



Science & Technology Trends

# 科学技術動向

**1-2**  
2015  
No.148

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

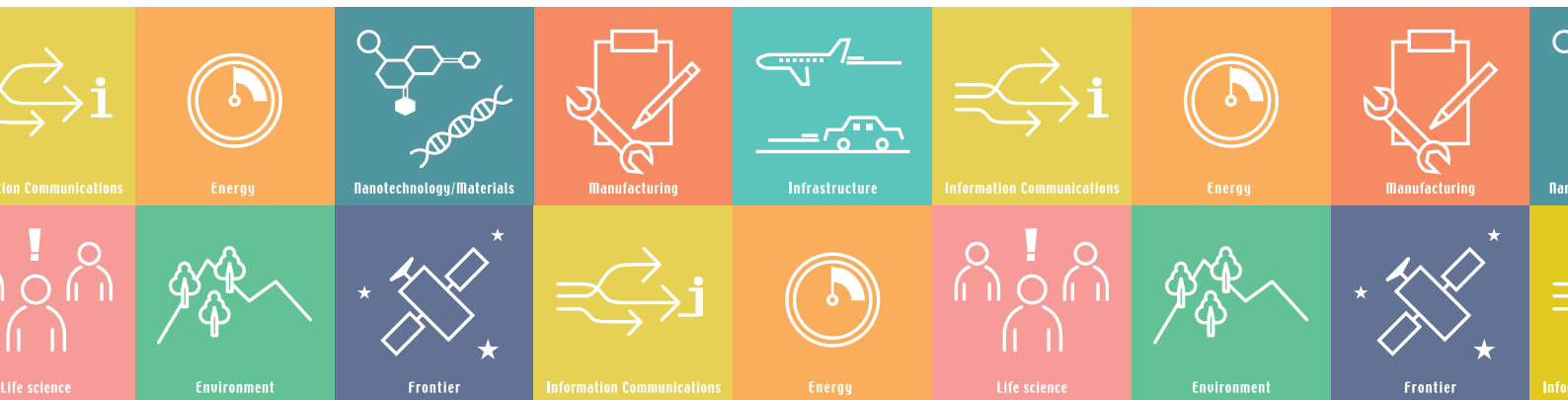
- p 4

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
- p10

2014年の世界の宇宙開発動向
- p17

サービス生産性向上と高付加価値化のための  
新しい科学：サービス学
- p23

スポーツにおける情報活用  
—オリンピックから健康づくりまで—



本文は p.4 へ

## 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

研究データの管理、保存と共有に関する議論が最近盛んであり、国際的な枠組みにおいても研究データの利活用への積極的な取組の検討が各国で進められているが、実際の施策に落とし込むためには課題が多い。特に、分野ごとにどのレベルの研究データを誰がどのように責任を持って保存するか、あるいは、そのデータの質はどのように保証されるかが課題となっている。

一方、昨今出版者によるデータジャーナルの創刊が始まっており、オープンアクセス論文の出版事業の仕組みを活用しているため、他の手探りで行われている手法に比べ、事業の持続性が高い。

当面、研究成果公開のメディアとして確固たる地位を築いている学術雑誌の論文主張と裏付けるデータに関して、しかるべき公開、保存体制を取ることを一つの軸とした施策を検討すべきである。データ出版体制においては、日本独自のデータ出版の可能性を探る方向と、国際的なデータ出版の枠組みの中で日本の一定のプレゼンスを示す方向の両面を検討する必要がある。データジャーナルの質の保証に関しては図書館の活動に強みを活かせる可能性がある。

また、研究助成団体等、研究資金を提供するセクターは、助成研究の成果を公表する際にはその論拠となるデータの公開を促し、引用・参照が可能となる体制・運用を検討する必要がある、大学・研究機関との連携や研究者の意識啓発活動が必要である。

本文は p.10 へ

## 2014年の世界の宇宙開発動向

2014年の世界の宇宙開発・利用活動の中で、注目すべき動きとしては、米国の「オリオン」宇宙船の試験飛行および回収成功、欧州の「アリアン6型」ロケット開発決定、中国の月サンプルリターン実験機の地球帰還成功、ロシアの「アンガラ」ロケットの初打上げ成功、米国の地球観測実施計画の発表、我が国の小惑星探査機「はやぶさ2」の打上げ成功などが挙げられる。2014年は全世界で合計92回のロケット打上げがあり、31カ国1地域3機関から通信放送衛星、地球観測衛星、航行測位衛星、宇宙科学衛星、有人宇宙船など計242機の衛星が軌道に投入された。衛星打上げは全般的に順調に行われたが、ロシアの「プロトン」ロケットと米国の「アントレス」ロケットの打上げ失敗、南米ギアナから打ち上げられた「ソユーズ」ロケットの軌道投入失敗など3件の不具合があった。国際宇宙ステーション (ISS) の運用では、米国の「シグナス」物資輸送船が打上げ失敗で機器等の輸送ができなかったこと以外はほぼ計画通り進められた。若田光一宇宙飛行士はISS コマンダー (船長) の任務を無事遂行した。我が国は世界の宇宙開発動向を常に把握し、国際協力と国際競争の両面から宇宙開発・利用を効果的・効率的に推進すべきである。

## サービス生産性向上と高付加価値化のための 新しい科学：サービス学

2004年のCOC（Council on Competitiveness：米国競争力協議会）報告「イノバート・アメリカ」発表を契機として脚光を浴びた“サービス学”は我が国においても根付き始め、IoT（Internet of Things）やCyberphysicsなどICT関連の動向とも相まって、「サービス」という観点で製造物をはじめ、人と人、人と物、物と物の関係性を見直すことの重要性が認識されつつある。また、2012年に発足したサービス学会などを中心として、産学官連携による研究開発も推進されつつある。

一方で、現在の焦点は喫緊の課題である「サービス生産性向上」に向けられているため、今後は、サービス学を研究・開発・実践する若手人材の育成や、サービスに関わる基礎理論の解明などにも力を向けてゆく必要がある。さらに、これらサービス学の下支えとなっていた（独）科学技術振興機構 社会技術研究開発センター（JST RISTEX）の「問題解決型サービス科学研究開発プログラム」が2016年度で終了する予定となっている。

これらの状況を鑑みて、1. サービス理論研究の推進と、そのための文理融合を促進する枠組みの検討、2. 経営者・研究者育成に限らない幅広いサービス人材育成のための枠組みの検討が必要といえる。

## スポーツにおける情報活用 —オリンピックから健康づくりまで—

競技スポーツでの情報活用の重要性は、世界各国で当然のことと認識されているが、近年はICT技術の向上により、あらかじめ収集した情報だけでなく競技中に収集したデータを分析し、アスリートや指導者が即時に必要な情報を得ることが可能になった。一方、各種ウェアラブルセンサの普及によって、競技スポーツの世界のみならず、健康づくりやレジャーでのスポーツ中の心拍数などのデータを収集できるようになり、競技力向上だけでなく、安全性向上や健康づくり活動に対する各種データの貢献も期待できるようになった。スポーツの場においてさまざまな情報を活用するためには、必要な情報を解析し、適切なタイミングで提供することが求められる。このためには、アスリートのニーズを掘り起こし、情報の取得からその解析、提供までそれぞれのステップにおける研究分野のシームレスな連携が必要である。今後、大学・研究機関や諸学会、関連する企業、スポーツ運営組織や競技団体等が協力して研究を実施できるような分野横断的なプラットフォームが求められる。

# 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

林 和弘 村山 泰啓

## 概 要

研究データの管理、保存と共有に関する議論が最近盛んであり、国際的な枠組みにおいても研究データの利活用への積極的な取組の検討が各国で進められているが、実際の施策に落とし込むためには課題が多い。特に、分野ごとにどのレベルの研究データを誰がどのように責任を持って保存するか、あるいは、そのデータの質はどのように保証されるかが課題となっている。

一方、昨今出版者によるデータジャーナルの創刊が始まっており、オープンアクセス論文の出版事業の仕組みを活用しているため、他の手探りで行われている手法に比べ、事業の持続性が高い。

当面、研究成果公開のメディアとして確固たる地位を築いている学術雑誌の論文主張と裏付けるデータに関して、しかるべき公開、保存体制を取ることを一つの軸とした施策を検討すべきである。データ出版体制においては、日本独自のデータ出版の可能性を探る方向と、国際的なデータ出版の枠組みの中で日本の一定のプレゼンスを示す方向の両面を検討する必要がある。データジャーナルの質の保証に関しては図書館の活動に強みを活かせる可能性がある。

また、研究助成団体等、研究資金を提供するセクターは、助成研究の成果を公表する際にはその論拠となるデータの公開を促し、引用・参照が可能となる体制・運用を検討する必要があり、大学・研究機関との連携や研究者の意識啓発活動が必要である。

**キーワード：**オープンサイエンス，研究データ，データジャーナル，図書館，研究助成団体，オープンアクセス，研究論文

## 1 はじめに

研究データの管理・保存と共有に関する議論が最近盛んであり、政府レベルではG8やGRC(Global Research Council)を通じて、すでに国際的な枠組みの中において、公的資金で行われた研究データの利活用に積極的に各国取り組んでいる<sup>1)</sup>。研究データの共有を促し、長期的な保存管理体制を整えることは、科学の発展やイノベーションを促して、科学研究そのものの在り方を変えるだけでなく、産業の革新をも促し人類の生活の質の向上に役立つ。その

一方、実際の施策に落とし込むためには課題がまだ山積している状態でもある<sup>2)</sup>。

本稿では、研究データの管理・保存と共有を進める上で、より具体的な政策に関する議論が可能となるトピックとしてデータ出版の国際動向を解説し、日本が取るべき方策について考察を加える。

