

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」アドバイザー委員会 資料

「科学技術政策の科学の構築の課題と経済学の役割」

慶応義塾大学名誉教授
黒田 昌裕

2016.02.03

目次

はじめに

- I. 近代科学の発展と経済・社会への歴史的視点
 - A. 近代科学技術の発展と経済社会構造変化の系譜
 - B. 産業革命後の経済社会と経済学

- II. 「科学・技術の進歩と社会経済構造変化」、それを「経済学はどのようにとらえてきたか？」
 1. アダム・スミス(1723~1790)の経済学とその背景
 2. フランソワーズ・ケネーの経済学：経済循環の把握
 3. レオン・ワルラスの経済学：一般均衡体系の理論化
 4. 経済の均衡理論の実証化
 5. 20世紀科学革命と経済発展、経済学の深化

- III. 経済学における技術のとらえ方

- VI. 「科学技術イノベーション政策のための科学」構築の課題

はじめに

課題「「科学技術政策の科学の構築の課題と経済学の役割」という本日の課題を考えるにあたって、次のような視点で話題と問題提起をしたいと考えている。

・人類の歴史において、科学（自然科学・人文・社会科学を含む）的思考とそれによる「智」の蓄積が、人類の豊かさの増進への貢献は、功罪両面から歴史的経緯を踏まえて評価し、現状を俯瞰し、将来を見通すことが重要である。

そこで 話題の以下のように整理してみたい。

1. 自然科学の発展と「科学智」創造の歴史的経緯を鳥瞰。
2. 自然科学・技術の発展が、社会構造の変化にどのような影響を与えてきたか？
3. 自然科学・技術の発展が、人文・社会科学、就中「経済学」の発展に自然観や歴史観、そして科学哲学や方法において、どのような影響を与えてきたか？
4. 「経済学」の科学としての発展の経済社会に如何なる貢献、影響は？
5. 「科学技術政策の科学」の構築に向けた「経済学」の役割はなにか、そして、21世紀の今、何をすべきか？
6. 今後の「SciREX アドバイザー委員会」の運営について

I. 近代科学の発展と経済・社会への歴史的視点

- ① **自然観 (The sense of “Nature”)** : 自然の摂理を創造主としての神の存在と切り離して考えるという自然観の定着と近代科学革命の系譜。
- ② **Scientific methodology : 方法論 (Experiment, 実験と Mathematics, 数学)** : 近代科学における方法論としての観察・実験手法の導入と科学命題の論理手法の展開。そして、近代科学における法則の探求における「演繹的論理思考とその思考の実験的検証(仮説演繹法(Hypothetical Deductive method))と帰納的実験法(Inductive Experiment method)の変遷の歴史。
- ③ **Development of facilities and tools in experiment** : 観察や実験のツールの発明と科学の進歩。天体望遠鏡、プリズム、ライデン瓶、水銀温度計、ボルタ電池、電気分解技術、分光器、顕微鏡、情報解析技術など観測・測定機器の進歩。
- ④ **Structural change in economy and society** : 科学技術の進化による、社会階層の分化、社会の構造の変化、産業への波及と経済発展。
- ⑤ **Concept of “Priority” rights in research** : 科学者コミュニティの構築と知的発見の先取権の市場経済への影響。
- ⑥ **Structural Changes in human knowledge and wisdom** : 人類の「知」と「智」の創造の構造変化が経済社会の発展にどのように影響してきたか？

A. 近代科学技術の発展と経済社会構造変化の系譜

1. 12－13世紀ルネッサンスにおける農業革命・産業革命

- ・ 古代ギリシャとイスラムの高水準の学問と思想のヨーロッパへの伝播。
- ・ 動力源としての水車利用の普及・農業技術革新による生産性の向上、自給自足経済から荘園経済から市場経済へ、農民層の社会分化の進展による都市住民層の拡大。13世紀には、人口の1割が都市部に集中。
- ・ 大学（パリ、ボローニア、サレルモ、モンベリエ、オックスフォード）の創設。
知識の創造、伝搬の拠点、知識の集約が物的資産（道具）に体化、知識の集積の深化
社会制度としての知的遺産の次世代への継承。

山本義隆 「中世の大学が科学を観測や実験ではなく、書物から学んだことが、科学の更なる進歩と発展の桎梏となった。」（山本義隆著「磁気と重力の発見、古代と中世」）

2. 14－15世紀の大航海時代と16世紀近代科学革命の誕生

- ・ 羅針盤、印刷術、火薬の発明が大航海時代を齎す。

フランシス・ベーコン 「印刷術と火薬と羅針盤の発見は、第一のものが学問において、第2のものは戦争において、第3のものは、航海において、全世界の様相と状態をすっかり変えてしまった。」（F. ベーコン「ノルム・オルガヌム」1620年）

フィレンツェのプラントン・アカデミーの翻訳活動や出版活動は、15世紀急速に発達した印刷技術の支えがあった。当時の書籍印刷・出版の先進国であったイタリアでは、西ヨーロッパ110都市で印刷工房が稼働、うち50%がイタリアの都市であった。

商品としての書籍の大量生産とそれを購読する都市市民の存在が、15世紀後半のイタリアは、第1次情報革命の時代であった。

- ・ 1543年、アリストテレスの著作のラテン語翻訳、コペルニクスの「天球の回転について」、ヴェサリウス「人体の構造」が出版。観測をベースとする近代科学革命の誕生。

