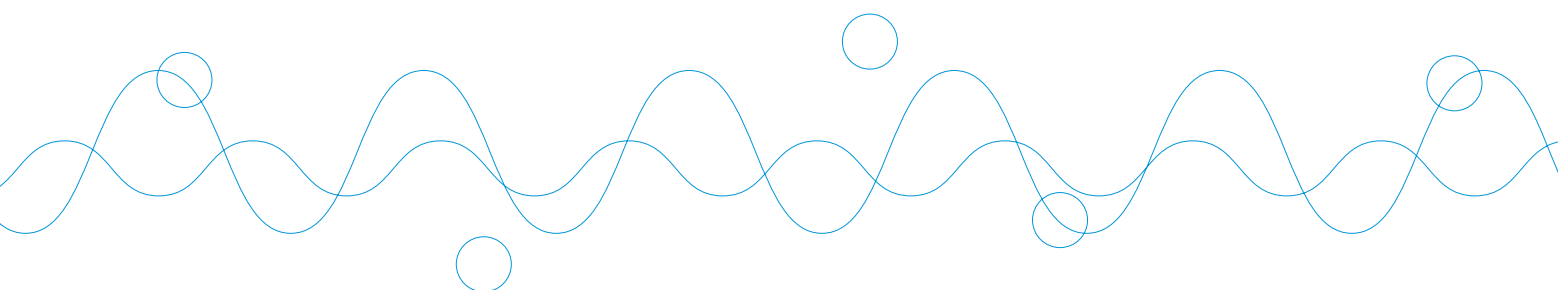


ATTAATC A AAGA C CTAAC TCTAGAC
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT
CTC GCC AATTAATA
TTAATC A AAGA C CTAAC TCTAGAC
AAT A TCTATAAGA CTCTAACT
TGA C CTAAC TCTAGAC

科学技術イノベーションが創出する 経済的、社会的価値の図解

—事例研究に基づく経済的価値と
社会的価値の波及メカニズムの検討—

0101 000111 0101 0000
001101 0001 0000110
0101 11
0101 000111 0101 00001
001101 0001 0000110
0101 11
00110 11111100 00010101 01



独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

エグゼクティブ・サマリー

本報告の目的

イノベーションの定義、分類は多様であるが、本報告書で対象とするのは「科学的な知識を用いて新技術、新着想を創造し、経済的価値を増大させ、または社会的要請を満足させるプロセス」と定義される「科学技術イノベーション」である。本報告書は、この科学技術イノベーション（以下、特に断らない限り「イノベーション」と略す）による経済的、社会的価値の創出と社会への波及メカニズムを、「科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図（フロー図）」をもって解説することを目的としている。換言すれば（１）イノベーションのプロセスのどこで、どのような価値が創出され、（２）それがどのようなルートを通じて経済社会のどこへ波及するのかについて示すものがこのフロー図である。フロー図は、第３期科学技術基本計画で強調されている科学技術政策やその成果を分かりやすく説明する「説明責任」を果たす上で活用されることが期待される。その際イノベーションの成功には消費者が新製品の性能等を認知することが必要条件の一つとなっており、国民の理解をこのフロー図を通じて得ることが重要である。またイノベーションが創出する経済的、社会的価値の全体像を検討することにより、イノベーションの成果とそれを取り巻く環境を示すイノベーション指標の開発にも資することができる。

フロー図の示すもの

フロー図は以下の点を示すことを主要な目的として作成した。

- （１）イノベーションが創出する価値には、経済的価値と社会的価値がある（図１の⑥、⑦）。
- （２）ここで経済的価値とは、新技術により製造された製品を市場で販売することにより発生する企業収益の増加、企業価値の増加、税収の増加等である。この価値は図１の⑤のマーケットで実現する。また社会的価値とは、新しい技術等により生み出された製品、サービスの機能のうち市場で決定される価格には反映されていないが、社会的にその必要性が認められている価値。具体的な例としては新しい医療機器により患者の検査、治療に伴う身体的苦痛が軽減される効果の価値である^１（図１では⑦の茶色の「生活の質」としてまとめたもの）。
- （３）社会的価値の創出にはコストがかかる（図１の③）。そのコストは、価格、補助等を通じて消費者、企業、政府により負担される（社会的価値のコストの代表的な例である医療費の場合は図１の③から伸びるピンク色の点線が政府の負担を示す）。

^１ 医療を特掲した理由については第Ⅰ-２章参照のこと。

目 次

エグゼクティブ・サマリー.....	i
はじめに.....	1
I. イノベーションの経済的、社会的価値の全体像と波及メカニズム	
1. テーマの出発点ーイノベーションの基本的効果ー	2
2. 科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図	6
II. 個別事例の検討	
1. 個別事例の選定理由	10
2. テレビ用液晶ディスプレイ	11
3. 核磁気共鳴画像装置	15
おわりに.....	19
参考文献.....	23

コラム目次

コラム 1: 科学技術イノベーションのプロセスと科学技術イノベーションの経済的、 社会的価値のフロー図の関係	5
コラム 2: 国内総生産と科学技術イノベーションの経済的、社会的価値	9
コラム 3: 経済指標—名目値と実質値の関係	14
コラム 4: テレビ用液晶ディスプレイのフロー図（図 6）と核磁気共鳴画像装置の フロー図（図 6）の違い	18
コラム 5: モデルによる定量化の問題	22

図目次

図 1: 科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図	ii
図 2: 科学技術イノベーションの基本的効果	3
図 3: 科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図が 対象としている科学技術イノベーションのプロセス	5
図 4: 科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図	8
図 5: テレビ用液晶ディスプレイの経済的、社会的価値のフロー図	12
図 6: 核磁気共鳴画像装置の経済的、社会的価値のフロー図	16

はじめに

今、イノベーションが創出する経済的、社会的価値の研究が主として以下の事情により求められている。

第一に、平成18年度からの第3期科学技術基本計画で公的研究開発投資による研究成果を、イノベーションを通じて社会、国民に還元すること、科学技術政策やその成果を分かりやすく国民に説明すること等が課題の一つに掲げられたことである。

第二に、イノベーションにより生まれる新しい製品の品質、性能等について国民の認知がその成功に不可欠である。国民の認知があって新製品への継続的な需要が発生し、生産企業の収益や設備投資につながる。

第三に、欧米では実証に基づいた科学技術政策、イノベーション政策を求める動きが一層加速している³。

以上のような情勢を踏まえ、研究開発戦略センターでもイノベーションの経済的、社会的価値の研究の取組みを開始した。平成18年度は（1）イノベーションを分かりやすく説明する際の資料の作成、（2）定量化に向けての課題の検討を行った。但しここで取り上げた課題は既に実現しているイノベーションの経済的、社会的価値であって将来予測ではない。

具体的にはテレビ用液晶ディスプレイと核磁気共鳴画像装置（MRI）を個別事例として取り上げ（株）三菱総合研究所に委託して調査した。調査に際しては、多くの方々から専門的な指導、助言等を頂いた⁴。特に液晶ディスプレイの事例研究と経済的、社会的価値図の作成に際しては、船田文明氏（研究開発戦略センター特任フェロー、（株）シャープ ディスプレイ技術開発本部技監）に技術的、経営的な視点からご指導を頂いた。ここに改めて本調査にご協力頂いたすべての方々に感謝を申し上げる次第である。

