

3.1.2 ビッグサイエンスと社会

渡邊 浩崇*

初版発行日：2018年8月28日、最終更新日：2019年4月25日

リード文

本稿は、科学技術イノベーションの一つとしてビッグサイエンスを取り上げることで、科学技術イノベーションと社会の関係を考える一つの手がかりを提供しようとするものである。ビッグサイエンスの定義の整理を試み、第二次世界大戦後の科学技術イノベーションの歴史において、ビッグサイエンスがどのように位置付けられるかを概説し、ビッグサイエンスの典型例と考えられる宇宙政策と社会の関係について考察する。宇宙政策のようなビッグサイエンスと、社会や一般の人々との関係がますます深まっている中で、一般の人々はその政策過程に直接関わる機会を増やすことが求められている。

キーワード

ビッグサイエンス、[巨大科学](#)、科学技術史、宇宙政策、パブリックコメント、世論調査

本文

1 はじめに

科学技術イノベーションと社会の関係を考える上で、ビッグサイエンス（巨大科学）を忘れることはできない。第二次世界大戦後の科学技術イノベーションの歴史において、とくに東西冷戦中、そして冷戦後の現在に至るまで、ビッグサイエンスが国内社会や国際社会において果たしてきた役割は大きい。

本稿は、科学技術イノベーションの一つとしてビッグサイエンスを取り上げることで、科学技術イノベーションと社会の関係を考える一つの手がかりを提供しようとするものである。まず、ビッグサイエンスとは何か、すなわち定義の整理を試み、次に、第二次世界大戦後の科学技術イノベーションの歴史において、ビッグサイエンスがどのように位置付けられるかを概説し、最後に、ビッ

* 大阪大学 CO デザインセンター 特任准教授

グサイエンスの典型例と考えられる宇宙政策と社会の関係について考察してみたい。

2 ビッグサイエンスとは何か

ビッグサイエンス（巨大科学）とは、ある説明では、原子力や宇宙開発のように、大規模な組織と管理のもとで、多くの人材と多額の費用を投入して、国家政策として遂行される科学研究をいう（慈道裕治, 2018）。

また、ビッグサイエンスの特徴として、「大規模化」、「政策化」、「国際化」の三つを挙げることができる（慈道裕治, 2018）。20世紀において、科学研究のための機器・装置が高性能化し、それらを開発・製造して維持・運転するために、より多くの人材と費用が必要になり、科学は大規模化した。そのように大規模化した科学研究を遂行するために国家の資金が必要になった一方で、国家間の競争において軍事技術やそれに関連する産業技術が重要になった結果、科学研究は国家政策として、どの分野にいくら投入するかが判断され、成果や意義を評価されるようになり、科学は政策化した。そして、そのように大規模化し政策化した科学研究は、激しい国際競争の中で展開される一方で、一国の科学技術力や経済力のみでは遂行が困難になったために国際協力や共同研究によって取り組まれるようになり、科学は国際化した。概して、以上のような特徴を持つ科学研究がビッグサイエンスと呼ばれている。

さらに、ビッグサイエンスの具体的な分類を整理すると、次のようになる（綾部広則（著）中山茂・後藤邦夫・吉岡斉（編）, 1999）。ビッグサイエンスを、数百億円規模の投資を要する科学研究プロジェクトで、かつプロジェクトへの投下資金の規模に比べて参加する研究者の数が少ないタイプのもものと定義すると、高エネルギー物理学などの巨大科学を「資本集約型巨大科学（ビッグサイエンス）」と呼ぶことができる一方、人海戦術的なヒトゲノム計画などの巨大科学を「労働集約型巨大科学（マスサイエンス）」と呼ぶことができる。

以上のように、ビッグサイエンスの定義はある程度の精緻化はされているものの、必ずしも確定しているわけではない。また、「巨大科学」はビッグサイエンス（big science）の訳語と考えられるが、巨大科学にはビッグサイエンスとマスサイエンスがあるという説明のように、少し違った意味で用いられる場合もある。そのため本稿では、ビッグサイエンスの定義を、あえて広く考えて、人材、費用、組織、管理などの点で大規模で、一国単独や国際協力によって取り組まれる科学技術イノベーション政策や計画として、議論を進めてみたい。

