NISTEP NOTE（政策のための科学） No.2

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会（開催結果）

2012 年 7 月

文部科学省　科学技術政策研究所

第 3 調査研究グループ

NISTEP NOTE（政策のための科学）は、科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」に関する調査研究やデータ・情報基盤の構築等の過程で得られた結果やデータ等について、速報として関係者に広く情報提供するために取りまとめた資料です。

NISTEP NOTE（Science of Science Technology and Innovation Policy） No.2

The result of the technical meeting on economic impact
analysis from R&D investment and its application
for policy planning

July 2012

3rd Policy-Oriented Research Group
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)
Japan

本資料は、株式会社三菱総合研究所への 2011 年度の委託により得られた結果を、科学技術政策研究所が取りまとめたものです。

本資料の引用を行う際には、出典を明記願います。

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会（開催結果）

文部科学省　科学技術政策研究所　第 3 調査研究グループ

要旨

本検討会は、マクロ経済モデルにより研究開発投資の経済効果を分析し、その分析結果を政策立案へ応用していくことに関する現状や課題についての議論を行うことを目的に開催された。

本検討会では、分野別の投資効果の影響を評価するために現在取り組んでいる分野別の知識ストックに係るデータの収集・整備に関する状況、内閣府経済財政モデルなど既存のマクロ経済モデルの概要や試算結果、研究開発投資の効果を測定していくためのマクロ経済モデルの在り方、海外における状況等についてのプレゼンテーションの後、参加者間においてディスカッションを行った。

The result of the technical meeting on economic impact analysis from R&D investment and its application for policy planning

3rd Policy-Oriented Research Group, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

ABSTRACT

The purpose of the technical meeting is to discuss on the present state and challenges related to economic impact analysis from R&D investment and its application for policy planning by using macro-econometrical model.

In the technical meeting, some presentations were made related to the current status of the data collection on each field’s knowledge stock, the outlines and evaluation results of the existing macro-econometrical model such as Economic and Fiscal Model used by Cabinet Office, what the model should be in order to evaluate the impact from R&D investment, and the status overseas, etc. After the presentations, the open discussion was held among participants.

目　次

目的及び議論の内容 1

講演 1 4

講演 2 13

講演 3 21

海外調査報告 26

ディスカッション 30

資料

　講演 1 42

　講演 2 50

　講演 3 71

　海外調査報告 87

目的及び議論の内容

「研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会」

2012 年 3 月 30 日（金） 13:30～17:30
（於：新霞ヶ関ビル 1 階 科学技術政策研究所会議室）

1．目的

政府では、研究開発投資を通じた科学技術イノベーション政策の展開により、経済成長や雇用の創出などの経済効果や、生活の質の向上、社会システムの変革などの社会的波及効果を実現しようとしているところであり、科学技術政策研究所においても、これらの効果を分析するための調査研究を実施している。これらの中で、科学技術政策研究所では、経済効果を分析するためのマクロ経済モデルについての研究にも取り組んでいるところであるが、マクロ経済モデルによる分析では、現実の複雑な経済や社会の状態を簡略化しモデル化して取り扱うため、その方法論や導き出された結果の信頼性などに対し、経済学の専門家などの間で様々な意見が存在している。

このため、関連する有識者等にご参加いただき、マクロ経済モデルによる分析やその政策立案への応用についての現状や課題についての議論を行った。

なお、本検討会には、外部有識者 26 名、NISTEP・文部科学省関係者 19 名の計 45 名の参加を得た。また、本検討会は、株式会社三菱総合研究所への委託事業として実施した。

2．議論の内容

科学技術政策研究所からの開会挨拶、文部科学省政策科学推進室からの挨拶、(株)三菱総合研究所からの趣旨説明、科学技術政策研究所の関連する調査研究についての取り組み状況の説明を経て、講演及びディスカッションを行った。

講演 1 では、九州大学教授 永田晃也氏 （科学技術政策研究所客員研究官）から、「経済成長に及ぼす知識ストックの分野別寄与度分析にかかる基礎調査 －マクロ経済モデル改訂作業（中間報告）－ 」と題して、分野別の投資効果の影響を評価するために現在取り組んでいる分野別の知識ストックの陳腐化率や研究開発が知識ストックに至るまでのタイムラグなどのデータの収集・整備について、その進捗状況、今後の方向性等についてご講演いただいた。

講演 2 では、日本経済研究センター 落合勝昭氏から、「経済モデルの政策への活用と研究開発投資」と題して、内閣府経済財政モデルや日本経済研究センターCGE モデルの内容や試算結果の紹介、国民経済計算に無形資産を導入していく方向性などについてご講演いただいた。主な内容は、以下のとおり。

○ 内閣府経済財政モデルは、全体 2345 本の式のうちの大部分が定義式で、推計式は 111 本である。さまざまな想定から長期均衡経路をまず決定し、短期の変動があった場合には、長期均衡経

路に収束していくモデルとなっている。

- ○ TFP 上昇率について、内閣府経済財政モデルでのシミュレーションにおいては、成長戦略シナリオでは年率 1.9％程度、慎重シナリオでは年率 1.1％程度と置いている。
- ○ 日本経済研究センターの CGE モデルは、産業連関表を基準データとした一般均衡モデルである。消費者が効用最大化、生産者が利潤最大化に従って行動する中で、市場全体の需給が均衡するように価格、数量が決定されるモデルであり、CO2 制約などの経済に与える分析を行った。
- ○ 2008 SNA で R&D の資本化が導入されることが国際的に合意され、日本でも導入していくための検討がなされている。

講演 3 では、明治大学教授　加藤久和氏から、「マクロ経済モデルの政策への応用」と題して、研究開発投資をマクロ経済モデルで分析していくための留意点や、現在世の中にどのような種類のマクロ経済モデルが存在し、研究開発投資の効果を測定していくためにはどの種類のモデルを用いるのが適切であるかなどについてご講演いただいた。主な内容は、以下のとおり。

- ○ 留意点としては、特に知識ストックの経済効果の把握や予測に当たり、知識ストックの生産コストと便益の把握、知識ストックの人的資本ストックへの影響などに留意することが重要である。
- ○ マクロ経済モデルには、伝統的なケインズ型マクロモデルや、世代重複モデル、ハイブリッド型モデル、DSGE 動学的一般均衡モデルなどがある。
- ○ 研究開発投資の経済効果分析において今後マクロモデルを開発する場合には、理論と整合的であり使いやすいもの、また、実証的なミクロデータからの援用が可能であるもの、といった観点から、ハイブリッド型モデルがいいのではないだろうか。

海外調査報告では、（株）三菱総合研究所から、「海外における波及効果把握の状況」と題して、特にヨーロッパで開発されたマクロ経済モデルである NEMESIS などについてご紹介いただいた。

最後に、慶應義塾大学教授　樋口美雄氏の司会の下、ご講演いただいた 3 名の方々を中心として、参加者によるディスカッションを実施した。主な論点は以下のとおり。

- ○ DSGE という動学的一般均衡モデルでは、理論的な観点から短期の政策効果を予測できても、GDP の長期見通しのような長期の定量的予測にはあまり向かないのではないか。
- ○ TFP 全体を R&D の効果として扱いモデル化するのは無理があり、技術進歩の部分とそれ以外の残差の部分を、様々なデータなどを活用しつつ分離してモデル化していく必要があるのではないか。
- ○ ミクロデータを活用しながらマクロモデルを構成するパラメータを設定していくことも考えるべきではないか。ヨーロッパの NEMESIS ではそのようにパラメータの設定をしている部分もあることから、例えば、NEMESIS におけるパラメータ設定の考え方を導入しながら、日本経済研究センターの CGE モデルのようなモデルを構築するという方法も考えられるのではないか。

（参考） 検討会の議事次第

13:00	開場
13:30	開会
13:30～13:35	開会挨拶（科学技術政策研究所）
13:35～13:45	挨拶・「研究開発投資の効果分析に対する期待」（文部科学省政策科学推進室）
13:45～13:50	本検討会の趣旨（(株)三菱総合研究所）
13:50～14:00	「研究開発投資の経済的・社会的波及効果に関連するNISTEPの取り組み」（科学技術政策研究所）
14:00～14:35	講演1:「経済成長に及ぼす知識ストックの分野別寄与度分析にかかる基礎調査－マクロ経済モデル改訂作業（中間報告）－」（九州大学 教授 永田晃也 氏）
14:35～15:05	講演2:「経済モデルの政策への活用と研究開発投資」（日本経済研究センター 落合 勝昭 氏）
（休憩:10分）	
15:15～15:45	講演3:「マクロ経済モデルの政策への応用」（明治大学 教授 加藤久和 氏）
15:45～16:00	海外調査報告:「海外における波及効果把握の状況」（三菱総合研究所）
16:00～17:30	ディスカッション（司会:慶應義塾大学 教授 樋口美雄氏） 議題①「研究開発の効果を測る方法論とは」 議題②「今後の検討方法と方向性」
17:30	閉会

＜講演1＞

「経済成長に及ぼす知識ストックの分野別寄与度分析にかかる基礎調査
ーマクロ経済モデル改訂作業（中間報告）ー」（九州大学　教授　永田晃也　氏）

本講演中で言及されている知識ストック推定の前提条件及び知識ストックの推定結果は、暫定値である。改訂後の数値については、NISTEP NOTE（政策のための科学） No.1「分野別知識ストックに係るデータの収集・分析」を参照されたい。

【経緯】

- 科学技術政策研究所のマクロモデル開発、及びモデルの改良に関する現段階までの作業の進行状況と、そのモデルの基本的な仕組みについて説明する。
- 私は、1992 年から 1998 年まで科学技術政策研究所に研究員として勤務した。その間、1995 年に科学技術基本法が制定され、その後直ちに、第1期科学技術基本計画が策定された。国の科学技術関係経費にどれくらいの経済効果があるのかについて、実証的な根拠が厳しく問われた時期でもあった。国の研究開発投資を出来るだけ早期に倍増するという政策目標は、第 1 期基本計画以前から掲げられていた。なぜ倍増なのか、倍増することによって、どれくらい付加価値の増加が期待できるのかといった事が、財政当局と科学技術庁の間で議論されていた。
- 科学技術政策研究所では、こうした政策的なイシューに関連する実証的な根拠を提出するためのプロジェクト、あるいはそのアイデアを出すための研究会が行われた。私は、科学技術関係経費の加速的な増加が、それを行わなかった場合と比較して、どの程度の経済効果を持つのかを評価するためのツールが必要なのではないかと考えた。
- 当時、科学技術政策研究所では、様々な計量的な分析は行われていたが、マクロ経済モデルを用いるということは、試みていなかった。そのプロトタイプを制作するところまでは、私が在任中に実施した。科学技術庁の中に科学技術基本計画策定推進室が設置された当時は、プロトタイプモデルで曲がりなりにもシミュレーションを行った結果を提出し、それを策定推進室での議論に使って頂くといった事があった。
- このモデルは、議論のたたき台を提供するという意味を持ちえたと思う。しかし、いったん議論が終わると、その後、モデルを継続的にメンテナンスするということは行われ難い。そのため、モデルは大きく改善されないまま今日に至った。昨今、「政策のための科学」が注目されるようになったことから、再び実証的な根拠を提供するための一つの選択肢として、その可能性が探索されることになった。
- 私は現在、九州大学のビジネススクールでイノベーションマネジメントを教えている。イノベーションのプロセスを経営戦略や組織マネジメントの観点から分析することが主なテーマであり、経済モデルの開発という仕事から離れて久しくなる。しかし、昨年からモデルの改訂作業に関与してきたので、ここではその結果を報告したい。

【関連する先行研究】

- 最初のスライドは、私がマクロモデルを用いて科学技術政策の経済的効果を評価するためのツールを開発しようと考えた当時に、利用可能であった文献のリストである。政府研究開発投資の経済効果に関する実証分析は、1980 年代頃に活発に進められた。民間企業の研究開発の収益率については、それよりもさらに前から行われていた。
- 80 年代は、なぜ政府が研究開発投資を行うのかについての研究が盛んに行われた時期であった。政府の研究開発投資は、民間の研究開発投資をクラウディングアウトしてしまう効果があるという論文も発表されている。日本でも、若杉先生、宮川先生、後藤先生などが、実証的な研究成果を 80 年代に発表している。
- 政府研究開発投資が産出に及ぼす直接的な効果、あるいは政府が直接研究開発投資に介入する補助金のような政策の効果以外に、優遇税制などの間接的な政策の効果についても実証研究が行われた。また、政府の研究開発投資というフレームワークを超えて、そもそも基礎研究がどのようにして経済に寄与していくのかを検証しようとした研究も発表された。
- このリストは網羅的ではないが、大きく分けるとこのような研究があったということを示している。

【科学技術政策研究所における既往の試み】

- スライド 3 は、科学技術政策研究所において私が手掛けたモデルである。科学技術庁は、省庁横断的な科学技術政策のミッションを担っていたが、例えば、財政政策や雇用政策といった他の政策には踏み込めなかったため、あえて、それらの政策に関連する変数を組み込まず、シンプルな構造のモデルにした。その中で、工夫した点は、科学技術の知識が生産され、その使用が付加価値の増大に結びつく過程を記述できるような構造のモデルにしたということであった。1995 年にはプロトタイプが完成し、試行的なシミュレーションも行ったが、最初にディスカッション・ペーパーとしてまとめたのが 1998 年であった。その後、知識ストックを推定するための前提条件に関するデータは色々な所から集めてきたものであったため、そのオリジナルデータを取得するといった作業を含むモデルの改訂作業が、科学技術政策研究所で行われた。
- 2010 年度に、「政策のための科学」が重視されるという流れの中で、このモデルを再検討する機会があった。その際、モデルの基本構造はプロトタイプのまま、パラメータの推定期間を更新したところ、十数年間延長した期間の変動についても説明できることが確認された。単純なモデルではあるが、基本構造自体は踏襲出来るということが分かった。
- プロトタイプは、支出ブロック、生産ブロック、価格ブロック、雇用・分配ブロックおよび研究開発ブロックの5つのブロックで構成されている。34 本の同時方程式からなる小型のモデルである。支出ブロックの中にケイジアンモデルを含む標準的なモデルである。生産関数は、コブ＝ダグラス型を使用している。計測期間は、1970 年代の前半から 1994 年ないし 1995 年までである。近年の改訂作業では、1980 年～2008 年までを計測期間としてパラメータを修正している。モデルの特徴は、研究開発ブロックを組み込んだ点にある。研究開発ブロックで計測される技術知識ストックが、生産効率のシフト要因として、生産関数の中に導入されるという構造になっている。技術知識ストックという変数は、研究開発を通じて技術知識が蓄積されるという前提に立ち、研究開発費を積み上げて、技術知識の資産的な価

値を推定したものである。

【技術知識ストックの効果】

- 伝統的な推計式はこちらに示したようなものである（スライド4）。今期の技術知識ストックを、前期の技術知識ストックに陳腐化率を考慮した値と、今期新たに蓄積される技術知識ストック（技術知識フロー）の合計として定義する式である。ここで技術知識フローの値は、研究開発のタイムラグを考慮して、数年前の研究開発費によって与えれば良いのだが、問題は、どのくらいのタイムラグを経て研究開発が技術知識に具現化していくのか、また技術知識はどのようなスピードで陳腐化していくのかに関する標準的なデータが存在していない事である。
- 技術知識ストックは、このモデルの中でとても重要な意味を持っている。このモデルでは、民間部門と公的部門の知識ストックを区別し、さらに技術輸入によって形成される知識ストックも考慮している。公的知識ストックには、民間の研究開発投資を誘発するという間接的な効果があると想定している。また、知識ストックは国際競争力を高めて輸出を増加する機能を持つと想定している。このような因果仮説を考慮した点が、このモデルの特徴である。
- 陳腐化率や研究開発ラグという変数を、どのように取得するかが重要な問題となる。陳腐化率の推定には、伝統的な方法がいくつかある。1つは、特許の登録時の件数から以後の残存件数のカーブを解析して、それを技術知識の陳腐化率の代理変数として使う方法である。近年、大規模な特許データベースが利用できるようになってから、特許の前方引用頻度の減衰率を解析して、知識陳腐化率を推定する方法も試みられている。また、技術知識のライフタイム（寿命）に関する何らかの調査データを利用し、ライフタイムの逆数をもって陳腐化率として使う方法も採られてきた。このモデルでは当初、工業技術院が取得したライフタイムに関するデータを利用した。

【モデルの基本的な構造】

- モデルの基本的な構造を示す（スライド 5）。支出ブロックの中で推定される民間企業の設備投資などから、民間の研究開発の設備投資が推定される。民間の研究開発における人件費は、雇用分配ブロックによって説明される。これらの変数から民間知識ストックが推定される。政府の研究開発投資については、外生変数として扱っている。例えば何兆円の政府研究開発費を何年間にわたって支出するという値が与えられると、それに基づいて公的知識ストックが定義され、民間知識ストックと併せて生産ブロックに含まれる生産関数のシフト要因として考慮されるという構造をとっている。
- 生産関数の中で用いられている設備稼働率の値を上限に設定することによって、潜在GDPを計測する。それと実績の GDP との間の受給ギャップを計測し、その受給ギャップが次の期の設備投資に影響を及ぼすという構造になっている。

【モデル改訂の課題】

- このモデルには色々な課題が残されている。私自身、関心がある事は、技術知識ストック推計の前提条件としている研究開発タイムラグや知識陳腐化率を、内生化できないかということである。例えば、研究開発投資は知識ストックに対する増加関数であると同時に、新たな知識を旧来の知識に代替させる

傾向を促進するという意味では、知識ストックの減少関数として機能すると考えられる。このような研究開発投資が知識ストックに及ぼす多義的な効果を考慮した上で、知識ストックの陳腐化率や研究開発ラグを内生化できるのではないかと考えている。

- もう1つは、難しい課題であるが、科学技術の分野別に研究開発投資の経済効果を評価できるモデルとすることである。例えばライフサイエンスに対する政策的な投資と、ナノテクノロジーに対する政策的な投資では、どのくらい経済的な効果が違うのかと問われることがある。これは、つまり国の科学技術関係投資を、どのようなポートフォリオにするべきかという問題に対して指針を与えるモデルにできないだろうか、という論点である。第2期科学技術基本計画以後、重点推進4分野が議論されるようになり、分野ごとの評価が問われるようになっている。平成23年度(2011年度)は、この課題に関連するモデルの改訂作業を行った。
- さらにもう1つは、技術知識の国際的なスピルオーバーの経済効果を評価できるモデルとすることである。この論点については、最近多くの良い論文が出てきている。例えば、アメリカのTFPの状況が、日本のTFPにどれくらいの影響を与えるかを分析した論文が発表されている。日本における研究開発投資が、諸外国の生産効率にどのような影響を与えるかという観点からの政策評価もあって良いわけである。
- 技術知識の国際的なスピルオーバーの経済効果を評価できるモデルに発展させていくことも重要な課題であるが、分野別の評価に大方の関心が寄せられているため、今回の改訂作業では特に、2番目の課題に注目した。

【分野別経済評価にかかる課題】

- 分野ごとの経済評価を行うための改訂作業は、様々な問題に直面する。一つは、モデルが複雑になりすぎるということである。もう一つは、分野別の研究開発費データが非常に制約されているということである。我々が研究開発データを取得する上で依拠しているのは「科学技術研究調査」であるが、その特定目的別研究費の調査項目が科学技術基本計画の重点分野に準拠することになったのは、平成14年調査以降であるため、利用可能なデータ期間が非常に限られている。
- そこで、分野ごとの知識ストックが経済効果に帰結するプロセスを説明するための関数をモデルに直接組み込むのではなく、知識ストック全体がもたらす付加価値の増分をマクロモデルによって推定した後、その増分に対する寄与度を分野別に分解するためのシェア関数を加えることにした。
- シェア関数の設計に当たって、各分野の知識ストックが経済成長に及ぼす寄与度は、当該分野の知識ストックの規模と、その産業上の利用度に応じて決まるものと仮定することにした。

【寄与度分解の方法】

- これは寄与度分解の方法を図にしたものである(スライド8)。分野別の名目公的研究開発費と名目民間研究開発費をデフレータで実質化し、その後、実質化された研究開発費に対して分野別のタイムラグや知識陳腐化率を考慮して、分野別の公的知識ストック及び民間知識ストックを推定する。これらの合計の知識ストックに対して、さらに分野ごとの知識ストックがどのくらい産業上の利用に供されたかということを表す係数を掛け合わす。この分野別知識ストックの稼働率とは、分野別出願特許に前方引

用された論文数を分野別論文数全体で割ったものである。経済成長に及ぼす知識ストックの分野別インパクトは、分野別知識ストック合計に、この分野別知識ストックの稼働率を掛けて求めた。このようにして、分野別に推定されるインパクト全体の中で、分野ごとのインパクトがどのくらいの割合を占めるのかということから、分野別のインパクト係数を定義する。その分野別のインパクト係数をマクロモデルから与えられる付加価値増分を分解していくためのシェア関数として使う。

- ここで、分野ごとの公的部門と、民間部門のタイムラグおよび知識陳腐化率をどのように推定するかということが問題になる。民間部門と公的部門ではそれぞれ異なる方法を使用した。

【民間部門の知識ストック推計の方法】

- 民間知識ストックについては、科学技術政策研究所の「平成21年度民間企業の研究活動に関する調査」から得られた、研究開発期間、実用化ラグ、知識陳腐化率を推定する為に必要な主力製品・サービスが新しい製品・サービスに置き換わるまでの期間によって把握されるライフタイムの、産業別データを活用している。これらの産業別データを、分野別データに変換した。変換にあたっては、パテントデータベース2009年版のデータにより、産業別・分野別の出願件数のデータを利用した。それぞれの分野の産業別出願件数を係数化し、その係数を産業別のウエイトとして、知識ストック推定の前提条件に関する分野別加重平均値を計算した。
- 民間部門の知識ストック推計の前提条件をスライド10に示す。民間部門については、見て分かるように、タイムラグ、ライフタイム、陳腐化率に分野間の顕著な差異は認められなかった。若干、ライフサイエンス分野の陳腐化率が高い値を示しているのは、最近の科学的発見のスピードが速いことを示しているのかもしれない。しかし、それほど顕著な差異が見られないのは、民間企業の研究開発プロジェクトに対する管理上の相場観を表していると考えている。

【公的部門の知識ストック推計の方法】

- 一方、公的知識ストックについては、これまで紹介してきたような変数がないため、スライド11のような調査を行い、前提条件に関するデータを集計した。調査対象者のリストは、三菱総合研究所が作成した。産学連携課題経験のある研究者（J-GLOBALによる）、NEDO技術戦略ロードマップ検討委員経験者、NEDOナショナルプロジェクト評価委員経験者から抽出し、送付対象者は957名となった。30%の方から回答をもらった。
- 前提条件に関する主な質問項目は、実用化された技術の研究開発開始年と終了年について、研究開発終了後、開発成果が民間企業等において実用化されるまでの期間について、当該技術を実用化した製品、製法等が、より新しい技術を用いた製品、製法等に置き換えられるまでの期間について、である。
- これが、公的部門の前提条件に関するデータの集計結果である（スライド12）。公的部門については、前提条件において分野間にはっきりとした差異が見られた。例えば、タイムラグは、宇宙開発分野で突出して長くなっている。タイムラグは、分野平均で約9年であるが、宇宙開発分野では15年となっている。この他、タイムラグが長いものは情報通信や海洋開発分野で、約10年である。これ以外の分野では、大体8年程度である。短いものでは、産業分野の技術等を含んだ「その他」がある。

- 陳腐化率は、情報通信とその他の分野で相対的に大きくなっており、新しい技術知識が開発されるスピードが速いということが分かる。

【知識ストックの推計結果】

- これは、2005 年～2010 年の民間部門の知識ストックの推計結果である（スライド 13）。民間部門では、2000 年代後半を通じて、ほとんどの分野で堅調な増加傾向を示している。一方、公的部門については、推定出来る期間が限られ、2007 年～2010 年となっている（スライド 14）。公的部門の知識ストックは、大体横ばいに推移している。重点推進 4 分野を含む 8 分野の推移は、いずれも横ばいである。
- 以上のように、これまでの作業を通じて、研究開発にかかる期間や新しい知識が古い知識に置き換わる速度に関するデータが、分野別に整備された。

【今後の課題】

- 今後、先ほど述べた稼働率を考慮して分野別インパクト係数を推定し、平成 23 年度中に結果として取りまとめる予定である。また、平成 24 年度には、マクロモデルを改訂しながら、シェア関数を実装する予定である。
- ただ、分野別シェア関数のカテゴリーについては、新たに検討を要する課題がある。第 4 期科学技術計画では、グリーンイノベーションやライフイノベーションといったカテゴリーが重視されているという点である。重点推進分野を前提にした政策論議は、サプライサイドからの議論になりがちである。グリーンイノベーションやライフイノベーションといったカテゴリーを用いることは、需要サイドからみた政策論議への転換を意味するものと認識している。もし、第 4 期以降の政策評価を行う場合に、従来の 4 分野ないし 8 分野という考え方ではなく、こうしたデマンドサイドから見たカテゴリーを中心に議論をしていく必要があるならば、私共の作業自体の方針も改訂し、そうした政策ニーズに対応できるモデルへの改訂作業をさらに行っていく必要があると考えている。

【本研究の意義】

- 私は、現在はマクロモデルに関する仕事を主にしている訳ではないが、このような方法が行政における政策的な意志決定の支援ツールとして重要ではないかと考えている。
- 行政の現場から見て、どのような政策シミュレーションが必要であるのかを考慮したモデルを開発し、そのモデルの前提条件については、政策決定に関連する様々なステークホルダーから見て納得のいくものにしていくことが重要な課題であると考える。
- 私が採用した手法自体はすでに確立されているものであり、マクロモデルの方法的な新規性を追求しようとはしていないが、だからこそ、研究者と政策担当者の間で、政策的なシミュレーションを行う場合の前提条件を共有しながら、政策論議を進めることが可能であると考える。その政策論議を行うためのプラットホームを提供することが、この仕事の政策的な意味であると思う。

【質疑応答】

- （会場参加者） 民間部門のストックの増加について、2005 年から 2010 年の間に倍増しているが、マ

クロ経済の状態を見るとそのような動きはないことから、どこか別のところで効率が下がっているということを示唆しているのだと思うが、どこの部分だとお考えか？

（永田氏） 私も同じ疑問を持った。このわずかな期間に倍増するということは、何が原因なのかということも疑問に思い、デフレータの使用も含めて確認をした。その回答は三菱総研からして頂きたい。

（三菱総合研究所）このプレゼンテーションにはないけれども、この元になる研究投資支出が、統計上にあるが、その推移を見ると、2000 年～2005 年までの間にかなり伸びがあり、2006 年、2007 年からかなり減っているという状態であった。私が想像したのは、タイムラグを経て 2005 年辺りから過去 5 年前の影響がここに表れているのではないかということである。

（永田氏） 近年、民間の研究開発投資は成長が鈍化しているが、この推定されたストックに反映される期間については、それほど鈍い伸びにはなっていないということである。

- （会場参加者） 失われた 20 年というものがあるが、それをデマンドサイドからのアナリシスに変えていくとして、従来の方法に比べて、どの程度上がるのか、もしくは下がるのか、その辺りの GDP の潜在成長率に対する影響というと難しいかもしれませんが、どのような感じだとお考えですか？

（永田氏） 今のご質問に答える上で、デマンドサイドから見たカテゴリーを使用する際に、モデルそのものをどのように構造的に変えていくのかということを前提にしなければならないと思う。例えば、技術分野別の評価であれば、研究開発費の分野別データなども得ることが出来、そのデータを前提に知識ストックを分野別に分解することが作業上は可能である。しかし、例えば、グリーンイノベーションやライフイノベーションということになると、デマンドサイドからの見方で括られるため、どのようなイノベーションまでを含めるのかによって、相当、評価が異なってくるのではないかと考える。また、そういうカテゴリー別の研究開発費データを整備しなければならないため、技術的に非常に難しい課題に直面することが考えられる。現在、検討している分野ごとの寄与度分解を行うためのシェア関数は、モデルから与えられる付加価値の増分を分野別にばらしていく方法であるので、モデル自体を構造的に大きく変えるものではない。

- （会場参加者）スライド 13～15 について、その他が大きくでているが、その内訳を説明してほしい。

（永田氏） このデータは、総務省の「科学技術研究調査」に依拠している。総務省の統計調査では、企業に対して研究開発費の総額を聞くと同時に、特定目的別の研究開発費についても聞いており、その集計結果も公表されている。これは、あくまでも当該の目的に支出された研究費がいくらであったのかということなので、その合計は必ずしも研究開発費の総額と一致しないわけである。例えば、ここに挙がっているライフサイエンスと情報通信等の分野ごとに使われた研究費以外に、例えば産業用機械の開発・製造を行っている企業であれば、むしろその分野の研究開発費が主要な部分を構成して

いるということになる。民間部門に関しては、それぞれの産業の主要製品分野の研究開発テーマに関して使われた研究費が「その他」を構成していると理解して頂いて良い。公的部門に関しても同様に、特定目的別研究費でカバーできない色々な分野の研究費が混在したカテゴリーが「その他」である。

- （会場参加者） 人件費はどうなっているのか。公的部門では、その他に含まれているのか。分野別に人件費は分けていないのではないか。

（永田氏） 研究費のデータには人件費は含まれている。総務省の調査では、トータルの研究費の内、このような特定目的別に使われたものはいくらかという聞き方をしている。従って、定義的には分野別研究費の中に人件費も含まれている。消耗品費、有形固定資産購入費なども分野別データに含まれている。

- （会場参加者） 知識ストックを作るときの初期値はどのようにしたのか。

（永田氏） 従来からベンチマーク年の知識ストックを推定する際に使われてきた式がある。伸び率をベースにして、ベンチマーク年のストックの値を与えるという式であり、それに基づいて設定している。

- （会場参加者） スライド 13・14 において、分野で分けられたデータのまとめ方の特徴として、分野の比率というものがほとんどこの 5 年間に変化しなかったということを意味しているように思われる。しかも、変化しなかったのは公的部門と民間部門の比率というものが大きく違っている、全くと言っていいほど逆転している。この違いをミスマッチと見るか、補完的な役割を果たしていると考えるのか、色々な考え方の違いはあると思うが、これに関してはどのような結論を考えているのか。これは、ある意味、第 3 期基本計画の分野の評価にもなりうると思うので、何か見方で見解があれば聞かせてほしい。

