

モデル規範適応システム理論に基づく 地域計画支援システムに関する基礎的研究

A Study on Regional Planning Support System

Based on the Theory of Model Reference Adaptive System

宮田 譲*、山村悦夫*

By Yuzuru MIYATA and Etsuo YAMAMURA

Previous studies into the formation of analytical framework for regional planning have concentrated on the use of econometric models, system dynamic models or dynamic optimization models etc. In this paper however, we have adopted an approach which is different from the previous stated approaches. It aims at the proposition of a new regional planning support system via a model reference adaptive system (MRAS). Basically, we built the dynamic interregional input-output model for the Japan's nine regional economies, and then clarified regional adaptive structural changes for achieving future goals of regional planning. The results of this article, it is hoped, would shed a new light on studies on regional planning, regional science and regional economics.

1. はじめに

地域の人口や産業の相互依存関係を明らかにし、その将来動向を予測することは、地域計画作成における基本的手順の一つである。そしてこうした地域計画基本フレームの作成にあつては、従来から計量経済モデル、SDモデル、動学的最適化モデルなどが多く用いられてきた。前者の二つは地域構造を同定するとともに、計画の代替案もしくは外生的環境条件変化による地域将来像の変化の比較を行うこと、後者については目的関数及び制約条件を明示し、地域の望ましい将来像を描くことを主な目的として

いる。しかし前者の二つにおいては将来の地域構造変化を事前に取り入れることが容易ではなく、また代替案の中から最適な計画を選択するために、数多くのシミュレーションを必要とし、後者においては最適な将来像を実現するための地域政策について、極端な政策が要請される場合があるなど（例えばbang-bang制御）、各々のモデルにおいて固有の問題を有している。

本研究ではこれらのモデルを補完する立場から、あらかじめ与えられた望ましい地域の発展像に対して、地域システムの構造変化はどのようなになれば、その望ましい将来像に漸近するのかを明らかにすることを目的としている。このような問題設定に対して、我々はモデル規範適応システム理論を用いた新しい地域システムモデルの理論的研究を行ってきたが、本研究ではその理論的成果を日本9地域モデルに適用した結果を報告するものである。

*正会員 学修 北海道大学助手 大学院環境科学研究科地域計画学講座（〒060 札幌市北区北10条西5丁目）

*正会員 工博 北海道大学教授 大学院環境科学研究科地域計画学講座（〒060 札幌市北区北10条西5丁目）

2. モデル規範適応システムの概要

モデル規範適応システム（以下MRASと略記）は1959年のMITグループによって初めて報告されたものであり、現在では数多くの専門論文³⁾、単行本などにより、その概要を知ることができる。しかしその理論面での進展に比べ、応用面では未だ適用事例は少なく、特に社会経済システムへの応用についてはほとんどみられない。そこでここではMRASの基本的考え方について簡単にその紹介をしておこう。

MRASでは n 次元の線形動学システムを対象とし、次の3つのモデルから構成される。

規範モデル

$$X_m(t+1) = A_m X_m(t) + B_m U_m(t) \quad (1)$$

適応モデル

$$X(t+1) = A(t+1)X(t) + B(t+1)U_m(t) \quad (2)$$

格差モデル

$$\begin{aligned} \varepsilon(t+1) = & A_m \varepsilon(t) + (A_m - A(t+1))X(t) \\ & + (B_m - B(t+1))U_m(t) \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 $X_m(t)$: n 次元規範状態ベクトル

$U_m(t)$: n 次元規範入力ベクトル

A_m, B_m : $n \times n$ 規範係数行列

$X(t)$: n 次元適応状態ベクトル

$A(t), B(t)$: $n \times n$ 適応係数行列

$\varepsilon(t)$: n 次元格差ベクトル

$$\varepsilon(t) = X_m(t) - X(t)$$

規範モデルは対象とするシステムにおいて望ましい、あるいは規範的な状態を表すモデルであり、適応モデルはその適応パラメータを変化させながら、規範的状态に漸近していくモデルを表している。適応モデルの規範的状态への漸近は $\lim_{t \rightarrow \infty} \|\varepsilon(t)\| = 0$ として表現される。そしてMRASは $\lim_{t \rightarrow \infty} \|\varepsilon(t)\| = 0$ となるための $A(t), B(t)$ の適応的变化を与えるものと位置付けられる。MRASでは $\lim_{t \rightarrow \infty} \|\varepsilon(t)\| = 0$ とな

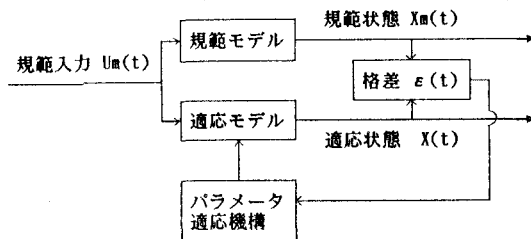


図1 モデル規範適応システムの概念

るように $A(t), B(t)$ を制御するという立場を取るとき、それをモデル規範適応制御と呼び、逆に $\lim_{t \rightarrow \infty} \|\varepsilon(t)\| = 0$ から規範モデルのパラメータ A_m, B_m を同定するという目的の場合には適応同定器あるいは適応観測器と呼ばれている。MRASについて既に筆者たちは次の定理を得ている。²⁾

定理1.

