

明治初期の工部大学校における数学教育

立教大学名誉教授 公田 藏 (Osamu Kota)
Professor Emeritus, Rikkyo University

1. 工部大学校

最初に工部大学校の沿革について簡単に述べる。

明治3年(1870)閏10月、工部省が設置された。翌明治4年、工部省は工学教育機関を設置することを企て、「工学寮」が設置されるが、実際に工学教育の学校としての「工学寮」(Imperial College of Engineering)が開校されたのは明治6年(1873)8月であった。教師はすべて英国から招聘し、土木学兼機械学教師の Henry Dyer (1848 - 1918; 在任期間は明治6年(1873) - 15年(1882)) が都検であった。都検とは教頭のことであるが、英文での職名は Principal であり、この名称の示すように、実質的には校長であった。教授陣の中には W. E. Ayrton (1847 - 1908; 理学¹ 兼電信学教師, 明治6年(1873) - 11年(1878)), John Perry (1850 - 1920; 土木学兼機械学教師, 明治8年(1875) - 12年(1879)) らがいた。数学は明治6年から11年までは David H. Marshall が担当し、その後明治13年(1880)までは Frank Brinkley² (1841 - 1912) が担当した。Marshall は明治14年まで在職し、明治11年から14年までは理学を担当した。Brinkley は日本に永住し、ジャーナリストとして広く世界に日本を紹介した。Marshall は Edinburgh 大学卒業で M.A., Brinkley は Dublin の Trinity College 出身で英国陸軍の砲兵大尉であった。明治10年(1877)1月、工学寮は工部大学校と改称される。

明治18年(1885)12月、工部省は廃止され、工部大学校は文部省に移管される。同月、これより前に、東京大学では理学部の工学系の学科を分離し、工芸学部が設立される。

明治19年(1886)3月、帝国大学令が發布され、工部大学校は東京大学工芸学部と合併して帝国大学工科大学となる。同年4月1日、工科大学予科(旧工部大学校予科)は東京大学予備門に転属される。(同年4月10日に「中学校令」が公布されたことにより、東京大学予備門は第一高等学校となる)。

2. 工部大学校の教育課程

明治6年7月、工学寮の開校に先だって、「工学寮入学式並学課略則」が制定された。これは整備されて翌明治7年2月の「工学寮学課並諸規則」となる。Dyer は日本に赴任する時の船中で工学寮のカリキュラムや諸規則の草案をまとめ、明治6年7月の「工学寮入学式並学課略則」をはじめ、工学寮の諸規則は大体それに基づいて制定されたという ([7]; [4], 通史一, 第二章)。明治7年2月の「工学寮学課並諸規則」と同様な内容は、その

¹この「理学」は Natural Philosophy の訳で、物理学のことである。

²[7] では Francis Brinkley と記されている。

前年（1873）の英文の冊子 “Calendar, Imperial College of Engineering, Tokei³, Session 1873 – 74” にも記されている。“Calendar” は学年暦ではなくて、その年度の学校の便覧である。“Calendar” の中扉には漢字で「工学寮学課並諸規則」と印刷されており、これから最初にも英文で規則が作られたことがわかる。“Calendar, 1873 – 74” には単に 1873 と刊行年が記されているだけであるが、本文中の教職員名簿の項に August, 1873 とあるので、“Calendar, 1873 – 74” が作成・刊行されたのは明治 6 年の工学寮開校の頃と思われる⁴。「工学寮学課並諸規則」はその後も何回か改正されるが、教育課程の大きな枠組みはこのとき確定し、その後の改正でも枠組みの大きな変更はなかった。

明治 7 年 2 月の「工学寮学課並諸規則」には次のように記されている。括弧内は原文では注記である。

第一条 工学寮ハ工部省ノ所轄ニシテ工部ニ奉職スル工業士官ヲ教育スル学校ナリ

第二条 生徒在寮修業ノ期ヲ六年トス初四年間ハ毎年六ヶ月間寮中ニ於テ修学シ六ヶ月間ハ実地ニ就テ各志願ノ工術ヲ修業セシム後二年ハ全ク実地ニ就テ執業セシム如此ク在寮ノ修学ト実地修業ト相交互スルニ因テ各生徒前半年間在寮修学スル所ノ諸術ヲ以テ後半年間実地ニ就テ経験スルヲ得ヘシ故ニ教授ノ法ヲ立テ教師講義ノ外生徒自ラ講究スル者ヲ助ケ以テ之ヲ勉励セシム

第六条 入寮免許ハ試験ヲ以テ及第スル者ヲ撰ミ命ス凡日本ノ臣民族々ヲ問ハス十五歳ヨリ二十歳ニ至ルマテ體質健康ニシテ行状端正ナルモノヲ試験シ及第スル者ヲ以テ入寮ヲ免許スヘシ

毎年四月上旬試験ヲ設ケ生徒凡五十名ヲ撰ム故ニ入寮ヲ望ム者ハ三月中願出ツヘシ

第七条 入寮試験ノ学課左ノ如シ

一英文口読 （割注：英文和訳 和文英訳）

二英文書取

三算術

四幾何学初歩

五代数初歩

六地理学

七算理学初歩

入寮試験ノ学ハ初二三年間ハ輕易ノ学ヲ主トスト雖モ国民ノ学識進歩スルニ從テ追年学課ヲ変制シ終ニ万国ト階級ヲ同スルヲ度トス

第十二条 寮中ニ於テ教授スヘキ所ノ諸術学課左ノ如シ

一シビル、インジェニール （割注：道路橋梁ノ経営川港ノ堤防等総テ土木ノ術ヲ云学課条目略ヲ見合スヘシ）

二メカニカルインジェニール （割注：機械ノ製作並ニコレヲ建造スルノ術ヲ云学課条目略ヲ見合スヘシ）

³Tokei とは東京のことである。同じ時期の「東京開成学校」のものはTokio と記されているから、当時は「とうきょう」、「とうけい」の両用の呼び方が行われていたことがわかる。

