

IntelligentBoxによる対話的な3次元仮想空間の構築

岡田義広 田中譲

北海道大学工学部

060 札幌市北区北13条西8丁目

電子メール:{okada,tanaka}@meme.hokudai.ac.jp

著者らは、固有の機能をもつ3次元可視オブジェクト(Box:ボックス)を画面上での直接操作により組合せ機能合成することにより3次元ソフトウェアの開発が行える3次元ソフトウェア構築システムIntelligentBoxの研究開発を行っている。すでに、分散協調操作空間を提供するためのRoomBoxとよぶ機能部品の実現を行っている。RoomBoxは、その子孫ボックスを協調操作対象オブジェクトとして管理し、それら子孫ボックスに対する全操作イベントを共有データとして他の計算機上にあるRoomBoxと共有する機能をもつ。RoomBoxを用いることにより、画面上での対話的な操作のみにより、3次元協調分散応用システムの開発が可能となる。

Construction of Interactive 3D Virtual Spaces Using IntelligentBox

Yoshihiro OKADA and Yuzuru TANAKA

Faculty of Engineering, Hokkaido University

N.13, W.8, Kita-ku, Sapporo, 060 Japan

e-mail:{okada,tanaka}@hucee.hokudai.ac.jp

The authors have been studying a constructive visual 3D software development system called IntelligentBox. The IntelligentBox system enables users to construct 3D graphic applications by combining individually existing 3D functional objects called Boxes through direct manipulations on a computer screen. The authors have already implemented a particular Box called the RoomBox that provides a distributed cooperative operational space. The RoomBox manages its ancestor Boxes as the cooperatively operated 3D objects and maintains all user-operation events shared with other RoomBoxes at different computers. It is possible to construct distributed network 3D graphic applications easily and rapidly by using RoomBoxes.

1. はじめに

我々は、固有の機能をもつ3次元表示されたオブジェクトを組合せ機能合成することにより、3次元表示機能をもつ応用システムを構築可能な3次元ソフトウェア構築システムの研究・開発を行っている。すでに、IntelligentBox[1,2]と呼ぶプロトタイプ・システムを開発している。IntelligentBoxの機能合成の機構は、IntelligentPad[3]の機構を採用している。IntelligentPadは、現在、北海道大学で研究・開発を行っているシンセティックメディア・システムである。IntelligentPadにおける紙のイメージをもつ機能オブジェクトであるパッドを3次元形状をもつ機能オブジェクトへと拡張したシステムがIntelligentBoxであるといえる。すべての3次元オブジェクトがボックスの形状をもつものではないが、IntelligentBoxでは多面体の形状をもつ3次元オブジェクトを総称してボックスと呼ぶ。各ボックスは3次元形状と固有の機能をもつ。このボックスを画面上で互いに親子関係を与え組み合わせることにより、合成された形状と合成された機能をもつボックスを構築できる。IntelligentBoxシステムでは、この構築過程が3次元応用システムの開発過程となる。

すでに、協調操作空間を提供するRoomBoxとよぶ機能部品[4,5]の開発を行っている。RoomBoxは、その子孫ボックスを共有操作対象オブジェクトとして管理し、子孫ボックスに対する全操作イベントを共有データとして保持する機能をもつ。RoomBoxの状態情報を共有したコピー（後述する共有コピー）を作成し、それらを複数の異なるコンピュータに転送することにより、分散協調操作空間が構築される。さらに、その協調操作空間内に3次元モデリングされた建物や種々のオブジェクトを配置し、視野管理の機能部品であるCameraBox[6]を用いることにより、視野が変化する対話型の3次元分散協調応用システムの構築が画面上での対話的な操作のみにより可能となる。本稿では、RoomBoxを用いた3次元分散協調仮想空間の構築機構を説明し、簡単な例を示すことによりRoomBoxの有用性を述べる。

[関連研究]

IntelligentPadシステムにおいては、協調作業場を提供するFieldPad[7]とよばれる機能部品がすでに開発されている。本システムにおけるRoomBoxの基本的な考え方は、FieldPadと同様のものである。3次元応用システムの開発支援システムとしては、仮想現実感を構築するためのツールキットであるVREAM[8]、SUPERSCAPE VRT[8]、

