

教育用ソフトウェアのデザインのための2つの概念：  
Personal View と文化的透明性

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2012-10-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 村山, 功 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00006807">https://doi.org/10.14945/00006807</a>

## 教育用ソフトウェアのデザインのための2つの概念

—Personal View と文化的透明性—

## Two Concepts to Design Softwares for Educational Practice

村 山 功

Isao MURAYAMA

(平成4年1月10日受理)

コンピュータが学校へ本格的に導入されるに伴い、教育用ソフトウェアと称されるものも、平成2年度末で944本、製作会社144社にまで増加している。<sup>1)</sup> 中には多くの作成用ツールも含まれており、教師自身が作成・使用しているソフトウェアの数も膨大なものになると思われる。このような状況にもかかわらず、教育活動をデザインするという観点からソフトウェアを作成すること、またそのための指針といったものは、まだほとんど論じられていない。本論文では、このような議論において有効だと思われる2つの概念を取り上げ、具体的なソフトウェアに適用してその意義を検討する。

## 1. System View と Personal View

ソフトウェアは道具であり、教室におけるコンピュータ利用は道具の使用である。この道具使用の問題について考察するための枠組みとして、Norman (1990) の提唱したSystem View と Personal View という概念がある。System View の観点から見れば道具とは人間の能力を変えるものであり、Personal View の観点からは道具とは課題を変えるものである。これを「食品成分分析ソフトウェア」を例として考察しよう。

## 1-1. 食品成分表

日本食品標準成分表は、「国民が日常摂取する食品の成分に関する基礎データを関係各方面に幅広く提供することを目的としたもの」<sup>2)</sup> であり、18食品群、1621食品（加工方法を含む）の標準的な成分値を収載している。成分値としては、各食品の可食部100gあたりの、エネルギー、水分、たんぱく質、脂質、炭水化物（糖質、繊維）、灰分、無機質（カルシウム、リン、鉄、ナトリウム、カリウム）、ビタミン（A、B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、ナイアシン、C）が表記されている。

また、この食品成分表と関連するものとして、個人を対象とした栄養所要量がある。これは、「個人がそれぞれの体格や生活条件のもとに健康増進を図るうえで1日に摂取することの望ましいエネルギー量およびタンパク質等の栄養素量を示す」<sup>3)</sup> ものであり、生活活動強度、性別、年齢階層、身長に基づいて決定される。この場合、「たとえばエネルギーについては各個人の体格や生活条件の実態に見合ったエネルギー消費量を示すというのではなく、やせすぎている

者や肥満している者については身長に見合った適性体重に近づけるためのエネルギー量を示し<sup>6)</sup>ている。

### 課題

食品成分表および栄養所要量を利用して行なわれる、食生活の改善に関わる課題として、本論文では以下の2つを考察する。どちらの課題も、推測値による概算のレベルの課題を想定しており、機器を用いた測定値に基づく厳密な解を求めるようなものではない。

- ・「献立→成分」課題：これは、与えられた献立に対して、その成分を求め、栄養所要量と比較する課題である。
- ・「成分→献立」課題：これは、栄養所要量を所与として、それ満たすような献立を作成する課題である。

### 食品成分分析ソフトウェア

これらの課題の解決を支援する道具として、食品成分分析ソフトウェアを取り上げる。この種のソフトはいくつも存在するが、基本的にはその内部に食品成分表をデータとして持ち、食品とその量を入力していくことにより、各栄養素量の合計値を計算し、それを表やグラフで表示する機能を持っている。今回考察の対象としたものは、「栄養価の計算」<sup>6)</sup>である。これを取り挙げたのは、特別な理由によるものではなく、単に使用可能だったからである。さらに付け加えれば、標準的であるがゆえに考察の内容に極端なバイアスがかからないという理由によるものであり、特に他意はない。

上記の2つの課題において食品成分分析ソフトウェアを使う場合を例にして、NormanのSystem ViewとPersonal Viewを適用してみよう。

#### 1-2. 「献立→成分」課題

献立からその栄養素量を求めるためには、①その献立に含まれている食品を同定する、②各食品の量を推定する、③食品成分表に従って各食品の含む栄養素量を求める、④各食品の栄養素量を合計して献立の栄養素量を求める、⑤得られた栄養素量を栄養所要量と比較する、という手続きが必要である。この課題の解決における食品成分分析ソフトウェアの使用について考察するときには、2つの異なる見方ができるとNormanは主張する。

