

技術文化論叢

第 13 号 (2010 年)

東京工業大学技術構造分析講座



『技術文化論叢』第13号(2010年)

目次

<研究ノート>

Philosophiae Naturalis Principia Mathematica 邦訳書の底本に関するノート
杉本剛 1

科学と技術及び社会的活動—制度論的アプローチから
山崎正勝 15

2009年度 博士・修士論文梗概

<修士論文梗概>

清末中国における近代的科学・技術導入に及ぼした明治日本の影響に関する歴史的
分析—天津の直隸工芸総局を例にして
徐恒 29

矛盾許容型論理 PCL1 の研究
大森仁 34

<博士論文梗概>

Exploration, Marketing, and Politics of Natural Gas in Bangladesh, 1971-2008
Md. Mamunur Rashid 44

ヨハン・ベルヌーイの力学研究—18世紀力学史における位置付けと再評価
野澤聡 56



研究ノート



***Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* 邦訳書の底本に関するノート**

A Note on the Original Texts for the Japanese Translations of *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*

杉本 剛*

SUGIMOTO, Takeshi

1. いとぐち

Isaac Newton (1642-1727) の *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (これ以降 *Principia* とよぶ) では、様式が幾何学書になっているだけでなく、核心部である万有引力の法則の導出は、幾何学的手法に依っている。ゆえに、図版の品質の確保は必須である。*Principia* は Newton の生前に都合3回刊行されており、いずれも数学に秀でた者が図版の制作を含めて編集に携わっている。

Principia 邦訳書の底本諸版について、幾つかの大きな構成要素 (Newton の著者前書き・Halley の Ode・Cotes の編者前書き) および図版に着目すると、訳者の自己申告以上の事実が垣間見えてくる。本稿ではそれを集約する。

Principia の邦訳書としては、岡邦雄 (1890-1971) のプリンシピア (1930)^{1,2}、河辺六男 (1918-2000) のニュートン (1971・1979)^{3,4} および中野猿人 (1908-2005) によるプリンシピア (1977)⁵ がある。市場および岡による部分訳 (1963)⁶ は、第I書の定義I-VIII, 法則I-III, 系I-IV, 校註および第III書しか取り上げておらず、本稿での取り扱い対象とはしない。

2. *Principia* 原典の解題

Principia 原典は、第I書-第III書からなるが、いずれの版も1巻本である。

2.1 Halley 編による初版 (1687)⁷

初版は、Edmond Halley (1656-1742) による編集・発行で、1687年に出版された。Halley は、Newton の業績を讃える Ode (頌賦) を初版の冒頭に寄せている。

図版は、経費節約と読者へのサービスを兼ねて、木版画として制作され本文に埋め込まれている⁸。ただし、1680年の大彗星の図は銅版画で、折り込み式である⁹。

図1と図2に示すように、扉のデザインには2種類ある。図2の方は、大陸での販売を目指してつくられたと考えられている。発行部数は、図1の版が250-350部で、図2の版が50部と見積もられている¹⁰。

* 神奈川大学 Kanagawa University

こうした情勢の中でつくられたのが、第3版であった。編集の任にあたったのは、大陸で医学博士の学位を取得してきた Henry Pemberton (1694-1771) である。Pemberton は、数学にも精通していたわけである。

その当時すでに 80 歳を超えていた Newton は、もはや大幅な改訂には踏み込まなかった。Pemberton も基本的には字句の統一(大文字小文字の使い分け・句読点の使い分けなど)に気を配って編集した²⁰。

Halley の Ode は、ほぼ原状どおりに復元されたが、初版とは若干の相違があることは注意を要する²¹。

1726 年に発行された第3版には、3種類ある：普及版の発行部数は 1000 部である；大きめの豪華版は 200 部つくられた；超豪華な Royal Folio の発行部数は 50 部である²²。図4に扉のデザインを示す。

不朽の大著の新訂を終えたあくる 1727 年の 2 月に、Newton はその生涯を閉じた。

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

AUCTORIS
ISAACO NEWTONO, Esq. Avo.

Editio tertia aucta & emendata.

LONDINI
Apud Gulielmum & Josephum Sturges, Regie Societatis typographos.
MDCCLXXVI.

図4. 第3版扉

3. 18 世紀の *Principia* 校註本の解題

3.1 Jesuits 版 (1739, 40, 42)²³

これは *Principia* の原典に、Apollonius of Perga の円錐曲線論から Euler による微分積分を用いて記述された力学 (1736) に至るまでの周辺知識をちりばめて、つくられた校註本である。編者の Thomas Le Seur (1703-1770) と François Jacquier (1711-1788) は、Minim 派の Friar であるが、この校註本は Jesuits の名前を冠して呼ばれる。

図5に本文を例示する。あまりにも多くの情報で補強されたため、3巻本になっている。図を本文中に埋め込む読者サービスを忘れていない。図版には原典第3版とは異同がある。

河辺訳 (1971・1979) が依拠した底本は、Jesuits 版の 1760 年刊行本である。この版は、1739 年版にはあった Halley の Ode・目次・正誤表を欠いている²⁴。

その後 Jesuits 版は、1780-85 年にかけてプラハ版 2 巻本が、19 世紀にはケンブリッジ大学出身の John Martin Frederick Wright (1793?-?) 編集によるグラスゴ版 4 巻本が 1822 年と 1833 年に出版されている²⁵。

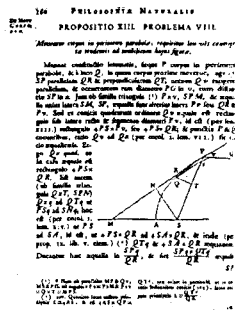


図5. Jesuits 版
下の小文字が校註

3.2 Thorpの英訳書(1777)²⁶

Robert Thorp (1736-1812) は、ケンブリッジで *Principia* を教えていた。初めは *Principia* すべてを訳す予定だったが、結局のところ第 I 書のみを英訳に終わった。しかしながら、その内容を一読すれば、この本が Jesuits 版相当の英語校註本を目指していることがわかる。本文中でのアルファベット順の註の付け方および脚内での校註への全巻通し番号付けは、Jesuits 版と同一の表記法である。