3. 16-17世紀古代自然観との葛藤と近代物理学幕開けの時代

- ・ チコ・ブラーエの天文観測、ケプラーの法則の発見、野家啓一 “天文学が「天文の幾何学」から、「天文の物理学」への進化” と表現 (野家啓一「科学哲学へのいざない」)
- ・ **古典的自然観のドグマの変革**：ガリレオ「落体の法則(Law of Free Falling)、デカルト「慣性の法則(Law of Inertia)」が、近代科学における法則の論理的思考と実験的結果による検証という近代科学の方法論を生み出す。まさに「**演繹的論理思考とその思考の実験的検証**」(Hypothetical Deductive method)および「**帰納の実験法(Inductive Experiment method)**」の萌芽となる。
- ・ ガリレオの物体の運動論の発想は、デカルトの「物心分離論(Substance Dualism)によって、「物体Body」と「精神1642」の徹底した分離による科学の体系化に結びつく。後の「機械的自然観」と結びついた近代物理学の基本的規範を形成することになる。
- ・ 1642年のガリレオの死とニュートンの誕生奇しくも同年。ガリレオの現代物理の運動法則は、ニュートンの「万有引力の法則」の発見によって完成する。ニュートンは、ここで、ケプラーの3つの法則が論理的に導かれる。「万有引力の著しい特徴は、それが距離を隔てた物体間に働く遠隔作用だということである。これは、強制運動の原因を物体の接触による近接作用に求めたアリストテレスの運動論のドグマを最終的に打ち砕いた。」(野家啓一 前掲書)
- ・ ニュートンのもうひとつの科学的貢献は、**数学による理論の表現法の開発である。いままでの数学的表現に変えて、解析的表現「微分積分法(Differential and integral Calculus)」の開発(1671年)である。**のちにドイツのライプニッツ(1687年)との間で発見の先取権の問題で争う。
- ・ 1662年ロンドンに「ロンドン王立協会(London Royal Society)が設立され科学の愛好家たちの情報交換の場が生まれ、1665年には、協会の会報誌としての『哲学会報(Philosophical Transaction)』が発行。
- ・ 1690年に英国のウィリアム／ペテニー(1623-1687)が、社会の諸現象を数量的に分析方法を提唱し、**統計学的手法を経済学に持ち込む。**政治算術派の古典経済学の先駆者。

4. 18世紀：物理学（マクロ）進展と近代化学の幕開けの時代

- ・電気と熱伝導の分野における物質の物理的特性に関する研究の推進。そうした物質の特性の研究に際して、静電気の蓄積技術としての**ライデン瓶の発明**や**水銀温度計の発明による、実験の精度向上**。ライデン瓶に利用は、1799年にボルタ電池の発明まで続く。

- ・1766年、1772年の水素、酸素の発見まで、フロギストン理論は信じられていた。物質を構成するのは、水や空気ではなく、**物質は、それを構成する元素の化合物であることが発見**。

- ・1799年の**ボルタ電池の発明は、電気分解技術の発明**と相まって、電気の科学実験での利用の拡大。19～20世紀の物理学に進展に大きな貢献。

- ・物質内の熱伝導に関する仮説、1798年、ランフォードの物資内の粒子による熱伝導仮説。後の、「エネルギー保存則」の発見に繋がる。

フランス革命の勃発

- ・1789年には、フランス革命が起こる。革命中のフランスでの物理学は、ラビアーゼ、ラングランジュ、ランフォード、ラプラスなどの多くの科学者を排出している。また、**1784年には、エコール・ポリテクニク（高等技術学院）が創設され、技術専門家の養成が社会的ニーズとして生まれることを示している**。また科学技術の知識の普及のための百科全書の編纂が行なわれる。

産業革命（1730年代前半から1870年代までのイギリス）

① 産業革命は、人類史の大きな分水嶺ととらえる。：「世界経済は長い間、本質的には変わらず、急速な成長を遂げなかったのには、主に循環的な要因によるものである。**産業技術の発展とエネルギー革命が、1800年以前は、人口成長と経済成長の制約要因を解除**。“マルサスの罠”からの解放によって、人口の増大と経済成長の調和的な進行が可能となった。」

② **近世以来のグローバルな変容がヨーロッパとアジアの間でモノやアイデアや情報などのダイナミックな流動の空間を作り出した**。イギリス独特の歴史的土壌の上で、世界で最初の産業革命を引き起こし、ヨーロッパとアジアの「大いなる分岐」をもたらした。

5. 19世紀：科学分野の統合化の進展

- ・ボルタ電池の発見は、電気分解技術を生み、それによる実験が、今まで物理学では別々の現象として捉えられていた、「電流」、「磁気」、「熱伝導」の現象に相関。電流と磁気作用、電気と熱の変換、熱の力学的作用など、科学分野の統合化が進む。

- ・19世紀前半は、ニュートン力学が近代科学の規範としての存在を輝かせた時代であり、1846年の海王星の発見は、ニュートン力学の予知能力の高さを示し、「力学決定論」という自然観を生み出すことになる。

- ・1859年の分光器が開発。各元素の持つ固有の光のスペクトラムの分析による元素の識別が可能となった。分光器による元素の識別は、天文学にも大きな影響を及ぼす。天体からの光をスペクトル分析することによって、その天体の元素の構成を解明できることとなった。化学と天文学の融合のはじまりであった。

- ・1869年ロシアのメデレイエフが元素の周期律表を完成させる。周期律表の完成によって、まだ発見されていない元素の存在の予測が可能となる。

- ・マックスウエルが、1865年電磁気学の基礎方程式を発表。光の正体が電磁波であることを予言し、それが1888年のヘルツの電磁波の検出に結びつく。

19世紀最後の5年間は、20世紀の「科学革命」の招来を予想させる数々の発見が見られる。

20世紀に入って、さらに加速され、物理学者の関心は、物質の構造を明らかにする「ミクロ」の世界へと方向を変える。「放射能の崩壊」、「放射線の特性」、「原子の構造」、そして「光の正体」についての議論と大きく拡張を見せる。

18世紀に完成した「ニュートン力学(Newtonian Dynamics: Classical Dynamics)」のように人間の視覚による直接的な観測では対応できない、ミクロの物質の構造の問題であり、**ニュートン力学の描く決定論的な自然観(Deterministic view of Nature)**は終わりを告げ、**不確定さえともなう非決定論的な自然観(Indeterministic view of Nature)**が生まれることになる。

B. 産業革命後の経済社会と経済学

産業革命期(1730～1870)

- 1712年 ニューコメン 実用的蒸気機関発明
1758年 フランソワーズ・ケネー(1694-1774) 「経済表」初版出版
1759年 アダム・スミス(1723-1790) 「道徳感情論」初版出版、第6版(1790)
1760年 ブリンドリー(1761):ブリッジウオーター運河、ハーグリーヴス(1764):ジェニー紡織機
1769年 ワット 改良蒸気機関の特許取得
1771年 アークライト 最初の水力紡績機、
1776年3月 アダム・スミス 「国富論」初版 第5版(1789)
1776年7月 アメリカ独立
1784年 ワット:(1769)改良蒸気機関の特許取得、(1784)複動回転蒸気機関
1785年 カーライト 力織機
1789年 ボウルトン、ワット 最初の蒸気力紡績工場
1789年 フランス革命
1809年 フルトン 蒸気船
1815年 マクアダム ブリistol有料道路建設
1818年 デービッド・リカード(1772-1823) 「経済学および課税の原理」初版出版(1817)
1825年 ステイーヴンソン 蒸気機関車実用化
リチャード・ロバーツ 自動ミュール紡績機
1844年 フリードリッヒ・エンゲルス 「イングランドにおける労働者階級」
1848年 カール・マルクス(1818-1883) エンゲルス 共産党宣言
1867年 カール・マルクス著、フリードリッヒ・エンゲルス編 資本論(初版)
1876-96年 レオン・ワルラス(1834-1910) 「純粹経済学要綱」第1～4分冊初版出版
1904年 マックス・ウエーバー(1864-1920) 「プロテスタンティズムと資本主義の精神」(1904)
1912年 シュンペーター(1883-1950) 「経済発展の理論」出版

