

兆しを捉えるための新手法
～NISTEP のホライズン・スキャニング“KIDSASHI”～

2018 年 12 月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術予測センター

【執筆担当】

横尾 淑子	科学技術予測センター長 [第 1 章、第 3 章 3-1、第 5 章 執筆]
伊藤 裕子	科学技術予測センター 主任研究官 [第 2 章 執筆]
小柴 等	科学技術予測センター 研究員 [第 3 章 3-2、第 4 章 執筆]
黒木 優太郎	科学技術予測センター 研究官 [第 3 章 3-3 執筆]

【Authors】

Yoshiko YOKOO	Director, Science and Technology Foresight Center National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT
Yuko ITO	Senior Research Fellow, Science and Technology Foresight Center National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT
Hitoshi KOSHIBA	Research Fellow, Science and Technology Foresight Center National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT
Yutaro KUROGI	Research Fellow, Science and Technology Foresight Center National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

本報告書の引用を行う際には、以下を参考に出典を明記願います。

Please specify reference as the following example when citing this NISTEP Policy Study.

科学技術予測センター, 「兆しを捉えるための新手法～NISTEP のホライズン・スキャンング “KIDSASHI”～」, *NISTEP Policy Study*, No.16, 文部科学省科学技術・学術政策研究所.

DOI: <http://doi.org/10.15108/ps016>

Science and Technology Foresight Center, “A New Tool for Capturing Weak Signals ~NISTEP’s Horizon Scanning ‘KIDSASHI’~, ” *NISTEP Policy Study*, No.16, National Institute of Science and Technology Policy, Tokyo.

DOI: <http://doi.org/10.15108/ps016>

兆しを捉えるための新手法～NISTEP のホライズン・スキャンニング“KIDSASHI”～

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター

要旨

ホライズン・スキャンニングは政策手段や包括的な予測調査の一部として、新しい兆しや潜在的な課題についての情報を広く探索することを目的とし、欧州などの政府機関で実施されている。

科学技術予測センターは、科学技術予測調査の新しい手法として、定常的かつ継続的なホライズン・スキャンニングである「KIDSASHI(きざし)(Knowledge Integration through Detecting Signals by Assessing/ Scanning the Horizon for Innovation)」の開発に 2016 年から着手し、その手始めとして基本的な考え方の確立及び情報収集や分析を行うシステムの構築を行った。

KIDSASHI は、国内の約 300 の大学や研究機関が発表する科学技術に関連するニュースリリース記事を 1 日 1 回収集し、収集した情報を分野・内容・時系列といったカテゴリごとに、機械学習により自動的に分類する。また、収集した情報から必要な情報を文字列検索する機能も持つ。さらに、KIDSASHI システムの一部として、NISTEP のウェブサイトにて 2016 年 9 月から 2018 年 9 月の間に NISTEP メンバーが作成した 39 件の新しい兆しに関する短報を公開した。

今後も、本システムの改善に継続的に取り組む予定である。

A New Tool for Capturing Weak Signals ~NISTEP's Horizon Scanning 'KIDSASHI'~
Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

ABSTRACT

Horizon scanning as a policy tool or a part of comprehensive foresight survey process aims to broadly explore information about new trends or weak signals as well as potential problems, which is being implemented by government organizations in European countries, etc.

As a new foresight survey tool, we have undertaken development of a regularly continuing horizon scanning system called as “KIDSASHI (Knowledge Integration through Detecting Signals by Assessing/ Scanning the Horizon for Innovation)” since 2016, and succeeded to identify the framework and construct the system for gathering information and analyzing those items, as the first step.

KIDSASHI daily crawls news releases related S&T information from about 300 organizations including universities, research institutes, and private companies, and automatically classify the news articles by categories, such as research fields, type of contents and time series, by using deep learning. KIDSASHI also has search function for items what we want to know by character string from collected information. Further, KIDSASHI has online publication system, and has been published 39 short reports regarding new trends or weak signals, written by NISTEP's staff, on the NISTEP website from September 2016 to September 2018.

We will continue ongoing improvement about the KIDSASHI system in the future.

目次

概要	i
----------	---

本編：

1 はじめに	1
2 世界におけるホライズン・スキャンニングの状況	3
2-1 ホライズン・スキャンニングの定義	3
2-2 ホライズン・スキャンニングの実施状況	5
(1) 各国機関のホライズン・スキャンニングの実施事例	5
(2) ホライズン・スキャンニングの実施内容と実施例	8
3 「KIDSASHI」の取組	16
3-1 全体設計	16
(1) 情報源	17
(2) 情報収集・分析の方法	18
(3) 提供する情報	18
(4) 情報のカテゴリ	18
3-2 クローリング	20
(1) Web クローラー	20
(2) クローリングの範囲・規模・頻度	21
(3) 収集する情報	21
(4) ホライズン・クローラーの機能	22

3 - 3 KIDSASHI 記事	25
(1) KIDSHASHI 記事作成プロセス	25
(2) クローリング記事	27
(3) シグナル記事	28
(4) 過去のシグナル記事一覧	31
4 ホライズン・クローラー	41
4 - 1 プレスリリース半自動抽出スクリプト	41
4 - 2 プレスリリース半自動抽出スクリプトの呼び出しとテスト	45
4 - 3 クローラー・分析ツール等管理用インタフェース	47
(1) 機関の管理機能	49
(2) データ収集の管理機能	50
4 - 4 分析機能	53
(1) 分野から分析	53
(2) 記事の種類から分析	54
(3) 研究機関から分析	55
(4) 記事の分析	56
(5) 文字列から分析	57
4 - 5 ホライズン・クローラーを用いた情報収集と分析試行例	58
(1) 研究機関等プレスリリースに関する各種データの収集	58
(2) 分析の全体像	59
(3) 分析の詳細	62
(4) 分析結果	65
5 今後に向けて	81

付録

付録 1：収集対象組織一覧.....	83
--------------------	----

付録 2：KIDSASHI 記事.....	92
-----------------------	----

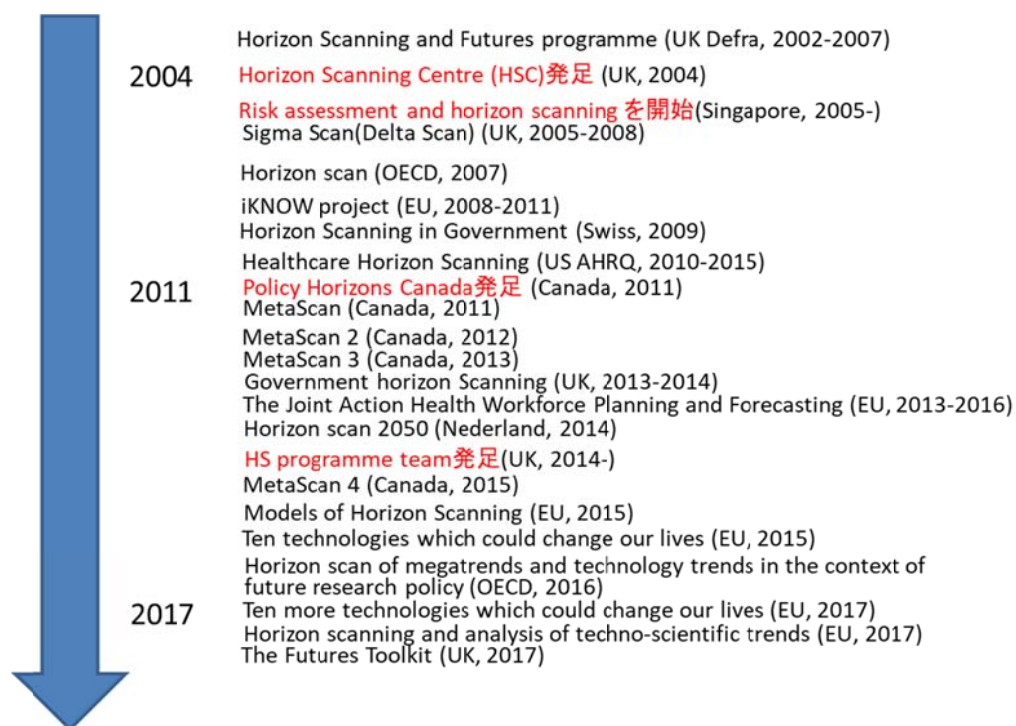
2018 年 1 月のクローリング概況	93
2017 年 12 月のクローリング概況	95
2017 年 11 月のクローリング概況	97
2017 年 10 月のクローリング概況	98
2017 年 9 月のクローリング概況	100
2017 年 8 月のクローリング概況	102
2017 年 5 月のクローリング概況	104
2017 年 4 月のクローリング概況	107
2017 年 3 月のクローリング概況	110
2017 年 2 月のクローリング概況	112
日本の農業への気候変動の影響及びその対応とメッシュ農業気象データシステム	114
ISO8000：データ・クオリティの国際標準化	117
新技術を用いて再生能力を持つウーパールーパーの全ゲノム解読に成功	120
PTSD 治療における仮想現実（VR）活用の進展	122
折紙工学 ―折紙の特徴や機能を製品創出に生かす―	126
微生物の機能を地盤改良に活用する	131
バイオマテリアルナノシート～ヒューマン・マシン・インターフェースに向けて.....	134
フィンランドの技術開発プロジェクト支援	137
ソーシャルメディア上の大量画像を利用して人の行動などを分析	140
ロボットクラウドによる再現性が高く効率の良い生物学実験環境の可能性.....	143
“紙製”マイクロ流体デバイス	145
「ポストトゥルース」時代の科学コミュニケーション ―米国における科学への理解確保 に向けた社会への働きかけの方向性―.....	148
慢性の痛みの解決に向けた神経科学の進展	150
石で作る紙代替製品 ―水の使用量削減など持続可能な社会に貢献する新素材～.....	154
超小型衛星ビジネスの活発化で注目される電気推進の新技术.....	157
コップ 1 杯の水のできる生態調査・環境 DNA の次なる展開	160
再生医療で臓器を作る	163
植物の根の機能解明が進む ―作物への応用に期待	167
研究助成団体が挑戦する研究成果公開プラットフォームの可能性	170
温室効果ガス排出「実質ゼロ」へ向けたグリーンファイナンスの動き	172

スーパーハイビジョン 8K が拓く医療イノベーション	175
冬眠研究のきざし(上)研究会が発足	178
冬眠研究のきざし(下)モデル動物の利用で飛躍の期待	181
安全な量子情報通信ネットワークの実現に向けて ～ダイヤモンドを利用した量子テレポーテーションを実証～	183
空飛ぶクルマ	185
electroceuticals	190
査読前の論文を登録するプレプリントサーバーの拡がりとその可能性	192
近赤外光 1 秒照射で青果物の鮮度を保つ技術	194
日本におけるゲノム編集研究の拠点化の幕開け	196
サイバスロン	198
欧米における市民科学（シチズンサイエンス）支援の動き	203
学術ジャーナル論文の海賊版サイト Sci-Hub と学術情報流通のゲームチェンジの兆し	205
ガラスよりも自然採光と断熱性に優れる”透明な木材”の窓	207
IoT のダークサイド：攻撃に用いられる IoT	209
昆虫の新たな用途	212
宇宙の管理ノウハウが導く地上の医療安全	214
排泄予知ウェアラブルデバイス	216
人工知能で人狼に挑め：人狼知能	218
量子コンピュータ時代の新暗号	221
謝辞	224
調査研究体制	225

概要

変化の兆候をいち早く見出して様々な社会的インパクトの可能性を模索するホライズン・スキャニングが注目されるようになり、科学技術・学術政策研究所（NISTEP）は、定常的・継続的なホライズン・スキャニング KIDSASHI (Knowledge Integration through Detecting Signals by Assessing/ Scanning the Horizon for Innovation)を開始し、取組の一部としてクローリングによる情報収集や分析支援ツールを備えたシステムも構築した。

ホライズン・スキャニングは、各国・機関ごとに多少ニュアンスが異なるが、共通して「早期の兆しを捉える」と定義され、政策手段や予測活動の手法の一つと見なされている。政府内にホライズン・スキャニングの実施部署を初めて設置したのは、英国政府である。現在、英国以外にオランダやカナダなどの政府機関、OECD 及び EU といった国際機関において、ホライズン・スキャニングが実施されている。各国等のこれまでの主な活動を概要図表 1 に示す。



概要図表 1 ホライズン・スキャニングに関わる主な活動
(プロジェクト・報告書・機関の発足)

NISTEP におけるホライズン・スキャニングである「KIDSASHI」は、科学技術予測という枠組の中で、体系的かつ継続的なモニタリングを通じて、将来社会に大きなイ

ンパクトをもたらす可能性のある科学技術に関わる新たな動きを見出し、潜在的な機会やリスクを把握する活動である。

本活動の手始めとして、個別情報の収集と分析に取り組んだ。情報収集には、人による情報収集と自動収集（クローリング）を併用した。

収集した情報は、クローリング記事またはシグナル記事としてとりまとめられる。クローリング記事は、ニュースリリースのキーワードの頻度変化の様相をワードクラウドで表したものである。一方シグナル記事は、論文などの公開情報や関係者への取材などを通じて得られたトピックを記事化したものである。2016 年 9 月～2018 年 9 月の間に 39 件の記事を掲載した。

クローリングについては、約 300 の研究機関のサイトに 1 日 1 回アクセスし、ニュースリリース・プレスリリースを収集する。また、収集機能と併せて、人による分析を支援するため、情報分析機能（記事分類、類似記事抽出）、可視化機能、検索機能もシステムに組み込んだ。

KIDSASHI の現状における取組は、個別情報の収集・提供までを実現している。今後は、継続的活動を通じて情報を蓄積し、時系列分析や情報間の関係性の分析など、情報の最大限の活用を図る必要がある。併せて、情報収集手段においても、関係機関等との連携や自動収集の仕組みの拡充などの検討が求められる。

本編

1 はじめに

人工知能（AI）、ビッグデータ、IoT など、近年の ICT を中心とする科学技術の急速な発展は、社会の在り方、また人間の行動様式や価値観を大きく変えつつある。科学技術と社会の関係性がより密接かつ複雑化する中、科学技術のもたらすインパクトという点からも将来社会の不確実性は益々増大している。

こうした大変化の時代にあって、変化の兆候をいち早く見出して様々な社会的インパクトの可能性を模索するホライズン・スキャニングが、予測活動において注目されるようになった。現在、予測活動を行っている多くの機関において、予測活動の一部として、あるいは予測活動と並列する形で、ホライズン・スキャニング活動が実施されている。それぞれの活動の中では、様々な変化の可能性を想定した複数の将来社会を描くことによって、将来の機会を捉えリスクに備える方策の検討に寄与することが期待されている。扱う情報については、実現の確度よりも、確率は低いが大きなインパクトが想定される事象も含めて様々な可能性を提供することに重点が置かれている。変化の兆候を発見し、そこから何が生まれるかを読み解くこうした創造的な作業には、定量的・定性的手法により収集した情報に基づき、高い専門性と学際性を兼ね備えた視点からの検討が必要である。また、一機関で行う情報収集では著しく不十分であることから、国内外で実施されている活動を相互に参照することの有用性も指摘されているところである。

科学技術・学術政策研究所（NISTEP）では、牛海綿状脳症（BSE）を契機に英国でホライズン・スキャニングが注目され始めたのと時を同じくして、ホライズン・スキャニング活動として科学技術動向調査を 2001 年に開始した。その一つは、科学技術専門家から提供された情報を政策関係者も含めたネットワーク内で共有する仕組みの構築である。NISTEP から専門調査員に委嘱された約 2000 名の科学技術専門家から研究集会や学術誌等で得た最新動向を随時提供いただき、それを週単位・月単位で取りまとめて政策関係者も含むネットワーク内で情報共有を図った。もう一つは、最新の科学技術動向を毎月提供する仕組みの構築である。「科学技術動向」誌を毎月発行し、最近の動きを簡潔に伝える「トピックス」、及び、特定テーマに焦点を当て、現状レビュー、将来見通し、政策的示唆までを含めて概説する「レポート」を数本ずつ掲載した。

近年、政策関係者の間で新しい科学技術発展の兆しへの関心が高まり、研究集会発表などを基にした最新情報の探索・分析に期待が寄せられるようになった。そこで NISTEP では、定常的・継続的なホライズン・スキャンニング活動を拡充して再開することとした。新しいホライズン・スキャンニング活動 KIDSASHI (Knowledge Integration through Detecting Signals by Assessing/ Scanning the Horizon for Innovation)では、従来の人手による情報収集にクローリングを加えてより広範な情報収集を可能とするとともに、得られた情報を可視化することにより大量の情報から意味を見出す支援を行うシステムを整えた。また、速報性を重視して情報をウェブ上で迅速に公開し、必要に応じて適宜更新する仕組みも整えた。

NISTEP では、ホライズン・スキャンニングを科学技術予測活動（以下、予測活動）の一部を構成するものとして位置付ける。ホライズン・スキャンニングには、幅広く探索して注目トピックを見出すボトムアップアプローチとテーマを設定した上で探索するトップダウンアプローチの二つの方向性がある。KIDSASHI は、広範な探索活動から得られた情報を予測活動の他のパートに活用するボトムアップアプローチと併せ、他のパートから提供される注目領域・キーワード・テーマなど範囲を特定した上でホライズン・スキャンニングを行うトップダウンアプローチも適宜実施し、不確実性に対応した予測活動を下支えする役割を担う。

本報告書は、NISTEP におけるホライズン・スキャンニングである KIDSASHI の活動開始時点における基本的考え方、並びに検討のプロセス及びシステムについて、その概要を記したものである。まず、第 2 章では海外における取組について述べる。第 3 章では、海外における取組との比較の観点から本活動の特徴を述べ、併せて検討プロセス及びシステムの概要を述べる。第 4 章では、今回新たに取り組んだクローリングについて、独自に開発した情報収集と分析のシステムであるホライズン・クローラーの詳細について述べる。最後に第 5 章において今後の方向性を取りまとめる。

2 世界におけるホライズン・スキヤニングの状況

2-1 ホライズン・スキヤニングの定義

2015 年に欧州委員会から発表された報告書「Models of Horizon Scanning -How to integrate Horizon Scanning into European Research and Innovation Policies」には、近年、各国・機関において様々な手法のホライズン・スキヤニングが開発及び実施されており、国によってはホライズン・スキヤニングの専門機関を設置していることが言及されている。

ホライズン・スキヤニングは、OECD のウェブにおいて「新しい技術とその技術の現在の課題に対する効果に重きを置いて、潜在的な脅威や機会を体系的に調査することにより、潜在的に重要な展開の早期的な兆しを検出する手法である」と定義されている。また、図表 2-1 に示すように、各国・機関の定義において多少のニュアンスは異なるが、共通して「早期の兆しを捉える」ことが示されている。

掲載場所	定義
経済協力開発機構 (OECD) のウェブ	Horizon scanning is a technique for detecting early signs of potentially important developments through a systematic examination of potential threats and opportunities, with emphasis on new technology and its effects on the issue at hand ¹ . HSIは、新しい技術とその技術の現在の課題に対する効果に重きを置いて、潜在的な脅威や機会を体系的に調査することにより、潜在的に重要な展開の早期的な兆しを検出する手法である。
欧州委員会(EC)共同研究センター(JRC)のウェブ	Horizon scanning entails the gathering of information on emerging issues and trends across the policy spectrum in the political, economic, social, technological and environmental setting. It looks further into the future than the timeframe of already planned activities ² . HSIは、政治的・経済的・社会的・技術的・環境的な枠組みにおいて、政策範囲に新たに生じている課題やトレンドに関する情報を収集することを含む。HSIは、既定の活動のタイムフレームよりも、さらに未来を見る。
カナダ連邦政府Policy Horizons Canadaのウェブ	Scanning identifies changes in the domestic and international environments that could affect government policy and programs ³ . スキヤニングは、政府の政策やプログラムに影響を与える可能性がある国内や国際的な環境における変化を識別する。
報告書「The Futures Toolkit」英国政府科学庁 (2017)	Horizon Scanning is the process of looking for early warning signs of change in the policy and strategy environment ⁴ HSIは、政策や戦略環境における変化の早期の前兆を探索するプロセスである。

図表 2-1 ホライズン・スキヤニング(HS)の定義の例

(出典)

1. OECD,

<https://www.oecd.org/site/schoolingfortomorrowknowledgebase/futuresthinking/overviewofmethodologies.htm>

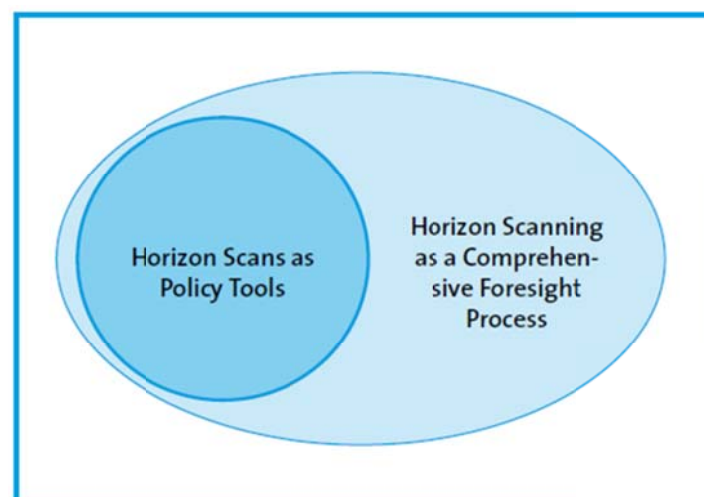
2. JRC, <https://ec.europa.eu/jrc/en/research/crosscutting-activities/foresight>

3. Policy Horizons Canada, <http://www.horizons.gc.ca/en/content/scanning-and-foresight-0>

4. UK Government Office for Science, The Futures Toolkit, 2017

しかし、“ホライズン・スキャニング”が指し示す意味合いが、各国・機関で異なる場合もある。2009年にスイス連邦工科大学チューリッヒ校 Center for Security Studies (CSS) から発表された報告書「Horizon Scanning in Government」には、ホライズン・スキャニングに狭義と広義の2つの異なる意味合いが用いられていることが示されている（図表2-2）。

狭い意味のホライズン・スキャニングは、組織の政策的・経済的・社会的・技術的・生態的な環境において、今後生じる 이슈・トレンド・進展・アイデア・出来事についての幅広い情報・エビデンスを系統的に集めることを目的とした政策手法であるとし、広い意味では不確実で複雑な将来を取り扱う組織の能力を改善することを目的とした、包括的な予測活動のプロセス（の一つ）であるとしている。



図表 2-2 狭義と広義のホライズン・スキャニングの関係

実はホライズン・スキャニングの起源ははっきりしていない。Rowe, E. (2017) の論文によると、ホライズン・スキャニングの起源は、環境探査や Strategic foresight（計画指向の予測）及び Weak signal の捕捉（Ansoff's, 1975）に見出されるということである。このように（想定される）起源の分散が、ホライズン・スキャニングを実施する国・機関における定義や手法の違いを反映している可能性がある。

2-2 ホライズン・スキヤニングの実施状況

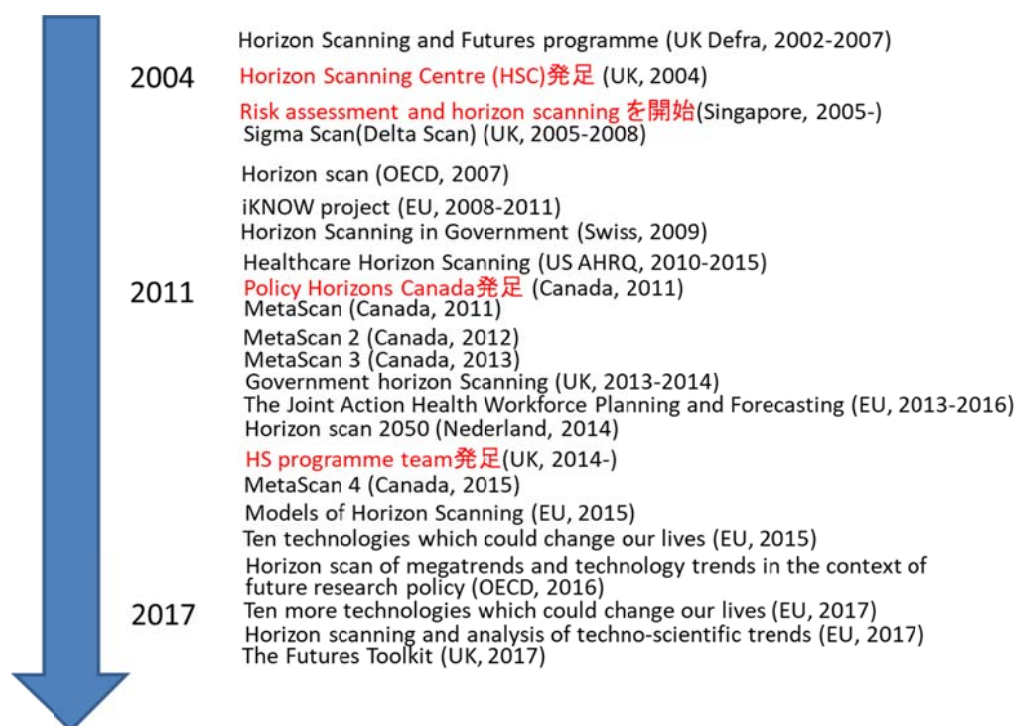
(1) 各国機関のホライズン・スキヤニングの実施事例

政府内にホライズン・スキヤニングの専門機関を初めて設置したのは、英国政府である。2004年に科学技術庁の下にホライズン・スキヤニングセンター(HSC)を設置し、フォーサイトによる省庁横断的な優先度付けや戦略を策定する際に、基礎的データを提供することを目的とした。

英国のホライズン・スキヤニングの活動は、HSCの発足よりも早い2002年に環境・食糧・農村地域省(Defra)において実施された。この時期を前後して、英国政府の各省庁内にホライズン・スキヤニングを実施する部署が複数出来たようである。HSCは、2014年に内閣府ホライズン・スキヤニング局と統合し、ホライズン・スキヤニングプログラムチームとなり、省庁横断的な課題についてホライズン・スキヤニングを実施している。

カナダは、2011年に政府内に Policy Horizons Canada を設置し、Strategic foresight を実施する機関として、スキヤニングやフォーサイトを通じて、急速に変化及び複雑化する世界における新たな政策課題や機会を予測するという。

欧州議会の科学技術選択評価委員会(STOA)は、1987年に発足した、議会に科学的助言を提供する組織体である。第7期欧州議会(2009-2014)の終わりに、STOAの未来に関する戦略の一部として、STOAが欧州議会の範囲の科学技術分野において、フォーサイト（先を読む）の役割を担うことを決めた。そして、中長期的な科学技術の進展のインパクトを評価する Technology Assessment projects と、20年から50年先の長期的で潜在的に社会インパクトがあり、かつ未知あるいは未確定な科学技術の動向を広い範囲で探索する、Scientific Foresight projects の2つのプロジェクトを実施することにした。ホライズン・スキヤニングは、後者のプロジェクトの中で実施され、予測される将来の進展に対する戦略の開発を支援するために、科学技術の展望の全体像を与えてくれるという。



図表 2-3 ホライズン・スキヤニングに関わる主な活動
(プロジェクト・報告書・機関の発足)

国等	実施機関	プロジェクト等の名称または報告書タイトル
EU	欧州議会科学技術選択評価委員会(STOA)	Ten technologies which could change our lives (2015) ¹ Ten more technologies which could change our lives (2017) ²
EU	欧州委員会(EC)欧州研究圏(ERA) ● FP7 の研究プロジェクト:国際的かつ学際分野のチームで実施(英国マンチェスター大学PREST Manchester Institute of Innovation Research 等)	The iKNOW project (2008-2011) ³
OECD	デンマーク科学技術省(DASTI)	An OECD Horizon Scan of Megatrends and Technology Trends in the Context of Future Research Policy (2016) ⁴
英国	政府内にホライズン・スキヤニングを行う部署が複数有 ● ホライズン・スキヤニングプログラムチーム(2014年3月発足):内閣府ホライズン・スキヤニング局と政府科学庁ホライズン・スキヤニングセンターが統合 ● 安全衛生庁(HSE)フォーサイトセンター	Horizon Scanning Programme team ⁵ EMERGING TECHNOLOGIES: BIG DATA (2014) ⁶ Technology and Innovation Futures 2017 ⁷
オランダ	オランダ技術トレンド研究センター(STT)*STTは公益法人	STT Horizon Scan 2050 (2014) ⁸
カナダ	Policy Horizons Canada *カナダ連邦政府内の組織	MetaScan 4 - The Future of Asia: Implications for Canada (2015) ⁹
シンガポール	シンガポール政府 全国安全評議会(NSCS)	The Risk Assessment and Horizon Scanning (RAHS) programme ¹⁰

図表 2-4 国・機関レベルのホライズン・スキヤニングの実施例

(出典)

- http://www.europarl.europa.eu/EPRS/EPRS_IDAN_527417_ten_trends_to_change_your_life.pdf
- [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/598626/EPRS_IDA\(2017\)598626_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/598626/EPRS_IDA(2017)598626_EN.pdf)

3. <http://wiwe.iknowfutures.eu/iknow-description/>
4. <https://ufm.dk/en/publications/2016/files/an-oecd-horizon-scan-of-megatrends-and-technology-trends-in-the-context-of-future-research-policy.pdf>
5. <https://www.gov.uk/government/groups/horizon-scanning-programme-team>
6. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/389095/Horizon_Scanning_-_Emerging_Technologies_Big_Data_report_1.pdf
7. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/584219/technology-innovation-futures-2017.pdf
8. <https://stt.nl/wp/wp-content/uploads/2014/09/STT-Horizonscan2050-defweb-03.pdf>
9. <http://www.horizons.gc.ca/en/content/metascan-4-future-asia-implications-canada>
10. <https://www.dsta.gov.sg/docs/default-source/dsta-about/risk-assessment-and-horizon-scanning-experimentation-centre.pdf?sfvrsn=2>

また、各国の省庁レベルで分野別のホライズン・スキャニングが実施されている例がある。分野としては主に地球環境分野や健康医療分野であり、地球環境分野は従来から省庁レベルで実施されている環境探査の関係からと考えられる。

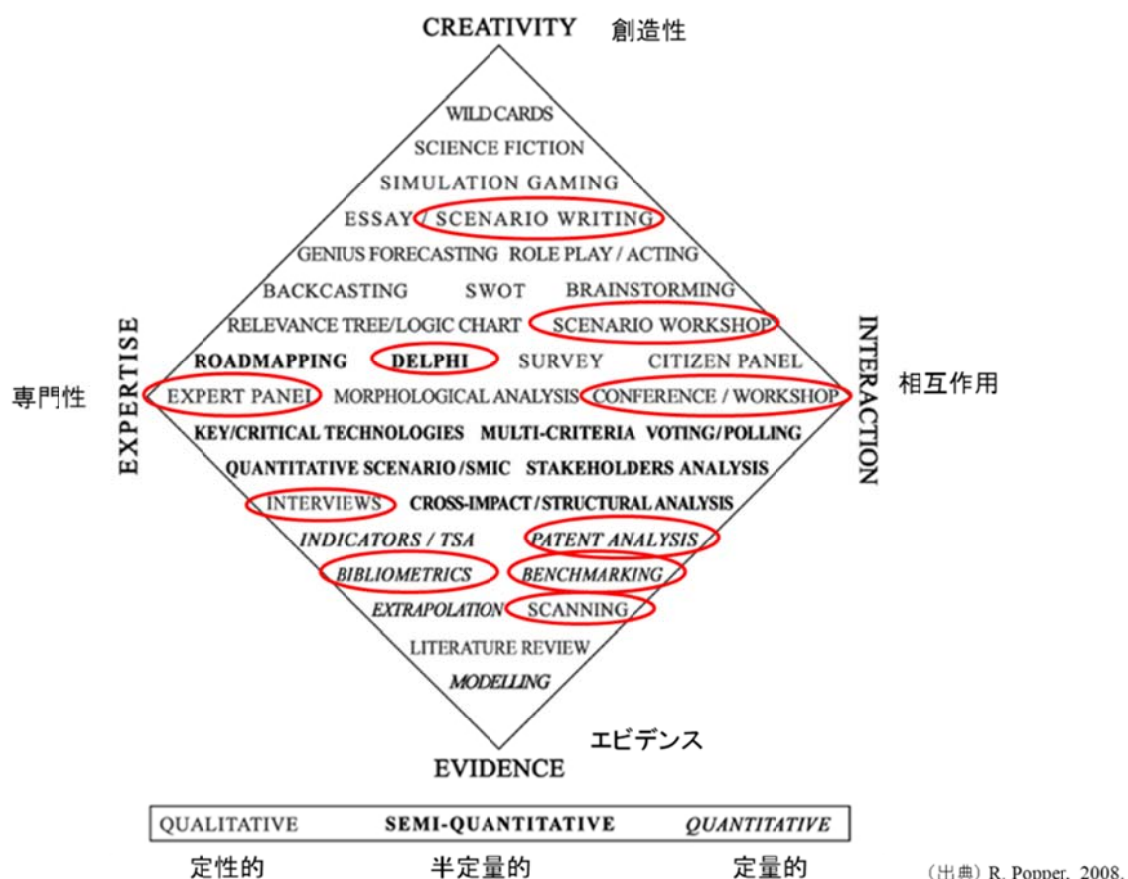
健康医療分野には、医療技術の効果・経済評価・社会影響などを多面的に分析する、医療技術評価(HTA)という研究領域があり、多くの国では健康医療分野の政策決定に利用している（日本の厚生労働省には 2016 年から試行的導入）。このような背景に加えて、近年の医療技術の進展の速さから、健康医療分野において省庁レベルのホライズン・スキャニングが実施されていると考えられる。

健康医療分野のホライズン・スキャニングの例としては、米国保健福祉省の Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ) が 2010 年から Healthcare Horizon Scanning program を実施している。さらに、同じ保健福祉省の米国食品医薬品局(FDA)が 2015 年に Emerging Sciences Working Group を設置し、ホライズン・スキャニングを実施している。

(2) ホライズン・スキヤニングの実施内容と実施例

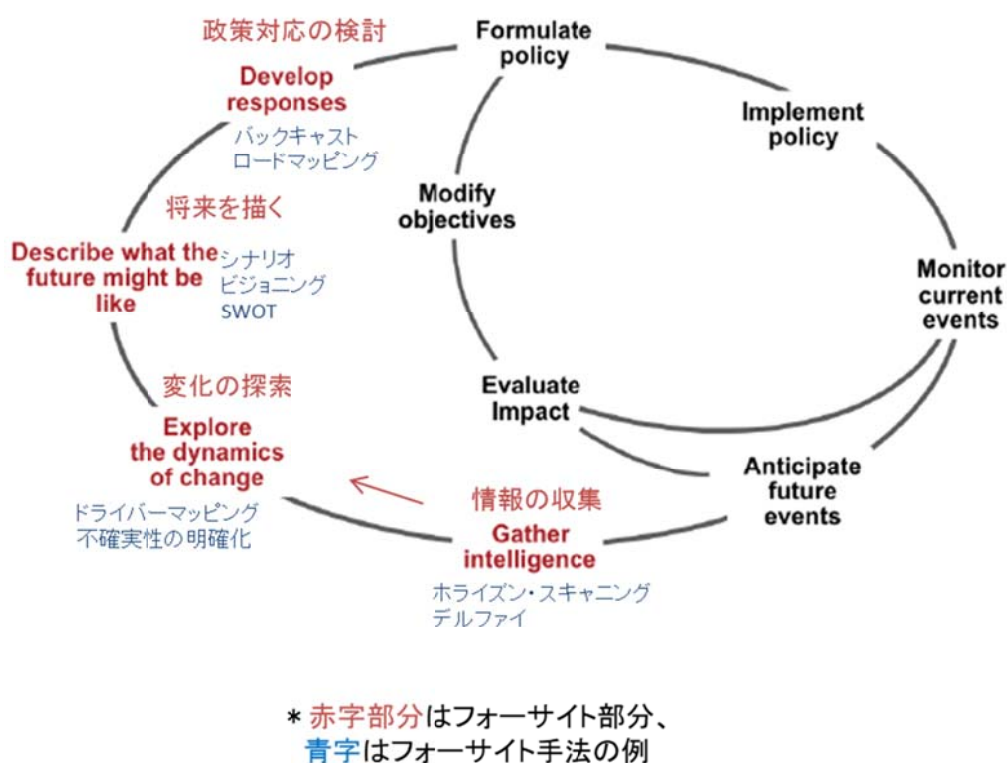
前述したように、ホライズン・スキヤニングはフォーサイトの手法の一つとして見なすことができる。

図表 2-5 に示すように、2008 年に Popper は、フォーサイトの 33 の手法を挙げ、これらを創造性・専門性・相互性・エビデンスの 4 軸と、定性的・半定量的・定量的の 3 分類で分けたフォーサイト・ダイヤモンドを発表した⁴。これによると、スキヤニングはよりエビデンスベースの定性的なフォーサイト手法ということができる。



図表 2-5 フォーサイト・ダイヤモンド：フォーサイトのための 33 の手法
注) 赤色は NISTEP が実施した経験がある手法

フォーサイト（の手法）と政策形成に至るプロセスとの関係性について、2017年に英国科学庁が発表した報告書 The Futures Toolkit に示されている（図表 2-6）。これによると、ホライズン・スキャニングはフォーサイトのプロセスの最初の段階である「情報の収集」の段階を担う手法である。



図表 2-6 フューチャー・ブリッジ：政策形成とフォーサイトの橋渡し

さらに The Futures Toolkit によると、ホライズン・スキャニングは、知識情報を集める最初のステップであり、次のステップ「変化の探索」ではドライバーマッピング（政治的・経済的・社会的・技術的・法制度的・環境的な面でのドライバーを確定すること）が実施される。また、ホライズン・スキャニングの成果は、フォーサイトプロセスにおいて、デルファイ、ドライバーマッピング、シナリオ、ビジョニングに利用される。

The Futures Toolkit には、ホライズン・スキヤニングの実行要件は、次の通りに記載されている。

(ホライズン・スキヤニングの実行要件)

- 手法：机上調査と（もし必要であれば）ワークショップ討論
- 参加者：（フォーサイトに）参加したい人は誰でも。チームや組織の内外から。内部のチームでスタートし、その後、政策分野をよく知る外部の人を招いて検討する
- 人数：制限なし。10 名を超えない程度からスタート。
- 期間：数週間以上
- プロセス：各人に毎週短い記事（下記の内容を含む）を 1 つ書くことを依頼、記事の出典や参考文献などは各人が 1 ページにまとめておく、
- 成果：個人のスキャン結果をホライズン・スキヤニングレポートにまとめる。スキャンは、テーマごとでも、ランダムでもよい。
- アウトカム：ホライズン・スキヤニングは参加者に異なったニュース記事やジャーナルを読むことを助け、長期的な展望を育む。
- 良い点：（フォーサイトに）人々を呼び込む、様々な意見を収集
- リスク：低い。主なリスクとして、重要で洞察力のあるステークホルダーが含まれないため、結果として内容を逃したり低い信頼性になったりする。

また、図表 2-7(1)-(3)のように、The Futures Toolkit には、ホライズン・スキヤニングの成果物としてのレポートの例（短報とやや長めのもの）が示されている。

図表 2-7 ホライズン・スキニングの成果物の例

(1) 「政府(BIS 省)は未返済の学生ローンの額を低く見積もっている」

Political		
▶ BIS underestimating value of student loans that won't be repaid		
Key words: student loans, debt, BIS, government policy Last updated: 14 February 2014		
Impact on the business ★★★★★ Certainty ★★★★★ Timescale short medium long		
Baseline measure: unrecoverable student debt currently stands at £18 billion		
Student experience: ●	University plan: ●	Flexibility and efficiency: ●
Summary: The Public Accounts Committee (PAC) report published on 14th February 2014 highlights that government consistently over-estimates annual repayments on student loans and consistently under-estimates the debt that will never be repaid.		
Implications for [Client University]: Government efforts to tighten administration of loans might lead to student numbers reducing or to higher student numbers staying at home. Perhaps more likely, students will want to make their money go even further. They may wish significant differentiation of services or increased choice at the budget end; they may seek higher flexibility in accommodation packages or in accommodation bundled together with other services.		

(2) 「クラウドソーシング・エネルギー」

Technological		
▶ Crowdsourcing energy		
Key words: energy saving, user community, crowdsourcing Last updated: 19 February 2014		
Impact on the business ★★★★★ Certainty ★★★★★ Timescale short medium long		
Baseline measure: Gauge interest and progress by following EnergyDeck on twitter: @EnergyDeck		
Student experience: ●	University plan: ●	Flexibility and efficiency: ●
Summary: EnergyDeck is a community-based platform that helps organisations and individuals save resource costs. The driving idea behind EnergyDeck is to leverage the collective intelligence of its users in order to provide relevant benchmarks and help identify the most suitable savings opportunities via an easily accessed web platform.		
Implications for [Client University]: EnergyDeck allows property owners and managers to track the impact of energy usage across individual buildings and portfolio, Benchmark buildings performance across an entire portfolio, against other buildings or industry standards, provide clear and consistent data provided to tenants to better understand energy usage and track the benefits of energy efficiency investment. Furthermore, by doing this, it increases trust with tenants.		

(3) 「モノのインターネット」

The Internet of Things

▶ H3

The Internet of Things (IoT) – also described as Industry 4.0 or the fourth industrial revolution – is the network of physical objects embedded with electronics, software, sensors, and network connectivity which can collect and exchange data. At its core, IoT is simple: it's about connecting devices over the internet and letting them communicate with users, with each other and with applications. Its implications are more profound. IoT will change production – processes, practices, CRM – as much as the development of social media will change consumption.

IoT has been waiting in the wings for a couple of years but is now expected to take off. Accenture has published research suggesting IoT could be the biggest driver of productivity and growth between now and 2031, adding an estimated \$14 trillion to the global economy. It is currently expected to be worth half a trillion dollars to the UK. While these figures can be treated with some caution – actual value will depend on momentum, scale of roll out and unforeseen shifts in the market – the big issue in 2031 is likely to be which industries and institutions are ahead of the game because they took the risks.

IoT is not simply going to fall into the world's lap. Rather than incremental change to business models, IoT will challenge organisations to conduct a fundamental review of practice and instigate significant transformation, quickly. Like other technologies, IoT will make some jobs redundant but it will create new jobs and demand for new skills. Businesses and economies are still moving slowly, trying to understand the significant investment they need to make to develop the right processes and skills but they will soon require education, training and skills development on a significant scale. [Flexibility and adaptability are likely to determine economic success](#) for everyone.

Broad implications

[Speaking at Davos](#), Professor Alice Gast, President of Imperial College London said that university research will be at the heart of the fourth industrial revolution – but only if fundamental research is embedded at its core. Private sector R&D cannot drive it alone because of business's focus for short and medium-term applications so, she said, 'Universities [will] provide the crucible for completely new areas of science and technology to emerge, like biomedical engineering, data science and synthetic biology; and the business opportunities will follow.'

Universities are clearly drivers of the new technologies that underpin the fourth industrial revolution, but they are only one part of the equation – it is the combination and application of these technologies in commercial settings that will drive Industry 4.0 forward. Here, therefore, effective collaborations and commercial ventures will be critical to individual institutions' success.

[Flexibility and adaptability are likely to determine economic success](#) in Industry 4.0 and high skill labour (scientists, engineers, lawyers, for example) will need to be able to adapt their skills to the world of extreme automation and connectivity that will shape future economic structures. Being skilled in change, as well as being qualified professionally will be crucial for success in Industry 4.0 and will need to be taught.

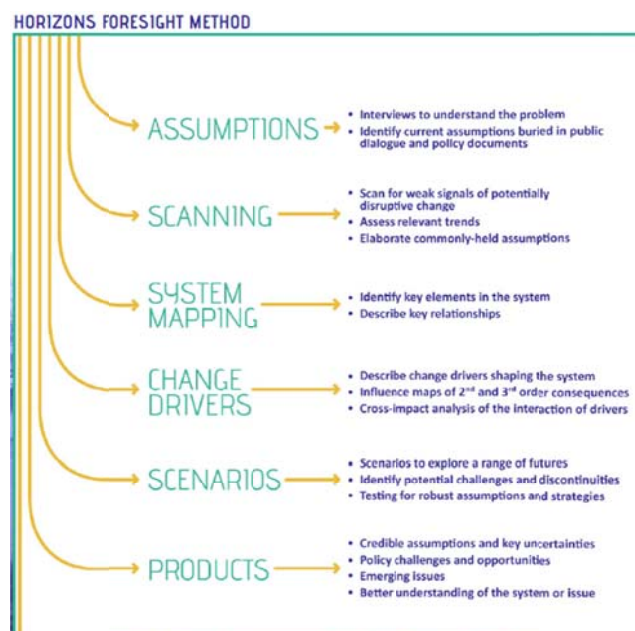
Implications for [policy area]

[REDACTED]

一方、カナダの Meta scan4(2015)で実施された Horizons Foresight Method は、6 段階から成る（図表 2-8）。最近では、前段階として Framing（調査の枠組みの決定）を加えてマニュアル化している。

- Assumption（仮説）
 - ✓ 問題を理解するためのインタビュー
 - ✓ 公開討論や政策文書に埋もれている現在の仮説を検証
- Scanning（スキャニング）
 - ✓ 潜在的で破壊的变化を起こす兆し(weak signals)を探查
 - ✓ 関連するトレンドの探索
 - ✓ 一般的な仮説を推敲
- System mapping（マッピング）
 - ✓ 制度においてカギとなる要素の抽出
 - ✓ 鍵となる関係性の説明
- Change drivers（変革を起こす要因を説明、要因の相互関係のクロスインパクト分析）
- Scenarios（未来の範囲を探索するためのシナリオ作成）
- Products（成果物：説得力のある仮説や重要な不確実性、政策課題、新規 이슈ー）

カナダのプロセスをみると、プロジェクト名は、ホライズンやスキャンを冠しているが、プロセスの 2 番目（スキャニング）のみ、ホライズン・スキャニングに該当している。



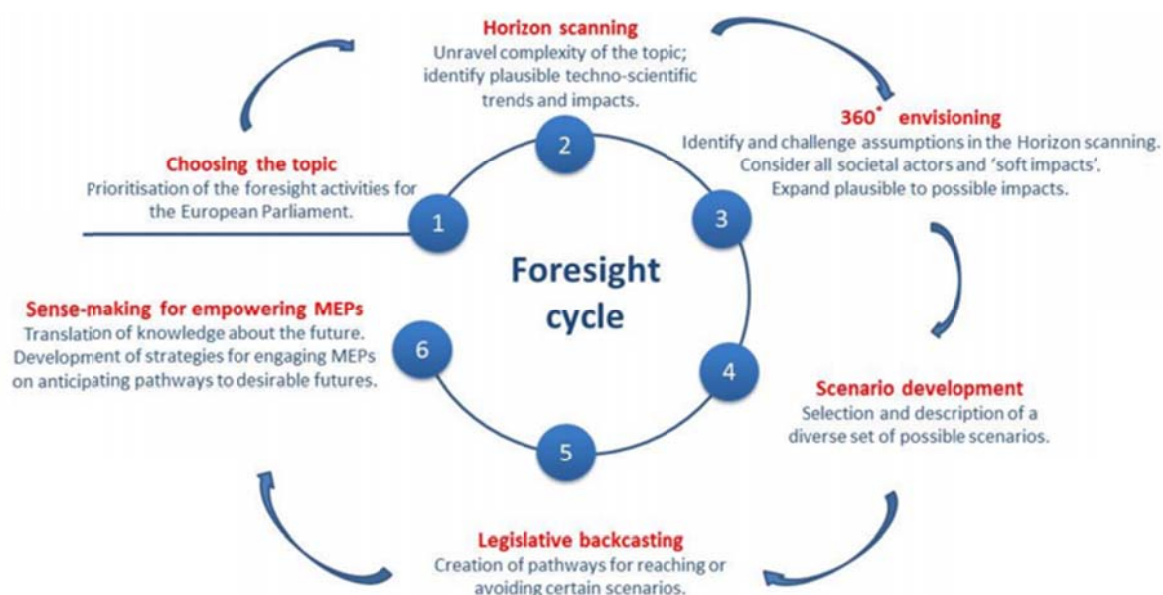
図表 2-8 カナダの Horizons Foresight Method

さらに、STOA は、Towards Scientific Foresight in the European Parliament (2015) において、下記の 6 段階から成るフォーサイト・サイクルを Scientific Foresight として提示している（図表 2-9）。

- ① トピックの選択
- ② ホライズン・スキャンニング
- ③ 360 度のビジョン化（全ての社会的アクターを考慮）
- ④ シナリオ開発
- ⑤ 立法バックカスティング
- ⑥ 欧州議会メンバーに資する意味付け（センスメイキング）

ホライズン・スキャンニングは、STOA のフォーサイトでも、前述のカナダと同様に 2 段階目に出てくる。このことは STOA においてもホライズン・スキャンニングは、フォーサイトプロセスの初めの方の一手法という位置づけであると考えられる。

さらに、STOA もカナダの Meta scan4 のどちらも、プロセスの最初の段階で対象とするトピックや 이슈を絞った上で、それに対するホライズン・スキャンニングを実施している。



図表 2-9 STOA のフォーサイト・サイクル

(参考文献)

- Center for Security Studies, ETH, Horizon Scanning in Government, 2009.
- Rowe, E., Wright, G. and Derbyshire, J. Enhancing horizon scanning by utilizing pre-developed scenarios: Analysis of current practice and specification of a process improvement to aid the identification of important 'weak signals'. *Technological Forecasting & Social Change*, Vol.125: 224-235, 2017.
- Ansoff, H.I. Managing strategic surprise by response to weak signals. *California Management Review*, Vol.18(2):21-33, 1975.
- Popper, R. How are foresight methods selected? *Foresight*, Vol.10(6):62-89, 2008.
- STOA, Towards Scientific Foresight in the European Parliament, 2015.

3 「KIDSASHI」の取組

3 - 1 全体設計

NISTEP のホライズン・スキャニング「KIDSASHI: Knowledge Integration through Detecting Signals by Assessing/Scanning the Horizon for Innovation」（きざし）は、体系的かつ継続的なモニタリングを通じて、将来社会に大きなインパクトをもたらす可能性のある新たな動き（エマージングイシュー）をエビデンスベースで見出し、潜在的な機会やリスクを把握する活動である。将来のインパクトを確実に見通すことは難しいため不確実性を含むものの、いち早く多様な可能性を示すことを特徴とする。ただし、将来社会の様々な方向性を想定した上で、変化に対応可能な政策の検討に資することを目的としているため、政策関係者にとって新しい動き、つまり政策関係者間で十分に認知されるに至っていないと考えられる情報を取り上げる。それらは、専門家集団にとって必ずしも新しい情報とは限らない。

第2章で示したように、ホライズン・スキャニングの定義は様々である。欧州においてホライズン・スキャニングが注目され始めた2002年12月の英国 Defra レポートの定義は、「現時点の思考や計画の周辺にある、潜在的な脅威・機会・あり得る将来発展についての体系的な調査であり、新規事項や想定外の事項を探索すると共に持続的なトレンドも対象とする。政策やエビデンス基盤を堅固なものとする。」であった。KIDSASHI の定義も含め、いずれの定義においても「潜在的な機会やリスクの早期の兆しを捉える」ことは共通している。また、海外において、スキャニングが予測活動の手法の一つとして位置付けられていることは、KIDSASHI を NISTEP 予測活動の一部と位置付けていることと合致している。予測活動と政策形成プロセスとの関係性については、英国科学技術庁の The Future Toolkit において情報収集の段階にホライズン・スキャニングが挙げられており、NISTEP において予測活動を下支えする基盤的な情報と位置付けたことと意図を同じくすると考えられる。

ホライズン・スキャニングのプロセスは、情報の収集、情報の分析（事象間の関係性、キードライバー、社会的インパクト等の分析）、分析結果の展開（より幅広い議論への展開）に大別される。このうち KIDSASHI のボトムアップアプローチ第一段階として、個別情報の収集と分析を行い、専用ウェブサイトで公開することに取り組んだ。なお、領域やキーワード・テーマ等を設定したトップダウンアプローチについては、別途構築済の予測オープンプラットフォーム、並びに科学技術イノベーション政策に

おける政策のための科学（SciREX）との共同による SPIAS より情報を取得し、別途予測活動（第 11 回科学技術予測調査）のプロセスに取り込む。

The Future Toolkit に掲げられた項目に則り KIDSASHI 第一段階の全体像を示したのが図表 3-1 である。

図表 3-1 KIDSASHI 第一段階の全体像

項目	概要
手法	文献調査、専門家の意見収集（インタビュー、発表・講演傍聴）
参加者	科学技術予測センターのスタッフ、客員研究官、専門調査員
人数	スタッフは 10 名程度。別途、客員研究官や専門調査員
期間	情報収集から公開まで、1～2 か月程度
プロセス	クローリング情報や情報収集を基に、テーマ設定と記事執筆（1000 字程度の本文、参考文献、NISTEP 予測活動で取り上げた関連科学技術トピック）。外部者（客員研究官）のチェックを経て web 公開。
成果	個人の調査結果をレポートとしてまとめる。複数の事項をまとめて一つの兆しとして取り上げても、一つの事項を兆しとして取り上げても、どちらでもよい。
アウトカム	政策立案者を始めとする関係者に対し、要点を押さえた適時の情報を提供。予測活動への基盤的知見の蓄積。
良い点	不確実性の増大に対応した予測活動の展開が可能となる。
リスク	スタッフの専門性や関心の偏りによる、情報提供や洞察の不足。

以降では、KIDSASHI 第一段階を構成する要素の概略を述べる。詳細は、次節以降で紹介する。

(1) 情報源

一般的なホライズン・スキャニングの対象は科学技術、社会、経済、環境など幅広いが、KIDSASHI 第一段階では、科学技術の新しい動き、及び科学技術の発展に関わる社会システムの変化に焦点を当てる。5 年毎に NISTEP が実施している大規模な科

学技術予測調査の中で取り上げた科学技術トピックをベースラインとして、変化を観察する。

情報源は、研究集会等での発表や講演、学術誌記事、大学等からの報道発表、報告書、書籍等である。科学技術情報の分析においては、論文被引用データや特許データを用いた分析が多く見られるが、専門家集団の関心が集まり始めた萌芽的な領域や急速な発展が見られる領域の情報も重要であるため、本活動においては成果物になる前の研究発表などの情報も注視する。

(2) 情報収集・分析の方法

情報の収集については、能動的収集と受動的収集を併用する。能動的収集とは、外部専門家へのインタビューやアンケートなど自ら働きかけて情報収集する方法であり、受動的収集とは、研究者の発表やデータベースなど既存の情報や枠組みの中から情報収集する方法である。

情報の分析については、客観的分析と主観的分析を併用する。近年の ICT の急速な発展により情報の自動抽出の精度が高まり、また気づきを与える可視化技術も進展した。KIDSASHI では、自動抽出された情報に「目利き」の判断を加えるなど、適宜効果的な方法を組み合わせる。

(3) 提供する情報

KIDSASHI 第一段階では、「クローリング情報」と「シグナル情報」を専用ウェブサイトで提供する。「クローリング情報」は、科学技術関連のプレスリリースを基にした分析結果である。月ごとの分野別記事数の変遷や用語の出現頻度の変化を可視化することにより、新しい科学技術の全体傾向やキーワードを把握する。一方「シグナル情報」は、注目される事項の科学的あるいは社会的意味合いや潜在可能性の概説記事である。取り上げた事項がどのような変化の兆しとして理解されるのか、社会がどのような方向に向かうのかの解釈を行う。

(4) 情報のカテゴリ

KIDSASHI 第一段階では、将来社会に大きなインパクトを与える可能性のある情報を扱うため、社会課題をベースとしたカテゴリを設定した。基としたのは、第 5 期科学技術基本計画に示された 4 本柱である。この 4 本柱のうち、社会の姿に関わる「未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取り組み」（＝「超スマート社会」）及び「経済・社会的課題への対応」に該当する、第 2 章及び第 3 章の項目を再構成し

て社会カテゴリを設定した。加えて、システムに関する「科学技術イノベーションの基盤的な力の強化」「イノベーション創出に向けた人材、知、資金の好循環システムの構築」（第4章～第7章）に該当する事項を扱う「科学技術システム」カテゴリを設定した（図表 3-2）。

図表 3-2 カテゴリと科学技術基本計画の記述の対応

カテゴリ	第5期科学技術基本計画の該当箇所
超スマート社会、サイバー	第2章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取り組み 第3章 経済・社会的課題への対応 （2）安全・安心の確保と豊かなで質の高い生活の実現 ③サイバーセキュリティの確保
少子高齢化、健康、暮らし	第3章 経済・社会的課題への対応 （持続的成長と地域の自律的發展－②超高齢化・人口減少社会
環境、エネルギー	○第3章経済・社会課題対応（持続的成長と地域の自律的發展－①エネルギー・資源・食料 ○第3章経済・社会課題対応（地球規模課題対応）
ものづくり、地方創生	○第3章経済・社会課題対応（持続的成長と地域の自律的發展－③ものづくり・コトづくり ○第5章イノベーションシステム（中小・ベンチャー、地方創生）
安心安全、インフラ	○第3章経済・社会課題対応（安全・安心、質の高い生活－①自然災害、②食品安全・生活環境、④国家安全保障）
科学技術システム	○第4章基盤力強化 ○第5章イノベーションシステム ○第6章イノベーションと社会との関係深化 ○第7章科学技術イノベーション推進機能強化

3-2 クローリング

本節では、KIDSASHIを支えるための情報基盤であるクローリングについて述べる。なお、ここで紹介するシステムは NISTEP の内部用に運用しているもので、外部公開は行っていない。

すでに述べたとおり、ホライズン・スキャニングは“体系的かつ継続的なモニタリングを通じて、将来社会に大きなインパクトをもたらす可能性のある新たな動き（変化のきざし）を見出し、潜在的な機会やリスクを把握する”ものである。

ここで何らかの変化を検出するためには定点調査を通じてベースラインを把握しておくことが必要となり、“定点調査”は名前の通り、観察する点が常に定まっていなければ意味が無い。一方、人力で、1.定常的に、2.決まった手法で、3.決まったようにデータを蓄積し、4.ベースラインを明らかにすることは容易ではない。特に限られたスタッフ数や予算の中で、決まった情報源を定期的に精査してレポートし続け、さらに差分まで見いだすとなると、ほぼ不可能と言える。

ところで、計算機は決まった手順を決まったように繰り返すことを得意とし、人間では扱いきれないような情報量であっても容易に処理することができる。そこで NISTEP では、体系的かつ継続的なモニタリングについては主として計算機に任せ、有用性が認められる新たな動き（変化のきざし）を見出す部分に人間（エキスパート）の知識を活用できるよう、クローリングの仕組みであるホライズン・クローラー (Horizon Crawler)を開発した。

以下では、ホライズン・クローラーの概要について紹介する。システム全体の詳細については第4章に記す。

(1) Web クローラー

ホライズン・クローラーの主たる機能はいわゆる Web クローラーである。Web クローラーは Web を巡回して自動的に情報を収集してくるロボットのようなもので、検索エンジンなどを構築する際などにも一般的に用いられる技術である。

情報を分析するにあたって、基本的には情報が多いに越したことは無いため、Web クローラーは、できるだけ多くのサイト・ページを巡回して取得することが望ましい。一方で、収集対象となるサイトやページが増えるほど、収集には時間を要し、収集した情報を保存するための容量も増大する。つまり、収集する規模に応じて必要となる計算機リソースも増大する。そこで、ホライズン・クローラーでは対象を絞ることで収集

や蓄積の負荷を下げつつ、目的に照らして必要と思われる情報を適切に確保することを目指した。

(2) クローリングの範囲・規模・頻度

クローリングの対象は、大学や公的研究機関など研究機関の Web サイトである。これは、KIDSASHI が収集対象としている科学技術の新しい動きに関連する情報をこれらの機関が提供していると考えられるためである。機関数はおおよそ 300 機関、具体的な機関名等は付録 1 に示したとおりである。

こうした絞り込みにより、NISTEP の有する計算機環境で十分に扱うことができ、十分な情報を得られる規模を担保した。これらの機関に対して毎日 1 回ホライズン・クローラーが自動的にアクセスし、前回取得時からの差分情報の有無を検査し、差分があれば取得する。

ネットワークの不具合や、先方の Web サイトの構造が変わるなどして情報の取得ができなくなった場合など、データを正常に取得できなかった場合にはそれらの状態についても記録し、使用者が確認できるようにしている。

(3) 収集する情報

本クローラーが収集の対象とする情報は、前述の研究機関のニュースリリース・プレスリリースである。

本章の冒頭でも述べたとおり、科学技術・学術政策を考える上で有用性の高い情報として、学術論文や特許のデータが挙げられる。これらについては過去にも様々な分析が試みられており、それらの成果は行政における様々な報告書でも引用されている。

一方で、査読を経て採録されるいわゆる“学術論文”や、特許は公開されるまでに一定の期間を要することが一般的である。また、それらのもたらす社会的価値と学術的価値が一致するかどうかは必ずしも定かで無い。社会の変革速度が向上し、かつ、科学技術・学術が社会にもたらすインパクトも増大の一途にある現状を鑑みるに、これからの科学技術・学術政策に資する分析のためには従来の論文や特許といった情報に加えて、その他の情報も取り入れ、より広く・多面的に科学技術・学術と社会との関係性を捉える試みも重要と言える。

ここで、論文や特許以外に科学技術・学術と社会の双方に関連していると思われ、かつ現状において収集・活用が可能な情報としては、たとえば学術・研究機関の発行するニュースリリース・プレスリリースが挙げられる。ニュースリリース・プレスリリースは一般的に、担当者が外部に向けて広く発信するべき、と判断した情報を記載したも

のであって、学術・研究機関を対象を絞るとその内容には、学術的な発見や、受賞、成果を活用した製品の紹介、大規模ファンドの受託、などの情報が記載されることが多いと期待される。また、作成者が想定する情報の受け手は基本的に“社会一般”と考えられる。学術論文や特許は基本的に専門家が専門家に向けて、何らかの新たな知を提示するものである。その意味において、プレスリリースは、より“社会”の要素を強く有すると言える。またその性質から社会的に期待の大きな成果・大きいと想定される成果については、より積極的な情報発信がなされると期待できる。