## 2 研究データの公開、保存、管理に関する課題

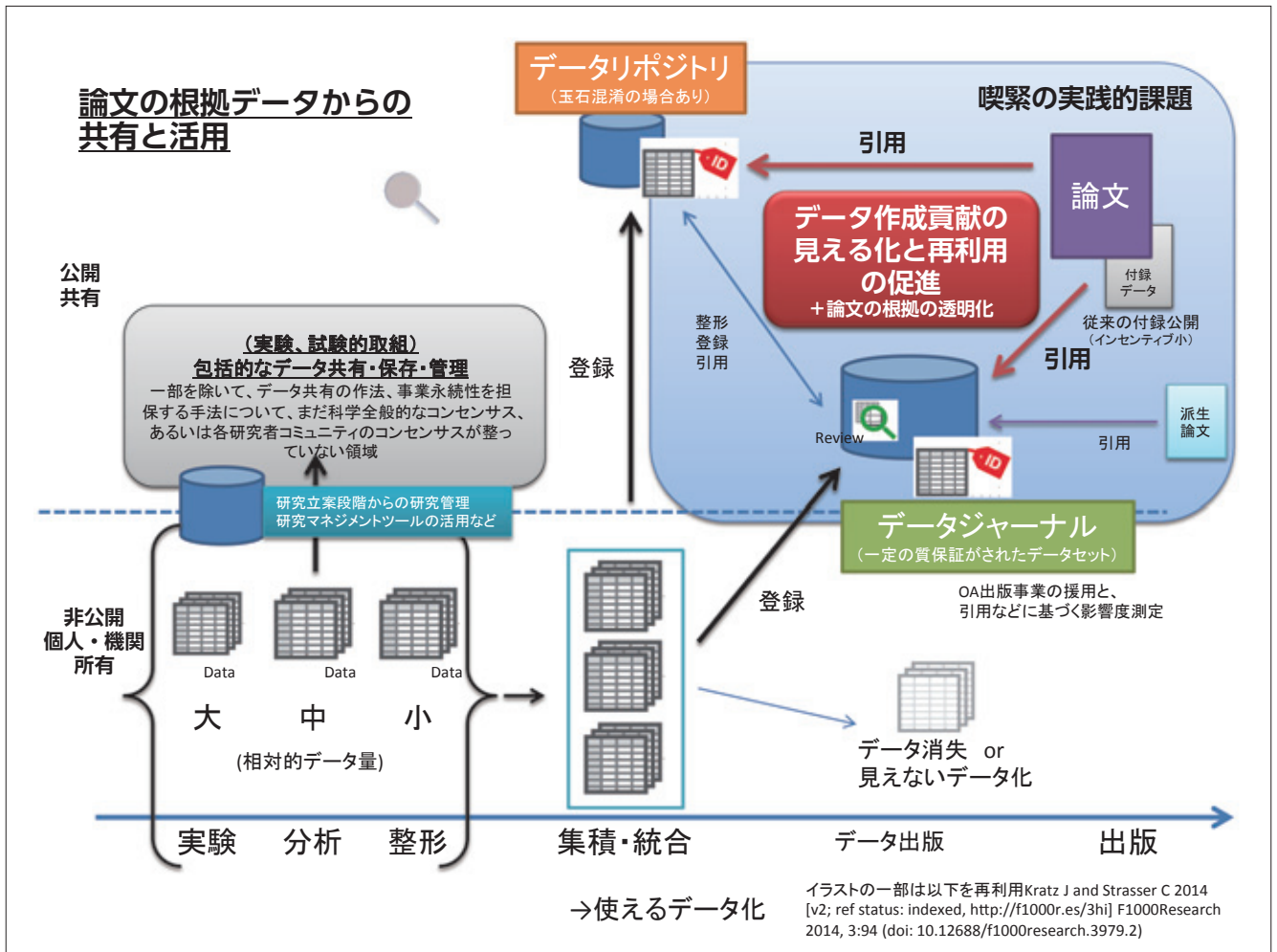
現在、研究データの管理・保存と共有を議論する際に問題となるのは、分野ごとにどのレベルの研究データを誰がどのように責任を持って保存するか、あるいは、そのデータの質はどのように保証されるかである。例えば、図表1左下のように、実験、分析、整形と、それぞれのフェーズにおいて研究データはまとめることができ、研究マネジメントの観点からみれば、原理的には全てのデータを保存すべきではあるが、データ量や手間、経費を考慮すると現実的ではない。遺伝子のGenBank<sup>3)</sup>や結晶のX線構造解析データを集めるケンブリッジ結晶学データセンター（Cambridge Crystallographic Data Centre：CCDC）<sup>4)</sup>など、一部の研究分野においては、研究データのデファクトスタンダードのデータ、ないしはデータリポジトリに登録することが慣習として確立されており、他の領域にも同様の動きが見られつつあるが、科学技術全体としてみるとまだこのようなデファクトのデータリポジトリが整っていない

分野の方が多い。

また、各々のデータベース、リポジトリの個々のデータの質の管理もまちまちである。CCDCのように、データチェックの後にデータの質に応じて受け入れを拒否するものもあるが、figshare<sup>5)</sup>、DRYAD<sup>6)</sup>等、最近構築されたデータリポジトリに関して、データの質のコントロールについては、データ作成者側に委ねられているものが多い。Altmetrics<sup>7)</sup>などを利用してデータ公開後のインパクト計量によって質が判断されるという考え方も生まれているが、いずれにせよ、データリポジトリに登載されているデータの質には差があり、利用者の見識が問われるため、専門外の利用には一定のリスクが伴う。

以上、研究データについて分野を問わない広い範囲で管理・保存し、共有を促すための手法として一定のコンセンサスを得ているプロトコルはまだ存在しておらず、また、一部を除いて分野ごとにしかるべきデファクトの手法がくまなく存在している状態でもない。したがって、中長期的な展望の元に、実験的な研究データの管理と保存の試みを繰り返す必要がある。

図表1 データの生成・登録とデータと論文の出版の関係図



# 3 データ出版とデータジャーナルの動向

## 3-1 データジャーナルの創刊

昨今、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ている。文献8を参考に改訂した最近の主なデータジャーナルを図表2に示す。従来の商業出版者や学会出版者に加えて、最近になって生まれたオープンアクセスを専門とする出版者や、CODATA (Committee on Data for Science and Technology: 科学技術データ委員会) のようにデータの保存と管理に取り組んできた団体によるものもある。

これらのデータジャーナルの多くはオープンアクセス論文を公開する仕組みを援用し、著者側が支払う Article Processing Charge (APC: 掲載料) を利用して出版事業を成り立たせている<sup>9)</sup>。いわゆる情報の発信側に課金して、オープンに公開するスタイルであるために、データへのアクセスは誰でも可能となる。また、ほとんどの場合、データの再利用・改変を含むさまざまな利活用が可能となっている。事業モデルがある程度確立したオープンアクセス論文出版事業のノウハウを活用できるため、他の手探りで行われている手法に比べて持続性がある。最近では CrossRef 等の出版者主導の団体が DataCite 等の新しいイニシアチブと積極的に連携を行い<sup>10)</sup>、

論文と引用/被引用の関係と同じ構図をデータ出版においても積極的に整備しようとしている。

また、もともと雑誌によっては論文には論文をサポートする、あるいは、誌面に掲載しきれない情報を付録 (Supplemental Materials, Supplemental Information) として掲載している。しかし、この場合のデータはあくまで「付録」であって、昨今のデータの公開による研究者の貢献をより積極的に認めようとする動きにはそぐわない。データジャーナルの創刊によって、データセットなどの研究データが「出版物」として識別子 (ID) と共に明示的に公開され、引用が可能となることで、研究者の貢献の見え方に新しい可能性を与えることとなった。

## 3-2 データの質をコントロールするデータ記述様式 (データディスクリプター)

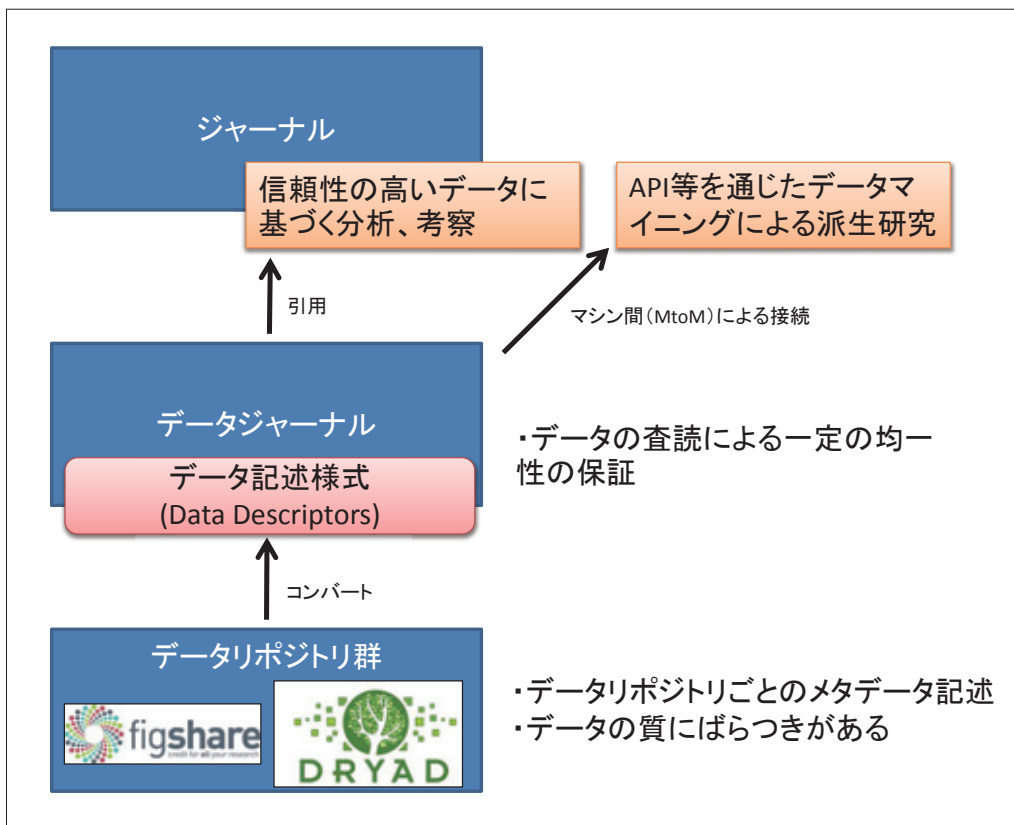
データジャーナルの質の保証は、通常の研究論文とは異なる性質を持つ。データの質保証においては、データがどのように作られたかの素性や使い方についての論説・記述、および長期保管を前提に後世の人間やデータ処理のための機械が判読できる形式でデータを記述すること (データディスクリプター) が重要であり、このデータディスクリプターがあることで、データの内容の継承、データの種類の問わない均一な検索、関連出版物とのリンク付けや、データマイニングが可能となる (図表3)。例

図表2 主なデータジャーナル

No.	ジャーナル名	出版者	タイプ	OA*	URL
1	Geoscience Data Journal	Wiley	商業出版	y	<a href="http://www.geosciencedata.com">http://www.geosciencedata.com</a>
2	Scientific Data	Nature	商業出版	y	<a href="http://www.nature.com/sdata/">http://www.nature.com/sdata/</a>
3	Data in Brief	Elsevier	商業出版	y	<a href="http://www.journals.elsevier.com/data-in-brief">http://www.journals.elsevier.com/data-in-brief</a>
4	International Journal of Robotics Research Data Papers	Sage	商業出版	n	<a href="http://ijr.sagepub.com/">http://ijr.sagepub.com/</a>
5	Biodiversity Data Journal	Pensoft	商業出版	y	<a href="http://www.pensoft.net/journals/bdj/">http://www.pensoft.net/journals/bdj/</a>
6	BMC Research Notes	BMC	新興OA出版	y	<a href="http://www.biomedcentral.com/bmcresnotes/">http://www.biomedcentral.com/bmcresnotes/</a>
7	Dataset Papers in Science	Hindawi publishing	新興OA出版	y	<a href="http://www.datasets.com/">http://www.datasets.com/</a>
8	Earth System Science Data	Copernicus	新興OA出版	y	<a href="http://earth-system-science-data.net/">http://earth-system-science-data.net/</a>
9	Ubiquity Press metajournals	Ubiquity Press	新興OA出版	y	<a href="http://www.metajnl.com/">http://www.metajnl.com/</a>
10	F1000 Research	F1000 Research	新興OA出版	y	<a href="http://f1000research.com">http://f1000research.com</a>
11	GigaScience	BioMed Centralと中国のBGI (旧・北京ゲノム研究所)	新興OA出版	y	<a href="http://www.gigasciencejournal.com/">http://www.gigasciencejournal.com/</a>
12	Ecological Archives - Data Papers	ESA(Ecological Society of America)	学会出版	y	<a href="http://esapubs.org/archive/">http://esapubs.org/archive/</a>
13	The Journal of Chemical & Engineering Data	American Chemical Society	学会出版	n	<a href="http://pubs.acs.org/journal/jceaaax">http://pubs.acs.org/journal/jceaaax</a>
14	Journal of Physical and Chemical Research Data	American Institute of Physics	学会出版	n	<a href="http://jpcrd.aip.org/resource/1/jpcrbu">http://jpcrd.aip.org/resource/1/jpcrbu</a>
15	CODATA's Data Science Journal	CODATA	学会出版	y	<a href="http://www.codata.org/publications/data-science-journal">http://www.codata.org/publications/data-science-journal</a>

\*OA オープンアクセスかどうか(y/n)

図表3 ジャーナル、データジャーナル、データリポジトリの関係図



例えば、NPG社（Nature Publishing Group）では、Scientific Data誌において、データディスクリプターをデータジャーナルの根幹要素と位置づけ、先に述べたデータリポジトリとの違いを明示している<sup>11)</sup>。データディスクリプターを持つデータジャーナルはいわば、データのゲートキーパーとして、ジャーナルや、後世を含む読者との情報の均一的な接続を請け負うこととなる。

