

多面ディスプレイの高度利用に関する研究

浅野 良直* 藤井 勝敏*

Research on Application of a Full Immersive Display System (COSMOS)

Yoshinao Asano* and Katsutoshi Fujii*

あらまし 没入型多面ディスプレイは複数の大型スクリーンを利用して立体映像仮想空間で 3D モデルを実寸で表示することにより、仮想空間への没入感を向上させたバーチャルリアリティシステムである。このようなシステムのひとつである没入型 6 面ディスプレイ COSMOS はユーザの全方位をディスプレイで囲むため、表示されたモデルを全ての方向から確認する事ができる。このようなシステムは、様々な分野のシミュレーションとして活用することが期待できる。そのため、システム専用のフォーマットでなく汎用的なモデルフォーマットによる表示が要求される。そこで、本研究では COSMOS における汎用モデルフォーマットの利用について検討を行った。COSMOS のソフトウェア開発に利用した IRIS Performer ライブラリは複数の汎用モデルフォーマットに対応している。そのなかで、VR 分野で利用されている OpenFlight フォーマットで作成されたモデルは、ガラスのような透明マテリアルを扱うことができ、通常のテクスチャマッピングと共に、マテリアルの色情報にテクスチャの色情報を掛け合わせたテクスチャマッピングが可能である。

キーワード VR, COSMOS, IRIS Performer, モデルフォーマット

1. まえがき

VR で一般に使用される表示装置として CRT やヘッドマウントディスプレイ (HMD) が挙げられるが、これらの表示装置では“フルスケールでの体感が得られない”、“視野が狭い”などの没入感の低さに問題点がある。そこで、プロジェクターを照射装置とした大型ディスプレイを複数利用することでモデルをフルスケールで表示させることが可能となる没入型多面ディスプレイがある。このような没入型多面ディスプレイには前面、左面、右面、床面の 4 面で構成されている CAVE (イリノイ大学)、CAVE に上面を加えた没入型 5 面ディスプレイの CABIN [1] (東京大学)、そして CABIN に背面を加えた没入型 6 面ディスプレイの COSMOS [2] (岐阜県科学技術振興センター) (図 1) がある。COSMOS はユーザの全方位を正方形ディスプレイで囲むため、フルスケールで表示されたモデルを全ての方向から確認することができる。このような没入型多面ディスプレイ装置の用途としては、都市や自然の景観、家屋の間取りなどのシミュレーションの他に開発中の製品を表示してデザインシミュレーションに利用することが考えられる。現在、COSMOS で使用している IRIS Performer ライブラリ

[3] は 33 種類のモデルフォーマットのローダーを持っている。そのなかで一般に扱うことができるモデルフォーマットを COSMOS で表示し、COSMOS における汎用モデルフォーマットの利用に検討を行う。



図 1 没入型 6 面ディスプレイ COSMOS
Fig.1 Immersive 6-screen Display COSMOS

2. モデルフォーマットについて

2.1 IRIS Performer

IRIS Performer ライブラリがサポートしている汎用モデルフォーマットとして DXF フォーマット (Drawing Exchange File, 以下 DXF) [4], STL フォーマット

*情報システム部
Information System Division

(Stereolithography File, 以下 STL) [5]、VRML1.0/2.0 フォーマット (Virtual Reality Modeling Language, 以下 VRML1.0/2.0) [6] があげられる。また、3次元 CG 分野で利用されているソフトウェアのフォーマットとしては 3D Studio (Autodesk 製) のモデルフォーマットである 3ds フォーマット (以下 3ds) や Alias Studio (Alias/wavefront 製) の obj フォーマット (以下 obj) がある。そして、CG のようなフォトリアルスティックな分野とは異なり、VR 分野で求められるインタラクティブなモデリングを目的としたソフトウェアである MultiGen (MultiGen 製) の flt フォーマット (Open Flight Format, 以下 flt) [7] のサポートもされている。

