

平成 19 年度

博士論文

地域間格差を考慮した中国多地域多部門
動学モデルの開発と応用

—エネルギー消費、CO₂排出の削減を目的として—

東京大学大学院 新領域創成科学研究科

環境システム学専攻

呂 正

要 旨

中国経済は長年にわたって高速成長を続けている。経済成長に伴って、エネルギー消費とCO₂排出の増加、環境破壊の深刻化など多くの問題が発生している。また、経済成長自体も対外貿易と外資に大きく依存している。同時に、沿海部と内陸部の格差を中心に中国国内における地域間の格差がますます拡大している。現状のままでの経済成長は様々な面においてすでに限界を迎えつつ、持続可能な成長と言い難い。経済と社会、環境との調和の取れた成長への転換が強く求められている。中国政府もこれらの問題を認識し、省エネルギー政策を強化し、格差の是正、社会保障制度の整備を推進しようとしている。第11次五カ年計画の中では、2010年のGDPあたりエネルギー消費量を2005年より20%削減する目標が打ち出されている。

本研究では、最適経済成長に関するターンパイク理論を応用し、動学的産業関連モデルをベースに中国の多地域多部門計画モデルを開発した。そして、開発したモデルを利用して、経済成長の維持、エネルギー消費、CO₂排出の削減、格差の縮小などを目的に、中国の最適成長経路を探求した。

本研究で開発したモデルでは、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が捨象され、経済が製品用途、生産特性に応じた産業部門に分類されている。このようなモデルを用いて、産業関連表によって表される比較的安定している産業関連の生産技術構造をもとに、各種財における生産と需要のバランスを維持しながら、一定の資源や環境などの制約条件の変化の下で、社会全体の消費需要などを満たしつつ、ある目的関数の最大（小）値が得られるように、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）を求めることが可能で、成長率が内生的に決まり、経済の潜在的な最大成長可能性を提示することができる。

本研究では、まず、モデルの中核となる生産と需要の均衡、投資による生産の拡大、生産による所得の決定などの主要関係を、中国全国平均係数で考え、全国モデルを開発した。輸出入などが捨象された全国モデルの基本モデルを用いて、中国経済のターンパイク経路の存在を検証した。さらに、輸出入、在庫などの変数、輸入依存度、生産の継続性などの制約を導入し、投資、対外貿易、生産などの行動をより現実に近いものにした拡張モデルを開発し、全産業平均CO₂排出係数削減制限が設けられる場合の中国の最適成長経路を求めた。その結果からわかったことは、CO₂排出制限がない場合、中国経済は年間13.6%の経済成長を達成できる。全国レベルでの産業構造調整による全産業平均CO₂排出係数を1997年現状の0.4tC/万元から10年間で最大33%削減できる。しかし、CO₂排出の制限を厳しくすれば、中国経済の成長が大きく減速し、産業構造調整の変動幅もかなり大きくなり、実行性が薄れる。

広大な国土と世界一の人口を持つ中国では、経済発展レベル、気候条件、地理位置、自

然資源などさまざまな内部多様性が存在し、生産効率が異なる地域間の産業配置調整による平均 CO₂ 排出係数削減の可能性がある。本研究では以上のことを考慮して、全国モデルをベースに、生産と消費の両方における中国の地域間差異を反映できる多地域多部門動学モデルを開発した。多地域モデルを用いた計算では、全国レベルでの産業構造調整以外に、産業の地域間配置の調整が可能になった。その結果、全産業平均 CO₂ 排出係数の削減ポテンシャルは上昇し、10年間で最大 46%削減できるようになった。より高い全産業平均 CO₂ 排出係数削減目標を達成する同時に、全体の経済成長率の減少も緩和された。

しかし、全体の経済成長と CO₂ 排出係数削減だけを追求する場合、生産が排出係数の低い先進地域に集中しがちで、地域間格差拡大の恐れがある。すでに深刻化した格差がさらに拡大することは、中国の社会安定と経済成長を損なう。経済全体の成長、環境負荷の低減以外に、地域間格差の縮小も中国の持続可能な成長にとっては不可欠である。

格差拡大の緩和と技術進歩の効果を検討するために、本研究では中国国内先進地域の技術の他地域への移転、各地域への他国先進技術の導入をモデルの中で可能にし、セメント産業などを含む非金属鉱物業を例にそれらの効果を評価した。試算の結果で、非金属鉱物産業における国内先進技術移転に加えて、日本の非金属鉱物産業技術の中国への導入によって、中国の全産業平均 CO₂ 排出係数は 10年間で最大 50%削減できるようになり、同時に生産の過度集中が避けられ、地域間格差の拡大も緩和された。ただし、CO₂ 排出係数削減目標が低い場合、全体の経済成長に対する追求の影響が大きく、多額の初期投資を要する先進技術の導入は限定的である。

本研究はターンパイク理論と多地域多部門モデルを結合させ、中国の 3E (Economy · Energy · Environment) 問題の分析に応用する最初の試みである。本研究を通じて、産業構造と産業の地域間配置の調整、そして省エネルギー先進技術の導入によって、経済成長と CO₂ 排出係数削減を両立させる同時に、地域間格差の縮小も可能であることが示された。本研究で開発した中国多地域多部門動学モデルを用いた試算結果から、産業構造と産業の地域間配置の調整によって 1997 年からの 10年間で中国全産業平均 CO₂ 排出係数は最大 46%削減でき、省エネルギー技術を積極的に普及させれば、さらなる削減も可能であることが分かった。この結果は間接的に GDP 原単位の 5年間 20%削減という中国政府の政策目標の実現可能性を示唆し、同時に、一定の実行性を持つ政策オプションを提示した。

目次

第1章 序論	1
1.1 背景	1
1.2 研究の目的	2
1.3 研究の構成	3
第2章 経済の最適成長とターンパイク理論	5
2.1 産業連関表と産業連関分析	6
2.1.1 産業連関表の歴史	6
2.1.2 産業連関表の基本構成	7
2.1.3 産業連関分析の基礎	8
2.2 動学的産業連関モデルとターンパイク理論	12
第3章 中国の経済発展とエネルギー需給、CO ₂ 排出	18
3.1 中国のマクロ経済、社会状況	18
3.2 中国のエネルギー供給と消費	21
3.3 中国の省エネルギー事情と政策	25
第4章 中国全国モデルの開発とそれを用いた試算	27
4.1 中国動学的多部門モデル（全国モデル）の開発	27
4.1.1 中国の産業連関表と産業構造の変化	27
4.1.2 固定資本係数行列の推計	31
4.1.3 中国の消費関数	52
4.1.4 中国のエネルギー消費、CO ₂ 排出係数	53
4.2 中国全国基本モデルを用いた試算	57
4.2.1 全国基本モデルの開発とターンパイクの検証	57
4.2.2 ターンパイク経路の影響要因に関する感度分析	65
4.3 拡張モデル1の開発と輸出入	71
4.3.1 拡張モデル1概要	71
4.3.2 拡張モデル1を用いた試算結果	72
4.4 拡張モデル2の開発とCO ₂ 排出削減ポテンシャル	76
4.4.1 拡張モデル2の開発	76
4.4.2 拡張モデル2の概要	80
4.4.3 拡張モデル2を用いたCO ₂ 排出削減ポテンシャル評価	82
第5章 中国の地域間格差の現状	85
第6章 中国多地域多部門モデルの開発とそれを用いた試算	97
6.1 中国多地域多部門モデルの開発	97
6.2 中国多地域多部門モデルを用いた試算	112

6.2.1 中国多地域多部門モデルの概要.....	112
6.2.2 多地域多部門モデルを用いた試算.....	115
第7章 技術移転と環境制約下での最適経済成長、地域間格差.....	122
7.1 国内先進技術の移転.....	122
7.2 国内先進技術と日本技術の同時移転.....	126
第8章 結論と課題.....	130
8.1 結論.....	130
8.2 今後の課題.....	131
参考文献.....	132
謝辞.....	136
付録.....	137

第1章 序論

1.1 背景

中国経済は長年にわたって高速成長を続け、毎年8%以上のGDP成長率を維持している。対外貿易はGDPよりも高い伸び率で拡大し、2004年の中国の輸出入総額は1兆1500億米ドルを超え^[1]、日本を抜き、アメリカ、ドイツに次ぐ世界第3位となり、その後も年間20%以上の増加を続けている。2000年以降、中国のエネルギー消費総量が急増し、特に石油の消費量の増加が速く、2006年の原油と石油製品の合計純輸入量は1.6億トンにも達した。地球的環境問題においては、長い間中国はアメリカに次ぐ世界第2位のCO₂排出国であったが、2007年で世界一になると見込まれている^[2]。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。

一方、高速成長と同時に、中国の経済には多くの問題点が見られる。経済と経済成長は対外貿易と外資に大きく依存しており、貿易依存度は60%を超え、輸出の半分以上は外資企業によるものである。そして、国内の有効需要が不足しており、国内最終需要における公共事業、不動産などの投資のウェイトが過度に上昇している。また、中国全体を見た場合の高度経済成長とは裏腹に、沿海部と内陸部、都市部と農村部の経済格差が今までになく拡大し、社会的不安が増している。

経済成長と環境保全の両立も出来ておらず、2001年以降、中国のGDPあたりのエネルギー消費量は上昇に転じた。中国では非効率的な工場が乱立し、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割ないし数倍低い業種は多数ある。地球温暖化問題への世界的な関心が高まる中、世界最大のCO₂排出国の一つである中国への圧力がますます強くなっている。ポスト京都の次期枠組みにおいて、中国、インドをはじめとする主要途上国にも何らかの削減対策が求められることが必至である。また、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。

中国は成長の岐路に來ていると考えられる。今までのひたすら GDP の成長率だけを追求するような経済成長は様々な面においてすでに限界を迎えつつあり、持続可能な成長とは言い難い。中国政府もこれらの問題を認識し、省エネルギー政策と社会保障制度の建設などを推し進めようとしている。第 11 次五カ年計画では、2010 年の GDP あたりエネルギー消費量を 2005 年より 20%削減する目標を出している。

1.2 研究の目的

自国の置かれた現状に立脚し、資源と環境の制約などを考慮し、経済の自主性を強化し、経済と環境の調和、内部の格差問題の緩和などバランスの取れた持続可能な成長へ転換することが中国にとって必要不可欠である。本研究では、以上のことを意識して、中国にとってどのような成長経路が理想的で、言い換えれば、どのような産業構造、産業配置の変化経路が最適であるのかを探求することを目的としている。

一般的な予測型モデルは、各経済主体の行動に関する仮説をもととする多くの関数によって構築されている。これらの関数は主観的なものが多く含まれ、一時的な景気変動などに影響されやすい。予測型モデルは利子率、価格変動など不確実性の高いものを基礎としているので、長期になれば、不確実性が拡大し、予測不可能になりがちである。しかも、成長率という最も重要な変数は外生的に与えられるのが一般的で、モデル内で議論することは難しい。

これに対して、動学的産業連関表をベースとする多部門計画型モデルにおいては、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が捨象され、経済が製品用途、生産特性に応じた産業部門に分類されている。このようなモデルを応用して、産業連関表によって表される比較的安定している産業関連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、一定の資源や環境などの制約条件の変化の下で、社会全体の消費需要などを満たしながら、ある目的関数の最大（小）値が得られるように、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）を求めることが可能で、成長率が内生的に決まり、経済の潜在的な最大成長可能性を提示することができる。

また、ターンパイク定理によれば、このような多部門動学モデル（計画型 以下略）の基本形においては、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、各部門が均整成長するような有効均衡成長経路（ターンパイク）の近傍を通る。経済計画において、考えが多様で、最終目的について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。实体经济に対するターンパイクモデルの研究は、日本で 1960 年代から、筑井甚吉氏らによって行われ、経済企画庁研究所中心に日本経済に対する実用化が試みられ、日本の高度成長期の経済とターンパイク経路の相似性が確認された。

本研究では、ターンパイク理論を応用して、中国の最適的な産業構造を議論するために、中国の多部門動学モデルを開発し、中国経済のターンパイク経路を求め、さらに、中国全体の産業構造調整によるCO₂排出削減のポテンシャルを検討した。

広大な国土を持ち、世界一の人口大国である中国は大きな内部多様性が存在し、拡大しつつある経済発展の地域間格差は、社会の安定と成長の持続可能性を損なっている。中国の内部多様性の実情をより反映するために、中国多地域多部門動学モデルを開発し、それを用いて、産業構造調整のほかに、産業の地域配置の最適化によるCO₂排出削減ポテンシャル、そして技術移転の効果、地域間格差の変化を検討し、経済、エネルギー・環境、社会が調和した成長経路を提示するのが本研究の最終目的である。

1.3 研究の構成

本研究では、エネルギー問題を中心に、経済発展レベル、産業配置、消費性向等における中国各地域間の各種の差異の現状を分析した上で、中国の内部多様性と格差の現状を反映できる動学的多地域多部門モデルを開発した。そして、開発したモデルを用いて、CO₂排出制限下で、中国の最適成長経路を求め、産業構造と産業の地域配置の調整によるCO₂排出削減可能性を評価した。さらに、技術移転の効果进行分析し、地域格差の縮小可能性を議論した。CO₂排出制限を守り、地域格差を縮小させ、同時にある程度の経済成長を維持できるような、中国の持続可能な発展にとってより望ましい成長経路を提示した。

本研究の論文の具体構成は以下のようなものである。

まず、第1章で本研究の背景と目的を述べる。

第2章で本研究の理論的基礎となる最適成長理論と動学的産業連関モデルにおけるターンパイクについて説明する。

第3章で1990年代以降を中心に中国の経済発展の状況、エネルギー需給、CO₂排出問題を調査し、中国政府による公表資料を中心に統計データ整理し、それらの変化を分析する。また、中国政府のエネルギー・環境政策の動向について説明する。

第4章では、産業連関表を中心に中国経済のデータベースを整備し、ターンパイク理論の中国への初歩的応用として、中国の全国平均係数を利用した全国多部門動学モデルを開発する。この全国モデルを用いて、中国のターンパイク経路の存在を検証する。さらに、モデルを拡張し、生産あたりCO₂排出量を低減する制約などを加え、全国レベルでの産業構造調整による平均CO₂排出係数の削減ポテンシャルを評価する。

より中国の実情に近づき、モデルの中に中国の内部多様性と格差を反映するために、第5章で中国の地域間格差の歴史と現状について調査検討を加え、各地域のマクロ経済、エネルギー生産と消費の実態、それに各地域間の相互関連を分析する。

以上の研究結果を利用して、第6章で全国モデルを拡張し、地域別の所得・消費、産業構造、エネルギー利用効率などの違いを表現できる中国多地域多部門動学モデルを開発し、

多地域モデルを用いて、改めてターンパイク経路を評価し、産業の地域配置の調整によるCO₂排出削減ポテンシャルを評価する。

第7章で最適成長経路と地域間所得・消費格差の関係について分析し、中国国内先進地域の省エネルギー・低CO₂排出な技術の他地域へ移転、そして、先進国である日本からの技術導入などの効果を評価し、格差の変化を検討する。

最後に、第8章で全体を結論付け、課題を展望する。

第2章 経済の最適成長とターンパイク理論

経済成長とは、将来の生産と消費が現在より多くなることである。経済成長のメカニズムを明らかにしようとする経済成長論には長い歴史があり、多くの流派に分かれている。

産業革命以前では、農業とその生産物を加工する軽工業が主な産業で、土地が非常に重要な生産基盤である。アダム・スミスは、土地と労働、資本による成長モデルを議論し、分業などによる技術進歩、生産性上昇が経済成長をもたらすと指摘した一方、技術革新の終焉や土地の制約により成長が止まると考えていた^[3, 4]。しかし、産業革命によって、農業に取って代わって、機械工業、化学工業などが大きく成長し、生産基盤は土地からエネルギーなどの鉱物資源、機械などの人工物に大きく移り、現在では先進国において、サービス業をはじめとする第3次産業が最もシェアの大きい部門となっている。土地などの制約の影響が弱まり、一時は無尽蔵に見えた鉱物資源などによって、産業社会における経済成長にとって、自然条件の外部制限の影響が小さいと考えられるようになり、経済成長は自然環境と少し離れて語られるようになった^[3]。

マルクスの再生産表式論は産業を生産手段生産部門と消費手段生産部門の2部門に分割し、社会的総資本の運動による再生産という産業成長の姿を明らかにし、新たな理論基礎を提供した^[4, 5]。

現代のマクロ経済学を代表するケインズ派のハロッド・ドーマーモデルと新古典派のソロー・スワンモデルなどの基本理論^[3, 6]において、経済成長に対する議論は、資本の増加による保証経済成長率と労働力の増加による自然経済成長率の均衡に重点が置かれている。経済成長の要因は主に資本、労働、技術進歩にあると言う考えは共通している。これらのモデルにおいて、技術進歩と貯蓄率が外生的に与えられているが、ラムゼイ・カス・クープマンズモデルによって新古典派成長理論^[7]が発展され、異時点間の消費の最適化、それに伴う貯蓄率の内生化などが行われた。理論の根底にあるのは、経済成長とは、現在の消費の一部をあきらめて投資に回して生産を拡大させ、将来の消費を増やすことだという認識である。

1 部門のモデルであるラムゼイ型最適成長モデルに対して、より現実経済に即したフォン・ノイマンによる多部門成長モデル^[8]では、産業が複数に分類され、各部門の生産、投資、そして部門間の相互依存・影響関係も議論できるようになった。多部門モデルにおいて、Dorfman、Samuelson ら^[9]、Morishima^[10]、McKenzie^[11]、Tsukui^[12]などによって有効均衡成長経路に関するターンパイク定理が証明された。

また、1980年代頃から物的資本のみならず人的資本や知識の資本の蓄積による技術進歩が重視される内生経済成長理論^[7, 13]が発展したが、定量的に評価することはまだ難しい問題が残っている。

本研究では、中国経済の成長力と CO₂ 排出削減のポテンシャルを検討するために、ノイマンの多部門成長モデルに属する動学的多部門モデルを開発した。このモデルにおいては、産業間の相互依存、各種財における生産と需要のバランス、投資と生産能力の拡大等を表現できる動学的産業連関モデルがベースになっている。前述のように、本研究のような動学的産業連関モデルにおいて、有効均衡成長経路（ターンパイク経路）が存在している。ターンパイク経路は産業構造が最適化になるような計画方向の指針を与える。

以下では本研究の理論的な基礎である産業連関表^[14]とそれをを用いた産業連関分析を紹介する。そして、動学的産業連関モデルにおけるターンパイク理論について説明する。

2.1 産業連関表と産業連関分析

2.1.1 産業連関表の歴史

ある産業部門は、他の部門から原材料、燃料等を購入（投入）し、これをもとにして特定の財貨・サービスを生産し、そして、生産した財貨・サービスを各産業部門における生産活動の原材料等として販売（産出）する。このような購入－（生産）－販売という関係が連鎖的につながり、最終的には家計、企業、政府などの最終需要部門に対して完成財を供給し、取引は完結する。

産業連関表とは、一定の地域において、このようにして産業部門から最終需要部門に対して供給された財貨・サービスについて、それが最終需要部門に至るまでに、各産業部門でどのような投入・産出という取引過程を経て生産されたものであるのか、その実態を一定期間（通常1年間）にわたって観察記録し、その結果を一覧表の形に取りまとめたものである。産業連関表は、このように各産業部門における財貨・サービスの投入・産出の構成を示していることから、「投入産出表」（Input-Output Tables）とも言われる。

産業連関表の発想は、フランソワ・ケネー（Francois Quesnay 1694～1774年）の「経済表」^[15]、レオン・ワルラス（Leon Walras 1834～1910）「一般均衡理論」^[16]に求めることができる。その実用化として、1926年ブハーリンの指導下での「ソ連邦国民経済バランス」の作成^[17]の試みがあった。

現在一般的に産業連関表と言われるものは、ソ連からドイツそして米国に移住しハーバ

ード大教授となった経済学者ワシリー・レオンチェフ (Wassily Leontief) (1906~1999) によって考え出され、考案者の名にちなんで、レオンチェフ表とも呼ばれている。その考えをもとに、1939年のアメリカ経済を対象とした表が1944年に作成された^[18]。アメリカで第2次大戦後の経済予測にこの産業連関表が用いられ、予測結果が他の分析方法と比較して高い中率を示し、その有用性が認められてから、世界各国で作成されるようになった。

2.1.2 産業連関表の基本構成

現実においては、生産物は無数にあり、しかも、それぞれが固有の単位を持ち、たとえば石炭は重量で、自動車は台数で計量する。産業連関表における部門分類では、必要に応じて、類似性を持ついくつかの生産物を生産する産業を一つの産業部門に統合し、一産業一製品とみなす必要がある。その際に、取引量を産業の生産物の固有単位で表せる場合もあるが、困難である場合がほとんどである。そのため、すべての生産物をその取引価格で計量するのが一般的である。

供給部門 需要部門		中間需要				最終需要				輸入 (控除)	生産 合計
		部門 1	部門 2	部門 3	・	消費	投資	在庫	輸出		
中間 投入	部門 1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	・	F_1	I_1	S_1	E_1	M_1	x_1
	部門 2	x_{21}				F_2	I_2	S_2	E_2	M_2	x_2
	部門 3	x_{31}				F_3	I_3	S_3	E_3	M_3	x_3
	・	・				・	・	・	・	・	・
付加 価値	雇用者所得、 営業余剰など	V_1	V_2	V_3	・						
	生産合計	x_1	x_2	x_3	・						

図 2.1 産業連関表（取引基本表）の基本構成

図 2.1 に産業連関表の取引基本表の基本構成を示した。この表には横方向に需要部門、縦方向に供給部門が配置されている。

横方向の各種の財・サービスの買い手である需要側は、中間需要部門と最終需要部門とからなっている。中間需要部門は、各財貨・サービスの生産部門で、各部門は生産のため必要な原材料等の中間財を購入し、これを加工（労働、資本等を投入）して生産活動を行っている。最終需要部門は、消費、投資、在庫及び輸出であり、主に完成品としての消費財、資本財の購入者である。

縦方向の各種の財・サービスの売り手である供給側は、中間投入部門と付加価値部門

とからなっている。中間投入部門は各種の財・サービスの供給部門であり、各部門は当該部門に属する財・サービスを各需要部門に供給している。付加価値部門は、各財・サービスの生産のために必要な労働、資本などの要素費用である。

産業連関表では、輸入の扱い方には大きく分けて「競争輸入型」と「非競争輸入型」の2通りがある。

競争輸入型産業連関表では、同種の財貨について、域内産品と輸入品が完全な競争関係にある（代替的である）と仮定し、両者を区別せず、まったく同じように扱う。産業連関表においては、需要部門として「輸入」部門を設け、域内中間需要、および最終需要に含まれる輸入分の総計をマイナスで計上する。その結果、域内産品と輸入品との合計額が、中間需要と最終需要の合計と等しくなり、横方向のバランスがとれる。図 2.1 の産業連関表は競争輸入型である。

非競争輸入型産業連関表では同種の財貨であっても、域内産品と輸入品を区別し、各部門への投入される域内産品と輸入品が、完全に非競争的（代替性がない）であると見なす。国内中間需要、および最終需要の各部門に投入される財をすべて域内産品と輸入品に分け、域内産品と輸入品を別の財として区別し、それぞれの取引表を作成するものである。

産業連関表における各項目には以下のような基本関係が成り立つ。

1) 各部門の縦方向

$$\text{域内生産額} = \text{中間投入額} + \text{付加価値額}$$

2) 各部門の横方向

$$\text{域内生産額} = \text{中間需要額} + \text{国内最終需要} + \text{輸出額} - \text{輸入額}$$

3) 中間生産過程

$$\text{全部門中間投入額合計} = \text{全部門中間需要額合計}$$

2.1.3 産業連関分析の基礎

産業連関表の取引基本表を使って、各産業における生産の構成（投入係数）などを求め、産業間における波及効果など直接、間接的な関係を分析することができる。以下は産業連関分析^[14]における主なキーワードを中心に、簡単に説明する。

投入係数

投入係数とは、産業連関表を縦方向の費用構成に着目したもので、「ある産業で生産物を1単位生産するために必要な各産業からの原材料投入の構成を示す係数」である。具体的には、産業ごとで、その生産における各産業から中間投入額をその産業の生産額で割って、次の式(2.1)のよう求める。

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j} \tag{2.1}$$

a_{ij} : 産業 j における産業 i からの投入係数

X_j : 産業 j の生産額 x_{ij} : 産業 j における産業 i からの中間投入額

こうした投入係数を図 2.1 の取引基本表と同じように、縦と横に並べたものは投入係数行列 A である。

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

付加価値率

投入係数と同様な考えで、産業ごとに、その生産における付加価値をその産業の生産額で割ったものは付加価値率である。

$$v_j = \frac{V_j}{X_j} \quad (2.2)$$

v_j : 産業 j の付加価値率 V_j : 産業 j の付加価値額

一般的に、産業連関分析においては、各産業部門の投入係数や付加価値率は一定とみなされ、つまり、生産量が 2 倍になれば、使用される原材料、労働力などの投入量も 2 倍になる。産業連関分析において、このような仮定はほかにもいくつかあり、主要なものを以下にまとめた。

産業連関分析の基本的な考え方

- 1) 全ての生産は、「最終需要」を満たすために行われる。
- 2) 生産を行う上での「ボトルネック」（制約条件）は無いと仮定。
- 3) 商品の生産に必要な「投入構造」は一定で、短期的には変化しないと仮定。
- 4) 生産が 2 倍になれば投入も 2 倍必要という「線形的な比例関係」を仮定。
- 5) 生産波及は、途中で中断することなく最後まで波及すると仮定。

これらの考え方に基づけば、最終需要 F を生産するために各産業からの直接中間投入量は、F に投入係数行列 A を掛けて、AF であることがわかる。さらにこの中間投入を生産するための中間投入と、次々と間接的な生産を求めていくと、これが無限まで続く。直接投入とすべての間接投入の和は次の式(2.3)で示したようである。

$$F + AF + A(AF) + A(A(AF)) + \cdots \quad (2.3)$$

また、上述の基本考え方(1)で、全ての生産は、直接的であれ、間接的であれ、最終需要

を満たすために行われるものと考え、これは総生産 X と等しいことがわかる。

この結果は以下のような方法で求めることもできる。投入係数行列 A 、生産量 X 、需要 F とすると、輸入を考えない場合、最も簡単なモデルにおいて、横方向のバランスは式(2.4)で表せる。

$$X = AX + F \quad (2.4)$$

式(2.4)を変形させると、

$$\Rightarrow X = (I - A)^{-1} F = BF \quad (2.5)$$

ここで、 B はレオンチェフ逆行列と呼ばれる。

$$B = (I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & \cdots & b_{mn} \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

まとめると

$$BF = (I - A)^{-1} F = X = F + AF + A(AF) + A(A(AF)) + \cdots \quad (2.7)$$

すなわち、需要 F にレオンチェフ逆行列 B を掛けることで、これを生産するために全産業から直接、間接投入が求められる。

生産誘発係数

最終需要には最終消費、投資、在庫変動、輸出などの項目がある。各最終需要項目の需要によって、需要を満たすために誘発された生産量を生産誘発額と呼ぶ。最終需要 F による生産部門 j の生産誘発額を最終需要 F の総額で割ると、それが最終需要 F の生産部門 j に対する生産誘発係数となる。

産業連関分析においては、各部門が産業全体に与える影響は、行列 B から求めた影響力係数と感応度係数で評価することができる。

影響力係数

部門 j に 1 単位の最終需要が増えると、これを生産するために全産業からの原料投入が起こる、このような波及効果は部門 j の後方関連効果と呼ばれる。影響力係数は後方関連効果の大きさを測る指標で、各産業の後方関連効果を比較し、全体の平均値で除した値と

している。

$$j \text{ 部門の影響力係数} = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (2.8)$$

感応度係数

各産業部門に最終需要が1単位ずつ増えると、部門*i*に増産の影響を与える、このような効果は部門*i*の前方関連効果という。感応度係数は前方関連効果の大きさを測る指標である。

$$i \text{ 部門の感応度係数} = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}} \quad (2.9)$$

また、総合関連効果とはある産業の後方関連効果と前方関連効果をあわせて、その影響力を測る指標である。

$$\text{総合関連効果} = \text{影響力係数} + \text{感応度係数} \quad (2.10)$$

産業連関モデルの種類

輸入の扱い方によって、産業連関のモデルはいくつかもあり、主要なものを以下にまとめた。

1) 競争輸入型

① 輸入Mを外生変数とする場合

$$\begin{aligned} X &= AX + F - M \\ \Rightarrow X &= (I - A)^{-1}(F - M) \end{aligned} \quad (2.11)$$

M: 輸入額ベクトル

② 輸入Mは総生産に比例するとする場合

$$\begin{aligned} X &= AX + F - \hat{M}X \\ \Rightarrow X &= (I - A + \hat{M})^{-1}F \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\text{ここで } \hat{M} = \begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_n \end{pmatrix} \quad m_i = \frac{M_i}{X_i}$$

③輸入 M は国内総需要に比例するとする場合

$$X = AX + F_D + E - \bar{M}(AX + F_D) \quad (2.13)$$

$$\Rightarrow X = (I - (I - \bar{M})A)^{-1}((I - \bar{M})F_D + E)$$

F_D : 国内最終需要ベクトル E : 輸出額ベクトル

$$\text{ここで } \bar{M} = \begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_n \end{pmatrix} \quad m_i = \frac{M_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij} + F_{D_i}}$$

2) 非競争輸入型

$$X = A^d X + F^d \quad (2.14)$$

$$M = A^m X + F^m \quad (2.15)$$

$$A = A^d + A^m \quad (2.16)$$

$$F = F^d + F^m \quad (2.17)$$

A^d : 国産財投入係数行列 A^m : 輸入財投入係数行列

F^d : 国産財に対する最終需要ベクトル F^m : 輸入財に対する最終需要ベクトル

これらのモデルを適切に選んで使い、需要が全生産に与える影響などを評価することができる。

2.2 動学的産業連関モデルとターンパイク理論

前節までのような産業連関分析では、ある時点の状況を踏まえて、その時の各経済部門間の相互関係を分析するもので、原材料投入という経常的な生産活動における需給関係の分析に限られている。資本形成(投資)は最終需要の一項目だけとして扱われ、投資によって促進される資本蓄積効果ないし生産の拡大は考慮されていない。この意味で、このような分析は静的分析である。これに対して、投資による資本ストックの変化、そして資本ストックと産出水準の関係に着目したのは動学的産業連関分析^[14]である。

動学的産業モデルにおいては、資本ストックの増大(投資)が生産水準の時間的増大やその期待に応じて誘発されると見なされ、投資はモデルに内生されるものとなる。この考えの実現の具体方法としては、資本係数表(行列)が導入される。資本係数表は、それぞれの産業が生産量を1単位増大させるために必要とする財種別の資本ストックの追加量を示すものである。生産と資本ストックに線型関係があると見なされ、すなわち、生産と資本ストックが比例しており、各産業の資本ストックにおける各種の財の比率は一定である。

$$\text{資本係数行列 } K = \begin{pmatrix} k_{11} & \cdots & k_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{m1} & \cdots & k_{mn} \end{pmatrix}$$

k_{ij} : 産業 j の資本係数ベクトル中の財 i 項

資本係数の求め方は、主に二つがあり、一つは、総資本ストックを総生産で割る方法で、もう一つの方法では資本ストック増量を増産分で割って求める。(第4章に参照)

資本ストックの中には在庫と固定資本の2種類があるが、在庫が必ずしも生産構造の特徴でなく、その計測も理論的にも実際的にも多くの難点があるので、通常、資本係数行列は固定資本だけが含まれている。