³ 例えばアメリカでそれを象徴しているのがマーバーガー（Marburger）科学技術担当大統領補佐官の発言である。即ち「どうすれば系統立てて（研究開発投資）予算を決めることができるのか。」「科学政策のための社会科学が新しく必要である（中略）。以前にも増して一段と複雑で変化の多い今日のグローバルな技術をベースとした社会を理解する基盤として必要な分野である。米国国立科学財団（NSF）だけでなく、国内、海外の政策立案者が協力して、この新しい分野を育成する必要がある」と発言している^[1]。これを受けて NSF は、多様な取組みを開始している（欧州の動向については [2] 参照）。

⁴ 本調査にあたり平成18年1月～12月にかけて、大学や企業の研究者、医学関係者、業界団体を対象に聞き取り調査や講演を合計15回実施した。

I. イノベーションの経済的、社会的価値の全体像と波及メカニズム

1. テーマの出発点ーイノベーションの基本的効果ー

図2は、イノベーションが生み出す価値には経済的価値と社会的価値の二つがあり、イノベーションが創出する価値はこの二つの価値を合わせた経済的、社会的価値を推計することにより求められることを示したものである。ここで経済的価値、社会的価値を次の通り定義する。

経済的価値

新技術から製造された製品が市場で販売されることにより生じる企業収益、ひいては企業価値の増加、税収の増加を通じた政府の財政収支バランスの改善、既存のものより優れた製品を安く購入できるメリット⁵を合わせたものを指す。

社会的価値

新製品の機能の中で社会的には必要性が認められながら、その価値が市場で形成される価格には十分あるいは全く反映されない、または価格が規制されている機能の価値を指す。このうち、価格が規制されている代表的な例としては、健康保険制度の下での診療サービスの価格や医薬品の価格があげられる。新しい医療機器を利用する診療サービスや新しい医薬品の価格は、その恩恵を広く行き渡らせるためには極力抑制されることが必要であるが、そのことは社会的価値を完全に価格に反映させることと矛盾する。また、社会的価値を持つ製品が消費者から歓迎され購入されれば、一部は経済的価値に転換されるが、消費者が購入した「価格」は社会的価値を十分反映したものではない。

図2は以下のような問題も提起している。

- (1) 新しい技術により生み出された新製品の機能のうち、市場では認められず、あるいはその評価手法がないためにその価値が価格には十分反映されない価値（社会的価値）の創出に掛かるコストは、図2では明示されていないが、これを考える必要があるのではないか。たとえば新しい医療機器が使えるようになると患者にとっては手術をしなくてすむ、早く回復する等により生じる価値（社会的価値）がある。このような価値は元来金額に換算することが困難である。一方で健康保険制度の下では

⁵ 薄型テレビも発売当初はブラウン管テレビより高価であったが、その後の薄型テレビの量産、競争の激化等による価格下落で消費者が恩恵を享受している。即ちイノベーションのプロセスの中のどの時点で何を基準に効果を測るかにより、また既存製品との代替の有無等により消費者が享受する経済的価値の大きさはかなり異なると考えられる。

これらの機器を利用した診療サービスが保険の対象になれば多くの患者がこの恩恵を享受し社会的価値が実現されるが、患者の自己負担は一部なので通常は削減が求められているはずの財政負担を増加させる。このようなコストはイノベーションの効果を定量化する際に控除する必要があるのではないか。

- (2) しかし医療のように財政が負担するコストを含め、コストは見方を変えればそれを生産した企業にとって売上となって、次の新たなイノベーションの推進力になっているのではないか。特に医療では、他の財、サービスと異なり、健康保険制度のもと診療報酬は公定され患者の自己負担は一部なので、増加した医療のコストは政府の財政赤字増加の要因となるものの、その一部は、医療機器、製薬メーカーの売上を増加させ次の新しい医療機器の開発の源泉になる。
- (3) イノベーションの端緒として科学的発見は、経済的に見れば供給面での端緒となるが、需要面での端緒はどこにあるのか。いくら革新的な製品でも消費者（医療機器、医薬品の場合には医療機関）が評価しなければ持続的な売上げの増加にはならない。

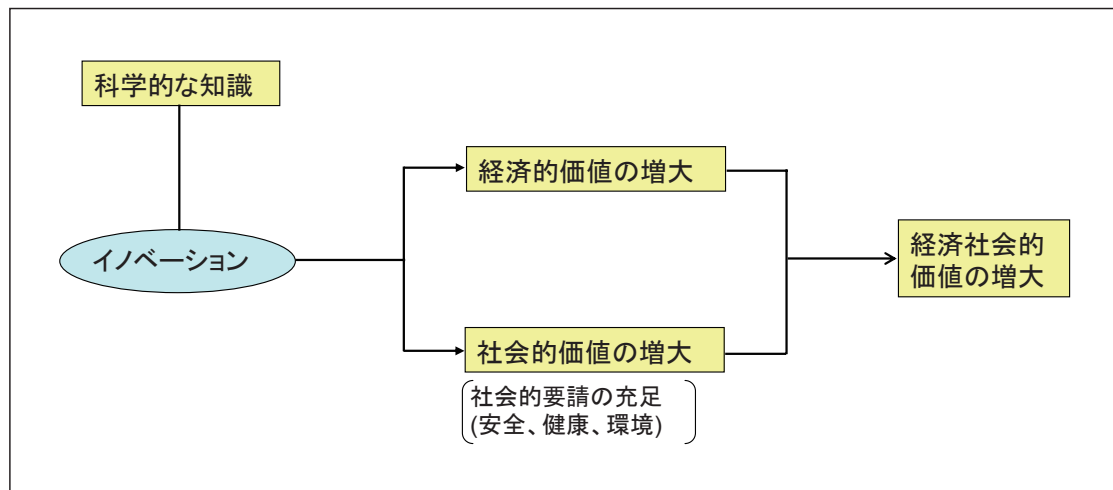


図2：科学技術イノベーションの基本的効果^[3]

- (4) イノベーションの経済的、社会的価値の発現における公的機関の役割は何か。
- (5) イノベーションの成果は誰に、どのように配分されるのか。創出された経済的、社会的価値の配分を考える場合、消費者、企業、政府の三者を考える必要があるのではないか。さらに製品の販売価格と販売数量によってこの三者への成果の配分は変化する。

以上の問題意識を踏まえ、個別事例の調査結果を基にイノベーションにより創出された価値の全体像と波及メカニズムを示すフロー図を作成した（第 I-2 章）。

コラム 1: 科学技術イノベーションのプロセスと科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図の関係

