

# Polytechnique et les mathématiques : ombres et lumières \*

堀 井 政 信<sup>† ‡</sup>

## 1 はじめに

*Les Polytechniciens dans le siècle 1894-1994* (以下, 1894-1994) [1] を読み進めています. “Henri Poincaré et les 《Méthodes nouvelles de la mécanique céleste (天体力学の新しい方法)》” (2017.10.14) [2] では, “Quelques problèmes fameux enfin résolus… et les autres (ついに解かれた有名な問題…とそれ以外)” (2016.10.8) [3] で割愛した部分について述べました.

本報告では, 1894-1994[1] の “Polytechnique et les mathématiques : ombres et lumières (ポリテクニクと数学: 光と影)” と “*Henri Poincaré*(1854-1912)” について述べます. それに関連して, 『改訳 科学と方法』(ポアンカレ著, 岩波文庫) [4] に言及します.

---

\*津田塾大学 数学・計算機科学研究所第30回数学史シンポジウム, 2019.11.9

<sup>†</sup>e-mail: masa.horii@nifty.com, キーワード: *Les Polytechniciens dans le siècle 1894-1994*, *École polytechnique*, *Henri Poincaré*, 4年しか教えなかった, 『改訳 科学と方法』, 数学上の発見.

<sup>‡</sup>メールマガジン 高校教員が始めた数学史 <http://www.mag2.com/m/0000125834.html>, ウェブサイト 高校教員が始めた数学史 <http://nifty3.my.coocan.jp/mathhis.htm>

## 2 *Les Polytechniciens dans le siècle 1894-1994*

2005年にÉcole polytechnique附属図書館で史料調査を行い、1894-1994 [1]を取得しました。 [5]

### 2.1 *École polytechnique*

École polytechnique は 18 世紀末にフランスに誕生した学校で、19 世紀にかけて当時世界で最も進んだ数学教育を行っていました。モンジュを始めとして多くの優れた数学者が教えました。École polytechnique はフランスは勿論の事、世界の数学教育に大きな影響を与えました。 [6]

### 2.2 副題，目次

1894-1994 [1] の副題は，“BICENTENAIRE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE”。すなわち，École polytechnique の創設 200 周年記念誌です。目次を見ると，内容が専門的であることがわかります。“PARTIE I, De la science à la technologie” は材料・原子核・生命・数学・経済・工学などについて書かれています。

### 2.3 *Comité d'orientation, Comité éditorial, Les auteurs*

1894-1994 [1] には多くの専門家が関わっています。Comité d'orientation の委員長は Jacques Lesourne で，委員が 25 名。Comité éditorial の委員は 4 名。Les auteurs にある執筆者は 30 名で，PARTIE I は Jean-Pierre Bourguignon をはじめ 7 名。それぞれその道の専門家です。

Les auteurs によると，Jacques Lesourne はフランス石炭公社経済局長，OECD（経済協力開発機構）プロジェクト長，国立工芸学校教授・学部長，*Le Monde* 紙代表を歴任しました。Jean-Pierre Bourguignon は今回報告する“Cent ans de mathématiques（数学の 100 年）”を執筆しました。École

polytechnique の数学教授で、専門は微分幾何と総合解析。また、CNRS (国立科学研究所) 研究長, IHÉS (フランス高等科学研究所) 所長, フランス数学会会長を務めました。二人とも École polytechnique の卒業生です。

## 2.4 Avant-propos

1894年に École polytechnique の100周年記念誌が出版されています。200周年記念誌である *1894-1994* [1] では、より専門的な歴史分析を意図しました。科学・教育・経済・公共企業体・防衛を主題としています。

## 3 ポリテクニクと数学：光と影

“Cent ans de mathématiques (数学の100年)” 中の、“Polytechnique et les mathématiques : ombres et lumières (ポリテクニクと数学：光と影)” について述べます。 [1]

### 3.1 4年しか教えなかった

前の世紀と異なり、École polytechnique は最近100年 (*1894-1994* [1] 出版時。以下同様) の数学において決定的な役割を演じていません。数学は入学試験において主要な地位を維持しますが、2年間における数学の講義時間はとても減少しました。

2番目の100年間を通じて、École polytechnique は数学の歴史に名前が残る数学者を教授として迎えました。Camille Jordan (*X 1855*, 1838年 - 1922年), Paul Painlevé (1863年 - 1933年), Jacques Hadamard (1865年 - 1963年), Paul Lévy (*X 1904*, 1886年 - 1971年), Gaston Julia (1893年 - 1978年)。

しかしながら、この100年間で最も輝かしい数学者の一人である Henri Poincaré (*X 1873*, 1854年 - 1912年) は、École polytechnique で4年しか教えませんでした。しかも、担当した講義は天文学と測地学でした。

### 3.2 「わずかの数学者」と数学センター

1890年から1960年まで、École polytechniqueはわずかの第1級の計画の中で、わずかの数学者を生みました。数学への新しい勢いが生まれたのは、École polytechnique教授のLaurent Schwartzに拠ります。1959年から1980年にかけて、彼が教育の革新と研究への提案で主要な役割を果たしました。そして、École polytechniqueの多くの学生を研究に引き寄せ、彼らが数学の発展に大きく貢献しました。