⁴小倉金之助は明治 6 年 9 月と記している ([12], p. 189)。

- 三電信
- 四造家術
- 五実地化学
- 六採礦学
- 七鑄鑄学

右数課ノ中各生徒志願ノ一課ヲ研究スヘシ其一課ニ決志スルニ至テハ之ヲ変
スルヲ許サス且ツ学則ニ載掲スル順序ニ因テ修学ス可シ

第十三条 生徒修業ノ目ヲ分テ三科トス

- 一預科学
- 二専門学
- 三実地修業

第十四条 預科学ハ諸術専門学ヲ学フノ要素ニシテ其階梯タレハ学課ヲ分ツ

ト左ノ如シ

- 一英語 (英作文)
- 二地理学
- 三数学初歩
- 四機械学初歩 (理論実用)
- 五理学初歩
- 六化学
- 七図画⁵ (測量図 機関図)

右学課ハ生徒入寮後初メ二年間ニ教授ス

第二条に記されているように、工学寮の修業年限は6年で、講義と実験・実習、理論と実地での修業とを一体化した教育課程が編制されていた。最初の2年間は預科学、次の2年間は専門学、最後の2年間は実地修業であった。英文の“Calendar”では、これらをそれぞれ General and Scientific Course, Technical Course, Practical Course と呼んでいる。専門学は、志望によって、シビルインジェニール、メカニカルインジェニール、電信、造家術、実地化学、採礦学、鑄鑄学の中の一課を学ぶこととされていた。これらの学科の名称は、明治7年12月の「工学寮学課並諸規則」の改正で土木学、機械学、電信学、造家学、実地化学、鉦山学、鑄鑄学となる。また、明治8年6月の改正で、預科学の学課に「本朝学」が加わる⁶。

⁵この「図画」は Drawing の訳で、図学である。

⁶明治8年6月改正の「工学寮学課並諸規則」には、第二十一章に次のように記されている。

学課中英語ヲ以テ工学ヲ修ムルノ方法完備セリト雖モ猶生徒ヲシテソノ学ヲ大成セシメント
欲シ今更ニ本朝学ノ教課ヲ設ケ生徒学力ノ優劣ニ從ヒ之ヲ分テ五級トシ手習素読ヨリ講義作
文ニ至ルマテ次ヲ追ヒ之ヲ講習セシム

英文の“Calendar”では、この部分は次のようになっていて、邦文と英文とではニュアンスに違いがある。
なお、課目名「本朝学」は“Japanese”と記されている。

As it is found that the great majority of students have studied foreign learning to the almost complete neglect of their own language, and as it is essential that they should have a good knowledge of their native tongue both spoken and written, instruction in the Japanese

工学寮ではしばしば試験が行われた。特に、最初の2年間の終わりには預科学の大試験、4年目の終わりには専門学の大試験があり、6箇年の終わりには成業試験があり、これらの大試験の結果によりその後の処遇が決まったのである。また、当初の規則では、各科目とも2週間ごとに試験を行うことになっていて、土曜日は試験日で、生徒は毎週土曜日にいくつかの科目の試験を受けたのである。各科目の週末試験は2時間、学期末試験は4時間であったという。

邦文の「工学寮学課並諸規則」と英文の“Calendar, Imperial College of Engineering”を比較してみると、邦文のほうが「学課条目略」であるのに対して、“Calendar”にはより詳細な“Syllabus”が掲載されている。さらに、英文の“Calendar”には、Appendixとして前年度の試験問題（週末試験、入寮試験（入学試験）を含めて）、課目ごとの生徒の成績や、生徒名簿が掲載されている。ただし試験問題は問題だけで解答は記されていない。週末および学期末の試験問題は授業内容を反映していると考えられるので、これによって前年度に行われた各科目の授業の内容をかなり知ることができる。

以下では、Syllabusと試験問題などを通して、AyrtonやPerryが在職していた頃に教えられていた数学について考察する。なお、本稿を書くに当たって参照した“Calendar”は文献[1]に記した年度のものである⁷。その時期の学校の名称は、最初は「工学寮」で、後に「工部大学校」と改められるのであるが、簡単のため、以下ではすべて「工部大学校」ということにする。

3. 数学の教育課程

数学は、預科学の課程では数学初歩（Elementary Mathematics）を、専門学で高等数学（Higher Mathematics）を学ぶこととなっていた。ただし、高等数学は土木、機械、電信学の生徒だけに課された。数学は、1時間半の授業が、1年生は月曜から金曜まで毎日、2年生以上は週2ないし3回であった。明治7年2月の「工学寮学課並諸規則」の「学課条目略」によれば、数学の内容は次の通りである。なお、引用は明治七年二月「工部省布達第六号」として『法令全書』に記載されているものによったが、数学の内容の一部

language by properly qualified teachers is now given as an integral part of the College Course.