Cotes の編者前書きから、Bentley への言及がある最後の段落が削除されている²⁷。

Halley の Ode は、ラテン語のまま掲載されている。

図は銅版画で制作されているため本文から切り離され、所々に折り込まれたプレートに集められている。また、*Principia* 原典にはない図が多数制作されて、元来の付図とともに提供されている。ただし、不正確な図も多い。この英訳書は 1802 年に再版されている。

4. Motte 英訳書の変遷

4.1 Motte 英訳書初版(1729)²⁸

Andrew Motte (1696-1734) は、engraver が定職である。市民大学である Gresham College の幾何学の講義で力学を教えた経験があり、その講義録を、London の Fleet 街で出版業を営む兄の Benjamin Motte のもとで出版している²⁹。

Motte が *Principia* の英訳を手掛けた経緯ははっきりしない。Gresham College の天文学教授であった John Machin (1680-1751) の勧めではないかと推測されている³⁰。Motte の英訳には *Principia* 原典の初版や第 2 版の表現の痕跡も見られると言われており、英訳を試みたのは第 3 版刊行以前のことらしい³¹。

Motte の英訳は 1729 年に、Benjamin Motte から 2 巻本として出版された。第 1 巻は第 I 書、第 2 巻は第 II 書・第 III 書・追加資料からなる。その特徴は次のとおり：

- Halley の Ode は、ほんの数行分が抜粋され、換骨奪胎されて Motte の描いた銅版画の上に書き込まれているだけで、また被害にあっている (図 6)。
- 著者前書きのうち、第 2 版前書きと第 3 版前書きがひとまとまりにされている。さらに、第 3 版前書きにあるはずの Pemberton の名前が消去されている³²。
- Cotes の編者前書きにも手が加えられており、Bentley への言及がある最後の段落が欠落している³³。
- 図版はすべて Motte が銅版画で描き起こしている。



図 6. Halley の詩の断片

そのため本文から切り離され、所々に折り込まれたプレートに集められている。原典にある誤りが訂正されている箇所もみられる。しかしながら、図版が本文から切り離されたことが、後世の英訳書に見られる混乱の源であった。

- ・ John Machin による “The Laws of the Moon’s Motion” が第 2 巻の最後に追加された。

4.2 Davis 編による改訂再版 (1803) ³⁴

Motte の英訳書は 18 世紀の終わりには貴重品となり、再版を望む声が多くなっていったらしい。William Davis (1771-1807) は、Motte の英訳を H.D. Symonds から再版させる。「数学者にして数学協会および哲学協会会員」の Davis の生業は、書籍商である。“Carefully Revised and Corrected” と扉にあるが、主として句読点に手が加えられていて、これが後世の英訳本に混乱を与えている。追加の文書が多く、3 巻本となった。岡訳 (1930) の底本は本書である。1819 年に再刊されている。特徴は次のとおり：

- ・ Halley の Ode の断片の残る Motte の銅版画が全面削除された。
- ・ グリニッジ天文台にある Newton の胸像をもとに起こした肖像画を挿入した。
- ・ Davis の手になる著者 Newton の生涯を、Newton の著者前書きおよび Cotes の編者前書きの後、*Principia* 第 I 書の前に追加した。第 I 書の終わりまでが第 1 巻で、第 II 書と第 III 書が第 2 巻を構成している。
- ・ 付図は銅版画で制作され、所々に折り込まれたプレートに集められている。
- ・ Newton の “System of the World” の英訳が第 3 巻の先頭に追加された。これは *Principia* 第 III 書のもととなったルーカス記念教授講義のラテン語原稿を英訳したもので、訳者名なしのままで F. Fayram から 1728 年に *A Treatise of the System of the World* と題して出版されていた ³⁵。
- ・ William Emerson (1701-1782) の著作 *A Short Comment on Sir Isaac Newton’s Principia; to which is added, A Defence of Sir Isaac against the objections that have been made to several parts of his works* (1770) ³⁶ を第 3 巻の “System of the World” の次に挿入した。
- ・ John Machin の “The Laws of the Moon’s Motion” は第 3 巻の最後に再掲されている。Machin の肩書の Davis による書き方も混乱の元凶となった。すなわち “Astron., Prof. at Gresh., and Sec. to the Roy. Soc.” とある。

4.3 Chittenden 編による米国版 (1846) ³⁷

Columbia University 出身の Nathaniel W. Chittenden (1816-1885) が、「ニューヨ

ークの師範学校の教員は *Principia* を読むべし」として作ったのが Daniel Adee 刊の米国版である。1848年および1850年に再刊されている³⁸。

本書の構成は、Newton の肖像（グリニッジの胸像）から始まり、Chittenden による師範学校教員への献辞・米国版への序文・Newton 伝へと続く。本文は *Principia* 第I–III書と“System of the World”のみの1巻本である。

第III書の命題XXXIII問題XIVの校註を見ると“Mr. Machin, Astron., Prof. Gresh.”とあり、DavisによるMotte訳の改訂再版（1803）が底本だと知れる。

HalleyのOdeは、最後の1行“Nec fas est propius Mortali attingere Divos.”がHalleyの名と共に、Newton伝のタイトル近傍に飾りとして復活した。しかしながら、Newtonの著者前書きとCotesによる編者前書きは全面的に削除された。

図版はすべて描き起こされ、再び本文中に埋め込まれた。図番号は付されていない。付図の誤りは、描き直されるたびに増加する。

4.4 Motte-Cajori 版 (1934)³⁹

Florian Cajori (1859-1930) は、独語圏のスイスで生まれ、ティーンエイジャーのときに米国に移り住んだ。数学史家として知られる。

いわゆるMotte-Cajori版は、Cajoriの死後に、University of California Pressから出版された。冒頭で、U.C. Berklayの天文学者であったRussell Tracy Crawford (1876-1958) が、Pressに呼ばれて編集にかかわったことについて述べている。

