

経済・エネルギー・環境問題を考慮した中国の動学的モデルの開発と応用

環境学専攻 環境システムコース

36661 呂 正

1. 緒言

中国経済は毎年 8%以上の成長を維持している。貿易において、すでに日本を抜き、世界第 3 位となっている。経済成長に伴って、中国のエネルギー消費量も増え、特に石油の消費量が急増し、2004 年の原油と石油製品の合計輸入量は 1.5 億トンにも達した。化石燃料の消費による CO₂、SO₂ の排出量も増加し、中国はすでに世界第 2 位の CO₂ 排出国である。経済、エネルギー、環境のすべての面で中国と世界とのつながりが深まり、中国の動向が世界全体に与える影響はますます大きくなっている。

その一方、経済成長の歪みも今までになく大きくなり、沿海部と内陸部の地域格差、都市と農村間の格差などが一層拡大し、経済活動による環境破壊もかなり深刻になってきた。経済成長自体においても、国内の有効需要が不足しており、工業生産における外資の比重がかなり大きくなった。国内企業の技術レベルの向上は遅れており、エネルギー利用の効率は先進国に比べると数倍低い業種が多数ある。産業全体の付加価値率は低く、労働集約的な産業の比重が大きく、労働生産性は高くない。石油、鉄鉱石などの輸入の急増に象徴されているように、国内の資源不足も深刻化している。

2. 目的

本研究では上述のことを念頭におき、中国の生産技術構造の現状に立脚した動学的なモデルを開発し、中国経済の潜在成長の可能性を求め、成長率を維持しながら、エネルギー・環境の面からみてより負荷の低い産業構造を検討し、技術進歩による改善の可能性を評価する。

3. 動学的モデルとターンパイク定理

本研究の基礎となるのは、多部門産業連関に基づいた有効均衡成長経路に関するターンパイク理論による動学的モデルである。ターンパイクモデルは一種の計画モデルである。

ターンパイクモデルでは、まず景気、金利にかかわる投資行動の不確実性などの主観的な要因を捨象し、経済を製品用途、生産特性に応じた産業部門に分割する。そして、産業連関表によって表される比較的安定している産業の物的生産技術構造をもとに、部門間の物的需給の均衡を維持しながら、資源や環境などの制約条件の変化下で、社会全体の消費需要などに関する見通しに応じて、計画期間中の各産業部門の生産と投資行動(最適成長経路)を求める。これよりある目的関数の最大化を実現する経済の潜在的な最大成長可能性を提示できる。

ターンパイク定理によれば、このようなターンパイクモデルにおいては、その最適化問題の解である最適成長経路の特徴は、初期、終期条件とはほとんど関係がなく、初期と終期の数期の調整期間を除けば、中間では必ず、原料や資本ストックを全部過不足なく使用しながら、各部門が均衡成長するような有効均衡成長経路の近傍を通ることになる。これは車で都市 A から都市 B に行く場合、始点 A と終点 B の市内でどの道路を選ぶとしても、早く目的地に着くために、中間では必ず特定の幹線道路(ターンパイク)を経由しなければならないことに類似しているため、このような有効均衡成長経路はターンパイク経路とも呼ばれている。

最適成長経路の中間では最終調整経路に関係なく、最大成長を実現するために必ずこのターンパイク経路に沿っていくので、経済計画において、考えが多様で、最終目的につい

での合意がなされなくても、まず、このターンパイク経路に近づくように計画すればよいということになる。

式で具体的に説明すると、右のターンパイクモデルの基本関係式のような体系で、 $D = I - A - H_c \cdot c \cdot V^t$ 、 $Z(t) = X(t) - D^{-1}C_0$ とし、需給の均衡バランスを式(1)のように書き直し、これを制約条件に、計画期間の最終期の総生産の最大化を目的関数とするような最適化問題を構成する。

$$\text{制約条件 } (D + K)Z(t) - KZ(t+1) \geq 0 \quad (1)$$

$$\text{目的関数 } \text{MAX} : \sum X(T)$$

$$(1) \Rightarrow Z(t+1) \leq (K^{-1}D + I)Z(t) \quad (2)$$

式(1)から式(2)が得られる。ターンパイク定理によれば、ターンパイク経路 $Z^*(t)$ とこの最適化問題の特徴行列 $(K^{-1}D + I)$ の最大固有値 u_* 、それに対応する固有ベクトル H_* と関係は次の式(3)ようになる。

$$Z^*(t) = a \cdot u_*^t \cdot H_* \quad (3)$$

最適化問題の解である最適成長経路においては、初期状態の出発点から出発し、時間とともに成長経路はターンパイク経路に近づき、中期では、各部門の生産比率が一定で、ターンパイク経路に沿って進み、終期でターンパイクから離れ、終点に向かう。

