From MAILER-DAEMON Sat Jan 20 14:23 JST 2001
Received: from mgate2.sys.hokudai.ac.jp (mgate2.sys.hokudai.ac.jp [133.87.1.132])
        by sakaki.math.tohoku.ac.jp (8.9.3/3.7W) with ESMTP id OAA09406
        for <kojihas@math.tohoku.ac.jp>; Sat, 20 Jan 2001 14:23:53 +0900 (JST)
Received: from wwwcs2.sys.hokudai.ac.jp (localhost [127.0.0.1])
        by mgate2.sys.hokudai.ac.jp (8.8.7/3.6Wbeta5) with ESMTP id OAA15197
        for <kojihas@math.tohoku.ac.jp>; Sat, 20 Jan 2001 14:24:17 +0900 (JST)
Received: from fcs.math.sci.hokudai.ac.jp by wwwcs2.sys.hokudai.ac.jp (8.9.3/3.7W) id
 OAA26835; Sat, 20 Jan 2001 14:23:57 +0900 (JST)
Received: from mgate1.sys.hokudai.ac.jp (133.87.1.130) by fcs.math.sci.hokudai.ac.jp
 with SMTP (Eudora Internet Mail Server 1.3.1); Sat, 20 Jan 2001 14:14:01 +0900
Received: from wwwcs1.sys.hokudai.ac.jp (localhost [127.0.0.1])
        by mgate1.sys.hokudai.ac.jp (8.9.3/3.7W) with ESMTP id OAA12785
        for <pre-acnet@fcs.math.sci.hokudai.ac.jp>; Sat, 20 Jan 2001 14:14:01 +0900 (
JST)
Received: from rabbit.math.nagoya-u.ac.jp by wwwcs1.sys.hokudai.ac.jp (8.9.3/3.7W) id
 OAA01487; Sat, 20 Jan 2001 14:14:00 +0900 (JST)
Received: from [133.6.130.185] (Namikawa-Mac.math.nagoya-u.ac.jp [133.6.130.185])
        by rabbit.math.nagoya-u.ac.jp (8.11.0/3.7W) with ESMTP id f0K5Dum16895;
        Sat, 20 Jan 2001 14:13:56 +0900 (JST)
 <20393418048438457007 7@fcs.math.sci.hokudai.ac.jp>
Mime-Version: 1.0
X-Sender: namikawa@mailhost.math.nagoya-u.ac.jp
X-Mailer: Macintosh Eudora Version 4.3.2-J
In-Reply-To: <20393418048438457007 7@fcs.math.sci.hokudai.ac.jp>
References: <40256629383093653236 6@fcs.math.sci.hokudai.ac.jp>
 <20393418048438457007 7@fcs.math.sci.hokudai.ac.jp>
Date: Sat, 20 Jan 2001 14:13:47 +0900
Reply-To: pre-acnet@fcs.math.sci.hokudai.ac.jp (Subscribers of pre-acnet)
Precedence: bulk
List-Id: <pre-acnet.fcs.math.sci.hokudai.ac.jp>
List-Software: AutoShare 4.1 by Mikael Hansen
To: pre-acnet@fcs.math.sci.hokudai.ac.jp (Subscribers of pre-acnet)
From: Yukihiko Namikawa <namikawa@math.nagoya-u.ac.jp>
Subject: Re: [pre-acnet] another problem 等
Content-Transfer-Encoding: 7bit
Message-Id: <6481684506825857275 68@fcs.math.sci.hokudai.ac.jp>
Content-Type: text/plain; charset="iso-2022-jp" ; format="flowed"
Content-Length: 15851

辻下様
　　浪川です

At 11:36 PM +0900 01.1.19, Toru Tsujishita wrote:
>----------
>浪川　様
>
>きょう図書館で探しましたが、IDEの次の号はまだありませんでした。
>
>浪川さんの書かれた部分の一部でも結構ですが、ここにこっそり流して頂くわけには
>いかないでしょうか。また、会員だけアクセス可能なページとしてオンライン化する
>ことはできないでしょうか。
>----------