（永田氏） 今の疑問に答えるにあたっては、データの基本的な収集、集計の仕方に遡った検討が必要であるが、それはまた、本件とは異なった研究課題になると思う。例えば大学を対象とした総務省調査では、学部が調査単位になっている。その回答に際しては、学部の事務局が何らかの基準に基づいて特定目的別研究費を集計することになる。大体このような特定目的で行われる研究には、長い期間に渡って行われるテーマが多いということが、大幅な変化が見られない理由のひとつかと思われる。それにしても集計データに政策的な関与がほとんど反映されていない原因を明らかにするためには、データを提供する出所に遡ることが必要なのではないかと考える。

- （会場参加者） 基本的には、データドリブンであるということか。

（永田氏） もちろん、その通りである。データの出所として依拠している「科学技術研究調査」の範疇を超える判断はしにくい。しかし、シェア関数の設定には、今回、「科学技術研究調査」のデータを使用しているが、もし分野別データとして、例えば科学研究費補助金の研究題目であるとか、そのような

個別テーマにまで遡って分野ごとに的確に研究費を割り振ったデータが数カ年分でもあるのであれば、そちらを使って改訂していくことは出来るであろうと考える。マクロモデルのパラメータを推計するために使っているデータが「科学技術研究調査」であるからと言って、必ずそれと同じデータを使用しなければいけないという事ではない。例えば、公的部門の研究費全体の中で重点推進分野がどのように推移しているのかを見る上で、「科学技術研究調査」以上に個々の研究テーマに遡った、より精細な集計データがあれば、それを使ってみても良いかと思う。

＜講演 2＞

「経済モデルの政策への活用と研究開発投資」（日本経済研究センター　落合 勝昭 氏）

【導入】

- 最初に経済モデルがどのようにして政策に活用されているのか、それに対してどのような技術的な問題が存在するのかという話をしたい。それを踏まえて、生産性分析に使えるような経済統計（国民経済計算（GDP 統計））の推計の現状について説明したい。
- 経済モデルに関しては二つのモデルを説明する。一つは内閣府「経済財政の中長期試算」に使われているモデルを説明したい。このモデルは、予算案を踏まえ、5～10 年程度の経済財政の姿を展望している。年初と年央の 2 回で、前回は 1 月に発表している。経済成長率、物価上昇率、国・地方の基礎的財政収支など、詳細なアウトプットがある。前回、前々回まで成長シナリオであったが、慎重シナリオが追加され、発表されるようになった。
- もう一つは、日本経済研究センター（JCER）の地球温暖化問題に関するモデルである。これは、麻生政権下、鳩山政権下等で、CO2 制約をかけるとどのくらい日本経済に影響が出るのかという計算をさせて頂いた。産業レベルのデータで分析をするモデルである。

【内閣府「経済財政の中長期試算」の主な試算結果】

- 内閣府「経済財政の中長期試算」の主な結果（スライド 4）であるが、実質成長率について（赤いグラフが）成長シナリオで 2.3％くらい、慎重シナリオで 1.2％、成長する。消費者物価が上昇し、結果として国・地方の基礎的財政収支が改善していく。ただし、慎重シナリオの方が改善ペースが遅い。公債残高については、成長シナリオは改善せず、ほぼ横ばいである。

【経済財政モデルの特徴】

- 経済財政モデルの特徴について、マクロ経済ブロック（GDP を決定するブロック、生産関数、需要項目など）、人口構造（60 歳の人が何人いて、男性が何人いて、どれくらいの人が働いているのかなど）を作るブロック、それを基に、社会保障がどれくらい医療・年金・介護に使われているかというブロック、これらを踏まえて財政にどれくらいお金が必要になるのかが決まってくる。
- 内閣府の資料で経済財政モデルの基本的特徴を見ると、内生変数が 2345、外生変数が 1556 とあるが、内生変数内の 2234 は定義式であり、実際に推計しているものは 111 式である。つまり、財政であれば、どこにどのくらいのお金がかかるかを細かく定義していく定義式が多く、推計式はあまり多くない。マクロ経済であれば、推計式は 49 本、社会保障であれば 50 本、全体で 111 本であるので、コアで動く部分は決して大きなモデルではない。
- 短期的な不均衡は許容しているが、長期な均衡（GDP の長期的な動き、人口がどのように変化していくのか、資本ストックがどのように増えていくのか）など、均衡経路が決まっており、まずそれらの経路を決め、それに対してショックを与えることにより、そこから乖離する。ただし、均衡経路が決まっているため均衡経路に戻ってくる、というモデルになっている。

- 供給側に（TFP、労働力、資本ストックによる）潜在 GDP というものが存在する。そのため、例えば、消費が減少すると、GDP が減少し潜在 GDP を下回る。つまり、均衡経路より低くなってしまう。すると、輸出が増えるなどして、GDP が潜在 GDP に近づく。つまり、普通、消費が減り、色々なものが減少するとGDP が落ちることになるが、均衡経路に 1 本強い線が引かれており、他が減少すると他が増えて調整をする。公共事業を減らしても、他の重要が増えて GDP は落ちない。需要側の変動は比較的短期に減衰する。普通であれば、5 年など長い時間がかかる。例えば、公共事業であれば公共事業の乗数効果は、大体 3 期～4 期ぐらいで効果が無くなる。あくまでも、均衡経路が強い影響をもつモデルである。
- 消費者物価上昇率、GDP デフレータというものがある。内閣府のモデルであると、消費者物価はほとんど 1～2 期後にプラスになる。GDP デフレータも 1～2 期後にプラスになる。通常であると、均衡経路が存在しているため、均衡経路よりも実際の GDP が低ければ、GDP ギャップが生じる。しかし、このモデルであると、均衡経路に近づきながら物価も上がっていく。それは、外生的な均衡消費者物価のようなものが存在するからである。物価に対しても長期均衡経路が現れ、そこにモデルの物価が近づいていく。過去の分析を見ると、政府の目標値に合わせて 2 期程後にプラスの結果となる。

【経済財政モデルと生産性】

- では、経済財政モデルの長期成長経路を決めるものは何だろうか。それは、とても簡単な生産関数であり、労働と労働時間、資本と資本がどのくらい使われているかを示す稼働率、それから使われたものがどれくらい分配されるかを示す分配率（労働者がどれくらい受け取って、資本がどれくらい受け取るか）、もう一つは技術進歩がどれくらいのペースで成長していくのか、で決定されている。
- 潜在就業者数、潜在労働時間、潜在資本ストック、均衡稼働率は外生的に決められた値になっているので、もしも政府が支出をして資本が増えても、均衡経路が上下するという効果はない。最初に経路を一本決めて、そこを中心にどのように動くかを見るモデルである。労働分配率も外生変数なので、結果として労働者がどのくらい雇用者報酬を受け取るかということも、均衡経路がありそこに収束するモデルとなっている。
- 全要素生産性、要するに技術進歩も外生である。成長シナリオと慎重シナリオを見ると、成長シナリオで約 3%の名目成長が見られ、その TFP 成長率はバブルの時期（83 年の 2 月～93 年の 10 月まで）の TFP 成長率を用いている。慎重シナリオについては、83 年の 2 月～09 年の 3 月までの数字を使っており、TFP 成長率は 1.1%程度の成長となっていく。ただし、バブルの時期を含んでいるため、それを考慮するともっと落ちてしまうであろう。

【労働生産性と将来予測】

- このように、基本的に均衡経路を決める数字がメインとなっているモデルのため、モデルの動きを予測する簡単な方法がある。これはマクロモデルでもなんでもない労働生産性による予測である（スライド 9）。慎重シナリオは、1983 年～2010 年までのデータを使用して、GDP と労働者数から労働生産数を求めている。成長シナリオは内閣府のモデルと同じで、1983 年～1993 年までのバブルの時期の労働生産性を使用する。2000 年代延長は、2000 年の労働生産性を使用する。将来の人口推計がなされ

ているので、それを使って計算してみると、大体成長シナリオ時代の労働生産性を使うと、潜在 GDP は約 2.4～2.5％で、慎重シナリオでは 1.1％である。このように、内閣府が出しているシナリオに近い数字が出てくる。そういう意味では、内閣府のモデルは過去の労働生産性などに縛られているというか、成長率についてはメインのシナリオの外生変数の仮定が中心として働くモデルである。しかし、最近は原子力発電所の稼働の問題や CO2 絡みのエネルギー環境開発が問題となり、今内閣府が見ている慎重シナリオですら実は危なく、もっと下がるのではないかという声もある、そこで、同様の方法で 2000 年～2010 年の労働生産性を使用し検討してみたものが、2000 年代延長シナリオである。それによると実質 0.4～0.5％しか成長しない可能性が導かれる。

【マクロ計量モデルの変遷】

- マクロモデルの変遷について（スライド 10）簡単に触れると、まず初期のマクロ計量モデルがあり、需要側を中心として SNA の関係をモデル化して、需要側から分析するものである。
- 次に供給側も考慮したモデルとなり、(ad hoc だが)将来の期待を導入したモデルや、内閣府が使用している誤差修正モデルがある。供給側のラインを決め、そのラインを中心にその周りを需要が動くといったモデルである。しかし、これらに対しては有名なルーカス批判というものが出てくる。ディープ・パラメータ（政策に対して人々の反応を決める本質的な変数）を考慮しなければ、適切な予測にならないというものである。この批判に対応するためには人々の行動の根源的なものをモデルに入れなければならない。また、人々は将来のことを考えているため、今、政府が多く支出をすれば、将来、増税するのではないかと考え、消費を長期で考える。従って、長期の動きを考慮しなければならない。
- それを踏まえたものが Forward Looking 型モデルである。また、金融、財政政策のルールなども踏まえたモデルも作成されている。
- 最近は、DSGE など、ある程度確率的なショックを踏まえたモデルがある。理論的ではあるが、長期の経路の予測には向いていない。ある程度、均衡的な経路を決めなければならない。財政政策を行った時、税金を上げた時に、人々はどのように動くのかなどのショックに対する反応を見る際には、このようなモデルの方が適しているが、それと、経済が長期的にどうなるかは別の話である。

【マクロ計量モデルの TFP に関する修正】

- （スライド 11）今回のワークショップの趣旨から内閣府が作っているモデルの改善方法を指摘するならば、マクロ経済ブロックに対して、TFP を決定するシステムを構築し、その結果を利用することが必要となる。もう一つは、DSGE など期待を含んだモデルをサブモデルとして利用し政府が行った政策が、均衡的な経路にどのように影響するのかということを、マクロ経済ブロックで利用する事が必要である。この間でやり取りをして、波及経路を考えていかなければ成らない。マクロ経済ブロックに対して、TFP や DSGE を入れることは内閣府の研究所で着手し研究が始まっていると聞いている。

【地球温暖化問題に関する経済モデル分析】

- 次の問題は、マクロの TFP はモデル化が可能であるのかということである。つまり観察される TFP の変化はマクロ的には需要面も含めたショックの側面が強いということである。たとえば、地球温暖化につ

いて考えると、将来、CO_2 政策で CO_2 が出せなくなると社会はそれに対応する。そうなると、マクロ一本だけではどうしようもなく、産業を見て、どの産業が生産をして、どの産業が生産しなくなるかを見なければならない。ただ、産業モデルを使うと、失業などの不均衡状態の分析が難しくなるので、そういう意味ではマクロモデルの価値もある。日本経済研究センターでは温暖化分析についてはマクロモデルと CGE（一般均衡モデル）の両方で対応したので、CGE を例に説明したい。

【日本経済研究センターの環境経済マクロモデルの特徴】

- 日本経済研究センターのマクロモデルについて（スライド 14）は簡単な説明に留める。マクロモデルでエネルギー関係を扱うのは難しいのだが、マクロモデルの中にエネルギー部門だけ別枠で設け、原油、石炭、天然ガスの使用量が、どれくらいの CO_2 を発生させるのか。CO_2 に価格を付けることによって、CO_2 発生に伴いコストが上昇し、より高いものが使われなくなる構造となっている。その結果、CO_2 の価格付けのマクロ経済への影響が見えるモデルとなっている。

【JCER-CGE モデルの特徴】

- 日本経済研究センターの CGE モデルについて説明する（スライド 15）。これは、産業連関表のデータを基にして作られている。産業連関表を縦に見ると、中間投入がわかり、横に見ると消費がわかる。つまり、縦に見ると生産関数が分かり、横に見ると消費構造が分かる。そのため、産業連関表のデータを基に、産業別の生産関数、財ごとにどう使われたかという消費関数を設定する。それに対して、例えば中間投入部分に石油や天然ガスを使っていた場合、CO_2 にコストをかける（1t あたり 1 万円など）と、中間財のコストが上がることになり、生産者側は、より利潤が下がらないような中間財に移行していく。消費者についても同様である。生産者の利潤最大化、消費者の効用最大化をモデル化することによって、CO_2 排出量の上限設定や CO_2 排出価格を付けることによって生じる、均衡点の変化を分析することができるモデルとなる。43 産業、43 商品について作成した。

【JCER-CGE モデルと生産性】

- JCER-CGE モデルの生産性について説明する（スライド 17）。例えば、ある化学製品を作るためには、中間投入しなければならない化学的な組成というものは変わらない。そのような部分はレオンチェフ型の関数で投入関係は変わらない。しかし、輸送などは選択出来るため、レオンチェフではなく CES 関数になる。人間をどれくらい、機械をどれくらい投入するかは代替可能であるので、その部分も CES である。段階的に組み合わさった入れ子型 CES となる。このような考え方で生産関数をつくる。α（労働生産性率）とは、労働生産性が産業別に今後どのように変わっていくのかである。β（エネルギー効率）とは、その産業は今後どのくらいのペースでエネルギー効率を上げていくのかである。この生産関数を、各産業（43）の全てについて作成している。消費に関しても効用関数を作成している。

【JCER-CGE モデルによる温暖化対策の影響分析】

- 具体的にどのような分析結果が行えるのかについて説明する（スライド 21）。例えば、交通関係については、90 年比で 15％の CO_2 を減らそうとすると、一般的な消費が約 1.8％減少する。それに比べると、

自家用車はかなり減少する。CO2 制約がかかると利用するためのガソリン価格が上がり、その結果4％以上減少する。一方で、鉄道は他の物と比較するとそれほど減少せず相対的に増えており、モータルシフトが起きている。つまり、CO2 にコストをかけると、より CO2 を使わず安いものを利用するということが、CGE から導かれる。

- エネルギー関係について見ると、ガソリンの価格はあまり上がらないが、自家用燃料油の価格は上昇する。これは、ガソリンは元々の税金が高いため、追加的に税金をかけたとしても、変化率はあまり大きくないためである。税金があまりかかっていない物に追加的に税金をかけると大きく上昇してしまう。また、CO2 制約による産業構造の変化を見ることが出来る。このような分析の際に重要な点は、生産関数の中で、各産業がどのくらいのペースで技術進歩してくるのか、労働生産性はどのように決まってくるのかである。技術というものをどう仮定するのかということが CGE モデル分析では重要である。

【JCER-地域 CGE】

- また、JCER 地域 CGE というものがある（スライド 23）。国際 CGE モデルの構造を地域間産業連関表に応用して、日本全体で 25％削減した場合、地域ごとにはどのようになるかを分析している。今までの分析では、カーボンタックスを課すと、暖房を使う北海道に多くの影響が出ると言われていた。しかし、JCER-地域 CGE では、産業構造や電源立地の関係で中国地方のマイナスが大きい。通常炭素税を考慮するときは産業連関分析を素直に使い、生産額も消費額も変わらない状態で、CO2 制約で価格が変わるとどうなるかと考えていたため、消費が大きいところに影響がでていた。しかし、実際には生産自体が変わり、雇用者報酬にも影響が出る。それを評価すると中国地方の影響が大きい。日本経済研究センターでは、原子力発電所が停止した場合の分析も CGE モデルを使って行っている。

【70 年代のエネルギー効率改善】

- 70 年代のエネルギー効率改善の産業別寄与度について（スライド 24）、1970 年～80 年に関して産業連関表を用いて、各産業がどれくらいカロリーを消費したのかを比較したものである。全体でみると、70 年～80 年代にかけて 27.58％改善した。おもしろいのは、化学産業は平均よりも当初かなり効率が悪かった。これがオイルショック、コンビナート化などの生産方法の変更もあり、一挙に効率が上がった。電子デバイスも機械化により上がった。ただし、平均よりも基準年で高い産業の生産が増えると、寄与度分解で悪影響がでてマイナスに効く。化学は生産額が増えたが、基準年では社会的にみて効率の悪い産業だからその点では悪化した。しかし、単位生産あたりのエネルギー効率が大幅に改善しプラスの効果があり、生産が増えて単位当たりの生産効率が改善した。つまり下にも出ている産業は上にも出ており、生産を拡大する中で、技術関係に投資をしている。成長の中での技術進歩が起こっている。最近は CO2 制約についてグリーンイノベーションが言われているが、CO2 制約は生産額に対する制約になりかねないので、投資の原資がとれるのかどうか。産業が縮小しながら技術進歩が達成できるのかについては疑問があり、今後の技術進歩の停滞が心配される。

【95 年からのエネルギー効率改善】

- 95 年からのエネルギー効率改善の産業別寄与度について説明する（スライド 26）。鉄鋼のエネルギ

一効率が悪化している。これは、高機能鋼材に変えたことによるものと考えられる。作るにはエネルギーを必要とするが、より技術を必要とし高く売れるものにシフトした結果、売り上げは増えている。また、運輸について、この期間では車の需要は減っていないが、効率が改善している。これは、エコドライブや、道路に渋滞が起きづらいような車線の改善、車にナビが付くようになったなどの、運用面での効率改善による効果も大きい。

- 技術に関しては、それが実現される条件とは何かを考えなければ、経済に対する反応が見えづらいということが、過去の分析から言える。また、機械産業はずっと効率が改善し生産量も増えているが、価格低下が激しいので名目の売り上げはどんどん減っている。これは、大量生産して、価格競争に入ったためであり、名目の付加価値や雇用者報酬が増えないという状態になっている。
- 今後、日本経済を考える上で、CO2 制約下ではエネルギー効率が悪い産業は、日本にいられないため出て行ってしまい、生産性の高い製造業は労働生産性が高すぎる（人を雇わなくて良い産業）なので雇用には貢献しない。では、雇用が発生するのはどこかというと、サービス産業で生産性が低いところとなる。なぜ、このような話をするかというと、マクロの TFP を考える時には、産業構造を考慮しなければならないからである。これまでのマクロ経済モデルにおける TFP や技術は過去のトレンドが使われていた。産業構造が変わるということは、平均が動くことを示唆しているため、トレンドを使ってはいけなくなる。このような事を考慮して、技術がどのようにマクロに反映されるのかを見なければならない。

【全要素生産性（TFP）について】

- 全要素生産性（TFP）について説明する（スライド 29）。そもそも、TEP とは、経済成長のうち労働や資本の投入増加では説明出来ない残差項である。残差項で色々な物（要素）を増やしていく、労働を適切に把握したり、ソフトウェアや R&D などを入れることによって、どんどん近づくのではないかという議論がされている。ところが、そもそも生産は適切にはかられているのだろうかという疑問や、マクロ的には GDP 統計の誤差の問題などがある。そのため、生産系列、支出系列で乖離がある状態で、1%程度の TFP を見ることは誤差の中に埋もれてしまうのではないか、という心配がある。生産というものを、適切に把握することがそもそも重要である。
- マクロの GDP 統計の場合、投入部分はあくまでも生産面で計算して、残差で作っているため、ここで出てきた係数と GDP の係数は元々異なっている。TFP は存在しないとは言わないが、マクロの計算上で出てきた TFP が本当に技術などを現しているのか、と聞かれると、個人的には疑問に思う。
- 生産と投入の関係は、データが適切なのか、例えば本当にその労働者の定義で良いのか、本当にそれが資本なのか、資本の範囲はどこまでなのか、という事が適切に把握出来ているのかが重要である。
- マクロの TFP とは何かについて、産業構造その他が関係しているが、マクロモデルに単純に TFP として入れるのは難しいのではないだろうかという疑問がある。

【無形資産（Intangible Assets）への関心】

- 次に生産分析と関連した経済統計について触れる。無形資産（Intangible Assets）への関心が広まっている（スライド 30）。理由の一つは、TFP を残差で説明することは気分が悪く、より正しい変数を追

加すれば、より正しい計算に近づき、残差として扱われている分が減少するということである。

【国民経済計算（SNA）の資本概念の拡張】

- 国民経済計算（SNA）でも資本概念が拡張されている（スライド 31）。1993SNA では、ソフトウェアの資本化（企業等のコンピュータのソフトウェアへの支出を、投資に）している。日本では、2000 年の基準改定から 1993SNA に準拠し、2011 年 12 月から、インハウス・ソフトウェアも投資に計上した。
- 2008SNA では、R&D などを資本化する流れである。日本では、国連統計委員会で、2008SNA を採択し、R&D 支出を投資とした。R&D 支出を投資として扱うと、今まで中間投入であったものを付加価値とするので、GDP が増加する。ただし、R&D ソフトウェアは、鉱物探査などとともに知識資産として分類されている。
- Frascati Manual というのがあるが、科学技術研究調査も同じフォーマットで行っている。SNA で推計する際には、かかったお金は全て計上する。本来失敗したものは研究開発資産でない、というのが綺麗なのだが、研究開発に成功したものも失敗したものにもお金がかかっており、その全ての平均値で見て、かかった全てのお金が資本ストックであるという考えである。従って、コストを中心に R&D を作っていくという流れである。

【研究主体別の内部使用研究費】

- 次に内部研究費をどう見るかである。研究主体別の内部使用研究費について（スライド 33）、これは科学技術研究調査であるが、企業等、非営利団体、公的機関、国公立大学、私立大学、人件費、原材料費、リース料、その他の経費、有形固定資産購入費などがある。SNA 上で考えると、資本的支出というものは入らない。なぜなら、そういう目的で買った機械や、R&D をするために買ったソフトウェア、コンピュータは中間投入である。SNA の場合には、経常的支出を中心に、原価償却を考慮したり、他の会社から買った R&D と自社の R&D の評価をしなければならない。他の会社からの R&D を中間投入で処理するのか、最終的に自社のものとするのかの分類が難しい。大学の人件費も扱いが難しく、研究活動に費やした分をフルタイム換算しているが、研究所がある大学では、研究所の換算人員が大きく、研究所を持たない大学に勤めている人は、あまり働いていない扱いになってしまう。
- OECD では知識資産の計測マニュアルを基に、SNA に合うように概念調査を行う動きがある。

【アメリカにおける R&D サテライト勘定の作成】

- これは、2006 年にアメリカで行われた第 1 回の計算である（スライド 34）。色々とシナリオを作成し、シナリオの前提条件を変えることによって、どれくらいの影響が現れるかについて検証を行っている。陳腐化率については、16％～23％を見ている。1987 年以前は、機械設備やソフトウェア投資の減耗パターンを使用し、1987 年以降は、情報処理機器やソフトウェア投資の減耗パターンを使用するなど、振り分けを行ったシナリオを作っている。懐妊期間については 0 年である。以前は 1 年としていたが、SNA が単年度主義であるため 0 年としている。資本の質を評価するデフレータの問題もある。政府・非営利では、資本の減耗分を計上している。

【R&D 資本化の GDP への影響】

- R&D の資本化によって、GDP が平均で 2.3～2.6％増加した（スライド 35）。アメリカでは、影響の程度が中間であるシナリオ D を標準に採用した。アメリカでは、過去の実証分析から大体の陳腐化率が 12～25％程度と考えており、それを基にしている。

【各国の R&D 資本化の導入予定】

- 各国の R&D の資本化の導入予定について（スライド 36）、アメリカでは、2006 年に先ほどの第 1 回を行い、2007 年の第 2 回では、州別、産業別を試算し、2010 年に第 3 回の試算を行っている。アメリカは 2017 年に本勘定に入れる方向である。オーストラリアでは、2009 年 9 月の公表から 2008SNA に移行をしている。カナダでは、2012 年から導入予定である。Eurostat は、2014 年に新たな欧州基準を取りまとめる予定となっている。日本では、導入時期は未定である。

【オーストラリアの GDP 統計の具体例】

- 具体例として、オーストラリアの GDP 統計を見ていくと（スライド 37）、支出系列の中には知的財産があり、その中に研究開発がある。全体に比べてどのくらい増加したのかという金額は、支出系列でとることが出来る。
- 次に、部門別・形態別の方面で見る（スライド 38）。期首と期末に分かれているので、減耗から期首ストックで割り、オーストラリアの R&D の減耗率を間接的に計算すると、研究開発の減耗率は 18.4％、ソフトウェアでは 26.7％、芸術作品の原本（映画など）は、62.7％であった。
- 参考であるが（スライド 39）、オーストラリアでは、産業連関表の中で研究開発等が分かれている。産業連関表を基に SNA 統計を作っており、また、年単位、四半期単位で作られる産業連関表を使用しているため、スムーズにR＆D投資を把握出来ている。日本の場合問題となるのが、産業連関表が 5 年に 1 回しか作成されず、その間は推定でしかないということである。従って、産業連関表を適切なデータで早く作るという事が重要になる。

【今後への期待】

- 今後への期待（スライド 41）としては、モデルに関しては、税制改革や温暖化など、最適化を考慮したマクロ計量モデルの動学化が必要であると考える。ただし、非ケインズ効果（将来増税されるかどうかを考慮した経済主体の行動）がデータ上はあまり肯定されていないため、合理的だからといって非ケインズ効果が強く出てしまうと、実際の分析としては問題があると思う。
- R&D 等について産業連関表のように体系的なデータが整備されると、産業構造を反映した分析も可能となる。例えば、産業構造を反映した TFP の推計も可能となる。また、各国のデータ整備が進むと、国際比較分析が可能となり、OECD 等の国際会議において研究成果の共有が可能となる。
- 他の国では早い段階で、SNA の中に R&D が導入されるので、そういったものを利用することによって、今回の研究会で考えているマクロモデルにおける研究開発と GDP 計算の関係を捉えるというフレームワークは整備されてくるだろう。ただし、日本はあと 5 年後になると考えられるので、この研究会としてはそこまで待てないかもしれないが、今後に期待したい。

＜講演 3＞

「マクロ経済モデルの政策への応用」（明治大学 教授　加藤久和 氏）

【導入】

- 私自身に与えられたテーマというのは、NISTEP が作るモデルとしてどういうモデルを選択すればよいのか、ということを考えてほしいという事だと捉えてプレゼンを行いたい。
- 最初に、永田先生が作られたモデルをもう一度見て、それについてどのように考えていけば良いかについて説明を行う。そして、そもそもマクロ経済モデルというものは、今、どんなものがあって、どのような選択肢があるのかについて説明したい。
- 最終的な結論としては、伝統的な経済モデルではなく、落合氏の話にもあったように、長期定常経路を考えたエラー修正メカニズムを使ったマクロ経済モデルが必要ではないか、というような事を話す。

【旧モデルについて】

- では、具体的にどういう風にやっていくのか、旧モデルは、2010 年に拡張されたものの非常に伝統的な形のマクロ経済モデルである、と見た。私も昔このようなモデルを作っていた。34～35 本くらいの構造方程式を含むモデルである。小さそうだが、実際につくってみるとなかなか大変である。その中の特色として、知識ストックを入れたブロックが生産関数の中に入ってくるというものがある。それがメインである。非常にオーソドックスな形で作られている。
- 最近は、伝統的なモデルが少なくなってきている。話が逸れるが、たとえば知識ブロックで知識があるいは R&D 方式で行われたとすると、伝統的なケインズモデルだと、需要面と供給面の両方がプラスになる。生産関数が影響して、生産量が増え需要も増える。
- 80 年代以降のデフレ経済を考えると、供給側がプラスになってもそれが需要に結びつくのか、といった事をこのモデルで考えるのは難しい。

【カリブレーションモデルについて】

- 経済モデルを考える時に、どのようなモデルを作って考えていくかについては、統計データで推定をする伝統的なモデルがあるが、それとは違い、カリブレーションモデルということで、ミクロのデータを積み重ねた中に、そこで得られたパラメータを使用して、理論的なモデルの中に応用するというようなモデルがある。
- 単純に言うと、エスティメーションモデル、統計データから作る伝統的なモデルも、これから話すハイブリットモデルもそうであるが、統計データを使っていくような形で作業していくモデルがある一方で、DSGE（動学的確率的一般均衡）という理論構造の中で理論式を作った中で、パラメータを色々選び、シミュレーションを行うというカリブレーションモデルがある。
- カリブレーションモデルの中でも、DSGE（動学的確率的一般均衡）モデルと OLG（世代重複）モデルがある。

【研究開発投資の効果分析のためのモデル】

- NISTEP が研究開発投資の影響を分析するには、こういった OLG モデルではなく、DSGE モデルあるいは推定型モデルとなるだろうが、推定型モデルといっても、企業が将来を見越して研究開発投資を行うという要素があるので、Forward－Looking という要素を入れていかなければならず、長期定常経路という状況の中で考えていく事になると、内閣府が使っているような、経済財政モデルに近い形のハイブリッド型モデルが必要となる。
- 内閣府モデルにモジュール化して入れるというのが一つの答えかもしれないが、大きなモデルになると、それなりにメンテナスも大変だし、独自に作っていく方がいいこともある。

【マクロ経済モデルについて】

- マクロ経済モデルとは、伝統的にケインズ政治経済学の中で政府が需要を増やすと、それが様々な乗数効果で経済にプラスの影響が起きるというような経済モデルである。
- IS－LM 曲線というものが経済学にあるが、それを短期のフィリップス曲線、インフレと経済成長の間には短期的にきちんとした関係があるということを捉える。金融政策というものは貨幣供給から名目変数が変わり、金融政策を行う。期待というものは考えにくい。ディープパラメーターの存在がある。ミクロとマクロは考える対象が全く違っている。
- 伝統的モデルで扱う消費関数というのは、主として所得によって消費が決まるものである。これに定義式を加えて GDP が決まる。ここに何らかのショックを与えたとすると、経済はどう変わるのか、R&D 投資だと経済にどのような影響を及ぼすのか、などを見ていくことがマクロ経済である。
- 最近、伝統的なマクロモデルだけでなく、色々な形のモデルが使われている。

