

近代科学の大学に対するインパクト (I)

中山 茂*

蘭学時代、日本に近代科学が入ってきた時、それは伝統的の学問とは余りにも異質なものであった。それをどのような連中がどういう意識で受け入れようとしたか。

当時の最有力な知的プロフェッションは、医師の集団である。彼らの生活基盤はフリーランサー的診療にあったから、お役目大事の幕府天文方などちがいで、自由に新知識を求め、蘭学の主要な荷い手となる。そして、青地林宗『気海観瀾』、川本幸民『気海観瀾広義』、広瀬元恭『理学提要』などの物理書を著述する。

これらはすべて、医学の基礎としての物理学をうたっている。『理学提要』に至っては、題言に

「西洋医家の子弟を教導する、先づ学科を立つ。一に曰く究理〔物理〕、二に曰く解体〔解剖〕、三に曰く生理、四に曰く病理、五に曰く薬性、六に曰く舎密〔化学〕、七に曰く古賢の経験」

として物理学にはじまり、基礎から応用への階梯が述べてある。つまり実学たる医学や、その他諸学の基礎に、近代科学の精髓たる物理学を置いているのである。

この認識が何処から来たか。おそらく彼ら医家の職業的意識を以て蘭書にのぞみ、彼らの職業の基礎が物理にあることを発見したのであろう。が、「西洋医家の子弟を教導する」というのは、既に西洋の教育制度、あるいは大学の医学部には医学の基礎課目として物理学が課されていたのかもしれない。あるいは18・19世紀西欧における医学教育の改革派がとなえた医学部に根づくよき支配的であった古典的なカリキュラムから解放されて、医学を近代科学の核心たる物理学に根ざさせることによって、医学を科学に変革しようという主張があり、それが日本人の著述にも反映しているのかもしれない。

学問の応用的開発に従って、専門的な新設科目を大学のカリキュラムに付け加えることは、あまりむづかしいことではない。しかし、それが今までの学問の基礎としてもぐりこむことになると、由々しいことである。今まで構築してきた伝統的学問の根底をすりかえようというのだから、最も深刻なインパクトを与えた

はずである。

そこでは、アリストテレスの三科、プラトンの四科の基礎学としての意味も、新しく問い直されるはずである。すでにルネサンス以来ギリシャ語や地理学のような実学のチャレンジによってかなり形骸化して来た七科は、17世紀の近代科学成立により、更に新しいチャレンジを受けることになる。特に後者は物質と運動によりすべてを説明しようとする力学的世界観の可能的プログラムをはらんでいる。単なる紳士の教養として遊離しているよりも、諸学の基礎として応用学と密着するコースを持っている。今日、理科系中・高等教育の基礎課目として定着しているニュートン力学、デカルト解析幾何学、ライプニッツ・ニュートンの微積分学は、すべて17世紀科学革命期の所産である。そのほかにも、さまざまな近代科学のパラダイム、基礎課目候補があったはずである。そのうちの何が生き残って整備され、近代教育の課目として定着して行ったか、あるいは他の定着の仕方もあったのではないか、を検討することは、この論文の本旨であるが、この小論ではまだまだ十分な資料づけをした徹底した研究は期せられないので、以下には若干の資料によってその見取図を与えることを試みる。

ニュートンの大学改革案

まず、近代科学の路線を決定したニュートン自身の見解を聞こう。ケンブリッジ大学の University library にあるニュートンの遺稿を集めたポーツマス・コレクションの中に、ニュートンの大学組織についてのメモランダムが残されている。* 数学史家 Rouse Ball の *Cambridge Notes* (Heffer, 1918) PP. 252-258 にその全文が載せられている。Ball の推測によれば、17世紀末頃書かれ、友人たちの間では議論されたが公表はされなかったものらしい。全文がこの小論の論旨に関係するわけではないが、大学史、科学史上の貴重な文献であり、かつあまり長くもないので、以下に全文を紹介する(パラグラフの番号は筆者が便宜上つけたものである)。

*Cambridge University Library, Newton

MSS. section viii, No.5, Add. 4005-6, A.