これらの背景から、研究機関、研究支援機関、大学などのニュースリリース・プレスリリースについて情報を収集し、各種分析を行うことで、日本の研究開発および産業・社会の動向を大まかに把握することができるのでは無いか、という作業仮説を設定した。

加えて、NISTEP では既に論文、特許、それぞれについての詳細な分析を継続的に実施している他、企業等のニュースリリース・プレスリリースは専門に収集・分析する企業なども存在する。その一方、学術・研究機関のニュースリリース・プレスリリースについては見当たらない。こうした面からも、独自開発する意義が大きいと期待できる。

(4) ホライズン・クロウラーの機能

ホライズン・クロウラーは単純に情報を収集する Web クローラーの機能に加え、収集した情報を分析・可視化・検索する機能を有している。システムの詳細は第 4 章で詳述し、ここではホライズン・クロウラーの概観を示す。

収集機能

Web クローラーは既に述べたとおり、Web 上の情報を自動的に収集するものである。収集する対象や頻度については既に述べたとおりである。本機能は核となる機能であるが、基本的に一般利用者（NISTEP 職員のうち、分析を行うもの。以下、同じ）の目に触れることはなく、システムの裏側で実行されるものとなる。

分析機能

300 機関とは言え、収集機能を通じて日々情報を収集すると情報量は膨大である。そこでホライズン・クロウラーでは、利用者がそれらの情報を適切に処理できるよういくつかの分析機能を提供している。基本的な分析機能はいわゆる人工知能を用いた記事分類と、類似記事抽出である。

記事分類

いわゆる人工知能である機械学習を用い、記事の学術分野や、種別（発明、解明、IR 情報など）を推定する。これにより、「工学系の記事のみを検索する」「何かの原理を解

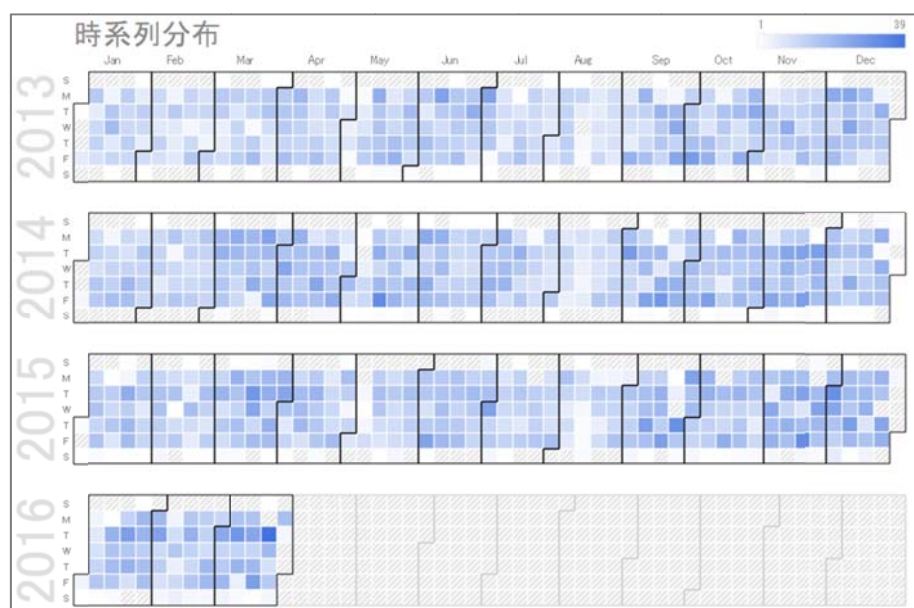
明したと思われる記事のみを検索する」といった作業が実現できるほか、学術分野や記事の種別毎に時系列の動向を把握する、といった作業が実現できる。

類似記事抽出

たとえば「iPS 細胞」に関連したニュースリリースがあったとして、関連しそうなリリースを抽出する際、単純には「iPS 細胞」を含むニュースリリースを検索すればよい（単純キーワードマッチ）。一方でこの場合、「iPS 細胞」というキーワードを含まない、「再生医療」や「es 細胞」に関連する記事は得られない。ホライズン・クロージャーでは単純キーワードマッチに加えて、記事間の類似度を計算する機能を搭載しており、単純キーワードマッチでは得難い記事を表示できる。

可視化機能

前述した分類や類似記事検索の結果を表示する際に、時系列の分布を容易に把握できるヒートマップ型の可視化機能を有している。



図表 3-3 ヒートマップを用いた時系列可視化の例

検索機能

キーワードの他、収集日、機関、学術分野、種別など様々な軸で情報を検索することができる。さらに、個別のニュースリリースから、類似する記事を検索したり、発行元機関の記事全件に遷移したり、といった動作も可能になっており、利用者のインサイトに応じた情報閲覧を実現している。

HORIZON CRAWLER
研究機関管理
クロール管理
分析ツール
管理ツール

Home

HORIZON CRAWLER

本システムは、ホライズンスキニングに関わるプレスリリースの収集およびプレスリリースからの研究開発および産業動向の分析を行うシステムである。

クロール履歴(新着5件)

クロール履歴一覧

ID	日時	クロール対象	新着	内容	実行方法	結果	操作
5582	2016-03-17 10:36:06	株式会社リボミック 医薬品	0	クロール処理により、33 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細
5578	2016-03-17 10:34:44	株式会社コネクトテクノロジーズ お知らせ	0	クロール処理により、6 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細
5570	2016-03-17 10:34:19	東京理科大学 受賞	13	クロール処理により、13 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細
5569	2016-03-17 10:33:34	名古屋工業大学 プレスリリース	1	他のクロール対象により、1 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細
5568	2016-03-17 10:33:34	名古屋工業大学 キャンパスニュース	1	クロール処理により、1 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細

プレスリリース収集状況(新着10件)

クロール結果一覧

ID	日付	記事の種類	タイトル	クロール対象	操作
89565	2016-02-08		2月8日付日本経済新聞（13ページ）に、「東大発V B、たんばく質を壊さず精製」と題した記事が掲載され、当社が開発した、IgGアダプターを用いた抗体や抗体と融合したタンパク質の精製技術が、中核での精製を可能とすることから、たんばく質を傷めずに精製できる、新しい精製法であるとして紹介されました。	株式会社リボミック 医薬品	分析 詳細
89564	2016-01-20		1月18日付日経バイオテクノオンラインに、免疫・炎症性疾患を適応症としたRBM001に係る大塚製薬との共同研究に関して、2015年末にこれまでの契約が満了し、同社との間で新規な共同研究契約を締結したことが紹介されました。	株式会社リボミック 医薬品	分析 詳細

図表 3-4 ホライズン・クローラーのトップ画面

3-3 KIDSASHI 記事

(1) KIDSHASHI 記事作成プロセス

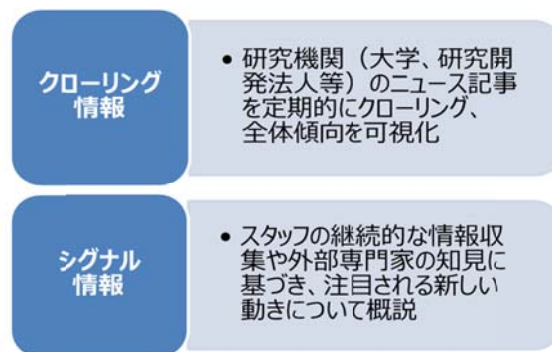
KIDSAHI の記事は、第 5 期科学技術基本計画などを踏まえ、5 つの社会課題と科学技術システムの 6 カテゴリー（図表 3-5）に区分され、定量的アプローチによるクローリング情報と定性的アプローチによるシグナル情報（図表 3-6）に基づいて掲載する。KIDSASHI は、ホライズン・スキャニングを踏まえたシグナルテーマの抽出、クローリング結果の分析など、双方に関係性を持たせている。

シグナル情報としては、国内外の学術集会等の発表・講演、議論、新セッション、論文、特許等、新聞・雑誌記事、報告書、書籍等、専門家インタビュー、専門家 NW からの情報提供等、幅広い情報源を基に継続的に収集している。シグナル探索から記事配信・フィードバックまでの設計を図表 3-7 に示す。

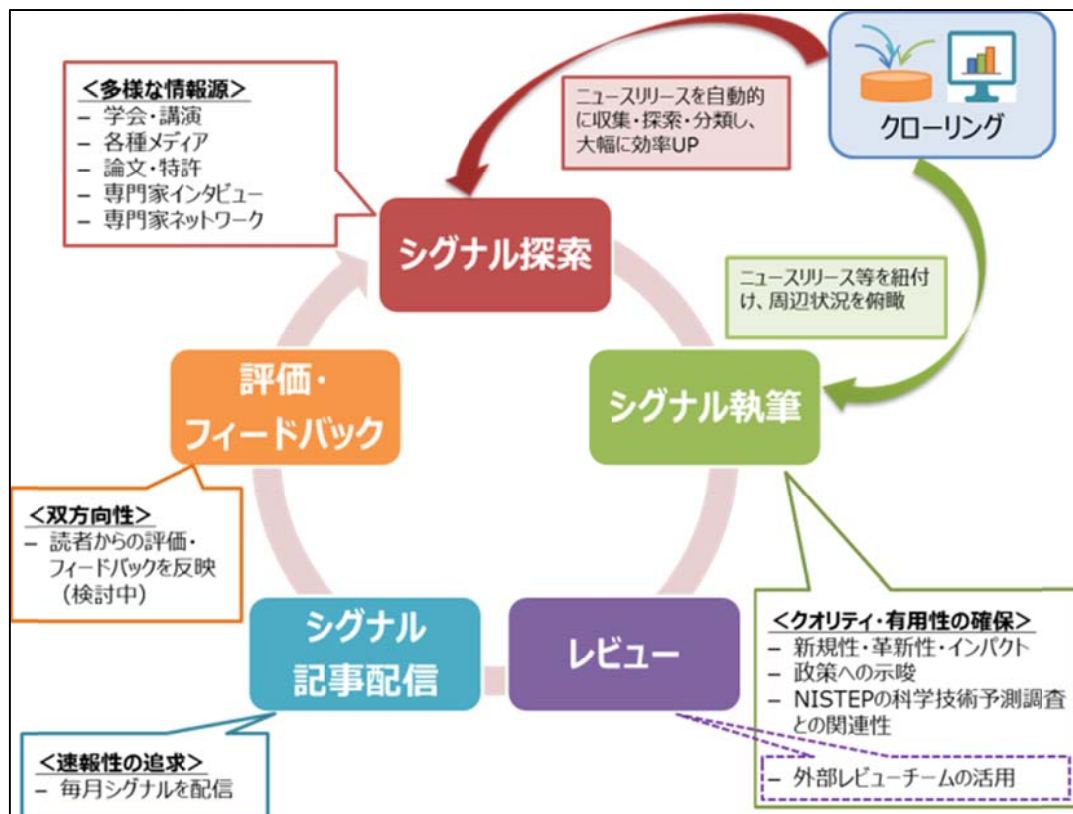
これまで、233 のシグナル情報が得られており、これらの内で重要度の高いものを中心に執筆している。ホライズン・スキャニングに基づき執筆された記事は、NISTEP 客員研究官などによる外部レビューを経て掲載される。2018 年 9 月現在、Web 掲載済の記事は 39 報となっている。

カテゴリ
社会課題 A：超スマート社会、サイバー
社会課題 B：少子高齢化、健康、暮らし
社会課題 C：環境、エネルギー
社会課題 D：ものづくり、地方創生
社会課題 E：安心安全、インフラ
科学技術イノベーションシステム

図表 3-5 KIDSASHI のカテゴリ



図表 3-6 クローリング情報とシグナル情報



図表 3-7 KIDSASHI のシグナル探索から記事配信・フィードバックの設計

(2) クローリング記事

KIDSASHI 記事は、(1) クローリング記事、(2) シグナル記事、の二種に大別される。クローリング記事は、ある月のニュースリリースに用いられているキーワードの登場回数について、そのひと月前と比較し、特に変化が大きかった単語の様相をワードクラウド形式で示し(図表 3-8)、その概要について解説する。従ってクローリング記事は、日本の科学技術の変化の動向を概観し、その兆候を捉えるのに役立つ。



図表 3-8 クローリング記事に用いるワードクラウド（2017年3月）

例えば図表 3-8 に示すとおり、2017 年 3 月は「セキュリティ」「ソフトウェア」「アプリケーション」といった情報・電気系のキーワードが大きく伸びた月であり、「Mirai」のような IoT 機器を狙うマルウェアによる攻撃が注目を集めていることが推察できる。なお IoT とセキュリティに関しては、このクローリングに先立って KIDSASHI 記事でも取り上げていたので後述する。

ただし情報系のキーワードに関しては、必ずしも科学技術に紐付いたリリースがでているというわけではなく、特定の製品情報に関連するものも含めて幅広く出現する。例えば「ソフトウェア」や「アプリケーション」のような単語も、ハードに近い「組み込み系」に関するものも多く出現し、IoT、B2Bを主体としたものが多数見受けられる。「セキュリティ」という単語もこれらに紐付いて出現をしている可能性もある。

クローリングによるワードクラウドは、ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて作成するため、複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていない。そのため、クローリングそれ自体は、科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではない。そのため必ず科学技術に関連する結果が表れるわけではなく、ニュースリリースのうち、研究開発に関連性が高いと類推されるもののみを対象に分析して記事にしている。

(3) シグナル記事

シグナル記事は、論文などの公開情報や関係者への取材などを通じて得られた情報を継続的に収集し、将来社会を大きく変える可能性のある科学技術や社会のトピックに関する情報をいち早く記事化して提供する。記事構成は(1)分野・カテゴリ、(2)題名、(3)概要、(4)本文、(5)インパクト、(6)情報源、(7)図表、(8)関連する科学技術予測調査トピックの例、から成る。クオリティ確保のため、作成された原稿は、(1)内容はファクトベースであり、過度な主観を含まないか、(2)表題は内容を適切に表現しているか、(3)原稿の構成と長さは適切であるか、(4)文章表現は適切であるか、(5)概念・用語の用い方は適切であるか、(6)図表の体裁や使用は適切であるか、(7)引用文献等は適切であるか、といった項目についてレビューが行われる。従ってシグナル記事は、先述した5つの社会課題と科学技術システムの6カテゴリに関する、特定のトピックについていち早く正しい動向を知るのに役立つ。

例えば2016年10月には、先述のクローリングに先立ち、『IoTのダークサイド：攻撃に用いられるIoT』として、第5期科学技術基本計画にも記述のある、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させ、その活用を強力に推進する“Society5.0”のコア要素とも言えるIoT（Internet of Things；モノのインターネット）機器の持つもう一つの側面について取り上げている。

IoT機器の普及に伴い、遠隔地の監視カメラ映像を手軽に見ることや、倉庫の温度変化を監視して異常時に通知させるなど、様々な分野でIoTによって可能になることが増える一方で、近年はセキュリティの面の懸念が具体化してきたため、シグナル記事としてそれらの情報を纏めて記事にした。例として、ロシアで運営されているサイト

「Insecam」が様々な監視カメラの映像を取りあげており、本人が意図せず流出してしまっている事例を取り上げた上で、利便性と危険性について、専門的見地を踏まえていち早く紹介した（図表 3-9）。



図表 3-9 過去のシグナル記事の例

また、各シグナル記事には関連する科学技術予測調査デルファイ調査のトピックが存在する場合がある。「デルファイ調査」とは、科学技術の将来展望に関するアンケート調査であり、今後30年間で実現が期待される科学技術等（これを「トピック」と呼ぶ）の実現時期や重要性などについて、専門家が予測を行うものである。シグナル記事について関連するトピックがある場合は、取り上げた調査の公表年及び調査回と合わせて提示している。

例えば上述の記事の場合、関連するトピックは以下のとおりである。

- セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術（2015 年：第 10 回）
- リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術（2015 年：第 10 回）
- 多数のセンサーが生活空間に配置され、実用的なセキュリティを保証しながら、リアルタイムに、人の活動を強力に支援するセンサネットワーク（2010 年：第 9 回）

すなわち、KIDSASHI におけるシグナル記事は、今現在の科学技術における変化の予兆をいち早く知るだけでなく、今後 20～30 年の遠い未来についても、専門家の知見を得ることができる。たとえば「セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術」については以下のような技術的実現予測時期、社会的実現予測時期等が示されている（図表 3-10）。

分野 番号	詳細 区分	課題 番号	課題	有効 回答 数	技術的实现予測時期	社会実装予測時期
1	10	1001088	セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術	118		

図表 3-10 KIDSASHI 記事に関連するトピック結果の例（一部）

このため閲覧者は、特定の科学技術等において中長期的な知見を得ることができる。以上のように KIDSASHI は、将来社会を考える上での不確実性が年々増大する中、閲覧者にいち早く、科学技術の変化の予兆の俯瞰から、具体的な解説、その将来的予測について、専門的知見から情報を提供する。

(4) 過去のシグナル記事一覧

※職名は当時のもの

タイトル	日本の農業への気候変動の影響及びその対応とメッシュ農業気象データシステム
初版投稿	2018 年 8 月 8 日
執筆者	伊藤裕子（主任研究官）
関連トピック	農業データ（収量データ）と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術（2015 年：第 10 回）
関連トピック	1km といった超高解像度の気象大循環モデルを用いた、20 世紀初頭から 21 世紀末に至るグローバルな気候変動の数値シミュレーション（2015 年：第 10 回）
関連トピック	気候変動による食料生産への影響の予測技術（2015 年：第 10 回）

タイトル	ISO8000：データクオリティの国際標準化
初版投稿	2018 年 7 月 10 日
執筆者	蒲生 秀典（特別研究員）
関連トピック	設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し、統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する（2015 年：第 10 回）
関連トピック	デジタルモックアップにより、研究開発設計の期間短縮、製品競争力強化を狙いとして、強度、性能、信頼性、環境性、生産性などを総合的に評価する技術（2010 年：第 9 回）
関連トピック	設計情報をもとに、材料から製品に至る状態を再現し、製品の特性（強度、信頼性、廃棄）、製造手段（環境調和性、生産性、保守）等、全てを評価する技術（2010 年：第 9 回）

タイトル	新技術を用いて再生能力を持つウーパールーパーの全ゲノム解読に成功
初版投稿	2018 年 5 月 17 日
執筆者	伊藤裕子（主任研究官）
関連トピック	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得（植物単細胞真核生物原核生物も含む）データベース化（2015 年：第 10 回）
関連トピック	次世代シーケンサーを用いた全ゲノム解析に基づく、神経筋疾患（筋萎縮性側索硬化症（ALS）等）患者の新たな診断治療法（2015 年：第 10 回）

タイトル	PTSD 治療における仮想現実（VR）活用の進展
初版投稿	2018 年 4 月 19 日

執筆者	栗林 美紀（主任研究官）
関連トピック	映像デジタル化、バーチャルリアリティ技術を活用した伝統芸能などの無形文化財、パフォーマンスの保存保護および技術伝承に関わる技術（2005 年：第 8 回）
関連トピック	映像デジタル化、バーチャルリアリティ技術を活用した、技術伝承のための仕組みの構築（2010 年：第 9 回）

タイトル	折紙工学 – 折紙の特徴や機能を製品創出に生かす –
初版投稿	2018 年 3 月 28 日
執筆者	中島 潤（特別研究員）
関連トピック	磁気誘導等のコンバインドデバイスによるドラッグデリバリーシステム（DDS）（2010 年：第 9 回）
関連トピック	情報技術を用いたデザイン支援ツールの拡充と 3D プリンター等の普及に伴い、ユーザ自身での製品サービスのカスタマイズやリデザインが一般化する（2015 年：第 10 回）

タイトル	微生物の機能を地盤改良に活用する
初版投稿	2018 年 3 月 27 日
執筆者	中島 潤（特別研究員）
関連トピック	植物微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術（2015 年：第 10 回）

タイトル	バイオマテリアルナノシート～ヒューマン・マシン・インターフェースに向けて
初版投稿	2018 年 1 月 10 日
執筆者	蒲生 秀典（特別研究員）
関連トピック	患者に装着可能なウェアラブルセンサーやベッドサイドの高精度センサーを用いた、入院患者の転倒・転落につながる行動を 90%以上の精度で検知して直ちに看護・介護者へ注意喚起ができるシステム(2015 年：第 10 回)
関連トピック	体内埋込み型デバイスにおいて、10 年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術(2010 年：第 9 回)

タイトル	フィンランドの技術開発プロジェクト支援
初版投稿	2017 年 12 月 22 日
執筆者	栗林 美紀（主任研究官）
関連トピック	無人の大洋航海が可能となる、人工衛星を利用した世界的航行管制システムが実用化される。（1982 年：第 3 回調査）

関連トピック	船舶材料、エンジン等の信頼度の向上、リアルタイムモニタリングシステムの利用により、2年程度無保守で運航する高信頼度船が実用化される。（2001年：第7回調査）
関連トピック	大型輸送機器（船舶、鉄道、航空機等）の高信頼設計を可能とする、過去の事故災害データや想定される気象災害シミュレーション結果等を用いた統合安全評価システム（2015年：第10回調査）

タイトル	ソーシャルメディア上の大量画像を利用して人の行動などを分析
初版投稿	2017年10月30日
執筆者	横尾 淑子（上席研究官）
関連トピック	SNSなどのソーシャルメディアのデータを分析し、行動予測するシステム（例：犯罪予測や消費者の購買行動予測）（2015年：第10回調査）
関連トピック	個性的で自己実現を可能とするような、コンピュータによる衣服の選定が実用化する（1971年：第1回調査）
関連トピック	コンピュータによる適確なファッション予測が可能となる（1971年：第1回調査）

タイトル	ロボットクラウドによる再現性が高く効率の良い生物学実験環境の可能性
初版投稿	2017年10月25日
執筆者	林 和弘（上席研究官）
関連トピック	厨房における調理業務のうち20種類以上のメニューに対応し、8割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される（2015年第10回）
関連トピック	工事現場で人の代わりに働く知能ロボット（2015年第10回）
関連トピック	農作業を完全自動化するロボット技術（2015年第10回）

タイトル	“紙製”マイクロ流体デバイス
初版投稿	2017年10月23日
執筆者	中島 潤（特別研究員）
関連トピック	原料農作物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム（2015年：第10回）

タイトル	「ポストトゥルース」時代の科学コミュニケーション ―米国における科学への理解確保に向けた社会への働きかけの方向性―
初版投稿	2017年9月12日
執筆者	白川 展之（主任研究官）

関連トピック	なし
--------	----

タイトル	慢性の痛みの解決に向けた神経科学の進展
初版投稿	2017 年 9 月 4 日
執筆者	重茂 浩美（上席研究官）
関連トピック	慢性疼痛の病態解明による分子標的薬の開発（2015 年：第 10 回調査）
関連トピック	疼痛に対する無害で安全なコントロール法が普及する（2001 年：第 7 回調査）
関連トピック	疼痛に対する無害で安全なコントロール法が実用化される（1997 年：第 6 回調査）
関連トピック	疼痛に対して無害で安全なコントロールが実用化される（1992 年：第 5 回調査）

タイトル	石で作る紙代替製品 ～水の使用量削減など持続可能な社会に貢献する新素材～
初版投稿	2017 年 8 月 29 日
執筆者	中島 潤（特別研究員）
関連トピック	新素材を用いた新しい構造用材が開発され、建築、橋梁、堰堤等へ利用される（2005 年：第 8 回）
関連トピック	誰もが同じような解を簡単に算出できる、客観的定量的手法として標準化されたライフサイクルアセスメント（LCA）およびライフサイクル費用評価（LCC）（2010 年：第 9 回）

タイトル	超小型衛星ビジネスの活発化で注目される電気推進の新技術
初版投稿	2017 年 8 月 29 日
執筆者	蒲生 秀典（特別研究員）
関連トピック	高信頼性（高ロバスト性等）で、競争力（低コスト化、超小型超軽量化等）のある日本製宇宙機器（輸送系衛星系等）（2010 年：第 9 回）
関連トピック	宇宙利用を低コストで実現できるシステム（再使用型輸送システム、衛星等への燃料補給修理点検機器交換などのサービス技術等）（2015 年：第 10 回）
関連トピック	宇宙の商業利用（有人、超小型衛星など）の円滑な推進のための簡便で汎用可能な宇宙機管制システム（2015 年：第 10 回）

タイトル	コップ 1 杯の水でできる生態調査環境 DNA の次なる展開
初版投稿	2017 年 8 月 22 日
執筆者	矢野 幸子（特別研究員）
関連トピック	自然生態系に関する調査、解析技術が進歩し、国土開発に伴う環境破壊の防止が可能となる。第 1 回（1971 年）

関連トピック	我が国の自然生態系に関する調査が広範に行われ、人間活動によって自然生態系の受ける変化を予測することが可能となる。第 3 回(1982 年)
関連トピック	身近な生態系の変化を指標とした環境生態インパクト評価手法の確立。第 10 回(2015 年)

タイトル	再生医療で臓器を作る
初版投稿	2017 年 7 月 31 日
執筆者	矢野 幸子（特別研究員）
関連トピック	薬効安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器（2015 年：第 10 回調査）
関連トピック	動物性集合胚（動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚）から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器（2015 年：第 10 回調査）
関連トピック	臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬（2015 年：第 10 回調査）
関連トピック	バイオプリンティングによる再生臓器の製造（2015 年：第 10 回調査）

タイトル	植物の根の機能解明が進む－作物への応用に期待
初版投稿	2017 年 7 月 27 日
執筆者	横尾 淑子（上席研究官）
関連トピック	砂漠（乾燥地帯）等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物（2015 年：第 10 回）
関連トピック	環境適応能力（耐塩性、耐乾性、耐寒性）の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産緑化技術（2010 年：第 9 回）
関連トピック	植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物樹木の成長制御技術（2010 年：第 9 回）

タイトル	研究助成団体が挑戦する研究成果公開プラットフォームの可能性
初版投稿	2017 年 7 月 25 日
執筆者	林 和弘（上席研究官）
関連トピック	なし

タイトル	温室効果ガス排出「実質ゼロ」へ向けたグリーンファイナンスの動き
初版投稿	2017 年 7 月 13 日
執筆者	浦島 邦子（上席研究官）
関連トピック	なし

タイトル	スーパーハイビジョン 8K が拓く医療イノベーション
初版投稿	2017 年 7 月 10 日
執筆者	蒲生 秀典（特別研究員）
関連トピック	外科医師の経験を補い、直径 1mm 以下の血管の円滑な吻合を可能にする手術支援デバイス(2015 年：第 10 回)
関連トピック	直径 2mm 以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる、傷が残らない超低侵襲手術(2015 年：第 10 回)
関連トピック	QoE（Quality of Experience）が保証され、8K 品質の遠隔会議や遠隔教育を移動端末を用いて可能な、無線アクセス技術(2015 年：第 10 回)
関連トピック	バーチャルリアリティ技術を駆使した遠隔手術システム(2005 年：第 8 回)
関連トピック	4000×4000 画素の高精細度映像の撮像素子が開発される。(2001 年：第 7 回)

タイトル	冬眠研究のきざし(上)研究会が発足
初版投稿	2017 年 6 月 26 日
執筆者	矢野 幸子（特別研究員）
関連トピック	冬眠法等による生体保存法が開発される。(1992 年：第 5 回調査)
関連トピック	がん冬眠療法(がんの発育を遅らせがんと共存する時間を長くすることを目標にする新しい発想の治療法)(2005 年：第 8 回調査)

タイトル	冬眠研究のきざし（下）モデル動物の利用で飛躍の期待
初版投稿	2017 年 6 月 26 日
執筆者	矢野 幸子（特別研究員）
関連トピック	冬眠法等による生体保存法が開発される。(1992 年：第 5 回調査)
関連トピック	がん冬眠療法(がんの発育を遅らせがんと共存する時間を長くすることを目標にする新しい発想の治療法)(2005 年：第 8 回調査)

タイトル	安全な量子情報通信ネットワークの実現に向けて ～ダイヤモンドを利用した量子テレポーテーションを実証～
初版投稿	2017 年 6 月 23 日
執筆者	蒲生 秀典（特別研究員）
関連トピック	量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス(2015 年：第 10 回)
関連トピック	世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号(2010 年：第 9 回)

関連トピック	高い安全性を保証する量子情報光通信システム(2005 年：第 8 回)
--------	-------------------------------------

タイトル	空飛ぶクルマ
初版投稿	2017 年 5 月 31 日
執筆者	中島 潤（特別研究員）
関連トピック	ほとんどの自動車が一般道で自動走行する(2010 年:第 9 回)
関連トピック	低高度で自律飛行可能な領海監視災害監視救難補助用など多様に活用できる無人航空機(2015 年:第 10 回)

タイトル	electroceuticals
初版投稿	2017 年 5 月 29 日
執筆者	相馬 りか（上席研究官）
関連トピック	人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して、健康状態のモニターや治療を行うことができる医療デバイス（2010 年:第 9 回）
関連トピック	バイオチップを用いた難治性疾患（筋萎縮性側索硬化症（ALS）、クローン病等）の発病リスクの把握と最適な治療の選択法（2015 年:第 10 回）

タイトル	査読前の論文を登録するプレプリントサーバーの拡がりとその可能性
初版投稿	2017 年 4 月 28 日
執筆者	林 和弘（上席研究官）
関連トピック	なし

タイトル	近赤外光 1 秒照射で青果物の鮮度を保つ技術
初版投稿	2017 年 4 月 3 日
執筆者	蒲生 秀典（特別研究員）
関連トピック	物流において生鮮食料品を 1 週間程度、冷凍冷蔵せずに保存する技術(2015 年:第 10 回)
関連トピック	メロン、トマト等の青果物について、呼吸量、エチレン生産量等の生理状態をオンラインで計測し、品質（鮮度）を保持するシステムが実用化される。(1992 年:第 5 回)
関連トピック	動植物の細胞レベルでの老化メカニズムが解明され、現在の缶詰、冷凍技術にかわる新しい食品の鮮度、栄養価保持技術が開発される。(1992 年:第 5 回)

タイトル	日本におけるゲノム編集研究の拠点化の幕開け
------	-----------------------

初版投稿	2017 年 3 月 23 日
執筆者	相馬 りか（上席研究官）
関連トピック	難病希少疾患に対する、標的組織特異的なゲノムエピゲノム編集に基づく遺伝子治療(2015 年：第 10 回調査)
関連トピック	ゲノム編集による優良（高品質高収量）農産物作成技術(2015 年：第 10 回調査)

タイトル	サイバスロン
初版投稿	2016 年 11 月 7 日
執筆者	相馬 りか（上席研究官）
関連トピック	筋委縮性側索硬化症（ALS）患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる運動機能補完ロボット（ブレインマシンインターフェース：BMI）（2015 年：第 10 回調査）
関連トピック	筋委縮性側索硬化症（ALS）患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる意思伝達装置（ブレインマシンインターフェース：BMI）（2015 年：第 10 回調査）
関連トピック	高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム（2015 年：第 10 回調査）

タイトル	欧米における市民科学（シチズンサイエンス）支援の動き
初版投稿	2016 年 10 月 17 日
執筆者	横尾 淑子（上席研究官）
関連トピック	なし

タイトル	学術ジャーナル論文の海賊版サイト Sci-Hub と学術情報流通のゲームチェンジの兆し
初版投稿	2016 年 10 月 14 日
執筆者	林 和弘（上席研究官）
関連トピック	なし

タイトル	ガラスよりも自然採光と断熱性に優れる”透明な木材”の窓
初版投稿	2016 年 10 月 13 日
執筆者	蒲生 秀典（特別研究員）
関連トピック	竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用（繊維素材建材等）技術(2015 年:第 10 回)

関連トピック	木材と非木質系材料との複合化技術の高度化により、再利用を可能にした木質系複合素材の製造技術(2005 年:第 8 回)
関連トピック	木材と非木質系材料との複合化技術が発展して、木材の特性を生かしたままで、成形加工が容易な高強度多機能な木質系複合素材の製造技術が実用化される。(1997 年:第 6 回)

タイトル	IoT のダークサイド：攻撃に用いられる IoT
初版投稿	2016 年 10 月 11 日
執筆者	小柴 等（研究員）
関連トピック	セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術（2015 年：第 10 回）
関連トピック	リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術（2015 年：第 10 回）
関連トピック	多数のセンサーが生活空間に配置され、実用的なセキュリティを保証しながら、リアルタイムに、人の活動を強力に支援するセンサネットワーク（2010 年：第 9 回）

タイトル	昆虫の新たな用途
初版投稿	2016 年 9 月 27 日
執筆者	相馬 りか（上席研究官）
関連トピック	昆虫の細胞培養や組換え体利用による医薬品等の有用物質生産の工業化（2005 年：第 8 回）

タイトル	宇宙の管理ノウハウが導く地上の医療安全
初版投稿	2016 年 9 月 26 日
執筆者	矢野 幸子（特別研究員）
関連トピック	医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育（2010 年：第 9 回調査）
関連トピック	物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム（ロボット、自動運転車、医療システムなど）のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術（2015 年：第 10 回調査）

タイトル	排泄予知ウェアラブルデバイス
初版投稿	2016 年 9 月 21 日
執筆者	中島 潤（特別研究員）

関連トピック	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 (2015 年：第 10 回調査)
関連トピック	ゲノム診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる 生体行動情報を継続的に収集した健康医療データベース (2015 年：第 10 回調査)

タイトル	人工知能で人狼に挑め：人狼知能
初版投稿	2016 年 9 月 21 日
執筆者	小柴 等 (研究員)
関連トピック	プロ将棋の名人を破るソフトウェア (2005 年：第 8 回調査)
関連トピック	発話内容や話者の関係を理解し、途中から自然に会話に参加できる人工知能 (2015 年：第 10 回調査)
関連トピック	民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助 員 (2015 年：第 10 回調査)

タイトル	量子コンピュータ時代の新暗号
初版投稿	2016 年 9 月 2 日
執筆者	小柴 等 (研究員)
関連トピック	様々なアルゴリズムに適用可能な汎用性のある量子コンピューティング (2010 年： 第 9 回)
関連トピック	10k 量子ビット間でコヒーレンスが実現され従来解決困難だった問題を高速に処理 できるゲートモデル型量子コンピュータ (2015 年：第 10 回)
関連トピック	世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号 (2010 年：第 9 回)
関連トピック	100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術 (2015 年：第 10 回)
関連トピック	量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス (2015 年： 第 10 回)

4 ホライズン・クローラー

本章では、定常的な情報収集と分析を支援するシステムであるホライズン・クローラーの技術詳細について述べる。

既に述べたとおり、ホライズン・クローラーは情報を収集する Web クローラーの機能に加え、分析や可視化、検索など複数の機能から構成される。これらの機能のうち分析機能については、データが無い状態では搭載すべき具体的内容が定めづらいといった課題があり、データの収集と機能の開発を並行して行い、都度機能の追加・変更なども行う開発体制を取った。そこで、以下ではシステム詳細と、開発時に試行した分析の内容について記載する。

なお、ホライズン・クローラーは NISTEP の職員が分析を行うための支援ツールであり、外部公開は行っていない。従って、本章における“利用者”などの表現は NISTEP の職員を指す。

4-1 プレスリリース半自動抽出スクリプト

プレスリリース半自動抽出スクリプトは、実際にプレスリリースの収集を行う Web クローラーそのもので、1. 任意の URL をクロールし、2. プレスリリースであると目される記事（ファイル）を自動抽出し、3. HTML タグや HTML 用特殊文字の復号を行って、4. テキスト出力する、ものである。また、同一 URL をクロールした際には前回との差分を抽出する機能を有している。

作成したプレスリリース半自動抽出スクリプトはコマンドラインおよび Web ブラウザの 2 種類の呼び出し方法に対応しており、Linux など UNIX 系の環境であれば動作する。

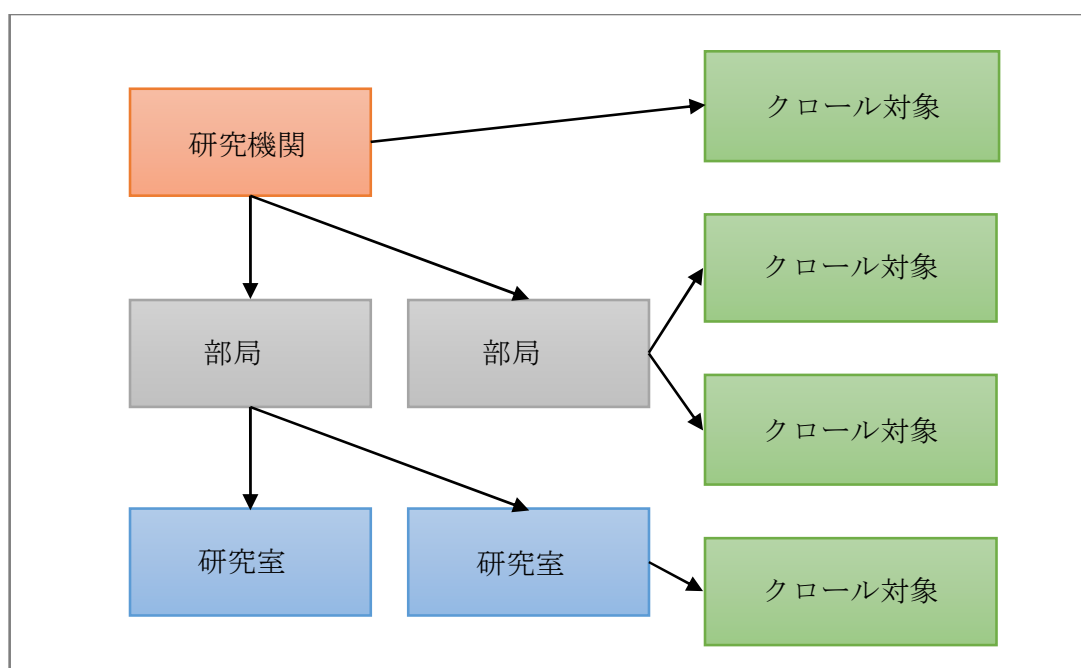
なお、プレスリリースには JIS や ISO などの標準が定められておらず、デファクトも確立していない。そのため組織毎に書式が異なっており、さらに形式も HTML 形式のものや PDF 形式のもの、文書を PNG 形式や JPEG 形式の画像にしたものなどが混在し、一定しない。

本スクリプトは基本的には HTML 形式を想定し、一部 PDF 形式にも対応しているが、上記の理由から完全自動抽出には至っておらず、一部では人の手による作業が必要な場合がある。

ツールの詳細は以下に記す。

プレスリリース等を配信しているサイトを「クロール対象」とし、データベースに登録しておく。クロール対象の登録は、Web IF 上から行うが、研究機関によっては研究成果とプレスリリースを別々の一覧ページで公開しているものなどもあるので、まずは研究機関の登録を行う。なお、Web IF については 4 章で詳しく述べる。

研究機関は「研究機関」「部局」「研究室」の 3 階層から成る。クロール対象は各階層に対して登録できるため、大学本部のプレスリリースと各学部 of プレスリリースをそれぞれクロール対象に定義することも可能である。研究機関とクロール対象の登録イメージを図表 4-1 に示す。



図表 4-1 研究機関とクロール対象の登録イメージ

クロール対象は「一覧ページ」と「記事ページ」を持ち、それぞれに「パーサ」を設定することで適切に日付、記事のタイトル、本文のみを取得できるように設定を行う。

様々な種類のサイトに対応するため、次の 4 種類のパーサを開発した。

Regexp Parser

PHP の PCRE 関数を利用した正規表現によるパーサ。

XPath Parser

XPath(XML Path Language)を利用したパーサ。XPath では、DOM の構造をパス形式ライクに簡単に記述できる。Google Chrome であれば、開発者ツールから各 DOM 要

素の XPath を簡単に取り出せるため、複雑な正規表現やプログラムを作成する手間が省ける。ただし、Google Chrome 側で<tbody>タグ等の自動補完がされるため、注意して利用する必要がある。

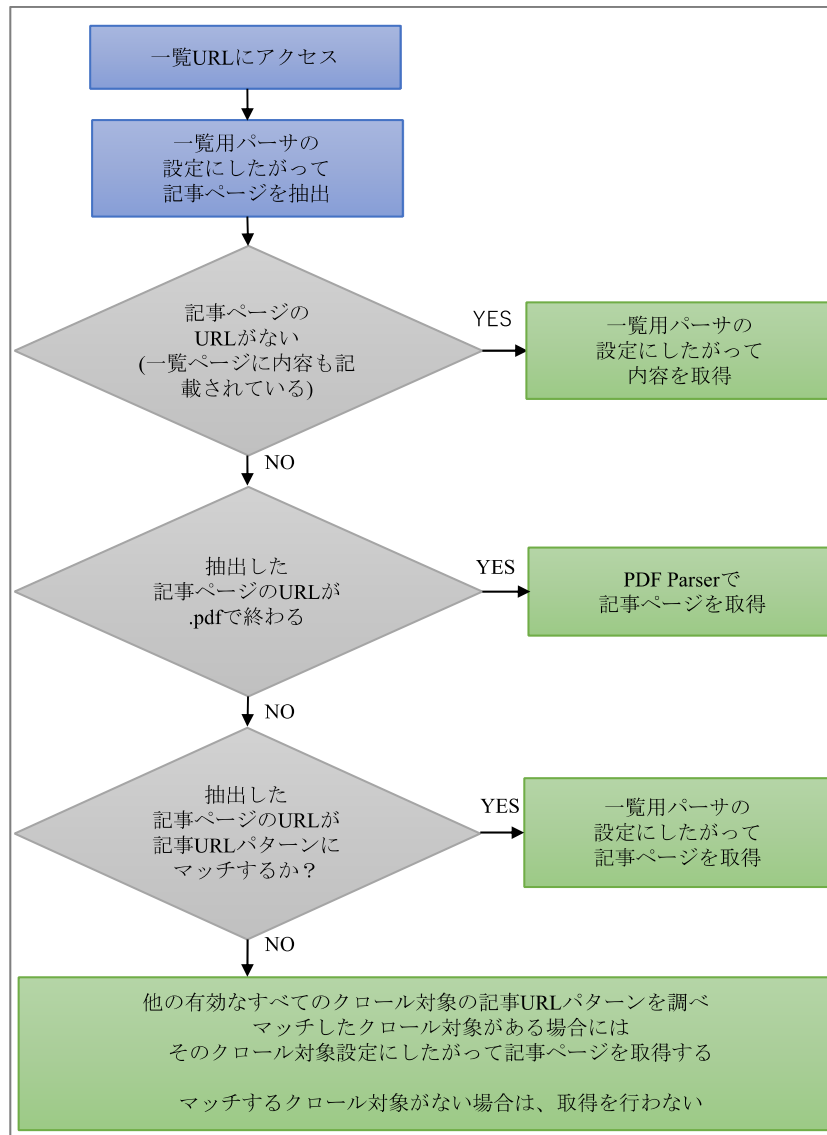
PHP 関数 SimpleXMLElement::xpath を利用するため、XPath 関数の結果を値として取り出すことはできない。

Feed Parser

RSS 0.9～1.0、1.0 のモジュール、RSS2.0、Atom に対応したパーサ。一覧ページでのみ動作する。MagpieRSS を利用している。

PDF Parser

PDF ファイルの中に含まれるテキストデータを抽出する。記事ページでのみ動作する。poppler の pdftotext コマンドを利用している。



図表 4-2 記事抽出処理の流れ

クロール対象の主要な設定項目は「一覧 URL」「記事 URL パターン」「一覧用パーサ」「記事用パーサ」の 4 つである。この設定による、記事取得の流れを図表 4-2 に示す。

図表 4-2 に示す流れにより、外部リンクで他研究機関のプレスリリースページがリンクされている場合でも、リンク先の研究機関のクロール設定がすでに完了している場合には適切にプレスリリースの内容を抽出することが可能である。一方で、設定されていないサイトのページについては取得処理が行われないため、外部リンクの多いサイトでは注意が必要である。

4-2 プレスリリース半自動抽出スクリプトの呼び出しとテスト

保存済みのクロール対象編集ページまたは詳細ページの右上にある「取得テスト」ボタンを押すと、クロール処理のテストを行うことができる。テストで取得する Web サイトのデータはキャッシュされるため、テストを繰り返す場合に取得先サイトへの負荷を考慮する必要はない。キャッシュの有効期限は 300 分に設定されているが、「管理ツール」の「定数管理」から「CRAWLER_TEST_CACHE_DURATION」定数の値を変更することにより分単位で任意の値に設定することができる。

取得テストページでは図表 4-3 のように、4 種類のテストを行うことができる。



図表 4-3 取得テストページ

それぞれのテストの内容を以下に示す。

全体テスト - 取得テストのみ

図表 4-2 に示す手順に従って記事を取得し、結果を表示する。

全体テスト - 取得＋自動分類

図表 4-2 に示す手順に従って記事を取得した後、各記事ページの内容に対して記事の種類の自動分類(学術成果に関するものや、受賞に関するもの、製品化に関するもの、などの推定)を行った結果を表示する。自動分類のアルゴリズムについては後述する。

個別テスト - 一覧ページの取得テスト

一覧用パーサの設定にしたがって、一覧ページから記事ページを抽出する処理までを行う(図表 4-2 青色部分)。URL が抽出できた場合には、抽出した URL で記事ページの取得テストを行うためのリンクも表示する。

個別テスト - 記事ページの取得テスト

任意の URL に対して、クロール対象の記事用パーサの設定による記事ページの抽出処理を実行する。図表 4-2 の仕様とは異なり、記事 URL パターンが URL にマッチするかどうかに関わらず、クロール対象の記事用パーサの設定を優先して利用する。ただし、「.pdf」で終わる URL の場合には PDF Parser が優先的に利用される。

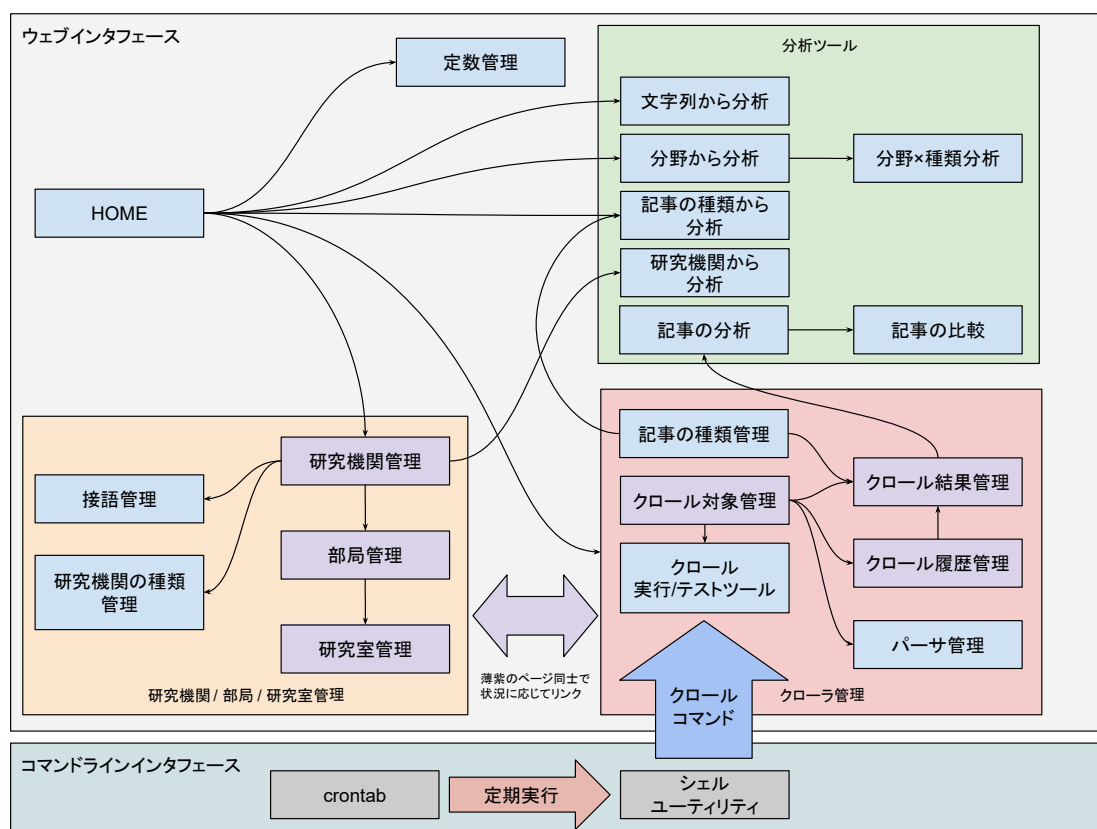
クロール対象の詳細ページまたは取得テストページ右上にある「クロール実行」ボタンを押すと、実際にクロール処理を行い、結果をデータベースへ保存する。

クロール処理の結果はクロール履歴として保存され、クロール対象の詳細ページなどで確認できる。

4-3 クローラー・分析ツール等管理用インタフェース

分析作業に際しては、データ収集をやり直したり、新たに組織を追加したりといった作業が生じるほか、分析手順自体はほぼ同じであったとしても、プレスリリースの発行元や発行元の種別、プレスリリースの種類（たとえば、学術成果に関するものや、受賞に関するもの、製品化に関するもの、など）といった様々な観点から情報を見直す必要がある。また、現状は見えていなくともデータが蓄積されることで、手法が同一であったとしても今後新たに知見が得られる可能性もある。

これらを考慮して、データ収集とデータ分析を Web 上で容易に実施できる機能（Web IF）についても開発・実装した。本 Web IF を含むシステムの全体構成を図表 4-4 に示す。



図表 4-4 システム構成図（全体）

同じく、Web IF のトップページ画面を図表 4-5 に示す。

HORIZON CRAWLER

研究機関管理・クローラ管理・分析ツール・管理ツール・

Home

HORIZON CRAWLER

本システムは、ホライズンスキニングに関わるプレスリリースの収集およびプレスリリースからの研究開発および産業動向の分析を行うシステムである。

クローラ履歴(新着5件)

クローラ履歴一覧

ID	日時	クローラ対象	新着	内容	実行方法	結果	操作
5582	2016-03-17 10:36:06	株式会社リボミック IR ニュース	0	クローラ処理により、33 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細
5578	2016-03-17 10:34:44	株式会社コネクトテクノロジー お知らせ	0	クローラ処理により、6 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細
5570	2016-03-17 10:34:19	東京理科大学 受賞	13	クローラ処理により、13 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細
5569	2016-03-17 10:33:34	名古屋工業大学 プレスリリース	1	他のクローラ対象により、1 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細
5568	2016-03-17 10:33:34	名古屋工業大学 キャンパスニュース	1	クローラ処理により、1 件のデータを取得しました。	SHELL	成功	詳細

プレスリリース収集状況(新着10件)

クローラ結果一覧

ID	日付	記事の種類	タイトル	クローラ対象	操作
89565	2016-02-08		2月8日付日本経済新聞（13ページ）に、「東大発 V B、たんぱく質を壊さず精製」と題した記事が掲載され、当社が開発した、IgGアプタマーを用いた抗体や抗体と結合したタンパク質の精製技術が、中性での精製を可能とすることから、たんぱく質を傷めずに精製できる、新しい精製法であるとして紹介されました。	株式会社リボミック IR ニュース	分析 詳細
89564	2016-01-20		1月18日付日経バイオテクノオンラインに、免疫・炎症性疾患を適応症としたRBM001に係る大塚製薬との共同研究に関して、2015年末にこれまでの契約が満了し、同社との間で新規な共同研究契約を締結したことが紹介されました。	株式会社リボミック IR ニュース	分析 詳細

図表 4-5 Web IF のトップページ（NISTEP 内部用）

図表 4-4 の全体概要図に示したとおり、Web IF は主として以下に述べる 3 つの機能を提供している。具体的には、1. データ収集の対象となる機関の管理機能、2. 機関毎のデータ収集に関わる管理機能（例：データの整形方法や、収集頻度など）、3. 収集データの分析機能、の 3 つである。

これらの各機能は次節の分析にも関連するため、以下で詳細を説明する。

(1) 機関の管理機能

機関の管理機能では、収集対象となる機関の登録や削除、同義語の登録などを行うことができる。ここで同義語とは機関名の「ゆれ」のようなもので、たとえば「文部科学省科学技術・学術政策研究所」の他に「科学技術・学術政策研究所」「文科省科政研」「NISTEP」などを同一のものとして取り扱えるようにする機能である。

機関にはさらに部局等の下位機関を持たせることができるようになっており、たとえば文部科学省科学技術・学術政策研究所の下に「科学技術予測センター」を持たせることが可能になっている。これによって、機関や組織の上下関係を保持することができる。

さらに機関種別の登録や削除も行うことができる。機関種別とは「大学」「研究機関」「研究支援機関」などの種別を意味しており、後述する分析の機能ではこれらの種別毎で結果を分類することなどができる。

研究機関登録のイメージを図表 4 -6 に示す。

The screenshot shows a web interface for 'HORIZON CRAWLER' with a dark blue header. The main content area is titled '研究機関の新規作成' (New Registration of Research Institution). It contains several input fields: '表示名' (Display Name), '名前' (Name), '接頭語' (Prefix) with a dropdown arrow, '接尾語' (Suffix) with a dropdown arrow, '同義語' (Synonyms) with a text area, '研究機関の種類' (Research Institution Type) with a dropdown arrow, and 'URL'. A green '送信' (Send) button is at the bottom left. The footer includes the text '2016 NISTEP - National Institute of Science and Technology Policy. ALL RIGHTS RESERVED.'