科学技術イノベーションの長いプロセスの中で、科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図（フロー図）はプロセスの後半に焦点を当てて作成した。つまり経済的、社会的価値は基本的に製品を市場に投入して発現すると考えられるためである。研究開発戦略センターではイノベーションのプロセスを、個別事例の特殊性も考慮しながら図3に示した Step & Loop モデル⁶を基本に考えることにしているが、このモデルに即して言えば、フロー図はイノベーション・プロセスの中で最終段階に当たる「製品開発、マーケット投入」と「成長、利益」を精緻化し、そこに現れた経済的、社会的価値と波及メカニズムを描こうとしたものである。反面「科学的知識の発見」から「技術デモ、プロトタイプ」までのステージは簡略化している。

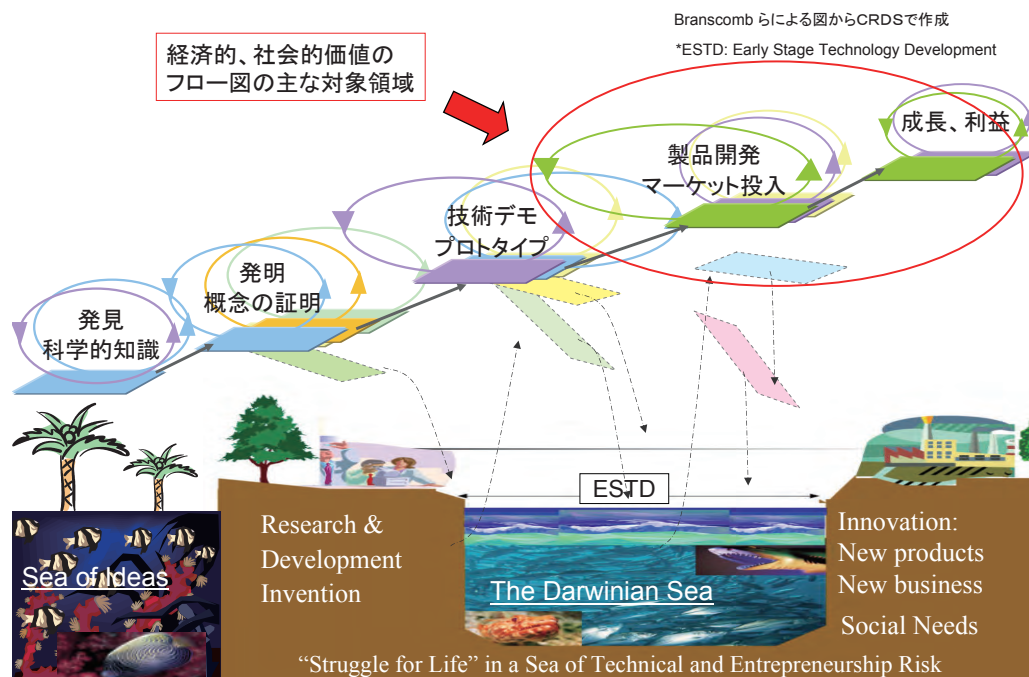


図 3: 科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図が対象としている科学技術イノベーションのプロセス^[4]

⁶ イノベーションのモデルについては、いろいろなものが提案されている。ここではイノベーションのモデルを考えることが目的ではなく、経済的、社会的価値がイノベーションのプロセスの中で主としてどのフェーズで現れるかを示すことが目的であるため、上記の Step & Loop モデルを利用した。

2. 科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図

図 2 が提起している社会的価値創出にかかるコストの問題、イノベーションの成果の配分の問題等を念頭に置きながらテレビ用液晶ディスプレイと核磁気共鳴画像装置（MRI）の事例研究を行った。さらに事例研究結果から共通要素を取り出すことにより以下のシナリオを作成した。これを図としてまとめたのが図 4 である。

（1）Step & Loop 図⁷の「発見、科学的知識」、「発明、概念の証明」、「技術デモ、プロトタイプ」に相当する段階

- 公的研究開発投資を含む公的支援を受け新しい科学的発見、新技術の開発が行われる（図 4 の①）。
- 新しい科学的発見、新技術の開発、新製品の開発は一方的な流れではなく、新技術の開発から新しい科学的発見が行われることもある等、Step & Loop モデルでも示されているように双方向的なプロセスである。

（2）Step & Loop 図の「製品開発、マーケット投入」、「成長・利益」に相当する段階 経済の需要面（図 4 の④）

- 新製品について消費者がその性能、デザイン、価格等を総合的に評価して購入を決める（図 4 では「④新製品に対する消費者の認知」から「新製品の販売数量の変動」に伸びる青の二重線がこれを示す）。但し事例研究で取り上げた MRI の場合の購入者は一般消費者ではなく医療機関である。
- その結果新製品の売り上げが増加する⁸（図 4 では「新製品の販売数量の変動」から「新製品の売り上げの変動」に伸びる青の二重線と「新製品の販売価格の変動」から「新製品の売り上げの変動」に伸びる青の二重線が、この動きを示す）。

経済の供給面（図 4 の②）

- 新製品を生産するために設備投資が行われる（図 4 では「新製品の開発」から「②設備投資」に伸びる青の二重線がこれを示す）。
- 新製品の売り上げが増加すると、生産能力を増やすために新たな設備投資が行われる（図 4 では「新製品の販売数量の変動」から「②設備投資に伸びる黒の実線がこれを示す」）。
- この結果有形、無形資産が増加する。但し代替関係にある既存の有形、無形資産は陳腐化する。

⁷ コラム 1 参照。

⁸ 厳密には価格の変動と数量の変動の二つの変動により売り上げの変動が決まる。例えば価格の低下により販売数量が増加しても価格の低下の効果が大きければ売り上げは減少する。図 4 ではこの可能性も考慮して「変動」という表現にした。

経済的価値（図4の⑤、⑥）

- 経済的価値は市場で新製品を販売することにより実現する（図4では「新製品の売り上げの変動」から「企業売上の変動」に伸びる青の二重線がこれを示す）。
- 新製品の価格は市場の需給動向によるが、特許戦略等で寡占的な市場となっている場合には企業の収益が増加する。逆に競争的な市場になっている場合には、価格が低下し消費者がより安い価格で入手できるようになる。価格の低下の影響が販売数量企業の増加の影響を上回れば収益は頭打ちから減少となる。このように市場の状況が新製品の価格や企業の収益に影響する。
- 企業収益の動向は企業価値に影響する。
- 同時に企業収益、雇用の変動は税収の変動を通じ財政バランスにも影響する。
- 企業価値の変動は金融資産ストックの変動になる。

社会的価値（図4の③、⑦）

- 新製品は経済的効果とともに金額換算の困難な社会的効果を生み出す。例えば新しい医薬品や医療機器を利用した医療サービスであれば健康な生活、あるいは「生活の質の向上」という社会的価値を生むが、しばしばこのようないわゆる「医療の高度化」は医療費の増加要因の一つとして位置づけられる^{9[5]}。金額換算が困難であるがゆえにその価値は価格に適正に反映されにくい。あるいは普及させることを考慮すれば価格は極力抑制される。ただしその結果、価格は価値を全て反映したものにはならない（図4では③から⑦に伸びる茶色の一点鎖線は「市場」を通さずに直接「生活の質の向上」に伸ばしているのはこのことを考慮したもの）。
- 社会的価値創出に要したコストは、市場の需給状況に応じて価格に反映され企業収益に影響する。しかし医療については診療サービスの価格は「市場」で決定される代わりに健康保険制度の下で公定され、患者の自己負担は一部なので、増加した医療のコストは政府の財政バランスの悪化要因となる。ここは他の財、サービスとは異なる点である。しかし増加した医療コストは、医療機器、製薬メーカーの売上を増加させ新技術の開発への再投資等を介して、次の新たなイノベーションの推進力となる（図4では③から企業部門の「企業売上の変動」に伸びる茶色の一点鎖線が、コストも生産企業の売上になることを示し、「企業売上の変動」から「新技術の開発」、さらに「新製品の開発」、「設備投資」等続く青の太線が次の新たなイノベーションに結びつくことを示す）。

