

Science & Technology Trends

# 科学技術動向

**7-8**  
2014  
No.145

レポート・トピックス タイトルをクリックすると 各項目にジャンプします

## レポート

- p 4

フォーサイトに関する最新動向—第5回予測国際会議  
世界の科学技術予測の現状  
～社会課題解決に向けて～  
(開催報告 その2)  
イノベーションとビジネスのための予測調査
- p12

米国の大学における先端研究機器のシェア  
およびオープン化の動向
- p19

オープンアクセスを踏まえた研究論文の  
受発信コストを議論する体制作りに向けて
- p26

各国の地球観測動向シリーズ (第9回)  
衛星画像を利用した農業生産統計



本文は p.4 へ

## フォーサイトに関する最新動向—第5回予測国際会議 世界の科学技術予測の現状～社会課題解決に向けて～ (開催報告 その2) イノベーションとビジネスのための予測調査

イノベーションとビジネスの成長・発展には、科学技術が大きく寄与すると期待されている。そのため近年、世界各国で科学技術予測調査が積極的に実施されている。

ロシアでは、連邦レベルだけではなく、地域や業種なども考慮し、EU や OECD などが主催する国際会議へ参加することで、多くの情報を収集して予測調査を実施している。経済、社会と科学技術などのトレンドを踏まえ、長期的なシナリオの作成や、企業のイノベーション活動を推進させるための多面的なロードマップの作成を行っている。現在、国際レベルの予測と、国内の組織、業界レベルの予測のギャップをどのようにして埋めるかが課題となっている。

シンガポールでは1990年に首相が主導し、国家イノベーションシステムを立ち上げ、産業の中心を製造業から研究開発の推進へと移行した。その後、経済効果、社会、環境、商業化にも重点が置かれるようになり、現在はイノベーション立国となるべく、知財権の活用による技術の普及促進と権利の保護に注力している。

イギリスでは、マンチェスター大学を中心として、1990年代から本格的に予測調査に取り組んでいる。その手法の一つとしてスキヤニング調査があり、例えば環境、経済、健康と安全、社会と政治などの視点から未来を検討し、変化要因や時期などを考慮して、いくつかのシナリオを作成することを行っている。

本文は p.12 へ

## 米国の大学における先端研究機器のシェア およびオープン化の動向

第4期科学技術基本計画では、大学におけるハイスペックな先端研究機器の共用については言及されていない。しかし、日本および米国の大学で使用する研究費の中で、研究機器を購入する費用は年々増加傾向を示しており、大学の研究リソースの可視化や効率的利用の観点から、研究機器の共用は重要になってきている。

米国の大学では、トップレベルの大学をはじめとして、先端研究機器のシェアや研究機器の情報のオープン化を積極的に進めており、大学のキャンパス内に、共用のために先端研究機器を一か所に集積した施設を数多く設置している。共用施設には5～10人程度の専任の技術職員を配置し、機器の維持管理・利用のための教育トレーニング・助言・委託分析等を実施している。共用施設の整備には公的資金が投入されており、共用施設の情報も広くネットワーク化され、利用者のアクセスが容易になっている。

一方、日本の大学における先端研究機器の共用の推進や公的支援は、米国に比べて規模が小さく、横断的な共用のためのネットワーク形成は不十分である。今後、日本が取り組むべき方策として、競争的研究資金などの研究費の申請段階で研究機器の共用を推進する枠組みをつくること、研究大学を対象に学外共用の仕組みを整備し大学間共用を充実すること、リサーチ・アドミニストレーターを共用推進の支援人材としても活用すること、全国レベルの横断的共用ネットワークの構築を通じ、研究機器情報の一元化を図ることを提言したい。

## オープンアクセスを踏まえた研究論文の 受発信コストを議論する体制作りに向けて

電子ジャーナルは研究者にとって必須の情報源となり、そのオープンアクセス（OA）化は、科学技術・学術研究の発展を促し新しいイノベーションを生み出す基盤の1つと捉えられている。一方OAの浸透にもかかわらず、購読費モデルのジャーナルパッケージの価格高騰が依然問題となっており、日本でも年間数百億円のコストがかかっている。その上OA出版による論文数も着実に増えており、今後も増大の傾向にあるため、その出版経費である掲載料（APC:Article Processing Charge）が購読費に対しても無視できないレベルに達することが予想される。

OA出版では現状、研究者がAPCを個別に支払うことが多いため、その経費を大学や日本全体として把握することが難しい。また、APCの価格抑制や、費用対効果を議論できる体制が整っていない。

今後のOA出版増大の傾向を鑑みて、また、他国・他機関の取り組みも参考に、APCを含むOA出版にかかる経費を電子ジャーナル購読費と共に把握し、大学・研究機関等における研究マネジメントや科学技術・学術情報流通政策のための費用対効果の議論ができる体制を整える必要がある。

## 各国の地球観測動向シリーズ（第9回） 衛星画像を利用した農業生産統計

農業生産統計は食糧政策の根幹となる重要なデータであるが、現地での調査作業の負担が重いことから、先進国でも発展途上国でも統計の質や量が長期的に低落し続けているといわれている。米国の地球観測戦略の課題には、食糧の年間収量や収穫状況を、効果的かつ継続的に監視することが挙げられている。国際連合食糧農業機関（FAO）や主要先進国の農業担当省庁は、農業生産統計に衛星画像を利用することでコストや時間の節減を目指しており、地理空間情報システム（GIS）と組み合わせて画像処理や画像解読などの研究開発を行っている。

我が国は営農者の保有する平均耕作面積が小さく、現地調査主体で統計を行っている。衛星画像を利用する試みも行われてきたが、衛星運用は必ずしも継続的でなく、精度・観測タイミング・コスト等の問題があり、統計への衛星画像利用はあまり進展していない。2014年5月に打ち上げられたJAXAの「だいち2号（ALOS-2）」は植生観測に最適なLバンド合成開口レーダを搭載し、解像度も高くなり、悪天候や夜間でも観測可能である。我が国でも、こうした新たな観測ツールも活用し、農業生産統計に衛星画像を利用するための調査研究をさらに充実させていく時期に来ている。

# フォーサイトに関する最新動向—第5回予測国際会議 世界の科学技術予測の現状 ～社会課題解決に向けて～ (開催報告 その2) イノベーションとビジネスのための予測調査

村田 純一 浦島 邦子

## 概要

イノベーションとビジネスの成長・発展には、科学技術が大きく寄与すると期待されている。そのため近年、世界各国で科学技術予測調査が積極的に実施されている。

ロシアでは、連邦レベルだけではなく、地域や業種なども考慮し、EU や OECD など主催する国際会議へ参加することで、多くの情報を収集して予測調査を実施している。経済、社会と科学技術などのトレンドを踏まえ、長期的なシナリオの作成や、企業のイノベーション活動を推進させるための多面的なロードマップの作成を行っている。現在、国際レベルの予測と、国内の組織、業界レベルの予測のギャップをどのようにして埋めるかが課題となっている。

シンガポールでは1990年に首相が主導し、国家イノベーションシステムを立ち上げ、産業の中心を製造業から研究開発の推進へと移行した。その後、経済効果、社会、環境、商業化にも重点が置かれるようになり、現在はイノベーション立国となるべく、知財権の活用による技術の普及促進と権利の保護に注力している。

イギリスでは、マンチェスター大学を中心として、1990年代から本格的に予測調査に取り組んでいる。その手法の一つとしてスキヤニング調査があり、例えば環境、経済、健康と安全、社会と政治などの視点から未来を検討し、変化要因や時期などを考慮して、いくつかのシナリオを作成している。

**キーワード：**フォーサイト， イノベーション， ビジネス， シグナル， スキヤニング， インパクト

## 1 はじめに

2014年5月23日に総合科学技術・イノベーション会議から公表された科学技術イノベーション創造推進費に関する基本方針<sup>1)</sup>によると、「科学技術イノベーションは、経済成長の原動力、活力の源泉であり、社会の在り方を飛躍的に変え、社会のパラダイムシフトを引き起こす力を持つ。しかしながら、我が国の科学技術イノベーションの地位は、総じて

相対的に低下しており、厳しい状況に追い込まれている。」とある。このような背景から、他国が取り組んでいるイノベーションの事例は、我が国の今後にとって大変参考となる。

今号では、イノベーションとビジネスにおける科学技術予測の活用について、ロシアおよびシンガポールにおける、技術開発計画の策定、業界への働きかけの事例、そしてEUと日本の企業を中心にスキヤニング調査を行っているイギリス企業の実施事例について概要を紹介する。

## 2 ロシアの事例

ビジネスと産業に関連する予測調査の枠組みと事例について、ロシア国立研究大学高等経済学院(HSE)<sup>2)</sup>の教授より次のような説明があった。

国レベルの調査の際、データベースから選出された企業を中心に参加協力を依頼する。実際には研究所の参加がほとんどであるが、ここ10年の間に設立された政府の持ち株会社のロスネフチ（石油）、ロステック（電子機器）や、民間のガスプロム<sup>3)</sup>、アエロフロート<sup>4)</sup>、セヴェルスターリ<sup>5)</sup>（鉄鋼）、および国外の自動車メーカーなども調査に協力している。

図表1に経済知識研究所 (ISSEK)<sup>6)</sup>におけるフォーサイト活動の概要を示す。フォーサイト活動は連邦レベルだけではなく、地域や業種なども考慮し、さらにEUやOECDなどの国際ワーキンググループへ参加することにより、情報を収集して予測調査を実施している。グローバルなトレンドと課題には、長期的な視点とマーケット、新技術、R&Dなどのさまざまな要因を考慮する必要がある。

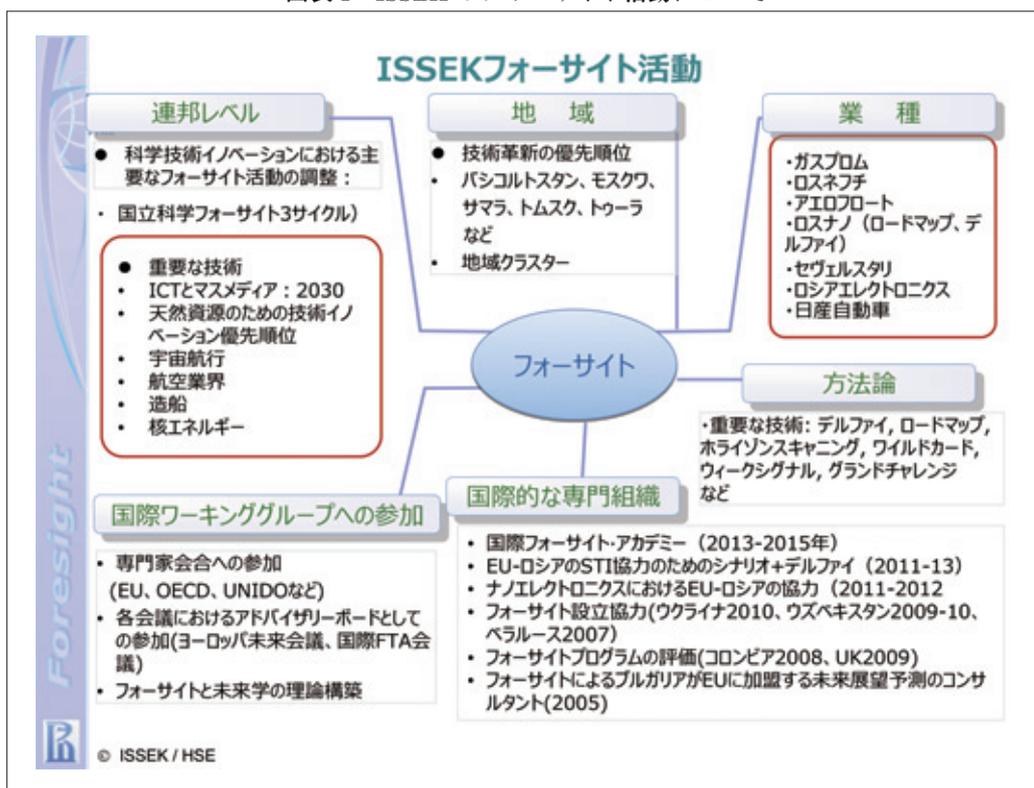
図表2は、ロードマップ作成の概要を示したものである。最初に調査する分野の専門家により、経済、社会と科学技術などのトレンドを踏まえ、長期的な科学技術シナリオを作成する。そしてイノベーショ

ンを目的に、将来の技術や科学的優位性を考慮し、マーケットや、イノベーションが起こり得るとされる製造やサービスなどの優先的課題を抽出する。続いて、戦略的優先課題の選定を目標として、イノベーションや技術開発、特定プロジェクトの技術採択と牽引市場の分析などを行い、企業のためのロードマップを作成する。こうしてより実現性の高いプロジェクトが計画される。

ロードマップは、複数の視点で検討し活用される。例えば、セグメント別に階層状のロードマップを作成すると、そこではニッチな分野の探索が可能になる。また、R&Dから市場までのロードマップでは、目標達成のための重要な要素とオプションとしての要素を探ることができる。

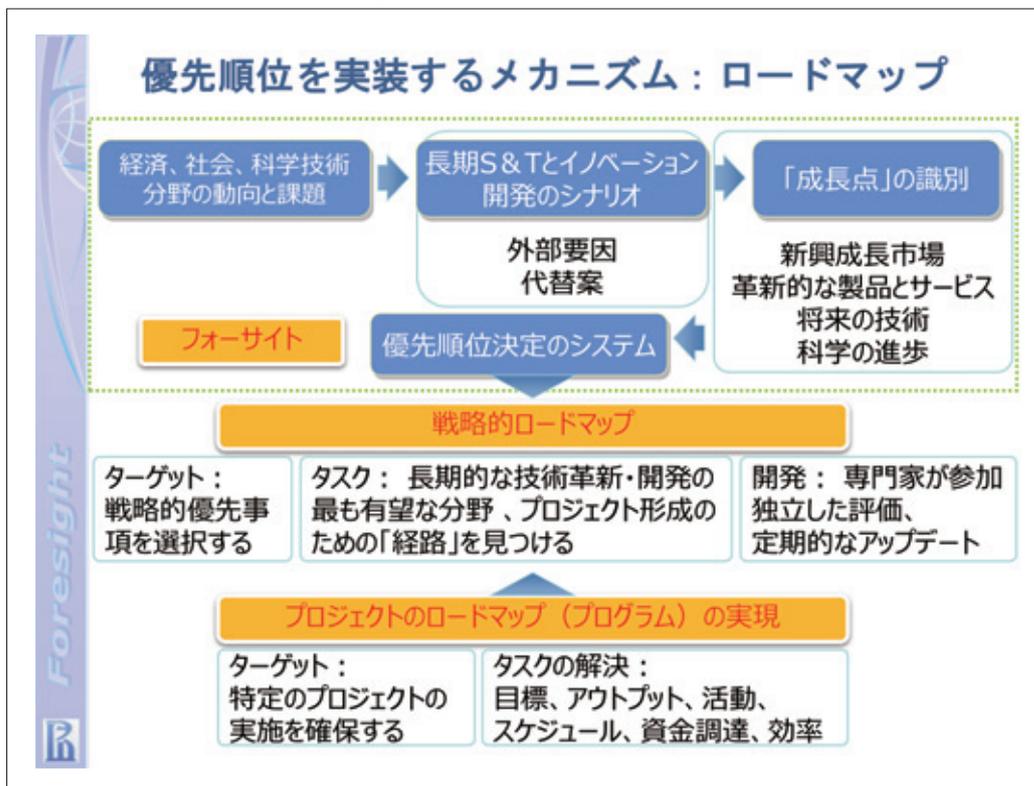
こうしてロードマップを用いれば、潜在的なものやウィークシグナル（発生確率の低いと思われる事象）を見つけることが出来、科学技術の開発・推進が可能となる。そして業界別に同様なロードマップを個別に作成することで、優先される政策を明確化できる。さらに、企業のイノベーション活動のためのロードマップを作成すれば、企業におけるイノベーション活動の状況把握と選択肢が明確となり、技術分野の予測から生産までの連携が可能となる。HSEは、このような多面的なロードマップ作成の経験を持つ。今、業界と産業省において、未来指向型の予測活動への関心が高まっている。その一方で、国

