

# ActiveCube: ブロックを介した入出力インタフェースの試み

北村 喜文 伊藤 雄一 河合 道広 浅井 政嗣 正城 敏博 岸野 文郎 菊池日出男\*

大阪大学大学院工学研究科

\* 株式会社システムワット

## 1. はじめに

実世界の経験を積極的に利用した GUI は、コンピュータを利用した作業の効率向上に寄与してきた。この考えをさらに発展させ、人の 3 次元世界での体験に基づく空間性や身体性を活用しようとするバーチャルリアリティの研究や、さまざまな感覚チャネルの情報を有効に利用するマルチモーダルインタフェースの研究が、人の直感や感性などを利用した柔軟なインタフェースを目指して、近年盛んになってきている。こうしたインタフェースは、操作対象に実体がないので実際に操作している感覚になりにくいといった問題もあったが、最近では、物理的な物体を操作対象物に利用するなどの試みも見られる。たとえば、Lego 型のブロックや三角形の平板を組み合わせることでその形状を計算機に入力しようとするものや[1-4]、ブロックを組み合わせてある種のプログラムを作成しようとするもの[5]などがある。しかし、接続面が限定されているために組み立ての自由度に制約があったり、操作意図の入力装置とその結果を表示する出力装置が分離しているために、因果関係が曖昧で直感的ではないなどの問題があった。

本稿では、入出力装置として各種のセンサとディスプレイ/アクチュエータを装備し、ブロック間の通信機能を有する立方体のブロック(ActiveCube)を用いた新しい入出力インタフェースについて述べる。人は ActiveCube を自由に組み合わせ、その三次元的な形状を実時間で計算機に認識させることができる。同時にその結果生じる様々なシミュレーション結果は、ブロックそのものを出力装置として表示される。このため、操作意図などの入力装置とその結果を表示する出力装置が一体化しているために、因果関係が明快で直感的なインタフェースを構築することができる。以下では、ActiveCube の概要について説明する。

## 2. ActiveCube を用いたインタフェース

人の直感、感性、身体性、空間性等を最大限に活用した柔軟な直接操作インタフェースの実現のため、次のような特徴を有する ActiveCube を試作し、これを介した入出力インタフェースを構築する。

- 基本形状を立方体とし、これを自由に組み合わせることでさまざまな形状を作成することができる。立方体の全ての面は他のブロックとの接続に関しては等価で、区別はないものとする。
- ブロックを自由に組み立てることで、ある機能や目的を連想させる物理的形状を実現し、しかもその属性(形、色、機能、動作等)を変更することができる。
- ユーザの意図や実世界の環境情報を取り込むためのセンサを装備している。
- 計算機の内部情報やシミュレーション結果を提示するためのディスプレイシステムやアクチュエータを装備している。
- 実世界のオブジェクトとその計算機内の表現(仮想世界表現)の間のコンシステンシーが常に保たれる

## 3. ActiveCube の実現

### ハードウェア

ActiveCube のハードウェアは、RoboCube (システムワット社製)[6]の機能を拡張して利用する。各ブロックには NeuronChip と呼ばれる CPU を搭載する[7]。この CPU は 3 つのプロセッサを持ち、うち 2 つがネットワークの送受信、残り 1 つがアプリケーションプログラムの実行と管理を行う。プログラムは C 言語をベースとした言語 NeuronC で構成し、コンパイル後、不揮発性メモリに書き込むことでブロック独自の動作をさせる。各ブロックにはブロック ID を一意に割り振り、個々のブロックを一意に識別可能とする。また、接続可能な面全てに接続・非接続を検知する赤外線センサを実装し、面 ID を用いることで他のブロックとの接続面を一意に決定する。接続されたブロックはネットワークを構成し、ブロック相互間の通信には、パラレルな RS-485 方式を利用する。ブロックとホスト PC との接続には、ベースプロ

ActiveCube: A Bi-directional Interface using Blocks  
Yoshifumi Kitamura (kitamura@eie.eng.osaka-u.ac.jp),  
Yuichi Itoh (yuichi@eie.eng.osaka-u.ac.jp),  
Michihiro Kawai, Masatsugu Asai, Toshihiro Masaki,  
Fumio Kishino, and Hideo Kikuchi  
Graduate School of Engineering, Osaka University  
〒565-0871 吹田市山田丘 2-1  
<http://www.human.eie.eng.osaka-u.ac.jp>