規範モデル

$$X_m(t+1) = A_m X_m(t) + B_m U_m(t) \quad (4)$$

適応モデル

$$X(t+1) = A(t+1)X(t) + B(t+1)U_m(t) \quad (5)$$

格差モデル

$$\begin{aligned} \varepsilon(t+1) = & A_m \varepsilon(t) + (A_m - A(t+1))X(t) \\ & + (B_m - B(t+1))U_m(t) \end{aligned} \quad (6)$$

A_m の固有値 $\lambda_i (i=1, \dots, n)$ のなかで、絶対値最大の固有値を $\lambda_{\max}$ とする。 K_a, K_b を $n \times n$ 行列とし、その要素 $k_{a_{ij}}, k_{b_{ij}}$ は正とする。この時 $k_i(t) = 1 + \sum_{j=1}^n \{k_{a_{ij}} x_j^2(t) + k_{b_{ij}} u_{mj}^2(t)\}$ とおき、 $\exists \tau$ が存在して $\tau < \forall t, \forall i$ に対して $|\lambda_{\max}| < \sqrt{k_i(t)}$ であれば、以下の適応則により $\lim_{t \rightarrow \infty} \|\varepsilon(t)\| = 0$ とすることができる。

$$A(t+1) = A(t) + (I + \Gamma(t))^{-1} (K_a \otimes \hat{\varepsilon}(t+1) X^T(t)) \quad (7)$$

$$B(t+1) = B(t) + (I + \Gamma(t))^{-1} (K_b \otimes \hat{\varepsilon}(t+1) U_m^T(t)) \quad (8)$$

$$\hat{\varepsilon}(t+1) = X_m(t+1) - A(t)X(t) - B(t)U_m(t) \quad (9)$$

$$\Gamma(t) = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^n \{k_{a_{1j}} x_j^2(t) + k_{b_{1j}} u_{mj}^2(t)\} & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \sum_{j=1}^n \{k_{a_{nj}} x_j^2(t) + k_{b_{nj}} u_{mj}^2(t)\} \end{bmatrix} \quad (10)$$

さらに $U_m(t)$ が時系列的に1次独立なベクトルを十分多く含むときには、

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|A_m - A(t)\| = 0, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \|B_m - B(t)\| = 0$$

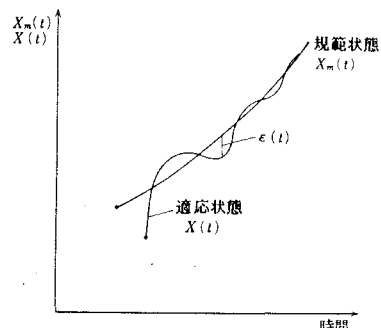


図2 適応過程の概念図

が成立する。なお $\otimes$ は次の行列演算を表す。

$$\begin{bmatrix} a_{11}, \dots, a_{1n} \\ \vdots \\ a_{n1}, \dots, a_{nn} \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} b_{11}, \dots, b_{1n} \\ \vdots \\ b_{n1}, \dots, b_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11}, \dots, a_{1n}b_{1n} \\ \vdots \\ a_{nn}b_{n1}, \dots, a_{nn}b_{nn} \end{bmatrix}$$

この定理の証明については、文献 2) に示されている。

この定理について若干の説明を加えておこう。

1) まず A_m が安定行列でないときにも成立することが特長である。これは $k_i(t)$ の条件から A_m の固有値の絶対値が1未満でなくてもよいことから分かる。通常のMRASでは A_m の安定性を仮定する場合が多いが、社会経済システムを対象とする場合には、 A_m の安定条件は満たされていないことも多い。その意味で定理1はMRAS理論の応用範囲を広げたとと言える。

2) 定理1の証明には A_m 、 B_m を用いているが、適応則そのものには規範モデルへの外生的入力と、それに対応する状態ベクトルしか用いておらず、規範モデルの相互依存関係が未知であっても、適応則は適用可能である。この適応則は未知の相互依存関係を同定することも可能であることから、その場合システム理論では適応観測器あるいは適応同定器と呼ばれている。

3) K_a 、 K_b については時変行列とすることも可能である。いまそれを $K_a(t)$ 、 $K_b(t)$ と表してみよう。定理1の適応則(7)、(8)に代入すると、

$$A(t+1) = \sum_{k=1}^n (I + \Gamma(k))^{-1} (K_a(k+1) \otimes \varepsilon(k+1) X^T(k))$$

$$B(t+1) = \sum_{k=1}^n (I + \Gamma(k))^{-1} (K_b(k+1) \otimes \varepsilon(k+1) U_m^T(k))$$

ここで $K_a(k)$ 、 $K_b(k)$ の初期時点での値を小さく取り、近時点での値を大きく取るならば、それは過去を「忘れ」、近時点での情報を重視した適応過程となる。またその逆を行えば、近時点よりも過去の状況を重視した適応過程となるわけである。