REND386[8]、MR Toolkit[9]などがある。これらには、複数の計算機間で通信することにより、複数の利用者が協調して3次元応用システムを利用する機構が提供されているもの[9]もある。だが、その機能は低レベルの機能であり、スクリプトを用いたプログラム中で利用するしかない。IntelligentBoxシステムでは、その機能を独立した3次元部品として実現している。対話的に操作可能な可視化された機能部品として分散協調操作空間を提供するシステムは著者の知る限りない。

以下では、2節で、まずIntelligentBoxの概要としてIntelligentBoxの機能合成機構を述べる。3節では、RoomBoxの基本機構を説明する。4節では、視野管理のための機能部品であるCameraBoxについて説明する。5節では、構築された3次元分散協調仮想空間の簡単な例を示す。最後に6節でまとめと今後の課題を述べる。

2. IntelligentBoxの概要

2.1 MDモデリング

従来のSymbolicsマシン上で稼動するIntelligentBoxシステム[1,2]は、IntelligentPad[3,7]と同様にMVCモデリング[10]を採用していた。1つのボックスは、Model、View、Controllerと呼ばれる3つのオブジェクトで構成された。Modelはボックスの内部状態を保持するオブジェクトである。状態情報はスロットと呼ばれるものに保持される。Viewはボックスの画面上での視覚的な形状を表すオブジェクトである。Controllerはボックスに対する使用者からのマウスイベントを受け取り、Viewへ送るためのオブジェクトである。一方、現在のSGIマシン上で稼動するIntelligentBoxではMDモデリングを採用している。ボックスに対するユーザ操作はすべてのボックスにおいて共通であるため、複数種のControllerを用意する必要がない。新しいボックスを作成する際のコーディングの冗長性をなくすため、Controllerの機能をViewの機能に含めた。このControllerの機能を合わせもつViewをディスプレイオブジェクトと呼ぶ。図1に示す方式でメッセージ送信と状態の更新報告を行う。

2.2 スロット結合によるデータ授受

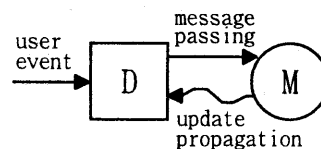


Fig.1 ボックスのMD構造

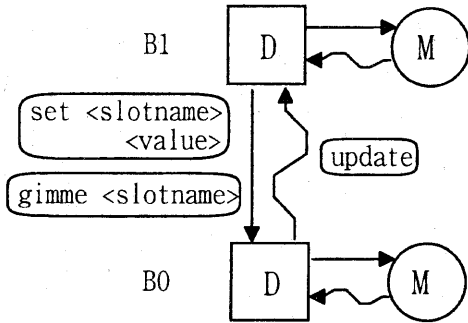


Fig.2 ボックス間の標準メッセージ

IntelligentBoxは、IntelligentPadと同様のプロトコルにより、親子関係があるボックス間でデータの授受を行う。親子関係は各ボックスのディスプレイオブジェクト間の関係として決められており、以下のメッセージもディスプレイオブジェクト間でやりとりされる。

図2に示すように、set <slotname> <value>、update、gimme <slotname>メッセージがある。set <slotname> <value>は、各ボックスが自分の親ボックスがもつ<slotname>で指定されるスロットに対して値<value>を送るためのメッセージである。gimme <slotname>は、自分の親ボックスがもつ<slotname>で指定されたスロットから値を読み出すためのメッセージである。updateは、各ボックスが自分のすべての子ボックスに対して、自分の内部状態が変化したことを知らせて状態更新を要求するためのメッセージである。

上記のメッセージの送信許可は、ディスプレイオブジェクトがもつset、gimme、updateフラグによって決められる。setフラグが立っているボックスはその親ボックスに対する入力器として機能する。逆に、gimmeフラグが立っているボックスはその親ボックスのもつスロット値を取り出す出力器として機能する。

2.3 Model共有によるデータ共有

2.1節で述べたように、それぞれのボックスはModel、DisplayObjectの2者で構成される。図3に示すように、ひとつのModel部は複数のDisplayObjectをもつことができる。この際、複数のDisplayObjectはModelを共有しているという。

