

「革命暦 3 年の師範学校」における数学カリキュラム

Mathematics Curriculum in the *Ecole normale de l'an III*

四日市大学関孝和数学研究所 但馬 亨

Toru TAJIMA

Seki-Kowa Inst. of Maths.

torutajima@07.alumni.u-tokyo.ac.jp

Résumé: L'Ecole Normale Supérieure, l'une des trois Grandes Écoles de France, reste à la position spéciale et la plus importante dans le monde de l'éducation et de la recherche en France. Et puis, elle maintient aussi produit de nombreux mathématiciens de première classe. Cet article se penche sur le programme de mathématiques au moment de la création de l'Ecole normale de l'an 3, l'origine de cette institution, pour voir en quoi elle différait des écoles existantes dans l'enseignement des mathématiques.

1. グランゼコールの概要と現在の高等師範学校

さて本論に入る前に、グランゼコール(Grandes Ecoles)とはそもそも何を表すのか、概説してみたい。フランスには大学とは異なる高等研究教育機関があり、それをグランゼコールと呼ぶ。その総数はおよそ 200 校に及ぶが、現存しているいわゆる三大グランゼコールと呼ぶ組織は Ecole Polytechnique : エコール・ポリテクニク (以下「EP」), Ecole Normale Supérieure : 高等師範学校 (以下「ENS」), Ecole Nationale d'Administration : 国立行政学院 (以下「ENA」) の計三校であり、これらへの入学は、バカロレアという共通試験で一定の成績を取めたものであればだれでも入学できる大学とは異なり、熾烈な選抜試験(Concours)を突破したもののみに許されるという相違がまずある。また、第二次大戦以降、最後発の ENA の出身者が官僚(fonctionnaire)や政治家、大統領などを歴任する展開が比較的多くなってはいるものの、EP は大企業の経営者やテクノクラート (技術官僚、技官ではない)、ENS は大学の研究者等、フランス社会の各分野で指導的な地位に就くことが概ね既定路線になっている。ちなみに ENA はマクロン現フランス大統領の決定で 2022 年 1 月に廃校し ISP へと組織改編を受けるが、数学を含む指導的な自然科学系研究者のおおべき重要な登竜門として、EP や ENS に入学するというプロセスは今もなお重要である。

また、EP がフランス軍事省 (防衛省から改称)、ENA が政府や官邸 (エリゼ宮)、経済・財務省との結びつきが顕著であるのとは対照的にリベラルな学風で知られるが、入学

後はそれらと同様いわゆる聴講官として官職を与えられるので、給料の支給がある。卒業後も一定期間は教職も含む公務員職への就職が強く要請されるため、一般的な大学生の立場にあるとは言えない。そして、現在は連合大学の一部となっている。連合大学とは、パリ人文・科学研究大学（正式名称: Université de recherche Paris Sciences et Lettres、略称: PSL）を指すもので、これまで少数精鋭教育を堅持してきたが、他の教育機関と連携を深めておりその自律性を抑制する方向性にある。

そして、これまでの著名な出身者であるが、その一部だけ記す。（括弧内は入学年や一部経歴）

ジョゼフ・フーリエ（1794年）、アントワヌ・オーギュスタン・クルノー（数学者、哲学者、経済学者,1821年）、エヴァリスト・ガロア（1829年）、ポール・パンルヴェ - 数学者、首相、エリ・カルタン（1888年）、アンリ・ルベグ、アンドレ・ヴェイユ（1922年）、アンリ・カルタン（1923年）、ジャン・デュドネ（1924年）、クロード・シュヴァレー（1926年）、ローラン・シュヴァルツ（1934年）、ルネ・トム（1943年）、ジャン＝ピエール・セール（1945年）、アレクサンドル・グロタンディーク（聴講生）、ピエール・ルネ・ドリニユ（1965年）、ローラン・ラフォルグ（1986年）、ゴ・バオ・チャウ（1992年） - フィールドズ賞（2010年）、セドリック・ヴィラニ（1992年）

