quad \langle -5.455 \rangle \quad \langle 1.931 \rangle \\ +9.241D-03 * (YT) -1 -16126.680 * (D83_86) \\ \langle 3.997 \rangle \quad \langle -3.350 \rangle$$

$$RR=0.9512 \quad RRB=0.9296 \quad SD=6617.6473 \quad DW=2.101 \quad DF=9 \quad MAPE=17.10$$

工業用水 (製造業)

$$(WM1) = -1904.5334 * \text{const.} + 5.731D-03 * (SM) + 1.435D-02 * (KM) -1 \\ \langle -1.540 \rangle \quad \langle 2.594 \rangle \quad \langle 3.744 \rangle$$

$$RR=0.9374 \quad RRB=0.9260 \quad SD=479.04171 \quad DW=2.195 \quad DF=11 \quad MAPE=6.40$$

上水道 (製造業)

$$(WM2) = 2100.3500 * \text{const.} + 4.839D-02 * (EM) + 1.739D-03 * (KM) -1 \\ \langle 2.029 \rangle \quad \langle 1.435 \rangle \quad \langle 1.845 \rangle \\ -469.24538 * (D82_83_87_89) \\ \langle -5.559 \rangle$$

$$RR=0.9113 \quad RRB=0.8847 \quad SD=130.07401 \quad DW=1.784 \quad DF=10 \quad MAPE=2.20$$

回収水 (製造業)

$$(WM6) = -53943.231 * \text{const.} + 1.12124805 * (KM) -1 + 9.0442479 * (WMA) \\ \langle -11.411 \rangle \quad \langle 10.515 \rangle \quad \langle 63.946 \rangle$$

$$RR=0.9995 \quad RRB=0.9994 \quad SD=1444.8831 \quad DW=2.191 \quad DF=11 \quad MAPE=0.26$$

卸小売業者数

$$(ES) = 17417.379 * \text{const.} + 2.5044584 * (SS) -1 + 1.610D-02 * (EM+ES) -1 \\ \langle 16.397 \rangle \quad \langle 1.867 \rangle \quad \langle 2.505 \rangle \\ +353.98013 * (LS) -607.76226 * (D83_85) \\ \langle 8.171 \rangle \quad \langle -2.534 \rangle$$

$$RR=0.9829 \quad RRB=0.9753 \quad SD=293.48203 \quad DW=1.212 \quad DF=9 \quad MAPE=0.54$$

卸小売販売額

$$(SS/NR) = .02681278 * \text{const.} + 2.318D-03 * (Y/NR) -1 + 0 * (YYT) \\ \langle 12.792 \rangle \quad \langle 1.780 \rangle \quad \langle 3.831 \rangle \\ -4.502D-03 * (D92_94) \\ \langle -5.339 \rangle$$

$$RR=0.8348 \quad RRB=0.7852 \quad SD=1.048D-03 \quad DW=1.253 \quad DF=10 \quad MAPE=1.47$$

[土地・地価関連]

農地面積

$$(LA) = 5211.3274 * \text{const.} - 190.43529 * (PLS) - 1 - 33272679 * (LR) \\ \langle 1.989 \rangle \quad \langle -12.160 \rangle \quad \langle -2.068 \rangle \\ + 62082257 * (LA) - 1 \\ \langle 3.141 \rangle$$

$$RR=0.9970 \quad RRB=0.9961 \quad SD=23.208376 \quad DW=2.004 \quad DF=10 \quad MAPE=0.15$$

住宅地面積

$$(LR) = 67.375166 * \text{const.} - 20.675759 * (PLS) - 1 + 6.973D-03 * (NF) - 1 \\ \langle 0.498 \rangle \quad \langle -1.013 \rangle \quad \langle 0.949 \rangle \\ + 82813184 * (LR) - 1 \\ \langle 3.979 \rangle$$

$$RR=0.9920 \quad RRB=0.9896 \quad SD=35.577815 \quad DW=2.173 \quad DF=10 \quad MAPE=0.43$$

