

共同学習を支援するためのツール「アルゴカード」の開発

山下 淳† 葛岡 英明† 鈴木 栄幸† 加藤 浩†

†筑波大学構造工学系
‡NEC 情報メディア研究所

筆者らは、コンピュータを用いた共同学習 (CSCL) を支援するシステムであるアルゴカードを開発している。アルゴカードは、NEC で開発・研究されたアルゴブロックがベースになっている。アルゴカードは実体を持ったプログラミング言語である。カード一枚にひとつの命令が対応しており、複数のカードを組み合わせることでプログラムを作成することができる。カードは紙で作られており、カードに描かれたアイコンを画像認識で判別しているので、新しい命令のアイコンが付いているカードも簡単に追加することが可能である。

Development of AlgoCard for CSCL Environment.

Jun Yamashita† Hideaki Kuzuoka† Hideyuki Suzuki† Hiroshi Kato†

†Institute of Engineering Mechanics, University of Tsukuba
‡Information Technology Research Laboratories, NEC Corporation

The authors are developing the AlgoCard which supports CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) activity. AlgoCard is based on AlgoBlock which was developed at NEC corporation. AlgoCard is a substantial language. Each card corresponds to one command, therefore, learners can make program by arranging those cards. Cards are recognized by image processing and they are made of paper. Thus, it is easy to add a new command by adding a new card with a new icon.

1 はじめに

通産省を中心に進められている「100校プロジェクト」に代表されるように、教育の分野にコンピュータを導入しようという動きが活発化し、CAIなどが計算機を利用した教育メディアとして授業の中に取り組みされている [1]。NEC で研究・開発されているアルゴブロックもその一つである。アルゴブロックは、学習者のコミュニティの活動を支援するための教育ツールの一例として研究・開発された、実体を持つプログラミング言語であるが [2, 3]、従来のマウスとキーボードを利用した CAI によるプログラミングの学習とは異なり、一台のコンピュータと、それに接続された複数のブロックを、生徒同士が協力しながら組み合わせ、潜水艦を目的地まで移動させるプログラムを作成することによって共同問題解決を行えるようになっている。アルゴブロックは共

同学習 (Collaborative Learning) の促進を行うツールとしては成果が見られたが、そのシステムの構成上、自由にシステムを拡張することが困難であった。そこで我々は、論理回路やコネクタなどの部品から構成されているブロックを紙でできたカードに置き換え、ハードウェアの部分をできるだけ少なくすることによって拡張性を高めたアルゴカードを開発している。

2 アルゴブロック

2.1 アルゴブロックの概要

アルゴブロック (図 1) は実体を持つプログラミング言語である。ブロックの一つひとつに前進や反転などといった命令が割り当ててあり、それらを連結することによってプログラムを作成することができる。アルゴブロックを利用したアプリケーションと

して潜水艦をゴールまで導くプログラムを作成することができるになっている。他にもブロックには繰り返しや条件分岐なども命令として備え付けられており、高度なプログラミングが可能である。



図 1: アルゴブロックの利用風景

アルゴブロックは、子供らが共同でプログラムを作成する場におけるインタラクションを促進するためのツールとしてデザインされている。従来のスタイルのプログラミングでは、入力装置となるキーボードやマウスがひとつしか存在しないために、プログラムを作成する過程を共有することを難しくしており、時にはプログラムの作成が一人に任せられるといった現象も生じる。これに対してアルゴブロックでは、プログラムの作成過程がオープンな活動、つまり実体を持ったプログラム言語を作業空間に共有して作業することで、プログラム言語の操作は身体の動きといった活動に変換される。例えばプログラムに「前進」の命令を組み込むのも、ただキーボードから入力するのとは違い、机に置かれている前進のブロックを探し、手を伸ばして取り、既に連結されているブロックの最後に追加するという行動に現われる。通常のプログラミングでは、「アイデア」は各個人の考えとして頭の内部で処理され、表面に出てくることは少ない。しかし、小学校6年生の児童数名を対象にしたアルゴブロックの評価実験[3]の解析より、自分のアイデアはそれを実現するためにアルゴブロックを操作することで体の動きや視線の変化として表現されることが確認されている。またこのような動きでアイデアが表現されるからこそ、他者の介入を誘発したり、アイデアを言語化して発言させたり、一つの問題を何人かで分割して考えたりすることができるのである。