3 戦後科学技術史とビッグサイエンス

第二次世界大戦後の科学技術イノベーションの歴史において、ビッグサイエンスはどのように位置付けられるだろうか。科学史家である中山茂は、著書『科学技術の国際競争力』（2006）において、世界、米国、日本のイデオロギーによる時代区分を用いて、戦後科学技術史の一つの全体像を提供しようとしている（表1参照）。この場合、イデオロギーとは、ある種の価値観が特定の時代に共通するものとして誰にも感じられる「時代精神」のようなものと説明されている。

表 1 戦後科学技術史 (世界・米国・日本の時代区分)

時代区分	代表的科学技術	イデオロギー (世界)	イデオロギー (米国)	イデオロギー (日本)	担い手
第1期 (1945~1957) 戦後の非軍事化と冷戦： 冷戦科学	原子力 ←ビッグサイエンス の始まり	基礎科学	基礎科学	戦後民主主義	米：軍 日：学
第2期 (1957~1960年代) ポスト・スプートニク： 科学技術ブームと高度成長	宇宙 ←ビッグサイエンス の全盛	基礎科学	基礎科学	科学技術	米：学 日：産
第3期 (1970年代) 科学批判とエコロジー： 自然環境保護	エコロジー	エコロジー	エコロジー	エコロジー	市民、学
第4期 (1980年代) 米国の停滞と日本の興隆： 日米経済・技術摩擦	コンピューター、 インターネット ←ビッグサイエンス の復活？	情報化社会	競争力	ジャパン・アズ・ナンバーワン	官、産
第5期 (1990年代以降) ポスト冷戦と民営化： 地球環境科学	バイオテクノロジー	民営化	グローバルイノベーション	競争力	官、産

出典：中山茂 (2006) 『科学技術の国際競争力』朝日新聞社, pp3-13 を参考に著者作成

戦後科学技術史は5つの時代区分に分けることができる。第1期は、1945年から1957年までの戦後の非軍事化と冷戦の時代である。この時期に東西冷戦が始まり、米国では戦時中の軍事研究費が基礎科学に振り向けられ、日本は戦後民主主義のもと、経済復興のための市場向けの科学技術に取り組んでいった。ビッグサイエンスはこの時期よりも少し前に始まったと言える。第二次世界大戦中の1942年9月に米国において、原子爆弾の開発と製造を目的として開始され、1945年7月に原子爆弾の実験に成功した国家プロジェクトが「マンハッタン計画」であった。当時で20億ドルの資金と12万人以上の人材が投じられたと言われている。米国では、当時のソビエト連邦（ソ連）との冷戦が常態化する中で、原子力（原子爆弾に続いて水素爆弾）の研究開発が継続発展され、冷戦科学のビッグサイエンスとして進められた。

第2期は、1957年から1960年代のポスト・スプートニクの時代である。この時期は、1957年10月にソ連が人類初の人工衛星「スプートニク1号」の打上げに成功したことによって、米国を始めとした世界各国が受けた「スプートニク・ショック」から始まった。宇宙が科学技術の中心となり、米国は科学技術の重要性を強く認識し、人類初の有人月面着陸を実現する「アポロ計画」を1961年5月に決定して推進し、1969年7月に実現した。アポロ計画には、当時で250億ドルの資金と40万人の人材が投じられたと言われている。日本でも科学技術ブームと戦後の高度経済成長の中で、ビッグサイエンスの全盛の時代となった。

第3期は、1970年代の科学批判とエコロジー（生態学、環境保護）の時代である。この時期は第2期の反動で、1960年代末、ベトナム戦争や環境破壊や公害の中で、科学技術至上主義に対する批判が行われ、自然環境保護などを求めて、市民運動が盛んになった。そのような中で、ビッグサイエンスは予算削減や計画縮小を検討されて国際協力によって進められることになった。宇宙分野では、アポロ計画後のポスト・アポロ計画として「スペースシャトル計画」が、その主要部分は米国の担当であったが、欧州とカナダとの協力によって進められることになった。また、1975年