⁷工学寮・工部大学校の“Calendar”の大部分は東京大学に保存されているが、一部は国立国会図書館にも所蔵されている。国会図書館に所蔵されているのは、1873-74, 75-76, 76-77（2部）, 78-79, 79-80の各年度のものであり、本稿をまとめるに当たっては、これら国会図書館所蔵本と、『明治文化全集』補巻第三巻、農工編所載の77-78年度のものを利用した。

国会図書館所蔵本の中、75-76年度と76-77年度の1冊には扉にDyerの署名と献辞が記されている。73-74年度と76-77年度の1冊は旧畠山義成蔵書であるが、このうち73-74年度のものはAyrtonが畠山に贈ったもので、扉にAyrtonの署名があるが、宛名は畠山ではなく、K. Sugiuraと記されている。畠山は慶応元年（1865）に薩摩藩留学生として最初に英国、後にアメリカへ留学するが、その際に杉浦弘蔵という変名を用いた（[11], (一), pp. 375-376）。畠山は最初にLondonのUniversity Collegeへ留学するが、同じ時期にAyrtonもそこで学んでいたので、Ayrtonが畠山に贈る時にSugiuraと記していることから、あるいは畠山とAyrtonはそのときからの旧知であったかとも思われるが、このことに関連した史料は筆者は未見である。

なお、国会図書館所蔵本は、後の年度のものは紙がかなり劣化している。恐らく、古い年度のものは輸入の紙を用い、後の年度のものは国産の洋紙を用いたためかとも思われるが、このことについては紙の専門家の鑑定を待たなければならない。明治初期のわが国の工学教育の貴重な資料であるだけに、劣化の進む前に適切な形で保存が強く望まれる。畠山本はマイクロフィッシュ化されている。

には誤訳があり、書き誤りと思われる部分もある。それがそのまま工部省布達となったことは、当時の数学に関する知識の普及の状況を示しているといえよう。括弧内は原文では注記である。

一 数術初業⁸

幾何学 (ジyametリー)
 代数 (アルジェブラ)
 平面三角法 (プレーン、トリゴノメトリー)
 対数 (ログリスマス)
 弧三角 (スフェリカル、トリゴノメトリー)
 幾何錐円截面⁹ (ジyametriカル、コーンス)

一 高等数術

代数 (アルジェブラ)
 三角法 (トリゴノメトリー)
 平面代数幾何¹⁰ (コラルヂネート、ジyametリー)
 立法形代数幾何¹¹ (コラルヂネート、ジyametリー ヲフ、スリー、ダイメンションズ)
 積分 (インテグラル、カルキユロス)¹²
 微分 (デフイレンシアル、カルキユロス)
 積分方程式 (デフイレンシアル、イクウエション)

このほかに、「図学」の項目中に幾何平面図 (プラクチカル、プレーン、ジyametリー) と幾何立方形図 (プラクチカル、ソリッド、ジyametリー) がある。なお、「数学初歩」以前の簡単な算術は、英語の授業の中で地理とともに扱われた。

英文の Syllabus では、項目名だけではなく、各項目についてその内容が記されている。ただし微分方程式だけは項目名のみで内容は記されていない。次にその一部分(「数学初歩」の最初の部分と、「高等数学」の代数と微分、積分の部分)を収録する(“Calendar, 1873-74” による)。

ELEMENTARY MATHEMATICS.

This course will comprise: —

Geometry. — Definitions — properties of triangles — parallelograms — circle — application of ratio and proportion to geometry — similitude of figures — application of geometry to mensuration.

Algebra. — Definitions — simple rules — greatest common measure — fractions — simple and quadratic equations — involution and evolution — ratio and proportion — binomial theorem.

⁸「工学寮学課並諸規則」第十四条では「数学初歩」であるが、学課条目略では「数術初業」である。

⁹「錐円」は「円錐」の誤りであるが、「学課条目略」では、改められずにこの表現のままであった。

¹⁰代数幾何とは解析幾何のことである。

¹¹「立法」は「立方」の誤りであるが、この部分は改められずにそのままであった。

¹²このときの「学課条目略」では積分、微分の順であるが、英文の Syllabus は微分、積分の順序である。邦文の「学課条目略」は、明治7年12月の改正で微分、積分の順序になる。Differential equations は誤訳のままでそのまま残る。

HIGHER MATHEMATICS.

Algebra. — Binomial, exponential, and logarithmic theorems — probabilities — theory of equations — determinants.

Differential Calculus. — Definition of a limit — differential coefficients — differentiation of simple and inverse functions — successive differentiation — Taylor's and Maclaurin's theorems, with their applications — indeterminate functions — maxima and minima — application to the geometry of plane curves — multiple and singular points — contact and curvature — envelopes — tracing of curves.

Integral Calculus. — Meaning of definite and indefinite integration — integration by parts — rational functions — formulae of reduction — application to the rectification and quadrature of plane curves, and to the quadrature of surface of revolution.

大まかにいえば、「数学初歩」の内容は後の旧制中学校の数学の内容から算術と立体幾何を除いて円錐曲線を加えたものであり、程度も大体旧制中学校のものと同じである。

なお、「対数」の項目は、英文の Syllabus では項目名が “Mathematical Tables” となり、内容も改められるが¹³、邦文の「学科条目略」のほうは「対数」のままで改められなかった。

後に、明治10年(1877)から、上記の内容(「純粋数学」)に加えて、2年生から「応用数学」が加わる。その内容は力学である。

4. 実際に教えられた数学の内容

工部大学校における数学について、小倉金之助は『明治数学史の基礎工事』において、次のように記している。

『工学寮学課並諸規則』(明治六年九月)¹⁴によれば、工学寮の数学課程として、次のやうに書かれてゐる。……

それはどのやうに実行されたか。R. Fujisawa: Summary reports of the teaching of mathematics in Japan (1912)によれば、「初等代数から微積分の初歩にわたる数学の各分科が、英人教師ダヴィッド・マーシャルによって教へられた。教科書としては、トドハンターの一聯の教科書の殆んど全部が用ひられた」とある。
([12], pp. 189 – 190 ; [13], p. 166)