図表1 ISSEKのフォーサイト活動について



発表資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表2 ロードマップ作成の手順



発表資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

際レベルの予測と、国内の組織、業界レベルの予測のギャップをどのようにして埋めるかが課題となっている。

### 3 シンガポールの取り組み

「シンガポールからの視点」というタイトルで、A\*STAR<sup>7)</sup>の研究者から、シンガポールの歴史を含むイノベーションのバックグラウンドから、現在のイノベーションへの取り組みの説明があった。A\*STARとは、シンガポール科学技術研究庁 (Agency for Science, Technology and Research) のことで、シンガポールにおける科学技術研究の監督・支援を行う法定機関であり、2002年に設立された。

シンガポールは、1965年8月9日マレーシアから独立し、もうすぐ50年経つ。近年、政策として特にITに力を入れている。独立直後は多国籍企業の撤退が相次ぎ、危機的な状況だった。そうした状況を打破するために、政府は雇用確保を目的として、撤退する企業は技術移転することを条件とした。

シンガポールの産業は、1960年代のジュロン工

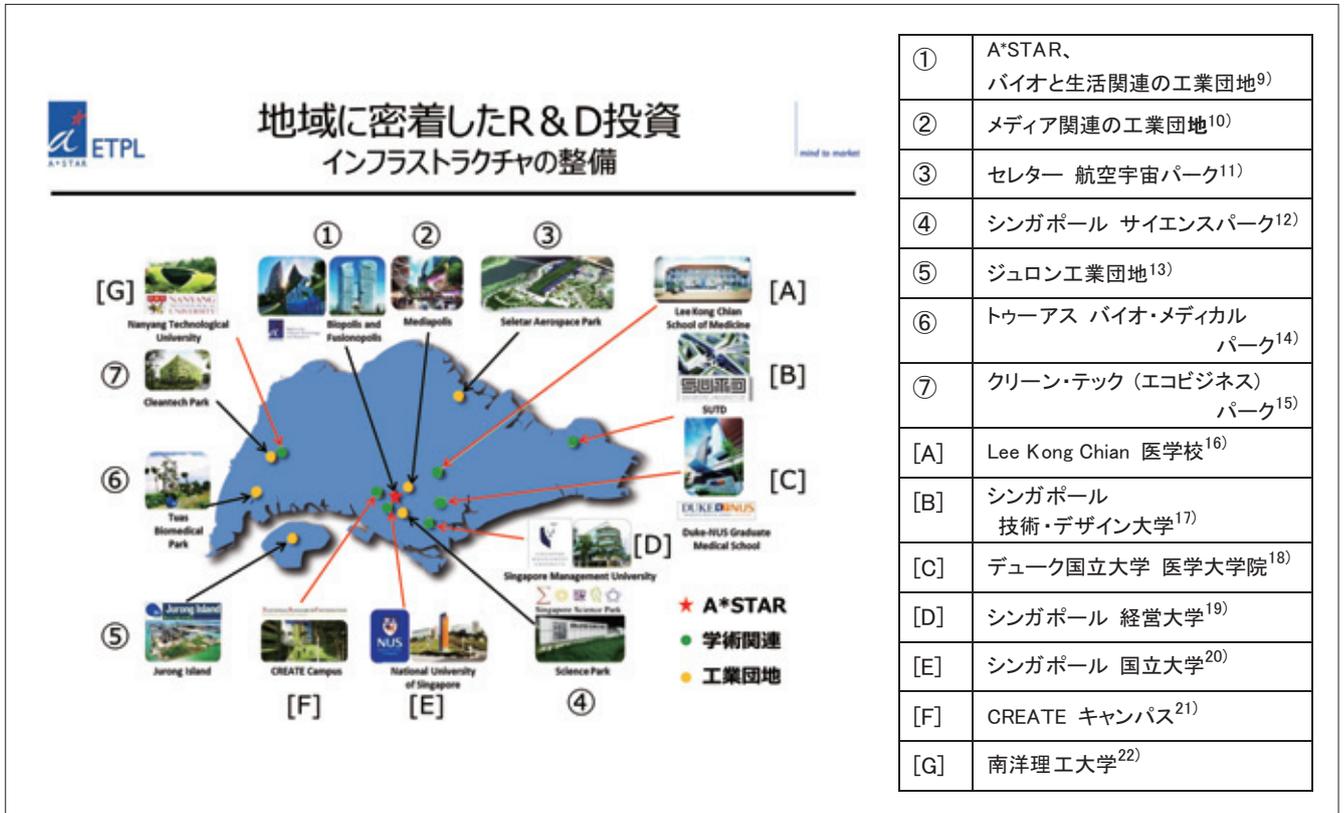
業団地の整備と、衣類、木材加工などの軽工業の発展から始まった。その後、1970年代には、近隣諸国と賃金を同程度にするため、コンピューター関連機器やソフトウェア、シリコンウエハのプロセスなど、より付加価値の高い産業に重点を置いて政策を推進した。その結果、これらの産業は1980-90年にかけて成長を遂げたが、1996年の金融危機で再び多国籍企業が撤退する事態となった。当時、雇用は維持されたが、職場が近隣の国外に移転したために、国内産業の空洞化が進んだ。ただし1990年に、首相が主導し、技術開発促進計画を作成した。そこでは国内企業に基礎研究をすることを呼びかけるとともに、国家イノベーションシステムを立ち上げ、産業のフレームワークを製造業から研究開発にシフトした。また、経済産業省 (MTI)<sup>8)</sup>とA\*STARによって、技術開発に及ぼすインパクトに関する調査が行われた。このような活動によって科学技術から企業のイノベーション研究に視点に移り、経済効果、社会、環境、商業化に重点が置かれるようになり、その結果、2015年には3.5%のGDP成長率が見込まれるまでになった。

この背景には、図表3に示すような科学技術振興のためのインフラの整備が大きく起因する。7つの工業団地と共に、4大学と関連する学校などが設立されている。そして、インフラ整備とともに人材育成にも取り組んだ。

図表4に示すように、科学技術人材数は、公・私セクターともに2008年に大幅に増加したが、特に公的部門では年々増加傾向を示している。A\*STARは2000年以降1200人以上に奨学金を支

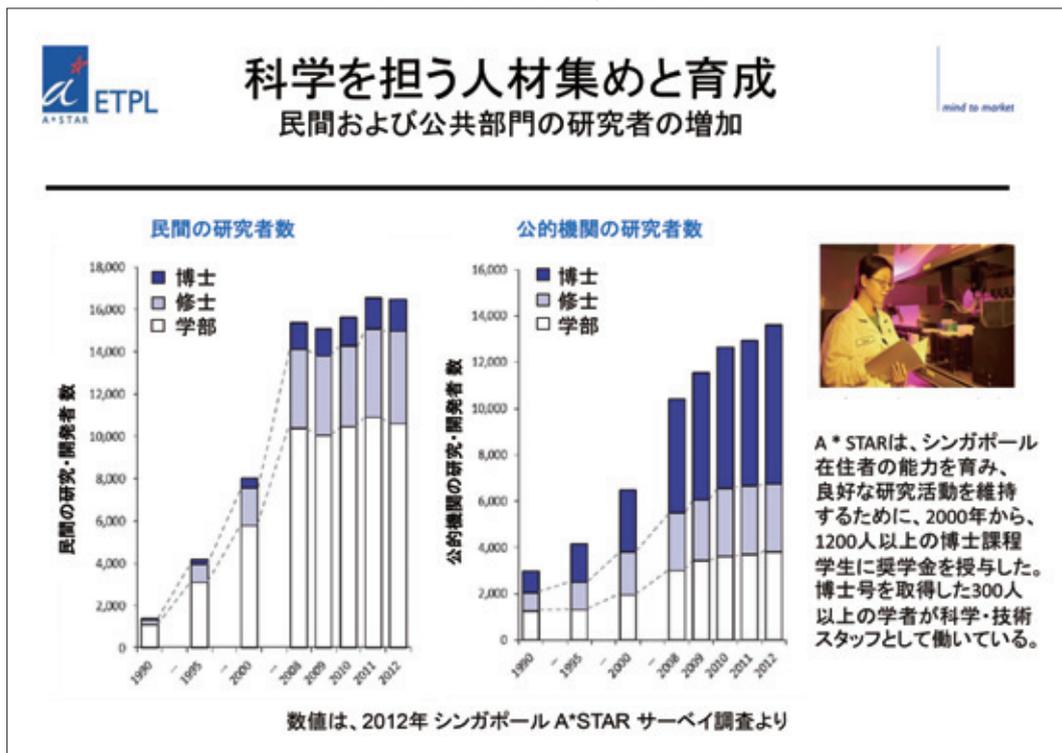
給し、科学・研究人材を育成している。そして奨学金受給者の300人以上が博士号を取得しており、研究者のうち半分がシンガポール出身者である。このようにシンガポールは優秀な人材を国内で育

図表3 科学技術振興のためのインフラストラクチャ



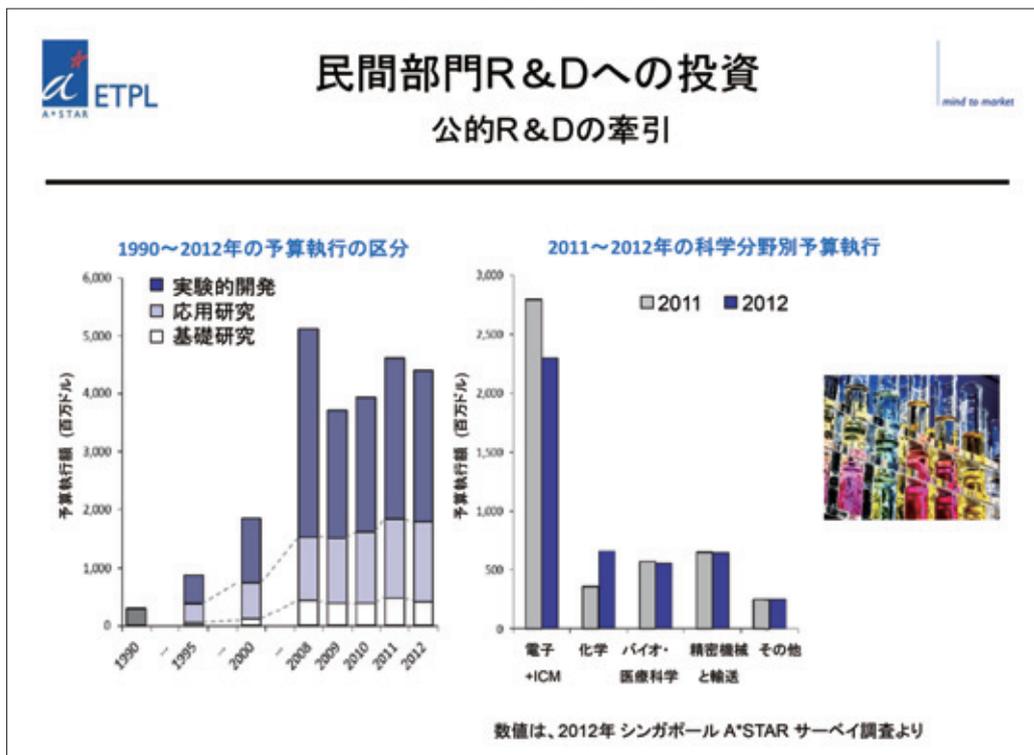
発表資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表4 科学技術を担う人材の数



発表資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表5 研究開発費の変遷



発表資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

成している。

民間部門への研究開発投資は、図表5に示すように2008年をピークに、その後増減を繰り返している。2011-12年の科学技術分野に注目すると、2011年は「電子とICM (Intelligence, Communication and Media) 分野が半分以上で、次いで「バイオ医療」と「精密機械と輸送」である。こうした投資成果として、公的機関の特許出願件数は、2013年のグローバルランクで世界2位になった。またA\*STARの成果を活かす組織として地域の企業支援のために技術移転機構 (Exploit Technologies Private Ltd.: ETPL) が存在する。

このようにシンガポールはイノベーション立国となるように努力している。知財権はバリューチェーンの重要な部分と考えて、特許出願動向のモニタリングと、産業化できるものを選択した特許出願により、技術の普及促進と、権利の保護に注力している。

## 4 フォーサイト調査の手法と事例

イギリスでは、マンチェスター大学<sup>23)</sup>を中心として、1990年代から本格的に技術予測調査に取り組んでいる。今回は、ビジネス分野でのイノベー

ションに焦点を当てた「フォーサイトとイノベーションのための未来スキャン-EUの政策と日本のビジネス」というタイトルで、イギリスの調査会社<sup>24)</sup>の研究者から発表があった。同社は約30年前に設立され、当時の欧州の大企業の技術に関して調査していたが、現在は日本を含め、世界的に顧客を持っている。以下に発表内容を示す。

フォーサイトはインフォーマルなシナリオ、あるいはある状況のモデルであり、イノベーションの機会を提供する。つまり、ある状況変化を予測し、ビジョンは好ましい将来、ビジネスや望まれる社会を示すものである。フォーサイトプログラムにおいて、企業と公共の違いは明確ではないが、企業が公共の予測調査をこれまであまり利用しなかった理由は、公共的視点の印象が強いからである。フォーサイトは、公共機関が企業に国の政策を伝え、企業活動の推進をバックアップする役目を負ってきた。一方で、企業は経営のための“ビジョン”を中心に扱っていることから、公共性を取り込むことは容易でない。政府として公表するには、定量的で確実な情報が必要である。一方で、企業を対象とした調査には、気軽な意見を交わすための相互理解と信頼関係が必要である。こうした調査の手法として、次に挙げるいくつかの方法がある。

