



Science & Technology Trends

# 科学技術動向

**7-8**  
2015  
No.151

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

**最終号**

## レポート

- p 4

各国の地球観測動向シリーズ (第11回)  
**米国の地球観測活動の今後の方向性 (その2)**  
 —米国の国家安全保障戦略における気候変動への取組—
- p 9

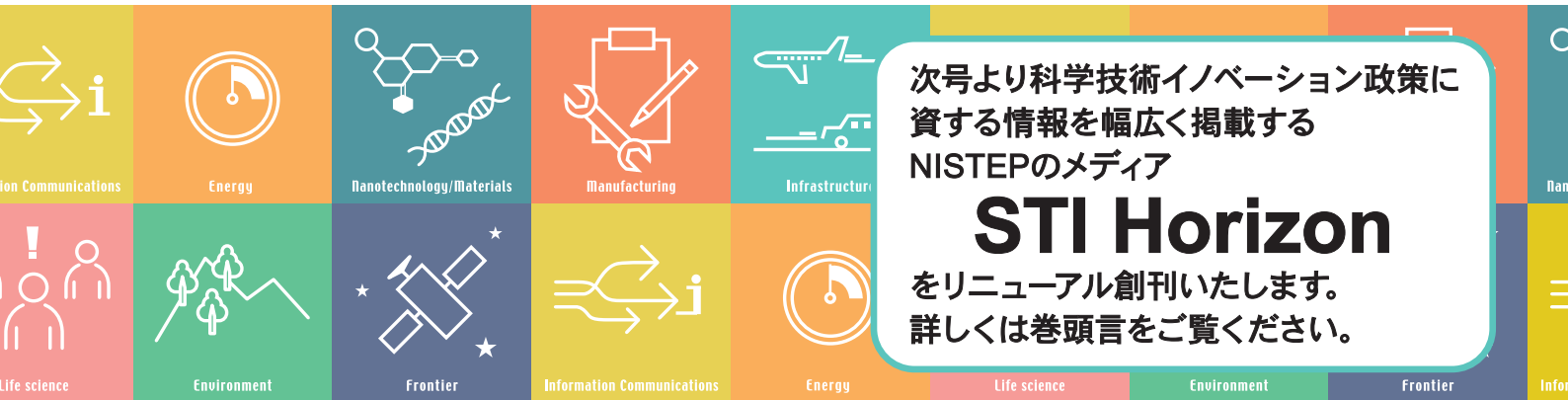
米国の基礎研究・学術研究基盤における  
**課題と改善への取組**  
 —ドイツ及び英国との比較を通して得られる我が国への示唆—
- p16

**障害者スポーツ用具の技術動向**
- p23

医療・ヘルスケアイノベーションにおける  
**倫理課題への対応と社会受容促進の取組**  
 —遺伝情報、生殖医療、ヒトキメラ、脳操作—

## 特別記事

**p31** 「科学技術動向」誌14年半151号の歩みを振り返って  
 —1号～151号 掲載レポート一覧とともに—



次号より科学技術イノベーション政策に  
 資する情報を幅広く掲載する  
 NISTEPのメディア

## STI Horizon

をリニューアル創刊いたします。  
 詳しくは巻頭言をご覧ください。

本文は p.4 へ

## 各国の地球観測動向シリーズ (第11回) 米国の地球観測活動の今後の方向性 (その2) —米国の国家安全保障戦略における気候変動への取組—

気候変動に関しては、地球温暖化のもたらす影響や今後のシナリオなどについて、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) で第5次評価報告書まで検討が行われている。これを踏まえ、温室効果ガスの排出削減に係る数値目標をポスト2015の枠組みで具体化し、各国が協力して実現すべく努力している。

米国は2015年2月に国家安全保障戦略を発表し、その中で、軍事面や経済面などの安全保障の中心的課題と並んで、気候変動に対する米国の安全保障戦略を示した。これにより、気候変動の影響緩和に取り組むため、2013年に策定した民生用地球観測戦略に続き、安全保障の観点からも戦略を策定したことになる。

米国の戦略で特に注目されるのは、温室効果ガスの排出量を2025年までに2005年レベルから26～28%削減する目標を掲げたこと、発展途上国へのクリーンエネルギー投資支援、気候的にスマートな農業への移行の援助などが含まれることである。我が国でも以前から「気候安全保障」という概念が提起されており、国家安全保障全体の中で、気候変動対応の新しい政策体系形成を目指すべく、再検討することが望まれる。

本文は p.9 へ

## 米国の基礎研究・学術研究基盤における 課題と改善への取組 —ドイツ及び英国との比較を通して得られる我が国への示唆—

米国のいわゆる研究大学については、他の国々の大学をしのぐ優れた研究活動が行われているという認識が共有されている反面、近年幾つかの課題も指摘されている。本稿においては、指摘された課題の中でも「A. 大学の研究基盤の弱体化」と「B. 大学運営に必要な業務の負担の増大」の二つを取り上げ、ドイツや英国の状況と比較した。前者の課題は、米国連邦政府及び州・地方政府による大学への支援が近年、不安定性を増していることに起因するもので、特に州立大学の研究活動への影響が懸念されている。これに対しドイツ、英国においては政府による大学への支援が米国に比べ調整された形で行われる状況が見られる。また、後者の大学運営に係る業務負担についても様々な課題が指摘されているが、中でも研究グラントの申請、獲得した資金の管理、研究成果の報告等については研究者に過大な負担となっているという声が上がっており、解決の方策が探られている。ドイツ、英国においても競争的研究資金の配分に伴う大学の負担増の問題への検討が進んでいる。これら各国の状況は、競争的な環境を高めようとする我が国の大学改革の取組に対しても、有益な示唆を与えるものと考えられる。

本文は p.16 へ

## 障害者スポーツ用具の技術動向

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けて、最近、我が国では障害者スポーツの注目度が高まっているが、車椅子をはじめとした障害者スポーツの用具の進化にも著しいものがみられる。素材の多様性や加工技術の進歩によって高機能の用具が開発されているが、どのスポーツ種目についても、その用具には安全性の上に耐久性や操作のしやすさなど多くの要素が求められる。競技用車椅子ではカーボン素材を随所に使用し、剛性を維持しつつ軽量化を図っており、チェアスキーは複数の国内企業がパーツ別に開発を行い、国際的に存在感のあるレベルの製品が製造されている。また、障害者スポーツ用具の世界にデザインという概念を持ち込んだ走行用義足も開発されている。現在、我が国の障害者スポーツを取り巻く環境は大きく変わりつつあり、障害者スポーツの用具も今後大きく進歩することが見込まれている。様々な技術的要件を克服しなければならない障害者スポーツ用具の世界で磨き上げられた技術は、例えば今後の超高齢化社会でも有効に活用され、2020年以降の社会へのレガシーとなることが期待される。

本文は p.23 へ

## 医療・ヘルスケアイノベーションにおける 倫理課題への対応と社会受容促進の取組 — 遺伝情報、生殖医療、ヒトキメラ、脳操作 —

医療・ヘルスケア分野のイノベーションへの期待が非常に高まっているが、本分野の技術の発展とともに、これに伴う倫理課題について、十分な考慮と社会受容を図る必要があり、各国でも様々な取組が行われている。

最近の米国の話題として、遺伝情報差別禁止法成立後も雇用等での課題があったが、「究極の個人情報」であるゲノム情報を扱った研究の進展とともに、規制・制度の整備はもちろんのこと、秘密計算（データを秘匿した状態で解析を行う技術）等のプライバシー保護技術の進歩により、リスク軽減・解消の実効性確保が急速に進みつつある。

また、米国国防高等研究計画局（DARPA）による発展型脳深部刺激のブレイン・コンピュータ・インターフェイス技術開発等も、技術の進展とともに倫理課題や社会受容促進の取組を行いつつある。

ほかには、中国でのヒト受精卵のゲノム編集の課題や、最近検討が進みつつあるヒト臓器作製等を目的とした動物性集合胚作製の課題への取組がある。

これらに対し、規範倫理学の議論、さらに試行錯誤的・漸進的な考え方に立った議論が必要であるが、より幅広い専門家や利害関係者（市民を含む）の合意形成を促進するために、ウェブを活用した双方向的な合意形成システムの構築が期待される。

本文は p.31 へ

### 特別記事

## 「科学技術動向」誌 14 年半 151 号の歩みを振り返って — 1 号～ 151 号 掲載レポート一覧とともに —

## 各国の地球観測動向シリーズ(第11回)

# 米国の地球観測活動の今後の方向性(その2) —米国の国家安全保障戦略における 気候変動への取組—

辻野 照久

### 概要

気候変動に関しては、地球温暖化のもたらす影響や今後のシナリオなどについて、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)で第5次評価報告書まで検討が行われている。これを踏まえ、温室効果ガスの排出削減に係る数値目標をポスト2015の枠組みで具体化し、各国が協力して実現すべく努力している。

米国は2015年2月に国家安全保障戦略を発表し、その中で、軍事面や経済面などの安全保障の中心的課題と並んで、気候変動に対する米国の安全保障戦略を示した。これにより、気候変動の影響緩和に取り組むため、2013年に策定した民生用地球観測戦略に続き、安全保障の観点からも戦略を策定したことになる。

米国の戦略で特に注目されるのは、温室効果ガスの排出量を2025年までに2005年レベルから26～28%削減する目標を掲げたこと、発展途上国へのクリーンエネルギー投資支援、気候的にスマートな農業への移行の援助などが含まれることである。我が国でも以前から「気候安全保障」という概念が提起されており、国家安全保障全体の中で、気候変動対応の新しい政策体系形成を目指すべく、再検討することが望まれる。

**キーワード**：国家安全保障戦略、気候変動、温室効果ガス、感染症、地球観測衛星

## 1 はじめに

気候変動に関しては、地球温暖化のもたらす影響や今後のシナリオなどについて、気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)で第5次評価報告書<sup>1,2)</sup>まで検討が行われている。これを踏まえ、温室効果ガスの排出削減に係る数値目標をポスト2015の枠組み<sup>3)</sup>で具体化し、実現に向けて努力する枠組みを各国が協力して確立しようとしている。

米国は、気候変動に取り組む戦略として、2015年2月に国家安全保障戦略<sup>4)</sup>を発表し、その中で、軍事面や経済面などの安全保障の中心的課題と並んで、気候変動に対する米国の安全保障戦略を示した。これにより、2013年に策定した民生用地球観測戦略に

続き、今回は安全保障の観点から気候変動に取り組む戦略を策定したことになる。

今回発表された国家安全保障戦略において、気候変動に対する米国の戦略は以下の5項目に要約できる。

- ①「気候行動計画」に基づき温室効果ガスの排出量を2025年までに2005年レベルから26～28%削減する。
  - ②グリーン気候基金への貢献により、発展途上国がクリーンエネルギーに投資することを助ける。
  - ③オゾン層破壊化学物質を使用しない。
  - ④気候耐久性のある農作物の生育援助や、気候的にスマートな農業への移行を促進する施策を実施する。
  - ⑤パイプラインからのメタン排出量を削減する。
- 米国における国家安全保障とは、米国の領土や国

民に危害や損害を及ぼすリスクに対し、被害を予防したり、緊急事態において適切な処置を行ったりするための対策を準備しておくことである。兵器や兵員などの軍事能力は、安全保障戦略の頂点に立つものであり、莫大な予算が投じられている。しかし、軍事力の行使は最終的な手段であり、気候変動や感染症など非軍事的な災害リスクに対してもスマートな安全保障戦略を立てておく必要があると米国は考えている。

## 2 気候変動に関連する地球観測体制

気候変動に関連する米国の地球観測衛星の運用実施計画や政府の各省庁の役割などは、既に2013年の民生用地球観測戦略<sup>5)</sup>及び2014年に発表された民生用地球観測実施計画に示されている。

### 2-1 組織

気候変動に関連する主要な組織には以下のようなものがあり、それぞれの位置付けを図表1に示す。

#### (1) 航空宇宙局 (NASA)

航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Administration : NASA) には10か所のフィールドセンターがあり、そのうちゴダード宇宙飛行センター (Goddard Space Flight Center : GSFC)、ラングレー研究センター (Langley Research Center : LaRC)、ジェット推進研究所 (Jet Propulsion

Laboratory : JPL) などで地球観測衛星のセンサの開発、衛星システムの設計、データ解析技術の研究等を行っている<sup>6)</sup>。気候変動に限らず、生態系などの他の社会利益分野に対する地球観測衛星の応用研究に力を入れている。また地球観測の技術を応用して、月・惑星の周回観測も行っている。

#### (2) 海洋大気庁 (NOAA)

商務省 (Department Of Commerce : DOC) に属する海洋大気庁 (National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA) は気象や大気に関するサービスを提供するため、静止気象衛星「ゴウズ (GOES)」と極軌道気象衛星「ポウズ (POES、又はノア (NOAA))」などを運用している。衛星の開発から打上げまではNASAが実施し、軌道上で運用可能な状態になってからNOAAが引き継いで、定常的な観測運用に供する。

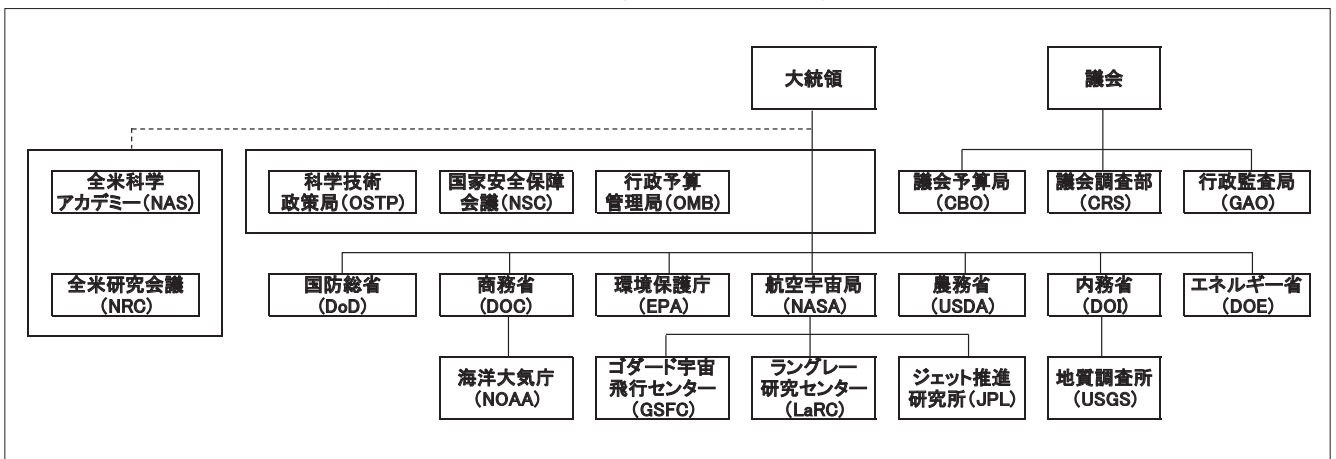
#### (3) 地質調査所 (USGS)

内務省 (Department Of Interior : DOI) に属する地質調査所 (United States Geological Survey : USGS) は土地利用の調査や全世界の地震の観測などを行っており、陸域観測衛星「ランドサット (Landsat)」を運用している。Landsat衛星もNOAAの衛星と同様にNASAが衛星開発及び打上げを行い、USGSが引き継いで国土の観測を定常的に行っている。またLandsat衛星の観測データは多くの国で受信され、全世界的に利用されている。

#### (4) 農務省 (USDA)

農務省 (United States Department of Agriculture : USDA) は、独自の衛星は保有していないが、NASAの「Aトレイン」(テラ (Terra)、アクア (Aqua)、オーラ (Aura) などの地球観測衛星で構成される一列縦隊衛星群) など各種の衛星画像を利用して農業

図表1 気候変動に関連する米国政府の地球観測関連組織



出典：米国政府のホームページなどを基に科学技術動向研究センターにて作成

生産統計<sup>7)</sup>や各種の気候変動研究用ツールの提供<sup>8)</sup>などを行っている。

(5) 環境保護庁 (EPA)

環境保護庁 (Environmental Protection Agency : EPA) は、自然環境保護を目的とし、土壌・水・大気などの汚染状況を監視している。大気の質については、NASA の衛星データを利用して「AirNow」という指数地図を提供している。

(6) 大学

オレゴン州立大学、パデュー大学、コーネル大学など多数の大学で気候変動に関連する研究が行われている。オレゴン州立大学にはオレゴン気候変動研究センター (Oregon Climate Change Research Institute : OCCRI)<sup>9)</sup>が設置されている。

メラによる気象観測を目的とした地球観測衛星「タイロス (TIROS)」を打ち上げた。それ以来、2014年8月までに米国が打ち上げた地球観測衛星は602機あり、そのうち運用を終了した衛星は526機である。また76機ある運用中の地球観測衛星の中でも、偵察衛星や早期警戒衛星などの軍事衛星は仕様や軌道などが機密とされているため、それらを除外すると、運用中の気象衛星 (軍事を含む) と民生用地球観測衛星は31機ある。

民生利用可能な地球観測衛星は、NASA、NOAA、USGS、民間企業、米空軍 (United States Air Force : USAF) などが運用しており、特にNASAの「Aトレイン」と呼ばれる衛星群は1機ごとに異なる機能を持つ多数の衛星が隊列をなして極軌道を周回し、陸域・海域・大気・降雨・雪氷・雲などの観測を分担して行っている。

図表2に気候変動に関連する地球観測衛星の概況を示す。

## 2-2 気候変動に関連する地球観測衛星

米国の地球観測衛星は国防総省 (Department of Defense : DoD) や国家偵察局 (National Reconnaissance Office : NRO) などの情報機関が運用する安全保障目的のものと、NASA や NOAA などの民生目的のものに大別される。米国の国家安全保障 (National Security) という観点からこれらの衛星群を見ると、得られたデータが機密か公開か、利用目的などで差異があるものの、光学やレーダなど観測センサの基本技術面では共通点が多く、いずれも国家安全保障戦略に沿った活動である。米国は1960年に可視光カ

## 3 2015年国家安全保障戦略から見る気候変動問題への貢献

### 3-1 米国内の活動

米国では、「気候変動は、自然災害、難民の流動、食料や水などの基礎的な資源に係る紛争の増加をもたらし、米国の国家安全保障に対して緊急かつ増大する脅威である。今日、気候変動の影響が北極から

図表2 気候変動に関連する地球観測衛星

	衛星名	所有機関	打上げ年	総数	運用中
気象衛星	GOES	NOAA	1975-2010	15	3
	POES		1970-2009	20	3
	Suomi NPP		2011	1	1
	DMSP	USAF	1962-2014	46	7
地球観測衛星	Landsat	USGS	1972-2014	7	1
	EO (Terra 他)	NASA	1999-2004	4	4
	Cloudsat		2014	1	1
	OCO-2		2014	1	1
	GPM Core	NASA/JAXA	2014	1	1
Jason	NASA/CNES	2001-2008	2	2	
計				98	24

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

米国中西部に至るまで感じられている。海面上昇や嵐は沿岸地域のインフラ、財産を脅かしている。一方では、インフラの準備や修理のコストが増大して世界経済を苦しめている。」という認識を強く持っている。