2.2 アルゴブロックの問題点

前節で、共同学習を支援する上でのアルゴブロックの有用性を示したが、実験を通していくつかの問題点がみられた。

問題のひとつは、システムが高価であり、拡張性が低いという点である。アルゴブロックの命令にあたる各ブロックは、それ自身が論理回路などが組みこまれたハードウェアとなっている。これらのブロックにはコネクタがついており、それらを相互に接続することによってブロックの並びを判断するようになっている。ブロック自身にハードウェアが組み込まれているので、もしブロックが不足した場合、簡単にふやすことはできない。また、新しい命令を追加する場合でも、回路図から設計を行う必要が生じる。また、乱暴に扱ったり、落したりして破損することも考えられる。対象年齢が小学生から中学生という事を考えると、丈夫に作成するか、もしくはたとえ壊れたとしても、すぐに補充できるようにしなければならない。

そこで筆者らは、ブロックを紙のカードに置き換えて、ブロックの構成を論理回路によって判別するのではなく、各カードに書かれている図形を認識させることで、アルゴブロックと同じようにプログラムを組めるアルゴカードを開発することにした。

3 アルゴカード

3.1 アルゴカードのコンセプト

アルゴカードはアルゴブロックの発展形であるので、システムとして共同学習を支援するという点と身体の動き(状況的学習)の積極的利用といった特徴を継承しつつ、拡張性が高いシステムとなるようにした。アルゴカードで利用するアプリケーションは、アルゴブロックと同じく、方向を書いたカードを用いて潜水艦をゴールまで導くプログラムを作成し、それを実際に実行できるようなシステムを作成した。

3.2 システムの設計方針

アルゴブロックのシステムを設計する際に、画像認識を中心とする「認識部」と、認識結果による仮想カードの表示、プログラムの実行などを行う「GUI部」の2つをそれぞれサーバとクライアントに分け、TCP/IP上でのソケットを利用して通信するように設計した。現在のシステムは、サーバをSGIのIRIX上で、クライアントはFreeBSD上で、共にC言語を用いて開発している。サーバと

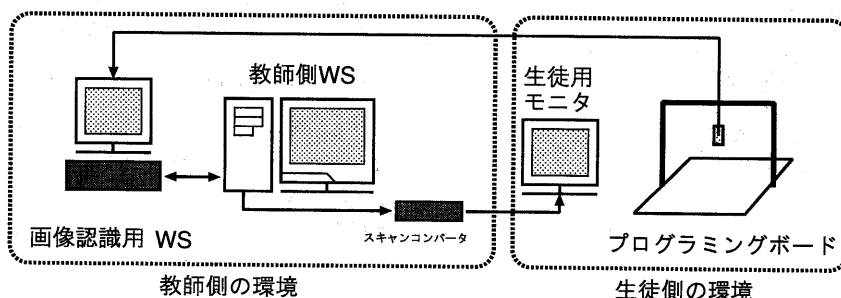


図 2: システムの構成

クライアントに分けたのは、システムの構成を簡素化し、また柔軟性を持たせるのがひとつの目的である。

もう一つの目的は、将来の実験目標として、遠隔地から指示を行なう場合を想定しており、そのような場合にも対応できるようにすることである。

システム全体の構成としては、カードを並べてプログラミングを行うプログラミングボードと、画像認識用のワークステーションおよびGUI部を実行するワークステーション、生徒が指示を受けるモニターから構成されている(図2参照)。また、プログラミングボードの上方にはカメラが固定されており、このカメラからカードの配置を撮影する。

