

研究課題	18世紀英国における数学教育に関する総合的研究
研究代表者	高橋秀裕(人間学部教育人間学科教育人間学専攻 准教授)

1. 研究の目的

18-19世紀前半頃まで英国では、スコットランドやアイルランドにまで及ぶ広範囲にわたって、いわゆるPhilomathと呼ばれる数学愛好者が約2～3万人いたと言われている。こうした現象は同時期のフランスやドイツをはじめとする大陸側にはまったく見られない。

先行研究によれば、こうしたいわば大衆数学が普及した原因として以下の点があげられる。

- ①英国では18世紀になると印刷公刊が制度的に容易になり、多くの数学書が公刊され、また、行商人が各地でそれを販売し、巡回講義が頻繁に行われ、そこで販売されたこと。
- ②海外進出に伴い航海術が盛んになり、そのための実用数学が広く要請されたこと。
- ③北部への開墾が進み、軍事的にも正確な測量術が要求されたこと。
- ④産業、商業が展開し、さまざまな計測法の実用書の需要が増大したこと。
- ⑤それらの実用数学を教える学校が設立され、そのための教科書が数多く印刷され、それが相乗効果となって数学愛好者が増えたこと。
- ⑥女性に娯楽としての数学という発想が普及し、女性にも数学が普及したこと。

そして、彼らは独自の社会的ネットワークを構成し、たとえば、『レディーズ・ダイアリー』という雑誌を発行した。しかし、数学愛好者の数学は、いわゆるニュートン流の数学ではなく、もっぱら実用数学であり、実用数学のための数学器具がさまざま考案された。

本研究では、同時期に並行して行われたニュートン流の、すなわち流率法(微分積分法)を含む高度な数学教育と大衆数学・実用数学を中心とする数学教育の状況を比較検討することによって、18世紀英国における数学教育と数学改革の詳細な事情を、その方法や思想史的・社会史的背景にも眼を向けつつ、総合的な観点から明らかにすることを主眼とした。

というのも、こうした考察を加えることによって、

ニュートン-ライプニッツ以後、18世紀英国数学がニュートン流の数学を採用したことなどを理由に大陸側よりも100年くらい遅れたとする知見に修正を加えられるだけでなく、18世紀英国数学の発展を歴史的に再構成する出発点にもなり、これまでのカジョリの18世紀英国微積分学史に批判的な検討を加えることもできると考えたからである。

確かに、19世紀初頭、英国の数学者たちもニュートン方式を捨て、大陸側のライプニッツ的(解析的)方式を採用し、微分積分学をライプニッツ的なもの一元化しようとしたのも、彼らが大陸側の数学に遅れを認めていたからにはほかならないと言えなくもない。しかし一方で、19世紀英国では、直観的に論理的で総合幾何学的なニュートンの数学思想の意義を強調し続け、いわゆるジェントルマン教育において一定の成果をあげ、それが(ニュートン流でない)解析的数学に比べ、積極的側面をもたなかったわけではないことも、本研究を通して、より一層鮮明になると思われる。

さらにこの点について、我が国でも小平邦彦(フィールズ賞受賞者)のように総合幾何学の素晴らしさを唱え続けた指導的数学者もおり、本研究の成果は、今日のいささか解析中心に偏重した数学教育をめぐる諸問題を再検討する際に、数学は何のためにあるのかといった問題を文化史的に考察するための糸口を十分提供しうるものと考えられる。

2. 研究の経過

本研究で中心をしめる作業は概ね次のような手順で進められた。

(1)まず、本研究にとって不可欠な1次資料の収集作業からはじめた。特に、数学愛好者の利用した雑誌『レディーズ・ダイアリー』(The Ladies' Diary)や著作物、一方で、ニュートン流の流率法(微分積分法)などを含む雑誌『数学の宝庫』(Mathematical Repository)や著作物を中心に入手した。また、軍事学校における数学教育に関する教科書、雑誌など関係資料を国外か