財の部門を二つとする場合の最適成長経路とターンパイク経路の関係が左の図1のようである。

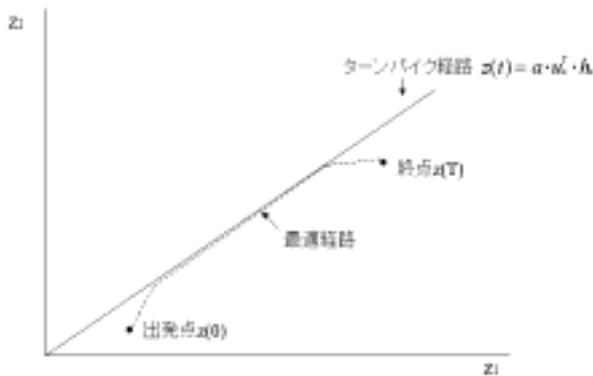


図1 2財の場合のターンパイク経路と最適成長経路

本研究では、中国の動学的モデル(ターンパイクモデル)を開発し、このモデルを使って、中国のターンパイク経路を求め、ターンパイク経路の変化を分析し、技術進歩などによる改善を視野に、経済・エネルギー・環境の総合的な視点から中国の成長経路を検討する。

4. 中国の動学的モデルの開発

本研究では動学的モデルの開発にあたって、モデルに必要であるさまざまな係数を推算した。投入係数行列は中国の産業連関表から算出した。投資による生産能力の増加を表現するために、中国の固定資本係数行列が必要であるが、既存データが非常に乏しいので、本研究では、公表投資データから1980年以降各年度の中国各部門1997年基準価格の固定資本投資額を推計し、独自に開発した投資関数で、中国の各部門の固定資本ストックを推算した。また、日本の固定資本構造を参考に中国各部門の財別の固定資本ストックを推算した。このほか、生産と雇用、エネルギー消費、環境問題を結びつけるために、中国各部門の就業者数、エネルギー消費量、CO₂、SO₂排出量などを推計した。また、価格変動の影響を除去するために、各部門の価格変動指数を推算した。以上で推算した各種データをもって、中国の固定資本係数行列、雇用係数、産業部門のエネルギー消費係数、CO₂、SO₂排出係数などを算出した。そして、中国産業連関表から中国の最終消費関数を推算した。

ターンパイクモデルの基本関係式

$$\begin{aligned} \text{所得} & y(t) = V^t \cdot X(t) \\ \text{投資} & K[X(t+1) - X(t)] \\ \text{消費} & C(t) = H_c \cdot c \cdot y(t) + C_0 = H_c \cdot c \cdot V^t \cdot X(t) + C_0 \end{aligned}$$

需給の均衡バランス

$$X(t) \geq AX(t) + H_c \cdot c \cdot V^t \cdot X(t) + C_0 + K[X(t+1) - X(t)]$$

A : 投入係数行列 V : 付加価値率ベクトル

c : 限界消費率 H_c : 消費パターンベクトル

C_0 : 基礎消費ベクトル K : 固定資本係数行列

5. 中国のターンパイク経路

以上で推算した諸係数を利用して、まず、資本償却などを考慮しない場合の基本モデルによる最適化問題の解の最適成長経路を求めた。一方、ターンパイク定理を使い、このモデルの特徴行列からターンパイク経路を算出した。結果では、目的関数が変わっても、最適成長経路はその中期において、ほとんどターンパイク経路と重なっている。よって、ターンパイク定理が実証された。

続いて、より現実経済に近づけるために、固定資本の償却と投資効率、在庫、輸出入などを導入し、拡張モデル1を作った。それによる最適化問題を解き、中期の有効均衡成長が確認され、ターンパイク経路の近似として使った。

