

解 説

オープンサイエンスの概説と展望

小野 英理*

1. はじめに

近年, open science (オープンサイエンス) とよばれる潮流が世界で広がりつつある. 2016 年に内閣府で閣議決定された第 5 期科学技術基本計画 (2016~2020 年度) においても, 「オープンサイエンスの推進」が謳われており, オープンイノベーションの重要な基盤として期待されている [1]. さらに科学技術振興機構 (JST) は 2017 年に「オープンサイエンス促進に向けた研究成果の取扱いに関する JST の基本方針」および, その方針に基づく「運用ガイドライン」を公表した. 後述するようにオープンサイエンスが射程とする領域は多岐にわたるため, さまざまな学会で関連セッションが開かれることも多くなっている. 最近では, 筆者が知る限り日本初のオープンサイエンスに関する包括的なカンファレンスとなる「Japan Open Science Summit 2018」が国立情報学研究所を主催として 2018 年 6 月 18 日・19 日に開催され, 国内で関心が高まっていることがうかがえる.

そもそもオープンサイエンスという用語には 30 を超えるコンセプトが含まれることがあり [2], 現時点ではさまざまな視点が存在し統一された定義はない. その中で経済協力開発機構 (OECD) はオープンサイエンスの主要な概念を①open access (オープンアクセス), ②open data (オープンデータ), ③open collaboration (オープンコラボレーション), と大別した [3]. そしてその価値をつぎのように説明している [4].

- オープンサイエンスによって, 研究成果のより正確な検証が促進される. 科学技術と情報技術を組み合わせることで, 社会的利益のために科学的な調査や発見を加速することができる.
- オープンサイエンスによって, 研究関連資料・試料の収集, 作成, 移送, 再利用における無駄な重複が減る.
- オープンサイエンスによって, 研究予算が厳しくなる現代において生産性の向上につながる.
- オープンサイエンスによって, イノベーションの可能性が拡大し, 公共的資金で行った研究にもとづく選択の幅が広がる.

- オープンサイエンスによって, 科学に対する市民の信頼性が向上する. 科学への市民の関与が拡大すると, 研究活動における実験やデータ収集に市民が積極的に参加するようになる.

オープンサイエンスの背景にはインターネットの拡大やハードディスクの劇的な容量増加など情報通信技術の目覚ましい発展がある [3]. 歴史的には, 「オープン」とつく用語はオープンサイエンスが現れる以前から使われている. 1998 年に Open Source Initiative が設立されオープンソースという言葉が用いられ, 2000 年頃からオープンアクセス, さらにその後オープンデータへと広がっていった. さらに公開された情報をもとに多様な協働が生まれ, これらの「オープンな文化」が学術界に及ぼす影響を指して事後的にオープンサイエンスと総称しているといえるだろう. 最近, オープンサイエンスという総称を目にする頻度は高まりつつあるが, オープンアクセスやオープンデータに関して個別の議論が交わされることが多い. こうした状況を, 北本朝展氏 (国立情報学研究所) は「同床異夢」と表現した [5]. つまり, オープンサイエンスに対して社会の期待は高まっているものの, その期待の対象は学術雑誌, データ, 市民参加による研究など千差万別であり, それぞれに主体も実現方法も異なる. そこで本稿では, 個別の議論になりやすいオープンサイエンスについて OECD の分類に従って来歴と現状を概説し, さらにその将来展望について私見を交えて述べる.

2. オープンアクセス

オープンアクセスとは, 学術雑誌や論文が無償かつ自由にインターネットを通じて誰もが閲覧できるよう公開することを指す. open access という言葉が本来もつ意味から, 広義には論文を含む学術情報全般への自由なアクセスを指すこともあるが, これは次章のオープンデータで説明する. オープンアクセスの世界的な動きは 2002 年に提唱された Budapest Open Access Initiative (ブダペスト・オープンアクセス・イニシアティヴ, BOAI) に端を発する. これは 90 年代に起こった大手出版社の学術誌高騰への反発であったとされる. BOAI はオープンアクセスの基本的な概念を提唱し, 以後それをベースに主要な方針を発信してきた. 現在オープンアクセスの

* 京都大学 情報環境機構

Key Words: open science, open access, open data, citizen science.