【マクロ経済モデルの例】

- 一つは、経済の短期的・中期的な見通しとして使われているものがある。短期日本経済マクロモデルや経済財政モデルといったものが、実際に官庁で使われている。それ以外にも、地域の例では、大阪府のマクロ計量モデルあるいはエネルギーバランスのシミュレーションモデル、環境問題へのモデル、出生・結婚を分析するモデルなど、様々なモデルが使われている。
- モデルというものは、何でも作成できるものではなく、目的に応じて作っていく事が必要である。したがって、内閣府のモデルにモジュールを組み込むというのも一つのやり方であるが、目的にあったものとするためには、R&D 方式自体をきちんと分析し、自前で作っていくことも大切である。両面から検討することもよいだろう。

【マクロ経済モデルの利用に際しての課題】

- マクロモデルというものは、色々な報告書や結果を出すという意味では、非常に有用であるが、限界もある。一つは実践的ではあるが、理論と一致しているかどうかが難しい。また、モデルを作ったのは良いが、メンテナンスが難しく、毎年作り替えたり、毎年データを更新しなければならない。
- モデルの更新だけでも大変であり、まず、モデルを理解できる人を養成しなければならない。また、メンテナンスの担当者を維持する必要がある。メンテナンスでは、パラメータの頑健性の確認が必要とな

る。モデルは1度作れば良いというものではない。

【伝統的モデルの限界:ルーカス批判】

- ルーカス批判やディープパラメーターはどういったものなのかについて説明する。伝統的なモデルでは、消費というのは所得と資産で決まってくる、といった方程式を使って統計的にβやγといったパラメータを推定する。ミクロ的な基礎があって、効用の最大化問題と、予算制約の条件がある。一階の最適化の条件を含むと、このような式が導出される。すると、消費関数は、ミクロのパラメータを考えていくと、βやγを統計的に直接推定するのではなくて、ディープパラメーターと言われるρやr、これが大事である。βはρとrの合成されたパラメータであり、これらをきちんと確認して、ミクロデータの積み重ねから作っていき、モデルを構築していかなければならない。以上が大きな流れである。
- これ以外にも、様々なマクロモデルに対する考え方が、この 20 年で変わってきている。
- 一度作ったモデルは、翌年度になるとパラメータが大きく変わってしまうということがある。これは、先ほど説明したディープパラメーターがということだけではなく、様々な制約条件が変わればパラメータ自体が変化してしまうということである。これがルーカス批判である。

【マクロ経済モデルへの期待の導入】

- 期待や Forward－Looking について、通常のモデルは一期前以降の過去のデータがあり、それから今の現実を説明するということであるが、実は将来の期待というものも現在に影響している。つまり、将来の期待も考慮した上で現在の状況を記述していかなければならない。同時に、今から将来に移るパスというものは非常に多くあるため、そのパスも一つに決めず確率的に色々な形の要素を入れて将来を計算していくことも必要である。これが今、一般的にシミュレーションとして行われている一つの考え方である。
- 実際にマクロ経済モデルを作るプラットホーム(ソフトウェア)で、Forward－Looking も計算できるし、あるいは確率が示すものも計算できるので、適切なプラットホームさえ選べば、難しい話ではない。
- 色々なプラットホームがあるが、一般的には Eviews を使うのか、あるいは内閣府や日本銀行が使っている高価な TROLL などがある。

【これからのマクロ経済モデル】

- これから、NISTEP が新しいモデルを作っていく際には、是非これは入れてほしい、という要素を示したものである(スライド 18)。これが欠けていると、外に対して説明したときにディフェンスが難しい、という事になるのではないか。
- 一つは、ミクロ経済学的な基礎を導入し、効用関数と生産関数を明示的に表記して、それから導かれる方程式を考えていかなければならない。また、IS-LM 分析ではなく IS-MP 分析という形で、金融政策の政策要素を入れていくことや、エラーコレクションメカニズムを考慮するとともに、期待を導入し、確率的ショックを考慮することが必要である。
- 以上のものをモデルに入れていかなければ、現在の中ではなかなか学術的どころか実用的な形でも評価されないのではないかと、個人的に考える。

【DSGE モデル】

- DSGE モデルとは、理論的な方程式を作った上で、様々なデマンドとサプライショックを入れたときにどのようにこれが経済に波及していくかということを理論的に計算していく、というようなモデルである。消費者最適化問題や企業の最適化問題があり、その解から得られた式を集め、それに必要なディープパラメーターを入れて計算する。その後に、確率的なショックを与えてインパルス応答などを計算する。これが 1 つの大きな DSGE モデルの最も単純な形である。
- DSGE モデルは難しそうだが、あるプラットホームがあれば何とかできる。しかし、問題はいくつかある。一つは、これが一般化しない理由は、理論的背景をきちんと学ぶということを、経済学者だけがやっていくのではなく、モデルに出た結果を説明していく責任を考えたときに、あまりにも理論的すぎると説明が難しいということである。すると、DSGE モデル自体はしっかりしていても、たとえば予算を取る際に説明するとなると非常に難しいということになる。
- また、大規模化が難しく、現実の制度の記述には向いていない。例えば、社会保障の制度を DSGE に入れるのは非常に難しい。現実の制度の記述に向いていない。理論のままでいくと、財政政策の効果は全くない、などという結果になってしまう。プラットホームの制約として、Dynare を MATLAB を利用して使用することが主流になっている。

【OLG モデル】

- OLG モデルは、社会保障や財政などを考える時に、世代と世代との役割・取引を入れて作る一般均衡型のモデルである。すなわち、一般均衡モデルに各世代間のやりとりを入れたものであり、時間と共にある世代が生まれ、そして古い世代がいなくなる、そのようなことをずっと捉えて記述していくモデルである。しかし、OLG モデルに R&D を入れていくことは難しい。
- OLG では、カリブレーションによって必要なパラメータを作っていく。制度やその他の記述は非常に難しい。また、多部門のモデルを入れていくことは難しい。世代間のやり取りを中心としているモデルであるため、経済の波及効果や現実の GDP がいくらなのかということを出していくことが得意なモデルではない。

【ハイブリッド型モデル】

- 最終的に NISTEP が、これからマクロモデルを作っていく際には、先ほどの 5 つの要素を入れたような形のハイブリッド型モデルが最小限必要になってくると考える。長期的な条件を意識しながら、短期的な変動も意識すること。つまり、経済というものは、ある一定の方向性で動いており、その中で短期的にフラクチュエーションしている。このような長期的な変更と短期的なフラクチュエーションの両方を明示的に書けるような、モデルが必要であるだろうと考える。
- 日本銀行では Q-JEM モデル、内閣府では短期日本経済マクロ計量モデルを使っており、これは日本で言えば代表的なモデルということになる。海外では FRB もこういったモデルを使っており、また Bank of England はすべての方程式から考え方まで PDF にして公表しているため、非常に見やすくなっている。また、IMF の MULTIMOD MARKⅢ、AWM もハイブリッド型のモデルである。

- ハイブリッド型モデルは、政策効果を検証する中では一番使われているスタンダードなモデルである。研究開発投資の効果の測定を考えるのであれば、ハイブリッド型モデルを使いながら波及効果を考えていかなければならない。

【TFP への影響】
- 落合氏の話にあったが、TFP への影響は非常に難しいものである。残差とも言われるが、TFP は合成されたものであるため、TFP と R&D 投資の経路をどのようにはっきりさせていくのかが重要である。
- 逆に言えば、TFP は R&D 投資だけではなく、グローバル化の影響や人口高齢化の影響、外生的なショックによっても変わってくるため、このようなことをどのように考えるかが重要な要素になってくる。

【マクロ経済モデル開発の方向性】
- 結論として、マクロ経済モデルを作るのであれば、永田先生の作成したものをさらに発展させて、その中でハイブリッド型のモデルに少しずつ作り変えるということだと考える。
- そして、理論型モデルに偏ることについては課題があると考える。これからの問題として R&D 投資がどれだけ有用なのかを分析すると、理論的な整合性も大事だが、使い勝手があり実用的なモデルを作らなければ、あまり意味がないと考える。
- 同時にマイクロデータについてであるが、ハイブリッドモデルを作っていても、なかなか全てのパラメータを手に入れられる訳ではないため、マイクロデータを使った研究などを参照にカリブレーションを組み合わせた形で、このようなモデルを作っていくことが必要であると考える。

＜海外調査報告＞

「海外における波及効果把握の状況」（三菱総合研究所）

【調査の背景と目的】

- 経済的波及効果・社会的波及効果について詳細な取り組み状況を現地調査したものを説明する。調査の背景目的は、資料にある通りで、欧州では研究開発投資の評価をケインズ型マクロ経済モデルや一般均衡シミュレーションなどで分析をしている。特に Framework Program という研究開発資金支援などが EU などにはある。資金支援する事での経済効果についても併せて検討されており、その中でエネルギー政策や R&D 政策の効果分析に適用されている NEMESIS モデルに着目して調査を実施した。

【FP の概要】

- FP（Framework Program）とは、1984 年から EU で行っており、技術分野の枠を超えた総合的な研究開発を、政策として推進していくというプログラムである。FP1（1984－1987）の時は予算規模が小さかったが、FP7（2007－2013）になると 80 億ユーロになり、さらに FP8（2014－2020）にはさらに多くの資金支援を行っていく予定となっている。
- EU が行っている経済的波及効果・研究開発資金支援に関して、経済的効果を測定する手法の開発も行われている。また、「社会経済学・人文科学」の活動の中で、研究政策とプログラムの評価のための指標と関連する手法として、研究開発の効果分析といったものも行われている。

【NEMESIS モデルの概要と適用事例】

- FP7 の中の資金提供のプログラムの中で、DEMETER(Development of Methods and Tools for Evaluation of Research)というプロジェクトがあり、その中で NEMESIS(New Econometric Model of Evaluation by Sectoral Interdependency and Supply)というマクロ経済モデルが開発されている。
- 実際に NEMESIS がどのように使われているかの事例で、一番代表的であるものは、FP7 の経済的波及効果を追求したものである。2011 年の EU News を引用したものであるが、FP7 で 70 億ユーロを投入することにより、短期的に 174,000 人の雇用が創出され、累計 15 年間で約 450,000 人の雇用と約 800 ユーロの国内総生産（GDP）の拡大につながる、といった結果を提示している。このように NEMESIS はマクロ経済モデルを活用して、政策の効果をアピールしている。
- また、経済的危機と R&D に関する分析も NEMESIS を使って行われている。R&D EFFORT DURING THE CRISIS AND BEYOND: SOME INSIGHTS PROVIDED BY THE NEMESIS MODEL SIMULATIONS によると、2007 年のリーマンショックを折り込み、経済危機前・経済危機が起きたもの・経済危機が起きたが R&D 政策を行った場合の測定を 3 つのグラフで表している。経済危機下で R&D 政策を導入した場合、経済危機前の状態に追いついていくという事を示し、R&D 政策効果を表している。

【NEMESIS モデルの構造】

- NEMESIS モデルの構造について、コア経済モジュールを中心として、エネルギー・環境モジュール、農業モジュール、地域モジュール、土地利用モジュールが接続して構成されている。コア経済モデルの中に R&D の効果を図るための生産関数が組み込まれている。コア経済モデルは、基本的なマクロ経済モデルの構造を踏襲している形で計算されている。

【NEMESIS モデルにおける R&D や知識ストックについて】

- NEMESIS モデルの中で知識が与える効果を導入しているが、基本的には R&D はストックになり、それが TFP に影響するといった入れ方である。中身は、細かく定式化がなされている。どのようにパラメータ推定するのかについては、様々なデータを引用しつつ、キャリブレーションを用いて、計量経済学的な手法と合わせて推定している。海外現地調査を行ったが、具体的にどのように決めているかまでは把握仕切れず、これは今後の課題と考えている。
- モデルにおける R&D には 3 つの概念があり、内生的技術進歩（R&D 支出が R&D 知識のストックを形成するもの）に加えて、知識スピルオーバー、イノベーションといったものがそれぞれ考慮されている。
- 知識ストックは R&D 支出の積み上げで、陳腐化率を考慮している。さらに、R&D ストックは知識ストックに集約されるが、そのとき、当該部門のストックだけではなくて、他の部門の R&D ストックや外国の R&D ストックも入ってくるといった設定になっている。
- 他の部門の R&D ストックが入ってくるのは、技術フローマトリックスという他の産業マトリックスがどう影響するのかといった事が係数化されている。
- さらに知識ストックの考え方について、2 つのフローに分かれており、プロセスイノベーションとプロダクトイノベーションがある。プロセスイノベーションは、CES 型の生産関数において、投入要素の生産向上によって得られる。プロダクトイノベーションは、生産関数でいうと生産された財 Q に対して、プロダクトイノベーションのインデックスが付き、さらに付加価値を上げる、という多層ネスト構成である。

【NEMESIS モデルにおける供給サイドの定式化】

- 供給サイドは階層化 CES 型になっている。図の右上の方がプロダクトイノベーションで、Qy（生産算出産出）と Iy プロダクトイノベーション指数が結合され、最終的な品質込みの Y（生産量）が決まる。さらに図の下の方、I や SRD がピンクで付いているが、各生産要素に対しても R&D 投資が付いていて、R&D 投資の各生産要素の投資への影響が考慮されている。かなり複雑な定式化がされている。
- イノベーション・インデックスの定式化では、イノベーションのストックのようなものが、R&D の中から生まれているような定式化がされている。

【NEMESIS モデルにおける需要サイドの定式化】

- 需要サイドは通常のマクロ経済モデルの消費支出のパラメータで配分している。R&D 投資の効果を細かく形式化したものがあるが、今回現地インタビュー調査で実際に政策的に位置づけや分野別資

金配分がどこまで貢献しているのかについてヒアリングを行った。NEMESIS モデルの定式化や利用データについても調査したが、まだまだ調査が必要であると考える。

【現地インタビュー調査】

- ヒアリングは、European Commission の担当者、Dr. Luc Soete(DEMETER プロジェクトにおける研究担当者)、Centre Recherche SA Laboratoire Erasme (DEMETER プロジェクトのコーディネーター機関)に行った。

【現地インタビュー調査結果:政策決定における NEMESIS の活用】

- NEMESIS の位置づけについて、全ての EU の政策は、事前の影響評価が位置づけられており、NEMESIS モデルはこの事前の影響評価の手法の中の一つとして用いられている。評価結果は、欧州議会への対応だけではなく、欧州市民とのコミュニケーションツールの 1 つとして活用されている。また、EU 加盟国間での政策調整のためにも利用されている。
- NEMESIS の経済マクロモデルだけでは妥当性の検証が難しいこともあるため、NEMESIS モデルの分析結果の検証・補完する上で GEM-E3(動学的一般均衡モデル)も併行して利用している。複数のモデルを使っている。
- R&D 投資の資金配分について、NEMESIS モデルで分析できるか聞いたところ、「限界はある」ということであった。その理由は、NEMESIS モデルで定義された産業セクターと資金分野が、必ずしも一致していないとか、関係性が明確でない事があるためである。
- NEMESIS モデルは、全体的な影響評価を行うが、実際 FP では競争的な条件下でプロジェクトを選定しているため、詳細な資金配分を事前に想定し、評価すること自体が不可能である、とのことであった。

【現地インタビュー調査結果:NEMESIS についての研究者間でのコンセンサス形成】

- このようなモデルについてどこまでコンセンサスが取れているかについて、こういったモデルを活用することに対して楽観的、前向きに捉える学者とそうでない学者がいるため、コミュニケーションがまだまだ課題である。
- NEMESIS モデルの中に細かい支出を入れ込む事に対して、研究者の中で議論があり定まっておらず、まだ開発途上であるとのことであった。

【現地インタビュー調査結果:NEMESIS モデルの結果を活用した政策形成の実態】

- モデルの結果も活用した政策形成について、EU の政策決定プロセスとして、NEMESIS のようなモデルで経済社会的影響評価を実施した上で、欧州委員会が政策案を作成する。その後、欧州議会、閣僚理事会で審議するという、これらのプロセスに約 2 年を要する。これは、モデルを使った政策形成のプロセスの参考となる結果だと考えている。

【現地インタビュー調査結果:NEMESIS モデルの活用範囲】

- NEMESIS モデルの活用範囲について、産業セクター別の分析が行える事が大きな利点であるため、様々な場面で活用されていると聞いた。
- 日本でモデルを作る際の助言を得たが、「日本だけではなく、海外、中国、アジア諸国の状況も把握した方が良い」ということであった。

【現地インタビュー調査結果：NEMESIS モデルにおける陳腐化率とタイムラグ】

- 陳腐化率のタイムラグは、公共セクターで 5 年、民間セクターで 3 年と設定している。また、部門ごとのタイムラグは現在、設定していない。

【現地インタビュー調査結果：NEMESIS モデルにおける生産関数の定式化】

- 生産関数の定式化について、元々トランスログを用いていたこともあるが、現在は CES 関数を用いることが、日本や世界の共通の流れになってきている。

【現地インタビュー調査結果：NEMESIS モデルにおける各種パラメータの設定方法】

- パラメータの設定方法について、R&D のパラメータは統計学的に推定できない場合が多いが、キャリブレーションで対応している。

【現地インタビュー調査結果：NEMESIS モデルの今後の改善について】

- 今後、どのようにモデルを改善していくかについて、色々精緻化していくことが必要であることが認識されており、あらゆる構造的な政策を評価する上で、NEMESIS モデルを標準化モデルにすることが目標である、とのことであった。

＜ディスカッション＞

1．司会　慶應義塾大学　商学部　教授　樋口美雄氏の所見

- 今日の話題提供では、研究開発の成果をどう拡大することができるか、TFP に与える影響をどう拡大するか、ということであったが、これを予見として与えていいのだろうか。今紹介したこれらの指摘は逆を言えば（本日の前提に対する）問題提起というように受け止められる。
- 先ほどから TFP を内生化できないか、あるいは残差ではないか、という議論があったが、実態とどう TFP がつながっているのかという疑問が残る。統計上の残差ですというなら、それがプラスかマイナスかということは基礎データに依存してしまう話である。
- やはり、研究開発を活性化するためにどうすべきか、ということもあわせて考えなくてはならないだろう。それこそがエビデンスベーストポリシーであると思う。どうすればその効果がより大きくでるのか、を議論する必要があるだろうし、それと、この経済波及の議論を切り離していいのだろうか、という気がする。
- 2 番目の印象は、ある環境に関する効果、温暖化の効果が経済にどうインパクトを与えるか、という議論をしている際のことである。
- いくつかの省庁や民間シンクタンクからその影響について同時に数字がでたことがある。似たような数字が出ていればよかったのだが、まったく違う数字がでてきた。プラスマイナスの方向についても違っている。それが出たとたんに、国民はなにを信じればいいのだろう、となってしまうだろう。
- その解釈は結局「立場によって違うんですね」ということになっているようだ。経産省、環境省、日本経済研究センターも出した。数字が違うことはよくあることだが、問題はその後である。どのような過程で数字がちがったのか、ということが外で見ていると伝わってこなかったことである。
- やはり、そこを議論していかないと国民は何を信じていいのかということになってしまう。とまどってしまう。
- 少なくとも、研究者コミュニティというところでは、議論し、シミュレーションのケースで違うとすれば、仮定によって、設定によってちがうのか、それとももともとのモデルの思想が違うのか、そこを議論していかないと支持されないだろう。
- その点、本日のような集まりはとても建設的だ、と思う。一同に会することによって、たとえば知識ストックにの扱いが他の研究所ではどうなっているか、どうしてそれが違っているのかといった議論ができる。
- それを行政がやるのがいいのか、研究者ベースでやっていくのがいいのか、それはわからないが、それをしないといつになっても違いがなぜ生ずるのかがわからないままになる。それは声が大きいものが通ったり、特定機関に有利な数字が通ったりすることになりかねない。
- エビデンスベーストポリシーとは、まさにそこが問われるわけであるので、しっかりした議論が必要である。

２. ディスカッション

- （会場参加者）

内閣府経済財政モデルについて、話題提供で取り上げていただいたので、モデルを使う立場からコメントしたいと思う。

最近の例では、消費税の経済への影響はどうか、ということを問われたときにモデルを用いて推計した結果に基づいて回答する、ということがあった。

このモデルは中長期試算のモデルである。したがって、供給サイドから見るのはある意味自然であると考えている。ただし、推計した結果を見るユーザは、まずは足下がまあまあ合っているかを見る。次に中長期の試算を見て、自分のイメージとあっているかどうかを見て、あっていれば納得するということになる。

落合さんの指摘に、足下の消費者物価がぶれるのではないか、ということであったが、2011 年、2012 年のところはモデルの数値ではない。経済見通しとして公表しているものである。見通しがぶれているかというのは、別の問題であるが。見通しは、外れることもあれば当たることもあり、精度はまずまずと評価している。

翌年度以降はモデルで出すしかないということになる。

TFP について、何らかの内生化をすることも考えられなくはない。しかし、コストパフォーマンスはたぶんあわないだろう。今の経済財政モデルが、また半年後に改定される。エネルギー基本計画が発表されるときに、エネルギーをどう考えるのかということが問われるだろう。では、そのときにエネルギー部門を内生化してつくるか、と言えばそれは無理である。時間的にもマンパワー的にも合わない。

中長期試算というのは予算がかたまった後、年末から新年にかけて、立てこもるようにして作成している。これ以上複雑にしては、とても手に負えなくなってしまう。

今考えているのは、生産関数を何らかの 2 段階と考えれば、中間投入の価格に置き換えられれば、TFP の変化に置き換えられるだろう、ということである。TFP を手で置く前提条件としてエネルギー基本計画の影響はどうかということの説明として用いようとしている。そのような簡便な方法を検討している。

そもそも名前が示すように経済と財政のモデルである。したがって、産業面はあまり見ていない。

供給サイドに収束するようになっていくので、消費が輸出の関数にギャップが入っているのでそのとおりであるが、輸出ドライブが働くようにしている、最近はともかく、不況時においても稼働率を維持するように働く、人件費が固定費的でなくなった状況においてそれがどうかという批判はあるとしても。

元に戻っていくスピードが早すぎるかどうかという点については議論があるところである。知っている限りにおいて OECD のモデルとの違いはそれほどないと思う。

- （会場参加者）

落合先生に質問があるが、P17、生産関数について、たとえば投入に関して線形的な仮定をおか

ずに、理論的な制約をもって変数を減らす、データ精度との戦いだとは思うが、そのようないろんなオプションがある中でこのような方法をとる、その背景にある思想をお聞きしたい。

加藤先生に対しての質問は、政策と制度をどうやってモデルに入れていくか、政策と指標が、マクロ経済モデルにおいては一致した概念を用いているのだが、たとえば技術系の世界では skilled labour と unskilled larbour という指標があるが、政策の現場における「人材」という概念とどれだけマッチしているか、「知識ストック」についても同様である。「人材」についての指標をたとえば「ポスドク」以上と定義するのか、「博士」以上なのか、実務家にとっては大問題である。そこを丁寧にどうやるのかが、課題になっていると思う。お考えをお聞きしたい。

（落合氏）

産業連関表で、中間投入、付加価値部門があり、ひとつの産業を取り出す。そうするとあるものを作るときに、必要なもので動かせないものがある。技術的な制約である。化学変化などで必要な物質が決まるようなことである。その部分はレオンチェフにしよう、ということである。ただし、運輸やエネルギーは効率改善ができる。その部分は CES 関数で代替を考慮する、ということである。

労働、付加価値の部分には雇用者報酬などがあり、ここも CES にする。代替可能なものと、技術的に代替不可能なものがある。だから、線形的な仮定が前提ではなく、両者が並立している。

（加藤氏）

現実をどうやって入れていくかは大変難しい問題である。財政でいえば、その制度を入れていくこと自体がそもそも DSGE モデルに即しているかというと、そうは言い切れない。制度が変わると期待が変わり、たとえば消費しない、という行動に結びつく。

- （会場参加者）

P10 について、パラメータをベイズ推計してモデルに組み込みエラーつきで推計する方法もあり、必ずしも予測に向かないということもないのではないか。因果関係の把握が困難というが、むしろ因果はわかりやすいのではないか。均衡経路の妥当性について、DSGE ではユニークに経路が決定されるので、アドホックに経路を設定する方法よりも妥当性が増すのではないか。

マクロ経済モデルの変数を DSGE にそのまま使うことができない、変数区分が変わってくる。変数の選択は慎重に行う必要があるだろう。接続については、制度方程式を入れてうまく接続させる必要があるだろう。

（落合氏）

DSGE は 2020 年の GDP の予測には向かない、という意味である。財政政策を打ったらどうなるか、といった効果については使えると思っている。因果関係については、DSGE で困ったところと感じているのは、変数選択をどうするか、という点である。最近、説明力を高くするためにパラメータをどんどん増やして因果関係を見るということがされている。最終消費、家計消費、政府支出、全部入れている。コンポーネントをばらして重複するような形で入れていることもある。そのような変数を使って

要因分解し因果関係を見たとき、確かに分解は可能だが、統計学的に因果関係なのかと思うことがある。

マクロ経済モデルとの変数区分について、ブロックの外により小さなものを入れて、その中から使えるものを波及させていく、ということである。マクロブロックを DSGE に置き換えるとういような発想ではない。

（加藤氏）

DSGE はよいモデルだと思うが、使う目的をどうするかが大事だと思う。このような研究開発投資を考えると相当いろいろな制度が入ってくるので、DSGE 以外の選択肢もあるではないかと思う。金融政策なら DSGE だろうが、使い道に応じるのが重要であろう。

（落合氏）

樋口先生から、温暖化分析の研究機関による結果の違いについて、その理由が外で見ていると伝わってこなかったとコメントがあったので回答しておくと、日本経済研究センターが行った、温暖化の経済に与える影響予測については公開されている。モデルについても Discussion Paper として公開されている。プログラムもデータも公開している。モデル間の違いについては、公開で行われた委員会だけでなく、環境経済・政策学会で京大の植田先生を座長として検討した。ただし、それが記事などで公表されると間違っていることも少なくない。記者からは「公開するから記事にしなくてはいけないので、公開しないでくれ」といわれたこともある。わかりやすくどう伝えるかは重要である。

大阪大学の伴先生などが環境税にプラスの効果がでる、と発表した。あの分析は CO2 制約をかけた場合には、政策を打つはずだ、それも含めて分析するという条件で試算されている。CO2 制約だけならマイナスであった。伴先生の書いたもとの資料では、しっかり制約条件が書かれていた。ところが環境省の公表資料に書かれていたのはプラスの効果がある、ということだけだった。あの例は公開の仕方に問題があった。

また、伴先生以外の分析でも、環境省の出した資料では、プラスの面が強調されており、分析を担当した方々の資料に記載されている分析が除かれていることがあった。役所側はわかりやすさを優先したのであろうが、温暖化分析については資料に問題があったのは事実である。

（樋口氏）

2008SNA はどうなるのか、来年、公的統計の計画を立てる、その中で検討していく。

寄与度はどう計ったらよいだろうか。

（永田氏）

現時点では、プロトタイプと呼んでいるモデルができたのが 20 年近くも前のことであるので、その基本構造が使えるかどうかを、まず検討する必要があると考えている。加藤先生からは改訂の方法について、具体的な示唆をいただいたので、それらのオプションを検討させていただき、来年度以降改訂作業をしていきたい。

科学技術に関する意思決定は、まさに期待の世界であって、長期的な期待もあれば、短期的な期待もある。期待を考慮した変数をモデルに組み込むことは、特別な困難を伴うだろうと考えている。具体的な改訂作業の際には、本日参加の先生方にご相談させていただきたい。

現時点で進めている作業は生産関数を含むモデルであり、TFP を外生的に与えるというプロセスをとっていない。もうひとつのアプローチとして、TFP を推定するところまでをモデル化し、それを既存の一般的なモデルに接続させるという方法がある。

TFP の計測に際して産業構造の変化を考慮するための一つの方法は、技術フローマトリクスを使うことである。これは産業間の技術距離を計測し、それによって技術のスピルオーバーを定義するやりかたである。ある産業が研究開発投資を行うことによって内生的に生み出す技術進歩の他に、財やサービスの取引を通じて他産業から流入する技術進歩の影響を評価する方法である。

（樋口氏）

供給サイドをメインに、レオンチェフの動学IOにどうやって研究開発を入れていくか、というお話であったと思う。落合氏は、ネガティブなアプローチという印象であったが。

（落合氏）

ひとつ問題となるのは、SNA 自体がどのように推計されているのか、ということがある。推計の誤差が 1%～2% の世界に対して、1%の TFP が何の意味を持つのかということがある。要素投入がきちんと捕らえられていて、支出面の GDP との関係の整合性も含めて見られるだけの形になっているかがポイントである。

研究開発についてはSNAの中でそれに適した統計が整備されていけば、それを使った推計を行ってマクロベースで出てくる。ただし、今の段階では NISTEP などが個別にやっていくしかないのではないか、という印象である。

スピルオーバーの効果について難しいのは、たとえば IT の普及が普及したが、その効果として、流通を奪った、本屋がつぶれた。金融工学があるというが、それは自己実現で、お金を回しているだけ、とも言われる。技術が高まり、情報が共有され、確かに効率があがる。しかし怖いところは、あくまで研究開発はバーチャルなものである。それをどこまで実物として考慮できるか。GDP はこれまでは実物、プロダクトを中心に見てきた。そこに金融を入れた。こんどは研究開発を入れようとしている。どんどんバーチャル化している。そこを区別していかないと、結果が信用できなくなる。

過去の技術進歩はプロダクトが見えたからわかりやすかった。生産量が増え、コストが下がった。研究開発でこれから進歩するとき、それが目に見える形になっていくのか、ということが不安である。

また、技術進歩があっても付加価値が増えていかない、ということがある。技術が上昇しても雇用者に分配されない、豊かさにつながらないということがおきている。そうなると企業はなんのために技術進歩をするのか、地域のためでも、（日本の）雇用者のためでもない、ということになっている。世界全体という経済を見たときに最適にするのが経済学である。経済学は日本（が豊かになる方法）を対象にしているわけではない。経済学の矛盾にも思える。

まずはデータをきちんと整備することが重要である。その際、どういう形で推計したのかを明示する

ことが大事である。

- （会場参加者）

　TFPの議論でGDP生産面からのアプローチと支出面からのアプローチの誤差を持ち出すのはミスリードではないか。また、2%の誤差というのは現在解消されている。確かに過去の推計でそういうこともあったが。

（加藤氏）

　研究開発ストックとTFPを直接結びつけるのはちょっと難しいだろう。TFPとストックとのラグ、これについてもどのくらいがよいのか、やってみないとわからない。生産関数自体を推定するのではなく、キャリブレーションとして使う、あるいは、知識ストックと非知識ストックに分ける、それでコブダグラス型にする、といった方法が妥当なのか、という印象である。

