

GSP* と拓く発想のパラダイム

—— 発想のメディアとしてのコンピュータの可能性 ——

吉 田 裕 午

Inspiration Paradigm developed with GSP*

—— Capability of computer as inspired media ——

Yugo YOSIDA

要 約

コンピュータを画板やメモ帳にしようというアイデアは古くからあった¹⁾が、理解が深まらないうちに情報教育が始まり、学校現場では混乱が生まれている。発想は、過去現在未来を真摯に見通す目から閃いてくることだが、ここに紹介する GSP というメディア（鏡）は 4 次元の眼を持つことを可能にし、幾何的なパラメータの変更によって現在の姿を変化させたり、軌跡多重画像により思い出祈り夢を織り込むことができる。“コンピュータは道具ではなく、メディアである²⁾” といった先人のコトバが輝き始めている。新しい学力観と関連する発想や情報能力についても考察した。

キーワード：織り込み概念、パラメータ、シンメトリ、横断性、発想、情報能力、継承、メディア、双方向、可視性、可触性、アイデンティティ、I Do Da、直観、エージェント、コラボレーション

1. はじめに

敷かれたレールの上を歩む人生が色褪せて見えることも多い現代だが、学校教育の意味も反省期に入っている。形骸化した権威は健全な手法で合理化され、よい価値が継承されていくことが望ましい。子ども一人ひとりがエージェントになり、適切な認知判断操作能力を発揮できるよう親や教師は努力を惜しんではならない。

インフォームドコンセントが脳死に関連して話題だが、健全なプロセスで新しい状況を開拓する発想力が養成されていくことが好ましい。それは、経験の中で自然に育成されていくことも多いであろうが、家庭や学校での人間的なコミュニケーションが希薄になっている状況も看過できない。情報通信技術は社会構造を変貌させているが、まさに情報やコミュニケーションを糧として、よく生きるためにマルチメディアネットワーク環境に身を置く場面も必要であろう。生活文化でいえば、食文化が、健康な体を作ったり会話も大切にして、栄養やエネルギー

*GSP: The Geometer's Sketchpad, Key Curriculum Press 社（日本語版はヤノ電器）の製品

が循環しているように、情報文化も調理法（レシピ）に相当する理論ばかり学習したり、料理に相当するプログラミングや制作のみでは、循環のサイクルは閉じていないことに留意すべきである。食べて身につくように、情報教育もよく生きることへの関心を深め、教育情報はさらに教えることへの理解を深めるよう努めなければならない。

“個性と創造力を生かし、自ら学ぶ意欲を持たせ、社会の変化に対応する”ために、教育情報が重視する情報教育のポイントは次のようなこと³⁾であった。

☆多種多様な情報の中から自分の問題意識にあったものを選択する。(見抜く力)

☆情報（機器）を目的遂行のために上手に活用する。(知恵)

☆情報を生産し、発信する。(個性、創造性)

学校において既に行われているコンピュータ利用形態については先の論文³⁾にも書いたが、I Do Da（いつでもどこでもだれでも）という点では、急速にコンピュータはヒトに近づいてきている。仮想現実、アイデンティティの問題も、ゲームやテレビを含む視聴覚関係で具体化してきているが、次の留意点も引き続き、教育課程に反映されていくべきことである。

- ・コンピュータに全てを代行させない。
(車で足が萎えるような発達阻害に注意)
- ・処理の流れを知り、誤りの原因が分かること。
(デバッグ作業を通して試行錯誤で経験)
- ・長期的教育目標を立てること。
(測定可能な短期的な行動評価でなく、体験したかのチェックが大切)

平成6年3月現在の文部省実態調査結果では下表のように教育現場へのコンピュータ導入の歩みははっきり分かるが、内容についてしっかり理解しておく必要がある。新任者研修などが各県で行われ、小学校にもコンピュータ教室が出来始めているが、ワープロや表計算どまりの若干のアプリケーション活用で終わっている場合が多いように思われる。教室テレビに出し、教師自ら編集することがどれほど素晴らしいかということに、まだ、目が向き始めている。これからは、コンピュータを操作、指導できることも教師の要件になってきているが、子どもにとってもそのような場が活動のエリアを拡げ、かけがえのないことになろうとしている。