第一の見方はSystem Viewである。これは、食品成分分析ソフトウェアを使用するということは、人間が単独でこの課題を遂行するのではなく、「人間+食品成分分析ソフトウェア」というシステムがこの課題を遂行することを意味する、という見方である。ソフトウェアを使用する場合には、人間が単独で課題を遂行する場合と比べて、ソフトウェアの持つ能力によって、「人間+ソフトウェア」というシステムの計算能力やグラフ化能力は大幅に強化されると考えられる。このように能力が向上したシステムと、人間が単独で同じ課題を遂行する場合とを比較すれば、当然前者の方が課題の解決は容易であると予測されよう。一般に流布しているこの見方においては、あくまでも課題は同一であり、変化するのはそれを遂行する主体のシステムである。道具を使用することで「人間+道具」というシステムの能力が強化されるので、同一の課題の解決が容易になるという考え方である。要するに、道具は一般に人間の能力

を強化・拡大するというのがこの見方である。

これに対して、Personal View と呼ばれるもう一つの見方がある。この見方では、System View のように「人間+道具」を課題解決の主体となるシステムと見なすのではなく、「道具+課題」が新たな課題であると見なすのである。つまり、道具を使用するときには同一なのは課題ではなく人間であり、変化するのは解決主体ではなく課題の方なのである（図参照）。人間に着目すれば、道具を使うにしても使わないにしても、その人間自体は変わらない。道具を使うことによって、その人間がしなければならないことが変わるのである。つまり、オリジナルな課題を遂行することから、道具を使ってそれを遂行することへと課題が変わるのである。

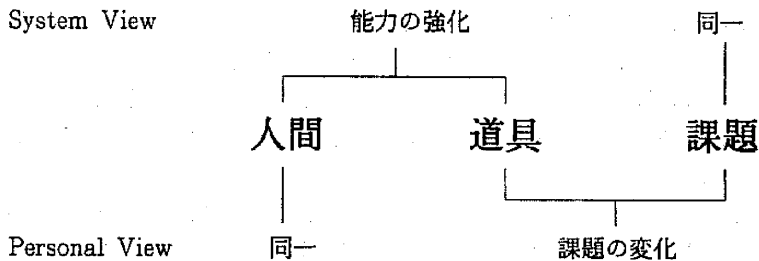


図 System View と Personal View

食品成分分析ソフトウェアの場合には、課題はどのように変わるのだろうか。遂行されるべき課題の一部として、ある食品  $xg$  の含む栄養素量を求める場合を考えてみよう。ソフトウェアを使わない場合には、食品成分表でその食品の掲載部分を探し出して、その掲載数値を  $x/100$  倍するのが課題である。ソフトウェアを使う場合には、食品名の入力画面でメニューの中からその食品を選択して、続いてその量を  $g$  単位で入力するのが課題である。この場合、後者の課題は計算を含まない分だけ容易である。それは、ソフトウェアの計算機能によって人間の計算能力が強化されたからではなく、人間の計算能力は以前のままであるが、課題が計算を必要としないものになったからである。これが Personal View による道具使用の見方である。

この観点からこのソフトウェアの使用を考察すると、ソフトウェアの使用によって変わった課題と変わらない課題があることがわかる。変わった課題としては、

- 食品成分表に従って各食品の含む栄養素量を求める際に、食品の重量をかけるかわりに入力すること
- 各食品の栄養素量を計算して献立の栄養素量を求める際に、各栄養素量を加算するかわりにメニューで入力の終了を選択すること
- 得られた栄養素量を栄養所要量と比較する際に、栄養素ごとに数値の比較を行なうかわりにグラフによって過不足を判断すること

が挙げられる。一方、その献立に含まれている食品を同定することと、各食品の量を推定することは変わっていない。

このように、ソフトウェアを使用することによりオリジナルな課題がどのような課題に変化するかは、基本的に誰にとっても同じである。ところが、それによって課題が以前よりも容易になるかどうかについては個人差が生じる。ここでは、栄養士のようにこの種の課題に経験の豊かな専門家と、初心者とを比較してみよう。専門家にとっては「献立→成分」課題はルーチンワークであり、その労力は主として成分表を見ることと計算部分に当てられる。このような専門家にとっては、食品成分分析ソフトウェアを使用することは、既に述べたように計算を含む課題が計算を含まない課題へと変化することであり、課題全体が非常に容易なものへと変化する。一方、初心者にとっては、献立に含まれている食品の同定とその量の推定こそが困難な課題である。主要材料の同定はまだ容易であるとしても、調味料の同定や量の推定は困難というよりは不可能に近い。あえてこれを遂行するならば、レシピに当たって材料と調理方法を調べるという作業が必要になるだろう。これに比べれば計算部分は、面倒でこそあれやり方がわかっている分だけ容易な課題といえる。このような初心者にとっては、食品成分分析ソフトウェアを使用しても、一番困難な課題は変わらずにそのまま残っているため、課題がそれほど容易にはなっていない。