図表 4 -6 機関管理画面（新規登録）

(2) データ収集の管理機能

収集管理機能では、収集対象サイトに応じた様々な設定や、記事の種類や収集の一覧表示など収集全体に関わる管理・閲覧を行うことができる。

ニュースリリースについてはその書式について標準が定められているわけではなく、機関や記事毎に書式（フォーマット）が異なっていることが一般的である。分析を行うためにも、ニュースリリースのタイトル、本文、発行日などの構造を同定する作業は不可欠であるが、全てを人力で行うことも現実的でない。そこで、サイト毎のフォーマットの違いを登録することで、ある程度自動で構造を解析する仕組みが必要となる。収集対象サイトに応じた設定は主にこの書式の違いを記録するためのインターフェースである。対象サイトに応じた設定の登録画面の例を図表 4-7 に示す。

HORIZON CRAWLER 研究機関管理 クローラ管理 分析ツール 管理ツール

Home / 学習院大学 / クロール対象の編集: 学習院大学 NEWS

クロール対象の編集

クロール対象一覧 学習院大学 詳細 取得テスト 新規作成 削除

基本設定

名前
学習院大学 NEWS

一覧ページの取得設定

一覧URL ⓘ
http://www.univ.gakushuin.ac.jp/news/

一覧用パーサ
XPath Parser

XPath Parserの設定

[必須]記事コンテナのXPath
//*[@id="news-list-other"]/dl

Date XPath(日付文字列のXPath)
dd

Date XPath2 (Date XPathのあとに連結して処理されます)
年などが他の場所にある場合に指定

Date XPath3 (Date XPath2のあとに連結して処理されます)
年などが他の場所にある場合に指定

図表 4-7 対象サイトに応じた設定の登録画面

後述する分析機能や分析内容と前後するが、今回は事前の分析でニュースリリースの種類をあらかじめ 10 種類前後に絞り込んだ。記事の種類はこの種類を登録・削除するための機能で、さらにその記事種別を分析の対象とするかの設定や、ルールベースでの記事分類のルールの登録を行うことができる。記事の種類や、分類ルールについては分析内容の節で詳述する。図表 4 -8 に記事種類の一覧画面を示す。

HORIZON CRAWLER 研究機関管理 クローラ管理 企業管理 分析ツール 管理ツール				
Home / 記事の種類一覧				
記事の種類一覧			新規作成	
< 前のページ 次のページ >			16 件中 1 - 16 件目を表示	
ID	名前	分析対象にする	操作	
1	その他	No	詳細	編集 削除
2	IR	No	詳細	編集 削除
3	お知らせ	No	詳細	編集 削除
4	スタート	Yes	詳細	編集 削除
5	解明	Yes	詳細	編集 削除
6	開発	Yes	詳細	編集 削除
7	掲載	No	詳細	編集 削除
8	講演会など	No	詳細	編集 削除
9	実証	Yes	詳細	編集 削除
10	受賞	Yes	詳細	編集 削除

図表 4 -8 記事種類の一覧画面

収集した記事については一覧表示の他、機関や期間、種別、キーワードマッチなどの軸で検索して絞り込み表示を行うこともできる。画面を図表 4-9 に示す。

HORIZON CRAWLER
研究機関管理
クローラ管理
分析ツール
管理ツール

Home / クロール結果一覧

本文

URL

クロール対象ID
155

日付
~

推定分野
--

研究機関の種類
--

☐ 分析対象の記事のみ

検索

リセット

< 前のページ
1
2
3
4
5
6
7
8
次のページ >

156 件中 1 - 20 件目を表示

ID	日付	種類	タイトル	クロール対象	操作
89433	2016-03-16		「企業の生産性と国際競争力：日本と韓国の製造業の比較分析」〔DISCUSSION PAPER No.131〕の公表について	NISTEP 調査研究成果公表	<div>分析</div> <div>詳細</div> <div>編集</div>

図表 4-9 種集記事の表示例

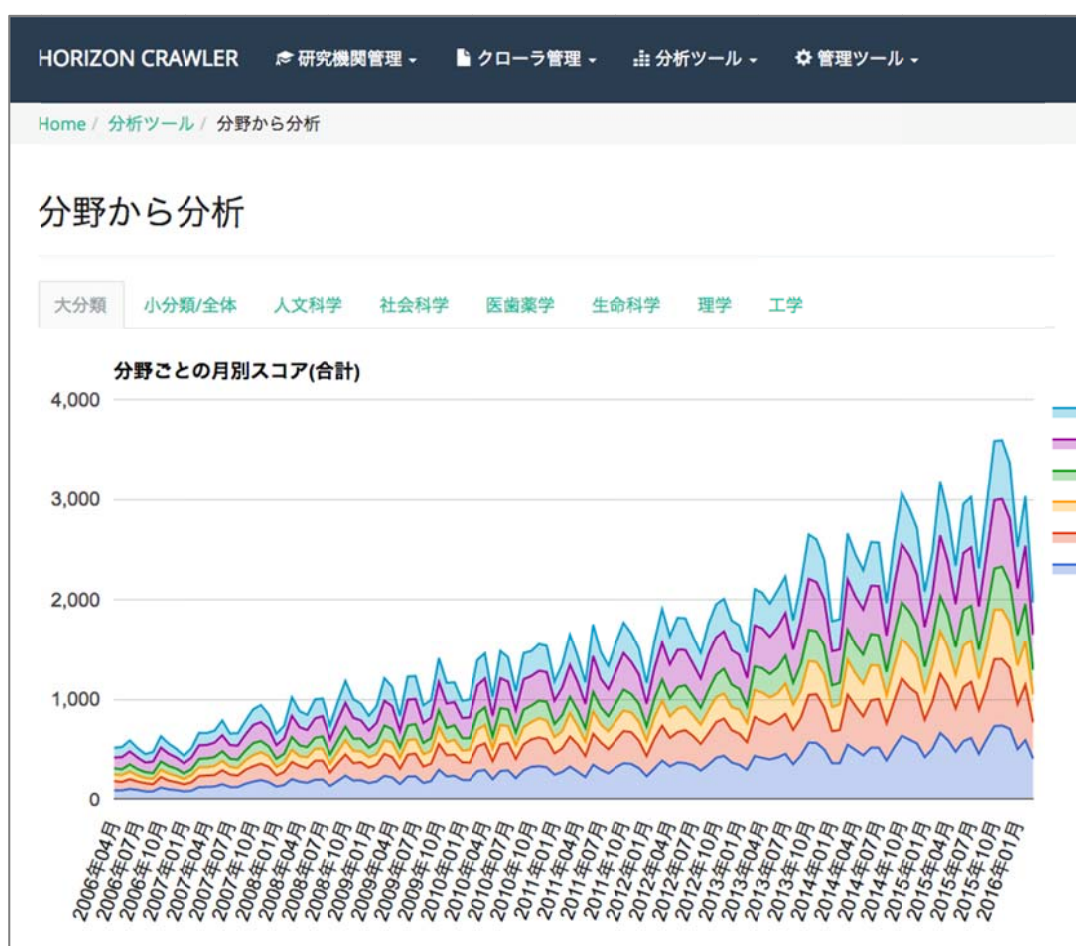
4 - 4 分析機能

分析機能は以下に挙げる 5 つ（分野から分析、記事の種類から分析、研究機関から分析、記事の分析、文字列から分析）と、それらのうちの一部の組み合わせを提供する。

以下ではそれぞれの機能について述べる。

(1) 分野から分析

分野から分析する機能は、独自の分類基準に従って行う「学術分野」に関する分類結果に基づいて時系列で記事数の推移を確認できる機能である。表示結果を図表 4 -10 に示す。



図表 4 -10 分野からの分析例

分類にはいくつかの粒度があり、たとえば人文科学、社会学といった大分類ごとでの可視化の他、人文科学など各大分類の中をさらに細分化した分類で見ることなどができる。また、分類と記事種類のクロス分析なども可能となっている。

(2) 記事の種類から分析

ここでは、事前登録した記事種類に応じていくつかの分析機能を提供している。たとえば、記事種別毎の時系列における件数の比較を折れ全グラフやヒートマップで示したり、記事種別毎に特定期間の頻出語を算出して表示したり、といった機能を提供している。

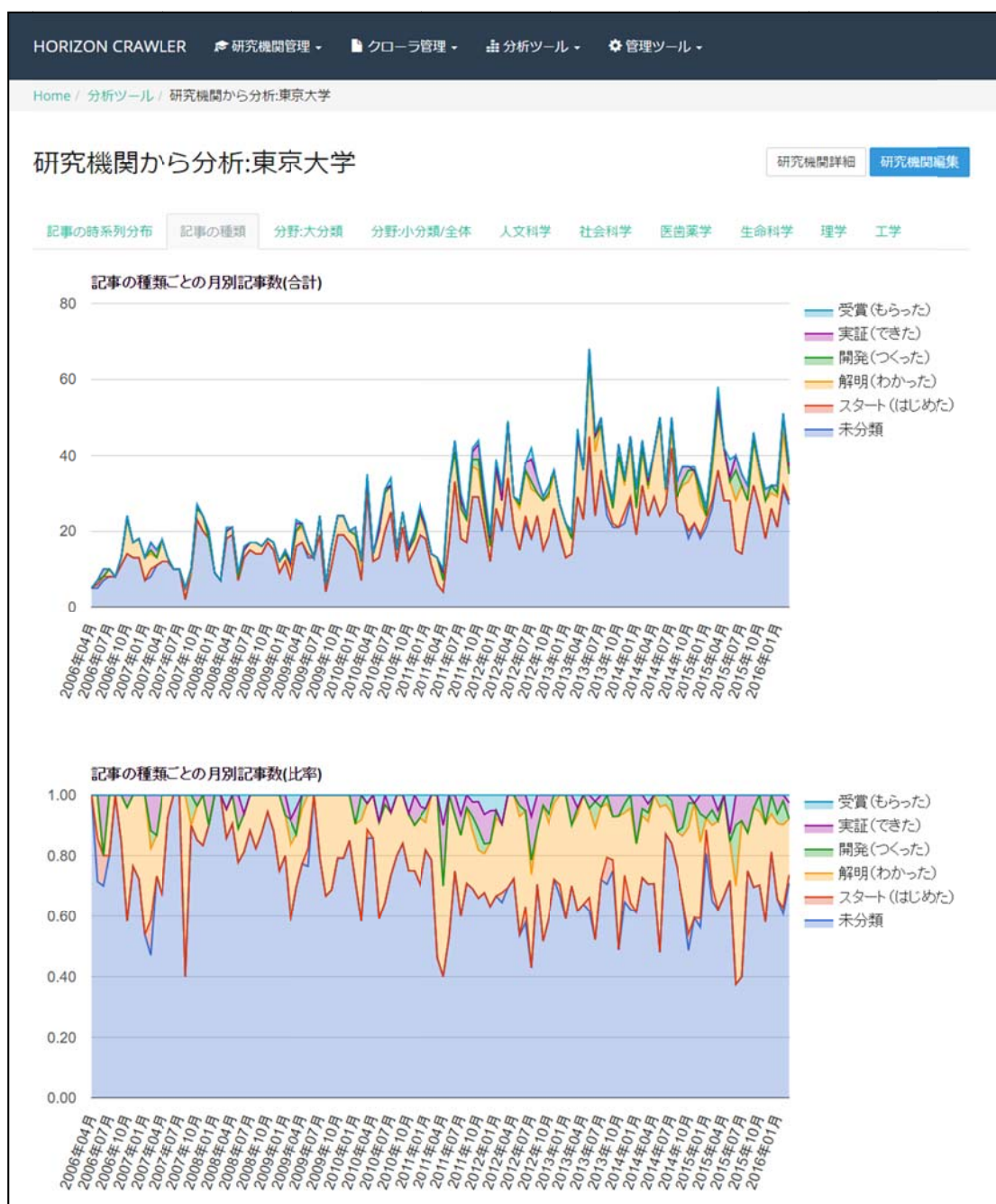
記事種別毎の投稿数の時系列変化をヒートマップで表示した例を図表 4-11 に示す。



図表 4-11 記事種別毎の投稿数時系列変化

(3) 研究機関から分析

ここでは、研究機関単位での分析機能を提供している。研究機関毎の投稿数や学術分野、記事の種類の時系列変化を表示する機能を提供している。記事種別投稿数の推移を表示した例を図表 4-12 に示す。



図表 4-12 研究機関毎の記事種投稿数の推移

(4) 記事の分析

あるプレスリリース記事が過去のどのようなプレスリリースに影響を受け、未来へどれほどの影響を与えているかどうかを分析できる機能を作成した。分析対象記事の類似記事 50 件を時系列でバブルチャート化した例を図表 4-13 に示す。記事同士の類似度については次節で述べる Groonga 検索スコアによるもの(「関連記事分析 1」タブ)と、学術分野の関連度によるもの(「関連記事分析 2」タブ)を利用した。



図表 4-13 記事に類似した記事のバブルチャート表示

バブルチャートでは、横軸を時間、円の大きさを記事の類似度、色を記事の種類としている。縦軸は意味を持たない。また、下部関連記事リストの「比較」ボタンを押すことで、2つの記事同士の単語や学術分野の比較を行うことができる。

(5) 文字列から分析

ここでは、任意の文字列について記事の分析と同様な類似記事の分析を行う機能を提供している。任意の文字列を対象としているので、「iPS 細胞」といった専門用語でも、ニュース記事の本文でも分析を行うことができる。ただし、類似記事の抽出アルゴリズムの特性上、英語の論文や冗長な表現が繰り返される文字列などでは望ましい結果が得られない可能性がある。また、短い単語での「関連記事分析 1」結果は精度が非常に低い。文字列に対する類似記事 50 件を時系列でバブルチャート化した例を図表 4-14 に示す。



図表 4-14 文字列に類似した記事のバブルチャート表示

4-5 ホライズン・クロージャーを用いた情報収集と分析試行例

本節ではホライズン・クロージャーによって収集しているデータの概要や、得られた各データ区分について、年・月など時間粒度で分析単位を切り出し、単位内での重要語の抽出や、区分・単位間におけるトピックの関連・変遷、等について分析した結果について述べる。

以下ではまず、データ収集及び分析の全体像を述べた上で、手法などの技術面を簡単に説明し、具体的な分析結果について述べる。

(1) 研究機関等プレスリリースに関する各種データの収集

ホライズン・クロージャー構築完成時点において、ホライズン・クロージャーを用い、以下 A、B のデータを収集した。

A. 研究機関、研究支援機関、大学…179 組織、 93,941 件

研究機関	55 組織、	24,447 件
------	--------	----------

研究支援機関	7 組織、	6,263 件
--------	-------	---------

大学	117 組織、	63,231 件
----	---------	----------

B. ベンチャー企業…101 組織、 8,483 件

なお、研究支援機関とは、国立研究開発法人 科学技術振興機構（JST）、国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）、日本学術振興会、など学術振興・助成を行う機関を意味している。

また組織の単位は大学であれば学部レベル、JST などはセンターなど部署レベルで別にカウントしている。たとえば、学部を 2 つ持つ大学が各学部と大学本体とでそれぞれ 1 件ずつプレスリリースを出している場合、内容が同じであっても 3 組織から計 3 件のプレスリリースがあったとカウントしている。

具体的な収集組織名、収集データ件数の内訳は別添の付録に示した。

なお、上記はホライズン・クロージャー構築完成時点でのデータ数である。NISTEP ではホライズン・クロージャー構築以降、定常的に情報の収集蓄積を行っており、データ件数は日々増加している。

(2) 分析の全体像

分析に際しては予備収集データを用いての事前解析や、上述した各種ツールの整備と並行して行ったデータの予備収集と、それらのデータを用いた予備解析も含めて段階的に行った。

全体としては、当初はトピックモデルなどによる内容分類・変遷の調査も検討したものの、途中でルールベースによる分類によってある程度リーズナブルな分類結果が得られそうなことや、記事間の詳細な比較を行うと組み合わせ爆発などが生じて現実的な分析を行えそうに無いこと、分析の継続性を考えた場合には TF/IDF など全体と部分の比較を行うような算出手法が使いにくいこと、ウィンドウ幅の設定によって様々な解釈が生まれうること、など分析における課題が抽出された。

そこでこれらの状況を鑑みてある程度シンプルに「特定の記事の数」について時系列変化を追える仕組みを構築し、これにもとづいて分析した。結果としてはシンプルな可視化でも記事種別毎の周期性が検出できた。また、あるキーワードが出現したときに、直接そのキーワードを含む・もしくはそのキーワードに関連すると思われる記事の抽出可視化が可能なのでは無いかという仮説を生成し、実際に何らかの「変化」が検知できた際に、その予兆がいつ頃、どのような種類の記事で発生したかを追うことのできる仕組みを構築した。

分類の手法について

学術分野の分類については独自の学術分野推定モデルを用いて実施している。このモデルは、特定のキーワードが与えられた際に、学術分野の推定およびラベル付けを行うことができる。

このモデルは KAKEN 等で公開されている研究課題の情報などをベースに、「word2vec を利用した文書の多次元ベクトル化」「ニューラルネットワークを用いた多次元ベクトルから分野関連度ベクトルへの変換」を行うことにより分野推定を実現している。このようにモデル構築の手法自体は一般的な手法に準じており、独自性はデータに起因する。関連して、ニューラルネットワークの教師データを変更することにより、学術分野以外の分類も可能である。今回は学術分野分類モデルのほかに、記事の種類分類モデルの構築も行った。

word2vec を利用した文書の多次元ベクトル化ではまず、本システムで取得した記事データや、研究課題データから、形態素解析エンジン MeCab を用いて分かち書きに変換して作成したコーパス(約 750 万文、26 万語、ただし名詞以外の形態素も含む)を用

い、単語を 100 次元のベクトルに変換するモデルを構築した。文書のベクトル化は単純に文書に出現する単語ベクトル値の合計とした。

学術分野分類モデルにおけるニューラルネットワークの学習データは、KAKEN の研究課題データを利用した。あらかじめ、図表 4-15 に示す大分類 6 種類、小分類 36 種類の学術分野を決めておき、KAKEN 研究分野と学術分野とのマッピングテーブルを手作業で作成した。マッピングテーブルでは、一つの KAKEN 研究分野に対して最大 3 つの学術分野を定義できるようにした。例えば、KAKEN における「工学/建築学/建築史・意匠」という分野は、学術分野では「建築・土木工学」「哲学」の 2 つとした。分野としてわかりやすいもののみを学習データとして採用し、約 35 万件の学習データを得た。これらは学術データの検索サービス等の運用にノウハウを持つ委託先企業の実務経験等に基づく知見も加味して決定した。

つまり、これらの分類は委託先企業が利用している独自モデルである。このモデルの推定精度などについては公表されていない。また、今回の分析データについて分類精度の検証等の結果も検証されていない。これらの点については注意が必要である。

分野番号	大分類	小分類	分野番号	大分類	小分類
1	人文科学	哲学	19	生命科学	生物学
2	人文科学	文学	20	生命科学	農学
3	人文科学	言語学	21	生命科学	環境学
4	人文科学	文化・地理学	22	生命科学	畜産・獣医学
5	人文科学	歴史学	23	生命科学	水産学
6	人文科学	人類・考古学	24	生命科学	スポーツ科学
7	社会科学	教育学	25	理学	数理科学
8	社会科学	社会学	26	理学	物理学
9	社会科学	経営学	27	理学	化学
10	社会科学	政治・経済学	28	理学	地球惑星科学
11	社会科学	法学	29	理学	宇宙科学
12	社会科学	心理学	30	理学	情報学
13	医歯薬学	基礎医学	31	工学	総合工学
14	医歯薬学	臨床系内科学	32	工学	機械工学
15	医歯薬学	臨床系外科学	33	工学	材料工学
16	医歯薬学	看護・健康科学	34	工学	建築・土木工学
17	医歯薬学	薬学	35	工学	人間工学
18	医歯薬学	歯学	36	工学	電気電子工学

図表 4-15 学術分野推定で利用する学術分野名

類似度の算出手法について

記事間の類似度を算出する手法にはキーワードをそれぞれ次元と見なし、2つの文章のベクトルのなす角度によって類似度を判定する COS 類似度など様々な手法が存在する。ただし、単純に記事間の類似度を計算する場合、記事数が N であるとする少なくとも $N-1$ 回の比較を必要とするため記事数に比例して計算コストも増加する。計算効率を抑えつつ現実的な時間で類似度を算出するアルゴリズムの独自開発は困難である。

これらの事情から今回は、記事データの格納に使用した DB のエンジン Groonga に搭載されている検索スコアを 1 つ目の記事類似度として適用することとした。

Groonga では与えられた文字列を分割し、IDF 値（基本的には同じ単語がいくつの記事に出現するかを表した値）の高い語（特徴語）をいくつか抽出する。その上で比較対象となる記事に重み付けを行って類似度を算出する、といった仕組みを有している。基本的には与えられたキーワードを含むか含まないかをベースに、やや拡張した仕組みと言える。

また、前述の学術分野分類モデルを利用して算出した 36 分野の分野関連度ベクトルを用いた、COS 類似度による類似度の算出も行い、2 つ目の記事類似度とした。

その他の手法について

当初、記事の種類を同定するためにトピックモデルによって分類することを試みた。トピックモデルは自然言語処理の分野で文章をその内容によって分類するために開発された手法で、ニュース分類などに広く応用されている手法である。代表的な手法には LSA(Latent Semantic Analysis)や LDA(Latent Dirichlet Allocation)などがあげられる。今回は LDA による試行を行っている。

LDA は分類器としてはソフトクラスタリングを行う種類に属するものである。ソフトクラスタリングは、たとえば A、B、C の 3 つのトピックが存在するとして、記事をどれかの単一のトピックのみに所属させるのではなく、A の成分が 50%、B が 10%、C が 40%という風な確率的な分類を提供するものである。一般的に文章には様々な話題（トピック）が混合されていると考えることができ、現在ではトピックモデルのほとんどがソフトクラスタリングを行う。また、LDA はトピックモデルの中でも一般的な手法であり、ライブラリが充実していることなども特徴としてあげられる。

関連して、トピックの時系列変化まで考慮したトピックモデルに LDA の発展系である Dynamic LDA (DLDA) があげられる。同じ話題（トピック）であっても、時間の変化によって用いられるキーワードが変化することはままあるが、これはそういった

トピックの時系列的発展・変化も踏まえたトピックモデルとなっており、本取組の目的にも叶うものである。そこで予備実験の段階では DLDA の適用も試みた。

(3) 分析の詳細

事前分析

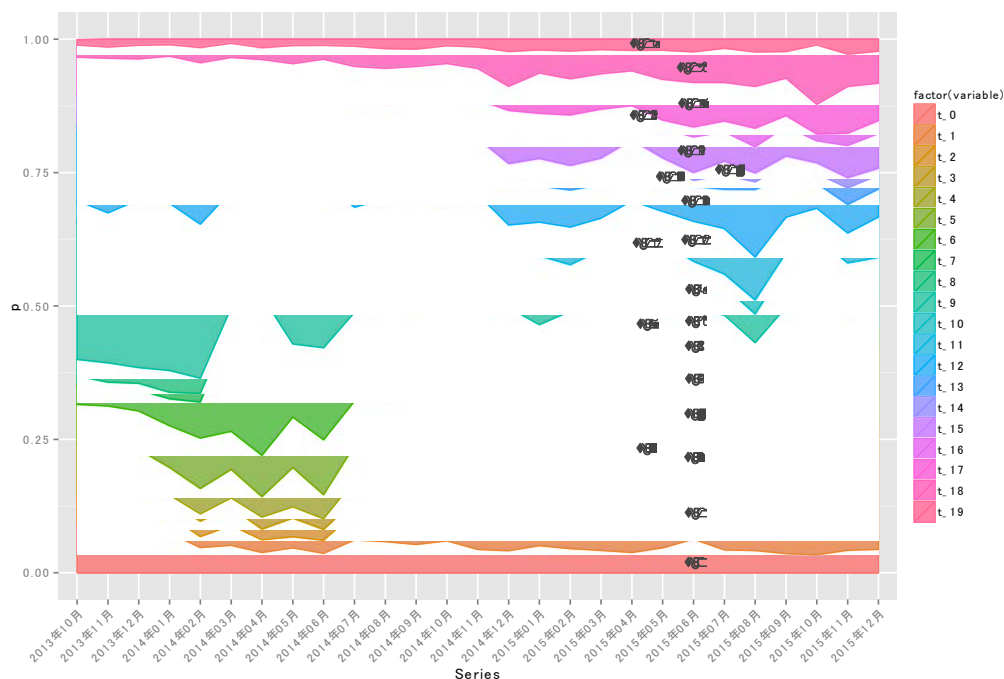
ホライズン・クローラー構築前の予備調査段階において、複数大学のプレスリリース 3 千件程度、学術分野分類用の機械学習モデル、などが得られていた。

まずプレスリリースの種類を同定するためにトピックモデル (DLDA) によって分類することを試みた。DLDA では事前にトピック数を与える必要があるため、まず想定よりやや多め (20 件など) のトピック数で分類を試みた。結果の一部を図表 4-16 に示す。

大分・地産	発着	衛星画像	天文学	生態	動物実験	STAP	気候変動	脳科学	臨床医学	神経科学	物質・環境	工学	気象防災	材料	工学2	産学	遺伝子科学	電気電子	大気
Topic 0	Topic 1	Topic 2	Topic 3	Topic 4	Topic 5	Topic 6	Topic 7	Topic 8	Topic 9	Topic 10	Topic 11	Topic 12	Topic 13	Topic 14	Topic 15	Topic 16	Topic 17	Topic 18	Topic 19
1 日本	受賞	撮影	観測	発見	研究	論文	影響	脳	患者	神経細胞	開発	発生	開発	発生	発生	発生	細胞	電子	電子機
2 大分	研究	開発	中分	発見	マウス	発見	研究	研究	結果	脳	先	先	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
3 実験	評価	データ	集計	生態	細胞	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
4 研究	研究費	画像	星	進化	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
5 連携	賞状	動き	観測	調査	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
6 推進	発見	衛星	太陽	観測	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
7 参加	開発	成功	存在	可能性	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
8 活用	賞	発見	ガス	観測	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
9 地域	発展	観測	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
10 開発	開発	観測	発見	日本	活性化	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
11 公開	民学	情報	発見	生物	発見	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
12 機長	論文	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
13 今後	http://www	計画	文化	存在	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
14 新た	今回	公開	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
15 協力	分野	カメ	観測	観測	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
16 支援	中	取得	中	影響	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
17 課題	受賞者	宇宙航空研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
18 世界	研究	写真	アラスカ	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
19 提供	長官	案件	国立天文台	中	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
20 総合	業績	実績	現在	多く	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
21 社会	組織	制度	中心	分布	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
22 取り組み	世界	今回	月	環境	重要	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
23 文部科学省	推進	推進	地	海	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
24 今回	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
25 情報	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
26 研究者	研究費	リアルタイム	可能性	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
27 目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的	目的
28 データベース	日本	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
29 以下	対象	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
30 予定	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究	研究
31 プログラム	退出	小型衛星	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
32 研究機関	若手研究者	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
33 データ	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
34 活動	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
35 事業	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
36 企業	事業	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
37 対象	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
38 観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
39 成果	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
40 作成	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
41 調査	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
42 観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
43 必要	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
44 強化	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
45 http://www	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
46 研究	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
47 デザイン	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
48 学生	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
49 利用	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測
50 分野	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測	観測

図表 4-16 DLDA による分類の例

結果からはある程度納得のいく分類が得られたものの、トピック数が多いためか類似したトピックも見られる。これらのトピックの時系列毎に可視化した例を図表 4-17 に示す。



図表 4 -17 DLDA による分類の時系列変化

図表 4 -17 では STAP 関連の話題とみられる t_6 のトピックが 2014 年 3 月から 4 月あたりに増大している様子が見られるなど、時系列の変化を把握・可視化することができた。

一方で、DLDA の特性としてデータが新規に追加された場合、特にこれまでに無かったような新たなトピックが発生した場合には対応しがたいことが想定される。この場合、過去データも含めて再度分類を行う必要があるが、その場合に過去分のトピックも変動する可能性が高く、またトピック事態に変化が無かった場合でも、手法の特性上分類結果が必ずしも同様の結果が得られるとは限らないといった問題も懸念される。同じく、分類結果は学術分野と受賞などが同列に並んでおり、意味的な階層にズレがあるためこのままでは分析に適さない可能性も高い。

以上より、DLDA をそのまま本委託の分析に用いることは適当ではないと考え、以下の通り分析を進めることとした。

まず、上記 DLDA の結果も参考に記事の意味的な種類を作成する。さらにそれらと別に学術分野による分類も行えるようにする。また、この 2 つの分類を組み合わせた分類も利用できるようにする。次に、これらの各分類で時系列の記事数変化や、特徴語・代表語の抽出もできるようにする。

時系列分析の際に記事をまとめる粒度としては、DLDA の分析で用いた 1 ヶ月単位の粒度が記事数の観点から適当と思われたため、これを採用することとする。

記事種類の設定

事前分析の結果から、記事の種類についてはトピックモデルなどを用いて探索的に行うよりも、人手により意味内容を把握しながら設定することが適当と考えられる。そこで、今回は 15 種類を設定した。代表的なものを図表 4-18 に示す。

図表 4-18 記事の種類

ID	名前	ID	名前
1	その他	6	開発
2	IR	7	掲載
3	お知らせ	8	講演会など
4	スタート	9	実証
5	解明	10	受賞

5・6・9 は主に研究成果そのものに関わる内容で、発見、発明、実証が含まれる。7・10 は主に研究成果の評価に関するものを設定した。4 は研究成果の社会実装や広報に関わるもので、7・10 が基本的に特に学識者による外部審査を有するものであったことに対して主には発表者側の都合で設定できるものを設定した。2 は企業等の決算報告など投資情報に関するものを設定した。図表にない種類は人事および不祥事に関するものや、個別事例の名词である。特に個別事例に関するものは他項目の一般的な名词と性格が異なるが、DLDA の結果で突出したカテゴリを形成していたため別に取り出した。1・3 は休講に関するお知らせをはじめ上記に分類することが困難な内容を分類するために設定した。

これらの記事種類にもとづいて事前保有の 3 千件を見直したところ、タイトルに含まれる単語に基づくルールベースである程度分類できることが確認できた。たとえば 10 の受賞関連の記事であれば、「受賞」・「報奨」・「授与」などのキーワードを含んでいる場合に受賞関連の記事である確率が高い。5 の解明についても「解明」・「発見」などのキーワードを含んでいる確率が高い。

そこでこれらの条件にもとづいてルールを作成して分類を行わせた。さらに、事前保有の 3 千件にこれらのルールでタグ付けした例を元に、前述の word2vec とニューラ

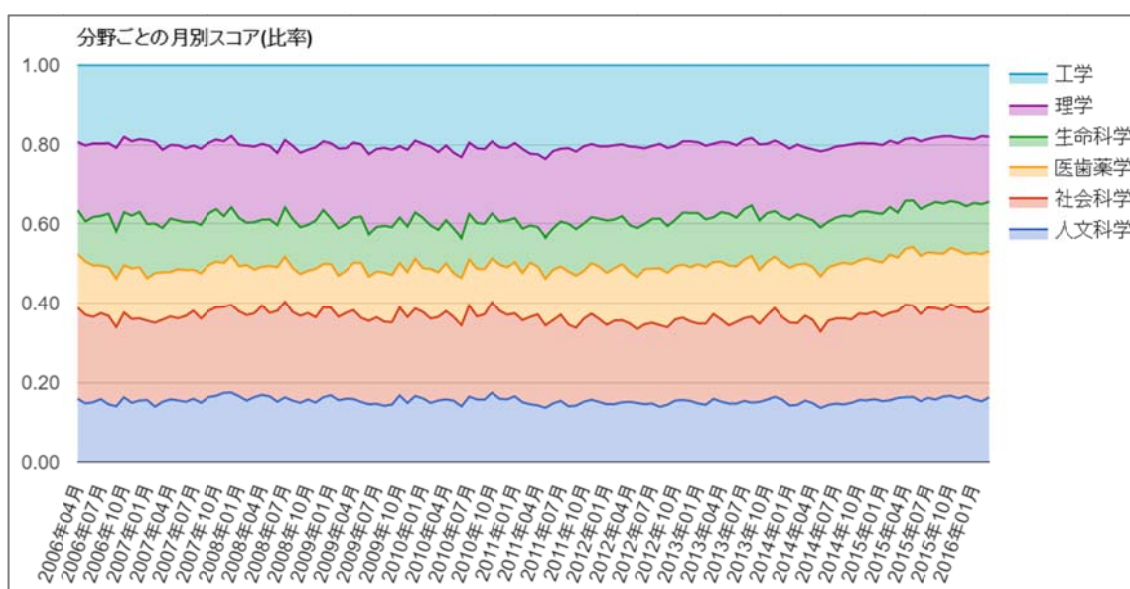
ルネットワークを用いた手法により記事の種類分類モデルを作成し、両者の多数決により未知データの分類を行う仕組みを構築した。

(4) 分析結果

前述の観点にもとづいて、収集・分類したデータの分析結果について以下に述べる。なお収集対象や収集したデータ件数等は前述のとおりである。

分野からの分析

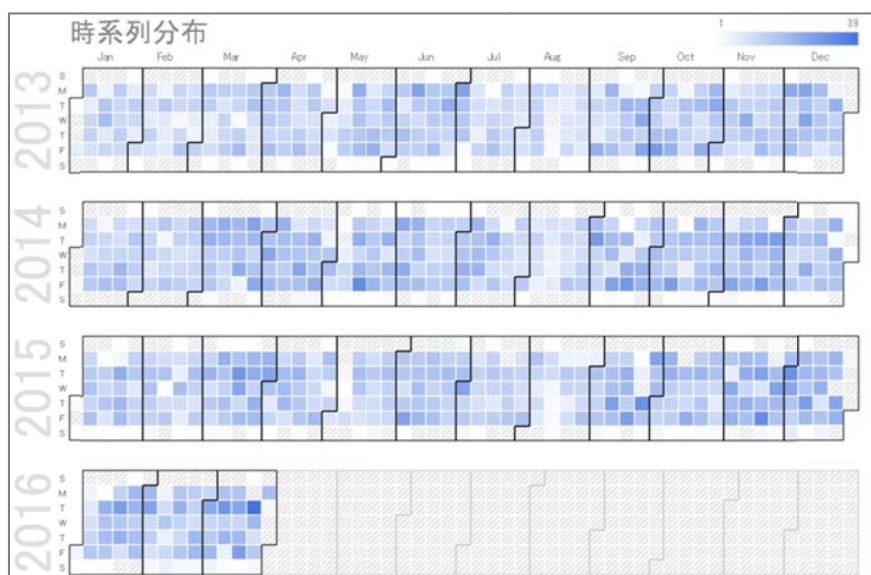
学術分野大分類の月別合計スコア比率を図表 4-19 に示す。はっきりとした大きな変化はみられないが、工学と理学がわずかに減少傾向にあり、医歯薬学の増加が他よりも大きかった。



図表 4-19 学術分野大分類の月別合計スコア比率

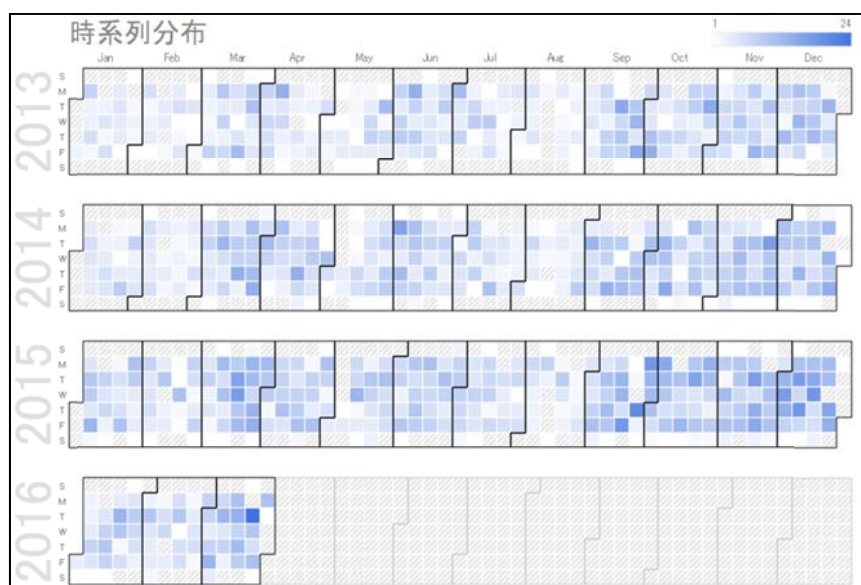
記事の種類からの分析

記事数の多い2013年以降の、記事数の推移を図表 4-20 に示す。全体の傾向としては、年始と8月に記事数の減少がみられた。特に8月第2週目は大きく減少しているが、夏季休暇によるものと考えられる。5月頭の連休期間においても、同様の理由と思われる記事数の減少が見られた。



図表 4-20 分析対象記事数の時系列変化(2013 年以降)

記事の種類の傾向としては、受賞に関する記事に周期的な特徴がみられた。2013 年以降の受賞記事数の推移を図表 4-21 に示す。3、4、6、9～12 月に記事の数が多くなる傾向があった。これは、学会の開催時期と関連があるものと考えられる。



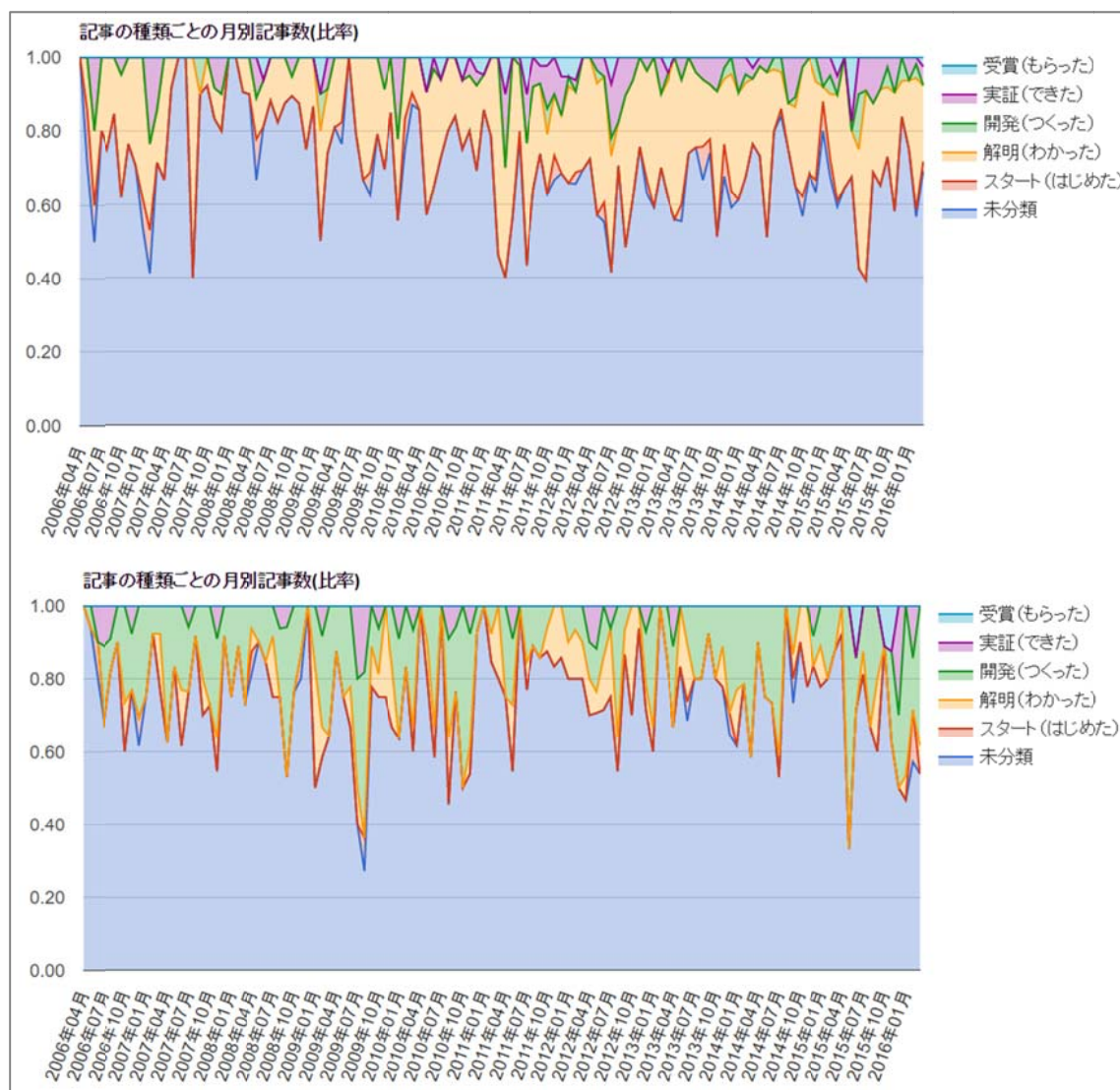
図表 4-21 受賞記事数の時系列変化(2013 年以降)

また、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災直後は、大学を中心に主に関係者向けへの広報活動が活発化したと考えられるが、「おしらせ」の分類のみにおいて記事数の増加が確認でき、他の分類においては増加、減少などのはっきりとした傾向はな

かった。以降の分析では「おしらせ」は分析対象外としているため、これらの記事の分析への影響は低いと考えられる。

研究機関からの分析

研究機関により、記事種の割合に違いがみられた。事例として、東京大学と産業技術総合研究所の記事種の推移を図表 4-22 に示す。ほとんどの大学や研究機関では、「解明」に分類される記事の割合が多い傾向にあった。一方で、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や産業技術総合研究所などの産業寄りの研究を扱う機関では、「開発」に分類される記事が多い傾向が確認された。



図表 4-22 東京大学(上)と産業技術総合研究所(下)の記事種比較

学術分野においては、研究機関の特色が傾向としてあらわれることが確認された。例として国立天文台における学術分野の推移を図表 4-23 に示す。大分類では理学のスコアが高く、理学の小分類では宇宙科学、地球惑星科学、物理学といった分野のスコアが高い傾向があった。



図表 4-23 国立天文台における学術分野大分類(上)と理学小分類(下)

記事からの分析

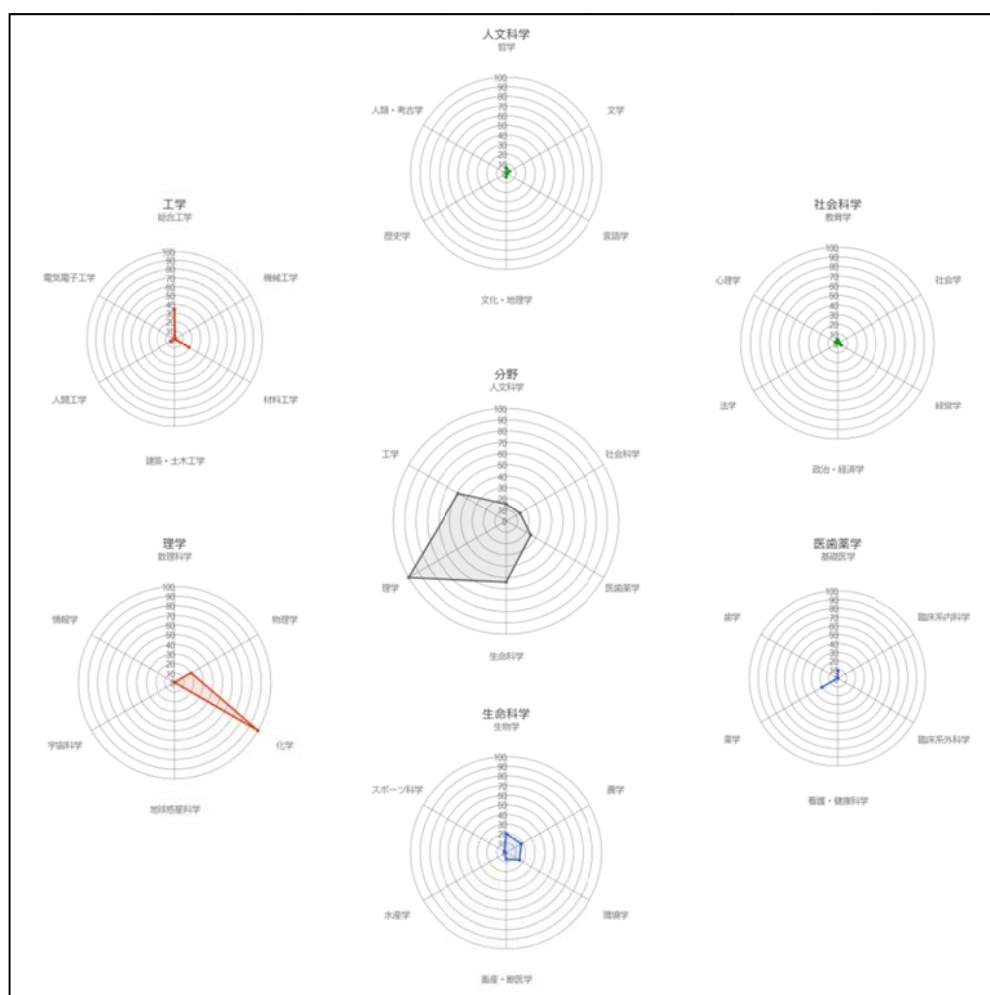
ソーシャルメディア等で話題になった3記事をピックアップして分析を行った。

記事 1:人工光合成の実現に向けた酸素発生触媒の開発に成功

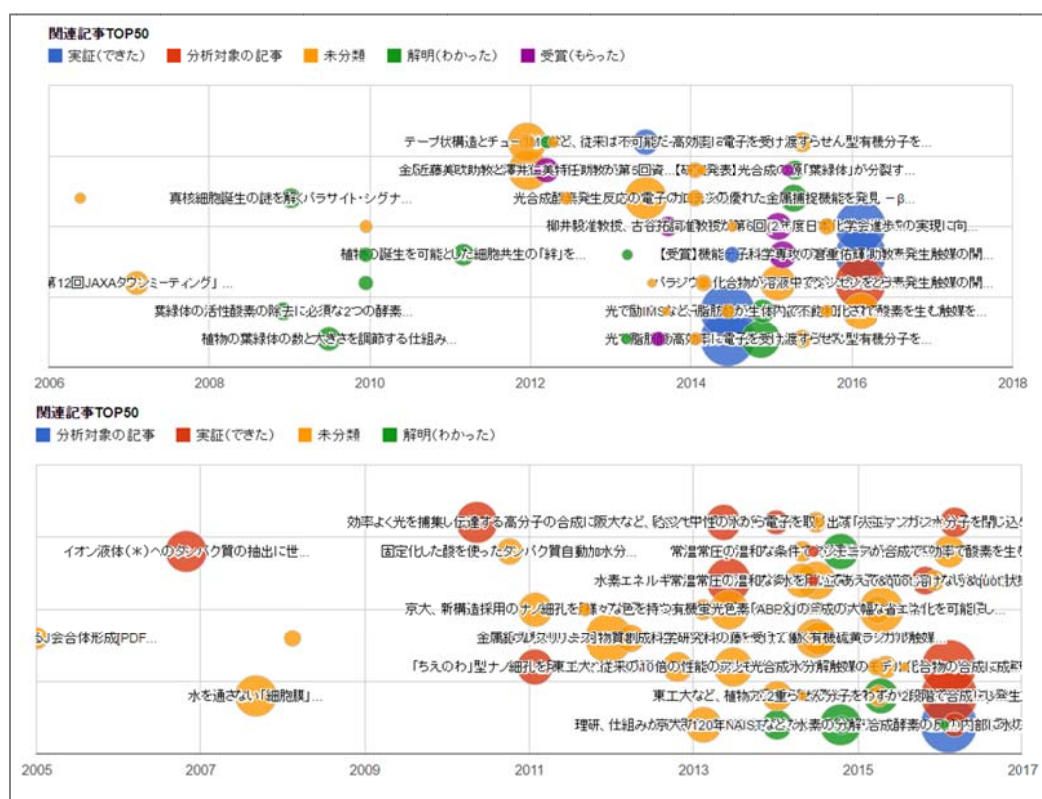
(<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20160211/>)

科学技術振興機構（JST）、分子科学研究所、総合研究大学院大学から2016年2月11日に発表されたプレスリリースであり、植物の光合成にヒントを得て、高効率で酸素を発生する鉄の触媒分子の開発に成功したという内容である。

学術分野の分析結果を図表4-24に、関連記事分析のバブルチャートを図表4-25に示す。図表4-24では、7つあるレーダーチャートうち中央が大分類、周囲の6つが小分類の学術分野関連度である。



図表 4-24 記事 1 学術分野



図表 4-25 記事 1 関連記事分析 1(上)と関連記事分析 2(下)

植物関係の記事では生物学や農学などのスコアも高くなる傾向があるが、「光合成」というキーワードよりも酸素発生触媒についての内容が強いため、化学の関連度が強くなっている。関連記事分析 1 では「光合成」・「葉緑体」・「植物」といったキーワードを含む記事が多い。一方で関連記事分析 2 では触媒など化学関係の記事が目立つ。

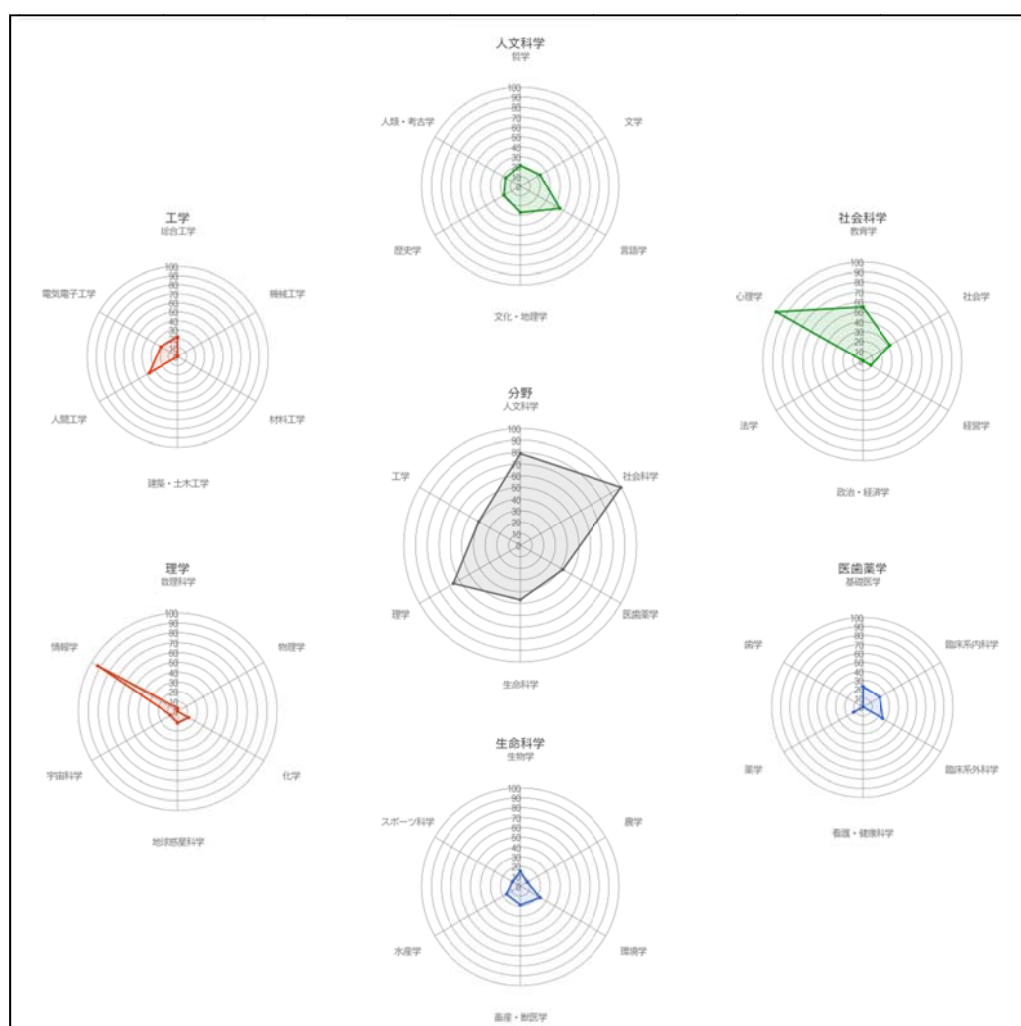
時系列でみると、いずれも 2012 年以降に記事数が増えていることがわかる。また、「説明」・「実証」に分類される記事が古くから出ている。

記事 2: 単語から文をつくる鳥類の発見

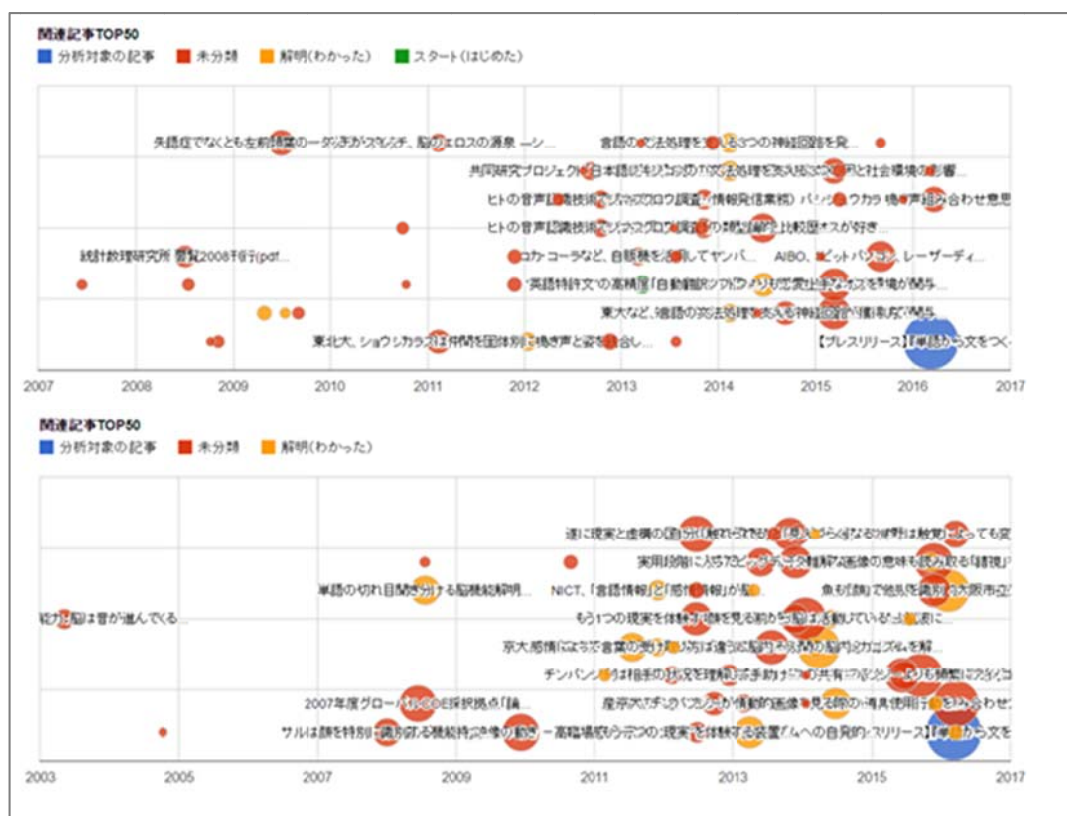
(<https://www.soken.ac.jp/news/25972/>)

総合研究大学院大学から 2016 年 3 月 9 日に発表されたプレスリリース。シジュウカラの鳴き声の組み合わせには文法規則（語順）が存在し、その規則に反すると情報がうまく伝わらないことを明らかにしたという内容である。

学術分野の分析結果を図表 4-26 に、関連記事分析のバブルチャートを図表 4-27 に示す。学術分野では、情報学、心理学などコミュニケーションに関連した分野の関連度が高い。わずかではあるが、生物学、環境学といった鳥に関係がありそうな分野の関連性も現れている。



図表 4-26 記事 2 学術分野



図表 4-27 記事 2 関連記事分析 1(上)と関連記事分析 2(下)

関連記事分析 1 ではコミュニケーションを主体とした記事が多く、関連記事分析 2 では認識や思考に関わる記事が多かった。また、いずれも脳に関わるものが多く、ヒトと動物いずれの記事も確認できた。

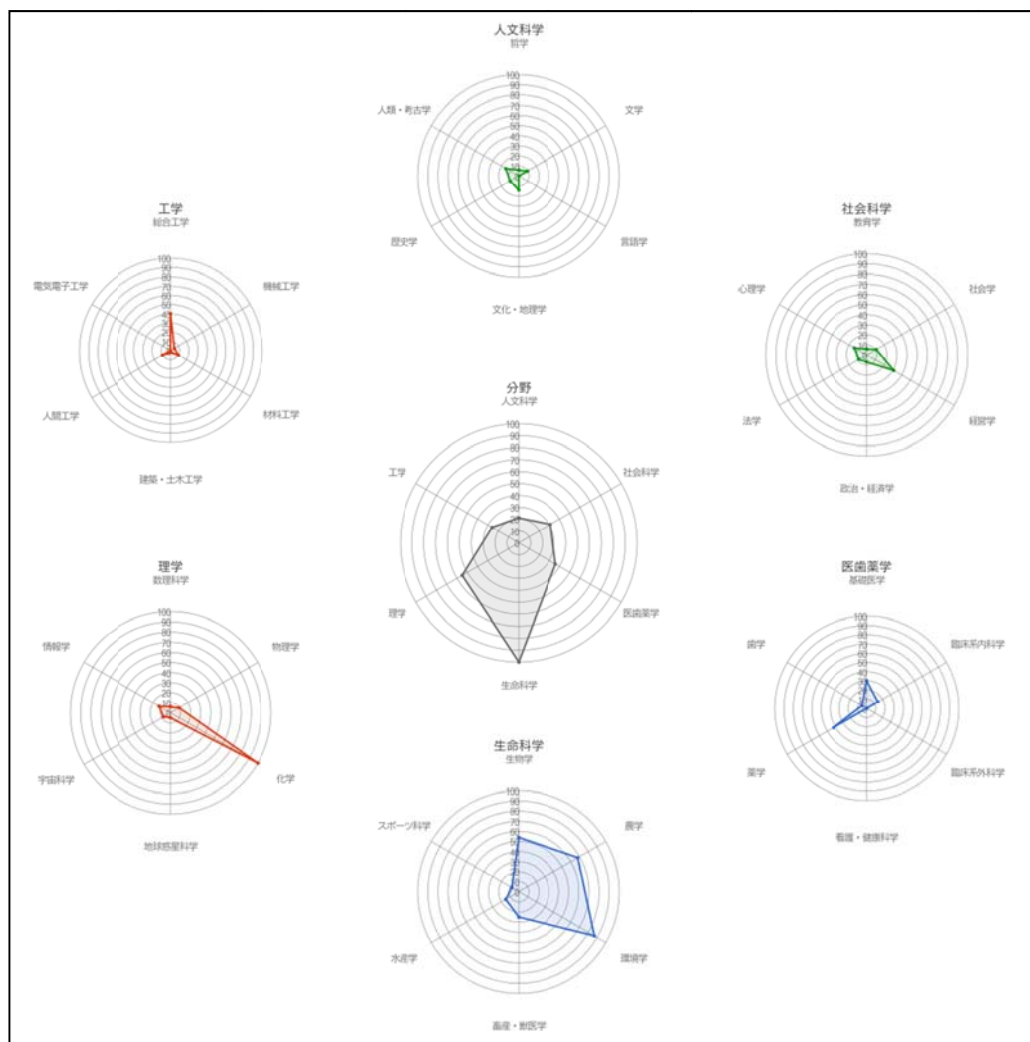
関連記事分析 1 では全体的にスコアが低い、その中でスコアの高いものは 2014 年以降に多かった。また、どちらも「説明」に分類される記事が多く、2012 年頃から記事数が増加している。

記事 3: ポリエチレンテレフタレート（PET）を分解して栄養源とする細菌を発見

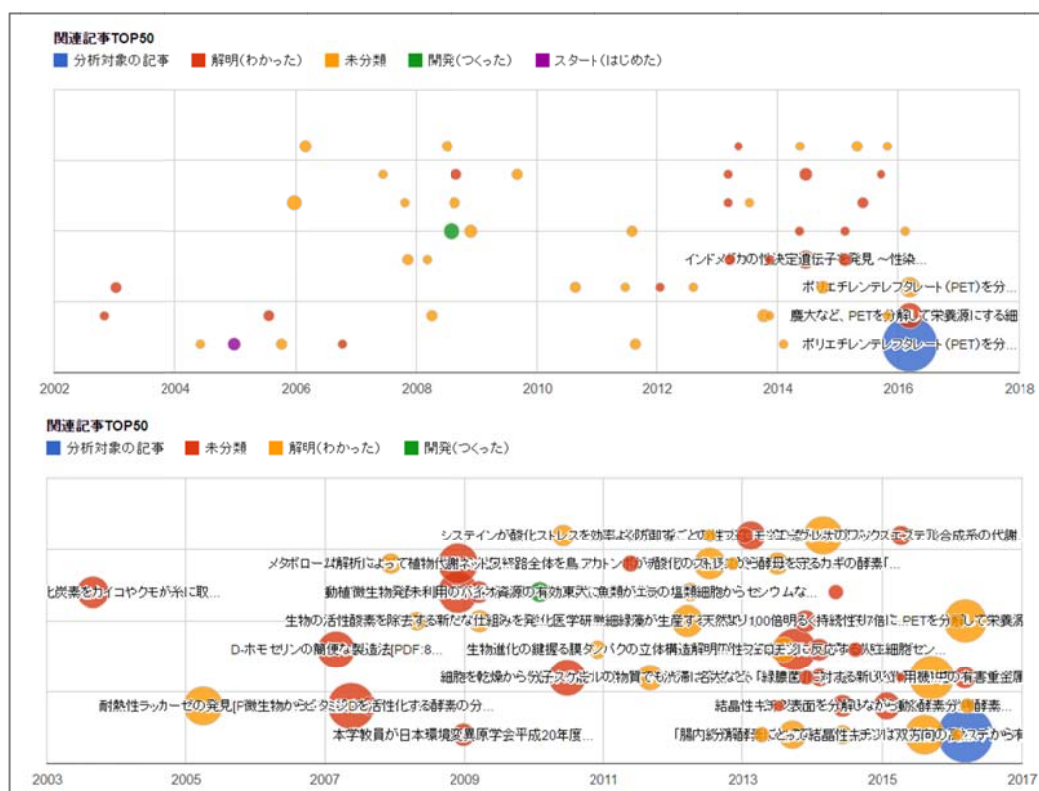
(<http://www.kit.ac.jp/2016/03/topics160311/>)

慶應義塾大学、京都工芸繊維大学から 2016 年 3 月 11 日に発表されたプレスリリースで、ポリエチレンテレフタレート（PET）を分解して生育する細菌を発見するとともに、その分解メカニズムの解明に成功したという内容である。

学術分野の分析結果を図表 4-28 に、関連記事分析のバブルチャートを図表 4-29 に示す。学術分野では、化学、環境学、農学、生物学といった分野のスコアが高い。微生物の分解メカニズムに関する記事では同様の傾向を示す記事が多いが、分解対象や応用分野などによってスコアバランスが異なる傾向がある。この記事では化学の関連度の高さが特徴的である。



図表 4-28 記事 3 学術分野



図表 4 -29 記事 3 関連記事分析 1(上)と関連記事分析 2(下)

関連記事分析 1 では「菌」「ゲノム」といったキーワードを含む記事が多く、関連記事分析 2 では微生物の分解、合成や代謝に関わる記事が多かった。

時系列では、関連記事分析 1 では全体的にスコアが低い。また、「説明」に分類される記事が多く、2007 年頃から記事が増え始めている。

文字列からの分析

科学技術に関する3つのキーワードを取り上げ、分析を行った。ただし、分析精度を上げるために、キーワードを説明する文章を分析対象の文字列とした。

キーワード 1: 「重力波」

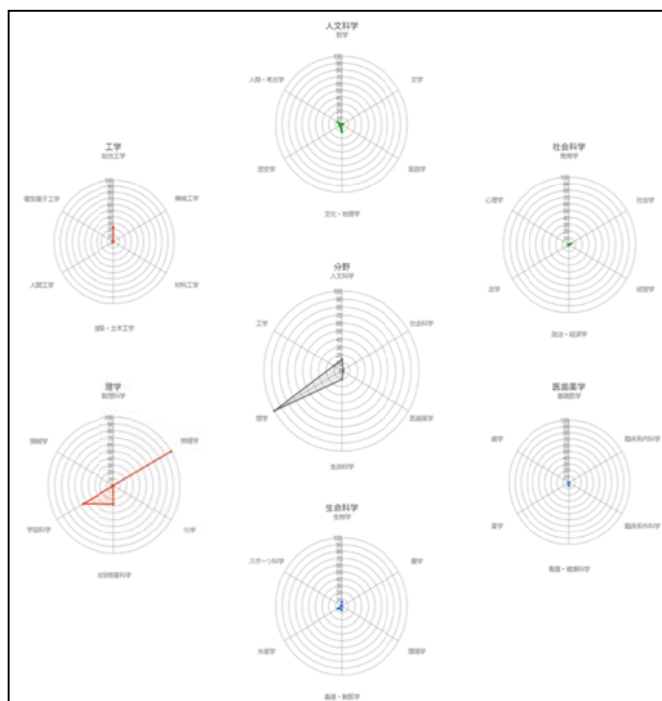
ウィキペディアより下記文章を引用して利用した。

重力波は、巨大質量をもつ天体が光速に近い速度で運動するときに強く発生する。例えば、ブラックホール、中性子星、白色矮星などのコンパクトで大きな質量を持つ天体が連星系を形成すると、重力波によってエネルギーを放出することで最終的に合体すると考えられている。

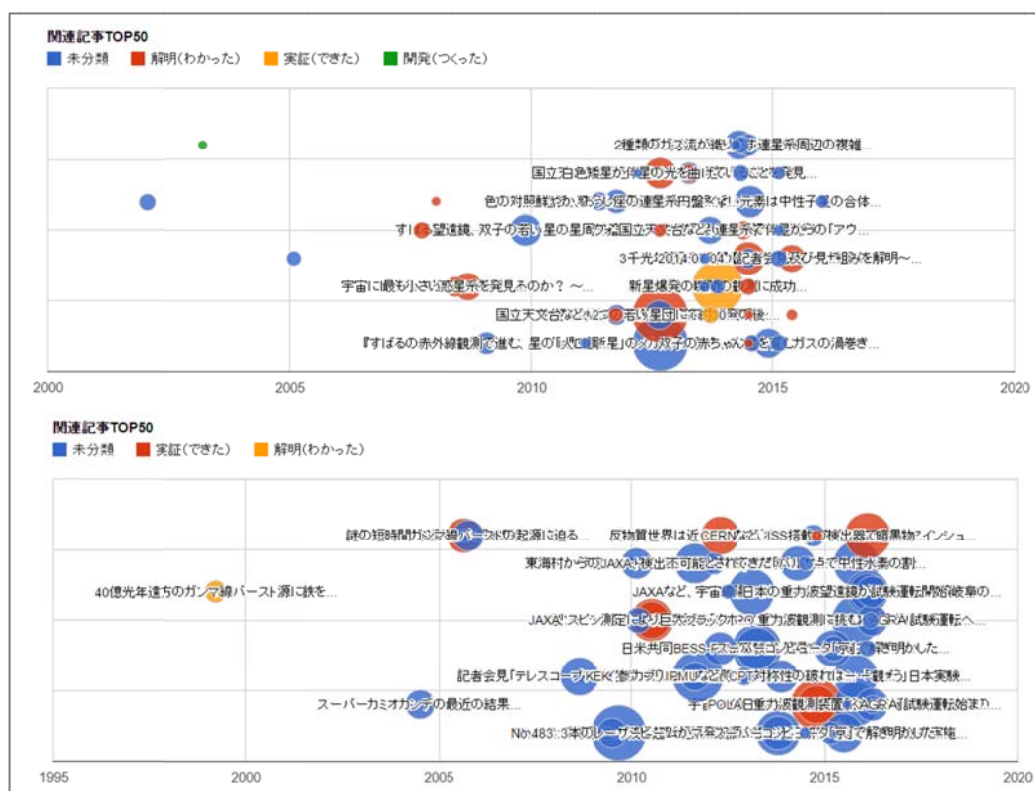
重力波の概念は、アルベルト・アインシュタイン自身が、一般相対性理論を発表した2年後に発表した。重力波の存在は間接的には示されていたが、直接の検出には100年を要した。なお、素粒子物理学の標準理論において重力相互作用を伝達する素粒子として重力子 (graviton) が想定されているが、これは2016年現在未検出である。

重力波の検出は、現在の一般相対性理論研究の大きな柱の1つであり、巨大なレーザー干渉計や共振型観測装置が世界の数拠点で稼働あるいは計画中である。また、予想される重力波は非常に弱いため、ノイズに埋もれた観測データから重力波を抽出するために、重力波の波形をあらかじめ理論的に計算して予測する研究も精力的に進められている。

学術分野の分析結果を図表 4-30 に、関連記事分析のバブルチャートを図表 4-31 に示す。



図表 4-30 キーワード 1 学術分野



図表 4 -31 キーワード 1 関連記事分析 1(上)と関連記事分析 2(下)