定義に従えば、増産と投資の関係は次の式(2.18)ようである。

$$I_{ij} = \Delta Q_{ij} = k_{ij} [X_j(t+1) - X_j(t)] \quad (2.18)$$

I_{ij} : 産業 j の投資中の財 i の額 $X_j(t)$: 産業 j の第 t 期の生産額

Q_{ij} : 産業 j の資本ストック中の財 i の額

動学的産業連関モデルにおいては、行列で表現すれば、産業全体の生産と需要のバランス関係は以下の式(2.19)のようになる。

$$\begin{aligned} X(t) &= AX(t) + I(t) + F(t) = AX(t) + K[X(t+1) - X(t)] + F(t) \\ \Rightarrow X(t+1) &= K^{-1}(I - A + K)X(t) + K^{-1}F(t) \end{aligned} \quad (2.19)$$

式(2.19)は連立線型一階差分方程式の形をしている。初期の生産額から、以降の消費を適切に決めると、次々とその後の各期の生産額が求められる。

ここにおいて、各産業部門の生産額が同じ成長率で一斉に成長して行くような径路は達成可能である。その径路の上では部門間の産出量比率は不変であって、各部門は均衡になり、このような径路は均衡成長経路と呼ばれている。しかし、いわゆる均衡成長経路が無数にあり、原料や資本ストックなどを廃棄するような非効率的な調整を行えば、「均整成長」を無理やり達成することはつねに可能である。こうなると、無駄が多く、成長率も下がってしまう。

幸いなことに、この中に有効均整成長径路というものがあることがわかった。有効均整成長径路においては、廃棄するような無駄がなく、原料や資本ストックを全部過不足なく使用しながら、各部門が均整成長を維持するような望ましいことが実現される。ノイマン・ケメニイなどの学者によって、各産業の生産構造が一次同次であれば、このような

有効均整成長経路(ノイマン経路)はつねに存在し、しかも多くの場合、ただ一つしか存在しないことが証明された。^[19]

また一方、このような動学的産業連関は一種の計画モデルとなっている。すなわち、必要に応じて目的関数を設定し、最適化問題を解くことで、目的関数の最大(小)化をするような計画期間中の生産と消費、投資の変化経路(最適成長経路)を求めることができる。

ターンパイク定理によれば、このような計画モデルにおいては、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、いかなる初期条件から出発しても、初期と終期の数期の調整期間を除けば、中間では必ず上述の有効均衡成長経路(ノイマン経路)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、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似ているから、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目的地に関係なく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、最終目的について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、問題がないから、非常に便利である。

ターンパイク定理は1950年代に Dorfman, Samuelson ら^[9]によって示唆され、1960年代中心に、Morishima^[10]、McKenzie^[11]、Tsukui^[12, 19, 20]などによって厳密な証明がなされた。

最適化のターンパイクモデルには主に資本蓄積最大化ターンパイクモデル、消費ターンパイクモデルの二種類^[21]があり、資本蓄積最大化ターンパイクモデルの場合、最大化する目的関数は最終期の資本総量などで、消費は生産の関数によって決定される。これに対して、消費ターンパイクモデルの場合、その目的関数は全計画期間中の総消費効用で、消費は独立性を持っている。付録1に資本蓄積最大化ターンパイクモデル用いて、ターンパイク定理の証明を説明した。

以下では比較的簡単な形の資本蓄積最大化ターンパイクモデルを使って、ターンパイク経路の求め方を説明する。

まず第 t 期の生産量ベクトルを $X(t)$ とする。付加価値総額を所得とすると

$$\text{所得 } y(t) = V^t \cdot X(t) \quad (2.20)$$

V : 付加価値率ベクトル

消費は所得に比例するとすると

$$\text{消費 } C(t) = H_c \cdot c \cdot y(t) = H_c \cdot c \cdot V^t \cdot X(t) \quad (2.21)$$

c : 消費率

H_c : 消費パターンベクトル

生産、投資と消費に関する需給バランスは次の式(2.22)のようである。

$$X(t) \geq AX(t) + H_c \cdot c \cdot V^t \cdot X(t) + K[X(t+1) - X(t)] \quad (2.22)$$

A : 投入係数行列 K : 資本係数行列

式(2.22)を整理すると、次の式(2.23)が得られた。

$$(I - A - H_c \cdot c \cdot V^t + K)X(t) - KX(t+1) \geq 0 \quad (2.23)$$

最適化問題では、式(2.23)の条件を満たし、最終期の資本蓄積量 $\sum P^t \cdot KX(T)$ などを最大にする $X(t)$ (最適成長経路)を求める。ここで P は評価価格ベクトル。

計算の便宜上、ここでは、 $D = I - A - H_c \cdot c \cdot V^t$ とし、以上の内容を書き直して、まとめると、以下のような最適化問題となる。

資本蓄積最大化ターンパイクモデル

$$\text{制約条件 } (D + K)X(t) - KX(t+1) \geq 0 \quad (t = 0, 1, \dots, T-1) \quad (2.24)$$

$$X(t) \geq 0 \quad (t = 0, 1, \dots, T) \quad (2.25)$$

$$\text{目的関数 } \text{MAX} : P^t \cdot KX(T) \quad (2.26)$$

式(2.24)から次の式(2.27)が得られる。

$$X(t+1) \leq (K^{-1}D + I)X(t) \quad (2.27)$$

ターンパイク経路において生産の無駄がないので、式(2.27)の \leq が $=$ となり、式(2.28)のようになる。

$$X(t+1) = (K^{-1}D + I)X(t) \quad (2.28)$$

式(2.28)のような問題の一般的な解は、次の式(2.29)で表せる

$$X(t) = \sum_i a_i \cdot u_i^t \cdot H_i \quad (2.29)$$

ここで u_i, H_i はそれぞれ、 $(K^{-1}D + I)$ の固有値とそれに対応する固有ベクトルであり、 a_i は初期条件によって決まるスカラー量。 $(K^{-1}D + I)$ はこのモデルの特徴行列である。

ただし、一般的に資本係数行列 K にすべての要素が 0 であるような行があることが多いので、逆行列 K^{-1} を直接的に求めることができない。 $D^{-1}K$ から間接的に $(K^{-1}D+I)$ の固有値と固有ベクトルを算出する必要がある。 $D^{-1}K$ の固有値を v_i 、対応する固有ベクトルを H_i とすると、 $(K^{-1}D+I)$ の固有値 $u_i = 1 + 1/v_i$ となり、対応する固有ベクトルは H_i である。(付録 2 参照)

$D^{-1}K$ のフロベニウス根を v_* ($v_* > 0$) とすると、 v_* の絶対値は $D^{-1}K$ の固有値の中で最大であり、それに対応する固有ベクトル H_* は $D^{-1}K$ の固有ベクトルの中で唯一すべての成分が正である。 v_* に対応する $(K^{-1}D+I)$ の正の固有値を u_* ($u_* > 1$) とすると、対応する H_* も $(K^{-1}D+I)$ の固有ベクトルの中で唯一すべての成分が正である。ターンパイク経路は次の式 (2.30) で求められる。ここでは、便利上 H_* を特徴行列 $(K^{-1}D+I)$ の最大固有ベクトルと呼ぶ。

$$X^*(t) = a \cdot u_*^t \cdot H_* \tag{2.30}$$

最適成長経路においては、初期状態の出発点から出発して、時間とともに、成長経路はこのターンパイク経路に近づき、中期では、ターンパイク経路に沿って進み、終期で終点に向かう。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以下の図 2.1 のようである。

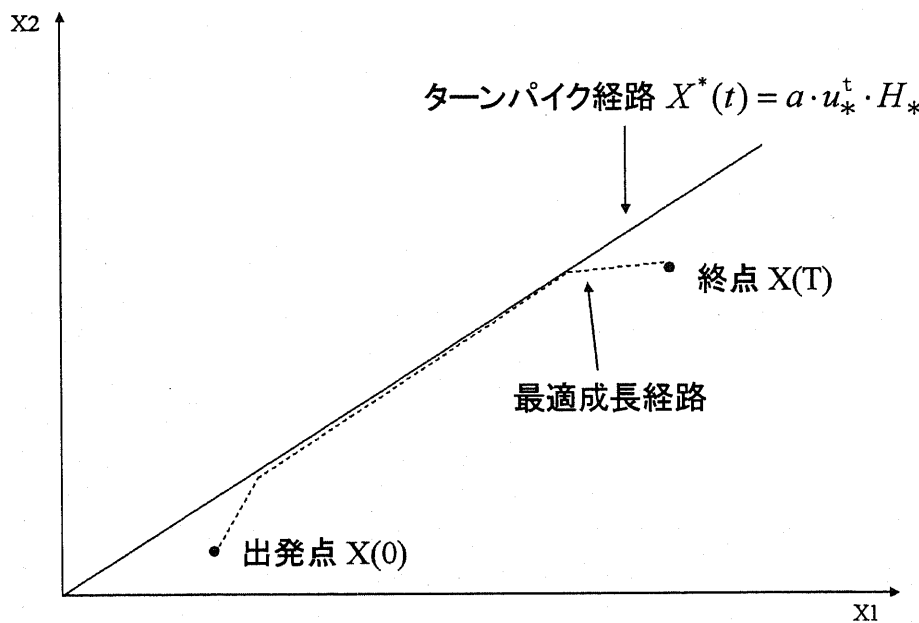


図 2.2 2 部門の場合のターンパイク経路と最適成長経路

本章で紹介した諸経済成長理論に対して、成長率だけを追及する経済成長は資源の枯渇

や生態系の破壊、そして貧富格差の拡大を招いているなどの批判がある。

実体経済の分析へのターンパイク理論の応用は 1960 年代～1980 年代中心になされた。筑井甚吉のターンパイク理論による日本経済の成長経路の分析^[22]がその先駆けで、その後、経済企画庁研究所を中心にターンパイクモデルを用いた日本の有効成長経路に対する研究^[19, 23, 24]が体系的に進められ、日本の高度成長期の経済とターンパイク経路の相似性が確認された。これらの成果が、経済審議会計量委員会が開発した日本経済の長期多部門計量モデル^[21, 25]、経済企画庁総合計画局の産業・就業構造展望研究会による 2010 年の産業構造に対する予測分析などに受け継がれ、実用化が進み、主要な計画モデルとして活用されている。この中で、インドのターンパイク経路の試算も行われた^[23]。ターンパイク理論を用いた実証研究として、ほかに、久保庭真彰らによるソ連、ハンガリーのターンパイク経路に関する分析が見られる。これら研究におけるモデルはほとんど一国モデルで、全国レベルでの産業構造の変化が検討対象であり、多地域モデルによる分析が見当たらない。

中国において、ターンパイク理論に関する研究は 1980 年代以降行われるようになったが、主に数理的にターンパイク経路を検討する研究と解説論文^[26, 27, 28]が大半で、ターンパイクモデルを用いた中国経済に対する実証分析が少ない。その中で、周愛民は 1984 年～1996 年の中国のマクロ経済データを用いて、マクロ的に見た中国経済総規模の成長経路を検証し、ターンパイク性が見られなかったと結論づけた^[29]。多部門モデルの研究として、黒竜江省 1987 年産業連関表をベースとする 18 部門モデルを用いた黒竜江省のターンパイク経路の試算^[30]など、一部の地方に限定する研究はごくわずか存在する。

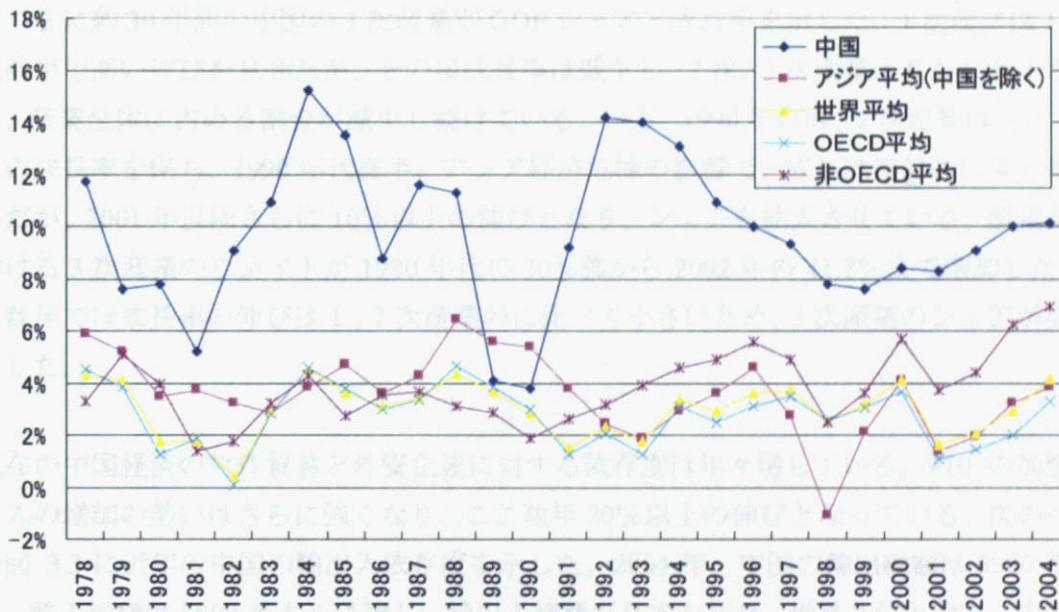
本研究は、ターンパイク理論を応用して、中国の動学的多地域多部門計画モデルを開発し、中国の 3E (Economy・Energy・Environment) 問題を分析する最初の試みである^[31]。

伸びを達成してきた。1997年の中国経済を以て、中国経済の成長の勢いは速い回復をみせ、速く GDP 成長率に成長し、伸び率は年々高くなり、成熟の傾向さえ見られる。

第3章 中国の経済発展とエネルギー需給、CO₂ 排出

中国経済は急速に成長し続けている。同時に、エネルギー消費が急増し、化石エネルギー燃焼による CO₂ 排出量が大幅に上昇した。本章では 1990 年代以降の中国の経済、エネルギー、CO₂ 排出問題の状況を整理し、その変化を分析し、問題点を洗い出す。

3.1 中国のマクロ経済、社会状況

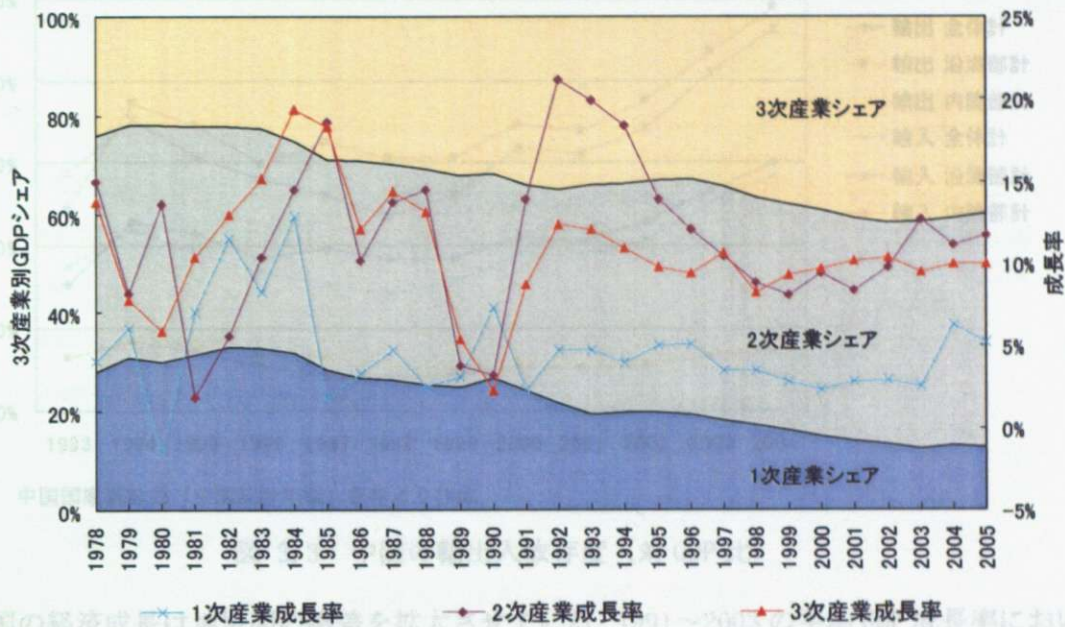


World Bank 「World Development Indicators」^[32]より作成

図 3.1 中国の実質 GDP 成長率の推移

中国経済は長年にわたって、高度成長をを続けている。1980 年代以来の中国の実質 GDP 成長率は 9% 近くもあり、世界平均、先進国平均、途上国平均成長率のいずれよりも高い

伸びを達成してきた。1997年のアジア経済危機以降、中国経済の成長の勢いは速い回復をみせ、実質GDPは堅調に成長し、伸び率は年々高くなり、過熱の傾向さえ見られる。

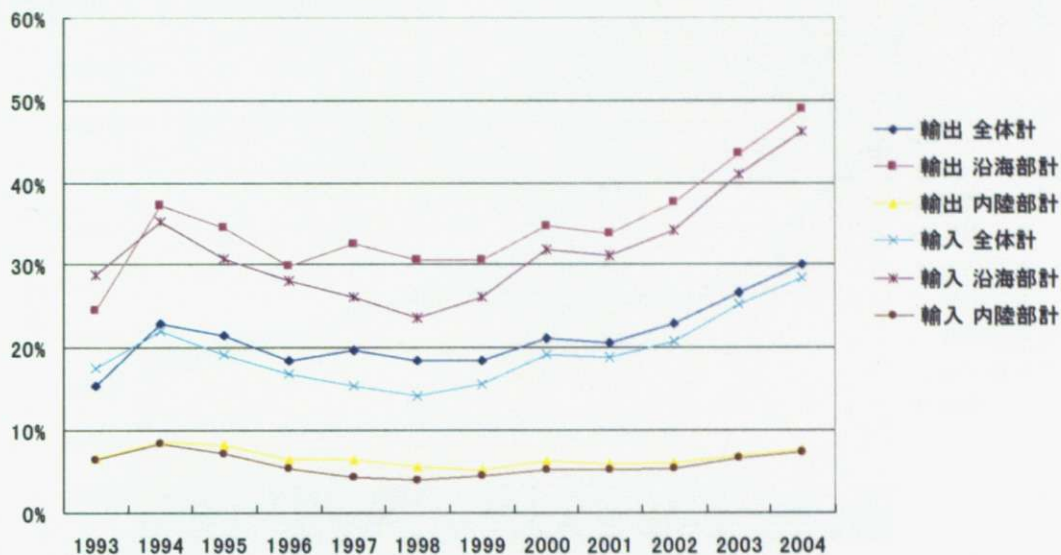


中国国家统计局「中国統計年鑑 2006」より作成

図 3.2 中国の3次産業別GDPシェアと成長率の推移

図 3.2 に約 30 年間の中国の 3 次産業別 GDP シェアと成長率を示した。1 次産業は 1980 年代前半で高い伸びを見せたが、その後成長率は低下し、2 次、3 次産業よりかなり小さくなり、産業全体に占める割合が減少し続けている。一方、1990 年以降、2 次産業は常に 8% 以上の成長率を保ち、1990 年代後半、アジア経済危機の影響で、成長は相対的に少し落ち込んだが、2001 年以降さらに 10% 以上の伸びとなり、シェアを拡大させている。産業全体における 3 次産業のウェイトが 1980 年代の 20% 強から 2002 年の 41.7% まで増加したが、ここ数年では成長率の伸びは 1、2 次産業のに比べて小さいため、3 次産業のシェアが少し低下した。

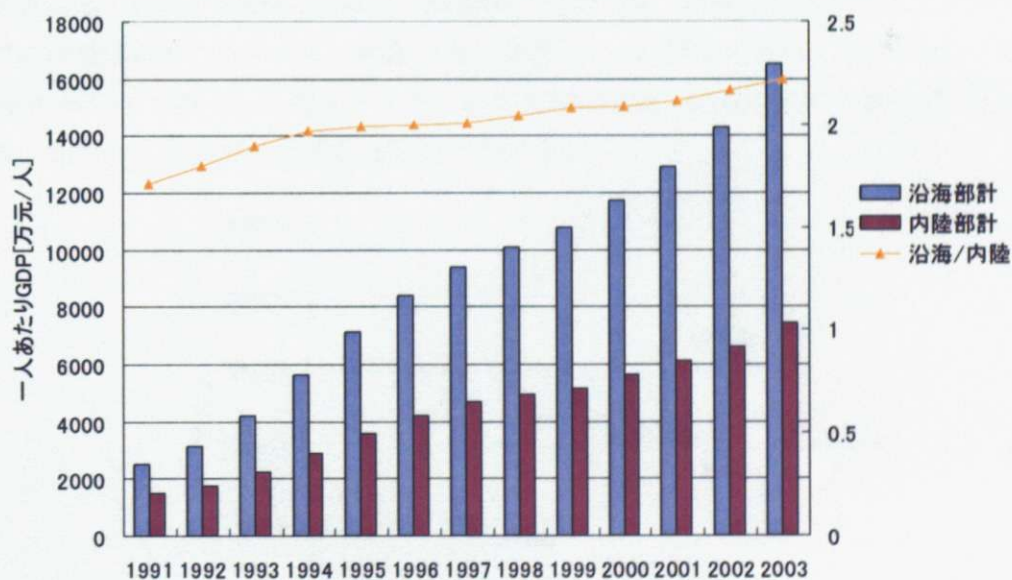
現在の中国経済の対外貿易と外資企業に対する依存度は年々増している。WTO の加盟で輸出入の増加の勢いはさらに強くなり、ここ数年 20% 以上の伸びとなっている。次のページの図 3.3 に近年の中国の輸出入依存度を示した。2004 年、中国の輸出総額は 5900 億米ドル、輸入総額は 5600 米ドルに達し、輸出入総額が日本を抜き、世界 3 位となり、中国の輸出依存度と輸入依存度はともに 30% 近くまで上昇した。特に沿海部では輸入依存度は 45% を超え、輸出依存度は 50% 弱に達した。同じ時期のアメリカ、日本の輸出依存度はそれぞれ 7%、12% であることを比べてみれば、中国経済は過度に対外貿易に依存していると言えるだろう。また、中国の輸出入における外資企業の影響が非常に大きく、2004 年の輸出入の約 6 割は外資企業によるものである。



中国国家统计局「中国統計年鑑」各年より作成

図 3.3 中国の輸出入依存度 (対 GDP 比)

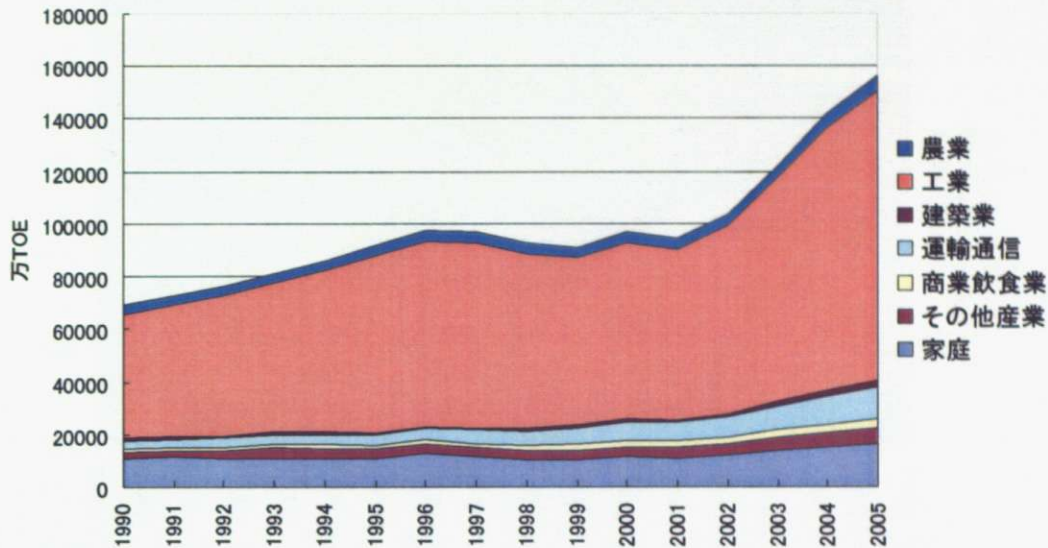
中国の経済成長は地域間の格差を拡大させている。1991～2003 の平均 GDP 成長率においては、沿海部は内陸部より 3% も高い。図 3.4 に中国の沿海部と内陸部の一人あたり GDP の推移を示した。1991 年における沿海部の一人あたり GDP は内陸部の 1.7 倍であった。その後、格差は年々拡大し、2003 年の沿海部の一人あたり GDP は内陸部の約 2.2 倍になった。格差の拡大は中国社会の安定を損ない、経済発展のバランスに悪影響を与えている。持続可能な発展を実現するためには、格差を縮小させることは必要不可欠である。



中国国家统计局「中国統計年鑑」各年より作成

図 3.4 中国の沿海部と内陸部の一人あたり GDP

3.2 中国のエネルギー供給と消費



中国国家统计局「中国統計年鑑」各年より作成

図 3.5 中国のエネルギー消費 (部門別)

経済成長に伴って、中国のエネルギー消費は大きく増加してきた。2005 年中国の年間一次エネルギー消費量は 15.6 億 TOE (トン石油換算) で、中国はアメリカに次ぐ世界第 2 位のエネルギー消費国である。図 3.5 に中国の部門別のエネルギー消費量を示した。この図からわかるように、中国のエネルギーの大半は工業部門によって直接的に消費されている。工業部門の中で、上位 5 部門 (図 3.6) のエネルギー消費量は中国全体の年間消費量の約 40% を占めている。2001 年以降特に鉄鋼業、化学工業、建材産業などのエネルギー多消費部門の成長が速く、エネルギー消費の増加が著しい。粗鋼生産量は 2000 年の 1.3 億トンから 2006 年の 4.2 億トンに急上昇した。また産業の発展、自家用車の普及などによって、運輸通信部門のエネルギー消費の増加もかなり速い。

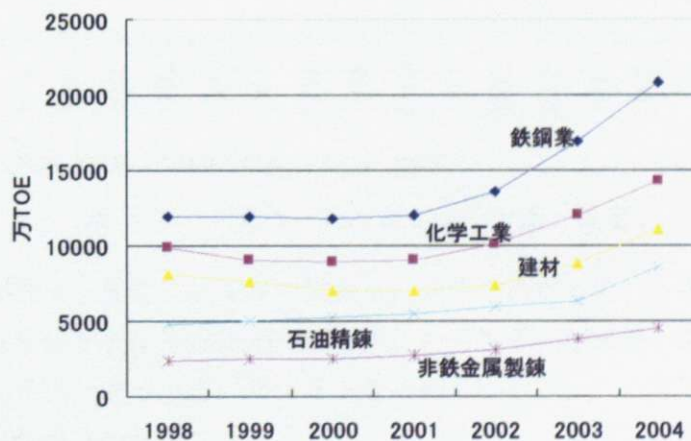
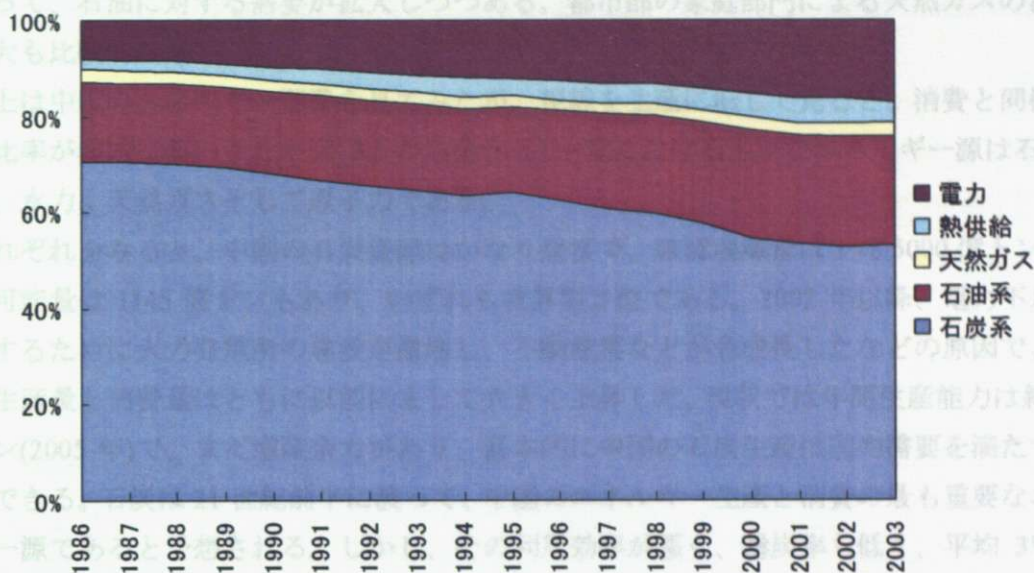
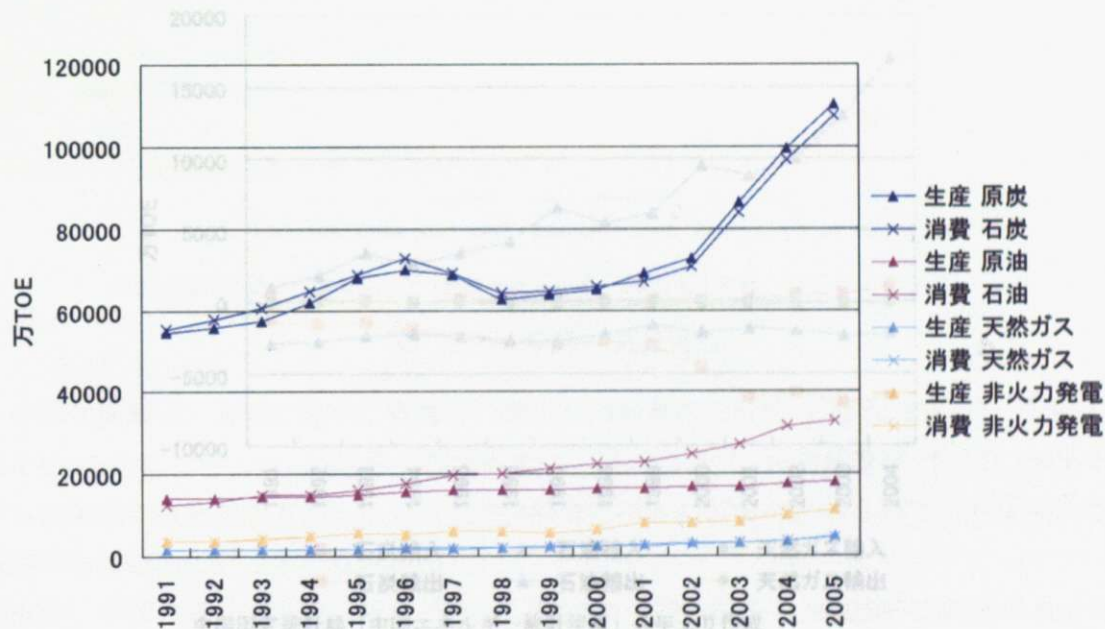


