

報告

2015 年春の天文教育フォーラム

— トランス・サイエンス時代の天文学 —

高梨直紘（東京大学 EMP / 天プラ）

1. はじめに

2015 年春の天文教育フォーラム[1]が、3月18日（水）の17:30より19:00まで、日本天文学会春季年会の会場である大阪大学豊中キャンパスにて開催されました。今回のテーマは「トランス・サイエンス時代の天文学」で、約120名の参加者がいました（図1）。座長の高梨よりフォーラムの趣旨について説明を行った後、テーマに沿って3名の方から話題提供をしていただき、その後、会場の参加者も含めての議論を行いました。

今回の天文教育フォーラムのテーマは、「トランス・サイエンス時代の天文学」です。トランス・サイエンスとは、「科学に問うことはできるが、科学（だけ）では答えることのできない」領域を指します[2]。例えば牛海綿状脳症（BSE）や原発事故など、社会と科学・技術が重なる領域にある諸課題が、トランス・サイエンス的課題です。これらのトランス・サイエンス的な課題が登場してきた背景には、科学の急速な発展と、人々の生活の科学・技術への依存度の高まりがあります。トランス・サイエンス的な課題は時代を反映した、未解決の先端課題であると言えるでしょう。このような時代背景は、例に挙げたBSEや原発事故だけに特有のものではなく、他の科学・技術分野においても共通であるはずで、天文学分野においても、現代が急速な発展の時代にあることは間違いありません。同時に、天文教育普及分野の活動の広がりにより、人々の日常生活により近い場所へと、天文学が普及しつつあります。天文学が社会に浸透し、人々の生活に根ざせば根ざすほど、

両者の重なる領域は拡大し、天文学分野でもトランス・サイエンス的な領域が発生することもあり得るのではないのでしょうか。

今回の天文教育フォーラムではこのような課題意識の下で、トランス・サイエンスとはどのような概念であるのか、その考え方が登場した経緯や、そこから生み出される問いを俯瞰し、その上で、トランス・サイエンス時代における天文学の広報・普及・教育など、広義でのコミュニケーション活動のあり方を議論することを目指しました。本稿では、今回の天文教育フォーラムでどのような話題提供があり、どのような議論が交わされたのかを報告します。



図1 会場の様子

2. 最前線の立場から：磯部洋明氏

最初に登壇されたのは、京都大学宇宙総合学ユニット特定准教授の磯部洋明氏です（図2）。磯部氏は太陽物理学を専門とする天文学者ですが、宇宙総合学研究ユニット[3]の教員として、宇宙に関連した異なる分野の



図 2 磯部洋明氏

連携と融合による新しい学問分野である「宇宙総合学」の構築に取り組まれています。今回のフォーラムでは、天文学と社会が重なる領域の最前線で活動されている経験から、話題をご提供いただきました。

磯部氏らが取り組まれている活動は、一般的な天文学の広報・普及・教育という観点から言えば、その枠組みには収まりきれない、ユニークなものです。落語や茶道などの芸能文化、デザインやアートなど美術・芸術分野、歴史や宗教・思想など人文学分野等々、そのコラボレーションの範囲は広く、多種多様な活動をされています。科学とは異なる文脈で活動を行うことで、新しい気づきや学びも少なくありません。これらの活動は決して表層的なものではなく、宇宙総合学研究ユニットが掲げる宇宙倫理や宇宙文化という言葉に象徴されるように、人間にとっての宇宙の本質的な意義を探る活動となっています。

このような活動の経験を背景に、磯部氏からは天文学あるいは天文学者が関わるトランス・サイエンス的課題の例として、①科学者一般としての責任、②関連技術の安全保障とのデュアルユース[4]、③望遠鏡設置への反対、④ SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligence、地球外知的生命探査) [5]の危険性、の4つを挙げていただきました。原発

