

# MINDSTORMS 第6章 頭に入る大きさに砕いた強力な概念

久野 靖\*

2010.10.27

## 1 イントロ

□ ある教師の言葉 → なぜマイクロワールドは物理だと言えるのか?

□ 物事には2つの知り方

- 「事柄を知る」vs「方法を知る」
- 「命題的知識」vs「行為的知識」
- 「事実」vs「技術」

□ 本章の主題: これらのいくつか(=知ること)。

- 重要な例: 人柄を知る、場所を知る、人の精神状態を知る
- さらに…

□ 「個人的な知識に根ざして科学的知識を理解するためにコンピュータを用いる」

□ 「科学的知識が、事実を知ったり技術を習得するという  
ことよりも、人と近づきになることに似ている」

- 具体的には…「正式な幾何学」と「子供の知っている  
身体の幾何学」の間を繋ぐ輪としてのタートルと  
同様の試み
- 目的: 従来の学校で奨励されているものよりも同調  
的な学習を生むのに在った条件をつくること

## 2 矛盾について

□ 前の方で取り上げた矛盾: 「社会の大部分が数学を最も  
得難い知識として分類」vs「数学は子供にとって最も  
学び易い」

□ 科学の分野でのこれと似た矛盾をとりあげる

- 学校で教える「科学」は子供の考え方とも科学者の  
考え方とも共通点が少ない
- 子供の考え方と「本ものの科学」の共通点のはるかに  
多い(HOW?)
- コンピュータを導入するとさらに二重の矛盾が生じる

- コンピュータは(1番目の)矛盾から抜け出す道をひ  
らくことができる「のに」、現在の使い方では(知識、  
学校の数学、学校の科学についての)矛盾を強調し  
事態を悪化させる

## 3 学び方について

□ 数学をよくする大人→重要な学習体験を語るのに特定の  
比喻

- e.g. 概念と「親しむ」、知識の領域を「探究する」、  
微妙な差異に対して「感受性を得る」
- これらの表現→子供の学び方に正確に適合すると信  
じる「が」、
- 小学生が学習について話すとき→学んだ事柄、習得  
した技能に言及しつつ、「全く違った種類の言語表現」
- 理由: 学校が生徒に特定の学習のモデルを与えてい  
る(話し方だけでなく実践を通じて)

□ 技術や連続性のない事実についての知識

- 分量を加減しながら与えることが容易
- 測定することも容易
- 習得を強要することは、「ある考えと親しむようにな  
ったかどうか」確かめるより確かに容易
- ∴学校は「強要し」、子供は「何々を学ぶ」「何々の  
しかたを覚える」というイメージを抱く

□ タートルのマイクロワールドで勉強すること→人となり  
を知るのと同じような風に概念を知ることのようすを示  
すモデルとなる

- 生徒は「事実を発見し」「命題を一般化し」「技術を  
習得する」
- しかし、「初期の学習は」上記ではなく、「タートル  
と親しむ」こと、「タートルに何ができて何ができな  
いかを探究する」こと
- 泥でお菓子を作ったり、親の権力の限界を試すなど  
の日常生活に類似
- 共通の要素:「楽しむ」

\*筑波大学大学院経営システム科学専攻

- 別のケース (教師の主張): 特定の状況を設定し、子供たちが自分では気づかないうちにある概念と親しむようにさせる
- タートルはこれとも違う
  - 子供が「故意に」「意識して」「自分の馴染んだ気持ちのいい種類の学習を」数学や物理に応用するようにさせる
  - →「学ぶことに洗練された人の学習環境」に子供を近づける
- 様々なタートル (床タートル、画面のタートル、ダイナタートル)
  - 取り付きやすい、擬人化できる
  - 強力な数学の概念を備える→この役割に最適
  - cf. ビル (3章) の描写した方法 --- 頭の中を空っぽにして、何度も何度も繰り返して言うことで数学を勉強
- (1) 生徒がこの種の学習のモデルを持つようにすること
  - タートルはこれに適している (ただし、すべてをタートル化しなくていい)
  - その学科の強力な概念と「親しむ」ことに「親しむ」のにタートルを用いる初期の経験が適している
- →2章、ポリヤの発見的方法を紹介する上でタートル幾何学がよかった
  - 発見的方法という考え方をタートルに依存させるわけではない
  - ポリヤの理念が十分に「わかれば」他の分野に (算数にでも) 応用できる
- →4章、理論物理が重要な高次の知識の媒体として優れていた
  - そうなら、子供の生活における理論物理の役割→我々の文化に重要な結果をもたらす
  - 理由 (1): 物体の世界を説明するから
  - 理由 (2): 子供を自分の学習過程を支配しやすい位置に置く形で (1) を実行するから
  - ∴理論物理は初期の習得に適しているかも