## 4 現実的な研究データの管理・保存と共有に関する喫緊の提言

### 4-1 研究論文に付随するデータの共有と保存

本格的な研究データマネジメントや、長期的な研究データの管理と保存体制が整い、事業性、持続性が担保されるまでには、現時点ではさまざまな課題が多く解決までに時間を要する。したがって、当面、研究成果のメディアとして確固たる地位を築いている論文の主張に付随するデータに関して、しかるべき公開と共有および保存の体制を取ることを一つの軸とした実践的な施策を検討することが必要である。このことは、論文の主張に

対する、遡及性、再現性を担保することにもなり、研究のコンプライアンスや倫理の観点からも重要な観点である。

### 4-2 データジャーナルの刊行とライブラリアンの新たな役割

データジャーナルの刊行は、一つのトレンドとして注目し、日本においても学協会を中心とした検討が望まれる。データ出版体制においては、学協会や既存のNII（National Institute of Informatics：国立情報学研究所）やJST（Japan Science and Technology Agency：科学技術振興機構）など情報流通事業体を中心とした日本独自のデータ出版の可能性を探る方法と、分野ごとの国際的なデータ出版の枠組みや学協会の国際連携の中で、例えば、日本の研究者がデータジャーナルの編集や取り決めに関する委員に加わるなど一定のプレゼンスを示す方法を考慮する必要がある。日本学術会議においても情報学委員会国際サイエンスデータ分科会を中心にデータ出版の重要性が説かれている<sup>12)</sup>。より具体的な方策として、日本学術振興会の科学研究補助金の成果公開促進費にデータジャーナル創刊の 카테고리を設ける、ないしは、現行のカテゴリの範疇で後押しすることも検討に値する。

また、データジャーナルの質の保証において重要な、データディスクリプターの質のコントロールは、図書館のメタデータ管理との親和性が高いため、例えば、目録管理に代表される機関リポジトリからの研究データ発信の際に、その強みを活かせる可能性がある。研究データ同盟 (Research Data Alliance: RDA) においても、「研究データのための図書館」が一つのテーマ (Interest Group) として討議が行われている<sup>13)</sup>。NII では JAIRO Cloud を通じて多大学の機関リポジトリをクラウド上で集約化させているが、これに、さらに、分野ごとのデータディスクリプターを整備し、大学等機関リポジトリからのデータ出版機能を包括的に付加・強化することも一例として考慮に値する。

### 4-3 研究助成団体の立ち位置と大学等との連携

研究助成団体等、研究資金を提供するセクターは、日本の公的資金を得た研究に対して成果を公表する際にはその論拠となるデータを公開し、引用・参照が可能となることを促し、確認する体制・運用を研究者の負担やインセンティブを考慮しながら整えていくことになる。効率を考慮すれば、研究論文とその付随データについてまず検討する必要がある。その場合、データジャーナルや分野のデファクトとなるデータリポジトリとの連携を意識することになるが、研究助成団体自身がデータリポジトリを構築し、まだデータジャーナルやデファクトデータリポジトリが存在していない分野の研究論文のデータを保存することも考える必要がある。

また、研究マネジメントの観点から見れば、大学等の研究機関においても所属の研究者が出版した論文の論拠データに関して無関心では居られないため、大学・研究機関および、リサーチ・アドミニストレーターとの能動的な連携も考えられる。

### 4-4 継続的な研究者への啓発活動の必要性

研究論文の付随データといえども、研究者の共有の意識が薄いことが分かっている。例えば、オープンアクセスジャーナルの一つ PLOS ONE では、著者に対して、論文の根拠となったデータの公開を義務づけているが、最近行なわれた PLOS ONE の著者に対する調査<sup>14)</sup>でも、データの公開を実際に行っている率が低く、義務であることに気づいていないことや、共有に対して消極的な研究者が一定の割合でいることが分かっている。また、他の研究者のデータは使い易ければ利用したいが、自分のデータは利用可能になっていない、という調査結果もある<sup>15)</sup>。研究者は、少なくとも公的資金を得た研究に対する論文とその根拠となるデータを共有することは、その研究者の貢献が正当にかつ透明性高く認められるための必須の作法であることを認識する必要がある、関係者とのコンセンサス作りが必要となる。例えば、NII の SPARC Japan では、オープンアクセスに関する啓発活動を 10 年以上にわたって行なっており<sup>16)</sup>、このような活動を拡張する必要がある。

## 5 おわりに

本稿の提言は、研究データの共有と利活用に関してより具体的な施策につなげるための短期的視点による提言であり、将来的には研究実行段階から適切なデータ管理体制が整うことで、より多様なデータの共有と利活用が進むことが期待される。中長期的視点の試み、および国際的動向については次号以降の本誌にて改めて解説することとしたい。

## 参考文献

- 1) 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. 2014, 146, p.12-17 : <http://hdl.handle.net/11035/2972>
- 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 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. 2014, 147, p.16-22 : <http://hdl.handle.net/11035/2990>
- 3) GenBank : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>
- 4) ケンブリッジ結晶学データセンター : <http://www.ccdc.cam.ac.uk/>
- 5) figshare : <http://figshare.com/>



- 6) DRYAD : <http://datadryad.org/>
- 7) 林和弘. 研究論文の影響度を測定する新しい動き—論文単位で即時かつ多面的な測定を可能とする Altmetrics—. 科学技術動向. 2013, 134, p.20-29 : <http://hdl.handle.net/11035/2357>
- 8) A list of Data Journals (in no particular order) : <http://proj.badc.rl.ac.uk/preparde/blog/DataJournalsList>
- 9) 林和弘. 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. 科学技術動向. 2014, 145, p.19-25 : <http://hdl.handle.net/11035/2964>
- 10) CrossRef and DataCite announce new initiative to accelerate the adoption of DOIs for data publication and citation : <https://www.datacite.org/CrossRefDataCiteinitiative>
- 11) ヒリナスキエヴィッチ, イアン, 新谷 洋子. Scientific Data データの再利用を促進するオープンアクセス・オープンデータジャーナル. 情報管理. 2014, 57 (9), p. 629-640. : <http://dx.doi.org/10.1241/johokanri.57.629>
- 12) 報告 オープンデータに関する権利と義務—本格的なデータジャーナルに向けて—. 日本学術会議 情報学委員会 国際サイエンスデータ分科会 : <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h140930-3.pdf>
- 13) RDA Libraries for Research Data : <https://rd-alliance.org/group/libraries-research-data.html>
- 14) Richard Van Noorden. Confusion over publisher's pioneering open-data rules. Nature. 2014, 515, p. 478. doi:10.1038/515478a
- 15) Richard Monastersky . Publishing frontiers: The library reboot. Nature. 2013, 495, p. 430-432. doi:10.1038/495430a
- 16) 国際学術情報流通基盤整備事業 (SPARC Japan) : <http://www.nii.ac.jp/sparc/>

..... **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、大学の変革およびオープンサイエンスに興味を持つ。



**村山 泰啓**

科学技術動向研究センター 客員研究官

専門は超高層大気物理学・リモートセンシング。アラスカでの成層圏・中間圏観測に長く携わり、実験観測データベースの開発も行ってきた。ICSU-WDS 科学委員会 ex officio 委員、国立極地研究所南極観測審議委員、京都大学生存圏研究所客員教授、日本地球惑星科学連合・理事などを歴任。

# 2014年の世界の宇宙開発動向

辻野 照久

## 概要

2014年の世界の宇宙開発・利用活動の中で、注目すべき動きとしては、米国の「オリオン」宇宙船の試験飛行および回収成功、欧州の「アリアン6型」ロケット開発決定、中国の月サンプルリターン実験機の地球帰還成功、ロシアの「アンガラ」ロケットの初打上げ成功、米国の地球観測実施計画の発表、我が国の小惑星探査機「はやぶさ2」の打上げ成功などが挙げられる。2014年は全世界で合計92回のロケット打上げがあり、31カ国1地域3機関から通信放送衛星、地球観測衛星、航行測位衛星、宇宙科学衛星、有人宇宙船など計242機の衛星が軌道に投入された。衛星打上げは全般的に順調に行われたが、ロシアの「プロトン」ロケットと米国の「アンタレス」ロケットの打上げ失敗、南米ギアナから打ち上げられた「ソユーズ」ロケットの軌道投入失敗など3件の不具合があった。国際宇宙ステーション（ISS）の運用では、米国の「シグナス」物資輸送船が打上げ失敗で機器等の輸送ができなかったこと以外はほぼ計画通り進められた。若田光一宇宙飛行士はISSコマンダー（船長）の任務を無事遂行した。我が国は世界の宇宙開発動向を常に把握し、国際協力と国際競争の両面から宇宙開発・利用を効果的・効率的に推進すべきである。

**キーワード：**宇宙開発，打上げロケット，実用衛星，超小型衛星，国際宇宙ステーション

## 1 はじめに

2014年は全世界で合計92回のロケット打上げがあり、31カ国1地域3機関より通信放送衛星・地球観測衛星・航行測位衛星などの実用衛星、宇宙科学衛星、有人宇宙船など計242機の衛星が軌道に投入された。

本稿ではこのような世界の宇宙開発利用動向の情報を各衛星ミッションと宇宙輸送に分けて整理し、今後の我が国の宇宙開発・利用の方向性を検討するための参考に供する。

## 2 2014年の各国の宇宙開発活動の概況

宇宙探査では、米国が12月に多目的有人宇宙船「オリオン」の実験機を打ち上げ、洋上での回収に成功した。我が国は11月に小惑星探査機「はやぶさ2」を打ち上げた。

欧州のアリアンスペース社によるギアナ射場からのロケット打上げは年間11回となり、「アリアン4型」の運用が終了した2003年以降では最多となった。

我が国も4機の「H-IIA」ロケットで重要な地球観測衛星や探査機を次々に打ち上げた。

米国のスペースX社は国際宇宙ステーション（International Space Station：ISS）への物資輸送2回と静止通信衛星の商業打上げ3回を含め年間6回の打上げを行い、ペイロードの質量総計は30トン近くに達した。

中国は、2014年に年間14回の打上げを計画していたが、7月までに1回しか実施されなかった。しかしその後5か月間で15回の打上げを行って、年間目標を上回った。ただ、ペイロードは小型～中型が多く、質量合計は23トン程度で、質量ベースではスペースX社の打上げ実績を大幅に下回った。

12月にはロシアとインドで新型ロケットの打上げ試験が相次いだ。ロシアは20年以上にわたって開発してきた「アンガラ」ロケットの試験飛行を実施し、静止軌道付近へのダミーペイロード打上げに成功した。インドは開発が難航していた「LVM3 (GSLV Mk3)」の初打上げを弾道飛行で行い、第1段(固体)および第2段(液体)の推進性能を実証した。

2014年12月2日、ルクセンブルクで欧州宇宙機関(European Space Agency: ESA)閣僚級理事会が開催され、「アリアン6型」の開発が決定した。事前に候補として検討されていた「アリアン5ME型」(アリアン5型の改良型)の開発は中止となった。このような決定が行われたのは、スペースX社の商業打上げ市場での台頭に脅威を感じた欧州各国が、価格が高く、複数衛星の組合せに制約がある現行の

「アリアン5型」ロケットに代えて、安価で使い勝手の良いロケットとして「アリアン6型」を短期間で開発する必要があると考えたからである<sup>1)</sup>。

また欧州の2大ロケットメーカーであるエアバス・ディフェンスシステム社とサフラングループは、「アリアン6型」の開発で合同企業体(ジョイントベンチャー:JV)を設立することとした。欧州委員会(European Commission:EC)は独占禁止法の観点からこの合併について審査し、衛星用の電気推進システム部門を分離することを条件にJVの設立を承認した<sup>2)</sup>。