事故や STAP 騒動のように科学者の倫理や責任が問われた問題や、日本経済の置かれた状況の下で巨額の税金を科学研究に投入することの説明責任などが①に関係する話題の例でしょう。②のデュアルユースの問題は最近話題にもなりましたが、ロケットや衛星での飛翔体観測技術などは、軍事技術と直結する技術です。光学望遠鏡を使った宇宙デブリ観測や、宇宙天気予報なども、安全保障上の問題とも関わる技術で、海外では軍が主要なスポンサーであったりもします。次世代超大型望遠鏡 TMT の起工式の際にあった一部の地元住民による反対活動[6]など、研究施設を設置する際に起こる市民との摩擦などは、多くの天文学者にとってより身近な問題でしょう(③)。一方、差し迫った問題ではありませんが、宇宙人が友好的であるとは限らないという指摘がある中で、科学的な好奇心から SETI 計画を推進することについても、社会的な議論が不可欠です(④)。

磯部氏はさらに踏み込み、天文学や宇宙科学の思想史的なインパクトについても言及します。コペルニクス、ケプラー、ガリレオやニュートンらの天文学上の業績は、近代科学の幕開けをもたらすと同時に、自然科学の枠を越えて思想や哲学に大きな影響を与えたのは有名です。20 世紀に入っても、宇宙論や恒星進化論の発展は、永遠ではない宇宙という世界観を私たちにもたらしました。“決して終わらないと思われた冷戦を終わらせたのは、究極的には宇宙から見た地球の姿”と立花隆は指摘しましたが[7]、1960 年代の宇宙開発競争は、私たちの価値観に大きな影響を与えたのは間違いがないでしょう。この先、太陽系外惑星や太陽系内の天体探査の進展によって地球外生命が見つかるようなことがあれば、その影響は私たちの世界観にとっても非常に大きなインパクトを及ぼすことでしょう。

これらの影響は、どちらかと言えばポジテ

イブなものです。しかしながら、ネガティブな側面も同時に見なければいけないと、磯部氏は指摘します。“この無限の空間の永遠の沈黙は私を恐怖させる”というブレイズ・パスカル（Blaise Pascal、1623-1662）の言葉[8]や、バートランド・ラッセル（Bertrand Russell、1872-1970）が大国同士の争いを宇宙開発に持ち込むことの愚かさ[9]を指摘したこと、さらには近代の出発点となる偉大な発見のひとつとして望遠鏡の発明を挙げたハンナ・アーレント（Hannah Arendt、1906-1975）が指摘した人間疎外論[10][11]などは、それぞれに異なる視点から宇宙開発や天文学の発展を手放しでは受け入れられないことを主張したものです。

では、ここまで挙げてきたような著名な思想家ではなく、市井に生きる人々にとって、天文学はどのような意味を持つのでしょうか。それを物語るエピソードのひとつとして磯部氏が紹介されたのは、長島天文台[12]の話でした。昭和24年から30年代前半にかけて、国立のハンセン病療養所である長島愛生園に設置された長島天文台は、施設の入所者らに愛された天文台でした。島から出られることなく一生を送る運命であった入所者にとって、星を眺め、同好の仲間とともに自然科学への関心を高めることは楽しみであり、望外の幸せであったと、入所者のひとりが書き綴っています。これは、天文学がもたらしうる豊かさを象徴したものと言えるでしょう。

現代における天文学の意義とは、いったいなにか。それを考えるときに留意すべき点として磯部氏が挙げたのは、次の2点でした。

ひとつは、天文学は近代科学であると同時に、宇宙論や宇宙生物学、人間原理など、科学の枠組みだけでは答えることのできないトランス・サイエンス的な課題を、元々自らの科学的課題として内包しているということです。これは他の自然科学とは少し立ち位置が

異なる、天文学にユニークな特徴でしょう。

もうひとつは、科学への入り口としての天文学だけではなく、科学と科学でないものがひとりの人の中に、あるいはひとつの社会の中に重なりをもって共存するあり方を探る上で、天文学がなんらかの役割を果たせるのではないか、という点です。