## 4 新しい分野を学ぶ

- (パートにとって)「ニュートン力学」「ヘーゲル哲学」を知る過程→「知らない人々の集まりに加わる」
  - 「区別のつかない顔が並んでいるのに面食らう」「圧倒されるように感じる」
  - →徐々に個々の人間が目につくように
  - 「幸運にも 1、2 人急速に近づきを持つように」→重要な関係にまで発展することも
  - きっかけは「興味のある」人を選び出す直観、良い紹介など
- 新しい知識分野の場合も同様
  - 沢山の新しい概念に出くわす
  - 学び上手なら→その中から強力で性に合ったものを選び出すことができる
  - そうでなければ→教師や友人の助けを必要とする (教師が役に立つのか!)
  - 忘れてはならないこと: 良い教師は「共通の友人として紹介役」だが…
  - 「その概念/人間と近づきになる」実際の仕事は第3者にはできない
  - 誰もが「近づきになる技術」を持ち、そこに「自分なりのスタイル」を持つべき
- 物理学+タートルのマイクロワールドの場合: 新参加者が友達を作るのを助ける一般的な方法をいくつか提示
- 問題を分析する方法のモデルとして物理を用いる→高度に数量的・形式的なやり方では?
  - 心理学や社会学が物理をモデルにした場合→不幸な結果
  - しかし、どのような種類の物理学を用いたかに大きな違い
  - 社会科学で参照したのは実証哲学的な側面
  - ここではそれとは対立
  - 科学の命題的内容は重要だが、知識体系の一部だし歴史的にも後
- 我々が興味を持つ知識→より質的、完全に明記されていない、ほとんど命題の形で叙述されていないもの
  - 例: 学生に  $f=ma$ ,  $E=IR$ ,  $PV=RT$  などを知識として与えても物理学として認識されないはず
  - むしろ、学習者として失敗する危険度の高い立場に導く (既に述べたこと)
  - i.e. 分裂的学習 → 自分を「物理を理解できない者」の側に分類
- タートルで学ぶ場合は、どのような知識が物理学を構成するかについて、これとは違った感覚が持てる

- 断片的な/不完全に記述された/質的な知識 (e.g. 「速度の変化だけがわかるタートル」) しか持たない子供でも、それを使って何かできる
- 大学生を悩ませるような概念上の問題に取り組むこともできる (実際)
- 断片的知識は、速度を数量的にどう表現するか知らないでも使える
- 「子供でも物理学者でも」頭の中に遍在するのは「このような直観的、非形式的、かつ非常に強力な概念」

□ 「質的思考を磨くためにコンピュータを使う」→高校の物理で標準となってしまった使い方(※)とは違う

- ※: より複雑な計算を可能にするので、物理学の数量的側面を強化するように用いられる
- ※: 新しい科学技術が、古い時代の制限に基づいた教育方法を強めるために使われている→矛盾

□ 既出: 算数の練習や演習が必要だったのは、数学を同調的に学ぶ条件の欠如からくる症状の1つ

- コンピュータの正しい使い方: そのような条件の提供
- 間違った使い方: 「算数の成績が悪い」という「目の症状を癒す」ために使う → 分裂的な学習の習慣を強化
- この習慣が多く面に及ぶと「算数が不得手」よりはるかに深刻な問題をもたらす
- ∴このような「治療」は病そのものよりたちが悪い

□ 物理にあてはめると: 伝統的物理教育は…

- 限定的な「解答」を出せるような仕事を偏重する紙と鉛筆の技術によって「偶然に」「数量的側面を過度に強調する成行きに
- 「実験室」で「既知の前提を証明/反証/発見」するための実験を行う「教育組織」によりさらに強化
- →学生が「直観と正式な方法とを建設的に結び合わせる手段を見つけ出す」ことを困難にさせた(調理の手本に従うだけで手一杯)

□ 本来ならコンピュータは「基本的な問題を取り除く」のに使われるべきだが…

- 「学校の物理は数量的なもの」というイメージとコンピュータに対する既成のイメージが強化し合っている
- 量的方向に傾きすぎた物理の授業を悪化させるのに用いられている

