

ロバート・フックの科学研究

—天文学・光学研究を中心として—

中島秀人

①

ロバート・フックの科学研究

天文学・光学研究を中心として

東京大学
博士論文 1994年度提出

中島秀人

目 次

序 文	4
第 I 部 フックの略歴と科学的研究の概要	
第 I 部 序論	8
第一章 ロバート・フックの生い立ち	14
第二章 学界への登場	23
第三章 グレシャム・カレッジ	33
第四章 『ミクログラフィア』	46
第五章 フックの力学研究	60
第六章 フックの光学研究	77
第七章 フックのその他の研究	93
第 II 部 フックの天文学・光学研究	
第 II 部 序論	107
第一章 天文学における「ガリレオ・パラダイム」	111
第二章 イギリスにおける望遠鏡	129
第三章 フックの天文研究	147
第四章 望遠鏡と精密観測	172
第五章 フックとニュートンの光学論争	201
結 論	231
付 録	241
参考文献一覧表	252

注 記

日付に関する注意

1752年に至るまで、イギリスでは旧暦であるユリウス暦が使用されていた。これに対して、大陸の主な諸国では、1580年代から、新暦であるグレゴリオ暦が採用された。17世紀に両暦には10日のズレがあり、新暦が先行していた。本論文では、通例に従って、原則としてイギリスにおける事象に関しては旧暦、大陸における事象に関しては新暦を用いることとし、混乱を招くような場合に限り新暦（N. S.）、旧暦（O. S.）と明記する。

なお、旧暦では1年の始まりを3月25日として、1月からこの日までの暦年は‘1671/2年’のごとく表記されたが、本論文では煩雑さを避けるために、暦年表示を‘1672年’のように簡略化する。

引用注の表記について

論文の引用注には、様々な表記方法がある。本論文では、文献参照の便宜を計るために、以下のような配慮を行なった。

まず、注は脚注形式とした。文献は、以下に定める略号を使用したものを除き、原則として‘著者（出版年）’のごとく簡略化して表記し、巻末に文献の詳細を著者名の順（欧語文献はアルファベット順、邦語文献はアイウエオ順）に列記した。同一著者が同じ年に複数の文献を出版している場合には、刊行年にa, b, cを添付して区別した。ただし、参照の便宜のために、各章の初出では、文献の詳細な記述を与えることを厭わなかった（先行する章にその文献が現れている場合も例外ではない）。論文の場合には、その始めと終わりのページを記し、参照すべき該当ページはカッコ内に示した。長大な論文を通読する際に不便な *op. cit.* の使用は避け、*ibid.* の使用も最小限にとどめた。

その他の点については、一般に流布している方法に準拠した。なお、英文献の引用注の表記は、原則として英国の方式による。

主要参考文献略号

Birch

Thomas Birch, *The History of the Royal Society of London*, 4 vols. (London, 1756-1757).

Diary 1672-1680

The Diary of Robert Hooke, M. A., M. D., F. R. S., 1672-1680, Henry W. Robinson & Walter Adams (eds.), (London, 1935, repr., 1968).

Gunther

Robert T. Gunther, *Early Science in Oxford*, 14 vols. & supplement (Oxford, 1920-1945).

New Studies

Robert Hooke : New Studies, Michael Hunter & Simon Schaffer (eds.), (Woodbridge, 1989).

Newton Corresp.

The Correspondence of Isaac Newton, H. W. Turnbull et al. (eds.), 7 vols. (Cambridge, 1959-1977).

Oeuvres

Oeuvres complètes de Christiaan Huygens, 22 vols. (La Haye, 1888-1950).

Oldenburg Corresp.

The Correspondence of Henry Oldenburg, A. R. Hall & M. B. Hall (eds.), 13 vols. (Madison, Wisconsin & London, 1965-1986).

Posthumous

The Posthumous Works of Robert Hooke, Richard Waller (ed.), (London, 1705, repr., New York, 1969, London, 1971).

Philosophical Experiments

Philosophical Experiments and Observations of the Late Eminent Dr. Robert Hooke, William Derham (ed.), (London, 1726, repr., 1967).

Pugliese

P. Pugliese, 'The Scientific Achievement of Robert Hooke: Method and Mechanics', unpublished Ph. D. thesis, Harvard University, 1982.

Waller

Richard Waller, 'The Life of Dr. Robert Hooke' in *Posthumous*, pp. i-xxviii.

序 文

バネに関するフックの法則の発見者、あるいは植物細胞の「発見者」として現在に名を残すロバート・フック (Robert Hooke、時に Robert Hook, 1635-1703) は、ロンドン王立協会 (The Royal Society of London、以下王立協会と略す) の初期の中心人物であり、1670年代からは、アイザック・ニュートン (Isaac Newton, 1642-1727) のライバルとして活動した。フック、ニュートンの両者は、ともに中流階層の家庭の病弱な子供として生まれ、少年時代には機械製作を好んだ。二人は、それぞれオクスフォードとケンブリッジに学び、王立協会で活躍し、やがて対峙した。

しかし、彼らに関する歴史的研究は、きわめて好対照をなしている。晩年に爵位を授けられ、数々の栄光に包まれたニュートンについては、数えることすらはばかられる膨大な数の研究論文が存在し、研究書や一般向けの伝記も多い¹。これに対して、フックをテーマとする体系的な研究は、マーガレット・エスピナス (Margaret Espinas) の著書、『ロバート・フック (Robert Hooke)』 (London, 1956) と、パトリ・ピュグリーズ (Patri Pugliese) の学位論文、『ロバート・フックの科学的業績—方法と力学 (The Scientific Achievement of Robert Hooke: Method and Mechanics)』 (Unpublished Ph. D. thesis, Harvard University, 1982) のわずか二つを数えるにすぎない。このような研究の現状は、ロバート・フックの科学研究が、ニュートンに比べて、学界から著しく低い評価を受けていることを示している。

本論文の目的は、このようなフックに対する評価を見直し、17世紀後半の科学的営為の文脈において、フックが極めて高い地位を占める人物の一人であったことを論証することにある²。

ロバート・フックの科学研究に高い評価を与える試みは、本論文に始まるものではない。後の議論によって明らかにされるように、今世紀の初めから第二次世

¹例えば、ニュートン関係の文献のリストである Peter and Ruth Wallis, *Newton and Newtoniana: A Bibliography* (Folkstone, 1977) を見よ。また、Richard S. Westfall, *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton* (Cambridge, 1980) [田中一郎・大谷隆視訳、『アイザック・ニュートン』、全2巻 (平凡社、1993年)] の巻末の 'Bibliographical essay' などを参照のこと。フォントネル (Bernard Fontenelle) 以来のニュートン伝の系譜については、島尾永康、『ニュートン』 (岩波新書、1979年) の「あとがき」 (213-219ページ) が詳しい解説を与えている。

²本論文では、自然に対する研究の営み一般を指すものとして「科学」の用語を用いる。それは、職業科学者の活動という現在の含意とは異なる。また、本論文の「科学者」という言葉も、「自然を研究するもの」という程度の意味で使用されている。「自然学者」という言葉も、これとほぼ同義のものとして用いる。

界大戦直後の時期に、フックの科学的業績を高く評価する論文が相当数現れた。フックは万有引力概念におけるニュートンの先駆者とされ、また17世紀という早い時期にエネルギー概念を持っていたとされた。加えて彼は、近代的な燃焼論を展開した人物として賞賛され、時計技術の改良にも貢献したと考えられた。

しかし、戦後に登場した職業科学史家の第一世代の人々は、手稿などの精緻な分析を通じて、このようなフックに対する見方を、過大評価として退けた。ニュートンの力学的探求は、フックの引力研究とは独立して始まったものであり、フックの貢献は、惑星運動解析のためのヒントをニュートンに与えたことに過ぎなかった。また、フックの引力概念は「選択的引力」とでも称すべきものであり、万有引力の概念とは異なるものだった。フックはエネルギーに類似する観念を持っていたが、彼のその扱いは混乱に満ちていた。フックの燃焼論は、なるほど近代的燃焼論と似てはいるが、一方で、フロギストン説とも解釈できる構造を持つものだった。そして、フックの時計技術への貢献とされてきたものは、実は他の人の業績であることが示された。戦後の科学史研究では、フックとニュートンの光学分野での論争も取り扱われた。そこに現れるフックは、アリストテレス以来の伝統的な色彩論を墨守し、この立場からニュートンの光の理論と反射式望遠鏡を批判する人物であった。

1970年の中頃から、このようなフックに対する戦後の厳しい評価を見直す動きが見られた。そこでは、地質学や技術的探求といった、それまでフックの科学研究的周辺分野とされてきたものから彼の再評価が試みられた。しかし、その試みは、成功しているとはいえない。最近になって、マイケル・ハンター (Michael Hunter) とサイモン・シェーファー (Simon Schaffer) によって、『ロバート・フック新研究 (Robert Hooke: New Studies)』 (Woodbridge, 1989) が編纂された。この論集は、フックを現在の科学を基準として評価するのではなく、当時のコンテキストの中で分析することの重要性を指摘した³。だが、この優れた論文集も、1970年代以降の再評価の流れ同様に、フックを周辺から扱ったものに過ぎない。

本論文は、フックの再評価を周辺分野から行なうのではなく、彼に対して、大胆に正面から高い評価を与えることを試みる。そこでは、フックの天文研究に焦点が当てられる。本論文の最大の特徴は、これまで知られることのなかった天文研究者としてのフックの姿を描き出すことによって、彼に対する評価を見直すことにある。

筆者は、オクスフォードで1984年に出版した英語論文において、フックの光学研究が、アリストテレスの伝統を墨守するものではなく、むしろ近代的な光の波動説に立脚するものだったことを解明した⁴。1992年春から約一年間、筆者は、

³ *New Studies*, p. 2.

⁴ Hideto Nakajima, 'Two Kinds of Modification Theory of Light: Some New Observations on the Newton-Hooke Controversy of 1672 Concerning the Nature of Light', *Ann. Sci.*, 41 (1984), pp. 261-278.

英国においてフックに関する集中的な研究を行なう機会を与えられた。その過程で、このようなフックの光学的探求が、光学理論自体の発展のためにはなく、天文学的探求の文脈の中で展開されたという事実を突き止めた。このフックの天文研究は、本論文が「ガリレオ・パラダイム」と名付ける、17世紀中葉の天文学の主流の中で展開されていた。

天文学における「ガリレオ・パラダイム」は、太陽系諸天体の詳細な解明を中心課題とするものであり、極めて長い焦点距離を持つ望遠鏡（長大望遠鏡、long telescope）を駆使して研究が行なわれた。フックは長大望遠鏡の専門家として当時知られており、その改良をめぐる有力な天文学者達と論争し、あるいは協力した。彼はまた、長大望遠鏡を使用して、惑星の細部の観測や、地球の公転運動を証明するための恒星の視差の検出を試みた。フックのこうした天文研究は、当時の最先端を走る高水準のものだった。

このように本論文は、天文学という科学革命の中心的分野においてフックが高い位置を占めていたことを示すことによって、彼が科学史上重要な人物であったことを立証しようとするのである。

本論文は、そこからさらに考察を進め、天文学を含むフックの諸研究が、17世紀前半に栄えたグレシャム・カレッジの「数学的諸科学」の研究伝統の延長線上にあったことも明らかにする。数学的諸科学は、航海術などの実用と結びついたものであり、天文学はその中心的な構成要素であった。数学的諸科学の伝統は、初期の王立協会にも引き継がれたが、その影響は、17世紀の末に向かって衰退していった。こうして、17世紀末の王立協会は、先行するグレシャム・カレッジとは性格を異にする機関になったと考えられる。フックの科学的営為は、数学的諸科学からの別離という、イギリス科学の性格の変化の中で考察されるであろう。

このような本論文の議論は、具体的には以下のように展開される。

本論文は、前半の第I部と、後半の第II部の二つの大きな部分から構成されている。第I部は、さらに第一章から第三章までの前半と、第四章以下の後半に分けられる。第I部の前半では、生誕から学界登場までのフックの生涯および彼が活躍したグレシャム・カレッジの概要について扱う。従来のフックの前半生の伝記は、史料批判すら満足になされずに記述されたものだった。新史料に基づく本論文のフック伝は、これまでの彼の伝記を大きく書き改めたものとなっている。このフック伝と、彼がその後の生活を送ったグレシャム・カレッジについて概説することによって、フックの研究のバックグラウンドが明らかにされる。第I部の後半では、フックがこのような背景の下で展開した科学研究の概要について論じる。そこでは、今世紀初頭以来の科学史研究が分野ごとに概観され、フックに対する初期の高い評価が、戦後の学問的研究によってどのように塗り替えられてきたのかが論述される。それは、これまでのフック研究を総括する作業に他ならない。

第II部は本論文の主題が展開される部分であり、第I部で明らかにされるフックの姿、すなわち先行研究の作り上げてきたフックの科学研究に対する評価を克服することが試みられる。そこでは最初に、本論文の鍵となる概念、天文学にお

ける「ガリレオ・パラダイム」とは何かを明らかにする。そして、ガリレオに始まるこのパラダイムが、イギリス革命期の科学者グループによって受容され、オクスフォードやロンドンの自然学者達に引き継がれたことが解明される。彼らは、望遠鏡の改良と、太陽系の天体の観測に取り組んだのであった。フックの天文研究は、先行するこのイギリスの「ガリレオ・パラダイム」を引き継ぐものであり、彼もまた、長大望遠鏡の改良や、それをを用いた太陽系天体の観測に取り組んだ。フックはさらに、望遠照準や接眼マイクロメーターといった精密器機を改良し、望遠鏡による観測にこれを応用することに進んだ。その課題は、「ガリレオ・パラダイム」の第二期に属するものであった。第Ⅱ部の最後では、フックを含むこのようなイギリスの天文研究の流れの中で、ニュートン式望遠鏡の歴史的位置の再評価を試みる。そこでは、従来のような光学史に限定された観点からのニュートン望遠鏡への分析が批判される。さらに、この論争の分析を通じて、フックとニュートンの科学的探求の性格の違いが浮き彫りとされるであろう。

フックとニュートンの差異、あるいはフックの科学史的な位置づけは、「結論」の部分において、より詳細に検討される。そこでは、理論史に偏重した歴史記述に対して反省が促される。その考察は、本論文の示す暫定的な結論であるとともに、今後の筆者の研究プログラムの提示と見なされるべきものである。なぜなら筆者は、本論文に止まることなく、ニュートン研究におけるモニユメント的著作、リチャード・ウェストフォール (Richard S. Westfall) の『アイザック・ニュートン (Never at Rest: A Biography of Isaac Newton)』のごときものを、フックや、フックの周辺の科学者についてやがて執筆することを希望しているからである。

謝 辞

本研究は、筆者の英国・ロンドン大学インペリアル・カレッジ (Imperial College) における文部省在外研究 (長期・甲・1991年度) によって可能となったものである。その機会を与えてくださった国内外の関係各位、また受け入れ人のインペリアル・カレッジのジム・セコード博士 (Dr. Jim Secord, 現在ケンブリッジ大学) には特に感謝したい。また、筆者の研究のために数々の有益な示唆を与えていただいたことに対し、ケンブリッジ大学のサイモン・シェファー博士 (Dr. Simon Schaffer) およびジム・ベネット博士 (Dr. Jim Bennett)、ロンドン大学・バークベック・カレッジ (Birkbeck College) のマイケル・ハンター教授 (Prof. Michael Hunter)、元ロンドン科学博物館 (Science Museum) のアニタ・マッコネル博士 (Dr. Anita McConell)、現在同博物館勤務の親しい友人、スティーブン・ジョンストン博士 (Dr. Stephen Johnston) にも感謝を表す。また、王立協会やワイト島公文書館 (Isle of Wight County Record Office) などの司書の方々にも大変にお世話になったことを合わせて記したい。最後に、本論文の完成のために数々の助言をいただいたことに対し、本論文の主査である佐々木力先生、院生時代以来の指導教官であり現在の直接の上司の村上陽一郎先生、親しい友人である橋本毅彦氏に感謝の意を表し、また、その他本論文を審査下さった諸先生方にもお礼申し上げたい。

第1部 フックの略歴と科学的研究の概要

フックの略歴と科学的研究の概要

フックの略歴と科学的研究の概要

フックの略歴と科学的研究の概要

フックの略歴と科学的研究の概要

フックの略歴と科学的研究の概要

フックの略歴と科学的研究の概要

〈第I部・序論〉

序文で述べたように、第I部は大きく分けて二つの部分から構成されている。前半の第一章から第三章までの部分では、フックの科学活動の一般的背景を論じる。そこでは、王立協会登場までのフックの前半生を解明し、さらにフックのその後の活動拠点、王立協会とグレシャム・カレッジの概要を説明する。

具体的にいうと、第一章では、フックの誕生からパブリック・スクール時代までを扱う。この時代は、フックの伝記的記述の最も困難な時期である。オクスフォード大学入学以後であれば、周囲にいた科学者の証言などから、フックの活動のある程度推定することができる。王立協会が設立された1660年以降については、同協会の議事録や、フック自身の日記が豊富な資料を与えてくれる¹。しかし、オクスフォード登場以前のフックの生涯に関しては、彼の親しい友人、ジョン・オーブリー(John Aubrey, 1626-1697)とリチャード・ウォラー(Richard Waller, c. 1650-1715)の二つのフック伝だけが典拠となってきた²。これはフック没以来の事情であり³、出版された唯一のフック伝であるエスピナスの『ロバート・フック

¹ *Diary 1672-1680* 日記の後半は、*Gunther*, 10, pp. 69-265 に収められている。これらに加えて、フックの没後、彼の遺稿集も、*Posthumous* と *Philosophical Experiments* として二冊刊行された。そこからまた、フックの王立協会での科学活動を窺い知ることができる。

² オーブリーのフック伝は、Andrew Clark (ed.), *Brief Lives, Chiefly of Contemporaries, Set Down by John Aubrey, between the Years 1669 & 1696*, 2 vols. (Oxford, 1898), vol. 1, pp. 409-416 の中に収められている〔第I部ではこれを Aubrey(1898) と略記する〕。これは手稿を編纂したものであるため、編纂者の異なるいくつかの異本がある。本論文では、最も信頼できるものとされるクラークの版によった。オーブリーの生涯については、Richard Barber (ed.), *Brief Lives* (Woodbridge, 1982) の序などを見よ。また Anthony Powell, *John Aubrey and His Friends* (London, 1948, revised repr., Reading, 1988) も参照されたい。一方、ウォラーの「フック博士伝(The Life of Dr. Robert Hooke)」は、ウォラー自身の編纂したフックの遺稿集に収められている。文献略号一覧の *Waller* の項目参照。

³ 例えば、世に知られるアントニー・ウッド(Anthony Wood, 1632-1695)は、『オクスフォード学園名鑑』のフックの項目を執筆する時、オーブリーの記述に依拠した。該当部分は、*Athenae Oxonienses*, 2 vols. (2nd ed., London, 1721), vol. 2, column 1039. また、ジョン・ワード(John Ward)の『グレシャム・カレッジ教授伝(*The Lives of the Professors of Gresham College*)』(London, 1740)に現れるフックの記述(pp. 169-193)は、本質的にウォラーの「フック博士伝」の繰り返しにすぎない。

ク』に至るまで、その事情はほとんど変わっていない。このような限界を克服するために、筆者はまず、オーブリーとウォラーの二つのフック伝に批判的な吟味を加え⁴、その上で英国随一の図書館であるブリティッシュ・ライブラリー(British Library)において文献調査を展開した。加えて、フックの生地などの公文書館、あるいは彼が卒業したパブリック・スクールにおいて史料収集を行なった。その過程で、これまで知られていなかったフックの父親の遺書を公文書の中から偶然発見するという幸運にも恵まれた⁵。第一章は、このような独自の調査に基づいて、従来のフック伝を大きく書き換えた内容となっている。

これに続く第二章では、フックのオクスフォード大学入学から、ロンドン王立協会登場までを扱う。フックの生涯は、彼のパブリック・スクール入学によって大きく方向を変えた。その結果が目に見える形をとるようになったのは、彼のオクスフォード時代である。オクスフォードでフックは、当時の有数の科学者たちと出会い、ロンドン王立協会で活躍する基礎を築いた。特に、彼が生涯敬愛して止まなかったロバート・ボイル(Robert Boyle, 1627-1691)との出会いによって、フックは真空ポンプの作製へと導かれた。

王政復古が訪れ、オクスフォードの科学者たちがロンドンに戻るのに伴って、フックもロンドンへと移住した。彼らは、ロンドン王立協会を組織し、その本拠地をグレシャム・カレッジに置いた。第三章では、フックが教授を勧め、住居を与えられたこのグレシャム・カレッジについて論じる。歴史家のクリストファー・ヒルが有名な著書、『イギリス革命の思想的先駆者たち』で述べたように、「グレシャム・カレッジは、新しい科学の中心地であったばかりでなく、また成人教育の中心」であった⁶。そこは、「さまざまな思想の集まる中心地であり、いわば『思想の手形交換所』」⁷であったのである。第三章では、グレシャム・カレッジの成立から、フックが教授となる1660年代までの詳しい発展史を記述する。これは、17世紀前半に活動の頂点にあったグレシャム・カレッジと、17世紀後半に花開いた王立協会の連続性を示すとともに、両者の差異を考察するためである。グレシャム・カレッジと王立協会の性格の相違は、17世紀中葉にイギリス科学の性格の変化が始まったことを予測させる。この時期にこの二つの機

⁴この吟味の結果、フックの受けた教育ばかりではなく、家族関係すら十分に調査されていないという驚くべき事実が分かった。例えば、フックの母の名前は、筆者が調査するまで知られていなかった。

⁵この新史料が語る内容の詳細については、拙稿、'Robert Hooke's Family and His Youth', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 48 (1994), pp. 11-16 を参照されたい。なお、拙稿、「ニュートンに消された男ーロバート・フック」、『科学朝日』、1993年8月号、99-103ページでは、フックの生涯の素描を試みた。

⁶*Intellectual Origins of the English Revolution* (Oxford, 1965), p. 45 [福田良子訳、『イギリス革命の思想的先駆者たち』、岩波書店、1972年、71ページ]。

⁷*Ibid.*, p. 37 [邦訳、63ページ]。

関にまたがって活動を行なったフックを歴史的に位置づけるためには、この考察は、極めて重要であると言わなければならない。

第四章以下の第I部の後半では、これまでの科学史研究が解明してきたことを基礎として、フックの科学研究の内容について論じる。それは、フックの取り組んだ科学研究の概要を知るためであり、同時に、従来の科学史研究の到達点とその限界を明確にするためである。またこの部分の記述は、フックの後半生の伝記に代わるものでもある。なぜなら、フックのグレシャム・カレッジにおける生活の大部分は、科学的研究活動のために費やされたからである。

第I部後半の各章の具体的な内容に言及する前に、ここで論述の基礎となるフック研究史を概観しておこう。ロバート・フックの業績についての科学史的研究は、今世紀になって始まったと考えられる。筆者の知る限り最初のフック研究論文は、1913年にジョーデイン(Philip. E. B. Jourdain)の発表した「ニュートンの先触れとしてのロバート・フック」であった⁸。第1図は、その後刊行されたフック研究論文数の経年変化を示したものである⁹。このグラフから分かるように、フックを扱った論文の数には、現在までに四つのピークがあった。1980年以降の研究の盛り上がりを除けば、それ以前のピークについては、ある程度論文数増加の背景の説明が可能である。

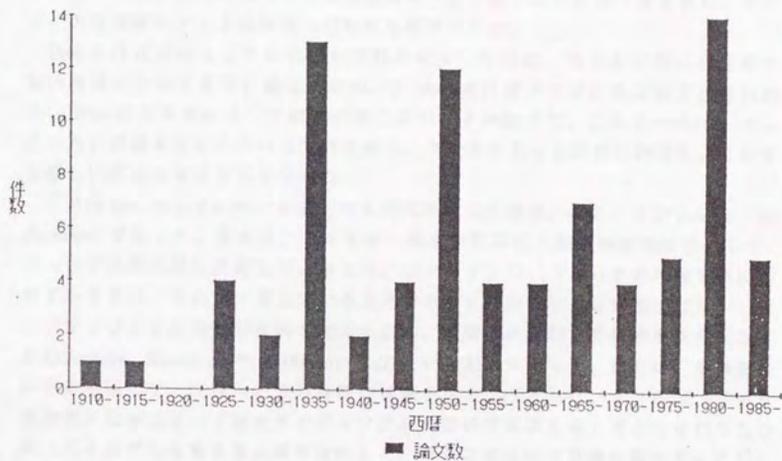
1935年の最初のピークは、フック生誕三百周年にまつわるものであった。この時期には、オクスフォード大学の科学史博物館のガンター(Robert T. Gunther)によって、フックの諸業績をまとめた「ロバート・フックの生涯と仕事(The Life and Work of Robert Hooke)」が出版された¹⁰。これは、ガンターが編纂した全14巻の『オクスフォードの初期の科学(Early Science in Oxford)』(Oxford, 1920-1945)のうちの5巻を占める長大なものだった。そこには、『ミクログラフィア』、カトラー講義などのフックの著作に加えて、フックが書き残した日記の後半部分や、ガンターが王立協会の議事録等を基礎として編集したフックの活動記録資料も収録された¹¹。これらが、1930年から1938年にかけて、順次刊行されたのだった。その刊行が進む1935年に、フックの日記の前半部分が、別の編纂者の手で出版

⁸ Philip E. B. Jourdain, 'Robert Hooke as a Precursor of Newton', *Monist*, 23 (1913), pp. 353-384.

⁹ グラフの基礎資料としては、*New Studies*, pp. 295ff.の参考文献一覧表を用いた。ここでは、論文の題目にフックの名前が明示的に示されていることを基準として、機械的に論文を取捨選択している。

¹⁰ ガンターについては、A. V. Simcock (ed.), *Robert T. Gunther and the Old Ashmolean* (Oxford, 1985)を見よ。

¹¹ *Gunther*, 6-7は *Birch*などを下敷きにしたフックの活動記録であり、*Gunther*, 8はカトラー講義、*Gunther*, 13は『ミクログラフィア』、*Gunther*, 10は毛細管現象論の小冊子と1688-1693年のフックの日記を収める。



第1図 フックに関わる科学史研究論文数
 (New Studies, pp. 295f.の巻末文献表より作成)

された¹²。その緒言では、フックの諸業績が列挙され、絶賛された¹³。また、本の冒頭近くに収められた「ロバート・フッカー—生涯の短いスケッチ」という小論では、「彼の毎週の実験と、多くの仕事が無ければ、[王立]協会は長らえることができなかったであろう」と、王立協会の立て役者としてのフックの役割が強調された¹⁴。

これらの基礎資料が整備される一方で、数々の研究論文が現れた。この時期の研究論文の特色は、近代科学の先駆者などとしてフックに非常に高い評価を与えたことにある。例えば、フックはフロギストン説とは異なる近代的な燃焼概念を持ち、化石を生物の遺骸として正しく理解した人物として賞賛された。技術の側面では、フックは時計のアングル脱進機やバネ付きテンプの発明者とされ、ロンドン大火の際のフックの建築への寄与も解明された。

1940年代前半にフック研究の論文数が減少したのは、明らかに第二次世界大戦の影響のためである。戦争が終わった1940年代後半には、再び論文が現れ始め、1950年代前半にフック研究の第二のピークが訪れた。このピークは、フックに高い評価を与えるそれまでの流れと、フックをもっと冷静に評価しようとする新しい流れの対立として生じた。

この時期にフックに高い評価を与えた代表的な人物は、パターソン (Louise D. Patterson) であった。彼女は、エネルギー概念や万有引力概念等の先駆者として、フックが近代力学に貢献したと論じた。パターソンは、「フックの理論で特に注目すべき点は、それが一貫していることである」¹⁵とフックを持ち上げた。

パターソンらに対して批判を加えたのは、戦後の内的科学史研究を支えたコイレ (Alexandre Koyré)、ホール (Rupert Hall) といった人々だった。彼らは、手稿資料の分析を通じて、フックにより冷静な評価を与えようとした。ホールは、フックを評価しながらも、「彼のアイディアが当時の科学思想を導くほどに目だつものだったと必ずしも考える必要はない」と、自分の基本的な立場を述べている¹⁶。

この二つの潮流の中間的立場に立っていたのが、科学者アンドレード (E. N. da C. Andrade) だった。アンドレードは、フックは「物理的科学的歴史において、最

¹² *Diary 1672-1680* この本の編集には、王立協会のライブラリアンなどがあつた。ガンターは日記のこの部分の編纂も望んでいたが、日記の原本を所持しているロンドンのシティー (City of London) のギルドホール図書館 (Guildhall Library) は、それを許可しなかった。Gunther, 10, p. vi を見よ。なお、日記の後半の原本は、ブリティッシュ・ライブラリーに所蔵されている。MS. Sloane 4024.

¹³ *Diary 1672-1680*, p. iv.

¹⁴ *Diary 1672-1680*, p. xx.

¹⁵ Louise D. Patterson, 'Pendulums of Wren and Hooke', *Osiris*, 10 (1952), pp. 277-321 (p. 319).

¹⁶ A. R. Hall, 'Two Unpublished Lectures of Robert Hooke', *Isis*, 42 (1951), pp. 219-230 (pp. 229-230).

も独創的で、先を見通す頭脳を持っていた人物の一人」であり、「もしも近代的な科学の装置の創始者と呼ぶべき人がいるとすれば、それはフックである」とフックに心酔していた¹⁷。だが、アンドレードが与えたフックの業績の具体的な記述自体は、むしろ抑制のとれたものであった。それ故に、フックの生涯と研究を概観したアンドレードの論文は、現在なお高い評価を勝ち取っている¹⁸。とはいえ、その後の科学史研究は、手稿を通じてフックに醒めた目を向けるという、コイレヤホールの潮流の方向に発展していったと考えられる。

1960年、経済学者ケインズの弟のジェフリー (Geoffrey Keynes) がフックのビブリオグラフィを出版し、研究の条件は一層整備された¹⁹。1960年代中葉のフック研究論文数の小さなピークは、このような研究環境の整備と、職業的な科学史研究の成長に支えられたものと想像される。この時期に目だった寄与を始めたのは、ウェストフォールであった。彼は、一連の研究で、フックの光と色の理論を解明した。また彼は、フックの引力の考えに詳しい分析を加え、それをニュートンの先駆として過大評価することを戒めた。1969年にウェストフォールは、「フックは第一級の科学者ではなかったという判断を私は避けることはできない」と述べ、フックの業績にむしろ否定的な判断を下した²⁰。

それ以降1980年代半ばまでのフック研究は、地質学や機械学の仕事に注目することによって、フックの力学や光学に焦点を当てたウェストフォールなどの研究とは異なる方向を目指しているように思われる。だが、その試みは模索の段階であって、新しいフック評価を与えるのに必ずしも成功しているようには見えない。このことは、1989年に出版された論文集、『ロバート・フック新研究』でも変わることがなかった。

以上のように、フック研究には、第二次世界大戦以来のフック評価の流れと、手稿分析などに基づく戦後の醒めたフック評価の流れという、大局的に見て二つの潮流があった。そして、それぞれを代表する比較的大部の論考が現れた。

フックを高く評価する潮流を代表したのは、1956年に出版されたエスピナスの『ロバート・フック』であった。先にも言及したこの著書は、フックへの高い評価が下火になり始めた時期に現れた。それは、アンドレードがフックの生涯を扱った本がまだないことを嘆いた直後だった²¹。フック評価の最後を飾るものともいえるエスピナスの著書は、それまでの研究を十分に吸収して執筆された。さ

¹⁷ E. N. da C. Andrade, 'Robert Hooke, 1635-1703', *Nature*, 171 (1953), pp. 365-367 (p. 365).

¹⁸ アンドレードの最も代表的な論文として、E. N. da C. Andrade, 'Robert Hooke', *Proceedings of the Royal Society, Series A*, 201 (1950b), pp. 439-473.

¹⁹ Geoffrey Keynes, *A Bibliography of Dr. Robert Hooke* (Oxford, 1960).

²⁰ Richard S. Westfall, 'Introduction' to *Posthumous*, Johnson Reprint edition (New York, 1969), pp. ix-xxvii (p. xi).

²¹ E. N. da Andrade, 'Robert Hooke', *Scientific American*, 191 (1954), pp. 94-98 (p. 94).