磯部氏のこれらの指摘は、実際に最前線で活動をしている経験の中から生み出されたもので、実感を伴った意見であったと思います。

3. トランス・サイエンス研究者の立場から：小林傳司氏

続いて大阪大学コミュニケーションデザイン・センター[13]（以下、CSCD）教授の小林傳司氏に、トランス・サイエンス研究者の立場からいくつかの話題を提供していただきました（図3）。CSCDは、市民社会で信頼される人物の養成を目指し「教養」「デザイン力」「国際性」の3つの教育目標を掲げ、“専門的知識をもつ者ともたない者の間、利害や立場の異なる人々の間をつなぐ”ことを目標に、活動を行っている研究機関です。特別に天文学と関わる活動をしているわけではなく、科学・技術一般と社会の対話を進める仕組み作りや、サポートを行っています。



図3 小林傳司氏

まず小林氏が示したのは、問題の構図です。超高齢化など、人類にとって経験のない社会状況に突入した日本には、もはや参考になるべき先例がありません。そのような課題先進国[14][15]となった日本では、自らの力で新しい社会モデルを構築していく必要があります。そうであるにも関わらず、原則論的思考を怠ってしまっていることが、大きな問題であると小林氏は指摘するのです。

この問題が表出した顕著な例として、東日本大震災を挙げることができるでしょう。震災時に起きたことや、震災後の対応は科学・技術ガバナンスの失敗であり、敗北です。このような失敗を繰り返さないためには、科学・技術が社会の中で存在していることを理解しなくてはなりません。その上で、現代日本を生きる市民（科学者を含む）として必要な科学リテラシーと社会リテラシーを身につける必要があるのです。

ここで述べている科学リテラシーとは、単なる科学の知識ではありません。PISA (Programme for International Student Assessment) [16]が定義する科学リテラシーは、「疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について、証拠に基づいた結論を導き出すための科学的な知識とその活用」「科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探求の一形態として理解すること」「科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識すること」「思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること」という、いくつもの領域にまたがる、ダイナミックな能力を指しています。

このような能力は、どのようにして育つのでしょうか。そのための方法のひとつが、科学・技術コミュニケーションです。文系の人々には科学・技術リテラシーを、理系の人々に

は人文・社会リテラシーを、そして研究者には社会リテラシーを高めさせる効用があると小林氏は説きます。

このような考え方は、1999年に行われたブダペスト宣言[17]の中にも見て取れます。「知識のための科学」「平和のための科学」「開発のための科学」「社会における科学と、社会のための科学」という4つの観点で、科学と科学知識の利用に関する世界宣言としてまとめられており、日本の科学技術政策の基盤ともなっています。特に最後の社会における科学について述べた部分は、具体的には、社会貢献や研究の自由、責任ある研究、研究へのアクセスの保障といった課題に現れています。

歴史を紐解けば、このような考え方が登場してきたのは1970年代のことでした。それまでは、科学とは福音であり人々に恩恵のみをもたらすものとして捉えられてきました。それが1970年代を境にして、科学・技術の負の側面にも注目されるようになってきたのです。有限の地球という考え方を広く知らしめたローマクラブの「成長の限界」[18]も、発表されたのは1972年のことでした。ライフサイエンスやナノサイエンス、さらにはインフォメーションテクノロジーなど、多価値志向の科学・技術(論文発表と知財処理が同時に進行せざるを得ないような研究)が登場したのもこの頃のことです。科学・技術の進歩が人々の価値観に影響を与え、自然に対する考え方を変容させていくターニングポイントとなったのです。

そういった中で登場してきたのが、トランス・サイエンスという概念です[19]。アメリカの物理学者であるアルビン・ワインバーグ (Alvin Weinberg, 1915-2006) によって「科学に問うことはできるが、科学だけでは答えることができない問題群」として定義されたこの概念には、例えば低線量被曝の問題や原子力発電所の事故の可能性などが含まれます。