- (算数の練習/演習のように) コンピュータは局部的な進歩をもたらす→受験社会や教師から受け入れられる

## 5 教育の変革

□ 筆者は「量的でないアプローチ」の要素を展開→真面目な物理学の教師に危惧をもたらす

- 章冒頭の教師の→タートルを好んだが、それを自分が定義する「物理をする」行為と雄和させられなかった→冒頭の発言

□ 教育に急激な変革をもたらしたいと思う者のジレンマ

- 規範的な知識の分野を再度、広範囲に概念化し直す用意をするべき
- 一方で伝統に対する責任もある
- e.g. 国語教師の仕事→現存するままの/歴史的に発展してきた通りの言語や文学に生徒を導くこと
- 新しい言語、自分なりの詞、自分で編み出した実存物を次世代に引き継いだら→義務に背いたことに
- タートル物理学がそうでないと言えるのか悩むのは当然

□ タートルで学ぶのはシェイクスピアを易しいでっぴあげに置き換えることか?

- またはガリレオ、ニュートン、アインシュタインなどの知的産物に生徒を近づけることか?
- 偉大さもなく時の試練も経ていない特異な発明に接するだけか?
- 基礎的な問題: 物理とは何か? それを理解する上でのコンピュータの効果の可能性は何か?

□ カリキュラム考案者の大半は易しい解答を持つ

- 定義: 「初歩の物理学とは、学校で教えられているもの」
- 多少は変化も(大学から少し高校に移す、新しい話題を追加したりする --- 原子炉のさし絵とか)
- カリキュラム改革者は(かなり空想家であっても)、方程式、量で測れる法則、実験室での実験などが定義する枠組みの中
- これにより「物理学を教えているのだ」と安心

□ コンピュータにより可能になった、新しい種類の活動/概念と関係を持つ可能性→文化的遺産に対する責任という問題を提起

- 十大な問題だが、現存のカリキュラムを隠れみのにする場合も責任を果たしていないことになる
  - 学校の理科教育者の立場→「国語教師が国語より教えやすいからと代用物を教える」のに似ているのでは
- ガルの考え→近代数学者、物理学者、技師などすべてが備えている知的な道具一式に含まれる
- 物理学の歴史や学習過程において、定理や方程式の知識と同じく重要だが→教科書を見るだけでは分からない
  - ガルの話は名前もなく教師たちが暗黙のうちに伝えて来たもの
  - 直観的物理の大半と同じく、「大人の物理学者が」ピアジェ式学習の過程において（教室で教えられることなく）学んだように思える

## 6 本当の物理とは？

□ 5章で提示：「本当の物理」を裏切るものは「タートル物理」ではなく「学校の物理」

- ダイナタートルよりさらに従来のカリキュラムから離れた物理学の構成要素をとりあげる：「フレーム」
- 「物体が地面に落下するのに掛かる時間は物体の重量に比例する（アリストテレス）」にガリレオが反駁
- ピサの斜塔の実験の説はうそらしいが…

□ 「ガルとアリの対話」

- ガル「重い物体が2倍の速さで落ちるのなら、2つの球をひもで繋いだら倍速く落ちることになる」
- 歴史的にみても、このような論理によってアリストテレスからの転向が起きたこと大いに考えられる
- アリストテレスの理論の組織→互いに支え合っている→ガルの反駁の普及により下火に

□ 「厳密な事実や方程式に基づく明らかに反駁し難い理論」よりも、この種の議論の方が、科学自体の歴史的進化にも、個人の学習者としての発展においても、思考の進化に本質的な役割を果たすと考える

- ガルが特定の事実や計算に基づいて論じたのなら、アリはもっとうまく弁護できた
- ガルの議論の迫力→物体の性質や自然な効果の継続性に関するアリの直観に訴えたところ
- 論理学者にはそれほど完璧に見えないかも知れないが、我々には説得力

## 7 強力な思考の道具

□ ガルはアリの知らない何かを「知って」いる

- いくつかの強力な概念を巧みに展開
- 例：2ポンドの物体を2つの1ポンドの物体からできあがっていると見る見かたの転換
- この考えはある場合にはささいなこと、ある場合には嘘「全体は部分の総合より大きい」
- ここでの場合は「概念」「知的な道具」として使用：この道具はうまく使えばとても強力