小倉の『日本における近代的数学の成立過程』にも同様の記述がある([13], p. 33)。

工部大学校の“Calendar”に記されている Syllabus と試験問題、および工部大学校の蔵書目録などから、Ayrton や Perry がいた頃の工学寮・工部大学校の数学教育について、

¹³ “Calendar, 1875–76” ではそのやうに改められている。

¹⁴ 邦文の「工学寮学課並諸規則」が制定されるのは明治7年2月であるから、ここで「工学寮学課並諸規則」と記されているのは、英文の “Calendar, 1873–74” (1873) である。

次のことがわかる。それは大体において小倉の記述を裏付けするものであるが、一部の課目の「主たる教科書」は Todhunter ではなかったこともわかる。

(1) 工部大学校では、単なる実用を目的としたものではない、本格的な数学が教えられた。なお、「数学初歩」以前の簡単な算術は、英語の授業の中で地理とともに教えられた。それは英語に習熟させることが主なねらいであるが、初等教育の色彩をもつものもあった。

(2) 貨幣や度量衡の単位としては、「算術」では主として英国のものが用いられたが、「数学」では英国のものと並んで日本の貨幣や度量衡の単位が取り扱われている。たとえば、1874年（明治7年）には尺貫法を用いた面積の計算などが何問も出題されているし、1875年（明治8年）3月の学期末試験の1年生の数学の問題の中には

The area of a circular field is 1 cho. Find the circumference and radius,
true to 1 bu.

という問題がある¹⁵。物理や土木学などでも日本の度量衡の単位が扱われている。卒業後、工部省に奉職すれば、尺貫法や日本の貨幣単位による計算が必要になることはいうまでもないが、尺貫法を用いた問題を取り扱うようにしたのは、英国人教師の考えによるものなのか、日本の工部省関係者が要望した結果なのかはわからない。

(3) 試験問題としては、「ふつう」の計算問題や証明問題以外に、あることがらを説明させたり、用語の定義を問うものがしばしば出題されているのが特徴である。概念を正確に理解しているかどうかをテストしたと考える。19世紀の英国では、定義、公式、定理を暗記させ、暗誦させることがなされていたから、それに倣ったものとする。しかし、暗記しているだけで答えられるから、結果として、生徒に点数を取らせ、不合格者を少なくするための一つの方策となったとも思われる。

(4) 試験問題から判断して、初期には数学の Syllabus に記されている内容のすべてが教授されたとは限らないと考える。「数学初歩」の試験問題では、球面三角法に関する問題は出題されていないし、第1期生に対しては円錐曲線の幾何に関するものも出題されていない。初期の頃は、所定の授業時間内に Syllabus に記されたすべての内容を教授することには無理があったと考える。そのため、初期の「数学初歩」では、球面三角法は割愛されたか、もしくは極めて簡単に扱われたと思われる。その他の内容についても時には軽く扱われたと考える。「高等数学」では、初期には積分法の問題は出題されていないので、あるいは積分法までいかなかったのではないかと考える。代数の内容として Syllabus に記されている方程式論や確率に関する問題も出題されていないので、代数の内容も一部省略されたと思われる。また、「高等数学」では、若干の時間を「数学初歩」で残したり、不十分であった部分の補充に当てている。他方、Syllabus に示されていない、初等幾何的な方法による立体幾何の初歩が扱われている（最初は「高等数学」で、恐らく立体解析幾何の導入の際に、後には「数学初歩」で）。

¹⁵問題には明示されていないが、この問題は対数表を利用して計算させたと思われる。

「数学」で取り扱えなかった（あるいは、取り扱わなかった）内容のうち、専門科目で必要なものは、それぞれの専門科目のほうで補充している。土木、機械、電信学の科目では、積分や微分方程式を用いた試験問題が出されているので、これらは専門科目の中で補充したと考える。たとえば、1875 - 76 年度の冬学期の学期末試験の 3 年生の工学の試験問題の中に、次の問題がある。

By the integral calculus method find the moment of inertia of a rectangle about one of its sides as axis.

また、1876 - 77 年度の 4 年生の機械工学の試験問題の中に、

Give and explain the use of Simpson's Rules for the measurement of areas.

Show how to find the amount of work done by a given volume of steam when it is allowed to expand (according to Boyle's Law) from a certain part of the stroke:

- (1) By Simpson's rules.
- (2) By the use of the integral calculus.

Find also the mean pressure of the steam in the cylinder.

の 2 問がある。後のほうの問題は Perry の講義内容に関連したものであると考える。Ayrton と Perry は 1876 年から実験データの数学的处理などに方眼紙を積極的に利用したが ([14], p.27), それに関連して Ayrton や Perry は「高等数学」の内容を補充し、数学の応用を取り扱ったと考える。なお、土木、機械、物理、電信学の試験問題で直接方眼紙の使用に結びつくものは見当たらないが、方眼紙は実験や観測データの処理に際して用いられたので、筆記試験の際にはそのような形の問題は出題されなかったと考える¹⁶。

他方、「数学」のほうで、Ayrton や Perry のこの新しい試みに関連するような内容は極めて少ないが、一つの例は 1877 - 78 年度の冬学期の期末試験での 1 年生の数学の、次の問題（船の排水量の計算）である。

Find the displacement in tons, correct to the second decimal place, of a vessel whose length is 140ft. 13 intermediate cross sections being taken at regular intervals of the displaced fluid the areas of which are 11, 13, 16, 20, 25, 31, 37, 43, 49, 48, 46, 43, 38, and 30 square feet, the extreme cross sections being nothing.

