イギリスにおける数学教育改造運動の展開

2016 年

大下　卓司

目次

序章

第 1 節　問題の所在

本研究は、数学教育史において最初の国際的な数学教育改革となった「数学教育改造運動（the reform of mathematics education)」（以下、「改造運動」とする）の成果と限界を明らかにするものである。ここで、「改造運動」とは、イギリスにおいては、20 世紀前半において展開された一連の数学教育改革運動を指す。この運動の契機となったのが、1901 年に開催されたグラスゴー（Glasgow）における英国学術協会（British Association）の年次大会で、イギリスの工学者ジョン・ペリー（Perry, J., 1850-1920）が行った講演「数学の教育」（'The Teaching of Mathematics'）である。そのため、「改造運動」のうち、特にペリーに関わるものを指す場合、「ペリー運動（Perry movement)」とも呼ばれており、本稿でもペリーに関わる「改造運動」を指す場合「ペリー運動」と表記する。

さて、20 世紀前半のイギリスにおいて「改造運動」は、グラマー・スクール（grammar school）に代表される中等学校（secondary school）の数学科（school mathematics）を改革する運動として展開された。そもそも、19 世紀後半のイギリスでは、中等学校は一般教育（general education）を通じて、教養（culture）を身に付け人格の陶冶を行うことが目的とされていた。その結果、中等学校における数学科は古典人文学に基づく教養教科の一つとして確立された。

このような数学科の性格は、紀元前 3 世紀初頭にユークリッド(Euclid)によって編纂された『原論』（*Elements*）を主たる教材とし、公理や定義から演繹的に命題の証明を繰り返す学習が行われていた科目である、幾何学に顕著に表れていた。数学科において、教育内容そのものよりも、数学の体系に示された論理形式を学び、様々な場面で転移可能な演繹的推論(reasoning)を習得することが目指されていた。

以上みてきた 19 世紀後半の数学教育に対し、ペリーは「子どもたちにどんな内容が、どんな方法で教えられるべきかを決定するものは、有用性(usefulness)である」[1]と述べ、「有用性」という新しい数学科のカリキュラムの原理を提起した。すなわち、ペリーは、数学科を科学の基礎教科と位置づけ、科学や社会・経済生活に応用可能で有用な内容を学ぶことを数学教育において

初めて提起したのである。

その具体的な方法として、ペリーは、第一に、科学においても有用なグラフや関数、微分積分といった、20 世紀までに進められた数学研究の成果を教科内容として新たに導入することを提案した。第二に、実験や測定、すなわち量を媒介とし、認知の基礎となる直観を活用した科学的な方法を授業に導入することで、教科内容への理解を促す教育方法を提案した。こうしたペリーの数学教育論は、同様に改革の機運が高まっていたドイツ、フランス、アメリカ、そして日本を巻き込みながら、「改造運動」として国際的な数学教育改革へと展開した [2]。

第 2 節　先行研究の検討

以上、概要を整理した「改造運動」について、日本では小倉金之助（1885-1962）によって研究されてきた。小倉は、ペリーの数学教育論に示された先駆性に着目し、「彼ノ主張ノ本質ハ、数学ノ実践性ニアツタ。ソレモ単ナル教授技巧トシテノ所謂実験実測デハナク、現実ノ問題ソレ自身ノ把握ニアツタノデアル。[中略]。自然（及ビ社会）現象ノ中カラ、実践ニヨツテ、数学的法則ヲ見出ス所ニ、彼ノ数学ノ意義ガアツタノデアル」[3]と述べた。小倉はペリーが述べたように、現実の問題を探求し、そこでの発見を通じて数学を学ぶこと、すなわち、数学を通じて「科学的精神」を涵養することを、日本の数学教育の主軸とすることを主張し、日本の「改造運動」のオピニオン・リーダーとなった。

小倉は日本の「改造運動」を導く一方で、19 世紀末から 20 世紀前半のイギリスの数学教育史を、ペリーに即してまとめている [4]。そのまとめによると、ペリーが一線から退いた 1910 年代以降について、ペリーに対立する立場を「保守的」と断じ、「数学教育にペリーの主張はだんだん取り入れられてきつつあったが、それはごく微温的な程度であった」[5]と小倉は整理した。

そのため、「改造運動」について「ペリーがなくなってからは、このペリーの直接の影響が、だんだん薄らいできてしまった」[6]という評価と下している。その結果、1950 年代までのイギリスの数学教育史を扱う『現代数学教育史』において、1920 年以降は、算数・数学教育に関わる教育制度が整理されるにとどまっている [7]。つまり、小倉の研究に従った場合、イギリスの「改造運動」は

「ペリー運動」と運命を共にしたと考えられる。

しかしながら、小倉の研究において、次の課題が指摘できる。第一に、扱われている文献には制約があったという課題である。すなわち、ペリーの数学教育論に関する文献は1890年代から1900年代の文献に限られていただけでなく、その後のイギリスの数学教育に関する文献も、ごく一部の教科書や公文書に限られており、研究方法に制約があった。第二に、小倉はペリーの数学教育論の先駆性に着目するあまり、20世紀前半の数学教育の展開、及び、中等学校の展開というイギリス固有の文脈に位置づけて「改造運動」を検討することに弱さがみられたという課題である。

以上の課題から、20世紀前半のイギリスにおける中等教育の拡大とそれに伴う一連の教育政策という文脈の中で、「改造運動」の到達点と限界を読み解くことができていない。それにも関わらず、小倉の先行研究は日本におけるイギリスの数学教育史の基礎的文献となっている。

例えば、理科教育学者である板倉聖宣は、「ジョン・ペリーの生涯」(『数学のたのしみ』日本評論社）と題する伝記を通じて、ペリーに即して「改造運動」と理科教育の展開を描いている。ペリーの生涯は「第1回　日本の工部大学校教師としての仕事と数学教育近代化の提唱」、「第2回　日本の工部大学校時代の研究と方眼紙の普及活動」、「第3回　英国の工学学校での数学教育改革構想の提出」、「第4回　数学教育近代化の提唱」の全4回にわたり、執筆された。このうち、特に第1回から第4回にかけて、ペリーの勤務校などの周辺研究が丹念に行われている。

板倉は、従来検討されていなかった『旧工部大学校史料附録』(1931年）に記されたペリーの実践記録を新たな資料として小倉の研究と結びつけている点で、小倉の研究を乗り越えている。しかしながら、ペリー個人に焦点が当てられた伝記であること、ペリーが日本に与えた影響を明らかにすることが研究の主眼とされたため、イギリスの「改造運動」については、小倉の論考を越えていない。このように、数学教育史としてイギリスの「改造運動」に関する日本の先行研究において、小倉の論考を越える研究は行われてこなかったと結論付けることができる[8]。

他方で、イギリスの主要な先行研究としてはハウスン（Howson, A. G.)、プ

ライス(Price, M. H.)、フジタ（Fujita, T.）の研究が挙げられる[9]。ハウスンの主な研究としては、*A History of Mathematics Education in England*（Cambridge, 1982）が挙げられる。ここでは、16 世紀から 1960 年代までのイギリスの数学教育において主流を担った数学者や数学教師に焦点を当て、教科書、及び数学教育論を検討することによって、通史としてイギリスの数学教育史の展開を描いている。この研究において、20 世紀初頭から 1920 年代の「改造運動」にかけて活躍した人物として、ペリーではなく数学教師チャールズ・ゴドフレー（Godfrey, C., 1873-1924）が挙げられている。

確かに、ゴドフレーは特に 1910 年代から 1920 年代にかけて、数学協会（Mathematical Association）で中心的な役割を果たしていた点、数多くの数学の教科書を執筆した点から、「改造運動」を導いた人物として評価できる。しかしながら、ハウスンの先行研究において、ペリーの数学教育論に踏み込んだ研究が行われていないという課題が指摘できる。

これに対し、プライスは、カリキュラム研究、及び数学協会の歴史という立場から「改造運動」を描いている。主な研究として、下記の 2 つの研究が挙げられる。プライスは、学位論文である‘The Reform of English Mathematical Education in the Late Nineteenth Century and Early Twentieth century’（Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of Leicester, 1981）において、1900 年から 1910 年にかけての数学教育の展開を描いている。また、*Mathematics for the Multitude? A History of the Mathematical Association*（The Mathematical Association, 1994）において、幾何学教育改良協会(Association for the Improvement of Geometry Teaching)として出発した数学協会の 19 世紀後半から 1990 年代までの通史を描いている。

これらプライスの研究では、教育制度や教育行政機関、教科書、技術教育などに対し、包括的な研究が行われ、「改造運動」の全体像が描かれている。プライスは、ペリーの数学教育論の影響を鑑みて、「ペリー運動」を「改造運動」の契機と位置づけている。また、「ペリー運動」以降、中等学校における実践数学（practical mathematics）が成立し、大学入学試験をはじめとする外部試験にも、その影響が及んだ結果、科目の再編が進んだことを示した[10]。しかしながら、プライスの研究では「改造運動」の全体像を描くことが主な目的とされた

ため、個々の教科書に関する検討や、そこから浮き彫りになる実践、すなわち、その教育方法学的検討においては研究の余地が残っている [11]。

以上の先行研究に対し、フジタは、ハウスンやプライスらの先行研究において、「改造運動」が展開された時代における数学の教科書に対して、内容に踏み込んだ研究が行われてこなかったという課題を指摘している。そこで、学位論文である'The reform of school geometry in the early 20th century in England and Japan: The design and influences of the textbooks by Godfrey and Siddons'（Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of Southampton, 2003）において、教科書分析の方法論を整理した上で、ゴドフレーが執筆した幾何学の教科書に焦点を当てた研究を行った [12]。

この研究の中で、フジタは数学教育における直観の育成といった論点に着目し、1910 年にゴドフレーの数学教育論において示された「幾何学の力（geometrical power）」や「幾何学の目(geometrical eye)」という概念を検討している [13]。これらの概念が、ゴドフレーとシドンズ（Siddons, A. W., 1876-1959）による教科書 *Shorter Geometry* において、「実験を伴う課題（experimental task）」として「証明を示し、要求することに至るように慎重に選ばれ、デザインされている点」[14]、「こうしたデザインを用いることで、ゴドフレーやシドンズは『幾何学的な目』を発達させることを目指した点」[15]を見出している。

このように、フジタは「改造運動」において論点となった教科内容の配列や、数学における直観の育成といった論点を、教科書分析という方法によって読み解いている。しかしながら、フジタの研究では、研究対象が 19 世紀後半から 1910 年代までの「改造運動」、及びゴドフレーの教科書が中心となっている。そのため、1910 年代以降における「改造運動」の到達点や限界、そして、1910 年代以降のゴドフレーの教科書や、そのほかの執筆者による教科書及び、資料に示された数学教育論の検討には余地が残されている。

第 3 節　研究課題の設定

そこで、本研究では、以上の先行研究を踏まえた上で、次の 4 つの方法から「改造運動」の到達点と限界に迫る。第一に、「改造運動」が展開された文脈を

紐解くために、19 世紀後半から 1940 年代前半を検討対象とする。この時代区分を設定した理由として、19 世紀後半は、イギリスの伝統的な中等学校であるパブリック・スクール（public school）において、数学科が正規の教科として確立されるようになった起点だからである。他方で、1944 年は、1944 年教育法（1944 Education Act）の成立により、中等教育が義務教育化され、それ以前の中等教育の枠組みが、さらには、そこでの数学教育の性格が大きく転換点だからである。

この時期区分に即して、19 世紀後半から 1940 年代にかけて中等学校で使用された代表的な教科書をはじめとする史料を収集した [16]。1924 年に没したゴドフレーが収集した図書が寄贈されて以来、数学協会の図書館として位置づけられているレスター大学（University of Leicester）に史料が集中しているため、イギリス本国に赴き、現地調査を行った。また、本研究は上述の時期区分に対する数学教育史研究であるため、可能な限り初版の文献へと遡り、再版によって変更された箇所を確認することによって、「改造運動」の展開に迫る。

第二に、「改造運動」において議論が集中した幾何学教育に焦点を当てる。上述の時期区分において幾何学の学習は数学科の中でも、論理的思考を育成する科目として特に重要視された。そこで、本研究では、フジタの教科書分析に学びながら、改造運動の転機をもたらした人物の数学教育論や、数学協会をはじめとする主要な団体の報告書、及び教科書に示された教育実践に着目する。

この時、幾何学の中でも、ピタゴラスの定理の指導に着目する。なぜなら、ピタゴラスの定理は『原論』第 I 巻の最後に学ぶ命題であり、本研究で対象とする時期区分の中等学校において必ず学習されていたからである。また、ピタゴラスの定理は、100 を越える証明法があると同時に、解析幾何学や三角法、代数学にも関連する汎用性・発展性がある定理である [17]。こうした特徴を持つピタゴラスの定理のカリキュラム上の位置づけや、指導方法の転換に着目することで、「改造運動」の具体像に迫ることができよう。

第三に、「改造運動」において生起した、数学科を古典人文主義に基づく教養教科とするか、実学とみなされた科学の一教科として位置づけるか、という数学の目的論をめぐる論点に着目する。ペリーは、数学を科学としてとらえ、授業に実験や実測といった直観を活用する方法を取り入れ、子どもが数学を使

いこなせることを目的とする数学教育論を展開した。ここで、直観については、「幾何学の問題を解く際に頭の中で幾何学的な図形を想像したり、生み出したり、操作したりするスキル」[18]と、フジタは定義している。本研究においても幾何学を主な対象とするため、これを踏襲する。

さて、このように直観を活用する方法によって数学を使いこなすことを目指すペリーの主張は、数学を抽象的な論理の体系、すなわち、数学の論理形式に着目し、論理的思考の形成を通じて教養を身に付けることを目指す、19 世紀後半の数学教育論と対立した。「改造運動」の契機となった論点に着目することで、この論点がいかに止揚され、数学科が中等学校のカリキュラムの中でいかに展開されていったのか、という視角から数学教育史の展開を読み解く。

第四に、数学教育だけでなく、その前提となる中等教育政策という文脈に着目する。前節で述べた通り、小倉の先行研究は「改造運動」を中等教育の展開という文脈でとらえる点に、弱さがあった。また、イギリスの先行研究においても、ハウスンの研究や、プライスの研究では、人物や団体が着目されたため、中等教育政策の展開と「改造運動」の関係に焦点が当てられたわけではなかった。また、プライスのカリキュラムに関する研究やフジタの研究においても、1910 年頃までの「改造運動」に焦点が当てられたため、1910 年代から 1944 教育法までの中等教育政策の展開が詳細に論じられたわけではなかった。

そこで、本研究ではこうした課題を乗り越えるべく、イギリス教育制度史に関する先行研究を参照する。本研究で時期区分として設定した 19 世紀後半から 1944 年教育法までの時期は、イギリスにおける中等教育の拡大期と一致し、中等教育の在り方自体が問われた時期である。とりわけ、1917 年以降導入された中等学校試験(School Certificate)は、拡大した中等程度の教育の質を外部試験によって保障するという意図が込められた制度であり、中等学校の授業実践の転換点となっている。こうした教育制度に見られる文脈を踏まえて「改造運動」をとらえることで、包括的な視点から数学教育史の展開を描く。

第 4 節　本研究の構成

以上に示した方法に従った結果、本論文は主要な文献に沿って次の 7 章に分けられる [19]。第 1 章では、イギリスの中等学校における数学科の原点である

19 世紀後半を検討する。まずは数学科が正規の教科として確立された 19 世紀後半の中等教育制度の概要を整理する。こうした文脈を前提としつつ、数学教育の草創期において、古典である『原論』に基づく教養教科として数学科が誕生し、論理的思考の育成が唯一の目的とされた背景に迫る。

加えて、1871 年に設立された幾何学教育改良協会による、幾何学教育改良運動に論及したい。この運動は、イギリスの数学教育史における最初の改革運動であり、その成果は、同協会による教科書 *The Elements of Plane Geometry* として具体化された。19 世紀後半における幾何学教育に関わる論争を読み解くことで、「改造運動」以前の数学教育が内包していた課題を明らかにする。

第 2 章では、「改造運動」の契機となったペリーの数学教育論に焦点を当て、「ペリー運動」の理念を確認する。1901 年のグラスゴーにおける英国学術協会での議論を記録した *Discussion on the Teaching of Mathematics* を軸に、改造運動の契機となったペリーの講演「数学の教育」に示された数学教育論の要点を整理する。

加えて、この講演の背景となったペリーの数学教育論や教育実践にさかのぼる。具体的には、ペリーが教鞭をとった日本の工部大学校やフィンスブリー・テクニカル・カレッジ（Finsbury Technical College）における実践を検討することで、ペリーが提起した「有用性」の内実に迫る。この過程で、技術者や職業人の養成が目指された専門教育に着目し、一般教育が行われていた中等学校との対比を行う。

第 3 章では、ペリーの講演が招いた論争に着目し、「ペリー運動」の盛衰を描く。古典人文学に基づく教養の形成を目指していた中等学校において、ペリーが主張した「有用性」に基づく数学教育論は、数学教育の目的を根底から問い直す論争へと発展した。ペリーは講演の後、討論会を開催し、伝統的な数学教育を重んじるケンブリッジ大学の数学科教授フォーサイス（A. R. Forsyth）らの批判を受けた。こうした討論会の記録は *Discussion on the Teaching of Mathematic* に、ペリーの応答と合わせてまとめられている。同書を軸に、ペリーに賛同した論者、反対した論者のそれぞれの意見を整理し、論争を読み解く。同時に、討論会で示された妥決点を確認する。

加えて、「ペリー運動」によって進められた数学教育改革を検討する。1902

年には、ペリーを書記官、フォーサイスを議長とする委員会が設立され、ペリーの数学教育論を契機とした数学教育改革が徐々に具体化されていった。また、1903 年にはケンブリッジ大学において大学入学試験の改革がすすめられた。中等学校における数学教育のみならず、その出口である大学入試まで巻き込んだ改革が「改造運動」の初期の時点で既に展開され、数学教育改革は現実味を帯びていった。こうした「改造運動」初期の成果を確認することで、「ペリー運動」において目指されていた改革との相違点を浮かび上がらせ、ペリーの数学教育論が当時の数学教育界においてどのようにとらえられたのかを明らかにする。

第 4 章では、1902 年に中央教育当局として設立された教育院（Board of Education）が、公文書として初めて数学教育に関する教育方針を明らかにした *Circular711*「中等学校における幾何学とグラフ代数の指導(Teaching of Geometry and Graphic Algebra in Secondary School)」に着目する [20]。ここでは、1901 年からの約 10 年間の中等学校における幾何学とグラフの教育がまとめられており、ペリーの講演から約 10 年にわたる「改造運動」の到達点が示されている。

この 10 年間は中等教育制度においては、一つの転換点を迎えた時期である。1904 年に示された中等学校規則（Secondary School Regulations）は、イギリスで初めて公立の中等学校が設立される契機となり、中等教育の拡大を招いた。「改造運動」を読み解く前提として、こうした中等教育政策の転換をめぐる文脈を整理する。

他方で、*Circular711* の内容に着目すると、「基礎的な概念」の習得、「基礎的な命題」の証明、「演繹的証明」という、幾何学における 3 段階の指導が示されている。これは学習者の発達段階を幾何学のカリキュラムに、初めて位置づけた典型として、その後の幾何学教育を方向づけることとなった。さらに、*Circular711* に示された数学教育論について、ゴドフレーは数学教師を対象として講義を行っている。中等教育が徐々に拡大される中で、「改造運動」がいかに受容されていったのかを、*Circular711* 及びゴドフレーの講義記録から読み解く。

第 5 章では、ゴドフレーが特に活躍した 1910 年代から 1920 年代の前半を検討する。工学者として、いわば数学教育の外部から改革を訴えたペリーとは対

照的に、ゴドフレーはケンブリッジ大学で数学を学び、中等学校の数学教師を務めるなど、いわば数学教育の内部から「改造運動」を展開する役割を担った。そのため、1900 年代以降、フォーサイスをはじめとする数学者らからの後援や、シドンズら数学教師との協力の下で、ゴドフレーは数学協会において活躍するとともに、数多くの教科書を執筆した。

しかしながら、ゴドフレーの数学教育論において、旧来の論理的思考の育成に傾倒した伝統的な数学教育が提唱されたわけではなかった。1905 年以降、ゴドフレーは、実学を重んじる士官学校で教鞭をとるようになり、物理学などと関連付けた数学教育を実践した。こうした実践を経て、ゴドフレーは「改造運動」以前の教養として学ばれていた数学科において目指されていた「形式主義の目的（formal aim）」と、改造運動によって新たに着目されるようになった「実用主義の目的（utilitarian aim）」のいずれとも看過できない数学教育の目的であると位置づけた。これにより、中等学校における数学科の位置づけをめぐる議論を、教育目的論として整理した。

その上で、この相対する目的に対し、直観を契機とする帰納的推論といった数学的な見方（outlook）の育成を目指す、「ヘルバルト主義の目的（Herbartian aim）」という、第三の立場を提唱することでゴドフレーは止揚しようとした。こうした数学教育論が具体化されたゴドフレーの教科書を検討することによって、「改造運動」が遂げた展開を読み解く。

第 6 章では、*Cricular711* 以降から 1920 年代前半までの数学教育を、数学協会の報告書に焦点を当てて検討する。具体的には、第一に、1919 年に数学協会が中等学校の数学教育の方針を初めて示した報告書 *Report of the Mathematical Association Committee on the Teaching of Mathematics in Public and Secondary Schools* を検討する。第二に、同じく数学協会が 1923 年に幾何学教育に焦点を当てて、初めて数学協会としての方針を示した報告書 *The Teaching of Geometry in Schools* を検討する。

この 2 つの報告書において、数学が科学の一つとして位置づけられるようになり、数学科は 1919 年に出版された報告書において「科学の道具（the tool that science use）」[21]として、幾何学は 1923 年に出版された報告書において「空間の科学（the science of observed space）」[22]とする見方が示された。本章では、

こうした教科観の転換が、カリキュラムとして、そして教育実践としてどのように具体化されたのかを論じる。

第7章では、1920年代から1940年代前半を検討する。この時代、イギリスの中等学校では、1944年教育法に向けて、中等学校の拡大をめぐる議論が教育院の諮問委員会で展開された。本研究では、1926年のハドウ報告書（Hadow Report）、1938年のスペンス報告書（Spens Report）、1941年のノーウッド報告書（Norwood Report）といった中等教育に関する公文書に着目する。ここで示された中等教育政策、及び、そこでの数学教育論を整理することで、公的に受容された「改造運動」の展開を読み解く。

加えて、1939年に数学協会が、1923年の報告書の続編として出版した *A Second Report on the Teaching of Geometry in School* を検討する。同書において、1923年に出版された報告書において課題として残された具体的な教育実践の検討が行われている。同書に示された教育実践を明らかにすることで、1940年代までの「改造運動」の展開が明らかとなり、1944年教育法以前の中等教育の枠組みの中での「改造運動」の成果と限界が浮き彫りになるだろう。

最後に本稿で使用する用語について確認する。本稿でイギリスはイングランド（England）及び、イングランドとほぼ同様の教育政策が展開されたウェールズ（Wales）に関する内容を論じる際に用いる。英国を用いる場合、スコットランド（Scotland）やアイルランド（Ireland）を含む連合王国（United Kingdom）を示す。

また、中等学校とは、上級学校である大学への接続が可能となる中等教育機関を指し、それ以外の初等教育を終えた年齢の若者を対象とする教育機関を指す場合は初等後教育機関とする。ここで、多様な学校階梯で用いられるイギリスのカレッジ（college）が問題となる。例えば、イートン校としばしば翻訳される”Eton College”はパブリック・スクールであり、中等学校に含まれる。他方、ケンブリッジ大学の”Trinity College”の場合、カレッジは学寮としばしば訳され、高等教育の範疇である。また、フィンスブリー・テクニカル・カレッジは後期中等教育にほぼ相当する専門教育機関である。このように多様な学校階梯に用いられるカレッジに対し、本研究では、パブリック・スクールの名称として、ないし”university college”として用いられる場合を除き、すべてカレ

ッジと翻訳する。”university college”については、後に大学へと昇格する意味も込めて準大学と翻訳する。

---

[1] Perry, J., ‘The Teaching of Mathematics’, *Discussion on the Teaching of Mathematics,* Macmillan and Co., 1901, p.2.

[2] ドイツなど大陸に広まった「改造運動」をさす場合”Perryism”と表記される。

[3] 小倉金之助「序」ジョン・ペリー著、新宮恒次郎訳『初等実用数学』山海堂、1930 年、pp. ii-iii。

[4] 小倉金之助、鍋島信太郎『現代数学教育史』大日本図書、1957 年。同書は、「第一章　十九世紀から二十世紀初頭まで」、「第二章　世紀初頭から第一次大戦まで」、「第三章　第一次大戦の直後から第二次大戦の直前まで」、という時期区分で、イギリス、フランス、アメリカ、ドイツ、日本の数学教育史の展開を整理している。尚、同書の第三章においては、ソヴィエト・ロシアとイタリアが加えられている。

[5] 同上書、p.129。

[6] 同上書、p.130。

[7] 小倉金之助・鍋島信太郎『現代数学教育史』大日本図書、1957 年。

[8] 他にも、木村良夫は「ジョン・ペリーの数学教育改革論」(『人文論集』第 26 巻、1990 年、pp.163-180）において、やはりクラインと比較しながら、ペリーの数学教育論と意義と限界について論じている。ここで参照されている著作も、小倉の先行研究や丸山哲郎によるペリーによる講演等の翻訳である。同様に、数学教育史を研究する上垣渉も「数学教育改造運動の日本的受容」(『三重大学教育学部研究紀要』第 49 巻、1998 年、pp.49-72）において、ペリーとクラインの数学教育論を比較検討しながら、日本における改造運動の展開を論じている。日本の改造運動を読み解くことに主眼が置かれているため、ペリーについては小倉の先行研究や丸山の翻訳を参照して論じており、イギリスの数学教育論に踏み込んだ検討は行われていない。

　こうした傾向は近年においても見られ、福澤孝之は「数値計算を重視した微分積分学の教材開発 ：ジョン・ペリーの思想を根幹に」(『数学教育論文発表会

論文集』第 40 巻, 2007 年、pp.259-264）において、数値計算の指導に関する考察を主眼としているため、参照しているのはペリーの *Practical Mathematics*(1899)と小倉の研究のみである。ほかにも、中西正治、公田藏もペリーに言及があるものの、同様に小倉の研究に基づいている。以上、日本の従来の研究において、小倉の研究が基本とされていると結論付けることができる。

[9] 他にも、技術教育の文脈で、グッデイ（Gooday, G.）は工部大学校の研究などを中心にペリーについて言及している。しかし、グッデイの関心は技術教育であり、数学教育で展開された「改造運動」を論じてはいない。

[10] Price, M. H.(ed.), *The Development of the Secondary Curriculum*, Croom Helm, 1986, p.106.

[11] Price, M. H., 'The Reform of English Mathematical Education in the late Nineteenth and Early Twentieth Centuries', unpublished PhD thesis, University of Leisester, 1981, p.226.

[12] フジタは、ハウスンやプライスの他、次にあげる文献なども参照しながら、数学教育史、教育史の先行研究も踏まえて、このように述べている。Stamper, W., *A History of the Teaching Elementary Geometry*, Columbia University, 1909. Jackson, G. B., *The Teaching of Geometry in Secondary Schools*, Manchester University, Med Thesis, 1924, Coleman, R., *The Development of Informal Geometry*, Teachers College Columbia University, 1942. Block, W. H., 'Geometry and the Universities: Euclid and His Modern Rivals 1860-1901', *History of Education*, 1975.

[13] Fujita, T. 'The Reform of School Geometry in the Early 20th Century in England and Japan: The Design and Influences of the Textbooks by Godfrey and Siddons', Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of Southampton, 2003, p.75.

[14] Fujita, T. and Jones, K., "The Design of Geometry Teaching: Learning from the Geometry Textbooks of Godfrey and Siddons" *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 22(2), p.16.

[15] Ibid.

[16] 代表的な教科書とは、ゴドフレーをはじめとする代表的な数学教師によるものや他の文献で繰り返し言及があった教科書、および、再刷・再版が繰り返された教科書を意味する。

[17] 大矢真一『ピタゴラスの定理』東海大学出版会、2001 年。森下四朗『改訂版　ピタゴラスの定理　100 の証明法　幾何の散歩道』プレアデス出版、2010 年。

[18] Fujita, T., Jones, K., Yamamoto, S., 'Geometrical Intuition and the Learning and Teaching of Geometry,' *Topic Study Group on the teaching of geometry at the 10th International Congress on Mathematical Education*, Copenhagen, Denmark, pp.4-11.なお、広義には、「人が物事を直接に見るとき、それを了解的にわかったという印象」である、「直接的な認識」と定義されている（教育思想史学会編『教育思想事典』勁草書房、2000 年、pp.496)。「改造運動」において直観は、ドイツで「改造運動」の指導者となった数学者クライン（Klein, F.）によって、「数学的直観として理解される事柄は論理的思考に至るところで先行し、いつでもより広範な領域を有しているのである」と述べられている。そのため、「論理的思考の出番は数学的直観の後にやってくる」とされた（佐々木力『数学史』岩波書店、2010 年、p.648)。

[19] なお時期区分について、コールマン（Coleman, R.）は、1942 年にアメリカのコロンビア大学に提出した博士論文において、インフォーマルな幾何学の発展に着目して当時の数学教育の展開を次のように分類している（*The Development of Informal Geometry*, Bureau of Publications Teachers College Columbia University, 1942)。第一に、ド・モルガンの数学教育に見られるフォーマルな数学教育の伝統、第二に、ペリーの 1901 年の講演、第三に Circular711、第四に 1920 年代におけるゴドフレーおよびナンの数学教育論、第五に、1923 年の数学協会のレポートである。本稿においても、こうした先行研究の成果を踏まえ、改造運動の以前、ペリーの数学教育論、Circular711、ゴドフレーの数学教育論、1923 年の報告書に着目する。加えて、1923 年の報告書の続編である 1939 年報告書を追加し、1944 年教育法に至る数学教育の展開

を描く。

[20] Board of Education の訳語「教育院」については、大田直子「1902 年教育法, 1904 年教育法の一考察 : LEA 成立史」『東京大学教育学部紀要』第 23 巻, 1984 年, p.387-395 を参照した。

[21] ‘Report of the Mathematical Association Committee on the Teaching of Mathematics in Public and Secondary Schools’, *Mathematical Gazette*, vol. IX, No. 143, pp.393-421, p.395.

[22] Mathematical Association, *The Teaching of Geometry in Schools,* G. Bell and Sons, 1923, p.36.

第１章　中等学校における数学科の確立

本章では、「改造運動」を読み解く前提として、19 世紀後半のイギリスの中等教育制度、及び数学教育を概観する。19 世紀後半、イギリスは、ヴィクトリア女王（Victoria, A.）の治世の下で、綿工業だけでなく、鉄鋼業を中心とした重工業においても産業革命をいち早く成し遂げていた。当時最強と評された海軍に支えられた海運と、植民地と工業力に支えられた自由貿易体制によって、イギリスは大英帝国として繁栄を極めていた。政治においてもディズレーリ（Disraeli, B.）内閣の下で、スエズ運河の買収（1881 年）など帝国主義政策が推進された [1]。

こうした繁栄を極める大英帝国において、どのような中等教育、そして数学教育が展開されていたのか。本章では、第 1 節において、19 世紀後半の中等教育制度を概観する。第 2 節において、19 世紀後半に行われた教養をめぐる論争から、当時のイギリスの中等学校で行われていた一般教育の理念を整理する。第 3 節では、こうした中等学校で確立された数学教育に焦点を当てる。第 4 節では、イギリスにおける最初の数学教育改革となった幾何学教育改良運動に着目し、19 世紀後半の数学教育における論点を整理する。

第１節　19 世紀後半の中等教育制度

19 世紀後半、イギリスは大英帝国として繁栄を極めていた。他方、公的な学校教育制度の確立は、フランスやドイツといった大陸諸国に遅れをとっていた [2]。イギリスでは 1870 年初等教育法（Elementary Education Act of 1870）によって、ようやく公的な初等教育機関である基礎学校（elementary school）が成立した。公教育の成立が遅れた背景として、宗派の対立や、中・上流階級を対象とした私教育の普及が挙げられる。そのため、主に労働者階級の子弟を対象とした公的な初等教育は、19 世紀後半において「基礎教育と中等教育は分離された制度として考えられてきた」[3]。本研究で着目する中等教育は、中・上流階級の子弟に限られた制度として確立されていたのである。

19 世紀後半の代表的な中等学校として、グラマー・スクールが挙げられる。グラマー・スクールは教会や個人による何らかの寄付による基金に基づき、貧しくとも優秀な生徒を奨学生として 14 世紀ごろから設立された中等学校であ

る。グラマー・スクールは、その名称が意味する通り、聖書を読み解くために教会がラテン語やギリシャ語の文法を指導した教育機関を起源としている[4]。

こうしたグラマー・スクールの中でも、寄宿制・運動競技といった独自の伝統を持ち、イギリスの支配階層であるジェントルマンを輩出していた中等学校は、パブリック・スクールと呼称され、名門校としてその地位を確立しつつあった。これらの名門校は、ラグビー校（Rugby School）の校長を務めたトマス・アーノルド（Arnold, T.）を中心とする 19 世紀前半の学校改革を経て、19 世紀後半にはイギリスの「規範的教育機関」として、イギリスを代表する中等教育機関となっていた[5]。

では、19 世紀後半の中等学校においてどのような教育が行われていたのか。一例としてラグビー校の 19 世紀後半の時間割を見てみよう。同校では、週の授業時間 22 時間のうち、17 時間がラテン語やギリシャ語の古典、3 時間が数学、残りの 2 時間が近代語、ないしは化学、電気などの「自然哲学（natural philosophy）」に割り当てられていた[6]。このような教育を通じて人格の陶冶が目指されるとともに、オックスフォード大学やケンブリッジ大学といった高等教育機関で学ばれる自由七科の準備教育が行われていた。19 世紀後半の中等学校では、学校による違いは多少あっても、ラテン語やギリシャ語の文法及び文学、ギリシャ・ローマ史、神学、数学が教えられ、古典に傾倒した教育が一般教育として展開された。

では、なぜラテン語やギリシャ語による古典に、約 8 割もの時間が割かれていたのか。それは、これらがフランス語やドイツ語の現代語と違って、実用性がない高等な学問であると考えられたからであり、イギリスの上流階級の人々にとって人格の形成に資する教養と考えられたからである[7]。アーノルドは、「われわれが、ここで目指すのは、第一に宗教的・道徳的規律であり、第二にジェントルマンに相応しい行動であり、第三に知的能力である」[8]と教育理念を述べている。実用的な知識を身に付けるのではなく、人格の陶冶のために、「古典を教え、学ぶということがパブリック・スクールの教育の根幹」[9]を成していたのである。

ここで、19 世紀後半の中等学校では、どのような古典の授業が行われていたのか。一般的な授業では、生徒は毎日特定の課題について、ギリシャ語かラテ

ン語の文章を書き、古代の詩人の韻文の抜粋を暗記させられていた。「古典は、記憶力や正確さの習性、注意力の鍛錬として学ばれるか、せいぜい社会道徳の教訓をそこから引き出すものであって、文学や芸術として学習されたわけではかった」[10]。他方で、2 時間しか配当されなかった理科系の科目は、教養よりも一段下の実学、すなわち、形而下学としてとして軽視されていた。このように教養とは、職業準備としての、あるいは、実用としての価値ではなく、人格の形成に資するものとらえられていた[11]。

19 世紀後半のイギリスにおいて、ダーウィン（Darwin, C. R.）による『種の起源』（1859 年）の出版、マクスウェル（Maxwell, J. C.）による古典電磁気学の確立（1865 年）など著名な科学者の活躍とともに、1869 年には科学誌 *Nature* が創刊されるなど、科学研究も展開された[12]。しかしながら、中等学校における科学の軽視に象徴されるように、19 世紀後半のイギリスでは、こうした成果は専門家の間でのみ共有され、共通に学ぶべき教養とはみなされなかった。19 世紀後半の中等学校においては古典人文学的教養を形成することが目指されていたのである。

第 2 節　教養をめぐる論争

しかしながら、19 世紀後半にジェントルマンが身に付けるべき教養を巡って、トマス・アーノルドの子であるマシュー・アーノルド（Arnold, M., 1822-1889）と、ハクスリ（Huxley, T. H., 1825-1895）の間で教養教育をめぐる論争が展開された。パブリック・スクールで教育を受け、オックスフォード大学へと進学し、イギリスの典型的なジェントルマンとして歩んだマシュー・アーノルドは、中等学校で伝統とされてきた古典人文学に基づく教養を「完全の追求である」[13]と定義した。ここで「完全」とは「行為と服従」[14]を最高の観念とするとヘブライ主義と、「正しく考える」[15]ことを最高の観念とするヘレニズム主義と調和すること、すなわち「知と行が一致する」[16]ことを意味し、カトリックの精神を身に付けることを教養の理想とした。

この教養を修得するためには、「世界中で考えられ、語られた最上のものを知ること」[17]、すなわち、ギリシャ語やラテン語で書かれた古典文学について学ぶことが必要であるとマシュー・アーノルドは考えた。だからこそ、一般教

育において古典人文学が首座に据えられていたのである。マシュー・アーノルドは上流階級を中心としたパブリック・スクールの教育を理想ととらえると同時に、19 世紀後半に増大した中産階級に対しては、物質的な満足を追求するのではなく、人間的な完成を求め、下流階級に対しては、節制を知り、計画的に生活を営む判断力を身につけることが必要であると考えていた。そのため、マシュー・アーノルドにとって、教養とは、古典人文学を読み、カトリックの精神を身に付けることによって身に付くものであった。

他方、ハクスリは「教育とは知性に大自然の諸法則を教え込むことなのである」[18]と、教育を定義し、経験がすなわち教育であると考えた。ハクスリは、少年時代に正規の学校教育を 2 年程度しか受けることなく、書物を通じた独学や医者の助手としての経験から生物学や医学を実践的に学んだ。その後、1869 年には *Nature* の創刊号において巻頭言を記すなど、ハクスリはイギリスにおける科学の普及に尽力した。こうしたハクスリにとって、自然から学ぶ経験のすべてが教育であった。その中でも、人間が介入する教育は、「大自然のやり方が持っているこういった欠陥を補うことである」[19]とし、中等学校で行うべき一般教育も、この人為的な教育に含まれると考えた。

そして、教養を身に付けることを目指す一般教育の目的は「大自然を最善に利用することができる」[20]ことだとされた。ハクスリがこのように考えるに至った背景には、失業問題が深刻となり、貧民があふれた大不況期（1873 年-1896 年）がある。ハクスリは医者の助手として貧民の医療に携わった経験から、下流階級の惨状を実感していた。労働者の貧困が問題になる中で、公衆衛生が問題となり、1875 年に公衆衛生法（Public Health Act）と職工住宅改良法（Cross Act）が成立した。ハクスリはこうした衛生といった科学的知識こそが、19 世紀後半を迎えたイギリスにおいて新たに身に着けるべき教養であると考えた。

そこで、ハクスリは教養概念の転換を目指し、マシュー・アーノルドが「世界中で考えられ、語られた最上のものを知ること」、すなわち古典を知ることこそが教養であるとした主張に対し、次のように反論した。ハクスリは、マシュー・アーノルドの主張を「人生批評は教養の本質であるとする主張」[21]と「文学はかかる人生批評を組み立てるに十分な材料をもちあわせているという主張」[22]という 2 つの主張に分析した。一つ目の主張に対しては、「教養とは、理想

を持つこと、理論から導かれた基準に照らして事柄の価値を批判的に判断する習慣を持つこと、を意味する」[23]とハクスリはアーノルドの主張に同意している。しかし、2つ目の主張に対し、「文学のみがこの知識を残らず提供できるという意見には強く反対する」[24]と反論した。

ハクスリは、そもそもヘレニズム文化に基づく人文主義も、14世紀以前の宗教的世界観から、14世紀のルネサンスを経て置き換えられた世界観であるととらえた。そのため、人文主義が人類の知識の頂点であるのではなく、自然科学が発展した19世紀後半においては、「自然に関する知識」こそが、世界をより正しく批評するとハクスリは考えた[25]。その例として、ハクスリは、地球の誕生や地動説を説明する天文学や、万有引力を説明する物理学などギリシャ時代以降にされた自然科学上の発見は、世界をより正確に批評するものあり、こうした正確な批評をもたらす自然科学こそ教養の本質であると主張した。

そして、次のように19世紀後半の教育を批判している。初等教育に関しては、読み書き算を教えるものの不十分であり、神学について子どもは1割も理解しておらず、ユダヤとギリシャの歴史ばかり教え、地図の見方さえわかっていない[26]。他方で、中等教育は、例えば数学では、算数にわずかな代数と幾何学が加わっているが、計算規則について説明を聞いていないし、丸暗記以外の幾何学を知らない。その代わりに身についていたものは、古代ギリシャとローマの言語・文学・歴史、ならびにこれら二つの古代国家でわかっていた程度の世界についての地理である[27]。

ハクスリは、自然科学を学ぶことで、権威や古典によらずに事物に即して判断を下し、生活を向上させることこそ、階級に関わらず必要な教育と考えた。自然科学を原理とする教育が取り入れられることによって、労働者階級だけでなく、中産階級や支配階級をも変革しようとハクスリは考えていたのである。

19世紀後半において、古典を通じたジェントルマンとしての教養の形成が、中等教育の主な目的とされていた。しかしながら、19世紀後半の時点で、それを疑問視し、自然科学を教え、学ぶ必要性を訴える声がハクスリを中心として既に上がっていたことが読み取れた。では、こうした時代において数学はどのように教えられていたのか。次節において、19世紀後半の中等学校における数学科の位置づけを確認する。

第 3 節　19 世紀後半の中等教育における数学教育

第 1 項 中等学校における数学科の成立過程

イギリスの中等学校の数学科は、19 世紀後半になってようやく確立された。そもそも、オックスフォード大学やケンブリッジ大学への進学と直接結び付いていた古典人文学に比べ、19 世紀前半まで数学科は必須の教科として位置づけられていなかった [28]。そのため、19 世紀までのパブリック・スクールでは、ラテン語やギリシャ語など他の教科を教える教師が、課外で個人的に生徒を集め、自由に数学を教えるというスタイルが一般的であった。例えば、パブリック・スクールの一つであるハロー校（Harrow School）では、1819 年までにはこの方法が取り入れられていた [29]。

ハウスンは数学科が確立される契機として、1834 年にパブリック・スクールのウィンチェスター校（Winchester College）において、ヴァルフォード（Walford, J. D.）が数学を専科とする教師として初めて採用されたことを挙げている [30]。この人事を契機に、1834 年にイートン校、1838 年にハロー校においても数学を専科とする教師が採用されるようになったとされる。しかしながら、最初に数学教師が採用されたウィンチェスター校でも、数学科はあくまで選択科目の一つに過ぎず、古典教師に比べ、数学教師は低い立場にあった。

このように 19 世紀半ばに向けて、数学科は徐々に浸透していった。ここで注意しなければばならないのは、自然科学としてではなく、古典の一教科と浸透していった点である。すなわち、19 世紀後半において数学科は、中等学校での地位を確立するために、数学そのものの発展のため、自然科学への応用のためではなく、他の古典教科と同様に、数学の論理形式を学ぶことで思考力を陶冶し、ジェントルマンとしての教養を育成するために指導されていたのである。

この性格は、算術や代数といった科目よりも、ユークリッドの『原論』を範とした教科書を使用していた幾何学に顕著に表れていた。19 世紀後半の中等学校における幾何学は、空間の幾何学的事実や数学的な解釈を学ぶ科目ではなく、『原論』に示された論理を学び、論理的思考力を陶冶する科目であった。このように数学は形式陶冶のために教えられていた。

第２項　ユークリッドによる『原論』の概要

ここで、『原論』について確認しよう。そもそも『原論』は古代ギリシャを中心とする数学に関する発見を紀元前３世紀初頭に集成したものであり、ユークリッドにより書かれた書物であるとされる[31]。全 13 巻から構成され、第 I 巻から第 VI 巻までは、平面幾何学であり、第 VII 巻から第 IX 巻は整数論、第 X 巻は非共測量、第 XI、XII 巻は立体幾何学及び二重帰謬法、第 XIII 巻は正多面体論となる。

このうち、イギリスの中等学校の幾何学で教えられていたのが、第 I 巻から第 VI 巻までの平面幾何学である。第 I 巻では三角形などの図形の基礎的な性質が扱われ、最終的にピタゴラスの定理が証明される。第 II 巻では代数に見られる展開公式が図形的に証明される。第 III 巻では円に関する命題が証明される。第 IV 巻では、多角形が扱われる。第 V 巻は比例論を扱うものの、中等学校ではしばしば省略された。第 VI 巻は比例論を幾何学へ応用し、相似な図形を対象とした。

これらの内容を含むすべての定理を、定義と公理、そして次に示す５つの公準によって証明している[32]。

1. 任意の点から任意の点に直線をひくこと
2. 有限直線を連続して一直線に延長すること
3. 任意の点と距離（半径）とによって円を描くこと
4. すべての直角は互いに等しいこと
5. 一直線が二直線に交わり、同じ側の内角の和を２直角より小さくするならば、この２直線は限りなく延長されると、２直角より小さい角の側において交わること

この５つの公準を見ると、直線と円、すなわち、定規とコンパスが条件として示されていることが読み取れる。『原論』の特徴は、このように直線と円というわずかな条件から、紀元前３世紀までに発見されたすべての命題を証明し、論理の体系を確立した点にある。そのため、『原論』は数学が成立した契機としての意義を持つ。

ここで、導入部であり、イギリスのどの中等学校でも指導された第Ⅰ巻の内容を見てみよう。第Ⅰ巻では「線とは幅をもたない長さである」[33]といった点や線の定義や公理から始まり、それらを使った命題が順に証明される。すでに証明された命題も利用しながら、順番に証明を繰り返し、角や三角形に関するもの（命題 1-26)、平行線の性質（命題 27-32)、平行四辺形（命題 33-48）が説明される。平行四辺形に含まれる内容にピタゴラスの定理（命題 47-48）が含まれ、最終的にこの定理が証明される。

以上、『原論』は一見自明に思われる公準から、命題を厳密に証明し、これを積み重ねて体系を確立するという数学の基本的なスタイルで書かれている[34]。それぞれの命題は「問題（problem)」と「定理（theorem)」に分けられ、『原論』第Ⅰ巻の命題 1「与えられた有限な直線の上に等辺三角形をつくること」[35]のように、作図（construction）ができることを示さなければならない命題は「問題」に分類されている。他方で、第Ⅰ巻の命題 13「もし直線の上に立てられて二つの角をつくるならば、二つの直角かまたはその和が 2 直角に等しい角をつくるであろう」のように、真であることを示さなければならない命題は「定理」に分類されている[36]。

このように、『原論』は、公理などの最小の条件に基づいて、飛躍や矛盾をすることなく命題を一つずつ証明し、理論体系を創出した点に特徴がある[37]。すなわち、『原論』は、抽象的な論理を用いることで、学問として数学を初めて確立したのである。こうした性格から、多くの数学者も一度は学んだ教材として位置づけられていた。

第 3 項　幾何学における教科書の検討

では 19 世紀後半の中等学校で『原論』の内容はどのように扱われていたのか。トドハンター（Todhunter , I.）による *The Elements of Euclid for the Use of Schools and Colleges* を検討する[38]。同書は 1862 年に出版され、その後 1896 年まで 20 回にわたって再版されており、中等学校の幾何学の代表的な教科書であった[39]。

同書の中で、トドハンターは、「幾何学的な演繹は数学を学ぶ生徒にとって最良の訓練である」[40]との認識の下で教科書を書いていた。この記述から、当

資料１　トドハンターの教科書における目次

目次

出典：Todhunter, I., *The Elements of Euclid for the Use of School and Colleges*, Macmilan and Co., 1862, p.xiii より訳出。

資料２　トドハンターの教科書における最初の命題

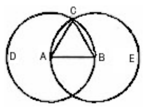
6　EUCLID'S ELEMENTS

公理

1. 同じものに等しいものは互いに等しい。
2. 等しいものに等しいものが加えられれば全体は等しい。
3. 等しいものから等しいものを引いても残りは等しい。
4. 等しいものに等しくないものを加えると全体は等しくない。
5. 等しいものから等しくないものを引いたら全体は等しくない。
6. 等しいものの二倍は互いに等しい。
7. 等しいものの半分は互いに等しい。
8. 互いに等しい大きい数、同じ面積を占める大きいものは互いに等しい。
9. 全体は部分より大きい。
10. ２つの線分は面積を囲まない。
11. 直角は互いに等しい。
12. 直線が2直線に交わり同じ側の内角の和を2直角より小さくするならば、2直線は限りなく延長されると2直線より小さい角がある側で交わる。

命題1　問題

与えられた線分の上に等辺三角形をつくる。
ABを与えられた線分とする。線分AB上に等辺三角形を作る。



中心をAとし、距離ABを半径とする円BCDを描く。　公準3
中心をBとし、距離BAを半径とする円ACEを通る。　公準3
点Cを円の交点とし、線分CAとCBを点A、Bに　公準1
対して描く。ABCは等辺三角形になる。
なぜなら、点Aは円BCDの中心であり、ACはABと等しい。
また、点Bは円ACEの中心であり、BCはBAと等しい。　定義15
したがってCAはABと等しいと言うことが示された。
それゆえ、CAとCBは互いにABに等しい。
等しいものは互いに等しい。　公理1
ゆえにCAはCBと等しい。よってCA、AB、BCは等しい。　定義24
三角形ABCは等辺三角形であり、AB上に描かれた。　Q. E. F.

出典：Todhunter, I., *The Elements of Euclid for the Use of School and Colleges*, pp.6-7 より訳出。

時、同じく中等学校で教えられていた算術や代数ではなく、幾何学の学習から得られる演繹的推論こそが数学の核心であるとする数学教育観を垣間見ることができよう。

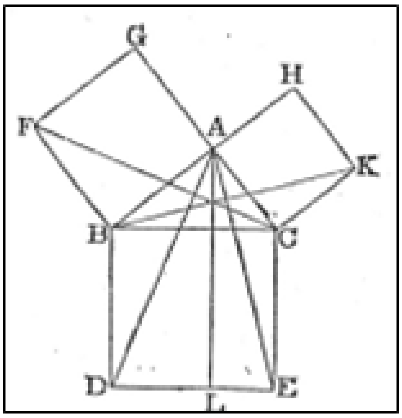
同書の特徴は、第一に、命題の配列が『原論』とほぼ同様に行われた点にある。資料１に同書の目次を示した通り、当時の中等学校で教えられた第Ⅰ巻から第 VI 巻が、『原論』の順のまま配列されている。第二に、内容に関しても『原論』とほとんど同様に記述されている点である。資料２では、最初に証明される命題が掲載されている頁を前の頁と合わせて示した。資料２左側に示されている通り、一連の定義や公理、公準が掲載され、幾何学の前提として必要な概念や用語が確認されたのち、『原論』第Ⅰ巻の命題１「与えられた有限な直線の上に等辺三角形をつくること」[41]が掲載されている。『原論』とほとんど同様に、抽象的な定義や公理、公準から出発して、命題の証明が最初に生徒に教えられることが示されている。

こうした『原論』に沿った場合の展開を、第Ⅰ巻のピタゴラスの定理の証明から確認する。ピタゴラスの定理は、「直角三角形において直角の対辺の上の正方形は直角をはさむ２辺の上の正方形の和に等しい」[42]という定理である。資料３は、トドハンターの教科書に示されたピタゴラスの定理の証明及び作図である。この図は、第Ⅰ巻に示された定義や公準、命題に従って、平行や合同を用いれば、一般的に証明できるように作図されている。

資料３に示した通り、『原論』に従ってピタゴラスの定理を証明した場合、それ以前の命題や最初に示された公理や定義を用いて、論理的に証明を行うことになる。すなわち、ピタゴラスの定理のという一つの命題の証明のために、公理 2、6、11 とともに、第Ⅰ巻の定義 30、及び命題 4、14、31、41、46 が利用されている。また、これらの命題については他の命題を参照しているという事実から、『原論』第Ⅰ巻は、最後の命題となるピタゴラスの定理と、その逆である命題 48 を証明するために、命題１から命題 46 が配置されているのである。こうした配列は、他の命題についても見られていることから、『原論』において内容としてのわかりやすさよりも、証明のしやすさが重視されていたといえる。

また、資料３に示した証明において、代数学的な記述が行われていない点にも注意が必要である。例えば辺 AB の長さを a とし、同様に辺 BC を b、辺 CA

資料３　ユークリッドによるピタゴラスの定理の証明



ABC が角 BAC を直角とする、直角三角形であるとする。BC 上に描かれる正方形が、BA、AC 上にそれぞれ描かれる正方形の和に等しいことを示す。

BC 上に正方形 BDEC が描かれる。BA、AC 上に、それぞれ正方形 BAGF 及び、正方形 ACKH が描かれる（第 I 巻、命題 46)。A を通り、BD, CE のどちらかに平行な直線 AL を引く（第 I 巻、命題 31)。そして、AD と FC を結ぶ。

そうすれば、角 BAC は直角であり（仮定)、角 BAG も直角となる（定義 30)。任意の線分 BA に対して、その上の点 A と同じ側にない２線分 AC、AG が接角を２直角に等しくする。それ故、線分 AC、AG は同じ直線上にある（第 I 巻、命題 14)。同じ理由から、線分 AB と AH は同じ直線上にある。

ここで、角 DBC が角 FBA に、共に直角であるが故に等しい（公理 11)。双方に角 ABC が加えられたとする。そうすれば、角 DBA 全体は角 FBC 全体に等しい（公理 2)。そして辺 DB は BC に等しく、AB は BD に等しいため、2 辺と辺 BC は 2 辺 FB と BC に等しい（定義 30)。そして、角 DBA は角 FBC に等しい。

したがって、三角形 ABD は三角形 FBC に等しい（第 I 巻命題 4)。同じ底辺 BD 上にあり、同じ平行線 BD、AL の間にあるため、BL を対角線とする平行四辺形は三角形 ABD の 2 倍の大きさである（第 I 巻、命題 41)。また、同じ底辺 FB 上にあり、同じ平行線 FB、GC の間にあるため、GB 上の正方形は、三角形 FBC の二倍である（第 I 巻、命題 41)。しかし、等しいものの二倍は、お互いに等しい（公理 6)。それゆえ、平行四辺形 BL は、正方形 GB に等しい。

同様にして、AE、BK が結ばれれば、CL を対角線とする平行四辺形は CH 上の正方形と等しくなる。故に、正方形 BDEC は、2 つの正方形 BAGF と正方形 ACKH の（和に）等しい（公理 2)。そして、正方形 BDEC は BC 上に描かれ、正方形 BAGF と正方形 ACKH は BA と AC に描かれる。それ故、辺 BC 上に描かれる正方形は、辺 BA 上に描かれる正方形と辺 AC 上に描かれる正方形（の和）に等しい。

よって、直角三角形において直角の対辺の上の正方形は直角をはさむ 2 辺の上の正方形の和に等しい、ということが証明された。

出典：Todhunter, I., *The Elements of Euclid for the Use of School and Colleges*, pp.50-51 より訳出。

を c とした場合、ピタゴラスの定理は $a^2 + b^2 = c^2$ と表現され、説明を簡略化することができる。しかし、こうした代数記号と方程式による表現を幾何学に取り入れてしまうと、『原論』の中で完結していた論理の一貫性を保持することができないと、トドハンターをはじめとする当時の数学者は考えていた。そのため、命題の表記や証明において代数記号を用いた表現を用いることができず、すべて言葉で証明されている点にも、注意が必要である。

他方で、『原論』から加筆修正されていた点にも注目しよう。トドハンターの教科書の巻末では、大学やカレッジへの入学試験において過去に出題された問題から、440 もの練習問題が選ばれ、付け加えられている。例えば、第 I 巻の命題 1 から命題 15 までの内容を用いる練習問題として、「三角形 BAC において、角 B は角 A の 2 倍である。もし、角 B を 2 等分する直線が AC に交わる点を D とするとき、BD は AD に等しいことを示せ 」という問題が掲載されている [43]。『原論』自体には練習問題はないため、トドハンターは、先の例であれば、第 I 巻の命題 1 から命題 15 を終えた教師が、必要に応じて授業で出題できるように教科書を執筆したといえよう。

以上、トドハンターの教科書では、教科書として編集された側面があるとともに、『原論』の配列がほとんどそのまま用いられていたことが確認できた [44]。19 世紀後半のイギリスの中等学校では、幾何学は「ユークリッドが強力に支配していた」のであり、幾何学は「端的にいえば『ユークリッド』であった」といえる [45]。

こうした幾何学教育が成立した背景には、第一に『原論』が数学者の皆が一度は学ぶ古典的なテキストであると考えられていたことが指摘できる。19 世紀後半のイギリスにおいて『原論』を凌駕する教科書は執筆されていないと考えられていた。その結果、教員養成学校（training college）で使用され、制度的に『原論』に基づく幾何学教育が再生産されていた。そのため、数学者ルジャンドル（Legendre, A. M.） の *Eléments de géométrie* によっていち早く『原論』に基づく幾何学教育から脱したフランスや、それに追随したアメリカなどの国々と比べ、幾何学教育改革は遅れていた [46]。

第二に、イギリスの数学界をけん引してきたケンブリッジ大学においてユークリッド幾何学が研究され、入学試験や卒業試験であるトライポス(Tripos)で

幾何学の試験問題が出題されていたように高等教育とも結びついていた点が指摘できよう。大学への進学やその後の学習においても『原論』が必要となっていたため、『原論』から脱却した幾何学教育が困難であった点が指摘できる。中等学校が独立して運営されていた 19 世紀後半のイギリスでは、一定の質を保証する、いわばスタンダードとしての機能を『原論』が果たしていたのである。

本節で確認したように、19 世紀後半に成立した数学科において、古典である『原論』に学び、演繹的な推論による思考力を陶冶することが目指されていた。しかしながら、初学者にとってあまりに抽象的で難解であり、第 2 節でハクスリが批判した通り、実態は試験のための暗記科目となっていた。

第 4 節　「数学教育改造運動」に至る幾何学教育の流れ

こうした幾何学に代表される数学教育に対し、批判は生まれなかったのか。幾何学が教育効果を上げていないことに対して、数学者や数学教師から改革を求める声が上がっていた。1871 年には、幾何学の教育を改良するべく、ロンドン大学の教授ハースト（Hirst, T. A.)、ラグビー校の数学教師ウィルソン（Wilson, J. M.）らにより幾何学教育改良協会（Association for the Improvement of Geometrical Teaching）が設立された [47]。

同会は中等学校の教師、数学者や、視学官（inspector）により構成され、幾何学教育の全般的な改良を目的とする団体であった。同会により、試験制度改革の提案や、教科書の執筆が行われ、幾何学のカリキュラムが改革された。ここでは、幾何学教育改良協会による教科書 *The Elements of Plane Geometry* を検討することで、「改造運動」の以前において、第 3 節でみた課題がどのように乗り越えられようとしていたのかを検討する。

第 1 項　*The Elements of Plane Geometry* の概要

幾何学教育改良協会は、1875 年に幾何学のシラバスを出版した後、これに基づいて 1884 年と 1888 年に *The Elements of Plane Geometry　Part.I*（以下、*Part.I*）と *The Elements of Plane Geometry　Part.II* からなる（以下、*Part.II*）、2 冊の教科書を出版した。*Part.I* では『原論』の第 I、II 巻の内容が、*Part.II* では第 I、IV、V 巻（部分的に第 III 巻）の内容が扱われた。従来同様、作図に

は定規とコンパスを使用するという原則が維持され、冒頭は定義や公準から始まり、命題が順に証明されるという展開が引き継がれている。

他方で、相違点は次の通りである。1 点目は命題の配列が変更された点である。トドハンターの教科書では点や直線といった概念の定義が述べられると、命題 1 では『原論』と全く同様に、最初の証明から線や角、三角形や円といった複数の概念が使用された。

これに対し、資料 4 及び、資料 5 に示した通り、*Part.I* では最初に教えられる定理 1 は「すべての直角は互いに等しい」[48]という命題である。この命題において、証明に利用される概念は直線と角に限定されているため、基礎的な命題が選択されているといえよう。続いて、資料 6 に示した通り、定理 2 は「もし直線が他の直線上に立てられるとき、となりあう角は 2 直角に等しい」[49]という定理である。この 2 つの定理は、『原論』第 I 巻の命題 13「もし直線が直線の上に立てられて 2 つの角をつくるならば、2 つの直角か、またはその和が 2 直角に等しい角をつくるであろう」[50]に相当する命題である。

このように *Part.I* では、命題の配列を『原論』から変更し、概念を段階的に導入することで、初学者にわかりやすく幾何学を教えるカリキュラムが試みられているといえる。このような変更は教科書の全体に見られ、『原論』第 I 巻に相当する内容は、資料 4 の目次の通り、「1. 点における角」、「2. 三角形」、「3. 平行線と平行四辺形」、「4. 問題」、「5. 軌跡」という 5 つの領域に分類され、命題の配列が変えられた。学習者が簡明な概念から学習できるようにカリキュラムを再編成し、原典主義の教育からの脱却を試みたといえよう。学問の系統から教育の系統へとカリキュラムが目指されていた。

2 点目は、教科書の冒頭で作図と証明の形式という、幾何学を成立させる原則が学習者に示され、幾何学を学習する見通しが理解できるようになっている点である。第一に、作図について「初学者は、理論的な幾何学を学ぶ前、あるいは同時に、幾何学的に描くことを練習する必要がある」と述べ、幾何学を学ぶ契機として作図を位置づけている。その上で、「定規とコンパスのみによって行うことができる」角や線の二等分線や垂線といった証明の基礎となる単純な作図によって、幾何学が成立している点が学習者に示された。

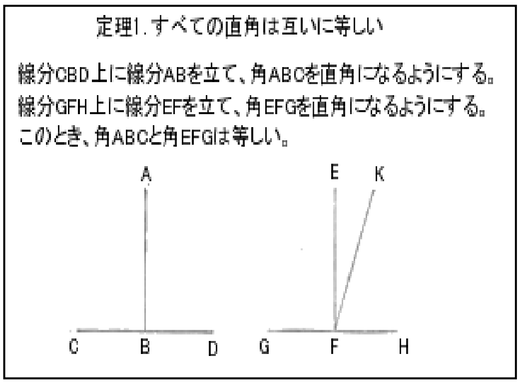
第二に、*Part.I* では導入部において、「定理の言明は 2 つの部分からなる。

資料４　*The Elements of Plane Geometry, part.I* の目次

目次

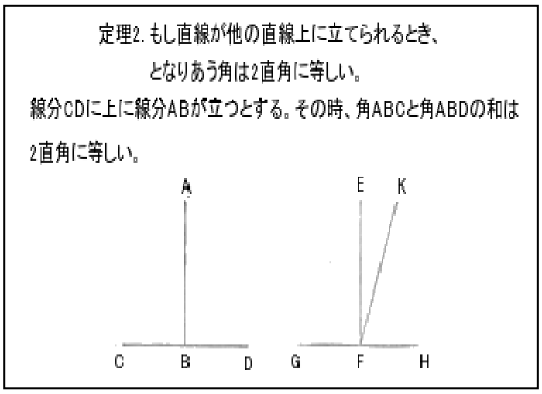
出典：Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *The Elements of Plane Geometry Part I,* W. Swan Sonnenschiein and Co., 1884, p.7 より訳出。

資料 5　*The Elements of Plane Geometry, part.I* の定理 1



出典：Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *The Elements of Plane Geometry Part.I,* p.18 より訳出。

資料 6　*The Elements of Plane Geometry, part.I* の定理 2



出典：Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *The Elements of Plane Geometry Part.I,* p.20 より訳出。

仮定される『仮説』と、結果として導かれる『結論』からなる。典型的な定理は、もしAがBであるなら、そのときCはDである、と書かれる。仮説は、AがBであるなら、であり、結論は、CがDである、となる。この定理から、次のことを導く必要がある。もし、CがDでないなら、AはBでない。こうした2つの定理は、互いに対偶と呼ばれる」[51]と証明の基本的な構成を説明している。この説明によって、取り組むべき証明の形式が実際に幾何学の学習を始める前に示されている。

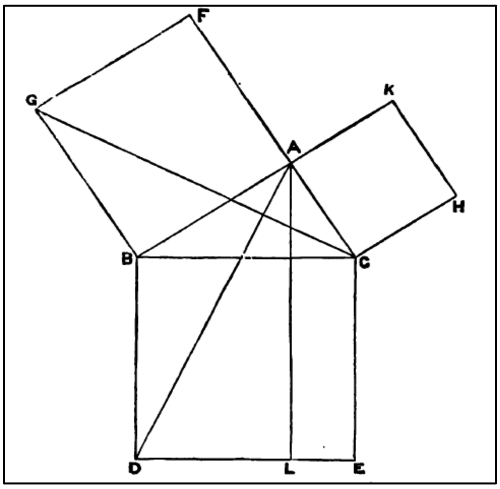
3点目に*Part.I*では内容のまとまりごとに練習問題が含まれている点があげられる。第3節で検討したように、トドハンターは巻末に練習問題を載せていた。これに対し、幾何学教育改良協会版では、内容のまとまり毎に練習問題が出題されることで、教師に対して問題を出題する時期を示すという狙いがあると理解できる。

第2項　*The Elements of Plane Geometry*におけるピタゴラスの定理の指導

最後に、以上3点をピタゴラスの定理を例に確認する。*Part.I*では、ピタゴラスの定理は、『原論』の第Ⅱ巻で面積について扱われている箇所に位置づけられている。第3節に示した『原論』と同様の証明が「第一の証明(first proof)」（資料７）として示されたのち、新たに「第二の証明（second proof)」（資料８）が加えられた。第一の証明においては命題の配列が変更されているため、変更に対応して順番が変わった公理や定義、命題の番号が示されている。また、資料3でAEとBK（資料7ではAEとBH）が直線で結ばれておらず、証明が簡略化されている。こうした変更点があったものの、証明自体は『原論』と同様の方法と記述で行われている。

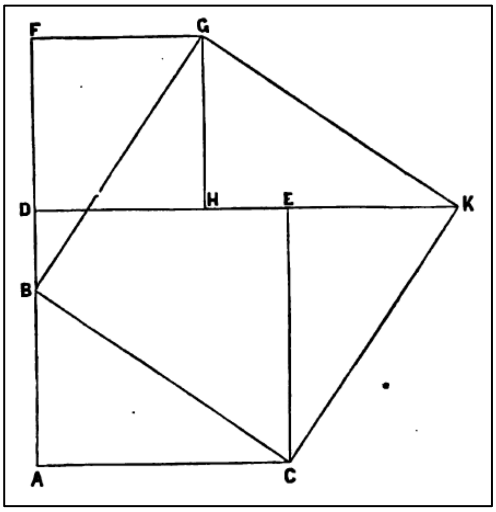
他方で、資料8に示した第二の証明を見てみよう。この証明では、平行線を用いずに、図形の合同と面積が等しいことを利用して、ピタゴラスの定理が証明できている。その結果、『原論』に示された資料3の証明では合計で11の公理や定義、命題が証明で用いられていたのに対し、資料8の証明では、これらを4つ用いるだけで証明できている。参照する公理や定義、命題が減っている点で初学者にとって証明が平易になっているといえる。

資料7　*The Elements of Plane Geometry Part.I*におけるピタゴラスの定理の第一の証明



出典：Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *The Elements of Plane Geometry Part.I*, p.116.