また「最近の6年以上にわたって、米国の温室効果ガス排出量は、総量で他のどの国よりも大きく減少している。米国の気候行動計画<sup>10)</sup>や関連する実施行動を通じ、温室効果ガスの排出量を2025年までに2005年レベルから26~28%を削減する目標を掲げている。さらに、米国連邦政府は州と民間の公益事業団体とともに、発電所が空气中に放出する炭素の汚染物質総量の削減に、初めて基準を設定する。また、気候の影響に対するレジリエンス（回復力）を強化し、脆弱性の解消に取り組んでいる。」と現状や今後の計画について言及している。米国は2009年にコペンハーゲンで開催された第15回気候変動枠組条約締約国会議（15<sup>th</sup> Conference Of the Parties: COP-15）当時、2020年までに2005年比で17%削減を目標にしていた。それに比べれば今回の削減目標26~28%というのは大幅に目標を高くし、途上国に対するクリーンエネルギー化の支援等も含め、世界のリーダー国たる決意を表明したものと評価できる。なお、発電所の汚染物質総量削減基準はEPAが2014年6月に提案したものである。最終的な基準は2015年夏に決定される見込みである<sup>11)</sup>。

## 3-2 国際社会における貢献

米国は、2009年のCOP-15での決定<sup>12,13)</sup>をベースに国際的な交渉を確実にし、今後10年間の予防、準備及び対応のための標準を形成するという野心的な新しい世界気候変動協定に取り組んでいる。2014年11月、世界の二大放出国である米国と中国の両首脳が北京で会合し、炭素汚染を減らすために顕著な行動を取るという画期的な合意に達した<sup>14)</sup>。

また、2014年11月16日にブリスベンで開催されたG20サミットにおいては、日米両国は気候変動分野での途上国支援を行う「緑の気候基金」(Green Climate Fund: GCF)<sup>15)</sup>に対する拠出を表

明した。

米国は、国際開発庁（United States Agency for International Development: USAID）が資金を拠出してアフリカの起業家とクリーンエネルギープロジェクトで提携し<sup>16)</sup>、「Feed the Future」というプログラムで発展途上国の農民に対して気候的にスマートな農業や、より耐久性のある作物の生育の実践を援助している<sup>17)</sup>。また、パイプラインからのメタン排出量を削減し<sup>18)</sup>、環境製品の自由貿易協定を結ぶための集団行動を促進している<sup>19)</sup>。

## 4 まとめ

米国で気候変動の影響が顕著にみられるのはアラスカなどの北極圏における氷の変動と生態系の変化、米国中西部における大規模災害の増加などである。また、グローバルな視点からは、米国以外での気候変動の影響として食糧や水などの資源の不足に由来する紛争の発生や、大規模災害による難民の大量発生、海面上昇による国土の存亡の危機に直面している国の存在など、米国として座視できない脅威が懸念されている。また、気候変動の研究で利用されている米国の地球観測衛星群は、感染症の発生源の全球的な監視にも役立っており、地上の検知システムや医療活動などと並んで感染症のリスク対策の重要な要素技術となっている。

米国にとって、気候変動に取り組むための戦略の第一歩は、平均気温上昇を食い止めるための具体的な行動として、自らが温室効果ガスの排出を削減し、汚染物質の総量を削減することである。世界の二大炭素排出国となっている米国と中国の両首脳が、2014年11月に北京で会合し、排出規制を行うことに合意した<sup>14)</sup>ことで、世界全体の排出削減につながることを期待される。

我が国でも以前から「気候安全保障」<sup>20)</sup>という概念が提案されているが、8年経てもまだ定着したとはいえない状況である。米国の国家安全保障戦略が気候変動を含めたことに倣って、国家安全保障全体の中で、気候変動対応の新しい政策体系形成を目指すべく、再検討することが望まれる。

## 参考文献

- 1) IPCC 第5次評価報告書のウェブサイト：<https://www.ipcc.ch/report/ar5/>
- 2) 梅沢加寿夫、「IPCC 第5次評価報告書と今後の展開」、科学技術動向、2015年5月、No.150、p.26-33：  
<http://hdl.handle.net/11035/3046>

- 3) ポスト 2015 のウェブサイト : <http://www.post2015.jp/>
- 4) National Security Strategy、2015年2月、米国大統領府 :  
[https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/2015\\_national\\_security\\_strategy\\_2.pdf](https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/docs/2015_national_security_strategy_2.pdf)
- 5) 辻野照久、「各国の地球観測動向シリーズ (第1回) 米国の地球観測活動の今後の方向性」、科学技術動向、2013年7月、No.136、p.32-36 : <http://hdl.handle.net/11035/2398>
- 6) NASA の地球観測プログラムのウェブサイト : <http://eosps.nasa.gov/>
- 7) 辻野照久、「各国の地球観測動向シリーズ (第9回) 衛星画像を利用した農業生産統計」、科学技術動向、2014年7月、No.145、p.26-30 : <http://hdl.handle.net/11035/2965>
- 8) Climate Change and Carbon Tools、USDA のウェブサイト : [http://www.fs.usda.gov/ccrc/tools/list?quicktabs\\_toolstab=2](http://www.fs.usda.gov/ccrc/tools/list?quicktabs_toolstab=2)
- 9) オレゴン気候変動研究センターのウェブサイト : <http://occri.net/>
- 10) The President's Climate Action Plan、2013年6月 :  
<http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/image/president27sclimateactionplan.pdf>
- 11) 発電所の排出ガス削減に関するファクトシート、環境保護庁、2015年1月 :  
<http://www2.epa.gov/carbon-pollution-standards/fact-sheet-clean-power-plan-carbon-pollution-standards-key-dates>
- 12) Copenhagen Climate Change Convention (第15回気候変動枠組条約締約国会議 (COP-15)) :  
[http://unfccc.int/meetings/copenhagen\\_dec\\_2009/meeting/6295.php](http://unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/meeting/6295.php)
- 13) 平野章生、「AAAS 科学技術政策年次フォーラム (2009) 報告」、科学技術動向、2009年7月、No.100、p.19-26 :  
<http://hdl.handle.net/11035/2059>
- 14) U.S.-China Joint Announcement on Climate Change、ホワイトハウス、2014年11月 :  
<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2014/11/11/us-china-joint-announcement-climate-change>
- 15) Green Climate Fund (GCF) のウェブサイト : <http://www.gcfund.org/about/the-fund.html>
- 16) SEFA and Partners Launch Competition for Clean Energy Entrepreneurs in West Africa、アフリカ開発銀行、2013年 :  
<http://www.afdb.org/en/news-and-events/article/sefa-and-partners-launch-competition-for-clean-energy-entrepreneurs-in-west-africa-11636/>
- 17) Feed the Future のウェブサイト : <http://feedthefuture.gov/>
- 18) Direct measurements show lower local methane emissions、ワシントン州立大学 :  
<https://news.wsu.edu/2015/03/31/direct-measurements-show-lower-natural-gas-methane-emissions/>
- 19) Environmental Goods Agreement、米国通商代表部のウェブサイト :  
<https://ustr.gov/trade-agreements/other-initiatives/environmental-goods-agreement>
- 20) 気候安全保障 (Climate Security) に関する報告、平成19年5月、中央環境審議会地球環境部会  
気候変動に関する国際戦略専門委員会 : [https://www.env.go.jp/earth/report/h19-01/01\\_main.pdf](https://www.env.go.jp/earth/report/h19-01/01_main.pdf)

..... 執筆者プロフィール .....



**辻野 照久**

科学技術動向研究センター 客員研究官

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

専門は電気工学。旧国鉄で新幹線の運転管理、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。現在は国立研究開発法人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、国立研究開発法人科学技術振興機構 (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、米国切手は約4,500種類を保有。



# 米国の基礎研究・学術研究基盤における 課題と改善への取組 —ドイツ及び英国との比較を通して 得られる我が国への示唆—

遠藤 悟

## 概 要

米国のいわゆる研究大学については、他の国々の大学をしのぐ優れた研究活動が行われているという認識が共有されている反面、近年幾つかの課題も指摘されている。本稿においては、指摘された課題の中でも「A. 大学の研究基盤の弱体化」と「B. 大学運営に必要な業務の負担の増大」の二つを取り上げ、ドイツや英国の状況と比較した。前者の課題は、米国連邦政府及び州・地方政府による大学への支援が近年、不安定性を増していることに起因するもので、特に州立大学の研究活動への影響が懸念されている。これに対しドイツ、英国においては政府による大学への支援が米国に比べ調整された形で行われる状況が見られる。また、後者の大学運営に係る業務負担についても様々な課題が指摘されているが、中でも研究グラントの申請、獲得した資金の管理、研究成果の報告等については研究者に過大な負担となっているという声が上がっており、解決の方策が探られている。ドイツ、英国においても競争的研究資金の配分に伴う大学の負担増の問題への検討が進んでいる。これら各国の状況は、競争的な環境を高めようとする我が国の大学改革の取組に対しても、有益な示唆を与えるものと考えられる。

**キーワード：**米国，ドイツ，英国，連邦政府予算と州政府予算，大学の業務負担，ドイツ高等教育協約，REF2014

## 1 はじめに

米国のいわゆる研究大学については、他の国々の大学をしのぐ優れた研究活動が行われていることが広く認識されているが、近年、アカデミックコミュニティ等から幾つかの懸念材料が指摘されている。筆者は、科学技術動向2015年5・6号に「予算案を通してみる米国の科学技術政策動向—独英の基本政策文書との比較—」を執筆した<sup>1)</sup>。この稿において、米独英の基本政策の比較を行った上でこのことに言及したが、本稿においてはこの懸念材料を「A. 大学の研究基盤の弱体化」と「B. 大学運営に必要な業務の負担の増大」という二つ課題として整理し、それぞれについてドイツ、英国との比

較を行うことにより米国の基礎研究・学術研究の特徴を明らかにすることを試みるとともに、その過程で得られた我が国における政策形成の参考になると考えられる知見を記す。

## 2 米国の大学に対する財政支援の課題とドイツ及び英国の状況(「A. 大学の研究基盤の弱体化」に関する検討)

### 2-1 米国、ドイツ、英国の大学の特徴

米独英の各国は、いずれも優れた研究大学を擁し、強固な基礎研究・学術研究基盤を形成していると言

われている。そして、その背景には各国政府による十分な財政的な学術研究への支援がある。図表1においては、米独英の各国及び日本の大学部門の研究開発費と、政府及び政府以外の負担の内訳を記した。

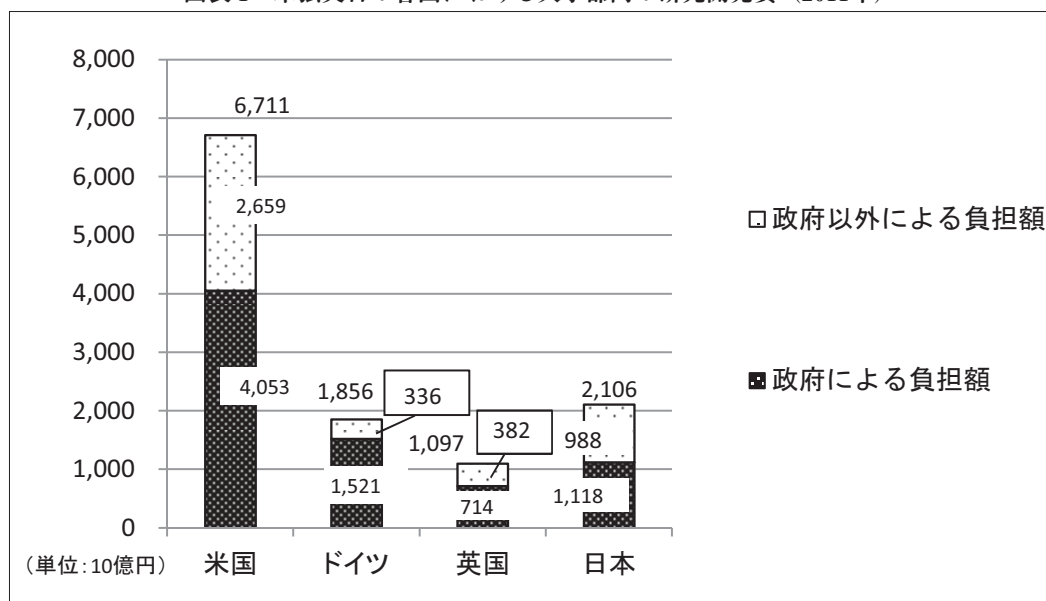
## 2-2 米国の研究開発費の伸びとその背後にある課題

科学技術指標 2014 統計集に掲載された、大学部門の研究開発費の指数の推移を抜粋したものを図

表2に示す<sup>2)</sup>。この数字を見るとここ10年余りの期間、米国は研究活動の規模を大きく拡大してきたように見えるが、一方で米国内においては基礎研究・学術研究への投資は十分ではないとの意見も聞かれる。

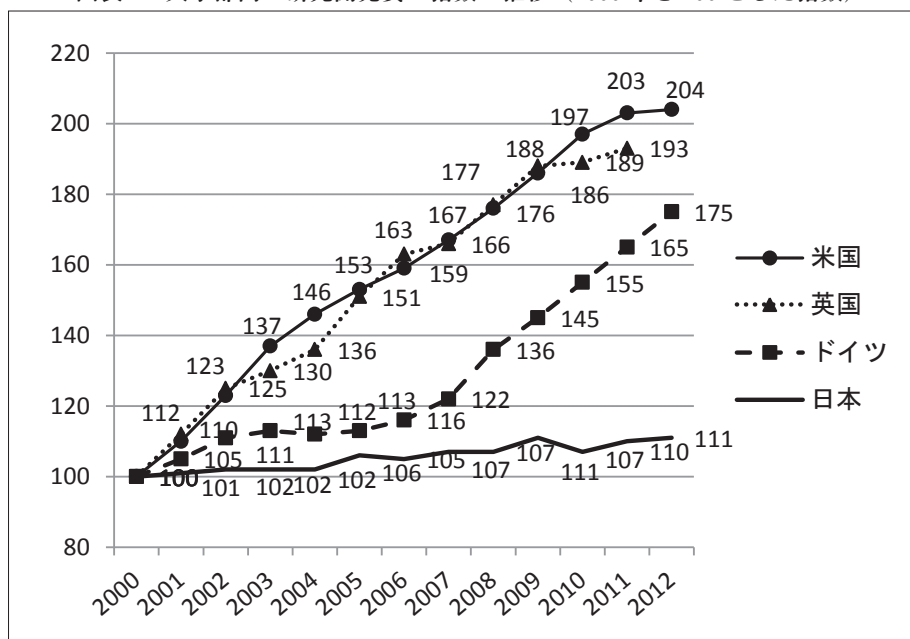
2000年以降の米国連邦政府の大学に対する研究開発支援は、2003年度には5年間継続した国立衛生研究所(National Institutes of Health: NIH)への予算倍増期間が終了した。そしてこの時期に同時多発テロ後の国防研究開発予算の増とそれ以外の予算の停滞、あるいは実質的な削減の傾向が始まっ

図表1 米独英日の各国における大学部門の研究開発費(2011年)



注：OECD 購買力平価換算による日本円の額を記載した。日本の額はOECD 推計値である。  
 出典：科学技術指標 2014 統計集 表 1-3-13 主要国における大学部門の研究開発費の推移、及び表 1-3-15 主要国における大学の研究資金の負担構造の変化を基に科学技術動向研究センターにて作成

図表2 大学部門の研究開発費の指数の推移(2000年を100とした指数)



出典：科学技術指標 2014 統計集 表 1-5-3 大学部門の研究開発費の指数の推移を基に科学技術動向研究センターにて作成

たことにより、連邦政府の研究開発予算の重点は大きく変化した。2000年代後半には基礎研究の強化を含む競争力強化のための政策が推進された。リーマンショック後は景気後退に対応する形で、一時的に米国再生・再投資法（American Recovery and Reinvestment Act: ARRA）により多額の公的支出が行われたが、その後は予算管理法に示された財政規律の確保のため、研究開発予算も厳しい制限が課せられることとなった。現在は、連邦政府予算の拡大が期待できる状況となり、大学からは安堵の声も聞かれるが、このようなここ十数年の連邦政府の研究開発予算の変化は、大学の財源の大きな不安定要素をもたらし、長期的観点に立って行われるべき人材育成を含む基礎研究・学術研究活動の向上の妨げとなっているという声が多く聞かれる。この問題については、様々な形で情報が取りまとめられ、また、改善の提言が行われている。NIHの現状については、NIHの所外研究担当次長（Deputy Director for Extramural Research）のSally Rockeyが公開しているブログ、Rock Talkにおいて研究支援全般にわたる情報が報告されており、人材育成に関する話題も多い。また、NIH以外の機関を含む連邦政府支援と人材育成を扱った最近の報告書も公開されている<sup>3)</sup>。

一方、公立大学における州・地方政府との関係については、例えば国立科学財団（National Science Foundation: NSF）に設置された国家科学審議会（National Science Board: NSB）が2012年に「減少する資金配分と増大する期待：公立研究大学の動向と課題」と題する報告書を刊行し、州・地方政府が、公立大学に対する支出を削減し、あるいは増大する大学の費用に対応する予算配分を行っていないことを指摘し、教育・人材育成面における悪影響に加え、連邦政府による競争的研究資金の間接経費で賄えない支出における支障などの問題に言及している<sup>4)</sup>。

米国における公的資金による大学への支援は、連邦政府と州・地方政府がそれぞれ独自に、必ずしも調整されてはいない形で行われる。このことは米国の大学の多様性や競争性を高める要因になったと言える反面、財政面での引締めなどの政策が同時に行われれば、大学に対しより深刻な影響が及ぶ可能性があるという問題もはらむものと言える。

## 2-3 ドイツ政府による大学への支援の変化

ヨーロッパ各国においては、大学への公的資金の

配分の手順は基盤的経費と競争的研究資金の双方による、いわゆるデュアルサポートシステムが一般的であるが、双方の資金の比率や評価などを通じた配分の手順などは国により異なる。例えば、ドイツにおいては基盤的経費の配分は州政府の責任とされ、連邦政府は競争的資金を通して大学を支援するという基本的な枠組みとなっており、外形上は米国のシステムと類似性が見られる。しかしながら、科学技術動向の前号（2015年5・6月号）において触れたとおり、高等教育協約等に基づき大学への支援は連邦政府と州政府の間で政策の一貫性が担保されている<sup>1)</sup>。

州政府による大学への基盤的経費の配分のための評価の指標や手順は州により異なるが、一般に教員数、学生数、学位授与数などを参照することにより行われており、比較的安定度は高い。

ドイツ研究振興協会（Deutsche Forschungsgemeinschaft: DFG）により配分される研究資金は、研究者からの研究提案に対し、学術的観点による評価を通じ競争的に配分されるが、州による基盤的経費とDFGによる競争的資金のそれぞれの財源の位置付けが明白に区分されていることがドイツの特徴と言える。

近年、ドイツの各大学はDFGによる競争的研究資金を含む外部資金の獲得に積極的になっており、それにより大学の財務内容も変化しつつある<sup>5)</sup>。しかし、大学の財源の半分近くを占める州による十分に安定的な基盤的経費の配分が確保されているという事実は、変化の中であって大学が自律的に長期的な基礎研究・学術研究を行う環境が整備されていると言うことができる。

