

実体を持つプログラム言語「アルゴブロック」

—思考と共同作業の道具として—

1 Q-5

鈴木栄幸[†] 加藤浩[†] 伊東裕司^{††}
 NEC C&C情報研究所[†] 慶応義塾大学 文学部^{††}

1. はじめに

筆者らは、教育におけるコンピュータを「教えるための道具」としてではなく、学習者の思考や話し合い等を支援し促進する「活動のための道具」として位置づけている。本稿では、筆者らが開発した教育用のプログラム言語「アルゴブロック」^{[1][2]}を取り上げ、その概要・特徴を述べるとともに、思考・共同作業の道具としての適格性について、利用実験の結果を交えながら考察する。

2. 実体を持つプログラム言語「アルゴブロック」

アルゴブロック(Fig.1)とは、実在のブロックを接続することでプログラミングできる教育用物理言語である。ブロックの一つ一つには、プログラム言語におけるコマンドが割り当てられており、これらのブロックを手で組み立てることによってプログラムを作成することができる。このプログラムはパソコンに転送され実行される。今回の仕様では、CRT画面上にグラフィックス表示された潜水艦がプログラムに従って動く。各々のブロックには、「前進」「方向変換」「着陸用の足を出す」等、潜水艦の動きに関するコマンドと、「繰り返す」「条件分岐」等、プログラムの制御に関するコマンドが割り当ててある。

このシステムの目的は、小学校高学年から中学生くらいの学習者が、共同作業を通して、アルゴリズム的思考能力、問題分析能力、プランニング能力を含む、広義のシステムの思考能力を身に付けるのを支援することである。

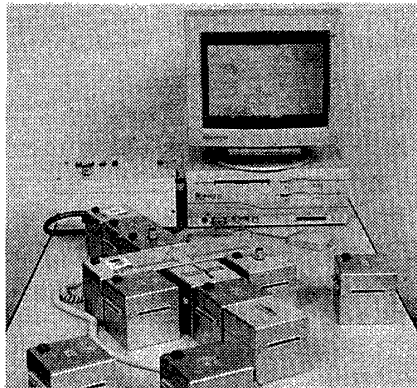


Fig.1 アルゴブロックシステムの外観

3. 思考・共同作業支援と道具

思考と共同作業を支援する道具が満たすべき要件について以下に考察する。

3.1 思考の道具

思考のための道具は、アイデアを表現すること、それを試し、変更することが容易で、その道具を使うことでアイデアが明確化されるような特徴を持つことが望ましい。このような特徴によって、利用者は道具とのインタラクションを通して、生成的にアイデアを

組み立てていくことができるのである。

3.2 共同作業の道具

共同作業のための道具は、作業への参加者全員に作業空間内のリソースを参照・操作する機会を平等に与え、また作業の過程を相互に見わたすことを可能にするような「オープンな道具」^[3]であることが望ましい。(ここでリソースとは、作業空間の中にあって参加者が作業の過程においてインタラクトするものを指し、他の参加者、書き留められたアイデア、参考資料、作業のための道具などがこれに当たる。)このような特徴を持つ道具を使うことで、参加者は絶えず作業の状況、他の参加者の行為の意味を把握し、それに対して介入することができる。その結果として、参加者間のコミュニケーションは促進され、共同作業が活性化されると考えられる。ただし、円滑な共同作業のためには、参加者のリソースへのアクセスを促すだけでなく、リソースへの無秩序なアクセスを防ぐような、何らかのコントロールが働かなくてはならない。参加者がリソースに無制限に、一斉にアクセスを始めれば、作業の場は混乱し、共同作業は成り立たなくなるからである。よって、共同作業のための道具は、このようなコントロールを可能にするような性質を合わせ持たなくてはならない。

4. 思考・共同作業支援とアルゴブロック

アルゴブロックの顕著な特徴は、プログラムに実体を与えていることである。すなわち、アルゴブロックは、本来CRT画面上にあってキーボード/マウスを介して操作していたプログラムを、テーブルの上に置き、手でさわることを可能とする。この実体性という特徴が思考と共同作業の支援にどのように関与するのだろうか。このことを確かめるために利用実験を行った。