⁹新しい医療機器を利用した場合と既存の方法によった場合との比較では、疾患の早期発見による医療費が節減される可能性もある。この問題はMRIの事例研究（第II-3章）で取り上げる。

このように、イノベーションの効果は、大きく経済的価値と社会的価値に大別される。その価値の発現の姿は、経済的価値は市場価格で評価されるが、社会的価値は開発者の立場からみれば金額換算が大変難しく市場価格では評価されにくく、その形態も多様である。さらに社会における安全、環境、健康の重要性の高まりとともに、イノベーションの価値を考える場合の社会的価値の重要性がますます高まる傾向にあることから、イノベーションの効果の定量化の課題も一層難しくなっていると考える。

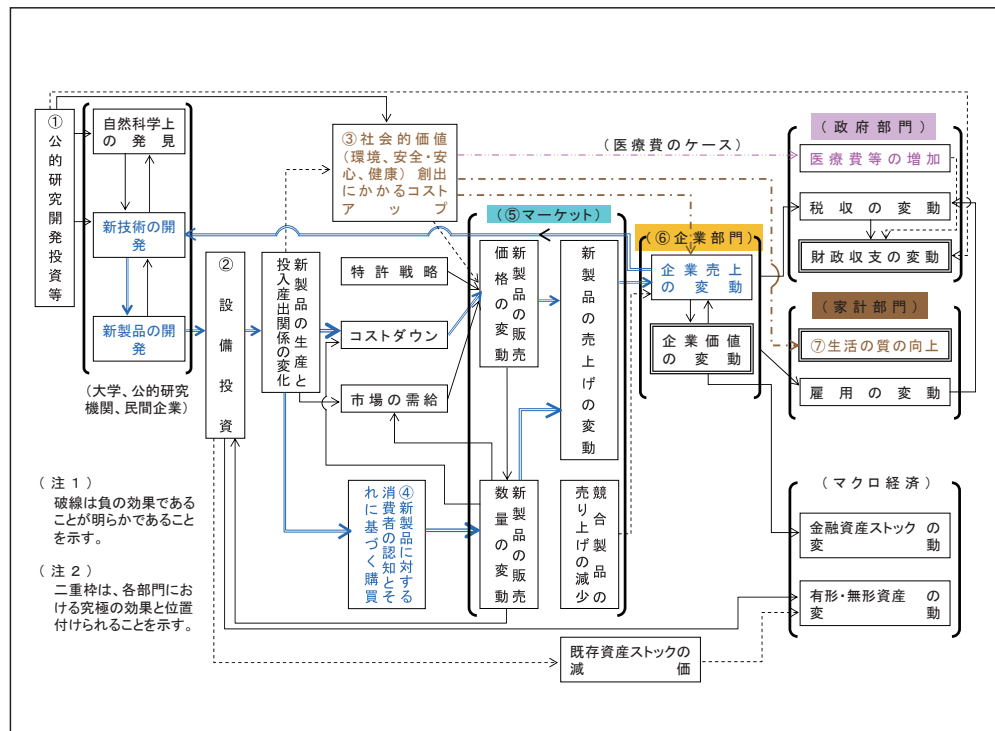


図 4: 科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図

コラム 2: 国内総生産と経済的、社会的価値

イノベーションの効果を国内総生産 (GDP) で捉えることには以下の問題がある。

(1) 新薬、新しい医療機器を用いた診療は、しばしば「医療の高度化」として医療費の増加要因の一つに位置づけられる。医療費は主に家計が支払うことになるが、それは GDP の構成要素の一つである家計最終消費を増加させる。即ち、新薬、新しい医療機器の導入による医療費の増加は GDP を増加させる。しかしこのような形での GDP の増加は医療費抑制の社会的要請に逆行している。この意味で GDP はイノベーションの成果指標として適当とはいえない。つまり GDP が増加したとはいっても内容の吟味が必要であり、GDP の増加をすべてイノベーションのプラスの効果と捉えることはできない。

なお新しい医療機器や治療法を採用した時の GDP と既存の治療法をとった場合の GDP とを比較すべきとの意見についても、新しい医療機器や治療法で医療費が節減されると家計消費に計上される医療費は減少し、GDP の減少要素となる。

(2) 政府サービスには市場価格がないため政府部門の付加価値はコストを積み上げることにより推計する。従って公的研究機関における活動も、研究者の人件費を含むコストの積み上げにより推計されるが、イノベーションの経済的、社会的価値の創出に至っていない段階でも人件費の増加により GDP を増加させる。

以上のように GDP はイノベーションに期待される効果とは異なるものを含む可能性があるので、図 4 では経済的、社会的価値の指標から GDP を除外している。

II. 個別事例の検討

図 4 は、概念的に作成したシナリオを基にテレビ用液晶ディスプレイと核磁気共鳴画像装置（MRI）の事例研究により検証して作成したものである。本章ではこれらの事例研究の概要を述べる。

1. 個別事例の選定理由

科学技術イノベーションの経済的、社会的価値について、テレビ用液晶ディスプレイと MRI の 2 つの事例を調査した。これらの事例を選んだ理由は次の通りである。

（1）テレビ用液晶ディスプレイ

- 液晶ディスプレイ産業は、製品の薄型テレビ、部品の液晶ディスプレイ、部材の液晶材料等々、市場の状況が異なる。それゆえ各市場で形成される価格の動向によりイノベーションの成果配分は異なる。このようなことから価格と成果配分の問題を考える上で良い例である。
- イノベーションの中には既存技術を代替するものがある。液晶ディスプレイを利用した薄型テレビは、ブラウン管テレビの代替という意味でこの例になる。
- 液晶ディスプレイは、薄型テレビだけでなく携帯電話、PC を含む情報機器、家電製品等、応用範囲の幅が極めて広く、波及効果の大きな事例の経済的価値を推計する際の問題を考える上で一つの参考事例になる。
- 民間主導で行われた液晶ディスプレイの開発においても、液晶テレビに不可欠な薄膜トランジスタ（TFT）の開発に公的研究開発投資が寄与しており、イノベーションにおける公的研究開発投資の役割を考える上で一つの参考事例となる。

