

## 仮想環境システム構築ツールキット mtv の概要と世界記述言語 vef

3 S - 5

宮澤 達夫, 大淵 竜太郎, 青野 雅樹  
日本アイ・ビー・エム (株) 東京基礎研究所

## 1 はじめに

仮想環境における手術の学習、計画、試行、及び実行支援が最近注目されている ([4, 7] 等)。我々は、国立がんセンターと共同で、没入型仮想環境において開頭手術による脳腫瘍摘出を模擬する手術模擬システムのプロトタイプを開発した [1]。

本システムでは、1) 皮膚・頭蓋骨の透視による腫瘍の位置の確認、開頭位置の決定、2) 皮膚の切開と頭蓋骨の穿孔・切除、3) 脳質の吸引による腫瘍の露出、4) 腫瘍の吸引・摘出、という手順を視点追従型表示装置を用いて模擬する。脳などのモデルをMRI等の3次元医用画像から生成するのが本システムの特徴の一つである。将来は、各患者の画像データに基く患者毎の手術の計画・試行を目指している。

我々は、本システムを開発するにあたり、仮想環境開発用ツールキット [8, 3] を評価したが、手術の模擬に重要な切開や変形などの処理を許すものは無かった。そこで、新たに仮想環境開発ツールキット minimal toolkit for virtual environment (mtv) を開発した。本論文では、mtv の概要とその世界記述言語 virtual environment file (vef) について述べる。

## 2 mtv の概要

mtv は、手術の模擬を目標に、IRIS Performer [6] を基に開発した仮想環境システム構築用のプログラムライブラリである。mtv は、vef と呼ばれる世界記述言語で記述された仮想世界に関するデータベースの読み込み、変更、体験者とのインタラクションなどを行なう部品を提供する。mtv は、「掴む」などの仮想環境での基本的な操作に加え、「皮膚を切る」「頭蓋骨に穴を開ける」「脳質を吸引する」などの手術向けの模擬操作を備える。3次元医用画像から脳などを視覚化するには、質が高くかつ表示が高速な、等値面ポリゴンとソリッドテクスチャを組み合わせた手法を採用した。没入型仮想環境で各種操作やその対象を指定するには階層型3次元ポップアップメニューを提供する。また、没入環境での操作を助ける為、視覚に加え、効果音による聴覚フィードバックの機能も備える。

## 3 mtv の世界記述ファイル vef

Vef はユーザが編集できるテキストファイルで、様々な属性を持ったノードの定義 (OBJECT 部) とノード間の階層関係 (木構造) の定義 (STRUCTURE 部) の組合せで仮想世界を記述する。vef の中から別の vef を階層的に読み込むこともできるので、同一の物体の定義を繰り返し使うこともできる。図1に細部を省略した簡単な vef の例を示す。ノードには形状を持つ物体のノード、光源や体験者の目 (カメラ) のような形状の無いノード、複数のノードを子として持つが自身は実体の無いグループノードがある。全てのノードは「患者は皮膚と頭蓋骨と脳と腫瘍とから成る」などの階層関係を持つ。階層はまたノードのモデリング変換の階層で、例えば、図の例で head を把持して回すと、下位の face、skull、brain も一緒に回る。

頭蓋骨など可視な物体は、属性として3次元形状と色、テクスチャとそのマッピング法、初期位置、スケールなどを持つ。mtv では通常の2次元テクスチャマッピングだけでなく、ソリッドテクスチャマッピングや環境マッピングも提供する。可視でないノードの例としては光源やカメラがある。光源は、初期位置、光の向き、色、強度などが属性となる。体験者の手や目の場合、「手は6軸トラックカ#2と繋がる」、「目は6軸トラックカ#1に繋り、眼球間距離5.4cmでステレオ視する」などが属性となる。ちなみに、目を階層の中でどこに置くかは自由である。例えば、目をハサミの先に付け、ハサミを手で持って動かすことも許される。

ノードには衝突検出の属性もある。物体は、各々「衝突される」または「衝突する」属性を持ちうる。例えば、皮膚は「切開される」ため、「(特定の物体から) 衝突される」属性を付与される。逆に、「切開する」側のスカルペル (メス) には、「衝突する」属性を付与する。衝突検出には、Performer に組み込みの直線セグメント対ポリゴンの衝突検出を用いた。物体間で実際に衝突が起きた時に実行される処理はコールバック関数名で指定され、また衝突時に発生する効果音も指定できる。

没入型仮想環境では、インタラクションに必要なすべての視覚的なフィードバックをユーザが没入した仮想環境内で行う必要がある。mtv では、階層型3次元ポップアップメニューを提供し、体験者が仮想環境内で何をどう操作をするか指示できるようにした。メニューも vef のノードの一つとして記述される。体験者が持つ3次元マウスのボタン