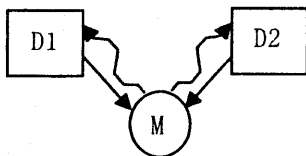


Fig.3 2つのボックス間のModel共有

これにより、Model部を共通にもつ異なる2つのボックス間でデータの共有が可能となる。

3. 協調操作空間を提供する機能部品:RoomBox

3.1 RoomBoxによる協調操作空間の概念

協調操作空間を導入するために、まず、協調操作が行われる空間を用意する。この空間を異なる計算機上に設け、それらを共有することにより協調操作環境を実現する。この共有空間をIntelligentBoxシステムにおける機能部品として実現する。すなわちこれがRoomBoxとよぶボックスである。このボックスを共有している異なる利用者からの操作イベント情報はすべて共有され、これらの利用者間で協調操作が行われる。この操作イベント情報の共有は、上述したモデル共有により実現している。また、この共有空間内に存在するすべての3次元オブジェクトは協調操作の対象となる。

3.2 操作イベント情報の共有による協調操作空間の提供

(1) モデル共有によるイベント情報の伝搬

図4に示すように、IntelligentBoxシステムにおける異なる計算機間でのモデル共有は、すべての計算機上にモデル部が存在する。したがって、首尾一貫性が保たれるように、異なる計算機上にある複数のモデル部同士が常に同一の状態であるように相互に処理を行う。RoomBoxのモデル部はイベント・スロットをもち、RoomBoxの子孫ボックスに対する操作イベントはすべてこのイベント・スロットへ格納される。イベント・スロットが更新された際に、さらに、共有されている別サイトにあるRoomBoxのすべてのモデル部へイベント・スロットを更新するようメッセージが送られる。このメッセージにより、モデル部を共有している別サイトにあるすべてのRoomBoxへイベント情報の伝搬が行われる。正確には、異なる計算機上にある複数のRoomBoxのモデル部のイベント・スロットが常に同一の値を保つように、ネットワークを介して互いにメッセージが送られる。

(2) 操作イベント収集・伝搬・再生機構

RoomBoxが保持するすべての子孫ボックスに対する操作イベントを収集するために、RoomControllerと呼ぶ不可視オブジェクトを用意している。これは、MVC構造のコントローラとは別のRoomBoxが固有に生成し保持するオブジェクトである。このRoomController自身がイベントを収集・再生する機能をもつ。図5に示すように、すべてのボックスのビュー部にRoomControllerを保持するための特別のスロット

