

# 統計教育への提言：そのスピリットとアプローチ

—数学教育の視点から—

藤 田 宏\*

## A Suggestion to Statistics Education on its Spirit and Approach

—from Viewpoint of Mathematics Education—

Hiroshi Fujita\*

日本の中等教育における統計は教科数学の中で扱われているが、その実情は社会人の素養としても諸専門的知的インフラとしても統計リテラシーが格段に要請される趨勢に反して貧弱である。この退勢を挽回し学校における統計教育を振興するために、専門家の努力を要請し、且つ、数学教育の立場からの提言を行うことが本論文の目的である。論旨は筆者の数学教育に関する持説に発する省察に傾斜しているが、内容的には次の話題を取り上げている。まずは、統計教育で重視すべき統計リテラシーについて、実学としての統計のロゴスとアルスを教育に投影しての理念から、数学的リテラシーとの対比から、さらに記述統計充実の要請から論じる。ついで、統計をはじめ実学の原点はアルスにあることを想起する。その上で、学校教育において統計の重要性を受けとめる授業を実現するための理念およびアプローチを数学教育との関連ならびに筆者の主観において論じている。

In Japanese school, statistics is taught as a part of Mathematics. Recently, however, the position and implementation of teaching of statistics is rather weak and poor, against the increased needs of statistical literacy as culture of intellectual citizens and as grounding of various sciences. The present paper is intended to be a proposal from the view point of mathematics education in order to recover such decline of statistics education by urging efforts and cooperation of specialists and professionals of statistics.

The way of argument might be inclined to the author's cherished personal opinion in mathematics education. Firstly, we discuss the educational importance of statistical literacy from the following viewpoints: 1) Fundamental idea of statistics education obtained by projecting the philosophy of 'Logos' and 'Ars' of statistics, 2) Its comparison with mathematical literacy, and 3) Need of realistic enrichment of descriptive statistics at school level. Then we claim that the spirit and approach for statistics education and for the whole mathematics education at the secondary level should be reconstructed with its focus at the practical methods with wisdom and understanding.

### 1 はじめに

多くの識者達が指摘するように、いま学校で学んでいる生徒達が参入する近未来の社会は、生活の場においても、一般的あるいは専門的な職場においても、統計の素養がそれぞれに要請される社会である。その点で、私は、当学会の統計教育委員会がまとめられ文部科学省に提出

---

\* 東海大学教育開発研究所, 〒151-8677 東京都渋谷区富ヶ谷 2-28-4  
Email: hfujita@ried.tokai.ac.jp

された、『21世紀知識創造社会に向けた統計教育推進への要望書』およびそれに沿っての統計教育振興の運動を大いに支持したい。

私は統計学あるいは統計教育の専門家ではない。本稿での所論は、数学および数学教育の立場からの統計教育に対するエールであり、運動の成功を期待する願いである。

素人なりに、私は統計を「数理的な確かさで集団の考察を可能にするロゴス (logos: 言語・理性) であり、且つ、アルス (技術・技法) である」と理解している。敢えて統計を数学の版図の中で位置づければ、ユークリッド幾何学が「図形」を対象とし、微分積分学が量や場の「変化」を対象としたのと対照的に、統計は「集団」を対象とする数理的営みであるといえよう。科学と技術の一体化、IT社会における個人や集団の交流・依存の緊密化、経済をはじめとする人間活動のグローバリゼーションが顕在化している現代に生きる我々は、生活においても仕事においても、集団にかかわり集団についてのデータにさらされる。よって、統計のロゴスとアルスが知的市民の素養としても諸方面における専門能力としても強く要請されることは当然であろう。

教育は学習者の役に立たねばならない。初等教育はさておき、中等教育や大学教育では、学習者の出口における状況を親身に配慮し、責任をもって「卒業生の社会あるいは次段階学習への参入の円滑」を図ってやらねばならない。学校教育において、統計教育を重視せねばならない所以である。

今まで学校教育において、統計は教科数学の一部として扱われてきた。情報科との協力的な持ちわけは興味ある可能性であるが、大勢はこれからも変わらないかと思われる。ここ数十年の経過を見直すと、教科数学における統計の扱いは時代の要望（および関係者の総論的支持）と裏腹に、縮退の一途をたどり、現状の高校数学に到っては、ほとんど開講されない選択単元に祭り上げられて「継子扱い」を受けている。数学教育関係者（私はその一人である）は責任を感じて原因を調べ、事態の改善に努めねばならない。

すなわち、統計の専門家と数学教育の関係者の協力体勢を構築し、学校教育における統計の地位を向上させたい。具体的には、統計教育における理念的な位置づけ、実践意欲・スピリットの鼓舞、学習者に適合したアプローチの設計、新鮮なコース展開の例示、学び甲斐を支える評価方式の提案といった各種の努力目標に向けて衆知を結集する必要がある。統計の素人である私が本稿において敢えて述べさせて頂く意見や提言は、これらの趣旨にそう運動の先陣あるいは呼び水になればとの気持からのものである。

