

研究開発投資の経済的効果の評価
(国際シンポジウム開催結果)

2013年11月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所

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.6

The result of the International Symposium on Assessing the Economic Impacts of Public R&D

November 2013

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及び三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社への2012年度の委託により得られた結果を、科学技術・学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的効果の評価(国際シンポジウム開催結果)

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 第3 調査研究グループ

要旨

当研究所では、文部科学省の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」推進事業の下で、マクロ経済モデルにより研究開発投資の経済的効果を分析し、その分析結果を政策立案へ応用していくための調査研究を実施している。

その調査研究の一環として、2013 年 3 月に、EU や OECD において研究開発投資の経済効果分析及びその政策への適用等に携わる実務者を招聘し、国際ワークショップ「研究開発投資の経済効果測定モデルの政策適用に向けて」及び国際シンポジウム「研究開発投資の経済的効果の評価」を開催し、研究開発投資の経済的効果の測定手法や政策への活用手法に対する理解を深める機会とした。

The result of the International Symposium on Assessing the Economic Impacts of Public R&D 3rd Policy-Oriented Research Group, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT ABSTRACT

As part of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) of “Science for RE-designing Science, Technology and Innovation Policy(SciREX)” project, NISTEP has been conducting macroeconomic analysis of the impact of research and development (R&D) investments to support related policymaking.

On March 2013, NISTEP was holding international symposium and workshop in the presences of experts conducting similar/related R&D economic impact analyses to support policy formulation in the EU and OECD in order to provide the participants with deeper understanding of case examples for R&D economic impact analysis and their essential contribution to effective policymaking.

目 次

1. 序文・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

2. 国際シンポジウム「研究開発投資の経済的効果の評価」開催結果・・・・・・・・・・ 2

付録 1 国際ワークショップ「研究開発投資の経済効果測定モデルの政策適用に向けて」
開催結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 63

付録 2 今後のマクロ経済モデル改良の方向性の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 81

1. 序文

当研究所では、公的な研究開発投資の経済的効果の測定手法や政策への活用法に対する理解を深めることを目的として、国際シンポジウム「研究開発投資の経済的効果の評価」を開催し、研究開発投資の効果測定に関する世界の動向、EUにおけるマクロ経済モデルの政策形成への適用、日本における研究開発投資の効果分析のためのマクロ経済モデル等に関するプレゼンテーションを行った。登壇者及び関係者を除き69名の大学関係者、行政の関連研究機関、大使館関係者等の参加があった。

本報告書は、上記シンポジウムでのプレゼンテーションをもとに、概要を取りまとめたものである。

2. 国際シンポジウム「研究開発投資の経済的効果の評価」開催結果

(1)開催概要

日時:2013年3月22日(金)13:00~17:00

会場:株式会社三菱総合研究所 4階 大会議室

プログラム:

1. 開会挨拶 桑原輝隆(文部科学省 科学技術政策研究所長¹)

2. プレゼンテーションセッション

(1)研究開発投資の効果測定に関する世界の動向

Dr. Fernando Galindo-Rueda (Senior Economist in the Science, Technology and Industry, Directorate of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD))

(2)EUにおけるマクロ経済モデルの政策形成への適用について

Dr. Daniel Deybe (Policy Officer, European Commission)

(3)日本における研究開発投資の効果分析のためのマクロ経済モデル

永田晃也教授(文部科学省科学技術政策研究所 客員研究官、九州大学大学院経済学研究院教授)

< 休憩 >

3. パネルディスカッション

「これからの研究開発投資の効果分析に向けた展望」

モデレータ:大橋弘教授(東京大学大学院 経済学研究科教授)

パネリスト:Dr. Fernando Galindo-Rueda

Dr. Daniel Deybe

永田晃也教授

4. 閉会挨拶 伊藤宗太郎(文部科学省 科学技術政策研究所 総務研究官)

¹ 科学技術政策研究所は、2013年7月に科学技術・学術政策研究所に改組されたが、シンポジウムの開催が2013年3月であるため、断りが無い限り、報告書中では「科学技術政策研究所」としている。

(2) 研究開発投資の効果測定に関する世界の動向

Dr. Fernando Galindo-Rueda (Senior Economist in the Science, Technology and Industry, Directorate of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD))

1) 概要(日本文)

OECDやその他の国々において、エビデンスに基づいた政策形成、及び全ての人々に便益をもたらすイノベーションを支援する知的な仕組みを構築するための取り組みが複数進められている。OECDのイノベーション戦略では、政策の事前・事後評価の実装に向けて更に努力することが求められている。評価とインパクトのアセスメントは、標準的なROAMEFサイクル²などの、エビデンスに基づいた政策形成サイクルの構成要素である。インパクトのアセスメントでは、妥当な手法の実装、データ基盤、適切な統治機構を結びつけることが求められる。

科学技術・イノベーション政策のアセスメントは、他の政策分野と比較して、特に困難なものである。科学技術・イノベーション政策の最終的な結果は、広範囲に広がり、計測可能なアウトカムが実現するまでに長い期間を要する場合が多い。反事実的条件との比較によるインパクトの原因検討では、広範囲な経験的文献または概念的文献から導き出したエビデンスに基づく仮定、描出が求められる。この理由から、政策・施策の適切な段階において関心が高まっているアウトカムを実証的に評価することに注力することは重要である。アウトカムの測定は、予期しない効果、追加性・転移の不足を含め、起こり得るアウトカムについて広範に注意を払い、インパクトが起こり得るタイミング、知識が広がる過程に合わせて実施する必要がある。インプットを総合的に測定することは必要であるが、インパクトの測定を助けるデータ基盤としては不十分である。アウトカムは、関係する人々についても考慮する必要がある。アウトプットの要因となったインプットに関する推論を導けるようになるために、調査研究は、意思決定者(例:科学技術・イノベーションの意思決定を行う企業・個人)のレベルで用いるデータと結びつくよう、適切に設計することが求められる。この作業プログラムの一環として、OECDは、イノベーションに関するインプットとアウトプットのリンケージ分析、関係性の研究を支援するために、様々な計測枠組を横断的に結びつけることに取り組んでいる。引用関係に加えて、人の異動及びその他の新しいタイプの記録がインパクトの追跡に重要な役割を果たすはずである。

インパクトに関する問題に取り組むための方法論的ツールとして、還元的または構造的なアプローチを用いたツールが多数存在する。完全で直接的なアセスメントを行うことが難しい場合には、既存文献のメタ分析を行うことで、インパクトアセスメントで用いるパラメータを較正することができる。方法論上の問題のうち幾つかは、波及効果を計測するための「既成」の係数の信頼性や関心のあるアセスメントへの適用性に影響を与えている。科学技術・イノベーションにおけるマクロ経済モデルは未だ開発の初期段階であり、科学技術・イノベーションのデータの幾つかが有する非常に永続的な性質のために事後的にモデルのパフォーマンスを検証する難しさを含めた多くの要因から、その開発の一部は慎重に進められている。それにも関わらず、マクロモデルは、結論に影響する基本的な仮定を簡潔に説明したり、目立った現象を把握するためにその仮定が正しいことを説明したりする場合に限れば、大変有用である。モデルは誤用された

² Rationale(理由づけ), Objective setting(目的の設定), Appraisal(事前評価), Monitoring of implementation(実施状況のモニタリング), Evaluation(事後評価), Feedback(反映)から構成されるサイクル

り、モデルの結果が予測に対する誤った安心感を与えるような形で伝えられたり、仮定を正当化することの難しさを分かりにくくするために用いられたりする、というリスクが存在する。他の政策分野では、適切なガバナンスフレームワークの下で、マクロモデルを使うことにより、重要な政策に関する議論を促す契機となった事例がある。

現在、OECD では、世界的な科学技術・イノベーションのダイナミクスや政策の役割を理解するための国際協調的な取組を支える、最新のデータと分析基盤の導入の妨げとなる課題への取組に焦点を当てている。この取組の内容は、主に、計測標準の改善を目的に提案された新たな指標・複数国間の分析のための革新的なアプローチがもたらす利益を示すこと、そして科学技術・イノベーションにおいてエビデンスとして検討すべき課題に関わる全ての関係者の間で経験知の交換を促すことである。科学技術・イノベーションの意思決定者の間で分析・評価に取り組む文化を醸成することは、堅実な方法でインパクトアセスメントを行うことに努力が向けられ、全ての人々にとって科学技術・イノベーションの有効性や有用性が高まることを、より確かにするための基礎である。

2)概要(英文)

There are several initiatives across OECD and other countries to establish intelligence systems aimed at supporting evidence-based policy making in science and innovation for the benefit of the population at large. The OECD Innovation Strategy called for increased efforts to implement ex-ante and ex-post policy evaluation. Evaluation and impact assessment are components of the evidence-based policy making cycle, as exemplified by the standard ROAMEF (Rationale, Objective setting, Appraisal, Monitoring of implementation, Evaluation, Feedback) cycle. Impact assessment requires the joined-up implementation of appropriate methodologies, data infrastructures and suitable governance mechanisms.

STI policy impact assessment is, compared to other policy areas, particularly challenging. The ultimate consequences of STI policies can be highly diffused and will often take long time to materialise into measurable outcomes. Attributing impacts through comparisons with counterfactuals requires assumptions and drawing on evidence from a wide body of empirical and conceptual literature. For this reason, it is important to focus efforts to carry out empirical assessment on the relevant outcomes of interest at the appropriate stages of a programme or policy. Measurement needs to be aligned to the likely timing of impacts and the process of knowledge diffusion, paying attention to the wide range of possible relevant outcomes, including unintended effects, lack of additionality and displacement. A comprehensive measurement of inputs is a necessary but not sufficient condition for a data infrastructure to support impact assessment. Outcomes also need to be considered across the relevant populations. In order to be in a position to draw inferences on the causal effect of inputs on outputs, appropriate research designs will also be required, linking data at the level of the decision making units, e.g. the firms or the individuals who make S&I decisions.

As part of its programme of work, the OECD is making an effort to link data across different measurement frameworks, to support the analysis of linkages and the study of the relationship between innovation inputs and outputs. In addition to citation linkages, human mobility and other novel types of

records should also play a key role in tracking impacts.

There are a number of methodological tools to address impact questions, using reduced-form or structural approaches. Meta-analysis of existing literature can provide relevant calibration parameters to use in impact assessment when a full direct assessment is not possible. Several methodological problems impact on the reliability of some “off-the-shelf” spillover coefficients and their applicability to the assessments of interest. Macroeconomic modeling in STI is still in early stages of development, partly held back by a number of factors, including difficulties in verifying the performance of the models on an ex-post basis given the highly persistent nature of some of the STI data. Macro models can nonetheless be particularly useful for illustrative purposes as long as the fundamental assumptions driving the results can be succinctly explained and justified to capture the more salient phenomena. There is a risk that these models may be misused or its outputs misreported to create a false sense of security in projections or are used to obfuscate hard to justify assumptions. There are examples in other policy areas where the use of macro models, within an appropriate governance framework, has been instrumental in driving forward important policy discussions.

From an OECD perspective, the current focus is on addressing the challenges that prevent the adoption of state-of-the-art data and analysis infrastructures that support internationally coordinated efforts to understand global STI dynamics and the role of policies. This is mainly done by demonstrating the benefits of innovative approaches for new indicators and multi-country analysis, proposed improved measurement standards and facilitating the exchange of experiences across all parties involved in the STI evidence agenda. Building a culture of analysis and evaluation among STI decision makers is fundamental for ensuring that the efforts being made in carrying out impact assessments in a robust way can help improve their effectiveness and usefulness for the population at large.

(3) EUにおけるマクロ経済モデルの政策形成への適用

Dr. Daniel Deybe (Policy Officer, European Commission)

1) 概要(日本文)

EU では、全ての政策において複数の案を策定し、それらの優位性を事前に比較することを求められている。ここでいう効果検証とは、継続的に実施される現政策による将来的な効果をみるというだけでなく、複数の政策候補について効果を認識した上で比較を行い、政策立案者が、客観的な評価に基づき最良の政策立案にたどりつけるようにすることである。この過程は、事前効果検証と呼ばれ、EU 内の政策決定の際には必ず行うこととされている。また、政策の実施後には、事後評価を行う必要がある。また、欧州委員会のメンバー数名が含まれる効果検証委員会(The Impact Assessment Board)が各効果検証を分析し、検証の質について客観的な評価を実施する。検証委員会は、様々な効果検証の質についての報告を毎年行っているが、これらの報告では、ほとんどの効果検証で、社会的影響や環境への影響の検証が不十分であると指摘されている。中には、経済的効果についての考察も不十分と評価されている事例もある。

欧州委員会が提案するEUの研究・イノベーション分野における投資計画「Horizon2020」も、こうした政策評価の対象となっている。ヨーロッパの研究開発関連の政策と研究体制は、日本のものとは大きく異なっており、ヨーロッパの研究体制は27カ国の研究体制の集合体であり、各国の体制を横断する形で研究に取り組んでいる。幾つかの国では、地域レベルで研究開発政策が決定されている。この投資計画「Horizon2020」では、2014年から2020年の間にEU内で行われる研究開発に対して800億ユーロの資金援助を行うことを提案している。この投資は、構造政策など他の政策とともに実施されることが期待されている。すなわち、新興国が先進国に追いつくことを目的に、特定地域の特定分野への投資を奨励している。この欧州委員会の提案は、持続可能で包括的な成長戦略であるEurope 2020 Strategyと足並みを揃えたものであり、研究・イノベーションは、雇用創出による堅実な成長にとって重要な要素と考えられている。Horizon 2020は、世界の研究技術イノベーション分野におけるEUの地位を高めることを目指す「研究技術開発枠組み: Framework Programme (FP)」の1つとなっている。

この計画の効果を検証するために、EUではNEMESISモデルを利用している。NEMESISモデルは、研究開発投資の経済効果を計測するためのマクロ経済モデルである。このモデルは、欧州諸国を含むモジュラー式のモデルとなっており、各国それぞれにコア経済モジュールをあてはめ、それを他の詳細なモジュール(例としてエネルギーモジュールと環境モジュール、他に農業モジュールと土地利用モジュール等がある)と連結することが可能である。

他のモデルと比較したNEMESISの利点は、パラメータが計量経済的に推定されるものであり、経済システムに大きな変化があるたびに、パラメータを最新のものに変更できる点にある。そのため、NEMESISには、最新の状況を取り入れること、そして、イノベーション特有の様々なメカニズムを表現できること(この点は、特に革新的なイノベーションの検証に有用と考えられる)が可能であり、それは条件の最適化を厳密に行わなくても構わない形となっている。NEMESISのコア経済モジュールは30部門を表現する約5万6千個の数式から成り立っているが、部門によっては、コア経済モジュール以外のサブモジュールを追加することで、より詳細に表現することも可能である。部門間や国間の相互作用は、物品やサービスの交換を反映した行列や、知的成果物が間接的に与える効果といった形でNEMESISにおいて考慮されている。

そのため、ある分野で R&I(研究・イノベーション)が行われていなかったとしても、(部門間の相互作用を通じて)当該分野にイノベーションが生じる可能性があることも考慮していることになる。また、モデルは、R&I の投資を行っていない国でも、(国間の相互作用を通じて)当該国にイノベーションが起こり得る可能性を表現できる。

また、NEMESIS において、各部門における知識ストックをどう測定するかが非常に重要な部分となるが、それらは、各国の各部門で用いられている論文、特許の情報により測定される。部門・国間での波及効果は、技術の移動(特許により計測)や取引を分析することにより把握できる。そのため、知識ストックは、国・部門の双方で研究開発が行われている時に増え、それらは、研究開発支出や各部門の衰退に依存している。

このモデルを用いて、「FP を継続した場合」「FP を中止した場合」「Horizon2020 を実施した場合」の誘発雇用等の分析を行い、Horizon2020 を実施した場合の方が EU 内の経済成長が上回ることが分かった。この結果は、欧州委員会が Horizon2020 の提案を押し進めることを正当化している。また、国家当局は、長期的には経済成長にとっても強い効果をもたらす研究開発予算を削減しがちであるが、NEMESIS の分析結果により、継続的な研究開発投資が成長を誘発するので、欧州は多くの雇用を生み出す研究開発投資を削減するべきではないこと、また研究開発投資は短期的にも雇用を生み出すことが示される。

NEMESIS による研究政策の効果検証の今後の課題としては、「資金のセクター間配分の変化の反映」「社会的な効果や環境への影響の考慮」「データの入手可能性」が挙げられる。

2)概要(英文)

In the EU, for any policy making, an assessment of potential impacts of different policy options and comparison of their advantages are called for. Impact assessment implies that there is a need to identify not only the impact of continuing current policies in the future but also to present multiple options for which needed is to identify what could be the impact and compare among the options so that policy makers make their decision based on an objective assessment. This process is called ex-ante impact assessment and any policy in the EU must undergo this process. After the implementation of the policy there must be an ex-post evaluation. The Impact Assessment Board, which includes several members of the Commission, analyzes each impact assessment and provides an objective assessment of the quality of the impact assessment. The Board issues every year a report on the quality of the different documents. The analysis of these reports shows that in many cases the social and environmental impacts are not sufficiently addressed in the impact assessments, and in some cases the economic impacts are not sufficiently explored.