ら収集した。

(2) ついで、入手した 1 次資料を分析解読し、以下の方法で研究を行った。

- ① 18 世紀英国の文化史・社会史的背景の中で、雑誌『レディーズ・ダイアリー』の内容を精査することによって、数学愛好者の活動を調査し、大衆数学の影響関係を考察した。
 - ② 18 世紀後半から 19 世紀初頭の英国数学を、大学ではなく、軍事学校における数学教育に関する教科書、雑誌などの分析を通して考察し、大衆数学・実用数学の影響関係について検討した。
 - ③ ニュートン流の流率法などを含む雑誌『数学の宝庫』や関連する著作の内容を精査することによって、18 世紀後半以降の英国におけるニュートン流数学の普及状況について歴史的検討を加えた。
- (3) 上記の作業は必ずしも独立したものではなく、概ね同時並行的に進めていった。その過程で新たに、18 世紀後半から 19 世紀前半におけるダブリンの数学改革とケンブリッジの数学改革との影響関係を先に詳しく調べておく必要が生じた。そのため、当初予定していた 18-19 世紀初頭のスコットランドにおける数学改革の考察よりもこちらを優先させ、ダブリンでの資料収集を先に進めた。

3. 研究の成果

1 次資料の収集においては、国立ダブリン図書館で、『王立アイルランドアカデミー・トランザクションズ』(The Transactions of the Royal Irish Academy), Vol. VII (1800) ~ XIII (1820) に掲載された諸論文を電子データとして入手することができた。また、ダブリンのトリニティ・カレッジ図書館では、パークリ・ライブラリー所蔵の天文学や流率法に関する稀覯書を直接閲覧し、部分的に電子データとして入手することができた。その他、本研究に関連する 1 次資料の多くを、上記の図書館で直接閲覧し、調査・収集できたことは大きな収穫であった。

ここでは、まだ研究の途中段階ではあるが、上記の手順 (2) の成果に基づいて、『レディーズ・ダイアリー』や『数学の宝庫』のそれぞれの編集者、執筆者たちと 18 世紀英国数学における微積分学の改革との影響関係の概略を示すことにより、今年度の研究の中間成果報告とする。

◆三つの軍事学校

18 世紀英国における微積分学の改革において、軍事学校は興味深い役割を演じている。当時英国では、ほんの少数の将校だけが、ウーリッジ王立軍事アカデミー、サンドハースト王立軍事カレッジ、あるいはポーツマス王立海軍アカデミーで教育された。大部分は戦場あるいは船尾甲板で直接、いわゆる実習によって訓練された。さらに、相当数の私立学校や専門学校があり、三つの王立軍事学校と競合していた。

ここでは、ウーリッジ、サンドハースト、ポーツマスの三つの軍事学校のうち、最初の二つを取り上げ、まず『レディーズ・ダイアリー』の編集者であるウーリッジ王立軍事アカデミーの数学教師チャールズ・ハットンとその周辺の人物も含めて、ウーリッジ王立軍事アカデミーの数学教師たちをめぐる状況を概観する。つぎにサンドハースト王立軍事カレッジのトーマス・レイボーン編集の『数学の宝庫』について、『レディーズ・ダイアリー』との比較を通して検討を加える。

◆ウーリッジ王立軍事アカデミーの数学教師たち

ウーリッジでは、ジョン・ミュラー、トーマス・シンプソン、チャールズ・ハットン、ジョン・ボニーキャッスル、オリュントス・グレゴリー、ピーター・バルロー、そしてサミュエル・クリスティエーといった、かなりの数の優秀な数学者の一群が採用された。実際、ウーリッジは英国科学の改革の中心となった。実際的な軍事技術には高度な科学知識が必要とされ、まさにこのことが、ウーリッジの教師たちが大陸の最新の研究に大きな関心をもった理由の一つである。

とりわけフランスの軍事学校が、19 世紀初頭における多くのヨーロッパ諸国のモデルとなった。ウーリッジの数学教師たちは、数学の発展にそれほど貢献することはなかったが、それでも彼らはフランスの研究成果の重要性を強調し、辞書、百科事典、教科書など一連の著作を執筆した。それらを通して、英国の読者は大陸の学校で行われていた研究方法や成果を知ったのである。

