

# 報告

## 2018 年秋の天文教育フォーラム報告

### ～市民との科学的活動を支えるオープンサイエンス～

高橋 隼（兵庫県立大学）、中串 孝志（和歌山大学）、亀谷 和久（国立天文台）

#### 1. はじめに

日本天文学会 2018 年秋季年会の 3 日目に天文教育フォーラムが開催されました。今回のテーマは「市民との科学的活動を支えるオープンサイエンス」。近年、研究データの公開が進み、研究者のみならず、誰でも興味のある人（ここでは、市民と表現します）が、それらのデータを利用して科学的活動ができるようになってきています。ハイアマチュアだけでなく、一般市民が研究データを使った科学的活動を楽しめるような取り組みは、研究成果の普及をはじめ、さまざまな発展へとつながっていくと思われまます。今回のフォーラムでは、どのように研究者と市民双方にとって実りある科学的活動が可能になるか、「オープンデータ」が研究者と市民の活動の架け橋となる今後の「オープンサイエンス」への取り組みを考えていきます。これが趣旨として事前に提示されたものでした。



図 1 司会進行役の富田晃彦さん

#### 2. すばる望遠鏡ハイパー・シュプリーム・カムのデータを使った「市民天文学」

まず、国立天文台の白田・佐藤功美子さんに、現在開発中の市民天文学プログラムについて紹介していただきました。

##### 2.1 オープンサイエンス、シチズンサイエンスとは

レビュー論文 Marshall *et al.* (2015) [1]によると、シチズンサイエンスとは「一般市民が（時には）科学者・科学研究機関と共同で『科学的作業』を行うこと」（オックスフォード英語辞典より引用）。さらに、オランダ・ライデン大学の Pedro Russo さんによる概念図を参照して、「オープンサイエンスにはデータ公開、出版物へのオープンアクセス、オープンコミュニケーションという 3 つの内容があり、基本的には専門家の事情である。シチズンサイエンスは、オープンサイエンスに非専門家（市民）が参画した活動の一種と位置づけられると考えられる。」との白田・佐藤さんの解釈が紹介されました。

##### 2.2 天文学におけるシチズンサイエンス

前述のレビュー論文 Marshall *et al.* (2015) [1]を参照して、天文学におけるシチズンサイエンスの状況をまとめていただきました。以前より、小惑星や彗星の発見、変光星の観測等においてアマチュアによる観測が盛んに行われてきました。最近では、コンピュータやインターネットの発達に伴い、既存の観測データを使ってデータの分類に市民が貢献するというタイプのシチズンサイエンスも行われるようになっていきます。このタイ

プで、最も成功を取めたプロジェクトが Galaxy Zoo です。このプロジェクトは、スローン・デジタル・スカイ・サーベイ (SDSS) の銀河画像データを用い、市民が目で見えて銀河の形態分類を行うというものです。サーベイ観測で得られる大量のデータは、研究者の目だけでは分類しきれません。もちろん、コンピュータによる自動解析という方法もありますが、現段階では人間の目の方が信頼性が高いようです。Galaxy Zoo で分類された銀河データは様々な研究に用いられ、多数の論文が生み出されています。Galaxy Zoo は、Zooniverse[2] というシチズンサイエンスのプラットフォームに発展しています。

### 2.3 国立天文台でのシチズンサイエンス

シチズンサイエンスを普通に日本語に訳すと「市民科学」ですが、「市民科学」はすでに他の団体が違う意味で使っていることもあり、「国立天文台でのシチズンサイエンス」を「市民天文学」と呼ぶようにしているそうです。臼田-佐藤さんらは 2017 年度から市民天文学の検討を始め、すばる望遠鏡ハイパー・シュプリーム・カム(HSC)の大規模サーベイデータを使い、衝突銀河の形を分類するプログラムを現在開発しているところです。

プログラム開発のきっかけは、2015 年国際外部評価で「天文情報センターは、シチズンサイエンスのように、two-way interaction (社会と双方向に関わり合う取り組み) をするべき」という意見が出されたことだったそうです。天文情報センターとハワイ観測所の連携事業として実施し、日本科学未来館の協力も得ているとのこと。