小学校のコンピュータの設置状況

() は平成2年度を示す。

学校数	24,118
A	(24,586)
設置校数	15,950
B	(10,078)
設置率%	66.1
A/B	(41.0)
設置台数	85,088
C	(33,743)
平均台数	5.3
C/B	(3.3)

小学校教員に関する調査結果

教員数	423,028
F	(439,800)
操作可能数	103,126
G	(56,284)
操作可能%	24.4
G/F	(12.8)
指導可能数	35,206
H	(11,542)
指導可能%	34.1
H/G	(20.5)

2. 発想法について

コンピュータが普及する前に考案されたカードで発想を深めるKJ法⁴⁾⁵⁾についてはご存じの方も多であろう。これは、一つの課題に対して、いきなり思い込みで答えを求めるのではなく、段階的に分析し、フィルタを重ね合わせることによって全体像を明らかにし、納得や合意を生んでいく手法である。

この発想のプロセスを経由することによって教育は循環し、レベルを上げていく。

まず、問題提起の部分ではフィールドワークと呼ばれる現場取材を、虚心坦懐に徹底的に行う。少数意見や何か関係がありそうだとすることをむやみに切り捨てたりはしない。おばあちゃんの知恵や温故知新ということを思い出し、立ち止まってちょっと振り返ってみるのもいいだろう。似ているカードを重ね合せ、できたその島にふさわしい言葉（1文）をつける。

次に、現在うまくいっていること、いないことの原因を追求する。対立や矛盾も島と島の関係として表現する。孤立した島（少数意見）が島と島の懸け橋のヒントになることも多い。

最後に、解決策（将来）を今までと同様に重ね合せて、一つのフィルタにまとめていく。

KJ法本来のやり方では実際には間にさらに何段階か入るが、KJ法的発想は、過去現在未来のフィルタを重ね合わせることによって、時間軸と場所や場合のTPOを4次元的に上手に整理したスコアといえる。しかし、シナリオはあらかじめ用意されているのではなく、アドリブや劇中劇によって、より柔軟に課題に対応していける。学級学校自治や教育課程の制限など、学校教育が苦手としてきた内容も取り込むことができる。一部の者しか参加せず、白けてしまった行事の立て直しのヒントもそこにある。勝つ

た負けたの情動を超越して、オールドパー（最善を尽くすこと）の域に達する可能性も見えている。コンピュータはどのように発想を高めることに貢献できるか次に調べてみる。

3. コンピュータと発想について

中学校では情報基礎を中核にパソコン教室の設置がほぼ完成したが、実態はMS-DOSベースの古いタイプのパソコンがまだ多いのが現状である。これからパソコンを導入しようという小学校ならぜひ、その1ヶタ違う性能を持つWINDOWS版かMacintoshを導入してほしいものである。

その理由は、音や動画を取り入れた新しい視聴覚教育ともいえるマルチメディア分野は到底フロッピ1枚（1MB少々）に収まり切るものではなく、作品を手軽なCD-ROM（600MB弱）のカタチで流通させることが多いが、標準でそれらが付属し、音や動画を使いやすいことが望ましいからである。GUI（グラフィックユーザーインターフェイス）とよばれる、使うヒトにやさしい設計も、これからの情報システムに欠かせないものである。年賀状のカラー化や3Dゲーム、カラオケといった大衆の要求に容易に答えられ、いちいちコマンドで指示する従来のタイプのもので、一部の専門家のもので止まってしまうであろう。

たとえば、教材作成にパソコンを使おうというオーサリングシステムも、MS-DOSベースではFCAIやKITなど涙ぐましい努力が続けられているが、新しいシステムではいとも簡単に、それ（オブジェクト環境）を実現してしまった。これが、情報の陳腐化とよばれている現象であり、時代の流れを読み取り、むやみに退行の渦を作らない知恵が必要とされる由縁でもある。

発想法の老舗であるKJ法もこの新しいス

テムを必要としていたが、やっとアイデアプロセッサ（インスピレーションなど）や図解ソフト（イソップなど）の出現⁶⁾によって、パソコンでより迅速に可能になった。さらに、ネットワークのメリットを生かせば、電子メールや電子会議的に合意を I Do Da（いつでもどこでもだれでも）に形成することが可能になった。