らにエスピナスは、フックの日記に独自の分析を加え、彼女の著書の最後の二章で、フックの人物像を詳細に描いた。それは、「怒り易く孤独なフック」という古典的な記述²²の誤りを明らかにして、活動的で社会的なフックの姿を浮き彫りにした。

一方、戦後のコイレ、ホール、ウェストフォールらの専門科学史家の業績を総括したのは、ピュグリーズの長大な学位論文、「ロバート・フックの科学的業績——方法と力学」である。この論文は、相当数のフックの手稿を読破することによって執筆されたものであり、学問的に高度な水準に至っている。それは、フックの引力論研究などについての先行研究を一層精緻化した。しかし、フックの水力学や静力学の分析を除けば、基本的な内容はそれ以前の研究を踏襲したものであり、研究の新しい展望を開いたものではない。この論文の意義は、1980年代初期までの研究を遺漏なくまとめあげたこと、それを手稿で裏付けたことに過ぎなかった。

第I部の後半の章では、以上のような一連のフック研究によって明らかにされた内容について、研究分野ごとに論述を行なう。まず第四章では、フックが王立協会の会員となって最初の著作である『ミクログラフィア』について論じる。この本の中には、顕微鏡観察だけではなく、ボイルの法則や燃焼論などのフックの気体研究も収められた。この章では、これらについても同時に取り上げる。

これに続く第五章では、フックの力学研究を分析する。フックの引力論は、ニュートンとの二回の論争の原因となったものであり、この分野を扱った論文は、今世紀の初めから1960年代まで、相当の数になる。この章では、引力論に加えて、現在でもフックを有名にしているバネについての「フックの法則」に関しても論じる。

第六章では、本論文の重要なテーマであるフックの光学理論について議論する。後に示すように、これまでのフックの光学理論研究は、筆者の立場から見ると多くの誤りを含むものであった。そこでここでは、先行研究の総括に止まることなく、筆者の独自の見解も提示する。

第I部の終章は、以上で扱われないフックの諸研究、すなわち、彼の地質学や技術的改良に関する研究の分析を収める。

このような議論によって、フックの生涯と、彼の科学技術研究全体の概要が明らかにされる。そして、これらの研究を乗り越える第II部の議論のための基本的土台が与えられるであろう。

²² Waller, p. xxvii; 'Robert Hooke', *Encyclopaedia Britannica*, 11 ed. (Cambridge, 1910-1911), vol. 13, p. 6711; 'Espinasse(1956)', p. 139. フックに対する伝統的な見方に対しては、エスピナス以前に、Andrade(1953), p. 360r も問題を指摘している。

第一章 ロバート・フックの生い立ち

フックの少年時代

ロバート・フックは、1635年7月18日の正午ごろ、イギリス南岸の島、ワイト島 (Isle of Wight) に生まれた。ワイト島は、イギリス海峡に浮かぶ周囲百キロ程の島であり、クromウェルに破れた国王チャールズ一世はここで捕らえられ、はるか後の1901年、ヴィクトリア女王はこの島で没した。このような歴史のために、ワイト島は、イギリス人には馴染みの場所である(第2図参照)。

フックの生まれたフレッシュウォーター (Freshwater) は、ワイト島の西のはずれにあたり、風光明媚な海岸で知られる。彼の父ジョン・フック (John Hooke) は、このフレッシュウォーターの教区教会 (parish church) である All Saints Church の牧師補 (curate) を、遅くとも1626年から勤めていた¹。フックの親しい友人であり、数奇な運命とその人物伝で知られるジョン・オーブリーの伝えるところでは、フックの父は、英国本土南部のハンブシャー (Hampshire) のフック (Hooke、現在の Hook) のフック家の出身であった。フック家はこの地に数百年続いたといわれ、父の数人の兄弟すべてが教会関係者であったという²。

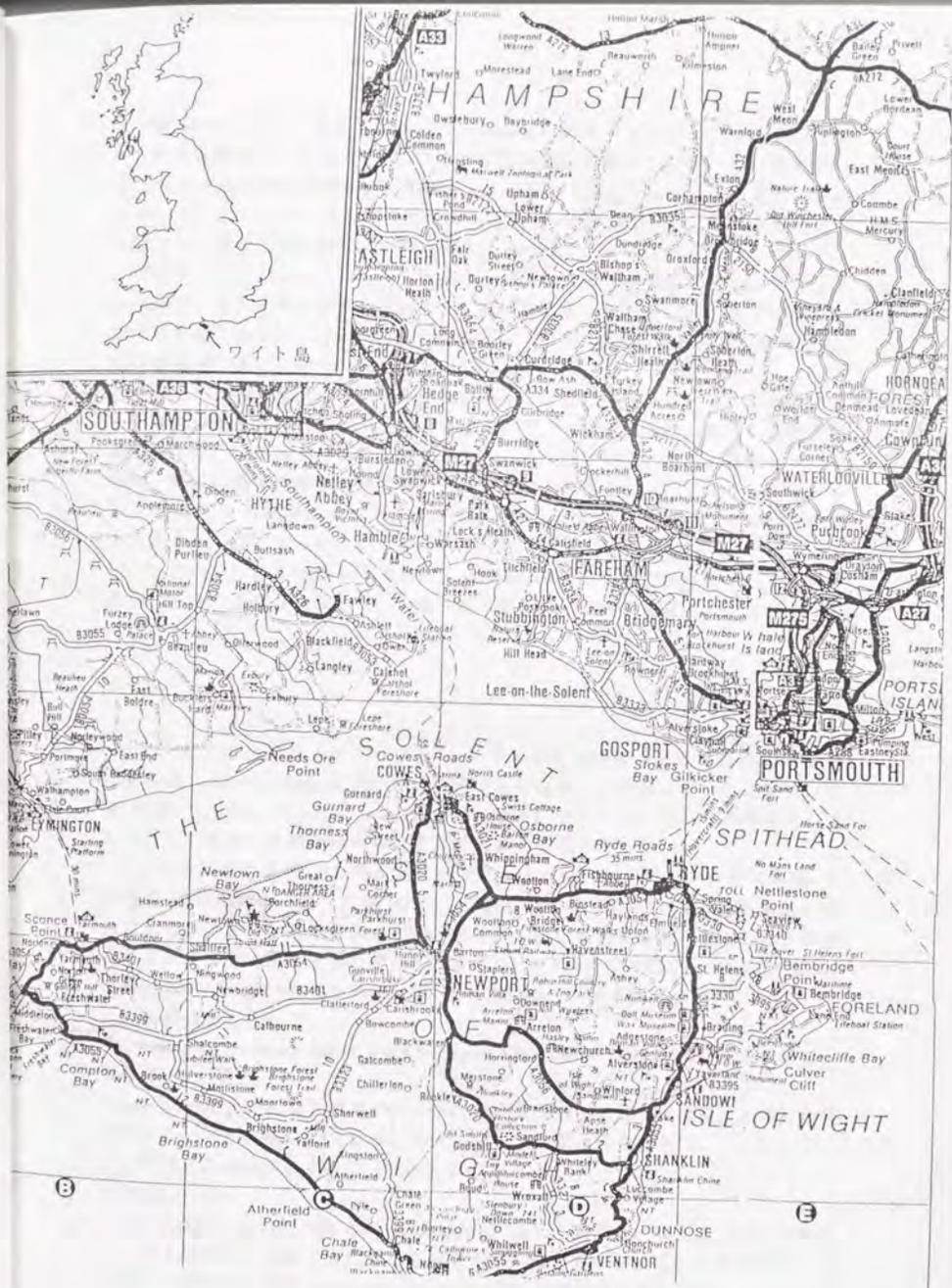
ワイト島の公文書館の記録によれば、フックの父の名前は、同島東部の町セント・ヘレンズ (St. Helens) の教会の牧師補として最初に現れる。彼は、1615年に未亡人のマーガレット・ローソン (Margaret Lawson) と結婚し、翌年の1月に死別した。1622年には、二番目の妻、セシリー・ジャイルズ (Cecily Gyles) と再婚し、フックを含む4人の子供をもうけた³。洗礼記録によると、ロバート・フックは、誕生の翌日の19日に、父の勤める教区教会で洗礼を受けた⁴。彼には、姉のキャサリ

¹ この教会は、当時から現在まで、ケンブリッジ大学のセント・ジョンズ・カレッジ (St. John's College) による管理を受けている。Victoria County History, vol. 5, Hampshire & Isle of Wight (London, 1912), pp. 240-246.

² Aubrey (1898), p. 409.

³ ワイト島、ニューポート (Newport) の公文書館 (County Record Office) には、各教区の記録 (Parish Register) などをもとにした、洗礼・結婚・埋葬などの詳細な記録カードがある。フックの家族の考察にあたっては、同公文書館の司書、ウェブスター氏 (Mr. C. D. Webster) のご教示を得た。

⁴ Waller, p. ii はフックの洗礼を26日としているが、これは Aubrey (1898), p. 409 の記述とも、洗礼記録とも一致しない。なお、彼は教会の牧師館 (rectory) に生まれたと当地では伝えられている。All Saints Church: An Account of a Heritage (Isle of Wight, 1977), p. 11 を見よ。この牧師館は現在は取り壊されて商店となっており、フックの記念碑がたてられている。また、父の死後フックの家族が住んだと思われる一帯は、'Hooke Hill' と呼ばれている。



第2図 ワイト島 (出典・A to Z Atlas Kent, 1990)

フックの生地フレッシュウォーター (Freshwater) は島の西端にある。

ン(Katharine)、同じく恐らくは姉のアン(Anne)、兄のジョン(John、父と同名)の3人の兄弟姉妹がいた⁵。アンについては洗礼等の記録が一切ないが、筆者がハンプシャー公文書館(Hampshire Record Office)で発見したフックの父の遺言の記述から、アンの存在と、彼女が長女であったことが推定される⁶。以上のことからフックの一家の系図を示すと、第3図のようになる。

この中で、兄のジョンは、ワイト島の中ほどにある同島最大の町ニューポート(Newport)で食料品商を営み⁷、1668年と1676年の各一年間の二回、ニューポートの市長をつとめた⁸。しかし彼は、1678年に、何らかの理由で首吊り自殺をした。その原因はつまびらかではない⁹。

ウォラーによれば、フックは生来体が弱く、7才になるころまで、両親はロバートが長く生きることあるまいと考えていた。食物としては、おもに乳製品か果物を摂り、肉類は食べることができなかった。とはいえ、激しい運動を別にすれば、彼は活発で快活な子供であり、物事を学ぶのも早かった¹⁰。フックの背中、16歳のころまではまっすぐだったが、それから曲がり始め、それは歳をとるとともにひどくなったという¹¹。

フックの父は、まったく「数学的」(mathematical)な人物ではなく¹²、フックを牧師にしようと教育を試みた。近隣の町の学校で初等教育を受けたニュートンの

⁵ キャサリンは1628年5月11日に、またジョンは1630年5月9日に洗礼を受けた。なお、Aubrey(1898), p. 409は、父親のジョンには二人の息子がいたと述べ、またWaller, p. iiは、フックの 'Brothers and Sisters' というあいまいな表現を使っている。このため、兄弟姉妹の数は彼らの記述からは分からない。

⁶ フックの父親の遺言(will)と遺品リスト(inventory)は、ハンプシャー公文書館、分類番号1648B09/1-2。遺言の原文については、本論文「付録1」を参照。末尾の部分に記された祖母の遺産分配の記述の順番は、兄弟の順番を反映していると推定される。フックの父の遺言の詳しい内容については、拙稿、'Robert Hooke's Family and His Youth', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 48 (1994), pp. 11-16を参照されたい。

⁷ Aubrey(1898), p. 409.

⁸ R. J. Eldridge, *Newport, Isle of Wight in Bygone Days* (Isle of Wight, 1952), p. 84の市長一覧を見よ。

⁹ Aubrey(1898), p. 416. 公文書館のカードには、彼が内々に通常とは異なる場所に埋葬されたことが記録されており、オーブリーの証言と符合する。

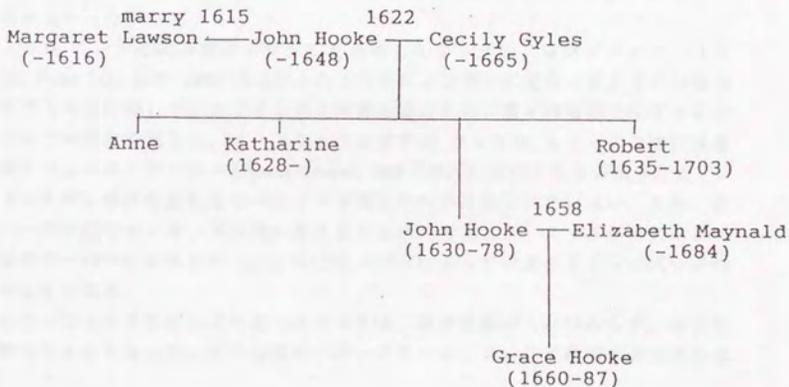
¹⁰ 少年時代の記述は、おもにWaller, p. iiによる。

¹¹ Waller, p. xxvi.

¹² Aubrey(1898), p. 410. 当時の 'mathematical' という言葉は、現在のものとは異なり、広く応用的な分野も含む領域を意味するものであった。これについては、後に論じる数学的諸科学(mathematical sciences)という言葉が参考になる。

第3図 フックの家系

(ワイト島ニューポート公文書館資料より作成)



場合とは異なり¹³、フックの父親は自ら息子に教育を賦した。だが、ロバートの生涯の持病ともいえる頭痛がこれを妨げた¹⁴。

放置された彼は、少年時代のニュートン同様に、小さな機械仕掛のおもちゃを作ることに時間を費やした。分解した古い真鍮の時計を見ると木でこれを真似て組立て、ニュートン同様に日時計を作り、また1ヤードほどの長さの船を作ってマストやロープで艀装をし、小さな港のところで船が大砲を撃つような仕掛を工夫したという。

フックの技術的な才能は、機械製作のみではなく、絵画の分野でも早くからあらわれた。彼は、フレッシュウォーターに仕事で訪れた画家のジョン・ホスキンス(John Hoskyns、あるいは Hoskins, d. 1664)が絵を描くのを見ると、自らも絵を描くことを欲した。フックは鉛筆で絵を真似て描いたが、ホスキンスはそれできばえに驚嘆したという¹⁵。

1648年10月、フックが13才の時、三・四年間にわたり咳、麻痺、黄疸、水腫に苦しんでいた彼の父は病没した。オーブリー以来、フックはこのとき父から100ポンドを相続したと伝えられてきた。だが、フックの父親の遺書によると、その金額は実際には40ポンドであり、祖母からの遺産を合わせても、50ポンドに過ぎなかった。

この50ポンドと父の書籍のすべてを相続したフックは、画家ピーター・リリー(Sir Peter Lely, 1618-1680)の徒弟となるためにロンドンに送られた。リリーは当時イギリスで活躍していたオランダ人肖像画家であり、数々の宮廷人やクロムウェルなどの肖像を残した。オーブリーの証言では、フックは、もう一人の流行肖像画家サミュエル・クーパー(Samuel Cowper, 1609-1672)の手ほどきも多少受けた¹⁶。

フックが、修行先としてなぜリリーを選んだのかは知られていない。だが、クーパーが前述のホスキンスの甥にあたることから考えると、フックがホスキンスの手でクーパーに紹介を受け、さらにクーパーによって同業のリリーに紹介された可能性がある。

リリーのもとで見習生活を送ったフックは、師の愛顧にもかかわらず、ほどなく師のもとから去った。その原因を、オーブリーは、フックが絵画の修行は独学

¹³ 16-7世紀のグラマー・スクールの流行に関しては、L. Stone et al. (eds.), *The University in Society*, vol. 1 (Princeton, 1974), p. 11を見よ。なお、以下ではこの本をStone(1974)と略記する。

¹⁴ アンドレードは、これは蓄膿症(frontal sinuses)のためであるとの専門家の見解をあげている。E. N. da Andrade, 'Robert Hooke', *Scientific American*, 191 (1954), pp. 94-98 (p. 94).

¹⁵ Aubrey(1898), p. 409にも同様の記述がある。なお、ホスキンスは国王チャールズ一世の一家を描くなど、多くの宮廷人を描いた。DNB 'Hoskins', vol. 9, p. 1293.

¹⁶ Aubrey(1898), p. 410.

でも可能と判断して父の遺産を節約しようと考えたからであると述べている¹⁷。また、ウォラーは、絵の具の匂いがフックの体質とあわず、持病の頭痛がひどくなったからであるとしている¹⁸。

徒弟修行を断念した彼は、ロンドンの有名なパブリック・スクール、ウェストミンスター・スクール (Westminster School) の生徒となる。ここで彼は、イギリスのパブリック・スクールの校長 (headmaster) のステレオタイプともいべき人物、リチャード・バッシュビー (Richard Busby, 1606-1695) の教育を受けることになった。

フックとウェストミンスター・スクール

従来のフック研究においては、フックがウェストミンスター・スクールに学んだことはごく簡単に触れられるに過ぎなかった。だが、この学校への入学は、フックの人生の大きな転機と考えられるので、ここでやや詳細な記述を試みることにしたい¹⁹。

ウェストミンスター・スクールは、現存する有数のパブリック・スクールであり、名前が表すとおり、ロンドンのウェストミンスター寺院 (Westminster Abbey) の傍にある。学校の創設は明らかではないが、その起源は、ウェストミンスター寺院の先駆である修道院のためのものであったことが知られている。

1540年、英国国教会の創設とともに修道院体制は崩壊した。しかし、国王ヘンリー八世はこの学校を保護する意志を明確にし、学校は 'King's Grammar School at Westminster' と称された。

ウェストミンスター・スクールの基盤は、1560年、女王エリザベス一世が勅許 (royal charter) を与え、公式の創設者 (official foundress) となったことによって一層堅固となった。女王は、学校に大きな所領を与え、奨学生として国王奨学生 (Queen's Scholars、統治者が King の時期には King's Scholars) の制度を定めた。こうして確立された王による庇護は、現在も続いている。

エリザベスの希望により、生徒は高位のものに限られることなく、商人の子供にも開かれた。スクールからは、聖職者、学者、文学者、法律家などが輩出したが、政治の分野ではめぼしい人物はみられないという²⁰。

女王は、ウェストミンスター・スクールが、彼女の父の創設したオクスフォー

¹⁷ Aubrey(1898), p. 410.

¹⁸ Waller, p. iii.

¹⁹ 以下の記述は、主に John Sargeant, *Annals of Westminster School* (London, 1898)、および Lawrence E. Tanner, *Westminster School* (London, 1934)、G. F. Russell Barker, *Memoir of Richard Busby* (London, 1895) による。また、現在のウェストミンスター・スクールの関係者の示唆も参考とした。なお、ウェストミンスター・スクールには、1988年に、フックを記念する 'Robert Hooke Science Centre' が作られた。

²⁰ Sargeant(1898), pp. 73-74.

ド大学のクライスト・チャーチ(Christ Church)およびケンブリッジ大学のトリニティー・カレッジ(Trinity College)と強い絆を持つことを望んだ。それはかなえられ、毎年最低各3名の生徒が奨学生として両カレッジに送られることとなった。

しかし、当時の二つのカレッジに対する社会的評価を反映して、このつながりは、クライスト・チャーチに傾斜しがちであった。例えば、1610年から百年以上にわたり、ウェストミンスター・スクールの校長はクライスト・チャーチの出身者が勤めた。逆に、1576年から1651年までの六期の間、クライスト・チャーチの学寮長(Dean)は、ウェストミンスター・スクールの出身者で占められた²¹。

ウェストミンスター・スクールは、イギリス革命の接近にともなう、困難を迎えた。ロード(William Laud, 1573-1645)の圧制の魔手は、ウィリアムズ(John Williams)やオズバルデストン(Lambert Osbaldeston)らの反ロード的な当時のスクールの校長にまで及んで来た。

この時期に校長に就任し、二つの革命の政治的変動を乗り切り、教育への情熱によってウェストミンスター・スクールの名声を確固たるものにしたのが、イギリス人に広くその名を知られるリチャード・バシュビーであった。

教会関係者の息子として1606年に生まれたバシュビーは、ウェストミンスター・スクールの国王奨学生(King's Scholar)として生活した後、1624年にクライスト・チャーチに順当に進み、1638年(正式の認可は1640年)から没する1695年までの半世紀以上にわたって、スクールの校長を勤めた。彼はこの間に、従来使われていたギリシャ語とラテン語の教材に代わる体系を作り上げ、これはその後19世紀中葉に至るまで、イギリスの古典語教育の基礎となった²²。彼は、生涯の功績をたたえられ、その遺骸はウェストミンスター寺院に葬られた。

校長バシュビーのもとからは、数多くの著名人が輩出した。例えば、詩人のジョン・ドライデン(John Dryden, 1631-1700)、哲学者のジョン・ロック(John Locke, 1632-1704)、一般には建築家として知られるクリストファー・レン(Christopher Wren, 1632-1723)などである。レンとフックは、後に長く親交を結んだ。これらの人々と、フックが同門であったことは注目に値する。フックは、上層知識人社会とのつながりの第一歩を、ウェストミンスター・スクールで掴んだのだった²³。

これに関係してもう一つ興味深いのは、バシュビーの弟子のウィリアム・ウォ

²¹ Sargeant(1898), pp. 13 & 77.

²² ただし、彼の発音教育には問題があり、イギリス人のラテン語会話が国際的に通用しない一因となったという。Sargeant(1898), p. 118 を見よ。

²³ レンがウェストミンスター・スクールに学んだことは、最近の優れたレン研究である J. A. Bennett, *The Mathematical Science of Christopher Wren* (Cambridge, 1982) では触れられていない。ただし、レンは9才でウェストミンスター・スクールに入学し、14才の1646年には内乱を避けるために学校を去っており、フックとスクールで同時期に学んだわけではないことに注意。Geoffrey Webb, *Wren* (London, 1937) などを参照されたい。特に pp. 116-20.

ーカー (William Walker) なる人物の存在である。彼は、後にグランサム・グラマー・スクール (Grantham Grammar School) の校長を勤めた。この学校は、まさにニュートンが少年時代を過ごしたグラマー・スクールであり、ニュートン時代の校長は、ウォーカーの後任で友人のストークス (John Stokes) であった。もちろん、このことはニュートンとバシュビーの関係を何ら示唆するものではないが、バブリック・スクールの卒業生のネットワークに注目すると、意外に狭い当時の知識人社会の姿が浮かび上がってくるのである。そして、フック時代の王立協会には、ウェストミンスター・スクールの出身者が多かった²⁴。

フックがウェストミンスター・スクールにいつ入学を許されたのかは不明である。だが、徒弟見習としてのフックのロンドン行きの時期から考えて、1648年頃のことと考えられる。

フックが、どのようなきっかけでリリーの徒弟からウェストミンスター・スクールに入るようになったのかについては何も伝わっていない。しかしながら、文献資料から、リリーとバシュビーの交友関係が媒介となった可能性を示唆することができる。その根拠となるのは、バシュビーの没二百周年の記念集に収められた彼の所蔵品リストである。このリストの中には、リリーがバシュビーのためにデザインした椅子の彫刻という記録がある²⁵。このことから考えて、フックの将来的可能性を見抜いたリリーが、友人のバシュビーにフックを紹介した可能性が考えられる。画家の徒弟修行を志した少年が、当時のギルドの慣行を無視して独学が可能であると判断したり、絵の具の匂いが我慢できなかつたりという前述のオーブリーやウォラーの記録は、常識的に考えると奇異である。しかも、バシュビーの時代のウェストミンスター・スクールの寄宿費が最低でも24ポンドであったことを考慮すると²⁶、奨学生でなかったフックにとって²⁷、父の遺産の40ポンドは十分な学資とはいえず、何らかの後援か推薦があったと考えるのが自然であろう²⁸。

ウェストミンスター・スクールの生徒となったフックは、当時しばしばあったように、校長のバシュビーの家で寄宿生活を送った。当時スクールで共に学んでいたリチャード・ナイト (Richard Knight) によれば、フックはほとんど学校に姿を

²⁴ Lotte and Glenn Mulligan, 'Reconstructing Restoration Science: Styles of Leadership and Social Composition of the Early Royal Society', *Soc. Stud. Sci.*, 11 (1981), pp. 327-364 (p. 347).

²⁵ Westminster School, *Commemoration of the Bicentenary of the Death of Richard Busby* (London, 1895), A. No.17.

²⁶ Sargeant(1898), p. 110.

²⁷ Aubrey(1898), p. 410.

²⁸ フックは、生活を支えるために、仲間の生徒たちの勉強の面倒を見るなど苦勞していたと思われる。Sargeant(1898), p. 83.

現さなかったという²⁹。フックは、当時すべての授業が行なわれていた大ホール（現存）ではなく、主にバシュビーの家で、個人的な教育を受けたのだと想像される。

その教育内容を推定するためには、この時期のウェストミンスター・スクールのカリキュラムが参考となろう。その根幹は、当然のことながら古典語教育であった。バシュビー以前の早い時期から、スクールでは、ギリシャ語、ラテン語が体系的に教育されていた。教材としては、キケロやオウィディウスといったお決まりの著者のテキストが使用された。上級学年には、ヘブライ語の授業もあったという³⁰。バシュビーの直前には、地理学の授業が試みられ、フランシス・ベーコン (Francis Bacon, 1561-1626) の著作を教材に取り入れようという動きがあった。だが、バシュビーの時代には、これらは教育されなかった³¹。

バシュビーの最大の貢献は、前述のごとく、新たなギリシャ語、ラテン語教育体系を構築したことにある。この他にも彼は、ヘブライ語とアラビア語の文法書の執筆を試みた。バシュビーは、これらの言語教育に最大の重点を置いたと考えられる。

科学史的な観点からみて最も興味深いことは、バシュビーが、幾何学や算術の教材をウェストミンスター・スクールに導入したことである。当然のことながら、これらの教材はラテン語で教育された。具体的には、アイザック・バロー (Isaac Barrow, 1633-1677) の『ユークリッドの原論 (*Euclidis elementa*)』と、ウィリアム・オートリッド (William Oughtred, 1575-1660) の『数学の鍵 (*Clavis mathematicae*)』が使用された³²。『原論』が古典教育に導入されることは、当時の大学の伝統から類推して何ら奇異ではない。だが、オートリッドのテキストは、当時の新しい数学の潮流の導入として注目に値する。

オートリッドは、1575年から1660年に生涯を送ったケンブリッジ大学出身の聖職者であり、アマチュアの数学研究者として、優れた数学の教科書や実用書を著した³³。特に、1631年にロンドンで出版されたラテン語の教科書、『数学の

²⁹ Aubrey(1898), p. 410. 付言の要はないと思われるが、バプリック・スクールの校長は学内に住居を構えるのが普通であった。このことから、ナイトの証言は誇張であり、授業で彼を見ることがなかったと解釈する方が自然である。

³⁰ Sargeant(1898), Chap. 3.

³¹ Sargeant(1898), p. 124.

³² Sargeant(1898), pp. 120-122. いずれの著作についても、バシュビーが何年の版を使用したのかは、この文献の記述からは知ることができない。なお、バローの著書は1655年にケンブリッジで、またオートリッドの著書は1631年にロンドンで初版が出版された。

³³ オートリッドについては、Florian Cajori, *William Oughtred* (Chicago, 1916)などを参照されたい。

鍵』³⁴は、ヴィエト (François Viète, 1540-1603) の解析的数学を紹介したものと
版を重ね、1647年には、ロンドンで英語訳が出版された³⁵。『数学の鍵』は、
ウォリス、ニュートンらによって読まれたものであり、バッシュビーの使用したパロ
ーの『原論』は、オートリッドの代数記号を利用して簡略化した縮約版であった。

フックがウェストミンスター・スクールで受けたと伝えられてきた教育は、以
上のようなカリキュラムと見事に符合する。ウォラーらによれば、フックはバシ
ュビーのもとでギリシャ語、ラテン語の能力を身につけ、ヘブライ語と、他のい
くつかの東方の言語を学んだ。そして、ユークリッドの『原論』の最初の6巻を
わずか1週間で学び、バッシュビーを驚かせた³⁶。彼がオートリッドを学んだこと
は文献では伝わっておらず、先行研究においても言及されていない。だが、ブリ
ティッシュ・ライブラリーに所蔵されている1652年のラテン語第三版の『数学
の鍵』には、フックのサインと彼の筆跡の書き込みがある。このことから考えて、
フックがこの本を学んだことは確実である³⁷。当時のカリキュラムと併せて考え
るなら、フックがこれをバッシュビーの示唆の下でウェストミンスター・スクール
時代に学習した可能性は高い。

フックは、ウェストミンスター・スクール時代に、実用音楽 (practical music) も学
んだ。バッシュビーの家にはオルガンがあり、彼はその演奏を20講学んだという³⁸。
さらに彼は、この時代に、30種類を超える飛行の方法を考案するなど³⁹、彼の

³⁴ 初版のタイトルは、正しくは *Arithmeticae in numeris et speciebus institutio* であり、
本のヘッダが 'Clavis mathematicae' となっている。

³⁵ ロバート・ウッド (Robert Wood) 訳。1694年には、彗星で知られるエドモンド・
ハレーによる英語版も出版された。なお、オクスフォードで出版された1652年
のラテン語第三版の付録は、レンが、当時指導を受けていたチャールズ・スカ
ーバラの勧めに従って英語からラテン語訳したものである。Bennett(1982), p. 17を
見よ。カジョリは、オートリッドが、セス・ワード、スカーバラ、レン、ウィリ
アム・フォスター、ローレンス・ルックら、王立協会創設時の中心メンバーの師
にあたる役割を果たしたと指摘している。事実、スカーバラは後にオートリッド
の手稿を整理し、出版した。Cajori(1916), pp. 58-59.

³⁶ Waller, p. iii; Aubrey(1898), p. 410.

³⁷ ブリティッシュ・ライブラリーには多数の『数学の鍵』が所蔵されているが、
フックの書き込みがあるものは、shelf mark(配架番号) 529.b.19. 彼の書き込みは
本文に限定され、付録には及んでいない。

³⁸ Aubrey(1898), p. 410. なお、この時期には、1644年5月の法令により、教会でオ
ルガンを弾くことは禁じられていた。J. C. Kassler and D. R. Oldroyd, 'Robert
Hooke's Trinity College "Musick Scripts": His Music Theory and the Role of Music in His
Cosmology', *Ann. Sci.*, 40 (1983), pp. 559-595 (p. 590)などを参照。

³⁹ Aubrey(1898), p. 410. オーブリーは、この事実をフックからだけではなく、ジョ
ン・ウィルキンズ (John Wilkins) からも聞いたと述べている。

「最初で最後の侍女 (his first and last Mistress)」⁴⁰である機械製作 (mechanicks) との交わりを怠ることはなかった。

ウェストミンスター・スクールの校長バシュビーとフックの交際は、フックの卒業後も、生涯にわたって続いた。バシュビーの名前は、フックの日記のどの時期にも頻出する。フックはバシュビーのために彼の生地教会を設計・建築し、この建物にまつわる内容が、バシュビーの遺言に記録されることとなった⁴¹。

⁴⁰ Waller, p. iii の有名な記述。

⁴¹ バシュビーのためのフックの建築については、M. I. Batten, 'The Architecture of Robert Hooke', *Walpole Society*, 25 (1936-37), pp. 83-113 (p. 96) などを参照。なお、参考のために、1693年に書かれ、翌々年にかけて修正されたバシュビーの遺言の抜粋を記す。

<The Will and Condicts of the Rev. Richard Busby, D. D.>

'And whereas I have long intended to have repaired and beautified the Chapel of Lutton in the county of Lincoln the place of my nativity and have already by the assistance of Dr. Hooke begun the said work now my Will is that if it should please God that I happen to die before the same be finished that then my Executors with the advice and assistance of the said Dr. Hooke do finish and complete the same in such a manner as I have acquainted the said Dr. Hooke I intended to have performed.'

(出典・Barker(1895), p. 146.)

第二章 学界への登場

オクスフォードのフック

フックは、1653年ごろ、ウェストミンスター・スクールからオクスフォード大学のクライスト・チャーチに進んだ¹。前章で論じたように、ウェストミンスター・スクールとクライスト・チャーチの間には、エリザベス女王の築いた強い絆があった。このことを考えれば、フックのクライスト・チャーチ進学は極めて自然な出来事である。彼の大学入学の年齢も、彼の身分では平均的なものだった²。

フックは、オクスフォードで、グッドマン (Goodman) という人物の 'servitor' となった。オクスフォード大学の 'servitor' とは、大学関係者の小間使をすることによって学費を免除された給費生のことを意味した。これは、ニュートンがケンブリッジ大学で勤めた 'sizar' (あるいは subsizar) の地位に相当するものだった。'servitor' の制度は1650年に初めて作られたもので、フックの当時は新しいものであった。フックやニュートンのように、十分な学資を準備できない比較的下層の者は、このような給費生になるか、奨学金を得て学生となるのが普通であった³。

フックは、'servitor' の仕事をすると同時に、クライスト・チャーチの聖歌隊員 (chorister) の地位を占めた⁴。有名なオクスフォードの人物史であるアンソニー・ウッドの『オクスフォード学園名鑑』の第二版は、当時の聖歌隊は、その名前に反して、歌唱をしてはいなかったと記している⁵。一方、ウェストミンスター

¹ Waller, p. iii.

² L. Stone et al. (eds.), *The University in Society* (Princeton, 1974), vol. 1, p. 97.

³ Stone(1974), pp. 9 & 11.

⁴ 当時オクスフォードにおいて、'servitor' と聖歌隊員を同時に勤めることは、何ら奇異ではなかったという。クライスト・チャーチの図書館の司書カートイズ氏 (Mr. Mark Curthoys) のご示唆による。なお、同氏によるならば、この時期にオクスフォード大学に所属していた 'Goodman' 姓の人物は、ウォッドサム・カレッジ (Wadham College) のゲイブリエル・グッドマン (Gabriel Goodman) のみで、詳細は不明とのことである。また、この時期のクライスト・チャーチの入学時の預け金記録 (caution money books) および寄宿記録 (battels book) は現存せず、そこにフックの記録を見ることはできないという。

⁵ Anthony Wood, *Athenae Oxonienses*, 2nd ed., 2 vols. (London, 1721), vol. 2, Column 1039. ジョンソン・リプリント (Johnson Reprint) から再版されている同書1820年版のフックの記述 (New York, 1967, vol. 4, pp. 628-631) は、これと全く同一。また Aubrey(1898), p. 410 も参照。

・スクールにおいては、聖歌隊の地位が一種の奨学生に当たるものだったことが知られている⁶。クライスト・チャーチとウェストミンスター・スクールの密接な関係を前提とし、この時期にピューリタンの精神の下で音楽がはばかれていたことを考えあわせると、クライスト・チャーチにおいても、アンドレードの推定の通り、この地位が奨学生としての意味を持っていた可能性がある⁷。いずれにせよ、この地位からフックが副収入を得たことは間違いない。

フックがオクスフォードでどのような教育を受けたかは、チューターとの関係を含め、何も伝わっていない。

ウェストフォールは、*DSB*のフックの項目において、フックはオクスフォード大学で学士の学位(Bachelor)をとらなかつたと断定した⁸。当時、大学に進んでも学位をとらないことが希ではなかつたのは事実である⁹。だがフックは、学士の学位をとるための正規の入学登録手続き(matriculation)を、大学に来てから5年ほどたった1658年にとっている¹⁰。17世紀の半ばには、この登録手続きは変則的な形をとることが少なくなく、実際にカレッジのメンバーになった後で、学位が必要となった場合に登録をするということがしばしば行なわれていた¹¹。このことから考えて、フックは学士の学位をとった可能性が高いのではないかと思われる¹²。

フックはその後、1663年に、マスター・オブ・アーツ(Master of Arts)の候補となった。記録には、フック本人の希望があれば学位が授与されるとあることから、

⁶ John Sargeant, *Annals of Westminster School* (London, 1898), p. 15.

⁷ E. N. da C. Andrade, 'Robert Hooke, F. R. S.', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 15 (1960), pp. 137-145 (p. 138). これに対して、オールドロイドらは、'Chorister'の職務は不明としている。J. C. Kassler and D. R. Oldroyd, 'Robert Hooke's Trinity College "Musick Scripts": His Music Theory and the Role of Music in His Cosmology', *Ann. Sci.*, 40 (1983), pp. 559-595 (p. 590).

⁸ *DSB*, 'Hooke', vol. 6, pp. 481-488 (p. 482).

⁹ このことは、大学に実質的に遊学に来ていた上層階級の学生に多かったことは周知の通りであるが、1640年代には、約半数の学生が入学登録すらしなかつた場合があるという。Stone(1974), p. 85.

¹⁰ *The University Matriculation Register*, 31 July 1658, Bodleian Library, Oxford. ワードはフックの名が'Register'の中に見えないと記しているが、これは単純な誤りと思われる。John Ward, *The Lives of the Professors of Gresham College* (London, 1740), p. 170, note.

¹¹ Stone(1974), pp. 15 & 90 およびクライスト・チャーチの司書のご示唆による。

¹² 加えて、*DSB*の同項目では、フックの没年が1702年となっているが、これは1703年、または1702/3年とすべきであろう。*DSB*, vol. 6, p. 481r. なお、オーブリーは、フックの大学入学をこの登録の1658年としているが、当然これは正しくない。Aubrey(1898), p. 410.

フックがこの学位をとったことは間違いない¹³。実際、オーブリー、ウォラー両者ともに、フックがマスターをとったと記しており、特にウォラーはその年号を1662年または63年と限定している¹⁴。また、フックを修士と明確に記録した草稿や原稿が存在する¹⁵。

オクスフォードの地でフックは、王立協会の起源の一つとして知られるいわゆる「オクスフォード・グループ」(オクスフォード実験哲学クラブ)¹⁶の人々と面識を得た。周知のように、この自然哲学者のグループは、ジョン・ウィルキンズ(John Wilkins, 1614-1672)を中心として形成されたものであった。ウィルキンズは、イギリス革命に伴う大学改革のために、1648年にウォッドム・カレッジ(Wadham College)の学寮長(Warden)となった。彼の周囲に集うメンバーには、セス・ウォード(Seth Ward, 1617-1689)、トーマス・ウィリス(Thomas Willis, 1621-1675)、ウィリアム・ペティ(William Petty, 1623-1687)、ローレンス・ルック(Lawrence Rooke, 1622-1662)、ジョン・ウォリス(John Wallis, 1616-1703)、クリストファー・レンなどがいた。そのほとんどが、フックより年長であった。

ウォラーの手元に伝わったフック自身の手稿の記述によれば、フックは、20才の1655年頃、このグループに加わった¹⁷。このグループは、会合で数々の実験を行なったが、その記録は不幸にもなされなかった¹⁸。だが、ウォラーは、フックが加わったところに大気圧の実験があったと伝えている。これは、クリストファー・レンの示唆に基づくものであり、潮汐が地球大気への月の圧力によるというデカルトの主張の真偽を確かめるためのものであった。フックは、月の作用ではなく、これが大気の重さのためであることがその時に分かったとウォラーに語ったという¹⁹。

フックは、この前後のいずれかの時期に、脳の研究で科学史に名を残す医師のウィリスの化学実験の助手となり、その後、ウィリスによって、ロバート・ボイル(Robert Boyle, 1627-1691)の助手に推薦された²⁰。ボイルがオクスフォードに居

¹³ Anthony Wood, *Athenae Oxonienses*, 1st ed., 2 vols. (London, 1691-2) の *Fasti Oxonienses*, Column 831.

¹⁴ Aubrey(1898), p. 411; Waller, p. iii.

¹⁵ Waller, pp. v & xi; Ward(1740), p. 171.

¹⁶ John Wallis, *A Defence of the Royal Society* (London, 1678), p. 8; Douglas Mckie, 'The Origins and Foundation of the Royal Society of London', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 15 (1960), pp. 1-37 (pp. 25-26); Robert G. Frank Jr., *Harvey and the Oxford Physiologists* (Berkeley & Los Angeles, California, 1980), pp. 51ff.; Michael Hunter, *Science and Society in Restoration England* (Cambridge, 1981), p. 35.

¹⁷ Waller, p. iii.

¹⁸ *Ibid.*

¹⁹ Waller, pp. vii-viii. 同様の記述は、*Philosophical Experiments*, p. 2 にもある。

²⁰ Aubrey(1898), pp. 410-411.