① 学生 (Undergraduate) は各一人のチューター、

*東京大学教養学部

人文講師，ギリシャ語講師，哲学講師，数学講師の指導を受けるべきである。

② 講師にその時間がなければ，チューターが論理，倫理，天球地球用法 (Globes)* と地理学原理，歴史を理解するための年代学を講読すべきである。

* 大航海時代以来，航海者のための天球儀・地球儀の用法の教授が当時の実学の魅力ある課目であった。

③ 人文とギリシャ語の講師は一年目の学生には毎日一度ラテン，ギリシャの著述を講し，その後の学年には週一度講すべきである。熱心に試問 (examine) し指導は簡潔であるべきである。講義に関する怠慢は練習問題を講して罰すること。最良の史家の著述を指定すること。

④ 哲学* 講師はまず自然哲学の入門的事項——時間，空間，物体，位置，運動，その諸法則，力，力学的諸力 (mechanical powers)，重力とその諸法則，静水力学，固体及び流体放射，諸円運動とそれらに関する諸力——を講読すること。そしてそれから世界の一般大系にはじまり，この地球の特別な構成とその中の諸物——流星，元素，鉱物，植物，動物——へと進み，もし講師に能力あれば解剖で終るといふ順序で，自然哲学を講読すること。また論理や倫理を試問すること。

* 当時の意味では自然哲学(今日の物理学にあたる)である。

⑤ 数学講師はまず若干のやさしい，有用な実用的な事柄から講読すること。それからユークリッド，球論，球の投影，地図構成，三角法，天文，光学，音楽，代数，等々。また年代学や地理学の原理について試問し，講師にその能力がなければ，教授すること。

⑥ お互に関連することのないいろいろな学問 (sciences)，は一つずつ段階的によりも，すべて一緒により少ない時間で少しずつ学習させること。そうすれば心は拡がり，いろいろな種類のものに接して新鮮な気分になり倦むことなく，緊張をつづけることができる。だからこれらの種類のちがう講師たちは同時に講読を進めるとよい。たとえば，チューターが朝の礼拝直後とすれば，ギリシャ語か哲学の講師はその二時間後，人文か数学の講師は午後ということにする。そしてチューターはその生徒を哲学や数学の講義につれてゆき，翌朝彼らをこれらの講義について試問し，彼らが判らない所を理解させるようにする。これらの二人の講師は週に五日講読し，他の二人は六日目に試問することにする。各講師は何人かのチューターの下に二，三年つづけて，同じ日に講読する。彼らの講義はミカエル

学期* (Michaelmas Term) にはじまり，終業日** (Commencement) までつづく。チューターはその前年の終業日から始める。ギリシャ語と人文の講師は，学生の時間を節約する釣合上，講読期間よりも休暇中により多くの課業を学生に課する。

* ミカエル祭 (9月29日) にはじまる学期。

** イースター学期の終り，学位が授与される日。

⑦ 講義をさぼった者を見つける風紀監督生 (Monitor) はその名を人文講師に報告し，講師は罰を与える際に，罰金ではなく，詩 (の訳) (verse)，論文 (theme)，書簡 (epistle) を課し，又は本なしでやらせるべきである。学生のすべての罰金は廃止さるべきである。そのかわりに，(罰の種類によって) 課題，説論，退学，放校とする。

⑧ 終業日からミカエル祭までの長い休暇には，チューターはその学生が前年度の学習課業を全部もう一度自習するように配慮し，休暇の終りにもう一度試問して，先に進むに適さない学生は落第させて，講師の授業を遅らせたり，他の学生への悪例にならないようにする。

