

TECUM Letter

2021年12月号 創刊第24号（通巻25号，認証NPO 法人成立第4年度第5号）

発行 2022年3月31日

目次

| | | |
|---|------------------------------------|---|
| 0 | はじめに | 1 |
| 1 | 会員の相互交流のページ | 2 |
| 2 | 緊急提言 | 3 |
| 3 | 学校現場の数学 | 4 |
| 4 | 連載論考: 数学と物理の間 | 4 |
| 5 | 連載: 『もはや数学には無関心!』という会員のためのページ | 7 |
| 6 | 連載論考: 簡単そうで意外に深い初等数学という不思議な世界 (11) | 9 |

0 はじめに

この序文を書いたのは2月に入ったときでした。それから国際政治上の大事件が続き、そのニュースを追いかけているうちに、さらに時間を空費してしまいました。2月の原文から引用します。

%%%%%%%%%

最近、遅れていた10月号を発行したばかりですが、この間に昨年夏からの遅れていた発刊分取り戻すために少し精力的に発行致します。今号は、昨年の12月号ですのまだ2ヵ月遅れです。

しかし、この遅れのために、2月の研究会をいち早く平常授業体制に入り、通常の形で入学試験を実施した日本大学文理学部の教室を借りて、定例研究会を開催できたことを御報告できます。今年度（2021年4月 2022年3月）から、機関誌委員会（委員長松並奏史理事）の提案の下、理事会で決定される企画主題での論考の募集を開始し、8月の研究会では「いま注目される通信制学校教育」、11月の研究会では「大学入試センターで始まった共通テスト」、2月の研究会では「数学教育における問題のもつ多様な意味」などで特集号を組みました。今後は、個別の各学習単元のもつ意味などのより現場に密着した企画を、主題によって、継続的、体系的に、また反対に時事的、単発的に組んで行きたいと考えています。

%%%%%%%%%

さて、この2ヵ月の間に、年度末を控え、業務の増加に対応して、懸案であった理事会メンバーを増強して所轄庁への届出を提出するなどいろいろと業務がありました。

私自身は、鬱鬱として気分が、ウクライナとロシアの歴史的な問題、言い換えるとソ連の成立と消滅をより長い時間のスパンで考えておりました。なぜ、ヨーロッパの穀倉地帯ウクライナはソ連邦の一員になったのか。また、ソ連崩壊後、さっさと独立したウクライナは財政的には、傍目にはもっとも有力な国であったのに、なぜ近代化、民主化

にそれほど手間取ったのか、そもそもソ連邦はいつから全体主義国家になってしまったか、...などという問題です。

そんな折り、事務局長の希望でやって来た TECUM nano Workshop の教材に付属していた短い資料を見付けそれを読んだところ、それが歴史に埋もれていた重要資料であり、実は、正確には歴史の中に隠蔽されたのではないかと勘ぐりたくなるようなものであることが分かり、わが国に紹介したいと思って翻訳作業に没頭してしまったのでした。その資料とは Frederick Engels の *A Communist Confession of Faith, Draft, 1847* というものです。もう少し仕事が進んだら御紹介したいと考えています。

そして、もう 2022 年度という新しい会計年度に入ってしまった。TECUM Letter の発行が遅れてしまったことを再びお詫び申し上げます。そして、まことに申し上げにくいことですが、新年度会費の納入をお願いします。従来は NPO 法人化の際の無理（初年度が 1 2 月に始まり 3 月に閉じる）から、会費の納入期限を年度末近くになるまでお待ちする方針で運営してまいりましたが、今後正常化してまいりたいと思うからです。宜しく願いいたします。

1 会員の相互交流のページ

今号では、森北出版編集部の方にご登壇頂きました。TECUM の準備会発足時よりお世話なっている方で、私の個人的事情もあっていろいろと頭が上がらない方のお一人ですが、とてもうきうきする原稿をいただきました。ともすると、嫌々の勉強を強いる傾向でみられがち（「勉強」とは勉めて強いると表すのは日本だけなのではないでしょうか？）数学の原稿は、つねにこうありがたいものだと感じました。

長岡

「かっこよさそう」だったから数学を好きになった

太田 陽喬

この文章を読んでいるほとんどの方は数学が好きだと思いますが、皆さんは、何をきっかけに数学を好きになったのでしょうか。

今回、執筆の機会をいただき、自分が数学を好きになったきっかけや、TECUM について改めて考えてみて、「数学を楽しんでいる人が身近にいるだけで価値があるなと感じた」という話を書こうかなと思います。