□ 非公式に学ばれた直観的概念を挙げている理由→カリキュラムに書きたいからではない

- その習得を助ける方法は他にもあるはず
- 存在を認めることにより、その発展を育てる条件を生み出せるはず
- 多くの伝統的学習環境でそれをはばんでいる障害を取り除けるはず

□ 重要な点：正式な理論を用いて直観を制すること

- 直観に反する現象に出会い、観察や理屈によって、現実が我々の期待にあてはまらないものだと認めさせられた時の不愉快な気持ち
- ニュートンの質点の永久運動、かじによる船の転覆、ジャイロスコープの動きなど
- 簡単に手直し可能なものもあるが、どのように問題を考えても頑固に矛盾が残る場合が興味深い事例

□ そのような場合は、直観を改良しデバッグする必要

- 「直観は信頼できない」と断定して方程式を用いさせようとする圧力がかかるのを感じるが…
- 学生「ジャイロスコープは倒れると思います」→教師「方程式でそれが直立すると証明」
- しかし学生は「直立することは分かって」いて、この知識が直観と矛盾することに傷ついている
- 直立することを証明するのは「傷口に塩をすり込む」こと

□ 学生が必要とすることは「自分自身をもっとよく理解する」こと

- なぜ自分の直観が間違った予測に導いたのかを知りたい
- 直観を改めて行く方法を知る必要がある
- ガルは直観をあやつる達人
- ガルはアリの限られた直観的思考の一面「物体についての考え方」に対峙することを強いた

- アリは物体を不可分な全体と考える→ガルは部分からなるものと理解

## 8 コンピュータとの関連

- ガルとアリのやりとり： 子供とコンピュータ、ないしコンピュータを通した子供と教師の間に起こる重要な種類のやり取りに近い
  - ガルがアリに強いたこと： アリ自身の物体についての直観的な考え方に対決し、それを通して考えを進めること
  - アリはそのために必要な能力を備えていたと思える
  - 「子供が、自分の持つ直観と対決する」にはどうしたら？
- 実は反語的。子供は自分自身の考えについて大いに考えるし、自分の直観を気にするし、それに対決するし、デバッグもする
  - そうでなかったらそうさせるのは無理だが、既にそうしているんだから、よりよくできるように材料を提供できるはず
- ここでコンピュータの役立て方が2つ
  - (1) 子供が直観的な予想を外面化することを助ける(というより求める)…直観がプログラムに翻訳されると、自己主張するようになり、それについて考えやすくなる
  - (2) 直観的な知識を再形成する上での材料として、コンピュータの概念を取り上げることができる

## 9 パズルの分析

- おなじみのパズルの分析
  - 目的： タートルのモデルが正式な知識と直観的理解の間の亀裂に橋渡しする上でどのように役立つか説明すること
  - 子供達がコンピュータで勉強する上で遭遇した、同じような事例多数
  - 「正しい解答を得ること」は目的でない
  - 1つの問題に対する異なった考え方…2つの直観的考え方や、直観と正式な分析…の間の矛盾を感受性豊かに見つめること
  - 矛盾を認めたら→気持ちの落ち着くところまで考えをつき合わせてみる

- 著者はその矛盾のいくつかを解く上でタートルのモデルが役立つと思えた(が、自分がタートルひいきだからかも)

- 「地球の周囲をひもで1周する。地球は完全な球で半径6000kmとする。次にひもを3mの高さに立てた棒の上につなぐようにするとしたら、どれだけひもは余分に必要か？」
  - 高校を出た人なら計算で出す方法を知っているが、その前にざっと当て推量してほしい
- 計算をする前に考えてみる→直観をデバッグする技術
  - 直観的な感じでは「余分なひもが沢山いる」
  - ← 38000kmもの円周全体に何かを加えなければならないから？
  - ←比率として考えて？
  - 実際には20mほど→直観がまちがいがやすい難問として有名
  - よくある結論→「直観はあてにならない」だが…ここではこの直観を変えるには何をすべきかを見極めたい
- 段階1： 類似した問題で、もっと扱いやすいものを探す
  - よい単純化の方法→曲線のかわりに直線を使う→四角い地球(図16)
  - 余分に必要ひもの量→半径3mの円周と同じ(驚き)
  - 正方形の大きさは余分に必要ひもの量と無関係(さらに驚き)
  - これを方程式で計算したのでは同じ困難が残る
  - 幾何学的に見れば、直線部分では3m持ち上げてひもの長さは同じでいいことが分かるので、曲線部分だけでいいことが直観と調和
- 正方形ではいいが、円は全然違うのでは？ → 次の強力な概念： 2つの事例に矛盾があるなら、その中間例を探す
  - 微積分でもタートル幾何学でも、中間例は「辺数の多い多角形」
  - 多角形の地球にひもを巡らす(図17)→余分のひもの量はこれまでと変わらない
  - 千角形では4角形の250倍も多く足すことになるが、足す量は250分の1でいいから
- ここでためらう人も…「円は辺の多い正多角形と同じなのか？」
  - 多角形による円の表現を自分で考え付いた人には同義に取れるので問題ない