主要な形態は、Gold open access（ゴールド・オープンアクセス）と、Green open access（グリーン・オープンアクセス）である。前者は著者が論文投稿料として費用を支払うことで、読者が無償かつ自由に論文を閲覧できることを指す。後者はセルフアーカイブともいわれ、出版される最終バージョンより前の著者原稿をリポジトリで保存・公開する。これを実現するために、大学など研究機関は「機関リポジトリ」を構築している（後述）。BOAI が最初に提唱された 2002 年から 10 年経った 2012 年に、その振り返りが行われ、改めてつぎのようにオープンアクセスが定義されている [6]。

“[ピアレビューされた研究文献] への「オープンアクセス」とは、それらの文献が、公衆に開かれたインターネット上において無料で利用可能であり、閲覧、ダウンロード、コピー、配布、印刷、検索、論文フルテキストへのリンク、インデクシングのためのクロージング、ソフトウェアヘデータとして取り込み、その他合法的目的のための利用が、インターネット自体へのアクセスと不可分の障壁以外の、財政的、法的また技術的障壁なしに、誰にでも許可されることを意味する。複製と配布に対する唯一の制約、すなわち著作権が持つ唯一の役割は、著者に対して、その著作の同一性保持に対するコントロールと、寄与の事実への承認と引用とが正当になされる権利とを与えることであるべきである。”

オープンアクセスに関する議論と実践は 10 年以上続けられており、対応する機関リポジトリやオープンアクセス誌が普及している。一方で普及の結果として学術界と出版業界との摩擦は激しくなっている側面があり、分野によってはトップクラスの研究者が高インパクトの有料誌への投稿をボイコットする事例も生じている [7]。最近では Machine Learning の分野において有料の新しい『Nature』姉妹誌『Nature Machine Intelligence』へのボイコットが発生している。さらに顕著な対立例としては、有料の論文のペイウォールを回避するサイト「Sci-Hub」がある。現在の著作権法から鑑みて違法性は高く、エルゼビアなど出版社から数多の訴訟を起こされ賠償金の支払いやドメイン差し止めの命令が下されている。しかしドメインを変更しつつ現在でも運用されており、中国、インド、イランなど、学術雑誌へのアクセスが制限されている国からの利用が多い [8]。このようにオープンアクセスを推進する一部研究者と既存の学術出版のビジネスモデルをとる出版社との摩擦は高まっているが、その一方でオープンアクセスに即したビジネスモデルを構築している学術誌もある。その最たる例が非営利団体 PLOS によって運営されているゴールド・オープンアクセスの学術誌群である。なお、一時は年間 3 万本以上の論文を掲載していた同誌だが、その掲載数は減少傾向にあるとも指摘されている [9]。現在では大手出版社もオープンアクセスに対応する雑誌を刊行し、オープンアクセスの世界的な流れは続いている。

グリーン・オープンアクセスの代表例は物理学・数学を中心とした自然科学分野のリポジトリ「ArXiv」である。「ArXiv」がコーネル大学図書館によって運営されているとおり、グリーン・オープンアクセスにおいては図書館の果たす役割が大きい。日本でもオープンアクセスへの対応を打ち出す機関があり、京都大学では図書館機構が中心的役割を担い 2015 年に「京都大学オープンアクセス方針」が採択された。同大学教員が生み出した学術論文等の研究成果を、「京都大学学術情報リポジトリ Kyoto University Repository for Navigating Academic Information (KURENAI)」(サービスは 2006 年開始) によりインターネット上で原則公開することを定めている [10]。個々の機関がリポジトリを運用しているなかで、全世界の機関リポジトリを横断的に検索可能なサービスも存在する (CORE [11])。ゴールド/グリーンにかかわらず、オープンアクセスの現在を知りたい読者は、国立国会図書館が運営するカレントアウェアネス・ポータルを参照されたい [12]。