図2では教師が遠隔地から指示を行う場合のシステム構成図を示したが、生徒と教師が同じ場所にいる場合は図中の生徒用のモニターは必要なく、教師側ワークステーションを用いてGUIの操作を行う。

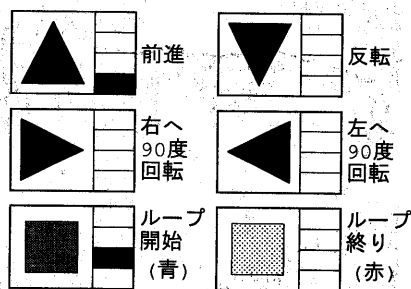


図 3: サポートされているカード

3.3 実装

3.3.1 アルゴカードの文法

アルゴカードの文法は、アルゴブロックで使用されている文法に基づいて決められている。命令は「前進」「反転」などの動作命令と、「繰り返し」といった制御命令がある(図3)。一つ一つの命令は、カード表面に書いてある図形によってあらわされる。また、前進や繰り返しなどの命令のカードには、バーコードが記入されており、バーコードの値によって前進する距離や繰り返しの回数などのパラメータを決定することができる。現時点では、アルゴブロックに存在していた条件分岐の命令は実装されていない。

方向を指示するカードによって、潜水艦の進行方向を決定する。この時点では潜水艦は動かず、「前進」のカードで指示することによって、初めて潜水艦はその方向へ動く。また、繰り返しのはじめと終わりを指示するカード(C言語でのwhile()の文に相当)で挟まれている部分を、指示された回数だけ実行する。

プログラムの作成はプログラミングボードに書いてある枠の中にカードを置くことによって作成する。枠一つのサイズは縦5センチメートル、横7.5センチメートルの長方形で、その枠がプログラミングボード上に縦6つ、横5つ分の目状に書き込まれている。ステップ数で30ステップのプログラムが作成可能である。カードの識別はボードの上方に固定したカメラによってプログラミングボードを撮

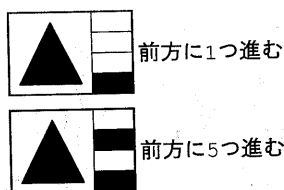


図 4: バーコードの例

影し、画像認識によって識別する。プログラミングボード上にならべられたカードは左側から順番に認識していく。その際に空白は無視されるので、ある程度自由にカードをならべることができる。

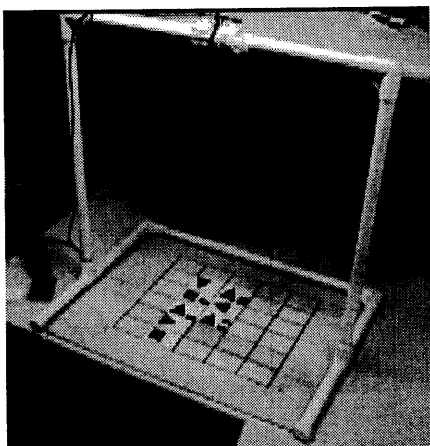


図 5: プログラミングボード

3.3.2 サーバ

サーバ側で行っている処理は以下の通りである。

- 画像のキャリブレーション
- テンプレートの作成
- 画像の認識

画像のキャリブレーション

プログラミングボードの上方にあるカメラから撮影された画像は、必ずしも認識に最適な画像ではなく、斜めにずれたり、画像が小さかったりする場合がある。そこであらかじめプログラミングボード上の3点をマウスで指定することによって、画像の拡

大率と回転行列を求め、入力画像に対してアフィン変換を行うことによってそれらを補正する。

テンプレートの作成

アルゴカードではカード表面に書かれた図形を認識することでカードの並びを判別する。そこで認識する際の基準となるテンプレートを作成しておく必要がある。テンプレートの作成は、マウスを使って簡単に行えるようになっている。

