東北数学教育学会年報
1995 3.31 第26号

理工系離れ時代の数学教師養成の在り方について

佐伯 卓也（岩手大学教育学部）

最近深刻な問題として若者の理工系離れが浮かび上がっている。数学教育界でも，大学入試の受験生の傾向から数学を選択する学生の減少がとりざたされるようになっている。その原因については，因果関係の錯綜により明確に指摘することは困難であろうが，その原因を考えるとき，数学の教育課程と数学の教師にあることが指摘できるのでなかろうか。さらにこの原因がそうであるなら，大学の教育である程度改善可能のように見えてくる。

例をあげると，現在の大学で数学の教員免許を取得しようとする学生の初等幾何の学力の低下の現象は典型的な例であろう。たしかに，初等幾何の証明は論理的な思考力，問題を全体的総合的にみる，しかもマニュアルによらない問題解決力がいる。大学教育の改善でこの原因を断ち切るために良い方向に向かうなら幸いである。そのための若干の提案をし考察する。

キーワード ： 数学教育，教師教育，初等幾何，学習指導要領，教育課程

1．はしがき

若者の理工系離れについてはいろいろな学会で問題視されいろいろ討議されてきた。中でも日本学術会議第５部所属の基礎工学連絡委員会（岡村総吾委員長）が平成５（1993）年１１月に「工学教育を考える」と題するシンポジウムを開催し，引き続き，第４部所属の科学教育研究連絡委員会（高橋景一委員長）が「若者の理工系離れを考える」と題するシンポジウムを開催した（日本学術協力財団，1994）ことは学術会議でも事態を深刻に受け止めている証拠である。この報告の中では，小林（1994）によるオルテガの「文明社会の野蛮人」仮説に基づく発言は示唆に富んでいる。さらに，平成６（1994）年４月１２日には日本物理学会，応用物理学会，日本物理教育学会の３学会の会長名（小林・南・霜田，1994)で「理科教育の再生を訴える」という声明を発表した。この中で「（４）豊かな科学的素養（サイエンス・リテラシー）をもった国民を育てるためには，いまや進学率が９０％を超えて高校までの生徒に，国民常識としての自然科学の素養が身につくような教育を施す必要がある・・・小学校から高校までの理科の各科目の関連内容を，『万人のための物理』などの観点に見直した上で，各科目がその独立性を生かしながら協力する形で行われなければならない」と言い，さらに「特に高校の理科の時間数を回復し，理科の要求科目数を減らしてしまった大学入試を改善することが焦眉の急である。同時に，教育系大学（学部）で十分な理科教育が行われるように，関係者による配慮とサポートがなされることを強く希望している」としている。

これら理工系離れの原因については，上記２つのシンポジウムや，物理関係３学会会長

声明以外でも，理工系教育の専門家によっても数多く指摘されている（西澤，1993；酒井・藤田・三橋，1993；植野，沢辺，石川，1994)。これらの議論の中で特に数学教育とも関係すると思われる項目を恣意的であるが幾つか選んでみる。若者は，①粘り強くデータを取るのが苦痛，②マニュアルとか教科書通りを求める，③抽象思考や論理的思考に耐えられない，④学習指導要領がよくない。また，教師については，⑤教科書から少しはずれるとどう教えていいか分からなくなり困惑する教師が多い，等が含まれている。

次に数学教育界に移して考える。まず，国際的にどうかということで，第2回ＩＥＡ（国際教育到達度評価学会）の報告を見る。筆者は幾何教育に問題意識をもっているので，特にその部分を注目する。日本における最終報告（国立教育研究所，1991）によれば，対象学級での内容別指導時数の表が載っている。日本の中学校では，「図形」が１７校時に対し，国際値も１７校時で差がないが，高等学校の「幾何」では日本が8校時なのに対し，国際値が１６校時であり，わが国が国際値の半分に過ぎない。ここで理科の高校部分時間数の不足と一脈相通じているように見える。さらにまとめの（１）で同書は「中学校1年，高等学校3年の両方とも，調査に使われた数学問題は，総体的には，参加国に適した問題であった。しかしながら，幾何領域については参加国の一致度は低い。幾何指導の在り方は今後も大きな課題である」と指摘したことが注目される。これは幾何教育のカリキュラムや方法の確立が今もなお問題になってることを示唆するものであろう。