3. モデル規範適応システムを用いた地域計画支援システムの構造

(1) システムの基本的考え方

本研究で開発したシステムの全体的手順は図2に示すようになっている。

1) まず地域システムの構造把握を行い、統計データから必要なパラメータの推定を行う。

2) 次に地域の将来目標(例えば地域の成長促進、地域間格差是正など)を設定し、その目標を表現する規範モデルを構築し、規範出力を計算する。ここで規範モデルについては定理1によりその構造をブラックボックスとし、外生的に規範出力を与えることも可能であり、その場合には

$$X_m(t+1) = f(X_m(t), U_m(t))$$

と表現される。この考え方をを用いることにより、規範出力についてはかなり自由な設定が可能となる。

3) 適応モデルの初期設定により、適応出力を計算し、規範出力との比較を行う。

4) 規範出力、適応出力との格差を是正するように、適応パラメータ調整を行い、それを用いて、次期の適応出力を計算する。

5) 適応パラメータ変化から、将来の地域構造の変化を評価する。

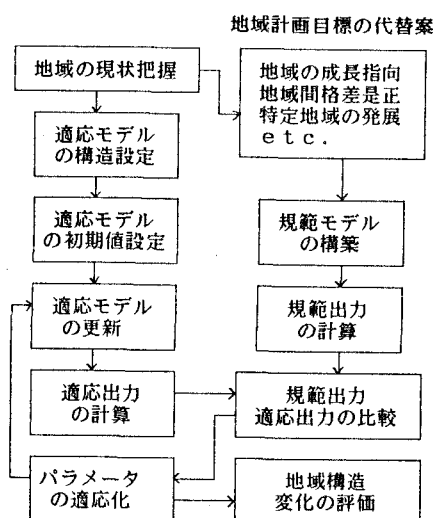


図3 MRASを用いた地域計画支援システムの基本的構造

(2) 動学的地域間産業連関モデル

本研究では対象とする地域を、我が国を9つに区分した地域、即ち北海道、東北、関東、東海、北陸、近畿、中国、四国、九州とし、それらの相互依存関係を表すモデルとしては、動学的地域間産業連関モデル(DIRIOと略記)を用いた。DIRIOを選択した理由は、地域間、産業間の相互依存関係を容易に見ることができること、またモデルが線形となるために操作性が高くなるということがあげられる。 m 地域、 n 産業からなるDIRIOの基本的表

現は次のようである。

$$X(t) = AX(t) + B(X(t+1) - X(t)) + CS \cdot VX(t) + H \quad (11)$$

$$\therefore X(t+1) = B^{-1}(I - A - CS \cdot V + B)X(t) - B^{-1}H \quad (12)$$

ここで、 $X(t) = (x_i^T(t))$: r地域 i 産業産出額

$A = (a_{ij}^T)$: r地域 i 産業から s 地域 j 産業
への投入係数

$B = (b_{ij}^T)$: r地域 i 産業から s 地域 j 産業
への資本係数

$CS = (cs_i^T)$: r地域 i 産業への消費性向

$V = (v_i^T)$: r地域 i 産業の付加価値率

$H = (h_i^T)$: r地域 i 産業への基礎消費

$(I - A - CS \cdot V)^{-1}B$ が分解不能で正値行列のとき、フロベニウスの定理から $(I - A - CS \cdot V)^{-1}B$ には絶対値最大の正の固有値 λ が存在し、その固有ベクトル ξ は正となる。 λ に対応する $B^{-1}(I - A - CS \cdot V + B)$ の固有値は $1 + 1/\lambda$ となり、その固有ベクトルは ξ となる。⁷⁾ $X(t)$ の初期値 $X(0)$ を $X(0) - (I - A - CS \cdot V)^{-1}H$ が ξ と同じ方向に選ばれるとき、(12)には特別な成長経路

$$X(t) = (1 + 1/\lambda)^t (X(0) - (I - A - CS \cdot V)^{-1}H) + (I - A - CS \cdot V)^{-1}H \quad (13)$$

が存在し、(13)を地域ターンパイクと呼ぶ。地域ターンパイクは(12)で表される成長経路の中で最も成長率の高い経路となる。

なお本研究では産業区分について、資本係数行列の推計が困難であることなどから、産業部門を全て統合したモデルを取り扱うこととした。

表1 地域の区分

地域	都道府県
北海道	北海道
東北	青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島、新潟
関東	茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、山梨、長野
東海	静岡、岐阜、愛知、三重
北陸	富山、石川、福井
近畿	滋賀、京都、大阪、兵庫、奈良、和歌山
中国	鳥取、島根、岡山、広島、山口
四国	徳島、香川、愛媛、高知
九州	福岡、佐賀、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島、沖縄

(3) データ及びパラメータの推定

1) 地域間投入係数行列

地域間投入係数行列は通産省より公表されている昭和55年地域間産業連関表をもとに作成したが、通産省による地域区分と本研究のそれとは異なるため、県民経済計算などのデータを用いて、地域の組替え