プログラム開発チームは、市民天文学の前段階として、研究者向けに開発された hscMap を一般向けにした、HSC の画像ビューア[3]を開発しました。この画像ビューアを使うと、Google マップのように、画像デー

タのなかを自由に旅行したりズームアップしたりすることができます。実演もして、「おたまじゃくし銀河」(UGC 10214) を見せてくださいました。



図 2 講演される臼田-佐藤功美子さん

市民天文学のテーマは「衝突する銀河の分類」です。現在の銀河進化論では、銀河同士が衝突合体によって銀河は成長していくと考えられています。これを観測的に検証したいというのがモチベーションです。HSC のデータは広さや深さが優れているので、潮汐ストリーム、シェル/扇、形の歪んだハロー、リング等の形態が、これまでの他のデータ以上に詳細に判別できます。

開発中の市民天文学ウェブの概要が示されました。Zooniverse とは独立に、独自のウェブを構築することを予定しているそうです。特徴として、以下が列挙されました。

- HSC の画像ビューアの魅力を活かす。
- 3 段階のチュートリアルで、答え合わせをしながら参加者に自信をつけさせる。
- レベルわけ、ポイント稼ぎなどゲーム要素を取り入れる。

ここで「3段階のチュートリアル」とは以下を指します。

- ステップ1 銀河を知る：「楕円銀河」「渦巻銀河」「衝突銀河」「判別不能」にわけ
- ステップ2 衝突銀河(相互作用銀河)を知る
- ステップ3 銀河分類の本番

白田-佐藤さんは「答え合わせをする」ことを強調されました。その理由は、日本人の特徴かもしれないが、答え合わせがないまま分類をしていくと参加者が不安になるからだと言明されました。ステップ1に関して、科学未来館で来館者を対象に実験的なプログラムを行ったそうです。

## 2.4 市民天文学への期待と課題

市民天文学への期待と課題として3点を挙げられました。1点目は、「国立天文台独自の」スタイルに関してです。独自のウェブを構築することで、答え合わせをしてから本番に入る、ゲームのようなステージ制の導入を予定している、ステージクリアの時に研究者のメッセージを表示する、といった特徴を出せるという期待がある一方、Zooniverseが持っているネットワークなしでうまく宣伝できるのか、という課題もあると指摘されました。

2点目は、教育への応用についてです。Galaxy Zooの参加者は中年男性が大多数ですが、国立天文台の市民天文学プログラムでは中高生を(できればシニアも)取り込みたいと考えているそうです。そこで、開発するチュートリアルを教育に応用することが可能かという期待と課題があると指摘されました。

3点目は、「市民は科学活動のどの部分・どの段階まで関わるのか?」という問題提起です。科学活動として以下の4つのレベルが提

示されました。

- レベル1: データ集めの手伝い
- レベル2: データ分類
- レベル3: 科学的な議論への参加
- レベル4: 共同研究

Galaxy Zoo や国立天文台が開発中のプログラムはレベル2の活動です。白田-佐藤さんは、レベル3・4を生み出すのは難しいし、そこまでしなくてはいけない訳ではない、と述べられました。ただ、「科学研究に貢献できること」が参加者の大きなモチベーションになっているというGalaxy Zooの調査結果を踏まえると、市民がレベル3・4に行ける道は作っておくべきだろう、と述べて講演を結ばれました。

## 2.5 質疑応答

会場からは「Galaxy Zooでは答え合わせはしているのか? そのやり方が、レベル2から3に移行するときに重要になるのではないか。伝統的教育者は強いバイアスをかけてしまうことがあり、逆に足かせになってしまうこともあるのではないか?」という質問がありました。白田-佐藤さんは「Galaxy Zooではおそらくしていない。未来館での実験を踏まえると、研究の背景を話したほうが分かりやすいのではないかという感触がある。知りたい人は科学的背景を知れるようにチュートリアルを工夫することで、レベル3・4へ移行できるかもしれないと感じている。」と返答されました。