平成元（1989）年の学習指導要領の数学科では，筆者の前の小論（佐伯，1991）でも触れたように，中学校数学第２学年から初等幾何の推論の扱いがでてくる。高校数学では従来と変わり数学Ａ（２）平面幾何が扱われることになって，今年から実施に入って改善のきざしが見える。この新課程の教育を受けた受験生に期待を繋ぐけれども，現在の大学生それも数学における学生の幾何の知識の実態は，理工系離れ（特に物理離れ）と同様に重なって見えて，行き先には厳しいものがある。

２．理工系離れの理論的背景

「文明社会の野蛮人」仮説というのがある。「文明社会の野蛮人」とは，科学技術の提供するアメニティ（利便性）に対する受容性は高いが，科学技術に対する関心が低いタイプの人間をいう，としておく。つまり，科学技術が高度に発達した世界に生まれた者は，（１９８０年代の高度情報社会に紛れ込んだネアンデルタール人の如く）科学技術の成果を，あたかも自然物のように享受することができても，それを生み出す仕組みとか作り出す過程等の，科学技術活動に対する自覚が減退し，そのための科学技術活動を志向するものが減少する。その結果技術文明の基盤である科学技術活動そのものが衰退し，やがては科学技術文明自体が衰退に向かう，ことが憂慮される。

このような思想はニーチェの「最後の人間」にも見られるが，１９２０年代のスペインの哲学者オルテガ（José Ortega y Gasset）が「大衆の反逆」（1930）で「科学技術が発達したときに若者の科学技術志向が低下しているのは何故か」という問題提起をし，それが科学技術の発達そのものが直接の原因であるとしたことに，そして同時に理工系離れを回避する上の最大の困難は，科学技術者自身が科学技術に最も無関心であると指摘していることが注目される。

これらの所論は現実に当てはまるか否かは問題であるが，小林（1994）は日本の現代

（1980年から1993年）の社会的な要素をとり「文明社会の野蛮人」仮説の妥当性を証明している。そしてこの仮説の含意として対策のいくつかを提案している：

①これは宿命的なものではなく，本質的な対策を考える枠組みを与えてくれる。

②科学技術活動に対する参入意欲を向上させるために，科学技術の成果に対する受容性を高く保ちながら，それへの関心を高める。そのため，科学技術活動や理工系学部の教育・研究の可視性を，社会特に子ども達の間に高める努力が必要である。

③以前の参入意欲を高める装置は今は陳腐化して効力を持たない。これらに変わるものを探す必要がある。

④「文明社会の野蛮人」の科学技術志向は低いと言ってもゼロではないことに留意しなければならない。「理工系離れ」と言っても，オルテガが「最大の困難」として指摘したように理工系志望者自身の，さらに科学技術者自身の「文明社会の野蛮人」が増加している。これに対する対策も検討する必要がある。

⑤最も重要なことは，現代の若者ないしは子ども達間に気魄を育む必要がある。

さらに科学技術者自身が考えるべきこととして，

第1に，科学技術者は単に仲間とか後継者の確保という次元から若者を見るのではなく，もっとひろく科学技術者を目指さない「一般人」に科学技術を理解させ，普及させ，科学技術に幅のひろい支持を獲得するような努力をすべきである。

第2に，小・中・高校の理科教育で，時間数を増やし，実験を義務づけるだけでは科学技術者の身勝手と言われかねない。単に理工系に進む子どもだけを相手にしていただけでは足りない。あらゆる子どもを対象にして文系志望者，理工系志望者を問わず，科学技術を伝達する努力がなされるべきである。