を行った。

2) 地域間資本係数行列

地域間資本係数行列は昭和50年、55年の地域間産業連関表、県民経済計算などから次式によって推計した。

$$k_{rs}(55) = \left(\sum_{t=50}^{55} I_{rs}(t) \right) / (x_s(56) - x_s(50)) \quad (14)$$

ここで、 $k_{rs}(55)$: 昭和55年でのr地域で生産されたs地域の資本ストック

$I_{rs}(t)$: t年におけるr地域からs地域への民間企業及び公的企業投資

$x_s(t)$: t年におけるs地域産出額

(14)は企業投資が加速度原理によってなされるとした場合の資本ストックを表すものであり、昭和50年から昭和56年の産出額増分で除しているのは、景気変動等の影響を平均化するためである。(14)より資本係数行列は次のように計算される。

$$b_{rs}(55) = k_{rs}(55) / x_r(55) \quad (15)$$

なお(15)には在庫資本を含めるのが通常であるが、在庫増加のデータが不安定であること、他に在庫資本を推計できるデータがないことなどから、本研究では含めていない。

3) 地域内付加価値率および地域内消費性向

地域内付加価値率行列は地域間産業連関表の付加価値額を地域産出額で除して作成した。

消費については企業投資以外の最終需要すなわち消費=最終需要総額-民間企業投資-公的企業投資、として定義した。そして地域内消費は地域内付加価値が分配されることにより支出されるものとして、次のように定式化した。

$$h_r = cs_r \cdot v_r + bh_r \quad (16)$$

ここで、 h_r : r地域内消費額

cs_r : r地域消費性向

v_r : r地域内付加価値率

bh_r : r地域内基礎消費額

cs_r 、 bh_r については地域データを用いて、最小2乗法により推定可能であるが、この場合 $bh_r < 0$ となる地域があったため、本研究では地域間に消費性向の大きな差異はないという前提条件のもとで、全国集計値の時系列データを用いて cs_r の推定を行った。 cs_r の推定値は0.76974となり、 bh_r については $bh_r = h_r - 0.76974v_r$ として計算される。

4. 地域ターンパイク

3.で述べた地域ターンパイクはDIRIOにおいて最も重要な概念の一つであり、地域の潜在力、あるいは効率的発展を明らかにするという観点から、地域計画の目標設定上も重要となる。3.に述べたように、 $(I-A-CS \cdot V)^{-1}B$ の固有値及び固有ベクトルを計算した結果が表3であるが、フロベニウス根は15.7633となり、ターンパイク上の均衡成長率 $1/\lambda$ は1.0634、即ち年率6.34%となる。これは昭和50～55年の実績成長率よりはやや高いが、関東、東海では均衡成長率に近い成長をしており、それらの地域では地域資源の有効な活用がなされたものと判断される。フロベニウス根に対応する固有ベクトルは、地域間最適産業配置を表すものであり、関東、近畿、東海などのシェアが大きい。関東では昭和55年産出額構成比が最適構成比を上回っており、また東海、近畿ではその逆となっていて、既に関東への集中化傾向がうかがわれる。

また昭和55年の地域間技術体系を固定した場合のターンパイク計画は次のように定式化される。⁷⁾

$$\max \alpha \quad (17)$$

$$\text{subject to } (I-A-CS \cdot V+B)X(t)-H \geq BX(t+1) \quad (18)$$

$$(I-A-CS \cdot V+B)X(T)-H \geq$$

$$\alpha B \leq -B(I-A-CS \cdot V)^{-1}H \quad (19)$$

$$X(t) \geq 0 \quad (t=0,1,\dots,T) \quad (20)$$

ここで、 ξ :フロベニウス根に対応する固有ベクトル

T:計画期間(昭和75年)

すなわち上記のターンパイク計画は目標時点において、産出額をできる限り大きくし、ターンパイクに接近させる計画と言える。(17)～(20)は大規模LP(本研究の場合では制約式189本)として解くことができ、その結果は図4～6に示される。この最適解は昭和57年以降、定常均衡解 $(I-A-CS \cdot V)^{-1}H$ からのターンパイクにほぼ乗っているが、中国、四国、北陸などで供給力が不足しているため、昭和55～

56年にかけて産出額が減少する地域が見られる。

5. シミュレーション結果

以上の準備にもとづきシミュレーションを行った結果を述べることにしよう。行ったシミュレーションは2ケースであり、いずれもシミュレーション期間は昭和55年から昭和75年としている。

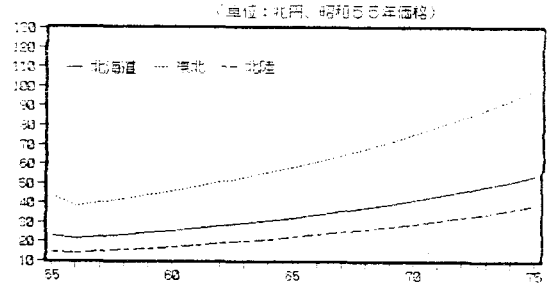


図4 地域ターンパイク(北海道、東北、北陸)

