

人工現実感用シェル P L O T S の開発

三輪 道雄・小山 隆正・吹野 美和・加藤 昌央
(松下電器産業・情報通信東京研究所)

Abstract: This article describes an concept of VR environment shell. It seems that VR environment could be described by the relation of the tool metaphors and the material metaphors. So if an VR environment shell could realize many kind of the tool metaphors and the material metaphors, it could support many kind of VR world. This article shows an method to realize the tool metaphor and the material metaphor by using an object-oriented programming style. And also shows an test system which can manipulate polyherons by the data gloves.

Keywords: Virtual Reality, VR environment shell, object-oriented programing,

1 はじめに

近年3次元画像をリアルタイムに表示することが可能になったことを背景として、人工現実感についての研究が盛んに行なわれるようになってきた[1]。人工現実感では、3次元の物体あるいは環境を立体視する装置や、音を3次的に聞く装置、手の動きや頭の動きを検知する装置、操作した結果の反力を手や体に感ずる装置を用いる事により、人間に対して仮想的に3次元の空間を提示して体験させることが可能である。

人工現実感の提供する世界では、建物の内部を体験するもの、テニスなどのスポーツ、分子の内部を調べるものなど様々なものが考えられている。このような人工現実感の世界では、仮想的に様々なものを表示したり操作することが可能である。

ところで、このような人工現実感の環境を提供する操作対象物や操作方法を準備することはかな

りの時間を要するのが現状である。

本稿では、様々な仮想環境を提供するためのVR用シェルの構築法の提案を行なう。この提案では、人工現実感の環境では操作する主体としての人間と操作される対象としての物体が存在することに着目し、操作する主体である人間の要求を満たす道具メタファと操作対象である素材メタファの関係でシステムを記述する方式について述べる。

2 VRを構成する道具メタファと素材メタファ

VRでは、仮想的に構成された3次元の世界に人間が入り込んで様々な操作を行なう。この際、人間は3次元空間中を移動するアイコンのようなものを操作する。これを道具メタファと呼ぶ。一

A Study of VR Environment Shell (PLOTS)
MIWA Michio, OYAMA Takamasa, FUKINO Miwa, KATO Masao
(Tokyo Information and Communications Research Laboratory)

方、この道具メタファの動作につれて人間の操作対象となるものが変化する。これを素材メタファと呼ぶ。VRの環境は、この道具メタファと素材メタファの対比で考えることが可能である。

2.1 道具メタファを用いた日常的な操作

VRのインタフェースでは、データグローブやアイフォンといったものを装着する必要があるが、われわれが日常的に行なっている操作でいろいろなものを扱うことが可能である。このことは、これまでのコンピュータのインタフェースがキーボードやマウスといった特定のデバイスを用いることを強制させられていた状態とは異なっている。

VRの環境ではこれらの操作デバイスに連動して動作するアイコンのようなものがある。これを道具メタファと呼ぶ。たとえば、データグローブを使用した場合は「手」の形状を表示するのが一般的であるが、「手」の形状にもソリッドモデルのものから、ワイヤフレームのものまでいろいろある。マウスカーソルの場合も、「矢印」でも良いし、単なる「点」であっても良い。

特に、VRの空間で3次元の形状を加工変形する場合には、「鋸」、「ドリル」、「カンナ」といった道具を登場させるのが、適当と考えられる。

2.2 様々な操作対象を提供する素材メタファ

VRの空間にはこれらの道具メタファに対して、操作の対象となるものが存在する。これらを素材メタファと呼ぶ。素材メタファは実世界の構造物のみでなく、仮想的なものも含まれる。

素材メタファは、大きさ位置などをもっており、移動したり変形したりする。変形の仕方も一様ではなく、素材メタファの属性に合わせて様々な変形をする。

また、潮流のシミュレーションなどでは流線や粒子のような素材メタファも存在する。ただし、これらのメタファはユーザの操作対象となるものではないので、後で述べる一般的な素材メタファとは区別して扱う必要がある。