⑨ 講師たちは三年前に選ばれ，最初の任命後の選抜は次のように行なわれる。講師経験者の間から各職責に一人ずつ，四人を選ぶ。カレッジのマスター* と長老たちは未経験者四人を選ぶ。合せて八人にマスターを加えてバランスを取ってその中から四人を選ぶ。その際年長者優先のような，業績以外の何もかも考慮さるべきではない。講師たちは毎年パブリック・チューターを選び，理由があれば彼を譴責したり罷免したりできる。このチューターは新しく選ばれない限り，講義課程が完了するまでは自分の職分の中に受け入れた以外の学生を受け入れられない。プライベート・チューターは二学年を同時に受け入れられない。すべてのシザー (奨学金を受ける学生)，貧究生 poor scholars，ハウス the House (学寮) の学生はパブリック・チューターの下に置かれ，トリニティ・カレッジのウェストミンスター学生** だけは例外で，そのチューターは他の学校から来る。

* カレッジの長。

** トリニティ・カレッジが特別に関係あるウェストミンスター・スクールの出身者。

⑩ 有能で適性ある人をリーダー* Reader の地位に受け入れることを奨励するために，彼らの在職中のフェロウ給付金 fellowship を倍にする。そのため他の4つのフェロウ給付金を空けておき，特に他の給費が用意されない限り，各人に一つずつのフェロウ給付金を与える。そして哲学と数学の講師の職責は骨の折

れるものだから、彼らの励みとするために、彼らの講義への出席を義務づけることなく、かえって聴講者はすべて講師の各々に一季毎の束脩 *gratuity* を与えるようにする。たとえばシザー（奨学生）は10シリング、自費生 *pensioner*（ペンシヨナー）は12ないし15シリング、特別待遇生 *fellow-commoner* ** は20シリングか15シリングというように。そして聴講を奨励するためにあらゆる学間に最も有能な人々には学生奨学金 *scholarship* やフェロウ給費金を得ることを有利にし、講義に来ない者よりも優先権を与えることにする。この制度はまず大きなカレッジからはじめ、資格ある人物と収入が見合えば他にも及ぼすこと。小さいカレッジでは数学講師は省いてもよいが、可能な限り任命する権限をカレッジに与えること。またギリシャ語講師の職務は適当と認めれば、人文講師で賄ってもよい。すべての第一学年生の束脩はギリシャ語と人文の講師に与えること。

* *Professor* と *Lecturer* の間の地位、日本の学部の次席教授に当る。

**特権階級の子弟の学生で、フェロウと同じく高席で食事し、別室でワインなどを享受する者。現在廃止。

⑩ チューターを確保し、出来るだけ適切な人物に職務を受け持たせるように、各学生は入学時にカレッジの会計に保証金を寄託すること。たとえばシザーは10ポンドか12ポンド、自費生は16ポンドか20ポンド、特別待遇生は30ポンドか40ポンド。そして冬期の終りに学生がチューターに負債を負い、季末の支払書を受けてから六週間以内に支払わなければ、会計がそれを支払って、要求により寄託金の残りを返してやり、チューターは職を失う苦痛をおかしてもその学生を帰郷せしめること。しかし学生が新しく金を収めれば彼を受け入れること。この制度はどこにも一様に当てはめること。マスターと長老たちはある共通の限界を設けて、授業料の下にすべての出費を管理し、長老学生監 *Senior Dean* はすべての季間支払書を読み上げて署名する。浪費的な学生は、譴責の上、放逐する。

⑪ 特別待遇生は他の学生と同じく、課程のすべての課業を受け、チューターや管理者に従い、課題の罰を受け、休みがちで怠惰な者が悪例を示して他をスポイルするなら放逐すること。彼らは第一年に地理学、年代学、教学を講読すること。

⑫ 自然哲学の講義に入門する学生はすべてまず幾何学と力学（機械学）*mechanics* を学習すること。ここで私が云う力学とは力と運動の論証的学説のことで、静水力学も含む。これらのことの判断力なくして

は、哲学では何も得られないからである。

⑬ 大学における数学講師の大部分が希むなら、マスターは特別待遇生などのために算術とデザイン（製図設計）の教師を任ずるべきである。大学は彼に共通費から年額10ポンドを与え、彼は数学講師たちの指図を守り、彼らの大多数によって任免されるものとする。