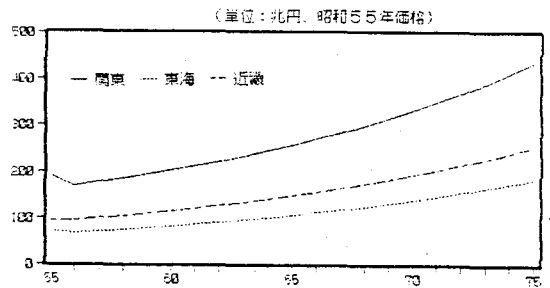


図5 地域ターンパイク(関東、東海、近畿)

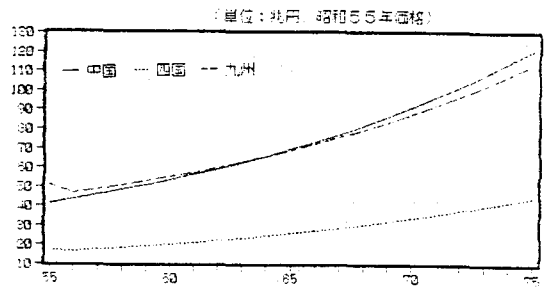


図6 地域ターンパイク(中国、四国、九州)

表2 $(I-A-CS \cdot V)^{-1}B$ の固有値と固有ベクトル

	第1位	第2位	第3位	第4位	第5位	第6位	第7位	第8位	第9位
固有値	15.76330	7.59953	6.60870	5.49354	5.24588	4.58381	4.30014	3.95840	3.61782
北海道	0.09042	0.87612	0.33846	-0.11401	-0.07882	-0.07117	-0.14872	-0.26163	-0.29127
東北	0.16876	0.17479	-0.69488	0.43844	0.34280	0.29323	-0.25087	-0.09908	-0.34025
関東	0.74877	0.35183	-0.01815	0.38112	0.19122	-0.11569	0.20914	-0.04724	0.08298
東海	0.32747	0.04783	0.18754	0.03286	0.04800	0.14554	-0.32460	0.81612	-0.21374
北陸	0.06905	0.00187	0.04347	0.00763	0.01365	0.04938	-0.03094	0.04454	0.74814
近畿	0.44911	-0.10780	0.36051	0.02199	0.17758	0.76023	0.05979	-0.36998	-0.17730
中国	0.21755	-0.16934	0.34140	0.08608	0.82824	-0.44725	0.02440	-0.08129	-0.17241
四国	0.07890	-0.03719	0.07425	0.10987	-0.03520	0.12958	0.84654	0.26658	-0.30551
九州	0.18821	-0.18467	0.33640	0.79273	-0.34420	-0.27780	-0.20996	-0.19211	-0.18059

(1) ケース1 (地域均衡成長)

ケース1は各地域の成長を指向するケースであり、規範モデルとしては定常均衡解からのターンパイクを取っている。しかし4.で述べたように昭和55年の産出額及び技術体系を前提とすると、最適解は昭和55～56年にかけて産出額が減少する地域があるため、ここでは中長期的に地域成長を考えるとこの立場から、ターンパイクの初期値が、昭和55年実績値に最も近くなるように規範モデルを設定した。これより規範モデル、適応モデルは以下のようになる。

規範モデル

$$X_m(t+1) = (1 + 1/\lambda)^{t+1} (X_m(0) - (I - A_m - CS_m \cdot V_m)^{-1} H) + (I - A_m - CS_m \cdot V_m)^{-1} H \quad (21)$$

適応モデル

$$X(t+1) = C(t+1)X(t) + D(t+1)H \quad (22)$$

ここで、 $X_m(t)$:規範産出額ベクトル

A_m :規範地域間投入係数行列

B_m :規範地域間資本係数行列

CS_m :規範地域内消費性向行列

V_m :規範付加価値率行列

H :地域内基礎消費ベクトル

λ : $(I - A_m - CS_m \cdot V_m)^{-1} B_m$ のプロベニウス根

$X_m(0)$:規範産出額ベクトルの初期値で、

$$X_m(0) = (I - A_m - CS_m \cdot V_m)^{-1} H + \alpha \xi$$

と表され、 $\|X_m(0) - X(0)\| \rightarrow \min$ となるように α を設定。

ξ : λ に対応する固有ベクトル

$X(t)$:適応産出額ベクトル

$X(0)$:適応産出額ベクトルの初期値で、

昭和55年実績値を設定。

$A(t)$:適応地域間投入係数行列

$B(t)$:適応地域間資本係数行列

CS :適応地域内消費性向行列。 $CS = CS_m$ と仮定する。

$V(t)$:適応地域内付加価値率行列

$$C(t+1) = B^{-1}(t+1)(I - A(t) - CS \cdot V(t) + B(t))$$

$$D(t+1) = -B^{-1}(t+1)$$

$$A(0) = A_m, B(0) = B_m$$

$C(t+1)$ 、 $D(t+1)$ の適応則については定理1により、

$$C(t+1) = C(t) + (I + \Gamma(t))^{-1} K_c \otimes \hat{\varepsilon}(t+1) X^T(t) \quad (23)$$