2.3 道具メタファと素材メタファの例

この様にVRの世界には様々な道具メタファと素材メタファが存在している。これまでに報告されているVRの応用システムを道具メタファと素材メタファの対応という観点で眺めてみると次のようになる。

配置システム 物体を配置する場合には、机や椅子などの「物体」（素材メタファ）を「手」（道具メタファ）で掴んで離すといった操作が考えられる。

ウォークスルー（フライスルー） 建物の中を仮想的に歩いてみたり、全体を眺めたりする場合は、建物や部屋などの「構造物」（素材メタファ）を「視点」（道具メタファ）を変更することで見方を変えることが可能である。

形状加工変形 3次元の形状である粘土や木、金属をいった「素材」（素材メタファ）を、ヘラや鋸などの「道具」（道具メタファ）で扱う。

2.4 VR空間を用意する人と使用する人の存在

このように、VRのシステムは道具メタファと素材メタファの関係で対比させることが可能である。ところで、VRのシステムもこれまでのコンピュータシステムと同様にシステムを用意する人と、使用する人が存在する。これまでの一般的なコンピュータシステムでは、利用者はすでに作成されたシステムの操作方法をそのまま受け入れるのみであった。そのため、同じような対象物を扱う場合にも、システム作成者が異なっているために操作方法を最初から学ばなければならなかった。

しかし、VRの世界では利用者が主体となって自分自身の操作方法で対象物を扱いたい。これは、VRの世界に自分の使い慣れた道具メタファを持ち込むことで解決可能である。

一方、システムの作成者側に立って見ると、複雑なVR環境を用意するためには様々な操作対象物を準備する必要がある。特に様々な属性を持った対象物をすべて用意するのは大変な労力を要することである。そこで、VRの世界にさまざまな素材メタファを持ち込むことが可能になっている必要がある。

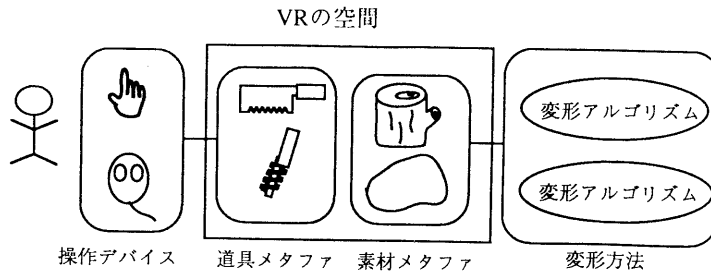


図 1: VRの空間

3 VR用のシェルに望まれる機能

一つのシステムで様々な仮想空間を提供するのがVRシェルの役割であると考えて、VRシェルに必要な機能を検討した。

3.1 環境の準備から仮想体験までがスムーズにできること

VRで仮想体験する場合には、仮想体験する場面の設定をすることがまず必要である。この際、仮想体験する空間の設定、空間内に設置する物体の設置などが必要である。次に、仮想空間で仮想的な体験をすることになる。

このような操作の移行がスムーズに行なわれる必要がある。

3.2 様々な操作手段が用意されていること

3.2.1 様々な操作デバイスが使用できること

VRの環境で仮想的な体験をする場合には、データグローブや3次元マウスなどを使用して行なう。一方、VRの環境を用意する場合には、2次元的なマウスやキーボードの方が適している場合がある。そこで、様々な操作デバイスが使用できることが望ましい。

3.2.2 様々な道具メタファが使用できること

VRの環境での体験では「手」や「ドリル」などの道具メタファが用いられる。一方、3次元的な物体を作成したりレイアウトしたりする場合は、

グリッド表示や座標軸表示といったことが重要である。このような道具メタファを操作デバイスによって上手に制御する必要がある。

3.3 扱える対象を自由に入れ換えることができること

素材メタファには様々なものがあるので、これらを自由に取り込むことが可能なことが望まれる。

4 道具メタファと素材メタファによる記述方式

前章では人工現実感のシステムを道具メタファと素材メタファの観点から概観した。本章では、道具メタファと素材メタファの機能を整理し、システムとしての実現方法について述べる。

