



# Science & Technology Trends

# 科学技術動向

**3-4**  
2015  
No.149

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

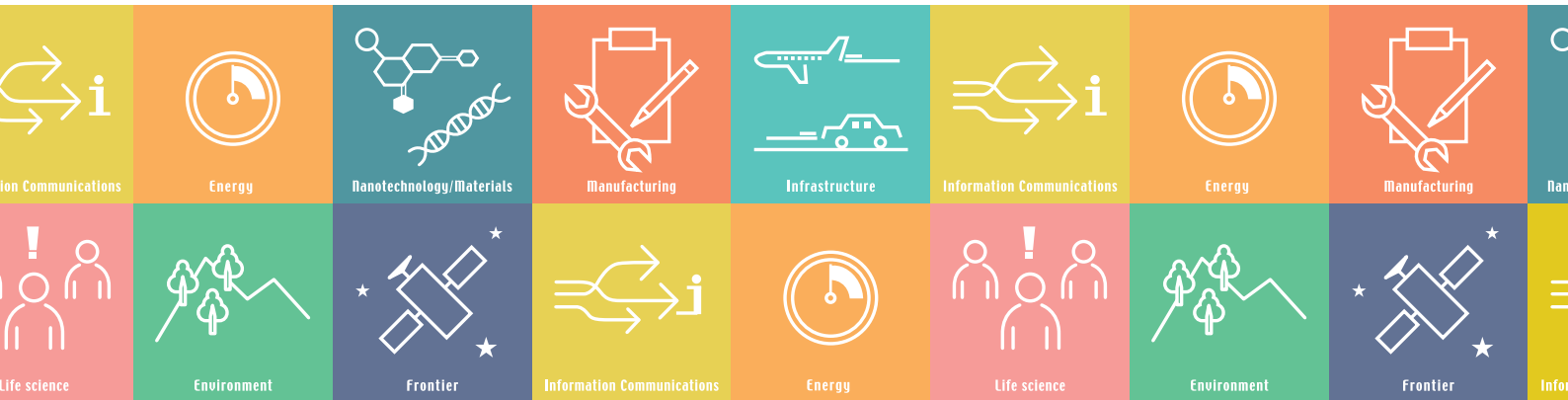
海外におけるフォーサイト活動 (その1)  
中国の技術予測活動の動向  
—全国技術予測会議と上海市の  
地域的戦略ロードマップより—
- p11

オープンサイエンスをめぐる新しい潮流 (その4)  
研究コミュニティに向けた協働データインフラの  
開発動向—欧州のEUDATの取組から—
- p19

IEEE論文に基づくIoT研究動向の  
計量書誌学的調査
- p25

拡散光及び光超音波イメージングによる  
がん診断技術の展望
- p30

デジタルファブリケーションの進展  
—ファブ拠点の地域展開と国際標準化の動向—



本文は p.4 へ

## 海外におけるフォーサイト活動 (その1) 中国の技術予測活動の動向 —全国技術予測会議と上海市の地域的戦略ロードマップより—

中国では国務院に属する科学技術部、中国科学院、直轄市や省などの地方政府が独自に技術予測を実施している。全国規模の技術予測学術年会は2005年から開催され、技術予測実施機関の技術予測活動の状況などが報告されている。2013年に科学技術部が開始した新ラウンドの技術予測では、新しい分野を含めて12分野について専門家を集めて技術評価などの活動が行われている。中国科学院は、予測科学研究センターを中心に複数の研究所が参加して技術予測を行っている。中央政府以外でも、多数の地方政府において技術予測が継続的に行われているが、中でも上海市は、在上海の研究機関、大学、企業が参加してデルファイ調査を含む技術予測活動を定常的に行っている。上海市は2013年に、エコ・精密製造・健康・デジタルの4分野について、地域的戦略ロードマップを刊行した。このような中国の技術予測は、2020年頃の「小康社会」(ややゆとりのある生活ができる社会)実現に向けた諸施策の効果を高めるため、産学官の力を結集して科学技術を推進するところに重要な意義がある。

本文は p.11 へ

## オープンサイエンスをめぐる新しい潮流 (その4) 研究コミュニティに向けた協働データインフラの開発動向 —欧州の EUDAT の取組から—

現在、研究データの共有化、オープンアクセスの必要性が世界中で議論されている。欧州では、研究の遂行において、国境や学術領域を越えて自由にデータの利活用が行える汎用目的のデータサービスが不足しているという認識を持っている。この対応として、EUのFP7のファンドを受けたEUDATプロジェクトが2011年10月に発足している。本プロジェクトの目的は、研究コミュニティの内外において、研究者がデータを共有し、研究活動を効率的に遂行できるようにすることである。そして、13か国の26機関を中心としたコンソーシアムが構築され、複数の研究コミュニティを対象にした研究データに対する共通のサービスや運用方法の具体化が図られてきている。

内閣府では、研究データを中心としたオープンサイエンスに関する議論を開始しており、今正にオープン化に関わる世界的議論や動向の的確な把握が必要とされている。その実装面での一事例として、EUDATの取組は我が国としても参考とすべきものである。

本文は p.19 へ

## IEEE論文に基づくIoT研究動向の 計量書誌学的調査

近年、IoT (Internet of Things) に関連したニュースや記事が多く取り上げられており、特に情報工学分野の研究課題として関心が高まっている。本稿は、IoTの概念整理と論文分析に基づく各種関連研

究の方向性を整理し、研究計画の立案に資することを目的とする。

分析方法としては、電気・電子分野における世界最大の学会である IEEE の学術論文を利用し、IoT の学術論文年次発表数の推移を調査する。その上で、IoT と結びつきが強いキーワードを抽出する。これらのキーワードは、IoT の研究における応用領域として研究者の関心が高いものと考えられる。基本的な計量書誌学的手法として TF-IDF を利用した。これを基に、論文から得られた文書データベースをクラスタリングすることによって、IoT の応用対象として、私たちの生活にも関係が深く、大きな影響を与えるセキュリティ対策、建築分野などの領域が抽出された。

本文は p.25 へ

## 拡散光及び光超音波イメージングによる がん診断技術の展望

光による生体計測の技術は、大学、公的研究機関、医療機器に関連する企業において研究開発が進み、近年では、デジタル信号処理用デバイスとシミュレーション技術の進歩を背景に、医療用イメージング機器の開発が急速に進展している。近赤外光を用いた診断機器は、X線と比較して被ばくの制限を受けないため、治療のアウトカムを定期的、定量的に計測することが可能になったり、光超音波（光音響）イメージング法を用いた装置では、がん細胞周囲に生成する「がんの血管新生」と血管内の酸素飽和度の情報をリアルタイムで計測して、体表近くに発生したがんの発見とその活性度を計測することができる等、体表近くのがん病巣の場所を非侵襲的に把握し経過観察ができるという、これまでにない特長を持つ。

光計測、超音波計測、画像処理は、我が国が競争力を有する技術分野であり、それらをベースとした医療機器の開発は非常に期待の大きい分野である。他方、既に確立されている X 線による画像診断技術と比べ、画像解像度の低さ等解決すべき課題がまだまだ多いのが現状であり、ハードウェアの開発だけでなく、ソフトウェアによる解像度の向上や他の診断機器とのデータ統合による診断の精度向上等が望まれる。

本文は p.30 へ

## デジタルファブリケーションの進展 —ファブ拠点の地域展開と国際標準化の動向—

デジタルデータを基に 3D プリンタで立体物を造形するデジタルファブリケーションは、3D データとオープンソースを利用したオンサイト・オンデマンドサービスを提供できることから、従来のものづくりとサービスを大きく変革する可能性がある。日本では技術開発プロジェクト等が開始され、民間レベルでも国内各地にファブ拠点が急増している。ソフトウェア面では、3D 構造データに材料物性に関する情報が記述される 3D データフォーマットの国際標準化が進められ、革新的な進化を遂げている。製造装置の技術開発や教育機関等への装置の普及も進んでおり、今後デジタルファブリケーションの進展により将来の到来が予見される新しいものづくりを担う初中等教育も含めた人材の育成や、各地域特性に対応したファブ拠点のための支援も、科学技術イノベーション政策の一環として取り組むべき時期にきている。

## 海外におけるフォーサイト活動(その1)

# 中国の技術予測活動の動向

## —全国技術予測会議と上海市の 地域的戦略ロードマップより—

辻野 照久

### 概要

中国では国務院に属する科学技術部、中国科学院、直轄市や省などの地方政府が独自に技術予測を実施している。全国規模の技術予測学術年会は2005年から開催され、技術予測実施機関の技術予測活動の状況などが報告されている。2013年に科学技術部が開始した新ラウンドの技術予測では、新しい分野を含めて12分野について専門家を集めて技術評価などの活動が行われている。中国科学院は、予測科学研究センターを中心に複数の研究所が参加して技術予測を行っている。中央政府以外でも、多数の地方政府において技術予測が継続的に行われているが、中でも上海市は、在上海の研究機関、大学、企業が参加してデルファイ調査を含む技術予測活動を定期的に行っている。上海市は2013年に、エコ・精密製造・健康・デジタルの4分野について、地域的戦略ロードマップを刊行した。このような中国の技術予測は、2020年頃の「小康社会」（ややゆとりのある生活ができる社会）実現に向けた諸施策の効果高めるため、産学官の力を結集して科学技術を推進するところに重要な意義がある。

**キーワード：**技術予測，戦略ロードマップ，科学技術部，技術予測学術年会，上海科学学研究所

## 1 はじめに

中国では国務院に属する科学技術部（MOST、部は省に相当）、中国科学院（CAS）、直轄市や省などの地方政府が独自に技術予測を実施している。中国では既に1960年代から長期的展望に基づいた科学技術推進計画を立ててきたが、2005年からは各機関が集まって技術予測の学術年会を開催し、各機関における技術予測活動の状況報告や討議を行っている。地方政府の例として、上海市では2012年までに4つの分野で地域的な戦略ロードマップを作成し2013年6月に5冊の書籍として発行した。

本稿は、予測研究実施機関のウェブサイトの記事や、上海市が発行した技術ロードマップから得られた情報を分析し、中国における最近の技術予測の動向を報告する。

## 2 中国における技術予測の実施動向

中国において技術予測は、科学技術部、中国科学院、北京市・天津市・上海市・河南省・湖南省・広東省・陝西省・江蘇省・遼寧省・黒龍江省・寧夏自治区・厦門市・山東省・雲南省などの地方政府で実施されている。それぞれ独自にテーマ選定を行い、各分野の専門家を集めてデルファイ調査を含む予測活動を独自の手法で行っている。これらの機関において、技術予測は社会の経済発展や国民の便益増大に役立つツールであると認識されている。なお、2006年初頭の中国の技術予測の動向については、「科学技術動向」2006年3月号で紹介してあるので参考にさせていただきたい<sup>1)</sup>。

図表1 技術予測学術年会の開催経緯

回	年/月	開催地	会議ホスト機関	主要議題
5	2009/10	天津市	天津市科学学研究所	技術ロードマップと第12次5か年計画科学技術計画 <sup>2)</sup>
6	2011/8	黒龍江省ハルビン市	黒龍江省科学技術情報研究所	各地の技術予測実施機関の協力 <sup>3)</sup>
7	2012/10	河南省鄭州市	河南省科学技術庁	国家創新指数報告 <sup>4)</sup>
8	2013/10	江蘇省蘇州市	江蘇省科技發展戰略研究院	技術予測と産業変革の新ラウンド <sup>5)</sup>
9	2014/11	重慶市	重慶市科学技術研究院	第13次5か年計画科技發展規画と技術予測 <sup>6)</sup>

## 2-1 全国技術予測学術研討会

近年の中央政府と地方政府において技術予測を担当する機関の代表者が集まって開催された全国技術予測学術研討会の中から、ウェブで確認できる第5回以降の概要を図表1に示す。

## 2-2 科学技術部（MOST）の技術予測

科学技術部<sup>7)</sup>傘下で科学技術予測を実施している組織は、科学技術發展戰略研究院（CASTED）<sup>8)</sup>である。CASTEDは、2007年12月28日に旧科学技術促進發展研究センターから改称された。CASTEDの院長は、科学技術部長（大臣）の万鋼（Wan Gang）氏が兼務している。

中国の技術予測の新ラウンドは、2013年に実施された「技術評価」から始まり、2014年時点で実施中のデルファイ調査、2015年までに完了を予定している国家重要技術の選定と技術ロードマップの設計などの要素で構成される一連の活動を指す。今回の技術予測の新ラウンドでは、2003年におけるMOSTの技術予測の対象9分野に加えて、「地球観測と航行測位」・「海洋」・「運輸」の3分野が追加された。基礎研究の割合が大きい他の分野に比べると、これらの3分野は既存の技術の組合せや応用技術などが中心であり、社会への適用などの面で実用的な価値が高い分野である。新分野でどのような課題が設定されるか注目に値する。

新ラウンドの技術予測の対象期間は、今後5年から10年としている。予測の参加者は大学・研究機関の専門家や産業界の研究者・管理者などである。

2014年2月、技術予測の途中経過の説明会が北京で開催され、全体的な研究グループと12分野の専門家や代表者が出席した<sup>9)</sup>。12分野の専門家は、それぞれの専門技術領域における中国と外国の技術比較分析結果を紹介した。この会合の全体のまとめとして、曹健林科学技術部副部長は、①強い責任感と使命感をもって国家的な立場から予測活動行うこと、②技術予測は経済社会の発展と密接に結び付くこと、③国際協力を重視し、外国の技術發展動向に注意を払い、外国の経験を取り入れること、④分野をまたぐ研究や「非常識研究（Non Common Sense investigation）」を相互に協調して行うこと、などの4点について述べた。

## 2-3 中国科学院の技術予測

中国科学院（CAS）傘下の予測科学研究センター<sup>10)</sup>は、2006年2月に中国科学院長の直接指揮により設立された。このセンターは、数学・システム科学研究院（AMSS）<sup>11)</sup>、地理科学・資源研究所（IGSNRR）<sup>12)</sup>、科技政策・管理科学研究院（IPM）<sup>13)</sup>、リモートセンシング・デジタル地球研究所（RADI）<sup>14)</sup>及び中国科学技術大学<sup>15)</sup>などに在籍する、優れた経済社会予測・分析研究者で構成される非法人の研究組織である。この中で中心的なメンバーはIPMである。予測科学研究センターには、①農産品予測部、②戦略資源予測部、③マクロ経済予測部、④国際市場予測部、の4つの予測研究部がある。一見すると科学技術というよりは経済的な予測に限定されているように思われるが、科学技術が社会経済に及ぼす影響を予測することが中心となっている。

IPMは「高技術發展報告」を毎年出しており、2014年版まで発行済みである。また日本の科学技術・学

術政策研究所 (NISTEP) と京都大学、ドイツのフ라운ホーファーのシステム・イノベーション研究所、韓国科学技術企画評価院 (KISTEP)、英国のエジンバラ大学、インドの国家科学技術・発展研究所等の多くの外国組織と協力協定を締結している。

## 3 上海市の技術予測

中国の地方行政区の1つである上海市では、上海市科学技術委員会、上海市科学学研究所 (Shanghai Institute for Science of Science: SISS)<sup>16)</sup> 及び大学・産業界・研究機関等の専門家で構成される技術予測チームが2001年から予測プロジェクトを公開している<sup>17)</sup>。

上海市において2005年から2008年にかけて実施された技術予測の参加者数は、2001年の53人から始まって、2005年時点で101人、2009年時点で115人であった。参考文献16で確認できた111名の専門家の所属別内訳は、大学54名、企業22名、研究機関その外35名であり、大学には上海大学・上海交通大学・復旦大学などが含まれ、研究機関には中国科学院の研究所が多数含まれる。予測対象分野は①情報技術、②生物医薬、③新材料と先端製造、④社会発展、⑤基礎研究の5つが設定され、それぞれ情報交換や討論会などの場を通じてシナリオ描写、デルファイ法による総合調査、技術ロードマップと特許マップ、産業技術ロードマップなどの研究を実施した。2009年からは政策決定に活用するための統合化作業が開始され、上海科学技術計画の主要タスクに対する技術予測の反映などの実務が行われた。

### 3-1 上海市の地域的戦略技術ロードマップ

2012年9月から、SISSは上海市科学技術発展基金のプロジェクトとして「戦略的新興産業技術ロードマップと先導的技術予測の研究」を開始した。これは、上海市としては2回目の技術予測研究活動であり、2020年までの比較的短期間に達成可能な技術目標を設定してロードマップにまとめている。その結果は2013年6月から9月にかけて「区域戦略性技術路線図」シリーズとして「理論と方法」・「エコ上海」・「精密製造上海」・「健康上海」・「デジタル上海」の5分冊<sup>18~22)</sup>で発行された。