このことは、ウーリッジの教育が極めて高い水準に達したということの意味するものではない。1764 年のシラバスによれば、砲兵と築城法の教授がグレゴリーの「実用幾何学」、ヴォーバンの「築城論」、ミュラーの「築城学原論」、ミュラーの「要塞地帯の攻撃と防御」に基づいて授業を行っていた。

数学の講義には、代数、幾何学、平面と立体の測定、平面三角法、円錐曲線論、透視図法論、地理学、地球

儀の利用法が含まれていた。

1776年のシラバスでは、ほんのわずか違っていたが、1792年ではより体系化された数学の講義が見られる。因みにハットンの『数学教程』（1798, 1801）全2巻の内容は、算術、対数、幾何、代数、三角法、測定法、円錐曲線論、機械学、流率法、流体静力学と水力学、空気力学、流体の抵抗、砲撃であった。これは、12版に達し、アメリカ版やアラビア語に翻訳されたものもあった。

1792年から1806年まで、6人の新しい数学教師が任じられた。数学は明らかに士官候補生の教科課程の大半を占めていたが、シラバスから推測できるように、数学のカリキュラムにはほとんど初等的なものしか含まれていなかった。

王立軍事アカデミーの記録を見る限り、教師と士官候補生のいずれの規律も決して模範的といえるようなものではなかったという印象が強い。ほぼ14歳で入学する士官候補生たちは、2年後にはウーリッジを離れることになっていた。事実、ある士官候補生が2年の課程の後、「王立砲兵隊および工兵隊の調査委員会の公式試験準備」という記録が見られる。

スミス（1961）によれば、公式記録にある最初の試験は、グランビー侯爵の列席の下、教師や将官の立合いで、1765年に行われ、また、いささか形式的な口述試験の代わりに、公式の卒業試験が定められた。

◆オリュントス・グレゴリーとピーター・バルロー

『レディーズ・ダイアリー』は、有望な若手の数学者が広範囲にわたる様々な数学愛好者の間に彼らの名声を高める手段となった。ハットンは、とりわけ、二人の寄稿者ピーター・バルローとオリュントス・グレゴリーの解答にいたく感心した。両者とも、おそらくハットンの推薦で、王立軍事アカデミーの数学アシスタントとして任命され、グレゴリーは後に教授になっている。

アカデミーにおけるグレゴリーの講座について興味深いことは、数学的な基礎は極めて脆弱であるが、自然哲学の授業で彼がフランスの関連する最新の成果をつねに紹介していることである。たとえば、彼の「機械学」の授業では、ラグランジュの『解析力学』（1788）とカルノーの『位置幾何学』（1803）に注意が向けられている。

ハットンの忠実な弟子として、グレゴリーの主要な業績は、フランス物理学の知識を継続的に英国に広めていったことである。しかし、ニュートン流の流率算

に対する彼の受け止め方は、意外なことにハットンより保守的であった。グレゴリーは、ニュートン流の流率算をライブニッツ流の微分積分算より明らかに優れていると考えていたのである。

一方、バルローの主要な業績は、彼の数表（1814）と材質の強度、光学、磁気学についての研究である。これらは国際的にも高く評価された。彼は船の鉄がもたらすコンパス自差を研究し、コンパスの近くに小さな鉄板を設置することによってそれを補正する方法を考案した。1824年にポアソンはバルローの実験結果を説明する数学理論を与えた。

バルローはリーズの『百科事典』（1802-20）に、代数、解析、幾何、材質の強度に関する論考を、また、『メトロポリターナ百科事典』には、機械学、流体力学、天文学、磁気学に関する長い論文を寄稿した。これらの論考で、彼は自らが国外の研究事情に精通していることを示したのであるが、依然として流率の記法を使用していた。

いずれにしても、フランス数学の英国への紹介は、フランス科学へのより一般的な関心の一環としてなされ、またそれはウーリッジの数学教師によって促進されたと考えることができる。

◆『レディーズ・ダイアリー』と『数学の宝庫』

ウーリッジとサンドハーストの軍事学校は、二つの数学連載物、『レディーズ・ダイアリー』と『数学の宝庫』の刊行と深くかかわっている。

前者は1704年に始まり、1840年まで続いた。それは18世紀の数学愛好者のための最も有名な数学雑誌であった。シンプソン、ランデン、ハットンのような多くの流率論者は、『レディーズ・ダイアリー』への寄稿者として活動を始めた。