進取の気性に依り、1966年にÉcole polytechniqueの「数学センター」が創設されました。約50人の研究者が在籍し、現在では国際的な名声を得ています。

### 3.3 応用数学センター

第1級の応用数学の学校として、ポリテクニクの学生がフランスの発展に果たした役割について留意する必要があります。それはÉcole polytechnique教授(1966年～1986年)のJacques-Louis Lionsの推進力に拠ります。1974年Palaiseauへ移転時に、「応用数学センター」が設置されました。約50人の研究者を再編成して、国際的な影響力を持ちます。

## 4 *Henri Poincaré*(1854-1912)

“Une place majeure dans l’enseignement de nombreux pays”にある“*Henri Poincaré*(1854-1912)”に基づき、アンリ・ポアンカレの歩みについて述べます。[1]

### 4.1 最初の数学論文

Henri Poincaré(1854-1912)は最初の数学論文を、1873年エコール・ポリテクニクへ入学した年に出版しました。パリ国立高等鉱業学校(Mines)に首席で入学し、次席で卒業しました。

現在のパリ国立高等鉱業学校は、パリ市に所在するPSL研究大学の一枚であり、様々な工学分野の技術者を育成する教育機関です。工学系グラン

ゼコールの中で、国立土木学校、エコール・ポリテクニック、エコール・サントラル・パリと並ぶ名門校であり、現在でも入学難易度が高いことで知られています。[7]

エコール・ポリテクニックは、創設期に公役務応用学校への準備教育機関としての性格を付与されました。ポアンカレが在籍した当時も、卒業後は上級教育機関である鉱業学校、土木学校などへ進んだと思われます。[6]

## 4.2 4年しか教えなかった

1879年に学位論文「偏微分方程式により定義された関数の特性について」を発表しました。1881年パリ大学で大学の職歴を始め、きわめて多くの講義（天体力学・流体力学・光学・電気・天文学）を教えました。しかし、エコール・ポリテクニックでは4年しか教えていません。しかも、担当した講義は数学ではなく、測地学と天文学でした。それらの教科をプログラムの消滅から守るためです。

## 4.3 哲学の仕事

ポアンカレは本来の科学的な仕事とは別に、科学の基礎分野において大きな哲学の仕事を生み出しました。大衆における科学の発展のために、本質的な方法で参加しました。注目すべき普及をした本を何冊も出版し、それらは今日も模範として残っています。次節『改訳 科学と方法』で言及します。

## 4.4 根本的で新しい分野

直近100年間の科学者の中で、ポアンカレは多くの分野（代数、解析、幾何など）に痕跡を残したことで際立っています。さらに、根本的で新しい分野を切り開きました。*Analysis Situs*（位置解析）において、代数的位相幾何学の基礎を築きました。著書 *Méthodes nouvelles de la mécanique céleste*（天体力学の新しい方法）は、天体力学の研究のために力学体系の幾何学的理論の必要性を明らかにしました。

## 5 『改訳 科学と方法』

ポアンカレが科学の基礎分野において大きな哲学の仕事を生み出したことを既にも書きました。『改訳 科学と方法』[4]のなかに、数学上の大発見をした時の経緯についてみずから心理分析を行って語っているところがあります。

### 5.1 如何にして選択をなすべきか

わたくし（ポアンカレ，以下同様）はここに，直接間接科学方法論の問題に関連するさまざまな研究をあつめた．科学の方法は観測と実験とに存する．もし科学者に無限の時間があるならば，ただ「視よ，而して正しく視よ」とのみ告げれば足る．しかし，科学者はそれだけの時間をもたない．また下手に視るくらいならば，全然視ないに如かぬ．よって選択の必要が生ずる．それ故に，如何にして選択をなすべきか，それを知るのが第一の問題になる．

### 5.2 数学上の発見が如何に生まれるか

数学上の発見が如何に生まれるかは心理学者にもっとも強い興味をおこさしめる問題である．この精神作用に於いては，人間の精神は外界に負うところ最も少きが如く，それ自身によって，またそれ自身の上にものみはたらく，もしくははたらくかの如き観を呈する．数学的思索の過程を研究することにより，人間精神に於けるもっとも本質的なものに到達することを望み得る．

### 5.3 数学に誤謬が生じ得るのは何によるのであろうか

推論式の長い系列があつて，前の推論式の結論は後の推論式の前提をなすと想像しよう．推論式の各々を理解することはできる．あやまる危険のあるのは前提から結論へ移る際にあるのではない．一つの推論式の結論として或る命題に初めて出会ったときと，これを他の推論式の前提として再び見出すときとの間には，長い時間が経過して，推理の鎖の環が数多く繰

り出された後であることが往々ある。したがって、途中でその命題を忘れてしまうことも、或はその意味を忘れてしまうことも生じ得る。かくて、一つの命題を少しく異なった命題で置き換え、或は同じ言葉を全部そのまま使用しながら、少しく違った意味を与えてしまうこともあるかも知れない。人の誤謬におちいる危険のあるのは、かくの如き事情による。