⑭ すべての卒業生は例外なく、旅館で旅行者と同席の場合でなければ、学生監 *Proctor* に居酒屋その他の飲み屋で見つかれば、すくなくとも副総長 *Vice-Chancellor*（実質的には総長）に名前を報告され、副総長は次の教会会議の前で答弁する必要上その卒業生を召喚する。

⑮ 学監 *Dean* は少くとも週一度学生の部屋を訪れ、講師に手抜きがあれば10シリングの罰金を課すること。

⑯ 祭の夜は何もなくとも宗教的なふんいきがただよっている。寮の食堂の外へ出て夕食することの方がずっと楽しい。そして若い学生に外へ食事に出、群をなして放蕩する機会を与えることになり、きわめて危険である。学生監が指定するような場所で夕食を共にするように、学生に許可証を与え、風紀生に欠席者の名を記録させる方がよいのではなからうか。

⑰ すべてのこれらの講義は、聴講者にもっとも有益なやさしく簡潔な方法で書物を即座に即興的に解説してゆくことからなる。そして講師か他の人でも、数学か哲学の講師たちの大部分が好んで使う著述を作った著者には、大学は共通費から20ポンド、また講師たちの要請があれば30ポンド、40ポンド、50ポンドを与える。

⑱ 委員 *Commissioner* を数年間にわたって任命して制度の着手、監察、補訂させるべきこと。

⑲ 任につくにあたっての宣誓を講師に課すべきでない。この種の宣誓より大きい宗教の悪用を私は知らない。実際には宣誓はユダヤ法典よりも守りにくいから、毎年の特免を制度化することになる。このような特免を信じるカトリックは宣誓の制度化で許されようが、我々はそのような教義を持たず、しかもなお彼らの習慣を続けている。義務の無視に対する譴責や罰金は偽誓の罪よりもより惨酷さの少ないもので、同じように有効である。

数学と筆記試験

以上の項目のなかで、以下に展開する論題に直接関係するのは④、⑤、⑬である。これらは後に「ニュートン主義 *Newtonianism*」と云われるプログラムを簡潔に述べている。つまり、彼の主著「プリンキピア」にあらわれる力学法則を基礎とし、それらを応用

して物理的自然界からさらに人体にいたるまで説明しようとする力学的世界観である。より具体的に云うなら、粒子と力を基本的実在とし、数学と実験を駆使してあらゆる対象領域に入ってゆこうという可能的プログラムであって、これが近代科学といわれるものの主要な路線を形成したことは、その後の歴史に照らして、誰も異議のないところである。

ところが、ニュートンの名声を以てしても、その路線がお蔭元のケンブリッジの中に浸透して行くことは容易ではない。大学という中世的制度はすでに伝統の牙城と化していて、一般に科学史の上の評価では、大学は17世紀科学革命期にあってはその推進役どころか、反動的役割をしたことが通説となっている。フランス・ベーコンの「学問の進歩」に盛りこまれた新しい学問の精神は、ロイヤル・ソサエティの指導理念となったが、大学では「機械的（力学的）問題」は商人、水夫、頒曆屋の仕事と見なされ、大学人がそのような低級な物事に關心を示すのは不名誉なこととされた。したがって、ベーコンアニズムはロイヤル・ソサエティのメンバーたちの協同研究の形では推進されるが、大学の中には一向に入って行かなかった。ベーコン自身、大学の制度にはあいそをつかし、期待をソロモン学院という仮想の研究所（後のロイヤル・ソサエティ、あるいはより正確にはパリの科学アカデミーに体现される）に寄せていた。

ニュートニズムは大学との対応の仕方の上でベーコンアンとは多少異なる。それはニュートン自身ケンブリッジの教授であったという事情とも関係しようが、より本質的にはニュートニズムの中に伝統的中世大学の体質との連続の中で捉えられる要素があったからである。

それは数学である。ニュートンの『光学』にあらわれた実験的自然哲学はベーコンアニズムと共に大学の中で正統な学問として認められなかったが、ベーコンが科学の婢女としての地位しか認めなかった数学は、大学では既に市民権を持っていた。もちろんニュートンの数学は伝統的なユークリッド「原論」やサクロボスコ『天球論』のようなものではない。しかし、カリキュラムの上で『プリンキピア』は『原論』との連続の上に置かれたのに対し、自然科学の実験的研究の上でさまざまな示唆に富む『光学』の方は大学の教科の上では十分評価されず、主として研究者に対するアイデアの源泉としてしか機能しなかった。