パックス・ブリタニカの崩壊期(1920～1945)

- 1919年 ベルサイユ講和会議 ケインズ、英国大蔵省主席代表。
1931年 ハイエク(1899-1992) 「価格と生産」、1933年「継起と貨幣」
1936年 J.M.ケインズ(1883-1946) 「一般理論(雇用・利子および貨幣の一般理論)」
1945年 ブレトンウッズ会議、国際通貨基金(IMF)、世界銀行の英国代表をケインズが務める。

II. 「科学・技術の進歩と社会経済構造変化」、それを「経済学はどのようにとらえてきたか？」

1. アダム・スミス(1723～1790)の経済学とその背景

「道徳感情論」の初版の出版は、1759年、晩年の1790年まで、6版を重ねる。また、1776年には、主著「国富論」を上梓。羅針盤、印刷術、そして火薬という技術の進歩による大航海時代を経て、世界地図の上での富の分布がアジアからヨーロッパに大きく変化する分岐する時代。近年の数量経済史研究によれば、16世紀の半ばでは、世界の製造業の配置は、中国が33%、インドが25%を占めており、1700年前半～1880年にかけて、産業革命は世界の工業生産の分布に地殻変動を起す。地球上の覇権争いは、スペイン、オランダを破った英国がフランスとの覇権を競い、7年戦争の勝利によってアメリカを含め植民地支配を強め、英国帝国主義の母体を築く時代でもあった。17世紀近代科学の萌芽期、その影響を受けたニューコメンが1712年に蒸気機関を発明、しかし、まだ物理学の大気圧や蒸気の圧縮による真空状態の生成の知識を技術に具現化しただけではなかった。それを改良したジェームス・ワットが蒸気機関を1781年に完成、そこでは、蒸気機関の改良に往復運動と回転運動を与え、蒸気をシリンダーの外部で復水器という装置で冷却することによって、石炭の消費量を1/4にする革新となり、石炭鉱業の生産性向上など、様々な分野で動力源として活用される。繊維工業でも、1760年の「ジェニー紡織機」、「水力紡織機」、1779年の「ミュール紡織機」などの発明は、英国における製造業生産の飛躍的拡大をもたらし、従来のインド製品の輸入に頼っていたヨーロッパの産業構図を完全に変える。

ワットは、スミスと同時代にグラスゴー大学にいて、スコットランド啓蒙派と呼ばれる実践的な啓蒙科学者との接点があったと言われている。

(長谷川 貴彦(2012)「産業革命」、Robert C. Allen (2011) General Economic History : A Very Short Introduction”, Oxford: Oxford University Press)

アダム・スミス(1723～1790)の経済学 (i)

スコットランド啓蒙学派の影響、デビッド・ヒュームらの影響を受け、「人間の本性」を科学的に解明すること、道徳感情論での展開は、「人間が本性として持つ利他主義的な特性を根幹として、お互いが共鳴 (sympasize) することが、一方で持つ行動の動機としての、利己主義的な行動原理との間で、一見矛盾すると思われる特性を両立させることができる」として、そこに市場での取引のデザインの必要性を説く。自由競争市場の競争原理であり、“神に見えざる手”によって、資源の最適配分が実現できると「国富論」ではとく。

a. 人間の本性を物理学的法則をもとめる自然哲学の視野から解明し、人間社会を洞察する。デビッド・ヒュームとの親交は、1750年代から、ヒュームが没する1776年まで続く。ヒュームの「人間本性論」(1739-1740)は、経験と観測を基礎として、人間本性の全体像を描こうとする著作である。フランスの啓蒙主義のロックやルソーの社会契約論には、同調するものではなかった。スミスは、スコットランド啓蒙主義の渦中にいながら、フランスやスイスの思想家との交流も盛んであった。ヴォルテール、ダランベール、エルヴェンシス(1715-1771)、ケネー、テュルゴーらの経済学者との交流もある。

b. **スミスの発想には、当時の科学革命、自然哲学の発想をきわめて濃厚にうけている。**

「哲学は、自然の結合諸原理の科学である。自然は、通常の観察で習得しうる最大限の経験をもってしても、孤立していて先行するすべての事象と矛盾するようにみえる事象に、満ちているようにみえる。・・・哲学は、これらすべてのバラバラな対象を一緒にする見えない鎖をしめすことによって、その不協和音で支離滅裂な諸現象の混乱状態に、秩序を導入し、想像力のこの乱れを沈め、そして、想像力が宇宙の大回転を眺めるときには、それ自体で最も快適で想像力の本性にもっともふさわしい。哲学は、想像力に語り掛ける学芸（アーツ）の一つとみなされよう。・・・哲学は、すべての快適な学芸のうちで最も崇高なものであり、その諸変革は、文芸世界に起こったもののうち、最大でもっとも頻繁で、最も際立っている。」

スミス遺稿集(1795)「哲学的研究を導き指導する諸研究—天文学の歴史によって例証される—」ブラック・ハットン編、只腰親和訳

アダム・スミス(1723～1790)の経済学 (ii)

c. 自由競争市場の原理、“見えざる手 (Invisible Hand)” と呼んだ仕組み：

市場は、個々人のエネルギーを市場のエネルギーに転換する「エネルギー転換装置」。しかし一方で、現実の社会において、政治システムの変容や社会階層の急速な分化が進む中で、重商主義が国家権力と一部の新興ブルジョアジーの利益・利権の拡大につながり、貧富の格差が拡大している姿をみて、現実には、デザインした自由競争が正当に働いていないとして、何らかの制度的、政策的な公的介入が必要であることを主張したように思える。実現できる多様な制度構造の提案者として、理論としても現実の到達目標としても、利己的な利益追求動機を野放しにすれば、人間としての本性としての共感が実現できないことを警告したものであり、自由放任主義を手放しで主張したわけではない。

- ・ 人間行動を律する選好場の特性：最低生存費の確保の必要性
- ・ 技術条件：分業の利益
- ・ 市場規模とグローバル社会における国際分業：重商主義政策批判
- ・ 競争上の地歩の平等性：公共政策としての政府の役割