このように枚挙に暇がない。ヴェイユなど一部の出身者は戦後アメリカに拠点を移動したのも一定数いるが、現在もなおフランスの数学研究の中心的機関である内実は変わらないといえよう。

2. 革命暦3年の師範学校

ENSは革命暦プリュヴィオーズ1日からフロレアル30日（1795年1月21日から5月20日）まで、共和国の教育者(instituteurs)を育成する目的とする高等教育機関として設立される「革命暦三年の師範学校(Ecole normale de l'an III：以下「師範学校 III」)が起源である。国民公会(Convention nationale)の教育方針についての宣言にある、以下、師範学校 III 成立の理念に関わる趣意書の記述を一部引用・翻訳してみる。（革命暦については文末付録を参考）ⁱ

したがってこれらの学校では教えられるのは学問(les sciences)ではなく、それを教える技芸術(l'art)である。これらの学校を修了すれば卒業生たちは単に学のある人間(des hommes instruits)ではなく、教えることのできる人間でなければならない。つまりは、史上はじめて自然、真理、理性そして哲学が神学校(séminaire)を持つことになる。また同様にはじめて、あらゆる種類の学問と才能の最も卓越せし人々すなわち天才たち(les hommes de génie)が、

またこれまで数世紀間、国民の教師にすぎなかった人々、また才覚をもった人々が、人民の第一の導師(maitres)となるのだと。

Dans ces écoles, ce n'est donc pas les sciences qu'on enseignera, mais l'art de les enseigner; au sortir de ces écoles, les disciples ne devront pas seulement être des hommes instruits, mais des hommes capable d'instruire : pour la première fois sur la terre, la nature, la vérité, la raison et la philosophie vont donc aussi avoir un séminaire ; pour première fois, les hommes les plus éminents en tout genre de sciences et de talents, les hommes qui jusqu'à présent n'ont été que les professeurs des nations et des siècles, les hommes de génie vont donc être les premiers maitres d'école d'un peuple ! ([RAM], p. 349.)

ここで分かるのは、日本では ENS を高等師範学校という定訳で扱ってはいるものの、実際は一般的な高校教師を育成する目的の学校ではないという点である。フランスではたしかに日本と比較しても高校教員になるためのハードルはきわめて高く、たしかに現在の ENS の卒業生でも高等学校(Lycée)に勤務するものはいるが、その大半は大学の研究者である。日本の戦前の「高等師範学校」の名称のアナロジーで誤解する者も多いが、ENS は単純に高校教員を育成するために開校された教育機関とは言えないのである。Supérieure というラテン語直系の形容詞が指し示すとおり、それはギリシャ語に由来する norme (規範) を「最高レベル」で教示する、文字通り「最上級」の師範学校なのである。このような理念にまつわる重要な指摘、そして厳密な卒業生の「品質保証」というべき観点は、同時期に開校した EP と共通するものがある。

また師範学校 III の成立期間は前述のとおりわずか4か月ほどであり、きわめて短命である。1792年9月21日から1795年10月26日までの存続という国民公会(Convention nationale)自体の政治的不安定性に同期するようにごくごく短期間であった。やはりこれもほぼ同時に成立した EP と比較すると短命のきらいを否定できず、現在において師範学校 III の教育・研究機関としての成功例という認識はフランスの教育史・教育行政史においても高いものとは言えない。しかしながら、その初代教授陣のカリキュラムについては独自性があり、十分な分析を行うべき数学史的価値を認めることができる。

3. 数学カリキュラム

それでは数学カリキュラムの内実について論じていく。主任教授陣として講義を担当したのはラプラス、ラグランジュ、モンジュの三者である。これについては以下の書誌に示す [Dhombres 1992] による講義カリキュラム、ノートの実証研究があり、質・量ともに圧倒的である。本研究はこの紹介の域を出るものではない。フランスの指導的数学史研究者であるドンブル氏編集の本資料であるが、19世紀数学史研究において、コーシー(Augustin Louis Cauchy, 1789-1857)の緻密な実証研究で知られる、ブリュノ・ペロスト氏による詳細な分析