（2）核磁気共鳴画像装置

- 核磁気共鳴画像装置（MRI）は社会的効果の一つである、手術をせずに精密な検査ができる等の「患者の生活の質の向上」をもたらすものであり、社会的価値を推計する際の参考事例となる。
- 同時に MRI の利用が、社会的に節減を求められる医療費を増加させる側面も有していると考えられ、社会的価値創出に伴うコストの問題を提示している。
- さらに医療費の増加は財政バランスの悪化要因の一つではあるが、同時に医療機器を開発製造する企業の売上となり、次のイノベーションの推進力となっていると考えられ、イノベーションの動態的プロセスの問題を考える上で良い例である。
- MRI の購入者が一般消費者ではなく医療機関であるため、購入者が一般消費者である場合とそうではない主体とで、購入者側の新製品の性能、価格等に対する認知の重要性についてどのような相違があるのかを考える事例となる。

- 健康保険制度の下で MRI を用いる診療サービスの価格は公定されているので、自由価格の場合と規制価格の場合とでイノベーションの成果の配分はどのように違うのかを考える事例になる。

なお個別事例としては MRI を中心に検証したが、得られた検討結果は PET、X 線 CT 等を含む画像診断装置に共通するものといえる。

2. テレビ用液晶ディスプレイ

(1) 想定シナリオ

テレビ用液晶ディスプレイの発展の主な流れを以下のように整理し、これを図 5 にまとめた^[6,7]。なお括弧内の数字は図 5 の該当する部分を示す。

(i) 「発見、科学的知識」、「発明、概念の証明」、「技術デモ、プロトタイプ」

- 自然科学上の発見としてオーストリアの植物学者ライニッツア (Reinitzer) の液晶発見 (1888 年) (図 5 の 1)
- アメリカの RCA でエレクトロニクスへの応用として試作品が発表 (1968 年) (図 5 の 2)
- シャープで液晶を電卓用途に開発に成功 (1973 年) (図 5 の 3)
- 但し電卓用の液晶ディスプレイではテレビには応用できない。TFT 開発の成功を待って、テレビ用液晶ディスプレイの開発ができる (図 5 の 4)。

(ii) 「製品開発、マーケット投入」、「成長、利益」

- テレビ用液晶ディスプレイにより薄型テレビが開発され設備投資が行われる (図 5 の 7)。
- テレビの品質向上 (省エネ、省スペース等) が消費者に認知され (図 5 の 11、14) 薄型テレビへの需要が価格の低下とともに増大 (図 5 の 16、17)。
- 薄型テレビの需要増大は、液晶ディスプレイ、基板ガラスを始めとする部材等の需要を増大させる (図 5 の 20、23)。
- 液晶ディスプレイ、基板ガラスを始めとする部材等の需要の増大は、液晶ディスプレイ、部材等の設備投資を増加させる (図 5 の 7、8)。その結果設備機器メーカーへの需要も増大する (図 5 の 27)。
- 需要の増大を受けて行われる設備投資により更なるコストダウンと生産能力が増加し、生産数量が増加する結果、競争的市場である液晶ディスプレイについては急速な価格の低下が始まる (図 5 の 7、18、19)。この価格低下は薄型テレビの価格低下につながり需要の拡大に寄与する (図 5 の 15、16、17)。
- 他方、基板ガラス等の部材においては市場が寡占的であるため価格はあまり低下しない (図 5 の 22)。

企業部門

- 以上の結果、薄型テレビメーカーと液晶ディスプレイの生産メーカーは数量の増加と価格の低下の綱引きにより収益は増減する（図5の24、25）。他方部材メーカーは価格があまり低下しないため、数量増加の効果が効いて収益は増加する（図5の26）。
- しかしブラウン管テレビは薄型テレビの普及とともに需要が減少し、製造メーカーはじめ関連メーカーの収益は悪化する（マイナスの経済的効果）（図5の12、13）。

政府部門

- 以上の液晶関連メーカーとブラウン管テレビ関連企業の収益の変化は、企業全体の収益に影響し（図5の29）、それが国、地方自治体の税収、ひいては財政収支に影響する（図5の30、31）。

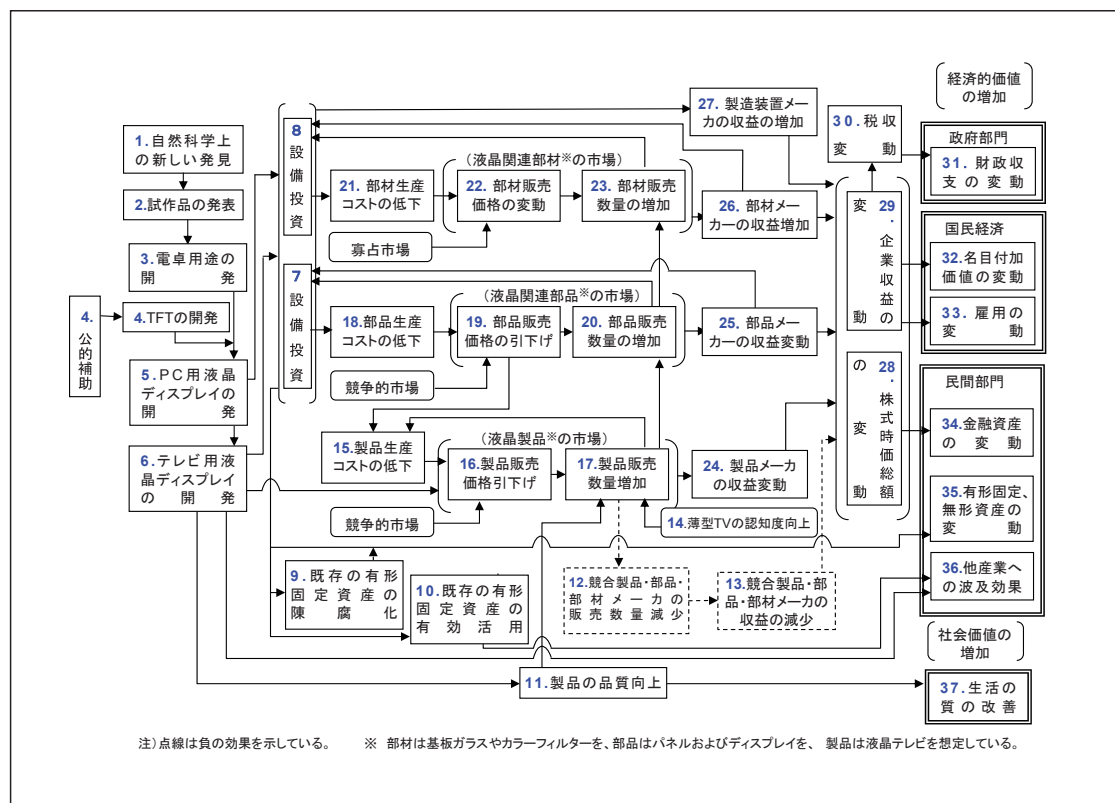


図5: テレビ用液晶ディスプレイの経済的、社会的価値のフロー図^[8]

家計部門

- 企業収益や生産動向により雇用が変化する（図 5 の 33）。
- 薄型テレビの省エネ、省スペース等の効果により消費者の生活の質が向上する（図 5 の 37）。
- 液晶薄型テレビの価格下落により、ブラウン管テレビよりも高性能のテレビをより安い価格で入手できる。