また、それは、表現や提示の手段としても容易に転用できる。DTP や DTP_r という印刷やプレゼンテーションも日常的なことになってきている。スライドや OHP も再利用や使用環境などの面で制約を感じて、大きなテレビや明るいプロジェクタを要求する場面が教室でも通常になるであろう。技術は音楽 CD やビデオテープをまるごとパソコンに取り込んで加工する段階に近づいている。

さらに、インターネットなどの画像通信環境も整いつつあり、有線カラオケなど一部先取りされている、電話のような双方向コミュニケーションも楽にできるようになりつつあり、外部に対して閉ざされて旧態依然とした学校は時代錯誤になる危険性をはらんでいる。このことは、専門学校や短期大学ではさらに顕著⁷⁾であり、生き残りを懸けた投資が行われているが、標準化を拒んでいる企業戦略に巻き込まれない心構えも大切である。黒板とチョークと教師の仕草を他山の石として、業務用機器の誘惑を避け、民生用に降りてくるのを一応の目処にするのが一般的には学校としては賢明であろう。

アイデアプロセッサについては次回報告することとして、今回は主に算数理科教育にすばらしい効果をもたらす GSP（ジオメータズスケッチパッド）という Macintosh 用の発想メディアの使用体験と作品を紹介する。個性・創造性・アイデンティティの意味を体験でき、直観や可視性、可触性（動かせる）点でも素晴らしい内

容を持っている。Logo 以上に子どもから大人への発想の連続性を持ち、多くの（アメリカの）数学者も関係しているこの GSP を、ぜひ、体験して頂きたいと願っている。算数や数学が苦手だった（そう思い込んでいる）ヒトは、なおさら、発見の喜びが大きいであろう。

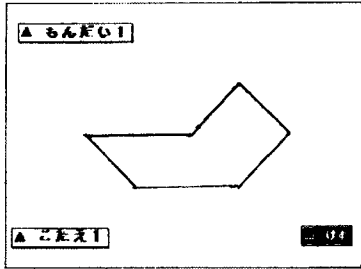
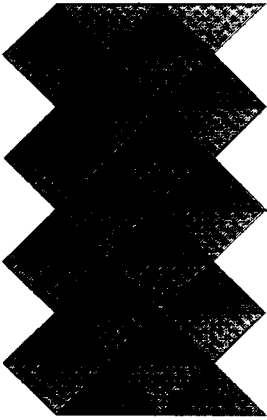
4. GSP について

GSP がどのような内容を持っているか、スケッチとよばれる教材サンプルで見よう。小学校教材では1年から6年まで、図形をはじめとして、文章題も図式化が可能なものは、解すらそこに表現できる。垂線、平行線、角の2等分線や辺の中点の作図もメニューあるいはショートカットのキーで簡単にできる。円との関係も交点や計測などで簡単に確認される。

取り上げられた教材も以下のように数多いが、自作も極めて簡単で、児童が確認しながら学習するのが好ましい。コンパス使用の職人的なワザもみんなのモノにするのが容易である。

色板ならべ
 つくろう（かたち、三角形、二等辺三角形、正三角形、四角形、長方形、正方形、円）
 三角形を直線でわけよう
 どんな形（正方形、ひし形）
 しきつめ（正方形、長方形）
 四角形と同心円
 平行な線はどれ
 平行四辺形の変形、面積
 円と円周、面積、弧
 三角形の角、内角の和、面積
 四角形の内角の和
 正五角形の合同調べ、模様作り、作図
 帯グラフをかこう
 円柱、角柱の体積

いろいろたをならべよう



- いろいろたをうごかしてもようをつくりましょう。
- もんだいのボタンをおしてみましよう。なんまいでできているかな。
- うえにいろいろたをならべてみましよう。

色板ならべ

大阪の公立小学校の先生、井上正人さんの作品です。マウスという入力器具で左の三角形を運んで形を作ることができます。1年生用の教材です。

- 軌跡やアニメもできる
- コンパスと定規は全部できる
- 回転相似対称はお手のもの
- 長さ角度傾きも計ってくれる

2次方程式の解

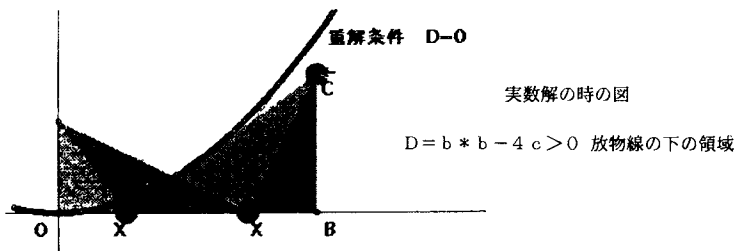
オブジェクトの指示
点
円
線分・半直線・直線
文字フィールドツール
属性(関係)を表示
スクリプト(手順書)