また、私の所論は、素人の甘さや主観の露呈により、未熟品であるとお叱りを受けるであろうと覚悟している。が、その一方で、岡目八目の風趣で専門の方々のご参考になる部分も含まれているのではないかと案じる次第である。

本稿で単に学校教育といえば、中等教育（中学・高校）および大学初年級（一般教育／専門基礎）の教育を意味することにする。また、中等教育の生徒と大学の学生を併せて、学習者と呼ぶ<sup>1)</sup>。

なお、統計が重要で独立した学術分野であるからといって中等教育で統計を独立した教科として設けることは現実的でない。医学が重要な学問分野であることを否定する人はいないが、中等教育に教科医学を設けるのは非現実的であるのと事情は同様である。その一方で、大学では、統計の、それも実学的な統計の専任教員を増やすべきであると私は思う。「分数のできな

<sup>1)</sup> 学習者を一括して「こども達」とよぶ最近の教育関係の流儀は、学習者の少年期あるいは青年期といった人格の成長段階を度外視する無神経さが伺われ、義務教育にかまけ過ぎの、戦後日本の教育学の通弊も連想されて、私には違和感がある。

い大学生」は、学力低下のシンボルとして話題になるが、大罪を犯す心配はない。それに対して、「統計を知らない指導者」、すなわち、そのような政治家・官僚・マスコミリーダー、銀行・企業トップは国を危うくし社会に損害を与えるからである。

## 2 統計リテラシーの育成を

学校教育における統計教育については、まずは、統計リテラシーの育成に焦点をおくとの、当学会統計教育委員会の判断は妥当である。

統計リテラシーは古くからある語ではないと思うが、すでにその概念について当学会員の皆さんの間では、共通認識が存在しているのであろう。実をいうと、数学的リテラシーという語を初めて（世界中で最初！）取り上げ、それを数学教育における機能的な教育目標として掲げ、それを提案したのは、不肖ながら四半世紀前の私であった（Fujita (1985)）。その故事に免じてお許しを頂き、統計リテラシーの場合を含めて、「リテラシーなる語の用法」について、所感を述べさせて頂く。

いうまでもなく、リテラシーは「文字の読み書き能力」が原義であるから、教育における機能的な目標としての統計リテラシーが「統計の言葉を用いて集団の性質を記述・読解する能力」ことを主成分とすることは当然である。すなわち、統計に関する言語的素養（ロゴス）の育成は統計リテラシーの必須の成分である。

一方、学校教育、とくに中等教育や大学文系学部における教育目標としての統計リテラシーには、知的な市民（関心を有する素人：concerned layman）のレベルで統計を活かす実践能力（アルス）を上位の目標として含めてほしい。大学の理系学部の基礎教育となれば、そこで求められる統計リテラシーは、学習者が参入する専門分野が必要とする統計の技法としての実践能力が眼目である。

併せてスローガンのように言えば、統計リテラシーは「ユーザーのための統計素養」である<sup>2)</sup>。統計リテラシーの育成において何を、いかに、教えるべきか、すなわち、統計リテラシー教育の展開の仕方は、学校段階や学習者の状況（レベル、気質）、学習者の進路に配慮して、多様且つ重層的に構築されるべきである。統計教育委員会をはじめとする当学会の諸賢の主体的な貢献に期待するところ大である。

### 2.1 分野リテラシーの概念、とくに、数学的リテラシーについて

統計リテラシーもそうであるが、近年用いられている、コンピュータ・リテラシー、数学的リテラシー、さらに、科学リテラシーなどの用法では、リテラシーは単なる言語的素養を越えて、基礎的なレベルでの応用能力／実践能力を包含する趣旨で用いられている。

このような用法が最初であり、且つ、最も端的であったのは、コンピュータ・リテラシーである。それが言葉として世間に広まったのは1970年代であったかと記憶している。その以前では、コンピュータとの関わりは専門家に限られていたが、実業の世界でコンピュータが普及し、パソコンを用いる個人も増えた状況が出現し、「専門的ではないが、コンピュータをそれなりに活用できる素養」の意味でコンピュータ・リテラシーなる語が登場したのであった。そこでの「読み書き」は基本的なプログラムのそれであった。また、「基礎的応用能力」はコンピュータのキーボードを経由する初等的な操作能力であった。言い換えれば、当時のコンピュータに関して、「専門家とはいかない一般ユーザーに望まれる素養」がコンピュータ・リテラシー

<sup>2)</sup> 統計リテラシーの要素に「統計に批判的に対応できる能力」を挙げる外国学者もいるようであるが、「統計不信」を前提としているかのような矮小な構えを伺わせるものであり、賛成できない。賛同的か批判的かは理性的判断によって個別に決まるべきであろう。