### 3 打上げロケットの動向

2014年の1年間における各国の機種別ロケット打上げ回数を図表1に示す。全世界では92回で、そのうち衛星の軌道投入を行った回数は90回である。

2014年は「打上げ失敗」が2回あった。ロシアの「プロトン」ロケット、米国オービタルサイエンシズ社の「アンタレス」ロケットである。「プロト

図表1 2014年の世界のロケット打上げ回数

打上げ実施国	ロケット種類別打上げ回数 (★=打上げ失敗、☆=軌道投入失敗)				打上げ数合計	2013年との対比
	プロトン	ソユーズ	ゼニット他*			
ロシア	8(★1)	18	7		33	0
	アトラス5	デルタ4	ファルコン他**			
米国	9	4	10(★1)		23	+4
	長征2	長征3	長征4	快舟		
中国	6	2	7	1	16	+1
	アリアン5	ソユーズ	ヴェガ			
欧州	6	4(☆1)	1		11	+4
	H-IIA	H-IIB	イプシロン			
日本	4	0	0		4	+1
	PSLV	GSLV Mk2	LVM3-X			
インド	3	1	弾道飛行成功		4	+1
	シャビット					
イスラエル	1				1	+1
	ナロ					
韓国	0				0	-1
計					92	+11

\* 「ゼニット他」の内訳は、ゼニット1、ロコット2、ドニエプル2、ストレラ1、アンガラ1

\*\* 「ファルコン他」の内訳は、ファルコン6、アンタレス3(★1)、デルタII1

出典：打上げ機関のプレスリリースなどを基に科学技術動向研究センターにて作成

ン」は加速度計を上下逆に取り付けたために打上げ直後に墜落してしまった<sup>3)</sup>。「アンタレス」はウクライナ製の1段エンジンの燃料漏れにより爆発炎上した<sup>4)</sup>。ロシアは運用再開まで4か月をかけたが、その後の打上げでも上段ロケットの再着火に失敗するなどトラブルが続き、「プロトン」ロケットの打上げは年間8機にとどまった。このため累積の打上げ成功率が若干低下した。

中国のロケット打上げ回数は2012年には米国を上回っていたが、2013年と2014年は米国を下回る結果となった。これは中国の打上げ回数が2012年より減ったこともあるが、米国の打上げ回数が2倍近くまで増加したことが主たる要因である。

欧州は南米ギアナ射場から小型の「ヴェガ」ロケットの3回目の打上げに成功し、主力の「アリアン5型」ロケットが6回、ロシア製の「ソユーズ」ロケットが4回の打上げで、年間11機の打上げとなった。ただし、「ソユーズ」の3回目の打上げではガリレオ衛星の軌道投入に失敗した<sup>5)</sup>。衛星自身の推力で軌道を修正し、予定と異なる軌道ではあるが試験運用を行っている。

我が国は「H-II B」ロケットや「イプシロン」ロケットの出番がなかったが、「H-II A」ロケットだけで4回の打上げが行われた。

ロシアは「アンガラ」ロケット<sup>6)</sup>の開発に20年以上を要しているが、2014年に最初の軽量級試験ロケット「Angara-1.2」の弾道飛行打上げをプレセツク射場から行った。さらに12月には大型の「Angara-A5/Briz M」で静止軌道の近くに性能評価

用のペイロードを投入することに成功した。このロケットは5トン級の静止衛星を打ち上げる能力を有する。

## 4 衛星打上げ動向

2014年に打ち上げられた衛星数は、図表2に示すように31カ国1地域3機関で計242機である。有人宇宙飛行の分野では有人宇宙船や物資輸送船が13機、宇宙科学関連の分野では小惑星探査機などが3機、宇宙応用では通信放送衛星・地球観測衛星・航行測位衛星が97機打ち上げられた。その他、超小型衛星など技術試験衛星およびAIS衛星が129機あり、年間の衛星打上げ数としては2013年を34機上回って過去最大となった。

我が国は大学や企業が制作した小型衛星および超小型衛星が急増し、打上げ機会が多かったこともあって12月26日まで中国の衛星数を上回っていたが、その後5日間で中国が2機を打ち上げて我が国を上回った。

### 4-1 衛星通信放送分野

通信放送衛星は世界で50機打ち上げられた。

図表2 2014年の保有国別・目的別の衛星打上げ数

衛星保有国	実用衛星			宇宙科学	有人活動*	その他	計	2013年との対比
	通信放送	地球観測	航行測位					
米国	10(4)	7	4		4	68(3)	93(7)	+4(0)
ロシア	13(6)	5	3	1	8	7(1)	37(7)	+8(+5)
欧州諸国	13(5)	3	2		1	13	32(5)	-5(-2)
中国	5(3)	15(1)				5	25(4)	+8(+3)
日本		2(1)		2		20	24(1)	+19(+1)
インド	2(2)		2(2)				4(4)	-1(+2)
カナダ						4	4	0(-1)
中南米諸国	1(1)					5	6(1)	-2(-1)
アジア諸国	2(2)					3	5(2)	-3(+2)
その他の国等	4(4)	4				4	12(4)	+6(+2)
計	50(27)	36(2)	11(2)	3	13	129(4)	242(35)	+34(+11)

( )内は静止衛星数内訳(準天頂軌道および静止軌道近傍軌道も含む)

\* 有人活動には有人宇宙船と物資輸送船を含む。

出典: Gunter's space page<sup>7)</sup>などを基に科学技術動向研究センターにて作成

### (1) 米国

米国の通信放送衛星10機のうち1機は米国航空宇宙局(National Aeronautics and Space Administration: NASA)の追跡・データ中継衛星「TDRS-L」である。2機は諜報機関の静止通信衛星で、データ中継を行うとみられる「NRO L-33」と通信衛星「CLIO」である。

他の7機は商業通信衛星で、1機はDirecTV社の静止通信放送衛星「DirecTV 14」で、アリアンロケットにより打ち上げられた。それ以外の6機はイリジウム社の周回商業通信衛星「イリジウム第2世代」(66機で構成)の同時打ち上げである。

### (2) 欧州

欧州諸国では英国のO3b社が赤道上の低軌道を周回する商業通信衛星群「O3b」の追加8機を南米のクーラー射場からソユーズロケットで2回に分けて4機ずつ打ち上げた。商業通信放送衛星は「Amazonas 4A」(スペイン)、「Eutelsat 3B」(ユーテルサット)、「Astra 5B」および「Astra 2G」(ルクセンブルク)が打ち上げられた。フランスはイタリアと共同で軍事通信衛星「Athena-Fidus」を打ち上げた<sup>8)</sup>。

### (3) その他の国

商業通信放送衛星については、米国と欧州以外では、ロシア4機(「Ekspress」3機と「Yamal」)のほか、インド2機(「GSAT」)、中国3機(「Asiasat」2機と「ABS」)が打ち上げられた。ロシアはその他にデータ中継衛星「Luch-5V」と「Kosmos 2501(Olimp)」の2機を静止軌道に投入し、低軌道周回型の軍事小型通信衛星「Kosmos」(Rodnik)3機と民生用小型通信衛星「Gonets」3機および「Meridian」の7機も打ち上げた。中国の「創新(CX)」と「靈巧(LQ)」は小型通信衛星である。

この他、アジアではタイとマレーシア、南米ではアルゼンチン、中東ではトルコ、オセアニアではオーストラリア、CIS諸国ではカザフスタン、国際企業ではインテルサットがそれぞれ静止通信放送衛星を打ち上げた。このうち、トルコの衛星は三菱電機製で、2014年にもう1機の打ち上げが予定されていたが、プロトンロケットの打ち上げ失敗の影響を受けて2015年以降に延期された。

## 4-2 地球観測分野

2014年の世界の地球観測衛星打ち上げ数は36機であった。そのうち、中国が軌道投入した地球観測

衛星は15機と突出している。「高分(GF)2」、「遥感(YG)」11機、静止気象衛星「風雲(FY)2G」、ブラジルと共同の「CBERS-4」、ハルピン工業大学の「快舟(KZ)2」を打ち上げた。

その他の21機の内訳は、米国7機(「OCO-2」、日本と共同の「GPM-Core」、民間の「WorldView-3」など)、ロシア5機(「Resurs-P2」など)、日本2機(「だいち2号」と「ひまわり8号」)、カザフスタン2機、ESA1機(「Sentinel-1A」)、フランス1機(「SPOT-7」)、スペイン1機およびエジプト1機である。この中で「SPOT-7」が12月に「Azersky」と改称されたことが注目される。「SPOT-7」を保有していたエアバス社が、アゼルバイジャンのアゼルコスモス社に衛星の所有権を譲渡したためである<sup>9)</sup>。これまで「SPOT-6」と「SPOT-7」の画像を利用していたユーザは、エアバス社とアゼルコスモス社の商業協力契約により両方の画像データを引き続き入手できることになっている。

米国は9月に民生用地球観測実施計画<sup>10)</sup>を発表した。その中で、海洋大気庁(National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA)など地球観測に関連する機関が担当する各種の業務システムと、2013年に発表された民生用地球観測戦略で定義された12の社会利益分野(Societal Benefit Areas: SBA)の関係の強さを識別している。実施計画は今後3年ごとに改訂されていく予定である。

## 4-3 航行測位分野

航行測位衛星はカーナビ機器などで必須の全球測位システム(Global Positioning System: GPS)用の信号を送出する。米国・ロシアは24機の衛星で構成されるGPS衛星群を運用しており、継続的に毎年数機の代替衛星を打ち上げている。2014年は米空軍(United States Air Force: USAF)が中高度(約2万km)軌道にGPS衛星を4機、ロシアもグロナス(Global Navigation Satellite System: GLONASS)用の「Kosmos」衛星を3機、それぞれ軌道に投入した。

インド宇宙研究機関(Indian Space Research Organisation: ISRO)は準天頂軌道の航行測位衛星「IRNSS-1」2機を打ち上げ、7機で構成されるインド地域航行測位衛星システム(Indian Regional Navigation Satellite System: IRNSS)の構築が順調に進捗した。

欧州は、2014年中に4機の打ち上げを見込んでいたが、同時に打ち上げた2機の「Galileo」衛星の軌道投

入に失敗し、後続の2機の打上げは2015年以降に延期された。中国は24機の周回衛星で構成する「北斗(BD)2」の中高度周回衛星群を5機まで打ち上げていたが、2014年にこの計画を破棄して、性能を大幅に向上させた「北斗3」を2015年以降に打ち上げる計画に変更された<sup>11)</sup>。「北斗3」には周回衛星だけでなく静止衛星および軌道傾斜地球同期軌道(いわゆる準天頂軌道)の衛星も含まれ、「北斗2」型が現在担っている地域航行測位システムも全面的に「北斗3」に更新されるものと予想される。

## 4-4 宇宙科学分野

2014年は1機の小惑星探査機、1機の天文観測衛星(超小型)、1機の微小重力実験衛星の計3機が打ち上げられた。

日本は11月30日にH-2Aロケットにより小惑星探査機「はやぶさ2」を打ち上げた。また東京工業大学は超小型衛星で天文観測を行う「TSUBAME」をロシアのロケットにより打ち上げた。

ロシアは7月17日に物質実験を行う回収式微小重力実験衛星「Foton-M4」打上げに成功し、9月1日にロシア国内での回収に成功した。

10年前前にアリアンロケットで打ち上げられた欧州の彗星探査機「ロゼッタ」が目的地のチュリュモフ・ゲラシメンコ彗星に到達し、着陸機「フィラエ」を同彗星に投下して着陸させた<sup>12)</sup>。

2013年に世界の注目を集めたインドの火星探査機「マンガルヤーン(Mangalyaan)」は2014年9月に予定通り火星軌道投入に成功し、アジア初の火星周回探査機となった。同時期に米国の火星探査機「MAVEN」も火星周回軌道投入に成功した。