(5) 年度が進むにつれて次第に数学の内容は充実し、程度も高くなってくる。数学以外の学課についても同様であったろう。

(6) Syllabus, 試験問題, および工部大学校の蔵書目録から判断すると、三角法、平面解析幾何、微分法は Todhunter を教科書としたと考えられるが、科目によっては主たる教科書は Todhunter ではなかったと考える。その一つの例は幾何である。

¹⁶ 図学の Syllabus の, Practical Plane Geometry の項目では、その内容の一つに “construction of curves from equations and from mechanical or physical data” がある。しかし、試験問題から見る限り、これは図学では扱われなかったのではないと思われる。

5. 幾何の教科書について

幾何（平面幾何）の試験問題を見ると、1874年（明治7年）夏までは、

Enunciate and prove Euclid I. 7. (May 6th, 1874)¹⁷

Enunciate and prove Euclid I. 47. (June 20th, 1874)

のように、単にユークリッドの『原論』の命題の番号を記しての出題が何回かあるが、同年夏以降は単に『原論』の命題の番号のみを記した出題はなく、『原論』にある命題を証明させる場合でも、証明すべき命題を問題文として記している。他方、1874年の秋からは“Theorem 20”という表現が出てくるようになる。初出は

Enunciate and prove Th. 20. (November 14th, 1874)

であるが、ほかに

2. Enunciate and prove Theorem 20. Define orthogonal projection and locus.

3. To construct a triangle, having given two sides and an angle opposite to one of them.

Shew the relation between this problem and theorem 20 by considering the different cases which arise on altering the length of the side opposite the given angle. Do this for a given acute angle, right angle, and obtuse angle.

(November 20th, 1875)

Enunciate and prove fully theorem 20 and its corollaries.

(Summer Session, 1876, Ex. I)

などがある。この“Theorem 20”であるが、1876年夏学期の第1回の試験の問題文には“theorem 20 and its corollaries”とあるが、『原論』では“Theorem 20”ではなく“Proposition 20”という表現である¹⁸上に、『原論』（この試験の他の問題の内容を考えると、第1巻である）の命題20（三角形の二辺の和は第三辺より大）には「系」がないこと、および1875年11月の試験の問題3の問題文、さらに工部大学校の生徒用図書の蔵書目録から判断して、これはJames Maurice Wilsonの“Elementary Geometry” ([15])の“Theorem 20”であると考え¹⁹。それは二辺と一対角の等しい二つの三角形に関する定理である：

Theorem 20. If two triangles have two sides of the one equal to two sides of the other, and the angle opposite that which is not the less of the two sides of the one equal to the corresponding angle of the other, the triangles shall be equal in all respects.

¹⁷括弧内は出題された年度や月日等である。特に断らないものは1年生に対する試験問題である。

¹⁸当時の英国で教科書の底本として広く用いられていたRobert Simson編の『原論』では、証明すべき命題の場合には“Proposition 20, Theorem”という表現をしている。

¹⁹工部大学校蔵書の、Wilsonの“Elementary Geometry”の部数は、1876年の目録では1部だけで、生徒用のClass Libraryにはないが、1878年には生徒用339部、1880年には340部である。

Cor. 1. If the side opposite the given angle were less than the side adjacent, there would be two triangles, as in the figure; and the proof given above is inapplicable.

This is called *the ambiguous case*.

Cor. 2. If the given angle is a right angle, the side opposite to it must be greater than the side adjacent; by Th. 11. Hence if two right-angled triangles have the hypotenuse and one side of the one equal respectively to the hypotenuse and one side of the other, the triangles are equal in all respects.

Cor. 3. A similar property is obviously true of two obtuse-angled triangles.

なお、Marshall 教授は、“Theorem 20”を重要な定理、あるいは、試験問題として適当と考えたらしく、何回か出題している。また、三角法で、三角形の解法に関連して、「二辺一对角」に関するものが複数回出題されている。

ここで Wilson の “Elementary Geometry” について一言しておく。英国では、長い間、Euclid の『原論』を教科書として幾何が教えられ、学ばれてきたが、19 世紀の中頃から、中等教育において『原論』を教科書として幾何を教えることについての批判が生じ、『原論』そのままではない幾何の教科書が出版されるようになってくる。Wilson の本はそのような書物の中の一つであり、Legendre などのフランスの幾何学書を参考にし、中等教育の実際を考慮して著されたものである²⁰。ついで 1871 年には Association for the Improvement of Geometrical Teaching (略称 AIGT, 今日の Mathematical Association の前身) が設立されるが、Wilson は AIGT の主要なメンバーの一人であった。AIGT の平面幾何の Syllabus の第 1 版が刊行されるのは 1875 年である²¹。

このような、Euclid から離れた幾何の教科書や、それを用いての幾何の教育に対しては、賛否両方の意見があった。Oxford 大学の Charles L. Dodgson は、Euclid の『原論』の伝統を守る立場から、彼のペンネーム Lewis Carroll を用いて戯曲の形で *Euclid and His Modern Rivals* ([6]) を著し、『原論』とは違った組み立てのユークリッド幾何の書物(従って、そのような書物による幾何の教育)を批判したのである。ただし、検討・批判の対象としたのは『原論』の第 1 巻、第 2 巻の内容に関してであった。特に、定義の仕方、平行線の取り扱いと Hypothetical construction の使用(ある命題の証明に際して、それまでに作図題として作図と証明が示されなかった作図を利用すること)などが主たる検討や批判の対象であった。ペンネームを用い、戯曲の形式にしたのは、そうすることによって、見かけ上は穏やかな形になるからと思われる。その中で最も強い批判の対象となったのが Wilson の本であった。Wilson の本の “Theorem 20” とその系については、晦渋で悪文 (bad English) であり、内容も初学者を悩ますものであると批判している ([6], Dover 版で pp. 138 – 139, なお p. 201 を参照)。