古典派経済学としての市場の理論は、その後一方では、英国経済の拡大、いわゆるパックス・ブリタニカの進む中で、経済理論としては、リカードによって自由放任の市場経済理論が体系化。しかし、一方では、1840年代マンチエスターの紡績業者の資本家フリードリッヒ・エンゲルスのルポルタージュ「イングランドにおける労働者階級」（1844）の出版が、後のマルクス主義の実証的基礎を与える。「手工業に対する機械労働の勝利」による生産関係の劇的変化。親方と職人の関係から、資本家と労働者との関係へと階層化社会と所得格差社会を生むことになる。

2. フランソワーズ・ケネーの経済学：経済循環の把握

「経済表」（1758年）初版：フランス革命直前の旧体制末期の政治体制の中で、産業革命下の重商主義政策の拡大による世界の勢力分布の変化、七年戦争による英仏の対立の状況の中で、まだ農業主体の経済から、工業生産拡大への政策をすすめる政策への批判として、経済の循環の構造のメカニズムを明らかにしようとした、経済分析と経済政策を結び付ける先駆的な研究。

医学専門家であった、ケネーの後半生の仕事であり、人体の血液循環の医学的帰納的科学論理を、実体の経済の構造を解明の視点とした。**生物科学の実験的方法とその自然観を経済の実体の解明に結びつけたもので、経済の一般的相互依存を分析する実証的研究として、レオンテェフの産業連関分析の展開に結び付く。**

3. レオン・ワルラスの経済学：経済の一般均衡体系の理論化

ローザンヌ学派のワルラスは、英のジェボンズ、瓊のメンが1871年限界革命と呼ばれる効用場の理論を提案。ワルラスは、「純粹経済学要綱」第1～4分冊を1876-96年にわたって出版。**同書の発想は、演繹的命題から、論理的に規範的命題を求めようとする自然科学の論理展開の方法論を反映。**経済が、消費者、生産者、政府などの主体の行動において、相互依存的な関係にあることが、規範的論理体系として描かれたという意味では、ワルラスの一般均衡理論は、その後の経済学に与えた影響は極めて大きい。ワルラスは、政策と科学の在り方と政策と道德の在り方を区別するかたちで、まず、“経済学の対象を社会的事実を対象とする政策、道德に係わる研究”であると規定する。一方で、その対象を分析する方法論的な視点として、まず、“競争の観点から見て完全な組織をもっている市場”を想定することからスタートすると明記している。**その前提条件として、①経済主体としての個々人の消費者選好場の独立性、時系列的な不変性、②財・サービスの供給を規定する科学技術の特性としての一次同次性、③資源賦存量の移動可能性の仮定をおく。**論理的に競争メカニズムの規範と交換によって、市場の均衡と資源の最適配分の命題が導かれる。ワルラスの方法論としての影響は、数学的な精緻さを追って、均衡解の存在、一意性、安定性をめぐる純粹理論経済学の議論は、19世紀後半から20世紀前半の理論経済学の急速な発展を促した。

4. 経済の均衡理論の実証化

経済学をより実証的な科学として、その理論の前提を確認する必要性を説いた経済学者も現れた。部分均衡分析という手法である。

a. オーギュストン・クールノー(1801-1877)：部分均衡分析に先駆的業績

経済の一般的相互依存の関係を意識しながら、その体系全体を同時的にとらえることは、数学的解析能力や数値解析能力からして、19世紀末では不可能であるとして、一部の市場を取り出し、そこでの供給者と需要者の市場における交渉上の地歩の相違がもたらす市場均衡の過程を描こうとする。供給者、需要者の立場が、独占や寡占的な地歩にある場合の市場理論を展開。経済学に需要関数、効用関数、供給関数、費用関数などの数学的関数関係を導入。主著「富の理論の数学的原理に関する研究」を1838年に出版。限界理論の厳密な数学的展開や生産者の競争均衡に関して、寡占市場の均衡理論など、市場理論における競争条件の理論化に貢献。現代にゲーム理論にも大きな影響を与えている。

b. アルフレッド・マーシャル(1842-1924)：部分均衡分析の提唱

1890年には、アルフレッド・マーシャルが「経済学原理」において、部分均衡分析の手法を、「他の事情にして等しくして (ceteris-paribus clause)」という条件を想定した環境において、経済の実証的な分析を展開するという部分均衡分析手法を確立した。経済現象の観察が、あたかも実験室での管理実験が可能なたちでおこなわれるというマーシャルの方法論は、経済の一般的相互依存の関係を実証的な観察の前提と考えるものにとっても、一般均衡の純粋理論を精緻化しようとする理論経済学者からも、また、実証的な意味での一般的相互依存を捉えようとしていた実証経済学者からも、飽き足らなさを感じることとなった。

ヘンリー・ムアーは、1929年に「総合経済学」を著して、一般均衡理論の計量化に挑戦しているが、当時の環境では、その実現がかなりの困難を伴っていたであろうことが容易に想像できる。一般均衡分析の計量化に見るべき業績を上げるのは、それから10年後のワシリー・レオンチェフ(Wassily W. Leontief)まで待たなければならない。

5.20 世紀科学革命と経済発展、経済学の深化

19世紀前半は、ニュートン力学が近代科学の規範としての存在を輝かせた時代から、科学分野の統合が進み、科学者の探究は、物質の構造解明へと進む。とりわけ19世紀最後の5年間、そして20世紀前半は、物質の構造を明らかにする「ミクロ」の世界へと方向を変える。「放射能の崩壊」、「放射線の特性」、「原子の構造」、そして「光の正体」についての議論と大きく拡張を見せる。18世紀に完成した「ニュートン力学(Newtonian Dynamics: Classical Dynamics)」のように人間の視覚による直接的な観測では対応できない、ミクロの物質の構造の解明は、**ニュートン力学の描く決定論的な自然観(Deterministic view of Nature)は終わりを告げ、不確定さえ伴う非決定論的な自然観(Indeterminate view of Nature)が生まれる。**

一方、世界経済は、産業革命による発展段階の終末を迎え、パックス・ブリタニカの凋落とアメリカ経済の支配力拡大、共産主義革命による緊張など、経済社会の大きな変革の時期を迎える。物質科学、情報科学、生化学などの基礎科学の深化が、経済環境に技術として影響を与えるのは、20世紀後半の発展となる。

a. J. シュンペーター (1883-1950)