3. オープンデータ

オープンデータとは、誰でも自由に使用、再利用、配布できるデータを指す。2004 年に OECD に加盟するすべての国が、公的資金による研究から生じたデータへのアクセスを促進する宣言に署名した [13]。さらに「オープン」の定義は Open Knowledge Foundation が 2005 年に提唱しており次の通り要約されている [14]。

“出自とオープン性維持の評価のため、あらゆる人が対象のデータを自由に閲覧し、利用し、修正し、そして共有できることを 知識/knowledge がオープンであるとする。その際に掛けられる制限は、出自情報やオープン性の保持を考慮する程度に留められる。”

オープンデータの先駆的かつ大規模な例は、1988 年に設立された米国 National Center for Biotechnology Information (国立生物工学情報センター, NCBI) による遺伝子やタンパク質などの生命科学関連データベース群であろう。NCBI は米国国立衛生研究所 (NIH) 傘下の組織であり、NIH が助成する研究の成果となるデータは NCBI における公開を義務付けられている [15]。義務化当初は公開に対して研究者から反発があったものの、現在では生命科学分野において必要不可欠なツールとなっている。なお、日本においても国立遺伝学研究所の DDBJ センターやライフサイエンス統合データベースセンター (DBCLS) が、独自の活動と世界中の協力機関との情報共有によって高い完成度で生命科学関連データベース群を整備している。筆者は一時期生命科学分野の研究に携わっていたが、研究成果がまとまった後には配列情報を公開して当然という共通認識があったことを覚えている。このオープンデータに関する情報基盤と共通認識が生命科学分野を飛躍的に発展させた背景であるともいえるだろう。一方、これまでオープンデータが推進

されてこなかった分野でデータを収集・公開する場合、生命科学分野と同様に反発が予想される。誤解に基づく意見に対しては丁寧に説明し[16]、さらに助成団体による公開を義務化することでオープンデータへの一歩を踏み出すことができるだろう。

オープンデータに関わるセクターは学術界に限らず、行政・自治体、NPO・NGO、企業、市民などが想定される。NPO・NGOや市民に関わるオープンデータの好例は「OpenStreetMap」とよばれるフリーで利用可能な地図情報データのプロジェクトである[17]。誰でも自由に参加して、誰でも自由に編集でき、誰でも自由に利用することができる。「OpenStreetMap」は学術的側面があるものの、研究を目的としたプロジェクトではない。したがって、オープンデータはオープンサイエンスの要素の一つと考えられるが、すべてのオープンデータ関連プロジェクトがオープンサイエンスに含まれるわけではないだろう。学術目的ではないオープンデータとしては、行政・自治体による open government data（オープンガバメントデータ）も、活用例として着目に値する。たとえば「FarmPlenty」はアメリカ合衆国農務省によって作成されているデータベースで、半径5マイルごとの穀類の生育状況に関する経時情報が地図上に表示される。これは農家にとって生産高を予測・調整する指標となる。

オープンデータを支える要素として、そもそも研究活動から生み出されるデジタルデータ（以後、「研究データ」とする）を安定的に保存・管理し、利活用する技術基盤が必要である。近年は日本医療研究開発機構（AMED）や新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）など、研究データの明示的な管理を義務化する助成団体があり、JSTもCRESTやさきがけの一部のプログラムにおいて研究データの管理を義務化している。これら公的資金の助成団体は、産出される研究データの内容や保存方法、データを取り扱う者（データサイエンティストまたは委託者など）に関する計画をData Management Plan（データマネジメントプラン）として提出するよう求めている。しかし多くの研究者はデータマネジメントプランを効果的に作成し、データを安定的に運用できるわけではない。そこで国立情報学研究所は研究データの保存、公開、検索の各段階における情報基盤の開発を目的としてオープンサイエンス基盤開発センターを2017年に設立している。さらに、データマネジメントにおけるリテラシー向上を目的としたオンライン教材を、オープンアクセスリポジトリ推進協議会が作成・公開している[18]。こうして適切に保存・管理されたデータのうち公開可能なものについては公開するという可能性において、安定的なデータマネジメントを基盤としてオープンデータが成立するともいえるだろう。