ックと呼ぶ特別のブロックが担当し、ルータを介して RS-485 を FT-10 に変換して通信する。このように、各ブロックの各面には通信線 2 つと電源線 2 つの計 4 つの通信線が必要となる。これらを実装するために、ブロック各面の中心から同心円上に接触端子を 3 つ配置し、中心側から通信 1, 通信 2, Vcc(+電源)を割り当てる。グラウンド(-電源)は接続ホックを用いることで供給する。

#### 実時間三次元形状認識の実現

既にネットワークに接続されているブロック(親ブロック)に、新しいブロック(子ブロック)が接続されると、親ブロックは、自分のブロック ID と子ブロックが接続された面 ID をホスト PC に送信する。子ブロックは接続時に電源供給を受け、同時に Broadcast により、自分のブロック ID と接続面 ID を送信する。ホスト PC ではこれらの情報を用いてブロック接続状況マップを更新する。ブロック接続状況マップはツリー方式で管理し、ベースブロックから個々のブロックまでブロック ID とお互いに接続されている面 ID を各ノードに保持する。これによりリアルタイムで接続・分離監視が可能となる。

実時間三次元形状認識は、ブロック接続状況マップと個々のブロックの展開図マップによって行う。ブロック接続状況マップによって親ブロックの配置を割り出し、子ブロックの展開図と合わせることでどの面にどのような方向で接続されたかがわかることになる。それをベースブロックから末端ブロックまで繰り返し解析することにより、全体の形状を認識する。

これらの形状認識手順を ActiveX によりコンテンツ化することで、アプリケーションへの実装は非常に簡単なものとなり、様々なアプリケーションが構築できる。

#### アクティブなブロックの実装

ブロックには NeuronChip が実装され、接続認識のみでなく、センサを制御して情報を取り込んだり、アクチュエータやディスプレイを利用してブロック固有の動作をさせることも可能である。ブロックに実装するセンサとしては、ジャイロセンサ、超音波センサ、光センサ、温度センサなどが考えられ、実空間の情報や利用者の操作意図などを取り込むために使用する。さらに出力ブロックとしては、アクチュエータブロック、マトリクスを用いた表示ブロック、ライトブロック、ブザーブロックなどが考えられる。これらは順次開発してゆく予定である。

#### 4. おわりに

ブロックの組み立ての自由度に制限がなく、自由に組み合わせることでさまざまな形状を作成し、その形状を実時間で計算機に入力することができる ActiveCube について述べた。操作意図などの入力装置とその結果を表示する出力装置が一体化しているために、因果関係が明快で直感的なインタフェースを構築することができる。今後は、ActiveCube の機能の充実を図り、人の直感、感性、身体性、空間性を等を最大限に活用した柔軟な直接操作インタフェースの実現を目指したい。

#### 参考文献

- [1] G. Anagnostou, D. Dewey, and A. T. Patera. Geometry-defining processors for engineering design and analysis, *The Visual Computer*, 5, pp. 304-315, 1989.
- [2] M. Resnick, F. Martin, R. Sargent, and B. Silverman. Programmable bricks: toys to think with, *IBM Systems Journal*, vol. 35, no. 3-4, pp. 443-452. 1996.
- [3] H. Ishii and B. Ullmer. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms, in *Proc. of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97)*, pp. 234-241. 1997.
- [4] D. Anderson, J. Frankel, J. Marks, D. Leigh, K. Ryall, E. Sullivan, J. Yedidia. Building virtual structures with physical blocks, in *Proc. of Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'99)*, pp. 71-72, 1999.
- [5] 鈴木栄幸, 加藤浩. アルゴブロック: アルゴリズム教育のための物理言語, 第 8 回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.245-248, 1992.
- [6] <http://www.watt.co.jp/>
- [7] 根岸哲. 装置間通信を容易にした知的分散制御ネットワーク「LON」, 計装, Vol.36, No.12, pp.54-62, 1993.