資料8　*The Elements of Plane Geometry Part.I*におけるピタゴラスの定理の第2の証明



AC 上に正方形 ADEC を描く。辺 AB 上に、辺 AC、辺 AD と等しくなるように点 F をとると、DF は AB と等しくなる（公理 d)。辺 DF 上に正方形 DFGH を描くと、この正方形は AB 上の正方形と等しくなる(第 I 巻、命題 30)。BG を結び、K を DH の直線上にとると、辺 HK は辺 DE や辺 AC に等しくなる。CK と KG を結ぶ。

三角形 CAB と BFG の中で、AC は辺 FB に等しい、辺 AB は辺 FG に等しい。三角形 CAB は三角形 BFG に等しい。ゆえに、三角形は同様に等しい（第 I 巻、命題 5)。三角形 CAB, BFG, KHG, CEK はいずれも同様に等しいことが証明される。ゆえに、図 CBGK はひし形である。

再び、角 ECK が角 ACB に等しいため、BCK の全体の角は、角 ACE に等しくなり、角 BCK は直角である（公理 d)。
ゆえに、四角形 CBGK は BC 上の正方形である。しかし、三角形 CEK が三角形 BFG、HGK, ABC に等しいため、BK は AE と DG によって作られる正方形と等しく、BC 上の正方形は、AB と AC 上の正方形の和と等しい。

出典：Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *The Elements of Plane Geometry Part.I*, p.118 より訳出。

また、*Part.I* では、この証明が示されたのち、例題として、「任意の直角三角形において、斜線の上にあり、直角から引かれる垂線によって分割された長方形は、その部分にとなり合った辺の上にある正方形の面積に等しい」という、ユークリッドによるピタゴラスの定理の証明の一部分、例えば、資料 7 であれば、辺 AL と BC の交点を M とするとき、長方形 MLEC と正方形 ACHK が等しいことを証明する問題が練習問題として出題されていた。このように、証明について学んだ後、練習問題を通じて、学習者は学んだ知識について復習できるようになっている。

以上、*Part.I* は、『原論』の内容を教育の系統に沿って部分的に修正した初めての教科書であったという意義がある。しかしながら、幾何学教育改良運動は、そもそも幾何学で何を教えるのか、すなわち古典である『原論』の内容が妥当なのかという議論が行われることはなかった。幾何学教育改良協会による改革は、数学教育の草創期であったこともあり、表層にとどまらざるを得なかったという限界が指摘できる [52]。

しかしながら、幾何学教育改良協会が提案したシラバスや教科書は 3000 部以上販売され、パブリック・スクールをはじめとする中等学校で取り入れられ、一部では改革が実現された。幾何学教育改良協会の数学教育論を検討するべく、教科書の内容を検討した結果、学習者にとって理解しやすい指導が目指されていたことが示された。このことから、幾何教育改良運動は、教育方法の改善を指向した最初の運動であった [53]。

小括

第 1 章では、イギリスの中等学校における数学科の原点を検討した。第 1 節で、19 世紀後半のイギリスにおいて代表的な中等学校であったパブリック・スクールにおいて、古典人文学を学ぶことによって、ジェントルマンとしての教養を身につけ、人格の形成を目指す教育が行われていたことを示した。第 2 節では、こうした古典人文主義に対し、科学的な認識や思考が「教養」とみなされるか否かが論争として展開されたことを示した。

第 3 節では、19 世紀後半に、数学科が古典人文主義に基づいて古典の一科目

として確立されたことを述べた。ここで、数学科は演繹的な推論による思考力の陶冶を目指す教科であった。代表的な教科書である『原論』を範とするトドハンターの教科書で見た通り、初学者にとって過度に抽象的で難解であった。

第 4 節において、古典である『原論』に基づく幾何学教育への批判から、1871 年以降、幾何学教育改良運動が生じたことを述べた。幾何学教育改良協会は、概念を段階的に導入する、わかりやすい教科書の執筆を試みることで、『原論』に替わるカリキュラムを提案した。幾何学を初めて教育の系統に沿って修正した意義はあったものの、幾何学教育の目的や内容を含んだ根本的な議論を避けた結果、幾何学教育改良協会による改革は表層に留まっていた。そのため、その影響には限界があり、その課題は「改造運動」へと引き継がれていった。

以上から、19 世紀後半における数学教育は、一般教育が行われる中等学校で数学科を成立させることを優先した結果、古典の形式を学び思考力を陶冶するという教育目的が無批判に数学教育に浸透していたといえる。数学は、自由七科の一つとして教養という側面を持つと同時に、自然科学としても発展してきた学問である。こうした学問を基礎とする教科を中等学校に導入することによって、中等教育の目的そのものを問う議論へと発展しえなかった点に、19 世紀後半の教育論の限界を見出すことができよう。

このような中等学校の文脈の中でも、幾何学教育改良協会によって、初めて学習者の理解に関心が向けられ、指導方法の改良が模索された点で評価できる。すなわち、幾何学教育改良運動は、教育目的や教育内容そのものを問う論争へと発展しえなかった限界を抱えていたものの、「改造運動」の前史となる教育方法の転換を試みた最初の運動として、積極的に評価することができよう。

---

[1] 村岡健次、川北稔著『イギリス近代史　宗教改革から現代まで』ミネルヴァ書房、2003 年、p.195。巻末資料 1 に年表を示した。

[2] フランスでは、1791 年に憲法によって無償公教育の理念が示され、ドイツでは、1717 年のプロイセンにおける教育令による初等教育の義務教育化を経て、1872 年の学校監督法により教会が公教育と分離された。これに対し、イギリスの初等教育においては、イングランドとウェールズの児童 350 万人のうち、正

規の学校教育を受ける者は半数に留まっていた。この時代、初等教育は、中等学校の準備校や教会や民間の資本による小学校、あるいは女性教師による私塾によって担われていたものの、通学していた児童のうち基礎的な読書算をまともに習得したといえるのは、わずか 10 分の 1 に過ぎないことが王認委員会によって示された（村岡健次、川北稔著『イギリス近代史　宗教改革から現代まで』、p.218）。19 世紀中葉、イギリスでは公的な初等教育制度が確立されておらず、教育水準も低かった。こうした状況において成立したのがいわゆる「出来高払い」、すなわち教育の成果に応じた国庫補助金の交付する法案が提案され、1862 年に成立したものの、教育の普及にはあまり寄与しなかった。

以上のように、イギリスの児童の半分が無教育のまま留まるなら、イギリスの工業上の優位は失われるという懸念が、徐々に共通に認識されるようになった（同上）。公的な初等教育の必要性が差し迫って認識されつつあったものの、こうした子どもたちへの教育のための課税には、反対が表明されていた。また宗派の対立も、義務教育体制の導入を阻んでいた。

義務教育成立の契機となったのが、1867 年の改正選挙法による、都市労働者への参政権の付与である。同法を契機に、1870 年にフォスターの提出した初等教育法が可決された。しかしながら、1870 年教育法に至っても、教会による初等教育が困難な地域に新たに基礎学校を設立し、初等教育の不足を補うという形式で進められた。それでも、1870 年以降、義務教育の無償化（1891 年）、就学の強制、義務教育年齢の引き上げ、学校の増設、教員養成制度の充実、教育院の設置等によって、イギリスの公教育制度は着実に発展していった（同上書、pp.218-9）。義務教育年齢は、1876 年法では 10 歳、99 年に 12 歳、1918 年に 14 歳へと引き上げられた。

[3] 望田研吾「イギリスの中等教育における伝統と変動―総合性中等学校理念の擡頭―」『島根大学教育学部紀要』第 11 巻、1977 年、pp.1-7、p.1。

[4] 上流階級の子弟は家庭教師によって教育を受けるのが主流だったのものの、次第に私費生として学校に通うものもあらわれるようになった。藤井泰は「16 世紀末頃から上流階級の間にも、家庭教師（チューター）による個人教授に代えて、その子弟を名が知れたグラマー・スクールに『私費生』（授業料を払って

学ぶ生徒）として送り始める人々が増えてきた。とりわけ地主ジェントルマンの次・三男の場合、所領が継げないので、何らかの職で生計を立てる必要があったが、聖職者や法律家などの専門職になる場合、オックスブリッジの学歴が求められるようになり、その進学準備教育としてグラマー・スクールへの入学が選択肢のひとつとなっていった」(藤井泰「近代イギリスのエリート教育システム―パブリック・スクールからオックスブリッジへの学歴経路―」(『エリート教育』ミネルヴァ書房、2001 年、p.27）と、グラマー・スクールにジェントルマンの子弟が入学するようになった経緯を説明している。

[5] 藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1996 年、p.15。なお、基金立学校は 19 世紀中ごろには約 3000 校あり、基金立グラマー・スクールはそのうち、782 校であった。生徒数の総数は、36874 人で、そのうち、寄宿生は 9279 人、通学生が 27595 人であった。

[6] 当時の学校体系図は巻末資料 2 に示し、ラグビー校の時間割については巻末資料 3 に示した。

[7] 村岡健次、鈴木利章、川北稔編『ジェントルマン・その周辺とイギリス近代』ミネルヴァ書房、1995 年、p.233。

[8] ウォルホード著、竹内洋、海部優子訳『パブリック・スクールの社会学　英国エリート教育の内幕』世界思想社、1996 年、p.302。

[9] 同上書、p. 224

[10] 同上書、p. 302

[11] 教養については、19 世紀の高等教育の展開を検討したイギリスの生物学者アシュビー（Ashby, E.）による、「それ自体何らかの職業に向けて学生を準備するものではなく、彼らの道徳的・知的能力をその使途する目的にかかわりなく発展させるように意図したもの」(エリック・アシュビー著、島田雄次郎訳『科学革命と大学』中央公論社, 1967, p.6）という定義、および、教育思想史学会による「教養とは、ある時代のある社会において要請される理想的人間像の内実を構成するものとして求められる知的・技能的な能力なのである」(教育思想史学会『教育思想事典』勁草書房、2004 年、p.209 右）という定義を参照した。

[12] 小山慶太『科学史年表　増補版』中公新書、2011 年。ほかに、ジュール（Joule,

J. P.）やケルヴィン卿（Lord Kelvin,本名はトムソン（Thomson W.）である）、ラザフォード（Rutherford, E.）など、教育環境から見ると困難な状況であったのにも関わらず、著名な科学者も数多く生まれている。また。ウェルズ（Wells, H. G.）による『タイム・マシーン』が 1895 年に出版されるなど、科学小説も書かれるようになっていた。

13 Arnold, M., 'Culture and Anarchy, An Essey in Political and Social Criticism and Friendship's Garland', *The works of Matthew Arnold Volume VI*, Scholarly Press, 1903, p.7.（邦訳では、マシュー・アーノルド著、多田英治訳『教養と無秩序』岩波書店、2003 年（1946 年初版）、p.58。尚、邦訳の底本は *Culture and Anarchy*, 1935 であり、初版は 1869 年である）

14 Ibid., p.123. 邦訳、p.164。

15 Ibid. 邦訳、同上。

16 多田英治「あとがき」マシュー・アーノルド著、多田英治訳『教養と無秩序』岩波書店、2003 年、p.290。

17 Huxley,T. H., "Science and Culture", *Collected Essays Volume III Science and Education Essays*, Macmillan and Co., 1905(reprinted, First printed 1893), p.142.邦訳では、トマス・ヘンリ・ハクスリ著 、佐伯正一、栗田修訳『自由教育・科学教育　世界教育学選集 36』明治図書出版、1966 年、p.71.）

18 Huxley,T. H., "A Liberal Education; And Where to Find It", *Collected Essays Volume III Science and Education Essays*, Macmillan and Co., 1905(reprinted, First printed 1893), p.83。尚、論文の初出は、1868 年である。佐伯ら訳『自由教育・科学教育』p.15。尚、伝記に関してはトマス・ヘンリ・ハクスリ著 、佐伯正一、栗田修訳『自由教育・科学教育　世界教育学選集 36』明治図書出版、1966 年、pp.172-183 を参照した。

19 Huxley, "A Liberal Education", p.85. 邦訳、p.17。

20 Ibid., p.86. 邦訳、p.18。

21 Huxley, "Science and Culture", p.143. 邦訳、p.71。

22 Ibid. 邦訳、同上。

23 Ibid. 邦訳、p.7。

[24] Ibid., p.143. 邦訳、p.72。

[25] Ibid., p.149. 邦訳、p.76。

[26] Huxley, "A Liberal Education", pp.87-88. 邦訳、pp.18-19。

[27] Ibid., p.97. 邦訳、p.27。

[28] Mathematical Association, "Report of the Mathematical Association Committee on the Teaching of Mathematics in Public and Secondary Schools", *Mathematical Gazette*, vol.IX, No.143, 1919, p.400. ハウスンによると、このように数学が軽視される時代においても、神学や法学が盛んであったオックスフォード大学に対して、ケンブリッジ大学では古典だけでなく数学、特にユークリッド幾何学が研究されていた。こうした大学は、『原論』を見捨てることを拒絶し、学校においても『原論』が保持されるように圧力をかけた。『原論』は、パブリック・スクールやグラマー・スクールで使われるだけでなく、教員養成の教育機関でも、先進的な小学校でも使われていたのであり、『原論』は教科書であるばかりではなく、幾何学の代名詞でもあったとハウスンは述べている（Howson, *A History of Mathematics Education in England*, p.131）。

[29] Gordon, P. & Lawton, D., *Curriculum Change in the Nineteenth & Twentieth Centuries,* Hodder and Stoughton, 1978, p.94。他にも、数学は正規の科目ではあっても、選択科目に位置づける学校もあった。

[30] Howson, op. cit, p.124. ケンブリッジ大学への進学に備えて、18 世紀末からは少しずつではあるが、数学は中等学校において関心を集めていた。ケンブリッジ大学の卒業試験である数学のトライポス（Tripos)・システムは数学に関する関心を高め、フォーサイスをはじめとする、数学者の輩出にも一役をかったとされる。他方で、科学については、1874 年にケンブリッジ大学にキャベンディッシュ研究所が設立され、キャベンディッシュやマクスウェルが教壇に立ち、科学者を育成したことによって、20 世紀に入ってからようやく目覚ましい発展を遂げるようになった（小川慶太『科学史年表　増補版』中公新書、2011 年、p.148)。なお、オックスフォード大学については、安原義仁「近代オックスフォード大学の教育と文化――装置とエリート」『エリートの教育』ミネルヴ

ァ書房、2001 年、pp.202-240 に詳しい。

[31] 本稿で参照した『原論』は、中村幸四郎・寺沢秀孝・伊藤俊太郎・池田美恵訳・解説『ユークリッド原論　縮刷版』共立出版、2009 年（縮刷版第 10 刷、縮刷版 1 版 1996 年、初版 1971 年）である。

[32] 同上書、p.2

[33] 同上書、p.1。

[34] 斎藤憲『ユークリッド「原論」とはなにか　二千年読みつがれた数学の古典』岩波書店、2008 年、p.1。

[35] 中村ら、前掲書、p.3。

[36] 佐々木力『数学史』岩波書店、2010 年、p.108。

[37] 同上書、p.109。

[38] *The Elements of Euclid for the Use of Schools and Colleges* は、本書で用いた 1867 年の版の他、1862、1864, 1869, 1871, 1874, 1875, 1876, 1877, 1878, 1879, 1880, 1882, 1883, 1884, 1886, 1887, 1889, 1891, 1894, 1896 年と 20 回刷られている。同書は 1756 年に書かれたシムソン（R. Simson）による *The Elements of Euclid: viz. the first six books, together with the eleventh and twelfth* に基づいて書かれている。

　また、1899 年からは、改訂版が 1899 年、1903 年、1909 年、1912 年に出版されている。改訂版においては、ロンドン大学の数学者ロニー（Loney, S. L.）が加筆修正を行っている。主な修正点は、次の通りである。①命題の記述を、記号などを用いて簡略化したこと。修正はオックスフォード大学とケンブリッジ大学の試験要項の範囲内で行っている。②生徒が頁を行き来しなくて済むように、命題のレイアウトを修正した。③第 II 巻と第 V 巻の証明を代数的な記号を用いて簡略化した。④命題に関する註を、対応する命題の箇所に示した。⑤練習問題の合計を倍増させた。⑥簡単な練習問題と追加した練習問題は、関連する命題の箇所に記した。⑦より難しく重要な練習問題は、巻末にヒントともに記された。⑧附録を倍増させ、巻に従って定理を分類した。附録内の問題には合併させられたものもある。⑨九点円などが扱われるための節が加えられた。しかしながら、『原論』の配置がほぼそのままであることは踏襲されている

（Todhunter, I. and Loney, S. L., *The Elements of Euclid for the Use of School and Colleges*, Macmilan and Co., 1912, pp.v-vi)。

[39] Flood, R., Rice, A., and Wilson, R.(eds), *Mathematics in Victorian Britain*, Oxford University Press, 2011, p.324.

[40] Todhunter, I., *The Elements of Euclid for the Use of School and Colleges*, Macmilan and Co., 1862, p.x.

[41] 中村ら、前掲書、p.3。

[42] Todhunter, op. cit., p.50.

[43] 他にも、内心を証明させる問題として「三角形の辺を二等分する 3 つの直線は、三角形の三辺から等しい点で交わる」という問題が出題されていた。

[44] Howson, op. cit., pp.127,131.

[45] Mathematical Association, *A Second Report of The Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, p.5.

[46] Adams, J. *Educational movements and methods : with an introduction by John Adams*, Heath and Co. 1924, p.129.

[47] "Association for the Reform of Geometrical Teaching", *Nature*, Dec. 29, 1870, p.169. ハーストの他、ウィルソン（Wilson, J. M.）は幾何学は、身近な図形の観察や実践を伴った科学的な方法で指導されるべきであると考えていた。"Elementary Practical Geometry", *Nature*, Sept. 14, 1871, p.169.

[48] Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *The Elements of Plane Geometry Part.I,* W. Swan Sonnenschiein and Co., 1884, p.18.以下 AIGT, *Part.I* と記す。第 2 巻は Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *The Elements of Plane Geometry Part.II,* W. Swan Sonnenschiein and Co., 1888 である。

[49] AIGT, *Part.I,* p.20.

[50] Todhunter, op. cit., p.18.

[51] AIGT, *Part.I,* p.21.

[52] Flood, R.(eds), op. cit., p.330.

[53] Ibid., p.5.

第２章　ジョン・ペリーの数学教育論

本章ではジョン・ペリーの数学教育論に焦点を当て、「改造運動」の端緒を開いた講演「数学の教育」を読み解く。ペリーは、次のような人物である[1]。1850 年、ペリーはアイルランド北部のアルスター地方（Ulster）の町、ガルバー（Garvagh）に生まれた。地域の小学校に通ったのち、ベルファスト（Belfast）にあった模型の製作を学ぶ専門教育機関である模型学校（model school）に進学し、1864 年から鋳造工場で徒弟として働いた。1868 年にはベルファストの高等教育機関であるクイーンズ・カレッジ（Queen's Colleges）に進学し、1870 年に工学の学士を取得した。

1871 年からは、中等教育機関であるクリフトン・カレッジ（Clifton College）で数学と物理学の講師として初めて教鞭をとった。ペリーはこのころの授業を振り返り、「私は伝統的な数学教師と同様に、全力で子どもたちの精神を破壊していた」[2]と、伝統的な数学の指導法の限界を既に感じていたことを述べている。その後、1874 年に物理学者トムソン（Thomson W.）の助手となった[3]。1875 年から 1879 年にかけて、日本の工部大学校でお雇い外国人講師として土木工学の助教授となった。ここで後の教育論の萌芽となる先進的な実践を行った。

帰国後、工場のコンサルタントとして現場で働いたのち、ロンドン市同業組合協会（City and Guild of London Institute for the Advancement of Technical Education）が 1883 年 2 月に設立した、14 歳以上の生徒を対象とする専門教育機関であるフィンスブリー・テクニカル・カレッジで教鞭をとった[4]。その傍ら技術者を対象とした資格試験も実施していたロンドン市同業組合協会の試験監督を務めるなど、広く工学教育に従事した。

1886 年からは高等教育機関であるロンドンの王認科学カレッジ（Royal College of Science）の教授となり 1913 年に職を辞した。この間の 1901 年に、英国学術協会のグラスゴーにおける年次大会において講演「数学の教育」を行っている。その後、1920 年に肺炎のため没している[5]。

以上、経歴を整理したペリーはどのような数学教育論を展開したのか。本章では、第 1 節では、「改造運動」の契機となったペリーの講演「数学の教育」に着目し、ペリーの数学教育論の核である「有用性」を読み解く。第 2 節にお

いて、ペリーが「有用性」に基づく数学教育論を打ち立てる背景となった教育実践に着目する。第 3 節では、工学者ペリーが科学教育ではなく、数学教育へと教育論を転回した経緯を明らかにする。この過程で、19 世紀後半において技術者の養成をはじめとする専門教育機関が抱えていた科学教育や数学教育の課題が浮き彫りになるだろう。これにより、「改造運動」がなぜ工学者であるペリーの講演が契機となったのか、そして何が論点とされたのかが明らかになる。

第 1 節　講演「数学の教育」に示された数学教育論

ペリーの講演「数学の教育」が行われたのは、英国学術協会による 1901 年の年次大会である。1901 年 9 月 12 日から 18 日にかけて開催された大会には、外国からの参加者も含め、1912 名もの出席者がいた。この大会において、第 12 番目の分科会 L として教育科学（educational science）が新たに設けられ、9 月 14 日には数学や科学に関する分科会 A と合同分科会において、数学教育に関する議論が開催された。

この分科会において、ペリーは「全国民が貧富の別なく、自然科学や数学を学習することは、我が国にとって重大である」[6]と述べ、社会・経済的な階級を超えて、国民が等しく自然科学や数学を学ぶことを求めた。加えて知識の習得に留まるのではなく、「科学的に思考する習慣を形成し、全国民に自ら考える能力を与えることで、最大の幸福を作り出す」[7]と述べ、科学的な思考習慣の形成という理念を打ち出した。

こうした科学を学ぶためには、「家政婦以上の高度の数学的方法を知らなければ、不可能」[8]であり、数学はその前提であった。それにも関らず、当時の数学は「すべての子どもが純粋数学者になろうとしているかのように」[9]教えられていた。第一次産業革命を経たイギリスの更なる発展には科学的思考が不可欠であったにも関わらず、第 1 章で見たように、その前提をもたらす数学教育は、生活の改善に資するものでなかった。

第 1 項　「有用性」に基づく数学教育

このように 19 世紀後半のイギリスの科学教育及び数学教育が抱えた課題を指摘した上で、ペリーは「子どもたちにどんな内容が、どんな方法で教えられ

るべきかを決定するものは、有用性である」[10]と述べ、「有用性」という原理から数学科のカリキュラムや方法を再構成することを提案した。ここで、「有用性」を強調する背景として、「研究は有用だからこそ、始められたものである。研究が続けられているのは、有用だからである」[11]というペリーの科学史観があった。「有用性」こそが研究や学習の原動力であるとペリーは考えた。

では、有用な教科内容、及び教育方法とは何を意味するのか。ペリーが考える数学を学ぶ「有用性」とは次の 8 点である [12]。

①高度な情緒を生じさせ、精神的な喜びを生じさせる点。
②a.知能を発達させ、b.論理的思考を取得させる点。
③自然科学を学ぶ際に数学の武器によって助けが得られる点。
④試験を通過する点。
⑤手足と同じように容易に利用できる思考のツールをもたらし、生涯にわたる教育を可能とする点。
⑥自分で考え抜くことの重要さを教え、既存の権威の束縛から自由にし、自身が崇高な存在であると確信させる点。
⑦応用科学を専門としている人に、その科学の基本原理や発展の方向性に対する示唆を与える点。
⑧哲学的な問題を考える際、論理的な助言を与え、過度に抽象的に思考しないように促す点。

ペリーによると、従来の教育では④のみが達成されていた。大学入学試験や、奨学生試験、資格試験といった外部試験が古くから行われてきたイギリスにおいて、中等学校の数学科の授業は論理的思考の陶冶を目指すはずが、試験対策に陥っていた。第一章で検討したように、大半の学習者にとって数学科は過度に抽象的であったため、暗記せざるを得ない教科であった。ペリーは、こうした旧来の数学教育の機能不全を批判しつつも、試験対策としては確かに有用であったと指摘している。

他方で、ペリーが達成していないと指摘した他の 7 点を検討すると、重複もあり、截然としていない。そこで、④を除く、①と②の点を（イ）「教養及び

思考訓練としての有用性」とする。これは、旧来の数学教育で行われてきた論理的思考の陶冶としての有用性を引き継いでいる。③と⑦を（ロ）「自然科学の基礎学としての有用性」とする、ここでは、自然科学の基礎や道具としての数学の有用性である。⑤と⑥、⑧を（ハ）「思考法としての有用性」とする。これは、（イ）のような旧来の数学教育の場面や（ロ）のように専門的な場面とは異なり、数学を通じて得られる思考の習慣としての数学が持つ「有用性」を意味する。この 3 つの分類に従って、ペリーの数学教育論を整理する。

さて、こうした数学を学ぶ「有用性」を示したのち、ペリーは自らが考案した数学科のシラバスを配布した。このシラバスの基本方針は、「数学の初歩の部分を大いに省いたり、飛ばしたりする」[13]というものである。ここで、ペリーが指摘した「数学の初歩の部分」とは、例えば幾何学において、学習者にとって一見すると自明と思われるような自明な命題を証明することや、算術や代数での過度の計算練習を指す。こうした初歩の部分は、学習者の興味や学習意欲を喚起しないため、指導しても効果がないとペリーは考えていた。

こうした基礎を省略することによって、「学習が完了するところから、学習を始める」[14]ことが目指された。いわば、応用を学びながら基礎を学ぶことが目指されている。ペリーはこれによって、従来と「同じ知的訓練で、もっと多くの知識を学生に与える」[15]ことを期待した。このように、内容を精選し、新たな内容を加えることで、算術・代数・幾何という伝統的な科目だけでなく、測量（mensuration）・方眼紙の使用（use of squared paper）という新たな 2 科目を加えた 5 科目を併置する改革案をペリーは示した [16]。

では、具体的にはどのような数学科のカリキュラムが構想されたのだろうか。ペリーは教員養成系や技術系のカレッジですでに実践したシラバスを配布し、中等学校へと普及させることを目指した [17]。本研究では、幾何学とペリーが新たに導入した測量、そして方眼紙という 3 つの科目に着目して、ペリーの数学教育論の特徴を明らかにする。

第 2 項　幾何学と測量のシラバス

ペリーは幾何学の起源を古代エジプトにおける土地の測量ととらえ、実測こそが幾何学の契機であると考えた。その結果、幾何学教育において測量を基礎

とし、幾何学へと発展するカリキュラムを再編成した。本項では、測量と幾何学を合わせて検討し、第1章で示した幾何学教育論と比較しながらシラバスの内容を整理しよう。

測量を幾何学の基礎と位置づけることにより、ペリーは、「作図と数値計算の融合は、命題が真であることを証明するとき自由に用いられる」[18]という新たな幾何学教育の原則を示した。第1章第3節で述べたように、そもそも『原論』で確立された幾何学は、定規による直線とコンパスによる円という最小の条件によって図形の性質を一般的に証明し、論理的に体系化した学問であった。そのため、『原論』やそれを範としたトドハンターの教科書において、例えば底辺の長さが3cmである三角形といった、具体的数値を伴った特殊な図形が扱われることはなかった。

これに対し、ペリーは中等学校の数学科において、具体的数値を伴った図形を用いて、作図や測定、数値計算によって幾何学を学習することを提起した。この変更は、幾何学において、具体的には長さを測定する道具として定規を幾何学で使用することや、分度器といった他の測定道具の使用を認めることにつながる。ペリーはこうした道具を用いて、図形が持つ量的な側面から幾何学を学ぶことで、従来のように『原論』の論理を暗記するのではなく、幾何学における内容の理解が促され、効率よく学習が進むと考えた。

しかしながら、測量を基礎とする幾何学を導入することは、『原論』における論理的整合性を保つことができなくなることを意味する。19世紀後半の数学科において、科目間で類似した内容を関連付けて指導することはなかった。このことは、第1章第3節でピタゴラスの定理の証明において、代数学的な式を用いた表現が見られなかった点として確認している。また算数と幾何学についても、『原論』に基づく幾何学では、算数で扱う長さや面積といった量が用いられることはなく、文字を用いた一般的な証明のみが行われていた[19]。

しかし、論理的整合性を優先して指導したところで、大半の学習者は幾何学の論理を習得することはできていなかった。そこでペリーは、各科目の内容に着目し、学習者の理解を優先し、算数や代数を幾何学と関連付けて指導する数学教育論を展開した。これにより、効率がよく、かつ学習者にとってわかりやすい幾何学への転換を、ペリーはシラバスにおいて構想したのであった。

資料９　『原論』とペリーの改革案対照表

巻	概要	ペリーの改革案
Ⅰ	三角形の合同、平行線、平行四辺形、ピタゴラスの定理	角の測定、図形の作図を通じて命題を実証する。相似な図形が比例することを確認する（第Ⅵ巻）。直角三角形を利用して、三角法を理解する
Ⅱ	面積の変形、展開公式	命題1から10は初等的な代数で示す。命題11「与えられた線分を2分し、全体と一つの部分に囲まれた長方形の残りの部分の上の正方形に等しくする」はある数nをxとx−nに分割するとき、n(n−x)=x2という命題と言い換えられるので、代数学として教える
Ⅲ	円、円の弦や接線、円周角、ほうべきの定理	命題1から19は作図により説明し、証明は不要 。命題20以降は、測定による実証と少し推論をさせる
Ⅳ	三角形、正多面体を円に内接・外接、正五角形の作図	第Ⅳ巻の命題は公理と見なし、三角形の内接円の描き方に限定して教える
Ⅴ	比例論。比と比例に関する基本定理	初等的な代数学と同様の内容に置き換える 。第Ⅴ巻では、比の最も一般的なもの、もし、a/b = c/dならば、(ma + nb)/(pa + qb) = (mc + nd)/(pc + qd)であるに限定して教える
Ⅵ	比例論の幾何学への応用。三角形の相似、相似図形	第Ⅰ巻の内容に含めて教える

出典：中村幸四郎・寺沢秀孝・伊藤俊太郎・池田美恵訳・解説『ユークリッド原論　縮刷版』共立出版、2009 年、及び、Perry, J., ‘The Teaching of Mathematics’, *Discussion on the Teaching of Mathematics,* Macmillan and Co., 1901 より作成。

では、これまで指導されていた『原論』の内容はどう変更されたのか。資料９に示した通り、中等学校で教えられていた第 I 巻から第 VI 巻までの内容のうち、第 II 巻や第 V 巻を代数学に位置づけ、その代わりに、具体的な数値の実測によって実証する方法を導入し、抽象的な論証を大幅に削減した。こうして量を基礎とし、内容を精選することで、ペリーは次の 4 つに幾何学の内容を区分した。第一に『原論』第 I 巻から VI 巻にも含まれていた線分や比例、三角形など内容、第二に角や角度とそれに関連する三角法の内容、第三に大学で教えられていた空間図形の内容、第四に当時新たに発見されたベクトルに関する内容である。これらの内容を、基礎数学と位置づけ、発展数学においては解析幾何学を用いて三角法と関連付けて指導する案が示された [20]。

他方、測量では実験を通じた円周や不定型を含む図形の面積や体積の測定が主な内容とされた [21]。導入部では、円周の長さ測定が教えられ、円柱に糸をまく、球を転がす、といった実験を通じて、円周の長さを求める公式が確かめら

れる。こうした内容は、19 世紀後半の幾何学においては、円柱や球という概念が『原論』の第 XI 巻で定義されるという理由から、例えクリケットなどの場面で球を目にしていたとしても、数学科では扱われてこなかった内容である。

また、面積の測定では公式の確認が行われ、方眼紙を用いた近似法による不定型の測定が指導される。尚、発展的な内容としては、方眼紙を用いて重心を発見する課題や、円の弧の測定、微分積分を用いた面積や体積の計算が学習される。このように、測量の過程で学習者は実生活で見られる量に遭遇し、その扱いに熟達することで、正確な測定を習得する基礎を養うことが目指された。

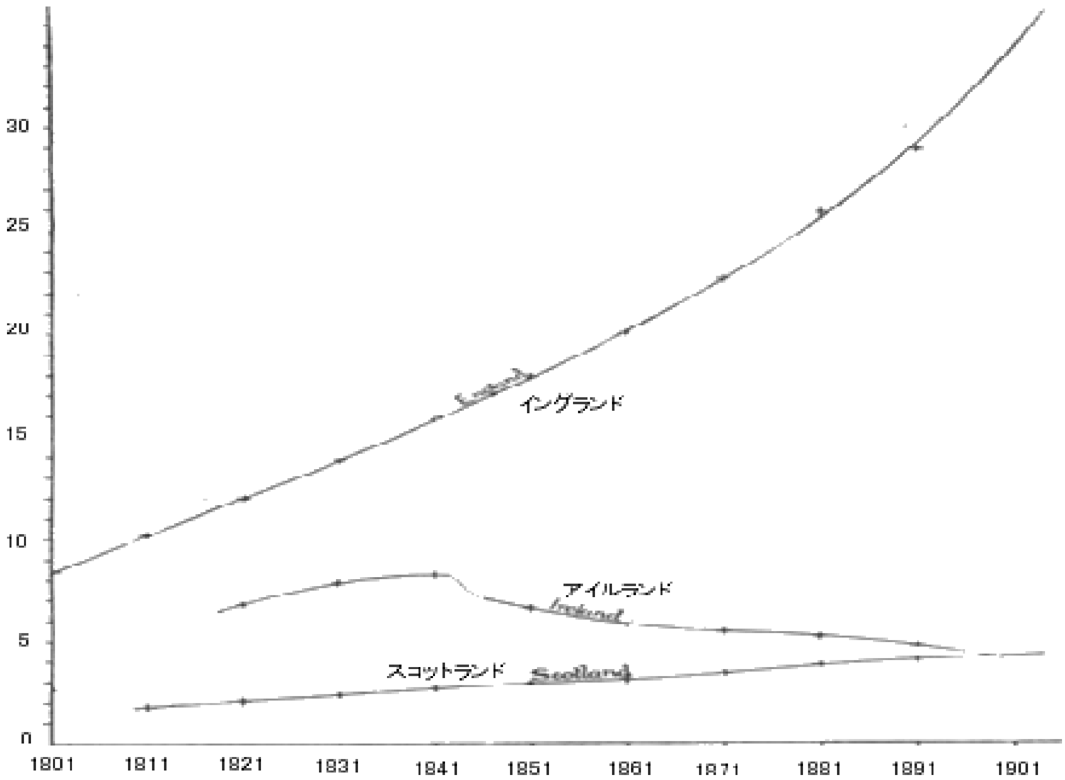
第 3 項　「方眼紙の使用」のシラバス

次に科目「方眼紙の使用」を検討する。まず、方眼紙を単に教具としてではなく、幾何学や代数学と並ぶ科目として設定している点に、ペリーの数学教育論の特徴を見出すことができる。「方眼紙の使用」の内容には、統計量の作図や表の作成、指数・対数の数表を用いた数値計算やグラフの概形、直線や曲線の勾配や極大値・極小値、最大値・最小値など関数や微分積分学の基礎的な内容が含まれる。

ここで具体的な指導に着目するために、ペリーによる教科書 *Practical Mathematics*(1891)を参照する。ここでは方眼紙が初めて指導される導入部を検討する。はじめに方眼紙の使い方に慣れる内容では、日常にみられる表やグラフを取り上げている。例えば、新聞から抜粋した 1 週間の気温の変化、鉄や石炭、絹などの価格変動、人口の経年変化が紹介される。生命保険会社のグラフからは、保険金の支給額をあらわす曲線の傾きから平均寿命の推定が可能であることが示されている。グラフから単に情報を取り出すだけにとどまらず、情報を解釈して生活に活かすことが想定されているといえよう。方眼紙の使い方が説明された後は、与えられた複数のデータから近似値を推測する補間法や面積の近似計算が指導される。このうち補間法では蒸気圧曲線、人口の増減などを素材に、与えられた数値の間の数を、グラフを利用して推計する方法が説明される。

こうした導入場面において、ペリーは資料１０のような問題を出していた。この問題ではイングランド、アイルランド、スコットランドの人口の経年変化

資料１０　方眼紙の問題



(a)グラフを見て、1845年のイングランドで推定される人口はどれぐらいか。
(b)中略
(c)1901年のイングランドで推定される人口はどれぐらいか

出典 : Perry, J., *Practical Mathematics*, Her Majesty's Stationery Office, 1899, p.33 より訳出。

が示されている。縦軸に人口、横軸に年代がとられ、各地の人口の変化がグラフで描かれている。図中の問において、(a) は 1845 年は 40 年と 50 年の数値から補間法によって推定する問題である。(c) では、増加率からグラフ上にない 1901 年の値を推定させている。

こうした方眼紙は関数の内容でも使われ、例えば「(1)時速 1 マイル、あるいは 1 ノットは、分速何フィートか、秒速何フィートか。変換せよ」[22]という問題や「射撃実験において、150 フィート間隔で置かれたスクリーンがあるとする。弾丸によって、以下のように秒を単位として、初めのスクリーンが破れてからの時間を測定した。それぞれ 0, 0.666, 0.1343, 0.2031, 0.2729, 0.3439, 0.4159 であった。二枚のとなり合うスクリーンの間を通過した平均の速度を求めよ」[23]という問題が出題されている。

このように、方眼紙は単に書かれてある表やグラフから必要な情報を取り出すためだけに用いられるのではない。グラフを書き、推論を進め、情報を解釈すること、与えられた値から必要な近似値を求める、といった事実から推論をするという高い水準の能力が要求されている。加えて、日常生活や現実の場面から出発することで、数学が生活と密接に関係することが示されている。ペリーにとって数学は単に抽象的な推論を繰り返す学問ではない。数学は、現象を読み解き、科学や日常生活、未知の値を推定することにも応用可能な有用な学問であることがペリーの数学教育論において示されていた。方眼紙の安価な生産の後押しを受けながら、ペリーは技術教育においてグラフを取り入れた指導で成果を上げ、学校教育に導入することを主張したのである。

以上、講演「数学の教育」において示されたペリーの数学教育論の概要をまとめた。ペリーは、数学における内容に着目して、実験や測定を通じて、身の回りの現象を読み解くという科学で用いられる方法を通じて、数学科を再構成している。このことは幾何学と測量、方眼紙の使用といった科目において確認された。こうしたとらえ直しは、算術や代数においても見られ、算術では初期から小数を指導し、測量の素地を培うことが提案された。代数学では数値計算をすることで算術との関係性が強化された。ペリーは、これらの5科目に対し、厳密にシラバスを作ると教師の創意工夫を損ねる可能性があると考え、重要な内容を列挙し、注意点を指摘するにとどめている。その結果、他科目を前提とせずに、独立しつつも、相互に補完しあう内容と配列を提案している。ペリーは学級の子どもの理解や関心に応じて、教師が内容や配列を選択しながら指導することが理想であると考えていた。

このように、ペリーは数学科において論理形式よりも、教科内容や学習者の経験に着目した結果、従来では応用とされてきた内容を新たな基礎とし、数学科を再構成している。このことから、（ロ）「自然科学の基礎学としての有用性」を満たすと同時に、（ハ）「思考法としての有用性」を備えたカリキュラムを提案したといえる。

第２節　講演「数学の教育」の背景となる教育論と教育実践

第１項　工部大学校における教育実践

本節では、ペリーが第１節で示した数学教育論に至った背景に迫る。ペリーが後の教育論の萌芽となる先進的な教育実践を試みることができたのは、日本の工部大学校であった。工部大学校とは、1873 年に工部省が士官の養成を目的として設立した専門教育機関である [24]。明治維新によって西洋式の数学や科学が日本の教育機関に取り入れられた。しかし、当時の日本にそれを学習者に教授できるだけの組織はなかった。そこで、西洋の科学を取り入れ、富国強兵を急速に実現するという目的の下で工部大学校が設立された。

同校の設立において実質的に校長となったダイアー（Dyer, H.）が学校の設備・カリキュラム案を作成し、基礎を築いた [25]。ダイアーの案に沿って、「単純なる技工の域を脱し学理に準拠せる専門学」[26]、すなわち科学として確立された工学を「総合統一して教授する」[27]ことが同校の目的とされ、ペリーを含む、いわゆるお雇い外国人教師が教育の任に当たった。カリキュラムでは当時工学教育の最先端であった、理論・応用・実地での訓練を統合したものが採用された [28]。

工部大学校には 15 歳から 18 歳の少年が試験を経て入学し、修了年限は 6 年とされた。最初の 2 年間は「英文学、数学、物理学、科学、製図」[29]を学ぶ普通科、次の 2 年間は「土木、機械、電気、造家、造船、鉱山、冶金、応用科学」[30]を学ぶ専門科、最後の 2 年間は「専門に関する部署、工場、現場」[31]等、実地研究をする実地科とされた。富国強兵を実現すべく、工学と語学に絞られた実学が教えられていた。

このうち数学では、初等数学では幾何学や代数、三角法などが教えられた [32]。初等幾何学では、「『ユークリッド』氏或いは『ウィルソン』氏幾何学初歩三巻迄」、すなわちユークリッドの『原論』の第Ⅰ巻から第Ⅲ巻程度の内容が、『原論』を範とした教科書や、幾何学教育改良協会のウィルソンによる教科書によって教えられた [33]。

以上示した通り、工部大学校では実学に特化し、理論・応用・実地訓練を統合した最先端の工学教育が導入されていた。この工部大学校では最先端の方法による工学の教授が目指され、お雇い外国人教師が教育の任に当たった [34]。

こうした工部大学校に、ペリーは 1875 年に土木科の教授として赴任し、数学や土木工学を教えた。ペリーの授業の特徴を明らかにするべく、次の 2 つの授業例を見よう。一つ目は、学生を積極的に屋外に連れ出し、現象が起きている現場で学習させていた授業である。ペリーの授業を受けた学生は「或る時六年生三人、七年生八人ばかりがペリー先生に連れられて利根川畔を旅行したことがある。其の時などはあっちこっちで問題が出ました。印旛沼に行った時に、地層に貝の層がある。先生それを講釈しろと云う。其の時は、皆地質学を学んで居るから答えが出来た」[35]という記録を残している。

この例から、眼前の具体的な自然現象を学生に科学的に説明させ、理解を定着させる授業が展開されていたことがわかる。ペリーは自分が担当している教科や学問の系統に拘泥せず、学生を積極的に外に連れ出し、科目別に学習した知識を総合して活用するように促していた。

こうした授業は、学生の目にどのように映ったのか。この授業を受けた学生は、ペリーは「地質学であれ、何であれ一切お構いなしに実地問題を出すのですから、実地の事柄は早く覚えられた。日本の先生はそんな処まで生徒を引き連れて行って、そう云う問題を出すかどうか知らないが、有益の教授法である」[36]と、こうした学習を評価している。徒弟として自らも現場経験から工学への理解を深めたペリーは、イギリスの製造業の伝統を教育実践と結合させて、教科や科目を融合した指導を行っていたといえる。

2 つ目は、基礎と応用の関係が柔軟にとらえられていた実験に関わるペリーの授業である。ペリーは帰国後、1880 年に投稿した論文で、ペリーは、「実験室の学生を教える際に我々が採用したプラン、すなわちカレッジでするように、よく知られた実験を繰り返させるのではなく、わずかな程度であったとしても、取り組む研究の中で現在の知識の限界を切り開くよう努力するように促す教授プラン」[37]を取り入れていたことに言及している。すなわち、ペリーは、工部大学校において、基礎的な知識を修得し、初歩となる実験を繰り返した後、その応用である最先端の研究へと至るという、基礎と応用を区別した方法を授業に取り入れていない。学生は応用である最新の研究が行われている場に助手として参加する過程で、基礎を学んでいたと考えられる。

では、学生は基礎的な実験を繰り返さずとも、応用である最新の研究から学

ぶことができたのか。ペリーは、「未熟な学生にも、オリジナルな研究の助手として仕事してもらうというこの方法は、実験的な作業において、他では生じえないような熱意を生み出すことがわかった」[38]と、この方法の利点を述べた。学生は困難でもやりがいのある課題が最新の研究場面で提示されることで、意欲的に学習し、研究に取り組んだと理解できる。いわば科学者として発見を行う過程を体系しながら、学んでいたといえる。

工部大学校においてペリーは以上の方法で学生を指導した結果、研究成果が得られただけでなく、学生の学習という点でも豊かな成果をもたらしたと振り返っている。ここから、ペリーは学習内容とその配列の関係をとらえ直す契機を得ているといえる。同時に、工部大学校の学生は挑戦的な課題が提示されることで、意欲的に学習し、研究に取り組んだとペリーは考え、学習者の意欲的という視角を得ている。

上述の 2 例から、ペリーが工部大学校での実践を通じて、学習者の理解に応じて、カリキュラムの中で教科や科目、基礎と応用の関係を柔軟とらえる可能性を洞察したことを読み取ることができる[39]。工部大学校という先進的で自由な環境の下で、ペリーは既存の教育観に拘泥することなく、教育内容及び方法の可能性を模索する機会を得えていた。ペリーは帰国後、こうした日本での経験をいかに整理し、19 世紀後半のイギリスにおいて展開していったのだろうか。

第 2 項　19 世紀後半における技術教育

1879 年、ペリーは帰国後日本での経験を整理し、当時のイギリスにふさわしい科学教育制度や教育方法を模索する過程で教育論を構築していった[40]。工学者であるペリーがどのような教育を受け、また、どのような教育を構想したのかを考えるべく、その前提として 19 世紀のイギリスの技術教育を確認しよう。

19 世紀中葉のイギリスでは、第一次産業革命が既に起きていた。しかしながら、イギリスの中等教育において、第 1 章第 1 節で述べた通り、系統的な科学教育や組織的な科学研究は確立されていなかった。では、なぜ世界に先駆けて産業革命が可能となったのか。国家を通じて組織的に科学研究や科学教育が進められ、19 世紀後半に第二次産業革命を達成したドイツやフランスとは異なり、イギリスの場合、現場の技術者の発明が産業革命の契機となった。水力紡績機

を発明したアークライト（Arkwright, R.）ら発明家たちは、系統的な科学や技術の教育を受けずに、現場でのコツやカンから、科学を応用した発明を生み出したのである。

彼ら技術者は徒弟制、すなわち実学に特化した教育によって輩出されていた。イギリスの徒弟制の下では、ペリーのように工学や技術に関心がある場合、初等教育を修了した後、専門教育機関で学ぶか、あるいはそのまま工場や商店で徒弟として働き、現場での経験を積んで技術者になるか、工場主の娘と結婚し事業を引き継ぐという進路を歩んでいた [41]。そのため、「世界の工場」であった製造業において、学校での系統的な教育ではなく、現場におけるコツやカンの伝授、仕事を通じた経験的な学びが重視されていた。したがって、技術学校の整備や系統的な専門教育の確立は遅れ、知識と思考法の両面から科学は軽視されていたのが 19 世紀半ばまでの現状であった。

しかしながら、1851 年と 1867 年の万国博覧会でイギリスが直面した変化は転機をもたらした。万国博覧会は、開催や出品を通じて、参加国の技術水準が如実に表れるイベントであった。各国から工業製品や兵器などが出品され、業種ごとに品評された。1851 年のパリ大博覧会で、イギリスはおよそ 100 の業種において受賞した。産業革命をいち早く成し遂げた「世界の工場」としての優位を国内外に知らしめる結果に終わったといえよう。

しかしながら、1867 年のロンドン万国博覧会にて、イギリスの製品は 80 以上の部門で品評されたものの、わずか 12 部門での受賞に留まった。このことはわずか 16 年の間に、イギリスの技術水準の伸びが低迷し、他国の技術水準が急速に伸びたことを意味する [42]。

この変化に対し、国家や資本家、製造業者は危機感を露わにした。そこで、早急に対処すべく技術教育が整備されていった。高等教育の整備が進められ、1851 年にマンチェスターに準大学が、すでに設立されていたものの、67 年以降、新たにニューカースル（1871）、リーズ（1874）、シェフィールド（1878）、リヴァプール（1882）にも準大学が相次いで設立された [43]。これら準大学は科学を重視して伝統校との差異化を図り、1870 年代以降急増し、工業教育拡充の受け皿になった。また、職業的、専門的、技術的性格を持つ教育により、産業界からの財政的な援助を募った。

他方、変化は初等教育でも起きた。これまでイギリスの工場では、子どもは不可欠な労働力として位置付けられていた。しかし、産業革命による機械の導入は、次第に単純労働を削減し、子どもの労働力よりも知的労働者への要求を高めていった。同時に、チャーチスト運動をはじめとする、社会運動の高まりを背景に、権利という観点からも子どもの教育が見直されるようになった。

こうした変化を背景として、公的に初等教育が整備されていった。1870 年教育法（いわゆる、Forster Act）が制定され、公立の小学校が誕生した。続いて、1876 年の初等教育促進法、1880 年教育法（いわゆる、Mr. Mundella's Act）により初等教育の義務化がすすめられた。1881 年の初等教育法では初等教育の無償化が実現し、貧しい労働者階級の子弟の就学も可能となった。ここに至って、ようやく普通教育制度が確立された。

初等教育の拡大に伴って、公立の小学校では次第に 3R's 以上の内容が要求されるようになった。一部の小学校では読み・書き・算の能率的な初等教授を中心に、二年次以上の生徒には歴史・地理・自然科学の初歩も教えられるようになり、初等教育以後継続した教育が必要とされるようになった [44]。これに伴い、1870 年教育法に伴ってハイアー・グレード・スクール(higher grade school)と呼称される初等後教育機関が生まれ、中等教育の在り方を揺るがせた。

ハイアー・グレード・スクールは、労働者階級の子弟を含み、「教育内容は、古典人文学を中心とする一般教育に対抗し、科学・技術教育を中心としたものであった。このような実学的な教育を受け、熟練労働者になる者も多かった」[45]という特徴がある。これは、ロンドン万国博覧会で直面されたように「イギリスは製造業の衰退への道を歩み始めていたが、この新種の学校の新設には、イギリス産業の再活性化に寄与する意図が込められていた」[46]とされる通り、技術教育の新興を狙ったものであった。

そのため、教育課程に関しても、読み書き算といった基礎的な内容を越えて、科学や近代外国語、技術製図といった実学的な内容も後に教えられるようになった [47]。このように、ハイアー・グレード・スクールは法的には初等学校でありながら、中等学校がない地域ではその代替的な役割も果たし、ラテン語の教育だけでなく、工学系カレッジやロンドン大学の入学試験の準備教育に成功している学校もあった [48]。

他方で、中等程度の専門教育においては、1881 年にフィンスブリー・テクニカル・カレッジが設立されたのを皮切りに、技術学校が増設されるようになった。こうした技術学校を管轄したのが、1874 年に科学教育を振興する組織として認可を受けて設立されたロンドン市同業組合協会であった。

以上、近代イギリスの産業界においては、現場での経験が重視され、技術者への専門教育は発展途上にあった。他方で、第一章で既述のように、伝統的な中等学校であるパブリック・スクールやグラマー・スクールにおいては、古典人文学を学ぶことで人格を形成する一般教育が中心であった。

第 3 項　科学教育の理論と実践

こうした 19 世紀後半の学校教育に対し、ペリーは近い将来、「イギリスのすべての子どもが、初歩的な科学の知識を習得する時が間違いなく来る」[49]と考え、科学を軸とした普通教育の確立を企図した。そのため、ペリーは科学教育の推進は国の義務ととらえ、「(1) 初歩的な科学教育は国民全体に等しく利益をもたらす」[50]、「(2) 歴史上、効果的な目的のためには包括的な公共計画が必要とされてきた」[51]、「(3) 包括的な公共計画はその規模から国家のほかに担い手がいない」[52]との根拠から、公的に科学教育を推進する制度の実現を訴えた。なぜなら、パブリック・スクールにおいて科学を含む実学が軽視されていたイギリスにおいて上流階級に期待することは難しく、科学を軸とした普通教育を確立するためには、国家の介入が不可欠だったからである。

一方、恩恵を受けるはずの産業の現場においても科学教育に対する反対意見もあった。「科学の授業を受けた少年が仕事について容易に学習するということはない」[53]、換言すると、科学教育を受けたからといって、必ずしも実際の仕事に役立つわけではないという意見である。これに対して、ペリーは科学教育といっても、「理論的な機械学、物理学、化学をわずかでも学んだ」[54]だけなのか、十分に学び、知識を獲得したものの「知識の応用を誰にも示されていない」[55]のか、「仕事に科学の原理を応用することを教えられた」[56]のか、という 3 つの水準により効果が異なると反論した。ペリーは、学習者を第 3 の水準に到達させ、仕事にも有用に働く専門教育を構想し、批判を乗り越えようとした。

そこで、ペリーは昼間の普通教育における初歩的な科学の指導と、夜間の継

続教育での専門的な指導の二段階の科学教育を構想した。これらを公教育として確立し、共通に必要な内容が教授されるべきことを述べた。しかし、国家の介入はここまでとされた。なぜならペリーは、「特定の仕事に応用される科学教育は、直接の恩恵を受ける」[57]人々が受けるべきであり、それ以降の教育は製造業の現場で授けられるべきであると考えていたからである。

徒弟として現場で学び、工学者となったペリーは、理論を現場で学び直すことの効用を確信していた。しかし、多くの技術者は体系的な科学知識を欠いていたため、例え経験に基づいて仕事に潜む法則を洞察し、仕事に利用しようとしても、実際よりも法則を複雑にとらえ、非効率を生み出す場合があった。こうした技術者が改めて体系的な科学を学ぼうとしても、「何も知らないと仮定し、学校の少年と同様に」[58]学ぶ場しか用意されていなかった。すなわち、学習者の既有の経験や知識を無視した教育しか受けられなかったのである。そのため、科学を学び仕事に役立てるには、膨大で非効率な基礎学習が要求された。

加えて、第1章で論じた通り、数学科は教養を身に着けるための古典教科として確立されたため、技術や工学と関連付けた数学の教科書が用意されることはなかった。数学教育研究に関しても、数学者やパブリック・スクールの数学教師が中心となったため、数学教育の主な目的は将来の数学者となるような優秀な生徒を発見し、育成することであった。それ以外の生徒に関しては、思考力を陶冶すると称した、暗記を迫る教育が行われていた。

そのため、技術者やこれを目指す子どもに対しても、数学者を育成することが主な目的とされるカリキュラムの下で作成された教科書が教材として使用され、現実には直面しないような技巧的な計算や、抽象的な論証に重点が置かれていた。専門教育における数学教育は、内容、及び、数学を通じて身に付ける思考法の習得という点においても、一般教育における数学教育の二番煎じでしかなく、技術で生かされるような科学の基礎とはなっていなかった。

それゆえ、19世紀後半のイギリスの技術者は、科学や数学を学ぶことが仕事に役立つのではないかという可能性を見出しつつも、科学教育の効果を疑問視し、学習を断念していた。ペリーはこの問題を乗り越えるべく、経験と科学を有機的に関連付けた制度を構想したのである[59]。

続いて、帰国後の教育実践の側面を検討してみよう。ペリーはこの制度的構

想を背景に 1882 年、技術者養成を目的としたフィンスブリー・テクニカル・カレッジで教鞭をとった。同校は、14 歳以上を対象とする前大学レベルのカレッジであり、2 年制の全日制コースと 3 年制夜間コースが設けられた。第一に産業界の中間的ポストを目指す者の準備教育、第二に徒弟、熟練工、職長の補完教育、高度な科学技術教育を行うセントラル・テクニカル・カレッジへの進学準備教育がコースにおいて目的とされた [60]。卒業生として、企業の技術者になり製造現場に出ていく者、国家の技術者となりインドや南アフリカなど植民地での技術開発に従事する者などイギリスの発展を支えた技術者を排出したカレッジであった。

フィンスブリー・テクニカル・カレッジにおいて、ペリーは数学と力学を教えた。一例として、学校の照明に利用される発電機のエンジンの観察が課題とされた次の授業を見てみよう。この課題は「3 つの研究課題を提示し、30 人の学級を 3 つのグループに分けて取り組ませた。グループの中で１人ずつ１０分毎に交代で皆に観察をさせ、それ以外は他の役割につかせた」[61]という手順で進められた。具体的には、計器の観察や温度の測定などを行い、図表により確かめる活動だった。

ペリーは、条件が制御された基礎的な実験や観察ではなく、実際に身の回りで使用されている機械の働きや仕組みの観察を通じて、学生を指導していた。この実践から、ペリーは身の回りの機械の操作や観察を通じて、学生を指導していたことがわかる。基礎的な実験ばかりに時間を費やすのではなく、実際の機械の操作や観察、その観察結果を記したグラフとの比較などを通じて、学習した内容を活用するような授業を実践した。

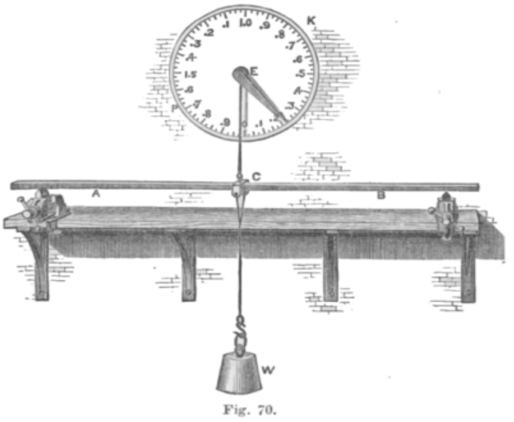
この学校では、数学は次のように教えられた。ペリーは数学を技術者として「利用し続けるための道具」[62]、すなわち、有用な思考法として教えた。生徒に対し、「君達は、公式から計算できる。しかし、君達は、異なった速度での摩擦実験の結果や、公式を満たさない光に関して正確に考えることもできる。他の人はこのようなことはしない」[63]とペリーは述べている。数学は計算した結果と実際に実験した結果を比較し、考察を深め、実験を発展させる有用な契機であった。

この数学観はペリーが教材化した方眼紙に端的に表れている。当時、方眼紙

は大学において解析幾何学や座標幾何学で利用する教材であった。数学以外では商業で石炭などの価格を表やグラフで表すために使用されていた[64]。こうした使用法に対し、ペリーは、「数学者は代数学や三角法の非常に丹念な研究を習得するまでは方眼紙を始めるべきではないと考えるだろう。しかし、読み書きもできない人もこれを使うことができるということ、しかも非常に巧妙に、効果的に利用できることを知ってもらいたい」[65]と考え、実験データの整理・視覚的な把握が可能な点や、読み書き能力に左右されずに利用できる点から、方眼紙が中等学校に相当する学齢の生徒にとって恰好の教材であると考えた。数学を科学のための道具とし、学習者に着目して内容・教材を選択することで、方眼紙を有効な教材として活用した。

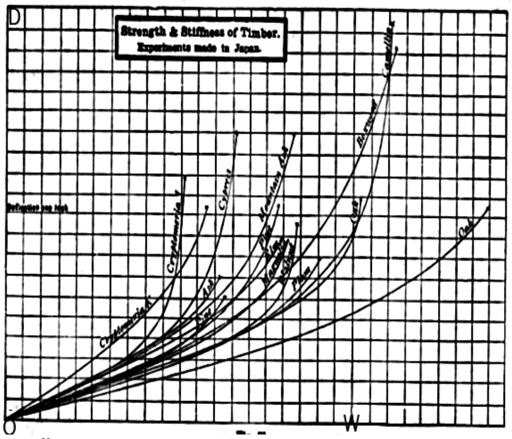
資料１１と資料１２は、ペリーが日本の工部大学において実験し、帰国後に執筆した教科書 *Practical Mechanics* に掲載した実験と測定結果のグラフである。ペリーは方眼紙を数学で教えることで、理科系の教科においても応用可能で有用な思考法を生徒に身に付けさせた。資料１１は実験装置を示し、資料１２はその実験の測定結果を示している。実験は資料１２のようにオークなどの角材に荷重を加え、材質別に弾性限界を測定する実験である。資料１２では、横軸はトンを単位とし、点 w にて１トンの荷重が加わることを示し、縦軸は、D を 2 インチ、OD の中点を 1インチとする反り具合を示す。それぞれの材質

資料１１　弾性限界の実験装置



出典：Perry, J., *Practical Mechanics,* Cassel & Co., 1883, p.124.