4. オープンコラボレーション

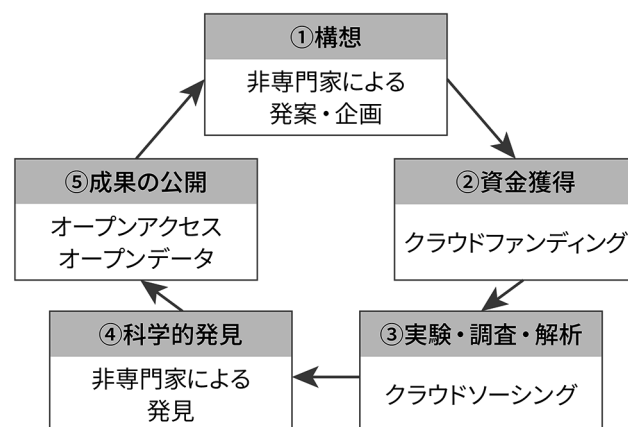
オープンコラボレーションは、各種セクター（学術界、産業界、市民など）間またはセクター内での協働的な研究活動を指す。したがってその主体と手法は千差万別であり、明確な定義は困難である。筆者としては、オープンアクセスやオープンデータ、また日々発展するオープンな情報通信技術に基づくあらゆる研究上の協働がオープンコラボレーションに含まれると考える。なかでも、専門的な研究活動を日常的に行っていない市民（以後、単に市民とする）が科学研究に部分的に参加する新たな研究方法が生まれている。具体的には、市民が資金を援助する crowdfunding（クラウドファンディング）や、作業リソースを供与する crowdsourcing（クラウドソーシング）など新しい科学の方法について述べる。なお、市民が科学研究に参加する形態を指して従来は「市民科学、シチズンサイエンス」という言葉が用いられており、クラウドソーシングは情報通信技術によって可能になった新しい型のシチズンサイエンスといえる。これを林和弘氏（科学技術動向研究センター）は「webの情報流通基盤が生み出したオープンサイエンスの文脈からシチズンサイエンス（市民科学）を捉え直」すと表現している[19]。シチズンサイエンス自体はオープンサイエンスが提唱される以前から存在するため、新しい型とはいえシチズンサイエンスをオープンサイエンスに含めるかどうかは意見の分かれるところである。しかしOECDがオープンサイエンスの基本的な考えとして市民の関与を明記しているため[3]、本稿ではその側面について述べたい。

クラウドファンディングは、先進的・実験的な製品の開発費を集めるために（おもに小規模ベンチャー企業が）実施することが多い。学術界ではクラウドファンディングを研究費の獲得方法の一つとして活用する研究機関または研究者が現れており、専用のプラットフォームも発展してきている。米国の「experiment」は世界最大のプラットフォームであり、2018年8月時点で総額8億円以上を集めている。日本ではアカデミスト株式会社が学術研究に特化したサービスを2014年に開始し、これまでに7,000万円以上を集めた。さらに2016年に徳島大学が主導して一般社団法人大学支援機構を設立し、Otsucleというクラウドファンディングプラットフォームを開発した。クラウドファンディングは目新しさもあり注目されているが規模はまだ小さく、たとえば科学研究費補助金の単年度予算が2,284億円（平成29年度）であることを考えるとクラウドファンディング自体の意義について疑問視する声も出てくるだろう。しかし、クラウドファンディングはつぎのようなケースで有用であると考えられる。①公的助成金を得にくい初期段階の研究、②広報や科学コミュニケーションの観点から市民の関与を広げたい研究、③研究のタイミングが年に一度の助成金公募に合わない場合、④助成金で認められる用途に合致しない場合、

などである。たとえば、榎戸輝揚氏（京都大学）は雷雲ガンマ線の研究を始めるにあたり科研費を得られなかったためクラウドファンディングに挑戦した。得られた資金を元に実験機器のプロトタイプを開発し、さらに取得したデータの分析に市民が参加できるウェブサイトも構築した。この予備的な研究活動を元に科研費に申請、採択されて研究を拡大し、その最終的な成果は『Nature』に掲載された [20]。クラウドファンディングが新たな研究スタイルの一つとなる可能性を感じる事例である。