私が数学を好きになったきっかけは、小学生だったころに観た、映画『ジュラシックパーク』でした。映画の内容をざっくりいうと、「恐竜を現代に蘇らせてテーマパークをつくらうとしたけど、恐竜が暴れだして人々が襲われる」というお話です。

この映画のなかに、イアン・マルコム博士という数学者が登場します。専門はカオス理論で、何かにつけて「カオスだカオスだ」と言い、すぐに場を茶化す、斜に構えた皮肉屋なのですが、映画の序盤からパーク運営の危険性を唱えるなど、理知的な人物です。

マルコム博士が話す数学の内容は、当時は全然理解できませんでしたが、とにかく楽しそうに話すのが印象的で、無邪気さと知的さが両立しているところに魅力を感じました。数学者ってかっこよさそう、数学ができるってかっこよさそう、と漠然と思ったのです。

マルコム博士のおかげで数学へのあこがれや好感をもちながら、中学、高校へと進学していき、深く考えずに大学は数学科に進みました。数学の魅力とは何なのか、数学を学ぶとはどういうことか。こういったことをちゃんと考えた（考えさせられた）のは、大学に入ってしばらく経った後のことです。

結局のところ私は、数学そのものの魅力よりも、数学を楽しむ人間の魅力に触れたのがきっかけで、数学を好きになったのだと思います。「よくわからないけどかっこいい人」が理解していることを、自分も理解してみたかったです。

だから、数学を楽しんでいる先生に数学を教わるというのは、たいへん貴重なことだと思います。極端な話、仮に内容がまったくわからなくても、先生自身が数学を楽しんでいることが伝わり、「よくわからないけど、かっこいいな」と感じるだけで、大きな価値がある。私が通った中学校の数学の先生は「一般的な」先生で、生徒の成績を上

げようとはしてくれましたが、数学を楽しんでいるようには見えなかったので、うらやましいです。

勉強が本分の学生時代でさえひいひい言いながら数学を学んでいた私からすると、日常業務をこなしながら数学をするには大変なエネルギーが必要だと思います。それでも、数学を楽しんでいる姿を生徒たち見せ続けていただけると、世の中が少しずつ良い方向に進むだろうと、楽しみにしています。

私は現在、理工書籍の編集者をしていて、ありがたいことに数学の教科書や専門書にもかかわらせてもらっています。日々の業務に忙殺され、余裕がなくなりそうになることもありますが、数学を楽しむ気持ちは、これからも大切にしないといけない、とこの文章を書きながら改めて思いました。

最後に『ジュラシックパーク』の話に戻りますが、私はずっと、マルコム博士だけが最初からテーマパーク運営の危険性を唱えていて、主人公である生物学者や考古学者たちは、恐竜に襲われるまでずっとはしゃいでいたと思っていました。「(この映画では)数学者が一番冷静で鋭い!」とずっと考えていたのですが、改めて見返してみたら、生物学者たちも、序盤からマルコム博士と同じく否定的な立場をとっていました。どうやら数学者だけを美化していたようです。中高生くらいのときに見返していたら、主人公に憧れて、大学は生物学科を目指していたかもしれません。マルコム博士がこの話を聞いたら、「それもカオスだ」と言うでしょう。

2 緊急提言

このような20世紀に悲惨な体験を通じて学んだはずの近代化を経験した国においては、21世紀において自国の「安全保証」のために隣国の「非軍事化、中立化」を名目として、隣国に《軍事侵略》するという横暴を正当化する根拠など、普通には「論理的にあり得ない」非常識ですが、2022年2月24日にウクライナで歴史的な暴虐と呼ぶべき悲劇が始まってしまいました。現代の日本人は、装備も十分近代化していない旧態依然の戦車など現代の高性能戦闘機や巡航自動誘導ミサイルですぐに無力化できると考えがちですが、武器が強力化したことは、かえってその使用に抑止がかかるという逆説的真相を忘れてはならないでしょう。兵器だけを破壊する兵器は存在せず、まして一般の非戦闘員を巻き込まない兵器もあり得ません。さらに、一瞬の攻撃で相手を壊滅しない限り、それを上回るかも知れない自陣営への報復攻撃を想定しないとならないからです。

そう考えると、核兵力など武器が強力化したことは、かえって、小規模の限定的な戦いの突発的な勃発の可能性を増大させていることにも警戒すべきです。

今回の暴虐の間接的な背景には、ウクライナという国の深刻な歴史的な問題の他に、特有の地政学/軍事地理学的条件と民族問題が存在するというのも忘れてはならないと思います。