を構えたのは、1655年または56年と推定されており、フックがオクスフォード・グループに参加したのとはほぼ同時期だった²¹。オーブリーによれば、助手となったフックは、ボイルにユークリッドの「原論」を読み聞かせ、デカルトの哲学を教えたという²²。

ボイルの助手としてのフックの最初の仕事は、空気ポンプ (Pneumatic Engine) の作製であった。フック自らの主張するところでは、これは1658年もしくは1659年のことだったと思われる²³。

フックの証言によれば、同じころ彼は、ウェストミンスター・スクール時代に取り組んだ飛行の方法を再び研究した²⁴。彼は、バネ仕掛と翼を用いた装置などを作り、人間の筋肉が飛行には不十分と知ると、これに代わる「人工筋肉」を構想した。フックは、それらをウィルキンズに見せたという。ウォラーは、飛行についての草稿や図が実際に残されていることから、フックがこの研究をしたことは確かであると結論している。その図自体は伝わっていないが、ウォラーの説明から推測すると、フックが考えたのは人体につける一種の人工の翼であり、風力を借りて翼を動かす工夫が加えられたものと思われる²⁵。

フックはさらに、この時期に天文学に親しんだことも述べている。それは、ウォードの好意によるものであった²⁶。天文観測のために、フックは、振子の利用を研究した。それは、時間の経過を計測するために使用された。彼は、ウォードの勧めで、1656年か57年に振子の運動を継続させる工夫を考え、それに成功したと書いている。それは、'Ricciolus' の 'Almagestum' に推奨された方法であったというが、これは、ジョヴァンニ・パティスタ・リッチョーリ (Giovanni Battista Riccioli, 1598-1671) の『新アルマゲスト (Almagestum novum)』 (Bologna, 1651) を指している²⁷。リッチョーリのこの本は、17世紀の最も重要な天文学書の一つであり、1650年までの天文学を概観するレビューだった²⁸。イエズス会の天文学者だったリッチョーリは、自ら修正したティコの体系を信奉していた。

²¹ ボイルのオクスフォードへの移動時期については、吉本の推定に従った。吉本秀之、「ロバート・ボイル—人と仕事」、科学の名著、第2期第8巻「ボイル」(朝日出版、1989年)、pp. ci-clxi (p. cxxiii、注25)。

²² Aubrey(1898), p. 411.

²³ Waller, p. iii. この詳細については、次々章の「フックとボイルの法則」の節を参照されたい。

²⁴ Waller, p. iv.

²⁵ Ibid.

²⁶ Ibid. なお、p. viii には1656年ごろとある。

²⁷ Waller によれば、Tom. I, Lib. 2, Chap. 20 & 21, pp. 84-91 が振子の記述に該当するという。

²⁸ Albert van Helden, 'The Telescope in the Seventeenth Century', *Isis*, 65 (1974a), pp. 38-58 (p. 53).

フックはまた、1658年か59年ごろ、いくつかの天文観測器具を工夫し、後にはこれを王立協会のために作ったともいう²⁹。フックは、振子の研究から出発し、経度を計るための時計にも研究を進めた。

オクスフォード・グループに加わったフックは、以上からも分かるように、機械製作に才能を示した。グループのメンバーは、フックの才能をすぐに見取った³⁰。彼らの中心人物のウィルキンズはフックに興味を示し、自分の著作、『数学的魔術 (*Mathematical Magick*)』(London, 1648)をフックに与えた³¹。

王立協会とフック

1660年の王政復古が近づくとともに、オクスフォードのグループは解体した。共和制人事によって大学に職を得ていた彼らの多くはロンドンへ戻り、従来ロンドンで自然哲学の会合を共にしていた人々と1659年ごろ合流した³²。彼らは、グレシャム・カレッジの水曜日のレンの天文学の授業と、木曜日のルックの幾何学の授業で顔を合わせ、週に1回会合を持つようになった。1660年の11月28日、レンの授業の後に会合を開いた彼らは、毎週水曜日にルックの部屋で自然哲学の定期的な会合を持つことを公に定めた。入会金は10シリングで、会費は週1シリング。この時選出された会員は40名であった。この会合は、王立協会の先駆的組織の創立にあたるものとして、協会の議事録の冒頭のページに現れる。

この先駆的組織は、1662年7月15日に王から勅許 (charter) を与えられ、王認の集まりとして「王立協会」と命名された³³。王は、翌年4月22日にも、これを改訂したやや長い第二の勅許を与えた。王政復古の混乱期には反乱の企ても多く、一般に、集会を持つこと自体が猜疑の目で見られていた。従って、公的な許可を得ることは重要であった。しかも、検閲が再び問題となったこの時期に、書籍の検閲出版許可 (imprimatur) を行なう権利を与えられるという社会的認知を王立協会は得た³⁴。

²⁹ Waller, p. viii.

³⁰ Waller, p. iii.

³¹ Aubrey(1898), p. 410.

³² Birch 1, pp. 3-5; Thomas Sprat, *The History of the Royal Society* (London, 1667), p. 57. スプラットは、合流の時期を1658年としているが、パーチはこれを誤りとしている。

³³ Birch 1, pp. 88-96 & 221-230. なお、王立協会の勅許 (Charter) などの公的諸文書については、*The Record of the Royal Society of London* (4 ed., London, 1940, repr., 1992) を参照されたい。王立協会は、正規には「王認」団体に過ぎないが、従来例に従って「王立協会」の訳語を採用ことにする。

³⁴ Steven Shapin and Simon Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump* (Princeton, 1985), pp. 290ff. を参照。

フックは、王立協会の創立メンバーではない。彼が王立協会の会員 (fellow) に選出された経過は、以下のごとくである。フックは、毛細管現象を扱った小冊子、『毛細管現象論 (*An Attempt for the Explication of the Phaenomena Observable in an Experiment*)』を1661年にロンドンで出版した³⁵。これは、ボイルの著作『空気
の弾性について (*New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of the Air*)』
(Oxford, 1660) の実験 35 で取り上げられた現象を説明しようとする試みであった³⁶。
フックのこの冊子は、やがて王立協会へと発展する集まりでこの年の4月10日
に話題として取り上げられた³⁷。彼に対する評価は、この冊子によって高まった。
その評価と、実験の才能を買われたフックは、マレー (Robert Moray, 1608-1673) の
推挙によって、1662年の11月12日に王立協会の実験主任 (curator of experiments)
に任命された³⁸。フックを提供したことに対し、王立協会はボイルに感謝を表明
している。

フックに課された仕事は、王立協会の毎回の会合で、三ないし四つのしかるべき
実験をすること、および会合で言及された実験を行なうことであった。しかし
ながら、王立協会が安定するまで、フックは無給とされた³⁹。

フックがいつオクスフォードからロンドンに移り住んだのかは正確には分から
ない。だが、任命の翌週から王立協会でもデモンストレーション実験を行なったこ
とを考慮すると、彼はそれ以前にロンドンに移動したと推定される。

ワードによると、フックはこの時期に、毛細管現象の冊子とは別に、天文装置
を論じた『天文学においてより正確な観測をするための新しい器機についての論

³⁵ウォラーは、フックの毛細管現象論の冊子の出版を1660年とした (Waller, p. viii)。
しかし、ワード以来、この冊子は1661年のものとされている (Ward(1740), p. 189)。
本に記された年号より印刷が先行することは、当時しばしばあったという。ある
いは、フックの冊子のテーマがボイルの1660年の著作から選ばれたことから、
ウォラーが混乱を起こした可能性もある。なお、この本は翌年ラテン語版が出版
された。 *Canatus ad explicanda* (Amsterdam, 1662)。

³⁶ *The Works of Honourable Robert Boyle*, 6 vols. (London, 1772), vol. 1, pp. 80-81.

³⁷ *Birch* 1, p. 21.

³⁸ *Birch* 1, p. 124; *Waller*, pp. viii-ix. オブリーは、フックの選出をボイルの推挙に
よるものとしたが、これはパーチの記述と一致しない。 *Aubrey*(1898), p. 411 を見
よ。 'curator' には「実験器機管理者」といった用語があてられることがある。
だが、王立協会には 'repository keeper' という収蔵品管理の職業が別に存在した。
両者の混乱を避けるために、本論文では 'curator of experiments' に「実験主任」
の訳語をあてることとする (語源的には、curator は care をする人の意味である)。
なお、フックは 'repository keeper' も勤めた (1663-1676)。

³⁹ *Waller*, p. ix; *Birch* 1, p. 123. *Pugliese*, p. 1 によると、フックは翌週からほぼ毎
回の会合で実験を行なったが、各会合での実験数は、期待された数には至らなかつ
たという。

考 (*A Discourse of a New Instrument to Make More Accurate Observations in Astronomy*) (London, 1661) という本を著した。だが、この著作は失われ、現在まで発見されていない⁴⁰。

フックが王立協会の会員に選出されたのは、実験主任となった次の年の1663年6月3日のことである。これは、王立協会が国王から改訂版の二度目の勅許を得た1カ月ほど後だった。この時期には、会員選出には推薦人があることが普通になったが、フックは王立協会の委員会 (council) の推薦で選出されたという。当時の王立協会の会費は2ギニア (約21シリング) と非常に高価であった。フックは、この支払を免除された⁴¹。

フックは、その次の年に、カトラー教授職にも任命された。1664年6月、シティーの有力な商人であったジョン・カトラー (John Cutler) は、王立協会のメンバーに、'Mechanick Lecture' を創設したい旨を申し出た。この申し出に応じて協会の何人かが協議を行ない、11月9日に王立協会はフックを選出した⁴²。その給与は、年50ポンドとされた⁴³。

フックを勅許の下に正式に王立協会の実験主任とすることの確認は、この年の7月27日に行なわれた。同じ日に、フックはグレシャム・カレッジに住居を与えられることになった⁴⁴。彼は、9月までにはグレシャム・カレッジに移り住み⁴⁵、王立協会のおかれたこの建物に、死に至るまで暮らすこととなる。

7月27日、王立協会の彼の年俸は80ポンドと定められた。しかし、カトラーから講義に対して50ポンドが与えられると決まると、王立協会はその分の給与を差引き、フックの年俸を30ポンドに引き下げた⁴⁶。ところが、カトラーは約束の給与を支払わず、後にフックと紛糾することになる。フックはほとんど無給で、カトラー講義を晩年まで続けるとともに、引き下げられた給与に甘んじなければならなかった。

1665年3月20日、フックは、グレシャム・カレッジの幾何学教授にも選出さ

⁴⁰ Ward(1740), p. 189. また Geoffrey Keynes, *A Bibliography of Dr. Robert Hooke* (Oxford, 1960), p. 12; Aubrey(1898), p. 412.

⁴¹ Ward(1740), p. 173; Birch 1, p. 250; Michael Hunter, *The Royal Society and Its Fellows 1660-1700* (Bucks, 1982a), pp. 184-185の会員名簿では、フックの推薦人の項目が空欄となっている。なお、ハンターのこの本は、彼の 'The Social Basis and Changing Fortunes of an Early Scientific Institution: An Analysis of the Membership of the Royal Society', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 31 (1976), pp. 9-114の拡張改訂版である。

⁴² 詳細については、Michael Hunter, *Establishing the New Science* (Woodbridge, 1989), Chap. 9を参照されたい。

⁴³ Waller, p. x.

⁴⁴ Birch 1, p. 453. また同ページの Note も参照されたい。

⁴⁵ Birch 1, p. 453.

⁴⁶ Birch 1, p. 490; Margaret 'Espinasse, *Robert Hooke* (London, 1956), p. 4.

れた⁴⁷。その10カ月前、彼はこのポストをアーサー・デイケズ (Arthur Dacres) と争って破れていた。しかし、選出の委員会で、議決権のない市長が投票していることが明らかになった。しかも、評決でフックとデイケズが得た票は同数であった、市長が最終的な裁可を下していた。この事態は、1664年7月8日の王立協会の委員会で問題となった⁴⁸。協会の決定に基づいてウィルキンズらが申し入れを行ない、その結果、手続きの罣りが発見された。そこで、改めてフックが翌年に幾何学教授に選出されることとなったのであった。

このようにして、フックは、王立協会の実験主任にして会員、カトラー教授、グレシャム・カレッジ教授という基本的な地位を、1660年代の中葉までに得た。

建築家としてのフック

フックが活動の基盤を固めたちょうどそのころ、イギリスではペストの大流行があった。1665年のロンドンでの流行は、歴史上最後のペストの大流行として知られているものである。この病気を避けるために、王立協会の会合は、この年の6月28日に中断された⁴⁹。会合は翌1666年3月14日に再開されたが⁵⁰、フックはその間の夏を、ベティーやウィルキンズとともにサリー (Surry) のエプソム (Epsom) で過ごし、そこで自然学に関係する実験を行なった⁵¹。

有名なロンドン大火が起こったのは、会合再開から約半年後の9月2日だった。火の手は、この日の午前2時ごろ、ロンドン・ブリッジに近いプディング・レーン (Pudding Lane) のパン屋から上がった⁵²。4日間以上燃え続けた火事は、ロンドンの中心部分を焼き尽くし、1万3千件に及ぶ建物と、セントポール大寺院を含む80以上の教会が破壊された。

ロンドン大火は、王立協会の活動に大きな影響を与えた。当時王立協会があっ

⁴⁷ Ward(1740), p. 174; Ian Adamson, 'The Foundation and Early History of Gresham College London, 1596-1704', unpublished Ph. D. thesis, Cambridge University, 1975, pp. 220-221.

⁴⁸ Birch 1, p. 435.

⁴⁹ Birch 2, p. 60.

⁵⁰ Birch 2, p. 65. 幹事会 (Council Meeting) の再開は2月21日。Ibid, p. 63.

⁵¹ Waller, p. xi; Ward(1740), pp. 174-175.

⁵² ロンドン大火については、Walter G. Bell, *The Great Fire of London in 1666* (New York, 1920, repr., 1971)などを参照されたい。大火前後のロンドンの状態を示す地図としては、London Topographical Society, *The A to Z of Elizabethan London* (London, 1979); *idem*, *The A to Z of Restoration London* (London, 1992)が便利である。大火による焼失の状況については、Felix Barker and Peter Jackson, *The History of London in Maps* (London, 1990), pp. 32-35も参考になる。この火事についてのピープスの有名な記述は、*The Diary of Samuel Pepys*, Henry B. Wheatley (ed.), 10 vols. (London, 1899-1920), vol. 5, pp. 417-422 [邦訳、『サミュエル・ピープスの日記』、第7巻、322ページ以下]。

たグレシャム・カレッジは、シティー北東のブロード・ストリート (Broad Street) に面していた。それは、大火に焼け残った数少ない大きな建築物であった。そこで、ロンドン市長 (Lord Mayor) がここに移り、市の業務を行なうことになった⁵³。カレッジは、焼失した王立取引所 (Royal Exchange) の代わりにも利用された。王立協会は移動を余儀なくされ、1667年1月9日、ストランド (Strand) のアルンデル・ハウス (Arundel House) に会場を移した⁵⁴。王立協会は、その後8年近くの間、ここで会合を持ったのである。

王立協会がグレシャム・カレッジに戻ったのは、1674年11月12日のことであった⁵⁵。その理由の一つは、「実験主任の住居のある場所で実験をするのが便利であり、道具も手元にある」からというものだった⁵⁶。

フックは、大火後のロンドンの再建に直接関与した⁵⁷。鎮火後間もない9月19日、彼は街の再建プランを王立協会に提出した⁵⁸。これに先だって、レンとイヴリンも、国王にプランを提出していた。いずれのプランも、基本的には市を格子状に再建するというものであったが、レンの場合には、一部に放射構造が組み合わされていた。

これらの案は、どれも採用されなかった。しかし、フックはこれによって才能を認められ、10月4日に市選出の3人の測量官の1人となった⁵⁹。これに対し、国王側からも測量官が3名選出された。その1人は、レンであった。旧知のフックとレンは、協力して市の再建の中心的な役割を果たすこととなった⁶⁰。そ

⁵³ Birch 2, p. 113.

⁵⁴ Birch 2, pp. 136-138. アルンデル・ハウスは、ヘンリー・ハワード (Henry Howard) によって提供された。なお、ストランド (Strand) は、シティー (City) とウェスト・エンド (West End) のチャリング・クロス (Charring Cross) をつなぐロンドンの重要な通りの名前。

⁵⁵ Birch 3, pp. 139-143. 従って、ニュートンが王立協会に光と色の理論を知らせた時、その会合はまだアルンデル・ハウスで持たれていた。

⁵⁶ Charles R. Weld, *A History of the Royal Society*, 2 vols. (London, 1848), vol. 1, p. 242.

⁵⁷ 以下の記述は、M. I. Batten, 'The Architecture of Robert Hooke', *The Times*, 14 February 1935; *idem*, 'The Architecture of Robert Hooke', *Waipole Society*, 25 (1936-7), pp. 83-113; H. W. Robinson, 'Robert Hooke as a Surveyor and Architect', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 6 (1949), pp. 48-55; Margaret 'Espinasse', *Robert Hooke* (London, 1956) の Chap. 5 による。これらの研究以降、建築や街の再建へのフックの寄与を扱ったものは見あたらない。なお、ロンドンの再建プランについては、Bell(1920), Chap. 13 および T. F. Reddaway, *The Rebuilding of London after the Great Fire* (London, 1940), Chap. 2; Barker & Jackson(1990), pp. 36-37 を参照のこと。

⁵⁸ Birch 2, p. 115.

⁵⁹ *Diary 1672-1680*, p. xxiv.

⁶⁰ 'Espinasse(1956), p. 85.

の再建は、1668年から74年にピークを迎えた。フックはこれに専心する余り、1670年に王立協会から職務怠慢で注意を受けるほどであった⁶¹。

測量官としてのフックの仕事は、建物を元通りの場所に建てるための監督、土地の調整や証明、レポートの作成などだった。その手数料は、フックの給与等に充たされた。フックは、その収入で財産を築き上げた。

フックの仕事は、単に測量に止まるものではなかった。彼は、運河の開削や建物の建築にも取り組んだ。フックの関与した建築物の中には、王立内科医師組合(Royal College of Physicians)の建物のように、長い間レンに掃されてきたものがいくつかある。だが、フックの日記の詳細な分析などから、現在では、フック自身による建築物が同定されている⁶²。フックは、市の再建のための建築にとどまらず、恩師バシュビーの故郷の教会や、個人の屋敷の建設などにも関与した。

ロンドン大火前後の彼には、その他にも様々なことが起こった。例えば、1663年、王立協会の収蔵庫(repository)の管理者の職務が彼の仕事に加わった⁶³。また、1679年にウィリアム・ベティーが引き継ぐまで、フックは王立協会のライブラリアンの役割も勤めた⁶⁴。1665年には、後により詳しく述べるように、フックの名声を世に知らしめた『ミクログラフィア(Micrographia)』がロンドンで刊行された。街の再建がピークに至った1668年の4月、フックの敬愛するボイルが、ロンドンに移り住んできた。

オルデンバーグの死去によりフックが王立協会の幹事(secretary)の職務を継いだのは、1677年10月15日の会合だった⁶⁵。彼は、幹事を1682年まで勤めた。その間に、中断した『フィロソフィカル・トランザクションズ』に代わって、『フィロソフィカル・コレクションズ(Philosophical Collections)』を編集した(1679-82)。こうしてフックは、名実ともに、王立協会を体現する人物となったのであった。

⁶¹ Birch 2, p. 452.

⁶² Batten(1936-7), pp. 89ff. は、各建築物について詳細な分析を与えている。また、Espinasse(1956), pp. 88ff. も参照されたい。フックの建築物については、実はオーブリーが言及していた。オーブリーは測量の仕事によるフックの蓄財に言及した後、'He built Bedlam, the Physitians[sic] College, Montague-house, the Pillar on Fish-street-hill, and Theatre there' と記しているのである(Aubrey(1898), p. 411)。ここで、'Bedlam' は 'Bedlam Hospital' のことであり、'Pillar' はロンドン大火記念塔のことである。

⁶³ Birch 1, p. 316.

⁶⁴ Birch 3, p. 466.

⁶⁵ Birch 3, p. 344.

第三章 グレシャム・カレッジ

ロンドン王立協会は、グレシャム・カレッジにおいて結成され、長きにわたってそこに本拠地をおいた。ロンドンにおけるフックの活動もまた、グレシャム・カレッジを中心に展開された。フックはグレシャム・カレッジに住居を与えられ、ロンドン大火後に王立協会がアルンデル・ハウスに移動している間も、グレシャム・カレッジに住み続けた。本章では、このようにフックの研究と生活の場であったグレシャム・カレッジのアウトラインを述べる¹。

グレシャム・カレッジの設立

グレシャム・カレッジは、「悪貨は良貨を駆逐する」という言葉で有名なトーマス・グレシャム(Thomas Gresham, 1519-1579)によって創設された。グレシャムは、テューダー期の最も有力な商人の一人であった。彼の父はロンドン市長も勤めた人物であり、父もまた豊かな商人だった。トーマスは大陸に頻繁に赴き、王の代理人として活動した。彼はポンドの価値を向上させ、イギリスの経済的な信用を高めた。

¹グレシャム・カレッジに関する論文等としては、Francis R. Johnson, 'Gresham College', *J. Hist. Ideas*, 1 (1940), pp. 413-438; *Intellectual Origins of the English Revolution* (Oxford, 1965), Chap. 2 [福田良子訳、『イギリス革命の思想的先駆者たち』、岩波書店、1972年]；Harold Hartley and Cyril Hinshelwood, 'Gresham College and the Royal Society', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 16 (1961), pp. 125-135 などがある。これらの研究は、現在の科学史研究の水準から見ると満足できるものではない。しかし、グレシャム・カレッジの文書を保管しているロンドン織物ギルドの司書のサトン女史(Mis. Sutton)によれば、ギルドには、カレッジの行政的な史料しか残されていないという。同女史によると、これを用いたこれまでの最良の研究は、Ian Adamson,

'The Foundation and Early History of Gresham College London, 1596-1704', unpublished Ph. D. thesis, Cambridge University, 1975 であるという。アダムソンには他に、'The Royal Society and Gresham College, 1660-1711', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 33 (1978), pp. 1-21;

'The Administration of Gresham College and Its Fluctuating Fortunes as a Scientific Institution in the Seventeenth Century', *Hist. Educ.*, 9 (1980), pp. 13-25 がある。しかし、カレッジの行政的失敗ばかりを強調する彼の論文からは、グレシャム・カレッジで行なわれた科学技術的研究の実際については余り良く分からない。グレシャム・カレッジがイギリス科学に果たした役割は科学史でしばしば高く評価されるにも関わらず、その記述には、上のような文献によらざるを得ないのは重大な問題であろう。

当時ロンドンでは、商人同士の取引は路上で行なわれていた。低地地方の商業の中心地アントワープ (Antwerp) にならって取引所を作ることは、彼の父の悲願であった。1565年、トーマス・グレシャムは、市が土地を提供することを条件として取引所の建物を寄贈し、父の夢を実現した²。1571年、これはエリザベス女王により、「王立取引所 (Royal Exchange)」となった。

グレシャムは、1563年にブロード・ストリートとビショップスゲート・ストリート (Bishopsgate Street) に挟まれた土地に自分の屋敷を作った。彼は、1575年に遺書をしたため、自分と妻が没した後、この屋敷に社会人教育のためのカレッジを創設することにした³。運営資金には、王立取引所の家賃収入が充当されることとなった。建物とその家賃は、ロンドン・シティー自治体 (Corporation)、および、彼が所属するロンドン織物ギルド (Mercers' Company) の合同体に預託することと定められた。

トーマス・グレシャムは、彼のカレッジに、神学・天文学・音楽・幾何学・法学・医学・修辭学の七つの講座を作ることにした。これらの教授は独身であるべきこと、カレッジに住み込むことが規定され、給与は年50ポンドと定められた。

グレシャムの計画を知ったケンブリッジ大学は、ロンドンにカレッジを設立する代わりに、ケンブリッジ大学に寄付を行なうように求めた。だが、グレシャムは計画を変えなかった。それは、彼が大衆教育の重要性を考えたためであるという⁴。

1579年にグレシャム本人が死に、1596年に彼の妻が没した。遺言の後見人達は、カレッジの運営のために、さっそくグレシャム委員会 (Gresham Committee) を組織した。これは、市と織物ギルドの代表各8名から構成された合同委員会だった。委員会は、翌年1月に、オクスフォードとケンブリッジ両大学に教授の人選を依頼した。その結果として、女王の推薦による1名を含め、7名の教授が選出された。

グレシャム委員会が定めたところでは、各教授は学期中に週1回の授業を受け持ち、各々をラテン語と英語の双方で行なうものとされた。それは、ラテン語を知らない一般の人々の便宜を計るためだった。英語の使用は、グレシャム・カレッジと大学との競合を避けるためでもあった。グレシャム・カレッジの入学には、何等の資格も試験も必要とされず、授業は無料で一般に公開された。

カレッジの授業が開始されたのは、1597年6月だった。授業の内容について

²この建築工事は、資材も職人も大陸に頼ったものだった。これは、イギリスの技術水準を考える上で興味深い。当時のイギリスは、初歩的分野でも、専門職業人 (professionals) を欠いていたと考えられるのである。Hartley & Hinshelwood(1961), p. 126; Adamson(1975), p. 26.

³カレッジを作る計画は、屋敷を建てる時からのものであったといわれる。Hartley & Hinshelwood(1961), p. 127.

⁴ Adamson(1975), p. 40.

は、委員会により規定が設けられていた⁵。本論文に關係する幾何学と天文学について述べれば、幾何学の授業では、算術と理論的・実用的幾何学が教えられるべきことが求められた。また、天文学の授業では、次のように実地が重視された。

天球の原理、惑星の理論と、アストロラーベや測尺 (staff)、あるいは船乗りとして必要な通常の道具の使用法が・・・(中略)・・・教えられるべきである。これが講義されて明らかになったならば、講師は、毎年どれか一つの学期に、地理学と航海の技術を説明して、実際の応用を示すべきである⁶。

すなわち、幾何学、天文学のいずれの場合にも、船乗りなどの実用に役立つことが念頭に置かれていたのである。

だが、現実にカレッジでどのような授業が展開されていたのか、あるいは授業にどのような人々が何人程度出席していたのかという基礎的指標を示す史料は、現在のところまで発見されていない⁷。

しかし、歴史家のクリストファ・ヒルは、周辺の証拠から次のように述べた。

ブリッグズのもとにあったそのころのグレシャム・カレッジは、新しい科学の中心であったばかりでなく、また成人教育の中心でもあった。1601年、リチャード・モアという大工の親方が、同業の職人達に命じたのは、幾何学に基づいた新しい計測法を覚えたいならば、ピリングスリの『ユークリッド』を読み、毎週木曜日ブリッグズの講義に出席するようにということであった⁸。

ヒルはこれにいくつかの例を加えて、初期のグレシャム・カレッジの授業が職人層に好評であったことを指摘した。ヒルは、次のようにも述べた。

イングランドで航海術の革命が完了して、経験にだけ頼っていたそれまでの状態を終わらせ、数学を応用した航海術を取り入れ[る]・・・(中略)・・・革命にきわめて大きな寄与を果たしたのは、グレシャム・カレッジでの科学器

⁵ この規定の原案やグレシャム・カレッジで英語を用いる理由を記録した手稿は、Adamson(1975), pp. 255ff. にタイプで転記されている。

⁶ John Ward, *The Lives of the Professors of Gresham College* (London, 1740), p. viii; David Waters, *The Art of Navigation in England in Elizabethan and Early Stuart Times* (London, 1659) in 3 vols., p. 548.

⁷ Adamson(1975), p. 41.

⁸ Hill(1965), p. 45 [邦訳、71-72 ページ]。ピリングスリ (Henry Billingsley) は裕福な商人であり、ロンドン市長も勤めた人物であった。彼は、1570年にユークリッドの『原論』の英語訳をロンドンで出版した。これには、友人ジョン・ディー (John Dee) によるヘルメス主義的な序文がつけられたいた。

具と対数の使い方の教授であった⁹。

ヒルは、カレッジの授業が実用へ貢献したことを高く評価したのである。

このようなヒルの評価に対して、科学史家のファインゴールド(Mordechai Feingold)は異論を唱えた¹⁰。ファインゴールドは、グレシャム・カレッジよりは大学の貢献を高く評価しようとして、ヒルの取り上げた事例に批判を加えた。例えばヒルは、グレシャム・カレッジの授業が社会に貢献した例として、エドモンド・ウィングット(Edmond Wingate)という人物を取り上げていた。ヒルによると、この人物は、グレシャム・カレッジで学んだ後に実用算術の教科書を書き、これは版を重ねたという¹¹。これに対してファインゴールドは、ウィングットがオクスフォード大学の出身であることを強調した。すなわちファインゴールドは、ウィングットが大学で数学を学んだ可能性を示唆しているのである。ファインゴールドはこれに加えて、ウィングットの数学書は、ブリッグズの著書に影響を受けて書かれたのであって、ウィングットが実際にグレシャム・カレッジのブリッグズの授業に出席した証拠はないという。

確かにファインゴールドが指摘した通り、ウィングットがグレシャム・カレッジの授業に出席したかどうかは分からない。しかし他方で、ウィングットが大学時代に実用数学を学んだという証拠もない。

ヒルが例として取り上げたりチャード・モアという大工の親方の場合にも、ファインゴールドは納得のできる説明を与えていない。上の引用から分かるように、モアはグレシャム・カレッジを高く評価したのだが、ファインゴールドは、モアは「ちょっとついでにグレシャム・カレッジの授業に言及した」¹²だけだ、と苦しい説明を加えた。ウィングットの場合のように、ヒルの議論に不十分な点があるというのは事実である。だが、グレシャム・カレッジの授業が、実用分野の社会教育として一定の機能を果たしたことを否定することは、ファインゴールドの論拠からは無理があると思われる。

グレシャム・カレッジの教授たち

グレシャム・カレッジの授業の詳細に比べると、このカレッジの教授を動めた

⁹ Hill(1965), p. 67 [邦訳 113 ページ]。

¹⁰ Mordechai Feingold, *The Mathematicians' Apprenticeship: Science, Universities and Society in England, 1560-1640* (Cambridge, 1984), pp. 173-174. 大学における科学の位置を扱ったものとして、Chikara Sasaki, 'Scientific Studies at Oxford and Cambridge in the Seventeenth Century', *Historia Scientiarum*, 20 (1981), pp. 57-75 も参照されたい。

¹¹ Hill(1965), p. 45 [邦訳、72 ページ]。ヒルのこの記述は、E. G. R. Taylor, *The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England* (Cambridge, 1954, repr., 1970), p. 205 に依拠して書かれたもの。

¹² Feingold(1984), p. 173.

人々と、彼らの取り組んだ研究の概要はよりよく知られている。そして、彼らの活動によってグresham・カレッジが科学の研究センターとして大きな寄与をしたことは、同カレッジの授業の役割に懐疑的なファインゴールドも認めている¹³。

第1表は、『グresham・カレッジ教授伝』の著者ジョン・ワードが作成したグresham・カレッジの教授のリストを転記したものである。彼はこれを、自らの校正用に所蔵していたこの本の余白にメモとして書き込んだ¹⁴。これらの教授の人は、ピューリタニズムが科学を推進したか否かという、マートン (Robert K. Merton) 以来の観点から興味深い¹⁵。

ロンドン織物ギルド図書館には、グresham・カレッジ関係の書類が所蔵されている。その調査を行なった唯一の研究者であるアダムソン (Ian Adamson) の分析に従えば、グresham・カレッジの人は、三つの時期的な区分が可能であるという¹⁶。創設から1613年までは、人事に王権の介入が見られる。その後しばらくは不明確な時期が続き、1640年から1661年の間には、議会からの影響が強くなる。1640年以前に、グresham委員会がピューリタンの教授を求めたという証拠はないとアダムソンはいう¹⁷。彼の主張からは、各々の時代に権力を握っていた勢力が、人事に介入したということが読み取れる。

王立協会史の分野で現在最も優れた研究者の一人であるハンターは、これに関係して興味深い主張をしている。彼によれば、ピューリタニズムといったある特定の政治的主張が科学を推進したというよりも、科学者の側が、支配的な権力にすり寄って行ったと考えるべきであるという¹⁸。

科学とピューリタニズムの強い関連を主張したマートンは、その主張と同時に、

¹³ *Ibid.*, p. 181.

¹⁴ British Library, shelf mark 611.m.16. これは、印刷したページと白紙を交互に挟んで製本されている。ここに転記した表は、p. 32の2ページ後の白紙部分に書き込まれている。この表も含めて、ブリティッシュ・ライブラリー所蔵版全体に細かい書き込みが多数あることから、ワードがこの本の第二版を用意していたのではないかと想像される。

¹⁵ Robert K. Merton, *Science, Technology and Society in Seventeenth Century England* (New York, 1970). ピューリタニズムが科学を推進したといういわゆる「ウェーバー＝マートン・テーゼ」に関しては、拙訳、マーガレット・ジェイコブ著、『ニュートン主義者とイギリス革命』（学術書房、1990年）の「訳者解説」（236-244ページ）で筆者の見解の試論を試みた。より総合的な観点からの議論は、佐々木力、『科学革命の歴史構造』（岩波書店、1985年）、上、第1章・第3節および第7節参照。

¹⁶ Adamson(1975), p. 97.

¹⁷ Adamson(1975), pp. 206-207.

¹⁸ Michael Hunter, *Science and Society in Restoration England* (Cambridge, 1981), p. 123.

第1表 1700年までのグレシャム・カレッジ教授一覧表

ワードの記録からの転記であるために暦年が旧暦であることに注意されたい。
例えば、Feb. 1630は、新暦表記に準拠すれば1631年の2月となる。

幾何学	from	to
Henry Briggs	Mar. 1596	25 Jul. 1620
Peter Turner	25 Jul. 1620	20 Feb. 1630
John Greaves	22 Feb. 1630	15 Nov. 1643
Ralph Button	15 Nov. 1643	13 Jun. 1648
Daniel Whistler	13 Jun. 1648	7 Aug. 1657
Lawrence Rooke	7 Aug. 1657	27 Jun. 1662
Isaac Barrow	16 Jul. 1662	20 May 1664
Arthur Dacres	20 May 1664	20 Mar. 1664
Robert Hooke	20 Mar. 1664	3 Mar. 1702

天文学

Edward Brerewood	Mar. 1596	4 Nov. 1613
Thomas Williams	11 Nov. 1613	4 Mar. 1619
Edmund Gunter	6 Mar. 1619	Dec. 1626
Henry Gellibrand	2 Jan. 1626	9 Feb. 1636
Samuel Foster	2 Mar. 1636	25 Nov. 1637
Mungo Murray	25 Nov. 1637	26 May. 1641
Samuel Foster	26 May. 1641	Jul. 1652
Lawrence Rooke	23 Jul. 1652	7 Aug. 1657
Christopher Wren	7 Aug. 1657	8 Mar. 1660
Walter Pope	8 Mar. 1660	21 Sep. 1687
Daniel Man	21 Sep. 1687	31 Jul. 1691
Alexander Torriano	31 Jul. 1691	13 May 1713

医学

Matthew Gwinne	Mar. 1596	Sep. 1607
Peter Mounsell	Sep. 1607	Oct. 1615
Thomas Winston	25 Oct. 1615	13 Jun. 1643
Paul De Lawne	13 Jun. 1643	20 Aug. 1652
Thomas Winston	20 Aug. 1652	24 Oct. 1655
Jonathan Goddard	7 Nov. 1655	24 Mar. 1674
John Mapletofs	27 Mar. 1679	10 Oct. 1679
Henry Paman	10 Oct. 1679	21 Jun. 1689
Edward Stillingfleet	21 Jun. 1689	13 Jan. 1692
John Woodward	13 Jan. 1692	25 Apr. 1728

音楽(略)

[William Petty from 7 Feb. 1650 to 8 Mar. 1660 and from 9 Aug. 1681 to Sep. 1696]

神学(略) / 市民法(略) / 修辞学(略)

科学と当時の社会・経済的要求の関係も扱った¹⁹。奇妙なことにマートンは、彼の有名な論文で、当時の社会・経済と緊密に関係を結んでいたはずのグレシャム・カレッジについて全く触れていない。しかし我々は、フックの科学活動の背景として、グレシャム・カレッジの自然科学関係の教授と、彼らの科学の応用への取り組みについて基本的なことを知っておかなければならない。

第1表より分かるように、グレシャム・カレッジの初代幾何学教授は、ヘンリー・ブリッグズ (Henry Briggs, 1561-1630) であった²⁰。ブリッグズは航海術に関心を持っており、磁針の偏角に関する表を作り、南海やヴァージニアへの新たな航路を論じた。彼は、ネーピア (John Napier, 1550-1617) の対数を発展させて最初の常用対数表を作った。ブリッグズは、グレシャム・カレッジでも対数を講じた。

ブリッグズの数表の仕事を受け継いだのは、彼の友人で、それぞれ第三代、第四代天文学教授の、エドモンド・ガンター (Edmund Gunter, 1581-1626) とヘンリー・ゲリブランド (Henry Gellibrand, 1597-1636) である²¹。ガンターの選出には、20年以上にわたって教授を勤めたブリッグズの影響があったと見られる²²。ガンターは、ブリッグズの数表を三角関数まで拡張した。彼は計算尺の一種 (sector) を作り、これはその後二百年間イギリス海軍で使用された。ゲリブランドは、ブリッグズの数表の出版を引き継ぎ、その用法を説明した。さらに彼は、ガンターなどの観測を基にして、磁針の偏角の経年変化を見いだした²³。

彼らの数学上の仕事は、前節で引用したヒルの言葉からも分かるように、航海術と密接に結びつくものであった。実際、ブリッグズ、ガンター、ゲリブランドの三者は、デットフォード (Deptford) の海軍用品保管官 (Keeper of Naval Stores) のジョン・ウェルズ (John Wells) や、そこの船大工、あるいはイギリス海軍を通じて、実際の航海につながりを持っていた²⁴。

ブリッグズやゲリブランドは、はっきりとピューリタンの傾向を持つ人物であり、ゲリブランドはピューリタン弾圧の急先鋒であるウィリアム・ロードの不興

¹⁹ Merton(1970), Chap. 7-10.