## 3-2 理論と方法<sup>18)</sup>

### 1) 構成

本冊子は2013年6月に刊行された。3部で構成される。

第1部の「ガイドライン編」は最初に、発展の背景と理論基礎の紹介に続いて、①前段階の準備作業、②未来の情景の描写、③技術体系の整理、④現状把握、⑤ロードマップの構築、⑥後続作業のための整備、の6段階の作業手順が示され、最後に「戦略的ロードマップの研究を推進する対策と提案」で構成されている。

第2部の「方法総述編」では、主要方法として①情景法、②総合デルファイ法、③ブレインストーミング、④特許マップ、⑤強み・弱み・機会・脅威 (SWOT) 分析、⑥イノベーション需要行列法 (Innovation Needs Matrix)、⑦ハイブ曲線 (特定の技術の成熟度、採用度、社会への適用度を示す図) の7つの手法について記述されている。

第3部の「方法実例編」では、英国の技術予測の情景計画ハンドブック、「サービス上海」の技術予測における情景分析の応用実例、デルファイ法応用実例について記述されている。

### 2) ガイドライン編における重要注意事項

ガイドライン編では準備作業からロードマップの作成に至るまで様々な方法が述べられている。各作業に対する重要注意事項の中で特に興味深いと思われる内容を以下に記す。

#### ①前段階の準備作業

##### a. 首席専門家の選択と機能の発揮

ロードマップを編成する首席専門家は、優秀な専門の素養と比較的広い戦略視野を備え、声望が高く、公益心があり、地域の発展に関心があり、自身の経済利益と関係がない人が適任である。

作業グループと随時関係を保ち、技術問題の分析を支援するだけでなく、中核となる専門家集団の確定と組織化及び作業方法等の面で重要な働きをし、研究任務を指導し、実施と完遂に当たることが首席専門家には求められている。

##### b. 重点企業 (龍頭企業) の積極的参加

専門家の確定は、産業界からは重点企業のCTOやCEOを選び、多数の他の会社が各方面で組み合わせられるように差配することが必要である。そして最重要なのはロードマップを描いた結果がトップ企業を通じて実現できるようにすることである。

c. 地域の戦略的技術ロードマップの研究を共通認識とさせる

中核となる作業グループはもちろんのこと、首席専門家や中核的専門家集団に戦略的ロードマップの理念、実施方法、作業の流れ等の共通認識を持たせることが狙いである。

### ②技術体系の整理

デルファイ調査結果が専門家の状況に強く左右されることがないように、専門家を選ぶ際に自身の研究領域と相互間の競争関係を考慮することが必要である。

### ③後続作業のための整備

#### a. 内容は公開しない

ロードマップは政府が全面的に掌握しており、研究開発目標や主要な研究任務の内容は産学官の各層に公開するが、具体的な経路の選択やプロジェクト提案は一般には公開しない。

#### b. 更新を継続することの重要性と必要性

社会環境の変化と既定目標の実現に伴って、新しい技術の要求が出てくるため、ロードマップを更新し、ロードマップを時代の歩みにしっかりついていけるものにする。

## 3-3 エコ上海<sup>19)</sup>

エコに関する技術ロードマップは、薄膜太陽電池・海上風力発電・都市の安全・海洋環境観測・エネルギー貯蔵・新エネルギー自動車の6編に分

かれている。各編はそれぞれ①研究の背景と意義、②ニーズと情景分析、③技術体系の整理、④現状基礎分析、⑤技術ロードマップの選択、⑥まとめと提言、の6項目で統一的に構成されている。各課題の担当機関を図表2に示す。

## 3-4 精密製造上海<sup>20)</sup>

精密な製品の製造技術に関する技術ロードマップは集積回路・新型ディスプレイ・半導体照明用高電力チップ・先進材料・知能ロボットの5編に分かれている。担当機関は全て上海市科学学研究所であるが、課題によって記述項目が異なっている。背景と意義、将来の展望、現状分析、技術体系分析、特許分析、実現方策、技術ロードマップなどが含まれる。各課題の担当機関を図表3に示す。

## 3-5 健康上海<sup>21)</sup>

健康に関する技術ロードマップは創薬・体外診断・低侵襲性手術用器材・非伝染性疾病・農業用種源の5編に分かれている。各編はエコ上海と同様に6つの項目からなるが、構成が若干異なるものもある。各課題の担当機関を図表4に示す。

低侵襲性手術とは小さな切り口で人体内部に医療器具や人工器官を入れる手術をいい、上海では低侵襲性手術の対象として心臓、脳、血管、関節などを挙げている。このような研究開発を行う上

図表2 エコ上海の課題と担当機関構成

課題	担当機関	主な技術
薄膜太陽電池	上海太陽能工程技術研究中心有限公司	CuInGaSe 薄膜太陽電池、色素増感太陽電池、HIT 太陽電池
新型数メガ W 級 (6-10 兆 W) コンパクト海上風力発電機	上海電気風電設備有限公司 上海交通大学	風力発電機のシステム設計、部品、維持補修
都市の安全と防災	上海防災救災研究所 公安部上海消防研究所	高層建築の防災、地下空間の火災予防
海洋環境観測と資源利用	同济大学	ブイ、無人機 (ROV)、海底観測網、海洋石油プロジェクト
エネルギー貯蔵とスマートグリッド	上海交通大学 華東大学	NaS 電池、スーパーキャパシタ、スマートグリッドの設備・制御ソフト
新エネルギー自動車	同济大学	小型電気自動車、燃料電池車

図表3 精密製造上海の課題と担当機関構成

課題	主な技術
集積回路	露光機*、高性能エッチング装置、イオン注入機、洗浄装置、パワーデバイス(SCR、GTO、BJT、IGBT等)、シリコン基板光電集積デバイス
新型ディスプレイ	3D表示、投影用光源、チップ製造、形状可変型ディスプレイ
半導体照明用高電力チップ	基板、チップ、MOCVD
先進材料	次世代高クリーン火力発電用キー材料、飛行機エンジンの高温合金材料、カーボンファイバーと複合材料、新世代集積回路材料、リチウムイオン電池用材料
知能ロボット	マンマシンシステム、駆動機構、センサ、制御システム

\*上海では2017年頃までに90nmの露光機を国産化し、応用も含めて産業化するシナリオである。

図表4 健康上海の課題と担当機関構成

課題	担当機関	主な技術
重要創薬	中国科学院上海生命科学情報センター 上海科学技術情報研究所	単クローン抗体、新型ワクチン、小分子薬物
体外診断・撮像	上海市科学学研究所	免疫診断、分子診断、微生物診断
低侵襲性手術用器材*	上海市科学学研究所	導管材料、人工関節、外科手術機器、内視鏡
非伝染性疾病	上海社会科学院、華東師範大学、上海第二医科大学	治療技術、予防技術、データベース、健康食品、喫煙規制
農業用種源	上海市農業科学院	遺伝子組換え、種資源の保存

\*「低侵襲性手術用器材」は原文では「微创介入植入器材」と表記されている。

で、大学病院や民間の診療所の医師だけでなく理工系の大学や医療器具製造企業などが参加しており、例えば長海医院は中国で唯一の心臓・脳の血管手術を行う研究所である。また、上海形状記憶合金材料有限会社は、心臓の欠陥部分を塞ぐための手術用器具を形状記憶合金で製造している。

中央政府が評価したためである。

### 3-6 デジタル上海<sup>22)</sup>

情報通信に関する技術ロードマップは、三網融合・次世代移動通信用標準チップ・スマートシティに向けた物のインターネット(IoT)・クラウド計算の4編に分かれている。各課題の担当機関を図表5に示す。

なお、情報通信分野における中国の主要な課題は通信網、インターネット及び有線テレビの3大ネットワークの融合である。この三網融合の技術ロードマップ策定を担当する地方政府として上海が選ばれた。これは、第12次5か年計画において、この分野では上海市に技術的強みがあると中

## 4 おわりに

中国の技術予測は単なる予測にとどまらず、抽出された課題を実現するための組織を立ち上げ、予測結果を利用して政策課題目標を継続的に設定している。また全国に多数ある技術予測実施組織同士で毎年研究会を開催し、手法や活動状況の報告を通じて情報を共有している。その結果、地方機関では総花的な資金分配を行う必要がなく、地理的特徴や人材面で強みのある分野でのブレイクスルー技術や中核技術を技術予測で抽出した上で、重点的にリソースを投入していくという戦略的な整合性がみられる。科学技術部の新ラウンドの技術予測では地球観測・航行測位・海洋・運輸などより実用に近い分野にも範囲を広げており、今後実施されるデルファイアンケートや分析結果などに注目していきたい。



図表5 デジタル上海の課題と担当機関構成

課題	担当機関	主な技術
三網融合	上海ブロードバンド技術・ 応用工程研究センター、 復旦大学	ブロードバンド接続、インテリジェントターミナル、ルータ
次世代移動通信用標準チップ	上海無線通信研究センター	移動通信用チップ
スマートシティに向けた物の インターネット(IoT)	上海科学技術情報研究所	IC タグ(RFID)、低電力通信、無線ネットワーク、 データ処理、セキュリティ・無線給電
クラウド計算	上海交通大学	クラウド計算システム

## 参考文献

- 1) 中国における技術予測、辻野照久・横尾淑子、科学技術動向、2006年3月、No.60、p9-17：  
<http://hdl.handle.net/11035/1704>
- 2) 第五届全国技术预见学术研讨会在津召开、中国科学院科技政策・管理科学研究所、2009年10月24日：  
[http://www.casipm.ac.cn/xwzx/zhxw/200911/t20091110\\_2651096.html](http://www.casipm.ac.cn/xwzx/zhxw/200911/t20091110_2651096.html)
- 3) 云南省科学技术发展研究院派员参加“第六届全国技术预见学术研讨会”、雲南省科学技術發展研究院、2011年8月25日：  
[http://www.hljkt.gov.cn/kjtgz/201108/t20110816\\_197510.htm](http://www.hljkt.gov.cn/kjtgz/201108/t20110816_197510.htm)
- 4) 我所组团参加“2012年郑州第七届全国技术预见学术研讨会”、上海科学学研究所、2012年9月25日：  
<http://www.siss.sh.cn/news.aspx?newsid=163>
- 5) 第八届全国技术预见学术研讨会在江苏召开、江蘇省科学技術庁、2013年10月13日：  
<http://www.jstd.gov.cn/kjdt/kjxw/20131023/10150921724.html>
- 6) 第九届全国技术预见学术研讨会会议邀请函、重慶市科学技術研究院、2014年4月29日：  
<http://www.cast.gov.cn/public/china/?action=show&template=default&%20ClassId=7&productid=2806>
- 7) 科学技術部（Ministry of Science and Technology：MOST）のウェブサイト：<http://www.most.gov.cn/>
- 8) 中国科学技術發展戰略研究院（China Academy of Science and Technology Development:CASTED）のウェブサイト：  
<http://www.casted.org.cn/cn/>  
中国科学技術發展戰略研究院 科学技術振興機構：  
[http://www.spc.jst.go.jp/policy/science\\_policy/organization/org\\_06.html](http://www.spc.jst.go.jp/policy/science_policy/organization/org_06.html)
- 9) 科技部召开技术预测阶段成果汇报会：[http://www.most.gov.cn/kjbgz/201403/t20140326\\_112444.htm](http://www.most.gov.cn/kjbgz/201403/t20140326_112444.htm)
- 10) 予測科学研究センター、中国科学院のウェブサイト：  
[http://www.cas.cn/zt/jzt/wxcbzt/zgkxyyk2006ndeq/xjg/200608/t20060825\\_2667947.shtml](http://www.cas.cn/zt/jzt/wxcbzt/zgkxyyk2006ndeq/xjg/200608/t20060825_2667947.shtml)
- 11) 数学・システム科学研究院（Academy of Mathematics and Systems Science：AMSS）のウェブサイト：  
<http://www.amss.cas.cn/>
- 12) 地理科学・資源研究所（Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research:IGSNRR）のウェブサイト：  
<http://www.igsnr.ac.cn/>
- 13) 科技政策・管理科学研究所（Institute of Policy and Management：IPM）のウェブサイト：<http://www.ipm.cas.cn/>
- 14) 遥感与数字地球研究所（Institute of Remote Sensing and Digital Earth：RADI）のウェブサイト：  
<http://www.irsa.ac.cn/>
- 15) 中国科学技術大学（University of Sciences and Technology of China：USTC）のウェブサイト：  
<http://www.ustc.edu.cn/>
- 16) 上海市科学学研究所のウェブサイト：<http://www.siss.sh.cn/>
- 17) Development and Application of Technology Foresight in Shanghai、上海市科学学研究所、2011年3月8日：  
[http://www.nistep.go.jp/annual\\_rep/2010j/an10.pdf](http://www.nistep.go.jp/annual_rep/2010j/an10.pdf)
- 18) 区域戰略性技術路線図的理論与方法、上海市科学学研究所編著、2013年6月

- 19) 区域戦略性技術路線図研究案例－生態上海、上海市科学学研究所編著、2013年6月
- 20) 区域戦略性技術路線図研究案例－精品上海、上海市科学学研究所編著、2013年9月
- 21) 区域戦略性技術路線図研究案例－健康上海、上海市科学学研究所編著、2013年6月
- 22) 区域戦略性技術路線図研究案例－数字上海、上海市科学学研究所編著、2013年9月

..... **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。旧国鉄で新幹線の運転管理、旧宇宙開発事業団で世界の宇宙開発動向調査などに従事。現在は(独)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、(独)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。趣味は切手収集で、中国切手は香港・マカオ発行も含め1万種類以上を保有。

# オープンサイエンスをめぐる新しい潮流(その4) 研究コミュニティに向けた 協働データインフラの開発動向 —欧州のEUDATの取組から—

野村 稔

## 概 要

現在、研究データの共有化、オープンアクセスの必要性が世界中で議論されている。欧州では、研究の遂行において、国境や学術領域を越えて自由にデータの利活用が行える汎用目的のデータサービスが不足しているという認識を持っている。この対応として、EUのFP7のファンドを受けたEUDATプロジェクトが2011年10月に発足している。本プロジェクトの目的は、研究コミュニティの内外において、研究者がデータを共有し、研究活動を効率的に遂行できるようにすることである。そして、13か国の26機関を中心にしたコンソーシアムが構築され、複数の研究コミュニティを対象にした研究データに対する共通のサービスや運用方法の具体化が図られてきている。

内閣府では、研究データを中心としたオープンサイエンスに関する議論を開始しており、今正にオープン化に関わる世界的議論や動向の的確な把握が必要とされている。その実装面での一事例として、EUDATの取組は我が国としても参考とすべきものである。

**キーワード** : EUDAT, e-infrastructure, 研究コミュニティ, 協働データインフラ, オープンサイエンス

## 1 はじめに

当研究所では、2014年4月-10月に第10回科学技術予測調査（通称：デルファイ調査）を実施した。本調査におけるデータに関係する課題は、全課題中の約10%の90数件が設定されており、様々な分野に分布している。そのうち、データ基盤（データインフラ）やその活用・処理に関する課題は65%を占めておりその関心の高さを示している。調査結果から実現時期を見ると、技術的实现は2019~2027年（中央値2020年）、社会的実装は2020~2032年（中央値2025年）と、比較的近い将来に実現され社会実装されるとの認識である。しかし、ICT・アナリティクス分野での各細目の重要度と国際競争力についてみると、ビッグデータ関連は、重要度は比較的高いが国際競争力は余り高くないという結果が

でている。データへの対応の重要性を認識している一方で、その実現に必要とされる競争力は予想外に低いことが浮き彫りになった形である<sup>1)</sup>。

現在、研究データの共有化、オープンアクセスの必要性が世界中で議論されている。その必要性についての背景や動向についての詳細は、最近本誌で発表した記事を参照されたい<sup>2-4)</sup>。

本稿では、研究データの共有化に対する具体的なサービスの実装面に焦点をあて、複数の研究コミュニティへの対応として欧州で推進されているCollaborative Data Infrastructure (CDI: 以下、協働データインフラ)の開発プロジェクトEUDAT (European Data Infrastructure)を取り上げ、その具体化に至る過程、提供されつつあるサービスについて紹介し、注目すべき諸点を探る。