ウィークシグナルの発見には挑発的な質問をすることが必要である。そして、モニタリングは既

知の現象を見続け、スキャンニングはまだ十分認識されていないような現象を見つけるために視野を広げた観察をする。通常、スキャンニング・ワークショップは、グループ参加者と人数を限定し、クロズドで実施する。そして限られた時間で、問題点、不確実性、変化要因、影響を議論し参加者が認識を共有したところで、インパクトの評価を行う。スキャンニング調査は、以下のように5段階で行われる。

- ①今と比べて未来の社会課題が、どこに移行するかを考える。しっかりしたフレームを採用することで、対象分野を明示するための基準となる。
- ②未来の前提を考える。そして現状を明確にすることで、変化を引き起こす種々の状況について、「環境」、「経済」、「健康・安全」、「社会・政治」の4つの視点から考える。
- ③主要な要素によって、どのように世界観が変わるかを判断する。今後10-20年掛かって変化を誘発する可能性がある重要な要素を特定する。

この作業がスキャンニングである。

- ④調査当初時点の想定に対して、変件事象を誘発する要因、将来の結果への影響要因、変化のきっかけの時期などを検討する。
- ⑤最後に結果を踏まえて、異なる変件事象と、検討結果の組み合わせから、個別の未来をいくつか導出する。

以上のような取り組みを実施した3事例について、図表6に示す。スキャンニング・ワークショップでは、過去のワークショップ経験者を1/3程度入れて実施する。実施事例として、フレームワーク7の検討結果を図表7と8に示す。6つの変化要因を用いて、2つの未来像を示したものが図表7である。そして、この2つの未来像をベースにしてグループで議論しながら作成したシオリオが図表8である。

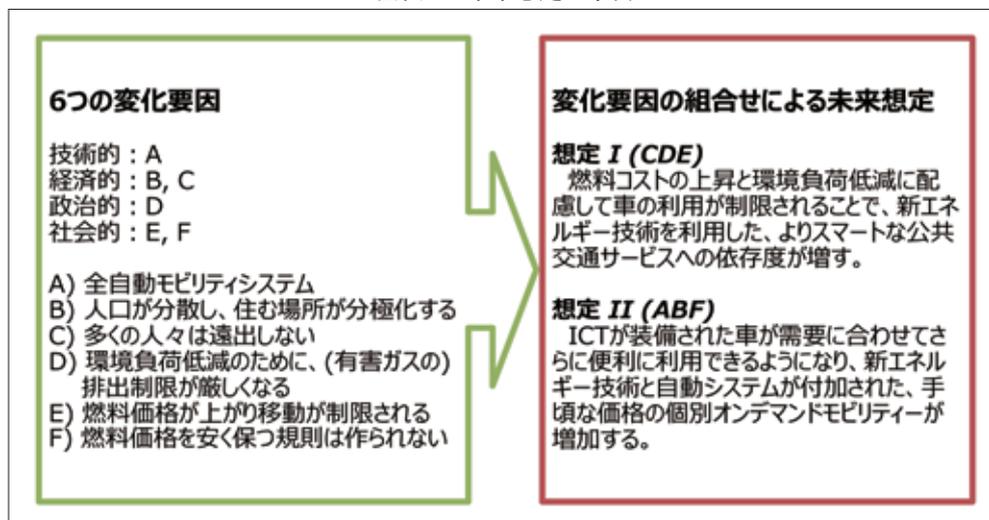
以上のように、スキャンニングの方法を知ることによって、未来予測の一部を実施することが可能となる。  
(次号に続く)

図表6 スキャンニング調査の事例

名称	フレームワーク7	ハイリスク環境	2030年 未来の生活
実施時期	2012-2013年(6ヶ月間)	2013-2015年(継続的)	2010年(1年間), 2013年-
内容	2030年のR&T指針:ビジョン。交通、健康と環境 - 都市経済を維持するためのソリューションについて、ヨーロッパ4地域で、調査を実施。	人口密度の高い生活環境の危険性について、英国で調査を実施。	“好ましい化学”の展望 科学と社会、経済と環境の共生について、日本で調査を実施。
調査主体参加者など	[EUのプロジェクト] 英国; レスター/ノッティンガム フランス; トゥールーズ/ボルドー ポーランド; ワルシャワ/マゾフシェ イタリア; モリーゼ の行政機関、大学、企業の関係者ら 合計30名が参加。	[日本の工業計器、プロセス 制御機器メーカー] 日本、シンガポール、インド、ドイツ、オランダ、米国のエンジニアリングおよびビジネス開発センターから20名が参加。	[日本の化学製品会社の 研究機関] 日米欧の研究者15名が参加。

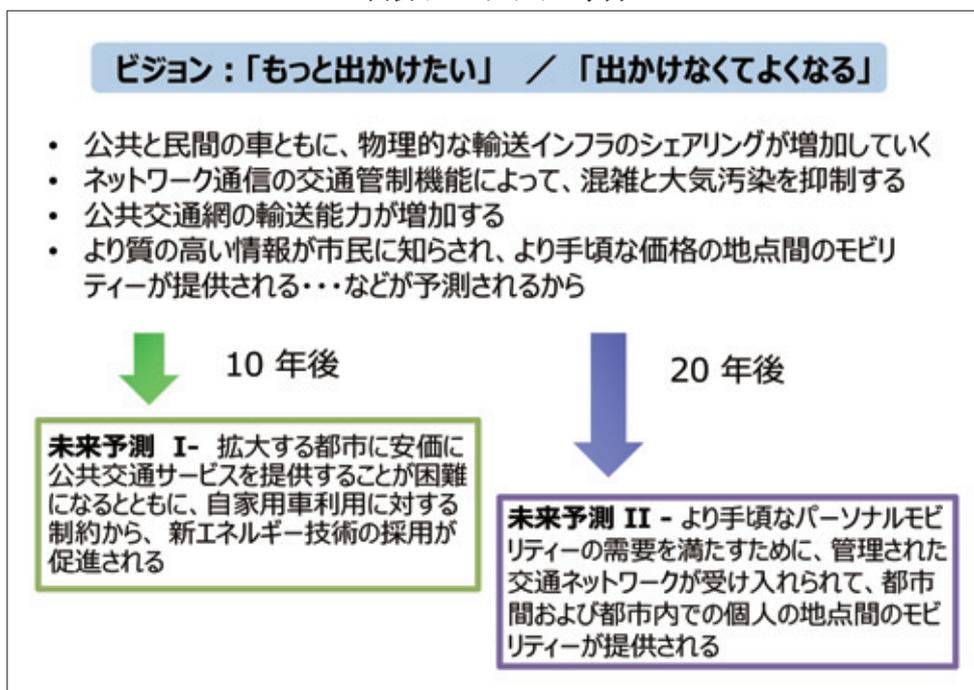
発表資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表7 未来想定事例



発表資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表8 シナリオの事例



発表資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

## 参考文献

- 1) 科学技術イノベーション創造推進費に関する基本方針、内閣府 総合科学技術・イノベーション会議  
資料 1-2 : [http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai/nenshou\\_1/siryo1-2.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai/nenshou_1/siryo1-2.pdf)
- 2) ロシア国立研究大学高等経済学院 ホームページ : <http://www.hse.ru/en/>
- 3) ガズプロム ホームページ (英語版) : <http://www.gazprom.com/>
- 4) アエロフロート ホームページ (日本語版) : <https://www.aeroflot.ru/cms/ja>
- 5) セヴェルスターリ ホームページ (英語版) : <http://www.severstal.com/eng/index.phtml>
- 6) 統計と経済知識研究所 ホームページ : <http://issek.hse.ru/en/about>
- 7) シンガポール科学技術研究庁 (A\*STAR) ホームページ : <http://www.a-star.edu.sg/>
- 8) シンガポール経済産業省 (MTI) ホームページ : <http://www.mti.gov.sg/>
- 9) バイオと生活関連の工業団地 ホームページ :  
<http://www.a-star.edu.sg/Biopolis-Fusionopolis/A-Great-Place-to-Work-Live-Play/Fusionopolis.aspx>
- 10) メディア関連の工業団地 ホームページ :  
<http://www.jtc.gov.sg/RealEstateSolutions/one-north/Pages/Mediapolis.aspx>
- 11) セレター航空宇宙・パーク ホームページ :  
<http://www.jtc.gov.sg/RealEstateSolutions/Seletar-Aerospace-Park/Pages/default.aspx>
- 12) サイエンスパーク ホームページ : <http://www.sciencepark.com.sg/>
- 13) ジュロン工業団地 ホームページ : <http://www.jtc.gov.sg/RealEstateSolutions/Jurong-Island/Pages/default.aspx>
- 14) トゥーアス バイオメディカルパーク ホームページ :  
<http://www.jtc.gov.sg/realestatesolutions/pages/tuas-biomedical-park.aspx>
- 15) クリーン・テックパーク ホームページ :  
<http://www.jtc.gov.sg/RealEstateSolutions/CleanTech-Park/Pages/default.aspx>
- 16) Li Kong Chian 南洋工科大学 医学校 (The Lee Kong Chian School of Medicine) ホームページ :  
<http://www.lkcmedicine.ntu.edu.sg/Pages/Hom>
- 17) シンガポール技術・デザイン大学 ホームページ <http://www.sutd.edu.sg/>
- 18) デューク国立大学 医学大学院 ホームページ : <http://medschool.duke.edu/education/duke-nus>

- 19) シンガポール経営大学 ホームページ：<http://www.smu.edu.sg/>
- 20) シンガポール国立大学 ホームページ：<http://www.nus.edu.sg/>
- 21) CREATE（Campus for Research Excellence And Technological Enterprise） ホームページ：  
<http://utown.nus.edu.sg/about-university-town/create-2/>
- 22) 南洋理工大學 ホームページ：<http://www.ntu.edu.sg/Pages/index.aspx>
- 23) マンチェスター大学 ホームページ：<http://www.manchester.ac.uk/>
- 24) ビジネス・フューチャーズ ホームページ：<http://www.businessfutures.com/>

..... **執筆者プロフィール** .....



**村田 純一**

科学技術動向研究センター 特別研究員

専門は半導体結晶成長。企業にて、化合物半導体結晶性基板作製の研究などに従事。2013年5月より、科学技術動向研究センターにて、科学技術予測調査の業務に従事。計測、通信用デバイスに関心がある。博士（工学）



**浦島 邦子**

科学技術動向研究センター 上席研究官

工学博士。日本の電機メーカー、カナダ、アメリカ、フランスの大学、国立研究所、企業にてプラズマ技術を用いた環境汚染物質の処理ならびに除去技術の開発に従事後、2003年より現職。世界の環境とエネルギー全般に関する科学技術動向について主に調査中。

# 米国の大学における先端研究機器のシェアおよびオープン化の動向

伊藤 裕子

## 概要

第4期科学技術基本計画では、大学におけるハイスペックな先端研究機器の共用については言及されていない。しかし、日本および米国の大学で使用する研究費の中で、研究機器を購入する費用は年々増加傾向を示しており、大学の研究リソースの可視化や効率的利用の観点から、研究機器の共用は重要になってきている。

米国の大学では、トップレベルの大学をはじめとして、先端研究機器のシェアや研究機器の情報のオープン化を積極的に進めており、大学のキャンパス内に、共用のために先端研究機器を一か所に集積した施設を数多く設置している。共用施設には5~10人程度の専任の技術職員を配置し、機器の維持管理・利用のための教育トレーニング・助言・委託分析等を実施している。共用施設の整備には公的資金が投入されており、共用施設の情報も広くネットワーク化され、利用者のアクセスが容易になっている。

一方、日本の大学における先端研究機器の共用の推進や公的支援は、米国に比べて規模が小さく、横断的な共用のためのネットワーク形成は不十分である。今後、日本が取り組むべき方策として、競争的研究資金などの研究費の申請段階で研究機器の共用を推進する枠組みをつくること、研究大学を対象に学外共用の仕組みを整備し大学間共用を充実すること、リサーチ・アドミニストレーターを共用推進の支援人材としても活用すること、全国レベルの横断的な共用ネットワークの構築を通じ、研究機器情報の一元化を図ることを提言したい。

**キーワード：**大学，研究インフラ，研究機器，共用，オープン化

## 1 はじめに—概要と目的—

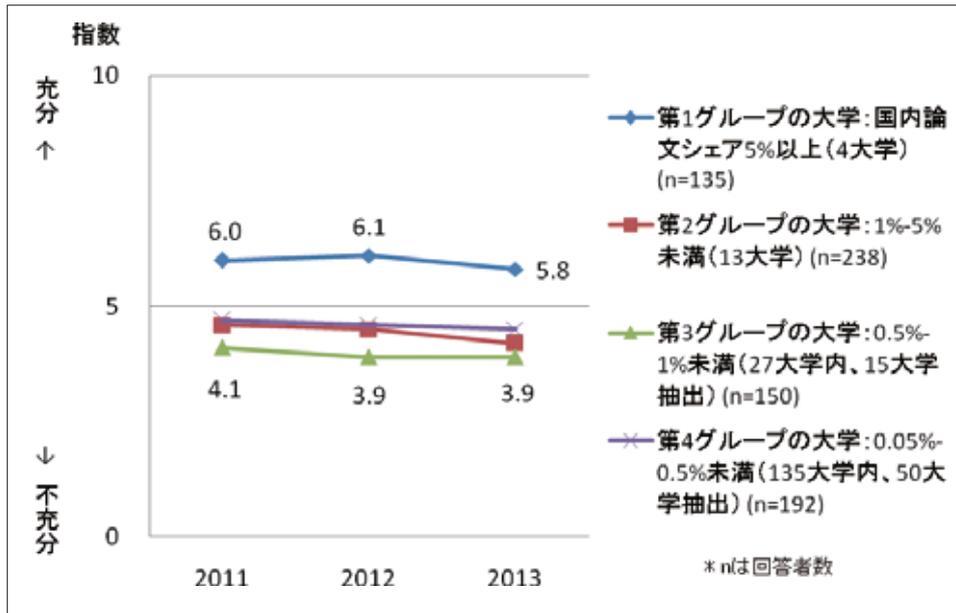
研究基盤の充実強化は、我が国の持続的な科学技術イノベーションの維持・向上に必要不可欠である。なかでも、大学において研究開発を実施する際に利用する研究施設・設備や機器・装置等の整備や共用の推進は重要である。

図表1に「研究施設・設備の程度は、創造的・先端的な研究開発や優れた人材の育成を行うのに充分だと思いますか」という質問の回答を指数化したものを示した<sup>1)</sup>。この結果によると、大学における研究施設・設備の状況は大学によって差があり、国内

論文シェアが非常に高い大学グループでは充分と思う割合は高く、国内論文シェアが高い~中程度の大学では低いというように、研究基盤に大学間格差が生じていることが示唆される。