拡張モデル1と資本償却を考慮し、輸出入を考慮しない基本モデルのそれぞれのターンパイク経路を1997年中国の現状と比較した結果を表1、図2に示す。成長率において、基本モデルと拡張モデル1は両方とも約15%で、1997年のGDP成長率8.8%より高い。現状より、拡張モデル1のターンパイク経路上の生産における繊維工業の比重が小さくなり、機械工業、鉄鋼業の比重が大きくなった。拡張モデル1より、基本モデルのターンパイク経路上の生産における繊維工業の比重がさらに小さくなり、機械工業、鉄鋼業の比重がなお一層大きくなった。GDPあたりのエネルギー資源量、CO₂、SO₂排出量において、現状が最小で、拡張モデル1が次に大きく、基本モデルが最も大きい。固定資本係数、労働生産性においては、基本モデルが最も高く、拡張モデル1、現状の順に低くなる。よって、中国の最大潜在成長能力を発揮するターンパイク経路においては、機械工業など資本集約型の産業のウェイトが大きい。これに対して、現状は労働集約的で、軽工業の比重が大きいことが分かった。

6. ターンパイク経路の変化

本研究の動的モデルにおいて、消費は消費率(最終消費総額/総付加価値額)と消費パターン(各部門財の最終消費額/最終消費総額)から構成されている。この2要素の一つを固定して、残りの一つを変化させて、成長率との関係性を分析した。その結果、消費率と経済成長率はきれいな線形関係にあることが分かった。消費と投資が代替関係にある本研究のよ

拡張モデル1の主要式

$$\text{投資と資本ストック } Sk(t+1) = (1-\lambda)Sk(t) + \beta I(t)$$

$$\text{生産能力制限 } \hat{K} \cdot X(t) \leq Sk(t)$$

$$\text{輸入 } E(t) = e(t) \cdot E$$

$$\text{輸出 } M(t) = \hat{M} [AX(t) + H_c \cdot c \cdot V^T \cdot X(t) + C_0 + H_k \cdot I(t)]$$

$$\text{貿易均衡 } \sum E_i(t) \geq \sum M_i(t)$$

$$\text{需給均衡 } X(t) = AX(t) + H_c \cdot c \cdot V^T \cdot X(t) + C_0 + H_k \cdot I(t) + S(t+1) - \omega S(t) + E(t) - M(t)$$

λ : 償却率ベクトル β : 投資効率 $S(t)$: 在庫

\hat{K} : 固定資本係数ベクトルKの対角行列

E : 輸出パターン \hat{M} : 輸入係数の対角行列

H_k : 固定資本コンバーター ω : 在庫割引率

表1 基本モデル、拡張モデル1と1997年現状の比較

	1997年現状	基本モデル	拡張モデル1
平均雇用係数(人/万元)	0.343	0.326	0.333
平均固定資本係数(元/元)	0.541	0.556	0.550
平均付加価値(GDP)率(元/元)	0.381	0.377	0.380
一人当たりGDP(万元/人)	1.113	1.155	1.142
GDPあたりエネルギー消費量(TOE/万元)	1.089	1.171	1.110
GDPあたりCO ₂ 発生量(トン/万元)	3.939	4.294	4.082
GDPあたりSO ₂ 発生量(トン/万元)	0.037	0.040	0.038
GDPあたり固定資本量(元/元)	1.419	1.475	1.448

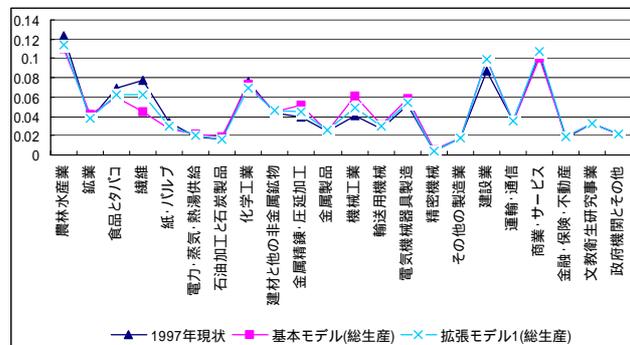


図2 基本モデル、拡張モデル1と現状生産の各部門の比重

うなモデルにおいては、消費率が高く(低く)なれば、最終消費向けの生産が増え(減り)、投資にまわせる財が少なく(多く)なり、成長率が低下(上昇)する。

消費パターンと経済成長の関係においては、最終消費における農業軽工業の比重が高く(低く)なれば、成長率が上昇(低下)する。これとは全く逆にサービス業などの第3次産業の消費比重が高く(低く)なれば、成長率が低下(上昇)する。