画像の認識

クライアント側からカードの認識要求が発生すると、サーバ側で画像の認識を行う。撮影した画像を、プログラミングボードと同じ5x6の領域に分割し、左側から一列ずつテンプレートマッチングによる判別[4]を行う。同時に、カード右側にあるバーコードによって示された値も判別する。認識した結果は、ソケットを通じてクライアントに渡される。

3.3.3 クライアント

クライアント側で行っている処理は

- 仮想カードの表示
- プログラムの実行結果の表示

の2つに分けられる。

仮想カードの表示

サーバ側で認識した結果は、Main Window に仮想カードを用いて表示される。実際のカードにはバーコードがついているが、仮想カードの方はバーコードの値を数字で表示してある。ウインドウ右上の実行ボタンを押すと、サーバにカードの並びを問い合わせ、その結果を表示し、組まれたプログラムに従って潜水艦を動かす。また、プログラムを解釈する際に、画面上の仮想カードの色が反転し、カードの並びと実際のプログラムの流れを視覚的にトレースできるようになっている。

プログラムの実行結果の表示

Map Window では組まれたプログラムに従い潜水艦が動くようになっている。画面には障害物として機雷が置かれており、これを避けつつゴールまで潜水艦を導かなければならない。潜水艦が通ったあとには、軌跡として赤い線が引かれ、同時に効果音を鳴らすことで問題解決にゲーム性を持たせ、楽しく学習できるようになっている。

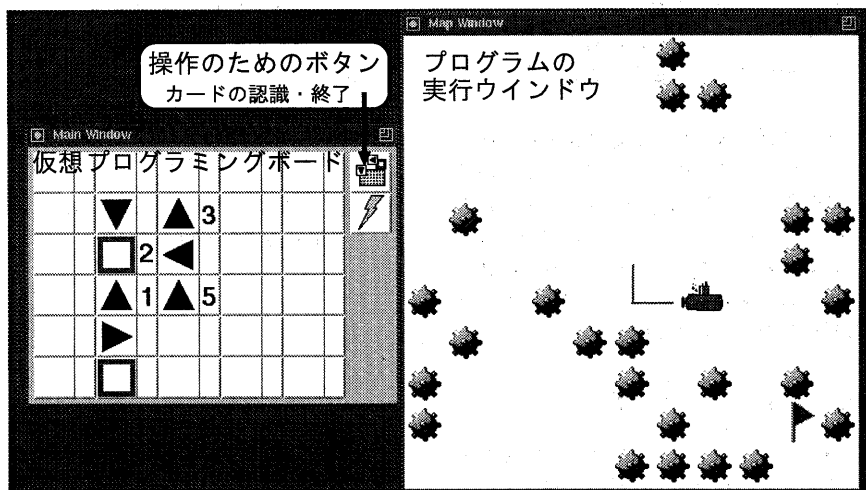


図 6: アルゴブロック実行中の画面

画面上に開かれる 2 つのウインドウは、ワークステーションの画面をスキャンコンバータを通しコンポジット信号に変換して生徒側のモニタにも提供される。これら 2 つのウインドウには、マウスを使って自由に書き込みができるようになっている。

3.4 アルゴカードの問題点

アルゴカードを開発、実験していく上でいくつかの問題点が出てきた。現時点で最も大きな問題点は認識率の問題である。

画像の認識はテンプレートマッチングを用いて行っているため、プログラミングボードの枠の中へカードをきちんと置くことでほぼ 100 パーセントの認識率を出すことができるが、枠から大幅にずれた場合、認識率は著しく下る。アルゴカードに関する、筆者らの研究室における実験において、大学生を対象に、このシステムで使用している認識アルゴリズムを用いた実験を行ったが、その際の感想としても「枠のなかにきちんとカードを置かないと反応しない事があり、不便である」といった感想が見られた。この実験中にカードのずれによる誤認識が発生した場合、教師側から「きちんとカードを置いて」という指示を行うことで解決できたが、小学生などを対象に実験を行った場合、枠の中にきちんとカードを置いてもらえるかは疑問である。今後の改良点として、枠の中にきちんとカードを置くことができるようにする工夫や、カードをきちんと置かな