1991年12月のソビエト連邦の正式崩壊を待たずに「ウクライナ共和国」として独立する(それまでの名称はソビエト連邦を構成する「ウクライナ・ソビエト社会主義共和国」)ものの、旧ソビエト連邦構成時以来の古い体質、それに伴う汚職と非効率という政治、経済の深刻な構造的問題に加えて、西側的な《自由》への憧れをもつ人々と、旧ソ連の社会主義的な《社会保証》に郷愁をもって、その実現のためにはウクライナからの分離独立を希望する人々との間にある対立を「合理化」してしまう、地理的、民族的、言語的な違いの存在という弾薬庫を抱えて出発したこの国特有の困難がありました。社会の民主主義的運営にもっとも必要な政治的人材の不在の長期化、言い換えると、「改革」を己の「利」に利用しようとする野心的で大衆煽動的な政治家の輩出が続いたという不幸もありました。

この数年、この国の混乱が、西側地域に多いEU派(反対側から見れば、ウクライナの急進的な西欧化を進め、独立後に国内に残された少数民族の生存権を脅やかす国粹主義主義的「ネオナチ」と東側に多い親ロシア派(反対側から見れば、外国勢力に操られ、ウクライナの国土の一体性原則を無視し、武力をもってしてもウクライナからの分離独立を希求するヒステリックな「分離主義者」との血生臭い対立として先鋭化して行くのを、その裏で糸を引く大国の肩入れもあって長引き悪化の道をまっしぐらに転落していることを国際社会が過小評価していたことがあげられるでしょう。

英国からの独立の後、ガンディーの国民的信望をもってさえ避けられなかったヒンズー教徒とイスラム教徒の対立に端を発するインドとパキスタンの分裂とその後の悲劇を思い出します。

かつてのソ連邦を連想させるプーチン率いるロシアの陰湿で高圧的な姿勢が当事者でない多くの人々に大きな反感

を抱かせ、それがウクライナの苦しむ人々への連帯の支援の輪が西側諸国での広がりにつながっていることは、西側世界の論理では当然過ぎるほど当然であるでしょうし、YouTube で公開されている国立キエフバレエ団の公演（有名な「くるみ割り人形」「白鳥の湖」なども！）を一つでも鑑賞すれば、高い芸術を守り育てて来たウクライナ国民の気品ある教養に、その気持がさらに高まりますが、私達は一方で、心の中の片隅に、ロシアが今日ですら依然として全体主義国家的な情報統制の国であることとちょうど同様に、日本のメディアの情報発信が、大本営発表的な一面性を一様に保っていることも注意しましょう。その典型がロシアに対する国際的な制裁決議でロシアが根を上げるという単純素朴な「戦略」に対する国民的な同意です。サハリンの開発からアメリカ資本が早々に撤退を表明しても最大の債権国である日本は一言も発していないことが国民的な話題となっていません。

著名な米 外交専門家 Mearsheimer 教授は、New Yorker 紙とのインタビュー <https://www.newyorker.com/news/q-and-a/why-john-mearsheimer-blames-the-us-for-the-crisis-in-ukraine> で、米国が推進した NATO の東方拡大政策がプーチンを追い詰めた原因であるという趣旨の発言をしています。このような発言が有力なジャーナリズムに掲載され、国民的に共有されてさまざまな議論が盛り上がることにこそ《自由の大切さ》があることを忘れないようにしたいと思います。

プーチン・ロシアのばかげた表向きの論理の背景に隠然と存在する侵略の成功を冷静冷徹に見通すホンネの政治分析がきちんと裏にあること、そしてその分析に基づく事前の小さな軍事的衝突が長年に渡って続けられて来たことも見過ごすべきではないでしょう。

そして、小さな暴力が行われたとき、それが大きな激突へと拡大・発展することを恐れて明確な反対行動を怠り結果として見過ごす政治的沈黙は、暴力を容認し、やがて来る巨大な世界的な悲惨への発展を許すことになることを私達は近代史においてすら幾度も経験してきたはずで

破壊と暴力で傷つき苦しむ人々の苦しみが少しでも癒されるために、そして自由を求めて戦う人々の心がより大きな普遍性で高揚するために、そして、領土の一体化という政治の論理のために自分達の文化や伝統を失う恐怖から憎しみで生きている人々に、異文化と連帯する繁栄と平和の暮らしが少しでも回復できるように、私達一人一人ができることを緊急にやりましょう。

私自身は、どこに送金したら、きちんと使ってもらえるか、UNHCR とか Médecine sans frontiers とかウクライナ大使館かと迷っていたのですが、簡単な日本赤十字社にしてみました。しかし、とりあえず私が昨年从去年から使い始めた携帯電話の Rakuten SIM のアプリ「マイ楽天モバイル」で楽天がウクライナへの支援の窓口をやっていること、そして日本からかなりの金額がすでに集まっていることを知りました。官僚臭のする組織よりも、こういう民間営利組織の方が機動性と透明性があってより良かったかと考えています。皆様の御参考になれば幸いです。