（落合氏）

　生産面と支出面の誤差をそのままTFPと結びつけたのは確かに誤解を招く言い方なので訂正する。生産面の GDP が信用できるのかという意味で誤差の存在を述べた。基準改定が行われたので誤差が解消されているが、この点については将来的に誤差がどうなるかを確認したい。

- （会場参加者）

　TFPは1、2年で見ると確かにごみのようなものである。ただし10～20年で見ると2～3割と増えている。それは明らかに幻ではない。産業別に見ると、増えているところ、そうでないところはっきりしている。企業別に見るとさらにはっきりしている。研究開発の生産性への効果も否定できない、これはほとんどすべての研究者が認めている。したがって、マクロで非常に短期のことをしようとすると、おそらく幻のようなものにしかならないが、もう少し長期のモデルを考えて、できれば多部門、またはミクロのデータで推計、先ほど NEMESIS の話があったが、その結果をマクロへのインプリケーションとして得ることが現実的だろう。

　NISTEPの関心は、政府のR&Dが民間のR&Dと組み合わさって、経済全体の成長にどう影響するかだと思うが、そう考えると、あまり短期の変動を議論してもしょうがなく、さらに単一セクターで考えるよりも、NEMESISのように、多部門で考えるのがよいのではないか。

　というのも、研究開発のインテンシティも公的 R&D の影響も、産業によって非常に異なる。JCERが行ったエネルギーの影響についても、産業によって大きく影響がことなるから多部門のモデルで推計したのだろう。それと同じ意味で、多部門のモデルを使ったほうがよいだろう。

　質問は2つあり、永田先生のモデルはマクロだが分野別に集計する、その方法で大丈夫なのかな、という点、もう一つはNEMESISのモデルにJCERのモデルを連結すればすぐにでもできそうだがどうか。NEMESIS自体の式はまだ、先の話では入手できていないようだが、それは秘密になっているからなのか、非常に複雑だからなのか。

（永田氏）
今回の作業では、分野別に投資効果を推計するのではなく、全体としての投資効果を分野別に分解するというアプローチをとっている。これは、モデルが非常に複雑になってしまうことを回避するためである。
まず全体の知識ストックが付加価値にどう影響したかを推計し、その増分に対する分野別の寄与度をシェア関数で分解する方法である。ここで分野というのは産業の分野ではなく、政策論議で使われている科学技術分野カテゴリー、例えばライフサイエンスやナノテクといった分野である。

（落合氏）
マクロの TFP とは抽象的過ぎる、という視点である。産業ごとの技術進歩、産業構造の変化が TFP に影響してくるものである。マクロの TFP はそのように産業からの積み上げで考えるべきであるが、今良くあるのはマクロで TFP を出す。全体の GDP の伸びに合わせて TFP を出している。そういう使い方は誤差ではないか、ということである。それが長期に影響していることは認めるが、具体的な中身が何なのか、そのためには産業レベルのデータ、企業レベルのデータといったより細かいレベルの分析にいくべきである。

（MRI）
NEMESIS については、現地インタビューを行ったが、「イノベーションインデックス」をはじめ、わからないことが残っている。具体的にどのようなデータを使って、どのような数値になっているのか、までは把握し切れていない。これからデータを提供していただけるかを含めて検討したい。

（樋口氏）
共通の問題として、オールマイティのモデルはない、ということであった。分割していかないと難しいという点、それから短期と長期、また、需要サイド、景気に影響される面が大きい、これは吉川さんがずっと指摘していることであるが、長期においては TFP を使った分析が可能だという指摘ではなかったか。
GDP に与える影響というのはむしろ需要ではないか。需要という点ではプロセスイノベーションとプロダクトイノベーション、生産関数を通じての影響となると、プロセスイノベーションを通じた効率化を念頭においた議論が多いのではないか。一方においてニュープロダクトが出てきて需要を刺激する面があるだろう。その反面、従来からの商品が代替されてしまう、このように必ずしも付加価値の増加につながらない面もある。それらのどう扱うのか、または扱わないのか。

（永田氏）
これまでのモデルではプロセス、プロダクト両方のイノベーションを含めた影響を対象としており、それぞれを明示的に区分するということはしていない。

- （会場参加者）

EHESS（フランス国立社会科学高等研究院）のジャックフィネスなどはプロセスイノベーションとプロダクトイノベーションの効果は異なり、プロダクトの方は比較的は測りやすいが、プロセスイノベーションは価格が下がるので、単価のデータがないと実証が難しいと言っている。この2つを別に考えようとする流れはあることはある。日本では工業統計表で単価のデータとイノベーションのデータがマッチングできるので、一緒に研究しないか、という提案も受けている。

（樋口氏）

マクロであれば、プロセス、プロダクト一緒でも良いかと思うが、部門別となると状況が異なり、別に考えることが適しているようにも思われる。そこをセクター別でするのがよいと合意するのであれば、そうしていかないと、落合さんが言う残差になってしまう可能性があるのだろう。

- （会場参加者）

TFPについては、かつて、2003～04年ころ、日本のTFPは主要国でゼロやマイナスで、政府投資をこれだけやったのに、方やヨーロッパは投資が日本の半分くらいなのにTFPの伸びが数パーセントであった。日本の科学技術政策は大失敗なのではないか、などといわれた。CSTP はそれに反論するためのペーパーを一生懸命つくっていた。それに関連した疑問として、TFP には科学技術の寄与分以外にも他の要素が入っているだろうということがある。科学技術はTFPのうち3分の1などといわれているが、であるならば、残りの3分の2が仮に半減してしまえば、マイナスになってしまう。最近はTFPが悪ければ経済は成長しない、これは定説になりつつあると思うが、そこで、私たちが提起する枠組みは、R&Dに関係する投資を増やすと、TFPが増大する、その場合は全TFPである。懸念するのは、今後TFPが伸びなかった場合、科学技術にそのすべての責任を負わされることである。TFP が伸びない他の要素と、科学技術投資とを切り分けないといけないと思うが、その点についてご意見を伺いたい。

（樋口氏）

切り分けられるのであれば、ここが R&D で、ここがそれ以外ということが言えるだろう。しかし現状は分けられないところで苦労しているのではないか。

（加藤氏）

TFP として知識ストックを入れてしまっていいのかな、という印象がある。知識ストックを生産要素として独立させ、その残りを新たな定義の TFP とすべきではないか。そこには、グローバル化や高齢化などさまざまな要素が入ってくる。TFPとしてすべてをまとめてしまうことには賛成できない。

（永田氏）

生産関数で TFP を推定することもできるが、その際、生産効率のシフトパラメータとして知識ストックの係数を直接推定すれば、内生的な成長要因として TFP から切り出して説明できるのではない

か。

定数の部分は外生的な誤差としてしか扱えないような部分であるが、もうひとつの方法として考えられるのは、資本体化型の技術進歩、労働体化型の技術進歩あるいは人的資本の蓄積を考慮することである。投入要素の質的変化を評価すれば、それなりに明確にできるのではないか。

（落合氏）

ひとつ気になるのは経営との切り分けである。マネジメントの評価である。韓国、日本ではともに大卒の就職率が落ちている。彼らは企業に就職できず人的資本のストックをそれ以上蓄積できない。また、教育の内容の評価も重要である。近年、企業は人的資本に投資しなくなってきている。これから先、TFP を推計するときにバブル前後で動きが違う可能性が出てくる。統計上は大卒にカウントされ、人的ストックが蓄積されることになるが、生産は落ちているということになってしまう。

経営学に、経営は流行であるという言葉がある。経営方法を変えてもその真の評価はすぐに出ないため、何かをしたというアリバイ作りのために他の企業の行っている経営方法や社会でいいと噂されている経営方法を取り入れてしまうことを指す。バブル崩壊後もそれまでの経営方法をきちんと評価しないまま、過去を否定し新しいものに飛びついた。しかも、実際は目の前の数字をよくするためのリストラや投資の削減であり、長期的な視野は持たなかったと思っている。

70 年代に環境投資をしなくてはいけない時代があった。企業はコストが上がるといって反対した。結果は皆増益になった。新規の投資が活発になったからである。つまり、グリーンイノベーションではないが、技術進歩は制約をかけることによって起こり得る。ただし、あくまで拡大している状態において起こり得る。

人口が減少する、投資の原資がなくなっていくという状態で、R&D 投資があったとしてもそれが具体的に資本に体化されるか、というマネジメントを同時に考えないと、R&D をして自分の首を絞めるということにもなりかねない。

（樋口氏）

経営者の立場でいえば、一番利益を上げられるのはコストをカットすることである。これは確実である。物的投資はリスクがある、しかし箱物は残る。しかし R&D は何ものこらない可能性がある。リスクが高い。

今日の議論で、平均的には過去のパラメータとか、生産関数のシフトパラメータとかでわかるのかもしれないが、リスクの問題、R&D 投資をしてもその目的が達成できるのか、そのような問題となるとマクロモデルでは推計できないが、ミクロ分析の知見でキャリブレーションという可能性はあるだろう。それをしないと 100％達成できるという話になってしまう。状況によって変化するのだから、特に政策論議をする際には考慮する必要があるだろう。

- （会場参加者）

R&D の効果は新産業の創出、雇用の創出といった文脈で語られることが多い。そうすると、所与の産業の区分で議論していいのだろうか、という疑問がある。R&D 投資がもっとも期待されている部

分に答えられない可能性があると思うが、その点はどうだろうか。

（落合氏）

図書館情報大学で本の分類整理などのために行っていた研究が、IT 化によって一挙に注目されるようになったという話がある。情報をどう整理するか、それから暗号化のような技術にもニーズが高まった。それをあらかじめ推定するというのはかなり難しいことではないか。

企業の方が「即戦力がほしい」というが、そういう話題が出た時は、即戦力はすぐ使えなくなるからやめたほうがよい、という話をしている。それと同じで、（具体的な用途を想定しない）基礎研究をいかに厚くするか、使えなさそうだが種はとっておかなくてはいけない、そういうところにお金を取ってくるというところに R&D のもうひとつ必要な側面である。

- （会場参加者）

それこそが R&D の本来の目的である。しかしそれでは足りないとされ、それ以外のことを言わなくてはいけない、基礎研究以外の期待にもこたえなくてはいけないというのが本検討の趣旨であると思うが。

（永田氏）

R&D は自ら知識を生み出すほかに、外部知識の学習能力を高める効果がある。企業が手っ取り早く R&D のコストカットに走れば生産性が高まるかというと、そうではないと思う。日本の国内だけをみると確かに技術機会は限られており、国内の閉鎖経済を前提に生産性を高めようとしても、R&D の収益率は下がる一方である。しかし、技術機会はグローバルに存在する。その機会を学習するために企業、政府は R&D を促進すべきだと思う。

かつて日本の企業には長期的な R&D 戦略があったが、90 年代にはそれを裏切るような myopic な投資パターンが現れてきた。90 年代に R&D 投資を削減してきたことが、今日の低成長の一つの要因だと思う。

（加藤氏）

R&D 投資をしたときに新しい産業が生まれることを予測できるのか、という質問だと思う。「期待」には予測できるものとできないものがある。予測できないものとは、新しい外部ショックで新しいものができるようなこと、たとえば、誰も iPhone や iPad は予測できなかったのだが、ハイブリッドカーは予測できていた。モデルはハイブリッドカーの予想はできるが、iPhone の予測はできない。それはモデルの使い方、だと思う。

（樋口氏）

産業構造の転換、というと青木昌彦先生が取り組んでおられるが、米国の TFP と日本とを比較すると、日本は第 3 次産業が低く、製造業が高い。にもかかわらず、雇用などは TFP の低い第 3 次産業にシフトしている。そこでいかに第 3 次産業の TFP を上げるかが問題になる。

ここで難しいのは日本はある意味で顧客に対するサービスの水準は非常によい、海外から見ても高いレベルである。しかしそれが付加価値につながらないという矛盾がある。これは人間の価値観の問題とも言える。「サービス」という語が「タダ」を表していることからもわかる。「サービス残業」「サービスしてください」など。そうなると、自然科学や科学技術の分野の R&D だけでは、問題は解決しないのではないか。どうすれば新しいサービスで付加価値が取れるのだろうか。心理学、行動経済学などの知識を含めた R&D が必要になってくるのではないか。

【今後の検討方法と方向性】

- （樋口氏）

今回はトライアルとして、クローズドな検討会を行った。来年度以降はもう少しオープンで進めたいとしている。今後話し合うテーマとして、提案があればお願いしたい。

- （会場参加者）

R&D、技術進歩でも GDP の成長する方向で行わなくてはいけないと思う。一般的には貿易のプラス、設備投資、政府関投資、これで 200 兆円。これの 2.5 倍が GDP である。これを財政赤字でするか、増税でするかで差があるのだが、問題は技術進歩が GDP のプラスの方向へ働くようにする必要がある。つまり設備投資に寄与し、同時に国際競争力（貿易）にも寄与する、ここに英知を傾けるべきである。もちろん R&D 以外の要因で GDP は下がることはある。しかし少なくとも R&D は寄与する方向でなくてはならない。

- （会場参加者）

先ほどからの議論は、質の良い、パネルデータがあればかなり解決するのではないかと思うが、非常に時間がかかるだろう。永田先生が（マクロモデルは）チャレンジであり、議論のプラットフォームであると言われ、感銘を受けた。そこに向けたロードマップが必要ではないか、どのような段階でプロトタイプができて、それはたぶんデータとモデルのリンクがあるが、もう一つ、政策論としてのリンクを考えなければならない。政策論については、マクロ経済政策に科学技術イノベーション政策をどう組み込むかということで、そこではSNAの問題、マクロ経済モデルにどうブロックを組み入れるか、内生的な理論を組み立てるか、ということである。内閣府に話をもっていったが、忙しいから勘弁してくれ、ということであった。今まで科学技術政策はマイナー領域であり、閣議決定で大綱が決まり、やっと基本法という法律ができ、昨年、成長戦略で科学技術の章ができた。定性的な議論で徐々に認識されるようになった。したがって、次は定量的にもどう位置づけていくか、政策論においてもこのテーマは重要である。

- （会場参加者）

新産業というのは面白い視点である。途上国では HS9 など、それまでなかったような細かい指標

で経済発展を見る。日本のように全部、最先端まで作っている国の場合は、産業分類が変わって、新たに伸びていく部分を見つけていくような作業が必要である。しかしあまりそのようなことはされていない気がする。

歴史的に見れば、第2次大戦前に技術革新があったはずなのに、それが把握されていないという問題をゴードンなどが指摘している。そういった問題は統計制度まで降りて「警報システム」のような、見つけることをやったら面白いだろう。

OECD でハルテンの話を聞いたが、「クォリティのアジャストメントが物価の統計でできていない」という。技術が出てきたときに価格が下落する、これを把握できていない。ハルテンはこれまで無形資産をやってきたが、これからは、クォリティのことをやる、と言っていた。クォリティとデフレーターの問題も一つのテーマである。

あとは、NEMESIS と JCER のモデルをくっつけて、結果が出せるといいと思う。

- （樋口氏）

  クオリティと物価の問題は、ずっと大きな流れの中にある議論である。

  あとは、ミクロとマクロをどうつなげていくか、というのもテーマである。ミクロで得た知見をどうやってマクロに入れていくか。

- （会場参加者）

  基本的に今回はマクロに関する発表だと思うが、その中でも、プロダクトイノベーションで生まれた新製品がどう、旧製品とスイッチするのか、それから新産業の話もあったが、そこまでくるとなかなかマクロの分析では見えてこない話だと思う。ある意味でマクロとミクロが相互補完的にうまく活かせるように進められるとよい。そもそもイノベーションは、多面的な側面を持っている。必ずしも一つのアプローチでやらなくてはならないということもないだろう。

＜講演 1＞

研究開発投資の経済的･社会的波及効果の分析のための調査
「研究開発投資の経済波及効果分析とその政策立案への応用に関する検討会」

経済成長に及ぼす知識ストックの分野別寄与度分析にかかる基礎調査
ーマクロ経済モデル改訂作業（中間報告）ー

平成24年3月30日

永田晃也
九州大学大学院経済学研究院／
文部科学省科学技術政策研究所

1

本課題に関連する先行研究

- 政府からの委託研究開発が民間部門の研究開発を誘発する効果
  - Terleckyj(1980)
  - Levy and Terleckyj(1983)
- 政府研究開発が民間の研究開発支出をクラウド･アウトする効果
  - Carmichael(1981)
  - Lichtenberg(1984)
  - David et al.(2000)
- 政府研究開発が産出に及ぼす効果
  - 若杉(1983)
- 政府研究開発が産出に及ぼす直接効果と民間研究開発に及ぼす間接効果
  - Mamuneas and Nadiri(1996)
- 基礎研究の経済効果
  - Mansfield(1980)
  - Mowery(1994)

2

科学技術政策研究所における既往の試み

- マクロ経済モデルによる政府研究開発の経済効果の計測
  - 永田(1998)によるプロトタイプの開発
  - 科学技術政策研究所・三和総合研究所(1999)によるモデルの拡張
  - 2010年度、アクシスリサーチ研究所への委託によりモデル更新
- プロトタイプの概要
  - 支出ブロック、生産ブロック、価格ブロック、雇用・分配ブロックおよび研究開発ブロックの5ブロックで構成。34本の同時方程式、46個の変数（内生変数34個、外生変数12個）を含む構造。
  - 支出ブロックにケインジアンモデルを含む標準的なタイプ。生産ブロックには、コブ=ダグラス型生産関数を含む。
  - 計測期間は、1970年代前半から1994年ないし1995年まで。（2010年度の更新により、1980年～2008年に延長。）
  - モデルの特徴である研究開発ブロックでは、生産効率のシフト要因となる技術知識ストックを推計。

3

技術知識ストックの効果

- 研究開発ブロックは民間部門、公的部門、技術輸入の3つのセクターからなる。
- 技術知識ストックの推計はGriliches(1980)等に従い、次式による。

$R_t = RF_t + (1-\delta) \times R_{t-1}$

R_t: t期における知識ストック

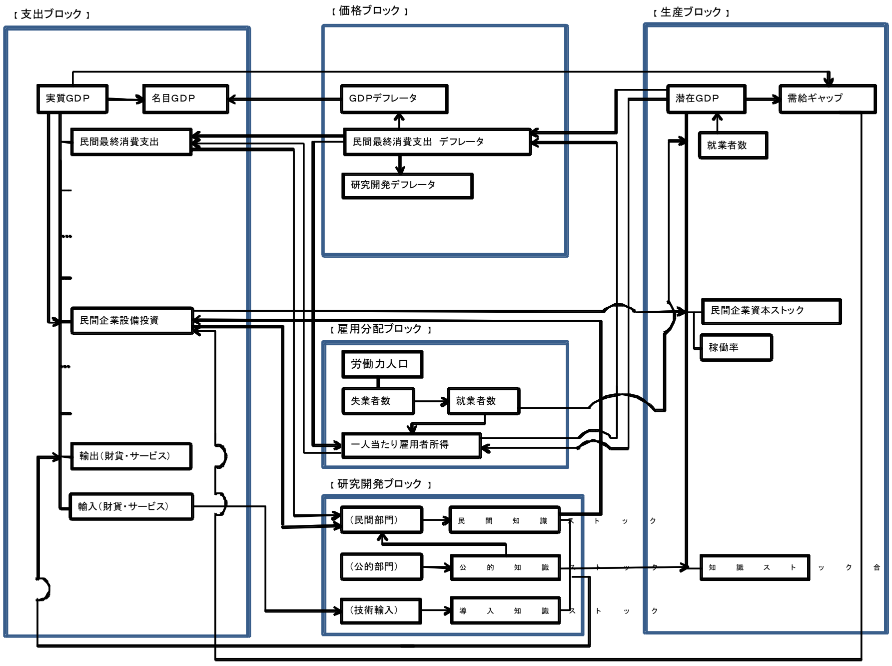
RF_t: t期における知識フロー

δ: 技術知識の陳腐化率

- 技術知識ストックの合計が生産関数に導入されることによって、産出に及ぼす研究開発の直接効果が計測される。
- また、つぎのような技術知識ストックの間接効果が推定されている。
  - 民間知識ストックは、事業化に結びつけられる過程で民間企業設備投資を誘発する。
  - 公的知識ストックは民間企業へのスピルオーバーを通じて、民間研究開発の設備投資を誘発する。
  - 民間知識ストックおよび公的知識ストックは産業の国際競争力を高め輸出を増加させる。
- なお、ここで言う民間研究開発投資とは、会社、民営研究機関および私立大学の使用研究費、公的研究開発投資とは国・公営の研究機関、特殊法人および国・公立大学の使用研究費である。

4

モデルのフロー



モデル改訂の課題

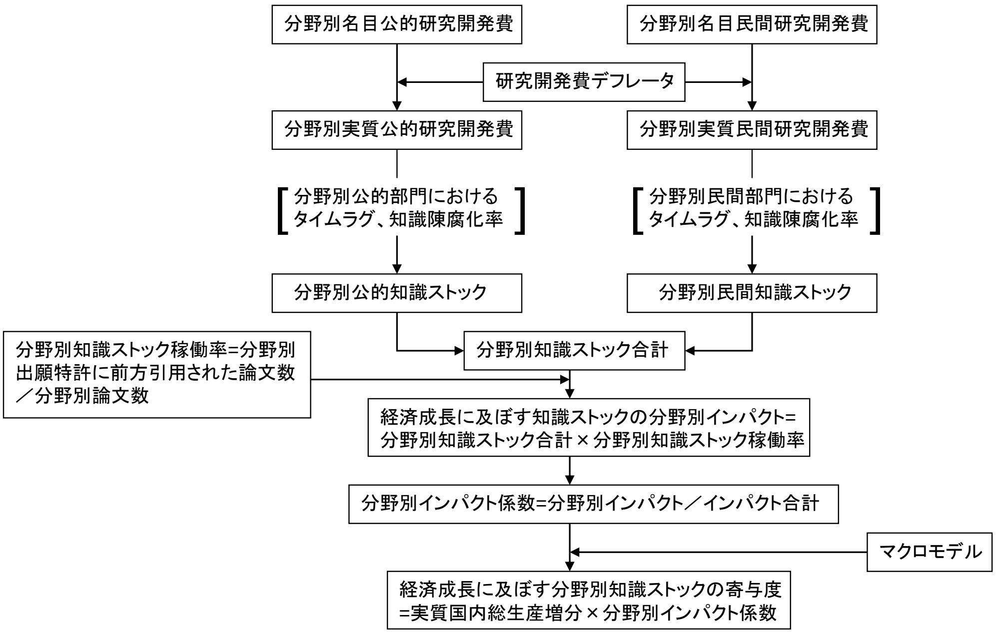
- シミュレーション・ツールとしての高度化を図る上での課題
  - 技術知識ストック推計の前提条件となる変数（研究開発ラグ、知識陳腐化率）の内生化。
  - 科学技術分野別に研究開発投資の経済効果を評価できるモデルとすること。これに関連して、公的部門から民間部門への技術知識のスピルオーバー効果を分野別に推定する関数を組み込むこと。
  - 技術知識の国際的なスピルオーバーの経済効果を評価できるモデルとすること。
- 平成23年度の課題
  - 上記課題のうち、まず分野別の経済効果を評価できるモデルへの改訂作業に取り組むこととした。
  - 基礎データの収集、集計作業は、科学技術政策研究所第3調査研究グループから三菱総合研究所への委託により実施。

分野別経済評価にかかる問題点

- マクロモデルを基礎として分野別の経済評価を可能にするための試みは以下の問題に直面する。
  - モデルの複雑化
  - 分野別研究開発費データの制約
    - 総務省「科学技術研究調査」における特定目的別研究費の調査項目が科学技術基本計画の重点分野に準拠することになったのは、平成14年調査以降。
- そこで、分野ごとの知識ストックが経済効果に帰結するプロセスを説明するためのモデルを直接組み込むのではなく、知識ストック全体がもたらす付加価値の増分をマクロモデルによって推定した後、その増分に対する寄与度を分野別に分解するためのシェア関数を加えることにした。
- 経済成長に及ぼす分野別知識ストックの寄与度は、各々の規模と産業上の活用度に対応するものと仮定。

7

寄与度分解の方法



8

知識ストック推計の前提条件に関する データの調査方法(1)

- 民間知識ストック
  - 科学技術政策研究所「平成21年度民間企業の研究活動に関する調査」から把握できる産業別の研究開発期間、実用化ラグ、知識陳腐化率（「主力製品・サービスが新しい製品・サービスに代替されるまでの期間」によって把握される技術のライフタイムの逆数）を、分野別データに変換。
  - 上記調査の概要
    - 実施時期：2009年11月～2010年2月
    - 調査対象：資本金1億円以上の研究開発を実施している企業3,322社
    - 回収数：1,414社（有効送達数3,277社に対する回収率43.1%）
  - IIPパテントデータベース2009年版のデータにより、2001年~2008年における企業（資本金1億円以上）の特許出願について、産業別・分野別出願件数データを集計（この作業は三菱総合研究所から人工生命研究所への再委託により実施）。これより各分野の出願件数につき産業別構成比を計算し、これを産業別ウエイトとして使用。

9

民間部門の知識ストック推計の前提条件

- 民間部門の知識ストック推計の前提条件となるタイムラグ、陳腐化率には顕著な分野間の差異が認められないが、ライフサイエンス分野の陳腐化率が他の分野に比して若干高くなっている。

民間部門における分野別知識ストック推計の前提条件（平均値：出願数加重平均法）

	研究開発期間（年）A	上市までの期間（年）B	タイムラグ（年）A+B	ライフタイム（年）	陳腐化率（%）
ライフサイエンス	3.73	1.89	5.62	4.76	21.0
情報通信	3.38	1.70	5.08	4.92	20.3
環境	3.57	1.82	5.39	5.15	19.4
物質材料	3.58	1.82	5.40	5.16	19.4
ナノテクノロジー	3.58	1.83	5.41	5.15	19.4
エネルギー	3.57	1.82	5.40	5.17	19.4
宇宙開発	3.37	1.71	5.07	5.14	19.5
海洋開発	3.57	1.82	5.40	5.19	19.3
その他	3.58	1.83	5.41	5.20	19.2
全体	3.58	1.83	5.41	5.16	19.4

出典：『平成21年度 民間企業の研究活動に関する調査』、IIPパテントデータベースの8分野別特許出願数集計値より作成

10

知識ストック推計の前提条件に関する データの調査方法(2)

- 公的知識ストック
  - 大学・公的研究機関の研究者を対象とした質問票調査により、前提条件に関するデータを取得。
  - 調査の概要
    - 実施時期：2012年1月～2月
    - 送付対象者：産学連携課題経験のある研究者（J-GLOBALによる）480名、NEDO技術戦略ロードマップ検討委員経験者168名、NEDOナショナルプロジェクト評価委員経験者309名
    - 送付総数：957名（宛先不明等を除く有効送達数）
    - 回収数：294（うち実用化課題を回答した回答者258名）
    - 回収率：30.7%
  - 前提条件に関する主な質問項目
    - 実用化された技術の研究開発開始年と終了年
    - 研究開発終了後、開発成果が民間企業等において実用化されるまでの期間
    - 当該技術を実用化した製品、製法等が、より新しい技術を用いた製品、製法等に置き換えられるまでの期間

11

公的部門の知識ストック推計の前提条件

- 公的部門の知識ストック推計の前提条件においては、分野間に特徴的な差異がみられる。
- タイムラグは、宇宙開発分野で突出して長くなっている。
- 陳腐化率は、その他分野、情報通信分野で相対的に大きく、海洋開発、宇宙開発で小さくなっている。

公的部門における知識ストック推計の前提条件（平均値）

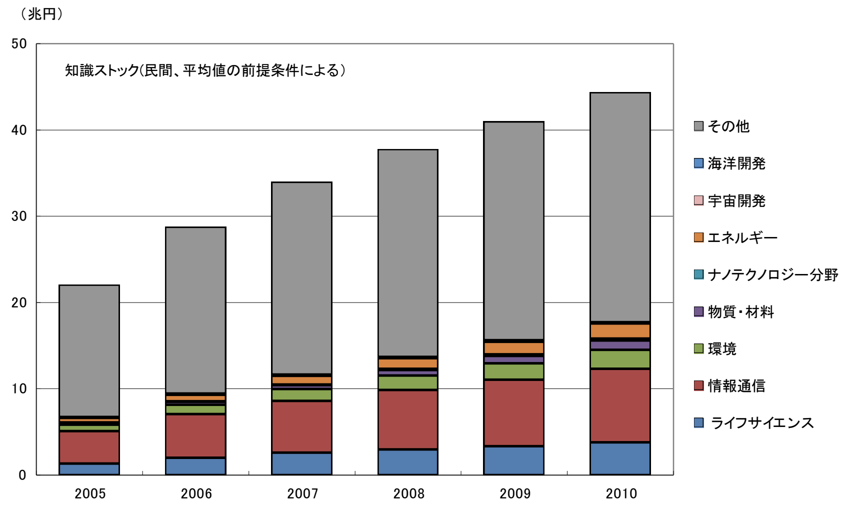
	研究開発期間（年）A	上市までの期間（年）B	タイムラグ（年）A+B	ライフタイム（年）	陳腐化率（%）
ライフサイエンス	4.62	3.6	8.2	8.7	11.5
情報通信	6.88	3.2	10.1	7.1	14.1
環境	6.57	3.1	9.7	8.0	12.5
物質材料	5.31	3.3	8.6	8.6	11.6
ナノテクノロジー	6.57	3.2	9.8	8.3	12.0
エネルギー	5.85	3.4	9.3	9.7	10.4
宇宙開発	11.00	4.4	15.4	11.3	8.9
海洋開発	10.00	0.5	10.5	15.0	6.7
その他	3.96	2.5	6.5	6.1	16.3
全体	5.73	3.2	9.0	8.3	12.1