資金ではなく、作業リソースを提供するクラウドソーシングも着目に値する。その仕組みは学术界に限らず利用されており、インターネットを通じて膨大なタスクを不特定多数の参加者（場合によって特定の個人）が処理する方法を指す [21]。学术界における好例は米国の「Galaxy Zoo」である。市民が膨大な数の銀河の画像をブラウザ上で分析し、その形状などを送信することで研究に用いるデータとなる。2015 年時点で 16.5 万人以上の市民が参加して約 89 万枚の画像を分析し、その結果を元に 50 本以上の学術論文が出版されている [22]。その中には、天文学を専業としない市民が発見した銀河に関する成果や市民が発見した黒点記録を専門家が解析した成果も含まれる [23, 24]。なぜ市民が「Galaxy Zoo」に参加するのか、その動機を調べたアンケート調査結果の上位三つは、当該研究への貢献（全回答のうち 39.8%）、天文学に元々興味があった（12.4%）、誰も見たことがない銀河を見ることができる（10.4%）である [25]。市民が貢献意欲や知的好奇心によってクラウドソーシングに参加していることがうかがえる。日本では、古典籍にくずし字で記述された地震現象をウェブ上でテキスト化する「みんなで翻刻」（京都大学古地震研究会）が成果を出している。これまでに 500 万文字以上が翻刻され、地震研究に有用なデータとなっている [26]。こうした成果は大学等研究機関に所属する研究者だけでは達成し得なかった、もしくは膨大な時間がかかるものである。したがって多くの市民に参加してもらうためには、参加者の動機を適切に喚起し、参加者を飽きさせないウェブアプリケーションを設計する必要があるだろう。筆者は共同研究者とともにクラウドソーシングのプロジェクトを調査し、通常よりも多大な貢献を見せるスーパーボランティアとよばれる参加者や、参加者同士が互いに意見交換するための議論スペースが目標達成に重要であるとの示唆を得ている [27]。このようにクラウドソーシングは少数の専門家だけでは対応できない膨大なデータを不特定多数の市民が収集または分類・解析するような研究に向いている。現在では機械学習に基づく画像分析技術の発達も目覚ましいが、人による解析がすぐに不要になる状況は考えにくく、先端技術を取り込みつつクラウドソーシングは発展していくだろう。

なお、「Galaxy Zoo」や「みんなで翻刻」は専門家が主導しており、非専門家たる市民は作業リソースの提供



※オープンコラボレーションはすべての段階で生じ得る

第 1 図 研究プロセスに広がるオープンサイエンスの可能性

に留まる。一方、市民が企画・立案し、専門家が相談に乗る形で参加し、データ収集や解析、成果の公開まで市民が行うプロジェクトも存在する。東日本大震災直後に開始された「Safecast」がそれにあたり、空間放射線量を市民が計測し、データはウェブ上で公開されている。マサチューセッツ工科大学メディアラボ所長の伊藤穰一ら3名が中心となって立ち上げられたが、彼らは放射線については非専門家だった。このタイプの協働は市民が自らの課題を定義するため、地域コミュニティがベースになることが多い。

5. オープンサイエンスの展望

以上のように、オープンサイエンスは多岐にわたるコンセプトの総称といえる。これらを研究プロセスに即して並べてみると、オープンサイエンスの幅広い射程が見えてくる。研究活動を①構想、②資金獲得、③実験・調査によるデータ収集とその解析、④科学的発見、⑤成果の公開、と5段階に大別してみる。この分類はすべての研究分野にあてはまるわけではないが、全段階でオープンサイエンスの影響が生じ得る（第1図）。つまり、①構想では非専門家の発案に基づく研究、②資金獲得ではクラウドファンディング、③データ収集・解析ではクラウドソーシング、④科学発見を非専門家が成し、⑤成果の公開ではオープンアクセスやオープンデータ、というように新たな協働の可能性が増している。現在ではオープンサイエンスといえば、オープンアクセスとオープンデータなどの学術情報基盤に関する話題が多く、それらだけでも十分に課題が山積している。しかし、その学術情報基盤を整備する先には、多様なセクターが関与する可能性が開かれている。その点において、オープンサイエンスが専門家のみで行われていた科学の形態を変容し得るインパクトを潜在的にもつことがわかるだろう。