工業用地面積

$$(LM) = 170.25293 * \text{const.} + 1.734D-04 * (SM) + 4.4786823 * (LM) - 1 \\ \langle 3.671 \rangle \quad \langle 3.306 \rangle \quad \langle 3.378 \rangle \\ + 4.906D-06 * (DEX+DIM) \\ \langle 3.425 \rangle$$

$$RR=0.9721 \quad RRB=0.9638 \quad SD=10.126120 \quad DW=2.667 \quad DF=10 \quad MAPE=1.21$$

商業用地面積

$$(LS) = -4.4862485 * \text{const.} + 3.628D-04 * (SS) - 1 + 1.0153948 * (LS) - 1 \\ \langle -3.399 \rangle \quad \langle 2.568 \rangle \quad \langle 17.463 \rangle$$

$$RR=0.9876 \quad RRB=0.9854 \quad SD=.43688886 \quad DW=1.003 \quad DF=11 \quad MAPE=1.02$$

平均地価指数

$$(PLS/NR) = 2.404D-06 * \text{const.} + 2.695D-07 * (Y/NR) - 1 + 5.764D-06 * (D93_94) \\ \langle 16.858 \rangle \quad \langle 1.979 \rangle \quad \langle 42.942 \rangle$$

$$RR=0.9955 \quad RRB=0.9947 \quad SD=1.559D-07 \quad DW=1.868 \quad DF=11 \quad MAPE=3.81$$

[公共部門関連]

市税収総額

$$(TA) = -44317.975 * \text{const.} + 5.768D-02 * (Y) - 1 + 9.6977349 * (EM+ES) \\ \langle -1.748 \rangle \quad \langle 2.680 \rangle \quad \langle 2.040 \rangle$$

$$RR=0.9432 \quad RRB=0.9329 \quad SD=2242.2100 \quad DW=0.594 \quad DF=11 \quad MAPE=4.22$$

歳入総額

$$(RE) = -17912.054 * \text{const.} + 1.2547953 * (TA) + 5.829D-03 * (YT) - 1 \\ \langle -1.276 \rangle \quad \langle 1.057 \rangle \quad \langle 1.987 \rangle$$

$$RR=0.9362 \quad RRB=0.9246 \quad SD=8819.6291 \quad DW=0.810 \quad DF=11 \quad MAPE=3.63$$

歳出総額

$$(GE) = 2549.4152 * \text{const.} + 9.5297194 * (RE) \\ \langle 1.579 \rangle \quad \langle 90.138 \rangle$$

$$RR=0.9985 \quad RRB=0.9984 \quad SD=1224.0873 \quad DW=0.743 \quad DF=12 \quad MAPE=0.53$$

[市民生活関連]

市民所得

$$(Y) = -162924.82 * \text{const.} + 5.56244578 * (AM+SM+SS) + 6.4756462 * (LH/PLS) - 1 \\ \langle -3.235 \rangle \quad \langle 9.709 \rangle \quad \langle 3.042 \rangle$$

$$RR=0.9387 \quad RRB=0.9276 \quad SD=22807.488 \quad DW=1.272 \quad DF=11 \quad MAPE=4.28$$

燃やせるゴミ収集量(家庭)

$$(HGB1) = -129495.39 * \text{const.} + 5.56337624 * (NR) \\ \langle -8.258 \rangle \quad \langle 11.949 \rangle$$

$$RR=0.9225 \quad RRB=0.9160 \quad SD=2388.8368 \quad DW=0.483 \quad DF=12 \quad MAPE=3.37$$

燃やせないゴミ収集量(家庭)

$$(HGB2) = -46498.381 * \text{const.} + 1.8031703 * (NR) + 2.3874603 * (HGB2) - 1 \\ \langle -2.994 \rangle \quad \langle 3.729 \rangle \quad \langle 1.518 \rangle \\ - 5338.4707 * (D82_89) - 9915.2130 * (D90_94) \\ \langle -3.519 \rangle \quad \langle -4.492 \rangle$$

$$RR=0.7828 \quad RRB=0.6863 \quad SD=1033.3692 \quad DW=1.926 \quad DF=9 \quad MAPE=6.46$$