※2012年1月実施「研究開発投資の経済波及効果に関するアンケート」結果より作成

12

分野別知識ストックの推計結果ー民間部門

■ 民間部門の知識ストックは、2000年代の後半を通じ、ほとんどの分野において堅調な増加傾向を見せている。

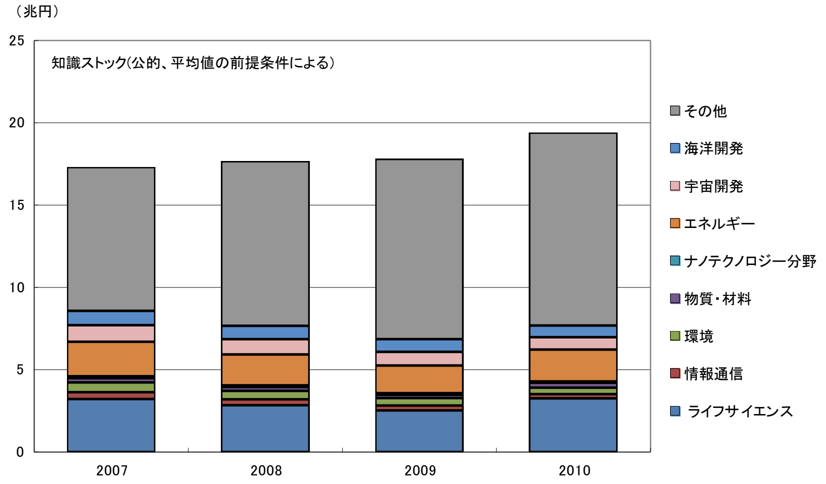


注：GDPデフレータ（2001年基準）により実質化。

13

分野別知識ストックの推計結果ー公的部門

■ 公的部門の知識ストックは、近年、ほとんどの分野において横ばいに推移している。

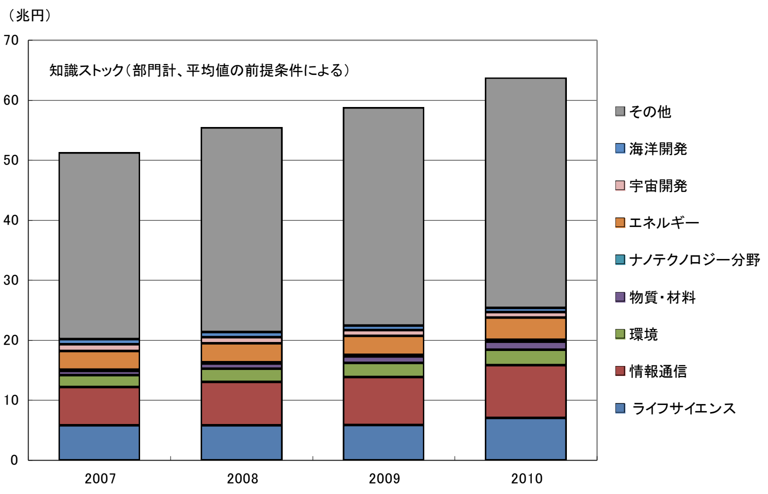


注：GDPデフレータ（2001年基準）により実質化。

14

分野別知識ストックの推計結果ー部門計

- 部門計の知識ストックは、緩慢な増加傾向を示してる。



注：GDPデフレータ（2001年基準）により実質化。

15

今後の課題と本研究の意義

- 今後の課題
  - 分野別知識ストックの稼働率を求め、分野別インパクト係数を計測する作業までの結果を、平成23年度中の成果としてまとめる。
  - 平成24年度は、マクロモデル自体の改訂作業を行い、本年度の作業により制作されたシェア関数を実装する。
  - 第4期科学技術基本計画のフレームワークとの整合性を検討する。
- 「政策のための科学」における本研究の意義
  - 本モデルに採用されたアプローチは、方法的には確立されているが、本研究の意義は方法的な新規性にあるのではない。
  - 政策担当者が政策論議を行うためのプラットホームの設定を目的とする。モデルの構造は、政策論議を受けて随時変更されることを期している。その構造は、科学技術政策のステークホルダー達によって共有された世界観を反映することになる。
  - その意味で、このアプローチは「客観的」な「政策のための科学」の方法ではなく、むしろ「間主観的」な「科学のための政策」の基盤構築を目指すものである。

16

＜講演 2＞

経済モデルの政策への活用と研究開発投資

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会

2012年3月30日

日本経済研究センター　落合勝昭

目　次

Ⅰ．経済モデルの政策形成への活用と問題点

「経済財政の中長期試算」（マクロモデル）

「地球温暖化問題に関する経済分析」

（マクロモデル、一般均衡モデル）

Ⅱ．生産性分析に向けた経済統計の進化

（国民経済計算と無形資産への関心）

<講演 2>

Ⅰ．経済モデルの政策形成への活用と問題点

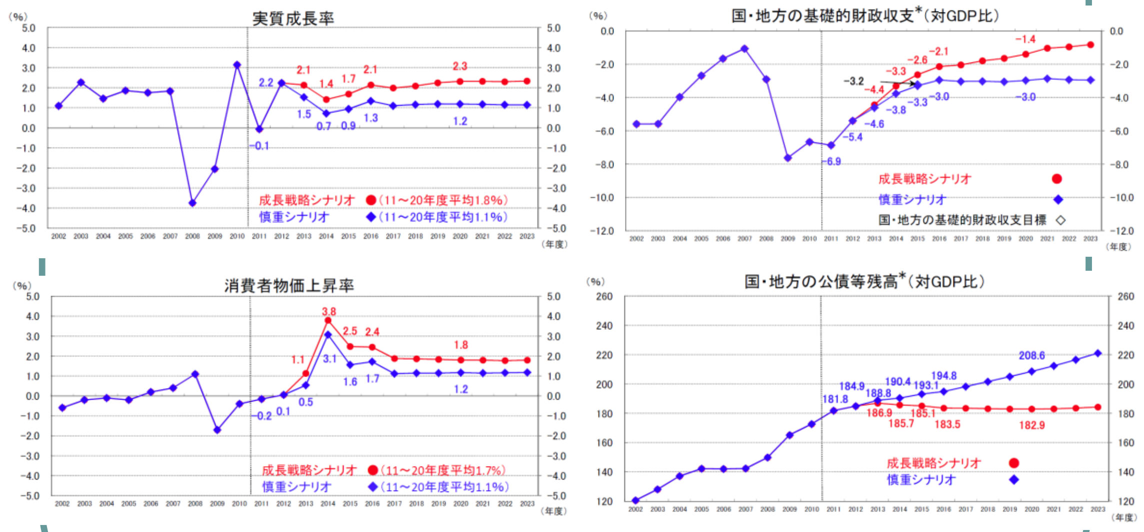
「経済財政の中長期試算」（マクロモデル）
「地球温暖化問題に関する経済分析」
（マクロモデル、一般均衡モデル）

Ⅰ．経済モデルの政策形成への活用（最近の事例）

- 内閣府「経済財政の中長期試算」と経済財政モデル
  - 新年度予算政府案を踏まえ、5～10年程度の経済財政の姿を展望（年初、年央の2回）
  - 経済成長率、物価上昇率、国・地方の基礎的財政収支・債務残高など（財政、社会保障などの詳細なアウトプット）
  - 成長戦略シナリオ、慎重シナリオ
- 地球温暖化問題に関する経済モデル分析（麻生政権下「中期目標検討委員会」、鳩山政権下「タスクフォース」、環境省「小沢大臣試案」）
  - 温暖化対策の経済への影響を一般均衡モデルなどを用いて試算（日本経済研究センター、国立環境研究所、伴大阪大学教授、野村慶大准教授）
  - 今回は日本経済研究センターのマクロモデル、一般均衡モデルを紹介

3

内閣府「経済財政の中長期試算」の主な試算結果（2012年1月24日）



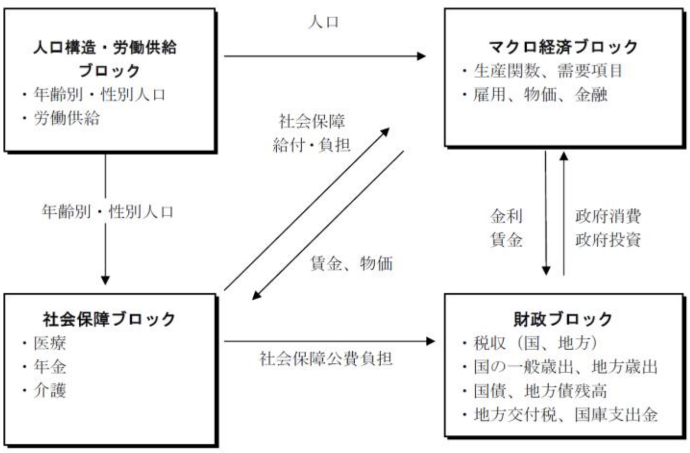
* 復旧・復興対策の経費及び財源の金額を除いたベース。

4

経済財政モデルの特徴

- マクロ計量経済モデルに詳細な財政・社会保障ブロックをリンク
- マクロ経済ブロックでは、需要の多寡により定まる短期変動と長期的な均衡（供給力水準）への調整を表現
- 財政・社会保障の制度変更が需要・供給の両面からマクロ経済に影響

【経済財政モデル（2010 年度版）のフローチャート】　　出所：内閣府資料



（注）矢印は主要な波及経路を例示したもの

5

経済財政モデルの基本的特徴

- 内生変数:2,345 、外生変数:1,556
- 制度の詳細な記述のため定義式が多い

	内生変数			外生変数
		推計式	定義式	
人口構造・労働供給	168	0	168	299
マクロ経済	281	49	232	133
財政	1,182	12	1,170	660
社会保障	714	50	664	464
計	2,345	111	2,234	1,556

- 短期的な不均衡の許容、長期均衡への収束を誤差修正モデルで表現

6

経済財政モデルの基本的特徴

- 供給側に(TFP、労働力、資本ストックによる)潜在GDPが存在し、「長期成長経路」を決定。
  - 消費の減少によりGDPが潜在GDPを下回ると、翌年の輸出が増加するなどして、GDPが潜在GDPに近づくような調整が働く。
- 需要側の変動が比較的短期に減衰する。
  - 例)公共投資の乗数効果の波及期間が短い。
- 供給側の変化に需要側が追随する。
  - 例)公共投資を減らした場合、他の需要が潜在GDPとのギャップを埋めるように増加する。

7

経済財政モデルと生産性

成長戦略シナリオと慎重シナリオのマクロ経済に関する前提

	成長戦略シナリオ	慎重シナリオ
TFP上昇率 （足元0.2%程度）	2020年代初頭にかけて1.9%程度（83年2月～93年10月の平均）まで上昇	2020年代初頭にかけて1.1%程度（過去の平均：83年2月～09年3月）まで上昇
労働力	女性、高齢者を中心に労働参加率が上昇	各性別年齢階層別労働参加率が足元の水準で一定
世界経済成長率	4.3～5.3% （IMF世界経済見通しに基づく成長率）	3.2～4.2% （IMF世界経済見通しより1.1%下回る想定）

生産関数

$$\hat{Y} = A(t)\left(\hat{L}\cdot\hat{H}\right)^{\alpha}\left(\hat{K}\cdot C\hat{U}\right)^{1-\alpha}$$

$\hat{Y}$：潜在GDP

$\hat{L}$：潜在就業者数、$\hat{H}$：潜在労働時間

$\hat{K}$：潜在資本ストック、$C\hat{U}$：均衡稼働率

α：均衡労働分配率（外生変数）

$A(t)$：全要素生産性（ＴＦＰ：モデルでは外生変数）

$A(t) = a\cdot e^{\lambda t}$　＜ＴＦＰ上昇率がλで一定の場合＞

TFPの想定が重要

8

労働生産性と将来予測

将来予測	人口当たりの実績から計算		労働力人口当たりの実績から計算	
	実質GDP	潜在GDP	実質GDP	潜在GDP
成長シナリオ				
2011-20	3.1%	3.5%	2.1%	2.5%
2021-30	2.8%	3.2%	2.0%	2.4%
慎重シナリオ				
2011-20	1.3%	1.6%	0.8%	1.1%
2021-30	1.1%	1.4%	0.8%	1.1%
2000年代延長シナリオ（労働力人口：慎重）				
2011-20	0.3%	0.5%	0.3%	0.5%
2021-30	0.0%	0.2%	0.3%	0.4%

・経済財政モデルの前提を参考に落合作成
・過去の「人口」「労働力人口」「GDP」「潜在GDP」の関係を基に、将来の「人口」と「労働力人口」の仮定を延長し、実質GDPと潜在GDPの成長率を計算したもの。
・成長シナリオは1983年～93年のデータに基づき計算した。慎重シナリオは1983年～2010年のデータに基づいた。2000年代延長シナリオは2000年～2010年のデータに基づいた。

9

マクロ計量モデルの変遷

1. 初期のマクロ計量モデル
   - 需要側が中心でありSNAの関係を基本とする
2. 供給側を考慮したマクロ計量モデル
   - 将来の期待の導入（ad hoc）、誤差修正モデルの導入

ルーカス批判

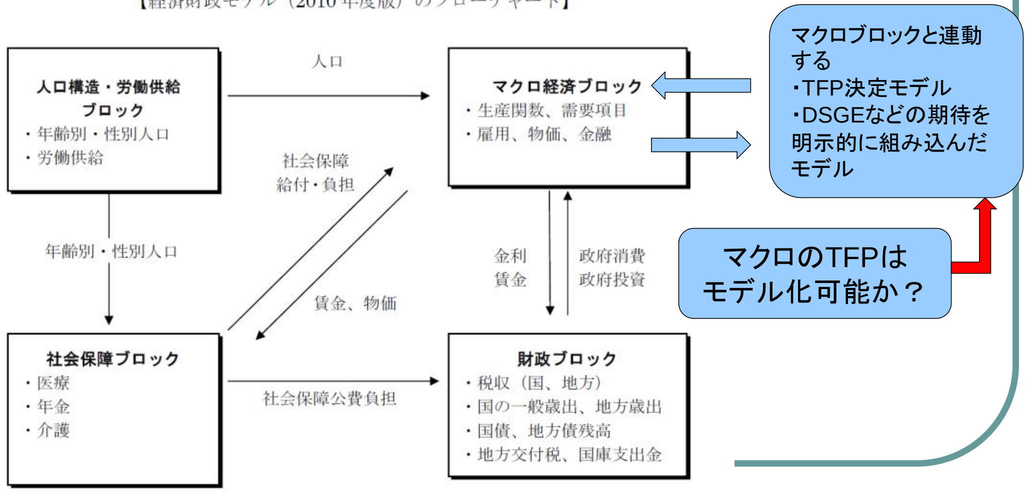
3. Lucas批判を踏まえたマクロ計量モデル
   - Forward Looking（家計・企業の動的最適化）の導入、金融・財政政策ルールの導入
4. 最近のマクロ計量モデル
   - DSGEなど（ただし予測には向かない。因果関係の把握が困難。均衡経路の設定の妥当性をどのように確保するか。）

10

マクロ計量モデルの修正

- モデルの目的を考えると詳細な財政・社会保障ブロックを簡略化することは困難。
- マクロ経済ブロックの外側に期待を考慮したルーカス批判に対応するモデルを作成し、マクロブロックの均衡経路、短期的ショックを記述する。
- 経済財政モデルの結果を外部のモデルへ反映し収束計算を行う。

【経済財政モデル（2010 年度版）のフローチャート】



（注）矢印は主要な波及経路を例示したもの

11

地球温暖化問題に関する経済モデル分析

「麻生政権下：中期目標検討委員会」、「鳩山政権下：タスクフォース」

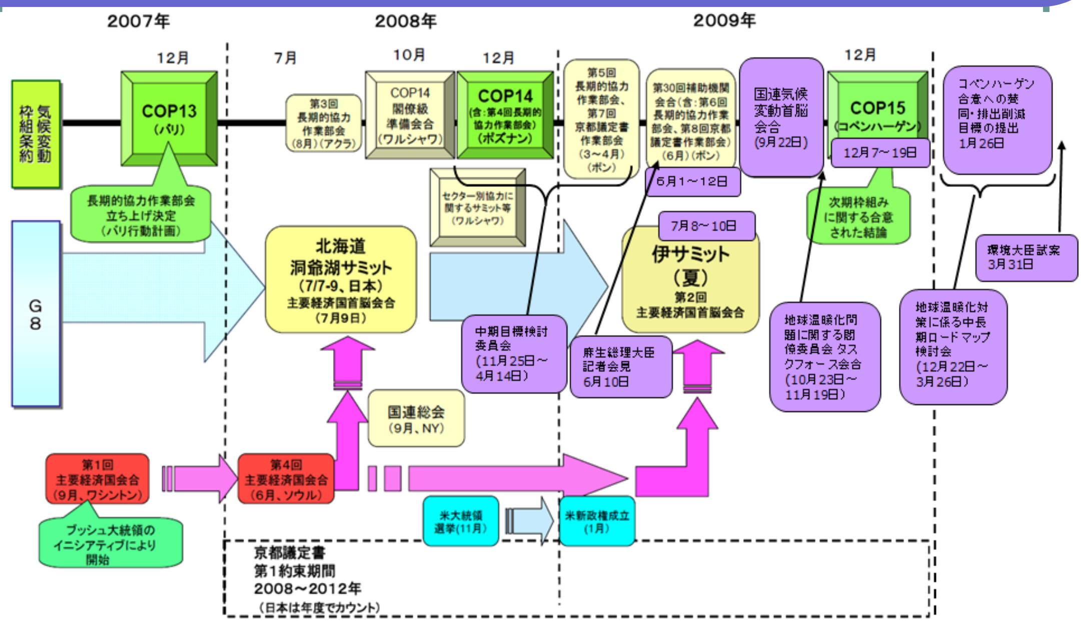
- 2009年末のCOP15に向けて、我が国の温室効果ガス削減の中期目標について、科学的、理論的な検討を行うために設置
- 複数の研究機関が集まり、複数のモデルを用いてそれぞれの特徴を生かした役割分担をして検討し、複数の選択肢を提示
- 日本経済研究センターはマクロモデルと一般均衡モデル（JCER-CGE）を担当

	種類	目的
技術モデル（bottom−up）	世界モデル	国際比較（限界削減費用を等しくした場合の各国の排出量を算出）
	日本モデル	対策技術について複数のケースを仮定し、日本の排出量を算出
経済モデル（top−down）		排出量を一定量に削減する場合の経済への影響を試算
	一般均衡モデル	完全雇用（経済が到達する均衡状態の差を比較）
	マクロ計量モデル	不完全雇用（失業などへの影響を把握）

中期目標の選択肢

12

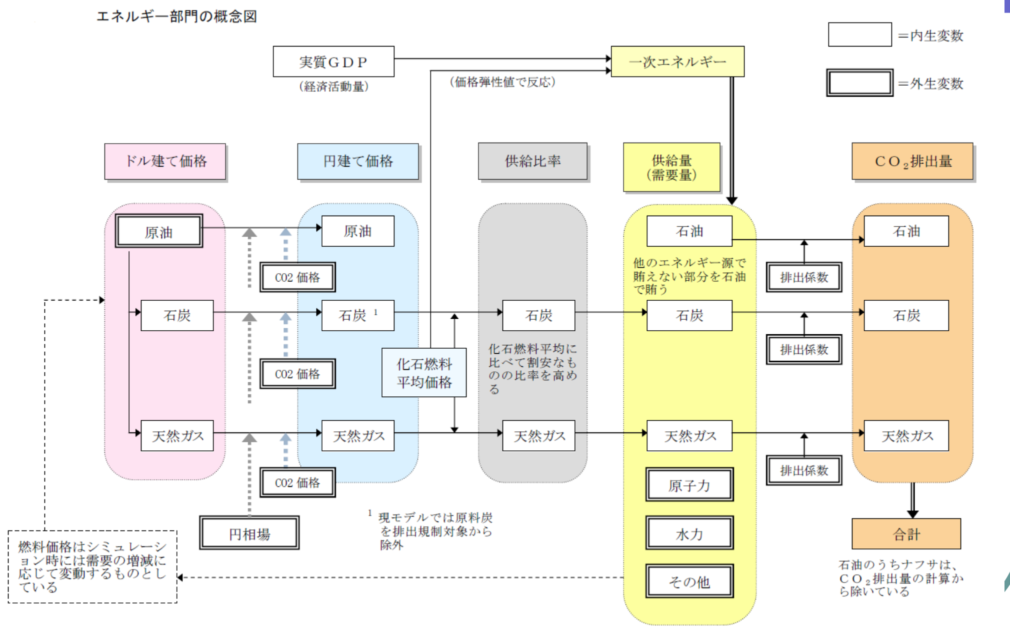
（参）COP15への温暖化分析の流れ



内閣官房：地球温暖化対策の中期目標について（参考資料、紫の部分は落合追加）

13

日本経済研究センターの環境経済マクロモデルの特徴（エネルギー投入構造を考慮）



猿山、蓮見、佐倉（2011）「JCER環境経済マクロモデルによる炭素税課税効果の分析」Discussion Paper 127
http://www.jcer.or.jp/report/discussion/detail3984.html

14

JCER-CGEモデルの特徴

- 産業連関表を基準データとした一般均衡モデル
  - 行（縦）の情報から生産関数を列（横）の情報から消費・投資などを定式化
  - 多部門モデルの構築が容易で、温暖化分析で重要なエネルギー財と運輸サービスを詳細に扱う
- 消費者が効用最大化、生産者が利潤最大化に従って行動する中で、各市場の需給が均衡するように価格が決定
- CO_2排出量に上限設定（＝希少性）→排出権に価格が付く
  - 新エネルギー: 現在はコストが高く生産されていないが、CO_2制約で既存のエネルギー価格が上昇するに伴い生産が始まる
- 逐次動学モデル
  - 比較静学モデルに資本蓄積式を加えて動学化（ソロー型）
  - Putty-Clay型の生産関数→既存の資本設備は転用（産業間の移動）ができない
  - 生産要素間の代替及び技術進歩（生産性向上、省エネルギー）が効くのは新規設備を使った生産だけで、既存設備による生産はレオンチェフ型（固定係数）

15

（参）JCER-CGEモデルの部門分類（43産業43商品）

	行部門	列部門
1	農林水	
2	鉱業（金属鉱物採掘）	
3	石炭	鉱業（鉱物燃料採掘）
4	原油	
5	天然ガス	
6	食料品	
7	繊維	
8	パルプ・紙・木製品	
9	化学	
10	石油製品	
11	石炭製品	
12	窯業・土石	
13	鉄鋼	
14	非鉄金属	
15	金属製品	
16	一般機械	
17	電気機械	
18	輸送機械	
19	精密機械	
20	その他製造業	
21	建設	
22−1	電力	火力発電
22−2		原子力発電
22−3		水力・地熱
23	ガス・熱供給	

	部門
24	上下水道・廃棄物処理
25	商業
26	金融・保険
27	不動産
28	鉄道輸送
29	道路輸送（旅客）
30	道路輸送（貨物）
31	自家輸送（旅客）
32	自家輸送（貨物）
33	水運（外洋輸送）
34	水運（国内輸送）
35	国際航空輸送
36	国内航空輸送
37	その他運輸
38	通信・放送
39	教育・研究
40	医療・保健・介護
41	対事業所サービス
42	対個人サービス
43	一般政府

黄色の部分がエネルギー財

16

JCER-CGEモデルと生産性

各産業の生産関数

$$Y = \varphi \cdot F(EVA(VA(\alpha \cdot L, K), \beta \cdot E), M)$$

Y：生産

EVA：付加価値とエネルギー

VA：付加価値、L：労働、K：資本

E：エネルギー

M：非エネルギー中間投入

α：労働効率

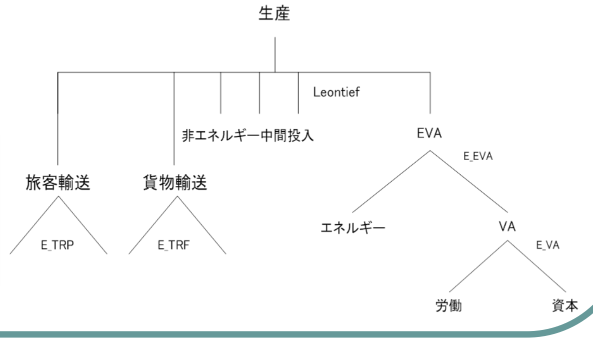
β：エネルギー効率

労働効率、<u>エネルギー効率</u>は外生

AEEI: *autonomous energy efficiency improvement*

労働・資本間、付加価値・エネルギー間はCES型生産関数（E_EVA,E_VAは代替の弾力性）

非エネルギー中間投入はレオンチェフ型生産関数（固定係数）［輸送サービス内は代替］

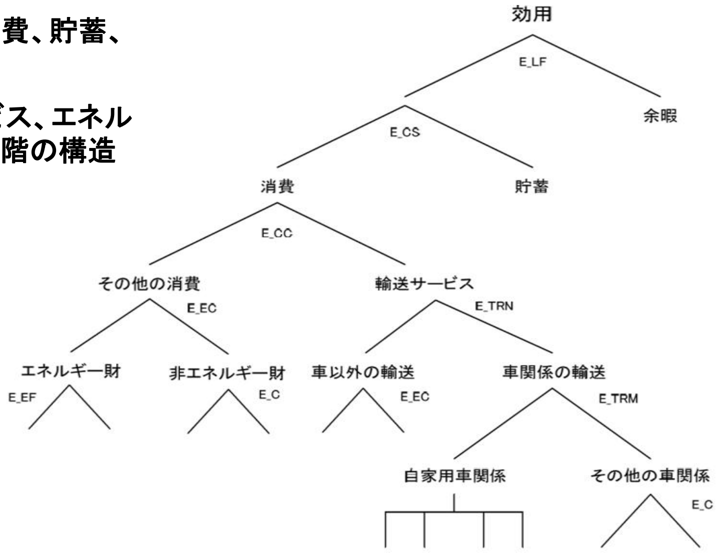


17

（参）効用関数の例（JCER-CGEモデル）

家計の効用は、消費、貯蓄、余暇の3つに依存

消費は輸送サービス、エネルギーを分けた多段階の構造



18

（参）動学メカニズム（資本蓄積にVintageを考慮）

Putty-Clayな資本ストック

- 資本は一旦据付けた部門からは移動できない。
- 新たな投資（新規資本）は、資本収益率に応じて部門間に配分される。

$TNK_t = I_{t-1}$　　I_t :t期の投資、TNK_t :t期の新規分の総資本ストック

$TNK_t = \Sigma CET(NK_{t,j})$　　$VK_{t,j}$:t期の部門jにおける、既存資本ストック

$VK_{t,j} = (1-\delta) \times (VK_{t-1,j} + NK_{t-1,j})$　　$NK_{t,j}$:t期の部門jにおける、新規資本ストック

- 新規資本を使った生産についてのみ、
  - エネルギー財と資本・労働の間の要素代替（CES生産関数）
  - 生産性上昇とAEEI（エネルギー効率の改善）
- 既存資本を使った生産関数はレオンチェフ型、毎期新規資本が加わることにより次期の投入係数がアップデートされていく。
- 労働については、既存資本との間での固定性を仮定。人的資本の技術とのマッチングを考慮

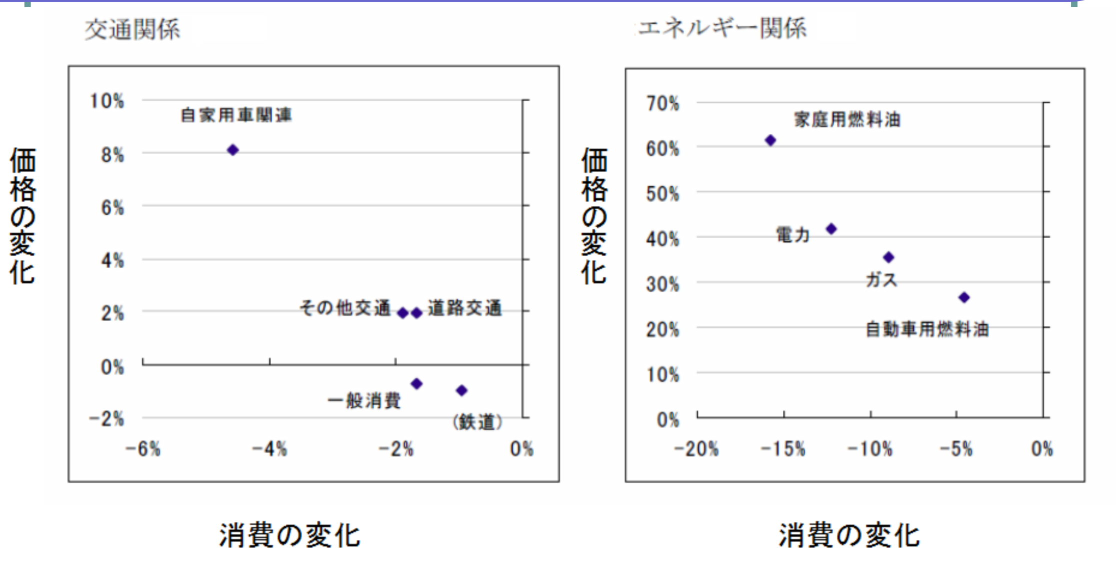
19

（参）CES関数の利用

- JCER-CGEでは関数は全てCES型（コブダグラス型、レオンチェフ型を含む）
- CES型の効用関数、生産関数を用いた、効用最大化問題、利潤最大化問題、一般均衡問題は一般的な解の形がわかっており、それを基にシミュレーションにより数値解を求めることが可能。
  - CGEモデルを扱うGAMSでは、CES型のモデルであればモデルを記述するだけで解を求めるコマンドがある。
- CES型以外の関数を用いると、関数に応じて解を求める必要がある。また、一般的に解が複雑な形となり取り扱いが難しい。

20

JCER-CGEモデルによる温暖化対策の影響分析
中期目標検討委員会での分析例



90年比15%減の温暖化ガス対策の影響

21

CGEモデルにおける期待の役割

	日経CGEモデル	Forward Looking型 CGEモデル
基礎データ	●2005年産業連関表	●2005年産業連関表 ●国立環境研環境負荷原単位データブック
財分類	43財 • 道路輸送と自家輸送：貨物と旅客に分類 • 水運と航空輸送：国内と国際に分類 • 石油製品：未分類	40財 •道路輸送と自家輸送：貨物と旅客に未分類 •水運と航空輸送：国内と国際に未分類 •石油製品：揮発油など4分類
産業分類	42産業＋新エネ発電 •道路輸送と自家輸送：貨物と旅客に分類 •水運と航空輸送：国内と国際に分類	37産業＋新エネ発電 •道路輸送と自家輸送：貨物と旅客に未分類 •水運と航空輸送：国内と国際に未分類
動学体系	逐次動学型 •貯蓄率が一定 •政策変更は、変更後の行動のみに影響	Forward Looking型 •将来にわたる消費の割引価値が最大となるように各時点の消費と貯蓄が決定される。 •将来の政策変更が、現在の行動に影響
生産要素	資本、労働、土地、天然資源、新エネ発電資源	資本、労働、新エネ発電資源
資本	Vintage型 •新設資本についてはCES型生産関数によるが、既設資本は固定係数型。 •資本は産業間で移動しない。	非Vintage型 •資本は新設と既設の区別しない。 •資本は産業間で移動可能。
労働需要	●産業間で移動可能。 ●労働供給の増加は、同時点の実質賃金の変化による。	●産業間で移動可能。 ●労働供給の増加は、同時点・異時点間の実質賃金の変化による。
予算制約	●投資は貯蓄によって決まる。したがって、投資が増加するには、消費が減って貯蓄が増加することが必要。 ●ある部門への投資または消費の増加は、他の部門で同額の減少がともなう。例えば、政府支出の増加は税収の増加、あるいは国債発行による民間貯蓄の吸収で可能となる。	●投資は貯蓄によって決まる。したがって、投資が増加するには、消費が減って貯蓄が増加することが必要。 ●ある部門への投資または消費の増加は、他の部門で同額の減少がともなう。例えば、政府支出の増加は税収の増加、あるいは国債発行による民間貯蓄の吸収で可能となる。