マクロ経済

- 名目付加価値が変動する。
- 株式時価総額の変化を通じ金融資産ストックが変化する。
- 設備投資の増加と既存設備の陳腐化により有形、無形資産ストックが変化する。
- 他産業で液晶ディスプレイがテレビ以外の用途で使われる（以上図 5 の 32、34、35、36）。

（2）検討結果の意味合い

テレビ用液晶ディスプレイの検討結果から、科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図（図 4）の作成や定量化に向けての留意点としては以下の事項が挙げられる。

- テレビ用液晶ディスプレイには薄膜トランジスタ（TFT）の開発が不可欠であった。この TFT の開発に関連して、元来は太陽電池向けであった公的支援が一定の役割を果たした。
- イノベーションを考える場合に科学的発見に基づく発明、さらにプロトタイプ、技術デモという供給面での一連の流れが重要であることはいうまでもないが、需要面においてそれにより生み出された製品、サービスを購入者が認知することが、重要なステップであることも確認された。
- 新しい製品、部品、部材の生産設備を導入すると、それと代替、競合関係にある生産設備は陳腐化し価値が減少する。テレビ用液晶ディスプレイの場合はブラウン管の製造設備、あるいはパネルを切り出すガラス基板の大きさは世代と呼ばれ大きくなる傾向にあるが、古い世代のガラス基板からパネルを切り出す工場も別の用途に転用しない限り、設備の減価、ひいては事業経営の問題に直面する。
- 液晶ディスプレイの開発が効果を及ぼした範囲は、薄型テレビだけでなく携帯電話、PC を含む情報機器、家電製品等、極めて広い範囲に及ぶほか、当然関連する産業も幅が広い。しかしながら、指標間の関係をあまりに精緻に記述すると逆に図の理解が困難になるトレード・オフがある¹⁰。

- 図 5 は名目値を念頭に置いて作成した¹¹。これはイノベーションの持続性を考える上で企業収益の動向が重要と考えたためである。一般に企業収益は名目値で取り扱われる。特に液晶薄型テレビの場合には価格低下が急速なため関係デフレーターも急速に低下していることが想定され、企業収益をそのようなデフレーターで実質化すれば名目値よりもパフォーマンスはよくなることが想定される。しかしこれはイノベーションの持続性を考える場合には適当ではないと考えた。このほかに設備投資を名目値と実質値のどちらで見るべきかという問題もある。このような指標の選択の問題は図 5 では矢印に示された指標間の関係に影響する。

コラム 3: 経済指標－名目値と実質値の関係

経済統計では、統計データを名目値と実質値に分けて見る必要がある。名目値とはある時点(当該年度)における価格(時価)で示した数値である。一方実質値とは、ある特定の時点(基準年)を基準とし、物価変動の影響を除いた数値である。名目値と実質値の間には次式の関係がある：

$$\text{実質値} = \frac{\text{名目値}}{\text{デフレーター}}.$$

デフレーターは物価変動の影響が除く働きをしている。例えばある商品を 5 年前に 100 円で購入しても、今年 100 円で購入しても、100 円という名目値は変わらない。しかし商品価格が 5 年で 2 倍になったとすると、同じ 100 円で購入できる数量は 5 年前の半分になる。このように、経済の実態を把握するときに、物価(この場合は商品価格)の変動による影響を取り除いた数値(実質値)を見る必要がある場合がある。

¹⁰ イノベーションの経済的、社会的価値を検討する上で国際市場の視点は欠くことはできない。しかし図 4 にこの視点をさらに加えると、図が複雑化し理解が難しくなると考え敢えて省略した。

¹¹ 名目値と実質値の関係についてはコラム 3 参照。

3. 核磁気共鳴画像装置

(1) 想定したシナリオ

核磁気共鳴画像装置（MRI）の発展の主な流れを、ヒアリング結果を基に以下のように整理し、これを図 6 にまとめた。

(i) 「発見、科学的知識」、「発明、概念の証明」、「技術デモ、プロトタイプ」

- 自然科学上の発見としてはブロッホ（Felix Bloch）とパーセル（Edward Purcell）による核磁気共鳴信号の発見¹²（1946 年）（図 6 の 1）。
- 医工融合としては、ラウテルブール（Paul C. Lauterbur）、マンズフィールド（Sir Peter Mansfield）、ダマディアン（Damadian）等により核磁気共鳴の画像化に代表される（1973 年）¹³。
- 日本では島津製作所、東芝、三洋電機により常電導 MRI 装置の研究開発が開始（1979 年以降）（図 6 の 2、3、4）。

(ii) 「製品開発、マーケット投入」、「成長、利益」

医療機関

- MRI を医療機関が導入する際の要素としては、まず医療効果がどれだけあるのかという問題を基本に、機器の価格、機器の維持コスト、機器を使う医療サービスの価格、想定患者数、医療機関の経営状況等を勘案する（図 6 の 5）。
- 機器メーカーは製品を生産するために設備投資をする。生産能力の向上と機器の販売台数の増加とにより、生産コストも低下し、販売台数の増加ともあいまって機器メーカーの収益を増加させる（図 6 の 6、7、8、9）。
- 医療機関は機器の導入により診療報酬が増加する。但しこれは裏返せば医療費の増加要因となる（図 6 の 14、16）。
- しかし機器の利用により疾患の早期且つ正確な発見ができるようになる部分、またはこれまでの検査、診療の手法に要する費用と比較すれば治療費は削減され则认为^[9,10]（図 6 の 13、15）。

政府部門

- 医療費の変動は財政収支の変動につながる（図 6 の 27）。但し医療費は既に述べたように医療機器を購入する医療機関の売上であり、その売上が医療機関による新しい医療機器購入の原資となっている。これを裏返せば医療機器メーカーにとっては売上になるものである。ここに医療費の管理とイノベーション政策との間でバランスを図る必要性が見出される。
- 機器メーカーの収益変動を通じ税収に影響する（図 6 の 23）。

¹² ブロッホとパーセルは 1952 年にノーベル物理学賞受賞。

¹³ ラウテルブールとマンズフィールドは 2003 年ノーベル医学生理学賞受賞。

- 患者は機器の利用により身体的な負担が軽減されるほか、疾患の早期且つ正確な発見により患者の社会復帰の早期化、患者の苦痛の軽減、家族の負担軽減等を通じ生活の質が向上する（図 6 の 18、19、20、21、28）。
- 但し医療機関に治療費を支払うため他の条件一定であれば家計消費が増加する（図 6 の 22）。

- 株式時価総額の変化を通じ金融資産ストックが変化する（図 6 の 10、26）。
- 雇用が変動する（図 6 の 25）。
- 機器メーカーの売上の増加、医療機関の売上の増加（または家計消費の増加）を通じて名目付加価値が増加する。