本文に残る句読点の使い方から、Chittendenの米国版に手を加えることで、改訂作業が進められたことがうかがえる。

巻末に収められたCajoriのノートから、18世紀の数学表記を現代的なものに改めるつもりであったことがわかる。ただし、第I書命題LII問題XXXIVの校註文末で“duplicate”を“square root”へと書き間違えたのはだれだろうか。

それと同時に、米国版に欠けているNewtonによる著者前書き・Cotesによる編者前書き・HalleyのOdeを英語で復元するつもりだったのだろう。しかし、原典から英訳するだけのラテン語の知識はなかったようだ。Cajoriのノートには、Thorpの英訳書(1777)と独訳書(1872)⁴⁰とを参照したことが書かれている。Newtonの著者前書きについては、Thorp訳は正確である。Cotesの編者前書きについては、Thorp訳では一部が欠落しているので、独訳書から英訳して補ったのだろう。Thorp訳ではHalleyのOdeは第3版のラテン語のままである。また独訳書にはHalleyのOdeが欠落している。したがって、Cajoriの英訳は存在しなかったろう。U.C.のラテン語教授Leon J. Richardson (1868-1964) が、HalleyのOdeを初版から英訳している。

生前Cajoriが図版の手配まで済ませていたとは考えにくい。図版の制作を監

5. 邦訳書の解題

5.1 岡訳 (1930)

底本として、Motte 訳の改訂再版 (1803) を使用している。Newton の著者前書きと本文のみを訳している。人の手の入り方が少ない古い英訳書を底本としているので、図版についての誤りは最も少ない邦訳書である。春秋社の世界大思想全集第6巻として発行された初版は1巻本だが、1933年に再版された春秋文庫版は上・下の2巻本である。内容は初版と相違ない。

5.2 河辺訳 (1971・1979)

原典よりの翻訳と言われているが、正確には Jesuits 版 (1760) を底本としている。したがって、Halley の Ode が欠落している。これ以外にラテン語原典の初版 (1687) の複製版と Motte-Cajori 版英訳書 (1934) を参照したと河辺は述べている。

河辺は Newton の著者前書きと本文のほかに Halley の Ode を訳出しているが、その手元には原典初版の Ode とその英訳しかなかったはずである。原典第3版 (1726) でほぼ原状回復した Halley の Ode であるが、初版の Ode とは言葉遣いに若干の相違がある。その点に注意して邦訳を読むと、初版からの訳であることが確認できる。

紙面の都合で Cotes の編者前書きを割愛したと河辺は述べている。

中野 (1977) は 686 頁の注[178]で、Motte-Cajori 版 (1934) が第 I 書命題 LII 問題 XXXIV の校註文末で原典に平方とある個所を square root と書き間違えていること指摘し、英訳書を底本とした邦訳書にその誤りが繰り返されていると述べ、その例として河辺 (1971) の 198 頁を挙げている。河辺 (1971) をよく読んでみれば、全文が英訳からの重訳というわけではないことがわかるが、英訳から訳出した部分もあるのは中野の指摘どおりである。少なくとも英訳書を辞書がわりには使ったのだろう。なお、この命題の誤訳は、河辺 (1979) では訂正されている。

それよりも大きな問題は、図版の制作に Jesuits 版 (1760) を使用せず、Motte-Cajori 版 (1934) に全面依拠していることである。したがって、図7と図8に示した誤りは、河辺 (1971・1979) に引き継がれている。

5.3 中野訳 (1977)

中野の訳業以前に出版された *Principia* 邦訳諸版の位置づけは、世界の名著のひとつであった。そうした全集の読者にとって、*Principia* を読みこなすには難がある。中野の出版の意図は、専門家向けの単行本として *Principia* を紹介する

ことにあったろう。したがって、現代の自然科学の知識で解釈した校註もふんだんにある。

底本は Motte-Cajori 版英訳書 (1934) で、ラテン語原典初版 (1687) の復刻版を参照したと述べている。Newton の著者前書きと本文のみを訳出している。

底本のテキストと図版を、科学者としてよく吟味して翻訳・編集しているので、底本の品質に比べて良質の訳業に仕上がっている。図の誤りは河辺より少ない。図 7 の誤りは修正されている。図 8 と 9 に示した相違については、振り子の図の隣に縦置き相図を配置している。Newton が原典第 3 版で相図を縦に描き直したと思ったのだろうか。

6. むすび

Principia 邦訳諸版と、それらを取りまく *Principia* 原典およびその派生版との相互関係を系図としてまとめると図 10 のようになる。

残念ながら、ラテン語原典第 3 版 (1726) そのものから作られた邦訳書は存在しない。したがって、一部のテキストや少なからぬ図版は原典と異なる。Cotes の編者前書きは本邦未公開で、解題をつくる作業が要る。

現在のところ最も高品質の *Principia* 現代語訳は Cohen らによる英訳書 (1999) である。しかしながら、この本はカリフォルニア大学出版局の発行であったがゆえ、出版局が保有していた Motte-Cajori 版の図版が広範囲に流用されている。そして、図 7 の誤りは生き残った⁴³。