The Commission's proposal Horizon 2020 – the future Framework Programme to strengthen the EU global position in research, innovation and technology -also must go through this assessment process. Research and development policy and the research system in Europe are very different from the Japanese ones. In the EU the research system is composed of EU 27 national research systems and some cross border operations. In several countries the R&D policy is decided at the regional level. The Commission's proposal in Horizon 2020 requests a budget of 80 billion euros for the period of 2014-2020. This investment is expected to be accompanied by other types of policies like structure policies. This may mean

fostering investment in some specific areas in some specific regions so that they can catch up in the future. The Commission's proposal is aligned with the Europe 2020 Strategy, the strategy for smart, sustainable, and inclusive growth. Research and innovation is an important component for smart growth, responding to the need to create more jobs and growth. Horizon 2020 – the name of the future Framework Programme – also seeks to strengthen the EU global position in research, innovation, and technology.

For assessing impact of Horizon 2020, the Commission uses the model called NEMESIS, which is a macro-economic model to simulate economic impacts of research and development. This is a modular macro-econometric system in which European countries are included. For each country there is one main economic module which can be linked to other more detailed modules; as for example the one tackling energy and the environment or the one on agriculture and land use.

One of the advantages of NEMESIS - when comparing with other models - is that the parameters are econometrically estimated and thus they can be updated whenever there are important changes in the economic systems. Therefore new trends can be included in Nemesis as well as alternative mechanisms of innovation – this is especially interesting for radical innovation – which are not constrained by strict optimization conditions. The main module of NEMESIS includes around 56 thousand equations for 30 sectors. Some of the sectors are described in more detail in additional modules outside the core model. Interactions between the sectors and between the countries are modeled in NEMESIS through matrixes reflecting of exchanges of goods and services but also by knowledge spillovers. Thus innovation can take place in some sectors even without R&I in the sector. Also, the model reflects the possibility of one country to innovate, even without investment in R&I.

Knowledge stocks in the sectors are important factors in NEMESIS. They are determined using information on publications and patents in each sector in each country. Spill overs between sectors and countries are identified by analysis technology flows (estimated on the basis of patent data) and trade flows. Thus, knowledge stocks increase when there is research and development both in the sector and in other countries, which depends on R&D expenditures in research and decadence in the sector.

Analyzing by the NEMESIS model with the following three options, “continuation of FP7”, “discontinuation of FP7”, and “the proposal for Horizon 2020”, concluded was that the economic impacts in the EU by “the proposal for Horizon 2020” transcends the other options, and this justifies that the Commission put forward the proposal for Horizon 2020. National authorities tend to reduce research funding which, in the long term, would affect very strongly the growth potential. The results by the NEMESIS indicates that continued investing in research will induce growth and thus Europe should not reduce research funding, which creates many jobs, and this is important, and it even creates jobs in the short term.

Future challenges on the assessment of potential impacts of research policies by the NEMESIS are 1) a more detailed level of analysis in terms of research funding allocation among sectors, 2) more attention to the identification of social and environmental impacts, and 3) data availability.

(4) 日本における研究開発投資の効果分析のためのマクロ経済モデル

永田晃也教授（文部科学省科学技術政策研究所 客員研究官、九州大学大学院 経済学研究院 教授）

まず、大変興味深いご講演をいただきましたお二人に厚くお礼を申し上げたいと思います。今後の科学技術政策研究において、研究開発投資の経済効果に関するプロジェクトを進める上で、非常に大きなヒントを与えていただいたと思っております。今、私の紹介をしていただく際に、所属する大学名があげられ、かつ日本における取組の概要を公表するというご案内いただきましたけれども、私がここで発表いたしますのは、もっぱら文部科学省科学技術政策研究所の客員研究官として、「科学技術イノベーション政策のための科学」の一環として進められているプロジェクトに参画することによって得られた中間的な成果だと、ご理解いただきたいと思っております。そのようなスタンスをとる背景について、説明をしておきたいと思っております。

桑原所長の冒頭のご挨拶の中でも示されましたように、現在、「政策のための科学」のプロジェクトといたしまして、科学技術政策研究所の中では基盤的なデータベースの作成と、いわゆる政策対応型の調査研究が大きな柱として進められているわけであります。この政策対応型の調査研究を構成するテーマは、これから私が報告するマクロモデルを使った研究開発投資の経済的評価だけではなく、例えば、マイクロデータを使った詳細な産業別 TFP の計測とか、先ほどのご講演の中でも提案として挙げていただきましたけれども、研究開発費を SNA の中に投資として位置付けていくためのフィージビリティを検討するプロジェクトなどがあり、あるいはインタングブルアセットの評価をどのような観点から行うのか、といったテーマも進められているわけであります。「政策のための科学」関連プロジェクトの全体は、これらさまざまなアプローチを総合して一つの体系をなしているわけでありますから、今日私がこれから報告する内容は、そのほんの一端を占めるものです。

特に、私が参加しているプロジェクトの中で問われている問題は、一言で申せば『研究開発費が経済成長にどのような影響をおよぼすのか』という問い方自体に意味があるのかどうか』という見直しと、もしその問い方自体に意味があるのなら、マクロ的なアプローチはその問いにどう対応していけるのだろうか、という問題について検討を深めていくことだろうと思っております。科学技術政策研究所は、政府の科学技術イノベーション政策の立案に際して様々な問題を投げかけられることがあります。その一つが、これは伝統的な問題といてよいと思いますが、政府の研究開発投資は、経済成長にどの程度寄与しているのか、という問題であります。これは科学技術関係予算の規模を決定するための財政当局との協議や、さまざまな関係部局間での協議において、常に重要なアジェンダの一つとされてきたわけです。これに対して、マクロ経済分析の中で、形成されてきた方法が、どのように応えられるのかということが我々のプロジェクトで問われてきた問題であり、私の発表は、この問題に対する政策研での取り組みの成果に限って報告するものです。このスライド(P51、スライド中 2 頁)に示したメンバーは、科学技術政策研究所の第3調査研究グループの担当メンバーです。私は客員研究官としてこのプロジェクトに関与し、協力しているという立場でありまして、今日は、このグループとしての中間的な成果について報告したいと思っております。

さて、こちらのスライド(P52、スライド中 3 頁)にはこれから申し上げる課題に関連する先行研究の一部

を挙げております。ただ、これは直近の先行研究まで包括的に示したのではなく、科学技術政策研究所がこの課題への取り組みに着手した最初期の時点で、研究開発投資の経済効果を計測するためのアプローチが、どういうレベルにあったのか、ということを示したものです。たとえば、その中では政府の研究開発投資が直接経済成長に寄与するという効果ではなく、むしろ民間企業への委託研究開発が民間部門の研究開発投資を誘発する、という間接的な効果に着目した研究が、かなり早い時期すなわち1980年代には行われておりましたし、それから、これも先ほどのお話にありましたが、ポジティブな効果だけではなくて、政府の研究開発投資が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という効果についてのケーススタディなども行われていたわけです。日本でもこうした論点に関連する若干の計測例が提示されはじめたのが80年代でした。また、政府の研究開発投資というフレームではありませんが、基礎研究が経済成長とどのように関連しているのか、といった視点からの研究も行われていました。

こうした問題意識に基づく若干の先行研究があるという状況の下で、科学技術政策研究所は、政府の政策立案に資するマクロモデルの開発に取り組むため、90年代の前半にプロジェクトを立ち上げました。1996年に第一期の科学技術基本計画が策定された時には、今後5年間にわたる科学技術関係経費の総額を17兆円にするという政策目標が掲げられたわけですが、この17兆円が経済成長に対してどのような寄与を果たしうるのかという問いかけに対して、開発されたモデルのプロトタイプはシミュレーションの結果を提示する際のツールとして活用されることになったわけです。第一期科学技術基本計画が策定される前の90年代初めには、科学技術政策大綱という政策の指針が打ち出されており、そこでは、できるだけ早期に政府の研究開発投資を倍増させるという政策目標が謳われていました。倍増を目標とするからには、当然その経済的なインパクトの大きさが問われるという議論が背景にあったと記憶しています。この要請に応えるために、モデルのプロトタイプを90年代半ばまでに開発しました。私は当時、科学技術政策研究所の主任研究官という職に就いておりまして、そのプロトタイプの開発に当たりました。その後このモデルについては方程式を拡張する取り組みが行われ、データのアップデートなども図られましたが、最近では2010年度に、推定期間を延長してパラメータの大幅な更新を行った上で、収束計算できるモデルであることを確認しています。

このモデルは、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、そして研究開発ブロックという5つのブロックで構成されています。NEMESISのように大規模な多部門化したモデルではありません。あくまでもマクロな経済変数間の関係を記述する基本構造のみのモデルですから、モデルの規模としては34本の同時方程式からなる小規模なものです。支出ブロックにはケインジアンモデルを含む標準的なタイプになっており、また生産ブロックにはコブ=ダグラス型の生産関数が組み込まれています。計測期間は、このプロトタイプの段階では70年代前半から94ないし95年まででしたが、最近の更新作業によって、2008年まで推定期間が延長されています。このモデルの最大の特徴は、研究開発ブロックが組み込まれていることです。ここで推定された知識ストックの変数が、生産関数のシフトパラメータとして導入される、というのがこのモデルの基本構造です。

知識ストックについては、先ほどのご講演の中でも若干言及されましたが、ここでも簡単に触れておきます。基本的に知識ストックの変数は、研究開発費のデータに基づいて計測されています。こちらの式(P53、スライド中5頁)にありますように、知識ストックは、今期の知識フローと、知識というものは常に陳腐化するので陳腐化率を考慮した前期の知識ストックを合計するという形で計算されているわけです。この際、今

期の知識フローには研究開発のタイムラグを考慮して、数年前に支出された研究開発費のデータを使うという構造になっています。なお、このような分析自体は 1980 年代に Griliches や Mansfield といった研究者によって行われていたものであり、その意味ではかなり確立された手法であったといえます。ただ、このモデルの中では、特に政府の研究開発投資が形成する知識ストックの効果を評価するために、研究開発ブロックの中で推計される知識ストックを、民間部門と公的部門、そして技術輸入によって使用される導入知識ストックの 3 つのセクターに分割するということを行っています。

また、このモデルの中では知識ストックが他の変数と相互作用するプロセスについてもいくつかのパスを考慮しています。第 1 に民間部門の知識ストックが事業化に結び付けられる過程で、民間企業の設備投資を誘発するというプロセス、第 2 に公的知識ストックが民間部門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というプロセス、第 3 に民間知識ストックと公的知識ストックが産業の国際競争力を高めて輸出を増加させるプロセスです。このような間接的な知識ストックの効果を、直接生産関数のパラメータとして利用する以外に考慮しているという点が、一つの特徴となっています。この知識ストックを推定する際の前提条件は、今申しましたように、研究開発の期間つまりタイムラグと、知識が陳腐化していくスピードを表すいわゆる陳腐化率という指標によって与えられるわけです。公的部門と民間部門とでは研究開発プロジェクトの性格が異なるため、こうした指標は当然部門ごとに異なるものと想定されます。このような指標を得るための手法について、ここで詳細を説明することは避けませんが、基本的には科学技術政策研究所が 99 年に実施した調査データに基づいて、研究開発ラグ、陳腐化率等のデータを民間部門、公的部門と海外技術導入分のそれぞれに対して設定しています (P53、スライド中 6 頁)。

モデルの基本的なフローをこちらに示してあります (P54、スライド中 7 頁)。支出ブロックには SNA の支出項目が記述されています。この中で例えば、民間設備投資が GDP の構成要素になっているわけですが、そのうちの一定額が民間企業における研究開発の有形固定資産購入費に割り当てられていき、一方では民間企業の研究開発において研究者等を雇用する際に支出される人件費が民間最終消費支出の変数から説明され、これらの支出項目からなる研究開発費の合計から先ほど申しました手続きに従って、民間部門の知識ストックを計測する、という構造になっています。公的部門の研究開発については、シミュレーションツールとしてモデルを使うことを考慮して、それぞれ有形固定資産購入費や人件費は外生的に与えることにしています。研究開発費に基づいて計測された知識ストックの合計が、生産ブロックに含まれる生産関数の説明変数の一つとして導入されていくという構造になっています。この生産関数のパラメータによって潜在 GDP が計測されますが、この潜在 GDP と実質 GDP のギャップを調整するプロセスを通じて、次期の支出が左右されていくという循環構造になっています。

さて、このモデルのシミュレーション結果は、第一期基本計画の策定に資するものとして実際に使われましたが、その後、大幅な改訂を行う機会はありませんでした。近年、「政策のための科学」というプログラムが推進される中であって、その一環としてマクロな経済効果を評価するためのモデルの改訂を目的とする作業が進められてきたわけです。個人的な話になりますが、私が科学技術政策研究所においてこのモデルの開発を担当したのは、もともとのバックグラウンドが経済学だったからです。しかし現在の主な専門分野はイノベーションマネジメントに関する戦略論や組織論であって、マクロ経済分析を専門にしているわけではないのです。しかし私が自ら手掛けたモデルの改良に現在、科学技術政策研究所で関与しているのは、科学技術政策研究所から転出した後も、政策立案を支援するツールに対する行政部門のニ