7月には米ソ冷戦の緊張緩和の中で、米国のアポロ宇宙船とソ連のソユーズ宇宙船が地球低軌道でドッキングするという「アポロ・ソユーズ計画」が実現した。原子力分野では、米国では環境問題への対応から原子力発電所の規制が強化されたが、欧州では「欧州共同トーラス (Joint European Torus, JET)」という核融合大型実験装置の開発が国際協力によって進められた。ビッグサイエンスは国際協力によって生き延びたと言える (佐藤靖, 2014b)。

第4期は、1980年代の米国の停滞と日本の興隆の時代である。科学技術ではマイクロエレクトロニクス革命期と言われ、コンピューターや最後にはインターネットが登場し、情報化社会に入ると、日本は生産科学技術で頂点に達し、それにより米国は競争力のイデオロギーが生まれ、日米経済・技術摩擦が激しくなった時期である。米ソ関係は、1980年代前半は新冷戦と呼ばれて対立が激しかったが、後半は関係改善が模索され緊張緩和が進んだ。そのような中で、二つのビッグサイエンス (国際ビッグプロジェクト) が開始された。一つは、現在の「国際宇宙ステーション (International Space Station, ISS) 計画」へと発展する宇宙ステーション計画である。米国は1984年1月に開始を発表して西側諸国に参加を呼びかけ、1988年9月には米国、欧州、日本、カナダの間で政府間協定が締結された。もう一つは、現在まで続く「国際熱核融合実験炉 (International Thermonuclear Experimental Reactor, ITER) 計画」である。1985年11月にジュネーブで開催された米ソ首脳会談で合意され、欧州と日本も加わって1988年から概念設計が開始された。宇宙ステーション計画は米ソ競争、国際熱核融合実験炉計画は米ソ協力として進められた (佐藤靖, 2014b)。

最後の第5期は、1990年代以降のポスト冷戦と科学技術の民営化の時代で、冷戦科学に代わって、地球環境科学が盛んに叫ばれた時期である。冷戦構造が崩壊して、民営化、グローバリゼーションが言われ、日本では、米国に対抗して競争力のイデオロギーが言われたが、科学技術はバイオの時代となった。冷戦終結後、1980年代に米国、欧州、日本、カナダによって進められていた宇宙ステーション計画は、1993年9月にロシアが加わって「国際宇宙ステーション (ISS) 計画」となり、1998年からモジュールの打上げが開始され、2011年に完成して現在運用中である。また、「国際熱核融合実験炉 (ITER) 計画」は工学設計が1992年から1998年まで実施され、計画の規模縮小の検討や米国の脱退などのさまざまな問題が生じたが、2007年10月にはITER国際核融合エネルギー機構が設立され、現在も建設が進められている。

以上のような戦後科学技術史において、ビッグサイエンスは第二次世界大戦中の「マンハッタン計画」から1950年代までの原子力の研究開発として始まり、スプートニク・ショック後の1960年代は宇宙の研究開発として全盛期を迎えた。1970年代には科学批判や環境保護の中で予算削減や計画縮小を国際協力によって乗り越え、冷戦終結前後の1980年代と1990年代は原子力も宇宙も国際協力の発展によって、縮小よりは発展して現在に至っている。

4 宇宙政策と社会

最後に、ビッグサイエンスの典型例と考えられる宇宙政策と社会の関係について考察してみたい。本稿では「宇宙政策」を、宇宙 (月その他の天体を含む宇宙空間) もしくは宇宙活動 (宇宙の

研究・開発・利用等)に関して、国家や政府が追求すべき目標やその計画、その成果を意味し、成果としての宇宙法や宇宙科学技術等を含むものと定義する。ビッグサイエンス(巨大科学)の一例として「宇宙計画」ではなく「宇宙政策」としているのは、国家や政府そして社会との関係を考える場合、ロケットや人工衛星などの計画だけでなく、それらの政策過程や関連する法制度・組織なども含めることができ、宇宙もしくは宇宙活動に関することを広く網羅的にとらえることができるからである。