であった。

さて、数学教育に関し、中等教育での機能的目標を「**数学的リテラシー** (Mathematical Literacy) と **数学的思考力** (Mathematical Thinking Ability/Power) の育成強化を2焦点とする数学的知性の涵養」におくべきであると私が主張したのは20年以上も昔のことであるが、当時の高校数学指導要領作成協力者会議(茂木勇主査)では、寺田文行教授のカリキュラム構造に関するコア・オブション方式と並んで、指導要領作成の作業理念に採用された(藤田(1989), Fujita(1998))。それは、「**数学的リテラシー**を数学教育のキー概念として取り上げる国際的な流れ」の嚆矢でもあった(Fujita(1985), Howson and Wilson(1986))。National Standardsを作成したアメリカのNCTM(数学教師の国家評議会)が**数学的リテラシー**の語を(やはり**数学的思考力**と併置して)用い出したのは、私が上記の主張をシカゴで発表してからである(Fujita(1987))。

**数学的リテラシー**も**数学的思考力**もすでに定着した概念であるが、ここでは**統計リテラシー**と対比する趣旨で、当時以来の説明の要約を掲げよう(とくに最近の視点からの要約については、Fujita(2002, 2004), 藤田(2005a, 2005b))：**数学的リテラシー**が実際に意味するところは、学校段階によって異なる。初等教育では、それは**数素養**(numeracy)に近い。中等教育以後については次のように記述される：**数学的リテラシー**は、いわばユーザーの**数学的素養**であり、言語および方法として数学を用いるため**素養・智慧**である。よって、**数学的リテラシー**は、情報化社会の知性人の必須の**素養**である。

一方、**数学的思考力**は、数学自身を論理的且つ発展的に考える力であり、数学の仕組みを深く知る力である。それは、学習者の発展への潜在力であり、その後必要とする高いレベルの**数学的リテラシー**ならびに**科学リテラシー**を獲得する基盤である。

なお、**数学的リテラシー**を学習目標として認知する立場は、体系性を重視する「**本格的数学**」の中等教育版と排他的に衝突するものではない。その当時としては、大衆化の大波に翻弄される**数学教育**の活路を、後者と相補的なチャンネルを開くことで確保する、いわば、分水路開拓の方略により「**良き数学**」を最小限に温存できるのではないかとの思いもあった。

いずれにせよ、現実の学習者への親身な配慮から、すなわち、生徒の学力の分極化(教育の大衆化のつけ!)の状況に対応するため、そうして、学習者の**素質・意識**の分化を受け止める**教導**(これこそ中等教育本来の使命)のため、さらには、情報化社会の**知的ネットワーク**の共通言語を身に着けさせるために、**数学的リテラシー教育**を重視するのである。

## 2.2 高校卒業生が指摘する統計学習の必要性

近年、筑波大学付属駒場高校の教諭達が、科学研究費による研究として実施したアンケート調査は示唆に富んでいる。それによれば、同高校を卒業して、大学の文理の諸専門に参入した生徒たちの多数が、**数学**に関して、「**高校在学時に勉強しておくべきであった／教わっておきたかった**」と痛感している項目の筆頭は「**統計**」と「**微分方程式**」である。

そこで「**統計**」として卒業生達が渴望したのは、**数理統計学**の学理というよりは、**統計**を活用するための**概念と方法**の**知識・智慧**であり、**統計**の果たし得る役割についての**大局的な知識**である。言い換えれば、各人が参入した**専門分野**が必要とする、**統計リテラシー**の**大切さ**(自己におけるその欠落)を痛感したのであろう。

**微分方程式**については、大学初年級の講義において諸科学の教員が遠慮なく**微分方程式**を使って話をすすめる場面が多く、それに接して困惑した経験がアンケート結果に反映したのだと思う。しかし、**数学III**まで学習した理系の学生(同校卒業生)にとっては、**微分方程式**とのいきなりの対面にまごついたとしても、その気になれば**微分方程式**の「**にわか勉強**」はそれほど**困難**なことではない。

他方、中等教育での統計は「集団の性質・現象」との付き合いの出発点である。また、高校数学での統計は、指導要領や教科書には選択単元としては含まれていても、殆どの大学が入試から排除しつつ来たせいで、高校現場では殆ど開講されない。従って高校卒業生の殆どは統計に関して、ズブの素人であり、俄か勉強の「とっかかり」を持たないのである。

学校教育における統計リテラシー育成に関して、統計学会の諸賢へのお願いがある。まずは、中等教育や文系の大学初年級の教育において特に有効であると思われるが、記述統計の教育を豊かに構成するための研究をすすめて頂きたい。

私は、実学としての統計のスピリットや実践への意欲は、記述統計の学習およびそれに平行させての素朴な調査活動によって相当に鼓舞できると信じている。また、問題の具体性を頼りに記述統計の域を超えて、オープンエンド風に進んだ統計的考察を展開することも教師の力量・裁量で可能であろう。最近、総合学習で統計を取りあげる授業に関して、研究ならびに実践を行い当学会の賞を得た小張朝子教諭（東京大学附属中等教育学校）の仕事はその好例といえる。