²⁰James Maurice Wilson (1836 – 1931) は Cambridge 大学で Senior Wrangler で、Cambridge の St. John's College の Fellow を経て、この本が出版されたときは Rugby School の Science Master であった (Wilson については [10], pp. 123 – 140 を参照)。

²¹AIGT の Syllabus の第 4 版は後に 菊池大麓により邦訳され、出版される ([8])。

しかし、工部大学校の数学教育では、Euclid の『原論』を全く排除したわけではない。一つの例は次の問題である。

The three interior angles of every triangle are together equal to two right angles; prove this. Give and prove Corollary I and Corollary II to this proposition. What is the sum of the interior angles of a 7 sided figure? What is the sum of the exterior angles of an 8 sided figure? (June 5th, 1875)

以下に述べるように、この問題は Wilson ではなく、当時英国で広く用いられていた、Robert Simson 編の Euclid の『原論』（初版 1756）をもとにした幾何の教科書によったものである。

Wilson の本では、「三角形の内角の和は二直角」という定理 (Theorem 7) には、系が四つつけられている：

Cor. 1. It follows that no triangle can have more than one right angle or obtuse angle.

Cor. 2. In a right-angled or obtuse-angled triangle the right or obtuse angle is the greatest angle.

Cor. 3. In any right-angled triangle the two acute angles together make up one right angle.

Cor. 4. An exterior angle of a triangle is greater than either of the interior and opposite angles.

しかし、系の個数とその内容から、上記の試験問題は Wilson によったものではないと考える。

Heiberg 校訂の Euclid の『原論』では第 1 巻、命題 32（三角形の内角の和は二直角）には系はないが、Heath は、その英訳において、この命題に対する註の中で、Simson 編の Euclid では、この命題に、Proklos に由来する次の重要な二つの系がつけられたと記している ([9], vol. 1, p. 322)：

1. The sum of the interior angles of a convex rectilineal figure is equal to twice as many right angles as the figure has sides, less four.

2. The exterior angles of any convex rectilineal figure are together equal to four right angles.

この二つの系の内容は、上記の試験問題の内容と符合する。したがって、Simson 編の『原論』にもとづく書物を利用したことがわかる。そのような幾何の教科書は 19 世紀の英国において多数出版されており、Todhunter の Euclid (初版 1862) はそれらの中の代表的なものの一つであるが、1876 年の工部大学校所蔵の生徒用図書の中には Todhunter の Euclid はないので²²、Todhunter 以外のものを利用した可能性が大きい。ただし、Marshall 教授の蔵書中に Todhunter の Euclid があり、教授がそれを利用したことは考えられる。

²² 工部大学校の蔵書目録によれば、Todhunter の Euclid は 1878 年に生徒用 32 部、1880 年に 54 部である。部数が多いのは Cassell の Euclid で、1878 年で 159 部、1880 年で 161 部である (Cassell は出版社の名称)。ほかに Chambers の Euclid がある。

また、円の接線に関して、次のような問題が出題されている：

Define a tangent to a curve according to the method of limits; inscribe and circumscribe in a given circle regular pentagons and decagons.

(*March, 1875*)

Two tangents and only two can be drawn to a circle from an external point. Define a tangent according to the method of limits.

(*November 20th, 1875, Second Year Students*)

Define a tangent to a circle in 2 ways. Using the definition according to the method of limits prove that the angle between a tangent and a chord drawn from the point of contact is equal to the angle in the alternate segment.

(*Summer Session 1876, Ex. III, Second Year Students*)

Wilson は割線の極限として円の接線を取り扱っているから、最初の 2 問は Wilson に従ったと思われるが、最後の問題の「二通りの方法で」という表現から、Wilson とともに『原論』が用いられたことがわかる²³。

比例に関しては、次のような問題が出題されている。

Give Euclid's and the algebraical definitions of proportion; and shew that, if 4 incommensurable quantities be proportional according to the former, they satisfy the latter definition. (*February 19th, 1876, First Year Students*)

Give Euclid's definitions of Proportion, and shew that if 4 quantities satisfy Euclid's definition they will also satisfy the algebraical definition.

(*October 16th, 1875, Second Year Students*)

Give Euclid's and algebraic definitions of proportion; assuming the algebraic definition deduce from it Euclid's definition.

(*Winter Session, 1876 -77, Ex. III, First Year Students*)

同様な問題は他の年度でも出題されているので、比例については、『原論』第 5 巻（「ユークリッドの比例論」）を、代数で学ぶ比例と関連づけて取り扱ったと考える。

これらのことと、工部大学校の Class Library には Wilson の本が年度を追って多数の部数所蔵されるようになっていったことから、明治 7 年（1874）夏以降は、幾何は、Wilson を主たる教科書として、これに Euclid の『原論』を加味して教えられたと考える。なお、工部大学校の幾何の Syllabus 自身、平面幾何の部分は『原論』に忠実に従ったものではない（「比例論」そのものが明示されていないことと、図形の計測への応用が記されていること）。

また、幾何的円錐曲線も Wilson の本（[16]）を教科書として用いたと考える。同書は最初に立体幾何が扱われているので、その際、最初に、Syllabus には明記されていない、初等幾何的方法による立体幾何を扱ったと考える。

²³AIGT の Syllabus（第 4 版，邦訳）では、円の接線については、円とただ 1 点を共有する直線として定義するのと、割線の極限として定義するのとの二つの方法が記されている。

6. 授業について

昭和6年(1931)に刊行された『旧工部大学校史料附録』には工部大学校卒業生による在学時代の回想が記されている。その中から数学や Ayrton と Perry に関するものをいくつか引用する。括弧内は『旧工部大学校史料附録』のページである。