図 3.6 主要工業部門のエネルギー消費量



中国国家统计局「中国エネルギー統計年鑑」^[33]各年より作成

図 3.7 中国の最終エネルギー消費の内訳（エネルギー種別）



中国国家统计局「中国統計年鑑 2006」より作成

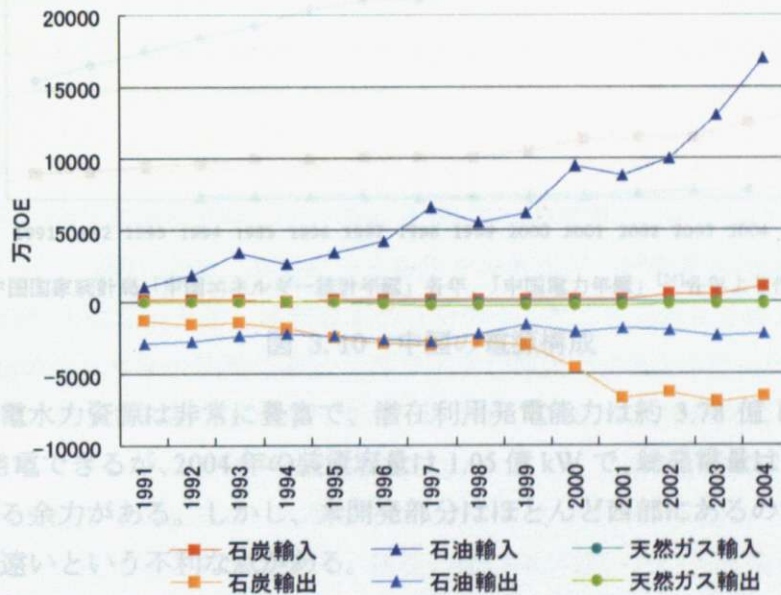
図 3.8 中国の一次エネルギー生産と消費

中国では石炭が最も主要なエネルギーである。長年にわたって、一次エネルギーの生産と消費における石炭の割合は70%前後であった。エネルギー転換後の最終エネルギー消費において、石炭はやはり最も大きいウェイトを占めているが、火力発電と集中暖房（熱供給）などに石炭が転換された形で消費することが多くなり、直接石炭を燃やす形態での消費量のシェアが小さくなっている。これに対して、最終エネルギー消費における電力、熱供給が上昇した。また、化学工業の成長、道路交通輸送へのシフト、マイカーの普及など

によって、石油に対する需要が拡大しつつある。都市部の家庭部門による天然ガスの消費の拡大も比較的速い。

以上は中国のエネルギー消費を見てみたが、視線を生産に転じて見ると、消費と同様に石炭比率が非常に高いことが図 3.8 から分かる。中国における主要なエネルギー源は石炭、石油、水力、天然ガスそして原子力である。

それぞれをみると、中国の石炭資源はかなり豊富で、確認埋蔵量は1兆5000億トンで、採掘可能量は1145億トンもあり、いずれも世界第3位である。2002年以降、電力不足を解消するために火力発電所の建設が激増し、不動産業などが急成長したなどの原因で、石炭の生産量と消費量はともに以前にまして大きく上昇した。現状では年間生産能力は約22億トン(2005年)で、まだ増産余力があり、基本的に中国の石炭生産は国内需要を満たすことができる。石炭は21世紀前半に渡って、中国のエネルギー生産と消費の最も重要なエネルギー源であると予想される。しかし、その利用効率が悪く、選炭率も低く、平均3%の硫黄分が含まれているが、多くの火力発電所では脱硫装置が設置されておらず、大量の硫黄酸化物などを排出し、大気汚染の原因となっている。



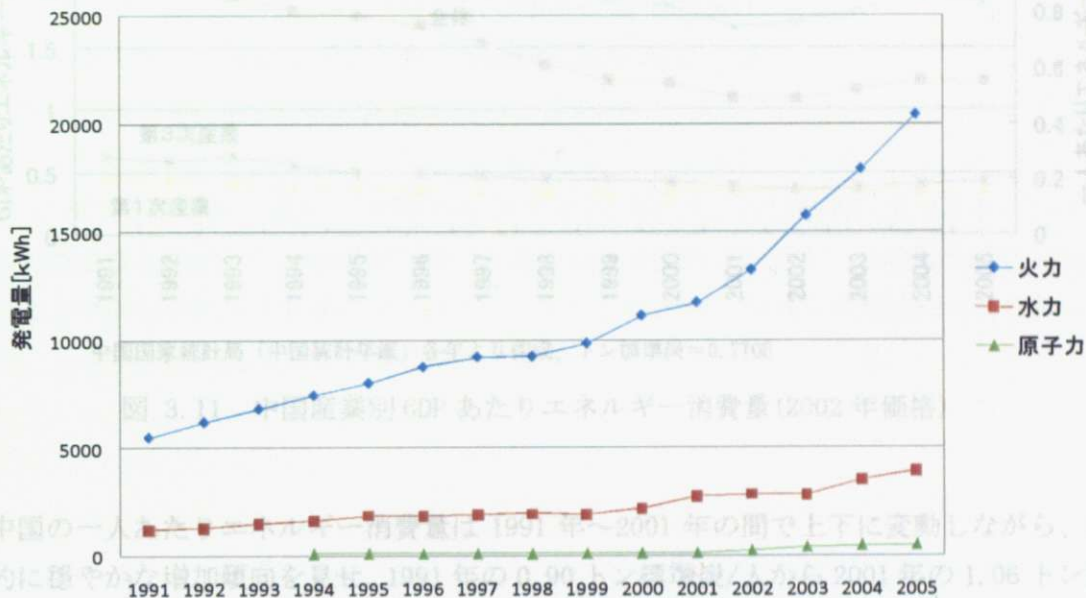
中国国家统计局「中国エネルギー統計年鑑」各年より作成

図 3.9 中国の化石エネルギーの輸出入

中国の石油は1993年まで基本的に自給自足でき、輸出する余力も少しあったが、1980年代以降、大規模油田の新規発見は少なく、期待したほど石油資源の開発が進まなかったことに加えて、生産能力が伸び悩み、中国の経済成長が石油の需要を増大させたこともあって、石油輸入国に転落し、原油と石油製品の輸入は急速に増加した。中国の石油埋蔵量は約930億トンあるが、残りの採掘可能量は約33億トンしかない。2005年の原油生産量は約1.8億トンであった。現在では、中国の石油輸入依存度は4割以上にも達した。今後、

中国の石油の輸入の増加が続き、対外依存度がますます大きくなり、自給や安全保障などの面からみて、いい方向とは言い難い。

中国の天然ガスの確認埋蔵量は1兆6000億 m^3 で、採掘可能量は9500億 m^3 で、2005年の生産量が493億 m^3 である。全体に占める割合はまだ少ないが、天然ガスの生産と消費の拡大も著しい。中国における天然ガスの利用の歴史はまだ浅く、探鉱はまだ不十分で、今後確認埋蔵量はさらに伸びる可能性が高い。パイプラインの建設、海外からLNGを受け入れるためのインフラ整備も進められている。



中国国家统计局「中国エネルギー統計年鑑」各年、「中国電力年鑑」^[34]各年より作成

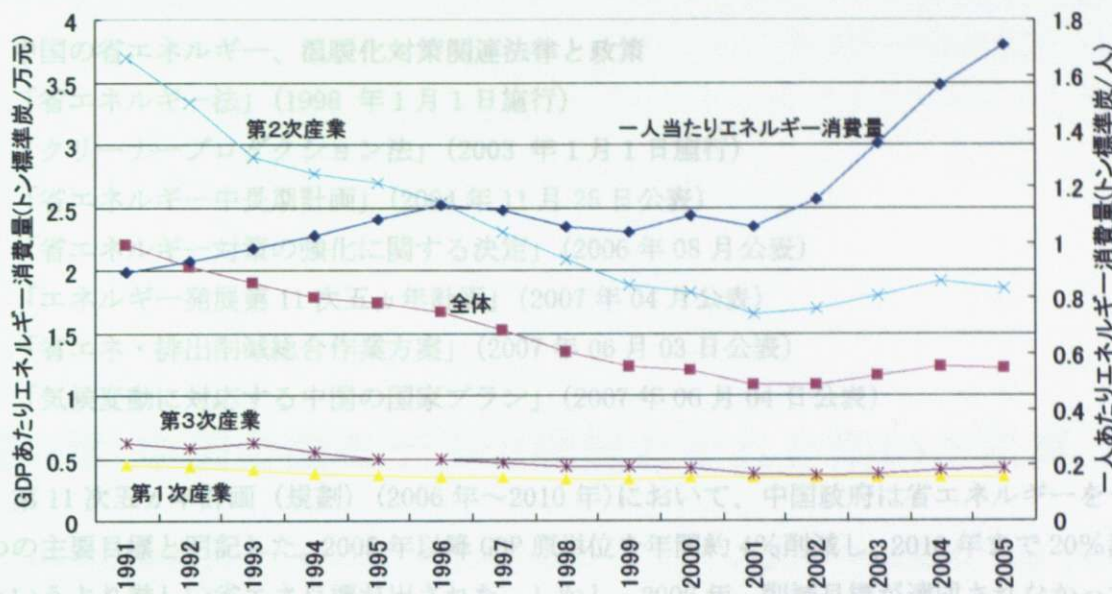
図 3.10 中国の電源構成

中国の発電水力資源は非常に豊富で、潜在利用発電能力は約3.78億kWで、年間1.97兆kWhを発電できるが、2004年の装置容量は1.05億kWで、総発電量は3500億kWhで、さらに伸びる余力がある。しかし、未開発部分はほとんど西部にあるので、主な消費地の東部からは遠いという不利な点がある。消費の伸び率が低いという成長パターンが維持でき

近年、中国の原子力発電の成長が速い。2004年中国の原子力発電所の総装置容量は680万kWで、総発電量は505億kWhである。中国ウラン資源が比較的豊富、伸びる可能性が高い。沿海部の工業地帯の周辺に原子力発電所の建設が盛んで、現在相当数の原子力発電所が建設中また計画にある。中国政府は2010年までに2000万kWまで増加させると計画している。京都の次期枠組みにおいて、中国、インドをはじめとする主要途上国にも河

これらの商品化されているエネルギー以外に、中国の農村部では農作物の残渣（わらなど）、薪などのバイオマスは炊事、暖房用の燃料としては大量に消費されている（2005年石炭換算2.5億トン以上）。現在では、農作物の残渣の野外燃やしが禁止され、中国政府はバイオガス、エタノール、バイオディーゼル、バイオマス発電などの形で、バイオマス資源を利用する方針を示している。中国政府は一連の省エネルギー関連法案、政策を打ち

3.3 中国の省エネルギー事情と政策



中国国家统计局「中国統計年鑑」各年より作成、トン標準炭=0.7TOE

図 3.11 中国産業別 GDP あたりエネルギー消費量(2002 年価格)

中国の一人あたりエネルギー消費量は 1991 年～2001 年の間で上下に変動しながら、比較的穏やかな増加傾向を見せ、1991 年の 0.90 トン標準炭/人から 2001 年の 1.06 トン標準炭/人になった。2001 以降、中国の一人あたりエネルギー消費量が急増し、2005 年では 1.7 トン標準炭/人になったが、まだ日本の 3 分の 1、アメリカの 6 分の 1 以下である。

第 2 次産業のエネルギー利用効率の上昇が主要な原因で、1990 年代にかけて、中国の GDP あたりのエネルギー消費量が減少してきた。しかし、2001 年以降鉄鋼業、化学工業、建材産業などのエネルギー多消費部門の急速成長などによって、第 2 次産業の生産 (GDP) あたりエネルギー消費が増加に転じ、全体の GDP あたりエネルギー消費量も上昇してしまった。

今までの経済の成長率よりエネルギー消費の伸び率が低いという成長パターンが維持できなくなった。また、一次エネルギーの生産と供給における石炭の比率増加し、石炭の単位エネルギーの CO₂ 排出量が比較的に大きいので、GDP あたり CO₂ 排出量はエネルギー消費以上に増加した。IEA の予測では中国の CO₂ 排出量は 2007 年でアメリカを超え、世界一になる。地球温暖化問題への世界的な関心が高まる中、中国への圧力がますます強くなっている。ポスト京都の次期枠組みにおいて、中国、インドをはじめとする主要途上国にも何らかの削減対策が求められることが必至である。

エネルギー需給を改善し、CO₂ 排出量増加を抑制するために、省エネルギーの進展が必要である。ここ数年、中国政府は省エネルギー対策の強化に大きく動き出した。1998 年の「省エネルギー法」の施行を皮切りに、中国政府は一連の省エネルギー関連法案、政策を打ち

出した。以下に、主な省エネルギー対策関連法案、政策をまとめた。

中国の省エネルギー、温暖化対策関連法律と政策

「省エネルギー法」(1998年1月1日施行)

「クリーナープロダクション法」(2003年1月1日施行)

「省エネルギー中長期計画」(2004年11月25日公表)

「省エネルギー対策の強化に関する決定」(2006年08月公表)

「エネルギー発展第11次五ヵ年計画」(2007年04月公表)

「省エネ・排出削減総作業方案」(2007年06月03日公表)

「気候変動に対応する中国の国家プラン」(2007年06月04日公表)

第11次五ヵ年計画(規畫)(2006年～2010年)において、中国政府は省エネルギーを一つの主要目標と明記した。2005年以降GDP原単位を年間約4%削減し、2010年まで20%減というより厳しい省エネ目標が出された。しかし、2006年、削減目標が達成されなかったため、五ヵ年計画の残り4年間でより強力な省エネの対策が必要になる。

第4章 中国全国モデルの開発とそれを用いた試算

本研究の動学的モデルにおいて、産業連関表によって、産業間の相互関連、生産と需要のバランスが表されている。また、モデルの特徴のひとつは、投資による資本ストックの増加、そして生産能力の増大という経済成長のメカニズムの導入である。そのために、固定資本係数行列が必要である。しかし、中国については、そのまま使えるデータがないので、独自に推算する必要がある。本章では、産業連関、固定資本係数行列などの諸係数の推算方法を中心に全国モデルの開発手法を説明し、そして、全国モデルを用いて中国のターンパイク経路の存在を検証し、全国レベルでの産業構造調整による中国のCO₂排出削減ポテンシャルを検討する。

4.1 中国動学的多部門モデル（全国モデル）の開発

4.1.1 中国の産業連関表と産業構造の変化

中国語では、産業連関表のことは投入産出表と呼ばれている。中国の産業連関表の作成の歴史^[35]は浅く、データの整備はまだ不十分である^[36]。中国で産業連関表の本格的作成の動きは1970年代から始まり、1974年に国家統計局、国家計画委員会(現国家発展と改革委員会)、中国科学院、中国人民大学などの合同作業で、旧ソ連の経験を参考に1973年の全国の実物型産業連関表(61品目)が作成された。その後、この1973年表をもとに、1979年全国物量型・価値型産業連関表が延長作成された。

最初に公表された中国産業連関表は1981年投入産出表であった。この1981年表にはまだ過去のソ連の影響が残り、SNA体系(国民経済計算体系)ではなく、MPS体系(物的生産量計算体系)の表となり、146品目の実物を対象とする26個の実物生産部門から構成されている。その後、1983年延長表(21個実物部門)が推計された。

中国で、初めてSNA体系に準じた産業連関表は「1987年投入産出表」である。それ以降、中国統計局によって1992年、1997年、2002年、5年ごとの競争輸入型産業連関表(基本)

が作成され、また 1990 年、1995 年、2000 年の延長表も推計された^[37]。

中国政府が公表したこれらの「投入産出表」以外には、日本のアジア経済研究所と中国国家信息中心との共同プロジェクトで 1985 年、1990 年日本・中国国際産業連関表^[38, 39] (非競争輸入型)が作成された。また、全国産業連関表以外に、1997 年中国多地域間産業連関表が両機関の協力で推定された。

表 4.1 2007 年まで公表された中国の産業連関表(SNA 体系)

年度	書名	出版	表の種類	輸入の扱い	部門数
1985	日本・中国国際産業連関表	アジア経済研究所	価額表	非競争 輸出入両方	89×89
1987	中国投入産出表	中国統計局	価額表	競争 純輸出のみ	117×117
1990	中国投入産出表	中国統計局	価額表	競争 純輸出のみ	33×33
1990	日本・中国国際産業連関表	アジア経済研究所	価額表	非競争 輸出入両方	89×89
1992	中国投入産出表	中国統計局	価額表 物量表	競争 純輸出のみ	119×119
1995	中国投入産出表	中国統計局	価額表	競争 純輸出のみ	33×33
1997	中国投入産出表	中国統計局	価額表	競争 輸出入両方	124×124
1997	中国多地域間産業連関表	中国統計局	価額表	非競争移入 競争輸入 輸出入両方	30×30
2000	中国投入産出表	中国統計局	価額表	競争 輸出入両方	17×17
2002	中国投入産出表	中国統計局	価額表	競争 輸出入両方	122×122

本研究では、中国の多地域多部門モデルを開発するため、1997 年中国多地域間産業連関表^[40]を利用した。この表では中国を 8 地域に分け、30×30 部門の地域ごとの取引基本表を提供した。(第 5 章参照)ここでは、8 つの地域表を足し合わせ、30×30 部門の全国レベルの取引基本表を推計した。また、計算の便利上で、部門分類を 21×21 部門に統合した。部門の分類は以下の表 4.2 とおりである。

表 4.2 本研究で使用した中国産業連関表の部門分類

	本研究での部門分類		1997年中国地域間産業連関表部門分類
1	農業	1	農業
2	石炭採掘	2	石炭採掘
3	原油・天然ガス	3	原油・天然ガス
4	他鉱業	4	金属鉱採掘業
		5	非金属鉱採掘
5	食品とタバコ	6	食品とタバコ
6	繊維・縫製品	7	繊維工業
		8	縫製品・皮革製品業
7	木材加工・製紙	9	木材加工・家具製造
		10	製紙・文教用品製造
8	石油加工・石炭製品	11	石油加工・石炭製品
9	化学工業	12	化学工業
10	非金属鉱物製品	13	非金属鉱物製品
11	金属精錬・製品	14	金属精錬・圧延加工
		15	金属製品
12	機械工業	16	機械工業
13	輸送用機械	17	輸送用機械
14	電気機械器具製造	18	電気機械器具製造
15	電子・通信設備製造	19	電子・通信設備製造
		20	計量・計測器
16	その他工業	21	機械修理業
		22	その他の製造業
		23	廃棄物
17	電力・ガス・水道	24	電力・蒸気・熱湯供給
		25	石炭ガス生産と供給
		26	上水
18	建設業	27	建設業
19	輸送と倉庫	28	輸送と倉庫
20	商業	29	商業
21	サービス業	30	サービス業

表 4.3 本研究で使用した中国全体の産業連関表 (基本取引表)

	21																					総産出
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
農業	3891	41	0	24	4763	1263	225	1	425	17	12	5	1	3	45	1	22	16	102	567	11244	
1 農産物	59	81	13	26	64	90	101	151	303	499	216	48	17	9	6	24	821	10	23	5	2661	
2 畜産物	1	1	16	8	2	1	1	1922	213	34	12	3	2	0	1	20	0	5	1	99	2661	
3 漁業	25	58	1	370	13	9	259	5	245	633	806	174	13	83	8	38	16	733	7	4	80	
4 林業	1592	5	0	2	2772	111	65	3	251	6	2	5	1	2	4	1	0	59	245	735	5824	
5 食品と飲料	49	29	11	40	28	6405	172	11	353	69	61	57	25	22	14	140	16	29	32	96	312	
6 繊維・縫製	87	22	7	31	327	123	1612	7	250	243	137	100	50	149	122	119	18	557	50	186	7971	
7 木材加工・製紙	285	29	42	72	36	65	39	227	345	234	295	80	32	29	14	29	149	304	551	98	356	
8 石油加工・石炭製品	1825	58	49	169	414	1431	686	79	5256	460	337	237	280	453	381	245	54	304	131	92	1071	
9 化学工業	130	81	23	87	121	45	104	38	227	1405	460	133	66	114	175	95	127	4282	29	99	8191	
10 非金属鉱物製品	119	122	51	110	145	79	210	16	282	366	4639	1803	764	1362	395	278	42	2873	58	43	3477	
11 金属採掘・製品	112	103	66	126	49	80	85	42	183	165	305	1712	470	262	64	93	93	339	41	65	229	
12 機械工業	19	13	13	37	26	16	16	5	47	93	54	82	1496	11	11	96	21	41	265	205	170	
13 輸送用機械	13	25	25	24	17	28	29	10	63	69	74	311	135	730	139	32	59	595	21	162	234	
14 電気・通信機器製造	4	12	17	16	19	25	47	13	69	50	53	133	71	157	2413	34	58	99	37	169	622	
15 電子・通信設備製造	204	93	33	16	48	96	110	190	23	165	144	349	86	39	123	56	375	52	80	148	475	
16 その他工業	38	4	2	6	10	9	12	3	33	19	18	13	12	35	17	11	20	14	53	132	596	
17 電力・ガス・水道	328	63	32	179	242	330	192	132	410	400	427	201	95	112	126	102	155	526	334	557	679	
18 建設業	853	263	29	148	618	1080	464	128	862	532	777	386	270	321	294	165	321	833	184	412	761	
19 輸送と倉庫	501	91	59	174	588	537	308	97	749	431	593	422	227	332	305	172	253	609	451	2844	3905	
20 娯楽	10003	1228	529	1823	10602	12114	4947	2870	11325	6346	10177	6138	4198	4374	4616	2188	2634	12389	2953	3946	13493	
21 サービス業	585	208	327	194	518	650	237	102	647	434	486	318	155	177	192	118	588	287	690	618	2741	
資本償却	12979	781	229	641	1060	2112	1027	145	1532	1325	1339	1193	574	540	614	497	532	3458	1307	2807	6848	
税金	433	46	114	204	1307	747	285	288	936	472	572	420	262	233	215	118	315	407	243	1251	1377	
初期	678	-35	433	106	605	-256	164	133	711	231	184	158	174	236	89	680	363	844	224	527	1924	
銀行加価値	14674	999	1103	1146	3491	3252	1713	729	3887	2461	2381	2089	1186	1110	1414	1414	1787	4897	2463	5203	12880	
総投入	24677	2227	1631	2970	13793	15367	6660	3098	15212	8807	12758	8227	5314	5560	5727	3551	4431	17396	5066	11049	26323	
中間投入合計	17671	17921	8726	25025	3373	72715	16513	-12840	-6337	198844												
総産出	24677	2227	1631	2970	13793	15367	6660	3098	15212	8807	12758	8227	5314	5560	5727	3551	4431	17396	5066	11049	26323	

4.1.2 固定資本係数行列の推計

(a) 固定資本の理論と実際

(a-1) 固定資本の一般理論^[41, 42]

ある産業部門 j の固定資本は n 種類の財から構成されているとすると、 t 年における部門 j の全固定資本サービス量 $Q_j(t)$ は式(4.1)のように表される。

$$Q_j(t) = f_j(Q_{1j}(t), Q_{2j}(t), \dots, Q_{ij}(t), \dots, Q_{nj}(t)) \quad (4.1)$$

この中の任意の財 i の全固定資本サービス量を $Q_{ij}(t)$ とすると、その中には使用年数(設備年齢)の異なるものが含まれている。 t 年で設備年齢 τ の固定資本サービスを $Q_{ij}(t, \tau)$ とすると、式(4.2)のような一般式で $Q_{ij}(t)$ を表すことができる。

$$Q_{ij}(t) = f_{ij}(Q_{ij}(t, 0), Q_{ij}(t, 1), \dots, Q_{ij}(t, \tau), \dots) \quad (4.2)$$

ここでは $Q_{ij}(t)$ が固定資本サービスを表しているので、これは設備年齢に関係しないものと見なし、各年齢の設備による固定資本サービスの単なる和とすればよい。よって式(4.2)の関数を次の式(4.3)のようにすることができる。

$$Q_{ij}(t) = \sum_{\tau=0}^{\infty} Q_{ij}(t, \tau) \quad (4.3)$$

さらに、 $Q_{ij}(t, \tau)$ を次の式(4.4)で定義する。

$$Q_{ij}(t, \tau) = \eta_{ij}(t, \tau) \cdot d_{ij}(\tau) \cdot I_{ij}(t - \tau) \quad (4.4)$$

$\eta_{ij}(t, \tau)$: t 年における年齢 τ の設備の稼働率; $d_{ij}(\tau)$: 年齢 τ の設備の残存率

$I_{ij}(t - \tau)$: τ 年前での実質投資量

ここでいう実質投資量 $I_{ij}(t)$ は生産能力に応じて定義されるもので、投資金額そのものではない。建設周期などを捨象すると、 $I_{ij}(t)$ と投資された年の実際投資額 $I'_{ij}(t)$ の関係は式(4.5)のようである。

$$I'_{ij}(t) = p_i(t) \cdot I_{ij}(t) \quad (4.5)$$

$p_i(t)$: t 年で財 i の価格

設備の残存率 $d_{ij}(\tau)$ については、次の式(4.6)のような関係が成り立つ。

$$d_{ij}(0) = 1, \quad d_{ij}(\tau) \leq d_{ij}(\tau-1), \quad \lim_{\tau \rightarrow \infty} d_{ij}(\tau) = 0 \quad (4.6)$$

年齢 τ の設備の償却率 $\lambda_{ij}(\tau)$ を次の式(4.7)のように定義する。

$$\lambda_{ij}(\tau) = d_{ij}(\tau-1) - d_{ij}(\tau) \quad (4.7)$$

初期で投資された固定資本のサービス量をずっと保つために、毎年追加投資しなければならない、初期投資に対するこのような追加投資の相対比率を補填率という、 τ 年目の補填率は $\delta_{ij}(\tau)$ で表す。 $\delta_{ij}(\tau)$ については式組(4.8)のような関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} \delta_{ij}(0) &= 1 \\ \delta_{ij}(1) &= \lambda_{ij}(1) \cdot \delta_{ij}(0) \\ \delta_{ij}(2) &= \lambda_{ij}(2) \cdot \delta_{ij}(0) + \lambda_{ij}(1) \cdot \delta_{ij}(1) \\ &\vdots \\ \delta_{ij}(\tau) &= \lambda_{ij}(\tau) \cdot \delta_{ij}(0) + \lambda_{ij}(\tau-1) \cdot \delta_{ij}(1) + \cdots + \lambda_{ij}(1) \cdot \delta_{ij}(\tau-1) \end{aligned} \quad (4.8)$$

よって

$$\delta_{ij}(\tau) = \sum_{l=0}^{\tau-1} \lambda_{ij}(\tau-l) \cdot \delta_{ij}(l) \quad (4.9)$$

式(4.4)の設備稼働率を1とすると、

$$Q_{ij}(t) = \sum_{\tau=0}^{\infty} d_{ij}(\tau) \cdot I_{ij}(t-\tau) \quad (4.10)$$

となる。この場合、投資と固定資本のサービス量(以下では固定資本とする)の関係は次の式(4.11)で表すことができる。

$$Q_{ij}(t) - Q_{ij}(t-1) = I_{ij}(t) - \sum_{\tau=1}^{\infty} \lambda_{ij}(\tau) \cdot I_{ij}(t-\tau) \quad (4.11)$$

ここで、 $\sum_{\tau=1}^{\infty} \lambda_{ij}(\tau) \cdot I_{ij}(t-\tau)$ は当年で償却された全体分で、 R_t とすると

$$\begin{aligned} R_t &= \delta_{ij}(1)[Q_{ij}(t-1) - Q_{ij}(t-2)] + \delta_{ij}(2)[Q_{ij}(t-2) - Q_{ij}(t-3)] + \cdots \\ &= \sum_{\tau=1}^{\infty} \delta_{ij}(\tau)[Q_{ij}(t-\tau) - Q_{ij}(t-\tau-1)] \end{aligned} \quad (4.12)$$

式(4.12)で固定資本から R_t を求めることができる。

設備利用効率は一定率 $(1-\delta_{ij})$ で逓減するとすると、それが式(4.13)のようになる

$$d_{ij}(\tau) = (1-\delta_{ij})^\tau \quad (4.13)$$

式(4.13)を式(4.10)に代入すると、式(4.14)が得られる。

$$Q_{ij}(t) = \sum_{\tau=0}^{\infty} (1-\delta_{ij})^\tau \cdot I_{ij}(t-\tau) \quad (4.14)$$

よって

$$\begin{aligned} Q_{ij}(t) - (1-\delta_{ij})Q_{ij}(t-1) &= \sum_{\tau=0}^{\infty} (1-\delta_{ij})^\tau I_{ij}(t-\tau) - (1-\delta_{ij}) \sum_{\tau=1}^{\infty} (1-\delta_{ij})^{\tau-1} I_{ij}(t-\tau) \\ &= \sum_{\tau=0}^{\infty} (1-\delta_{ij})^\tau I_{ij}(t-\tau) - \sum_{\tau=1}^{\infty} (1-\delta_{ij})^\tau I_{ij}(t-\tau) \\ &= I_{ij}(t) \\ \Rightarrow Q_{ij}(t) - Q_{ij}(t-1) &= I_{ij}(t) - \delta_{ij} Q_{ij}(t-1) \end{aligned} \quad (4.15)$$

式(4.11)、(4.15)より、次の(4.16)式が得られ、

$$R_t = \sum_{\tau=1}^{\infty} \lambda_{ij}(\tau) I_{ij}(t-\tau) = \delta_{ij} Q_{ij}(t-1) \quad (4.16)$$

すなわち、この場合の償却された全体分は $\delta_{ij} Q_{ij}(t-1)$ で、全体償却率は δ_{ij} である。
ちなみに、この場合

$$\begin{aligned} \lambda_{ij}(\tau) &= d_{ij}(\tau) - d_{ij}(\tau-1) = (1-\delta_{ij})^\tau - (1-\delta_{ij})^{\tau-1} \\ &= (1-\delta_{ij}-1)(1-\delta_{ij})^{\tau-1} = \delta_{ij}(1-\delta_{ij})^{\tau-1} \end{aligned} \quad (4.17)$$

なお、補填率 δ_{ij}^τ の値は一定であるとすれば、それが δ_{ij} となることが式(4.12)と(4.16)からわかる。

式(4.15)、(4.5)より

$$Q_{ij}(t) = (1-\delta_{ij})Q_{ij}(t-1) + I_{ij}(t) = (1-\delta_{ij})Q_{ij}(t-1) + \frac{I'_{ij}(t)}{p_i(t)} \quad (4.18)$$

(a-2) 実際に使用した固定資本ストックの測定方法

実際に使われている資本ストックの測定方法は主に以下の3種類である^[43, 44]。

1) 直接法

全産業に現存するすべての資本財を直接調査する方法である。もっとも実情を精確に把握できる方法であるが、コストが非常に高いという欠点もある。

2) 恒久棚卸法 (PI 法)

投資された資本は耐用年数中に資本ストックとして存在するとする方法で、耐用年数内の毎年の投資額の合計が粗資本ストックとされる。耐用年数内の資本減耗累計額控除後の投資額の合計が純資本ストックである。

3) ベンチマークイヤー法(BY 法)

この方法では、まずベンチマークである基準年の資本ストックを測定して、以降の各年の投資額、除却額を加減することで、各年度の資本ストックを順次推計する。

中国の固定資本ストックに関するまとまったデータがないので、本研究では BY 法を基本に、式(4.18)を使って、中国の固定資本ストックを推計した。

(b) 中国各部門の固定資本ストックの推計

(b-1) 中国の固定資本データについて

中国の産業部門の固定資本に関するデータがまだ相当不十分である^[45]。現在公表されている全産業に関するデータはほとんど 1980 年後のものだけである。この中に、国有企業に関するデータだけが比較的充実しており、1950 年代からの統計データが一部公表されている。

中国の固定資本と投資の公表データは主に以下の統計資料から得られる。

産業全般

- A1 「中国固定資産投資統計年鑑」^[46]1950-1995 年、1997 年、1998 年、2003 年～
- A2 「中国固定資産投資統計数典」^[47]1950-2000 年
- A3 「中国固定資産投資統計資料」^[48]1950-1985、1986-1987、1988-1989、1990-1991
- B1 「中国統計年鑑」^[1]1981、1983 年
- B2 「中国物価年鑑」^[49]

- B3 「中国農村統計年鑑」^[50] 各年度
- B4 「中国投入産出表」^[37] 1987、1990、1992、1995、1997、2002
- B5 「中国財政年鑑」^[51] 各年度