## 2 EUDAT プロジェクト

EUDAT プロジェクトは、欧州で実施されている研究プロジェクトや研究者のニーズに適合した協働データインフラを提供することで、研究コミュニティの内外において、研究者が地理的及び学術的な境界を越えてデータを共有することにより研究活動を効率的に遂行できるようにすることを目的としている。

### 2-1 設立の背景

EUDAT の起源は、PARADE (Partnership for Accessing Data in Europe) イニシアティブの活動に遡る。PARADE は、2009年10月に欧州のデータインフラ戦略に関するホワイトペーパーを発行した。ここで示された欧州の共有インフラの概念は、多くの政策機関や専門機関によって支援され詳細化が行われた<sup>5)</sup>。

これと並行して、2009年後半に欧州連合 (EU) の競争力評議会 (EU competitiveness council) が、欧州委員会 (European Commission : EC) に対し、科学のための ICT をベースとするインフラ (e-infrastructure) に関する今後の課題と対応につき検討を依頼している。これに応えた形で、アカデミア、研究機関、データセンター、産業界などのメンバーからなるハイレベル専門家グループが設けられた。このグループは、EC の要請により、科学データのための e-infrastructure の展開に向けた「ビジョン 2030」を策定し、2010年10月に報告書「Riding the wave」<sup>6)</sup> を提出した。EC はこの実現に向けた call (公募) を実施し、その結果として、PARADE の概念をも包含した EUDAT が選定されている。この報告書<sup>6)</sup> には、今後の研究データへの取組の方向性が以下のように記載されている。

#### 1) データに対する問題認識

多くの研究コミュニティは、増加の一途をたどるデータに対して、格納場所、検索方法、活用法などに関する課題に直面しており、独自のソリューションを生む傾向にある。結果として各ソリューション間で相互運用性を欠き、分野融合研究を阻害する状況をもたらす。

今までに、欧州では欧州グリッドインフラストラクチャ (EGI)<sup>7)</sup> やハイパフォーマンスコンピュー

ティング (HPC) システムの共同利用に関するパートナーシップ (PRACE)<sup>8)</sup> によって、研究に必要な計算機リソースやその使用環境は充実してきたが、研究の遂行において国境や学術領域を越えて自由にデータの利活用が行える汎用目的のデータサービスが不足している。

#### 2) 描いたビジョン

データのシームレスアクセス、使用、再使用、信頼性をサポートするためのインフラの確立がますます重要である。将来は、データそのものが重要な資産となり、それを活用して様々な科学、技術、経済、社会の進展が可能となる。

#### 3) 必要とされる具体的アクションへの提言

緊急に必要とされる具体的なアクションとして、協働データインフラのための国際的フレームワークの開発、e-infrastructure へのファンドの追加、データの価値の測定法やその使用、新世代のデータ科学者の養成と国民の理解の拡大、データインフラを計画するグローバルレベルの高度なグループの設置などを挙げている。

### 2-2 今までの動き

EUDAT プロジェクトは、FP7 e-Infrastructure Call9 (WP11) からのファンディングを獲得している。この Call9 の目的は、欧州におけるデータインテンシブサイエンスに必要な科学データに対する持続的でロバスタなインフラの構築であり、ファンド総額は 4,300 万ユーロである。

EUDAT には、EC から Call9 の最大予算である 930 万ユーロが授与され、ファンディング期間は 3 年間、その他の出資と合わせて合計予算額は 1,630 万ユーロとして 2011 年 10 月 1 日に開始している<sup>9)</sup>。(2015 年以降については後述)

このプロジェクトは、開発・利用側として、EU からファンドを受けた 13 か国の 26 の参加機関 (EUDAT はパートナーと称している) によって構成されており、図表 1 に示すように各国のデータセンター、HPC センター、テクノロジープロバイダ、ファンディング提供機関、コミュニティなどが含まれている<sup>10)</sup>。さらに、ファンドは受けてないが、このプロジェクトを取り囲む形で、その利用を指向する、あるいはプロジェクトに興味を示す広範な学術分野からの 30 のコミュニティが別に設定されており、生物医学、環境科学、人文社会科学、物理科学・

図表1 EUDATの参加機関（パートナー）

国	パートナー
オーストリア	オーストリア環境庁
チェコ共和国	プラハ・カレル大学
フランス	CINES(高等教育のための国立スーパーコンピューティングセンター) CERFACS(研究機関) Gnubila(企業)
イタリア	CINECA(イタリア計算機センター間大学コンソーシアム) INGV(地球物理学と火山の国立研究所)
スペイン	BSC(バルセロナスーパーコンピューティングセンター) RedIRIS(スペインのアカデミック・研究ネットワーク)
オランダ	SURFsara(国立HPC・e-Scienceセンター)
ポーランド	PSNC(ポズナンスーパーコンピューティング・ネットワークセンター)
スウェーデン	SNIC(スウェーデン国立コンピューティングインフラストラクチャ)
ノルウェー	UNINETT(ノルウェー国立研究教育ネットワークのための国有会社)
フィンランド	CSC(国有ITインフラストラクチャの維持・開発を担う国有非営利会社)
英国	STFC(科学技術施設協議会) EPCC(エジンバラ並列コンピューティングセンター) UCL(ユニヴァーシティ・カレッジ・ロンドン) Trust-IT Services Ltd(企業)
スイス	CERN(欧州原子核研究機構)
ドイツ	DKRZ(ドイツ天候コンピューティングセンター) Forschungszentrum Jülich (FZJ:ユーリッヒ研究センター) マックスプランク研究所 (Psycholinguistics: 心理言語学) マックスプランク研究所 (Meteorology: 気象学) カールスルーエ工科大学 エバーハルト・カール大学テュービンゲン RZG (Rechenzentrum Garching: ガルヒング計算センター)

出典：参考資料10を基に科学技術動向研究センターにて作成

工学、材料科学、エネルギーなどの分野から各複数コミュニティの参加がある<sup>11)</sup>。

そしてこれらを共に合わせてコンソーシアムを形成し、フィンランドのCSC-IT Center for Science (略、CSC) が主導している。

開発スケジュールとしては、2012年に最初のサービス、2013年にコミュニティ横断のサービス、2014年に完全なサービスの配備をマイルストーンとして位置付けていた<sup>9)</sup>。プロジェクトは、7つのワークパッケージに細分化され、相互に連携をとりながら推進された。

プロジェクトは、既に3年を経過しており、複数の研究コミュニティを対象に、調査、試行を経て、共通サービスと運用法の具体化が図られてきている。そして、現在、対象とする研究コミュニティを増やしながら、試行やトレーニングを実施し、より多くの研究活動に適合するサービス内容の充実に努めている。

## 2-3 具体化したサービス内容

以下に、サービスの開発過程で考慮された諸施策、開発したサービス、運用形態などについて示す<sup>12)</sup>。

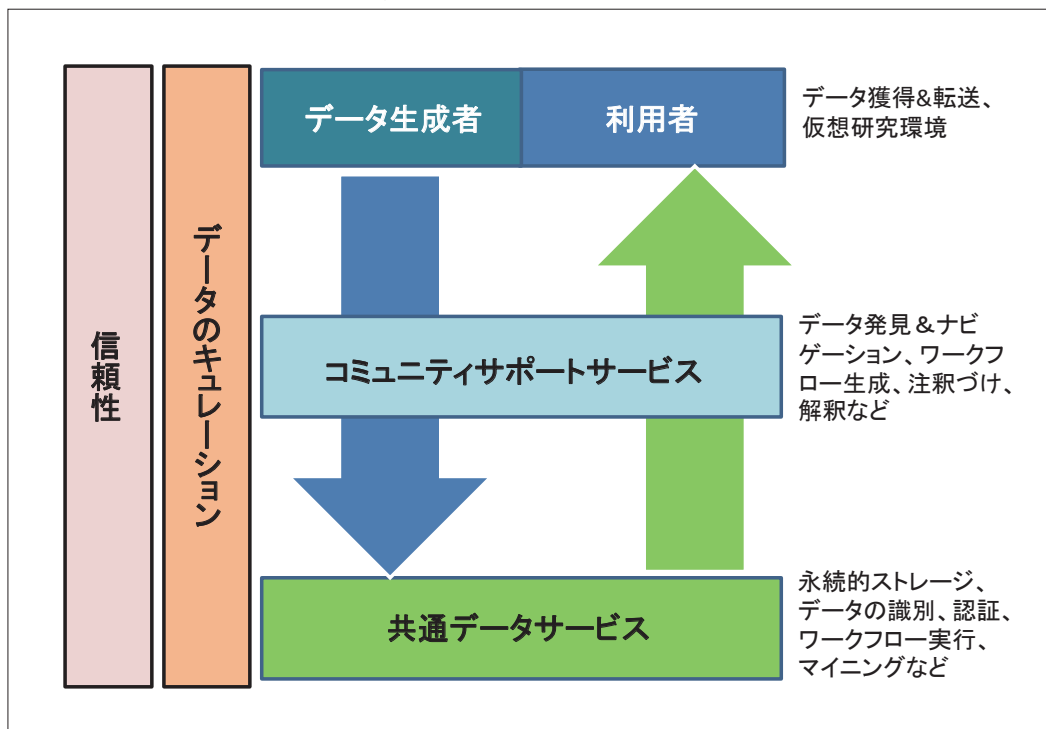
### 1) 複数コミュニティに共通なデータサービス

図表2は、「Riding the wave」<sup>6)</sup>で示された協働データインフラに対する考え方であり、これがEUDATで目指す姿となっている。

ここでは、データ生成者と利用者は、データの獲得、転送、処理などを、所属するコミュニティが提供するサポートサービスを利用して行い、それらのコミュニティサポートサービスは、異なった分野間で横断的に使用可能な共通データサービスに依存するという階層関係をとっている。そして、全体を一つの系と考えており、この系全体にわたってデータのキュレーション（収集した情報を特定のテーマに沿って編集し、新たな意味や価値を付与する）や信頼性の確保を必要としている。すなわち、各階層での活動主体（アクター）間において必要とされるべき協働の形ともいえる。

EUDATは、「この協働データインフラは、科学コミュニティへ一般的なサービスを提供することで、それらのコミュニティの学術分野に固有なサービスへの取組に、より多くの時間や投資を集中することを可能にする。また、個々の研究者、小さなコミュニティ、そして目的にかなったデータ管理が不足しているプロジェクトに、共通データサービスを提供し、そのインフラ開発に要する設備投資の必要性を取り除く」としている。

図表2 協働データインフラの姿



出典：参考資料6 他を参考に科学技術動向研究センターにて作成

異なった学術分野の研究コミュニティは、データ構造やコンテンツが異なるため、固有の対処法をとっているのが一般であるが、同時に多くの基礎的なサービス要件も共有しており、この共通的な性質が複数の研究コミュニティのサポートに向けた共通データサービスの構築を可能にすると EUDAT は述べる。

## 2) コミュニティとの連携作業

EUDAT は、協働データインフラに求められる要件の明確化に向け、幅広い分野の研究コミュニティと連携して作業をしている。最初は、プロジェクトパートナーである CLARIN (言語関連)、EPOS (固体地球科学)、ENES (気候科学)、LIFEWATCH (環境科学)、そして VPH (生物医学) などのコミュニティを対象にし、それらのコミュニティで採られているアプローチとサービス要件を調査することから開始している。具体的には、コミュニティの代表者とのインタビューや頻繁なやりとりを通し、数か月後に優先的に開発すべきサービスとして、①サイトからサイトへのデータレプリケーション、②HPC 施設へのデータステージング、③メタデータの整備、④使用容易なストレージ、の4つを特定している。

また、協働データインフラの充実に向け、他の多くのコミュニティとも連携している。

## 3) サービス内容

協働データインフラを構築するコアサービスとして、シングルサインオン、永続識別子 (persistent identifier : PID) サービス、ウェブ実行・ワークフローサービス、モニタリング・アカウントサービスほかを要素として設け、それらを包含して図表3に示す5つのサービスを開発した。これらのサービスは、現在、運用中であり、さらなる機能強化も計画されている。

また、コミュニティによって用意され、EUDAT として提供される拡張コアサービスとして、共同メタデータサービス、共同データマイニングサービスなどが予定されている。

## 4) 運用形態

### ① 運用リソース

EUDAT に加盟するデータセンターは EUDAT ノードと呼ばれ、EUDAT ストレージを提供している。現状でのストレージ量に対する明確な言及はないが、EUDAT の活動開始から1年後、実稼働に先だって試行的な運用環境が構築されており、その構成としては、480 テラバイトのオンラインストレージと4ペタバイトのニアライン (テープ) ストレージを提供する5サイト (RZG, CINECA, SARA, CSC, FZJ) の記述があり、最初に4利用者コミュニティ (ENES, EPOS, CLARIN, VPH) にむけてサービスされた。実際の運用環境では利用者の必要に応

図表3 サービス内容

サービス名	機能
B2FIND	EUDATデータセンターと他のリポジトリ内に格納されている研究データを検索するポータル。研究データのメタデータカタログにより科学データを、素早く容易に発見し表示するサービス
B2SAFE	コミュニティや部門のリポジトリに研究データに関するデータ管理ポリシーを実装し、データのレプリケーション(複製)を可能とするサービス
B2STAGE	EUDATストレージと外部HPCシステムの作業領域間で大規模な研究データを転送するサービス
B2SHARE	様々なコンテキストからなる小規模の研究データをストレージへ蓄積、共有させるサービス。データの長期間の持続性を保証して保護
B2DROP	研究データの複数のバージョンの同期化、更新と、研究者間でのデータ交換を可能とするサービス

出典：参考資料9を基に科学技術動向研究センターにて作成

じたりソースが準備されると思われる。

② HPC アクセス

多くの研究の遂行では、強力な計算能力をもつHPCシステム上でシミュレーションを実施することがしばしば必要になる。その場合、研究データをHPCシステム上で処理できるように移動し、処理結果のデータを移動元に戻すことが必要となる。ここでは、そのことをステージングと呼んでおり、大規模データをEUDATストレージとHPC施設、例えば、欧州のPRACEのHPCシステムなどとの間でやり取りするためのサービスである。一連のフローを見ると、ある研究コミュニティからの研究データは、まずEUDATノードのストレージにレプリケーションされる。その後、そのEUDATノードの近隣かりモートのHPC施設の作業用領域へ移され、HPC処理後に結果が元の研究コミュニティに戻ることが容易にできるようなサービスが提供されている。このサービスでは、研究データのレプリケーションを伴うが、PIDを駆使して全ての複製物の追跡可能性が担保されている。

③ データの可視化と再利用可能性

異なる学術領域の研究データを1つの協働データインフラで利用可能にすることは分野融合の研究にとって非常に有益である。そのため、EUDATは共同のメタデータ（データの説明を施したもの）カタログの開発に取り組んでおり、それをを用いることで容易に分野横断的な検索・表示を可能にしている。

5) その他の活動

現在、今後のサービスの拡張に向け、ダイナミックデータやワークフローサポートへの対応などを視野にしたワーキンググループを設置して検討を進めている。また、トレーニングを重要視しており、利用者に対し協働データインフラの最適な使用、操作法の習得を促している。さらに、今後の持続的な