3 学校現場の数学

4 連載論考: 数学と物理の間

スネルの法則とフェルマーの原理

平尾 淳一

光線の屈折現象は直進性や反射の法則とともに古くから知られていたようである。

現在良く知られている屈折の法則はスネルと法則とよばれている。

正しい屈折の法則はオランダの数学者スネル (Snel van Royen, 1580-1626) によって与えられた (1621) . スネルの法則である . 図 1 において , 比 BC/BD は入射角 θ_i によらない . デカルトはこれを , 屈折角 θ_r を用いて

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = n \dots\dots\dots ①$$

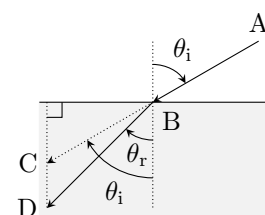


図 1 スネルの法則

のように正弦の比を用いて表した．右辺 n は境界面で接する 2 つの媒質の特性で決まる定数であるが，その物理的な意味は次のフェルマーの原理で明らかになる．

スネルの法則は光線の入射角と屈折角という局所的な量で記述されているが，フェルマーの原理は光線全体にわたる時間を取り上げる．

フェルマーの原理 このように反射・屈折の法則や直進性は現象から経験的に得られたものであるが，フランスの数学者フェルマー (Pierre de Fermat, 1601 - 1665) はこれを，光が最小時間をもって伝わるとする原理 (フェルマーの原理) から導いた．これは後に変分原理という形式に一般化され，量子力学などの理論の構築に重要な役割を果たした．

ここではフェルマーの原理がスネルの法則を導くことを確認しておこう．図 2 のように 2 媒質の境界面 EF に対して点 A から O に入射する光が屈折によって点 B に向かっているものとする．ただし $OA = OB$ とする．フェルマーの原理ではこれを次のように表現する：

点 A から点 B に達する光の道筋は，両端点を結ぶ任意の曲線の中で最小の時間をするものである．

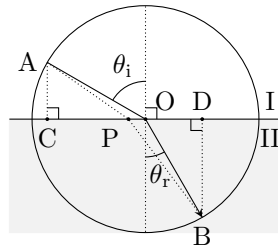


図 2 フェルマーの原理

いま $A \rightarrow O \rightarrow B$ が実際の光の経路であるから，フェルマーの定理はこれが最小時間を実現する経路であることを主張している．これを確かめるために点 O の代わりに境界面上での近傍点 P を通る経路との差を考えよう．入射角を θ_i ，屈折角を θ_r とし， $OA = OB = r$ ， $OP = x$ とおく． $\angle AOP = 90^\circ - \theta_i$ ， $\angle BOP = 90^\circ + \theta_r$ に注意して $\triangle OAP$ ， $\triangle OBP$ に余弦定理を適用すると

$$AP^2 = r^2 + x^2 - 2rx \sin \theta_i, \quad BP^2 = r^2 + x^2 + 2rx \sin \theta_r$$

である．ここで $|x/r| \ll 1$ とすると

$$AP \simeq r \left(1 - \frac{x}{r} \sin \theta_i \right), \quad BP \simeq r \left(1 + \frac{x}{r} \sin \theta_r \right)$$

であるから，境界面上の媒質 (I) での光速を c_1 ，下側 (II) で $c_2 = c_1/n$ とすると，経路 $A \rightarrow O \rightarrow B$ に対して経路 $A \rightarrow P \rightarrow B$ にかかる時間の増加分 $\delta(x)$ は

$$\delta(x) = \frac{AP}{c_1} + \frac{BP}{c_2} - \left(\frac{r}{c_1} + \frac{r}{c_2} \right) = \frac{x}{c_1} (n \sin \theta_r - \sin \theta_i)$$

である．フェルマーの原理によれば経路 $A \rightarrow O \rightarrow B$ に要する時間が最小であるから， $\delta(x) = 0$ すなわち

$$\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} = n$$

となってスネルの法則 (1) に一致する．つまりスネルの法則という経験法則がフェルマーの原理から導かれたことになる．同時にスネルの法則 (1) に現れた定数 n が各媒質中での光速の比 c_1/c_2 を意味することが明らかになった．屈折率は，その定義に由来する本来の意味を越えて，各媒質中での光速の比 c_1/c_2 と関係づけられたのである．

最後に，屈折率が幾何学的な長さの比 CO/OD で表されることにも注意しておこう．つまり $CO = nOD$ である．ガラスや水のような透明物質の空気あるいは真空に対する屈折率 n は 1 より大きく，その結果 $CO > OD$ となる．