工業

- C1 「中国工業経済統計年鑑」^[52] 1988～1995年、1998年、2001年～
- C2 「中華人民共和国 1995年第三次全国工業普查資料匯編」^[53]

農業

- D1 「中国農業統計資料」^[54] 各年度

第3次産業

- E1 「中国第三産業統計資料匯編」^[55] 2000年版

中国の固定資本に関するデータ^[45]は主に以下の数項目である：

- 1) 固定資産原値（固定資本原価）
過去各年度投資された固定資本の合計(粗固定資本ストックにあたる)
- 2) 固定資産净值（減価償却残高）
減価償却を控除した後の固定資本ストック(純固定資本ストックにあたる)
- 3) 新增固定資産量
各年度新しく増加した固定資本量
- 4) 固定資産投資額
各年度の固定資本投資額

この中で、固定資産净值は本研究が必要とする純固定資産ストックにあたるが、固定資産原値、净值に関するデータが非常に少ないのが現状である。一方、唯一データが比較的多いのが固定資産投資額で、1980年以降の毎年の国全体の投資額のデータがあり、特に国有企業、都市部の集団企業に関しては、業種ごとの毎年の投資額が公表されている。

以上のデータ以外に、固定資産投資の中身に関しては、さらに、以下の数種類のデータがある。

1) 投資主体の所有権形態類型別

国有、集団、個人、連営、株式、外資、香港・マカオ・台湾、その他

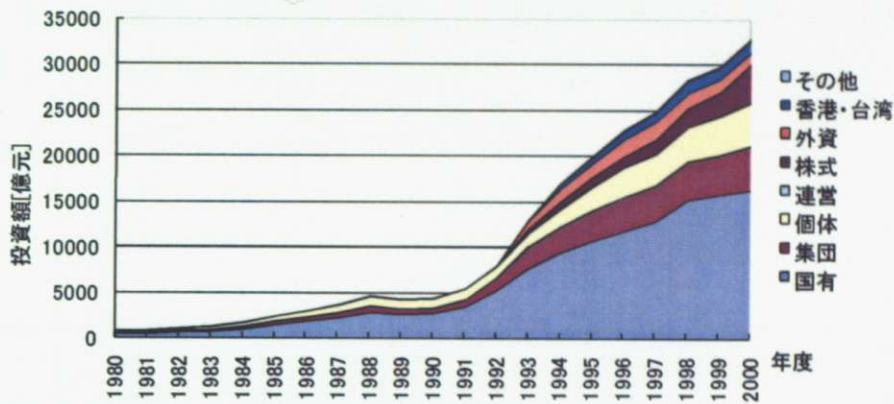


図 4.1 中国の所有権形態類型別固定資本投資額の推移

2) 投資内容(財種)別

建築設置工事、設備機械、その他

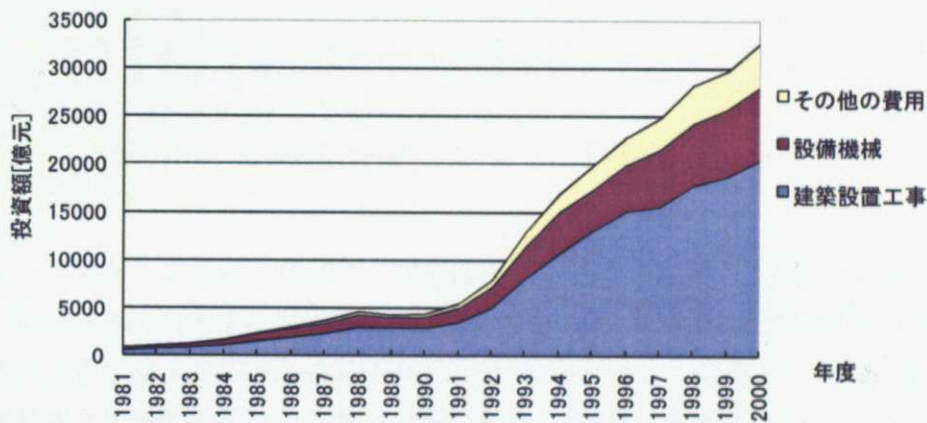


図 4.2 中国の投資内容別固定資本投資額の推移

3) 投資管理形態別

基本建設、更新改造、不動産開発、その他

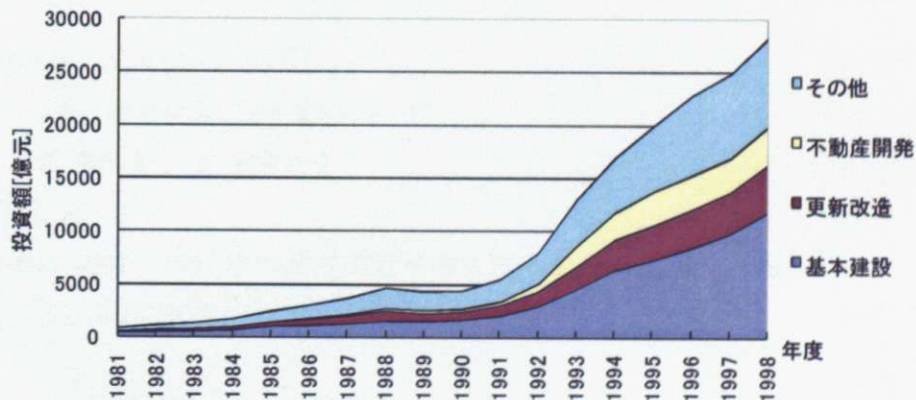


図 4.3 中国の投資管理形態別固定資本投資額の推移

(b-2) 固定資本の各種データ間関係についての実証分析

本研究では、式(4.18)のような計算式を使って、投資額から資本ストック(固定資産净值)を推計した。その際は、データが一番揃っている国有企業のデータから、必要なパラメータを推算した。

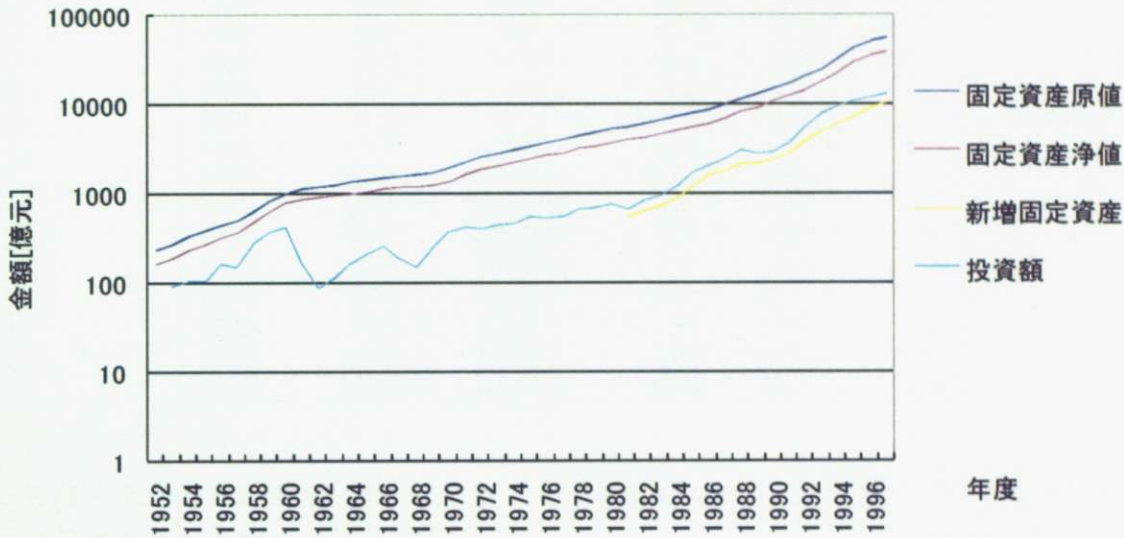


図 4.4 中国国有企業の固定資本に関する各種のデータ

図 4.4 からわかるように、各年度の投資額はその年度の新增固定資本とは違う。その原因は、投資額が全額のまま固定資本になっていないことと、投資の建設周期がある(投資は固定資本になるには1年以上かかるがある)ことなどが考えられる。しかし、表 4.4 から、新增固定資本と投資額の間には、強い相関があり、1981~1997年の間において、その比例定数は0.63~0.82の区間にあることが分かる。ここでは、両者の比例定数を投資効率とし、その値を一定とする。また、償却については定率償却とすると、投資と固定資本ストックの関係は式(4.19)のようになる。

$$K(t) = (1 - \delta)K(t-1) + \beta I(t) \tag{4.19}$$

$K(t)$: t 年の年始の固定資本ストック

δ : 償却率 β : 投資効率

投資効率は1981~1997年の間の加重平均0.72とした。さらに、償却率は約6%と推定した。よって、式(4.20)を使って、投資から固定資本ストックを求めることができる。

$$K(t) = (1 - 0.06)K(t-1) + 0.72I(t) \tag{4.20}$$

表 4.4 国有企業の固定資本ストックの推定結果(単位 億円)

	A 固定資産净值	B 推定値	C 新增固定資産	D 投資額	C/D 投資効率
1981	3984	4088	549	668	0.82
1982	4300	4323	631	845	0.75
1983	4695	4673	726	952	0.76
1984	5052	5078	875	1185	0.74
1985	5458	5626	1165	1681	0.69
1986	6225	6499	1616	2079	0.78
1987	7067	7606	1795	2449	0.73
1988	8238	8913	2129	3020	0.71
1989	9339	10552	2168	2808	0.77
1990	10836	11941	2464	2986	0.82
1991	12657	13375	2800	3714	0.75
1992	14513	15246	3761	5499	0.68
1993	17704	18291	4985	7926	0.63
1994	22755	22900	6106	9615	0.64
1995	29505	28449	7390	10898	0.68
1996	34996	34588	9080	12056	0.75
1997	38585	41194	10421	13092	0.80

1953年の固定資産净值を初期値とし、式(4.20)を使って、1950～1990年代の国有企業の固定資産净值を求めた。その結果を次の図4.5に示した。図4.5から、推定値はほぼ実際値と一致していることがわかる。

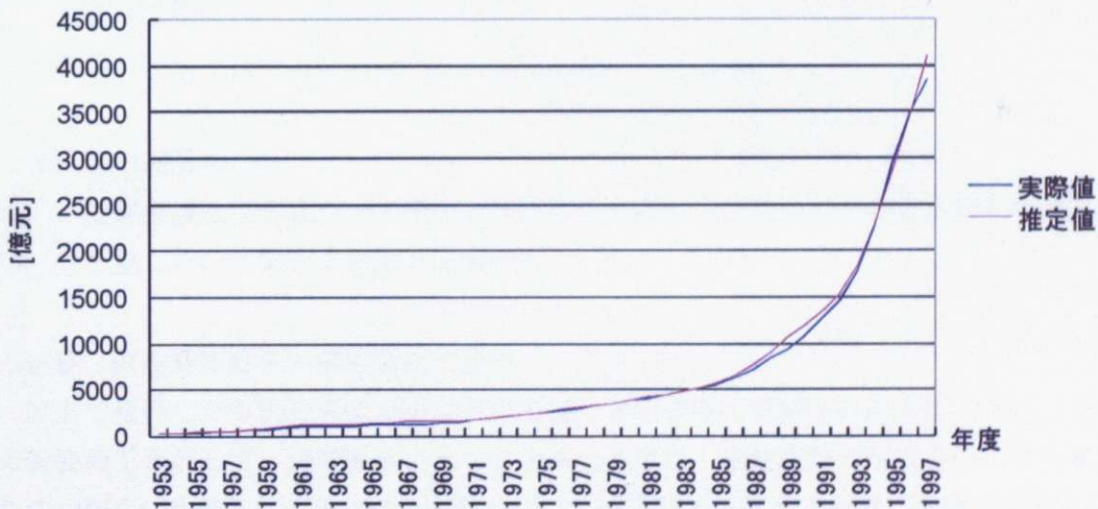


図 4.5 中国国有企業の固定資産净值の推算結果

(b-3) 各部門の固定資本投資額の推計

中国の全産業の細かい部門分類の投資額のデータは存在しない。ここでは、「中国固定資産投資統計年鑑」(1997年、1998年、2003年)、「中国固定資産投資統計数典」(1950-2000年)をベースに、1980年以降の国有、都市部集団、農村部集団、連営、株式、外資、香港・

マカオ・台湾などの所有権形態別の企業と個人それぞれの各部門投資額を推計したうえで、その合計値を全国投資額とした。最終結果を表 4.2 に示した。

1) 国有企業と都市部集団企業

国有企業と都市部集団企業のデータは全企業の中で、データが最も充実している。小分類(表 4.2 参照)までのデータがあるので、ここでは、工業を中心に部門の統合を行い、各部門の投資額を推計した。ただし、都市部集団企業の小分類データは 1985 年以降のものだけで、1980～1984 年については、大分類の投資額を 1985 年の比率で小分類の各部門へ配分した。

2) 連営、株式、外資、香港・マカオ・台湾企業とその他

これらの企業のデータは 1993 年以降のものだけである。しかも、小分類データは 1996、1997 の 2 年のみである。ここでは、他年度の大分類の投資額を 1996 年の比率で小分類の各部門へ配分した。

3) 農村部集団企業と農村部個人

農村部に関するデータが非常に少なく、大分類のデータだけがある。1) と 2) の全企業合計の大分類の部門投資総額における小分類各部門の比率で、農村部集団企業と農村部個人の大分類部門の投資額を、小分類の各部門へ配分した。また、その他の業種という項目から個人住宅分を控除した。

4) 都市部個人

投資全額と住宅投資の 2 種類のデータしかない。この項目の投資全額から個人住宅分を差し引いたあとの部分を分類不明とした。

(b-4) 固定資本投資の価格指数の推算

以上で推計した各部門の固定資本投資額は、当年価格で計測されたものである。各年度の投資額を合計して、固定資本ストックを求めるには、価格変動の影響を除去する必要がある。中国の固定資本投資の価格変動についての統計データは各年度の投資価格指数(前年度価格を 100 とする場合の今年度の価格) だけである。投資全体の価格指数は、建築設置工事、設備機械、その他の費用という三項目の投資内容それぞれの価格指数の投資額で加重平均である。

ただし、1991 年以前の投資価格指数のデータはないので、ここで、建築設置工事、設備機械、その他の費用それぞれの投資価格指数を推算した上、全投資額に占める 3 項目の割合で、各指数を加重平均して、投資全体の価格指数を求めた。各項目の投資価格指数は以下のような方法で求めた。

表 4.5 中国の各部門の固定資本投資額の推計結果(当年価格 億元)

大分類	小分類	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
農林水産 採掘業	農林水産	85	112	109	123	135	151	203	240	239	257	311	331	332	464	678	827	926	1077	1229	1287	
	石油採掘	37	49	63	84	91	96	104	114	128	162	185	210	267	271	321	365	427	307	247	244	
	原油・天然ガス	48	63	76	98	134	143	174	208	242	233	284	350	434	513	562	641	779	825	789	428	
	金属鉱採掘業	11	12	14	20	20	26	32	34	35	32	41	67	64	76	75	82	65	72	51	69	
	非金属鉱採掘	10	12	15	16	17	19	27	30	26	29	33	43	50	57	44	45	40	40	38	52	
	製造業	食品と飲料	23	40	41	46	79	104	137	162	117	116	148	225	385	441	536	574	627	616	604	710
		繊維工業	34	56	60	63	69	92	122	196	138	107	119	189	261	239	283	260	222	206	221	287
		皮革製品業	2	3	3	3	5	6	6	10	14	10	7	11	21	56	63	74	66	99	95	118
		木材加工・家具製造	3	4	5	10	14	14	14	14	14	13	13	16	38	57	69	83	89	88	80	99
		製紙・文房具製造	8	7	7	10	24	32	39	52	39	45	59	107	152	162	184	230	293	252	239	278
石油加工業と煉		12	9	13	17	18	24	39	59	52	66	82	100	166	235	267	325	431	363	292	242	
化学工業		52	36	71	91	144	184	243	331	282	303	395	562	797	1013	1302	1458	1271	1179	1113	1233	
建築材料		19	25	33	40	62	85	97	103	72	66	89	176	367	436	444	465	379	446	449	514	
金属精錬・圧延加工		37	59	63	80	102	135	189	247	201	181	248	361	606	786	929	951	799	744	683	764	
金属製品		3	2	2	3	12	15	21	24	18	25	42	86	225	294	318	350	344	328	328	360	
機械工業		38	48	54	72	70	83	102	120	120	95	126	225	294	318	318	350	344	328	328	360	
輸送用機械		8	10	13	15	31	37	53	64	56	61	89	163	310	356	401	431	468	456	462	547	
電気機械器具製造		5	7	7	10	24	38	40	42	42	30	39	76	141	153	170	188	187	218	217	276	
電子・通信設備製造		1	2	2	2	36	35	32	52	52	53	66	62	97	168	222	245	313	360	392	406	
計量・計測器		0	5	6	8	7	7	7	7	9	7	8	9	15	27	26	23	29	28	29	33	
その他の製造業		31	38	16	13	13	17	15	15	26	17	15	23	50	71	64	75	78	54	81	103	
電力ガス上水		上水	0	0	0	0	8	15	17	19	19	24	34	50	86	116	137	165	170	207	200	214
		石炭ガスと石炭製品	0	0	0	0	9	11	11	12	13	14	22	30	39	51	46	66	72	86	79	77
建設業		電力・蒸気・熱湯供給	49	58	72	94	132	190	250	299	315	385	427	570	892	1165	1378	1711	2122	2121	2392	2855
		建築業	16	21	20	26	42	43	42	47	47	39	34	41	69	210	218	261	333	340	314	411
		地質調査水利管理	19	25	29	31	29	29	33	34	41	41	52	66	92	118	143	196	266	348	531	572
		交通運輸倉庫通信	81	109	142	196	280	319	351	398	354	354	414	590	806	1527	2297	2687	3723	5353	5382	5692
		商業飲食業	41	56	49	68	86	90	113	137	108	101	143	282	414	481	508	532	574	509	555	612
		金融保険	4	8	6	5	10	11	18	26	20	20	29	40	66	79	101	168	188	190	155	125
		不動産	11	16	15	21	78	176	213	328	338	338	286	32	53	857	1478	1856	3355	3888	4023	4590
		社会サービス	14	19	19	26	82	96	98	144	112	105	386	820	1306	1724	1764	873	1118	1520	1788	2088
		衛生体育福祉	9	12	14	20	29	31	37	42	36	43	136	216	398	500	548	548	159	192	242	291
		教育文化スポーツ	34	41	47	69	99	113	122	130	127	127	127	53	76	118	155	191	242	242	291	310
		科学研究と技術サービス	12	12	13	16	24	28	30	27	25	24	105	128	176	214	289	350	426	472	428	768
		政府と社会団体	30	63	63	83	66	65	85	103	78	80	112	78	371	465	580	721	858	1067	1109	979
	その他の業種	161	15	38	86	101	103	87	130	148	117	90	811	274	341	401	426	472	428	768	901	
	個人住宅	12	175	231	269	370	463	588	738	782	774	900	895	1099	1454	1912	2422	2665	2766	2717	2900	
	分類不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	34	214	499	
合計	961	1230	1430	1833	2543	3121	3792	4754	4410	4517	5567	7939	13013	16956	19922	22974	24941	28270	29867	32920		

1) 建築設置工事

名目 GDP と実質 GDP の値から、GDP における価格指数を求める。1992～2000 年の既存データから、GDP 価格指数、建築材料工業の製品価格指数と建築設置工事価格指数との回帰分析を行い、式(4.21)のような関係が求められた。(変数名は表 4.6 参照)

$$B1 = 0.65 \times C4 + 0.35 \times C7 \quad (\text{定数を } 0 \text{ とし、} R^2 = 0.890) \quad (4.21)$$

2) 設備機械

機械工業の製品価格指数そのものとした。

3) その他の費用

GDP 価格指数と工業部門の総価格指数から、回帰分析で式(4.22)のような関係が求められた。

$$B3 = 0.52 \times C6 + 0.48 \times C7 \quad (\text{定数を } 0 \text{ とし、} R^2 = 0.595) \quad (4.22)$$

表 4.6 固定資本投資の価格指数の推算結果(前年度価格=100)

年度	使用データ		推算結果					元データ						
	A	B	B1	B2	B3	C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	
	投資全体	投資全体	建築設 置工事	設備機械	その他 の費用	投資全体	建築設 置工事	設備機械	その他 の費用	建築材 料工業	機械工業	工業総 指数	GDP指数	
1981	101.1	101.1	101.8	98.6	101.2					101.6	98.6	100.2	102.3	
1982	100.8	100.8	101.4	99.3	99.8					102.2	99.3	99.8	99.8	
1983	101.3	101.3	102.1	99.3	100.5					102.7	99.3	99.9	101.1	
1984	102.5	102.5	103.0	101.1	103.1					102.0	101.1	101.4	104.9	
1985	112.8	112.8	113.6	111.8	109.4					115.4	111.8	108.7	110.1	
1986	108.0	108.0	110.5	102.8	104.2					113.7	102.8	103.8	104.6	
1987	105.4	105.4	105.4	104.9	106.5					105.6	104.9	107.9	105.1	
1988	112.7	112.7	113.0	111.8	113.6					113.4	111.8	115.0	112.1	
1989	118.8	118.8	118.4	121.2	113.9					123.6	121.2	118.6	108.8	
1990	102.2	102.2	101.7	102.8	104.9					99.6	102.8	104.1	105.7	
1991	109.5	105.4	106.3	102.8	106.5	109.5				106.1	102.8	106.2	106.7	
1992	115.3	108.8	110.0	106.6	107.3	115.3	116.8	109.4	120.9	111.1	106.6	106.8	107.9	
1993	126.6	128.0	132.9	119.7	119.5	126.6	131.3	119.7	123.4	142.8	119.7	124.0	114.6	
1994	110.4	112.2	111.9	109.5	119.7	110.4	110.4	109.5	112.1	107.6	109.5	119.5	119.9	
1995	105.9	108.9	108.8	106.3	114.1	105.9	104.7	106.3	112.4	106.4	106.3	114.9	113.2	
1996	104.0	104.1	104.9	101.6	104.3	104.0	105.1	101.6	104.3	104.3	101.6	102.9	105.9	
1997	101.7	99.6	100.0	98.1	100.2	101.7	102.9	98.1	102.9	99.6	98.1	99.7	100.8	
1998	99.8	96.9	96.9	97.0	96.7	99.8	100.5	97.5	100.4	96.6	97.0	95.9	97.6	
1999	99.6	97.5	97.7	97.0	97.7	99.6	100.3	97.5	99.9	97.7	97.0	97.6	97.8	
2000	101.1	99.7	100.1	97.4	101.9	101.1	102.4	97.4	101.0	99.6	97.4	102.8	101.0	

また、本研究では工業部門中心に中国の各部門の生産価格指数を推算した。

具体的には、農業と工業各部門については、当年価格の生産高以外に、1987～1990 年の各年度に対しては、1980 年基準価格の生産高、1990～1997 年においては、1990 年基準価格の生産高のデータがある。これらのデータを使えば各年度の価格の変動率が求められる。これらを使って、1997 年価格を 1 とする 1987～1997 年各年の実質価額を推算した。商業については、小売価格指数^[56](前年価格を 100 とする場合の価格の相対値)を使って、1997 年価格に統一した。建設業、サービス業などについては、直接のデータがないので、ここでは、各年の名目 GDP と実質 GDP から、各年度の GDP 指数(前年名目 GDP 対実質 GDP

の比を 100 とする場合、今年の名目 GDP 対実質 GDP 比の相対値) を求め、GDP 指数をこれらの部門の価格変動率として、各年の価格を 1997 年価格に換算した。

(b-5) 各部門の固定資本ストック

表 4.5 の各部門各年度の当年価格投資額を、表 4.6 の投資全体の価格指数で、1997 年価格に変換して、1997 年実質価格の各部門各年度の投資額を求めた。さらに、1997 年実質価格の投資額を使って、式(4.20)で 1981 以降各部門の各年度の固定資本ストックを求めた。

初期の 1981 年の固定資本ストックについて、以下のような方法で求めた。

図 4.6 は中国国有企業の各年度の投資額と固定資本ストック(固定資産净值)との比率を示している。この図からわかるように 1970 年代～1980 年代前半の間では、両者の比率はかなり安定しており、その値は約 0.2 である。よって、ここでは、1981 年の投資額を 0.2 で割り、初期の固定資本ストックを求めた。

$$\text{初期固定資本ストック} = \frac{\text{投資額}}{0.2} \quad (4.23)$$

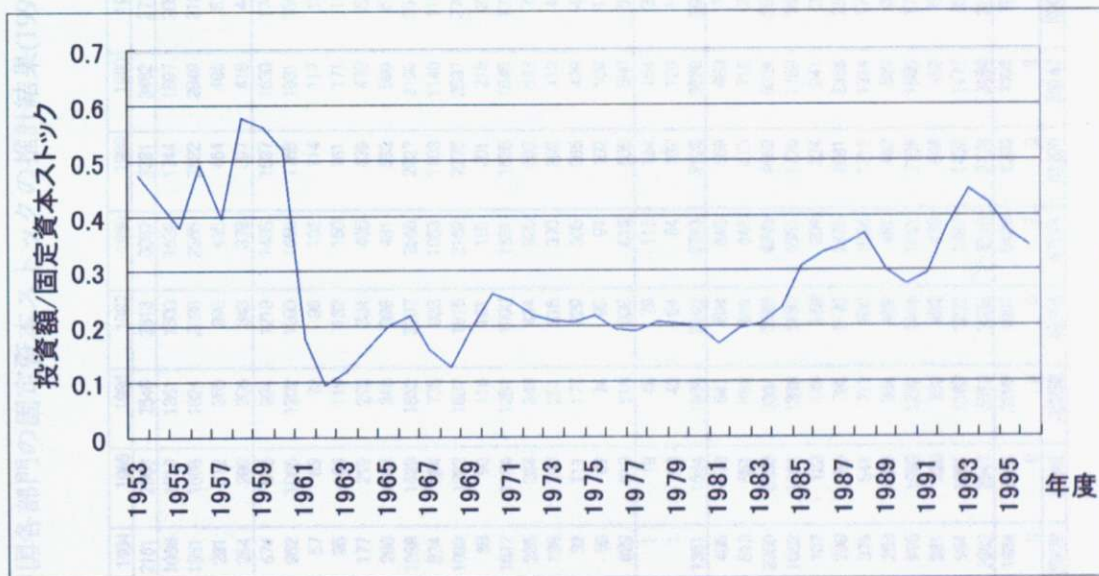


図 4.6 中国の国有企業の投資額と固定資本ストックの比率

中国各部門の固定資本ストックの推計結果を表 4.7 に示した。上昇率をみると、1981～2000 年の間の全体の固定資本ストックは 9.5 倍になった。主要部門において、電子通信設備 95.7 倍、精密機械 56.5 倍、輸送機械 18.9 倍、電気機械 13.6 倍、金属製品 13 倍、交通通信 16 倍、不動産 84 倍などが平均を上回った。石油加工 9.1 倍、化学工業 8.9 倍、金属精錬加工 9.3 倍などが平均並みである。農業 4.5 倍、鉱業約 4.5 倍などの成長率が低かった。特に意外なことは、繊維工業 4.2 倍、機械工業 4.3 倍とかなり低かった。

表 4.7 中国各部門の固定資本ストックの推計結果(1997年価格 億元)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
農林水産	1545	1759	1951	2161	2363	2545	2813	3087	3281	3482	3712	3900	4001	4176	4482	4864	5287	5800	6400	7002
石炭採掘	671	769	896	1066	1219	1361	1503	1632	1744	1897	2052	2196	2325	2439	2573	2725	2910	3001	3044	3082
原油・天然ガス	869	999	1154	1351	1595	1824	2090	2365	2622	2849	3104	3375	3626	3896	4167	4469	4851	5252	5614	5996
金属鉱採掘業	194	216	242	281	312	360	395	435	464	486	515	554	593	624	660	678	690	708	709	723
非金属鉱採掘	176	198	226	254	280	306	343	378	397	418	440	467	488	509	517	524	526	529	530	541
食品とタバコ	424	508	588	674	818	994	1213	1435	1537	1630	1746	1918	2170	2424	2718	3011	3320	3609	3877	4203
繊維工業	616	731	848	962	1066	1202	1380	1550	1768	1831	1984	2013	2136	2222	2303	2378	2419	2447	2486	2566
縫製品・皮革製品業	44	49	52	57	63	73	88	106	114	117	125	141	182	224	259	298	329	380	427	486
木材加工・家具製造	57	66	74	95	106	119	132	150	161	171	178	186	210	244	283	328	374	414	449	495
製紙・文教用品製造	142	151	161	177	219	273	334	405	439	478	528	619	719	810	905	1022	1176	1291	1393	1513
石油加工業とコークス	217	230	251	280	305	340	398	481	532	599	676	755	865	1011	1164	1344	1587	1769	1892	1971
化学工業	950	991	1121	1288	1539	1832	2207	2660	2927	3199	3541	3983	4478	5053	5772	6628	7091	7559	7957	8411
建築材料	337	384	447	524	634	776	923	1053	1103	1140	1197	1333	1590	1859	2100	2332	2484	2676	2863	3082
金属鑄造・圧延加工	680	806	936	1099	1282	1507	1815	2169	2375	2537	2768	3055	3472	3957	4516	5031	5405	5726	5992	6300
金属製品	63	65	66	68	90	116	151	185	201	215	235	270	331	401	488	535	576	654	734	829
金属工業	696	787	888	1027	1134	1251	1390	1531	1685	1845	1732	2246	2076	2246	2382	2526	2655	2767	2875	2998
輸送用機械	150	170	195	225	284	348	434	525	582	643	731	870	1107	1344	1589	1833	2088	2323	2553	2830
電気機械器具製造	96	109	120	138	183	251	315	370	392	413	441	502	600	690	792	877	963	1068	1167	1301
電子・通信設備製造	21	25	28	32	41	52	62	74	85	97	102	109	115	114	114	114	1338	1545	1751	2034
計量・計測器	4	18	32	50	62	74	85	97	102	109	115	127	145	159	169	183	195	206	218	231
その他の製造業	566	631	634	629	619	616	608	616	605	590	584	605	632	646	664	681	679	697	730	787
上水	0	0	0	1	18	48	79	110	134	164	203	252	322	405	497	602	706	833	952	1076
石炭ガスと石炭製品	0	0	0	1	20	43	64	84	101	129	163	201	238	266	292	330	369	417	453	496
電力・蒸気・熱湯供給	896	1013	1160	1351	1594	1926	2342	2773	3128	3560	3983	4478	5106	5857	6690	7695	8938	10138	11495	13115
建築業	284	324	359	405	478	541	594	645	669	683	702	744	802	1023	1170	1354	1530	1679	1891	2163
地質調査水利管理	363	402	457	513	551	583	619	648	675	716	766	832	896	968	1070	1212	1403	1718	2048	2386
交通運輸倉庫通信	1467	1678	1958	2350	2853	3364	3880	4373	4869	5024	5540	6172	7223	8714	10325	12168	14281	17429	20456	23511
商業飲食業	746	854	938	1062	1201	1328	1485	1651	1728	1789	1889	2116	2384	2657	2916	3165	3426	3629	3857	4111
金融保険	72	88	99	107	123	140	168	204	224	241	267	299	343	390	448	549	658	763	838	887
不動産	199	230	258	298	356	434	534	664	827	1036	1314	1689	2199	2899	3899	5178	7382	11778	14115	16712
社会サービス	246	286	322	375	441	524	624	750	904	1094	1314	1611	2013	2549	3365	4462	6008	7825	9951	12776
衛生体育福祉	160	185	212	253	305	354	409	461	492	529	561	592	623	654	685	717	748	780	812	844
教育文化マスコミ	615	693	781	915	1090	1270	1446	1601	1708	1806	1789	1788	1808	1846	1903	1917	1964	2044	2157	2276
科学研究と技術サービス	210	231	253	281	320	363	403	446	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468	468
政府と社会団体	551	688	817	984	1081	1163	1272	1387	1432	1477	1550	1562	1616	1702	1816	1948	2095	2258	2438	2634
その他の業種	2931	2827	2785	2662	2547	2413	2305	2211	2130	2061	2003	1955	1917	1888	1862	1840	1822	1805	1789	1774
個人住宅	217	660	1220	1834	2564	3369	4267	5248	6239	7083	7914	8835	9855	9822	10790	12034	13813	14648	15898	17197
分類不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	33	186	538	1122
合計	17464	19803	22497	25978	30342	35260	40916	47124	51220	55147	59680	65704	74071	84115	95185	107825	120023	134538	149572	166828