運用を目指したコストモデルの検討を重要な要素と位置付けている。

### 3 注目点

EUDATで実現されつつあるソリューションのイメージ（著者が理解する範囲で想定）を図表4に示す。以下、注目点を述べる。

1) 複数のコミュニティへ向けた共通サービス

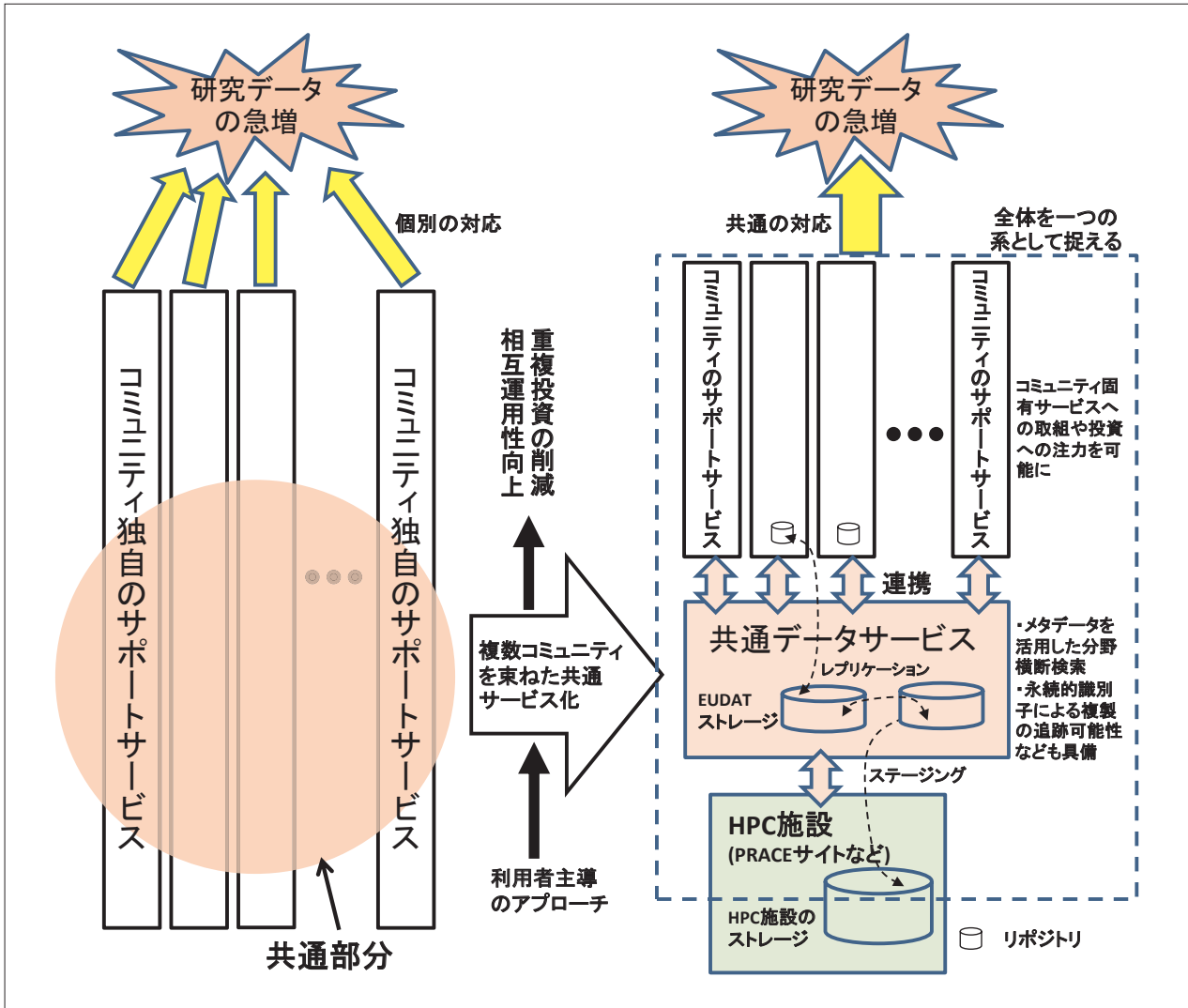
研究データの急増に対し、研究コミュニティでの独自サービスの提供は、重複投資を生むことはもちろん、コミュニティ間での相互運用性に支障をきたし分野融合研究を阻害する一因にもなる。この問題への対応には、複数コミュニティを束ねた共通データサービス化が重要であり、EUDATの発想はまずここにある。そのために、異分野の複数コミュニティ（6コミュニティ）をプロジェクト内に最初から巻き込んでサービス要件の抽出を行い、優先度付けを図りながら具体的なサービスの実現に結びつけている。こうした推進法は特に複数コミュニティ向けのサービスの実現では参考にしたい。

2) 利用者主導のアプローチ

EUDATでは、利用者主導によるサービスの実現を目指しており、利用者との接点を多くして、必要とされるサービス要件を抽出することに努力している。そして具体的な開発の後には試行を経てサービスの洗練化を図っている。そのため、非公式な利用者との議論をはじめ、全利用者を対象としたユーザーフォーラムを複数回開催している。

EUDATの関係者は、ユーザーフォーラムは、コミュニティの構築とステークホルダー間の信頼確立のために不可欠であるとし、「研究コミュニティ

図表4 EUDAT のソリューションイメージ



出典：参考資料9～13を参考に科学技術動向研究センターにて作成

との会議や彼らのニーズを聞くことは、EUDATの正に中核である」とも述べている<sup>13)</sup>。

### 3) HPC 共通インフラリソースとの整合

欧州での研究インフラストラクチャであるPRACEは、既に世界レベルの性能をもつスーパーコンピュータを6システムも配備しており、その下位レベルのHPCシステムとも合わせて欧州全域でのリソース共有利用が実現されている。このPRACEのHPC施設（スーパーコンピュータを所有するセンター）もEUDATのパートナーの一部を構成しており、前記の運用形態の例でも示したが、PRACEの設備を生かすソリューションがサービスの実装で大きく配慮されている（図表4）。HPCを活用した高度な分析は様々な分野での基礎となりつつあり、その活用を促す使用容易性を確保するサービスを必須の要件としている。

### 4) 持続性のあるオペレーションの追及

持続的な研究データの保管を伴うEUDATでは、持続性は特に重要と位置付けている。ECからのファンディングやメンバー各国からの支援だけでは、持続したサービスは難しい。EUDATは、次に向けての新ファンドを獲得しているが、それとともにサービス収入を得て、継続してサービスの洗練化を図れる好循環モデルを検討中である。

この課題については、出版者を中心としたデータ出版がデータジャーナルの創刊という形で始まったという報告もあるが<sup>4)</sup>、正に手探りの発進ともいえ、今後の重要な検討要素である。EUDATの関係者は、今までの大きな成果として、欧州の主要なコミュニティと連動ができてきたことを挙げている。これは、EUDATがコミュニティの信頼を獲得していることを意味しており、この新モデルの実現も期待したい。



## 4 おわりに

EUDATの2015年以降の活動については、後継プロジェクト（EUDAT2020）が設定されており、Horizon 2020 プログラムからのファンド額として約1,900万ユーロ、期間は3年間、パートナー数は33として、2015年3月1日から公式に開始している。

EUDATは、現在、研究データの共有、利活用を先導するイニシアティブであるRDA（Research Data Alliance）を支援しており、今までに開発したサービスを具体的な実装事例として貢献をはかることを志向している。EUDATの関係者は、学術刊行物と比較するとき、研究データのオープンアクセスは

発展途上であり、その実装が難しいことを挙げており、個々の活動ではなく全体システムとして支える必要性があるとも述べている<sup>14)</sup>。また、2-1で示した報告書の後継として新しい報告書が作成されており、データへの対応に向けたECの力強い支援を再度要求している<sup>15)</sup>。

本稿では、研究データを複数の研究コミュニティ間で、いかに共有、管理するかの課題に向けた実装例としてEUDATプロジェクトを紹介した。内閣府では、研究データを中心としたオープンサイエンスに関する議論を開始しており<sup>16)</sup>、今正にオープン化に関わる世界的議論や動向の的確な把握が必要とされている。本稿で紹介した動きが今後の一助となれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 「第10回科学技術予測調査結果速報 全体概要」、科学技術・学術政策研究所、2014年11月：  
<http://www.nistep.go.jp/archives/1874>
- 2) 村山 泰啓、林 和弘「オープンサイエンスをめぐる新しい潮流（その1）科学技術・学術情報共有の枠組みの国際動向と研究のオープンデータ」科学技術動向, No.146, 2014年9月, p12-17：<http://hdl.handle.net/11035/2972>
- 3) 村山 泰啓、林 和弘「オープンサイエンスをめぐる新しい潮流（その2）オープンデータのためのデータ保存・管理体制」科学技術動向, No.147, 2014年11月, p16-22：<http://hdl.handle.net/11035/2990>
- 4) 林 和弘、村山 泰啓「オープンサイエンスをめぐる新しい潮流（その3）研究データ出版の動向と論文の根拠データの公開促進に向けて」科学技術動向, No.148, 2015年1月, p4-9：<http://hdl.handle.net/11035/2999>
- 5) Damien Lecarpentier「The EUDAT Project Towards a European Collaborative Data Infrastructure」, Oct. 3, 2011：  
<http://www.verce.eu/Kickoff/Session1/VERCE-EUDAT.pdf>
- 6) 「Riding the wave -How Europe can gain from the rising tide of scientific data」, Oct. 2010：  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/newsroom/cf/newsletter-item-detail.cfm?item\\_id=6204](http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/newsletter-item-detail.cfm?item_id=6204)
- 7) 「European Grid Infrastructure」：<http://www.egi.eu/>
- 8) 「PRACE」：<http://www.prace-ri.eu/>
- 9) Kimmo Koski「EUDAT, BoF Session on e - Infrastructure for science in Europe」, ISC' 11 21 June 2011
- 10) 「EUDAT」：<http://www.eudat.eu/>
- 11) Damien Lecarpentier「EUDAT Data Services, Tools & Knowledge」, Nov. 11. 2014：  
<http://e-irg.eu/documents/10920/248525/EUDAT+Workshop+Rome+2014/3e756ce6-669b-41f2-b75b-afde20f3709e>
- 12) Damien Lecarpentier「EUDAT: A New Cross-Disciplinary Data Infrastructure for Science」、The International Journal of Digital Curation Volume 8, Issue 1, 2013
- 13) 「Creating a pan-European data infrastructure」, July 23, 2014：  
<http://www.isgtw.org/feature/creating-pan-european-data-infrastructure>
- 14) 「Open data - What do EUDAT communities really think about it?」 Jan. 5, 2015：  
<http://www.eudat.eu/news/open-data-%E2%80%93-what-do-eudat-communities-really-think-about-it>
- 15) 「The Data Harvest: How sharing research data can yield knowledge, jobs and growth」、RDA Europe Report, Dec. 2014：  
[http://europe.rd-alliance.org/sites/default/files/report/TheDataHarvestReport\\_%20Final.pdf](http://europe.rd-alliance.org/sites/default/files/report/TheDataHarvestReport_%20Final.pdf)
- 16) 「国際的動向を踏まえたオープンサイエンスに関する検討会」：<http://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/openscience/index.html>

..... 執筆者プロフィール .....



**野村 稔**

科学技術動向研究センター 客員研究官

企業にてコンピュータ設計用 CAD の研究開発、ハイパフォーマンス・コンピューティング領域、ユビキタス領域のビジネス開発に従事後、現職。スーパーコンピュータ、ビッグデータ、半導体技術、LSI 設計技術等の科学技術動向に興味を持つ。

# IEEE論文に基づくIoT研究動向の計量書誌学的調査

藤井 章博

## 概要

近年、IoT (Internet of Things) に関連したニュースや記事が多く取り上げられており、特に情報工学分野の研究課題として関心が高まっている。本稿は、IoT の概念整理と論文分析に基づく各種関連研究の方向性を整理し、研究計画の立案に資することを目的とする。

分析方法としては、電気・電子分野における世界最大の学会である IEEE の学術論文を利用し、IoT の学術論文年次発表数の推移を調査する。その上で、IoT と結びつきが強いキーワードを抽出する。これらのキーワードは、IoT の研究における応用領域として研究者の関心が高いものと考えられる。基本的な計量書誌学的手法として TF-IDF を利用した。これを基に、論文から得られた文書データベースをクラスタリングすることによって、IoT の応用対象として、私たちの生活にも関係が深く、大きな影響を与えるセキュリティ対策、建築分野などの領域が抽出された。

**キーワード** : IoT (Internet of Things), survey, IEEE, 計量書誌学, 統計処理, TF-IDF, クラスタリング

## 1 はじめに

近年、IoT (Internet of Things) に関連したニュースや記事が多く取り上げられている。本稿では論文の内容に対する自然言語処理的な手法を用いて IoT の研究動向を定性的に計量し、研究の動向を把握することを試みる。これによって、科学技術予測調査等の活動における一つの指標を提供したい。

一般に、計量書誌学的研究では、特許や論文など一定の形式に基づく記述がなされた文章をその計測単位として用いる<sup>2,3)</sup>。本稿では、世界最大の学会である IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) の学術論文データベース<sup>1)</sup> を利用し、自然言語処理の手法を用い、関連する要素技術として研究者の間で利用頻度が増加しているキーワード「IoT」と関係性の深い他分野のキーワード等を抽出することを試みる。以下では、まず IoT の概念整理を行った上で論文分析の方法の概要とその結果を述べる。

## 2 IoT とは何か

IoT とは、コンピュータなどの情報・通信機器だけでなく、世の中に存在する様々なモノに通信機能を持たせ、インターネットに接続したり相互に通信することにより、自動認識や自動制御、遠隔計測などを行うことである。既存の調査に基づく、2020年までにIoTでインターネットに接続するセンサーやデバイスなどの機器の数が260億になる見込みで、IoT関連の製品及びサービスの売上は3,000億ドル以上になるとの予想もある。このことから、私たちの生活に大きな影響を及ぼすことがうかがえる。

IoTの定義は必ずしも明確ではないが、従来からこれに近い概念を表現する用語として、「ユビキタス」、「サイバーフィジカル」、「M2M」等がある。

ユビキタスとは、「いつでも、どこでも、だれでも」が恩恵を受けることができるインターフェース、環境、技術のことである。このとき、ユーザー

である人間からみてコンピュータシステムが遍在していることに視点がある。次に、サイバーフィジカル (Cyber Physical) とは、実世界 (Physical System) に浸透した組み込み型のコンピュータシステムなどが構成するセンサーネットワークなどの情報を、サイバー空間 (Cyber System) の情報処理能力と結びつけることを指すようである。この場合は、実世界における情報処理に視点がある。「M2M (Machine to Machine)」は、人を介せずに物と物が通信を行うことを指している。M2M は機械間のみで自動で通信が行われ、そこに人間は一切介入しない。自販機や家電など、機械間のみで自動的に通信が行われるものが M2M である。

IoT とこれらの概念との差異は、IoT の方がより幅広く、通信接続し相互作用する対象として「モノ」を含む点である。このことから、より幅広い活用法によって現実社会に浸透する技術と考えられている。実際に、ユビキタスでは家電やスマートフォンなど人が利用する概念であるのに対し、IoT では衣服や自動車など、必ずしも人を介さずに端末同士、モノ同士が自律連携することが想定されている。さらに、ある定義によると「Things は物理的なものにとらわれず、バーチャルなもの (コンテンツなど) を含む」点が違いであると述べられている<sup>1)</sup>。

### 3 IEEE における IoT の 学術論文年次発表数の推移

世界最大の学会である IEEE の論文データベースにおいて、「IoT」を抄録のキーワードに含む論文の

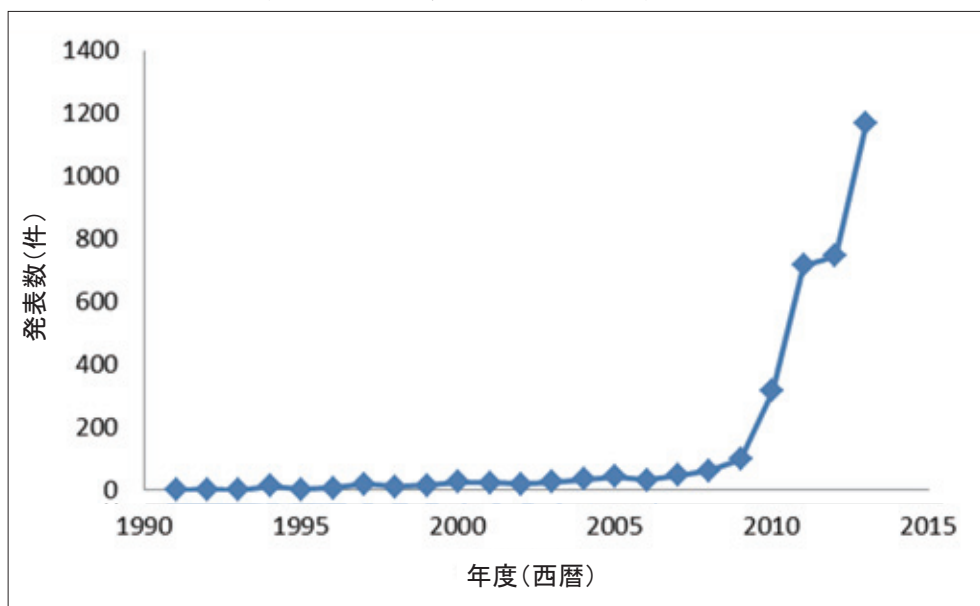
年次発表数の推移を図表 1 に示す。2009 年より急激に学術論文の発表数が増えており、調査対象とした 2013 年末まで 2013 年現在も衰えることなく研究論文数が増加していることが分かる。研究論文の増加に伴い、研究の動向を俯瞰するサーベイ論文も増大する。IEEE 文献データベースでもその傾向は顕著である。そこで、IoT 分野のサーベイ論文の発表状況を調べるため、「IoT」と「survey」の両方のキーワードを持つ論文数を調べたが、同じく 2009 年度より急激に研究が進んでいる。以下では、IoT に関する研究動向を探るために、このサーベイ論文を主たる対象として、計算機を利用した自然言語処理手法による分析を行う。