を多く含んでおり、このテーマにおける唯一無二ともいえる大型研究である。以下順に三者の実行したカリキュラムを詳述していくが、まずはどのようなスケジュールで講義がなされたのか、先の[Dhombres 1992]に記載している表を引用して示す。

Calendrier des leçons de mathématiques

	LAPLACE	LAGRANGE	MONGE
1 ^{er} pluviôse 20 janvier	1 ^{re} leçon		1 ^{re} leçon
9 " 28 "	2 ^e leçon		2 ^e leçon
11 " 30 "		débat (avec Laplace)	1 ^{er} débat
16 " 4 février		1 ^{re} leçon	2 ^e débat
21 " 9 "	3 ^e leçon		3 ^e leçon
26 " 14 "	débat		3 ^e débat
1 ^{er} ventôse 19 "	4 ^e leçon		4 ^e leçon
6 " 24 "		2 ^e leçon	
11 " 1 ^{er} mars	5 ^e leçon		5 ^e leçon
21 " 11 "	6 ^e leçon		6 ^e leçon
1 ^{er} germinal 21 "		3 ^e leçon	7 ^e leçon
6 " 26 "		4 ^e leçon	
11 " 31 "	7 ^e leçon		8 ^e leçon
21 " 10 avril	8 ^e leçon		9 ^e leçon
22 " 11 "		5 ^e leçon	
1 ^{er} floréal 20 "			10 ^e leçon
11 " 30 "	9 ^e leçon		11 ^e leçon
21 " 10 mai	10 ^e leçon		12 ^e leçon

Dans ce calendrier de l'École Normale, afin de repérer aisément les enchaînements dans les cours des professeurs, on a seulement fait figurer les leçons et les débats des trois mathématiciens. Un emploi du temps général est fourni au volume Généralités (à paraître).

図1：師範学校 III の数学講義日程。[Dhombres 1992] p.8.

3-1. ラプラス ((Pierre-Simon de Laplace, 1749-1827)の講義

まずはラプラスの概説を行う。ラプラスはノルマンディのボウモンタンジュ(Beaumont-en-Auge)出身の貴族であり、フランスのニュートンの異名をもつ18世紀後半の代表的数学者・物理学者である。幾何学形式に終始したニュートンの『自然哲学の数学的諸原理(プリンキピア)』(*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 1687)の解析的書き換

え、すなわち代数学方程式での書き直しの作業の最終段階に位置する人物であり、ラグランジュとともにこの時代の数理物理学研究の最前線で活躍した。主著としてはナポレオンにも献上した『天体力学』(*Traité intitulé Mécanique Céleste*, 1799-1805)が挙げられる。微分方程式での自然現象の記述を天体力学全般に應用することで、当時の惑星天文学上の問題をほぼ解決し、決定論的世界観をラプラスの悪魔の問題で主張したことも著名。確率統計学についても深い知見を有しており、ベイズ統計での条件付き確率に相当する「逆確率」概念の主張など、時代に先行する議論も多数ある。パリ郊外の自宅に多くの若手科学者を集め、私費を投じて研究させたアルクイユ会の運営など、師範学校以外にも科学教育上の大きな貢献があった。つづいて師範学校 III での講義目録を示す。(ibid. pp.14-15.)