デカルトの屈折光学 デカルト (René Descartes, 1596-1650) は 1637 年に出版された『屈折光学』の中で、光を微細で流動的な物体の運動の傾向 (作用) ととらえる一方で、ボールの進路によって光の反射や屈折を論じている。彼はフェルマーと違って、ガラスや水の中での光速は空気 (真空) 中でのそれより大きいとしてスネルの法則を説明した。

図 2 において、媒質 I, II 中での光速に関してフェルマーの場合と反対に $c_2 = nc_1$ としよう。このとき、光が $A \rightarrow O, O \rightarrow B$ を伝わる時間はそれぞれ $AO/c_1, OB/c_2 = AO/(nc_1)$ となる。さらにデカルトは、媒質境界を通過するときの速度変化がもっぱらその法線方向のみに生じ、境界面に沿った方向の速度は変わらないものと考えた。したがって

$$\frac{CO}{OD} = \frac{AO/c_1}{OB/c_2} = n$$

となる。媒質中での光速に関して正反対の仮説からスネルの法則が導かれたことになる。

同一の現象を説明する根拠となるために正反対の仮説が提示されているところは興味深い。実際 19 世紀中頃には水中での光速を空気中での光速と比較するフィゾー (Armand Hippolyte Louis Fizeau, 1819-1896) の実験が行われ、この論争に決着がつけられることとなった。

%

5 連載: 『もはや数学には無関心!』という会員のためのページ

身近な「環境問題」を大胆かつ冷静に見つめる数学的な眼差し

5.1 先号からの流れ

先月号では、天才数学者を主題とする映画の例を引いて、商業映画に表現される、《数学を含め、数理科学の先端的な研究者を一般世間の眼差し》の中に、一般国民の間の、数学、数理科学についての理解の普及具合、いわゆる科学的な民度が反映しているのではないかとという指摘をさせて頂きました。この話は少し具体的にもうじき出版される(本日の時点ではもう発行されています)『数学セミナー』(日本評論社)の4月号に書きましたので興味のある方はお読みください。また、Amazon Prime 映画に関しては、これから暫くは、『マルクス・エンゲルス』(原題は *Le Jeune Karl Marx*) が無料で視聴できることをお知らせします。その冒頭に以下の文がテロップとして表示されるのですが、残念ながらその字幕にはイタリック体の部分に飛躍/脱落/違訳があります。

En ce début d'année 1843, l'Europe, dominée par les monarchies absolues, entre *crises Institutionnelles*, famines et crises économiques, se trouve à *l'aube* de changements *profonds*.

En Angleterre, la révolution industrielle bouleverse l'ordre du monde et *crée* la nouvelle classe des *proretalétaires*

Partout des organisations d'ouvriers se créent, fondées *sur la notion "communiste" d'une société* où tous les hommes sont frères.

Deux jeunes Allemands vont bousculer les conceptions utopiques de ces organisations transformer leur combat... *et l'avenir du monde*.

実は字幕が読めない私は、携帯電話の camera で撮って文字認識させたのでした。

これは、近代のイギリスに始まる「産業革命」の重大な意味に注目した二人の著名なドイツ人の映画です。

前号の TECUM Letter で上の問題に触れたように、実は、「産業革命」に続く二つの大革命があること、そしてこの最後の大革命が現代でも進行中であることの意味が正しく理解されていないのではないかと書きました。「二人のドイツ人」とこの問題に関しては、また別に稿を起すことにしてここでは現在も進行中の第3の産業革命について書きましょう。

5.2 第3の産業革命の第2相— 電子革命

その大革命の序章は、電子技術の社会革命的大事件というべき System 360 という名前が象徴する、汎用の大型コンピュータの開発でした。これによって今日に至る企業業務の無人化の第一波が来ました。

しかし事務の無人化が本格化するのには、興味深いことに、大規模戦争下での軍事情報の通信の確保への関心をもつ米国国防省の支援を得て開発された TCP/IP という規約に基づく、しかし技術的に極めて open な Internet 技術の普及を通じてでした。

企業内の業務の機械化も、単なる事務の無人化を遥かに超えて販売、営業活動を含む業務全体の見直し(いまや、システムの意味を知らない人もシステム化という時代です!)に入っています。

Internet 時代の特徴は、情報発信という昔前は特定の人々のみ許された特権をすべての人に解放したことにあります。これにより誰もが気楽に「情報発信」し、Internet 上には、そのように発信された膨大な「情報」が「蓄積」されて来ています。このような情報の革命は、正しく文化的な大革命であり、それゆえに、それは巨大な功罪を伴っていることを冷静に見る眼差しが必須であると思います。現に GAFA (Google, Amazon, Facebook, Apple) に代表されるように、Internet を通じて、人々(=消費者、購買者)の情報を収集し、暴力的なまでのあらゆる手段