## 4 論文中の単語の頻度分析

### 4-1 頻度分析に使用したサーベイ論文

IoT 分野のサーベイ論文を対象として、自然言語処理によって研究分野の計量分析を行う。はじめに、IEEE 論文データベースを基に、IoT 関連論文の採録 (Abstract) のデータベースを作成した。対象としたのは、IEEE 論文のデータベースから、IoT 分野を俯瞰的に捉えるサーベイ論文の集合を取り出して行う。学会論文誌と国際会議予稿集に掲載された「IoT」に関する論文のうち表題中に「survey」を含み、分析対象となる論文数は 69 本であった。

図表 1 IoT に関する学術論文年次発表数の推移



## 4-2 高頻度語彙の収集方法とその結果

近年オープンソースプログラムを活用して自然言語処理やテキストマイニングと呼ばれる情報処理が比較的容易に実現できるようになっている<sup>3)</sup>。利用できるツールは様々あるが、本稿では、プログラミング言語 R と併用することができる MTMineR を選んだ<sup>4)</sup>。

69 本の論文から、高頻度語彙の収集を行った。処理の概要を以下に列挙する。

- ①データクレンジング：PDF 文書から TXT データ作成、表記の揺らぎ修正等
- ② Abstract のテキストファイルの文書データベースの作成
- ③単語の頻度分析：テキストマイニングツール (MTMineR) を利用した。

69 本の論文に対してデータクレンジングを行い、MTMineR を利用し頻度分析を行った結果を以下に示す。図表 2 には、単語単体の頻度分析の結果の一部を示す。単語の並びの頻度分析の結果の一部を図表 3 に示す。それぞれ、786 個の単語、363 個の単語のリストに対し頻度分析を行った。

図表 2、3 の結果より、internet や networks など、IoT の動向を示すことのできるネットワーク関連のキーワードが多く収集された。特に図表 3 ではセンサーネットワークや RFID など、無線通信関連の技術が多く表れていることが分かる。IoT の動向としては、当然予想できることながら、情報ネットワーク方面と無線通信技術との関わりが強く、そのような文脈の研究が多く実施されていることが分かる。一方、セキュリティやスマートシティ、データマイニングなど、アプリケーションよりの単語も散見される。このことから、IoT は様々な応用分野との関わりを持ち、我々の生活に影響を与えると考

図表 2 単語単体の頻度分析の結果の一部

語彙	頻度
internet	42
sensor	25
networks	20
wireless	20
management	12
social	10
protocol	9
data	8
security	8
energy	7

えられる。

## 5 クラスタリングに基づく IoT の応用領域の把握

### 5-1 クラスタリング

クラスタリングとは、データの集合からそれぞれ共通の特徴を持つ複数のグループを抽出・分類する分析手法のことをいう<sup>3)</sup>。分析の対象は、上述した 69 本の IEEE 学術論文を対象とする。クラスタリングを行った上で、それぞれのグループについて基本的な自然言語処理を施すことにより、各グループの特徴を表す単語を抽出し、客観的なデータに基づく動向の把握を行う。ここで利用するのは、TF (Term Frequency) 値が高い単語である。この値の高い単語は、その分野の特徴を相対的に表現する単語と考えられる。一方、文書集合中の特定の文書の特徴は、IDF (Inverse Document Frequency) 値によって表現される。これは、その文書集合の中で特定の文書単体の特徴をよりよく表す単語である。これらの二つの評価値を掛け合わせた TF-IDF 値の高い単語群によりベクトル評価基準を作る。それぞれの文書をこのベクトル量で評価することで、文書のグループへの分類やそのグループの特徴を表すキーワードを把握することができる。以下では、この方法に基づいてサーベイ論文をグループに分類しそれぞれの特徴を把握する。

以下に手順の概略を示す。

- ①文書特徴ベクトル：出現頻度 (TF: TermFrequency) の高い語を用いて特徴ベクトルを構成する<sup>3)</sup>。
- ②ワード法より 6 つのグループに分類した。

図表 3 単語の並びの頻度分析の結果の一部

語彙	頻度
Internet-of-things	33
Wireless-sensor-networks	9
Radio-frequency-identification	7
6lowpan	4
Constrained-application-protocol	4
Smart-cities	4
Social-network	4
Data-mining	3
Human-computer-interaction	3
Middleware	3

- ③各グループの単語に関する頻度分析を行う。
- ④文書の特徴をよく表現する単語 (IDF: Inverse Document Frequency の高い単語) を抽出する。6グループの特徴を表す語を抽出した (図表4)。図表4は、6つのグループそれぞれにおいて抽出されたキーワードを示す。それぞれのグループの特徴を表現する単語が抽出されていることが分かる。IoT 研究は、医療分野、産業分野、サービス業界など、多くの業界と関わりがあることがうかがえる。このことから、IoT は今後もより多くの業界と関係を持ち、私たちの生活に大きく関わるものがうかがえる。

## 5-2 各クラスターの内容

6つのクラスターの論文の内容に従って、それぞれの特徴を見ていく。論文の内容に加えて Web 上で公開されている情報も関連付けながら各グループの動向をまとめる。

グループ1では、セキュリティや災害の分野との関わりが強いことがうかがえる<sup>9,16)</sup>。理由として、IoT の製品が現実生活に浸透するにつれ、それに伴いセキュリティ脅威の標的になるデバイスが増えることにつながるからである。実際に、現実世界で車載の組み込み OS がハッキングされ、小売業などで販売管理に用いられる「POS 端末」がウイルス感染した事例が発生している。今後、IoT 関連の製品が爆発的に増える一方、それに伴いセキュリティの確保を急がなくてはならない。

グループ2では、医療・福祉業界との関わりが強いことがうかがえる<sup>10)</sup>。理由として、医療機器に通信機能を持たせることにより、遠隔でも患者の健康状態を把握することや、一人一人の健康意識の向上も見込まれる。例えば、ユーザーの虫歯予防

に役立つ「コネクテッド歯ブラシ」や「GlowCap」という薬服用管理デバイスなど既に市場に現れている。また、携帯機器と組み合わせることにより、既存の医療行為を支援するようなソフトが注目を浴びている。実際に、健康データを計測・収集するシステムが開発されている。このことから、医療分野における IoT は、今後更なる発展を遂げていくと考えられる。

グループ3では、住宅・建設業界との関わりが強いことがうかがえる<sup>11)</sup>。住宅に IoT に関連した設備を搭載することにより、より快適な暮らしをサポートすることができると予想できる。住環境において、人の居場所を検知することで、犯罪抑止力や家電製品の遠隔操作によるオン・オフなど、新たなサービスを提供できるのではないかと考えられる。

この分野の動向として特に注目するものとして、大手住宅メーカーが東京大学と共同研究した成果が挙げられる。温度・湿度などを検知する「環境モニタリングシステム」や自分の居場所を自動認識する「ユビキタス場所情報インフラ」などが研究用に大学に提供されている。このような研究に象徴されるように、住環境において新たなサービスが検討されており、近い将来に IoT を用いた住宅が身近になると考えられる。

グループ4では、産業・観光分野との関わりが強いことがうかがえる<sup>12)</sup>。理由として、ネットワーク接続されたセンサーやソフトウェアにより、複雑で高度な機器や設備を統合することで、様々な産業分野においてイノベーションを起こす可能性があると考えられる。その概念が Industrial Internet (産業機器と IT の融合) である。

グループ5では、ものづくり業界、企業の業務システムとの関係である<sup>13)</sup>。IoT は、生産の現場や企業活動の場でも威力を発揮するはずである。現在、シリコンバレーにおいて IoT のものづくりは盛んに行われているようである。

図表4 IoT 研究の6つのグループとその対象領域

	IDF値が高いキーワード	対象領域
グループ1	information security, european disasters	セキュリティ, 災害の分野
グループ2	healthcare	医療・福祉業界
グループ3	building automation systems	住宅・建設業界
グループ4	wisdom scenic, industrial informatics	産業分野, 観光分野
グループ5	enterprise systems, device collaboration	ものづくり業界, 企業の業務システム
グループ6	benchmarking, gamification	IT・コンピュータ業界, サービス業界

グループ6は、IT・コンピュータ業界、サービス業界との関わりが強いことがうかがえる<sup>14)</sup>。このグループの論文からうかがえることとして、将来多くのIoT製品・サービスが開発されるが、その製品を制御するサービスが多種多様に開発される時代になる。また、IoT製品に適用されるセキュリティパッチやウイルスソフトなど、関連分野で多くの新しいサービスが必要となるだろう。

## 6 まとめ

学術論文データベースが整備され、分析のためのツールもオープンソースソフトウェアの形で入手できる<sup>17)</sup>。本稿で述べたような手法が比較的容易に実践でき、計量書誌学的なアプローチによる研究動向調査の可能性が広がっている。今回の調査結果の中では、IoTについての学術論文の発表数が2009年

度から急激に増大したことは注目に値する。このことから、IoTが現在ホットな研究対象であることは明確である。また、IoTと関係性の深いキーワードをTF-IDFによる単語の頻度分析に基づいて考察すると、ネットワーク関連と通信技術の分野との関わり合いが特に強いことがうかがえる。また、IoTという単語は、ユビキタスとM2Mの両方の分野を兼ね合わせたものであり、関連する通信技術分野についてのキーワードが多く収集された。

2014年に実施された第10回科学技術予測調査においても、ICT分野で重要度が上位となった課題には、「エクサ～ゼタバイトスケールのHPC・ビッグデータ処理技術の社会現象・科学・先進的ものづくりなどへの適用による革新」と「介護・医療の現場で、患者の状態をリアルタイムに把握し、その状態に最適なケアを低コストで提供するシステム」が挙げられている<sup>15)</sup>。IoTが今後こうした分野の核となることは疑いなく、今後も動向を注視することが重要である。

## 参考文献

- 1) 文献データベース“IEEE Digital Library Xplore”、法政大学図書館電子ジャーナル
- 2) L. ライデスドルフ、「科学計量学の挑戦」玉川大学出版部、2001年
- 3) Toby Segaran「集合知プログラミング」オライリー・ジャパン
- 4) MTmineR：<https://code.google.com/p/mtminer/>
- 5) 野村総合研究所 城田真琴、「Internet of Things (モノのインターネット) 時代の到来」、2012年11月27日：[http://www.nri.com/jp/event/mediaforum/2012/pdf/forum183\\_1.pdf](http://www.nri.com/jp/event/mediaforum/2012/pdf/forum183_1.pdf)
- 6) 国土交通省「社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会」資料：<http://www.mlit.go.jp/tec/monitoring.html>
- 7) 総務省「2020年代に向けたモバイル分野の競争政策」：[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000313742.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000313742.pdf)
- 8) 経済産業省産業構造審議会商務流通情報分科会資料「IoT時代に対応したデータ経営2.0の促進」：[http://www.meti.go.jp/committee/gizi\\_1/32.html](http://www.meti.go.jp/committee/gizi_1/32.html)
- 9) Eleana Asimakopoulou, Nik Bessis<sup>2,1</sup>, Stelios Sotiriadis<sup>2</sup>, Fatos Xhafa<sup>3</sup> and Leonard Barolli “A Collective Intelligence Resource Management Dynamic Approach for Disaster Management: A Density Survey of Disasters Occurrence” 2011 Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems
- 10) Mohammadreza S. Shahamabadi, et.al “A Network Mobility Solution Based on 6LoWPAN Hospital Wireless SensorNetwork (NEMO-HWSN)” 2013 Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing
- 11) Dhananjay Singh, et.al, “A survey of Internet-of-Things: Future Vision, Architecture, Challenges and Services”, 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)
- 12) Zhenfeng SHAO, Chong LIU, “Intelligent management and service for Wisdom Scenic Based on Internet of Things” Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems
- 13) Wu He and Li Da Xu, “Integration of Distributed Enterprise Applications: A Survey”, IEEE Trans. on Industrial Informatics, Vol. 10, No. 1, Feb. 2014

- 14) Internet of Things for Smart Cities, IEEE Internet of Things Journal Vol.1 No.1, Feb. 2014
- 15) 第10回科学技術予測調査結果速報 全体概要、科学技術・学術政策研究所、2014年11月：  
<http://www.nistep.go.jp/archives/18742>
- 16) 藤井章博、「ユビキタスネット社会のコンテクストアウェアネス技術研究の動向と課題」、科学技術動向、2007年8月、No.77、p.18-25：<http://hdl.handle.net/11035/1867>
- 17) 藤井章博、「技術文書に見るインターネット要素技術の動向」、科学技術動向、2014年1月、No.142、p.19-24：  
<http://hdl.handle.net/11035/2474>

..... **執筆者プロフィール** .....



**藤井 章博**

科学技術動向研究センター 客員研究官

博士（工学）。法政大学理工学部教授。分散コンピューティングと通信プロトコルの研究に従事した後、電子商取引システムの構築プロジェクトを実施。現在、情報通信技術のイノベーションが経営や政策に与える影響に興味を持つ。



# 拡散光及び光超音波イメージングによるがん診断技術の展望

西村 敏博 村田 純一 小笠原 敦

## 概要

光による生体計測の技術は、大学、公的研究機関、医療機器に関連する企業において研究開発が進み、近年では、デジタル信号処理用デバイスとシミュレーション技術の進歩を背景に、医療用イメージング機器の開発が急速に進展している。近赤外光を用いた診断機器は、X線と比較して被ばくの制限を受けないため、治療のアウトカムを定期的、定量的に計測することが可能になったり、光超音波（光音響）イメージング法を用いた装置では、がん細胞周囲に生成する「がんの血管新生」と血管内の酸素飽和度の情報をリアルタイムで計測して、体表近くに発生したがんの発見とその活性度を計測することができる等、体表近くのがん病巣の場所を非侵襲的に把握し経過観察ができるという、これまでにない特長を持つ。

光計測、超音波計測、画像処理は、我が国が競争力を有する技術分野であり、それらをベースとした医療機器の開発は非常に期待の大きい分野である。他方、既に確立されているX線による画像診断技術と比べ、画像解像度の低さ等解決すべき課題がまだまだ多いのが現状であり、ハードウェアの開発だけでなく、ソフトウェアによる解像度の向上や他の診断機器とのデータ統合による診断の精度向上等が望まれる。

**キーワード：**拡散光イメージング、光超音波イメージング、非侵襲、リアルタイム計測

## 1 はじめに

本稿では、世界的に注目度が高く、開発と普及が急がれる拡散光及び光超音波イメージングによる乳がんと前立腺がん診断に注目し、その動向について解説し、今後の展望を検討する。

光超音波イメージング法を診断に用いる装置は、短いパルス状のレーザー光を発生する機器の作製技術、近赤外域のレーザー光により発生した超音波を検出器アレーで検出し、信号を高速で処理する技術が進んだ結果、近年注目されつつある。特に体の表面近傍に発生した腫瘍（がん）の形状とがんの進展の度合いを診断できる新しい手法として期待されている。