$$D(t+1) = D(t) + (I + \Gamma(t))^{-1} K_d \otimes \hat{\varepsilon}(t+1) H^T \quad (24)$$

$$\hat{\varepsilon}(t+1) = X_m(t+1) - C(t)X(t) - D(t)H \quad (25)$$

として、 K_c 、 K_d については $k_{c_{ij}} = k_{d_{ij}} = 1.0$ と設定し

$A(t)$ 、 $B(t)$ 、 $V(t)$ の適応過程は次式より求められる。

$$a_{rs}(t) = (I - B(t) - B(t+1)C(t+1))_{rs} \quad (r \neq s) \quad (26)$$

$$a_{ss}(t) = \{(I - B(t) - B(t+1)C(t+1))_{ss} - CS_{ss} + \sum_{r \neq s} a_{rs}(t)\} / (1 - CS_{ss}) \quad (27)$$

$$B(t+1) = -D^{-1}(t+1) \quad (28)$$

$$v_s(t) = 1 - \sum_{r=1}^s a_{rs}(t) \quad (29)$$

規範モデル、適応モデルのシミュレーション結果では、適応産出額は昭和65年以降1%以下の誤差率で規範産出額に漸近していることが確認された。さて本シミュレーションでは地域間構造の適応過程のほうがより重要となるが、地域間投入係数行列、地域間資本係数行列の適応過程の結果は膨大となるため、ここでは次の地域投入係数 $a_s(t)$

表3 適応産出額(ケース1)

(単位:十億円、昭和55年価格)

	北海道	東北	関東	東海	北陸	近畿	中国	四国	九州
55	23,027.	43,737.	190,931.	71,580.	14,646.	93,354.	41,505.	17,272.	50,614.
56	24,067.	45,858.	200,963.	75,340.	15,381.	97,703.	43,524.	18,150.	52,994.
57	25,234.	47,946.	210,534.	79,518.	16,259.	103,489.	46,347.	19,168.	55,463.
58	26,515.	49,995.	219,505.	84,083.	17,279.	110,692.	49,956.	20,317.	57,980.
59	27,877.	52,066.	228,337.	88,948.	18,398.	118,820.	53,996.	21,557.	60,553.
60	29,283.	54,243.	237,578.	94,030.	19,564.	127,227.	58,248.	22,847.	63,217.
61	30,719.	56,584.	247,788.	99,299.	20,743.	135,512.	62,489.	24,166.	66,026.
62	32,194.	59,098.	259,121.	104,791.	21,940.	143,711.	66,713.	25,523.	69,015.
63	33,733.	61,752.	271,326.	110,571.	23,187.	152,185.	71,086.	26,946.	72,181.
64	35,359.	64,513.	284,010.	116,698.	24,519.	161,337.	75,808.	28,461.	75,497.
65	37,079.	67,366.	296,951.	123,199.	25,955.	171,362.	80,993.	30,080.	78,940.
66	38,949.	70,673.	311,638.	130,087.	27,446.	181,428.	86,013.	31,767.	82,739.
67	40,975.	74,476.	328,420.	137,397.	28,987.	191,421.	90,817.	33,525.	86,955.
68	43,141.	78,622.	346,771.	145,170.	30,607.	201,756.	95,729.	35,384.	91,515.
69	45,437.	82,972.	366,100.	153,443.	32,336.	212,867.	101,059.	37,367.	96,335.
70	47,867.	87,514.	386,276.	162,245.	34,190.	224,912.	106,894.	39,487.	101,401.
71	50,449.	92,310.	407,552.	171,607.	36,169.	237,824.	113,169.	41,746.	106,760.
72	53,195.	97,422.	430,217.	181,561.	38,272.	251,532.	119,820.	44,147.	112,466.
73	56,118.	102,876.	454,410.	192,145.	40,505.	266,055.	126,855.	46,698.	118,548.
74	59,227.	108,682.	480,172.	203,400.	42,878.	281,480.	134,324.	49,409.	125,022.
75	62,532.	114,854.	507,559.	215,369.	45,402.	297,890.	142,271.	52,294.	131,905.

$$a_s(t) = \sum_{r=1}^9 a_{rs}(t) \quad (30)$$

の適応過程について図7～9に示すこととする。

地域間投入係数については規範産出額に追いつくために、昭和55～57年にかけて付加価値率が高

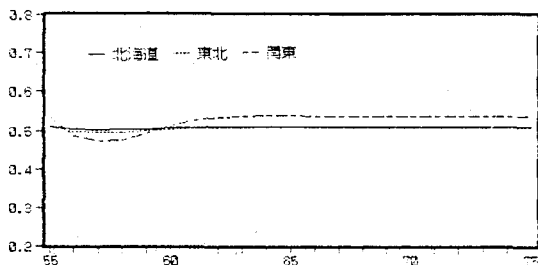


図7 地域投入係数の適応過程(ケース1) (北海道、東北、関東)

