

LOGOを使った新しいCAI

山西 潤一

(1985年3月30日受理)

New Type CAI with LOGO

Jun-ichi YAMANISHI

Abstract

In this paper, we suggest a creative uses of micro-computers in schools. Using Logo's turtle graphics, procedure, list process, we can provide an active and interactive learning environment for the children.

1. はじめに

高性能で低廉化のパーソナルコンピュータが普及するにつれ、教育の現場に今またCAIがよみがえろうとしている。それは、子供一人ひとりの能力に応じた教育の個別化を担う道具として期待されている。ここで従来のCAIはスキナー流の反復学習を基盤として、既存の知識の供与や知識の確認を行わせるものであり、子供にとっては、あらかじめ定められたコースウェアに従って、教師役のコンピュータに教授されるという受動的な学習スタイルである。そこでは、与えられた問題に対する結果のみが問われるのである。複雑で精緻なコースウェアが開発されるにつれ、この種のCAIにはそれなりの成果があげられてきてはいるが、「電子ページめくり機」とのかつての批判に答えたCAIと基本的には変わっていない。ただ「電子ページめくり機」が安く手に入るようになっただけである。

一方、近年、前述した従来のCAIと異なる新しいタイプのCAIが試みられてきている。MI

TのPapert. S. らが中心となって開発したLOGOを使ったCAIである。¹⁾本CAIの特徴は、それがPiaget. J. の発生的認識論の研究に基づくという点である。すなわち、子供というものは常に外界に積極的に働きかけて、それによって自からの認知構造を発達させるものである。従って、学習にとって最も大切なことは子供が自から探究し、外界と活動的な相互作用を保つことだとされ、そのような探究の場をコンピュータ上に設定してやろうとするものである。ここでは、子供自身の自由な発想で試行錯誤を繰り返しながら体験的に原理が発見できる。又、そこでの活動は単なる知識の享受のためではなく、その学習活動を通して自から考え、判断し、行動し、結果を吟味するという教育の最も基本である自己形成能力の育成にコンピュータが役立っている。

しかしながら、このLOGOを現実の学校教育の中で生かすには、教材開発、指導方法、カリキュラムの問題など未解決の問題が非常に多い。そこで本論文では、LOGOの特質を生かした教材開発について述べる。

2. LOGOとは

MITグループの開発したオリジナルなLOGOの他にマイクロコンピュータ上でも可動する種々のLOGOが開発され、市販されてきている。²⁾

最近では、日本語の使えるLOGOも利用可能でLOGOを教材・教具として生かせる環境がようやく整ってきた。

LOGOの第1の特徴として、まずタートルグラフィックがあげられる。タートルグラフィックでは、画面上に現われた亀に「まえへ 10」と命令すると亀が10歩前進する。又、「みぎへ 90」と命令するとその位置で右へ90度向きを変える。この亀はペンをもっていて、ペンが下がっている状態のもとで動かすとそこに軌跡が描かれる。ここに、使用される基本命令語は身体の動き（まえへ、うしろへ、みぎへ、ひだりへ）や日常の活動に使われている簡単な言葉で表現されているので子供でも容易に理解できる。

例えば

まえへ 10

みぎへ 90

まえへ 10

みぎへ 90

まえへ 10

みぎへ 90

まえへ 10

みぎへ 90

という命令で図1に示すような手順で正方形が描かれる。これに正方形と名前をつけておけば、次からは正方形と命令するだけでこの図が描かれる。

すなわち、「正方形」という概念を記述するものとしてプログラムが存在するわけで、コンピュータ上の亀に、この概念を一度教えてしまえば、次からは「正方形」と指示するだけでそれが表現される。このことを「手続き」を定義するという。

これだけの機能でも、前へ何歩行くとはどういうことか、右へ何度曲がるとはどういうことか等、言葉とその意味（実体）とが子供にとって感覚的に理解できるだけではなく、先に正方形を示して