第一課：

算術の数値化と四則演算の操作（ラグランジュと共同）

第二課：

分数、べき乗と根の抽出、各種比、数列、対数

第三課：

代数学、代数学の第一操作であるべき乗とべき数：ニュートン二項定理の解説

第四課：

方程式論：虚数、根の対称性、ニュートンの公式、ダランベールの定理、デカルトの規則

第五課：

方程式の解法、虚数解の形式についての定理：3次および4次の方程式、対である多項式による分解の一般定理、ダランベールの定理（代数学の基本定理）の解説

第六課：

方程式の未知数の消去。方程式の近似的解法：それぞれ次数が m と n である、二平面の分割のようにして得られる曲線の次数に関する、ベズーの定理をめぐる解説。根の近似的計算

第七課：

初等的幾何学。極限概念。直角三角形と球面三角法の原則：ユークリッド幾何学の説明（タレスの定理）。午前中は面積と体積計算へ應用される極限概念の説明。残りは規則的な凸面をもつ5種の多面体の美しい証明と同定。

第八課：

代数学の幾何学への応用。角の分割、コーツの定理、方程式の解法への三角表の使用法。曲線と曲面の定理への代数学の応用。この課は最終で最長である。長らく午前の部を費やし、螺旋(*courbe gauche*)や伸開線、縮閉線にいたる。

第九課：

新しい度量衡の体系について：10進法と地球の楕円的形狀。

第十課：

確率論, この注目すべき課は, のちの 1814 年の『確率についての哲学的試論』(*l'Essai philosophique sur les probabilités*)に収録される.

討論:

数列の収束と発散

これらカリキュラム構成から判明するのは, ラプラスが担当していたのは後に代数方程式論や解析, ならびにその力学における応用についての分野であった点である. また, 最終の第十課にある問題は, 先に述べたラプラスのもう一つの代表的業績といえる確率統計学についてであり, この内容のより体系的な増補が後に先の確率論についての著作に結実していく. 全般的な傾向として, たとえば現在の代数幾何学の最重要定理の一つであるベズーの定理の紹介やダランベールやガウスが勢力的に取り組んだ, 代数学の基本定理など当時ラプラスが知り得る先端的知識を網羅的に展開した濃密な講義であったことが理解できる.

3-2. ラグランジュ (Joseph-Louis Lagrange, 1736-1813) の講義

ラグランジュはイタリア・トリノ出身で, のちにパリを中心に活躍することとなる 18 世紀最大の数理物理学的知性である. 先のラプラス同様, 『プリンキピア』のライプニッツ流記号法による「解析的書き換え」の総括を行い, 主著『解析力学』(*Mécanique analytique*, 1788)では『プリンキピア』で多用された図形の描画が徹底的に省かれ, 力学現象の少数の公理による代数的演繹と形式の抽出がシステムティックに展開されている. ここで展開された, いわゆるラグランジュ形式は力学だけでなく, 電磁気学, 熱力学, 統計力学, 相対論にまでおよぶ物理学全般に共通する変分原理に昇華し, 物理学の理論的本質を最初に抽出した重要人物である.

また, すでに革命期になると老齢のため, 実際の講義活動には幾ばくかの支障があったことが講義数の少なさから伺われるが, 革命期にはフランス科学アカデミー総裁も務めていたラグランジュは最後の公教育上の貢献を師範学校 III に行っていたことがわかる. また EP の 1795 年の創設にも深く関わっており, この組織の数学部門のディレクターを務めるなど (校長とする俗説は誤り) 多忙を極めていたことも本講義の希少性を表している. つづいて師範学校 III での講義目録を示す. (ibid. p.183.)

序論:

数のナンバリングと操作の体系

第一課:

分数と対数を扱う際の計算法: ラプラスと共同開講, 連分数の定理についての簡略な説明, 比例の定理, 利子と終身年金の問題への応用, 対数の歴史についての余談

(digression).

第二課：

計算操作：分割可能性と合同の規則. 整数における線型方程式の解法への連分数の応用. 数論への関係した注意書.

第三課：

3次・4次方程式の解法を与える際の代数学：方程式の歴史的導入と，3次方程式の解法の方法と不還元可能な場合のとりわけ深遠で重要な(critique)研究. 代数学的操作における虚量についてのエピステモロジカル（科学哲学的）な省察.

第四課：

数値方程式の解法：中間値の定理の考察と二つの移動物体のメタファー，多項方程式の連続する根のあいだの最小の差異を見出す方法，ラグランジュの定理.