ーズに接する機会が少なからずあったので、そうした行政側のニーズを汲み上げる形でモデルを改訂してみたいと考えたからです。

具体的に、この2年間を通じて、どのような改訂作業をモデルに加えてきたのかということですが、それは4つの課題に対応するものでした(P54、スライド中8頁)。その一つは、科学技術の分野ごと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す。これは、第二期から第三期にかけて科学技術基本計画では政策の重点化が図られたことに関連しています。すなわち第二期計画では重点推進4分野、第三期計画では推進4分野が加えられ、リソースの配分やその成果に対する評価について特定の分野を重点化していくということが行われるようになったわけです。こうした政策の基本的な指針を受けて、分野別の評価を可能にするモデルにできないか、ということが常々投げかけられてきた一つの要請であったわけです。

もう一つは、技術的な問題ですが、モデルのパラメータを推定する際に我々が使用している研究開発関連データは、総務省統計局によって行われている「科学技術研究調査」のデータです。これによって把握できる政策変数は公的部門の研究開発費ということになりますが、一方で、政策立案を行う際には、「科学技術関係経費」というカテゴリーで審議が進められています。この二つの変数の間に大きな乖離がなければ、特段の問題もないのですが、実はこの乖離が近年大きくなってきています。そのため、従来外生変数として扱ってきた政府の研究開発費を、科学技術関係経費から推定するための方程式を新たに付け加える必要が生じました。これが政策的な 이슈 を考慮した二番目の改訂のポイントでした。

三番目の論点は、もう少し俯瞰的な観点から提起されるものです。このモデルは、基本的に日本一国のモデルになっているわけですが、グローバル経済の中での外国とのインターディペンデントな関係をどのようにこのモデルの中に考慮していくのかということが問われてきました。例えば、アメリカのTFPの上昇が日本のTFPの伸びにどのような影響を及ぼすのかということについては、近年さまざまな論文が発表されてきています。こうした国を超えた技術進歩の相互作用を、このモデルの中で考慮していくことができないか、というのがもう一つの論点です。言い換えれば、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はできないだろうか、というチャレンジです。

最後に、これはまだ今後の課題ですが、モデルの基本構造の見直しです。これまでハイブリッド型モデルへの展開の可能性が示唆されているので、これも検討課題として残されています。今申し上げた4つの課題のうち、課題1に要する基礎データは2011年度に整備し、2012年度中に課題1～3までの検討を進めてまいりました。課題4の論点については、昨年の3月頃にNISTEP主催の検討会が行われた際、国内のマクロ経済モデルに関する専門家にご参集いただき、我々が着手していたモデルの改訂作業に対してコメントやご意見をうかがう機会を設けられました。

以下、これまでの検討の内容について、やや詳細にわたることまで報告したいと思います。分野別の経済評価を可能にすることは、非常に難しい課題です(P55、スライド中9頁)。実際にこのようなマクロ経済モデルの中に直接分野別のセクターを設けて、それぞれの研究開発費が経済成長に寄与していく過程を記述していこうとすると、モデルそのものが大幅に複雑化するという問題が避けられないうえに、分野別の研究開発費データそのものに利用制約があります。「科学技術研究調査」という総務省統計局のデータの中で、特定目的別の研究費の調査項目が、現在のように科学技術基本計画の重点分野に準拠するカテゴリーに設定されたのは、平成14年度調査以降でありまして、利用できるデータの期間がかなり制約

されるという問題もあるのです。このため、私たちは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で、その増分に対する寄与度を分野別に分解するシェア関数を付け加えるという方法を採用しました。

その際には、分野別に知識ストックを推定することが一つの課題になってくるので、新しいデータがここで必要になります。寄与度分解の基本的な流れはこの図に示した通りです。詳細については申し上げますが、分野別の知識ストックを推定する際に私たちが考慮したポイントを平易に申し上げれば以下のとおりです。まず、おそらく研究開発活動が新たな知識の創出に結び付くまでのタイムラグには、分野ごとに違いがあるだろうということです。それから、研究開発活動によって生み出された知識が産業上利用され、生産効率をシフトさせていく効果を持つ程度にも、分野ごとに違いがあるだろう、ということです。これは分野ごとの知識ストックの産業上の利用程度の差異です。さらに、その知識ストックが陳腐化していく速度もまた、分野ごとに異なるだろうと考えました。こうしたポイントに関する基礎データを収集することによって、分野ごとに異なった係数を用いて、知識ストックの推定を行いました。私どもは当初、産業上の利用程度を稼働率と称しておりました。そのため、学会などでは稼働率と陳腐化率はどのように違うのかと問われることがありましたので、この点についてこの場で注意を促しておきたいと思いますが、稼働率というのは単に陳腐化していない部分の割合を意味しているのではなく、生み出された科学技術に関する知識が産業上利用されている程度、という意味です。ただ、推計の際には、まず陳腐化率を考慮してストックのトータルを計測し、そのトータルに対してさらに産業上利用されている割合を考慮する、といった手続きを取っています(P55、スライド中 10 頁)。

さて、調査方法等について詳細をここで申し上げるのは避けておきます。民間知識ストックについては、幸い科学技術政策研究所が毎年行っている「民間企業の研究活動に関する調査」という統計調査のデータから、推定の前提条件に関するデータを利用することができました。この調査結果から産業別の研究開発期間、実用化までのラグ、知識陳腐化率といったデータを利用し、これを分野別データに変換するという作業を行っています。変換する際には、どの産業部門でどのような分野のアウトプットが算出されているのかという指標が必要になります。この指標を私どもは、産業別、分野別の特許出願状況のデータを参照することによって求めることにしました。IIP パテントデータベースによって公表されている特許データを用いて、産業別、分野別の特許出願件数に関するマトリックスを作成し、その係数表に基づいて、産業別の変数を分野別に変換するという作業を行ったわけです。このスライド(P56、スライド中 12 頁)は、そのようにして推定された民間部門の知識ストック推定の前提条件を示しています。ご覧のとおり、民間部門に関しては、8 分野の間にあまり顕著な差異が見出されません。タイムラグにしても、陳腐化率にしても、それほど大きな差異が分野間に見られないわけです。この点に関する一つの可能な解釈は、産業部門が行う研究開発プロジェクトの期間は、その妥当性が経営的に判断されており、それが分野間で大きく異ならないために、タイムラグ等について大きな差異を観測できないのではないかと、いうものです。

ところが、公的部門では分野間に大きな違いが見出されることとなります。公的部門については、既存の調査データを利用することができなかったため、新たに独自の調査を行い、必要なデータを取得しています。こちらは、そのデータに基づいて設定された知識ストック推計の前提条件ですが、ご覧のように、分野間にかなり大きな差異が見られます(P57、スライド中 14 頁)。例えばフロンティアと呼ばれる宇宙開発

や海洋開発といった分野のタイムラグは顕著に長くなっており、一方で陳腐化率は明らかに小さくなっており、といった差異が観測されます。こうした前提条件に基づいて、分野別の知識ストックを、タイムラグ等を考慮してもなお推定が可能な期間にわたって示した表がこちらです(P58、スライド中 15 頁)。民間部門と公的部門のそれぞれについて知識ストックを推定し、これを合計した値を示しています。上の折れ線グラフは、8 分野が占める割合を示していますが、おそらく 2 期から 3 期にわたる基本計画の重点化政策を反映して、8 分野の割合が増加していることがわかります。

さて一方で、この知識ストックの稼働率をどのように推定するかが課題になりました。推定に際して、私どもが使用したデータは、出願特許に前方引用された論文の件数です。研究開発活動のアウトプットである論文が、特許の出願書類の中で引用されている頻度—サイエンスリンケージと呼ばれる指標ですが—これを分野別に検索することによって、科学的な研究の成果が産業上利用されている割合の指標とする手続きをとっています。この推定手順に関する詳細は割愛いたしますが、こうして私どもが分野別インパクト係数と呼んでいる値を求めることができました。こちらに示したのがその数値です(P59、スライド中 17 頁)。推定結果によると、8 分野全体のインパクト係数、すなわち産業分野に対するインパクトの相対的な大きさは、2007 年では 0.35 でしたが、2010 年には 0.40 に漸増しています。この 8 分野の中ではとりわけ情報通信のインパクト係数が顕著に高くなっており、ライフサイエンスがこれに次いでいる、という分野間の差異も観測されました。

モデルの改訂にかかる 2 番目の課題は、公的研究開発費という、外生変数として扱ってきた政策シミュレーションを行う上での重要な変数を、科学技術関係予算から推定するための方程式を加えるというものです。2 つの指標の乖離を示したのがこちらの図です(P59、スライド中 18 頁)。一番下のグラフが公的部門の研究開発費です。その上のグラフは、科学技術関係予算の当初予算です。そして、こちらの変動しているグラフは、当初予算に補正予算を合わせた額を示しています。補正がつくか否かで年度予算は大きく異なるため、かなり変動したグラフになっています。外生変数の選択については行政部門とも議論してきましたが、結局、政策シミュレーションを行うときには、あらかじめ補正される予算まで論じられるわけではないので、当初予算ベースで考えることにし、当初予算と公的研究開発費の乖離を調整するための関数を推定しました。簡単な回帰分析でこれを求めています。簡単に公的研究開発費を科学技術関係予算によって説明させますと、ご覧のようにかなり高い決定係数でパラメータを推定することができます(P60、スライド中 19 頁)。ただ、ダービン・ワトソン統計量は 0.7 という値になっており、明らかに系列相関が生じていることを示しています。この辺りの改善は、今後の課題として残されることになるかと思えます。

モデル改訂にかかる 3 番目の課題は、技術知識の国際的なスピルオーバーをどう考慮していくかということですが、これに関してはまだ検討の途上にあります。私どもの当初の問題意識は、たとえば日本の政府が行った研究開発投資が海外の技術進歩にどのような影響を及ぼしているのか。あるいはまた、海外の研究開発投資が日本の技術進歩にどのような影響を及ぼしているのか、ということ进行分析するためのツールをマクロモデルに付加していくことにありました。ただ、現在までのところ、こうした問題意識に対して参照できる先行研究としては、Coe と Helpman(1995)の論文、Coe 他によって著された関連研究(1997)などがありますが、これを参照して加えたモデルは、海外の研究開発費が生み出した全体としての知識ストックが、我が国の TFP の伸びにどのような影響を及ぼしているのかを観測するものであって、例えば特定の国と日本とのスピルオーバーの影響を推定する方法には、まだ踏み込めていない状況です。したがっ

てモデルもこのように単純に国別に国内知識ストックと海外知識ストックによってTFPの伸びを説明していくという構造のものになっています(P60、スライド中20頁)。

このモデルを推定するには、まずOECDから利用できるデータを活用することによって各国のTFPの推移を計測し、次にやはりOECDから取得できるデータを用いて各国の知識ストックを計測しています。その際、知識ストックを民間部門、公的部門と技術輸入による部分に分割するということを行っています。こうしてパネル化されたデータを使って、いくつかのモデルに当てはめて推定を行い、推定結果を検定した上で、国及び時間の二方向を考慮した固定効果モデルを採択しています。推定結果はこのスライドにご覧いただくとおりです(P62、スライド中24頁)。ここから導出される知見は、国内知識ストックが1%増加するとTFPは0.14%増加し、海外知識ストックが1%増加するとTFPは0.02%増加するといったものです。これはあくまでも現時点での試行的な結果として報告しておきます。

さて、最後に今後の課題について述べておきたいと思います(P63、スライド中25頁)。これまでのところ分野別に寄与度を分解するためのシェア関数を導入すること、あるいは科学技術関係予算から公的研究開発費を推定するための関数を導入することを検討してきましたが、これらは直ちにマクロモデルに実装できる状態になっています。国際的なスピルオーバーに関する分析については、なお課題を残しています。特にマクロモデルの生産関数との整合性をとるといことが未検討の状態ですので、この点も含めた検討結果を踏まえて最終的なとりまとめに入りたいと考えております。

より大きな今後の課題をいくつか挙げておきたいと思います。この点については私と科学技術政策研究所の間でまだ合意ができていないわけではありませぬので、私のプロポーザルということになりますが、おそらく重要な課題のひとつは、技術知識ストックの前提条件になっている研究開発ラグや知識陳腐化率をモデルの中で内生的に説明できるようにすることかと思っています。研究開発投資は知識ストックを増加させる関数ですが、研究開発投資が加速すれば知識の陳腐化を進めることにもなるわけですから、減少関数でもあるわけです。前提条件の内生化に当たっては、こうした多様な効果を同時に考慮する必要があるだろうと思います。モデルの中で研究開発ラグや知識陳腐化率を説明することによって、より具体的な政策的インプリケーションを導出できるのではないだろうかと思っています。というのは、このモデルを今後発展させていく上での最大のチャレンジは、研究開発と経済成長をつなぐ因果仮説を再検討することにあるからです。モデルに組み込まれている方程式の中には、内生性の問題を解決しなければならないものもあります。そうした問題を考慮しながら、研究開発投資が経済成長に帰結していく過程に介在している制度的・構造的な要因をモデルの中で具体的に記述していくことができれば、政府の研究開発投資が容易に経済成長に結びつかないフェーズがなぜ存在するのか、そのとき政策はどのような問題に直面しているのか、ということに対しても一定のインプリケーションが与えられるのではないだろうか、と思います。そのためにも、重要な前提条件となる変数をモデルの中で説明できる構造にすることが課題になるわけです。

マクロモデルの意義は、ひとつには政策的なディスカッションを行うに際して、政策担当者や研究者の間で経済システムに関するビジョンの共有を図ることができるという点にあると思っています。根本的に異なった経済システム観を持っている人々の間で、生産的な議論を進めることは容易ではないはずですが。私たちが開発してきたモデル自体は、構造的に新規なものではありませんが、それゆえに、モデルに反映されている基本的な経済システム観は容易に理解できるし、それが妥当であるか否かという問題につ

いて議論することも可能ではないかと思っています。その意味では、経済モデルは単にシミュレーションの要請に応えるための道具ではなく、政策立案に関する議論を促進するためのプラットフォームとして位置付けていけるのではないかと考えています。そのような方向でのモデルの活用や位置づけの仕方について、さらにこの後のパネル討論等を通じて理解を深めていくことができれば幸いです。

ご清聴ありがとうございました。

(5) 発表資料

1) 研究開発投資の効果測定に関する世界の動向

Dr. Fernando Galindo-Rueda (Senior Economist in the Science, Technology and Industry, Directorate of the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD))




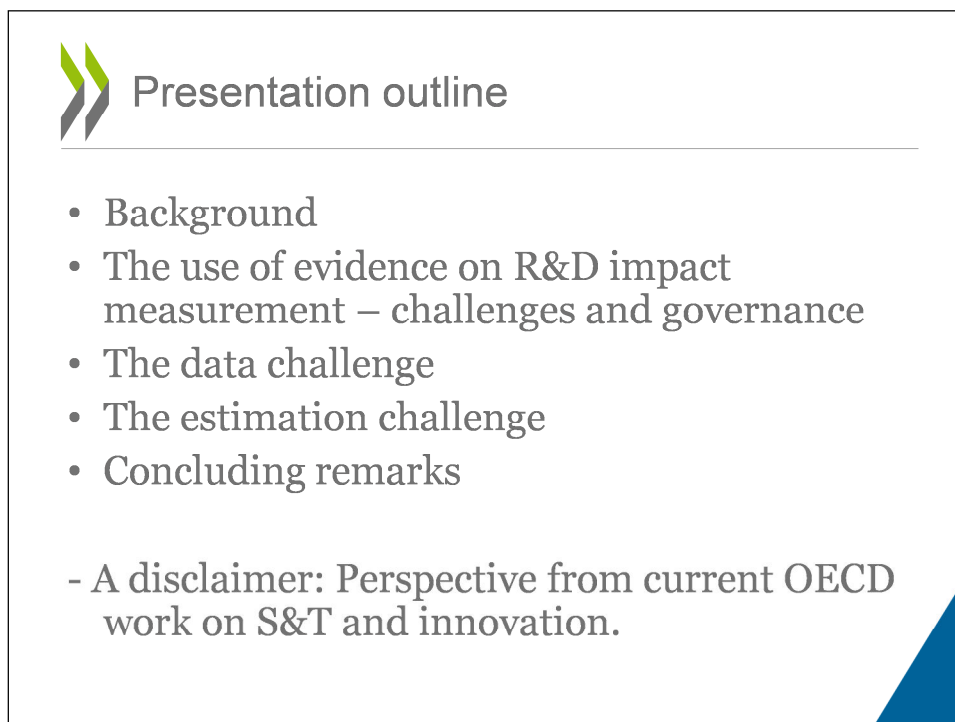
The slide cover features a blue and white diagonal design. In the top left corner, there is a stylized logo consisting of two green and grey chevrons pointing right. The main title is in large, white, bold, sans-serif capital letters. Below the title, the event details are listed in a smaller white font. At the bottom left, the speaker's name and title are provided. In the bottom right corner, the OECD logo is displayed, which includes a globe icon and the text 'OECD BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES'.