私のところにもまだ届いていませんので、未刊であろうと思います。
転載禁で、ＭＬ内で流すのなら構わないと思います。
以下テキストをお送りします。長いので適当に削ってください。大学の教養教育特集の一つですが、初中教育の内容も含んでいます。
また途中で表が入っています。tab区切りのデータファイルになっています（同じものが例えば数学セミナーの昨年２月号（？）に載っています）：
＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝
　　日本の科学リテラシー
　　浪川　幸彦
●世界最低の科学リテラシーを如何に向上させるか？
　近年、教育の場で「数学嫌い」「理科離れ」が大きな問題になっている。大学生の学力低下は目を覆うばかりであるが、それ以上に、数学や理科を受験に必要な暗記科

目としか考えない傾向が広まり、その結果、高等学校における数学の達成度、理科系諸科目の履修率が著しく低下している。
　しかし、こうした問題の背後に、大人の側の自然科学に対する無理解、軽視がある。数学や理科は一部の（普通とは変わった）理系人間だけが知っていればいいとする風潮の影響が無視できない。大学の教養教育での科学教育はこうした現状を踏まえて行う必要がある。
　OECDの調査１）によれば、日本人の自然科学に対する関心・理解は欧米諸国よりかなり低い。しかも「学校を卒業して以降一度も２次方程式を解いたことがないから、解の公式を学校で全員に教える必要はない」という某女史の発言に典型的に見られるように、「知識人」と呼ばれる人達の自然科学への理解不足が日本の一つの特徴である。
　これらは日本の科学リテラシーが世界最低レベルであることを意味している。しかし２１世紀は間違いなく２０世紀に引き続いて科学の時代であり、その時代に生きる者にとって、また日本が「国際化」し、「科学技術立国」で生きていくためにも、科学リテラシーの向上は不可欠である２）。

●「科学リテラシー」とは何か？
　まず「科学リテラシー」とは何か、その意味を明確にしておこう。
　リテラシーという言葉自体は教育学において古くから用いられている用語で、一般には言語の読み書き能力を、広くはその言語の背景にある文化全体の理解力を意味する。
　これに対し「科学リテラシー」の語が用いられるようになったのは、「コンピュータ・リテラシー」と同様、ここ１０年余りのことに過ぎない。
　筆者は、不勉強でこの用語の初出を正確に知らないが、この言葉が広く世に知られるようになったのは、1989年に出版された "Science for All Americans" およびその続編である "Benchmarks for Science Literacy" (1993) 以来であろう３）。これらの本は全米科学振興協会（American Association for the Advancement of Science）による、科学リテラシー向上のための「プロジェクト2061」の一環として出された４）。
　そこでは、科学リテラシーについて、次のように説明されている：
「科学リテラシーは、自然科学および社会科学、さらに数学および科学技術に関わるものであるが、種々の側面を持っている。自然界に親しみ、その統一性を尊重すること；数学、技術および科学相互の重要な関連の仕方を認識すること；科学の基本概念と基本原理を理解すること；科学的な思考方法を取ることができること；科学、数学、技術が人間の営みであること、その有効さと限界とを知っていること；科学的知識および思考方法を個人的あるいは社会的目的のために用いることができること、等が挙げられる。」（"Science for All Americans"［以下SFAAと略記］ 序文より）
　科学リテラシーの説明としては、これで十分だと思うが、三点ほど蛇足を加えておきたい。
　まず元来のリテラシーとの関連としては、広い意味でのそれに関わっている。科学は数学あるいは自然言語で記述されるのであるが、それを理解しあるいは自ら記述するだけではなく、その意味を理解し、科学的な思考方法を取ることができる、つまり「科学」という文化の有り様を身に付けていることまでを含む。
　次に、ここで科学リテラシーは、科学理論だけでなく、科学の主要言語たる数学および科学のアウトプットである科学技術をも包含するものとして捉えられている。
　最後に公刊された題名が示すように、科学リテラシーは専門研究者・技術者だけでなく、全ての人が身につけるべきものとされている。