## 2-4 英国の政府による大学への支援の変化

英国においては、高等教育助成会議（Higher Education Funding Council）と研究会議（Research Council）によるデュアルサポートシステムが採られているが、高等教育助成会議による基盤的経費の配分においても一部については研究の卓越性による評価が行われている<sup>6)</sup>。高等教育財政会議が配分する資金のうち研究関連が占める割合は、例えば2013/14年度においては45億200万ポンドの総配分額のうち、15億5,800万ポンドである。この最新の評価は、2014年に実施されたREF（Research Excellence Framework）2014であるが、その前は2008年に実施されたResearch Assessment Exercise（RAE）であり、6年の間隔がある（それ

以前のRAEについても4~7年に一度の間隔で実施されている)。REFについては、それまでのRAEに対し幾つもの点で新たな取組が見られるが、この制度の検討は2006年の政府発表に始まり、2007年から2010年にかけての高等教育助成会議による調査分析に基づく検討結果の報告を経て2011年に決定されたものである<sup>7)</sup>。このような比較的長い時間をかけて計画され、また十分な間隔のある評価実施時期の設定は、大学の長期的視野に立った研究活動への取組を促すものと考えられる。

なお、英国の大学においては高等教育助成会議により配分される資金の額が近年比較的急激に減少しているが、これと並行して授業料等による収入が拡大している<sup>8)</sup>。このような財源の変化の背景には授業料を支払う学生に対する資金貸与のための大規模な財政支出がある。このような政策が持続性を持つものであるかといった点等は将来の政策検討の課題であるが、少なくとも大学の側にとっては、基盤的経費の削減の中で今後も総体として安定的な財源を確保できるような措置がなされているという点で、政策の一貫性を見ることができる。

### 3 資金配分から見る大学運営に必要な業務の負担の増大に関する検討

#### 3-1 米国における大学運営に必要な業務の負担の増大の指摘

近年、米国においては連邦政府により課せられる規制や報告等の義務に対応することが、大学の大きな負担となっているとの声が上がっており、その対

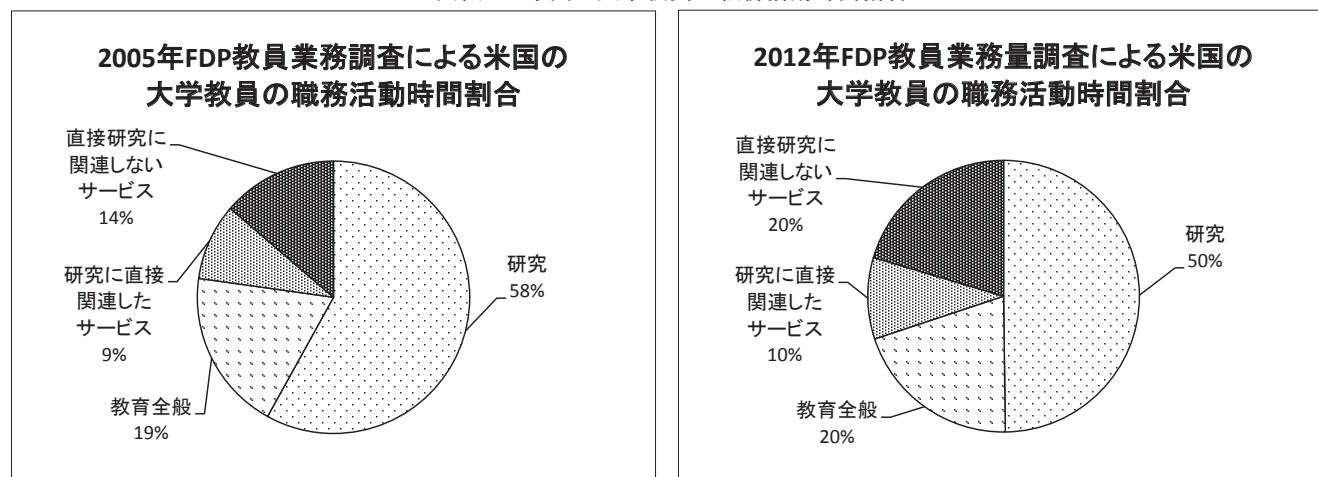
応が検討されている。

ナショナルアカデミーズは2012年に発表した「研究大学と米国の未来：我々の国家の繁栄と安全に不可欠な10のブレークスルーアクション」報告書における提言の第一に、「連邦政府は、大学が行う研究開発及び大学院教育に対し、安定的で効果的な政策、事業実施及び資金配分を行うこと」が必要であるとしているが、ここで示された効果的な政策には不必要な規制による大学の負担の改善も含まれている<sup>9)</sup>。

また、連邦政府資金を受領する119の大学等機関が参加するFederal Demonstration Partnership (FDP) は、2012年に連邦政府資金を受領する研究代表者 (PIs) を対象として連邦政府の規制や要件が研究活動に与える影響に関する調査を実施し、「2012 FDP 教員業務量調査：研究報告」を発表した。図表3は、同報告に掲載された教員の勤務時間の統計に基づき作成したグラフである。これによると2005年に比べ教員の業務負担が過重になっているという問題が指摘されている<sup>10)</sup>。

さらに、NSBは連邦政府による規制や報告義務の問題に関する「事務負担タスクフォース」を設置し、意見募集を行った上で、2014年3月に「連邦政府から資金配分される研究にかかる研究者の事務負担の低減に向けて」報告書を発表したが、そこに示された課題には、大学における連邦政府の資金管理、グラント申請における手順及び資金受領後の様々な報告義務、ヒトを対象とした研究に関連する諸手続や義務、実験動物に関連する諸手続や義務等が示されている<sup>11)</sup>。これらの連邦政府による大学に対する規制や義務については、ヒトを対象とした研究に関連する諸手続等、米国に限らず各国において同様の規制や義務が課せられるものもあるが、連邦政府の競

図表3 米国の大学教員の職務活動時間割合



出典：FDP 2012 Faculty Workload Survey RESEARCH REPORT Table 4. Comparison of Reported Workload Distributions in 2005 and 2012 のデータを基に科学技術動向研究センターにて作成

争的研究資金の獲得に関連して受け入れた資金の管理、グラントの獲得に付随する申請書作成や研究成果報告にかかる業務等、米国において特に顕著に見られる競争性の高い資金配分システムに関連するものも多く含まれている。

この問題への対応としては、大統領府の管理予算局（Office of Management and Budget: OMB）をはじめとする行政府において、規定の簡素化などの取組が行われた<sup>12)</sup>。また、議会でも上院の関係委員会にタスクフォースが設置され、検討が行われるなど改善の取組がみられるが、連邦政府資金配分の基本的な枠組みに関することが含まれているため、改善までの道のりは遠いと考えられる<sup>13)</sup>。

### 3-2 ドイツにおける業務負担の問題とヨーロッパの大学全般における論議

ドイツにおいては、DFGのグラントに間接経費が措置されるという形で競争的な資金の獲得が大学の負担の増加要因とならないような配慮がなされている。しかし間接経費が20%という比率は少なくともグラントの獲得が大学全体の教育研究活動を向上させるには不十分である。この比率を22%に増加させることは2014年に高等教育協約において決定されているが、更に高率の間接経費が必要とする意見も見られる<sup>14,15)</sup>。ただし、この意見においても間接経費を増額すべきとする根拠は、グラント等の獲得に付随した新たな負担に対する財源が必要というものであり、州による基盤的経費により賄われる研究以外の教育や事務運営に必要な経費を補うことまで求めるものではない。

### 3-3 英国における業務負担の問題とヨーロッパの大学全般における論議

英国においてはREF2014の実施を計画する際に業務負担の問題についても検討が行われている。英国においては、研究会議により配分される競争的研究資金に間接経費を措置する制度とはなっていない。研究会議に研究グラントの申請を行う場合は、いわゆる間接経費分を含めた経費をフルエコノミックコストとして積算するが、研究会議から配分されるグラントの額はフルエコノミックコストの80%で、残りの20%については資金を受領する大学等において措置する必要がある。英国の大学においては、高等教育財政会議から交付される基盤的経費等の安定した財務基盤があることがこのような制度による

資金配分を可能としていると考えられる。

REFの制度は2006年に政府発表が行われた後、高等教育助成会議で大学における評価資料の作成に係る業務負担と、高等教育助成会議の評価パネルにおける業務負担の双方について検討が行われている。大学における評価資料の作成に係る業務負担については、2010年に委託先が作成した「REF研究インパクト試行的実施による知見のプロジェクト：試行的な資料提出のフォードバック」報告書において取りまとめられており、REFの制度に設計に際し参照されている<sup>16)</sup>。

## 4 米独英の比較検討を通じた我が国の基礎研究・学術研究の向上に向けた検討の方向性

### 4-1 米独英の大学との比較を通じた検討の観点

米独英の比較を通して得られる知見としては、政府における政策の協調性や一貫性があると考えられる。米国においては、大学側にとって連邦政府による競争的研究資金の配分が不安定な中、州・地方政府の基盤的経費の支援の低下が懸念される状況が生じた。また、私立大学においてはリーマンショック後の景気後退の際に、私立大学の基金収入が大幅に減少した。現在の状況は改善に向かいつつあるとしても、基盤的経費と競争的研究資金の配分が協調的に行われえないという構造的な問題は変わらないと言える。

これに対しドイツでは、大学における外部資金獲得を増加させる取組が行われる中、高等教育協約により、連邦政府と州政府が協調的に大学への支援を拡大させている。

また、英国においては、高等教育財政会議による基盤的経費が削減されても、大学が収入を確保するための財政的措置が取られることにより、REF2014による基盤的経費の競争的部分や研究会議による競争的研究資金の機能が損なわれずに維持できていると言える。

このような事例は、我が国において求められている競争的資金の拡充に向けた取組において、基盤的経費がどのように配分されるべきかといった検討に有効な示唆を与えるものと考えられる。

## 4-2 大学の業務負担の観点

大学運営に必要な業務の負担の増大に関しては、我が国でも指摘されている教員の研究時間の減少という問題を引き起こす原因となるものである。本稿では米国の大学における業務負担の増大の問題の背景の一つに同国に特徴的な競争的な資金配分システムがあると言われている状況を示した。また、ドイツ及び英国においては競争的な環境が拡大する中で、グラント等の資金配分に伴い発生する諸業務の増加に対しそれぞれ異なる取組が行われていることを報

告した。

我が国においても競争的研究費の改革に関する検討が進められており、業務負担の問題も取り上げられている。我が国の競争的研究資金制度は米独英の各国の制度と異なるため、これらの国の事例がそのまま我が国の参考となるものではないが、例えば米国においてはアカデミックコミュニティー、予算担当官庁、議会など幅広いステークホルダーが関与した取組となっていること、また、ドイツや英国においては、基盤的経費との関係において米国とは異なる取組が行われていることなど、より幅広い視点から参考となる事例は多いと考えられる。

## 参考文献

- 1) 遠藤悟、「予算案を通してみる米国の科学技術政策動向—独英の基本政策文書との比較—」、科学技術動向、150号、2015年5月、pp34-43 : <http://hdl.handle.net/11035/3046>
- 2) 科学技術・学術政策研究所、科学技術指標 2014 統計集 表 1-5-3 大学部門の研究開発費の指数の推移 : <http://hdl.handle.net/11035/2935>
- 3) Committee on Science, Engineering, and Public Policy; Policy and Global Affairs; National Academy of Sciences; National Academy of Engineering; Institute of Medicine、The Postdoctoral Experience Revisited、2014 : <http://www.nap.edu/catalog/18982/the-postdoctoral-experience-revisited>
- 4) National Science Board、Diminishing Funding and Rising Expectations: Trends and Challenges for Public Research Universities、2012 : [http://www.nsf.gov/nsb/publications/pub\\_summ.jsp?ods\\_key=nsb1245](http://www.nsf.gov/nsb/publications/pub_summ.jsp?ods_key=nsb1245)
- 5) Statistisches Bundesamt、Bildungsfinanzbericht 2014、p65、2014 : [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/BildungForschungKultur/BildungKulturFinanzen/Bildungsfinanzbericht1023206147004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/BildungForschungKultur/BildungKulturFinanzen/Bildungsfinanzbericht1023206147004.pdf?__blob=publicationFile)
- 6) HEFCE、Summary and key documents : <http://www.hefce.ac.uk/funding/annalocns/1314/>
- 7) HEFCE、REF2014 Background : <http://www.ref.ac.uk/about/background/>
- 8) HEFCE、Financial health of the higher education sector: 2013-14 to 2016-17 forecasts、2013 : <http://www.hefce.ac.uk/pubs/year/2014/201426/>
- 9) Committee on Research Universities; Board on Higher Education and Workforce; Policy and Global Affairs; National Research Council、Research Universities and the Future of America: Ten Breakthrough Actions Vital to Our Nation's Prosperity and Security、2012 : [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=13396](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13396)
- 10) Federal Demonstration Partnership、2012 FDP Faculty Workload Survey: Research Report、2014 : [http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/pgasite/documents/webpage/pga\\_087667.pdf](http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/pgasite/documents/webpage/pga_087667.pdf)
- 11) National Science Board、Task Force on Administrative Burden、Reducing Investigators' Administrative Workload for Federally Funded Research、2014 : [http://www.nsf.gov/nsb/publications/pub\\_summ.jsp?ods\\_key=nsb1418](http://www.nsf.gov/nsb/publications/pub_summ.jsp?ods_key=nsb1418)
- 12) Office of Management and Budget、Uniform Administrative Requirements, Cost Principles, and Audit Requirements for Federal Awards、2014 : <https://www.federalregister.gov/articles/2013/12/26/2013-30465/uniform-administrative-requirements-cost-principles-and-audit-requirements-for-federal-awards>
- 13) Senate Health, Education, Labor and Pensions Committee、Report of the Task Force on Federal Regulation of Higher Education: Recalibrating Regulation of Colleges And Universities、2015 : [http://www.help.senate.gov/imo/media/Regulations\\_Task\\_Force\\_Report\\_2015\\_FINAL.pdf](http://www.help.senate.gov/imo/media/Regulations_Task_Force_Report_2015_FINAL.pdf)
- 14) BMBF、Grundsatzentscheidungen für die Wissenschaft、2014.12.11 [Pressemitteilung 137/2014] : <http://www.bmbf.de/press/3703.php>

- 15) German U15、University funding、2013.2 :  
<http://www.german-u15.de/en/statements/Hochschulfinanzierung/index.html>
- 16) HEFCE、REF2014、REF Research Impact Pilot Exercise Lessons-Learned Project: Feedback on Pilot Submissions、2010 : <http://www.ref.ac.uk/pubs/refimpactpilotlessons-learnedfeedbackonpilotsubmissions/>

..... **執筆者プロフィール** .....



**遠藤 悟**

科学技術動向研究センター 客員研究官

<http://homepage1.nifty.com/bicycletour/sci-index.htm>

研究対象は米国を中心とした科学政策。2000年に「米国の科学政策」HPを開設し、政策動向を発信している。本務は独立行政法人日本学術振興会グローバル学術情報センター専門調査役・分析研究員。国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター特任フェローを兼ねる。

# 障害者スポーツ用具の技術動向

相馬 りか

## 概要

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けて、最近、我が国では障害者スポーツの注目度が高まっているが、車椅子をはじめとした障害者スポーツの用具の進化にも著しいものがみられる。素材の多様性や加工技術の進歩によって高機能の用具が開発されているが、どのスポーツ種目についても、その用具には安全性の上に耐久性や操作のしやすさなど多くの要素が求められる。競技用車椅子ではカーボン素材を随所に使用し、剛性を維持しつつ軽量化を図っており、チェアスキーは複数の国内企業がパーツ別に開発を行い、国際的に存在感のあるレベルの製品が製造されている。また、障害者スポーツ用具の世界にデザインという概念を持ち込んだ走行用義足も開発されている。現在、我が国の障害者スポーツを取り巻く環境は大きく変わりつつあり、障害者スポーツの用具も今後大きく進歩することが見込まれている。様々な技術的要件を克服しなければならない障害者スポーツ用具の世界で磨き上げられた技術は、例えば今後の超高齢化社会でも有効に活用され、2020年以降の社会へのレガシーとなることが期待される。

**キーワード：**障害者スポーツ，パラリンピック，車椅子，チェアスキー，義足

## 1 はじめに

2012年のロンドンパラリンピックでは、8万人のスタジアムが満席となった。また、国内でも車椅子テニスのグランドスラム4大会のテレビ中継が2015年のシーズンから始まる<sup>1)</sup>など、障害者スポーツの報道も増え、我が国でもその注目度は高まりつつある。近代における障害者スポーツは、リハビリテーションの補助的な方法として第二次世界大戦以降、世界各国に広まったが<sup>2)</sup>、今日の大規模な競技会では、国内外を問わず、リハビリテーションをはるかに超えた高い競技レベルとなっている。この背景として、アスリートのトレーニングによる身体能力の向上はもちろんだが、多くの種目で用具の進化が挙げられる。本稿では、障害者スポーツでは歴史の長い車椅子、日本の製品が世界のトップクラスの性能を持つチェアスキー、板バ

ネの有利性がマスコミで話題となった義足の技術要素と、関連する用具について紹介する。

## 2 スポーツ用具の事例紹介

### 2-1 スポーツ用車椅子の種類

車椅子でのスポーツの歴史は古く、パラリンピックの起源とされ、1948年のロンドンオリンピックと同時に英国で開催された、「ストーク・マンデビル競技会」で行われた競技は車椅子患者によるアーチェリーであった<sup>2)</sup>。車椅子スポーツの普及とともにレベルが向上し、リハビリテーションや治療よりもその競技性が注目されるにつれ、種目の競技特性に応じた機能を持つ車椅子が開発されるようになり、今



日のスポーツ用車椅子の形状は、競技種目によって大きく異なる（図表1）。

### 2-1-1 レース用車椅子

1975年に初めて車椅子ランナーがボストンマラソンに参加<sup>3)</sup>して以来、より速く走行できることを追求し、競技規定に対応しつつ、様々な改善が行われた結果、現在のレース用車椅子は直進走行時の安定性に優れた前輪が大きく前方に出た3輪が主流となった。後輪は安定性と漕ぎやすさのために、地面に近い部分が広くなるよう取り付けられている（図表1左）。フレームには軽く剛性を兼ね備えた素材としてアルミニウム合金やチタン合金のほか、近年は振動の吸収率が高いとされるカーボンファイバーも使用される。後輪にはエネルギーロスの少ないディスクホイールのものが最近では好まれている。これは自転車からの転用で、横風による空気抵抗が大きいものの、軽く剛性が高い。他にも自転車と共有されているパーツは多い。作製に当たっては、ユーザーの体格、障害の状況、筋力などに応じた調整が不可欠である。

我が国におけるレース用車椅子の開発は、1981年の国際障害者年に第一回大会が行われた「大分国際車いすマラソン」から始まったといわれる<sup>4)</sup>。大分国際車いすマラソン大会は、世界初の車椅子単独のマラソン大会（第二回まではハーフマラソンのみ）で、1981年以降、毎年開催され、200名以上が参加者する世界最大規模かつ世界最高レベルの車椅子マラソン大会である<sup>5)</sup>。日本製のレース用車椅子を使用して国際的な大会で入賞するアスリートは比較的多く、この背景には、レベルの高い国内大会の開催も影響していると考えられる。

### 2-1-2 バasketボール用車椅子

車椅子バスケットボールは、一般のバスケット

ボールと同じ規格のコートを使い、ほぼ同じルールで行われる競技で、プレーヤー同士の衝突や転倒がしばしば生じる激しいスポーツである。米国で1950年代から盛んになり、我が国には1960年に紹介されて以来徐々に広まっていった<sup>4)</sup>。当初は一般用の車椅子が使用されていたが、1964年の東京パラリンピックを契機としてバスケットボール専用の車椅子の開発が急速に進展した。