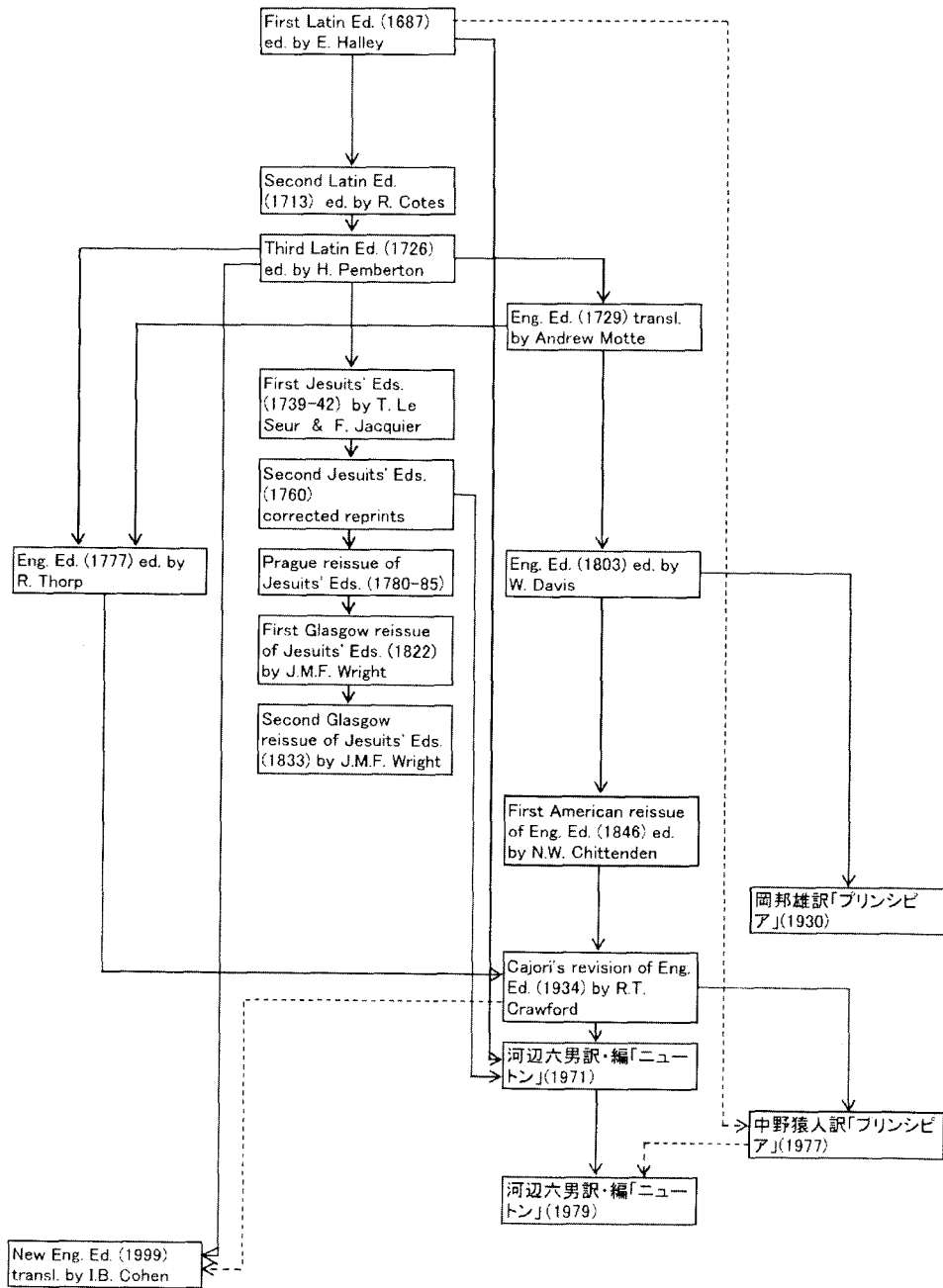


図 10. プリンキピア諸版の参照関係：実線(翻訳, 改訂), 破線(参考)

註

1. 岡邦雄訳『プリンシピア』, 世界大思想全集, 第 6 卷, 春秋社 (1930), pp.491.
2. 岡邦雄訳『プリンシピア』, 全 2 卷, 春秋文庫 (1933), pp.206 + pp.284.
3. 河辺六男訳『ニュートン』, 世界の名著, 第 26 卷, 中央公論社 (1971), pp.574.
4. 河辺六男訳『ニュートン』, 世界の名著, 第 26 卷, 中央公論社 (1979), pp.574.
5. 中野猿人訳『プリンシピア』, 講談社 (1977), pp.898.
6. 市場泰男・岡邦雄訳「プリンキピア」, 世界大思想全集, 第 32 卷・社会・宗教・科学思想篇, 河出書房新社 (1963), pp.191-318 + pp.322-324 ; 抱き合わせ収録: ロバート・ボイル著・大沼正則訳「懐疑的な科学者」, pp.1-189 + pp.319-321.
7. I. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, First Edition, Royal Society (1687), pp.511.
8. たとえば S.P. Rigaud, *Historical Essay on the First Publication of Sir Isaac Newton's "Principia,"* Oxford University Press (1838)の Appendix, p.35-39 にある Halley から Newton に宛てた 1686 年 6 月 29 日付手紙に

I have sometimes had thoughts of having cutts [sic] neatly done in Wood, so as to stand in the page, with the demonstrations, it will be more convenient, and not much more charge.

とある。Newton の返事は「Halley に決定は任せる」であった。

9. J. Edleston ed., *Correspondence of Sir Isaac Newton and Professor Cotes*, Cambridge University Press (1850), p.144 の Cotes から Newton 宛て 1712 年 11 月 1 日付手紙に, “I know not whether You have got the Copper-plate of the Comet yet done” とある。
10. A. Koyré and I.B. Cohen eds., *Isaac Newton's "Principia," the third edition with variant readings*, Two Vols., Harvard University Press (1972)の第 2 巻の 852 頁に記載がある。ただし A. Cook, *Edmond Halley: Charting the Heavens and the Seas*, Clarendon Press (1998)の 155 頁には, 最近では 600-700 と見積もられているとある。
11. I. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Second Edition, Cambridge University Press (1713), pp.492.
12. M. Black, *A Short History of Cambridge University Press*, Cambridge University Press (2000), p.16-20 に Bentley の果たした役割についての記載がある。
13. 註 10 の Koyré and Cohen (1972) 第 2 巻の 853 頁に記載がある。根拠は, 註 9

で引用した Cotes の一文の直後に, “The Printer tells me there will be 750 requisite” とあるからである.