くても正しく認識できるようにする工夫を行わなければならない。

また、新しい命令の追加に関しても、アルゴブロックよりも簡単にはなったが、学習中に生徒が自由に追加できるためのインターフェイスは整備されていない。アルゴカードの拡張性を活かすには、実際のプログラミングにおいて新しく関数を作成するように、子供らが自由に新しい命令を追加できるような環境を整える必要もある。

現時点において、アルゴカードのシステムは開発段階にあるので、今後開発を進めつつ、問題点を解消していく予定である。

4 今後の展望

4.1 カードの拡張

アルゴカードのコマンドは、従来カードの表面に記入されている模様をカメラで撮影し、それをテンプレートマッチングを利用して認識することによって判別していた。しかし、画像を処理するマシンの能力が低いと、認識するのに時間がかかり、円滑な学習を進めることが困難となる。また、認識できる画像もハードウェアの特性により、分解能は最大で縦横 640×480 ドット、実用的なスピードを得るには縦横 320×240 ドット程度が限度である。この分解能ではカード表面に複雑な絵を書いた場合、正しく認識させるのは困難である。

そこで今後は、カード表面の模様を認識させず、

文法はすべてバーコードを認識させ、クライアント内部に作成したバーコードと文法の対応表と比較することによって解釈する方式を取ることを考えている。

バーコード自身は一般には単なる白黒の縞模様であるので、RGB すべての色について考慮する必要もなく、RGB 表色系から YIQ 表色系への変換式の輝度 (Y) のパラメータから推測して、G 一色だけ見れば良いと思われる。また、パターンマッチングによる認識の作業の必要はなくなり、単位面積あたりの白と黒のピクセルの比を求めれば良い。

4.2 Digital Desk との統合

現在構築中のシステムでは、教師のみが遠隔地からも指示できるようなシステム構成になっているが、最終的には Digital Desk[5] と統合することにより、生徒が別々の環境にいながら、アルゴカードを用いたプログラミングを共同で学習できるようなシステムを目指している。

現在のシステムでは、文法を構成するカードと、それを認識させた仮想プログラミングボード、それを実行画面が別の次元で用意されている。これを Digital Desk の考えかたを利用して、現実のカードと仮想のカードを融合し、現実の机の上にプログラミングボードやカードを投影すると同時に、カメラから入力された画像を処理することによって、机上に置かれた新しいカードを認識したり、あるいは人間の動作を認識するシステムを構築する予定である。

5 まとめ

この論文では、共同学習におけるアルゴブロックの役割を述べ、これをカード化することによって拡張性を高めたアルゴカードに関しての研究報告を行った。カード化することで拡張性を高めることができたが、システムとしてまだ実用的な水準までは至っていない。今後も実験を重ね、改良を進めることにより、アルゴカードが共同学習のツールとして利用できるよう、研究を進めてゆく予定である。

参考文献

- [1] <http://www.edu.ipa.go.jp/kyouiku/100/100.html>
- [2] 加藤浩: 状況的アプローチによる教育システムのデザイン、計測と制御 Vol.34, No.2, pp.122-30 (1995)
- [3] 鈴木栄幸・加藤浩: 共同学習のための教育ツール「アルゴブロック」、認知科学 Vol.2, No.1, pp.36-47(1995)
- [4] 柴山 守: X11 による画像処理基礎プログラミング、技術評論社, pp.250-252(1994)
- [5] <http://roma.vogue.is.uec.ac.jp/~koike/papers/bit/bit.html>