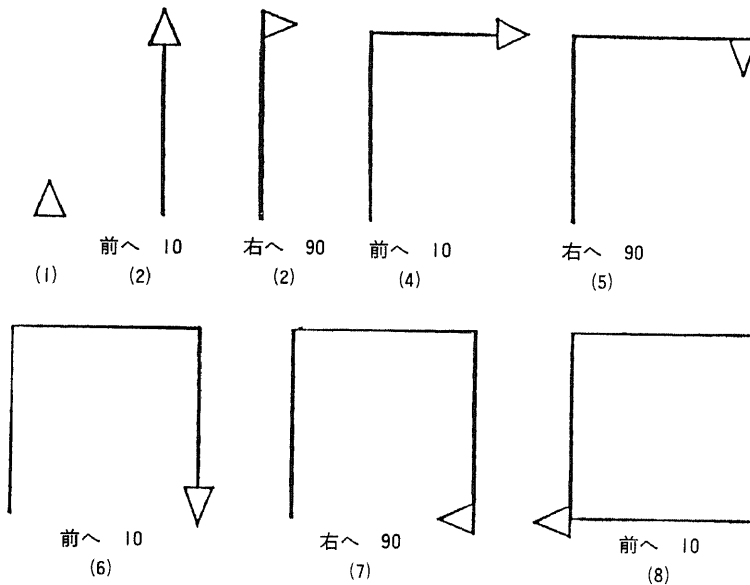


図1. 「前へ」と「右へ」で正方形を描く手順

それを描かせるような課題，すなわち，実体を示してその概念規定を子供自身に記述させるような課題を与えることによって，LOGO的表現を通して試行錯誤的にその特徴を学びとることができるのである。

第2の特徴としては，独立した手続きをさまざまに組み合わせて，より大きなプログラムを作っていく構造的プログラミングが可能であるという点である。すなわち，図2に示すようにLOGOのプログラムでは，一つ概念を与える（手続きを作る）には，「それは **」として記述する。ここで，**は概念を示す。図2に示したように，「それは A」，「それは B」，「それは C」… というように概念を作っておくと，その上位概念A'の記述は下位概念A，B，Cの要素で記述できるし，さらにその上位概念A'はA'，B'で記述できるのである。又，この逆の方法もLOGOのプログラミングではよく使われる。すなわち，A'を作るためにはA'，B'の構成要素が必要である。そして，このA'，B'を使うためには，それぞれその概念としてA，B，C……が定義されるという方法である。

この仕組みは問題解決方略を考える上で重要な問題を提起している。与えられた問題を解決する時に，最終目標は何か，さらにその最終目標を実現するための下位目標は何か，その下位目標を実現するために何がかなどと考えるトップダウン式の思考方法や，その逆に下位目標から上位目標を実現していくボトムアップ式の思考方法が自然のうちに身につくという点である。

第3の特徴としては言葉を構成的に処理できるリスト処理機能がある。このリスト処理機能を使うことによって，従来のパーソナルコンピュータ言語のBASIC等ではできない非常に興味深い教材の開発が可能となった。すなわち，単語を組み合わせて文を作ったり，文を組み合わせて文章を作ったりすることが可能になったことで，コンピュータと日常の言葉で会話することができたり，コンピュータを使って詩を書かせたり，作曲をさせることもできるのである。ここで，LOGOのプログラミングを通して会話に必要な文法規則や構文，詩を作るための文章構成方法，作曲法などが学ばれる。