1912年「経済発展の理論」出版。**経済の供給サイドの質的变化に注目**、生産技術が絶えず変革される資本主義経済に本質を分析、技術進歩の重要性を強調、内生的な経済の自立的変化の現象として捉える。供給サイドにおける技術革新をもたらす企業家精神の重要性を説き、ケインズの需要サイドの政策論とは一線を画す。**資本主義の本質を、「企業家の技術革新による動的な創造的破壊」にあるとみる。**

「不断に旧きものを破壊し新しきものを創造して、絶えず内部から経済の構造を革命化する産業上の突然変異・創造的破壊の過程こそが、資本主義の本質的事実である。」

資本主義のこの活力は、「新結合」とよばれる生産的諸力の結合の変革を基本だと考える。シュンペーターは、新結合を産みだす、生産構造の変換をファイナンスによる力にもとめた。

b. J.M. ケインズ (1883-1946)

パックス・ブリタニカ崩壊の時代：19世紀は、軍事力を背景として、帝国主義政策に依る世界の需要の拡大。貿易収支の赤字にも関わらず、経常収支の黒字が黒字を続けたのは、貿易外収支（海運や海外貿易業務によるサービス収支）の「黒字」であり、それを支えたのが『軍事力』であった。その経済システムは、第一次世界大戦とともに終焉。イギリス経済は、1920年代後半の経常収支の悪化、30年代には赤字となり、失業率は、1920年～39年でほとんど毎年10%を超える。イギリスの均衡財政主義と金本位制維持の政策に異を唱える。「財政・金融政策による政府の有効需要管理」を提案。

1936年「一般理論（雇用・利子および貨幣の一般理論）」を出版。大恐慌時代に政府の有効需要創出の政策に理論的な根拠を与えるとともに、第2次世界大戦後のマクロ経済政策による需要管理政策の指針となる。経済政策が自由放任政策から、政府の政策的介入の必要性を明確に示した。

1945年 ブレトンウッズ会議、国際通貨基金（IMF）、世界銀行の英国代表をケインズが務める。その後の管理通貨制度、固定為替相場制度を提唱。

（吉川洋）：30巻のケインズ全集のインデックスをみても、ケインズは技術進歩について何も語らなかったことがわかる。

第2次世界大戦後の経済政策として、マクロの需要管理政策が重要な役割を果たした。その政策的な管理には、クラインらの「マクロ計量経済モデル」が実証的なエビデンスを与える。

1970年代に入り、世界経済は、エネルギーや労働力の不足による要素価格の上昇の状況を呈し、併せて、政府の財政収支の悪化もともなって、政府の需要管理政策が過剰な市場への介入となっているとの理論が台頭。サプライ・サイドエコノミーや新古典派理論の復活をみる。

c. W. W. レオンチェフ (1906-1999)

1940年「アメリカ経済の構造」を著して、初めてアメリカの産業連関表を作成、その副題に“An Empirical Analysis of General Equilibrium”と冠し、経済の一般的相互依存関係を実証的把握するツールとしての産業連関表（投入・産出表）を公表した。産業連関表の発想が、フランスのケネーの「経済表」から得ていることを記しており、一方で、部分均衡分析を「店晒しの部分均衡 (Shopworn partical-equilibrium cincepts)」として、強烈に批判した。1953年米国数学会のJ・W・ギブス祈念講演「経済学と数学」において、純粹理論としての一般均衡理論について、次のように述べている。

“これほど貧弱で皮相的な事実を基礎として、これほど巧緻な理論構造が打ち立てられた例は、現代実証科学において、他のほとんど例をみない。「純粹」理論に含まれるパラメーターの値を実証的に推定することを通じて、その理論をより完全なものに近づけようという態度は、伝統的に少なかった。そしてこの伝統は、今も数理的、非数理的を問わず、現在の経済学者を支配している。これまでの素描的概観からさえわかるように、諸理論の基礎にある経験的諸仮定は、いずれも定性的性格を示しており、しかもそれらは漠然として、きわめて一般的である。それ故、純粹理論の導きえた操作可能命題はごく少ないのである。”

レオンチェフの産業連関分析は、一般均衡理論の実証科学としての分析枠組みを提示したものであり、1930年代から1940年代の米国ハーバード大学における計算機の開発と利用にと無関係ではなく、大量の観測資料を駆使した実証科学としての経済学の嚆矢であるといえる。ムアーの実現できなかった総合経済学の夢を実現できる計算機が経済分析に実証性を高めたきっかけでもあった。産業連関分析は、その時代の科学技術の特性を、産出と投入の構造を踏まえて、商品 (Commodity) の生産に際しての投入構造として把握しようとしたものである。

商品(Commodity)をベースのその生産の投入の構造を捉え、産出物が、どの商品の原材料として、また最終的な需要商品として用いられたかをマトリックスで表現。一国の経済の循環構造を生産と分配と需要の相互依存の関係で捉えようとしている。

科学技術と経済構造と結び付ける経済学の分析ツールとしては、重要。

d. F. A. ハイエク (1899-1992)

ロシア革命(1917年)のころ、ウィーンでのハイエクは、フェビアン主義の穏健な社会主義者であった。オーストリー学派のルードビヒ・フォン・ミーゼスの影響から社会主義を捨てる。ハイエクの社会主義批判は、計画経済が作動できないという主張が根本にある。一国全体の計画経済はもとより、ランゲの主張した分権的計画経済すら、実行不可能と考える。ハイエクの発想は、計画経済の批判から、さらに一部の市場への政府介入の有効性を認める「ケインズ経済」への批判にまで及ぶ。

市場メカニズムを計画経済の中で中央当局が達成できないのは、中央当局が膨大な情報を完全に知りえないからである、市場経済のにとって重要なのは、市場と個人が持つ情報もしくは知識であり、個々人が持つ現場の知識が市場を通じて伝達されるメカニズムである。中央当局は、この個人の知識を完全に補足できず、伝達できないことに計画経済の不可能性の根本がある。ハイエクの考える市場での情報伝達メカニズムは、新古典派経済学が考える瞬時均衡の達成を意味するものではなく、市場とは不完全な知識しかもたず、個々人は断片的なことしか知らない、その知識を前提に試行錯誤を繰り返すことが、結果として全体の秩序を生み出している。

ハイエクのいう「自由」とは、個人がやりたいことをやれるとか、「選択の自由」を意味する訳はなく、自由主義で重要なことは、自由が社会の歴史や経験のうちに作り出したルールに基づかなければならないということである。デモクラシーが、人民にルールそのものを恣意的に変更するという権利を与えることになり、これは本来の自由を崩すことになってしまう。言い換えると、無条件にデモクラシーを認めてしまうことは、「自由」の条件が破壊されてしまう。