詳細で精密な計測・分析や解析が可能になるということは、研究上の新しい発見や新技術の創出を導くことに繋がるので、潤沢な研究費を持つ研究者はハイスペックで新製品の研究機器を競って購入する。そのため、研究室間格差や大学間格差が生じることとなる。しかも、大学において共用の取り組みは少なく、情報もオープンではないため、研究者が必要としている研究機器を隣の研究室が持っていることを知らないケースも多く見られる<sup>2)</sup>。

図表1 研究者の意識調査による大学の研究施設・設備の状況



出典：参考文献1 を基に SciSIP 室にて作成

さらに、大学の研究者の7割は、自分の研究室以外が保有する研究機器を利用した経験があり<sup>3)</sup>、「利用に関する事前情報の提供が得られない（知人に頼る）」・「専門スタッフの不在や利用時間の制限等、利用の際の利便性が低い」・「消耗品等の費用負担が不明確」を問題として認識している<sup>3)</sup>。

第4期科学技術基本計画では、『国は、公的研究機関を中心に、世界最先端の研究開発の推進に加えて、幅広い分野への活用が期待される先端研究施設および設備の整備、更新等を着実に進めるとともに、その着実な運用や、「共用法」<sup>注)</sup>に基づく施設など世界最先端の研究施設および設備について共用を促進するための支援を行う』としている。一方、大学の施設および設備に関しては、「整備や高度化、安定的な運用確保に向けた取組を促進する」とし、共用に関しては「国は、国立大学法人の研究設備の計画的な整備や更新、安定的な維持管理、国立大学法人の研究設備の計画的な整備や更新、安定的な維持管理、共同利用・共同研究に供する大型および最先端の研究設備の整備に関する支援の充実を図る（下線は著者）」とし、研究室内に存在するハイスペックで先端的な研究機器の共用については言及していない。

以上の状況を踏まえ、本稿では、大学における先端研究機器のシェアやオープン化が進んでいる米国の状況を示し、今後の日本の取るべき方策について提言する。

## 2 日本および米国の大学等における研究機器購入費用の推移

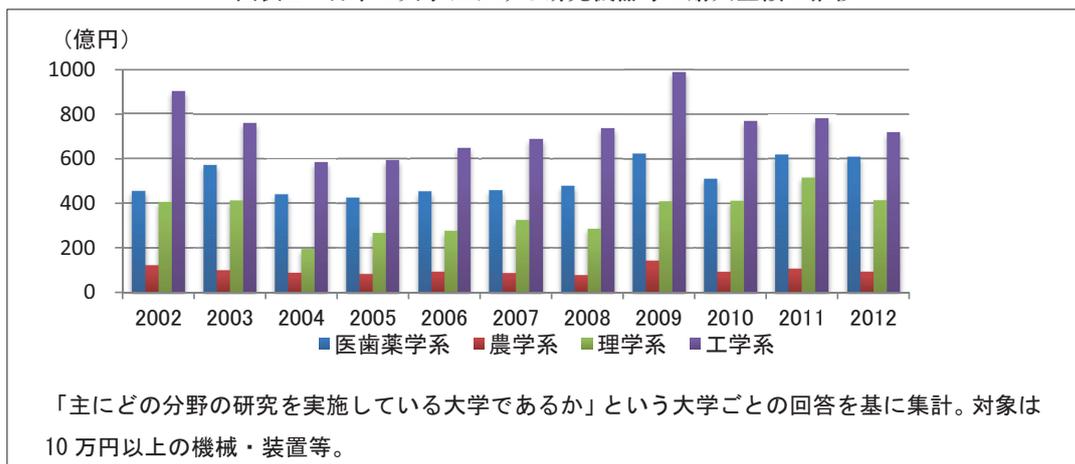
日本では、大学の内部使用研究費の内、機器等の購入に使用した費用は、2013年科学技術研究調査報告<sup>4)</sup>によると2196.3億円（2012年）であり、これは大学の内部使用研究費の6.2%であった。一方、米国では、大学において機器等の購入等に使用した費用は、Science and Engineering Indicators 2014（国立科学財団 National Science Foundation：NSF）<sup>5)</sup>によると19.8億ドル（2012年）であり、これは大学の研究開発費総額の3.2%にあたる。日米で購入金額が同程度であるが、大学における研究者数の差<sup>6)</sup>から考えると、米国の1研究者あたりの購入金額は日本よりもかなり少ない。

分野ごとの購入金額の経年変化をみると、図表2に示すように日本では、機器等の購入費は緩やかな振幅を繰り返しながらも減少することはなく、医歯薬学系や理学系の大学に比べて、工学系の大学において購入金額が大きいことが示された。また、米国では、図表3に示すように、工学分野や医療研究分野およびバイオ分野で他の分野と比べて増加の傾向がみられた。

工学や医療研究などの分野では、研究において計測や分析は欠かすことができず、かつハイスペック

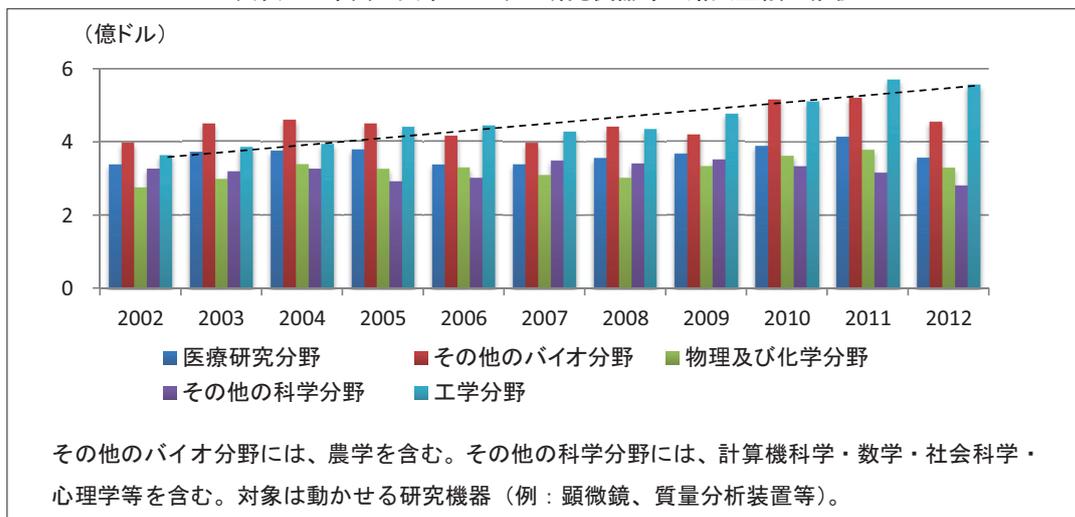
注 共用法：特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律（平成6年法律第78号）。特定先端大型研究施設とは、特定放射光施設（SPring-8）、特定高速電子計算機施設（スーパーコンピュータ京）、特定中性子線施設（J-PARC）である。

図表2 日本の大学における研究機器等の購入金額の推移



出典：参考文献4の個票を基に SciSIP 室にて作成

図表3 米国の大学における研究機器等の購入金額の推移



出典：参考文献5を基に SciSIP 室にて作成

な新製品が次々に開発されるために、研究機器の購入金額が年々増加するのは必然である。それに対して、米国や英国では、研究機器の効率的な利用とオープンイノベーションの観点から、大学が主体的に研究機器の共用を進めており、企業にも積極的に研究機器の利用を開放している<sup>2)</sup>。

(1989年設立)には、分子遺伝学研究のための先端研究機器を集積した4つの共用施設 (Fluorescence activated cell sorting (FACS) facility, Cell sciences imaging facility, Protein and nucleic acid facility, Computational services and bioinformatics facility)がある<sup>7)</sup>。これらはすべて学外の利用が可能である。

### 3 米国の大学における先端研究機器のシェアおよびオープン化

#### 3-1 先端研究機器の共用施設の具体事例

FACS facilityは、セルソーター（細胞分別の装置）などの多色蛍光による細胞の観察や解析を行う研究機器の共用施設である。年間400件の利用があり、その内、90%が学内で10%が企業の利用である。この共用施設の予算の90%が研究機器の使用料（課金）で賄われており、予算は、新しい機器の購入や共用施設の技術職員の給料に利用されている。

##### 1) スタンフォード大学

スタンフォード大学の学内には学部や学科などの様々なレベルで20~30の共用施設が存在する。

##### ① Beckman Centerの先端研究機器共用施設

医学部キャンパスにある Beckman Center

##### ② 材料科学工学科の Center for Magnetic Nanotechnology

工学部の材料科学工学科にある Center for Magnetic Nanotechnology (2003年設立)は、学

内の magnetic nanotechnology 等の領域の研究振興、学内研究者と企業の研究者との共同研究の促進、大学院生に質の高い教育を授けることを目的として設置された<sup>8)</sup>。ここでは、スパッタ装置（薄膜形成）、ナノロボットスポッター（バイオチップ作製）、原子間力顕微鏡などの研究機器が共用に供されている。

研究機器の維持管理の費用は、米国国立衛生研究所（National Institutes of Health：NIH）や NSF のファンドや企業からの支援、研究機器の使用料（課金）で賄われている。技術職員は終身雇用であり、採用の際には大学が広告を出す。技術職員も研究をすることは可能であるが、その場合は必ず教授と連名で行う。

## 2) カリフォルニア州立大学サンタバーバラ校

UCSB（University of California, Santa Barbara）の知的財産管理組織（The UCSB Office of Technology & Industry Alliances）（2005年設立）のウェブサイトには、外部者が利用できる13部門に亘る28共用施設のリンクが掲載されている<sup>9)</sup>。

### ① Materials Research Laboratory

MRL（Materials Research Laboratory）<sup>10)</sup>は、材料研究を通じて学際研究やその教育等を支援することを目的として、NSFから資金提供（MRSECプログラム）<sup>11)</sup>を受けて1992年に設立された研究所である。8つの共用施設（TEMPO facility, Computing, Energy Research facility, Microscopy and Microanalysis facility, Polymer Characterization facility, Spectroscopy facility, Terahertz facility, X-ray facility）があり、これらの施設の研究機器の大半はNSF（MRSEC）の資金で購入したものである。ただし、研究機器の所有権は大学である。

UCSBは材料科学研究に重点化する方針を1987年に決定し、研究者のリクルートを始めていた際に、当時の工学部長が「研究機器の共用を行うことによって、様々な分野の研究者が集まり、それが研究の底上げとなること」を期待し、共用施設が創られた。その結果、多くの研究者がUCSBに移ってきたという事例がある。

共用施設の第一優先の利用者はUCSBの学生と研究者であり、それ以外では、政府関係、他の大学・研究施設の所属者である。企業では、UCSB近隣のスタートアップ（ベンチャー）企業がMRLの施設を利用している。共用施設の常勤技術職員の大半は博士号保持者である。

TEMPO Facilityには、高温下でのセラミック

ス等無機材料の研究に関する研究機器が揃っており、2011年度の利用者は160ユーザ（内、企業は10ユーザ）で、Microscopy and Microanalysis facilityの2011年度の利用者は260ユーザであり、内、企業は30ユーザであった。分析依頼も機器利用の場合も、依頼者および利用者に知的財産は属する。

### ② 幹細胞生物学センター

幹細胞生物学センター（Center for Stem Cell Biology and Engineering）<sup>12)</sup>は、バイオエンジニアリング研究を基に幹細胞研究への学際的な研究を促進し、再生医療分野での優れた技術を確認することが目的でカリフォルニア州からの資金援助（CIRM）<sup>13)</sup>により2004年設立された。UCSBは医学部を持たないが、生物学と工学が強いことから、学内の話し合いで幹細胞研究を対象にしたセンターの設置を決めた。

センターには、幹細胞研究を支援する共用施設があり、細胞培養に関する装置（細胞培養のための作業台、蛍光顕微鏡、フローサイトメトリ）や細胞の培養液などの必要な器材を提供することが可能である。企業が商品化のために施設を利用した場合は、一定の料金を大学に支払うが、権利は企業のものになる。UCSBの研究者と企業との共同研究で施設を利用した場合は、大学にも権利が残るので双方の弁護士が権利の割合を協議する。

## 3) ニューメキシコ大学

UNM（The University of New Mexico）は、学内に多くの研究機器等の共用施設があるが、学部生や大学院生に対する教育目的の施設が主である。

### ① Center for High Technology Materials

CHTM（Center for High Technology Materials）<sup>14)</sup>は光エレクトロニクス・マイクロエレクトロニクス・ナノテクノロジー分野の研究および教育の育成、UNMと国立研究所および企業との間の共同研究の強化、ニューメキシコ州の経済発展の牽引を目的としている。センター内の研究室に電子顕微鏡やMBE装置（薄膜形成）などの先端研究機器があり、学外の利用者も利用可能である。

### ② Health Sciences Center

HSC（Health Sciences Center）<sup>15)</sup>は1994年に設立された健康科学分野の総合的な教育研究センターである。ニューメキシコ州の人々が健康科学分野において優れた教育を受けられる機

会を与えること、市民の健康ニーズに対応した分野における健康科学を進展させること、市民全員が高品質のヘルスケアを受けられることを確実にすることをミッションにしている。センター内には、分子生物学手法に関連する研究支援サービス施設・細胞等の保存施設・臨床研究支援施設などがあり、研究機器の共用施設としてはフローサイトメトリー施設や顕微鏡施設がある。

#### 4) 事例のまとめ

以上をまとめると、米国の大学には、共用のために先端研究機器を一か所に集積した施設（共用施設）を学内に数多く設置している。トップレベルの大学ほど、学外利用が進んでいるが、どの大学でも利用対象者の第一優先は学内であり学内利用を充実させている。また、共用施設には5~10人程度の専任の技術職員がおり、研究機器の維持管理、利用のための教育トレーニング、助言や委託分析等を実施している。共用施設の長は、大学の教授または博士号を持つ技術職員である。共用施設の整備には公的資金が投入されており、共用施設の情報は広くネットワーク化され、アクセスが容易になっている。

ニング・機器利用支援などを提供する National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN) を2004年から開始し、現在、全米に広がる14大学のナノテクノロジー関連の先端研究機器の共用施設を支援している(2015年8月終了予定)<sup>16)</sup>。年間予算は1600万ドルである。3-1で共用施設の具体例を示したスタンフォード大学およびUCSBも、この14大学に含まれている。

また、類似の例として、NSFは、学際的な材料科学における研究や教育を推進することを目的としたMRSEC (Materials Research Science and Engineering Centers) プログラムを1994年から開始しており、この中で共用施設の整備の支援もしている。現在26大学が支援されており、2014年度の予算は2500万ドルである(7-10件採択予定)。このMRSECプログラムで支援された共用施設は、Materials Research Facilities Network (MRFN) として全米で連携し、ウェブサイトには26大学の研究機器の共用施設が設置されているセンター、892の研究機器の概要、266人の研究機器に関する専門家についての情報のリンクが貼られている<sup>17)</sup>。このような情報のオープン化は、学外の研究機器の利用者に対して便宜を図る上で重要であるとともに、産業界を含めた利用者の拡大に寄与し、大学にとっては外部資金の獲得のチャンスとなる。