- 身につけていない人は他の問題でもこれを考えることで親しめる
- ガードナー「数学の謝肉祭」から：「1円玉がもう1つの1円玉の周囲をすべらずに1巡りするとしたら、1周する間に何回転する？」
- 答え： 2回転
  - 直観と試してみた結果が違っている→どう考えたら一致させられるか？
- 同じ手段で。正方形のまわりをすべらずに1周させる
- 辺を転がる時と角の回転がまったく異なっている
  - 4つの角での回転量の合計は360度
  - 多角形の角の数が増えてもこのことは変わらない
  - 決定的な段階： 多角形→タートルの円→真の円

## 10 新しい概念と知り合う

- 「円に対する直観を変える」ことが目的ではない
- アリストテレスの物理学のように、知識の一辺が、相互に支え合う大きな網み目の一部になっている
  - 薦めること： 「新しいものの考え方をしばらく心に留めておき」「新しい友人を旧知に紹介するように」「それを用いる機会を探す」こと
  - 読者が円に対する直観を「変えたい」と思うかどうかは分からない
  - 「変えるということなら」ここで述べた方法が最良ないし唯一の方法
- 希望すること：「思考者としての子供」「強力な概念という力の観念を持った『認識学者』とさえ言える子供」に対する新しい感覚を持つこと
- 一方で、これらのイメージが抽象的であり、子供を教える立場の人にとっては神経を刺激するようなものだとも分かる
  - 36人(!)の子供相手に文法や算数を教えて過ごす小3の教師にはタートル幾何学、マイクロワールド、サイバネティクスは遠い世界に思える(マリーアントワネットが庶民の飢えについて理解しなかったように)
- これらの強力な概念と学校で学ぶ基礎技術の関連は？
- 第1の関連： 学習態度(生活の糧となる技術も恐れや嫌いになるだろうという予測と一緒に身につかない)

- 数を頭の中に入り込ませようとしない子供が算数に失敗 → それを直す道は数との新しい関係を作り出すこと
  - (キムの例) ×的を得た ○当を得た/的を射た
  - 「人と知り合って好きになるように数学と知り合って好きになる」
- コンピュータは「算数とは何か」「そこで重要な強力な概念はなにか」についての我々の認識を変える → 算数の学習にも影響
- 学校の算数(～整数論の一部) → コンピュータ科学の一分野と考えた方が「いいかも知れない」
  - 子供の体験する困難 → 数の概念の欠如ではなく、関連性のある算法を適用するのを誤るところによる
  - 算法を学ぶこと → プログラムを作り、用い、修正する過程
  - 例： 複数桁の数を足すプログラム
  - これがうまくできるようになるには「手順というもののあるあり方を知り、それに親しむ必要」←優れたコンピュータの経験が与えるもの

- New Math カリキュラム改革 vs コンピュータの活用
- 2章： New Math の失敗原因→我々の社会の数に対する疎外の関係を改善することを怠ったこと
  - 第2の失敗原因→数学の教授を整数論、集合論、論理学などに関連づけようとし、手順的な知識の欠如という概念的な障害物に直面しようとしなかったこと
  - New Math を作り出した人たち： 子供たちの困難がどこから来るのか身誤った(有害な誤解)
- 数学教育に対する不適切な価値観の植え付けも有害
- 純粋数学： 数の概念を貴重かつ強力なものとみなす一方、手順の細部は表面的で価値の薄いものとみる
  - ∴子供にとって難しい→数の概念まで遡って、抽象的な困難さに起因するものと考え

## 11 手順の間違いを検討する

- コンピュータ学者であれば、足し算ができないのは足し算という「手順」ができない → どんな手順か、何が手順に間違いをもたらしたか
- バグは他のどんな事柄にも劣らず興味深く概念的な問題(本当か?)
  - 天災のように避けて通るべき誤りではなく、学習過程の本質的な部分として見る(それはそうだけど)