中国は「嫦娥(CE)5号T1」を打ち上げたが、これ自体は探査機ではなく、月フライバイ軌道から帰還した実験カプセルを中国国内で回収する工学的な試験を行ったものであり、技術試験衛星に分類される。回収モジュール切り離し後、本体は地球-月系の第2ラグランジュ点(EML-2)に投入され、ミッションを継続している。なお2013年12月に打ち上げられた月面着陸機「嫦娥3号」から放出された月面ローバ「玉兔(Yutu)」は、設計寿命3か月(月の3日間)であったが、不具合のため走行できなくなったものの、地球との通信などは可能な状態を維持している<sup>13)</sup>。

## 4-5 有人宇宙活動分野

2014年は4機の有人宇宙船および9機の物資輸送船が打ち上げられた。すべてISSへの輸送を行う宇宙船である。

### (1) 米国

NASAが民間企業2社と契約している「商業軌道輸送サービス(Commercial Orbital Transportation Services:COTS)」は明暗を分けた。スペースX社が回収型宇宙船「Dragon」を2回打ち上げ、ISSへのドッキングおよび帰還カプセルの回収に成功したのに対し、オービタルサイエンシズ社(OSC)は「Cygnus」物資輸送船を2回続けて打上げ成功したものの、10月28日に行われたOrb-3の打上げに失敗し、COTS契約を自力で継続することが困難になった。ISSへの物資輸送はたとえ自社のロケットが使えなくても何らかの手段で輸送を実施することが求められるので、OSCの今後の対応が注目される。2社によるCOTS打上げが行われたため、ISSへの輸送回数は2013年の12回から13回に増えた。

### (2) ロシア

ロシアはISSへの搭乗員および物資輸送で着実に成功を重ねており、2014年も有人宇宙船「Soyuz」と物資輸送船「Progress」各4回で計8機が打ち上げられ、ISSの円滑な運用維持に貢献した。

### (3) 欧州

欧州の宇宙開発の中心となっているESAは7月にISSへの自動輸送機「ATV-5」(Georges Lemaitre)を「アリアン5ES型」ロケットにより打ち上げ、宇宙ステーションへのドッキングに成功した。また、ESA所属のドイツ人宇宙飛行士が5月から11月まで166日間、ISSに長期滞在した。

### (4) 日本

日本は宇宙ステーション補給機「HTV-5」(このとり5号)の打上げを2015年に予定しており、2014年は打上げが行われなかった。2013年11月7日にISSに搭乗した(独)宇宙航空研究開発機構(Japan Aerospace eXploration Agency:JAXA)の若田光一宇宙飛行士は、2014年3月から5月の間、日本人として初のISS船長を務めた<sup>14)</sup>。

## 4-6 技術試験分野

2014年に打ち上げられた技術試験衛星は、米国の「オリオン」宇宙船やロシアの「アンガラ」ロケットの性能評価ペイロード（静止軌道近傍に投入）、中国の月サンプルリターン回収実験機など大型の特徴ある衛星がいくつかあった一方で、カメラを搭載した多数の超小型衛星で高頻度の地球観測を行うものや、船舶から発信されるAIS（Automatic Identification System：船舶自動識別システム）信号を受信する衛星など実用的なミッションを志向する小型衛星・超小型衛星が多いことが特徴である。超小型衛星の打上げ数は、2013年に93機であったのに対し、2014年も93機と同数であった。ただし、2014年中に国際宇宙ステーションに輸送されて放出を待つ衛星が20機もあり、これらを2014年の打上げとみなせば113機となる。しかし、このまま放出が行われない可能性もあり、ISSから放出され単独で軌道を2周以上周回した時点で初めて国際宇宙空間研究委員会（Committee on Space Research：COSPAR）<sup>15)</sup>から衛星識別番号が付与されるので、本稿では2014年の衛星数に含めないこととした。我が国はH-IIAロケットの相乗りや外国ロケットでの打上げも合わせて2014年に20機もの小型・超小型衛星を打ち上げた。

2014年には、ベルギー、リトアニア、ウルグアイが超小型衛星の打上げで新たな衛星保有国となった。

## 5 今後の展望

米国ではNASAのCOTS契約が順調に進み、今後2016年までにスペースX社は6機、オービタルサイエンシズ社（OSC）も4機を打ち上げる予定である。しかし、OSCは2014年の「アンタレス」ロケット打上げ失敗により当面の輸送手段を自社以外のロケットに頼らなければならない。ISSへの輸送契約を遂行することが契約の条件であり、そ

の手段は受託企業の責任において独自に決めることができるが、当面「アトラス5型」ロケットの利用やロシア製RD-181型エンジンの採用などの対策を講じるものとみられる。

スペースX社は主力の「ファルコン9」ロケットを大量生産する体制を整えており、ISSへの輸送サービスだけでなく、世界各国の静止衛星の打上げも受注することで、欧州やロシアの商業打上げのシェアを奪っていく勢いが見られる。2015年にはスカパーJSAT社の「JCSAT-14」を打ち上げることが決まった。2015年早々に予定されている「ドラゴン」宇宙船打上げでは、再使用型ロケットの実験も兼ねて行う。

欧州も手をこまねいているわけではなく、2014年の閣僚級理事会で決定された「アリアン6型」の開発に邁進すると予想される。

中国は2011年から2015年までの5年間で100機の衛星を打ち上げる計画であり、2015年に30回の打上げを行う<sup>16)</sup>ことで、当初計画を達成しようとしている。2015年の運用開始を目指して、海南島の文昌新射場は既に施設としては完成しており、米国の「デルタ4重量級」ロケットに次ぐ打上げ能力を有する大型ロケット「長征（CZ）5型」の初打上げ時期が迫っている。有人宇宙船打上げ用の「長征7型」や軽量の極軌道衛星を打ち上げる「長征6型」も2015年か2016年には運用開始となるであろう。2014年後半に5か月で15回の打上げを行ったことで、2015年に予告している年間30回の打上げの実現可能性が高まった。

2015年以降、トルクメニスタンやラオスなど新たな宇宙利用国が増えるものと予想される。

## 6 提言

世界各国の宇宙開発は相互に影響しあいながら刻々と変化を続けており、我が国は世界の宇宙開発動向を継続的に把握し、国際協力と国際競争の両面を考慮して宇宙開発・利用を効果的・効率的に推進することが望まれる。

## 参考文献

- 1) Resolution on Europe's Access to Space（閣僚級理事会決議1）, ESA, 2014年12月2日採択：  
[http://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/Final\\_resolutions\\_1\\_2\\_3\\_from\\_CM\\_2014\\_Releasable\\_to\\_the\\_public.pdf](http://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/Final_resolutions_1_2_3_from_CM_2014_Releasable_to_the_public.pdf)
- 2) Mergers: Commission approves aerospace and defence joint venture between Airbus and Safran, subject to conditions, EC, 2014年11月26日：[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-14-2164\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-2164_en.htm)

- 3) Carrier rocket Proton-M burns up in dense layers of atmosphere, ITAR-TASS,2014年5月16日：  
<http://itar-tass.com/en/non-political/731853>
- 4) NASA's Wallops Flight Facility Completes Initial Assessment after Orbital Launch Mishap, NASA, 2014年10月29日：  
<http://www.nasa.gov/press/2014/october/nasa-s-wallops-flight-facility-completes-initial-assessment-after-orbital-launch/>
- 5) Galileo satellites experience orbital injection anomaly on Soyuz launch: Initial report, アリアンスペース社ニュースリリース, 2014年8月23日：<http://www.arianespace.com/news-press-release/2014/8-23-2014.asp>
- 6) Angara Launch Vehicles Family, Khrunichev 社のウェブサイト：  
<http://www.khrunichev.ru/main.php?id=44&lang=en>
- 7) Gunter's space page, 年表 (2014年)：[http://space.skyrocket.de/doc\\_chrlau2014.htm](http://space.skyrocket.de/doc_chrlau2014.htm)
- 8) Athena-Fidus に関する CNES のウェブサイト：<http://www.cnes.fr/web/CNES-en/5912-athena-fidus.php>
- 9) Azercosmos OJC to operate SPOT 7 high resolution optical Earth observation satellite, 2014年12月2日, アゼルバイジャン通信ハイテク省：<http://www.mincom.gov.az/media-en/news-2/details/7773>
- 10) NATIONAL PLAN FOR CIVIL EARTH OBSERVATIONS, 国家科学技術会議 (NSTC), 2014年9月：  
[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/NSTC/national\\_plan\\_for\\_civil\\_earth\\_observations\\_-\\_july\\_2014.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/NSTC/national_plan_for_civil_earth_observations_-_july_2014.pdf)
- 11) 中国の宇宙開発事情 (その14) 突然発表された第3世代北斗航行測位衛星, 辻野照久, 2014年9月18日, (独) 科学技術振興機構サイエンスポータル・チャイナ：[http://www.spc.jst.go.jp/hottopics/1410/r1410\\_tsujino.html](http://www.spc.jst.go.jp/hottopics/1410/r1410_tsujino.html)
- 12) Pioneering Philae completes main mission before hibernation, ESA, 2014年11月15日：[http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/Rosetta/Pioneering\\_Philae\\_completes\\_main\\_mission\\_before\\_hibernation](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta/Pioneering_Philae_completes_main_mission_before_hibernation)
- 13) “玉兔” 迎來第十个月昼 四大科学载荷运行正常, 中国中央人民政府, 2014年9月5日：  
[http://www.gov.cn/xinwen/2014-09/05/content\\_2745753.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2014-09/05/content_2745753.htm)
- 14) JAXA 宇宙飛行士による ISS 長期滞在：[http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa\\_exp/wakata/](http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/wakata/)
- 15) 国際宇宙空間研究委員会 (COSPAR) のウェブサイト：<https://cosparhq.cnes.fr/>
- 16) 飛躍的發展段階に入る中国の宇宙開発活動, 辻野照久, 2014年7月17日, (独) 科学技術振興機構サイエンスポータル・チャイナ：[http://www.spc.jst.go.jp/hottopics/1408/r1408\\_tsujino1.html](http://www.spc.jst.go.jp/hottopics/1408/r1408_tsujino1.html)

..... 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、170年間・193カ国にわたる25万種類以上を保有。



# サービス生産性向上と高付加価値化のための新しい科学：サービス学

小柴 等

## 概 要

2004年のCOC（Council on Competitiveness：米国競争力協議会）報告「イノベート・アメリカ」発表を契機として脚光を浴びた“サービス学”は我が国においても根付き始め、IoT（Internet of Things）やCyberphysicsなどICT関連の動向とも相まって、「サービス」という観点で製造物をはじめ、人と人、人と物、物と物の関係性を見直すことの重要性が認識されつつある。また、2012年に発足したサービス学会などを中心として、産学官連携による研究開発も推進されつつある。

一方で、現在の焦点は喫緊の課題である「サービス生産性向上」に向けられているため、今後は、サービス学を研究・開発・実践する若手人材の育成や、サービスに関わる基礎理論の解明などにも力を向けてゆく必要がある。さらに、これらサービス学の下支えとなっていた（独）科学技術振興機構 社会技術研究開発センター（JST RISTEX）の「問題解決型サービス科学研究開発プログラム」が2016年度で終了する予定となっている。

これらの状況を鑑みて、1. サービス理論研究の推進と、そのための文理融合を促進する枠組みの検討、2. 経営者・研究者育成に限らない幅広いサービス人材育成のための枠組みの検討が必要といえる。

**キーワード：**サービス学，サービス生産性，サービスイノベーション，高付加価値化，製造業

## 1 はじめに

少子高齢化をはじめとする社会問題を考えたとき、サービス産業における生産性の向上と、製造物の高付加価値化は我が国における喫緊の課題である。「製造業のサービス化」やサービス産業への就業人口、少子高齢化の進展といった社会の状況・構造からも明らかに「サービス」に対する取組の重要性が増してきている。これらの課題に対する対応策として米国では2004年頃からサービスイノベーションの重要性が指摘され、“サービス学”が推進されてきた。我が国においても、2012年にサービス学会が発足し産学官連携による研究開発も推進され始めた。サービス学は基礎と応用、両面の性質を併せ持つが、現状は「サービスにおける生産性向上」を目的とした応用研究、すなわちサービス工学に力点