### 3-2 米国の大学における研究機器のシェアを推進する公的資金

図表4に研究機器の共用を目的とした米国の2013-2014年の公的資金の例について示す。NIHの公的資金では、申請書において研究機器の利用予定者を具体的に提示することになっている。

さらに、NSFはNational Nanotechnology Initiativeの下に、大学の施設を開放し、学内・学外の利用者に対して施設利用の際のサービス・トレー

### 3-3 研究機器のオープン化を促進するネットワーク

研究機器を含めた研究リソースをウェブベースでオープン化しようという試みが米国で進行している。これはeagle-i Network<sup>18)</sup>といい、生物医学分野の研究リソースの情報をオープン化してシェアするプロジェクトである。ネットワークには26大学が参加しており、3011生物試料、57データベー

図表4 米国における研究機器の共用のための公的資金の例

資金名	支援組織	支援対象	申請者の条件	対象分野	支援金額	支援期間	合計金額
Major Research Instrumentation Program (MRI)	NSF	共用目的の研究機器の購入や開発	・特になし(個人)	NSFが支援する全ての分野	10万ドル~400万ドル	購入は3年間まで、開発は5年間まで	9000万ドル(175件)
Shared Instrumentation Grant Program	NIH	共用目的の研究機器の購入やアップグレード	・特になし(個人) ・機器の主な利用者はNIHグラントを貰っている研究者(3名以上)	生物医学研究分野	10万ドル~60万ドル	1年間	4000万ドル(90件)
High-End Instrumentation Grant Program	NIH	共用目的の高額な研究機器の購入	・特になし(個人) ・機器の主な利用者はNIHグラントを貰っている研究者(3名以上)	生物医学研究分野	75万ドル~200万ドル	1年間	2000万ドル(10-15件)

出典：NSF および NIH のウェブサイトを参照し、SciSIP 室にて作成

ス、775 実験手順、3492 サービス、1328 ソフトウェア、767 共用施設、4658 研究機器などの情報がオープンになっている。

このプロジェクトの全体統括はハーバード大学の研究者で、他大学を含めたチームによって実施している。予算は、2009 年からの 2 年間は American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) による National Center for Research Resources (NCRR) からのファンドを利用し、現在は Harvard Clinical and Translational Science Center からの資金を得て実施している。

また、英国でも類似の取り組みが進行中である。これは equipment.data<sup>19)</sup> といい、英国内の研究機器の利用および可視化の改善が必要としてつくられたポータルサイトである。英国内のすべての公開研究機器データベースを横断的に検索できるようになっている。これは、研究機器の共用のためのネットワークづくりを目的として実施されたプロジェクト (UNIQUE Project, 2011-2013) の成果であり<sup>20)</sup>、複数の英国の大学がこのための技術開発に関わった。プロジェクトの予算は英国工学物理研究会議 (EPSRC) から出資されており、equipment.data についても EPSRC は支援している。現在、6,515 の研究機器の情報がオープンになっている。

## 4 日本の状況と今後取るべき方策

### 4-1 日本における大学の先端研究機器のシェアやオープン化の状況

米国の NNIN を参考にして、文部科学省により、ナノテクノロジー分野の共用体制の構築・推進を目的とする「ナノテクノロジー・ネットワーク (2007-2011)」および「ナノテクノロジープラットフォーム (2012-2021)」が実施されている。2014 年度予算は 17.1 億円であり、支援機関 25 機関の内、19 が大学である。また、先端研究施設等のネットワーク化と産学官の研究者等への共用の促進を目的とする事業として、文部科学省より「先端研究施設共用促進事業 (2009-2012)」および「先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業 (2013-)」が実施されており、2014 年度予算は 13.7 億円で、支援施設 34 施設の内、26 が大学の施設である。これらの事業における研究施設や研究機器等の情報は、文部科学省の「研究施設共用総合ナビゲーションサイト (共用ナビ) (2008 年から開始)」<sup>21)</sup> に公開されている。

さらに、国立大学の資源を有効活用し教育研究環境の整備を図るといった目的の「設備サポートセンター整備事業 (文部科学省)」が 2011 年から実施されている。予算は国立大学法人運営費交付金 (特別経費) で、これまでに 11 大学 (現在は 5 大学) が支援されている。研究機器の共用・中古機器の改良等による再利用・サポート人材の集約化や効率的な再配置など、大学が全学的な設備マネジメントを可能とする組織の構築について支援されている。

また、研究機器の情報のオープン化のためのネットワークとしては、「大学連携研究設備ネットワーク」<sup>22)</sup> がある。国公立大学の共同利用施設の相互利用・共同利用を推進することを目的として 2010 年から開始されている。ウェブサイトには NMR や X 線解析装置など、化学系の分野の研究機器が 300 以上登録されている。

これらの事例のように、近年、日本の大学においても研究機器のシェアやオープン化が進みつつある状況がみられる。しかし、米国に比べると、公的な支援の規模はまだ小さく、共用の対象分野は全分野かナノテクノロジーのみであり、日本横断的に共用するための情報の一元化やオープン化についても限定的である。

### 4-2 今後、日本が取るべき方策 (提言)

今後、日本が取るべき方策として、次のことを提言する。

- 次期科学技術基本計画において、大学のハイスペックな先端研究機器の共用推進についても明記する。
- 競争的研究資金などの研究費の申請段階で、研究機器の共用を推進する枠組みをつくる (複数資金の合算による購入を可能にする、共用の推進状況を審査の対象とする等)。
- オープンイノベーションの観点から、特に RU11<sup>23)</sup> の 11 大学やこれに続く研究大学を対象に、学外共用の仕組みの整備と大学間共用の充実を図る。
- リサーチ・アドミニストレーター (URA)<sup>24)</sup> を共用推進の支援人材としても活用することを検討し、そのキャリアパスを確立する。
- 研究機器に関する情報を一元化するために、全国レベルの横断的な共用ネットワークを形成する。そのシステムづくりを公募研究で実施する。
- 医療分野のイノベーションを牽引するために、医療研究に関連する分野に特化した研究機器の共用を推進する事業を開始する。

## 謝 辞

本稿の一部(3-1の2および3)は、株式会社日本総合研究所への2012年度の委託調査「大学における

研究機器の共用化の実現性を見積もるためのデータ等の収集」において得られた成果を基にした。

## 参考文献

- 1) NISTEP REPORT No.158「科学技術の状況に係る総合的意識調査(NISTEP 定点調査2013)」データ集(2014年4月)(文部科学省 科学技術・学術政策研究所)
- 2) 講演録-290「オープンイノベーションを促進するテクノプラット™構想の提案—“日本版”大学における研究機器共用のビジネスモデルの検証—」(中原有紀子・京都大学産学連携本部)(2012年6月)(文部科学省 科学技術・学術政策研究所)
- 3) 伊藤裕子「大学の研究施設・機器の共用化に関する提案～大学研究者の所属研究室以外の研究施設・機器利用状況調査～」NISTEP DP-85(2012年8月)(文部科学省 科学技術・学術政策研究所)
- 4) 総務省統計局、「科学技術研究調査」：<http://www.stat.go.jp/data/kagaku/index.htm>
- 5) Science and Engineering Indicator 2014 (NSF)：<http://www.nsf.gov/statistics/seind14/>
- 6) 調査資料-225「科学技術指標2013」(2013年8月)(文部科学省 科学技術・学術政策研究所)
- 7) Beckman Center：<http://beckman.stanford.edu/>
- 8) Center for Magnetic Nanotechnology：[http://www.stanford.edu/group/nanomag\\_center/](http://www.stanford.edu/group/nanomag_center/)
- 9) The UCSB Office of Technology & Industry Alliances：  
<http://tia.ucsb.edu/industry/research/facilities-for-external-use/>
- 10) The Materials Research Laboratory：<http://www.mrl.ucsb.edu/general-information>
- 11) Material Research Science and Engineering Centers (MRSECs)：<http://mrsec.org/mrsec-program-overview>
- 12) Center for Stem Cell Biology and Engineering：<http://www.stemcell.ucsb.edu/>
- 13) California Institute for Regenerative Medicine (CIRM)：<http://www.cirm.ca.gov/>
- 14) Center for High Technology Materials (CHTM)：<http://www.chtm.unm.edu/index.html>
- 15) Health Sciences Center：<http://hsc.unm.edu/>
- 16) National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN)：<http://www.nnin.org/>
- 17) Materials Research Facilities Network (MRFN)：<http://www.mrfn.org/>
- 18) eagle-i：<https://www.eagle-i.net/>
- 19) equipment.data：<http://equipment.data.ac.uk/>
- 20) UNIQUIP Project：<http://www.uniquip.ecs.soton.ac.uk/>
- 21) 共用ナビ(文部科学省)：<http://kyoyonavi.mext.go.jp/>
- 22) 大学連携研究設備ネットワーク：<http://chem-eqnet.ims.ac.jp/index.html>
- 23) RU11：<http://www.ru11.jp/index.html>
- 24) リサーチ・アドミニストレーター (URA)：[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/jinzai/ura/](http://www.mext.go.jp/a_menu/jinzai/ura/)

## 執筆者プロフィール



### 伊藤 裕子

SciSIP 室 室長

博士(薬学)。専門は、医療分野における科学技術政策、科学と社会や文化の関係分析、医薬品情報学など。研究インフラのインパクト分析、非専門家と専門家間のコミュニケーション手法の開発、薬史学に興味を持つ。

# オープンアクセスを踏まえた 研究論文の受発信コストを議論する 体制作りに向けて

林 和弘

## 概 要

電子ジャーナルは研究者にとって必須の情報源となり、そのオープンアクセス（OA）化は、科学技術・学術研究の発展を促し新しいイノベーションを生み出す基盤の1つと捉えられている。一方 OA の浸透にもかかわらず、購読費モデルのジャーナルパッケージの価格高騰が依然問題となっており、日本でも年間数百億円のコストがかかっている。その上 OA 出版による論文数も着実に増えており、今後も増大の傾向にあるため、その出版経費である掲載料（APC: Article Processing Charge）が購読費に対しても無視できないレベルに達することが予想される。

OA 出版では現状、研究者が APC を個別に支払うことが多いため、その経費を大学や日本全体として把握することが難しい。また、APC の価格抑制や、費用対効果を議論できる体制が整っていない。

今後の OA 出版増大の傾向を鑑みて、また、他国・他機関の取り組みも参考に、APC を含む OA 出版にかかる経費を電子ジャーナル購読費と共に把握し、大学・研究機関等における研究マネジメントや科学技術・学術情報流通政策のための費用対効果の議論ができる体制を整える必要がある。

**キーワード**：電子ジャーナル，オープンアクセス，購読費，掲載料（APC），図書館，研究マネジメント

## 1 はじめに

電子ジャーナルは研究者にとって必須の情報源となり、そのオープンアクセス化は、科学技術・学術研究の発展を促し新しいイノベーションを生み出す基盤の1つと捉えられている。オープンアクセス（Open Access 以下 OA とする）は学術ジャーナルの電子ジャーナル化と共に研究論文に対して始まった<sup>1)</sup>。公的資金にて実施された研究の成果は、すべての人々がアクセスできる状態にするべきであるという考えがその背景にある。既報<sup>2)</sup>では、その成り立ち、OA ジャーナルと論文の増大、学術情報流通の変革の可能性を示し、政策的に新しく捉え直された OA の新しい局面と OA 義務化の動向

について解説した。OA は一定の拡がりを見せ、世界で公的資金を得て行われた研究成果に対する義務化の動きが進み、商業出版者もその対応に本格的に乗り出した。OA ジャーナルの質の問題や、再利用可能性やエンバゴ（公開後 OA になるまでの期間）の長さが争点となって、出版者と図書館での主導権争いが行われてもいる<sup>3)</sup>。

本稿では、事業の観点からみた OA ジャーナルの動向と、大学、研究機関等のジャーナルの受け入れ側から見た情報受発信の経費、そして費用対効果に関する国内外の議論を、英国の助成団体のコンソーシア<sup>4)</sup>、大学図書館協会<sup>5)</sup>、SPARC Japan<sup>6)</sup>、NII オープンフォーラム<sup>7)</sup>の報告書等を中心に整理し、考察する。なお、本稿では、原著論文を中心に構成される学術電子ジャーナルを対象を絞り、その

購読費と掲載費に関して議論を取り扱う。

## 2 経費、市場規模の観点からみた電子ジャーナル購読費、OAモデルと出版者の対応

### 2-1 依然増え続け、大きな額を占める電子ジャーナル購読費

電子ジャーナルの購入を巡る価格高騰の問題<sup>8)</sup>は依然大きな問題であり、オープンアクセスが浸透した現在でもその状況は大きく変化してはいない。

日本においては最近、国会でも「ジャーナル(学術雑誌)の価格高騰に対する取組に関する件」として質疑応答が行われている<sup>9)</sup>。この高騰問題に対して日本では、世界最大級の図書コンソーシアム JUSTICE を形成し、500 を超える加盟機関の年間数百億円の購買力を楯に、出版者に対して価格抑制のための交渉を行っている。この取り組みは一定の成果を上げているものの、年間購読費を劇的に削減することは難しい。出版者は年平均5-10%程度の値上げを繰り返しているため、購読費は大学、研究機関等にとって必要な経費として増え続けることが予想される。

### 2-2 OAのタイプ、市場規模と事業モデル

OAジャーナルのタイプは様々あるが<sup>10)</sup>、今回採りあげるべき主なものとして、Gold (Full) OA

ジャーナルと、部分的OA化(以下ハイブリッド)OAジャーナルがある。これらのジャーナルでは、著者が掲載時に掲載料(Article Processing Charge: APC)を支払うことで論文がOA化される。今回はこの2つのOA化論文について議論を行い、機関リポジトリ等に掲載された論文の経費等は取り扱わない。(図表1)

この、APCを利用した2つのOAジャーナルのビジネスモデルは後に述べる出版者の戦略もあって安定化し、出版者の事情に応じて、様々なAPCの価格が設定されている。最近の調査によると、APCの平均値は、PLoSジャーナルに代表される最初からOAジャーナルとして始まった出版者のジャーナルが安く、従来の購読費モデルのジャーナルが発行するOAジャーナルより700ドルほど安い。さらに、ハイブリッドジャーナルのOA化が一番高くなっている。

世界のAPC支払いによるOA市場は年30%の伸びを示している。その収入は2012年に1億7200万ドルになり、購読費モデルの市場(60億ドル)には比較すると規模は小さいものの、年34%の成長とされている。助成機関の義務化の動向にもよるが、現実的なシナリオとして2012年から15年にかけて、年平均成長率は27%、市場規模は3億3600万ドルに達すると予想されている<sup>11)</sup>。

