

# OpenGL フュージョンによるリッチな IPT 空間の構築

Development of Rich IPT Space by using OpenGL Fusion

宮地英生<sup>1),2)</sup>, 大吉芳隆<sup>3)</sup>, 立山義祐<sup>4)</sup>, 小木哲郎<sup>5)</sup>,  
江原康生<sup>6)</sup>, 久木元伸如<sup>7)</sup>, 小山田耕二<sup>8)</sup>, 廣瀬通孝<sup>9)</sup>

Hideo MIYACHI, Yoshitaka OHYOSHI, Yoshisuke TATEYAMA, Tetsuro OGI, Yasuo EBARA, Nobuyuki KUKIMOTO, Koji KOYAMADA and Michitaka HIROSE

1) 東京大学 大学院工学系研究科

(〒153-8505 目黒区駒場 4-6-1, miyachan@iis.u-tokyo.ac.jp)

2) 株式会社ケイ・ジー・ティー

(〒120-0022 東京都新宿区新宿 2-8-8, miyachi@kgt.co.jp)

3) 株式会社 フィアラックス 研究開発部

(〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-3-3, ohyoshi@fiatlux.co.jp)

4) 東京大学 インテリジェンス・モデリング・ラボラトリ

(〒160-0022 東京都新宿区新宿 2-8-8, tateyama@acm.org)

5) 筑波大学 学術情報メディアセンター 助教授

(〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1, tetsu@cs.tsukuba.ac.jp)

6) 京都大学 学術情報メディアセンター

(〒113 東京都文京区弥生 2-11-16, eba@media.kyoto-u.ac.jp)

7) 東和大学 情報学科 講師

(〒815-8510 福岡市南区筑紫丘 1-1-1, kukimoto@tohwa-u.ac.jp)

8) 京都大学 高等教育研究開発推進センター

(〒113 東京都文京区弥生 2-11-16, koyamada@kudpc.kyoto-u.ac.jp)

9) 東京大学 先端科学技術研究センター 教授

(〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1, hirose@cyber.rcast.u-tokyo.ac.jp)

**Abstract:** We have been developing frame work software for IPT system as a project “Research of Tele-immersive conference” sponsored by NICT. In the project, we developed OpenGL Fusion technique to import multiple 3D graphics objects into IPT space easily. Here, the technique is extended to enables to work with IPT system and through computer network. In this paper, the implimentation, the example and a benchmark result are introduced. Using it, rich contents can be created in a IPT space.

**Key Words:** IPT, OpenGL, Data Fusion, PSE

## 1. はじめに

遠く離れた場所に居る人々が、バーチャルリアリティ技術で、あたかも同じ場所に居るように時間や空間を共有することができれば、地域差によるハンディは無くなる。そのような環境を実現するために、IPT システムをコンピュータネットワークで接続する研究がいくつか行われ、成果を残してきた。[1-3]

我々は、2004 年度から情報通信研究機構の「テレ・イマージョン・カンファレンスの研究」という委託研究を受け、東京大学廣瀬研究室で開発されてきた IPT 用表示ライブラリ CABIN Lib や空間共有用のソフトウェア群を整理・機能拡張し、それらを IPT 空間共有用の基盤ライブラリとして

広く一般に公開するプロジェクト（通称、CnC プロジェクト）を推進している。[4]

本プロジェクトでは、特に IPT を使った空間共有システムの普及のために、IPT 空間を利用するためのアプリケーション開発を容易にする基盤ライブラリ開発と、その活用事例としてのサンプルアプリケーション開発を目標としている。現在、IPT 用のアプリケーションが少ない理由として、システム全体の価格が高いこと、その費用対効果が明確にされていないこと、IPT 用のアプリケーション開発にコストと技術が必要であることが挙げられる。そのため、狭い市場にコストをかけて商用のアプリケーションを開発することが困難であり、利用者は、特注のソフトウェア

を発売するか、利用者自身で IPT 用アプリケーションを開発しなければならない状況にある。

我々が開発する基盤ライブラリの無料公開は、アプリケーション構築のコスト削減に寄与するかもしれないが、開発時間を短縮することはできない。そこで、我々は並行して、複数の 3 次元グラフィックスソフトウェアの出力結果を IPT 空間へコピーしてリッチな IPT 空間のプロトタイプを容易に構築する OpenGL Fusion 技術を開発した。本稿では、その技術を使って IPT 空間で複数のソフトウェアを合成表示した事例を紹介する。