(b-6) 各部門の固定資本係数の推算

各部門の固定資本ストックをその実質生産額で割れば、各部門の固定資本係数が求められる。ここでは、産業連関表データが入手できた1987、1992、1995、1997年の各部門の固定資本係数を求めた。

この際、固定資本ストックは表4.7の推計結果を使用した。各部門の実質生産額は別で推計された生産価格指数を使い、産業連関表の当年価格生産額を1997年価格に変換して求めた。実質生産額は1987、1992、1995、1997年のものが、固定資本ストックはそれぞれの年始(前年度末)のものである。

固定資本係数の推算結果を表4.8に示した。ほとんどの部門において、固定資本係数は安定しているか、あるいは、一定方向へ変化していることが表4.8から読み取れる。1992、1995、1997の3年において、この傾向が特に鮮明である。

表 4.8 中国各部門の固定資本係数の推算結果

	1987年	1992年	1995年	1997年
農業	0.219	0.225	0.195	0.197
石炭採掘	1.888	1.773	1.750	1.223
原油・天然ガス	1.722	2.233	2.291	2.739
金属鉱採掘業	2.112	1.626	0.883	0.567
非金属鉱採掘	1.021	0.729	0.461	0.522
食品とタバコ	0.293	0.315	0.227	0.218
繊維工業	0.428	0.406	0.294	0.256
縫製品・皮革製品業	0.119	0.070	0.039	0.049
木材加工・家具製造	0.459	0.309	0.152	0.146
製紙・文教用品製造	0.303	0.248	0.186	0.231
石油加工と石炭製品	0.347	0.500	0.484	0.517
化学工業	0.767	0.628	0.441	0.429
非金属鉱物製品	0.667	0.416	0.306	0.265
金属精錬・圧延加工	0.666	0.713	0.524	0.647
金属製品	0.190	0.150	0.114	0.107
機械工業	0.748	0.423	0.295	0.307
輸送用機械	0.732	0.488	0.346	0.345
電気機械器具製造	0.359	0.278	0.173	0.158
電子・通信設備製造	0.515	0.475	0.228	0.234
計量・計測器	0.922	0.580	0.453	0.220
その他の工業	1.977	0.416	0.696	0.191
電力・蒸気・熱湯供給	1.321	1.732	1.778	1.969
建設業	0.090	0.081	0.071	0.078
交通運輸倉庫通信	1.635	1.252	1.548	1.732
商業飲食業	0.410	0.179	0.226	0.238
金融保険	0.119	0.094	0.149	0.153
公共事業と住民サービス	1.069	1.195	1.931	1.846
文教衛生科学研究事業	0.895	1.010	1.112	0.985
政府機関とその他	4.473	1.481	1.550	1.498

(c) 中国の固定資本係数行列の推算

(b)まででは、各部門の固定資本係数、すなわち1単位の生産額あたりの必要な各種の固定資本財の総額を求めた。本研究の動学的産業連関モデルは、これだけでは不十分で、固定資産係数行列を得るためには、さらに、各部門の固定資本における各種の財の比率(固定資本コンバーター)を求める必要がある。

しかし、中国の公表統計資料には、固定資本コンバーターのデータがまったくないのが現状で、唯一手がかりになるのは、中国産業連関表における全部門の固定資産形成総額における各財の比率である。本研究ではこのデータと、日本の1977年長期多部門モデル^[21]中の各部門の国内財固定資本ストックにおける各種の財の比率(表4.9参照)をベースに、各部門の投資における各種財の比率を中国の固定資本コンバーターとして推算した。

ここでは、より詳細の部門分類となっている中国国家统计局が公表した中国1997年産業連関表を利用した。本研究で使用した1997年中国地域間産業連関表の8地域合計から得た全国基本取引表と中国1997年産業連関表を比較すると、各部門の生産額は完全一致しており、総固定資本形成額の違いも0.5%に過ぎない。より細かい種財ごとの固定資本形成額において、両表は少し異なるが、基本的には同じレベルにある。

具体的な推算において、まず日本長期多部門モデルの国内財固定資本コンバーターを正規化し、すなわち、各部門の固定資本における各種財の比率の和がそれぞれ1となるように、等比例で拡大した。そして、日本の34部門と中国1997年産業連関表の40部門の部門分類を統合し、26部門の共通部門(表4.9参照)にした。日本の部門を統合する際には、各部門の固定資本における各種財の比率を、中国の対応部門の1997年生産額で加重平均し、合併後の部門の固定資本における各種財の比率を求めた。

こうして求められた26部門の日本の固定資本コンバーターをそのまま利用して、これを中国の各部門の投資における各種財の比率と見なし、1997年における中国の各部門の投資額を掛け、1997年中国の各部門の各種財の投資額を求め、さらに、同種財の各部門の投資額を合計し、投資全体における各種の財の投資額、そして、全投資における各種の財の比率を求めた。この推算結果と、中国産業連関表の部門全体の固定資産形成における財の比率を並べて表4.10に載せた。

表4.10から、日本の固定資本コンバーターをそのまま使って求めた全投資における各種の財の比率は、産業連関表の部門全体固定資産形成における財の比率とはかなり違っていることが分かった。日本の固定資本コンバーターそのものではなく、何らかの修正を行って、中国の固定資本コンバーターを求める必要がある。

表 4.9 中国産業連関表と日本長期多部門モデルの共通部門分類

共通分類	1997年中国産業連関表	日本長期多部門モデル
1 農業	1 農業	1 農業 2 林業 3 水産業
2 鉱業	2 石炭採掘 3 原油・天然ガス 4 金属鉱採掘業 5 非金属鉱採掘	4 鉱業
3 水道	26 上水 23 廃棄物	22 水道
4 食品とタバコ	6 食品とタバコ	5 食料品
5 繊維	7 繊維工業 8 縫製品・皮革製品業	6 繊維
6 紙・パルプ	9 木材加工・家具製造 10 製紙・文教用品製造	7 紙・パルプ
7 電力・蒸気・熱湯供給	24 電力・蒸気・熱湯供給	20 電力
8 石油加工・石炭製品	11 石油加工・石炭製品	9 石油・石炭製品
9 石炭ガスと石炭製品	25 石炭ガスと石炭製品	21 ガス
10 化学工業	12 化学工業	8 化学
11 建築材料と非金属鉱物製品	13 非金属鉱物製品	10 窯業・土石
12 金属精錬・圧延加工	14 金属精錬・圧延加工	11 一次金属
13 金属製品	15 金属製品	12 金属製品
14 機械工業	16 機械工業	13 一般機械
15 輸送用機械	17 輸送用機械	15 輸送機械
16 電気機械器具製造	18 電気機械器具製造 19 電子・通信設備製造	14 電気機械
17 精密機械	20 計量・計測器	16 精密機械
18 その他の工業	22 その他の製造業	17 その他の製造業
19 建設業	27 建設業	23 一般建設 28 住宅建設 29 非住宅建設 30 公共土木
20 貨物運輸	28 貨物運輸と郵便通信 32 旅客運輸	18 運輸
21 通信	29 通信	19 通信
22 商業	30 商業	24 商業
23 サービス	31 飲食業 35 社会サービス 21 機械修理業	26 一般サービス 34 公共サービス
24 金融・保険・不動産	33 金融保険 34 不動産	25 金融・保険・不動産
25 文教衛生科学研究事業	36 衛生体育社会福祉 37 教育文化とメディア 38 科学研究 39 総合技術サービス	32 教育 33 医療
26 政府機関	40 政府とその他	27 公務
		31 住宅賃貸料

表 4.10 全体投資額における各種の財の比率

	1997年中国産業連関表における固定資産形成	日本データそのまま利用で得た結果
農林水産業	0.0263	0.0026
鉱業	0.0000	0.0000
水道	0.0000	0.0000
食品とタバコ	0.0000	0.0000
繊維	0.0000	0.0013
紙・パルプ	0.0049	0.0000
電力・蒸気・熱湯供給	0.0000	0.0000
石油加工・石炭製品	0.0000	0.0000
石炭ガスと石炭製品	0.0000	0.0000
化学工業	0.0000	0.0000
非金属鉱物製品	0.0000	0.0000
金属精錬・圧延加工	0.0000	0.0000
金属製品	0.0076	0.0115
機械工業	0.1688	0.1706
輸送用機械	0.0758	0.1285
電気機械器具製造	0.0553	0.1265
精密機械	0.0048	0.0075
その他の製造業	0.0038	0.0289
建設業	0.6273	0.4281
運輸	0.0026	0.0056
通信	0.0000	0.0000
商業	0.0145	0.0887
サービス、金融・保険・不動産	0.0000	0.0000
金融・保険・不動産	0.0083	0.0000
文教衛生科学研究事業	0.0000	0.0000
政府機関	0.0000	0.0000
合計	1.0000	1.0000

ここでは、まず、固定資本の財の項目を整理し、日中両方の不一致を修正するために日本における繊維産業、中国における紙・パルプ、金融保険不動産を固定資本財から削除し、残りの項目のデータをもう一度正規化した。こうして得られた日本の26部門固定資本コンバーターと、1997年中国全体固定資産形成(投資)における財の比率をベースに、1997年中国の各部門の投資額を加え、次の最適化問題で、中国の固定資本コンバーターを求めた。

(c-1) 中国固定資本コンバーターを求める最適化問題

制約式

$$\sum_{i=1}^{26} k_{ij}^* = 1 \quad (j=1, \dots, 26) \quad (4.24)$$

$$|k_{ij}^* - k_{ij}| \leq 0.5k_{ij} \quad (i=1, \dots, 26; j=1, \dots, 26;) \quad (4.25)$$

$$\left| \sum_{j=1}^{26} k_{ij}^* x_j - k_i \right| \leq f(k_i) \quad (i=1, \dots, 26;) \quad (4.26)$$

k_{ij} : 日本長期多部門モデルにおける部門 j の固定資産の中の財 i の比率

x_j : 1997 年中国固定資本投資額における部門 j の投資額の比率

k_i : 1997 年中国固定資本形成額全体における財 i 比率

k_{ij}^* : 中国の部門 j の固定資本中の財 i の比率(固定資本コンバーター)

$f(k_i)$: k_i の関数(例えば $0.15 k_i$ など、産業の重要度などに応じて 0.3 以内に設定)

目的関数

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |k_{ij}^* - k_{ij}| \quad (4.27)$$

こうして、日本の固定資本コンバーターからの変動範囲、そして、産業連関表の部門全体固定資産形成における財の比率との相違の範囲の両方を限定して、修正後の中国の固定資本コンバーターと日本のデータとの違いが一番小さくなるように、上記の最適問題を解き、中国固定資本コンバーターを推算した。その結果を表 4.12 に載せた。

(c-2) 固定資本係数行列と投資、増産

上記で求められた固定資本コンバーター H_k に各部門固定資本係数ベクトル k を掛けると、中国の固定資本係数行列 K が得られる。

$$K = H_k \cdot \hat{k} \quad (4.28)$$

\hat{k} : 固定資本ベクトル k の対角行列

H_k : 固定資本コンバーター

K : 固定資本係数行列

増産ベクトル ΔX に固定資本係数行列 K を掛け、さらに投資効率 $\beta (=0.72)$ を割ることで、増産に必要な各種の財の投資が求められる。すなわち

$$I = \frac{1}{\beta} K \cdot \Delta X \quad (4.29)$$

I : 投資ベクトル

β : 投資効率

ΔX : 増産ベクトル

表 4.11 日本 1977 年長期多部門モデルの国内財固定資本コンバンター

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	農業	林業	水産業	鉱業	食品	繊維	紙・パルプ	化学	石油・石炭 製品	窯業・土石	一次金属	金属製品	一般機械	電気機械	輸送機械	精密機械	その他の 製造業
1 農業	0.06111																
2 林業		0.00015															
3 水産業			0.06966	0.00017	0.00047	0.00034	0.00034	0.00014	0.00004	0.00033	0.00006	0.00051	0.00043	0.00042	0.00027	0.00067	0.00028
4 鉱業																	
5 食品																	
6 繊維																	
7 紙・パルプ																	
8 化学																	
9 石油・石炭製品																	
10 窯業・土石																	
11 一次金属																	
12 金属製品																	
13 一般機械																	
14 電気機械																	
15 輸送機械																	
16 精密機械																	
17 その他の製造業																	
18 運輸																	
19 通信																	
20 電力																	
21 ガス																	
22 水道																	
23 一般建設																	
24 商業																	
25 金融・保険・不動産																	
26 一般サービス																	
27 公務																	
28 住宅建設																	
29 非住宅建設																	
30 公共土木																	
31 住宅賃貸料																	
32 教育																	
33 医療																	
34 公共サービス																	

表 4.11 日本 1977 年長期多部門モデルの国内財固定資本コンバンター (続き)

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
	運輸	通信	電力	ガス	水道	一般建設	商業	金融・保 険・不動産	一般サー ビス	公務	住宅建設	非住宅建 設	公共土木	住宅賃貸 料	教育	医療	公共サー ビス
1 農業																	
2 林業																	
3 水産業																	
4 鉱業																	
5 食料品																	
6 繊維	0.001	0.00548	0.00006	0.00021		0.00032	0.00096	0.00191	0.00091	0.00275	0.00032	0.00032	0.00032				0.00091
7 紙・パルプ																	
8 化学																	
9 石油・石炭製品																	
10 窯業・土石																	
11 一次金属																	
12 金属製品	0.03068		0.00354		0.00366				0.03375	0.01373							0.03375
13 一般機械	0.06778	0.02073	0.10225	0.23446	0.23997	0.33694	0.06535	0.06563	0.06729	0.1595	0.33694	0.33694	0.33694		0.07413	0.07413	0.06729
14 電気機械	0.10086	0.14974	0.28238	0.12322	0.02339	0.01131	0.02339	0.13495	0.24031	0.06994	0.01131	0.01131	0.01131		0.07483	0.07483	0.24031
15 輸送機械	0.34821	0.27368	0.04463	0.15247	0.03516	0.32294	0.26795	0.06777	0.08224	0.20185	0.32294	0.32294	0.32294		0.01744	0.01744	0.08224
16 精密機械	0.00102	0.00104	0.00029	0.00091		0.00091			0.0204	0.03419	0.00091	0.00091	0.00091		0.02906	0.02906	0.0204
17 その他の製造業	0.0318	0.04232	0.00166	0.00557		0.00877	0.05291	0.05148	0.05532	0.03963	0.00877	0.00877	0.00877		0.09068	0.09068	0.05532
18 運輸	0.00477	0.00301	0.0047	0.0063	0.00376	0.0093	0.00553	0.00309	0.00733	0.00733	0.0093	0.0093	0.0093		0.00315	0.00315	0.00733
19 通信																	
20 電力																	
21 ガス																	
22 水道																	
23 一般建設	0.15518	0.35776	0.3954	0.27197	0.53394	0.02686	0.06405	0.06559	0.0139		0.02686	0.02686	0.02686		0.02454	0.02454	0.0139
24 商業	0.07575	0.09037	0.0633	0.10401	0.09398	0.15277	0.10357	0.06394	0.11233	0.10097	0.15277	0.15277	0.15277		0.07905	0.07905	0.11233
25 金融・保険・不動産																	
26 一般サービス																	
27 公務																	
28 住宅建設														1			
29 非住宅建設	0.03338	0.04806	0.07317	0.06245	0.02578	0.09851	0.37924	0.54266	0.32378	0.3506	0.09851	0.09851	0.09851		0.57158	0.57158	0.32378
30 公共土木	0.11463				0.01729												
31 住宅賃貸料																	
32 教育																	
33 医療																	
34 公共サービス																	0.00658

表 4.12 中国の固定資本コンパナーターの推算結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
農林水産業	0.082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 農林水産業	0.082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 鉱業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 水道	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 食品とタバコ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 繊維	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 紙・パルプ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 電力・蒸気・熱湯供給	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 石油加工・石炭製品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 石炭加工・石炭製品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 化学工業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 非金属鉱物製品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 金属精建・圧延加工	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 金属製品	0	0	0.006	0.003	0	0	0.002	0.11	0	0.056	0	0.001	0	0	0.001	0.022	0	0	0	0.016	0	0	0.050	0	0	0.007	
14 機械工業	0.108	0.368	0.287	0.372	0.289	0.386	0.071	0.311	0.234	0.33	0.204	0.224	0.183	0.385	0.2	0.228	0.228	0.228	0.521	0.105	0.032	0.07	0.107	0.018	0.038	0.24	
15 輸送用機械	0.037	0.082	0.054	0.05	0.164	0.115	0.023	0.013	0.132	0.012	0.201	0.025	0.126	0.085	0.034	0.014	0.11	0.179	0.167	0.232	0.16	0.136	0.044	0.03	0.009	0.104	
16 電気・機械器具製造	0.007	0.037	0.037	0.02	0.093	0.062	0.145	0.034	0.193	0.07	0.045	0.057	0.105	0.061	0.082	0.127	0.149	0.049	0.018	0.052	0.136	0.039	0.137	0.089	0.039	0.03	
17 精密機械	0	0.001	0	0.011	0.007	0.003	0	0.005	0.008	0.01	0.011	0.014	0.011	0.016	0.024	0.01	0.026	0.002	0.001	0.002	0.002	0	0.032	0	0.015	0.018	
18 その他の製造業	0	0	0	0.007	0.005	0.005	0	0.001	0.003	0.002	0.005	0.001	0.007	0.005	0.004	0.018	0.01	0.004	0.005	0.016	0.003	0.027	0.019	0	0	0	
19 建設業	0.735	0.443	0.436	0.476	0.396	0.532	0.724	0.361	0.308	0.471	0.368	0.63	0.455	0.376	0.494	0.434	0.311	0.335	0.194	0.478	0.822	0.672	0.537	0.848	0.856	0.345	
20 運輸	0.002	0.004	0.005	0.003	0.011	0.012	0.002	0.004	0.01	0.004	0.004	0.003	0.007	0.004	0.003	0.004	0.004	0.011	0.005	0.002	0.004	0.003	0.004	0.002	0.002	0.004	
21 通信	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22 商業	0.029	0.055	0.144	0.056	0.095	0.075	0.033	0.161	0.153	0.045	0.144	0.045	0.106	0.067	0.136	0.143	0.182	0.149	0.099	0.097	0.041	0.053	0.06	0.033	0.041	0.052	
23 サービス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24 金融・保険・不動産	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25 文教衛生科学研究事業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26 政府機関	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

4.1.3 中国の消費関数

産業連関分析において、生産は最終需要(最終消費と投資、輸出)を満たすために行われるという基本考えがある。本研究の動学的モデルにおいては、投資、輸出は最適化行動の結果として扱われ、最終消費は生産による付加価値創出（GDP）によって決められる。生産と消費の定量関係を表すのに消費関数が必要である。

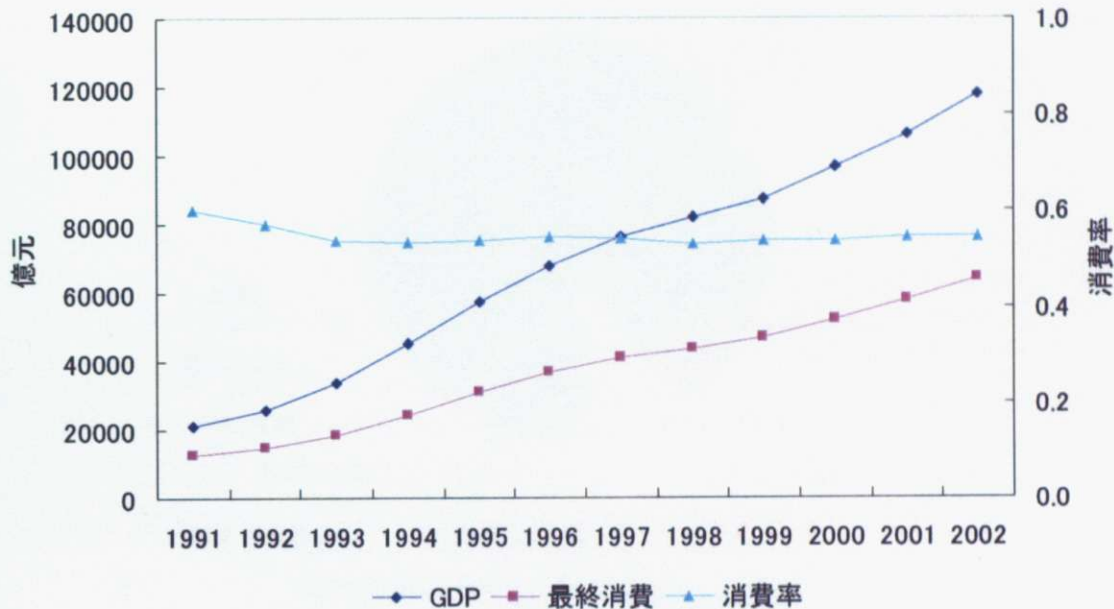


図 4.7 中国の GDP と最終消費の推移

図 4.7 に 1991～2002 年間の中国の GDP と最終消費及び、両者の比を示した。GDP と最終消費はともに比較的順調に伸びてきたが、最終消費対 GDP の比が減少する傾向にあり、中国の経済成長における最終消費要因の影響が小さくなっている。

(a) 消費率

$$C(t) = c \cdot Y(t) \tag{4.30}$$

$C(t)$: t年の最終消費額 c : 消費率 $Y(t)$: t年の総付加価値(GDP)

全国モデルにおける消費率を推算するため、ここでは GDP と最終消費は式(4.30)のように単純比例関係にあると仮定し、1991～2002 年間の中国の GDP と最終消費額の実データに対して、回帰分析を行い、以下のような結果が得られた。

$$c = 0.541 \quad R^2 = 0.9998 \quad t\text{値} = 243$$

よって、全国モデルにおける消費率を 0.541 とする。

(b) 消費パターン

本研究では、産業連関表の最終消費の項目における各部門の比率を消費パターンベクトル H_c とし、最終消費総額 C に H_c を掛け、各産業部門財に対する最終消費額とした。1997年における中国の消費パターンを図 4.8 に示した。食料品関係（農業+食品とタバコ）は最終消費全体の約 40% を占め、シェアが最も大きい。サービスのシェアも 3 割を超え、最主要支出の一つである。

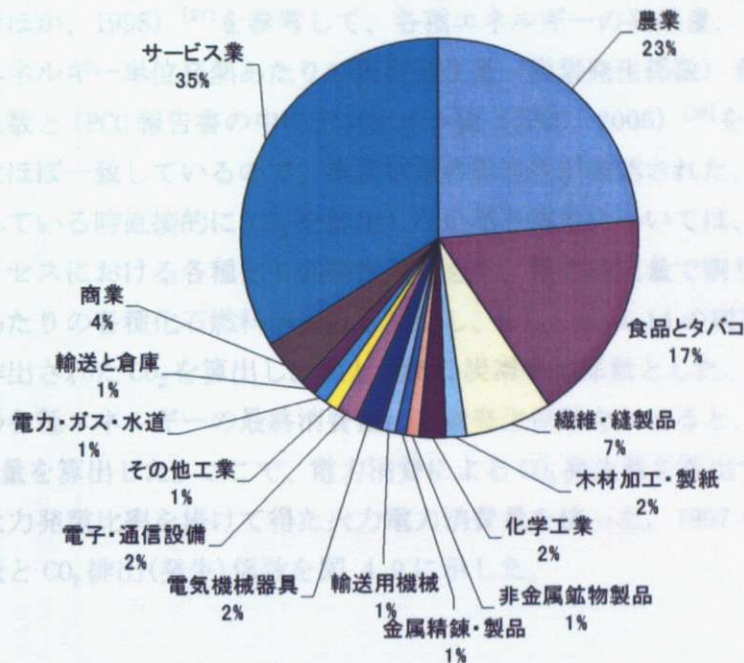


図 4.8 1997 年中国の最終消費パターン

4.1.4 中国のエネルギー消費、CO₂ 排出係数

本研究では、中国の成長経路上のエネルギー消費と CO₂ 排出を議論するために、各産業部門の種類ごとの最終エネルギー消費量を推計した。さらに、各種エネルギーの炭素発生係数を推定し、エネルギー消費量に掛け、CO₂ 排出量をを算出した。具体的な推算方法は以下の通りである。

(a) 最終エネルギー消費

中国のエネルギー消費データは中国国家中国のエネルギー資源消費のデータについては中国統計局が作成した中国能源統計年鑑が基本である。本研究では、この資料をベースに、1997 年中国各産業部門の最終エネルギー消費量を推算した。ここでは、工業部門の方が比較的詳細な部門分類となっており、全部で 44 産業部門があり、各産業部門の発熱量ベースでの原炭、原油、天然ガスなど化石燃料、熱、電力計 19 種類のエネルギーの最終消費量を推算した。ダブルカウントを避けるために、ここでは石油加工、コークスなどのエネルギー

一転換部門については、熱量ベースで、エネルギー資源投入量から産出エネルギー製品量を差し引いた「最終エネルギー消費量」を対象とした。推計結果はさらに 21 部門に統合し、表 4.13 に載せた。

(b) エネルギー消費による CO₂ 排出

各種化石エネルギーの燃焼による CO₂ の発生量を計算するにあたり、中国能源統計年鑑データをベースに、「日中共通分類：エネルギー消費・大気汚染分析用産業連関表」（通商産業研究所ほか、1995）^[57]を参考して、各種エネルギーの発熱量、炭素含有量を推計し、各種化石エネルギー単位発熱あたりの炭素発生量（炭素発生係数）を算出した。推算した炭素発生係数と IPCC 報告書の中のデフォルト値（IPCC、2006）^[58]を表 4.14 に示した。二種類の値はほぼ一致しているため、推算結果の妥当性が確認された。

消費されている時直接的に CO₂ を排出しない熱と電力については、熱供給、火力発電など転換プロセスにおける各種化石燃料投入量を熱、電力産出量で割り、2 次エネルギーの単位産出あたりの各種化石燃料消費量を算出し、さらに表 4.14 の炭素発生係数を掛け、単位生産で排出された CO₂ を算出し、熱と電気の炭素発生係数とした。

各部門の各種エネルギーの最終消費量に炭素発生係数をかけると、エネルギー消費による CO₂ 発生量を算出した。ここで、電力消費による CO₂ 発生量を算出するにあたり、総電力消費量に火力発電比率を掛けて得た火力電力消費量を使った。1997 年中国各部門の CO₂ 排出(発生)量と CO₂ 排出(発生)係数を図 4.9 に示した。

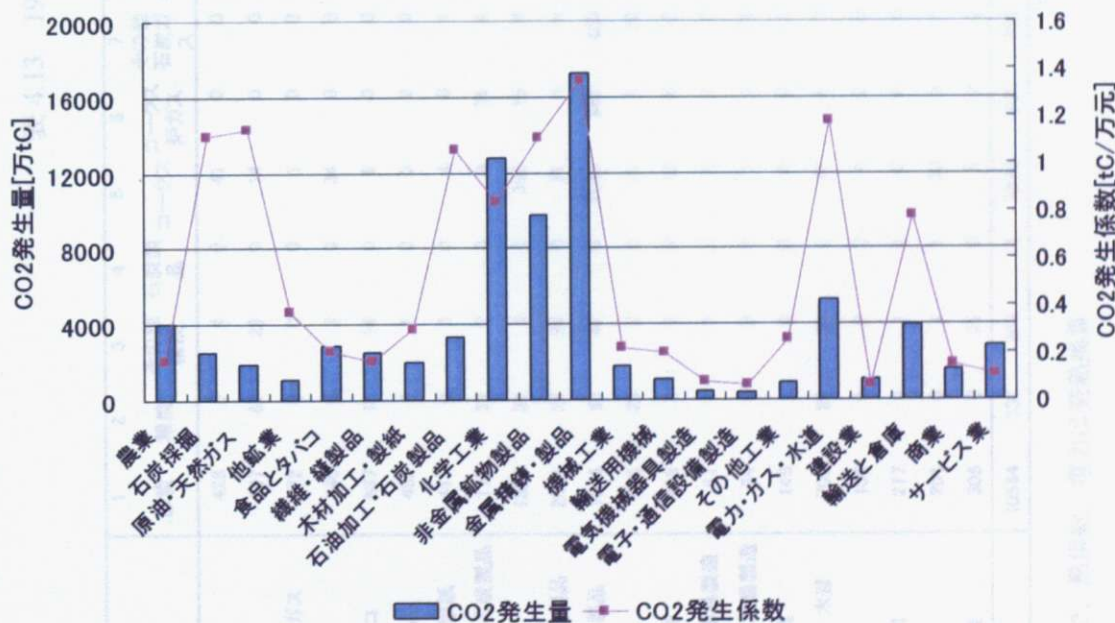


図 4.9 1997 年中国各部門の CO₂ 発生量と CO₂ 発生係数

表 4.13 1997 年中国各部門最終エネルギー消費量 (単位 PJ)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	合計
	原炭	精炭	精炭	その他 精炭	石炭製 製品	コークス コークス	コークス コークス	コークス コークス	コークス コークス	原油	ガソリン	灯油	軽油	燃料油	LPG	オフガ ス	その他 石油製 品	天然ガ ス	熱供給	電力
1 農業	428	5	4	4	0	41	0	0	0	0	72	1	459	21	0	0	1	0	1	230
2 石炭採掘	447	67	29	0	14	0	0	0	1	14	1	15	2	0	0	0	0	0	2	137
3 原油・天然ガス	72	0	0	0	1	0	0	0	132	21	0	70	62	7	16	11	156	10	113	
4 他鉱業	140	3	3	0	34	0	0	0	5	17	0	23	1	0	0	0	1	1	7	74
5 食品とタバコ	637	19	14	0	8	0	0	4	1	31	0	24	10	1	0	0	0	2	48	108
6 繊維・縫製品	450	1	1	0	3	0	0	0	0	19	1	17	15	0	0	0	1	3	63	143
7 木材加工・製紙	417	0	3	0	4	0	1	0	0	11	2	13	4	0	0	0	1	0	47	94
8 石油加工・石炭製品	119	24	7	0	9	25	6	16	27	8	4	15	145	57	166	397	37	179	66	1307
9 化学工業	1884	31	6	0	356	15	4	16	25	42	3	54	180	22	31	293	294	305	542	4104
10 非金属鉱物製品	2677	25	96	0	71	4	6	3	4	26	1	58	115	5	0	5	11	15	219	3343
11 金属精練・製品	1044	99	42	0	2146	262	420	53	1	28	2	45	165	1	0	5	13	163	572	5059
12 機械工業	258	25	2	0	77	1	10	0	0	33	2	18	10	0	0	0	0	4	21	80
13 輸送用機械	138	1	2	0	10	0	2	0	0	15	1	15	4	0	0	0	0	2	19	72
14 電気機械器具製造	61	1	1	0	4	1	0	0	0	11	0	9	5	1	0	0	0	4	6	27
15 電子・通信設備製造	34	0	0	0	1	1	1	0	0	5	0	7	5	1	0	7	5	4	31	103
16 その他工業	145	1	0	0	8	0	1	0	0	7	0	8	4	0	0	6	5	11	57	254
17 電力・ガス・水道	705	29	34	0	17	6	7	1	0	12	0	29	53	6	0	0	0	5	47	398
18 建設業	104	0	2	0	4	0	0	2	1	46	4	62	9	1	0	34	0	2	71	342
19 輸送と倉庫	277	0	1	0	2	6	0	0	9	467	148	529	92	7	0	4	2	6	92	1642
20 商業	201	0	1	1	10	5	1	0	0	91	4	62	2	21	0	1	3	9	97	509
21 サービス業	306	0	21	0	5	6	3	0	1	216	1	85	5	6	0	2	2	29	173	863
合計	10544	332	269	3	2824	332	462	95	208	1193	177	1617	909	136	214	772	549	993	3397	25026