学術分野では、物理学、宇宙科学、地球惑星科学の関連度が高い。関連記事分析ではいずれも、宇宙現象の観測や理論の解明に関わる記事が多かった。

時系列では、2010 年頃から関連度の高い記事が増加している。一方で、関連記事分析 2 では古い記事でガンマ線バーストに関する記事が確認できる。

キーワード 2: 「ディープラーニング」

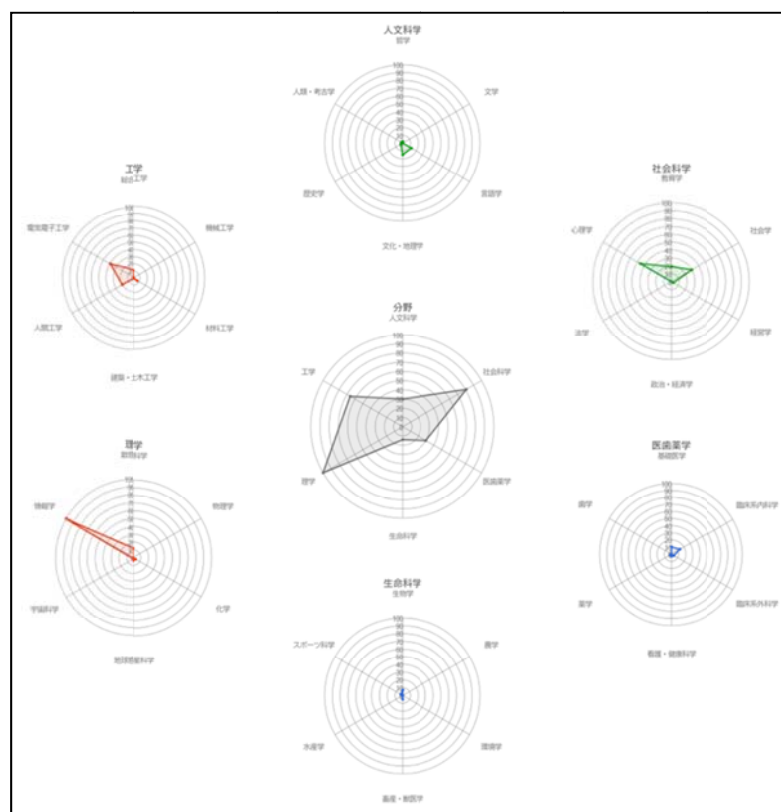
ウィキペディアより下記文章を引用して利用した。

ディープラーニングは、ニューラルネットワークの多層化、特に3層以上のものに対し、1990年代に進められた脳、特に視覚野の研究や、「たった一つの学習理論（英語: *One Learning Theory*）」、ブルーノ・オルスホーゼンによるスパース・コーディング理論を基にしたアルゴリズムが実装されたものを指す。

これに画像などのデータを入力すると、情報が第1層からより深くへ伝達されるうちに、各層で学習が繰り返される。この過程で、これまでは画像や音声などそれぞれのデータの研究者、技術者が手動で設定していた特徴量が自動で計算される。これは、人間の脳の構造をソフトウェア的に模倣し、人間が関与せずに学習を進める、いわゆる無教師学習の一つである。

特徴量とは、問題の解決に必要な本質的な変数であったり、特定の概念を特徴づける変数である。この特徴量を発見できれば、あらゆる問題の解決につながったり、パターン認識精度の向上や、フレーム問題の解決につながったりすると期待されている。この階層的な特徴量の学習が、ディープラーニングが従来の機械学習と決定的に異なる点である。

学術分野の分析結果を図表 4-32 に、関連記事分析のバブルチャートを図表 4-33 に示す。



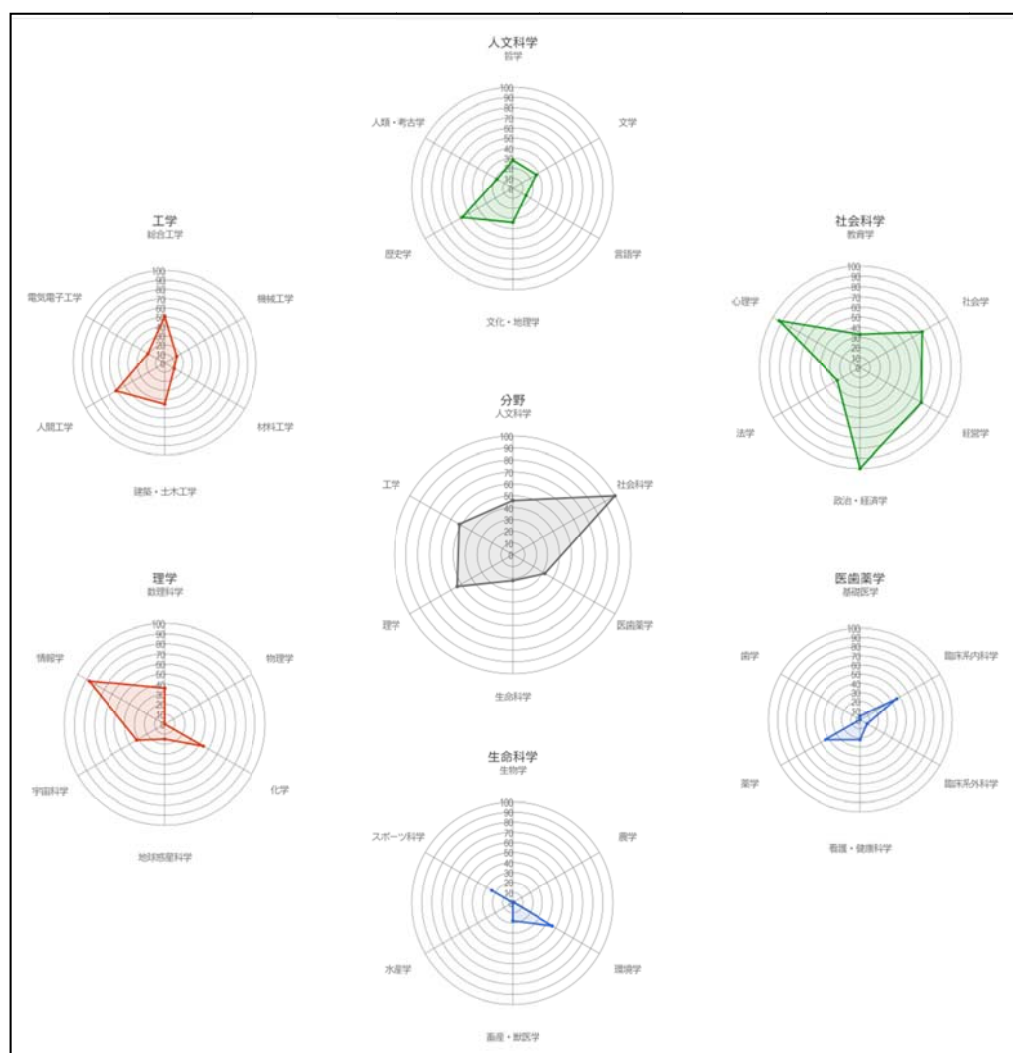
図表 4-32 キーワード 2 学術分野

キーワード 3:「ホライズン・スキャンニング」

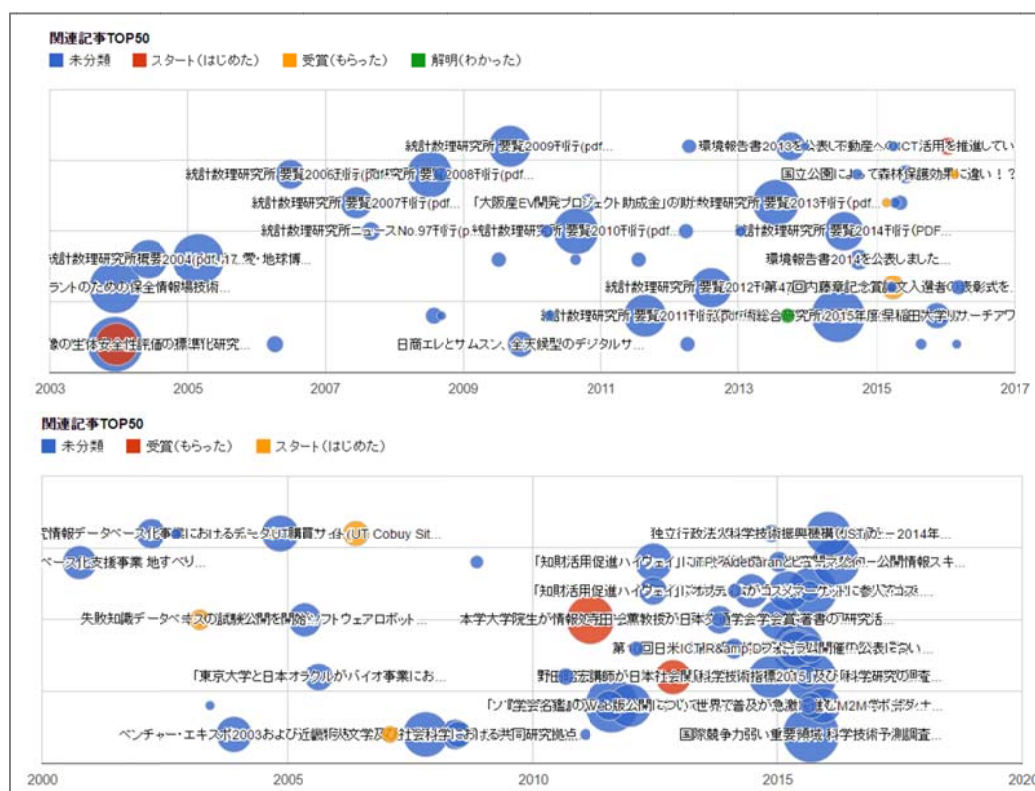
STI Horizon 誌 Vol.01 No.1 より、下記文章を引用して利用した。

ホライズン・スキャンニングは将来を展望する活動の一つであり、将来大きなインパクトをもたらす可能性のある変化の兆候をいち早く捉え、ロバストな政策立案に資することを目的としている。エビデンスを基に分析・解釈を行う説明的な手法であるが、科学計量学や特許分析等と異なり、分析・解釈の対象とする情報の範囲が定まっておらず、当然網羅的なデータベースも存在しない。また、インパクトの可能性評価は主観的、創造的、探索的な作業である。

学術分野の分析結果を図表 4-34 に、関連記事分析のバブルチャートを図表 4-35 に示す。



図表 4-34 キーワード 3 学術分野



図表 4 -35 キーワード 3 関連記事分析 1(上)と関連記事分析 2(下)

学術分野では、社会科学系の関連度が全体的に高い傾向にあった。また、情報学の関連度も高かった。NISTEP からの記事ではこの傾向に近い記事が多く、関連記事分析でも NISTEP の記事が多く確認された。手法としてまだ確立されていない分野であることから、NISTEP 以外の研究機関からの記事ではあまり関連のなさそうな記事が大半であった。

時系列では、NISTEP の最近の記事が集中していること以外では目立った特徴はみられなかった。「解明」「成功」「実証」といった種類の記事がほとんどないことから、これからの発展が期待される分野であるといえる。

5 今後に向けて

ホライズン・スキャンニングは、特定目的に応じて確定的な答えを提供するものではなく、将来を議論するための材料として様々な可能性を提供するものである。今後の発展が期待される潜在的な科学技術領域をいかにして見出すか、また科学技術がもたらす潜在的なインパクトをいかにして想定するのかの手がかりを得たいという政策的要請は強く、ホライズン・スキャンニングに対する期待は増大していると言える。

そこで本レポートで枠組みを述べた KIDSASHI は、現状、現時点で得られる個別情報を収集・提供する部分までを実現した。また、11 回目に当たる科学技術予測調査においては、科学技術トピック検討の参考情報として、関連するプレスリリース情報を提供した。

ホライズン・スキャンニングは、単発プロジェクトではなく、継続的に実施すること、常に探索を行うことでその有用性が高まると考えられる。今後は、継続的活動を通じて情報を蓄積し、時系列分析や情報間の関係性の分析などの可能性を検討するなど、情報の最大限の活用を図る必要がある。併せて、情報収集手段においても、関係機関等との連携や自動収集の仕組みの拡充などの検討が求められる。さらに、NISTEP が実施する科学技術予測調査において、調査対象とする挑戦的な科学技術トピックの抽出などにも活用し、予測活動における他のパートとの、より具体的で緊密な繋がりを持たせる機能の追加が求められる。

付録 1：収集対象組織一覧

※ 対象組織および記事数はホライズン・クローラー完成時点(2016 年 3 月)のもの

id	種別	組織名	記事数
1	大学など	愛知医科大学	137
2	大学など	大分大学	262
3	大学など	香川大学	1,129
4	大学など	神奈川大学	444
5	大学など	金沢工業大学	200
6	大学など	関西医科大学	34
7	大学など	関西学院大学	262
8	大学など	学習院大学	70
9	大学など	京都工芸繊維大学	285
10	大学など	京都産業大学	99
11	大学など	京都府立医科大学	61
12	大学など	岐阜薬科大学	23
13	大学など	工学院大学	301
14	大学など	高知大学	637
15	大学など	公立はこだて未来大学	424
16	大学など	埼玉大学	58
17	大学など	佐賀大学	24
18	大学など	札幌医科大学	595
19	大学など	滋賀医科大学	321
20	大学など	静岡県立大学	670
21	大学など	芝浦工業大学	638
22	大学など	島根大学	1,616
23	大学など	首都大学東京	383
24	大学など	昭和大学	38
25	大学など	順天堂大学	43
26	大学など	上越教育大学	113
27	大学など	千葉工業大学	60
28	大学など	中央大学	135
29	大学など	帝京平成大学	317

30	大学など	電気通信大学	2,079
31	大学など	東京医科大学	46
32	大学など	東京海洋大学	815
33	大学など	東京工科大学	100
34	大学など	東京女子医科大学	30
35	大学など	東京電機大学	462
36	大学など	富山大学	236
37	大学など	豊橋技術科学大学	119
38	大学など	長岡技術科学大学	1,039
39	大学など	長崎国際大学	54
40	大学など	日本女子大学	443
41	大学など	一橋大学	264
42	大学など	弘前大学	733
43	大学など	法政大学	306
44	大学など	北陸先端科学技術大学院大学	649
45	大学など	前橋工科大学	195
46	大学など	三重大学	117
47	大学など	明治大学	312
48	大学など	立教大学	190
49	大学など	立命館大学	73
50	大学など	和歌山県立医科大学	45
51	大学など	熊本大学	100
52	大学など	北海道大学	345
53	大学など	秋田大学	460
54	大学など	筑波大学	154
55	大学など	広島大学	5,312
56	大学など	東京都市大学	676
57	大学など	防衛医科大学校	19
58	大学など	鹿児島大学	558
59	大学など	京都大学	338
60	大学など	自治医科大学	90
61	大学など	信州大学	1,821
62	大学など	藤田保健衛生大学	134
63	大学など	東京医科歯科大学	152

64	大学など	浜松医科大学	373
65	大学など	長崎大学	92
66	大学など	名古屋大学	425
67	大学など	名古屋市立大学	421
68	大学など	東京大学	3,872
69	大学など	山梨大学	919
70	大学など	千葉大学	372
71	大学など	横浜市立大学	611
72	大学など	帯広畜産大学	337
73	大学など	岡山大学	560
74	大学など	東北大学	1,998
75	大学など	新潟大学	59
76	大学など	沖縄科学技術大学院大学	534
77	大学など	横浜国立大学	368
78	大学など	九州大学	597
79	大学など	早稲田大学	247
80	大学など	福井大学	1,202
81	大学など	岩手大学	1,235
82	大学など	山形大学	1,310
83	大学など	東海大学	57
84	大学など	東京工業大学	543
85	大学など	岐阜大学	501
86	大学など	静岡大学	490
87	大学など	神戸大学	170
88	大学など	山口大学	630
89	大学など	慶応義塾大学	953
90	大学など	近畿大学	644
91	大学など	鳥取大学	242
92	大学など	愛媛大学	882
93	大学など	琉球大学	343
94	大学など	東京農業大学	151
95	大学など	北里大学	294
96	大学など	奈良先端科学技術大学院大学	1,757
97	大学など	福岡大学	179

98	大学など	同志社大学	504
99	大学など	大阪府立大学	2,037
100	大学など	北海道教育大学	7
101	大学など	群馬大学	54
102	大学など	九州工業大学	1,581
103	大学など	関西大学	536
104	大学など	大阪市立大学	348
105	大学など	茨城大学	290
106	大学など	総合研究大学院大学	466
107	大学など	名古屋工業大学	222
108	大学など	東京理科大学	1,426
109	大学など	徳島大学	698
110	大学など	奈良県立医科大学	149
111	大学など	東邦大学	640
112	大学など	日本大学	959
113	大学など	大阪大学	731
114	大学など	東京農工大学	271
115	大学など	金沢大学	81
116	大学など	宮崎大学	544
117	大学など	玉川大学	474
1	研究支援機関	新エネルギー・産業技術総合開発機構	1,020
2	研究支援機関	国土交通省	478
3	研究支援機関	自然科学研究機構	277
4	研究支援機関	日本医療研究開発機構	177
5	研究支援機関	科学技術振興機構	3,619
6	研究支援機関	日本学術振興会	275
7	研究支援機関	情報・システム研究機構	417
1	研究機関	高輝度光科学研究センター	75
2	研究機関	国際電気通信基礎技術研究所	361
3	研究機関	国立科学博物館	336
4	研究機関	国立感染症研究所	29
5	研究機関	森林総合研究所	198
6	研究機関	電力中央研究所	106
7	研究機関	兵庫県立人と自然の博物館	966

8	研究機関	防災科学技術研究所	289
9	研究機関	放射線医学総合研究所	382
10	研究機関	国立循環器病研究センター	133
11	研究機関	海洋研究開発機構	1,028
12	研究機関	東京都医学総合研究所	41
13	研究機関	国立長寿医療研究センター	154
14	研究機関	国立環境研究所	205
15	研究機関	国立国際医療研究センター	75
16	研究機関	理化学研究所	2,343
17	研究機関	微生物化学研究会	6
18	研究機関	国立精神・神経医療研究センター	61
19	研究機関	国立成育医療研究センター	67
20	研究機関	農業生物資源研究所	294
21	研究機関	医療経済研究機構	118
22	研究機関	産業技術総合研究所	2,190
23	研究機関	気象庁	3,084
24	研究機関	情報通信研究機構	1,363
25	研究機関	物質・材料研究機構	1,325
26	研究機関	宇宙航空研究開発機構	2,101
27	研究機関	日本原子力研究開発機構	361
28	研究機関	高エネルギー加速器研究機構	129
29	研究機関	農業環境技術研究所	134
30	研究機関	水産総合研究センター	383
31	研究機関	農業・食品産業技術総合研究機構	316
32	研究機関	国立がん研究センター	253
33	研究機関	福井県立恐竜博物館	58
34	研究機関	日本たばこ産業	29
35	研究機関	科学技術・学術政策研究所	158
36	研究機関	製品評価技術基盤機構	170
37	研究機関	国立天文台	555
38	研究機関	核融合科学研究所	54
39	研究機関	分子科学研究所	289
40	研究機関	基礎生物学研究所	458
41	研究機関	生理学研究所	501

42	研究機関	新分野創成センター	16
43	研究機関	国立極地研究所	342
44	研究機関	国立情報学研究所	304
45	研究機関	統計数理研究所	441
46	研究機関	国立遺伝学研究所	110
47	研究機関	ライフサイエンス統合データベースセンター	403
48	研究機関	新領域融合研究センター	21
49	研究機関	国立歴史民俗博物館	50
50	研究機関	国文学研究資料館	386
51	研究機関	国立国語研究所	584
52	研究機関	国際日本文化研究センター	234
53	研究機関	総合地球環境学研究所	110
54	研究機関	国立民族学博物館	81
55	研究機関	国土技術政策総合研究所	187
1	大学発ベンチャー企業	A・Tコミュニケーションズ	22
2	大学発ベンチャー企業	B i o - e n e r g y	6
3	大学発ベンチャー企業	C Y B E R D Y N E	83
4	大学発ベンチャー企業	K Hネオケム	30
5	大学発ベンチャー企業	O A Tアグリオ	76
6	大学発ベンチャー企業	S C I V A X	12
7	大学発ベンチャー企業	アイ'エムセツプ	23
8	大学発ベンチャー企業	アイチ・マイクロ・インテリジェント	2
9	大学発ベンチャー企業	アスピオファーマ	8
10	大学発ベンチャー企業	アドバンスト・ソフトマテリアルズ	41
11	大学発ベンチャー企業	ヴイストン	665
12	大学発ベンチャー企業	エイワイファーマ	8
13	大学発ベンチャー企業	エリーパワー	37
14	大学発ベンチャー企業	オンコセラピー・サイエンス	330
15	大学発ベンチャー企業	グリッドマーク	18
16	大学発ベンチャー企業	クリングルファーマ	19
17	大学発ベンチャー企業	ケイレックス・テクノロジー	105
18	大学発ベンチャー企業	コスメディ製薬	51
19	大学発ベンチャー企業	トクラス	17
20	大学発ベンチャー企業	ナイトライド・セミコンダクター	126

21	大学発ベンチャー企業	ナシュア・ソリューションズ	23
22	大学発ベンチャー企業	ナノフォトン	55
23	大学発ベンチャー企業	ネオケミア	43
24	大学発ベンチャー企業	ネピュレ	50
25	大学発ベンチャー企業	バイオコーク技研	13
26	大学発ベンチャー企業	ビタミンC60 バイオリサーチ	9
27	大学発ベンチャー企業	ヒュービットジェノミクス	14
28	大学発ベンチャー企業	ヒューマン・メタボローム・テクノロジーズ	20
29	大学発ベンチャー企業	フロンティアカーボン	61
30	大学発ベンチャー企業	マイクロ波化学	39
31	大学発ベンチャー企業	ユーヴィックス	16
32	大学発ベンチャー企業	ユニテックフーズ	10
33	大学発ベンチャー企業	A C R	5
34	大学発ベンチャー企業	L T T バイオファーマ	70
35	大学発ベンチャー企業	M e t a M o J i	173
36	大学発ベンチャー企業	Q D レーザ	42
37	大学発ベンチャー企業	W E L C O N	36
38	大学発ベンチャー企業	アイカムス・ラボ	49
39	大学発ベンチャー企業	アイキャット	71
40	大学発ベンチャー企業	アウトスタンディングテクノロジー	5
41	大学発ベンチャー企業	アルネアラボラトリ	8
42	大学発ベンチャー企業	イオックス	7
43	大学発ベンチャー企業	イデアルスター	123
44	大学発ベンチャー企業	インテリジェントセンサーテクノロジー	95
45	大学発ベンチャー企業	エマオス京都	10
46	大学発ベンチャー企業	オキサイド	142
47	大学発ベンチャー企業	オブティム	201
48	大学発ベンチャー企業	ガイア環境技術研究所	177
49	大学発ベンチャー企業	キャステム	188
50	大学発ベンチャー企業	グリーンペプタイド	33
51	大学発ベンチャー企業	クリーンベンチャー21	22
52	大学発ベンチャー企業	ゲノム創薬研究所	17
53	大学発ベンチャー企業	コネクトテクノロジーズ	403
54	大学発ベンチャー企業	サウスプロダクト	4

55	大学発ベンチャー企業	ジーンテクノサイエンス	111
56	大学発ベンチャー企業	ジェネティックラボ	50
57	大学発ベンチャー企業	ジオ技術研究所	29
58	大学発ベンチャー企業	シクロケム	336
59	大学発ベンチャー企業	シスウェーブ	16
60	大学発ベンチャー企業	シフト	141
61	大学発ベンチャー企業	シロク	14
62	大学発ベンチャー企業	スタージェン	30
63	大学発ベンチャー企業	スリー・ディー・マトリックス	269
64	大学発ベンチャー企業	セルクロス	55
65	大学発ベンチャー企業	セルシード	420
66	大学発ベンチャー企業	セルフリーサイエンス	118
67	大学発ベンチャー企業	ツーセル	47
68	大学発ベンチャー企業	デジタルメディアプロフェッショナル	51
69	大学発ベンチャー企業	テムザック	102
70	大学発ベンチャー企業	ナノコントロール	53
71	大学発ベンチャー企業	ネットワーク応用技術研究所	54
72	大学発ベンチャー企業	バイオミメティクスシンパシーズ	12
73	大学発ベンチャー企業	フェニックスパイオ	33
74	大学発ベンチャー企業	フォトニックラティス	24
75	大学発ベンチャー企業	フューエンス	69
76	大学発ベンチャー企業	フレイン・エナジー	72
77	大学発ベンチャー企業	プロトセラ	79
78	大学発ベンチャー企業	ヘリオス	101
79	大学発ベンチャー企業	ペルセウスプロテオミクス	20
80	大学発ベンチャー企業	ミックウェア	65
81	大学発ベンチャー企業	メドジェル	4
82	大学発ベンチャー企業	メドレックス	144
83	大学発ベンチャー企業	モルフォ	20
84	大学発ベンチャー企業	ユーグレナ	208
85	大学発ベンチャー企業	ユネクス	172
86	大学発ベンチャー企業	ユビテック	300
87	大学発ベンチャー企業	リプロセル	256
88	大学発ベンチャー企業	リボミック	443

89	大学発ベンチャー企業	ルネッサンス・エネルギー・リサーチ	5
90	大学発ベンチャー企業	レーザーシステム	52
91	大学発ベンチャー企業	レーザック	12
92	大学発ベンチャー企業	音力発電	24
93	大学発ベンチャー企業	教育測定研究所	22
94	大学発ベンチャー企業	光コム	17
95	大学発ベンチャー企業	三次元メディア	176
96	大学発ベンチャー企業	中川研究所	62
97	大学発ベンチャー企業	糖鎖工学研究所	16
98	大学発ベンチャー企業	淡路マテリア	25
99	大学発ベンチャー企業	バイオデバイステクノロジー	127
100	大学発ベンチャー企業	琉球バイオリソース販売	24
101	大学発ベンチャー企業	Xpiber	90

付録 2 : KIDSASHI 記事

(2016 年 09 月～2018 年 09 月)

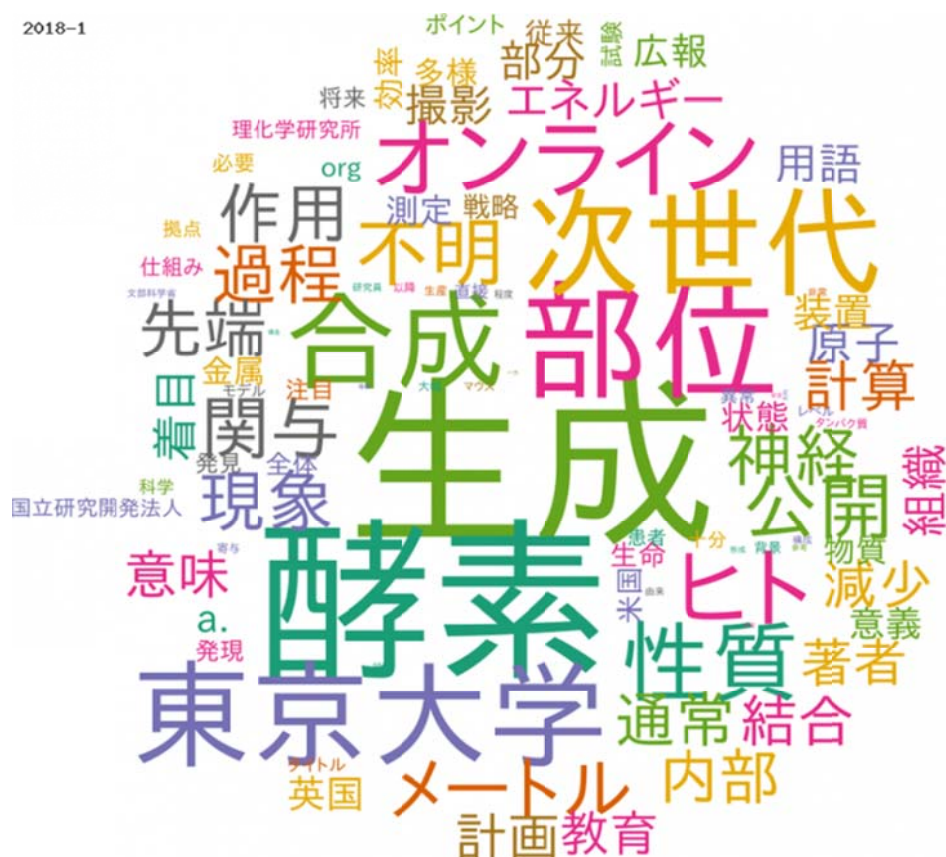
2018 年 1 月のクロージング概況

初版投稿：2018/02/02，最新版投稿：2018/02/07

執筆者：管理者（小柴等、以下同）

キーワードに見る概況

2018-1



ニュースリリースに用いられているキーワード（名詞句）の登場回数について、一つ前の月と比較し、特に変化が大きかった単語の様相を示した図です。文字の大きさが、単語の出現頻度に比例します。大きいほど良く使われた単語を意味します。

これを見ると 2018 年 1 月は「酵素」「生成」などのキーワードが大きく伸びた月だったようです。

「酵素」に関連し、目を惹くリリースとしては、

- 生命誕生に迫る始原的代謝系の発見
- カビが伸びて成長する仕組みを超解像顕微鏡で解明
- エイズウイルスの力を借りて B 型肝炎治療薬の作用機構と薬剤耐性の仕組みを解明

などがあげられそうです。

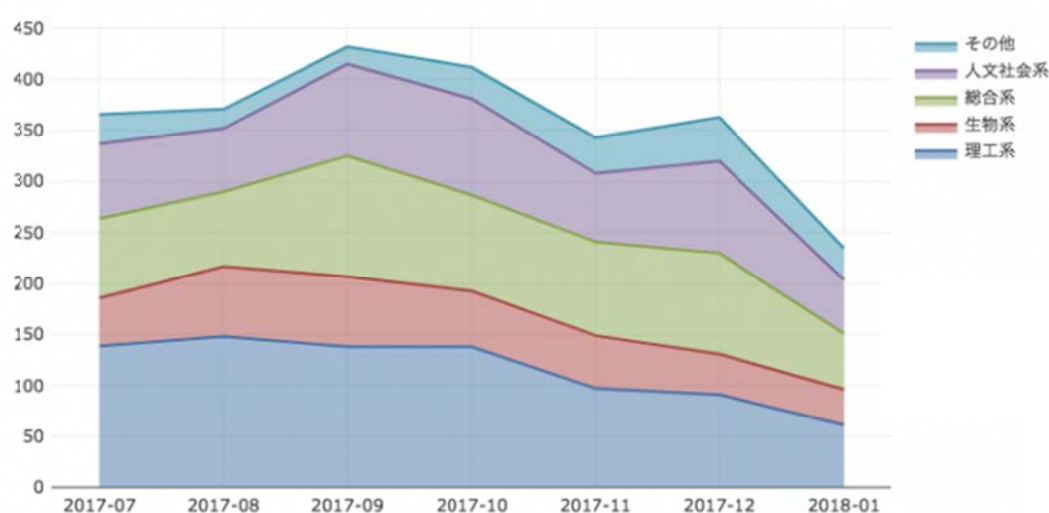
その他、「生成」「次世代」や「計算」など図に登場しているキーワードに関連し

- ナノグラフェンをジッパーのようにきれいに作ることに成功
- 量子コンピュータ時代に向けた新暗号技術を開発

などのリリースも見られます。

「量子コンピュータ時代に向けた新暗号技術」については、2016年9月にKIDSASHIで紹介した記事に関連します。

科学技術分野別リリースに見る概況



補足事項

※ これらの記事は、ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています。

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていません。

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません。

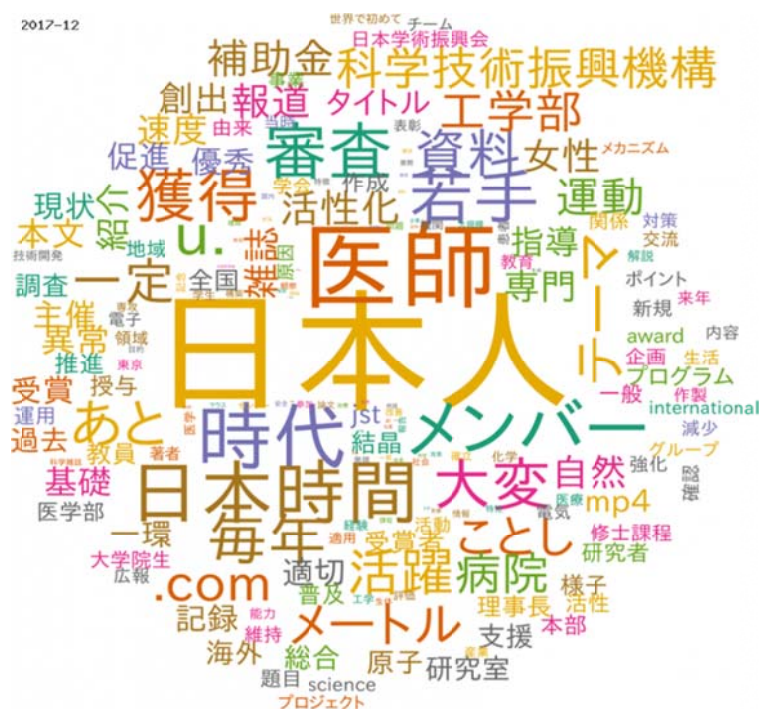
ニュースリリースのうち、研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています。

2017 年 12 月のクロージング概況

初版投稿：2018/01/01，最新版投稿：2018/01/09

執筆者：管理者

キーワードに見る概況



ニュースリリースに用いられているキーワード（名詞句）の登場回数について、一つ前の月と比較し、特に変化が大きかった単語の様相を示した図です。文字の大きさが、単語の出現頻度に比例します。大きいほど良く使われた単語を意味します。

これを見ると 2017 年 12 月は「医師」、「運動」といった医療系のキーワードの他、「獲得」「審査」「資金」など、研究関連キーワードが大きく伸びた月だったようです。

医療関係のリリースでは、医療とロボットを掛け合わせたような成果も見られています。

医療に関連し、目を惹くリリースとしては、

- ・ 緑内障の視神経乳頭形状の自動分類 - 機械学習モデルで緑内障の診断に貢献 -
- ・ 金井宇宙飛行士、6 か月間宇宙に滞在し医学実験など実施
- ・ 注意欠如・多動症（ADHD）児の診断を高感度で予測する手法を開発
- ・ 共生細菌が示す第3形態のべん毛運動を発見
- ・ 世界初、液体中の原子1つ1つの運動を観察！

などがあげられそうです。

医療とロボットに関連し、目を惹くリリースとしては、

- 人体の筋骨格構造を再現した人体模倣ヒューマノイドの開発
 - ロボットで脳の機能を解明
 - クモヒトデに学んだ、想定外の故障に「即座に」適応可能な移動ロボット
- などがあげられそうです。

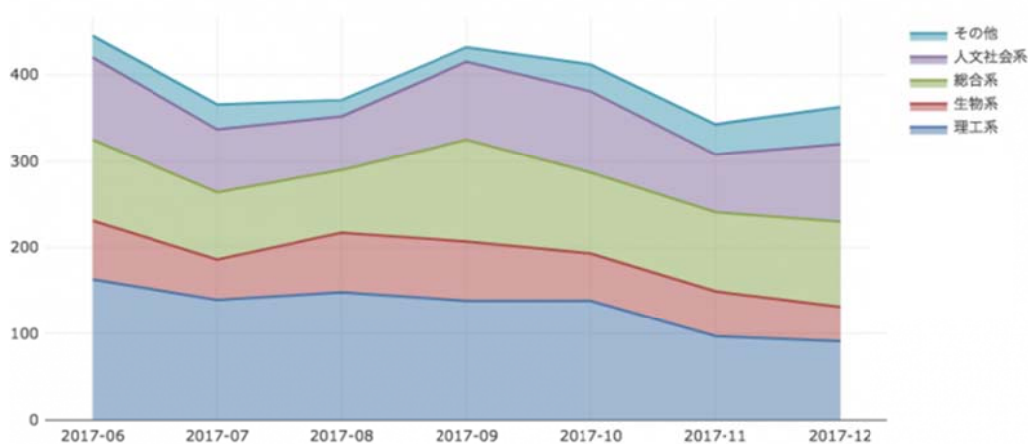
「審査」に関しては

- 日本学術振興会賞に 29 年度も若手研究者 25 人
- など、受賞などの話題との共起が強いようです。

「獲得」に関しては

- AI が対話の流れから単語を学ぶ手法を開発
 - 質量がゼロの電子がしめす新規なスピンのゆらぎを発見
- など、“知識の獲得”や“質量獲得”などの文脈でも用いられていました。

科学技術分野別リリースに見る概況



補足事項

※ これらの記事は、ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています。

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていません。

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません。

ニュースリリースのうち、研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています。

2017 年 11 月のクローリング概況

初版投稿：2017/12/01 ， 最新版投稿：2018/01/09

執筆者：管理者

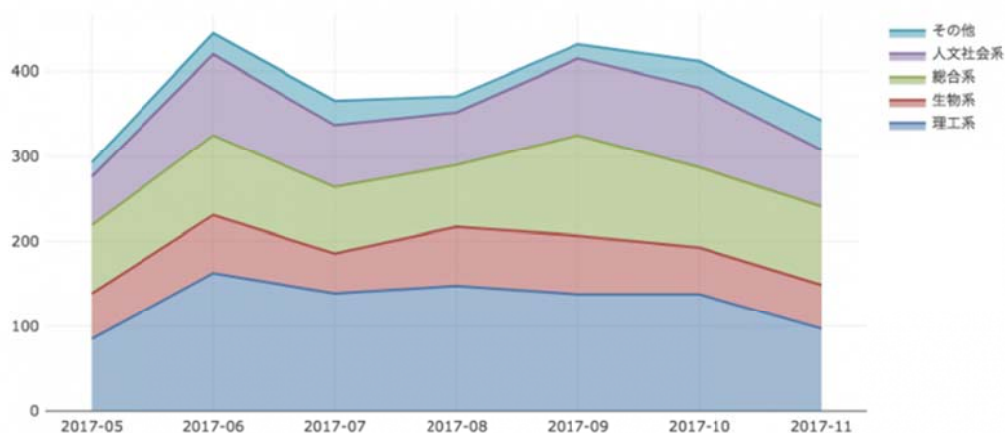
キーワードに見る概況

今回は 10 月と比べて大きな変化がなく，特定の組織名他，数ワードのみの図となったため，キーワードは割愛いたします．

関連しそうなニュースリリースとしては

- CRISPR-Cas9 が DNA を切断する瞬間の撮影に成功
 - 自己抗体が出現するエピゲノム要因をヒトで解明
 - 「"エレクトロニクスフリー"な人工臓器を開発」～血糖値の変化を検知して、自律的にインスリンを放出～
 - ほくろの消滅メカニズムを世界で初めて解明
- などがあげられそうです．

科学技術分野別リリースに見る概況



補足事項

※ これらの記事は，ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています．

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていません．

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません．

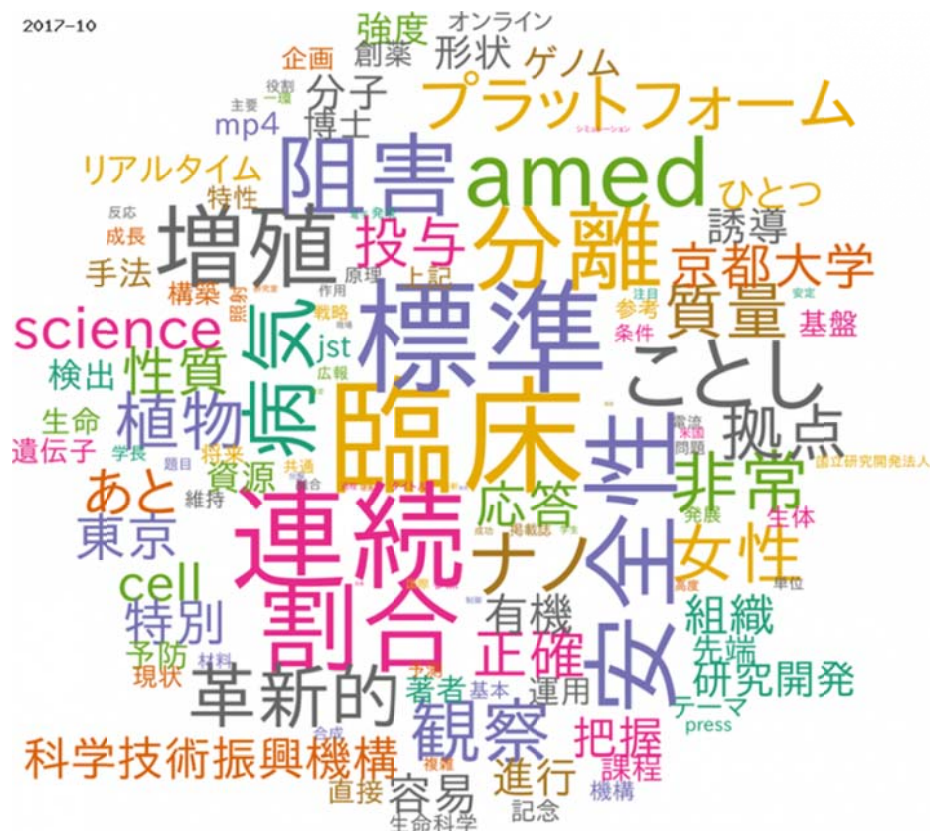
ニュースリリースのうち，研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています．

2017 年 10 月のクロージング概況

初版投稿：2017/11/01，最新版投稿：2018/01/09

執筆者：管理者

キーワードに見る概況



ニュースリリースに用いられているキーワード（名詞句）の登場回数について、一つ前の月と比較し、特に変化が大きかった単語の様相を示した図です。文字の大きさが、単語の出現頻度に比例します。大きいほど良く使われた単語を意味します。

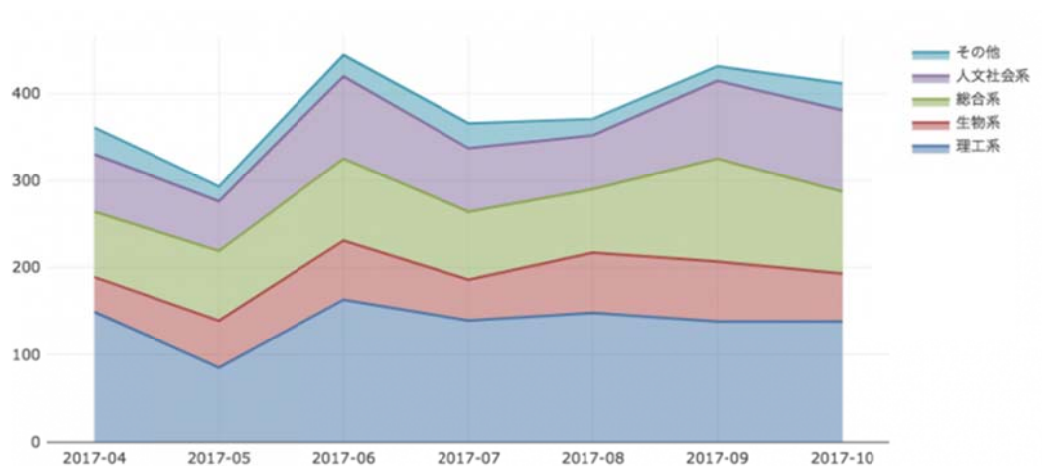
これを見ると 2017 年 10 月は「臨床」、「病気」「増殖」といった生物・医療系のキーワードが大きく伸びた月だったようです。

関連しそうなリリースとしては

- 羊水中の細菌を調べて分娩前に子宮内感染を正確に予測
- 社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォームに利用可能な 複数循環器医療施設からの統合情報収集システムを開発
- 「従来の大腸がん検診の精度をはるかに凌駕する新しい大腸がん早期診断マーカータンパク質の発見」に係る論文掲載について

- iPS 細胞におけるゲノム変異の解明
などがあげられそうです。

科学技術分野別リリースに見る概況



補足事項

※ これらの記事は，ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています。

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていません。

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません。

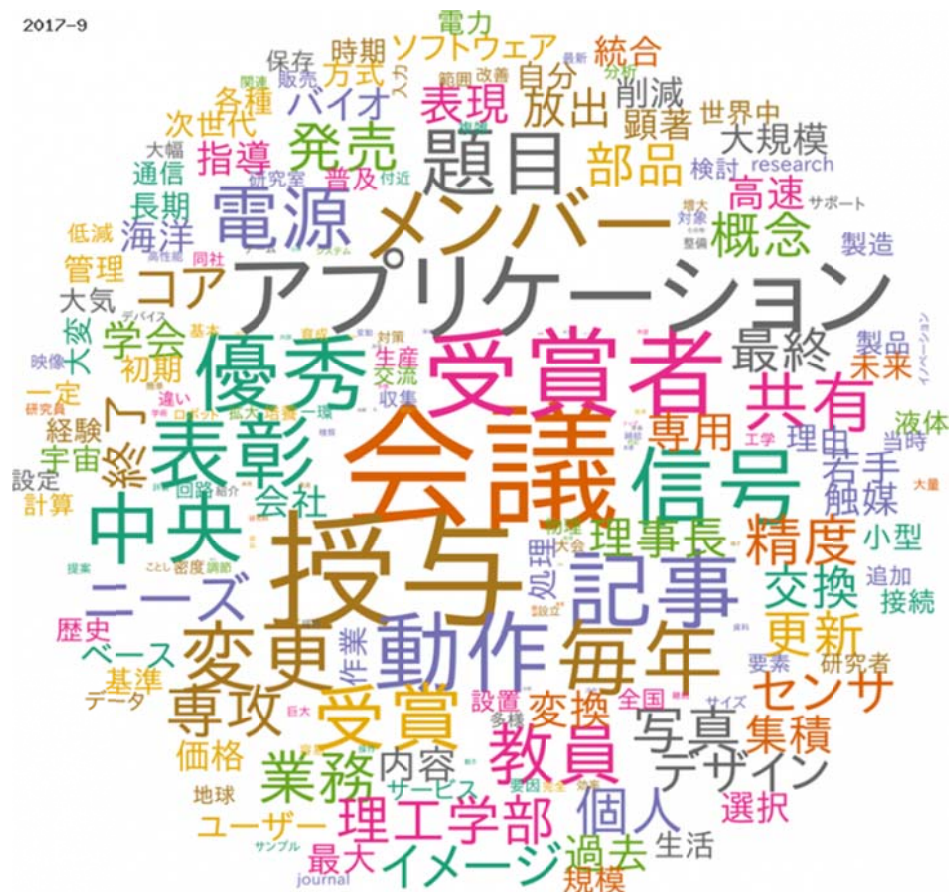
ニュースリリースのうち，研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています。

2017 年 9 月のクロージング概況

初版投稿：2017/10/01，最新版投稿：2018/01/09

執筆者：管理者

キーワードに見る概況



ニュースリリースに用いられているキーワード（名詞句）の登場回数について、一つ前の月と比較し、特に変化が大きかった単語の様相を示した図です。文字の大きさが、単語の出現頻度に比例します。大きいほど良く使われた単語を意味します。

これを見ると 2017 年 9 月は学会シーズンであったこともあり、「表彰」「授与」といったキーワードが大きく伸びた月だったようです。

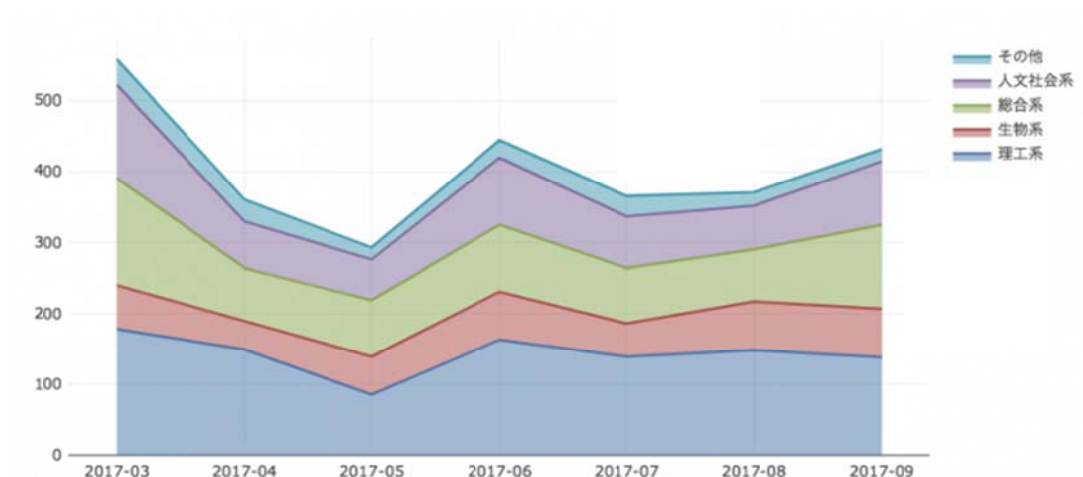
また、「アプリケーション」「電源」「センサ」など、情報系・工学系のキーワードも見られます。

関連しそうなリリースとしては、

- 磁気でイオンを輸送する新原理のトランジスタを開発

- 洗濯可能な超薄型有機太陽電池
などがあげられそうです。

科学技術分野別リリースに見る概況



補足事項

※ これらの記事は，ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています。

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていません。

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません。

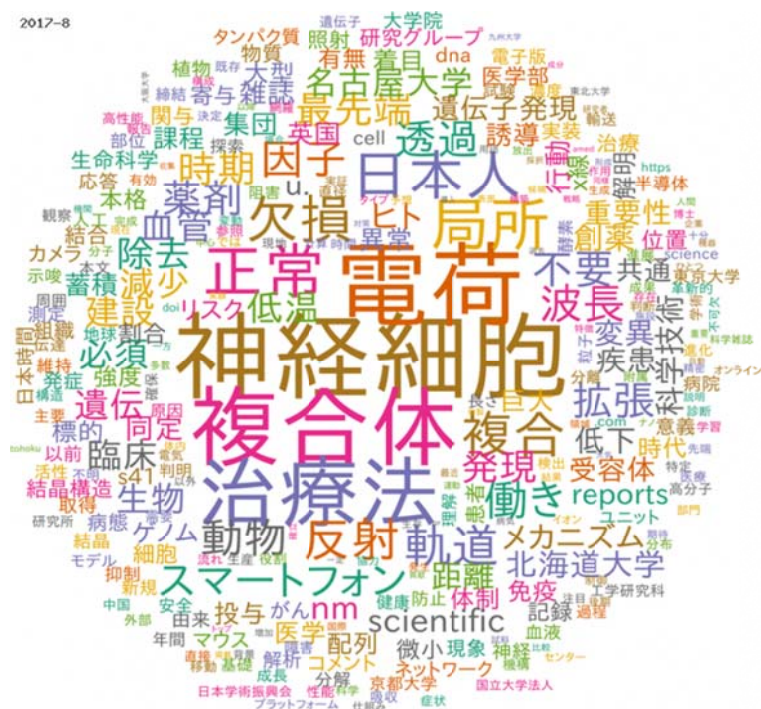
ニュースリリースのうち，研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています。

2017 年 8 月のクロージング概況

初版投稿：2017/09/01，最新版投稿：2018/01/09

執筆者：管理者

キーワードに見る概況



ニュースリリースに用いられているキーワード（名詞句）の登場回数について、一つ前の月と比較し、特に変化が大きかった単語の様相を示した図です。文字の大きさが、単語の出現頻度に比例します。大きいほど良く使われた単語を意味します。

これを見ると 2017 年 8 月は「神経細胞」や「複合体」, 「電荷」といったワードが大きく、前月に続いて生物・化学系のキーワードが大きく伸びた月だったようです。

「神経細胞」「複合体」については、同時に用いられていることが多く、

関連するニュースリリースとしては

- 統合失調症に関連する遺伝子変異を 22q11.2 欠失領域の RTN4R 遺伝子に世界で初めて同定
 - 世界初 ミクログリア特異的分子 CX3CR1 の遺伝子変異と精神障害の関連を同定
- といったリリースがあげられます。

この他にも、遺伝子変異と精神疾患の関係性に関する複数の異なる内容のリリースが見られています。

少し毛色の異なるものとしては、

- 植物細胞が真っすぐ伸びる仕組みを解明 ～細胞骨格を整理整頓するタンパク NEK6 の働きを解明～

といったリリースがあげられます。

KIDSASHI 記事「植物の根の機能解明が進む－作物への応用に期待」

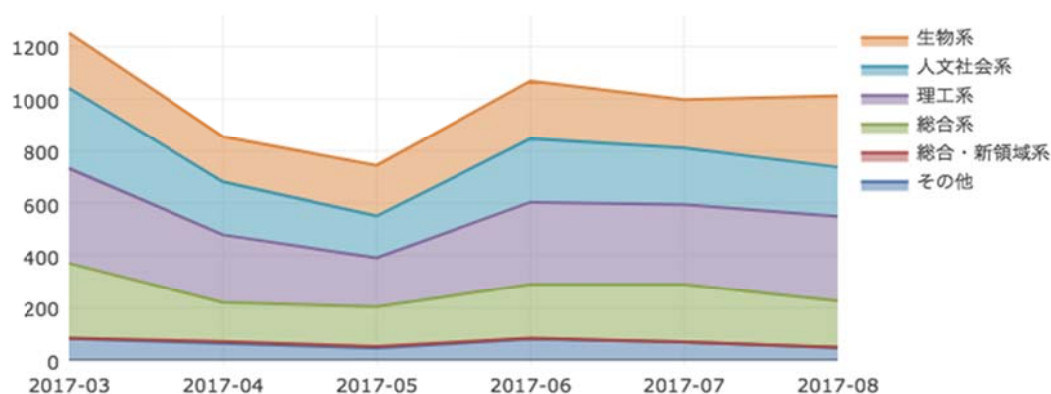
で紹介した、植物の根が水を求めて伸びるしくみに関する研究とも関連が伺えます。

「電荷」に関連するリリースでは

- 量子力学的な作用による光電変換を実証
- 生体適合性高分子材料の水和状態と分子構造因子の相関を解明
- 圧電体の複雑な結晶構造変化の高速応答を直接測定

などのリリースが見られています。

科学技術分野別リリースに見る概況



ニュースリリースに対する科学技術分野の自動推定・分類結果によると、年度初めの落ち込みから復調し、定常状態になって落ち着いてきたようです。

記事の割合から見ると、生物系が相対的にわずかながら伸びている様子がうかがえます。

補足事項

※ これらの記事は、ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています。

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていません。

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません。

ニュースリリースのうち、研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています。

2017 年 5 月のクロージング概況

初版投稿：2017/06/01，最新版投稿：2017/06/28

執筆者：管理者

キーワードに見る概況

ニュースリリースに用いられているキーワード（名詞句）の登場回数について、一つ前の月と比較し、特に変化が大きかった単語の様相を示した図です。

文字の大きさが、単語の出現頻度に比例します。大きいほど良く使われた単語を意味します（色や位置は可視性を高めるためのもので、それ自体に意味はありません）。



これを見ると 2017 年 5 月は「概念」の他, 「阻害」「増殖」「植物」といったワードが大きく, 前月に続いて生物・化学系のキーワードが大きく伸びた月だったようです.