大きなゴミ収集量(家庭)

$$(HGB3) = -15690.218 * \text{const.} + 5.615D-02 * (NR) \\ \langle -23.641 \rangle \quad \langle 28.143 \rangle$$

$$RR=0.9851 \quad RRB=0.9838 \quad SD=101.10012 \quad DW=1.269 \quad DF=12 \quad MAPE=2.84$$

資源ゴミ収集量(家庭)

$$(HGB4) = 227.27261 * \text{const.} + 8.84877377 * (CAN) + 8.7175546 * (HGB4) - 1 \\ \langle 0.531 \rangle \quad \langle 1.900 \rangle \quad \langle 5.436 \rangle \\ + 1914.6398 * (D90_91) \\ \langle 4.943 \rangle$$

$$RR=0.9501 \quad RRB=0.9351 \quad SD=504.02498 \quad DW=1.891 \quad DF=10 \quad MAPE=13.49$$

一般廃棄物（企業）						
(FGB1)	= -74245.793* const.	+5.108D-02* (SM)	+4.2933519* (SS)			
	< -5.504>	< 4.246>	< 3.107>			
	-11351.969* (D90_92)					
	< -3.904>					
	RR=0.9041	RRB=0.8753	SD= 2814.8385	DW=1.834	DF= 10	MAPE= 10.34
産業廃棄物（企業）						
(FGB2)	= -45480.681* const.	+9.350D-02* (AM+SM+SS)	+16364.801* (D90_92)			
	< -3.552>	< 6.471>	< 3.898>			
	RR=0.9527	RRB=0.9441	SD= 4224.6308	DW=1.937	DF= 11	MAPE= 7.76
焼却						
(INCI)	= 24794.651* const.	+53337308* (HFGb1)	+21298.036* (D91_94)			
	< 6.978>	< 11.303>	< 13.075>			
	RR=0.9875	RRB=0.9852	SD= 2073.2322	DW=2.386	DF= 11	MAPE= 2.19
再利用						
(REC)	= -2402.9451* const.	+10883099* (HGBA)				
	< -2.045>	< 6.849>				
	RR=0.7963	RRB=0.7793	SD= 589.40373	DW=0.666	DF= 12	MAPE= 9.17
資源リサイクルセンター						
(CENT)	= 376.63926* const.	+1.0193025* (HGB4)				
	< 9.351>	< 99.476>				
	RR=0.9988	RRB=0.9987	SD= 73.077191	DW=2.123	DF= 12	MAPE= 1.50
埋立						
(FILL)	= -1901.7466* const.	+2.6486474* (HGB2)	+1.2831042* (FGB2)			
	< -0.158>	< 2.320>	< 10.884>			
	RR=0.9172	RRB=0.9021	SD= 7587.8384	DW=0.641	DF= 11	MAPE= 7.70
上水道配水量						
(WWD)	= -24213.678* const.	+15201477* (NR)	+81372059* (SS)			
	< -5.838>	< 7.001>	< 3.878>			
	+80408915* (WM2)					
	< 1.392>					
	RR=0.9794	RRB=0.9733	SD= 513.68167	DW=1.352	DF= 10	MAPE= 0.91
公共駐車場自動車数						
(PAK)	= 403105.12* const.	+1.3239876* (CAR)	-8.424D-03* (NJ3+NJ4)			
	< 10.097>	< 17.508>	< -1.312>			
	RR=0.9662	RRB=0.9600	SD= 8163.5815	DW=1.934	DF= 11	MAPE= 0.90
豊橋鉄道乗車人員（渥美線）						
(NJ3)	= -3487357.5* const.	+32012381* (NJ1)	+38186278* (NJ2)			
	< -2.814>	< 6.076>	< 3.542>			
	+28.174419* (ES)					
	< 1.170>					
	RR=0.9273	RRB=0.9055	SD= 71888.985	DW=1.568	DF= 10	MAPE= 1.46
路面電車乗車人員						
(NJ4)	= 1743271.7* const.	+35660397* (NJ1)	+29666722* (NJ2)			
	< 0.922>	< 4.202>	< 1.616>			
	-6.3182998* (PAK)					
	< -3.976>					
	RR=0.7240	RRB=0.6412	SD= 133290.17	DW=1.116	DF= 10	MAPE= 2.62