出所：伴大阪大学教授（2010年3月）「中長期ロードマップに基づく二酸化炭素排出量削減の経済分析」
右のForward Looking型CGEモデルは伴教授のモデルの説明

22

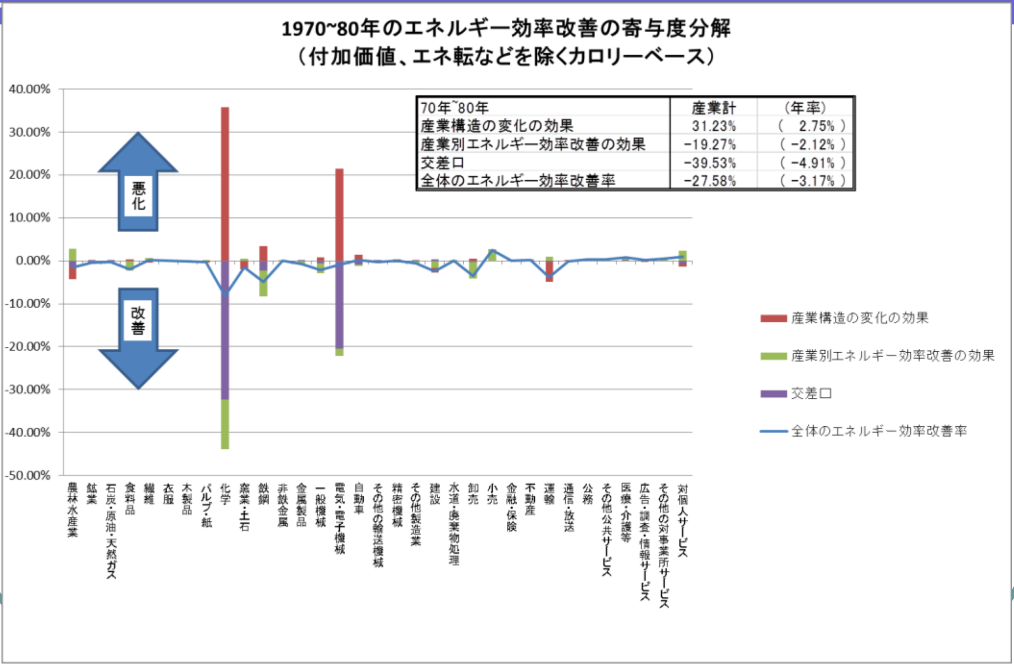
（参）JCER-地域CGE

- 地域間産業連関表の情報を利用し、温暖化ガス排出対策や電力制約の影響（地域別の産業別生産額、電力価格等）を地域別に分析
- 分析例）それまでは、カーボンタックスを課すと暖房を使う寒冷地の家計に影響が多いと言われていたが、産業構造、電源立地の関係から中国地方のマイナスが大きいことが確認された。
  - 「25%削減時代の日本経済」研究班（2010）「温暖化対策、寒冷地ほど影響大とはならず－産業構造・電源立地で明暗、中国地方が最もマイナスに」日本経済研究センター
- その他
  - 山崎、落合（2011）「東日本大震災および関東地方における電力制約の経済影響—日本の多地域CGE（応用一般均衡）モデルによる分析」JCER Discussion Paper 131
  - 舘、落合（2011）「原子力発電全停止による地域・産業別影響の試算—火力代替可能な中部・中国では影響軽微も、東北地方では打撃大きく」JCER Discussion Paper 132

http://www.jcer.or.jp/environment/report.html
http://www.jcer.or.jp/report/discussion/index.html

23

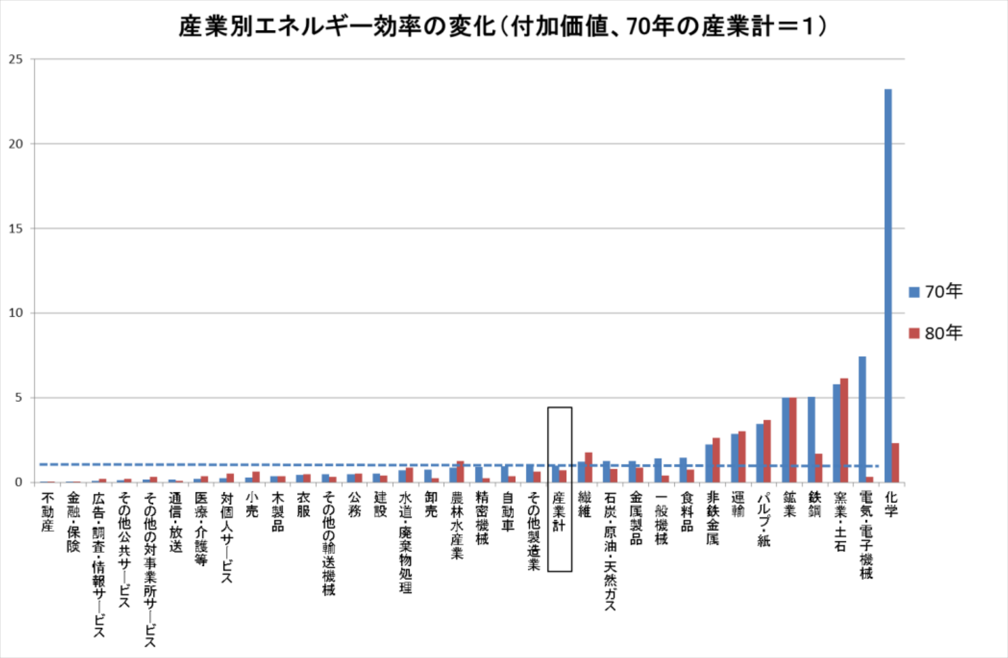
70年代のエネルギー効率改善の産業別寄与度（概算）



接続産業連関表より落合作成

24

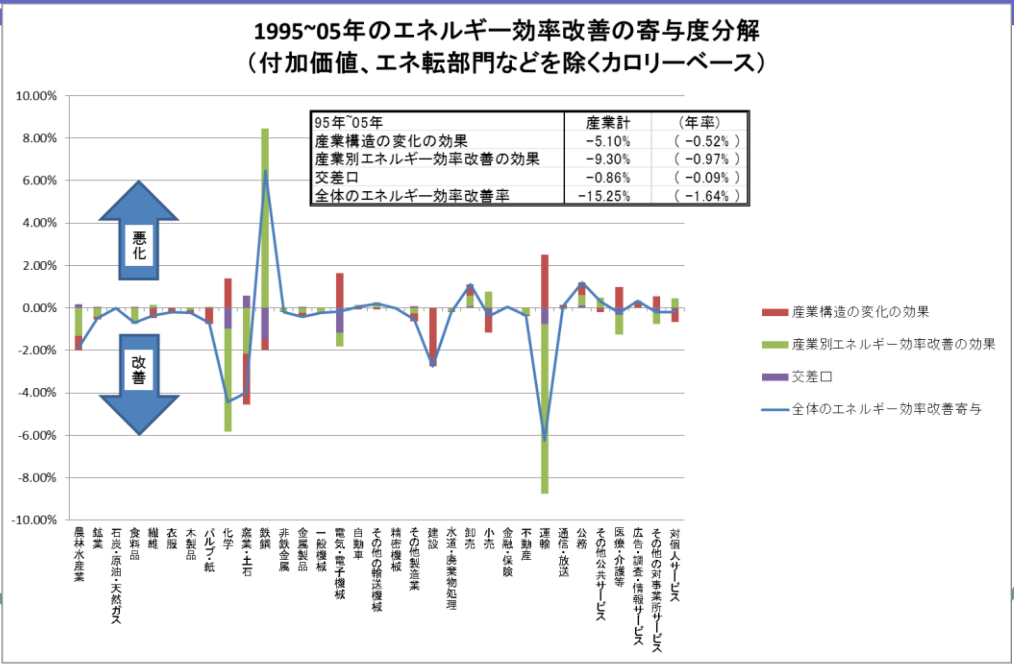
70年代の産業別エネルギー効率の変化（概算）



接続産業連関表より落合作成

25

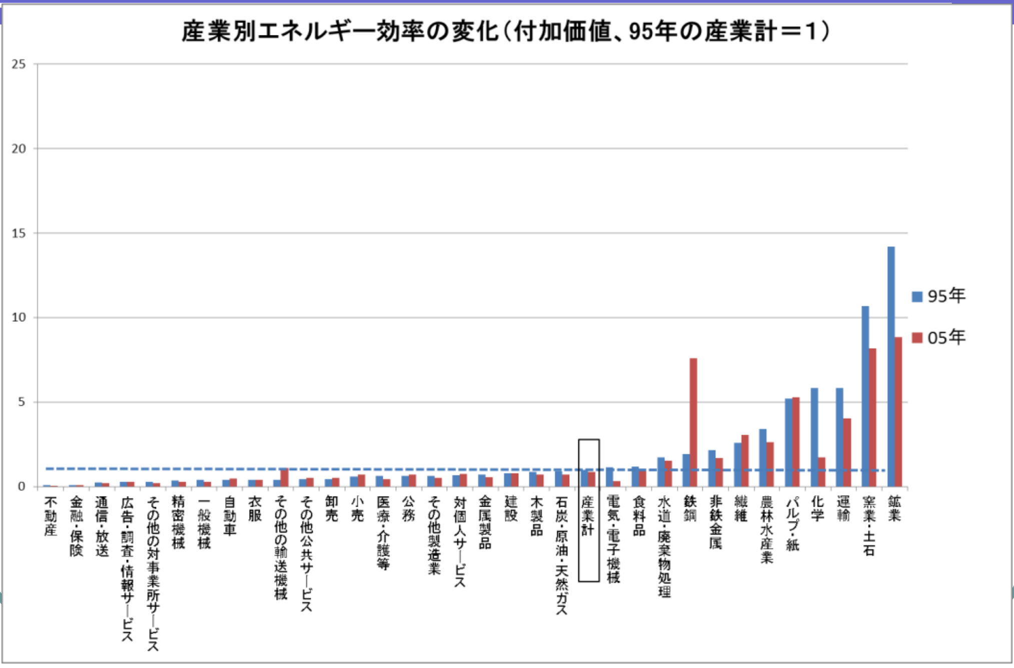
95年からのエネルギー効率改善の産業別寄与度



接続産業連関表より落合作成

26

95年からの産業別エネルギー効率の変化



接続産業連関表より落合作成

27

Ⅱ．生産性分析に向けた経済統計の進化

（国民経済計算と無形資産への関心）

全要素生産性（TFP）とは？

- 経済成長（生産＝GDPの増加）のうち、本源的生産要素（労働と資本）の投入増加では説明できない部分＝残差項

$$Y = F(L, K)$$

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \alpha \frac{\Delta L}{L} + (1-\alpha)\frac{\Delta K}{K} + \Delta TFP$$

- 生産要素投入の計測を正確に出来れば、残差項はなくなるはず
  - 労働：労働時間や熟練度、教育水準など
  - 資本：有形資産（構築物、機械設備）以外の無形資産（ソフトウェアやR＆Dなど）への関心

- そもそも論的な疑問
  - 生産は適切にはかられているのか？
  - 生産と投入要素の関係はデータとして適切なのか？
  - マクロのTFPとは何を表しているのか？

29

無形資産（Intangible Assets）への関心

- 新古典派成長理論では技術進歩は外生
- 1980年代から内生的成長理論の研究→経済成長におけるアイデア、知識の役割に着目
- 1990年代には、OECD 等の文書でも、knowledge-based economyの用語が使われ始め、R&D等の無形資産の重要性を指摘

NBER/CRIW (Conference on Research in Income and Wealth),
Measuring Capital in the New Economy, April 2002

- Barbara M. Fraumeni and Sumiye Okubo,
  R&D in the National Income and Product Accounts: A First Look at its impact on GDP
- Carol Corrado, Charles Hulten and Daniel Sichel,
  Measuring Capital and Technology: An Expanded Framework

（ソフトウェアやR&Dだけでなく、企業組織、ブランド価値等より広範な知的資本を定義し、経済成長への影響を分析）

30

国民経済計算（SNA）の資本概念の拡張

- 1993SNA
  - ソフトウェアの資本化
    企業等のコンピュータのソフトウェアへの支出を、中間消費ではなく投資（資本形成）に計上する
  - 日本のGDP統計では、2000年の基準改定から1993SNAに準拠
    2011年12月の基準改定から、インハウス・ソフトウェアも投資に計上
- 2008SNA
  - R&Dの資本化

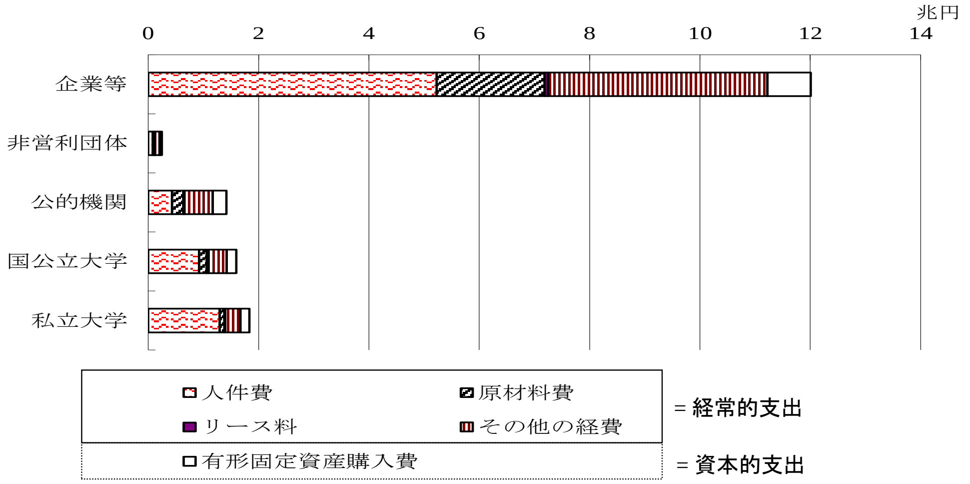
31

2008SNAとR&Dの資本化

- 国連統計委員会で2008SNAを採択（2008年）
  - R&D支出を投資（資本形成）と認識
  - R&Dをソフトウェア、鉱物探査などとともに知識資産（intellectual property products）として分類
- OECDが知識資産の計測マニュアルを作成（2010年）
  - R&D支出の計測については、OECDの科学技術指標専門家会合（NESTI）が作成し国際標準となっているFrascati Manualに則って作成された統計データをベースに、SNAの概念に合うよう調整して推計する
    ↓
    日本の場合、総務省統計局「科学技術研究調査」（1959年度から毎年実施）

32

研究主体別の内部使用研究費
（平成23年科学技術研究調査）



SNAの生産（output）は、
1. 固定資産は今期の投資額ではなくストックの利用分（資本サービス投入）→固定資本減耗
2. 大学の人件費は研究活動に費やした分→フルタイム換算

33

アメリカにおけるR&Dサテライト勘定の作成

	シナリオA	シナリオB	シナリオC	シナリオD
資本減耗率	15%の定率法	1987以前：民間機械設備及びソフトウェア投資の減耗パターン 1987以降：情報処理機器及びソフトウェア投資の減耗パターン ＜16%(1959)→23%(2002)＞		
懐妊期間	なし(0年)			
デフレータ	投入コスト方式	Aの上昇率－製造業の中の生産性上昇の高い部門のTFP上昇率	サービス産業の中の生産性上昇の高い部門(航空、通信、情報処理等)の付加価値デフレータ	R&D集約産業(AV機器、コンピュータ、医薬品等)の付加価値デフレータ
政府・非営利のR&Dの純収益率	なし(R&D資本の減耗分だけ計上)	10年物国債の利子率の長期平均＋リスクプレミアム(民間のR&D資産と他の資産の収益率の差)		
民間のR&Dの純収益率	他の固定資産と同じ	平均15%(他の民間資産平均より4%程度高い水準)		

"BEA's 2006 Research and Development Satellite Account: Preliminary Estimates of R&D for 1959-2002, Effect on GDP and Other Measures," *Survey of Current Business*, December 2006

34

R&D資本化のGDPへの影響
（BEAの第１次試算結果）

- R&D資本化によりGDPを期間平均2.3～2.6%かさ上げ。
  （BEAではシナリオB～Dのうち影響が中間のDを標準に採用）

	現行方式	R&D資本化後のGDP							
	名目GDP	シナリオA		シナリオB		シナリオC		シナリオD	
	(10億ﾄﾞﾙ)	GDP	%	GDP	%	GDP	%	GDP	%
1960	526.4	536.1	1.8	537.4	2.1	537.8	2.2	538	2.2
1970	1,038.50	1,064.40	2.5	1,068.60	2.9	1,067.10	2.8	1,069.00	2.9
1980	2,789.50	2,852.50	2.3	2,859.30	2.5	2,856.00	2.4	2,857.50	2.4
1990	5,803.10	5,943.70	2.4	5,963.30	2.8	5,961.60	2.7	5,961.90	2.7
2002	10,469.60	10,733.60	2.5	10,751.50	2.7	10,743.50	2.6	10,747.30	2.7
59-02平均			2.3		2.6		2.6		2.6

（備考）%欄は現行方式GDPからの乖離率

35

各国のR&D資本化の導入予定

- オーストラリア：2009年9月公表分から2008SNAに移行済み
- カナダ：2012年6月公表分から導入予定
- アメリカ：2013年にR&D資本化を本勘定に導入予定（2007年に第2次試算、2010年に第3次試算を公表）
- Eurostat：タスクフォースで推計上の課題を検討中、2012年末又は13年初に最終報告書、14年に新たな欧州基準（ESA）を取りまとめ予定
- 日本：次期基準改定での導入を目指して検討中

36

オーストラリアのGDP統計の具体例

主要系列表（支出系列） 2010/11年度（2010年7月～2011年6月）

		名目金額（100万豪ドル）	増加率（%）実質前年比
Final consumption expenditure	最終消費支出	1,005,141	3.2
General government	政府消費支出	248,997	2.5
Household	家計消費支出	756,144	3.4
Total gross fixed capital formation	総固定資本形成	371,420	4.1
Private gross fixed capital formation	民間総固定資本形成	288,752	4.1
Dwellings	住宅	73,031	2.8
Ownership transfer costs	登記移転費用	17,010	−15.5
Non-dwelling construction	構築物	84,263	10.1
Machinery and equipment	機械設備	77,917	3.6
Cultivated biological resources	育成資産	3,372	6.5
Intellectual property products	知的財産	33,159	5.1
Research and development	研究開発	14,880	3.1
Mineral and petroleum exploration	鉱物探査	6,210	4.1
Computer software	ソフトウェア	10,490	7.6
Artistic originals	芸術作品の原本	1,579	10.3
Public gross fixed capital formation	公的総固定資本形成	82,668	3.8
Public corporations	公的企業	24,623	−4.6
Commonwealth	中央	1,869	17.9
State and local	地方	22,754	−6.1
General government	一般政府	58,045	7.8
National-defence	中央－国防	7,929	16.7
National-non-defence	中央－非国防	9,806	17.2
State and local	地方	40,311	4.1
Change in inventories	在庫品増加	5,465	−−
Exports of goods and services	輸出	297,507	0.4
less Imports of goods and services	輸入（控除）	276,631	10.4
Statistical discrepancies	統計上の不突合	−1,733	−−
Gross domestic product	国内総生産	1,401,168	2.1

37

オーストラリアのGDP統計の具体例

部門別・形態別の投資および資本ストック

	総固定資本形成				純資本ストック		固定資本減耗	減耗÷期首ストック
	民間	公的企業	一般政府	合計	（期首）	（期末）		
住宅	73,031	778	910	74,719	1,489,176	1,567,061	35,669	2.4
登記移転費用	17,010	0	0	17,010	200,121	201,714	20,414	10.2
構築物	84,263	19,868	35,216	139,347	1,616,205	1,727,094	60,589	3.7
機械設備	77,917	3,256	8,951	90,124	553,521	552,256	65,338	11.8
兵器	0	0	5,675	5,675	24,443	24,187	2,057	8.4
育成資産	3,372	0	0	3,372	17,854	17,662	2,943	16.5
知的財産	33,159	721	7,294	41,174	170,027	182,481	30,285	17.8
研究開発	14,880	3,684		18,564	78,506	83,518	14,412	18.4
鉱物探査	6,210	0		6,210	47,779	53,641	3,116	6.5
ソフトウェア	10,490	3,442		13,932	40,705	41,612	10,852	26.7
芸術作品の原本	1,579	889		2,468	3,037	3,710	1,905	62.7
合計	288,752	24,623	58,045	371,420	4,071,347	4,272,455	217,294	5.3

2010/11年度 （単位：100万豪ドル、％）

住宅・構築物＜機械設備＜研究開発＜ソフトウェア

→減耗率が大（陳腐化が早い）

38

（参）産業連関：Supply and Use Table（1）

供給表（Supply Table）　2007/08年度 （単位：100万豪ドル）

	生産（産業）						
	農林水	鉱業	製造	建設	研究等	SE	ｻｰﾋﾞｽ
農林水	58,909	0	0	0	0	0	39
鉱業	0	131,420	0	0	0	0	189
製造	276	7	360,179	0	0	0	16,342
建設	326	1,561	1,059	264,733	0	0	9,291
研究等	105	4,256	4,283	5,625	117,382	963	5,583
SE	0	29	57	4	123	28,443	2,338
ｻｰﾋﾞｽ	1,257	386	13,396	9,187	265	50	1,248,871

研究等: Professional, Scientific and Technical Services
（科学研究、検査、設計、法務・会計、市場調査、広告、経営コンサル等）
SE: Computer Systems Design and Related Services
ｻｰﾋﾞｽ：商業、金融、不動産、運輸、通信、公益事業、公務、サービス業

研究等が製造業などの他部門でも生産されている
→他部門で行われる企業内研究開発を完全には分離できないため？
（研究等の分類には他の専門的サービスも含まれているので判別できない）

39

（参）産業連関：Supply and Use Table（2）

需要表（Use Table）　2007/08年度　（単位：100万豪ドル）

	中間消費(産業)							最終需要			
	農林水	鉱業	製造	建設	研究等	SE	ｻｰﾋﾞｽ	消費	投資	在庫	輸出
農林水	10,990	39	25,813	374	49	5	4,369	7,255	2,339	1,041	7,857
鉱業	31	13,054	57,750	573	52	7	9,519	872	5,496	1,543	69,700
製造	8,784	13,565	104,458	49,505	3,793	1,068	104,404	112,624	73,696	2,584	85,196
建設	719	4,539	1,496	71,747	118	16	18,641	3,242	176,445	0	33
研究等	1,755	4,360	9,368	14,997	22,340	4,083	49,698	6,443	22,840	0	6,555
SE	10	48	570	135	2,773	2,397	13,516	18	11,439	0	833
ｻｰﾋﾞｽ	11,316	17,673	67,179	56,327	35,265	5,057	347,722	661,394	35,901	709	46,704
付加価値	26,700	83,727	110,497	84,734	51,786	16,747	721,609				

財以外に、R&D、ソフトウェアが投資に使われる
サービスは生産者価格表なので商業・運輸マージンが大部分
（文学・映画等の「芸術作品の原本」もある）

40

今後への期待

- 税制改革などの政策分析のためには、最適化を考慮したマクロ計量モデルの動学化の必要性 （非ケインズ効果が存在するかには注意が必要）
- 産業連関表のように体系的な部門別データが整備されると、マクロモデルだけでなく一般均衡モデルによる産業構造を反映した分析も可能
- 産業構造の変化を踏まえたTFPの推計
- 各国のデータ整備が進むと、国際比較分析が可能（R&Dの効率性など）
- OECD等の国際会議で研究成果の共有（減耗率やデフレータなどは研究途上）

41

＜講演 3＞

マクロ経済モデルの政策への応用

研究開発投資の経済効果分析とその
政策立案への応用に関する検討会

加藤久和（明治大学）
2012.3.30

報告の概要

0. 研究開発投資の効果をマクロ経済モデルで推計することについて

1. シミュレーションモデルとマクロ経済モデル

2. その他のモデル（OLGモデル、DSGEモデル）

3. ハイブリッド型マクロ経済モデルの開発と研究開発投資分析について

＜講演 3＞

研究開発投資の効果をマクロ経済モデルで分析することについて

- 知識ストックの経済効果（需要･供給面）の把握と予測
- 知識ストック生産のコストと便益の把握
- 政府の研究開発投資の経済効果
- 民間知識ストックの生産効果
- 人口減少社会における人的資本ストックへの影響（知識ストック生産労働力？）
- TFPと知識ストックの関係について

マクロ経済モデルの政策への応用

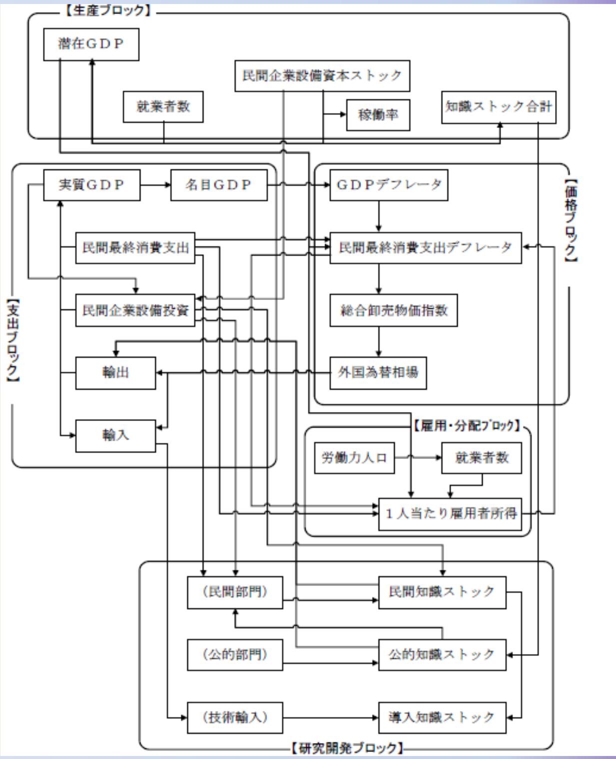
旧モデルの目的と概要

- 研究投資開発の効果を推定するために開発されたケインズ型マクロ経済モデル
- 全体で34本の構造方程式を持つ小型モデル
- 生産関数は知識ストックを含む、三要素のコブ･ダグラス型
- 研究開発ブロック（民間部門、公的部門、技術輸入）で民間知識ストック、公的知識ストック、導入知識ストックが推計され、これが生産関数に組み込まれる。
- 民間知識ストックは設備投資関数の説明変数として需要面にも影響する。

＜講演 3＞

マクロ経済モデルの政策への応用

旧モデルの構造



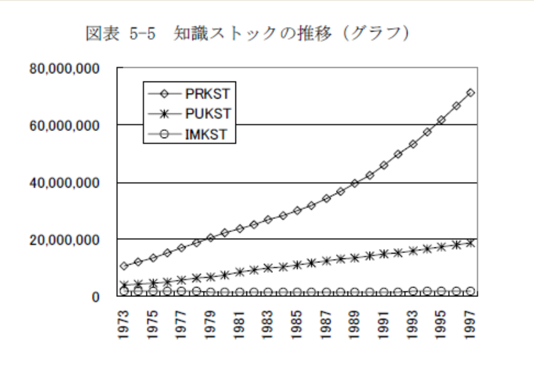
5

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会(2012.3.30)

マクロ経済モデルの政策への応用

旧モデルの更新にあたって
ー現状維持ケースー

- 知識ストックの最近時までの推計
- データの更新（93SNAなど）と方程式の再推計
- 必要なブロック・方程式の再検討。特に労働市場等の拡張と知識ストック生産労働者の導入など



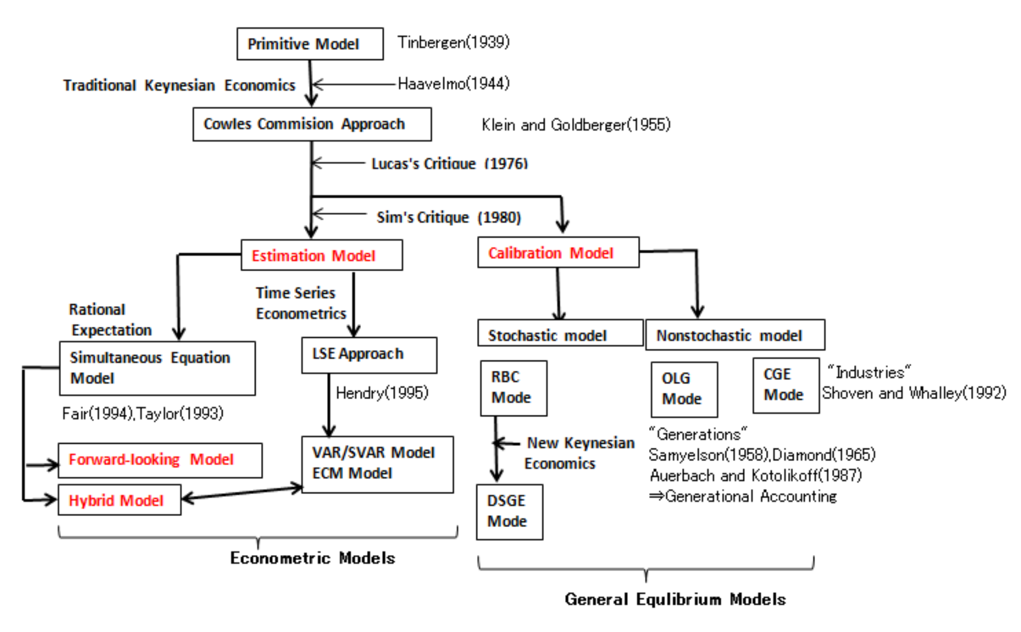
⇒新たなモデルの開発が必要であれば、モデルの根本からの改訂も検討する必要がある。