ここで、宇宙政策を取り上げる理由は、もう一つのビッグサイエンスの典型例と考えられる原子力政策と比較して、とくに日本では、十分に研究がなされてこなかったからである。宇宙政策を研究する「宇宙政策研究」は、日本では欧米諸国に遅れながらも2000年代以降、徐々に取り組みられるようになった。それまでは、科学技術史の一分野の宇宙開発史として、また国際法の一分野の宇宙法として宇宙政策が研究されることはあったが、国際政治学、安全保障論、公共政策論、政治外交史の中で研究されるようになって、まだ20年も経っていない。宇宙政策研究は、問題関心を政治と宇宙(活動)の相互作用に持ち、分析手法は主に歴史的分析和理論的分析であり、日本においてはまだ発展途上の段階である。

宇宙政策はどのような特徴を持っているのだろうか。まず、他の科学技術イノベーション政策との比較では、とくに外交・安全保障政策としての側面が大きいことがある。それは、宇宙が陸・海・空・サイバー空間とともに「場」を意味し、かつ国家の領域外であり、ロケットや人工衛星などの宇宙科学技術がまさに軍民両用(デュアル・ユース)技術であるためである。次に、社会や一般の人々との関係では、原子力や環境などと比べて、これまで直接的被害が少なかったことがある。また、日本の宇宙関連予算は約3,400億円(2017年度)で、政府全体予算の約100兆円に対して0.3%であり、これまでもその割合はそれほど高くなかった。こうした宇宙政策の特徴から、一般の人々が賛否の明確な判断を期限付きで求められることが少なく、この点は、宇宙に関する世論調査が日本においてあまり実施されてこなかったことにも表れている。

しかしながら、日本は未だ宇宙政策の大転換期にある。2008年5月に「宇宙基本法」が成立して、内閣に宇宙開発戦略本部と宇宙担当大臣が設置され、2009年6月に初の「宇宙基本計画」が策定された。2015年1月には現行の第3期宇宙基本計画が策定され、三つの重点目標として、1)宇宙安全保障の確保、2)民生分野における宇宙利用推進、3)産業・科学技術基盤の維持・強化が挙げられている。同時に、宇宙政策の推進体制の整備も進み、内閣府に「宇宙開発戦略推進事務局」(司令塔)と「宇宙政策委員会」(審議機関)が設置されており、宇宙航空研究開発機構(JAXA)は政府全体の宇宙開発利用の中核的な実施機関として位置付けられている。2016年11月には、民間のロケット打上げ・衛星運用を促進する「宇宙活動法」と、衛星画像の利用・管理を規制する「衛星リモートセンシング法」が成立した。そして現在、日本は1980年代から日米同盟強化を主たる目的として参加してきた「国際宇宙ステーション(ISS)計画」に2024年まで参加することになっているが、その後の宇宙探査に関する宇宙政策をどうするか、その検討を急いでいる。

以上のように、宇宙政策と社会や一般の人々との関係は、宇宙科学技術の利用拡大に伴い、この10年間でますます深まっていると言える。しかし、一般の人々が宇宙政策に直接関わる機会はまだまだ少ない。現在の日本の宇宙政策過程において、一般の人々が直接関わるができるのは、宇宙

基本計画の本文や工程表を策定・改訂する際に行われる意見募集（パブリックコメント）に限られている。これまで、宇宙基本計画の第1期（2009年6月決定）の本文、第2期（2013年1月決定）の本文、第3期（2015年1月決定）の本文と工程表、第3期（2015年12月改訂）の工程表、第3期（2017年12月改訂）の工程表に関して、パブリックコメントが行われた。本文については、募集期間1～3週間、意見総数550～1,510件、投稿人数309～660人であり、募集期間は比較的短いものの、およそ毎回500人が投稿していることになり、投稿者の内訳も専門家、関係者、一般の人々とさまざまである。