中世大学は討論する場所である。紙の上で計算したり、物を扱って実験するところではない。試験は口頭の討論形式のもので、受験者（respondent）に対して反論者（opponent）が配され、裁定者（moderator）

として卒業生が立つという形式があらゆる機会に採られた。数学さえもこの形式の中で行なわれたものである。したがってそのテーマも討論方式に適するものが主で、中世はスコラ的な議論、15世紀末になると聖書のテキストの解釈のような宗教的問題、16世紀には教義神学か哲学、17世紀には哲学、そして18世紀になってニュートン学派の影響下に数学の試問の問題が主となってきた。前記の③⑤に見えるようにニュートン自身も試問形式を単なる教授よりも優位に置いている。

しかし、真理は討論の相手次第でどころふかわからない、要するに相手を議論で負かせばよいのだ、というのは14世紀スコラ科学の目標ではあっても、近代科学のそれではない。数学の問題は討論相手が誰であろうと、答は一つでなければならぬ。さらに、数学には反論者が必要であろうか、それよりも紙とペンの方が必要である。そして答が一つで討論相手によらないとすれば、それは同一の共通問題を多くの学生に課すことによって、同一基準によって客観的に能力をテストする方法となる。

かくして、近代科学のインパクトが奇妙な形であらわれて、大学の中に筆記試験制度を導入することとなったのである。

筆記試験は何も事新しいものではあるまい、と思われる読者も多いであろう。たしかに中国文化圏では科挙の制度として隋唐時代から存在した。ところが西洋では早く見積ってもそれが現れるのは18世紀後半のことである（尤も中国の科挙官僚制に印象づけられたジェスイットたちによって17世紀にコレジオ・ロマーノに導入されたのが最初だという説がある）。たしかに中世大学創立期の西洋には中国文化圏に古くからあった紙がなかったから、筆記よりも討論の形で資格審査せざるを得なかったが、その形式が近代にまで続いたのは、討論中心主義の中世大学の原形が維持されたからである。そして、科挙官僚制の志向する機会均等と客観的能力の選択は、近代科学の志向する客観性と根を同じくするものと云ってよかろう。さらに、大学という既存制度に近代科学の影響がこのような卑小化された妙な形であらわれたのは、大学がそもそも新しい学問を創出する制度ではなくて、資格審査を最大の機能とする制度だからである。

かくしてケンブリッジではニュートンの影響が直接に試験制度となって現出した。そして筆記試験は18世紀中に伝統的な討論形式に徐々に取ってかわり、19世紀の20年代ともなると、討論は有名無実のものとなした。

なかでも数学は最も客観的に試験出来るものであるから、ニュートンの後光もさることながら、18世紀後半

から他を圧して権威ある試験となった。そのやり方は、拳闘のランキングのように、自分の前のランクの者に挑戦してとってかわったり、同点者をさらに闘わせたり、全くすさまじいもので、試験の功罪は既に当時から論議の対象となった。その受験者は必ずしも数学者、自然科学者を目指すものではない。その試験の第一人者 Senior Wrangler となって能力を証明された上で、官界に入り、首相にまでなる人物もある。

大学のカリキュラムもこの試験制度を軸として再編成されることになる。1779年にはユークリッド『原論』や初等自然哲学で試験官の承認がないと、上級の課目のクレジットは取れない、と規定されている。^{*} 19世紀始の Senior Wrangler の回想によると、代数やユークリッド幾何学は大学入学前に習っていたが、1年目に同じ課目を学び、2年目には2次の代数方程式、3年目にはニュートンを学んだ、とある。やがて、19世紀も20年代ともなると、それらの課目は中等教育に組み入れられ、大学で微積分学を学ぶことになる。