このように考えてみると、System View では道具使用は単に能力の強化・拡大としか見えないが、Personal View という観点から見ると、ソフトウェアが課題全体のどの部分をどう変えるかによって、課題が容易になる人とそうでない人が生じることがわかる。上記の例でいえば、食品成分分析ソフトウェアは計算課題を計算の不要な課題に変えることで、献立からその材料と量を推定できる専門家の課題の解決を支援しているが、その推定が困難な初心者をほとんど支援していない。その意味で、このソフトウェアは初心者にとってはあまり有効なソフトウェアとはいえないだろう。ユーザ・フレンドリなソフトウェアという場合、単にユーザインタフェースの優れたものを指すことが多いが、Personal View の立場からすればユーザにとって課題を容易なものに変えることがユーザ・フレンドリなソフトウェアの要件になる。

食品成分分析ソフトウェアが初心者の課題の解決を支援するためには、例えば献立を何人分という単位で入力すれば標準的な材料構成とその量を表示し、それを修正することで当該の献立の栄養素量の推定値を入力できるようにすればよいだろう。この場合には当然ながら精度は低下するが、課題の要請からすればそれほど重要なことではない。それより問題なのはそういう機能で初心者を支援するということが、今度は初心者にとっての課題がソフトウェアが持っている献立一覧の中から当該の献立を探し出すことに変わることである。この場合、鶏肉団子なのかつくねなのかというように、献立の呼称は一義的に決定できないので、献立一覧をあいまいにお順に並べたとしてもあまり解決にはならない。また、その献立一覧の中にどのような献立が含まれているかがわからなければ、例えば筑前煮と指定できるのか、それとも五日煮と指定してから修正するのが判断できないため、献立一覧の中で最も適切な献立を選択することもできない。呼称の問題を解決するために、まず和食・洋食・中華の分類からはじめて、ついで煮物、焼物、…と調理方法で対象を絞っていくというソフトウェアもあるが、この場合にはこのソフトウェアの分類方法を習得することが課題となってしまう、実際にはなかなか思うように検索できない。

### 1-3. 「成分→献立」課題

この課題でも基本的な構造は「献立→成分」課題と変わらないが、条件ははるかに悪いと考えられる。食品成分表は、食品別に栄養素量が記載されているので、食品を指定すれば栄養素量が求まるが、栄養素量を与えてそれを満たす食品を求めるようにはできていない。「献立→成分」課題は、献立からその栄養素量を求めるという課題であるから、この解決過程では食品から栄養素量を求めるだけでよい。これに対し、「成分→献立」課題は栄養所要量を満たす献立を求める課題であるから、その解決過程では栄養素量から食品を求めなければならない。これを食品成分表で行なうことは悉皆探索を行なうということである。

悉皆探索をすると仮定した場合、食品成分分析ソフトウェアを使用することは課題を容易にするどころか、より困難なものに変えてしまう。なぜなら、食品成分表で特定の栄養素を多く含むものを探す場合には、その栄養素のみに着目して表を縦に見ていくことができるが、この種のソフトウェアでは食品名を入力する以外に栄養素量にアクセスする方法はなく、特定の栄養素を多く含む食品を探し出すためには食品名の一覧から一つずつ順に選択・表示していかなければならないからである。

しかし、栄養所要量を満たすためには複数の食品を組み合わせねばならないことを考えれば、現実問題として悉皆探索は不可能である。そうである以上、1621もの食品を含む探索空間を、何らかの制約条件を加えることによって制限し、部分空間での探索に置き換えなければならない。例えば、メインディッシュが決っていれば、その付け合せとして考えられるものは限られるから、探索空間はかなり小さくなる。つまり、うまい制約条件をかけて探索空間をなるべく小さくすることが、「成分→献立」の課題の主要部分なのである。これができなければ力づくでやらざるをえない。