6

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会(2012.3.30)

マクロ経済モデルの政策への応用

シミュレーション・モデルの変遷



7

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会(2012.3.30)

マクロ経済モデルの政策への応用

マクロ経済モデルとは？

- **ケインズ型マクロ経済モデル**

  ⇨ハイブリッド型マクロ経済モデル

  or **DSGEモデル**
- **伝統的モデル（ケインズ型マクロ経済モデル）の特徴**

1. IS-LMモデル（長期均衡は含まれない）
2. 短期フィリップス曲線（インフレと実質経済変数間の右下がりの関係）
3. 金融政策は貨幣供給⇨名目変数のルート
4. 期待が明示化されていない誘導型方程式
5. ミクロ経済学的基礎（ディープパラメータ）の欠如

8

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会(2012.3.30)

マクロ経済モデルの政策への応用

マクロ経済モデルの概要

- 一国全体を対象としたマクロ計量経済モデルの目的は、マクロ経済の各要素を取り出し、これを一定の経済計算体系に基づいて記述すること。
- モデル作成の目的は政策シミュレーションや将来予測などである。

最も単純なマクロモデルは次の(1)、(2)式の二本で表現される。

$$C_t = \alpha + \beta Y_t + \gamma C_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (1)$$

$$Y_t = C_t + I_t \qquad (2)$$

・Y は国内総生産（GDP）、C は消費、I は投資

・ε は攪乱項であり、正規分布が仮定される。

(1)式：行動方程式あるいは構造方程式

(2)式：定義式

・内生変数：消費 C のようにモデル内部で決定される変数

・外生変数：投資 I のようにモデル外部で決定される変数

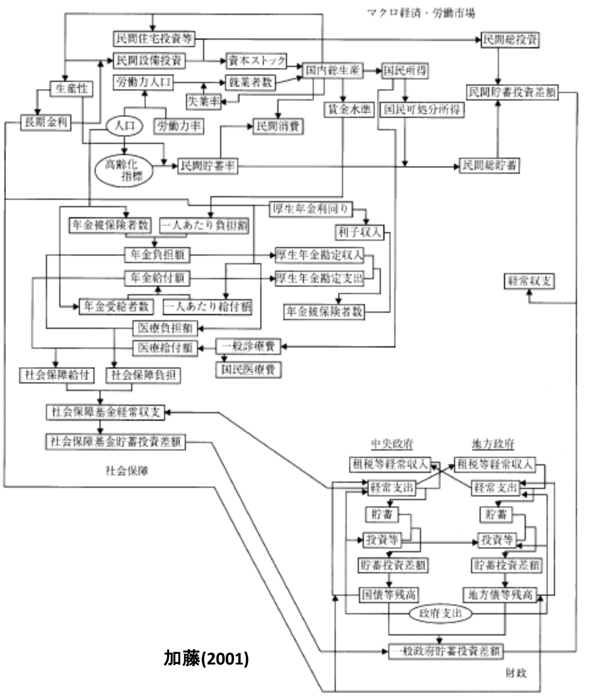
・先決内生変数：1 期前の消費 C_{t-1} など。外生変数の仲間。

9

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会(2012.3.30)

マクロ経済モデルの政策への応用

マクロ経済モデルの例



加藤(2001)

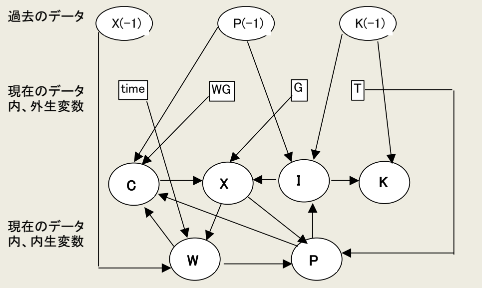
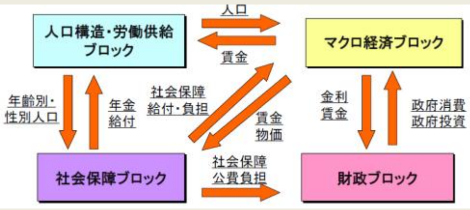


図 Klein's Model Ⅰ の構造



内閣府「経済財政モデル」

10

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会(2012.3.30)

マクロ経済モデルの使用例

- **内閣府のモデル**

佐久間・増島・前田・符川・岩本「短期日本経済マクロ計量モデル(2011 年版)」

内閣府計量分析室「経済財政モデル」

- **その他**

大阪府マクロ計量モデル（大阪府立産業開発研究所）

JBIC(2000)、「中国・日本2010年のエネルギーバランス・シミュレーション」、Research Paper,No.6

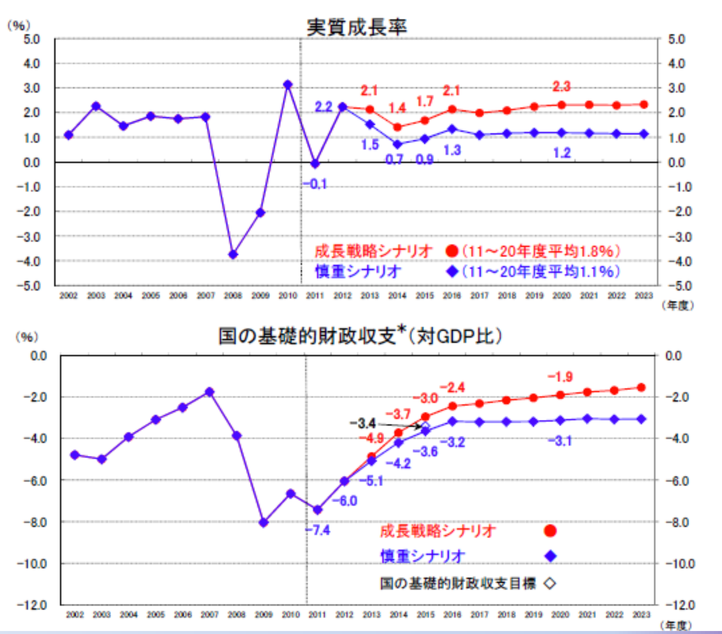
植田・稲田他(1998)、「環境問題への計量経済学的接近」、経済分析、第154号。

加藤(2000)、「出生、結婚及び労働市場の計量分析」、人口問題研究、第56巻第1号。

国立社会保障・人口問題研究所編(2010)、『社会保障の計量モデル分析　これからの年金・医療・介護』

マクロ経済モデルの使用例（続）

内閣府　経済財政の中長期試算



H24.1.24版

マクロ経済モデルの利用に際して

- 理論的には限界があるものの、実践的。
- 政策効果に利用（官庁で使用）
  ⇨内閣府「経済財政の中長期試算」他
- モデルのメンテナンスが難しい。
  ⇨大規模かつ改訂されるデータセット
  メンテナンス担当者の必要性
- 頑健性の確保と評価

13

マクロ経済モデルの政策への応用

伝統的モデルの限界

- ルーカス批判：政策変更⇒パラメータの変更
  ⇒Deep Parameterの必要性

$$C_t = \beta_1 Y_y + \beta_2 A_t \qquad \sum_{t=0}^{\infty} \rho^t u(C_t) \qquad C_t = (1-\rho)\left\{\left(1-\frac{1}{1+r}\right)^{-1} Y_t + A_t\right\}$$

$$A_{t+1} = (1+r)(A_t + Y_t - C_t) \qquad \beta_1 = (1-\rho)\left(1-\frac{1}{1+r}\right)^{-1}$$

- シムズ批判（コールズ財団アプローチの限界）
  1)制約はア・プリオリ
  2)パラメータは時間に関して頑健(invariant)である。
  3)変数の変化に対してパラメータは頑健である。
  4)因果関係の順序は既知

•期待が導入されていない。Backward-lookingのみ。

14

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会(2012.3.30)

＜講演 3＞

伝統的モデルと頑健性

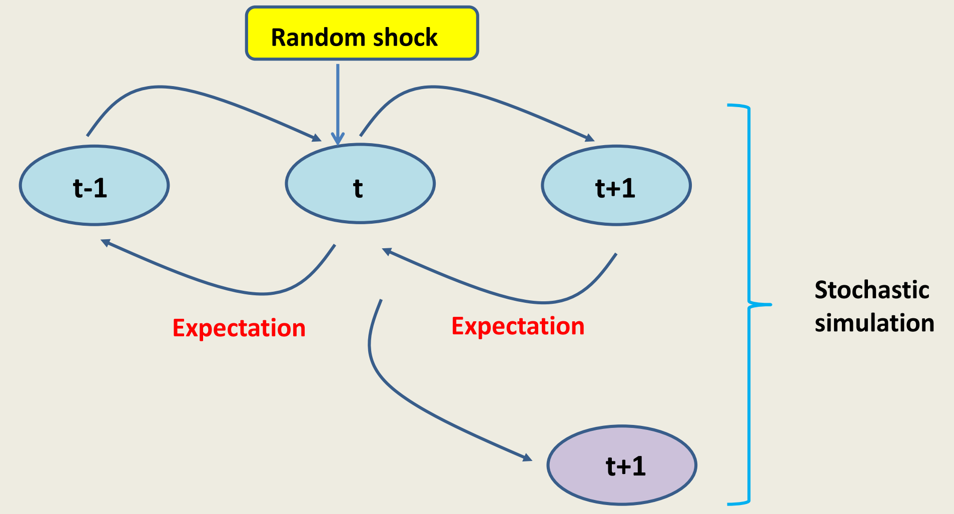
$$y_{t+1} = F(x_t, y_t, \theta, \varepsilon_t)$$

Fは関数形、θはパラメータ　←　経済理論から

- 頑健性…x_tの値に対してF、θは頑健か？
- 制約条件… x_t、y_tのデータに関してF、θと制約を課すことは正しいのか？

参考：伴金美「経済モデルの進化」とDSGE」（マクロモデル研究会2011資料）

マクロ経済モデルの政策への応用



期待の導入と確率シミュレーション

マクロ経済モデルへの期待の導入

一般的な方程式：F(y(−maxlag),L, y(−1), y, y(1),L, y(maxlead), x) = 0
⇨モデルを解く場合、過去と将来の双方の内生変数が必要であるので、一つの経路で回帰的（recursively）に解くことは不可能である。

●Fair and Taylor Method
例：リード次数とラグ次数がそれぞれ1 期で、かつ標本期間がs→t であるようなモデル（右図参照）。

$$F(y_{s-1}, y_s, y_{s+1}, x) = 0$$
$$F(y_s, y_{s+1}, y_{s+2}, x) = 0$$
$$F(y_{s+1}, y_{s+2}, y_{s+3}, x) = 0$$
$$\cdots$$
$$F(y_{t-2}, y_{t-1}, y_t, x) = 0$$
$$F(y_{t-1}, y_t, y_{t+1}, x) = 0$$

モデルとして解く場合には、これらの方程式を“Stack”して（stacked system として）扱わなければならない。ここで、初期条件はy(s−1) 、また終端条件はy(t+1) であり、解かれる値はy(s),y(s+1),…,y(t)となる。
⇨終端条件をどう与えるか？（一般には定常状態の値など）

これを解くためには、サンプルのすべての観測値を用いた反復計算を行う必要がある。端的に言えば、予測する期間において、各変数のすべての計算値をループさせて解く。ある内生変数の値を解く場合、それに関係するラグ変数とリード変数を固定させて計算し、今度はその内生変数を固定させて他のラグ、リード変数を計算し、再びこれらのラグ、リード変数を固定してその内生変数を計算し…といったループ計算を行って、それが収束するまで繰り返す。

17

これからのマクロ経済モデル

- ミクロ経済学基礎の導入⇒具体的には効用関数と生産関数を明示的に導入
- IS-LM分析からIS-MP分析へ（MP曲線（金融政策ルール＋短期フィリップス曲線））
- 長期と短期の区別⇒ECMメカニズムの考慮
- 期待の導入（Forward-looking）
- 確率的ショック⇒モンテカルロ・シミュレーション

18

＜講演 3＞

（参考）マクロ経済モデルのプラットホーム

- Eviews … もっともポピュラー
- TSP … 定番ソフト、Eviewsに押され気味
- RATS … 時系列に強い
- TROLL … 内閣府、日銀、高価
- Economate … 民間企業等でよく使われている
- その他（汎用ソフト）

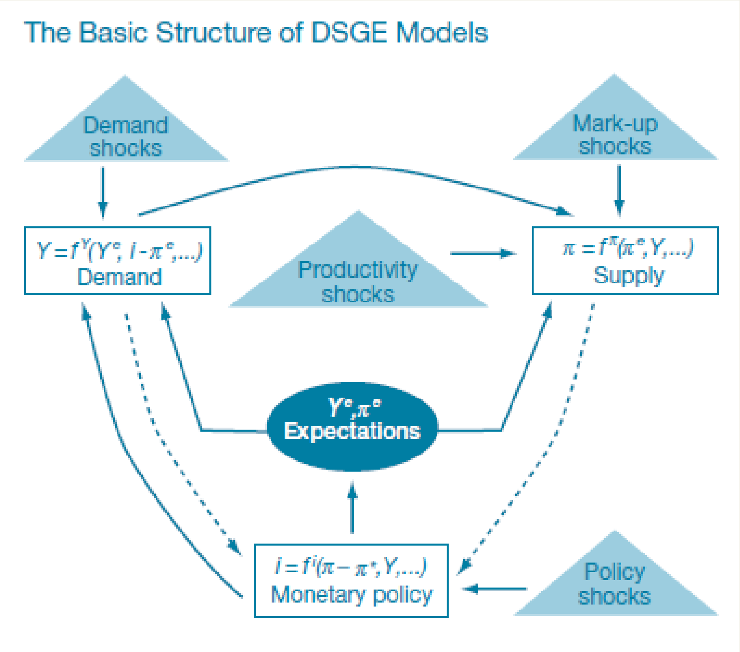
  MATLAB、R、Scilab等

DSGE（Dynamic Stochastic General Equilibrium）Model
動学的確率一般均衡モデル

- コールズ財団アプローチの統計的評価と一般均衡モデルの理論的基礎の両面を持つ。
- 多くの中央銀行が金融政策の効果を計測するためなどに利用している。
- 代表的経済主体の異時点間の選択が重要な要素。
- 近年では中規模のDSGEモデルも作成されている。

＜講演 3＞

DSGEモデルのイメージ



Sbordone,.et.al(2010) “Policy Analysis Using DSGE Models: An Introduction”, FRBNY Economic Policy Review

DSGEモデルのイメージ

消費者の最適化問題

$$\max E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{\log c_t + \psi \log(1 - l_t)\}$$
$$\text{s.t.} \quad c_t + k_{t+1} = w_t l_t + r_t k_t + (1 - \delta) k_t$$

→

$$\frac{1}{c_t} = \beta E_t \left\{ \frac{1}{c_{t+1}} [1 + r_{t+1} - \delta] \right\}$$
$$\psi \frac{c_t}{1 - l_t} = w_t$$
$$y_t = c_t + i_t$$

企業の最適化問題

$$y_{it} = k_{it}^{\alpha} (e^{z_t} l_{it})^{1-\alpha}$$
$$\frac{p_{it}}{p_t} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} mc_t$$

→

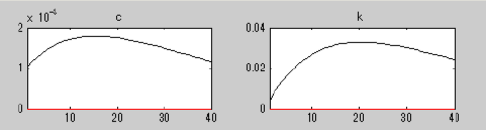
$$y_{it} = k_{it}^{\alpha} (e^{z_t} l_{it})^{1-\alpha}$$
$$w_t = (1 - \alpha) \frac{y_{it}}{l_{it}} \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}$$
$$r = \alpha \frac{y_{it}}{k_{it}} \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}$$
$$i_t = k_{t+1} - k_t + \delta k_t$$
$$z_t = \rho z_{t-1} + e_t$$

```
alpha = 0.33;
beta = 0.99;
delta = 0.023;
psi = 1.75;
sigma = (0.007/(1-alpha));
epsilon = 10;
```

カリブレーションでパラメータ設定

→

確率的なショックを与えインパルス応答などを計算

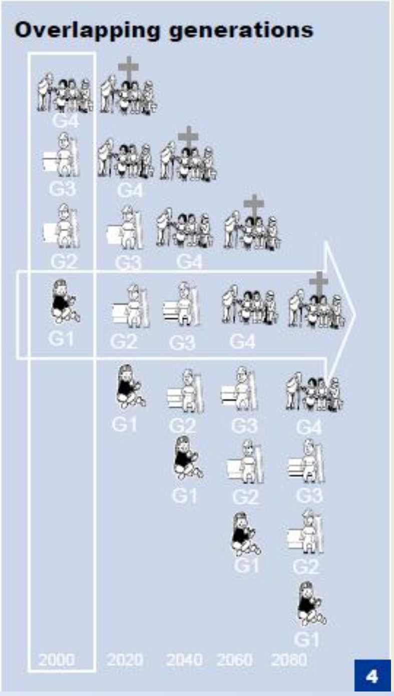


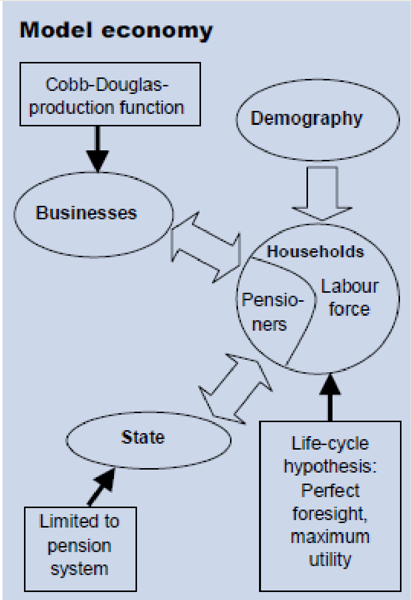
＜講演 3＞

DSGEモデルの課題と利用可能性

- 一般化するには、DSGEモデルの（理論的）背景を理解することが一つのハードル。
- 大規模化が難しく、また現実の諸制度の記述なども難しい。
- リカード等価定理を援用すると財政政策の効果の測定が難しく、主として金融政策の影響分析が中心。（Smets and Wouters(2003)などでは近視眼的個人を一部導入）
- DSGEモデルと他のハイブリッド型モデルとの使い分けが重要。
- プラットホームの制約（近年ではDynare+MATLABが主流？）

世代重複（OLG）モデルとは？





Deutsche Bank Research "The demographic challenge: Simulations with an overlapping generations model", May 19,2006

<講演 3>

世代重複（OLG）モデルの特徴

- 一般均衡型…各時点ごとに経済が均衡している（“閉じている”）。世代会計との違い。
- 世代重複…各時点に異なる世代が存在し、世代ごとのやり取りが明示化されている。
- 家計、企業、政府が相互に取引を行う。それぞれの経済主体はミクロ経済学的基礎の上に行動方程式が演繹される。
- カリブレーション（先行実証分析などからパラメータを与える）…シミュレーションで必要なパラメータ
- 確率的要素は排除され、完全予見
- 政策の変化⇒各世代の効用に与える影響から判断

OLGモデルの課題

- 制度その他の記述が限定的であり、詳細な制度をモデルに組み込むことができない。
- 長期（超長期）の分析が中心。定常状態から定常状態への変化の記述が主であり、移行期の分析が難しい。
- パラメータの設定が条件付きとなる。

⇨定常状態を仮定した時点のパラメータは頑健か？

- 多部門モデルへの拡張等が難しい。

ハイブリッド型モデルに必要とされる要素

- 長期的にはフィリップス曲線は垂直（インフレ率とGDP増加率・失業率のトレードオフはない）。また、金融政策はインフレ率等に影響するが、実質変数に影響しない（新古典派、New Keynesian）。
- 短期では右下がりフィリップス曲線が存在し、インフレ率とGDP増加率・失業率のトレードオフが存在する。また、価格は粘着的で短期では数量調整による。
- 期待変数が明示化され、特に期待インフレ率が定義されている。
- LM曲線に代わり、名目短期金利が経済変動に反応して調整される操作変数となる。
- 家計の消費では恒常所得仮説が、企業の設備投資では資本コストモデルもしくはトービンのqモデルが使用される。
- ECMメカニズムが採用され、短期変動と長期動学が組み込まれている。

マクロ経済モデルの政策への応用

ハイブリッド型マクロ計量モデル（国内）

(1)Q-JEM（日本銀行）

- 「目的に応じてモデルを使い分けていくという「Suite of Models」の考え方」DSGEモデルと併用
- 方程式数は約150本（うち推計式数は80本程度）。
- ECMメカニズムの採用⇨長期均衡は経済理論、短期動学はデータとの整合性を重視
- GDPギャップ、インフレ率、政策金利（コールレート）の3つが中心となる変数。

一上・北村・小島・代田・中村・原(2009)

(2)短期日本経済マクロ計量モデル（内閣府）

- 四半期ベースの推定パラメータ型計量モデル
- 方程式数は152本（うち推計式数は48本）(2011年版)。
- IS-LM-BP 型（マンデル＝フレミング・モデル）フレームワーク
- 変数間の長期的な均衡関係とそれに至る短期的な調整過程を直接的に記述するエラーコレクション型推計式

佐久間・増島・前田・符川・岩本（2011）

ハイブリッド型マクロ計量モデル（海外）

(1)FRB/US Model

- 民間部門の期待を明示的にモデルに導入。また、完全予見を前提としている。
- 一方、誘導型方程式を時系列データで推定している。
- 長期的には新古典派型の均衡モデルを用いる一方、短期的にはsticky-priceを前提とし、金融政策が実質変数に影響を与えるという構造を持つ。
- 全体で300本程度のモデルであるが、コアとなる行動方程式は50本程度である。

(2) Economic models at the Bank of England

- Outputの増加率とインフレ率を予測するためのモデル
- Output、雇用は長期均衡を持ち、モデルはそのパスを探るが、インフレ率とは長期のトレードオフはなく、長期フィリップス曲線は垂直となる。
- 金融変数（価格、インフレ率）は金融政策に依存して決定される。
- 一方、短期的なショックは均衡をシフトさせるという意味で短期の右下がりのフィリップス曲線を仮定。短期的なこの関係を記述するためにはコア・モデルとは別にPhillips curve modelsを作成。

ハイブリッド型マクロ計量モデル（海外-2）

(3)MULTIMOD Mark Ⅲ

- IMFが持つハイブリッド型モデル。各国の政策が国際的にどのような波及効果を持つかを分析。モデルの対象はG7が中心。
- 各国のモデルの構造は同一。パラメータの一部はカリブレーションによる。
- 定常状態を想定し、長期動学の終端条件とする一方、短期動学では非線形のフィリップス曲線を仮定している。
- 消費は恒常所得仮説、設備投資はトービンのqを利用している。

(4) AWM (Area Wide Model)

- 欧州中央銀行のハイブリッド型モデル。EUを1ヵ国として分析。
- 短期は総需要がGDPを決定し、長期では供給がGDPを決定する仕組みを持つ、ECM型のモデル。
- 長期的な定常状態は外生的にNAIRUによって与えられる。
- 小規模なモデルで89本（行動方程式は15本）からなる。
- 多くはバックワードルッキングによってパラメータが求められている（金融市場はフォワードルッキング変数もある）・

＜講演 3＞

マクロ経済モデルの政策への応用

研究開発投資の効果の測定に向けて

- 技術知識ストックの推計とその波及効果に関する議論
- 生産面への影響に関するタイムラグの考慮
- TFP等への影響⇒実証分析の必要性
- 産業別・部門別ブロックの採用（伝統的製造業vs.IT産業、あるいはサービス業との関連）
- 知識ストック生産に関する海外からの影響（グローバル化の影響）の取り込み（人の移動と技術知識の獲得？）

31

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会(2012.3.30)

マクロ経済モデルの政策への応用

マクロ経済モデル開発の方向性

- 伝統的モデルからハイブリッド型モデルへ（DSGE等に関しても検討すべきだが、研究プロジェクトの目的からみてハイブリッド型が適切ではないか）
- 実用型モデルの開発（理論と整合的であるが、同時に使いやすいもの。また、予測・シミュレーションの結果が解釈しやすいもの）
- マイクロデータ（実証分析）を用いた研究の援用とカリブレーション（マクロデータの限界）

32

研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会(2012.3.30)

＜海外調査報告＞

平成24年3月30日（金）
「研究開発投資の経済効果分析とその政策立案への応用に関する検討会」発表資料

海外における波及効果把握の状況

（株）三菱総合研究所

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc. 1

調査の背景と目的

- 科学技術政策の成果について、社会的・経済的効果への要請が高まり、同時に**その効果の検証において客観性が求められている中にあって、それに応える方法論は確立していないのが現状**

- 本調査では今後の国の取り組みの示唆を得るため、**投資額、研究人材の規模、研究開発の歴史において世界を主導する欧州を対象とした、研究開発投資の経済的効果の測定法について動向を調査**

- **ケインズ型モデルや一般均衡シミュレーション等**、客観性と定量性を備えるマクロ済学的アプローチを応用した方法論について重点を置いて調査

（特に、Framework Programmeの資金支援を受けて検討されたマクロ経済モデルであり、エネルギー政策やR&D政策の効果分析に適用されているNEMESISモデルに着目）

⇒ 既存資料調査および訪問インタビュー調査を実施

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc. 2

EU Framework programme (FP)の概要

- EU域内において研究開発・技術革新を効率的かつ戦略的に行うため、欧州委員会(EC)によって、Framework Programme(以下、「FP」と記載)が実施されている。FPは1984年に開始された。

表：FPの概要

発足年	1984年
加盟国、参加者	EUの加盟国及び、候補国を主とする
主な目的	技術分野の枠を超えた、総合的研究開発政策の実施
特徴・傾向	・総合的・実用化研究 ・欧州委員会が計画し、プロジェクトを公募（トップダウン形式）
欧州委員会の立場	実施主体
活動の実施条件	原則として3カ国以上からの3参加者
活動資金	テーマごとに約半分を上限として、欧州委員会自らが助成
助成金の範囲	商品化のための研究には支出されず、市場化前段階のみ
根拠規定	欧州共同体設立条約（Treaty on European Union and of the Treaty establishing the European Community）第163条～第173条

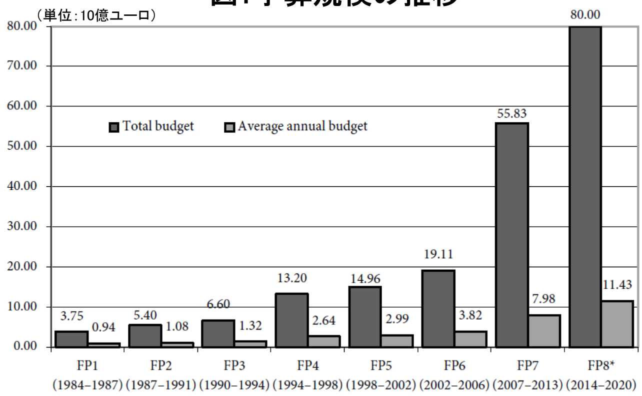
出典：「研究開発政策　ー新リスボン戦略とFP7ー」（国立国会図書館調査及び立法考査局『拡大EU：機構・政策・課題：総合調査報告書』） 2007

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

予算規模の推移

- FPにおける予算規模はFP1から増加傾向にある。FP6においては年平均の予算規模が38億ユーロであったのに対し、FP7では約80億ユーロとなり、FP8では更なる規模拡大が見込まれている。

図：予算規模の推移



*FP8は予算要求額（2011年6月）

出典：「European Integration Process in the New Regional and Global Settings」Ewa Latoszek, Irena E. Kotowska, Alojzy Z. Nowak, Andrzej Stepniak

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

＜海外調査報告＞

経済的・社会的波及効果を測定する手法等の開発に関する取組み

- FP7の中で研究開発成果の経済的・社会的波及効果を測定する手法等の開発に関する取組みが行われている。

表：FP7における「社会経済学・人文科学」の活動

活動	領域
1. 知識社会における成長・雇用・競争	1. 1 経済における知識の役割の変化 1. 2 欧州知識経済社会における構造変化 1. 3 欧州における政策統合と強調の強化
2. 欧州の視点における経済・社会・環境を統合する目的	2. 1 社会経済的発展の軌跡 2. 2 地域・領土・社会の統合
3. 社会の主要トレンドとその意味合い	3. 1 人口動態的変化 3. 2 社会のトレンドとライフスタイル 3. 3 欧州社会における、文化的相互作用と多文化主義
4. 世界の中の欧州	4. 1 世界の地域との相互関係と相互依存 4. 2 紛争・平和・人権 4. 3 欧州の世界における役割の変化
5. 欧州連合の市民	5. 1 欧州における参加と市民権 5. 2 欧州における多様性と共通性

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

経済的・社会的波及効果を測定する手法等の開発に関する取組み

表：FP7における「社会経済学・人文科学」の活動（つづき）

活動	領域
6. 人文社会科学指標	6. 1 政策における指標の活用方法 6. 2 政策のためのよりよい指標の開発 6. 3 既存の公的統計への対応 6. 4 研究政策とプログラムの評価のための指標と関連する手法
7. 予測活動	7. 1 主要な挑戦に対する広範な社会経済的予側 7. 2 テーマ別の予測 7. 3 欧州における主要な科学技術主体のダイナミクス 7. 4 欧州の科学技術に影響を与える緊急課題に関する先端的研究 7. 5 相互学習と協力
8. 戦略的行動	8. 1 緊急の要望 8. 2 国際協力支援のための横断的政策 8. 3 研究普及支援の方策 8. 4 国際間の協力

注）下線部は、社会的・経済的波及効果の測定に関するプロジェクトが含まれる領域

出典：EUROPEAN COMMISSION“FP7 Socio-economic Sciences and Humanities Indicative Strategic Research Roadmap 2011-2013”