資料１２　弾性限界の測定結果



出典：Perry, J., *Practical Mechanics,* Cassel & Co., 1883, p.127.

の角材に加えられる荷重と反り具合の関係が比例から、比例でなくなる点が弾性限界であり、グラフでは「弾性限界は切断限界のほぼ半分である」[66]ことが示されている。

ペリーは、この実験を通じて、「一方の値が他の値に依存する 2 つの物事を比較する」[67]方法を示し、方眼紙を用いて法則を発見する、すなわち関数関係を実験から見出すという思考法を教えた。高等教育で指導される数学を学ばずとも、方眼紙は弾性限界の意味、弾性限界と切断限界の関係を中等程度の学習者に伝えうるということをペリーは明らかにした。数学を科学のための道具ととらえ、その利用者である学習者に着目することで、高等教育の教具であった方眼紙は中等程度の技術カレッジでも有効な教具へと展開されている。

このように、ペリーはイギリスにおいても実験や具体的な操作を通じた教育を保持しようとしていた。ペリーは専門教育において、学問の系統だけでなく、学習者の興味や理解という視点から教育論を構築していったのである。学習者という視点に立つことで、彼等の理解やニーズが把握され、基礎と応用の関係が問い直されている。

ペリーは専門教育において、学問の系統だけでなく、学習者の興味や理解という視点から教育論を構築した。この時点では、専門教育に限定されているものの、（ロ）「自然科学の基礎学としての有用性」、及び（ハ）「思考法としての有用性」の「有用性」概念をペリーは形成しつつあった。

第 3 節　科学教育から数学教育への展開

しかし、「改造運動」はこうした技術学校だけでなく、一般教育を行う中等学校における数学教育の改革である。19 世紀後半、専門教育における科学教育に従事していた工学者ペリーが、なぜ一般教育に論を拡大し、特に数学科に着目するようになったのだろうか。そこで本節第 1 項では、一般教育へと対象を拡大した過程を描き、第 2 項では、工学者であるペリーがその中でもなぜ数学教育に着目したのかを明らかにする。

第 1 項　技術教育への批判

本章第 2 節第 2 項で述べた通り、19 世紀後半において制度面では確かに科学

教育は徐々に普及しつつあった。また、第 1 章第 4 節で述べた通り、幾何教育改良運動によって数学教育の改革も進みつつあった。しかし、これらは現行のカリキュラムに科学を付加する、数学教育のカリキュラムを部分的に改良するという発想の下で行われ、科学や数学を何のために教えるのかという目的論を含んだ根本的な議論が欠落していた。その結果、古典人文主義に基づく一般教育を中等学校に行うという基本方針は保持されたままであった。

この科学教育の黎明期において、ペリーは専門教育で自らの教育論を普及させ、影響力を拡大した。ペリーが出版した教科書、*Practical Mechanics* や *Calculus for engineer's* などは重版され、ペリーも 1896 年からは王認科学カレッジの教授となった。しかし、専門教育にとどまる改革ではその影響力にも限界があった。

そこでペリーは、イギリスの学校教育だけでなく社会全体における科学の軽視を批判し、一般教育へと検討対象を拡大した。ペリーは、科学の軽視が原因で生じた問題として次の例を挙げている [68]。

軍艦を建造する場合、しばしば決定には政府や軍部の要職に就く有力者が関わる。有力者は技術者も任命することになるが、「技術者が仕事を科学的な方法でするのを妨げるような非科学的なルールを規定する」[69]。具体的には、「投入された資本に対して、目に見える成果がなければならないというルール」[70]であり、投じた資金に対し、最初から製品が求められていた。他方で、「科学的に考える造船技師は、旧型の軍艦の性能を大幅に向上させるべく、試作品に 10 万ポンドを投じるべきである」[71]と考える。しかし先のルールが規定されているため、技師は資金を投じて試作品を作り、試行錯誤を通じて性能を向上させた軍艦を作ることができない。そのため、本来作りうる軍艦と比べて、性能の低い船を建造するためにすべての資金を使わざるを得ない状況にあった、とペリーは指摘している。

この例では、イギリスとドイツとの建艦競争を背景としながら、科学的思考の有無によって、製造業の分野で生産効率や技術開発に大きな違いが生じてしまうことが示されている。ここで注意すべき点は、原因は技術者ではなく、彼に命令を下す有力者にあるとペリーが考えている点である。この場合では、有力者が研究開発における実験の意義を理解せず、技術者に試行錯誤を認めなか

ったため、技術開発に遅れが生じていた点が問題視されていた。当時のイギリスでは、技術者に高度な専門的教育を施したとしても、有力者が科学的思考を欠いていた。そのため、研究開発の場面で投資の成果を発揮することは難しく、第二次産業革命を経て急速に生産力を高めていた大陸の列強にイギリスは遅れをとっていた。

ペリーは、こうした有力者が生まれる原因を、古典人文学に基づく一般教育にあると考えた。「一般の人に現在もラテン語やギリシャ語に関して何か読んでいるか尋ねてみるがよい。また彼が 10 年をかけて学校で学んだことについて何か尋ねてみるがよい。彼は、古典を読んだ中で知っているのは、何人かの有名な学者にすぎない。（中略）なぜなら、彼は決して古典教育の平均的な成果を得ていない。それでも、彼はいつも自分の思考は洗練されたと言う」[72]と批判している。

このように思考力の陶冶を目指す古典では、学習内容は習得されていなかった。19 世紀後半の科学教育に向けた動きは結局のところ、技術学校、すなわち専門教育において進められていたにすぎず、中等学校での教育が科学技術に寄与することは少なかった。上流階級を対象とした中等学校には、科学や数学の教育の点で、大きな変更が加えられることなく、工場の経営に携わる者も含まれる有力者が教育によって科学的な思考法を獲得する機会はなかった。

加えて、こうした有力者は自分たちの科学教育の欠如を問題視することはなかった。「よい作法やコツ、愛想のよささえも、古典教育によるものだとされてきた」[73]とペリーが批判したように、中等学校で展開された一般教育によって形成された教養には全幅の信頼が寄せられた反面で、科学はジェントルマンが身に付けるべき教養の一部とみなされなかった。第 1 章第 1 節で述べた通り、中等学校では、実験室といった教育環境の不足も相まって、科学の授業が週に 1、2 時間程度付加されただけで、質的にも程度の低い科学教育が展開された。

そのため、有力者は科学的な知識や思考法を身に付けることなく要職に就いていた。彼等と文化を共有しないもの、すなわち古典人文学的な教養を持たない者は軽視され、科学を身に付けた科学者・技術者の意見は聞きいれられなかった。こうした風潮をペリーは「科学的な訓練を受けた人たちは、本来ならこうした訓練が必要であるはずの政府や国家、海軍や陸軍の要職に選出されない」

[74]と嘆いていた。科学に対する「有力者の無知が将来の指導者の無知を生み出す」[75]教育システムが生み出され、構造的に科学は軽視されていた。

もちろん、こうした有力者も科学と全く無縁だったわけではない。当時の英国では科学を普及させるために、王認アカデミー（Royal Academy）の主催により、彼等のような上流階級向けの科学講座が開かれていた。そこでは、花火のような燃焼実験が実演されたり、ランタンを用いたスライドが上映されたりするなど、興味を引きやすい実験が紹介されていた。しかし問題は、有力者がたまたま人気のある科学講座に参加すると、それだけで、最新の科学の発見について理解したつもりになる点である。講座に参加すること自体が科学的であるという名声を生み出すものとみなされ、ファッションと同等の感覚だった。

科学の現状がこのようであったため、「科学的な訓練を受けた人たちは、本来ならこうした訓練が必要であるはずの政府や国家、海軍や陸軍の要職に選出されない」[76]時代であった。さらに、「まるでイギリスの指導者は自然科学に関して大きなマイナスの知識を持っているかのようであり、科学的が必要とされる要職に選出される機会、あるいは助言が聞かれる機会は、科学に関する資格の有無に反比例する」[77]とペリーは嘆いていた。

他方、一般教育を軽視し、専門教育に専一すればよいわけではない。ペリーは、失敗例としてつぎのような例を挙げている。「私が若い時、アイルランドには、非常に多くの農業学校があったことを記憶している。しかし、ほとんどが失敗に終わっていた」[78]。なぜなら、学習者が理解できる範囲を超えた内容が指導されていたからである。ペリーは「イギリスでも技術カレッジでこのような経験をしたことがある」[79]と述べ、単に内容や指導法を専門的にすればよいのではない。学習者に合わせて教育を展開する必要があることを洞察していた。

以上を踏まえ、ペリーは「現在のすべての人に対する教育制度を完全に作りかえる」[80]べく、イギリスのすべての人々に共通して必要な科学的な思考法を普及させようと考えた。人間の思考法を変革する契機として科学的思考を位置づけ、帝国主義の時代をイギリスが生き抜くためには、国民のすべてが科学を習得する以外に方法がないと考えていた。だからこそ一般教育における科学教育論へと拡大したのである。

第 2 項　数学教育への展開

ペリーは科学教育の必要性から一般教育へと対象を拡大した。では、どのように科学を教えればよいと考えていたのだろうか。そこで、ペリーは学習者の思考法や学習方法から考察を始めた。子どもは自らの興味に従って「自分の方法で知識を集めていく」[81]のであり、こうした経験が学習の素地となる。そして、「少年期は、思考力の陶冶だけでなく、自分が関わる世界に関して持ちうる知識のすべての大部分を習得する時期」[82]であり、思考力を形成する形式陶冶だけでなく、知識の習得すなわち実質陶冶も必要なのである。

この少年期において「科学の学習では多様なアプローチが少年に対して提供される」[83]。観察や実験によるアプローチであれ、抽象的な推論による数学的なアプローチであれ、科学では子どもが自分の興味に合わせて自由に選ぶことができる。科学を教えることは、生得の知識欲を満たす助けとなり、思考方法や学習方法の主体的な選択を促す上で有効となる。だからこそ、科学は少年すなわち中等程度の生徒の教育にふさわしいとペリーは考えた[84]。

加えて、そもそも科学は「自然の力に挑戦し、自然を利用することを可能とする」[85]、「体系化された思考判断（organized common sense）」[86]である。有用な知識をもたらす学問である。けれども、「人類は、この種の知識を獲得することに慣れていない」[87]状態にあった。そのため、実験や観察といった科学的な方法を示すべく、「子どもに対する人工的な介入が必要となる」[88]。すなわち、科学は実質陶冶としての価値を有するとともに、思考方法の獲得のために教育的な介入を必要とする学問なのである。以上から学校において科学こそ教師の手を借りながら学ぶ必要があると、ペリーが考えていたことが読み取れる。

しかしながら、こうした科学的な知識は国民が共通に備えるべき基本的な知識として妥当なのか。ペリーは、読み書き同様、今後自然科学の知識も人間にとって必須の知識になると考えていた。ペリーは、3R's がイングランドに浸透した次の例によって、このことを説明している。「400 年前、読み書き計算は、悪い方法で教えられたため、人々は聖職者にのみ必要なものだと考えられていた。もし、読み書きができると、そのかわり、その人は他のことがうまくできないと考えられていた」[89]。そのため、熱心に勉強するほど、役立たずになり、読み書き算は多大な苦労をしても習得もされず、使用されることはなかった。

「それゆえ、読み書き計算は無用だとみなされていた」[90]。

しかし、現在では読み書き算は不可欠になっているのであり、この力を前提に生活が営まれている。これと同様のことが現在の科学でも起きているとペリーは考えた。知識は一般に浸透するまでは誤解を受けやすい傾向にあり、「直接の因果関係がなくとも、ある知識を身につけた人が、仕事でうまくいかない場合、人々はその原因を、その人ではなく、知識に見出す」[91]とペリーと考えていた。このように、ペリーは、製造業の現場での経験と学問的な知識が断絶しがちである点、そして科学が浸透していないことが原因で、産業と科学が結びついていない点を問題視した[92]。

このように、読み書き算と同等にすべての国民が基礎的な科学知識を学ぶ必要があるとペリーは考えていた。この前提となるのが、実験や観察といった科学的な方法によって学ばれる数学であるとペリーは考えていた。すなわち、技術者は「数学的な知識を自分の思考装置の一部にするような数学教育」[93]を必要としていたにもかかわらず、「技術者に生涯数学の記号を嫌うような方法」[94]で教えられていた。技術を効率化し、発展させる近道であるはずの数学は、不適当な内容や教育方法によりその役割を果たしていなかったのである。

第 1 章第 3 節で述べた通り、イギリスの中等学校では数学科では、幾何学に代表されるように、古典として教科が確立された。しかし、他方で科学としての側面を持つ数学は、新たな発見により知識が更新されていた。19 世紀だけでも国際的には天才ガウス（Gauss, J. C. F.）の活躍や、非ユークリッド数学の発見などが見られ、イギリスでもハミルトン（Hamilton, W. R.）やブール（Boole, G.）らが活躍するなど、目覚ましい進歩が見られた。イギリスの数学は教育界では古典であり、学問界では科学であるという、相反する性格を具備していた。

では、具体的にどのように数学を学べばいいのか。ペリーは、そもそも定義から定理を証明するような「抽象的な思考は例外的であり、健全な思考ではない」[95]と考え、一般教育において支配的であった演繹的な推論の育成に傾倒した数学教育に懐疑を向けた。そもそも、「泳ぎ方を知る前に水泳について思索しない」[96]ように、抽象的な思考から出発する学習は学習の出発点として妥当ではない。工学者であるペリーは、はじめに「試行錯誤を通じて」学び、次に「考えた通りに行動」し、かなりの時間を経て「哲学的な思索」に至るという帰納

的な過程を人間の基本的な認識過程ととらえ、経験に沿った学習こそ効果的な数学教育をもたらすと考えた [97]。

こうした教育において、「子どもの視点に立つこと」[98]が契機であるとペリーは考えた。従来のように、学習者に外在する古典という固定的な内容を一方的に与えるのではない。子どもの視点からカリキュラムを検討し、既有経験を生かした指導を行うことで、経験と知識を有機的に結び付けるのである。

とはいえ、従来の数学教育でも科学者や数学者が生まれていたため、変える必要はないとの批判もあった。実際、ニュートン（Newton, I.）をはじめとするイギリスの一流の科学者も、学生のころに『原論』も読み、学んでいた。

これに対し、ペリーは 98 パーセントの平均的なイングランド人の子どもを対象とした数学教育論を考えなければならないと反論している。なぜなら、現在の教育でも成果を上げている 2%の子どもにはどの学科の勉強も十分によいため、何を教えたとしても結果は変わらないからである。それゆえ、この 2%の子どもは 98%の子どもを対象とした教育でも成果を上げるのであり、一般教育からの転換が図られても問題がないとペリーは述べた。したがって、数学においても有用で、科学の基礎となる内容や方法こそが知的陶冶を促す教養となりうるのであり、思考力を陶冶するとペリーは考えた。こうした発想からペリーは（イ）の「有用性」を否定することなく、数学教育論に包摂していたといえる。

このようなペリーの数学教育論は、20 世紀に向けた中等教育の拡大とも一致していた。中産階級の勃興により、従来学校独自で運営されていた中等学校でも再編が進められた。第 4 章において詳しく検討するように、1902 年には公立の中等学校が成立し、一部ではあるものの、中産階級や労働者階級の優秀な子どもも進学できるようになりつつあった。中等教育は、もはや上流階級の子弟の専有物ではなくなり、かつてのように一部のエリートや天才を選別する機関ではなくなっていた。そのため、中等学校のカリキュラムもこうした生徒のニーズを満たすべく変化に直面していた。

他方で、大学入学や雇用に官僚制が浸透し、競争的で万人に開放的になるにつれて、パブリック・スクールの生徒にも以前よりもはるかに広いカリキュラムの選択肢を与えなければならなくなった [99]。こうした過程で科学も中等学校

へと普及していった。ペリーが数学教育論を形成した 19 世紀後半のイギリスにおいて、公教育の進展とともに科学が普及しつつあったのである。

こうした時代に、ペリーは論理的思考に代わり直観を学習の出発点に据え、中等学校の数学科における基礎を問い直した。その結果、幾何学では基礎とされた『原論』の大半の内容を省略し、そのかわり方眼紙など新しい内容を教えるカリキュラムを適当とする数学教育論にペリーは至ったのである。

以上から、教養の形成を目した一般教育や古典カリキュラムの矛盾が中等学校の数学科に凝縮されていたことが分かった。科学の基礎としての側面を持つ数学は、教育においては推論の能力を鍛えるための古典として矮小化され、専門教育においても、有用な教科書もなく、しばしば同様の数学が教えられていた。こうした学校数学が教えられていた背景には、科学の軽視があった。

こうした教育制度への批判は、第 1 章第 2 節で検討したハクスリの教育論においても行われていた。ペリーの教育論と比較すると、ハクスリは教養による陶冶を目指す一般教育の中で､科学も教養に含まれうるという点を論じていた。これに対し、ペリーは教養と対立する「有用性」を教育の原理に据えた、いわば実用主義を提唱した点で、ハクスリの科学教育論から踏み込んだ主張を行っている。その結果、ペリーの教育論において、作図や実験、現場での実践的な学習といった「有用」な知識を培う、具体的な教育方法論を可能にしたといえよう。

以上、ペリーは生活や産業に不可欠となった科学を普及させるために、その前提となる学校数学の改革に着手した。そこで、科学の前提となる学校数学において基準となるのが「有用性」であり、教養を身に付けるべく一般教育を行っていた中等教育の在り方を根本から問い直したのであった。

小括

本章では、第 1 節において「改造運動」の端緒となったペリーの講演「数学の教育」を検討した。ペリーの数学教育論において、科学的な思考習慣の形成が目指され、数学は自然科学の基礎として位置づけられた。その結果、数学のカリキュラムは、第一に従来の形式陶冶を継承した教養及び思考訓練として、第二に自然科学の基礎として、第三に科学的な思考を促す思考法として、とい

う3つの側面を持った「有用性」を原理に定められるべきであることが示された。こうした数学教育論をペリーが示した幾何学と方眼紙のシラバスから確認した。

第2節において、講演に示された数学教育論の背景となったペリーの教育実践を検討した。1870年代に教鞭をとった日本の工部大学校や、帰国後に教えたフィンスブリー・テクニカル・カレッジにおいて、ペリーは自らが徒弟として経験した実地訓練に基づいて、科学や数学を指導した教育経験があった。この中でペリーは、数学を「利用し続けるための道具」として指導していた。

第3節において、工学者であるペリーが科学教育ではなく数学教育の改革を訴えた背景を明らかにした。第1章で検討したように、19世紀後半のイギリスにおいて、生活や産業に不可欠となりつつあった科学が軽視されており、ペリーが目指す科学的思考の育成が困難な状況にあった。そこで、ペリーは科学の基礎となるような有用な内容を含む数学を指導することで、科学普及の前提として「改造運動」に着手したことを示した。

以上、ペリーは工学者として科学教育の普及を目指し、数学教育の改革へと至ったことを示した。その結果、1901年の講演において、19世紀後半の数学教育を規定していた論理形式を重視するという、いわば形式主義に対し、「有用性」をカリキュラムの主軸とする、いわば実用主義に基づく数学教育の目的を新たにもたらした。こうした主張の背景には、実験や測定、作図といった直観を契機とする方法こそが数学の理解を促すという、子どもの学習への洞察があった。

数学の授業において子どもの学習に着目することで、ペリーは平均的な学力の子どもを対象とした数学教育の可能性を示した。このように、ペリーの数学教育論は、実用主義に基づく数学教育の目的、科学の基礎としての内容選択、学習者という新しい視角を数学教育にもたらしたと評価することができよう。

---

1 ペリーの経歴については、板倉聖宣「ジョン・ペリーの生涯　第1回」(『数学の楽しみ』No.20,2000年, pp.111-119) から「ジョン・ペリーの生涯　第4回　数学教育近代化の提唱」『数学セミナー　別冊　数学の楽しみ』(日本評論

社、No.23, 2001 年, pp.91-101）にわたる 4 回の連載を参照した。

[2] Perry, J., ‘The teaching of mathematics’, *Nature*, no.1605, vol.62, August 2, 1900, p.317.

[3] ケルヴィン卿（Lord Kelvin）としても知られる。

[4] “City and Guild of London Institute for the Advancement of Technical Education”の訳語については『イギリスにおける「資格制度」の研究』（柳田雅明、多賀出版、2004 年）を参照した。

[5] *The Times*, Thursday, Aug 05, 1920; p.9; Issue 42481; col G ’Death of Professor Perry. A Great Electrical Scientist’ Category: News.

[6] Perry, J., *Discussion on the Teaching of Mathematics,* Macmillan and Co., 1901, p.15.

[7] Ibid., pp.15-16.

[8] Ibid., p.14.

[9] Ibid., p.6.

[10] Ibid., p.2.

[11] Ibid., p.16.

[12] Ibid., pp.4-5.

[13] Perry, *Discussion on the Teaching of Mathematics,* p.28.

[14] Perry, ‘The teaching of mathematics’, *Nature*, p.318.

[15] Perry, *Discussion on the Teaching of Mathematics*, p.28.

[16] Ibid., pp.27-29.

[17] このシラバスは、1900 年における *Nature* 誌の論文’The Teaching of Mathematics’において基本コースが示され、論文集 *England’s Neglect of Science* において、論文が再掲される際に発展コースまで示された。

[18] Perry, Discussion on the Teaching of Mathematics, p.28.

[19] 算術においても、例えば面積計算のような幾何学の基礎的な内容は行われてこなかった。Colenso, J. W., Arithmetic Designed for the Use of Sschools: to Which is Added a Chapter on Decimal Coinage, Longmans, 1872. 1876 年の版においても同様である。他方で、「改造運動」後のゴドフレーによる算術の教

科書である下記図書では長方形の面積や円周の長さの測定などが取り入れられている。Godfrey, C. and Bell, G. M., The Winchester Arithmetic, Cambridge, 1905. なお、代数については下記図書を参照した。Hall, H. S. and Knight, S. R., Elementary Algebra for Schools, Macmillan and co., 1885.

[20] Perry, Discussion on the Teaching of Mathematics, p.28-29.

[21] Ibid., pp.26-27.

[22] Perry, Practical Mathematics, p.72.

[23] Perry, Practical Mathematics, p.72-73.

[24] 工部大学校については次のとおりである。1871 年に工部省が設立された。1873年に同省管轄の士官養成学校として工部寮が設立され、15歳から18歳（のちに 20 歳まで）の少年の入学が許可され、6 年間教育を受ける。1877 年に工部大学校と改称される。同校の成果は顕著にあらわれ、6 年後に第一期生として輩出し、そのうち 3 名の学生をグラスゴー大学に官費留学させた。そこでは、ペリーが師事したケルヴィン卿から、「私が教えた最高の学生」と称されるほど優秀な成績を収めたとされる。（北政巳「工部大学校校とグラスゴー大学」『社会経済史学』第 46 巻、5 号。）

[25] 三好信浩『明治のエンジニア教育』岩波書店、1983 年、p.18。役職の上では、ダイアーは「都検」であったが、後に「教頭」とされた（舊工部大学校史料編纂会『舊工部大学校史料・同附録』青史社、p.128（附録））。尚、『舊工部大学校史料・同附録』は 1931 年に、虎之門会より発行された、『旧工部大学校史料』、『旧工部大学校史料附録』の合本復刻である。頁は史料、附録において別個につけられているため、以下、『史料』、『附録』と記す。

[26] 舊工部大学校史料編纂会『史料』p.50。

[27] 同上。

[28] 公田藏「John Perry と日本の数学教育」『数理解析研究所講究録』1195 巻、2001 年、p.192。

[29] 舊工部大学校史料編纂会『史料』p.175。

[30] 同上。

[31] 同上。

[32] 同上書、p.214。

[33] 同上書、p.288。

[34] 同上書、p.50。

[35] 同上書、p.234。

[36] 同上。

[37] Ayrton, W. E. and Perry, J., 'Determination of the Acceleration of Gravity for Tokio, Japan', *Philosophical Magazine and Journal of Science*, series 5, vol. 9, no. 56, 1880, p.301.

[38] Ibid.

[39] 他に、ペリーとエアトン（W. E. Ayrton）はここで世界に先駆けて、方眼紙を教材化している点にも着目する必要がある。このことは Brock, W. H. and Price, M. H., 'Squared paper in the nineteenth century: Instrument of science and engineering, and symbol of reform in mathematical education', *Educational Studies in Mathematics*, Volume 11, Number 4(1980), pp. 365-381 に詳しい。また、工部大学はグッデイにより紹介されている。Gooday, G. and Low, M., 'Technology transfer and cultural exchange: Western scientists and engineers late Tokugawa and Meiji Japan', *Osiris*, Volume 13, 1998, pp. 99-128 参照。

[40] 1882 年、ペリーが務めたフィンスベリー・テクニカル・カレッジには、工部大学校の同僚であったエアトンが既に応用物理学の長として職に就いており、ペリーは再びエアトンの同僚として教職についた。ここでペリーは科学者アームストロング（Armstrong, H.E.）と親交を結び、エアトンも交えて科学教育で互いに刺激し合った。ペリーは日本での経験を'Technical Education'（1879）や 'The Teaching of Technical Physics'（1880）にまとめ上げ、エアトンとともに日本で行った先進的な専門教育を、英国においても実現すべく、技術教育論を展開した

[41] なお、徒弟制は技術者以外でも行われていた。例えば、イギリスの若者は、10 代半ばになると家を出て、サーヴァントとして同じ社会階層の家で奉公をするというスタイルが一般的であった。そこで、奉公先で働くことによって、一人前になる制度が機能していた。(川北稔『イギリス近代史講義』講談社、2010

年、pp.26-31。)

[42] もちろん、1851 年の時点で英国が他国の脅威を感じていなかったわけではない。実際、万国博の成功の結果生じた 18 万 6000 ポンドの利益は技術教育に投資されていた(三好、前掲書、p.43)。主な用途は、サウスケンジントンに作られた Royal Albert Hall、Imperial Institute、Science Museum、Natural History Museum、Royal College of Art、Victoria and Albert Museum などであった。また 1853 年には同じくサウスケンジントンに科学技術局が設立され、1856 年の教育局には同局が発展的に吸収合併されるなど、科学教育や教育にかかわる政策が出されている。しかし、あくまでも一部の専門家に共有されたにすぎず、67 年に至ってようやく科学技術の進展およびそれを実現する教育の必要性が認識された。

こうして、1870 年代にいたって、イギリスの諸学校は、科学の試験に合格し、したがって大学で科学および技術の教育を受けるに足る学力と意欲を持った生徒たちを、よどみなく供給し始めたのである(アシュビー、前掲書、P.87)。徐々に、消極的かつ不十分な国家の援助を受けながら、科学はイギリスのカレッジと大学のカリキュラムの中にその地歩を占めていった。技術の場合も、科学のそれと同じであった。イギリスの政府に高等技術教育に対する国家の助成を行わしめたのは。産業競争の恐怖であり、イギリスの技術教育の方法についてその範をもとめたのは大陸諸国であった(同上書、P.91)。

他方で、第一次産業革命が起こったイギリスには、第二次産業革命が起こらなかったとする見方もある。川北稔は、19 世紀の後半に世界経済が重化学工業を中心とする時代になって、ドイツをはじめとする新興の列強が工業化を遂げたのであり、繊維業を中心とする第一次産業革命が、一つの国において必ずしも前提とならない、という見解を示している(川北、前掲書、p.218)。また、イギリスの場合、一度産業革命が起こってしまったため、「社会も、教育も、技術も、産業構造も、全てが『陳腐化』していったのです」と「経路依存」の立場を紹介している(同上書、p.236)。

また、川北によると「反製造業的な価値観が復活して、パブリック・スクールからオックスフォード・ケンブリッジという教育機関で再生されていく。そ

こでは、ギリシャ語、ラテン語などの人文主義的教養が非常に高く評価される。外交官試験や公務員試験でもこうした人文学的教養が重視されました」(同上書、p.240）とある通り、上流階級には科学は容易には浸透しなかった。また、当時のイギリスの金融業は依然として活発で、製造業が一部で衰退したからといっても、そのままイギリスが衰退を意味していたわけではなかった（川北『近代イギリス史講義』p.222）とする見方もある。ペリーは工学者として製造業の現状を憂い数学教育改革を訴えたものの、イギリスが「世界の工場」から「世界の銀行」へと転換した事実にも留意して、「改造運動」をとらえる必要があるといえる。

43 広瀬、前掲書、pp.153-155。

44 岡田渥美「現代イギリスの教育思潮」森昭『教育学叢書 23　現代教育思潮』第一法規、1970 年、p.120。

45 藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1995 年、p.118。

46 同上。

47 同上書、pp.171-172。

48 同上書、p.172。

49 Perry, J., ‘Technical Education’, *England’s Neglect of Science,* T. Fisher Unwin, 1900, p.81. なお、論文の初出は *The Electorician* 誌の第 8 巻（1879 年）の編集者への手紙である。

50 Ibid., p.82.

51 Ibid.

52 Ibid.

53 Ibid., p.84.

54 Ibid.

55 Ibid.

56 Ibid.

57 Ibid, p.82.

58 Perry, J., *Practical Mechanics,* Cassel & Company, 1883, p.iiv.

59 こうした発想は、ドイツの躍進に対して、ドイツ式の産業や技術教育を取り入れるべきとの主張への批判でもあった。19 世紀末にドイツ脅威論が盛んに議

論されるようになっていた。

ペリーによると、1900 年 3 月 10 日と 11 日、「ドイツの"Kölniche Zeitung"誌で 2 つの論文が発表された。そこでは、我が国の製造業、経済、軍事における方法論の欠乏が、容赦なく批判されていた。ドイツ人記者や我が国の記者もドイツの模倣をするべきだと考えているようである」（J. Perry, England Neglect of Science, *Nature*, No.1601, Vol. 62, p.221）とされる。

ペリーは、イギリスが科学を軽視するのとは対照的に、次のようにドイツの製造業について述べている。「思慮深いドイツ人、すなわち影響力のあるドイツ人は皆、自分たちの商業や製造業における大きな成功は、物理科学によると考える。ドイツにおけるあらゆる産業のどの管理者も、技術学校の科学の授業を通じて得られた名誉を持っている」（Ibid., p.225）。

しかしながら、ペリーはドイツの教育について次のように見ていた。「科学をよく学んだドイツ人のことを考えてみよう。例えば 23 歳や 25 歳としたら、その人はビジネスの世界にちょうど入ろうとするだろう。7 歳やそれ以下の年齢から重い足取りで学校に通い、朝 7 時から自分の体重の半分にもなるようなバックいっぱいの本を持っていく。その少年は食事のために短い休息をとるが、勉強は夜の 6 時まで続く。そして、現在までこのような生活を続けてきた。何千回と教えられなかった教科書はないだろう。ゲーテの格言を細かいところまで完全に覚えるほど何度も暗記した。イギリス人は、こういう訓練を 100 回もすると、病気になって知識の山の中で卒倒してしまうだろう。

ドイツ人は、どんなに熱中させるようなものがあっても、目が輝くことなく、勉強をしていない人が不当に成功をおさめるのを恨めしく思うものである。こういう少年は知識をたくさん持っているかもしれない。そしてその知識の使い方も知っているかもしれない。ドイツでは、こういう方法で訓練された人々がたくさんいるからこそ、現在イギリスを打ち負かしている。ドイツ人はかなりの勉強をしている。わたしは、10 年もすれば、興味さえ感じれば 20 回の講座でも半分の時間の教育を受けるだけでイギリス人は、ドイツ人を製造業あるいは研究において打ち負かすだろう。また頭が鈍い状態から脱し、よい市民となるだろう。しかし、たくさん勉強をするドイツ人は沢山いるにもかかわらず、

私が望むようなイギリス人は国民の半分ぐらいしかない」（Perry, ‘England Neglect of Science’, pp.225-226）。

急速に力をつけていたドイツも、結局は詰め込み式の学習にすぎず、イギリスにそれを輸入したところで、効果がないとペリーは考えていた。子どもの興味にそって、学習をさせることこそ、効率よく内容を理解させることができると考えていたことがわかる。

[60] 広瀬『イギリス技術者養成史の研究』pp.173-174。（1883 年からセントラル・テクニカル・カレッジと改称）

[61] Perry, J., ‘Advice to Mechanical Engineering Students About to Leave the Finsbury Technical College’, *England's Neglect of Science*, 1900, pp.60-61.

[62] Ibid., p.61.

[63] Ibid.

[64] 尚、イギリス史研究の立場から、川北は「いちばんグラフが使われそうな産業革命の研究所をたどっても、20 世紀までは、グラフが登場することはあまりないようです」と述べている（川北『イギリス近代史講義』pp.110-111）。

[65] Perry, J., *Practical Mathematics,* Her Majesty's Stationery Office, 1899, pp.27-29.

[66] Perry, *Practical Mechanics,* p.128.

[67] Ibid., p.7.

[68] Perry, J., ‘England's Neglect of Science’, *Nature,* No.1601, Vol. 62, 1900, pp.221-222.

[69] Ibid., p.221.

[70] Ibid.

[71] Ibid., p.222.

[72] Perry, ‘Teaching of mathematics’, p.318.

[73] Perry, ‘England's Neglect of Science’, p.223.

[74] Ibid., p.222.

[75] Ibid., p.221.

[76] Ibid., p.222.

[77] Ibid.

[78] Ibid., p.223.

[79] Ibid.

[80] Ibid., p.224.

[81] Ibid., p.222.

[82] Ibid.

[83] Ibid., p.223.

[84] ペリーは「自然科学は、父親や教師からの指導が、少年の手による勉強方法を邪魔しない唯一の勉強である」(Perry, ‘England’s Neglect of Science’, p.222.)とも述べている。

[85] Perry, ‘England’s Neglect of Science’, p.222.

[86] Perry, J., ‘Presidential Address to the Institution of Electrical Engineers’, *England Neglect of Science*, T. Fisher Unwin, 1900, p.7.なお、ペリーは電気技術者教育機関（Institution of Electrical Engineers）における講演において「ハクスリの科学の定義を覚えているだろうか」と、ハクスリから科学の定義を引用している。

[87] Perry, ‘England’s Neglect of Science’, p.222.

[88] Ibid.

[89] Ibid, p.225.

[90] Ibid.

[91] Ibid.

[92] Ibid, pp.225-226)。

[93] Perry, ‘Teaching of mathematics’, p.318.

[94] Ibid.

[95] Ibid.

[96] Ibid.

[97] Ibid.

[98] Ibid.

[99] ウォルホード著、竹内洋・海部優子訳『パブリック・スクールの社会学　英

国エリート教育の内幕』世界思想社、1996 年、p.224-5。

第 3 章　20 世紀初頭における「数学教育改造運動」の展開

第 2 章第 1 節検討したペリーの講演の後、大会では討論会が開催され、18 名の数学者や数学教師が議論に参加した。また、ペリーは講演の内容とシラバスを、年次大会に出席できなかった 14 名の数学者や数学教師に送り、紙上でも討論した [1]。ここでの議論は *Discussion on the Teaching of Mathematics* にまとめられている。第 1 節において同書を参照し、ペリーの講演及びシラバスに対し、どのような批判が寄せられたのかを明らかにする。第 2 節においては、ペリーの講演の影響を直接に受けた「改造運動」初期の展開を整理する。

第 1 節　*Discussion on the Teaching of Mathematics* の検討

第 1 項　ジョン・ペリーの講演に寄せられた賛否

ペリーの講演後に開催された討論会において、参加した科学者はもちろん、大半の数学者や数学教師も、中等学校の数学教育において何らかの改革が必要であるという点で一致していた。しかしながら、「有用性」を軸とした工学者ペリーの改革方針に納得できず、明確に反対の立場を示した意見も見られた。

1901 年の講演の時点で、ケンブリッジ大学の数学科の学科長であったフォーサイスはペリーの改造案に反対を表明した。批判の要点は、第一に最新の数学の知識を学ぶには大きな困難がある点、第二に「有用性」は数学や科学の発展の唯一の基準ではない点、第三に労働者や技術者が数学を応用するのは困難があるという点である。

第一の点について、ペリーが最新の内容から出発するカリキュラムを提案したことに対して、「ケンブリッジ大学の優秀な学生でも、知識相互を関連付けることは容易ではない」[2]として、既習の学習内容と関連付けながら、最新の知識を理解することは優秀な学生であっても大きな困難がある点を指摘した。そもそも最新の内容は膨大な知識の蓄積の上に成り立っているのであり、「現在の最先端の知識の関係を人々に理解させることは可能となるのか」[3]と疑問を呈している。フォーサイスはペリーのカリキュラムにおいて数学の系統性が軽視されているのではないか、と疑義を向けたといえる。

第二に、フォーサイスは物理学において 1895 年にレントゲン（Röntgen, W. C.）によってエックス線が発見された例から、次のように述べている。「現実的

な問題として、硬い物質を透過する写真を撮るという問題は、解決できない問題を解決することだ、と共通して言われてきた。しかし、その解決法は、それ自体は直接のものではなかったが、物理学の研究の過程で物理学者から出された。その知識が普及した結果、素晴らしい応用を導いた」[4]。この例から、フォーサイスは、現実の問題があるからといって、その解決のために役立つ発見がされてきたわけではないのであり、科学は「有用性という直線上で必ずしも進歩していない」[5]ということを説明した。必要に応じて科学が発達した、とするペリーの科学観そのものをフォーサイスは批判したのである。

それゆえ、フォーサイスは、「有用性」を基準とすることは「数学の研究においても教授においても反対しなければならない」[6]と明確に反対の意を示した。なぜなら、「純粋数学の理論を応用するには、理論それ自体が発見されてから、何年も、場合によっては、数世紀かかる」[7]のであり、有用な「武器」を手に入れたとしても、人類はすぐに利用できるわけではないからである。フォーサイスは、「有用性」を軸とすることで、数学研究及び、そのための教育が阻害されると懸念し、実用主義を数学教育の目的とすることに反対を表明した。

第三に、フォーサイスも、ペリーと同様に、労働者を対象とした数学の講座を開いた経験を持っていた。このときフォーサイスの目から見ると、労働者は学んだ内容を、理論の限界を理解せず、何にでも応用しようとしていたため、しばしば誤った結果に至っていた。その結果、労働者は学習した内容に確信を持てず、新たな知識を獲得することはなくなった。この経験からフォーサイスは、労働者に対して有用な内容だけを与えればよいのではなく、基礎から出発して、思考法を習得させなければ、結局は有用な内容を教えたところで、役に立たないのではないかと批判した。

フォーサイスは、以上の 3 つの点からペリーの数学教育論を批判した。他方で、学習の導入段階において興味を引き出すようにするという教授法の改良、線画によって算数と幾何学を並進させるというカリキュラムの改革案を提案した[8]。

また、バーミンガム大学の学長であった O.ロッジ（Lodge, O.）は、興味を引き出す幾何学の教授法の改革という点ではペリーに賛成しているものの、証明を伴わない幾何学については反対を表明した。彼は、従来のような推論の訓

練が不足した場合、幾何学での推論を、他の場面で応用をすることが、一層困難になると考え、証明を重視した幾何学を継続する必要性を主張した。

では、賛成を表明した意見はどうか。賛成の側からもペリーに対して意見や質問が投げかけられた。イートン校の数学教師エガー（Egger, W. D.）は、不等式の内容が不足している、といった部分的な反対はあるものの、「ペリーのシラバスのねらいに全体的に賛成する」[9]と表明した。しかし、ペリーの改革案を実現するような優秀な教師、適当な教科書に現状では課題があるため、一度にすべてを改革してしまうと、混乱が発生すると主張した。

そこで、例えば幾何学において、エガーは従来の内容の配列から逸脱せず、「従来の制度における利点の損失を最小限に抑えた改革」[10]を提案した。具体的には、方眼紙などの教具を利用して具体的に教えること、連立方程式は方眼紙を利用して図形的に示すこと、作図を織り交ぜながら指導することを提案した。すなわち、エガーは教授法や学習方法を改良するという部分修正だけでも、数学教育は改良されると考えていた[11]。

また、ケンブリッジ大学のセント・ジョンズ・カレッジ（St. John's College）の数学者ラーマー（Larmor, J.）は、「ペリーが主張した方法は初学者にとって概して正しい方法であり」、学校教育に携わる人々により実現されるべき方法であると改革に賛成していた[12]。しかし、現実的な課題として、費用の問題を指摘した。ラーマーはペリーが求めるような優秀な教師を十分に確保するには困難があるとして、まずは、教員採用も含む外部試験の改革や試験官の育成を助成することを主張した。ラーマーもエガー同様に、一度に全面的に改革するのではなく、教育制度の改革から着手することを述べた。

王認インド技術カレッジ（Royal Indian Engineering College）の数学科の教授であった A.ロッジ（Lodge, A.）もペリーの改革案に賛同し、「第 I 巻の命題 2 や 3 は公理として扱い、省略する」[13]といった、幾何学のカリキュラムに関する具体的な修正案を示した。他方、教授法については、「ユークリッド幾何学の学習でさえ、平均的な学生にとって内容を興味深く、具体的に教えることができる」[14]と述べ、教授法の修正でも効果があると主張した。

反対・賛成の両者とも確かに数学教育の改革が必要であるという総論では一致していた。しかし、カリキュラムの根本的な改革や数学教育の目的論に関す

る議論となると、意見が一致することはなく。賛成派においても現行のカリキュラムや教授法の改良といった部分修正が提示されるばかりで、根本的な改革には至らなかった。

第２項　ジョン・ペリーからの応答と議論のまとめ

第１項で確認した主な批判や指摘に対して、ペリーは「イギリスの子どもは教育をラテン文法やユークリッドの教科書から受けたのではない」[15]と古典に基づく旧来の一般教育への批判を改めて強調した。幾何学についても、従来の教養教育が効果を上げていなかったことを批判し、少なくとも実測を取り入れた幾何学を論証幾何学に先行して指導する必要性を説いた。

以上を確認した上で、フォーサイスら批判者に対して、ペリーは「私の主張の中に全くない考えを攻撃している」[16]とまず反論した。まずフォーサイスによる第一の批判、すなわち最新の知識を中等学校で扱うことは困難であるという批判に対し、ペリーは「現在のすべての知識を身に付けるよう主張したのではない」[17]と述べ、学習者が習得可能でかつ、有用な知識を早い段階から選択的に指導するように主張したのである、と反論した。第二の「有用性」への批判、すなわち、フォーサイスが学問的な数学は「有用性」という基準から発展したわけではないとの批判に対して、第２章で示した数学を学ぶ「有用性」の「8 つの定義のうち一部分しか考えていない」[18]とペリーは反論した。その上で、フォーサイスが数学を学ぶ「有用性」を、学問上の応用に矮小化した点を再批判した。第三に、技術者らが数学知識を現場で利用できるように教えることに関してフォーサイスの批判には、30 年にもわたる実践で、この「方法の有効性を何度も何度も検証した」[19]上での改造論であり、代案があるなら示すべきだと応酬している。

同様に、論証の保持を主張した O.ロッジに対しても、論証を重視せずとも数学を学習者が身に着けたことを、実践によって検証したと、と反論している。この反論によって、論証ではなく作図や計算による実証によっても、幾何学の知識を習得できることをペリーは主張した。

また、反対者も含め、賛成者に対しても各人に応答している。A.ロッジに対しては、賛同の声が伝わる、エガーに対しては、パブリック・スクールの教師

が賛同してくれる影響は大きいと謝意を表している[20]。ラーマーの指摘は「コストの増大、一人の教師当たりの生徒が減少すること、教師の給料が増加する点を反対理由として挙げた」[21]と、彼の主張を整理した。その上で、ペリーは、教師の給料が低いことが原因で教育の水準も低いのであり、「この国のどの教師も、もっと高い給料を得るべきである。この国で最重要な仕事の一つのために、良識を持った人が魅力的と考える給料が支給されるべきである」[22]と教師の給料を上げるべきであることを主張した。

こうして議論を整理し、ペリーは最終的に、「数学の教育の大規模で目下の改造への要求があるという点で全員が一致しているということが明白である」[23]と、講演の結果形成された以下の10点の合意事項としてまとめた[24]。

1. 測定と幾何学の実験的な指導方法は論証幾何学に先行すべきである。しかし、初等的な段階でもある程度は論証幾何学が導入されるべきである
2. 初等的な段階でも実験的な方法を導入するか否かは、教師の判断にゆだねる
3. 小数は算数のはじめから指導されなければならない
4. 数学的な記号をよく理解するのに有効な場合、複雑な数学的な表現における数値計算を算数の一部や代数学の初期において指導することも認める
5. 対数は、簡単な指数法則を指導するとすぐに指導することも可能である。他方で、計算の意味もよく理解させる
6. 数学教師は、各科目の本質や生徒の様子を見極め、最適なカリキュラムを検討するよう促される必要がある
7. イギリスから試験はなくならない。しかし、教師による試験に勝る試験はないことを自覚した上で、有能な試験官を養成する必要がある
8. 方眼紙と簡単な代数学の応用や、力学や実験室での応用から、微分計算の概念を教えることが可能であることを教師は理解しなければならない

9. 思慮深い教師は簡単な力学を指導する際、微分積分の基礎概念や記号を自由に用いてもよい
10. 思慮深い教師は少年が発展的な代数学や三角法に取り掛かる前に、微分積分学を適切に学習させてもよい

このうち、1., 3., 5., 6., 10.はカリキュラムを具体的に修正する内容である。2., 4., 8., 9.は教授法を改善する内容である。7.は試験制度への提言といえよう。

講演の結果、各人が個別に持っていた改革の必要への認識が全体で共有され、一部は合意として具体的に示された点に、ペリーの講演及びその後の討論会、及び紙上討論での議論の成果を評価できる。加えてこの合意事項において、2., 6., 8., 9., 10.に表れている通り、改革を実現する手段として教師の自主的な協力という方法が示された。また 7 を除き、学習内容への理解に重点が置かれている。単に論理的思考を育成する教養教科としてではなく、学習内容を理解し、発展的な内容の基礎として、あるいは早い段階から応用しながら学ぶことが目指されるようになったといえる。

このことから、ペリーは自らのカリキュラムや教授法を、数学教育における有効な選択肢の一つとして提示することによって、議論の妥結を図ったといえる。ペリーは、いわば現場の教師に下からの改革によって、科学の基礎学としての数学教育へと改革するという論理を展開したといえよう。

以上の論争に代表されるように、講演後の議論では既存の数学教育の修正に意見が集中した。参加者は既存の数学教育が問題を抱えていることを共有しつつも、解決の方向性はペリーとは一致しなかった。すなわち、数学教育の目的を科学の基礎を修得することや、「有用性」を軸にカリキュラムを再構成するといった数学教育の根本的な議論において、参加者は必ずしもペリーに全面的に賛同したわけではなかった。

そのため、講演の直後の時点においては、小数を分数に先行させる、幾何学では論証の前に実験を行うなどのカリキュラムや指導法の部分修正では合意が形成されたものの、数学教育のパラダイムは容易には転換されなかった。では、その後ペリーの講演は「改造運動」としてどのように展開されたのか。

第２節　「ペリー運動」の展開

第１項　「数学教育改造運動」初期の展開

ペリーの講演、及びその後の議論の後も、ペリーの提案に対し、数学者や数学教師の中でも議論が続いた。ペリーの改革案との妥協案や、パブリック・スクールではペリーの改革案は適合しないとする批判など、意見の一致に至ることはなかった [25]。

そこで、英国学術協会は、フォーサイスを議長とし、ペリーを書記官とする、中等学校の数学教育を改革する委員会を設立し、議論の収拾を図った [26]。委員会の目的は「初等的な数学教育を改善するための効果的な方法を報告する」[27]こととされた。1 年間で 7 回にわたる会議を経て、同委員会は 1902 年に数学教育改革の報告書（'Teaching of Elementary Mathematics ― Report of the Committee'）と、その付録としてペリーとエガーによる改革案に沿った計画案（schedule）の提出によって役割を果たし、数学教育改革の方針を示した [28]。

報告書では、従来の指導を唯一のものとせず、教師の創意や生徒のニーズ・実態に照らして、多様な指導を認めるという基本方針が提案された [29]。この委員会に至っても、確かに、科学に基礎をおく数学を普通教育とする、ペリーの改造案が全面的に取り入れられたわけではなかった。しかしながら、一般教育や専門教育といったそれぞれの学校種の違いに応じて数学の指導が可能となった点、教師の指導の多様性が認められた点において、ペリーの改革案は国家の後押しを受けたと評価でき、「改造運動」に一定の前進が見られた [30]。

幾何学に関しては、「論証幾何学は、正確な作図や測定を伴った実践的な幾何学に先行されるべき」[31]とされ、直観的な教授への転換、カリキュラムの修正が行われた。論証幾何学と実践的な幾何学とを相互連関的に指導することが目指されたと理解できる。他方、算数や代数学でも、小数を導入段階から取り入れること、重さや長さに関しても小数を用いること、分数の技巧的な計算はやめること、グラフを用いて算数と代数学を関連付けながら指導することといった、先述したペリーの改革案に示された、具体的な修正は取り入れられた [32]。

また、付録として報告書にエガーとペリーのそれぞれが作成したシラバスが添付された。ペリーのシラバスをみると、測定、方眼紙の利用、幾何学の指導に関する提案を行った。ペリーは第２章第１節に示したシラバスに若干の変更

を加えた。すなわち、方眼紙では、単純なグラフの作図が加えられ、幾何学では、直線や平行線、直角や 30°、45°、60° といった角度、線分や正方形の性質といった、基礎的な内容を取り入れた案が追加された。ペリーは大規模なカリキュラム改革を堅持したものの、より実現しやすい中等学校の数学科カリキュラムへと譲歩したといえよう。

他方、エガーの計画案を見ると、幾何学の初等的な段階における指導が提案され、正確な測定や作図などの直観的な活動を理論的な理解に先行させることが強調された。内容は『原論』と同様の順で配列され、従来通りに授業を展開したとしても、実験的な教授法を取り入れられるように提案されている。

例えば、第Ⅱ巻の内容である円周では、インクをつけたコインを紙の上で回転させる、円筒にきつく巻きつけた紙の長さを測定するといった、教具を用いた操作活動を取り入れた授業案が提案された。エガーは、カリキュラムを変更することなく、実験や実測を取り入れ直観的な理解を促すように教授法を改良する計画案を示した。

ここで、ペリーとエガーの教育論の違いを見るために、エガーが 1903 年に教師向けに執筆した指導書 *Practical Exercises in Geometry* を検討しよう。同書は、内容領域別に原論の内容を再構成し、幾何学における作図や測定の指導に限定して掲載されている。実践的な練習問題の指導のために書かれているため、それぞれの内容は発問や活動などの指示によって構成され、証明については記載されていない。

例えば、円に関する内容に着目すると、「木製の円筒に紙の帯をきつく巻いてみよ。(なければ丸い鉛筆でもよい。ピンやインク入れ、イス脚などもしばしば円筒である。) そして、紙が一周を過ぎたところに穴をあけよ。紙を広げたとき、針の穴によって作られた二つの穴の距離が円筒の円周である。できるだけ正確にこの距離を測れ。同じくできるだけ正確に円筒の直径を測れ」[33]という指示の例が示されている。このように、円周の長さという概念を指導するために、実験によって測定をさせる指示が掲載されている。

第 1 章で検討したトドハンターによる幾何学の教科書 *The Elements of Euclid for the Use of Schools and Colleges* 及び、幾何教育改良協会による *The Elements of Plane Geometry Part.I* との比較のため、ピタゴラスの定理の指

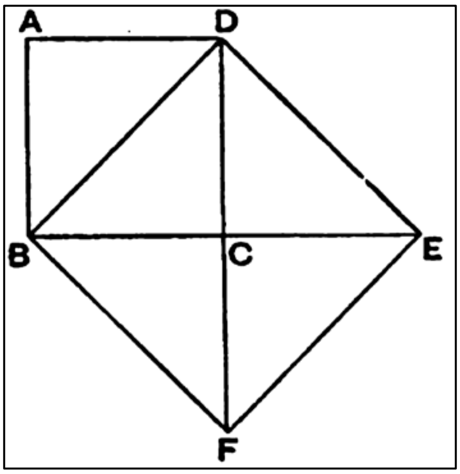
導を見てみよう。

資料１３に示した通り、エガーは 2 インチ、ないし 3 インチという具体的な数値を伴った図形によってピタゴラスの定理を指導している。この点では、第 2 章第 1 節で述べたペリーの幾何学教育論を取り入れているといえる。問題 1.を見ると、作図と測定、計算が取り入れられている。このことは算術と幾何学を関連させているのであり、測定及び計算から、直角二等辺三角形の斜辺の長さが有理数にならないことが確認されている。問題 2.を見ると、作図と紙を切って直角三角形を作成し、それを組み合わせることで、正方形 BDEF が元の正方形 ABCD の 2 倍の面積であることが確認されている。

エガーの指導書では証明に関する説明は含まれていないものの、*The Elements of Euclid for the Use of Schools and Colleges*、*The Elements of Plane Geometry　Part.I* と比べる時、第一に、具体的な数値を伴った図形が用いられている点、第二に、作図や測定、紙を使った活動など直観によって定理

資料１３　ピタゴラスの定理の導入場面における課題例

1. 正方形 ABCD を一辺の長さが 2 インチになるように作図せよ。対角線 BD をかき、BD を一辺とする正方形を作図せよ。もし、正確に作図できたら、辺 BC 及び、辺 DC を伸ばした先に点 E 及び点 F がある。辺 CE、辺 CF を測定せよ。それらは長さ 2 インチとなる。辺 BD を測定せよ。どれぐらいの長さか。辺 BD の長さを辺 BC の長さによって、小数点第二位まで割り算をせよ。



2. 長さが 3 インチとなるように同様の作図をせよ。その後、図形を切り取り、5 つの直角三角形に切り分けよ。すなわち、三角形 ABD、BCD、DCE、BCF、ECF である。これらの三角形は等しい大きさか。正方形 ABCD に何枚の三角形が含まれるか。また、正方形 BDEF では、何枚になるか。正方形 ABCD に対し、正方形 BDEF は何倍の大きさか。

出典：Egger, W. D., *Practical Exercises in Geometry,* Macmillan, 1903, p.155 より訳出。

を導入している点、第三に幾何学と他の科目が融合されている点、で「改造運動」の流れを反映したものであるといえる。その一方で、問題 1.と問題 2.のいずれにおいても、同じ作図を繰り返させ、扱う事例も直角二等辺三角形の場合に限っている点には、吟味の余地があると指摘できる。

資料１３で見たように、エガーの指導書の特徴は、発問や指示において、学習者の既有経験を生かした方法が採られている点にある。しかしながら、その経験は、日常経験ないし、幾何学に限定されたものに限られている点に注意が必要である。第 2 章で述べた、ペリーの実践において示された経験には、職業生活や他教科における既有の知識も含まれていた。この点を踏まえるならば、学習者に想定する経験の質がペリーとエガーでは異なっているといえる。加えて、エガーのシラバスではこうした導入を行ったのち、最終的には『原論』に示された論理形式を学ぶというゴールに変更はない。その意味でエガーの案は指導方法の改良に留まっているといえる。

以上、報告書から、カリキュラムは学習者に応じて多様化され、直観を取り入れた授業が提案された点で、一定の改善が進められたといえる。エガーとペリーにより 2 種類の改革案が示され、「改造運動」は具体性を帯びた。現場の教師はこれらを参照して各自の判断で数学を教えることが認められた。けれども、学校種に応じた数学教育という方向性が示された結果、技術者を志す専門教育を受ける学習者だけでなく、一般教育を受ける上流階級の子弟に対しても、科学とその基礎となるような数学を共通の教養として教えるという、ペリーの構想を実現するには課題が残された。

また、英国学術協会ではペリーの講演以降、先の委員会以外にも、数学教育や科学教育にかかわる委員会が数多く立ち上げられた。1903 年には、ペリーを委員とする、小学校にふさわしい実験や観察、実際的な活動を通じた指導を研究する委員会が立ち上げられるなど、初等教育にもその影響は及んだ。

こうした「改造運動」の初期の展開は、大学の側にも影響を与えた。1903 年、ケンブリッジ大学の試験機構は試験の要項について次の 2 点の変更を表明した [34]。

①論証幾何学において、ユークリッド『原論』は教科書として選択

できるものとする。ユークリッドの配列は強制されるべきものではない。命題を証明するにあたり、体系的なものとして扱う形式を満たす証明であればいかなるものでも認める。

②実践幾何学は論証幾何学に沿って指導されるべきである。また問題において、製図で必要とされる注意深い技術や効果的な道具の利用が要求される。

これにより、命題の配列の自由が認められると同時に、作図や測定が幾何学において市民権を得た。こうした大学入試改革は、ケンブリッジ大学での改革を皮切りに、他大学でも実施され、中等学校において『原論』の配列に縛られることなくカリキュラムを編成することが可能となった。入試が転換を迎えたことで、『原論』に示された論理形式に基づいて思考力を陶冶するという幾何学教育の目的が絶対ではなくなりつつあった。

第2項　「ペリー運動」の盛衰

中等学校の数学科に、徐々に「改造運動」が浸透する一方で、ペリーは中等教育における力学の教育や幼少期の遊びと学習の関係を考察し、学習者への理解を深めていった。1905年、英国学術協会のヨハネスブルク大会において、ペリーは中等教育における力学の教育について論じた。ここでペリーは、子どもの思考に対する理解をさらに深めて、子どもが重さを測るなどの遊びを通じて、科学や数学の基礎となるような経験を積み、経験を発展させて学校教育に結びつけるプランを考案した。ペリーの関心は、科学と数学を学習する上で有用な経験を、いかにして組織化していくのか、という方向に展開されていった。

また1913年、ペリーは彼にとって最後の教科書となる、中等学校の教員や技術者を主な対象とした *Elementary Practical Mathematics* を出版した[35]。同書では、測量や方眼紙といった個別の内容は *Practical Mathematics* とほぼ同様である一方で、その構成に特徴がある。全37章から構成され、「第1章　算数」、「第5章　代数学」など一般的な科目名を冠した章がある一方で、幾何学は「第7章　角」、「第11章　重心、その他測量問題」という計量的な図形概

念を扱う章から内容が構成されている。

また、数学の教科書でありながら、「第 28 章　単振動」、「第 36 章　熱の問題」といった物理学の内容を数学的に扱う章も設定された。単振動の章では三角関数により振動が示されること、単元「クランク」では、鉄道の車輪をつなぐクランクに単振動が見られることなど、数学と物理学が関連付けられ、現実で目にする現象が数学的に説明されている[36]。ペリーは論証幾何学を中等教育から排し、現実に数学を応用するという数学の有用性を学習者が実感できるように教師や技術者を対象とする教科書を執筆することで、数学教育論を具体化した。

しかしながら、ペリーの代表的な教科書である、*Practical Mathematics* や *Elementary Practical Mathematics* がいずれも数学教師や技術者を主な対象としていたことが示す通り、ペリーは中等学校の生徒を対象とした教科書を執筆しなかった。むしろ、方眼紙とそれを用いた関数といった新しい内容を普及させることに注力し、初学者ではなく、幾何学を学んだカレッジなどの既習者を対象としていた。こうした狙いから、ペリーの教科書では、直観的にわかりやすい内容を新たに学び、既習の内容を科学や技術の文脈でわかりなおすことが目指されていた。そのため、幾何学についてはシラバスを示すにとどまり、初学者である中等学校の生徒に直接的な影響を及ぼすことはなかったといえる。

以上みてきたように、ペリーは 1901 年の講演ののち、1905 年の報告書では学習者に対する理解をさらに深め、1913 年の教科書では数学を科学に応用するということを具体的に示す方向へと数学教育論を展開した。自ら具体例を示し、数学教育を包括的に検討することで、「改造運動」を通じて、科学の前提となる数学を広く普及させようとしていたといえよう。

しかしながら、「改造運動」が展開するについて、必ずしもペリーの思い通りには改革が進んでいないことが徐々に明らかになっていった。1908 年ペリーは、教師は「本質を完全には理解していない」[37]と不満を漏らしている。ペリーは、改革を「信じていない教師、無視をする教師、あるいは濫用する教師」が「改革を形骸化させてしまう」のではないかという懸念を抱くようになった[38]。

改革に際し、ペリーは優秀な教師を獲得すべく教員の養成、待遇や学級規模

などの教育制度の改革も同時に主張していた。けれども、公立の中等学校がようやく設立され始め、拡充が最優先されていた当時、ペリーが選択肢として示したカリキュラムや教授法は教師に自主的に採用されることはなく、ペリーが思い描いていたような教師からの協力は得られなかった。