## 3. JAXA の天文データアーカイブ (DARTS Astro) 開発者からの視点

ISAS/JAXAの海老沢研さんより2件目の話題提供がありました。海老沢さんは、ISAS/JAXAの科学データアーカイブ

DARTS[4]の天文分野 (DARTS Astro)を担当されています。

### 3.1 世界および日本の宇宙科学データアーカイブの現状

世界および日本の宇宙科学データアーカイブの現状についての説明がありました。人工衛星を用いた天文観測のデータは標準化しやすいことから、X 線天文衛星データは 1980 年代からアーカイブ化されているそうです。約 1 年経った観測データは誰でも無償でダウンロード可能となり、解析ツールも無償で、ユーザーサポートが整っています。NASA の研究者が言った「データ解析システムは、“easy to use” だけではダメ、“very easy to use” でないといけない。」という言葉が印象に残っていて、ご自身もそのようなポリシーでシステムを作ってきたそうです。現在は、インターネットとパソコンがあれば最高品質のデータ解析ができ、大学院 1 年・学部 4 年レベルでも、数ヶ月でデータを解析できると述べられました。DARTS を使ったデータ表示や解析の例を、実際の画面を見せながら紹介されました。

さらに、DARTS を使ったアウトリーチ事例も示されました。例えば、はくちょう座の可視光画像と星座絵を、MAXI 衛星による X 線画像に切り替えてブラックホール天体はくちょう座 X-1 を表示する様子が紹介されました。

### 3.2 一般市民が「…活動」を楽しめるような取り組みについて (個人的な経験から)

海老沢さんは、スポーツ、芸術 (音楽、美術)、武道、ゲーム (囲碁、将棋) 等、一般市民がプロと同じルールで、活動を楽しんでいる例は多いと指摘されました。一般市民とプロで違うのはレベルだけであり、レベルは違いますが必ず上達するとの認識を示されました。



図 3 講演される海老沢研さん

また、このような活動の選択肢が多いほうが望ましい社会ではないかと提起されました。

海老沢さんは、ご自身がアマチュア選手としてモータースポーツをされていることを具体例として紹介されました。海老沢さんは、毎年、四国で開催されているバイクのラリー競技に参加されていますが、そのルールはダカールラリーといった世界的なラリーと全く同じだそうです。そして、プロのラリー選手も一緒に参加しているとのことでした。

「一般市民が参加できる活動は、どうしたら価値のあるものになるか？」と問い、ご自身の経験も踏まえ、価値ある活動の特徴として以下の 7 項目を挙げられました。

1. とても困難だが、やりとげると大きな達成感がある。
2. とても難しいが、努力すれば必ず上達する。
3. アマチュアでもトッププロでも同じルールが適用される。
4. 人と競争する。順位が決まる。
5. お金と時間が掛かることが多い。

6. アマチュアが世界のトッププロと直接接触して最先端の話が聞ける。
7. 同じ活動に参加している人との交流が楽しい。

### 3.3 一般市民がオープンデータを使って「科学的活動」を楽しめる取り組み(私案)

一般市民がオープンデータを使って「科学的活動」を楽しめる取り組みの概要として、海老沢さんは以下のような私案を提示されました。

- 主催者が、参加者(一般市民)と指導者(大学や研究所に所属する天文学者)を募集
  - 参加者は、理科系の大卒くらいの学力を想定
  - なんらかの選抜プロセスを設ける
  - 指導者は、責任を持って実施する(兼業届けを出す等)
  - 参加者は、指導者の属する組織から正式な身分を得る(技術研修生とか)
- 定まった期間の有料プログラムを実施
  - 直接、大学や研究所で指導
  - 指導者は指導料を受け取る(ボランティアではない)
- 参加者は実際に学会発表したり、研究論文を書いたりする
  - 指導者と参加者の共同研究
  - 主となるのは、あくまで参加者

このような活動を実施することで、価値ある活動の7つの特徴が満たされると述べられました。

臼田・佐藤さんが提起した「市民は科学活動のどの部分・どの段階まで関わるのか?」という問題について、海老沢さんは「レベル4(共同研究)まで進まない面白くないのでは?」とコメントされました。

最後に、誰が主体となって「このような活動」を継続的に実施するかが問題だと指摘されました。ここで言う主体とは、参加者(一般市民)と指導者(天文学者)を募集し、全体をマネージする組織または人のことです。「このような活動」に参加したい市民と研究者は多数存在するが、積極的に実施する主体がないからまだ活動が実現していない、というのが海老沢さんの見解です。最後に「このような活動」に価値を見だし、それに注力する組織・人が必要だと述べられて、海老沢さんからの話題提供が終わりました。