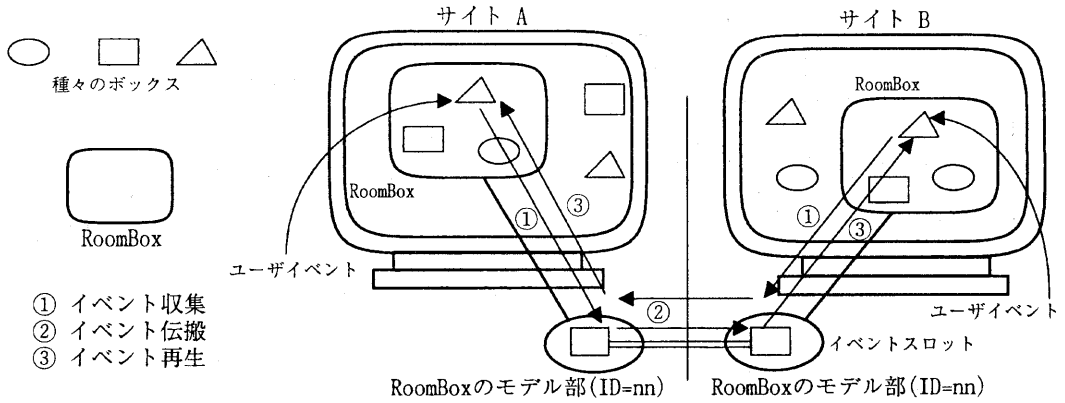


Fig. 4 異なる2つの計算機間でのRoomBoxのモデル共有によるイベント伝搬

を用意している。これは、上述したスロット結合には関与しないスロットである。これをRoomControllerスロットと呼ぶ。図5(a)に示されるように、通常このスロット値は空である。図5(a)(b)に示されるように、ボックスが新たに別のボックスの子として定義される際に、その親となるボックスのRoomControllerスロットの内容がその子となるボックスのRoomControllerスロットへポインタとして格納される。RoomControllerはRoomBoxにより生成されこのRoomControllerスロットに保持される。したがって、図5(b)に示されるように、RoomBoxの子孫として定義されたすべてのボックスのRoomControllerスロットには、RoomBoxが生成し保持しているRoomControllerがポインタとして格納される。また、RoomControllerはRoomBoxの子孫ボックスすべてから参照される。逆に、図5(a)に示されるように、先祖にRoomBoxがないボックスのRoomControllerスロットの値は空のままである。さらに、図5(c)に示されるように、RoomBoxの子孫ボックスの親子関係が切られた場合には、RoomControllerスロットの値は再び空となる。

すべてのボックスは、オブジェクト識別番号をもっており、操作イベント情報には、このオブジェクト識別番号が付加される。RoomControllerは、このオブジェクト識別番号により、イベントの操作対象となるボックスを識別する。

3.3 共有されるボックスの管理

協調操作空間内に存在するすべてのボックスは、異なる計算機上にあるすべての協調操作空間において、常に同一の状態に保たなければならない。新たにボックスを協調操作空間に追加する場合、協調操作空間から取り出す場合、協調操作空間内でそれを削除する場合の処理も、共有されているすべての計算機において同一に行われなければならない。RoomBoxでは、ボックスの追加・取り出し・削除するというイベントも通常の協調操作の対象となるユーザ・イベントと同一に扱うことにより、協調操作空間内の状態を同一に保つ機構を提供している。

4. 視野の管理：CameraBox

FieldPadでは、各パッドの見え方を含めすべての状態が同一である。したがって、イベントの記録・伝達・再生機構のみで実現できる。だが、協

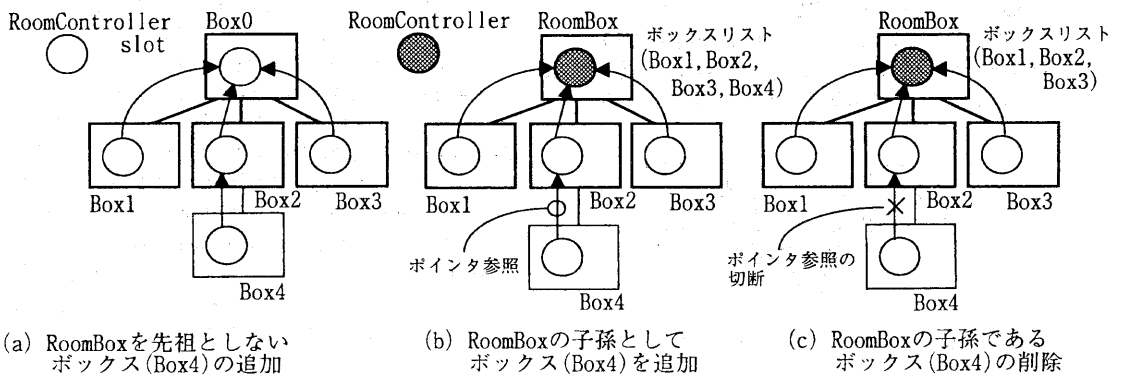


Fig. 5 RoomBoxの子孫ボックスにおけるRoomController参照

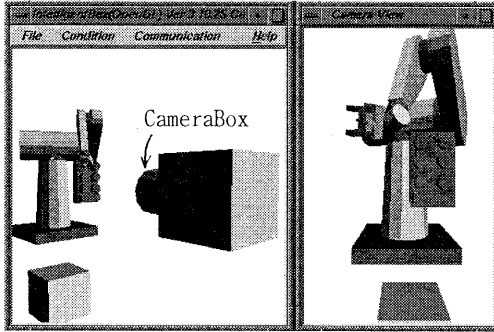


Fig. 6 CameraBoxとCameraView

調して処理が行われる3次元応用システムを考えた場合、その空間内に存在している個々のオブジェクトの状態は同一であるが、その空間を保持しているユーザ固有のコンテキストは同一ではない。例えば、仮想世界を異なる場所にいるユーザからその世界を見た見え方は違うはずである。したがって、その部分を分けて扱う必要がある。IntelligentBoxでは、ユーザの視点の扱いを容易にするための機能部品として、CameraBoxと呼ぶボックス[8]を開発している。このボックスを仮想世界に配置することによりユーザの視野を管理する。