2014年6月24日に閣議決定された「科学技術イノベーション総合戦略2014」において、ライフイノ

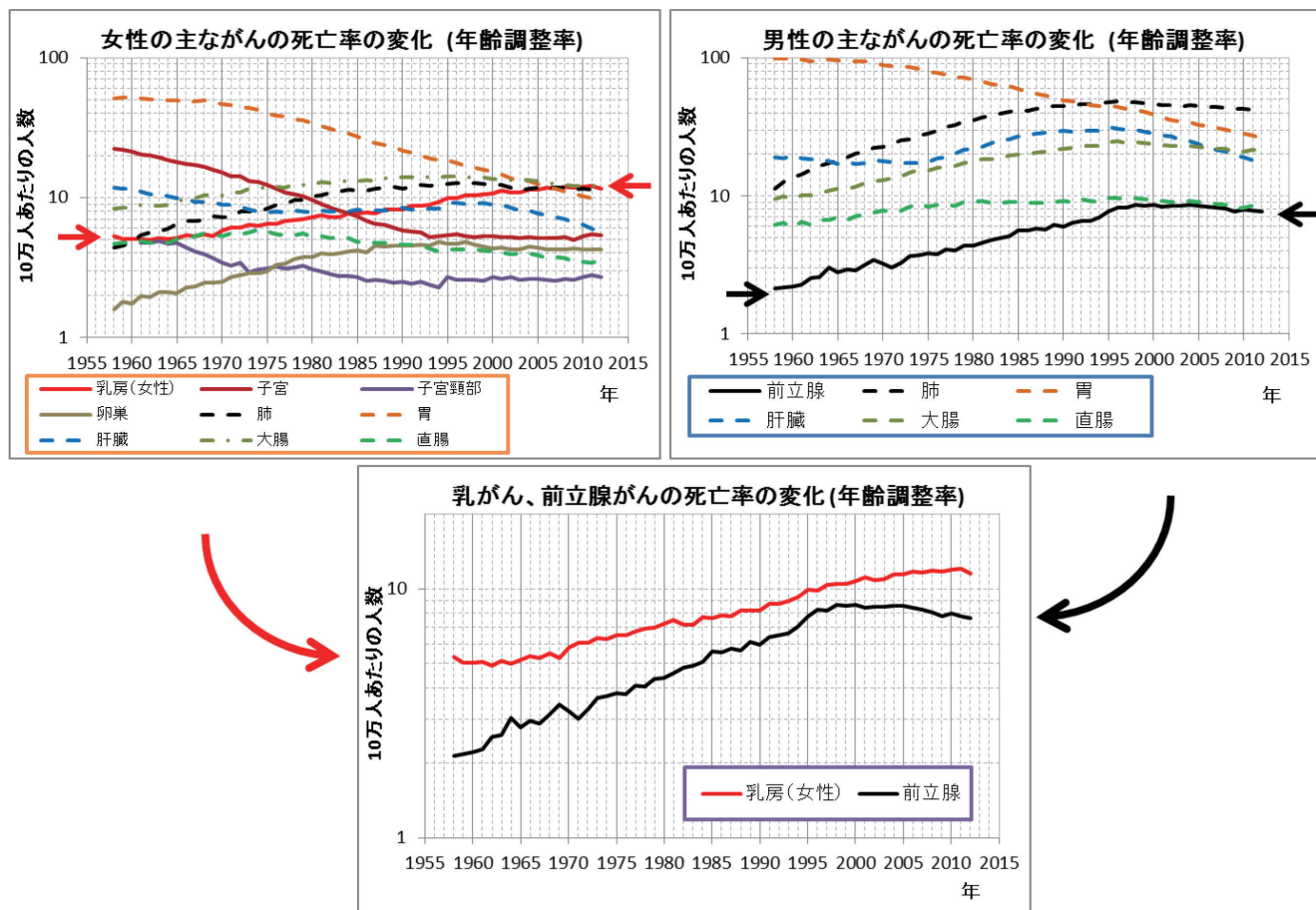
ベーション分野で重視されている医療機器は、今後の成長産業として期待されているが、我が国は医療機器に生かすことができる高い技術を有しているにもかかわらず、現状の国内医療機器市場は、貿易収支全体として輸入超過で推移しているのが現状である<sup>1)</sup>。

## 2 がんによる死因と診断の現状

### 2-1 乳がん、前立腺がんの現状

がんのうちでも乳がんは、女性のがんによる死因の上位になっている。図表1に示すように女性の

図表1 主要部位別がん年齢調整死亡率の推移 (主要部位・対数) [1958-2011年]



出典：(独) 国立がん研究センター がん対策情報センター<sup>2)</sup>のデータを基に科学技術動向研究センターにて作成

がんの年齢調整死亡率で見ても、検診とワクチン接種が進んでいる子宮がん患者で死亡者が急激に減少しているのに対し、乳がんは年齢調整死亡率では上昇傾向が続き、今や女性のがん罹患患者の死亡率のトップになっている。現在、X線マンモグラフィー検診の普及により、50歳以上の初期の乳がんを高い確率で発見できるようになったが、若年女性に対しては有効性が証明されていないことに加え、検査時に乳房を圧迫し照射をする手法の特性上、治療効果の確認のために患者は繰り返し被ばくと苦痛を受ける。日頃から医療の現場では非侵襲的検査方法による診断機器が強く望まれ対応が必要となっていた。

一方で男性のがんである前立腺がんは、平均余命の進展とともに増加傾向が続き、前立腺特異抗原(PSA)をマーカーとした血液検査の普及により早期に発見されるようになってきたが、がん罹患患者の死亡率は高い水準にある。さらに、がんの存在が疑われた後、病巣の位置を把握し、生検を行う必要があるが、生検では規定に従ってがん近傍を何点かサンプル検査するという状況であり、がん組織をピンポイントでサンプル採取できていないのが現状で、がん病巣の位置と状態を正しく把握するというニーズが非常に高くなっていた。

近赤外光を用いた乳がん診断用装置には拡散光イメージング装置、光超音波イメージング装置がある。どちらも、X線マンモグラフィーに代わる次世代の装置として、X線被ばくがなく、造影剤なしでがんの血管新生を描出できる非侵襲的検査装置を作るという発想から始まった。がんの血管新生を図表2のように可視化<sup>3)</sup>することで、初期のがんを発見しようという試みであった。

がん細胞は増殖するときに、多くの栄養を必要とするために組織の周囲に新たな血管をつくることが知られている。また、特に急速に成長・増殖するがん組織では、酸素濃度が正常組織よりも低くなることが多く、血管の画像情報と酸素化、脱酸素化ヘモグロビンの吸収スペクトルの違いを利用して組織の酸素飽和度を計測することで、がんの進展度の評価が可能となり、精度の高いがんの鑑別ができる。研究が進む中で光超音波イメージング装置では、X線マンモグラフィー検査では測れない、がんの血管新生と代謝活性の度合いが分かり、治療時の診断機器としての使用が有望視されてきた。特に超音波像と重ね合わせて、病巣の位置が正確に特定できるため、組織を選んで採取できる可能性が高く、患者の負担が軽減されることも期待されている。

## 2-2 光超音波イメージング装置の原理

光超音波イメージングの原理の概要を図表3に示す。まず検査対象に近赤外線領域のナノ秒幅のパルスレーザー光を照射する。そのとき、検査対象体内で局所的な近赤外線の光吸収が起きると、熱弾性変形が起き、光の吸収率と照射したレーザーのパルス幅に応じて非可聴音域（周波数 20 kHz 以上）の超音波が発生する。発生したわずかな超音波を複数のセンサーで検出し、3次元像画像に再構成することで、画像イメージが得られる。

イメージングのために必要な画像処理技術が進展した背景として、ASIC（特定用途向け集積回路：application specific integrated circuit）などの専用LSIだけではなく、組み込みシステム：例えばFPGA（field-programmable gate array）<sup>5)</sup>のようなプログラムで制御可能な集積回路が市販され、試験的な回路の作製が容易になったことに加え、コンピューターシミュレーションを用いて超音波受信部の設計を最適化できるようになったことが挙げられる。

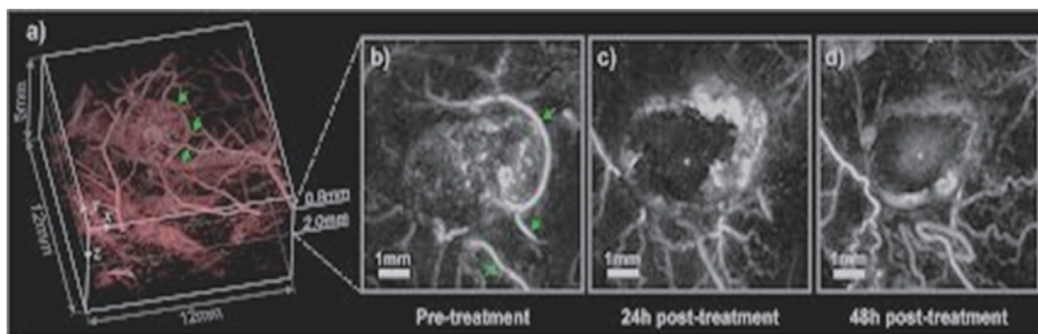
原理を簡単に図示したが、目的とするがんを診断するための解像度の高いイメージング像を得るには、技術的に幾つかの課題がある。

光の波長に対し物質は固有の反射率、吸収率を持っている。工業製品に関しては、加工を行う目的で物質の物理的な特性はよく調べられている。成分が分かっている、時間変化がほとんどなければ良い精度で計測できるが、生体細胞・生物内では多くの種類の物質が混ざり合いその比率も時間的に一定であるとは限らない。したがって計測する対象物を増やすときは、対象からの信号であることを確認する研究が必要である。

光であっても、強度が高い場合は身体に対して障害を引き起こす可能性がある。安全に扱うためのレーザーの強度区分が決められている<sup>6)</sup>ので、体の奥の方まで検査しようと単純に強度を上げるわけにはいかない。

対象に合わせて適切な波長を選ぶための実験には、任意の波長のレーザー光を発生する機器が必要である。そのようなレーザー光源はまだ高価で、ベッドサイドで気軽に使える状況ではない。機器として仕様が決まってからも広く普及させるには安価で安定性、メンテナンス性の良い光源の開発が望まれる。

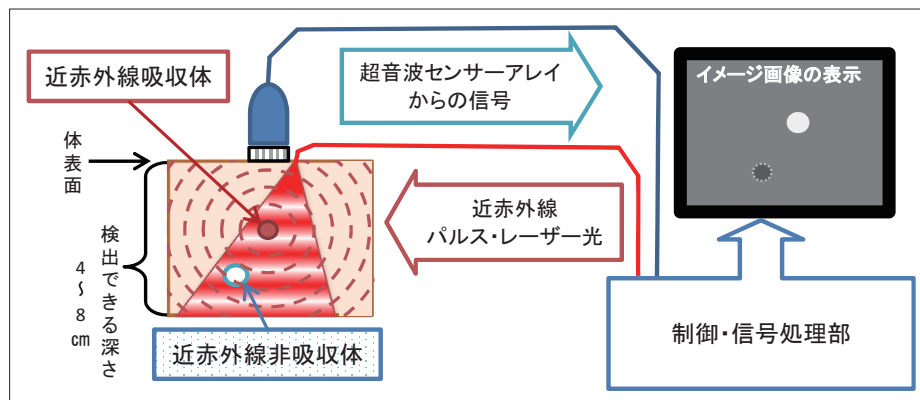
図表2 光超音波イメージング画像（実験マウスでの結果）



ヒトのがんに罹患した実験マウスにて、治療前後の新生血管の時系列的変化を光超音波イメージング装置で計測した画像。新生血管が24時間後には消失し始めているのが分かる。

出典：参考文献3

図表3 光超音波イメージングの概念図



出典：参考文献4を基に科学技術動向研究センターにて作成

### 3 イメージング装置による がんの診断と実例

現在、埼玉医科大学 国際医療センター包括的がんセンター乳腺腫瘍科のチームは、拡散光イメージング装置を用いて、治療効果について研究している。乳がんの治療効果の研究に関して徐々に結果が蓄積されてきている<sup>7)</sup>。ベッドサイドで検査ができ、20分程度でがんの状態が判断できる。光を応用する検診装置は非侵襲で操作も簡単なので、装置メーカーとの連携によって検診装置の信頼性向上のために、プロトタイプを実際に使用し、症例データを増やしながら改良、性能向上を目指している。

防衛医科大学校 医用工学講座では光超音波イメージング法を用いた前立腺がんの診断装置を研究し、体表付近のがんや血管の病変診断への応用を検討している。

装置構成の面で、既存の超音波検診装置のセンサー部分を光超音波検診用のセンサーに取り替え又は切り替えることが可能なため、医療関係者には操作になじみやすい点もメリットである。

光超音波イメージング装置に用いられる、光計測、超音波（音響）計測技術、画像の取得・データ処理技術は、日本が高い国際競争力を持つ分野でもあり、通信・エレクトロニクス産業からの参入が可能で、今後の輸出産業の柱となることが期待される。

2014年に当研究所が実施した第10回科学技術予測調査<sup>8)</sup>において、医療用イメージング機器に関連が深い課題を図表4に例示した。

イメージングを用いる医療用機器には初期のがん検出技術と、治療・手術時のリアルタイム使用を想起させる課題があり、重要度、国際競争力とも高い。

アジアを含む新興国においても、光を利用した医用機器開発の関心は非常に高く、ハードウェアの部分は激しい競争になると思われる。しかし、ハード

ウェアの開発においても世界トップレベルの光技術をベースに、ソフトウェアによる解像度の向上や、他の診断機器とのデータ統合、データ蓄積による診断の精度向上等、我が国が持つ高い医療技術、技術蓄積を背景とする高度なシステム化により、非常に強い競争力を持つことが期待される。

### 4 おわりに

拡散光イメージング、光超音波イメージングを用いたがん検診システムは、従来の機器とは異なった原理に基づき、新たな診断方法として期待される。

ハードウェアの開発では、低価格で使いやすいレーザー光源の開発も重要なファクターであり、デジタル信号処理デバイスの低価格化と画像処理プロセッサの性能向上も機器開発の鍵である。

一方診断の信頼性の向上には、ハードウェアの開発だけでなく、画像処理に係るソフトウェア技術の開発や、既に確立されている機器とのデータ統合や、過去に蓄積された診断、治療の結果との統合が欠かせない。

我が国が高い競争力を持つ光技術、画像処理技術と、高度な医療技術、データ蓄積を組み合わせ、システム化する戦略の構築が期待される。

### 謝 辞

今回御多忙の中、快くインタビューに応じてくださった埼玉医科大学 国際医療センター包括的がんセンター乳腺腫瘍科 佐伯俊昭 教授、上田重人 助教、防衛医科大学校 医用工学講座 石原美弥 教授、浜松ホトニクス（株）中央研究所の研究者の方々に感謝いたします。

図表4 医療用イメージング機器に関する課題例

調査に用いた課題	重要度	国際競争力
任意の位置の1mm以下のがん組織の検出技術	3.56	3.08
糖尿病、高血圧等の慢性疾患患者を定期通院から解放するための、生体センサーを活用した在宅での疾病管理に基づく遠隔診療	3.26	2.93
心血管イベントや脳血管イベントの発症リスクをバイオマーカー・バイオイメージングにより定量的に予測する技術	3.39	3.04
患者の体内情報を誤差1mm以下の精度で提示する、拡張現実感技術を用いた外科手術支援システム(術中ナビゲーション)	3.24	2.91
臓器深部の病変を3次元でリアルタイムに可視化する、術中診断のための装置	3.52	3.09

重要度、国際競争力のスコア計算：非常に高いを4点、高い3点、低い2点、非常に低い1点として集計した。

## 参考文献

- 1) がん情報サービス、(独) 国立がん研究センターがん対策情報センター：  
<http://ganjoho.jp/public/statistics/pub/statistics02.html>
- 2) 「経済産業省における医療機器産業政策について」、経済産業省商務情報政策局 医療・福祉機器産業室 平成 26 年 11 月：  
[http://www.med-device.jp/pdf/development/event/20141113/1113\\_0\\_meti.pdf](http://www.med-device.jp/pdf/development/event/20141113/1113_0_meti.pdf)
- 3) Jan Laufer, Peter Johnson, Edward Zhang, Bradley Treeby, Ben Cox, Paul Beard, “In Vivo preclinical Photoacoustic imaging of tumor vasculature and therapy”, J. Biomed Opt. 17(5), 056016, 2012：  
<http://biomedicaloptics.spiedigitallibrary.org/article.aspx?articleid=1183159>
- 4) Canon web page：[http://web.canon.jp/technology/approach/special/md\\_image.html](http://web.canon.jp/technology/approach/special/md_image.html)
- 5) FPGA 関連情報：例えば  
 (社) 組込みシステム技術協会：<http://www.jasa.or.jp/top/data/link.html>  
 組込みシステム産業振興機構：<http://www.kansai-kumikomi.net/>  
 組み込みシステム関連リンク：[http://www.embedded.jp/link.html#link\\_semicon](http://www.embedded.jp/link.html#link_semicon)  
 日本アルテラ (株)：[http://www.altera.co.jp/corporate/about\\_us/abt-index.html](http://www.altera.co.jp/corporate/about_us/abt-index.html)
- 6) JIS C 6802 レーザー製品の安全基準
- 7) S. Ueda, “Optical imaging for monitoring tumor oxygenation response after initiation of single-agent bevacizumab followed by neoadjuvant chemotherapy in breast cancer patients.”, ASCO 2014：  
<http://meetinglibrary.asco.org/content/126600-144>  
 上田重人、「光イメージングによる腫瘍血管・低酸素を標的とした単剤 Bevacizumab の治療効果モニターリング」、第 22 回日本乳癌学会 2014：<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cas.12432/full>
- 8) 第 10 回科学技術予測調査結果速報、科学技術・学術政策研究所 2014 年 11 月：  
<http://www.nistep.go.jp/archives/18742>