### 3.4 質疑応答

海老沢さんが構想する活動について、会場から「社会人大学院として実現されているのでは?」という質問がありました。海老沢さんは「大学院はそれなりの存在意義はあるが、必ずしも大学院に入学しなくても研究はできる。例えば、JAXAの技術研修員のような、大学院入学よりもやや緩い仕組みを考えている。」と返答されました。

また、同様の話題で「天文学会の内地留学制度はレベル4の活動に相当しないのか?」との質問もあり、海老沢さんは「内地留学制度は私も気になっていたが、よくは知らない。成果や評価がどうなっているか知りたい。学ぶ方が安くはないお金を出す、指導する方はお金をもらう、というお金のやり取りは必要だと私は思っている。そうすることで真剣味が出てくる。内地留学制度は逆に学ぶ方がお金をもらうのでその点では違うかもしれない。いろいろな人のご意見を聞きたい。」と返答されました。これを受けて、会場からは、過去に中学や高校の教師が参加して、論文発表やアトラス製作等、大きな成果を上げた例があることが報告されました。しかし、昨年度や今年度(フォーラム時点)は利用がなく、働きかけが必要であるという現状も報告されま

した。

#### 4. 議論

2 つの話題提供を受けて、世話人の木村かおるさんがファシリテータとなり、全体で議論が行われました。

##### 4.1 オープンサイエンス・シチズンサイエンスの方向性や意義

オープンサイエンス・シチズンサイエンスの方向性や意義という重要な問題について、活発な議論が行われました。

**参加者 A** お二人がお話いただいた内容は、とても素晴らしい取り組みだと思うが、基本的に研究者がやりたいことを市民にやらせようという印象がある。オープンサイエンス・オープンデータというと、データをどんと外に出して、全然別のことに使ってもらおうという形もあると思う。特にチュートリアルがあると「これをやって」と限定してしまう感じがする。AI がデータを勝手に拾って「おたまじゃくし」から「かえる」になった銀河を見つけてくれるかもしれない。「やってほしい」ことを研究者がコントロールしない形のオープンサイエンスが広がっていけばいいなと感じた。



図 4 議論をファシリテートする木村かおるさん

**白田-佐藤** それができれば理想だと思う。ただ現実には、HSC のデータはすでに公開されていて誰でも使えるが、「使ってくれますか」と聞いてもほとんどの市民は「難しい」と感じると思う。

(別の議論)

**参加者 B** シチズンサイエンスでは、時間に余裕のない研究者が、ひまな、時間に余裕のある人に補ってもらおうという面があると思う。

(別の議論)

**富田** B さんのご指摘を待っていた。特にレベル 1 の活動について、プロが人手も時間も足りないのでアマチュアを使い、ハゲタカのように成果だけを持っていく、市民をこきつかっているだけだという批判が生態学のシチズンサイエンスに向けられていると聞いた。私もそのような批判にどう答えるべきかは十分練れていない。ただ、レベル 1~4 のどれを選ぶかは市民自身。行きたい人はレベル 4 に行ってもいい。ただし、必ずしもレベル 4 に行く必要はない。社会人大学院・内地留学等、レベル 4 まで行けるパスは用意されている。レベル 1 しかないと思っている市民に、2・3・4 へのパスもあると示すことがひとつの答えになるかもしれない。さらに、研究者から用意されるデータや考え方にとらわれず、自分たちで主体的にデータをどう使うか判断できる力を引き上げるパスまで用意できると、A さんが提起されたように我々が想定していなかったような使い方を自由にしてもらえるようになる。そうすれば我々とともに研究や諸活動をする仲間の種類が増えてくるのではないか。「仲間の種類が増えること」が市民科学がもたらす変革のひとつではないかと思った。

**参加者 A** 「天変地異のオープンサイエンス」という研究では、小学生に地震計を配ってかれらにデータを集めてもらう。防災分野なので、サイエンスに使うというよりは防災教育を意識している。シチズンサイエンスは、我々の研究を手伝ってもらうとか人の楽しみであるという点も大切だが、天文学という学問がどういう意義を持つのかを我々自身が見直す機会になることも大事ではないか。天文学は防災のように切実な問題を提示するわけではないが、ビッグサイエンスとして非常に大きなお金を使っている。我々がやってもらいたいことをやってもらうだけでは two-way (双方向) ではない。我々にどういう目が向けられているかを取り込んでいかないと、本当の意味での two-way なコミュニケーションにならない。天文学におけるシチズンサイエンスもそういう部分をやっていくべきかなと思っている。