最初の方の号は、謎めいた言葉、ひどい詩、語呂合わせ、その他雑録というようなものであったが、1707年から『レディーズ・ダイアリー』は次号に解答が掲載されるという数学問題の項を含むようになった。はじめ問題は非常にやさしかったが、徐々に問題数が増え、難しくなっていった。1840年までに1800もの問題が掲載されている。

ウーリッジとのつながりは、シンプソンから始まった。彼は、1754年から1760年まで『ダイアリー』を編集した。13年後、『ダイアリー』の編集は再びウーリッジに戻り、ハットンが1773/4年から1817年まで、グレゴリーが1818年から1840年まで編集者を務めた。

『ダイアリー』は、英国の数学愛好者の教育レベルや数学の専門知識を極めて正確に反映している。それは順位を定めるのに適した案内書といった役割をもっていた。1800年以前には、13を超える同類雑誌が発行され、そのような刊行物の成功を示すものであった。

『レディーズ・ダイアリー』は、こうした競争に生き残ることができたと考えられる。というのも、その編集者たち、とりわけシンプソン以後の編集者たちは、かなり高い科学的水準を保持することに意を用いていたからである。1740年代に数学の問題はより難解になり、横柄な解答はより少なくなった。

流率算は、18世紀最初の10年間にはその発行部数が制限されており、当然のことながら、流率を利用する解答は1740年以前には極めてまれであった。1730年以前には、たった3題だけであった（すべて極大・極小を求めるもの）。後に、『レディーズ・ダイアリー』の数学は積分と級数を含むようになったのである。

これらのより上級の話題に取り組むことができた寄稿者の人数は、ほんのわずかにすぎなかった（1740年から1773年まで、その数はざっと見積もって30人といったところ）。その上、18世紀のほとんどの数学愛好者は、 $\sin x$ の積分に手を出さなかった。『レディーズ・ダイアリー』の30人のトップクラスの寄稿者の解答に、卓越した成果や深い議論は少しも見られない。

ランデンやシンプソンのような優れた数学者も寄稿したが、彼らが何かしら公表することに興味を示した場合、『フィロソフィカル・トランザクション』や独立の出版物の方を考えた。『レディーズ・ダイアリー』は数学愛好者のための情報媒体として重要であったが、研究雑誌ではなかったということである。

『レディーズ・ダイアリー』に相当するサンドハースト王立軍事カレッジの雑誌は状況がまったく違っていた。それは『数学の宝庫』というタイトルで、1795年にトーマス・レイボーンによって創刊された。1804年以後には、6巻に分類され、新シリーズとして継続された。

この刊行、とりわけ新シリーズの最初の3巻は、英国の微分積分学の改革において最も重要な研究の一つであった。各巻は、問題と解答の項、独創的な論文の項、そして卓越した研究から抜粋した数学研究論文の項を含んでいた。全巻にわたって、英国と国外の出版物に関する簡潔な報告が見いだせる。

『レディーズ・ダイアリー』と比較して、レイボーンの『宝庫』は少数の人々の作品であった。執筆者は、

主にレイボーン自身、ウィリアム・ウォレス、ジェイムズ・アイヴォリー、そのほか、王立軍事カレッジの仲間たちであった。またバルローやグレゴリーによって書かれた解答と独創的な論文がウーリッジから投稿された。部外者の一団も寄稿した。彼らは大ざっぱに見積もって、解答の四分の一くらいを提供し、論文はほとんどなかった。彼らの中で、最も優れていたのは、トーマス・ナイト、ジョン・トプリス、ベンジャミン・ゴンペルツであった。

しかしながら、最も優れた作品は、アイヴォリー、ウォレスによるものだった。そして『宝庫』の大半はサンドハーストの人々によって執筆された。士官候補生が何を研究しようと、サンドハースト王立軍事カレッジでは熱心に数学の力が鍛錬されたのである。

問題のレベル、とりわけ論文のレベルは極めて高く、流率の伝統から逸脱するものもあった。とくに、微分記法は、早くも1807/8年にアイヴォリーとウォレスによって採用された。その他、『宝庫』の中で興味深い点は、アイヴォリーの偏流率の使用とウォレスの有限差分方程式の積分である。