^{*} Ball, *Cambridge Notes* PP. 274-275

かの有名なマセマティカル・トライポス (Mathematical Tripos) が出来たのは1824年である。それまで、数学がケンブリッジの諸課目の中で圧倒的に幅を利かしていたので、余りにも一面的な教育だという非難が起り、それに答えるために古典学のトライポスが独立した。そして今迄の数学中心の試験は、特にマセマティカル・トライポスとよばれるようになった。

ケンブリッジでは1810年代からチャールス・バベジたちの改革運動があった。その結果、ニュートンの威光にひれふして、ひたすら『プリンキピア』式の幾何学的数学を継承していた伝統から離脱し、大陸式の解析的方法を採用した(具体的にはニュートンの微分記号をより有効なライプニッツ大陸派のものに換えた)。

さらに1850年来のロイヤル・コミッションの介入によって、自然科学など他のトライポス学位を得る道が

開けた。教授職もニュートンの「プリンキピア」式の数学・力学・天文系のものばかりであったのが、やとニュートンの威光から解放されて、1871年にはキャベンディッシュ実験物理学教授、1875年には機械学応用力学教授、1909年には天体物理学教授、1919年に物理学教授と、ニュートン式数学から離れた新しい物理科学の教授職が登場した。

しかし所詮ケンブリッジは受験数学の桎梏からなかなか脱出できない。大学では新興科学の研究者よりも「数学コーチ」、つまりマセマティカル・トライポスに優れた成績をおさめるよう、あらゆる試験テクニックを叩きこむ腕達者な調教師たちの方が幅を利かせ、また学生から重宝がられる。

したがってその学風は、新しい物質像を以て科学の新生面を切り拓く革命的な仕事よりも、与えられた難問をさまざまな数学的テクニックを駆使して正解を出す問題解答式の伝統の下に置かれた。彼らは与えられた問題の解答を出すことに熱中して、問題を創造する問題意識を忘れていた。かくして、ケンブリッジはJ. G. クラウザーの云うように^{*} マクスウエルやディラックを例外として、一流の才能を二流の受験数学テクニシャンに仕立て上げてしまい、一方大陸ドイツに革命的な物理像を持ったアインシュタイン、プランク級の人物の登場を指をくわえて傍観する立場に立たされることになった。

^{*} J. G. クラウザー「二十世紀の科学者たち」

(みすず)

以上は、科学上のパラダイムが発生し、その支持集団が出来、そしてそれが既成の大学の中にもぐりこんでゆくと、いかなる変容を受けるか、という私の研究プロジェクトの一例として扱った。^{**}

^{**}中山茂「展望：大学史」『科学史研究』No.100,

P.203 ff (1971)

今回はエコール・ポリテクニックを扱う。

Shigeru Nakayama*

In a series of articles that follow, we shall discuss how the rise of modern science gave impact to the pre-existing universities, changed academic regulations, reorganized their faculty-department structures, and gave rise to entirely new sorts of institutions. In this first paper (no. 1), we have chosen as a topic Newton's influence on the university reform of Cambridge. In the beginning, the idea of university reform by Newton himself is introduced. In spite of his charismatic influence among his followers, his ideas were not readily materialized, since new subjects like natural philosophy and practical arts which he proposed to introduce were not welcomed in the tradition-bound institution. The only tan-

gible effect on the actual university curriculum may be found in the emphasis of mathematics as a Newtonian legacy. Moreover, mathematics was the best, the most handy, reliable and indubitable way to test one's ability on a competitive basis. Thus, when written examinations were introduced to modern European society, first in the procedure of selecting prospective bureaucrats and then inside the university walls, mathematics was employed as the best tool for the rat race of career-hunting students: the creation of the famous Cambridge mathematical Tripos. It is ironical that Newton's influence on the reform of the medieval institution was embodied only in a very restricted, distorted and pitiful way by the introduction of the written mathematical examination. It created a tradition of Cam-

*University of Tokyo

bridge mathematical physicists who did well in mathematical problem-solvings but lacked the ability to generate a revolutionary physical

insight and philosophical outlook, therefore, contributing to the intellectual world only in a second degree.