"Overview of a virtual-environment development toolkit  
mtv and a world description language vef"  
Tatsuo Miyazawa, Ryutarou Ohbuchi, and Masaki Aono  
({miyazawt|ohbuchi|aono}@trl.ibm.co.jp)  
IBM Japan Ltd., Tokyo Research Laboratory

```

# Head ( brain, brainG, faceG )
### OBJECT SECTION ###
OBJECT brain {
  GROUP {}
  POSITION {
    ROTATE ( 0.0, 0.0, 0.0 )
    SCALE ( 1.0, 1.0, 1.0 )
    TRANSLATE ( 0.0, 0.0, 0.0 )
  }
}
OBJECT brainG {
  MODEL {
    GEOMETRY "MRbrain.dcel"
    TEXTURE "MRbrain.stex"
    MAPMODE solid
    AMBIENT ( 0.3, 0.3, 0.3 )
    DIFFUSE ( 0.7, 0.7, 0.7 )
    SPECULAR ( 0.8, 0.8, 0.8 )
    SHININESS 8.0
  }
  POSITION {
    ROTATE ( 90.0, 0.0, 0.0 )
    SCALE ( 2.0, 2.0, 2.0 )
    TRANSLATE ( 0.0, 0.0, 0.0 )
  }
  BEHAVIOR {
    COLLIDE on
    COLLIDE_MASK 4
    OPERATION dig
    COLLIDE_CALLBACK "mtvDigObjectCallback"
    COLLIDE_DATA_SOUND "sound_dig_brain"
  }
}
OBJECT faceG {
  MODEL {
    GEOMETRY "face.dcel"
    TEXTURE "skin.rgb"
    MAPMODE uvmap
  }
  BEHAVIOR {
    COLLIDE on
    COLLIDE_MASK 1
    OPERATION cut
    COLLIDE_CALLBACK "mtvCutObjectCallback"
    COLLIDE_DATA_SOUND "sound_cut_face"
  }
}
### STRUCTURE SECTION ###
STRUCTURE head {
  CHILD brain
  CHILD skull
  CHILD face
}
STRUCTURE brain {
  CHILD brainG
}
STRUCTURE skull {
  CHILD skullG
}
STRUCTURE face {
  CHILD faceG
}
}

# Tools: sucker ( suckerG )
### OBJECT SECTION ###
OBJECT suckerG {
  MODEL {
    GEOMETRY "sucker.poly"
    TEXTURE "parts.rgb"
    MAPMODE reflection
  }
  BEHAVIOR {
    COLLIDER yes
    GRABMODE snap
    OPERATION dig
    SEGMENT_START ( 0.0, 0.0, 0.0 )
    SEGMENT_END ( 0.2, 0.0, 0.0 )
    TIP_SIZE 0.005
  }
}
}

```

図 1: An example of vef file.

をダブルクリックすると、クリックした位置に2次元のアイコンが並んだ3次元メニューが現われる。あるアイコンを3次元マウスで触れると赤色に変わり選択を示し、さらにシングルクリックするとそのメニューが実行される。メニューが実行された時の処理はコールバック関数として作成する。vefでは、3次元メニューの各々について、各アイコンのテクスチャ、配置、実行されるコールバック関数名、操作名、操作される物体名、操作する仮想器具名等を記述する。mtvは、組み込み操作として飛行、把持、切開、掘削、吸引、スケール、透明度調節などを用意している。操作の実現方法は[5]に述べられている。

#### 4 まとめ

我々は、開頭手術による脳腫瘍摘出を模擬する手術模擬システムを構築するにあたり、仮想環境開発ツールキットmtvを開発した。mtvは、世界記述言語vefで記述された仮想世界に関するデータベースの読み込み、変更、仮想環境と体験者とのインタラクションなどを行なう部品を提供する。mtvでは、vefによって仮想環境を構成する要素とそれらの階層関係の定義に加え、各要素の振舞い、3次元ポップアップメニューなどの記述が可能である。

#### 参考文献

- [1] 青野, 大淵, 宮澤, 「仮想環境における脳手術シミュレーション」, 情処・グラフィクスとCAD研究会, 74-8, pp.41-46 (1995).
- [2] G. Burdia and P. Coiffet, *Virtual Reality Technology*, John Wiley & Sons (1994).
- [3] S. Ghee, "Programming Virtual World", ACM SIGGRAPH '94 Tutorial Note No. 17, pp.6-1-6-58 (1994).
- [4] D. Hon, "Ixon's Laparoscopic Surgical Skills Simulator," Proc. Medicine Meets Virtual Reality II, San Diego, CA, U.S.A. (1994).
- [5] 大淵, 宮澤, 青野, 「仮想環境システム構築ツールキットmtvにおける世界操作の実現」, 情処・第51回全国大会3S-04, (1995).
- [6] J. Rohlf and J. Helman "IRIS Performer: A High Performance Multiprocessing Toolkit for Real-Time 3D Graphics", Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '94), pp.381-394 (1994).
- [7] M. A. Sagar, et al, "A Virtual Environment and Model of the Eye for Surgical Simulation", Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '94), pp.205-212 (1994).
- [8] SENSE8 "WorldToolkit Technical Overview", Sales literature, SENSE8 Corp., CA, U.S.A. (1994).