このように、メタファを用いてインタフェースを記述する方式をメタウェア [2, 3] と呼んでおり、本システムでは特に道具メタファ (Tool metaphor) と素材メタファ (Material metaphor) を用いているので、TM-メタウェアと呼んでいる (図2)。

4.1 道具メタファ

道具メタファは次のような機能を持つ。

操作単位の表示 VR空間での手操作における手や、道具を使った操作における道具を提示し人間があたかもこのような道具を使用している様な感覚を与える。

操作デバイスと表示されたものの結合 VR空間で表示されたものは、データグローブや3D

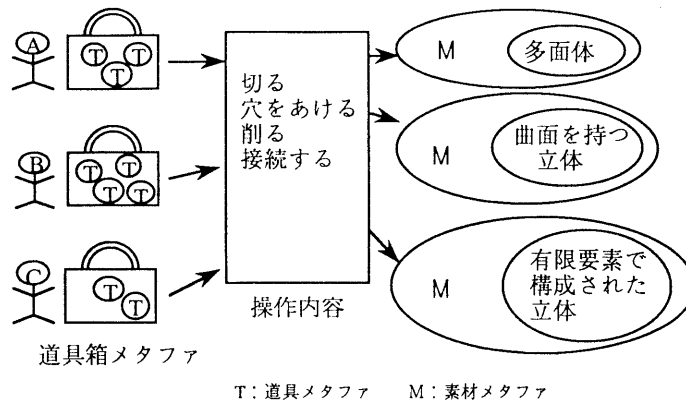


図 2: TM-メタウェア

マウスなどで操作することが可能である。そこで、操作デバイスからの入力によりVR空間に表示された道具を変化させるようにすることが必要である。

素材メタファに操作内容を伝える 道具メタファは人間によって操作されると、その操作内容を素材メタファに伝える。これによって素材メタファの動作が開始される。

4.2 素材メタファ

素材メタファの機能には次のようなものがある。

VRの空間で人間の操作対象の表示を行なう VRの3次元的な空間において3次元的な表示を行ない、人間がどのような位置のどのような対象を操作するのかを明確にする。

形状や位置を変化させる VRの空間に表示されている素材メタファはその属性に合わせて形状を変化させたり、位置の変更を行なう。

道具メタファからの操作内容を受け入れる 道具メタファからの操作内容をアプリケーションに伝える。

4.3 操作内容

道具メタファから素材メタファに送られるものは操作内容である。この操作内容は、VRの空間

において人間が自分の手や道具を使用して素材の位置を移動したり素材の形状を変えたりする事を意味する。

道具メタファは人間の操作概念を代表しているため、人間は対象である素材を思うように取り扱おうとする。一方素材はアプリケーションに応じて変化する。操作内容はこのような道具メタファと素材メタファの間をうまくつなぐ必要がある。操作内容についての検討事項を以下に述べる。