4.1 利用実験

小学6年生3人のグループを被験者としアルゴブロックを使った共同作業を行わせ、その様子を録画・分析した。被験者らはまず、実験者が模擬的にアルゴブロックを使うのを3、4分見学した後、操作に慣れる目的でアルゴブロックを自由に操作した。被験者らがブロックの操作に慣れたと実験者が判断した段階で、2種類の課題を続けて与えた。両課題とも、障害物を回避しながら潜水艦を指定されたゴールへ到達させるというもののだが、障害物とゴールの位置が違っている。作業の場には実験者2人が立ち会ったが、スイッチの入れ方・リセットの仕方といったシステムの使い方に関する質問にだけ答え、プログラミングのルールや、課題の解き方に関する質問には答えないようにした。導入から2つの課題を終了するまで、約1時間かかった。尚、被験者らにプログラミング/パソコン操作の経験はなかった。

以降、実験結果に言及しながら、アルゴブロックの思考と共同作業の道具としての適格性について論じる。

4.2 思考の道具として

アルゴブロックでは、コマンドに対応する実体を持つブロックを直接操作することでプログラムが作成できるため、キーボードやマウスに慣れていない初心者であっても容易にアイデアを表現すること、すなわちプログラミングができる。また、プログラムを変更したいと思った時に、速やかにそれを変更することが可能である。この特徴によって学習者の意識は道具を使いこなすことではなく、

A tangible programming language "AlgoBlock"
 - a tool for thought and collaboration -
 Hideyuki Suzuki: NEC Corporation
 Hiroshi Kato: NEC Corporation
 Yuji Ito: Keio University

課題そのものに向けられ、さらに試行錯誤的活動が促進される。実際、被験者らにパソコン操作の経験はなかったが、わずかに数分の見学と実習を通して、少なくともプログラム言語を操作することに関しては不自由なく行えるようになった。また、プログラムの実行が終わると同時に、「わかった、ここを変えたらいいんだ。」「ここが反対だ。」等の発話を伴って、すばやくブロックを組み替える様子が頻りに観察された。

またアルゴブロックでは、プログラムの組み立て・変更が、明確な身体感覚を伴って行われるとともに、その結果が実体を持ったブロックの接続パターンの変化として直接フィードバックされる。よって各時点におけるプログラムの状態・変化をより確実に把握することができる。このことは、プログラム言語の操作を通じたアイデアの明確化を支援すると思われる。被験者らは、考えがまとまっていなくても、とにかくアイデアの一部をブロックで表現してみた。そして、それを実行したり、並べ変えたりすることを通してアイデアを明確化し、プログラムを完成に近づけていった。たとえ不完全であいまいなアイデアでも、それが実体を持つブロックで表現され、インタラクションの対象として明確に示されることで思考が後戻りすることなく、漸進的にアイデアを発展させることができるのである。

以上のことから、実体性という特徴がアルゴブロックの思考の道具としての資質を強化しているといえる。

4. 3 共同作業の道具として

既存のプログラム環境を共同作業に用いるには困難がある。なぜならアイデアの表現、すなわちプログラムが表示されるCRTは複数人で共有することに適さない表示装置であるし、アイデアの表現に直接働きかけられるのは、キーボードを手に行っている一人だけだからである。これに対して、アルゴブロックを使えば、学習者は自分のアイデアを実体を持つブロックに投影することで外在化し、共同作業の場に置くことができる。このことによって、アイデアは、集団に対して明確に示され、その場にいる誰もがそれを共有し、平等にアクセスする権利を持つ。次に挙げるのは、アルゴブロックを使った共同作業の中に現われた代表的なプロトコル(発話と行為の記録)である。「」内は発話の記録、「||」内は行為の記録、「()」内は筆者の補足、「[]」内は説明符号である。また、行為1/行為2、という表記は行為1と2が同時に生じたことを示している。

被験者2[A]:「足を引いたことで(着陸用の足を引っ込めたことで)、そのまま横にいく。」[足引きブロックを指す[action-a1]]

被験者1[B]:「これ反対じゃない?」[ブロックに向かって身を乗り出す[action-b1]/足引きブロックと方向ブロックを指す[action-b2]]

被験者2[C]:「ちがう。これでいくんだ。」[前進ブロックのパラメータをセットしようとする[action-c1]/被験者1がブロックへ手を出そうとするのを肘を張って防御する[action-c2]]