この制約条件に関して食品成分分析ソフトウェアは何の支援もしてくれない。つまり、このソフトウェアは、制約条件をかけて探索空間を狭めるという主要な課題を一切変えないのである。再び専門家と初心者とを比較すれば、専門家は少なくとも特定の栄養素を多く含む食品の見当をつけることができるし、食品の組み合わせについての豊富な知識を制約条件としてかけることができる。ところがこれは初心者には望むべくもないことであり、この課題においてもソフトウェアは初心者を支援しないものとなっている。この課題を初心者に容易なものに変えるためには、少なくとも特定の栄養素を多く含む食品をリストアップする機能や、制約条件をかけるための何らかの機能をサポートしなければならないだろう。

以上の考察に対し、食品成分分析ソフトで「献立→成分」課題を遂行する場合のように、本質的な課題が変わっていない方が教育的には有意義ではないかという反論がありうるだろう。数値計算のような本質的ではない部分はできるだけ少なくして本質的な課題に集中させることによって、学習の効率が上がるはずだという考え方に基づけば、食品成分分析ソフトウェアが献立の含む食品の同定やその量の推定をサポートせず、学習者に残しておくことこそ重要になる。しかし、食生活の改善を考えるうえで、食品の同定や量の推定を行なえるようになることが果たして本質的なのだろうか。私は家庭科教育が専門ではないのでこの分野での議論を行なうことはできないが、道具と課題に関するこれまでの考察をそのまま敷衍すれば、「献立→成分」課題は食品成分表を使うという前提で現れた課題であり、道具を変えれば課題を変えることは可能である。ただそれだけのことに過ぎない。食生活の改善のために解決しなければならない

課題は、まだ他にも数多く残っているだろうから、問題解決者が食品成分表に直接アクセスすることなく「献立→成分」課題を解くことができるならば、それはそれで構わないのではないだろうか。

もう一つ指摘しておかなければならないことは、上記のような反論は Norman のいう System View に基づいているということである。重要な課題は不変であり、それを解くためには主体となるシステムが変わらなければならないという主張は、まさに System View そのものである。しかもそこには、システムを中心となる人間は、道具によって強化される以上に、教育によって強化されるべきだという主張も含意されているように思われる。しかし、例えば筆算を学んだ人間が筆記の道具を完全に奪われた状態で計算を行なうという状況を想定してみれば、道具と人間の能力の境界は曖昧であることがわかる。またそれ以上に、Personal View に基づいて考えれば、課題とはその時点での道具に依存したものであるし、それゆえ道具によって変えられるものである。課題を容易にするために道具の使い方を学ぶのはわかるが、課題を変えることを拒否して人間を変えることを主張するのは無意味ではないだろうか。<sup>6)</sup>

以上のように、ソフトウェアを用いて課題を遂行することに対して、2つの異なる見方ができる。System View という見方からは、ソフトウェアを使うことで人間の能力が強化されるから課題が容易になると考えられ、Personal View という見方からは、ソフトウェアによって課題が変えられると考えることができる。後者の見方をとれば、課題というもののあり方、その変え方ということに注目できるので、教育という問題を考察する上ではより有効な視点とすることができるだろう。

## 2. 文化的透明性

### 2-1. 道具の透明性

Norman はこの後、認知的道具の「表象の自然さ」の議論を行なっている。認知的道具とは、その内部に対象の表象を持っている道具であり、コンピュータのソフトウェアもそこに含まれる。道具の持つこの表象全体を「表象している世界 (representing world)」と呼び、対象全体を「表象されている世界 (represented world)」と呼ぶ。道具を操作する人間は、表象している世界を見ながら表象されている世界を扱わなければならないため、ここに翻訳の問題が生じてくる。表象されている世界での操作を表象している世界での操作に翻訳する必要があるし、その結果として表象している世界で起きた出来事を表象されている世界での出来事に翻訳しなければならない。この翻訳が容易である場合に、表象が自然であるということができる。

翻訳が容易であるということは、翻訳の問題をそれほど意識せずに認知的道具を用いることができるということだ。つまり、表象されている世界を直接操作する感覚で表象している世界で操作を行ない、表象されている世界で起こった変化として表象している世界の変化を理解することができる。これは、道具の存在を意識せずに作業することができるということであり、「道具の透明性」が高いと表現される。逆に、翻訳が恣意的に思え、その遂行に困難を感じる場合には、常に道具の存在を意識せざるを得ないため、その道具は不透明であると呼ばれる。道具の透明性は非常に重要な概念であり、特にユーザ・インタフェースの問題として取り上げられることが多い。<sup>7)</sup>