一般用車椅子とバスケットボール用車椅子の大きな違いは、バンパーと呼ばれ衝突時に足を保護するために前部に取り付けられた部品と、転倒防止のための後部キャスター、そして地面に対して垂直ではなく下部を左右に広げて取り付けられた車輪である（図表1中央）。下部を広げて取り付けることによって、混み合ったプレーヤーの間を通り抜けるには不利になるが、速やかな回転が可能になる。フレームの素材は鉄、ステンレス、アルミニウムと時代とともに軽量化が進み、現在は強度と粘りのあるアルミニウム合金に加えて、クロムモリブデン鋼、チタン、カーボンファイバー、マグネシウムなども部分的に使用されているが、強度と粘りを兼ね備えたアルミニウム合金が多い<sup>6)</sup>。車輪のスポークも、衝突での破損が金属製より少なく、万が一破損しても容易に張り直せる弾性のあるナイロン製のワイヤーが用いられるようになった<sup>4)</sup>。このような操作性の向上と転倒防止装置の設置などの改善に加え、軽量化と旋回性や機動性の向上に伴い、よりスピード感のあるプレーが可能になった。

なお、テニス用の車椅子も、バスケットボール用に続き、我が国で製造されるようになった。テニスでは細い隙間を通り抜ける必要がないため、より小回りの利く回転を可能にするために車輪の傾斜角はバスケットボール用より大きくなっており、さらに、膝を深く曲げる姿勢をとることによって旋回時のモーメントを低下させたほか、低いボールを打つ

図表1 スポーツ用車椅子



写真提供：株式会社オーエックスエンジニアリング

際に、ラケットが車椅子にぶつからないための工夫がしてある。また、転倒を防ぐために前後にキャスターを加え、現在は5輪車が主流である(図表1右)<sup>6)</sup>。

## 2-2 チェアスキーの技術要素

チェアスキー(チェアスキーという呼称は国内の開発者が付けたもので、国際的にはシットスキーと呼ばれている)は、車椅子ユーザーなどが座位で行うアルペンスキー用具で、1本若しくは2本のスキー板にブーツ固定用のビンディングを用いてショックアブソーバが組み込まれたフレームを取り付け、フレームにスキーヤーの体格や身体機能に応じた形状のバケットシートを付けたものである(図表2)。スキーヤーはこのバケットシートにシートベルトでしっかり固定し、ストックではなくアウトリガーと呼ばれる補助具を持って滑走する。スキー板とビンディングは健常者用と同じものを使用する。サスペンション機構やショックアブソーバの特性、バケットシートへのフィッティングなどチェアスキー本体が滑走に及ぼす影響は大きい<sup>7)</sup>。

日本製のチェアスキーを使用したアスリートは近年の国際的な競技会で数多くの優秀な成績をおさめている。2014年ソチパラリンピックでは、日本を含む16か国のアスリートが使用し、男子アルペン5種目の金銀銅15個のメダルのうち11個(日本選手によるメダル獲得は5個)を獲得した<sup>8)</sup>。

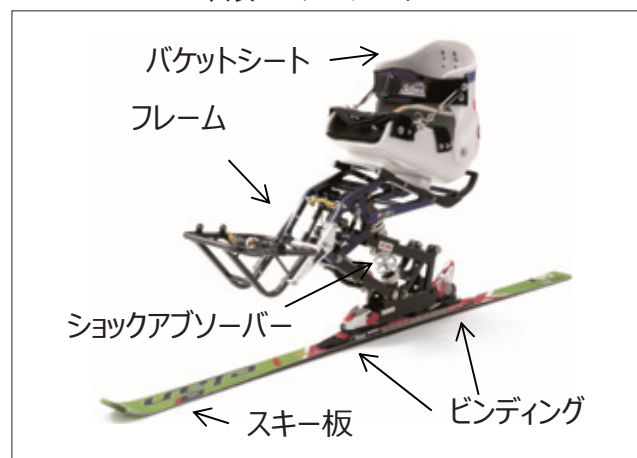
このように、現在世界のトップクラスの性能を持

つ日本製のチェアスキーであるが、その性能を最も特徴付けているのは独自のリンク構造にある。滑走中の衝撃を吸収するため、ショックアブソーバの弾力によりスキーヤーは上下動するがこの際、足先の位置はほとんど変化しない。結果として、転倒の原因となる雪面への足の接触を減少させることができるだけでなく、前傾時にはリンクの動きが小さいため雪をしっかりとらえ、後傾するとショックアブソーバが大きく伸びて加速される<sup>4)</sup>。また、バケットシートを作製する際にはCAD/CAMシステムでアスリートの滑走イメージに近い姿勢を再現して採型し、コンピュータ上でバケットシート形状を評価、修正したものをもとに成形する<sup>7)</sup>。シートの素材には、高価ではあるが軽量で高剛性のドライカーボンが使用される場合もある。フレームには低温・氷雪に優れた特性を持ち、軽量かつ高強度なアルミニウムA7000系が用いられている<sup>4)</sup>。

チェアスキーは、種目によってはレース時の時速が130kmほどに達するため、空気抵抗の影響が非常に大きいスポーツといえる。空力学特性向上のため、近年はカウル(風防)付きのチェアスキーも登場し、ソチパラリンピックでは日本製のチェアスキーに独自に開発したカウルを取り付けた海外のアスリートもみられた。そこで、現在我が国でも東北大学が中心となってカウルの開発が始められた。取り回しの容易性を確保しつつ、空気抵抗を減少させるため、3Dプリンタで形状見本を作製し、試作品によるスキー場での滑降実験を行ったほか、風洞実験、シミュレーションなども計画されている<sup>注1)</sup>。

このように様々な機能が盛り込まれたチェアスキーであるが、開発当初は、リハビリテーション施設のスタッフによる手作りであった。神奈川県総合リハビリテーションセンター、横浜市総合リハビリテーションセンターのスタッフと有志によって、3年間の開発期間を経て1980年に完成した第1号機は、競技用というよりは車椅子ユーザーが楽しめるものとして作られたため、障害を補助する必要性を重視する余り重装備であった。その後、長野パラリンピックを契機として、企業も開発に参入して競技性を重視した本格的な開発が進められた結果、チェアスキーの操作性は格段に向上した。現在我が国でのチェアスキー開発は、長野パラリンピックの際に関わった、川村義肢株式会社、日進医療器株式会社、KYB株式会社が継続的にそれぞれバケットシート、フレーム、ショックアブソーバ部分を分

図表2 チェアスキー



写真提供：日進医療器株式会社

注1 内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program: SIP)「革新的設計生産技術;計測融合計算化学を活用したスノースポーツ用品の最適化」

担しており、日進医療器株式会社が全体の取りまとめやセールス、修理の受付を担当している。企業がそれぞれ得意分野を生かして協働し、リハビリテーションの専門家のニーズに応じてよりレベルの高い製品ができあがったといえよう。また、チェアスキーの進化はチェアスキーヤーの技術の向上あってこそのものであるが、開発チームのメンバーは現場のニーズを集めるために、ナショナルチームの海外遠征に帯同し、実践の場でアスリートたちとの意見交換を重ねた<sup>8)</sup>。さらに、チェアスキー1号機が完成した1980年には日本チェアスキー協会が設立され、ツアーの実施、チェアスキーレンタル、技能検定などを行い、人材育成、愛好者の獲得などの普及活動を行ってきた<sup>8)</sup>。我が国のチェアスキーの競技力には、優れた用具の開発に加えて、アスリート、複数のメーカー、研究者、リハビリテーション関係者、運動指導者等の協調した取組も貢献していると考えられる。

## 2-3 走行用義足について

2012年のロンドンオリンピック・パラリンピックで義足ランナーが話題となったが、2104年には片下腿義足男子走り幅跳びの世界記録がロンドンオリンピックの銀メダルの記録を上回り、義足の有利性についての議論は続いている<sup>9)</sup>。

日常用の義足と走行用義足の形状は、ソケット以外の部分で大きく異なり、走行用義足は、基本的には断端を入れるソケットと板バネ、それらをつなげ

る部品で構成される。断端が膝より上の場合には、膝継手と呼ばれる関節のように曲がるパーツも使われる(図表3)。

走行時、瞬間的に体重の8倍以上の負荷が加わる義足の形状の設計には、CADや三次元動作解析、有限要素法を用いたコンピュータ支援構造強度解析も利用される<sup>10)</sup>。各パーツに必要な物理的特性に応じてカーボンやケブラー、ガラス繊維等の強化繊維プラスチック、アルミ合金やチタン合金等の素材が使用される<sup>11)</sup>。

走行用義足で特徴的な板バネは、航空機にも用いられるカーボン繊維強化樹脂製で、この反発力によって推進力がもたらされる。滑り止めとして、板バネ用スパイクも市販されている<sup>11)</sup>。

断端を入れるソケットは、人工物とヒトとが直接接触する重要なインターフェースで、特にスポーツ用の場合、軽量かつ高強度で耐久性があり、立脚時の大きな衝撃を分散させ、可動域を制限せず、走行動作によってソケット内で足の形状が変化したり、発汗しても滑らないなど多くの要求に応えなければならない。ソケットはユーザーの全体重を支える重要なパーツであり、その素材には、アクリル樹脂のほか、強度を上げるためにカーボン繊維が用いられる。ユーザーの断端の形状にあわせて石膏で型どりし、筒状に編組されたカーボンクロスや布やテープ状の繊維をセットして減圧されたバッグ内にマトリクス樹脂を流し込み成型する<sup>10)</sup>。このパーツはユーザーごとに形状が異なることから、3Dプリンタの活用が期待され、現在研究が行われているが、素材の強度が大きな課題とされているほか<sup>12)</sup>、形状についても立位だけではなく疾走時のユーザーの使用感にあわせた微調整が必要である。ユーザーとの信頼に基づいた義肢装具士の技が求められる。

義足のパフォーマンスに大きく影響する板バネの部分は、国際的な競技会では欧州2社の製品が圧倒的な存在感を示すという。我が国の義足の開発は欧米と比較して歴史的に浅く、パーツの主要部分は海外製に大きく依存している<sup>13)</sup>。もちろん、良い義足を使用したからといって競技力が向上するわけではなく、アスリートが義足を使いこなすためには身体能力や技術力が求められる<sup>11)</sup>。しかしながら、我が国では義足ランナーの筋力やフォーム、トレーニング等に関する研究例は非常に少なく、文部科学省におけるマルチサポート事業(パラリンピック競技)の研究開発プロジェクトでは、義足に作用する力を可視化する機器の開発やソケット内の断端接触圧の分布の検討が計画されている<sup>14)</sup>。また、トレーニングによる体幹の筋力など身体能力の向上にあわせてキック力や走行フォームが変化するた

図表3 日常用義足と走行用義足



写真提供：株式会社今仙技術研究所

め、義足の様々なパーツで微調整が必要であり<sup>10)</sup>、競技力向上にはトレーニングだけではなく、アスリートと義肢装具士との継続的なコミュニケーションが不可欠である。

アスリートにとって最適な義足を新たに開発し、2020年の東京パラリンピックで日本人の義足のアスリートが短距離競技でオリンピックの優勝者よりも速いタイムで優勝することを目指したプロジェクトも始められた<sup>15)</sup>。アスリートの使用感のフィードバックや走行時のキック力等の計測結果に基づいて各パーツを見直し、最適な義足の開発とアスリートの育成を行っている。

その一方で、使いやすくデザイン性に優れた義足の研究開発も進む<sup>16)</sup>。アスリートの希望も取り入れつつ、デザイナーが加わり、設計段階からソケット、ジョイントパーツ、板バネに対してデザインを行った。この研究成果は、スタイリッシュなスポーツ用義足として比較的低価格で商品化され<sup>17)</sup>、競技者の増加が期待される。

日本科学未来館では、2014年12月7日に "Rhythm of athletics" と題して義足アスリートがモデルとして参加したファッションショー形式のウォーキングを開催<sup>18)</sup>し、このイベントには100名の定員に対して300名の観客が訪れ、アスリートによるサッカーや縄跳びのパフォーマンスと義足の機能美に注目が集まった。

を減らし、製造には3Dプリンタを活用することによって、低価格化を図る取組も始まっている<sup>20)</sup>。当研究所が2014年に実施した「第10回科学技術予測調査」によれば「触圧覚、痛覚、温覚、冷覚の全ての皮膚感覚を実現する義手（皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手）」の技術が実現するのは2025年と予想されている<sup>21)</sup>が、この取組では、プログラムなどをオープン化し、誰でも開発に参画できる仕組みにすることによって、安価に開発を進め、開発期間の短縮と低価格での供給を目指している。

ほかにも、バーチャルリアリティ技術や、ウェアラブル装置を組み合わせ、将来的に視覚や聴覚の補助装置として、アクセシビリティ向上への貢献が期待される研究も進む<sup>22,23)</sup>。

2016年にはチューリッヒ工科大学の研究者の呼びかけで、電動義手や電動義足、BCI<sup>注2)</sup>などによる、世界初の国際的競技会「サイバスロン大会」<sup>24)</sup>がスイスで行われる予定である。この競技会では、15cmの幅の線上や左右非対称な斜面などを走行する電動義足やエクソスケルトンによる競走、電動義手でのドアの開閉や日常生活用品の把握保持などの能力を競う競技、BCIによるコンピュータゲームなどが予定されている。こうした競技会への参加には、義足や義手のユーザーと技術者、リハビリテーション関係者や医師など様々な分野の専門家による協力が必要であり、現在、民間主導のコンソーシアムが提案されている。

### 3 ロボット技術からの応用

ロボット関連技術の発展に伴い、近年は電気の動力を用いる義手や義足の機能向上も進んでいる。また、ITを活用した視覚などを補助する装置も提案され、後々障害者スポーツへの応用も期待される。

筋電義手は、筋電図や筋の動きをシグナルとして動作を行うものであり、ユーザーに筋電信号を発揮できる筋があることが条件で、使いこなすためにはリハビリテーションを要する。基本的には筋電図の分析部分とアクチュエーターで構成されるが、細かい動きを可能にするには重量が増えてしまうこと、比較的高価であることも影響して欧米と比較すると国内では余り普及していないのが現状である<sup>19)</sup>。そこで、筋電信号の分析を専用のコンピュータではなくスマートフォンで行い、駆動するモーターの数

### 4 2020年以降の社会へのレガシーに向けて

東京は、パラリンピックを2回開催する史上初めての都市であり、公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会では、「大会開催基本計画」で「東京2020組織委員会は、1964年大会やその後積み重ねた実績と経験を最大限生かすとともに、観客を含めた幅広い大会関係者と連携し、2020年大会に向けた取組を通じ、パラリンピック・ムーブメントの更なる発展を実現し、その効果を世界各地に波及させて、誰もが身近な地域で一生懸命スポーツを楽しめる活力ある共生社会の実現に貢献する」<sup>25)</sup>としてパラリンピックについて重視する姿勢を大会ビジョンで示した。また、パラリンピック競技を含むスポーツ振興の観点が強い障害

注2 Brain Computer Interface : 脳情報を利用することで、脳と機械を直接つなぐ技術

者スポーツの所管については、2014年度以降、厚生労働省から文部科学省に移管され、文部科学省においては一元的にオリンピック競技とパラリンピック競技の強化に取り組むとともに、障害者スポーツの競技力向上と裾野の拡大の両面から、障害者スポーツ推進を行っている。さらに、2015年10月1日には文部科学省の外局としてスポーツ庁が設置されることになり、スポーツに関する施策が総合的に推進されることになる。このように、我が国における障害者スポーツを取り巻く状況は大きく変わりつつある。しかしながら障害者の運動時の基本的な生理的反応については、障害の程度による個人差も大きく、トップアスリートであっても、そのトレーニングは試行錯誤的に行われているという指摘もある。また、将来のアスリートとなり得る、障害を持つ子供のためのスポーツ用具については、日本製の子供用スポーツ車椅子が今年発売された<sup>26)</sup>ものの、充実しているとは言い難い。さらに、国内の成人に対する世論調査では、過去1年間に週1回以上運動・スポーツ(散歩などを含む)を行った者の割合は47.5%であったのに対し<sup>27)</sup>、障害者を対象とした調査で週1回以上スポーツ・レクリエーションを行った者は18.2%<sup>28)</sup>であった。

我が国の障害者スポーツの用具の多くは、大規模な国際大会を契機として大きく進歩してきた。2016リオ、2020東京のパラリンピックに向けて、世界各国でスポーツ用具の開発も大きく進められると予想される。どのようなスポーツ種目にも共通することではあるが、スポーツ用具には、安全性のほか、風雨や砂などのかかる環境下での強度や耐久性など、

様々な技術的要件が求められる。ロンドンパラリンピックの際、英国の車椅子バスケットボールチームのために開発された軽量化で機動性に富んだ車椅子の技術は、一般用の車椅子産業でも活用され、スポーツを行わない車椅子ユーザーもその恩恵にあずかれるという<sup>29)</sup>。我が国でも、バスケットボール用車椅子の軽量化を図るために使用されているアルミ系の素材は、一般の車椅子にも使用されるようになってきている。

このように、数多くの技術的課題を解決したスポーツ用具の技術が、トップアスリートの競争力向上に貢献するだけではなく、障害者のスポーツへの参加の裾野を拡大し、技術のスピノフによって、数多くの高齢者のモビリティ確保や感覚補助などのためにも有効に活用され、2020年以降の国際社会へのレガシーとなることを期待したい。

## 謝辞

東北大学未来科学技術共同研究センター特任教授磯村明宏氏、工学院大学工学部教授伊藤慎一郎氏、株式会社Xiborg代表取締役遠藤謙氏、特定非営利活動法人日本障害者スキー連盟常任理事大日方邦子氏、株式会社オーエックスエンジニアリング広報室櫻田太郎氏、東京工業大学大学院情報理工学研究科教授中島求氏、電気通信大学大学院情報システム学研究科准教授野嶋琢也氏、国立研究開発法人産業技術総合研究所人間情報研究部門研究員保原浩明氏、日進医療器株式会社開発部設計課山田賀久氏をはじめとして多くの方より貴重な御意見と情報提供を頂きました。深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 株式会社 WOWOW : [http://www.wowow.co.jp/co\\_info/ir/pdf/1893.pdf](http://www.wowow.co.jp/co_info/ir/pdf/1893.pdf)
- 2) 公益財団法人日本障がい者スポーツ協会 : 障がい者スポーツの歴史と現状 . 2015. : [http://www.jsad.or.jp/about/pdf/jsad\\_ss\\_2015\\_web\\_150410.pdf](http://www.jsad.or.jp/about/pdf/jsad_ss_2015_web_150410.pdf)
- 3) Boston Athletic Association : <http://www.baa.org/races/boston-marathon/participant-information/athletes-with-disabilities.aspx>
- 4) 山田賀久 : スポーツ用車椅子の歴史と構造(マラソン、バスケットボール、アルペンスキー). PO アカデミージャーナル . 18(2):98-106, 2010.
- 5) 文部科学省 地域における障害者スポーツ普及促進に関する有識者会議(第1回). 資料8 大分県における障がい者スポーツ関係事業 . 2015. : [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/sports/027/shiryo/\\_icsFiles/afeldfile/2015/06/15/1358884\\_08.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/027/shiryo/_icsFiles/afeldfile/2015/06/15/1358884_08.pdf)
- 6) 松尾清美 : 球技用車椅子 . 日本義肢装具学会誌 30(3):139-146, 2014.
- 7) 沖川悦三 : 座位によるスキー用具「チェアスキー」の発展と現状 . 体育の科学 64(6):396-401, 2014.
- 8) 沖川悦三 : チェアスキー . 日本義肢装具学会誌 30(3):152-155, 2014.
- 9) Hobara, H. et al.: The fastest sprinter in 2068 has an artificial limb? Prosthetics and Orthotics International. January 28, 2015. DOI: 10.1177/0309364614564026.