「概念」については、様々な分野で登場するキーワードであるため、特定の分野・内容との関連は見られませんでした。

「阻害」に関連するニースリリースとしては

- がん細胞の生存・転移に重要なタンパク質を狙い撃ちする化合物を開発（参考）
- 脂肪酸のバランスの異常が糖尿病を引き起こす（参考）

といったリリースがあげられます。

これらは「がん」や「糖尿病」など、社会に大きな影響を与えている疾患の治療や原因究明にも係わるものです。

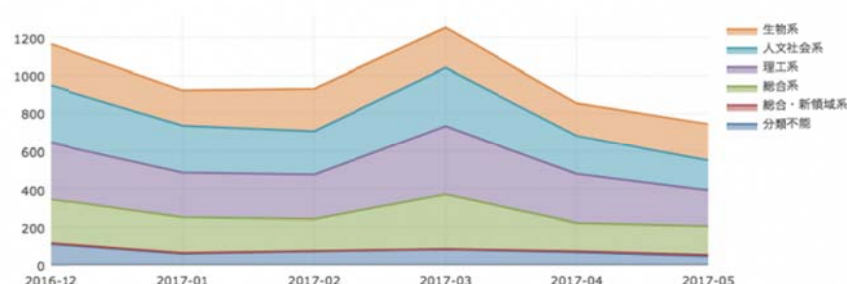
同様に、「増殖」に関連するリリースでは

- がん悪化や炎症を主導するマクロファージの源となる細胞を発見（[参考](#)）
といったリリースが見られています。

「植物」については、

- 植物の根が水を求めて伸びるしくみを発見（[参考](#)）
は、面白いリリースと言えそうです。

科学技術分野別リリースに見る概況



ニュースリリースに対する科学技術分野の自動推定・分類結果によると、全数として低調です。

割合的には理工系が減少する中で、生物は前月よりも数を伸ばしています。

今月は、相対的に数が少ないことや、バラエティに富んでいることに起因して、こうした分析では出てきづらい「人文社会系」「総合系」に関連するリリースにも目を向けてみました。

現状の手法で「人文社会系」に関連すると分類されているリリースの多くは教職員がメディアに登場したという内容のようですが、「日本酒学」に関するリリース（[参考](#)）は地域特性も取り入れ、かつ異分野融合・産学融合という面白い取組かもしれません。

「総合系」では「サイバー攻撃誘引基盤」に関するリリース（[参考](#)）や「津波浸水被害推定システム」に関するリリース（[参考](#)）は実用性が期待され、興味を引く内容になっています。

「サイバー攻撃誘引基盤」は、見かけ上は行政機関や企業等の組織と全く同じような情報のやりとりを行うネットワークを作成し、攻撃者（いわゆるハッカー）をおびき寄せて実際に攻撃をさせることで、組織に対する攻撃の手口を観察しようという面白い仕組みです。

「津波浸水被害推定システム」は地震発生直後にスーパーコンピューター上でシミュレーションを走らせ、30分以内に浸水被害を推計するというもので、将来的な適確な避難誘導などへの活用が期待されます。

補足事項

※ これらの記事は、ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています。

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などはありません。

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません。

ニュースリリースのうち、研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています。

2017 年 4 月のクローリング概況

初版投稿：2017/05/01，最新版投稿：2017/05/23

執筆者：管理者

キーワードに見る概況



ニュースリリースに用いられているキーワード（名詞句）の登場回数について、一つ前の月と比較し、特に変化が大きかった単語の様相を示した図です。文字の大きさが、単語の出現頻度に比例します。大きいほど良く使われた単語を意味します。

これを見ると 2017 年 4 月は「業績」や「微細」といったワードが大きく、その他「予防」「神経」「免疫」といった生物・化学系のキーワードが大きく伸びた月だったようです。

「業績」については、3月に開催された各種学会での受賞に関連したリリースによるものです。

「微細」については、物性・材料関係のリリースに関連しています。

例えば,

- 「カーボンナノチューブ空気極により超高容量なりチウム空気電池を開発」 ([参考](#))
- 「軽量高強度構造用材料チタン合金の強度を左右する添加レアメタル近傍の原子移動モデルを解明」 ([参考](#))

などがあげられます。

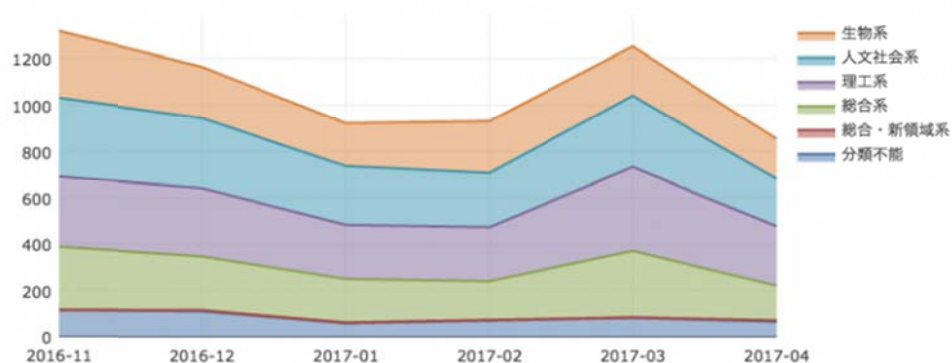
リチウム空気電池については、従来のリチウムイオン電池の 15 倍に相当する極めて高い蓄電容量を実現したと報告されており、一般普及するとスマートフォンや IoT 機器のあり方を大きく変えそうです。

生物・化学系は話題が多様ですが、
例えば

- 「細胞間コミュニケーションを制御する新しい分子メカニズムを解明」 ([参考](#))
- 「インフルエンザウイルスを高感度かつ選択的に検出する導電性プラスチックの開発」 ([参考](#))
- 「難治性血管炎の「免疫チェックポイント分子」を発見」 ([参考](#))
- 「牛難治性疾病の制御に応用できる免疫チェックポイント阻害薬（抗 PD-L1 抗体）の開発にはじめて成功」 ([参考](#))

などの面白い成果が見られます。特に、細胞間コミュニケーションは炎症性疾患や細胞の癌化と関連が深く、こうした疾患のメカニズム解明への応用が期待されています。

科学技術分野別リリースに見る概況



ニュースリリースに対する科学技術分野の自動推定・分類結果によると、4 月は年度初めと言うこともあり、どの分野も比較的低調だったようです。特に「総合系」「理工系」は 3 月にくらべて件数が低下しています。

中分類の単位（今月の上位 10 件）で減少率を見てみると、「情報学」の分野は特に減少率が大きかったようです。

大分類	中分類	記事数	前月比
理工系	工学	160	62%
人文社会系	社会科学	149	61%
生物系	医歯薬学	103	76%
総合系	複合領域	103	53%
理工系	数物系科学	69	93%
	分類不能	65	80%
人文社会系	人文学	52	83%
総合系	情報学	41	49%
生物系	生物学	28	90%
生物系	農学	28	90%

補足事項

※ これらの記事は、ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています。

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていません。

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません。

ニュースリリースのうち、研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています。

2017 年 3 月のクロージング概況

初版投稿：2017/04/01，最新版投稿：2017/05/24

執筆者：管理者

キーワードに見る概況



これを見ると 2017 年 3 月は「セキュリティ」、「ソフトウェア」「アプリケーション」といった情報・電気系のキーワードが大きく伸びた月だったようです。

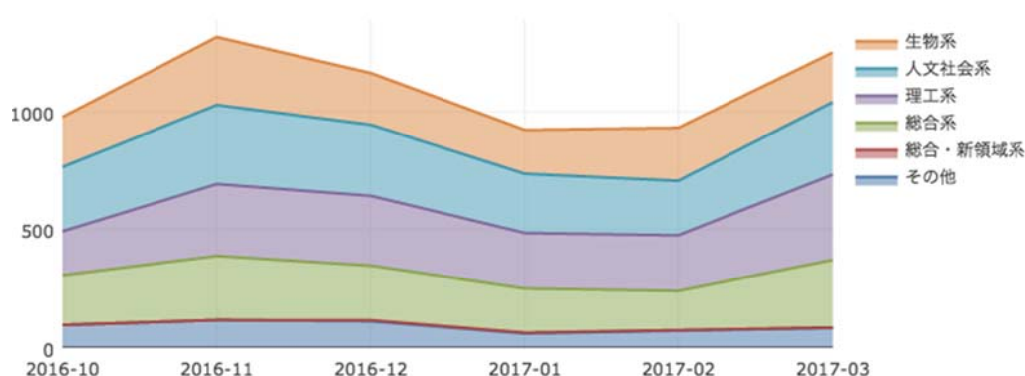
情報系のキーワードに関しては、必ずしも特定の技術に紐付いたリリースがでていているというわけではなく、商品関連のものも含めて広く出現していたようです。強いて言えば「ソフトウェア」や「アプリケーション」といってもハードに近い「組み込み系」に関するものが多く、IoT 関連、B2B を主体としたものが多かったようです。

「セキュリティ」もこれらに紐付いて出現をしています。 [KIDSASHI](#)でも紹介した「Mirai」などIoT 関連の攻撃が注目を集めたことも背景にありそうです。

情報系に関連した、異色で注目のリリースとしては「気象データ高度利用ポータルサイトの開設」（[参考](#)）に関するものがあげられます。気象データはIoTやAIなどとも関連が深いもので、様々なデータと掛け合わせることで Society5.0 の進展が期待できます。

個別の組織名としては「九州大学」がやや目立っていますが、これに関しては、「コバルト酸鉛の合成成功」(参考)や、「既存の薬剤が非アルコール性脂肪肝炎(NASH)に有効であることをマウスにおいて確認」(参考)、「肝臓内の細胞間接着・接触が糖代謝異常を引き起こすメカニズムを発見」(参考)などのリリースに登場したことで大きく表示されているようです。これらは複数機関の共同で得られた成果であり、各機関からリリースがでていることが出現回数に寄与しています。

科学技術分野別リリースに見る概況



ニュースリリースに対する科学技術分野の自動推定・分類結果によると、生物系のリリース“以外”が増加したようです。

分野毎で、特に研究・開発に関連すると分類された記事を見ていくと、多くは「受賞」に関するものであるようです。3月は様々な学会の大会が開催される時期でもあり、関連して「学会優秀賞」「学生奨励賞」などの表彰も行われる時期です。これらを加味すると、年度末ということで“全体傾向”という意味では変化の兆しは読み取れませんでした。

ただし、「学会の表彰」は各分野の専門家による評価の結果であり、これらの内容を細かく拾っていくことで、新たな兆しが得られるかもしれません。

補足事項

※ これらの記事は、ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています。

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていない。

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません。

ニュースリリースのうち、研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています。

2017 年 2 月のクローリング概況

初版投稿：2017/03/01，最新版投稿：2017/05/23

執筆者：小柴 等（研究員）

キーワードに見る概況



ニュースリリースに用いられているキーワード（名詞句）の登場回数について、一つ前の月と比較し、特に変化が大きかった単語の様相を示した図です。文字の大きさが、単語の出現頻度に比例します。大きいほど良く使われた単語を意味します。

これをみると 2017 年 2 月は「遺伝子発現」というキーワードが大きく伸びた月だったようです。

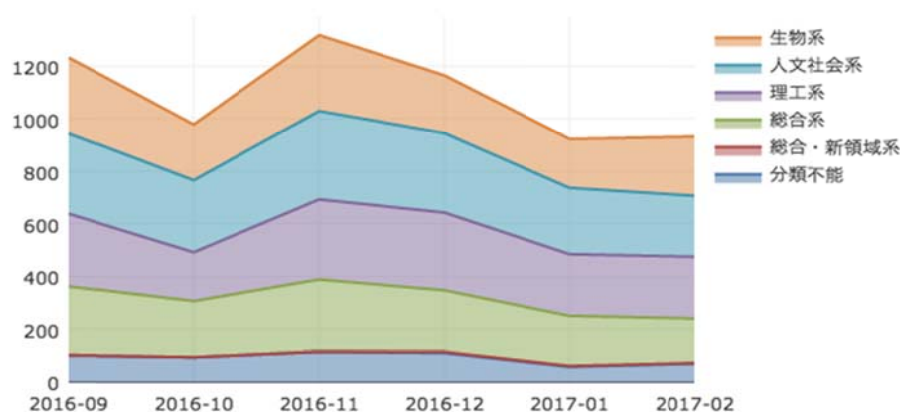
他にも「臨床」「アミノ酸」「ゲノム」など医学・化学系のキーワードが散見されます。

また、「消費電力」「素子」「金属」といったワードも散見されます。

「遺伝子発現」に関しては、「肝がん変異遺伝子 ARID2 による発がんメカニズム」の解明（[参考](#)）や、「貧血病態のメカニズム」の一端解明（[参考](#)）といった話題が伸びに貢献したようです。

「素子」「金属」に関しては、話題が多様ですが、新しい単原子シート「ボロフェン」の中に質量ゼロ粒子を発見したとのリリース（[参考](#)）をはじめ、様々な成果が見られています。

科学技術分野別リリースに見る概況



ニュースリリースに対する科学技術分野の自動推定・分類結果によると、発表されたニュースリリースについて分野の変動は大きくなさそうです。全体傾向として年度末に向けて成果のリリースは低調といったところでしょうか。

強いて言えば、「総合系」に紐付くリリースの減少率が相対的にはやや大きいかもしれません。

大分類	人文社会系	生物系
中分類	社会科学	医歯薬学
件数	168	144

大分類の下の中分類レベルで、件数の多いものを5件抽出すると、上の表のような傾向になっています。

「社会科学」が多い点が目を引きますが、自動分類の精度の問題で「学長選出」といった話題が「受賞など」に関するカテゴリーに分類されていたり、「研究包括契約締結」といった話題が「研究開発の開始」に関するカテゴリーに分類されていたりし、科学技術分野の推定対象となった結果、これらが全て「社会学系」に分類されているようです。この点に関しては今後、分類精度を向上する必要があります。

医歯薬学や工学などは、目視による確認ではおおむね、分野判定されたものについては正しく紐づけられているとみられ、分野別のリリース傾向として適切な結果を得られていると見られます。

補足事項

※ これらの記事は、ニュースリリースの文章を機械的に処理した結果に基づいて執筆しています。

複数機関から同一内容のリリースがでた場合の重複排除などは行っていません。

科学技術分野の自動推定・分類も必ずしも正確性を保証するものではありません。

ニュースリリースのうち、研究開発に関連性が高いと自動分類したもののみを対象に分析しています。

日本の農業への気候変動の影響及びその対応とメッシュ農業気象データシステム

初版投稿：2018/08/08，最新版投稿：2018/08/09

執筆者：伊藤裕子（主任研究官）

我が国でも気候変動の影響が拡大化

我が国でも、気温の上昇や大雨の増加等、気候変動の影響が顕著になっています。気候変動は、農作物の品質低下や動植物の分布域の変化、熱中症などの健康リスク、洪水・浸水などの災害リスクの増加をもたらし、既に私たちの環境、生活、社会、経済に小さくない影響を与えています。今後も、気候変動の影響が長期化及び拡大化するおそれがあることから、2018年6月13日に気候変動適応法が公布されました¹。同法は、国、地方公共団体、事業者、国民が連携・協力して、気候変動の影響による被害の回避・軽減の対策を推進することとされています。

気候変動の影響の現状と将来予測の共有

気候変動に備えるには、気候変動の現状と将来の予測、気候変動が及ぼす影響について、最新の科学的知見に基づいた体系的な情報を関係者で共有して対策を講じることが重要です。こうした状況に対処するため、環境省・文部科学省・農林水産省・国土交通省・気象庁の5省庁の協力で、「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018」²が作成され、2018年2月に公表されました。レポートには、観測技術（観測衛星含む）や気候変動がもたらす世界への影響のみならず、日本への影響について、特に、農林水産業、水環境・水資源、自然生態系、自然災害・沿岸域、健康、産業・経済活動、国民生活・都市生活の7分野における、最新の情報や研究成果が掲載されています。

農業における気候変動の影響の増加

影響評価統合レポートに示された気候変動の影響の事例のうち、農作物に関するものを表1にまとめて示しました。主食のコメ以外にも、野菜や果樹など様々な種類の農作物が気候変動の影響を受け、その発生の頻度も増加しています。

例えば、気候変動の将来予測結果によると、2060年代には温州ミカンの現在の栽培地の多くが温州ミカンの栽培に有利な年平均気温15～18度を超え、栽培に不適な気候になると予想されています²。さらに、現在東北地方で問題になりつつある細菌感染によって穂枯れが起きるイネ紋枯病は、高温で多発する病害で、2090年にはその被害は2010年の約1.8倍となると予測されています²。

作物の種類	気象状況	影響
イネ(コメ)	出穂後の約20日間の 日平均気温26～27度以上	デンプンの蓄積が不十分な白未熟粒の 割合が増加
露地野菜	高温	収穫期の早期化 生育障害の発生頻度の増加
トマト	高温	着果不良や裂果・着色不良
イチゴ	高温	炭そ病の発生
ブドウ、リンゴ、柿 温州ミカン	強い日射し、高温 高温が続く	日焼け果の発生 着色不良
モモ	高温、降雨多い	果肉障害の発生
麦類	冬期の高温 多雨	茎立期が前進することによる凍霜害 湿害
豆類	開花期以降の高温・少雨	着莢数の低下

表 1 農作物における気候変動の影響の例（参考文献 2 より）

気候変動の影響を新たな農作物の可能性に繋げる

一方、気候変動の影響をプラスに捉えて、新たな農作物の栽培に繋げる動きも見られます。

例えば、愛媛県では夏場の高温にも強いブラッドオレンジであるタロッコや、アボカドが栽培され始めています²。また、ワイン用ブドウ栽培の北限の地と呼ばれていた北海道では、温暖化により、ワイン用ブドウ品種のピノ・ノワールの栽培が1998年頃から可能となっており（図1）、今後、さらに北海道の各地でピノ・ノワールの栽培適地が増えるのではないかと予測されています³。

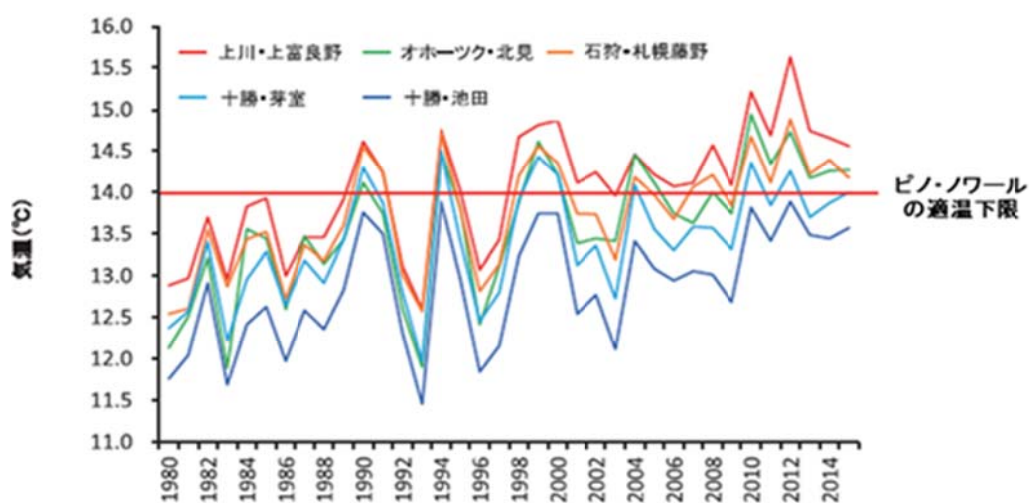


図 1 北海道各地の4～10月の平均気温の推移とピノ・ノワールの適温下限（参考文献 3 より）

気象データを活用した農業支援システムの開発

中長期の気候変動への対応に加えて、農業に気象予報を活用して作物の成長を予測し、植え替えの時期や水の管理、肥料の量を調節するといった、気象の短期的な変化に対応した栽培法の実践も始まっています。

こうした管理の基礎となるシステムが、農業環境変動研究センターが開発した農業気象予報システムである「メッシュ農業気象データシステム」⁴です。農業現場での気象情報の有効活用を目指して、2018年4月2日に農研機構のウェブ上で一般公開されました。

このシステムは、およそ20kmの単位（メッシュ）で全国の気象を知らせるアメダス（地域気象観測システム）や、気象庁の実況値及び数値予報などを利用して、全国の約1km四方の単位の日別気象データや温暖化シナリオをオンデマンドで提供できます⁴。提供可能な気象データは14種類（気温・降水・日照・風速・積雪など）で、データは日々更新され、1980年から来年(2019)までの広い期間のデータが採録されています⁴。また、これらのデータは、初心者にも扱いやすいプログラミング言語 Python（パイソン）でデータ解析できるように提供されています。

我が国の農業のスマート化

近年の気候変動とその影響は、これまでの農業従事者の経験や知識から対処できる程度を遥かに超えるものです。こうした中、メッシュ農業気象データシステムにより、多くの農業従事者等の関係者が多様なデータをオープンで自由に利用できるようになったことは、栽培管理や病虫害予防などへの活用のみならず、データ駆動により農業をスマート化させていくうえで重要な基盤となると期待されます。

情報源（参考文献や URL など）

1. 環境省，気候変動適応法（平成30年6月13日公布）
2. 環境省，文部科学省，農林水産省，国土交通省，気象庁（2018）「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018～日本の気候変動とその影響～」
3. 広田知良，山崎太地，安井美裕，古川準三，丹羽勝久，根本学，濱寄孝弘，下田星児，菅野洋光，西尾善太（2017）「気候変動による北海道におけるワイン産地の確立－1998年以降のピノ・ノワールへの正の影響－」生物と気象 17:34-45.
4. 農研機構メッシュ農業気象データシステム（2018年4月2日公開）

関連する科学技術予測調査トピックの例

- ・ 農業データ（収量データ）と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術（2015年：第10回）
- ・ 1kmといった超高解像度の大気大循環モデルを用いた、20世紀初頭から21世紀末に至るグローバルな気候変動の数値シミュレーション（2015年：第10回）
- ・ 気候変動による食料生産への影響の予測技術（2015年：第10回）

ISO8000：データ・クオリティの国際標準化

初版投稿：2018/07/10，最新版投稿：2018/07/13

執筆者：蒲生 秀典（特別研究員）

モノからデータへ：重要となるデータ・クオリティ

近年、工業や医療などの産業分野では 3D プリンタの普及等により 3D データの利用が拡大するなど、形状・機能および製造プロセスも含めたより精度の高い製品情報をデータで記述することが可能となっています。今後、ビッグデータの利活用拡大や IoT（モノのインターネット）・AI（人工知能）の普及にともない、製造業に限らずサービス業や医療・行政機関などでのデータの利活用が急速に進み、データの質の重要性が増大することが予想されています。

データ・クオリティの国際標準化 ^{1),2)}

産業分野ではインダストリー4.0の推進により、欧州を中心に製品化プロセスのデジタル化と、関連産業におけるデータ共有が進んでいます。設計・開発・試作・製造・流通・販売・保守など一連の製品化プロセスの各フェーズにおいて、必要となる情報（データ）は異なります。データを有効に活用するためには、どのフェーズでも必要なデータを迅速に切り出せるように、あるいはデータを関連産業全体で共有し、アクセス可能とするために、情報をどのように構造化するかを予め決める必要があります（図表 1）。このような産業におけるデータを利活用し、さらに共有化するためには国際協調が不可欠となっています。

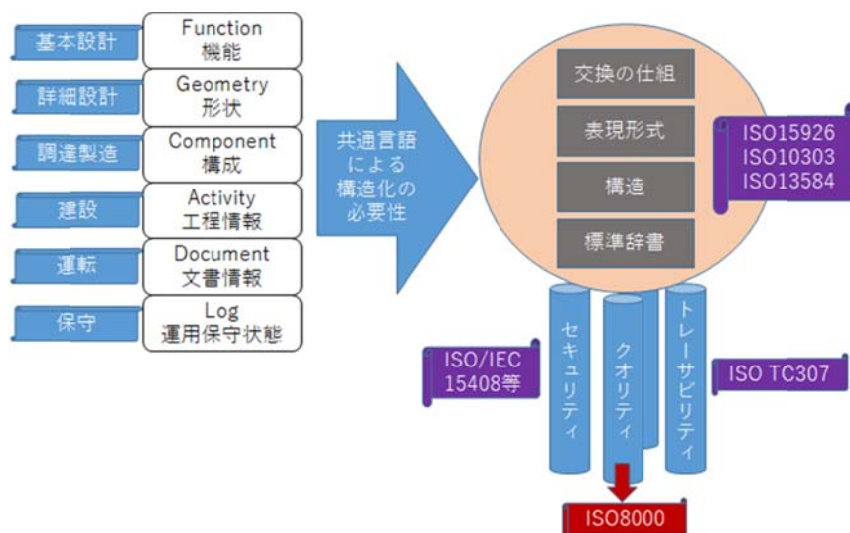
国際標準化機構(ISO)では、データ品質規格の中核と位置づけられる ISO8000(Data Quality)³⁾ の新規パート開発と適用が活発化しています。ISO8000 は、国内外で普及している ISO9000 の関連規格で、ISO9000 ではビジネスプロセスに関する品質・マネジメントを対象とするのに対し、ISO8000 では、そこで扱われる様々な「データの質」を対象としています。組織間・システム間で情報交換する際のデータ品質要件・品質評価の方法やプロセスを定める規格です。

ISO8000 シリーズの標準化動向

ISO8000 は、技術委員会 TC184 (Automation systems and integration)/SC4 (Industrial data) [1]の中の、ワーキンググループ WG13(Industrial Data Quality)で協議されています。産業データに関する国際標準としては、情報の構造化（形式知化）(ISO15926,ISO10303,ISO13584)、セキュリティ(ISO/IEC15408 等)、唯一性・トレーサビリティ(ISO TC307 Blockchain)が発行済あるいは開発中ですが、ISO8000 ではデータの確からしさ・品質についての標準化が進められています。¹⁾

ISO8000 シリーズの各規格は、Part 1 概要(2011 年)、Part 2 用語（2017 年）など 18 のパートが発行済みまたは開発中です（図表 2）。すでに、ドイツ・鉄道ネットワーク(Part 150)、韓国・政府機関(Part 61)、サウジアラビア・サプライチェーン(Part 115)などで、国際標準に準拠したデータ運用がされています。事業全体のデータ品質のシステムの自動管理が可能とな

るため、海外では鉄道・ヘルスケア・鉱業・石油ガス・金融・自動車・海事・電力など幅広い分野で適用され大きな効果をあげています。²⁾



図表 1 産業データの構造化の概念¹⁾



図表 2 ISO8000 シリーズの構成と主な規格（開発中含む）²⁾

新たな価値創出に向けて

国内では、ISO TC184/SC4 に対応する組織として、一般財団法人製造科学技術センター内に国内対策委員会が設置されています。しかしながら、ISO8000 に関しては、欧州や韓国・中国が積極的に参画する中、日本は現状では協議に参加していません。

わが国でもサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合する Society5.0 のビジョン実現に向け、様々な分野のデータが垣根を越えてつながるデータ連携基盤を整備し、組織や分野を越えたデータの利活用等を通じて新たな価値の創出を目指しています⁴⁾。今後データの質の重要性が高まることが予想されるため、ISO9000 の関連規格として「キリ番」がつけられた ISO8000 は、工業分野に留まらず、サービスや医療分野、さらには行政や公共機関の各種データベースの公開にも及ぶと予想されます。日本の国際競争力を強化するためにも、産学官各機関の国際標準化の協議への積極的な参加が求められます。

参考文献

- 1) 苑田義明、「海外エンジニアリングの最新トレンドと ISO 8000」、ISO 8000：データ品質国際標準セミナー、(2017 年 6 月、東京)
- 2) Timothy M. King、「ISO 8000」、ISO 8000（データ品質規格群）セミナー（2018 年 5 月、東京）
- 3) ISO（国際標準化機構）ホームページ
- 4) 内閣府「統合イノベーション戦略」（2018 年 6 月 15 日閣議決定）

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- 設計、開発、生産、品質管理、製造といった一連のプロセスがデジタル化することでデジタルパイプラインが実現し、統一フォーマットによって社内外でのオープンイノベーションが活発化する (2015 年:第 10 回)
- デジタルモックアップにより、研究開発・設計の期間短縮、製品競争力強化を狙いとして、強度、性能、信頼性、環境性、生産性などを総合的に評価する技術 (2010 年:第 9 回)
- 設計情報をもとに、材料から製品に至る状態を再現し、製品の特性（強度、信頼性、廃棄）、製造手段（環境調和性、生産性、保守）等、全てを評価する技術 (2010 年:第 9 回)

新技術を用いて再生能力を持つウーパールーパーの全ゲノム解読に成功

初版投稿：2018/05/17 ， 最新版投稿：2018/05/17

執筆者：伊藤裕子（主任研究官）

再生する能力を持つ生き物たち

ウーパールーパーとして知られるアホロートルは、再生能力が高く、手足のみならず、脳や心臓、脊髄などを損傷しても再生が可能です。イモリも同様な高い再生能力を持ち、目のレンズさえも再生します。これらの生物がどのようにして再生を可能にしているのかを明らかにすることは、人体の損傷した部分の再生や取り換えといった再生医療を可能にする研究開発に繋がると考えられます。



水槽で泳ぐウーパールーパー（アホロートル）

再生能力の高い生物は巨大なゲノムを持つ

再生のメカニズムを詳しく知るためには、再生能力を持つ生き物のゲノムを調べるのが早道と考えられます。しかし、アホロートルのゲノムは巨大であり、人のゲノム（約 30 億）の 10 倍以上の約 320 億の塩基対から成り、イモリ類も 200 億の塩基対といった大きなサイズのゲノムを持ちます^{1,2}。このような巨大なサイズかつ多くの繰り返し配列を含むゲノムのために、これまでは再生能力の高い生物の全ゲノムの解読は困難でした。

これまでの技術の限界を超える新技術

ここ10年のゲノム解析装置や技術の進歩には目を見張るものがあります。2000年代後半には、大量の短い配列の解析を得意とするシーケンサーが登場し、次世代（第2世代）シーケンサーと言われました。近年は、第3世代と呼ばれるシーケンサーが普及しつつあります³。第3世代シーケンサーは一回の解析で長い配列を読めるので、第2世代シーケンサーでは難しかった、繰り返し配列を多く含むゲノムの解読が可能になりました。さらに、情報技術の高度化により、ゲノムの位置決定等の解析技術の精度も向上しました。

巨大なゲノムの解読を可能にした新技術の開発

今回のアホロートルの全ゲノムは、ドイツのマックス・プランク研究所等の研究者らにより解読され、2018年2月にNature誌上で発表されました¹。アホロートルゲノム解読の成功は、第3世代シーケンサーを利用したこと、研究者らがMARVELというゲノムアセンブリー法（断片の配列を繋げて対象のゲノムを復元するコンピュータアルゴリズム）を開発したこと、これらと最新のゲノム位置決定法（物理地図作成法）の3つを組み合わせたことが理由と云えます。

再生能力の秘密はゲノムの中に

ゲノム解読により、アホロートルゲノムは、全ゲノムの約6割にLTR（同じ配列を数百から数千回繰り返す配列の領域）を含むことがわかりました¹。人のゲノムではLTRは2割に満たない程度です。さらに、哺乳類など多くの生物において発生に不可欠な役割（一部再生にも関与）を持つPax3とPax7は、アホロートルではPax7のみであり、ゲノム編集技術を用いた分析により、アホロートルのPax7はPax3の機能を併せ持つことが示唆されました¹。

今後は、解読したゲノム情報を基に、アホロートルを実験動物として用いた研究が実施され、その再生能力の解明と、人の再生医療に繋がるような新知見が得られることが期待されます。

参考文献

1. Nowoshilow, S., Schloissnig, S., et. al., "The axolotl genome and the evolution of key tissue formation regulators", Nature, 2018, 554(7690), 50-55.
2. Elewa, A., Wang, H., et. al., "Reading and editing the Pleurodeles waltl genome reveals novel features of tetrapod regeneration", Nature Communications, 2017, 8, 2286.
3. 磯部祥子, 小柳亮, 大崎研, 「ついに来た！ゲノム解析第3世代の波」, 育種学研究, 2017, 19, 30-34.

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得（植物・単細胞真核生物・原核生物も含む）・データベース化（2015年：第10回）

次世代シーケンサーを用いた全ゲノム解析に基づく、神経筋疾患（筋萎縮性側索硬化症（ALS）等）患者の新たな診断・治療法（2015年：第10回）

PTSD 治療における仮想現実（VR）活用の進展

初版投稿：2018/04/19，最新版投稿：2018/04/25

執筆者：栗林 美紀（主任研究官）

仮想現実（Virtual Reality, VR）は、一般的にはエンターテインメント領域での活用が知られていますが、医療分野も重点な適用領域として知られています。医療分野でのVR利用には、医学教育や手術支援があり、これ以外に認知行動療法にも活用されています。特に近年では、VRデバイスの技術革新により、VRを用いた認知行動療法において、これまで以上に臨場感を伴い、五感に訴えるようなシミュレーションが用いられるなど、急速に進展しています。この研究の中心の一つである、南カリフォルニア大学（USC）クリエイティブ・テクノロジー研究所（ICT）では、2005年頃からシミュレーションゲームのコンテンツや技術を活用して、PTSD（強い心的ストレスにより引き起こされる障害）の緩和にVRを活用する取り組みが行われています。¹⁾

医療現場の PTSD の曝露療法の課題

PTSDはその程度により、様々な種別がありますが、とくにその症状が重く、悪化する傾向があり、さらに数カ月を経ても自然に回復しない場合には、専門的な治療の対象となります。その治療には、トラウマ体験に対する持続曝露療法（prolonged exposure therapy）が有効とされています。持続曝露療法では、安全な治療の中でトラウマへの記憶を思い出させ、トラウマの恐怖に慣れるとともに、思い出しても危険はないことや、言葉にすることによってトラウマを乗り越えられることを学習していきます。この療法で70～80%程度の回復がみられるとされていますが、治療者の訓練、指導が難しいこと、時間と労力を要するため実施できる施設が限られていることが指摘されていました。²⁾

VR 活用の取組事例

ICTのAlbert "Skip" Rizzo博士は、1990年代初めから、医療分野におけるVRの活用を調査し始め、PTSDの治療における有効性の検証など、普及に向けて先駆的な役割を果たしてきました。^{3) 4)}

当初、PTSDの治療によるVRの活用は、臨床心理士の指導の下、段階的に、広画角ビデオで疑似体験や心傷状況を追体験するものでした。その後、ヘッドマウントディスプレイを使用し、狭い場所でも視野を覆って没入感を高め、被験者の反応に応じたインタラクティブな刺激を映像として提供することが可能になりました。^{5) 6)}

Rizzo博士らが開発した「Bravemind」では、ICTが保有する豊富なコンテンツ資産（軍の戦術的シミュレーションゲームのために作成していたモデルやテクスチャ）を活用し、特別に設計された一連の仮想シナリオを体験することが可能です。このシステムでは、視覚刺激に加えて、音、振動および匂いを体験可能で、患者は安全で制御された条件下の仮想世界で五感

を通じた再体験ができます。臨床医は、別のインタフェース（WOZ: Wizard of Oz）⁷⁾ を介してシステムを操作し、徐々に適度なレベルまで刺激を上げながら患者自身にトラウマ体験について語らせることによって、不安を和らげていきます。現在、退役軍人（VA）病院、軍事基地・施設、大学を含む 60 以上の拠点に導入され、PTSD 症状の有意な減少をもたらすことが示されています。また、ICT では、このシステムを PTSD の予防や評価のためのツールとしても利用しています。^{8) 9)}



ICT での医療現場における VR 利用の研究 出典：<http://medvr.ict.usc.edu/>

なお、同種の試みとして、曝露療法以外の療法への適用例も見られます。Beyond Care 社（オランダ）では、PTSD の患者に外傷記憶を思い出させるのと同時に、目で動く物体を追跡させ、この 2 重のプロセスを課してそれを繰り返すことで、激しい感情反応を引き起こす能力を失うようにする眼球運動脱感作療法（Eye-Movement Desensitization and Reprocessing）用に、VR アプリケーションを開発し、治験を行っています。^{10)、11)}

さらに、患者の外傷性記憶の提供が在宅治療で受けられ、治療者が遠隔から進行状況を監視する研究も進められています。¹²⁾

VR 活用の展開に向けて

最先端の VR 技術は、PTSD 治療以外にも応用範囲を広げています。USC 映画芸術学部学部長の Elizabeth M. Daley 博士からは、自閉症患者の対人関係訓練プログラム（就業のための仮想面談やインタビュースキルの習得等）を VR で提供し支援すること¹³⁾ や VR での没入感のある戦地体験を踏まえ、より深い討論を実施する¹⁴⁾ 大学での取組みを紹介いただき、医療や教育の支援ツールとしての大きな可能性が指摘されました。（2017 年 9 月 21 日、筆者によるインタビューにて）

また、高さ、飛行、公共の場における恐怖症や不安障害の治療への適用も進んでいます(CleVR , Psious , VirtualRet)。 ¹¹⁾

日本では、曝露療法における VR 導入は限定的です ¹⁵⁾。しかし、VR は、通常の曝露療法と比べて、その安全性、効率性、コストの点からも優位であると指摘されており ¹⁶⁾、今後本格的な導入が進む可能性があります。

参考

- 1) 南カリフォルニア大学 Bravemind
<http://ict.usc.edu/prototypes/pts/>
- 2) 厚生労働省 こころの健康や病気、支援やサービスに関するウェブサイト
「 PTSD 」 治療法
http://www.mhlw.go.jp/kokoro/speciality/detail_ptsd.html
- 3) ‘ Skip’ Rizzo honored for advances in virtual reality therapy
<https://news.usc.edu/80595/skip-rizzo-honored-for-advances-in-virtual-reality-therapy/>
- 4) ハーバードビジネススクール： Bravemind: Using Virtual Reality to Treat PTSD
<https://digit.hbs.org/submission/bravemind-using-virtual-reality-to-treat-ptsd/>
- 5) トピックス 2 治療や教育へのヴァーチャル・リアリティの応用が進められている，科学技術動向 2005 年 5 月号， p4 .
<http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/1596>
- 6) 小特集 クオリティオブライフ 2. パニック障害治療用バーチャルリアリティ
https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej/61/8/61_8_1086/_pdf
- 7) Wizard of Oz Interfaces for Mixed Reality Applications
<http://sprow.ucsd.edu/files/AEL-WOZ-CHI2005.pdf>
- 8) 南カリフォルニア大学クリエイティブ・テクノロジー研究所 Bravemind の紹介
<http://medvr.ict.usc.edu/projects/bravemind/>
- 9) How Virtual Reality Is Helping Heal Soldiers With PTSD
<https://www.nbcnews.com/mach/innovation/how-virtual-reality-helping-heal-soldiers-ptsd-n733816>
- 10) Virtual Reality Experiences,VR Therapy
<https://www.virtualrealityexp.co.uk/faq/vr-therapy/>
- 11) Crunch Network : Virtual Reality Therapy: Treating The Global Mental Health Crisis
<https://techcrunch.com/2016/01/06/virtual-reality-therapy-treating-the-global-mental-health-crisis/>
- 12) Tielman ML, Neerincx MA, Bidarra R, Kybartas B, Brinkman WP(2017) A Therapy System for Post-Traumatic Stress Disorder Using a Virtual Agent and Virtual Storytelling to Reconstruct Traumatic Memories, JOURNAL OF MEDICAL SYSTEMS,41 (8).
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10916-017-0771-y.pdf>
- 13) 南カリフォルニア大学 Creating a Virtual Syria
<https://cinema.usc.edu/news/article.cfm?id=14051>
- 14) 南カリフォルニア大学 Virtual interviews help people with autism land a job
<https://news.usc.edu/98577/virtual-job-interviews-prepare-students-with-autism-for-work/>

15) 篠原 信夫, 苑 少娟, 吉川 裕之, 倉田 正, 小山 博史 (2006) 飛行機搭乗恐怖症治療のための曝露用簡易型 VR システムの評価, VR 医学 4 巻 1 号, pp.25-32, 日本 VR 医学会.

<https://doi.org/10.7876/jmvr.4.25>

16) 竹島 望, 渡辺 範雄 (2014) 精神疾患に対するコンピュータ・インターネット精神療法: 定性的レビュー, 総合病院精神医学, 26 巻 3 号, pp.245-254, 日本総合病院精神医学会.

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjghp/26/3/26_245/_pdf

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 映像デジタル化、バーチャルリアリティ技術を活用した伝統芸能などの無形文化財、パフォーマンスの保存・保護および技術伝承に関わる技術 (2005 年: 第 8 回)

- ・ 映像デジタル化、バーチャルリアリティ技術を活用した、技術伝承のための仕組みの構築 (2010 年: 第 9 回)

折紙工学 ― 折紙の特徴や機能を製品創出に生かす ―

初版投稿：2018/03/28，最新版投稿：2018/04/19

執筆者：中島 潤（特別研究員）

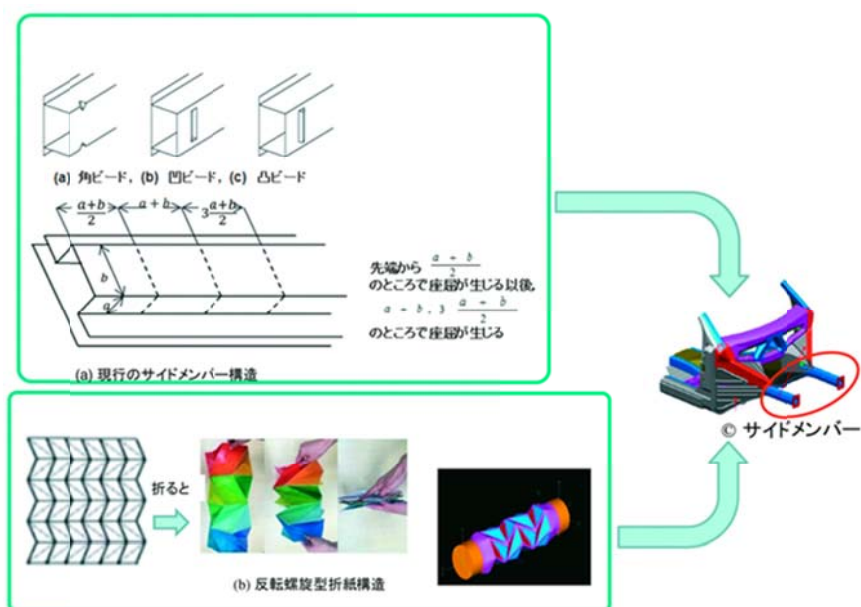
折紙工学とは

2000 年前後、当時京都大学の野島武敏博士が、折り畳み型の円筒、円錐や円形膜などを発表しました^{1~3)}。そして、この折り畳み可能という機能が製品の軽量化や保管を容易にするなど新たな価値の付与、産業創出につながると考え、更には、折紙の特徴や機能を備えた製品のモデル化や加工法などを総称して、2002 年に折紙工学を提唱しました⁴⁾。以降、多くの研究者が研究の推進及び研究コミュニティの拡大を進めており、現在は、この折紙工学の概念に基づいた研究の成果を製品に生かす動きが大変活発になってきています。有名な「ミウラ折り」⁵⁾以外にも、将来社会にインパクトを与えるような研究の兆しを一部紹介します。

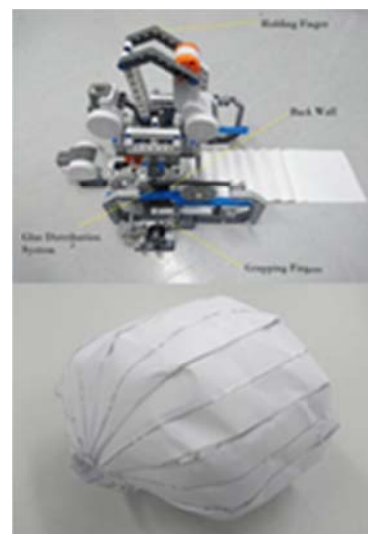
最新の研究動向

一言で折紙工学と言っても、現在は様々なアプローチにより研究領域が広がっています。

明治大学の萩原一郎特任教授の研究室では、自動車が衝突した際に乗員への被害を軽減させるためのエネルギー吸収部材（図表 1）への応用⁶⁾など、折紙工学の産業応用へ積極的に取り組んでいます。また、折紙式 3 次元プリンターシステム⁷⁾（注 1）や自動で折り、糊付けまで可能な折紙ロボット（図表 2）といった、生産技術に関連した研究開発も進めています。



図表 1：折紙構造を生かした自動車エネルギー吸収部材



図表 2：糊付けまで可能な折紙ロボット

注 1: 立体物の 3D スキャンデータを入力し、それを折り紙が出来る 2 次元の展開図として出力することで、元の立体物に近い構造物を造形することができる 3 次元プリンター

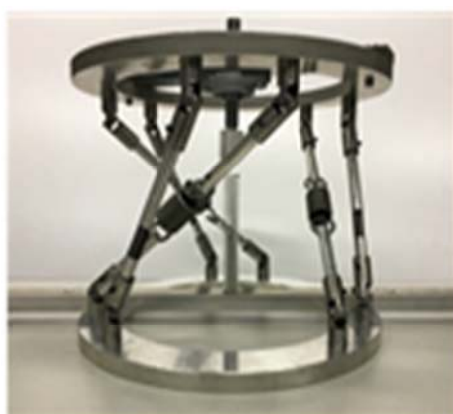
折紙の「軽くて強い」「展開収縮できる」という特徴を活かした建築構造物への応用研究も進められています。東京大学の舘知宏准教授らは、折りによって作られる立体形状、折り畳みや展開メカニズムなどの数理計算によって折紙の特徴を活かした構造物の建築分野への活用を研究しています。紙の場合、材料の厚みを考慮せずに折りによって立体構造を作り出せますが、建築物や工業製品では、強度上、厚みのある材料を歪ませずに折り畳む構造を考えなければなりません。この、厚みのある材料を歪ませずに折り畳める「剛体折紙」⁸⁾(注 2)の複合理論を応用し、畳むと柔らかくコンパクトで、展開すると硬くなり十分な強度を要した構造物(図表 3) など全く新しい建築構造物を提案しています。



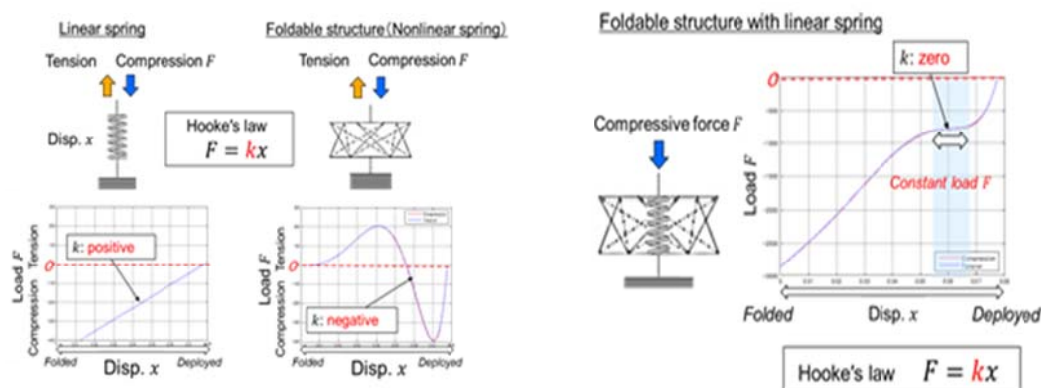
図表 3：展開すると硬くなる構造物 (左)展開時、(右)折り畳み時

注 2：折れ線に囲まれた平面は変形しない、平面が剛体パネル、折れ線が回転ヒンジで接合された構造体のモデル

明治大学の石田祥子専任講師らは、折り畳み構造の“双安定”という力学的特性を利用した新しい防振機構(図表 4)の研究を進めています。双安定とは、立体に展開された状態と完全に折り畳まれた状態の双方で構造が安定することを指します。この双安定な機構と線形ばねを組合せると、フックの法則 $F=kx$ の k :ばね定数が理論的に 0 になる領域が折り畳まれた状態と展開された状態の間段的に存在することが示され、その特徴を生かすことで、有力な防振機構となる可能性が示されています⁹⁾。

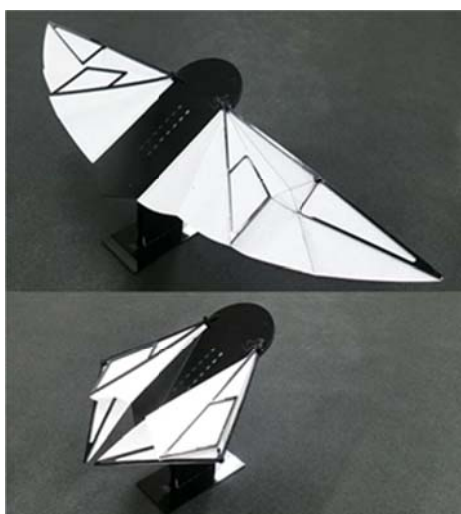


Prototyped foldable structure



図表 4：防振機構のプロトタイプとその防振理論

東京大学の斉藤一哉特任講師らは、一部の昆虫の、飛翔のための翅の折り畳み構造の解析¹⁰⁾(図表 5)を進めています。昆虫の進化の過程で得られた、大きな構造をコンパクトに折り畳む技術、またそのメカニズムを傘や扇子等の日用品から人工の展開翼などへ生かす応用研究が進んでいます。



図表 5：甲虫後翅の折り畳みモデル

他にも、折り畳まれた小さな状態で体内に入り患部で展開するドラッグデリバリーシステムなど、医療分野への応用研究も進められ、様々な研究領域に折紙工学の概念が取り入れられ始めています。

これからの折紙工学

現在、本稿で紹介した研究以外にも様々な研究者が、今まで積み重ねてきた研究活動の成果として製品化への動きを進めています。一方、未だに新たな折り方による立体構造物や理論構築が可能な領域も多く残っています。

今、私たちが“最適”と考えている構造や部品でも、折紙工学の概念を用いれば、更に強くて軽い構造物を作ることが出来るかもしれません。ただし、複雑な折り形状によって優れた性能を示すことができた場合でも、製品化する際に課題となるのが、いかに“安価で生産できるか”です。それには理論的な解析のみでなく、成形法など生産プロセスも含めたモノづくりとしてのトータルの研究開発が必須となります。

日本の研究者、研究コミュニティが世界的にも強い研究領域ですので、研究コミュニティの拡大と共に、産業界との協業なども進むことで、実際の製品化、産業化でも世界をリードしていくことが期待されます。

謝辞

本記事を執筆するにあたり、明治大学先端数理科学インスティテュート先端数理部門 萩原一郎特任教授、東京大学大学院総合研究科 舘知宏准教授、明治大学理工学部機械工学科 石田祥子専任講師、東京大学大学院情報理工学系研究科 齊藤一哉特任講師には研究内容や動向について詳しくご教示頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 野島武敏, “平板と円筒の折りたたみ法の折紙によるモデル化”, 日本機械学会論文集(C 編), 66-643, (2000), 1050-1056
<https://doi.org/10.1299/kikaic.66.1050>
- 2) 野島武敏, “折りたたみ可能な円錐殻の創製”, 日本機械学会論文集(C 編), 66-647, (2000), 2463-2469
<https://doi.org/10.1299/kikaic.66.2463>
- 3) 野島武敏, “容易な展開を考慮した薄い円形膜の折りたたみ法の折紙によるモデル化(半径方向への折りたたみとアルキメデスのらせん状折り線による収納)”, 日本機械学会論文集(C 編), 67-653, (2001), 270-275
<https://doi.org/10.1299/kikaic.67.270>
- 4) 野島武敏, “数値折紙による構造モデルー折紙工学の提案ー京都大学 IIC フェア”, 京都新聞, 2002 年 11 月
- 5) 三浦公亮, “地図・折紙・宇宙ーミウラ折りをめぐってー”, 地図, 35-2, 1997, 1-10
https://doi.org/10.11212/jjca1963.35.2_1
- 6) 萩原一郎, “折紙構造の産業化の展望と今後の方向”, 金属, Vol.87 (2017-10), 873-881
<https://www.agne.co.jp/kinzoku/kin1087.htm>
- 7) 萩原一郎, “積層型 3 次元プリンターを凌駕する折紙式 3 次元プリンターを目指して”, 応用数理, 26-1, 2016, 22-28
https://doi.org/10.11540/bjsiam.26.1_22
- 8) 舘知宏, “剛体折紙メカニズム”, 日本ロボット学会誌, 34-3, 2016, 184-191
<https://doi.org/10.7210/jrsj.34.184>
- 9) Sachiko Ishida et al., “Design and Experimental Analysis of Origami-Inspired Vibration Isolator With Quasi-Zero-Stiffness Characteristic”, Journal of Vibration and Acoustics, 139-5, 2017, 051004
<https://doi.org/10.1115/1.4036465>
- 10) 斉藤一哉, “究極の展開構造: 昆虫の翅(はね)の折り畳みに挑む”, 日本機械学会誌, 119-1175, 2016, 556-557
https://doi.org/10.1299/jsmemag.119.1175_556
- 11) 明治大学先端数理科学インスティテュート先端数理部門萩原研究室 HP :
<http://www.isc.meiji.ac.jp/~hagilab/index.html>
- 12) TT's Page (舘知宏氏 HP) :
<http://www.tsg.ne.jp/TT/>
- 13) 明治大学理工学部機械工学科機能デザイン研究室 HP :
<http://www.isc.meiji.ac.jp/~sishida/home.html>
- 14) 斉藤一哉氏 HP :
<https://ksaito-tech.wixsite.com/ksaito>
- 15) 明治大学 「Meiji.net」 : 世界が注目する折紙工学～明治大学の折紙工学研究拠点～
http://www.meiji.net/magazine/knowledge/vol50_ichiro-hagiwara

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 磁気誘導等のコンバインドデバイスによるドラッグデリバリーシステム (DDS) (2010 年: 第 9 回)
- ・ 情報技術を用いたデザイン支援ツールの拡充と 3D プリンター等の普及に伴い、ユーザ自身での製品・サービスのカスタマイズやリデザインが一般化する (2015 年: 第 10 回)

微生物の機能を地盤改良に活用する

初版投稿：2018/03/27

執筆者：中島 潤（特別研究員）

バイオセメンテーション

微生物の機能は、医薬品やバイオエネルギーなど様々な分野で研究開発が進められ、実際に多くの製品で既に活用されています。

最近では、土木の分野でも微生物の有用性が注目されています。微生物の機能を利用した新しい地盤改良技術のうち、地盤の強度や止水性を向上させる技術のことをバイオセメンテーションと言います¹⁾。

バイオセメンテーションの中でも、Microbially-induced carbonate precipitation(MICP)法と呼ばれ、尿素分解菌による尿素的加水分解作用を利用して、地盤の間隙中に炭酸カルシウムを析出させて地盤を固化させる方法が、国内外で広く研究されています。

バイオセメンテーションのメリットと課題

微生物の機能を地盤改良に活用する最大のメリットとしては、環境負荷の低減が挙げられます。一般に地盤改良に使用されるセメント系固化材は、有害な六価クロムが溶出する可能性があり、厳重なチェックが必要です。他には、pH 値が約 12~13 と非常に高いため、地下水汚染に注意する必要もあります。一方、バイオセメンテーションの場合、MICP 法により地盤を固化させる際に用いられる炭酸カルシウムや、シリカ、リン酸カルシウムなどは、いずれも生体内や自然界に広く存在する鉱物です。また、一般のセメントに比べ、原料起源及び製造由来の CO₂ 排出量が少ないことも大きなメリットです。

社会実装に向けた課題のうちの一つに、いかにして既存の生態系に影響を与えない工法を確立するかという点が挙げられます。MICP 法では、非常に大量の微生物を地盤中に注入あるいは添加します。多くの研究で活用されている外来の微生物である *Sporosarcina pasteurii* など、を日本国内で適用した際に、周辺の微生物環境への影響をどう評価するか、またそもそも外来種ではなく地場の微生物を培養・活用する工法の開発などが必要です²⁾。

オランダやアメリカなどでは、新技術の導入に対して積極的なこともあり、既に MICP 法による現場試験施行が実施されています。適切な規制や指針を設けることと、新技術を実装させるため、積極的に研究環境を整えることのバランスが重要と考えられます。そのためには、既存の地盤工学の考え方のみならず、生物学などの知見を積極的に取り入れ、環境負荷の少ない地盤改良技術の進展へ向け、制度設計を進めていく必要があります。

その他の注目研究領域及び国内外の研究活動

微生物の機能を利用する、関連の研究領域として、微生物を用いて汚染土壌などを修復するバイオレメディエーション、コンクリートなどに微生物を混入させることで亀裂の自己修復機能を持つバイオコンクリート、有害な金属あるいは貴重・有用な金属などを吸着させて回収するバイオソープション、鉱物を生成させるバイオミネラリゼーションや、ビーチロック（図 1）の形成メカニズムとその応用³⁾ などがあります。



図 1：ビーチロック(海浜の砂礫が石灰質の物質によって自然に固化した岩)
(北海道大学 川崎了教授より提供)

海外では、オランダ、シンガポール、イギリス、アメリカなどで研究が盛んですが、特にアメリカの Arizona State university の Edward Kavazanjian 教授が 5 年間で約 20 億円の予算支援を National Science Foundation (NSF) から受け、Center for Bio-mediated and Bio-inspired Geotechnics (CBBG)⁴⁾ という教育研究機関を設立するなど、研究活動が活発になってきています。

日本では、2017 年度に「次世代地盤改良技術に関する研究委員会」が（公社）地盤工学会に発足しました⁵⁾。土木工学だけでなく、生物学、化学や地学など、様々な研究領域にまたが

った学際的な研究領域ですので、今後、様々なバックグラウンドを持った研究者の参画が期待され、更なる研究活動の拡大、また社会実装に向けた動きが注目されます。

謝辞

本記事を執筆するにあたり、北海道大学大学院工学研究院環境循環システム部門 川崎了教授に、研究内容や動向について詳しくご教示頂きました。ここに感謝の意を表します。

※ 科学技術専門家ネットワークの専門調査員に情報提供頂きました。

参考文献

- 1) 川崎了, “微生物機能を利用した地盤改良技術の現状”, Journal of MMIJ, vol.131-5, (2015), 155-163
<https://doi.org/10.2473/journalofmmij.131.155>
- 2) 畠俊郎 他, “高有機質土（泥炭）由来の土壌微生物による炭酸カルシウム析出技術に関する実験的研究”, 土木学会論文集 C(地圏工学), vol.68, No.1, (2012), 31-40
<https://doi.org/10.2208/jscejge.68.31>
- 3) 檀上堯 他, “セメント物質に着目したビーチロックの形成メカニズムに関する考察”, Journal of MMIJ, vol.129-7, (2013), 520-528
<https://doi.org/10.2473/journalofmmij.129.520>
- 4) Center for Bio-mediated and Bio-inspired Geotechnics HP :
<https://cbbg.engineering.asu.edu/>
- 5) 公益社団法人 地盤工学会 HP, 「次世代地盤改良技術に関する研究委員会」:
https://www.jiban.or.jp/?page_id=6331

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術（2015年：第10回）

バイオマテリアルナノシート～ヒューマン・マシン・インターフェースに向けて

初版投稿：2018/01/10，最新版投稿：2018/01/10

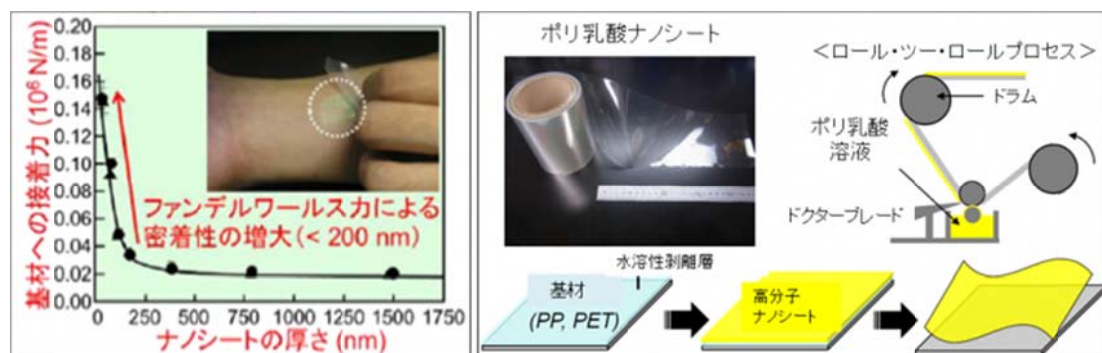
執筆者：蒲生 秀典（特別研究員）

ウェアラブルデバイスの進展

近年、腕時計型や眼鏡型などのウェアラブルデバイスが徐々に普及し、ヘルスケアなどの生体センシング機能を搭載した製品も増えています。研究開発レベルでは、PET フィルムなど曲げられる基材上にセンサなどを搭載する各種フレキシブルデバイスが考案・試作されています。今後、より自然に、身体に直接つける様々なウェアラブル機器が開発されることが予想されます。生体とデバイスを融合するヒューマン・マシン・インターフェースとしての基材が、プラットフォームとしてその重要度が増しています。

バイオマテリアルナノシートの創製と医療応用

医理工融合研究を推進する早稲田大学先端生命医科学センター(TWIns)^[1]の研究グループは、高分子膜をナノオーダーに極薄く形成すると下地との密着性が増大することを見出し（図表 1(a)）、粘着剤を使わずに生体組織表面を覆うことができる高分子ナノシートを開発しました¹⁾。数十～数百 nm の膜厚に対して数 cm² 以上の面積の自立した高分子ナノ薄膜からなり、スピコート（遠心力による薄膜形成法）で容易に形成できます。キトサン、アルギン酸、あるいは、ポリ乳酸などさまざまな生体材料（バイオマテリアル）で作製可能です。研究グループでは、ナノシートの医療応用として、肺に孔の開く病気（気胸）に対してナノシートを絆創膏のように貼って閉鎖と修復を試みる動物実験を行いました。その結果、従来のシート状フィブリン糊と比較して他の臓器への癒着がなく、肺表面の滑らかな形状を維持しており、修復部には新たな血管ができることが確認されています。現在、医療機器や製薬メーカーとの共同研究により、臨床試験を始めるための準備を進めています。また、大学発ベンチャーであるナノシータ（株）と素材メーカーとの共同開発により、ロール・ツー・ロール法による大量生産にも成功し（図表 1(b)）、腹腔内等の外科手術の際に使用する新たな癒着防止材として事業展開を予定しています。



図表 1 ナノシートの特徴と作製方法

(a)ナノシートの厚みと接着力の関係

(b)ナノシートの大量生産法（ロール・ツー・ロール） 早稲田大学藤枝俊宣講師 ご提供資料

生体センシングへの応用

一般的な高分子材料が利用でき簡便で低コストに作製できるナノシートを用いて、生体センシングなどへの適用など広範囲な応用研究が進められています（図表 2）。例えば、導電性高分子からなるナノシートを電極として用いることで、筋肉に力を入れたときに発生する電位測定が可能となります。従来の電極では、ゲル状の糊を用いて皮膚に取り付けるため、汗蒸れによる電極の脱落や糊による皮膚への違和感が生じてしまい、自然な動きの中での計測ができませんでした。ナノシート電極では、貼り付けていることが気にならないだけでなく、柔らかさを利用して身体の様々な部位に貼れるため、従来のゲル電極では測定しにくいような部位（手のひら・足の裏など）のデータも得られます²⁾。また、転写技術や分子集合技術を利用して、微細構造（微細溝・マイクロパターン・多孔質）をナノシートに付与し、細胞や薬剤を積載して運ぶ（移植する）“ナノカーペット”が開発されています³⁾。この時、薬剤の代わりに温度感受性色素を導入すれば、生体組織の発熱状態をマッピングする“ナノシート温度計”を作製することができます⁴⁾。

生体に適合し強い密着性を示すナノシートは、細胞・感受性色素・導電性インクなど様々なものを搭載するプラットフォームとしての高い拡張性をもっています。今後、デバイス工学や医療・バイオとの融合を深め、ナノシートを基材とした多様なウェアラブルデバイス、さらにはインプラントデバイスへの応用展開が期待されます。



図表 2 ナノシートのアプリケーション群 早稲田大学藤枝俊宣講師 ご提供資料

参考文献

1. T. Fujie, "Development of free-standing polymer nanosheets for advanced medical and health-care applications", Polym. J., **48**, 773 (2016)
- A. Zucca et al, "Roll to Roll Processing of Ultraconformable Conducting Polymer Nanosheets", ACS Appl. Mater. Interfaces, **3**, 6539 (2015)
2. T. Fujie et al, "Micropatterned Polymeric Nanosheets for Local Delivery of an Engineered Epithelial Monolayer", Adv. Mater., **26**, 1699 (2014)
3. T. Miyagawa et al, "Glue-Free Stacked Luminescent Nanosheets Enable High-Resolution Ratiometric Temperature Mapping in Living Small Animals", ACS Appl. Mater. Interfaces, **8**, 33377 (2017)

参考

- ・ 藤枝俊宣、「1A-SL2 生体計測・制御システムに向けたプリントナノ薄膜の創製」、第 39 回日本バイオマテリアル学会大会予稿集、p52 (2017 年、東京)
- ・ 早稲田大学高等研究所 HP、「カラダに馴染むナノシート～その特徴と応用～藤枝俊宣講師」
- ・ 中島潤、「“紙製”マイクロ流体デバイス」、KIDSASHI (2017.10)

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 患者に装着可能なウェアラブルセンサーやベッドサイドの高精度センサーを用いた、入院患者の転倒・転落につながる行動を 90%以上の精度で検知して直ちに看護・介護者へ注意喚起ができるシステム(2015 年:第 10 回)
- ・ 体内埋込み型デバイスにおいて、10 年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術(2010 年:第 9 回)

フィンランドの技術開発プロジェクト支援

初版投稿：2017/12/22，最新版投稿：2017/12/22

執筆者：栗林 美紀（主任研究官）

フィンランドの企業支援

フィンランドでは、スタートアップと投資家を結びつける Slush ¹ というイベントが年々活気を帯びており、2017 年 3 月に東京で開催された Slush も盛況でした。Slush は学生が中心となって運営しています。

さて、フィンランド政府は、スタートアップも巻き込み、未来を見据えた大きなプロジェクトを推進し、他国の企業も引き付けています。今回は、船舶無人運航システムのプロジェクトを例に取り、フィンランド政府が、いかに自国の持つリソースの活用を促進し、未来戦略を築いているかを紹介します。

自律無人船舶の開発

近年、船舶無人運航システムの開発が進んでいます。EU では、研究開発支援ファンドの枠組 FP7(The 7th Framework Programme)を受け、2012 年から、研究機関、企業、大学が共同で、MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks) プロジェクトを開始しました ²。

また米国では、国防総省内の DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) が、潜水艦の追跡等を目的にした高度なセンサーやレーダーを搭載した船舶無人運航システムの実証実験を進めており、2018 年には海軍にこのプログラムを移管する予定でいます ³。

日本においては、無人運航は、これまでボートサイズのものに限られ、探査機として海底地形調査、資源調査、放射能の測定などの開発・運用が進められてきました。船舶無人運航システムについては、海洋研究開発機構 (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, JAMSTEC) が、国土交通省の許可を得て運用試験を開始しています。

こうした中、世界に先駆けて自律無人船舶の商用化に向けた開発を進めているのがロールスロイス社 (英国) です。自律無人船舶において、質の高いオペレーションシステムを提供することを目指しています。

R&D 拠点として魅力的なフィンランド

フィンランド政府は、海運産業の国際競争力向上においても、輸送システムの IoT 化を促進しています。企業や研究機関の研究開発に対してファンディングを行っているフィンランド技術庁 (Tekes) は、ロールスロイス社などのグローバル企業からスタートアップ企業を含む産

業界、研究開発機関、政府機関の連携で、船舶無人運航システムに向けた技術開発を進めるプロジェクトの支援を行っています⁴。

ロールスロイス社は、MUNIN のプロジェクトにも参加し、船舶無人運航システムに関する予備調査の結果を示しています。一方で、船舶無人運航システムの陸の運用の制御拠点である技術開発センターをフィンランドのトゥルクに今年 2017 年にオープンする予定です⁶。ここに拠点を構える理由として、ロールスロイス社の Iiro Lindborg GM は、設備投資を低く抑えることができ、ヘルシンキにも近いこと、高度人材の確保が可能なこと（トップエキスパートが存在）、アプリケーションの開発基盤があることを挙げています。

ロールスロイス社では、船舶無人運航システムには、「認知」を重要な課題と捉え、カメラ、マシンナリー、安全/ハザードの検知に関する開発を進めています。このような開発には、様々な企業や研究機関の連携が必要であり、ロールスロイス社は、Tekes が支援するイノベーションのエコシステムを形成する手法なども導入し、協力関係、シェアリングを促進し、2020 年～2035 年のロードマップに向けて進めています。



船舶無人運航に向け開始したプロジェクト（出典： [Tekes のホームページ](#)）

さて、船舶無人運航システムには、法的な整備も求められます。フィンランド運輸局は、船舶無人運航システムにおける船の動きや状況を海員に知らせ、安全で効率的な航路をナビゲートすることができる洋上テストを 2017 年から 2 年間行うことにしています⁶。このようなテスト環境が整備されていることは船舶無人運航の実現に向け、重要なことです。フィンランドでは、政府省庁が連携して迅速に物事を進めることを推進しており、Tekes の Piia Moilanen プログラムマネージャーは「船舶無人運航の実現は、フィンランドの主要課題であるが、国際的な研究機関、企業、行政機関との連携によって成長していくことを私たちは確信している。」と話しています。

このようにチャレンジングなプロジェクトに関しても、開発基盤を整えるとともに、エコシステムの形成までサポートし、さらに政府省庁を超えて、規制に関しても試行できる状況を提供するフィンランドの取組は、未来社会の構築に貢献していくと思われます。

謝辞

本記事作成において、フィンランド Tekes の Piia Moilanen プログラムマネージャー、ロールスロイス社の Iiro Lindborg GM、Markus Laurine プロジェクトマネージャー、国立研究開発法人海洋研究開発機構海洋工学センター海洋基幹技術研究部の吉田弘部長にご教示いただきましたことに御礼申し上げます。

参考

- 1 Slush のホームページ
<http://www.slush.org/>
- 2 MUNIN – Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks
<http://www.unmanned-ship.org/munin/>
- 3 DARPA ,ACTUV Unmanned Vessel Helps TALONS Take Flight in Successful Joint Test
<http://www.darpa.mil/news-events/2016-10-24>
- 4 フィンランド大使館,フィンランドで自動運航船のビジネス・エコシステムが始動,2016.

