

グラフ電卓を用いた情報・数学・科学の統合的教育への提案

江見圭司, 南野公彦
京都情報大学院大学&京都コンピュータ学院

Proposal for Integrated Education to Combine Informatics, Math, and Natural Science by Using Graphing Calculators.

Keiji EMI, Kimihiko Nouno

The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics & Kyoto Computer Gakuin

要約: データ収集装置(A/Dコンバータ)といくつかのセンサー(温度, PH, 明るさ, 距離, 圧力などを測定する)とともにグラフ電卓を学生や生徒に使用させることを提案したい。そのことによって, 情報・数学・科学を統合的に教育することが可能になるからである。

Summary: We have proposed that we should let students or pupils use a graphing calculator with a data-collecting instrument (an A/D converter) and some sensors to measure temperature, PH, light intensity, distance, pressure and so on. This proposal can bring about integrated education to combine informatics, math, and natural science.

1. はじめに

1. 1. 数学が得意とは何か?

そもそも「数学が得意である」とはどのような状態なのだろうか? 一般論的にいえば, 「試験問題に出る数学の問題を解くことができる」という風に考えられている。しかし, PISA2003(数学的リテラシー)及びTIMSS2003(算数・数学)の試験結果[1]は, 日本人の中学生や小学生の数学や算数の実力が世界一位ではなく, 順位が落ちていることが報道された。文献[1]によると, 日本人は単純な数学問題は得意で, 世界第一位の正答率であるが, 数的な類推を伴う問題になると, かなり正解率が下がる。単純な数学問題をとけることが「数学ができる」という考え方に関して図解しているのが畑村洋太郎の文献[2]である。

図1は畑村洋太郎の主張を筆者なりに書き直したものである。畑村によると, 図1

中の**b**の過程をうまく処理できる人を「数学ができる」と日本では一般的に考えられている。そこで**a**の過程は数式化する能力である。**c**の過程は数式を解いた結果をもとの現実世界にもどす作業である。

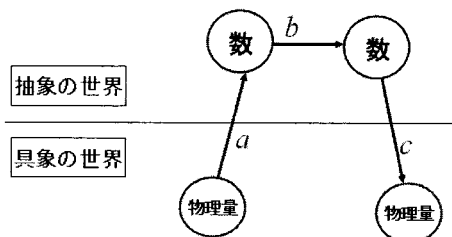


図1. 具象の世界と抽象の世界をつなぐ[2]

cの過程がおぼつかない人の例を示してみよう。「1度に8箱運べるトラックがありまし

た。42 箱の荷物をトラックが運ぶために何台必要か？」という問題に対して、 $42 \div 8 = 5.25$ であるので、6 台が正解である。ところが、5.25 台が正しいと主張する生徒がいるという話を聞いた。この生徒は c の過程ができないのである。

1. 2. Web-based Trainingを越えて

最近の教育コンテンツは、web-based trainingを中心としたeラーニング指向によりすぎて、パソコンの中でのシミュレーションなどによるCGや画像が多い。これでは現実の世界のなかの数学や物理学は体験できないという欠点がある。つまり図1のaやcの過程を追体験することができないのである。高校教員の話によると、最近の高校生は修学旅行で飛行機に乗って窓から下界を見下ろすと「わあー地図みたい」と言うそうである。地図が現実を模写しているはずなのに、今の高校生には地図の方を現実と感じていると推定される。したがって、パソコンの中の落体のシミュレーションやコーヒーの冷めるシミュレーションを見せることはむしろ教育には悪影響であり、現実の落体やコーヒーの冷める様子をみせることの方が重要であると筆者や筆者を支援する高校教員の方は考える。

1. 3. 理数の授業時間数が減っている

小学校や中学校で理数系科目の扱う項目は大幅に減っている。高校での選択科目や選択単元の増加で、学生が受講した教育内容は多様化しながら、高校での授業時間の削減で教育内容は少なくなっている。一方、大学、大学院、専門学校などの高等教育機関では社会人入学する学生の増加で学生間での前提知識のレベルは年齢・習熟度・選択などの違いによって著しく異なってくる。1973年度改訂実施の高校学習指導要領は数学・理科の現代化で内容が多すぎたため、1982年度以来、学習内容は削減され一方である。いわゆる「ゆとり教育」である。