4.3.1 日常的な3次元形状操作

我々が日常的に行っている3次元形状を扱う基本的な操作を次のように分類した。

切る 1つの立体を複数の立体に分割する。包丁やナイフで切る。

彫る 立体に穴を開けたり、溝を彫ったりする。ノミで削る。ドリルで穴を開ける。

移動する 立体全体の移動。立体を掴んで移動したり回転したりする。

変形 立体の変形を行う。粘土のようなものを手で押して変形する。多面体の辺や頂点を掴んで形を変える。

生成する 新しい立体を生成する。型にはめて形を作る。ひな型を買ってくる。

塗る 立体の表面に色を塗る。刷毛で色を塗る。スプレーで色を吹きかける。

接続する 複数の立体を接続して新たな立体を作成する。接着剤でくっつける。

4.3.2 幾何学との対応

これらの操作を幾何学的な操作と対応させると次のようになる。

切る 立体の分割。3点を指定して空間中の平面を決め、この平面で立体を分割する。

「空間中の3点。あるいは1点と1つのベクトル」

彫る&接続する 立体集合演算。立体の和、差、積等を取る。

「2つの立体の位置関係と論理関係」

移動する 立体の座標を変化させる。

「空間中の2点。あるいは1つのベクトル」

生成する 立体の生成。

「基本立体の形状」

塗る テクスチャーマッピング。

「テクスチャのパターンとマッピングする位置」

このように人間が日常的な感覚で行っている操作と幾何学的で行っている操作方法は異なっている。そこで、このような操作方法の変換が必要になってくる。

5 実現方法

本章では、道具メタファと素材メタファをオブジェクト指向的な記述方式を用いて計算機上に実現する方法について述べる[4, 5, 6, 7, 8]。システムは、道具オブジェクト、素材オブジェクト、表示オブジェクトを基本として構成される(図3)。

5.1 道具オブジェクト

データグローブや3次元マウスなどの操作デバイスからの入力を受け入れ、ユーザの操作内容を操作コマンドとして素材オブジェクトに送る。

また、ユーザの操作が3次元空間のどこに及ぼらしているかの表示も行う。さらに、アイコンやナイフなどの道具メタファを表示してユーザが今何を行おうとしているかを示す。

ユーザはナイフで切る、ドリルで穴を開けるといった日常的な操作で3次元形状を操作しようとする。道具オブジェクトはこの操作を素材オブジェクトが理解できる操作コマンドに変換して送ることが必要である。

5.2 素材オブジェクト

システムが持っている3次元形状データを管理する。また、道具オブジェクトから送られてきた操作コマンドにより、管理している3次元形状データを変形する。

3次元形状データを素材メタファとして表示する。

5.3 表示オブジェクト

道具メタファや素材メタファを表示する。1つのVR空間には、各種の道具や各種の素材が存在している。このような各種のものを表示するためには、表示用の共通データ構造を決めておく必要がある。