岩田武夫(第二回(明治13年)電信科卒業)は、「旧工部大学校史料参考記事」の中で次のように記している。

〔専門学課目は〕勿論専門によりて異なれば余の謂ふ所は当時の電信学と知るべし。高等数学、高等物理学の二課目とす。……高等数学はコニクセクション、微分、積分、微分方程式等。高等物理学は多分電氣に関する測定機械の原理、発電の原理等にして多くは微分方程式によりて解決する問題なりき。(p. 17)

或時エアトン師余に訓戒して曰く、余の卿等に教授する所はファクトを避てシオリー乃ち根本の要義を以てす。其の理由は卿等卒業の後には日本国内に職を執るとして其の形勢を考慮するに、日本の現状は歐洲諸国の如く分業の制流行せず、従て卿等卒業後は凡のことに当るを辞すべからず、然る場合に臨んでファクト教育の卒業者は学習の応用遲鈍にしてシオリー教育の卒業者の機敏なるに如かず。卿等も深く此処に注意し、島流しに遇ふて自分一個にても其の職責を全ふするに差支なき様心掛けて勉強せられよと、是れ一場の訓話に過ぎずと雖も師の教育方針を明らかにし、余の過去を回顧すればこの主義に負ふ所多きを感じて深謝措かざる所以なり。(p. 18)

ジョン・ペリー氏は某生徒が英語の教師なるデキソン氏にペリー氏は如何なる人と問試みしに、クリア・ヘッデッド・クレバーメンと答へたりと聞く実に適評と謂ふべし。氏は余の恩師エアトン氏とは殊に親友にして学術研究を共にし、エアトン・エンド・ペリーの名を以て其の結果を公表せられたること一再ならざるは能く人の知る所なり。故に屢々物理学教室にエアトン氏を訪ひ議論を上下せられたることも亦数次なりき。其の際余等座にありて之を聴取せしに、立論と云ひ、発言と云ひ、クリアヘッデッドの一言能く之を尽くせりと思ひたり。殊に数学に於て一日の兄たりと感じ得たり。而して氏は癩癲強き人と見受たり。或日の教授会席上に於て議論の末、鉄拳をダイヤー氏の頭上に加へたりと聞く、或は然らん。(p. 21)

ダブリュー・イー・エアトン氏は……兎に角頗る勉学の人にして、食事と就寝の外は常に物理学の研究室に没頭して寸時も其処を離れず、……(pp. 21 - 22)

石橋絢彦(第一回(明治12年)土木科卒業)は、「談話増補」において次のように述べている。

教師によって教科書を非常に貴ぶ人もあるが、教科書の中のどこからどこ迄読めと言って読ませて置いて別に講義すると云ふのが多かった。それから教授をするときにいろいろ問題を出す人がある。中には問題を持って来いと云ふ人がある。(pp. 227 - 228)

エアトン先生は予科の時分は物理学を教へられた、力学を教へた時などには力の平衡などは生徒に実験させ、…… 熱学の講義を始める時には気象観測をやらせた、…… 其の結果を表に製し曲線に描かしめた。此の観測を一人三週間位受授しめた。先生は又電気学を教へられて問題を持って来いと言って問題を出させる。其の教授振りは一種変わつてゐました。…… 新規なことがあると直ぐに其の事に対して講義をする。…… 解らないことがあるならば何んでも訊けと云ふことですが、或時何やらの講義が終つてから「斯う云ふ事はどうか」と生徒に質問いきなり、問題を出す。グズグズして居ると、生徒の甲を指して答へよと云ふ甲が答へないで躊躇してゐると乙を指して「お前はどうか」と言つて順々に訊く、其の時にいゝ加減な答をする。すると先生大に怒てユウ・アー・スチュピッドと罵り「何だお前の答、解らないそんなことがあるものぢやない」「理屈に合はない。……」と畳みかけて叱りつけ講義をした。…… 講義をして了つてから問題を出す。解らないとポンポン叱言を言ふ。ですからどうしても講義をよく聴かなければならなかつた。(pp. 230 - 231)

ジョン・ペリー先生は土木学を教へられた。…… 日本に来る前にスチームエンジンの教科書を著した、普通テキストブックは綿密に図を書いてあるが、一寸したスケッチの絵を載せ学理を示す所がペリー書の特色で緊要のものは解りよく且つ手軽に掲げ、プリンシプルを主として教へる方針である。偕其の教へ方に付てもウィリアムタムソンの数学の難づかしい変化の講義はチャンと書いてあるノートを買して呉れて皆にそれを写せと云ふ。それは先生の妹が秘書官を勤めて居つて先生の書いたノートを吾々に貸して呉れて写させた。難づかしい数学のところは先生の妹の書いたものを吾々に渡して置いてあつた、参考書中何頁の何々はどうか云ふ訳であると云ふ変化を口で云ふだけでクドクド敷くは言はなかつた。…… (p. 233)

或時[ペリー]先生と一緒に修学旅行に出掛けた。建築中の川崎の鉄橋を見に行くと途中に電信の針金がブーブー鳴つて居る、先生いきなり立停つて「此処に自然がある」。「誰か是はどう云ふ訳であると答へろ」と云ふ実地問題を出す。…… 何でも見当り放題問題を出し、答を待つのである。総て窮理学の自問自答の練習をさせる遣方であつて余程變つて居つた。…… 地質学であれ何であれ一切お構ひ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、…… 有益の教授法である。…… 旅行をしてもなかなか油断が出来なかつた。…… それから卒業間際にはいろいろな問題を出して研究させる。…… (p. 234)