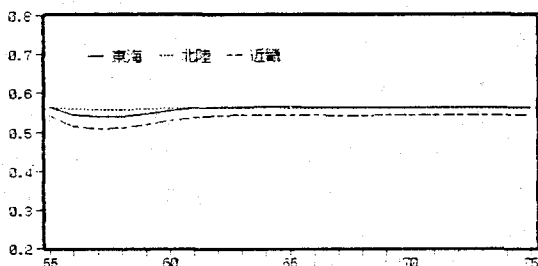


図8 地域投入係数の適応過程(ケース1) (東海、北陸、近畿)

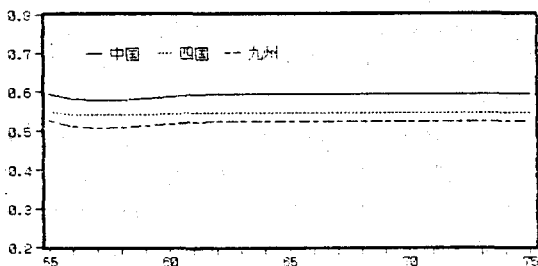


図9 地域投入係数の適応過程(ケース1) (中国、四国、九州)

まる方向への産業構造が必要となり、昭和58年に降については適応産出額が均衡成長経路にほぼ乗ることから、産業構造変化は緩やかなものとなる。すなわち定常化した適応モデルの地域間投入係数が規範産出額を実現するためのターンパイク技術となるわけである。

(2) ケース2 (地域間格差是正)

ケース2では地域間の格差を是正するという立場から、人口1人当りの産出額を均等化させるシミュレーションを行った。地域別人口については本システムでは内生化されていないため、文献8)を参考に各地域の人口を封鎖型として設定した。人口1人当りの産出額格差は昭和75年までになくなり、その時の全国産出額水準はケース1と同規模という目標を規範モデルとして、規範モデル、適応モデルは次のように定式化される。

規範モデル

$$\begin{bmatrix} x_{mr}(t+1) \\ p_r(t+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{s=1}^9 x_{ms}(20) \\ \sum_{s=1}^9 p_s(20) \end{bmatrix}^{(t+1)-20} \begin{bmatrix} x_{mr}(0) \\ p_r(0) \end{bmatrix} \quad (0 < t+1 \leq 10) \quad (31)$$

$$x_{mr}(t+1) = \left[\frac{x_{mr}(t+1)}{p_r(t+1)} \right] p_r(t+1) \quad (11 \leq t+1 \leq 20) \quad (32)$$

適応モデル

$$X(t+1) = C(t+1)X(t) + D(t+1)H \quad (33)$$

ここで、 $p_r(t)$: 地域rの人口

$x_{mr}(0)$: 地域rの昭和55年産出額実績値

$x_{mr}(20)$: ケース1における昭和75年

規範産出額

表4 人口1人当りの適応産出額(ケース2)

(単位: 千円/人、昭和55年価格)

	北海道	東北	関東	東海	北陸	近畿	中国	四国	九州
55	4,142.	3,648.	5,062.	5,366.	4,898.	4,775.	5,468.	4,152.	3,605.
56	4,304.	3,821.	5,320.	5,607.	5,104.	4,936.	5,668.	4,341.	3,764.
57	4,485.	4,012.	5,599.	5,859.	5,319.	5,106.	5,853.	4,546.	3,945.
58	4,690.	4,228.	5,896.	6,122.	5,546.	5,291.	6,056.	4,772.	4,156.
59	4,925.	4,475.	6,208.	6,392.	5,785.	5,498.	6,269.	5,021.	4,404.
60	5,199.	4,758.	6,526.	6,665.	6,040.	5,736.	6,495.	5,300.	4,698.
61	5,516.	5,084.	6,844.	6,937.	6,312.	6,014.	6,739.	5,611.	5,042.
62	5,880.	5,456.	7,153.	7,206.	6,605.	6,339.	7,006.	5,956.	5,440.
63	6,290.	5,874.	7,445.	7,470.	6,923.	6,718.	7,298.	6,336.	5,888.
64	6,740.	6,333.	7,715.	7,730.	7,268.	7,148.	7,619.	6,746.	6,378.
65	7,220.	6,824.	7,966.	7,993.	7,643.	7,623.	7,971.	7,181.	6,895.
66	7,715.	7,335.	8,207.	8,270.	8,047.	8,129.	8,353.	7,634.	7,420.
67	8,208.	7,848.	8,457.	8,575.	8,477.	8,644.	8,760.	8,095.	7,933.
68	8,686.	8,352.	8,741.	8,923.	8,929.	9,144.	9,187.	8,557.	8,420.
69	9,141.	8,838.	9,083.	9,326.	9,395.	9,609.	9,626.	9,018.	8,873.
70	9,574.	9,306.	9,506.	9,788.	9,864.	10,024.	10,070.	9,478.	9,300.
71	9,998.	9,767.	10,017.	10,302.	10,329.	10,391.	10,511.	9,947.	9,722.
72	10,435.	10,246.	10,608.	10,850.	10,784.	10,730.	10,943.	10,436.	10,174.
73	10,917.	10,776.	11,247.	11,404.	11,233.	11,079.	11,368.	10,964.	10,698.
74	11,471.	11,387.	11,890.	11,932.	11,690.	11,486.	11,791.	11,545.	11,330.
75	12,115.	12,103.	12,492.	12,416.	12,175.	11,994.	12,224.	12,188.	12,086.