2.2 入力ソフトウェア

各モデルフォーマットの作成にはモデルコンバータの PolyTrans (Okino Computer Graphics 製) を使用した。今回は IRIS Performer ライブラリがサポートしている DXF, STL, VRML1.0/2.0, 3ds, obj, flt の 7 種類について COSMOS での利用を検証した。

COSMOS でプレゼンテーションが行われる場合、様々な素材や質感のモデルが表示されると考えられる。そのため、3D オブジェクト素材集の DE ESPONA 3D ENCICLOPEDIA (DE ESPONA INFOGRAFICA 製) の中から、マテリアルとして透明性や反射性が使用されており、パンプマッピングなどの様々なテクスチャマッピングが使用されているモデルデータ (図 2) を使用した。



Application : 3D Studio MAX Release 3
Polygon : 50,297pieces Texture : 20pieces

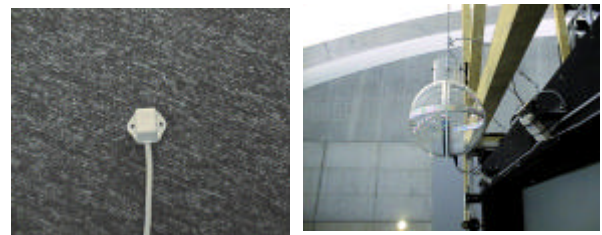
図 2 サンプルモデル
Fig. 2 Sample Model

3. COSMOS の周辺機器

COSMOS でモデルを表示する場合、ユーザの視点に合わせて立体視映像を生成する必要がある。そこで、立体視を得るための機器と表示されたモデルの操作を行うためのコントローラが必要になる。

3.1 3次元位置計測装置

COSMOS 内でユーザの視点位置等を計測するために 3次元位置測定装置 (図 3) である UltrTrack (Polhemus 製) を使用している。センサには 3次元磁気センサが使用されており、空間における XYZ の各座標値に加えて、各軸ごとの回転角度 (X 軸: ピッチ, Y 軸: ロール, Z 軸: ヨー) の 6 自由度をリアルタイムに計測ができる。ただし、磁気式センサであるため金属の影響を受けやすい欠点がある。COSMOS においてもキャリブレーションは実施してあるが、各スクリーン付近では金属の影響により誤差が非常に大きくなるため COSMOS の中央付近での利用が望ましいと考えられる。



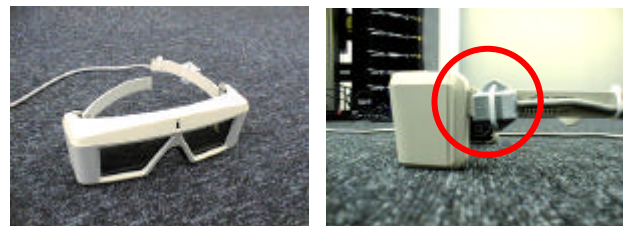
(a) sensor (b) Transmitter

図 3 3次元位置測定装置

Fig. 3 Magnetic 3D motion tracking system

3.2 液晶シャッター付き眼鏡

ユーザは COSMOS に映し出される映像と同期して液晶シャッターが開閉する CrystalEyes (StereoGraphics 製) (図 4) を使用することで立体視を得ることができる。COSMOS では CrystalEyes に 3次元磁気センサを取り付けてユーザの目の位置及び傾きを計測し、ユーザの目の位置にあわせた視差のある立体視映像をリアルタイムに投影している。



(a) LiquidCrystal shutter glasses (b) mount a magnetic 3D sensor

図 4 液晶シャッター付き眼鏡

Fig. 4 Liquid Crystal shutters glasses

3.3 コントローラ

COSMOS で表示したモデルの操作を行うためのコントローラとして市販のゲーム機用コントローラ (Nintendo64 図 5) を使用した。コントローラではモデルの移動、旋回、拡大、縮小及び光源の移動等の操作を行うことができる。