高校の学習指導要領で削減された学習事項は大学のテキストでは基本的に扱われないため、これらを補う必要がある。つまり、現在では高等教育機関(大学、大学院、専門学校)で、かつて高校で学習していた内容を教育するためのしくみが必要となっているのである。

筆者(江見)は世代別に高校卒業時での既習事項と未習事項をまとめた一覧を作成済みで、あらゆる世代が未習部分のみを効率的に学習できるようなシステムをつくるための準備は整っている([3])。

1. 4. 体験する授業時間数も減っている

理数の授業時間数が減っていること以外には、手を動かす経験も減っている。1980年から実施の学習指導要領[4]で、小学校1年での図画工作や音楽の時間が週3から週2へ減っており、小さな子供が体験することが減っているのである。もちろん、理科の時間数も減っているので、実験を体験することは大幅に減っているようである。このことの影響は明らかではないものの、実体験が不足して、図1におけるaやcの過程を追体験できない人々は多いと推定される。

2. 体験型の新しい理数教育

2. 1. 海外で教育実践のあるグラフ電卓

グラフ電卓そのものは海外ではよく利用されている。アメリカのNew York州の大学入試共通テスト対策テキスト[5]や、ドイツのアビツール用教材[6]などにもグラフ電卓をつかう事例がある。日本でもT3 Japan(一松信が代表)[7]に見られるように、それなりの実績がある。

グラフ電卓とセンサーを利用した教育実践はすでに欧米では広く行われている。

2. 2. グラフ電卓とA/Dコンバータ

本提案では、グラフ電卓と距離センサー、音センサー、圧力センサー、温度センサー

などの各センサーを用いた教育実践の映像を配信または記録することで、現実世界の数理的現象を感じさせることが特徴的である。図2に本提案の装置の写真を掲載する。

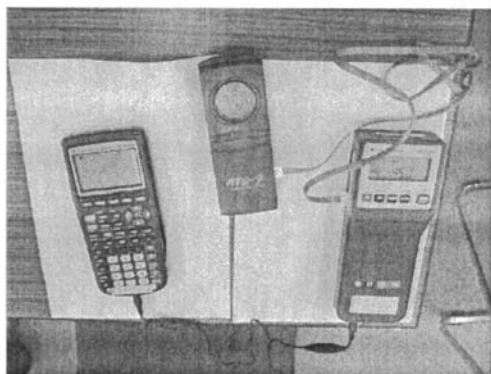


図2. 左からグラフ電卓、距離センサー、A/Dコンバータ。距離センサーの代わりに他のセンサーを使用すると、いろいろな測定ができる。

また、高校生・大学生の双方の実習過程をビデオ撮りすることにより、学習過程を詳細に記録して、どのように数学・科学・情報を統合的に認知するのかを調べることにより、問題発見解決能力を養う授業はどうあるべきかを解明することが可能になる。

2. 3. 具体的な授業例

最もメジャーな授業例は、超音波を用いた距離センサとグラフ電卓の組み合わせである(図3)。横軸は時刻になるが、プロットする時間刻みは自分で決める必要がある。ここで標本化の概念も習得できるのである。

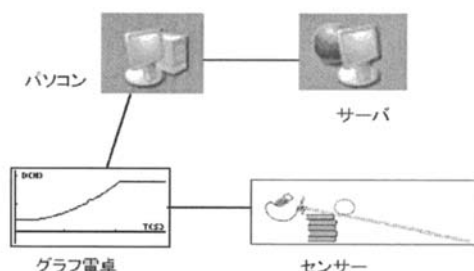


図3. ユビキタス教育システム

他の実験例は、「温度センサーを用いてコーヒーの冷却曲線をつくる」、「光センサーで光度と距離の関係をしらべる」、「音センサーを用いて声の波動を見る」などである。これらはサイトに教材があるので、比較的簡単に授業に取り入れることが可能である[8]。

これらとサーバを組み合わせる可能性もあるが、ここでは詳細は省く。

3. 可能性

3. 1. 数学教育・科学教育・情報教育の統合

数理的な現象をコンピュータ上のシミュレーションではなく、グラフ電卓と実測値によってとらえる。これまでの理数教育は数学・科学・情報はそれぞれの立場でバラバラに教育されていた。以下にその特徴をまとめる(図4)。