適応則についてはケース1と同じとして、 $kc_{rs} = kd_{rs} = 10^{-12}$ としてシミュレーションを行った人口1人当りの適応産出額の結果は表4のようである。

昭和75年における人口1人当りの規範産出額は各地域とも1,225.5万円であるが、適応産出額のそれは2.2%以内の誤差に漸近していることが示されている。また地域投入係数の変化は図10～12に示されるが、特に関東での産業構造変化が大きいものとなる。すなわち昭和55年から昭和62年にかけて付加価値率が高まる方向への変化が要請され、それ以降はむしろ付加価値率が低くなる傾向が示されている。これは人口1人当りの産出額が均等化するためには、規範産出額の成長率がシミュレーション期間前半では初期時点の潜在成長力よりも高く、それを是正するように適応化がなされ、後半では逆に適応モデルの潜在成長力が規範産出額の成長率を上回ることに対応するためである。また関東を中心として適応化が起きるのは、関東の産出額シ

ェアが大きく、また各地域との交易も強いことによるものである。

以上のようにケース1では規範産出額に対応する固定系の地域間相互依存関係が存在するために、適応モデルのパラメータは定常化の方向に向かうが、ケース2のように固定系システムでは捉えられない目標に対しては、地域構造の変動は大きなものとなり、現実的には目標達成を行うためには、より長期間を要するものと考えられる。

7. おわりに

本研究はMRAS理論を用いた地域計画支援システムについて、その基礎的な検討を行ったものである。本研究の成果により、与えられた地域計画の目標に対して、それを実現するための地域構造の変化を明らかにするという、新しい視点からの計画支援方法を開発できたものといえる。本研究については類似の研究事例が少ないため、いまだその抱える問題点も幾つかあるが、今後の発展方向を列挙すれば次のようになる。

(1) 産業部門を分割すること。この場合主として第3次産業からは資本財投入がなくなるため、資本係数行列はsingularとなる。このため B^{-1} は存在しないため、一般化逆行列などを用いたアプローチが必要となる。

(2) 産業部門のみならず、人口、住宅、社会資本などの部門を内生的に導入すること。しかしこの場合については、現在のところそれらの関係が線形体系に帰着できることが前提となる。

参考文献

- 1) Yamamura, E.: Optimal and Reference Adaptive Processes for the Control of Regional Income Disparities, Papers of the Regional Science Association Vol. 56, pp. 201~213, 1985
- 2) 宮田 譲, 山村悦夫: モデル規範適応産業連関システムに関する研究、地域学研究第17巻、pp. 1~31、1987
- 3) 計測自動制御学会: 小特集 適応制御、計測と制御 Vol. 23、1984
- 4) Landau, Y.D.: Adaptive Control, the Model Reference Approach, Marcel Dekker, 1979
- 5) Landau, I.D. 富塚誠義: 適応制御システムの理論と実際、オーム社、1981
- 6) 市川邦彦他: 適応制御、昭晃堂、1984
- 7) Tsukui, J. and Murakami, Y.: Turnpike Optimality in Input-Output Systems, North-Holland, 1979
- 8) 経済企画庁編: 2000年の日本、大蔵省印刷局、1982

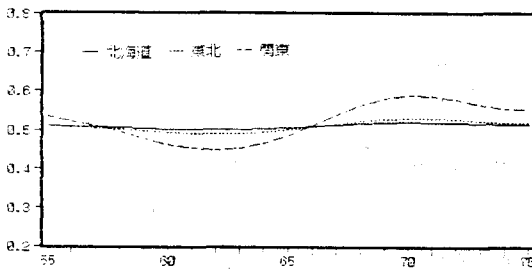


図10 地域投入係数の適応過程(ケース2) (北海道、東北、関東)

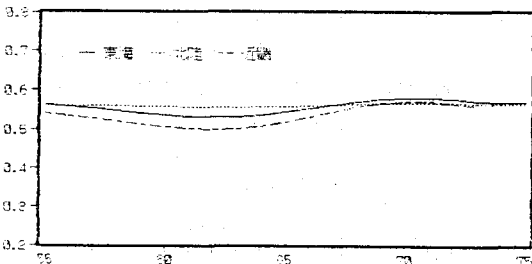


図11 地域投入係数の適応過程(ケース2) (東海、北陸、近畿)

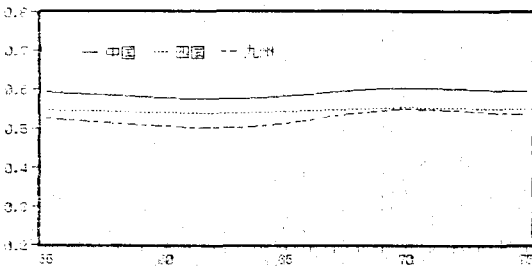


図12 地域投入係数の適応過程(ケース2) (中国、四国、九州)