第五課：

問題の解法における曲線の使用：解の近似的同定を可能にするような，幾何学的作図によって解法がなされる際の問題例. 誤差曲線. ニュートンの補完多項式とラグランジュによる変異的例.

こちらに関して興味深い点は，先のラプラスとの共同開講の内容で初等的代数学や数列問題を扱っており，そこから例えば複利計算などのきわめて実用性の高い問題を教育用にチョイスしていることである. ラグランジュのような抽象的方向性の強い研究者が実は，数学教育的には実際の数値計算を学生には多く練習するように指示していること，またその歴史的意義を対数について述べているなど，ラグランジュによる数学史への貴重な見解をこちらで見出すのは希少であり印象的である. 第二課以降の問題は当時としてはスタンダードであり，第四課の中間値の定理についての説明は当時の解析学的には難解な問題がいくつか伺われるが，全般的に数値計算を重んじており，数学初学者が習熟すべき部分への力点が明確になっているといえる.

3-3. モンジュ (Gaspard Monge, 1746-1818)の講義

最後にモンジュについて扱う. 先の二人の巨人的数学者と比較すると，比較的マイナーな数学者の部類に位置するモンジュだが，師範学校 III の創設メンバーの一人であり，この時代の数学教育では最重要人物である. それは EP の創設においても，彼が中心的役割をラザール・カルノー(Lazare Carnot, 1753-1823)と果たしたことからも分かるが，単純な数学者というよりも，教育行政官としての働きもきわめて重要で無視できない. 数学者としての貢献として最も有名なのは，三角法や射影幾何学の研究から画法幾何学を大成したことであり，後に日本の大学の工学部においても必修科目として長らく存在した図学・製図学の基礎を構築したことである. 他にも度量衡制定にも尽力し，ナポレオンをはじめと

した当時の有力な政治家との密接なコネクションが指摘される。後に敬愛するナポレオンとともに没落したが、ナポレオン亡き後も、学会で一定の影響を持ち続けたフーリエ (Joseph Fourier, 1768-1830)とはきわめて対照的であり、数学と政治というテーマにおいてもきわめて特徴的事例を与える、当時の指導的数学者であった。

つづいて講義の内容だが、前二者と違ってシラバス(plan)が残存せず、内容の再構成が数
学史家によって求められる。これは、EPの創設や前年のノルマンディへの着任で多忙を極
め、さらには急病を罹患したためであり、先の事例のような講義の体系的設計が完成しな
かったためである。しかしながら、1795年1月から3decade(革命暦でいう一か月)、開講さ
れた別講義である「石切用準備講義」(*le cours préliminaire de stéréotomie*)のシラバスにつ
いては現存するものがある。([Dhombres 1992]. pp.277-279)したがって、これらを元に、
師範学校 III での講義録を前述のベロスト氏とフランスの数学史家ルネ・タトン氏が再現し
ている。以下では、その再現されたカリキュラムを記す。(ibid. pp. 615-616.)

第一課：

射影幾何学の対象(1)一空間における点の位置を同定するための考察

第二課：

射影の方法のグラフによる作図への応用－射影幾何学と代数学の比較

第一討論：

幾何学の定義

第二討論：

空間における位置の同定

第三課：

面の形状と位置を説明するための適切な慣例－直線と平面に関連する複数の基本的問題の
解法

第四課：

直線と平面に関連する複数の基本的問題の解法(続)