さらに、その延長上で次の第二のお願いが出てくる。それは統計的推測に関し学習者にとって難しい数学的根拠の説明を割愛あるいは後回しにして、統計的データからモデル（の母数）についての推定を積極的に行わせることができないか、且つ、そのような方法のスピリットやアイデアを納得させ、統計的判断の有効性を実感させるコースデザインが可能ではないかを専門家諸賢に検討して頂きたい。

また、上記のような授業を実施する際に、担当する教員が統計に十分な素養を持つ数学教師（それは極少数！）であるか、そうではない一般の数学教師であるか、あるいは、情報科と連携しての実施なのか……といった状況に応じての指示や忠告も賜りたいものである。

つづいて、上の論点を具体的に敷衍しよう。

### 2.3 記述統計について

今までの中等教育で教科数学に織り込まれて来た記述統計は、データの表示、代表値や相関係数などについて一通りの説明はなされているが、教科書で見ると、学習者が魅力を感じる豊かさが欠けている。説明例・適用例などもタイムリーではなく無難すぎる。数学の使い方も算数レベルで迫力がない。すくなくとも、学習者に統計が「面白くて、ためになる」学びであるとの実感を与えにくいし、社会生活や産業・科学技術において統計が担う重要で躍動的な役割の迫力が伝わらない。

これは、指導要領の制約に加えて、中等教育の教科書の多くの執筆者が数学には長じていても統計の専門家でない（もちろん尊敬に値する例外はある）せいで、つついお座なりに流れるのかもしれない。逆に、教科書における推測統計学の紹介の部分が数学的側面にこだわって難解であり、方法のアイデアが読み取りにくいことも同根かもしれない。

意欲的な統計学習の登り口となり得るような記述統計のコースデザインの研究は専門家の諸賢にお任せしたいが、アイデアの例示として僭越ながら、次のような課題／設問を掲げさせて頂く。

**課題 1. 構成比** 部分集団の構成比を円グラフに表示することは、現在でも指導されているが、学習者が興味をもつような身近な、そうして、タイムリーな話題を扱わせたい（検定教科書ではこれは難しい？）。

なお、聞くところによると中学生でも分度器の使い方を知らないことがあるという。それは一つの問題点であるが、統計の授業では致命的困難であるとしなくて、必要ならば、その場で教えればよい。また、連比も、数学の指導要領から欠落している。こちらも指導上の困難として嘆くよりは、「必要なことは自分の努力で解決する」という実学の精

神に基づき、統計を教える教師がその場で指導してほしい。

**課題 2. 統計データの収集と判断** たとえば、「大相撲で三役力士は平幕力士より（どれだけ）強いかな」を統計的に調べさせる。

データの取り方を研究させるところがミソである。たとえば、年間の星取表に基づいて調査し、結論をデータに基づいて述べさせる。三役力士対平幕の対戦を拾い出して、勝敗率を検討すればよいかなどを考えさせる。複数年度にわたる調査や、年度毎の勝敗率の推移を考察させる等も有益な発展であろう。

関連して「平成の大関は昭和の大関よりも弱くなった」という主張を統計的に調べることはどのようにして可能かを考えさせたい。

**課題 3. 問題の定式化と統計データの収集 (a)** たとえば、「最近背の高い女性が増えた」という主張を統計的に裏付ける、あるいは、批判することを考える。

インターネット検索を含めて、データの入手法も学習者に工夫させるべき課題であるが、それ以前に主張のあいまいさを気にするべきである。自分で問題を定式化した上で調査する経験を持たせたい。それも統計のたしなみの一つであろう。

**課題 4. 問題の定式化と統計データの収集 (b)** 「高年齢の運転者は事故を起こしやすいかどうか」を統計的に調べる。

これも設問を自ら定式化して、それぞれ検討させる。たとえば、「年間に事故を起こした人達の集団における年齢分布を、一般の運転者全体の年齢分布と比較する。その際、一般の運転者に事故ざかりの若者を含めるのがよいかどうか」、あるいは、「現在高齢である運転者集団を固定し、その人達の過去の年代毎の事故数を調べるべきではないか」といった論点が可能であろう。「期間内における事故数だけでなく、延べ走行距離も問題にするべきではないか」なども話題にしたい。

## 2.4 統計的推定

できるだけ推定をさせたい。データを調べたら、それを積極的な推定につなげる、あるいは、推定を行う立場でデータを検討するというのは、統計本来の実践的意欲であると思う。推定には若干の数学的準備が必要なことも確かであるが、その困難に拘りすぎると、統計教育の活気を削いでしまう。再び、統計については素人の私が云々するのは僭越であるが、つぎに例示するようなタイプの設問や課題が問題提起になればと思う：