²⁰ 以下の記述では、これまでに引用したグレシャム・カレッジについての諸研究に加えて、Taylor(1954), Chap. 3-4 の随所を参照し、さらに DSB の該当部分も参考にした。特に、Adamson(1975), pp. 128ff. は、グレシャム・カレッジの各教授を詳しく扱っている。

²¹ 'Gellibrand' の名前は、日本語で「ジェリブランド」と転記されることが多い。だが、発音事典に従えば、「ゲリブランド」の方がより原音に近いと考えられる。例えば、大塚高信ほか編、「固有名詞英語発音事典」(三省堂、1969年)、356ページ参照。

²² Adamson(1975), p. 86.

²³ Adamson(1975), p. 145.

²⁴ Hartley & Hinshelwood(1961), p. 128.

を買っていた²⁵。これに対して、ガンター同様にブリッグズの推挙を受けたと思われるのに、明確にロード派であったのが、幾何学教授でブリッグズの後任のピーター・ターナー (Peter Turner, 1586-1652) であった²⁶。ターナーは後に、議会の手でオクスフォードの職を追われたのであった。

ターナーの後任のジョン・グリーヴズ (John Greaves, 1602-1652) も、王党派として知られていた²⁷。彼は海図の含む誤りに関心を持ち、その原因として、海図の作成者の資質の問題、磁石の問題、器具の欠陥を挙げた。その対策として彼は、船乗りに対する教育と彼らの地位の向上などを提案した。グリーヴズは、観測や資料の収集に中東に長期にわたって出かけた。彼は、それを理由に、職務怠慢としてグレシャム・カレッジを追われた。だが、その真の原因は、彼がロード派であったからだといわれる²⁸。

ターナーやグリーヴズの事例は、マートンのテーゼと矛盾するものであり、むしろ上述のアダムソンやハンターの主張を裏付けるものとなっている。結局のところ、ピューリタンであるか王党派であるかを問わず、グレシャム・カレッジの教授達は、カレッジの規定に従って、航海術の改良などの実用目的に数学や天文学を役立てることに取り組んでいたのである。

ケンブリッジ大学科学史博物館 (Whipple Museum) のベネット (Jim Bennett) が論じたように、当時のイギリスでは、測量、築城、航海、地図作成、天文学などの応用数学的探求は、「数学的諸科学 (mathematical sciences)」と称されてきた²⁹。その伝統は、16世紀中葉のロバート・レコード (Robert Recorde, 1510-1558) から、トーマス・ディグズ (Thomas Digges, 1546-1595) 等を経て、グレシャム・カレッジに伝わった。グレシャム・カレッジの幾何学と天文学の講座は、イギリスにおける数学的諸科学の最初の組織化であった³⁰。ブリッグズは、グレシャム・カレッジに、この数学的諸科学の伝統を確立した³¹。その繁栄は、ゲリブランドまで続いた³²。

このような応用的数学については、フランシス・ベーコンも言及している。「数学 (mathematics)」という学問をどのように捉えるかについては、古代ギリシ

²⁵ Adamson(1975), pp. 88 & 128.

²⁶ Adamson(1975), pp. 86 & 134.

²⁷ Adamson(1975), pp. 135-138.

²⁸ Adamson(1975), pp. 93-94.

²⁹ J. A. Bennett, *The Mathematical Science of Christopher Wren* (Cambridge, 1982), pp. 6-7. この言葉の当時の用例として、レンによるものを挙げておく。Christopher Wren, Jr., *Parentalia: Or Memoirs of the Family of the Wrens* (London, 1750), p. 205. なお、数学的諸科学については、J. A. Bennett, 'The Mechanics Philosophy and the Mechanical Philosophy', *Hist. Sci.*, 24 (1986), pp. 1-28 も参照されたい。

³⁰ Bennett(1982), pp. 7-9.

³¹ Bennett(1982), p. 10.

³² Adamson(1980), p. 20.

のピュタゴラス学派以来、様々の議論がなされてきた²³。ベーコンもまた、著書『学問の進歩(*The Advancement of Learning*)』(1605)の中で、数学について論じた²⁴。彼は、古代・中世の伝統を踏まえて、数学を構成する下位分野として、算術や幾何学を構成要素とする純粋数学と、「自然哲学」を補助する「混合数学(*mixed mathematics*)」を想定した。ベーコンによれば、混合数学は、光学、音楽、天文学、宇宙誌、建築学、機械学などに寄与するものであるという。彼は、「混合数学についていえば、自然が今後さらに解明されてゆくにつれて、ますますその種類を増すに相違ない」と述べた。このようなベーコンの考えは、ルネッサンス期の応用的数学の発展の時代風潮を反映するものであり、イギリスにおける当時の数学的諸科学の興隆と対応するものであった。

グレシャム・カレッジの数学的諸科学の伝統は、大学にも影響を与えた。グレシャム・カレッジに天文学と幾何学の講座が創設されて20年近くたった1619年、ヘンリー・サヴィル(*Henry Savile*)は、オクスフォードに二つの講座を寄贈した。それは、同年8月のサヴィル教授の規定に有る通り、数学的諸科学(*scientiae mathematicae*)としての幾何学と天文学の講座だった²⁵。1620年、初代サヴィル幾何学教授となったのは、グレシャム・カレッジでも初代幾何学教授であったブリッグズだった。グレシャム・カレッジで彼を継いだターナーとグリーヴスは、それぞれ第二代のサヴィル幾何学教授と天文学教授となってオクスフォードへ転出した。サヴィル教授職の創設は、「オクスフォードをグレシャム流に再編成する努力」の一つといえるものであった²⁶。

イギリス革命期になると、グレシャム・カレッジの幾何学教授には、目だった仕事は見られなくなった。だが、この時期の天文学教授は、王立協会との関係で重要である。

ゲリブランドを引き継いで1637年に天文学教授となったのは、サミュエル・フォスター(*Samuel Foster*, d. 1652)だった。しかし彼は、1年も経たないうちに、その席をマンゴ・マリー(*Mungo Murray*)に譲った。マリーは王の推薦を受けており、彼の辞任の背後には、王権の介入があったと見られる²⁷。事実フォスターは、

²³ギリシャで数学を意味した「マテマ(*mathema*)」という言葉は、「今日のよ
うな数学という特定の学科に限定される前に、『学ばるべきもの』一般を指して
いた」。例えばピュタゴラス学派は、数論と幾何学に天文学と音楽を加えたもの
を数学的学科と考えた。数学の歴史、第10巻、彌永昌吉他著、『ギリシャの数
学』(共立出版、1979年)、2ページ。

²⁴ベーコン、『学問の進歩』(岩波文庫、1974年)、服部英次郎・多田英次訳、
174-175ページ。また、佐々木力、『近代学問理念の誕生』(岩波書店、1992年)、
472-473ページ参照。

²⁵Strickland Gibson (ed.), *Statvta antiqva vniuersitatis Oxoniensis* (Oxford, 1931), p. 528.

²⁶Hill(1965), p. 54 [邦訳、90ページ]。

²⁷Adamson(1975), p. 88.

政治情勢の変化とともに、1641年に再びグレシャム・カレッジの天文学教授に返り咲いた。王立協会の源流としてウォリスが述べた1645年ごろのロンドンの自然学者の集まりは、この時期に、フォスターの部屋などで持たれたのだった³⁸。

フォスターを継いで1652年にグレシャム・カレッジの天文学教授となったのは、ローレンス・ルックである。前章で言及したように、ルックは、王立協会の起源の一つであるオクスフォードの会合のメンバーであった。彼は、王政復古に伴うこのグループの解体に先立ってグレシャム・カレッジの教授となり、ロンドンに移住していた。オクスフォード・グループの本体がロンドンに戻ってきた時、彼らはルックやレンの授業で顔を合わせ、王立協会を組織していった。

フォスターやルックに限らず、グレシャム・カレッジとオクスフォードの自然学者のグループの間の人的つながりは強いものだった。イギリス革命末期には、オクスフォード・グループの出身者が、グレシャム・カレッジの自然学関係の教授の席を占めた例が多い。例えば、クリストファー・レンは、ルックを継いで天文学の教授となった。この時ルックは、同じグレシャム・カレッジの幾何学の教授に転じた。ゴダードは、1655年にグレシャムの医学教授となり、ロンドンに戻った。そしてベティは、1650年から、カレッジの音楽教授を2回勤めた。フックがグレシャム・カレッジの幾何学教授となったのは王政復古の後のことであるが、彼もまたオクスフォードのグループの出身であった。

グレシャム・カレッジの衰退

グレシャム・カレッジの制度的衰退の兆候は、設立後40年ほどたった1635年から45年にかけて見られるようになった³⁹。グレシャム委員会の委員の交代の周期が早くなり、船乗りの役にたたない授業が見られた。教授の中には、カレッジを長期に不在にするものも現れた。

このような兆候を前にして、1640年代末に、ベティーによると思われるグレシャム・カレッジ改革の提言が作成された。これは、神・法・修辭学の教授の廃止と、自然学や技術関係の教授の充実を唱えるものだった。だが、実際のところは、ベティー自身がカレッジを長期に不在にした張本人の一人という有り様だった⁴⁰。

グレシャム・カレッジの衰退が本格化したのは、1660年代である。設立時に定められた50ポンドの年俸は、この時期には物価の高騰により不満足なものとなっていた⁴¹。カレッジに決定的なダメージを与えたのは、1666年のロンドン

³⁸ John Wallis, *A Defence of the Royal Society* (London, 1678), pp. 7-8.

³⁹ Adamson(1980), p. 22.

⁴⁰ Charles Webster, *The Great Instauration* (London, 1975), pp. 548-551; Adamson(1975), p. 200.

⁴¹ Adamson(1975), p. 218; Adamson(1980), p. 17.

大火であった⁴²。グレシャム・カレッジはロンドン市の本拠地となり、取引所としても利用されたため、授業は4年間も中断された。再開後も、授業は正常に行なわれなかった。1672年には、教授達が授業を無視しているという報告が市長になされた。一方で、教授が授業を行なおうとしても、聴衆がいないこともあった⁴³。

1676年のグレシャム委員会の報告によると、規定通りカレッジに住んでいる教授はフックを含め二人だけで、給与の不足を補うために部屋の又貸しが横行していた⁴⁴。建築から約百年を経過した建物は、建て替えが必要だった。だが、グレシャム委員会は、焼失した王立取引所の再建費用のために財政難に陥っていた。この困難を乗り越えるために、カレッジを小さく建て替えることが計画された。余地に別の建物を建てることで、新たな家賃収入を得ようとしたのである。しかし、この計画は、フックの反対によって頓挫した⁴⁵。そのフックは、グレシャム・カレッジの教授の中で、この時期に授業を遵守して行なった唯一の人物だった⁴⁶。建て替えの計画はその後もはかどらず、グレシャム・カレッジの建物の取り壊しがようやく決定されたのは、フックの没後半世紀以上たった1768年のことだった⁴⁷。

フックが本格的に活動を開始した17世紀後半、グレシャム・カレッジはこのような衰退の途上にあった。アダムソンは、その大きな原因を、トーマス・グレシャムの遺言の曖昧さと、グレシャム委員会の行政的なまずさ等に帰している⁴⁸。しかし、このような事実にも関わらず、17世紀全体を通してみれば、グレシャム・カレッジが重要な存在であったことは疑い得ない。カレッジは、イギリスにおける数学的諸科学の最初の本拠地として機能した。カレッジの教育機能にたとえ疑問があるとしても、教授達が数学的諸科学の研究に取り組んだことに間違いはないのである。そしてこの分野に関心を持つ多くの学者が1645年頃グレシャム・カレッジに集まり、これが引き金となって人的なネットワークが作られた。イギリス革命期にこれらの人々はロンドンとオクスフォードのグループに分かれたが、王政復古とともに、彼らはグレシャム・カレッジのレンヤルックの授業で再び合流した。こうしてカレッジは、王立協会の制度化に貢献し、さらにフックに職を与え、彼に居住の場を提供した。

⁴² Adamson(1975), p. 231; Adamson(1980), pp. 23-24.

⁴³ これらについてのフックの記録は、*Diary 1672-1680*, pp. 47, 271-272 & 323 など。

⁴⁴ Adamson(1975), pp. 222-224; Adamson(1978), p. 5.

⁴⁵ Adamson(1975), pp. 232-233 & 238; Adamson(1978), pp. 7-11.

⁴⁶ Adamson(1975), p. 226.

⁴⁷ カレッジはそれ以降本拠地を持たなかったが、ようやく1842年に別の場所に再建された。Hartley & Hinshelwood(1961), pp. 133-134.

⁴⁸ Adamson(1975), pp. 231 & 249-250; Adamson(1978), p. 25.

グレシャム・カレッジと王立協会

しかしこのことは、グレシャム・カレッジと王立協会が連続的な性格を持つということをも必ずしも意味しない。「グレシャム・カレッジは、元来、教育機関であって、研究機関ではなかった」⁴⁹。それは、船乗りをも含む一般人に有益な知識を広めるための成人教育の機関だった。これに対して、王立協会は、「自然に関する知識を改善する」ことを目的とする組織であった⁵⁰。両者は、このように教育機関と「研究」機関として制度上異なる狙いを持っていた。両者は、対象とする人々の階層も異なっていた。グレシャム・カレッジの授業は無料で一般に公開されていたが、王立協会の会合は、高額の会費を払うことのできる会員にだけ開かれていた。

グレシャム・カレッジと王立協会の違いは、取り扱う対象分野にも見られる。グレシャム・カレッジの自然科学関係の教授が講じるのは、医学を別として、幾何学や天文学といった数学的諸科学だった。そして、数学的諸科学は、実用と緊密に結びついているものだった。ウォリス (John Wallis, 1616-1703) が述べたように、

数学というものは、〔1635年の〕当時の我々にとっては）学術的な研究に見えることはほとんどなく、むしろメカニカルなものであり、ロンドンの貿易商人、小売商人、船乗り、大工、土地測量士や暦作りの人などのすることであった。・・・（中略）・・・当時の数学の研究は、大学よりはロンドンで一層進められていたのである⁵¹。

数学的諸科学を目的とするグレシャム・カレッジに対して、王立協会が対象とするのは、分野を問わず、自然に関する知識一般だった。協会での議論は、航海術など、実用に直結するものに限定される必要はなかった。

興味深いことに、グレシャム・カレッジの衰退が本格化した17世紀後半、王立協会において、数学的諸科学への関心が低下して行くのが見られる。

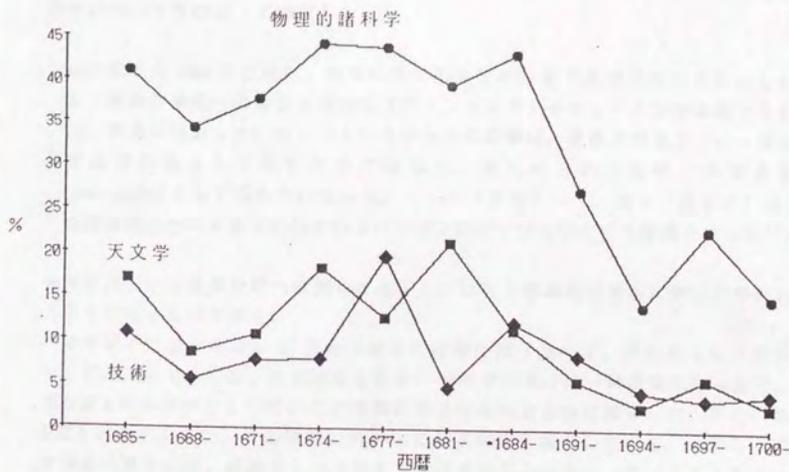
例えば、マートンの統計的分析に、このことが現れている⁵²。マートンは、『フィロソフィカル・トランザクションズ』に1665年から1702年にかけて収録された全論文のテーマ別解析を行なった。第4図は、彼の作成した数表の物理的諸科学 (physical sciences) の項目に注目し、この分野の論文数の変化をグラフとしたものである。マートンは、物理的諸科学をさらに下位のカテゴリーに分けている。ここではその中から、天文学と技術の論文の割合についても折れ線で示した。このグラフから分かるように、天文学に関する論文は、17世紀末に向かって減

⁴⁹ Hill(1965), p. 37 [邦訳、63ページ]。

⁵⁰ Adamson(1975), p. 232. 周知のように、王立協会の正式名称は、'The Royal Society of London for improving of natural Knowledge' である。

⁵¹ T. Hearne (ed.), *Peter Langtoft's Chronicle* (Oxford, 1725), vol. 1, pp. 147-148.

⁵² Merton(1970), p. 47.



第4図 『フィロソフィカル・トランザクシヨンス』に掲載された物理的諸科学関係の論文の割合
(Merton(1970), p. 47の表を元に作成)

天文学および技術に関する論文の割合は、物理的諸科学の中での割合ではなく、『フィロソフィカル・トランザクシヨンス』の全論文に対するものである。

少傾向にあった。天文学は数学的諸科学の代表的な分野であり、その論文の減少は、数学的諸科学への関心の低下の一つの証拠である。興味深いことに、この関心の低下と、技術分野への関心の低下は並行して起こっている。当時の天文学が実用と強い関係を持っていたことを考えれば、このことは、実用分野一般への王立協会の関心が低下したと考えれば矛盾なく理解される。

王立協会の数学的諸科学への関心の低下のもう一つの証拠として、ディーコン(Margaret Deacon)の研究を挙げることができる⁵³。彼女は、王立協会の海洋研究に注目した。海洋研究とは、航海術に関係して行なわれた海深測定、海水の塩分濃度測定、海流や潮汐などの研究を含む分野である。彼女は、17世紀後半のその状態について次のように総括した。

1660年から1685年の間に、海洋の科学の全ての分野で進歩が見られた。しかし、潮汐の神秘への解答を収めた『プリンキピア』をニュートンが出版する前に、衰退が始まった。ニュートンやハレーの仕事は、想像されるように一層の達成の序曲として現れたのではなく、既になされた仕事への後書き(post-script)として現れたのだ。……(中略)……彼ら[科学者]は、基礎研究とその有益な応用というベーコンのヴィジョンという動機を失った⁵⁴。

海洋研究という実用分野への関心は低下し、むしろ理論的な営為に関心が持たれるようになったのである。

参考までに述べると、17世紀の後半に困難に陥ったのは、グレシャム・カレッジだけではなく、王立協会もまた、1670年代半ばに一時危機に陥った⁵⁵。第5図aから分かるように、この時期に王立協会の会合数は減少した。また、第5図bが示すように、この時期に向かって会員の数も減少している。しかし、王立協会の場合には、組織としてそのまま衰退することはなかった。グラフから分かるように、1680年代になると会合の数はほぼ再び元の水準に戻り、会員数も安定から増加へと転じた。そして、グレシャム・カレッジの建物の再建のごたごたが続く中で、王立協会は1710年にグレシャム・カレッジを離れた。協会は、家賃無料のグレシャム・カレッジをあてにすることなく、クレーン・コート(Crane Court)に独自の建物を持つだけの実力を持つ組織となった⁵⁶。

数学的諸科学をになうグレシャム・カレッジは、17世紀末に向かって衰退していった。1660年代に組織された王立協会でも、当初は数学的諸科学に対する関心は高かった。しかし、世紀末に近づくに従って、その関心のレベルは、グレ

⁵³ Margaret Deacon, 'Founders of Marine Science in Britain: The Work of the Early Fellows of the Royal Society', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 29 (1965), pp. 28-50.

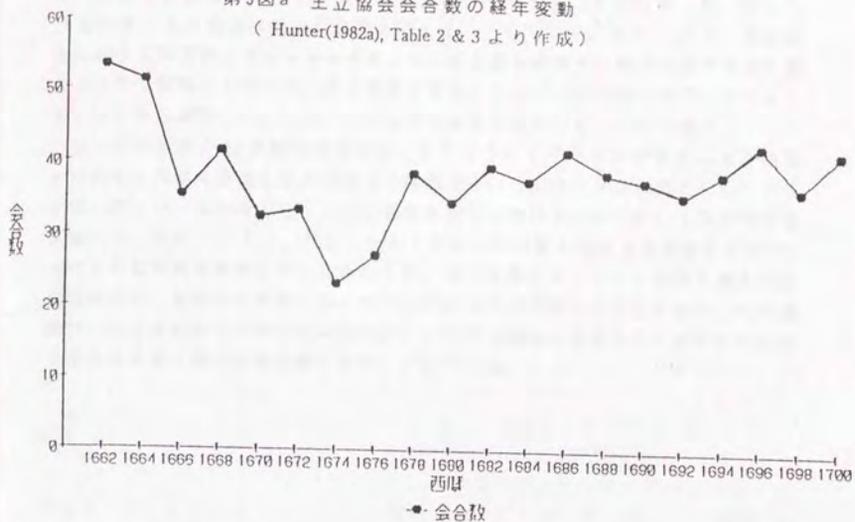
⁵⁴ Deacon(1965), p. 46.

⁵⁵ Michael Hunter, *The Royal Society and Its Fellows 1660-1700* (Bucks, 1982a), pp. 36ff.

⁵⁶ Hunter(1981), p. 39; Adamson(1978), p. 2.

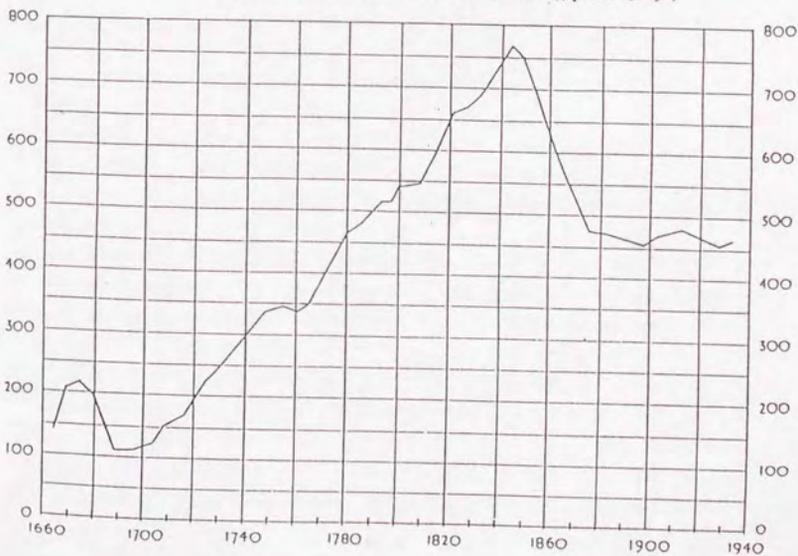
第5図a 王立協会会合数の経年変動

(Hunter(1982a), Table 2 & 3 より作成)



第5図b 王立協会会員数の経年変動

(Record of the Royal Society (Oxford, 1940), p. 568 より)



シャム・カレッジの衰退と並行するように低くなっていった。だが、数学的諸科学への関心の衰退に伴って、王立協会自体が没落することはなかった。むしろ17世紀末、王立協会は新たな発展を迎えようとしていた。このことは、王立協会における科学が、グresham・カレッジの伝統を離れて、数学的諸科学とは異なる方向に展開して行ったことを予想させる。そして、王立協会がグresham・カレッジから移動したことは、このことを象徴的に示しているのである。

フックの生きた17世紀の後半には、このようにイギリス科学を主に担う機関が交代し、科学の性格も実用目的から離れるという変化が見られた。そしてフックは、グresham・カレッジと王立協会の双方に地位を占めるという微妙な立場にあった。そのフックは、グresham・カレッジに置かれた王立協会において、どのような研究を展開したのであろうか。以下の章では、フックの取り組んだ研究について、先行する研究が明らかにしてきた内容を論じることにする。その議論は、フックの後半生の伝記に相当するものでもある。なぜなら、彼の後半生の主要な部分は、研究生活に捧げられたからである。

第四章 『ミクログラフィア』

『ミクログラフィア』の出版

第二章で述べたように、フックは王立協会の会員となる以前の1661年に、毛細管現象と天文観測器機を扱った二冊の著作を出版した。しかし、フックの名前を不動のものにしたのは、1665年の著書、『ミクログラフィア』であった¹。アンドレードやコイレは、『ミクログラフィア』の重要性を、科学史研究の立場から強調した²。『ミクログラフィア』の名前は、一般社会においても比較的よく知られている。だが、意外なことに、フックの顕微鏡観察を、それ自体として扱った研究論文は少ない。主要なものは、1955年のシンガー(Charles Singer)の論文だけである。最近になって、『ミクログラフィア』の図の持つレトリックとしての重要性を扱った論文が二篇現れたが、これを合わせても、合計三篇に過ぎない³。

『ミクログラフィア』が出版されたのは、1665年の1月ごろであった⁴。本の印刷は、実際には1664年8月に開始されていた。だが、王立協会での検討に手間取り、出版許可は11月23日になるまで与えられなかった。許可の際に問題になったのは、化石は生物の遺骸が石化したものであるというフックの推論であった⁵。

『ミクログラフィア』は、微小世界の様々な姿を図版を使って示したものとして、ガリレオの『星界の報告』に匹敵するインパクトを人々に与えた。学界でそ

¹ E. N. da Andrade, 'Robert Hooke', *Scientific American*, 191 (1954), pp. 94-98 (p. 95). *Micrographia*には下記の日本語の抄訳があるが、訳の正確さにはかなり問題がある。板倉聖直・永田英治訳、『ミクログラフィア』(仮説社、1984年)。

² E. N. da Andrade, 'Robert Hooke', *Proceedings of the Royal Society, Series A*, 201 (1950b), pp. 439-473 (p. 445); Alexandre Koyle, 'An Unpublished Letter of Robert Hooke to Isaac Newton', *Isis*, 43 (1952), pp. 312-337 (p. 313, n. 9).

³ Charles Singer, 'The First English Microscopist: Robert Hooke', *Endeavour*, 14 (1955), pp. 12-18; John T. Harwood, 'Rhetoric and Graphics in *Micrographia*' in *New Studies* (1989), pp. 119-147; Michael Aaron Dennis, 'Graphic Understanding: Instruments and Interpretation in Robert Hooke', *Sci. Context* 3 (1989), pp. 309-364. この他に、ホールが『ミクログラフィア』刊行三百周年を記念して行なった一般向け講演を冊子にしたものがある。A. R. Hall, *Hooke's Micrographia, 1665-1965* (London, 1966a).

⁴ *Birch* 1, pp. 490-491.

⁵ *Micrographia* p. 111. *Birch* 1, p. 463. および Hooke to Boyle, 24 Nov., 1664, *The Works of Honourable Robert Boyle*, 6 vols. (London, 1772), vol. 6, pp. 499-500 (p. 499) を見よ。

れは注目され、イギリスとフランスで『ミクログラフィア』の書評が現れた⁵。ケンブリッジで研究生活を始めたニュートンは、フックのこの著書から詳細なノートをとった⁷。1667年、『ミクログラフィア』の第二刷が早くも出版され、同年に独訳も現れた。

『ミクログラフィア』の影響は、一般社会にも浸透した。例えば、日記作家として知られる政治家のサミュエル・ピープス (Samuel Pepys, 1633-1703) は、1665年の1月2日、本屋で製本中の『ミクログラフィア』を見て、その美しさに打たれた。さっそくこれを注文した彼は、本を入手すると、次の晩には真夜中の二時まで起きて読みふけた⁸。

『ミクログラフィア』の社会への影響は、知識層に限られはしなかった。それが現れて10年ほど経った1676年5月、トーマス・シャドウェル (Thomas Shadwell) の『ヴァーチュオーソ (*The Virtuoso*)』という芝居が初演された。この芝居は、王立協会の活動の内容を揶揄し、嘲笑したものだ。その題材の多くは、フックの『ミクログラフィア』からとられていた⁹。事実、この芝居を観劇に行った時、フックは劇場で人々から「指差されんばかりであった」¹⁰。

ガリレオは望遠鏡によって、人類がそれまで見たことのない天空の世界を開いた。同様に、フックは顕微鏡で、未知の微小世界を明らかにした。だが、正確に言えば、様々な対象の顕微鏡による観察を出版したのはフックが最初ではなかった¹¹。例えば、ヘンリー・パワー (Henry Power, 1623-1668) は、フックに先立って、著書、『実験哲学 (*Experimental Philosophy*)』 (London, 1664, repr., New York, 1966) の中

⁵ 書評としては、*Phil. Trans.*, 1 (1665), pp. 27-32; *Journal des Sçavans*, 20 Dec. 1666, 42, pp. 738-749.

⁷ Cambridge University Library, MS Add. 3958 1.I. この手稿のトランスクリプトは、Geoffrey Keynes, *A Bibliography of Dr. Robert Hooke* (Oxford, 1960), pp. 92-108 に収録されている。

⁸ Henry B. Wheatley (ed.), *The Diary of Samuel Pepys*, 10 vols. (1899-1920), vol. 4, pp. 323, 337 & 338 [白井昭訳、『サミュエル・ピープスの日記』、第6巻、国文社、1990年、16ページおよび35-37ページ]。ピープスは、翌月の2月に王立協会の会員に選出された。

⁹ フックや王立協会とこの芝居との関係については、Thomas Shadwell, *The Virtuoso* (Lincoln, Univ. of Nebraska Press, 1966), p. xx (introduction); Claude Lloyd, 'Shadwell and the Virtuosi', *Publications of the Modern Language Association of America*, 44 (1929), pp. 472-494; Everett L. Jones, 'Robert Hooke and *The Virtuoso*', *Modern Language Notes*, 66 (1951), pp. 180-181 を見よ。

¹⁰ *Diary 1672-1680*, p. 235. フックはこの部分に、「神よ救いたまえ」と記している。国王チャールズ二世もまたこの芝居を観劇しているが、このような芝居の存在は、新興の王立協会に対する一般社会の反応を示すものとして興味深い。

¹¹ 顕微鏡は、当時既に専門の業者から購入できるものだった。

で、顕微鏡観察を扱った¹²。しかし、これには稚拙な観察図がごく一部に添付されただけで、観察の結果は基本的に言葉で記録された。微小世界の詳細な観察図を豊富に収めた出版物は、『ミクログラフィア』が最初だった。だから、フックの著書の重要性は、強調しすぎることはない¹³。

フックが使用した顕微鏡の代表的なものは、第6図のようなものだった。これは、二(時に三)枚のレンズを用いたもので、鏡筒の長さは15センチ程であった。試料は、集光装置を使ってランプで照明された。この顕微鏡の倍率は、150倍程度であったと見られる¹⁴。

『ミクログラフィア』は、240ページを越える著作であり、118枚にものぼる図版が収録されている。取り上げられた題材としては、昆虫が23種類、植物等が15種類と最も多い¹⁵。描かれた図の中には、ノミ、シラミ、ハエの全身を巨大に拡大したものや、ハエの複眼部分の様子を詳細に示したものがある(第7図および第8図)。また、「細胞(cell)」の用語の源となったコルクの断片の観察も収められている(第9図・上)¹⁶。フックは、一般の動植物に限らず、カビ類にも目を向けた(第9図・下)。彼は、針や布のような人工物の観察図も5件扱った(第10図)。そして、一見鋭くとがって見える針の先が、拡大すると実は丸いことも明らかにした¹⁷。フックは、人工物の不完全さと対照的なものとして自然の規則性に関心を持った。彼は、天然の鉱物の図を描き、結晶構造のメカニズムを考察した(第11図)¹⁸。

『ミクログラフィア』に収録された顕微鏡観察は、フックが王立協会で発表したものが大半である。最初のものは、1662年11月に発表され、最後のものは、

¹² ピープスは、パワーのこの著作にも通じていた。 *The Diary of Samuel Pepys*, vol. 4, pp. 216-217 & 219 [邦訳、第5巻、300-301ページ]。C. Webster, 'Henry Power's Experimental Philosophy', *Ambix* 14 (1967), pp. 150-178 (pp. 158-159) には、パワーにさらに先立つ著作も挙げられている。なお、マルビーギ(Marcello Malpighi)の顕微鏡観察はフックにわずかに先行するが、彼の初期の観察は、解剖学的な目的に限定されていた。また、*Micrographia*に先行する彼の著書、*De pulmonibus* (Bologna, 1661)には図版は収められていない。

¹³ *DSB*, 'Hooke', vol. 6, pp. 481-488 (p. 483r).

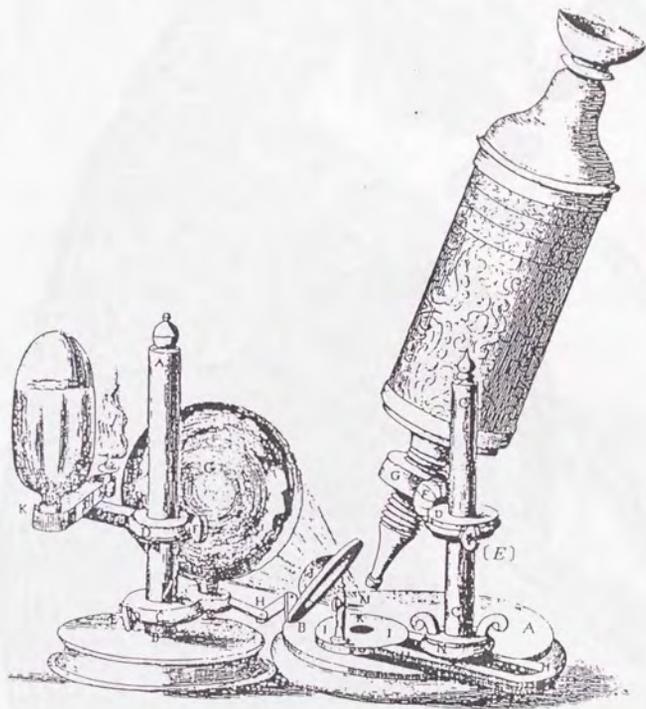
¹⁴ Singer(1955), p. 18, note.

¹⁵ Harwood(1989), p. 128. これはあくまでも題材とされたものの数であるので、図版の枚数とは対応しない。

¹⁶ 当然ながら、フックは今日の意味で細胞を理解していたわけではない。フックは、これを樹液の通路と考えていた。Edwin B. Matzke, 'The Concept of Cells Held by Hooke and Grew', *Science*, 98 (1943), pp. 13-14.