これらの課題群は、まさに当時のアメリカが直面していたもので、誰かが答えを出さなくてはいけない状況にありました。しかし、これらの課題群は、さまざまな理由から科学者だけで結論を出すことができない構造を持っています。したがって、これらの問題に対する答えは、科学者のみで決めるのではなく、社会で議論して決めるべきである、これこそがアメリカの民主主義であるとアルビン・ワインバーグは考えたのです。

一般的に通用している科学的・定量的判断に基づく意思決定という考え方は、科学が客観的真理を示せることが前提にあります。しかし、先に挙げたようなトランス・サイエンス的な課題群ではその前提が成り立ちません。そのような場合には、社会的討議に基づく意思決定が必要となります。ここでは、レギュラトリーサイエンス[20]や ELSI (Ethical, Legal and Social Issues の略、倫理的・法的・社会的問題を指す) と呼ばれる方法論や課題設定が重要となってくるのです。

最後に小林氏は、トランス・サイエンスと天文学の関わりについても触れられました。宇宙は常に人々の好奇心の対象であり、純粋理学としての天文学の長い歴史があります。それは同時に、暦や測地学など実用学としての天文学の歴史でもあります[21]。天文学といえども、歴史的な経緯を見れば、社会と無関係に成り立つものではないのです。

社会と天文学との関わりの中で、もっとも身近で、わかりやすい事例は、科学研究を支える予算の問題でしょう。天文学のような純粋理学については、現在では国家が主たるスポンサーとなっています。しかし、これは19世紀以降に成立したものであって、例えばヨーロッパでは、それ以前は王侯貴族の庇護の下で科学研究が行われていました。19世紀後半のイギリスにおいて、科学力強化のための支援体制を議論することになったデボンシャ

ー委員会（正式名称は The Royal Commission on Scientific Instruction and the Advancement of Science、この委員会の報告文が通称 The Devonshire Report と呼ばれる）[22]では、純粋科学に対して政府が支援することの是非が論点のひとつになりました。この時、反対意見を述べたのも、賛成意見を述べたのも、双方とも天文学者であったことは留意しておいて良いでしょう。財産のない人でも科学研究に携わり、生活費を得るようにするのが科学の自然な発達の道であると考えなのか、あるいは、科学研究は本来個人的なものであり、「科学は国力増強に役立つ」、「物理的な豊かさをもたらす」といった理由に訴えて支援を取り付けるべきではないと考えるかは、今でも通用する議論でしょう。

実際、アメリカにおいて建設が進められていた超伝導超大型加速器（Superconducting Super Collider, SSC）[23]が議会の反対によって中止に追い込まれるということがありましたが、この時、研究者は「貧困対策に予算を使うべきではないか？」という議会からの問いに説得力を持った答えができませんでした。もはや純粋科学というユートピアは存在せず、社会との対話の中で研究を進めて行かなければならない時代に私たちは突入していることを意識すべきなのです。

4. 俯瞰的な立場から：海部宣男氏

最後に、国立天文台元台長で国際天文学連合会長の海部宣男氏が登壇されました(図4)。海部氏は、日本における天文学のナショナルセンターである国立天文台[24]の台長を務め、さらには世界中の天文学者の連合体である国際天文学連合 (International Astronomical Union, IAU) [25]の会長も務める等、天文学コミュニティをリードする立場で活動が続けられてきました。その海部氏の視点から、天文学と社会の関係についていくつかの話題