そのため、講演から 10 年もしないうちに、ペリーの数学教育論に沿った改革に対する懸念が広がった。例えば、ペリーの改革案に部分的な賛成を表明したゴドフレーは、1908 年の時点で、数値計算や実験を取り入れた数学の授業が展開されるようになったことによって、『原論』の絶対視を払拭したという「ペリー運動」の成果を認めていた。その反面、「この改革は数学科を骨抜きにしてしまうこと、どの学校数学にも訓練が必要だということ、一般教育を目的として幾何学は推論の訓練を続ける、今後も続く、あるいは傾いていくことが自覚されるだろう」[39]と述べている。

他方、もともと改革に賛同していなかったバンガー準大学（Bangor University College）の数学者ブライアン（Bryan, G. H.）は、ペリーが議論をまとめた 1902 年の時点からペリーへの批判の急先鋒に立った[40]。1902 年におけるブライアンの批判の要点は、次の二点である。第一に、ペリーの試験への批判に対し、試験が学習のきっかけとなっているという点、試験のおかげで個々の教師に左右されず、共通の内容が指導されている点を指摘し、試験の効用を指摘した。

第二に、ペリーが「思考しない学習者」という、より重要な問題を検討すべきであることを指摘した。すなわち、数学の授業の成果が上がっていない要因として、低賃金で大教室にいる多様な種類の生徒を教えなければならない教師という要因だけでなく、学習者にも要因があるのではないか、むしろ、考えようとしない学習者が抱える問題点のほうが重大ではないか、とブライアンは指摘した。また、ペリーが教師に対し、最適なカリキュラムを考えよ、と結論付けたことに対して、多様な学力、ニーズの生徒を抱える大きな学級では困難であること、さらに低賃金では不可能なことを指摘している。

ブライアンは以上を指摘した上で、教師は教科書から逸脱した授業を行わない点、学級規模の変更を伴う改革ではない点、という 2 点から、「ペリー運動」において個々の教師が果たす役割は限定されるのではないか、と教師の自主的

な協力にのみ依存する改革に限界があることを指摘した。他方、教科書執筆者も大胆な改革をすると教科書が売れなくなるので、教科書も改革に大きな役割は果たさないと述べ、「ペリー運動」の普及に悲観的な展望を示していた [41]。

さらに、ブライアンは、*Elementary Practical Mathematics* が出版された1913 年においても、ペリーの数学教育論を次のように批判している。ブライアンは同書の書評で、「ペリーの方法が非論理的で、関心をひかず、説得力がないという点を除いて、『実践』数学と、旧来の『アカデミックな』数学の違いが見られない」[42]と酷評した。また、ペリーが自然対数 e を e =2.71828 として計算に導入したことに対し、ブライアンは「『なぜ 2.71828 なのか』と賢い生徒なら質問するだろう。しかし、答えは返ってこない。これをペリーは『実践数学』と呼ぶのである。これは詰め込み教育である」[43]と批判した。

科学の基礎として、また教育としての系統に重きを置いたペリーのカリキュラムは、数学の系統を重んじる立場からの批判を招いた。ブライアンに代表される数学者らの批判が強まり、数学者や数学教師が独自の数学教育改革を模索していった結果、「改造運動」の担い手は、ペリーから徐々に離れていった。

加えて、1913 年における王認科学カレッジの教授職の引退は、「ペリー運動」の終結を決定づけた。引退の背景には、技術者を養成する場合においても、数学は数学者によって教えられるべきと主張するホワイト（White, W.）と、平素から数学を応用している物理学者や工学者らによって教えられるべきとするペリーとの対立があった。最終的に、ペリーはこの学内対立に敗れ、教授職を引退した。ペリーの後任には数学者フォーサイスが着任し、王認科学カレッジの数学は、数学者の手によって教えられることとなった。このように、小倉が整理した通り、「改造運動」をペリーの数学教育論に沿った数学教育改革と解釈した場合、すなわち、数学科を自然科学の基礎と位置づけて数学教育改革を行う運動ととらえた場合、ペリーの影響が弱まるにつれて運動が収束したとみることができる。

しかしながら、ペリーが考えたカリキュラムや教授法は夜間学校において一部では継続されたものの、次章以降検討するように、イギリスの「改造運動」は数学者や数学教師らによって数学教育に絞って改革が進められていった。例えば、第 5 章において検討する数学教師ゴドフレーは、「改造運動」の早期か

ら、何らかの形での数学教育改革が必要であることはペリーと同意見であった。そこで、ゴドフレーはフォーサイスの指示を受けながら、1901 年には、ペリーの講演の直後にイートン校、ハロー校など有力なパブリック・スクールの校長や数学教師ら 22 名に手紙を送り、数学教育の改革を提案した [44]。ここでは、作図や測定といった活動の幾何学への導入、算術の簡略化など、カリキュラムや教授法上の改良を促した [45]。

またゴドフレーはシドンズとともに、*Elementary Geometry: Practical and Theoretical*（1903）など、初学者である中等学校の生徒を対象とした数多くの教科書の執筆を手掛け、中等学校の数学教育に直接的な影響を及ぼしていった。ゴドフレーに代表されるように、数学者や数学教師らによって「改造運動」は、イギリスにおいては古典人文主義に基づく教養としての数学教育、ユーグリッドの『原論』を学ぶ数学科から、いかに脱却するか、という論点の下で展開されていった [46]。このように、ペリーはいわば数学の外部から自然科学との連絡を図った改革を進めたのに対し、いわば数学教育の内部において改革が進められていったのである。

他方で、「ペリー運動」は国外にも広がった。ペリーの数学教育論は、ドイツやフランス、アメリカ、そして日本へと伝播し、1912 年には国際数学者会議（International Congress of Mathematicians）の数学教育に関する国際委員会（International Commission on the Teaching of Mathematics）へと発展した。ここでは、ペリーが論点とした、直観と実験を導入する教授法、グラフや関数の導入などが議論され、各国の数学教育改革の進捗が報告された [47]。

このように数学教育の展開を描く時、「ペリー運動」は、担い手を変えながら「改造運動」として継続したと考えることができる。次章以降、イギリスの数学教育史を形作る資料に着目して、「改造運動」の展開を描いていく。

小括

本章では「改造運動」のうち、ペリーが中心となった「ペリー運動」に焦点を当てて、20 世紀初頭の数学教育論を検討した。第一節において、ペリーの講演後に展開された議論を検討した。「有用性」という新たな数学教育の目的を示したペリーの数学教育論は、数学の「形式性」を重んじる数学者や数学教師の

反発を招き、論争を招いた。第二節においてはペリーの講演を直接の契機とする「ペリー運動」の展開を論じた。ペリーの講演を契機として 1902 年に設立された中等学校の数学教育を改革する委員会では、従来の形式主義に基づく指導を唯一とせず、教師の創意や生徒のニーズ・実態に照らして、多様な指導を認めるという基本方針が提案された。また、1903 年にケンブリッジ大学の試験機構は幾何学の試験では、『原論』に基づく証明を唯一の正答としない方針が示され、新たに生じた実用主義に基づく数学教育が成立する可能性は残された。

しかしながら、「ペリー運動」は、「改造運動」の中心として発展し続けることはできなかった。科学の基礎として、また教育としての系統に重きを置いたペリーのカリキュラムは、数学の系統を重んじる立場からの批判を招いた。ブライアンに代表される数学者らの批判や「改造運動」の担い手がペリーから数学者や数学教師へと徐々に移っていった結果、ペリーは中等学校の数学教育に対する影響力を失っていた。

ここで、「ペリー運動」の収束について検討するために、20 世紀初頭のイギリスが階級社会であったという文脈から考えよう。イギリス史を研究する川北稔は、当時のイギリス社会について次のように述べている。「イギリスは製造業と金融の世界はきれいにわかれています。ロンドンのシティは金融の世界で、それこそがジェントルマンの世界だといわれるようになっていきますが、製造業に従うことは、ジェントルマンであることと矛盾する、つまり、製造業に手を出せば、ジェントルマンでなくなるというのがイギリスの伝統です。だからオックスフォードやケンブリッジを出た人は、シティの証券会社、銀行には入っても、製造業に入っていくことはなかったのです」[48]。

ここで、ジェントルマンには大地主だけでなく、大学教員や、パブリック・スクールの教師といった専門職も含まれていた。彼らは数学研究等を通じて中等学校のカリキュラムを方向づける立場にあった。このようなイギリスの社会構造を考えると、実学ととらえられ、製造業に有用な科学が上流階級に浸透することは容易ではなかった。「ペリー運動」は科学教育の普及を目指し、その前提となる数学教育の確立を求めていたため、主な支持基盤は科学者や工学者、技術者、労働者に限られ、一般教育への展開については当初から限界を抱えていたといえる。

それでも、こうした文脈において「改造運動」の契機がペリーの講演となった点で、ペリーの先駆性を評価することができよう。この講演を契機に、数学教育において何らかの改革が必要であるという点では一致し、「ペリー運動」が収束を迎えた後も、ゴドフレーをはじめとする数学者や数学教師によって、「改造運動」は引き継がれていった。

結果的に「ペリー運動」は、学習者の直観を活かした指導やグラフを追加するといった数学教育の内部におけるカリキュラムや指導方法の部分修正にとどまらざるを得なかった。しかしながら、学習者の理解に着目した数学教育論や、実用主義という新たな数学教育の立場、20 世紀初頭までに得られた科学研究の成果を中等学校の数学教育に取り入れるという発想は、国内外の数学教育改革の触発し、確かに「改造運動」の契機となったと評価することができよう。

---

[1] パブリック・スクールや大学の数学科教授だけでなく、フィンスブリー・テクニカル・カレッジやロンドン市・同業組合協会からの参加者や、アメリカのスミス（Smith, D. E.）らも、手紙ではあっても議論に参加していた。

[2] Perry, J., 'The Teaching of Mathematics', *Discussion on the Teaching of Mathematics,* Macmillan and Co., 1901, p.35.

[3] Ibid.

[4] Ibid.

[5] Ibid.

[6] Ibid.

[7] Ibid.

[8] フォーサイスは幾何学では、定規やコンパスなどの器具を利用した線画のような基礎的な作図を教える必要があると述べている。言い換えると、算数を学習したのちに幾何学を学ぶのではなく、算数と同時並行して教えるカリキュラムこそ効果的に幾何学を学習できると考えていた。そして読み、書き、算と同程度に、線画を加え幾何学の基礎とし、適当な機会をとらえて、幾何学の正しい理解をもたらす暗示を与えることでわかりやすく、滑らかに接続できるとと

らえていた(Ibid., pp.36-37)。

[9] Perry, *Discussion on the Teaching of Mathematics*, p.79.

[10] Ibid., p.81.

[11] Ibid., pp.80-81.

[12] Ibid., pp.69-70.

[13] Ibid., p.57.

[14] Ibid.

[15] Ibid., p.94

[16] Ibid., p.97

[17] Ibid.

[18] Ibid., p.98.

[19] Ibid.

[20] Ibid., p.98-99.

[21] Ibid., p.96.

[22] Ibid., p.97.

[23] Ibid., p.99

[24] Ibid., pp. 100-101.

[25] Godfrey, C., 'The Teaching of Mathematics—Compromise', Siddons, A. W., 'From a Public School of View', *Mathematical Gazette*, vol.2, 1901, pp.106-110.

[26] 尚、この時点では数学協会は、ユークリッドの『原論』に沿うというカリキュラムを不可侵な幾何学教育ととらえていた。Fujita, T. 'The reform of school geometry in the early 20th century in England and Japan: The design and influences of the textbooks by Godfrey and Siddons', Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of Southampton, 2003, p.82.

[27] Perry, J.(ed), *Discussion on the teaching of mathematics*, 2nded, Macmillan and Co., 1902, p. ix.

[28] Ibid., pp.112-123.

[29] Ibid., p.114.

[30] Ibid., p.116.なお一般教育である自由教育と専門教育という点については、

次のように述べられている。「自由教育の重要な部分として適切な数学の訓練について関心がもたれてきた。この訓練の価値は、選択された目標と内容の理解、それらに含まれる基本的な概念の習得、論理に対して払われる注意に依存する」。「他方、工学に関する職業教育といった、技術といった目標のために生徒を教育する場合、知識や知識を使いこなす能力が、厳密に構成された数学的なプロセスに精通することよりも重視される」。しかしながら、このようなニーズの違いは生徒のトレーニングの後半の段階で生じるため、専門分野に進まない生徒には、こうしたトレーニングは必要ないととらえられた。

[31] Ibid., p.114.

[32] Ibid., pp.117-118.

[33] Egger, W. D., *Practical Exercises in Geometry,* Macmillan, 1903, pp.21-22.

[34] 'Mathematical Reform at Cambridge', *Nature,* Vol.68, No. 1756, 1903, p.179.

[35] Perry, J., *Elementary Practical Mathematics* Macmillan and Co., 1913.

[36] Ibid., pp.213-218.

[37] Perry, J., 'The Correlation of the Teaching of Mathematics and Science', *The School World*, December 1908, p.464.

[38] Ibid.

[39] Godfrey, C., 'The Teaching of Mathematics in English Public School for Boys', The *Mathematical Gazette*, 1908, vol.4, no.71, p.256.

[40] Bryan, G. H., 'The British Association Discussion on the Teaching of Mathematics', *The School World, March*, 1902, p.88-89.

[41] Ibid.

[42] Bryan, G. H., 'Prof. Perry's Practical Mathematics', Nature, No.2283, Vol.91, 1913, p.551.

[43] Ibid.

[44] Siddons, A. W., 'Presidential Address to the Mathematical Association January 1936', *Mathematical Gazette,* vol.20, 1936 p.19.

[45] Godfrey, C., 'The Public Schools and the Question' , *Mathematical Gazette*, vol.2, 1902, pp.143-146.

[46] Godfrey, C., 'The Teaching of Mathematics in English Public Schools for Boys', *Mathematical Gazette,* Vol.4. 1908, pp.250-259.

[47] Godfrey, C., 'On the Work of the International Commission on Mathematical Teaching', *Mathematical Gazette,* vol.6, 1912, pp.243-246.

[48] 川北稔『イギリス近代史講義』講談社、2010 年、p.174。

第 4 章　*Circular711* からみる「数学教育改造運動」の展開

本章は、20 世紀初頭から 1910 年頃までの「改造運動」の展開を検討する。この時代のイギリスの注目すべき出来事として、1899 年から始まった第二次ブーア戦争がある。この戦争においてイギリスは、6000 名もの戦死者、2 万 3000 名もの戦傷者を生み出しながら、ブーア人に勝利し、1902 年に戦争が終結した。しかしながら、この苦戦は大英帝国の威信の低下を象徴する出来事となった。その結果、1902 年には、極東での植民地利権を守るため、名誉ある孤立を捨て、日英同盟を結んだ。19 世紀後半に謳歌した大英帝国としての繁栄は、20 世紀初頭には終焉を迎えつつあった。

また、国内においても 20 世紀初頭のイギリスは既存の社会制度の転換点を迎えつつあった。例えば、労働問題が深刻化するなかで、1906 年には労働党が結党されるなど、社会主義が高まりを見せるようになっていた。労働者階級の社会参加や中流階級の拡大が進む反面、ジェントルマンを頂点とした上流階級は既存の制度の保持を求めるようになっていった。

こうした時代において、イギリスの中等教育、及び数学教育はいかなる展開を遂げたのか。まず、第 1 節において 20 世紀初頭から 1910 年頃までの中等教育政策の展開を整理する。第 2 節では、1909 年に教育院から出された *Circular711* の内容を検討し、中等学校の数学教育がどのような展開を遂げたのかを明らかにする。第 3 節では、ゴドフレーの講義記録に沿って *Circular711* が、当時の数学教育界にどのように受容されたのかを明らかにする。

第 1 節　1900 年代における中等教育の展開

第 2 章でペリーが批判したように、19 世紀後半のイギリスの技術教育は、フランスやドイツなどの新興の列強において整備されていた教育制度に遅れをとり、発展途上にあった [1]。それでも、例えば、1889 年には技術教育法（Technical Instruction Act）が、1890 年には地方税法（Local Taxation Act）が成立し、地方自治体から技術教育に対する補助金が、工学教育機関にも支給されるようになった [2]。また、1899 年に科学技芸局（the Science and Art Department）と教育局（Education Department）の役割が統合されて設立された中央教育当局である教育院（Board of education）が設立された。これにより、初等教

育機関に関する教育局、科学教育に関する科学技術局、基金立グラマー・スクールに関する慈善委員会が統合され､イギリスの中央教育行政組織が誕生した。教育院は補助金政策、及び査察を通じて中等教育に対し 1944 年まで影響力を及ぼしていた。

さらに 1902 年教育法（いわゆる、Balfour Act）によって、それまで担当が分かれていた地方教育行政当局も整理され、初等教育を担当していた公選制の学校委員会(School Board)と、技術教育を担当していた州参事会（County Council)、特別市参事会（County Borough Council）に設置された技術教育委員会（Technical Education Committee）が廃止され、州参事会ならびに、特別市参事会をその地域のすべての教育を担当する地方教育当局（Local Education Authority）とし、その下に教育委員会（Education Committee）が設置された[3]。

こうして教育当局が整理され、法整備が進んだことで公立の中等学校が成立した。上流階級の子弟に限られていた中等教育は、それへの参入を切望していた新興の中流階級に対しても拡大していった。しかしながら、中流階級の子弟の卒業後の進路は、実業家や銀行員、技術者など多岐にわたっていた。彼らは従来の中等教育で重視されていた古典人文主義に基づく教養だけでなく、ドイツ語やフランス語などの外国語や自然科学といった従来は実学とみなされた知識を必要としていた。

その結果、中等教育の拡大に対応する新しい中等学校が模索された。1904 年には中等学校規則が発布され､「1 週に 4 時間半以上が国語、地理、歴史に割り当てられなければならない。（国語の他に）一つの言語を学ぶ場合には 3 時間半以上が、2 つの言語を学ぶ場合には 6 時間以上が、それらの言語に割り当てられなければならない。科学と数学については 7 時間半以上で、そのうち少なくとも 3 時間を科学に割り当てるべきである。科学の教授は理論的かつ実用的であるべきである」[4]とされた。中等学校規則において、中等学校では一般教育を中心とするという枠組みは維持されたものの､20 世紀初頭の中等学校において科学が市民権を得るようになった。第 2 章でみたように、ペリーが求める公的に科学教育を後押しする制度が、少しずつ確立されていった。

加えて、中等学校には無償席（free place）が用意され、労働者階級の子弟で

も優秀であれば、無償で進学できる道が用意された。望田研吾によると、1907年の中等学校規則で、国家と学校が授業料を徴収する場合、教育庁の承認を受けることとなった。こうして承認を受けた学校は、政府補助金を受けることができる一方で、生徒の25%以上を無償としなければならないことが決められた[5]。しかしながら、その選抜には試験が課せられ、労働者階級の大半の子どもにとって、中等学校は依然として基礎学校から分離された上級学校であった。20世紀初頭になっても中等学校は、上流階級の子弟を中心とした、選ばれた少数のエリートを対象としていた。

では、第2章で検討したハイアー・グレード・スクールのような初等後教育機関はどのような展開を遂げたのか。第二次世界大戦後の三類型別中等教育（tripartite system）の成立を研究した藤井によると、ハイアー・グレード・スクールは、下層中流階級の子弟を中心に生徒を集め、科学教育を施す、公的な教育機関としての地位を徐々に確立していった、とされる[6]。例えば、ロンドンでは1900年には79校にまで学校数が増加していった。

しかしながら、このように台頭する初等後教育に対し、伝統的な中等学校を脅かす学校として危機感を抱く立場もあった。教育局の教育行政官であったモラント（Morant, R. L.）は、1900年に高等小学校規則を制定し、高等小学校（higher elementary school）を発足させた[7]。高等小学校はハイアー・グレード・スクールに対抗する初等後教育機関として、初等教育を越えた教育課程を持ちつつも、高等教育への進学を認めない、科学技術教育に特化した初等後教育として位置づけられた。

ロンドンにおいてハイアー・グレード・スクールを継続させるために、高等小学校として認可を受けるべく申請が行われた。しかし、79校という学校数が多い点、教育課程に商業が含まれており、科学・技術教育に特化した高等小学校とは合致しない点から、わずか7校しか認可されなかった。加えて、高等小学校自体が、労働者階級の子弟を差別する学校制度であるといった理由から、普及することはなかった。

そこで、ハイアー・グレード・スクールは、ロンドンを起点に1910年以降、初等後教育機関であるセントラル・スクール（central school）へと展開されていった[8]。セントラル・スクールは、11歳以上の男女に対し、商業的または工

業的傾斜を持つ 4 年制の普通教育を提供する全日制学校である。熟練工や事務員の子弟が主な対象とされ、卒業後、実業に就くことが所与の条件とされた。

カリキュラムとしてはすべての生徒に共通な一般教育が行われ、英語、数学、歴史、地理、美術、実用数学、音楽、そして体育が教育課程として含まれた。また、男子は手工、女子は裁縫と家政が加えられた。商業課程を有する学校では、通常はフランス語が指導された [9]。また、3 年次以降では、商業課程では速記と簿記が、4 年次ではタイプと事務実践が手工や科学に代わって教えられるようになる。工業過程では、実用数学や実用科学、手工が指導され、技術製図が重視された。こうしたロンドンでの取り組みは、他の地方にも波及し、セントラル・スクールは普及していった [10]。

他方で、初等後教育機関としての技術学校について、藤井は 1901 年に発足したシュデッチ技術学校（Shoredich Technical Institute）に着目し、下級技術学校の展開を描いている。第 2 章の通り、19 世紀後半のイギリスでは科学技術分野の即戦力を確保するべく、後に高等教育へと発展する上級ないし中級技術学校から整備が進められた。下級技術学校が成立した背景には、20 世紀におけるドイツやフランスからの技術者の流入と徒弟制の衰退があり、若年技術労働者を育成する初等後教育としての技術教育への需要の高まりがあった [11]。

藤井によると、シュデッチ技術学校は、ほぼ 13 歳の生徒を入学させ、木工の熟練工を目指す者、すなわち、「知的な職人」たる機械工や設計者、製図者の職階に 2 年間の準備教育を提供することを目的として設けられた [12]。ここで準備教育とは何を指すのか。カリキュラムを見ることで確認しよう。

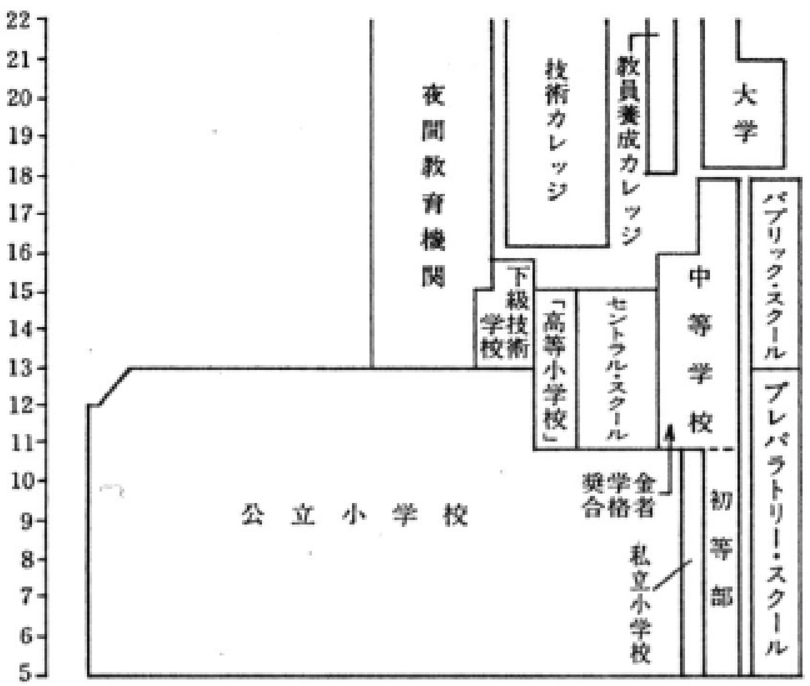
シュデッチ技術学校において、生徒は週に 30 時間の授業を受けることになる。このうち、英語と数学は第一学年では週にそれぞれ 4.5 時間と 6 時間であるのに対し、第二学年ではいずれも 3 時間、第三学年でもいずれも 1.5 時間と減少していった [13]。その代り、作業所や製図室での実習が、第一学年では週 7.5 時間だった配当が、第二学年では 15 時間、第 3 学年では 19.5 時間に増大している。このように、実習形態の授業が重視されていた。ただし、こうした専門教育だけでなく、イギリス史や英文学、作文、政治経済、地理などの内容も英語の時間で教えられた。また、数学と科学も職業への応用とともに、一般教育としても指導された [14]。

こうしたシュデッチ技術学校に代表される下級技術学校は 1904 年以降全日制の職業学校を対象とした補助金交付政策が開始されて以降、ロンドンだけでなく、地方の産業都市でも設立されていった。1913 年になると、教育院規則によって下級技術学校が全日制の初等後教育機関として制度化された。

このように、公的な中等学校の成立により、中等教育は拡大し、そこでの教育目標やカリキュラムも転換を迫られつつあった。他方で、資料１４に藤井がまとめた学校体系図を示した通り、セントラル・スクールや下級技術学校といった初等後教育が確立された。これら初等後教育機関では、一般教育だけでなく、卒業後の仕事に活かせるような進路に応じた実学が重視された。こうした過程で、製造業に関わる子どもたちを中心に科学が若年層に普及していった。

こうした 1900 年代に「改造運動」はどのように展開されたのか。次節において、1909 年に公布された *Circular711*「中等学校における幾何学とグラフ代数の指導(Teaching of Geometry and Graphic Algebra in Secondary School)」に着目することで、どのような数学教育が模索されたのかを見てみよう [15]。

資料１４　20 世紀前半のイギリスの学校体系（1915-1918）



出典：藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1996 年、p.223。

第 2 節　*Circular711* に示された数学教育論

1909 年に出版された *Circular711* は、初めて全国的な数学教育の方針が示された教育院による公文書であり、教育院の 711 番目の回状である。匿名とされたものの、後にシドンズは、教育院の中等学校監査官であったフレッチャー（Fletcher, W. C.）が執筆したと明かしている [16]。フレッチャーは数学教師として教鞭をとった後、視学官として執筆したため、*Circular711* では、教育実践に関して数多くの言及が行われている [17]。

同書においては、「改造運動」で最も論争を招いた幾何学とグラフの内容が扱われた。全 12 頁から成る薄い冊子であり、幾何学には 9 頁、グラフには 2 頁、そして、まとめとして 1 頁が割かれた。

同書は、「改造運動」を担った数学者や数学教師によって回覧されただけでなく、数学協会が主催した数学教師を対象とする研修においてゴドフレーによって紹介され、全国的に普及した。ここで、数学協会について説明すると、同会は幾何学教育改良協会が改称されて、1895 年に数学全体を研究対象とする組織となった。数学教師や数学者を主な会員とし、現在も存続している。毎年年会を開催し、機関誌 *Mathematical Gazette* を通じて数学の研究成果の共有や、書評などの交流を行う場として機能した。ペリーの講演を契機に、1901 年以降、数学教育をテーマとした論考が数多く寄せられるようになり、教育問題を扱うようになった。数学協会におけるゴドフレーの講義は、1910 年に *Mathematical Gazette* 誌で ‘The Board of Education Circular on the Teaching of Geometry’ と題する講義記録として掲載された [18]。

また、*Circular711* は、戦後のイギリスや、英国における主要な先行研究において繰り返し言及されてきた。例えば、ゴドフレーとともに、戦前からイギリスの数学教育をけん引したシドンズは、1950 年代に数学協会において *Circular711* は「数学についての最初の権威ある声明であり、非常に明確な形式で改革者のねらいを明らかにした」文書であると評価している [19]。そのため、その影響は「非常に広範にわたり、幾何学の指導においてその後に行われた改革を導いた」[20]と述べている。加えて、1958 年に教育局が出した数学教育の展望を述べた文書でも「当時のもっとも重大なイベントは *Cricular711* の出版であった」[21]と言及されている。

また先行研究においても、ハウスンは「*Circular711* こそ 10 年以内に起こった広範な改革の具体を示すことに役立った」と述べている [22]。またプライスによる研究でも、*Circular711* は「変革の重要な手段となった。当時のほとんどトレーニングを受けていなかった中等学校の教師、教科書執筆者や試験機構に対して影響を与えた」[23]とされる。

以上の点から、本研究では 1901 年から 1910 年にかけて、すなわち「改造運動」が展開した最初の約 10 年間を総括する文書として *Circular711* を位置づける。そこで、第 1 項において、*Cricular711* で論じられた幾何学の内容に着目し、そこで示された幾何学の段階別のカリキュラムを検討する。第 2 項においては、*Circular711* に挙げられたグラフの事例を検討し、第 2、3 章で示したペリーの事例との比較を試みる。

第 1 項　幾何学の指導方針

幾何学に関する提言は、「幾何学における直観と実験の役割に関して、積極的な方針をとった」こと、「学校で学ぶ演繹幾何学において、より広い立場から公理の基礎を検討することが強く主張された」ことと整理できる [24]。このような基本方針の下で、第一に、幾何学教育の現状の整理が行われた。第二に、幾何学を 3 つの段階に分けて指導する方法が提案された。

第一の現状の整理において、一部では「学校で学ぶ幾何学の本質である厳密な演繹的思考のトレーニングを犠牲にした」[25]授業が行われていることが問題視された。1901 年のペリーの講演以降生じた極端な実用主義が批判されている。その一方で、「ユークリッド『原論』の幾何学的な内容自体は非常に少ない」[26]にも関わらず、多くの時間を割いて生徒に幾何学を指導していたことについては、非効率な上に、生徒の理解も伴わなかったと旧来の数学教育も批判している。その原因として、初学者に対しても『原論』を範として公理や定義からはじめ、それらを用いて命題を順に証明する方法で幾何学が指導された点が指摘されている。

そこで、幾何学では、極端な実用主義に陥らず、同時に、従来の形式主義に陥るのでもなく、教科内容を習得した上で、論理的な思考を育成するという方向性が目指された。その方法として採用されたのが、学習者の既有の経験を生

かしながら、作図や操作を用いて幾何学的な概念を直観的に理解した後、それを論理的に結び付けるように、直観と論理を往還する指導法であった。

その結果、*Circular711* の第二の特徴である幾何学を 3 つの段階に分けて指導する方法が示された。すなわち、直観的な理解を起点に、演繹的な証明の意味、命題相互の関連性の理解へと生徒を導くべく、教科内容は第一段階から第三段階の 3 つに分けられた。それぞれの段階に応じた指導の概要は、次の通りである。第一段階では「基礎的な概念」を習得すること、第二段階では「基礎的な命題」を習得すること、そして第三段階ではこれらを総合して、幾何学の本質的な思考として「一般的な演繹的思考」の発達を行うことである。以下、各段階についてさらに詳しく検討しよう。

①基礎的な概念の習得　―第一段階―

第一段階では、1 つ目に基礎的な概念を直観的に理解すること、2 つ目に、図形の性質を表現する上で適切な用語を正確に使用することが目指された。ここで、基礎的な概念とは、立体、面、直線、点、方向、角を意味していた。これらの概念を、作図や実験などの操作を通じて直観的に理解することが目指された。他方で用語の正確な使用とは、例えば、幾何学の授業において「垂線（perpendicular)」を表現するときに、「鉛直（vertical)」といった不正確な用語を教師も学習者も使わないようにするという注意である [27]。

本研究ではここで「直観的に理解する」とされた点に着目したい。第 1 章でも述べた通り、「改造運動」以前の指導では公理や定義が確認されたのち、『原論』の配列に沿って命題が順に証明されていた。これに対し、*Circular711* では、対象について生徒が十分に理解して初めて「定義は説明されなければならない」とされ、「定義は最初ではなく、最後にくる」という展開が提案された [28]。なぜなら、「定義をどのように説明しようとしても時間の無駄である」[29]ため、最初に定義を説明しても、その数学的な意義を学習者は実感できない。そこで、直観的に、すなわち、観察や実験を通じて帰納的に概念の形成を促すことが目指された。

次に、基礎的な概念として、「立体」が採用されている点に着目する。立体は『原論』では第 XI 巻の内容であり、大学で扱われていた。*Circular711* では学

習者にとって身近な概念を基礎的な概念として最初に指導することで、学習内容と経験を関連づけ、理解の伸長を図っていたといえる。

以上の二点から、第一段階では、幾何学的な概念を直観的に習得することに重点が置かれていたといえよう。こうした学習者の理解を重視する指導は、どのように具体化されるのか。*Circular711* では、例えば次の指導場面が挙げられた[30]。

> 「この箱の大きさを記述するために、何回測定が行われるべきか」と尋ねるとよい。これによって三次元にある立体の関係を明らかなものとする。このことは、さまざまな具体的な事例（立体としては鉛筆やボール）、特に、初期は一見例外に見えるような例によって追及されるべきである。

この引用が示すように、*Circular711* においては、思考を促す効果的な発問が提案され、授業の改善が目指された。この場面では、直方体を特定するために最低限必要な測定回数を問うことで、平面と立体の違いを理解させようとしている。

加えて、ボールや鉛筆などを立体として再認識するように促すことで、生活場面と幾何学の関係性に気付かせ、立方体や直方体以外の図形も立体に含まれるという認識やその関係の数学的な理解が促されている。さらに、「ここでされるべき重要な実践的な課題は、カードボードから作られた立体を得ること、そして、それらをスケッチすることである」[31]と注意が添えられた。すなわち、具体物を用いて実際に操作し、作図を行うことで、直観的な理解を促す指導が提案されている。

ここで、箱を測定する活動が示すように、*Circular711* に示された幾何学で扱う図形は具体的な量を伴っている。これは、箱だけでなく、角度については次の指導例が挙げられている。

> 適当に描いた角を、ただ単に測定するだけの練習問題を行うべきではない。こうした練習問題は退屈であり、教師の適切なチェックも容

易ではない。角の練習問題は三角形の構成と関連付けて与えることができる。すなわち「（辺の）大きさが○の三角形を作れ。そして、その中でもっとも大きい角を測定せよ」という質問がよい [32]。

この例では、辺の大きさを指定した三角形と角度を関連付けて指導することで、角度は一意に定まること、このように指導することで、学習者が正確に測定できているか容易に評価できることが意図されたと理解できる。このように第一段階では、具体的な量を伴った図形を扱い、観察といった自然科学において必要な思考方法が導入されることで、内容に関する理解を深める指導が示されている。

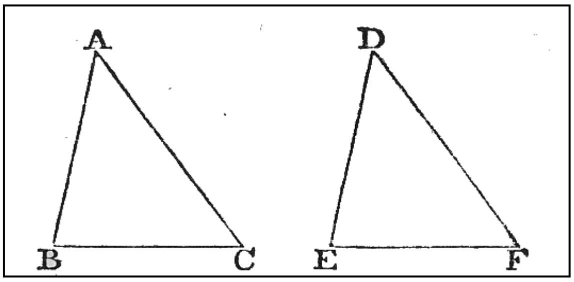
②基礎的な命題　―第二段階―

次に、第二段階では、「基礎的な命題が議論されるべきである」[33]とされた。具体的には、『原論』の第 I 巻において、角に関する基礎的な事実を含む命題 13－15、27－29、32、と合同な三角形に関する命題 4、8、26 が基礎的な命題とされた。ここで、命題 13－15 は、第 1 章ですでに述べたように、*Plane Geometry Part I*（1884）をはじめとする『原論』の配列を変更した新しい教科書において、最初に学ぶべき命題とされていた。

他方で、同様に基礎に位置づけられた、資料１５に作図を示した命題 4 は「もし二つの三角形が、2 辺が 2 辺に等しく、その等しい 2 辺に挟まれる角が等しいならば、底辺は底辺に等しく、三角形は三角形に等しく、残りの 2 角は残りの 2 角に、すなわち等しい辺と対応する角はそれぞれ等しい」[34]という命題である。換言すれば、「2 辺とその間の角が互いに等しい 2 つの三角形は合同である」という三角形の合同条件である。この命題は『原論』では 4 番目に配置され、三角形の合同とは直接的な関係がない場所に置かれている。

Circular711 において、なぜ命題 13－15、27－29、32、と合同な三角形に関する命題 4、8、26 が第二段階で学ぶべき基礎的な命題とされたのか。この点について、そもそも「ユークリッドは子どものためでなく、大人のために書いた」[35]と『原論』をそのまま教科書として用いることに疑問を呈している。第 1 章で述べた通り、命題 1（資料２）が作図による図形の存在証明として最初

資料１５　トドハンターの教科書における命題４の作図



出典：Todhunter, I., *The Elements of Euclid for the Use of School and Colleges*, Macmilan and Co., 1862, p.9.

に配置されていることからも、『原論』は直観的な理解のしやすさに基づいて内容が配列されたのではなく、「論理的な証明という点では便利な極めて作為的な順番」[36]で内容が構成されていた。

すなわち、「ユークリッドが緊密に結びつく命題を分割したこと、それらをテーマに従って自然な順番に配列して導入しなかったこと」[37]が、*Circular711* において教科書として用いる際の問題点として指摘された。『原論』は元来、幾何学を体系化するために証明の過程に沿って書かれたものであり、学習者の認知過程に沿った教科書ではないため、教科書としての使用には注意が必要なのであると、*Circular711* では考えられている。

以上の背景から、第二段階では幾何学の授業で内容に関係性がある命題をまとめ、学習者が幾何学的な概念を理解やすいように指導することが提案された。この時、その理解とは、証明の形式に対する理解ではなく、命題が持つ幾何学的な内容や意味に対する理解である。

では、以上の第二段階における提案は授業としてどのように具体化されるのか。*Circular711* では、例えば、資料１５のように三角形の合同に関して「重ね合わせの過程が非常な困難をもたらすことについて理解している教師も少ない」[38]と当時の指導を批判している。ここで、重ね合わせとは、既に描かれた 2 つの三角形を比較して、合同であるかどうかを確かめる過程を指す。これに対し、次の指導が提案された[39]。

教師が、ある三角形を描き、「この三角形の性質を、私はどのように調べ、全体をここに写すのか」と尋ねる。言い換えれば、2 つ目の三角形を段階ごとに

構成することである。そして、(適切に選ばれるなら) 3 つの測定が行われるときに、全体が一意に決定されることが明瞭に分かる。このことは、もちろん、重ね合わせとまったく同じプロセスである。

すなわち、完成した 2 つの三角形を比較するのではなく、教師が、どの辺や角を調べれば、既に描かれた 1 つ目の三角形と合同な三角形を描くことができるのかを、生徒とともに順次確認する指導を行うことを意味する。資料１４のように、教科書では作図過程を示すことができず、2 つの三角形が掲載されていた。教師は、それをそのまま黒板に板書して比較させていた結果、生徒の理解を妨げる結果に陥っていた [40]。*Circular711* では、『原論』において示された命題を利用しつつも、従来の指導を見直し、より効果的で生徒の思考を促す指導を提示することで、理解の向上を目指したことがわかる。

③演繹的な証明　第 3 段階

最後に、第三段階は「基礎的な命題についての厳密な演繹的な証明が要求される」[41]段階である。この時、「命題は単体で取り上げられるべきではなく、可能な限りグループで取り上げられるべきである」[42]とされた。この提案は次のように具体化される [43]。

> 「もし、平行四辺形の対角線が角を二等分するなら、図形はひし形であるということを証明せよ」と尋ねる代わりに、「平行四辺形の対角線が、角を二等分するというのは正しいか」と尋ねるほうがずっとよい。このことが答えられた時、「もしそうなら、どういう種類の平行四辺形がそうなるか」と続ける。最終的に、このことが答えられたら、証明が得られる。

この指導事例のように、幾何学的な事実を『原論』で示される形式で生徒に教授するのではなく、命題が持つ幾何学的な意味に着目し、証明の核心へと生徒の思考を導く問いが提案されている。こうした指導を通じて、生徒は既知の内容を活かして幾何学的に思考し、命題の意味や証明を理解することができると期待された。

では、以上のように論理的な証明を重んじる第三段階において、直観はどのように位置づけられるのか。第一段階と第二段階で利用された直観は、第三段階においても論理的な証明と両立されている。例えば、「軌跡、包絡線、比、相似の概念が最初に導入されたとき、実際的な課題が展開されるべきである」[44]と提案されている。第三段階で学習する発展的な幾何学に対して、特に導入場面においては、第一段階、第二段階と同様に生徒を直観的に理解させた上で、厳密な定義や証明へと発展させる構想が明らかにされた。

以上見てきた3つの段階を踏まえて幾何学を学習することで、最終的には「新しい問題に適用する力」[45]、すなわち転移が目指されていた。*Circular711* の幾何学において、演繹的な思考を身につけるために、理解が困難な形式で指導するのではなく、直観を効果的に利用すること、その結果得られた直観的な理解に基づく知識を論理的な関係として再構築することで、応用可能な思考力を習得することが目指されていたといえよう。

第2項　グラフの指導法

グラフは、19世紀前半から自然科学領域で使用されるようになった。その後、第2章で述べた通り、ペリーは1901年の講演において、グラフを学校教育に導入することを主張した[46]。その結果、第3章で述べた通り、1902年に英国学術協会で組織された委員会による報告書でも、グラフの導入が明記され、「改造運動」の1つの象徴として展開していた[47]。

しかしながら、科目におけるグラフの位置づけや指導法について、教科書執筆者や数学教師の間で共通理解は形成されていない状態が続いていた。そこで *Circular711* では、グラフ教育の現状と課題の整理、グラフの指導方法の具体例を示し、以上の点に応えようと試みていた。

Circular711 において、グラフ教育の現状について次のように批判されていた[48]。「(グラフは) 初等代数学の観点からではなく、解析幾何学の観点から検討されている。実際、大半の教科書が示すように、グラフは拙速な、あるいは弱体化された状態になっている。そのように扱われているため、グラフが課題に単に付け加えられたものになっていることは、一面では事実である」。その結果、「少年が『もっと簡単に別の方法で解けるのに、どうしてこんな回り道をし

て解かないといけないのか』と感じているに違いない」[49]と、生徒が学習に意味を見いだせない状況に陥っていた。

このことは、他の数学者、数学教師からも指摘されていた。例えば、グラフの導入に意欲的であった数学者ホワイトヘッド（Whitehead, A. N.）も、1913年に行った数学協会の講演において、次のように述べている[50]。

> （生徒は）代数の学習の一番最初から、グラフを描くことで関数と曲線の関係を学んでいる。最近、グラフについては改革が行われた。しかし、現段階では、この改革は行き過ぎか、不十分かである。ただグラフを描くだけでは足りない。銃の後ろには人が居るように、グラフの背後にある観念は、グラフを描く学習の効果を上げるために不可欠である。現在、生徒に曲線を描かせるだけで、そこで出てくる疑問が完全に無視される傾向にある。

20世紀初頭、中等学校の数学における、グラフの位置づけ、及びその効果的な指導は模索されていた。

Circular711 では、「教科書は、専門家ではない多くの教師に与えられる唯一の手引きである」ため、グラフについて必要な内容を「既存の教科書に 1、2章追加する代わりに、代数学に関する新しい教科書を書くこと」が必要であると提案された[51]。教科書において、グラフは方程式や式変形が主に指導されていた代数の中に位置づけられた。しかし、グラフを指導する目的、生徒が習得すべき知識、効果的な指導方法について十分な周知がなされていなかったため指導の成果は見られなかった。そこで、新たにグラフを適切に位置づけた代数学の教科書を執筆し、より効果的なグラフの導入を実現する必要があることが示された。

以上、*Circular711* では、グラフ指導の現状の整理と教科書の必要性が説かれるに留まり、幾何学のような詳細な検討は行われていない。その代わり、グラフに関する次のような指導事例を示すことで、指導の改善が目指された[52]。

> ロンドンからブリストルまで 120 マイルある。2、3、4 時間でこの

距離を走るとき、列車の平均時速はどうなるか。結果をプロットせよ。（中略）この問は、時間の推移を考えることで解くことができる。列車の実際の速度から離れるにつれ、完全な曲線の概念を提案するために、音のスピードや光のスピードを最終として、自転車、長距離バス、荷馬車、歩行者などのスピードを使うことができる。すなわち、すべての数値を表現するグラフとして、代数的な表現の有用性、$\frac{120}{x}$にたどりつく。

ここでは、身近な列車の速度の変化が与えられた時間から考察され、さらに、他の交通手段の速さ、音・光の速さがイメージされることで、速度の連続的な変化が曲線としてあらわれる。これを 120 マイルと移動時間の関係として一般的な文字式にすることで、文字式があらゆる速度を表現できることを学習者が発見できる指導となっている。

加えて、ここでは、比例ではなく反比例のグラフが導入部として採用されている点に着目したい。比例は平易で導入しやすいものの、学習者にとって自明に見えるため発見は少ない。他方、速度を教材とする反比例を学ぶことで、生活場面に身近な概念であっても、その測定値は曲線を描くという発見があり、学習者は数値をグラフとして表現することの意味や有用性を実感できる事例が挙げられている。

さらに、この指導は次のように展開される [53]。

$\frac{120}{x}$という代数的な表現が公式化されると、教師は式をランダムに取り上げて、生徒にそれらをグラフ化させるとよい。最初に始めるとよいタイプは、(x－2)(x－4)のグラフである。これは、さまざまなことを一度に導入できる。かっこの本当の意味、かけ算の記号の法則、調べるうちに、マイナスの量とはどういうものかという疑問、これらがグラフに表現されるし、「x」が負の数へと拡張される。

この場面では、代数において既習の二次方程式の内容とグラフが関連付けられている。これによって、多項式を因数分解するということと、関数をグラフと

して表現することの関係が理解できる。また、グラフ上で x がとりうる値と、その結果 y がとりうる値の関係から関数の意味が直観的に理解できるように展開されている。単純にグラフを描かせるだけでも、生活場面や既習の内容と結び付け、グラフの概念を習得するだけでもなく、代数学的な知識の深化を促す授業展開が *Circular711* において提案されている。

また、グラフを学習する際の方眼紙の扱いについても次の注意が添えられた。「方眼紙からグラフの課題を始めないことが最良である。生徒は、段階的に定規を使いながら、無地の紙、黒板の上で課題に取り組むべきである。概念を習得した時にはじめて、手間を省く手段として方眼紙が導入されるべきである」[54]。第 2 章で述べた通り、ペリーはグラフでは有用な道具と位置づけ、使える機会があれば最初から方眼紙を使うように主張していた。他方、*Circular711* では白紙に描くことの不便さを実感した後、方眼紙を使用することで、生徒が方眼紙の有用性をさらに実感できると提案された [55]。この点から、ペリーの数学教育論によって導入されたグラフは、1901 年から約 10 年の間で批判的に吟味され、*Circular711* によって授業場面として深化されたといえる。

以上、*Circular711* ではグラフについて具体的に内容や授業展開が提案されている。指導例を示すだけなく、方眼紙の使用に関する従来の主張を吟味し、教具の有用性を生徒が理解できるように改善を図っていた。このことから「改造運動」によって導入されたグラフを中等学校の数学に定式化しようとしていたと理解できる。

Circular711 において、幾何学では従来の教育における平面幾何学の基礎的な内容が維持されつつも、直観を先行させる学習観や指導方法が提案されていた。同時に、段階別のカリキュラムが提案され、学習者の発達段階に応じたカリキュラムが設計される契機となった。加えて、カリキュラムにおけるグラフの位置づけも見直され、代数や関数との有機的な連携が模索された。このように *Circular711* は、1909 年までの「改造運動」の影響を総括すると同時に、授業展開事例とカリキュラム案を示すことで、数学教育における質の向上に寄与する文書であったといえる。

第３節　チャールズ・ゴドフレーによる *Circular711* の解説

では、*Circular711* の提案は当時の数学教育を担っていた数学者や数学教師にどのように受容されたのか。ここでは、ゴドフレーが数学教師に *Circular711* を解説した講義を検討する。ゴドフレーによる講義の概要は、次の５点に整理できる。第一に、*Circular711* の影響が概観された。第二に、ゴドフレーは同文書が数学教育の目的という論点を避けた点を批判し、対案として自身の数学教育論を展開した。第三に、ここで示された目的を達成するためにはどのような指導を行う必要があるのかということが示された。第四に、今後の幾何学教育の展望が示された。第五に、すでにこれを検討した幾何学教育における３つの段階が簡単に概観されており、本節では省略したい。

第１項　*Circular711* の影響

ゴドフレーは *Circular711* が公布された影響を次のように述べている [56]。同文書は「危機感を感じている人によって受けとられた強力な通告である」。なぜなら「教育院は、発展した状態、すなわち、再構成という非常に必要とされる解決のプロセスを発見した」からである。*Circular711* において公的に「改造運動」の指針が示され、数学教育が再構成される方途が示されたことを、ゴドフレーをはじめ、当時数学教育に問題意識を持っていた数学者や数学教師は評価していた。

ここで、ゴドフレーが紹介した「改造運動」の影響をあらわす中等学校での実践を見てみよう [57]。

> 数年間数学を教えていない友人の一人が数学の授業を１学期間担当した。彼の批判は新しい指導方法の結果を示す点で興味深い。彼は、形式主義的に扱っていた時よりも、生徒が多くの事を図形から発見することに気がついた。生徒は、自信を持って演繹に挑戦し、かなり成功する。一方で、命題の証明を書き切ることについては、あまり得意ではないことに気がついた。

これに対し、ゴドフレーは自らの実践経験も振り返りながら、「この批判には驚

かない。生徒はかつて命題の証明を書き切ることをよく練習させられていた。しかし、間違いなくほとんどできていなかった」[58]と『原論』型の幾何学教育を回顧している。幾何学の授業で、図形の観察や作図が重視されるようになった結果、図形への直観的理解が深まっている。その反面、従来に比べ抽象的に証明をする時間が減り、証明を最後まで記述する力は低下するようになったのである。

しかしながら、この引用に示されている通り、証明を記述する力は、もともと満足にできていない状態であった。そのため、この力が低下したとしても、生徒が幾何学的な発見をできるようになったという変化事態に対して、ゴドフレーは好意的にとらえているといえる。このように述べるゴドフレー自身、シドンズとの共著による 1903 年の *Elementary Geometry* を皮切りに、直観から幾何学の学習を始める教科書を数多く出版していた。*Circular711* と彼が目指す数学教育におけるゴールは一致していたといえる。

第 2 項　*Circular711* への批判

しかしながら、ゴドフレーは「なぜ幾何学を教えるのか。教育院は、この問を避けている」[59]と *Circular711* を批判した。第 2 章で示した通り、ペリーは数学教育の目標そのものを議論の俎上に載せ、従来の論理的思考の陶冶に専一した数学教育論を批判し、論理的思考の訓練としてだけでなく、自然科学の基礎としても有用な数学を学ぶことを目標とした。

これに対し、*Circular711* では、従来の通り、幾何学を指導する理由として「学校における幾何学の本質である厳密な演繹的思考のトレーニング」[60]という伝統的な数学教育観を踏襲した。*Cicular711* で示されたカリキュラムや指導方法には、確かにペリーの数学教育論と共通点が数多く見られたものの、その根底にある数学教育観そのものは吟味されることはなかったといえる。

こうした *Circular711* に対し、ゴドフレーは次のように批判している。そもそも「どの教科にとっても単一の存在理由を探すことは賢明ではない。教科が単一の理由で正当化されるのであれば、われわれが考えている以上に教育は簡単なものになろう。しかし、人間の関心は複雑である」[61]。このように各教科にはそれぞれが教授されるべき多様な理由がある。それにもかかわらず

「*Circular711* は厳密な演繹的思考の訓練が学校の幾何学の本質的な要素であるということを押しつけている。確かに、1 つの本質的な要素であるかもしれないが、唯一の要素ではない」[62]と、ゴドフレーは論理的思考の陶冶という考え方を安易に踏襲した *Circular711* の数学教育観を批判した。ゴドフレーは、数学が中等学校で生徒に教授されるべき考え方を単一の考え方に帰する発想そのものを転換する必要があると考えていた。

では、数学を教授する考え方として演繹的な思考のトレーニングの他に何があるのか。ゴドフレーは中等学校における数学の「教育について少なくとも次の 3 つの明確な傾向を区別できる。すなわち、形式主義的な考え方（formal ideal)、ヘルバルト主義の考え方（Herbartian ideal)、実用主義者の考え方（utilitarian ideal）である」[63]と述べている。

第一の形式主義的な考え方とは、学習内容そのものへの理解は問わず、論理的思考の陶冶を目指す、「改造運動」以前の数学教育が立脚した立場である。この考え方そのものについてゴドフレーも否定していない。他方、第三の実用主義的な考え方は、学習を通じて有用な知識、すなわち学校外でも利用可能な知識を獲得することを重視する立場である。ペリーは工学者として、特に自然科学への応用に力点を置いていたのに対し、ペリーの講演以降の議論を踏まえ、卒業後でも応用できる点、すなわち、実学としての数学に力点を置いた目標へと転換した。ゴドフレーは、この実用主義的な立場も、中等学校で数学を教える理由の一つとして確立している。

ゴドフレーによって対比された 2 つの立場に示されたように、ペリーの数学教育論において、形式陶冶に基づく思考力の陶冶に対し、実質陶冶を行う教科として中等学校の数学科を確立することが目指されていた。そのため、「改造運動」は、カリキュラムの内容が近代化されたというだけでなく、数学教育観、及びそこでの子ども観の転換を迫った運動という側面を持っていた。

さて、ゴドフレーは形式主義と実用主義という、一見対立する 2 つの立場を否定していないということを見てきた。では、これらは両立可能なのか。そして、両立させるために、どのような発想が必要なのか。この問に対するゴドフレーの答が、第二のヘルバルト主義の考え方であり、ここにゴドフレーの数学教育論の特質が表れている。

第二のヘルバルト主義の考え方とは、ロンドン全日制教員養成カレッジの心理学者アダムス（Adams, J.）によって 1898 年に出版された、*The Herbartian psychology applied to education：being a series of essays, applying the psychology of Johann Friedrich Herbart* に基づき、ヘルバルトの影響を受けた当時の心理学研究の成果に基づく数学教育の立場を意味する[64]。この考え方においては、学習者の発達に着目し、子どもの「知性に概念を移植する」[65]ために数学を学ぶことになる。ゴドフレーは、「改造運動」以前に行われていた形式主義的な数学教育に対し、学習者の興味関心や発達段階を無視し、学習者を受動的な学習へと導いていた結果、命題と証明法の暗記に陥らせていたと総括した。

そこで、ゴドフレーは、学習者の発達段階を踏まえた上で、まず直観的に概念を理解した上で、その理解を土台に論理的な思考へと至るというヘルバルト主義の考え方を打ち立てた。これを実現するためには、「実験という手助けを否定してはならないし、一般的なものや経験に頼ることも否定してはならない」[66]と考えた。すなわち、認知の基礎となる、実験や操作、作図、測定といった直観を数学の学習に取り入れること、そして、学習者の既有の知識と教科内容を結合することが目指された。これによって、有用な教科内容を生徒は理解し、その理解を前提として、形式主義で目指されていた演繹的な思考を習得することが可能となるとゴドフレーは考えた。

このように、一見対立する実用主義的な考え方と形式主義的な考え方を、ゴドフレーは心理学研究に基づくヘルバルト主義という考え方を媒介とすることによって止揚しようと試みた。これにより、論理的思考力だけでなく、有用な数学的な知識も習得可能な数学教育の実現が模索されることとなった。

第 3 項　チャールズ・ゴドフレーによる幾何学教育論

さて、ゴドフレーが区別した 3 つの考え方を両立するためには、相応のカリキュラムや指導方法が必要になる。そもそも、ゴドフレーは幾何学について「適切な方法であれば、即座に少年を熱狂させる教科は幾何学以外にない」[67]と考えていた。すなわち、幾何学が扱う内容はそれ自体学習者にとって興味深いものであり、幾何学教育の問題点は、内容そのものではなく、適切なカリキュラ

ムや指導方法が確立されていないことにあるとゴドフレーは考えていた。

幾何学のカリキュラム、及び指導方法について、ゴドフレーは、幾何学の「基礎となるような実践的な課題がなければならないし、後続の理論的な課題へと自然に導入できる場合、実践的・実験的な具体例に頼って指導されなければならない」[68]と考えた。この点についてゴドフレーは *Circular711* に賛同しているといえる。幾何学の授業で、現実生活との関係性が示されることで、「平均的な能力のイギリスの少年は、幾何学的な『目』、すなわち、図形から幾何学的な命題それ自身を切り離して見る力を発展させることができる」[69]と考えていた。

ここで「平均的な能力のイギリスの少年」という点にも注意が必要である。「改造運動」以前の数学教育において、カリキュラムを編成していた数学者や数学教師は、生徒の論理的思考の育成よりは、むしろ数学的な才能が豊かな生徒を発見し、数学者として育成することを目指していた[70]。第 2 章で述べた通り、ペリーはこうした貴族主義的な数学教育ではなく、平均的な能力の生徒が理解できる指導方法こそ、優秀な生徒にとっても有効であると批判し、カリキュラムや指導法の再考を迫っていた。

学習者の理解に重きを置いた *Circular711* においても、ゴドフレーの数学教育論においても、平均的な能力の生徒を対象としているという点では、ペリーの数学教育論と一致していた。このように「改造運動」の過程で、数学者や数学教師は学習者に対する認識を改める必要に迫られたと理解できる。

さて、ゴドフレーはこうしたイギリスの平均的な能力の生徒について次のように述べている[71]。

> イギリスの子どもは他国の子どもより、抽象的な事を扱う能力が劣っているかもしれない。彼らは、手に入れ得るあらゆる物質的な援助を欲する。しかし、これが与えられると、彼らは非常に有望であるか、あるいは、程度の差はあれ、意欲的な幾何学者になる。イギリス人の知性には物質的で具体的な素質がある。手と目は、創造するために脳と協力しなければならない。

イギリスでは経験主義哲学が発達し、徒弟制に基づく職人・技術者の発明によ

って世界に先駆けて産業革命を成し遂げられた。このイギリスの子どもに対して、具体物を用いて、実験や操作を通じて、経験と教科内容を結合させる教育を行うことが、効果的な学習を生み出すとゴドフレーは考えていた[72]。

このことは、*Circular711* で実験や操作を重視することが提案されたことと一致している。ゴドフレーによると、まず、「演繹よりも直観によって到達するべき定理は、次の 4 つのグループに分けることができる。それぞれ、点における角、平行線、三角形と多角形の角、三角形の合同である」[73]。そして、「これらの事実に対して、2 つの幾何学的な公理に基づく演繹ではなく、実験からの直観によって達することが推奨される」[74]。このように *Circular711* では、基礎となる公理や概念が『原論』とは異なること、幾何学的な内容へと至るアプローチも変化したことを説明した。

こうして、ゴドフレーは「初学者にとって、命題をユークリッド式に証明することは場違いである。形式的な証明ではなく、命題自体への生き生きとした説明や、正確な理解に関心が向けられなければならない」[75]と旧来の指導観を改めることを主張した。こうした転換の背景にある教育観も含めて、*Circular711* で示されたカリキュラムや指導法が現場の教師のために解説された。

第 4 項　幾何学教育の展望

最後に、ゴドフレーが示した中等学校の幾何学への *Cirucular711* の影響を検討する。ゴドフレーは次のように影響を展望した。「*Circular711* の影響とは何か。教育院が管理する学校にすぐに影響が及ぶだろう。しかし、長期的な影響は、提案を受けた教師の態度次第である。教師が納得したい点は、こうした提案を受け入れることが、論理的推論のトレーニングとしての幾何学の価値を損なうのか否かである」[76]。

すなわち、*Circular711* は公文書として教育院が管理する公立の中等学校、あるいは補助金を得ているグラマー・スクールに直接的な影響を及ぼす。しかしながら長期的には、教師が改革の方針に納得すること、また指導法を変更することに伴う、教師の不安を払拭することが必要であると考えていた。このような展望を示し、教師に改革への理解を訴えた。第 3 章で論じたように、ペリーの教育論は、大半の現場の教師にとっては、既存のカリキュラムからの逸脱

を伴う抜本的な改革案であったため、教師からの積極的な支持は容易に得られなかった。これに対し、ゴドフレーは教師の不安を払拭し、「改造運動」を着実に進めることを目指していたといえる。

このように学校への影響を論じた上で、今後、幾何学が直面するカリキュラム上の変化について、次のように述べている。「演繹的な論理が応用される命題の数は確かに減少する。しかし、このことは深刻な拒絶ではない。すなわち、量より質を求めていることを意味する」[77]。ゴドフレーは、演繹によって導く命題の数が、従来のカリキュラムから減少する見通しを示した。

ここで、命題の数が削減されることは、『原論』と同様の配列で命題を証明する必要がなくなることを意味する。こうした傾向は次の背景に起因している[78]。

> ユークリッドの公理というわずかな芽から、純粋に論理によって幾何学の偉大な体系が発展するという美的な考え方が犠牲になったことを残念に思うかもしれない。50 年来、幾何学の基礎を明らかにするために、多くの研究が行われた。しかし、何が基礎的な公理なのかについての合意は未だ得られていない。それでも、ユークリッドの公理が真に幾何学の基礎ではないという合意は形成された。ユークリッド主義の考え方は、教育院ではなく、純粋数学者の研究によって破壊されたのである。

リーマン（Riemann, G. F. B.）らによる非ユークリッド幾何学の発見をはじめとする数学研究の進展から、もはや『原論』の体系が数学的にも幾何学における唯一の体系でなくなった。そのため、『原論』を唯一の体系として幾何学教育を行うことに、学術的にも、教育的にも限界が生じ、新たな幾何学教育を構想することが急務となっていた。

その結果、*Circular711* が示したように、幾何学的な内容に基づいて配列した「新しい体系の実践的な利点は、命題の関係についてのすべての難しさを短絡すること」[79]を可能とした。そもそも教科書として編纂されていない『原論』を用いた指導には困難が伴っていた。直観や経験に基づいて、幾何学的な内容を理解し、証明を行うという *Circular711* に示された教育観は、「改造運動」の

進展という理由だけでなく、数学研究の成果という学術的な理由にも後押しされながら、中等学校へと浸透していったのである。

小括

本章では、教育院が全国的な数学教育の方針として、初めて明らかにした公文書 *Circular711* 及び、それがどのように普及したのかを検討した。第 1 節では、20 世紀初頭から 1910 年までの中等学校の展開を検討した。1902 年以降、公立の中等学校が設立されるようになった。公立の中等学校は、従来のグラマー・スクールとは異なり、自然科学に重点を置いた教育が行われ、科学教育が徐々にではあるが進められていった。

他方で、初等後教育への需要が高まり、セントラル・スクールや下級技術学校が成立した。ここでは、事務職や、工場労働者、技術者となる子どもを対象に、実学である外国語や、商業、技術を中心とした教育が施された。20 世紀初頭から 1910 年の間に、教養の獲得を目指す一般教育だけでなく、科学や技術、商業などの実学もカリキュラムに含まれるようになっていった。

こうした中で、第 2 節において *Circular711* の内容を検討した。*Circular711* で提案された幾何学に関して、第一に、ユークリッドの『原論』の体系から幾何学を直観的に理解しやすい内容に沿って命題を再配列した体系とした点、第二に、その際、直観や実験を利用し、特に初期においては生徒の理解を優先することが提案されていた点、第三に、直観から徐々に論理的な思考へと至る幾何学の 3 つの段階が示された点が明らかになった。また、グラフについては、提案された具体的な指導例から、グラフを代数学の一部として確立しようとしていたことが明らかになった。

次に、*Circular711* がいかに普及したのかを明らかにすべく、第 3 節ではゴドフレーの講義記録を検討した。同文書は数学教育の目的については、旧来のものを温存しながらも、改革の方向性、すなわちカリキュラムや指導方法においては「改造運動」の理念を共有し、改革を公的に後押しするものとなっていた。それゆえに、ゴドフレーはこれを教師へと紹介し、共有を図っていた。

以上のことを踏まえるならば、*Circular711* において、形式主義という数学教育の目的が温存されていたと指摘できる。微分積分学など自然科学に有用な

内容の導入が遅れた点、数学科と科学科などの教科間の相互連絡や融合が顧みられなかった点については、「改造運動」の最初の 10 年間において、確かに「ペリー運動」は浸透していなかったと結論付けることができる。

しかしながら、*Circular711* において、第一に、学習者に光を当て、直観を活かした指導方法と、発達段階に即したカリキュラムを設計することによって、一部のよくできる生徒だけでなく、平均的な学力の生徒も『原論』に示された論理形式を理解することが目指されていた。第二に、「ペリー運動」によって新たに生起したグラフという内容を、中等学校に積極的に位置づけることが試みられていた。少なくともこの 2 点において、第 2 章、第 3 章で検討した「ペリー運動」との共通点を見出すことができよう。このように考えると、*Circular711* において示されたカリキュラムや指導方法には、「改造運動」の以前と比較して、教育観及び子ども観は確かに転換されている。教育方法学という立場から *Circular711* を評価すると、「改造運動」が退潮したとはいい難いと結論付けることができる。

では、*Circular711* が課題として残した、中等学校における数学科は結局何のために教えられるべきなのか、という問いをどのように考えればいいのか。これに対し、ゴドフレーは、「改造運動」以前の数学教育に象徴される形式主義の考え方と、「ペリー運動」によってもたらされた実用主義の考え方に、ヘルバルト主義の考え方という第三の立場を提示にすることによって、この相克を乗り越えようとしていた。しかしながら、このヘルバルト主義の考え方とは、どのような立場を意味しているのか。次章において、ゴドフレーの数学教育論及び教科書を検討することで、「改造運動」における数学教育論の展開を読み解いていこう。

---

1 広瀬信『イギリス技術者養成史の研究——技術者生成期から第 2 次世界大戦まで——』風間書房、2010 年、p.188-9。

2 同上書、P.189。

3 広瀬によると、1902 年法以前は、夜間学校については、次の 3 つのカテゴリ

ーに分かれていた。

①継続学校（continuation schools）

初等教育を担当する教育局の管轄の下で、学校委員会、あるいは有志立初等学校経営者が設置した夜間学校で、年齢を問わずに学べる、初等教育の補習教育機関であった。

②科学学校（学級）、美術学校（学級）

科学・美術局の補助金対象科目を教える夜間学校で、設立主体は、学校委員会、技術教育委員会、有志立団体とさまざまで、初等後レベルから上級レベルの教育機関まで、様々であった。

③技術学級（technical classes）

CGLI 技術試験対象科目を教える夜間学級で、科学学級、美術学級を設置する学校に設置された。

1902 年教育法以降、これらはすべて教育院と地方教育当局の下におかれ、1903 年以降､政府の補助金は CGLI 技術試験のすべての対象科目に拡大された（広瀬『イギリス技術者養成史の研究』pp.259-60）。

[4] 望田研吾「イギリスの中等教育における伝統と変動―総合性中等学校理念の擡頭―」島根大学教育学部紀要、第 11 巻、1977 年、pp.1-7、p.2。

[5] 同上。無償席入学のためには、そのための学力テストが教育庁の承認の下に実施され、このテストのために、1919 年より知能テストが使用されることになる。

[6] 1944 年教育法によって成立した､モダン・スクール､テクニカル・スクール、グラマー・スクールの 3 種類の中等学校による中等教育制度を、本稿では藤井泰にならい「三類型別中等教育」および「三類型別中等教育機関」とする。

[7] 藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1996 年、pp.162-163。

[8] 同上書、p.161。

[9] 同上書、p.176。

[10] 同上書、p.175-180。

[11] 同上書、pp.199-200。他方で、夜間学校と上級技術学校における専門教育に注目すると、1903 年に教育院は、全日制上級中核教育機関として「技術教育機

関(technical institution)」を制度化した、と広瀬は述べている。「技術教育機関」には、全日制技術カレッジだけでなく、大学やユニヴァーシティ・カレッジも含まれていたため、それらの工学教育の発展にも教育院の施策は貢献した（広瀬『イギリス技術者養成史の研究』p.190)。

19 世紀末から 20 世紀初頭にかけて、上級技術学校の増設、地方自治体による設立が進み、施設・設備の充実を含め、技術学校が急速に発展した。しかしながら、技術学校の中心を占める夜間学校の多くは、独自のカリキュラムを考える条件もなく、ペリーのように昼間に他の仕事を持つ非常勤教員にもっぱら依存していた。加えて、ロンドン市・同業組合協会などの技術者協会が実施する外部試験のシラバスに合わせた教育が行われていた。その結果、学生が自分の好みで週に 1~3 科目を選んで履修する科目履修が一般的であり、体系的技術教育の整備は遅れていた（同上書、p.257)。

これら上級技術学校のカリキュラムにおいては、①理論的教育とともに実践的教育を重視するタイプと、②実践的教育は実地訓練にまかせ、理論的教育に専念するタイプの２つが見られた。19 世紀末には、全体として、工学教育は、①基礎科学（数学、物理学、化学、地質学等)、②製図実習、③工学専門教育（理論と応用の講義、巡検を含む場合も)、④工学実験を共通に含むようになり、多くの場合⑤測量実習を含み、⑥作業場実習を含むかどうかでは、２つに分かれた（同上書、p.258)。

こうした上級技術教育は、1908-1909 年度の教育院報告書において、「技術教育機関」とその学生数は着実に増加していると評価されつつも、その数は、大陸諸国やアメリカに比べると、「嘆かわしいほど少ない」という指摘されていた。同書において、「大部分の雇用主には、今なお、年少児から工場で訓練を受けたものを強く好む傾向と、いわゆる『カレッジ出（college-trained)』のものに対する偏見が存在する」とされる通り、科学技術に関する理論的教育を受けた若者に対する、産業界からの需要が少ないことを背景に、科学技術教育の普及は遅れていた。その結果、第一次世界大直前になっても、全日制コースが飛躍的に増加することにはならず、不十分なカリキュラムの下で運営される、夜間定時制コースが量的には圧倒していた。通常の全日制３年制のコースでは、専門

教育先行型の学生に対して、夏休み期間中に実地訓練を受けることが奨励され、工学コースの学生にとっての慣行としてかなり一般化した（同上書、p.223-5）。

さらに、第一次世界大戦前と、戦後の戦間期をくらべると、ロンドン大学に見られるように、工学学生の学位取得率が上昇し、他大学を含め、工業学位取得者数はほぼ倍増し、１９３０年代には、全日制工学教育機関で工学を学ぶ者が工学学位を取得することが一般化した。しかし、大学教育全体が拡大する中で、戦間期の全日制工学教育には顕著な拡大傾向は見られず、むしろ停滞傾向を示していた（同上書、p.191）

高等教育においても、20 世紀初頭にかけて、工学の学位コースが主流になっていった。イギリスの技術者養成においては、伝統的に実地訓練が重視されてきたが、高等教育における利用が広がる中で、両者をどう組み合わせるかが問題になった。イギリスの場合、技術者養成の方法が、実地訓練から工学教育機関へと単純に切り替わらず、実地訓練なしには技術者の教育・訓練は完成しないという考え方が維持され続けたのが特徴である。高等教育においても、20 世紀初頭にかけて、工学の学位コースが主流になっていった。イギリスの技術者養成においては、伝統的に実地訓練が重視されてきたが、高等教育における利用が広がる中で、両者をどう組み合わせるかが問題になった（同上書、pp.224-5）。

[12] 藤井、前掲書、p.201。巻末資料４に詳細を掲載した。

[13] 同上書、pp.202-203。

[14] 同上書、pp.203-204。

[15] 教育院による *Circular* は、数学教育だけが扱われたのではない。例えば *Circular*776 では、技術学校において、ロンドン市・同業組合協会の技術試験について、体系的コースには利用されない初等段階の試験の 1912 年からの廃止などが指摘された（広瀬、前掲書、p.261）

[16] Siddons, A. W., ‘Fifty Years of Change,’ *Mathematical Gazette*, Vol. XXXVI, No. 316, 1956, p.163.