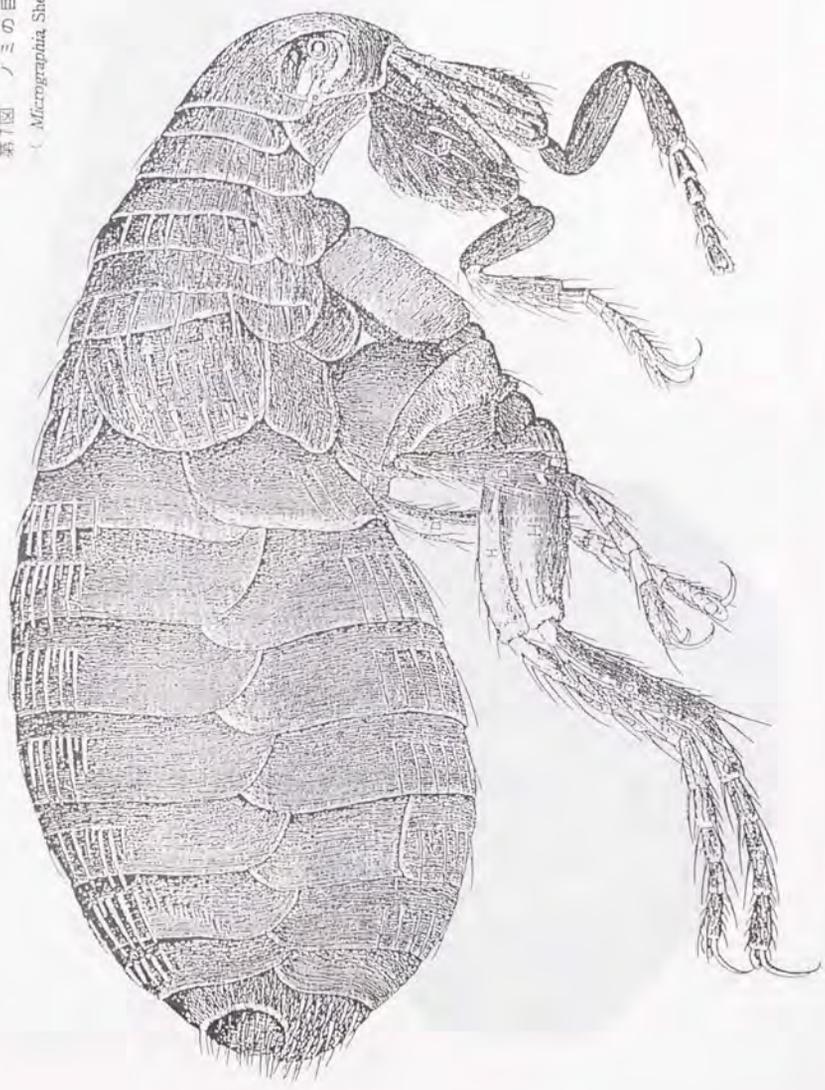
¹⁷ *Micrographia*, pp. 2-3. Andrade(1954), p. 961によれば、フックは顕微鏡で金属を見た最初の人物だった。

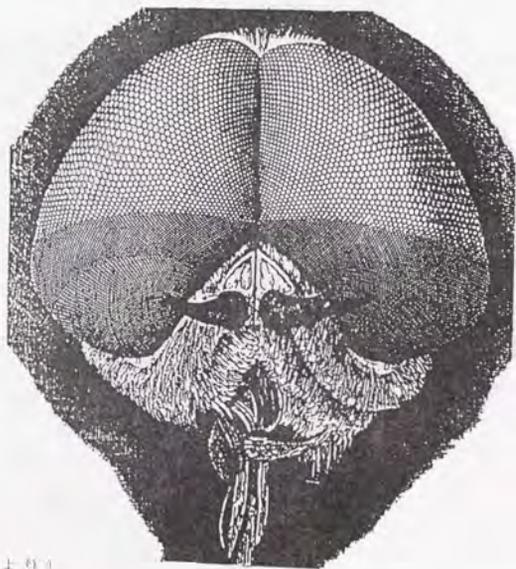
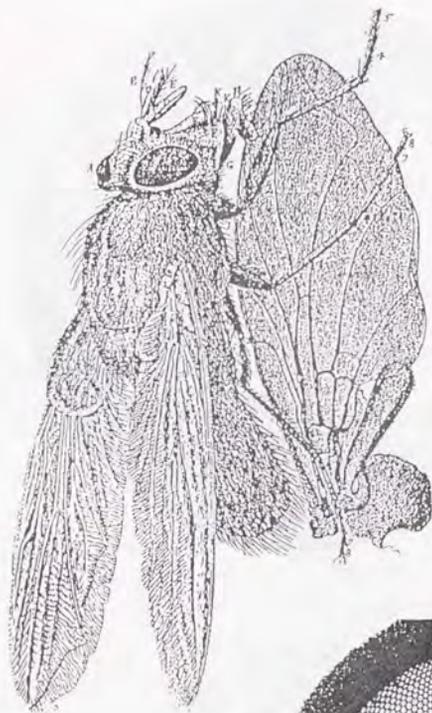
¹⁸ *Micrographia*, pp. 82-88.



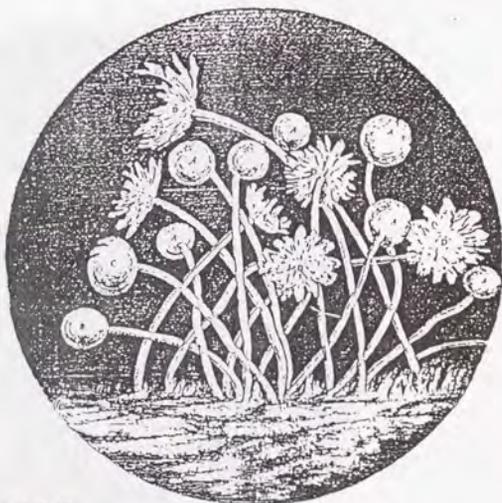
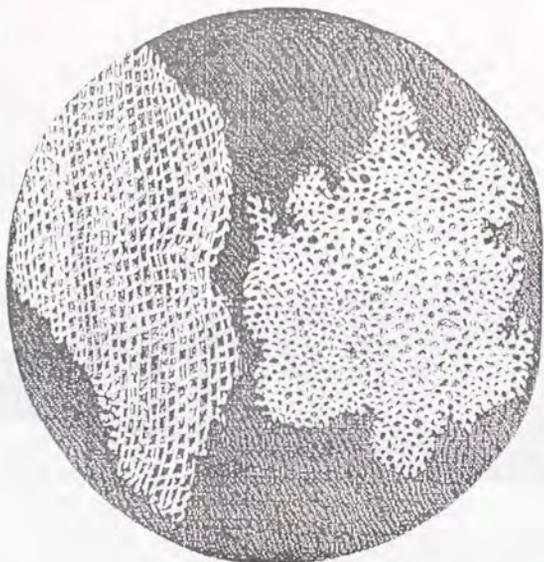
第6図 フックが最もよく使用した顕微鏡
(*Micrographia*, Shem. 1 より)

第7図 ノミの巨大な観察図
(Micrographia, Shem. 34 より)

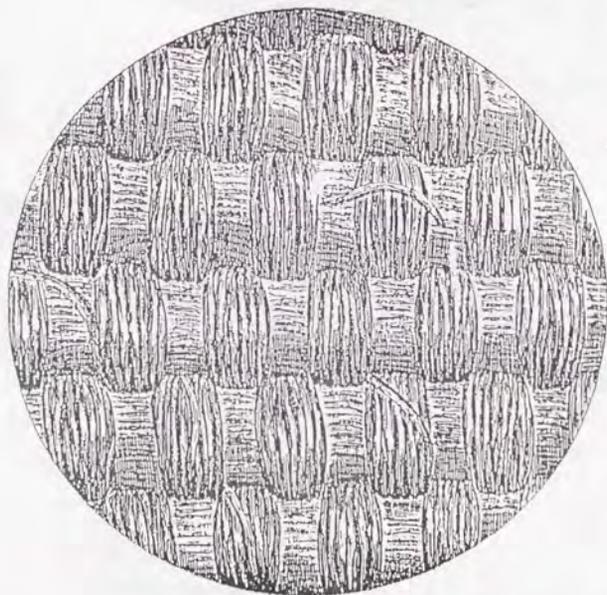
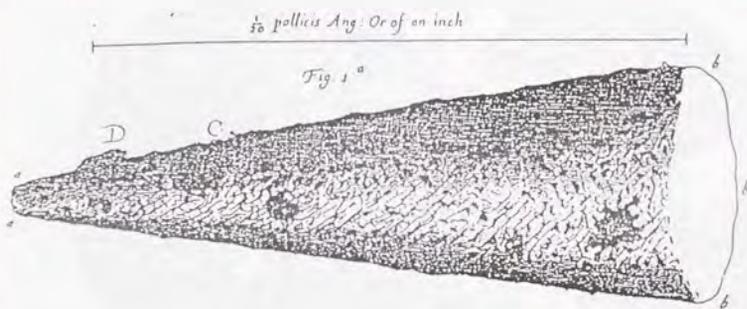




第8図 ハエとハエの複眼
(*Micrographia* Shem. 24 および 26 より)



第9図 コルクの細胞およびカビの観察図
(*Micrographia*, Shem. 11 および 12 より)



第10図 人工物の観察図。

針の先(上)と布(下)の拡大図

(Micrographia, Schem. 2, および 3 より)

Fig. 1

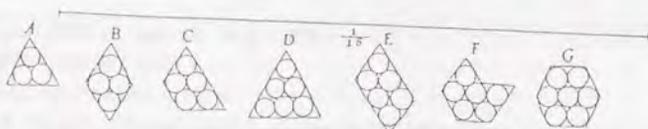
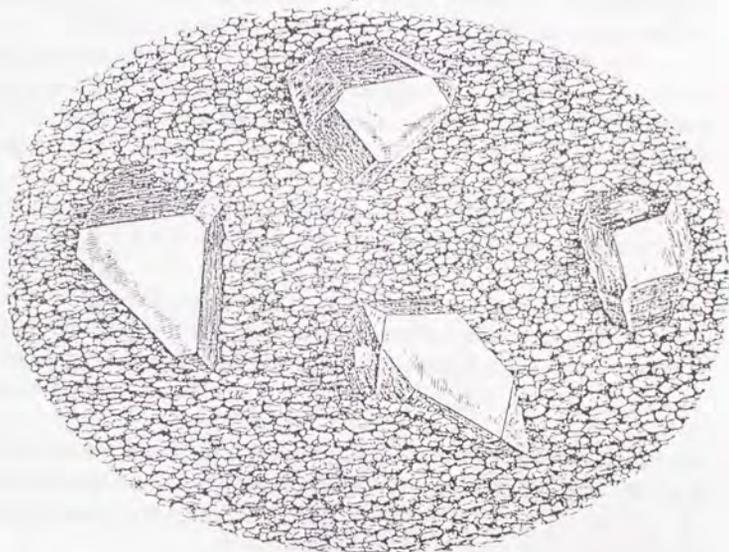
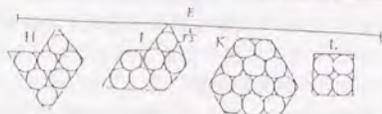


Fig. 2



第11圖 結晶の観察と構造の推定
 (*Micrographia*, Shem. 7 より)

1664年8月24日に提示された¹⁹。例会での発表を始めてからしばらくたった1663年3月25日、彼は王立協会から公式に「出版のために顕微鏡観察をするように求められ」た。そして翌週には、「フック氏は毎回の会合に顕微鏡観察を少なくとも一つ持参するように定められた」のだった²⁰。実際、ほとんどの観察は、正式の命令の後、1663年4月から12月にかけて発表されたものであった。

王立協会の会員で顕微鏡観察に取り組んだのは、フックだけではない。ホイヤーレンも、顕微鏡観察を行なった²¹。特にレンは、早くも1655年ごろに顕微鏡観察の著作の執筆を意図し、1661年には、ノミ、シラミ、ハエなどの観察図を国王チャールズ二世に献上した²²。フックの研究はレンを引き継ぐものであり、事実フックは、レンのように顕微鏡観察図を描くことを求められたのだった²³。フック自身、『ミクログラフィア』の序の終わりの部分で、次のように述べた。

私は、レン博士のような卓越した方の足跡に従うことになりました。博士は、このようなこと全てに着手された最初の方であり、博士が以前に描かれたスケッチは、現在、国王陛下のお部屋の素晴らしい珍品のコレクションを飾るもの一つになっています²⁴。

フックは出版をためらったが、レンやウィルキンズが、彼に出版を勧めたという。本論文の第II部で論じる望遠鏡の場合同様、フックの顕微鏡観察は、レンと入れ替わる形で始められたものであった²⁵。

¹⁹ Harwood(1989), pp. 124-125. 発表の順番と、『ミクログラフィア』に収録されている順番は無関係である。

²⁰ Birch 1, pp. 213 & 215.

²¹ G. H. Turnbull, 'Samuel Hartlib's Influence on the Early History of the Royal Society', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 10 (1952-3), pp. 101-130 (p. 122).

²² Christopher Wren, Jr., *Parentalia: Or Memoirs of the Family of the Wrens* (London, 1750), pp. 210-211; J. A. Bennett, *The Mathematical Science of Christopher Wren* (Cambridge, 1982), p. 73.

²³ Wren, Jr.(1750), p. 211.

²⁴ *Micrographia* sig. g2. なお、Wren, Jr.(1750), p. 213 も参照されたい。

²⁵ Webster(1976), pp. 160-161 は、*Micrographia* 出版の引き金として、1663年6月24日にパワーが王立協会を訪問して示した顕微鏡観察(Birch 1, p. 266)を挙げた。しかし、前述のように、フックはこれに先立つ同年3月25日に王立協会から出版のための観察の命を受けているから、この解釈は受け入れられない。パワーの影響が皆無とはいえないが、*Micrographia* はむしろレンとの関係において考察されるべきである。パワー自身、自らの著作の中でレンとフックの二人が顕微鏡観察の本を準備していると述べ、この二人の関係を示唆した。Power(1664), p. 83. フックも、パワーの著書と自分の著書が独立であると主張した。*Micrographia* sig. g2v.

フックとボイルの法則

『ミクログラフィア』は、タイトルが示す通り、顕微鏡観察を主題とした本である。しかしこれ以外にも、この本の中では、光と色の理論、燃焼論、毛細管現象論、気象観測器具（気圧計・湿度計・温度計）に関する発明などが取り上げられた²⁶。だが、この本の終わりに近い部分で、気体に関するボイルの法則にまつわる議論をフックがしていることは、余り知られていない。

オクスフォードにおける科学研究の史料を広く編纂したガンターは、ボイルの空気ポンプ（真空ポンプ）を、「オクスフォードでかつて成功へと至った最も重要な研究」と称した²⁷。フックの気体研究への関わりは、当然ながら、オクスフォード時代の彼とボイルの空気ポンプの研究に起源を持っていた。

前々章で述べたように、フックは1655年ごろオクスフォードの科学者のグループに加わり、ウィリスの助手を経てボイルの助手となった。フックが助手となった前後の1658年、ボイルはカスパー・ショット(Caspar Schott)の『流体・気体力学(Mechanica hydraulico-pneumatica)』(Würzburg, 1657)を通じて、オットー・フォン・ゲーリケ(Otto von Guericke, 1602-1686)の空気ポンプのことも知った²⁸。ボイルは最初、ロンドンの実験器職人(instrument maker)のラルフ・グレートレックス(Ralph Greatorex, 1625-1712)²⁹にこれを作らせたが、それは実用にならなかった。この装置を見て改良を加え、空気ポンプを完成させたのは、フックであった。フックの空気ポンプは、1658年または1659年に作上げられた。ポンプのシリンドラ部分にはロンドンで切削され、その他の装置の部分は、オクスフォードで組み立てられた³⁰。

ボイルは、このポンプによる実験の成果を、『空気の弾性に関する自然学=機械学的新実験(New Experiments Physico-Mechanical, Touching the Spring of the Air)』(以下、『新実験』と略す)として、1660年にオクスフォードで出版した³¹。ボイルの法則が最初に現れたのは、この著作の第二版の付録、『空気の弾性と重さの教説の弁護(A Defence of the Doctrine Touching the Spring and Weight of the Air)』であった³²。だが、実験助手であったフックがこの法則の成立にどのような寄与をし

²⁶ これらについては、第I部の以下の章で順次扱う。

²⁷ Gunther, 6, p. viii.

²⁸ ボイル、ショット、ゲーリケの関係については、Steven Shapin and Simon Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump* (Princeton, 1985), p. 278 を見よ。

²⁹ フックは彼の名前を 'Gratorix' と綴っている。Waller, p. iii.

³⁰ Waller, pp. iii-iv; H. D. Turner, 'Robert Hooke and Boyle's Air Pump', *Nature*, 184 (1959), pp. 395-397 (pp. 395-396).

³¹ *The Works of the Honourable Robert Boyle*, vol. 1, pp. 1-117 所収。

³² *Ibid.*, pp. 118-185.

たのか、ボイルはここで述べていない³³。

ハーヴァード大学のコーエン (I. B. Cohen) は、1964 年の論文において、ボイルの法則については、ボイルだけではなく、ブランカー (William Brouncker, c. 1620-1684)、フック、マリオット (Edme Mariotte, c. 1620-1684)、パワー、リチャード・タウンリー (Richard Town(e)ley, 1629-1707) の少なくとも合計 6 人が、先取権を申し立てることができるとした³⁴。コーエンは、最初にマリオットとブランカーを除外したが、フック、パワー、タウンリーについては、ボイルに対抗できる人物として検討を加えている³⁵。

パワーやタウンリーがボイルの法則へ関与したことを明らかにしたのは、ウェブスター (Charles Webster) とアガシー (Joseph Aggasi) の業績である³⁶。コーエンの研究は、特に先行するウェブスターの論文に依拠している。ウェブスターによれば、タウンリーとパワーは、1653 年から共同で、トリチェリの装置を応用して気体の研究を始めた³⁷。彼らの装置は、水銀を詰めたガラス管を逆さまに立てたもので、上端にできる空間 (トリチェリの真空) の部分に、空気を封入したものであった。ボイルの 1660 年の著作を見て刺激を受けた彼らは、1660 年から 1661 年にかけて実験を重ねた。タウンリーとパワーは、装置を様々な高度の場所に運び、気体の体積と圧力の関係を調べた。彼らが得た実験結果は、両者の値の積が一定になるというものだった。この結果を記した文書は、グresham・カレッジの修辭学の教授のクルーン (William Croone, 時に Croune, 1633-1684) を経て、1661 年のうちに、ボイルへと渡った。

ボイルは、この研究結果を、「タウンリーの想定 (Townley's supposition)」と称した。コーエンやアガシーが指摘したように、この想定は、気体が減圧 (希薄化)

³³ Turner(1959), p. 396f.

³⁴ I. B. Cohen, 'Newton, Hooke, and "Boyle's Law"', *Nature*, 204 (1964), pp. 618-621 (p. 618r).

³⁵ コーエンは、マリオットはボイルに負っているとした。ブランカーを排除した理由についてのコーエンの議論は、余り明確ではない。彼はボイルの証言を引いているが、そこでボイルは、ブランカーが研究の結果を公表していないと述べているだけである。Cohen(1964), pp. 618r & 619l.

³⁶ Charles Webster, 'Richard Towneley and Boyle's Law', *Nature*, 197 (1963), pp. 226-228; *idem*, 'The Discovery of Boyle's Law and the Concept of Elasticity of Air in the Seventeenth Century', *Arch. Hist. Exact Sci.*, 2 (1965), pp. 441-502; Joseph Aggasi, 'Who Discovered Boyle's Law?', *Stud. Hist. Phil. Sci.*, 8 (1977), pp. 189-250.

³⁷ Webster(1963), p. 227. なお、タウンリーの住居、バーンリー (Burnley) 近郊のタウンリー・ホール (Towneley Hall、現存) と、パワーの住むハリファックス (Halifax) は、約 20 キロ程の距離に過ぎない。

状態にある時に成り立つものと考えられた³⁸。実際、タウンリーとパワーの装置では、水銀は重さで落下しようとしており、水銀上に閉じこめられた空気には、大気圧より小さな圧力が加わっていた。

ボイルの貢献は、新たな実験装置を工夫することによって、加圧（弾性）状態にまでタウンリーの仮定を拡張したことにある。ボイルはそのため、「J」字形のガラスチューブを使用した。彼は「J」字の短い側を閉じて、そこに空気を封入し、水銀の重さで圧力を加えた。水銀の量を変化させれば、空気に加わる圧力を変化させることができた。この装置でボイルは、加圧状態でも気体の圧力と体積の積が一定になることを示した。ボイルは、加圧状態と減圧状態を厳密に区別して論じており、各々について、別々の実験結果の表を与えた³⁹。

興味深いことに、フックもまた、同様の実験結果を『ミクログラフィア』の中に収めている⁴⁰。フックの使用した装置は、加圧・減圧の場合ともに、ボイルの著書に現れるものと類似している。第12図には、左端に二本のガラスチューブが描かれている。このうち、左側（原図 fig. 3）のものは、減圧状態を分析するための装置である。DEは水銀溜めであり、皿Cより上端側の部分に空気を詰めて実験を行なう。右のチューブ（原図 fig. 4）は加圧状態を実験するための「J」字管であって、BCの部分に空気を詰め、CD部分の水銀で圧力を加える。これらの装置を使った実験のデータは、ボイル同様に、加圧の場合と減圧の場合に分けて、第12図の右側のような表として『ミクログラフィア』に収録された。その表の構成やデータの数値はボイルと異なっているが、彼の得た結論は、基本的にボイルと同じだった。

フックは、『ミクログラフィア』で、この実験の背景について記している。

それ〔減圧実験〕をしてから12カ月以上経ち、状況や細部など多くを忘れてしまったので、私はそれをもう一度やることに決めた。私が前年に初めて実験をやったときとまさに同じ装置で（というのは、それが非常に良好なものだったので、私はそれを大事に保存しておいた）、1661年の8月2日に、実際にそれをやった。いくつかの点で満足できなかったので、何度も繰り返した。最後に私は、全てをよく整理して、注意すべき全ての状況について出来る限り用心して配慮し、次のような表にいくつかの観察を記録した。このようなことをする時、私は最初の時と全く同じ方法を使ったわけではない。しかし、ちょうどタウンリー氏の仮説（Mr. Townley's Hypothesis）を耳にしたところだったので、その仮説を調べるのに一番便利な形にした⁴¹。

³⁸ Cohen(1964), p. 620r; Aggasi(1977), pp. 220-223. ボイルが「タウンリーの想定」と呼んだものを、フックは「タウンリー氏の仮説」と称した。

³⁹ *The Works of the Honourable Robert Boyle*, vol. 1, pp. 158 & 160.

⁴⁰ *Micrographia*, pp. 222ff.

⁴¹ *Ibid.*, p. 225.

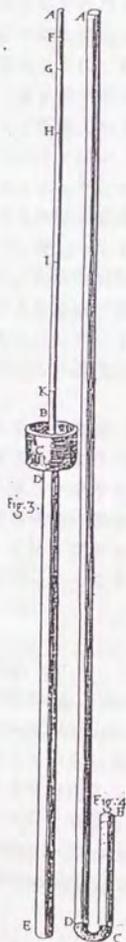
第12図 『ミクログラフ』に現れるボイルの法則の実験

上の表・左の Fig. 3 とある装置による減圧実験の結果

下の表・ Fig. 4 とある装置による加圧実験の結果

(Micrographia Shem. 37 などより)

The height of the Cylinder of Mercury, that, together with the Elater of the included Air, ballanced the pressure of the Atmosphere.	The Expansion of the Air.	The height of the Mercury that counterballanc'd the Atmosphere	The strength of the Elater of the expanded Air.
00	01	30	30
02	01 $\frac{1}{2}$	30	28
04	01 $\frac{2}{3}$	30	26
06	01 $\frac{1}{3}$	30	24
08	01 $\frac{1}{4}$	30	22
10	01 $\frac{1}{5}$	30	20
12	01 $\frac{1}{6}$	30	18
14	01 $\frac{1}{7}$	30	16
16	02 $\frac{1}{7}$	30	14
18	02 $\frac{1}{8}$	30	12
20	03	30	10
22	03 $\frac{1}{2}$	30	8
24	05 $\frac{1}{2}$	30	6
25	06 $\frac{1}{2}$	30	5
26	08 $\frac{1}{2}$	30	4
26 $\frac{1}{2}$	09 $\frac{1}{2}$	30	3 $\frac{1}{2}$
26 $\frac{1}{4}$	10 $\frac{1}{4}$	30	3 $\frac{1}{4}$
26 $\frac{1}{2}$	13	30	3 $\frac{1}{2}$
27	15 $\frac{1}{2}$	30	3



A Table of the Elastick power of the Air, both Experimentally and Hypothetically calculated, according to its various Dimensions.

The dimensions of the included Air.	The height of the Mercurial Cylinder counterpois'd by the Atmosphere.	The Mercurial Cylinder added, or taken from the former.	The sum or difference of these two Cylinders.	What they ought to be according to the Hypothesis.
12	29	29	58	58
13	29	24 $\frac{1}{2}$	53 $\frac{1}{2}$	53 $\frac{1}{2}$
14	29	20 $\frac{1}{2}$	49 $\frac{1}{2}$	49 $\frac{1}{2}$
16	29	14	43	43 $\frac{1}{2}$
18	29	9 $\frac{1}{2}$	38 $\frac{1}{2}$	38 $\frac{1}{2}$
20	29	5 $\frac{1}{2}$	34 $\frac{1}{2}$	34 $\frac{1}{2}$
24	29	0	29	29
48	29	14 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{2}$
96	29	22 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$
192	20	25 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$	3 $\frac{1}{2}$
384	29	27 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$
576	29	27 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$
768	29	28 $\frac{1}{2}$	0 $\frac{1}{2}$	0 $\frac{1}{2}$
960	29	28 $\frac{1}{2}$	0 $\frac{1}{2}$	0 $\frac{1}{2}$
1152	29	28 $\frac{1}{2}$	0 $\frac{1}{2}$	0 $\frac{1}{2}$

この記述に続く部分でフックは、加圧の実験については、「最初にやってから相当に経っている」と述べ、それが減圧の場合の実験以前であることを示唆した⁴²。

このようなフックの証言を文字通りにとれば、フックは加圧した場合の気体の実験をまず最初に行ない、1660年の夏ごろに、これに加えて減圧の実験を実施したことになる。上の引用によれば、それは、フックがタウンリーの仮説を耳にする1年以上前のことであった。事実ボイルは、タウンリーの結果について彼がフックに語ったとき、フックは前年に同じ実験をやったと答えたことを記録している⁴³。もしそうだとするならば、フックは1660年に、「ボイルの法則」の前提である加圧と減圧の場合の両方のデータを手にしていただことになる。しかし、上の引用から分かるように、この時フックは、圧力と体積の間の正しい関係把握していなかった。なぜなら、彼の実験は、タウンリーの「仮説を調べるのに一番便利な形に」再構成されなければならなかったからである。そして、タウンリーの結果をボイルから聞いた時、フックは自らの実験の意味を事後的に理解したのだと想像される。

コーエンは、フックがこのようにして加圧と減圧の状態を初めて結合したと推論し、フックこそボイル則の発見者であると結論した⁴⁴。コーエンはさらに、フックとの関係が悪化した後のニュートンまでもがボイルの法則の実験的証明をフックに帰したことを強調した。コーエンは、「だから、ボイルが唯一主張できるのは、出版の先取権のみである」と述べた⁴⁵。しかしコーエンは、なぜフックがボイルの法則の先取権を自ら主張しなかったのかについて、納得の出来る説明を与えていない。そして、現在の科学史研究も、ボイルの法則の先取権の問題について、これ以上の解明には成功していないのである。

フックの燃焼論

『ミクログラフィア』には、フックの燃焼論も収められた。彼の理論のエッセンスは、木炭を扱った「観察16」の部分に、12項目にまとめられた⁴⁶。これは大変興味深い理論であり、燃焼は物質（硫黄性の物体）が空気のある成分（硝成分）と反応することであると主張したものだった。その重要な部分を抜き出せば、以下のごとくである。

⁴² *Ibid*

⁴³ *The Works of the Honourable Robert Boyle*, vol. 1, p. 160.

⁴⁴ Cohen(1964), pp. 619r-620l. アンドレードもまた、フックをボイルの法則の発見者としている。Andrade(1954), p. 94. ガンターは、当時ボイルが健康を害していたことを理由にフックのボイル則への寄与を主張したが、ターナーは、このガンターの主張を引用している。Turner(1959), p. 396r; Gunther, 6, p. 73.

⁴⁵ Cohen(1964), pp. 620l-621r.

⁴⁶ *Micrographia*, pp. 103-105.

第一に、空気の中で私たちは暮らし、移動し、呼吸し、空気は多くのものを取り囲み、それが取り囲む大部分のものを惹きつけている。空気は、全ての硫黄性の物体 (sulphureous bodies) の溶媒 (menstruum)、あるいは普遍的な溶剤 (universal dissolvent) である。

第二に、その〔溶解〕作用は、最初に物体が十分に熱せられるまでは起こらない。……(以下略)。

第三に、その溶解 (dissolution) 作用は、非常に多くの熱を作り、生みだし、それを我々は火と呼ぶ。このことは、溶媒による他の物体の多くの溶解にも共通しており、私はそのたくさんの例を挙げることができる。

第四に、この作用は、非常に激しく、ひっきりなしに作用するため、燃焼物質の最も微細な部分まで急速に動かす。それは、空気の透明な媒質の中に、光のパルスの作用を生み出す。それが何かについては、他のところで既に示した。

第五に、硫黄性の物体の溶解は、空気の中に元来混ざった物質によって引き起こされる。それは、完全に同じではないにしても、硝石 (saltpeter) の中に固定されているものに似ている。そのことは、硝石を使ってなされる多くの実験によって大変明確に示されると私は思う。

第六に、空気による物体のこのような溶解において、ある部分は結合して空気に混合され、あるいは溶解して空気に変わる。……(以下略)。

第十に、従って、空気の溶かす部分は非常に少なく、……(中略)……それゆえにその小部分は速やかに充満され、それ以上溶かさなくなる。だから、溶かされるべき物体にこの溶媒の新鮮な部分が供給されないと、作用は終わり、たくさんの熱の中に放置しても、作用の指標である溶解も、輝きも物体には見られなくなる。これに対して、硝石は、融解されて赤熱するとこの溶解粒子に一層富むようになり、少量でも、たくさんの硫黄性物体を溶解させ、その溶解は非常に早く激しい。

第十一番目に、他の溶解と同じように、たとえ弱い溶媒でも、新鮮な溶媒が豊富に素早く溶解すべき物体に供給され与えられるなら、それは速やかに溶けていく。だから、ファイゴのような工夫で、赤熱している物体にこの空気の溶媒が豊富に与えられるなら、一層強力な融解した硝石の溶媒と同じくらい速やかに激しくこれを溶かすのが見られる。

だから、第十二に、火の元素のようなものは存在しないと考えるのは道理にかなっていると思われる。……(以下略)。

以上のようなフックの理論の要素は、『ミクログラフィア』で発表されただけでなく、その出版の直後の王立協会会合でも論じられた⁴⁷。例えば、1665年1

⁴⁷ H. D. Turner, 'Robert Hooke and Theories of Combustion', *Centaureus*, 4 (1956), pp. 297-310 (pp. 299-300).

月4日の会合でフックは、空気は硫黄物質の溶媒であり、溶解は空気の中の硝物質 (nitrous substance) によるものであると主張した⁴⁸。彼は、赤熱した石炭をガラス容器に密閉する実験を行なった。それは程なく燃えるのを止めたが、取り出して空気に触れると、再び燃焼を始めた。フックは、新鮮な空気が存在しないと、物体を赤熱しても重さが減らないとも述べた。また、1月18日の会合でフックは、容器中の気圧が高い方が、物体は長く燃え続けると主張した⁴⁹。2月15日には、硝物質 (nitre) があれば、空気がなくても燃焼が起こることを彼は実験で示した⁵⁰。

フックの以上のような燃焼論は、しばしばラヴォワジェ (Antoine-Laurent Lavoisier, 1743-1794) の近代的な燃焼論の先駆と考えられてきた。というのは、空気中の硝成分による物体の溶解というフックの燃焼の説明を、酸素と物質の反応として解釈することができるからである。既に前世紀の初め、ブラック (Joseph Black, 1728-1799) の著作の編纂者は、このような見解を述べた⁵¹。今世紀には、ライザット (D. J. Lysaght) やデ・ミルト (Clara De Milt) が、1930年代の研究論文で同様の立場をとった⁵²。また、フックの日記の前半の編纂者達も、同様の見解であった⁵³。

彼らは共に、自説を補強するために、フックとメーヨー (John Mayow, 1641-1679) の関わりについても言及した⁵⁴。メーヨーもまた、ラヴォワジェの先駆とされる人物だった。しかも、メーヨーを1678年に王立協会会員に推薦したのは、フックだった。ライザットは、フックを近代的燃焼論者とする主張をさらに推し進めて、フックの仕事は「かなりの期間、フロギストン理論が採用されるのをくい止めた」とまで述べたのだった⁵⁵。

第二次世界大戦後の1956年に現れたターナー (H. D. Turner) の論文は、このような戦前の主張を批判して、フックの議論は、フロギストン説とも近代的燃焼論とも解釈できるものであることを示した⁵⁶。ターナーが述べたように、それは「溶

⁴⁸ Birch 2, p. 2. フックの時代に、燃焼と硝空気を関係づけることは広く行なわれていた。J. A. Bennett, *The Mathematical Science of Christopher Wren* (Cambridge, 1982), p. 81, n. 12 などを見よ。

⁴⁹ Birch 2, p. 8.

⁵⁰ Birch 2, p. 15.

⁵¹ Joseph Black, *Lectures on the Elements of Chemistry*, 2 vols., John Robinson (ed.), (Edinburgh, 1803), p. 537.

⁵² D. J. Lysaght, 'Hooke's Theory of Combustion', *Ambix* 1 (1937), pp. 93-108; Clara De Milt, 'Robert Hooke, Chemist', *J. Chem. Educ.*, 16 (1939), pp. 503-510 (p. 506).

⁵³ *Diary 1672-1680*, p. xxvi.

⁵⁴ *Ibid.*; Lysaght (1937), p. 94; De Milt (1939), pp. 507-508.

⁵⁵ Lysaght (1937), p. 108.

⁵⁶ Turner (1956), p. 307.

解」というフックの表現をどのように解釈するかにかかっている。これを化学的結合と解釈するならば、フックの理論は近代的な燃焼論となる。この場合フックは、物体の燃焼部分である硫黄性物質が、空気中の硝成分（酸素）と結合して、気体となって持ち去られると考えていることになる。一方「溶解」を物理的融解と解釈するなら、硫黄性物質が空気の一部に溶け込むというフックの理論は、フロギストン説と同じものになる。だから空気中の硝成分が飽和すると、燃焼が止むのである。しかし、ターナーが指摘したように、フックの時代に化学結合と物理的融解の区別はなされていなかった⁵⁷。だから、フックの燃焼論は、近代的な燃焼理論とフロギストン説のいずれとも判断し難いものである⁵⁸。

呼吸と燃焼

燃焼の現象に関係して、フックは呼吸にも関心を持った。彼は、1663年1月21日、呼吸と燃焼が同じ空気によることを示す実験を次週の例会で行なうと予告した。この実験は、ガラス容器にニワトリとロウソクを一緒に入れ、ロウソクが消えるとニワトリが死ぬことを示そうとしたものだった。しかし、実際にはロウソクが消えてもニワトリは生きており、実験は失敗した⁵⁹。1665年2月8日には、燃えている石炭と小鳥を容器に入れて同様の実験が行なわれた。今度は、火が消えると、鳥が苦しみ始め、空気を入れると、鳥は回復した⁶⁰。

1664年11月9日の王立協会の例会で、フックは犬を使って呼吸の性質を調べる実験について報告した。フックは、犬の肋をはずして自発的に呼吸ができないようにした上で、喉を切り開いて、ふいごで空気を送り込んだ。こうすることで、彼は犬の心臓を動かし続けることが出来たという⁶¹。フックはボイルに翌日手紙を送り、この残酷な実験をもうやりたくないと言った⁶²。しかしフックは、同じ実験を繰り返すように王立協会から何度も求められ、結局3年後の10月10日、再びこの実験を行なった⁶³。この時の実験の目的は、肺の動きは血液を循環

⁵⁷ Turner(1956), p. 299.

⁵⁸ フックは、燃焼によって空気の体積が1/20減少することを1673年3月19日に実験で示している(Birch, 3, p. 78)。この実験は、酸素(硝物質)の消費のようなものを想定して行なわれたと解釈できなくはない。なお、フックは、1679年1月23日の会合で、ロウソクを使って同様の実験を行なった。Birch, 3, p. 460.