●アメリカにおける科学リテラシーの不足
　上記の２書は、アメリカにおいて殆どの人々に科学リテラシーがない、という危機感に満ちている。
　そしてSFAAに挙げられている、教育現場での科学リテラシー不足の姿は、今の日本の現状と深く重なる：
１．小学校の殆どの教師達は、ほんの初歩的な科学・数学教育さえも受けていない。中高の理科・数学の教師も、それぞれの分野の知識において十分な水準に達していない；
２．理科および数学教師は教育負担が大きすぎて、きちんと準備しても良い授業を実現できない［日本のクラスサイズの大きさ、課外活動負担の重さが対応する］；
３．現在の理科の教科書は科学リテラシーの養成に役立たないどころか、逆にそれを阻害しさえする。問題を解く過程よりも答を重視し、内容の理解よりも知識の詰め込みを優先する。（授業では）目で見、手で触れることなく、書いてあることを鵜呑みにするだけである等々。
４．内容があまりに多く詰め込みで消化不良になっている。些末な部分も多く、どれが科学リテラシーにとって重要かがはっきりしない。［この点はかなり違う。日本の場合、「ゆとり」重視、選択制採用の結果、学習内容が貧しく、重要な基礎概念も抜け落ち、あるいは履修率が極端に低下するという結果になっている。］

●よりひどい日本の科学リテラシー不足の実態
SFAAでは、アメリカの科学リテラシー不足の証拠として国際理数教育調査でアメリカが惨憺たる成績を収めた事実を挙げている。しかし同じ調査でトップレベルにありながら、科学リテラシーがさらに低い日本の目からは納得しがたい。ペーパーテストで高得点を取ることと、科学リテラシーを持つこととは全く別ものである。
特に筆者にとって衝撃的であったのは、第３回国際理数教育調査（TIMSS, 1995）およびその追加調査（TIMSS-R, 1999）における教科に対する意識調査の結果である５）。以下その一部を記す。対象は中学２年生である。

	勉強は楽しい	授業は退屈だ	授業はやさしい	生活の中で大切だ	将来数学科学の仕事がしたい
数　学					
TIMSS (1995)	46%	35%	13%	71%	24%
TIMSS-R (1999)	38%	42%	12%	62%	18%
国際平均値 (1995)	65%	38%	34%	92%	46%
理　科					
TIMSS (1995)	53%	33%	15%	48%	20%
TIMSS-R (1999)	50%	36%	19%	39%	19%
国際平均値 (1995)	73%	31%	43%	79%	47%

何と、理科を生活の中で大切だと思う生徒が４割にみたず、しかも４年間で大きく減少している！　数学の状況もこれに近い。
この感覚では、数学や理科に親しみを感じることも、（大学受験科目という理由の他）これらを学ぶ意義を見出せるはずもない。

●原因はどこにあるか？
アメリカで、これが最初に問題にされたことからも分かるように、科学リテラシーの低下はいわゆる「先進国」に共通の現象である。
その最大の原因は、２０世紀になって巨大科学が進歩し、科学技術が高度に発展したため、逆にそれがブラックボックス化して、そこに働く科学原理などを直接見たり感じたりできなくなってしまったところにある。多くの文明機器は、手元のコントローラーのボタンあるいはダイアル操作だけで動作する。人々は、科学文明の一方的な享受者であるに過ぎず、それに甘んじている６）。
その一方で都市の自然は貧弱なものになるばかりである。子供の時に満天の星空に流れる銀河を見ることなく大人になる者も少なくない。模型飛行機や鉱石ラジオを自作することも殆どない。こうした自然体験、道具使用経験の不足が２０世紀後半以降科学リテラシーの急激な低下を招いている。
しかしこれだけでは、我が国の大人も子供も欧米より遙かに低い科学リテラシーしか持っていないことの理由の説明が付かない。この原因を学問的に究明することは、教育学の重要な課題である。
以下に述べるのは、あくまでも教育学には素人の筆者による個人的予想である。
筆者は三つの要因を考えている。第１は日常性との乖離；第２は情緒的な反科学意識の蔓延；第３はまさに言葉の能力としてのリテラシー低下である。それらの各々について、以下さらに論じる。