を使った広告宣伝の仲介役をする「ビジネス」がこれほど成長していることに、私自身はナチス宣伝相のゲッペルスの活躍を連想してしまいます。

自由主義経済は、いまや、資本がその増殖を果てしなく目指すための生産と販売を中心とする20世紀初頭以前の需給関係の自由競争を原理とする資本主義市場経済から、手の込んだ広告宣伝という情報発信で、本来はありもしない需要を「創出」する（つまりは要らないものを売りつける）《垢抜けた押し売り経済》に、さらに分かりやすく言い換えれば、「だましたものがだまされたものに勝つという」j 広告主導経済へと転落しているように見えます。

洗脳・煽動が大衆迎合主義と並んでもっとも警戒されて来た政治の舞台ですら、Internet の時代には、民主主義はむしろ先進国で危機的な状況に直面しているように見えます。ゲッペルスがいまの状況を見たら歓喜して自分の先見性を自慢するに違いないでしょう。これが、残念ながら、電気電子革命の今日的な状況であると私は思います。

第三の《電気電子革命》は、《電気》という「見えない」エネルギーを必須とします。

エネルギーという点では、石炭、石油の燃焼も原発も同じですが、現代ではほとんどを電気エネルギーとして利用しているので、現代ではエネルギーといえば電気エネルギーのことと思っても良いほど、電気・電子革命は進行しています。それゆえその電気をいかに得るかが最大の政治問題にもなります。

発電には、石炭、天然ガス、核分裂によるものの他、最近、自然エネルギーが良く話題となりますが、自然エネルギーは、風力や太陽光発電に限りません。規模が限られるものの地熱発電や波高発電も可能です。そもそももっとも古くからあり、有力であったのは水力発電であり、これこそ自然エネルギーの典型でした。しかも人工的な水蒸気を介さずにより効率的に発電できるのが特徴的です。

しかし、ナイアガラ瀑布のような自然の落下エネルギーを得ることが困難な地域では、川をせき止めて人工的なダムを作らざるを得ず、これがもつさまざまな負の側面が今日では常識になっています。安全な巨大発電を考えるときには、桁違いのエネルギーが得られる、しかも、危険な廃棄物の出ない核融合 nuclear fusion が、通常的环境下で実現できるならば、というのが人類共通の夢なのですが、見果てぬ夢のように、なかなか実現しうにありません。

なお念の為に断りますが、いわゆる水爆は原爆と違って核融合による巨大なエネルギーの放出を実現する核兵器ですが、核融合のために必要な高熱と高圧力を先立つ核分裂反応で作りに出しています。その意味で、水爆のエネルギーは古典的な原爆をその一部に含んでしまっているのです、純粋な核融合反応結果とはいえないのです。

ところで、いまや電気エネルギーの最大の利用目的はコンピュータでしょう。家庭用のパソコンは性能がさまざまですが、少し昔のモデルだとざっと1台100ワット程度ですから、古いdesktop型を24時間連続運転させると、1台だけで1日2.4 kWh、一カ月で72 kWh になります。従量制の料金は1kWhあたり約30円ですから一台のパソコンの使う電力だけで毎月2,000円以上になります。私のように数台の古いPCを連続運転している場合は、冷蔵庫、エアコンと並び、あるいはときにそれを上回る消費電力量です。（最近の小型のノート型PCでは、OSも含め、処理性能を犠牲にしても節電を意識して設計されているため、電力消費はずっと少なくなっているという話です。）

家庭用ですら、こんなわけですから、超大型の「スーパーコンピュータ」となると消費電力も桁違いになって来ます。日本人の間に「スーパーコンピュータ」という名前を普及させた「京」は、高速CPUを約9万個も備えているため、消費電力も11,000 kW という巨大さ（かかる電力料金は、高熱を発生するCPUの冷却のためのエアコン稼働費用も入れてかどうか知りませんが、1日で600万円、一カ月で1億8千万円という話が報道されていました）でした。「京」の100倍速いという「富嶽」は、高速である割には消費電力が比例して大きくはならない工夫がいろいろと盛り込まれているそうですが、莫大な電力を食うことは疑いありません。