- ・数学教育→手計算による数式の解法
- ・情報教育→コンピュータを用いた数式の解法、データの量子化、標本化
- ・科学教育→数式と科学現象との対応

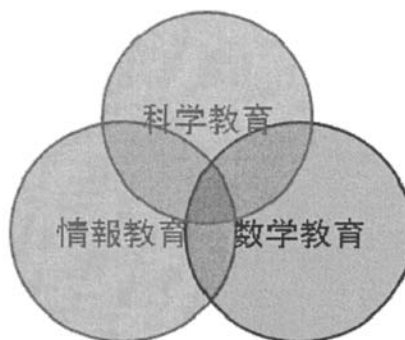


図4. 数学・科学・情報。円のすべての共通部分が教育効果としてめざすところ

知識社会においては数学・科学・情報は三位一体で活用される。この3種類を同時に教育可能になることにより、どのような問題発見解決能力が身に付くのかは興味深い。また、いわゆる学力テストの成績も単

純に伸びることを期待している。領域を越えた新しい教育手法に関する研究である。

グラフ電卓&センサーシステムの手軽さ（ユビキタス）とネットワークでの情報の共有化と双方のシステムの良さを併せ持つことが今後の可能性を広げると考えている。

しかるにウェブ上の教材や教育システムとの連動は皆無である。グラフ電卓&センサーシステムの手軽さ（ユビキタス）とネットワークでの情報の共有化と双方のシステムの良さを併せ持つことが本提案の特徴的なところと考えられる。

3.2 高大連携と学習プロセス解明の可能性

大学などの高等教育機関から数学や物理学での専門知識の例を配信することにより、高校生には学習意欲が大いに高まることがあげられる（図5参照）。映像で学習過程を記録することにより、問題発見過程や学習プロセスを解明することができる可能性がある。

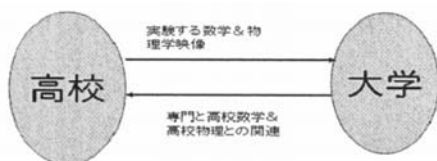


図5. 高大連携の概念図(大学には短大・専修学校を含む)

一方、高校では「なぜ数学や物理学を学ぶ必要があるのか？」という高校生の質問に対して勉強するための動機を与えねばならない。そこで、高等教育機関で学ぶ専門知識のために、数学や物理学がどのように潜んでいるのかを高等教育機関から高校へ伝える必要がある。逆に高校から現場での実践の知識や実践映像などを高等教育機関へ伝えることで、高校で数学や物理学が十分に学べなかった学生に学ぶためのチャン

スを増やすことで高校生・大学生（本提案では短大・専門学校を含む）の双方（がどのように理数的な能力を総合的につけていくのかを調べることが重要になるだろう。

4. 謝辞

この授業提案に至るまでに、いろいろとご教示いただいた金沢高専の佐伯昭彦先生、氏家亮子先生に感謝いたします。パイロット授業に関しては京都コンピュータ学院の下倉雅行先生（現在は大阪経済大）に感謝いたします。

参考文献

- [1] 文部科学省（編集）,「小学校算数・中学校数学・高等学校数学 指導資料—PISA2003(数学的リテラシー)及びTIMSS2003(算数・数学)結果の分析と指導改善の方向」, pp1-221,（東洋館出版社, 2006）
- [2] 畑村洋太郎,「数に強くなる」, pp.24-25（岩波書店, 2007）
- [3] (a) 江見圭司・江見善一,「ベクトル・行列がビジュアルにわかる線形代数と幾何 多次元量の図形的解釈」(共立出版, 2004) pp. 1-262 ; (b) 江見圭司・矢島彰・江見善一,「数列・関数・微分積分がビジュアルにわかる基礎数学のⅠⅡⅢ(ワン・ツー・スリー)」(共立出版, 2005) pp. 1-270 ; (c) 江見圭司・矢島彰・石川高行・中西祥彦・江見善一,「集合・確率統計・幾何がビジュアルにわかる基礎数学のA B C(エイ・ビー・シー)」(共立出版, 2006) pp. 1-250 ; (d) 江見圭司,「関数・微分方程式がビジュアルにわかる微分積分の展開」(共立出版, 2007) pp. 1-300
- [4] 過去の学習指導要領
<http://www.nicer.go.jp/guideline/old/>
- [5] " Let's Review: Math A/B", (Barron's Review Course, 2003)
- [6] " Formelsammlung bis zum Abitur"
- [7] <http://www.t3japan.gr.jp/>
- [8] 発売元のサイトを参照
<http://www.naoco.com/calc/cbl-workbook.htm>