**MEASURING THE ECONOMIC IMPACT OF R&D:
A PARTIAL OVERVIEW OF
GLOBAL DEVELOPMENTS**


NISTEP's International Symposium and Workshop
on Assessing the Economic Impacts of Public R&D
Tokyo, 21-22 March 2013

Fernando Galindo-Rueda
Senior Economist
Directorate for Science, Technology and Industry, OECD

 **OECD**
BETTER POLICIES FOR BETTER LIVES



The slide has a white background with a blue triangle in the bottom right corner. It starts with the same stylized logo as the previous slide, followed by the title 'Presentation outline' in a bold, grey font. A horizontal line separates the title from the list of topics. The list consists of five bullet points, each starting with a grey dot. The final item is a disclaimer, preceded by a hyphen.

 **Presentation outline**

- Background
- The use of evidence on R&D impact measurement – challenges and governance
- The data challenge
- The estimation challenge
- Concluding remarks

- A disclaimer: Perspective from current OECD work on S&T and innovation.



Background

- OECD Innovation Strategy.
 - Call for ex-ante and ex-post evaluation.
 - Measurement agenda.
- OECD Committee for Scientific and Technological Policy.
 - 2013/14 Programme of Work. Output result on impact of science.
 - Contributions from Working Parties, including NESTI. (Working Party of National Experts of Science and Technology Indicators).
 - Relevant recent work.



Institutional initiatives worldwide

Widespread effort to achieve a more “scientific” approach for evidence-based STI policy making.

Engagement of scientific community to develop tools.

Some examples:

- United States: Science of science policy (SciSciP).
 - National Academies project on “Assessing the Value of Research in Advancing National Goals”.
 - <http://www8.nationalacademies.org/cp/projectview.aspx?key=49472>
- Japan: Programme on Science for Re-designing Science, Technology and Innovation Policy (SciREX).
- Korea: ‘Knowledge Framework for Evidence-based Innovation Policy Making’ (K2Base) policy.
- Europe: Several initiatives. EU2020, etc...



Specific challenges for STI impact assessment

Individual, identifiable actors in the innovation system are not necessarily the ultimate subjects of policy interest.

- Firms and organisations may be transient and their resources reallocated. Ultimately it is people that matter (current and future generations)

Policy ownership tends to be scattered.

- Whole of government approaches are required for policy design and impact assessment.

The impacts of innovation and innovation policies are diffused and long-term.

- Difficult to attribute impacts and give credit for success/assign responsibility for underperformance.

The evidence sources are limited, dispersed and often hard to align and combine

- A data/analytical infrastructure needs to be in place to support evidence needs.

The scope for quantification and comparison is limited

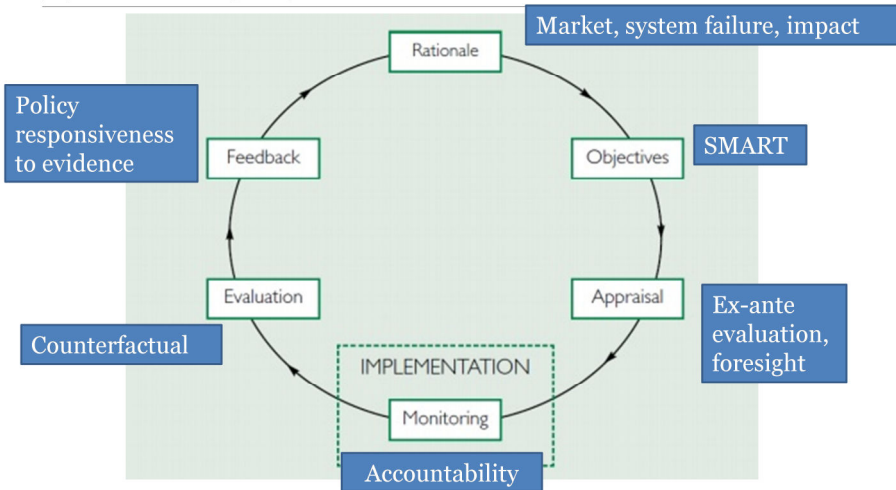
- Qualitative evidence is important and a coherent policy narrative should be required.

A priori, most innovation policies have ambiguous, uncertain impacts on the system.

- The scope of experimentation is limited. Policies must cope with uncertainty



The “ROAMEF” evidence-based policy-making cycle



Think of evidence for STI policies as a virtuous circle



One observation. Go beyond measure impacts.
Evidence of economic rationale for policy interventions is just as important.

UK Treasury's Green Book (Not innovation specific)	European Commission R&D& Innovation State Aid framework	Systemic and institutional aspects impacting on efficiency
Efficiency: Externalities	Positive externalities/knowledge spillovers: projects with low private return but high social return	Identify projects with high spillovers?
Efficiency: Public goods	Public good/knowledge spillovers: fundamental research with public good features	Balance basic knowledge generation and exploitation.?
Efficiency: Imperfect Information	Imperfect and asymmetric information: private investors may be reluctant to finance valuable projects; highly-qualified personnel may be unaware of recruitment possibilities in innovative undertakings	Identify projects with high additionality? Balance of risk-sharing and incentives?
Efficiency: Market power	Coordination and network failures: Limited ability to coordinate with each other or at least interact – difficulties in coordinating R&D and finding adequate partners	Overall coherence of the innovation system, institutions and relationships between them. Competition. IP system efficiency

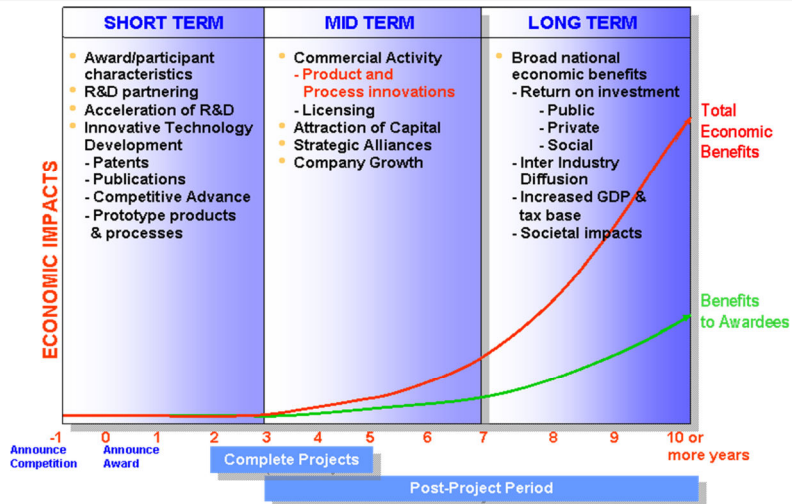


Measure - unintended effects

- **Deadweight / lack of additionality:** The policy supports outcomes which would have occurred anyway.
 - Poor value for money
 - → Identify counterfactual
- **Displacement/substitution:** Positive outcomes promoted by government policy are offset by a negative outcome of the same policy elsewhere.
 - Effects “realised” at the expense of other individuals, groups or areas.
- **Leakage:** The policy benefits others outside the target area or group.
 - Science investments are particularly “leaky”, but this may be socially optimal



Aligning measurement to likely timing of impacts – prepare in advance



Source: Tassej (1997)



Many possible outcomes of R&D investments





THE DATA CHALLENGE

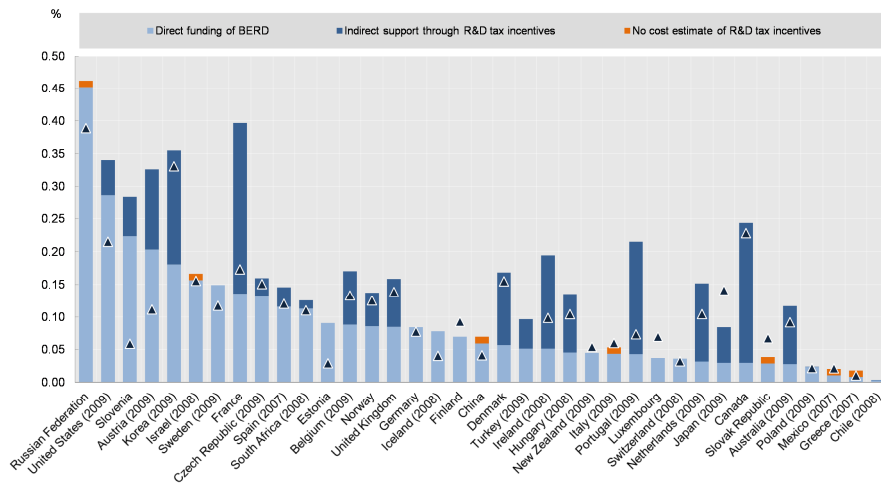


Measuring the inputs – macro-data

- Beyond “how much” – how are inputs distributed?
- Frascati data: focused on direct funding.
 - Performer perspective. Data not uniformly available by field of science.
 - Funder perspective.
 - Budgetary data-GBAORD: By socioeconomic objectives.
- Experimental approaches
 - Modes of public funding of R&D:
 - Project vs institutional funding.
 - Towards a more complete view of support instruments.
 - R&D tax incentives.
 - Direct support
 - R&D grants
 - Purchase of R&D services by govt = R&D procurement
 - [Other forms of indirect support such as repayable loans...]



R&D tax incentives

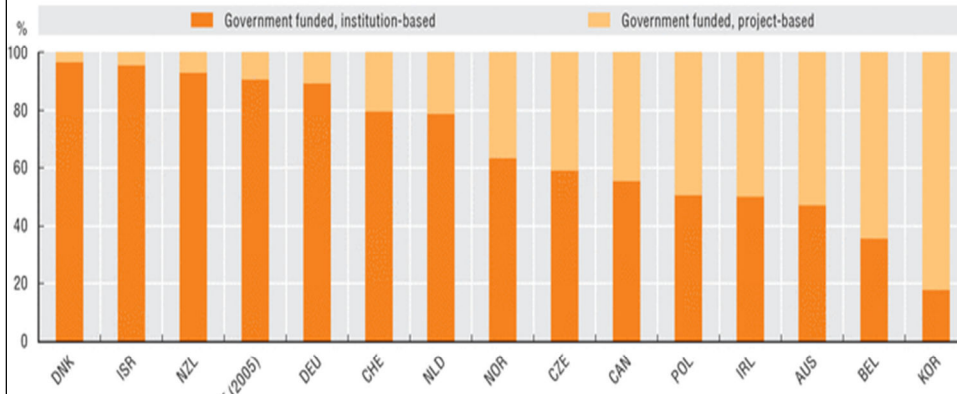


Source: OECD, Main Science and Technology Indicators (MSTI) Database, June 2012; OECD R&D tax incentives questionnaires, January 2010 and July 2011, and national sources, based on OECD (2011), OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2011, OECD, Paris.

DOI :10.1787/sti_outlook-2012-graph35-en



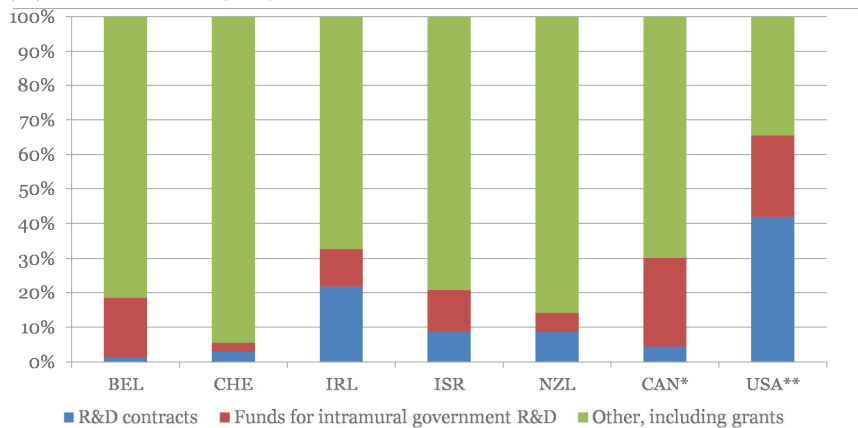
Government funding of R&D in higher education, by type of funding, 2008



Source: OECD, based on experimental data from the project on public R&D funding, 2009/10.



Results: allocation of government funds for R&D, by type of instrument, 2010



Notes: Percentages refer to % of government budget appropriations or outlays on R&D (GBAORD)

Source: Unless otherwise stated, from OECD/NESTI survey on modes of public R&D funding. Based on GBAORD data. Nov2012-Jan2013

(*) CAN : OECD calculations based on statistics on Federal Funds for R&D (Statistics Canada)

(**) USA: OECD calculations based on own estimates of Federal procurement of R&D (drawing on FPDS) and NSF estimates of total Federal funds for R&D. Using different sources may overstate R&D contract share.



Measuring the inputs – micro data

- Limited public disclosure of public funding information, especially at micro level.
- Micro-data necessary for analysing the behaviour of decision making units.
- Also for constructing relevant indicators.
- Admin R&D funding data at micro level is not recorded in inter-operable or comparable ways.
- R&D survey micro-data are systematically under-utilised.
- Within countries, data often held at disparate, un-connected databases.