- 10) 鈴木光久：障害者スポーツを支える技術開発. Journal of Clinical Rehabilitation 21:749-757, 2012.
- 11) 白井二美男, 沖野敦郎：日本における陸上競技用義肢の現状. 日本義肢装具学会誌. 30(3):125-132, 2014.
- 12) 蒲生秀典：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—. 科学技術動向. 149:30-37, 2015年3月：<http://hdl.handle.net/11035/3039>
- 13) 山中俊治：カーボン・アスリート. 白水社, 2012.
- 14) 一般社団法人日本機械学会スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス専門会議ニュースレター第5号, 2015.：  
[http://www.jsme.or.jp/shd/Newsletter/No5\\_SHD\\_NewsLetterV2.pdf](http://www.jsme.or.jp/shd/Newsletter/No5_SHD_NewsLetterV2.pdf)
- 15) 株式会社 Xiborg：<http://xiborg.jp/home/>
- 16) 厚生労働省 障害者自立支援機器等開発促進事業「スポーツ用義足の開発」研究代表者：長縄正裕, 平成22年度総括・  
分担研究報告書：<http://www.mhlw.go.jp/bunya/shougaihoken/cyousajigyou/jiritsushienkiki/H22/S13/13report.pdf>
- 17) 株式会社今仙技術研究所：<http://www.imasengiken.co.jp/lapoc/sp0700.html>
- 18) 日本科学未来館：<http://www.miraikan.jst.go.jp/event/1411191017607.html>
- 19) 陳隆明：筋電義手の現状. Journal of Clinical Rehabilitation 24(2):122-127, 2015.
- 20) イクシー株式会社：<http://exiii.jp/handiii.html>
- 21) 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>
- 22) Augmented Human 2015：<http://asg.sutd.edu.sg/ah2015/home>
- 23) 感覚代行研究会：<http://www.sensory-substitution.gr.jp/symposium/index.html>
- 24) Cybathlon：<http://www.cybathlon.ethz.ch/>
- 25) 公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会. 「東京2020大会開催基本計画」：  
[https://tokyo2020.jp/jp/plan/gfp/Tokyo\\_2020\\_Games\\_Foundation\\_Plan\\_JP.pdf](https://tokyo2020.jp/jp/plan/gfp/Tokyo_2020_Games_Foundation_Plan_JP.pdf)
- 26) 株式会社オーエックスエンジニアリング：[http://oxgroup.co.jp/wc/products/weego/info\\_weego.htm](http://oxgroup.co.jp/wc/products/weego/info_weego.htm)
- 27) 文部科学省「体力・スポーツに関する世論調査」(平成25年1月調査)：  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa04/sports/1338692.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/sports/1338692.htm)
- 28) 笹川スポーツ財団：平成25年度文部科学省委託調査「健常者と障害者のスポーツ・レクリエーション活動連携推進事  
業(地域における障害者のスポーツ・レクリエーション活動に関する調査研究)」報告書 2014年3月：  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/suishin/1347306.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/suishin/1347306.htm)
- 29) 英国機械学会：“Sports Engineering: An Unfair advantage?”：  
[http://www.imeche.org/docs/default-source/2011-press-releases/Sports\\_Engineering\\_report\\_FINAL.pdf?sfvrsn=0](http://www.imeche.org/docs/default-source/2011-press-releases/Sports_Engineering_report_FINAL.pdf?sfvrsn=0)

..... **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。

# 医療・ヘルスケアイノベーションにおける 倫理課題への対応と社会受容促進の取組 —遺伝情報、生殖医療、ヒトキメラ、脳操作—

本間 央之

## 概 要

医療・ヘルスケア分野のイノベーションへの期待が非常に高まっているが、本分野の技術の発展とともに、これに伴う倫理課題について、十分な考慮と社会受容を図る必要があり、各国でも様々な取組が行われている。

最近の米国の話題として、遺伝情報差別禁止法成立後も雇用等での課題があったが、「究極の個人情報」であるゲノム情報を扱った研究の進展とともに、規制・制度の整備はもちろんのこと、秘密計算（データを秘匿した状態で解析を行う技術）等のプライバシー保護技術の進歩により、リスク軽減・解消の実効性確保が急速に進みつつある。

また、米国国防高等研究計画局（DARPA）による発展型脳深部刺激のブレイン・コンピュータ・インターフェイス技術開発等も、技術の進展とともに倫理課題や社会受容促進の取組を行いつつある。

ほかには、中国でのヒト受精卵のゲノム編集の課題や、最近検討が進みつつあるヒト臓器作製等を目的とした動物性集合胚作製の課題への取組がある。

これらに対し、規範倫理学の議論、さらに試行錯誤的・漸進的な考え方に立った議論が必要であるが、より幅広い専門家や利害関係者（市民を含む）の合意形成を促進するために、ウェブを活用した双方向的な合意形成システムの構築が期待される。

**キーワード**：ELSI, 個別化医療／精密医療, CRISPR-Cas, 動物性集合胚, BMI／BCI, デルファイ法

## 1 はじめに

米国国立衛生研究所（National Institute of Health：NIH）の現所長 Francis Collins が、NIH 傘下の国立ヒトゲノム研究所（National Human Genome Research Institute：NHGRI）所長であった 2007 年当時、遺伝情報差別禁止法（Genetic Information Nondiscrimination Act:GINA）成立に向けた議会での証言において、遺伝差別の脅威は研究の妨げとなっていたとし、「米国人が情報を悪用されないと確信しない限り、個別化医療の時代は決して来ないだろう」と述べたように<sup>1)</sup>、倫理的・法的・社会的課題（ethical, legal and

social implications or issues：ELSI）に向き合うことは、医療イノベーションの促進において不可欠と考えられている。その対応のため米国 NHGRI の ELSI 研究プログラムの予算は、開始された 1990 年の 157 万ドルから、2013 年には 1,800 万ドルにまで増加している。

本稿では、最近の ELSI 関連の話題（遺伝情報保護、受精卵ゲノム編集、動物性集合胚、感情制御脳埋込装置）とともに、課題解決（技術的解決、合意形成）についての示唆を述べる。

## 2 情報とプライバシー

### 2-1 米国での遺伝情報差別禁止法の成立

1995年の最初の法案提出から2008年の大統領署名まで13年間を要したGINAは、医療保険（2009年12月施行）と雇用（2011年1月施行）について、遺伝情報に基づく差別を禁止している。一方、米国雇用機会均等委員会（Equal Employment Opportunity Commission：EEOC）への遺伝情報差別の訴えは、2010年の201件から2013年の333件へと年々増加した。

### 2-2 医療関連団体からの個人情報漏えい

他方、1996年の『医療保険の携行性と責任に関する法律（Health Insurance Portability and Accountability Act：HIPAA）』や2009年の『経済的及び臨床的健全性のための医療情報技術に関する法律（Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act：HITECH）』に基づく米国保健福祉省（United States Department of Health and Human Services：HHS）による健康・医療情報のセキュリティ／プライバシー規制があるにもかかわらず、医療関連団体（保険会社、政府機関、医療機関）からの数百万件以上の個人情報漏えい事件は相次いだ。例えば米国第2位の医療保険会社Anthemは2015年2月、約8,000万人分の情報を含むデータベースが不正侵入を受けたことを公表した。流出した情報に医療記録は含まれていないとのことだが、医療関連団体へのサイバー攻撃としては過去最大規模の被害と見られる。

我が国にはまだ遺伝情報差別の規制はないが、規制・制度の整備はもちろんのこと、リスク軽減・解消に実効性を持たせるため、セキュリティ／プライ

バシー保護技術の進歩が望まれる。

### 2-3 米国でのゲノム情報を利用する研究の進展

ゲノム疫学<sup>注1)</sup>の進展は、新たな診断に基づく治療・予防法の発見・選択や医療の効率化につながるとの期待が大きい。従来型の全ゲノム関連解析（genome-wide association study：GWAS）で多数の疾患関連一塩基多型（single nucleotide polymorphism：SNP）<sup>注2)</sup>が発見されたものの、遺伝素因全体の一部しか説明できていない。しかし、次世代シーケンサを用いた大規模疫学で、まれなバリエーションも検出することにより、説明できていない遺伝性（missing heritability）の解明が大きく期待される。

米国オバマ大統領が2015年1月に発表した、100万人以上を対象に、ゲノムデータを他の生体情報等とともに統合・解析する「精密医療（Precision Medicine）<sup>注3)</sup>イニシアチブ<sup>2)</sup>」も、その一つである。短期的にはがん、長期的には全ての健康・疾患に有用な知識の創出を目指している。目的と2016年度予算は図表1のとおりである。このイニシアチブでは、厳格なプライバシー保護を最初から確保するために、ホワイトハウスがHHS等とともに、多様な利害関係者（患者グループ、生命倫理学者、プライバシー・人権擁護者、技術者、ほか専門家）が関与するプロセスの立ち上げを計画している。

### 2-4 プライバシー保護技術の必要性

ゲノム情報は、個人を識別する情報であるとともに、個人の特徴に関する情報である、「究極の個人情報」である。今後、研究・利用の発展とともに、ゲノム情報を取り扱う関係者も拡大することが想定され、またゲノム情報から抽出できる特徴情報も増大することから、プライバシー保護の必要性もより高

注1 ゲノム疫学：疾患コホートゲノム研究（過去の事象について調査する後ろ向き研究）やゲノムコホート研究（新たに生じる事象について調査する前向き研究）。

注2 SNP：バリエーション（集団における塩基配列の違い）のうち、0.5%あるいは1%以上の頻度で見られる一塩基の違い。

注3 精密医療：最も影響力のある経営思想家（Thinkers50）であるクリステンセンらが2008年の著書<sup>3)</sup>で造語した。破壊的イノベーションにより医療を良質で低コストなものに変革するための3つの牽引役（牽引技術、革新的ビジネスモデル、パリューネットワーク）のうちの牽引技術である。鍵となる診断・分類に対して、必ずしも個別の治療がある訳ではないので、個別化医療という言葉を使っていないが、類似した概念である。全米研究評議会の報告書<sup>4)</sup>により、専門家にも広まった。



図表1 米国「精密医療イニシアチブ」

◆目的		
①より多くのより良いがん治療 ②ボランティアからなる国家的研究コホート構築 ③プライバシー保護への責任 ④規制近代化 ⑤官民連携		
◆予算(2016年度: 2億1,500万ドル)		
機関	予算(ドル)	内容
NIH	1億3,000万	100万人以上のコホート構築、新たな研究方法基盤設立(積極的参加者、データ共有)
NCI	7,000万	がんのドライバー遺伝子同定や治療法開発
FDA	1,000万	規制・制度のための専門知識獲得やデータベース開発
ONC	500万	プライバシーやシステム間データ交換のセキュリティを実現する相互運用標準・要件開発
NCI: 国立がん研究所 (National Cancer Institute)		
FDA: 食品医薬品局 (Food and Drug Administration)		
ONC: 国家医療情報技術調整室 (Office of the National Coordinator for Health Information Technology)		

出典: 参考文献2を基に科学技術動向研究センターにて作成

まると考えられる。ゲノム情報漏えいによるリスクも、ゲノム提供者自身の医療保険や雇用の差別のほかに、血縁者情報の推定(実例として祖先探索商用データベースを用いた匿名精子提供者である父親特定)や人工合成DNAの犯罪目的での利用(DNA鑑定の誤誘導)等に及び、範囲を確定できない。

米国の消費者向け遺伝子解析サービス会社23andMe社からもデータ提供を受けている、ハーバード大学医学部発の“Personal Genome Project (PGP)”は、ゲノムデータのほか、医療データ等の広範な匿名データを公開しているが、プライバシーの確約をしていない。データを提供するボランティアは、オンラインでリスクに関する試験を受け、全問正解する必要がある。実際、2002年にk-匿名性<sup>注4)</sup>の概念を提案したことで著名なハーバード大学Sweeneyらにより、容易にPGPデータの個人名を再識別化できることが示されたが<sup>注5)</sup>、このような状況は、国に係る大規模ゲノム疫学では許容され難いであろう。

こうした中、ゲノム情報解析において、規制・制度の整備と並んで、それ自体が知的財産となりうるプライバシー保護技術の開発は、ますます重要になると考えられる。

## 2-5 プライバシー保護技術の研究と種類

日本の学術機関におけるプライバシー保護技術の研究としては、科学技術振興機構(Japan Science

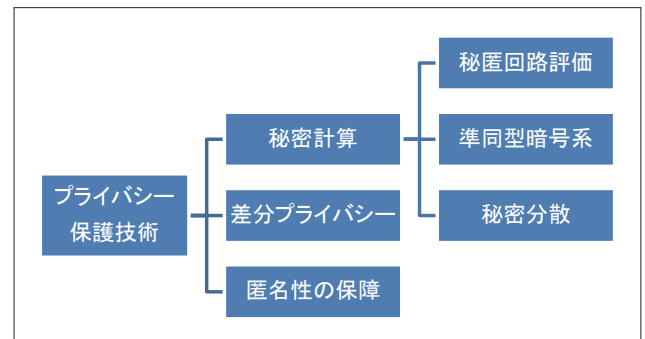
and Technology Agency: JST)のCREST・さきがけ複合領域<sup>注5)</sup>に、『自己情報コントロール機構を持つプライバシー保護データ収集・解析基盤の構築と個別化医療・ゲノム疫学への展開(研究代表者: 筑波大学・佐久間淳)』があり、一層の活発化が望まれる。

プライバシー保護技術は、佐久間の解説論文<sup>6)</sup>から図式化すると図表2のように分類される。

秘密計算では、本来興味があるのはデータそのものではなく、最終的な解析結果のみであることを考慮し、結果のみを安全に知らせることを目指す。ゲノム情報や臨床情報といったデータを複数の組織に分散し、お互い閲覧できない状態にあるときに、データを共有せずにデータ解析を実現する。

マイクロソフトのDworkが2006年に提案した差分プライバシーでは、データベースに対する質問への応答データを閲覧した者が、特定個人のデータが含まれていたのか否かを推測できないように、応答

図表2 ゲノム解析のためのプライバシー保護技術



出典: 参考文献6を基に科学技術動向研究センターにて作成

注4 k-匿名性: 代表的な匿名性であり、同じ属性の人がk人以上いる状態をk-匿名性を満たすという。識別推定を困難にするために、そのようにデータを加工することをk-匿名化と呼ぶ。

注5 『ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化(研究総括: 国立情報学研究所/東京大学・喜連川優)』

データを加工（ノイズ加算）する。

匿名性の保障では、データと個人を一対一で紐づけられないように、データを加工する。

## 2-6 最近のプライバシー保護技術の進歩

米国の研究会で2015年3月、小さなデータセットではあるが、準同型暗号法を用いて、約10分で疾患関連のバリエーションを見いだせることが示された<sup>7)</sup>。実際のゲノム解析のDNA量では、依然計算量が膨大であり、実用化には今後も開発を要するが、大規模な解析に有用なクラウド計算でのセキュリティ確保に道を開く可能性がある。準同型暗号の概念は1978年に提案されたが、2009年に初めて現在IBMのGentryによって実現可能性が示された。以来、2009年からは飛躍的な進歩を遂げた。

## 3 受精卵・胚操作の生命倫理の課題

ほかにも、倫理面で話題となっている技術は、世界を大きく変える可能性を秘めており、技術の発展を期待するとともに、これに伴う倫理課題について、十分な考慮と社会受容を図る必要がある。日本学術会議の報告書『生命科学の全体像と生命倫理』<sup>8)</sup>にあるように、規範倫理学の二つの立場—功利主義と尊厳主義、さらに試行錯誤的・漸進的な考え方も考慮し、社会的な合意を形成する努力が必要である。

### 3-1 受精卵ゲノム編集

中国広州の中山大学のグループは2015年4月、ヒト受精卵でゲノム編集を試みた論文を発表した<sup>9)</sup>。急速な進歩を遂げるゲノム編集技術であるが、比較的簡便で特異性の高いCRISPR-Casシステムを使って、ゲノム編集のヒト胚でのメカニズム、効率及びオフターゲット（狙った標的以外への）効果を調べた。倫理的配慮から、体外受精由来の廃棄される異常胚<sup>注6)</sup>を用いた。ヒト多能性幹細胞やマウス

受精卵でのオフターゲット効果は低いことが報告されていたことからヒト受精卵でも期待したが、期待に反してオフターゲット効果は高く、ゲノム編集の効率は低かった。遺伝子治療への臨床応用には時期尚早であり、課題があるとしている。

この研究に対し、論文発表以前の2015年3月から、掲載を拒否したScience、Natureをはじめとした各種学術誌等で、「ヒトの生殖系列のゲノムを編集すべきでない」との論調の意見が示された。発表前の研究の情報が広まっていた米国では2015年1月に、CRISPRの開発に関わった分子生物学者が、科学者、倫理学者、法律専門家に呼びかけ会議を開いた。短期的に次のようなステップを踏むことを提言している<sup>11)</sup>。

- ① 科学者や政府の組織で社会・環境・倫理課題が議論されている間は、規制の緩い国においても、生殖細胞系列のゲノム改変に強く反対する。
- ② 公開討論会を組織し、科学と生命倫理の専門家が、新技術の幅広い応用のリスクと便益及び付随するELSIについて、情報提供・教育する。
- ③ どのような臨床応用が許容されうるか熟慮するために、生殖細胞系列の遺伝子治療応用に適切なモデルでCRISPR-Cas技術の有用性・特異性を評価する透明な研究を推進する。
- ④ 世界を代表するゲノム工学技術開発者・利用者及び遺伝学、法律、生命倫理の専門家、さらに科学コミュニティー、一般市民、政府機関、利益団体のメンバーを招集して問題を検討し、必要に応じて政策提言を行う。

また、研究者は、「デザイナーベビー」への道を開くことになるかもしれないという連想等から一般市民の反発を招き、正当な研究にさえ疑いがかかることも恐れており、壮大な議論が巻き起こっている。

NIHは2015年4月、ヒト胚の遺伝子改変を行う研究には助成金を付与しない方針であることを発表した。ホワイトハウスも2015年5月、医療目的での受精卵の遺伝子改変について、「将来世代への影響が不透明で、現時点では超えてはいけぬ一線だ」と反対する声明を出した。

このように、特に米国では、倫理問題に対し、研究者をはじめ関係者が迅速に議論・対応を始めている（なお、生殖細胞系列の遺伝子改変についての世界各国の規制状況は、北海道大学・石井らの報告に詳しい<sup>12)</sup>）。一方で、リスクと便益を考える功利主