他の寄稿者たちは、初めは大陸の記法を用いるアイヴォリーとウォレスには従わなかった。それにもかかわらず、彼らの解答と論文の多くは、注目に値する。彼らはしばしば『レディーズ・ダイアリー』の数学愛好者たちよりも問題を深く探求していたのである。

◆まとめ

ウーリッジ王立軍事アカデミーには、ハットンを含み、バルロー、グレゴリー、ボニーキャッスルといった技術者たちがいたが、彼らは造船所、兵器工場、航海用器械を自由に使い、材質の強度、磁気学、弾道学を研究することができた。彼らはフランスの関連する研究についても幅広い知識を持っており、一方で彼ら自身の工学技術への業績も大陸によく知られていた。彼らはボニーキャッスルを除いて、数学者としてそれほど卓越していたわけではなかった。そして、ニュートンの流率法の伝統を捨て去ろうとも考えなかった。教師として彼らは、未熟で経験の浅い士官候補生のカリキュラムに、最新の新しい考え方を導入しなかったが、彼らは英国において、教科書や論文の形で大陸の科学的知識を改良することに大きく貢献した。

サンドハースト王立軍事カレッジでは、積分に関する基礎的研究が二人のスコットランド人、アイヴォリーとウォレスによってなされた。彼らは雑誌『数学の宝庫』に寄稿した。微分記号、偏導関数、差分方程

式が早くも 1806 年に現れた。彼らの仕事は、大陸の微分積分学に向けて重要な第一歩を示した。確かに彼らは学生に代数や三角法以上の内容を紹介することはできなかったが、軍事学校の教師は 19 世紀最初の 10 年間に刊行された驚くほど多くの科学雑誌や百科事典で積極的に活躍した。しかし、英国科学の発展に寄与した彼らの功績は不当にもこれまで無視されてきたのである。

4. 研究の課題と発展

本稿では紙幅の制約から多くの議論を省略せざるを得なかったが、本研究によって、『レディーズ・ダイアリー』や『数学の宝庫』のそれぞれの編集者、執筆者と 18 世紀英国数学における微積分学の改革との影響関係をより鮮明化することができた。

しかし、研究の経過（3）の理由により、アイルランドのトリニティー・カレッジを中心とした文献調査と資料収集を先に進めたため、ダブリンの数学改革とケンブリッジの数学改革との影響関係、およびスコットランドを含む英国の数学改革におけるニュートン流の数学と解析的な数学との歴史的関係を比較検討し、当時の英国における数学教育の事情を包括的に考察するという作業が残ってしまった。幸い、その課題は継続研究として、平成 23 年度大正大学学術研究助成金の交付対象に認めていただき、今後も本研究を継続して進めていくことが可能となった。

【参考文献】（刊行物のみ）

- 1) Olynthus Gregory, *A Treatise on Astronomy* (London, 1802) .
- 2) Idem., *A Treatise on Mechanics*, 2 vols. (London, 1806) .
- 3) Niccolò Guicciardini, *The Development of Newtonian Calculus in Britain 1700-1800* (Cambridge, 1989) .
- 4) Charles Hutton (ed.) , *Miscellanea Mathematica* (London, 1775) .
- 5) Charles Hutton (ed.) , *The Diarian Miscellany* (London, 1775) .
- 6) Charles Hutton, *A Course of Mathematics*, in Two Volumes (London, 1798; 1801) .
- 7) Thomas Leybourn (ed.) , *New Series of Mathematical Repository*, 6 vols. (London, 1806-35) .

- 8) Thomas Simpson, *A New Treatise of Fluxions* (London, 1737) .
- 9) Idem., *The Doctrine and Application of Fluxions, Containing a Number of New Improvements in the Theory* (London, 1750) .
- 10) John Smyth, *Sandhurst – The History of the Royal Military Academy, Woolwich, The Royal Military College, Sandhurst, and the Royal Military Academy, Sandhurst 1741-1961* (London, 1961) .
- 11) William Wallace, 'Fluxions,' *Encyclopaedia Britannica*, Vol.3, pp.697-778.