▲ 使い方
わざかこれだけのツールで...
表示ボタンもできる
軌跡が残る
2次方程式の解の表示です
 $x^2 - b \cdot x + c = 0$ の判別式と解の関係を動く幾何で表現しています
上は虚数解の領域 $D < 0$ に (b, c) がある時の図
重解条件 $D = 0$
操作手順が文にもなる!

(b, c) の動きと共に、x が変化していきます。

コントロール空間

(b, c) の動きと x の複素平面での変化が重なって、値は計測でOK!



拡大と縮小の作図、性質 (円、三角形、四角形)
 四角形のなぞ
 線対称の作図、おどり

円周角の定理の逆、利用
 3平方の定理
 正三角形の垂線の和
 接弦定理

教師がほんの少しヒントを出すだけで、発想の波紋はどんどん広がっていく。自分のペースで納得しながら算数の国を探検していける。計ることの意義も面倒がらずに試すことができる。

中学校教材も充実している。小学校からの連続性も明らかであり、Logo で言われた高学年で利用形態が不連続に高度になるということもなく、発想のハイウェイもさらに快適である。収録されている内容は以下の通りである。

1点と1直線から等距離
 2直線から等距離の点
 角の2等分線の作図
 外接円の作図
 しきつめ (三角形、四角形、多角形)
 移動による重ね合せ
 回転長方形
 合同な図形の発見
 最短距離 (橋をかける、水をくむ)
 外心を結んでできる四角形
 角の2等分線でできる四角形
 円に内接する四角形
 重心を結んでできる四角形
 対称点でできる三角形
 三角形の垂線、中線、等積変形
 多角形の等積変形
 線分の中点、四角形の中点
 軌跡 (2円の接点、線分の中点、円に外接し
 直線に...、円外の点を通り...、円内の点を通り...、弦の中点、重心・外心・内心)
 相似の位置
 中点連結定理

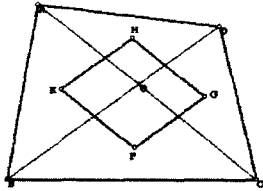
作図や軌跡や望めばアニメーションもお手のものである。さらに、条件の範囲で変更できる所は、特殊と一般についてはっきりした認識を持つことに貢献する。動きの中に価値や重要さを見出すことは、進化の過程で備わった素晴らしい知恵で、教育にこのような直観を用いない手はない。小学校でも三角形の内角の和の確認などで使えるが、中学校でも定理の確認や提示説明に用いることができ、小学生でも興味を拡大した児童には、あっという間に到達できる範疇である。知りながら示さないというのは、怠慢以外の何か意図でも存在するのだろうか。

ここまでは、資料の豊富な義務教育の範囲であったが、もう少し足を延ばしてどんな世界が広がっているのかGSPの機能を試してみた。解説は参考文献に挙げた論文に詳しいが、ダイナミックな幾何学は想像を越えた現実性で我々に迫ってくる。高次方程式の解や射影も、パラメータの手動変更で、わかったという域にわずかかの時間で到達できる。計算に明け暮れている高校数学や物理の現状は、目隠しして宝のヤマを歩けというのに似てないだろうか？方程式を解く以上に問題把握のモデルを自分のものにするのが大切なはずである。プログラムなしで、ほんの授業の合間で以下のような作品ができたのは驚きであり、GSPの設計の素晴らしさに、作者に対し、敬意を表したい気分である。

1次射影、内分と外分
 行列、逆行列、固有値固有ベクトルの図示⁹⁾
 同 (対称行列の場合¹²⁾)