**課題 1. 比率推定** 確率の初歩を理解している学習者相手に、仮想的な池／釣堀における鮎と鯉の比率に関し次のような問いかけをする：

**問 1.** 太郎のクラスのメンバーがこの池で半日釣りをして、鮎 81 尾と鯉 19 尾を釣り上げた。このデータから池の中の魚のうちでの鮎の比率を推定せよ。

ただし、この池には鮎と鯉以外の魚はいないとする。また、鮎のかかりやすさは、鯉のかかりやすさと同じであるとする。

**問 2.** 上の問いで、鮎のかかりやすさは、鯉のかかりやすさの 4 倍であるとして推定を行え。

《注》両問を対比して理解させたい。すなわち、データから最も妥当と思われる推定を行うのが統計的推測であること、また、統計的推測の結果は対象とする集団、あるいは、データの取り方に関する仮定（モデルの設定）に依存することを悟らせる。

《注》問 1 で答えを、0.8 とするか 0.81 とするかどちらが妥当かを議論すれば有効数字の扱いを学ぶことになる。

**課題 2. 最小二乗法** 学習者が指数関数・対数関数を承知しているものとする。そこで、

花子夫人が 100 万円で購入し、7 年間保有した債券の年度毎の価格  $p_0=1000, p_1, p_2, \dots, p_7$  (単位は 1000 円) を数値データとし提示し、次 (累積投資) の問を發する：

**問 1.** 花子夫人所有のこの債券の価格の推移と 100 万円を一定の年利率  $r$  で利殖した場合の元利合計の推移と比較する。後者が前者に最も近いといえるのは、 $r$  がいくらのときか。

**問 2.** 前問において、花子夫人所有の債券の価格の推移と元金  $a$  円を年利率  $r$  で利殖した場合の元利合計の推移を比較する。後者が前者に最も近いといえるのは、 $a, r$  がそれぞれいくらのときか。

《注》近さの意味があいまいであることも議論したい。変量の対数をとって比較すると最小二乗法、1 次回帰の問題に帰着することがミソである。

**課題 3.** 学習者が微分法の知識をもっているときは、しかるべき状況設定で最尤推定法を経験させる。

### 3 統計はアートである

最近では ICSU (学術連合国際委員会) あたりでも、「科学のための科学 (Science for Science)」という価値観に安住してはおられない、「社会のための科学 (Science for Society)」でなくてはならないと唱えている。科学と技術の一体化の現れであるが、他方、人類の生存に関わるような複雑・深刻な難問がグローバルに生起しており、それらに挑戦するためには社会を挙げての支持のもとでの歴大な人材と資金の投入が必要である……との認識がその背景にある。

おそらく数学もその趨勢に逆らうことはできない。数学者の知的好奇心と数学世界の調和美に対する感動だけを牽引力とし、哲学的な愛知の精神だけをバックボーンとしていたのでは、数学は「忘れられた科学」となりはて、若者が生涯を賭けて参入する職業的専門分野ではなくなってしまう。数学者が個人として「武士は喰わねど高楊枝」の心意気で志操を堅持することも評価に値するが、数学界全体としては、「世のため、人のため」になることに努めねば、社会の支持を失う。まして、「数学者となるためにはなく数学を学ぶ」学習者が主である学校教育における数学に関しては、「学習者に役立つ教育」が責務である。

従って、学校教育にかかわる教育者は専門学者よりも、「何が学習者に役立つか」に関して、広い見識と包容力のある価値観を持たねばならない。この使命感は、統計教育にもそのまま、あるいは、より自然に当てはまると思う。統計は数学よりも、実践的な目的意識による部分が大きいからである。いうなれば、統計学は実学 (practical science) である。

おくれればせながら、ここで (主観的な) 実学の定義を述べよう。すなわち、本稿では、「現実的な目的をもち、それを達成するための知識と方法を求める学」を実学とよぶ。典型例をあげれば、工学は「物 (ハードならびにソフト) をつくる」という目的のための実学であり、その成果は工業で活かされる。「病気を癒し、健康を維持する」という目的の営みが医療であり、医学はそのための実学である。

実学の源はアート=アルス (技法・技) である。医学の父ヒッポクラテス (Hippocrates: 460?-357? BC) によるとされる箴言

『Art is long, life is short』(英), 『Ars longa vita brevis』(羅)

における Art=Ars は、医術を意味している。すなわち、この言は、弟子の医術への精進を求

<sup>2)</sup> この箴言における Art を芸術 (fine art) にとり「芸術は永く、人生は短し」と訳する向きがあるがそれは誤訳である (たとえば、渡辺 (1956) による)。

めた論しであり、「少年老い易く、学成り難し」と同じ趣旨のものである<sup>3)</sup>。

なお、アートを経営化されない、また、普遍的でない技に限定して用いる流儀、すなわち、原始段階のアートに限って用いる流儀もあるが、ここではそうではない。すなわち、そのアートの有効性を維持するための先進的な科学的知識を含めてアート（あるいは総合アート）とよぶことにする<sup>4)</sup>。同様な概念を、応用科学あるいは目的科学とよぶ人達もいるが、それ自身のアイデンティティを含む営みの総体をあらわす語としてはアートの方がふさわしいと私は感じるのである。この用語法によれば、たとえば、数学はその基本性格において科学であるが、数学教育はアート（総合アート）である（Fujita (2002, 2004), 藤田 (2005a, 2005b)）。

前置きが長くなったが、以上の用語説明を踏まえて、私は、

「統計はアートであり、統計学はそのための実学である」

と位置づけたいのである。そうして、「そのスピリットのもとに統計教育は構築されるべきである」と主張するのである。

### 3.1 アートの営みの特徴づけるキーワード

アート（スーパーアート）の在りよう・営みを方法論の立場からとらえるキーワードとして次の三つを提出したい（Fujita (2004, 2005)）：

概念, 方法, 対象.