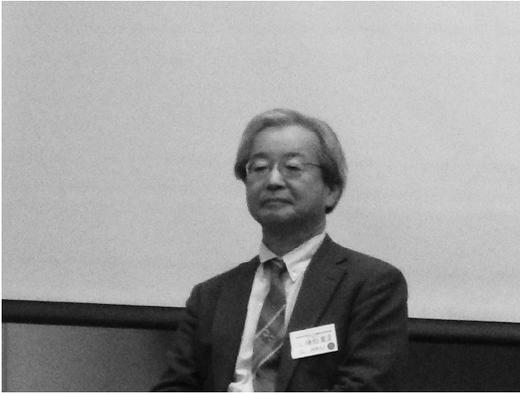


図4 海部宣男氏

を提供していただきました。

最初に海部氏が強調したのは、小林氏の挙げたトランス・サイエンス的な課題に対して、科学者は対応しなければならないということでした。科学者だけでは判断できない以上、科学者コミュニティは社会との対話をより一層進めることになるのは間違いないことであると、海部氏は指摘するのです。

元々、天文学には「問うことはできるが、天文学だけでは答えることができない」問いが多くあります。宇宙は無限であるのか否か、宇宙はどのように始まったのか等々、枚挙に暇はありません。しかし、社会を対象と考へた時には、アルビン・ワインバーグが例として挙げるような切羽詰まった課題は、天文学にはあまりないようです。敢えて挙げるのであれば、宇宙人に関わる論争や、「人間原理」などは社会が関心を持つ課題としてありますが、いずれも差し迫ったものとは言えないでしょう。しかし、現在はなくとも、少し先の未来ではトランス・サイエンス的な課題が登場する可能性はあります。例えば、太陽系天体の開発問題（小惑星資源の開発利用、火星への移住等）、SETIの発展に伴う文明論などはその一例でしょう。また、もっと社会性に注目するのであれば、光害の軽減や星空の保全・回復といった課題、迷信の克服や宗教と

の対話などの課題などが、天文学に関する課題として存在するのではないかと、海部氏は述べます。

では、科学者はこれまで、こういったトランス・サイエンス的な課題にどのように対応してきたのでしょうか。1975年に行われたアシロマ会議（The Asilomar conference）[26]は、その先駆けとも言える取り組みのひとつです。この会議では、1972年に発表された大腸菌の遺伝子組み換え技術に対して、バイオ・ハザードを回避することを目標に生物学的封じ込めのためのガイドラインの策定が行われました。当事者である分子生物学者が開催を呼びかけ、組み替え技術に対して自ら規制を作るという点で先進的な取り組みでした。

トランス・サイエンス的な課題群のうち、もっとも早くから注目を集め、かつ、対策がなされてきたのは公害など環境問題に関わるものです。現在でも、気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change、IPCC）[27]をはじめ、国際的な枠組みの中で、科学者コミュニティも参加して行われている活動も多くあることはよく知られているでしょう。しかしながら、日本では水俣病やイタイイタイ病など今でも完全な解決を見ていない公害病が高度経済成長期を中心に多く発生してきましたが、企業と一部研究者の癒着などもあり、科学者コミュニティとして十分な対応がなされてきたとは言いがたい状況です。東日本大震災に伴う津波被害や、原子炉事故などにおいても、学会の怠慢があったり、社会に対する感覚が未熟であったと言わざるを得ません。政治や社会から科学が乖離してしまったことで、科学や科学者コミュニティに対する社会からの信頼が低下してしまったのではないかと、海部氏は指摘します。

こうした状況を踏まえ、天文学コミュニティはなにをしていくべきなのでしょう。そ

れを考える時に意識すべき重要な点は、天文学が科学への入り口となっていることだと海部氏は述べます。諸科学の中では親しみやすく、関心を持たれやすい天文学だからこそ、果たせる役割があるに違いありません。これは、天文学が宇宙を対象としていることにも起因しているでしょう。人間の自然認識において、宇宙（や生物）に対しては、根源的ともいえる直接的な関係性が想起されるのではないのでしょうか。トランス・サイエンス的な諸課題は、いずれも科学・技術への依存を深める現代社会が直面する、避けがたい問題です。その重要性は今後、さらに増していくことでしょう。そのような時に、天文学コミュニティが果たすべき役割は大きいものであるはずです。