14. 註9の Edleston (1850) の148頁にある Bentley から Cotes 宛て 1713年5月5日付手紙に “I have S^r Isaac Leave to remind you of what You and I were talking of, An alphabetical Index, & a Preface in your own name” とある. Cotes はいったん断るのだが, 150頁にある Bentley から Cotes 宛て 1713年5月12日付手紙のとおりには決着する. すなわち

but You must not press it further, but go about it your self. For y^e subject of y^e Preface, you know it must be to give an account, first of y^e work it self, 2^{dly} of y^e improvements of y^e New Edition; & then you have S^r. Isaac’s consent to add what you think proper about y^e controversy of y^e first Invention.

そして, 出来上がったら Newton と Bentley が校閲することを伝えている. また続けて, Newton と Bentley の一致した意見として Leibniz の名を出さないこと, 責めの言葉も使わないことを条件とした.

15. 第2版が出版されてすぐ, Bentley による Halley の Ode の改ざんに気がついた Keill の手紙などを引用しつつ, この事件をはじめて記録にとどめたのは註8の Rigaud (1838)である (86-87頁). なお註10の Cook (1998)によれば (170頁), Bentley の怠慢により Halley は第2版を所有することはなかった.
16. 註12の Black (2000)の19頁を参照のこと.
17. I. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Third Edition, Royal Society (1726), pp.536.
18. I.B. Cohen, *Introduction to Newton’s “Principia,”* Harvard University Press (1978) の252-264頁を参照のこと.
19. 註8の Rigaud (1838)の106頁を参照のこと.
20. 註18の Cohen (1978)の270-275頁を参照のこと.
21. 註8の Rigaud (1838)巻末 Appendix の57-59頁および註10の Koyré and Cohen (1972) 第1巻の12-14頁を参照のこと.
22. 註10の Koyré and Cohen (1972) 第2巻の854頁に記載がある.
23. T. Le Seur & F. Jacquier eds., *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* Vol. I (1739), pp.547; Vol. II (1740), pp.423; Vol. III (1942), pp.702. 第3巻には, 1724に Académie des Sciences へ投稿された Daniel Bernouilli, Colin Maclaurin および Leonhard Euler の重力による潮汐効果についての論文が掲載されている.
24. E.B. Hinckley, *A Descriptive Catalogue of the Grace K. Babson Collection of the*

- Works of Sir Isaac Newton and the Material relating to him in the Babson Institute Library*, Herbert Reihner (1950)の 19 頁を参照のこと。
25. 註 24 の Hinckley (1950)の 19-21 頁を参照のこと。
26. R. Thorp ed., *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Vol. I, T. Cadell (1777), pp.360 + 22 plates.
27. Cohen による註 26 のファクシミリ版 (Dawsons of Pall Mall, 1969) の序文で、Cohen は Thorp の訳は明らかに Motte の英訳書 (1729) に基づいていると書いている (iv)。したがって、Cotes の編者前書きの欠落部分が二つの英訳書で同一であることは、このことの証左であり、Thorp が意図したことではない。
28. A. Motte transl., *The mathematical principles of natural philosophy*, Two Vols., Benjamin Motte (1729), pp.320+pp.393.
29. I.B. Cohen, "Pemberton's Translation of Newton's Principia, With Notes on Motte's Translation," *Isis* 54, no. 3 (1963), pp.319-351.
30. Ditto.
31. Ditto.
32. Ditto.
33. Cotes は前書きの最後の段落で Richard Bentley を持ち上げている。これは第 2 版が Cambridge University Press から出版されているのだから、そこの責任者を讃えるのはある意味当然である。この部分を Motte が削除した理由はわからない。
34. A. Motte transl., *The mathematical principles of natural philosophy*, Three Vols., H.D. Symonds (1803), pp.211+pp.321+pp.231.
35. 註 24 の Hinckley (1950)の 14 頁を参照のこと。
36. 扉にあるとおりに記せば、W. Emerson, *A Short Comment on Sir I. Newton's Principia Containing Notes upon Some Difficult Places of that Excellent Book*, J. Nourse (1770), pp.157 + p.1(errata) + 5 plates。Defence の部分は、*Principia* と Optics と Chronology についてである。
37. A. Motte transl., *The Principia*, Daniel Adee (1846), pp.581.
38. 註 24 の Hinckley (1950)の 16-17 頁などを参照のこと。
39. A. Motte transl., *Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World*, University of California Press (1934), pp.680.
40. J.P. Wolfers ed., *Sir Isaac Newton's Mathematische Principien der Naturlehre*, Verlag von Robert Oppenheim (1872), pp.666。幾度が復刻されている。本稿の著者の手元には K.F. Koehler Verlag (1932)刊がある。

41. J.A. Lohne, "The Increasing Corruption of Newton's Diagrams," *History of Science* 6 (1967), pp.69-89. これは、ニュートンの原典付図が、原理を理解しない者の手によって、いかにゆがめられていくかを、様々な分野の図面の比較から論じた論文である。
42. J.B. Brackenridge, "The defective diagram as an analytical device in Newton's Principia," in M.J. Oster and P.L. Farber eds., *Religion, Science, and Worldview: Essays in Honor of Richard S. Westfall*, Cambridge University Press (1985), pp.61-94. これは、*Principia* 第I書命題Xと命題XIの付図に限定して、*Principia* 各国語訳まで渉猟して比較検討した論文である。Newton 自身、初版と第2版では、これら二つの命題について同一の図を使いまわし、混乱を引き起こしていた。なお、Brackenridge の結論は傾聴に値する。

... Perhaps the most that can be claimed is that when one finds the details of the diagrams correct, then it is possible that the other elements of the text are also carefully done. But when the diagram is faulty, then there may or may not be trouble elsewhere.