A 補助線ON

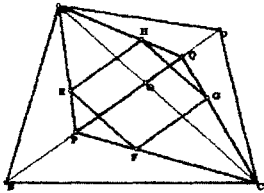
OFF



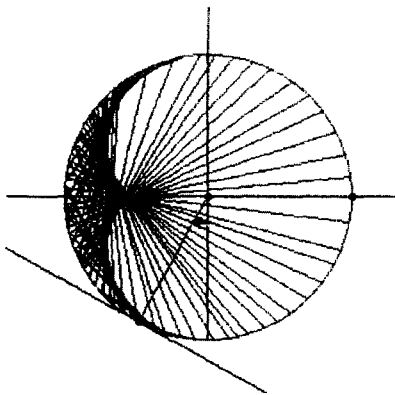
ボタンで補助線がでる。

A 補助線OFF

ON



コップの中の光の戯れ



円周上をなぞると、反射条件で焦線になる

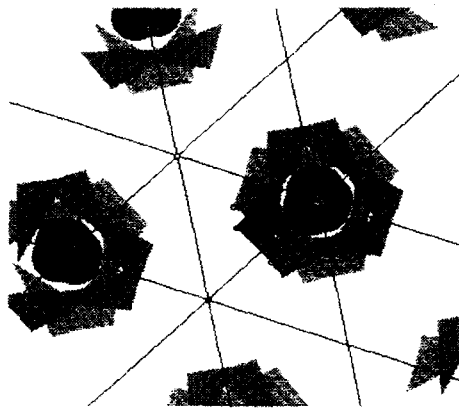
重心を結んでできる四角形

大阪の公立中学校の先生沢田憲一さんの作品です。

三角形の色々な性質が、直観的に理解されていきます。

動きの中で、それが特殊なことか、それとも一般的なことか判断でき、補助線や計測はそれをより確かなことにします。

万華鏡



形や位置を変えて、あっという間の七変化

双1次変換の図示¹⁰⁾
 南京玉すだれ（双1次線織面）
 2次方程式の解（複素数平面^{9) 11)}
 3次方程式の図式解法
 平方立方⁹⁾（巻貝のメタファ）
 カタストロフ（フォールド、カスプ、ツバメ尾、
 バタフライ）と高次方程式の解^{9) 11)}
 インスパイラル⁸⁾
 黄金比、正5角形の作図⁹⁾
 各種平均の図示
 軌跡（楕円、双曲線、放物線）
 再帰^{9) 12)}（放物線、三角関数、指数関数、双
 曲線、楕円弧）

波や光や電気も幾何学的な直観が大切であり、
 ファラデーやホイヘンスやアインシュタインも
 そのことを述べている通りである。モデルが生
 き生きと我々の発想を高めてくれる。グローバ
 ルには式以上にネットワーク状の関連を持つ
 GSPのような記述が必要であろう。

ただ、ベースメカをパラメータとみた時、
 独立従属関係が繰り込み的にもっと自由であれ
 ばいいが、これはオブジェクトの範囲を越えて、
 エージェント概念がコンピュータ上で実現され
 た時に可能になるであろう。その時は、真にシ
 ンメトリな社会学的な関係もコンピュータ上に
 シミュレートできるであろうが、交互な繰り込
 みもまだまだ数理情報の面白い課題を残してく
 れている。