⁵⁹ Birch 1, p. 180.

⁶⁰ Birch 2, p. 12. この実験を誰が行なったのかは明示されていない。

⁶¹ Birch 1, pp. 485-486.

⁶² Hooke to Boyle, 10 Nov., 1664, *The Works of Honourable Robert Boyle*, vol. 4, pp. 498-499 (p. 498).

⁶³ Birch 2, p. 198. この内容は、'An Account of an Experiment Made by Mr. Hook, of Preserving Animals Alive by Blowing Through Their Lungs with Bellows', *Phil. Trans.*, 2, No. 28, pp. 539-540 として刊行された。

させるためではないことを示すことだった。事実、肺の動きの代わりにフィゴで空気を送り続けても、血液の循環は続いた。フックは、呼吸の役割は、血液の中の毒 (fume) を放出するためではないかと考えた。これに先立つ同年7月27日にフックは、空気には硝成分 (nitrous quality) が含まれており、それが生命を保つのに必要であるとの意見を述べていた⁶⁴。

1668年7月9日、フックは小鳥を容器に入れて、通常の気圧の時と気圧が高い時と、どちらが鳥が長い間密閉された容器の中で元気でいるのかを調べた。結果は、気圧が高い方がそれは長かった⁶⁵。

1671年2月23日、フックは大きな容器を排気して、自ら中に入るという実験について報告した⁶⁶。報告は一月ほど続いたが、それによれば、容器はフィゴを使って排気された。フックは、空気を全体の1/4まで排気し、容器の中に15分以上留まったが、不都合はなかった。ただ、耳の痛みを感じ、また耳が速くなるのを感じた。彼は、ロウソクを容器の中に持ち込んだ。そのロウソクは、彼が耳の痛みを感じる前に消えてしまったという。

毛細管現象論

『ミクログラフィア』の中には、フックの毛細管現象論も含まれていた。先にも述べたが、フックの最初の著作は、この4年前の1661年に出版された『毛細管現象論』であった⁶⁷。その中でフックは、毛細管現象の原因の説明を試みた。どちらの場合も、「適合 (congruity)」、「不適合 (incongruity)」という概念を用いて毛細管現象が説明された。

先行する著作、『毛細管現象論』でフックは、毛細管の中に液体が昇って行くのは、管の内部の気圧に比べて外側の気圧が高いためであるという説を展開した。その根拠として彼は、真空ポンプで空気を抜くと、毛細管現象が見られないことを挙げた⁶⁸。

この著作の中で、管の内外の気圧の差の説明としてフックは、空気がガラスに対して「不適合」であるということを見せている。ここで適合・不適合というのは液体の性質であり、固体などに対する付着のしやすさであるという⁶⁹。例えば、水銀は植物には付着しないが、いくつかの金属には混ざる。この場合、水銀はそれらの金属に適合しており、植物には不適合であるということが出来る⁷⁰。同様のことは、液体でも起こる。水は酢やワインなどとは適合するが、油とは不適合

⁶⁴ Birch 2, p. 184.

⁶⁵ Birch 2, p. 304.

⁶⁶ Birch 2, pp. 469-472.

⁶⁷ *An Attempt for the Explication of the Phaenomena* (London, 1661) in *Gunther*, 10, pp. 1-50.

⁶⁸ *Gunther*, 10, pp. 3-4. 現在の見地からは、毛細管現象は真空中でも起こる。

⁶⁹ *Gunther*, 10, p. 8.

⁷⁰ *Gunther*, 10, p. 9.

であり、そのために混ざり合わない。現在の言葉で言うメニスカスの現象も、適合・不適合によるとフックは考えた⁷¹。

空気は、毛細管現象を示す管と不適合である。そのため、空気が管の中に入ろうとすると、円形のパネを管に入れようとするのと同様に、妨げる力が左右から加わる。空気が管に入りにくい分だけ中の気圧が下がり、それを補うだけ液体が管中を上昇することになる⁷²。管内で液体の中央が窪んでいるのは、あたかも左右を押された円形のパネが縦に伸びて、液体の中央を押すような状態になっているようなものである。

フックは、毛細管現象の結果起こるものとして、ランプの芯における燃料の上昇、植物の樹液の上昇、泉での水の湧出などを挙げている⁷³。

フックは、適合・不適合の原因については、次のように述べた。

さて、ある物体の他への適合・不適合はどのような原因で起こるのだろうか。それは、それらを構成する粒子、あるいは中にある孔の形状のためか、あるいは円、波動、前進などといった相互の部分の運動の相違によるのか、一つ、あるいはそれ以上、あるいはまたこれら以外の原因によるのか、それについては、ここでは定めないこととする⁷⁴。

フックは、毛細管現象以外にも適合・不適合に類するものが見られるという。それは、物質による光の反射、天体や地上の物体の丸さ、弾性、粘性、溶解や沈澱等の現象である。重力も同様に説明できる可能性があるが、この場合は他の原因の方が可能性が高いと彼は指摘している⁷⁵。

『ミクログラフィア』における毛細管現象の説明は、構成だけでなく、文章に至るまで、かなりの部分が上に述べた『毛細管現象論』の内容と重複している⁷⁶。大きく異なるのは、フックが『ミクログラフィア』で適合・不適合自体の原因について、詳しい説明を与えたことである。

その説明のためにフックはまず、「熱は物体の部分の非常に活発で激しい運動(agitation)に他ならない」と熱の運動説を主張する⁷⁷。その証拠として彼は、物体が熱せられると流動性を持つようになること、ヤスリがけによって力学的に熱を作り出すことができることを挙げている。このことを前提として、フックは適合・不適合を弦の運動になぞらえた。

⁷¹ Gunther, 10, pp. 18-19.

⁷² Gunther, 10, pp. 21-25.

⁷³ Gunther, 10, pp. 26 & 32.

⁷⁴ Gunther, 10, p. 10.

⁷⁵ Gunther, 10, pp. 26-30 & 39-41.

⁷⁶ *Micrographia*, Observ. VI, pp. 10-32.

⁷⁷ *Micrographia*, pp. 12-13.

私は、熱のパルスが物質の小部分を揺り動かし、大きさ、形、材質の似た部分は持ちこたえる、すなわち一緒になって踊り、異なる種類の間からは突き出され押し出されると考える。というのは、全く類似している粒子は、同様に張られた同じ弦のように、一種のハーモニー、あるいはユニゾンで共に振動する。これに対して、他の異なるものは、何であれこの不釣り合いが解消されない限り、その音程からはずれた多くの弦のように、同じ駆動パルスで動かされているにもかかわらず、異なった振動で響く。そのため、どちらも動かされてはいるのに、その振動は異なったものになるからである。そして、互いにひどく音程がはずれているので、それらは互いに妨げ合いきしみ合い、その結果互いに合致することがなく、どちらも自分と類似した粒子の方に飛び戻って行く。

このように、適合は調和のとれた振動、不適合は調和のとれていない振動に起因するものと考えられた。フックは、電気や磁気による引力も適合性から説明した。フックによると、二つの適合した物体の運動は、両者の中間にある流体の粒子を追い出し、こうして生じた空隙に物体が押し込まれるのである⁷⁸。

以上から分かるように、『ミクログラフィア』は、顕微鏡観察にとどまらず、気体や毛細管現象など、この時期までのフックの研究を総合するような内容を持っていたのである。

⁷⁸ *Micrographia*, p. 31.

第五章 フックの力学研究

『ミクログラフィア』が刊行された翌年の1666年5月23日、フックは王立協会の一つの興味深い発表を行なった¹。それは、円錐振子を利用したものであり、その目的は、天球に導かれることなしに惑星はなぜ太陽の周りを円運動するのかについて説明を試みることだった。フックは、このような運動が生じるのは、惑星の直線運動が、中心への継続する引力 (attractive power) によって曲げられるためであることを示そうとした²。フックが述べたように、円錐振子の場合、糸の張力によって、軌道半径に比例した中心への傾向力 (conatus) が生じている³。彼は、理論的説明を与えただけでなく、この日の会合で、大きな木のおもりを使って、円錐振子の運動を実演して見せた⁴。おもりの運動は、接線方向への力の加え方によって、楕円軌道や円軌道となった。フックはまた、大きなおもりの下に小さなおもりをぶら下げて運動させ、地球とその周りを廻る月の運動を模した。これに先立つ5月9日、ウォリスは、天体の共通重心の考えに基づく潮汐論を発表した。フックの円錐振子の実験は、この理論に触発されたものだった⁵。しかし、フックの発表は、天体の軌道運動が引力によるという考えを示したものとして重

¹ Birch 2, pp. 90-93. この詳細については、Pugliese, pp. 448ff.などを参照。また、Louise D. Patterson, 'Hooke's Gravitation Theory and Its Influence on Newton, Part 1', *Isis* 40 (1949), pp. 327-341 (pp. 332-333). この論文には、Birchに欠落した振子の説明図が、フックの発表原稿と思われるものより転載されている (Royal Society Classified Papers, vol. 20, No. 41)。なお、フックのこの実験については、既に19世紀にブリュースターが言及していた。David Brewster, *Memoirs of Sir Isaac Newton*, 2 vols. (Edinburgh, 1855, repr., New York, 1965), vol. 1, pp. 284-288.

² フックはこの引力の原因として、エーテルの密度の勾配、中心にある物体による引力の二つの可能性を挙げている。Birch 2, p. 91.

³ コナートゥス (conatus) 概念については、佐々木力、『近代学問理念の誕生』(岩波書店、1992年)、180ページ以下を参照されたい。

⁴ ベネットによると、円錐振子を惑星のモデルとすることは、1638年のジェレマイア・ホロックス (Jeremiah Horrox) にまで遡る。これは、レンに伝わったという。J. A. Bennett, *The Mathematical Science of Christopher Wren* (Cambridge, 1982), pp. 63-64. これについては、Angus Armitage, "Borrell's Hypothesis" and the Rise of Celestial Mechanics', *Ann. Sci.* 6 (1950), pp. 268-282 (p. 278) も参照されたい。

⁵ J. A. Bennett, 'Hooke and Wren and the System of the World: Some Points Towards an Historical Account', *Brit. J. Hist. Sci.* 8 (1975), pp. 32-61 (pp. 43-45). ベネットは、円錐振子を天体運動のモデルとするアイデアはレンによるもので、これを実際に行なうきっかけをウォリスが与えたという。

要である。フックはこれ以前にも、地球上の重力の測定を試みたことがある⁶。だが、円錐振子のモデルでは、引力の作用は天空にまで拡大されていた。しかもここでフックは、惑星の軌道が曲げられるのは宇宙を満ちる媒質の濃度勾配のためである、という考えに批判を加えた。彼によれば、その原因は、中心天体の持つ引力性 (attractive property) にあるとされた⁷。

フックはその後、引力の考えを発展させたが、それはニュートンとの二回の力学論争の原因となった。前世紀の末にマッハは、この二人の引力の理論を比べて次のように述べた。

このニュートンのいわば知的仕事は、ケプラー、ガリレイ、ホイヘンスらによって完璧に準備されていたのだが、それ以外に彼 [ニュートン] の創造的仕事も決して過小評価してはいけない。むしろこれが一番重要な仕事なのだと考えるべきであろう。……(中略)……フックはニュートンの見解に極めて近いところまできていた。ただニュートンほどの高みには達することができなかった⁸。

筆者が知る限り最初のフック研究論文を発表したジョーデインは、1913年のその論文で、マッハの上の文章の最後の部分を引用した。しかし、ジョーデインは、マッハの見解に同意せず、フックにもっと高い評価を与える必要があることを強調した⁹。ジョーデインは、天体運動を直線運動からの重力作用による逸れとする見方が、ニュートンに先行するフックなどに共通する考えだったことを指摘した。さらに、先の円錐振子の事例や、フックのニュートン宛の天体運動に関する手紙(後述)などを紹介した¹⁰。これに加えて彼は、フックの友人のオーブリーが、フックの万有引力の先取権を確保しようと努力したことを取り上げた¹¹。

⁶例えばフックは、1662年12月17日に、王立協会からウェストミンスター寺院の上と下で物体の重さを比べるように求められた。Birch 1, p. 154. また、1666年3月21日には、王立協会で、井戸の中で行なった重力測定について報告した。この時、フックは、ギルバートやベーコンに倣って、重力が磁力と関係する可能性を考えた。高度による重力の増減は実験で認められなかったが、フックは振子の周期の変化を利用して重力をより精密に計測する可能性を示唆した。Birch 2, pp. 69-73.

⁷ Ibid, p. 91.

⁸ Ernst Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung* (Leipzig, 1883, 1933) pp. 181-182 [伏見謙訳、『マッハ力学』、講談社、1969年、172-173ページ].

⁹ P. E. B. Jourdain, 'Robert Hooke as a Precursor of Newton', *Monist*, 23 (1913), pp. 353-384 (p. 354).

¹⁰ Jourdain(1913), Sec. 3 & 7.

¹¹ Jourdain(1913), pp. 371ff.

また、エーテル振動によるフックの重力メカニズム説明の試みも明らかにした¹²。

フックと重力の関わりを示す史料を集める作業は、1940年代の末になって、パターソンによって続けられた¹³。彼女は、フックが著作等の中で重力に言及している部分を抽出し、これを整理した論文を1949年に出版した。翌年にパターソンは、ニュートンが万有引力を独立発見したことの根拠とされてきたものを集めた論文を発表した。彼女はこの根拠のそれぞれを批判して、ニュートンの先取権は疑わしいと結論した¹⁴。しかし、パターソンの仕事で一番興味深いのは、フックとエネルギー保存概念の関係を主張した1950年前後の2篇の論文であった¹⁵。

本章では、前半でまずパターソンが指摘したフックと力学的エネルギー概念の関わりを論じ、後半で、彼女の研究に遅れて始まった、専門科学史家によるフックの万有引力概念の分析について扱うこととする。

フックとエネルギー概念

フックは、1666年11月21日の王立協会の会合で、振子の等時性の証明を試みた¹⁶。パターソンによれば、この時彼は、力学的エネルギーに当たる概念を用いた¹⁷。第13図は、フックがこの日に使った説明図である¹⁸。これは単振子の運動を示しており、支点Eから吊るされた振り子のおもりは、軌道ABを描く。

さて、運動の等時性は、横切られる弓形 (arch) の長さで、その弓形の端での引

¹² Jourdain(1913), Sec. 8.

¹³ Patterson(1949).

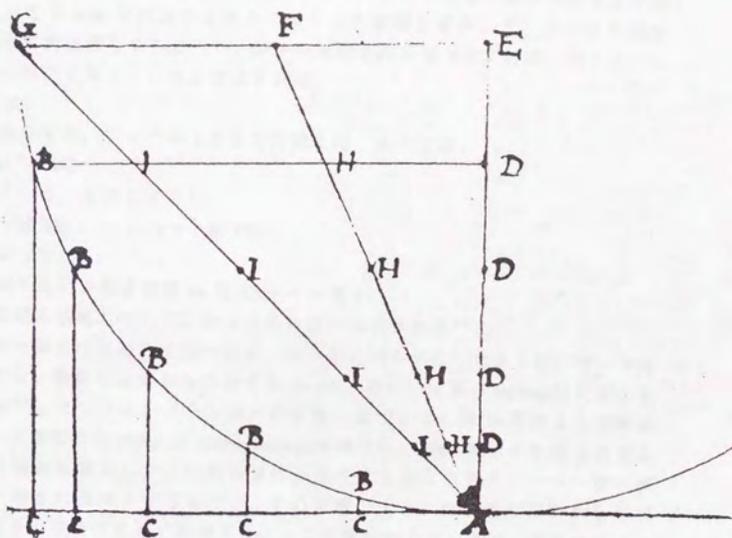
¹⁴ Louise D. Patterson, 'Hooke's Gravitation Theory and Its Influence on Newton, part 2', *Isis* 41 (1950), pp. 32-45.

¹⁵ Louise D. Patterson, 'Robert Hooke and the Conservation of Energy', *Isis* 38 (1948), pp. 151-156; *idem*, 'Pendulums of Wren and Hooke', *Osiris* 10 (1952), pp. 277-321.

¹⁶ *Birch* 2, pp. 126-127. この日のフックの主題は、単振子を傾けたものの運動であった。以下の議論は、その前半の、傾斜させる前の振子を分析した部分である。なお、この発表の原稿は、フックの手稿の中に見いだされる。ただし、筆者が原本を調べたところ、製本された王立協会の手稿には乱丁があった。Royal Society Classified Papers, vol. 20 (Hooke Papers), No. 44.

¹⁷ パターソンはこれと同時に、フックは運動方程式もこの証明の時に示唆したと主張している。Patterson(1952), p. 294. フックはその部分で、「振動の速度の決定 (determination) は、強さの量と運動する物体のバルクの比である」(*Birch* 2, p. 126) と述べた。パターソンは、「速度の決定」を加速度と解釈した。しかし、フックがこの関係を実際に応用した例が見あたらないので、パターソンの解釈の是非を検討することはできない。

¹⁸ Royal Society Classified Papers, vol. 20, f. 74r. この図は *Birch* 2 の Plate 1 にも収録されている。



第13図 1666年のフックの振子の分析

(出典・Royal Society Classified Papers, vol. 20, f. 74r)

力の垂線の長さとの比、すなわち、(言葉を定義する煩雑さを避ければ)、 AB, AB, AB の長さ BC, BC, BC &c. の長さの比に依存している。いまこの比が、基底の列に対して平方の列であるなら、様々な弓形の振動の続く時間は等しいであろう。ところで、端にある垂線の弓形に対する比、すなわち(同じことだが)対応する逆正接に対する比はほぼ一定に近いので、同じ振子の様々な弓形の振動は、ほぼ等しい長さである¹⁹。

すなわち、ここでフックは、 $(\text{弧 } AB)^2 \propto BC$ という関係を、振子の等時性の条件としている²⁰。パターンソンは、 BC は位置エネルギーを示すものであると解釈した²¹。ここで1960年代のウェストフォールの議論を援用して、フックの議論を現代化して再構成してみよう²²。振子の運動の速度を v とすれば、フックがエネルギーの保存を知っていたと仮定すれば、

$$v^2 \propto BC$$

の関係が成立する。フックの上の引用に従えば、振子では、

$$(\text{弧 } AB)^2 \propto BC$$

が成立している。上の二式より、

$$v^2 \propto (\text{弧 } AB)^2 \quad \therefore v \propto (\text{弧 } AB)$$

となる。よって、

$$(\text{弧を描くのにかかる時間}) = \text{弧 } AB/v = (\text{一定})$$

となり、任意の振幅について、振子の等時性が証明される²³。

エネルギー概念に関連して述べれば、ホールが明らかにしたように、フックは早い時期から、物体の運動が生み出す力(force)、あるいは強さ(strength)に関心を持っていた²⁴。フックは、ブランカーの示唆に基づいて、第14図のような実験装置を用いて落体の力(force of falling bodies)を測定し、1663年の2月18日に王立協会に実験結果を報告した。この装置は、落下するおもりFをシーソー状の測定装置の一端Eに衝突させるもので、その衝撃の大きさは、釣り合いおもりHが初めて動き出す時の重さで計測される。この実験からフックは、落下物体の力

¹⁹ Birch 2, p. 126.

²⁰ パターソンによれば、フックはこれと類似の条件を、1650年代の末に把握していた。Patterson(1952), pp. 284-285.

²¹ Patterson(1948), p. 151.

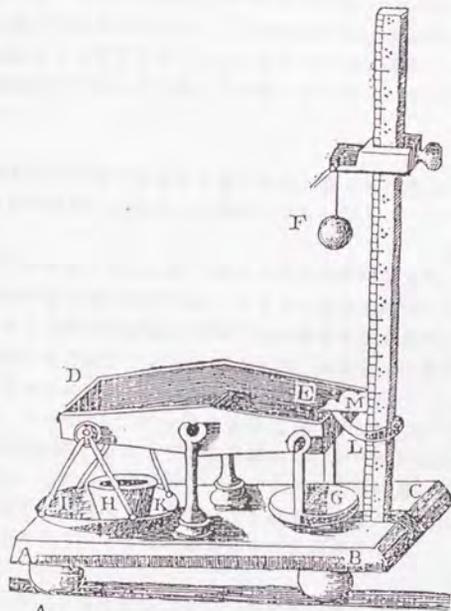
²² Richard S. Westfall, 'Hooke and the Law of Universal Gravitation' *Brit. J. Hist. Sci.*, 3 (1967b), pp. 245-261 (pp. 253-255).

²³ ビュグリーズは、このような解釈を論じた後で、これとは異なる説明も可能であると述べた。それは、ガリレオの議論に基づくものであるという。Pugliese, pp. 405-407.

²⁴ Birch 1, pp. 195-197; A. R. Hall, 'Mechanics and the Royal Society, 1668-70', *Brit. J. Hist. Sci.*, 3 (1966b), pp. 24-38 (pp. 24-26).

February 18. The experiment of the refraction of a prism in water was made by Mr. Hooke; who was ordered to give an account of it in writing.

His account of the force of falling bodies was read, and ordered to be registered, and was as follows:



A

$\frac{1}{4}$	4
$\frac{1}{2}$	8
$\frac{3}{4}$	16
$1\frac{1}{4}$	32
$1\frac{3}{4}$	48
$2\frac{1}{4}$	64
$2\frac{3}{4}$	96
$3\frac{1}{2}$	128

“ and letting fall the bullet an inch above the steel plate, I found it to
 “ have moved it, and admitted the small spring. I repeated the trials so
 “ long, till I found, that letting this ball fall but $\frac{1}{4}$ of an inch above the
 “ plate, it would move the beam so as to admit the spring; but if I let
 “ it fall from a less height, it would not. Then I put in eight ounces
 “ counterpoise, and by several repeated trials, I found $\frac{1}{4}$ of an inch to be
 “ the height requisite for the falling bullet to pass before it would move
 “ eight times its own weight. I proceeded further, and from the ex-
 “ periments collected the first table A.

“ ABC the pedestal of
 “ the scales, DE a double
 “ beam, between the two
 “ checks of which the steel
 “ ball F falls from a deter-
 “ minate height upon the
 “ steel plate G; and if by
 “ that fall it moves the
 “ double beam and the
 “ counterpoise H, lying in
 “ the scale I K, it gives the
 “ small spring L a free pas-
 “ sage to slip between the
 “ end of the double beam
 “ and the stay M, by which
 “ means there is given a
 “ certain sign, whether the
 “ falling body has moved
 “ the scale and counterpoise
 “ so far, as to admit the very
 “ thin edge of the spring.
 “ The rest of the contri-
 “ vance is obvious enough
 “ from the scheme itself.

“ This instrument being
 “ ready, I put into the op-
 “ posite scale four ounces,
 “ that is four times the
 “ weight of the steel bullet,
 “ and letting fall the bullet an inch above the steel plate, I found it to
 “ have moved it, and admitted the small spring. I repeated the trials so
 “ long, till I found, that letting this ball fall but $\frac{1}{4}$ of an inch above the
 “ plate, it would move the beam so as to admit the spring; but if I let
 “ it fall from a less height, it would not. Then I put in eight ounces
 “ counterpoise, and by several repeated trials, I found $\frac{1}{4}$ of an inch to be
 “ the height requisite for the falling bullet to pass before it would move
 “ eight times its own weight. I proceeded further, and from the ex-
 “ periments collected the first table A.

* Original Register, vol. ii. p. 151.

C c 2

“ Afterward

第14図 落下物の力の測定

(出典・Birch 1, p. 195)

は速度に比例すると結論した²⁵。

ウェストフォールによれば、フックは1666年の先の振子の実験の時になると、落体の実験の時とは違って、振子に加わった力の総和 $\int f ds$ ($\propto BC$)が物体の運動の速度 v の自乗に比例するというを理解していた²⁶。ウェストフォールのこの解釈が正しいとするならば、フックは1663年と1666年の間に、物体の運動の強さが速度に比例するという立場から、それが速度の自乗に比例するという立場へと見解を変更したことになる。

フックがこの新しい見解をより明確に表明したのは、1669年のことだった。この年の1月7日、後にライプニッツ(Gottfried Wilhelm Leibniz, 1646-1716)によって活力(vis viva)として定式化されるものの保存に関するホイヘンス(Christiaan Huygens, 1629-1695)の考えが、王立協会で話題となった²⁷。その翌週の王立協会の会合でフックは、

運動物体の力はその速度の自乗であり、従って、速度を倍にするには四倍の重さが必要であることを二つの実験で示した²⁸。

この二つの実験のうち、第一のものは振子の実験であった。ここでは、振子の振動の継続時間を倍にするには、おもりの重さを四倍にする必要のあることが示された。第二の実験は水流の実験で、流速を倍にするには、水を四倍の高さから流さなければならないというものだった。後者は、装置の不備のために、翌週に改めて繰り返された。

1677年、フックは、ランプの改良を扱ったカトラー講義をまとめた著書、「ランプ(Lampas)」をロンドンで出版した²⁹。フックは、その中でも水流の例を取り上げた。この時には彼は、「このような水流の速さは、常に、孔の上にある水の高さの平方根になる」という上とは別の表現を用いた³⁰。

この著作の中でフックは、運動物体の力に再び触れ、

さて、このことはまさに力学の一般規則に従ったものである。すなわち、運動物体の強さ、あるいは勢力の割合(power)は、常にそれによって物体が得てい

²⁵ Birch 1, p. 196. ホールが指摘したように、フックは落下速度は落下距離に比例すると誤って前提していたために、このような結論を得た。だが、彼が実際に得た測定値は、衝撃力が速度の自乗に近いものとなっていた。Hall(1966b), p. 25.

²⁶ Westfall(1967b), p. 254.

²⁷ Birch 2, p. 337; Pugliese, p. 375.

²⁸ Birch 2, pp. 338-340 (p. 338); Westfall(1967b), p. 255.

²⁹ この著作は、Gunther, 8, pp. 154-208 所収。

³⁰ Gunther, 8, p. 183; Westfall(1967b), p. 255.

る速度の割合の平方である³¹

と非常に明快な定式化をした。類似の定式化は、1689年の日記などにも見られるから、フックはこの考えを晩年まで保持していたと思われる³²。

エネルギーとバネの等時性

『ランプ』を世に送った翌年の1678年、フックは、カトラー講義、『復元力について、すなわち弾性についての講義 (*Lectures de potentia restitutiva, or of Spring*)』をロンドンで出版した(以下、『復元力について』と略す)³³。フックはこの本の冒頭の部分で、彼が2年前の著作、『太陽望遠鏡についての記述 (*A Description of Helioscopes*)』(London, 1676)³⁴の結び近くに記した 'ceiinossstuu' というアナグラムを解いた。その解は、「バネの伸びは力に比例する (*Ut tensio sic vis*)」であった³⁵。

残念なことにフックは、彼がこの法則に至った背景などについて、『復元力について』では触れていない。ただ彼は、この法則を18年前に見つけたと主張し³⁶、さらにフックの法則と同様の関係が、希薄化と濃密化、すなわち気体にも成り立つことを示唆した³⁷。これは、ボイルの法則がフックの法則成立の背景にあることを推定させるものである³⁸。

興味深いことにフックは、『復元力について』の中で、エネルギー概念に相当するものを使ってバネの振動の等時性を説明した³⁹。第15図のグラフの線分ADが示すように、バネをAC方向に伸ばした時、その勢力(power)は伸びに比例する。

だから、ゼロから始まり、張りあるいは曲げの最終点までのこの勢力を一つに足し合わせる、つまり総計すれば、全勢力は、曲げの空間あるいはたわみの程

³¹ Gunther, 8, pp. 186-187; Westfall(1967b), pp. 255-256.

³² Gunther, 10, p. 136; Patterson(1948), p. 154.

³³ Gunther, 8, pp. 331-388 所収。

³⁴ これは、Gunther, 8, pp. 119-153 所収。

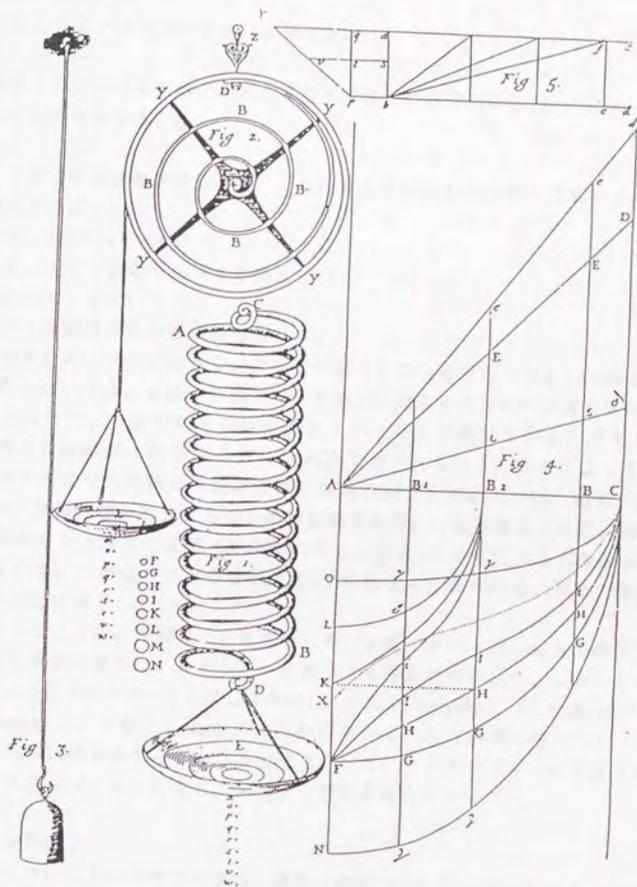
³⁵ Gunther, 8, pp. 151 & 333. アナグラムとは、文章の綴りの順番を変えて暗号にしたものこと。

³⁶ Gunther, 8, p. 333.

³⁷ Gunther, 8, p. 334.

³⁸ 関連する論文として、Albert E. Moyer, 'Robert Hooke's Ambiguous Presentation of "Hooke's Law"', *Isis*, 68 (1977), pp. 266-275 がある。この論文は、微視的な振動に基づくフックのバネの弾性メカニズムの説明(次節参照)が両者の媒介になった可能性を指摘している。

³⁹ Gunther, 8, pp. 348-353. この説明に最初に詳細な分析を加えたのは、パターソンであった。Patterson(1952), pp. 307-312.



第15図 バネの振動の等時性の説明
 (出典・Gunter, 8, p. 332)

度の平方に比例する⁴⁰。

これを現代化して式として示せば、全勢力を p 、バネの最大変位を x として、

$$p = \int f dx \propto x^2$$

となる。ここで、エネルギーの保存を考えれば、

「バネが」元に戻る時には、それが戻り出す最大の張力の際に持っていた全ての力の総計を受け取る⁴¹。

さらに、「全ての運動物体の速度は、それを動かす勢力の平方根に比例する」⁴²ことを考慮すれば、

$$v \propto \sqrt{p} \propto \sqrt{x^2} = x$$

が成立する。よって振動にかかる時間、

$$t = x/v = (\text{一定})$$

となり、バネの振動の等時性が説明される。

フックはさらに、バネが釣り合いの位置に戻るまでの途中の速度も、同様の考察から分析した。彼は、振動の始まりから各地点に到達するまでの時間を幾何学的に割り出した⁴³。バネが釣り合いの位置 A から C まで伸ばされたとすると、この時の勢力の総和は、第 15 図の三角形 ACD で表される。この勢力によって生み出される各地点での物体の運動速度は、曲線 CGF で示されている。曲線 CHF は放物線で、経過時間を計算するための補助線である。これを媒介にして、振動にかかる時間を示す S 字の曲線 CIF が描かれる。点 B₂ から延びる S 字曲線も F で終わっている。これは、バネの振動が B₂ から始まった場合にも、振動の周期は同じであることを示している。

フックはこのように、単振子（前節参照）やバネ振子といった、今日で言う単振動の等時性現象の解析に、エネルギーに相当する概念を援用した。しかしそこでフックは、力とエネルギーをしばしば混同し、「強さ (strength)」、「力 (force)」、「圧力 (pressure)」、「勢力 (power)」などの用語をほとんど同義に用いていた。この種の混乱は、当時めずらしいことではなかった。ウェストフォールが述べたように、それはニュートンによってようやく解消されたのだった⁴⁴。

物体の弾性の原因

『復元力について』の中でフックは、弾性の原因についても述べている。彼は

⁴⁰ Gunther, 8, p. 349.

⁴¹ Ibid.

⁴² Gunther, 8, p. 350.

⁴³ Gunther, 8, pp. 350-353. Patterson(1952), pp. 311-312; Westfall(1967b), pp. 256-258.

⁴⁴ Westfall(1967b), p. 256.

ここで、それを物質内部の微視的な振動を使って論じている。この内容は、ヘッセによって最初に詳しく明らかにされた⁴⁵。

フックは、「知覚できる世界は、物体 (body) と運動 (motion) から構成されている」⁴⁶と考えた。このように彼は、世界を機械論的なものと規定した。この世界を構成する物体は、周囲から伝わった作用によって内的に振動している。この時、共鳴現象の場合のように、物体は特定の運動のみを選択的に受け取っている。相互に接触している物体の部分は、互いに揃った運動をしている。振動運動により、物体の部分は左右に動いているので、その運動の範囲内に他の物体は進入することができない⁴⁷。

今、この物体を3/2倍に伸ばしたとする。弦の振動の現象で見られるのと同様に、物体の振動数は伸びに反比例して減少し、2/3となる。そのため、ある部分が他の部分を排除しようとする作用は小さくなり、結果として物体は縮もうとする。物体を自然長より縮めると、これとは逆のことが起こる。振動数が大きくなるので排除する力が大きくなり、物体は伸びようとするのである⁴⁸。

参考までに述べると、フックは、気体の圧力と体積の関係も、気体の粒子の振動運動によるものであると考えた。ただし、流体の場合には、運動は固体に比べて著しく速く、振動の占有するスペースもそれだけ大きいという⁴⁹。

フックと万有引力

ニュートンの『プリンキピア』が出版されてから約2年経った1689年9月、フックの親友オーブリーは、友人のウッド宛の書簡をしたためた⁵⁰。この書簡は、万有引力についてのフックの先取権を主張しており、『オクスフォード学園名鑑』を準備していたウッドに、この著作の中でその事実を考慮するように訴えたもの

⁴⁵ Marry Hesse, 'Hooke's Vibration Theory and the Isochrony of Springs', *Isis*, 57 (1966b), pp. 433-441.

⁴⁶ Gunther, 8, p. 339.

⁴⁷ Gunther, 8, p. 340.

⁴⁸ Gunther, 8, pp. 345-346.

⁴⁹ Gunther, 8, pp. 347-348. ヘッセが明らかにしたように、フックは1662年ごろ、気体についてこれとは異なるモデルを持っていた。それによると、気体の粒子はコイル状のものであると彼は考えていた。このコイルは回転しているが、熱で回転運動が激しくなるとコイルが伸び、そのために気体の体積が増えると考えられた。Hesse(1966b), pp. 436-437.

⁵⁰ David Aubrey, *Brief Lives, Chiefly of Contemporaries, Set Down by John Aubrey, between the Years 1669 & 1696* Andrew Clark (ed.), 2 vols. (Oxford, 1898), vol. 1, pp. 412-415. この書簡は、*Newton Corresp.*, 3, pp. 40-44にも収録されている。この手紙が実際にウッドに送付されたのかどうかは知られていない。

だった⁵¹。フックの筆跡の書き込みが随所に見られることから、書簡がフックと共同で書かれたことが分かる⁵²。この書簡は、1913年のジョーデインの論文に引用されていたが⁵³、パターソンは1950年の論文でこれに詳しい分析を加え、フックの先取権申し立ては信頼に値するものだと主張した⁵⁴。

このオープリーの書簡には、フックの先取権の正当化のために、1674年にフックがロンドンで出版したカトラー講義、『地球の運動を証明する試み (*An Attempt to Prove the Motion of the Earth*)』(以下『試み』と略す)⁵⁵の終わりの部分が引用された。そこでフックは、従来のものとは異なる世界の体系 (*System of the World*) のアイデアを、今後の課題として記した⁵⁶。それによれば、

これは、三つの前提に基づいている。第一に、全ての天体は、地球の場合に見られるように、どれであれ自分の中心に向かう引力すなわち重力を持ち、これによって自己の諸部分を引きつけてそれが飛び去らないようにするだけではなく、作用の範囲内の全ての他の天体を引きつける。……(中略)……第二の仮定は、全てのあらゆる物体は、直線の単純な運動をさせられると、他の何らかの作用力によって円、楕円あるいはこれとは違う複合曲線運動へと逸らされ曲げられるまでは、直線運動を続けることである。第三の仮定は、このような引力は、その中心に近いほど強く働くことである。それがどのような大きさなのか、今のところ私はまだ実験によって確認していない。

ここには、天体相互の引力の考えと、物体の曲線運動を外力による直線運動からの逸れとするフックの見方が明示されている。この二つの観点は、惑星の運動を力学的に解明するために不可欠の前提であった。書簡の記述によれば、フックはこの考えを、『試み』の出版に先立って、1671年に王立協会で読み上げていた。同じ考えは、本章の冒頭で取り上げた1666年の円錐振子の実験の際にも、原初的な形で示されていた。

フック自身が明言しているように、1670年代の前半に『試み』を執筆した時、フックは天体相互の引力が両者の距離の自乗に反比例すること(逆自乗則)をまだ把握していなかった。しかし、オープリーの書簡によれば、「天体とその運動の引力の程度と比は、フック氏によって、1678年にニュートン氏に伝えられた」という⁵⁷。

⁵¹ Jourdain(1913), pp. 372-374.