また、こうした宇宙基本計画のパブリックコメントに関する研究として、パブリックコメント・ワークショップの試行も行われている（伊藤真之・源利文・中山晶絵・蛭名邦禎・水町衣里・加納圭・秋谷直矩, 2014）。パブリックコメント（意見公募手続）制度は、画期的な行政参加手法と考えられるが、「法令義務」（募集期間：原則として公示日から30日以上）と「任意」の2種類があり、宇宙基本計画については任意である。パブリックコメントの欠点としては、そのようなものがあることを知らない、意見数が少ない、意見が反映されない（反映率20～30%）、募集期間が短すぎる、専門性（理解や意見提出が困難）を挙げている。それゆえ、第2期宇宙基本計画（案）（募集期間：2012年12月に20日間）に対して、パブリックコメント・ワークショップとして、1) パブリックコメント案件に関連したワークショップを企画・開催、2) 参加者への情報提供と意見交換、3) 主催者が代表して意見提出、4) 提出意見に対する回答の共有を行って、政策形成プロセスへの市民参画を試みる新しい選択肢の一つを試みている。

以上を総合すれば、宇宙基本計画に関するパブリックコメントは、課題はあるものの、意見数と参加者（専門家、関係者、一般市民）の点である一定の成果は挙げていると言える。直近の第3期（2017年12月改訂）の工程表に関するパブリックコメントでは、募集期間を一か月としており、今後も継続的に実施されることで宇宙政策過程の一つとして定着していくものと考えられる。その一方で、宇宙政策と社会や一般の人々との関係がますます深まっている中で、宇宙政策の専門性や特殊性を考慮しながらも、一般の人々が宇宙政策過程に直接関わる機会を増やす努力が必要であろう。

5 おわりに

本稿は、科学技術イノベーションの一つとしてビッグサイエンス、そして宇宙政策を取り上げることで、科学技術イノベーションと社会の関係を考えてきた。ここで、日本におけるビッグサイエンスに関して、あえて結論のようなものをまとめれば、以下になるであろう。科学技術イノベーション政策としてのビッグサイエンスの研究は、日本においては不十分な状況にある。科学技術イノベーション計画としてのビッグサイエンスの記録や分析はあるのかもしれないが、まず、それらは個別具体的な科学技術イノベーション「政策」として再検証される必要がある。次に、原子力政策であれば原子力政策どうし、宇宙政策であれば宇宙政策どうしで比較検証される必要がある。そして最後に、原子力や宇宙などの科学技術イノベーション政策どうしで比較検証される必要がある。ビッグサイエンスは、人材、費用、組織、管理などの点で大規模で、一国単独や国際協力に

よって取り組まれる科学技術イノベーション計画であり、社会との関係が大きく、国内政策はもちろん対外政策としての重要性も高い。それゆえ、科学技術イノベーション政策としてのビッグサイエンスの研究の発展が求められている。