(1) CameraBoxの機能

図6に示すように、CameraBoxは、任意の形状をもつボックスである。特定の面を利用者が指定することにより、その面がカメラのレンズとして扱われる。すなわち、この指定された面の法線方

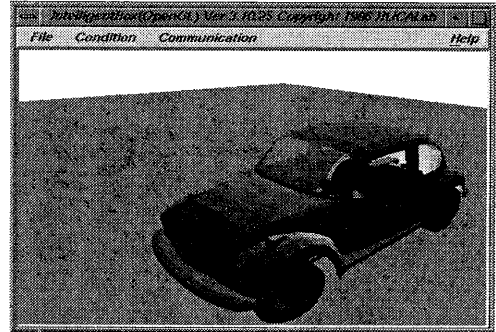


Fig. 7 カードライビング・シミュレータ

向がカメラの向きとなる。各CameraBoxは、それぞれ独立なウィンドウをもつ。このウィンドウの内部に、対応するCameraBoxの視野が表示される。これらをCameraViewと呼ぶ。

(2) CameraBoxの応用事例

他の部品を配置することで背景や地形を造り、車や飛行機をボックスで実現し、操縦者の視点の位置にカメラボックスを配置することによって、カードライビング・シミュレーションやフライト・シミュレーションが可能となる。図7は、カードライビング・シミュレータを実現した例である。