注6 2精子受精3前核卵。ただし、3倍体の一部が発生初期に正常2倍体に復することが最近報告されている<sup>10)</sup>。

義の立場と違って、尊厳主義の立場は宗教や文化によって大きく異なることも想定され、国家を超えて議論をする必要がある。

## 3-2 動物性集合胚

東京大学・中内のグループは2010年9月、ヒト臓器を動物内で作製する方法の開発に道を開く研究成果を発表した。胚盤胞補完法<sup>注7)</sup>により、膵臓欠損マウスの体内で、異種であるラットの膵臓を作製した。続いて2013年2月、膵臓欠損ブタで健全なブタ由来の膵臓を作製したことを報告した。ブタ体内でヒト臓器を作製する方向に進んでおり、圧倒的に移植用臓器が不足する中、様々な臓器での今後の成功が望まれる。例えば、末期腎不全患者の透析医療費は我が国で年間1兆5,000億円を超えるが、移植用腎臓ができればこの市場を革新できる。特に、腎臓のような複雑臓器では、他の方法による臓器作製が難しいことが想定され、発生によってひとりでに作られる本方法への期待は大きい（本方法では、技術的課題の解決が比較的容易と予想される膵臓で研究が先行しているが、膵島細胞作製では、ハーバード大学・Meltonらの方法等、他の方法との競争が厳しい）。

一方、クローン技術規制法に基づく特定胚指針では、ヒト細胞を導入して得られるキメラ胚（動物性集合胚）について、当分の間、人又は動物の胎内への移植を禁じることとしている。しかし、中内の研究等の状況を踏まえ、総合科学技術会議生命倫理専門調査会では、2012年から、動物性集合胚を用いた研究の取扱いの見直しの可否及び見直しの場合の方向性について、倫理的観点及び科学的観点から検討を重ねた。そして、本技術がクローン技術規制法制定時と比較して進展し、科学的知見が大幅に増大していると考えられたため、動物胎内への移植の是非を検討する前提が整ってきていると考え、文部科学省に検討を求めるに至った。同調査会の見解<sup>13)</sup>を踏まえ、動物性集合胚の取扱いに係る専門的事項について、科学的観点から調査・検討を行うために、文部科学省は2013年9月、特定胚等研究専門委員会「動物性集合胚の取扱いに関する作業部会」を設置し、同年12月から会議を

開催している<sup>14)</sup>。

筆者も中内とは独立して、2001年から重ねて企業内で胚盤胞補完法によるヒト臓器作製を提案した経験がある（受け入れられず実施はしていない）が、現在の中内らの開示されている状況は技術の原初段階であり、倫理面の課題のクリアも含め、今後も技術の統合やブレイクスルー（種間の壁の克服等）を積み重ねることで、実際の移植に広く使用できるレベルに達することができると考えられる。今後、動物性集合胚の胎内移植を認めることとする場合でも、胎内における許容発生期間の決定に当たっては、人工妊娠中絶等、社会的に許容している倫理水準を参照する等して、試行錯誤的・漸進的な考え方をとることも重要である。

## 4 脳科学とBMI/BCIの課題 —感情制御脳埋め込み装置

米国国防高等研究計画局（Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA）が2013年10月に発表したSUBNETS（Systems-Based Neurotechnology for Emerging Therapies）プログラム<sup>15)</sup>では、心的外傷後ストレス障害（post-traumatic stress disorder: PTSD）や外傷性脳損傷のため現役軍人や退役軍人に多い難治性の精神神経疾患の治療を目指して、脳内埋め込み型のクローズドループの診断・治療（測定、記録、分析、刺激）システムの開発を行っている。SUBNETSには、2013年4月にオバマ大統領が発表したBRAINイニシアチブの一部として、5年以上にわたり7,000万ドルが投じられる。本態性振戦やパーキンソン病等の治療で既にFDAの承認を受け、うつ病治療の研究も進んでいる脳深部刺激療法（deep brain stimulation: DBS）を飛躍的に発展させた形の技術となる。脳の可塑性を利用し、脳情報をモニターしながら刺激することで、正常機能を回復できると考えている。

倫理的側面からは、脳ネットワークの操作は、一種のマインドコントロールに使用できるのではないかという懸念があり、理化学研究所/MITの利根川らが2013年7月Science誌に発表した過誤記憶と絡めて話題にされることもある<sup>16)</sup>。遺伝子操作/ゲノム編集に対する、物理的なミーム操作・ミノ

注7 胚盤胞補完法：特定の細胞系譜を欠損した胚盤胞に、正常な多能性幹細胞（ES細胞、iPS細胞等）を注入し、キメラを成立させて、欠損した細胞系譜を完全に多能性幹細胞由来のものに置き換える方法。

ム編集<sup>注8)</sup>のようにも受け止められ、さらにゲノム情報同様、プライバシーの問題が生じる可能性がある。元々 DARPA でのブレイン・コンピュータ・インターフェイス (brain-computer interface : BCI)<sup>注9)</sup>技術の開発においては、神経行動機能の回復に加え、訓練とパフォーマンスの向上を目指している側面もある。

DARPA は SUBNETS がどう受け止められるか心配し、初めから独立した ELSI の委員会を立ち上げている。また生命倫理課題研究のための大統領諮問委員会 (Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues : PCSBI) も、BRAIN イニシアチブの全側面を監督している。PCSBI は 2014 年 5 月、神経科学研究に関連する倫理問題を検討した報告書を発表し、倫理課題の早期特定や、科学者と倫理課題専門家との協力等の重要性を指摘している。

## 5 合意形成のためのシステム構築

技術の ELSI は、研究、実用化・産業化への参入の課題ともなりうる。技術による福祉の向上を妨げないためにも、幅広い専門家や利害関係者が関与する仕組みを作って合意形成を促進させる努力も必要である。

諸外国における生命倫理に係る法制度の現状については、他の文献<sup>17,18)</sup>で報告されている。当研究所からは 2009 年、生命科学技術の事例検討を踏まえた科学技術の社会的ガバナンス制度として、英国のヒト受精・胚機構 (Human Fertility and Embryology Authority : HFEA)<sup>注10)</sup>等を参考に、社会 (市民)、科学技術 (専門家)、政府 (政策策定者) の協働の核となる中間的専門機関設置の提言がなされた<sup>19)</sup>。

一方で、幅広い専門家や利害関係者の合意形成を促進するために、調査・検討等を行う双方向的な合意形成支援システムは有用である (図表 3)。診療ガイドライン作成等の幅広い分野で利用されている

意見収束技法であるデルファイ法<sup>注11)</sup>は合意形成に有用であるが、ウェブを活用したシステムを用いることにより格段に効率化される。当研究所では 2014 年、1971 年から約 5 年ごとに実施されてきた科学技術発展の将来展望を専門家に問うデルファイ調査の第 10 回を、これまでの紙ベースからウェブベースに変更して実施した。郵送を伴う紙ベースの調査に対して、ウェブベースの調査は、スピードや利便性等多くの面で優れていた。ウェブを活用した交流システムの利用は、デルファイ法に限らず、必要知識のオンライン学習を伴う調査や個別意見の提示・検討等、合意形成の促進に寄与しうるだろう。

ウェブベースの調査を活用した事例としては、一方向的ではあるが、2015 年 4 月に英国のグループから報告された、ゲノム配列解析による偶発的所見の取扱いに関する、75 か国の約 7,000 人を対象としたアンケートによる調査研究がある<sup>20)</sup>。遺伝子医療従事者、非遺伝子医療従事者、ゲノム研究者、一般市民を対象としており、この課題に関するこれまでで最大の調査である。調査の限界も考察し、更なる研究の出発点と見なすべきであると慎重であるが、価値のある知見を提供できている。

図表 3 ウェブを活用した合意形成促進



注8 ミーム (meme) : 『利己的な遺伝子』で著名なドーキンスにより、遺伝子 (gene) になぞらえて考案された言葉であり、人々の間で心から心へとコピーされる情報のこと。ゲノムに対応する言葉は、memome 又は menome。

注9 BCI : BMI (brain-machine interface) より狭い概念であるが、日本と異なり PubMed や Google では、BMI よりはるかに言葉の使用頻度が高い。

注10 HFEA : 廃止論がなくなった経緯や他国が同様の規制機関を設立することについて、参考文献 17 に記載がある。

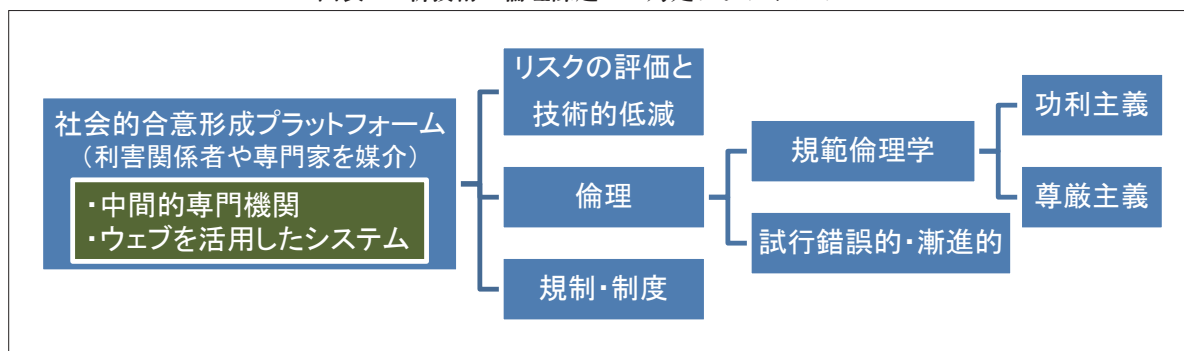
注11 デルファイ法 : 全体の回答結果をフィードバックして反復してアンケートを行い、意見を組織的に集約・収束させる技法。

## 6 おわりに

倫理面が課題となっている技術（遺伝情報保護、受精卵ゲノム編集、動物性集合胚、BMI / BCI）はいずれも、社会への潜在的影響が非常に大きい。倫理面の課題に関し、技術的解決が図れるのであれば、

それが一番望ましい。一方、技術の潜在的な有用性を適正に生かすために、幅広い専門家や利害関係者が関与する合意形成の仕組みを作る方向での努力も必要であろう（図表4）。広範な専門家や利害関係者が調査・検討・議論できる場として、デルファイ法等が容易に実行できるウェブを活用した合意形成支援システムの構築・活用が期待される。

図表4 新技術の倫理課題への対処プラットフォーム



## 参考文献

- 1) Holden C. “Long-awaited genetic nondiscrimination bill headed for easy passage.” *Science* 2007;316(5825):676.
- 2) The White House. “Fact sheet: president Obama’s precision medicine initiative.” 2015年1月：  
<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/01/30/fact-sheet-president-obama-s-precision-medicine-initiative>
- 3) Christensen CM, et al. “The innovator’s prescription: a disruptive solution for health care.” McGraw-Hill 2008
- 4) National Research Council. “Toward precision medicine: building a knowledge network for biomedical research and a new taxonomy of disease.” National Academies Press 2011.
- 5) Sweeney L, et al. “Identifying participants in the Personal Genome Project by name.” Harvard University. Data Privacy Lab. White Paper 2013;1021-1.
- 6) 佐久間淳『ゲノムとプライバシー』IEICE Fundamentals Review 2014;7(4):348-364.
- 7) Hayden EC. “Extreme cryptography paves way to personalized medicine.” *Nature* 2015;519(7544):400-401.
- 8) 生命科学の全体像と生命倫理特別委員会『生命科学の全体像と生命倫理』日本学術会議 2003年7月。
- 9) Liang P, et al. “CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes.” *Protein Cell*. 2015;6(5):363-72.
- 10) 藤田真紀 “Dispermic tripronuclear zygotes spontaneously develop into biparental embryos.” 千葉大学大学院医学薬学 府 2014年7月：[http://mitizane.ll.chiba-u.jp/metadb/up/thesis/FHA\\_1062\\_Y.pdf](http://mitizane.ll.chiba-u.jp/metadb/up/thesis/FHA_1062_Y.pdf)
- 11) Baltimore D, et al. “A prudent path forward for genomic engineering and germline gene modification.” *Science* 2015;348(6230):36-8.
- 12) Araki M, et al. “International regulatory landscape and integration of corrective genome editing into in vitro fertilization.” *Reprod Biol Endocrinol*. 2014;12:108.
- 13) 総合科学技術会議 生命倫理専門調査会『動物性集合胚を用いた研究の取扱いについて』2013年8月。
- 14) 文部科学省 特定胚等研究専門委員会 動物性集合胚の取扱いに関する作業部会：  
<http://www.lifescience.mext.go.jp/council/council013.html>
- 15) DARPA. Systems-Based Neurotechnology for Emerging Therapies (SUBNETS). 2013年：  
<http://www.darpa.mil/program/systems-based-neurotechnology-for-emerging-therapies>
- 16) Internet Medicine. “DARPA: on the hunt for neuroprosthetics to enhance memory.” 2014年10月：  
<http://internetmedicine.com/2014/10/25/darpa-on-the-hunt-for-neuroprosthetics-to-enhance-memory/>

- 17) みずほ情報総研『平成 24 年度科学技術戦略推進費委託 諸外国における生命倫理に係る法制度の現状と最新の動向に関する調査』内閣府 2013 年 3 月 .
- 18) 研究開発戦略センター『研究開発の俯瞰報告書 ライフサイエンス・臨床医学分野 (2015 年)』科学技術振興機構 2015 年 4 月 .
- 19) 牧山康志 他『中間的専門機関』科学技術政策研究所 Policy Study No.15. 2009 年 3 月 .
- 20) Middleton A, et al. "Attitudes of nearly 7000 health professionals, genomic researchers and publics toward the return of incidental results from sequencing research." Eur J Hum Genet. 2015. doi: 10.1038/ejhg.2015.58. [Epub ahead of print]

..... **執筆者プロフィール** .....



**本間 央之**

科学技術動向研究センター 特別研究員

博士(医学)。免疫やがんの創薬研究に従事し、2012年11月より現職。長年にわたり、生命・社会の自己組織化および 'disruptive innovation' (胚盤胞補完法による臓器作製、標的構造の制約や送達の限界を突破する創薬等) に関心を持つ。

## 「科学技術動向」誌 14 年半 151 号の歩みを振り返って

「科学技術動向」誌は、2001 年の第 2 期科学技術基本計画（2001～2005 年度）の開始とともにスタートいたしました。折しも省庁再編による文部科学省の発足と同時に科学技術動向研究センターを立ち上げ、行政と公的研究機関、民間からの研究者によって幅広く構成された融合組織として、科学技術予測調査と動向分析を軸とした調査・分析を行うこととしました。その当時としては斬新なコンセプトのセンターの看板雑誌として「科学技術動向」誌を創刊いたしました。

その後第 3 期科学技術基本計画（2006～2010 年度）におきましては、重点化すべき科学技術の議論、さらには基本計画のフォローアップにも参加する等、科学技術政策への貢献も順調に進んでまいりましたが、インターネットの急速な普及による科学技術における情報ソースの多様化もあり、科学技術政策の論点が急速に移り変わってきました。科学技術のシーズをベースとした未来像の構築から複雑化する社会課題、急激に変化する社会課題に対応するためにどのような科学技術を発展させていくか等を議論することが重視されるようになり、その変化へどのように対応するかが求められるようになりました。

そのような状況の中、第 4 期科学技術基本計画（2011～2015 年度）を迎え、従来の科学技術予測調査、動向分析の役割も変化しなくてはならない分岐点に来たという認識の下、過去の動向分析を総括し、新たな科学技術予測調査の在り方、動向分析の在り方を追求してまいりました。特にこれからは、科学技術の発展から未来を見るだけでなく、現時点では微弱な変化ではあっても将来には大きな変化をもたらす事柄や兆しを捉えること、そしてそれが今後どのように経済社会にインパクトを与えていくのかということを考える必要があります。このような活動は「ホライズン・スキャニング」と言われ、世界各国で実施、注目されております。

こうした背景から、今後私どものセンターにおきましても、そのホライズン・スキャニングの手法開発や分析の高度化を進めてまいります。そのためには過去の集積をベースラインとして、変化を捉えることが重要とも言えます。そこで、過去に実施した科学技術予測結果や、科学技術動向分析のベースが新たなホライズン・スキャニングの道標ともなるよう、「科学技術動向」誌 151 号分の記事の標題を以下にまとめました。

今までの 151 号にわたる記事を執筆していただいた方々に感謝いたしますと同時に、14 年半の永きにわたります皆様の御愛読、誠にありがとうございました。

文部科学省 科学技術・学術政策研究所  
科学技術動向研究センター  
センター長 小笠原 敦

## 1号～151号 掲載レポート一覧

No	掲載号	題 名	著 者
1	2001-4	移動通信システムの研究開発動向	清貞 智会・山田 肇
2	2001-5	ヒトゲノム解読を巡る国際解析チームとセセラ社の動向及びわが国の今後の動き	茂木 伸一・庄司 真理子 蛭原 弘子・長谷川 明宏
		次世代 LSI 用リソグラフィ技術の研究開発動向	小笠原 敦
3	2001-6	日米欧の政府 R&D 予算に関する政策動向	清貞 智会
		可燃性廃棄物を熱利用する廃棄物焼却処理技術の動向と課題	根本 正博・吉川 邦夫
		米国の新国家エネルギー政策 —供給重視の論理と各エネルギー源の位置付け—	大森 良太
4	2001-7	米国の科学技術政策動向	清貞 智会
		次世代 Si-MOS デバイスの研究開発動向	小笠原 敦
		新規超伝導体 MgB <sub>2</sub> と研究開発動向	名嘉 節
5	2001-8	カーボンナノチューブ製造技術開発の動向	多田 国之
		遺伝子組換え植物・食品に関する動向	庄司 真理子・長谷川 明宏 茂木 伸一
		光通信技術の研究開発動向	松久保 雅弘
6	2001-9	カリフォルニア州技術革新イニシアティブの動向	清貞 智会
		環境中の微量有害物質の計測に関する動向	高野 潤一郎
		猛威を振るうコンピュータウイルス	山崎 哲也
		カナダの科学技術政策動向	小笠原 敦
7	2001-10	米国 2002 年度政府 R&D 予算編成の動向	清貞 智会
		スーパーコンピュータの動向	亘理 誠夫
		サイバーセキュリティ対策 —国家の重要インフラをいかにサイバー攻撃から守るか—	清貞 智会・山田 肇
8	2001-11	再生医学の最近の動向—幹細胞を用いた再生医学について—	蛭原 弘子・茂木 伸一
		科学コミュニケーションの動向—科学ジャーナルを取り巻く状況—	名嘉 節・清貞 智会 山田 肇
		わが国の研究成果（論文）に対する国際評価 —日本発の“一流論文”の増加—	清貞 智会・富澤 宏之
9	2001-12	バイオインフォマティクスの動向	庄司 真理子・茂木 伸一
		バイオエネルギー利用の動向と展望	大森 良太・長谷川 明宏 根本 正博
		マテリアル・シミュレーションの動向—第一原理計算を中心として—	高野 潤一郎
10	2002-1	第三の生命鎖糖鎖とポストゲノム解析	庄司 真理子・蛭原 弘子 茂木 伸一
		次世代デバイスの研究開発動向（IEEE IEDM より）	小笠原 敦
11	2002-2	痴呆研究の動向～アルツハイマー病を中心に～	蛭原 弘子・茂木 伸一
		米国 R&D 政策動向～連邦政府 R&D 予算配分に見る重点領域の推移～	清貞 智会
12	2002-3	機能性食品の研究開発の動向	長谷川 明宏・茂木 伸一
		音声認識・合成と自然言語処理の研究開発動向 —人に優しいヒューマンインタフェース実現への課題—	亘理 誠夫
		汚染された土壌環境の対策技術の動向	宮本 和明
		フランスの科学技術・イノベーション政策動向 —産学官ナノテクノロジー・イノベーションセンター・プロジェクト MINATEC—	小笠原 敦