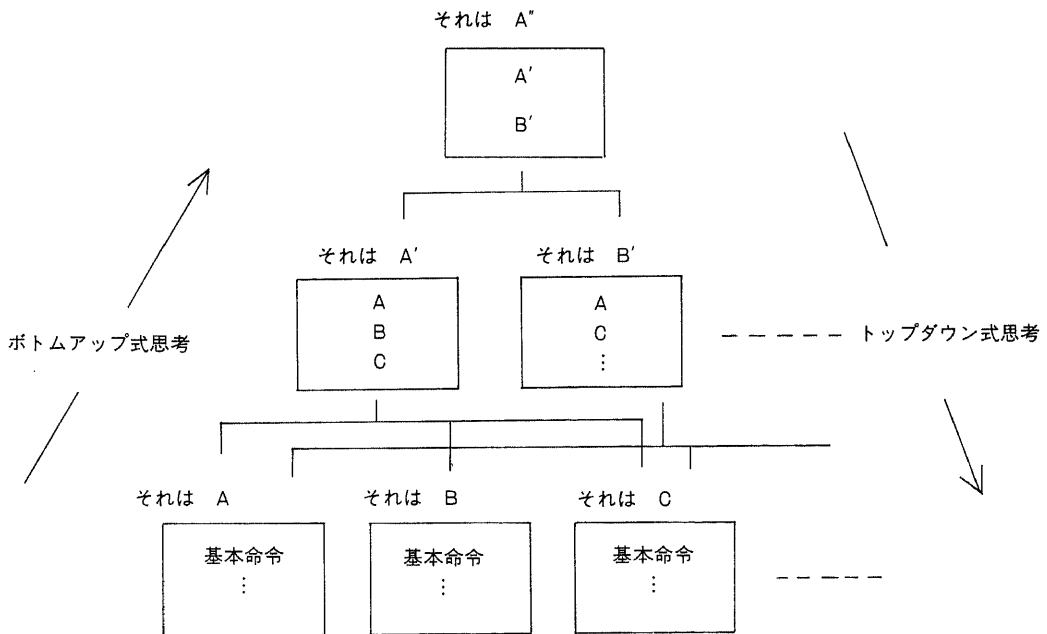


図2. 「手続き」を使った構造的プログラミング

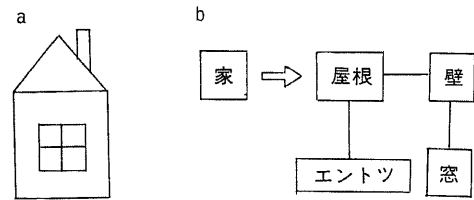
3. 学習環境としてのLOGO

既存の知識をいかに子供が納得する形で理解させるか、常に教材開発に多大の神経と労力を費やしているのが教師の現状である。ここにおいて、筆者は、そのような理解を促進する教材も重要であるが、知識そのものを作り上げていくような環境を設定することも教材開発の重要な課題であると考えている。道具としてのコンピュータを生かす時、前節で述べた種々の特徴をもつLOGOを使ったCAIがそれに答える教材の一つになり得る可能性がある。³⁾

3.1 「タートルグラフィック」と「手続き」

前節でも述べたように、LOGOではコンピュータ上に擬人化された亀が登場する。彼の知識ははじめに組み込まれている言葉（基本命令）のみである。しかし、この基本命令をいくつか使って新しい言葉（概念）を覚えさせることができる。このことを「手続き」という。この「手続き」を次々に作ることによって亀にいろいろな知識を持たせることが可能となる。結局、亀に持たせた知識は、それを与えた子供自身が獲得した知識に依存するので、子供は与えるべき知識を得るために、ある時は、タートルグラフィックの中で試行錯誤的な操作活動を行ったり、ある時は自然を十分観察したり、又ある時は参考書や図鑑を調べたりすることが必要となる。そして、ここでは、そのような状況——学習する環境——を設定することが教師の重要な役割りとなる。

先に述べた「タートルグラフィック」も単なるお絵かき道具ではない。絵を描くためには、どんな絵を描くのかという「設計」が必要になる。プランニングである。そしてその絵を描くためにはどんな素材が必要かという問題も生ずる。素材をどのように組立てれば絵になるか、そこで展開される活動の中に、図形の性質、平行移動、回転、座標の概念などといった数学的問題が充分生かされる。勿論、自分の考えた結果にならない時も多い。ここで、教師は「こうしたらうまくいくよ」と解を与えてはいけな。い。「どこがおかしいのかな」といって間違いを子供自身に発見させることが必要である。子供に試行錯誤を繰り返させ解を