このように科学が変容し得る状況を観察し整理するために、筆者を含む有志は2016年に「KYOTO オープンサイエンス勉強会」を立ち上げた [28]。オープンサイエ

ンスが学界に及ぼすメリット・デメリットを整理し、より良い科学・研究の未来を作る一助とすべく活動している。オープンサイエンス関連プロジェクトの運営者または研究者を1名招へいする「ミートアップ」を各年で22回、数名招へいし市民参加型イベントを併せた「ワークショップ」を各年で3回開催し、全イベントとも誰でも参加可能である。たとえば第12回ミートアップ（2017年7月開催）ではWikipedia日本語版の「オープンサイエンス」という記事を市民含む参加者10名ほどで共同執筆した。当勉強会はオープンサイエンスに関わる情報発信のハブの一つとなることを目指している。

ここまで見てきたように、オープンサイエンスはオープンアクセス、オープンデータが情報基盤として整備されつつあり、その利活用の実践としてオープンコラボレーションが進展している状況として概観することが可能である。現在はオープンアクセスやオープンデータが実務として進んでいることもあり、オープンサイエンスの話題として取り扱われることが多いが、あくまでそれらは情報基盤である。公開された情報を誰がどのようにに利活用するのか、オープンコラボレーションまでを包括的に考えることが重要であろう。データや研究成果のオープン化はその是非が常に問われ、盗用や軍事利用への懸念など、研究内容によっては開示の適切な範囲を検討する必要がある。その意味では、これまでアカデミアに閉じられがちであった情報や研究活動について、何をどこまでオープンにするのかという「オープン／クローズ戦略」の策定がオープンサイエンス時代において重要となるだろう。

謝 辞

執筆にあたり、青木学聡氏（京都大学情報環境機構）、天野絵里子氏（京都大学学術研究支援室）、一方井祐子氏（東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構）、KYOTOオープンサイエンス勉強会世話人一同に大変有益なコメントをいただいた。この場を借りて御礼申し上げたい。

（2018年9月3日受付）

参 考 文 献

- [1] 第5期科学技術基本計画（平成28～平成32年度）
- [2] P. Knoch and N. Pontika: Open Science Taxonomy; *figshare* (2015)
<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.1508606.v3> (2018年8月29日閲覧)
- [3] OECD: Science, Technology and Industry Policy Papers, Making Open Science a Reality (2015) <http://dx.doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en>
- [4] OECD: Open Science;
<http://www.oecd.org/sti/inno/open-science.htm> (2018年8月29日閲覧)
- [5] 北本: オープンサイエンスへのコンバージェンス—同床異夢から共通認識を醸成するコミュニティの形成—; オープンサイエンスデータ推進ワークショップ (2015) <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/research/publications/osd15-ppt.pdf> (2017年12月29日閲覧)
- [6] Budapest Open Access Initiative: Ten years on from the Budapest Open Access Initiative: setting the default to open (Japanese Translation)(2012) <http://www.budapestopenaccessinitiative.org/boai-10-translations/japanese-translation-1>
- [7] R. Schekman: How journals like Nature, Cell and Science are damaging science (2013)
<https://www.theguardian.com/commentisfree/2013/dec/09/how-journals-nature-science-cell-damage-science> (2018年9月2日閲覧)
- [8] J. Bohannon: Who's downloading pirated papers? Everyone; *Science*, Vol. 352, Issue 6285, pp. 508–512 (2016), doi: 10.1126/science.352.6285.508. Epub 2016 Apr 28. PubMed PMID: 27126020.
- [9] 佐藤: オープンアクセスメジャーナルの興隆, と, 停滞; 情報の科学と技術, Vol. 68, No. 4, pp. 187–188 (2018)
- [10] 京都大学図書館機構: 京都大学オープンアクセス方針; <https://www.kulib.kyoto-u.ac.jp/content0/13092> (2018年8月29日閲覧)
- [11] CORE: <https://core.ac.uk/> (2018年8月29日閲覧)
- [12] カレントアウェアネス・ポータル:
<http://current.ndl.go.jp/>
- [13] OECD: Science, Technology and Innovation for the 21st Century. Meeting of the OECD Committee for Scientific and Technological Policy at Ministerial Level, 29-30 January 2004 - Final Communiqué; 2004,
<http://www.oecd.org/science/sci-tech/sciencetechnologyandinnovationforthe21stcenturymeetingoftheoecdcommitteeforscientificandtechnologicalpolicyatministeriallevel29-30january2004-finalcommunique.htm> (2018年8月29日閲覧)
- [14] Open Knowledge International: Open Definition; <https://opendefinition.org/od/2.1/ja/> (2018年8月29日閲覧)
- [15] NIH: NIH Data Sharing Policy and Implementation Guidance; 2003,
https://grants.nih.gov/grants/policy/data_sharing/data_sharing_guidance.htm (2018年8月29日閲覧)
- [16] P. Suber: An open access mandate for the National Institutes of Health; *Open Medicine*, 2008;2(2):e39-e41.
- [17] OpenStreetMap:
<http://openstreetmap.org/> (2018年8月29日閲覧)
- [18] 常川, 天野, 大園, 西園, 前田, 松本, 南山, 三角, 青木, 尾城, 山地: 研究データ管理 (RDM) トレーニングツールの構築と展開; 情報知識学会誌, Vol. 27, No. 4, pp. 362–365 (2017), https://doi.org/10.2964/jsik_2017_