No	掲載号	題 名	著 者
13	2002-4	がん研究の最近の動向 ～分子標的治療法とトランスレーショナルリサーチ～	庄司 真理子・茂木 伸一
		量子コンピュータの研究開発動向	山崎 哲也
		ナノバイオロジーの動向	名嘉 節・多田 国之
		災害シミュレーション技術の動向	山口 充弘
		米国科学技術政策の最新動向—2002年 AAAS 年次コロキウム速報—	清貞 智会
		平成 14 年度科学技術関係予算編成の概要	横尾 淑子
14	2002-5	有機合成化学研究の動向	茂木 伸一・庄司 真理子 長谷川 明宏・多田 国之
		高レベル放射性廃棄物処分の動向と課題 —技術的および社会的諸相を巡って—	大森 良太
		分散型電源の動向について	宇都宮 博
15	2002-6	分子植物科学の動向	長谷川 明宏・茂木 伸一
		ブロードバンド時代におけるデジタルコンテンツ流通と著作権保護技術	山崎 哲也
		CO <sub>2</sub> 地中貯留技術を中心とした温暖化対策技術の開発動向	宮本 和明
16	2002-7	免疫学の最近の動向	庄司 真理子・茂木 伸一
		LSI 技術の研究動向 —VLSI シンポジウムとシリコンナノエレクトロニクスワークショップの発表より—	山崎 哲也
		微細結晶粒金属材料の研究開発動向 —次世代高強度材料を目指して—	玉生 良孝・緒形 俊夫
		自己組織化材料研究の動向	高野 潤一郎・小口 信行
17	2002-8	科学技術関連コンテストに見る我が国の現状	横尾 淑子・横田 慎二
		ヒートアイランド対策技術の研究動向 —エネルギー利用の視点からの分析—	根本 正博・小林 博和
18	2002-9	バイオリソース（生物遺伝資源）の現状と将来	長谷川 明宏・茂木 伸一
		グリッド技術の動向 —次世代インターネット利用の中核技術になるか—	亘理 誠夫
		MEMS 研究の新展開	奥和田 久美
19	2002-10	生命科学の研究人材の育成および教育の在り方	庄司 真理子・茂木 伸一
		化石資源を用いない水素製造技術 —持続可能な水素エネルギーシステムへの鍵—	大森 良太
		エコマテリアルの動向—地球環境問題への材料学のアプローチ—	西村 睦・多田 国之
20	2002-11	情報通信分野におけるアクセシビリティに関する研究開発と標準化の動向 —誰にでも使える情報通信機器・サービスを目指して—	山田 肇・山崎 哲也
		単電子エレクトロニクス研究の動向 —半導体集積回路の限界は突破できるか—	小口 信行・高野 潤一郎
		水循環を基本とした総合水管理に向けた研究動向	山口 充弘
		エアロゾルの地球温暖化への影響の研究 —残された課題への取り組み—	根本 正博・小林 博和
21	2002-12	若手研究者の活性化を促進する競争的資金（研究 Grant）の 整備の必要性	伊藤 裕子
		ドラッグデリバリーシステム（DDS）の研究開発動向	丸山 典夫・多田 国之
		光触媒利用技術の現状と展望	羽田 肇・多田 国之
22	2003-1	RNA 研究の動向	庄司 真理子・茂木 伸一
		バイオインフォマティクスの技術動向	乃木 篤・香月 祥太郎
		循環型社会の構築を目指した破棄物処理の技術開発と研究動向	根本 正博・吉川 邦夫

No	掲載号	題 名	著 者
23	2003-2	「脳科学と教育」研究の動向	茂木 伸一・庄司 真理子
		燃料電池自動車普及の鍵を握る水素貯蔵材料	玉生 良孝・緒形 俊夫
		2004年米国大統領予算教書に見る R&D プライオリティの変化	清貞 智会
24	2003-3	英国ヒト胚に関わる管理システム成立の背景と機能の実際 —わが国における生命科学技術の社会的ガバナンスシステム構築のために—	牧山 康志
		高信頼ソフトウェア技術の研究動向 —ソフトウェア基礎技術の確立に向けて—	亘理 誠夫
		民生部門における省エネルギー技術の現状と今後の方向性	宮本 和明
25	2003-4	ブレインイメージング：神経疾患の診断・治療に向けた非侵襲技術 技術応用研究の体制強化の必要性	矢野 良治
		分散型電源を用いた電力供給システムの構築 —我が国の地域特性に応じたシステムの構築を目指して—	橋本 幸彦
		シリコン半導体デバイス研究に対する大学の関わり	奥和田 久美
		米国の科学技術政策動向—2003年 AAAS 年次コロキウム速報—	清貞 智会
26	2003-5	エピジェネティック・がん研究の必要性—ポストゲノム時代のがん研究—	伊藤 裕子
		RFID の動向	小松 裕司・山田 肇
		革新的原子炉としての高温ガス炉の研究開発動向	大森 良太
27	2003-6	昆虫を用いた生命科学技術の研究動向	茂木 伸一・島田 純子 竹田 敏
		Futur—ドイツにおける需要側からの科学技術政策の展開	丹羽 富士雄
28	2003-7	人間中心のユビキタス・コンピューティングへ向けて —パラダイム変化を国際技術競争力向上のチャンスに—	亘理 誠夫
		材料の国際標準化からみた国際戦略の現況と課題	緒形 俊夫・玉生 良孝
29	2003-8	ゲノム構造解析技術の研究開発の必要性	島田 純子・茂木 伸一
		外科手術支援ロボットの導入と開発の動向	奥和田 久美
30	2003-9	グライコインフォマティクス展開の必要性	辻 崇一・島田 純子
		ロボット技術の研究開発動向 —生活支援ロボット実用化促進に向けて—	小松 裕司
		原子力分野における人材育成の必要性・現状・課題	大森 良太
31	2003-10	ブロードバンド時代の次世代コンテンツ配信技術	小笠原 敦
		世界における上下水道処理技術と水事業民営化の動向	浦島 邦子
32	2003-11	情報システム構築の品質・信頼性向上のために —上流工程の“ビジネスルール”と要求工学を検討する—	黒川 利明
		地球監視・観測衛星の動向 —衛星の縦列編隊飛行による監視・観測の高度化—	小林 博和・浦島 邦子
33	2003-12	企業の科学技術人材における女性比率の拡大 —EUの政策と日本の課題—	伊藤 裕子
		インターネットルータの技術動向 —次世代通信インフラの整備に向けて—	藤井 章博
		新計測技術：マルチプローブシステム —ナノ・生体材料の機能の直接計測を目指して—	長谷川 剛・多田 国之
34	2004-1	米国国立衛生研究所 (NIH) の生物医学研究推進に向けた戦略 (NIH ロードマップ)	島田 純子
		光ディスク産業の最新動向 —日本企業の優位性と中・米連携標準化の新しい動き—	立野 公男
		発電用ガスタービン高効率化に向けた耐熱材料の開発動向	玉生 良孝
		米国「21世紀ナノテクノロジー研究開発法」における注目点	奥和田 久美

No	掲載号	題 名	著 者
35	2004-2	研究開発プロジェクトの評価—ヨーロッパの事例—	山田 肇
		化学物質の生態リスク評価に関する近年の動向 —化学物質審査規制法の改正を迎えて—	五箇 公一・浦島 邦子
		パワーエレクトロニクスによるエネルギーインフラの強化に向けて	橋本 幸彦
36	2004-3	半導体製造技術の研究開発動向 —近年の国際会議での発表等から—	小松 裕司
		化学物質の健康影響評価における緊急の課題	青木 康展
37	2004-4	感染症研究の現状と方向性 —分子レベルの感染・発症メカニズムの解明に向けて—	島田 純子
		計算機科学の研究動向と日本の課題—国際級学術賞から—	藤井 章博
38	2004-5	人クローン胚の作成と利用 —治療的クローン (therapeutic cloning) をめぐる現状—	牧山 康志
		半導体微細加工装置技術の最新動向 —開発研究における日本の産学連携への提言—	立野 公男
		“知的コンピューティング” に向けた研究動向 —認知科学と人工知能の複合領域研究の推進—	亘理 誠夫
		米国の科学技術政策動向 —AAAS 科学技術政策年次フォーラム速報—	伊神 正貫
39	2004-6	遺伝子サイレンシング研究の動向	伊藤 裕子
		情報処理教育カリキュラムの動向と課題	藤井 章博
		世界をリードする日本型ゼロエミッション・システムの動向 —素材型産業を中核とする循環の形成—	大迫 政浩・吉川 邦夫 浦島 邦子
		構造物保全技術とリスクベースメンテナンス (RBM)	木原 重光
40	2004-7	心の科学としての認知科学	石井 加代子
		エネルギー・環境分野における日中技術協力動向と今後の展望 —地球環境問題とエネルギー安全保障の観点から—	大平 竜也
		急速に発展する中国の宇宙開発	辻野 照久
41	2004-8	平面ディスプレイ技術の研究開発動向	小松 裕司
		実大三次元震動破壊実験施設 (E- ディフェンス) について	菅沼 克敏
		科学研究と知的財産の公益性—「研究利用における特許権の効力の及ばない範囲の現況」について AAAS からの寄稿紹介—	島田 純子・亘理 誠夫
42	2004-9	二つの合理性と日本のソフトウェア工学	林 晋・黒川 利明
		材料データベースの課題と将来展望 —世界で使われる材料データベースを目指して—	八木 晃一
43	2004-10	個人に着目した健康増進活動を支援する情報システム	刀川 眞
		オゾン層の現状とオゾン層研究	中根 英昭
		宇宙環境観測・変動監視の研究動向	辻野 照久
44	2004-11	周波数共用をめぐる技術と政策の動向	山田 肇・藤井 章博
		石炭利用・クリーン化技術の最新動向と今後の展望 —クリーンコールテクノロジーに注目して—	大平 竜也
45	2004-12	読み書きのみの学習困難 (ディスレキシア) への対応策	石井 加代子
		光通信技術と産業の動向と今後の進め方への提言 —シーズとニーズの融合を目指して—	立野 公男
		米国における大気中微小粒子・ナノ粒子の健康影響に関する研究戦略—我が国との比較	新田 裕史・浦島 邦子
		科学技術政策をめぐる米国の科学者たち	浦島 邦子

No	掲載号	題 名	著 者
46	2005-1	創薬科学者・技術者の育成と現状	梶本 哲也
		エレクトロニクスへのナノテクノロジーの応用 —検討が進むシリコン LSI への適用例から—	小松 裕司・小笠原 敦
		ユビキタス測位における準天頂衛星の有効性	辻野 照久
47	2005-2	食物アレルギー研究の動向	島田 純子・矢野 裕之 水町 功子
		米国政府の高性能コンピューティングへの取り組み	野村 稔
48	2005-3	LSI 設計技術の研究開発動向 —電子機器の付加価値を支配するシステム LSI 開発のボトルネック—	小松 裕司・野村 稔
		消防防災に関する科学技術動向 —安心・安全を目指す科学技術の特性と方向性の考察—	松原 美之・浦島 邦子
49	2005-4	米国における数学と生命科学の研究協力促進のための科学技術政策	伊藤 裕子
		サービス記述と知識処理を行うセマンティックウェブ関連技術	藤井 章博
50	2005-5	合成液体燃料開発の現状と今後の展開 —天然ガスやバイオマスからの液体燃料—	大平 竜也
		大学におけるシニア研究者の現状とこれからの役割 —シニア世代の研究者を有効活用する—	浦島 邦子・伊藤 泰郎
51	2005-6	国際標準を担う人材育成について	黒川 利明
		各国の宇宙輸送システム開発動向 —スペースシャトル退役がもたらす変化—	辻野 照久
52	2005-7	欧州の情報化社会技術に関する予測調査	藤井 章博
		デジタルカメラとカメラ付携帯電話の動向	立野 公男
		東アジアにおける大気汚染物質モニタリングについて —アジアの環境先進国としての我が国の展開—	福島 宏和
53	2005-8	テーラーメイド医療の進展の現状 —国民への情報提供システム整備の重要性—	曾和 義広
		マグネシウム合金の研究開発動向 —自動車用構造材料の軽量化の視点から—	渡井 久男
		再生可能エネルギーの普及促進策と技術課題	大平 竜也
54	2005-9	PC グリッド・コンピューティング —普及・向上する PC の有効活用による豊富な計算資源の社会的供給—	刀川 眞
		都市におけるヒートアイランド現象の緩和対策	山本 桂香
		利用ニーズ主導の統合された地球観測システムの構築 —エビアン G8 サミットに始まりグレンイーグルズサミットでも言及された「GEOSS」の推進—	辻野 照久
55	2005-10	情報通信分野における特許の活用 —ライセンスして市場をリードする—	山田 肇
		人道的地雷探知・除去技術と国際貢献への道	佐藤 源之
		わが国における地震防災の最近の動向	菅沼 克敏
56	2005-11	窒素酸化物排出低減用触媒技術の開発動向	小沢 靖・浦島 邦子
		京都メカニズムにおける原子力技術利用への動き —京都議定書の将来枠組みでの注目点—	大平 竜也・持田 勲
57	2005-12	サービス・サイエンスにまつわる国内外の動向	日高 一義
		LSI の配線設計の課題と設計自動化ツール開発の重要性	野村 稔
58	2006-1	光インターコネクション技術動向 —「京速計算機システム」への適用を目指して—	竹内 寛爾
		無機材料研究におけるマテリアルインフォマティクスの動向	知京 豊裕

No	掲載号	題 名	著 者
59	2006-2	我が国における花粉症対策の展望	新田 裕史
		ナノテクノロジー開発の促進に向けたナノシミュレーション技術の普及	館山 佳尚
		石油・天然ガス資源の探査・開発・生産に関する技術開発の動向	持田 勲・大平 竜也
60	2006-3	中国における技術予測	辻野 照久・横尾 淑子
		人間を理解するための認知ロボティクス	石井 加代子
61	2006-4	廃棄物不法投棄による汚染の修復と技術	川本 克也・浦島 邦子
		微小重力利用の研究動向 —宇宙環境と地上環境での研究の競争と協調—	辻野 照久
62	2006-5	動物実験に関する近年の動向 —動物愛護管理法の改正・施行を迎えて—	重茂 浩美
		一人一人の環境保全行動の実践に向けて —環境教育の推進と環境モニタリング情報の活用—	福島 宏和・浦島 邦子
63	2006-6	情報通信のエネルギー問題—求められる通信インフラの省電力化—	小笠原 敦
		ナノテクノロジー分野における各国の特許出願状況	金間 大介
		AAAS 科学技術政策年次フォーラム報告	浦島 邦子
64	2006-7	日本の医工連携イノベーションの推進 —OCT の産学官連携を事例に—	立野 公男
		黄砂現象に関する最近の動き —自然現象か人為的影響か古くて新しい問題の解決に向けて—	山本 桂香
		中国の直面する環境・エネルギー問題と日中技術協力の可能性	前田 征児
65	2006-8	植物由来プラスチックの研究開発動向 —自動車用ナノ複合ポリ乳酸の視点から—	河本 洋
		日本の設計組織構造を考慮した CAD の研究開発	塩谷 景一
66	2006-9	ITS による自動車の社会・環境負荷低減に向けて	竹内 寛爾・前田 征児
		摩擦抵抗低減を目指した乱流制御の研究動向	池田 一壽
67	2006-10	情報通信技術と「思想」—科学技術の能力としての「思想」—	林 晋
		「EU ナロードマップ」—ナノテクノロジー分野における技術ロードマップの課題と今後の展望—	金間 大介
		通信放送衛星システムの利用動向	辻野 照久
68	2006-11	クリーンコールテクノロジーにおける高温型燃料電池の動向と展望	渡辺 隆夫・前田 征児
		人と環境に配慮した生産システムの研究開発	塩谷 景一
69	2006-12	過剰な窒素肥料が及ぼす環境負荷の低減に向けて —地下水汚染と農作物中の硝酸塩の低減—	福島 宏和
		有形文化財における科学技術の活用	山本 桂香
70	2007-1	重要な社会基盤防護に関する米国の研究開発動向	藤井 章博
		アナログ技術の動向と人材育成の重要性 —CMOS 高周波 LSI にみる新時代のアナログ技術を中心に—	野村 稔
		高純度シリコン原料技術の開発動向 —太陽電池用シリコンの革新的製造プロセスへの期待—	河本 洋・奥和田 久美
71	2007-2	イノベーションをもたらすと期待される Converging Technologies 推進の政策動向	伊藤 裕子
		理工医学系電子ジャーナルの動向 —研究情報収集環境と事業の変革—	林 和弘
72	2007-3	再生医療を中心とした生体材料研究の現状	菊池 正紀・金間 大介
		海底活用のための探査技術—大陸棚画定調査への貢献—	辻野 照久

No	掲載号	題 名	著 者
73	2007-4	組織を超えたコミュニケーションのためのオントロジー技術	黒川 利明
		安全安心な社会構築に忘れてはならない雷害リスク対策	浦島 邦子
74	2007-5	日本のナノテク競争力分析 —懸念される競争力低下とナノシステム化への挑戦—	金間 大介・近藤 章夫
		道路構造物のストックマネジメントのための技術動向	池田 一壽
75	2007-6	エネルギー資源作物とバイオ燃料変換技術の研究開発動向	前田 征児
		AAAS 科学技術政策フォーラム報告	光盛 史郎
76	2007-7	固体酸化物形燃料電池材料の研究開発動向 —鍵となる電解質の研究開発の視点から—	河本 洋
		製造業の強さを支えるものづくり計測の研究開発のあり方	塩谷 景一
77	2007-8	今後求められる臨床研究者像と大学院における人材育成の試み	伊藤 裕子
		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	藤井 章博
78	2007-9	ITを基盤としたインドの産業発展と知識型社会を目指した人材育成の動き	竹内 寛爾・野村 稔
		海外における深海有人潜水船の開発動向と我が国の進むべき道	工藤 君明
		消防防災に関する科学技術動向 —消防防災領域でのイノベーションを目指して—	松原 美之・浦島 邦子
79	2007-10	欧州におけるペタスケールコンピューティングの動向	野村 稔
		希少金属資源に関する我が国の採るべき方策	河本 洋
80	2007-11	身近にある水の現状と課題	浦島 邦子
		アジアにおける防災衛星システムの構築と国際協力の推進	清水 貴史
81	2007-12	循環型社会に求められる廃棄物の再生資源化技術	川本 克也
		災害リスクガバナンスに基づく防災研究の新たな課題	長坂 俊成
82	2008-1	地球変動予測を意識した 21 世紀の海洋観測	滝沢 隆俊
		高効率を目指す太陽電池セルの研究開発動向	金間 大介・河本 洋
83	2008-2	ニュートラスティカルに関する研究動向	鷲見 芳彦
		防災・減災のための情報通信システムの相互運用	臼田 裕一郎
84	2008-3	地球温暖化問題に対するサステナビリティサイエンスの研究動向 —IPCC 第四次評価報告書に対する日本の貢献度から見た課題—	前田 征児・日引 聡
		ナノテクノロジーの社会受容に関する取り組み	竹村 誠洋
85	2008-4	ソフトウェア・テストの技術動向と課題	黒川 利明・品川 万里
		米国商務省のイノベーション計測に向けたイニシアティブ	渡辺 康正
86	2008-5	持続可能な交通システムへのモーダルシフト —都市における路面交通システム (LRT、BRT、バス) の方向性—	藤本 博也
		海洋管理時代の幕開けと海洋科学技術	工藤 君明
87	2008-6	広義の脳科学	石井 加代子
		AAAS 科学技術政策年次フォーラム報告	横尾 淑子
88	2008-7	ノロウイルスによる食中毒・感染症 —我が国における発生状況とその対策について—	重茂 浩美
		日本の危機としての IT 人材問題	林 晋・黒川 利明
89	2008-8	言葉の壁を越える音声翻訳技術	中村 哲
		月・惑星探査における我が国の宇宙開発能力	清水 貴史