日本に限ったOA市場に関する調査はないが、OAの出版量で見ると論文数は着実に増え、世界全体と同様に、購読費ジャーナルを含む全体の中で占めるOA出版の割合はまだ小さいものの増加傾向にある。例えばWeb of Scienceにおける日本の論文数とのOA論文の割合を図表2に示す。このグラフでは、APCを必要としないOA論文も含めて

図表1 出版者版の論文がOAとなるOAジャーナルのタイプ

OAジャーナルのタイプ		ジャーナル、出版者の例	APC平均値
Gold (Full) OA	最初からOAジャーナルとして始まった出版者のAPC型OAジャーナル	BioMedCentral PLoS	1,418ドル
	従来の購読費モデルのジャーナルを持つ出版者が発行するAPC型OAジャーナル	Chemistry Open (Wiley) Frontiers (NPG) Cell Research (Elsevier)	2,097ドル
	(APC不要のOAジャーナル)	eLife Insights(UKSG)	—
Hybrid OA	購読費モデルのジャーナルのハイブリッドOAオプション	多くの出版者 (論文単位でOAになる)	2,727ドル
	(参考)国立大学図書館協会調査	—	166,433円

備考:OAの類型化の際には、通常このほかにGreenOA(著者最終版を機関リポジトリ等に掲載する)やエンバゴ(OAにするまでの期間をずらす)方式が紹介されるが、本稿では、APCが発生するものに絞った。

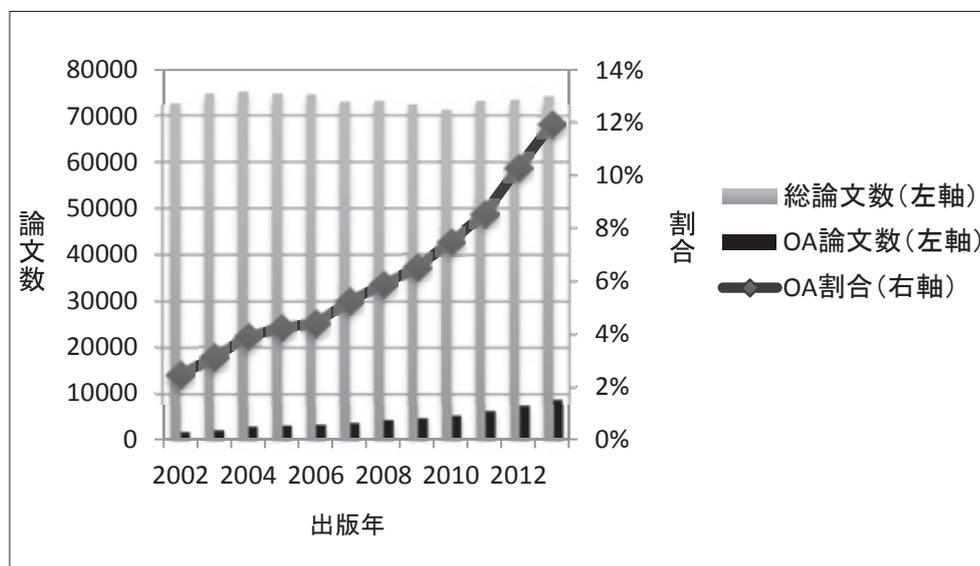
出典:参考文献4、5を基に科学技術動向研究センターにて作成

の値ではあるが、10%程度の割合であり、日本の論文全体の数が伸び悩む中でその割合を増してきている。より厳密な分野別による APC を必要とする OA ジャーナルに関する調査<sup>5)</sup>でもいずれの分野においても全体に対する割合は増加傾向にある。(図表3) このことは日本の APC 支払い総額が今後増加することを意味する。例えば、Springer 社の BioMedCentral に日本の研究者論文から支払われた APC は 2007 年に比較してほぼ 5 倍となり、約 1 億 7 千万円と推定されている<sup>12)</sup>。また、先の図表3の OA 論文数に従い、仮に全ての OA 論文が APC として 16.6 万円<sup>5)</sup>を支払ったとするならば、15 億円弱の市場がすでに存在することになる。実際はこれより相当低いと思われるが、OA 出版量の

増加傾向を含めてこの規模感は無視できない。

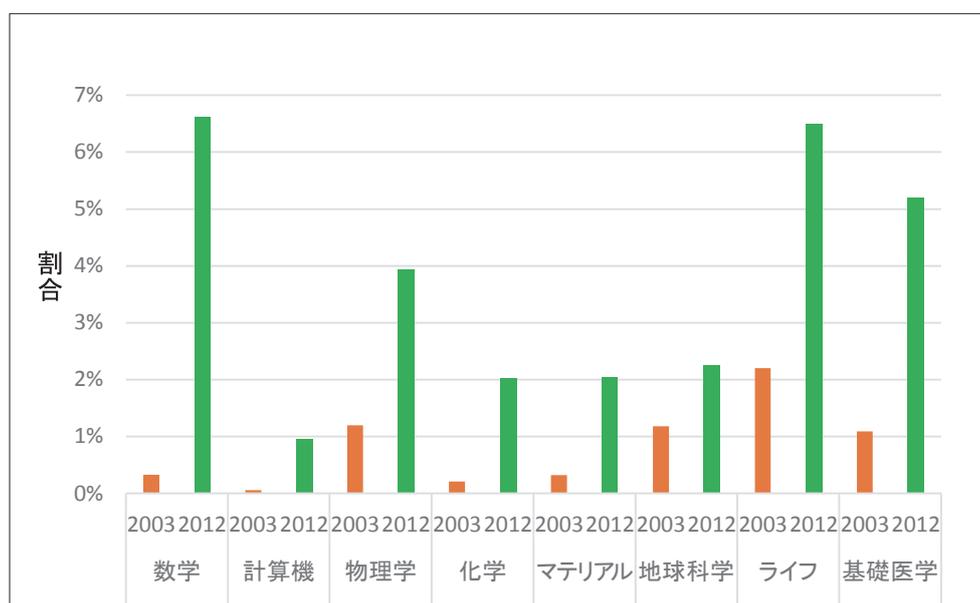
また、新刊ジャーナルは新しい領域や、研究が活発な分野を細分化する形で創刊されることが多いが、新刊ジャーナルを分野別にみても、OA 誌の割合が増えており、分野によっては新刊数が過半数を超え、あるいは、Nature や Springer 等大手出版者の新刊も 2010-2011 年を境に OA ジャーナル創刊が購読費モデルのジャーナル創刊より多くなった<sup>13)</sup>。つまり、研究力を測る上で重要な、新領域および活発な領域においても、OA 出版量およびその経費が増えていくことが示唆される。従って大学、研究機関単位で正確に APC を把握し、購読費と合わせて科学技術・学術情報流通のためのコストとして議論できるようにしておくことが重要となる。

図表2 日本の OA 論文割合の推移



Web of Science の著者所属機関が日本の論文 (Article) をカウント

図表3 APC を要する国内 OA ジャーナル論文が全体に占める割合 (分野別)



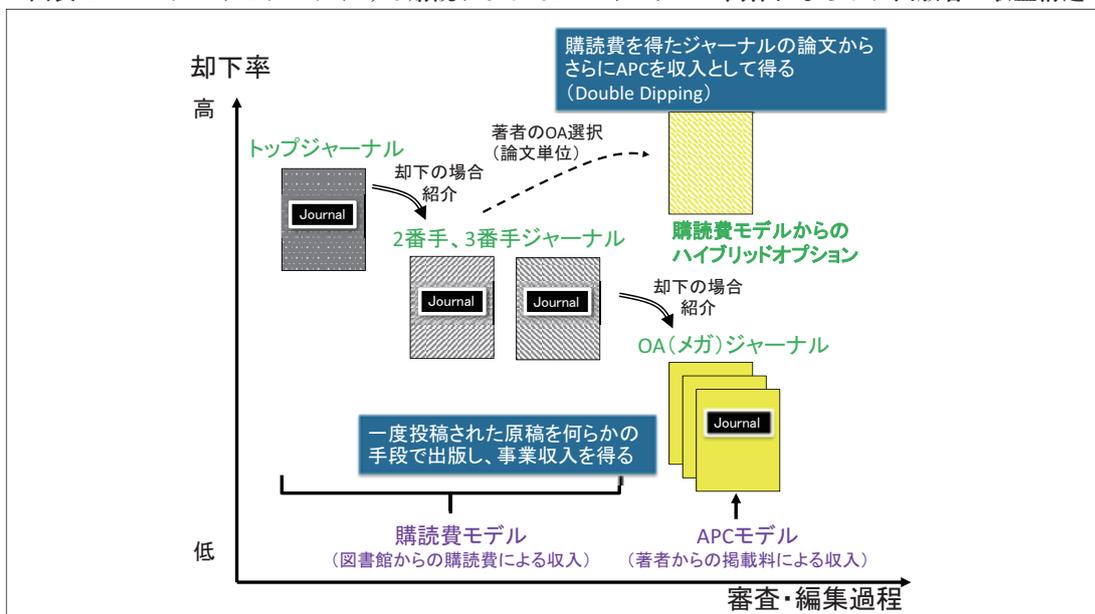
出典：参考文献5 (表 4-10-1) の一部のデータを基に科学技術動向研究センターにて作成

ここで、多くの出版者は、購読費モデルと APC モデルの OA ジャーナルを組み合わせ、カスケードモデルと呼ばれる体制を整えている。図表4に示されている通り、一度その出版者のトップジャーナルに投稿された原稿は、通常却下率の高いトップジャーナルに掲載とならずとも、2番手、3番手ジャーナルに掲載され、それでも通らない論文は APC モデルの OA ジャーナルに掲載することが可能となった。こうすることで、図書館からの購読費と研究者からの APC を獲得し、事業収益性を高めている。また、購読費モデルのジャーナルのほとんどで論文単位の OA 化を行っているので、その個別の APC も追加の収入となる。

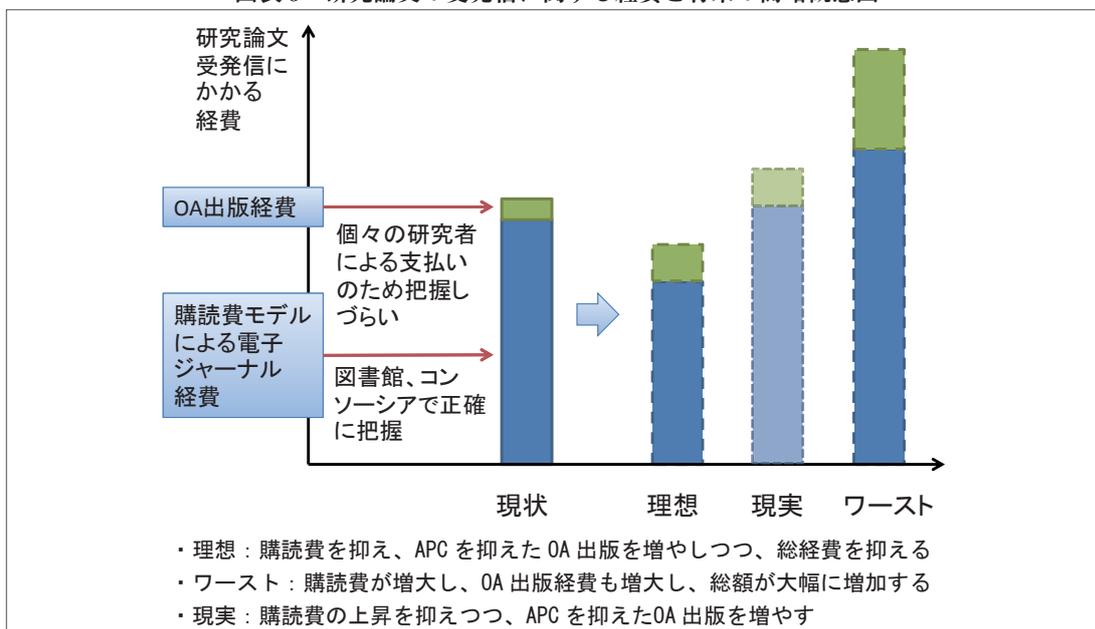
### 3 APC に関する課題

APC を利用した論文出版が増大しているが、現在は個々の研究者が科研費等の公的助成ないしは個人の研究費で APC を支払っている<sup>6)</sup>ため、APC の総額が把握できない状況にある。図書館でも APC の支払い実態には現在関与しておらず、他部署での支払いの実態を把握できていない。本来 OA 出版が増えることで、購読費にかかる経費が削減されることが理想ではあるが、逆に、先に述べた購読費の増大に加えて APC が値上がりすることによる<sup>14)</sup> OA 出版費の増大という二重苦の状態に陥る可能性は否定できない。(図表5) 購読費の増大を抑えつつ、また、

図表4 カスケードモデルにおける購読および OA ジャーナルの関係、ならびに出版者の収益構造



図表5 研究論文の受発信に関する経費と将来の簡略概念図



APCの値上げを抑えつつOA出版の量を増やすことが現実的な方策となる。

また、英国でOA論文出版の際にAPCが補助される制度を利用した場合の支払先としてはハイブリッドジャーナルが多いという報告が有る<sup>15)</sup>。ハイブリッドジャーナルのAPCは高額であるため、経費が増大する懸念があるだけで無く、購読費を支払いさらにAPCも支払うことになる2重支払い(Double Dipping)の問題が存在する。さらにAPCの金額について何をもって妥当とするかについては、今のところ、研究者、出版者、図書館のコンセンサスが得られているとは言いがたい。

## 4 APCの取り扱いに関する動向

APCの取り扱い、管理に関する国外の特徴的な事例と日本の状況を以下に述べる。

### 4-1 英国の事例

英国のオープンアクセス実行グループ(OAIG: UK Open Access Implementation Group)が2012年に公表した報告書<sup>16)</sup>は、APCの支払管理において、研究者、大学、助成機関、出版者といったステークホルダーの間をつなぐ“仲介者”の必要性やその役割、利点・欠点について検討したもので、仲介者の候補として、購読代理店、著作権集中処理機構、電子リソースのコンソーシアム契約を行う組織、ベンチャー企業を挙げている。

雑誌を取り次ぐ購読代理店のSWETS社は、大学、研究者と出版者を仲介する役目として、APCの管理サービスを開始した<sup>17)</sup>。これは、これまでの雑誌取次としての仲介業に新たな視点を与えたものと言え、決済が集中すれば、組織単位でAPCの動向を効率良く把握することが可能となる。

英国の研究・教育のためのリソースを調達するコンソーシアであるJISC Collectionsでは、APCのオンライン決済サービスを行っているスタートアップ企業Open Access Key社の協力を得て、各大学や研究機関の管理コストを削減する目的の下、APCの一括管理を行う支払い管理システムを検証している<sup>19)</sup>。一括管理を行う事で、OA出版量の動向を正確に把握することが可能となる。日本では、前述のJUSTICEが同様の検討を行える立場にある