<http://www.finland.or.jp/public/default.aspx?contentid=352357&nodeid=41206&culture=ja-JP>

- 5 Rolls-Royce, “Rolls-Royce announces investment in Research & Development for Ship Intelligence”, 2017.

<https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2017/08-03-2017-rr-announces-investment-in-research.aspx>

- 6 Ministry of Transport and Communications of Finland, “Testing of intelligent fairways, scheduled to begin next year”, 2016.
<https://www.lvm.fi/en/-/testing-of-intelligent-fairways-scheduled-to-begin-next-year>

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

無人の大洋航海が可能となる、人工衛星を利用した世界的航行管制システムが実用化される。(1982年：第3回調査)

船舶材料、エンジン等の信頼度の向上、リアルタイムモニタリングシステムの利用により、2年程度無保守で運航する高信頼度船が実用化される。(2001年：第7回調査)

大型輸送機器（船舶、鉄道、航空機等）の高信頼設計を可能とする、過去の事故・災害データや想定される気象災害シミュレーション結果等を用いた統合安全評価システム（2015年：第10回調査）

ソーシャルメディア上の大量画像を利用して人の行動などを分析

初版投稿：2017/10/30，最新版投稿：2017/10/31

執筆者：横尾 淑子（上席研究官）

ソーシャルメディアの広がりに伴い大量の画像が入手可能となり、データとしての利用価値が高まっています。ソーシャルメディア上の画像の多くはスマートフォンで撮影されているため、位置情報や時間情報を伴っていることが大きな強みになっています。撮影者が意識することなく付与されたこれらの情報が、有用な情報として分析対象となることもあり得ます。また、上述以外の情報（コメント、タグ、評価、フォロワー数など）の利用可能性も注目されます。

物体検出・認識技術の進展

画像分析には、深層学習（ディープラーニング）などを用いた物体検出・認識技術の進展が大きく寄与しています。この技術は、2010年代に大きな進展を見せました。2010年から開催されている画像認識コンテスト ILSVRC の 2012 年大会において、エラー率を一気に 10%減少させた手法 CNN（畳み込みニューラルネットワーク）が発表され、注目を集めました¹⁾。2014年には、既存手法を用いて物体候補領域を切り出した後に CNN を利用して物体認識を行う R-CNN が開発され、それ以降も、新たな物体検出手法を組み込むなど高精度化・高速化を目指して新しい手法が毎年続々と発表されています。また、ピクセル単位で物体を認識するセグメンテーション手法を用いた FCN（全層畳み込みネットワーク）の開発により入力画像サイズの制限をなくすなどの発展も見られます。

こうした画像の中の物体に着目した分析の一方、画像全体をシーンとして捉える研究も進んでいます。Places²⁾ は、米国 MIT コンピュータサイエンス・人工知能研究所が 2015 年に立ち上げたシーン認識データベースです。シーン認識のための Places-CNNs やデータベースなどを公開するとともに、Places Challenge 2017 コンテストを COCO (Microsoft Common Objects in Context) と共同で開催しました。

今後に向けては、動画認識技術の動向も注目されます。Google DeepMind は、人間の動作 400 種類（1 種類に 400 以上のビデオクリップ）を含む Kinetics Human Dataset³⁾ を公開しています。

画像データ利用の事例

・ ファッション産業への応用

商品ラインナップ（マーチャンダイジング）の形成と在庫管理が大きな課題であるファッション業界では、人工知能を利用したトレンド予測や消費者の嗜好把握に大きな期待が寄せられています。

好みの商品やコーディネートを薦めるシステムや類似商品を探すシステムなどの消費者向けサービスはすでに社会で利用されていますが、近年、世界のファッショントレンド把握を目指した研究も行われています。例えば、7600 万枚からなる大規模画像データベースを構築して場所別・時間別のトレンド分析を行った研究⁴⁾では、図 1 に示すように、東京と香港は他の都市とは異なる特徴を持つことなどを示しました。ここで用いたデータセットは、1 億枚の画像セット (YFCC100M) から抽出した世界 16 都市 7600 万枚の画像、それらから Faster R-CNN を用いて人物を切り出した画像、タグ情報（タイムスタンプ、位置情報）が含まれており、従来の代表的なデータベースと比べ 100 倍の規模です（現在、公開準備中⁵⁾）。

その他の分析事例として、画像構成（上半身、全身、物のみ等）を CNN によりパタン分けし、その評価やコメント情報から嗜好を把握⁶⁾するなど、画像認識とその他のデータを合わせた研究も見られます。

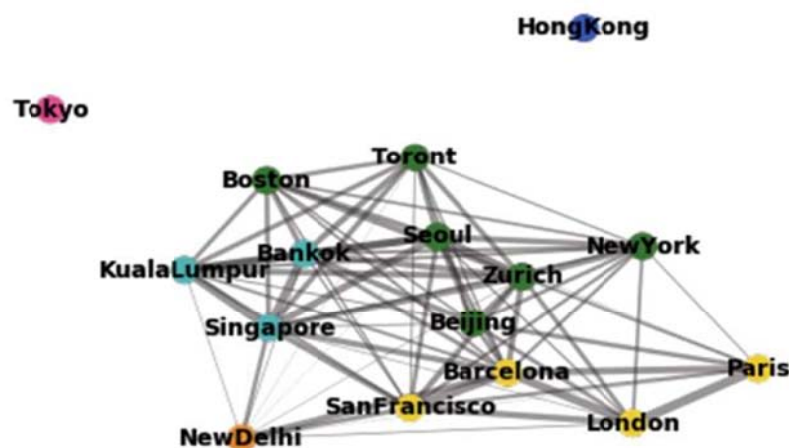


図 1：都市の類似性⁴⁾

・ 人間・社会についての研究

ソーシャルネットワーク上の画像データは、個人や集団に関する研究の可能性も広げています。例えば、米国コーネル大学では、44 都市の 1 億枚の画像データを取得し、CNN を用いてそのうちの 1450 万枚を対象に服装の色合いやスカーフ・帽子着用等を分析、都市を特徴づける研究が行われています⁷⁾。また米国スタンフォード大学では、200 都市 5000 万枚の Google ストリートビューから切り出した自動車画像を用いて CNN により車種を特定し、ロジスティック回帰モデルに従って車種から人口統計データ（人種、教育、投票行動等）を推計する研究事例が見られます⁸⁾。

一方、画像認識技術は関与しませんが、画像の作成や加工の状況、画像の共有状況を基にした研究も見られます⁹⁾。例えば、画像の明るさや色調、掲載タイミング、フィルター使用有無などの情報から、地域の特徴分析やうつ病歴のある者の特徴分析を行った研究、また、特定の都市の画像に焦点を当て、それらへのコメントやフォロワー数等を基にコミュニティの分析を行った研究などもあります。

画像データ利用の可能性

今後データ蓄積が進めば、時系列分析も可能となります。また、イベント・祭事、建造物・住宅、料理など、生活を構成する様々な文化的・社会的要素の分析に利用できるようになるかもしれません。静止画像だけでなく動画も分析対象に加われば、可能性はさらに広がります。

こうしたメリットの一方、ソーシャルメディアで流通している画像データは全世界の均等なサンプリングではない事に留意が必要です。スマートフォンが浸透していない地域もあり、データには人種的・文化的に大きなバイアスが存在すると推測されます。そのため、現在利用可能なデータを基に得られた結果には上述のバイアスが含まれており公平性に欠くという指摘があります。また、個人がソーシャルメディアに掲載した情報の中には、人工知能アルゴリズムにより、本人が対外的に公表することを意図していなかったパーソナルデータが特定されてしまう可能性もあります。データ取得及び利用に伴う倫理的問題も考慮する必要があります。

出典

- 1) ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge 2012 (ILSVRC2012)
<http://image-net.org/challenges/LSVRC/2012/results.html>
- 2) Places: <http://places.csail.mit.edu/>
- 3) Will Kay et al. The Kinetics Human Action Video Dataset. arXiv: 1705.06950v1 (2017)
- 4) Kaori Abe, Teppei Suzuki, Shunya Ueta, Akio Nakamura, Yutaka Satoh, Hirokatsu Kataoka. Changing Fashion Cultures. arXiv: 1703.07920v1 (2017)
- 5) cvpaper.challenge に公開情報を掲載予定
- 6) Yu-I Ha, Sejoeng Kwon, Meeyoung Cha, Jungseock Joo. Fashion Conversation Data on Instagram. arXiv: 1704.04137v1 (2017)
- 7) Kevin Matzen, Kavita Bata, Noah Snavely. StreetStyle: Exploring World-wide Clothing Styles from Millions of Photos. arXiv: 1706.01869v1 (2017)
- 8) Timnit Gebru et al. Using Deep Learning and Google Street View to Estimate the Demographic Makeup of the US. arXiv: 1702.066683v2 (2017)
- 9) 例えば、Nadav Hochman, Raz Schwafits. Visualizing Instagram: Tracing Cultural Visual Rhythms. AAAI Technical Report WS-12-03 Social Media Visualization (2012)、Andrew G Reece, Chirstopher M Danforth. Instagram Photos Reveal Predictive Markers of Depression. EPJ Data Science (2017) 6:15、John D. Boy, Justus Uitermark. How to Study the City on Instagram. PLOS ONE 11(6): e0158161 (2016)、など

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

SNSなどのソーシャルメディアのデータを分析し、行動予測するシステム（例：犯罪予測や消費者の購買行動予測）（2015年：第10回調査）

個性的で自己実現を可能とするような、コンピュータによる衣服の選定が実用化する（1971年：第1回調査）

コンピュータによる適確なファッション予測が可能となる（1971年：第1回調査）

ロボットクラウドによる再現性が高く効率の良い生物学実験環境の可能性

初版投稿：2017/10/25，最新版投稿：2017/10/30

執筆者：林 和弘（上席研究官）

Robotic Crowd/Cloud Biology Laboratory (RCBL)

生物学の実験は多数のロボットが働く実験所にお任せして、再現性の高い研究を効率よく行える日が来るかもしれません。

これは、Robotic Crowd/Cloud Biology Laboratory(RCBL)として Robotic Biology Consortium より提唱されたものです。東京大学先端科学技術研究センターの谷内江望准教授（合成生物学分野）の研究チーム、産業技術総合研究所、理化学研究所、ロボティック・バイオロジー・インスティテュート社ら国内外 30 機関の研究者及び技術者ら約 60 名が国際コンソーシアムとして立ち上げ、RCBL の実現に向けて活動しています¹⁾²⁾。

汎用ヒト型ロボットを用いた生産性の高いクラウド実験環境

RCBL では、実験を行うロボット (LabDroid) が多数存在するクラウド環境を用意し、複数の研究者が、LabDroid を共有しながら効率よく再現性の高い実験を行える環境を構築します。LabDroid として想定しているのは、産業技術総合研究所創薬分子プロファイリング研究センターを中心に開発された汎用ヒト型ロボット「まほろ」です³⁾。人の腕の動きを精密に再現する生命科学実験用ロボットであり、ロボットによる実験作業の平準化を行います。LabDroid を増やして共有することで、実験の生産性が向上し、効率の良い運用が可能となります。RCBL の環境が整えば、各々の研究者は実験書 (protocol) を RCBL に送ることで実験が効率よく行われ、他の研究者による追試も行いやすくなります。ロボットを活用することは、HIV やエボラ出血熱など、人間が心理的に扱いにくい研究を効率よく進めることも可能にします²⁾。

研究論文の再現性の改善と Lab-less Research

生物学論文の再現性はかねてより問題になっています。過去 15 年間の生物医学系の学術論文を抽出して調べたところ、再現性を確認するための手法が十分に書かれていないなど、ほぼすべてに欠陥があったとする分析結果報告⁴⁾もあります。これまで、実験プロセスを記述するための記法は定義されておらず、実験手順の解釈に幅が生まれていたため、実験者によって結果のばらつきが起ころえました。LabDroid とやりとりする実験書の記法が整うことでこれらの問題の改善が見込まれます。今後研究者によっては実験書のやりとりだけで研究を進めることも想定されています。(Lab-less Research)

オープンサイエンス政策では ICT の活用による新しい研究スタイルの出現も期待されており⁵⁾、RCBL の実現性可能性を含めて今後に注目が集まります。

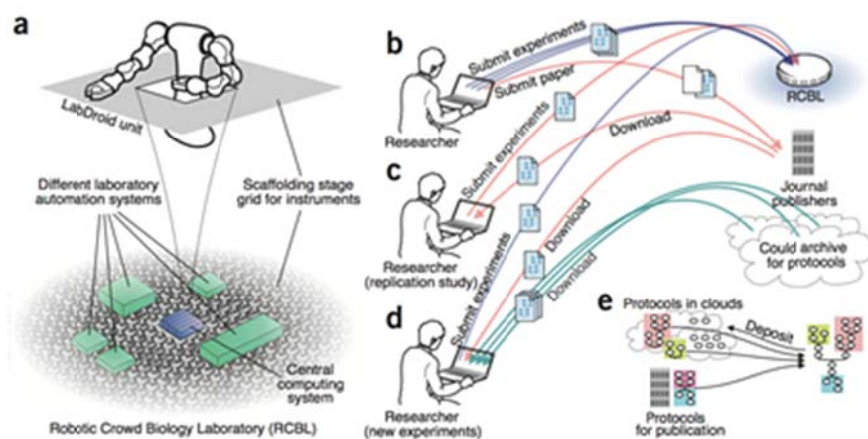


図 RCBL と Lab-less Research の概念図（出典 参考文献 1）

出典

- 1) <http://www.nature.com/nbt/journal/v35/n4/full/nbt....>
- 2) <http://www.rcast.u-tokyo.ac.jp/research/report/201...>
- 3) <https://www.ibm.com/think/jp-ja/watson/yasukawa-el...>
- 4) <https://doi.org/10.1038/533452a>
- 5) <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/open-digital-science-final-study-report>

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 厨房における調理業務のうち 20 種類以上のメニューに対応し、8 割以上の作業を代替してくれるロボットが開発される（2015 年第 10 回）
- ・ 工事現場で人の代わりに働く知能ロボット（2015 年第 10 回）
- ・ 農作業を完全自動化するロボット技術（2015 年第 10 回）

“紙製”マイクロ流体デバイス

初版投稿：2017/10/23，最新版投稿：2017/10/25

執筆者：中島 潤（特別研究員）

化学分析などを行う流体デバイスを紙で作る

化学物質の検出、反応や分離など様々な化学操作を小さなチップ上で複数同時に行って化学分析ができる流体デバイスであるマイクロ流体チップの研究が長年広く進められています。

2007 年、MIT の Whitesides 教授らのグループが、ろ紙上に数百マイクロメートルから数ミリメートル程度の流路を作製し、フロー分析に利用する“紙製”のマイクロ流体デバイスのコンセプトを提唱し、microfluidic paper-based analytical device(μ PADs)と命名しました¹⁾。以降日米を中心に様々な μ PADs 関連の研究が進められています。元々分析化学系の研究者が中心となって、紙製の分析デバイス上でどのような成分を分析できるかといった研究を中心に進められていましたが、最近では紙に直接描画可能な導電物質を活用するなど、測定方法や活用シーンの拡大が見込まれています。

“紙製”であることの意義

通常のマイクロ流体チップは、主に半導体製造装置等の専用の製造装置を使用し、微細加工技術などから高性能・高精度のチップを目指すという方向性が主流ですが、紙製のマイクロ流体チップは、紙という素材の特徴を活かし、より安価で簡便な分析デバイスを目指した研究が多く見られます。製造方法としては、特別な製造装置を用いずに一般販売されているインクジェットプリンターを活用したり(図 1)、操作も簡便となるようシンプルに、かつ電源不要もしくはスマートフォンを電源や計測デバイスとするなど、持ち運びの容易さも特徴と言えます。

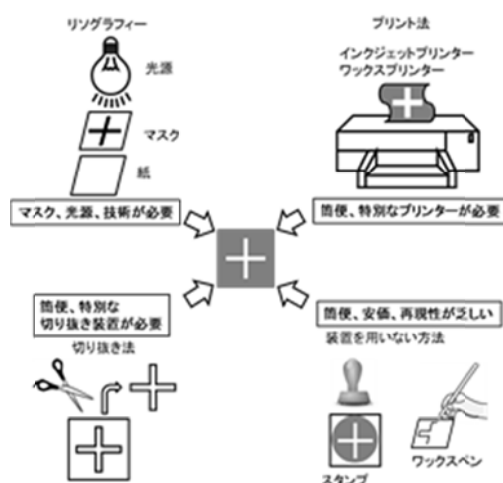


図 1：紙製マイクロ流体デバイス作製法の概略²⁾（岡山大学 金田隆教授より提供）

図 2 は、実際に海水をサンプル溶液に用いた μ PADs³⁾ で、デバイスの中心に溶液を滴下し、 Ca^{2+} と Mg^{2+} の濃度測定によって水の硬度を分析したものです。このような屋外でのフィールドワークによる測定であれば、 μ PADs を持参することで現地でのリアルタイム検査が実現できます。また海外などの遠隔地で行う場合は μ PADs を郵送して協力者に測定を行ってもらうなど、紙製であることの特徴を活かしてより柔軟に、迅速に研究を進めることが可能となります。

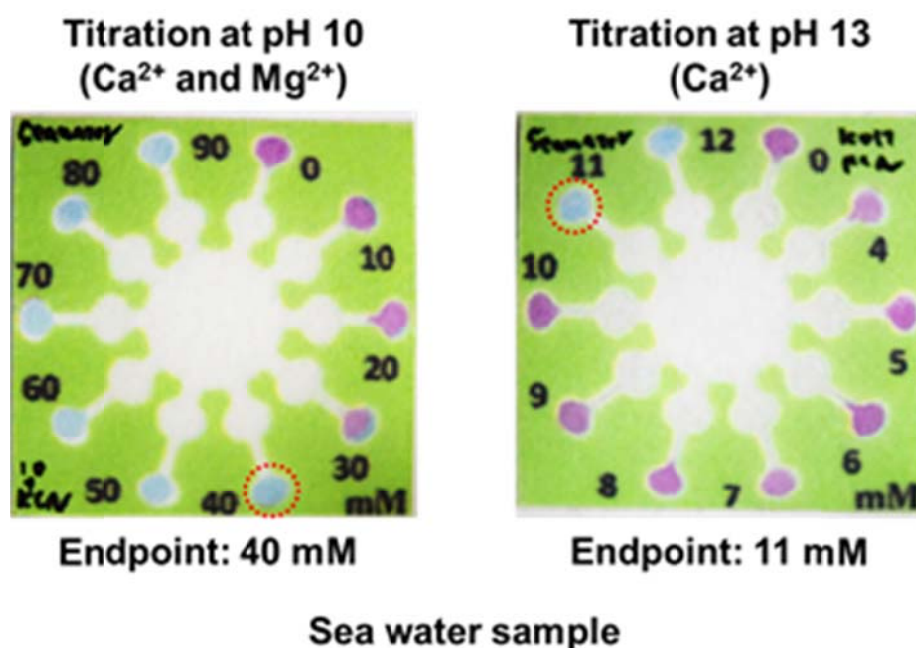


図 2：紙製マイクロ流体デバイスのサンプル

また、図 3 は近年製品化された紙に直接描画可能な導電物質⁴⁾⁵⁾⁶⁾を使用し、 μ PAD 上に電子回路をインクジェットプリンター等でプリントし、ヒーター機能を追加したものです。ヒーター機能を活用して流路の溶液を蒸発させることで溶液の浸透を一旦停止させるストップバルブを設けたり、溶液を濃縮させるなど、新たな測定方法も提案されています⁷⁾。

“紙製”マイクロ流体デバイスの実用化に向けて

現在は、分析する対象や分析手法の拡大など μ PADs 自体の研究や、持ち運びが容易な分析デバイスとして様々な研究活動の中で活用されることが中心のようです。

今後は、例えば感染症への感染有無を医療機関で検査する前に家庭で簡易的に調べるなどの医療面での活用、水質・空質・土壌汚染などの環境調査への活用など、“紙製”の安価、簡便に検査できるという特徴を活かし、特定のニーズと研究内容をうまくマッチさせることで、様々

な形で製品化・社会実装が進む可能性が考えられます。特に医療インフラの整っていない開発途上国では安価、簡便な検査という観点は大変重要であり、社会貢献の面でも期待されます。

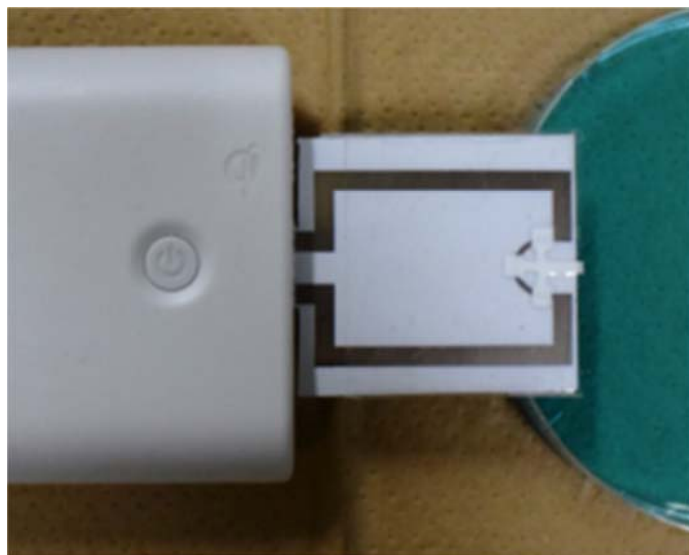


図 3: μ PADs 上に電子回路をプリントした分析デバイスを USB ポートに差し込んでヒーター機能を活用(名古屋大学 松田佑准教授より提供)

謝辞

本記事を執筆するにあたり、岡山大学大学院自然科学研究科 金田隆教授、名古屋大学未来材料・システム研究所システム創生部門 松田佑准教授には研究内容や動向について詳しくご教示頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

1. A.W.Martinez, S.T.Phillips, M.J.Butte, G.M.Whitesides, “Patterned Paper as a Platform for Inexpensive, Low-Volume, Portable Bioassays”, *Angewandte Chemie*, 2007, 46, 1318-1320
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ange.200603817/full>
2. 金田 隆, ”マイクロ流路ペーパー分析デバイスの作製法”, *ぶんせき*, 2015, 11, 499-500
<http://www.jsac.or.jp/bunseki/201511.html>
3. Shingo Karita; Takashi Kaneta; “Chelate titrations of Ca^{2+} and Mg^{2+} using microfluidic paper-based analytical devices” *Analytica Chimica Acta*, 2016, 924, 60-67.
<https://doi.org/10.1016/j.aca.2016.04.019>
4. Yoshihiko Kawahara et al., “Building Functional Prototypes Using Conductive Inkjet Printing”, *IEEE Pervasive Computing*, 2014, 13, 30 – 38 <https://doi.org/10.1109/MPRV.2014.41>
5. エレファントック株式会社 HP: <https://www.elephantech.co.jp/>
6. Bare Conductive 社 HP: <https://www.bareconductive.com>
7. Yu Matsuda et al., ” Electric Conductive Pattern Element Fabricated Using Commercial Inkjet Printer for Paper-Based Analytical Devices”, *Analytical Chemistry*, 2015, 87 (11), 5762–5765
<https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b01568>

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 原料農作物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム (2015 年：第 10 回)

「ポストトゥルース」時代の科学コミュニケーション

—米国における科学への理解確保に向けた社会への働きかけの方向性—

初版投稿：2017/09/12，最新版投稿：2017/10/18

執筆者：白川 展之（主任研究官）

科学の重要性を世界に訴える活動「March-for-Science」

事実よりも感情が世論形成に影響をもたらす風潮「ポストトゥルース（Post-truth）※」の中で、米国の科学関連団体や個人を含めたアカデミックコミュニティでは、科学の重要性を直接社会に訴える活動「March-for-Science」を始めました。この活動は、地球環境を考える「アースデー」に合わせて始まり、2017年4月22日に科学技術の重要性を広く公衆に訴えかけるデモ行進が世界各地で行われ、地球温暖化対策などへの見直し姿勢を見せる米国のトランプ政権に批判の声を上げるものとして日本でもニュースになりました。

反科学的な社会的風潮と科学コミュニティの対応

科学に対し無関心かつ無理解なトランプ政権への移行などをきっかけに科学者コミュニティの側から始まった「March-for-Science」ですが、個別の科学技術分野ごとにボトムアップの意思決定が一般的な米国で科学者・技術者によって草の根的に科学研究一般の重要性を訴える活動が呼びかけられるのは、米国の科学政策に詳しい識者や研究助成機関の人によると珍しいことだそうです。

こうした活動の中心となっている組織の全体像を簡単に説明するのは難しいですが、研究者のみならず科学政策に関するステークホルダーが草の根的に個人の立場で参加しているようです。また、全米科学振興協会（AAAS）をはじめ、大学協会など個人の範囲を超えた科学政策関係の深い団体が支持を表明しています。この活動の基礎となった組織・活動には、AAASの総編集長 CEO Rush Holt 氏が創始した Be a Force for Scienceをはじめ、運動組織を標ぼうする組織としては、米国における科学者・技術者の政策形成への参画を進めることを目的とする組織として ESEP（Engaging Scientists & Engineers in Policy (ESEP) Coalition）といった組織があります。

科学への市民参加と科学者・技術者の意識改革

科学研究に普段縁がない人々に理解と共感の輪を拡げようとするこうした取り組みは、社会からの理解があって研究が推進できるということへの科学者・技術者側からの科学への理解確保に向けた意識改革の動きともいえます。ここでは、等身大の問題意識を人々と共有するうえで自身の研究の面白さなどを等身大で伝えるストーリーテリングの重要性が意識されています。

加えて、注目すべきなのは、一過性のイベントにとどめることなくこうした活動を持続的にしていくにはどうすればよいかが意識され、さらに議論が続いていることです。こうした活動を通じて科学への理解確保に向けた社会への働きかけが進むと、科学への市民参加

(public-engagement) を通じたオープンサイエンスを促進することにもつながり、新たな科学の発展をもたらすきっかけになるかもしれません。

- ポストトゥルス(Post-truth): 客観的な事実が、感情や個人的な信念に訴えることよりも、世論の形成にあまり影響を与えない状況に関連していることを指す言葉。

出典: <https://en.oxforddictionaries.com/word-of-the-year/word-of-the-year-2016>

慢性の痛みの解決に向けた神経科学の進展

初版投稿：2017/09/04，最新版投稿：2017/10/18

執筆者：重茂 浩美（上席研究官）

事故で怪我を負った後、怪我が治っても痛みが長期にわたり続く場合があります。時には、通常では痛みを感じないごくわずかの刺激、例えば、ほんの少し触れただけでも強い痛みとして感じる場合もあります。こうした異常な痛みが何故生じるのかは、ほとんど明らかにされていませんでした。しかし、近年の神経科学の発展により、そのメカニズムが徐々に明らかにされつつあります。このため、異常な痛みの予防や新しい治療法につながることで期待されています。

慢性の痛みと感覚異常

痛みは、身体の異常を知らせる警告反応として重要な役割を果たす一方、不快な症状として日常生活に支障をきたし、生活の質を低下させる要因にもなります。その類型も経過・時間により急性と慢性の痛みとに分けられます。一般的に、3ヶ月、または6ヶ月以上続く場合は慢性の痛みとされます。慢性の痛みを抱えている人は多く、これまでの実態調査によると、わが国では全成人の22.5%、推計患者数は2,315万人と報告されています¹⁾。

痛みの原因は、がんやリウマチなどの疾患から複合的な症候群まで多種多様です（以下、疾患等）。疾患等や事故による怪我などにより末梢の神経が傷つくと、その傷が治っても慢性の痛みが続く場合があります。通常では痛みを感じないごくわずかの刺激、例えば、ほんの少し触れただけでも強い痛みを感じてしまう異痛症（以下、アロディニア）になってしまうこともあります。アロディニアでは、一般の消炎鎮痛薬や慢性の痛みの薬であるモルヒネやプレガバリン、ガバペンチンなどが効かない場合が多く、臨床医療の現場においては治療が最も困難な病態の一つとされています。なお、アロディニアと似た症状として痛覚過敏がありますが、通常痛みを感じる刺激の場合により強い痛みを感じるという点がアロディニアと異なります。

慢性の痛みに対する我が国の取り組み

慢性の痛みの原因や程度は様々なので、がんやリウマチといった疾患等別、いわゆる原因別に痛み対策を講じるだけではなく、痛みという症状自体にも着目して横断的に対策を講じるべきだという考えが主流になっています²⁾。我が国でも、慢性の痛みに対して国家的に取り組みが進められてきました。その一環として、国立研究開発法人日本医療研究開発機構（以下、AMED）では、慢性の痛みに関する基礎研究から臨床研究まで幅広い研究開発課題を支援しています。先端的研究開発により医薬や医療機器などのシーズの創出を目指す「革新的先端研究開発支援事業」（以下、AMED-CREST）³⁾、痛みの実態調査や評価法の開発などを通じて病態の解明や治療法の開発に取り組む「慢性の痛み解明研究事業」¹⁾などの事業が実施されています。

神経科学によりアロディニアにおける脳内の変化が明らかになる－慢性の痛みのメカ

ニズム解明や予防・治療法の開発へ前進－

末梢の神経が傷つくと、その傷ついた箇所から脊髄を通じて脳の外側に位置する大脳皮質へと電気信号が送られ、痛みや触れる感覚が生じます。このため、慢性の痛みに関しては、脊髄と脳の双方を解析する必要がありますが、これまでの国内外の研究では脳を解析する方法が限られていたので、主に脊髄を対象にした研究がほとんどでした。

これまでの研究に一石を投じる成果が、2016年4月に日本の研究チームから出されました^{4)、5)、6)}。これは、2009年度に設定された文部科学省の研究開発目標「神経細胞ネットワークの形成・動作の制御機構の解明」に基づいて進められたAMED—CRESTの研究チームの成果です^{7)、8)}。

研究チームでは、末梢の神経を傷つけてアロディニアの症状を再現したマウスを用意し、2光子吸収過程を利用した蛍光顕微鏡を用いて、生きたままで脳の微細構造を観察する方法（以下、2光子励起顕微鏡法、脚注を参照）を採用しました。すると、痛みや触れる感覚に関係する大脳皮質において神経細胞同士のつながりが変化していることがわかり、その結果、ほんの少し触れただけで強い痛みが生じることを世界で初めて明らかにしました（詳細は図表1～2を参照のこと）。さらにその現象は、神経細胞の周りに存在するアストロサイトという細胞の活動が亢進することによって生じることを示したのです。アストロサイトの活動を阻害すると痛みが軽減することからも、痛みとアストロサイトの関係が明らかになりました。

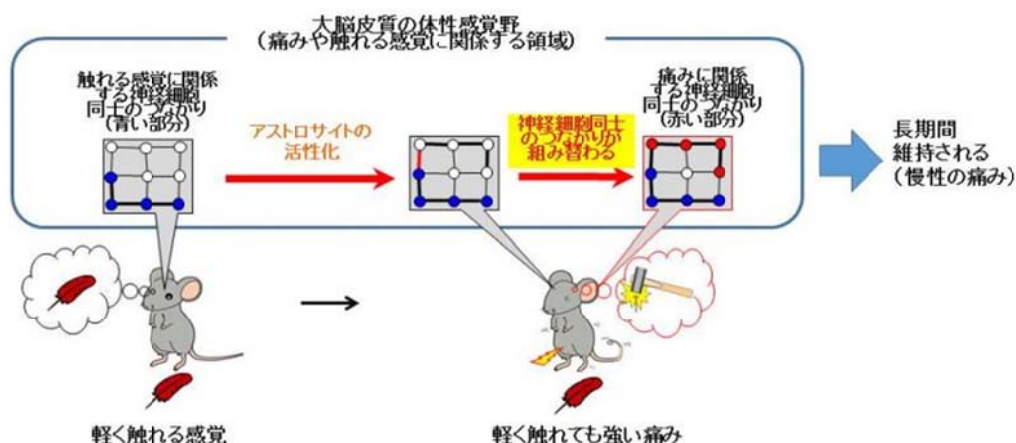
新しい実験手法「2光子励起顕微鏡法」による成果

こうした画期的な研究成果が得られた一つの要因として、2光子励起顕微鏡法という新しい実験手法の存在があります。これまでの神経科学では、マクロなレベルでのイメージング手法としてPET（陽電子放射断層撮影）、SPECT（単一光子放射断層撮影）やfMRI（機能的磁気共鳴画像法）が利用されてきました。一方、ミクロなレベルでは、電気生理学的な手法である微小電極法やパッチクランプ法を用いた研究が従来の主流でした。そこに、レーザ技術の進歩に伴い、イメージング手法である2光子励起顕微鏡法が利用されるようになったのです。2光子励起法自体は、神経科学に応用されてからあまり時間が経っておらず、生きた動物の脳のやや深部における微細構造を観察するうえで有効な手法であるため、今後は新しい実験手法としてさらに応用が進むものと期待されています。

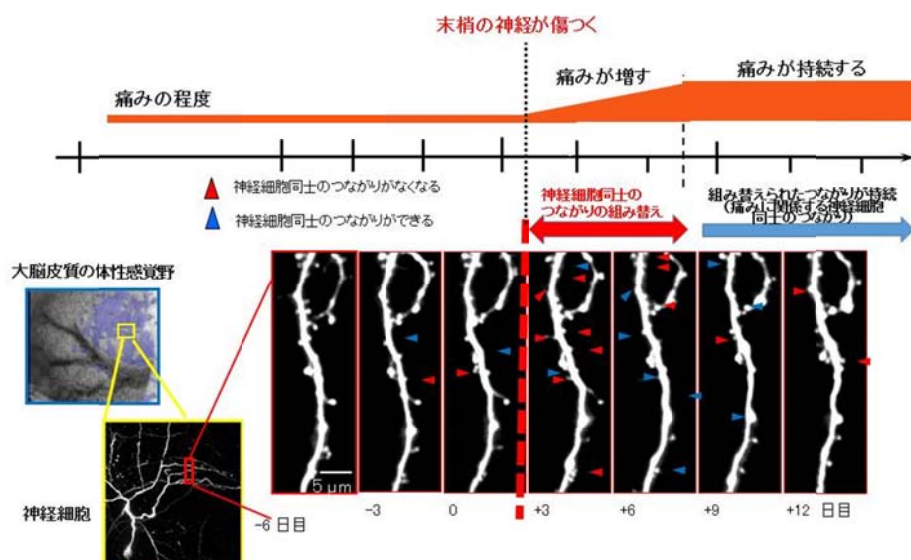
今後の研究の方向性と課題

今回紹介したAMED-CRESTの成果例にみると、慢性の痛みの研究に関しては、原因となる種々の疾患等や怪我に関する病態の研究（疾患研究）と、末梢の神経から脊髄、脳に至るまでの一連の神経の経路を解析できる神経科学とをつなぐ横断的なアプローチの研究が重要だといえ

ます。加えて、慢性の痛みに関する研究に限ったことではありませんが、2光子励起顕微鏡法のような新しい実験手法を積極的に取り入れることが新発見・成果を得る上で重要なことともわかります。近年の神経科学では、光遺伝学、化学遺伝学、磁気遺伝学といった特定の神経の活動を人為的にコントロールする新しい手法も導入されています。これらの新しい技術や実験手法を活用できるような基盤整備は、科学技術・イノベーション政策上の重要な課題といえるでしょう。



図表 1. アロディニアの症状を再現したマウスにおける脳内の変化イメージ



図表 2. 2光子励起顕微鏡法による観察像

図表 1、2 共に、大学共同利用機関法人自然科学研究機構生理学研究so 鍋倉淳一氏、山梨大学 小泉修一氏より提供

出典

- 1) AMED、慢性の痛み解明研究事業、
<http://www.amed.go.jp/content/files/jp/koubo/01052...>
- 2) 厚生労働省「慢性の痛みに関する検討会」、今後の慢性の痛み対策について、平成 22 年 9 月
- 3) AMED、革新的先端研究開発支援事業、
<http://www.amed.go.jp/program/list/04/02/023.html>
- 4) AMED、平成 28 年度研究事業成果集、「慢性疼痛のメカニズムを解明」
- 5) 大学共同利用機関法人自然科学研究機構生理学研究所、2016 年 4 月 13 日付プレスリリース「末梢神経損傷によって未熟化した神経膠細胞（グリア細胞）が難治性慢性疼痛を起こす脳内回路を作る－難治性慢性疼痛の予防・治療に期待－」、http://www.nips.ac.jp/release/2016/04/post_318.htm...
- 6) Kim SK et al., Cortical astrocytes rewire somatosensory cortical circuits for peripheral neuropathic pain. Journal of Clinical Investigation, 2016 May 2; 26(5): 983-97. doi: 10.1172/JCI82859. Epub 2016 Apr 11.
- 7) 文部科学省、平成 21 年度戦略目標、神経細胞ネットワークの形成・動作の制御機構の解明
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/02/attach/1...
- 8) AMED、脳神経回路の形成・動作原理の解明と制御技術の創出（終了領域）、
http://www.amed.go.jp/program/list/04/02/023_05.ht...

用語解説： 2 光子励起法

自然には起こらない現象として「2 つの光子を同時に蛍光物質に与えて蛍光を起こす」方法という。「フェムト秒パルスレーザー」という超短時間(千兆分の 1 から十兆分の 1 秒)のみエネルギーをもつ特殊なレーザーを使い、加えて、そのレーザーをレンズでうまくコントロールして観察の対象に当てることにより、2 光子励起状態となる。2 光子吸収は焦点のみで起きるため、自動的に共焦点効果を得ることができ、3 次元の撮像が可能である。画像は、レーザーを走査することで得られる。2 光子励起法では、生体組織の透過性に優れる近赤外光レーザーを用いるため、組織表面から数百マイクロメートルの深部を少ないダメージで観察できる。このため、生きた動物の脳内で起こっている神経細胞の活動や血流などの観察が可能である。

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 慢性疼痛の病態解明による分子標的薬の開発（2015 年：第 10 回調査）
 - ・ 疼痛に対する無害で安全なコントロール法が普及する（2001 年：第 7 回調査）
 - ・ 疼痛に対する無害で安全なコントロール法が実用化される（1997 年：第 6 回調査）
 - ・ 疼痛に対して無害で安全なコントロールが実用化される（1992 年：第 5 回調査）
- 更にさかのぼると、1987 年の第 4 回、1982 年の第 3 回、1971 年の第 1 回の調査でも、上記と同様の「疼痛」に関するトピックが掲げられています。

石で作る紙代替製品 ～水の使用量削減など持続可能な社会に貢献する新素材～

初版投稿：2017/08/29

執筆者：中島 潤（特別研究員）

紙の代替となる可能性を秘めた新素材の開発

2015 年 9 月、国際連合の国連持続可能な開発サミットにて、持続可能な開発目標(SDGs)¹⁾ が採択されました。この SDGs には 17 のグローバル目標が掲げられていますが、そのうちの一つに「すべての人々に水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保する」という目標があります。世界では未だ水へのアクセスが困難な方が多く、また人口増加に伴う衛生的な水の不足も大きな問題となっています。限られた資源である水の使用量をいかに減らすかが重大な社会的ニーズになっていると考えられます。

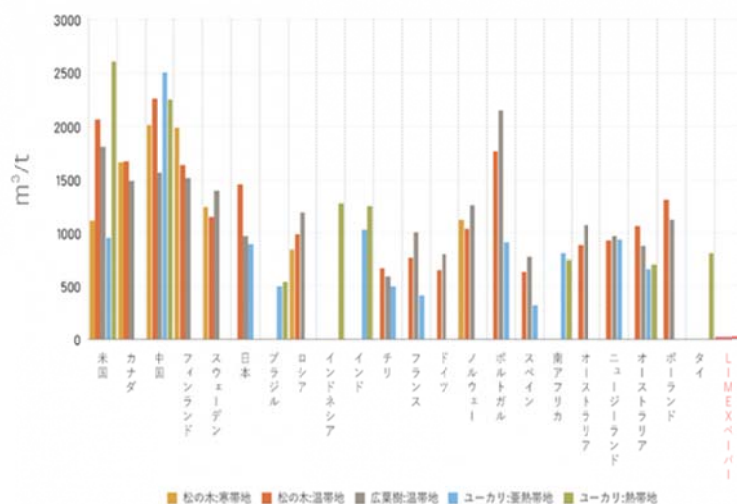
SDGs にも掲げられた、この水の使用量削減という社会的ニーズに対応すべく、株式会社 TBM（以下、TBM）では紙の代替素材となる可能性を秘めた LIMEX(ライメックス)という製品を開発しました。この製品は、石灰石 60%以上を含んだ素材でありながら、紙の代替品となり得る性質を持っています。石灰石を主原料とした紙の代替品、いわゆるストーンペーパーは Taiwan Lung Meng Technology Co.,Ltd.²⁾ 等で既に製品化、販売実績もあるものの、TBM はより高品質かつ安価での製造を実現するため、製造工程など新たに自社開発し製品化を進めています。

一般的に紙の製造には大量の水を必要としますが、LIMEX は、製造過程において水をほとんど使いません。また国立大学法人東京大学 生産技術研究所 沖研究室との共同研究を通じ、原材料調達から製品化までのライフサイクルアセスメント（LCA）評価でも一般的な洋紙と比較して水の使用量を大幅に減らせることを公表しています（図表 1）³⁾。石灰石自体も日本国内において約 240 億トン、世界各地でも十分な埋蔵量が確認されており、水の使用量削減、素材採掘等、SDGs で掲げられている持続可能というコンセプトを実現可能な新素材として期待されます。

紙の代替品としての製品化に向けた課題

現在、既に名刺、メニュー表、容器類など一部の製品分野で実用化が進んでいますが、更なる販売量の拡大に向けてキーとなるのが素材を均一に混ぜる技術と、混ぜた素材の塊を均一に延ばしてシート状に加工する技術です。ノートのように私たちが普段何気なく使用している紙製品は約 80～100 マイクロメートル(μm)の厚みです。現時点 LIMEX では粉末石灰にポリエチレンなどを混ぜ、圧力をかけて押し出したものをシート状に引き伸ばす方法で、約 200 マイクロメートルで十分均一な厚さを保つ技術を実現しており、名刺や広告用ポスターなど少し厚みがありかつ高価な紙製品の代替としての製品化が進められています（図表 2）。

一方、ひとことで紙製品と言っても様々な用途・製品があるため、今後は撥水性など石灰石をベースとした素材の特長を活かしつつ、技術革新を重ねることで付加価値を高めると共に、インクジェットプリンター等のより汎用性の高い印刷機器へも対応させるなど、競争力を高めていくことが重要と考えられます。



図表 1：主要な産地別における洋紙と LIMEX 紙代替製品の水消費量比較
(LIMEX 紙代替製品の水消費量は 20m³/t)



図表 2：紙の代替製品の事例（株式会社 TBM より提供）

今後の量産、用途拡大に向けて

紙以外ではプラスチック製品の代替品（図表 3）や全く新しい用途拡大に向けた研究開発も進められています。石灰石の組成や素材としての原理解明、加工法など学術的な研究活動の広がりと共に、セラミックなどより高付加価値な製品の代替、更には今まで考えられなかった全く新しい組成・用途が見つかる可能性を秘めています。



図表 3：プラスチックの代替製品の事例（株式会社 TBM より提供）

2016 年 11 月には凸版印刷株式会社と TBM の間で LIMEX の用途開発に関する業務提携が発表されました⁴⁾。また、経済産業省のイノベーション拠点立地推進事業「先端技術実証・評価設備整備費等補助金」⁵⁾ 及び「津波・原子力災害被災地域雇用創出企業立地補助金（製造業等立地支援事業）」⁶⁾ の採択を受け、量産工場の建設も進んでいます。

今後、このような業務提携や政策による支援など、広く産学官を巻き込んだオープンイノベーションを進めていくことで、日本発のスタートアップが保有するシーズを、より広い意味で産業化し、グローバルに新たなイノベーションを起こしていく取り組みが期待されます。

出典

- ・ 国際連合広報センタープレスリリース：持続可能な開発のための 2030 アジェンダ採択 -- 持続可能な開発目標ファクトシート http://www.unic.or.jp/news_press/features_backgrounders/15775/
- ・ Taiwan Lung Meng Technology Co., HP：<http://www.taiwanlm.com/>
- ・ 株式会社 TBM HP：LIMEX のライフサイクルアセスメント(LCA) <https://tb-m.com/about/lca/>
- ・ 凸版印刷株式会社 HP：2016 年 11 月 25 日付ニュースリリース http://www.toppan.co.jp/news/2016/11/newsrelease161125_1.html
- ・ みずほ情報総研（経済産業省当該事業事務局）HP：「先端技術実証・評価設備整備費等補助金」概要 <https://www.mizuho-ir.co.jp/topics/inov-office/index.html>
- ・ みずほ情報総研（経済産業省当該事業事務局）HP：津波・原子力災害被災地域雇用創出企業立地補助金（製造業等立地支援事業）概要 <https://www.mizuho-ir.co.jp/topics/tsunami-ritti/index2.html>

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 新素材を用いた新しい構造用材が開発され、建築、橋梁、堰堤等へ利用される（2005 年：第 8 回）
- ・ 誰もが同じような解を簡単に算出できる、客観的・定量的手法として標準化されたライフサイクルアセスメント（LCA）およびライフサイクル費用評価（LCC）（2010 年：第 9 回）

超小型衛星ビジネスの活発化で注目される電気推進の新技術

初版投稿：2017/08/29

執筆者：蒲生 秀典（特別研究員）

急増する超小型人工衛星

超小型人工衛星の開発・利用が世界で活発化しています。2013 年以降、50kg 以下の超小型衛星の打ち上げ数は急増し、2021 年には年間 400 機以上の打ち上げが見込まれています¹⁾。超小型衛星は従来の気象・放送衛星と比較し、1/100 以下の費用と 2～3 年という短期間で開発できることが特徴で、大学やベンチャー企業、あるいは自治体、新興国でも運用が可能となり、教育や地域観測、商用など幅広い用途での利用が進んでいます。現状ではその 7 割超が商用衛星で、先行する米国では、衛星の製造から打ち上げ、産業利用、運用管理まで、100 社以上のベンチャー企業がビジネスを展開しています^{2),3)}。

拡大する超小型衛星ビジネス

商用衛星ではリモートセンシングの需要が高く、例えば農業では作物の生育の監視や、漁業では海水温の観測などに利用されています。最近では、工場前に並ぶトラック台数から企業の生産・出荷情報を金融業界などに売るビジネスや、石油備蓄タンクの蓋の上下頻度を分析して、石油の在庫量や消費状況を調べるビジネスも登場しています。また、地形データを基に AI によって石油や鉱物資源を探索することも可能になっています。このように新しいプレイヤーの登場によって、従来にないアイデアも生まれ、利用範囲は大きく拡大しています³⁾。

推進機搭載に向けて

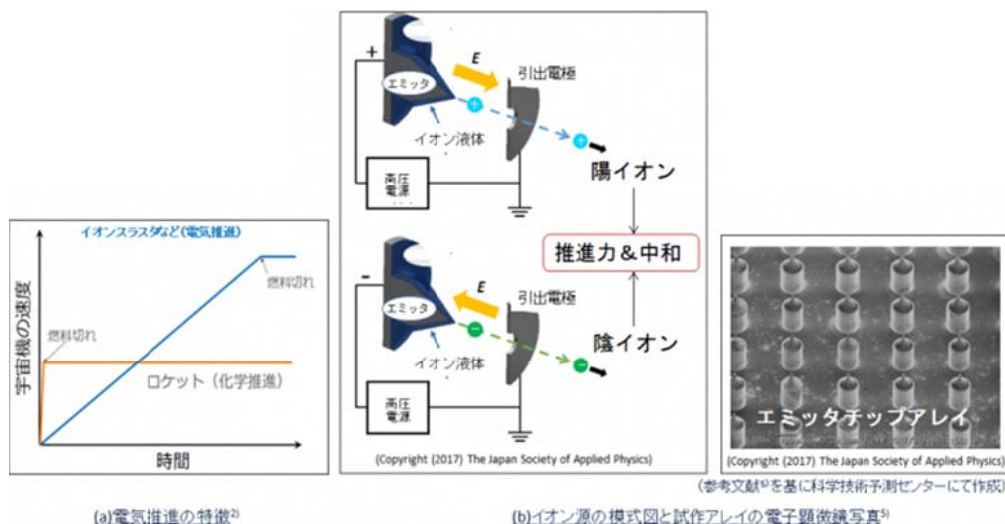
小型軽量が求められる超小型衛星に推進機（エンジン）を搭載した例はほとんどないのが現状です。推進機を搭載できれば衛星自身が軌道を任意に選択でき、位置・姿勢制御はもとより、深宇宙探査も可能になるなど、ビジネスや宇宙利用の幅が大きく広がります。さらに、運用終了後に宇宙デブリとならないためにも、早期に推進機の搭載が求められます²⁾。

超小型衛星用推進機としては、小惑星探査機「はやぶさ」のメインエンジンとして利用されたイオンスラスタなどの電気推進機の研究開発が進められています。従来の化学燃料を使用するロケットエンジンに比較し、軽量で持続性が高く長期間の運用に適していることが特徴です（図表（a））。2014 年 10 月には、東京大学が開発したイオンスラスタが 50kg 級の超小型衛星「HODOYOSHI-4」に搭載され、世界で初めて宇宙空間での運用に成功しています⁴⁾。しかしながらイオンスラスタでは、推進剤であるキセノンガスボンベや、機体の帯電を防止するための中和電子源を搭載する必要があり更なる小型・軽量化が難しく、特に現在主流である 10kg 級以下の超小型衛星へ搭載する上での課題となっていました。

電気推進の新技术～エレクトロスプレースラスト

2017 年 3 月、横浜国立大学と京都大学の研究グループは、より簡素で軽量化に向けた電気推進の新技术であるエレクトロスプレースラストを開発しました⁵⁾。マイクロマシン技術を利用し形成したエミッタチップ上にイオン液体を塗布したイオン源を作製し、引出電極の極性を変えることで、推進と中和の両方を担う陽イオンと陰イオンを放出します（図表(b)）。推進剤として液体を使用することでポンペフリーとし、イオン源をマイクロチップ・デバイス化することで、電気推進機の小型軽量化の原理実証に成功しています。現在実用化に向け、産業技術総合研究所と共同でエミッタチップをより高密度集積化し、推進力を向上するための研究開発が進められています。

日本のもつ小型軽量化技術を活かした電気推進技術と、さらに観測データの利活用を含めた超小型衛星ビジネスへの展開が期待されます。



図表 電気推進の特徴とエレクトロスプレースラスト

参考文献

1. SpaceWorks Enterprises, Inc., “Nano/Microsatellite Market Forecast 2016”;
<http://www.spaceworksforecasts.com/docs/SpaceWorks...>
2. 鷹尾祥典他、「イオンビームと電子源を利用した超小型衛星用電気推進機の実用例とその課題」、第 14 回真空ナノエレクトロニクスシンポジウム、p251 (2017.3 浜松)
3. 中須賀真一、「超小型衛星」で新ビジネスを創る-今、世界で「マイ衛星」の利用競争が激化; mugendai-web(IBM); <http://www.mugendai-web.jp/archives/6912>
4. 東京大学次世代宇宙システム技術研究組合 プレスリリース;
http://www.u-tokyo.ac.jp/public/public01_261205_j.html

5. K. Nakagawa, T. Tsuchiya, Y. Takao, "Microfabricated emitter array for an ionic liquid electrospray thruster", Jpn. J. Appl. Phys. 56, 06GN18 (2017);
<https://doi.org/10.7567/JJAP.56.06GN18>

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- 高信頼性（高ロバスト性等）で、競争力（低コスト化、超小型・超軽量化等）のある日本製宇宙機器（輸送系・衛星系等）（2010 年：第 9 回）
- 宇宙利用を低コストで実現できるシステム（再使用型輸送システム、衛星等への燃料補給・修理点検・機器交換などのサービス技術等）（2015 年：第 10 回）
- 宇宙の商業利用（有人、超小型衛星など）の円滑な推進のための簡便で汎用可能な宇宙機管制システム（2015 年：第 10 回）

コップ 1 杯の水でできる生態調査・環境 DNA の次なる展開

初版投稿：2017/08/22

執筆者：矢野 幸子（特別研究員）

環境に残された動物の遺伝子（唾液中や糞尿中）からそこに生息する動物を推定する手法、環境 DNA の解析が話題になっています。足跡から動物を特定するように、環境に残された DNA から動物を特定します。環境 DNA の新たな展開として、陸水域から海洋へと調査の範囲、最初は土壌微生物を対象とした解析手法だった環境 DNA の手法を使っている研究は最近、魚類、ほ乳類へと解析対象が増えています。この優れた解析手法は、多くの共同研究者の手によって、利用の可能性を大きく広げているといえます。

環境 DNA から複数種の生物種の分布を迅速に検出する手法の発展に貢献した源利文氏が [ナイスステップな研究者 2016](#) に選ばれ、STI Horizon 2017 年夏号には源氏のインタビュー記事を掲載しました¹⁾。インタビューの中で源氏は、環境 DNA の解析手法は空間的、時間的、双方の大量のデータの取得を可能にすると述べ、自身では東南アジアなど熱帯地方で貝や魚を介して感染する寄生虫と宿主の分布を把握することで感染症のリスクマップづくりに生かしたいと語りました。

源氏は多くの研究者と共同で研究を行っています。源氏の共同研究者の一人、千葉県立中央博物館の宮正樹部長は、環境 DNA に関して源氏と共同研究を行い、230 種類もの魚類を正確に判別するという成果を 2015 年に報告するなど^{2,3)}、これまでも環境 DNA の解析手法の改良に寄与してきました。宮氏らの研究チームは海洋での魚類の生態把握の手法を発展させ、森林に生息する哺乳類を効率的に検出する手法の開発に関して、2017 年 5 月と 6 月に 2 報の論文で発表しました⁴⁻⁶⁾。

森林に生息する哺乳類を調べるには、自動撮影カメラを設置したり、研究者が直接観察したり多大な労力と費用がかかる上、長期間にわたる調査が必要でした。宮氏と京都大学/JST さきがけの潮雅之連携研究員、東京農業大学の松林尚志教授、石毛太一郎研究員らは、野生動物が森の泉に來た際に残した唾液や皮膚の断片などを通じて環境中に出す環境 DNA を解析することに成功し、哺乳類の検出を可能にしました^{4,5)}。宮氏らの研究チームは、魚類を対象に開発した方法(MiFish)を応用して、哺乳類の違いが分かる DNA の領域を増幅する方法(MiMammal)を開発し、動物園で飼育しているトラやゾウの飲み水や水浴び場で検証し、手法を確かめたのです。さらに北海道の森林⁴⁾やボルネオ島の熱帯雨林⁶⁾に生息する哺乳類の検出にも成功しました。

特にボルネオの熱帯雨林では、塩場（動物が塩分などのミネラルを補給するためにも重要な水飲み場となる泉⁷⁾、図 1）の水を解析し、オランウータンやアジアゾウなど 6 種類の絶滅危惧種の DNA を検出しました。これらの動物は、現場に設置された自動カメラに映っていたことから、環境 DNA の解析精度が検証出来たことになります。



図1 塩場⁷⁾の水を飲むオランウータン 東京農業大学松林尚志教授提供

野生動物の調査をするためには、熱帯雨林の奥地に行くことになりますが、行くだけでも大変であるところにカメラを設置したり回収したりすることが必要で、調査には時間と費用がかかります。一方、水を汲んでろ過し、DNAを抽出する環境DNAの解析手法では、水を汲みにいくことは必要ですが、検査は迅速にでき、比較的安価です。本報告は、これまで時間や費用の問題で実現できなかった哺乳類多様性のモニタリングが簡単にできるようになったという点で画期的であり、希少な哺乳類を傷つけることなく、調査が環境に与える影響も少なく、調査する人の危険を低減することにも寄与します。人類が暮らす自然環境破壊、人類と動物との共生、人類への他動物からの脅威の低減など、生活に関わるモニタリングが容易になるということです。動物のモニタリングが簡単になれば、山菜取りに山に入る人間のクマによる被害も減らせるかもしれません。

出典

1) 矢野 幸子、佐野 幸一 「ナイスステップな研究者から見た変化の新潮流 神戸大学大学院 人間発達環境学研究科 源 利文 特命助教インタビュー」 STI Horizon Vol.3 No.2 pp13-17, 2017

<http://doi.org/10.15108/stih.00075>

2) Miya M. et al "MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: detection of more than 230 subtropical marine species" Royal society open Science, 2015

<https://doi.org/10.1111/1755-0998.12690>

- 3) 科学技術振興機構（JST）、千葉県立中央博物館、神戸大学、共同発表 “東京大学水をくんで調べれば、生息する魚の種類が分かる新技術を開発～魚類多様性の調査にもビッグデータ解析時代の到来～” (平成 27 年 7 月 22 日) <http://www.jst.go.jp/pr/announce/20150722-4/index....>
- 4) Ishige T. et al “Tropical-forest mammals as detected by environmental DNA at natural saltlicks in Borneo” Biological Conservation, 210: 281–285, 2017 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.04.023>
- 5) 宮 正樹 “森の動物を飲み水から検出！－森林動物調査の新たな手法を開発・検証－” (2017. 6. 12) http://www2.chiba-muse.or.jp/index.php?page_id=787
- 6) Ushio M. et al “Environmental DNA enables detection of terrestrial mammals from forest pond water” Molecular Ecology Resources, 2017 <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12690>
- 7) 松林尚志「ボルネオ熱帯雨林の塩場（しおば）に集う動物たち」 academist Journal (2017.7.10) <https://academist-cf.com/journal/?p=5224>

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 自然生態系に関する調査、解析技術が進歩し、国土開発に伴う環境破壊の防止が可能となる。第 1 回 (1971 年) <http://data.nistep.go.jp/delphi/all/single.php?id=...>
- ・ 我が国の自然生態系に関する調査が広範に行われ、人間活動によって自然生態系の受ける変化を予測することが可能となる。第 3 回 (1982 年) <http://data.nistep.go.jp/delphi/all/single.php?id=...>
- ・ 身近な生態系の変化を指標とした環境生態インパクト評価手法の確立。第 10 回 (2015 年) <http://data.nistep.go.jp/delphi/all/single.php?id=...>

再生医療で臓器を作る

初版投稿：2017/07/31

執筆者：矢野 幸子（特別研究員）

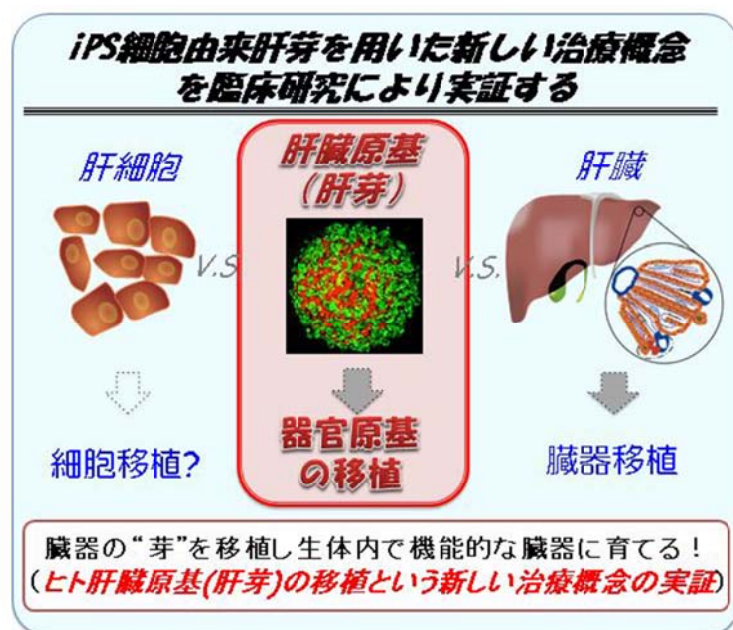
幹細胞を投与する治療法や細胞シートの開発、ゲノム編集を使って臓器の機能不全を治療する方法の開発が進んでいます。中でも困難度が高い、幹細胞から臓器を作る研究も急速に進展しています。臓器の芽を作る研究やバイオマテリアルの3Dプリンティング技術が進み、生体外で立体臓器を構築することが現実味を帯びてきています。また動物の体内でヒトの臓器を作らせる試みも次々と報告されています。

臓器移植の社会的なニーズは大きい

臓器の機能不全により移植を待つ人は日本に13,000人います¹⁾。それに対して移植を受けられる人は年間300人です。世界的なドナー臓器の不足の現状から、治療用のヒト臓器を作り出すための技術開発が求められており、移植可能な臓器を幹細胞から作することは、再生医療の重要な目的の一つとなっています。

臓器の三次元構造を作るための研究動向

臓器を作るためには臓器の三次元的な構造を再現しなければなりません。臓器には血管の細胞や立体構造を支える細胞など複数種類の細胞が共存しており、非常に複雑な臓器形成の過程を経て、様々な種類の細胞が相互作用しながら臓器が形成されます。横浜市立大学大学院医学研究科臓器再生医学の研究グループは、2013年、ヒトiPS細胞から血管構造を持つ肝臓を世界で初めて創り出すことに成功しました^{2,3)}。iPS細胞を混合して立体構造を構築させ、臓器の原基（臓器の芽）の状態で移植するという新しい発想です(図表1)。さらに2017年、1細胞レベルの全遺伝子発現情報を、ビッグデータ解析技術を活用して解析しました⁴⁾。その結果、肝臓発生過程における複雑な過程に関する情報を得ることができました。つまり、ヒトiPS細胞から作製した細胞や組織を精度高く品質評価するための情報を得ることができたので、臓器を作るための研究が大きく進展しました。しかし大人の臓器サイズに十分な数の細胞を体外で準備するまでには至っていません。