図5 コントローラ
Fig.5 Controller

4. IRIS Performer による表示

4.1 DXF

DXF は AutoCAD (Autodesk 製) の CAD 図面ファイルを ASCII 形式で記述したものである。DXF は構造が理解しやすい、AutoCAD が CAD 市場でのシェア率が高いなどの理由から、AutoCAD 以外の CAD ソフトウェアや CG ソフトウェアにおいてもサポートされている。そのため、多くのソフトウェア間でモデルデータの互換性を持たせるためのファイルフォーマットの 1 つとしてあげられる。ただし、DXF は入出力するソフトウェアによってサポートされている要素が異なるため、完全な互換性をとることは困難である。そのため事前に相互利用を行うソフトウェア間で互換性を検証する必要がある。IRIS Performer による DXF の表示は図 6 のようになる。DXF は形状の利用が目的であるためテクスチャや透明感などのマテリアルは使用されないが、RGB による基本色 (8 色) の使用はできる。また、モデルで使用されているポリゴンは全て三角形ポリゴンに変換される。しかし、サポートされているローダーによっては三角形ポリゴンに変換した際に図 7 (b) のように面ごとに法線方向が異なるモデルが表示される場合がある。

4.2 STL

STL は 3 次元 CAD で多くサポートされており、面を近似する 3 次元の微小な三角パッチによって構成されている。主に光造形などの積層造形システムで利用されることが多い。ファイルは ASCII 形式と Binary 形式の 2 つの形式があり、IRIS Performer で ASCII 形式の STL を使用する場合は拡張子は stla を使用し、Binary 形式を使用する場合には stlb を使用する。STL は DXF と同様にテクスチャのサポートはされていない。

図 8 に STL を IRIS Performer で表示した結果を示す。STL も DXF と同様に形状の利用が目的であるため、モデルのテクスチャや透明、鏡面等のマテリアルは使用されないが、RGB による基本色 (8 色) は利用できる。



Data : 9,357,715byte

図6 DXF フォーマットの表示
Fig.6 DXF format



(a) Normal faces

(b) Mixed faces

図7 表示の違い

Fig.7 Show a difference



Data : 9,813,090byte

図8 STL フォーマットの表示
Fig.8 STL format

4.3 VRML1.0/2.0

VRML はインターネット上で「3 次元仮想空間」を構築するテキストベースの汎用言語である。IRIS Performer で使用する際に、VRML1.0 の拡張子は iv に変更する必要がある。一般的に VRML1.0 は VRML2.0 と同様に拡張子は wrl であるが、IRIS Performer の持つライブラリでは VRML1.0 を Open Inventor [8] フォーマットとして扱うために Open Inventor の拡張子である iv が拡張子となる。これは VRML1.0 の主要部分が Open Inventor の文法に従って開発されているためである。VRML2.0 の拡張子は wrl であり、VRML1.0 を機能拡張した言語であり文法が異なっている。