経済学者の役割：1944年のロンドン大学での講演の中で、「経済学者の如何に多くのものが、大衆迎合的になっているかを批判し、経済学者の仕事は、目先の問題を安直に答えを出したり、大衆受けする政策提案をすることではなく、長期的観点から人々の求めていることがいかに間違っているかを説得することである。」説く。

(「経済学 41の巨人 古典から現代まで 日本経済新聞社 佐伯啓思著「F. A. ハイエク」)

III. 経済学における技術のとらえ方

a. P.H. ダグラス：限界生産力命題の実証的研究

“Are there laws of production” (1948 The American Economic Review)

米国の1899年～1922年までの製造業の雇用者数、固定資産量、生産指数のマクロ時系列指数の動きに、安定的な傾向のあることを観察して、数学者C. H. Cobbとともに、生産関数を測定。労働、資本の所得分配率の観測値と限界生産力命題から導かれる理論値とが一致するという事実を実証的に検証する。

b. R. ソロー：技術進歩率の測定

“Technical change and the aggregate production function”

(1957 Review of Economic and Statistics)

米国の実質G N P成長率の要因を労働、資本および技術進歩率に要因分解。生産関数の変移として定義した技術進歩率の寄与度が80%、明示的な投入要素としての労働、資本の寄与度が20%しかないことに、経済学の理論としての妥当性が問題提起される。この議論を発端として、産出、労働・資本の測定に関する議論が大きな論争を生み、それが現在の全要素生産性(Total Factor Productivity)の測定と理論に結実している。資本の測定に関しての大西洋を挟んだ両Cambridge間の論争。労働、資本、産出の質変化に係わる論争など、技術進歩率の経済学における測定の深化を見せる。

c. A. Greenspan のIT革命の生産性への影響に関する問題提起

1995-1996年の米国連銀議長のグリーンズパンの問題提起、「IT革命の影響が経済の様々な指標の変化として見られる中、生産性の指標だけには、それは現れていない？なぜか？」という問題提起が議論を呼び、 kongressで調査委員会を設置。IT革命による技術進歩の質的变化を考慮した物価指数の策定（ヘドニック価格指数）が策定される。質変化を考慮した物価指数によるIT関連の価格指数が下方修正、実質G N Pの伸びに反映される。

III. 経済学における技術のとらえ方

d. K. ポパー : 「歴史主義の貧困」

基本的主張「歴史的運命への信仰はまったくの迷信であり、人間の歴史の行く末を科学的方法または何らかの合理的方法により予測することはできない。」

着想：1936年に論文「歴史主義の貧困」の草稿フォン・ハイエク教授のセミナーで発表。1944年からエコノミカ誌に3回の連載。以後1954年イタリア語版、1956年フランス語版、1957年英語版で出版。本書において、歴史主義が何の実りももたらさない不毛な方法だということを説いた。その後、”歴史主義の誤りの証明に成功した。未来の歴史の道筋を予測することは、厳密に理論的理由から不可能であるということを明らかにした。

— ・科学における知識は、不可避免的に可謬性を持っており、仮説は常に反証可能な命題でなければならない。反証テストを経た仮説にのみが、科学の知見を塗り替えることができる。その方法論は、社会科学においても適用されなければならない。

・社会科学の方法論を「ピースミールな社会工学」と位置づけて、その科学の知見をもって社会を変革するために、「社会制度を人間行為に不可欠な枠組みとして研究」すべきとする社会科学哲学を提唱。「物理学系工学者の主たる仕事が機械をデザインし改修し使えるようにすることであるように、ピースミール社会工学者の仕事は社会制度をデザインし再建し、すでにある制度を運営していくことにある。」（日経訳P116）