方程式中の表記は以下のようなものである。推計式を以下に示す。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、??は年を示す。また、const：定数項、RR：決定係数、RRB：自由度修正済み決定係数、SD：方程式の標準偏差、DF：自由度、DW：ダービン・ワトソン比、MAPE：平均絶対誤差率である。

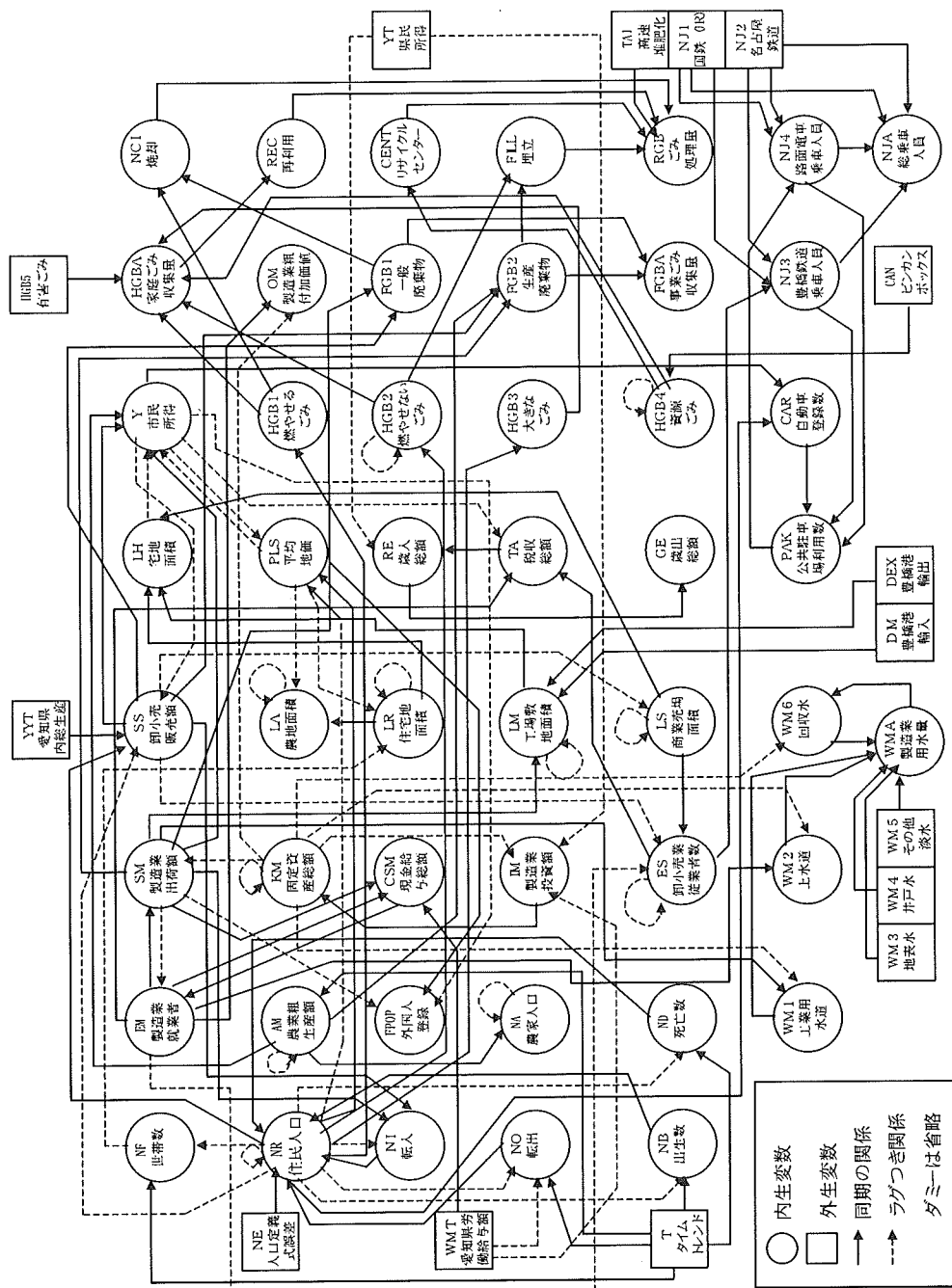


図1 豊橋市モデルの因果序列図

このモデルは、推定式43本、定義式5本の計48本の方程式により構成される。変数は表1に示すように、内生変数48、外生変数16（ダミー変数は除く）の計64個である。モデル全体は、人口関連、産業関連、土地・地価関連、財政関連及び市民生活関連の4部門から構成される。

観測期間は1980年から1994年までの15年間である。推定期間は1期ラグを用いているため、1981年から1994年までの14サンプルである。推定法は普通最小2乗法推定（OLS）を用いた。金額表示の変数は、国民総支出デフレーター（1990年＝1）により実質値に変換されている。図1は豊橋モデルの因果序列図である。

3. 2 推定式

人口関連の変数は、出生数、死亡数、転入者数、転出者数、世帯数及び人口総数の7つである。出生数は1980年以降減少傾向、死亡数は増加傾向、世帯数増加傾向にある。これらの変数はトレンドで説明される。転入者数は増加傾向にある。これは、製造業出荷総額、卸小売販売額と総人口により説明される。転出者数もまた増加傾向にあり、製造業労働者給与額、総人口とトレンドが有意な説明変数である。