Data : 4,987,101byte

図 9 VRML1.0 フォーマットの表示
Fig. 9 VRML1.0 format



Data : 4,320,600byte

図 11 VRML2.0 フォーマットの表示
Fig. 11 VRML2.0 format



Data : 1,213,951byte

図 13 3ds フォーマットの表示
Fig. 13 3ds format

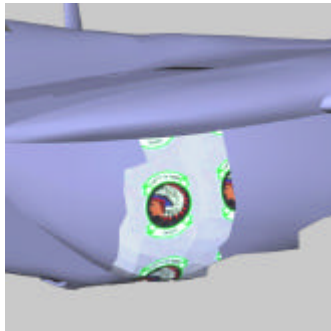


図 10 変換されたテクスチャ
Fig. 10 Converted the texture



図 12 歪んだテクスチャ (VRML2.0)
Fig. 12 Warped the texture



Data : 5,003,614byte

図 14 obj フォーマットの表示
Fig. 14 obj format

VRML1.0 を IRIS Performer で表示した場合は図9のようになる。マテリアルは透明感を使用する事ができるが、実際とは異なるマテリアルで表示されている部分も生じた。テクスチャは jpeg フォーマットと SGI フォーマット[9]が使用可能である。ただし、テクスチャのサイズは底数 2 の累乗でなければ図 10 のようにサイズが強制的に変換されるため正しく表示されない。また、バンプマッピングやアルファチャネルを利用したテクスチャの利用はできない。図 11 は VRML2.0 を IRIS Performer で表示したものである。マテリアルやテクスチャの条件は VRML1.0 とほぼ同様であるが、図 12 のようにテクスチャマッピングが歪んだ状態で表示される。

4.4 3ds

3ds は 3D Studio のフォーマットであるが Auto CAD での使用も可能であるため、CAD で設計したデータを基に CG で 3D モデリングを図ることが可能である。

3ds を IRIS Performer で表示した結果を図 13 に示す。3ds の表示では透明、鏡面等のマテリアルの対応がされていない。また、テクスチャは SGI フォーマットのみに対応しており、テクスチャのサイズは底数 2 の累乗にする必要がある。しかし、ほとんどのテクスチャが表示されておらず、バンプマッピングやアルファチャネルを使用したテクスチャマッピングも使用できない。また、モデルに反射マッピングが設定されていた場合、テクスチャ

マッピングのテクスチャは表示されずに反射マッピングのテクスチャが表示される。

4.5 obj

図 14 に IRIS Performer での表示を示す。obj の表示においても透明、鏡面等のマテリアルの使用はできない。テクスチャマッピングに関しては SGI フォーマットのみに対応している。また、テクスチャのサイズは底数 2 の累乗である必要があり、バンプマッピングやアルファチャネルを利用したテクスチャマッピング等は使用できない。

4.6 flt

IRIS Performer での表示を図 15 に示す。flt は IRIS Performer のオブジェクト階層、LOD (Level Of Detail)、テクスチャマッピングなどの概念を表現できるフォーマットである。マテリアルに関しては鏡面反射を含むマテリアルは使用できないが、透明なマテリアルは使用することができ、通常テクスチャマッピングに加えて、マテリアルの色にテクスチャの色を掛け合わせたテクスチャマッピングが可能である(図 16)。この場合、テクスチャの白色部分はマテリアルの色が表示され、黒色部分はテクスチャの色が表示される。また、他のフォーマットと同様にテクスチャのサイズは底数 2 の累乗にする必要があり、アルファチャネルの利用はできない。データ容量も他のフォーマットに比べて約 1.2 ~ 10



Data : 12,673,884byte

図 15 flt フォーマットの表示

Fig .15 flt format



図 16 マテリアルとテクスチャの色情報を掛け合わせた表示

Fig .16 Mix material color information with texture color information

表 1 各フォーマットの表示結果

Table 1 Result of appearance by each model formats.

Form	Material			Texture mapping			
	Color	Transparency	Reflection	Normal	Alpha channel	Bump	Texture Fornat
DXF	1	-	-	-	-	-	-
STL	1	-	-	-	-	-	-
VRML1.0			×		×	×	JPEG, SGI
VRML2.0			×	×	×	×	JPEG, SGI
3ds		×	×		×	×	SGI
obj		×	×		×	×	SGI
flt			×	2	×	×	(exclusiveness)

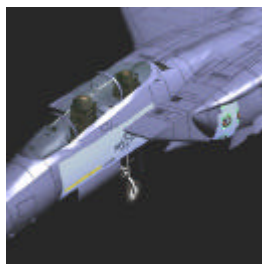
1 red, blue, green, yellow, light blue, purple, white, black

2 Texture mapping can show mix material color information with texture color. Information.

倍程度大きくなるため、他のフォーマットに比べて立体視映像の処理時間が多く必要となるため、ユーザの動きに追従して表示されない可能性がある。

5. COSMOS におけるモデルの表示

COSMOS は CRT ディスプレイ に比べて解像度が低い ためモデルの詳細な部分まで表示を行うことができない。また、モデルのマテリアル部分は光源の位置によって陰影が生じるが、テクスチャの部分は光源の位置に関係なく、均一な明るさで表示される。(図 17)



(a) The front of textures.