ここに、対象は、理解したい現象や解決したい課題である。統計でいえば、統計的考察の対象であり課題である。

概念は問題を定式化し、あるいは、現象をモデル化した上で実証的な思考を加え、結果を記述するために必要な言語的要素である。実学の立場から標語的に言えば、体系のための概念ではなく、概念のための体系であるとしたい。統計についていえば、対象集団にかかわる現象や問題を統計的に捉える言語的基礎である。

一方、方法は定式化された問題やモデル化された現象を、解決しあるいは解析する手段である。対象を理解し、あるいは、対象に働きかけるための手段であるといってもよい。確かな効果をあげるためには、よい方法の選択の智慧と方法の理解（限界を含めた）が必要である。さらに研究者レベルでは、必要に応じて方法を改善し発明する独創性が望まれる。

方法によって得られた知見は、対象にフィードバックされ、その結果、首尾よい解決を確認するか、さらなる定式化／モデリングと取り組むことになる。

実学である統計の教育、とくに統計リテラシーに重点を置く教育の構築に当たっては、上記の方法論を視野におきたい。

## 4 統計を意識する数学教育

これは数学教育関係者に語りかけるべきことかもしれないが、実学のために数学を勉強する学習者のためになる数学教育、また、統計や数値解析といった実践な数理科学の諸分野へのつながりを重視する数学教育を構築するべきである。その趣旨での提言をいくつか述べさせて頂こう。

### 4.1 学問の趨勢からの位置づけ：歴史的視点

実学のための数学教育は、本来の数学にとっても未来対応の使命であり、それ自身の進歩のための活力源である。単なる教育的なサービス活動ではないと私は思う。そのグランドプラン

<sup>4)</sup> リベラル・アートという語におけるアートにも原始的なというニュアンスはこもっていない。

の策定は、歴史的視野からのビジョンから出発すべきである。

古い話になるが、アメリカ発で日本に波及した「数学教育の現代化運動」への対応に行政を含む関係者が熱中していた頃、すなわち、1970年代の後半に、東大理学部の数学教授であり、且つ、統計数理研究所の所長も併任されたことがある故河田敬義教授が、中等教育の数学の内容に関して次の指針を提出された。いわゆる河田三原則の提唱である：すなわち、中等教育の数学の内容は、数学史に際立って聳える三つの巨峰、

- (1) ユークリッド幾何, (2) 微積分法, (3) 公理的現代数学

に焦点を当て、これらの話題の教育向きの良い部分を、生徒が消化できる形で提供するものであってほしいとの主張である。

数学教育の巨視的な構想を、数学史から汲み取るべしとの河田三原則の論しは、今後の数学教育を考える際にも生かされるべき卓見である。ただし、30年が経過した現在では河田教授の趣旨を次の updating のもとに活かすべきであろう。私の視るところでは、現在においては、理系・文系の諸科学（伝統的精密科学の分野だけでなく分子生物学や金融工学などの新興分野も含む）における数学の応用が、コンピュータ利用を一般的な前提として深化・多様化している。そうして、生徒たちが参入する専門分野あるいは生活の場における数学の役割は各種のコンピュータ利用を前提とした情報化時代のそれである。こうした応用数学・応用数理の役割（統計もその重要成分である）は、哲学・美学における感動に近い伝統的な数学の駆動力を補完して、近未来の数学自身の活力源でもある。

従って、私は、河田先生の卓見を今後の数学教育に活かすためには

- (4) 数理科学

を追加し、河田三原則における三峰を(1)～(4)の四岳と拡大するのが妥当であると確信するものである。

最近、数学が科学技術あるいは産業の面から見て影が薄くなっているのではないか、それを是正する国策的努力が必要なのではないとの懸念を指摘する文書「忘れられた科学——数学」が文科省の憂国の担当官から発せられて話題になっている。そのように懸念すべき状況に到った主要な要因の一つは、日本の数学界の（学術的且つ圧力グループ的）有力部分が(3)の峯の高さに陶醉し、応用数学・応用数理の振興努力をゆるがせにしたことではなかったかと思う。もちろん、そのような大勢を正すことができなかつた、私自身の力不足・努力不足を深く反省している。行政側が発してくれた声援を受け止め、当事者が謙虚に取り組む必要がある。