## 執筆者プロフィール



### 西村 敏博

科学技術動向研究センター 客員研究官

工学博士。国立大教官 25 年間、私大理工学術院 7 年間、医用生体工学の教育研究に 32 年間従事、修士博士を指導。(社) 電気学会 (IEEJ) 技術委員長 (医用生体工学) など多数歴任。優秀論文賞など多数受賞。IEEE 正員、IEEJ の上席会員。網膜再生に興味を持つ。



### 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)。



### 小笠原 敦

科学技術動向研究センター センター長

ソニー (株) にて SOI MOS デバイス、半導体レーザの研究に従事した後、本社 R&D 戦略部にてコーポレートラボのマネジメント、CTO 補佐に従事。その後経済産業省、(独) 産業技術総合研究所の技術革新型企業創生プロジェクト (ルネッサンスプロジェクト)、サービスイノベーション、国際産学官連携拠点つくばイノベーションアリーナの立ち上げに携わった後、(独) 理化学研究所を経て現職。

# デジタルファブリケーションの進展 —ファブ拠点の地域展開と 国際標準化の動向—

蒲生 秀典

## 概要

デジタルデータを基に3Dプリンタで立体物を造形するデジタルファブリケーションは、3Dデータとオープンソースを利用したオンサイト・オンデマンドサービスを提供できることから、従来のものづくりとサービスを大きく変革する可能性がある。日本では技術開発プロジェクト等が開始され、民間レベルでも国内各地にファブ拠点が急増している。ソフトウェア面では、3D構造データに材料物性に関する情報が記述される3Dデータフォーマットの国際標準化が進められ、革新的な進化を遂げている。製造装置の技術開発や教育機関等への装置の普及も進んでおり、今後デジタルファブリケーションの進展により将来の到来が予見される新しいものづくりを担う初中等教育も含めた人材の育成や、各地域特性に対応したファブ拠点のための支援も、科学技術イノベーション政策の一環として取り組むべき時期にきている。

**キーワード**：3Dプリンタ、デジタルファブリケーション、オープンソース、3Dデータ、国際標準化、ファブラボ

## 1 はじめに

デジタルデータを基に3Dプリンタで立体物を造形するデジタルファブリケーションは、近年、先進国を中心に産業振興としての政策が展開されている<sup>1)</sup>。さらに、米国、英国、韓国では、初中等教育を含む教育機関や図書館等へ3Dプリンタ等デジタル機器を配布し、次世代のものづくり人材の育成のための施策を開始している<sup>2)</sup>。

本稿では、デジタルファブリケーションの基幹技術と用途、各国の政策動向を中心にまとめた既報<sup>1)</sup>以降の展開として注目される、デジタルファブリケーションに関する国レベルの取組と、民間レベルで国内各地に急増するファブ拠点の現状、そして特に3Dデータフォーマットの国際標準化にみる革新的進展とオープンソースの進化について俯瞰する。

## 2 付加製造技術の最近の進展

### 2-1 付加製造技術の適用領域の拡大

付加製造<sup>1)</sup>の装置(3Dプリンタ)や材料の研究開発は1990年前半から欧米を中心に活発化し、試作用途では利用されてきたが、1980年代後半に出願された主要な装置・製法の特許がその期限を迎えたのを契機に、近年急速に普及が拡大した。最近では図表1に示すような様々な製造物への適用のための研究開発が進み、モデリングツールや試作品としてだけでなく、実際の航空機や医療用途など多品種少量生産品への適用も急速に進んでいる<sup>3)</sup>。量産品においても、流体力学計算で最適化された複雑な内部構造を持つ自動車エンジンは、従来の金型では製造できなかったが、付加製造技術を用いること

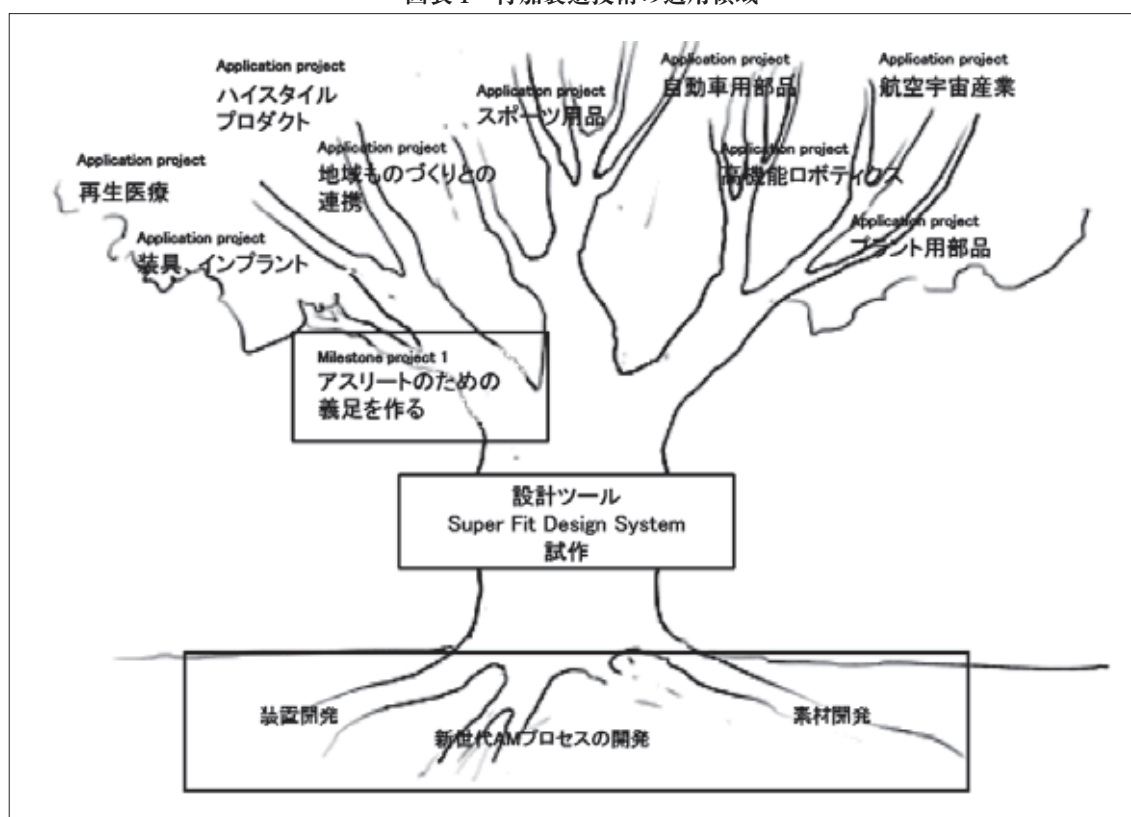
で、日本車よりも高燃費のエンジンを欧州の企業が開発し、実用化した事例も出てきている。あるいは、内部構造が複雑な臓器模型や加工が困難な炭素繊維の成形用型など現状のプロセスの置き換えでない付加製造技術の利用が広がっている。

施した各分野の専門家を対象とした第10回科学技術予測調査<sup>4)</sup>によると、今後重要とされる科学技術課題として付加製造関連が5課題あげられた。そのうち工業生産に関わる4課題は2026年までの比較的早い時期に社会実装され、バイオプリンティングに係る課題は2035年に社会実装されるとの結果が示されている。またこれらの課題群の重要度は比較的高いとされる一方、国際競争力は比較的低いとの評価が得られている。

## 2-2 予測調査結果に見る付加製造技術の未来

図表2に示すように、当研究所が2014年度に実

図表1 付加製造技術の適用領域



出典：参考文献3

図表2 第10回科学技術予測調査（2014年度実施）における付加製造関連課題の評価

科学技術課題	重要度	国際競争力	技術的実現年	社会実装年
コンシューマープロダクトにおける保守部品のオンデマンド生産	3.1	2.8	2020	2025
大量生産品と同等の精度・品質を持った部品・製品のパーソナル生産	3.1	2.9	2020	2025
形の異なる部品のマスカスタマイゼーション生産（変種大量生産/10万個規模）	3.2	3.0	2021	2025
付加製造（アディティブ・マニュファクチャリング）によるメタマテリアルのコンシューマープロダクトへの適用	3.1	2.8	2021	2026
バイオプリンティングによる再生臓器の製造	3.4	2.9	2025	2035

（産学独の専門家約4,300人に対するWebアンケート結果、重要度・国際競争力は最低1～最高4の平均値）

## 2-3 国内の政策動向

現状で具体化している我が国の主な政策として、図表3に示す4プロジェクトが進行している。

## 2-4 付加製造技術の適用事例

東京大学生産技術研究所では、企業・大学及び東

京都と連携し2020年パラリンピックに向けた、アスリート用スポーツ義足の開発に取り組んでいる(図表4)<sup>3)</sup>。現在、プロトタイプが完成し良好な評価を受けている。今後はより耐久性の高い材料開発を行うとともに、最終的にはデザイナーや職人の設計・製造技術をデータ化することにより、汎用の義足用CADシステムの構築を目指している。

柔らかいが非常に高強度で身体の性能に匹敵するダブルネットワークゲルは、人体と同レベルの水分を含むゲル材料であるが、柔らかいため通常の加工法では利用形態の構造を作製することが困難であった。山形大学理工学研究科では、このゲル

図表3 国内の付加製造関連の主な政策 (2015年1月現在)

プロジェクト・プログラム名	期間(研究費)	省庁	主な内容
超精密三次元造形システム 技術開発プロジェクト	平成25年度から 5年間(1.5億円)	経済 産業省	・技術研究組合次世代3D積層造形 技術総合研究開発機構(TRA-FAM; (独)産業技術総合研究所、2大学、 企業27社) <sup>5)</sup> に委託
次世代型産業用3Dプリンタ 技術開発プロジェクト	平成26年度から 5年間(40億円)	経済 産業省	・プロジェクト終了時の目標値: 従来の5倍の精度( $\pm 20\mu\text{m}$ )、 10倍の造形速度(500cc/f)等
3Dプリンタ拠点整備によるオープン プラットフォーム構築支援事業 <sup>6)</sup>	平成26年度	経済 産業省	地方の高等教育機関 (3大学、3高専)を採択
戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)革新的設計生産技術(新しいもの づくり2020計画) <sup>7)</sup>	平成26年度から 最長5年(5テーマ 総額5.7億円)	内閣府	全24の採択テーマ中、 付加製造関連5テーマ

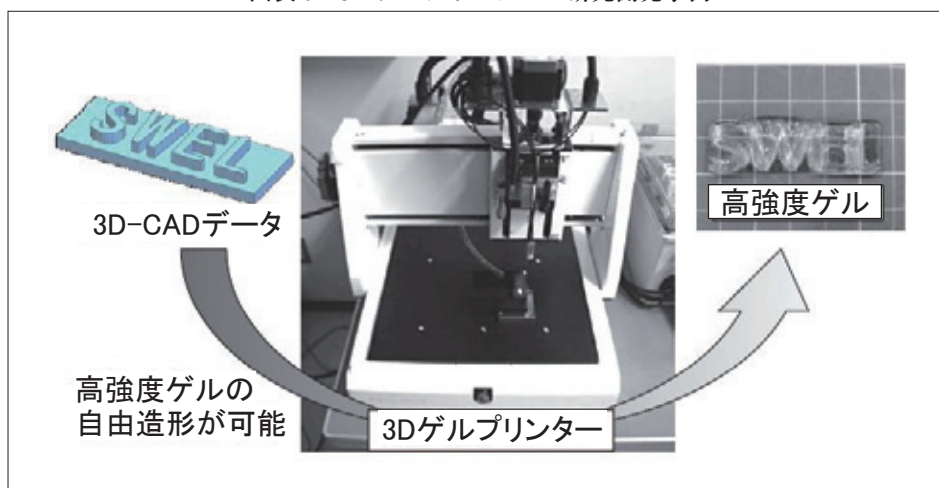
図表4 スポーツ義足の研究開発事例



出典: 参考文献3を基に科学技術動向研究センターにて作成



図表5 3Dゲルプリンターの研究開発事例



出典：参考文献8を基に科学技術動向研究センターにて作成

材料に付加製造技術を適用することで立体物を造形できる3Dゲルプリンターを開発した(図表5)。材料の配合と物性データはGitHubに公開、オープンソースとして利用できるように進めている。現在、脳動脈瘤コイル塞栓術への適用や、見た目の良い介護食への応用等を検討している。またゲル材料は、臓器モデルとしての利用も期待されているが、CTやMRIは形状像ではないため、3Dデータとしてはそのまま利用できない。医療機器で得られるデータを3Dプリンタ用のデータにするためには、モデリングやCADの技術経験、さらには医学の知識も必要であり、その人材育成が課題となっている<sup>7)</sup>。

協会(ASTM)で、そこで積層造形あるいはラピッドプロトタイピング等と呼ばれていた3Dプリント技術を、「Additive Manufacturing(付加製造)」と呼ぶことが定義された<sup>9)</sup>。もう一方の国際標準化機構(ISO)は、2011年から専門委員会(TC261)で標準化の議論が進められている。2014年12月現在19か国、オブザーバ4か国が参加している<sup>注1)</sup>。

付加製造技術に関しては、それぞれの組織同士がジョイントグループを構成し、お互いに協調して標準化作業が進められている。日本では、TRAFAMが事務局となり、国内審議委員会が組織され、ISO/TC261と同様の4つのワーキンググループ(①用語定義、②プロセスと材料、③サンプル評価、④データ処理と設計)が構成され、ISO及びASTMの審議に加わっている。

## 3 国際標準化の動向

### 3-1 付加製造技術の標準化の現状

デジタルファブリケーションは、グローバルにオープンソースが利用できることも大きな特徴であり、国際的な規格の統一は非常に重要な課題となる。図表6に示すように、付加製造技術の国際標準化組織は現在2つある。最も早く2009年に専門委員会(F42)が立ち上げられたのが、米国材料試験

### 3-2 3Dデータフォーマットの進化

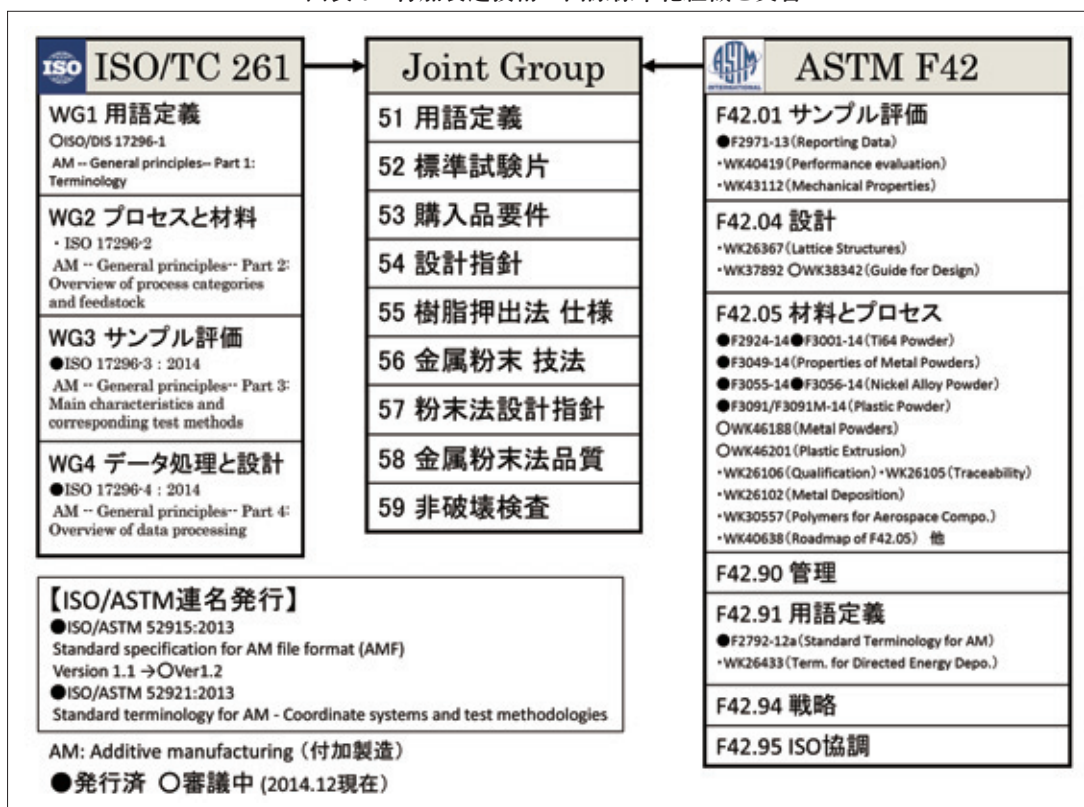
データ処理・設計などのソフトウェアの標準化では、新しい3DデータフォーマットAdditive manufacturing file format(AMF)がISO/ASTM共通の文書として発行され、2015年には現行の装置で使用できるようになる見込みである。これまで3Dデータフォーマットは、3D Systems社が開発しデファクト標準となっているSTL(Stereolithography)が広く使用されてきたが、3次