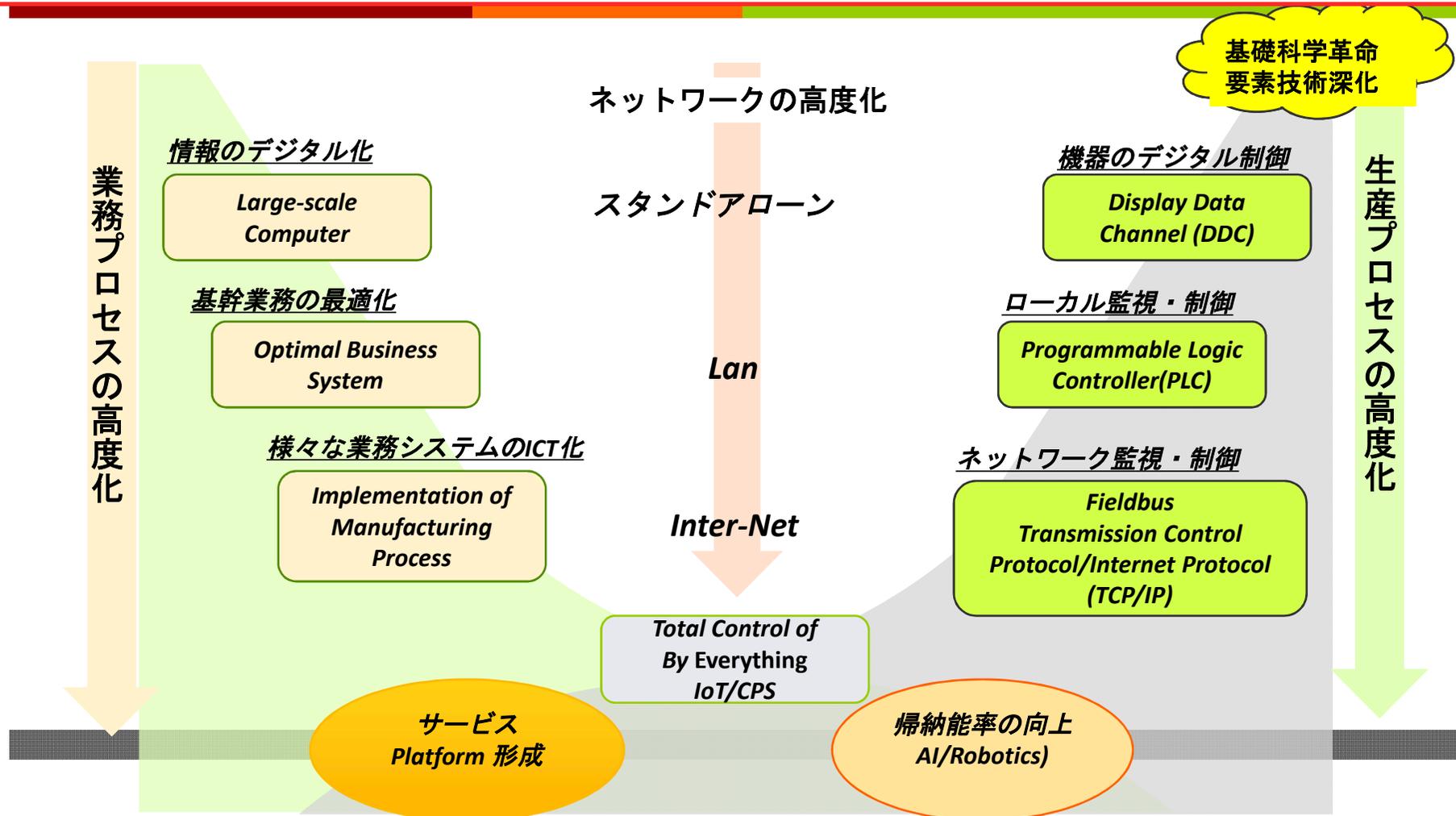
e. S. クズネッツ : 近代経済成長の実証分析と成長会計

f. 市場競争のメカニズムのゲーム論的解析、比較制度論 : 進化経済学 : 実験経済学

g. Big-Data, Panel Data 利用による実証研究による「ピースミールな社会工学」としての経済学の拡張。

現代科学技術の経済学：ICTを経済学において如何にとらえるか？

- デジタル化による情報の伝搬・蓄積・解析の効率化が生産プロセスや業務プロセスの生産性を進める。
- 情報伝搬のネットワーク技術の進化が、サービスのPlatformを形成、産業部門横断的な分業・新結合を生む。それが自立的なモノづくりとサービス市場の創造・拡大をもたらす。
- 材料科学・情報科学の深化が、あらゆる科学分野での観測・計測の精度の高度化を齎し、基礎科学の発展に貢献。人類の宇宙観、生命観、倫理観にも大きな変容をもたらす。



VI. 「科学技術イノベーション政策のための科学」構築の課題

a) 科学・技術の発展の経緯と経済社会の構造変化からの示唆

- ・ 基礎科学技術の発展とその応用技術進歩および社会的適用の時間差の存在
19C-20C前半の（基礎）科学革命が生み出した智が20C後半から21Cの応用技術に反映
 - ①自然観、科学観、倫理観の変化、②観測・計測技術、科学方法論の深化
 - ③情報処理・分析技術の変化：Communication Ruleの変化による市場構造、
 - ④社会と科学技術の連携変化(Large & Trans Science)
 - ⑤科学者Communityの構造の変化
- ・ 科学技術の進化が経済社会システムに影響を与えるという方向と経済社会のシステム変化が科学技術の進歩の方向に影響を与えるという双方向性を考えた社会の設計。

b) 「科学技術イノベーション政策の科学」構築の課題

- 1) 科学・技術・社会への「21Cの智の構造変化」の影響をどのようにとらえるか？ 各科学分野の「21Cの智の構造」の特性の把握。
- 2) 持続的な発展のために科学が何をしなければならないか？
また何ができるか？：科学に深化がもたらす、光と影の認識。
- 3) 科学の公益実現の在り方とその実現の政策デザインの在り方。
- 4) 21世紀の科学・技術進歩と社会倫理

c) 「科学技術イノベーション政策の科学」と政策者との共進化の促進

- 1) 情報化社会の情報の使い方と利用におけるリスク管理
- 2) 「科学技術イノベーション政策の科学」における人材育成

(参考 1)

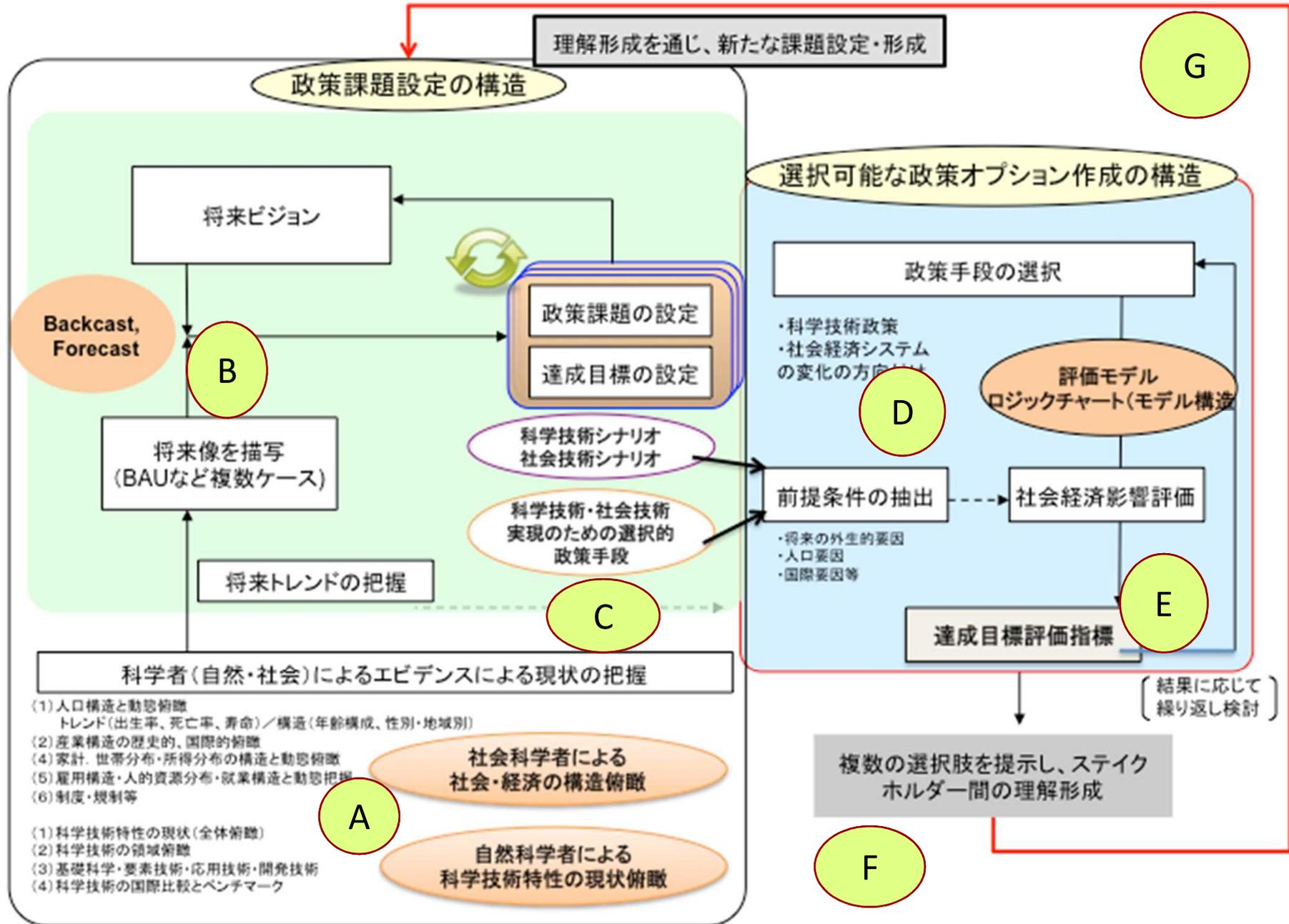
Development of “Science of science, technology and innovation policy”