ましてや、実学のために数学を学ぶ学習者が大多数である学校教育では、統計を含めた、(4)の連峰への視線を切るわけにはいかない。

#### 4.2 学問の趨勢からの位置づけ：諸分野の俯瞰

科学技術をはじめとする、現在の人類社会における知的な活動の特徴付けととして、つぎの様相が指摘されている。そのような舞台に出て行く学習者に役立つような数学教育を構築せねばならない。そこでは、ロゴスとアルスの両面にわたる、数理科学リテラシーが期待されているのである。そのいくつかは焦点を合わせてみよう。

1. 科学と技術の一体化 巨大な、あるいは超精緻な科学研究は、必要装置の実現や研究データの処理において、強く先端技術に依存している。一方、生命工学や金融工学を含む先進的な物づくり／物始末には、深い科学研究が活かされている。このような、先端における知識・技法の相互依存にとどまらず、価値観の総合／止揚の段階までに、現代の科学と技術は一体化している。

こうした価値観の止揚は、科学の源流を哲学に求める一方で、技術の原型は工房の職人芸であるとして、両者を峻別してきた西洋のメンタリティ（たとえば、西島（2000））よりも、価値観におけるバランス・調和を重んじてきた東洋の英知になじみやすいと私は考えている。最近、見直されている江戸文化の良さが最高に発揮されたのは、武士的な典雅・抽象性と町人的な温かみ・現実性の両脚のバランスが実現した江戸中期であったことも連想したい。

2. **社会の情報化の進行** 生活・仕事の場における IT 化あるいは ITC 化の進行はすさまじい。蒸気機関が引き起こした産業革命になぞらえていえば、コンピュータは人類の知的な活動全般にわたり、知業革命ともいべき変化をもたらしつつある。とくに、通信手段の進歩は、異なった素養・専門・文化を持つ人達の間での交信や連携の道を大きく開いた。そこで最も信頼されてよい言語は、数理のそれであろう。そうして、統計リテラシーはその重要部分である。
3. **グローバル化** 現代では、世界の各地が、経済のみならず知的交流（競争&協同）の面で大域的につながっている。文字通りの全地球的な難問も浮上している。ヨーロッパ連合を引用するまでも無く、社会の運命共同的な、あるいは利益共有的な要素の区切りも様変わりしつつある。こうした情勢の中で、問題の実証的把握や有効解決のために、数理の、とりわけ、統計のロゴスとアルスが期待される。

#### 4.3 アプローチの多様化を

『学問に王道なし』という。たとえば、学問をユークリッド幾何学に限れば、特権的な王道はないのであろう。しかし、実学のための数学学習に目を向ければ、王道はともかく、「ユーザーの道」は可能であり、とくに日本のように、中等教育・大学教育の大衆化が進行している国では、「ユーザーの道」を学習者の多様性に依拠して敷設する必要がある。医者は患者に合った投薬をするし、孔子様は道を説くのに人を以てした。我々は学習者に合ったアプローチを提供する責務がある。私の持論は、中等教育のレベルにせよ、大学基礎教育のレベルにせよ、実学の専門を志向する学生達のための数学教育は、**概念と方法を中心に構成すべき**だとの主張である。J. L. リオンス達によって確立された応用数学の方法論（モデリング・数学解析・フィードバックの三部構造）を視野に置きたい（Fujita（2004））。

数学的概念は、数学を言語とする実学の理解と思考の出発点である。方法は、課題を解決するためのものである。方法を理解する知識も重要であるが、方法を選ぶ知恵（技術者の多くはこれで勝負する）もそれに劣らず重要である。

そのような数学教育において、概念の導入は一般的な定義よりも典型的な例示から、いわゆるアイデアをつかませる例示から行うのが賢明であろう。方法についても、実用的な有効性を学生に確信させる導入がよい。方法になじませるためには、まずは楽天的な状況での問題を与え、個人あるいはグループによる作業的努力によって実践させるのが望ましい。

卓越した数理工学者であり、品質管理における統計でデミング賞を受賞された、故森口繁一教授は、勤務された東大工学部数理工学科の学生に対し（その頃、私は同じ工学部の隣接学科の講師であった）、「方法を教えないうちに、問題だけを学生に与える」ことを教育方針としておられた。方法の模索が教育的重要事であると認識しておられたからであろう。

さて、実学の諸場面における数学の応用はコンピュータ利用を抜きには考えられない。意味のある問題に対して、道具を用い、グループのメンバーと協力しながら解決の方法を探り、その方法を実行することは、数学の活用能力だけでなく、将来の職場における活動やチームワークの予備訓練としても意義がある。コンピュータの利用に負担を感じる数学教員が多い学校では、それが得意な上級生あるいは同級生を補助指導者に登用すればよい。

以上のような実学志向のアプローチの有効性は、統計教育にそのままに、むしろ端的に当てはまると思う。当学会の諸賢が、コースデザインの設計を含めて具体化への方途を研究して下さることを願っている。