のような提案をしてることが注目される。

3．現在大学生の“基礎的数学の知識”の実態

ひるがえって，科学技術の立場から数学教育界に問題を移して見よう。筆者の独断と偏見であるが，かねてより，筆者は初等幾何教育の振興に関心を持っていた。まず筆者のデータを示す。筆者は大学生対象にして「数学基礎テスト」（1）と（2）［幾何テスト］を試作しテストを実施した（テストは1989年）。テスト（1）は一般的な数学で，大学数学科で日常講義されてる内容を古典数学（学校数学数学の内容）と結びつける学力をみるために試作した。（2）は初等幾何の学力をみるためのテストでいずれも5点満点である。

数学基礎テスト（1）

（1）ユークリッド平面は位相空間の例である，これを説明せよ。

（2）「一様連続」とただの「連続」との違いを例をあげ説明せよ。

（3）平面のデザルグの定理の，幾何学基礎論的な意義について述べよ。

（4）双曲的非ユークリッド幾何における $\cosh x \cosh y = \cosh z$ は，ユークリッド幾何のどんな式にあたる式か。

（5）円周率πについて知ることを記せ。

数学基礎テスト（2）［初等幾何］

（1）「方べきの定理」を述べ，証明せよ。
（2）「メネラウスの定理」を述べ，証明せよ。
（3）次の語を簡単に説明せよ。
　i）三角形の傍心　ii）アポロニウスの円
（4）「平行線の公理」について知ることを記せ。
（5）クライン（Klein,F 1849-1925 ドイツ）流儀の変換群による「ユークリッド幾何学」の定義を簡単に説明せよ。

被験者はT大学理学部数学科主として3年次学生（T群），I大学教育学部数学科主として3年次学生（I群），I大学非数学科2年次学生で初等幾何の授業（教科書は稲垣・佐伯（1979）使用)をした後の学生（IN群）である。結果は表1，表2に示す。またテストは5点満点である，T群とI群の間の平均値の有意差の検定をしたが，有意差は認められなかった。特に基礎テスト（1）でも，t=1.84（df=62）であった。

表1　基礎テスト（1）

	T群	I群
人数	41	23
平均	1.93	0.83
s.d.	1.55	1.09

表2　基礎テスト（2）［初等幾何］

	T群	I群	IN群
人数	43	24	132
平均	0.72	0.50	3.58
s.d.	1.28	0.76	2.10

被験者の大部分は教員免許を取得しようとしている。前にも触れたが，新指導要領の高校数学では，数学Aに平面幾何があり，その中に合同変換，相似変換が入っている。このような内容ではやはり Klein 流儀の幾何の定義も知っていて欲しいと思われる。現在の大学数学科に在籍する学生の幾何の知識がこういうレベルにある責任はどこにあるか，を筆者の独断と偏見で予想するなら，筆者は，①彼らの受けて来た学校数学の指導要領に原因がある，②彼らの通ってきた中学校，高等学校の数学の教師に原因がある，③現在の大学の3年次までの（筆者を含めての）大学のカリキュラムと教授法に，そして前に指摘したが，高校数学における幾何教育のカリキュラムに，特にIEAの報告書にもある国際値の半分であるわが国の幾何の時間数に原因がある，と言わざるをえない。

4　数学教師教育からの提案

前に示したような実態が数学教員養成に責任を持つべき大学学部学生事情とすると，現在進行中の新指導要領の実施にも支障が起こる恐れがあることは明らかである。先に示した理工離れに関連したオルテガの「文明社会の野蛮人」仮説，それを受けた小林（1994）の提案は数学教育，数学教師教育の場合を考えるときも参考になる。数学教育そのものは理科ほど深刻ではないが，幾何教育となると，若干は理工離れにも原因があろうが，それにも増して，先に示した高校の指導要領の内容，それを支えた数学教育全般の関係者の考え方に問題があったと考えられる。今に至っても，初等幾何の教育の改善実施が教員養成