(b) The back of textures.

図 17 光源の位置による表示の違い

Fig .17 Difference of appearance case by light position

6. むすび

COSMOS で 7 種類の汎用モデルフォーマットを表示した場合、表 1 のような結果となった。

DXF や STL は CAD や積層造形などの分野で使用されるため、透明感のあるマテリアルやテクスチャの必要性はないためモデルの形状のみの表示となる。

VRML1.0/2.0, 3ds, obj, flt は、現実に近い映像が要求されるため、形状に加えて様々なマテリアルやテクスチャの情報が含まれている。VRML1.0/2.0, 3ds, flt はガラスのような透明感のあるマテリアルは使用できるが、鏡面反射を含むマテリアルは使用できない。テクスチャに関しては各フォーマットとも使用することはできるが、共通の条件としてサイズは底数 2 の累乗である必要があり、バンプマッピングのような利用はできない点がある。次にテクスチャのフォーマットについて比較してみると 3ds や obj で使用するテクスチャは SGI フォーマットのみに対応しており、アルファチャンネルを利用したマッピングは使用できない。VRML1.0/2.0 のテクスチャは jpeg フォーマットや SGI フォーマットを利用できるが、VRML2.0 は歪んだ状態で表示される問題が生じた。また、3ds や obj と同様にアルファチャンネルを利用したマッピングは使用できない。flt のテクスチャは専用

のフォーマットを使用しているがコンバータでモデルと同時にテクスチャの変換も行うため容易に利用することができ、通常のテクスチャマッピングと共に、マテリアルの色にテクスチャの色を掛け合わせたテクスチャマッピングも行うことができる。

これらのことから、COSMOS で汎用のモデルフォーマットを表示する場合、flt が最も表示に適していると考えられる。

文 献

- [1] 廣瀬通孝, 小木哲朗, 石綿昌平, 山田俊郎, “没入型多面ディスプレイ (CABIN) の開発,” 日本バーチャルリアリティ学会第 2 回大会論文集, pp.137-140, Sep.,1997
- [2] Toshio Yamada, Michitaka Hirose, Yoshihiro Iida, “Development of Complete Immersive Display: COSMOS”, International Society on Virtual Systems and MultiMedia, vol.two, pp.522-527, Nov.,1998
- [3] Sharon Clay, Michael Garland, Brad Grantham, Don Hatch, Jim Helman, Michael Jones, T. Murail, Jhon Rohlf, Allan Schaffer, Christopher Tanner, Jenny Zhao, Derrald Vogt, “IRIS Performer C++ Reference Pages,” pp.xi-xii, Silicon Graphics.Inc.,1995
- [4] 落合重紀,CAD ユーザのための DXF リファレンスガイド,第 1 章,日経 BP 社,1995
- [5] 中川威雄, 丸谷洋二,積層造形システム三次元コピー技術の新展開,pp.65-84,工業調査会,1996
- [6] Rikk Carey,Gavin Bell,注解 VRML2.0 リファレンスマニュアル,pp.1-10,星雲社,1998
- [7] Jed Hartman, Patricia Creek, “ IRIS Performer Programin Guide, ” , Silicon Graphics.Inc.,1995
- [8] James D. Murray, William vanRyper, “ GRAPHICS FILE FORMATS, ” pp.600-604,July.,1994
- [9] J James D. Murray, William vanRyper, “ GRAPHICS FILE FORMATS, ” pp.605-610,July.,1994