042

- [19] 林: 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; 科学技術動向研究, Vol. 150 (2015)
- [20] T. Enoto et al.: Photonuclear reactions triggered by lightning discharge; *Nature*, Vol. 551, Issue 7681, pp. 481–484 (2017)
- [21] J. Howe: Crowdsourcing: A Definition; Crowdsourcing Blog (2006)
http://crowdsourcing.typepad.com/cs/2006/06/crowdsourcing_a.html (2018 年 8 月 29 日閲覧)
- [22] R. Tinati et al.: Designing for citizen data analysis: a cross-sectional case study a multi-domain citizen science platform; *3rd Ann. ACM Conf. Human Factors in Computing Systems*, pp. 4069–4078 (2015)
- [23] J. Wilkinson et al.: Going with Floe; *Astronomy & Geophysics*, Vol. 2, pp. 37–42, doi: 10.1093/astro-geo/atw075
- [24] D. M. Willis et al.: Sunspot observations on 10 and 11 February 1917: A case study in collating known and previously undocumented records; *Space Weather*, Vol. 16, Issue 11, pp. 1740–1752 (2018), doi: 10.1029/2018SW002012
- [25] M. J. Raddick, G. Bracey, P. L. Gay, C. J. Lintott, C. Cardamone, P. Murray, K. Schawinski, A. S. Szalay and J. Vandenberg: Galaxy Zoo: Motivations of Citizen Scientists (2013) <http://arxiv.org/abs/1303.6886>
- [26] みんなで翻刻: <https://honkoku.org/> (2018 年 9 月 2 日閲覧)
- [27] E. Ono, Y. Ikkatai and T. Enoto: Review of six Japanese online citizen science projects with main indicators to encourage citizen motivation; *International Journal of Institutional Research and Management International Institute of Applied Informatics*, Vol. 2, No. 1, pp.19–34 (2018)
- [28] KYOTO オープンサイエンス勉強会:
<https://kyoto-open.science/>

著者略歴

おの 英 理



1982 年 6 月 13 日生。2015 年 1 月東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻博士課程修了。同年 2 月京都大学次世代研究創成ユニットでリサーチ・アドミニストレーター (URA), 2016 年より KYOTO オープンサイエンス勉強会を主催, 2018 年 2 月京都大学情報環境機構特定講師となり現在に至る。市民が関わるオープンサイエンスの研究に従事。博士 (理学)。