図表1 ヒト肝臓原基(肝芽)を移植するという横浜市立大の新しい発想²⁾

バイオ 3D プリンタなどの工学技術の活用

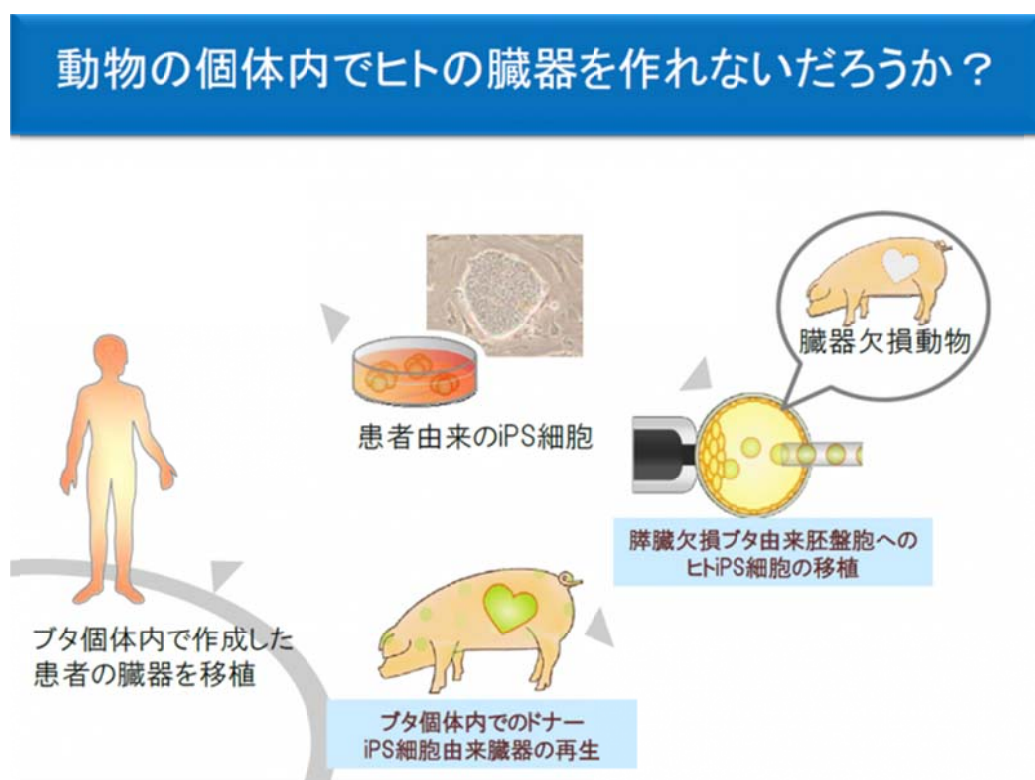
工学技術を利用して細胞から立体の組織や臓器を作製するバイオフィabricationの基盤研究も進んでいます。バイオフィabricationによる人工臓器の製造の基盤研究分野では三次元組織作製へ向けた細胞操作技術開発が進んでいます。播種した細胞を足場となるコラーゲンなどの細胞外マトリックスと一緒に培養することにより、立体的な組織を構築することができるようになり、細胞の播種と足場作製を同時に行うことで異なる材料や細胞の位置を制御することにも成功しています⁵⁾。またバイオ 3D プリンタや細胞シート積層技術などの立体造形技術を用いて、立体組織・臓器を製造する研究開発が進められています。しかし血管などが入り組む臓器そのものをプリントするには至ってはならず、組織の中でも比較的均一な細胞から成る骨、血管、心筋をターゲットとしています⁶⁾。複数種類の細胞の同時プリントができるようになることが技術飛躍の鍵だと考えられます。

異種間の臓器移植

臓器不足を解決する手段として、ブタを利用したヒト臓器の再生医療関連のニュースも報じられています。ブタは非常に広い地域に分布していて、短期間で繁殖する上、人間の臓器と同じくらいの大きさの臓器をもち、生理的機能も似ています。しかし異種移植で問題となるのは、臓器の拒絶反応や、動物がもつ危険なウイルスの感染です。ハーバード大学の研究者チームは拒絶反応に関わる免疫系やウイルスの感染に関係する60の遺伝子をゲノム編集技術CRISPR/Cas9システムにより改変し、上記問題を取り除いたブタの胚を作製しました⁷⁾。

胚盤胞補完法による異種間臓器再生

iPS細胞とゲノム編集の技術を使って動物にヒト由来の臓器を作らせるようにすることも技術的には可能です。ソーク研究所のチームは、ヒト iPS 技術によりヒトの臓器の原型となる組織をブタに作らせることに成功し、ヒトへの移植に向けて第一歩を踏み出しました⁸⁾。また東大のチームは動物の個体内でヒト臓器を作る(図表2)前段階の研究としてラットにマウスのすい臓を作らせてマウスに移植し、正常に機能することを確認しました⁹⁾。しかし動物でヒトの臓器を作ることは倫理面で議論がある上、動物の細胞が臓器に入り込むという問題があるため、ヒトへの移植までには至っていません。



図表2 動物の個体内でヒト臓器を作るイメージ¹⁰⁾

このように、再生臓器移植の実現のための研究が進んでいますが、課題は残っており、更なる研究の発展が期待されます。特に異種間臓器再生と移植の実現には生命倫理や安全性の課題をクリアすることも重要です。文部科学省の生命倫理・安全部会の特定胚等専門委員会では慎重な議論を継続しています。

情報提供者 国立大学法人電気通信大学大学院 情報理工学研究科助教 牧 昌次郎
NISTEP 専門調査員

出典

- 1) 公益社団法人日本臓器移植ネットワーク 「臓器移植について」
- 2) インタビュー『“未来”の担い手たち』新たな視点から再生医療にアプローチする(1)-全2回-武部 貴則 氏
- 3) Takebe T. et al “Vascularized and functional human liver from an iPSC-derived organ bud transplant” Nature, 499, 481–484, 2013
<http://www.nature.com/nature/journal/v499/n7459/full/nature12271.html>
- 4) Camp G. J. et al “Multilineage communication regulates human liver bud development from pluripotency” Nature 546, 533–538
<http://www.nature.com/nature/journal/v546/n7659/full/nature22796.html>
- 5) 岩永進太郎、竹内昌治 “3次元組織生産のためのバイオファブリケーション技術とその応用展開” 「バイオ・医療への3Dプリンティング技術の開発最前線」 監修：中村真人、シーエムシー・リサーチ(2016) III章 再生組織・臓器の製造技術の開発 第1章 再生組織・臓器の製造技術の開発(プリンター・装置の開発) P143
- 6) 蒲生秀典、“デジタルファブリケーション・医療応用の Horizon” STI Horizon Vol.2 No.1 24-31、2016 <http://dx.doi.org/10.15108/stih.00016>
- 7) Reardon, S. “Gene-editing record smashed in pigs” Nature News 2015
<http://www.nature.com/news/gene-editing-record-sma...>
- 8) Wu J. et al “Interspecies Chimerism with Mammalian Pluripotent Stem Cells” Cell, 168, 473-486, 2017 [http://www.cell.com/cell/abstract/S0092-8674\(16\)31...](http://www.cell.com/cell/abstract/S0092-8674(16)31...)
- 9) Yamaguchi T. et al “Inter species organogenesis generates autologous functional islets” Nature, 542: 191-196, 2017 <http://www.nature.com/nature/journal/v542/n7640/full/nature21070.html>
- 10) インタビュー『この人に聞く』血液幹細胞研究から異種間臓器再生まで(1)-全2回-中内 啓光 氏

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・薬効・安全性評価への利用可能な、生体中での機能を再現する、多能性幹細胞由来の人工臓器(2015年：第10回調査) <http://data.nistep.go.jp/delphi/all/single.php?id=...>
- ・動物性集合胚(動物の胚に人間の細胞を注入したキメラ胚)から作出された、ヒト幹細胞由来の移植用臓器(2015年：第10回調査) <http://data.nistep.go.jp/delphi/all/single.php?id=...>
- ・臓器機能回復を可能にする新規抗線維化薬(2015年：第10回調査)
<http://data.nistep.go.jp/delphi/all/single.php?id=...>
- ・バイオプリンティングによる再生臓器の製造(2015年：第10回調査)
<http://data.nistep.go.jp/delphi/all/single.php?id=...>

植物の根の機能解明が進む－作物への応用に期待

初版投稿：2017/07/27

執筆者：横尾 淑子（上席研究官）

植物は自由に移動できないため、環境に対応する様々な仕組みを備えています。約4億5千年前に陸上に進出した植物は、光、重力、水などの刺激を利用して姿勢の制御や成長の仕組みを発達させてきました。根が水分勾配を感知して水分の多い方向に根を伸ばす「水分屈性」もその一つです。しかし、地上では重力の方向に根を伸ばす「重力屈性」の影響に隠れてしまい、言及は古くからあるものの、その存在自体長く証明されていませんでした。

重力に関連する成長の仕組みを研究するのに有用である宇宙環境での検証実験、またシロイヌナズナなど植物ゲノム解読や解析技術の進歩なども相俟って、この20～30年間に植物の水分応答機構解明は着実に進んできました。このような植物の環境応答の仕組みを明らかにすることにより、今後環境ストレス耐性に優れた植物の作出へと発展させることも期待されます。

根の水分応答機構の解明

東北大学大学院生命科学研究科の高橋秀幸教授らは、これまで水分屈性の存在の証明、制御遺伝子の同定、植物ホルモンの一種であるオーキシンやアブシジン酸の働きなど、水分屈性の起こる仕組みについて研究を進めてきました。2017年5月には、英国ノッティンガム大学、山形大学、京都大学、奈良先端科学技術大学院大学等と共同し、シロイヌナズナの根の各部位をレーザーで破壊した時の水分勾配による屈曲の有無、突然変異体の根の各部位に水分屈性関連分子を発現させた時の屈曲の再現有無について実験を行い、特に根の伸長領域の皮層が水分屈性に重要な役割を果たし、また、伸長領域が水分勾配の感知と屈曲二つの機能を担っていることを明らかにしました。

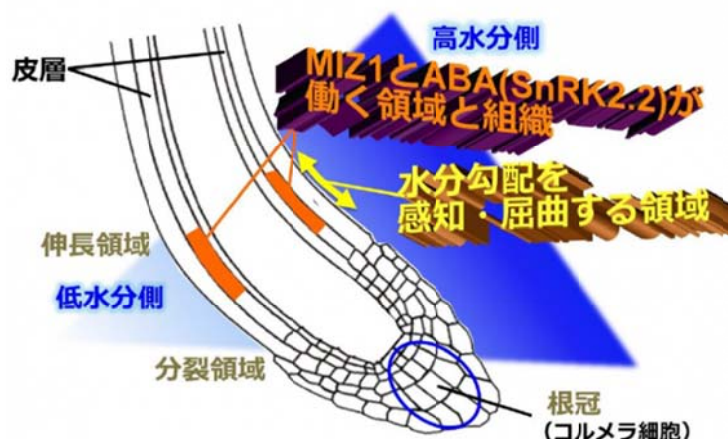


図1 根の水分応答モデル¹⁾

宇宙実験が果たした役割

植物の根の屈曲に関する研究は、生理学的研究が中心でしたが、シロイヌナズナを用いた分子遺伝学的研究により分子機構の解明が進みました。水分屈性の研究には、重力の影響を分離する必要があり、重力を変化させることのできる宇宙環境が有用です。重力屈性を欠損した突然変異体を用いた実験やクリノスタット（微小重力環境模擬装置）を用いた模擬実験が進められてきましたが、国際宇宙ステーションでの検証実験が研究の進展に大きな役割を果たしました。

1998年に、スペースシャトルでキュウリの芽生えにおける重力影響を見る実験が行われました。その際、キュウリの側根が、地上では横方向に伸びるところ、水の供給体である支持体に向かって斜め上に伸びる現象が起こり、微小重力下で水分屈性が強く現れたものとして注目されました。2010年には国際宇宙ステーションで水分屈性の実験が組まれました。キュウリの種を水分勾配のある実験容器に入れて根のサンプルが採取され、地上での解析が行われました。これにより、根の両側におけるオーキシン動態制御分子発現の差により屈曲が起こることが検証されました。オーキシン量と水分屈性制御分子発現との関係、水分屈性制御分子発現とアブシジン酸との関係など研究が進み、今回の水分屈性に機能する細胞群の解明にまで至りました。

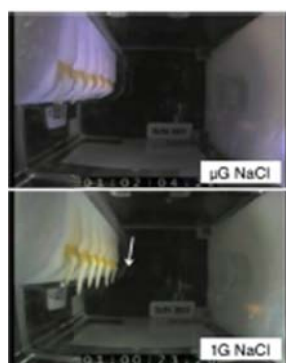


図2 宇宙実験での根の伸長²⁾

地上重力条件下（下段）では根は重力方向に伸びるが、微小重力条件下（上段）では水分勾配の高い方向に伸びる

作物への応用に向けて

こうした機構解明とともに、水分屈性を強化したシロイヌナズナの作出やその個体の生存能力の研究³⁾も行われました。今後の基礎的な研究を積み重ね、また超節水型植物工場に向けた水利用・管理システム開発⁴⁾などともあわせ、水分屈性を活用した乾燥地での作物品種開発や植物工場等での効率的な水分補給に向けた道が将来的には開ける可能性があります。

根は、水分勾配と重力の影響によりオーキシン輸送が強められたり弱められたりした結果として屈曲します。また種により差異⁵⁾があり、シロイヌナズナの水分屈性の機構や重力屈性とのバランスは、例えばイネやキュウリとは異なる部分があります。重力屈性を活用した耐乾性

イネの育種研究⁶⁾が行われているように、作物を用いた研究への進展が今後の鍵と言えそうです。

出典

- 1) 東北大学プレスリリース、「植物の根が水を求めて伸びるしくみを発見」（2017年5月10日）（原著論文：Dietrich D, Pang L, Kobayashi A, Fozard JA, Boudolf V, Bhosale R, Antoni R, Nguyen T, Hiratsuka S, Fujii N et al. 2017. Root hydrotropism is controlled via a cortex-specific growth mechanism. *Nature Plants* 3: Article 17057 (1-8).)
- 2) Morohashi K, Okamoto M, Yamazaki C, Fujii N, Miyazawa Y, Kamada M, Kasahara H, Osada I, Shimazu T, Fusejima F, Higashibata A, Yamazaki T, Ishioka N, Kobayashi A, Takahashi H. 2017. Gravitropism interferes with hydrotropism via counteracting auxin dynamics in cucumber roots: Clinorotation and spaceflight experiments. *New Phytologist* DOI: 10.1111/nph.14689
- 3) Iwata S, Miyazawa Y, Fujii N, Takahashi H. 2013. MIZ1-regulated hydrotropism functions in the growth and survival of *Arabidopsis thaliana* under natural conditions. *Annals of Botany* 112: 103-114
- 4) 例えば、JST 戦略的創造研究推進事業 CREST「持続可能な水利用を実現する革新的な技術とシステム」研究領域 平成 22 年度採択研究課題「超節水精密農業技術の開発」
<http://www.jst.go.jp/crest/water/publication/pdf/C...>
- 5) Nakajima Y, Nara Y, Kobayashi A, Sugita T, Miyazawa Y, Fujii N, Takahashi H. 2017. Auxin transport and response requirements for root hydrotropism differ between plant species. *Journal of Experimental Botany* doi: 10.1093/jxb/erx193
- 6) 宇賀優作、深根性遺伝子による根系の形態の制御は干ばつのもとでのイネの増収を可能にする：ライフサイエンス新着論文レビュー DOI: 10.7875/first.author.2013.107 （原著論文：Uga Y, et al. 2013. Control of root system architecture by DEEPER ROOTING 1 increases rice yield under drought conditions. *Nature Genetics* 45: 1097-1102)

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 砂漠（乾燥地帯）等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物（2015年：第10回）
- ・ 環境適応能力（耐塩性、耐乾性、耐寒性）の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術（2010年：第9回）
- ・ 植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物・樹木の成長制御技術（2010年：第9回）

研究助成団体が挑戦する研究成果公開プラットフォームの可能性

初版投稿：2017/07/25，最新版投稿：2017/07/25

執筆者：林 和弘（上席研究官）

研究助成団体と研究成果の公開

従来の研究助成団体は、助成対象の研究について報告書の提出は義務づけていますが、多くの研究者は別途論文を執筆して学術ジャーナルに投稿し、その成果をもって次の研究費ないしは昇進につなげています。研究者コミュニティごとに長く受け入れられている学術ジャーナルが存在し、その論文が主張する研究の内容は、査読（ピアレビュー）によってその質が担保されており、一定の質が保証された論文発表が研究を発展させる最も重要な手順であると認識されています。この学術ジャーナルを利用した研究成果公開の仕組みは、査読や出版に時間がかかること、あるいは価格高騰化などの問題を現在抱えています。

非政府系研究助成団体の試み

英国の非政府系研究助成団体であるウェルカム財団（Wellcome Trust）は2016年11月に、オープンアクセス（OA）オンラインジャーナル“*Wellcome Open Research*”を立ち上げ、これまで学術ジャーナルが担ってきた助成対象の研究論文の公開も自身が持つサーバーで開始しました。1) “*Wellcome Open Research*”では、まず、投稿された論文やデータセットを即時にオープンに公開します。その後に査読を行い、質の保証がされた論文は二次情報データベースなど外部データベースなどにインデックスされ、既存の学術ジャーナルの論文と同じように流通します。こうすることで、一定の質を担保しつつ迅速かつコストを抑えた公開ができるとしています。2)

米国の非政府系研究助成団体であるゲイツ財団（Gates and Merinda Foundation）3)でも2017年3月に、“*Gates Open Research*”を2017年後半に立ち上げると発表しました。4) “*Gates Open Research*”でも、前述の“*Wellcome Open Research*”をモデルとし、同財団の助成研究対象の論文およびデータの出版の加速を目指します。

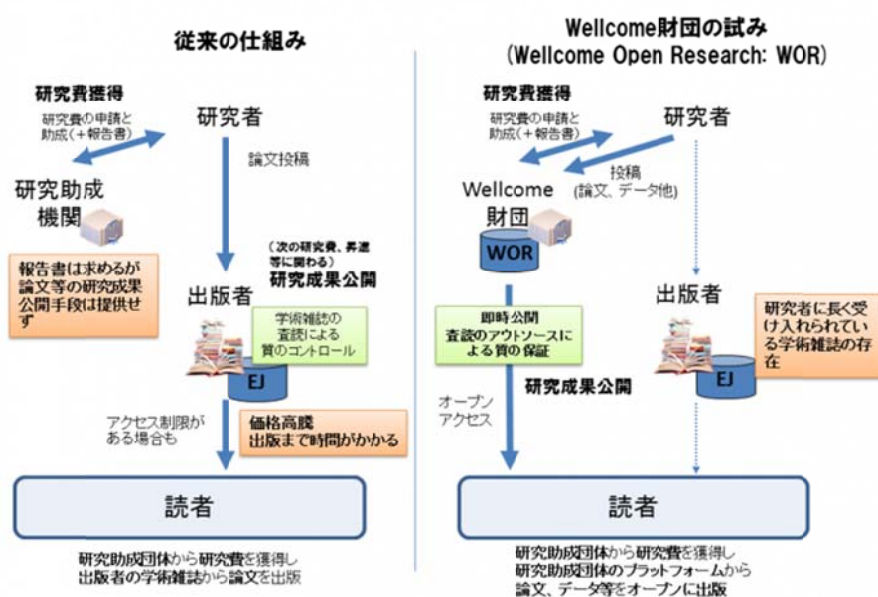
誰が研究成果公開を担うのか

この非政府系の研究助成団体が自身で出版プラットフォームを持つ動きは、政府系の研究助成にも影響を与え始めています。例えば、欧州委員会（EC）において Horizon2020 助成研究対象について同様の出版プラットフォームの構築を検討していることが、2017年3月にベルリンで開催されたオープンサイエンス会議において表明されました。

研究助成団体の方針が研究者の行動に大きく影響を与えることは、これまでのオープンアクセスの義務化の過程などで判明しています。5) 非政府系の研究助成団体が先導して出版プラットフォームを用意し、既存の学術情報流通システム以上に質も保障された迅速・安価な流通システムを構築できる可能性を示したことで、既存の学術情報流通システムに一石を投じたことになります。

一方、研究者には、前述の通り、もともと自分の研究成果を出版し、次の研究費や昇進につなげたい学術ジャーナルを想定していることが多いのも現実です。この非政府系研究助成団体の方針と取り組みが広く研究者に受け入れられるかどうか注目が集まります。

非政府系研究助成団体が進める出版プラットフォーム



参考文献

- 1) <http://www.stm-publishing.com/wellcome-open-research...>
- 2) <http://www.gatesfoundation.org/>
- 3) <https://wellcomeopenresearch.org/>
- 4) <http://doi.org/10.1038/nature.2017.21700>
- 5) https://www.nii.ac.jp/sparc/event/2009/pdf/6/doc_D...

温室効果ガス排出「実質ゼロ」へ向けたグリーンファイナンスの動き

初版投稿：2017/07/13，最新版投稿：2017/07/13

執筆者：浦島 邦子（上席研究官）

グリーンファイナンスとは

今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出をゼロにするためには、化石燃料依存から脱却をすることが必要です。そのためには技術的アプローチだけではなく、経済からのアプローチも重要であり、現在排出権取引や基金の設立、炭素トラスト、環境税などを通じて問題解決策を探っています。

こうした中、世界の金融機関がグリーンファイナンスへの取り組みを進めています。グリーンファイナンスとは、再生可能エネルギー事業への投資、グリーンボンドや環境プロジェクトへの融資など、環境に資する資金提供などを指します。[\[i\]](#)

グリーンファイナンスの現状

民間企業、電力等公益企業、その他政府関係機関が、再生可能エネルギー事業などのグリーンプロジェクトに要する資金を調達するグリーンボンド市場に参入しています。グリーンボンドとは、環境改善などの事業に限定して発行する債券をいいます。米国のバンクオブアメリカなどの民間金融機関や、フランス電力（EDF）などの民間企業のほか、ロンドン市やパリ市などの欧州の自治体や、コネチカット州やサンフランシスコ市などの米国の自治体がグリーンボンドを発行しています。

図1に示すように、グリーンボンドの市場は2010年の約40億米ドルから2014年の370億米ドルへと拡大しています[\[ii\]](#)。2014年市場の半分は、トヨタやアップル社などの民間企業、そしてマサチューセッツ州など公共団体が占めており、増加傾向が見られます。

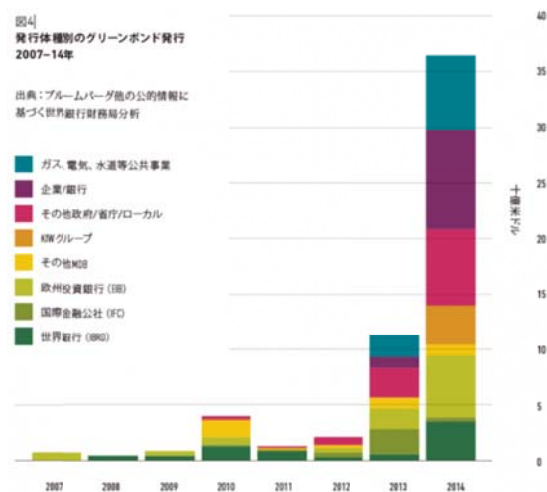


図 1：グリーンボンド市場（出典： 世界銀行 [WhatareGreenbonds.pdf](#) より）

わが国でも環境省が中心となってグリーンファイナンスを推進しています【iii】。その例として、資金の使途を環境に配慮したプロジェクトに対するファイナンスに限定し、2014 年日本政策投資銀行、2015 年三井住友銀行に続き、2016 年には複数の企業がグリーンボンドを発行しました。自治体でも同様の動きがあり、例えば東京都はグリーンボンド発行に向けたトライアル施策として「東京環境サポーター債」を売り出しています。

このように、銀行だけでなく民間や公共団体も環境改善に向けた取り組みをさまざまな形で進めています。

ダイベストメント（投資撤退）

また、温室効果ガス排出量の多い石炭関連企業への投資を引き上げるダイベストメント（投資撤退）も増加しています。表 1 に一例を示すように、海外ではこうした動きが活発になっています。

表 1 ダイベストメントの例

投資機関	内容
フランス公的積立年金基金 FRR（フランス年金準備基金）	同基金が運用するポートフォリオから、たばこ関連企業と、売上の 20%以上が石炭採掘または石炭火力発電事業の企業の株式および債券を除外する方針を明らかにした。
ドイツ銀行グループ、ベルリン医師年金基金【iv】	内部規定を改訂し、未開発鉱区での新規石炭採掘と石炭火力発電の双方に対する投融資を停止する 16 年 12 月から始めた。ベルリン医師年金基金は、売上高の 25%以上を石炭工業から得ている、あるいは 25%以上を石炭に拠出している全ての企業を売却した。今後、石油・ガス会社や石炭生産に関連する他の企業まで展開する。
アイルランド国債管理庁 (NTMA) 【v】	「アイルランド戦略投資基金」は 2014 年に設立され、アイルランド経済や雇用創出のための政府基金。現在は 80 億ユーロ（約 9,700 億円）の運用資産を保有しているが、5 年をかけて全ての化石燃料に関する投資を 100%引揚げる。

投資機関

内容

ノルウェー銀行 [vi]	政府の原油収入を原資とした政府の年金ファンドの運用を担っているが、石炭に関する新たな基準や企業アセスメントに基づき、世界 52 社の企業を投資先から除外することを決定した。この除外企業には日本の企業も含まれている。
------------------------------	---

参考文献

[\[i\]](#) 産経ニュース <http://www.sankei.com/life/news/170302/lif17030200...>

[\[ii\]](#) グリーンボンドとは?、[WhatareGreenbonds.pdf](#)、世界銀行

[\[iii\]](#) 環境省、世界・日本のグリーンボンド概況平成 28 年 10 月資料、
<http://www.env.go.jp/press/gbp-01/mat04.pdf>

[\[iv\]](#) First German Doctors' Pension Fund divests from coal, <https://gofossilfree.org/first-german-doctors-pens...>

[\[v\]](#) Ireland passes historic bill to divest funding from fossil fuels、
<http://www.irishcentral.com/news/politics/ireland-...>

[\[vi\]](#) ノルウェー銀行 HP,
<http://www.norges-bank.no/en/Published/News-archiv...>

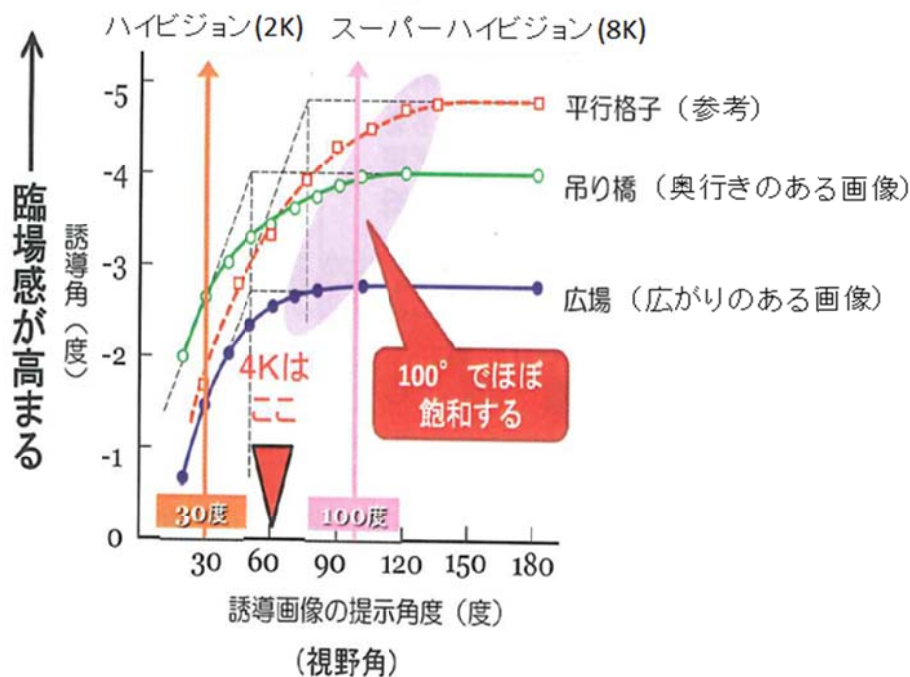
スーパーハイビジョン 8K が拓く医療イノベーション

初版投稿：2017/07/10，最新版投稿：2018/01/10

執筆者：蒲生 秀典（特別研究員）

日本が先導する超高精細 8K 映像技術

現在普及するフルハイビジョン(2K)の 16 倍の約 3300 万画素を有するスーパーハイビジョン(8K) ^[1]の医療応用が注目されています。8K は NHK 放送技術研究所が 1995 年から世界に先駆け開発と国際標準化を進めてきた超高精細映像システムで、画素密度は人間の網膜に迫り、人に現実と同等の臨場感を与える解像度(視野角:100°)をもつとされています(図表 1) ¹⁾。一方、現在の医療では、腹腔鏡などの内視鏡や顕微鏡、術野カメラなど、カメラ・画像技術が不可欠となっていますが、医療現場での利用は 2K に留まっています。



図表 1 現実レベルの臨場感を実現する 8K ¹⁾

超小型軽量 8K 内視鏡の開発

産学医工連携の医療機器開発組織である一般社団法人メディカル・イメージング・コンソーシアムは、国立研究開発法人国立成育医療研究センターと NHK 放送技術研究所の共同で、2014 年に 8K 内視鏡プロトタイプを開発しました。そしてこれを基に、2016 年に同コンソーシアム発のベンチャー企業であるカイロス株式会社が、医師が一人で持てる超小型軽量 8K 内視鏡を開発しました(図表 2) ²⁾。これまで 2.2kg あった 8K 従来機の約 1/5 の 450g を実現、心臓

やがんなど長時間の手術にも使えるようになります。新型の単板式 CMOS（相補型金属酸化膜半導体）撮像素子の採用やレンズ系を改善し明るさを向上するなど、医療用に特化することで実現しました。手術時に 8K 内視鏡を使うことで、細い血管やがん細胞と正常細胞の境界がより正確に分かるようになり、手術の精度・安全性の向上が期待できます。また、大画面の 8K モニタに表示することで、複数の医師・看護師がリアルタイムに同時に見ることが可能となり、的確な判断や人材の育成にも役立ちます。さらに同コンソーシアムでは、遠隔での画像診断に必要な大容量伝送システムの導入や省スペースケーブルの開発も併せて進めています^{1,3)}。



図表 2 超小型軽量 8K 内視鏡²⁾

医療現場への普及に向けて

患者への負担の少ない内視鏡手術の需要が増大する中、専門医師不足が顕在化しています。現状では内視鏡手術は高度な技術を要し、技術習得のための経験が必要となっています。8K が医療現場に広く普及できれば、医師の育成を助け高度な技術が不要となる可能性があります。さらに、小型軽量化・操作性の向上により医師一人での手術も可能になり、内視鏡専門医不足の解消に繋がることが期待されます。現状では 8K モニタをはじめシステム機器が高価であることが普及の課題となっていますが、今後 2020 年の東京オリンピックに向け民生用 8K システムの開発が進むことで、機器価格は低減すると予想されます。

また、8K 技術を活用することで、高い臨場感と実物感を保持した医療現場の映像を遠隔地に伝えることができるため、従来の遠隔医療では対応が困難であった細かな病変の発見等が期待

されています。総務省では 2016 年 12 月から、図表 3 に示す 2 つのモデルについて遠隔医療の実証試験を開始しています⁴⁾。

モデル	課題	現状	8Kの活用(検証項目)
遠隔病理診断	病理医は全国的に不足	遠隔での病理診断(テレパソロジー)で、デジタル画像を利用	・病理診断の精度向上
遠隔診療支援	離島・へき地では、特定疾患領域の常勤専門医が不足	遠隔での画像連携や他地域医師が定期的な訪問	・診療支援の精度の向上 ・訪問医師負担軽減

図表 3 8K を利用した遠隔医療の実証試験⁴⁾

国際競争力の高い医療システム開発

今後、医療分野のデジタル高精細画像の蓄積・データベース化が進み、さらにビッグデータを利用した画像や心電図等の自動診断や鑑別診断・治療法決定の支援などにおいて人工知能の重要性が増すと考えられています。日本が独自技術を有する 8K 高精細映像技術をベースに、ハードウェアのみでなく画像データベースやその利用も含めた医療システムとしての開発・普及を促進することで、医療機器の輸入超過対策、さらには医療経済への貢献も期待されます³⁾。

参考文献

- 1) 山下紘正、「8K 超高精細映像技術を活用した医療応用について」、第 9 回光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点シンポジウム、p79 (2016.11.1、東京)。
- 2) カイロス株式会社ホームページ; <http://kairos-8k.co.jp/>
- 3) 千葉敏雄、金光幸秀他、AMED シンポジウム 2017、ワークショップ「8K 高精細画像技術は治療現場に何をもたらすか」(2017.5.30、東京)。
- 4) NTT コミュニケーションズ(株)プレスリリース、「8K スーパーハイビジョン技術を活用した遠隔医療の実証実験について」: <http://www.ntt.com/about-us/press-releases/news/ar...>

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 外科医師の経験を補い、直径 1mm 以下の血管の円滑な吻合を可能にする手術支援デバイス(2015 年：第 10 回)
- ・ 直径 2mm 以下の超微細内視鏡及び内視鏡手術デバイスによる、傷が残らない超低侵襲手術(2015 年：第 10 回)
- ・ QoE (Quality of Experience) が保証され、8K 品質の遠隔会議や遠隔教育を移動端末を用いて可能な、無線アクセス技術(2015 年：第 10 回)
- ・ パーチャルリアリティ技術を駆使した遠隔手術システム(2005 年：第 8 回)
- ・ 4000×4000 画素の高精細度映像の撮像素子が開発される。(2001 年：第 7 回)

冬眠研究のきざし(上)研究会が発足

初版投稿：2017/06/26，最新版投稿：2017/06/29

執筆者：矢野 幸子（特別研究員）

冬眠とは

動物は呼吸により酸素を取り込み、心臓を拍動させることで酸素を含んだ血液を全身に行き渡らせています。動物が生命を維持するために必要な最低限のエネルギーを基礎代謝といいます。哺乳類や鳥類などの恒温動物は体温を維持するための熱産生を行っています。この熱産生を自らオフにし、さらにそれによって外界の気温付近まで体温を低下させることで、基礎代謝を下げた低代謝状態で生き延びるという現象が冬眠です。この低代謝状態が数カ月に及ぶものを「冬眠（hibernation）」、数時間程度のものを「休眠（daily torpor）」と呼びます。

冬眠研究の歴史とコミュニティ

冬眠研究の国際コミュニティである国際冬眠シンポジウムのプログラムによると、冬眠動物の生態を研究する研究者が多く所属していますが、生理学的な研究もされており、NASA には人工冬眠を目指して応用的な研究を進めている研究者もいます。日本では主に日本生理学会、日本生態学会、日本分子生物学会、日本哺乳類学会、日本集中治療医学会などで成果が発表されています。宮崎大学の森田哲夫氏、元大阪市立大学の川道武男氏、元三菱化学学生命科学研究所の近藤宣昭氏らにより、1989 年に「冬眠談話会」が発足し、その成果は 2000 年に出版された「冬眠する哺乳類」¹⁾ に詳しくまとめられています。この本の著者の多くは定年等で退職し、研究者の世代交代が進んでいます。

冬眠研究の現状

これまでの研究から、冬眠中の動物は心臓の拍動が極端に減り、低血流や低酸素状態に対して体全体が低代謝状態に変化して生命活動を維持していると考えられています。近藤らによるシマリスを使った研究からは、体内で冬眠と連動して年周期的に変化する物質が発見され、脳で複合体として機能することが分かりました²⁾。季節を問わず冬眠できるゴールデンハムスターを使った研究からは、冬眠準備期間に体重がある値以下になると更に基礎体温の低下が生じるなど、冬眠状態に向かうための体の内部変化が起こっていることが分かってきました³⁾。冬眠中の動物は、運動がほとんどできない状態であり、非冬眠動物なら筋肉や骨が大幅に衰えるような状態にあるにも関わらず、冬眠動物は廃用性萎縮(使わないことによる筋肉の萎縮)を起こしにくいと言われています。また冬眠中には脂質代謝を主としたエネルギー代謝系に変化するにもかかわらず、高脂血症や高コレステロール血症に伴う障害を防ぐような働きがあるようです。このように、リス、クマ、ヤマネなど様々な野生動物を中心とした動物に対する冬眠状態の観察により、冬眠に伴う生理変化に関して詳しく報告されています。一方、そのメカニズムの解明に関しては情報が不足しています。シマリスで発見された冬眠物質の動態は非常に

複雑であり、冬眠をコントロールするメカニズムについてはその一部がおぼろげながら分かってきたにすぎません。

冬眠研究の難しさ

野生動物を対象に進められてきた冬眠研究の難しさにはいくつか理由があります。動物の調達や飼育にある程度の慣れが必要であること、冬眠は年周期であることが多く、研究に長い年月が必要であること、個体の遺伝的背景にばらつきがあること、遺伝学・分子生物学的手法が使いにくいいため論文が通りにくく、その結果、安定的に研究費を確保するのが難しいなど、研究を継続的に行うことにハードルがあります。地道に活動が続けてきた研究者により成果は報告されていますが、研究者の定年や冬眠研究を進めてきた研究機関の閉鎖など様々な要因が重なり、1989年に発足した冬眠談話会の活動は停止してしまいました。

冬眠研究のブレイクスルー

ところが近年の次世代シーケンサーやゲノム編集技術により、ゲノム情報が完全に解明されていない野生動物を対象にした研究もやりやすくなりました。例えばゴールデンハムスターのように、遺伝情報が完全に解読されていない動物でも、分子生物学的な解析が可能になり、若手研究者からも新たな研究成果が出始めています。また熱帯地域でのキツネザルの体温と中途覚醒の関係⁴⁾、ウシの血清から冬眠物質の検出^{5,6)}、冬眠とマウスの休眠との類似性⁷⁾など、最近特に興味深い冬眠関連研究の報告が増えています。

今回、再発足した研究会により、冬眠研究者が集合し、動物の生態に限らず、代謝や栄養、救急医療にまで関係する冬眠研究が飛躍的に進むことが期待されます。



写真は冬眠中のシリアンゴールデンハムスター
東京大学大学院薬学系研究科 山口良文准教授提供

山口良文准教授は 2017 年夏に行われる 第 1 回冬眠休眠研究会の世話人です。

出典

- 1) 川道 武男、森田 哲夫、近藤 宣昭 「冬眠する哺乳類」東京大学出版会(2000)
- 2) Kondo, N., Sekijima, T., Kondo, J., Takamatsu, N., Tohya, K. and Ohtsu, T. “Circannual Control of Hibernation by HP Complex in the Brain” Cell 125, 161-172 (2006)
- 3) Chayama, Y., Ando, L., Tamura, Y., Miura, M., and Yamaguchi, Y. “Decreases in body temperature and body mass constitute pre-hibernation remodelling in the Syrian golden hamster, a facultative mammalian hibernator” Royal Society Open Science (2016) <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160002>
- 4) Dausmann, H. K. and Blanco, M. M. “Possible causes and consequences of different hibernation patterns in Cheirogaleus species- mitovy fasty sahala” 15th International hibernation Symposium NV, USA. pp31 (2016)
- 5) Fujita, S., Okamoto, R., Taniguchi, M., Ban-Tokuda, T., Konishi, K., Goto, I., Yamamoto, Y., Sugimoto, K., Takamatsu, N., Nakamura, M., Shiraki, K., Buechler, C. and Ito, M. “Identification of bovine hibernation-specific protein complex and evidence of its regulation in fasting and aging” J. Biochem. 153, 453-461 (2013) <https://doi.org/10.1093/jb/mvt008>
- 6) Seldin, M. M., Byerly, M. S., Petersen, P. S., Swanson, R., Balkema-Buschmann, A., Groschup, M. H. and Wong, G. W. “Seasonal oscillation of liver-derived hibernation protein complex in the central nervous system of non-hibernating mammals” J. Exp. Biol. 217, 2667-2679 (2014)
- 7) Sunagawa, A. G. and Takahashi, M. “Hypometabolism during Daily Torpor in Mice is Dominated by Reduction in the Sensitivity of the Thermoregulatory System” Scientific Reports, (2016) DOI: [10.1038/srep37011](https://doi.org/10.1038/srep37011)

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 冬眠法等による生体保存法が開発される。(1992 年：第 5 回調査)
- ・ がん冬眠療法(がんの発育を遅らせがんと共存する時間を長くすることを目標にする新しい発想の治療法)(2005 年：第 8 回調査)

冬眠研究のきざし(下)モデル動物の利用で飛躍の期待

初版投稿：2017/06/26，最新版投稿：2017/06/30

執筆者：矢野 幸子（特別研究員）

鍵は実験手法の開発とモデル動物の利用

最近、冬眠研究会の再発足など、冬眠研究の高まりが見られます([冬眠研究のきざし\(上\)](#)参照)。低代謝状態を利用する次世代医療への大きな期待に反して、冬眠が基礎代謝を下げるメカニズムは、ほとんど分かっていません。冬眠を知るには、冬眠動物を用いることが必要ですが、冬眠動物の多くは野生動物であり、入手が困難で飼育にも慣れが必要です。また冬眠は季節性の現象なので、動物が冬眠に入る時期を待っていると効率よく実験ができません。さらに冬眠動物のゲノム情報が不足しており、遺伝子工学や、分子生物学、ゲノムリソースに基づく解析など最新の研究ツールを使うことが難しいのが現状です。

次世代シーケンサーやゲノム編集技術のおかげで、野生動物を使った研究も進展の兆しが見られますが、モデル動物を使った分子生物学的な研究ができるとさらに大きな飛躍が期待されます。



このような背景の中、最新の科学技術を駆使できるマウス(ハツカネズミ)を使った能動的低代謝の研究が、理化学研究所多細胞システム形成研究センター網膜再生医療研究開発プロジェクトの砂川玄志郎研究員らによって報告されました。

マウスは冬眠をしません、休眠といわれる短い能動的低代謝を行うことが知られています。マウスの休眠は冬眠と比べると、短く、基礎代謝量の低下率も正常時の30%程度という軽い特性ではあるものの、季節によらず実験室で効率的に低代謝を誘導できることや、マウスは豊富なゲノムリソースがそろっているモデル生物であることなどから、実験にはとても有利です。

休眠と冬眠の共通点

砂川研究員は、マウスの休眠を安定的に評価できる系を整備し、休眠を効率よく誘導できる条件を検索しました。その結果、外気温が12~24℃のとき、エサを24時間与えないでおくだけで、休眠を100%誘導することに成功しました。この系を用いて、休眠中の温度制御機構を調べたところ、外気温、体温の差を埋めようとする度合い(熱産生感度)が冬眠動物度同様に低下しているということが分かりました¹⁻³⁾。

冬眠と休眠の違いはあるものの、冬眠動物を研究対象としなくてもマウスを調べることで、冬眠の原理を明らかにできる可能性が出てきたといえます。

	設定温度	熱産生感度
冬眠  <small>Photo by Eborutta (CC BY-SA 3.0)</small>	27.5℃ 低下	91% 低下
休眠  <small>Photo by Sunagawa GA (CC BY 4.0)</small>	3.8℃ 低下	92% 低下

冬眠と休眠の低代謝に関する比較 3)より転載

今後に向けて

本結果から、人間への臨床応用までは簡単ではありませんが、モデル生物を効率的に使うことにより安全に低代謝状態へ誘導できるようになると、再生組織や臓器の長期ストックや重症患者の搬送など、次世代型の低代謝医療の実現が期待できます。再生医療の発展により臓器が作り出せるようになったときに、保存によりいつでも供給できるような方法を可能にするために保存技術は必須です。また冬眠は麻酔の代替手段としても有効である可能性が高く、重症患者の緊急搬送、外科手術の技術向上にも貢献することでしょう。また廃用性筋萎縮の防止、脂質代謝のコントロール、さらには映画に出てくるようなコールドスリープ(人工冬眠)技術を利用して、遠い恒星までの宇宙旅行も現実味を帯びてくるのではないのでしょうか。

出典

- 1) 砂川玄志郎 academist Journal 「ヒトは冬眠できるのか？ - 冬眠が基礎代謝を下げるメカニズムを解明し、臨床応用を目指す」2016年12月22日
<https://academist-cf.com/journal/?p=2998>
- 2) Sunagawa A.G. and Takahashi M. "Hypometabolism during Daily Torpor in Mice is Dominated by Reduction in the Sensitivity of the Thermoregulatory System" Scientific Reports, (2016) DOI: [10.1038/srep37011](https://doi.org/10.1038/srep37011)
- 3) 理化学研究所プレスリリース 休眠と冬眠の代謝制御機構の共通点を明らかに - 能動的低代謝の臨床応用を目指して - 2016年11月15日
http://www.riken.jp/pr/press/2016/20161115_3/

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 冬眠法等による生体保存法が開発される。(1992年：第5回調査)
- ・ がん冬眠療法(がんの発育を遅らせがんと共存する時間を長くすることを目標にする新しい発想の治療法)(2005年：第8回調査)

安全な量子情報通信ネットワークの実現に向けて ～ダイヤモンドを利用した量子テレポーテーションを実証～

初版投稿：2017/06/23，最新版投稿：2017/06/23

執筆者：蒲生 秀典（特別研究員）

次世代高度情報通信ネットワークの実現に向けて

現代の情報処理・情報通信の根幹を担う電子（エレクトロニクス）に代わり、電子のスピンや光子などの量子状態を利用し膨大な情報量を扱うことを可能とする量子コンピューティングや、盗聴者がいると必ず検知できる究極に安全な通信技術として期待される量子暗号通信の実現に向けた研究開発が活発化しています。特に量子通信の実現には、情報を載せる光子1個を必要となときに簡便かつ確実に生成できる単一光子源や、安全で長距離の通信を可能とする量子中継技術の開発が必要となっています（図表1）^{1),2)}。



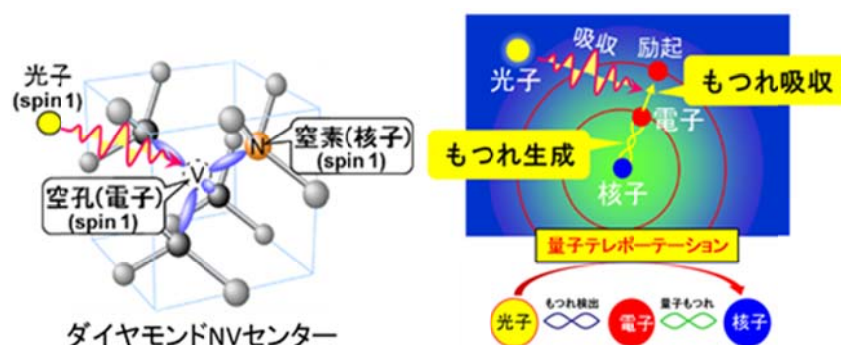
図表1 次世代高度情報通信ネットワーク²⁾

ダイヤモンドで量子テレポーテーションを実証

2016年6月、横浜国立大学、シュトゥットガルト大学、マックスプランク研究所の共同研究グループは、ダイヤモンドを利用した量子テレポーテーションの実証に成功したと発表しました³⁾。ダイヤモンドの不純物である窒素・空孔(NV)センターを利用して、入射する単一光子と空孔の局在電子の量子状態の重ね合わせ（量子もつれ）を測定し、それを核スピンに転写する量子テレポーテーション技術を開発しました（図表2）。この量子テレポーテーションは量子中継を可能とする技術で、これにより世界規模の通信が実現できると考えられています。

また、ダイヤモンドを用いた量子デバイスは実用面でも優れているとされています。情報を伝搬する単一光子源として開発の進むシリコン量子ドットなどの従来の半導体材料を用いた素子では、極低温環境や超高パワーレーザーを必要としていました。一方、ダイヤモンドは透明で広いバンドギャップ(5.5eV)を持つため、可視光やフォノン散乱（熱）の影響がなく室温に

においても簡便かつ安定的に単一光子を生成することが可能です。この量子情報素子の実用化に向けた課題はまだ多くありますが、単一光子源の作製・制御と集積化、光学的あるいは電気的な読み出し技術など、欧米を中心に研究開発が進められています。



図表 2 ダイヤモンド NV センターと量子テレポーテーションの概念図 ²⁾

医療・バイオ分野への応用展開への期待

ダイヤモンド NV センターを利用した量子技術は、量子情報分野以外への応用も期待されています。例えば、核スピンを利用したセンシングの感度を劇的に向上させることも可能とするため、医療用の MRI（核磁気共鳴画像法）や創薬に用いる NMR（核磁気共鳴）の高感度化、高分解能化に向けた研究開発も活発化しています。このようにセンシングや情報通信など多様な分野への応用が期待されていますが、実用化に向けてはアプリケーションへの適用技術と併せて、ダイヤモンド結晶の不純物、欠陥制御、すなわち結晶成長反応過程、不純物取り込み反応過程など化学合成プロセスに関する基礎的な研究がより重要となります。

参考文献

1. 水落憲和、「ダイヤモンド中の NV 中心を用いた単一光子発生と量子情報素子への応用」、光学、**43**、376 (2014)。
2. 横浜国立大学ホームページ 小坂・堀切研究室; <http://kosaka-lab.ynu.ac.jp/research.html>
3. H. Kosaka et.al., “High fidelity transfer and storage of photon states in a single nuclear spin”, Nature Photonics, **10**, 507-511(2016)。

参考

- ・ 小柴等、「量子コンピュータ時代の新暗号」、KIDSASHI (2016.9)

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

- ・ 量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス(2015 年：第 10 回)
- ・ 世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号(2010 年：第 9 回)
- ・ 高い安全性を保証する量子情報光通信システム(2005 年：第 8 回)

空飛ぶクルマ

初版投稿：2017/05/31，最新版投稿：2017/09/07

執筆者：中島 潤（特別研究員）

相次ぐ“空飛ぶクルマ”構想の発表

現在、自動運転自動車の実現・普及に向け、技術開発や社会基盤整備などの様々な活動が世界中で進められていますが、SF 小説やアニメの世界で未来を象徴する技術としてたびたび出現する“空飛ぶクルマ”に関する事業構想の発表もいくつか出始めています。

各事業者から発表されている構想や事業計画に基づき、現在の主な“空飛ぶクルマ”に関する動きを図表 1 にまとめました。

事業者	事業拠点	走行/飛行可能域	完全自律走行機能	垂直離着陸	飛行可能距離(注1)	飛行最高速度(注1)	外観	事業の特徴・進捗状況
AeroMobil ¹⁾	スロバキア	空陸両用	×	×	750km	360km/h	図表2	AeroMobil version 4.0を台数限定で予約開始。2020年、一億円以上の価格でリリース予定
Airbus ²⁾	フランス	空陸両用(注2)	○(注3)	○	100km	100km/h	図表3	Pop.Upという事業構想を発表
CARTIVATOR ³⁾	日本	空陸両用	○(注3)	○	(不明)	100km/h	図表4	2017年5月、トヨタグループ15社が資金拠出を表明 ⁴⁾
Ehang ⁵⁾	中国	空	○(注3)	○	40-50km(注4)	60km/h(平均巡航速度)	図表5	2017年7月からドバイでドローン・タクシー事業の実証実験開始予定 ⁶⁾
LILIJUM ⁷⁾	ドイツ	空	○(注3)	○	300km	300km/h(平均巡航速度)	図表6	電動かつ垂直離着陸可能なモデルを開発。プロトタイプの実証飛行に成功 ⁸⁾
PAL-V ⁹⁾	オランダ	空陸両用	×	×	400 km(注5)	180km/h	図表7	台数限定で予約開始。2018年末頃、約7千万円程度の価格でリリース予定(注6)
UBER ¹⁰⁾	アメリカ	空	○(注3)	○	120 miles(約193km)	170mph(約273km/h)	-	Uber Elevateという事業構想を発表。

注1：各事業者の構想発表内容であり、飛行モードや飛行時積載重量など、条件差が存在する可能性あり

注2：Air module, Capsule, Ground moduleが別体であり、組み合わせて使用

注3：完全自律走行機能が可能であると公表されているが、具体的な導入時期など詳細は不明

注4：ドバイ実証実験時の想定飛行可能距離

注5：100-150 km of fuel left for driving, Maximum Take-off Weight 条件時

注6：PAL-V liberty pioneer edition という、台数限定の初期生産モデルの価格

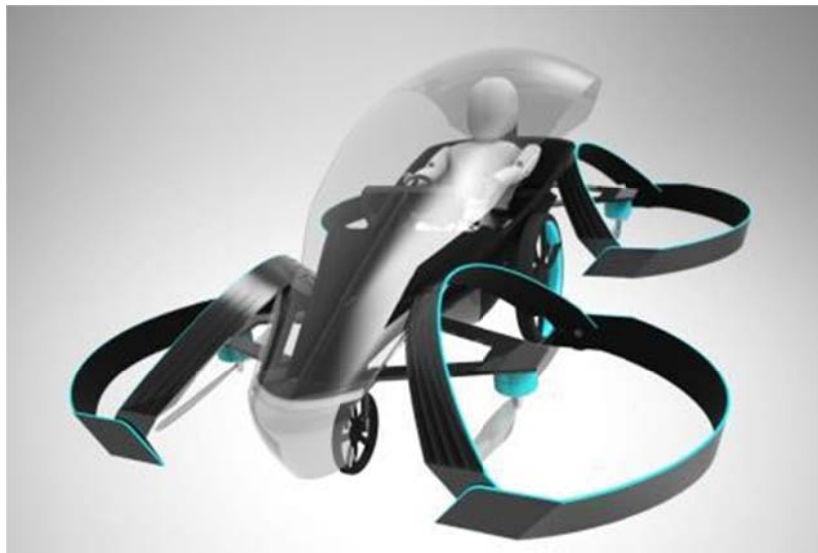
図表 1 事業者毎の空飛ぶクルマ構想公表内容まとめ(各事業者ホームページ等の情報を基に科学技術予測センターにて作成。並びはアルファベット順)



図表 2 AeroMobil version 4.0 外観（AeroMobil 社 HP より）



図表 3 Airbus Pop.up 車両外観（Airbus 社 HP より）



図表 4 CARTIVATOR Sky Drive 車両外観（CARTIVATOR HP より）



図表 5 Ehang184 外観（Ehang 社 HP より）



図表 6 Lilium jet 外観（LILIUM 社 HP より）



図表 7 PAL-V 外観（PAL-V 社 HP より）

図表 1 から分かりますとおり、空陸両用のものや完全自律走行、垂直離着陸の可否、飛行可能距離など事業者毎の製品仕様や事業のコンセプトも様々です。

しかし、1～5 人程度の少人数の移動を対象とする「新たなモビリティサービスを提供する」という方向性についてはほぼ一致しており、特に都市部で深刻な交通渋滞を避け、より速く目的地への移動を可能とすることを目指しています。例えば、Uber 社の構想をまとめた Uber elevate では、サンフランシスコのマリーナ地区からサンノゼの中心街まで、Uber の自動車配車サービスを利用して道路で移動する場合は渋滞込みで 1 時間半以上かかるところ、空路を利用すれば 15 分程度での移動が可能になるといった事例を挙げて将来計画を提示しています。

空飛ぶクルマの実現に向けて、課題とメリット

様々な事業者から発表されている“空飛ぶクルマ”構想ですが、当然ながら実現に向けた課題が多く残されています。

第一に、安全の確保です。

空を飛ぶということは、少しの故障や不良が大きな事故に直結します。いかにして事故が起きない安全な飛行を確保するか、また強風などの気候条件への耐性や、何か不測の事態が起きたときの被害軽減方法等、多くの課題があります。

次に、法律などの社会基盤整備が挙げられます。

現在、日本において、人口集中地区で無人航空機（ドローン）を飛行させる際にはあらかじめ地方航空局長の承認を受ける必要がある¹¹⁾など、自動車同等のレベルで自由に移動させることは出来ません。自動運転自動車同様、新たな技術やシステムに対する新たな社会基盤の整備が必要となるでしょう。

その他、上記の安全性を最大限確保しながらビジネスとして成立させるだけの飛行性能向上、都市部の低空域を飛行可能にするほどの静粛性の確保、コスト低減等をどう進めるかも重要な要素です。

では、多くの課題を克服し、“空飛ぶクルマ”が実現した際にはどのような社会的メリットが考えられるでしょうか。

まずは先に述べたように“より速い”モビリティサービスの提供が挙げられます。

次に、道路などの物理的なインフラ設備が不要となり、インフラ設置・維持費の減少が考えられます。インフラが未整備の発展途上国ではむしろ道路等の物理的なインフラを必要としない“空飛ぶクルマ”の方が普及へのハードルが低いかもしれません。

また、移動手段が航空機や船舶に限られる離島や、砂漠や森林地帯の中に点在する都市等では、空飛ぶ自動運転タクシーのような個人単位の空路による公共交通を取り入れることで、より自由で柔軟なモビリティサービスを提供することが可能になるかもしれません。

他にも、より速く移動できるというメリットを活かして、緊急車両や災害派遣、物流等で空飛ぶクルマを活用することによって、新たな社会インフラ・サービスが構築されることも想定されます。

まだ将来構想の発表や実証実験の開始などが主なトピックであり、“空飛ぶクルマ”が普及するという将来像自体に懐疑的な意見もありますが、空路での完全自律走行、安全かつ安定した飛行を実現する姿勢制御技術、軽量化や蓄電技術向上による飛行可能距離の延伸など、他にも

様々な技術的なブレイクスルーが起き、かつより速く、柔軟なモビリティサービスによる社会的なメリットが明確になれば、空路の3次元地図整備¹²⁾や法律などの社会基盤整備と共に、“空飛ぶクルマ”という全く新しいモビリティサービスが実現・普及していくかもしれません。

今後もこの領域の新たな兆しに注目していきたいと思います。

出典

AeroMobil 社 HP : <http://www.aeromobil.com/#s-video>

Airbus 社 HP Pop.Up project :

<http://www.airbusgroup.com/int/en/news-media/press-kit.html~item=2b030f06-e16d-4f94-b311-9d0cae53d00c~.html>

CARTIVATOR HP : <http://cartivator.com/>

日本経済新聞：「空飛ぶクルマ」離陸 トヨタが支援、20年の実用化目標

http://www.nikkei.com/article/DGXXKASDZ08ICG_Z00C17A5MM8000/

EHANG 社 HP EHANG184 概要説明 : <http://www.ehang.com/ehang184/>

TechCrunch : Dubai plans to introduce flying drone taxis as early as this summer

<https://techcrunch.com/2017/02/14/dubai-plans-to-introduce-flying-drone-taxis-as-early-as-this-summer/>

LILIAM 社 HP : <https://lilium.com/>

WIRED : テスト飛行に成功した「電動飛行機」スタートアップは何を目指すのか? 『WIRED』独版独占インタビュー <http://wired.jp/2017/04/23/lilium-aviation/>

PAL-V 社 HP : <https://www.pal-v.com/>

UBER 社 HP UBER Elevate : <https://www.uber.com/elevate.pdf>

国土交通省 HP 無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール :

http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html

東京電力ホールディングス株式会社、株式会社ゼンリン ～「ドローンハイウェイ構想」の実現に向けて～ : <http://www.tepco.co.jp/press/release/2017/pdf1/170329j0101.pdf>

関連する将来科学技術（デルファイ課題調査結果）

- ・ ほとんどの自動車が一般道で自動走行する(2010年:第9回)
- ・ 低高度で自律飛行可能な領海監視・災害監視・救難補助用など多様に活用できる無人航空機(2015年:第10回)

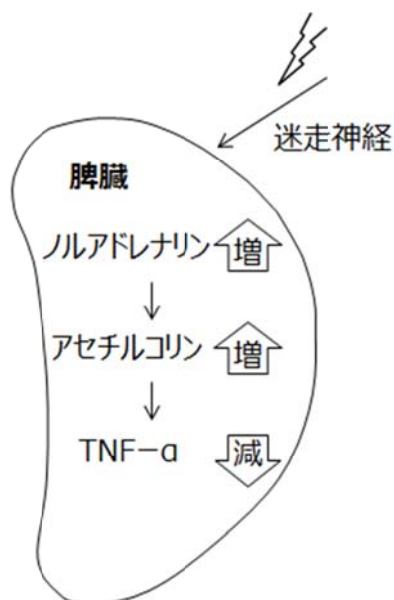
electroceuticals

初版投稿：2017/05/29

執筆者：相馬 りか（上席研究官）

electroceuticals とは

体の中の埋め込み型の装置を用いて臓器につながる神経を電氣的に刺激し、その活動を調整する疾患治療法は、pharmaceuticals に対して electroceuticals と呼ばれています。心臓ペースメーカーと同様、パルスジェネレータと電池が入った本体とリード線からなる装置が使用されます。ヨーロッパでは関節リウマチ患者に対する迷走神経刺激から良好な結果が得られました(1)。これは、迷走神経への刺激が脾臓神経に伝わり、その結果関節リウマチの炎症の原因物質といわれている TNF- α (Tumor Necrosis Factor- α 、腫瘍壊死因子の一つ)の脾臓における過剰生産が緩和されるためと考えられています。



図表 1 迷走神経刺激による脾臓における TNF- α 生成の抑制

神経への電氣的な刺激による治療が行われてこなかったクローン病や関節炎、喘息、高血圧、糖尿病などに対しても何らかの治療効果が得られるのではないかと新たな治療法の発見への期待が高まっています。

産業界の期待

electroceuticals は、臓器の機能を、薬物など化学物質の作用ではなく神経を電氣的に刺激することで調整し、疾患の症状を軽減しようとするものです。これまで投薬治療が施されてきた疾患に対する新たな選択肢となると予測されます。特に、関節リウマチのように、その治療に

高価な生物学的製剤も用いられる疾患に対しては、大きな社会経済的効果をもたらすものになるでしょう。高血圧、糖尿病など患者数の多い疾患に効果があることが示されれば、産業界への影響は非常に大きいでしょう。

実際、こういった治療法の市場規模は、今後拡大すると予想されています。2025年には、関連分野も含めると355億ドルにも達するという [レポート](#) もあります。大手企業でも、グラクソ・スミスクライン社は、グーグル社の持ち株会社との合併会社を2016年11月に設立し、関節炎や糖尿病、ぜんそくなどの慢性疾患を電気刺激によって治療する機器を開発すると発表し、10年ほどで何らかの装置の承認の準備に入るだろうとしています。

今後の研究の方向性

迷走神経刺激装置自体は、てんかんの治療として欧米を中心に10万台以上の使用実績があります(2)が、関節リウマチへの効果については症例も少なく、迷走神経が投射する他の臓器への影響や、効果の個人差、副作用、長期間の使用による影響などの検討がまだ必要です。一方、埋め込み装置を小型化し、センサや通信機能を加え、患者の状態を把握しつつ、治療したい臓器を標的として自動的に最適な電気刺激を行う、いわばスマート&スモールデバイスによる治療システムの開発も考えられます。我が国でもこれらの分野の基礎的な研究は行われていますが、神経科学や医学と人工知能研究の科学的融合と、IoT技術、電池、マイクロマシン、マイクロデバイス、等小型化技術などが必要となります。米国NIHでは、electroceuticalsを対象として、腹腔の神経分布の解明等のために2千万ドル以上の [研究費](#) を割り当てています。

参考

(1) <https://www.nature.com/news/the-shock-tactics-set-to-shake-up-immunology-1.21918>

Koopman, F. A. et al. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 113, 8284–8289, 2016.