とする報告がある<sup>7)</sup>。

### 4-2 ドイツのAPC支援プログラム

ドイツ研究振興協会(DFG)では2009年より、APCの補助プログラムを開始している。補助プログラムへは大学単位で申請し、所属する研究者が連絡著者(Corresponding/Submitting Author)のOA論文で、APCが2000ユーロを超えない論文に対してAPCの補助を行っている。2013年は32大学、160万ユーロの補助を行った<sup>20)</sup>。日本でも文部科学省のジャーナル問題検討会<sup>21)</sup>において、支払ったAPCの内容をみた上で、研究費とは別予算で補てんし、APCを管理する案が提示されている<sup>22)</sup>。別の調査でも、研究者がOAジャーナルで論文を発表しない理由として、高額な掲載費用を上げ、国あるいは大学レベルでの補助を求める回答が多いという結果がある<sup>6)</sup>。ただし、昨今の日本の財政状況下、科学研究振興費が減少し始めたことに象徴されるように、研究に関する予算が増やせない状況下での財源確保が課題となる。

### 4-3 米国学会の著作権処理システムの援用

米国化学会では、自学会発行論文のAPC支払いの手続きに関して、CCC(Copyright Clearance Center)のRightsLink for Open Accessサービスを導入している<sup>18)</sup>。転載許可等の著作権処理の手続きをOAのAPC支払い手続きに流用した点が特徴的であり、決済情報を管理することで、学会単位ではあるが、各大学や機関のAPCの動向を抑えることが可能となる。

## 5 提言—OAを踏まえた科学技術・学術情報流通経費の把握に向けて

OAが最終的に科学技術・学術情報流通全体に与える影響が固まるまでなお多くの時間を要するが、すでにOAが一定の浸透を見せ、日本でも論文出版量に占めるOA割合が増大し、経費も増加傾向にある問題が発生している。研究論文に関してはそのOA化に関するビジネスモデルが確立し、流通コストに関して現在でも比較的議論がしやすい土壌が

整ったこと、ならびに、電子ジャーナル購読費が依然増え続け、当面その局面が大きく変わるわけでは無いことを踏まえ、冒頭に紹介した国内の報告書の内容を含めて以下を提言する。

## 5-1 電子ジャーナル受発信経費の把握

大学、研究機関において、その事業経営の観点からも、学術電子ジャーナルの購読費だけでなく、オープンアクセス論文出版のための経費が簡便に把握できる体制を整え、研究マネジメントの観点から学術情報流通の費用対効果を議論できる基盤を整備することが必要である。そのために検討すべきオプションとして、研究者が OA 論文を出版する際に、APC 支払いを仲介する組織との連携も考慮し、研究者の負担をかけずに、掲載料 (APC) や投稿先の情報が集まる仕組みを検討する。そして、その作業は、URA、図書館ないしは図書コンソーシア (例えば上述 JUSTICE) を担当とする。特に図書コンソーシアの活動となれば、一定の規模において、購読費と OA 出版費の一元管理が可能となる。実際、NII の報告では、一元管理に加えて質の高い OA 誌の情報を研究者に提供し、APC の値上りを抑える交渉を行い、APC 支払額を購読料から明確な形で減額させることが指摘されている<sup>7)</sup>。大学や研究機関等しかるべき単位で、図書購読費と合わせた学術情報流通経費として把握できるようにし、研究者から集める情報の標準化も含め、費用対効果を高める方策に繋げる。

また、日本の科学技術政策の基盤情報として、電子ジャーナル購読費と、OA 出版のためにかける経

費をバーチャルに一元管理、ないしは定期的に把握することで、日本の電子ジャーナル購読費と合わせて、情報収集発信のためのコストの議論が科学技術政策としてより正確に行えるようにする。

以上の各情報、議論を、研究者や URA などの研究マネジメントに携わる者と共有し、論文を発信するために必要なコストについての認識を深め、その効率化と組織や国としての発信力強化の議論を促すことが望まれる。

## 6 おわりに

先に紹介したジャーナル問題検討会<sup>2)</sup>では、今回議論した点を含め、OA 化を利用した学術発信力の強化など、より広い観点から学術情報受発信に関する問題が議論されており、その結果が近々とりまとめられる予定である。SPARC Japan では、8月4日に本議論に関連したセミナーを開催予定である。また、今回はその経費が比較的議論しやすく、研究成果として一定の質が保証されている研究論文の APC を採りあげたが、OA を論じる上で研究データの OA 化の議論も盛んであり、研究データの公開や保存、さらには質保証のコストをどう負担するかは別途大きな課題である。

### 謝 辞

本稿執筆にあたり、国立情報学研究所尾城孝一氏に各種情報を提供いただきました。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 倉田敬子. 学術情報流通とオープンアクセス. 勁草書房. 2007.
- 2) 林和弘. 新しい局面を迎えたオープンアクセスと日本のオープンアクセス義務化に向けて. 科学技術動向. 2014, 142, p. 25-31 : <http://hdl.handle.net/11035/2475>
- 3) 佐藤翔. オープンアクセスの広がりとは現在の争点. 情報管理 56 (7), p. 414-424, 2013.
- 4) Bo-Christer Björk and David Solomon, Developing an Effective Market for Open Access Article Processing Charges : [http://www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@policy\\_communications/documents/web\\_document/wtp055910.pdf](http://www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@policy_communications/documents/web_document/wtp055910.pdf)  
<http://www.wellcome.ac.uk/News/Media-office/Press-releases/2014/WTP055900.htm>
- 5) 国立大学図書館協会 学術情報委員会 学術情報流通検討小委員会. 平成 25 年度調査報告 オープンアクセスジャーナルと学術論文刊行の現状 - 論文データベースによる調査 - (総会資料No.61-2) : <http://www.janul.jp/j/projects/si/gkjhoukoku201406a.pdf>
- 6) SPARC Japan OA (オープンアクセス) ジャーナルへの投稿に関する調査ワーキンググループ. オープンアクセスジャーナ

- ルによる論文公表に関する調査（平成 26 年 5 月）：[http://www.nii.ac.jp/sparc/publications/report/pdf/apc\\_wg\\_report.pdf](http://www.nii.ac.jp/sparc/publications/report/pdf/apc_wg_report.pdf)
- 7) 尾城孝一, NEXT JUSTICE. 学術情報基盤オープンフォーラム 2014. (2014.5.29) :  
<http://www.nii.ac.jp/csi/openforum2014/>
  - 8) 古西真. 研究基盤としての電子ジャーナル—電子ジャーナルへのアクセスの維持を目指して—. 科学技術動向. 2011, 119, p. 20-27 : <http://hdl.handle.net/11035/2217>
  - 9) 参議院文教科学委員会での審議（平成 26 年 5 月 13 日）：  
<http://www.sangiin.go.jp/japanese/joho1/kousei/koho/186/keika/ke2700068.htm>
  - 10) 三根慎二. オープンアクセスジャーナルの現状. 大学図書館研究. 2007, vol. 80, p. 54-64.
  - 11) Open Access: Market Size, Share, Forecast, and Trends (2013.01) : [http://img.en25.com/Web/CopyrightClearance-CenterInc/%7B1eced16c-2f3a-47de-9ffd-f6a659abdb2a%7D\\_Outsell\\_Open\\_Access\\_Report\\_01312013.pdf](http://img.en25.com/Web/CopyrightClearance-CenterInc/%7B1eced16c-2f3a-47de-9ffd-f6a659abdb2a%7D_Outsell_Open_Access_Report_01312013.pdf)
  - 12) 根本輝子. 国内における Gold オープンアクセスと APC の情勢. 図書館総合展. (2013) :  
[http://drf.lib.hokudai.ac.jp/drf/index.php?plugin=attach&refer=DRF10&openfile=DRF10\\_02-4.pdf](http://drf.lib.hokudai.ac.jp/drf/index.php?plugin=attach&refer=DRF10&openfile=DRF10_02-4.pdf)
  - 13) 横井慶子. 学術雑誌出版状況から見るオープンアクセスジャーナルの進展. Library and Information Science. 2013, 70, p. 143-175.
  - 14) Mounce, Ross (2013) : BioMedCentral APC fees - a comparison between 2012 & 2013. figshare : <http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.105920> BioMed Central 誌の APC、前年より上昇 : <http://johokanri.jp/stiupdates/policy/2013/01/008065.html>
  - 15) ウェルカム・トラストの APC 助成先、ハイブリッド OA 誌が顕著 :  
<http://johokanri.jp/stiupdates/policy/2014/03/009855.html>
  - 16) 効率的な APC の管理のために“仲介者”の果たしうる役割は？ カレントアウェアネス - E1381 No.229 2012.12.28 :  
<http://current.ndl.go.jp/e1381>
  - 17) <http://www.swets.com/swets-launches-open-access-apc-management-service> Swets 社、APC 管理サービスの開始 :  
<http://current.ndl.go.jp/node/23923>
  - 18) [http://www.copyright.com/content/cc3/en/toolbar/aboutUs/newsRoom/pressReleases/press\\_2014/press-release-14-01-21.html](http://www.copyright.com/content/cc3/en/toolbar/aboutUs/newsRoom/pressReleases/press_2014/press-release-14-01-21.html) 米国化学会 (ACS) がコピーライトクリアランスセンターの APC 管理サービスを導入 :  
<http://current.ndl.go.jp/node/25309>
  - 19) <https://www.jiscapc.ac.uk> 英 JISC Collections が Open Access Key と協力し、APC の支払管理における役割を検証するプロジェクトを開始へ : <http://current.ndl.go.jp/node/22779>
  - 20) The DFG-Funding Programme "Open Access Publishing" : [http://www.dfg.de/formulare/12\\_20/12\\_20\\_en.pdf](http://www.dfg.de/formulare/12_20/12_20_en.pdf)
  - 21) ジャーナル問題に関する検討会 : [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shinkou/034/index.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shinkou/034/index.htm)
  - 22) 安達淳. 電子ジャーナルのオープンアクセスの強化の一案. ジャーナル問題に関する検討会 (第 3 回) 配布資料 :  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shinkou/034/attach/1348568.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shinkou/034/attach/1348568.htm)
  - 23) 第 1 回 SPARC Japan セミナー 2014 「大学/研究機関はどのようにオープンアクセス費用と向き合うべきか—APC をめぐる国内外の動向から考える」 : <http://www.nii.ac.jp/sparc/event/2014/20140804.html>

..... 執筆者プロフィール .....



**林 和弘**

科学技術動向研究センター 上席研究官

専門は学術情報流通。1990 年代後半より日本化学会英文誌の電子化と事業化に取り組み、オープンアクセスにも対応した。電子ジャーナルから発展する研究者コミュニケーションの将来と、学会、図書館、大学の変革に興味を持つ。

## 各国の地球観測動向シリーズ(第9回)

# 衛星画像を利用した農業生産統計

辻野 照久

### 概要

農業生産統計は食糧政策の根幹となる重要なデータであるが、現地での調査作業の負担が重いことから、先進国でも発展途上国でも統計の質や量が長期的に低落し続けているといわれている。米国の地球観測戦略の課題には、食糧の年間収量や収穫状況を、効果的かつ継続的に監視することが挙げられている。国際連合食糧農業機関（FAO）や主要先進国の農業担当省庁は、農業生産統計に衛星画像を利用することでコストや時間の節減を目指しており、地理空間情報システム（GIS）と組み合わせて画像処理や画像解読などの研究開発を行っている。

我が国は営農者の保有する平均耕作面積が小さく、現地調査主体で統計を行っている。衛星画像を利用する試みも行われてきたが、衛星運用は必ずしも継続的でなく、精度・観測タイミング・コスト等の問題があり、統計への衛星画像利用はあまり進展していない。2014年5月に打ち上げられたJAXAの「だいち2号（ALOS-2）」は植生観測に最適なLバンド合成開口レーダを搭載し、解像度も高くなり、悪天候や夜間でも観測可能である。我が国でも、こうした新たな観測ツールも活用し、農業生産統計に衛星画像を利用するための調査研究をさらに充実させていく時期に来ている。

**キーワード：**農業生産統計，国連食糧農業機関，耕作地データ層，土地利用／土地被覆，ALOS-2

## 1 はじめに

21世紀に入って、気候変動や経済発展などの影響により、世界の農業は急速に変貌を遂げている。そのような変化を地球規模で分析する上で、国際連合食糧農業機関（Food and Agriculture Organization of the United Nations：FAO、本部ローマ）が実施している世界の農業生産統計データは必須である。

本稿では、早い時期から衛星画像を農業生産統計に利用している米国と、統一的な統計を行うために衛星画像を利用している欧州の状況を紹介し、我が国における農業生産統計のあり方を再検討すべき時期に来ていることを提言する。

## 2 農業統計に含まれる農業生産統計

農業統計は、農業・牧畜業・林業・水産業について、生産・消費・貿易などの商業的な動態や雇用などを含め、幅広く農林水産業全般の動向を把握することを目的として、国連機関が中心になって実施されている。これらの統計は単独で利用されるだけでなく、人口統計や他の産業統計などと合わせて、各国の農業政策の策定に寄与する基礎データとして活用されることを目的としている。

本稿では、農業統計の中で耕地面積や収量など農業生産に関する統計を特に「農業生産統計」と呼ぶことにする。農業に関する全世界の統計は1961年以来FAOがとりまとめており、「FAOSTAT」というオンライン統計データベースのサイト<sup>1)</sup>で閲覧できる。

FAOが作成する農業生産統計データは、各国の農

業担当省の地方出先機関が現地調査を実施し、本省において全国の統計データを取りまとめて、FAOに提出された統計資料に基づいている。発展途上国の中には、統計実施組織がないなどの理由で統計資料が提出されない国もあるが、そのような国の農業統計はFAOが推定を行ってデータの欠落を補っている。

農業生産統計に衛星画像を利用する場合は、人手による現地調査の一部が衛星画像による分析に置き換わるだけで、国家レベルや世界レベルでの統計データの集約作業自体は変わらない。

農業生産統計に衛星画像を利用することは、統計作成に要する時間やコストの節減に役立つことが既に知られている。世界銀行（World Bank：WB）が2010年9月に発表した「Global Strategy To Improve Agricultural And Rural Statistics（農業統計を改善するためのグローバル戦略）」<sup>2)</sup>には、農業生産統計のイノベーションのために、地球規模での改善戦略として衛星画像の利用を挙げている。