を担当する大学学部の緊急の課題であることは理解されていないように見える。筆者の属する大学でも同じで殆ど議論されていないのが現状である。ただそれに気付いた若干の教官がひそかに実行している段階であろう。

筆者は独断と偏見を恐れず，次のような提案をする。提案は今すぐにでも実行できる大学学部の側からの改善提案である。

（1）現在の数学科生に見られる「初等幾何」の知識のなさを克服するための研究プロジェクトチームを作り，特に大学におけるカリキュラムの位置付け，その理念等を検討するために科学研究費補助金の助成を受けるなどして集中的な研究を推進する。
（2）教員養成学部は言うに及ばず理学部，工学部等，少なくとも中学校高等学校の免許を出す大学学部の専門数学のカリキュラムの中に初等幾何通論ないしは古典幾何特論等の単位（演習を含めて3単位以上）を義務付ける。

等はどうであろうか。筆者は，

「初等幾何ないしは古典幾何，もう少し範囲を広めて近世総合幾何等は教師教育で必要はないのであろうか？」

の問をここで広く問いかけたい。

さらに，Klein は幾何ではなかったが、かつて「高い立場よりみた初等数学」を纏めている。これは理学部における講義録であったと聞く。Klein は２０世紀初等の国際的な運動として広がった数学教育改善運動が巻き起こったときのドイツの推進者であった事実がある。わが国でも１９１９年に時の東北帝大理学部数学教室の林鶴一教授が現在の日本数学教育学会の前身の日本中等数学教育会の初代会長になる等，また多くの数学の教科書を出版する等，数学教育の発達に寄与している。この中には幾何関連の教科書も多く見られる。幾何学原理（ヒルベルトの訳本），初等幾何学作図法，射影幾何学，非ユークリッド幾何学等が見られる。

一方，第二次世界大戦の前から終戦後にかけて，藤森先生等による考え方研究社の「高等数学大衆化運動」があり，いろいろの本が出版されていた。その著者の一人に聞いた話だが「自分の本で勉強して今国際的な数学者になった人が何人かいる」ということであった。このような故事にならい初等幾何だけでなく一般数学でも，大学生や現場の教師等「一般人」を対象とした数学の読み物というか，あまり予備知識がなくとも独力でも学習可能な，初等的な数学だけではなく，ある程度の高度の数学をも視野に入れた「読み物」とコンピュータ教材のソフトウェアを開発して行くことを念頭におき次の提案をする。ただし，これからの教材はＣＤ－ＲＯＭ化ないしはマルチメディア化される必要があろう。

（3）専門の高度な数学をも含めて一般の数学の，初等数学の水準で一般の人々に理解できるような，読み物とマルチメディアを組み合わせた内容のソフトウェアの開発研究をするプロジェクトを作って，科学研究費補助金の助成をうけて研究の推進をする。

小林（1994）は「理工系離れ」を克服する一つの提案として一般の人々の科学技術の理解と支持を期待する，という発言があった。（３）はこの趣旨に沿うものと考えられる。また，この提案の理論的な支えの一つに，いまだに反論がでた，とは聞いていないブルー

ナーの仮説「どの教科でも，知的性格をそのままにたもって，発達のどの段階のどの子どもにも効果的に教えることができる」（ブルーナー，1961, p. 42）があり，科学的概念を当該発達段階の子どもの言葉に翻訳する“翻案”（translation）の仕方の尺度を開発し，教師教育と授業実践に利用してきているので可能であると考えている（佐伯，1973；佐伯・伊藤，1974）。