43. I.B. Cohen ed. and I.B. Cohen, A. Whitman and J. Budenz trans., *The "Principia"*, University of California Press (1999), pp.996. 図については455頁を参照のこと。

科学と技術及び社会的活動：制度論的アプローチから*

Science and its Bases: An Institutional Approach to History of Science

山崎 正勝**

YAMAZAKI, Masakatsu

概要

科学史の従来研究成果をもとに、科学と技術及び経済活動との相関関係の議論を出発点にして、冷戦期アメリカと1980年代以降の日本の科学政策を分析し、それらの議論を基礎にして、科学、技術、経済発展の数学的モデルが提唱されている。

1. はじめに：科学の社会的基盤と制度的アプローチ

科学研究活動はどのような社会的基盤の上に成立するのか、あるいはそれは技術開発や経済活動などの他の一般の社会的活動とどのような相互関係にあるのかという問題は、現在でもその答えに研究者の中で一致した見解があるわけではないものの、1930年代に科学史という学問が始まった当初から、科学史研究の基本的なテーマの一つであった。例えば、近代科学がなぜ17世紀の西欧で誕生したのかという問いに対して、旧ソ連のボリス・ゲッセンは、マルクス主義の歴史観の立場から、天才が科学を作ったという歴史観を強く批判しながら、資本主義経済の進展によるさまざまな技術的課題の出現と、その解決を、近代科学、とりわけニュートン力学の形成の背景と理解した(ゲッセン [1])。また、アメリカの社会学者、ロバート・マートンは、プロテスタント的勤勉主義が資本主義を形成したと見たドイツの歴史家、マックス・ウェーバーの歴史理論を基礎に、プロテスタントの信仰、とりわけ神が創造した摂理を、自然の研究を通じて理解するという内的な動機が、科学研究を促したと論じた(Merton [2])。また、これとはちょうど反対の問いとして、なぜ、西欧よりもいくつかの面で技術的に進んでいた中国で、近代科学が誕生しなかったのかという問題がある。この問いは、それを最初に提起したイギリスの生化学者で科学史家のジョセフ・ニーダムのちなんで、「ニーダム問題(難題)」と呼ばれている(ニーダム [3])。中国では、資本主義成立は、西欧に比べて、大幅に遅れたので、近代科学の成立は資本主義的経済活動のはじまりと何らかの関係があるのかもしれない。

* 本稿は、文部科学省21世紀COEプログラム「インスティテューショナル技術経営学」の最終報告書(2009年3月)に掲載されたものである。

** 東京工業大学名誉教授

Index Terms—history of science, cold war science, Japanese science policy since 1980, and mathematical model of development of science, technology, and economy

もう一つの一般的なテーゼは、イギリスの科学史家ステファン・メイスンが通史的な著作の中で主張したもので、近代科学は、それまで別々に存在していた学者的伝統と職人的伝統が17世紀の西欧で接近、融合することによって誕生したというものである(メイスン [4])。メイスンのテーゼは、学者と職人間の社会的・階級的な障壁が高かった中国で、近代科学が生まれなかったことの説明にも通じるし、日本の明治初期の科学や技術が士族出身者で占められていたものの、下級の士族が、ほとんど職人と同じ仕事と感情を共有していたために、近代科学と工学の導入に何の抵抗も感じなかった理由をも暗示している。

しかし、細かく見ていくと、それだけでは片付かない多くの問題がかえって浮き彫りになる。そのこともあって、科学に対する社会的な要求や期待と、科学活動を結びつけるものとして、研究のための諸制度に注目する研究が、1970年代ころに出始めた(例えば、カードウェル [5])。イギリスの王立研究所やキャベンディッシュ研究所、ドイツの物理工学研究所などの研究機関の役割が注目を集めた。これは科学史の制度史的なアプローチと称されている。日本における理化学研究所は、研究所が科学活動の成功に寄与したよい例とされる。一般に、先進的な研究成果が出たところでは、とりわけ19世紀末以降であれば、たいていの場合、そのような制度的な基盤があることが多いので、制度史的なアプローチには、一定の妥当性がある。しかし、制度が整えられれば先進的な成果が生まれるかといえ、必ずしもそうではない。ノーベル賞級の成果を目指した韓国の韓国科学技術研究所(KAIST)や、インドへのマサチューセッツ工科大学型の教育を目指したインド工科大学(IITs)は、少なくとも初期には、「失敗」とされた(Kim and Leslie [6]) (Leslie and Kargon [7]) (市川・山崎 [8])。したがって、科学的成果が生まれるためには、制度以外の何がしかの要素、例えば、「自由な研究環境」を育むような組織運営などが必要なのである。

以下では、科学、とりわけ基礎科学に注目し、二つの違った制度の下でのその展開を振り返る。2では冷戦期の米合衆国の目的研究と基礎研究の共生問題を分析し、ついで3では現代日本の基礎研究問題を検討する。最後に、科学研究の定量的なモデルを提案し、経済発展への科学研究の役割を議論する。

2. 目的研究と基礎研究の共生のメカニズム：冷戦期における米国の軍と科学界

冷戦は科学的探究が特異な変化をとげた時代だった(Yamazaki and Bektas [9])。米合衆国とソ連は、大規模な資金投資を軍事的な目的のために行い、軍と科学の間に密接な関係を築き上げた。最近になって公開された冷戦期の膨大な資料と、この約20年間に行われた多くの研究は、軍事資金の決定的な役割を照らし出し、「冷戦科学」という言葉を生み出した(Wang [10])。

冷戦の時期に科学と軍、それに関係するグループと団体の間に形成された関係は、共生の一種である。科学界と軍は、相互に依存するようになった。研究資金を必要とした科学者たちは、政府資金を受け入れ、その見返りに軍に有用な研究を行った。軍は研究を使って、新兵器の体系の開発と管理を行った。そのため、米国の科学史家たちは、冷戦は、科学者にも軍にも利益をもたらした