#### 5.4 一定の順序に配列された推論式

わたくしの記憶力は弱いのではないが、将棋の名人たるには不十分である。それならば、棋客がまごついてしまうような難解な数学上の推理に於て、記憶がわたくしを誤らしめないのは何故であろうか。あきらかに、わたくしの記憶力が推理の一般的な進み方に指導されているからである。数学の証明は或る一定の順序に配列された推論式であり、各要素の順序は、要素たる推論式そのものより遥かに重要なのである。もし、わたくしがこの順序についての感じ、いわば直覚をもっていて、一目の下に推理全体をみとめ得るならば、その要素の一つを忘れることを憂える必要はない。どの要素も、みずからそのために設けられた枠の中に入ってきて、わたくしが記憶の力を用いる必要はなくて済む。

#### 5.5 発見とは識別であり選択

数学上の発見とは、すでに知られた数学的事物をもちいて新しい組合せをつくることではない。つくり得る組合せはその数かぎりなく、大多数は全然興味のないものである。発見するということは、無用な組合せをつくらないうで、有用な組合せをつくることに存する。有用な組合せの数はきわめて少ない。発見とは識別であり選択である。

不要な組合せは発見者の精神に浮かぶことすらしない。彼の意識界に現れるのは、真に有用な組合せと、後に棄ててしまうが有用な組合せたるの特質を少しはもっている組合せだけである。

## 5.6 潜在的自我

まず第一に注意をひくことは、突然天啓が下った如くに考えのひらけて来ることであって、これは、さきだって長いあいだ無意識に活動していたことを示すものである。この無意識的活動が数学上の発見に貢献すること大であることは、争う余地がないように思われる。

幾分長い無意識的活動の後に突然一種の啓示の如くに精神にうかんでくる組合せが、一般に有用でみのり豊かな組合せである。潜在的自我は、微妙な直覚により有用なもの以外をつくらなかったのであろうか。それとも、幾多の組み合わせをつくったが、無意識のままに終わってしまったのであろうか。第二の見地をとれば、潜在的自我の自動作用の結果、すべての組合せがつくられるが、興味ある組合せのみが意識の範囲にはいつて来るのである。

## 5.7 審美的感受性

特権ある無意識現象、すなわち意識的になり得る現象とは、吾々の感受性をもっとも強く動かすもののことである。一見数学の証明は知性以外には関係がないように思われるのに、感受性を引合いに出しては、人はおどろくかもしれない。しかし、これはすべての真の数学者が知るところの真の審美的感情であって、感受性に属するものなのである。

この特殊な審美的感受性が、有用な組合せと無用な組合せの篩の役を演ずるものなのであって、この感受性をもたないものは真の発見者たり得ない。

## 6 終わりに

“ポリテクニクと数学：光と影”と“*Henri Poincaré*(1854-1912)”を見ってきました。1894-1994[1]が歴史の影の部分について述べていることは、通常の記念誌と大きく異なります。エコール・ポリテクニクにも苦しい時期があったことを明確に記録しています。そして、ポアンカレがエコール・ポリテクニクで「4年しか教えなかった」ことと、担当した講義が数学ではなく、測地学と天文学であったことに驚きました。



『改訳 科学と方法』[4]において、ポアンカレが数学上の発見についてみずから心理分析を行って語っています。他にはあまり例を見ないことですが、ポアンカレは著書“Science et méthode”(1908)として残しましたが、「数学の証明は或る一定の順序に配列された推論式であり、各要素の順序は、要素たる推論式そのものより遥かに重要なのである」と書いているのは見逃せません。

## 参考文献

- [1] Jacques Lesourne, *Les Polytechniciens dans le siècle 1894-1994*, DUNOD, PARIS, 1994, p.I-XXII, p.63-79
- [2] 堀井政信, 「Henri Poincaré et les 《 Méthodes nouvelles de la mécanique céleste 》」, 『津田塾大学 数学・計算機科学研究所報 39 第 28 回数学史シンポジウム (2017) 』, 津田塾大学 数学・計算機科学研究所, 2018, p.28-36
- [3] 堀井政信, 「Quelque problèmes fameux enfin résolus... et les autres」, 『津田塾大学 数学・計算機科学研究所報 38 第 27 回数学史シンポジウム (2016) 』, 津田塾大学 数学・計算機科学研究所, 2017, p.39-49
- [4] 『改訳 科学と方法』, アンリ・ポアンカレ著, 吉田洋一訳, 岩波書店, 1983 年 1 月 10 日, p.3-69
- [5] 堀井政信, 「École polytechnique と *Les Polytechniciens dans le siècle 1894-1994*」, 『津田塾大学 数学・計算機科学研究所報 33 第 22 回数学史シンポジウム (2011) 』, 津田塾大学 数学・計算機科学研究所, 2012, p.224-232
- [6] 堀内達夫, 『フランス技術教育史の研究-エコール・ポリテクニクと技術者養成-』, 多賀出版, 1997 年 1 月 20 日, p.74-89, p.165-181
- [7] 『ウィキペディア (Wikipedia)』による。