No	掲載号	題 名	著 者
90	2008-9	温室効果ガス削減に貢献する電力技術	浦島 邦子・戸潤 敏孔
		排熱回収用高効率熱電変換材料の研究開発動向	河本 洋
91	2008-10	ロジスティクス高度化へのオペレーションズ・リサーチの役割	高井 英造
		地震予知研究の動向と問題点	松村 正三
92	2008-11	新しい情報ネットワーク基盤の商用化と研究開発の動向	藤井 章博・山田 肇
		真のバルク GaN 単結晶の必要性と研究開発動向	皿山 正二
93	2008-12	テレビ帯における周波数共用技術の進展	山田 肇
		住宅の省エネルギー化に貢献する高断熱技術	藤本 博也
94	2009-1	省エネルギーに寄与する照明の効率化技術	武井 義久
		火山噴火予知研究の現状と今後の課題	藤田 英輔
95	2009-2	素材産業が担うリサイクルの現状とその制約要因	竹内 正雄
		ナノ多孔質セラミックス分離膜の研究開発動向 —化学合成プロセスへの応用における省エネルギー化—	岩本 雄二・河本 洋
		局地的な降雨観測・予測技術の動向	白石 栄一
96	2009-3	iPS 細胞に関する研究動向と課題	鷲見 芳彦
		子どもの健康と環境に関する世界の研究動向	新田 裕史
97	2009-4	我が国の国際産業競争力を支える人材の育成 —基幹産業としての鉄鋼業を例とする人材育成モデル—	千田 晋
		航空科学技術に係る日米欧の研究開発動向	清水 貴史
98	2009-5	鉄鋼業の温暖化対策とセクトラル・アプローチ	小島 彰
		山地から河川、海域にわたる流砂系問題に対する実証的研究の推進	井上 素行
99	2009-6	生体の遺伝子発現制御機構であるエピジェネティクス研究の最近の動向	伊藤 裕子
		電磁気学における混乱と CPT 対称性の意義 —対称性に結びつく単位系—	市口 恒雄
100	2009-7	論文誌の電子ジャーナルをめぐる最近の動き	林 和弘
		AAAS 科学技術政策年次フォーラム（2009）報告	平野 章生
101	2009-8	ドイツの地域予測シナリオ —2020 年のバーデン・ヴュルテンベルク州における IT とメディア—	市口 恒雄・横尾 淑子
		北極域環境の研究体制における日本の課題	大畑 哲夫
102	2009-9	微細藻類（マイクロアルジェ）が開く未来—有用性とその利用—	鷲見 芳彦
		情報通信デバイスで注目される左手系メタマテリアル技術	武田 重喜・吉永 孝司
103	2009-10	抗体医薬の現状と課題	関根 進
		新規な機能性を発現させる共有結合性のネットワーク状物質の研究動向	森 孝雄
104	2009-11	研究と実践のはざま—東海地震予知をめぐる—	松村 正三
		数値シミュレーションにおけるソフトウェア研究開発の動向 —並列分散型のハードウェアとソフトウェア自動チューニング—	古川 貴雄・野村 稔
105	2009-12	色素増感太陽電池の研究開発動向	川喜多 仁
		宇宙開発に於けるイノベーション創出に向けて	清水 貴史
106	2010-1	広がる Web API の活用—マッシュアップの幅広い可能性—	藤井 章博
		自動車用高出力・大容量リチウムイオン電池材料の研究開発動向	河本 洋

No	掲載号	題 名	著 者
107	2010-2	土壌汚染対策の現状と将来展望	武井 義久
		海洋酸性化研究の動向	河野 健
108	2010-3	日本における電子政府の現状と将来の方向—電子申請を中心に—	山田 肇
		再生可能エネルギーとしての新たな時代の水力	井上 素行・白石 栄一
109	2010-4	症候群サーベイランス—感染症流行の早期探知に向けて—	重茂 浩美
		3次元 LSI 実装のための TSV 技術の研究開発動向	吉永 孝司・野村 稔
110	2010-5	生物の多様性に学ぶ新世代バイオメテック材料技術の新潮流	下村 政嗣
		グラフェンの高速トランジスタ応用への注目と課題	家近 泰
111	2010-6	「所有から利用へ」の世界を支えるクラウド・コンピューティングの可能性	黒川 利明・日高 一義
		AAAS 科学技術政策年次フォーラム (2010) 報告	長野 裕子
112	2010-7	肺がんに対する分子標的治療の動向	重茂 浩美
		過去の予測調査に挙げられた科学技術は実現したのか	横尾 淑子
113	2010-8	ICT から見たスマートグリッドの可能性	日高 一義
		平成 22 年版科学技術白書の主なポイント	伊藤 裕子
114	2010-9	資源問題に直面するモータ用永久磁石の研究動向と課題	小澤 純夫
		緊急地震速報の開発と効用	松村 正三
115	2010-10	国際産学官連携拠点の目指すべき方向性 ～「つくばイノベーションアリーナ」の概要と展望～	小笠原 敦
		日本の電気電子・情報通信分野における研究活動の変化	白川 展之・野村 稔
116	2010-11	電子顕微鏡における収差補正技術開発の世界的動向と日本の現状	阿部 英司
		海洋深層循環と熱輸送に関する観測研究の動向	河野 健
117	2010-12	自動車排出ガス触媒の現状と将来	阿部 英樹
		リチウム資源の供給と自動車用需要の動向	河本 洋・玉城 わかな
118	2011-1	医薬品開発技術の新展開—マイクロドーズ臨床試験の技術と課題—	原田 良信
		環境化学物質の健康影響研究 —エピジェネティクスの導入による新展開—	野原 恵子
119	2011-2	ICT 利用で世界的にオープン化が進む高等教育 —先進的な e ラーニングとオープンエデュケーションリソース—	古川 貴雄・白川 展之
		研究基盤としての電子ジャーナル —電子ジャーナルへのアクセスの維持を目指して—	古西 真
120	2011-3	廃プラスチック資源化の技術的展開と普及への課題	小寺 洋一・浦島 邦子
		排出量取引を利用した二酸化炭素回収・貯留技術の促進について	有村 俊秀・前田 征児 和田 潤・浦島 邦子
121	2011-4	クラウド環境における電子商取引の標準化と変化	藤井 章博
		中性子線を利用した材料解析技術の最近の動向	蒲生 秀典、玉城 わかな
122	2011-5	超高齢社会における環境制御型農業の可能性	赤坂 一人
		ウェブアクセシビリティの標準化と普及への課題	山田 肇
123	2011-6	災害時にもロバストで有効な情報伝達手段	市口 恒雄
		東日本大震災への米国アカデミックコミュニティの初期的対応	遠藤 悟
124	2011-7・8	高品質な国産小麦の研究開発動向	金間 大介・鷲見 芳彦
		新たな核酸創薬への期待—マイクロ RNA 研究の最近の動向— AAAS 科学技術政策年次フォーラム (2011) 報告	新飯田 俊平 重茂 浩美



No	掲載号	題 名	著 者
125	2011-9・10	我が国の社会的特性に着目した組込みシステム開発の方向性 —エレクトロニクス化された耐久消費財におけるソフトウェア開発の強化策—	刀川 眞
		スーパーコンピュータをめぐるグローバル化の動き	野村 稔
		気候変動問題における各国の排出削減目標設定の議論	亀山 康子
126	2011-11・12	地域イノベーションと震災復興に寄与する地熱エネルギーの利用	浦島 邦子・和田 潤
		ふたつの大震災から見た我が国の地震研究の動向と課題	松村 正三
127	2012-1・2	生態系サービスを持続させる市場メカニズムの拡大 —日常消費活動の中で生態系保全を推進する認証制度—	藤本 博也・浦島 邦子
		水災害に対する防災技術の転換の必要性	井上 素行・鴨川 慎
		シンポジウム「IEEEに見る国際競争激化とグローバル化—研究 人材の国際流動性は研究開発に影響を与えるのか—」開催報告	野村 稔
128	2012-3・4	外国人研究者の寄与による研究機関の生産性の向上	有賀 克彦・蒲生 秀典
		非常食から被災生活を支える災害食へ	中沢 孝・別府 茂
129	2012-5・6	小水力発電の現状・意義と普及のための制度面での課題	伊藤 康
		地震動の周期に依存した建物被害と新たな課題	市口 恒雄・松村 正三
		宇宙からの災害リスクを低減する宇宙状況認識	辻野 照久
130	2012-7・8	ライフサイエンスにおける先端的計測・分析機器の使用に関する 国内研究者意識	赤坂 一人・林 康子 重茂 浩美
		CO <sub>2</sub> 低減を加速する自動車用大エネルギー容量キャパシタの研究 開発動向	河本 洋
		緊縮財政下における米国の科学技術政策：2012年 AAAS 科学 技術政策年次フォーラム報告	遠藤 悟
131	2012-9・10	大学・大学院におけるデザイン思考（Design Thinking）教育	黒川 利明
		米国政府のビッグデータへの取り組み	野村 稔
132	2012-11・12	社会基盤情報の提供にむけた地球温暖化予測モデルの高信頼性化	河野 健
		情報通信技術が生み出す自立生活支援サービス	山田 肇
133	2013-1・2	自動運転自動車の研究開発動向と実現への課題	辻野 照久・坪谷 剛
		米国における科学技術人材育成戦略—科学、技術、工学、数 学（STEM）分野卒業生の100万人増員計画—	千田 有一
134	2013-3・4	米国国立科学財団（NSF）の評価基準の改訂—基礎科学研究活 動が潜在的に持つ社会的インパクトに関する新たな理念の提示—	遠藤 悟
		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—	林 和弘
		ポーター仮説とグリーン・イノベーション —適切にデザインされた環境インセンティブ環境規制の導入—	伊藤 康・浦島 邦子
		2012年の世界の衛星打上げ動向	辻野 照久
135	2013-5・6	科学的合理性のあるスポーツ教育に向けて —TQC（トータルクオリティコントロール）の導入事例—	橋本 新平・重茂 浩美
		官民が競う津波救命艇の開発	坪谷 剛
		2014年度 NASA 予算要求の概要—有人小惑星探査戦略を発表—	辻野 照久
135	2013-5・6	コンピュータシステムの性能指標の変化 —ビッグデータ処理システムの性能ランキングリスト作成の動き—	野村 稔
		バックキャストにに適した科学技術予測の方法論 —課題解決志向を重視した研究開発の推進—	小笠原 敦

No	掲載号	題 名	著 者
136	2013-7	2013年 AAAS 科学技術政策年次フォーラム報告 緊縮財政下における科学技術と社会との関係の変化	遠藤 悟
		科学研究の投資効果測定を目指す米国の STAR METRICS 事業の現状と今後の見通し	白川 展之
		ガバメント 2.0 —データガバメントと住民参加型行政の2つの方向性—	市口 恒雄
		オランダ・フードバレーの取り組みとワーヘニンゲン大学の役割	金間 大介
		各国の地球観測動向シリーズ (第1回) 米国の地球観測活動の今後の方向性	辻野 照久
137	2013-8	米国における革新的発想に対する新たな研究支援の枠組み —2014年度予算案における注目すべきプログラム等—	遠藤 悟
		世界のスーパーコンピュータの動向	野村 稔
		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—	蒲生 秀典
		スポーツ脳震とう関連研究の動向	本間 央之
		各国の地球観測動向シリーズ (第2回) 欧州の地球観測活動の方向性—地球観測データの仲介枠組—	辻野 照久
138	2013-9	巨大地震に備えた消防防災研究の方向性 (その1) —東日本大震災の火災被害を踏まえて—	松原 美之・浦島 邦子
		将来社会のために先行的に取り組むべき研究領域の導出 —ドイツにおける試み—	横尾 淑子
		地球環境研究に関する国際プログラムの動向 —Future Earth について—	増田 耕一・浦島 邦子
		健康長寿社会の実現に向けた喫煙リスク研究の動向	本間 央之
		各国の地球観測動向シリーズ (第3回) 中国の地球観測活動の方向性—欧州から学び地球観測応用範囲を拡大—	辻野 照久
139	2013-10	巨大地震に備えた消防防災研究の方向性 (その2) —消防防災科学技術高度化戦略プラン 2012—	松原 美之・浦島 邦子
		コンピュータシステムの高性能化への動き —プロセッサと主記憶間のデータ移動に関する課題の改善—	野村 稔
		電子黒板 (インタラクティブ・ホワイトボード) 導入による教育の ICT 化に向けて	市口 恒雄
		健康長寿のために重要な身体活動量の測定に係る課題	中沢 孝
		各国の地球観測動向シリーズ (第4回) ロシアの地球観測活動の方向性—世界シェアの獲得と商業化による地球観測利用の拡大—	辻野 照久
140	2013-11	欧州のハイパフォーマンスコンピューティング戦略とその実現に向けた動き	野村 稔
		災害情報伝達媒体としてのデジタルサイネージ利用の動向	蒲生 秀典
		学術論文誌の編集体制にみる日本の研究力強化に向けた取り組みの必要性—ナノテク・材料系ジャーナルに着目した分析—	白幡 直人・林 和弘
		各国の地球観測動向シリーズ (第5回) インドの地球観測活動の方向性—持続可能な資源利用に貢献する世界有数の地球観測衛星群—	辻野 照久
141	2013-12	新たな天然ガス高度利用技術の動向	古川 貴雄
		Technology Pioneers2014 に選ばれた世界のベンチャー企業	市口 恒雄
		各国の地球観測動向シリーズ (第6回) カナダの地球観測活動の方向性—Cバンド合成開口レーダと画像処理手法の融合による地球観測画像の多角的応用—	辻野 照久

No	掲載号	題 名	著 者
142	2014-1・2	日本の魅力の発信強化に向けた研究開発テーマの抽出 —第9回デルファイ調査より—	科学技術動向研究センター
		農業をめぐるIT化の動き —データ収集、処理、クラウドサービスの適用事例を中心に—	金間 大介・野村 稔
		技術文書に見るインターネット要素技術の動向	藤井 章博
		新しい局面を迎えたオープンアクセスと日本のオープンアクセス義務化に向けて	林 和弘
		2013年の世界の宇宙開発動向	辻野 照久
143	2014-3・4	再生可能エネルギー利用拡大のためのエネルギーストレージの研究開発動向	蒲生 秀典
		日本の製造業システムの医療分野展開、国際展開の可能性について—TQC、TQMの日米の病院における取組みと日本の課題—	橋本 新平・小笠原 敦
		予防医療・先制医療に向けたスマートなヘルスケアの実現 —パーソナル検査システムの開発と社会実装の促進について—	本間 央之
		農業をめぐるIT化の動き (2) —ハイパフォーマンスコンピューティングの活用事例を中心に—	野村 稔・金間 大介
		インフラ長寿命化における道路橋の新たな点検技術の開発	坪谷 剛・市口 恒雄
144	2014-5・6	世界における予測活動の最近の動向	横尾 淑子
		フォーサイトに関する最新動向—第5回予測国際会議 世界の科学技術予測の現状～社会課題解決に向けて～ (開催報告 その1)	村田 純一・浦島 邦子
		宇宙食の現状と災害食への活用	中沢 孝
		各国の地球観測動向シリーズ (第8回) 大韓民国の地球観測活動の方向性—外国技術を導入した継続的な地球観測衛星利用—	辻野 照久
145	2014-7・8	フォーサイトに関する最新動向—第5回予測国際会議 世界の科学技術予測の現状～社会課題解決に向けて～ (開催報告 その2) イノベーションとビジネスのための予測調査	村田 純一・浦島 邦子
		米国の大学における先端研究機器のシェアおよびオープン化の動向	伊藤 裕子
		オープンアクセスを踏まえた研究論文の受発信コストを議論する体制作りに向けて	林 和弘
146	2014-9・10	各国の地球観測動向シリーズ (第9回) 衛星画像を利用した農業生産統計	辻野 照久
		フォーサイトに関する最新動向—第5回予測国際会議 世界の科学技術予測の現状～社会課題解決に向けて～ (開催報告 その3) 国際機関による予測調査	村田 純一・浦島 邦子
		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	村山 泰啓・林 和弘
		世界のスーパーコンピュータの動向 (2014年)	野村 稔
		オバマ政権下の最近の米国の科学技術政策の展開 第1部 緊縮財政下における研究開発優先順位設定	遠藤 悟
		オバマ政権下の最近の米国の科学技術政策の展開 第2部 米国の研究開発エコシステムの特徴と我が国の政策形成への示唆	遠藤 悟
		医療イノベーションに向けた腸管微生物叢研究の展開 —微生物叢移植とその発展型を巡る研究開発と実用化の動向—	本間 央之

No	掲載号	題 名	著 者
147	2014-11・12	フォーサイトに関する最新動向—第5回予測国際会議 世界の科学技術予測の現状～社会課題解決に向けて～ (開催報告 その4) 多様な予測活動の現状	村田 純一・浦島 邦子
		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	村山 泰啓・林 和弘
		各国の地球観測動向シリーズ (第10回) 国際災害チャーターの活動 動向—外国の災害に対する国際的な衛星画像提供枠組みの拡大—	辻野 照久
		青年千人計画に見る中国若手研究者の国際流動状況	木村 良・阪 彩香
148	2015-1・2	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
		2014年の世界の宇宙開発動向	辻野 照久
		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
		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
149	2015-3・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戦略ロードマップより—	辻野 照久
		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
		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
		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
		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
150	2015-5・6	フォーサイト：政策立案への貢献に向けて ～第6回予測国際会議報告～	蒲生 秀典・村田 純一
		東南アジア教育大臣機構 (SEAMEO) における予測活動	浦島 邦子
		オープンサイエンスをめぐる新しい潮流 (その5) オープンな情 報流通が促進するシチズンサイエンス (市民科学) の可能性	林 和弘
		IPCC 第5次評価報告書と今後の展開	梅沢 加寿夫
		予算案を通してみる米国の科学技術政策動向 —独英の基本政策文書との比較—	遠藤 悟
151	2015-7・8	各国の地球観測動向シリーズ (第11回) 米国の地球観測活動の今後の方向性 (その2) —米国の国家安全保障戦略における気候変動への取組—	辻野 照久
		米国の基礎研究・学術研究基盤における課題と改善への取組 —ドイツ及び英国との比較を通して得られる我が国への示唆—	遠藤 悟
		障害者スポーツ用具の技術動向	相馬 りか
		医療・ヘルスケアイノベーションにおける倫理課題への対応と社 会受容促進の取組—遺伝情報、生殖医療、ヒトキメラ、脳操作—	本間 央之