(科学技術イノベーション) 医療機器の導入と社会経済的価値の増大

1. 自然科学上の新しい発見
2. 医工融合
3. 新しい医療検査・診断機器の発明
4. 製品化

5. 当該機器導入決定要因
6. 設備投資
7. 生産コスト低
8. 当該機器の販売台数増加
9. 機器メーカーの収益変動
10. 株式時価総額の変動

11. 当該機器の導入
12. 当該機器の利用
13. 疾患の早期且つ正確な発見
14. 当該機器利用による診療報酬増加
15. 治療費削減
16. 医療費の変動
17. 医療機関の収益変動

18. 低侵襲な検査
19. 患者の社会復帰の早期化
20. 患者の苦痛軽減
21. 患者の家族の負担軽減
22. 家計消費の増加
23. 税收の変動

24. 名目付加価値の変動
25. 雇用の変動
26. 金融資産の変動
27. 財政収支の変動
28. 生活の質の改善

政府の補助

診療報酬抑制 薬価引下げ

当該機器の格
当該機器の維持コスト
当該機器利用による医療効果
当該機器を使う医療サービスの価
想定患者数
医療機関の経営状況

(機器メーカー)
(医療機関)
(患者)

社会経済的価値の増大
国民経済
民間部門
政府部門

— 16 —

(2) 検討の意味合い

MRI の検討結果から、科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図（図 4）の作成や定量化に向けて留意点としては以下の事項が挙げられる。

- MRI 等の画像診断装置は一般消費者が購入するものではないという点で液晶薄型テレビとは異なるが、画像診断装置においても購入者である医療機関がその性能、効果等について認知することが重要なステップとなっている。
- 画像診断装置は、その代替検査としての内視鏡や血管造影、バイオプシー等の侵襲的な検査に伴う患者の苦痛を緩和、疾病の早期発見、早期診断、治療経過の合理的な把握等による患者の寿命の延長と生活の質の改善に寄与するが、その効果の定量化はきわめて困難である。またたとえば患者が高齢者か、働き盛りの世代か等により、その早期の社会復帰の経済的効果は相当異なる。図 6 でも表現の仕方が変わってくると思われるが、ここでは以上の問題に深く立ち入らないことにした。
- 機器導入の効果を推計する際に、これまでの治療を適用した場合にかかると想定される医療費との比較で効果を推計する必要もある。これは一般に医療費の増加要因として医療の高度化が上げられているが、単純に新しい機器の導入により医療費の増加を捉える手法だけでは画像診断装置の効果を適切に捉えたとはいえないと考えるためである。この点をどのように図に表すかは、定量化の問題とも関連し難しい問題である。
- 国民経済計算上、患者と健康保険組合が負担する医療費はともに患者の消費支出としてカウントされるため、医療サービスを消費するほど消費支出は増加し、国民総生産（GDP）も増加する。しかし財政再建が求められている現在、このような GDP の増加にはイノベーションに期待される効果以外のものを含むと考えられるので、GDP はイノベーションの効果の指標とするのは適当とはいえない。

コラム 4: テレビ用液晶ディスプレイのフロー図（図 5）と核磁気共鳴画像装置のフロー図（図 6）の違い

液晶テレビは一般消費者が購入するため、購入動機が製品の品質向上と薄型液晶テレビの認知度向上としている。一方、核磁気共鳴画像装置（MRI）も医療機関が購入するため MRI の利用による医療上の効果のほかに、機器の維持コスト等医療機関の経営的視点が含まれているが、共通しているのは当該製品の品質、性能をまず購入者が認めることである。

また新製品の本格的生産には、規模の違いはあるものの生産設備等の設備投資が不可欠であること、さらに企業売上がイノベーションの推進力の源泉であることも共通している。

他方大きな違いも存在する。即ち MRI は、健康保険制度の下でこれを利用する診療サービスの価格が公定されており、且つこれを患者が 100%負担しないですむ形となっている。このため新しい医療機器の利用による診療サービスは、医療費の増加、さらにそれを通じて財政収支バランスに影響を与える可能性が高い。さらにこの場合、新しい医療機器が創出する、検査に伴う患者の身体的負担の軽減等の「生活の質の改善」効果を、それを利用する診療報酬サービスの価格に全て反映させることは技術的に困難である。また仮にそれができる場合には、患者の負担を一部にとどめる健康保険制度の下では財政負担を大きくするか、または価格の高さから、その普及を遅らせる可能性が高い。

これに対し液晶テレビの場合は、その価格は自由な競争市場で決定される。液晶テレビも省エネルギー等「生活の質の改善」に寄与するが、市場で決定される価格にはその分の評価も含まれていると考えられる。但し市場での評価が生活の質の改善の効果に比較して不当に低いと考えるのであれば、それは液晶テレビの社会的価値と考えることができる。

おわりに

本調査は二つの目的を持って行われた。第一はイノベーションのプロセスの分かりやすい資料の作成である。これはイノベーションのプロセスの全体像を把握することを意図して「科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図（フロー図）」（図4）としてまとめた。これまでもイノベーションの効果の推計は、全要素生産性の推計、モデルによる推計等多くの研究がある。但し、それらはこの報告書で述べたイノベーションの経済的、社会的価値の全体を捉えたものというよりは、その一部を捉えたものと考えられる。その意味でフロー図は、各研究が対象としているイノベーションの価値の部分を整理するうえで、貢献するものとする。しかし図についての個別事例の検証は、まだテレビ用液晶ディスプレイと核磁気共鳴画像装置（MRI）の2つに限られている。それゆえ今後図の完成度を高めるには新サービス創出の事例を含めてさらに多くの個別事例に当てはめた検証が必要である。

第二に、定量化に向けての課題について整理を行った。その結果、以下のような点が課題として浮かび上がった。

（1）データの問題

本調査に当たりフロー図に出した主要な指標の実績値を収集した^[8]。しかし社会的価値の指標とその代理変数については検討を要する課題である。たとえば健康の問題の場合には、新薬の効果を判定する重要な基準の一つは、対象とする疾患に作用して延命効果をもたらすかにあるとされている。しかし効果の結果が明らかになるまでには長い時間を要するので専門的にサロゲートマーカー¹⁴が模索されている状況である。つまりサロゲートマーカーについて専門家の間でも合意が得られていないような状況では、非専門家が新薬の社会的価値の代理変数を決めることは困難である。

またフロー図は基本的に名目値を念頭において作成している。これはイノベーションの持続性には企業収益の動向が重要と考えたためである。例えば設備投資については情報通信機器の急速な価格下落と性能向上を反映して設備投資デフレーターも急速に低下しているため、名目値と実質値では動きに差が生じている。本報告では名目値を前提にしているが、どちらの数値を選択するかは調査研究の目的に応じて検討する必要がある。

¹⁴ 新薬の延命効果を直接測定するのでは新薬承認が時間的に遅れるので、新薬の承認の早期化に延命効果を早い時点で示すサロゲートマーカーと呼ばれる指標が必要とされている。