と主張している。この意味で、この関係は基本的には相利的であると考えられる。

米合衆国では、第二次世界大戦の前には、農業の分野を除いて、連邦政府から科学界へは目立った資金援助はなかった。戦争開始後ほどなくして、1941年6月にフランクリン・ローズベルト大統領は、戦争に科学を動員するために科学研究開発局(the Office of Scientific Research and Development (OSRD))を創設した。戦争終了時まで、OSRDは、原子爆弾、レーダー、近接信管、ペニシリンなどの研究開発に成功した。

OSRDは事実上、無制限の資金と資源を与えられて、ヴァネヴァー・ブッシュによって率いられた。彼は、マサチューセッツ工科大学(MIT)の元工学部長で、当時はワシントンあるカーネギー研究所の会長だった。この組織は、大統領に対してだけ報告義務があった。OSRDは、その効率的な資金援助体制を通じて、個々の科学者や技術者、大学や研究機関を戦争目的に組織していった(Roland [11])。

OSRDは臨時の戦時組織であったため、1947年には廃止されることになった。OSRDは戦争に対して科学が非常に生産的で有用であることを証明し、また、科学と軍との間の強い結びつきを作り出すことに役立った。戦争終結時には、この協力関係をより持続性のあるものにしようという強い期待があった。ヴァネヴァー・ブッシュは、平時における類似の中央集約的で強力な機関の提唱者だった。トルーマン大統領への彼の有名な1945年の報告書、『科学—果てしないフロンティア』の中で、ブッシュは、科学と工業と軍の間の協力関係を管理監督する「全米研究財団」の創設を提案した(Bush [12])。彼が心に抱いていたのは、全ての戦後の科学活動を統括する「科学省」に近いものであった。しかし、ブッシュにとって不幸なことに、国防総省(DOD)や、マンハッタン管区の後継組織である原子力委員会(AEC)などが素早くそれぞれの研究領域を確保し、資金供給の責任を分担してしまった。後には航空宇宙局(NASA)や国立衛生研究所(NIH)が、これに加わった。ブッシュの当初の構想は、もっぱら基礎研究を支援する全米科学財団(NSF)として、矮小化された形で実現されたに過ぎなかった。こうしてアメリカ合衆国では、複数の財源から成る、きわめて複雑な科学に対する資金援助体制が誕生することになった。このような資金援助組織の複数的な性格によって、米合衆国の研究資金供給体制は、高度に複雑で官僚的な意思決定過程になった(Morin [13])。

科学史家のポール・フォーマンは、1940年から1960年の間に、アメリカの物理学は、その目的と性格に関して質的な変貌を遂げたことを説得的に主張している。すなわち、物理学の探求は、国家安全保障政策の追求の中に包摂され、軍事的な応用を約束する基礎物理学を軍は思慮深く援助したというのである。物理学者たちは、しばしばより興味深い科学上の疑問を犠牲にして、資金援助が期待される研究課題を選択したとフォーマンは考えている(Forman [14])。これは、科学者に軍が金と名声という動機付けを科学者に提供することによって、軍が科学者の才能を操ったことを示唆している。このような例は、米合衆国の

大学の研究機関に非常に多く見出される。マサチューセッツ工科大学は、いくつかの秘密軍事研究所を持ち、例えば60年代のはじめに早期警戒システム、セージを開発したリンカーン研究所は、通常の大学の予算を上回る資金を使ってきた。そこは軍産学複合体の重要拠点の一つであった。

しかし、もし、軍が基礎研究を操っていたとすると、では、どうして「純粋科学」は冷戦期に生き延びられたのだろうか。第二次世界大戦の時期には、アメリカの基礎研究は、戦争活動のために科学が動員され、程度の差はあれ事実上の停止状態になっていた。しかし、戦後は、科学者たちは、研究と資金使用に関して、ある程度の自由度を享受したのである。少なくとも小さなパーセンテージではある(およそ5パーセントと言われている(Geiger [15]))が、軍関係の機関を含む技術的な事業における全研究開発費の一部は、彼ら自身の研究のために使用されたと考えられている。この柔軟な関係が、軍事的後援の下で、なぜ「純粋科学」が成長続けたのかを説明する理由になるだろう。これは「フォーマン・ルール」と呼ばれている。すなわち、このルールが、軍と科学界の共生関係を保障する一つの条件だったのである。

連邦政府の主要な任務が、外交と国防にあり、高等教育を直接的には担わない米合衆国にあつては、軍事・国防への研究投資を通じて大学などの研究機関へ基礎から応用までの研究資金を注入し、その成果を民間へスピノフするという方法は、冷戦期にあつては、ある種の「合理的」な研究支援の流れであった。しかも、冷戦期にあつては、基礎研究を奨励し、ノーベル賞などを多く獲得することは、米合衆国の科学的、技術的優位性をアピールするためにも期待されたのであった。

このような軍学複合体を基礎にした研究資金の流れは、冷戦後にあつても、合理的なものだろうか。日本のように憲法の制約上、大規模な軍事産業を持たない国には、このような資金の流れのモデルは、適用できない。

3. 基礎研究の社会的正当化: 現代日本の場合

日本における研究開発費は、図1にあるように、1980年代に急速な伸びを示したことが知られている。1989年には、ドイツを追い抜き、大きなGDPを持つ国の中で、トップになった。1980年代の研究開発活動の急成長は、民間の企業によって担われた。図2は、セクターごとの研究開発費を年次的に示したもののだが、1980年代の民間企業での伸びがよく見て取れる。この時期の国の予算は、成長抑制型、いわゆるゼロ・シーリングの政策が取られていたため、大きな増加はなかった。その結果、特にバブル景気の時期には、日本の研究開発費のうち、政府負担割合は、図3のように、先進国の中で最下位になった(Yamazaki [16])。