●数学・理科教育の日常性との乖離
アメリカの現状の３．に挙げられていたことであるが、日本でも学校の数学・理科の授業が、理論中心で、しかもそれを暗記させ、ドリル練習させる形に偏っているため、日常的な物事と無関係な、単なる受験のためのバリアーとしか感じられていない。したがって受験に必要なければ、これを履修しないし、すぐに忘れてしまう。これが科学的知識の理解・定着を阻害している。大学入学１年後の知識の定着度で見ると、理系の社会科内容のそれよりも文系の理科内容の定着度の方がかなり劣るという調査結果も出ている７）。
したがって、大学教養課程では、何よりも科学的原理が身近に観察しうるものであること、それを応用する体験を持つことが重要である。全国高等専門学校のロボットコンテストに参加している学生達の実に生き生きした表情はその有効性を示すものである。この意味で、文系学生にも是非実験・実習の機会を持たせたい。
数学の場合は、さらに事情が悪い。日常的な事項を具体的に数学教育の場で取り扱う機会が、現在の学習課程には全くない。例えば、測量して地図を作製したり、対称図形の自然界での存在を調べるなど、数学理論を実地に応用したり、観察したりする機会はない。

したがって、教養の数学の場合も、日常的な課題を既習の数学的知識を用いて解くといった経験を与えることが重要である８）。また数学史の話題等により、数学がどのように生まれ、発展したか、その人間としての営みの姿を教えることも有効であろう。

●反科学意識の蔓延
２０世紀科学は巨大化しただけでなく、核爆弾の製造、公害による環境破壊といった大きな問題を引き起こし、一方で臓器移植、遺伝子科学など人間の倫理の根本に触れる難問を提出した。科学技術が今や人間の手に余るものとなっている。
こうした事実はそれ自身科学の大きな問題であるが、日本では、それがきわめて情緒的な反科学意識、科学不信につながっている。大学教養教育はこうした誤りを糺すものでなければならない。したがって「科学とは何か？」という科学思想教育が必要である。その上で、上記のような科学の持つ問題を正面から考えるべきであろう。
しかしこの作業は簡単ではない。こうした反科学意識は文系出身の知識階級にきわめて強く、大学人自身がその誤りに陥っている可能性が高いからである。しかもこれが一部では、西洋自身に見られる（シュペングラーなど）西洋文明限界論の尻馬に乗った、妙な東洋思想礼賛、反西洋主義とも結び付く。そこでは科学のみならず、西洋近代あるいは西洋文化自体が、正しく理解されていない。したがって教養教育においては、科学教育だけではなく、すべての（西洋型）学問教育において西洋文化の正しい理解促進を強く意識する必要がある９）。

●言語能力・数学リテラシーの低下
筆者は数学を専門とするものであるが、近年の大学生の学力低下で著しいのは、知識それ自身よりも、数学的な表現力、数式の理解力、論理的思考力、抽象的思考力などの低下である１０）。これらはいずれも数学を一つの「言語」と捉えたときの、その読み書き能力の主要部分である。それを藤田宏氏に倣って「数学リテラシー」と呼んでおこう。
自然科学、とりわけ物理学は数学を自らの「言語」とすることによって、自然哲学に決別し近代科学となった１１）。近年数学を用いる学問は「数理科学」と総称され、自然科学のみならず、社会科学から人文科学にまで広がっている。
生物学など他の科学分野でも、「言葉」の能力、まさにリテラシーがきわめて重要である。より一般に（西洋の）学問とは、理論の「言語化」に他ならない。
このように考えると、数学的なリテラシーの低下は、読書離れなどに見られる日本語能力の低下と実は根本において共通することが理解される。これを数学・理科だけのこととする一部知識人の態度は、この意味からも根本的に間違っている。
この観点から見れば、大学教養教育では遅すぎるのであって、むしろ初中教育レベルでの改善が必要である。例えば論理的読解力・表現力の重視など小中学校国語教育の改革、中学校英語教育の実用化一本槍の方向の転換、数学教育における、小中学校での記述問題の解答訓練、中学での一種のディベートとして証明理解の徹底などが挙げられる。