第五課：

何らかの曲面への接平面の位置を同定する条件

第六課：

曲面の分割

第七課：

曲面の分割を作図する方法の多様な問題解法への応用

第八課：

曲率と二重曲率をもつ曲線の伸開線

第九課：

曲面、伸開可能な面と何らかの面の曲率の主要な方法

第十課：

投影図上にひかれた影の利用—影のグラフによる描画

第十一課：

物体の表現における濃淡の定義と空気の遠近法—一定の条件下での色彩が影響をうける変動

第十二課：

物体を遠近法にかけるための方法

また、残存している先の「石切用準備講義」の内容もテキストには含まれているので、第三課まで部分的に訳出してみると以下のようなになる。

第一課：

射影方法の説明；使用を容易にする技法

第二課：

曲面への接平面と法線の決定；二重曲率の曲線どもの接平面と垂直な平面。

第三課

曲面の分割の作図。この方法が原理的に正当(propre)であるような種の問題とその解法の例

こうして「石切用準備講義」の内容が師範学校 III の講義内容に類似していることは明らかである。全般的にモンジュの講義内容は先の二者とは異なって、作図主体のものであるが、代数学的技法とどのような点で接点をもつのか、その互換性の点についても議論しており、三者の講義の中で最も詳細な具体例にあふれている。実践的な数学が製造業の現場においては必要であり、EP でその点が強調されるのは必然性を感じるが、なぜこの画法幾何の問題について高等教育のジェネラルな数学教育を施す組織でかくも詳細に取り扱われたのかについては、大きく疑問が残るところである。

4. 結語として

以上多くの数学者を後に輩出するようになる ENS の前身である師範学校 III で展開された貴重な数学講義について、その概要を解説してきた。詳細な講義の中身についてはさらに解析が必要だが歴史的偉業をなしてきた数学者たちの講義の実態は、想像以上に実践的であり、かつ数学そのものの内容よりも力学等の関連分野や数学史についての議論の紹介が含まれる「余裕」のあるものであった。これは EP のカリキュラムと比較してみると大きなコントラストをもって理解できるのではないかと思われる。より詳細な研究が望まれるので、以降この比較研究に取り組む所存である。

参考文献：

[Dhombres 1992] *Leçons de mathématiques: édition annotée des cours de Laplace, Lagrange et Monge: avec introductions et annexes* par Bruno Belhoste ... [et al.]; sous la direction de Jean Dhombres (L'École normale de l'an III, t. 1) (Librairie du bicentenaire de la Révolution française) , Dunod, 1992.

[RAM] *Réimpression de l'ancien Moniteur, Procès-verbaux du Comité d'instruction publique de la Convention nationale* par J. Guillaume, t. XXII, Paris, 1842,

[Sirinelli 1994] *École normale supérieure : le livre du bicentenaire*, publié sous la direction de Jean-François Sirinelli ; préface de René Rémond ; postface d'Étienne Guyon(1re éd), Presses universitaires de France, 1994.

[Smith 1982] Robert J. Smith *The Ecole normale supérieure and the Third Republic*, State University of New York Press, 1982.

ⁱ 革命暦はグレゴリウス暦と大幅にシステムが異なるので、以下簡略化した月の換算表を示しておく。

- [春] Germinal (芽月) : 3月 20,21 日～
- [春] Floréal (花月) : 4月 20,21 日～
- [春] Prairial (牧月) : 5月 20,21 日～
- [夏] Messidor (収穫月) : 6月 19,20 日～
- [夏] Thermidor (熱月) : 7月 19,20 日～
- [夏] Fructidor (実月) : 8月 18,19 日～
- [秋] Vendémiaire (葡萄月) : 9月 22,23,24 日～
- [秋] Brumaire (霧月) : 10月 22,23,24 日～
- [秋] Frimaire (霜月) : 11月 21,22,23 日～
- [冬] Nivôse (雪月) : 12月 21,22,23 日～
- [冬] Pluviôse (雨月) : 1月 20,21,22 日～
- [冬] Ventôse (風月) : 2月 19,20,21 日～

重要な特徴としてはすべて 10 進法であり、毎月が 30 日に固定されている。必然的に太陽暦での 5 日分が余るが(mod30)、これは年末に回され休日となる。また閏年は政府が決定し、それまでの慣習であった七曜制は廃止され、10 日が 1 decade に、そして月日には対応した事物の名称が付与された。