さらに、電気電子工業、機械工業、鉄鋼業、化学工業、発電部門の日本の技術をそれぞれ単独で中国に導入することによる中国のターンパイク経路の変化を求めた。その結果、いずれの場合においても、技術導入後のターンパイク経路上におけるGDPあたりのCO₂排出量が減少した。化学工業の技術導入による減少分は15%で、発電部門、電気電子工業、機械工業の削減効果がそれに続き、鉄鋼業の技術導入による削減効果が最も小さい。ターンパイク経路上のGDP成長率をみると、電気電子工業、化学工業の日本技術の導入によるGDP成長率の上昇が一番大きく、機械工業の技術導入前後のGDP成長率はほとんど変化がない。電力部門、鉄鋼業の日本技術導入はGDPの成長率を降下させた。またいずれの場合においても、技術導入後の一人当たりGDPは上昇した。上昇率の大きい順は、化学工業、機械工業、電気電子工業、鉄鋼業、電力部門である。

その上、5つの技術を同時に選択導入できるようなシミュレーションを行った。その結果、日本の電気電子工業の技術は最も早く導入され、機械工業、化学工業はそれに次ぐ。鉄鋼業と電力部門は導入されなかった。日本の電気電子工業の優位性は最も高く、資本係数の高い鉄鋼業と電力部門の経済優位性は見られなかった。

最後に、労働力制約がある場合の日本技術の導入効果を分析した。その結果、技術導入によって、GDP総額、GDP成長率は大きくなり、CO₂の排出総量、GDPあたりCO₂排出量が減少した。

7. 結言

現状技術でも、機械工業などの比重を増やし、ターンパイク経路に近づくことで、中国経済はより高い成長率を実現できる。化学工業、電気電子工業などの日本技術を導入すれば、より高い成長が可能になるだけでなく、GDPあたりのCO₂排出量も減少できる。生産調整と技術進歩によって、経済成長と環境保全の両立が可能であることが分かった。

参考文献

- 1) 経済審議会計量委員会 「経済計画のための多部門計量モデル 計量委員会第5次報告書」1977年
- 2) 村上 泰亮、時子山 和彦 ほか「日本経済の最適成長経路」経済分析 30号 1970 経済企画庁経済研究所

表2 技術導入前後のターンパイク経路の比較

	導入前	電力	化学	鉄鋼	機械	電気電子
経済成長率	15.1%	12.2%	16.1%	10.9%	15.0%	16.5%
付加価値率	0.376	0.371	0.397	0.379	0.388	0.399
		-1.4%	5.5%	0.7%	3.1%	6.1%
雇用係数 [人/万元]	0.325	0.320	0.317	0.314	0.316	0.326
		-1.6%	-2.5%	-3.3%	-2.6%	0.4%
一人あたりGDP [万元/人]	1.159	1.162	1.253	1.207	1.227	1.224
		0.2%	8.2%	4.2%	5.9%	5.6%
生産額あたりCO ₂ 排出量 [トン/万元]	1.621	1.420	1.453	1.580	1.504	1.530
		-12.4%	-10.4%	-2.6%	-7.2%	-5.6%
GDPあたりCO ₂ 排出量 [トン/万元]	4.307	3.825	3.660	4.165	3.874	3.831
		-11.2%	-15.0%	-3.3%	-10.1%	-11.0%

注) 下段は技術導入前に対する変化率

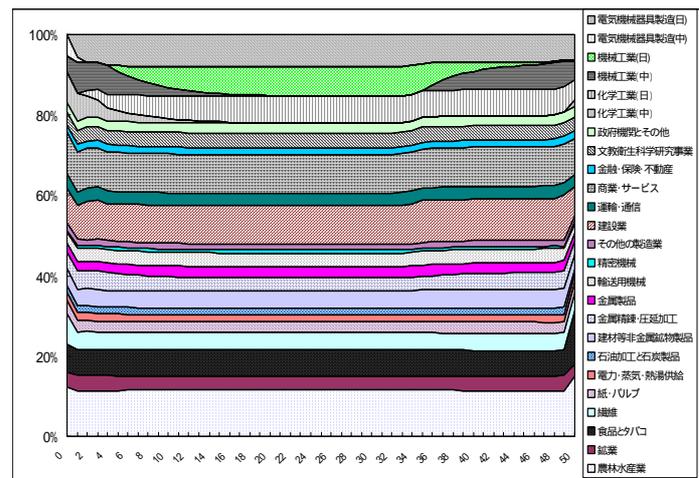


図3 複数技術導入化可能時の最適成長経路(期間50年 終期GDP最大)