●「数量化」と「数学言語の使用」とは違う
最後に、よく見られる一つの重大な誤解について触れたい。
数学の利用というと、数字を用いて物事を表現すること、すなわち数量化であると考える向きが多い。
確かにそれは一つの重要な数学の使われ方である。英語でも、科学リテラシーの中に、「数量感覚」（numeracy）と呼ばれるものがある。しかしながら、数学という言語はもっと広く、数のみならず図形や文字をも用いて様々の概念を定義し、述語論理と呼ばれる一定のルール（文法）にしたがって理論を組み立てていく。
学問において、数学言語を用いるとは、対象の中にある構造をこうした数学理論によりモデル化して記述することに他ならない。その結果、対象のある性質が一定の数量に対応するのが「数量化」である。例えば、運動はニュートンの微分方程式で記述されるが、これが力学の数学的構造化であり、方程式を具体的に解けば初期条件によって各時刻での位置・速度その他が数量として表現される。
数量化の背後には、必ずこうした構造化、あるいはモデル化があり、そのモデルがいかに適切であるか、有効であるかが、出てきた数字の信頼性を決めるのである。
こうした数学モデルを構成し、理解し、その適切さを判断できる能力が、数学リテラシーであって、それは数量感覚を含む、より広い科学リテラシーなのである。
大学教養課程の数学教育においては、こうした数学の本質の正しい理解を図る必要がある。

１）OECD, "Promoting Public Understanding of Science and Technology", 1997, "Science and Technology in the Public Eye", 1997
２）本稿のテーマに深く関わる優れた論考として、風間春子氏による「国際比較から見た日本の『知の営み』の危機」（大学の物理教育，1998-2号）を挙げたい。
３）これらの本文はインターネットで公開されている：

http://www.project2061.org//tools/sfaaol/;
http://www.project2061.org//tools/benchmarks/
４）この間の事情については清水克彦氏（国立教育政策研究所）の御教示を得た。記して感謝する。
５）TIMMS については
「小学校の算数教育・理科教育の国際比較」国立教育研究所編，1998
「中学校の算数教育・理科教育の国際比較」国立教育研究所編，1997
（いずれも東洋館出版社刊）
TIMMS-R については
htttp://timss.bc.edu/timss1999/
を参照されたい。ただし、追加調査でのデータは、昨年１２月に発表された国内調査結果速報による。その国際平均値は上記レポート中で公表されていない。
６）こうした人々を小林信一氏は「文明社会の野蛮人」と称した。
７）平直樹「大学入学者の学力の保持と変化について」大学入試センター研究紀要，No.23 (1994)，69 - 95
８）日常的な問題から出発して数学を学ぶ形の教科書として、昭和１８・１９年に出された高等女学校用のそれが実によい例を与えている（国立教育政策研究所の瀬沼花子氏等による研究を参照）。
９）西洋文化を真に理解するために一生を捧げた思想家として丸山真男、森有正の二人を挙げたい。ここに記した意味では、マルクス主義の影響を受けた人々もまた多くの場合、きわめて偏った西洋理解に陥っている。
１０）詳しくは拙稿「大学生の学力から見た初等中等教育の課題」（日数教YEARBOOK　第４号所収）を参照。
１１）「自然は幾何学の言葉で書かれている」というガリレオの有名な言葉がある。
（ＩＤＥ２－３月合併号掲載予定）
＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝＝
--

Yukihiko Namikawa
Graduate School of Mathematics
Nagoya University
e-mail:namikawa@math.nagoya-u.ac.jp
tel&fax:052-789-4746
fax:052-789-2829