ここでは、物理に応用した動的幾何のとりあ
 えずのアイデアを紹介する。なお、サンプル版
 は配布可能なので、ぜひやってみて頂きたい。

直流回路（直列並列⁹⁾、直並列¹²⁾、ホイート
 ストブリッジ¹¹⁾
 ホイヘンスの原理（屈折、反射）

干渉、衝撃波、トロコイド¹¹⁾
 プリズム
 リサージュ¹¹⁾
 レトロリフレクタ、万華鏡
 放物面、円筒面での射線

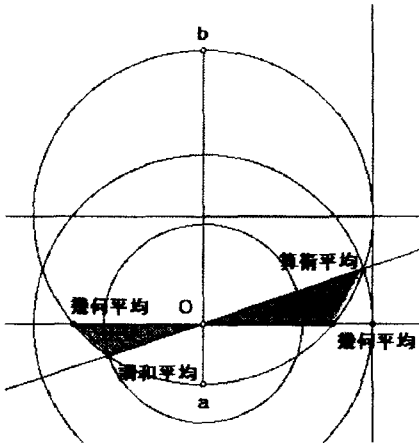
5. GSP と新しい学力観

算数と理科から計算をなくしたら、どんなに
 みんなにとって楽しくなるだろうか。未来のエ
 ジソンやアインシュタインが才能を発揮するこ
 となく終わるとしたら、何のための教育システ
 ムであろうか。幼年期からの好ましい情報教育
 について先の論文¹⁵⁾で考察したが、知が全てを
 支配するようにみえた世界は再考されなければ
 ならない¹⁶⁾。伝統は、それのみではやがて生気
 を失って途絶えてしまう。心も脳のイリュージョ
 ンに幻惑されて、存在を危うくしている。パー
 チャルリアリティの危惧は、コンピュータより
 むしろ人間の方にあるのかも知れない。

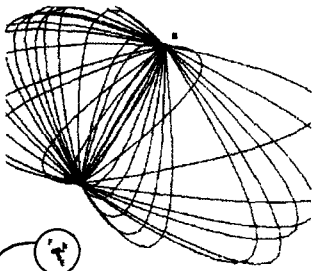
算数や理科教育の危機は様々なところで叫ば
 れている¹⁷⁾が、生活を取り込んでわかったとい
 う実感が伴わない限り、根本的な変革は難しい。
 新しい学力観は主体的創造性や感受性の大切さ
 を唱えている¹⁸⁾けれども、フィードバックの循
 環のサイクルを、継承活動によって活性化す
 ることに力点が置かれていない。苦行やゴミの範
 疇を乗り越え、自己評価に耐える教育活動であ
 るべきであろう。

また、直接体験の重要性を述べつつ、コラボ
 レーション（協調活動）については前面に出て
 いない。個別学習だけがコンピュータ利用教育
 ではなく、発見や工夫をみんなのものにする態
 度も養成されなければならない¹⁹⁾。

さて、GSP が以上の観点からどのような特
 徴を持つかについてだが、試行錯誤で作品を完
 成させていく点は Logo に似ている。操作する

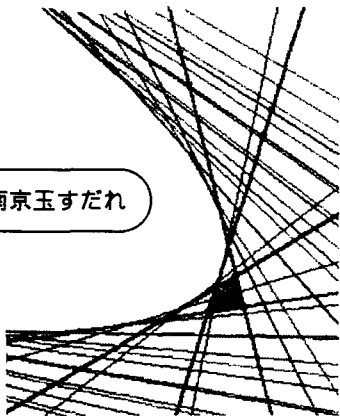


放物線のなわとび



向きと曲がり具合のパラメータを変えると...

南京玉すだれ



塗った所を動かして、自由自在に変形

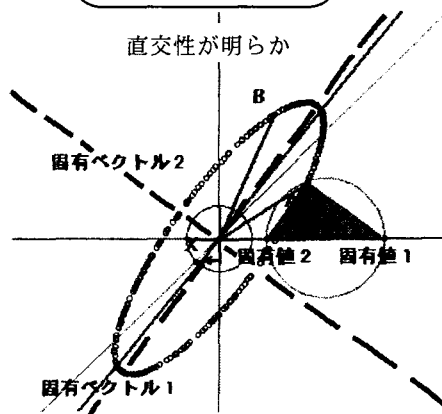
各種平均の図示

円周角より、相似図形と大きさの関係が一目瞭然にわかる。

平均操作を繰り返すと、算術は直線、幾何は指数関数、調和は反比例（双曲線）になる。

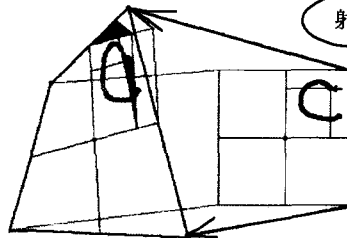
a , b が変えられるので、グラフも動的に自分のものにできる。

対称行列の諸性質



ゴムみたいに伸び縮み

射影



左の図の説明で、双1次変換とよばれる射影で、きれいな線織面ができる。

変換や折り畳むイメージが形成される。

のは自分であるが、動いているのは他者ではなく、メディア（鏡）に写った自分自身、あるいはネットワークでみるアナタの発想である。どう取り込むかは KJ 法が教えている。

今のところ画面上で展開されるのは、モノとしてのオブジェクトにすぎないが、静的な文章や絵画とは違って、パラメータによる変化を直ちにみることができる。また、相互に関連させたり、フラクタルとよばれる再帰相似図形がかかる。