5. RoomBoxの応用システム例

RoomBoxとCameraBoxを用いることにより、部品の組み合わせという単純な方法で、3次元協調分散応用システムの構築が可能となる。図8は、

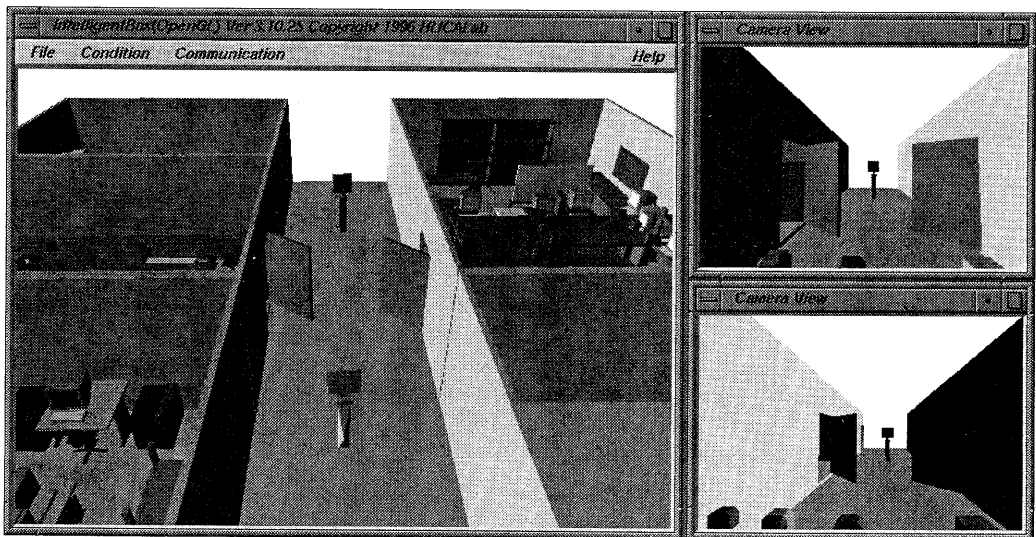


Fig. 8 RoomBoxとCameraBoxを用いた3次元分散協調応用システム例

IntelligentBoxシステムの画面ハードコピーであり、応用システムの一例を示している。

これは、われわれの研究室をモデリングしたものである。廊下に立っている2つのロボット型のオブジェクトは、マウス操作により3次元空間を自由に移動できる機能部品(MoverBox)である。このロボット型のオブジェクトの頭部は、CameraBoxであり、移動に伴って視野が変化する。図8の右にある上下2つのCameraViewは、2つのロボット型オブジェクトの頭部から見た視野がそれぞれ表示されている。これらCameraBoxのビューワーを見ながら操作することにより、構築された3次元空間内に操作者があたかも存在しているかのように操作することができる。さらに、この構築された研究室は、RoomBoxの子孫ボックスとして定義されているので、すべての操作は、別の計算機にあるRoomBoxと共有されている。したがって、2つのロボット型オブジェクトのそれぞれを別々の計算機の利用者がそれぞれ操作することが可能である。また、すべてのオブジェクトは、機能部品であるボックスの組み合わせにより実現されているので、回転部品をドアのちょうつがいとして用いることで、対話的にドアを開閉させるといった反応を定義することも可能である。

以上のように、CameraBoxとRoomBoxを用いることにより、ユーザ同士の処理を視覚化でき、ユーザ相互に対話的な応用システムの開発が可能となる。

6. おわりに

3次元応用システムを3次元表示された機能オブジェクトの組合せにより開発するためのシンセティック・システムとしてIntelligentBoxを開発している。本稿では、協調操作環境を提供するための機能部品であるRoomBoxについて説明した。操作イベント情報をスロット値として管理することにより、RoomBoxのネットワーク越しの共有コピーを作成することによって、対話的に協調分散応用システムの構築が可能となることを述べた。さらに、ユーザの視野管理のためのCameraBoxの機能についても言及し、CameraBoxを利用者の視野管理部品として用いることにより、構築された3次元仮想空間内にその利用者があたかも存在しているかのように操作できる環境を提供できることを説明した。

協調操作空間を独立な機能部品として実現したことにより、既存の種々のボックスをその機能を変更することなく協調操作空間内へ自由に持ち込むことが可能となった。これにより、

IntelligentBoxにより今後開発されるであろう種々の個人操作用3次元応用ソフトウェアが協調分散3次元ソフトウェアとして利用可能となる。

今後は、協調操作環境を利用した応用例をさらに開発し、問題点を検討するつもりである。また、ボックス間の制約について検討するつもりである。これにより、物理法則などが扱い易くなると思われる。より複雑なオブジェクトの動作やオブジェクト間の制約を扱うためのスクリプト言語の開発も検討している。

参考文献

- [1] 岡田義広、田中譲：対話型3Dソフトウェア構築システム-IntelligentBox, コンピュータソフトウェア, Vol. 12, No. 4, pp. 84-94, 1995.
- [2] Okada, Y. and Tanaka, Y.: IntelligentBox: A Constructive Visual Software Development System for Interactive 3D Graphic Applications, Proc. of Computer Animation 95, pp. 114-125, Geneva(1995).
- [3] 長崎祥、田中譲：シンセティックメディア・システム-IntelligentPad-, ソフトウェア科学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 36-48, 1993.
- [4] 岡田義広、田中譲：3次元オブジェクト機能合成システムにおける協調作業環境について, 人工知能学会研究会資料, SIG-HICG-9401-5, pp. 33-40, 1994.
- [5] 3次元ソフトウェア開発システム IntelligentBoxにおける協調操作環境の実現, コンピュータソフトウェア, 掲載予定.
- [6] 岡田義広、田中譲：3次元オブジェクト機能合成システムにおける視野管理のための機能部品の導入, 情報処理学会第50回全国大会講演論文集(5), pp.281-282, 1995.
- [7] 長崎祥、田中譲: シンセティックメディアシステム IntelligentPadにおける協調作業場の実現, 情報処理学会論文誌, Vol. 34, No. 5, pp. 1177-1187, 1993.
- [8] Stampe, D., Roehl, B. and Eagan, J.: VIRTUAL REALITY CREATIONS, Waite Group Press, 1993.
- [9] Shaw, D., Green, M., Liang, J. and Sun, Y.: Decoupled Simulation in Virtual Reality with the MR Toolkit, ACM Trans. on Information Systems, Vol. 11, No. 3, pp. 287-317, 1993.
- [10] Goldberg, A. and Robson, D.: Smalltalk-80: The Language and its Implementation, Addison Wesley, 1983.