既に国際天文学連合では、科学教育や科学の普及において国際的な貢献を始めています。2010年から始まった「開発のための天文学10年計画」[28]では、南アフリカに中核となるオフィスを設置し、天文学の研究、教育、普及の3テーマについて、毎年約20の計画を募集し、実施しています。東南アジア、アフリカ、中南米など、天文学の教育・普及がまだ十分とは言えない地域で重点的に支援を行っているのが特徴です。また、天文学普及活動のための組織(OAO)[29]も国立天文台の協力で三鷹に設置し、世界中の天文クラブの連携と、普及活動、系外惑星系命名キャンペーンや国際ひかり年、グローバルイベントの支援を行っています。天文学分野では、こういった国際天文学連合主導の活動だけでなく、市民による活動や各国各地域毎の活動など多様な活動が行われています。トランス・サイエンス的な課題で重要になるのは、やはり教育と普及の活動です。天文学分野でのこういった活動は今後、各分野の科学者コミュニティによるトランス・サイエンス的な課題への取り組みのさきがけになることでしょう。

5. 質疑応答

最後に、会場の参加者も交えての議論が行われました(図5)。

最初に問われたのは、このようなトランス・サイエンス的な課題に対応していくための俯瞰的視点を持った人材をどのように育成していくのか、という点でした。最前線で研究を行う科学者は、天文学者も含めてタコツボ化せざるを得ないのが現状であると考えた時に、寺田寅彦のような視野の広い研究者はどこから出てくるのでしょうか、という問いかけです。これに対する正解はありません。日本では縦割り社会の弊害がよく指摘されますが、これは研究者の世界でも深刻です。研究者が次世代を担う大学院生を抱え込むなどしている限り、若者はなかなか壁を越えて視野を広げる機会には恵まれないでしょう。しかし、そういった状況の中からも、社会の要請に基づいて俯瞰的な視野を持った人材が自然と出てくるのではないかと、そのような考えが示されました。

イタリアであった地震学者に対する裁判[30]についても、話題にのぼりました。科学者が訴えられて有罪となるということが、今後も起きていくのか。そうすると、科学者は萎縮して、社会的な発言を控えるようになってしまうのではないかと、という質問です。こ



図5 質疑応答の様子

れについては、問題の本質は科学者が不確実な情報をどのように伝えるか、であるとの指摘がありました。なにも発言しなくなれば科学者の立場は弱くなるでしょうが、一方で、専門以外のことでもなんでも発言する科学者も困るでしょう。その間でバランスが取れる科学者をいかに生み出すかが、解決すべき課題となるでしょう。

論理的には解決できないであろう問題を、どのような方法論で解決するのか、という点についても意見が交わされました。これについては、対話を積み重ねていくことで、ある種の合意にいたるという方法論が示されました。遺伝子組み換え作目をめぐる円卓会議の取り組み[31]などは、参考となる事例のひとつでしょう。

最後に、大学が果たすべき役割についても議論がありました。トランス・サイエンス時代であることを意識する時、大学と社会が連携することが重要になってきます。日本の大学はどこを目指していくべきなのか、現場の教員が声を上げて議論していく必要があるでしょう。経済活動のためだけではない大学の人材育成のあり方を、長期的視点に基づいて、社会との対話の中で作り上げていくことが求められているのです。その時、天文学も科学の分野のひとつとして、人文系学問ともタグを組んで流れを作っていくべきであるとの意見をいただき、閉会となりました。