[17] Siddons, A. W., ‘Obituary W. C. Fletcher’, Vol.XLIII, No.344 *Mathematical Gazette*, 1959, pp.85-86.フレッチャーは Bedfort School と Liverpool Institute であった。

[18] Godfrey, C., 'The Board of Education Circular on the Teaching of Geometry,' *Mathematical Gazette*, 1910, pp.195-200.

[19] Siddons, 'Fifty Years of Change,' p.163.

[20] Ibid.

[21] Department of Education and Science, T*eaching Mathematics in Secondary Schools*, Her Majesty's Stationery Office, 1958, p.11

[22] Howson, A. G., *A History of Mathematics Education in England*, Cambridge, p.153. 同様の指摘はフジタにも見られる。Fujita T., 'The Reform of School Geometry in the early 20th Century in England and Japan: The Design and Influence of the Textbooks by Godfrey and Siddons,' Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of Southampton, 2003, p.28.

[23] Price, A. G., 'The Reform of English Mathematical Education in the Late Nineteenth Century and Early Twentieth century', Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of Leicester, 1981, pp.40-41.

[24] Ibid.

[25] Board of Education, 'Teaching of Geometry and Graphic Algebra in Secondary School,' *Circular711*, 1909, p.2.

[26] Ibid.

[27] Ibid.

[28] Ibid., p.3.

[29] Ibid.

[30] Ibid.

[31] Ibid.

[32] Ibid.

[33] Board of Education, op. cit., p.5.

[34] 中村幸四郎、寺坂英孝、伊東俊太郎、池田美恵訳・解説『ユークリッド原論縮刷版』共立出版、2009 年、p.10。Todhunter , op. cit., p.9.

[35] Board of Education, op. cit., pp.4-5.

[36] Ibid., p.6.

[37] Board of Education, op. cit., p.6.

[38] Ibid.

[39] Ibid, p.7.

[40] Ibid.

[41] Ibid.

[42] Ibid., p.8.

[43] Ibid.

[44] Ibid.

[45] Ibid.

[46] Perry, J., 'The Teaching of Mathematics,' *Discussion on the Teaching of Mathematics,* 2nd.ed Macmillan and Co., 1902, pp.117-118.

[47] Brock, W. H., and Price, M. H., 'Squared Paper in the Nineteenth Century: Instrument of Science and Engineering, and Symbol of Reform in Mathematical Education,' *Educational Studies in Mathematics*, 11, 1980, pp.365-381 に詳しい。

[48] Board of Education, op. cit., p.9.

[49] Ibid.

[50] Whitehead, A. N., 'Presidential Address to the London Branch of the Mathematics Association,' *Mathematical Gazette*, Vol.VII, No. 104, 1913, pp.90-91. 邦訳は森口兼二訳「第 6 章　数学のカリキュラム」『教育の目的　ホワイトヘッド著作集　9』松籟社、1986 年、pp.119-120。

[51] Board of Education, op. cit., p.9.

[52] Ibid.

[53] Ibid.

[54] Ibid., p.11.

[55] Perry, J., *Practical Mathematics*, Her Majesty's Stationery Office, 1899, pp.27-29.

[56] Godfrey, op. cit., p.195.

[57] Ibid., p.198.

[58] Ibid.

[59] Ibid., p.195.

[60] Board of Education, op. cit., p.2.

[61] Godfrey, op. cit., p.196.

[62] Ibid., p.195.

[63] Ibid.

[64] *The Herbartian psychology applied to education : being a series of essays, applying the psychology of Johann Friedrich Herbart,* D. C. Heath & Co., 1898.アダムスは、同書において 1898 年以前の心理学研究を総括し（Ibid., p.77)、従来の形式主義の教育において期待されていた思考一般の陶冶は起こりえず、学習は内容に沿わざるを得ないことを指摘している（Ibid., p.109)。

[65] Godfrey, op. cit., p.196.

[66] Ibid.

[67] Ibid.

[68] Ibid., p.197.

[69] Ibid.

[70] Godfrey, op. cit., p.197.

[71] Ibid., p.198.

[72] 鎌井敏和他『イギリス思想の流れ　宗教・哲学・科学を中心として』北樹出版、1998 年。

[73] Godfrey, op. cit., p.198.

[74] Ibid.

[75] Ibid.

[76] Ibid.

[77] Ibid., p.199.

[78] Ibid.

[79] Ibid.

第５章　チャールズ・ゴドフレーの数学教育論

本章では、1910 年代以降のイギリスにおいて「改造運動」の中心に位置づいたゴドフレーの数学教育論を検討する。序章で述べた通り、イギリスの先行研究において、ゴドフレーは「改造運動」の中心に位置づけられる。例えば、ハウスンは、「改造運動」が展開された 20 世紀初頭に活躍した人物としてペリーではなくゴドフレーを挙げている。ここでは、「改造運動」の展開とともにゴドフレーの数学教育論が描かれており、同運動とゴドフレーの活躍が連動していることが示されている [1]。プライスも同様に、重要な役割を果たした人物の一人として「改造運動」の中に位置づけている [2]。また、フジタはゴドフレーが執筆した幾何学の教科書に焦点を当て、ゴドフレーが示した「幾何学の力（geometrical power）」や「幾何学の目(geometrical eye)」といった概念を読み解いている [3]。

以上、ゴドフレーは、数学教師や教科書執筆者として活躍し、「改造運動」においては中心的な役割を果たしたと評価される人物である。しかしながら、1910 年代からゴドフレーが没する 1924 年までの数学教育論はこれまで詳細に検討されることはなかった。そこで、本章では、1910 年代から 1924 年におけるゴドフレーの数学教育論を検討する。第 1 節では、「改造運動」においてゴドフレーが果たした役割を整理する。第 2 節では、数学教育の目的とカリキュラム、授業という視点から、ゴドフレーの数学教育論にアプローチする。とりわけ幾何学に焦点を当て、ゴドフレーがどのように幾何学教育をとらえ、カリキュラムとして、そして授業として具体化したのかを明らかにする。そのために、本研究では、1920 年に出版された教科書 *Practical Geometry* に着目して、ゴドフレーの数学教育論の到達点に迫る。

第１節　「数学教育改造運動」における役割

第１項　チャールズ・ゴドフレーの略歴

まずはゴドフレーの略歴を確認する [4]。1873 年に生まれたゴドフレーは、バーミンガムのパブリック・スクールであるキング・エドワード校（King Edward's School）で学んだ。1892 年にケンブリッジ大学の数学科に進学し、1895 年に同大学を卒業したゴドフレーは 1896 年から 3 年間、カーディフ準大

学（Cardiff University College）で教鞭をとった。その後、1899 年から 1905 年までパブリック・スクールであるウィンチェスター校において数学を教えた。ここでゴドフレーは教授法の改良や実験室のデザインなどの学校改革を行った。

1905 年からは、オズボーン（Osborne）にあった海軍兵学校（Royal Naval College）で数学を教えた。「改造運動」の影響を受け、実学を重んじる士官学校の校風の中で、ゴドフレーは数学教育論を形成し、この時期に *Circular711* を紹介している [5]。1920 年には、ゴドフレーはグリニッジ（Greenwich）にある海軍兵学校へと移り、1924 年に亡くなった。

第 2 項　20 世紀初頭から 1910 年までの活躍

第 1 項で示した通り、ゴドフレーは 1901 年の時点では、ウィンチェスター校で教鞭をとる若手の数学教師であった。第 2 章で述べたように、1901 年に「改造運動」の契機となる講演を行った工学の権威であったペリーとは、立場にあまりに大きな隔たりがあったため、両者の間で論争は生じなかった。

ペリーの講演に対し、ゴドフレーは *Mathematical Gazette* 誌において、「パブリック・スクールにおける指導の改善からいかに隔たりがあるか、我々は疑問に思ったに違いない」[6]と改革の方向性の違いを述べ、パブリック・スクールの数学教師の声を代弁した。その一方で、ゴドフレーも何らかの数学教育改革が必要であるという点では一致していた。そこで、ゴドフレーは、論理的な論証を行う前に、作図や測定を取り入れた課題を通じて指導すること、『原論』の内容を簡略化すること、幾何学を代数や算術など他の科目と融合し、重複を減らす、といった修正案を提案している。このようにパブリック・スクールにおいても実現可能な改革案を示すことで、ゴドフレーは「改造運動」の後押しをしていたといえる。

同年、ペリーの動きを事前に把握したフォーサイスの指示を受け、ゴドフレーはイートン校、ハロー校など有力なパブリック・スクールの校長や数学教師ら 22 名に手紙を送り、数学者や数学教師の手による数学教育の改革を提案した [7]。この手紙の内容を概観すると、作図や測定の幾何学への導入、算術における内容の精選、科目の融合による簡略化など従来の数学教育の修正を目指すものであった [8]。これを *Mathematical Gazette* 誌や *Nature* 誌に公開すること

で、数学者や数学教師が「改造運動」を進めることをアピールした[9]。

1902年には、再びフォーサイスから指示を受け、ゴドフレーは幾何学の教科書の執筆にとりかかった。こうして書かれたのが、1903年にシドンズとともに出版した *Elementary Geometry: Practical and Theoretical* である。フジタは、同書を「改造運動」で活躍したゴドフレーらによる最初の教科書である点、また販売部数という点で、中等学校の数学教育に大きな影響を与えた重要な教科書として位置づけている[10]。また、ハウスンは、同書が1973年に至るまで販売され、累計100万部を超えるベストセラーとなったことを指摘している[11]。

こうしたゴドフレーの動きに代表されるように、20世紀前半において数学者や数学教師らは、工学者ペリーとは別の方向から『原論』に基づく幾何学教育を改革すべく「改造運動」に参入したと読み取ることができる[12]。ゴドフレーは、1905年以降、海軍兵学校で教鞭をとるようになってからも、初学者が用いる数多くの教科書を執筆した。幾何学の教科書に限定しても、*Modern Geometry(1908), Geometry for Beginners(1909), Solid Geometry(1909), A Shorter Geometry(1912), Practical and Theoretical Geometry(1920)*と、立て続けに教科書を執筆した。ゴドフレーは教科書執筆者として実績を積み、広く名を馳せていった。

第3項　1910年代から1924年までの活躍

本章で焦点化する1910年代以降のゴドフレーの「改造運動」における活躍として、次に示す3つの事例に着目する。第一に、ゴドフレーは、国際数学者会議（International Congress of Mathematicians）の下で結成された数学教育に関する国際委員会（International Commission on the Teaching of Mathematics）のイギリスの代表者の一人であった。委員として数多くの報告を行った中でも、1912年、同会がケンブリッジ大学にて開催された際、ゴドフレーは自らの数学教育論を練り上げるとともに、国内の数学教育改革の進展を報告した[13]。ここでは、直観と実験を取り入れた教授法や、グラフや関数の導入などが議論された。このことから、ペリーの講演が契機となった「改造運動」は国際的に展開したということ、そして、イギリスにおいてはゴドフレーを中心とする数学教師や数学者らの手によって進められていったことを読み取るこ

とができる。

第二に、ゴドフレーが参加した幾何学教育をめぐる論争を検討しよう。第 3 章において、ペリーを痛烈に批判したブライアンは、1912 年にも、『原論』に示された展開に忠実に従った幾何学、すなわち、『原論』という単一のカリキュラムの下で、抽象的な論証幾何学を指導することを *School World* 誌上で提唱した [14]。その理由として、一つ目に、大学入試といった学校外での数学の試験を担う試験官として、ブライアンは「改造運動」に沿った試験問題の作成や解答の評価に困難を感じていた点、二つ目に、中等学校においても大学入試や資格試験のための試験対策を授業で行う場合、単一のスタンダードがないことが原因で教師は混乱している点を指摘した。こうした問題を「改造運動」以前の『原論』型の数学教育に後退することによって解消しようとしたのである。

この提起に対し、ゴドフレーを含む 15 名の数学者や数学教師が紙上での議論に参加した。この中で、ゴドフレーは、「改造運動」はいまだ途上にあるため、単一のスタンダードが存在しないことで、試験に不便があるというコストを払ったとしても、改革をさらに推進して、よりよい幾何学教育を模索する価値があると述べ、単一のカリキュラムに回帰する動きを批判した。これに対し、ブライアンは、『原論』からの脱却が先行し、それに代わるスタンダードや、基準となるような教科書について議論されておらず、「改造運動」が拙速な改革となっているのではないか、と懸念を表明した。

このように 1912 年の段階においてもなお、『原論』型の幾何学教育を求める主張があった。こうした事実から、20 世紀のイギリスの数学教育論において、古典として数学科を位置づけた形式主義に基づく数学教育観が、いかに根強く残っていたか、ということを読み取ることができよう。

第三に、ゴドフレーは数学協会が出版した多くの報告書の執筆に携わった。例えば、幾何学に着目すると、第 6 章で検討する *The Teaching of Geometry in Schools*（1923 年）の執筆に携わっている [15]。この報告書は数学協会が初めて幾何学教育の全国的な方針を示した図書である。ゴドフレーは数学協会の教育委員として、委員長となった数学者ネビル（Neville, E. H.）、教育学者のナン（Nunn, T. P.）らとともに執筆に携わった。ここでは、単一のスタンダードに基づくカリキュラム観そのものが議論の俎上に載せられ、『原論』に示された幾

何学の体系が再検討されるなど、幾何学教育の方針が示されている。このようにゴドフレーは、数学協会でも特に中等学校の数学教育に関する分野で、中心的な役割を果たしていたと位置づけることができよう。

以上みてきたように、先行研究が示す通り、ゴドフレーはイギリスの「改造運動」において中心的な役割を果たしていた。では、ゴドフレーはどのような数学教育論に基づいて、「改造運動」を進めたのか。

第 2 節　チャールズ・ゴドフレーの数学教育論

本節では、ゴドフレーの数学教育論を、幾何学教育の目的（第 1 項）、カリキュラム（第 2 項）、授業（第 3 項）という 3 つの視点から検討する。

第 1 項　幾何学教育の目的論

第 4 章で示したように、ゴドフレーは、1910 年に *Circular711* を解説した際、数学教育において「形式主義的の考え方」、「ヘルバルト主義の考え方」、「実用主義的の考え方」があることを示した。1911 年に記した'The Aims in Teaching Mathematics'において、ゴドフレーは以上 3 つの考え方を数学教育の目的論として以下のように整理した [16]。すなわち、『原論』型の数学教育で拠り所とされた「形式主義的な目的（formal aim)」、「改造運動」以降着目されるようになった「実用主義的な目的（utilitarian aim)」、そして心理学に基づく「ヘルバルト主義の目的（Herbartian aim)」である。

そもそもゴドフレーは「形式主義的な目的」に基づく、「改造運動」以前の数学教育に関して、「最も数学を得意とする生徒を対象にカリキュラムがデザインされ、数学者を育成することを目的としていた」ととらえている [17]。こうした数学教育を、奴隷制に立脚していたギリシャ時代、すなわち、「貴族主義的な教育理論(aristocratic theory of education)」に沿って教育が行われていた時代においては有効であったかもしれない教育であったと、一旦は認めている。

しかし、「応用数学に立脚した現代、すなわち、現代の人口を数学なしには支えることができない時代」においては、「数学的な方法によって思考することができる、また、数学が現代の生活に活かされている方法を理解できる人々を育成すること」とゴドフレーは考えるようになっていた [18]。そのため、「貴族

主義を破壊し、平均的な能力の生徒を対象としなければならない」と述べ、数学が応用された科学によって生産が行われるようになった時代に適合した数学教育を設計する必要性を述べた [19]。

他方で「実用主義的な目的」については、実学が重んじられる海軍兵学校で教鞭をとったゴドフレー自身、数学は「科学が使用する道具」[20]であるととらえていた。このように数学をとらえていたため、「現代の文明は応用数学の土台の上に確立されている」[21]と考え、実用的な価値を具備する学問として数学をとらえていた。しかしながら、「数学はそのまま多くの収入を生み出す学問ではない」[22]のであり、理解していないからといって、生計が成り立たないわけではないと認めている。そのため、学習者の大半にとって数学が実用的ではなく、実用性のみに依拠してカリキュラムを打ち立てることは難しいと考えていた。

そこで、ゴドフレーは数学を学ぶ価値として数学的な見方の獲得に重きを置いた数学教育、すなわち「ヘルバルト主義の目的」の下で数学を教えることを提唱した。ゴドフレーは、数学を応用した結果得られる「手段の概念についてある程度は知っておくべき」[23]時代となったのであり、共通の教養としての数学が必要とされるようになったと考えていた。こうした認識に至った結果、「数学的な方法で思考することができ、現代的な生活と数学の関係を理解できる世代を養成する」[24]数学教育をゴドフレーは目指した。

このように考えた背景には、ゴドフレーが次のように数学科をとらえていた点が指摘できる。数学科における「陶冶的価値」は、真偽や成功の度合いを生徒自らが評価できる点、すなわち正答が存在し、それを自己評価できる点に特徴がある。加えて、自然科学としての側面を持つため、「数学は演繹的な思考力と同様に帰納的な思考力をもたらす」[25]教科なのである。

ここで、帰納的な思考とは、数学的帰納法を意味するのではなく、自然科学と関連した一般的な意味、すなわち、個々の現象を一般化して法則を導くという意味でとらえられている。こうした帰納と「改造運動」以前に重視されてきた演繹の数学科における関係について、ゴドフレーは「演繹が数学的な結果を最終的に論じる場合に適切であり、新しい分野を探究する場面にはふさわしくない。他方で、新しい分野を探索する場面においては帰納が必要であり、授業で新たな問題を示すときに用いられるべき方法である」[26]と位置づけた。すな

わち、帰納的に新たな対象を学び、演繹的に論理として洗練するという思考を、数学という単純化された形式で学ぶのである。このように数学をとらえた結果、幾何学も自然界における具体的な事物から、一般化することによって論理化されるという帰納的なプロセスに追う自然科学であるとゴドフレーは考えた。

以上、ゴドフレーの数学教育論によって、教養としての数学と実学としての数学の対立が解消される道筋が示された。中等学校の数学科において、帰納や演繹といった数学的な見方を身につけ、生活と数学との関係について理解できる教養を身に着けるという、数学科固有の意義を見出す道筋を示した。ゴドフレーの数学教育論によって、数学を古典教科とするか、科学系の教科とするか、という「ペリー運動」によって生起した対立は、数学的な見方の獲得という第3の目的によって止揚されることで、一定の決着を迎えた。

第2項　カリキュラム論と幾何学の授業案

さて、第1項に示した目的の下で、内容とその配列、すなわちカリキュラムはどのように設計されるのか。資料１６に示した教科書 *A Shorter Geometry*（Godfrey, C. and Siddons, A. W., Cambridge, 1912）の目次からカリキュラムの具体像を見てみよう [27]。

ゴドフレーは、同書において *Circular711* を踏まえて幾何学のカリキュラムを3つの段階に分けている。第一段階から第二段階にかけて、身近で平易な幾何学的な事実を、定規やコンパスの他分度器などの器具を用いた実験や作図などの操作を通じて、徐々に幾何学へと発展させている。直観的に知識を獲得し、最終的に理論と結び付ける展開となっている。第三段階においては、第1巻、第2巻と記載されているように、『原論』の構成を一部残している。

ただし、内容上の関連に沿って配列されている点に注意が必要である。例えば、『原論』では、第Ⅰ巻の命題34以降、面積にかかわる証明が行われ、第Ⅱ巻において、面積の変形に関する証明が行われていた。これに対しゴドフレーはこの教科書において『原論』第Ⅰ巻の後半と、第Ⅱ巻の内容を「第2巻　面積」として集約し、内容の関係性に即してまとめている。

『原論』第Ⅰ巻の命題 47 のピタゴラスの定理も、他の図形の面積の学習と関連付けることで理解が促されている。ゴドフレーの教科書において『原論』

資料１６　*A Shorter Geometry* の目次

第1段階（First Stage）　pp.1−20	
立体　p.1	立体のモデル　pp.4−6
面　pp.1−2	直線の測定　pp.6−11
直線　p.2	方向　pp.11−12
点　p.3	角　pp.13−21
第2段階 pp.23−74	
点における角	三角形の合同
平行な直線	さまざまな練習問題
三角形の角	平行線と垂線の実践的な作図
多角形の角	直線により描かれた図形の写し方
概算によるさらに正確な測定	縮尺による作図
十分な条件から三角形を作図	高さと距離
第3段階 pp.75−256	
第1巻（Book I）	
定理や事実に関する表	直線の分割
定規とコンパスによる作図	軌跡
図形の連続的な変化	対称
平行四辺形	さまざまな練習問題
第2巻　面積	
正方形の数と面積—方眼紙	射影
平行四辺形の面積	ピタゴラスの定理の拡張
三角形の面積	練習問題—アポロニウスの定理
多角形の面積	図形が持つ代数学的特徴の説明
ピタゴラスの定理	さまざまな練習問題
第3巻　円	
第1節　準備	第6節　角の性質
第2節　弦と中心	第7節　タンジェントの作図
第3節　孤、角、弦	第8節　円の面積
第4節　タンジェント	第9節　軌跡に関する例
第5節　円の接点	
第4巻　相似	
比と比例	相似な図形の面積
内分と外分	長方形の性質
直線の分割	さまざまな練習問題
相似な図形	
附録	

出典：Godfrey, C. and Siddons. A. W., *A Shorter Geometry,* Cambridge, 1912, pp. ix-xxi より作成。

からの脱却を進めた内容の配列が行われている。また、*Circular711* において提唱された三段階をゴドフレーが教科書として具体化することで、改革を後押ししていたことがわかる。

この *Shorter Geometry* に対し、フジタは 1903 年に示された教科書 *Elementary Geometry* と比較し、*Shorter Geometry* において、ゴドフレーの数学教育論において中核に位置づく「実験を伴う課題」の問題数が減少している点に着目している。その背景としてフジタは、ペリーの影響が強かった 1903 年の時点では、数学教育において実験的な課題の導入に関する議論が過熱していたことを意味する。こうした時代において、ゴドフレーは数多くの「実験を伴う課題」を含めた教科書を執筆した。

この時、ゴドフレーは、「実験を伴う課題」を教師が選択的に用いられるように、多様な練習問題を用意していた。しかしながら、数学教育への実験の導入が過熱するあまり、教師は教科書に示された練習問題のすべてに取り組みがちであった。その結果、第 3 章第 2 節において、ペリーが「改造運動」を濫用する、と不満を漏らしていたように、実験にばかり時間をかけ、学習が深まらない、という弊害が生じるようになった。実際、資料１３に示したエガーの課題例においても、同じような作業が繰り返されるなど、練習問題としての吟味の甘さが見られた。

そこでフジタによると、*Elementary Geometry* から *Shorter Geometry* への展開において次の二点が指摘されている [28]。第一に、問題数を減らすことによって、教師にとってより使いやすい教科書へと洗練した。第二に、問題数を減らす過程で、論理的思考の育成に関連が深い課題を選ぶことによって、実験に費やす時間が短くとも、効果が発揮されるように試みた。ゴドフレーは教師が「改造運動」を授業実践に取り入れやすいように教科書を改訂したのである。

では、1920 年に出版された教科書 *Practical Geometry* （Godfrey and Siddons）、及び、続編として同時期に出版された *Theoretical Geometry* （Godfrey and Siddons）において、どのような修正が加えられたのか。教科書の目次、すなわちカリキュラムは、資料１７、１８に示したように修正された。ゴドフレーは大きな変更点として次の点を挙げている [29]。

資料１７　*Practical Geometry* の目次

章	内容				
1	直線や角の測定	12	図形の連続的な変化	23	円：弧の交点
2	定規を用いた作図Ⅰ	13	軌跡	24	軌跡の例：包絡線
3	点における角	14	相似図形	25	角柱と円柱
4	平行な直線	15	面積	26	角錐
5	定規を用いた作図Ⅱ	16	ピタゴラスの定理	27	円錐
6	三角形、多角形の角	17	円：孤	28	面に対する直線や面の傾き
7	三角形、多角形の作図	18	円：弦	29	球
8	実践的な構成	19	円：タンジェント	30	正多面体
9	定規を用いた作図Ⅲ	20	円の交わり	31	正面図・立面図
10	対称性	21	円：角の性質		
11	点対象	22	円の面積		

出典：Godfrey, C. and Siddons, A. W., *Practical Geometry*, Cambridge, 1923, pp.xi-xv より作成。

資料１８　*Theoretical Geometry* の目次

定理	
点における角：定理1-3	軌跡：定理22-23
平行線：定理4-7	直線の比：定理24-26
三角形と多角形の角の和：定理8-9	相似な三角形：定理27-30
合同な三角形：定理10-15	面積：定理31-35
平行四辺形：定理16-17	ピタゴラスの定理：定理36-39
不等号：定理18-21	円：定理40-54
作図	
相似に関する作図	四角形に関する求積法
平行の作図	正五角形の作図
接線の作図	

出典：Godfrey, C. and Siddons, A.W., *Theoretical Geometry,* Cambridge, 1920, pp.vii-xiv より作成。

資料１９　ゴドフレーが示した４つの段階

第一段階	第二段階	第三段階	第四段階
実験を伴う課題の導入	基礎的な命題の直観による説明	平面幾何学と立体幾何学	平面幾何学の要点の再学習

Godfrey, C., 'Geometry Teaching: The Next Step', *Mathematical Gazette,* Vol.10, No.145, pp.22-23 より作成。

カリキュラムの第三段階に至る飛躍には心理学的な根拠はない。論理的な思考習慣は漸次成長するものである。15 歳かそれより少し上ぐらいの平均的な少年の思考は、厳密な思考をするほどには発達していない。第三段階では、過渡期的な方法が利用される必要があり、それぞれの場合に最も適切であると考えられるような、学問的な論理あるいは直観によって命題に至る必要がある。

このように、ゴドフレーは、幾何学的体系の論理的構造に着目する第四段階を新たに設け、そこへと移行する段階として第三段階を設定する必要があるとの認識に至り、カリキュラムを練り直した。

資料１９に示した通り、第一段階において、「実験を伴う課題」によって生徒に直線や角といった簡単な概念を伝える [30]。その上で、平行や三角形といった基礎的な命題である、「もし直線が他の直線上に立てられるとき、となりあう角は 2 直角に等しい」(『原論』第 I 巻の定理 2) が直観的な方法で示された。第三段階においては、平面幾何学及び立体幾何学が厳密な論理的証明や直観に訴えかける説明など自由な方法で学習される。第一段階から第三段階までが、資料１７に示した *Practical Geometry* で学習される。

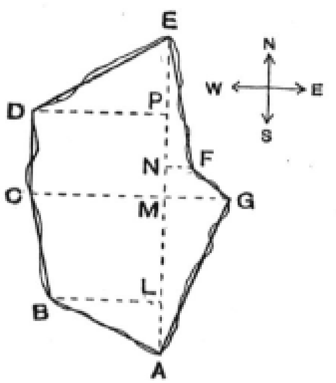
他方で、資料１８に示した *Theoretical Geometry* で学習される第四段階においては、ここでは『原論』の形式も取り入れつつ、命題の論理的関連性に重点を置きながら、これまでに学習された平面幾何学が再び学習される [31]。ゴドフレーは学習者の発達段階に即して、学習者が論理的な思考を徐々に獲得できるようにカリキュラムを修正していったといえる。

第 3 項　ピタゴラスの定理の授業

以上見てきた数学を学ぶ目的とそのカリキュラムに基づく場合、授業はどのように具体化されるのか。『原論』第 I 巻の命題 47、48 の内容であるピタゴラスの定理の例に、ゴドフレーの授業を検討する。第 1 章で示した通り、トドハンターの教科書では『原論』がそのまま踏襲され、ピタゴラスの定理の証明においても、抽象的な証明のみによって学習者は理解をすることが要求される授業が行われていた。

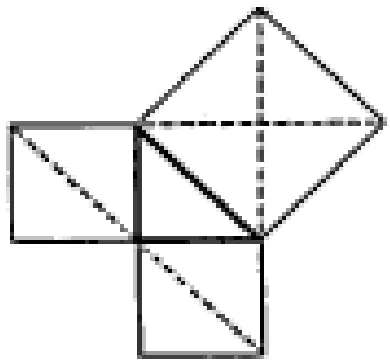
これに対し *Practical Geometry* において、ゴドフレーはピタゴラスの定理に関して次の指導を示している [32]。資料１９の表に示す第三段階に進み、相似と面積について事前に学習している生徒に対し、資料２０に示した測地を場面とする面積の近似値について教師は指導する。こうして面積について復習した後、その教師は「100 個の異なった直角三角形の辺を測定」させる。しかし、それだけでは結果を眺めるだけになる可能性がある。そこで、「もし教師が正方形を作らせて足し合わせるように方向づけると、少年はおそらく定理を発見するだろう」。「しかしこれでは、証明過程の全体は曖昧である。そこに、直観はない」。そこで、最初に資料２１を見せ、次に資料２２のような図を出してみると、「ほとんどの少年は定理を帰納する」とゴドフレーは述べている。

資料２０　面積の近似値



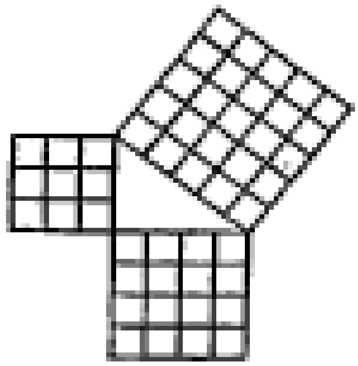
出典：Godfrey and Siddons, *Practical Geometry*, p.110.

資料２１　ピタゴラスの定理の説明①



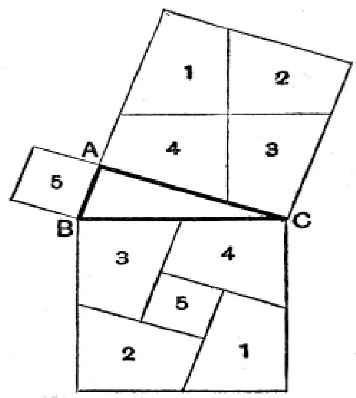
出典：Godfrey and Siddons, *Practical Geometry*, p.114.

資料２２　ピタゴラスの定理の説明②



出典：Godfrey and Siddons, *Practical Geometry*, p.114.

資料２３　ペリガルの分割



出典：Godfrey and Siddons, *Practical Geometry*, p.115.

資料２４　相似によるピタゴラスの定理の証明の作図

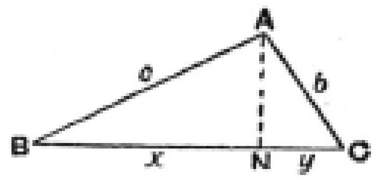
与えられた条件　三角形 ABC は角 A を直角とする直角三角形である
証明すること　$BC^2 = AB^2 + AC^2$
作図　AN⊥BC となるように、N を BC 上にとる
証明　三角形 NBA と三角形 ABC において、∠ANB＝∠CAB である。
∠B は共通である。
∴∠BAN＝∠C であり、三角形は角が等しい。
∴三角形 NBA と三角形 ABC は相似である

$$\therefore \frac{\text{三角形 NBA の斜辺}}{\text{三角形 ABC の斜辺}} = \frac{\text{三角形 NBA の∠BAN の対辺}}{\text{三角形 ABC の∠C の対辺}}$$

$$\therefore \frac{c}{\mathrm{BC}} = \frac{x}{c} \qquad c^2 = x\mathrm{BC}$$

同様にして、三角形 NAC と三角形 ABC も相似である。

$$\therefore \frac{b}{\mathrm{BC}} = \frac{y}{b} \qquad b^2 = y\mathrm{BC}$$



$$\begin{aligned} \therefore c^2 + b^2 &= x\mathrm{BC} + y\mathrm{BC} \\ &= (x + y)\mathrm{BC} \\ &= \mathrm{BC}^2 \end{aligned}$$

出典：Godfrey and Siddons, *Practical Geometry*, p.115 より訳出。

このことは、次のように理解できる。資料２１に示した図において、直角二等辺三角形の各辺に正方形を描いている。これを点線により再び直角二等辺三角形に分割することで、すべての直角二等辺三角形が等しくなり、2 辺の 2 乗の和が斜辺の 2 乗に等しくなる。この図が示されたのち、「直角をはさむ 2 辺の長さがそれぞれ 3cm と 4cm の直角三角形を描け。そこで斜辺の長さを測定せよ。直角をはさむ 2 辺の上に作図された正方形と、斜辺の上に書かれた正方形の関係は何か」[33]と問う。

そして、資料２２に示した図を示すことで、直角を挟む 2 辺の 2 乗の和が斜辺の 2 乗に等しいことを発見する。その後、このことを直角三角形の辺の長さを変えて繰り返すことで定着させたのち、「直角三角形において、斜辺の上に描かれた正方形の面積は、直角を挟む他の 2 辺の面積の和に等しい」というピタ

ゴラスの定理に至る。

その上で、資料２３に示した「ペリガル（Perigal, H.）の分割」という、19 世紀に入って発見された証明法を示す。その後、資料２４に示した相似の概念と代数学的な表記方法を用いてピタゴラスの定理を証明する。こうして、ピタゴラスの定理を理解したのち、「高さ 60 フィートの梯子が、20 フィート離れて壁に立て掛けられている。梯子の頂点はどれぐらいの高さか」[34]といった練習問題を解くことでこの定理を応用し、定着を図っている。

こうしてピタゴラスの定理の概要が学習されたのち、第 4 段階すなわち、*Theoretical Geometry* において、『原論』と同様の証明、すなわち資料３に示した証明が指導される。この時、代数学的な表記方法を用いることで、証明を簡略化する。その後、ピタゴラスの定理の逆である『原論』第 I 巻命題 48 や、面積に関する命題の学習へと展開されていく。

このような授業を設計した背景には、数学における学習者の思考過程にゴドフレーが着目していた点が指摘できる。ゴドフレーによると、数学の研究において「数学的な真理は演繹的ではないし、数学的な真理は演繹的に発見されるわけでもない」[35]。他方、学習においては、「生徒は何らかの発見をする」[36]ことで興味を持って効果的に学ぶ必要がある。

そもそも数学の研究においても、演繹的な思考から出発しないため、これに即して学習を行い、発見に至ることは難しい。したがって、研究・学習の両面において演繹的な思考に偏る妥当性はない。ピタゴラスの定理においても、従来の授業で行われていたように、他の定理を用いた定理の証明から始まり、それを演習問題に適用する授業は学習者の思考過程に合致しないことになる。

また、生徒の発達段階という点においても演繹的な思考は適当ではないとゴドフレーは考えた。そもそも生徒は論理思考を学ぶ途上にあるため、「結論に飛躍する」[37]傾向にある。しかしながら、こうした思考こそが直観なのであり、押さえ込んで演繹的な思考を強制すると、創造的な思考は伸びない。そこで、飛躍を防ぐために、「実験や測定、特定の数値の具体例、あるいは演繹的な推論などにより、結果をチェックする」[38]ことが有効なことを指導する必要があるとゴドフレーは考えた。

先の授業で考えると、単に結果を直観するだけなく、なぜそれが一般的に証

明できるのか、その過程の理解まで射程に含めて指導する必要があるということになる。この時、教師は飛躍を含んでいても直観に基づく発言であれば、それを否定するのではなく、実験や測定、特定の数値の具体例、演繹的な推論といった数学的な方法によって確認するように助言するという授業場面がゴドフレーの教科書から見えてくる。

このように、実験や直観、それを演繹的にとらえる一連の思考過程が帰納的思考として総合されるとゴドフレーは考えた。これは次の 4 つの過程を経ている [39]。

①例えば、多角形の内角の和のように、一見直接のつながりがないデータの収集

②結果を満たす様々な仮説に基づく試行

③成功したと思われる仮説の選択

④様々な方法によるこの仮説の検証

ここで、演繹的な推論は一つの可能な検証方法となる。すなわち、実験を通じて直観した法則を具体例によって確かめ､証明を行って一般的に理解したのち、さらに練習問題で定着させていくという帰納的な思考過程に基づく学習がゴドフレーの授業において、確立されていた。

こうした帰納的な思考過程は科学における思考過程としてニュートンにより確立されていたものである。帰納的な思考過程は、自然科学としての側面を持つ数学においても同様の側面である。ゴドフレーは数学者が研究において辿るプロセスを、演繹的思考に基づくとされていた数学教育に導入することで、発見を通じた学習を実現することを意図していたのである。

以上、ゴドフレーの数学教育論における目的、カリキュラム、そして授業について見てきた。ゴドフレーは、学習者が数学的な見方を学習するとともに、必要とする共通の教養として学ぶことで、数学的な思考を形成するように目的を設定した。これがカリキュラムにおいては、学習者の発達段階に即した構成として具体化され、内容と思考方法が有機的に連関していた。

さらに、より具体的なレベルで検討するために授業に目を向けると、学習者

の思考過程に即した展開となっていたことが明らかになった。こうした授業を通じて、生徒は帰納的思考といった数学的な見方を学ぶとともに、日常生活へも応用可能な有用な知識を獲得していたといえよう。

小括

第 5 章では、ゴドフレーの数学教育論に焦点を当てた。第 1 節では、「改造運動」においてゴドフレーが果たした役割を次の 2 つに分けて整理した。第 1 項において、20 世紀初頭から 1910 年までをまとめ、ゴドフレーは「改造運動」においてペリーと論争を行ったフォーサイスら数学者の後援を受けながら実績を積んでいたことを示した。第 2 項にでは、1910 年代からゴドフレーが没する 1924 年までを論じた。ここでは 3 つの事例に着目し、ゴドフレーがイギリスの数学教育界の中心として「改造運動」をけん引していたことを示した。

第 2 節において、ゴドフレーの数学教育論に示された、数学教育の目的とカリキュラム、そして授業を検討した。特に晩年である 1920 年に出版された教科書である *Practical Geometry* に主に焦点を当て、ゴドフレーの数学教育論の到達点を検討した。

第 1 項で注目した数学教育の目的について、1910 年代において既にゴドフレーは共通の教養として数学が必要とされる時代になったと考えるようになり、数学の論理形式や実用的な内容のみならず、数学の学習から得られる帰納的思考といった数学的な見方を学ぶ重要性に着目した。そこで学習者の発達段階に即して、こうした方法を学ぶ目的として「ヘルバルト主義の目的」を打ち立てることによって、形式主義と実用主義における対立の止揚を試みたことを示した。ゴドフレーの数学教育論によって、数学教育における古典に基づく教養と科学に基づく実学という論点を乗り越える道筋が示された。

第 2 項で着目したカリキュラムについては 1903 年に出版した最初の教科書である *Elementary Geometry*、及び、1910 年の *Shorter Geometry,* 1920 年の *Practical Geometry* を史料とした。教科書を比較した結果、ゴドフレーの数学教育論が成熟するにつれて、「改造運動」以降導入された実験的な課題とともに、論理的思考へと導く教科書の構成が見直されたこと、すなわち、幾何学のカリキュラムを洗練されていったことが明らかになった。

こうしたカリキュラムがどのように授業として具体的に構想されたのかを検討すべく、第 3 項において、*Practical Geometry* におけるピタゴラスの定理の指導に着目した。その結果、実験を通じて直観した法則を具体例によって確かめ、証明を行って一般的に理解したのち、さらに練習問題で定着させていくという帰納的な思考過程に基づく学習が *Practical Geometry* において確立されていたことがわかった。

以上で整理した、ゴドフレーの数学教育論を評価するとき、ゴドフレーは、ペリーの数学教育論に比べ、他の理科系の教科と数学科の関係に関する吟味に課題が見られたという限界を指摘することができよう。しかし、数学を科学の一分野ととらえ、帰納的思考という数学の思考過程に光を当てることで、「ペリー運動」を契機とする実用主義と従来の教養のために学ばれていた形式主義の相克を止揚する道筋を示した点で、ゴドフレーの数学教育論を積極的に評価することができる。このようなゴドフレーの数学教育論は、「改造運動」の中でどのように受容されたのか。次章においては、1910 年代末から「改造運動」をけん引するようになった数学協会に着目し、「改造運動」がどのように展開されたのかを検討する。

---

[1] Howson, A. G., *A History of Mathematics Education in England*, Cambridge, 1982.

[2] Price, A. G., 'The Reform of English Mathematical Education in the Late Nineteenth Century and Early Twentieth century', Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of Leicester, 1981,

[3] Fujita T., 'The Reform of School Geometry in the early 20th Century in England and Japan: The Design and Influence of the Textbooks by Godfrey and Siddons,' Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of Southampton, 2003.

[4] Siddons, A. W., 'Charles Godfrey, M.V. O., M. A.', *Mathematical Gazette*, Vol. XII, No. 171, 1924, pp.137-139.

[5] なお、海軍兵学校に関しては、次の図書が詳しい。Partridge, M., *The Royal Naval College Osborne a History 1903-1921*, Sutton Publishing, 1999.

[6] Godfrey, C., ‘The Teaching of Mathematics A Compromise’, *Mathematical Gazette*, Vol. II, No. 30, 1901, pp.106-108.

[7] Siddons, A. W., ‘Presidential Address to the Mathematical Association January 1936’, *Mathematical Gazette,* vol.20, 1936 p.19.

[8] Godfrey, C., ‘The Public Schools and the Question’ , *Mathematical Gazette*, vol.2, 1902, pp.143-146.

[9] ‘The Teaching of Mathematics in public schools’, *Mathematical Gazette*, Vol. II, No. 31, pp.143-146.ゴドフレーは、数学協会において中心的な役割を果たすとともに、同誌を通じて数学教育論を公にしていた。同様の手紙は、*Nature* 誌にも掲載されている。手紙は数学協会においてペリーの講演を受けて設立された委員会に宛てられているが、ゴドフレーが執筆時点では委員会は存在せず、フォーサイスの支持を受け、先回りした手紙であった。

[10] なお、最初の 10 か月で完全版では 13000 冊、第一部は 9000 冊が販売された。また、さらに 8000 冊の完全版と 3500 冊の第一部が、次の 1 年の間に販売された（Fujita, op. cit., p.57.）。

[11] Ibid., p.57.

[12] Godfrey, C., ‘The Teaching of Mathematics in English Public Schools for Boys’, *Mathematical Gazette,* Vol.4. 1908, pp.250-259.

[13] Howson, op. cit., p170. また、同会議を経て「平均的な生徒のための微分積分学」問題にも関心が集まる契機となり、*Mathematical Gazette* 誌上でも論考が数多く寄せられるようになった。

[14] ‘The Question of Sequence in Geometry’, *The School World*, May, 1912, pp.173-182.

[15] *The Teaching of Geometry in Schools A Report Prepared for the Mathematical Association*, G. Bell and Sons, 1923.

[16] Godfrey, C. and Siddons, A.W., *The teaching of elementary mathematics*, Cambridge, 1931, p.2. シドンズによると、出版は 1931 年であるものの、’The Aims in Teaching Mathematics’は、1911 年にゴドフレーが執筆した論考であるとされる。

[17] Godfrey, C, and Siddons, A.W., *The teaching of elementary mathematics*, p.7.

[18] Godfrey, C., 'Mathematics in English School', *Science Progress in the Twentieth Century: a Quality Journal of Scientific Thought*, Vol. 6, 1912, p.161.

[19] Ibid., p.163.

[20] Godfrey, C, and Siddons, A.W., *The teaching of elementary mathematics*, p.7.

[21] Ibid., p.6.

[22] Godfrey, 'Mathematics in English School', p.162.尚、ドイツの数学者ガウス（Gauss, C. F.）は、1796 年、数学において帰納的な方法を用いて平方剰余相互法則を一般的に証明したのが、帰納的なプロセスを基礎として、演繹的に証明を行った先駆けである（佐々木力『数学史』岩波書店、2010 年、pp.596）。

[23] Godfrey and Siddons, *The teaching of elementary mathematics*, p.7.

[24] Ibid.

[25] Ibid., p.6.

[26] Ibid, p.25.

[27] フジタによると、ゴドフレーの幾何学の教科書は下記の 6 冊である(Fujita, op. cit., p.56)。*Elementary Geometry Practical and Theoretical(1903), Modern Geometry(1908), Geometry for Beginners(1909), Solid Geometry(1909), A Shorter Geometry(1912), Practical and Theoretical Geometry(1920).*

[28] Fujita, op. cit., pp.98-99.

[29] Godfrey, C. and Siddons. A. W., *Practical Geometry*, Cambridge, 1923, p.114.

[30] Godfrey, C., 'Geometry Teaching: The Next Step', *Mathematical Gazette,* Vol.10, No.145, pp.22-23. Godfrey and Siddons, *Practical Geometry*, p.viii.

[31] 尚、第 6 章で検討する中等学校試験の後で、第四段階は学習されるべきであることが示された。

[32] Godfrey and Siddons, *Practical Geometry*,, p.109-119.

[33] Ibid., p.114.

[34] Ibid., p.117.

[35] Godfrey and Siddons, *The teaching of elementary mathematics*, p.19.

[36] Ibid., p19.

[37] Ibid., p.23.

[38] Ibid.

[39] Ibid., pp.23-24.