## 2-2. 文化的透明性

しかし、これとは別な意味で道具は透明でありうる。<sup>10)</sup> 道具の中に表象されたり、道具を通して操作したりできるものは、その道具を通して見ることができるのだから、その道具によって可視化されていると考えられる。そして、その部分に対しては道具は透明であると言っていだろう。逆に、その道具を通して操作することができず、また表象もされないものは、その道具によって不可視化されていると考えられ、その部分に対しては道具は不透明であると言える。例えば、鉛筆と定規で三角形を描く場合には、三角形を閉じさせるためには単に2点を直線で結べばよく、それ以外の条件は意識されない。ところが、タートル・グラフィクスにおいてきちんと閉じた三角形を描くときには、タートルの回転角度を操作するために、外角（の和が360°）ということをややでも意識せざるを得ない。この場合、外角（の和）は前者においては不可視化され、後者においては可視化されていると表現できる。以下では、このような意味での可視化/不可視化と、道具の「文化的透明性」について考察する。

ここでの道具の文化的透明性の概念は、その道具によって、その道具が利用される文化的実践がどれだけ可視化されるかということである。本論文においては、文化的実践という語は、特定の文化に参加し、信念と目標を共有している人々が行なっている実践という程度の意味で用いている。以下では、前述の食品成分分析ソフトウェアの文化的透明性を考察して、この概念が明らかにしうるものを検討しよう。

Personal View に基づいて考察を行なった際、「成分→献立」課題が初心者にとって困難な原因として、制約条件が緩いこと、それゆえ問題解決者が自ら新たな制約条件を加えていかなければならないことを挙げた。さらに、食品成分分析ソフトウェアが制約条件を加えていく機能をサポートしていないため、初心者の問題解決を支援しないことを述べた。初心者である私が実際にこのソフトウェアを利用して献立を立てることを試みると、献立を立てる目的は栄養所要量を満たすことであり、問題はいかにしてうまい組み合わせを見つけるか、そのためにどういう制約条件をかけたらいいかということだ、と思わされてしまう。つまり、ソフトウェアによって可視化されている範囲だけが、初心者に見えるすべてになってしまう。

ところが、現実には献立を立てる場合には、制約条件を加えなければならないどころか、多くの制約条件が既に存在している。食品成分分析ソフトウェアは、存在するこれらの制約条件を扱えないがゆえに、これらを不可視化していると考えられる（もちろん食品成分分析ソフトウェアは基本的には「献立→成分」課題の解決を支援するためにデザインされているが）。そこで、大学の学生寮の献立を立てる場合を例にとって、現実にはどれだけの制約条件が考えられているかを見てみよう。学生寮の献立を作成している栄養士にインタビューしたところ、彼女の場合、少なくとも以下の10個の制約条件を考えなければならないとのことであった。

- ① 食数（人数）
- ② 食費
- ③ 調理室の設備
- ④ 使える食器の種類
- ⑤ 調理員の人数・能力・技能
- ⑥ 喫食時間（料理の保温・保冷や食中毒防止に関係）
- ⑦ 材料の価格（特に変動の大きい野菜）



- ⑧ 料理全体の量・色彩
- ⑨ 季節感
- ⑩ 栄養バランス

専門家は以上のようなことを考慮して献立を作成しており、食品成分分析ソフトウェアを使うとしても、このことに変わりはない。ゆえに、ソフトウェアを使っても使わなくても基本的には同じ解法が用いられ、数値計算の部分だけをこのソフトウェアに頼ることになる。実際には、献立を立てるときに食品成分表を使うのは新しい材料を使うときくらいで、数値計算をするのは寮生にその日の献立のカロリーや栄養素量を知らせるためだそう。このような専門家にとっては、文化的実践は自分自身が既に従事している実践そのものであり、道具によって可視化されなくとも既に理解していることである。それゆえ、可視化された範囲が狭いことを前提としてこの道具を使うことができる（というより、あまり使いものにはならないそうである）。