注1 ISO/TC261

○Pメンバー国：ドイツ(幹事国)、ベルギー、カナダ、中国、デンマーク、フィンランド、フランス、アイルランド、イタリア、日本、韓国、オランダ、ノルウェー、ポーランド、スペイン、スウェーデン、スイス、英国、米国

○オブザーバ国：ニュージーランド、チェコ、イスラエル、南アフリカ

図表6 付加製造技術の国際標準化組織と文書



出典：ISO/TC261 国内審議委員会資料を基に科学技術動向研究センターにて作成

元構造をファセットで表現した表面形状でしか記述できなかった。新しい AMF では造形物内部の構造を数式で記述し、色や材質、部位による複数材質の使い分けの指定もできるようになる。このように、3次元構造を表すソフトウェアが、その中にハードウェアの情報である材料や硬さなどの物性データも組み込まれるという画期的な進化を遂げ、3次元構造物情報を一つのデータフォーマットで記述できるようになった。

現在、総務省情報通信政策研究所では、3D データフォーマットだけにとどまらないより広い視点で、デジタルファブリケーションのデータ標準化の検討を進めている<sup>10)</sup>。国際標準化に向け日本から提案予定の新しいフォーマットは「ファブカプセル」と呼ばれ、3D データのみならず、マテリアルの情報や流通のトレース情報、著作権や品質認可の情報などを含む。また、3D プリントされた「実際の物体」と、インターネット上にあるデータとをひもづけるために、RFID (radio frequency identification) をはじめとする個体識別技術の有効性も指摘している。

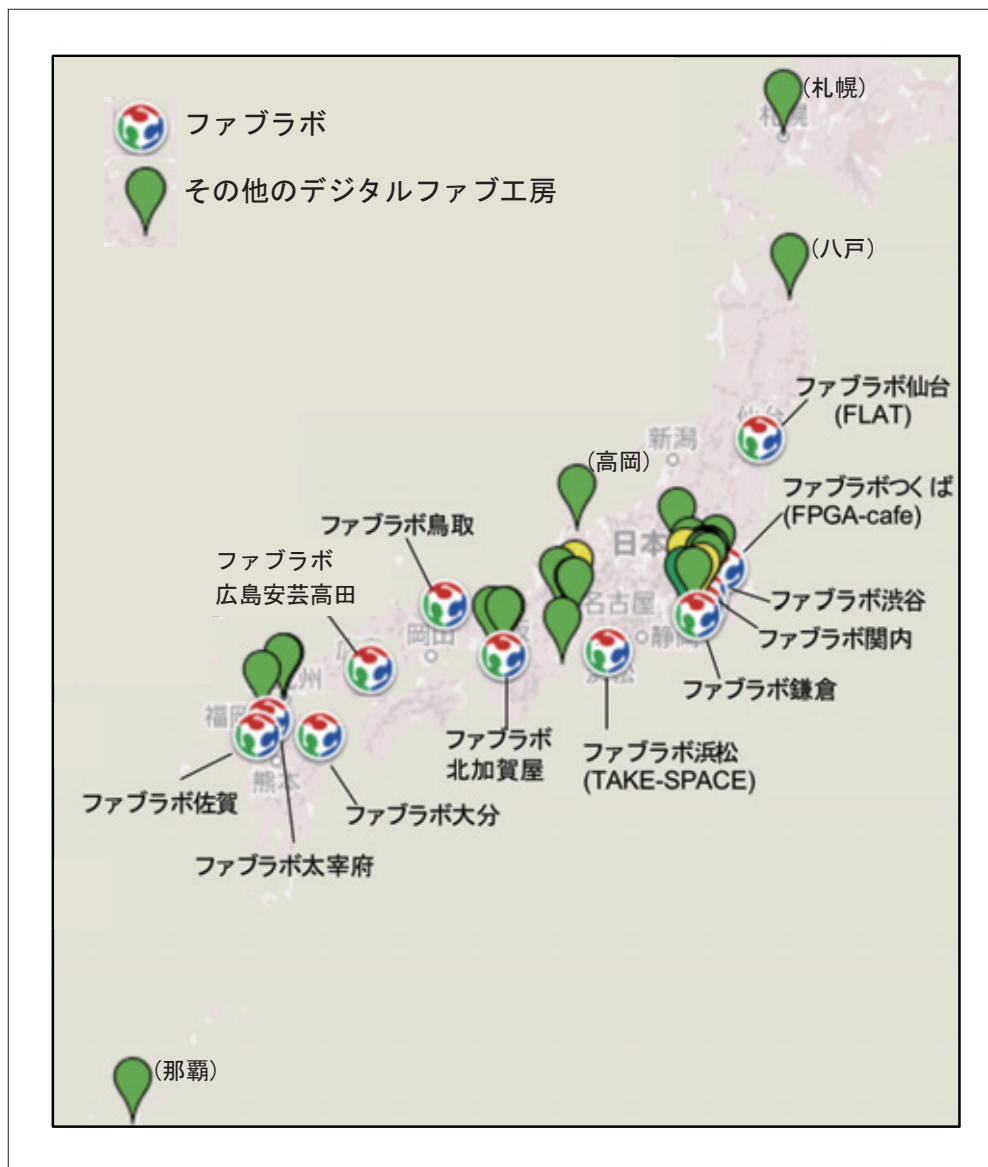
## 4 デジタルファブリケーション拠点の地域展開

### 4-1 日本各地に拡大するデジタルファブリケーション拠点

デジタルファブリケーション拠点を先駆的に世界に展開してきたファブラボ<sup>11)</sup>は、2015年1月現在、日本国内に12か所ある。最近では、仙台、鳥取、大分など地域の自治体の支援があるもの、あるいはホームセンターを展開する地元企業 (GoodDay) が立ち上げたファブラボ大宰府などもある。さらに、国内にはファブラボ以外にも、図表7に示すように全国各地域にデジタルファブ工房が50か所以上あることが確認されている<sup>12)</sup>。その中には、北九州市の文化創造拠点 Fabbit などデジタルファブリケーションを積極的に取り入れる自治体もでてきている。最近では、このような工房から商品としてビジネスまで成功した事例も出ている。オープンソース汎用リモコン IRKit (ファブラボ鎌倉) や、3D プリンタ製の楽器消音装置「ミューティト」(ファブラボ仙台) などがその代表例である。

特にファブラボでは将来的に、自治体・企業・大学を橋渡しする「ハブ」となり、異なる立場をつなぐ地域固有の存在となっていくことを目指してい

図表7 国内のデジタルファブ拠点



出典：参考文献 12 を基に科学技術動向研究センターにて作成

る。このための先導的な実証試験となるプロジェクトが慶應義塾大学 SFC を中心に 2014 年に発足、横浜にファブシティコンソーシアム<sup>13)</sup>が設立され、企業体と地域の問題・ニーズを結びつける取組が開始されている。

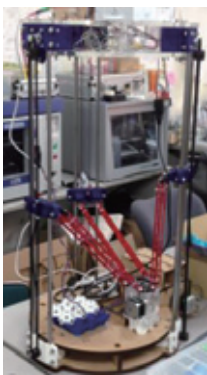
## 4-2 デジタルファブリケーションの教育・人材育成の取組

ファブラボネットワークでは、その管理者と利用者の人材育成プログラムとして、Fab Academy<sup>14)</sup>を開講している。さらに日本では、2015 年 1 月より NTT-Mooc で「3D プリンタとデジタルファブリケーション」に関するオンライン授業が開始された<sup>15)</sup>。

米国では科学技術・教育政策の一つとして STEM (Science, Technology, Engineering and

Math) 教育が進められており、これはイノベーションを生み出せる人を増やすことを目的に、従来の科学技術教育、理数教育を統合・体系化したものである。ファブラボでも初中等教育に特化した Fab-Ed プロジェクトが進められ、世界統一の教科書を作成中である<sup>16)</sup>。国際会議では各国のカリキュラムやノウハウの共有が始まり、学習効果の検証など科学的な実証研究も進められている。また新領域における科学技術分野を担う教育者の不足が予測され、プロレベルの教育者育成プログラムも実施されている<sup>17)</sup>。日本のファブにおける教育及び人材育成のための取組の例を図表 8 に示す。

図表8 国内のファブ拠点等における教育・人材育成の取組の例

場所	名称・運営等	内容・特徴等
ファブラボ鎌倉 <sup>17)</sup>	ファブラボ鎌倉	<ul style="list-style-type: none"> <li>・初中等教育:男女を問わず幼少期から技術に触れる体験を実施</li> <li>・次世代エンジニア育成:プログラミング・ICT、材料・プロセスの知識、言語・プレゼンテーション能力等、総合育成プログラムを実施</li> <li>・新領域の教育者の育成:地域の学校等と協力し実施</li> </ul>
慶應義塾大学 SFC  (開発中の教育用3Dプリンタ)	ものづくり工房	<ul style="list-style-type: none"> <li>・金属加工や溶接・大型の木工等「ハードな」試作に特化した施設</li> <li>・旋盤やボール盤をはじめ、大型のロボットアームや家具製作用のデジタル工作機を備える(管理は技官が行っている)</li> <li>・建築系やデザイン系の学生の利用が多い</li> </ul>
	FabSpace (メディアセンター (図書館)内)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・図書館に3Dプリンタにおいて学生・教員・職員に対して無料で開放する日本初の施設</li> <li>・3Dプリンタ、3Dスキャナ、デジタル刺繍マシン等の騒音と粉塵の出ない機材だけで構成</li> <li>・人文系の学生の利用が多い</li> </ul>
	学部全体の取組	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2015年度には約200人、将来的には全学部生に1人1台「マイ3Dプリンタ」をつくらせる授業を開講する計画あり</li> </ul>
JR米沢駅 駅ファブ:グローバル・メーカーズ・プラットフォーム <sup>18)</sup>	山形大学工学部 ライブ・3Dプリンタ 創成センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人の集まる公共機関(駅)にファブを設置することで、幅広い年齢層の市民の積極的な参加を実現</li> </ul>

## 5 まとめと提言

付加製造技術の更なる高精度化・高速化が進み産業利用分野が広がるとともに、ファブ拠点や教育機関で利用できる3Dデジタル工作機器の高性能化・低価格化が今後進むと予想される。またファブ拠点では従来の企業のマーケティングでは捕らえられない、消費者目線あるいは地域視点のニーズやアイデアが創出される可能性がある。現状では一見別々の取組に見られる付加製造技術の開発と、ファブ拠点におけるアイデア創出の両者の研究・開発がベースとなり、何らかのキラーアプリを起点に大きなイノベーションにつながる可能性を秘めている。このようなデジタルファブリケーションの今後の進展を見据えた、中長期的視点に立った国レベルの取組が望まれる。

産業振興など投資効果が比較的明確な、高性能な付加製造装置の開発や高等教育機関・公設試験研

究機関等への設備や拠点などハードウェアの整備が国内でも開始された。今後は、欧米のような持続的な支援や標準化への積極的参画による、新規市場の創出と技術の高度化・競争力強化が期待される。

ファブラボなど民間レベルで急速に日本各地に拡大するファブ拠点、あるいは各地の学校や自治体等へ3Dデジタル機器の設置が進んでいる。デジタルファブリケーションの本質であり将来の到来が予見される、3Dデータとオープンソースを利用したオンサイト・オンデマンドサービスに適應した、新しいものづくりを担う人材の育成やアイデア創出のための支援も、科学技術イノベーション政策の一環として取り組むべき時期にきている。

デジタルファブリケーション進展のためには、ソフトウェア(データ・デザイン)とハードウェア(材料・デバイス)の研究者・技術者・デザイナー・ユーザーなどの各地域特性に対応したオープンイノベーション拠点への持続的支援が不可欠である。さらにファブ拠点の高度化(ハイテクメーカーの参入やあるいはミニマルファブ<sup>注2)</sup>との連携など)や

注2 ミニマルファブ:クリーンルームを使用せず、ハーフィンチサイズのウエハーから半導体デバイスや極微小機械部品を試作・製造できる、環境負荷の少ない簡便な生産システム

オープンソース（ネット上の拠点）を世界に先駆けて充実する施策も望まれる。

## 謝辞

本稿の執筆に当たり、慶應義塾大学環境情報学部 田中浩也准教授、山形大学大学院理工学研究科

古川英光教授、(独)産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門マイクロ加工システム研究グループ 芦田極グループ長、東京大学生産技術研究所付加製造科学研究室 新野俊樹教授に貴重な御意見を頂きました。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 蒲生秀典、「デジタルファブリケーションの最近の動向—3D プリンタを利用した新しいものづくりの可能性—」、科学技術動向 No.137, P.19-26、2013年8月：<http://hdl.handle.net/11035/2416>
- 2) 経済産業省 新ものづくり研究会報告書、2014年2月：  
[http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/seisan/new\\_mono/pdf/report01\\_02.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/seisan/new_mono/pdf/report01_02.pdf)
- 3) 新野俊樹、「Additive Manufacturing を核とした新しいものづくり創出の研究開発製造力の向上」、(第5回 AM シンポジウム、2015.1.22 東京)
- 4) 第10回科学技術予測調査結果速報、科学技術・学術政策研究所 2014年11月：  
<http://www.nistep.go.jp/archives/18742>
- 5) 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構 (TRAFAM) HP：<http://www.trafam.or.jp/>
- 6) 平成25年度「3Dプリンタ拠点整備によるオープンプラットフォーム構築支援事業」  
経済産業省 HP：<http://www.meti.go.jp/information/publicoffer/saitaku/s140527002.html>
- 7) SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 革新的設計生産技術 (新しいものづくり 2020 計画) 研究開発計画  
内閣府 HP：[http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/10\\_sekkei.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/10_sekkei.pdf)
- 8) 古川英光、「3Dプリンターによる化学材料のデジタルメディア化」、化学経済 p.2-7、2015年1月
- 9) 米国材料試験協会 HP：<http://www.astm.org/Standards/F2792.htm>
- 10) 総務省情報通信政策研究所、ファブ社会の基盤設計に関する検討会：  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01icp01\\_02000023.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01icp01_02000023.html)
- 11) FabLab Japan HP：<http://fablabjapan.org/>
- 12) FabMap：ファブラボと各種ものづくりスペースの日本地図：<http://fablabjapan.org/2014/12/07/post-5356/>
- 13) ファブシティコンソーシアム HP：<http://fabcity.sfc.keio.ac.jp/>
- 14) Fab Academy：<http://www.fabacademy.org/>
- 15) NTT-Mooc オンライン授業：[https://lms.gacco.org/courses/gacco/ga025/2015\\_02/about](https://lms.gacco.org/courses/gacco/ga025/2015_02/about)
- 16) Fab-Ed：<http://www.fabfoundation.org/fab-education/>
- 17) 渡辺ゆうか、「ほぼなんでもつくるファブラボ ファブラボ鎌倉における実践とその可能性」、情報管理 Vol.57 no.9, P.641-650、2014年12月
- 18) 駅ファブ Facebook ページ「駅ファブ⇔EkiFab」：<https://www.facebook.com/ekifab>

## 執筆者プロフィール



### 蒲生 秀典

科学技術動向研究センター 特別研究員

企業の研究所にてカーボンナノチューブや半導体薄膜を微細加工した微小電子源と表示・照明デバイス応用の研究に従事。その間、(独)産業技術総合研究所、(独)物質・材料研究機構、大学にて外来・客員研究員として共同研究に携わる。2010年4月より現職。(独)日本学術振興会真空ナノエレクトロニクス第158委員会委員、(社)表面技術協会学術委員。京都大学博士(工学)。