第 6 章　1910 年代から 1920 年代の「数学教育改造運動」の展開

本章は、*Circular711* 以降、1910 年代から 1920 年代にかけて「改造運動」が遂げた展開を検討対象とする。序章で示した通り、ハウスンは、ゴドフレーが亡くなる 1924 年以降を「氷河期」と形容し、1920 年代前半までを「改造運動」のピークと位置づけている [1]。こうした時期において「改造運動」はどのような展開を遂げたのか。また第 5 章で検討したゴドフレーの数学教育論は、どのように「改造運動」に包接されるようになったのか。本章では数学協会による 2 つの報告書に着目し、「改造運動」が数学教育界によってどのように浸透したのかを明らかにする。

着目する報告書の一つ目は、1919 年に出版された *Report of the Mathematical Association Committee on the Teaching of Mathematics in Public and Secondary Schools*（以下、1919 年報告書）である。本書は、数学協会が初めて中等学校における数学科の教育における原則を示したものである。数学協会が初めて示した全国的な方針は、同年に全文が *Mathematical Gazette* 誌においても公開された。その後、1928 年にわずかな加筆修正が行われて再版されている。

本研究では、*Mathematical Gazette* 誌に掲載された版に焦点を当て、第 2 版も合わせて検討する。なお、1919 年報告書に続く全国的な数学教育の方針が示されるのは 1957 年の中等学校教師合同協会（Incorporated Association of Assistant Master in Secondary Schools）による *The Teaching of Mathematics* である [2]。それゆえ、1919 年報告書は、中等教育が義務教育化される 1944 年以前のイギリスの数学教育において、数学協会によって全国的な方針が示された最初で最後の報告書と位置づけることができる。

2 つ目は、1923 年に出版された *The Teaching of Geometry in Schools*（以下、1923 年報告書）である。数学協会は幾何学に焦点を当て、「改造運動」以降、初めて具体的なカリキュラムや指導法を提案した。尚、同書は 1923 年に初版が出版されたのち、第 2 版が 1925 年、第 3 版が 1929 年、第 4 版が 1944 年に出版されている。本研究では、初版を用いるとともに、すべての改訂が集約されている第 4 版も含めて史料とする [3]。

第１節　1910 年代における中等教育の展開

本節では「改造運動」を読み解く前提として、1910 年代以降のイギリスの学校教育制度の展開を確認する。1914 年に第一次世界大戦が勃発し、植民地も巻き込みながらヨーロッパを中心に総力戦が展開された。イギリスは第一次世界大戦に勝利こそしたものの、ロンドンは爆撃され、帝国全体では 100 万人を超える戦死者を出し、150 万人もの傷病者が残された。イギリスは深刻な財政負担を抱えるとともに、国際経済の混乱を背景とする伝統的基幹産業の輸出不振を抱え、失業問題が悪化した。加えて、インドやアイルランドにおける民族主義運動が高まりを見せ、経済、政治の両側面から、イギリスの国際社会における威信は揺らぎ始めていた [4]。こうした時代に、中等教育はどのような展開を遂げたのか。

第１項　中等教育政策の展開

1910 年代から 1920 年代前半において注目すべき初等後教育及び中等教育の展開として、第一に、シェフィールド大学の副学長であったフィッシャー（Fisher, H.）による 1918 年教育法（いわゆる、Fisher Act）に着目する。

一つ目に、この教育法において、出席義務を伴う義務教育を 14 歳まで引き上げ、それに応じて児童労働を制限することが、全国的規定として出された [5]。二つ目に、初等後教育機関であるセントラル・スクールの法整備を進め、全国的な普及を推進した点にも特徴がある [6]。第三に、初等学校を離学し、かつ初等後教育における継続教育を受けていない 14 歳以上から 18 歳の勤労青少年に対し、週 8 時間、年間 280 時間以上のパートタイムの昼間補習学校を義務付けるという方針が示された [7]。

こうしたフィッシャー法によって、労働者階級を中心とする青年の基礎学力の向上が図られた。もっとも、1918 年教育法については、1921 年に戦後不況と政府の歳出削減のために発足したゲッデス（E. Geddes）委員会によって棚上げされたため、上記の教育政策が実現されたわけではない [8]。しかしながら、同法は義務教育としての中等教育が成立する契機となる議論を巻き起こした。

第二に、中等教育政策をめぐる議論として、ロンドン大学講師トーニー（Tawney, R. H.）による『すべての者に中等教育を』（Secondary Education for

All）に着目する。1922 年、労働党の助言委員であったトーニーは、同書を党の教育改革案として刊行した [9]。

『すべての者に中等教育を』において、藤井は労働党による教育改革の骨子として次の 3 点が示されたとまとめている [10]。①中等教育とは、初等教育に続く一つの連続した過程における第二段階の教育である。②中等教育は青年期の教育であり、すべての普通児は 11 歳から 16 歳まで、親の収入、社会階級、職業にかかわらず、無償で中等教育を受けることができる。③中等教育は、可能な限り、幅広く多様なタイプの中等学校で行う。このように、中等教育問題のうち、政策や行政組織、財政といった教育の外的事項を整備するものであった [11]。

ここで、20 世紀前半において、中等教育とは、教育院の規定に基づき、大学への接続を主な目的とした教養教育を提供する教育機関を意味していた。これに対し、トーニーは中等教育を 12 歳ごろから 17 歳までの間の「青年期をカバーする初等後教育のあらゆる種類を包含するもの」と位置づけていた [12]。このことは、単一の中等学校を想定したものではなく、多様化を認め、修業年限や履修するカリキュラムで学校種の多様性を認めるものであった [13]。戦後の義務教育としての三類型別中等教育の基礎となった。

三つ目に、1917 年から統一的な中等学校試験が行われるようになった点に着目する [14]。もともとイギリスでは、大学入学試験や奨学生試験、職業資格試験といったハイ・ステイクスな外部試験の伝統が古くからあった [15]。『原論』が教科書と採用されていた背景にも、独立運営されていた各地の有力なグラマー・スクールにおいて、学力を評価する共通の基準が必要とされていた点が指摘できる。1917 年以降実施されるようになった中等学校試験も、こうした伝統に拍車をかける政策となり、中等学校の数学科にも直接的な影響を及ぼしていった。そこで、1919 年報告書、及び 1923 年報告書に示された数学教育論を読み解く前提として、第 2 項では、中等学校試験の数学の試験問題を検討する。

第 2 項　中等学校試験の数学科における試験問題

中等学校試験は、1917 年以降、度々部分的な修正が加えられたものの、統一試験としてイングランド及びウェールズ、そしてスコットランドにおいても実

施されるようになった。1918 年以降、「第一群の英語科目、第二群の外国語科目、第三群の数学・理科科目の各群から」[16]合計 5 科目の合格によって修了証明が与えられる試験制度として、中等学校試験が確立された。

この教育政策によって、第一試験合格者に与えられる中等教育修了証書は大学入学資格試験や専門職団体加入予備試験の免除資格とされ、第 2 試験（18 歳相当）合格者に与えられる上級中等教育修了証書（Higher Certificate）は、大学中間試験免除資格とされた [17]。こうした中等学校試験において数学ではどのような試験が行われたのか。

本研究では、イギリスにおいて 6 つの地域で行われた試験のうち、一例として、ロンドン大学で実施された総合学校試験（University of London General School Examination）で出題された典型的な問題を見よう [18]。この試験において、受験生は、算数では 7 問を 2 時間で、初等数学 I において算数と代数学では 9 問を 3 時間で、初等数学 II として幾何学では 8 問を 3 時間で解くことになる [19]。

このうち、幾何学に注目すると、例えば次のような問題が出題された [20]。

> 与えられた三角形のある辺の上にある正方形が、他の辺の上にある正方形の辺の上にある正方形の面積の和と等しいとすると、その三角形は直角三角形であることを証明せよ。
>
> 四角形の対角線が垂直に交わる時、四角形のある辺とその対辺上にある正方形の面積の和は、他方の辺とその対辺上にある正方形の面積の和に等しいことを証明せよ。

これはピタゴラスの定理そのものを証明した後、定理を生かして対角線が垂直に交わる四角形の性質を証明する問題である。『原論』に示される命題を証明する問題とともに、それを他の命題に活かす証明問題が出題されていた。

他方で、「与えられた円に点 A で接し、与えられた点 B を通る円を作図する方法を示せ。また、与えられた点 A で接し、与えられた線 LM に接する円を作図する方法を示せ」[21]という円の接点に関して作図を行う問題も出題された。また、「半径 6.5cm の円があり、12cm の円の弦を作図し、その方法を示せ。ま

た、円の中心からこの弦への最も短い長さを示せ。さらに、この弦の一方の端から 3cm の点 P をとれ。そして、点 P を通る等しい長さの弦を作図し、その方法を説明せよ」[22]という、作図と計算、及び証明を組み合わせた問題も出題されている。ただし、幾何学において 8 問中、6 問以上が証明問題であり、作図や計算は 1 問ないし部分的に作図を用いる問題が出題され、証明問題の割合は大きいといえる。

このように、中等学校試験における幾何学の問題では証明のみならず、作図や計算を行う問題が出題された。ペーパーテストではあるものの、記述式の問題が出題され、様々な学力が測定されたといえる[23]。こうした中等学校試験が導入されて以後、制度として浸透するにつれ、中等学校の授業においても試験対策が求められるようになった。

例えば、1930 年代に入ると *School Certificate Mathematics* と題される参考書が出版されたり、*Revision Mathematics Being Examples and Exercises from School Certificate Papers* と題される、いわゆる過去問を収録した問題集が出版された。こうした図書が示す通り、「多くの数学教師は今や中等学校試験を受けるコースの最後の年をほとんどそれまでの学習の復習に費やす」[24]状況になっていた。外部試験に向けて学習をすることで、「様々な内容が互いに編み込まれ、生徒は数学全体を一つの教科として認識するようになる」[25]という試験の効用もあったものの、中等学校試験の導入は、授業は試験対策化の契機となった。

以上、1910 年代から 1920 年代前半にかけての中等教育政策の展開を検討した。1918 年教育法及びトーニーが中心となり労働党から出された『すべての者に中等教育を』を検討した結果、1920 年代に実現こそされなかったものの、中等教育の義務教育化が議論されるようになったことが示された。とりわけ、後者においては、これまで進学が容易ではなかった基礎学校と中等学校との接続にまで踏み込んだ議論が行われていた。

他方で、1917 年より実施されるようになった中等学校試験の概要と、数学の試験問題に注目した結果、新たな外部試験が学校教育へと浸透し、中等学校において試験対策が求められるようになった。「改造運動」によって進められてき

た、中等学校の数学科におけるカリキュラムや授業の改革は、これを受けてどのような展開を迎えたのか。次節において、数学協会の報告書に着目し、ゴドフレーが活躍した「改造運動」のピークにおける数学教育をめぐる議論を検討する。

第 2 節　1919 年報告書に示された数学教育論

中等教育の拡大が議論される中で、数学協会は 1919 年報告書を通じて、これまで「合意に至ることが難しいため避けられてきた」根本となる原則、すなわち「パブリック・スクール及び中等学校における数学教育の一般原則」をを示した [26]。これにより、「改造運動」における数学協会としての立場を、初めて表明した。

第 1 項　1919 年報告書の全体像

同書は全 32 頁、10 章から構成される薄い冊子であり、全文が 1919 年に *Mathematical Gazette* 誌でも公開された [27]。構成は次の通りである。「I. 導入」において報告書の目的が示された後、「II. 数学教育の目的」、「III. 数学の教育的効果」、「IV. 数学的な推論の性質」、「V. イギリスにおける数学教育の歴史」、「VI. 少年の数学的思考の発達」、「VII. 教師」「VIII. 数学のシラバス」、「IX. 外部試験」、「X. 職業と数学」、「提案の要約」である。このうち、「VI. 少年の数学的な発達」では、「改造運動」で言及されていた学習者の発達段階が解説されているなど、「改造運動」の延長線上にあることを確認できる。加えて、付録として「A.数学と科学の相互関係」「B.数学と手工の訓練の関係」「C.教師の研修」「D.教師と研究者」という点が報告された。

このように、1919 年報告書は、数学教育の目的から、これまでの歴史、学習者、教師、カリキュラム及び、1917 年から開始された中等学校試験に至るまで、当時の数学教育が包括的に検討されている。まずは全体像をつかむために、次の 16 点にまとめられた 1919 年報告書の「提案の要約」を参照する [28]。

> ① 教育課程は市民を育成すること。中等学校では全人的な発達が目指され、数学は実践的な仕事への応用だけでなく、科学ととも

に、世界の重大な問題の解決へと生かされるよう教えられる。
② 中等学校では数学の実用的価値と応用について学ぶこと
③ 中等学校の数学科は、算術や代数、幾何でなく、三角法や、力学、微分積分を含むこと。これらは、数学のカリキュラムの全般で展開される。
④ 中等学校において応用数学を必ず学習すること。応用数学には、機械学、建築、物体の運動、天文学、発電所、調査、統計に関する数学などが含まれる。
⑤ 平均的な学力の生徒が丁寧かつ十分な指導を受けるだけでなく、才能ある生徒が特別な注意を受け、適切な指導を受けること。両方が指導できるように教員は配置されなければならない。
⑥ 学校生活の後半で、数学を主教科として選択する生徒、科学や文学についても学ぶこと。こうした教育方針は生徒に明示される必要がある。
⑦ 中等学校で共通に学習される数学に対し、週 6 時間は配当されること。なお、家庭学習はこれに含まれない。
⑧ 数学と物理の指導と組織は可能な限り緊密な連携の下で行われること。
⑨ 数学教師は、自主的に、数学が応用される他教科、例えば地理学や物理学、化学、工学、手工、天文学などの研修も受けること。
⑩ 数学の教師は全員、数学の専門的な教育を大学で集中的に受けること。
⑪ 数学の教科主任は、数学教師の能力や知識を育成すること。
⑫ 数学の教科主任や発展コースを教えるスペシャリストの教師は、日々の業務を減らす代わりに、授業に生かせるように数学研究の最新の動向を研究すること。
⑬ 外部試験のシラバスは、教師と試験官によって頻繁に書き換えられるべきであること。
⑭ 試験の数を減らし、試験ではなく、授業に重きを置くこと。
⑮ すべての中等学校は数学図書館を設置し、生徒や教師が知識を

広げられる蔵書を持つこと。

⑯ 数学の授業中に、偉大な数学者の伝記を取り上げること [29]。この時､数学の発見が文明にもたらした効果に関する説明を行う。

以上 16 点を整理すると、①において、中等教育とそこに位置づく数学のカリキュラムの原理が述べられている。続く、②から④では、数学のカリキュラムの方針と内容が示されている。⑤から⑦で学習者に焦点が当てられ、能力別の指導､生徒にかかわらず一般教育を行う必要性､配当時間が言及されている。⑧から⑫では、教員に焦点が当てられ、教科間の協力体制や、担当科目やそれ以外の科目に関する研修のあり方、最新の成果を学校に取り入れる組織作りや方法について言及されている。⑬と⑭は試験制度と試験への対応について述べられている。⑮では学習環境について、最後の⑯では、授業への数学史の導入が提案されている [30]。本章では、①から④に示されたカリキュラムと、⑪と⑫に示された試験に関する内容に着目し、数学協会が「改造運動」をどのように総括したのかを検討する。

第 2 項　数学におけるカリキュラムの原理

1919 年報告書において、そもそも数学は学習者にとって哲学（philosophy）としてではなく、実践的な問題を解決するための「科学の道具」として位置づけられた [31]。このように、哲学ではなく､「科学の道具」と数学がとらえられることで、何が変わるのか。

ここで参考になるのが同書において示された「数学のカリキュラムは数学の史的展開に沿って作るべきある」[32]という原理である。こうしたカリキュラムの原理が示された背景には、次に示す「教育学的な金言」がある [33]。

> 生徒は、なによりもまず、自分の周りの単純な自然現象を検討するべきである。そして、その現象が従う数学的な法則を検証し、発見するべきである。後の段階になって、生徒は、数学的な知の総体が位置づくような、ごくわずかな公理について把握できるようになる。そして、秩序ある体系の一部として、個々の科学的な事実を見ることがで

きるようになるだろう。

すなわち、自然科学の一分野としての側面を持つ数学は、自然現象への気づきが契機となる。そして、それを支配する法則について、自然科学同様、実験などを通じて検証し、発見する過程で学ばれる学問であると、同書において位置づけられた。数学は、こうした科学的な方法によって発見された法則を、一般化して論理的体系を構成する。その後、その体系の根源にある公理を把握し、先に学んだ現象をその体系の中に位置づけることができるようになることが、1919 年報告書において中等学校の数学科の目標として示された、といえる。

この金言に示された過程は、数学の史的展開とともに、学習者の発達にも合致した展開であると位置づけられている。なぜなら、第 2 章でもペリーが述べた通り、数学は古代エジプトにおいて測地や建築、天文学における「実践的な形式」から始まり、古代ギリシャにおいて、ユークリッドの『原論』に代表されるように、「抽象的で論理的な形式」へと昇華し、学問として体系化された[34]。数学史における『原論』の価値は、それが優れた教科書であったということではなく、初めて数学が学問となった点にある。そのため、1919 年報告書においても「数学の歴史は、実践的な問題を検討することを契機に、数学的な観念が形成されたことを示している」[35]ととらえられた。

以上に示した、史的展開に沿った数学教育はどのように実践されるのか。例えば幾何学では、まず、身の回りの平面図形や立体などの具体物から出発し、形について直観的な把握を促す。その上で、子どもの必要に応じて、図形的な観念を導入することで、後続の三角形や平行四辺形の特徴を推論する学習の基礎になるという方針が示された。具体的には「簡単な測地の課程によって幾何学の基礎を形成する」ことができ、「生徒は、土地や広さや塔の高さなどの測定や計算を学ぶ過程で、非常に具体的で楽しい方法によって、垂直や角度、台形などの観念を必要とする」ようになることが提案されている[36]。

このように「学習の初期に身の回りの具体物を数え上げたり、測定したりすることができるような道具として導入されるべき」であると生徒の発達段階に即した数学教育が考えられた。その結果、「直観は、準備段階において重大な部分を占める」と位置づけられているように、学習者の発達段階と直観を契機に数学を教えるという「改造運動」の方針が踏襲されている[37]。

ここで､数学を学ぶ楽しさが言及されている点に着目する｡1919 年報告書は､「改造運動」の以前､「定義と抽象によって学習を始めるように強制することによってかなり困らせてきた」[38]と総括している。こうした数学教育では、学習者の発達段階にも、興味関心にも合致せず、学習者が楽しいと感じられない数学教育が行われ、試験のための暗記科目に位置づけられていた。

そこで、1919 年報告書において、学習者は数学と「定義の羅列や抽象的な概念として、学習の最初において出会うべきではない」[39]と考え､「学校に共通した取り組みとして、楽しい方法によって算術・代数・幾何に関する 3 つの伝統的な科目を教える」[40]という数学科全体の方針が示された。哲学ではなく、実践的な問題を解決するための「科学の道具」と位置づけられ、実験や実測といった学習活動が導入されることで、中等学校の学科は楽しく学ばれるべき教科と、とらえられるようになった

第 3 項　1919 年報告書における数学科のカリキュラム方針

では、数学教育観が変化したことで、カリキュラムはどう変わるのか。1919 年報告書において、抽象的・技巧的な「算術・代数・幾何学の内容は後に学習される」[41]という方針が出された。なぜなら､「数学の深い理解のためには『時間の経過（lapse of time)』が必要であるということは、よく知られた教育学である」[42]からである。すなわち、この方針はペリーの講演や *Circular711* を契機に発達段階に応じて、学習者が理解できるように数学を指導するカリキュラムが浸透するようになったことを意味する。

他方で、こうして削減された算術・代数・幾何の内容に代わって､「実践的な三角法や力学、微分積分に関する学習のために利用させるべき」[43]と考えられた。従来のように、中等学校で学ぶ基礎とされた算術・代数・幾何と、応用と位置づけられた三角法や力学、微分積分と科目の位置づけを明確に分けるのではなく、基礎が生かされる場面を通じて数学を学ぶことが目指された。このように中等学校の数学科のカリキュラムを展開することで､「数学的な観念や手続き、実践的な問題を解決するための道具として数学を用いることで、少年は徐々に数学的な原則や方法の相互関係を理解し、独立したものと、関係を持つものとが区別され始める」[44]と考えられた。

次に個別の内容を決める原理、すなわち、「改造運動」において議論の的となった数学教育の目的に着目する。数学教育の目的について、1919 年報告書では、そもそも「数学教育の起源には商業や学術があり、正しい方法として多様な考え方がある」[45]として、数学教育の目的は多様であるという立場を示した。

ここで 1919 年報告書において、商業とは、有用な知識を身に付ける実質陶冶を主とする「ペリー主義として大陸で知られている考え方」[46]であり実用主義の立場である。1919 年報告書は、科学技術への応用を主張したペリーの数学教育論として商業を含めている。このことから、商業とは簿記や会計だけでなく、産業に関する内容を含意し、実用主義として位置づけている。しかしながら、この立場に過度に傾斜すると税金での支払いばかりを扱う狭隘な数学教育になるとされた。

もう一方は、学術の起源がそのまま教えられていた「時代遅れ（high and dry）の学校」とされた、思考力の陶冶を目指す形式主義である。この立場に過度に傾斜した数学教育は「改造運動」以前に行われ、多くの弊害を伴っていた点を 1919 年報告書が示したことは既に確認している。

そこで、これら「両極端の教育学的な考え方の中間」[47]で数学教育を構想することが、賢明かつ安全であると、同書で確認された。では、実用主義と形式主義の中間とは何を指すのか。1919 年報告書において、中等学校における数学科と科学は、いずれも実用性と「数学的な見方（outlook）」としての 2 重の価値があるとされた[48]。数学科は、「演繹的思考とともに、帰納的思考を与える」のであり、「数学的な見方」を育成する教科としての価値がある。例えば、幾何学は、自然科学の特徴を持っているため、「帰納的なプロセスに負っている」のであり「帰納、直観、創造の機会は、数学の学習において本質的な利点である」と考えられた[49]。

この「帰納的なプロセス」とは、具体的には「物に関する研究、現実の知覚、例えば、目や、感覚などを通じた感覚の発展、等しいことと相似であることについての認識、違いの区別、これらのすべては、帰納によって一般化されるように導くことができる」[50]プロセスを意味する。そのため、中等学校の数学科においては、直観を契機とし、帰納的に思考することで、「数学的な見方」を獲得することが目指されるようになったといえよう。

他方で、「改造運動」以前において数学教育の唯一の目的とされた演繹的思考の陶冶については、「数学の専門家に向けたコースに制限されるべき」[51]と考えられた。帰納的な思考はすべての学習者を対象とするのに対し、演繹的思考は数学を好み、得意とする学習者に絞られることになった。このように共通に学ぶべき内容や思考と、能力や進路に応じて学ばれるものが区別されたカリキュラムが編成されるようになったと理解できる。

数学協会が以上のように、数学教育の目的を変更した背景には、何があるのか。第 5 章でみたゴドフレーと同様に、1919 年報告書では「少年の大半は、卒業後の人生で、数学を広く、そして深く利用することは少ない」のであり、「工学や応用科学の数学的な方法の細部についていくこともできない」のが一般的であると考えられていた [52]。学習者が中等学校で学んだだけで、数学を卒業後の生活に活かすこともなく、また、工学や応用化学に応用されている数学を理解することも現実的ではない。そのため、中等学校において実質陶冶を通じて有用な知識の習得に専一する妥当性はないと考えられるようになった。

「しかし、数学の利用について訓練された労働者が増えることを世界は必要としている」[53]と数学協会は考えた。言い換えると、問題解決に数学を利用できる労働者に対する需要が近代のイギリスのみならず、世界で共通して高まっていた。そこで中等学校において学ぶべきと考えられるようになったのが「数学的な見方」である。

なぜなら、現実世界での「疑問は、試験の問題のように明白に述べられるわけではない」[54]ため、数学の授業がそのまま生かされるわけではない。しかしながら、「エキスパートは、自分自身の事実を探し、自分の判断でこれらの本質的なことを自分のケースに対して選別し、答えを出さなければならない。こうした仕事において、観察と、訓練された直観は論理的な演繹のための能力と同様に必要であり、有用である」[55]と考えられた。このように、実用主義における有用な知識だけでも、形式主義における演繹的思考だけでもなく、問題解決のための思考習慣としての「数学的な見方」こそが求められると 1919 年報告書では指摘されている。

以上、数学は科学としての実用的価値を有するだけでなく、観察や直観、帰納といった「数学的な見方」を習得するために学ばれる教科として、中等学校

において位置づけられることとなった。1919年報告書において数学協会は、「改造運動」以前の形式陶冶によって演繹的思考の陶冶を目指す立場と、これを批判し、科学として有用な知識の獲得を目指す「改造運動」以降の立場における対立を帰納的思考といった「数学的な見方」の獲得という立場を媒介とすることによって止揚したのである。1919年報告書に示された数学教育の目的は、第5章で検討したゴドフレーの数学教育論に示された「ヘルバルト主義の目的」とは明記していない。しかし、多くの説明でゴドフレーの目的論と共通し、1919年報告書は「ヘルバルト主義の目的」を「数学的な見方」へと昇華したととらえることができよう。

第4項　外部試験への対応

次に、中等教育試験や大学入学試験といった、外部試験が1919年報告書においてどのようにとらえられたのか。「外部試験は、主に二重の目的のために存在してきた。第一に、個々の受験生が知識の特定のスタンダードに到達したかどうかをテストするため、第二に、学校が生徒を適切にトレーニングしてきたかどうかをテストするため」[56]と理由が挙げられている。すなわち、受験者が共通の目標に到達したか否かという点に対する評価と、学校のカリキュラムに対する評価という2つの目的が言及されている。

この時、受験者はそれぞれの試験で示されるシラバスを参照して受験する。そのため「試験のシラバスは、明確なゴールを設定する点で有用である」[57]と考えられた。しかし、時間とともに「シラバスは急速に古くなり、古くなった目標や方法へと教師を縛り付けることになる」[58]点が留意点として確認された。

こうした側面を解消するために、外部試験制度に対して、1919年報告書では次の2点の提案が行われた。第一に、「試験のシラバスは、教師と試験官から構成される合同委員会によって、しばしば徹底的に見直されてなければならない」[59]という点である。すなわち、受験者に示される試験のシラバスは、頻繁に、かつ全面的に再検討される必要があると提案された。

第二に、試験官の構成に関して提案が行われた。例えば、大学入学試験に対しては、「教師による助言がない場合、大学の教員は試験を準備するべきではない」[60]と考えられた。なぜなら、数学教師は「少年にとって厳密な論理的推論

がふさわしくない」ということを、実践を通じて理解している反面、「大学教員は、学術的で、理論的な問題を作成する傾向がある」からである [61]。ここで、受験者は、「数学を実践的な問題を解決するための道具」として学んでいるため、大学教員が要求するような「論理の高度な水準や厳密な水準に直面することはできない」[62]。そのため、受験者の発達とこれまでの学習に対し、大学入試の試験問題の要求水準が合致しない可能性が懸念された。

しかしながら、シラバスの要求水準に達していない受験生を、大学側が合格させる必要はない、とも考えることもできる。1919 年報告書はこの点について、次のように説明している [63]。「二次方程式の抽象的な理論が試験問題から消える傾向にある。二次方程式が 2 つよりも、多くの解を持つことができないことの厳密な証明は、少年の大半にとって関心がない問題である」。加えて、問題に取り組んだとしても「最終的には、少年は自分が何をしたのかという点について得るものがない」のである。すなわち、学習者の発達段階に合致しないような過度に抽象的な証明は学習効果がないため、入学試験の問題としてもふさわしくないと考えられるようになっていた。

その結果「試験のシラバスが、少年の知性と緊密に馴染んでいるように書かれない限り、すなわち、数学は少年に何をどのようにもたらしたのかを考慮しない限り」[64]、試験は教育に悪影響を及ぼす、と考えられた。ここで悪影響とは、受験生の不利益はもちろん、教師にとっても「教えることを自らが拒絶するような内容を学習者に教えるように強要される」[65]ことを意味していた。このように、数学協会は 1919 年報告書を通じて、イギリスにおける試験の伝統と必要性を踏まえた上で、時代とともに変容した受験者の能力をよりよく評価するために、試験制度への提言を行っていた。

以上、1919 年報告書の要点をまとめると、第一に、中等学校における数学教育の目的が示された。第二に、カリキュラムの原理を検討した結果、学習者が楽しいと感じられるような授業を契機に、数学の授業によって有用な知識と「数学的な見方」を身に着けることが目指されていた。第三に、試験制度に対して、中等学校の数学教師の参加と生徒の発達段階を考慮した試験を作成することを要求していた。こうした方針は、幾何学ではどのように展開されるのか。

第 3 節　1923 年報告書に示された幾何学教育論

1919 年報告書に続き、数学協会は 1923 年に幾何学に焦点を当てた報告書 *The Teaching of Geometry in Schools* を出版した。同書は幾何学教育において「30 年前に流行した単一性に戻ることの実現可能性」[66]すなわち、『原論』を含め、単一の体系に基づいて幾何学のカリキュラムを設定することの是非を検証することが主な目的とされた。第 5 章で述べた通り、編集委員として、「改造運動」において中心的な役割を果たしたゴドフレーらが選出された。

1923 年報告書の構成を見よう。全 74 頁で書かれ、次に示す 7 章から構成された。第 1 章「一般原則」、第 2 章「初等的、実践的な結論」、第 3 章「論点と議論」、第 4 章「単一の配列に関する疑問：その指導と試験の困難」、第 5 章「細部に関する覚書」、第 6 章「試験官への言葉」、第 7 章「相対論に関する覚書」である。本研究では、1919 年報告書と同様に、幾何学教育観、及び、それに基づいたカリキュラム、そして試験に着目する。

1923 年報告書では、幾何学教育の目標は「幾何学的な事実に関係する知識を得、演繹や体系化を実践する」[67]こととされた。「改造運動」の以前に、唯一の目標とされた形式陶冶に基づく演繹的思考の陶冶については、「特定の論理的思考の訓練による知能一般の向上は不可能である」[68]と否定されている。幾何学では有用な知識とそれを活用する思考の獲得が目指されるようになった。

こうした目標の背景には、「幾何学的な事実は現実世界に存する」[69]という幾何学観があった。幾何学は数学的な論理の体系であるだけでなく、測定を起源とし、現実を抽象する自然科学として認識されるようになった。そのため、1920 年代では既に教科書でも、現実を抽象するために「多かれ少なかれ実践的な導入を皆が得ることができる」[70]状態であった。

では、論理的思考は 1923 年報告書で軽視されるようになったのか。第 4 章で示した *Circular711* 同様、1923 年報告書において、幾何学のカリキュラムは次の三段階に分けられた。*Circular711* の第一、第二段階は 12 歳半程度を対象とし、「幾何学的な気づきと図形との出会い」[71]を行う、ステージ A として統合された。ここでは、「大半が実験的であり、算数や地理学と関連する」[72]活動を通じて、角・平行線・三角形の合同など幾何学の基礎的な概念を、命題と関連付ける指導が構想された。具体的には、運動場での測定活動などのフィール

ドワークを行うことが提案された。

他方で、*Circular711* の第三段階は、ステージ B とステージ C に区分された。ステージ B は、12 歳半から 15 歳の生徒を対象に、演習問題の証明と定理を証明する段階である。生徒は、直観的な把握に基づいて命題の証明を個々に学び、一般的な論証を行う[73]。ステージ C は、16、17 歳の生徒が幾何学の「学習を完結するべく体系化する」[74]ことを目標とする段階である。ここでは、個々の命題ではなく、命題間の論理的関係が学ばれ、厳密な論理体系を構築する過程を生徒は学ぶ。これにより、一見自明と思われる証明であっても、幾何学の体系化に不可欠であることを学ぶ。上述の段階の変化は、資料２５に示した。

Cricular711 同様、段階が設定された背景には、「『原論』では、幾何学教育で始終同じ方法が用いられる。12 歳から 18 歳の間の少年の知性における変化をほとんど認めない」上に、「方法が少年の心理に適合していない」点が指摘されている[75]。そのため、1923 年報告書でも、平均的な学力の生徒に照準を合わせ、「作図や測定の導入的な課程によって初学者のための滑らかな道」[76]を経ることが目指された。証明のための配列ではなく、教育のためにカリキュラムが編成されていることがわかる。以下、各ステージの目標や対応する発達段階、及び内容に着目しながら、1923 年報告書の特徴を整理する。

資料２５　幾何学教育における段階の変化

<table>
<tr><td>Circular711</td><td>1923 年報告書</td></tr>
<tr><td>第一段階</td><td>ステージ A</td></tr>
<tr><td>基礎概念の習得</td><td rowspan="3">実験幾何学</td></tr>
<tr><td>第二段階</td></tr>
<tr><td>基本命題</td></tr>
<tr><td>第三段階</td><td>ステージ B</td></tr>
<tr><td rowspan="4">命題の演繹的な証明</td><td>演繹幾何学</td></tr>
<tr><td>ステージ C</td></tr>
<tr><td>幾何学の体系化</td></tr>
</table>

出典：Board of Education, 'Teaching of Geometry and Graphic Algebra in Secondary School,' *Circular711*, 1909、及び、Mathematical Association, *The Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1923 より作成。

第１項　ステージ A「実験段階」

ステージ A は 12 歳半で終えることを目安に、「幾何学的な気付き(notice)と図形に出会う」[77]ことが目標として設定された。この時、内容は「大半が実験的であり、算数や地理学とつなげられる」[78]。特に「条件が整えば、練習問題は戸外で行われるべきである」[79]とされ、測地といったフィールドワークを取り入れることが提案された。

フィールドワークでは、与えられた点からの方向、縮尺、角と距離を利用した高さの測定、三角測量による位置や距離の決定、等高線のプロットなどを学習することが求められた。他方教室では、定規を用いた長さや、方眼を用いた面積について、量の測定を通じた学習や、直線や合同の概念を掴む学習が含まれる。このように言葉だけでなく、実際に道具を用いて、生活経験の中で数学を学ぶことが重視された[80]。*Circular711* 同様、抽象的な概念からではなく、身近な立体や平面といった具体的な経験から幾何学の学習が出発するカリキュラムとなっている。

問題例としては、ポオ（E. A. Poe）の小説である黄金虫（’The Gold-Bug’）から、次の宝探しをする場面が紹介された[81]。「よき眼鏡僧正の宿屋にて悪魔の座にて―41 度 13 分―北東微北―本幹第 7 の枝の東側―髑髏の左眼より射て―直線樹より弾を通して 50 フィート外方に」。このように暗号が解かれた地図を通じて、距離や方角、仰角、方向といった概念が登場し、幾何学について学ぶことが可能になる。こうした物語や現実場面に関連する問題が、1923 年報告書では生徒が取り組むべき問題として紹介された。生徒はこれらを通じて、「角」「平行線」「三角形の合同」といった幾何学における基礎的な概念を、命題と関連付けて学ぶことになる。以上の特徴からステージ A は「ボーイスカウト幾何学」[82]とも呼ばれた。

第２項　ステージ B「演繹的な段階」

ステージ B は、12 歳半から 15 歳の生徒を対象に、「定理と演習問題（rider）を証明すること、そして証明を書き出すことを学ぶ」[83]ことが目標として設定された。ステージ B では、立体幾何学とともに『原論』の第 V 巻を除く第 I 巻から第 VI 巻より選ばれた一部が内容とされ、ステージ B は実験的なステージ

A と論理的なステージ C をつなぐ、「全体の課程の最も重要な」[84]段階として位置付けられた。

ステージ B では、直観だけでなく、演繹的思考の学習が始まる。例えば、ピタゴラスの定理は、『原論』に示された演繹的な方法（資料３）の他、数多くの直観的な方法、すなわち、正方形を数えること（資料２２）、辺の測定、重さや面積の分割などの多様な方法を通じて、直観的に学習される。その後、ピタゴラスの定理を一般的に証明するために、論証を導入する。こうしてステージ B では、直観的な把握に基づいて、個別の命題の証明の方法が学ばれる [85]。

第 3 項　ステージ C「体系化の段階」

ステージ C では、16、17 歳の生徒が幾何学の「学習を完結するべく体系化する」[86]ことが目標とされた。ステージ B の「演繹」とステージ C の「体系化（systematising）」の違いは「『体系化』の段階では、幾何学的事実が関連付けられる方法に移行される。他方、『演繹』段階では、関心は幾何学的事実の発見である」[87]とされた。ステージ B で個々の幾何学的事実や命題を生徒自らが発見し、証明することが目指される一方で、ステージ C では、事実や命題間の関係を学ぶことが目指された。これを通じて、一見自明に思われる証明であっても、体系化を図る点で有意味なことを生徒は理解し、論理的思考を深化することになる。

しかしながら、生徒が体系化を行うには、教師は何らかの体系に基づく必要がある。けれども、『原論』に基づく体系は教育的側面から否定されている。では、どのような体系、すなわち、何を公準とし、どのような順番で幾何学的事実や命題を証明するのか。これは、ステージ C のみならず、中等学校の幾何学のカリキュラム全体を射程に含むため、第 4 項で論点として検討する。

第 4 項　命題の配列

まずは、1923 年報告書において『原論』の体系の何が問題とされたのかについて概要を列挙する [88]。

(a) 『原論』はあまりに冗長である点

(b) 定理の番号を覚える必要はなく、∠A＝∠B など意味が伝わる記号で示すことが学習に意義がある点
(c) 仮説的な作図の使用が現在認められている点
(d) 命題のグループが学習されるべき点
(e) 得られた結果を一般化するために、現在では様々な方法が試みられるべき点
(f) 『原論』では証明の結果のみが示され、その目的や理由、課題に対する分析がない点

(a)、(f)は『原論』の全体的な特徴、(b)、(c)、(e)は証明の形式に関する問題点である。カリキュラムに関する(d)に着目すると、『原論』では、証明のために内容上密接に関連する定理が切り離されていた。これを 1923 年報告書では「知識を章（円、面積、軌跡など)、節（合同の定理、円の角の性質、対称の性質)、段落（定理と逆、二等分線）として組織化するべき」[89]と、カリキュラムとして構造化することが示された。こうした構造の下で命題をグループとして教えることが「指導においては本質的である」[90]とされた。以上『原論』を体系とすることが教育上効果に乏しいこと、そして 1923 年報告書においてカリキュラムが持つべき構造が示された。

では 1923 年報告書では体系はどのように設定されるのか。ここでは、『原論』で採用されていた平行線の公準ではなく、より簡明に示したプレイフェアの公準、すなわち「任意の直線と（その線上にない）1 点があるとき、その点を通りもとの直線に平行な直線が 1 本だけ存在する」[91]という公準に基づくこと、あるいは、相似を公準として論証を出発することが示された。ここで、相似を公準とするとは、第 I 巻の命題 32「すべての三角形におい一辺が延長されるとき、外角は 2 つの内対角の和に等しく、三角形の 3 つの内角の和は 2 直角に等しい」[92]を公準として、相似図形を基礎として幾何学を体系化することを意味する。

公準を定めた上で、「基礎的な定理がそれぞれの場所に位置されたら、残りの様々な配列は好みの問題である」[93]とされた。公準を定め、基礎となる命題のグループを関連づけたら、他の命題については独立するため、教師が残りの

内容を自由に設定することができると考えられた。具体的には、「ステージ C においてピタゴラスの定理か、方べきの定理のどちらかが、古典的な方法あるいは、相似によって証明される。ステージ B において、相似の証明はシンプルなため、魅力的である」[94]と示されている。1923 年報告書に示されたカリキュラムに従えば、ステージ A において幾何学的な概念を直観的に理解したのち、ステージ B で演繹的に個々の命題を証明する練習を積む。

その上で、ステージ C において、平行を用いる古典的な方法（資料３）、あるいは、相似を用いた証明（資料２４）のいずれかを用いて、ピタゴラスの定理の証明を行うことが可能となる[95]。加えて、これらの具体的な指導は、教師が決定権を持つと同書で述べられた。

ここで、1923 年報告書では、相似を公準とすることが推奨されている点に注目したい。同書では、相似を公理とする相似を公準とすることの利点として次の 3 点が挙げられている[96]。第一に、平行線の公準と同値であることが明らかになっているため、相似を公準としたとしても数学的に厳密に扱うことができる点である。第二に、『原論』では平行の公準は、命題 29 になってようやく証明に利用されるのに対し、相似を公準とすると、合同の概念や、他の命題、課題と関連付けて教授しやすい点である。第三に、相似図形は、縮尺などの生活経験と関連付けやすく、直観的に学習しやすい点である。

以上の 3 点から、数学的にも、教授や学習という側面において利点があることから、委員会は相似を公準とすることを推奨していた。これにより、幾何学のためではなく、教育のために幾何学教育の体系を編成することが目指された。しかしながら、なぜ「改造運動」から 20 年以上も経てなお、幾何学教育のカリキュラムにおいて、『原論』の配列に従うことが論点となっていたのか。その背景には、本章第 1 節述べた中等学校試験の浸透がある。

幾何学で『原論』が共通の基準であった時代、『原論』の論理に従った証明だけが正答であった。しかしながら、1903 年以降、証明の方法や選択に余地が生じると、日々の授業での学習に従って証明を行うことになる。この時、論証そのものはできていたとしても、試験官にとってなじみのある『原論』に従った古典的な証明が、採点で有利になってしまう懸念がある。その結果、「教師の恐怖は、固定された配列への熱烈な支持を作りだす」[97]状態にあった。こうし

た事情から、単一の体系を切望する教師もいたのである。なぜなら、中等学校試験が導入されて以降、「学校は宣伝として試験での成功をかき集める傾向があった」からである[98]。

これに対し、1923 年報告書の委員会は「教師ではなく試験官が、試験の難しさを心配しなければならない」[99]ことを強調した。生徒の思考力を育成する幾何学教育を実現するためには、ハイ・ステイクスな中等学校試験の採点において、「試験官は、同じ命題の様々な証明に対して、同じ点数を与えなければならない」[100]と、教師の懸念を払拭する提案が行われた。委員会は、単一の体系に沿った幾何学教育を否定し、相似を公理とする論理体系の可能性を示すことによって、「改造運動」に逆行する潮流に対し、カリキュラムのレベルで抵抗を試みたと理解できる。

以上、1923 年報告書では「ある配列がすべての教師、すべての生徒に課されることが求められるとも、可能であるとも考えていない」[101]という結論が繰り返し示された。同報告書に示された幾何学とは、学習者の外部にある単一の幾何学の体系に従う教科ではなく、「空間の科学」[102]として、有用な幾何学的事実を直観的に把握し（ステージ A)、この知識を用いて帰納的、あるいは演繹的に個々の命題を論証し（ステージ B)、最終的にグループ毎に命題の関係を改めて学び、論理を体系化する（ステージ C）科目となった。

第 5 項　1923 年報告書をめぐる議論

1923 年報告書は、数学協会が初めて示した幾何学教育の方針であることもあり、ベストセラーとなった[103]。それに伴って、1924 年や 1925 年の数学協会の年次大会における議論や *Mathematical Gazette* 誌上でも、その是非をめぐって議論が巻き起こった。この議論において、平行の公準を改め、新たに相似を公準とする点や同報告書で示された証明方法に、特に批判が寄せられることとなった[104]。その点で、報告書は、具体的な教育実践について議論が交わされるというよりも、中等学校における幾何学の体系をとらえなおす契機として受け止められたといえる。

その背景には、ウィンチェスター校（Winchester College）の数学教師ドゥレル（Durell, C. V.）が指摘する通り、1923 年報告書において、2 つの目的が

混在していた点が指摘できる[105]。すなわち、第一に、新たなカリキュラムを編成という目的のために、相似を公準とする幾何学の論述に多くの部分が費やされたことである。第二に、*Circular711* に示された段階を再構成し、それぞれの段階に適切な学習を提案するという目的のために、教育実践に関して残りの部分が記述されたことである。

第一については、ドゥレルが指摘する通り、科学的事実の問題であり、専門家が議論すべき問題である。他方で、第二の幾何学教育の実践は教師が決定権を持つ問題であり、厳密さよりも学習者の直観を重視すべき場合がある[106]。この 2 つの目的が混在した結果、幾何学の基礎を問う論争へと発展し、教育実践に関する議論には課題が残される結果となった。確かに、1923 年報告書において、ステージ C が新たに設定されたものの、そこへ学習者を導く学習経験について具体的な記載がなかった点は限界として指摘できる。

それでも、カリキュラムや指導法に関する議論に着目すると、幾何教育改良協会で主導的な役割を果たしたラングレー（Langley, E. M.）は、相似の原則を平行の公準の代わりとする幾何学を打ち立てるには、報告書やシラバスだけではなく、教科書を執筆して具体的に示す必要があると助言を示した[107]。

他方で、1925 年の数学協会の年次大会に行われた議論では、1923 年報告書に示された数学教育論を否定し、10 歳の少年でも『原論』に示された定義を暗記し、第 I 巻の初期の命題に取り組むことができるとした意見も見られた。これに対し、数学者ハーディ（Hardy, G. H.）は『原論』の定義はそもそも科学的ではなく、20 世紀前半の数学研究の水準では既に厳密性を欠く方法であり、学ぶ意義がないと反論した。ハーディは数学研究の進展を踏まえて、1923 年報告書に示された数学教育論を高く評価した[108]。

以上、1923 年報告書に関する議論を検討した。同書では固定された体系ではなく、数学研究の成果を取り入れ、幾何学の基礎を問い直すことで、生徒の理解に即したカリキュラムが構想された。しかしながら、議論は幾何学の基礎を問い直す点に集中し、カリキュラムの有効性の検証や具体的な内容や配列に関する議論は持ち越された。

それでも、第一に、『原論』からの脱却が目指された *Circular711* から一歩進んで、幾何学教育において固定された体系という発想そのものの限界を示すこ

とに成功したという点は、1923 年報告書の成果である [109]。これによって、『原論』を教材として適切ではないとして単に否定するのではなく、選択可能な幾何学の論理体系の一つとしての意義を持たせることに成功した。

第二に、第一段階と第二段階がステージ A として整理され、ステージ B やステージ C において論理的思考を構造化した点も成果として挙げることができる。これによって、ステージ C において、命題の関連性を論証し、幾何学を体系化することによって、自明と思われる証明が持つ意義が理解できるようになった。同時に、これによって『原論』に示されていた、抽象的な証明が持つ論理としての価値を、幾何学への理解を深め、理解可能な発達段階に達した生徒が学習できるようになった。

小括

本章では、1910 年代から 1920 年代にかけて「改造運動」が遂げた展開を検討するべく、次のことを検討した。第 1 節において、1918 年教育法、及び労働党のトーニーによる『すべての者に中等教育を』に着目した。いずれも義務教育としての中等教育を企図するものであり、戦後の三類型別中等教育制度の契機となる議論を巻き起こした。しかしながら、第一次世界大戦及び、その後の経済危機が原因となり、1910 年代から 1920 年代前半にかけて、具体的な政策として中等教育の整備が進んだわけではなかった。

第 2 節において、数学協会が初めて全国的な数学教育の方針を示した 1919 年報告書を検討した。1919 年報告書の要点をまとめると、第一に、中等学校における数学教育の目的が示され、数学は「科学の道具」として位置づけられた。第二に、カリキュラムの原理を検討した結果、学習者が楽しいと感じられるような授業を契機に、数学の授業によって有用な知識と「数学的な見方」を身に付けることが目指されていた。第三に、試験制度に対して、中等学校の数学教師と生徒の発達段階を考慮した試験を作成することが要求された。

1919 年報告書には、数学の自然科学としての位置づけや、教養でも実学でもなく、帰納法といった「数学的な見方」を身に付けるという数学教育の目的において、第 5 章で検討したゴドフレーの数学教育論と多くの共通点があった。このことから、ペリーに始まり、*Circular711*、ゴドフレーへと引き継がれた「改

造運動」が、数学協会に浸透したと理解することができよう。

第 3 節において、幾何学における「改造運動」の展開を検討するべく 1923 年報告書に着目した。1923 年報告書において幾何学は「空間の科学」と位置づけられ、1919 年報告書同様、科学の一教科とする数学観の延長線上にあるといえる。他方で、1923 年報告書の特徴としては、第一に *Circular711* に示されたカリキュラムを修正し、論理的思考の構造化を試みた点、第二に、論理的思考を構造化した点が挙げられる。これによって、幾何学を通じて、空間に関する知識を深めると同時に、個々の命題の証明から、命題相互の関係の証明へと学習を進める過程で、論理的思考を学ぶカリキュラムが示された。

しかしながら、1923 年報告書は、数学者ら専門家の仕事である幾何学の体系を巡る議論と教師の仕事である実践を巡る議論が混在した結果、同書は幾何学自体を問い直す、学術的性格が強い文書として受け止められ、相似を基礎とする幾何学は批判にさらされた。指導の具体例、中等学校試験への対応は、議論を通じて深められることなく、課題として引き継がれたといえる。それでも、教育の側から、『原論』における論理体系を相対化し、新らたな体系に基づく平面幾何学と、その教育を提起した点は積極的に評価することができよう。

---

[1] Howson, A. G., *A History of Mathematics Education in England*, Cambridge, 1982, p.168。

[2] Incorporated Association of Assistant Master in Secondary Schools, *The Teaching of Mathematics*, Cambridge University Press, 1957, p.viii,。尚、同書の目的は 1919 年報告書において示された数学教育の原則が示されて以降、グラマー・スクールの数学科において生じた論点を総括することとされた。

[3] 1923 年報告書の再刷については、1963 年まで行われている。

[4] 見市雅俊「第 9 章　現代イギリスの明暗」村岡健次、川北稔編著『イギリス近代史［改訂版］　宗教改革から現代まで』ミネルヴァ書房、2003 年、pp.241。

[5] 太田和敬「大戦間イギリスの教育政策（Ⅱ）」『東京大学教育行政学研究室紀要』第 4 号、1983 年、p.19。なお、起案された時点では 15 歳であったものの、

14 歳に引き下げられた。また、12 歳までの児童については全面的雇用の禁止、14 歳までも、日曜は 2 時間以上、学校出席日は午前 6 時から午後 8 時までの間の在校時以外の時間を除いて雇用が禁止された。

[6] 藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1996 年、p.180。セントラル・スクールの中には、無選抜の学校も設立されるようになった。また、地方によってはシニア・スクールとも呼ばれた。

[7] 同上書、p.230。14 歳から 18 歳のパートタイムの昼間補習学校で、働きながら学ぶことが可能となった。尚、当面の間、上限は 16 歳とされ、320 時間についても 280 時間となった。(菅野芳彦「第 5 章　大英帝国の教育政策」梅根悟監修『世界教育史体系８　イギリス教育史（II）』講談社、1974 年、p.50)。尚、カリキュラムに関する法律ではないため、フィッシャー法には数学に関する記載はない。

[8] いわゆるゲッデスの斧（The Geddes' Axe）による緊縮財政の結果、フィッシャー法は棚上げされた。ここで、同時期の後期中等教育期から高等教育における技術教育を検討しておこう。1919 年から大学への国庫補助業務が大蔵省の下に設置された大学補助金委員会（University Grants Committee）に移管されたことで、額も大幅に増額され、配分方法も大学自治を尊重したものとなった。教育院からの大学並びに大学構成カレッジへの技術・専門職教育への補助金は廃止され、教育院の関与は大学以外の教育機関となり、当局の管轄が整理された。その結果、技術教育の文脈においては次のような進路が確立された。まず、基礎学校を卒業したのち、下級技術学校といった初等後教育によって一般教育や専門教育を受ける。その後、こうした学校を 16 歳ごろに離学した後、産業界に入り、働きながら技術学校の夜間定時制コースで学び、専門性を身に付ける。これにより、初等教育と技術学校の間に存在していた教育制度上の隙間が埋められ、専門的な知識を継続的に学び、職人や技術者を育成する制度がイギリスにおいても確立されていった（広瀬信『イギリス技術者養成史の研究――技術者生成期から第 2 次世界大戦まで――』風間書房、2010 年、pp.273-274, 287)。

[9] 藤井、前掲書、p.229。労働党助言委員としてほかに、ロンドン大学教育学教授で、後述の 1923 年報告書の執筆にも関わるナン（P. Nunn）らが参加した。

尚、トーニーは教育院試問委員会の委員として 1912 年から 1931 年まで務め、政府の教育政策立案にも関与した。藤井によると、同書は 1920 年に、労働党教育助言委員会によって 1918 年教育法の下での、初等後教育制度を批判し、中等教育改革の必要性を主張する中で生まれた（同上書、p.232）

[10] 同上書、p.235。尚、『すべての者に中等教育を』もカリキュラムについて言及しているわけではないため、数学に言及してある箇所はわずかであり、いずれも中等教育の条件として数学を含む一般教育が行われていることについて言及してある箇所においてのみ記述がある（Tawney, R. H., *Secondary Education for All：A Policy for Labour*, Education Advisory Committee of Labour Party, 1922)。

[11] 同上書、p.236。

[12] 同上書、p.237。

[13] 同上書、p.238。

[14] こうした変化は、教育政策にも表れていた。中等教育および、初等後教育、技術教育が普及するにつれ、中等教育の位置づけが揺らくようになっていた。そこで、1911 年に出版された'Report of the Consultative Committee on Examinations in Secondary Schools'において、中等教育とそれ以外の教育を区分するために、試験制度構想が示された（木村浩『イギリスの教育課程改革――その軌跡と課題――』東信堂、2006 年、p.149)。

[15] 木村浩によると、1800 年には「オックスフォード大学試験規則」が制定されるに伴い、筆記試験が学力の認定、及び学習到達を客観的に表示する方法として受け入れられるようになったとされる（木村、前掲書、p.145)。柳田雅明によると、1815 年の薬剤師資格が最初の資格であり、続いて、1818 年の「民間技術者協会（Institute of Civil Engineer)」による会員資格、1835 年の会計士資格と続くとされる（柳田雅明『イギリスにおける「資格制度」の研究』多賀出版、2004 年、p.47)。

[16] 荒木廣「ノーウッド報告と中等学校試験制度改革」『聖心女子大学論叢』58、1981 年、p.275。

[17] 木村、前掲書、p.151。

[18] ロンドン大学においては、ロンドン大学入学許可試験、ロンドン総合学校試験の二種類が、ケンブリッジ地方試験機構では、ケンブリッジ学校試験、オックスフォード代表地方試験では、オックスフォード学校試験、合同入学試験許可試験では、北部大学連合学校試験、オックスフォードおよびケンブリッジ学校試験委員会では、オックスフォードおよびケンブリッジ学校試験、中央ウェールズ教育委員会では学校資格試験が行われた。なお、スコットランドでは、スコットランド教育局が、卒業資格試験（Leaving Certificate Examination）を実施し、連合王国の全体では 7 つの地域で実施された。

[19] Crosland. L., *Revision Mathematics Being Examples and Exercises from School Certificate Papers*, Macmillan, 1945（reprinted, first print, 1934）。尚、グラマー・スクールの数学教師であったクロスランドは「なお実際の試験問題ではないものの、問題の選択は試験機構に対応した代表的な試験を作るためにいくつかの試験から選択されている」と述べている。そのため、引用した問題が出題された時期は不明ある。しかし、少なくとも 1945 年以前であり、1918 年から 1940 年代にかけて、どのような問題が出題されたのか、中等学校の数学科にどのような影響を及ぼしたのか、ということを読み取ることができよう。

[20] Ibid., p.221.ほかにも次のような問題が出題された。証明問題では「同じ弧にある 2 つの角は等しいということを、図を使うことなく一つの分によって与えよ。ABCD は、円の上に、順に並ぶ 4 つの点である。同じ弧にある角の性質から､角 ACD が三角形 ABD の 2 つの角の和に等しいことを演繹せよ｡そして、それゆえに、角 ADC と ABC が、円の中心を使うことなく、互いに補であることを示せ。もし、点 E が角 BDC に書く EDA が等しくなるように AC 上にある時、三角形 EDC や ADB は等しい角であることを証明せよ」。計算および作図の問題としては､「与えられた有限な直線の垂直二等分線上にある任意の点は、直線の両端から等しい距離にあることを証明せよ。AB および AC という 2 つの直線が互いに直角を成すように与えられたとする。AB は 2 インチであり、AC は 3 インチの長さである｡BA 上に作られる点 P を PC が 1 インチを超えるように作図する。ピタゴラスの定理を使うことによって、あるいは幾何学的な

作図を行うことのいずれかによって、点 P を見つけよ」。

[21] Ibid., p.222.

[22] Ibid., p.226.

[23] 尚、算数の試験では、「ある商人は 2 種類の紅茶を混ぜている。112 ポンドの重さあたり、一方は 14 ポンドの値段であり、もう一方は 10 ポンド 5 シリング 4 ペニーである。重さが 3：5 の時、重さ 1 ポンドあたり、2 シリング 4 ペニー売り上げた。コストに対して何％の利益があるか」という商業を問題場面とした、比と単位計算を求める計算問題などが出題された。他方で、代数学では、対数表などの道具の使用が許可され二次方程式や連立方程式、因数分解、指数、数列に関する計算問題が出題された。

[24] Ibid, p.v.

[25] Ibid.

[26] 'Report of the Mathematical Association Committee on the Teaching of Mathematics in Public and Secondary Schools', *Mathematical Gazette*, Vol.IX, No.143, 1919, p.394.同書の編集委員は、公表されていない。以下、'Report of Mathematical Association Committee'と記す。

[27] 冊子として出版されたものと、*Mathematical Gazette* 誌に公開されたものでは、前者では要約が最後に、後者では先に示されている点に違いがある。

[28] 'Report of Mathematical Association Committee', pp.393-394.

[29] この点については、数学史を利用して数学を教えるアドバイスとして、16 世紀に 3 次方程式の解の公式を発見したカルダノ（Cardano, G.）や同じくタルタリア（Tartaglia, N. F.）、天文学から航海術を生み出したケプラー（Kepler, J.）、微分積分学を発見したニュートンが挙げられている。「数学史を教えることで、数学に生命が宿ることを助ける」と 1919 年報告書では考えられた。

[30] 尚、⑦と⑩は第二版ではまとめから省かれている。⑩についての本文の記載は *Mathematical Gazette* 誌に掲載されたものを参照した。

[31] 'Report of Mathematical Association Committee', p.395.

[32] Ibid., p.411.

[33] Ibid., p.412.

[34] Ibid.

[35] Ibid.

[36] Ibid.

[37] Ibid., p.407.

[38] Ibid., p.412.

[39] Ibid., p.407.

[40] Ibid.

[41] Ibid., p.408.

[42] Ibid.

[43] Ibid.

[44] Ibid., p.407.

[45] Ibid., p.410.

[46] Ibid., p.411.

[47] Ibid.

[48] Ibid, pp.395-396.

[49] Ibid., p.398.

[50] Ibid., p.400.

[51] Ibid.

[52] Ibid., p.396.

[53] Ibid.

[54] Ibid., p.400.

[55] Ibid., p.400.

[56] Ibid., p.412.

[57] Ibid.

[58] Ibid.

[59] Ibid.

[60] Ibid.

[61] Ibid.

[62] Ibid.,

[63] Ibid.

[64] Ibid., p.413.

[65] Ibid.

[66] Mathematical Association, *The Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1923, p.2.

[67] Ibid., p.7.

[68] Ibid., p.8.

[69] Ibid., p.7.

[70] Ibid., pp.7-8.

[71] Ibid., p.15.

[72] Ibid., p.16.

[73] Ibid. なお、1923 年報告書の時点で、ステージ B においてもライダーを解くことが提案されていた。しかし、ライダーに関する詳しい説明や問題例は掲載されなかった。

[74] Ibid., p.16.

[75] Ibid.

[76] Ibid.

[77] Ibid., p.15.

[78] Ibid., p.16.

[79] Ibid., pp.16-17.

[80] Ibid., p.14.

[81] Ibid., p.17. ポオ（Poe, E. A.）著、丸谷才一訳「黄金虫」『ポオ全集　第 2 巻』東京創元社、1969 年、p.228。文中の仰角を示す 4 1 度は、後に 21 度に修正された。

[82] Mathematical Association, op. cit., p.18.

[83] Ibid.

[84] Ibid.

[85] Ibid.

[86] Ibid., p.16.

[87] Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, p.2.

[88] Mathematical Association, The Teaching of Geometry in Schools, pp.21-22.

[89] Ibid., p.21.なお、二等分線は、内接円と傍接円による二等分線である。

[90] Ibid.

[91] ムロディナウ（Mlodinow, L.）著、青木薫訳『ユークリッドの窓　平行線から町空間にいたる幾何学の物語』NHK 出版、2003 年、p.119。

[92] 中村幸四郎・寺沢秀孝・伊藤俊太郎・池田美恵訳・解説『ユークリッド原論 縮刷版』共立出版、2009 年、p.23。

[93] Mathematical Association , op. cit., p.21.

[94] Ibid., p.20.

[95] 実際のところ、『原論』にも相似を用いたピタゴラスの定理の証明は掲載されているとみなすことができる。『原論』第 VI 巻命題 31 である「直角三角形において直角に対する辺の上の図形は直角を挟む 2 辺の上の相似でかつ相似な位置に描かれた図形の和に等しい」は、辺上の図形が正方形でない場合のピタゴラスの定理を意味し、正方形でないという点で、第 I 巻の命題 47 よりも一般的な命題になっている。証明は巻末資料 7 に示した。編集委員会では命題 47 の証明よりも、相似を使った命題の方は理解が容易であると考えられていた（マオール（Maor, E.）著、伊理由美訳『ピタゴラスの定理―4000 年の歴史』岩波出版、2008 年、pp.56-59）。

[96] Mathematical Association, op., cit., pp.35-40.

[97] Mathematical Association, op., cit., pp.35-40. p.58.

[98] Roach, J., ‘Examinations and the Secondary Schools 1900 - 1945’, *History of Education,* Vol.8, Issue 1, 1979, p.48.

[99] Mathematical Association , op., cit., p.58.

[100] Ibid., p.59.

[101] Ibid., p.19.

[102] Ibid., p.36.

[103] Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, p.1.

[104] 'The Teaching of Geometry in Schools. Report of 1923', *Mathematical Gazette*, Vol.XII, No.170, 1924, pp.73-91.

[105] Durell, C. V., 'The Teaching of Geometry in Schools. A Report for the Mathematical Association,' *Mathematical Gazette,* vol.XII, no.173, 1924, pp.274-276.

[106] Ibid., p.274.

[107] 'The Teaching of Geometry in Schools. Report of 1923,' p.87.

[108] 'Note on the Discussion on Tangency and Limits, and on the Geometry Report in General,' *Mathematical Gazette*, Vol.XII, No.175, 1925, p.317.

[109] 尚、フジタは 1909 年の時点で『原論』からの脱却が行われた、と述べている。Fujita, T. 'The order of theorems in the teaching of Euclidean geometry', *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, Vol.33, 2001, p.201.