ここで、熱供給、電力は発熱換算

表 4.14 各種化石エネルギー燃焼時の炭素発生係数

	発熱量 kJ/kg	炭素含有量 kgC/kg	炭素発生係数 kgC/GJ	
			本研究使用値	IPCC デフォルト
原炭	20,908	0.553	26.4	26.8
原油	41,816	0.863	20.6	20
天然ガス*	38,931	0.547	14.0	15.3
精製洗炭	26,344	0.659	25.0	
その他洗炭	15,373	0.500	32.5	
ガソリン	43,070	0.854	19.8	18.9
灯油	43,070	0.863	20.0	19.5
ディーゼル油	42,652	0.869	20.4	20.2
燃料油	41,816	0.878	21.0	21.1
LPG	50,179	0.823	16.4	17.2
製油所ガス	45,998	0.800	17.4	15.7
他石油製品	38,369		20.0	20
練炭	17,774	0.500	28.1	
コークス	28,435	0.868	30.5	29.2
コークスガス*	17,847	0.221	12.4	12.1
その他ガス*	8,409	0.418	49.8	
他コークス製品	33,779	0.870	25.8	

*天然ガス、コークスガス、その他ガスの発熱量、炭素含有量の単位はそれぞれ kJ/Nm³、kgC/Nm³ である。

4.2 中国全国基本モデルを用いた試算

本節では、前節で推算した各種係数を使って、中国の動学的モデルの全国モデルを構築し、それを基礎とした最適化問題を解き、中国の最適成長経路を求め、ターンパイク経路の存在を検証した。また、現実経済に近づけるために、輸出入などを導入し、拡張モデルを開発した。さらに CO₂ 排出係数の制限などを導入して、新しい最適成長経路を求め、CO₂ 排出削減のポテンシャルを検討した。

4.2.1 全国基本モデルの開発とターンパイクの検証

ここでは最適成長経路とターンパイク理論による均衡成長経路と関係を検証するために、中国全国レベルでの基本モデルを作成した。この際は、まずターンパイク理論によるモデルの特徴行列を明確にするために、モデルをなるべく簡潔にし、輸出入などを捨象した。

(a) 基本モデルの概要

部門分類 21×21 部門

変数

各期の生産ベクトル $X(t)$ ($t=1, \dots, T$)

各期の投資ベクトル $I(t)$ ($t=0, \dots, T$)

各期の期首の固定資産ストックベクトル $Sk(t)$ ($t=1, \dots, T$)

基本係数

生産：中間投入係数行列 A (4.1.1の結果より算出 表 4.15 参照)

所得：付加価値率ベクトル V (4.1.1の結果より算出 表 4.16 参照)

投資：固定資本係数ベクトル、固定資本コンバーター H_k
(4.1.2の結果より算出 表 4.17 参照)

消費：消費率 c 、消費パターンベクトル H 。(4.1.3の結果より 表 4.16 参照)

エネルギー消費：最終エネルギー消費係数ベクトル $\text{Coef}_{\text{Energy}}$
(4.1.4の結果より算出 表 4.16 参照)

CO₂ 排出：CO₂ 排出係数ベクトル $\text{Coef}_{\text{CO}_2}$ (4.1.4の結果より算出 表 4.16 参照)

表 4.15 全国モデルにおける中国投入係数 A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	農業	石炭採掘	原油・天然ガス	他鉱業	食品とタバコ	繊維・織物	木材加工・製紙	石油加工・石炭製品	化学工業	非金属鉱物製品	金属精錬・製品	機械工業	輸送用機械	電気機械器具製造	電子・通信設備製造	その他工業	電力・ガス・水道	建設業	輸送と倉庫	商業	サービス業
1 農業	0.150	0.018	0.000	0.008	0.345	0.084	0.034	0.000	0.028	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.001	0.003	0.009	0.022
2 石炭採掘	0.002	0.036	0.008	0.009	0.005	0.006	0.015	0.049	0.020	0.057	0.017	0.005	0.003	0.002	0.001	0.007	0.185	0.001	0.005	0.000	0.004
3 原油・天然ガス	0.000	0.000	0.010	0.003	0.000	0.000	0.000	0.427	0.014	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.000	0.002
4 他鉱業	0.001	0.026	0.001	0.125	0.001	0.001	0.039	0.002	0.016	0.072	0.063	0.021	0.003	0.015	0.001	0.011	0.004	0.042	0.001	0.000	0.003
5 食品とタバコ	0.063	0.002	0.000	0.001	0.201	0.007	0.010	0.001	0.017	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.012	0.022	0.028
6 繊維・織物	0.002	0.013	0.007	0.014	0.002	0.417	0.026	0.004	0.023	0.008	0.005	0.007	0.005	0.004	0.002	0.039	0.004	0.002	0.006	0.009	0.012
7 木材加工・製紙	0.004	0.010	0.005	0.011	0.024	0.008	0.242	0.002	0.016	0.028	0.011	0.012	0.009	0.027	0.021	0.033	0.004	0.032	0.010	0.017	0.043
8 石油加工・石炭製品	0.012	0.013	0.026	0.024	0.003	0.004	0.006	0.073	0.023	0.027	0.023	0.010	0.006	0.005	0.002	0.008	0.034	0.018	0.109	0.009	0.013
9 化学工業	0.074	0.026	0.030	0.053	0.030	0.093	0.103	0.025	0.345	0.052	0.026	0.029	0.053	0.081	0.067	0.069	0.012	0.017	0.026	0.008	0.041
10 非金属鉱物製品	0.005	0.037	0.014	0.029	0.009	0.003	0.016	0.012	0.015	0.160	0.036	0.016	0.012	0.020	0.031	0.027	0.029	0.246	0.006	0.009	0.013
11 金属精錬・製品	0.005	0.055	0.031	0.037	0.010	0.005	0.031	0.005	0.019	0.042	0.364	0.219	0.144	0.245	0.069	0.078	0.009	0.165	0.011	0.004	0.013
12 機械工業	0.005	0.046	0.040	0.042	0.004	0.005	0.013	0.014	0.012	0.019	0.024	0.208	0.088	0.047	0.011	0.026	0.021	0.019	0.008	0.006	0.009
13 輸送用機械	0.001	0.006	0.008	0.012	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.011	0.004	0.010	0.281	0.002	0.002	0.027	0.005	0.002	0.052	0.019	0.006
14 電気機械器具製造	0.001	0.011	0.015	0.008	0.001	0.002	0.004	0.003	0.004	0.008	0.006	0.038	0.025	0.131	0.024	0.009	0.013	0.034	0.004	0.015	0.009
15 電子・通信設備製造	0.000	0.005	0.011	0.005	0.001	0.002	0.007	0.004	0.005	0.006	0.004	0.016	0.013	0.028	0.421	0.010	0.013	0.006	0.007	0.015	0.024
16 その他工業	0.005	0.015	0.010	0.016	0.007	0.007	0.022	0.009	0.011	0.016	0.027	0.010	0.007	0.022	0.010	0.105	0.012	0.005	0.029	0.010	0.018
17 電力・ガス・水道	0.008	0.042	0.034	0.046	0.011	0.017	0.026	0.017	0.037	0.054	0.043	0.019	0.016	0.012	0.012	0.014	0.076	0.008	0.021	0.020	0.026
18 建設業	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.006	0.003	0.003	0.005	0.001	0.010	0.012	0.023
19 輸送と倉庫	0.013	0.028	0.020	0.060	0.018	0.021	0.029	0.043	0.027	0.045	0.033	0.024	0.018	0.020	0.022	0.029	0.035	0.030	0.066	0.050	0.026
20 商業	0.035	0.118	0.018	0.050	0.045	0.070	0.070	0.041	0.059	0.060	0.061	0.047	0.051	0.058	0.051	0.046	0.072	0.048	0.036	0.037	0.029
21 サービス業	0.020	0.041	0.036	0.059	0.028	0.035	0.046	0.031	0.049	0.049	0.046	0.051	0.043	0.060	0.053	0.048	0.057	0.035	0.089	0.257	0.148

表 4.16 全国モデルにおける主要係数と初期条件

	付加価値率V	消費構造Hc	固定資本係数k	最終エネルギー消費係数 CoefEnergy TOE/万元	CO2排出係数 Coefco tC/万元	初期生産X(0) 億元	初期資本ストック Sk(0) 億元	初期在庫S (0) 億元
農業	0.595	0.229	0.197	0.122	0.161	24677	4940	1798
石炭採掘	0.449	0.002	1.223	0.782	1.118	2227	2787	730
原油・天然ガス	0.676	0.001	2.739	0.983	1.144	1631	4546	543
他鉱業	0.386	0.000	0.405	0.248	0.374	2970	1269	806
食品とタバコ	0.253	0.164	0.218	0.157	0.207	13793	3091	1277
繊維・縫製品	0.212	0.068	0.174	0.112	0.164	15367	2751	2171
木材加工・製紙	0.257	0.016	0.203	0.215	0.301	6660	1417	997
石油加工・石炭製品	0.235	0.001	0.434	1.009	1.055	3098	1415	634
化学工業	0.256	0.022	0.429	0.645	0.839	15212	6608	3159
非金属鉱物製品	0.279	0.012	0.265	0.908	1.104	8807	2406	601
金属精錬・製品	0.202	0.007	0.436	0.948	1.353	12758	5646	2113
機械工業	0.254	0.003	0.307	0.158	0.218	8227	2603	2171
輸送用機械	0.219	0.014	0.345	0.127	0.198	5314	1907	817
電気機械器具製造	0.213	0.023	0.158	0.056	0.080	5560	929	872
電子・通信設備製造	0.194	0.016	0.232	0.043	0.067	5727	1387	2778
その他工業	0.397	0.010	0.191	0.170	0.254	3561	735	332
電力・ガス・水道	0.406	0.012	1.947	0.729	1.181	4431	8707	955
建設業	0.287	0.000	0.078	0.047	0.064	17386	1431	1011
輸送と倉庫	0.486	0.014	1.732	0.775	0.777	5066	8855	1781
商業	0.471	0.041	0.286	0.110	0.148	11049	3245	2176
サービス業	0.490	0.345	1.632	0.078	0.108	26323	43027	3109

表 4.17 全国モデルにおける固定資本コンバンターHK

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	農業	石炭探掘	原油・天然ガス	他鉱業	食品とタバコ	繊維・織製品	木材加工・製紙	石油加工・石炭製品	化学工業	非金属鉱物製品	金属精錬・製品	機械工業	輸送用機械	電気機械器具製造	電子・通信設備製造	その他工業	電力・ガス・水道	建設業	輸送と倉庫	商業	サービス業
1 農業	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2 石炭探掘	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3 原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4 他鉱業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 食品とタバコ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6 繊維・織製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7 木材加工・製紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8 石油加工・石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9 化学工業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 非金属鉱物製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 金属精錬・製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.110	0.056	0.000	0.001	0.000	0.001	0.022	0.000	0.000	0.002	0.000	0.016	0.000	0.010
12 機械工業	0.108	0.368	0.368	0.368	0.372	0.269	0.396	0.311	0.330	0.204	0.220	0.385	0.200	0.228	0.228	0.270	0.093	0.521	0.105	0.070	0.072
13 輸送用機械	0.037	0.092	0.092	0.092	0.050	0.164	0.115	0.013	0.012	0.201	0.035	0.085	0.034	0.014	0.110	0.179	0.029	0.167	0.232	0.136	0.052
14 電気機械器具製造	0.007	0.037	0.037	0.037	0.020	0.053	0.062	0.034	0.070	0.045	0.062	0.061	0.082	0.127	0.149	0.049	0.138	0.018	0.052	0.039	0.077
15 電子・通信設備製造	0.000	0.001	0.001	0.001	0.011	0.007	0.003	0.005	0.010	0.011	0.014	0.016	0.024	0.010	0.026	0.002	0.000	0.001	0.002	0.000	0.011
16 その他工業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.005	0.005	0.001	0.002	0.005	0.002	0.006	0.004	0.018	0.010	0.004	0.000	0.005	0.016	0.027	0.004
17 電力・ガス・水道	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 建設業	0.735	0.443	0.443	0.443	0.476	0.396	0.332	0.361	0.471	0.386	0.613	0.376	0.494	0.434	0.311	0.336	0.689	0.194	0.478	0.672	0.729
19 輸送と倉庫	0.002	0.004	0.004	0.004	0.003	0.011	0.012	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.004	0.011	0.003	0.005	0.002	0.003	0.003
20 商業	0.029	0.055	0.055	0.055	0.058	0.095	0.075	0.161	0.045	0.144	0.051	0.067	0.158	0.143	0.162	0.149	0.045	0.089	0.097	0.053	0.042
21 サービス業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
固定資本係数	0.197	1.223	2.739	0.405	0.218	0.174	0.203	0.434	0.429	0.265	0.436	0.307	0.345	0.158	0.232	0.191	1.947	0.078	1.732	0.268	1.632

以上の諸変数、係数を使って、以下のような基本モデルによる最適化問題を作った。

(b) 基本モデルによる最適化問題

基本関係

投資と固定資本ストック

$$Sk(i, t+1) = (1-\lambda)Sk(i, t) + \beta I(i, t) \quad (i=1, \dots, 21; t=0, \dots, T-1) \quad (4.31)$$

λ : 償却率 β : 投資効率

$$\text{消費 } C(t) = c \cdot V^t \cdot X(t) \quad (4.32)$$

$$\text{産業部門最終エネルギー消費量 } Energy(t) = Coef_{Energy}^t \cdot X(t) \quad (4.33)$$

$$\text{産業部門 CO}_2\text{排出量 } CO(t) = Coef_{CO}^t \cdot X(t) \quad (4.34)$$

制約条件

生産能力制限

$$K(i) \cdot X(i, t) \leq Sk(i, t) \quad (i=1, \dots, 21; t=0, \dots, T) \quad (4.35)$$

基本需給バランス

$$X(t) \geq AX(t) + H_c \cdot C(t) + H_k \cdot I(t) \quad (t=0, \dots, T) \quad (4.36)$$

最終期投資制限

$$I(i, T) \geq I(i, T-1) \quad (i=1, \dots, 21) \quad (4.37)$$

初期条件

初期生産 $X(0)$ (1997年生産実績 4.1.1の結果より算出 表4.16参照)

初期資本ストック $Sk(0)$ (1997年年始の固定資本ストックの推算値

4.1.1の結果より算出 表4.16参照) 初期在庫

$S(0)$ (輸出入など捨象する際の補正值 表4.16参照)

目的関数

ケース1 最終期総生産の最大化 $MAX \sum_{i=1}^{21} X(i, T)$

ケース2 最終期総付加価値(GDP)の最大化 $MAX \sum_{i=1}^{21} V(i) \cdot X(i, T)$

ケース3 計画期間中総消費割引現在価値の最大化 $MAX \sum_{t=0}^T \frac{C(t)}{(1+r)^t}$

(c) 最適成長経路とターンパイク経路

本研究では最適化問題を解く際は GAMS (General Algebraic Modeling System) という数値計算のソフトを使った。最終目的関数がそれぞれ、最終期総生産の最大化、最終期の総付加価値(GDP)の最大化、そして計画期間中総消費割引現在価値の最大化 ($r=10\%$) の場合の中国経済の最適成長経路を求めた。ここでは、計画期間を 10 期 (年) としている。また、消費率 $c=0.541$ 、固定資本償却率 $\lambda=6\%$ 、投資効率 $\beta=0.72$ とした。各ケースの最適成長経路上各期生産における部門比率を図 4.10~図 4.12 に示した。

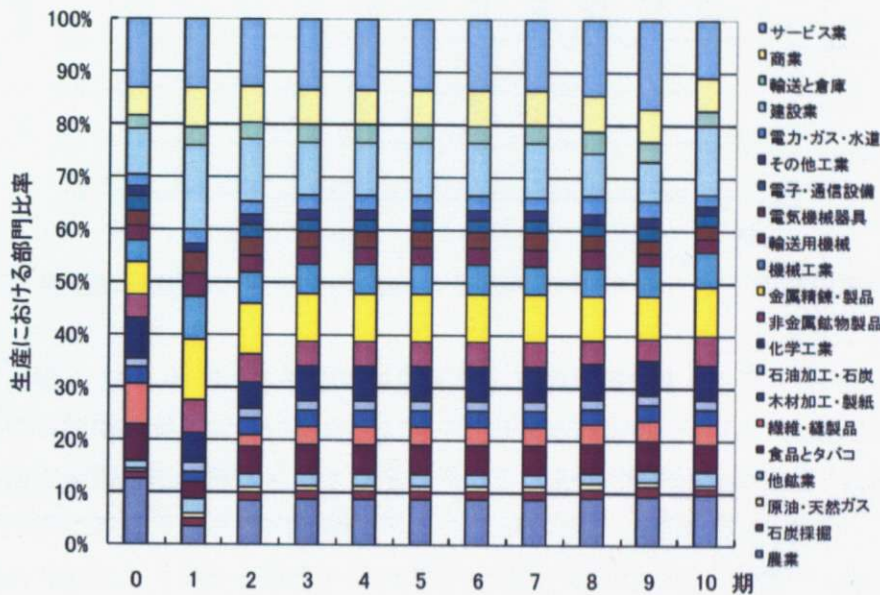


図 4.10 最適成長経路上各期生産における部門比率(ケース 1 終期総生産最大化)

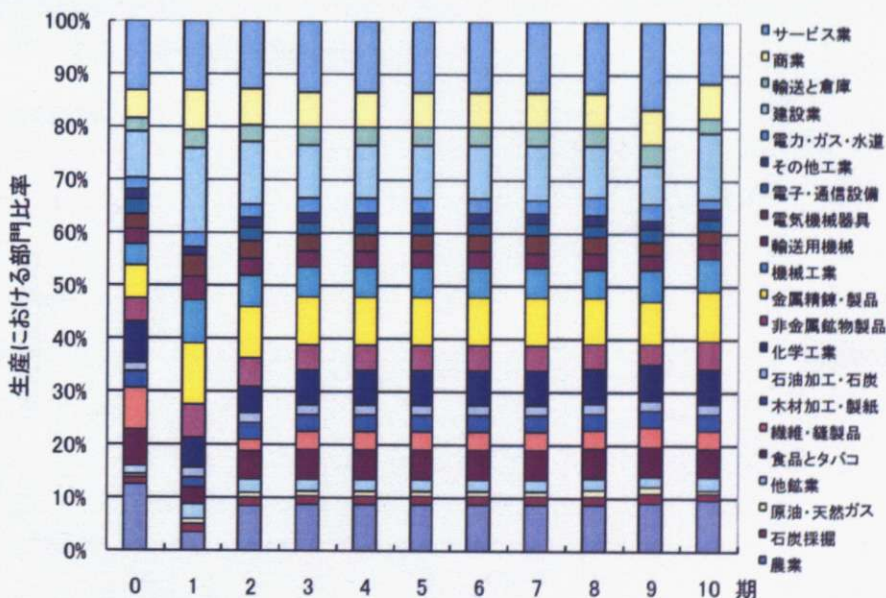


図 4.11 最適成長経路上各期生産における部門比率(ケース 2 終期 GDP 最大化)

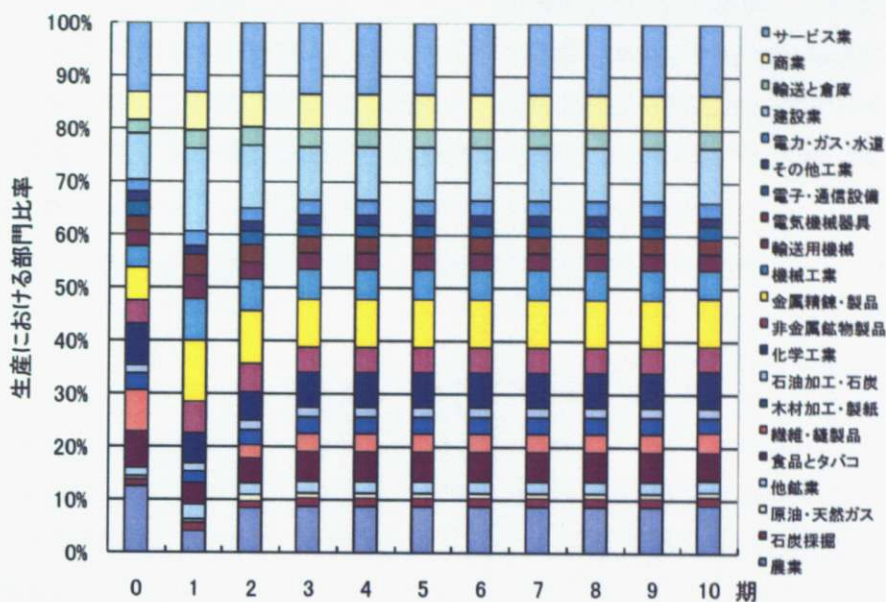


図 4.12 最適成長経路上各期生産における部門比率(ケース3 期間中総消費最大化)

さらに、図 4.13 に各ケースの最適成長経路上の総生産額を示した。図 4.10～4.13 から各ケースの目的関数が異なるにもかかわらず、最適成長経路上では、初期から6期まで、3ケースの総生産額がほぼ等しく、しかも、生産における各部門比率のよく類似している。また、中間期における各部門の生産比率の変化が小さく、ほぼ一定であることが3ケース共通に観測された。さらに、各ケースにおける最適成長経路は、最終期を除けば、ほとんど同じである。

目的関数にあまり影響されず、成長経路の中間期における各部門の生産割合が安定し、均衡成長することがターンパイク理論の記述と一致し、各ケースの中間期の最適成長経路はターンパイク上にあると推測される。

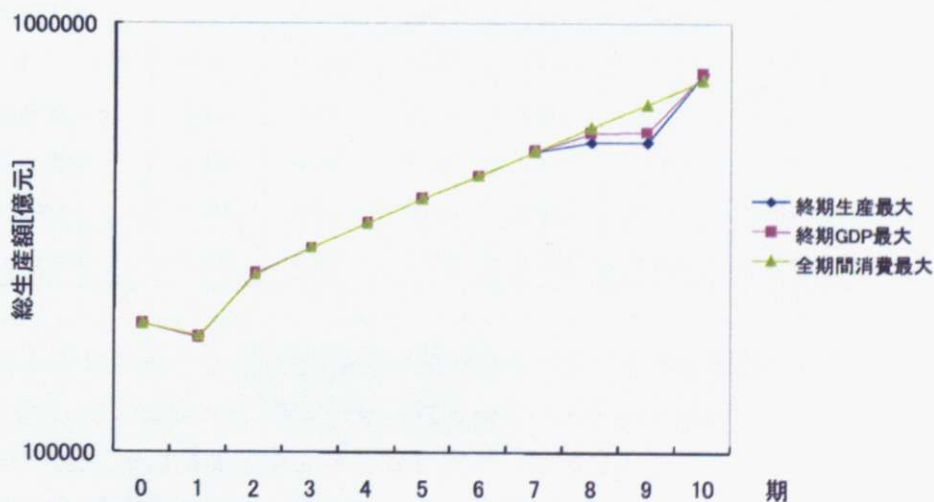


図 4.13 各ケースの最適成長経路上の総生産額の推移

一方、ターンパイク定理に基づき、モデルの特徴行列（2.2節参照）の最大固有値とそれに対応する固有ベクトルを計算し、ターンパイク経路を求め、それと最適成長経路の第5、6期の総生産における各部門の比率と比較し、その結果を表4.18にまとめた。ちなみに、固有値と固有ベクトルを求める際は、eigen95*というフリーソフト（製作者：神田 公生）を使った。

表 4.18 最適成長経路中期における各部門割合と特徴行列の最大固有ベクトル

	ケース1		ケース2		ケース3		最大固有ベクトル
	第5期	第6期	第5期	第6期	第5期	第6期	
農業	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086	0.086
石炭採掘	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
原油・天然ガス	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
他鉱業	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
食品とタバコ	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
繊維・縫製品	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
木材加工・製紙	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
石油加工・石炭	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
化学工業	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066
非金属鉱物製品	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049
金属精錬・製品	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090
機械工業	0.055	0.055	0.055	0.056	0.055	0.055	0.055
輸送用機械	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
電気機械器具	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
電子・通信設備	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
その他工業	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
電力・ガス・水道	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027	0.027
建設業	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101	0.101
輸送と倉庫	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033
商業	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066
サービス業	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137

表4.18からわかるように、目的関数に関係なく、各ケースの最適成長経路中間期の総生産における各部門の割合は、特徴行列の最大固有ベクトルとほぼ完全に一致した。また各ケースの中間期の総生産の成長比率はほぼ同じ13.6%である。一方、特徴行列の最大固有値は1.273で、投資効率0.72、償却率0.06を考慮に入れると、理論上の成長率は $(1.273 - 1) \times 0.72 - 0.06 = 13.6\%$ である。成長率もシミュレーション値とターンパイク理論値と一

致した。そして、各ケースの中間期において需給バランス式(4.36)の左辺と右辺が等しく、生産の無駄がまったくないこともわかった。

よって、理論どおりに、ターンパイク経路の存在が確認され、それがモデルの特徴行列の固有ベクトルである。最適成長経路の中間期において、各部門の生産はほぼ一定の比率を維持しながら、各期で一定の成長率を保ち、有効均衡成長となっている。これが目的関数とはほとんど無関係である。

試算の結果から、固定資本償却と投資効率の導入によって、成長率は下がるが、生産における部門比率、ターンパイク経路は変化しないことも確認された。3 ケースの中で、期間中総消費の割引現在値を目的関数とするケース3において、目的関数による終期調整の小さく、ターンパイク経路近傍にとどまる期間が長いので、以降の試算では主にこの目的関数で試算を行う。

4.2.2 ターンパイク経路の影響要因に関する感度分析

前節で基本モデルにおける最適成長経路のターンパイクが確認された。第2章の説明からわかるように、理論上でターンパイク経路は最適化問題の特徴行列によって決まる。式(4.36)から、ターンパイクに影響する要因として中間投入係数、固定資本係数、固定資本構造、消費率と消費パターンが考えられる。

産業連関表において、一般的に中間投入係数はかなり安定しており、本研究における中国の中間投入係数は中国政府による公表データを利用しているため、これらの要因の中でデータの信憑度が最も高いといえよう^[59]。他の4つの要因の中で、固定資本係数、固定資本構造は複数の推定と仮説をもとに算出された。また消費率と消費パターンは経済発展に伴って相対的に変化しやすい^[60]。

ここでは、理論式を使ってターンパイク経路を求め、中間投入係数以外の4つの要因がターンパイク経路と経路上における平均CO₂排出係数に与える影響について検討してみる。

(a) 資本係数

まず、各部門の資本係数を一部門ずつ単独に2倍にし、あらためてターンパイク経路を算出し、変化後のターンパイク経路上における経済成長率と平均CO₂排出係数をそれぞれ図4.14と図4.15に示した。同時に、各部門の資本係数を一部門ずつ単独に0.5倍にした場合の結果も同じ図に載せた。

図4.14から、資本係数が高くなると、成長率が低下することが確認され、資本係数の変化がターンパイク経路上における経済成長率に与える影響が比較的に大きいとわかった。資本係数が高く、生産全体に占める割合が大きいサービス業、輸送業、電力などの部門の変化による成長率の変化が特に大きい。図4.15からターンパイク経路上の平均CO₂排出係数に対する各部門資本係数の単独変化の影響が非常に小さいこともわかった。

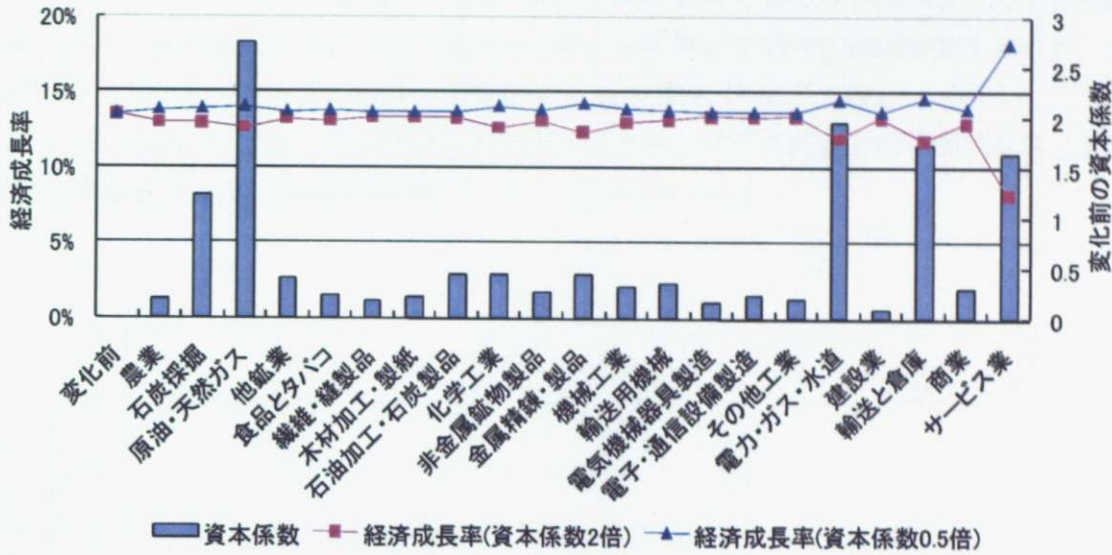


図 4.14 資本係数の単独変化と経済成長率

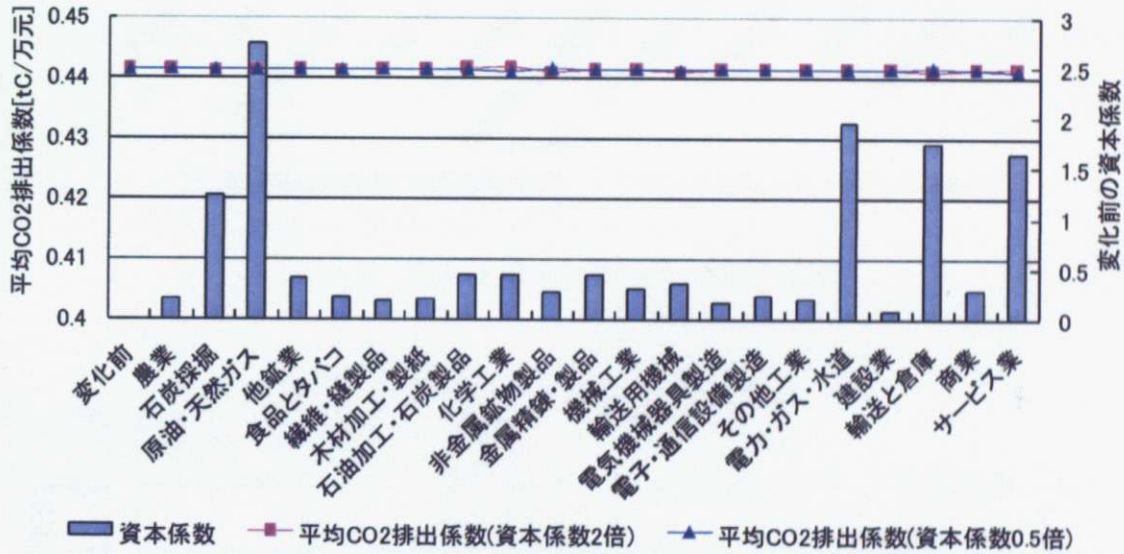


図 4.15 資本係数の単独変化と平均 CO₂ 排出係数

(b) 資本構成

$$H'_{kij} = \frac{H_{kij}}{1 + (r-1) \times H_{kij}} \quad (i \neq l) \tag{4.38}$$

$$H'_{kij} = \frac{rH_{kij}}{1 + (r-1) \times H_{kij}}$$

H_{kij} : 部門jの資本構成における財iの比率

H'_{kij} : 変化後の部門jの資本構成における財iの比率

l : 変化対象となる財 r : 変化率

式(4.38)を使って、同時に各部門の資本構成(投資)における各種財の比率を一財ずつ単独に変化させ、変化後のターンパイク経路上の経済成長率と平均 CO₂ 排出係数を求めた。変化率 r がそれぞれ 2 と 0.5 の場合の結果を図 4.16 と図 4.17 に示した。