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

MRI 株式会社三菱総合研究所

欧州における科学技術投資の経済的波及効果の測定に関する調査

● 科学技術投資が経済へ与える影響を評価・分析しているツールの抽出を行い、科学技術投資の経済効果を分析しているNEMESISモデルについて中心に調査

DEMETERプロジェクトとNEMESISモデルの概要

- DEMETER(Development of Methods and Tools for Evaluation of Research)プロジェクトは、EUが実施するFP7で資金提供を受けたプロジェクトである。
- 本プロジェクトにおいて開発を進めているNEMESIS(New Econometric Model of Evaluation by Sectoral Interdependency and Supply)モデル は、EU全域を対象として研究開発投資が与える経済的効果の評価を行うマクロ経済モデルである。
- NEMESISモデルは、FP7の事前影響評価を行った実績を持ち、本プロジェクトにおいても「Horizon2020 」などのR&D政策シナリオが与える経済的インパクトについて評価を行っている。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc. 7

MRI 株式会社三菱総合研究所

NEMESISモデルの適用事例①　FP7による経済的波及効果推計

● NEMESISモデルはFP7による経済的波及効果の推計に使われている。

EU Newsからの抜粋記事

> モイラ・ゲーガン＝クイン研究・イノベーション・科学担当委員は本日、研究によるイノベーション活性化のために、約70億ユーロを投入することを発表した。欧州連合(EU) の第7次研究枠組み計画(FP7)の一環として実施されるこの包括的資金供与は、欧州委員会がこれまで行ってきた同様の資金供与の中で最大規模のものとなり、これにより、短期的には約174,000人の雇用が創出され、15年間(累計)で約450,000人の雇用創出と約800億ユーロの国内総生産(GDP)拡大につながると見込まれている。
>
> ※この推計はEUの研究プロジェクトDEMETERの一環として、ポール・ザガメ教授(国立中央理工科学校パリ校、マクロ経済解析研究グループ「Erasme」)が開発したNEMESISモデルによる。

出典：EU News 250/2011(2011年7月19日付)
http://www.deljpn.ec.europa.eu/modules/media/news/2011/110719c.html?page=print

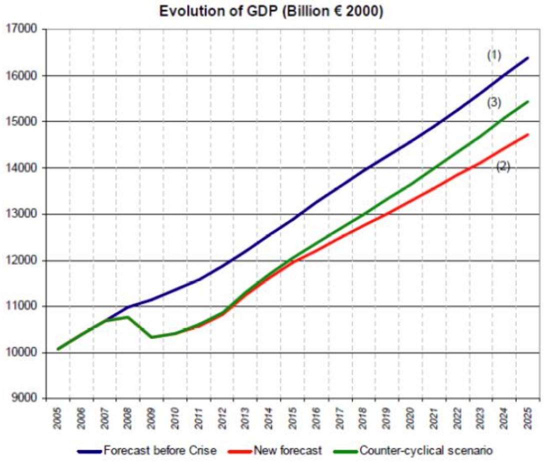
Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc. 8

＜海外調査報告＞

株式会社三菱総合研究所

NEMESISモデルの適用事例②　経済危機とR&D に関する分析

- ”R&D EFFORT DURING THE CRISIS AND BEYOND: SOME INSIGHTS PROVIDED BY THE NEMESIS MODEL SIMULATIONS”(Arnaud Fougeyrollas, Pierre Haddad, Boris Le Hir, Pierre Le Mouël Paul Zagamé)においては、2007 年のリーマンショックを折り込み、NEMESISモデルに基づいて経済危機の状況下でのR&D投資の効果を分析している。
- NEMESISモデルに基づき、3つのシナリオに基づいて将来GDPを予測した結果を右に示す。



図：NEMESISモデルによる推計結果の例：
3つのシナリオによるGDP への効果

青：経済危機前の予測
赤：経済危機を織り込んだ予測
緑：経済危機下で、効果的なR&D インセンティブ政策を導入した場合の予測

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

株式会社三菱総合研究所

NEMESISモデルの適用事例②　経済危機とR&D に関する分析

- NEMESISモデルによるこれらの推計結果に基づき、以下のように結論づけている。

リスボン行動計画とバルセロナ目標において示されたR&D 努力を強化する諸政策の意義は、今日の経済危機後においてますます高まっている。これらの諸政策の効果は以下の通り。

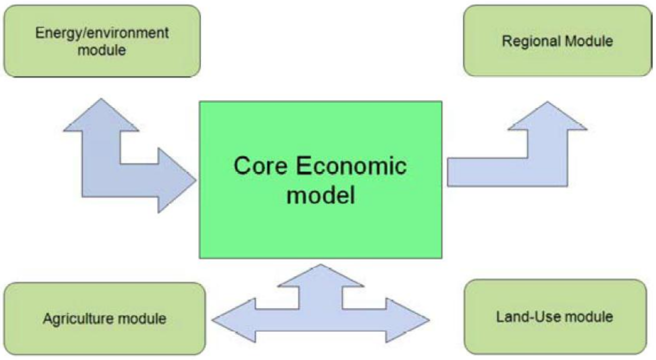
- 経常収支赤字とインフレ圧力を抑制しつつ、危機後の景気回復をもたらす。
- ベースラインシナリオの値に対し雇用はかなりの速さで追いつき、GDP やそれよりややゆっくりだが追いつくことで危機から抜け出すことができる
- 長期において経済成長を助け、増税により過去の財政赤字の埋め合わせができる。
- 他の構造的政策、例えば温室効果ガス削減政策などによる収入をR&D にまわせば、R&D 支出割合をさらに高める事が可能

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

NEMESISモデルの構造　※NEMESIS Reference Manual より整理

全体モジュール

- NEMESIS モデルは全体として、コア経済モデルとそれに接続する4つのサブモジュール（エネルギー・環境，農業，地域，土地利用）から構成されている。政策のインパクトや予測シナリオに応じて、経済活動とリンクする形でエネルギー需要、エネルギー価格、各種環境影響物質の排出量、農業生産、土地利用などが計算される。



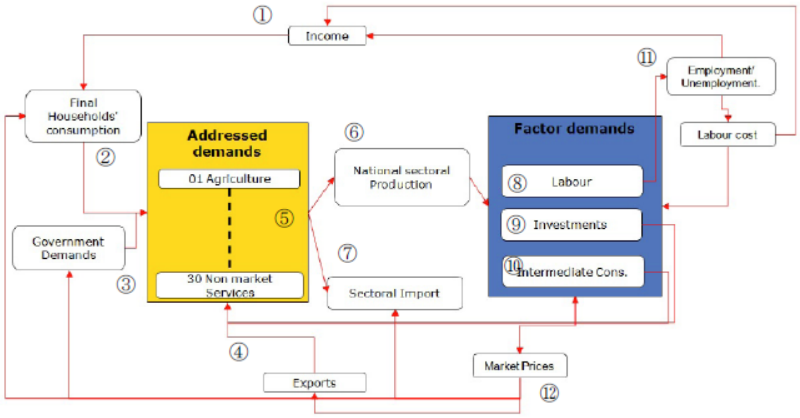
出所：“NEMESIS Reference Manual Part 1”, ERASME, 2010

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

NEMESISモデルの構造　※NEMESIS Reference Manual より整理

コア経済モデル（Core Economic Model）

- NEMESIS のコア経済モデルは基本的に、産業別の需要が産業別の供給を決定し、供給（生産）が生産投入要素の需要を決定する、というロジックになっている。
- コア経済モデルの中に、R&D投資の効果を推計するための定式化が組み込まれている。



出所：“NEMESIS Reference Manual”, ERASME, 2010

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

＜海外調査報告＞

NEMESISモデルの構造　※NEMESIS Reference Manual より整理

知識が与える効果のモデルへの導入方法

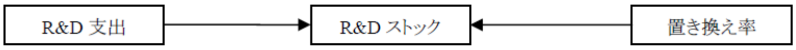
- NEMESISモデルでは知識が経済に与える効果を以下の3つに概念化してモデルに取り込んでいる。
  - ➢内生的技術進歩（Endogenous technical progress）
    - ・学習効果（熟練労働と非熟練労働の生産性の違いを考慮）
    - ・R&D支出がR&Dストックを形成し、それが生産性の向上に使用される
  - ➢知識スピルオーバー
    - ・国内のほかの部門間での知識の伝搬
    - ・公的研究部門のR&Dストックの伝搬
    - ・国際間のR&Dストックの伝搬
  - ➢イノベーション
    - ・プロセスイノベーション
    - ・プロダクトイノベーション
- また、供給サイド（生産関数）と需要サイド（要素需要関数）に知識ストック等の影響が考察されている。
  - ➢供給サイド：生産関数の中の「イノベーション・インデックス」として
  - ➢需要サイド：要素需要に対する市場スピルオーバーとして

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.　13

NEMESISモデルの構造　※NEMESIS Reference Manual より整理

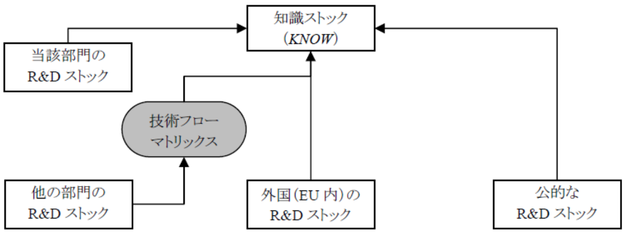
「知識ストック」と「知識スピルオーバー」の考え方

- 特定産業のR&Dストックは、一般的な資本ストックの推計と同様に、当該部門のR&D支出と一定の置き換え率によって決定される。



出所："NEMESIS Reference Manual", ERASME, 2010

- R&Dストックは当該部門のストック以外に、他部門のR&DストックやEU内他国のR&Dストック、公的なR&Dストックから形成され、自部門以外のR&Dストックの利用を「知識スピルオーバー」と呼ぶ。



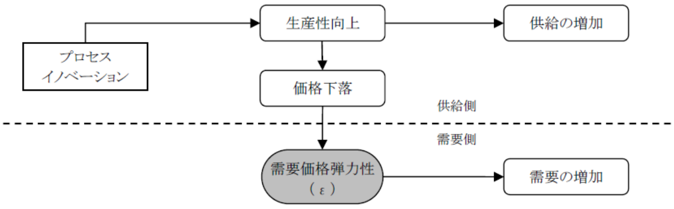
出所："NEMESIS Reference Manual", ERASME, 2010

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.　14

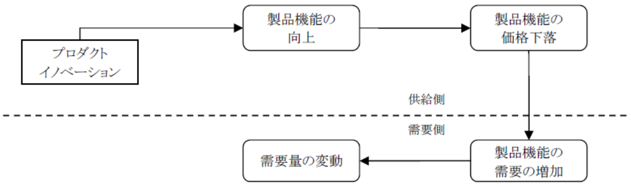
NEMESISモデルの構造　※NEMESIS Reference Manual より整理

「知識ストック」と「知識スピルオーバー」の考え方

- 知識ストックの増加（フロー）は当該産業部門に**プロセスイノベーションとプロダクトイノベーションをもたらす。**
  - ➢プロセスイノベーションは生産関数の投入要素の生産性向上を通じて供給の増加をもたらす。また、当該産業の生産物の価格の下落を通じて需要の増加をもたらす。



  - ➢プロダクトイノベーションは付加価値の向上をもたらし、従来の生産物に対して付加価値額での変動をもたらし、製品機能に対する需要の増加に繋がる供給の増加につながる。



出所：“NEMESIS Reference Manual”, ERASME, 2010

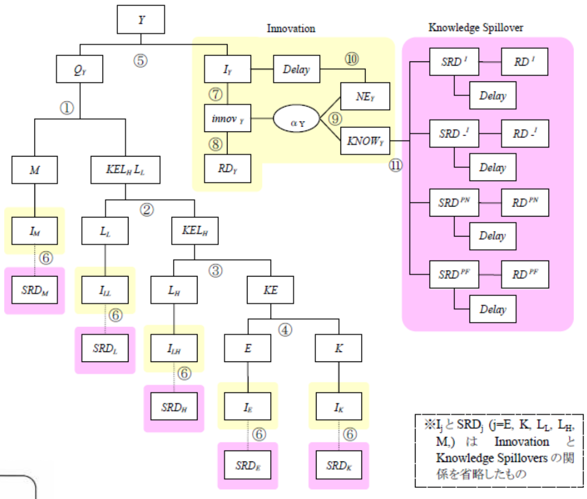
Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.　

MRI 株式会社 三菱総合研究所

NEMESISモデルの構造　※NEMESIS Reference Manual より整理

供給サイドの定式化

- 供給サイドには、右図のようなCES型生産関数を組み合わせた生産関数が組み込まれている。
- 潜在的生産は産出（Q）とイノベーションインデックス(I)の結合で示される点、また、産出(Q)についても、各生産要素（中間財、労働、資本、エネルギー）の中でイノベーション・インデックスが考慮されている点が特徴である。



※I_jとSRD$_j$ (j=E, K, L_L, L_H, M,) は Innovation と Knowledge Spillovers の関係を省略したもの

Y：潜在的生産	Q_Y：産出
M：中間財	L_L：非熟練労働
L_H：熟練労働	K：資本
E：エネルギー	innov：イノベーションのフロー
I_Y：プロダクトイノベーションの水準	KNOW：知識スピルオーバー
NE：R&D 困難性	RD：R&D 支出
SRD：R&D ストック	Delay：ラグ付き変数

考慮されている投入要素

①資本（Capital：K）　② 非熟練労働（Unskilled labor：LLS）

③熟練労働（Skilled labor：LHS）　④中間財（Materials：M）

⑤エネルギー（Energy：E）　⑥知識ストック（Knowledge）

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.　

NEMESISモデルの概要　※NEMESIS Reference Manual より整理

イノベーション・インデックスの定式化

- イノベーション・インデックスは1期前のインデックスに新しいイノベーション項（innov）を考慮したものとして表され、イノベーション項innovはR&D支出と知識ストックの関数、研究困難性インデックスで表現される。つまり、モデルではR&D支出を刺激するような政策はプロダクトイノベーションやプロセスイノベーションを通じて必ず各部門の成長のインパクトをもたらすように機能している。

$$I_{j,t} = I_{j,t-1} + innov_{j,t} \qquad (I.21)$$

$$innov_{j,t} = \alpha_{j,t} \cdot RD_{j,t} \qquad (I.22)$$

$$\alpha_{j,t} = \alpha_j \frac{KNOW_{j,t}}{NE_{j,t}} \qquad (I.23)$$

$$NE_{j,t} = (I_{j,t-1})^{\beta_j}$$

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

MRI 株式会社三菱総合研究所

NEMESISモデルの構造　※NEMESIS Reference Manual より整理

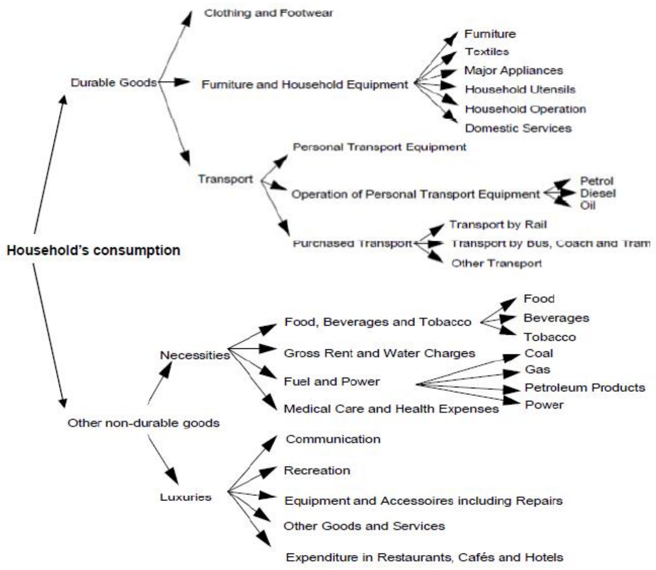
需要サイドの定式化

- NEMESIS モデルでは、財・サービスの需要はマクロレベルの家計消費支出を産業別に配分することで推計される。これには、モデル開発に先立って、計量経済学的アプローチを用いて最終消費を配分するためのパラメータを推計しておりその配分パラメータに従って産業部門別の需要量が決定されている。なお、推計には労働力人口比率や老齢人口比率が説明変数に使用され、中長期の人口動態が最終消費の水準と財・サービスの需要に及ぼす影響が考慮されている。
- これ以外に、政府支出が外生変数として操作可能な需要部分を決定している。特定の政策効果について計算しない限りは、グランドファーザー・ルールによって過去の予算配分比率を踏襲し、次の期の支出額に反映している。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

株式会社三菱総合研究所

NEMESISモデルの構造　※NEMESIS Reference Manual より整理



出所：I. Bracke and E. Meyermans. Specification and estimation of an allocation system for private consumption in Europe. Working-Paper 3-97, Federal Planning Bureau, Belgium., 1997

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

株式会社三菱総合研究所

現地インタビュー調査

現地インタビュー調査における調査項目

NEMESISモデルの位置づけや利用方法について	①NEMESISモデルの位置付け ②NEMESISモデルから得られるR&D投資の資金配分に対する示唆について ③モデルの構造や分析結果に関する研究者間でのコンセンサス形成について ④モデルの結果も活用した政策形成の実態について ⑤NEMESISモデルの活用の範囲について
NEMESISモデルの定式化や利用データについて	⑥R&D投資に関する定式化について ⑦陳腐化率とタイムラグの設定について ⑧生産関数の定式化について ⑨各種パラメータの設定手法について ⑩今後のモデルの改善の方向性について

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

＜海外調査報告＞

MRI 株式会社三菱総合研究所

ヒアリング対象者

（1）European Commission

対象者	・ Daniel DEYBE, Policy Officer, Directorate-General for Research ・ Henri DELANGHE, Policy Analyst, Directorate-General for Research
参加者	NISTEP藤田総括上席研究官、柿崎主任研究官、松本客員研究官、欧州連合日本政府代表部 仙波参事官　MRI 藤井
目的	・ ヒアリング対象であるDEYBE氏は、ECの研究総局においてDEMETERプロジェクトを担当された方である。 ・ NEMESISモデルによる評価結果の政策への適用やその評価について情報を収集することを目的としてヒアリング調査を実施した。

（2）Dr. Luc Soete （DEMETERプロジェクトにおける研究担当者）

対象者	・ Luc Soete, Rector Rector Magnificus Professor of International Economic Relations at the School of Business and Economics, Maastricht University and director of UNU-MERI
参加者	NISTEP藤田総括上席研究官、柿崎主任研究官、松本客員研究官、MRI 藤井
目的	・ Luc Soete教授はDEMETERプロジェクトにおける研究担当者の一人であり、イノベーション研究分野で著名な人物である ・ NEMESISモデルの学界内でのコンセンサス形成状況やEUの政策への適用に向けた方策等について情報収集することを目的にヒアリング調査を実施した。

（3）Centre Recherche SA Laboratoire Erasme（DEMETERプロジェクトのコーディネーター機関）

対象者	・ Paul ZAGAME, Project coordinator, Centre Recherche SA Laboratoire Erasme ・ Arnaud FOUGEYROLLAS, Researcher, Centre Recherche SA Laboratoire Erasme他4名
参加者	NISTEP赤池客員研究官、有賀客員研究官、藤田総括上席研究官、柿崎主任研究官、松本客員研究官 MRI 藤井
目的	・ 当該機関はDEMETERプロジェクトのコーディネーター機関であり、かつNEMESISモデルの開発主体である。 ・ NEMESISモデルの詳細な内容や課題点等に関して情報収集を行うことを目的にヒアリング調査を実施した。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

MRI 株式会社三菱総合研究所

①NEMESISモデルの位置付け

- 全てのEUの政策は、事前にその政策を実行した際の影響評価を行う必要があり、NEMESISモデルはこの事前影響評価手法の中の1つとして用いられている。
- 評価結果は、欧州議会への対応だけではなく、欧州市民とのコミュニケーションツールの1つとして活用される。また、EU加盟国間での政策調整のために利用されている。
- 政策への適用という観点からNEMESISモデルを活用する利点は次の通り。
  - EU加盟国の殆ど（27カ国）モデルの中でカバーしている点。
  - 広範囲の産業セクター（30部門）を網羅している点。
  - R&D投資の出資元と投資先を詳細に区別して分析可能な点。具体的には公的資金（EUの資金／加盟国政府の個別資金）と民間資金が分かれている。また、基礎研究と応用研究の分別もある。
- EUでは政策への適用という面から複数の経済モデルを開発しながら相互に検証を行っている。マクロ経済モデルであるNEMESIS以外の経済モデルとしては、動学的一般均衡モデルであるGEM-E3、Worldscan等が存在する。NEMESISモデルの分析結果を検証・補完する上で、本プロジェクトではGEM-E3が用いられている。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

＜海外調査報告＞

②NEMESISモデルから得られるR&D投資の資金配分に対する示唆について

- R&D投資の分野別の資金配分に関して、NEMESISモデルが適用できる範囲には限界がある。

これには以下の4つの理由がある。

- NEMESISモデル内で定義された産業セクター（30部門）とFPの中で資金配分を行う分野が必ずしも一致していないため。たとえばIT関係のR&D投資であれば、産業セクター30部門のうちどの部門に影響するかがわかりやすいが、農業関係のR&D投資は農業、エネルギー等の多分野にその影響が及び、かつその関係性が複雑であるため、評価が難しい。
- NEMESISモデルによって全体的な事前影響評価を行うが、FPでは競争的な条件に基づきプロジェクトを選定して資金配分を行っているため、詳細な資金配分を事前に想定し、評価することは不可能。
- 資金配分はGDPや雇用など経済的な側面だけではなく、社会的な側面や環境的な側面も併せて考慮する必要がある。その意味でもNEMESISモデルだけで分野別の配分を決めることは難しい。
- 分野別資金配分の検討に用いると、どの分野にいくら投資をすべきか、という分野間の競争になり、包括的な議論に目が向かなくなってしまう危惧がある。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

③モデルの構造や分析結果に関する研究者間でのコンセンサス形成について

- こうしたモデルを活用することについて、楽観的な経済学者もあるが、そうではない学者（批判的な学者）も存在する。そのため、こうしたモデルや推計結果について、経済学者を中心とした学術界の方々とどのようにコミュニケーションをとるかは重要なテーマである。

- NEMESISモデルの中に取り入れられている科学技術の外部性（ここでSoete,氏のいう「外部性」は、科学技術が市場を通さずに直接的に企業の生産性に影響したり、知識のスピルオーバーにより産業・地域を超えて効果が波及していくような現象等を指していると考えられる）に関しては研究者の間でも様々な議論が展開されている。

- しかしながら、科学技術の外部性を具体的にどのように定式化し、分析するかについては各研究者が独自の理論を構築しており、研究者間で「どの理論がよいか」という合意形成を図ることは難しい状況にある。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

MRI 株式会社 三菱総合研究所

④モデルの結果も活用した政策形成の実態について

- EUの政策決定プロセスとしては、NEMESISのようなモデルによる分析を含めた経済社会的影響評価を実施した上で、欧州委員会が政策案を作成する。その後、欧州議会、閣僚理事会において審議する。これらのプロセスに約2年を要している。この欧州議会に対して了承を得るというプロセスの中で、一般市民に対するアカウンタビリティも確保している。
- その後、政策の実施という段階に入るが、その後も政策がどのような影響を与えるかをモニタリングしていく。このモニタリング活動の重要性はバローゾ欧州委員長を含め、現担当委員が非常に強調しているものである。

- NEMESISモデルは、科学技術の研究開発に対する投資が経済にどのような効果をもたらすという立脚点に立って構築されたマクロモデルであり、R&D投資の部分の定式化をかなり詳細に行っている点で特徴的なモデルである。
- その対極にあるのが、金融経済政策の経済効果を分析するマクロモデルで、QUESTモデルはその1つである。
- ECECOFIN（Economic and Financial Affairs Council ）などの組織にはNEMESISモデルに対して批判的な目をもつ人もいる。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc. 25

MRI 株式会社 三菱総合研究所

⑤NEMESISモデルの活用の範囲について

- NEMESISは産業セクター別の分析が行えるという利点ため、その検証結果はさまざまな場面で活用されている。
- もう1つの特徴としては、NEMESISモデルはEU全域をカバーしていることが挙げられる。したがって、それぞれの国の動きが、他の地域にどのような影響を及ぼすかを把握・分析することが可能である（例えば、スペインでR&D費を大幅に削減したら、その他の地域はどうなるのか、ドイツが開発費を倍増したら、ほかはどのような影響を受けるのか、等）。また、FPのようなEU全域における政策が、各国にどのような影響を与えるのか詳細に分析を行っていくことにも関連するが、これらは今後取り組むべき課題だろう。
- 日本でモデルを作る際には国内の状況だけではなく、当然のことながら中国を筆頭とした近隣アジア諸国の状況も正確に把握し、その派生効果も考慮しなければならない。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc. 26

MRI 株式会社 三菱総合研究所

⑥R&D投資に関する定式化について

- R&D投資については、用途によって外生化・内生化両方を行うことが出来る。さまざまなケース設定がありうるが代表的な想定として以下の2つがある。
  - 外生的に与える場合：新リスボン戦略の中で2002年に決定されたバルセロナ目標（3%投資目標）に基づき、R&D投資の評価をした場合。ここでは、企業が自社の利益を最大化する努力を全くすることなく目標を達成するケースを設定。
  - 内生的に与える場合：企業が3%のR&Dを実現するよう自助努力するケースを設定。

⑦陳腐化率とタイムラグの設定について

- タイムラグは公共セクターで5年、民間セクターで3年と設定している。これは、マーストリヒト大学での研究成果を参照している。例えばある技術が引用される数の年次推移を見てみると、公共セクターでは特許が認められてから大体5年くらいでピークに達し、その後漸減する。
- （日本のモデルで検討しているような）部門ごとのタイムラグは設定していない。そうすると方程式の数が非常に増えてしまうため、取扱いが煩雑となってしまうからである。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

MRI 株式会社 三菱総合研究所

⑧生産関数の定式化について

- 現在はCES型関数という、こうしたマクロ経済モデルや一般均衡モデルで一般的に活用されている比較的簡易な関数形を使っている。この関数では投入要素（労働、資本、エネルギーなど）が代替的であるとの仮定がある。
- 過去にはトランスログ型関数などのより一般的な関数形も用いていた（トランスログでは投入要素が代替的であるか、補完的であるかを表現することができる）。
- しかし、扱っているモデルが大きくなり（方程式の数が増える等）、なるべくシンプルに分析を行うために現在のCES関数を使うようになった。また、CES型関数では異なる階層の代替性が違うことを表現できることも利点である。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

＜海外調査報告＞

MRI 株式会社 三菱総合研究所

⑨各種パラメータの設定手法について

- 計量経済学の研究成果に基づくパラメータ（統計学的に推定されたパラメータ）と補完的なキャリブレーションによって得られるパラメータ（統計学的には推定できないが、マクロモデル全体が現実をよく表すように、他の参照可能な調査結果から引用するパラメータ）から計算されている。
- ある調査ではその動機の60%は質に関するイノベーションであり、残り40%が生産性向上に関するイノベーションであった。この結果等を用いてキャリブレーションを行っている。
- 計量経済的な手法で推定したパラメータにより評価できるR&D投資の効果は限定されている。R&D投資の効果全体を推定するためには、様々なパラメータを設定する必要があるが、それらの多くは計量経済学的な手法では推定できない。そうしたパラメータを推定するために、キャリブレーション手法を利用している。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

MRI 株式会社 三菱総合研究所

⑩今後のモデルの改善の方向性について

- R&D、知識スピルオーバー、無形資産、ICT活用など、知識と経済活動の関係性について、今あるモデルを更に精緻化していくことが必要であると考えている。DEMETERプロジェクトが終わった後の後継プロジェクトも決まっている。
- モデルの前提となる雇用構造がどのように変化していくか、農業や土地利用がどのように変わっていくか。これは技術的なイノベーションと密接に関係してくる。これもEUのプロジェクトで進めて行く予定。
- 非常に高い目標ではあるが、あらゆる構造的な政策を評価する上で、NEMESISモデルを標準的なモデルとしていくことが1つの目標である。R&Dだけではなく教育政策、農業政策、通商政策、税政策など様々な方面への応用が考えられる。NEMESISモデルとGEM-E3モデルでは違う性格を持っているために異なる結果が出る可能性があるが、政策決定サイドにとっては異なるシミュレーション結果を見て、総合的な判断材料とすることができる。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

参考：GEM-E3モデルの概要

NEMESISモデルと同様に科学技術投資の経済効果を計測するためのモデルとしてGEM-E3モデルが併用されている。本モデルについては今後より詳細な調査が必要

- GEM-E3
  - ・GEM-E3は、経済とエネルギーシステム及び環境との相互作用を対象にした動学的応用一般均衡モデルである、特に温室効果ガス排出削減政策の評価のために設計されたもので、モデルとしてはワルラス均衡の下での財・サービスの均衡価格と生産要素（労働、資本）の均衡を計算するとともにエネルギーの需要/供給及び排出/削減の最適なバランスを決定するものである。
  - ・このGEM-E3は37の地域と24のEU加盟国を表すモデルで、これらは二国間貿易を介してリンクされる。分野としては26の生産部門をカバーしている。
  - ・GEM-E3には、GEM-E3 EuropeとGEM-E3 World世界の2つのバージョンがあるが、これらは地理と分野の範囲が異なるものの、同じ仕様のモデルとなっている。（GEM-E3 EuropeはEUROSTATのデータに基づいている一方で、GEM-E3 WorldはGTAP7のデータベース（2004年基準）に基づく。）

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

GEM-E3モデルとNEMESISモデルの比較

表　GEM E3とNEMESISの比較

	タイプ	動学性	対象地域	対象セクター	生産関数	消費関数	貿易	期間
GEM-E3	計算可能な一般均衡モデル(CGE)	逐次動学型	EU27ヶ国(各国個別)、ANNEX 1、他の世界全体	経済を25のセクターに分割(うち9つはエネルギー製造産業)	Nested-CES	LES(13の消費カテゴリーで定式化)、耐久財と非耐久財で別個にモデリング	全ての地域と結合した内生的2国間貿易	2004-2030年まで5年ごと
NEMESIS	計量モデル	逐次動学型	EU27ヶ国(各国個別)	30の生産セクター	Nested-CES	AIDSシステム、耐久財と非耐久財で別個にモデリング	各EU27ヶ国が全てのEU内他国及び他の世界全体と貿易をする。2国間貿易は考慮しない	2000-2025年まで1年ごと

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

NISTEP NOTE（政策のための科学） No.2

研究開発投資の経済効果分析と
その政策立案への応用に関する検討会
（開催結果）

2012 年 7 月

文部科学省　科学技術政策研究所
第 3 調査研究グループ

〒100-0013
東京都千代田区霞が関 3-2-2 中央合同庁舎第 7 号館 東館 16 階
TEL:03-3581-2419 FAX:03-3503-3996