第 7 章　1944 年教育法までの数学教育論の展開

本章では、1920 年代後半から 1944 年教育法の成立までの数学教育の展開を検討する。この時代区分のイギリスは、第一次世界大戦及びその後の戦後不況から立ち直ったものの、1929 年には、大恐慌に直面し、「暗黒の 30 年代」を迎える区分である [1]。1920 年代のイギリスは伝統的基幹産業の慢性的輸出不振のために常時、10%前後の失業率を記録していた。1929 年の世界恐慌の時には、失業者は倍増し、250 万人を超えるなど、イギリスは経済的な打撃を受けていた。その結果、1910 年代には維持していた自由貿易政策を維持することができなくなった。失業率が 62%に達した 1932 年には「ブリティシュ・コモンウェルス」を打ち上げることによって、大英帝国のブロック経済化を図った。

しかしながら、1930 年代半ばになると、自動車、電力・電機、レーヨン、化学などの「新産業」の急成長に伴い、イギリスの景気は持ち直した。これらは 19 世紀末の「第二次産業革命」の中で確立された産業であり、イギリスはこの分野では、米独に完全に後れを取っていた。この遅れを取り戻す契機となったのも第一次世界大戦であった。軍事目的のための技術開発、さらに保護関税の設定によって新産業は大きく成長し、科学教育も普及した。

イギリス国内の経済が持ち直した一方で、ヨーロッパではヒトラー（Hitler, A.）率いるナチス党が台頭するようになっていた。イギリスはナチスドイツに対して融和政策をとり、戦争の回避の道を模索していたものの、1939 年には第二次世界大戦が勃発し、イギリスは再び戦火に巻き込まれた。

こうした激動の時代において、イギリスの中等教育、そこでの数学教育はどのように転換したのか。本章では「改造運動」の展開を読み解くべく、1923 年報告書における「教科内容や教育方法を詳細に説明すること」[2]を目的に編集された *A Second Report on the Teaching of Geometry in School* を史料として、1930 年代の数学教育の展開を検討する。

1930 年代を検討することで、第一にハウスンが先行研究で指摘する通り、1920 年代がピークとなり、その後「氷河期」を迎えたのか否かが確認される。第二に、もしそうである場合、「改造運動」がどのように収束したのかが明らかになるだろう。

そこで、第 1 節において、1920 年代後半から 1944 年教育法の成立までの数

学教育を読み解く前提として、中等教育の展開を整理する。1944 年教育法を契機に、イギリスでは中等教育の普通教育化と、11 歳試験の結果に応じてモダン・スクール（modern school)、テクニカル・スクール（technical school)、グラマー・スクールという三種類の中等学校へと進学する三類型別中等教育制度が確立された。この根拠となった資料が、1941 年に教育院の諮問委員会によるノーウッド報告書である [3]。

この報告書に至る過程を検討すべく、モダン・スクールの成立の契機となったハドウ報告書に着目する [4]。続いて、テクニカル・スクールに関する報告を行ったスペンス報告書を検討し、これまでの初等後教育の議論の展開を整理する [5]。以上を見た上で、三類型別中等教育制度のカリキュラムをめぐる議論を深めてノーウッド報告書を検討し、初等後教育を包摂するようになった中等教育がいかに構想されたのかを描く。

加えて、各報告書では教育制度のみならず、数学科についても言及されている。これらにおいてどのように中等学校の数学科がとらえられてきたかをまとめることで、数学協会のような専門職団体での議論が、他の教科も含む中等教育の在り方をめぐる全体的な議論において、どのように活用されたのかを検討することができよう。

第 2 節では、中等教育が拡大され、普通教育として制度化が構想される中で、数学科が遂げた具体的な展開を描く。幾何学に焦点を当て、1939 年報告書を検討する。これによって、第 6 章にて論じた 1923 年報告書での議論から幾何学教育をめぐる議論が遂げた展開を描く。最後に、第 3 節では、1939 年報告書において示されたカリキュラム及び授業を、20 世紀以降の数学教育の展開として改めて整理し、「改造運動」全体の総括を試みる。

第 1 節　1920 年代後半から 1944 年までの中等教育政策の展開

まずは、中等教育政策の展開をみていこう。第一の変化は、第 6 章において検討した 1920 年代の前半からも引き続き、中等教育や初等後教育に参入する人口が増加した点である。藤井泰によると、公立中等学校が普及するにつれて、学校数と生徒数のいずれも急増した [6]。すなわち、1905 年の時点では 500 を下回る中等学校に、約 8 万人の生徒が在籍していた。これが、1920 年の時点で

は、約 1200 校にまで増大し、約 32 万人の生徒が在籍するようになった。さらに、1929 年の時点では、約 1500 校まで増大し、40 万人が在籍するようになっていた。

多様な出自や学力の子どもが中等学校に進学するようになり、中等教育はパブリック・スクールの牙城ではなくなりつつあった。新興の公立のグラマー・スクールは科学教育を重視するという方針を打ち出すことによって既存の中等学校と差別化を図った。これによって、ケンブリッジ大学などの上級学校への進学者を増大させていき、中等学校としての地位を確立した [7]。

第二の変化は、下級技術学校やセントラル・スクールといった初等後教育機関も、産業界などからの需要の高まりを受け、中等学校に昇格させる議論が生じた点である。第 6 章での中等教育の義務教育化の議論を契機としながら、初等後教育の拡大は戦後の三類型別中等教育制度へと発展していく。これらの学校ではどのようなカリキュラムが採用されたのか。また、その中で数学科はどのように位置づけられたのだろうか。

第三の変化として、すでに第 6 章で検討した中等学校試験が普及した点が指摘できる。そもそも中等学校試験は「カリキュラムをコントロールするよりは、カリキュラムに従う体系」として計画されていた。しかし、「結果は完全に反対となった」のであり、試験によってカリキュラムが規定されるようになった [8]。加えて、「試験のシラバスを満たすために、教師の見通しや教材選択に影響を与えるような種々の教科書が生み出された」[9]ため、授業レベルで試験対策が取られるようになっていた。

以上に挙げた 3 点の変化が具体的にどのような政策として実現されたのかを史料に即して検討するべく、教育院の諮問委員会によって提出されたハドウ報告書（1926 年）、スペンス報告書（1938 年）、ノーウッド報告書（1941 年）の 3 つの報告書に着目する。これらの報告書に関して、報告書の方針、カリキュラム、そしてそこでの数学科の位置づけに焦点を当て、中等教育政策の展開を見ていく。

第 1 項　ハドウ報告書におけるモダン・スクール構想

ハドウ報告書は 1926 年の『青年期の教育（Education of the Adolescent)』

に代表される、シェフィールド大学の副総長であったハドウ（Hadow, W. H.）を委員長とした教育院の諮問委員会による一連の報告書を意味する。1926 年の報告書に向けた会議では、「90％以上に及ぶ伝統的な中等学校に進学しない青少年が受ける教育の組織と内容について審議することになった」[10]。すなわち、藤井によると、屋上屋を架すように拡大されてきた初等後教育を整理するために、従来の基礎学校と中等学校における複線型教育制度を廃し、11 歳を境として初等段階と中等段階に区分される単一の連続的教育制度を採用する構想が示された [11]。

ここで 11 歳以降の教育が青年期の教育、すなわち中等教育と規定され、年齢によって学校階梯を区分する教育制度構想が示された。ここで、従来の中等学校の規定であった、古典人文学に基づく「教養」をカリキュラムの中心に据えているか、という教育内容ではなく、学習者の年齢が中等学校の規定とされた点に、ハドウ報告書の新しさがある。

では、従来のグラマー・スクールはどのような中等学校として位置づけられたのか。グラマー・スクールは、卒業後に専門職ないし、大学進学を目指す優秀な初等学校修了者のニーズに応じる学校と明記された [12]。他方で、初等後教育とされてきたセントラル・スクールはモダン・スクールという中等学校の一種に位置づけられた [13]。

モダン・スクールにおいては、最初の 2 年間でグラマー・スクールと同程度の一般教育が行われ、その後、職業的ではないものの、実用的かつ現実的な教育を行うという方針が示された。加えて、中等学校試験に対応する試験を設けることで、中等学校としての卒業資格を確立することを射程に入れた議論が行われた。このように学習者の能力や進路に応じて学校種が区分される方針が示された。

モダン・スクールのカリキュラム編成に関しては、「宗教教育」「体育」（ゲームやダンスなどを含む）、「言語」（文学、読み書き、外国語を含む）、「地理」（自然科学と関連付ける）、「数学」（数と空間の初歩的学習を含む）、「初等科学」、「工芸」（絵画、美術や実習教科を含む）、「音楽」といった領域が提案された [14]。このうち数学について、従来のセントラル・スクールでは、税金の計算など、卑俗な内容ばかりが教えられてきた点を批判した上で、科学の基礎となるよう

な数学へとシフトする方針が示された。

その結果、数学科は一貫した体系を持った教科として、そして、科学や産業、そして社会発展に生かすための道具として位置づけられた [15]。ここで示された数学観は、第 6 章で検討した 1919 年報告書、及び 1923 年報告書と共通している。

さらに数学科について具体的に見ると、モダン・スクールおいて、複雑な分数、循環小数、最大公約数・最小公倍数、立方根といった内容は省かれるべきであるという方針が示された。そのかわり、測定や幾何学、代数学、三角法を学ぶべく、幾何学的作図、屋内外での実験といった方法を用いて、各科目を相互に関連付けながら学ぶカリキュラムが提案された [16]。省かれた内容、加えられた内容を比較すると、学習者が測定や作図、実験といった活動を行い、直観を生かして、現実世界への認識を、数理を通じて深める学習が企図されているといえる。こうした授業を通じて、数学的な法則や過程が問題解決において有用であることを、生徒が感じることが目指された。

藤井によると、こうしたハドウ報告書に示された教育制度は、1922 年に中等教育政策を提言した労働党や教育界から好意的に受け止められつつも、そのまま実現されたわけではなかった [17]。とりわけ、モダン・スクールに関して修正が行われ、中等学校ではなく、シニア・スクールないし、併設の高等科を設置する措置が取られた。ハドウ報告書の時点では、初等後教育はグラマー・スクールといった中等学校と同等の教育とはみなされなかった [18]。しかしながら、ここでの議論は、ノーウッド報告書における三類型別中等教育制度の契機となった。

第 2 項　スペンス報告書におけるテクニカル・スクール構想

セントラル・スクールに続いて、技術学校の位置づけが議論されるようになった。この議論をまとめたのが、ハドウ報告書の方針を継承・発展させたスペンス報告書であった [19]。スペンス委員会の諮問事項は、「基礎学校令によって管理される学校以外で、11 歳以上の生徒のための教育を提供している学校の組織と相互関係を考察し報告すること。特に、16 歳を超えて在学しない生徒の教育の枠組みと、内容に配慮を行うこと」[20]であった。

報告書において、特に技術学校を中等学校であるテクニカル・ハイスクールへと昇格させる点が争点となったと藤井は述べている[21]。テクニカル・ハイスクールにおいては科学と応用科学を中核とする一般教育を提供することが目的とされ、一般教育を行いつつも、グラマー・スクールよりも専門性の高い中等学校として位置づけられた。教科目は、英語、歴史、地理、数学、科学、工学製図、作業場での手工実習、体育、そして芸術であるとされた[22]。

技術学校の中等学校への昇格が議論された結果、「11 歳を入学年齢とする中等学校は、『中等学校』を前身とするグラマー・スクール、セントラル・スクール（シニア・スクールを含む）を前身とするモダン・スクール、技術学校を前身とするテクニカル・スクールの三類型で編成される」[23]という戦後の三類型別中等教育校制度の原案が示された。

スペンス報告書において数学に関しては、「生徒に数学を導入する正しい方法は、算数・代数・幾何・三角法などと別々の分科として指導するのではなく、数学的な観念を理解することを発展させるために選ばれる科学として数学を扱うことである」[24]と方針が示された点に注目したい。すなわち、中等学校の数学科において、算術・代数・幾何をそれぞれ別々に教えるという分科主義が公的に見直されると同時に、数学が科学の一教科とみなされたのである。

かつて、ペリーが「改造運動」において批判していたように、分科主義が採用されていたがゆえに、科目内の論理的整合性が重視され、学習者の理解は二の次とされていた。また、実験や観察といった学習者の直観に働きかける方法は、論理的には飛躍を含むため、数学の授業において敬遠されていたことを、第一章で確認した。スペンス報告書において、一つの教科としての数学が提案され、科目を相互に関連付けた指導が公的に議論されるようになった。

その結果、「多くの時間を後年になってもほとんど使わないような道具を自在に操ることに時間を費やすことにほとんど利益はない」[25]と、従来の数学教育が見直された。かつてのように科目内の論理的整合性のために、学習者が学ぶ意義を感じにくい、直観的には自明と思われる証明を学ぶのではなく、学習者が卒業後も利用できるような有用な内容に、時間をかけて学ぶ必要性が示された。このようにスペンス報告書において、工学や産業において数学をいかに活用するのか、という点が議論されたといえる。

加えて、附録において、一般教育における転移の可能性について、心理学者ハムレー（Hamley, H. R.）によって心理学研究の総括が掲載された[26]。この中で、心理学研究によって、伝統的な教育に期待された思考力一般の陶冶に疑問が呈されていることが示された。例えば、一般的に応用可能な論理的な推論の力を伸ばすと期待された幾何学では､「幾何学から発展した論理的繋がりは幾何学的な内容にしか関連しない」のであり、転移を期待するのであれば､「幾何学的でない状況にも自由に、理解しやすく、利用できるように作られなければならない」という研究結果が紹介された[27]。すなわち、学習内容を意図的に応用する課題を出すといった相応の指導がなければ転移は生じにくいことが示された。このように「改造運動」以前に期待された､『原論』を学べば論理的思考力が身に付き、他の場面でも応用ができるという数学観は、心理学研究の展開によって根拠を失うこととなったといえる。

第 3 項　ノーウッド報告書における三類型別中等教育制度構想

次に、戦後の教育を決定的に方向づけたノーウッド報告書（1943 年）を検討する。この報告書での諮問事項は､「中等学校のカリキュラムにおいて示唆されている変化及びそれに関連して学校試験の問題を考察すること」[28]と示されている通り、ノーウッド報告書は中等学校のカリキュラムと各教科に関して踏み込んだ報告を行っている。これに関連して､1917 年に開始されて以降普及した､中等学校試験について、国家によって設立された委員会による公的な報告が行われている。この報告書を検討することによって､1940 年代までのイギリスの中等教育の総括を行うことができよう。

さて、ノーウッド報告書において、中等教育の「カリキュラムは生徒の必要に応じたものであるべき」[29]という基本方針が示された。このことは、初等教育段階では、すべての者が身に付けるべき共通の教育内容が必要とされるのに対して、中等教育段階では、興味や適性に応じた種類の教育が提供されるという中等教育の役割が明記されたことを意味する。こうした目的のために、興味や適性に応じて次の 3 つのグループに生徒を分けて、中等教育を行うことが提案された[30]。

第一に、グラマー・スクール型である。ここには､「学問それ自体に関心を

持つ者、論旨を把握でき論理的思考ができる者、因果関係に関心を持つ者」が含まれる。第二に、テクニカル・スクール型である。ここには、応用科学や応用工芸の分野に関心を持ち、際立った能力を示す者」が含まれる。第三に、モダン・スクール型である。ここには「観念的なことよりも具体的な事物を扱うことが得意であり、実践的な事柄への関心が強いもの」が含まれた。子どもを生得的能力に基づいて 3 つに分類して、11 歳児のテスト（イレブンプラス）によって、能力に応じて進学するという中等教育の構想が示された。このように、ノーウッド報告書は、ハドウ報告書、スペンス報告書での議論を踏まえて、資料２６に示した第二次世界大戦後のイギリスの中等教育における三類型別中等育制度の契機となったのである。

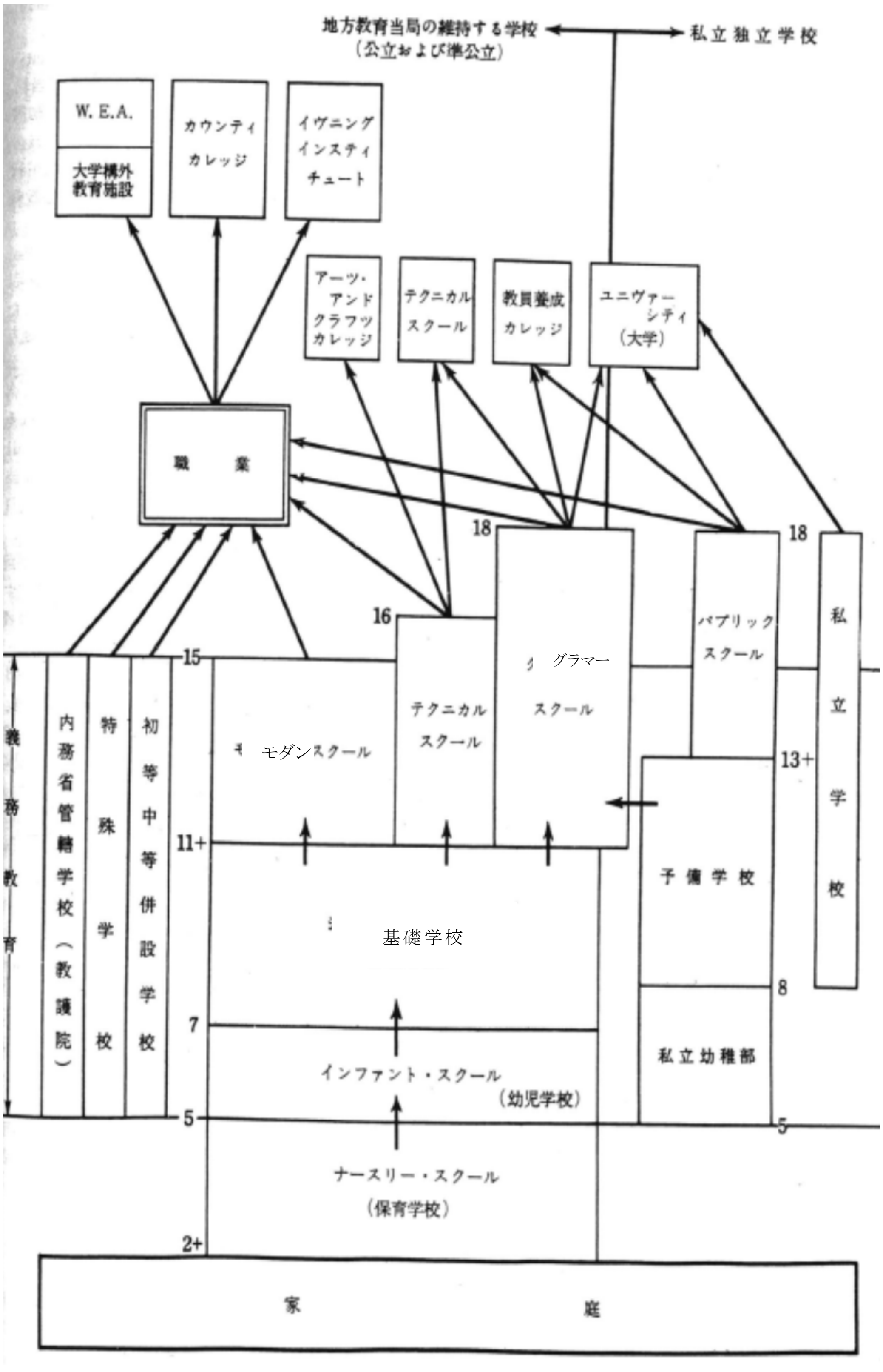
では、ノーウッド報告書では数学はどのように位置づけられたのか。「中等学校試験で、受験者全体の 90%が受験する数学は、英語とフランス語に次いで 3 番目に多くの受験者を抱えている」[31]科目であった。このことは、1930 年代になると中等学校において、ほぼすべての生徒が数学を学習していたことを意味する。

このように数学が普及した背景として次の 3 点が指摘されている。第一に、第一章で述べた通り、19 世紀後半から確立された伝統的な教科である点である。第二に、中等学校試験や大学入学試験をはじめ、外部試験での出題が浸透していた点である。第三に、「キャリアや実用性に関する実際的な検討」[32]、すなわち将来に役立つと考えられていた点である。

この 3 つの立場から確立された数学は、「他の伝統的な教科と違って、目的と方法が、しばしば再検討されてきた教科」と位置づけられ、幾何学教育改良運動や「改造運動」をはじめとする教育改革の影響を受けてきたことが指摘されている。その結果、「30 年前の理論と実践と比較して、数学に向けられた批判のいくつかは解消された」点に教科としての特徴があると指摘された [33]。

ここで解消された批判とは具体的には何を意味するのか [34]。第一に「数学の様々な分野は融合し、死んだ内容は取り除かれた」点である。すなわち、第一項で見たように、ハドウ報告書において、すでに述べられた分科主義の克服が確認されている。第二に、「カリキュラムは単一のものとなり、発展的な生徒のためだけに、数年前には用意されていた内容が含まれるようになった」点であ

資料２６　学校階梯図



出典：下中弥三郎編『教育学事典　第６巻』平凡社、1956 年、p.127 より、一部修正。

る。ここには、三角法や力学への応用、微分積分学の基礎が含まれる。第三に「厳密で論理的な証明は、簡明な方法や、数学的な原則とそれらの実践的な応用に置き換えられた」点である。すなわち、学習者にとって過度に厳密で論理的な証明を中心とした学習から、内容の理解に重点を置き、実験や観察等において数学を生かす学習へとシフトした点が言及されている。

ノーウッド報告書のように数学教育だけに焦点を当てていない報告書においても、「改造運動」の展開に伴うカリキュラム授業の改革が以上のように評価された。このことを踏まえるならば、1940 年代の前半において、中等教育の中で「改造運動」に沿った数学教育の成果が浸透していたと考えることができよう。

さて、上述の位置づけと特徴を持つ数学科は、ノーウッド報告書において、次の方針の下で指導されることが示された[35]。第一に「数学やほかの教科に関する適性（aptitude）を見つけること」、第二に「生活に生かすために必要な数学の基礎を確立すること」、第三に「数学的な適性を持つ生徒と将来の仕事に数学が必要な生徒への機会の充実」、第四に「能力や関心を欠く生徒を対象とした遅いコース」、第五に「数学的な能力があっても、他の教科に能力や関心を示す生徒を対象とした機会の充実」である。

第一と第二において、学習者の能力に関わらず、自分の適性や生活への応用のために数学を学ぶ必要があることが示されている。こうした共通に必要な数学が指導され、学習者の適性や能力に関する見通しを持った上で、第三から第五にかけて、子どもの適性や関心に応じて異なるカリキュラムで指導する方針が示されている。適性や進路に応じて学習者を異なった学校へと進学させる三類型別中等教育制度と合致した指導が構想されている。

さて、共通に指導される数学と適正や関心に応じた数学が区別される具体的な時期と違いはどこにあるのか。ノーウッド報告書において、グラマー・スクールを軸として、次のように、①の共通の内容と②、③の適性や能力に応じた内容との 3 つの概要が提案されている[36]。

①グラマー・スクールの初年次から 3 年次にかけて、すべての生徒に数学を履修させる。この 3 年間は、能力の有無を確かめる上で最少

の期間であるとともに、数学に対する好みが左右される重要な期間である。この 3 年間で、第一に、数学を生活に利用する上で必要な知識や原則を理解すること、第二に、複数の教師による指導を経験した後、得意・不得意を見極めるための機会を得ること、が目指される [37]。

②次の 2 年間では、将来の仕事に数学が必要であるか否かを判断するようなカリキュラムの下で指導する。高いレベルに進む生徒も出てくるだろう。具体的な数値を伴った例によって、算術、代数、グラフ、幾何学、三角法が相互に関連付けられながら指導される。このうち幾何学は、命題の厳密な証明ではなく、インフォーマルな説明や代数や三角法を用いた方法で指導される。この時、立体幾何学や三次元については、導入から繰り返し言及する。基礎的な原則を用いる力を育成する。算数、代数、幾何における時代遅れな内容はさらに削減する。

学校が自由に定めることができる選択数学は、数値を伴った幾何学や代数、三角法、力学を含み、微分積分へと至る内容から構成される。力学が物理学のカリキュラムに含まれない学校であれば、数学で力学を扱う。例えば球面の幾何学を扱う場合、地球上の球体としては飛行機旅行などの内容が、天体の球体としては天文学や航海術と関連付けた指導が考えられる [38]。

③最初の 3 年間で、数学に能力や関心を示さない生徒に対しては、内容も配当時間も減らしたカリキュラムを提案する。ここでは応用と実証を重視し、初等的な三角法や実験的なワークを用いた力学、算数の問題を代数として指導する例を含む。幾何学は測定や三角法として指導され、厳密な証明は行わない。

すなわち、中等学校の数学科において①に示したように最初の三年間で現実に生かせる数学を学び、能力や関心の有無を確認する。その後、②においては、

適性や能力がある、あるいは技術者のように将来数学を生かす生徒に対しては、科目別の指導ではなく、相互に関連付けた指導が行われること、幾何学であれば平面幾何学だけでなく立体や三次元で指導されることが示されている。

また、より高いレベルの数学である選択数学では、微分積分の基礎や、力学や飛行機旅行、天文学、航海術を数学的に読み解く内容が指導される。他方で、③に示された数学に能力や関心を示さない生徒に対し、時間も内容も減らしつつも、数学を生かす経験を積む指導が行われるカリキュラムが示されている。

このようにノーウッド報告書では、11 歳試験による選抜に基づいて、グラマー・スクール、テクニカル・スクール、モダン・スクールという、能力や進路に応じた中等学校制度が提案された。加えて、例えば数学において、既存のグラマー・スクールにおいて、適正や能力、進路に応じて生徒を 2 つに分け、対応するカリキュラム及び指導を行う、という方針が示された。すなわち、グラマー・スクールにおいて数学を得意とする生徒やテクニカル・スクールの生徒は、②に示したカリキュラムで学び、グラマー・スクールにおいて数学を苦手とする生徒やモダン・スクールの生徒は、③に示したカリキュラムで学ぶことを意味する。このノーウッド報告書の理念は 1944 年教育法へと継承され、「年齢、能力、適性」を原則とする、戦後の三類型別中等教育制度へと展開したのである [39]。

最後に、1944 年に出されたジェフリー報告書の数学教育に関する部分に着目したい [40]。ここで、初等数学を算術・代数・幾何、そして三角法などの科目別に指導するのではなく、全体として一つの教科として統合して指導するカリキュラムが初めて公的な文書として示された [41]。スペンス報告において示された理念を継承しながら、数学科を「数」「測定」「公式と方程式」「グラフと変動、関数」「二次元の図形」「三次元の図形」「実践的な応用」という領域に分け、現実生活と生徒の経験と緊密に結び付けながら指導するという方向性が示された。

このうち、「二次元の図形」、すなわち平面図形においては、ピタゴラスの定理と三角法を関連付けた指導が示された。ここでは、直角三角形 ABC があり、それぞれの頂点の対辺を a, b, c とするとき、$\sin^2 A + \cos^2 A = 1$ と余弦定理である $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos A$ に対し、ピタゴラスの定理は角 A が直角($\cos A=0$)である場合の特別な例として指導する例が示された [42]。この例からも、相互に関連

づけられることによって、様々な定理への理解が深まることが推察される。他方で、抽象的な論証を行うフォーマルな幾何学や、算術や代数における複雑な計算を大幅に削減された [43]。

加えて、こうした数学科のために、中等学校試験においても「試験用紙は、『混ぜられる（mixed)』べきである。すなわち、数学の試験問題があるべきであり、代数や算数といった一つの科目であるべきではない」[44]とされた。さらに、「これらの試験問題において、解法に関しては完全に自由が認められるべきである」[45]とされたため、計算のための数表や道具の使用についても、拡大される必要性が指摘された [46]。このことから、試験においても分科主義が改められ、幾何学の問題で代数学や三角法の知識を生かした証明を行うといった解答も可能となった。学習者が数学を一体のものとしてとらえる指導がジェフリー報告書によって現実味を帯びていった。

以上、中等教育政策の展開を、数学科に焦点を当てながらみてきた。ハドウ報告書はモダン・スクールが、スペンス報告書ではテクニカル・スクールが、そしてノーウッド報告書では、これらの報告書を継承して、第二次世界大戦後の三類型別中等教育制度におけるカリキュラムが構想された。

これら一連の報告において、数学科は、第一に、適性や能力、進路に応じたカリキュラムの下で指導すること、第二に、数学科を別々の科目から成る教科としてではなく、科目を融合させ、一体となった教科としてカリキュラムを立て、指導をすること、という 2 つの方針が示されたと整理することができる。

では、科目の融合に向けた議論が進む中で、幾何学をはじめとする個々の科目はどのような展開を遂げたのか。次節では幾何学に焦点を当てて、1923 年報告書以降、中等学校の数学科において生じた展開を整理し、「改造運動」の総括を試みよう。

第 2 節　1939 年報告書に示された幾何学教育論

1939 年、数学協会は第 6 章で記述したように 1923 年報告書の続編となる *A Second Report on the Teaching of Geometry in School* を出版した [47]。1939 年報告書の委員には教育院で中等学校の視学官長を務め、*Cricular711* を匿名

で執筆したフレッチャーや、イートン校やウィンチェスター校など名門パブリック・スクールの数学教師が参加した。

1939 年報告書は、1923 年報告書における「教科内容や教育方法を詳細に説明すること」[48]を目的に編集された。主な変更点は、ステージ C が修正された点である[49]。このことは、資料２７が示す 190 頁から構成される同書の章立てにも表れている。資料２７をみると、第 I 章で 1923 年報告書以降の総括が行われた後、第 II、III 章ではステージ A が、第 IV-VII 章でステージ B が、そして、第 VIII、IX 章でステージ C が扱われ、詳細に解説されていると考えらえる。このように、1939 年報告書では、1923 年報告書における、具体的な教科内容や指導を補うとともに、カリキュラムの部分修正が目的とされた。

ここで注意すべき点として、1939 年報告書において、『原論』型の幾何学教育は「幾何学的事実を学ぶ自然な方法ではない」[50]と改めて否定されている点である。1939 年報告書では、幾何学を学んだゴールとしての生徒の姿、すなわち、幾何学を通じて「あまり証明を学習しない一方で、多くのことを知っている」[51]状態になることが目標として示された。このように、論証よりも幾何学の理解自体が重視されていることが明示された。では、同書ではカリキュラムや授業はどのように構想されたのか。

資料２７　1939 年報告書[52]

目次

出典：Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, pp.v-vi を訳出。

第１項　ステージＡ

①全体像

1939 年報告書では、引き続き三段階のカリキュラムが提案された。ステージＡは、1923 年報告書と同様、フィールドワーク等を通じて、直観的に幾何学的事実を把握する段階とされた。そのため幾何学は「原則として立体図形の分析に基づくべき」[53]科目、すなわち、「空間の科学」としての性格が強調された。しかしながら、空間図形は「二次元の作図において三次元の事実を表さなければならない」と同時に、「三次元を表すために二次元の作図を解釈しなければならない」ため、立体を基礎とすると新たな問題が生じる[54]。こうした問題に取り組むべく、1939 年報告書では幾何学課程の全体を通じて作図と発問によって、授業を展開する提案がなされた点に、本研究では着目する。

第一に、1939 年報告書は、「改造運動」の前後から幾何学において「論理」と「直観」の「あまりに一方が無視されてきた」[55]と述べ、「改造運動」において指摘された学習者の思考をめぐる論争を整理した。そこで、作図を直観に働きかけると同時に、論理的思考の基礎となる活動ととらえ、作図を授業の要とした。これによって、幾何学の学習において対立的にとらえられてきた、直観的な把握と論理的思考の対立の止揚を試みたのである。そのため、「幾何学の時間のうち、3 分の 1 は、作図に与えられる」[56]とされ、十分な時間を作図に費やすことが具体的に提案された。

第二に発問に対しては、1939 年報告書では、授業そのものが「教え込むのではなく、問いによって行われなければならない」[57]と再定義された。授業中、「教師は本質に注意が向く問いをすべき」であると同時に、学習者は自力で「問いを読み、フリーハンドのスケッチで意味をつかみ、作図に至る」[58]というプロセスを経る。このように、1939 年報告書では講義や説明ではなく、問題解決を中心に据えた授業展開が提案された。

②合同の指導例

ここで、次に示す単元「合同」を例に、作図と発問による授業の具体に迫ろう。まず、教師は学級の実態に応じて、黒板で学習者に提示する図形を、辺の長さや角の大きさに量を伴わない一般的な図形か、あるいは、量を伴った具体

的な図形かのいずれかを選択し、授業計画を構想する。1939 年報告書において、一般的な図形による効率的な展開が認められつつも、幾何学を得意としない多数の学習者に照準を合わせ、資料２８に示した具体的な問題が提案された [59]。

資料２８では、「どこを測定すればよいか」という問いを通じて、測定や、学級で木の代わりに生徒を立たせる、角度は、3 つのピンと机を使うことで測定するなどの活動を通じて合同な三角形の概念を学ぶ。問題を見ると、資料下部の図 a と図 b においても、いずれも点 W は柳、点 B はブナ、点 O はオークを示している。図 a では辺 WB 上に湖があるため、生徒は BO や OW を測定することに気付き、角 O の測定を考えるように誘導されている。また、この場面において、角 B が与えられた場合を生徒が考える、あるいは教師が考えさせる重要性が示された。なぜなら角 B が与えられたとき、三角形が二通りになる場合があることを発見できるからである。こうした具体的な問題を通じて、2 つの辺に挟まれるという概念を学び、三角形の合同条件が導入される。

こうして導入した後、1939 年報告書では、幾何学の言葉を用い、正確に表現することを学ぶ。すなわち、「三角形は、二辺とそれに挟まれた角が与えられたとき、形も大きさも定まる」ということを学ぶのである。その後、「ある辺が 3 インチ、他の辺が 2 インチ、そしてある角が 30° の三角形がある。異なった形の三角形をいくつ描くことができるか」という問題をフリーハンドのスケッチなどを通じて時、納得させるという授業案が示された。これにより、合同条件のうち、2 辺とその間の角を理解する。さらに、図 b のように湖を川がある場面に変更することで、一辺とその両端の角の場合へと展開する案が示された [60]。

以上、1939 年報告書に提案された合同の導入場面の授業を検討した。ステージ A において発問と作図が重視されている通り、資料２８においても、平面図を書くという具体的な場面に対し、「どこを測定すればよいか」という問いから出発し、作図や測定によって生徒は考える。その後、「角 B が与えられた場合はどうか」、二辺と一つの角が与えられた場合、三角形は何通りかけるか、「湖が川になった場合はどうか」といった、生徒の発見や教師の発問によって授業が展開されていることが確認された。

他方、単元「合同」については、次のような指導上のヒントが示された [61]。第一に、AB=CD など図に辺の関係などを記入すること、第二に、証明をする

資料２８　単元「合同」の導入問題 [62]

自分の土地に、ブナと柳、オークの３本の木がある。それの位置関係を示す平面図を書きたい。私の計器よりも幅がある湖が土地にはあり、ブナと柳の間を横切っている。平面図を書くために、どこを測定すればよいか考えよ。（ボートやひもを使ったごまかしは認めない）

図 a　二辺とその間の角

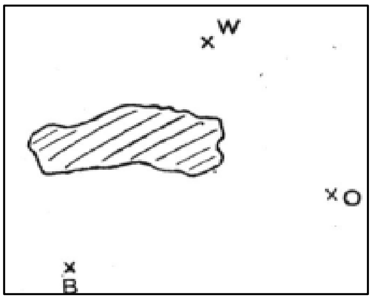
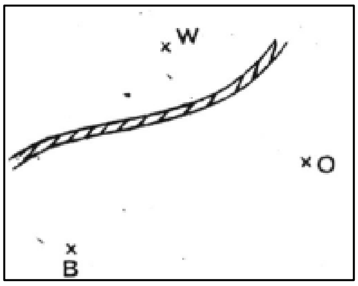


図 b　一辺と両端の角



出典：Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, pp.24-25 より訳出。

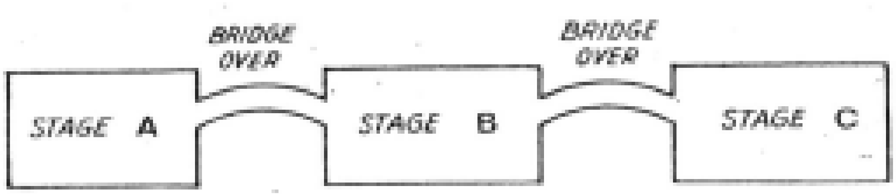
前に学級に何を考えるのかを尋ねること、第三に等しい辺や角などの条件は生徒と確認しながら記入すること、第四に三角形を描く前に等しいと証明されるべき量を含む２つの三角形をまず見つけ出すこと。このように教師は問いを通じて他の単元においても共通して必要なプロセスを伝えることで学習を促し、幾何学全体の導入であるステージ A を指導する。

第 2 項　ステージ B

①　全体像

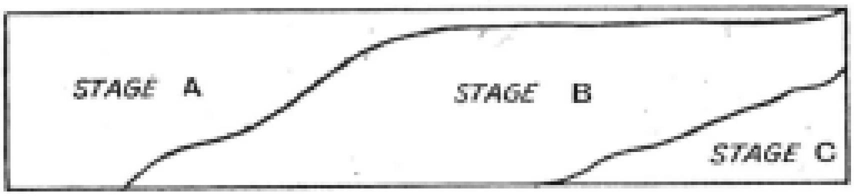
他方で、ステージ B は資料２９、資料３０のように図式化された。1939 年報告書において、従来の幾何学教育は資料２９に示された通り、ステージが進むにつれて授業そのものが転換し、その間を指導によって架橋する、いわば段階毎に異なるモデルであったとまとめられた。これに対し、資料３０は「6 カ月～1 年たって徐々に置き換わる強調点の違い」[63]という、いわばグラデーションのように、各ステージの重みづけが異なるという新たなモデルである。これにより、ステージ A のように、作図と発問によって直観的な理解を契機とする幾何学教育が、中等学校の数学科において一貫して展開されること、そして、ステージ B が幾何学教育の中核にあることが明示された。

資料２９　1939 年報告書以前の幾何学教育観 [64]



出典：Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, p.49.

資料３０　1939 年報告書の幾何学教育観 [65]



出典：Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, p.49.

では、幾何学教育の中核であるステージ B ではどのような学習が展開されるのか。ステージ B において、第一に演繹的な推論の有効性に納得し、演繹的な推論の能力を発達させること、第二に幾何学の知識を増やし、「基準となる定理（standard theorem)」を学ぶことが目標として設定された [66]。これらの目標を達成する方法として、次の 4 つが示された [67]。「(a) 基準となる定理の証明」、「(b) ライダーの証明」、「(c) 作図」、「(d) スケッチ」である。ここでは、1939 年報告書で説明された順番である（b)、(c)、(d)、(a）の順で検討する。

（b）に示されたライダーとは、定理の一般的な証明とは異なり、与えられた特殊な性質やある定理の状態について、図形と関連づけて特殊な結果を推論する証明問題を意味する [68]。1939 年報告書では、「任意の四角形の辺の中点を結ぶと平行四辺形ができる」[69]といった問題例が挙げられた。ライダーを通じて、「幾何学的な力、すなわち、直観と演繹的推論の力」[70]の双方を伸ばすべく、生徒は問題を適切な図形へと翻訳して、題意をつかみ、推論を行うという過程を自力で取り組むことが目指された。そこで、ライダーにも 3 分の 1 の時間をかけることが提案された [71]。

こうしたライダーを解く場面において、(c）に示された作図は推論の契機で

あり、ステージAと同様にステージBでも重視された。ステージBにおいて、後述の「基準となる定理」の作図を行い、論証の基礎を形成すること、定規とコンパスだけでなく、分度器や三角定規などの便利な道具を使って作図を行うことが追加された。

他方で、(d) に示されたスケッチとは、作図の前に自由に図を描くことを通じて、命題を把握することを意味する。ステージBにおいては、こうしたスケッチがライダーを解く最初の足がかりとなることから、作図だけでなく、これまで看過されてきた「フリーハンドで図形をできるだけ描くことが推奨される必要がある」[72]と再評価された。

最後に (a) に示された基準となる定理とは、例えば、「同じ平行線の間にある底辺が共通する2つの平行四辺形 ABCD,PBCQ は等しい面積である」[73]といった定理のように、よく知られた定理であると同時に、生徒が証明に活用する定理を意味する。しかしながら、ライダーとは異なり、最初からこうした定理の証明をすることは容易ではない。そこで、最初のステップとして、言葉ではなく図形によって定理の意味を学ぶことが示された。

ただし、ステージBにおいて「演繹の基礎という点で、定理を学ぶことは本質である」とされた一方で、「ライダーの解決よりも教育的価値は少ないということを覚えていなければならない」という留意が添えられた [74]。『原論』型の幾何学教育で重視されていた定理の証明は、確かにステージ B で学習される。しかしながら、定理はライダーや他の定理の証明に活用されて初めて意味があると考えられるようになった。

以上、ステージBの目的と方法を検討した。では、具体的にどのように内容が展開されるのか。一例として、第一に三角形の合同と平行四辺形に関する定理、第二に、面積に関する命題、第三に、円の角の性質、第四に、相似な三角形、という配列が示された。ただし、第一は実用的で現実場面とつなげやすい、第三は第一との接続がよい一方で、第二が未習であればライダーが少ない、第三は興味深い定理のグループであり、学習を動機付けやすいといった特徴が示された。このように定理は、個別ではなく、グループ単位で学習されるのであり、教師が学級の実態に照らして、配列を決定する点に特徴がある。こうして配列された定理のグループは、地理学と関連付けられ、例えば、第三の円につ

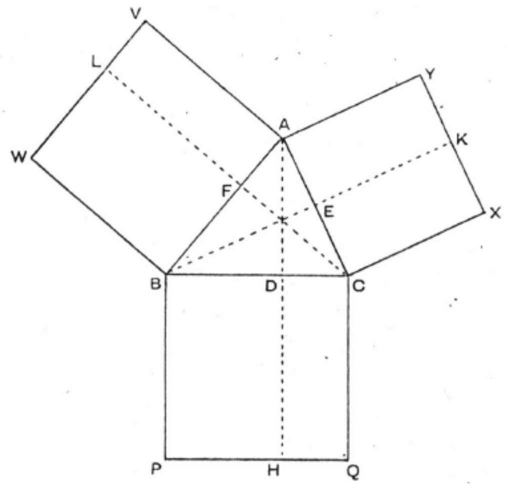
いては、運動場に描かれた大きな円の円周の計算、地図への射影による交会法といった問題によって、「相似図形」の概念や性質を、直観的な理解を起点に指導する方法が提案された[75]。

②ピタゴラスの定理の指導例

1939 年報告書ではピタゴラスの定理はどのように指導されたのか。これまでユークリッドの『原論』にある証明は、「教師が伝統的な証明が忘れられないように期待したもの」[76]であった。しかし、1939 年報告書において、『原論』に示されたユークリッドによる証明（資料３）は簡明ではないため、教師の期待に反して、中等学校においては指導に適していないとされた。

そこで、ピタゴラスの定理は、ステージ B において、面積と関連付けて指導される場合、あるいは相似な三角形と関連付けて指導する場合のいずれかの方法によって指導される案が示された。面積のグループに位置づけられる場合は、学習者はピタゴラスの定理の証明の大意をつかんだのち、「直角が必要であることは、直角ではない角の証明を試みることによって、また、どこでそれが破たんするかを調べることによって導かれる」[77]という方法によって指導される。この時、資料３１に示したように鋭角三角形による問題をライダーとして解く

資料３１　ピタゴラスの定理のライダーの例[78]



出典：Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, p.60.

例が示された。他方で、相似な三角形に基づいて証明を行う場合は、すでに第5章、第6章でみている。

また、1939年報告書では、「面積よりも長さを見つけるために定理が用いられる」[79]ということを指導するべく、ピタゴラスの定理を用いて、計算問題を解くことが提案されている。実際のところ、1923年報告書の影響もあって立体を用いた試験問題が幾何学や三角法で導入されるようになったものの、「ピタゴラスの定理に関連する計算問題を除いて立体図形はめったに登場しない」[80]状況にあった。すなわち、ピタゴラスの定理に関する試験問題は、証明に関するものよりも、立体の対角線や高さを計算するという、ピタゴラスの定理に関連する定番の計算問題ばかりが出題されていた。そこで、こうした問題にも対応できるように、例えば、「円錐や四角柱といった立体に関連する問いを含む」とされる通り、円錐であれば底面の半径と母線から高さを求めるといった計算問題や、「空間の別々の点の距離に関する問いを含む」2点間の距離を求める、三次元の場合の計算が提案されている[81]。

以上から、第一に、ピタゴラスの定理は、教師がその前提となる定理、すなわち面積、あるいは相似に関する一連の定理を学習した後、これらの展開に応じた証明によって学習される。この時、『原論』に示される証明そのものが再現できるように学ぶのではなく、鋭角三角形の場合のように、ピタゴラスの定理が成立しない場合から、必要な条件を学ぶライダーによる学習が展開されている。第二に、外部試験への対応のために、ピタゴラスの定理を面積のために用いるだけでなく、与えられた条件から未知の長さを計算する方法として定理を利用することを学ぶという授業展開が示された。

このようにステージBにおいて、第一に、ピタゴラスの定理のように、しばしば用いられる基礎的な定理の証明が、ライダーとして授業で出題され、作図やスケッチといった方法を通じて学習される。この過程で、演繹的推論の方法を学ぶとともに、学習者は幾何学の知識を増やすのである。では、こうした学習がステージCではどのように展開されるのか。

第3項　ステージC

幾何学の体系化を図る段階として1923年報告書において示されたステージ

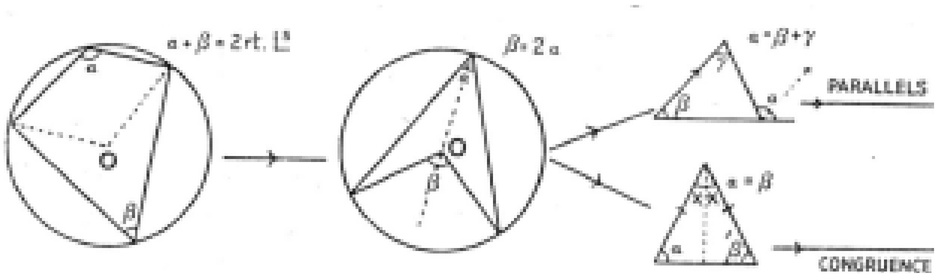
C は、1939 年報告書になるとステージ Ca「推論された命題の組織化(the organization of derived propositions)」と、ステージ Cb「基本命題の組織化(the organization of primitive propositions)」へと再編された。ステージ Ca は中等学校の幾何学教育の到達点であるとともに、中等学校試験に対応する内容としてすべての生徒を対象とする内容に変更された。他方で、ステージ Cb に分類された「基本命題の組織化は、ごく一部の優秀な少年にふさわしい」[82]として、幾何学が得意な生徒に限定された。

ステージ Ca は、ステージ B で学習した命題や幾何学的な事実を、論理的な関連性に着目して学び直し、「統合(consolidation)」を目指す段階である。これまで仮定として用いられた幾何学的事実が、基礎的な命題から演繹されるのであり、ステージ Ca は、論理の面白さを伝える段階と位置づけられた。ここでの学習を通じて「ステージ B の幾何学の全体を退屈することなく復習する手段を有することができる」[83]のである。その具体的な学習方法として、作図を利用して構造を理解することが目指された。

ここで、ステージ B において既に命題がグループで学習されている点に注目する必要がある。グループごとに命題が学習されているため、ステージ Ca では、グループ内、そしてグループ間で命題の関連性を学べば、平面幾何学の構造が見えるように構想されている。

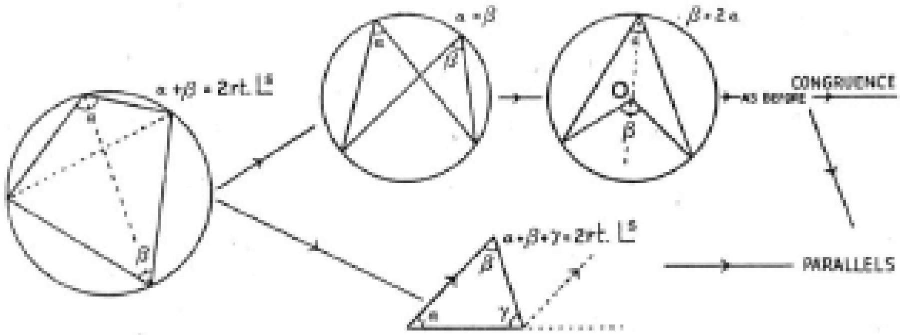
資料３２と資料３３に示された例は、命題の学習方法を示している。すなわち、「円に内接する四角形の対角が補角となる定理は、同じ弧に位置する中心角が円周角の 2 倍であることを知っていれば、証明可能である」[84]と述べられたように、証明すべき命題に対し、証明の前提となる定理にさかのぼることを関係図は意味している（資料３２）。他方で、同じ命題は三角形の 2 角の和が、残りの角の外角に等しいという定理を使っても証明できること（資料３３）を示しており、一つの定理を多様なアプローチによって指導する方法が示されている。学習者は、こうした展開に沿って学ぶことで、中等学校で学ばれる平面幾何学のすべての定理が証明可能であり、関連付けられるという確信を持つことが目指された。

資料３２　円に内接する四角形の対角の命題の証明方法①[85]



出典：Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, p.117.

資料３３　円に内接する四角形の対角の命題の証明方法②[86]



出典：Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, p.112.

他方で、ステージ Cb は、第 6 章で検討した 1923 年報告書に示されたステージ C に相当するため、概要のみ確認する。1939 年報告書においては、一見すると自明と思われる基本的な命題の証明を行うほか、「平行の性質は、合同から演繹することができるかどうか」「平行から合同は導くことができるか」といった命題が成立しないことを証明する授業が具体例として示された[87]。生徒はステージ B では行われなかった背理法などの複雑な証明を行うことになる。

第 4 項　外部試験への対応

最後に 1939 年報告書における学部試験に関する記述から、数学教育の展開を浮き彫りにする。1930 年代には中等学校試験で「95%の受験者が数学を受験するようになった」[88]。これは、第 6 章で述べた 3 つの科目群のうち、数学と理科の科目群から、ほぼすべての生徒が、数学を受験していることを意味する。このように、ほぼすべての生徒が中等学校試験で数学を受験するようにな

った結果、教師は「すべての対価を払って、試験の合格を保証すること、例え質の高い教育方法を捨てることを意味しようとも、安全策をとらねばならないということを感じる」[89]状況にあった。すなわち、日々の授業が試験対策化しつつあったことを意味する。

しかしながら、なぜ 1939 年報告書に示されたほどに教師は試験対策をする必要があったのか。教室において生徒は、質の高い方法で行われる授業を通じて、学力をつけていたのではないだろうか。この点について 1939 年報告書は、授業では、問題を解くにあたって「わずかなヒントが教室ではあり得ても、試験室ではありえない」[90]点に着目している。数学は「そうしたヒントが、成功か完全な失敗かを分ける」[91]という特徴を持った教科である。そのため、「受験者は、本人の実際の姿よりも、ずっと悪くなるように見える」[92]傾向がある。

そこで、1939 年報告書において作図やライダーによる学習を通じて証明を考え抜く力が形成され、幾何学への理解が「伸びるにつれ、少年の思考が発達するだけなく、試験での成功にも結び付く」[93]と考えられた。そのため、定理の証明を学ぶ場面でも、「定理の主張を実証するような単純なライダーによってきっかけが作られるべきである」[94]と考えられた。これによって、「定理に費やされる時間のいくらかが、ライダーに費やされる効果的な時間となるばかりか、定理それ自体も、生徒によってよりよく理解される傾向にある」[95]という授業での学習と、試験対策を一体化させる指導が提案された。

1939 年報告書に示された通り、幾何学教育の試験対策化に対し、直観と論理的思考の止揚だけでなく、フィールドワークなどを通じた直観的な理解に基づく問題解決型の授業を具体的に示すことで、1923 年報告書で試みられたカリキュラムレベルの抵抗から、さらに踏み込んで、授業レベルでの抵抗を試みたとみることができる。

以上、1939 年報告書の概要と、幾何学の段階別のカリキュラム、そして各段階での授業実践、及び外部試験への対応についてみてきた。1939 年報告書に対して、*Mathematical Gazette* 誌で行われた議論では、シドンズは、1939 年報告書が持つ意義を認めつつも、1923 年報告書のような学術的な新しさがない点を指摘した[96]。他には、角度を表す記号の変更や地理との関連付けも指摘され

た。こうした指摘に対し、執筆にも携わったフレッチャーは、1923 年報告書が新しさを追求した結果、教育実践という点では何の成果も残せなかった点を踏まえ、1939 年報告書は、最初から新しさを追求しなかったと、改めて 1939 年報告書の編集方針を強調することによって反論している。

以上の議論において、1939 年報告書に部分的な指摘のみが行われていたことが示すように、これまでの幾何学のカリキュラムを洗練し、幾何学における教育目標を示し、授業に役立つような実践的な提案を行っている点から、数学協会の出版物で最高の報告書として評価された [97]。後年の数学教育史研究においても、プライスは 1939 年報告書について「優れた実践を取り上げ、普及させることに役立った」と評価している [98]。「改造運動」は 1939 年報告書を通じて、各学校へ、各教室へと浸透していったと評価することができよう。

第 3 節　数学教育改造運動における幾何学教育の展開

最後に、幾何学のカリキュラムと授業に着目して「改造運動」の展開を概観する。「改造運動」の以前、幾何学のカリキュラムは論理的思考の陶冶を目指し、『原論』の第 V 巻を除く、第 I 巻から第 VI 巻に示された命題の配列を意味していた。加えて授業においても、幾何学を通じて演繹的推論を学び、論理的思考を形成するべく、『原論』に示されていた抽象的な証明をそのまま学習する方法が採用されていた。

こうした幾何学教育に対し教育効果がないと批判し、「改造運動」の契機となる講演を行ったペリーは、「有用性」という原理を提唱し、実用主義に基づく数学教育が生まれる契機をもたらした。ペリーは平均的な学力の学習者が、科学の基礎として必要な数学的知識を理解することをカリキュラムの中核に据えた。授業としては、具体的な数量に基づいて測定や作図を取り入れることやグラフなどを通じて数学的事象を視覚的に読み取り、表現することによって、学習者の直観を喚起する方法を提案した。これによって、幾何学において論証を繰り返すのではなく、概念に基づいて内容を分類し、算術や代数と関連付けてわかりやすく、効率よいカリキュラムを示し、空間図形やベクトルといった内容を導入する可能性を示した。

ペリーの数学教育論に基づく「ペリー運動」は「改造運動」の中核とはなり

えなかったものの、1903 年に出版されたゴドフレーによる幾何学の教科書 *Elementary Geometry* のように、実験的な方法といった直観を取り入れた指導は急速に普及し、幾何学のカリキュラムをめぐる議論も喚起された。こうして展開されたのが、*Circular711*、ゴドフレーの数学教育論、1923 年報告書、1939 年報告書に示された幾何学における段階別のカリキュラムである。

Circular711、ゴドフレーの数学教育論、1923 年報告書、1939 年報告書のいずれにおいても、初学者に対して、測定や実験によって直観を活かして幾何学的概念が導入されていた。ペリーの数学教育論が契機となり、授業やカリキュラムが転換したといえる。授業の背景にある教育の目的については、*Circular711* においては古典である『原論』に学ぶことによって論理的思考を形成するという目的が維持されていた。

しかしながら、ゴドフレーによって、こうした形式主義とペリーによって提起された実用主義が止揚され、実験などを通じて帰納的に数学の原理を学ぶというヘルバルト主義の目的が示され、これが 1919 年報告書では「数学的な見方」へと展開された。これにより、論理的思考を形成するための数学と、科学の基礎として有用な数学が両立可能となった。このような目的の下で、実験を通じて直観した法則を具体例によって確かめ、証明を行って一般的に理解したのち、さらに練習問題で定着させていくという帰納的な思考過程に基づく学習がゴドフレーによって教科書 *Practical Geometry* として示された。

その結果、ゴドフレーが執筆に関わった 1923 年報告書はもちろん、その続編とされた 1939 年報告書においても、「数学的な見方」を学ぶ教科として数学科のパラダイムが確立された。1923 年報告書では授業の検討に課題が残されたものの、1939 年報告書では、作図と発問、問題演習であるライダーを授業の中核とすることで、学習者の思考を促す方法が提案されていたことが示された。

次に、*Circular711*、ゴドフレーの数学教育論、1923 年報告書、1939 年報告書のカリキュラムを検討しよう。資料３４に作成した表を見ると、第一に *Cricular711* とゴドフレーの数学教育論に示されていた第一段階と第二段階が、1923 年報告書及び 1939 年報告書において、ステージ A として統合された。このことは、初学者は、基礎的な概念だけでなく、幾何学における命題を早い段階から学習するものの、その理解は実験や作図、測定といった活動による直観

資料３４　幾何学カリキュラムの展開

<table>
<tr><td>Circular711</td><td>ゴドフレーの数学教育論</td><td>1923 年報告書</td><td>1939 年報告書</td></tr>
<tr><td>第一段階</td><td>第一段階</td><td>ステージ A</td><td>ステージ A</td></tr>
<tr><td>基礎概念の習得</td><td>実践的な課題の導入</td><td rowspan="3">実験幾何学</td><td rowspan="3">実験幾何学</td></tr>
<tr><td>第二段階</td><td>第二段階</td></tr>
<tr><td>基本命題</td><td>基礎命題の直観による説明</td></tr>
<tr><td>第三段階</td><td>第三段階</td><td>ステージ B</td><td>ステージ B</td></tr>
<tr><td rowspan="5">命題の演繹的な証明</td><td>平面・立体幾何学（証明、直観）</td><td>演繹幾何学</td><td>演繹幾何学</td></tr>
<tr><td>第四段階</td><td>ステージ C</td><td>ステージ Ca</td></tr>
<tr><td rowspan="3">平面幾何学の論理関係</td><td rowspan="3">幾何学の体系化</td><td>演繹された命題の組織化</td></tr>
<tr><td>ステージ Cb</td></tr>
<tr><td>基本命題の組織化</td></tr>
</table>

出典 : Board of Education, 'Teaching of Geometry and Graphic Algebra in Secondary School,' *Circular711*, 1909、Godfrey, C., 'Geometry Teaching: The Next Step', *Mathematical Gazette,* Vol.10, No.145, pp.22-23、Mathematical Association, *The Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1923 Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939 より作成。

を基礎とすることを意味する。

第二に、*Circular711* が示した第三段階が、ゴドフレーによって、第三段階と第四段階に分けられ、第三段階が 1923 年報告書、及び、1939 年報告書によってステージ B として定着した。すなわち、*Circular711* では素朴に、「命題の演繹的な証明」と一括りにされていた段階が、ゴドフレーによって、演繹と直観的な説明を織り交ぜた第三段階と命題間の論理的なつながりを学ぶ第四段階に分けられた。

他方で、第四段階は、1923 年にステージ C として踏襲され、個々の命題の演繹的証明を行うステージ B と、命題間の繋がりによって体系化するステージ C に分けられることによって、各段階での学習者に求める思考が明確に分けられた。1939 年報告書では、1923 年報告書のステージ C が命題のグループの内外で論理的な関連性を全生徒が学ぶ段階（ステージ Ca）と、幾何学を得意とする生徒を対象とし、幾何学の全体を体系化する段階（ステージ Cb）へと分けられた。その背景として学習者の能力に応じた幾何学教育のカリキュラムへと構造化された。

このうち 1923 年と 1939 年の両報告書に焦点を当てると、単一の体系に基づき、論理的思考の涵養のみを数学教育の目的とする『原論』型の幾何学への反省から、論理と直観の双方の育成を目指し、空間の科学を目指すカリキュラムへと転換した点で一致している。他方で、1923 年がカリキュラムの再編成を目指していたのに対し、1939 年報告書では、教育実践に焦点を絞り、生徒の学習を促す授業展開が具体的に示されるようになった。このように *Circular711* によって提起された幾何学の段階別のカリキュラムは、ゴドフレーの数学教育論、1923 年報告書、1939 年報告書へと至る過程で、論理的思考を育成するカリキュラムが洗練されていったと述べることができる。

以上、本節では授業及びカリキュラムという視点から、「改造運動」以前に行われていた『原論』型の数学教育、ペリーの数学教育論、*Circular711*、ゴドフレーの数学教育論、1923 年報告書、1939 年報告書に示された幾何学教育を整理した。その結果、1939 年報告書は、イギリスで展開された「改造運動」で得られた成果を普及させ、教室に浸透させる役割を担ったと評価できる。この評価を踏まえるならば、戦間期においても「改造運動」は継続し、「改造運動」の成果は、平素の授業実践へと一般化されることに成功したと述べることができよう。

小括

本章では、1920 年代から 1930 年代を中心に、中等教育政策と「改造運動」の展開を検討した。第 1 節において、ハドウ報告書、スペンス報告書、及びノーウッド報告書について、カリキュラムとそこでの数学科の位置づけに着目し

て概要をまとめた。その結果、ハドウ報告書ではモダン・スクールが、スペンス報告書ではテクニカル・スクールが、そしてノーウッド報告書では、これらの報告を継承して、三類型別中等教育制度のカリキュラムが検討された。これら一連の報告において、数学科は、第一に、適性や能力、進路に応じたカリキュラムの下で指導すること、第二に、数学科を別々の科目から成る教科としてではなく、科目を融合させ、一体となった教科としてカリキュラムを立て、指導をすること、という 2 つの方針が示された。

第 2 節では、中等教育をめぐるこうした議論が進む中で、「改造運動」がどのような展開を遂げたのかを検討するべく、1939 年報告書に着目した。幾何学教育の試験対策化に対し、直観と論理的思考の止揚だけでなく、フィールドワークなどを通じた直観を契機とする問題解決型の授業を具体的に示すことで、1923 年報告書で試みられたカリキュラムレベルの抵抗から、さらに踏み込んで、授業レベルでの抵抗を試みていたことが示された。1939 年報告書に対しては、1923 年報告書のような学術的な新しさがない点が批判されたものの、1940 年代までの「改造運動」の成果をまとめ数学教育の到達点を示す文書と位置付けることができる。

第 3 節では、1939 年報告書において示されたカリキュラム及び授業を、「改造運動」の文脈におくことで、運動全体の総括を試みた。その結果、1939 年報告書は、イギリスで展開された「改造運動」で得られた成果を普及させ、教室に浸透させる役割を担ったと評価できる。そのため、戦間期においても「改造運動」は継続し、1939 年報告書によって平素の授業実践へと一般化されることに成功したという結論を得た。

以上、「改造運動」は、第 2 章、第 3 章における「ペリー運動」、第 4 章における *Circular711*、第 5 章におけるゴドフレーの数学教育論、第 6 章における 1923 年報告書に示された幾何学教育のカリキュラムと比べる時、1939 年報告書には数学教育研究としての理論的な新しさはなかったと評価することができよう。その点で、ハウスンが指摘する通り、1920 年代までが「改造運動」のピークとして評価することができる。しかし、1939 年報告書は「改造運動」の普及のために、意図的に教育実践に焦点を絞ったことを鑑みると、教育実践としての新しさを積極的に評価することができよう。そのため、1940 年代に至るま

で、「改造運動」は継続されたといえよう。

---

[1] 見市雅俊「第 9 章　現代イギリスの明暗」村岡健次、川北稔編著『イギリス近代史[改訂版]　宗教改革から現代まで』ミネルヴァ書房、2003 年、pp.243-249。イギリス経済については次の通りである。「1925 年、ロカルノ条約が締結され、金本位制度復帰が実行された。ドルに対してポンドを少なくとも 10%、過大評価した上での金本位制への復帰であり、国際金融市場におけるシティの地位は復活したかもしれないが、もともとコスト高だとされるイギリスの輸出製品の国際価格の上昇をもたらし、輸出回復の努力に水を差すこととなった。シティの国際的な立場を最優先し、結果的に国内の工業生産を阻害する政策である。『ジェントルマン資本主義』はなお健在だった」。

[2] Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, p.1.

[3] 1941 年の報告書の正式名称は、'Report of the Committee of the Secondary School Examinations Council appointed by the President of the Board of Education in 1941'である。ノーウッド委員会は 1943 年に、*Curriculum and Examinations in Secondary Schools* としてこれを出版した。

[4] 1926 年の報告書は *The Education of the Adolescent* として 1927 年に出版された。ハドウ委員会はほかにも、1931 年には、'The 1931 Report of The Consultative Committee on the Primary School'を出版し、特に児童期の発達段階と教育について論じた。1933 年には、*Infant and Nursery Schools* として幼児期の発達と教育に焦点を当てている。

[5] 報告書の正式名称は、'Report of The Consultative Committee on Secondary Education with Special Reference to Grammar Schools and Technical High Schools'であり、1938 年に *Secondary Education with Special Reference to Grammar Schools and Technical High Schools* として出版された。

[6] 藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1996 年、p.146。巻末資料５、６に詳細を掲載した。

[7] 村岡健治「近代イギリス中等教育の形成と展開」望田幸男編『国際比較　近代中等教育の構造と機能』名古屋大学出版会、1990 年、p.307。尚、1930 年代になると第一章で検討したキャヴェンディッシュ研究所も、ラザフォードの下でイギリスも原子核物理学が研究され、最先端研究所へと発展した。第二次世界大戦後も、1950 年代の DNA 構造の発見（1953 年)、1960 年代の電波天文学の基礎が築かれるなど、物理学や生化学の分野でもノーベル賞につながる研究が生み出されるようになり、今日、世界における科学研究の拠点の一つとしての地位を確立するに至っている(小山慶太『科学史年表　増補版』中公新書、2011 年、p.148)。

[8] Incorporated Association of Assistant Master in Secondary Schools, *The Teaching of Mathematics*, Cambridge University Press, 1957, p.2.

[9] Ibid.

[10] 藤井、前掲書、p.102。

[11] 同上書、p.259。

[12] 同上書、p.260。

[13] 同上。

[14] 同上書、p.261。

[15] Board of Education, *The Education of the Adolescent*, Her majesty statistics office, 1926, p.216.

[16] Ibid., pp.217-218.なお、下記のシラバスが示された。

・数：数の体系の発展。

・数に関する初等的な操作。

・日常への応用を含めた貨幣制度。

・分数の意味。簡単な分数の操作。

・小数。

・適切な作業台を用いた長さや面積、体積、重さ、かさ、時間の測定。

・メートル法。

・角柱の体積。

・面積などに関する以上のワークによって得られた結果を一般化すること。文

字の導入。初等的な公式を立てること。公式を使って計算すること。簡単な方程式。計算目的に応じて公式を変形すること。簡単な約数。

・方眼紙の利用。グラフの作図と、意味と利用。縮尺で書くこと。

・平均の意味と利用。

・約数；公約数；最大公約数と最小公倍数。いくつかの代数学的な例。

・分数に関するさらなる課題。

・貨幣の 10 進法への返還。コストの計算。

・比；定率。角と関連した比。角のサイン、コサイン、タンジェント。直角三角形。

・問題とほかの実践的な応用に関する調査。平方根。

・等比；比例；比例量。比例分割。相似な図形。

・円、円柱、角錐、円錐、球の幾何学的な測定。

・利息や保険などに対する百分率の応用。複利。

・指数と対数。

・投資。外国の貨幣と両替の方法。

・真割引と現在価値。

モダン・スクールでは 4 年間で上記の内容を学ぶ方針が示された。

[17] 藤井、前掲書、pp.262-263。

[18] 同上書、p.263。

[19] 藤井泰「両大戦間イギリスの中等教育改革構想―『ハドウ報告書』(1926 年) を中心として」『松山商大論集』第 34 巻、第 2 号、pp.95-96。

[20] Board of Education, *Secondary education with special reference to grammar schools and technical high schools*, Her Majesty's Stationery Office, 1938, p.iv.

[21] 藤井、前掲書、p.268。

[22] 同上。

[23] 同上書、p.269。

[24] Board of Education, *Secondary education*, p.238.

[25] Ibid.

[26] Hamley, H., 'APPENDIX V　Memorandum on the Cognitive Aspects of Transfer of Training', Board of Education, op. cit., pp. 439- 452.

[27] Ibid., p.449.

[28] Board of Education, *Curriculum and Examinations in Secondary Schools,* p.v. 尚、横地清は「英国・東独の数学教育について」(『数学教育』日本数学教育会誌、37(5)、1955年、pp.77-79)において、三類型別中等教育制度が成立した1950年代までのイギリスの数学教育に言及している。横地は、1927年のハドウ報告書、1941年のノーウッド報告書を参照し、数学に関して詳しい記述がないと述べている。幾何学については、1923年報告書、1939年報告書に関してわずかな言及はあるものの、両報告書に見られる違いなど、内容に踏み込んだ検討は行われていない。加えて、横地の論文ではジェフリー報告書に関してもごくわずかに言及されている。ノーウッド報告書はカリキュラムについて述べた報告であるため、数学に関して踏み込んだ記述はないものの、ハドウ報告書、スペンス報告書と関連付けると、三類型中等教育が教育制度構想からカリキュラムへと具体化される過程が見えてくる。

[29] Ibid. p.105.

[30] 藤井、前掲書、p.297.

[31] Board of Education, *Curriculum and Examinations in Secondary Schools,* p.104.英語、フランス語、数学の3つの科目の位置づけは、「試験の『グループ』要求によって非常に拡大されてきたことによって影響を受けてきた」(Ibid., p.105)とされる。数学は確かに90%を超えるものの、試験にほぼ必修である初等数学では91%の生徒が受験していても、必修ではない選択数学はわずか5%程度の生徒しか受験していない点が指摘されている。このように共通に履修する生徒は大半であったものの、より発展的な数学を選択する生徒は少なかった点を問題視する声もあった。

[32] Ibid., p.105.

[33] Ibid.

[34] Ibid.

[35] Ibid., p.106

36 Ibid.

37 Ibid.

38 Ibid., p.106-7

39 望田研吾「イギリスの中等教育における伝統と変動―総合性中等学校理念の擡頭―」『島根大学教育学部紀要』第 11 巻、1977 年、p.7。

40 正式名称は'Report of a Conference of Representatives of Examining Bodies and Teachers' Associations, with a suggested Alternative Syllabus and Specimen Papers'である。本稿では、Incorporated Association of Assistant Master in Secondary Schools による *The Teaching of Mathematics*（Cambridge University Press, 1957）の附録（pp.218-226）に掲載されたものを参照した。尚、ハウスンによる *A History of Mathematics Education in England*（Cambridge, 1982）においても、ジェフリー報告のシラバスが附録として掲載されている。掲載されたいずれにおいても異同がないことを確認した。

41 Incorporated Association of Assistant Master in Secondary Schools, op.cit., p.3. 1944 年以降、学校数学を一つの教科とする試みのうち最も注目すべき変化としてジェフリー報告が挙げられている。

42 Incorporated Association of Assistant Master in Secondary Schools, op.cit., p.224.

43 Cornelius, M. '1944-1984 Mathematics in Schools Part 1. From Jeffery Syllabus to Cockcroft Report', *Mathematics in School*, 1985, Vol.14, No.4, 1985, p.32.