(2) 原恵子:迷走神経刺激のてんかんにおける適応. *臨床神経生理学* 43:166-169, 2015.

これまでの科学技術予測調査における関連トピック

人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して、健康状態のモニターや治療を行うことができる医療デバイス (2010年:第9回)

バイオチップを用いた難治性疾患 (筋萎縮性側索硬化症 (ALS)、クローン病等) の発病リスクの把握と最適な治療の選択法 (2015年:第10回)

査読前の論文を登録するプレプリントサーバーの拡がりとその可能性

初版投稿：2017/04/28，最新版投稿：2017/06/07

執筆者：林 和弘（上席研究官）

現代の科学研究者は主に査読付き学術ジャーナルに論文を掲載することでその成果を世に知らしめ、その繰り返しにより研究者としての評判を得て、研究費獲得や昇進につなげています。個々の論文は通常、学術ジャーナルの発行をもって公開となりますが、査読前の論文を予めプレプリントサーバーと呼ばれるサーバーに登録してオープンに共有し、追って出版者から論文を出版する習慣が、幅広い分野で検討され始めました。

プレプリントサーバーの拡がり

プレプリントサーバーは高エネルギー系の領域で 1991 年にロスアラモス研究所で立ち上がったものが最初であり、現在は [arXiv](#) と呼ばれるサーバーに査読前の論文が多数登録されています。まず、この arXiv 内で登録される論文の分野に広がりが見られ、現在、数学、経済、統計の論文などが登録されるようになりました。

続いて、2013 年にはコールド・スプリング・ハーバー研究所により生物系のプレプリントサーバー [bioRxiv](#) が立ち上がりました。2016 年になるとオープンサイエンスの推進を進めている米国の Center for Open Science (COS) が、社会科学、工学、心理学、農学のプレプリントサーバーを相次いで立ち上げました。

COS は arXiv も含めた各種のプレプリントサーバーを統合して検索できるサイト OSF Reprints も開発しました。このサイトによると 2017 年 3 月現在、約 200 万本のプレプリント論文が検索できるとしています。

さらに、オープン化にはもともと保守的とされている米国化学会も、化学系のプレプリントサーバー [ChemRxiv](#) を立ち上げることを 2016 年に発表しています。

プレプリントサーバーが持つ可能性

時に数ヶ月以上かかる査読や出版に先立ち、プレプリントサーバーに掲載することで、投稿者はその研究の成果をいち早く世に知らしめることができます。また、オープンに公開することで、Google 検索などにより多様な分野の探索が一括でできるようになります。

査読前の論文をオープンに公開する文化が分野を問わず根付くと、出版の仕組みや事業の枠組みが根本的に変わる可能性もあります。例えば、ディープラーニングの分野では一日おきに arXiv に関連の論文が投稿されて、前日公開された arXiv の論文が引用されることも起きてい

ることが [オープンサイエンスに関するセミナー](#)で紹介されています。既存の出版者を一切介さずにこれまでにない速さで研究成果のオープンな公開と共有そして引用が実現しています。

また、オープン化が浸透すればマシンリーダブルな環境がより簡便に整い、今後のビッグデータ活用や人工知能との組み合わせることで、人が読める情報量を圧倒的に超えるデータから、個々の論文、研究の発見可能性（discoverability）が高まることが期待されています。

誰が質の保証をするのか

一方で、あくまで査読済みの一定の質を保った論文を発表することが、研究成果公開においてもっとも重要であるとし、事前の公開を好まない研究領域が依然多いのも事実です。実際、化学系のプレプリントサーバーは2000年頃に大手商業出版社の [エルゼビア社](#)で試行されましたが、盛り上がることなく休止しました。物理系の研究者の中でも [arXiv](#)には**不正確な情報が多いとして批判的な立場を取る**方もいます。あるいは、プレプリントサーバーに登録後、その内容を最終出版物として学術ジャーナルでは出版しない論文も見られており、[プレプリントで公開した後の査読の重要性](#)も議論されています。

オープンサイエンス時代の研究成果公開メディアに向けて

ICTの進展によって、研究成果の公開と共有を進める様々なツールやプラットフォームが提供されるようになりました。このような新しい研究インフラが研究活動そのものを変えるという認識が広がりつつあり、オープンサイエンス政策がもたらす1つの可能性として各種の取組が行われています。そのような中、一部では浸透しているプレプリントサーバーを活用した研究者の成果公開が、研究者の一般的な習慣として実際に根付いていくかどうか、また、その先に見える新しい研究活動像に注目が集まります。

近赤外光 1 秒照射で青果物の鮮度を保つ技術

初版投稿：2017/04/03，最新版投稿：2017/04/06

執筆者：蒲生 秀典（特別研究員）

多様化する青果物の流通・消費

野菜や果実、切り花など青果物は、近年、遠距離輸送やカット野菜の普及など、その流通や消費は多様化しています。これらの鮮度保持は、商品価値に大きく影響するため重要性が高まっています。

鮮度保持の新技术

株式会社四国総合研究所（高松市）は、近赤外光を 1 秒程度照射するだけで青果物の鮮度を長く保つ新しい技術を開発しました^{1),2)}。多くの青果物は収穫後も水蒸気を出す蒸散を続け、水分の消失が 5% に達すると張りやつやがなくなるとされます。今回開発の技術では、水分消失を減らし、しおれや傷み、カビ、腐敗を抑えることができます³⁾。

これまで植物に対する光照射に関しては、可視光の花や葉菜類の栽培・育成への影響についての研究事例は数多くありましたが、収穫後の光照射による鮮度保持に関する研究はほとんどありませんでした。同社の研究グループが各種波長の光が植物に及ぼす影響を調べたところ、近赤外光を照射することで、蒸散量が抑制されることを初めて見だし、これには活性酸素種 (ROS) 生成による気孔閉鎖促進が関与することをつきとめました。この効果を流通レベルの青果物に適用するために、850nm を中心波長とする近赤外 LED およびレーザーを光源とした照射装置をそれぞれ開発しました。いずれの装置でも高強度 ($300\text{W/m}^2 \sim 800\text{W/m}^2$) の光源を用いることで、照射時間が僅か 1 秒程度で効果が確認され、実用レベルの高いスループットが得られることを実証しました²⁾。

例えば、10℃の冷蔵保存試験では、近赤外光照射によって、ハウレンソウでは 6 日後でも張りやつやを保ち、ナスでは 9 日後でも内部変色がなく、さらにイチゴでは 14 日後でもカビの発生が抑えられることがわかりました。この他、レタスやブロッコリーなど葉茎類、ブドウやモモなど果実類、ニンジンなど根菜類、切り花類と、ほとんどの青果物で効果を確認しています。研究グループでは、強い近赤外光を青果物が熱や乾燥のストレス刺激として認識し、抵抗反応として、気孔を閉じたり活性酸素を生成することによって、蒸散が抑制されたりカビや傷みの発生が軽減されるメカニズムが働いていると見ています⁴⁾。また、食感・食味、成分への影響はなく、品質も保持されるとしています。



図表 近赤外光照射の試験結果の例 ⁴⁾

青果物の商品価値向上への期待

近赤外光源には LED やレーザーが利用できるため、低消費電力かつ安全であり、短時間照射で効果が得られるため照射設備も簡便で高速処理が可能です。収穫後の鮮度を保つ効果は冷蔵や包装の方が高く、この技術は補完的なものですが、野菜や果物の商品価値を高め、海外への輸出も促進されることが期待されます。

参考文献

A. Kozuki et al.; “Effect of postharvest short-term radiation of near infrared light on transpiration of lettuce leaf”, Postharvest Biology and Technology, 108, 78 (2015).

石田ら；「近赤外光照射による青果物鮮度保持技術「iR フレッシュ」の開発」、四国電力，四国総合研究所 研究期報 104、19(2016)。

高附ら；「収穫後の近赤外光照射が数種葉菜類の蒸散、気孔開度および外観品質に及ぼす影響」、園学研、15、197(2016)。

株式会社四国総合研究所 HP; 「iR フレッシュ ～近赤外光照射を利用した青果物鮮度保持技術～」；
<http://www.ssken.co.jp/service/biotechnology/irfre...>

関連するデルファイ課題

物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術(2015年:第10回)

メロン、トマト等の青果物について、呼吸量、エチレン生産量等の生理状態をオンラインで計測し、品質(鮮度)を保持するシステムが実用化される。(1992年:第5回)

動植物の細胞レベルでの老化メカニズムが解明され、現在の缶詰、冷凍技術にかわる新しい食品の鮮度、栄養価保持技術が開発される。(1992年:第5回)

日本におけるゲノム編集研究の拠点化の幕開け

初版投稿：2017/03/23

執筆者：相馬 りか（上席研究官）

大学の拠点化

ゲノム編集は 2000 年前後から米国を中心として本格的に開発された技術で、2012 年に簡便かつ効率の良い手法が論文発表されて以来、世界中でこの技術を用いた研究が行われ、論文数は急増しています。「ゲノム編集コンソーシアム」を我が国でいち早く 2012 年に設立した広島大学は、2014 年に「ゲノム編集研究拠点」を整備し、2016 年には大阪大学、九州大学、茨城大学、東京工業大学、徳島大学、理化学研究所、農研機構、酒類総合研究所及び民間企業 10 社を参画機関としてゲノム編集研究拠点を中核に「『ゲノム編集』産学共創コンソーシアム」を設立し、「[油脂素材化合物、エネルギー、畜産、実験動物など、多様な産業分野のニーズに沿った有用細胞・生物を作成するために必要な基盤技術の開発を行う](#)」としています。

大阪大学は医学系研究科附属共同研究実習センター内に、[ゲノム編集に関する技術及び成果物を支援・提供することにより、医学研究・教育の向上と充実を図ることを目的とした「ゲノム編集センター」](#)を設置しました。

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の「次世代農林水産業創造技術（アグリイノベーション創出）：新たな育種体系の確立」で、筑波大学は「ゲノム編集育種コンソーシアム」及び「社会実装コンソーシアム」、農業生物資源研究所は「次世代育種技術コンソーシアム」、理化学研究所は「オミクス育種技術コンソーシアム」をそれぞれ構築し、ゲノム編集の技術を用いた共同研究を実施しています。

学会の取り組み

2016 年 4 月には（一社）日本ゲノム編集学会も設立され、9 月に開催された第 1 回大会には主催者の予想を上回る 300 名以上の研究者が参加しました。[次回大会は 2017 年 6 月末に予定](#)されています。

このように、我が国では研究者からのボトムアップで確実に「ゲノム編集研究コミュニティ」ができつつあるといえるでしょう。

活用の方向性

ゲノム編集は、特殊な施設を必要とせず安価に実施できます。しかし、ヒトに対するこの技術の活用には、安全性がまだ確立していないことから慎重な対応が求められ、研究や医療のグローバル化が進む今日では国際的な協調も必要です。ゲノム編集でつくられた新しい作物の社

会受容についても研究が必要です。さまざまな立場のステークホルダーと専門家による、個人レベルや学協会等の組織レベルでの十分な対話が求められます。

関連するデルファイ課題

難病・希少疾患に対する、標的組織特異的なゲノム・エピゲノム編集に基づく遺伝子治療法(2015年：第10回調査)

ゲノム編集による優良（高品質・高収量）農産物作成技術(2015年：第10回調査)

参考

広島大学ゲノム編集研究拠点 <http://www.mls.sci.hiroshima-u.ac.jp/smg/center-ge/index.html>

大阪大学ゲノム編集センター <http://www2.med.osaka-u.ac.jp/gerdc/index.html>

戦略的イノベーション創造プログラムゲノム編集育種コンソーシアム

<http://sip-nbt.agbi.tsukuba.ac.jp/>

(一社)日本ゲノム編集学会 <http://jsgedit.jp/>

サイバスロン

初版投稿：2016/11/07，最新版投稿：2017/05/18

執筆者：相馬 りか（上席研究官）

サイバスロンとは

2016 年 10 月 8 日、スイス連邦工科大学チューリッヒ主催の「サイバスロン」がスイスアリーナで開催されました。これはロボット工学や機械工学を活用して開発された障害者のための補助器具を障害者アスリート(以下パイロット)が駆使してそのパフォーマンスを競う競技会です。動力付き義手・義足、動力付き外骨格、動力付き車いす、筋電気刺激自転車、ブレインコンピューター・インターフェースの 6 種目が行われ、世界各国から 66 チームが参加しました。メディアの関心も高く、観戦チケットは完売し、会場は歓声に包まれました。競技会に先立って開催された「サイバスロンシンポジウム」では、関連分野の研究発表が行われました。

競技種目

動力付き義手

物を持って階段を昇降する、ランプを照明器具に取り付ける、複雑な形状のワイヤーに触れることなくリングを通すなどのタスクを行う時間と動作の成否を競います。



写真：Meltin MMI チーム。物を持って階段を昇降するタスク。 [ETH Zürich / Nicola Pitaro](#)

動力付き義足

ソファからの起立・着席を繰り返す、物をのせた皿を両手に持って階段を昇降するといったタスクが設置されたコースをゴールするまでの時間とタスクの成否を競います。



写真：Ossur Power Knee チーム。リンゴを載せた皿とカップを載せた皿を持って階段を降りている。 [ETH Zürich / Nicola Pitaro](#)

動力付き外骨格

歩行できないパイロットが、歩行を代替する駆動力付きの外骨格を装着して歩行し、さまざまなタスクをクリアしてゴールするまでの時間と動作の成否を競います。タスクの内容は、動力付き義足とほぼ同じですが少し簡単なものになっています。



写真：Varileg チーム。ETH Zürich / Alessandro Della Bella

動力付き車いす

コースの途中に設置されたスラロームや階段などのタスクをクリアしてゴールする時間とタスクの成否を競います。



写真：RT Movers チームによるスラローム。 [ETH Zürich/Alessandro Della Bella](#)

筋電気刺激自転車

脊髄損傷のパイロットの末梢運動神経や筋に電気刺激を加えて自転車の駆動動作を実現し、750m の走行タイムを競います。



写真：Meltin MMI チームによるレースの様子。 [ETH Zürich / Nicola Pitaro](#)

ブレインコンピューター・インターフェース

首から下に重篤な運動機能障害のあるパイロットが脳波で操作するコンピューターゲームの成績を競います。

出場チームの顔ぶれ

ヨーロッパ各国をはじめとして、韓国、香港、米国などからの参加がありました。上位チームの中には、日常的に使用している装置で参加したチームもありました。日本からは3チームが参加しました。

株式会社サイボーグ(Xiborg)（動力付き義足に出場）：軽量かつコンパクトなモーター付き義足を開発。同社は陸上競技の走行用の義足も製作しており、リオパラリンピックで使用されました。

株式会社メルティン MMI（動力付き義手、筋電気刺激自転車に出場）：電気通信大学発ベンチャー。横井浩史教授の研究成果である筋電信号処理手法と3Dプリンターの活用で意のままに動く軽量の筋電義手を開発。

RT-Movers（動力付き車いすに出場）：和歌山大学サイバスロンプロジェクト。中嶋秀朗教授と学生のチーム。4輪駆動で安定した動作を実現。4位入賞。

今後の展開への期待

サイバスロンに出場できるような装置の開発には、ロボット技術に加えて、神経科学、バイオメカニクスといったライフサイエンス関連分野のほか、安全性や快適性などにかかわる知見も求められます。また、競技を制するには単に技術的に優位だけでなく、パイロットがそれを意のままに使いこなせることが重要なポイントとなるため、さまざまな分野の専門家の連携だけでなく、障害者とともに装置開発ができるような環境も必要です。また、競技では瞬間的な判断に基づき誤作動なく稼働するといった極限的な機能が必要であるため、装置には究極的なユーザビリティが求められます。このような装置開発を通じて、通常の機械と人との関係とは異なる、新たな関係が構築されるでしょう。そこからは、ロボットの社会実装に向けた重要な含意が得られると期待されます。

本大会では、金銀銅のメダルが各種目1位から3位までのチームの開発者とパイロット両方に授与されました。サイバスロンは、スポーツの競技会と捉えることも、開発者と一緒にユーザーも参加する新たなスタイルの技術発表の場と捉えることもできます。このような競技会の開催は、障害者スポーツに対する新たな視点を提示するものであると同時に、高い技術力がありながらこれまでこの分野に関心をもたなかった企業や研究者による参入を促すきっかけとなり得るでしょう。高齢化と労働人口の減少が進む我が国で重要度が増す、安全かつ高機能でユ

ーザーフレンドリーな介護機器の開発には、サイバスロンで勝てる装置を開発するための要素と共通するものがあるかもしれません。

なお、第2回大会が2020年に今回と同じくスイス連邦工科大学チューリッヒ主催で開催される予定です。

参考

サイバスロンホームページ：<http://www.cybathlon.ethz.ch/>

関連するデルファイ

筋委縮性側索硬化症（ALS）患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる運動機能補完ロボット（ブレイン・マシン・インターフェース：BMI）（2015年：第10回調査）

筋委縮性側索硬化症（ALS）患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させる意思伝達装置（ブレイン・マシン・インターフェース：BMI）（2015年：第10回調査）

高齢者や障害のある人が、人間による介護なしに普通の社会生活を送ることができるような自立支援システム（2015年：第10回調査）

欧米における市民科学（シチズンサイエンス）支援の動き

初版投稿：2016/10/17，最新版投稿：2017/01/27

執筆者：横尾 淑子（上席研究官）

市民科学（シチズンサイエンス）とは

ICTの急速な発展に伴い研究情報のオープン化とアクセス性が向上したことを背景に、研究者や研究機関との繋がりを持って多くの一般市民がデータの収集や分析に参加する、新しい市民科学（クラウドサイエンスとも呼ばれます）が広がりを見せています。

市民科学には、研究活動への貢献のほか、科学への関心の涵養、科学コミュニケーション促進、実践的な科学教育、社会的課題への対応など様々な効果が期待されています。近年、各国の政府機関がこうした効果に着目し、市民科学を加速させるための基盤作りを進めています。

専門家と市民科学者とを繋ぐ基盤－ドイツ

ドイツ連邦教育研究省（BMBF）では、2014年に **GEWISS**（市民による知識創造）プログラムを立ち上げ、市民科学の支援を開始しました。運営を担うのは、研究所、大学、博物館などの関連機関から成るコンソーシアムです。活動の柱は、能力向上とプラットフォーム構築です。能力向上のためには、対話型ワークショップなどのイベント開催や実践ガイド作成などが行われています。また、オンラインプラットフォームを設け、プロジェクトやイベントの実施情報や、参加者間のネットワーキング・情報交換の場を提供しています。

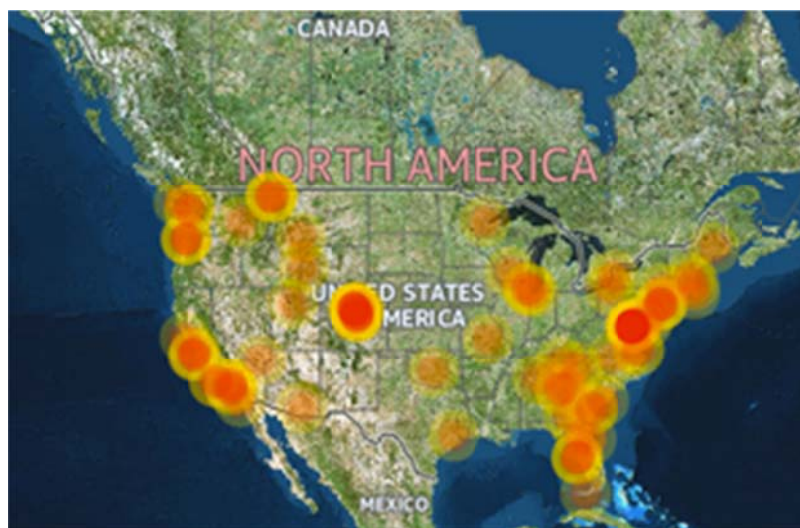
2016年8月には、市民が主体となる研究プロジェクトを助成することを発表しました。期間は2017年から2019年までの3年間、助成総額は400万ユーロです。GEWISSでの議論を踏まえて策定された「市民科学戦略2020」（2016年5月）の中で助成策拡充の必要性が述べられており、これに対応するものと言えます。

省庁による実践の促進－米国

2015年9月、ホルドレン大統領科学技術補佐官から各省庁長官に宛てた覚書「**市民科学とクラウドソーシングを通じた社会的・科学的課題への取組**」が発出されました。そこでは、市民科学の価値として、科学的・社会的課題に取り組むことによる科学技術イノベーションの加速、市民と省庁ミッションとの結び付け、実践的な科学・工学・数学教育の効果などが挙げられています。そして、こうした価値を最大限引き出すべく、市民科学推進のため、コーディネーターの配置とプロジェクトカタログ作成を求めました。

大統領府科学技術政策局（OSTP）は、省庁の活動を支援するため、ツールキット、ケーススタディ（ベストプラクティス）、プロジェクトカタログを掲載するプラットフォームを構築しています。

また、行政管理予算局（OMB）の覚書「2017 年度の科学技術優先課題」では、イノベーションの手段の一つとして市民科学の推進が挙げられています。また、「クラウドソーシングとシチズンサイエンス」の項は、議会の政府アカウンタビリティ局（GAO）の「オープンイノベーション」レポート（2016 年）や新しい競争力強化法（2017 年 1 月）のセクション 402 にも掲げられています。政府機関として市民科学に可能性を見出し、有効活用しようという姿勢がうかがえます。



図： 米国政府による市民科学プロジェクトのカatalogサイト

出典

1. GEWISS (BürGER schaffen WISSen): <http://www.buergerschaffenwissen.de/en>
2. Memorandum to the Heads of Executive Departments and Agencies: “Addressing Societal and Scientific Challenges through Citizen Science and Crowdsourcing”:, September 30, 2015: https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/holdren_citizen_science_memo_092915_0.pdf
3. citizenscience.gov: <https://www.citizenscience.gov/>
4. GAO, OPEN INNOVATION -Practices to Engage Citizens and Effectively Implement Federal Initiatives: <http://www.gao.gov/products/GAO-17-14>
5. American Innovation and Competitiveness Act: <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/senate-bill/3084/text?q=%7B%22search%22%3A%5B%22S.+3084%22%5D%7D&resultIndex=1>

参考

- ・ 林和弘、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、科学技術動向 2015 年 6 月号: <http://hdl.handle.net/11035/3097>

学術ジャーナル論文の海賊版サイト Sci-Hub と学術情報流通のゲームチェンジの兆し

初版投稿：2016/10/14

執筆者：林 和弘（上席研究官）

購読費を支払わないと読めない学術ジャーナルの論文を含む世界中の学術論文を無料で公開している海賊版サイト Sci-Hub が、価格が高騰している学術ジャーナルの仕組みとオープン化の流れに新たな問いを投げかけています。

そもそも学術ジャーナルが電子化される前の冊子の時代より、商業学術出版社による寡占化と購読費の高騰化が問題とされてきており、オープンアクセス運動などにより、学術ジャーナル論文へのフリーなアクセスとその自由な再利用が 10 年以上前から議論されてきました。最近の報告によるとオープンアクセス論文数の増加ペースは、全研究論文数の増加ペースの 2 倍に達しており、エンバーゴ期間を終えて公開された論文を含めれば、世界の論文の 3 分の 1 はオープンアクセスになっているとする報告 1) もあります。

第 5 期科学技術基本計画ではオープンサイエンスの推進がうたわれ、公的資金を得た研究の成果を中心にできるだけオープン化する政策が世界レベルで進められています。しかしながら、依然研究者が読みたいと思うトップジャーナルを含む多くの学術ジャーナルは図書館が購読費を払って読めるものの方が多いのも現状です。

ここで、Sci-Hub(<http://www.sci-hub.cc/>)は、科学の知への無料へのアクセスをうたった学術ジャーナ... Elbakyan 氏が始めました。このサイトでは本来購読費を支払わないと読めないジャーナルを含む 5000 万論文を超える論文を公開し、横断検索できるようにしています(2016 年 5 月現在)。

Science 誌 2)によると、ダウンロード数は 2015 年 9 月から 2016 年 2 月の半年間で 2800 万回であり、発展途上国だけでなく日本を含む先進国からのアクセスも少なからずあり、すでに多くのユーザーが存在していることを示唆しています。

もちろん、このサービスは現在の知財系の法律からみた場合は違法であり実際に訴訟も起こっています。しかし、多くの出版者のジャーナルを横断的に統合し、無料で提供するこのサービス自体は研究者にとっては魅力的とも言えます。Sci-Hub に対するアンケート結果 2)をみても、海賊版論文のダウンロードは悪いと思うか？という問いに 9 割近くが「そう思わない」と答えています。このアンケート回答者の 6 割が Sci-Hub を利用しているというバイアスがありますが、先の利用度の実態と合わせて研究者の一定の支持を得ていると言えます。

このように Sci-Hub の登場は研究者のコミュニケーションの在り方に新たな問いを投げかけていると言ってよいでしょう。この活動自体は現在は違法ですが、その背景にある、研究者コミュニケーションの新潮流と学術情報流通産業における非連続的で根本的な変化（ゲームチェ

ンジ) の兆しに目を向け、科学知を広く効率よく知らしめるより健全なコミュニケーションの仕組みを新しい法制度を含めて整えるべきと考えます。

参考文献

- 1) Open Access Articles Grow at Twice the Rate of All Published Research
<http://www.simbainformation.com/about/release.asp?id=4003>
- 2) John Bohannon , “Who's downloading pirated papers? Everyone,”
<http://doi.org/10.1126/science.aaf5664>

ガラスよりも自然採光と断熱性に優れる”透明な木材”の窓

初版投稿：2016/10/13，最新版投稿：2017/10/18

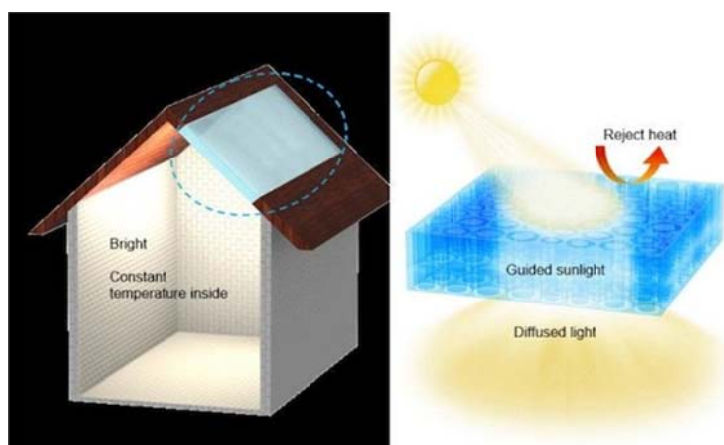
執筆者：蒲生 秀典（特別研究員）

建物のエネルギー消費の低減に向けて

米国エネルギー省(DOE)は、建物のエネルギー消費を 2020 年までに 20%、さらに長期目標として 50%の削減を目指しています。住宅や商業ビルなどの建物のエネルギー消費の 50%以上を室内の照明と温度コントロールが占めており、その対策が求められています¹⁾。

“透明な木材”の開発～新しい省エネ窓材料の可能性

2016 年 4 月、スウェーデン王立工科大学の研究グループは、「透明な木材」を開発しました。木材のリグニンという遮光成分を化学的に取り除き、導管として機能するセルロースと屈折率が同等の透明樹脂を注入し作製しています²⁾。さらに同年 8 月、米国メリーランド大学エネルギー研究センターの研究グループは、同様の方法で作製した透明な木材を、建物の窓(屋根)材料としていくつかの特性を評価しました^{1),3)}。その結果、透過率は 85%以上(0.5mm 厚)でガラスより劣るものの、木材の成長方向に沿った導光の異方性に起因する散乱効果により、室内などの閉鎖空間に均一に光を照射できることがわかりました。さらに、熱伝導率はガラスの 1/3 と低く断熱効果が高いこと、繊維構造を保つため耐衝撃性も高いことを実証しています。



図表 “透明な木材” を用いたモデルハウスの例⁴⁾

透明性木質素材の応用研究の拡大

実際の建物への適用では、紫外線耐性など多岐にわたる耐候性や製造面での低コスト化が要求されますが、今後、自然素材である木材の特性を活かした省エネ材料としての応用展開が期待されます。また、木材の繊維成分を取り出したセルロースナノファイバーを束ね加工したフィ

ルムやシートの研究開発も進められており、透明ながら耐久性や断熱性が高い特性をもつ木材の応用が注目されています⁵⁾。

参考文献

- L. Hu et. al.; “Wood Composite as an Energy Efficient Building Material: Guided Sunlight Transmittance and Effective Thermal Insulation”, Adv. Energy Mater., 1601122 (2016). (DOI/10.1002/aenm.201601122)
- L. Berglund et. al., “Optically Transparent Wood from a Nanoporous Cellulosic Template: Combining Functional and Structural Performance”, Biomacromolecules, 17, 1358(2016). (DOI/10.1021/acs.biomac.6b00145)
- L. Hu et. al.; “Highly Anisotropic, Highly Transparent Wood Composites”, Adv. Mater., 28, 5181(2016). (DOI: 10.1002/adma.201600427)
- メリーランド大学 HP, UMD RIGHT NOW;
<https://www.umdrightnow.umd.edu/news/wood-windows-...>
ナノセルロースフォーラム; <https://unit.aist.go.jp/rpd-mc/ncf/index.html>

参考

藤本博也、「住宅の省エネルギー化に貢献する高断熱技術」、科学技術動向、p19（2008 年 12 月）

関連するデルファイ課題

竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用（繊維素材・建材等）技術(2015 年:第 10 回)

木材と非木質系材料との複合化技術の高度化により、再利用を可能にした木質系複合素材の製造技術(2005 年:第 8 回)

木材と非木質系材料との複合化技術が発展して、木材の特性を生かしたままで、成形・加工が容易な高強度・多機能な木質系複合素材の製造技術が実用化される。(1997 年:第 6 回)

IoT のダークサイド：攻撃に用いられる IoT

初版投稿：2016/10/11 ， 最新版投稿：2017/10/18

執筆者：小柴 等（研究員）

IoT とはなにか？

IoT（Internet of Things；モノのインターネット）機器は、ネットにつながって自身の保有する情報（機器自体の情報や、計測したデータなど）を流通させられるような機器類を指します。

IoT 機器の普及に従って、遠隔地の監視カメラ映像を手軽に見られるようになったり、倉庫の温度変化を監視して異常時には通知してくれるようになったり、トラックが故障する予兆を捉えられるようになったり、と、物理空間を情報空間の技術（IT）でサポートすることが可能になり、様々な分野で活用がはじまっています。

第5期科学技術基本計画に記述のある、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させ、その活用を強力に推進する“Society5.0”のコア要素の一つが IoT と言えるかもしれません。

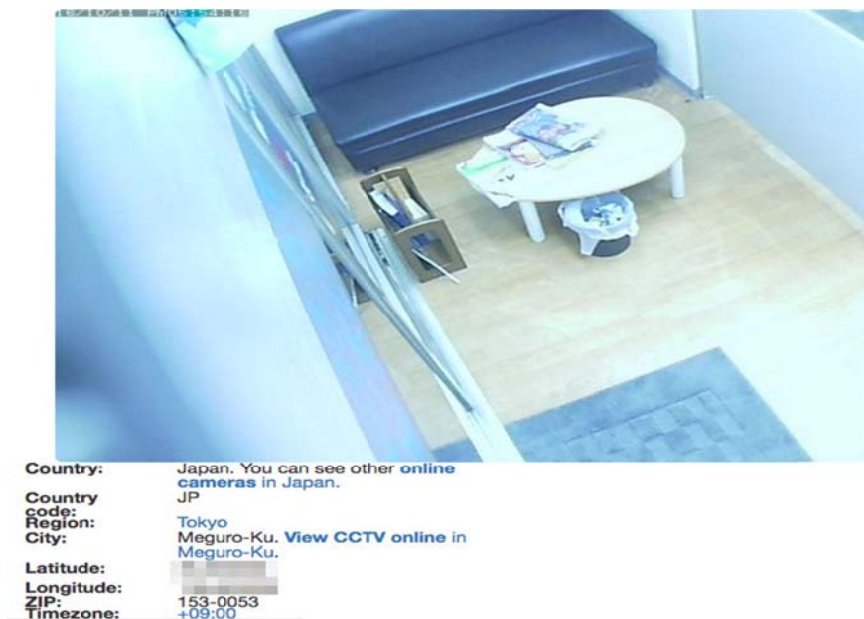
このように IoT は科学技術の未来を切り拓くキードライバーである反面、最近では幾つかの問題も指摘され始めています。

IoT のダークサイド

IoT が生じている具体的な問題とは？

たとえば、ロシアで運営されているサイト「Insecam」では様々な監視カメラの映像が公開されています。

これらの映像は必ずしも意図的に公開されているものではなく、機器のデフォルト（初期設定）の ID やパスワードをそのまま利用しているものもサイト側で自動的に収集して公開しています。これらの問題は [2014 年頃にも報道されました](#)¹ が、現在も多くの画像が公開されています。



図表：insecam 上で公開されているカメラ画像の例。

（IP アドレスから得た緯度経度情報（モザイク処理済み）も付与されており、
目黒区にある部屋の画像であることが推測できる）

また、これらの IoT 機器を“踏み台”として利用した攻撃も増加しています。

インターネット上の攻撃のうち、メジャーなものに“特定のサイトに大量のアクセスを繰り返すことで、通常の利用者がサイトを閲覧することを困難にする攻撃（[DoS アタック](#)²）”があります。

この際、特定の機器から直接攻撃を行うと、その機器からのアクセスを遮断するだけで防御できるため、攻撃者は様々な機器を“踏み台”として間接的に攻撃を行ってることがあります（[DDoS アタック](#)³）。

その“踏み台”に IoT 機器が活用されている、ということです。

実際の事例としては [今年（2016 年）の 9 月末には実際に IoT を用いた観測史上最大の DDoS アタックも確認されています](#)⁴。

また、その数日前にもネット情報配信の最大手企業である [Akamai](#) が過去観測最大規模の 2 倍にあたる DDoS アタックを観測した事例が報告されています⁵。

これらの攻撃では監視カメラをはじめ 14 万台以上の IoT 機器が用いられたとの指摘もあります。

先ほどの insecam の事例のように、初期設定のままであったり、セキュリティ面のケアが不十分な機器であると“踏み台”に用いることは容易なため、IoT 機器がインターネットの脅威にもなっているのです。

利便性と危険性のトレードオフ

IoT は基本的に安価で手軽に設置・運用できる必要があり、多くの場合に電源を入れて幾つかの設定をするだけですぐに使えるものが多く出回っています。

エンドユーザの側からはそのように提供されることで高い利便性を得ることができる一方で、提供者側ではその分、セキュリティを高めにくく／コストをかけにくくなっており、これが上述したような問題を生じていると言えます。

IoT は大きな可能性を秘めており、実際に我々の生活を快適にしてくれています。IoT の利用を制限したり、利用の利便性を欠いてまでセキュリティにコストをかけることは現実的ではないかもしれません。

しかしながら大きな問題を生じていることも事実であり、このような攻撃や悪用に対する罰則を強化する、セキュリティ対策・研究への助成を促進するなどの手当を早急に講じてゆく必要がありそうです。

出典

GIZMODE: [A Creepy Website Is Streaming From 73,000 Private Security Cameras](#)

IT 用語辞典バイナリ: [DoS とは](#)

IT 用語辞典バイナリ: [DDoS とは](#)

Computerworld: [IoT 機器を踏み台にした史上最大規模の DDoS 攻撃が続々発生](#)

engadget: [セキュリティ情報サイトに 620Gbps のサイバー攻撃。存在を暴かれた DDoS 攻撃請負グループによる報復か](#)

参考

[IoT のセキュリティ：IPA 独立行政法人 情報処理推進機構](#)

[IoT セキュリティガイドライン ver 1.0（案） - 総務省](#)

[IoT セキュリティ WG / IoT 推進コンソーシアム](#)

関連するデルファイ課題

[セキュリティシステムの計画や設計に用いられる、コストや派生的リスクを考慮したリスク定量評価技術（2015 年：第 10 回）](#)

[リモート攻撃可能なセキュリティホールを含まないソフトウェアを開発する技術（2015 年：第 10 回）](#)

[多数のセンサーが生活空間に配置され、実用的なセキュリティを保証しながら、リアルタイムに、人の活動を強力に支援するセンサネットワーク（2010 年：第 9 回）](#)

昆虫の新たな用途

初版投稿：2016/09/27，最新版投稿：2016/12/28

執筆者：相馬 りか（上席研究官）

養殖魚の餌料や家畜飼料として注目される昆虫

世界漁業・養殖業白書よれば、養殖魚の生産は増加し、2030年までには食用魚の62%が養殖魚となると予測されています¹⁾。餌料の主原料である魚粉の需要は増大しており、その国際価格は高い水準で推移しています。魚粉の大半を輸入に頼っている我が国では、魚粉価格はコストに大きく反映されます。そこで、魚粉以外のタンパク質を用いた配合飼料の開発がすすめられています。

昔から観賞魚の餌料として使用されてきたイエバエは、短期間で成育し、必要な水や飼料も少なく、安定生産が可能であるとして注目されています。山梨県水産試験場の報告では、イエバエサナギの摂取によりニシキゴイ稚魚の成長が促進されました²⁾。愛媛大学の三浦猛教授のグループによれば、イエバエサナギを含む餌料を与えたマダイでは、成長速度が高まっただけでなく抗病性も向上しました³⁾。三浦教授は、この成果を社会に還元するため、JST研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）を活用してベンチャー企業を設立しました。

農業分野においては、昆虫由来成分を含む肥料がすでに世界各国で販売されています。また、未販売食品を飼料にして繁殖させたアメリカミズアブの養鶏飼料への使用が2016年にカナダ食品検査庁（CFIA）によって **認可されました**。

食料としても注目

日本では昔からイナゴやハチノコを食べる習慣があり、アジア他多くの地域にも昆虫を食べる文化があります。2013年、FAO（国連食糧農業機関）が“Edible insects -Future prospects for food and feed security”と題する報告書⁴⁾で、将来の食料としての昆虫の重要性を指摘して以来、昆虫食の習慣がほとんどなかった地域においても食品として昆虫への関心が高まっており、例えばフランスでは **昆虫の粉末入りのパスタが販売されています**。国内では、徳島大学の三戸太郎准教授と渡辺崇人助教が食用フタホシコオロギの大規模・自動飼育の研究費用をクラウドファンディングから調達しています。

さまざまな化合物の生産手段として

カイコからは生糸だけでなく、化粧品やコンタクトレンズなどに使用できる様々な成分を得ることができます。これに加えて、**光ったりクモの糸の成分を含む非常に丈夫な生糸**など、新たな価値をもつ素材を生産する研究も進んでいます。また、昆虫の触覚センサの**研究**や、昆虫の翅をデバイスの素材として用いる試み⁵⁾も始まっています。



FAO 報告書 "Edible insects -Future prospects for food and feed security"

新産業の創出にむけて

昆虫は、大昔から食料、染料、糸、装飾品などさまざまな用途に利用されてきた一方で、家屋を食い荒らし、伝染病の蔓延や農作物への被害をもたらすやっかいな存在でもあります。昆虫に対する研究および成果の実用化にあたっては、安全性の検討はもとより、現在と将来の環境影響に対する十分な配慮が必要であるとともに、その製品の普及には価格競争力も求められます。

参考

国連食糧農業機関，世界漁業・養殖業白書 2014 年（日本語版概要） <http://www.fao.org/3/a-i3720o.pdf>
 芦沢晃彦・坪井潤一・青柳敏裕・岡崎巧・高橋一孝，イエバエサナギによるニシキゴイ稚魚の成長促進効果 山梨県水産技術センター事業報告書 41:14-18,2014.

<http://www.pref.yamanashi.jp/suisan-gjt/documents/...>

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム A-STEP 成果集 科学技術振興機構 2016.

<https://www.jst.go.jp/a-step/seika/pdf/a-step-seik...>

Food and Agriculture Organization of the United Nations, "Edible insects: future prospects for food and feed security", 2013. <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>

棚橋一郎：昆虫の翅を基盤に用いたものづくり.応用物理 85(8):721-724,2016

関連するデルファイ課題

昆虫の細胞培養や組換え体利用による医薬品等の有用物質生産の工業化（2005 年：第 8 回）

宇宙の管理ノウハウが導く地上の医療安全

初版投稿：2016/09/26，最新版投稿：2017/09/29

執筆者：矢野 幸子（特別研究員）

人命第一は共通の目標

厳しい危険防御策を他の用途へ

筑波大学病院では重大事故を予防するため JAXA と共同で有人宇宙機器の設計思想を医療に活用する取り組みを進めています¹⁾。宇宙での事故は宇宙飛行士の命の危険に直結するため、有人宇宙機器の設計・製作現場では、独立した 3 つの危険防御策により重大事故を未然に防いでいます。一方、病院では、例えば転倒事故は脳挫傷など命に直接かかわる重大損傷となり得るため、慎重な管理が必要です。

転倒防止には「確実にアラームを設置する手順」の確認

病院で転倒を防ぐための施策は様々ありますが、認知能力が欠如した患者に対して看護師が 24 時間付き添うのは不可能です。看護アラーム(写真 1)²⁾ という製品もありますが、アラームが機能しないこともあります。そこで筑波大学病院は JAXA の担当者とともに管理手順を整理し、「アラームの取り付け」を重点的に管理すれば転倒事故を減らせることを突き止めました。看護師は、患者の服にアラームを取り付ける際、カード(写真 2)を見て確実に取り付けます。たったこれだけで転倒リスクが減ります。病院側は「JAXA の論理的な考え方のおかげで、病院の安全管理が楽になった」と語ります。

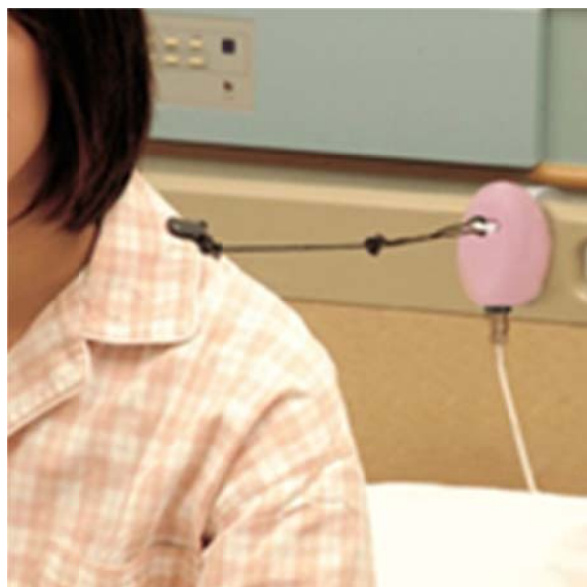


写真 1 看護アラーム（商品名う～ご君）



写真 2 設置手順を示したカード（JAXA/筑波大提供）

宇宙と医療を繋ぐきっかけ

JAXA と病院の出会いのきっかけは向井千秋宇宙飛行士です。彼女は心臓外科医であると同時に宇宙飛行士訓練を通じて危険防御策を実践してきました。向井飛行士は病院の管理問題を知ると JAXA 有人宇宙技術部門有人システム安全・ミッション保証室長に筑波宇宙センターの廊下で声をかけました。「宇宙の技術を地上に役立てよう」という会話がきっかけになり、主任研究開発員が打ち合わせのため病院に通いました。検討のための会議は 2 年で 20 回以上になりましたが、2 つの機関が地理的に近接していたのも好都合でした。

今後に向けて

JAXA とメーカーは、アラーム自体が取り付け状態を自己診断できるような技術改良を進めています。

科学技術政策との関連

平成 28 年 1 月に閣議決定された我が国の第 5 期科学技術基本計画では、オープンイノベーションを推進する仕組みの強化の一つとして国立研究開発法人の橋渡し機能の強化が掲げられています 3)。宇宙から医療分野への橋渡しの成功例が、今後、その他の分野にも展開できる例となりそうです。

出典

- 1) 「宇宙の安全を医療の安全へ」開催報告 <https://www.tsukuba.ac.jp/news/n201607261807.html>
- 2) ホトロン体動コール HB-TV3 うーご君 <http://www.hotron.co.jp/>
- 3) 内閣府 第 5 期科学技術基本計画 <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>

関連するデルファイ課題

- ・ 医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育（2010 年：第 9 回調査）
- ・ 物理的誤動作が人間の命や健康に影響を与えるシステム（ロボット、自動運転車、医療システムなど）のソフトウェアを解析し、安全に動作することを確認する技術（2015 年：第 10 回調査）

排泄予知ウェアラブルデバイス

初版投稿：2016/09/21，最新版投稿：2017/06/27

執筆者：中島 潤（特別研究員）

高齢社会と介護問題

慢性的に不足する介護人材

世界に先駆けて超高齢化が進む我が国では、後期高齢者人口が増加する中、介護人材の不足も深刻な社会問題となっています。厚生労働省によると、2025年度の介護人材の需要約253万人に対して、現状推移シナリオによる介護人材の供給見込みは約215万人と、約38万人もの介護人材不足が推計されています¹⁾。また在宅介護も増加しており、介護者の負担軽減が求められています。

介護者の負担が大きい、尿漏れ、便漏れという問題と向き合う

認知症や加齢による機能低下などにより、自分の意志通りに排泄ができなくなっている方も増えています。尿漏れや便漏れの処理は、介護者にとって負担になるだけでなく、他者に排泄の処理を頼まなくてはいけない状況は、被介護者自身にとっても、心身ともに負担となります。ある調査では、排泄介護を負担と感じる介護者の割合が、身体的負担71%、心理的負担50%、社会・経済的負担56%と示されており、いかに多くの方が負担を感じているかがわかります²⁾。

おむつに様々なセンサーをとりつけることで排泄を検知するという技術は既にいくつか製品化が進められていますが、トリプル・ダブリュー・ジャパン株式会社は、ベンチャーキャピタルからの出資や国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成金を受け、「DFree」という製品を開発しました。この製品は、内蔵された超音波センサーとスマートフォンとの連動機能によって排泄の周期を予知し、介護者または被介護者自身に排泄のタイミングが近づいていることを伝え、排泄行為を促すことにより、尿漏れ・便漏れの回数を減らすという新たな発想での実証実験・商品化が進められています。今後も最新の科学技術を活用していくことで、尿漏れ・便漏れやおむつ交換の回数などを減らして介護者・被介護者共に負担軽減となるような製品が様々な事業者から開発されることが期待されます。

超音波で膀胱の変化を捉え、排泄までのタイミングなどを
スマートデバイスにお知らせ

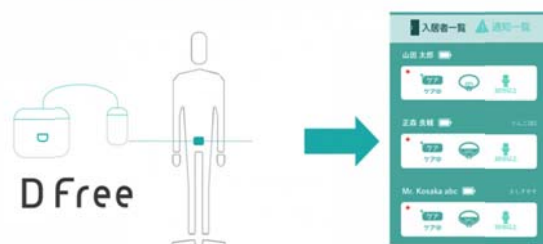


図1 DFree スマートフォン連携イメージ（トリプル・ダブリュー・ジャパン株式会社提供資料）

今後に向けて

科学技術の進展により、各種装置の小型化が進み、ウェアラブルデバイスは腕時計などの形で普及が進んでいますが、最新の科学技術を、超高齢社会などの重要な社会課題解決につなげていくという動きは、まだ少ないのが現状です。我が国は、超高齢社会という、どの国も経験したことがない社会をいち早く経験することになります。人材不足などの様々な課題を科学技術の力で克服し、その成果を世界にも普及させていくことが出来れば、世界規模の課題への貢献だけでなく、大きなビジネスチャンスにもなる可能性を秘めています。今後も、超高齢社会を支える科学技術の動向に要注目です。

出典

- 1.厚生労働省 - 2025 年に向けた介護人材にかかる需給推計（確定値）について
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000088998.html>
- 2.菊池有紀・薬袋淳子・島内節, 在宅重度介護高齢者の排泄介護における家族介護者の負担に関連する要因 国際医療福祉大学紀要 第 15 巻 2 号(2010)
[http://ci.nii.ac.jp/els/110007973719.pdf?id=ART0009563679&type=pdf\(=jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1487731935&cp=](http://ci.nii.ac.jp/els/110007973719.pdf?id=ART0009563679&type=pdf(=jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1487731935&cp=))
- 3.トリプル・ダブリュー・ジャパン株式会社ホームページ <http://dfree.biz/>

参考情報

内閣府 - 平成 28 年度高齢社会白書
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/zenbun/28pdf_index.html

関連するデルファイ課題

- 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（2015 年：第 10 回調査）
- ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース（2015 年：第 10 回調査）

人工知能で人狼に挑め：人狼知能

初版投稿：2016/09/21，最新版投稿：2016/09/26

執筆者：小柴 等（研究員）

AI と人間の知恵比べは新たなステージへ

AlphaGo の衝撃

2016 年 3 月ディープラーニング（深層学習）を用いた人工知能（AI）AlphaGo が囲碁の世界チャンピオンであるイ・セドル氏と勝負し、4 勝 1 敗で勝ち越しました。

囲碁は状況等の多様さから、チェスや将棋にくらべて遙かに複雑で、世界チャンピオンに勝てるようになるにはまだ 10 年はかかるだろう、といった見方もある中での勝利でした。

では、人工知能はすでに人間を超えたのでしょうか。囲碁やチェス、将棋など特定の課題においてはそうかもしれません。しかし解くべき課題はまだまだあるようです。

完全情報ゲームから不完全情報ゲームへ

現状の AlphaGo の方式では、なぜそのような選択を行ったのか（なぜ、その場所に石を置いたのか）の理由はわからない、といった課題もあり、別の方式でこの囲碁という問題に挑もうという試みもありますが、別のステージで AI に取り組むという動きも出ています。

チェスや将棋、囲碁は「完全情報ゲーム」という種類に分類することのできるゲームであり、ルールや採りうる選択肢が明確で、相対的には取り扱いやすい問題と見ることもできました。その最高峰と目されていたのが囲碁でした。

AlphaGo の成功も受けて、分類上より難易度が高いと思われる「不完全情報ゲーム」に挑もうとする活動が活発化しています。

人工知能で人狼：人狼知能

我が国では若手研究者を中心に「人狼知能」プロジェクトが立ち上げられ、注目を集めています。

「人狼（じんろう）」は対話を中心としたゲームの一種で、対話を通じて得た情報から推論し、「騙し合う」「協力し合う」といった行動も取りながら、その場に紛れ込んだ「人狼」プレイヤーを見つけ出す、あるいは、立場を欺き「村人」プレイヤーを食べ尽くす、ことを目的とします。

一部の情報が隠されている（全員には共有されない）上に、対話を中心としてプレイが推移するため、同じような状況であっても提供される情報が異なるなど取り得る状態・状況が膨大です。

さらに対話内容を「理解」し、それらの情報から「推論」し、嘘を見破ったり、必要に応じて相手を騙したり、協力する、といった作業が必要になります。

つまり研究者らは、「人狼で人間に勝つこと」を目標とした AI 開発を通じて、より自然な形で人間の意図を読み取る（読み取ったと人間が思う）ような AI、自然な対話のできる AI の開発などに挑もうとしています。



人狼知能プロジェクトでは、大会以外にも
それぞれの研究者が人狼をプレイする人工知能の研究に取り組んでいる。
(2015 年 8 月の CEDEC での発表の様子) [WirelessWire News](#) より転載 より転載

今後に向けて

ぱっと見たところでは、ダジャレかな？まじめに研究しているのかな？と思われそうな「人狼知能」ですが、若い研究者達を中心に関係者は楽しみながらも真摯に研究に取り組んでいます。

人狼自体は海外発祥のゲームでもあり、AI における次の標準問題・グランドチャレンジとして設定される可能性もあると思われます。

また、AlphaGo のような手法（ディープラーニング）だけでは攻略が困難な可能性が高く、AI 開発におけるゲームチェンジをもたらす可能性もあるかもしれません。

参考

- 人狼知能プロジェクト <http://aiwolf.org/>
- 鳥海 不二夫ほか, 「人狼知能 だます・見破る・説得する人工知能」森北出版 (2016/8/18) ISBN-13: 978-4627853713
- (CEDEC 2015: 第 1 回人狼知能大会レポート) 嘘を見抜ける人工知能が衝撃的すぎる
<http://ascii.jp/elem/000/001/043/1043020/>
- 嘘をつく、嘘をつかれる人工知能をつくる——人狼ゲームをする「人狼知能」をつくるわけ (前編)
<https://wirelesswire.jp/2016/01/49300/>
- 嘘をつく、嘘をつかれる人工知能をつくる——人狼ゲームをする「人狼知能」をつくるわけ (後編)
<https://wirelesswire.jp/2016/01/49308/>

関連するデルファイ課題

- プロ将棋の名人を破るソフトウェア (2005 年: 第 8 回調査)
- 発話内容や話者の関係を理解し、途中から自然に会話に参加できる人工知能 (2015 年: 第 10 回調査)
- 民事調停の場で、紛争当事者の事情を聴き、調停案を提案できる人工知能調停補助員 (2015 年: 第 10 回調査)

量子コンピュータ時代の新暗号

初版投稿：2016/09/02 ， 最新版投稿：2018/06/20

執筆者：小柴 等（研究員）

量子コンピュータの出現：そのインパクト

ノイマン型コンピュータから量子コンピュータへ

1940 年代後半から 50 年代前半にコンピュータが発明されて半世紀以上、コンピュータの高速化・小型化が進展し、今日では様々なモノにセンサやコンピュータが埋め込まれ、IoT (Internet of Things：もののインターネット) といった言葉も流行っています。

しかしながら、コンピュータの基本的な原理・性質そのものは発明当初から大きく変わるものではなく、どれも「ノイマン型コンピュータ」と呼ばれるような種類のモノでした。

この「コンピュータの基本的な原理・性質そのもの」が大きく異なる新種のコンピュータが「量子コンピュータ」です。

量子コンピュータの実現可能性

量子コンピュータは「量子力学」の知見を用い、これまでのコンピュータとは違った発想で非常に高速な計算を可能にします。

これにより、現在のコンピュータでは計算しきれない膨大な量のデータを処理できるようになることが期待されており、日本でも早くから NEC など複数のメーカーで研究が行われてきていました。

これまで量子コンピュータは理論や基本原理の実証が主でしたが、2010 年代に入って D-wave 社が、能力的には限定的ながら量子コンピュータの開発に成功したと主張し、実際に市販を始めて Google 社が購入したことなどから、実用化への期待・可能性が高まっています。

量子コンピュータのインパクト

このように量子コンピュータは大きな可能性をもつ夢の技術なのですが、その性能の高さ故に問題点も懸念されています。

その一つが「暗号」に関する問題です。特定の種類の量子コンピュータに限定されるものの、あまりに高速な計算ができるため、これまでインターネット上の通信などデジタルデータの保護に使われてきた多くのデジタル暗号を力任せに解析できてしまうのです。

量子コンピュータの取得は、オンライン決済、国家や企業の機密情報のやりとりなど、様々な情報のマスターキーを手に入れるのと同じ、と言えるかもしれません。

量子コンピュータ時代に対応した新暗号

そこで現在、量子コンピュータ時代に対応した暗号の開発が進んでいます。

暗号化の方式にも幾つかの種類があり、「格子暗号」もそのひとつです。

最近では KDD 研究所と九州大学が 60 次元の格子暗号をノイマン型のコンピュータで解析することに成功するなど、新たな暗号方式の安全性や基準の確立・標準化に向けた競争が激化していると同時に、我が国の存在感を示しています。

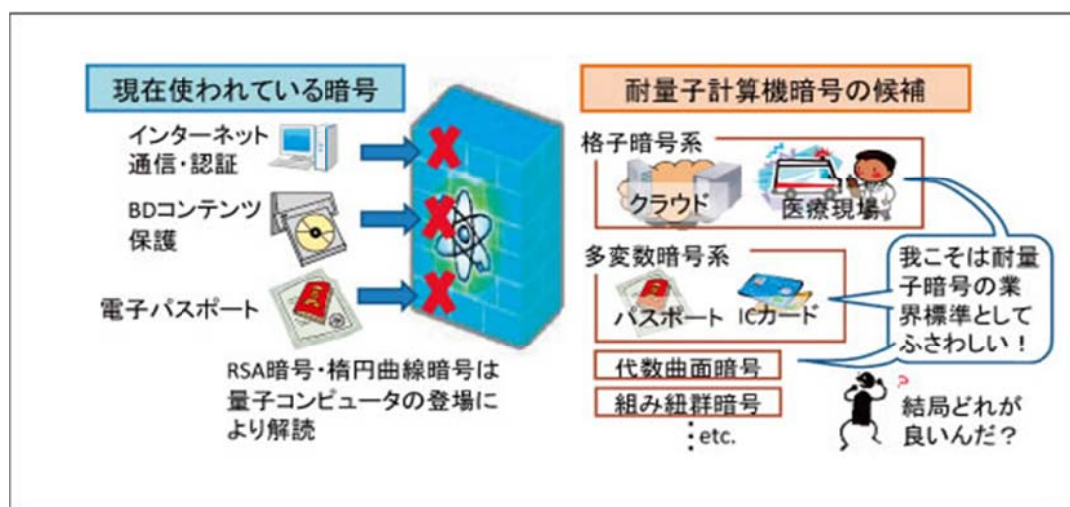


図1 耐量子計算機暗号の業界標準に向けて（NICT NEWS より転載）

今後に向けて

量子コンピュータがもたらす膨大な計算能力は社会の有り様を大きく変える可能性を有しています。

そのような時代に対応した新たなセキュリティのあり方や、過渡期（新暗号技術の確立、普及より先に暗号解読可能な量子コンピュータが完成した場合など）における情報保護制度のあり方などについての検討が必要な時期に来ているとも言えるかもしれません。

出典

格子暗号の実用化に向けて 青野 良範 - NICT NEWS

<http://www.nict.go.jp/publication/NICT-News/1303/0...>

世界で誰にも解読されていない暗号問題を初めて解読！

<http://www.kddilabs.jp/newsrelease/2016/071901.htm...>

参考

「格子暗号」の最新動向 - 日本銀行金融研究所
<http://www.imes.boj.or.jp/research/papers/japanese...>

関連するデルファイ課題

様々なアルゴリズムに適用可能な汎用性のある量子コンピューティング (2010 年 : 第 9 回)
10k 量子ビット間でコヒーレンスを実現され従来解決困難だった問題を高速に処理できるゲートモデル型量子コンピュータ (2015 年 : 第 10 回)
世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号 (2010 年 : 第 9 回)
100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信技術 (2015 年 : 第 10 回)
量子暗号通信のためにオンデマンドで単一光子を発生できる新デバイス (2015 年 : 第 10 回)

謝辞

ホライズン・クロージャーの分析機能を始め UX、UI などの機能開発に際しては株式会社バイオインパクトの金築拓也氏から、様々な提案や試行など多くの協力を頂いた。記して感謝する。

調査研究体制

全体統括

赤池 伸一	上席フェロー
斎藤 尚樹	総務研究官（～2018 年 3 月）

枠組み設計・運営

横尾 淑子	科学技術予測センター長
伊藤 裕子	科学技術予測センター主任研究官（2018 年 4 月～）
黒木 優太郎	科学技術予測センター研究官（2018 年 7 月～）
中島 潤	科学技術予測センター特別研究員（～2018 年 3 月）

システム設計・構築

小柴 等	科学技術予測センター研究員
------	---------------

KIDSASHI 記事執筆（所属等は記事執筆時点）

伊藤 裕子	科学技術予測センター主任研究官
浦島 邦子	科学技術予測センター上席研究官
重茂 浩美	科学技術予測センター上席研究官
蒲生 秀典	科学技術予測センター特別研究員
栗林 美紀	科学技術予測センター主任研究官
小柴 等	科学技術予測センター研究員
白川 展之	科学技術予測センター主任研究官
相馬 りか	科学技術予測センター上席研究官
中島 潤	科学技術予測センター特別研究員
林 和弘	科学技術予測センター上席研究官
矢野 幸子	科学技術予測センター特別研究員
横尾 淑子	科学技術予測センター上席研究官

POLICY STUDY No. 16

兆しを捉えるための新手法～NISTEP のホライズン・スキャンング“KIDSASHI”～

2018 年 12 月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術予測センター

〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-2-2 中央合同庁舎第 7 号館 東館 16 階
TEL: 03-3581-0605 FAX: 03-3503-3996

A New Tool for Capturing Weak Signals ~NISTEP's Horizon Scanning 'KIDSAHI' ~

December 2018

Science and Technology Foresight Center
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan

<http://doi.org/10.15108/ps016>



<http://www.nistep.go.jp>