を置いた研究が進められている。しかしながら取組は緒に就いたばかりであり、基盤も十分に整っていないとはいえない状態である。

そこで本稿では、“サービス学”について、我が国における昨今の活動動向を紹介し、これらの活動に対する近年の国からの支援状況を紹介する。

### 1-1 サービス学とは

サービス学は製造業とサービス業とを問わず、広く“サービス一般”を扱う学問である。吉川<sup>1)</sup>の定義に従うと、サービス学（サービス科学もしくはサービス・サイエンス、サービス工学<sup>2)</sup>も含む）とは、“サービスに関する広範な知識を体系化することで、さまざまな産業課題の解決に寄与し、よって、

サービスに関わる「社会のための学術」を構築することを目的とする”。

サービス学の研究対象である“サービス”、ひいては“サービス学”そのものの定義は未だ定まっているとはいえないが、サービス業の生産性を向上させたり、製造物の付加価値を向上させたりするための具体的・実地的・工学的な研究・開発のみならず、そもそもサービスとは何か、そこで交換される価値とは何か、といった哲学的・理論的研究や、価値や機能<sup>3)</sup>を実現するために、人、物、環境を含めたさまざまな要素技術をどのように組み合わせるかといった、サービスをデザイン・設計するための手法の研究などを含む分野横断的な学問といえる。

密接に関連する学問分野としては、「製造業のサービス化」を扱う Product-Service Systems (PSS) や、プロセスを人の面から扱うマーケティング、などが挙げられる。

サービスが研究対象・分野として広く認知されることになった契機は2004年のCOC (Council on Competitiveness: 米国競争力協議会) 報告「イノベーション・アメリカ (パルミサーノレポート)」においてサービスイノベーション実現の重要性が指摘されたことによる。その後、このサービスイノベーション実現のための手段としてサービス科学 (Service Science) が推進され始めた<sup>4)</sup>。研究の方向性は各国ごとに特色があり、我が国においては「製造業の高付加価値化」「サービス生産性の向上」という経済的・政策的要求に応え、主に工学的な観点からの取組が進められている。一方、米国においては

ICT (Information Communication Technology) による、さまざまなモノ・コトの融合、マネジメントの効率化、といった観点からの取組が進められている。欧州、特にドイツでは Industry4.0 に代表されるように製造業に主体をおいて、その製造プロセスなどのデジタル化・仮想化といった観点からの取組が進められている。

## 2 サービス学の最新動向

図表1にサービス学に関連するさまざまな動向を年表として、図表2にサービス学に関連するステークホルダーと関係をまとめた。図表1からは、これまでに述べたとおり2004年のパルミサーノレポートを端緒として我が国におけるサービス学関連の動向も加速していることが確認できる。また図表1、2より、文部科学省、経済産業省を中心として産学両面からの取組を行っていることが確認できる。

### 2-1 サービス研究の対象

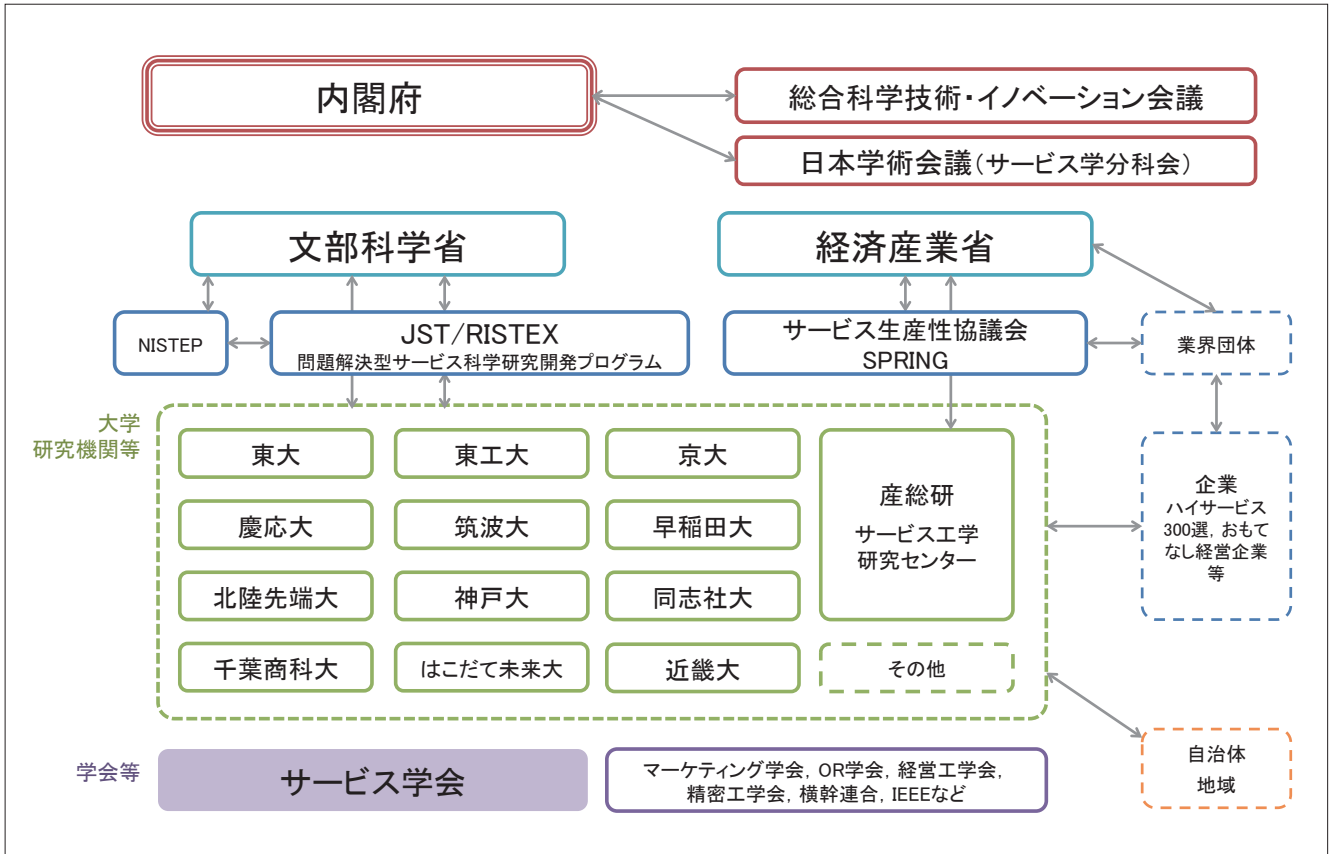
研究の分野としては、モノに近い順に大まかに以下の4分野が挙げられる。

図表1 サービス学関連動向年表 (1993-2014)

年	機関名	動向
1993年	米IBM社	サービス・サイエンス研究部門設立
2002年	東京大学	人工物工学研究センターにサービス工学研究部門設立
2004年	米政府	パルミサーノレポート (サービス・イノベーション)
2005年	NISTEP	本誌にて「サービス・サイエンスにまつわる国内外の動向」掲載
2005年	中国政府	第11次5カ年計画
2006年	日本政府	「経済成長戦略」策定
2006年	経済産業省	サービス工学検討チーム発足
2006年	東京大学	サービス・イノベーション研究会
2007年	文部科学省	サービス・イノベーション人材育成推進プログラム (～2012)
2007年	生産性本部	サービス産業生産性協議会発足
2007年	経済産業省	サービス産業生産性向上支援調査事業: 技術ロードマップ策定委員会発足
2008年	産総研	サービス工学研究センター設立
2009年	経済産業省	サービス工学研究開発事業 (～2011)
2010年	JST/RISTEX	問題解決型サービス科学研究開発プログラム (～2016年度)
2010年	京都大学	経営管理大学院にサービス価値創造プログラム開設
2010年	近畿大学	次世代基盤技術研究所サービス工学研究センター設立
2012年	サービス学会	サービス学会発足
2012年	北陸先端大	サービスサイエンス研究センター設置
2014年	経済産業省	サービス産業の高付加価値化に関する研究会
2014年	筑波大学	サービス工学修士コース設立
2014年	経済産業省	サービス経営人材育成事業

近畿大学研究公開フォーラム 2014 (2014.10.27) の竹中 毅氏 講演資料を基に科学技術動向研究センターにて加筆修正

図表2 サービス学に関するステークホルダー関係図



近畿大学研究公開フォーラム 2014 (2014.10.27) 竹中 毅氏講演資料を基に科学技術動向研究センターにて加筆修正

- サービスセンシング・ロボット
- PSS・設計
- アナリティクス・パーソナルデータ
- メカニズムデザイン・公共サービス

ここで、モノに近いサービスセンシング・ロボット、PSS・設計は、超高齢化などに伴う労働人口減少に対応した、省力化・高付加価値化の研究、残るアナリティクス・パーソナルデータやメカニズムデザイン・公共サービスはサービス生産性向上の研究、としての要素が強いと見ることもできる。

サービス学は特に米国において“サービスの生産性向上”を目的として始まったが、我が国においては「超高齢化社会」などを起因とする社会課題の解決と、「ものづくり大国」などのコンテクストから「サービス生産性の向上」と「製造業の高付加価値化」の2軸が主である。これらの目的を達成する上で、製造業において成功を収めてきた工学的アプローチ主体のサービス学が進展してきた。上述した研究分野も工学の領域に属するものが多くを占めている。

工学は生産性の向上などには有用で、生産性の向上は、人時生産高、利益率やロス率などの明快な指標 (KPI: Key Performance Indicator) で計測でき、何らかの施策を行った際の効果も比較的計測しや

すく、短期的な評価も可能である。さらに、いわゆる「ビッグデータ」ブームによってサービスの現場で収集される売り上げ (POS: Point of Sales) データ分析が脚光をあびている。上述した背景とこれらの特性を反映し、現状においても我が国のサービス学研究は実務面に关わるものが主流となっている。

これに対し、サービスの本質を理解しようとする研究もある。ここでは主にサービスの本質である“価値”についての議論が中心であり、「付加価値の創出」などを考える上で欠くことのできない領域である。しかしながら、そもそもの“価値”に関する定義・測定などの点で本質的な困難性を有しているほか、実際のサービス現場とも独立ではなく分野融合的なアプローチが不可欠といった困難性も有している。特に分野融合については、研究者間のマッチングなどの枠組みがないために、現場と技術の知見を有する研究者と理論構築を得意とする研究者や、問題解決に必要な領域の研究者がうまく連携することができていない状況がうかがえる。

この点について、サービスに関わる研究者らからも“サービスの製造と使用を切り離して論ずることは困難であり、よりサービスの本質に関わる問題を分野融合で解決してゆくべき”、といった指摘がなされている<sup>5)</sup>。

## 2-2 サービス学に関する世界の潮流

このような分野融合・協調の潮流は我が国のサービス学研究のみならず、世界的なサービス学の研究動向にも一致する。たとえば、“サービス・サイエンス”が成立した当初、サービスは製品（モノ）との対比によって語られることが多く、サービス特有の性質として同時性や無形性などが強調されることが多かったが、近年では、サービスとモノとは対立する概念ではなく、上述した性質もあくまでスペクトルとして語られるようになり<sup>5)</sup>、サービス財とモノの財を一体として取り扱うように変化している。

今後は、理論と応用、サービスとモノ、など分野融合での取組がより重要性を増し、これが達成されることでより汎用的な理論が構築されていくと予見される。

## 2-3 国内におけるサービス学拠点

### 2-3-1 大学関係

2007年に文部科学省の「サービス・イノベーション人材育成推進プログラム」<sup>6)</sup>に採択された大学・大学院プログラムをベースとして活動が進展している（たとえば、京都大学 経営管理大学院 サービス価値創造プログラムなど。その他、図表1、2参照）。特徴はMBA (Master of Business Administration)、MOT (Management of Technology) などと同様に、大学院教育がメインで、学部教育はほぼ見られない点にある。