(2) 社会的価値の推計手法

社会的価値の範疇に入るものは幅が広い。図 4、5、6 では、これを「生活の質の改善」という表現でまとめた。液晶ディスプレイによる薄型テレビの場合、例えばブラウン管テレビと比較した省エネ効果や省スペース効果、あるいは画質向上度が「生活の質の改善」の中に含まれる。しかし、液晶ディスプレイが市場を介さずに生活に与えた効果はもっと広い可能性がある。これらの推計手法は一律ではない。また画像診断装置は患者の検査に伴う苦痛を緩和、疾病の早期発見、早期診断等を通じ患者の生活の質の改善に寄与する社会的価値を有する。これらの効果は患者の属性等により現れ方も一様ではない。さらに画像診断装置はあくまで診断を目的とするものであり、社会的価値の発現はその後の治療に掛かっている部分が大きいの。加えて画像診断装置には MRI、PET、X 線 CT 等があり、各々得意とする疾患がある。従って画像診断装置におけるイノベーションの価値を定量化するには疾患を特定することも必要になる。あるいは画像診断装置の組み合わせで定量化を考えなければならない。

(3) 定量化の対象とする期間と範囲の選択

液晶ディスプレイは、ライニッツァ (Reinitzer) による液晶の発見 (1888 年) から電卓への応用ができるまで (1973 年) 85 年を要している。このような長いイノベーション・プロセスの中では、経済的効果、社会的効果が発現する時期は、概ね図 3 の「成長、利益」のところに集中していると考えられるが、その中でも電卓での成功から薄型液晶テレビの成功までさらに 30 年かかっている。

同様に範囲の問題もある。液晶ディスプレイの効果については、大型コンピューターからパソコンへ等の社会の「個人化」への寄与という視点から薄型テレビよりも携帯電話、PC を含む情報機器、家電製品等の効果の方が大きいとする意見がある。どのような手法をとるにせよ、液晶ディスプレイ一つに限定しても経済的、社会的価値を全てカバーするのは非常に大きな作業になる。

(4) 比較する上での基準ケースの問題

一般にイノベーションの効果は、新しい機器の導入なかりし場合 (= 基準ケース) と機器の導入後との比較により推計する。この場合、基準ケースは架空の状況なので、基準ケース自体の推計が難しい。産業連関的にいえば投入産出係数が変化する前の姿を想定することになる。例えば図 6 では新しい医療機器、医薬の導入を想定して、これが患者の生活の質の改善につながると同時に医療費の増加というシナリオを設定している。しかし基準ケースにおいては、恐らく既存の検査手法、あるいは既存の投薬で患者を検査治療していることが十分考えられる。この場合機会費用の考え方に立って新しい医療機器のコストと導入前の検査、治療手法のコストと比較すれば医療費は節減される可能性もある。しかし一般的には医療費の増加要因として医療の高度化があげられている。また新しい医療機器、医薬の恩恵を受ける患者が高齢者か、現役世代かによっても、経済的効果に患者の早期

復帰や失われる所得の縮小までカウントする場合には関係してくる。

イノベーションの成果を示す指標については、全要素生産性、消費者余剰、生産者余剰、企業価値等、様々の指標が提案されているが、今回の検討により、それらの指標がイノベーションが創出する価値の中でどのような位置づけにあるのかを検討する土台を呈示することができた。その一方で今回の検討を通じて明らかになった課題について、そのうち多くのものは完璧な回答を見出すことが困難なものである。従って、今後はこれらの課題に対して、まずイノベーションの効果に関して「説明責任」を果たす観点を重視した形で対応策を考えることが現実的と考える。例えば、いくら精緻なモデルを構築しても何によってそのような推計結果が得られたのかについて十分な説明ができない場合には、推計結果に信頼は得られにくい。同時にイノベーションの効果を考える場合に不可欠な要素は何かを特定し、検討のフレームワークに必ず入れることが必要である。例えば今回の検討でイノベーションの究極的な成果は、企業部門では企業価値の増加、政府部門では財政バランスの変動、家計部門では生活の質の向上としたが、イノベーションの効果を考える場合に指標としてこれらを考える必要がある。

コラム 5: モデルによる定量化の問題

科学技術イノベーションの経済的、社会的価値のフロー図（図 4）は、もともとモデル構築を念頭において作成した。モデルを考えたのには主に二つの理由がある。一つはイノベーションの効果のみを抽出しようとするれば、モデルを使わざるを得ないからである。本調査では関係指標の実績値を収集したが、実績値の中からイノベーションの効果だけを抽出することは極めて困難である。もう一つの理由はイノベーションの成果の消費者、企業、政府間に配分されると想定した場合、これらの配分はモデルにより同時決定することも必要ではないかと考えたためである。例えば新製品の販売価格は販売数量に影響し、企業収益を変動させる。同時に企業収益の変動を通じて、雇用、さらに税収に影響する。また消費者の負担にも直接影響する。これらの効果を独立に他の条件一定の下に推計し、それらを合計すると、全体の効果を過大または過小に推計する可能性も考えられるためである。

またモデルによりイノベーションの効果を推計する場合には、技術の変化を緻密に投入産出関係に表そうとすれば、詳細な分類を使わざるを得ない。しかし詳細な分類のデータを使えば、それだけモデルの構造は複雑となり、シミュレーションをしても意味ある解が出るかどうか不確実になるほか、得られたシミュレーション結果についての因果関係の説明も困難になる。またイノベーションの成果の配分を決める価格については、データの制約が厳しいことに加え、モデルを構築する際に最も難しいブロックでもある。

参考文献

- [1] Marburger, J.(2006).Keynote Address, The Atlanta Conference on Science and Technology Policy 2006: US-EU Policies for Research and Innovation, Atlanta, GA.
- [2] European Communities(2006).“Creating an Innovative Europe: Report of the Independent on R&D and Innovation appointed following the Hampton Court Summit and chaired by Mr. Esko Aho,” Brussels, Belgium.
- [3] 独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター (2005).「Innovationを誘発するファンディングシステム」、平成 16 年度報告書、CRDS-FY2004-GR-01.
- [4] — (2007).「科学技術イノベーションの実現に向けた提言ーナショナル・イノベーション・エコシステムの俯瞰と政策課題ー」、戦略プロポーザル、CRDS-FY2006-SP-11.
- [5] Organization for Economic Co-operation and Development (2006), “OECD Health Data 2006,” Paris, France.
- [6] 沼上 幹 (1999)、「液晶ディスプレイの技術革新史ー行為連鎖システムとしての技術」、白桃書房.
- [7] 船田 文明 (2007).「液晶イノベーション」、応用物理、Vol.76、No. 5、p.p.462ー471.
- [8] 三菱総合研究所(2007).「科学技術イノベーションのプロセスと社会経済的インパクトに関する調査ーテレビ用液晶ディスプレイと画像診断装置についての事例研究ー」、平成 18 年度独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター委託調査.
- [9] 社団法人日本画像医療システム工業会調査・研究委員会 (2004).「画像診断の経済的効果, Part I」.
- [10] — (2005).「画像診断の経済的効果, Part II」.

科学技術イノベーションが創出する経済的、社会的価値の図解
—事例研究に基づく経済的価値と社会的価値の波及メカニズムの検討—
CRDS-FY2007-RR-01

平成 19 年 6 月

発行者 独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
浅見グループ
印刷所 株式会社ファルコンプリント

Copyright 2007 独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
無断での転載、複写を禁じます。引用を行う際は、必ず出典を記述願います。