ところが初心者には、このような文化的実践が見えていない。そのような初心者がこのソフトウェアを使えば、それによって可視化された部分しか見えないことになる。すると、このソフトウェアを利用することによって栄養所要量を満たした献立を作ることはできるかも知れないが、ソフトウェアによって不可視化されている部分、例えば盛り付けたときの見栄えや食欲を満足させる量であるかどうか、季節感がでているか、などは無視されてしまう。つまり、そこで行なわれている課題は、食品の名を借りた単なる数字合わせであり、文化的実践としての献立の作成とは全く異なったものになってしまうのである。

この問題は、Personal View と絡めて議論すれば、ソフトウェアの導入によって変化した課題が、文化的実践者の従事する課題と同じであるかどうかという問題である。これを言い換えれば、ソフトウェアの使用者に文化的実践者と同じものが見えているかどうかということである。

### 2-3. 文化的透明性と道具の透明性

文化的透明性の概念を教育の場面で考察する前に、文化的透明性と道具の透明性との違いを明確にしておこう。文化的透明性はその道具によって文化的実践のどれだけの範囲が可視化されているかの問題であり、道具の透明性はその範囲を扱う際に道具がどれだけ意識されずに操作されるかの問題である。家計簿の例をとって、この2つの区別を明確にしよう。

1991年12月26日付の朝日新聞に「時代に合った家計簿検討」という記事が掲載されている。これまでの議論に従えば、家計簿は家庭の金銭の出入りと資産を管理するための道具であると考えられる。そのために不可欠な情報をもれなく記入するように書式が作られている。つまり、この書式は金銭の出入りと資産とを可視化しているといえよう。この従来用いられていた家計簿が時代にそぐわなくなってきたというのは、クレジットカードなどの導入により、生活の中での金銭の動きが変化しているからだと書かれている。つまり、家計の中に従来の書式では不可視な部分ができつつあるということである。そこで、不可視となった金銭の出入りを再び可視化するために、新たな書式が求められている。このように、文化的透明性とは、文化的実践に必要なものを道具がどれだけ可視化しているかという概念である。これに付け加えるならば、家計簿を利用する文化的実践自体が、家計の管理から生活設計という方向へ変化しつつあり、それに合わせて可視化すべき対象も変化している。これに対し、記事に書かれている、「毎年

続けるので、形式が変わらない方がいい、という声強い」というのは、道具としての透明性の問題である。新たな翻訳の規則を習得するまでは道具の透明性が落ちてしまうのである。

#### 2-4. 教育における活動と文化的透明性

文化的透明性の高いソフトウェアを作るというのは、現実問題として非常に困難である。企業内教育のような実践と密着した教育場面では、実際にその実践の場で用いられているソフトウェアを利用して学習することが可能であろう。しかし、義務教育のような文化的実践の場と離れた一般的な教育場面では、一般性の高い、それゆえ文化的透明性の低いソフトウェアを用いることが多いと予想される。この場合には、そのソフトウェアでは不可視化されているものにも学習者が目を向け得るように、何らかの方法が必要になってくる。その方法として、教育の場で何らかの活動を組織し、その中でソフトウェアを用いることが考えられる。つまり、ソフトウェアで不可視な部分は活動全体の中で可視化すればよいというか、活動全体が可視化しているものの中の一部をソフトウェアが担当するという考えである。そうすると、この活動自体が何を可視化しているかという、活動の文化的透明性が問題にされなければならないだろう。ところが、教育における活動に関する理論的研究はまだほとんど行なわれておらず (Brophy & Alleman, 1991)、その内容も文化的透明性を考慮していないものばかりである。

教育における活動の文化的透明性に関して考察するには、Geometric Supposer (以下GS)<sup>10)</sup> という初等幾何学の学習用ソフトウェアが手がかりとなる。GSの三角形バージョンは、三角形に対する作図や各種の測定を行なうためのソフトウェアである。まず最初に、正三角形や鈍三角形などを指定するか、もしくは自分で諸変数を入力して、三角形を表示する。この三角形に対して、指定した頂点からの中線や、角の二等分線、平行線、外接円など、いくつもの作図操作を行なう。この時、交点に名前をつけて作図時に参照することも可能であり、線分などの消去もできる。また、このような作図操作とともに、線分の長さ、角度、点から線分への距離、三角形の面積などの測定を行なうことができる。この時、2つの量の種類が同じであれば、例えば2つの三角形の周囲長の差や面積比など、四則演算の結果を表示させることもできる。しかもGSの特徴として特筆すべきことは、一つの三角形に対して行なった作図や測定を、他の三角形に対して反復する機能を持っていることである。つまり、正三角形で3本の中線が一点で交わったり、それが互いに他を2:1に内分し合っていることなどが、正三角形でのみ成り立つことなのか、他の三角形においても同様に成り立つことなのかといったことを、この反復機能で確認することができるのである。