### 3 農業生産統計における衛星画像利用状況

#### 3-1 米国における衛星利用の農業生産統計

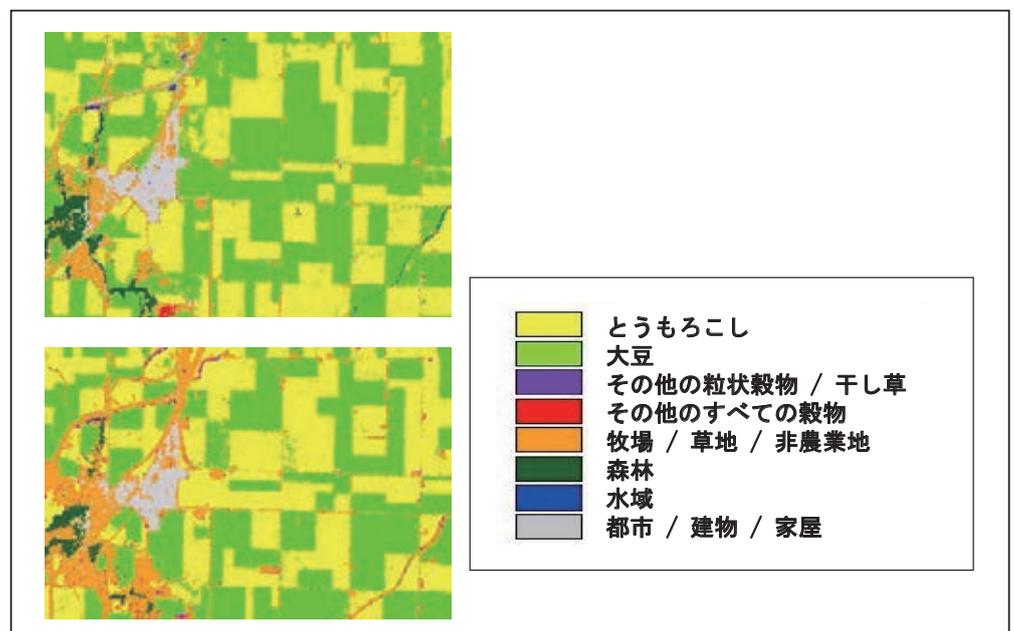
米国は1972年に陸域観測衛星「ランドサット（Landsat）」衛星を打ち上げて以来、農業生産統計への衛星画像利用を最も先端的に推進してきた。2013年4月に発表された米国の地球観測戦略<sup>3)</sup>の中で、農林業分野の16件の課題の最初に「農場レベル・地方レベル・地域レベル・全球レベルのスケールで国内および国外の食糧や繊維の年間収量と収穫状況を効果的かつ継続的に監視する」ことが挙げられている。米国においても農業生産統計に衛星画像データを利用することについての実施計画を策定することが急務となっている。

米国では農務省（United States Department of Agriculture：USDA）に属する国立農業統計局（National Agricultural Statistics Service：NASS）<sup>4)</sup>が米国の農業統計を担当しており、過去約80年にわたる米国の農業統計がオンラインで利用できる<sup>5)</sup>。たとえば2012年の穀物（Grain）の統計には、2012年の穀物総生産量が約4億トンであることが示されている。NASSは1976年以来、米国地質調査局（United States Geological Survey：USGS）が運用する「ランドサット（Landsat）」衛星の画像データを利用して、トウモロコシや大豆などの生育状況を観測してきた。ただし、画像データを利用できる期間は収穫期のみに限られていた。NASSは「耕作地データ層」（Cropland Data Layer：CDL）を毎年発表しており、2014年1月31日に2013年版が公表された<sup>6)</sup>。

また、2013年10月にブラジルのリオデジャネイロで開催された第6回国際農業統計会議（ICAS VI）において、NASSの研究者から「Reported Uses of CropScape and the National Cropland Data Layer Program」（CropScapeと全米CDLプログラムの利用例）が発表された<sup>7)</sup>。

米国がどのように衛星画像を利用しているかについては、2003年頃にNASSの統計専門家が欧州の関係者と共同で発表した「Utilization of Remote Sensed Data and Geographic Information System（GIS）for Agricultural Statistics in the United States and the European Union」<sup>8)</sup>に詳しく述べられている。この報告で例示された耕作地データ層の例を図表1に示す。米国のように国土の広い国では、輪作によって土地の地力を自然に維持する工夫がな

図表1 同一地域における作物分布の変化（トウモロコシと大豆の輪作）



出典：参考文献 8

されており、土地被覆 (Land Cover) の分類を行うことが統計上重要な基礎となっている。ランドサットの画像データは輪作マッピングだけでなく、農業ビジネス、土壌・作物の相互作用の解析、動物の生息地の評価などで幅広く利用されてきている。しかし農業生産統計での利用という目的についていえば、米国においても必ずしも万全な運用体制ではなかった。

「ランドサット5号」は1984年に打ち上げられ、2013年6月まで約29年にわたって衛星運用が継続されたが、データが不足する場合は海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA) の気象衛星のデータの利用や、フランスの「SPOT」、インドの「IRS」(現 Resourcesat)、ドイツの「RapidEye」などの外国衛星データの購入などでしのいでいた。この間、1993年に「ランドサット6号」が軌道投入失敗となり、1999年打上げの「ランドサット7号」の機能増強型テーマチックマップ (ETM+) が機械的な不具合のため一部データが欠落するなど、後継機が利用できない状況であった。この報告が発表された2003年時点で、「ランドサット継続ミッション (Landsat Data Continuity Mission : LDCM)」衛星の実現が強く期待されていた。しかし、LDCM衛星の開発は難航し、ようやく2013年に「ランドサット8号」として打ち上げられた。それを待つかのように、「ランドサット5号」が停波された。地球観測活動が世界最先端レベルにあると考えられている米国においてさえ、このように実利用ミッションの衛星1機を維持するには多大な努力と長い年月を要しているのである。地球観測衛星の実利用を実現するためには、技術開発や定着化の努力はもちろんのこと、予算確保・人材育成

など、政策的な誘導が必要である。

## 3-2 欧州

欧州連合 (European Union : EU) は1990年代から衛星画像利用により欧州全域の食糧生産の把握を行っている。EU加盟国はフランス・ドイツのような経済大国・宇宙先進国から東欧の発展途上国まで種々の国内事情があり、農業生産統計について各国がばらばらな方法で実施すると欧州全体の統計の信頼性が低くなる懸念されている。

欧州でも農場の所有者数の減少に伴って、農家の平均面積が増加する傾向がみられる。労働人口については、2003年から2007年までに-11.8%と農業従事者数の顕著な減少がみられた。一方で、地球観測サービス産業に関する欧州宇宙機関 (European Space Agency : ESA) の調査によれば、地球観測製品およびサービスの欧州売上高の中で、農業部門は約8%を占めている。

欧州における農業生産統計の最新動向は、LUCAS 2012<sup>9)</sup>により知ることができる。LUCASとは「地域統計調査のための土地利用と土地被覆」(Land Use/Cover for Area frame statistical Survey) を意味する。衛星画像は土地被覆分類の一部で利用されている。土地利用についてはサンプル地点の現地調査を行っている。

図表2にLUCASにおける農業関係の定義内容の一部を示す。

「土地利用」は農業で一括されているが、「土地被覆」によって作物の種類や用途が細分化されていることがわかる。このような分類は以前よりも簡略化

図表2 LUCASにおける「土地利用」と「土地被覆」の定義例(農業関係)

土地利用		土地被覆	
U110	農業	B10	シリアル
U120	林業	B20	根菜類
U130	漁業	B30	非恒久的産業用穀物
		B40	野菜・花卉
		B50	飼料用穀物
		B70	果樹・イチゴ
		B80	その他穀物
		B21	ジャガイモ
		B22	テンサイ
		B23	その他の根菜

出典：参考文献9

されており、従来の調査に比べると質的・量的に低下したという側面もみられる。

次にサンプリングの設計を見ると、第1段階で欧州全域を2 km四方の格子に分割し、110万か所のサンプリングポイントを設定している。各地点を衛星画像から土地被覆で分類し、第2段階では約26万か所を抽出して現地調査（Ground Survey）を行い、土地利用の分類を行う。

LUCASはEU統計局（EUROSTAT）により2001年から開始されているが、最初はEU加盟の13カ国で実施し、2009年に23カ国、2012年に全27カ国が参加して実施された。サンプル地点数は国によって増減の状況が異なるが、たとえばフランスは2009年の3.2万地点から2012年には3.8万地点に増加している<sup>10)</sup>。

## 4 我が国の農業生産統計における衛星画像の利用

我が国では、農業生産統計に衛星画像を利用する試みは1990年代から行われている。2010年に（独）農畜産業振興機構（Agriculture & Livestock Industries Corporation：ALIC）の調査情報誌に掲載された「農業分野における衛星画像の利用」<sup>11)</sup>と題するレポートによると、北海道の中標津町における飼料用トウモロコシおよびその他の作物の栽培地について、（独）宇宙航空研究開発機構（Japan Aerospace eXploration Agency：JAXA）と共同で地球観測衛星「だいち」のLバンド合成開口レーダにより分析を行った。衛星画像の解析結果と実際の作付け状況は実施時期によって一致が多い時や不一致が多い時など一定ではなかったが、このような試みは将来的に衛星画像を利用することによる農業生産統計の合理化につながるものと期待された。

しかし、「だいち」の運用が2011年の東日本大震災の直後に終了してしまっただけでなく、農業生産統計への利用も継続できなくなってしまった。

2014年5月24日にJAXAの陸域観測衛星「だいち2号（Advanced Land Observing Satellite-2：ALOS-2）」が打ち上げられ、Lバンド合成開口レーダの利用がまもなく開始される見通しである。天候に左右されず、夜間にも観測が可能であることがレーダ観測の特徴である。

「だいち2号」に搭載されたレーダにより、農業生産統計における衛星画像利用の再開が期待されるものの、現状では本格的な取り組み体制はほと

んど準備されていないように思われる。我が国ではデータ統合・解析システム（Data Integration & Analysis System：DIAS）や地理空間情報システム（Geospatial Information System：GIS）の整備も進んでおり、農業生産統計に衛星画像を利用するための高度な画像データ処理技術も保有している。残された課題は、従来の現地調査に代えて衛星画像データを活用するという政策を決定し、実行に移すことである。そのためには研究開発衛星であっても継続性を確保することや、無料でデータをすべて公開する「full and open access」のデータポリシーを確立するなど、従来の考え方で保証されていなかった利用上の便宜を図る体制整備が必要になる。

## 5 おわりに

欧米だけでなく、中国や韓国なども衛星画像を農業生産統計に利用する体制を拡大しているところである<sup>12)</sup>。もし自力での衛星画像が不足するのであれば、オランダのように外国衛星の画像を政府がまとめて購入するような措置を取ることにも不可能なことではない<sup>13)</sup>。

農業生産統計は長年にわたって人手による計測をベースとしてとりまとめが行われてきたが、近年は人手不足や経費節減などの環境変化に伴い、人手だけの統計作業は困難になってきている。地球観測衛星と地理空間情報システムを既存の情報収集手法と組み合わせることにより、統計の精度向上や効率性向上、経費節減などを図る必要がある。折しも、2014年5月に陸域観測衛星「だいち2号」が打ち上げられ、植生観測に適したLバンド合成開口レーダにより農作物の広域的な把握が可能になると期待される。欧米や中国・韓国などの取り組みや我が国で行われた過去の利用研究などを参考にして、我が国の農業生産統計における衛星画像利用を部分的にでも導入していくために、衛星運用の継続性などの制度検討や観測精度に関する研究を関係者を交えて再構築すべき時期に来ている。

## 参考文献

- 1) FAOSTAT のウェブサイト : <http://faostat.fao.org/>
- 2) 「Global Strategy To Improve Agricultural And Rural Statistics」、世界銀行、2010年9月 :  
[http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/meetings\\_and\\_workshops/ICAS5/Ag\\_Statistics\\_Strategy\\_Final.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/meetings_and_workshops/ICAS5/Ag_Statistics_Strategy_Final.pdf)
- 3) 米国の地球観測活動の方向性、辻野照久、科学技術動向 2013年7月号、No.136、p32-36 :  
<http://www.nistep.go.jp/wp/wp-content/uploads/NISTEP-STT136-32.pdf>
- 4) 米国農業統計局のウェブサイト : <http://www.nass.usda.gov/>
- 5) Historic Agricultural Data Now Online : NASS Digitizes 77 Years of Agricultural Statistics、USDA、2013年7月30日 :  
[http://www.nass.usda.gov/Newsroom/2013/07\\_30\\_2013.asp](http://www.nass.usda.gov/Newsroom/2013/07_30_2013.asp)
- 6) Cropland Data Layer 2013、米国農業統計局、2014年1月31日 :  
<http://www.nass.usda.gov/research/Cropland/SARS1a.htm>
- 7) Reported Uses of CropScape and the National Cropland Data Layer Program :  
[http://www.nass.usda.gov/research/Cropland/docs/MuellerICASVI\\_CDL.pdf](http://www.nass.usda.gov/research/Cropland/docs/MuellerICASVI_CDL.pdf)
- 8) Utilization of Remotely Sensed Data and Geographic Information Systems (GIS) for Agricultural Statistics in the United States and the European Union、George Hanuschak 他、NASS、2003年 :  
<http://www.nass.usda.gov/mexsai/Papers/remotesensep.doc>
- 9) LUCAS Primary Data 2012、EUROSTAT、2013年10月24日更新 :  
[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/lucas/data/LUCAS\\_primary\\_data/2012](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/lucas/data/LUCAS_primary_data/2012)
- 10) LUCAS 2012、チェコ統計局、2013年 :  
[http://www.czso.cz/efgs/efgs2012.nsf/i/presentation\\_sedlacek/\\$File/Czech%20Republic\\_SEDLACEK.pdf](http://www.czso.cz/efgs/efgs2012.nsf/i/presentation_sedlacek/$File/Czech%20Republic_SEDLACEK.pdf)
- 11) 農業分野における衛星画像の利用、志賀弘行、農畜産業振興機構のウェブサイト、2010年7月 :  
[http://www.alic.go.jp/joho-s/joho07\\_000102.html](http://www.alic.go.jp/joho-s/joho07_000102.html)
- 12) 大韓民国の地球観測活動の方向性、辻野照久、科学技術動向 2014年5・6月号、No.144、p24-29 :  
<http://www.nistep.go.jp/wp/wp-content/uploads/NISTEP-STT144J-24.pdf>
- 13) オランダの地球観測活動の方向性、辻野照久、科学技術動向 2014年3・4月号、No.143、p44-50 :  
<http://www.nistep.go.jp/wp/wp-content/uploads/NISTEP-STT143-44.pdf>

## 執筆者プロフィール



### 辻野 照久

科学技術動向研究センター 客員研究官

<http://members.jcom.home.ne.jp/ttsujino/space/sub03.htm>

専門は電気工学。旧国鉄で分割民営化対応の運転統計システムの開発、旧宇宙開発事業団で世界の衛星打上げ統計の作成などに従事。現在は宇宙航空研究開発機構(JAXA)調査国際部調査分析課特任担当役、科学技術振興機構(JST)研究開発戦略センター特任フェローも兼ねる。趣味は全世界の切手収集。米国は約4,500種類を保有。