図 4.16 と図 4.17 から、資本構造の単独変化がターンパイク経路上の経済成長率と平均 CO₂ 排出係数に与える影響が非常に小さいことがわかった。

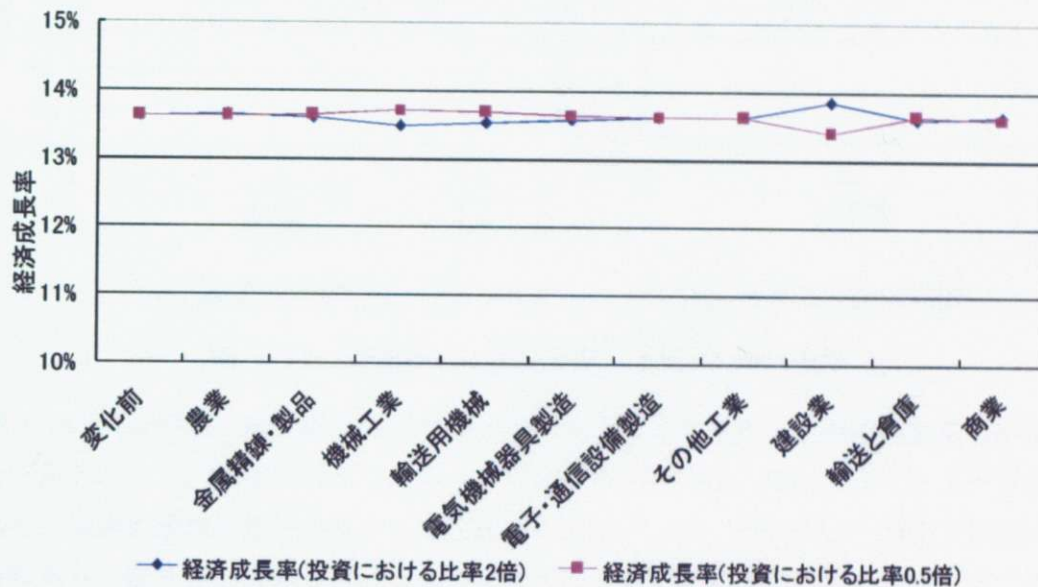


図 4.16 資本構造の単独変化と経済成長率

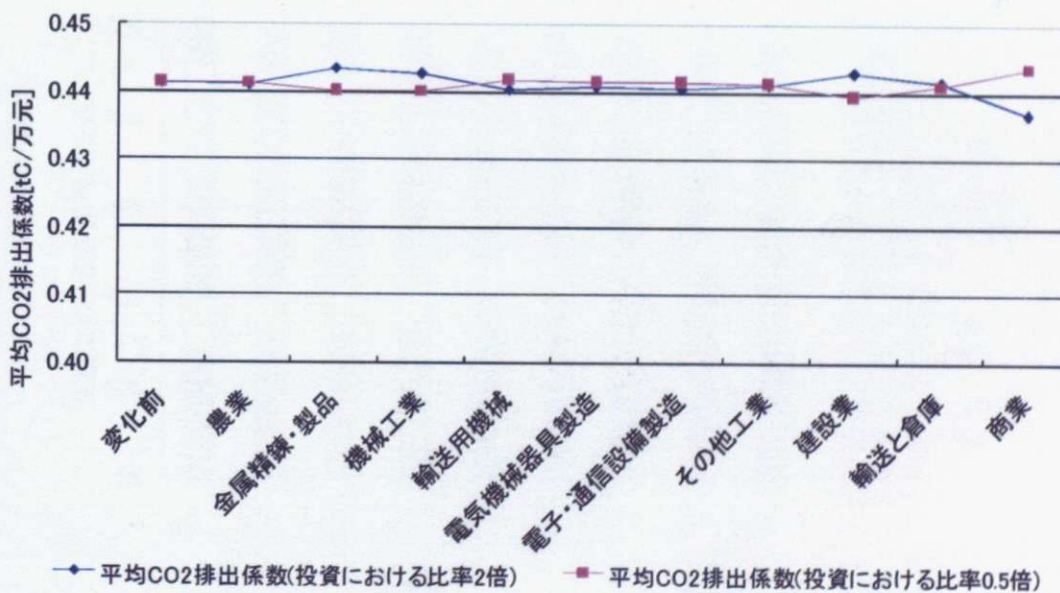


図 4.17 資本構造の単独変化と平均 CO₂ 排出係数

(c) 消費率

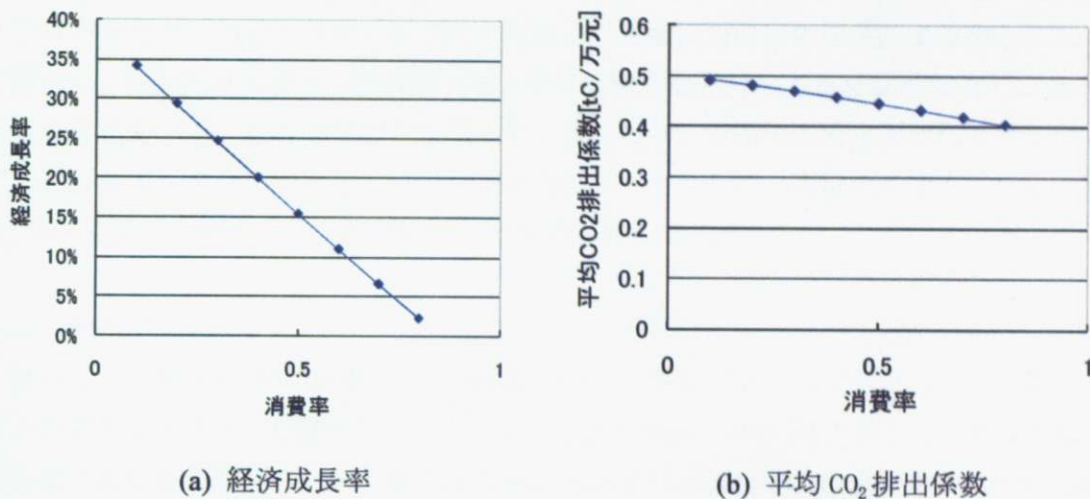


図 4.18 消費率と経済成長率、平均 CO₂ 排出係数

図 4.18 の(a)から、消費率が高くなると、ターンパイク経路上での経済成長率が減少することがわかった。本研究のようなターンパイクモデルでは、常に資本ストックを有効活用して、生産の最大可能性を出すような状況を求めている。その場合、消費と投資は代替関係にあり、財を奪い合いしているような状況になっている。よって、消費率が大きくなれば、投資にまわせる財が少なくなり、経済成長率が低下してしまう。これは高度成長期の特有現象で、成熟経済における生産能力過剰のときの消費による成長創出とは異なるメカニズムである。

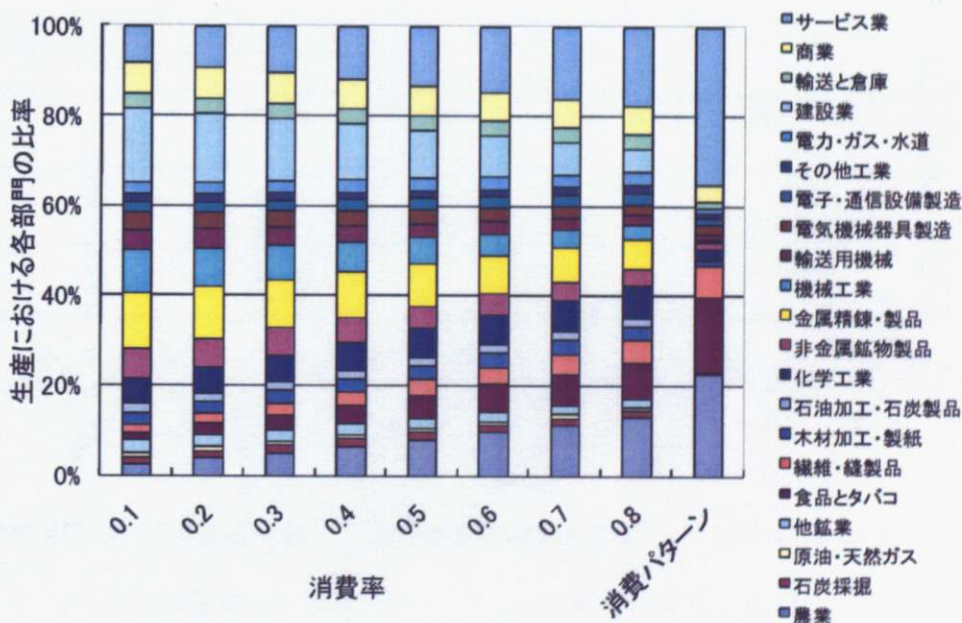


図 4.19 消費率とターンパイク経路上の部門比率

図 4.18 の(b)から、消費率が高くなると、ターンパイク経路上の平均 CO₂ 排出係数は比較的大きな幅の減少となる。その原因は、消費需要による生産構造の変化にある。図 4.19 に消費率とそれに対応するターンパイク経路上の生産における各部門の比率を示した。この図から、消費率が上昇するのに伴って、最終消費が生産に与える影響が拡大し、CO₂ 排出係数の比較的小さい最終消費財の生産がより多くなり、各部門生産比率が消費パターンにだんだん近づくことがわかる。逆に、消費率が小さくなると、投資の影響が大きくなり、CO₂ 排出係数の比較的大きい投資財の生産比率が高くなる。

(d) 消費パターン

続いて、消費率を 1997 年現状の 0.541 に固定し、消費パターンを変化させて、ターンパイクの変化を求めた。消費パターンを変化させる方法は、式(4.39)で表しているように、最終消費における各部門の比率一個ずつ単独に変化させ、変化後の全体和で正規化し、新しい消費パターンとする。

$$H'_{ci} = \frac{H_{ci}}{1+(r-1) \times H_{cl}} \quad (i \neq l)$$

$$H'_{cl} = \frac{r \times H_{cl}}{1+(r-1) \times H_{cl}} \quad (4.39)$$

H_{ci} : 最終消費における財*i*の比率

H'_{ci} : 変化後の最終消費における財*i*の比率

l : 変化対象となる財 r : 変化率

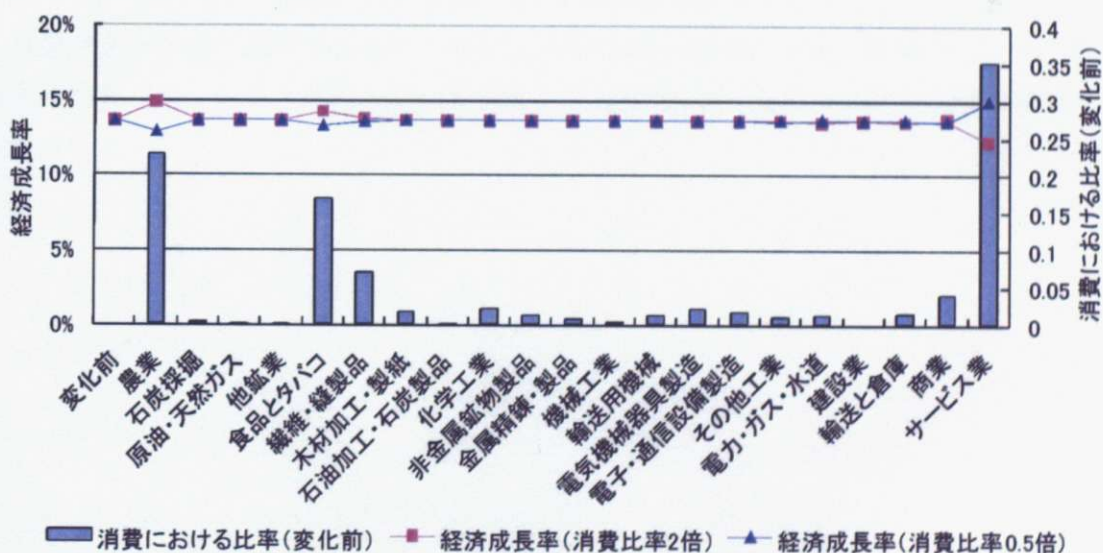


図 4.20 最終消費パターンの変化と経済成長率

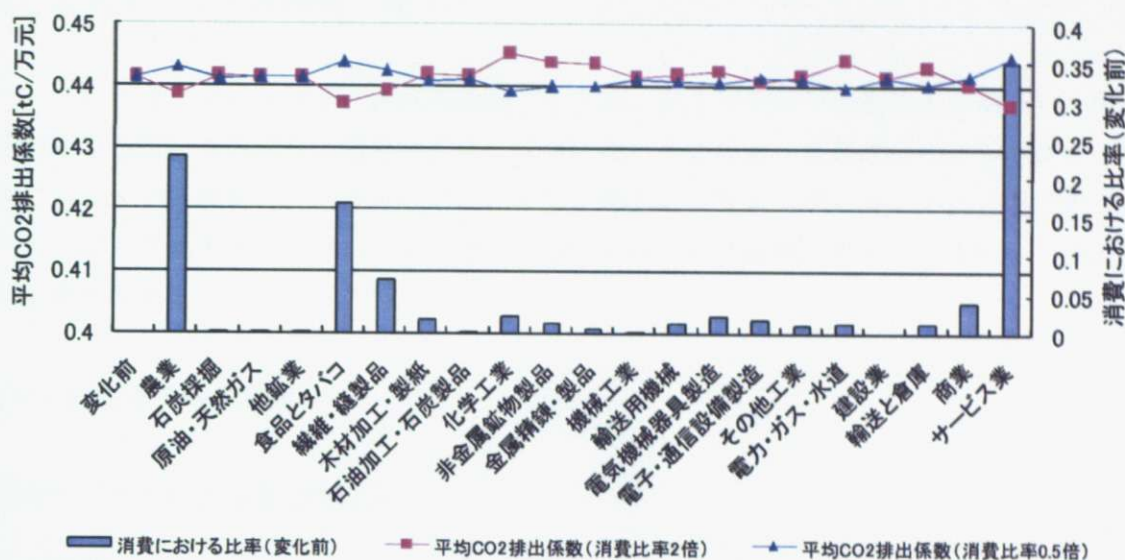


図 4.21 最終消費パターンの変化と平均 CO₂ 排出係数

図 4.20 から分かるように、最終消費における農業、食品・タバコなどの軽工業の比率が上がると、ターンパイク経路上の成長率が少し上昇する。これに対して、最終消費における、サービス産業の比率が高くなると、成長率が逆に下がってしまう。総じて、ターンパイク経路上の成長率に対する消費パターンの一部門単独変化の影響が限定的である。

図 4.21 から、最終消費における農業、食品・タバコ、サービス業など CO₂ 排出係数の比較的低い部門の比率が高くなると、ターンパイク経路上の全産業平均 CO₂ 排出係数が減少し、逆に、最終消費における化学、非金属鉱物、金属精錬、電力などの重工業の比率が上がると、ターンパイク経路上の全産業平均 CO₂ 排出係数が大きくなることがわかった。

消費パターンの一部門単独変化が全産業平均 CO₂ 排出係数に与える影響少ないが、総合効果で消費パターンが全体的に変化する場合、全産業平均 CO₂ 排出係数の変化は無視できない。

4.3 拡張モデル1の開発と輸出入

4.2.1 では、ターンパイク定理を検証するため、基本モデルでは輸出入を捨象し、供給と需要の範囲を中国国内に限定したが、現実には、中国の対外貿易依存度が年々高まってきており、より現実に近づけるために、輸出と輸入をモデルの中に導入する必要がある。ここでは、基本モデルをベースに、輸入、輸出を導入した拡張モデル1を開発し、輸出入の影響を検討した。

4.3.1 拡張モデル1概要

拡張モデル1による最適化問題

基本関係

投資と固定資本ストック

$$Sk(i, t+1) = (1 - \lambda)Sk(i, t) + \beta I(i, t) \quad (i=1, \dots, 21; t=0, \dots, T-1) \quad (4.40)$$

λ : 償却率 β : 投資効率

$$\text{消費} \quad C(t) = c \cdot V^t \cdot X(t) \quad (4.41)$$

需給バランス

$$X(t) = AX(t) + H_c \cdot C(t) + H_k \cdot I(t) + \text{Export}(t) - \text{Import}(t) + S(t+1) - S(t) \quad (4.42) \\ (t=0, \dots, T)$$

$$\text{産業部門最終エネルギー消費量} \quad \text{Energy}(t) = \text{Coef}_{\text{Energy}}^t \cdot X(t) \quad (4.43)$$

$$\text{産業部門 CO}_2 \text{ 排出量} \quad \text{CO}(t) = \text{Coef}_{\text{CO}}^t \cdot X(t) \quad (4.44)$$

制約条件

$$\text{生産能力制限} \quad K(i) \cdot X(i, t) \leq Sk(i, t) \quad (i=1, \dots, 21; t=0, \dots, T) \quad (4.45)$$

$$\text{最終期投資制限} \quad I(i, T) \geq I(i, T-1) \quad (i=1, \dots, 21) \quad (4.46)$$

$$\text{在庫制限} \quad S(t) \geq 0 \quad (t=0, \dots, T) \quad (4.47)$$

$$\text{貿易均衡制限} \quad \sum_i \text{Export}(i, t) \geq \sum_i \text{Import}(i, t) \quad (t=0, \dots, T) \quad (4.48)$$

$$\text{輸出増加制限} \quad \text{Export}(i, t+1) \leq \alpha_{ex} \cdot \text{Export}(i, t) \quad (t=0, \dots, T-1) \quad (4.49) \\ \alpha_{ex}: \text{輸出増加率上限}$$

$$\text{輸入増加制限} \quad \text{Import}(i, t+1) \leq \alpha_{im} \cdot \text{Import}(i, t) \quad (t=0, \dots, T-1) \quad (4.50) \\ \alpha_{im}: \text{輸入増加率上限}$$

初期条件

初期生産 $X(0)$ (1997年生産実績 4.1.1の結果より算出 表4.16参照)

初期資本ストック $Sk(0)$ (1997年年始の固定資本ストックの推算値 4.1.1の結果より算出 表4.16参照)

初期在庫 $S(0)$ (表4.16参照)

初期輸出 $Export(0)$ (1997年実績 4.1.1の結果より)

初期輸入 $Import(0)$ (1997年実績 4.1.1の結果より)

目的関数

$$\text{計画期間中総消費割引現在価値の最大化 } \text{MAX} \sum_{t=0}^T \frac{C(t)}{(1+r)^t}$$

ここでは、各期の輸入総額が輸出総額を超えないという貿易の均衡条件以外に、輸出入はの増減速度を制限する式をモデルに加えた。以下の計算では、 α_{ex} 、 α_{im} を1.25とした。

また、拡張モデル1に在庫が導入された。在庫変動については、生産構造との関係を定量化するためのデータが不足なので、ここで、在庫の単なる生産の余剰を調節するものとして捉えることにし、在庫の導入によって、進路調整による生産の余剰分を捨てるという非合理的なことがなくなった。

4.3.2 拡張モデル1を用いた試算結果

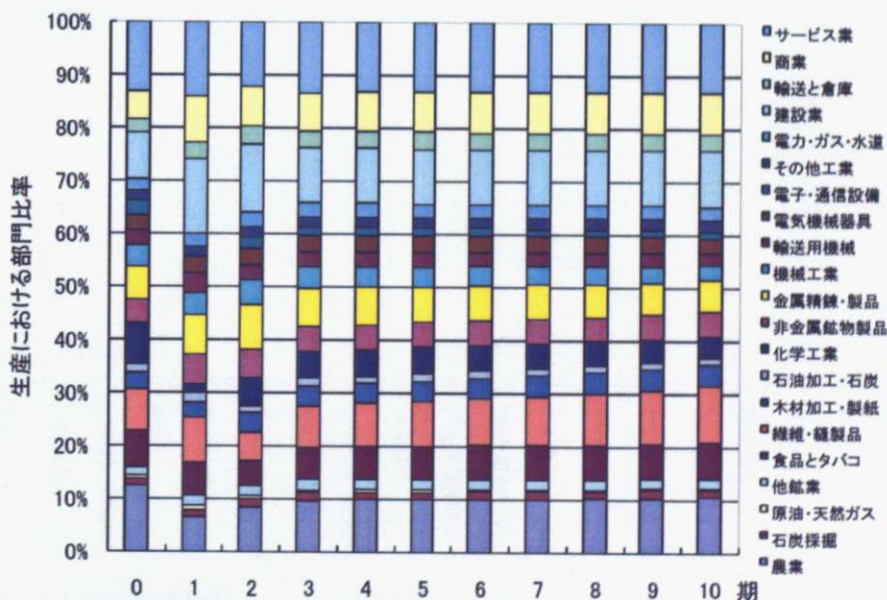


図 4.22 拡張モデル1の最適成長経路上の各期部門生産比率

図 4.22、図 4.23 に拡張モデル 1 を用いた試算結果を示した。ここでは、最適成長経路において初期の調整を経て、第 3 期以降、部門比率は比較的安定している。ただし、輸出入の導入によって、優位性の高い繊維産業などが生産を増やして輸出を行い、外貨を獲得する。優位性の低い金属精錬・製品産業などは国内での生産を相対的に減らし、これらの外貨を使って、輸入を増やす。国内総生産に比べて、輸出入の増加が速く、成長経路に対する輸出入の影響が徐々に高まった。総生産に占める各産業の割合は一定でなくなり、特定方向に向かって緩やかな変化を見せた。

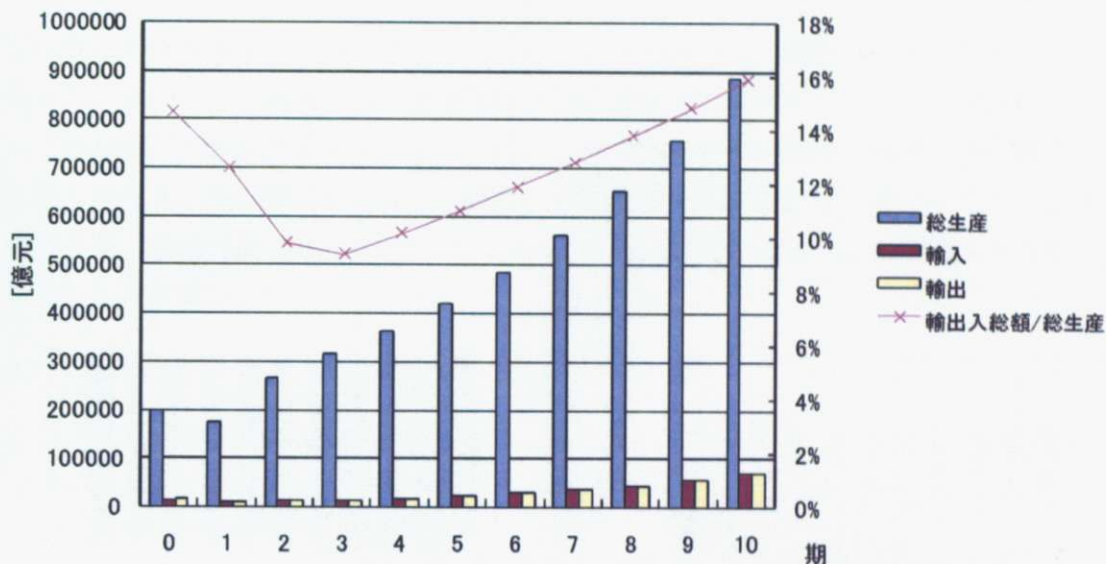


図 4.23 拡張モデル 1 の最適成長経路上の総生産と輸出入

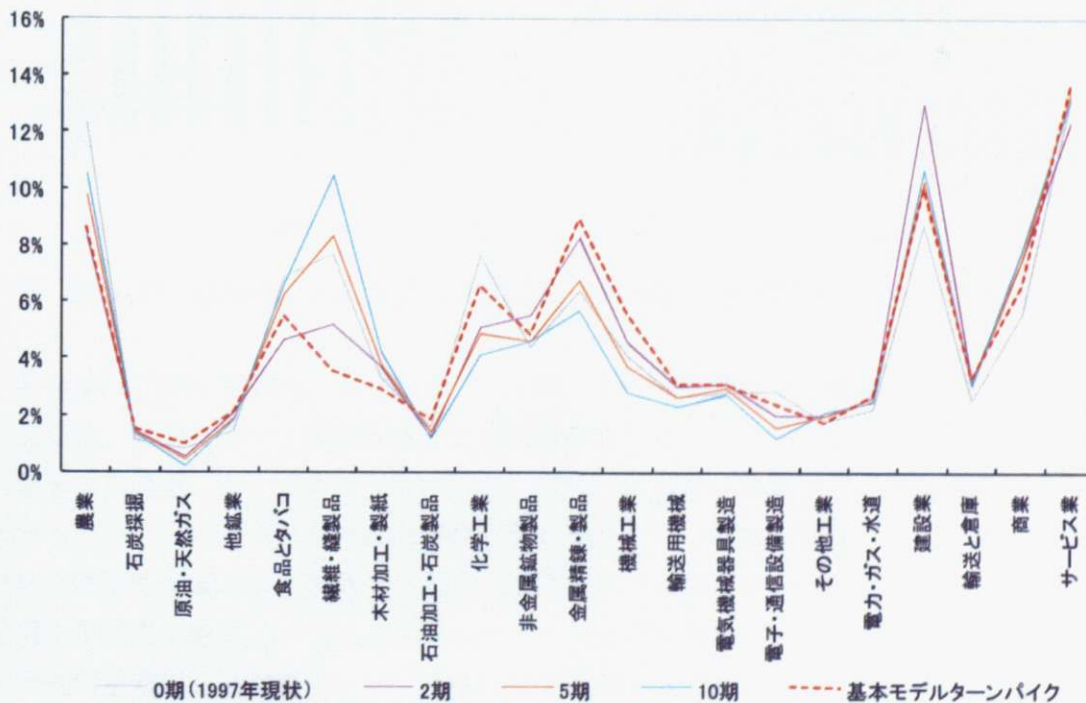


図 4.24 拡張モデル 1 の最適成長経路 (部門生産比率) とターンパイクの比較

図 4.24 の比較からもわかるように、拡張モデルにおいて、産業の生産比率パターンは 1997 現状から出発して、第 2 期などの初期において、一旦輸出入を考慮しない基本モデルのターンパイクにむかって成長したが、だんだん輸出入の影響が大きくなり、新しい産業パターンに向かつて、成長するようになった。輸出入の導入によって、ターンパイクは固定値ではなく、少しずつ変動していくことになる。ちなみに、在庫に関しては、初期段階の調整に在庫が活用されたが、第 5 期以降、在庫が完全になくなり、財の過不足がないような効率的な成長軌道に辿り着いた。

具体的に見ると、輸出入を考慮しない基本モデルのターンパイク上では、1997 年現状より生産における農業、食品・タバコ製造業の割合が減少し、繊維・縫製品業の減少は特に大きく、代わりに、機械工業、金属精錬・製品業などの部門のウェイトが増えた。

これに対して拡張モデル 1 においては、比較優位性の高い繊維・縫製品業の輸出が非常に盛んになり、輸出需要によって、繊維・縫製品業の生産割合が大幅に上昇した。一方、機械工業、金属精錬・製品業、化学工業などの輸入が大きくなり、比較優位性の低い国内産業の生産が減少した。

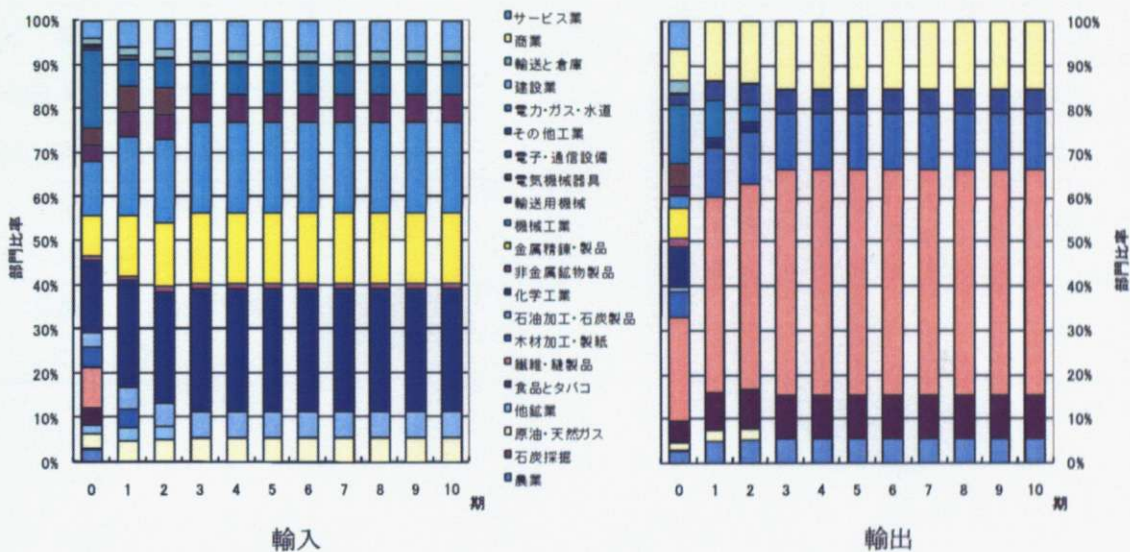


図 4.25 拡張モデル 1 の最適成長経路上の輸入・輸出における各部門の比率

表 4.19 に 1997 年現状、基本モデルと拡張モデル 1 の最適成長経路上における産業全体の生産性、エネルギー・環境負荷の主要指標を示した。

輸出入を考慮しない基本モデルの場合、現在の生産技術構造下で、中国経済の成長率を上げるために、現状では国内生産が相対的に不足している機械工業、金属精錬・製品業などの生産財を増産させ、同時に、現状では輸出向けの生産が多い繊維・服装製造業の相対比重を下げるべきだということがわかった。固定資本係数が高く、エネルギー多消費の重工業部門を重視した結果として、産業全体の固定資本係数、総生産あたりのエネルギー消費・CO₂排出量が上昇してしまった。

これに対して、拡張モデル1で輸出入が可能になり、比較優位性の違いによって、優位性の高い農業、軽工業が輸出の需要によって、全体におけるそれらのウェイトが上昇し、優位性の低い重工業は国内生産をへらし、輸入を増やすことになった。比較優位性を発揮した結果、経済全体のより高い成長が可能になった。また、このような産業構造の変化が、産業全体の固定資本係数の減少、総生産あたりのエネルギー消費・CO₂排出量の低減という結果をもたらした。