文 献

- [1] 天文教育フォーラム
<http://tenkyo.net/forum.html>
- [2] Alvin M. Weinberg (1972) 'Science and Trans-Science', *Minerva*, 10, 209-222.
- [3] 京都大学 宇宙総合学術研究ユニット
<http://www.ussf.kyoto-u.ac.jp/>
- [4] 例えば「破壊的行為と関連する可能性がある科学・技術の広い分野に関わる問題」として定義される(日本学術会議編「科学・技術のデュアルユース問題に関する検討報告」より)
- [5] 例えば SETI Institute を参照のこと
<http://www.seti.org/>
- [6] 例えば「世界最大の望遠鏡、起工式中止 米ハワイ反対派が妨害」(朝日新聞、2014年10月8日報道)
- [7] 立花隆 (2007) 『宇宙を語る I』, 中央公論新社
- [8] ブレーズ・パスカル, 田辺保訳 (2013) 『パンセ』, 教文館〈キリスト教古典叢書〉
- [9] バートランド・ラッセル, "Why men should keep away from the Moon?", *The Times*, 15, July, 1969
- [10] ハンナ・アーレント, 志水速雄訳 (1994) 『人間の条件』, 筑摩書房
- [11] 今出敏彦 (2008) 'ハンナ・アーレントにおける現代理解の視点', *キリスト教と近代化の諸相*, p19-34, 2007.
- [12] 佐藤秀則 (2003) '長島愛生園の天文台', 2003 年天文教育普及研究会年会集録, p89-91.
- [13] 大阪大学コミュニケーションデザイン・センター
<http://www.cscd.osaka-u.ac.jp/>
- [14] 横山禎徳 (2006) 『アメリカと比べない日本』, フェーストプレス
- [15] 小宮山宏 (2007) 『「課題先進国」日本』, 中央公論新社
- [16] OECD が進めている国際的な学習到達度に関する調査, 例えば国立教育政策研究所内の解説を参照
<http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/>
- [17] 以下で宣言文の邦訳が読める
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/siryu/attach/1298594.htm
- [18] Dennis L. Meadows et al. (1972) 'THE LIMITS TO GROWTH', Universe Books, New York.

- [19] 小林傳司 (2007) 『トランス・サイエンスの時代—科学技術と社会をつなぐ』, NTT 出版.
- [20] 例えば 2011 年 8 月 19 日に閣議決定された科学技術基本計画には「科学技術の成果を人と社会に役立てることを目的に, 根拠に基づき的確な予測, 評価, 判断を行い, 科学技術の成果を人と社会とも調査の上で最も望ましい姿に調整するための科学」と定義されている。
- [21] 例えば中村士 (2014) 『東洋天文学史』, 丸善出版.
- [22] 以下で Devonshire Report の全文を読むことができる.
<https://archive.org/details/reportroy01greauoft>
- [23] Hoddesson and Kolb (2000) 'The superconducting Super Collider's Frontier Outpost, 1983-1988', *Minerva*, 38, 271-310.
- [24] 国立天文台
<http://www.nao.ac.jp/>
- [25] 国際天文学連合
<http://www.iau.org/>
- [26] Paul Berg et al. (1975) 'Summary Statement of the Asilomar Conference on Recombinant DNA Molecules', *Science*, Vol.188, p.991-994.
- [27] 気候変動に関する政府間パネル
<http://www.ipcc.ch/>
- [28] 岡村定矩 (2010) 'IAU の戦略プラン 2010-2020', 天文月報, 103(12), 729-734.
- [29] IAU Office for Astronomy Outreach
<http://www.astro4dev.org/task-forces/public-outreach/oa/>
- [30] 例えば日本地震学会が 2012 年 10 月 29 日に出した声明「ラクイラ地震に関する地震研究者に対する有罪判決について」などを参考
<http://www.zisin.jp/pdf/SSJ20LAquilafinal20wa.20121029.pdf>
- [31] 三上直之 (2007) '実用段階に入った参加型テクノロジーアセスメントの課題: 北海道「GM コンセンサス会議」の経験から', 科学技術コミュニケーション, 1: 84-95.



高梨 直紘

* * * * *