⁵² Aubrey(1898), p. 414, note a.

⁵³ Jourdain(1913), pp. 372-374.

⁵⁴ Patterson(1950), pp. 39-43.

⁵⁵ Gunther, 8, pp. 1-28 所収。

⁵⁶ Aubrey(1898), p. 413. この原本にあたるものは、Gunther, 8, pp. 27-28.

⁵⁷ Aubrey(1898), p. 414.

フックに高い評価を与えようと努力したバターソンは、フックは早くも 1665 年の『ミクログラフィア』で逆自乗則に至っていたと述べた。コイレが指摘したように、これは明白な誤りであり⁵⁸、実際には、『ミクログラフィア』にそのような記述はない。ローネのその後の研究によれば、フックが逆自乗則に至ったのは、1676 年の夏以前のことであったという⁵⁹。この推定の根拠は、日記の内容から、1675 年にフックがホイヘンスの『振り時計 (*Horologium oscillatorium*)』を読んで円錐振子に再び考察をめぐらしたことが分かること⁶⁰、これに加えて、この時期にフックがケプラーの第二法則に関心を持っていたことが読みとれることであった⁶¹。

ウェストフォールは、フックがこの時にどのように引力の逆自乗の関係を導出したのか再構成を試みた⁶²。それによると、フックはエネルギーと力(勢力)の関係に、ケプラーの第二法則を応用したという。すなわち、ケプラーの法則から、 $v \propto 1/r$

であるが、一方、前々節などで利用したエネルギーの関係を使えば、

$$f \propto v^2$$

が成立していると考えられる(フックがしばしば f と p を混同したことに注意)。よって、上の二式より、

$$f \propto 1/r^2$$

という関係が導かれる。フックは、1680 年のニュートン宛の書簡で、ちょうどこの逆のプロセスで逆自乗則からケプラーの法則を導出した。ウェストフォールの議論は、フックのこの議論を元に推定されたものである⁶³。

⁵⁸ Patterson(1949), p. 330; Alexandre Koyré, 'An Unpublished Letter of Robert Hooke to Isaac Newton', *Isis* 43 (1952), pp. 312-377 (p. 318, n. 37). なお、島尾は、バターソンの誤った主張に準拠した記述を与えている。島尾永康、『ニュートン』(岩波新書、1979年)、95 ページ。

⁵⁹ J. Lohne, 'Hooke versus Newton: An Analysis of the Document in the Case on Free Fall and Planetary Motion', *Centaurus*, 7 (1960), pp. 6-52 (pp. 13-15).

⁶⁰ ホイヘンスの『振り時計』は、円錐振子も取り扱った。 *Oeuvres*, 18, pp. 73-368 (pp. 360-365) [英訳、*The Pendulum Clock* (Ames, Iowa, 1986), trans. Richard J. Blackwell, pp. 173-175]. なお、『振り時計』には、原亨吉による日本語の抄訳があるが、円錐振子を扱った部分は訳出されていない。科学の名著、第2期第10巻、『ホイヘンス—光についての論考他』(朝日出版、1989年)を見よ。

⁶¹ Lohne(1960), p. 13; *Diary 1672-1680*, pp. 194 & 246ff.

⁶² Westfall(1967b), pp. 258-259.

⁶³ Westfall(1967b), p. 259. フックの考察は、次節に引用する 1680 年 1 月 6 日付けのニュートン宛の書簡に現れている。ウェストフォールは論文で、フックの別の議論も紹介している。そこでは、光が距離の自乗で減衰することの類推として逆自乗則が導出された。 *Posthumous*, p. 185 参照。

オーブリーの書簡は、フックが逆自乗則をニュートンに書き送った経過を次のように記している。

9年か10年ほど前、フック氏はケンブリッジのトリニティー・カレッジのアイザック・ニュートン氏に手紙を書き、最初は重力の距離への比を述べることも、それでどのような曲線が描かれるのかも述べることもなしに、この理論を証明した。この手紙への返事で、ニュートン氏はそれについては知らないと言った。彼が最初にやってみたとき、彼はあらゆる距離で引力が等しいと前提して計算したと確かに述べた。これに対して、フック氏は次の手紙で、自分の仮説全体を書いた。すなわち、重力は距離の平方に反比例すること、これによる運動は、太陽を一つの焦点とする楕円であり、惑星の遠日点と近日点は互いに同一直線上の反対側にあることである。これについてニュートン氏は証明を与えたが、彼はその最初のイマジネーションをフック氏から得たことを全く述べていない⁶⁴。

オーブリーは、このようにして、『プリンキピア』の内容に対して、フックの逆自乗則の先取権を弁護しようとした。

フックとニュートンの力学論争

フックが、『プリンキピア』の基礎となる円運動についての解釈および逆自乗則を1670年代末ごろの手紙のやりとりでニュートンに書き送ったことは、早くから指摘されていた⁶⁵。その手紙のやりとりは、フックとニュートンの第一回目の力学論争とでも呼ぶべきものである。これは、7通の書簡から成っていた。その書簡は手稿の状態のままであったが、1952年になって、全てが印刷物として入手できるようになった。そして、コイレなどの研究によって、論争の全体像が解明された⁶⁶。

次章で論じるように、フックとニュートンは、1672年から1676年にかけて、望遠鏡や色彩の理論をめぐる激しい論争を展開した。その後の約10年間は、ウェストフォールが「沈黙の年 (Years of Silence)」と名付けた時期で、この時にニュートンは、比較的周囲から引き籠った生活を送っていた⁶⁷。1679年には母が没し、ニュートンは約4カ月間故郷に戻ったりした。

⁶⁴ Aubrey(1898), pp. 414-415.

⁶⁵ Jourdain(1913), p. 366; Patterson(1949), p. 334.

⁶⁶ 書簡のうち5通は、ケンブリッジのトリニティー・カレッジに所蔵されており、他の2通は、ブリティッシュ・ライブラリーが入手したものだった。最後の1通(1679年12月13日付)は、Koyré(1952)によって初めて公にされた。なお、現在では、いずれの書簡も、*Newton Corresp*によって容易に目にすることが出来る。

⁶⁷ *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton* (Cambridge, 1980a), Chap. 9.

一方フックは、1677年秋にオルデンバークが没したのを受けて、同年の10月15日から王立協会の幹事の職務を引き継いだ。フックは、引き籠っているニュートンに宛てて1679年11月24日に手紙を書き、オルデンバークの時代同様に文通を続けるように依頼した⁶⁸。これが、彼らの力学論争のきっかけとなった。

フックはこの手紙の中に学界のいくつかの情報を書き記すとともに、自分の仮説に対するニュートンの意見を求めた。その仮説とは、「惑星の運動を、接線方向の直線運動と、中心物体に向かう引力運動の合成」と見る考えのことだった⁶⁹。

ニュートンは、4日後の返書で、自分はまだ故郷から帰ったばかりであるし、帰郷以前から哲学から遠ざかっている、と婉曲に断りを述べた⁷⁰。そして、フックの仮説は有名なものだと思うが、自分は聞いたことがないと書いた。しかしニュートンは、この拒絶の回答をやわらげるために、自分の「ファンシー」を書き送った。それは地球の自転を見いだすための実験であり、第16図aのように、地上の高所から物体を落下させるものだった⁷¹。ニュートンによれば、物体は通常思われているように自転によって西側に落ちるのではなく、逆方向の東側に落ちるといふ。なぜなら、地球の自転が物体に与える東向き初速は、高い位置ほど大きいからである。ニュートンは、この実験を行なう方法も提案した。

ニュートンのこの手紙は、12月4日の王立協会の会合でフックによって読み上げられた。レンらの協会の会員は、ニュートンのファンシーに関心を持った⁷²。だが、翌週の例会で披露されたフックのニュートン宛の返信は、ニュートンの考えを批判するものだった。12月9日付のこの手紙は、落体の運動はニュートンの言うようにスパイラル状ではなく、'Elleptueud' であると指摘していた。しかも、物体は東側ではなく、ロンドンでは南東の方向に落ちるといふ⁷³。フックは、手紙に第16図bに示されているような図を添付した。空気抵抗がない場合には、物体はこの図の軌道AFGHを描き、空気抵抗がある場合には、経路AIKLMNOPをたどってCに向かうとした。フックが'Elleptueud'で何を意味しているのかは、この図からは必ずしも明らかではない。ローネはこれを楕円と考えたが、コイレは楕円とは見ていない。両者の是非についての結論は、現在でも出ていない⁷⁴。

ニュートンは、物体が南東に落ちるといふフックの手紙の主張を、12月13日の返信の初めの部分で受け入れた⁷⁵。しかし、ニュートンはこれに続けて、

⁶⁸ Hooke to Newton, 24 November 1679, *Newton Corresp*, 2, pp. 297–300.

⁶⁹ *Newton Corresp*, 2, p. 297.

⁷⁰ Newton to Hooke, 28 November 1679, *Newton Corresp*, 2, pp. 300–304.

⁷¹ この問題の前史については、Koyré(1952), pp. 324–326.

⁷² *Birch* 3, pp. 512–513.

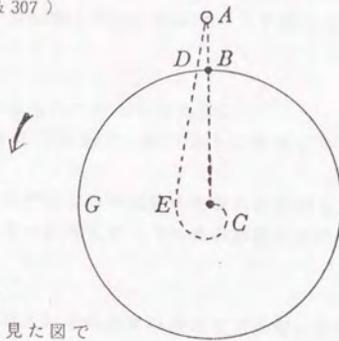
⁷³ *Birch* 3, p. 516; Hooke to Newton, 9 December 1679, *Newton Corresp*, 2, pp. 304–307.

⁷⁴ Koyré(1952), p. 327; Lohne(1960), p. 25.

⁷⁵ Newton to Hooke, 13 December 1679, *Newton Corresp*, 2, pp. 307–308.

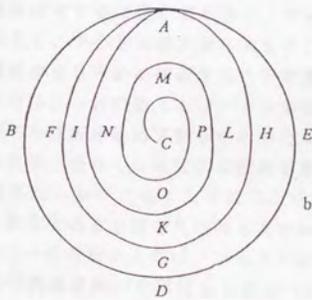
第16図 落体の運動の説明

(出典・ *Newton Corresp.*, 2, pp. 301, 305 & 307)



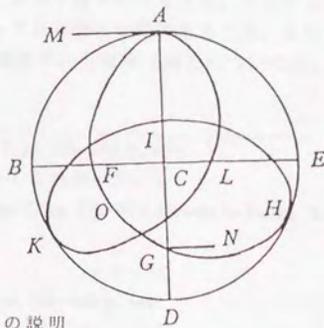
a. ニュートンの最初の説明

これは地球を北極から見た図であり、落体は軌道 ADEC を描く



b. フックの Elleptueud

AFGH は空気抵抗がないと仮定した場合の軌道で、抵抗があると物体は C に向かって落ちて行く。



c. 修正されたニュートンの説明

もしもその重力が一樣と仮定すれば、それはスパイラルを描いて真ん中に落ちることはなく、遠心力と重力が相互に他を凌ぐので、上がったたり下がったりするでしょう

と書いた。その運動は、第 16 図 c のようなものであるとされた。

これに対してフックは、1680 年 1 月 6 日の手紙で、次のように指摘した⁷⁶。

しかし、私の仮定は、引力は常に地球の中心からの距離の自乗に逆比例し、速度は引力の平方根なので、従ってケプラーが考えたようにその距離に反比例するというものです。

フックは、物体が地中に入り込んでいくというのは何の役にも立たない思弁だと認めながらも、自分の前提は、ニュートンのように引力が一樣というのではなく、それが距離の逆自乗になるというものであると述べた⁷⁷。さらにフックは、落体の実験を行なってみたところ、物体は確かに南東に落ちたとニュートンに報告した。

この書簡に対する返書が来る前に、フックは再び実験の成功をニュートンに伝えた。加えて、中心から逆自乗の大きさの引力が働く下で、単純な円以外にどのような運動が生じるかを解析することが重要であると手紙に記した。だが、二人のやりとりは、これに続くニュートンの短い手紙で終わった⁷⁸。

この論争の詳細を初めて明らかにしたコイレは、これが「ニュートンの思想の発展に重要な、恐らくは決定的な役割を果たした」と指摘した⁷⁹。ニュートン自身、1686 年にハレーに宛てた手紙で、「彼 [フック] の手紙が、私が [天体の軌道の] 形を決める方法を見つけるきっかけとなった」と述べた⁸⁰。事実、ウェストフォールの分析によれば、フックとの手紙のやりとりを機に、ニュートンは天体の楕円軌道運動の分析にとりかかったのであった。その研究は、1680 年代の半ばに『プリンキピア』を執筆する際の基礎となった⁸¹。

このフックとの論争で、ニュートンには何を得たのだろうか。オーブリーの書簡の通り、ニュートンは逆自乗則をフックから知ったのであろうか。この点についてニュートンは、先のハレー宛ての書簡で、「自乗 [則] については、

⁷⁶ Hooke to Newton, 6 January 1680, *Newton Corresp*, 2, pp. 309–312 (p. 309).

⁷⁷ フックは、実際には地中で引力は減少していくと推測した。

⁷⁸ Hooke to Newton, 17 January 1680, *Newton Corresp*, 2, pp. 312–313; Newton to Hooke, 3 December 1680, *Newton Corresp*, 2, p. 314.

⁷⁹ Koyré(1952), p. 312.

⁸⁰ Newton to Halley, 14 July 1686, *Newton Corresp*, 2, pp. 444–445 (p. 444).

⁸¹ Westfall(1980a), pp. 387 & 410.

20年ほど前にケプラーの定理からそれを推論したことを断言できる」と発見の独立性を主張した⁸²。ヘリヴェル(John Herivel)の研究が明らかにしたように、ニュートンは1665年ごろに始まるノート、「雑記帳(Waste Booke)」で円運動の解析に着手した。その数年後のものと思われる手稿で、ケプラーの法則と円運動の解析を結びつけて、ニュートンは逆自乗則に至ったと思われる⁸³。

しかしながら、ウェストフォールが指摘している通り、このころのニュートンは、円運動を遠心力と向心力の釣り合いの問題と捉えていた⁸⁴。しかも、フックとの論争でもニュートンは、落体は「遠心力と重力が相互に他を凌ぐ」ためにクローバー状の軌道を描くと再び釣り合いの考えを述べた。だから、フックのニュートンに対する寄与は、逆自乗法則をニュートンに教えたことではなく、円運動を、直線運動からの引力による逸れとする見方を示した点であると考えられる⁸⁵。ローネの表現を借りれば、この意味で、「『プリンキピア』の重要な諸定理は、フックがニュートンに提示した問題への解と見なせる」のである⁸⁶。

1684年の1月、ハレー、レンと会った際、フックは、逆自乗の法則から、全ての天体運動を証明することができると述べた。その時レンは、フックに対して、2カ月以内に満足の証明を持ってくれば、40シリング相当の書籍を与えること約束した。だが、フックは証明を示すことが出来なかった⁸⁷。この有名な出来事は、ハレーのニュートン訪問を通じて、『プリンキピア』出版の直接のきっかけとなったものである。

『プリンキピア』の出版は、ハレーの尽力によって、1686年5月19日の王立協会の会合で正式に決定された⁸⁸。この決定をニュートンに伝えた手紙でハレーは、フックが逆自乗則の先取権を主張しており、序文で彼に言及することを求めていることを伝えた⁸⁹。このフックの主張は、ニュートンとフックの対立を再び引き起こした。

後述する光学論争から通算して三回目のこの衝突で、フックとニュートンの関係は、決定的に悪化した⁹⁰。ハレーの先の手紙に対する5月27日の返信で、ニュートンは、フックが先取権を主張できる命題は「一つもない」と書いた⁹¹。ニ

⁸² *Newton Corresp*, 2, p. 445.

⁸³ John Herivel, *The Background to Newton's Principia* (Oxford, 1965), Chap. 2 & 4 (esp., pp. 129-132 & 192-198); Westfall(1980a), pp. 148-152.

⁸⁴ Westfall(1980a), pp. 154-155.

⁸⁵ Bennett(1975), p. 32; Westfall(1967b), pp. 259-260.

⁸⁶ Lohne(1960), p. 50.

⁸⁷ Halley to Newton, 29 June 1686, *Newton Corresp*, 2, pp. 441-444 (p. 442).

⁸⁸ *Birch* 4, p. 484.

⁸⁹ Halley to Newton, 22 May 1686, *Newton Corresp*, 2, pp. 431-433 (p. 431).

⁹⁰ Koyré(1952), p. 312.

⁹¹ Newton to Halley, 27 May 1686, *Newton Corresp*, 2, pp. 433-434 (p. 433).

ニュートンは6月20日にもハレーに書簡を送ったが、本文より長いその手紙の道仲で、ニュートンはフックに対する怒りを露にしている⁹²。というのは、ニュートンは、王立協会の会合でフックが、ニュートンのやったことは全て自分から得たものだ、と述べたことを人づてに聞いたのであった。ニュートンはこの主張に我慢できず、フックこそボレリの業績を自分のものかのごとくに書いていると非難した⁹³。ニュートンは、さらにフックを攻撃して、次のように述べた。

まことに結構なことです。発見し、解決し、全てをやった数学者は、無味乾燥な計算者として骨折り損に満足しなければならず、全てを把握したと主張する者が、先人や後続の人々の全ての発明を横取りしてしまうのです⁹⁴。

両者の対立は、フックが没するまで続いた⁹⁵。この時期のフックの日記には、ニュートンに対する罵りの言葉がいくつも見られる⁹⁶。先のオーブリーのウッド苑の手紙は、このような文脈の中で書かれたものである。フックは、同様の主張を、1690年春のグレシャム・カレッジの講義でも述べた。

これらの重力の性質については、私が最初に見つけて、何年も前に王立協会に示した。それを最近ニュートン氏は、ご親切にも印刷し、彼自身の発明となさった⁹⁷。

フックの力学の位置

以上の議論で示したように、ニュートンとフックは、各々独立に逆自乗則に至った。しかし、バタースンが考えたのとは違って、フックは、1665年の『ミクログラフィア』の時にはまだ逆自乗則を把握してはいなかった。バタースンは、オーブリーの手紙に依拠しながら、ニュートンが逆自乗則などをフックから知ったことも示そうとした。だが、これもまた、正しくはなかった。このようなバタースンの行き過ぎは、1950年にコイレの短い論文によって最初に批判された。

⁹² Newton to Halley, 20 June 1686, *Newton Corresp.*, 2, pp. 435-441.

⁹³ *Newton Corresp.*, 2, p. 437. フックがボレリに負っているというニュートンの主張に対しては、1950年になって、アーミテージが否定的な見解を示した。Angus Armitage, 'Borell's Hypothesis' and the Rise of Celestial Mechanics', *Ann. Sci.*, 6 (1950), pp. 268-282. フックと、先行するレンの関係については、Bennett(1975)が示唆に富む。

⁹⁴ *Newton Corresp.*, 2, p. 438.

⁹⁵ Westfall(1980a), p. 451.

⁹⁶ *Gunther*, 10, pp. 98, 133 & 184.

⁹⁷ A. R. Hall, 'Two Unpublished Lectures of Robert Hooke', *Isis*, 42 (1951b), pp. 219-230 (p. 224).

コイレはその論文で、フックが数学的トレーニングを欠いている点も強調した⁹⁸。その翌年、ホールは、先行する研究が、手稿ではなく、出版された史料にたよっていることを批判した⁹⁹。その直後にコイレは、フックとニュートンの力学論争を、手稿などを通じて詳細に分析した論文を発表した。その作業は、ローネなどによって続けられた。しかしウェストフォールは、ローネなどの分析は、フックを評価しすぎているものだと指摘した¹⁰⁰。ウェストフォールによるならば、フックの想定した重力は「万有引力」ではなく、しかも、逆自乗則の導出も混乱しているという¹⁰¹。

先にも論じたように、フックは1674年の『試み』の終わり近くで、彼の世界の体系の三つの前提を述べた。その第一の前提は、次のようなものである。

全ての天体は、地球の場合に見られるように、どれであれ自分の中心に向かう引力すなわち重力を持ち、これによって自己の諸部分を引きつけてそれが飛び去らないようにするだけでなく、作用の範囲内の全ての他の天体を引きつける・・・(以下略)。

この最後にある「作用の範囲内 (within the sphere of their acitivity)」という表現は、フックの想定する引力が、ある領域の中だけで作用することを意味している¹⁰²。フックは、1678年にロンドンで出版した『彗星論 (Cometa)』で、これと同じことを述べた。そこではさらに、引力は、「磁石同様に、いくつかの物体には作用しないかもしれない」と、引力の作用が選択的であることも示唆された¹⁰³。また、1682年の遺稿でフックは、

重力という言葉で、私は、類似の一樣な性質のものが、互いに結びつくまで他

⁹⁸ Alexandre Koyré, 'A Note on Robert Hooke', *Isis*, 41 (1950), pp. 195-196. これに対するバターソンの反論は、Louise D. Patterson, 'A Reply to Professor Koyré's Note on Robert Hooke', *Isis*, 41 (1950), pp. 304-305.

⁹⁹ A. R. Hall, 'Two Unpublished Lectures of Robert Hooke', *Isis*, 42 (1951), pp. 219-230 (p. 219). ホールはここで、二つの手稿を転記している。それは1690年春のフックの講義で、一方は光学、他方は力学に関係するものである。後者では、遠心力の作用によって地球が偏平であることが論じられた。これは、フックの1687年の講義にも現れた。 *Posthumous*, pp. 355ff.

¹⁰⁰ Westfall(1967b), p. 245.

¹⁰¹ エネルギー概念とケプラーの法則を結びつけたフックの逆自乗則の導出については、本章の「フックと万有引力」の節を見よ。

¹⁰² ベネットは、ある範囲内の重力という考えの源泉の可能性として、ギルバートやウィルキンズを挙げている。Bennett(1975), p. 40.

¹⁰³ 『彗星論』は、*Gunther*, 8, pp. 217-328 所収。特に p. 228 を見よ。

に向かって動かされる原因の力のことを理解している¹⁰⁴

と述べた。したがって、フックの引力は、ウェストフォールが指摘したように、全ての物体相互に（万有に）働くものではなく、ある範囲内の類似の物体（例えば天体同士）の引き合う作用のことだと考えられる。

以上のことをまとめると、次のようになる。まず、フックはニュートンとは独立に引力の考えを持った。だが、それは「万有引力」ではなかった。フックの力学の意義は、円運動を直線運動からの逸れと見る観点をニュートンに提示したことにあつた。フックはこの問題を明確に定式化することは出来たが、コイレのいうように、それを数学的に解決することはできなかった。フックは、1685年の手稿で円運動の分析を試みたが、それは結論に至らなかったように思われる¹⁰⁵。この問題の解決は、ニュートンに残されたのだった。

1913年にジョーデインは、「彼〔フック〕の想像力はニュートンと全く同じだった。数学者としては、彼はニュートンにたいそう劣っていた」¹⁰⁶と述べた。約80年におよぶ研究の間に、まずフックを高く評価し、やがて上述のような結論を見いだした科学史研究は、再びジョーデインと同じ地点に戻ってきているように思われる。力学においてフックは結局問題の提示者にとどまったのであり、少なくともこの分野を見る限り、フックをニュートンより高い位置に置くことはできない。それは、公正な判断であると考えられる。

¹⁰⁴ Posthumous, p. 176. フックはさらに、重力は、「類似のものが互いに最も強く作用する」(Ibid, p. 191)と書いている。

¹⁰⁵ Pugliese, pp. 499ff. フックは円運動を連続した衝撃（インパルス）によって起こるものとして分析した。しかし、遠心力の定式化までしか至っていないという。

¹⁰⁶ Jourdain(1913), p. 359.

第六章 フックの光学研究

フックの光学を扱ったこれまでの研究は、主にニュートンの光学理論との関係においてフックに焦点を当ててきた。その研究は、ウェストフォールとサブラ(A. I. Sabra)の二人を中心に、1960年代に展開された¹。前者は光学に限定されないニュートン全般の研究の一環として、後者は、何人かの光の波動論者とニュートンの対立分析の文脈でフックの光学理論を扱った。1970年代に入ると、シャピロ(A. E. Shapiro)の研究が現れたが、彼の研究は、それ以前の水準を大きく越えるものではなかった²。

ニュートンとフックは、生涯で三回の論争を経験した。ウェストフォールとサブラの研究は、彼らの最初の衝突である光学論争の分析を軸として展開された³。この衝突は、ニュートンが反射式望遠鏡を発表し、これにフックが批判を加えたことによって起こったものであった。この論争の原因についてウェストフォールとサブラは解釈を加えたが、二人の解釈の間には大きな齟齬があった。その齟齬は、ニュートンの光学理論の位置づけにも影響を与える重大なものだった。だが、その後の研究で、この大きな問題が議論されることはなかった。

筆者は、1984年に英国で出版した論文で、ウェストフォールとサブラの議論の矛盾を批判的に検討し、従来とは異なる独自の視点を打ち出した⁴。この視点

¹ Richard S. Westfall, 'The Development of Newton's Theory of Color', *Isis*, 53 (1962a), pp. 339-358; *idem*, 'Newton and His Critics on the Nature of Colors', *Arch. int. d'hist. sci.*, 15 (1962b), pp. 47-58; *idem*, 'Newton's Reply to Hooke and the Theory of Colors', *Isis*, 54 (1963), pp. 82-96; A. I. Sabra, *Theories of Light from Descartes to Newton* (London, 1967, repr., Cambridge, 1981), pp. 185ff.

² A. E. Shapiro, 'Kinematic Optics: A Study of the Wave Theory of Light in the Seventeenth-Century', *Arch. Hist. Exact Sci.*, 12 (1973), pp. 134-266; *idem*, 'Newton's Definition of a Light Ray and the Diffusions Theories of Chromatic Dispersion', *Isis*, 66 (1975), pp. 194-210. このほかに、ニュートンの望遠鏡にフックがどのように関与したかについて、シンプソンが学位論文で新しい知見を加えた。この論文は本論文の第II部の議論に特に関係するものだが、本章でもこれを適宜参照した。A. D. C. Simpson,

'The Early Development of the Reflecting Telescope in Britain', unpublished Ph. D. thesis, Edinburgh University, 1981.

³ 他の二回の論争とは、前章で論じた1679年からの第一回目の力学論争と、『プリンキピア』をめぐる第二回目の力学論争である。

⁴ Hideto Nakajima, 'Two Kinds of Modification Theory of Light: Some New Observations on the Newton-Hooke Controversy of 1672 Concerning the Nature of Light', *Ann. Sci.*, 41 (1984), pp. 261-278.

は、現在学界の標準理論になりつつあるものである⁵。以下の議論では、従来の研究を筆者の観点から批判し、新しいフック=ニュートン論争の歴史記述が与えられる。その中で、フックの光学理論の骨格も解明される。

ニュートンの反射式望遠鏡の発明

アイザック・ニュートンが最初に学界にその名を知られたのは、彼の反射式望遠鏡の発明によるものである。ニュートンはその業績を讃えられ、1672年1月11日、王立協会の会員に選出された⁶。

彼がニュートン式と呼ばれるようになる反射式望遠鏡を最初に作製したのは、1668年のことだった。これは長さが6インチで口径1インチ以上、倍率はおよそ40倍のものだった。ニュートンはこの望遠鏡で、木星やその衛星、金星の満ち欠けを見た⁷。

当時ニュートンは、ケンブリッジ大学トリニティー・カレッジのフェローを勤めていた。翌年の10月に彼は、アイザック・バロー (Isaac Barrow, 1630-1677) を継いで、ケンブリッジのルーカス数学教授となった。ニュートンの数学における才能と業績は、バローによって、ジョン・コリンズ (John Collins, 1625-1683) に伝えられた⁸。コリンズは、数学を愛好するイギリス政府の役人であり、この時代の文通の要の一人だった。

数学の業績の場合とは違って、ニュートンの望遠鏡の情報が王立協会に伝わった経過は、残念ながら知られていない。コリンズは、ニュートンが「16フィートの望遠鏡を1スパンにする」発明をしたと友人に書き送ったが⁹、彼がこれを王立協会に伝えたのかどうかは分からない¹⁰。しかし、望遠鏡はガリレオ以来科学者の興味を引いていた装置だったから、新しい望遠鏡の噂が様々な経路でじわじわと広まって行ったことは不思議ではない。

情報が王立協会に伝わった詳細な経過は不明だが、協会は1671年12月ごろ、

⁵ 筆者の議論に依拠した研究の例として、Michael J. Duck, 'Newton and Goethe on Colour', *Ann. Sci.*, 45 (1988), pp. 507-519; Simon Schaffer, 'Glass Works: Newton's Prisms and the Uses of Experiment' in *The Uses of Experiment*, David Gooding et al. (eds.), (Cambridge, 1989), pp. 67-104.

⁶ *Birch* 3, p. 1.

⁷ Newton to a Friend, 23 February 1669, *Newton Corresp.*, 1, pp. 3-4 (p. 3).

⁸ Barrow to Collins, 20 & 31 July 1669, *Newton Corresp.*, 1, pp. 13-14. ニュートンとコリンズは、ほどなく直接に面会した。 *Ibid.*, pp. 20 & 58.

⁹ Collins to Vernon, 14 December 1671, in Stephen J. Rigaud (ed.), *Correspondence of Scientific Men of the Seventeenth Century*, 2 vols. (Oxford, 1841, repr., Hildesheim, 1965), vol. 1, pp. 176-179 (p. 176).

¹⁰ シンプソンは、いくつかの情報伝達経路について推定を試みた。Simpson (1981), pp. 86-87.

ニュートンに望遠鏡の提出を求めたと推定される¹¹。フラムスチードの伝えるところでは、ニュートンの望遠鏡は、バローの手で王立協会にもたらされた(第17図)¹²。この望遠鏡は、ニュートンが最初に作ったものの改良型で、長さは6インチ強、反射鏡の曲率半径は約13インチ、倍率は約38倍だった¹³。ニュートンが1671年12月21日に王立協会の会員選出の推挙を受けるのに先だって、彼の望遠鏡はロンドンに到着したと思われる¹⁴。そして、オルデンバーグがニュートンに宛てて書いたように、王立協会にもたらされたニュートンの望遠鏡は、「光学の知識と実践に最も通じた何人かの人々によって考察吟味され、彼らの賞賛を受けた」のであった¹⁵。

光と色の新理論

王立協会での反響に驚いたニュートンは、自分が反射式望遠鏡に至った経過を書き送る意志をオルデンバーグに伝えた¹⁶。1672年2月6日に書かれたその手紙は、「光と色についての新理論(New Theory about Light and Colors[sic])」という論考として、『フィロソフィカル・トランザクションズ』に収められた¹⁷。その冒頭の記述によると、

1666年の初め(その時、球状でないレンズを磨くのに熱中していたのですが)、私は三角形のガラスのプリズムを入手し、それを使って有名な色彩の現象を試してみました。・・・(中略)・・・それで作られる鮮やかで強烈な色を眺めるのは、初めは非常に良い気晴らしでした。しかし、少したつて、より慎重にそれを眺めてみると、私はそれが細長い形であるのに気づいて驚きました。それは、受け入れられている屈折の法則に従うならば円形になると予想していたからです。

¹¹ Simpson(1981), p. 88.

¹² Flamsteed to Collins, 31 January 1672, *Newton Corresp.*, 1, pp. 88-89 (p. 88).

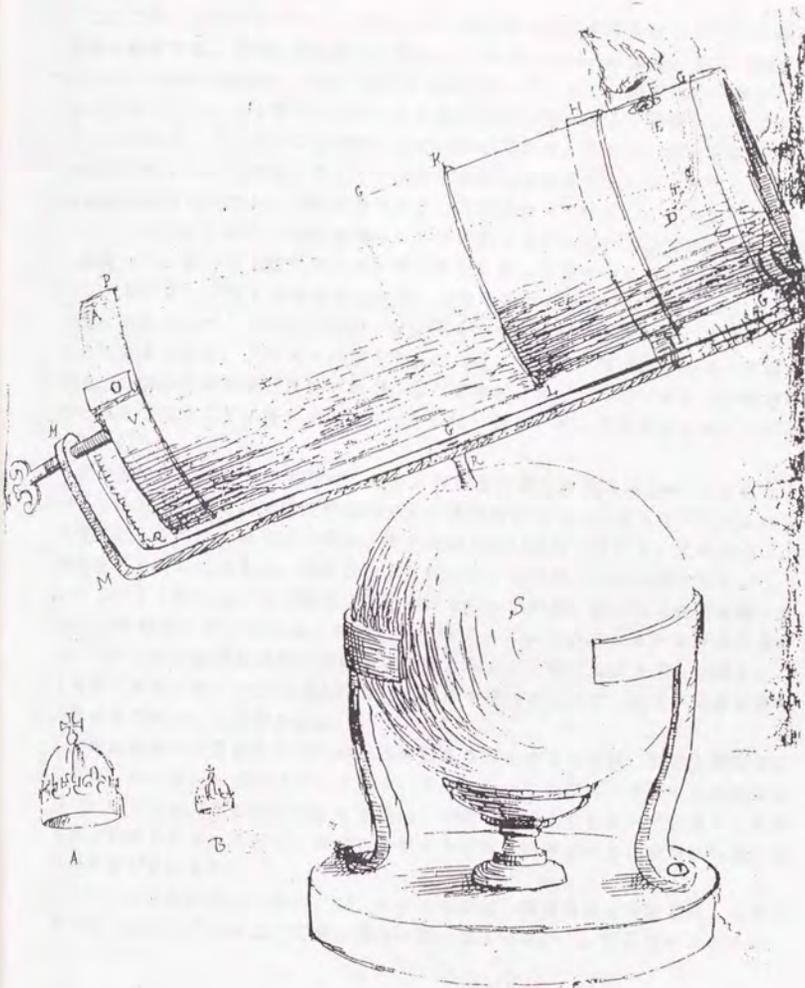
¹³ 'An Account[=Account] of a New Catadioptrical Telescope Invented by Mr. Newton', *Phil. Trans.*, 7 (1672), No. 81, pp. 4004-4010 (pp. 4004-4005). この望遠鏡の径は、1インチとも2.37インチとも言われる。Simpson(1981), pp. 71-72. 現在王立協会に所蔵され、ニュートンのものと言われる望遠鏡と、ニュートンが王立協会に実際に提出した望遠鏡の関係については Simpson(1981), pp. 149ff.

¹⁴ Birch 2, p. 501; Simpson(1981), p. 89.

¹⁵ Oldenburg to Newton, 2 January 1672, *Newton Corresp.*, 1, pp. 73-74 (p. 73).

¹⁶ Newton to Oldenburg, 6 January 1672, *Newton Corresp.*, 1, pp. 79-81 (p. 79); Newton to Oldenburg, 18 January 1672, *ibid.*, pp. 82-83 (p. 82).

¹⁷ Newton to Oldenburg, 6 February 1672, *Newton Corresp.*, 1, pp. 92-107; *Phil. Trans.*, 6 (1672), No. 80, pp. 3075-3087.