ここに引用した石橋の文章の第1段落中の、「其の結果を表に製し曲線に描かしめた」というのは、方眼紙を使用してのことではないかと思われる。もしそうだとすれば、予科の授業ということであるから、工部大学校においては、1875年の夏までに方眼紙が使用されたことになる。当時はPerryはまだ着任していないから²⁴、Ayrtonが最初の方眼紙を使用したことになる（方眼紙が積極的・本格的に用いられるのは、Perryが述べているように、1876年からであろう）²⁵。しかし、ここに引用した文章だけでそのような結論を導くのはいささか速断であろう。

『旧工部大学校史料』中の「外人略伝」には、Ayrtonに関し『工部大学校昔噺』中の記事が引用されているが、そこに「エルトン先生」についての次のような記述がある。

先生ハ非常ニ勉強家デ日曜モ出校シテ研究シテ居ラレタ。……ペリー先生（John Perry）ト共同デ研究発表ヲナサレタペーパーガ沢山アル。為ニ当時研究ノ中心ハ英国カラ日本ニ移ッタトサヘ云ハレタ位デアル。先生ハ講義ノ最中ニヨク脱線シテ挿話サレタガソノ本当ノ意味ヤソノ有益サハ後ニナッテ判明シタ様ナ事ガ多カッタ。常ニ云ハレタ事ハ「人ノ真似ヲシテハイケナイ。何カ物事ガアル時ニハ決シテソレヲ真似シヤウトハセズ、更ニ一層良イ物ヲ作ル様ニ又発見スル様心掛ケナケレバナラヌ」ト云フ事デアッタ。三年間日本ニ滞在シテ愈々英本国ニ帰ラレルソノ日迄（ト云ッテモヨイ程）研究シテ居ラレタ。……最後ニ一度物理ノ時間ニ出サレタ問題ヲ左ニ掲ゲル事ニスル。

1. Can you add a line to a line ?
2. Can you subtract a line from a line ?
3. Can you multiply a line with a line ?
4. Can you divide a line by a line ?

最後の部分は、『旧工部大学校史料』に引用されているのは問題だけで、Ayrtonがこの問題から出発してどのような授業を行ったかについては何も記されていないが、これは、ベクトルの四則演算から四元数（quaternion）を導入することにつながる内容のように思われる。工部大学校では、力学などに関連して力、速度などのベクトル量が扱われたが、四元法を扱ったかどうかについては不詳である²⁶。工部大学校と四元法については今後の研究課題である。

付記 本稿は2004年8月の研究集会での発表内容に、その後の研究を加え、大幅に内容を増補したものである。

²⁴『旧工部大学校史料』によれば、Perryの在任期間（契約期間）は明治8年（1875）9月9日から、12年（1879）3月31日までである。

²⁵W. H. BrockとM. H. Priceは、1980年の論文の中で、AyrtonとPerryのどちらが最初に工学の学生に対しての方眼紙の使用を開発したかをいうのは恐らく不可能であろうと述べている。そして、確信を持っていることは、この技法は東京で1876年か1877年に導入され、1882年にFinsbury Collegeで発展していったということであると記している（[5], p. 375）。

²⁶1876年の工部大学校図書目録（[2]）によれば、工部大学校のLibraryにはHamiltonの*Elements of Quaternions*, Taitの*Quaternions*, Kelland-Taitの*Introduction to Quaternions*が所蔵されており、“Class Library”にもKelland-Taitの本が3部所蔵されている。

参考文献

- [1] Imperial College of Engineering, Tokei, *Calendar*, Session 1873 – 74, 1875 – 76, 1876 – 77, 1877 – 78, 1878 – 79, 1879 – 80.
- [2] *Catalogue of Books Contained in the Library of the Imperial College of Engineering, Tokei*, 1876, 1878, 1880.
- [3] 『旧工部大学校史料・附録』, 青史社, 1978. (1931年発行の旧工部大学校史料編纂会編『旧工部大学校史料』, 『旧工部大学校史料附録』の合本復刻版).
- [4] 『東京大学百年史』, 全10巻, 東大出版会, 1984 – 1987.
- [5] Brock, William H. and Price, Michael 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), 365 – 381.
- [6] Carroll, Lewis, *Euclid and His Modern Rivals*, London, 1879; 2nd ed., 1885. Reprint of 2nd. ed.: Dover, New York, 2004.
- [7] ヘンリー・ダイアー著, 平野勇夫訳『大日本』, 実業之日本社, 1999. (Dyer, H., *Dai Nippon, The Britain of the East*, London, 1904の邦訳).
- [8] 英国幾何学教授法改良会編纂, 菊池大麓訳『平面幾何学教授条目』, 博聞社, 1887.
- [9] Heath, Thomas L., *The Thirteen Books of Euclid's Elements, Translated from the Text of Heiberg, with Introduction and Commentary*, 3 vols., 2nd ed., Cambridge, 1926. Reprint: Dover, New York, 1956.
- [10] Howson, Geoffrey, *A History of Mathematics Education in England*, Cambridge Univ. Press, 1982.
- [11] 久米邦武編, 田中彰校注『特命全權大使 米欧回覧実記』, 全5冊, 岩波文庫, 1977.
- [12] 小倉金之助, 『数学史研究 第二輯』, 岩波, 1948.
- [13] 『小倉金之助著作集』 2, 勁草書房, 1973.
- [14] Perry, John, *Practical Mathematics*, London, 1899.
- [15] Wilson, J. M., *Elementary Geometry, Books I, II, III*, 2nd ed., London and Cambridge, 1869.
- [16] Wilson, J. M., *Solid Geometry and Conic Sections*, London, 1872, 2nd ed., 1873.