産業関連の変数は、農業粗生産額、農家人口、製造業就業者数、製造業出荷総額、製造業粗付加価値、製造業現金給与額、製造業固定資産総額、製造業投資、卸小売従業者数、卸小売販売額である。また、製造業の水需要に関する変数としては、工業用水、上水道、回収水を取り上げている。

農業粗生産額は1986年まで減少していたが、その後増加傾向を見せている。これは前期の農業粗生産とトレンドで説明される。農家人口は年々減少しており、農業粗生産額と前期の農家人口で説明される。

製造業就業者数は、給与総額と前期の出荷総額で説明されるが、年々増加傾向にある。出荷総額も増加傾向にあり、就業者数、前期の固定資産総額で説明される。粗付加価値は就業者数と前期の固定資産総額で、現金給与総額を出荷額と愛知県労働者給与額で説明される。固定資産総額は、前期の固定資産総額と投資額で説明される。投資額は、基本的には資本ストック調整タイプの関数を採用しており、前期の固定資産総額、愛知県民所得と愛知県製造業労働者給与額で説明される。工業用水、上水道とも年々増加している。これらに関しては、出荷総額、従業者数、固定資産総額が有意な説明変数である。回収水は、固定資産総額と製造業用水量で説明される。

卸小売業従業者数は1985年に減少したことを除いて増加傾向にある。これは、前期の卸小売販売額、製造業と卸小売業就業者数、商業用地面積で説明される。卸小売業販売額は1980年以降増加していたが、バブル崩壊後著しい減少傾向を示している。前期の市民所得、愛知県内総生産が有意な説明変数である。

土地関連の変数は、農地面積、住宅地面積、工業用地面積、商業用地面積である。農地面積は1980年以降減少している。これは前期の地価、住宅地面積と前期の農地面積で説明される。住宅地面積は世帯数の増加と平行した傾向をみせている。これは、世帯数と前期の地価、住宅地面積で説明される。工業用地面積に関しては、製造業出荷額、豊橋港取扱貨物量と前期の工業用地面