しかし、このような膨大な数の数理的な科学計算を並行的に（並列的に、という表現が業界標準用語です）数値的なシミュレーションとして遂行する超高速性が必須のスーパーコンピュータ以上に、投資、為替を筆頭とする、瞬時の事務処理が求められるあらゆる商品の即時売買契約から、データ管理の安全性、確実性、更新記録が求められる在庫管理、流通管理、顧客管理、人事給与管理など、少し規模の大きな企業では、一般業務管理にも管理経費の節減（合理化）のために大型の高速コンピュータはいまや必須です。

Internet上のサーバ・ビジネスの世界で使われている各種サーバも、また、私が皆様によくご案内するAmazon Prime Videoなど、動画配信でも、サービスを担っているのは高速のコンピュータです。最近では、gameの世界もonline化したものが一般的になっているそうですが、このような業界では、単なる計算だけではなくgraphics関係

に特化した処理性能も必要となるでしょう。

このように考えると、お天気に左右される太陽光発電でちまちました電力を作って、膨大な数のコンピュータを動かすよりも、ISS（国際宇宙ステーション）程度の低軌道（地上からわずか 100 km 程度）で良いから、数千～数万台以上のスーパーコンピュータを打ち上げて、そこで太陽光を利用して計算サーバを構築してはどうか、という妙案を、「はやぶさ」（画期的な初号機！）の開発者であった栗木恭一先生（東京大学名誉教授）から頂いて思わずうなづいてしまいました。地球の影に入ったときは休ませるとしても、太陽光を 100% 浴びる時間に稼働させることで、太陽光発電の不安定さを解消すると同時に、貴重な地上で発電した電力をコンピュータの稼働から解放できるというものです。

地上での簡単な情報処理と宇宙との情報の伝送にかかる電力など地上でも最小限の電力が不可欠でしょうが、発電するために、エネルギーを排出し（石炭火力発電では熱効率は良いところ 50% 程度ではないでしょうか。）、その貴重な電気エネルギーをまた PC で全部、熱として排出している現状（このことに気付いている人は余り多くないようです。実際、電気自動車も走るとその消費した電気の分だけ熱を地上に残すのです。地表上の熱の大部分は宇宙に放熱されるので温暖化効果ガスだけが）と比較して遥かに効率的でしょう。何よりも宇宙では、CPU の冷却 / 放熱問題の解決の可能性が遥かに広く開かれるように思います。

もちろん、太陽に近い大気圏外の高いエネルギーの放射線の飛び交う宇宙空間で、高性能な CPU を安全に動かすために必要な工夫やすでに回収不可能なレベルに接近している宇宙デブリの問題解決など、いまはまだ夢物語ですが、smart phone ですら、わずか半世紀前は夢ですらなかったことを思い出せば、永遠に実現不可能な夢もあるでしょうが、常温核融合と違って、夢の中は意外に簡単に実現可能なものもあり得るのではないのでしょうか。

宇宙に巨大な太陽光発電装置を設置して地上に送電するという面白い案もすでに検討されているようですが、数学的には、少なくともアイデアとしてそれよりは《素敵》であると思います。

6 連載論考: 簡単そうで意外に深い初等数学という不思議な世界 (11)

前回冒頭に、学校数学の難しいところは、

正誤や論理をうたいながら、数学として論理的にかなり不完全である

という点に凝縮していると述べ、

「学校数学を擁護して言えば、子どもには理解が困難な話題を避けて重要な大筋を伝えることに敢えて専念（方法論的無知）しているということであり、学校現場の実態を考慮して言えば、学校数学の指導者が自分が習った範囲を再現することに精いっぱい、その不完全性に思いが至らない（現実的無知）ということでしょう。」

と添えて、小中学校の数学教育の担当者の抱える困難に「寄り添う」ため具体的な掩護射撃として、それぞれの困難を具体化・明示化する試みをしました。

一言でまとめれば、初等教育、初期中等教育（中学）の数学では、それぞれの論理的な欠陥がどこにあるかも気付かないほど、日常生活に密着しているので、それが学習者にも教員側にも《救い》になっている可能性もあったのですが、今回から取り上げる後期高等教育（高校）の数学の問題は、日常生活からほんの少し乖離した数理世界を、日常生活言語の延長で論ずるといふ、生活世界と理論世界の乖離の始まりというより、より単純に割り切れれば、学理的にみればほとんど自明な方法論的な混乱、矛盾の存在が、日本では、見えなくなっていることにあります。