それは 家	それは 壁
屋根 エントツ 壁 窓	しかく 100
おわり	おわり
それは 屋根	それは 窓
さんかく 140	くりかえし 4
おわり	〔しかく 20〕
それは エントツ	おわり
ながしかく 30 10	
おわり	

図3. 「家」を描く課題の解決法とプログラミング例

発見させるようにすることが必要である。Learning by doing である。LOGOを学習した子供は間違いをあまり気にしない。間違ってからどこを直せば良いかを常に考えるようになる。

前述したボトムアップ式思考やトップダウン式思考といった問題解決方略に関して言えば、構成要素としての「手続き」に習熟してくると全体を部分に細分化してみる考え方が形成される。例えば、図3 aに示すような家を作ろうという課題を与えると、図3 bに示すように、それぞれの構成要素を「手続き」として作り、その統合として家を作る。写真1に示すのは、街の模型の中で亀を目的地まで連れていく探索課題を行っている例であるが、ここでも、出発地(S)から目的地(G)までの解決方略を一度に発見するのではなく、わかるところまでを順に考える問題の細分化を行い、 $S \rightarrow S' \rightarrow S'' \rightarrow G$ という「手続き」で解を見つめることができた。

さて、「手続き」を使った構造的プログラムの利点は、さらに次のような場面に利用される。



写真1. 亀になって課題解決手順を探索している子供

学習活動の中で、コミュニケーションが生まれるということである。CAIという個別化が常に問題にされる。ここで、LOGOを用いたCAIでは個別化よりもクラス全員で学習する環境が設定できる。タートルグラフィックを描く問題に例をとると、どんな絵を描くか設計ができたならグループごとに分担が可能である。グループAはどの部分、グループBはどの部分という具合に分担し、それぞれを「手続き」にするのである。最終的に次のようなLOGOプログラムができあがる。

それは クラスの作品

グループ A

グループ B

グループ C

⋮

おわり

ここで、グループA, B, C…の「手続き」内容を一枚の絵の部分ではなく、場面にするとアニメーションが実現される。クラス全体が協力して一つのコンピュータ絵画やアニメーションを制作するという環境がLOGOでは可能なのである。そこでの活動を通して得られるものは、従来のドリル型のCAIで得られる教育効果とまったく異なった効果となると筆者は考えている。

3.2 観察記録としての「手続き」

理科教材においては、植物の成長、太陽の動き、星の動きなど、毎日の観察を通して、その成長のしくみ、動きの法則などを発見させようとする教材が多い。このような教材は、刻々の変化からその性質を推測させる教材であるので、筆者は時系列的教材と呼んでいる。そして、この時系列的教材には観察記録としての「手続き」の使用が非常に効果的である。一つの例を示そう。水見湖南小学校の戸塚滝登教諭が試みたヒマワリの葉の成長観察である。⁴⁾ 図4に示すようにヒマワリの葉の成長の様子を調べるため、葉につけた印の大きさを毎日観察しては、次のように「手続き」としてLOGOでプログラムしておく。

3.2 観察記録としての「手続き」

理科教材においては、植物の成長、太陽の動き、星の動きなど、毎日の観察を通して、その成長のしくみ、動きの法則などを発見させようとする教材が多い。このような教材は、刻々の変化からその性質を推測させる教材であるので、筆者は時系列的教材と呼んでいる。そして、この時系列的教材には観察記録としての「手続き」の使用が非常に効果的である。一つの例を示そう。水見湖南小学校の戸塚滝登教諭が試みたヒマワリの葉の成長観察である。⁴⁾ 図4に示すようにヒマワリの葉の成長の様子を調べるため、葉につけた印の大きさを毎日観察しては、次のように「手続き」としてLOGOでプログラムしておく。