44 Incorporated Association of Assistant Master in Secondary Schools, op.cit., pp.218-219.

45 Ibid, p.219.

46 ジエフリー報告書は結果的に、中等学校の数学に影響を与えなかったという評価が一般的なようである。ハウスンによると、1960 年代まで大きな変更は生じなかったとされる（Howson, op. cit., p.193）。しかしながら、1984 年に出されたコッククロフト報告書とジェフリー報告書を比較したコーネリウス

（Cornelius, M.）によると、1970 年代までの 30 年間にわたる数学教育の展開に重要な役割を果たしたと評価されている（Cornelius, op. cit., p.32)。

[47] なお、本稿では 1939 年報告書の初版を史料とする。再刷は 1946 年、1948 年, 1951 年, 1954 年, 1959 年に行われ、1959 年に序において、注が加えられ、*Mathematical Gazette* 誌で議論された際の報告書の頁数が追加された点以外、変更がないことを確認した。

[48] Mathematical Association, *A Second Report on the Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939, p.1.

[49] Ibid.

[50] Ibid., p.5.

[51] Ibid., p.53.

[52] Ibid., pp.v-vi.

[53] Ibid., p.12.

[54] Ibid., p.35.

[55] Ibid., p.5.

[56] Ibid., p.52.

[57] Ibid., p.17.

[58] Ibid.

[59] Ibid., p.24.

[60] Ibid., pp.24-26.

[61] Ibid., pp.26-27.

[62] Ibid., pp.25-24.

[63] Ibid.

[64] Ibid., p.49.

[65] Ibid.

[66] Ibid., p.50.

[67] Ibid., pp.50-51.

[68] Watson, A. Jones, K. and Pratt, D., *Key Ideas in Teaching Mathematics Research-based guidance for ages 9-19*, Oxford University Press, 2013,

p.112.

[69] Mathematical Association, op. cit., p.53.

[70] Ibid., p.51.

[71] Ibid., p.52.

[72] Ibid., p.51.

[73] Ibid., p.186. しかしながら、どの定理を基準とするかは、カリキュラムの立て方、生徒の証明方法次第であるため、1939 年報告書では明確なリストが存在するわけではないとされた。

[74] Ibid., p.52.

[75] Ibid., p.106.

[76] Ibid., p.157.

[77] Ibid., p.58.

[78] Ibid., p.60.

[79] Ibid., p.61.

[80] Ibid., p.4.

[81] Ibid., p.61.

[82] Ibid., pp.2, 110.

[83] Ibid., p.110.

[84] Ibid., p.111.

[85] Ibid.

[86] Ibid., 112.

[87] Ibid., p.117.

[88] Ibid., p.116.

[89] Ibid., p.189.

[90] Ibid., p.190.

[91] Ibid.

[92] Ibid.

[93] Ibid.

[94] Ibid.

[95] Ibid.

[96] 'The Second Report on The Teaching of Geometry', Mathematical Gazette, Vol. 23, No. 254 , 1939, p.172.

[97] 'The Second Report on The Teaching of Geometry', pp.172, 174, 178.

[98] Price, M. H., *Mathematics for the Multitude? A History of the Mathematical Association*, Mathematical Association, 1994, p.130.

終章

第 1 節　各章の概要

本研究において 19 世紀後半から 1940 年代前半におけるイギリスの中等学校における数学教育史の展開を「改造運動」に着目して整理した。この時、特に議論が集中した幾何学に焦点を絞り、「改造運動」に影響を与えたペリーやゴドフレーらの数学教育論や、数学協会をはじめとする主要な団体の報告書、及び教科書を史料とした。こうした資料から、「改造運動」において数学教育の目的やカリキュラム、授業実践がいかに転換されたのかを検討した。

第 1 章で示した通り、パブリック・スクールにおいて、古典人文学を学び、ジェントルマンとしての教養を身に付けること、人格の形成を目指すことが教育の目的とされていた。この中で数学は、古典の一科目として確立され、ユークリッドの『原論』を通じて、演繹的推論を学ぶことが目指されていた幾何学教育がその典型であった。19 世紀後半のイギリスにおいて、数学科は演繹的な推論による思考力の陶冶を目指す教科であった。論理を学び教養を身につける、いわば形式主義こそがイギリスの中等学校における数学科の原点であった。

しかしながら、『原論』を範とするトドハンターの教科書で見た通り、初学者にとってあまりに抽象的で難解であった。そのため、数学科の実態は試験のための暗記科目となっていた。これに対し、1870 年代に数学協会の前身である幾何学教育改良協会は教授法の改良を推進した。『原論』に示された内容を、いかに工夫して指導するかという点で一定の成果があったものの、幾何学教育の目的や内容を含んだ根本的な議論には発展せず、その影響には限界があった。

第 2 章では、工学者ペリーがこうした古典人文主義に立つ数学教育を批判した講演とその背景をまとめた。ペリーは「有用性」を軸とした科学の基礎となる数学教育を講演において提起し、科学的な思考習慣の形成を数学教育の目標とした。その結果、数学のカリキュラムは、第一に従来の形式陶冶を継承した教養及び思考訓練として、第二に自然科学の基礎として、第三に科学的な思考を促す思考法として、という 3 つの側面を持った有用性を原理に定められるべきであることが示された。

ペリーがこのような数学教育論に至った背景には、工部大学校や、フィンスブリー・テクニカル・カレッジにおいて、実地訓練に基づいて科学や数学を指

導した教育経験があったことを示した。この中でペリーは、数学を「利用し続けるための道具」として指導していた。加えて、ペリーは科学の基礎となるような有用な内容を含む数学を指導することで、科学の普及を推進しようと試みていた。

第 3 章では「ペリー運動」に焦点を当てて、20 世紀初頭の数学教育論を検討した。「有用性」という新たな数学教育の目的を示したペリーの数学教育論は、数学の「形式性」を重んじる数学者や数学教師の反発を招き、論争を招いた。ペリーの講演を契機として 1902 年に設立された中等学校の数学教育を改革する委員会では、従来の形式主義に基づく指導を唯一とせず、教師の創意や生徒のニーズ・実態に照らして、多様な指導を認めるという基本方針が提案された。また、1903 年にケンブリッジ大学の試験機構は幾何学の試験では、『原論』に基づく証明を唯一の正答としない方針が示された。こうした展開によって、新たに生じた実用主義に基づく数学教育が成立する可能性は残された。

しかしながら、「ペリー運動」は、「改造運動」の中心として発展し続けることはできなかった。ペリーは、数学の系統を重んじる立場からの批判を受け、その影響力を失っていた。結果的に初期の「改造運動」は、カリキュラムや教授法という数学教育の内部の問題として議論され、ペリーが述べたように数学を自然科学の基礎とするといった、数学教育のパラダイムそのものをも射程に含んだ改革には至らなかった。しかしながら、ペリーの数学教育論は「改造運動」の契機となり、国際的に展開したことを確認した。

第 4 章では、教育院が全国的な数学教育の方針として、初めて明らかにした公文書 *Circular711* 及び、それがどのように普及したのかを検討した。*Circular711* で提案された幾何学教育論として次の 3 点が特徴としてあげられる。第一に、ユークリッドの『原論』の体系から幾何学を直観的に理解しやすい内容に沿って命題を再配列した体系とした点である。第二に、その際、直観や実験を利用し、特に初期においては生徒の理解を優先することが提案されていた点である。第三に、直観から徐々に論理的な思考へと至る幾何学の 3 つの段階が示された点である。また、グラフについては、提案された具体的な指導例から、グラフを代数学の一部として確立しようとしていたことが明らかになった。

次に、同文書がいかに普及したのかを明らかにすべく、ゴドフレーの講義記録を検討した。*Circular711* は数学教育の目的については、旧来のものを温存しながらも、改革の方向性、すなわちカリキュラムや指導方法においては「改造運動」の理念を共有し、改革を公的に後押しするものとなっていた。加えてゴドフレーは、「改造運動」以前の数学教育に象徴される形式主義と、「ペリー運動」によってもたらされた実用主義を、ヘルバルト主義の考え方という第三の立場によって架橋しようと試みていた。

このように *Circular711* は、第一に、学習者に光を当て、数学の学習における直観の役割と、学習者の発達段階に即したカリキュラムを設計する試みであった。これにより、平均的な学力の生徒を対象とする幾何学教育論が示された。第二に、「ペリー運動」によって新たに生起したグラフという内容を、中等学校に積極的に位置づけることが試みられていた。数学教育の目的論に関しては旧来の形式主義を維持した点で限界を抱えていたものの、教育方法という点では「改造運動」を後押しする文書であったと評価できる。

第 5 章では、ゴドフレーの数学教育論に焦点を当てた。ゴドフレーは 1910 年代から 1924 年にかけて、イギリスの数学教育界の中心として「改造運動」をけん引していた人物である。ゴドフレーは、数学の論理形式や実用的な内容のみならず、数学の学習から得られる帰納的思考といった思考を中等学校で学ぶ重要性に着目した。そこで学習者の発達段階に即して、思考を学ぶことを目的とする「ヘルバルト主義の目的」を打ち立てた。数学教育の立場を目的論として整理することによって、形式主義に基づく数学教育の目的と実用主義に基づく目的における対立の止揚が試みられた。ゴドフレーの数学教育論を契機に、数学教育における古典に基づく教養と科学に基づく実学という論点を乗り越える道筋が示された。

他方で、カリキュラムについては、「改造運動」以降導入された実験的な課題が精選されることによって、また論理的思考へと配列として教科書の構成が見直されることによって、洗練されていった。これが授業としては、実験を通じて直観した法則を具体例によって確かめ、証明を行って一般的に理解したのち、さらに練習問題で定着させていくという帰納的な思考過程に基づく学習が *Practical Geometry* において確立されていた。

第 6 章では、数学協会が初めて全国的な数学教育の方針を示した 1919 年報告書及び、ゴドフレーも執筆に加わり、幾何学教育に焦点を当てた 1923 年報告書を検討した。1919 年報告書の要点をまとめると、第一に、中等学校における数学科において、数学は「科学の道具」として位置づけられ、数学が発展してきた史的展開に沿って、直観を契機とする数学教育を行う方針が示された。第二に、数学教育の目的を検討した結果、学習者が楽しいと感じられるような授業によって、知識とともに、帰納法といった数学的思考を身に付けることが数学教育の目的として示された。第三に、試験制度に対して、数学教師の参加と生徒の発達段階を考慮した試験を作成することを要求していた。このように 1919 年報告書に示された数学教育論は、ゴドフレーの数学教育論と多くの共通点を持っていたことが示された。

他方で、1923 年報告書において、幾何学は「空間の科学」と位置づけられ、1919 年同様、数学科は科学の一教科として位置づけられた。加えて、*Circular711* に示されたカリキュラムを修正し、論理的思考の構造化を試みた点が挙げられる。これによって、幾何学を通じて、空間に関する知識を深めると同時に、個々の命題の証明から、命題相互の関係の証明へと学習を進める過程で、論理的思考を学ぶカリキュラムが示された。しかしながら、数学者の仕事である幾何学の体系を巡る議論と教師の仕事である実践を巡る議論が混在した結果、カリュラムや指導の具体例、中等学校試験への対応は、議論を通じて深められることなく課題として引き継がれた。

第 7 章では、1920 年代から 1930 年代に焦点を当て、中等教育政策と「改造運動」の展開を検討した。中等教育政策に関しては、ハドウ報告書、スペンス報告書、及びノーウッド報告書という教育院の諮問委員会による主要な報告書を史料とした。これらの報告書に示された中等教育のカリキュラムとそこでの数学科の位置づけに着目して概要をまとめた。

その結果、ハドウ報告書ではモダン・スクールが、スペンス報告書ではテクニカル・スクールが、そしてノーウッド報告書では、これらの報告書を継承して、三類型別中等教育制度のカリキュラムが構想された。一連の報告書において、数学科は、第一に、能力や進路に応じたカリキュラムの下で指導すること、第二に、数学科を別々の科目から成る教科としてではなく、科目を融合させ、

一体となった教科としてカリキュラムを立て、指導をすること、という 2 つの方針が示された。

1920 年代から 1930 年代において「改造運動」がどのような展開を遂げたのかを検討するべく、1923 年報告書の続編である 1939 年報告書に着目した。その結果、幾何学教育の試験対策化に対し、フィールドワークなどを通じた直観的な理解に基づく問題解決型の授業を数学教師に具体的に示すことによって、授業レベルで、授業の試験対策化に抵抗を試みていたことが示された。1939 年報告書に対しては、1923 年報告書のような学術的な新しさがない点が批判されたものの、平素の授業実践へと一般化させることにまで到達したという結論を得た。

第 2 節　本研究の成果

以上を踏まえて、「改造運動」の盛衰をどのようにとらえるのか、という問を考えよう。第一に、「改造運動」はペリーによって引き起こされ、ペリーが没すると急速に収束したとする小倉の解釈を検討する。「改造運動」を、第 2 章で示したペリーの数学教育論に沿った「ペリー運動」に限定した場合、ペリー自身が「改造運動」の展開に懸念を示した 1908 年の時点や、ペリーが引退した 1913 年の時点で、運動は収束したといえよう。

しかしながら、第 4 章で示した通り、イギリスの数学教育改革はペリーの手から離れた後も展開されていた。1902 年以降、公立の中等学校が設立され、科学教育も徐々に普及していった。1909 年になると、中央教育当局である教育院によって、初めて数学教育に関する教育方針を明らかにされた *Circular711* が出版された。同書において、第一に、学習者が幾何学を直観的に理解しやすいように、命題が再配列された。第二に、直観や実験を契機とする教授学習が示された。第三に、直観から徐々に論理的な思考へと至る幾何学の 3 つの段階が示された。特に、幾何学における 3 段階の指導は、学習者の発達段階を幾何学のカリキュラムに位置づけた典型として、その後の幾何学教育を方向づけることとなった。

Circular711 が数学教育の目的として、形式主義、すなわち論理的思考の陶冶のみを挙げた点はゴドフレーが批判したように、「ペリー運動」の成果を忠実

に反映したものであったとはいいがたい。しかし、改革の方向性、すなわち学習者の理解に即したカリキュラムや実験や測定、作図など直観的な理解を契機とする指導方法においては、ペリーの数学教育論との共通点を見出すことができ、数学教育改革を公的に後押しするものとなっていた。数学科という教科の指導から教育方法学的な共通点へと着眼点を移すことによって、「改造運動」はペリーの手から離れても継続されていったととらえることができる。

では「ペリー運動」が中心とはならなかったのはなぜなのか。工学者ペリーは「科学の普及」という社会問題に対し、数学をいかに学ぶかという問題に取り組んだのに対し、数学者や数学教師による「改造運動」では、中等教育の枠内でいかに効果的に数学を教えるのかという問題に取り組んでいたととらえることができる。20 世紀前半のイギリスという文脈において、「ペリー運動」と「改造運動」の違いは、運動の担い手が取り組んだ問題に起因したといえる。また、ペリーが抱えた限界としては、幾何学をはじめとする中等学校の数学科に、初学者向けの教科書などを通じて直接関与できなかった点が指摘できよう。他方で、「ペリー運動」を包摂し、科学を有機的に関連付けた数学教育論へと「改造運動」が展開しえなかった点は、20 世紀前半のイギリス社会、数学教育界が抱えた限界として結論付けることができる。

第二に、ハウスンによって示された、ゴドフレーの没後、すなわち 1924 年以降、数学教育研究は「氷河期」を迎えるとする解釈の妥当性を検討しよう。第 5 章で検討した数学教師ゴドフレーは、いわば数学教育の内部から、教科書の執筆等を通じて、「改造運動」を導いていった。ゴドフレーは、「改造運動」以前の教養として学ばれていた数学科において目指されていた「形式主義の目的」と、「改造運動」によって新たに着目されるようになった「実用主義の目的」のいずれとも数学教育の重要な目的であると位置づけた。その上で、一見対立するこの 2 つの目的に対し、「ヘルバルト主義的な目的」、すなわち、帰納的推論といった思考の獲得を目的とすることによって止揚し、新しい目的に沿った数学教育論を打ち立て、教科書として具体化していった。

第 6 章においては、ゴドフレーも執筆に関わった 1923 年報告書を中心に、1910 年代から 1920 年代前半における「改造運動」の展開を検討した。その結果、この時期には、数学が科学の一つとして、すなわち、数学科は「科学の道

具」（1919 年報告書）として、幾何学は「空間の科学」（1923 年報告書）としても、カリキュラムで位置づけられるようになった。1919 年報告書においては、「数学的な見方」が数学教育の目的として確立され、1923 年報告書においても継承された。1923 年報告書においては、新たな公準に基づく革新的な幾何学教育論が示され、数学教育の可能性が模索されていた。

では、1924 年以降、「改造運動」は収束したのだろうか。第 7 章では、1920 年代後半から 1944 年にかけて、中等教育政策の展開とそこでの数学教育の位置づけ、加えて、1923 年報告書の続編となる 1939 年報告書を検討した。その結果、ハドウ報告書、スペンス報告書、ノーウッド報告書と一連の報告書において、数学科は、適性や能力、進路に応じ、一つの教科として相互に関連付けて指導する方針が示さていた。幾何学においては、幾何学への理解の向上と試験対策を両立するべく、段階別のカリキュラムが洗練されるとともに、優れた実践を共有し、授業の質的向上が図られていた。

その一方で、1939 年報告書は、数学教育研究として独創的なアイデアが示されたとはいいがたいものであった。そのため、ハウスンが指摘する通り、革新的な数学教育論、すなわち、*Circular711* による段階別カリキュラム、ゴドフレーの数学教育論における目的論とそれに基づく教科書、1923 年報告書における幾何学教育の体系、に着目するとき、確かに 1920 年代に数学教育研究はピークを迎え、ゴドフレーの没後、新たな教育論が示されなくなったという点で、「改造運動」が収束したととらえる解釈にも一定の妥当性がある。

しかしながら、1939 年報告書は、教育目標を示し、優れた授業実践を共有することによって、「改造運動」における成果を、平素の授業として一般化した。こうした教育方法学的な成果を積極的に評価すると、1939 年報告書は「改造運動」の最終的な到達点を示しているという結論を得ることができよう。その一方で、他の科学教科との有機的に連関したカリキュラムへと議論が「ペリー運動」によって喚起されることはなく、議論の対象が数学教育に限定された点は、「改造運動」の限界であったと結論付けることができよう。

次に「改造運動」から得られる 21 世紀の日本への示唆を検討する。第一に、数学教育の目的、すなわち「なぜ数学を教えるのか」という問いに対する示唆が得られよう。「改造運動」の以前において、中等学校の数学科において『原論』

を教養として学び、演繹的推論の力を伸ばすために論理形式が主に教えられていた。これに対し、ペリーは、自然科学を学ぶ前提となる、有用な知識やスキルを学ぶための教科という目的論を打ち立てた。しかしながら、ペリーが提起した実用主義は、従来の形式主義に相対する目的とみなされ、両立されなかった。

こうした中で、ゴドフレーは、心理学の知見を数学教育へと応用し、思考方法を身に付けるために数学教育を行うという「ヘルバルト主義の目的」を提起した。ゴドフレーは数学における思考過程として、演繹的なプロセスだけでなく、帰納的なプロセスにも着目した。こうした帰納的思考は、自然科学の発見を支える思考方法である。ゴドフレーは、帰納的プロセスに着目することで、ペリーの数学教育論において提起された直観を、結論を洞察し、証明を行う帰納的プロセスの前提としてとらえ直した。これにより、授業において実験や測定、作図といった活動を取り入れることで、内容の理解が促進されるだけでなく、論理的思考の形成も促進されることを示した

その結果、数学教育の目的は、「数学的な見方」の獲得という目的を媒介として、実用主義と形式主義の両立が可能となった。このように数学科は、「改造運動」を経ることで、教養を身に付け、人格の形成として価値があると同時に、有用な知識を学び、科学や論理的思考に役立つ思考方法を獲得する教科となった。この 3 つの数学教育の目的は、21 世紀の日本の中等教育における数学科にも通底する、普遍的な数学教育の目的論といえよう。

すなわち、一般教育としての教養のために、数学の形式や数学的な思考を通じて論理的思考を身に着けること、数学的事象や法則に関する知識を習得すること、この両者はいずれも重要な目的である。このように内容と論理を学ぶためには、実験や作図、測定といった直観的な把握を契機に、帰納的に法則に至り、演繹的に推論するという「数学的な見方」を習得するという目的が必要となる。この 3 つの目的を連関させながら学ぶことで、数学によって日常の問題を解決し、教養を身に付け、豊かに生きることこそ、中等学校で数学を学ぶ意義ととらえることができよう。

第二に、「改造運動」は教育内容の選択という点でも示唆的である 20 世紀前半からから 1944 年まで展開された「改造運動」において、論理形式、有用な

内容、「数学的な見方」を学ぶ素材として『原論』に示された平面幾何学、及び、空間幾何学、すなわちユークリッド幾何学が内容として一貫して選択され続けた。「ペリー運動」というインパクトがあったにもかかわらず、こうした内容は、20 世紀前半のイギリスにおいて、ユークリッド幾何学は共通の教養としてみなされ続けていたのである。

「改造運動」と対照的な議論は、1960 年代のアメリカの”New Math”をめぐる議論である。数学者クライン（M. Kline）を中心とするアメリカの数学者は、*Why Johnny Can't Add: The Failure of the New Math* を 1962 年に出版し、”New Math”に対して次の 4 点を批判した。第一に、数学は累積的に発展してきたため、古いものが必ずしも時代遅れでも無用でもない点である。第二に、現代化で取り入れられた数学（記号論理学、トポロジー、抽象代数など）に偏りがあり、現代数学の応用という点でも実用的ではない点である。第三に、数学の本質の一つである直観が看過されている点である。第四にカリキュラムや教科書に関する議論に偏り、指導法の議論が看過された点である。現代数学を学校教育に取り入れることを目指した”New Math”は、その後”Back to Basic”というスローガンの下で、基礎基本的な内容の重視へと回帰した。

21 世紀は、数学や科学に関する研究も飛躍的に進み、ビッグデータの解析のように数学が活用される分野が飛躍的に増大している。先端研究を担うべき人材を育成するべく、中等教育における数学教育に対し多方面から要求が寄せられている。「改造運動」の検討によって得られた、内容と論理、数学的な見方をバランスよく学ぶという成果は、既存の内容を再評価しつつ、21 世紀の中等教育で共通に学ぶべき、新たな内容を慎重に選択する視角をもたらすものと期待できる。

最後に、数学教育の目的をめぐる議論は、同時に、「改造運動」において教師と生徒の関係をとらえ直す契機となった点からも示唆が得られよう。「改造運動」以前の中等学校における数学科では、教師が授業を行い、優秀な生徒がそれを理解するというスタイルが典型であった。ここでは、学習についてこられない生徒は能力に問題があるととらえられていた。こうした学習観に対し、ペリーは、平均的な学力の生徒を対象とするとともに、生徒が学習を通じてわかることを重視した。ペリーの数学教育論に至って、実験や測定、作図など学習

者が理解しやすい方法によって、有用な内容を伝達するという、指導方法に目が向けられるようになった。

その後、*Circular711* に至って、発達段階という視角が導入され、学習者の発達に応じた指導方法が模索されるようになった。ゴドフレーは、19 世紀後半から 20 世紀前半にかけての心理学研究における成果も踏まえながら、発達段階に沿った教科書を執筆し、帰納的思考と演繹的思考の双方が習得できるカリキュラムを示した。さらに、1923 年報告書から 1939 年報告書へと至る過程で、論理的思考における発達段階が構造化されていった。

この過程から「改造運動」をとらえる時、数学教育において個々の学習者の思考過程を分析し、発達に適合したカリキュラムを打ち立てることは、既に 20 世紀の前半において一般的になりつつあったといえる。昨今であれば、認知心理学をはじめ、教育工学など様々な領域が数学教育研究に参入している。こうした諸学の成果に学びながら学習者に焦点をあて、教授と学習の双方から数学教育におけるカリキュラムや授業実践をとらえ、構想することが今後も求められるといえる。

第 3 節　本研究に残された課題

以上、19 世紀後半から 20 世紀前半のイギリスにおける「改造運動」の勃発と収束を見てきた。本研究において、次の点を課題として指摘することができよう。

第一に、本稿では幾何学に焦点を絞り、グラマー・スクールを中心とした中等学校における数学科を検討した。算術や代数といった他科目を見ることで、複眼的に「改造運動」を検討することができよう。例えば、伝統的に方程式が扱われていた代数に着目した場合、ペリーの数学教育論、*Circular711* を経て含まれるようになったグラフに関する指導の展開を明らかにすることができる。加えて、代数を含む科目も、数学協会によって報告書が出版されており、「改造運動」の過程で展開を遂げている。このように、中等学校において教えられるようになった科目へと検討対象を広げることが今後の課題の一つとなろう。

第二に、「改造運動」の契機をもたらしたペリーは工学者であり、科学の普及を目指していた。そこで、中等学校における科学教育の展開、すなわち他教科

との関係から、「改造運動」を見ることで、数学科が科学として確立されていった背景に迫ることができよう。19 世紀後半から 20 世紀前半にかけての科学を中心とする他教科の展開を見ることで、「改造運動」の理解を深めることができよう。

第三に、数学における商業としての側面にも着目する必要がある。「ペリー運動」は、一般教育に対抗すべく、科学技術としての実用性に傾斜せざるを得ないという特徴を持っていた。こうした背景から、本稿では、古典として成立した数学が、実学としてみなされた科学の一分野として転換していく過程から「改造運動」を論じてきた。

しかしながら、ロンドンのシティは、第二次産業革命のころには「世界の銀行」としての地位を確立し、2016 年現在においても世界有数の金融街である。そのため、ロンドンを中心とする中等学校を卒業した生徒の中には、金融業はもちろん、事務職に就く者も数多くいた。科学技術を指向するペリーの数学教育論が、一般教育を行う中等学校の数学教師から反発を受けたのも、実学がすなわち科学であったわけではない点が指摘できる。学習者にとって有用な内容とは何か、という内容選択の問題からも、数学教育を検討する必要があろう。

第四に、ドイツやフランス、アメリカ、そして日本といった諸外国の「改造運動」との比較である。イギリスの「改造運動」において、幾何学における『原論』の扱いは重大な論点であった。しかしながら、例えば、フランスにおいて『原論』は、すでに 1901 年の時点で教材ではなくなっており、幾何学の論理ではなく、内容に基づいた教科書が出版されていた。加えて、ドイツやフランス、日本においては国家が主導して科学技術教育を推進した点でもイギリスと異なっている。こうした各国の違いを共同研究等によって整理し、「改造運動」を包括的に描くことで、イギリスの「改造運動」への評価が一層深まるものと期待できる。

第五に、第二次世界大戦後、そして現代の数学教育へと対象を拡大する点である。「改造運動」の次にイギリスの数学協会が転換を迎えるのは、1960 年代の数学教育改革、いわゆる”New Math”の時代である。イギリスにおいては、1960 年代の数学教育改革は、School Mathematics Project として展開された。こうした数学教育改革は「改造運動」といかなる連続性を持つのか。また、こ

うした数学教育史が、1988 年教育改革法によって生まれたナショナルカリキュラムへと発展し、21 世紀におけるイギリスの教育と関係性を持つのかを検討することを課題としたい。この過程で、外部試験に目を向け、中等学校試験に起源を持つ GCE（General Certificate of Education）といった外部試験制度に目を向け、ナショナルテストや昨今のスダンダード運動へと引き継がれた論点に迫ることができると期待される。

第六に、数学の内容と、それを学ぶことで形成されるスキルやリテラシーといった能力との関係について研究を深める点である。「改造運動」では、ユークリッド幾何学という内容を通じて、数学的な事象に関する理解と同時に、直観を契機とする帰納的思考、及び演繹的思考という思考方法の獲得が目的として確立された。こうした能力を育成するにあたり、ユークリッド幾何学が効果的なのだろうか。これとは反対に、内容とは無関係に数学的な思考に関わる能力を抽出し、育成することが可能なのか。この点については、現代の数学教育研究、数学的思考の形成に関する研究に対し、メタ分析といった現代的な研究方法を用いることで、教育効果を測定し、内容と能力の関係を吟味することができよう。

第七に、「改造運動」において、ペリーやゴドフレー、1919 年報告書も学習者の興味関心に着目していた。この点から、第六の課題を検討するとき、数学に対する興味関心を中等学校の数学教育において、いかに位置づけるのかという問題が再浮上する。すなわち、能力の習得に傾倒し、学習において数学の内容そのものへの興味関心が看過されるとき、古代ギリシャ時代から常に一定数の学習者を魅了し、研究へと誘ってきた数学を、無味乾燥な学問として印象付ける危険が生じよう。能力を育成するにあたり、効果的であると同時に、数学が持つ魅力を生徒が感じ取る内容や指導方法を追求し続けていく必要がある。

＊　＊　＊

なお、本論文の内容は、筆者がこれまでに発表したきた以下6つの論考にもとづいている。ただし、いずれも大幅な加筆・修正を加えている

・「イギリスにおける数学教育改造運動―数学教育におけるジョン・ペリーの位置に着目して―」平成23年4月発行、『京都大学大学院教育学研究科紀要』第57号、pp.435-448。（第1章）

・「ジョン・ペリーの数学教育論―『有用性』概念に焦点を当てて―」『教育方法学研究』第36巻、平成23年3月、pp.121-132。（第2章、第3章）

・「イギリスにおける数学教育改造運動に関する一考察―*Circular711* に着目して―」『数学教育史研究』第13号、平成25年10月、pp.13-24。（第4章）

・「チャールズ・ゴドフレーの数学教育論」『京都大学大学院教育学研究科紀要』第58号、平成24年4月、pp.435-448。（第5章）

・「1920年代のイギリスにおける数学教育改造運動の展開―*The Teaching of Geometry in Schools* に着目して―」『教育目標・評価学会紀要』第24号、平成26年11月、pp.65～74。（第6章）

・「戦間期イギリスにおける幾何学教育の展開―数学協会による2つの報告書に着目して―」『教育方法学研究』第40巻、平成27年3月、pp.75-84。（第7章）

【参考・引用文献リスト】

1.　　欧文献

Adams, J., *The Herbartian psychology applied to education: being a series of essays, applying the psychology of Johann Friedrich Herbart*, D. C. Heath & Co., 1898.

Adams, J. *Educational movements and methods : with an introduction by John Adams*, Heath and Co. 1924.

Arnold, M., 'Culture and Anarchy, An Essey in Political and Social Criticism and Friendship's Garland', *The works of Matthew Arnold Volume VI*, Scholarly Press, 1903.

Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *Elements of Plane Geometry Part I. corresponding to Euclid books I.-II.*, W. Swan Sonnenschiein and Co., 1884.

Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *Elements of Plane Geometry Part II. corresponding to Euclid books III., IV., V., VI.*, W. Swan Sonnenschiein and Co., 1888.

Ayrton, W. E. and Perry, J., 'Determination of the Acceleration of Gravity for Tokio, Japan', *Philosophical Magazine and Journal of Science*, series 5, vol.9, no.56 ,1880, pp.292-301.

Board of Education, 'Teaching of Geometry and Graphic Algebra in Secondary School,' *Circular711*, 1909.

Board of Education, *The Education of the Adolescent*, Her majesty's Stationery Office, 1926.

Board of Education, *Secondary education with special reference to grammar schools and technical high schools*, Her Majesty's Stationery Office, 1938.

Board of Education, *Curriculum and Examinations in Secondary Schools,* Her Majesty's Stationery Office, 1941.

British Association for the Advancement of Science, *Report of Seventy-first Meeting of the British Association for the Advancement of Science*, John Murray, 1901.

Brock, W. H., and Price, M. H., ‘Squared paper in the nineteenth century: Instrument of science and engineering, and symbol of reform in mathematical education’, *Educational Studies in Mathematics*, Vol.11, No.4, 1980, pp. 365-381.

Bryan, G. H., ‘The British Association Discussion on the Teaching of Mathematics’, *The School World*, Vol.4, No.39, 1902. p.88-91.

Bryan, G. H., ‘Prof. Perry’s Practical Mathematics’, *Nature*, Vol.91, No.2283, 1913, pp.551-553.

Colenso, J. W., *Arithmetic Designed for the Use of Sschools: to Which is Added a Chapter on Decimal Coinage*, Longmans, 1872.

Crosland. L., *Revision Mathematics Being Examples and Exercises from School Certificate Papers*, Macmillan, 1945.

Cornelius, M. ‘1944-1984 Mathematics in Schools Part 1. From Jeffery Syllabus to Cockcroft Report’, *Mathematics in School*, 1985, Vol.14, No.4, 1985, pp.31-34.

Cornelius, M. ‘1944-1984 Mathematics in Schools Part 2. From Jeffery Syllabus to Cockcroft Report’, *Mathematics in School*, Vol.14, No.5, 1985, pp.28-30.

Durell, C. V., ‘The Teaching of Geometry in Schools. A Report for the Mathematical Association,’ *Mathematical Gazette*, vol.XII, no.173, 1924, pp.274-276.

Egger, W. D., *Practical Exercises in Geometry, Macmillan*, 1903.

Flood, R., Rice, A., and Wilson, R.(eds), *Mathematics in Victorian Britain*, Oxford University Press, 2011.

Fujita, T. ‘The order of theorems in the teaching of Euclidean geometry’, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, Vol. 33, 2001, pp. 196-203.

Fujita, T., and Keith J., ‘The Place of Experimental Tasks in Geometry Teaching: Learning from the Textbook Designs of the Early 20th Century’, *Research in mathematics education,* 5, 2003, pp.47-62.

Fujita, T. ‘The Reform of School Geometry in the Early 20th Century in

England and Japan: The Design and Influences of the Textbooks by Godfrey and Siddons', Thesis submitted for the degree of Ph.D., University of Southampton, 2003.

Fujita, T., Jones, K., Yamamoto, S., 'Geometrical Intuition and the Learning and Teaching of Geometry,' Topic Study Group on the teaching of geometry at the 10th International Congress on Mathematical Education, Copenhagen, Denmark, 2004, pp.4-11.

Fujita, T. and Jones, K., 'The Process of Redesigning the Geometry Curriculum: The Case of the Mathematical Association in England in the Early Twentieth Century', *International Journal for the History of Mathematics Education*, Vol. 6, 2011, pp.1-23.

Godfrey, C., 'The Teaching of Mathematics— A Compromise', *Mathematical Gazette*, Vol.II, No.30, 1901, pp.106-108.

Godfrey, C., 'The Public Schools and the Question' , *Mathematical Gazette*, Vol.II, No.31, 1902, pp.143-146.

Godfrey, C., 'The Teaching of Mathematics in English Public School for Boys', *Mathematical Gazette*, Vol.IV, No.71, 1908. pp.250-259.

Godfrey, C. and Bell, G. M., *The Winchester Arithmetic*, Cambridge, 1905.

Godfrey, C., 'The Board of Education Circular on the Teaching of Geometry', *Mathematical Gazette*, Vol.V, No.84, 1910, pp.195-200.

Godfrey, C. and Siddons. A. W., *A Shorter Geometry,* Cambridge, 1912.

Godfrey, C., 'On the Work of the International Commission on Mathematical Teaching', *Mathematical Gazette,* Vol.VI, No.97, 1912, pp.243-246.

Godfrey, C., 'Mathematics in English School', *Science Progress in the Twentieth Century: a Quality Journal of Scientific Thought*, Vol.6, 1912, pp.161-180.

Godfrey, C., 'Geometry Teaching: The Next Step', *Mathematical Gazette,* Vol.10, No.145, 1920, pp. 20-24.

Godfrey, C. and Siddons, A.W., *Theoretical Geometry,* Cambridge, 1920.

Godfrey, C. and Siddons, A. W., *Practical Geometry*, Cambridge, 1923.

Godfrey, C. and Siddons, A.W., *The teaching of elementary mathematics*, Cambridge, 1931.

Gooday, G. and Low, M., 'Technology Transfer and Cultural Exchange: Western Scientists and Engineers Encounter Late Tokugawa and Meiji Japan', *Osiris*, Vol.13, 1998, pp. 99-128.

Gordon, P. & Lawton, D., *Curriculum Change in the Nineteenth & Twentieth Centuries*, Hodder & Stoughton, 1978.

Grinstein, L. S. and Lipsey S. I.(eds.), *Encyclopedia of mathematics education*, RoutledgeFalmer , 2001.

Hall, H. S. and Knight, S. R., Elementary Algebra for Schools, Macmillan and co., 1885.

Howson, A. G., *A History of Mathematics Education in England*, Cambridge university press, 2008.

Huxley, T. H., *Collected Essays Volume III Science and Education Essays*, Macmillan and Co., 1905.

Incorporated Association of Assistant Master in Secondary Schools, *The Teaching of Mathematics*, Cambridge University Press, 1957.

Karp, A. and Schubring, G.(eds.), *Handbook on the History of Mathematics Education*, Springer, 2014.

Mathematical Association, "Report of the Mathematical Association Committee on the Teaching of Mathematics in Public and Secondary Schools", *Mathematical Gazette*, Vol.IX, No.143, 1919.

Mathematical Association, *The Teaching of Geometry in Schools A Report Prepared for the Mathematical Association*, G. Bell and Sons, 1923.

Mathematical Association, 'The Teaching of Geometry in Schools. Report of 1923', *Mathematical Gazette*, Vol.XII, No.170, 1924, pp.73-91.

Mathematical Association, *A Second Report of The Teaching of Geometry in Schools*, G. Bell and Sons, 1939.

Mathematical Association, 'The Second Report on The Teaching of Geometry', *Mathematical Gazette*, Vol. 23, No. 254 , 1939, pp.169-184.

Mccann. P.(ed.), *Popular Education and Socialization in the Nineteenth Century*, Methuen & Co., 1977.

Partridge, M., *The Royal Naval College Osborne a History 1903-1921*, Sutton Publishing, 1999.

Perry, J., *Practical Mechanics*, Cassel & Company, 1883.

Perry, J., *Calculus for engineers*, Arnold, 1897.

Perry, J., *Practical Mathematics*, Her Majesty's Stationery Office, 1899.

Perry, J., 'England's Neglect of Science', *Nature,* Vol. 62, No.1601, July, 1900.

Perry, J., *England Neglect of Science*, T. Fisher Unwin, 1900.

Perry, J., 'The Teaching of Mathematics', *Nature*, Vol.62, No.1605, August, 1900.

Perry, J., 'The Rational Teaching of Mathematics', *Nature*, Vol.63, No.1633, February, 1901.

Perry, J.(ed.), *Discussion on the Teaching of Mathematics*, Macmillan and Co., 1901.

Perry, J.(ed.), *Discussion on the Teaching of Mathematics*, 2nd edition, Macmillan and Co., 1902.

Perry, J.(ed.), *Discussion at Johannesburg on The Teaching of Elementary Mechanics*, Macmillan and Co., 1906.

Perry, J., 'The Correlation of the Teaching of Mathematics and Science', *The School World*, Vol.10, No.120, 1908, pp.459-464.

Perry, J., 'Practical Mathematics', *Nature*, Vol.90, No.2237, 1912, pp.34-35.

Perry, J., *Elementary Practical Mathematics* Macmillan and Co., 1913.

Price, M. H., 'The Reform of English Mathematical Education in the late Nineteenth and Early Twentieth Centuries', unpublished PhD thesis, University of Leisester, 1981.

Price, M. H.(ed.), *The Development of the Secondary Curriculum*, Croom Helm, 1986.

Price, M. H., *Mathematics for the Multitude? A History of the Mathematical*

Association, Mathematical Association, 1994.

Reynolds, J. H., ‘Diagram Illustrating the Correction of Education in the City of Manchester’, *The Record of Technical and Secondary Education*, Vol.X, 1901.

Roach, J., ‘Examinations and the Secondary Schools 1900 - 1945’, *History of Education,* Vol.8, Issue 1, 1979, pp.45-58.

Siddons, A. W., ‘From a Public School Point of View’ , *Mathematical Gazette*, Vol. II, No. 30, 1902, pp.108-111.

Siddons, A. W., ‘Charles Godfrey, M.V. O., M. A.’, *Mathematical Gazette*, Vol. XII, No. 171, 1924, pp.137-139.

Siddons, A. W., ‘Presidential Address to the Mathematical Association January 1936’, *Mathematical Gazette,* Vol.XX, No.237, 1936, pp.7-26.

Siddons, A. W., ‘Fifty Years of Change’, *Mathematical Gazette*, Vol. XL, No. 333, 1956, pp.161-169.

Siddons, A. W., ‘Obituary W. C. Fletcher’, Vol.XLIII, No.344 *Mathematical Gazette*, Vol.XLIII, No.344, 1959, pp.85-87.

Todhunter, I., *The Elements of Euclid for the Use of Schools and Colleges,* Macmilan and Co., 1862.

Tawney, R. H., *Secondary Education for All : A Policy for Labour*, Education Advisory Committee of Labour Party, 1922.

Watson, A. Jones, K. and Pratt, D., *Key Ideas in Teaching Mathematics Research-based guidance for ages 9-19*, Oxford University Press, 2013.

Whitehead, A. N., ‘Presidential Address to the London Branch of the Mathematics Association,’ *Mathematical Gazette*, Vol.VII, No. 104, 1913, pp.87-94.

‘Association for the Reform of Geometrical Teaching’, *Nature*, Vol.3 No.61, 1870, p.169.

‘Funeral of Professor Huxley’, *Nature*, Vol.52 No.1341, 1895, pp. 248-249.

‘Mathematical Reform at Cambridge’, *Nature,* Vol.68, No. 1756, 1903.

’Death of Professor Perry. A Great Electrical Scientist’, *The Times*, Thursday, Aug 05, 1920, p.9.

2.　　和文献

アシュビー（Ashby, E.）著、島田雄次郎訳『科学革命と大学』中央公論社, 1967 年。

マシュー・アーノルド（Arnold, M.）著、多田英治訳『教養と無秩序』岩波書店、2003 年。

荒木廣「ノーウッド報告と中等学校試験制度改革」『聖心女子大学論叢』58、1981 年、pp.55-134。

板倉聖宣「ジョン・ペリーの生涯　第 1 回　日本の工部大学校教師としての仕事と数学教育近代化の提唱」『数学セミナー　別冊　数学の楽しみ』日本評論社、No.20, 2000 年, pp.111-119。

板倉聖宣「ジョン・ペリーの生涯　第 2 回　日本の工部大学校時代の研究と方眼紙の普及活動」『数学セミナー　別冊　数学の楽しみ』日本評論社、No.21, 2000 年, pp.99-108。

板倉聖宣「ジョン・ペリーの生涯　第 3 回 英国の工業学校での数学教育改革構想の提出」『数学セミナー　別冊　数学の楽しみ』日本評論社、No.22, 2000 年, pp.110-119。

板倉聖宣「ジョン・ペリーの生涯　第 4 回　数学教育近代化の提唱」『数学セミナー　別冊　数学の楽しみ』日本評論社、No.23, 2001 年, pp.91-101。

ウォルホード（Walford, G.）著、竹内洋、海部優子訳『パブリック・スクールの社会学　英国エリート教育の内幕』世界思想社、1996 年。

上垣涉「数学教育改造運動の日本的受容」『三重大学教育学部研究紀要』第 49 巻、1998 年、pp.49-72。

梅根悟監修『世界教育史体系８　イギリス教育史（Ⅱ）』講談社、1974 年。

太田和敬「大戦間イギリスの教育政策（1)」『東京大学教育行政学研究室紀要』第 3 号、1982 年、pp.33-48。

太田和敬「大戦間イギリスの教育政策（2)」『東京大学教育行政学研究室紀要』第 4 号、1983 年、pp.19-35。

大田直子「1902 年教育法、1904 年教育法の一考察」『東京大学教育学部紀要』

23、1983年、pp.387-395。
大矢真一『ピタゴラスの定理』東海大学出版会、2001年。
岡田渥美「現代イギリスの教育思潮」森昭『教育学叢書23　現代教育思潮』第一法規、1970年。
小倉金之助「現代数学教育の先駆者　ジョン・ペリーの数学教育改造運動」『教育』国土社、2(9)、(11)、1952年、 pp.71-80。
小倉金之助「現代数学教育の先駆者（承前）　ジョン・ペリーの数学教育改造運動」『教育』国土社、2(10)、(12)、1952年、 pp.69-77。
小倉金之助「現代数学教育の先駆者-終-」『教育』国土社、2(12)、(14)、1952年、pp.73-81。
小倉金之助、鍋島新太郎著『現代数学教育史』、大日本図書、1957年。
川北稔『イギリス近代史講義』講談社、2010年。
鎌井敏和他『イギリス思想の流れ　宗教・哲学・科学を中心として』北樹出版、1998年。
北政巳「工部大学校とグラスゴウ大学 : 日蘇(スコットランド)関係史の一視点」『社会経済史学』第46巻、5号、1981年、pp. 511-vi。
木村浩『イギリスの教育課程改革――その軌跡と課題――』東信堂、2006年。
木村良夫「ジョン・ペリーの数学教育改革論」『人文論集』第26巻、1990年、pp.163-180。
教育思想史学会『教育思想事典』勁草書房、2004年。
旧工部大学校史料編纂会『旧工部大学校史料・同附録』青史社、1978年。
公田藏「John Perryと日本の数学教育」『数理解析研究所講究録』1195巻、2001年、pp.191-206。
小山慶太『科学史年表　増補版』中公新書、2011年
斎藤憲『ユークリッド「原論」とはなにか　二千年読みつがれた数学の古典』岩波書店、2008年。
サイモン（Simom, B.）著、成田克矢訳『イギリス教育史Ⅰ』亜紀書房、1977年。
サイモン（Simom, B.）著、成田克矢訳『イギリス教育史Ⅱ』亜紀書房、1980年。

サイモン（Simom, B.）著、岩本俊郎訳『イギリス教育史Ⅲ』亜紀書房、1984 年。
佐々木力『数学史』岩波書店、2010 年。
下中弥三郎編『教育学事典　第 6 巻』平凡社、1956 年。
トウニイ（Tawney, R. H.）著、成田克也訳『すべてのものに中等教育を』明治図書、1971 年。
中西正治「ペリーの関数教育の考察：『ペリー初等實用數學』を通して」『三重大学教育学部研究紀要』第 61 巻、2010 年、pp.289-298。
中原忠男編著『新しい学びを拓く　算数科　授業の理論と実践』ミネルヴァ書房、2011 年。
中村幸四郎・寺沢秀孝・伊藤俊太郎・池田美恵訳・解説『ユークリッド原論　縮刷版』共立出版、2009 年（縮刷版第 10 刷、縮刷版 1 版 1996 年、初版 1971 年）。
日本数学教育学会編『和英/英和算数・数学用語活用辞典』東洋館、2013 年。
ハクスリ（Huxley, T. H.）著 、佐伯正一、栗田修訳『自由教育・科学教育　世界教育学選集 36』明治図書出版、1966 年。
広瀬信『イギリス技術者養成史の研究——技術者生成期から第 2 次世界大戦まで——』風間書房、2010 年。
福澤孝之「数値計算を重視した微分積分学の教材開発：ジョン・ペリーの思想を根幹に」『数学教育論文発表会論文集』第 40 巻、2007 年、pp.259-264。
藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1996 年。
ペリー（Perry, J.）著、新宮恒次郎訳『初等実用数学』山海堂、1930 年。
ペリー（Perry, J.）著、武田楠雄訳編『技術者のための微分積分学 』森北出版 , 1959 年。
ポオ（Poe, E. A.）著、丸谷才一訳「黄金虫」『ポオ全集　第 2 巻』東京創元社、1969 年。
ホワイトヘッド（Whitehead, A. N.）著、森口兼二訳『教育の目的　ホワイトヘッド著作集　9』松籟社、1986 年。
マオール（Maor, E.）著、伊理由美訳『ピタゴラスの定理—4000 年の歴史』岩波出版、2008 年。

三好信浩『明治のエンジニア教育』岩波書店、1983 年。

三好信浩「工部大学校の教育」(『広島大学教育学部紀要』第一部、(24)、pp.73-85。

村岡健次、鈴木利章、川北稔編著『ジェントルマン・その周辺とイギリス近代』ミネルヴァ書房、1995 年。

村岡健次、川北稔著『イギリス近代史　宗教改革から現代まで』ミネルヴァ書房、2003 年。

ムロディナウ（Mlodinow, L.）著、青木薫訳『ユークリッドの窓　平行線から町空間にいたる幾何学の物語』NHK 出版、2003 年。

望田研吾「イギリスの中等教育における伝統と変動―総合性中等学校理念の擡頭―」『島根大学教育学部紀要』第 11 巻、1977 年、pp.1-7、p.1。

望田幸男編『国際比較　近代中等教育の構造と機能』名古屋大学出版会、1990 年。

森下四朗『改訂版　ピタゴラスの定理　100 の証明法　幾何の散歩道』プレアデス出版、2010 年。

柳田雅明『イギリスにおける「資格制度」の研究』多賀出版、2004 年。

横地清「英国・東独の数学教育について」『数学教育』日本数学教育会誌、37(5)、1955 年、pp.77-79。

吉田喜由『イギリスの教育』自治日報、1972 年。

【巻末資料】

巻末資料１　年表

年号	イギリスでの出来事	数学教育での出来事
1834年		数学専科の教員がパブリック・スクールで採用される
1837年	ヴィクトリア女王即位	
1851年	パリ万国博覧会	
1854年	クリミア戦争	
1859年	ダーウィン『種の起源』	
1862年		Todhunter, I., *The Elements of Euclid for the Use of School and Colleges*
1867年	ロンドン万国博覧会	
1869年		*Nature* 誌の刊行
1870年	フォスター法により初等教育法が成立し、公教育が始まる。ハイアー・グレード・スクールの設立	
1871年		幾何教育改良協会の設立
1876年	初等教育促進法	
1880年	マンデラ法	
1881年	フィンスブリー・テクニカル・カレッジが設立される	
1884年		Association for the Improvement of Geometrical Teaching, *The Elements of Plane Geometry Part I*
1888年		Association for the Improvement of Geometrical Teaching,　The Elements of Plane Geometry Part II
1891年	義務教育の無償化	Perry, J., *Practical Mathematics*
1893年	独立労働党結成	
1897年		幾何教育改良協会が数学協会へと改称し、*Mathematical Gazette* 誌を創刊する。
1899年	ボーア戦争（～1902年）	Perry, J., *Practical Mechanics*
	教育院の設置	
1901年	エドワード7世即位	ペリーが講演「数学の教育」を行い、数学教育改造運動が勃発する。
	シュデッチ技術学校が設立される	
1902年	バルフォア・モラント教育令により公立中等学校が成立	英国学術協会で、数学教育の改革を行う委員会が組織される。
1903年		ケンブリッジ大学における数学の入試改革
		Godfrey, C. and Siddons, A. W., *Elementary Geometry*
1904年	中等学校規則	
1906年	労働党の結党	
1908年		第4回国際数学者会議　数学教育に関する委員会の設立
1909年		*Circular711* の出版
1910年	ジョージ5世即位	
	セントラル・スクールが設立される	

1912年		第5回国際数学者会議がケンブリッジ大学で開催され、ゴドフレーらが報告を行う。
		Perry, J., *Elementary Practical Mathematics*
		Godfrey, C. and Siddons, A. W., *A Shorter Geometry*
1914年	第一次世界大戦勃発	
1917年	中等学校試験の開始	
1918年	フィッシャー法による義務教育を14歳まで引き上げる提案	
1919年	ヴェルサイユ講和条約	数学協会が数学教育の方針を示す。*Report of the Mathematical Association Committee on the Teaching of Mathematics in Public and Secondary Schools*
1920年		Godfrey, C. and Siddons, A. W., *Practical Geometry*
1921年	ゲッデス委員会による緊縮財政	
1922年	トーニー『すべてのものに中等教育を』	
1923年		数学協会が幾何学教育の方針を示す。*The Teaching of Geometry in Schools*
1924年	第一次労働党内閣	
1925年	金本位体制復帰	
1926年	ハドウ報告　*The Education of the Adolescent*	
1929年	世界大恐慌が始まる	
1931年	挙国内閣成立、金本位体制離脱	
1932年	ブリティシュ・コモンウェルスによるブロック経済	
1936年	ジョージ6世即位	
1938年	スペンス報告　*Secondary education*	
1939年	第二次世界大戦開始	数学協会が幾何学教育の方針を発展させる。*A Second Report of The Teaching of Geometry in Schools*
1940年	チャーチル連立内閣	
1941年	ノーウッド報告　*Curriculum and Examinations in Secondary Schools*	
1944年	1944年教育法：中等学校の義務教育化	
	ジェフリー報告　'Report of a Conference of Representatives of Examining Bodies and Teachers' Associations, with a suggested Alternative Syllabus and Specimen Papers'	
1945年	第二次世界大戦終結	

巻末資料２　19 世紀末イギリスの学校体系

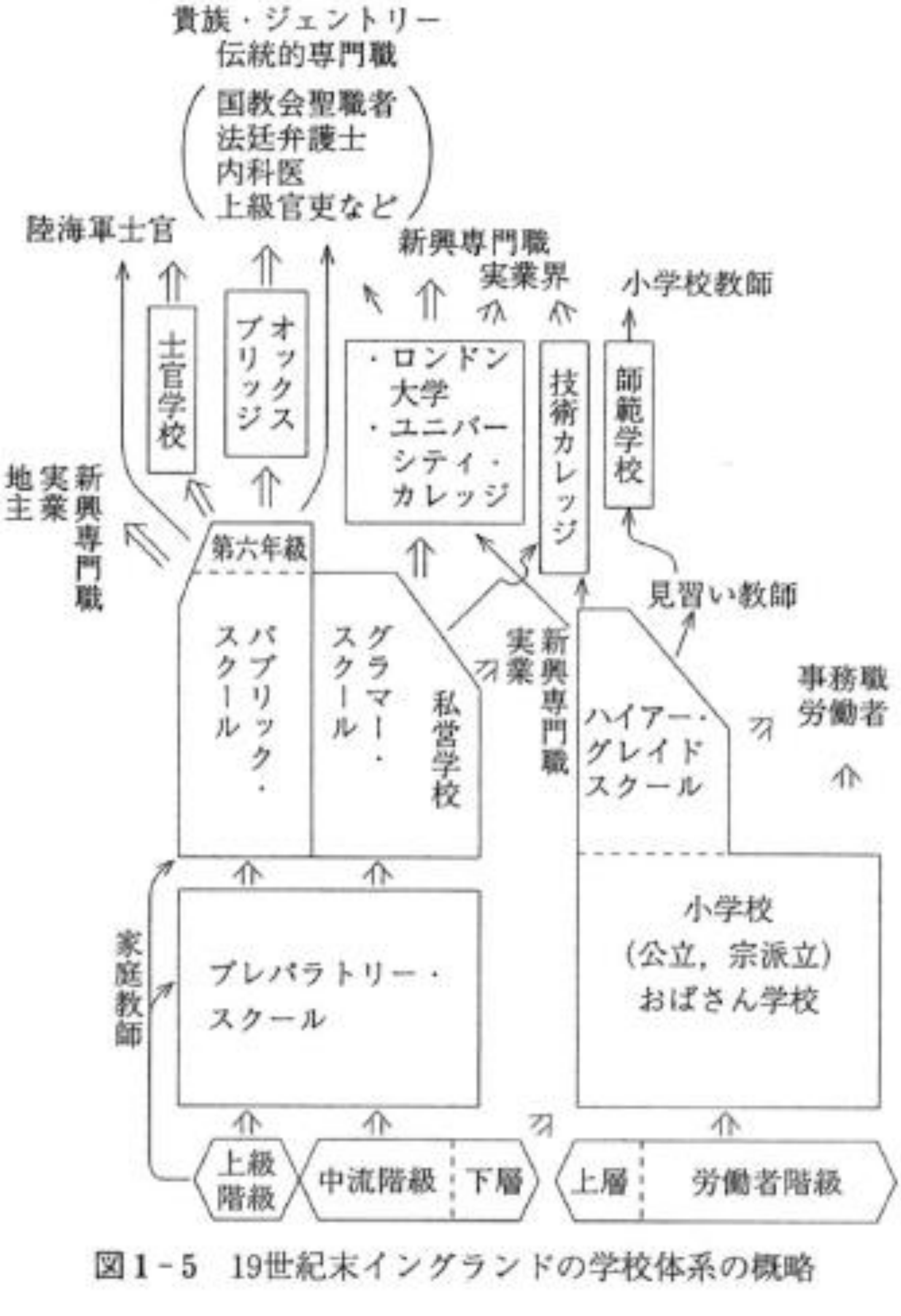


図1－5　19世紀末イングランドの学校体系の概略

出典：藤井泰「近代イギリスのエリート教育システム―パブリック・スクールからオックスブリッジへの学歴経路―」『エリート教育』ミネルヴァ書房、2001 年、p.58。

巻末資料３　パブリック・スクールのカリキュラム例

教　科　目	1834	1861	1895
ラテン語	17¾時間	7時間	7時間
ギリシア語		6	6
歴史（ギリシア・ローマ史）	3½	1	1
数　学	2¾	2¾	4
フランス語	2¾	2	2
科　学	0		2
英　語	0	0	2
聖　書	2	2	1
合　計	28¾	20¾	24

注：1861年のフランス語と科学は選択必修で，いずれか2時間である。なおクラスは5年生である。1895年の時間数は古典語コースの4年生のものである。
出典：T. Bamford ed., *Arnold on Education*, Cambridge, 1970, p. 23; *The Clarendon Report*, Vol. 2, 1864, p. 482; *The Bryce Report*, Vol. 9, 1895, pp. 404-405 より作成。

出典 :「近代イギリスのエリート教育システム―パブリック・スクールからオックスブリッジへの学歴経路―」『エリート教育』ミネルヴァ書房、2001 年、p.31。

巻末資料４　初級技術学校のカリキュラム例

表18　シュデッチ技術学校の教科目別週当り時間数（1906／7年度）

教科目　学年	第1学年	第2学年	第3学年
英　語	4 ½	3	1 ½
数　学	6	3	1 ½
科　学・技　術　講　義	6	4 ½	4 ½
工　芸　製　図・造　形	6	4 ½	3
実習（作業場・製図室）	7 ½	15*	19 ½
（合　計）	30	30	30

（注）＊の15時間は，金工実習の6時間が含まれる。
（出典）C. T. Millis, "Trade Schools for Boys and Girls", in M. Sadler ed., *Continuation Schools in England and Elsewhere*, Manchester University Press, 1907, p. 409.

出典：藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1996 年、p.202。

巻末資料５　20 世紀前半の中等学校の生徒数

表13　中等学校の校数および生徒数の推移（1904—29）

	補助金受領校		非補助金受領校		
年　度	校　数	生徒数	校　数	生徒数	総　数
1904-05	491	83,358	……	……	……
1607-08	739	124,463	52	8,749	133,212
1909-10	841	141,558	87	15,464	157,022
1914-15	929	180,507	125	23,033	203,540
1919-20	1,022	282,108	202	36,352	318,460
1924-25	1,145	327,348	269	51,423	378,771
1928-29	1,198	351,112	332	61,309	412,412

（出典）R. Matthews, "Post-Primary Education in England", Ph. D. thesis, University of Pennsylvania, 1932, p. 102. この表は，教育院の年次報告書に基づいて作成されたものである。

出典：藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1996 年、p.146。

巻末資料６　20 世紀前半の中等学校の設置主体と学校数

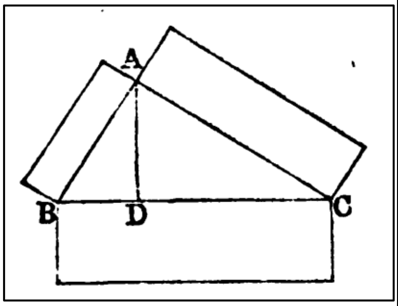
表15　設置主体別による中等学校数の推移（1903—29）

年　度	地方教育当局	基金立	女子全日制パブリック・スクール財団	カソリック教会立	総　計
1903-04	61	244	……	……	407*
1908-09	296	429	29	50	804
1913-14	421	420	25	44	910
1918-19	455	437	25	44	961
1923-24	600	445	25	67	1,137
1928-29	659	434	25	80	1,198

（注）この表の学校とは，教育院の補助金受領校である。
＊この校数は，設置別に分類されていない 102 校を含んだものである。
（出典）R. Matthews, "Post-Primary Education in England", Ph. D. thesis, University of Pennsylvania, 1932, p. 104. この表は，教育院の年次報告書にもとづいて作成されたものである。

出典：藤井泰『イギリス中等教育制度史研究』風間書房、1996 年、p.147。

巻末資料 7　第 VI 巻命題 31 の作図および証明



三角形 ABC を角 BAC が直角である直角三角形とする。BC 上の図形は BA, CA 上の相似でかつ相似な位置にかかれた図形の和に等しいと主張する。

垂線 AD を下す（第 I 巻命題 12）。そうすれば、直角三角形 ABC において、頂点 A における直角から、底辺 BC に垂線 AD がおろされる。そのため、垂線上の三角形 ABD、三角形 CAD は全体の三角形 CBA に対して相似である（第 VI 巻命題 8）。そして、三角形 CAD が三角形 ABD に相似であるが故に、CB が BA に対応するように、AB が BD に対応する（第 VI 巻定義 1）。

そして 3 つの線分が比例するため、第一に線分が第三の線分に対するように、第一の上の図形が第二の上の相似でかつ相似な位置にかかれた図形に対する（第 VI 巻命題 20、系 20）。

それゆえ、CB が BD に対応するように、CB 上の図形が BA 上の相似かつ相似な位置にある図形に対応する。同じ理由で、BC が CA に対するように、BC 上の図形が CA 上の図形に対する。（第 V 巻命題 B）

それゆえ、BC が BD、DC の和に対するように、BC 上の図形が BA、AC 上の相似かつ相似な位置に描かれた図形の和に対する。ところが、BC は BD、DF の和に等しい。したがって、BC 上の図形も BA、AC 上の相似でかつ相似な位置にかかれた図形の和に等しい（第 V 巻命題 24）。

よって、直角三角形において、直角に対する辺の上の図形は、直角を挟む 2 辺の上の相似でかつ相似な位置に描かれた図形の和に等しい（第 V 巻命題 A）。

出典：Todhunter, I., *The Elements of Euclid for the Use of School and Colleges*, p.211 より訳出。

※トドハンターの教科書において、第 5 巻の命題 6 の後に、命題 A から命題 D まで 4 つの命題が加えられている。このうち命題 A は、「4 つの量がある。もし、第一の量が第二の量に対し、第三の量と第四の量が持つ比と同じ比を持つとき、さらに、第一の量が第二の量よりももしも大きいとき、第三の量は第四の量よりも大きい。また、この関係は等しいときには等しくなり、小さいときには小さくなる」という命題である。命題 B は「もし、4 つの量が比例するとき、それらは逆の場合でも比例する」という命題である。尚、証明の方法は、これらの命題の証明が行われていない『原論』と同じである（中村幸四郎・寺沢秀孝・伊藤俊太郎・池田美恵訳・解説『ユークリッド原論　縮刷版』共立出版、2009 年（縮刷版第 10 刷、縮刷版第 1 版 1996 年、初版 1971 年）、pp.145-146）。