この共通データ構造は道具オブジェクトや素材オブジェクトと共有されており、必要に応じて表示オブジェクトがディスプレイに表示する。

5.4 操作内容

道具オブジェクトから素材オブジェクトに送られるメッセージ。切断の場合は空間中の3点といった内容で定義する。

6 評価システム

道具メタファと素材メタファのモデルに基づいたシステムを作成した。このシステムでは、データグローブによって多面体の形状を変形すること

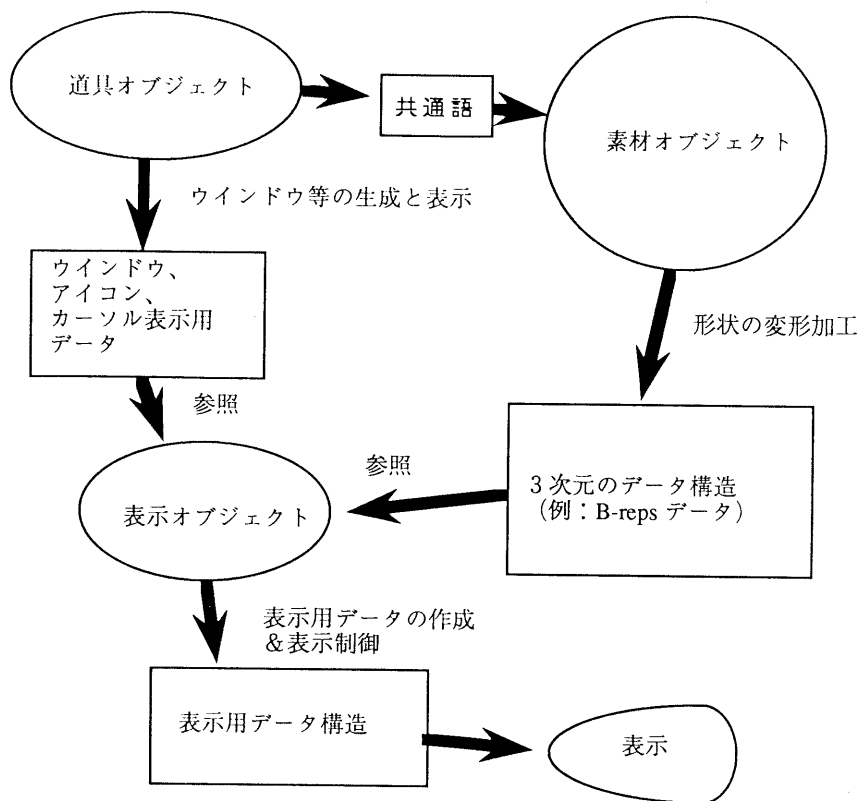


図 3: 道具メタファと素材メタファの計算機上での実現

が可能である。このシステムを PLOTS (Processing Laboratory of Three Dimensional Shapes) [9, 10, 11] と呼んでいる。

6.1 システム構成

PLOTS はグラフィックワークステーション SURGE2(Steller) に RS232C 経由でデータグローブを接続している。また、効果音を出力するために、NeXT をイーサネット経由で接続している。プログラムは C 言語によってオブジェクト指向的に記述されている [12]。NeXT 内部の音発生モジュールは Objective-C によって記述されている。

PLOTS では道具の一例として、万能の道具である「手」を用いることにし、データグローブにより操作する。素材の一例として多面体を導入

した。また、ユーザに対するフィードバックとして操作に付随した音も出力する。

多面体の変形は頂点および稜線、面の位置を移動させることによって行なう。多面体の幾何学的構造は B-reps [13] を基本にした簡易モデルによって実現されている。

6.2 データグローブの使い方

「手」を用いて操作できるのは多面体の要素である頂点や稜線、面の選択と移動である。[14] (図 4)。

多面体の構成要素を選択は次のような手振りで行なう。

頂点の選択 人差指のみを伸ばし親指を曲げる。

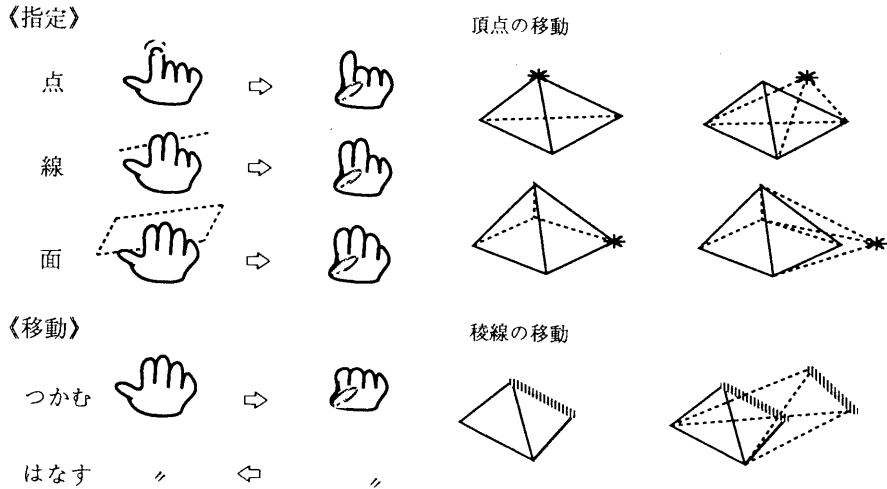


図4: データグループによる多面体の変型

稜線の選択 人差指と中指を伸ばして親指を曲げる。

面の選択 手のひらを伸ばして親指を曲げる。

立体の要素が選択されると、その要素は強調表示される。立体の要素は幾つでも選択可能である。また、すでに選択されている要素を再び選択すると選択の解除になる。

選択した立体要素の移動 選択した要素を掴む操作をすることによって、この要素を移動することが可能である。どの要素も選択されていない状態で掴む操作をすると立体全体を移動することになる。