□ ケンは「35 と 35 を足して 610 という答えを出す」 $32+32 = (3+3) \cdot (2+2) = 64$ 、 $\therefore 35+35 = (3+3) \cdot (5+5) = 610$

- この間違いが「数学の形式主義のいたずらによるものだと分かった」(?) 時改善
- フランス語では 70 は *soixante-dix* (60+10)。しかし 60+5 は 65 だが 60+10=610 ではない (他の意味に約束されている)
- 「35 ドル持っていて、もう 35 ドルもらったら、610 ドルかい?」「まさか」「いくら?」「…61」

□ ケンの問題は誤った直観や数の概念に起因するのではない。幾つかの困難さの原因があり、それぞれ理解でき、修正可能

- (1) 彼はこの手順の操作を自分が持っている知識の蓄えから切り離している ← 良い手順は「誤りの照合」が組み込まれている。彼もきっかけがあれば誤りに気づいたのだから、自分で検討しなおすような手順にできるはず
- (2) 間違いに気づいたとき、手順を変えようとせず、答えだけを変更した
- (3) なぜ手順を変えようとしなかったか→手順を実体のあるものとして名付けたり扱ったり変えたりできると認識していなかった→手順を修正したりデバッグしたりするという概念は手順を扱って来なかった子供には強力だが扱うのが困難な概念

□ ケンのような子供がロゴ環境でプログラムを書く経験をした後困難を克服した例は多いが…

- なぜ日常生活からは手順を用いる方法を学ばないのか? 毎日の生活も、ゲームも、道を教えるのも、手順の練習のようなもの
- しかし、手順が生きて使われている日常生活では、それについて考えることはかならずしもない
- ロゴ環境では名前をつけて取り扱う→手順という概念を認める
- その後、学校で形式に沿った算数をする上でそれが資源に

## 12 ふたたび、直観の変更について

□ これまでに出て来たことで…

- ニュートンの運動の法則→それより指摘な、概念的に強力な事柄に結びつけるようなコンピュータの比喩を用いた時に生命を得た

● 幾何学→最も基本的な人間的体験、空間における自分の身体の体験という前兆とつながった時に生きた幾何学となった

- 正式な算数→個々の生徒に、彼の手順に関わる前兆とのつながりを持たせれば、生きたものになるはず
- そのような前兆は沢山ある (○×の策略、道を教える、など) が、算数をするのにこの能力を用いることはごく少ない

□ この状況はアリとガルの対話、ひもや 1 円玉の問題での直観の変更と全く同じ

- 関心事: 「強力な概念をどのようにして直観の一部にするか」
- 手順をどのようにそうさせるかについては処方はない (新しく人と知り合うという比喩で薦めたことくらい)
- 教育者としてできること→手順という考えを効果的に面白く使える条件を作ってやること、手順に関連した様々な概念に接する機会を与えてやること
- これはロゴ環境の概念的な内容を通しておこなえる

## 13 人間のコンピュータ化?

□ 手順という考えは強力な知的道具であると論じ、それを身につける手段として自分をコンピュータになぞらえることを薦めた

- コンピュータのモデルを人間にあてはめるのは人間を機械化、単純化するのではという批判も
- 人間が自分の直観や価値観や判断に対する敬意を失うことを危惧し、方便としての思考が良い思考の模範となることを恐れる
- これは重要な問題だが、コンピュータ自体に対する危惧ではなく、コンピュータの存在を文化がどのように同化していくかという点に対する危惧

□ 「コンピュータのように考えなさい」は常にコンピュータのように考えろという意味ではない

- 何事も除外せず、個人の知的道具の蓄えの中に強力なものを 1 つ追加するというふうを考えるべき。代償として放棄するものは何もない
- 新しい方法を取り入れるためには古いものを捨てる必要がある、というのは心理学の理論としては未熟で裏付けのないもの
- 人間の知性の顕著な点→多くの認識方法をしばしば並行して操り、物事を多くの段階から理解する能力

- 「コンピュータのように考えよ」は他の認識論を締め出すことにはならず、思考に接近する新しい道を開くだけ

□ 文化がコンピュータの存在を同化するにつれて、コンピュータリテラシが問題になってくる

- この言葉は「プログラムの仕方をすること」「コンピュータの様々な用途を知ること」と解釈されるが…
- 真のコンピュータリテラシとは、単にコンピュータやコンピュータの使い方を知るというだけでなく「そうするのに適切な場合を知る」こと