「国は、「科学技術イノベーション政策の科学」を推進し、客観的（エビデンス）に基づく政策の企画立案、その評価及び検証結果の政策への反映を進めるとともに、政策の前提条件を評価し、それを政策立案等に反映するプロセスを確立する。その際、自然科学の研究者はもとより、広く人文社会科学の研究者の参画を得て、これらの取組を通じ、政策形成に携わる人材の養成を進める。」

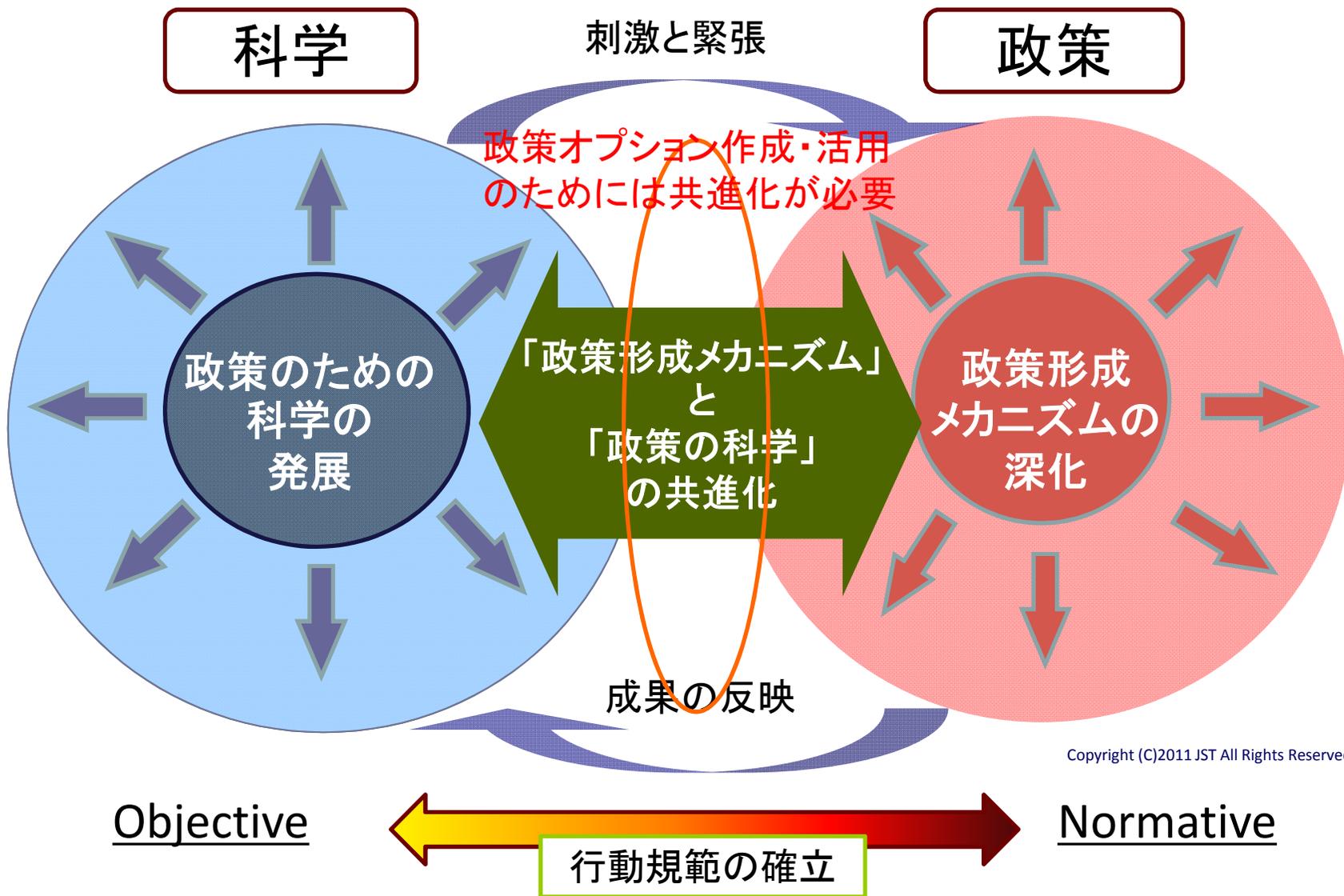
第4期科学技術基本計画平成23年8月19日

1. *1. Deepening the understanding for the properties in the modern sciences and society*: 科学技術／経済社会の現状俯瞰構造化
2. *2. Setting “Policy issues to be solved*: 課題の発見同定
3. *3. Importance of the “Impact Analysis” of STI policy alternatives as “Policy Options”*: 政策手段の選択(C)と政策オプションの形成
4. *4. Assessment of “Policy Options” and Policy making*: 政策目標達成度評価と政策選択(E)
5. *5. Explanation of the policy to the public & getting understanding and consensus building*: 国民への政策説明と理解・合意の形成
6. *6. Ex-post policy evaluation*: 事後的政策評価
7. *7. Co-evolutionary development of the “Science of STI Policy” and the “Policy Formation Mechanism”*

(参考2) 『科学技術イノベーション政策の科学』の全体構造俯瞰
 (A Bird's eye View of Science for Science, Technology and Innovation Policy)



(参考3) 政策選択への理解と合意形成の議論の場の形成と方法の開発
 「政策形成メカニズム」と「政策の科学」の新たな連携による共進化



Copyright (C)2011 JST All Rights Reserved.