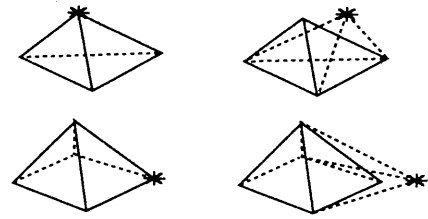
6.3 効果音の発生

操作の確実性及び操作性の向上を目的として効果音を導入した[15]。効果音には固有音と連続音がある。

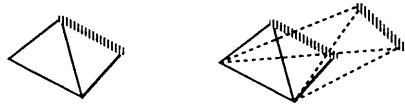
固有音は素材の頂点、稜線、面などに付属している音である。頂点の位置、稜線の長さ、面の大きさに応じて音を変えることも可能である。

連続音は立体の変形操作を行なっている間に発生する。例えば頂点に頂点の固有音があるがこれを移動させている間その速度に合わせてこの頂点固有の音程が変化する。

頂点の移動



稜線の移動



7 おわりに

人工現実感の環境を操作手段と操作対象の対比でとらえ、それぞれ道具メタファと素材メタファとして考える方式について述べ、このような考え方をすることにより、様々な仮想環境を提供するVR用のシェルの基本的な枠組を提供することについて述べた。

この方式では、道具メタファ側は利用者の好みで構成され、素材メタファはシステム作成者の好みで作成される。このため、これらをつなぐ操作方法と呼ばれる操作コマンドが重要な意味を持つ。

このような方式にしたがってデータグループで多面体を扱うシステムを構築した。

今後の課題としては、道具メタファ、素材メタファのプラグインを容易にすること、操作方法についてさらに検討を加えることが必要である。

本研究の一部は未来型分散情報処理環境基盤技術開発(FRIEND21)プロジェクトの一環として進めているものである。

参考文献

- [1] 服部 桂、「人工現実感の世界」工業調査会 1991
- [2] Watanabe, T.C.: Metaware-multiple metaph

- environment, Proc.FRIEND21 International Symposium on Next Generation Human Interface Technologies, Sep.1989.
- [3] 朝日 宣雄、広瀬 真 “A study of Personal Adaptation of Metaware” 第6回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム 1990 pp597-602.
- [4] Lewis J.Pinson, Richard S. Wiener. “Applications of Object-Oriented Programming” Addison Wesley.
- [5] Mark Green: “The University of Alberta User Interface Management System”. SIGGRAPH Vol19, No.3, 1985
- [6] Glenn E. Krasner, Stephen T. Pope. “A Cookbook for Using the Model-View-Controller User Interface Paradigm in Smalltalk-80, pp205-pp213 1988.
- [7] Yuzuru Tanaka. “A Sythetic Dynamic-Media System”. Next Genration Human Interface Architecture, FRIEND21 workshop pp216-pp221 1990.
- [8] James H. Alexander. “Painless Panes for Smalltalk Windows”. OOPLSA'87 pp287-284 1987.
- [9] Michio Miwa, Masao Kato, Yasuhiro Nakamura, Miwa Fukino. “A study of 3D processing environments”. Next Genration Human Interface Architecture, FRIEND21 workshop pp195-pp199 1990.
- [1 0] 三輪 道雄、吹野 美和、加藤 昌央 “TM-メタウェアによる形状加工環境の記述方式” 情報処理学会第42回(平成3年前期)全国大会 5-pp273-pp274
- [1 1] Michio Miwa, Takamasa Oyama, Miwa Fukino, Masao Kato. “PLOTS: A virtual reality environment for manipulating 3D shapes” Computer Graphics conference 5-7 November 1991 to be presented.
- [1 2] チャック・ダフ、ボブ・ハワード” OOP 導入の効用と秘訣” 日経バイト、1月号1991.
- [1 3] Hiroaki Chiyokura, “Solid Modeling with Designbase” Addison-wesley 1988.
- [1 4] 加藤 昌央、吹野 美和、小山 隆正、三輪 道雄 “立体図形編集における手振りインタフェース” 1991年電子情報通信学会秋期大会 1-pp128 1991.
- [1 5] 吹野 美和、加藤 昌央、小山 隆正、三輪 道雄 “音によるヒューマンインタフェースの向上” 1991年電子情報通信学会秋期大会 1-pp120 1991.