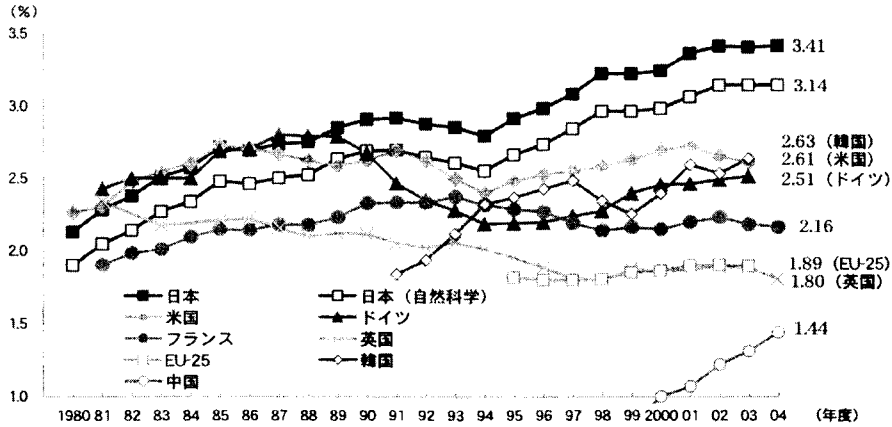


図1 主要国等における研究費の対GDP比の推移
(出所：『科学技術白書』2006年)

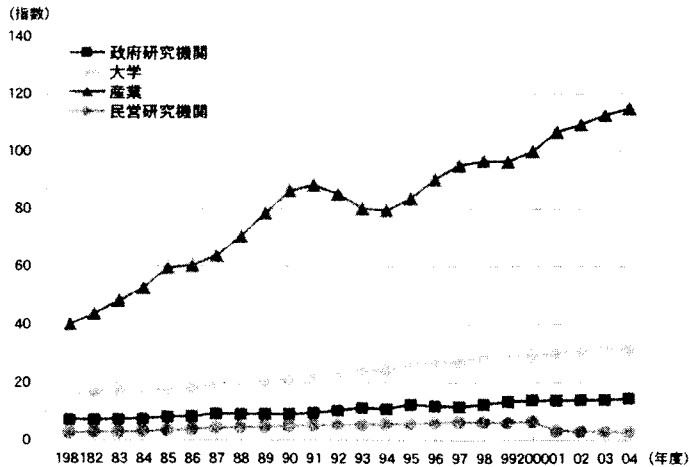


図2 組織別実質研究費の推移
(出所：『科学技術白書』2006年)

しかし、バブル経済の崩壊によって、日本の民間企業の研究開発費は減少し、日本の研究開発費全体も減少することになった。これは、日本としては、明治の近代化以降、戦争の影響などを別にすると、初めての経験であった。このショックに、海外の先進国による知的財産権保護政策の強化が加わり、国の科学技術政策の見直しが1995年に行われ、「科学技術基本法」が制定された。この法案の国会での提案理由の説明に、当時の状況判断がよく出ている。

我が国は、科学技術に関して、いわゆるキャッチアップの時代、すなわち目標となる先進国が常に存在し、かなりの分野で技術導入が可能であった時代の終焉を迎えております。今後は、フロント・ランナーの一員として、自ら未開の科学技術分野に挑戦し、創造性を最大限に発揮し、未来を切り拓いていかなければならない時機に差し掛かっております(衆議院 [17])。

「科学技術基本法」は、国会で全会一致で採決され、翌年から「科学技術基本計画」に則った包括的な政策が展開されていった。その結果、大学には、特定のテーマで研究教育を推進するためCOEプログラムが設けられるなどの重点的な予算配分が行われた。「科学技術基本法」とその「基本計画」の実施によって、図3に見られるように、研究開発費の中の政府負担割合は増勢に転じ、一定の改善が見られた。

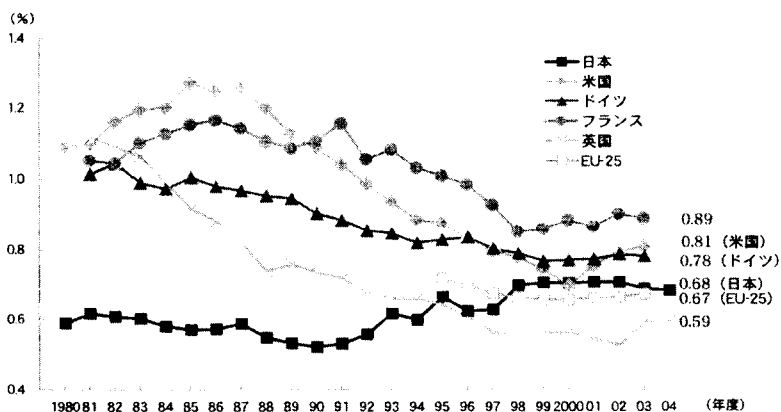


図3 主要国の政府負担研究費の対GDP比の推移
(出所：『科学技術白書』2006年)

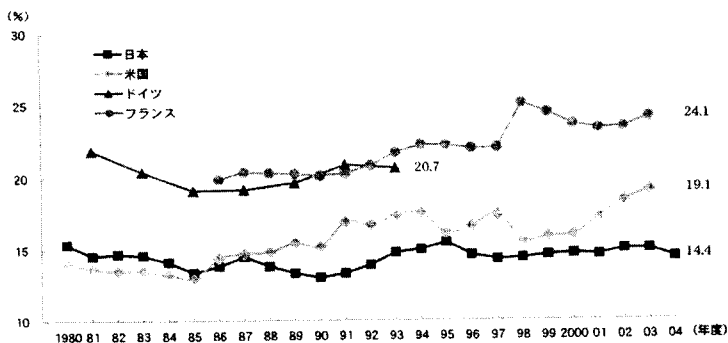


図4 主要国の基礎研究費の割合の推移
(出所：『科学技術白書』2006年)