積が有意な変数である。商業用地面積は、バブル期も増加しつづけている。これは前期の卸小売業従業者数と商業用地面積で説明される。平均地価は、バブル期に異常な上昇傾向がみられる。所得と住民人口が有意な説明変数である。

財政関連の変数は、市税収総額、歳入総額、歳出総額であり、それぞれ1980年以降増加し続けている。市税収総額は、前期の市民所得と製造業及び卸小売業従業者数の税の課税対象となる項目を代理する変数で説明される。歳入総額は市税収総額と前期の県民所得の関数とした。

市民生活関連の変数は市民所得、家庭ゴミ処理収集量（燃やせるゴミ、燃やせないゴミ、大きなゴミ、資源ゴミ）、事業廃棄物処理収集量（一般廃棄物、産業廃棄物）、ゴミ処理量（焼却、再利用、資源リサイクルセンター、埋立）、上水道配水量、自動車保有台数、公共駐車自動車数、豊橋鉄道（渥美線）及び路面電車乗車人員である。市民所得は1980年以降増加していたが、バブル期ではいくらか減少傾向をみせる。これは農業粗生産額、製造業出荷額、卸小売業販売額、前期の宅地地価で説明される。

燃やせるゴミ、大きなゴミは年々増加しているが、燃やせないゴミはいくらか減少傾向を見えている。資源ゴミに関しては、1989年以後、資源ゴミを収集するためのビンカンボックスが市内各地に設置されたため、急激な増加傾向をみせている。燃やせるゴミは住民人口、燃やせないゴミは住民人口と前期の燃やせないゴミ、大きなゴミは住民人口、資源ゴミはビンカンボックス設置数と前期の資源ゴミで説明される。

事業系ゴミである一般廃棄物と産業廃棄物は年々増加しているが、バブル期は急激な増加傾向をみせた。一般廃棄物は製造業出荷額、卸小売従業者数で説明され、産業廃棄物については、農業粗生産額、製造業集荷額、卸小売業販売額が有意な説明変数である。ゴミ処理量では、焼却は家庭の燃やせるごみと事業一般廃棄物、再利用率は家庭ゴミ収集量、資源リサイクルセンターにおけるゴミ処理量は家庭資源ゴミ、埋立は家庭の燃やせないゴミと産業廃棄物により説明される。資源ゴミやりサイクルセンターの処理量が、地域経済へ正のフィードバックをもたらすような推計式は得られなかった。豊橋市における静脈プロセスの有機的な結合は依然として不十分な状態にある。

上水道配水量は年々増加傾向にあり、家庭の水需要は増加している。これは、住民人口、卸小売業販売額と上水道で説明される。住民一人当たりの自動車保有台数も増加傾向にあり、市民所得で説明される。公共駐車場自動車数は、駅前地下駐車場の拡張もあり増加傾向にある。これは、自動車数、豊橋鉄道及び路面電車の乗車人員で説明される。豊橋鉄道（渥美線）の乗車数人員は、1980年から1985年まで減少傾向にあったが、その後増加している。これは、JR（国鉄）、名古屋鉄道の乗車人員と卸小売業従業者数で説明される。路面電車乗車人員は、モータリゼーションと駅前地下駐車場の整備の影響を受け減少傾向をみせている。これは、JR（国鉄）と名古屋鉄道の乗車人員と公共駐車場利用台数で説明される。路面電車の乗車人員と、駐車場利用台数はネガティブの関係がある。豊橋駅前の公共地下駐車場の整備は、都市内交通構造に影響を与えたことが伺える。