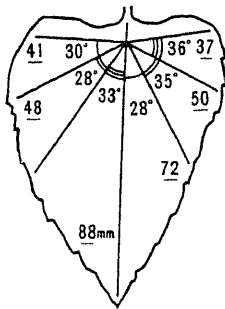
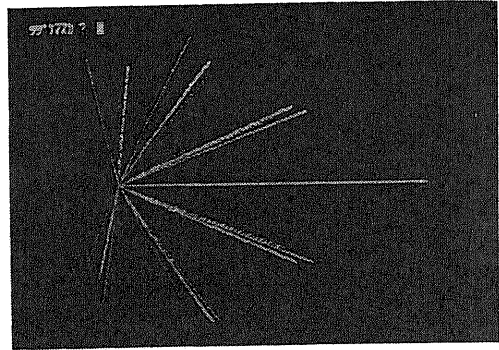


図4. ヒマワリの葉の観察を「手続き」にする。

それは 8月1日の観察
 それは 8月2日の観察
 ……

こうして、何日間かに渡る観察記録としての「手続き」を作り終えた後、葉の成長の様子について子供達に考えさせる。ここで、子供達は観察記録に基づいて種々の仮説を提案する。さて、この仮説の検証に、「手続き」によるグラフィック表示が実に効果的である。すなわち、図5に示すように「手続き」を順番に呼び出すと、コンピュータの画面上に、あたかも高速度撮影像を見るがごとく、葉につけた印の経時変化が再生される。

観察から仮説を立てさせ、それを検証していく一つの手段として、他の多くの時系列的教材への本手法の適用が考えられる。



それは 成長の様子
 8月1日の観察
 8月2日の観察
 8月3日の観察
 ……
 おわり

図5. 成長の様子がアニメーションで再生される。

3.3 リスト処理⁵⁾

以下にリスト処理を使った一つのプログラムを示す。タイトルと言葉をコンピュータに教えてやると、コンピュータが「詩」を作るプログラムである。

それは 詩 :タイトル :言葉
 かけ :言葉
 くりかえし 2 [かけ〔〕]
 くりかえし 5 [かけ:言葉]
 かけ ことばに “いちめんの:言葉”
 おわり

} a

例えば、タイトルとして「冬」、言葉として「ゆき」を与えてみよう。作られた詩は図6に示すようになる。同様に、タイトルとして「春」、言葉として「はな」を与えてみる。同様の詩が図6に示すように作られる。

ここで、この詩を作るための構文は、結局「詩」作成プログラムのaで示す部分で記述されている。これがこの学習者(プログラム作成者)の詩作成

冬	春
ゆき	はな
ゆき	はな
ゆき	はな
ゆき	はな
ゆき	はな
いちめんのゆき	いちめんのはな

図6. リスト処理で作った詩の例

参考文献

- (1) S. Papert : Mindstorms, Basic Book, Inc. (1980)
- (2) H. Abelson : Logo for the Apple II. Byte Pub. Inc. (1982)
- (3) D. Watt : Logo in the schools. Byte Pub. Inc. (1982)
- (4) 戸塚滝登 : LOGOで自然を見つめる。科学朝日 6月増刊号 (1985)
- (5) 例えば, 三宅なほみ編著 : LOGOハンドブック—ことばあそびとリスト処理。CBSソニー出版(1984)

のための知識である。もっと異なる表現にするためにはこの知識を変化させれば良い。「詩」の作成技法を知らなくても結果として表現される「詩」を感じとることにより, そのような作成技法を修得できる。基本的な文法を手続きとして教えておけばそれに従った種々の詩を作ることも可能であるし, 逆に, 言葉を種々に変化させて詩を作ることから, 文法を学ばせるという方法も考えられる。

4. おわりに

LOGOを使った新しいタイプのCAIについて, その特徴を生かした教材開発の試みについて述べた。LOGOの持つ強力なタートルグラフィック機能, 手続きを使つての構造的プログラミング機能, リスト処理機能などを有効に使うことによって, 従来のコンピュータ利用教材にはない学習環境が設定できる。そこでは, 子供が自からの主体的活動を通して, 考え方を見つめ直し, 深めることができるとともに, 考えて試みてみることの楽しさを経験できる。子供も教師もコンピュータという道具を通して共に学ぶ学習環境である。

今後, このような学習環境のカリキュラムへの導入, 実践の教育効果などについての詳細な分析を進め, コンピュータ利用教育の新たな可能性を探究していきたい。