GSに含まれている小冊子には、授業でのGSの利用方法の一例が書かれている<sup>11)</sup>。授業の前半はlab sessionと呼ばれる。ここでは、まず問題となる図を与えて、その図形から何か意味のある命題を推測させるのが課題である。学習者は2人1組でGSを使って、与えられた方法で図形を描き、様々な量を測定し、あるいは補助線を書き入れて、意味のある推測を立てる。授業後半のfollow-up discussionでは、lab sessionで立てた推測をクラスで共有し、それについてお互いに議論しあい、証明することが課題となる。この時にもGSが利用され、例えば反例を示すためにGSを使って測定したりする。

幾何の授業においてこのような活動を行なうのは、学校数学のカリキュラムにおける幾何の重要性は、「生徒が数学者とほとんど同じように理解し従事しうる唯一の数学的主題」<sup>12)</sup>だからである。つまり、幾何という題材であれば、「生徒が推測をし、それを証明するとき、彼らは

数学者の共同体で活動するメンバーのように振舞っているのだ。彼らは数学を作り、彼らの発見についてコミュニケーションしているのだ。』<sup>19)</sup>、そして「私たちは彼らが数学の専門家の仕事を、その内容は異なるにしても、彼らが教室で行なっている推測と証明と本質的には異なることはないのだと、正当に評価するようになることを願っている」<sup>20)</sup>のである。その時に学習者の推測を支援する、現在唯一のソフトウェアがGSなのである。

つまりここでは、授業での活動全体が数学という文化的実践に対して透明であることが目指されている。GSはその中の推測を実行する部分を支援しており、しかもその時には演繹的推論だけではなく、測定などによる視覚的なデータが重要な役割を果たすということを可視化しているのである。これに対し、幾何の授業において定理の証明だけを行なわせることは、数学という文化的実践の一部分だけを可視とし、他の部分を不可視にしてしまう。可視化されている部分は確かに数学という実践の一部ではあるが、それ以外の部分に対して不透明であるために、学習者に見えるものは数学という文化的実践とは異なるものになっている。

このことは数学教育に携わる人間が以前から問題にしてきたことであり、特に最近では、学校数学の中でいかに本当の数学に触れさせることができるかということが、数学の文化と学校の文化という文化の問題として論じられるようになってきた (Davis, 1989)。また数学の実践者も、数学に関する出版物 (特に教科書) が数学の文化的実践のほとんどを不可視としていることを問題とし、文化的透明性の高い著作の執筆を試みている。特に Knuth (1974) は、その著書「超現実数」のあとがきにおいて、「現代の私たちの教育制度の中で、最も容易ならざる欠点の一つである研究的な仕事に対する訓練の欠如 (学生諸君にとって、どのようにして新しい数学が作られてきたのかを学ぶ好機は、ほとんど、大学院レベルに行くまでは与えられないということ) を克服する助けとなるような、若干の材料を提供したかった」と、その意図を明確に表現している。

以上のように、ソフトウェアが単独で文化的に透明であることはあり得ず、それが用いられる活動全体が、ある文化的実践に対して透明である得るだろう。また、いかにすぐれたソフトウェアであれ、不透明な活動の中で使用されるならば、文化的実践とは全く異なるものを学習者に見せることになるだろう。

## 結 語

石井 (1991) はその論文の中で Winograd & Flores (1986) に触れて、「デザインとはツールそのものを設計することではなく、そのツールの使用を通して引き起こされる仕事のスタイルの変化を設計することだ」と書いている。このようにデザインという作業は、自分たちが埋め込まれている活動の姿とそれをどう変えたいのかということを確認することなしには成功しない。ここで論じた Personal View や文化的透明性という観点から教育実践を見直し、よりよいデザインを試みることは、最終的にはソフトウェアという形をとらなくとも、教育に対するコンピュータの重要な効用ではないだろうか。