表 4.19 1997年現状、基本モデル、拡張モデル1における生産性、環境負荷の比較

	1997年現状	基本モデル (ケース3)		拡張モデル1	
		0期	5期	10期	5期
GDP平均成長率	8.8%	14.0%		16.1%	
期間中総消費割引現在 価値 [億元]		494962		541451	
総生産 [億元]	199844	388692	737774	419300	885538
総資本ストック [億元]	109702	227897	431826	230134	470294
総生産/総資本ストック	1.82	1.71	1.71	1.82	1.88
生産あたり最終エネルギー消費量 [TOE/万元]	0.30	0.33	0.33	0.29	0.28
生産あたりCO ₂ 排出量 [tC/万元]	0.40	0.44	0.44	0.39	0.37

4.4 拡張モデル2の開発とCO₂排出削減ポテンシャル

拡張モデル1に輸出入が導入されたが、一層現実経済に近づき、成長経路の変化をより合理的にするために、ここでは輸入依存度制限、投資の合理性制限などの制約条件を新たに導入して、拡張モデル2を開発した。

経済性だけを追求する最適化問題では、その解の最適成長経路上で総生産あたりのエネルギー消費・CO₂排出量が小さくなるとは限らない。本研究では、経済成長を維持すると同時に、環境問題の改善が実現されるという目標の実現経路を検討するために、中国政府が打ち出したGDP原単位（GDPあたりエネルギー消費量）削減目標を考慮し、全産業平均CO₂排出係数の通減という環境制約を設け、拡張モデル2を用いて、全国レベルでの産業構造調整による中国のCO₂排出係数の削減ポテンシャルを評価した。

4.4.1 拡張モデル2の開発

(a) 輸出入率上限

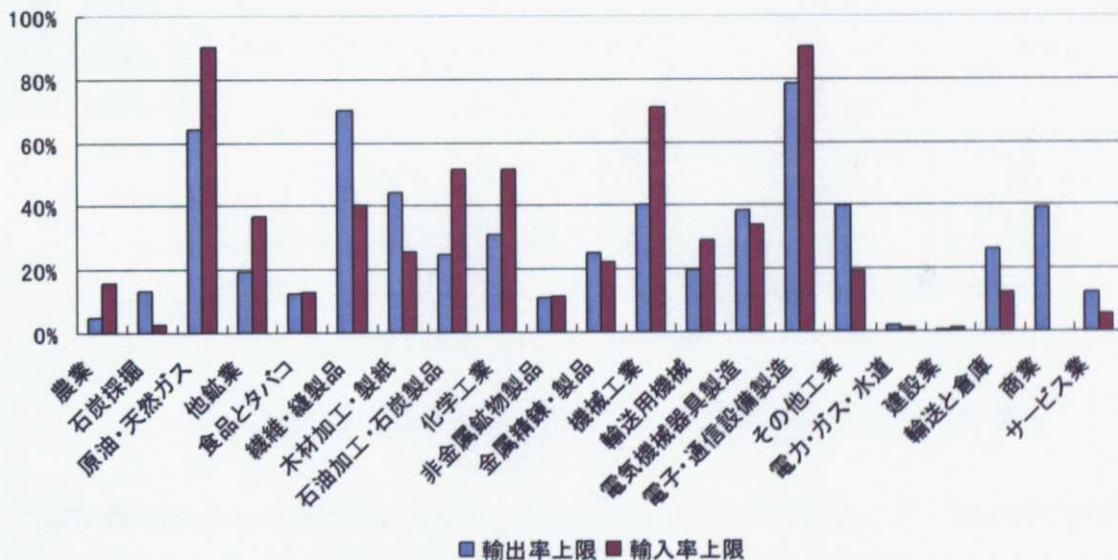


図 4.26 輸出率と輸入率上限の設定値

拡張モデル1において、輸出入が導入されたが、輸出入に対する制限が緩く、増加率制限と輸出入総額における貿易均衡しかなかった。その結果、輸出と輸入の構成はかなり偏ったものとなり、化学産業などは輸入に頼るようになり、逆に、繊維産業などの輸出に対する依存度は著しく上昇した。人口・経済大国である中国にとって、輸出入への過度の依存は産業の健全性や安全保障の面からみて望ましくないことである。よって、ここでは輸出率(=輸出/国内生産)、輸入率(=輸入/国内需要)と定義し、部門ごとの上限を設定した。

図 4.26 にその具体数値が示されているが、ここでの輸出入率上限と後述の多地域モデルとの連続性を保つために、中国各地域の 1997 年の輸出率と輸入率の最大値をベースに設定した。

(b) 消費パターンの変化

産業連関表において、最終消費は政府消費と家計消費の二つに分かれている。図 4.27 に 1991～2002 年間の中国の政府消費と家計消費の推移を示した。政府消費より、家計消費のほうがずっと多く、最終消費全体に占める政府消費と家計消費の割りは大体安定しており、政府消費が全体の約 2 割強であるが、1996 年以降政府消費の比率は緩やかな上昇傾向を見せている。

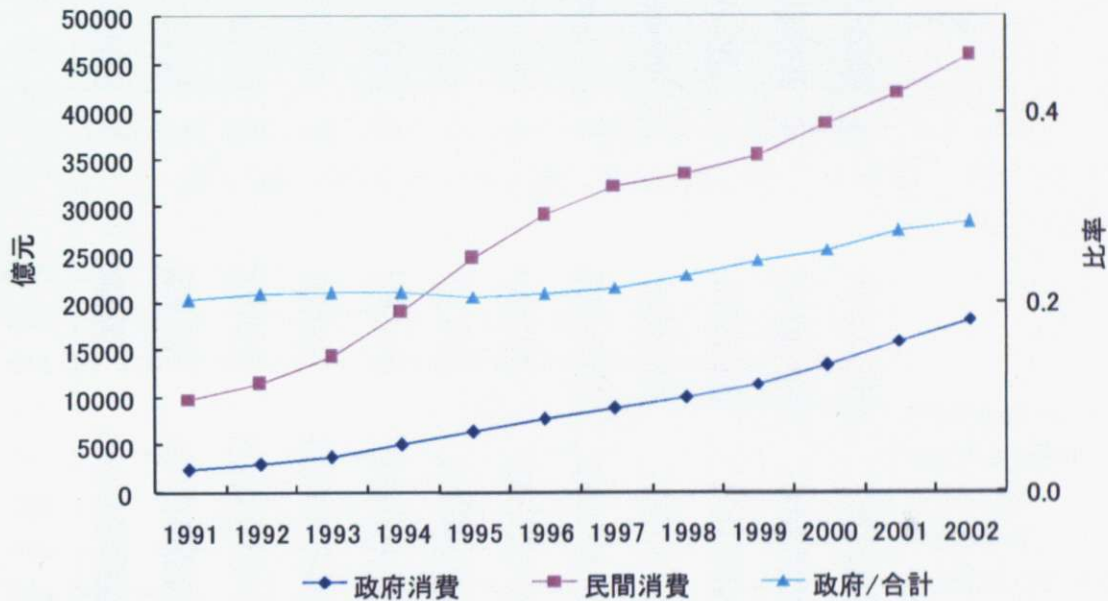


図 4.27 中国の最終消費における政府消費と家計消費の推移(当年価格)

中国の統計の多くは都市部と農村部に分けられ、別々に行われている。基本的に都市部は行政区画の市、県と郷・鎮の役所所在地を指し、それ以外の区域は農村部とされている。中国の家庭部門の収入と支出などに関しても、中国都市部家庭調査^[56]と中国農村部家庭調査^[61]が別々に行われ、本研究では年鑑として公表されたそれらの調査の結果を利用した。これらの統計資料において、各省の都市部と農村部の家庭の支出はともに食料、衣服、居住、家庭用品サービス、医療保健、交通通信、教育文化娯楽、その他サービスなど8つのカテゴリに分類されている。この中で都市部の最終消費データはさらに細分化され、約 100 弱の支出項目となっている。

図 4.28、図 4.29 に 1992～2003 年間における中国都市部、農村部のそれぞれの家庭部門の最終消費パターンを示した。1996 年以降、都市部と農村部にともに比較的に大きい消費

パターンの変化が見られた^[62, 63]。消費構成に食料の割合が減少し、かわりに医療保健、交通通信、教育文化娯楽の支出比率が大きく上昇した。

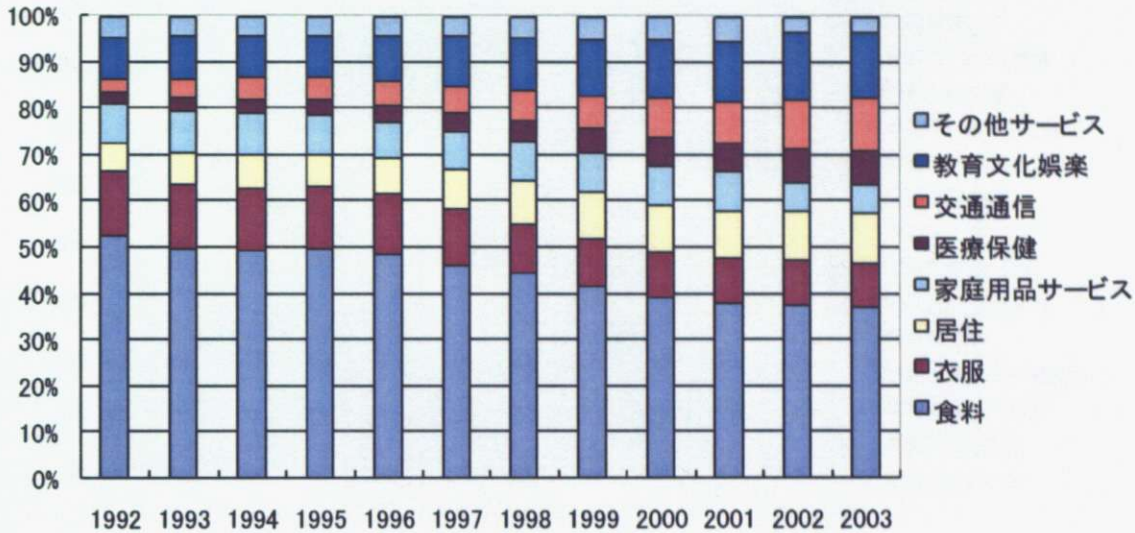


図 4.28 中国都市部家庭部門の最終消費パターンの変化

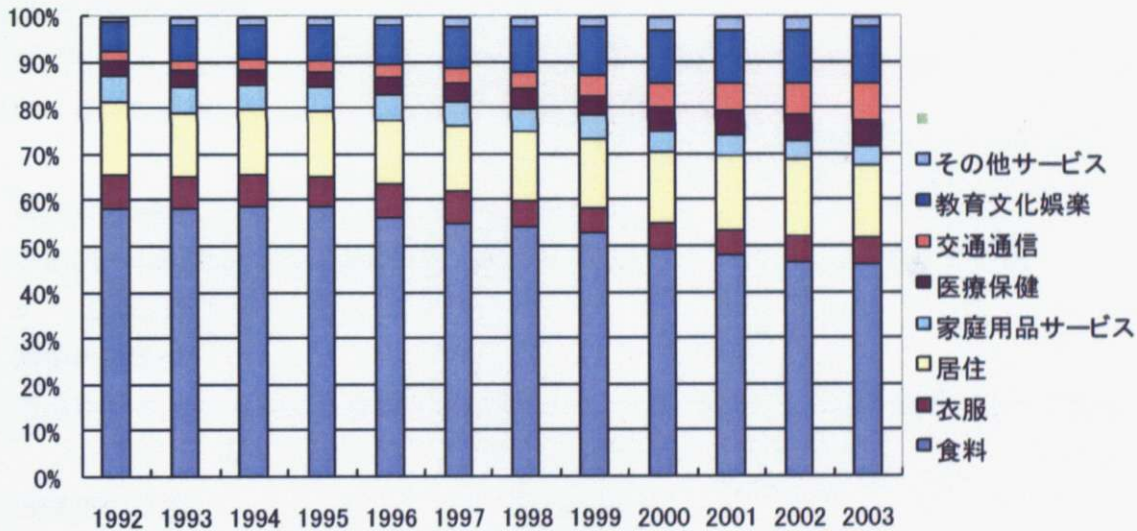


図 4.29 中国農村部家庭部門の最終消費パターンの変化

本研究では、中国の家庭部門の消費パターン変化を分析し、1997年以降の消費構造を推測し、拡張モデル2に中国の最終消費構造の変化を反映させた。後述の多地域モデルと整合させるために、本研究では、地域別に消費パターンの変化を推算したうえで、合計して全国レベルでの消費パターンを算出した。具体的な計算方法は第5章に参照されたい。拡張モデル2による試算の中で利用する全国レベルでの21部門総最終消費パターンは図4.30に示した。

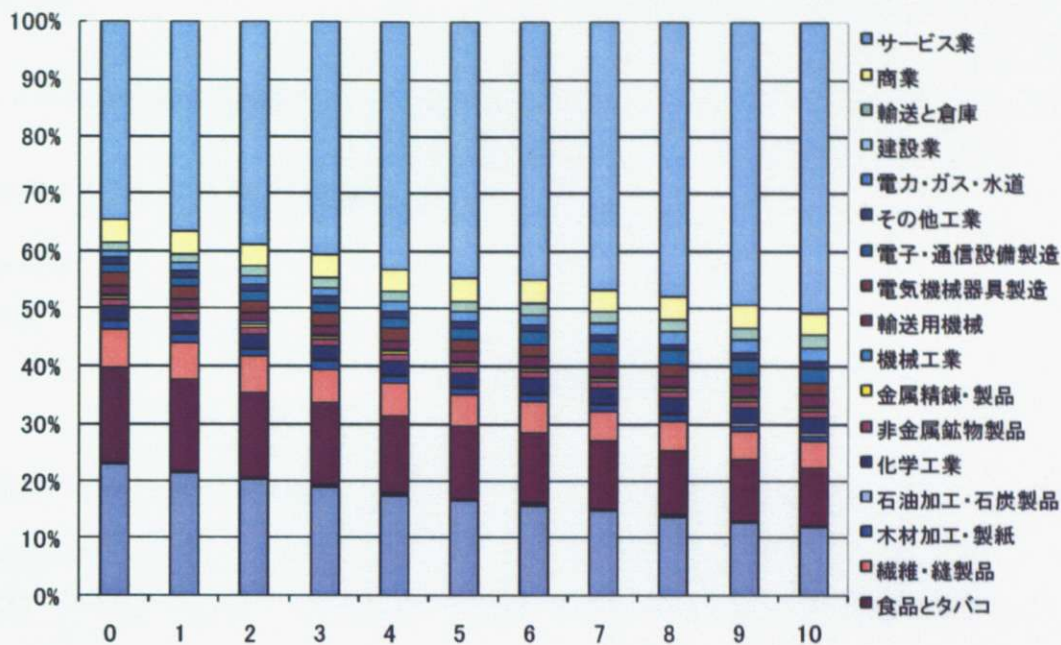


図 4.30 拡張モデル2における最終消費

(c) その他の変更点

拡張モデル2をさらに実用化し、より合理的成長経路の変化を得るために、ここではさらに、投資の合理性制限などの制約条件を新たに導入した。

投資の合理性

各部門への新規投資の規模はその部門の既存資本ストックによって制限される。

産業の継続性

計画期間中、各期における各部門の資本ストックは初期ストックの一定割合以上である。

稼働率の下限

各期における各部門の生産に利用される資本ストックはその部門の既存資本ストックの一定割合以上である。

消費の逓増性

各期の総消費額の成長率はある下限より低くなってはならない。

環境制約

初期の全産業平均 CO₂ 排出係数がある削減年率で低減させ、各期における全産業平均 CO₂ 排出係数はこの値を超えてはならない。

以上の諸制約を拡張モデル1に導入し、新たに拡張モデル2を開発した。

4.4.2 拡張モデル2の概要

拡張モデル2による最適化問題

基本関係

投資と固定資本ストック

$$Sk(i, t+1) = (1-\lambda)Sk(i, t) + \beta I(i, t) \quad (i=1, \dots, 21; t=0, \dots, T-1) \quad (4.51)$$

λ : 償却率 β : 投資効率

$$\text{消費} \quad C(t) = c \cdot V^t \cdot X(t) \quad (4.52)$$

需給バランス

$$X(t) = AX(t) + H_c(t) \cdot C(t) + H_k \cdot I(t) + \text{Export}(t) - \text{Import}(t) + S(t+1) - S(t) \quad (4.53)$$

$(t=0, \dots, T)$

$$\text{産業部門最終エネルギー消費量} \quad \text{Energy}(t) = \text{Coef}_{\text{Energy}}^t \cdot X(t) \quad (4.54)$$

$$\text{産業部門 CO}_2 \text{ 排出量} \quad CO(t) = \text{Coef}_{CO}^t \cdot X(t) \quad (4.55)$$

制約条件

$$\text{生産能力制限} \quad K(i) \cdot X(i, t) \leq Sk(i, t) \quad (i=1, \dots, 21; t=0, \dots, T) \quad (4.56)$$

$$\text{最終期投資制限} \quad I(i, T) \geq I(i, T-1) \quad (i=1, \dots, 21) \quad (4.57)$$

$$\text{在庫制限} \quad S(t) \geq 0 \quad (t=0, \dots, T) \quad (4.58)$$

$$\text{貿易均衡制限} \quad \sum_i \text{Export}(i, t) \geq \sum_i \text{Import}(i, t) \quad (t=0, \dots, T) \quad (4.59)$$

$$\text{輸出増加制限} \quad \text{Export}(i, t+1) \leq \alpha_{ex} \cdot \text{Export}(i, t) \quad (t=0, \dots, T-1) \quad (4.60)$$

α_{ex} : 輸出増加率上限

$$\text{輸入増加制限} \quad \text{Import}(i, t+1) \leq \alpha_{im} \cdot \text{Import}(i, t) \quad (t=0, \dots, T-1) \quad (4.61)$$

α_{im} : 輸入増加率上限

$$\text{輸入依存度制限} \quad \text{Import}(i, t) \leq \text{Cons}_{\text{import}}(i)(AX(t) + H_c(t) \cdot C(t) + H_k \cdot I(t)) \quad (4.62)$$

$\text{Cons}_{\text{import}}$: 輸入依存度上限ベクトル

$$\text{輸出依存度制限} \quad \text{Export}(i, t) \leq \text{Cons}_{\text{export}}(i)X(t) \quad (4.63)$$

$\text{Cons}_{\text{export}}$: 輸出依存度上限ベクトル

投資の合理性 $I(i, t) \leq \alpha_{invest} \cdot Sk(i, t)$ (4. 64)
 α_{invest} : 投資上限

産業の継続性 $Sk(i, t) \geq \alpha_{cap} \cdot Sk(i, 0)$ (4. 65)
 α_{cap} : 設備残存率下限

稼働率の下限 $K(i) \cdot X(i, t) \geq \alpha_{run} \cdot Sk(i, t)$ (4. 66)
 α_{run} : 設備稼働率下限

消費の逡増性 $C(i, t+1) \geq \alpha_{consum} \cdot C(i, t)$ (4. 67)
 α_{consum} : 消費増加下限

初期条件

初期生産 $X(0)$ (1997年生産実績 4.1.1の結果より算出 表4.16参照)

初期資本ストック $Sk(0)$ (1997年年始の固定資本ストックの推算値 4.1.1の結果より算出 表4.16参照)

初期在庫 $S(0)$ (表4.16参照)

初期輸出 $Export(0)$ (1997年実績 4.1.1の結果より)

初期輸入 $Import(0)$ (1997年実績 4.1.1の結果より)

環境制限

CO₂排出係数の低減

$$\sum_i CO(i, t) \leq (1 - (t-1)CO_{down}) \cdot Coef_{COtotal} \cdot \sum_i X(i, t) \quad (4. 68)$$

CO_{down} : CO₂排出係数逡減率 $Coef_{COtotal}$: 全産業平均CO₂排出係数

目的関数

計画期間中総消費割引現在価値の最大化 $MAX \sum_{t=0}^T \frac{C(t)}{(1+r)^t}$

以降の計算では、各制限係数の数値を以下のように設定した。

投資上限 $\alpha_{invest} = 0.4$ 、設備残存率下限 $\alpha_{cap} = 0.6$ 、設備稼働率下限 $\alpha_{run} = 0.6$ 、消費増加下限 $\alpha_{consum} = 1.03$ 、全産業平均CO₂排出係数 $Coef_{COtotal}$ を1997年実績の0.4tC/万元に設定した。

4.4.3 拡張モデル2を用いたCO₂排出削減ポテンシャル評価

経済成長と環境問題の緩和の両立を目指し、中国の産業構造の調整によるCO₂排出削減ポテンシャルを評価するために、ここでは全産業平均CO₂排出係数を逡減させ、最適成長経路の変化を検討した。具体的には、式(4.68)におけるCO₂排出係数逡減率(削減年率)CO_{down}の値を0%から少しずつ増加させ、各場合での最適成長経路を算出した。図4.31に削減年率がそれぞれ0%、1%、2%、3%の時の、最適成長経路の各期の産業構造(部門生産比率)の計算結果をまとめた。

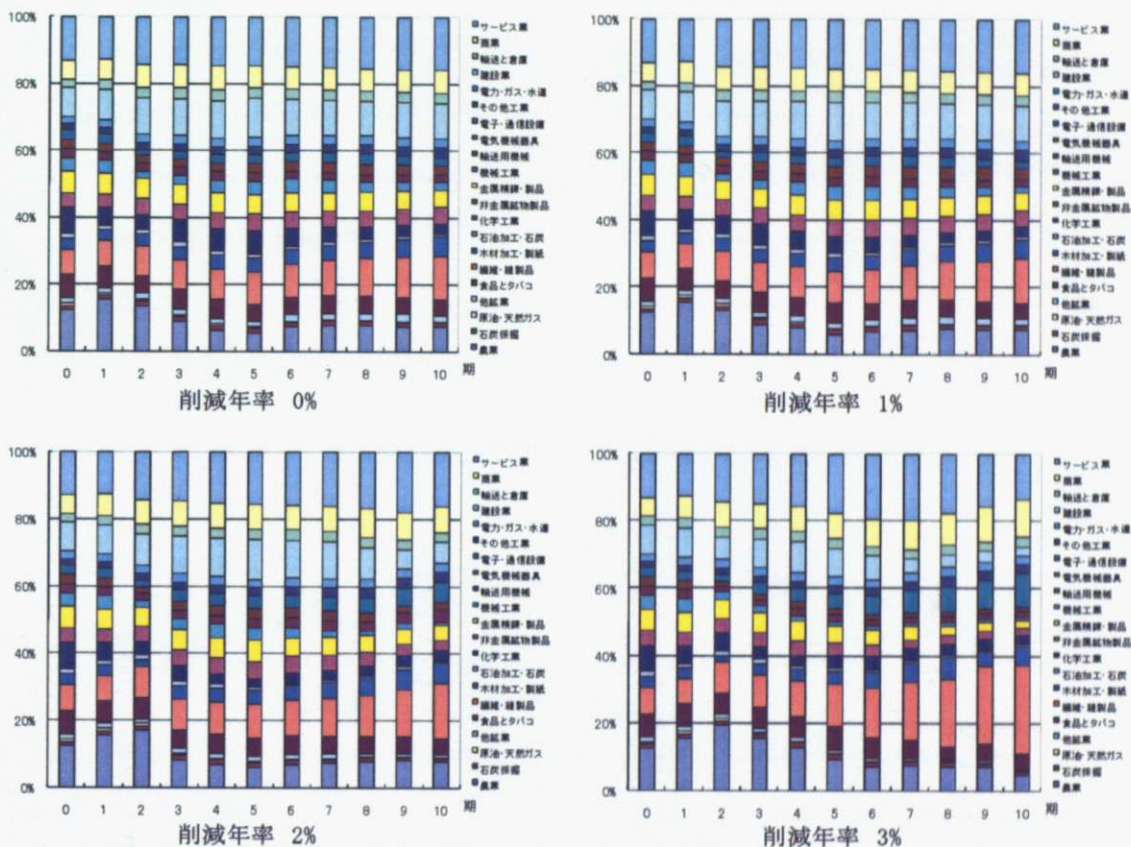


図 4.31 CO₂排出係数逡減率による最適成長経路上の産業構造の変化

図 4.31 からわかるように、拡張モデル2においては、CO₂排出係数削減年率が0の時、すなわち、環境制約がない場合、最適成長経路上の産業構造は図4.22の拡張モデル1の場合に類似している。初期調整後、産業構造は比較的安定し、緩やかに変化している。CO₂排出係数削減年率の増加にしたがって、産業構造が大きく変化するようになった。CO₂排出係数削減年率が1%の時、産業構造の変化が比較的小さいが、CO₂排出係数削減年率が2%を超えると、繊維、電子・通信設備などCO₂排出係数の低い産業のウェイトが上昇し、金

属精錬製品、非金属鉱物製品のようなエネルギー多消費、CO₂ 排出係数が高い産業の生産比率が減少した。建設業に対する資本需要の低い産業がより成長し、建設業に対する資本需要の高い産業が衰退したため、建設業のウェイトも減少した。CO₂ 排出係数削減年率が3%以上のような高い数値に設定された場合、厳しいCO₂ 排出制限によって、産業構造の変化方向は同じ方向にさらに進み、制限が厳しいほど、変化の幅が大きくなり、変化時期が早まる。

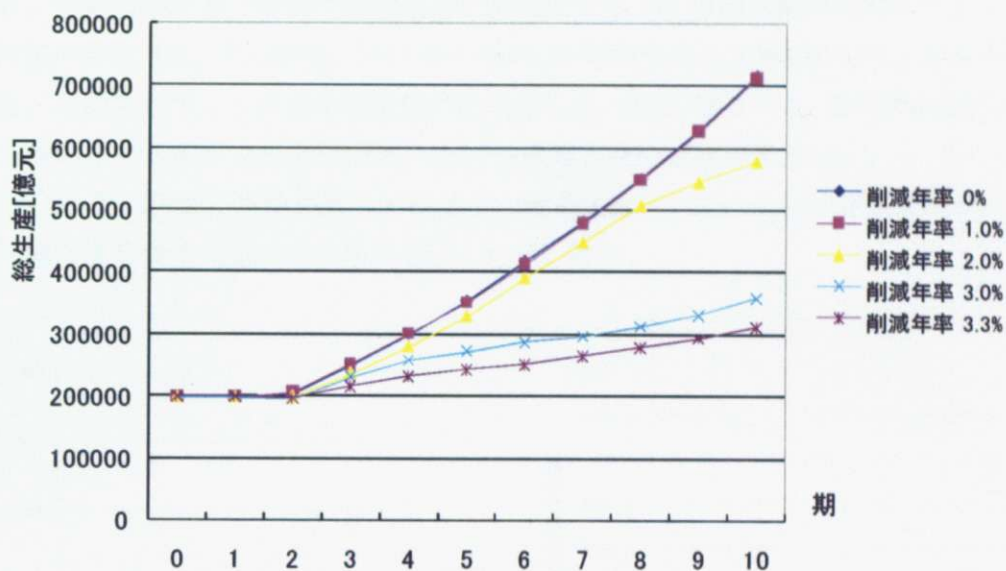


図 4.32 CO₂ 排出係数削減率と最適成長経路上の総生産

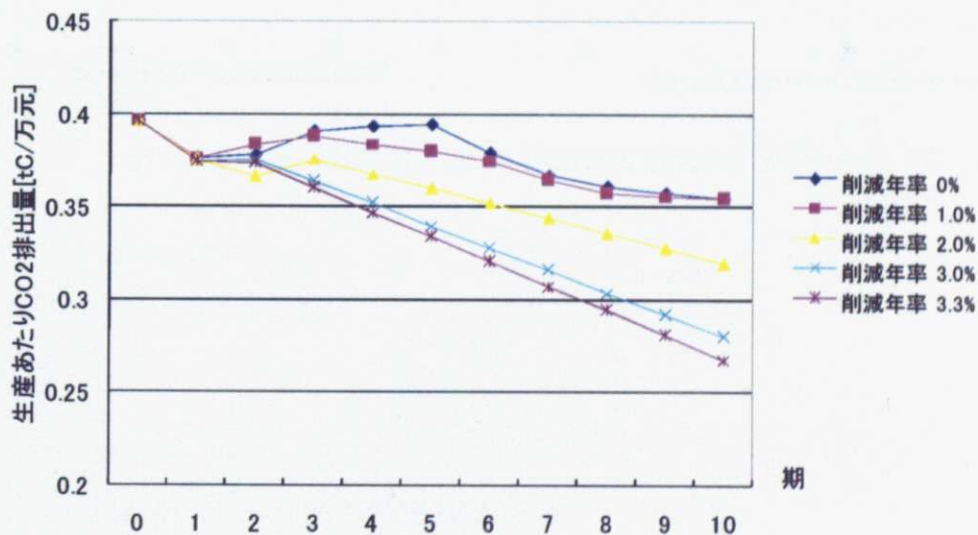


図 4.33 CO₂ 排出係数削減率と最適成長経路上の平均CO₂ 排出係数

図 4.32、図 4.33 にそれぞれ、各レベルのCO₂ 排出係数削減率が設定された場合、最適

成長経路上の総生産と平均CO₂排出係数を示した。また、次の図 4.34 に目的関数である期間中総消費割引現在価値、期間中平均経済成長率に対するCO₂排出係数削減率の影響を示した。

これらのグラフから分かるように、CO₂排出係数削減年率の上昇によって、総生産の増加が遅くなり、環境制限を達成するために、成長が落ち込み、平均CO₂排出係数の制限を達成するために、産業構造がぎりぎりまで調整され、状況に応じて経済性を犠牲せざるを得なくなる。試算結果から、中国で産業構造の調整によるCO₂排出係数の削減ポテンシャルは最大削減年率3.3%、すなわち、1997年からの10年間で最大33%削減できるあることが分かった。単純比較で、これは中国政府が打ち出した「2010年までにGDP原単位を2005年より20%削減（10年で40%削減相当）」という政策目標にはまだ届かない。

また、CO₂排出係数の制限が厳しくなると、産業構造は大幅に変動せざるを得ず、このような急劇な産業構造調整は現実性が高いとは言い難い。

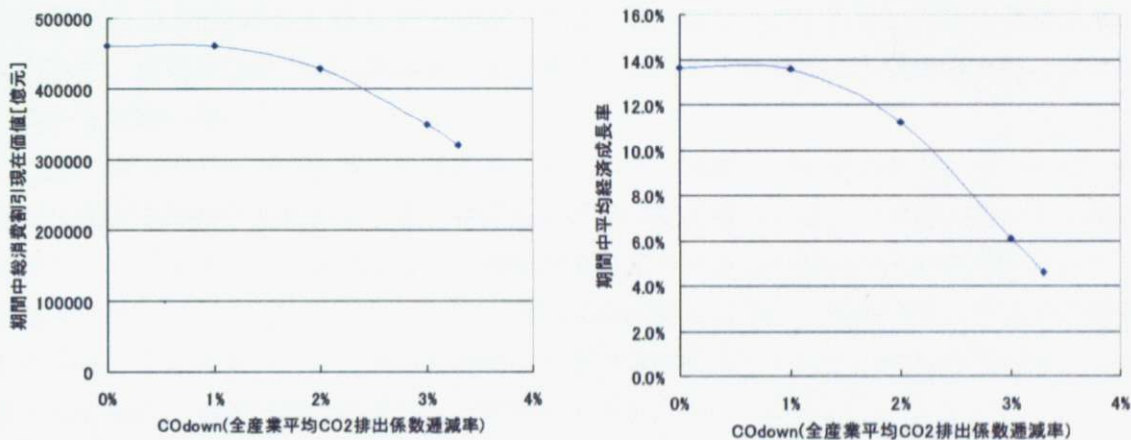


図 4.34 成長性に対するCO₂排出係数削減率の影響