Estimating economic returns to R&D

- Approaches
 - Tobin Q. (requires direct value measure available, only applies to private return)
 - Econometric $\log Y_{it} = \beta \log X_{it} + \gamma \log K_{it} + \alpha_i + u_{it}$
- Estimation object:
 - Production function/dual approach.
 - Transformations: $\Delta \log Y_{it} = \alpha + \beta \Delta \log X + \rho \frac{R_{it}}{Y_{it}} + \Delta u_{it}$
- Level of analysis
 - Plant/Firm/Region/Industry/Country.



Measurement and estimation - problems

- Double counting.
 - R&D comprises human, capital and other costs already included in other inputs.
 - Same problem applies to other forms of capital.
 - Output measures will include measures of R&D output measured at cost, e.g. R&D costs capitalised in companies or national accounts. ($Y^* = Y + R$)
 - R&D resources spent to create an asset for future production. The K asset is an output subject to uncertain obsolescence.
- Conceptually correct way to think about this requires working with multiple outputs and inputs – but data may not be available
 - Knowledge production = $f(\text{inputs devoted to K production})$ --- the inputs may not be easily separable. Measurement of K output at cost as K typically not produced as an external service.
 - Production of other goods and services $Y = f(\text{other inputs, notional services of R\&D capital accessed by unit})$.
 - Need to pay attention at what the estimation effort is attempting to identify. Rate of return analysis should focus on relationship:
 $Y \sim \text{R\&D services, conditional other inputs}$



Private returns - literature

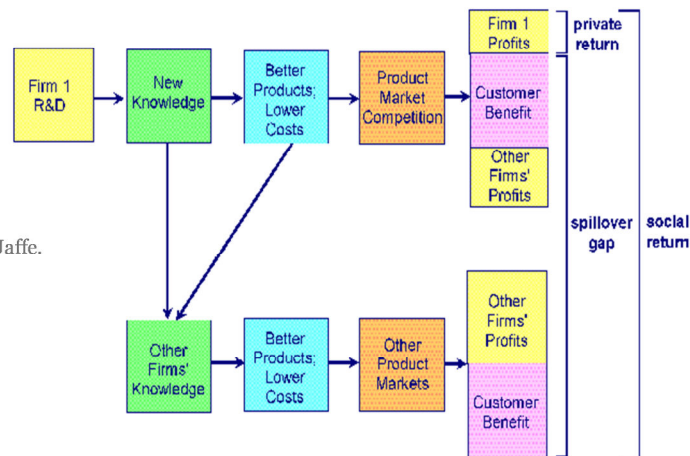
- Alston et al. (2000). Meta-analysis of rates of return in agriculture. 65% ARR.
- Hall, Mairesse and Mohnen (2010) review of the literature.
- Moen and Thorsen (2012). Meta-analysis, and evidence of publication bias, based on 94 estimates from 41 studies.

	(1) Rate of return to R&D	(2) Elasticity of R&D Level dimension	(3) Elasticity of R&D Temporal dimension
Number of effect estimates	32	32	30
Mean effect estimate	0.19 (0.15)	0.10 (0.05)	0.07 (0.08)
Median effect estimate	0.210	0.103	0.045
Min effect estimate	-0.475	0.014	-0.003
Max effect estimate	0.420	0.216	0.328



Social returns: A model of R&D spillovers

Source: A. Jaffe.





Elements for analysis

- R&D Elasticity – own and external investments
- Depreciation / obsolescence
- Rates of return
 - Ex ante
 - Ex post



Methodological problems with social returns estimation

- Industry level / spatial approaches.
- Insufficiently accurate knowledge flow matrices.
- Knowledge spillovers not separated from other interactions.
- Accuracy of estimates often overstated.
 - Standard errors need adjusting for limited variation. (See Moulton)
- Conceptual / reflection problem.
 - $y=f(Y)$; $Y=\sum(y)$ (See Manski)



Social returns - literature

- Review by Hall, Mairesse and Mohnen (2010).
- Bloom, Schankerman and van Reenen (forthcoming *Econometrica*).
 - Product space and tech space proximity to separate product rivalry (business-stealing) and technology spillover effects.
 - Instrument R&D with state-level variation in R&D tax incentives.



Macroeconomic modelling approaches

- History:
 - Tinbergen original work. Klein's Wharton LINK model. Widespread use by central banks. Lucas critique -> Incorporation of Rational Expectations in various forms / move to DSGE with microfoundations and VAR models.
- Important features:
 - Capture complexity / feedback flows in the economic system.
 - Potentially influential in extending policy debate. E.g. UK Stern Review.
 - Link to growth theory. Endogenous approaches.
 - Useful conduits for thought experiments. Show link between model predictions to assumptions. Make trade-offs explicit.
- Some drawbacks
 - Difficult to explain and justify to users (decision makers and public)
 - transparency challenge – open source models?
 - Applied inconsistently with policy rationale – e.g. where are the asymmetries? Role of innovation finance.
 - Some crucial feedbacks ignored? E.g. endogenous depreciation rates
 - GE approaches potentially less informative in current economic conditions of spare capacity among many OECD countries.
 - Potential misuse by “comms” operations. Towards an impacts “arm race”



Examples

- Recent examples.
 - Integrated macroeconomic models with endogenised “innovation” modules - NEMESIS.
 - Public, sector’s, other sectors’ and foreign R&D stock -> Ch. K -> Product / process innov -> TFP and quality of output.
 - Particularly important for long term scenario building for environmental policies. Used for ex-ante assessment of EU-level R&D funding – vis a vis competing R&D funding scenarios.
 - Rhomolo model. Spatial (regional) focus.



Macro modelling applications at OECD – Environment Directorate

Currently, the main environmental-economic modelling work of the OECD is aimed to assist governments in identifying least-cost policies or policy mixes to reduce greenhouse gas (GHG) emissions, and assesses the cost and impacts of possible post-2012 international frameworks.

<http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/environmental-economicmodelling.htm>

ENV-Linkages model

- The [ENV-Linkages model](#) : A recursive dynamic neo-classical general equilibrium model (GE). Global economic model built primarily on a database of national economies. The model represents the world economy in [15 countries/regions](#), each with [22 economic sectors](#).
- The [baseline projection](#) describes an internally consistent set of trends of all economic and environmental variables. The baseline assumes no new policies for the environmental issues addressed and thus provides a benchmark against which policy scenarios can be assessed.

ENV-Growth model

- Two-sector model that aims at projecting GDP and per capita income levels for all major economies in the world (currently more than 175 countries).
- The model is based on conditional convergence between countries in the main drivers of economic growth: labour, human capital, physical capital, natural resources and total factor productivity.
- ENV-Growth is used in the construction on the so-called Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) for climate change. Preliminary results of these projections are available at <https://secure.iiasa.ac.at/web-apps/ene/SspDb>.



- Eclectic approach
 - Experts opinion
 - Various types of modelling
 - Financial conditions indices
 - “High” frequency data models
 - 50 year projection model

Source: <http://oecdinsights.org/2012/06/29/economic-models-used-in-the-oecd-economics-department/>



CONCLUDING REMARKS



Data needs for improved analysis

- Understanding linkages
 - How do people with specific skills move?
 - From research base to other sectors, including graduates.
 - Across firms and sectors
 - How does knowledge flow?
 - Collaboration networks
 - Citation networks (science-science, science-tech, tech-tech)
 - K flows to those who do not publish/invent –e.g. practitioners
 - Commercial transactions (e.g. as input / output)
 - How does funding flow?
 - Which individuals, companies and organisations are the ultimate recipients of public support from multiple sources?
 - How are those funds used?
 - Systematic tagging of funding source in outputs, e.g. scientific publications and databases.



Macro models and STI

- Impending capitalisation of R&D in national accounts could prove a game changer in this domain.
 - R&D more relevant to economic policy makers
 - An opportunity for STI policy makers to engage with econ/fin ministries.
 - Potential basis for new round of higher quality data analysis, modelling and simulation.
 - But not answer to policy makers questions.
- Look for the relevant model to each specific policy question.
 - Likely that many issues will still require a micro-approach.



Final comments – some priorities

- Development of rich and connected data, at least as good as available in other policy-making areas
- Identification of policy experiments that allow identifying causal effects
- Build evidence culture in policy-making circles, incorporate in the policy cycle – manage potential misuse of evidence
- Apply appropriate set of techniques to analysing the data. Combine micro/macro; partial/ general equilibrium. More sophisticated is not necessarily better. Approaches fit for purpose.
- Be aware of limitations of quantitative approaches. STI investments more like options in risky portfolios. Role of narratives and scenarios.



THANK YOU.

Contact:

Fernando.galindo-rueda@oecd.org

2)EUにおけるマクロ経済モデルの政策形成への適用について

Dr. Daniel Deybe (Policy Officer, European Commission)

European Research Area
An open space
for knowledge and growth

How a macro-econometric model is applied
to R&D policy making in the EU

Daniel Deybe
DG Research & Innovation

Research and
Innovation

European
Commission

Contents

- *R&D policy in EU*
- *Impacts of R&D investment at EU level*
- *How are the impacts of R&D investment at EU level projected in the future?*
- *Future challenges*

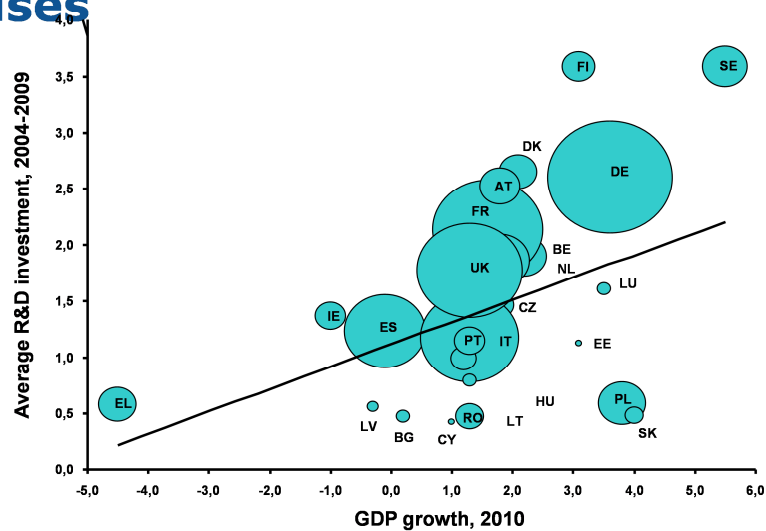
2

Research & Innovation

R&D policy in the European Union

3

Investment in R&D is part of the solution to exit from the economic crises





The European research system

- *Each country has its own national Research and innovation structure*
- *The European Commission supports Research and innovation through the Framework Programme of research*
 - **So far, it constitutes around 7 % of EU GBAORD**

5

Research &
Innovation



Horizon 2020

- *Commission proposal for a 80 billion euro research and innovation funding programme (2014-20)*
- *Part of proposals for next EU budget, complementing Structural Funds, education, etc.*
- *A core part of Europe 2020, Innovation Union & European Research Area:*
 - **Responding to the economic crisis to invest in future jobs and growth.**
 - **Addressing peoples' concerns about their livelihoods, safety and environment.**
 - **Strengthening the EU's global position in research, innovation and technology.**

Research &
Innovation

Impacts of R&D investment at EU level

7

Preliminary considerations

- *Specificities of R&I*
- *Systemic policy approach*
- *Multiple objectives*

- *No single methodology addresses all needs of policy makers throughout the policy cycle*

8

IMPACTS: Crowding-in

- *Academic economics literature has demonstrated that public subsidies for R&D produce crowding-effects, i.e. have a positive net effect on the total availability of R&D funding, and that these crowding-in effects are larger for collaborative research.*
- *An econometric analysis of Community Innovation Survey micro-data has concluded that FP support has a crowding-in effect on the level of companies' R&D investments*

9

IMPACTS: Additionality

- *Econometric analysis showed that the FP produces output **additionality** – a positive impact on the innovative sales of firms participating in the FP*
- *Small and medium-sized enterprises indicated the most positive results in terms of innovation in FP projects*
- *Almost half of industrial organisations participating in the FP expect commercial returns within 5 years of the project.*

10

IMPACTS: Innovation

- **The FP promotes innovation:** positive and statistically significant effect on companies' innovative sales. The impact is stronger for radical innovation than for incremental innovation
- **The FP promotes cross border collaboration:** The positive effect is partly due to the positive effect on collaboration: company collaboration, not only at EU level, but also at national and, more strongly, at international (beyond Europe) levels.

11

How are the impacts of R&D investment at EU level projected in the future?

12

Two levels of intervention

- *Level of funding*
- *Areas where funding is allocated*

The latter influence:

- *Crowding in factor*
- *Multiplier*

13

How is impact estimated?

- *Different scenarios are simulated with a macro-econometric model*

Combine:

- *Different funding levels*
- *Different crowding in factors*
- *Different Multipliers*

14

Nemesis: main characteristics (1)

- The NEMESIS model system is a modular system for each European country
- Countries are represented individually by one main economic module linked to three specific modules: energy and environment, agriculture, land use, which are interactively linked with the main economic module

15

Nemesis: main characteristics (2)

- The model is mainly econometric, but some mechanisms are calibrated using the results of well proven econometric literature (i.e. endogenous technical change)
- The econometric character of the model allows its adaptation to past conditions observed in the economy but it also allows the inclusion of alternative mechanisms of innovation, which for instance are not constrained by strict optimization conditions

16

Nemesis: main characteristics (3)

- The model, adapted to “structural” policies, includes 30 sectors for the core economic model
- These sectors could be detailed through the inclusion of linked modules
- Interactions between sectors are reflected in the model by exchanges of goods and services and by knowledge spillovers

17

Nemesis: main characteristics (4)

- The “crowding-in” effect is exogenous in Nemesis. At a European level, investments in research and innovation appear to induce **higher** leverage effects because of the network effects and of the transfer of best practices
- Many of the new initiatives on joint technology development and research policies, as the European Research Area creation, aim at increasing this leverage effect

18

Nemesis: main characteristics (5)

- Knowledge spill-overs are a second important factor in Nemesis
- The impacts of innovation in the model depend not only on R&D expenditures of the sector, but also on the knowledge spill-overs coming from others sectors, other countries and public research centres
- This implies that innovation in a sector can also happen without R&D expenditures in the sector
- In NEMESIS, the knowledge "content" of a sector produces innovation

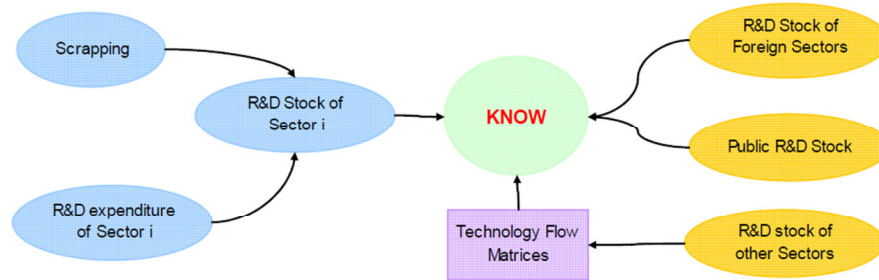
19

Nemesis: main characteristics (6)

- Inter-sector spillovers reflect technological flows estimated on the basis of patent data
- External spill- overs are estimated on the basis of trade flows

20

How is "knowledge" stock generated?