ほんの一例ですが、例えば、高校数学で最初に学ぶ数直線、実数、絶対値の概念ですが、具体的な整数、有理数に対してそれらの符号やら演算やらを考えていた中学と違い、任意の実数 x, y に対して、 $x + y$ やら、 $x - y$ やらが定義され、数直線上、原点 $O(0)$ から点 $P(x)$ までの距離として $|x|$ が定義され、これから数直線上、2点 $P(x), Q(y)$ の距離が $dist(P, Q) = |x - y|$ であるという定理が、基本事項として提示され、その納得が、具体的な練習問題付きで要求されます。しかし、なにを、証明で使って良い前提として良いかは述べられません。大学で少しでも数学を学んでいけば、1次元ユークリッド空間の公理ともいふべき基本命題ですから、厳密な意味での演繹的な証明が困難であ

ることは自明なので、直線という世界に対する昔からの情や馴染みに訴えて、その困難を誤魔化するのが一般的でしょう。しかし「少しでも数学を学んでいれば」という条件が満たされない教員には、これは証明などすら必要でない自明な事実に過ぎないと映ってしまうのです。つまり、中学から高校に向かって大きな跳躍があるのですが、そのことに大学以上の数学を経験していない人は、気付きません。したがって、「このような基礎的な部分は教える意味がないので、さっと済ませて先に進む」という「おそろしい数学教育」が日本中の多くの高校で行われています。

担当教員が理論的な問題の所在にさえ気付かないという日本の高校数学教育の深刻な問題の起源を少し辿ると、次のようになるでしょう。

それは、戦後の「経済復興」＝「一億総中流意識化」がもたらした

♡ 高等教育の普及（＝実際には大学教育の大衆化）

♡ 高等教育サービスの充実（＝実際には大学の定員増、新設大学の増設）

の動きと連係して、

◇ 流通業（コンビニ、宅配、EC、量販店）をはじめ New Business の急速な成長と進展・躍進を支える有能な基盤的人材^{*1}の拡底現象

が生じ、その自明な経済的な帰結として、

♣ 後期高等教育を視野においた教員養成課程の衰退・消滅（理工学系ポストの増設の結果として必然的に人事的な貧困化を迫られる後期高等教育教員養成系大学、理工系数学科との《差別》に喘ぎつつ《違い》を出せない教員養成系大学現場、挙げ句の果ては《差別》から逃れるために教員養成を放棄する「ゼロ免教育学部」の登場、そして教育嫌悪を謡うのが「人間創造学部」のような空想的言葉まで登場する始末！）

♣ 後期高等教育での指導的な教員人材の不足（GHQ 追随＋日教組対策に過ぎない扁平な民主化路線を克服できず、結果として、反組合の先頭に立つ管理者側のゴマすり以外のエリート教員養成を怠った文教行政 *i.e.* 数学的学識よりも「反共の闘士」を好む文教行政の末端）、高教組の待遇改善主義的労働団体化

を招き、この結果、後期高等教育の現場では、

《数学教員の数学離れ》

という全世界的にみても類例を見ないわが国特有の光景が全国的に見られています。これは都立高校の平準化（「学校群制度」という愚劣な東京都教育長の行政的決断（公立学校間の格差の否定は、教員の高校教員の実力そのものの否定に継ぐ）を進めてしまった東京都から次第に波及速度を高速化して全国化し遂にいまではほぼ全国化してしまったものといって良いでしょう。なお、公立高の平準化も全国化し、いまでのその反動的な動きも次第に全国化していますが、もっとも基盤となる考え方を入れ換えない限りは小手先の改革は混迷を深めるだけではないかと私自身は悲観的です。

実際、高校教育の現場は、一言でまとめると

♠ 検定教科書の記述の大衆迎合化（正しいことを書くより、良く売れることが大切）

♠ 教員の数学の基盤的教養の低下（教科書の嘘を見抜く数学的学識の不在）

♠ 教員への深い社会的敬意の壊滅、安直な説明責任への逃亡を迫られる教員が行きつく先の無責任

という複雑に絡み合う因果な世界です。

この複合汚染のように絡み合う世界を読みとき、個々の具体的な問題を明確に理解することが内容豊かな本当の高校数学を実現するために必須な作業であると私は考えておりますが、そもそも学校現場にそういう問題意識すら存在しない歩と、高校教育は追い詰められているように思います。

^{*1} といっても、正しい日本語で論理的に 高校数学的に考えることができるという程度の能力をもった社会人

学習を含め前進的意欲を中学校までの数学教育ですっかり剥奪され消耗しきった知的に老衰した高校生ばかりを相手にしているので、自分の数学の貧困に気付かない「幸せな人生」を送っている教員が多いからでしょう。この意味では、数学を含む小学校、中学校の教育全体からの改革が不可欠ですが、このように問題の所在を拡大して見る、問題の大域化自身は大切ですが、それだけであると、結局解決に向けての努力の意志が萎えてしまう自分で解決できる問題を見失い無責任を正当化することに継り兼ねないことにも注意したいと思います。