### 2-3-2 その他公的機関

2006年に経済産業省の「経済成長戦略大綱」にて指摘された「サービス産業における生産性向上の必要性」に対応する形で開設され、その後も発展・活動が進展している。代表的拠点として、

- ・(独)産業技術総合研究所 サービス工学研究センター
- ・日本生産性本部 サービス産業生産性協議会 (Service Productivity & Innovation for Growth : SPRING)

などが挙げられる。

(独)産業技術総合研究所サービス工学研究センターは企業など現場を巻き込んだ形での研究を着実に進め、論文等研究のアウトプットを積み重ね

るとともに、「サービス工学技術戦略マップ」<sup>7)</sup>をはじめとする経済産業省の委託事業<sup>9~11)</sup>を実施、後述するサービス学会設立においても中心的役割を担うなど、我が国におけるサービス学研究のコアとして機能している。

一方SPRINGは産業界のコアとして機能しており、JCSI (Japanese Customer Satisfaction Index : 日本版顧客満足度指数)の作成やハイ・サービス日本300選などの認定事業を通じた啓蒙活動を実施し、一定のブランドを獲得している。

このように、官庁としては文部科学省、経済産業省が相互に、基礎と応用、学会と産業界とを補完し合う形で拠点を整備・支援している。

## 2-4 学協会等動向

前述した個別の拠点以外には、2012年10月に「サービス学会 (Society for Serviceology)」(会長：新井 民夫 東京大学名誉教授)が設立され、これまでに国内大会2回、国際会議2回が開催されている。

設立間もないため2014年12月9日時点での会員数は407名と小規模ながら、2014年4月に開催された第2回国内大会参加者数168名、2014年9月に開催された第2回国際会議参加者数127名、と活発な活動がなされている。また構成会員で見ると、大学等研究者が5割強、企業等実務者が4割、その他政府機関等所属者が1割弱と、産業界・実務者の割合が多いことも特徴である。専門分野としては、サービス生産性向上における工学系技術の有用性から、工学系の割合が大きいが、マーケティングや経済学をはじめ、人文社会学系も一定の割合を占めている。

## 3 サービス学に対する政策的支援の状況

ここまで述べてきたとおり、サービス学の研究は産学官連携で立ち上がりつつあり、その活動が認知されはじめています。

文部科学省関連で現在行われている施策としては(独)科学技術振興機構 社会技術研究開発センター (Japan Science and Technology Agency Research Institute of Science and Technology for Society : JST RISTEX) の「問題解決型サービス科学研究

究開発プログラム (Service Science, Solutions and Foundation Integrated Research Program : S3FIRE) が挙げられる。S3FIRE では問題解決とそれらを通じたサービス理論体系の整理を試みており、これによってサービスの本質である価値や価値の共創、プロセスに関する議論が検証可能な形で実施できる枠組みが整ってきたといえる。この活動はサービス学会設立の一つの契機になっており、サービス学を推進する上で重要な基盤といえる。しかしながら、現在のプログラムは2016年度での終了が確定しており、新規提案の募集も終了している。

一方、経済産業省もこれまでに、2009年度「ITとサービスの融合による新市場創出促進事業」をはじめ、複数のプロジェクトを実施している。また2014年6月に公表された「サービス産業の高付加価値化に関する研究会」報告では、政策として

#### 1. 企業のイノベーションの促進

- 経営人材の育成：大学院等におけるサービス産業に特化した産学連携の経営プログラムの開発・普及
- 攻めのIT活用の促進：攻めのIT評価指標、ガイドの策定
- ビジネス支援サービスの活用促進：サービスの質の見える化のための認証制度創設
- マーケティングの強化：企業系列を超えた地域におけるビッグデータの活用促進

#### 2. 産業の新陳代謝の促進

- サービスベンチャーの創出：起業成功者が起業家を育てるスタートアップ支援団体の創設

#### 3. 地域人口減少・少子高齢化への対応

- 地域の実態に即した「稼げるサービスビジネスの創出」：グレーゾーン解消制度の活用促進等といった提言をおこなっており、今後これらに関連したプログラム・プロジェクト等の企画・立案が予見される。

ところで、これらの対応は基本的に企業経営陣など高度人材の育成や、研究開発に主眼を置いてい

る。しかしながら、優れた技術を現場に適用するためには現場にも高度な知見を要する。実際、製造業の現場などでは工業高校や高専などで一定の工学的素養を身につけたエンジニアが現場の従業員として活躍していることが多い。

サービスについても、今後は現場の人材にデータ分析結果を適切に理解し対応する能力など、サービス学的素養が求められると推察され、そのための人材教育は喫緊の課題となる。したがって、今後は上記の取組に並行して現場従業員向けのリテラシー教育についても実施してゆく必要があると目される。

## 4 まとめ

今後の展開を考える上では、1. 基礎理論の取組を進展させること、2. それらの研究・開発・技術を担う次世代人材の育成を行っていくことが重要と考えられる。

すなわち、サービス理論構築を指向した人文社会系・工学系など分野の融合を促進する枠組みの検討・作成や、短期的成果の提出が困難という分野特徴を考慮した長期的・継続的な研究支援体制の構築（基盤研究）、研究・開発を担う次世代人材の育成（高度人材育成）と、現場で技術の実践を担う従業員向けのサービス関連データリテラシー教育・資格認定制度の設立（一人一人の生産性向上）が重要といえる。

## 謝 辞

本稿執筆に当たり、(独)産業技術総合研究所サービス工学研究センター 主任研究員 竹中 毅氏に資料提供および議論等のご協力を賜った。記して感謝する。

## 参考文献

- 1) 吉川 弘之：サービス科学概論，人工知能学会誌，Vol. 23, No. 6, pp. 714-720 (2008)
- 2) 吉川 弘之：サービス工学序説—サービスを理論的に扱うための枠組み，構成学，Vol. 1, No. 2, pp. 111-122 (2008)
- 3) 上田 完次，浅間 一，竹中 毅：人工物の価値とサービス研究，人工知能学会誌，Vol. 23, No. 6, pp. 728-735 (2008)
- 4) 日高 一義：サービス・サイエンスにまつわる国内外の動向，科学技術動向，Vol. 57, pp. 12-22. (2005) : <http://hdl.handle.net/11035/1675>
- 5) 戸谷 圭子：サービス学をサービス実務にどう役立てるか？，サービス学会誌：サービソロジー，Vol. 1, No. 1, pp. 6-7 (2014)

- 6) 文部科学省：サービス・イノベーション人材育成推進プログラム：[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/service/](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/service/)
- 7) 経済産業省：平成 25 年度産業技術調査事業（サービス工学分野技術戦略マップブラッシュアップ事業）報告書
- 8) 文部科学省：サービス科学・工学の推進に関する検討会：  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/gijyutu/012/](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/012/)
- 9) 産業技術総合研究所サービス工学研究センター：平成 21 年度 IT とサービスの融合による新市場創出促進事業（サービス工学研究開発事業）成果報告書：[https://unit.aist.go.jp/cfsr/contents/medi-h21/project\\_top.htm](https://unit.aist.go.jp/cfsr/contents/medi-h21/project_top.htm)
- 10) 産業技術総合研究所サービス工学研究センター：平成 22 年度 IT とサービスの融合による新市場創出促進事業（サービス工学研究開発事業）成果報告書：[https://unit.aist.go.jp/cfsr/contents/medi-h22/project\\_top.htm](https://unit.aist.go.jp/cfsr/contents/medi-h22/project_top.htm)
- 11) 産業技術総合研究所サービス工学研究センター：平成 23 年度次世代高信頼・省エネ型 IT 基盤技術開発・実証事業（サービス工学研究開発分野）「本格研究による人起点のサービス工学基盤技術開発」成果報告書：  
[https://unit.aist.go.jp/cfsr/contents/medi-h23/project\\_top.htm](https://unit.aist.go.jp/cfsr/contents/medi-h23/project_top.htm)

..... 執筆者プロフィール .....



**小柴 等**

科学技術動向研究センター 研究員  
<http://researchmap.jp/hkoshiba>

博士（知識科学）。国立情報学研究所、産業技術総合研究所を経て現職。公立はこだて未来大学 客員教授。情報工学、社会心理学、サービス工学などの研究に従事。社会心理学の知見を情報工学分野で活用することに興味を持つ。

# スポーツにおける情報活用 —オリンピックから健康づくりまで—

相馬 りか

## 概要

競技スポーツでの情報活用の重要性は、世界各国で当然のことと認識されているが、近年は ICT 技術の向上により、あらかじめ収集した情報だけでなく競技中に収集したデータを分析し、アスリートや指導者が即時に必要な情報を得ることが可能になった。一方、各種ウェアラブルセンサの普及によって、競技スポーツの世界のみならず、健康づくりやレジャーでのスポーツ中の心拍数などのデータを収集できるようになり、競技力向上だけでなく、安全性向上や健康づくり活動に対する各種データの貢献も期待できるようになった。スポーツの場においてさまざまな情報を活用するためには、必要な情報を解析し、適切なタイミングで提供することが求められる。このためには、アスリートのニーズを掘り起こし、情報の取得からその解析、提供までそれぞれのステップにおける研究分野のシームレスな連携が必要である。今後、大学・研究機関や諸学会、関連する企業、スポーツ運営組織や競技団体等が協力して研究を実施できるような分野横断的なプラットフォームが求められる。

**キーワード：**データ、情報、ウェアラブルセンサ、スポーツ、健康

## 1 はじめに

ロンドンオリンピックで 28 年ぶりにメダルを獲得した女子バレーボールで、監督がタブレット端末を見ながら選手に指示を出していた姿は、スポーツ現場での IT 活用を広く印象づけるものであった。近年は、映像技術の向上や、クラウドの活用とタブレット端末やスマートフォン、ウェアラブルセンサの普及等により、あらかじめ収集した情報に加え、トレーニングや競技中に得られたデータをリアルタイムで分析し、アスリートや指導者、場合によっては観客が必要とする場所・タイミングで必要な情報を提供することが可能になり、以前とは比較にならないほどスポーツの場における IT の活用機会は増大した。

総務省の平成 26 年版情報通信白書<sup>1)</sup>によると、ウェアラブル端末は、大きく分類すると手首に装着するリストバンド型（腕輪型）もしくは腕時計型、頭に装着するメガネ型等があるとしているが、世

界各国で各社さまざまな形状のものが開発、商品化されている。この背景には、スマートフォンの普及により、端末を活用した新たなビジネスが模索されていること、半導体技術と実装技術の進展により小型化・高性能化が可能になったこと、ビッグデータ、Internet of Things 等、さまざまなモノがインターネットにつながりつつあるトレンドの影響が存在する。

科学技術イノベーション総合戦略 2014～未来創造に向けたイノベーションの懸け橋<sup>2)</sup>では ICT を重要課題として位置づけている。その中で、2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会の機会活用として、「大会の選手の活躍を支えるとともに、高齢者・障がい者にも対応した、感覚機能を備えた義手・義足や運動能力アシスト技術の確立や、生体情報のリアルタイム取得・活用など最先端ヘルスケアシステムの実用化」を想定している。

本稿では、最近の競技スポーツでの情報の活用事例を紹介したのち、2014 年はその「普及元年」ともいわれたウェアラブル端末のうち、特に「ウェアラブルセンサ」によって得られる情報の競技スポーツ