21

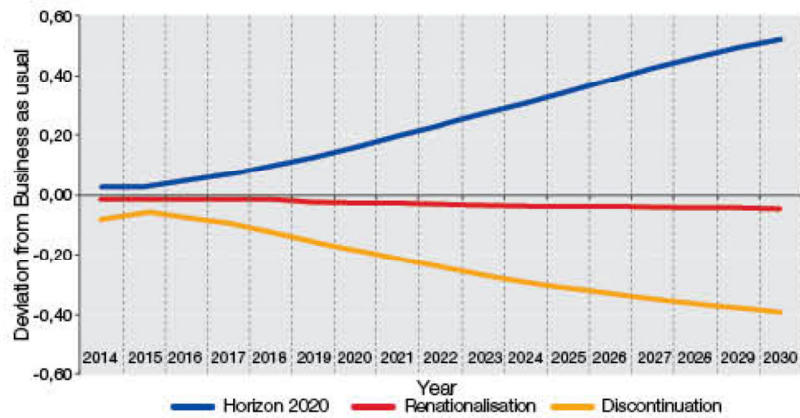
Nemesis: main characteristics (7)

- The last important factor is the economic performance (productivity) of knowledge
- This is calibrated in the NEMESIS model using econometrics based on R&D performance

22

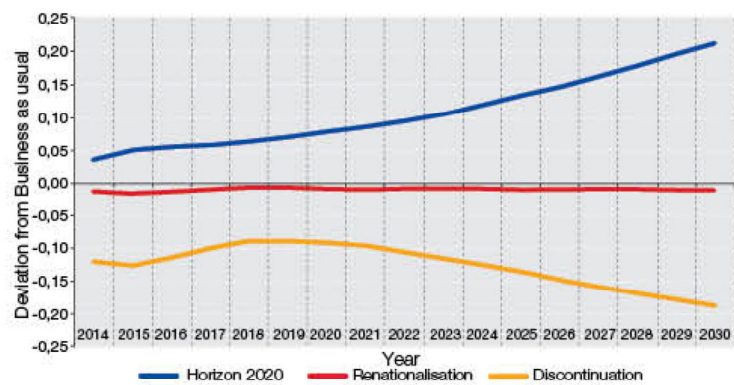
Example of results: Horizon 2020

Impact of the different options on GDP



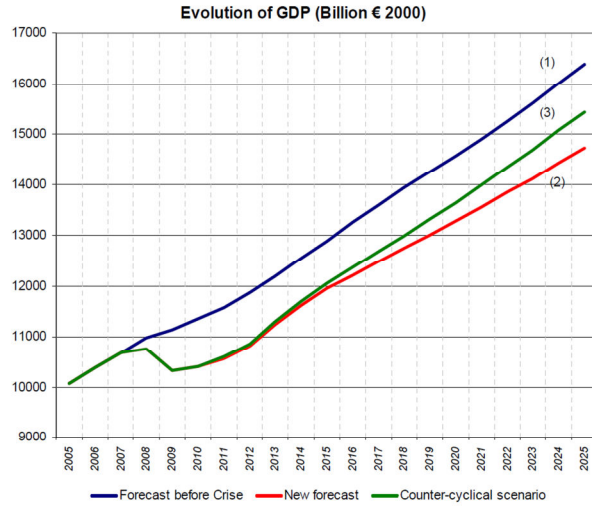
3

Impact of the different options on Employment

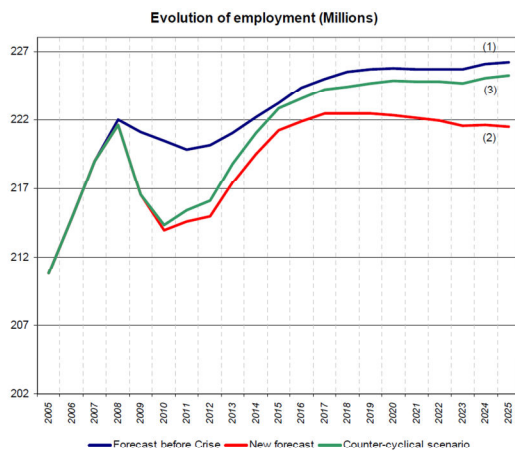


24

Example of result: counter-cyclical impact of R&D

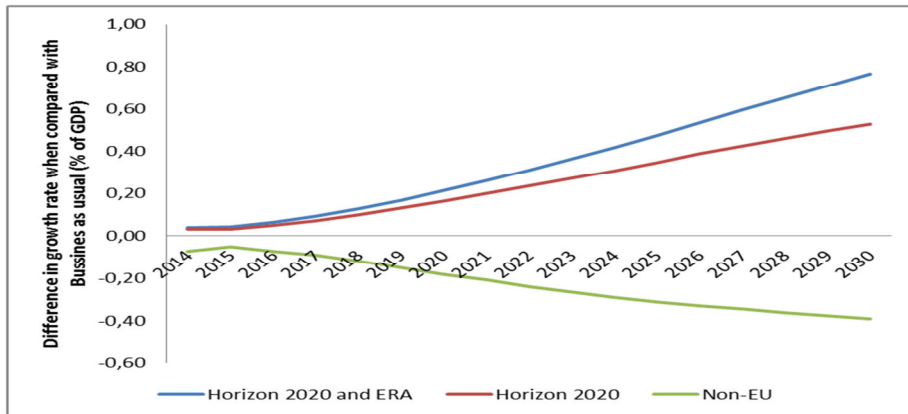


25



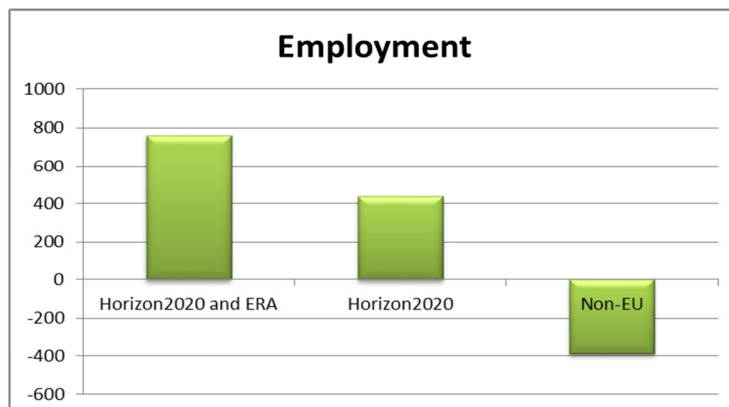
26

Example of results: European Research Area



27

Employment



28

Future challenges

- *Sectoral differentiation*
 - **Inclusion of "bottom-up" models?**
- *Identification of more detailed social and environmental impacts*
- *Availability of data*

29

Thank you for your attention

- *Daniel.Deybe@ec.europa.eu*

30

Some references

- *Horizon2020 Impact Assessment*
- http://ec.europa.eu/research/horizon2020/pdf/proposals/horizon_2020_impact_assessment_report.pdf#view=fit&pagemode=none
- *Horizon 2020 Impact Assessment Annexes*
- http://ec.europa.eu/research/horizon2020/pdf/proposals/horizon_2020_impact_assessment_annexes.pdf#view=fit&pagemode=none
- *Nemesis website*
- <http://www.erasme-team.eu/modele-economique-econometrie-bienvenue-vp1.html>

31

3) 日本における研究開発投資の効果分析のためのマクロ経済モデル

永田晃也教授（文部科学省科学技術政策研究所 客員研究官、九州大学大学院 経済学研究院教授）



NISTEP's International Symposium on Assessing the Economic Impacts of Public R&D

日本における研究開発投資の効果分析 のためのマクロ経済モデル

22 March, 2013

Akiya Nagata
(Kyushu University / NISTEP)

1

本研究の背景

- 文部科学省「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』」の事業として科学技術政策研究所は「政策対応型調査研究」を推進している。
- 政府研究開発投資の経済効果を評価するためのマクロ経済モデルの開発は、上記事業を構成する研究プロジェクトの一つである。本講演では、その成果の中間報告を行う。
- 本プロジェクトの担当メンバーは以下のとおり。
 - 藤田 健一 総括上席研究官(前任) (第3調査研究グループ)
 - 坂下 鈴鹿 総括上席研究官 (第3調査研究グループ)
 - 鈴木 真也 研究員 (第3調査研究グループ)
 - 永田 晃也 客員総括主任研究官 (第3調査研究グループ)

なお、基礎データの収集、モデルの推定作業などは、三菱総合研究所(2011年度)、三菱UFJリサーチ&コンサルティング(2012年度)への委託により実施した。

2

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)

3

科学技術政策研究所における既往研究

- 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
 - 2010年度、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。

4

技術知識ストックの推定

- 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)、Mansfield(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、民間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。

5

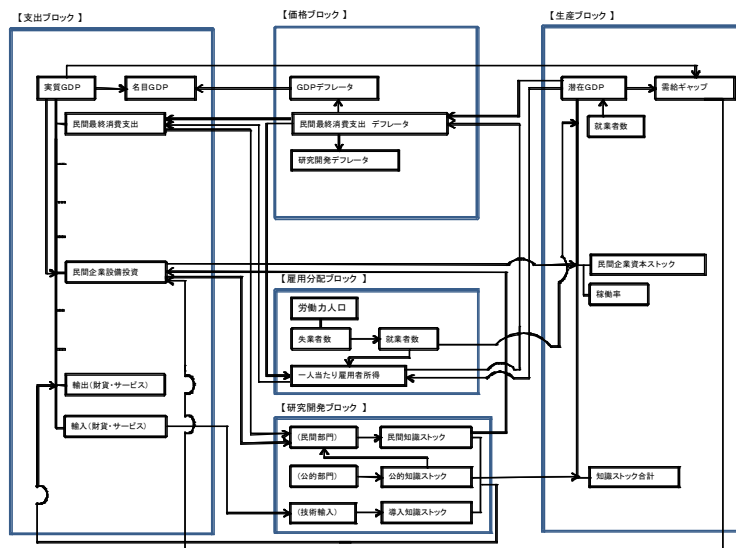
知識ストック推計の前提条件

- 2010年のモデル更新時に、知識ストック推計の前提条件は、科学技術政策研究所(1999)の調査データに基づき、以下のとおり設定した。

	懐妊期間と陳腐化率	研究開発主体	設定値
民間	懐妊期間平均値	会社	5.0年
		研究機関	6.0年
		私立大学等	9.0年
	陳腐化率	会社	10.6%
研究機関		10.1%	
私立大学等		8.6%	
公的	懐妊期間平均値	研究機関・大学	9.0年
		特殊法人	8.0年
	陳腐化率	研究機関・大学	7.5%
		特殊法人	8.7%
海外技術導入	懐妊期間平均値	—	0年(当期)
	陳腐化率	—	21.0%

6

モデルのフロー



7

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
 - (1) 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。
 - (2) 公的部門の研究開発費の代わりに科学技術関係予算を外生変数として設定できるようにすること。
 - (3) 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。
 - (4) 基本構造の見直し(ハイブリッド型モデルへの展開など)。
- 2011年度は(1)に要する基礎データを整備し、2012年度は(1)から(3)までの検討を進めた。(4)については、2012年3月、NISTEP主催の研究会で議論された。

8

課題(1)

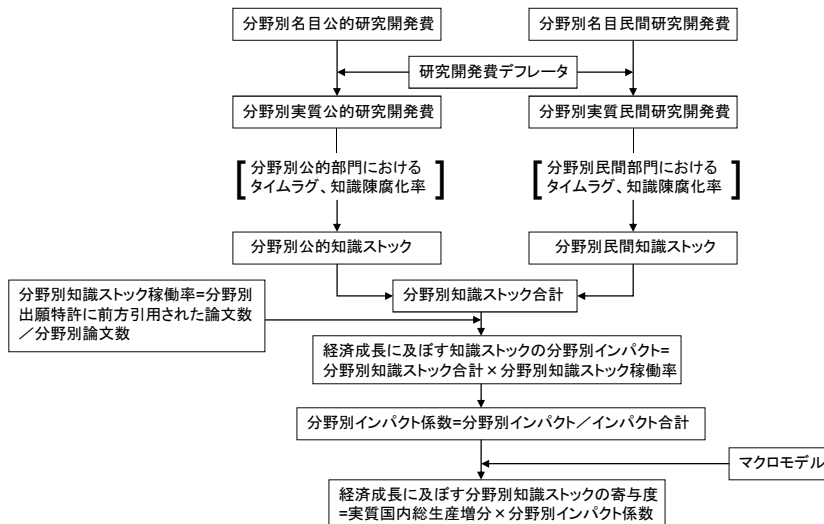
分野別経済評価にかかる問題点

- 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（「知識ストック稼働率」と呼ぶ）に対応するものと仮定。

9

課題(1)

寄与度分解の方法



10

課題(1)

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。

11

課題(1)

民間部門の知識ストック推計の前提条件

- 民間企業の研究開発プロジェクトの実施期間や、技術知識が市場で新規性を維持できる期間には分野間の顕著な差異が存在しない。これを反映して、知識ストック推計の前提条件となるタイムラグ、陳腐化率のデータは分野間で大きく異なるらない。

分野別のタイムラグ・陳腐化率(民間部門) : 中央値

	研究開発に要した期間(年)A	研究開発の終了から上市までの期間(年)B	タイムラグ(年)C=A+B	知識ストックのライフタイム(年)D	陳腐化率1/D
ライフサイエンス	2.55	1.51	4.06	3.06	32.7%
情報通信	2.53	1.51	4.03	3.72	26.9%
環境	2.36	1.48	3.84	3.32	30.1%
物質材料	2.39	1.45	3.84	3.08	32.5%
ナノテクノロジー	2.48	1.48	3.96	3.20	31.2%
エネルギー	2.41	1.49	3.90	3.72	26.9%
宇宙開発	2.31	1.50	3.81	3.80	26.3%
海洋開発	2.40	1.50	3.90	3.57	28.0%
その他	2.41	1.49	3.90	3.50	28.6%
全体	2.42	1.49	3.91	3.47	28.8%

12

課題(1)

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、等
 - 送付総数:960名(宛先不明等を除く有効送達数)
 - 回収数:297(うち実用化課題を回答した回答者247名)
 - 有効回答率:25.7%
- 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

13

課題(1)

公的部門の知識ストック推計の前提条件

- 民間部門と比較すると、いずれの分野でも公的部門のタイムラグは長く、陳腐化率は小さくなっている。
- フロンティア分野(宇宙開発、海洋開発)のタイムラグは顕著に長く、陳腐化率は明らかに小さくなっている。

分野別のタイムラグ・陳腐化率(公的部門)：中央値

	研究開発に要した期間(年)A	研究開発成果が実用化されるまでの期間(年)B	タイムラグ(年)C=A+B	知識ストックのライフタイム(年)D	陳腐化率1/D
ライフサイエンス	4.0	3.0	7.0	8.0	12.5%
情報通信	4.5	3.0	7.5	6.0	16.7%
環境	5.0	3.0	8.0	5.0	20.0%
物質材料	4.0	3.0	7.0	9.0	11.1%
ナノテクノロジー	5.0	3.0	8.0	5.0	20.0%
エネルギー	4.0	2.3	6.3	9.0	11.1%
宇宙開発	9.0	3.0	12.0	15.0	6.7%
海洋開発	10.0	0.5	10.5	15.0	6.7%
その他	3.0	1.5	4.5	5.0	20.0%
全体	4.0	3.0	7.0	7.0	14.3%