被験者1[D]:「ちがう。先に足を引っ込めてから90度曲がるんじゃないの。」[声を荒げて身を乗り出す[action-d1]/方向ブロックを指す[action-d2]]

被験者3[E]:「私もそう思う。」

被験者1[F]:「だって、90度曲がっていないから足が出ない。」[足引きブロックと方向ブロックを入れ換えようとする[action-f1]]

被験者2[G]:「ちがう。これが横になって・・・」(これ:不明)

被験者1[H]:「保証してあげよう。」[足引きブロックと方向ブロックを入れ換える[action-h1]]

プロトコル全体から、被験者全てが自分の前に置かれたブロックを共有し、それを指差したり、操作したりしながら積極的に共同

作業を行っていることがわかる。また、[action-c1][action-f1]に明らかのように、実体を持つプログラムへの働きかけは必然的に、明示的な身振りを産み出す。これは、キーボード等を使って画面上の記号を操作する事象と比較して顕著である。このことによって、各参加者のプログラムとのインタラクションは集団全員に対してあらわに示され、参加者全員が作業の過程を見通すことを可能にする。例えば、[F]における被験者1のブロックへの働きかけは、明らかな身振り[action-f1]として参加者全てに対してあらわに示されている。被験者2はそれから被験者1の意図を読み取り、即座に反論を試みている[G]。

また、プロトコルには作業のリソースであるプログラムへのアクセス権がどのように獲得されるかが示されている。被験者1はブロックに向かって身を乗り出すことで[action-b1]、ブロックを操作する権利を得ようとしている。それに対して被験者2は肘を張って[action-c2]、被験者1がブロックに身体を向けるのを防いでいる。被験者1は、さらに身を乗り出し、声を荒げることで[action-d1]、ブロック操作の権利をさらに強く主張し、獲得している[F][H]。ここでブロックを操作する権利は、被験者がブロックを参照・操作しようとする中で必然的に生み出される身振りや、声の抑揚によって自然に移動している。アルゴブロックを使えば、このような日常的ルールに基づくコントロールを、とりたてて意識することなく行えるため、利用者は作業にあたって新しいコントロールの規則を身に付ける必要もなく、作業そのものに没入できる。よって円滑な共同作業が可能となる。

また、アルゴブロックを会話のリソースとして利用している場面も観察された。例えば、被験者1は、「足引きブロックと方向ブロックが反対じゃない?」と言う代わりに、プログラムを指差しながら[action-b2]、「これ反対じゃない?」と発言している[B]。このとき、アルゴブロックは言語の一部を肩代わりしており、会話におけるリソースとして存在している。すなわち、コミュニケーションの道具として用いられている。このように、プログラムの状態とその変化を非言語的に表現できることは、特にアルゴブロックの実体性という特徴によって可能となっている。

以上のことから、実体を持つプログラム言語であるアルゴブロックは共同作業の道具としての適格性を持つといえる。

5. まとめ

以上、筆者らが開発した教育用のプログラム言語「アルゴブロック」の概要・特徴を述べた。また利用実験の結果をもとに、アルゴブロックが思考と共同作業の道具として適切であることを示した。実験は始まったばかりであり、まとめにはもうしばらく時間がかかる。今後、既存のプログラム言語との比較実験等を通して、道具と認知的活動の関わりについて考察を深めていきたい。

(参考文献)

- [1] 鈴木、加藤 1991 "問題解決能力の育成を目的とした教育環境構築の試みーアルゴブロックのコンセプト提案ー" 電子情報通信学会教育工学研究会 ET91-106
- [2] 鈴木、加藤 1992 "問題解決能力育成のための教育ツールーアルゴブロックのシステムイメージー" 電子情報通信学会春季大会 SA-6-5
- [3] 鈴木、加藤 1992 "アルゴブロックーアルゴリズム教育のための物理言語ー" ヒューマンインタフェースシンポジウム対話発表1267
- [4] Hutchins, E. 1990 "The Technology of Team Navigation." In: Galegher et al. (Eds) Intellectual Teamwork. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

謝辞

利用実験に協力くださった、NECC&C情報研究所の井出有紀子氏、慶応大学文学部の小澤嘉誉氏、後藤真理氏に深謝します。