第17図 ニュートンの反射式望遠鏡
 (Corresp, 1, Plate 1 より)

ここで言う「球状でないレンズ」とは、双曲線などの断面を持つレンズを磨く試みを意味する。当時、望遠鏡の欠陥は、ケプラー (Johannes Kepler, 1571-1630) やデカルト (René Descartes, 1596-1650) の見解に従って、レンズが球形の一部として磨かれることにあると考えられていた。幾何学的な考察から、球面レンズは焦点を一点に結ぶことはないことが知られていたのである。それは、球面収差と称される原理的な欠陥である。そして、光を一焦点に収束させるには、楕円もしくは双曲線の断面を持つレンズが必要であることが分かっていた。

ニュートンはこのような非球面のレンズを磨こうとしていたのだが、慰みに暗い部屋に丸い孔から太陽光を入れ、プリズムを通して壁に投射した。全ての光がプリズムで等しい屈折を受けるならば、生じる像は丸くなるはずである。だが、実際にできたスペクトルは、著しく縦に長かった。ニュートンは像の伸びを引き起こす原因として、プリズムの厚さや孔の大きさの影響、ガラスの不斉、太陽の視角上の広がりの影響、光路の曲がりなどを検討した¹⁸。そのいずれもが像の伸びの原因でないことを確かめたニュートンは、新しい光と色の理論を考えるに至ったという。

その理論は、太陽の白色光が、色彩と屈折性の異なる諸光線 (rays) から成り立つとするものである。太陽光の成分である諸光線のうち、赤色光はプリズムによる屈折が小さく、黄色光は中間的、青色光は大きい屈折を受ける。そのため、太陽光をプリズムに通すと、光は屈折率に従って、スペクトルに分散される。

ニュートンがこのことを確認するために行なったのが、有名な「決定実験」だった (第 18 図)¹⁹。これは、右側の第一のプリズムで分散させた太陽光の中から、スリットで特定の色彩の光線のみを取り出して、第二のプリズムに通すという実験である。第二のプリズムにおける屈折を調べることで、各色の光線が異なる屈折性を持つことが分かる。

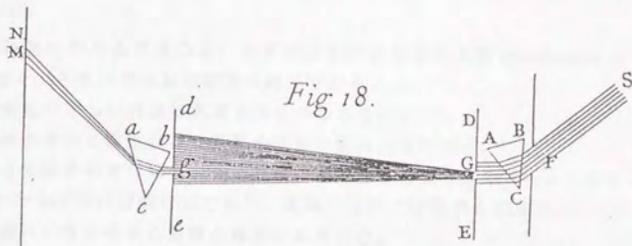
太陽光が様々な屈折性を持つ諸光線の集まりだとするならば、たとえ幾何学的に完璧なもので、ガラスレンズによってそれを一つの焦点に集めることはできない。なぜなら、屈折性の大きな光線は、小さい光線よりもレンズの近くに焦点を結ぶからである。これは、今日色収差と呼ばれる現象であり、レンズの像に虹色の隈取りを作る²⁰。

ニュートンの計算によると、レンズの色収差は、球面収差より数百倍も大きいものだった。そこで彼は、反射の利用に思い至ったという。反射角の大きさは入

¹⁸ *Ibid.*, pp. 3076-3078.

¹⁹ *Ibid.*, pp. 3078-3079. 「決定実験 (experimentum crucis)」の用語は、フックがフランシス・ベーコンの 'instantiae crucis' という言葉から造語したもの。 *Micrographia*, p. 54; J. A. Lohne, 'Experimentum Crucis', *Notes Rec. Roy. Soc. Lond.*, 23 (1968), pp. 169-199 (pp. 173-174).

²⁰ 屈折式の望遠鏡の像に隈取りが生じることは、当時気づかれていた。この現象に言及した一例として、 *Phil. Trans.*, 1 (1665), No. 1, p. 2.



第18図 ニュートンの「決定実験」

ニュートンは最初の論文には図を取録していなかった。この図は彼の *Opticks* からとったものである。

射角だけで定まり、光線の種類によらない。だから、反射鏡を使用した望遠鏡では、光がスペクトルに分散することはないのである²¹。

ニュートンは論考「光と色についての新理論」の後半で、彼の新しい光と色の理論を13箇条にまとめて示した²²。これを抜粋して要約すれば、次のようになる。

1. 光に色彩が発生するのは、屈折や反射による光の変容 (qualification) のためではなく、色彩は各光線の固有な属性であること。
2. 屈折性の等しい光線は色彩も同じであること。
3. 光線の色彩と屈折性は、反射や屈折で変化しないこと。
4. ある光線の示す色彩を、他の複数の光線から合成できること。しかし、合成された光は再び分離可能であり、純粋なものとは区別されること。
5. 光線は、色彩同様に無限の種類があること。
- 7, 8. 白色光は全ての種類の光線の混合から成る最もありふれた色であること。
- 9, 10. プリズムで虹の色が生じるのは、光線が色彩ごとに屈折性を異にするためであること。

ニュートンのこのような理論は、彼が光の粒子説にコミットしていることを予測させる。彼の理論は、一つ一つの光線を色彩に対応させるものであり、それは彼が光線を粒子と捉えていたためと考えれば矛盾なく導かれる。ニュートンは、光は「事実上実体 (substance)」であるとの論考の中で述べたが、これは彼の粒子説への関与を明確に示していた²³。

フックの批判

ニュートンのこの論文は、2月8日に王立協会の会合で読み上げられた。協会は、セス・ウォード、ボイル、フックに、これを精査して報告するように依頼した²⁴。同じ日にオルデンバーグは、ニュートンに宛てて手紙を書き、彼の光と色

²¹ *Ibid.*, 6 (1672), No. 80, pp. 3079-3080. 以上のようなニュートンの説明は、彼の実際の発見の過程というより、それを歴史的に再構成したものと考えられる。ニュートンの現実の思考過程の発展については、拙稿、「ニュートンの光学」、吉田忠編、『ニュートン自然哲学の系譜』（平凡社、1987年a）、185-222ページ（特に195-208ページ）を参照されたい。より詳細な内容は、筆者の修士論文、「ニュートンの光学理論形成とその背景」（東京大学、1982年）の第四、五章を見よ。

²² *Phil. Trans.*, 6 (1672), No. 80, pp. 3081-3085.

²³ *Ibid.*, p. 3085. 実際に粒子モデルに基づいてニュートンが光学理論を発展させたことについては、中島(1982)の第四章を見よ。

²⁴ *Birch* 3, p. 9.

についての論考が、「並外れた注目と常でない賞賛を受けた」ことを知らせた²⁵。

翌15日の会合で、ニュートンの論考についての検討結果が報告された²⁶。それはフックによるもので、ニュートンの理論に対する辛辣な批判であった²⁷。その批判は非常に厳しいものであったため、「わずか数日前に協会で大きな賞賛を受けた彼の論考の反論を、余りに突然印刷してニュートン氏が不名誉に感じないように」と、出版は後まわしとされた²⁸。

この報告の最初の部分でフックは、次のように述べた。

私はニュートン氏の色と屈折についての論考を精読して、彼の見事で興味深い観察に少なからず満足しました。私は、何百回も試みてそうであることを見いだしましたので、彼の主張が事実であることに完全に同意するものですが、しかし、その色彩の現象を解くための彼の仮説に関しては、私にそれが確実であると確信させる、否定できない議論を見るのがまだできないと言わざるを得ません²⁹。

フックの批判の要点は、ニュートンの行なった実験の真偽ではなく、実験を説明するための理論にあった。なぜなら、「同じ現象が私の仮説でも説明できる」からであるという。

フックは、ニュートンの光の理論に対して、自らの理論を対置した。

白色とは、均質の一樣で透明な媒質を通して伝播するパルス(pulse)、または運動(motion)以外の何ものでも有り得ません。そして、色彩とは、そのパルスが他の媒質に伝達される、すなわち屈折されることによるその光の乱れ以外の何ものでもありません³⁰。

さらに彼は、

色彩が屈折や自然物体での反射による光の変容(qualification)ではなくて、生来

²⁵ Oldenburg to Newton, 8 February 1672, *Newton Corresp.*, 1, pp. 107-108.

²⁶ Birch 3, pp. 10-15. これとほぼ同内容のものとして、Hooke to Oldenburg, 15 February 1672, *Newton Corresp.*, 1, pp. 110-116.

²⁷ フックは、これを書くのに「三、四時間しかかからなかった」と証言している。

Hooke to Lord Brouncker(?), c. June 1672, *Newton Corresp.*, 1, pp. 198-205 (p. 198).

²⁸ Birch 3, p. 10. 実際にはそれは出版されず、王立協会の 'Register' に書きとめられただけであった。なお、'Register' は、協会の議事録 (Journal Book または Minutes と称される) とは異なり、テーマを選んで詳しく書き留めるもの。

²⁹ Birch 3, pp. 10-11.

³⁰ Birch 3, p. 11.

の固有な性質であるということに同意できません³¹

とも述べた。

ニュートンは、白色光は様々な色の光線を集めた最も不純な光であると考えた。フックはこれとは逆に、白色が最も一様な光であり、他の色彩はその変容によって生じるものとした。その立場からフックは、

なぜ、諸色を作り出す運動、あるいは何であれ色彩を作り出すものが、単純な光線の中に初めから存在すると考える必然性があるのでしょうか³²

と批判を投げかけた。ニュートンの示した実験は、色彩を光の乱れと見る彼の立場からも説明されるものなのであった。

フックは、ニュートンの反射式望遠鏡にも批判的な見解をとった。レンズで作られる色彩を取り除くのは難しいが、「それでもそのことは克服不可能ではない」とフックは主張した³³。彼は、ニュートンが反射式望遠鏡に向けた努力が屈折式に向けられていれば、もっと多くの成果が得られたであろうという。

ニュートンは、フックの批判を、1672年2月20日にオルデンバーグから受け取った。それに対する返信は、4カ月近く経ってから王立協会に送られ、6月12日の会合で読み上げられた。その手紙の中でニュートンは、凹面反射鏡と、凸面レンズの収差の大きさを相互に比較している。両者は同一口径で、同一焦点距離を持ち、各々の曲率半径は、6万単位対1万単位であった。ニュートンは、色収差も勘案した上で、双方の収差の大きさを計算した。その結果は、凸レンズの収差が凹面鏡より約20倍大きいというものであった³⁴。

ニュートンは、フックへの返答の中で光のモデルにも触れた。彼は、粒子論者と断言されることを巧みに避けようとしたが、その一方で、フックのエーテル振動の考えを自分の理論に取り込もうとした。それによれば、光が物体に入射すると、「水に投げられた石のように、エーテル中に必然的に振動を引き起こす」という³⁵。こうして作られる波は、赤色がいちばん長く、紫色がいちばん短い³⁶。これは、光の粒子に随伴するエーテル波のアイデアである。これによってニュートンは、粒子説にとって困難な光の周期性の現象の説明を可能にしようとした。しかしニュートンは、光自体が波であるとは考えられないと述べた。なぜなら、

³¹ Birch 3, pp. 12–13.

³² Ibid

³³ Birch 3, p. 12.

³⁴ Newton to Oldenburg, 11 June 1672, *Newton Corresp.*, 1, pp. 171–193 (p. 173).

³⁵ *Newton Corresp.*, 1, p. 174.

³⁶ *Newton Corresp.*, 1, p. 175.

波は光のように直線的に伝播せず、各方向に広がっていくはずだからである³⁷。ニュートンはまた、光自体が波であるとするなら、最初のプリズムでスペクトルに分けられた光の波は、なぜ次の屈折でそれ以上分けられないことがないのかという疑問もフックに投げかけた³⁸。ニュートンは、フックの二原色体系を批判し、さらに原色と複合光の違いを論じた³⁹。

フックとニュートンの論争は、このように光の理論と反射式望遠鏡の是非という二点にわたって展開された。しかし、この論争に対する科学史的研究は、もっぱら光における両者の対立の側面だけに焦点をあててきた。

1962年の論文でウェストフォールは、フックとニュートンの光の理論の対立を波動説と粒子説の対立と見るそれまでの見方を批判した。彼は、それが光の変容説 (qualification theory、または modification theory) の是非をめぐるものであったことを強調した⁴⁰。本節のフックとニュートンのやりとりから明らかなように、フックとニュートンは、白色光から種々の色彩が生じる原因について異なる意見を持っていた。フックはその原因を光の変容と考えたのに対して、ニュートンはそれを否定した。この意味で、ウェストフォールの指摘は正しかった。

だが、この光学論争の分析に取り組んだ有力な研究者であるウェストフォールとサブラの二人は、この変容説という色彩論が何を意味するのかという根本的な問題について、全く異なる解釈を示した。以下では、この二人の解釈の内容を示し、両者の相違を明らかにすることにする。

ウェストフォールの分析

ウェストフォールは、光の変容説(時に変化説)とは、アリストテレス以来の色彩論であると考えた。

アリストテレスの色彩論は、彼の『気象学』に見られる。そこでアリストテレスは、次のように述べた。

視線〔光〕は反射されると弱くなるので、暗いものはますます暗くなるように見えるが、これと同じく白いものはますます白さを減じて黒に近づくのである。

³⁷ *Newton Corresp*, 1, p. 176.

³⁸ *Newton Corresp*, 1, pp. 176-177.

³⁹ *Newton Corresp*, 1, pp. 179-181.

⁴⁰ Westfall(1962b), p. 47. ニュートンの光学を光の粒子説と波動説の対立の文脈の中で解釈した初期のものとしては、Léon Rosenfeld, 'La premier conflit entre la théorie ondulatoire et théorie corpusculaire de la lumière', *Isis*, 11 (1928), pp. 111-122; Vasco Ronchi, *Storia della luce* (Bologna, 1939) [英訳、*The Nature of Light* (London, 1970), trans. V. Barocas, Chap. 4 & 5]がある。ウェストフォールの研究と同時代のこの種のものとしては、A. W. Badcock, 'Physical Optics at the Royal Society, 1660-1800', *Brit. J. Hist. Sci.*, 1 (1962), pp. 99-116.

しかし、視線が一層強いときは、その色〔白〕は赤に変わり、これが少し弱くなると緑になり、さらに弱くなると青くなる⁴¹。

これは、光本来の色を白色とし、これに何らかの原因で影が加わって弱められると色彩が生じるとする説である。影が加わって暗くなると、光は初めに赤色を示し、影の量が増大するに伴って、緑、青と色が変わる。そこでは、色彩と光の明るさが混同されていた。だが、炎の色が赤いのは煤の暗さによるのであり、夕焼けが赤いのは夜の闇の影響のためであるというように、この考えは経験的事実を説明することができた。

色彩を光と影の混合と見るこのアリストテレスの変容説（以下では「明暗混合説」と称す）は、ロバート・グロステスト (Robert Grosseteste, 1168-1253) らを経て、デカルトまで伝わった。ウェストフォールが指摘したように、

色彩論を形成する際、機械論的説明をするために、デカルトは逍遙学派の色と質の教義に意識的に反対し、これを追い払おうとした。この謀反の時に、彼は、伝統の軌が彼をどれほど縛っているのかをほとんど理解しなかった。逍遙学派の教義を拒否しながらも、彼は疑問も持たずに、ほとんど意識すらせずに、〔逍遙学派の〕色彩に関する基本的仮定を受け入れたのである⁴²。

そしてニュートンの論敵フックは、「完全にデカルトの自然観の支配の下にあった」⁴³。だから、「伝統的な変容の概念に挑戦することは、ニュートンに残されたのである」⁴⁴。こうしてウェストフォールは、フックをアリストテレスの明暗混合説の伝統を墨守する人物と描き、これに対して、近代の代表であるニュートンを対置した。フックは、ニュートンに劣る人物と見なされた。

しかし、フックとニュートンの論争の過程で、フックは一度として色彩が光と影の混合であると発言したことがない。そのフックの理論が、なぜ明暗混合説の一種と考えられるのだろうか。この問題についてウェストフォールは、フックが『ミクログラフィア』で述べた屈折による色彩の発生の説明（観察9）を根拠として挙げている。ウェストフォールの論文のこの部分の記述は非常に簡潔なものであるので、話を分かり易くするために、ここでは先に『ミクログラフィア』におけるフックの主張に説明を加えておこう。

『ミクログラフィア』においてフックは、デカルト同様に世界を満たすエーテル媒質を想定した。彼は、光はこれを伝わる極めて早い振動運動（より正確には

⁴¹ アリストテレス全集、第5巻、『気象論・宇宙論』、岩波書店、1969年、原典第3巻、第4章 (374b, 20-30)、115ページ。

⁴² Westfall(1962a), p. 342.

⁴³ Westfall(1962a), p. 347.

⁴⁴ Westfall(1962a), p. 348.

パルス) であると考えた⁴⁵。デカルトは、光を物体の円環運動で生じる一種の圧力としたが、フックはこれとは異なる見解をとった。ダイヤモンドを擦って刺激を与えると光を発するが、ダイヤモンドのように固いもの場合、その中に円環運動が生じることはありえない。その中で許されるのは、極めて早い振動運動であり、これが光の本性である。

光の本来の色は白であり、それが屈折や薄膜の反射などで乱されると色彩が生じる。「青色とは、弱い部分が先行し、強い部分がそれに従う光のパルス」によって眼に与えられる印象であり、「赤色とは、強い部分が先行し、弱い部分が従う」光のパルスの印象であるとフックは規定した⁴⁶。すなわち、色彩はパルスの強弱の順番に還元されたのだった。

フックはこの立場から、屈折による色彩の説明を、以下のような例を挙げて説明した(第19図参照)⁴⁷。フックの原図(上図)を簡略化した図(下図)をご覧ください。この中で、面ABは二つの媒質の境界を表しており、光は密度の薄い上側の媒質から、密度の濃い下側の媒質に入射している。フックは、密度の濃い物質ほど、その媒質の中の光の伝播速度は速いと考えた。なぜなら、密度の高い物質は、光を伝達するエーテル物質を少ししか含まないからである。光速の差のため、最初は進行方向に対して垂直であった光のパルスの波面BEは、屈折によって、進行方向に対して傾斜することになる。

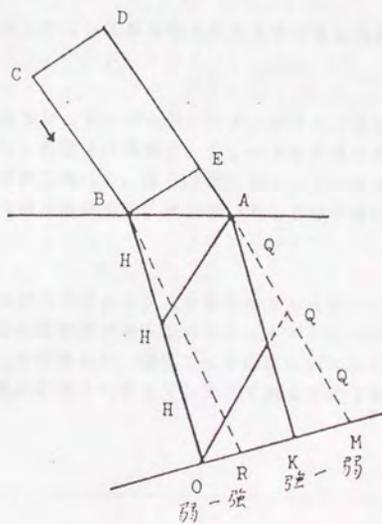
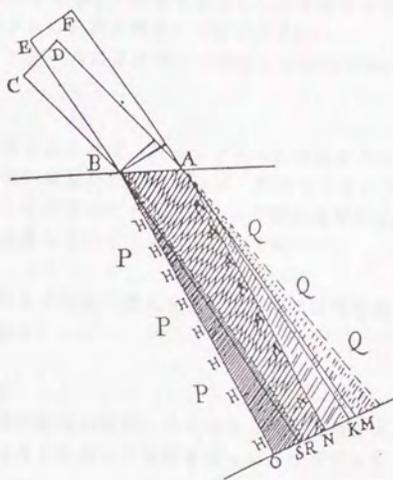
ここで波面BEに注目すると、点Bの光は、点Eの部分に比べて早く屈折面に到達する。だから、Bの光はEよりも大きな抵抗を受けて弱められる。点Bから線BOに沿って進む光を考えると、これは、影(すなわち静止したエーテル)HHHと常に接触している。この静止エーテルは、光のパルス全体を弱めようとして、△BORが示すように、徐々に光の中にその作用を浸透させて行く。他方、A点で入射した光に注目すると、これはB点で入射した光に遅れて屈折面に入るため、その作用は強い。この光がAKに沿って進むと、波面の傾きのために、それは△AKMのごとく隣接するエーテルQQQの中に作用を浸透させる。

地点ORに目をおいた場合を考えよう。Oに到達する光の波は、HHHに近い分だけRに来る光より弱い。波面が斜めであることを考慮すると、地点ORでは、目には点Oの弱いパルス、点Rの強いパルスの順で光が入る。弱い部分が先行する光は、フックによると青色である。次に地点KMに目を据えると、これとは逆のことが起こる。点Kには強い光が到達するが、Mに来る光は、Aで入射した光が拡散したものに過ぎないので弱い。したがって、地点KMでは、目に入る光は強い部分が先行している。これは、フックによれば赤色である。フックは赤と青を基本とする二原色体系を採用しており、屈折の両極の赤と青の生成を説明

⁴⁵ *Micrographia*, pp. 54-56; ジョンソン・リプリント(Johnson Reprint)版の *Posthumous Works* (New York, 1969) のウェストフォールによる序, pp. ix-xxvii (p. xxi).

⁴⁶ *Micrographia*, p. 64.

⁴⁷ *Micrographia*, pp. 62-64.



第19図 屈折による色彩発生についてのフックの説明

上はフックの原図。下は説明のためにこれを簡略化したもの。

(出典・*Micrographia* Shem., 6 および Nakajima(1984), p. 265)

すれば、他の色の光は、両者の合成として理解される。このようにして、今日で言うスペクトルの色彩の発生の原因が示された。

ウェストフォールによれば、このフックの説明は、明暗混合説に他ならない。なぜなら、

フックの説明によれば、斜めのパルスの先行する角（かど）は、[光の]ビームを限る暗い媒質の抵抗によって「弱められる」のである。（ここでもまた、暗黒による光の変容だ！）。パルスが屈折表面から進めば進むほど、弱める力は光線に浸透していく・・・（以下略）⁴⁸。

影が光と作用して色彩が発生する以上、それは明暗混合説だとウェストフォールは言うのである。

サブラの分析

変容説とは明暗混合説のことであるとするウェストフォールに対して、サブラはこれとは全く異なった見解を持った。サブラはまず、次のように述べた。

彼[デカルト]以前にこの[色彩論という]テーマについて書いた人々は、色彩を、光と闇の混合の結果である・・・（中略）・・・と説明することで満足した⁴⁹。

逆に言えば、明暗混合説の伝統はデカルトによって断ち切られたとサブラは主張しているのである。

ニュートンと、彼の理論の批判者であるフック、パルディース、ホイヘンスらの論争の最も重大で最も重要な部分は、白色光の構成と、ニュートンが色の生成においてプリズムに与えた役割の解釈にあった。彼らは皆、ニュートンの言い回しから、彼らにとって不快な光の原子論的解釈に彼が傾いているのではないかと疑った⁵⁰。

彼ら[ニュートンの論敵]は、白色光がヘテロジニアスな集合物であるというニュートンの教義に[色彩ごとに光線の屈折性が違うというニュートンの主張と]同様の地位を与えることを正当にも拒絶した。特にフックには、パルスの仮説の定式化をもくろんでおり、白色光が元々ヘテロジニアスであるという考

⁴⁸ Westfall(1962a), p. 347.

⁴⁹ Sabra(1967), p. 67.

⁵⁰ Sabra(1967), p. 242.

えに譲歩することなく、実験結果をこの仮説が十分に説明すると思われた⁵¹。

だから、ニュートンが光と色の理論を王立協会に送付したとき、フックは「彼の見事で興味深い観察に少なからず満足し」、「彼の主張が事実であることに完全に同意する」と述べた⁵²。だが、フックは色彩の現象を説明するためのニュートンの仮説に同意することはできなかった。フックは、次のように述べた。

しかし、彼〔ニュートン〕の〔光と色の理論についての〕第一命題、すなわち、光は物体であり、いろいろな色彩があるのと同じだけの種類の物体があり、これを全て混合すると白色になることを認め、そしてさらに、全ての発光している物体はそのような物質を濃縮して含み、それが発光している間じゅう連続的に各方向にそれを無数に放出し、それが一瞬の間に宇宙のまったくの無限の彼方まで分散すること、これらのことを認めれば、彼の奇妙な理論の残りの部分を示すのは容易なことであるでしょう。・・・（中略）・・・もしも私の仮説が受け入れられるとすれば、それは、光は一樣な選ばれた（すなわち透明な）媒質の単純で一樣な運動、あるいはパルスに他ならず・・・（以下略）⁵³。

サブラによれば、フックとニュートンの光の理論の対立の根幹は、白色光をヘテロニアスなものとするか否かにあった。ニュートンは、白色は種々雑多の光線の粒子が一緒に飛んできて同時に目に入ったとき生じる見かけの色覚と見なし、一方のフックは、白色をヘテロニアスとするニュートンの主張を拒否し、それは一樣（ホモニアス）なものであると考えた。なぜなら、光の波動説の立場からは、プリズムに入射する前の太陽の光の波は、エーテルの振動としてはあくまでも一つであり、プリズムで分けられる前から、全ての色を示す光の振動がそこに含まれていることはあり得ない。

しかし、フックは同時に、興味深い留保をした。

私の仮説の下で、光の白くて一樣な運動〔振動〕が、他の全ての色を示す複雑な諸運動から構成されたものであると想像できるということは真実です⁵⁴。

光線は、眼と発光体の間に張られた弦に似ています。また、フレットあるいは指は、屈折表面のようなものであり、そのある側で弦は運動しておらず、反対側では振動しているのです。実際、弦の静止あるいはまっすぐな状態は、運動の停止とも、全ての振動の結合であるとも言ったり想像したりすることができ

⁵¹ Sabra(1967), p. 233.

⁵² Birch 3, p. 10.

⁵³ Birch 3, p. 14.

⁵⁴ Ibid

まず、その中に全ての振動が眠っているのです⁵⁵。

すなわちフックは、一様な波動（白色）は、不規則な波動（他の色彩）の重ね合わせとも考えられると主張している。これは、いわゆるフーリエ分解の考え方に似ている⁵⁶。そして、プリズムなどにおける色彩の発生（変容）は、光がそこで成分に分解されるために引き起こされるとフックは主張したのである。

以上のことから、フックが今日の光の波動説に近いアイディアを持っていたことは明白である。だから、サブラにとって変容説とは、白色光を一様な光の波と見る立場、すなわち光の波動説とそれに基づく色彩論に他ならなかった。

変容説再考

ウェストフォールは、フックが信じた変容説は、アリストテレス以来の明暗混合説であると捉えた。サブラはウェストフォールとは違って、変容説とは、波動説に基づいて白色をホモジニアスなものとする立場と理解した⁵⁷。筆者の立場から言えば、この二つの解釈ともに、フックの光学理論を把握するには不十分なものである。

まず、ウェストフォールの議論の欠陥を述べよう。ウェストフォールは、フックが『ミクログラフィア』で明暗混合説をとったと主張している。しかし、フック自身の議論を詳細に検討すると、色彩が光と影の混合によって生じるとフックが考えたことはないという事実が分かる。

そのことが最もよく現れているのは、フックが薄膜の色を述べた部分である。ここでフックは、石鹼の泡やマスコビ・ガラス等に生じる虹色の生成メカニズムを論じた⁵⁸。この説明の基本となるのは、「青色とは、弱い部分が先行し、強い部分がそれに従う光のパルス」によって眼に与えられる印象であり、「赤色とは、強い部分が先行し、弱い部分が従う」光のパルスの印象であるという、先にも引用したフックの規定であった⁵⁹。

第20図・上は、右上から光のパルスが薄膜に入射していることを示した図である。入射光の一部は薄膜の上面で、他の一部は下面で反射し、それらは左上で観察される。ここで下面で反射する光を考えると、これは上面で反射された光に比べて、伝播距離が長い分だけ後れており、しかも弱められている。したがって、上下の面で反射した後目に入る光は、下図が示すように、強い波、弱い波の順番

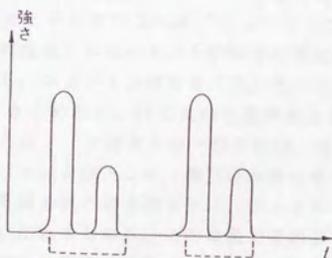
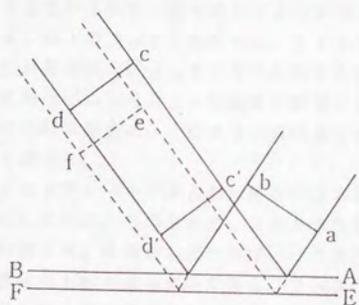
⁵⁵ Birch 3, p. 11.

⁵⁶ Sabra(1967), p. 280.

⁵⁷ シャピロは、1973年の論文で、ウェストフォールの解釈を受け入れた。Shapiro(1973), p. 189. 日本においても、1979年に、島尾は同様の立場をとった。島尾永康、『ニュートン』（岩波新書、1979年）、77ページ。

⁵⁸ *Micrographia*, pp. 64ff.

⁵⁹ *Micrographia*, p. 64.



波面abが分解されたもの abの次の波面が分解されたもの
 薄膜における色の発生のメカニズム(上)と
 薄膜で生じる反射光の様子(下)

第20図 薄膜における色彩発生のメカニズム
 (中島(1987a), 第38図より)

になる。フックの規定によれば、これは赤色に相当する。膜がこれより厚い場合には、弱い波の後れは一層大きくなり、さらに後れがひどくなると、弱い波はその次の強い波とセットを作るようになる。このとき、眼には弱い波、強い波の順番に波が到達する。これは青色の印象を与える。この説明から、膜の厚さが増加すると、発生する色が周期的に繰り返すことは容易に理解できる。

重要なことは、以上のフックの説明では、アリストテレスの明暗混合説のように、色彩の発生が影の混合によって生じると考えられていない点である。何よりも、フックは色彩をパルスのセットの強度の順番と見なしていた。そしてフック自身、薄膜での色彩の発生に、「影あるいは明るい光線を限界づけるものは全く必要ない」⁶⁰と述べた。

しかし、ウェストフォールが例とした屈折による色彩発生の場合には、影は一定の役割を果たしていた。そのことは、フックの色彩論が明暗混合説であるという主張に有利に見える。結論から述べれば、この例についてのウェストフォールの解釈自体が誤ったものであったのである。フックは、屈折における色彩の発生に影が役割を果たすと確かに考えた。だが、それは、白色光に影が加わって色を生じるという明暗混合の発色のメカニズムとは異なるものだった。

このことを端的に示しているのは、ニュートンの決定実験（第18図）を説明するのに必要な前提を、ニュートンとの論争の際に、フックが正しいものとして認めたことである。ニュートンは論考「光と色についての新理論」の中で自分の理論を13箇条にまとめたが、決定実験を説明する前提とは、その第三番目のものであった。それは、「光線の色彩・屈折性は、反射や屈折で変化しないこと」を主張していた。フックは、この「第三の命題に全ての場合に同意する」と述べた⁶¹。もし、明暗混合説の場合のように、フックがガラスによる影の混入を色彩の原因と考えていたとするなら、この命題を認めることは決してできなかったはずである。なぜなら、明暗混合説によればガラスによる影の混入量は屈折ごとに増えるから、屈折を受けるたびに、光は暗い色彩に向かって変化して行くことになってしまう。

屈折などにおいて光線の色彩が変化を受けないことを、フックは光の波動説の立場から、次のように理解した。

[プリズムなどで]分けられた光線のうち、最大に曲げられたものが青色を示し、最小に曲げられたものが赤、そして中間のものが中間の色を示すのです。これらの部分は、合成運動が破壊されるか、他の運動によって最初の一つの単純で一樣なパルスに戻るまで常にその色を示します⁶²。

⁶⁰ *Micrographia*, p. 61.

⁶¹ *Birch* 3, p. 13.

⁶² *Ibid*

フックは、プリズムで分散される以前の白色光が、屈折性の異なる諸光線から作られていることは認めない。けれども、ひとたび屈折によって色彩が作られると、光線はその時初めてその色彩に固有の屈折性を持つようになる。それ以降、その光線の示す色と屈折性は変化しない。決定実験の第一のプリズムで分けられた光は、その色に対応した屈折率をその時に与えられる。このことは、第二のプリズムで確認されるのである。

ただしフックは、上の引用の中で興味深い例外を設けている。光が失われる（破壊される）場合は別にしても、諸成分に分かれた光が再合成されて元の白色光に戻ることを彼は認めている。光に影が混入するという立場をフックがとっていたとするなら、フックはこのような主張をすることはできなかったはずである。

このように、ウェストフォールの議論は、フック自身の議論と矛盾するものだった。フックの主張は、むしろサブラの解釈と整合するよう思われる。しかし変容説は、波動説に基づいて白色をホモジニアスなものとする立場であるというサブラの見解もまた、問題を含むものである。なるほど変容説は一律な白色光の変容によって色が生じると考える説ではあるが、それは必ずしも波動説に立脚する必要はなかったのである。

それを示唆しているのが、ボイルの証言である。ボイルは、1664年の著書、『色彩についての実験と考察 (*Experiments and Considerations Touching Colours*)』において、逍遙学派、原子論者、デカルト等の色彩理論を紹介した。その後、次のように述べた。

私は、色彩が光の変容であるという見解に傾いており、この仮説を追求なさるようにお奨めします。・・・(中略)・・・しかし、変容が影の混合によってなされるのか、デカルトの天の粒子の前進と回転の割合の変化によってなされるのか、それ以外によってなされると考えているのかを、私は今明らかにしようとは思いません⁹³。

この言明からは、影の混合を原因とする変容説以外に、複数の変容説が存在していたことが読みとれる。そしてこのことを考慮し、アリストテレスの明暗混合説だけでなく、波動説、あるいはデカルトの理論もともに変容説と呼ばれていたと想定するならば、フックが変容説を支持したことは矛盾なく理解されるのである。すなわち、光の波動説のタイプとは異なる変容説も存在していた。本論文では立ち入らないが、その中には、光の粒子説に立脚するものもあった。

では、明暗混合説と光の波動説は、なぜ共に変容説と呼ばれたのだろうか。それは、そのどちらもが、白色光を、他の色の光よりも一次的なものに見なしていたからである。どちらも、色彩は一次的な光が何らかの原因で「変容」して生じ

⁹³ Robert Boyle, *Experiments and Considerations Touching Colours* (London, 1664, repr., New York, 1964), p. 90.

るものとした。その変容は、影の混合でも、デカルトの場合のように光を伝えるエーテル粒子の回転の変化でも⁶⁴、白色の波の要素光への分解のいずれでも構わなかったのである。

筆者が1984年の発表論文で明らかにしたように、ニュートン自身、研究の出発点では変容説の立場にあった。それは、光の粒子説に基づくタイプのものであった。ニュートンの光学理論は、それを大きく変形することによって成立したのであった⁶⁵。

さて、これまでの本章の議論を総括すると、フックの光の理論は次のようなものであったことになる。まず、フックにとって、光とはエーテルの振動（パルス）であった。その様な振動は、白色の印象を我々に与える。その光の波が屈折や薄膜の作用で分解されると、その時に作られる波の強弱の組み合わせによって、赤や青の光が生じる。この二つは原色であり、「想像しうるあらゆる種類の色彩は、この二つの色彩をいろいろに組み合わせて作られる」⁶⁶。その作られた光の振る舞いは、ニュートンが1672年の論考で示した様々の実験結果と一致する。各色の光線は、一度作られると、固有の屈折率と色彩を示す。このようなことが、フックとニュートンの光学論争の解析を通じて解明されるのである。

しかし、ここに本論文にとって重要な一つの問題がある。それは、フックとニュートンの対立は、はたして光と色の理論に限られたものだったのだろうかという問いである。ウェストフォールもサブラムも、彼らを批判した筆者も、フックとニュートンの対立を光と色の理論の角度からだけ見ている。だが、ニュートンが登場した時、フックは、色彩論だけではなく、ニュートンの反射式望遠鏡にも批判を加えたのではなかったのだろうか。奇妙なことに、これまでの研究では、論争のこの側面に光が当てられることはなかった。

本論文の第II部では、再びフックとニュートンの光学論争が取り上げられる。そこでは、色彩論ではなく、ニュートンの反射式望遠鏡の是非という別の切り口で見たときに、両者の光学論争がどのように立ち現れるのかが解明される。この文脈におけるフックは、本章で見られたようなニュートンの対等な論争相手としてではなく、ニュートンに比べて、当時の望遠鏡技術により精通した人物として現れるであろう。なぜなら、フックは、17世紀の望遠鏡の発展の主流であった「ガリレオ・パラダイム」の延長上に位置する人物だったからである。

⁶⁴ 宇宙を満たすエーテル粒子の回転を色彩と見なすデカルトの色彩論については、拙稿、「ニュートンの光学」、吉田忠綱、「ニュートン自然哲学の系譜」（平凡社、1987年a）所収の冒頭の節を参照されたい。

⁶⁵ その詳細については、Nakajima(1984), pp. 273ff.

⁶⁶ *Micrographia*, p. 74.