横断性とよばれる、見かけは違ってもちよつとしたパラメータの変化だということに気づき、本質的に大切なものを見つれたり、ネットワークでの結び付きを実感できるのが素晴らしい。

6. まとめ

アイデアプロセッサのインスピレーションにも出てきた inspire というコトバはイノチの息を吹き込むという意味で、発想の繰り込みのイメージにぴったりあっている。さらに、表現するにあたる express というコトバは外に押し出すイメージであり、間にはエントロピーを減少させるイノチという存在がある。“我惟う故に我あり”というデカルトの言葉は切り取られた次元の断片においては真であろうが、いたずらに脳の作り出すイリュージョンを増幅させるのではなく、地球上に今ここでというステージを共有し、共生しているということに生活の営みのアンカーを置くべきであろう。泉のように湧き出すイノチの力の由来は、エネルギーの流れと遺伝子のネットワークにより継承される循環の中にある。発想のパラダイムは、まさに、この伝統と創造というプロセスを継承という行為によって循環させ、共に生きている喜びを共有しようということである。

ところで、継承構造は知的システムを構成す

る帰納に一見似ているが、大きな違いは知性が脳の作り出す仮想空間における構造であるのに対し、母性ともいえる継承構造は包括的かつ生成的に、そして食べ物を消化するように虚心坦懐に、モノを生命体に取り込んで形成される。気功¹³⁾やアフォーダンス理論¹⁴⁾もこのようなイノチの素晴らしい力を蘇らせることに由来すると思われ、情報による概念形成もこのことに着目しなければ、大量の情報を整理活用することはできなくなってしまうであろう。

従って、遠近法的に課題を自分の視野にスケール変換し、パラメータを持ち変幻自在に姿を変えるハイパーなコトバを育てていくことが大切になる。幾何は、ハイパーなコトバとして、多くの自然愛好家を魅了してきたが、紹介した GSP は、小学生でも高等数学や物理法則の世界へ導き、発想を豊かにしてくれる友達である。

With GSP (Computer) の意味は、それをメディアとして、自分や自然とコミュニケーションするヒューマンインターフェイスになるということである。アドリブ性や双方向性を取り入れ、それらの相互作用フィードバックにより、ひたむきでしなやかな行動規範を形成することができる。教育にもこれらの成果を取り入れ、エージェントとしての資質を向上していくことが肝要であろう。

参考文献

- 1) アラン・ケイほか：マルチメディア、岩波書店（1993）
- 2) M. マクルーハン：人間拡張の原理、竹内書店新社（1967）
- 3) 吉田裕午：教育情報のアイデンティティ、広島文教教育、7、23（1992）
- 4) 川喜田二郎：発想法、中公新書（1967）
- 5) 川喜田二郎：続・発想法、中公新書（1970）
- 6) 林義樹：日本教育情報学会年会論文集、9、124（1993）

吉田：GSP*と拓く発想のパラダイム

- 7) 梶原宣俊：専門学校教育論、学文社（1993）
- 8) 吉田裕午：練り込み概念とシナジェティクス、
広島文教教育、6、11（1991）
- 9) 吉田裕午：Logoにみる再帰構造、広島文教女子
大学情報教育センター所報、2、65（1993）
- 10) 吉田裕午：紋様における練り込み概念の形成と
組織化、広島文教女子大学紀要、27、7（1992）
- 11) 吉田裕午：練り込みによる直観的理解の意味、
広島文教女子大学紀要、28、167（1993）
- 12) 吉田裕午：教育情報における三角（参画）型練
り込み、広島文教女子大学紀要、29、213（1994）
- 13) 津村喬ほか：気は挑戦する、宝島社（1989）
- 14) 佐々木正人：アフォーダンス—新しい認知の理
論、岩波書店（1994）
- 15) 吉田裕午：幼年期における情報教育、幼児教育
の研究、18、1（1994）
- 16) 川喜田二郎：創造と伝統、祥伝社（1993）
- 17) 霜田光一：日本物理学会誌、49、670（1994）
- 18) 文部省：新しい学力観に立つ学習指導の創造シ
リーズ、東洋館出版社（1993）
- 19) 石井 裕：C S C Wとグループウェア、オーム
社（1994）