## 謝 辞

インタビューに協力して下さった 静岡大学 保健寮務係技官 久保田和子さんに謝意を表します。

注：

- (1) 財団法人コンピュータ教育開発センター「教育用ソフトウェア便覧'91」
- (2) 香川綾監修、「四訂食品成分表」、女子栄養出版部、p. 4
- (3) 同、p. 268
- (4) 同、p. 268
- (5) プログラムは小坂幸恵氏による。
- (6) 人間が変わるということを考える場合には、Lave, J. & Wenger, E. (1991) が洞察に満ちた考察を行なっている。
- (7) Normanはさらに表象の内在的特性に議論を進めているが、これに関しては表象自体の持つ性質としてではなく、表象を解釈する人間の側の処理の観点から、Kotovsky & Simon (1985), Simon & Larkin (1987), Larkin (1989) らが理論的に明快な議論を行なっている。
- (8) Wenger (1990) は、「透明性」に対して Norman とは異なる概念規定を行なっている。Wengerはその論文において、文化的実践と理解の問題を扱う理論的枠組みを構築するための議論を行なっており、その要素として「文化的透明性」と「見えるもの／見えないもの」という概念を提案している。以下の議論は Wenger の「文化的透明性」のアイデアに基づいてはいるが、道具と文化的実践に関して非常に狭い問題を対象としており、共同体の成員になっていくことなど Wenger の関心のほとんどは無視している。また、以下で考察する可視／不可視の概念はここでの問題関心に合わせた概念であり、Wenger 自身の見えるもの／見えないものの概念とは異なっている。ゆえに、本論文から Wenger 自身の議論を推し量ることはできないことをここでお断りしておく。
- (9) Geometric Supposer: Triangles は Schwartz, J., Yerushalmy, M., & Gordon, M. によって作成され、Sunburst Communications から入手できる。
- (10) Chazan, D. & Houde, R. How to Use Conjecturing and Microcomputers to Teach Geometry.
- (11) 同書、p. 3
- (12) 同書、p. 4
- (13) 同書、p. 4
- (14) 基本概念であるとか、練習問題による習得といった考え方も、それが生徒に何を見させ何を隠しているのかという、文化的透明性の観点から検討することができるだろう。例えば、基礎概念と呼ばれるものは、その文化的実践の中で基礎と認められたものである。当の文化的実践自体は基礎概念を元にして生み出されたものではなく、文化的実践が基礎概念を生み出している。つまり、その基礎概念が何を意味するか、なぜそれが基礎であるのかということは、文化的実践に依存しているのであって、それ自体が基礎であるという性質を持っているということではない。だから、基礎概念を教えることによって文化的実践が理解できるようになるというのは本末転倒であって、文化的実践を理解することによって基礎が基礎として見えてくるのである。Wenger の見えるもの／見えないものの区別はまさにこの点を問題としているし、また文化的実践はいかにして理解されるかということも Lave & Wenger (1991) で論じられている。

文 献

- Brophy, J. & Alleman, Janet 1991 Activities as Instructional Tools : A Framework for Analysis and Evaluation. *Educational Researcher*, May, 9-23.
- Davis, R. B. 1989 The culture of mathematics and the culture of schools. *Journal of Mathematical Behavior*, 8, 143-160.
- 石井 裕 1991 グループウェアのデザイン - 構造的アプローチと非構造的アプローチ. *bit*, 23(3), 273-283.
- Knuth, D. E. 1974 *Surreal numbers*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., MA. 好田順治訳「数学小説 超現実数」海鳴社、1978、p. 161
- Kotovsky, K., Hayes, J. R., & Simon, H. A. 1985 Why Are Some Problems Hard? *Cognitive Psychology*, 17, 248-294.
- Larkin, J. H. 1989 Display-Based Problem Solving. In Klahr, D. & Kotovsky, K. (Eds.) *Complex Information Processing*. LEA.
- Larkin, J. H. & Simon, H. A. 1987 Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words. *Cognitive Science*, 11, 65-100.
- Lave, J. & Wenger, E. 1991 *Situated Learning : Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge University Press, NY.
- Norman, D. A. 1990 Cognitive Artifacts, paper presented in the Workshop on Cognitive Theory and Design in Human-Computer Interaction.
- Wenger, E. 1990 Toward a Theory of Cultural Transparency : Elements of a Social Discourse of the visible and the invisible. Institute for Research on Learning.
- Winograd, T. & Flores, F. 1986 *Understanding Computers and Cognition*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 平賀譲訳、「コンピュータと認知を理解する」、産業図書、p. 1989.