References

- 綾部広則 (著) 中山茂・後藤邦夫・吉岡斉 (編) (1999). 岐路に立つビッグ・サイエンス. In 通史 日本の科学技術 [国際期] 1980-1995, volume 5, pages 539–557. 学陽書房. <http://www.gakuyo.co.jp/book/b174165.html>.
- 伊藤真之・源利文・中山晶絵・蛭名邦禎・水町衣里・加納圭・秋谷直矩 (2014). パブリックコメント・ワークショップの試行:「宇宙基本計画 (案)」をテーマとしたワークショップの事例報告. 科学技術コミュニケーション = *Japanese Journal of Science Communication*, 15:123–136. https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/bitstream/2115/56442/1/web_Costep15_123.pdf.
- 吉岡斉 (1995a). 宇宙科学の草創期. In 通史 日本の科学技術 [自立期] 1952-1959, volume 2, pages 108–121. 学陽書房. <http://www.gakuyo.co.jp/book/b174168.html>.
- 吉岡斉 (著) 中山茂・後藤邦夫・吉岡斉 (編) (1995b). 宇宙開発体制の確立. In 通史 日本の科学技術 [高度成長期] 1960-1969, volume 2, pages 172–183. 学陽書房. <http://www.gakuyo.co.jp/book/b174168.html>.
- 吉岡斉 (著) 中山茂・後藤邦夫・吉岡斉 (編) (1999). 軍事・機微技術と日米関係. In 通史 日本の科学技術 [国際期] 1980-1995, volume 5, pages 157–177. 学陽書房. <http://www.gakuyo.co.jp/book/b174168.html>.
- 公共圏における科学技術・教育研究拠点 (STiPS) (2018). 2017 2018 年度 政策立案ワークショップ (宇宙) の記録. http://stips.jp/wp-content/uploads/Report_SpaceWS_2017-2018_forWEB-1.pdf.
- 黒澤満他 (編) (2015). 軍縮辞典. 信山社. <https://www.shinzansha.co.jp/book/b210398.html>.
- 佐藤靖 (2007). NASA を築いた人と技術: 巨大システム開発の技術文化. <http://www.utp.or.jp/book/b305612.html>.
- 佐藤靖 (2014a). NASA—宇宙開発の 60 年. 中央公論新社. <http://www.chuko.co.jp/shinsho/2014/06/102271.html>.
- 佐藤靖 (2014b). 「第 3 章 政策オプションの作成 第 2 節 政策オプションの作成の試行 1. 科学技術分野における国際ビッグプロジェクトの推進に係る視点と課題」. In 国立大学法人政策研究大学院大学 (GRIPS), editor, 平成 25 年度文部科学省委託調査研究「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』の推進に向けた試行的実践」報告書, pages 128–166. 国立大学法人政策研究大学院大学 (GRIPS). https://scirex.grips.ac.jp/resources/archive/140612_395.html.
- 財団法人新技術振興渡辺記念会 (編) (2010). 科学技術庁政策史: その成立と発展. 科学新聞社出

版局.

- 慈道裕治 (2018). 巨大科学. In 日本大百科全書 (ニッポニカ) . Japan Knowledge Lib. <http://japanknowledge.com/lib/display/?id=1001000070208>.
- 小塚 莊一郎・佐藤雅彦 (編) (2018). 宇宙ビジネスのための宇宙法入門・第 2 版. 有斐閣. <http://www.yuhikaku.co.jp/books/detail/9784641126022>.
- 小林信一 (2011). 科学技術政策とは何か. In 国立国会図書館調査報告書「科学技術政策の国際的な動向」, pages 7–34. 国立国会図書館. http://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/document/2011/201003_02.pdf.
- 青木節子 (2006). 日本の宇宙戦略. 慶應義塾大学出版会. <http://www.keio-up.co.jp/np/isbn/4766413180/>.
- 大澤弘之 (監修) (2003). 新版日本ロケット物語. 誠文堂新光社. http://www.seibundo-shinkosha.net/products/detail.php?product_id=489.
- 中山茂 (2006). 科学技術の国際競争力: アメリカと日本相剋の半世紀, volume 793. 朝日新聞社. https://publications.asahi.com/ecs/detail/?item_id=7205.
- 渡邊浩崇 (2010). 冷戦とアポロ計画: 米国宇宙政策における競争と協力. PhD thesis, 大阪大学. <https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/58553/>.
- 鈴木一人 (2011). 宇宙開発と国際政治. 岩波書店. <https://www.iwanami.co.jp/book/b265177.html>.

関連データ・ソース

- 内閣府ホームページ「宇宙政策」, <http://www8.cao.go.jp/space/index.html>
- 文部科学省ホームページ「宇宙開発利用部会 国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会」, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/071/

関連する拠点授業科目、関連する研究プロジェクトの情報

- STiPS 大阪大学・授業科目「科学史・科学哲学入門」(1 単位、夏学期)
- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術と公共政策 A」(1 単位、秋学期)
- STiPS 大阪大学・授業科目「科学技術と公共政策 B」(1 単位、冬学期)
- STiPS 拠点間連携プロジェクト「新しい科学技術の社会的課題検討のための政策立案支援システムの構築」(STiPS 大阪大学、2016～2018 年度)
- SciREX 重点課題に基づく研究プロジェクト(共進化実現プロジェクト)「国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)の歴史・現状・未来像に関する研究: 政府と民間の関係に焦点を当てて」(研究代表者: 大阪大学 渡邊浩崇、2019～2020 年度)

※ 2019 年 4 月時点