次に高校数学の面について触れる。わが国の戦後の学習指導要領を見ると，昭和２６（1950）年に一般数学，解析Ｉ，Ⅱ，幾何がありすべてが5単位であった。その中では平面図形空間図形の古典幾何が入っていたし，大学入試でも幾何の証明問題は出題されていた。次に高校だけであったが昭和３０（1955）年改訂で数学Ｉ，Ⅱ，Ⅲそれに応用数学の時代になった。ここでも数学Ｉでは，代数的内容と幾何的内容と平行的に扱っている。高校数学で幾何が扱われたのはここまでで，次の昭和３５（1960）年の改訂では数学Ｉ，ⅡＡ，ⅡＢ，Ⅲそして応用数学になって，ベクトルが導入され幾何的な単元はいくつか残ったが，幾何教育の大部分は中学校移った。その後，昭和４５（1970）年，昭和５３（1978）年と改訂されたが，古典幾何の復活はなく，平成元（1989）年の改訂になっている。その新学習指導要領では幾何の部分的な復活を見る。それを概観すると，数学Ｉ：図形と計量，数学Ⅱ：図形と方程式，数学Ａ：平面幾何，数学Ｂ：ベクトル，数学Ｃ：いろいろな曲線となっている。特にＩＥＡの影響があったかどうか分からないが，平面幾何が数学Ａに入ったことは評価したい。しかし，必修は数学Ｉ（４単位）だけで，あとは選択になっていることが気になる。数学Ⅱを選択すれば３単位であるから幾何の内容は履修されるであろう。特に数学Ａ，Ｂ，Ｃは２単位の選択であるので指導要領の上では４単位分準備されているが，実施上は２単位分になるので幾何の部分は外される可能性が多い。大学の入試で平成９年度から，かなりの数の大学が一斉に幾何の問題を連続的に出題すれば受験対策上高校側でも幾何をやらざるを得なくなるであろうが，これは大学の教官自体の問題があり実現性は期待できない。徐々に世論を高めていくほかはないであろう。

筆者の所属する岩手大学教育学部では，初等幾何の名前の講義名はない。そこで筆者の提案で「応用数学講読」（３年次後期開講４単位：担当佐伯）の名前で，１９８９年以来三角形の５心，方べきの定理，メネラウス・チェバの定理等から，射影幾何そしてクライン流儀の変換群による幾何の定義に及んでいる内容で実施して来ている。その内容は教科書（稲垣，佐伯，1979）を用いて，学生は３名づつ班にし，班単位でセミナー形式で実施している。受講率は極めて高く（当該学生の１００％に近い）結果として学生の要望に答えた形になっている。これによりいくらかでも新指導要領をこなす教師養成に対応できてると考えられる。

5　科学離れと数学教育

科学技術離れをもたらす原因についてはオルテガの文明社会の野蛮人仮説や，それに基づく小林（1994）の提案が大変明快であるが，少し細かく今まで関係者によって指摘された原因について触れる。その一つは，今の若者は抽象思考や論理的思考に耐えられない，というのがある。前にも触れたが，抽象思考とか論理的思考の固まりみたいなものが数学における思考である。中でも初等幾何の問題を「証明する」ともなれば論理的思考にさらに全体を見通すような直感力とか創造的な要素も含まれてくる。また，幾何の問題の証明

には，教科書通りとかマニュアル通りという解決法が少なく，代数の問題のような公式といわれるものは少ない。そのため個々の問題にはその問題にしか適用できない方法を新しく創出しなければならない。これが幾何の問題の扱いにくさの原因になっていると同時に直感力，総合力の訓練になる理由である。解決法がたくさん出るとか何通りも正解が出ることがかつての大学入試の採点の負担になったことも事実である。当時のお茶の水女子大の知り合いの教官に聞いた話だが，大学で出題した幾何の問題の解答例は１０通りぐらいの例しか考えてなかった正解が，いざ入試の採点に入ったら，正解が２２通りも出てきて採点に大変苦労したという物語りがあったのが思い出される。幾何の入試を大学で行うにはかなりの覚悟がいることも事実である。しかし，いつまでも幾何を敬遠してばかりはいられないだろう。