## 5 おわりに

統計教育が学校教育において、正しい位置を与えられるためにも、それが有効・有益に実践され得るためにも、最大の決め手は関係する教師（その多くは数学の教師であろう）の理解と熱意である。

一方、私が経験した中等教育のシラバスを議論する多くの場において、総論的に統計の重要性が否定されたことはなかった。それにも関わらず、統計教育が現実的に軽視され、冷遇されて来たのは、何故か。思い当たる要因をいくつか挙げてみよう：

**理由 (1)：**前提となる確率の学習が容易でないから。

**理由 (2)：**大学入試で統計が出題されないから。

**理由 (3)：**中学・高校の数学教師が統計嫌いだから。

理由 (1) については、統計の前提となる確率の学習は、生徒にとって手強い順列・組合せの難問を避けて、電卓やパソコンの乱数キーを活用しながら「確率の基本法則」と「確率変数の概念」に直行するアプローチが可能と思う。実はその向きで、いささかの私案を叩き台として提出し、専門家諸賢の批判を頂きたかったが、紙面の都合により他日を期すことにした。

理由 (2) については、出題に関わる大学教授に統計の専門家・理解者が少ないからでもあるが、本質的には、評価の困難による。統計における受験者の能力を正しく評価するためには、実践的能力（アルス）の評価を欠かすことができないが、それを一斉受験のペーパーテストで実現することは殆ど不可能である。といって、折角の学習が大学入試（その圧力は低下して来たとはいえ）で全く評価されないのはフェアではない。教科「情報」で身に着けたコンピュータ・リテラシーについても、事情は同様である。個々の大学の努力もさることながら、日本統計学会、公的機関、あるいは大学の連合といった組織が、進学におけるメリットにつながる能力検定を行う方策を検討すべきだと提案したい。

理由 (3) は、行政の担当官あたりが統計を疎外する弁解に使われることがあった。実態としては、数学教師の皆さんが大学で学んだ専門分野、あるいは、趣味として好きな数学の分野が、統計から遠いことが多いせいかもしれない。統計に対する億劫さや食わず嫌いもあろう。このあたりは、教員養成大学での教育から改善する必要がある。その上で、数学科（および情報科）の教員免許に統計履修を条件付けるのが有効である。

もともと、本稿の趣旨は、統計教育のあり方についての提言である以上に、こうした学校現場の先生方に、「ご自身の統計嫌いを改めて頂きたい」、あるいは、「嫌いであっても学習者のためを思って、しっかりと教える熱意を持って頂きたい」とお願いするメッセージなのである。その訴えをスローガン風に掲げて結びとしたい：

- ◇ 数学／統計の教師は数学／統計を教える価値に自信を！
- ◇ 数学／統計は素晴らしい。
  - それ自身の良さは感動的である。
- ◇ 数学／統計は頼もしい。
  - それは自然・社会を理解する際の光、
  - それは自然・社会に働きかける際の力。

## 参 考 文 献

- Fujita, H. (1985). The present state and a proposed reform of mathematical education at senior secondary level in Japan, *J. Sci. Educ. Japan*, **9**, 39-52.
- Fujita, H. (1987). The present state and current problems of mathematics education at the senior secondary level in Japan, *Development in School Mathematics Education around the World*, **1**, NCTM and UCSMP, 191-224.
- 藤田宏 (1989). 「新数学指導要領の背景—未来型数学教育の目的—」, 科学教育研究 (日本科学教育学会誌), **13**, 26-28
- Fujita, H. (1998). High Lights and Shadows of Current Japanese National Curriculum of Mathematics for Secondary Schools, *Proc. of the 8th International Congress on Mathematical Education. Selected Lectures* (C, Alsina et al. ed.), S.A.E.M. Thales, 181-193.
- Fujita, H. (2002). Reflections on the Nature and Structure of Mathematics Education, *Proc. of the Third International Conference on Mathematics Education and Cultural History of Mathematics in this Information-Oriented Society* (Kiyoshi Yokochi et al. ed.), Mathematics Education Society of Japan, 17-21
- Fujita, H. (2004). Goals of Mathematical Education and Methodology of Applied Mathematics, *Proc. of the 9th International Congress on Mathematical Education* (H. Fujita et al. ed.), Kluwer Academic Publishers, 19-36
- 藤田宏 (2005a). 国際視野での数学教育の動向—省察をこめた ICME-9 報告—, *Educational Development*, RIED Tokai University, **1**, 37-52
- 藤田宏 (2005b). 「大学までの数学教育の理念」, 『数学教育学会誌』(臨時増刊), 2005 年度春季年会, 発表論文集, 123-125.
- Howson, A. G. and B. Wilson (1986). *School Mathematics in the 1990s*, ICMI Study Series, Cambridge Univ. Press.
- 西島和彦 (2000). 『科学と技術の間』, 高等研選書, (財) 国際高等研究所
- 渡辺紳一郎 (1956). 『西洋古典語典』, 東峰書房, 1956