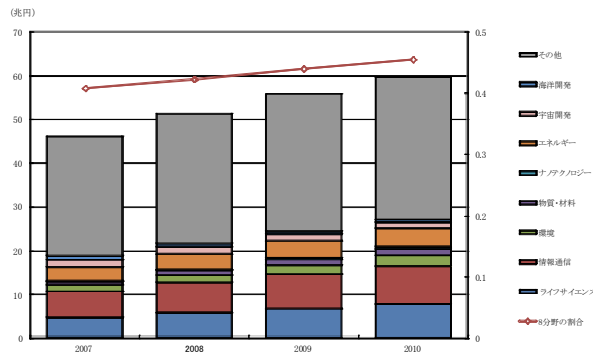
14

課題(1)

分野別知識ストックの推計結果一部門計

- 知識ストック全体に占める8分野の割合は、漸増傾向にある。
- 8分野の中では、情報通信分野における民間部門の研究開発支出と、ライフサイエンス分野における公的部門の研究開発支出の大きさを反映して、これら2分野の構成比が相対的に高くなっている。

分野別知識ストックの推計結果(部門計)



15

課題(1)

知識ストック稼働率の推定

- 知識ストック稼働率の代理指標として、出願特許に前方引用された論文の件数が、全論文数に占める割合を採る。
- 推計手順
 - 対象とする論文は、1991年から2010年の間に、日本に立地している機関に所属する著者によって発表された論文のうち、論文書誌データベース(欧文雑誌についてはWeb of Science、和文誌についてはJDreamII)に掲載されている論文。対象とする特許は、2001年から2010年の間に日本特許庁に出願された特許。
 - 特許による論文の引用情報を収録している「Tamadaデータベース」を活用し、論文書誌データベースに収録されている学術誌の中から、掲載論文の特許による引用回数が多い学術誌を8分野ごとに3誌選定。その他分野については12誌を選定。
 - 選定された学術誌がWeb of Scienceに収録されている場合には、著者の所属する機関の所在地に関する情報から、当該学術誌に掲載されている日本所在の著者による論文数を算出。JDreamIIに掲載されている場合には、当該学術誌に掲載されている論文は全て日本所在の著者による論文とみなして件数を算出。
 - 以上により算出された日本所在の著者による論文数のうち特許に引用された論文数を求め、その全論文数に占める割合を「知識ストック稼働率」とする。

16

課題(1)

分野別インパクト係数の推定

- 分野別知識ストック稼働率を、分野別知識ストックに乗じることによって、各分野のインパクトを計測。インパクトの分野別構成比を、各分野のインパクト係数として求めた。
- 推定結果によれば、8分野全体のインパクト係数は、2007年の0.35から2010年の0.40に漸増。8分野の中では、情報通信のインパクト係数が顕著に高く、ライフサイエンスがこれに次いでいる。

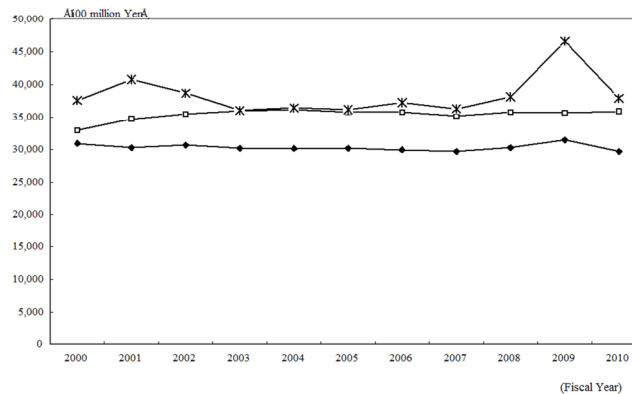
分野別インパクト係数

	2007	2008	2009	2010
8分野全体	0.3527	0.3701	0.3878	0.4033
ライフサイエンス	0.0519	0.0567	0.0612	0.0656
情報通信	0.2273	0.2389	0.2486	0.2574
環境	0.0084	0.0087	0.0097	0.0106
物質・材料	0.0123	0.0147	0.0171	0.0189
ナノテクノロジー	0.0017	0.0019	0.0028	0.0035
エネルギー	0.0376	0.0380	0.0386	0.0387
宇宙開発	0.0093	0.0079	0.0068	0.0059
海洋開発	0.0041	0.0035	0.0030	0.0026
その他	0.6473	0.6299	0.6122	0.5967
合計	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

17

課題(2)

公的研究開発費と科学技術関係予算の乖離



◆—○—Research and Development Spending by Public Sector ("Survey of Research and Development" by MIC)
 □—○—Science and technology related expenditure (Initial Budget: National)
 ×—○—Science and Technology related expenditure (After Supplementary Budget: National)

18

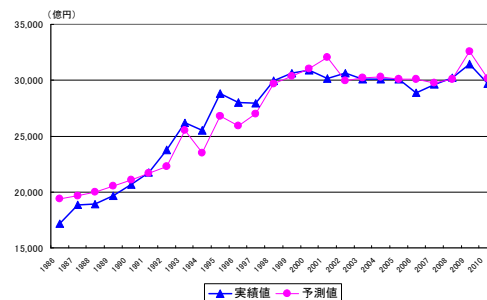
課題(2)

科学技術関係予算から公的研究開発費を推定するための関数

- 外生変数としての当初予算から、公的研究開発費を導出するための式の推定

$$Y=10608.97+0.5451(\text{科学技術関係予算}) \\ +2534.07(\text{当初予算と最終補正予算の乖離率} \geq 10\% \text{の年次ダミー})$$

Adjusted R²= 0.93 D.W.=0.77



19

課題(3)

技術知識の国際的なスピルオーバーの分析

- Coe and Helpman (1995)、Coe et.al (1997)を参考に、国内知識ストック、海外知識ストックがTFPIに与える影響を分析。
- 具体的には、国別・時系列のパネルデータを整備した上で、以下の式を計測した。

$$\log(\text{TFP}_{it}) = \alpha + \beta_1 \times \log(\text{国内知識ストック}_{it}) \\ + \beta_2 \times \log(\text{海外知識ストック}_{it})$$

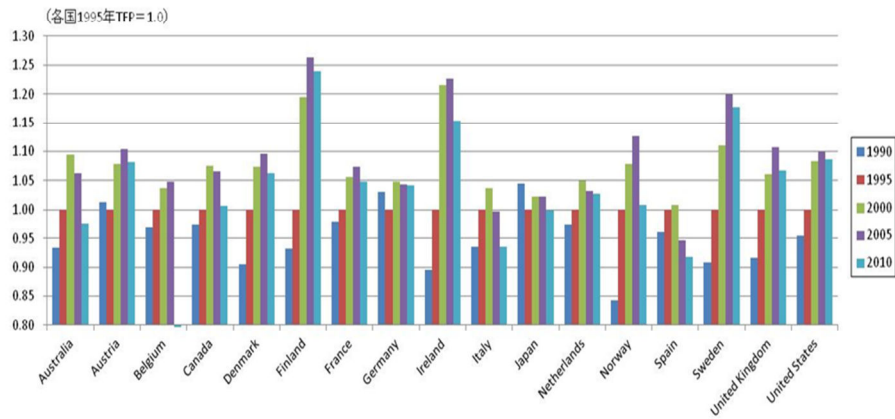
ただし、i: 国、t: 年

- 各国TFPIの推定に要する実質GDP、資本分配率、就業者数データは、OECDから取得。1995年実質値として整理。
- 民間企業資本ストックは、Kamps(2004)で推定されている値を利用し、2003年以降は減耗率5%として延長推計。
- 資本分配率は、1970年から2011年までの平均値を採用。

20

課題(3)

各国TFPの推移



注：各国における1995年TFPの値を1として指数化した値。

21

課題(3)

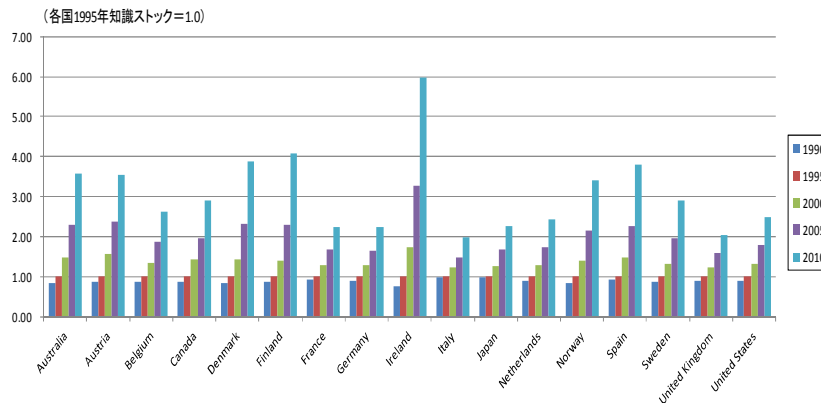
各国知識ストックの推計

- OECD *Main Science and Technology Indicators*より民間及び公的部門の研究開発費と、技術輸入額のデータ(2000年価格ベース)を収集。
- 上記のデータを、TFPの基準年次と合わせるために、1995年価格ベースに整理。
- 上記のデータから、日本における知識ストックを推計する場合と同じ前提条件で、各国の知識ストック(民間、公的及び技術輸入分)を推計した。

22

課題(3)

各国知識ストックの推移



注: 各国における1995年知識ストックの値を1として指数化した値

23

課題(3)

モデルの推定結果

- 1990年～2010年における17カ国のTFP及び知識ストックのパネルデータを用いて、モデルを推定した。
- 各種モデルを適用した上で、F検定、ハウスマンテストに基づき、国及び時間の2方向固定効果(cross-section fixed effects)モデルを採択した。推計結果は以下のとおり。

$$\log(\text{TFP}) = -0.0268 + 0.1396 \cdot \log(\text{国内知識ストック}) + 0.0196 \cdot \log(\text{海外知識ストック})$$

Adjusted R²=0.71 F-statistic=23.52

- すなわち、国内知識ストックが1%増加するとTFPは0.14%増加し、海外知識ストックが1%増加するとTFPは0.02%増加する。

24

今後の課題

- 分野別に寄与度を分解するためのシェア関数と、科学技術関係予算から公的研究開発費を推定する関数は、マクロモデルに実装できる状態にある。
- 国際的なスピルオーバーに関する分析は、これまでのところマクロモデルから独立して行われているため、分析結果をモデルに組み込むことはできない。まず、マクロモデルの生産関数との整合性を検討することが今後の課題となる。
- 前提条件の再検討
 - 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。
 - 研究開発と経済成長をつなぐ因果仮説の再検討。あるいは両者の関係を阻碍する要因に関する理論的検討。
- 政策的なディスカッションの前提となる経済システム観を共有するためのツールとして運用すること。

付録1 国際ワークショップ「研究開発投資の経済効果測定モデルの政策適用に向けて」開催結果

国際シンポジウムのプレイベントとして、海外ゲストである Daniel Deybe 氏 (European Commission) 及び Dr. Fernando Galindo-Rueda 氏 (OECD) を迎え、EU において政策適用に実装されているマクロ経済モデルである NEMESIS モデル等を事例として取り上げながら、経済効果測定モデルの政策適用のあり方についてディスカッションを実施することを目的に国際ワークショップを開催した。登壇者及び関係者を除き 12 名の大学関係者、行政の関連政策の担当者等が参加し、活発な質疑応答が行われた。

日時: 2013 年 3 月 21 日 (木) 16:00~18:00

会場: 新霞が関ビル LB 階 NISTEP 会議室 (201D 号室)

プログラム:

1. 開会挨拶
2. プレゼンテーション「EUにおけるマクロ経済モデルの政策形成への適用について」
 - (1) 欧州におけるマクロ経済モデルについて
土谷和之 (株式会社三菱総合研究所)
 - (2) EUにおけるマクロ経済モデルの政策形成への適用について
Dr. Daniel Deybe (Policy Officer, European Commission)
3. コメント及びディスカッション
プレゼンテーションを受けた Dr. Fernando Galindo-Rueda 氏 (OECD) からのコメント
会場との質疑応答
4. 閉会

MRI 株式会社 三菱総合研究所

欧州におけるマクロ経済モデルについて

～NISTEPの過年度調査より得られた情報を中心に～


(株)三菱総合研究所
主任研究員
土谷和之

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc. 1

MRI 株式会社 三菱総合研究所

NISTEPにおける調査の背景と目的

- 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であって、それに答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経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
(2011年度調査)**

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

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

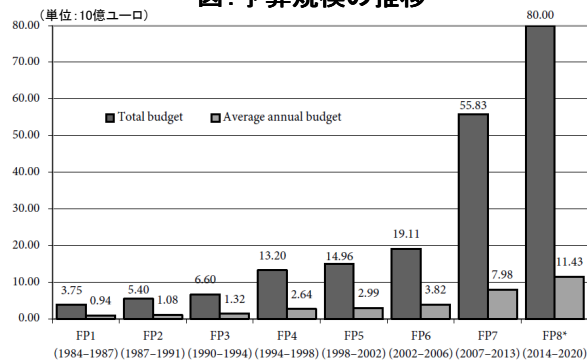
発足年	1984年
加盟国、参加者	EUの加盟国及び、候補国を主とする
主な目的	技術分野の枠を超えた、総合的研究開発政策の実施
特徴・傾向	・総合的・実用化研究 ・欧州委員会が計画し、プロジェクトを公募(トップダウン形式)
欧州委員会の立場	実施主体
活動の実施条件	原則として3カ国以上からの3参加者
活動資金	テーマごとに約半分を上限として、欧州委員会自らが助成
助成金の範囲	商品化のための研究には支出されず、市場化前段階のみ
根拠規定	欧州共同体設立条約(Treaty on European Union and of the Treaty establishing the European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

出典：「研究開発政策－新リスボン戦略とFP7－」(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

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



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

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 人口動態的变化 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

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測 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”

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。

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。**

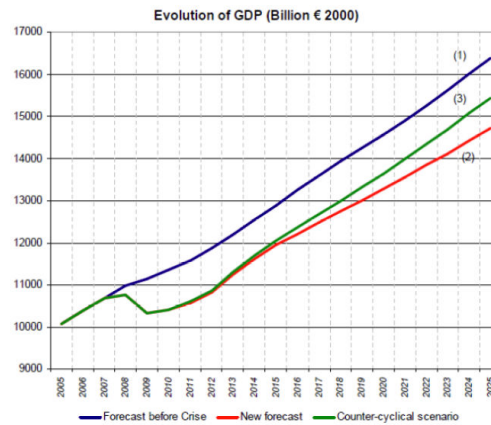
※この推計はEUの研究プロジェクトDEMETERの一環として、ポール・ザガメ教授(国立中央理工学校パリ校、マクロ経済解析研究グループ「Erasmé」)が開発したNEMESISモデルによる。

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>

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 Mouél 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.