3. 3 ファイナルテスト

計量経済モデル全体の適合性を確認するため推定期間（1981～1994年）についてファイルテストを行った。その結果をまとめたものを表2に示す。表には、ファイナルテストの相関係数と平均絶対誤差率が要約されている。ほとんどの変数が良好な結果を得ている。平均絶対誤差率が10%を越えるものがいくつか存在するが、これらはゴミ処理、ゴミ排出量に関する変数である。本モデルの中心テーマの1つなのでもう少し工夫が必要である。

表2 豊橋モデルのファイナルテスト

	1%未満	1～3%	3～5%	5～10%	10%以上	合計
1.000～0.990	6	2	3	0	0	11
0.990～0.950	1	7	4	2	3	17
0.950～0.900	0	4	3	5	2	14
0.900～0.800	0	1	1	1	2	5
0.800未満	0	0	0	1	0	1
合計	7	14	11	9	7	48

4. おわりに

環境を考慮に入れた豊橋市計量モデルは、中規模都市の計量モデルとしては、比較的大きなものとなった。今回の試行モデルでは以下の点は明らかになった。①豊橋市は家庭ゴミに関しては分別によるゴミ収集を行っており、リサイクル化・ゼロエミッション化を促進するためのシステムができつつあるが、地域経済に正のフィードバックとして有効に機能するまでには至っていないようである。②事業系ゴミに関しては、複数都市間の静脈ネットワークを考慮する必要があるが、本モデルからは有効な結果は得られていない。いずれにせよ、循環型社会を形成するためには、継続的な努力が必要と思われる。③自動車保有台数の増加傾向は、大気環境にネガティブな影響を与えうる。その意味からも市内の路面電車は見直されつつあるが、豊橋市ではその利用頻度は減少傾向にある。しかし、最近のエコカーの出現により、環境面から見た将来の都市内交通システムの最適構造は不透明である。

今後の課題としては、ゴミ処理では財政支出の精緻化、水需給構造では供給側のモデル化が必要である。また、長期的な課題としては三河地域を含めた地域連動型計量モデルの開発によって、自律的な地方中核都市圏全体の研究が重要と考えている。

参考文献・資料

- [1] 愛知県企画部統計（1980-1997），『愛知の工業』，愛知県統計協会。
- [2] 豊橋市（1997），『豊橋市の歴史』，豊橋市役所。
- [3] 豊橋市企画部企画課（1990），『豊かで住みよい緑と人のまち豊橋』豊橋市基本構想基本計画 1990-2000，豊橋市役所。
- [4] 豊橋市総務部行政課統計係（1980-1997），『豊橋統計書』，豊橋市役所。
- [5] 豊橋市総務部行政課（1996），『統計でみる豊橋の90年』，豊橋市役所。
- [6] 豊橋市環境事業部（1996，1997），『清掃事業概要』，豊橋市。
- [7] 豊橋市保健環境部環境対策課（1998），『平成8年度環境に関する年次報告』，豊橋市。
- [8] 豊橋市役所（1980-1998），『市政概要』，豊橋市役所。
- [9] 福地崇生，山口誠（1995）『計量経済モデルによる三鷹市経済の長期予測』報告書，三鷹市，p. 1-132。
- [10] 福地崇生，安井正巳，村松ひろみ，竹中治（1966），地域経済計量モデルの展望，『経済分析』，vol. 17，p. 1-58。
- [11] Shibusawa, H., "Optimal Recycling and Location of Waste Facilities", 日本地域学会第36回年次大会論稿集，1999，p. 216-223。
- [12] 山口誠，鯉江康正，石川隆司，“自動車交通による環境変化の地域社会経済に与えるインパクトの計量経済学的分析”，『地域学研究』，第22巻，第1号，1992年12月，pp. 1-17。
- [13] 山口誠，“大都市周辺地域開発の計量経済的分析—山梨県上野原町モデルの開発—”，『情報と社会』，第4号，1994年4月，pp. 105-113。
- [14] 山口誠，“大都市圏における中規模都市の計量経済学的長期予測—三鷹市長期計画モデル—”，『情報と社会』，第5号，1995年2月，pp. 37-50。