および健康づくりや余暇活動といったレクリエーションスポーツへの貢献の可能性について検討する。

## 2 競技スポーツでの情報活用

### 2-1 事前に得られる情報の活用事例

セーリング競技は、風向や風力、潮流といった気象条件が競技成績に大きく影響する種目の一つである。ロンドンオリンピックにあたり、国立スポーツ科学センター (Japan Institute of Sports Sciences: JISS) は、競技が行われる地域の4年間分の風向・風速データ (約1,000レコード/日)、衛星画像および天気図を収集した。加えて、JISSは、文部科学省マルチサポート事業の研究開発プロジェクトの一つとして株式会社ノースセール・ジャパン、鹿屋体育大学、筑波大学と共同でレースコース内の風向と風速を調査し、日本セーリング連盟が行った潮流調査結果とあわせ、関係者がインターネットで閲覧できるようなデータベースを整備した。これらの情報は、関係者にフィードバックされ、最適航路の算出や<sup>3)</sup>、セールやマストの開発にも活用された。

また、映像データに関しては、国内外の競技会やトレーニングで撮影された映像に、各競技団体の選手やスタッフがいつでもどこでもアクセスできるデータベースも活用されている<sup>4)</sup>。

### 2-2 競技中に得られる情報の活用事例

近年、一部の大規模な国際大会では、競技の進行と同時に関連情報をWebで公開するサービスが始まり、タブレットやスマートフォンを見ながら観客席でスポーツ観戦する姿がよく見られるようになった。例えばウィンブルドンテニス大会では、打球速度、配球、走速度などがほぼリアルタイムで配信された<sup>5)</sup>。Jリーグでも同様のサービスが2014年9月から行われており<sup>6)</sup>、2015年からは選手のより詳細なプレー情報をリアルタイムで取得できるトラッキングシステムが導入される予定である。このように、移動する対象の位置情報を速やかに得られるようになったのは、撮影された動画から、ボールや選手を認識して位置情報を数値化する画像認識

技術の向上に負うところが大きい。これらは観客向けのサービスだけでなく、当然のことながら競技力向上にも活用できる。2014年ワールドカップサッカーで優勝したドイツ代表チームによるビックデータの活用が報道されている<sup>7)</sup>。

画像処理技術の向上とともに、各種センサの小型化・高機能化、無線通信の利用により、アスリートがセンサを装着したままでスポーツすることが可能になった。その結果、動作をさまたげることなく競技中に収集できるデータは量・質ともに飛躍的に向上した。ドイツ一部リーグ、ブンデスリーガに所属するサッカークラブ TSG1899 ホッフエンハイムでは、フラウンホーファー研究機構集積回路研究所で開発された位置計測システム RedFIR による、全選手の位置情報と生体情報をリアルタイムで取得・分析するサービスを活用している。これは、15g程度のセンサを選手のすね当て内部等に装着し、無線で受信アンテナに対して情報を送信するというものである<sup>8)</sup>。位置だけでなく、選手の心拍数もモニタし、時事刻々の各選手の位置や走行速度に加えて、その走行速度や心拍数の経時的変化から客観的に選手の疲労を推定するサービスもある<sup>9)</sup>。いずれの場合も、抽出された情報に対しては、ユーザーのニーズに合わせて工夫をこらした可視化が行われている。

## 3 ウェアラブルセンサ

前述のセンサのように、競技者にとりつけてスポーツ中に位置や心拍数などの生体情報が取得できるいわゆるウェアラブルセンサが2014年は数多く市販され、スポーツ中に得られる情報の活用は、トップアスリートだけでなく一般のスポーツ愛好者の間にも広がった。心拍数や走行距離が取得できるリストバンド、ラケットやゴルフクラブといったスポーツ用具に装着する加速度センサなど、大企業による装置はもとより、クラウドファンディングで資金を集めたベンチャー企業による多彩な装置が市場を賑わせており、データ取得機会は格段に拡大し、多種多様な情報がモニタできるようになった (図表1)。また、材料工学の分野では、ウェアラブルセンサでの使用が期待される、フィルムあるいはゲルの導電性素材 (電子皮膚ともいう) の開発も進んでいる。しかしウェアラブルセンサの真の存在価値は、取得されたデータ自体よりはむしろ、必要なタイミングで必要な情報をユーザーに提供できるという点にある。ランニングであれば、単に心拍数を表示するだ



図表1 ウェアラブルセンサでモニタ（推定）可能な情報の例（製品化されていない場合も含む）

生体情報	消費カロリー、睡眠状態、呼吸、心拍数、皮膚温、脈波、発汗、筋活動、汗中乳酸、血糖値、脳波、皮膚ガス（アセトン）
動作に関する情報	衝撃、歩行パターン、位置、歩数、スイング等の動作
環境情報	位置、気温、気圧、湿度

けでなく、計測された心拍数からユーザーの状態や目的に応じた速度となるようなペースをその場で提示し、後でトレーニング履歴をチェックしたい時にまとめて一定期間のトレーニング内容を表示するといった機能が考えられる。頭部に装着した加速度センサならば、衝撃量の計測に加えて脳震盪の危険性<sup>10)</sup>を本人や周囲にいる人に対して指摘する機能が考えられる。100 km マラソン中の血糖値<sup>11)</sup>などは値がわかるだけでも価値があるが、ユーザーの立場に立てば、数値だけでなく、その意味や用途も示してあることで利便性が格段に向上する。

## 4 我が国のスポーツでの情報活用状況と留意点

ウェアラブルセンサに限らず、得られたデータから適切な情報を抽出し、ユーザーのリクエストに応じてタイミングよく分析して提供することは、殊にスピードのある判断が求められるスポーツの現場での情報活用には極めて重要である。

しかしながら「情報の抽出」に不可欠な統計分析について、日本では統計学者側からスポーツへのアプローチ例はほとんど見られない。そこで、日本統計学会では諸外国と比較して我が国の「スポーツの場における統計学の活用は必ずしも十分であるとはいえない・・・中略・・・統計分析が競技レベルの向上やチーム編成のマネジメント等からみて重要であることは明らかであり、日本においても統計学者が積極的に関わっていく必要があるといえる」<sup>12)</sup>という認識のもとに、2009年から「スポーツ統計分科会」を設置し、プロ野球やJリーグの試合の実データからどのような情報をひきだすかを競う「スポーツデータ解析コンペティション」を開催しており<sup>13)</sup>、その参加者は毎年増加している。

また、「情報提供」の面では、JISSでは、2-1にも記載したとおり、認証されたユーザーが国内外の競技会やトレーニングで撮影された映像にインターネットを介してアクセスできる映像データベース“SMART (Sports Movement Archiving and Requesting Technology) システム”を構築したほ

か、競技団体の要望に答えて、撮影した映像を迅速にアップロードできるようにした<sup>4)</sup>。このように、複数の分野の積極的な関与があってこそ、メタボ対策からトップアスリートのトレーニングまで、多様なニーズにマッチした情報活用が可能になるといえるだろう。

その一方で、特にウェアラブル装置については、その信頼性検証の必要性も指摘されており<sup>14)</sup> 誤差の大きさや用途の限界をあらかじめ知っておくといったユーザー側のリテラシーも求められる。同時に、ウェアラブル装置で取得可能なプライバシーに関わるデータの活用における配慮の重要性も指摘されている<sup>1)</sup>。スポーツの諸側面において情報活用が大きな便益を提供しうる一方、近年のサイバー犯罪の増加はそのセキュリティに関する懸念をも想起させる。

## 5 まとめと提言

スポーツの場において、ユーザーの立場によらず活用しやすい情報を提供することは、得られたデータに対してさまざまな加工を施し、分析してから提供するという複数のプロセスによって新たな価値を創出する「サービス」といえよう。そして、これら複数のプロセスそれぞれには異なる分野の専門家の関与と、その相互の連携が求められる。

トップアスリートが集う競技スポーツ分野での情報活用の重要性は、国際的に今後ますます高まるであろうと指摘されている<sup>15)</sup>。その流れにとりのこされないためには、各プロセスに関与するさまざまな分野の専門家の参画を容易にする仕組みづくりが必要であろう。

文部科学省科学技術・学術政策研究所が2014年に実施した「第10回科学技術予測調査」<sup>16)</sup>によれば、ライフログデータや身体データを大量に蓄積し、個人の日常的なデータの記録・管理・検索・分析する技術（ナチュラルユーザインタフェースで利用できるウェアラブルな外部脳機能システム

として提供される)は技術的には2020年に達成されると予想されており、これができればスポーツ以外の場面、例えば高齢者の健康管理などにも本格的にさまざまなデータが活用されるだろう。また、ウェアラブルセンサについては、加速度計で検出された身体のごくわずかな動きを家電などの操作に利用できることからバリアフリー製品への用途の期待も高い。

地域のスポーツ運営主体や企業、大学・研究機関などが中核となり、スポーツに関連したデータ取得から情報提供まで、スポーツ科学からビッグデータ解析などのさまざまな分野の研究者を巻き込んだ仕組みが形成され、その研究成果がスポーツ以外の分野へも活用されることを期待したい。例えば大学・

研究機関や諸学会、関連する企業、スポーツ運営組織や競技団体等が協力して研究を実施できるプラットフォームのような分野横断的な取組を可能にする仕組みが求められる。

## 謝辞

本稿執筆にあたり、筑波大学阿江通良教授、(独)国立健康・栄養研究所田中茂穂部長、(独)日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター平野裕一副センター長、(独)日本スポーツ振興センター情報・国際部和久貴洋部長、日本統計学会スポーツ統計分科会をはじめとして多くの方より貴重なご意見と情報提供をいただきました。深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 情報通信白書平成26年版：<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/index.html>
- 2) 科学技術イノベーション総合戦略2014～未来創造に向けたイノベーションの懸け橋～：  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2014/honbun2014.pdf>
- 3) 藤原昌：ロンドンオリンピックに向けたセーリング競技のサポート活動～専門性をつなぐ多分野複合型支援の一例～  
第9回 JISS スポーツ科学会議抄録
- 4) 国立スポーツ科学センターニュースレター Vol24, 2013.
- 5) IBM Slamtracker.：[http://www.wimbledon.com/en\\_GB/slamtracker/](http://www.wimbledon.com/en_GB/slamtracker/)
- 6) Jリーグプレスリリース2014年9月12日：<http://www.j-league.or.jp/release/000/00006027.html>
- 7) 加藤貴行：W杯優勝を支えた技術大国ドイツの企業群. 日本経済新聞電子版2014年7月16日
- 8) 村田 聡一郎：ビッグデータのリアルタイム分析に勝機を見出す、TSG1899 ホッフェンハイムとドイツ代表チーム：  
<http://www.sapjp.com/blog/archives/6932>
- 9) アディダス社ホームページ：<http://micoach.adidas.com/jp/>
- 10) 本間央之：スポーツ脳震とう関連研究の動向、科学技術動向2013年8月No.137: 27-33：  
<http://hdl.handle.net/11035/2417>
- 11) Sengoku Y, Nakamura K, Ogata H, Nabekura Y, Nagasaka S, Tokuyama K :Continuous Glucose Monitoring During a 100 km Race - A Case Study in an Elite Ultra-Marathon Runner. Int J Sports Physiol Perform. 10:124-127, 2015
- 12) 日本統計学会スポーツ統計分科会“分科会について”：<http://estat.sci.kagoshima-u.ac.jp/sports/about.htm>
- 13) スポーツデータ解析における理論と事例に関する研究集会、統計数理研究所共同研究レポート Vol.314, 2014.
- 14) 田中茂穂、安藤貴史：活動量計における身体活動のモニタリング：ヘルスケアにおけるICTの活用. 体育の科学64：534-540, 2014.
- 15) 和久貴洋：スポーツ・インテリジェンスーオリンピックの勝敗は情報戦で決まる. NHK 出版新書、2013.
- 16) 第10回科学技術予測調査結果速報2014年11月：<http://www.nistep.go.jp/archives/18742>

## 執筆者プロフィール

### 相馬 りか

科学技術動向研究センター 上席研究官

専門は運動生理学。2014年5月より現職。