さて，高校の学習指導要領の展開（正田，茂木，1990）を見て気になったことがある。それは，その中の数学Ａ，平面図形の性質の解説に「（推論は）・・・指導に当たっては，いたずらに厳密さだけを追いかけることのないよう，十分心すべきである」となっている。確かに大学入試の軽量化等の事情から，文部省の立場からいけばこれでよいと思われる。大学入試の個別学力検査で幾何の難問が出題される可能性があるからである。しかし一方，ここで厳密な論証を避ければ，若者にとってはどの教科のどの場面で厳密な論証を訓練することになるのか，の疑問が起こる。当然科学離れを起こさないようにとの配慮から，論理的抽象思考に耐えられる若者を養成するための訓練場所がいる。この訓練場所はやはり数学の幾何の論証に求めるのがよいのではないか。従って初等幾何の一部にはやはり厳密さを犠牲にすることなく「証明」の場面を作り，若者の訓練に供することが必要であると考える。

参 考 文 献

ブルーナー，Ｊ.Ｓ.（1961：鈴木祥蔵・佐藤三郎訳，1963）「教育の過程」，岩波書店，東京

稲垣信夫・佐伯卓也（1979）基礎課程「幾何学」，森北出版，東京

国立教育研究所（1991）「数学教育の国際比較 ―― 第２回国際数学教育調査最終報告」，第一法規，東京

小林徹郎・南　茂夫・霜田光一（1994）日本物理学会・応用物理学会・日本物理教育学会会長声明「理科教育の再生について」，送付資料

小林信一（1994）理工系離れの文明論的文脈，財団法人日本学術協力財団編，「科学技術立国を支える人材育成 ―― その構造的問題点」，27-31

松原静郎（1994）初等中等教育における理科嫌い，財団法人日本学術協力財団編，「科学技術立国を支える人材育成 ―― その構造的問題点」，33-48

西澤潤一（1993）「人類は滅亡に向かっている」，潮出版社，東京

日本学術協力財団編（1994）「科学技術立国を支える人材育成 ―― その構造的問題点」，日本学術協力財団，東京

オルテガ（1930）（寺田和夫訳，1979）「大衆の反逆」，中央公論社，東京

佐伯卓也（1973）数学教材の格子点モデル，数学教育学会研究紀要，１４(No.3-4)，7-14

佐伯卓也（1990）教員養成（特に数学の教員）の一つの盲点 ―― プレサービス教師の初等幾何の知識の実態，東北数学教育学会年報，２１，3-8
佐伯卓也・伊藤潤一（1974）Gal'perin 理論による数学「学習対象」翻案，岩手大学教育学部研究年報，３４，382-392
酒井綱一郎，藤田宏之，三橋英之（1933），技術大国の不安――学校が明日の人材をつぶす。NIKKEI BUSINESS 12月6日号,12-27
正田　実・茂木　勇（1990）改定高等学校学習指導要領の展開（数学科編），明治図書，東京
植野伸治，沢辺隆雄，石川水穂（1994）テクノ立国が危ない ―― 若者の理工離れの暗雲，産経新聞連載

A Discussion for the Way that Mathematics Teachers and their Teacher Education should be in an Age of Students' Disliking for Science and Engineering

Takuya SAEKI(Iwate University)

(Abstracted)

Recentry disliking for science and engineering of young peoples is rising as a serious problem. In a world of mathematics education is also rising a problem, since examinees who are going through for mathematics deparsments in universities are in a decreasing tendency. Pointing out the origin of the tendency precisely is hard with complicated cause and effect relations. We might, however, be able to say that the course of study of mathematics and teacher of mathematics are not appropriate in Japan. If the cause of the problem is so, it seems that we can improve a situation of the problem to some degree.

For instance, it seems that a tendency of the decline of scolarship in students at elementary geometry who are going to obtain a license of a teacher in mathematics, is a typical example. Indeed, in order to prove geometry problems, logical thinking ability, looking at syntheticaly and as a whole, and ability of problem-solving without a manual are necessary.

We shall propose some issues about these problems from a mathematics education point of view and discuss about them.