このような目指すべきオープンサイエンス・シチズンサイエンスの理想像が提示される一方、生態学・まちづくり等の他の分野と違い、天文学においては市民と対等な立場でコミュニケーションをとることが難しいという現場の率直な声も複数聞かれました。

## 4.2 お金や時間の問題

海老沢さんが、真剣な取り組みとして実施するには、学ぶ側は安くはないお金を支払い、指導する側は報酬を受け取ることが必要だと強調されたことから、お金や時間の問題についても議論が行われました。

**参加者 C** 東大の社会人プログラムでは半年間で 600 万円もとっている。参加者も指導者も真剣になる。本気でやる組織を作ってお金もちゃんととることが必要だ。

(別の議論)

**参加者 B** 「子ども」はお金の面でも時間の面でも不利だと思うが。

**海老沢** 私がここで説明した活動は子どもが対象ではない。お金も時間もある大人、つまり社会人やシニアを対象に考えている。ただし、データ利用に関しては、完全に無償とすべきと考えている。JAXA 内の一部に有償にしるという意見もあったが、徹底的に反対した。

**白田・佐藤** ご指摘はごもっとも。私自身、うまく若い人も取り込めるかは疑問。実際、Galaxy Zoo の参加者もほとんどが 40-60 代の高学歴男性だった。私たちは、Galaxy Zoo ではおろそかだった若い人たちを取り込んで、天文の道に進んでもらえたらいいなという淡い期待を持っているが、実際に研究と教育/啓蒙が両立するかはこれから考えていかないといけない。

(別の議論)

**参加者 D** 社会教育の現場では、お金や時間はないが宇宙に興味がある、科学に接したい、研究者の仲間になりたい人に出会う。そのような人たちにどのようなパスを用意するか、社会教育の重要なテーマであるが、研究者も頭の片隅に置いてほしい。

## 4.3 その他のトピック

上記以外にも「HSC のデータは小惑星探しにも使えそう。市民天文学のテーマにならないか。ただし、時系列データの表示等、ビューアの改善が欲しい。」「ゲーム性の重要性はすでに他の分野のシチズンサイエンスで指摘

されている。」「日本の研究機関の画像データは著作権等の問題で使いづらいという印象が持たれており、みんな NASA の画像を使ってしまう。」（これについては、宇宙科学研究所も国立天文台も最近ポリシーを改め、出典を明示するだけで基本的に自由に使えるとの回答があった。詳しくは[5] [6].) 等のコメントがあり、それぞれ議論が行われました。



図 5 会場の様子

## 5. おわりに

報告者（高橋）の個人的な感想ですが、オープンサイエンスやシチズンサイエンスについて本質的なことにまで突っ込んだ濃密な議論が行われたと感じました。「研究者がやってもらいたいことを市民にやってもらうだけでは two-way ではない」という指摘には深く共感する一方、そのような意識を持って多少の試行錯誤をしてきた身としては「現実には簡単ではない」という声にも頷いてしまいます。まずはできること・やりたいことの実践を重ねていくことで「市民との科学的活動」が活発化・多様化し、いずれ真に two-way な活動にまで広がっていくのではないのでしょうか。

## 文 献

- [1] Marshall, P. J., Lintott, C. J., Fletcher, L. N. (2015) 'Ideas for Citizen Science in Astronomy', *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, **53**
- [2] Zooniverse  
<https://www.zooniverse.org>
- [3] HSC の画像ビューア  
<https://www.nao.ac.jp/news/topics/2018/20180308-hscviewer.html>
- [4] DARTS  
<http://darts.isas.jaxa.jp>
- [5] 宇宙科学研究所のデータポリシー  
<http://www.isas.jaxa.jp/researchers/data-policy/>
- [6] 国立天文台ウェブサイト利用規定  
<https://www.nao.ac.jp/policy.html>



高橋 隼