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。

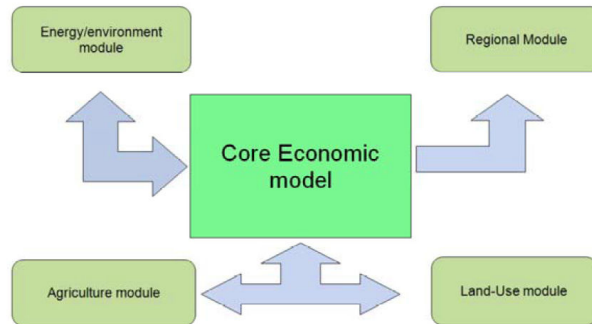
- ・ 経常収支赤字とインフレ圧力を抑制しつつ、危機後の景気回復をもたらす。
- ・ ベースラインシナリオの値に対し雇用はかなりの速さで追いつき、GDPやそれよりややゆっくりだが追いつくことで危機から抜け出すことができる
- ・ 長期において経済成長を助け、増税により過去の財政赤字の埋め合わせができる。
- ・ 他の構造的政策、例えば温室効果ガス削減政策などによる収入をR&Dにまわせば、R&D支出割合をさらに高める事が可能

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

10

全体モジュール

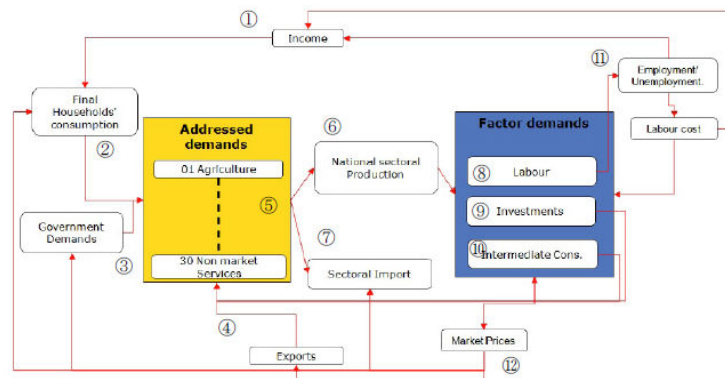
- NEMESIS モデルは全体として、コア経済モデルとそれに接続する4つのサブモジュール(エネルギー・環境, 農業, 地域, 土地利用)から構成されている。政策のインパクトや予測シナリオに応じて、経済活動とリンクする形でエネルギー需要、エネルギー価格、各種環境影響物質の排出量、農業生産、土地利用などが計算される。



出所: "NEMESIS Reference Manual Part 1", ERASME, 2010

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

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

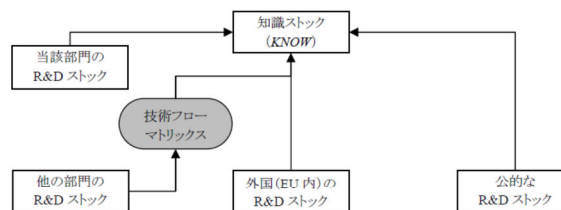
「知識ストック」と「知識スピルオーバー」の考え方

- 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。**

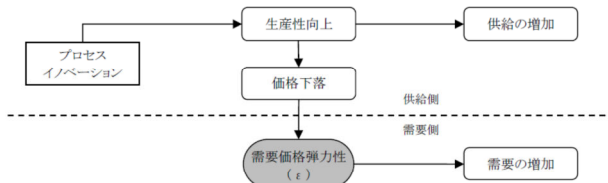


出所: "NEMESIS Reference Manual", ERASME, 2010

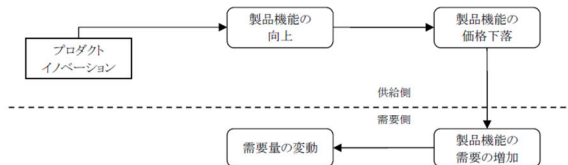
NEMESISモデルの構造 ※NEMESIS Reference Manual より整理

「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す。従来の生産物に対して付加価値額での変動をもたらす。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。

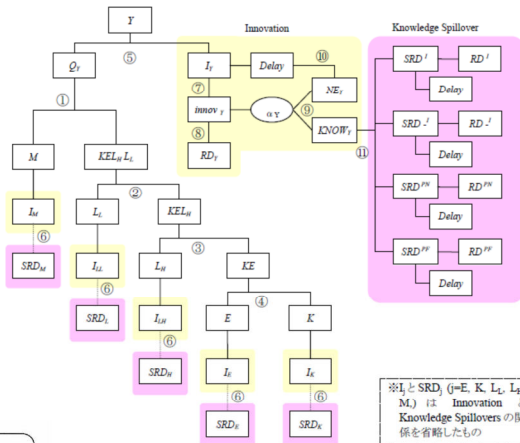


出所:「NEMESIS Reference Manual」, ERASME, 2010

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の特徴である。



Y: 潜在的生産	Q _t : 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 _t : 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)

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。

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

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

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

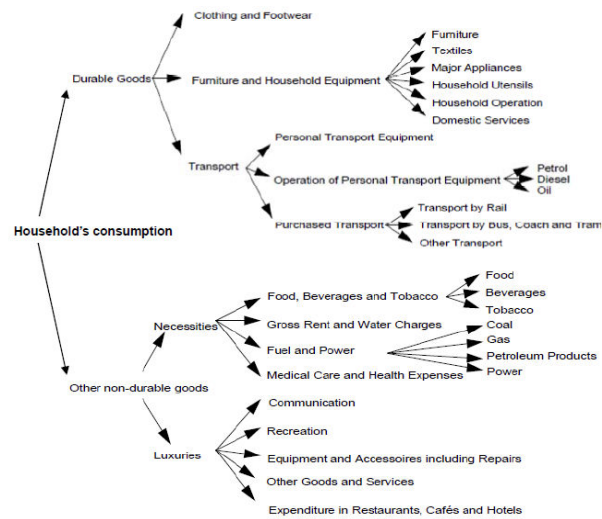
$$NE_{j,t} = (I_{j,t-1})^{\beta_j}$$

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高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。

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.

19

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.

20

ヒアリング対象者

(1) European Commission

対象者	<ul style="list-style-type: none"> ・ Daniel DEYBE, Policy Officer, Directorate-General for Research ・ Henri DELANGHE, Policy Analyst, Directorate-General for Research
参加者	NISTEP藤田総括首席研究官、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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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藤田総括首席研究官、柿崎主任研究官、松本客員研究官、MRI 藤井
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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、藤田総括首席研究官、柿崎主任研究官、松本客員研究官 MRI 藤井
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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。

① NEMESIS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。**

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険がある。

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。**

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。

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。
- もう一つの特徴としては、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。

⑥ R&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、取扱いが煩雑になってしまうからである。

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。

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。

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。

本ワークショップの論点

- R&D投資に係る政策形成に向けてマクロ経済モデルはどのように活用されているか？
- マクロ経済モデルを活用する意義は何か？
- マクロ経済モデルの今後の発展の方向性は？
- 我が国への示唆

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。)

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

(備考) Daniel Deybe 氏の資料は、シンポジウムのもものと同一である。

付録2 今後のマクロ経済モデル改良の方向性の検討

2012年3月に開催した検討会³において御講演いただいた、マクロ経済モデルに造詣が深い明治大学加藤久和教授にヒアリングを行うとともに、各種文献を参考にしながら、今後のマクロ経済モデル改良の方向性について検討を行った。

1. マクロ経済モデルの整理

以下では、伝統的なマクロ経済モデル、ハイブリッドモデル、DSGEモデルの位置づけを3つの観点に基づいて整理を行う。整理する3つの観点とは以下である。

マクロ計量モデルの位置づけを把握する際の3つの観点

- (1) 理論的側面に基づく整理(ルーカス批判への対応の有無)
- (2) 期待の考慮の有無に基づく整理(フォワードルッキングかバックワードルッキングか)
- (3) 合理的期待の有無に基づく整理(ミクロ的基礎付けの有無)

(1) 理論的側面に基づく整理

マクロ計量モデルの傾向については、まず理論的側面について整理することが可能である。

理論的側面については、ルーカスによる伝統的なマクロ経済モデルの使用に対する批判が挙げられる。ルーカスは、過去の経済変数間の関係は、当時の政策を前提に家計や企業が合理的に行動した結果であって、政策の変更に伴ってこうした関係が変化すると主張した。よって、政策変更の影響を分析するためには、過去の経済変数間の関係を単に推計し、その結果から政策効果を計測するのではなく、家計や企業の予想や行動をより理論的にモデル化する必要があるというのである。

伝統的なマクロ経済モデルはマクロ変数間の関係を定式化した上で、過去のデータから経済変数間の関係を計測する。ルーカスが指摘したようなマクロ変数の背後にある家計や企業の行動を具体的に考慮したものではないことが特徴である。

伝統的なマクロ経済モデルを適用すると、そのシミュレーション結果は政策効果のインパクトとは厳密には言えないことが明らかとなっている。そこで理論を重視したモデル開発が行われてきた。

理論的対応を厳密に行っているのがDSGEモデル(動学的確率的一般均衡モデル)である。これは先程のルーカスの批判をクリアするものである。ただし、DSGEモデルでは様々な要素をモデルに織り込むことが困難であり、実証研究では否定されている結論でも理論的整合性のために利用せざるをえない場合がある、といった問題点を抱えている。ハイブリッドモデルは、DSGEモデルと比較すると理論的整合性には劣るものの、モデルの修正や大規模化が比較的容易であり、様々なシミュレーションを行うことができる、という利点を有している。

³ 「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)」(NISTEP NOTE(政策のための科学) No.2, 2012年)

(2) 期待の考慮の有無に基づく整理

期待の考慮については、大きくバックワードルッキングかフォワードルッキングかという二つの軸に基づく整理が可能である。バックワードルッキングとは現在のマクロ変数が過去のマクロ変数に依存して決定されるという考え方である。一方でフォワードルッキングとは先行きの予想が現在のマクロ変数を決定するという考え方である。伝統的なマクロ計量モデルでは、バックワードルッキングに基づく定式化がなされている。又、ハイブリッド型モデル、DSGE モデルはフォワードルッキングに基づく定式化がなされている。

(3) 合理的期待の有無に基づく整理

合理的期待仮説とは「企業や家計が予想時点で得られる情報を最大限利用して将来を予想し、その予想の下で合理的な行動を行う」という仮説である。以上から合理的期待仮説をマクロ計量モデルで考慮するには、伝統的なマクロ計量モデルで考慮される消費関数や投資関数のようにマクロ変数間の関係式をモデルに含めるのではなく、消費や投資の背後にある家計や企業の最適化行動から整合的に導かれる消費関数や投資関数をモデルに含める必要がある。合理的期待に基づくモデルは DSGE モデル、合理的期待に基づかないモデルは、ハイブリッド型モデル、伝統的なマクロ計量モデルと整理できるだろう。

なお、モデルが家計や企業といったミクロ的な経済主体の最適化行動に基づいて導出されたものである場合、ミクロ的基礎があると呼ばれる。言い換えれば、モデルの背後にどのような家計や企業の行動が仮定されているか明らかであるということである。

2. 今後の改良の方向性

1. でまとめたように、ハイブリッドモデルや DSGE モデルの意義は、現代のマクロ経済学に即した形でモデル化が可能になるという点にある。確かに、理論的な側面から検討すれば、DSGE モデルが最も好ましいという判断になるかもしれないが、理論や実証面・さらに使い勝手の良さ、といった判断基準全てにおいて絶対的に優位なモデルは現状存在しない。

伝統的なマクロ経済モデルは、ルーカス批判をクリアできず、政策変更が行われた前後でパラメーターが変化してしまう。ハイブリッドモデルや DSGE モデルに基づく定式化を行うことで、ルーカス批判をクリアすることが可能となる。ただし、ハイブリッドモデルや DSGE モデルを採用することでどの程度モデルのパフォーマンスが上がるのかは不明である。

政策担当者の視点からは、理論と実証面の双方を勘案しながら必要に応じて様々なモデルを使い分けるという考え方 (Suite of Model) が浸透しつつある。伝統的なマクロ経済モデル、ハイブリッドモデル、DSGE モデルにはそれぞれ特徴がある。この特徴と目的を勘案しながら、モデルを使い分けるということである。一般的には DSGE モデルは研究開発投資が潜在成長率に与える影響といった中長期的な効果を分析するのではなく、財政政策や金融政策といった短期的な効果を分析することに適したモデルであると考えられている。

現状のマクロ経済モデルは、研究開発投資の効果を推定するために開発された伝統的なマクロ経済モデルである。理論的には限界があるものの、実践的であるという特徴がある。例えば、生産関数は知識ストックを含む形でモデル化されており、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影

響する形となっている。研究開発投資の経済効果を分析するという目的に照らすと、今後の改良の方向性については、現状のマクロ経済モデルの特徴を踏まえながら慎重に検討するのが妥当ではないかと考えられる。

(参考)ハイブリッド型へ改良する場合の具体的方法

ハイブリッド型へ改良する場合、現状のマクロ経済モデルの特徴・良さを活かしながら、ハイブリッドモデルで考慮されている要素を入れてみて、モデルのパフォーマンスをチェックするという方法が考えられる。

ハイブリッド型への改良は、内閣府でもおこなわれているので、内閣府のマクロ経済モデル(短期日本経済マクロ計量モデル)が参考になる。ただし、データがアップデートされた場合のメンテナンスは現状のマクロ経済モデルよりも作業量が増えると見込まれる。ソフトウェアは Eviews を用いるのが望ましい。理由は、マクロ経済モデルの推定に必要なコマンドがそろっていること、ガウスザイデル法やニュートン法といったマクロ経済モデルを解くためのコマンドが整備されていること、さらにフォワード・ルッキングな枠組みも比較的容易に考慮することが可能であるためである。

マクロ経済学の専門的教育を受けており、かつ計量分析の経験がある人がデータベース作成、モデル構築といった作業を一定期間行うことが必要である。

<付録2 参考文献>

- ・佐藤綾野(2009)「各国中央銀行のマクロ計量モデルサーベイ」、ESRI Discussion Paper Series No.211.
- ・伴金美他(2002)「東アジアリンクモデルの構築とシミュレーション分析」、経済分析第 164 号、内閣府経済社会総合研究所
- ・三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(2009)「政府の経済・財政に関する各種試算の整合性の検証についての調査」、参議院財政金融委員会調査室委託調査
- ・矢野浩一(2008)「DYNARE による動学的確率的一般均衡シミュレーション～新ケインズ派マクロ経済モデルへの応用～」、ESRI Discussion Paper Series No.203.
- ・Christopher J. Erceg & Luca Guerrieri & Christopher Gust, (2006), "SIGMA: A New Open Economy Model for Policy Analysis," International Journal of Central Banking, International Journal of Central Banking, vol. 2(1), March.
- ・Fujiwara et al(2005) "The Japanese Economic Model:JEM", Monetary and Economic Studies, vol.23, issue 2, pages 61-142

NISTEP NOTE(政策のための科学) No.6

研究開発投資の経済的効果の評価
(国際シンポジウム開催結果)

2013年11月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
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