## 2. OpenGL フェージョン

OpenGL フェージョンは、Chromium などで行われている GL-DLL Replacement 技術を使って、OpenGL ライブラリを使って記述された複数の 3 次元グラフィックスアプリケーションの出力をコピーして、それらを併せて 1 つのウィンドウに出力して表示を合成する (図 1)。<sup>[5][6]</sup>

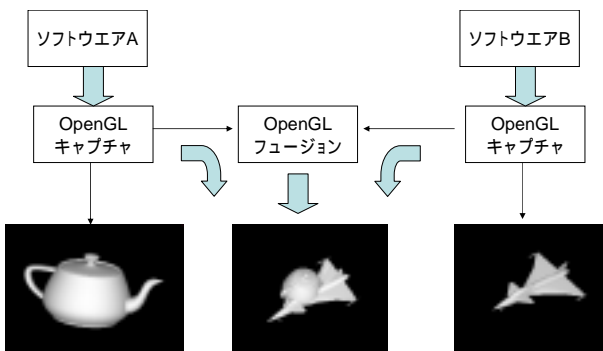


図 1 OpenGL フェージョンの概念図

一般に複数の 3 次元形状の合成表示には、VRML のような標準的なフォーマットに一旦出力し、それらを 1 つのアプリケーションで合成するが、この方法では、複数のアプリケーションが読み書きできる、共通の形状フォーマットが 1 つ必要であること、ファイル出力を行う際に形状の精度が落ちてしまう可能性があることなどの問題があった。

しかし、OpenGL フェージョンでは、OpenGL を使って表示をしているアプリケーションであれば、ファイルへ形状出力することなく、その出力を合成表示できる。OpenGL がコールされる時点では、曲面がポリゴン化されているという点で、形状の劣化は発生するが、少なくともオリジナルのアプリケーションで表示しているのと同程度の精度での表示は保証される。

## 3. IPT 空間内での OpenGL フェージョン

過去の開発では、1 台の Windows のシステム上で複数のアプリケーションを 1 画面に合成表示していた。

これを拡張して OpenGL コマンドをネットワーク経由で複数のコンピュータに分配し、IPT 空間内での合成を可能にした。すでに、OpenGL アプリケーションを IPT 空間にコピーする技術は、(株)フィアラックスにより開発され「EasyVR」という名称で製品化されている。そこで、このソフトウェアのオプションの機能として OpenGL フェージョン技術を加え、フェージョン VR という名前で製品化した。

図 2 に拡張した実装部について示す。

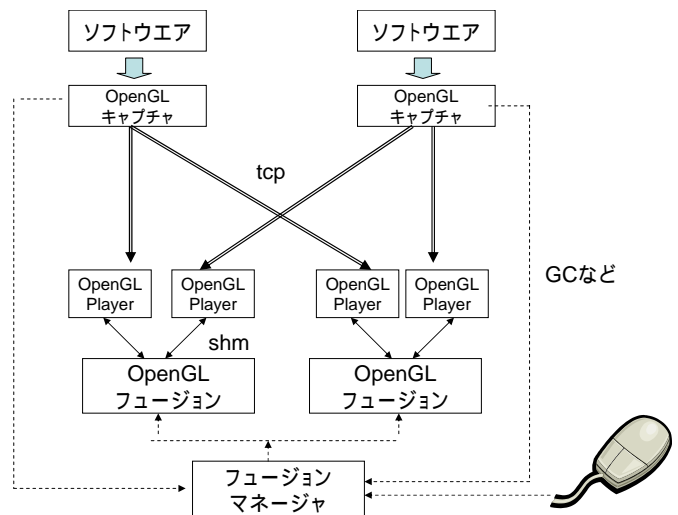


図 2 フェージョン VR 構成図

ここでは CAVE™ のように、複数のスクリーンの各面に 1 台のコンピュータが画像を出力するタイプの IPT システムを想定している。表示用のコンピュータでは OpenGL Player というソフトウェアが、合成するソフトウェアの数だけ動作する。一方、OpenGL キャプチャは、キャプチャした OpenGL コマンドを、すべてのコンピュータで動作する OpenGL Player に対してコピーする。表示用コンピュータ上で、複数の OpenGL Player からの出力がフェージョンによって合成される点は、図 1 と同じである。

複数の表示面間での同期を取るためにフェージョンマネージャが任意の 1 台のコンピュータ上で動作し、ここでグラフィックス・コンテキストを一括で管理する仕組みとした。

## 4. 合成表示試験

### 4.1 基本性能ベンチマーク

IPT を構成する複数のコンピュータは、ほぼ同じ速度で同期を取りながら動作できると考え、ここでは 3 台のコンピュータを使って、2 台のコンピュータで動作するアプリケーションプログラムからの出力を、別の 1 台のコンピュータ上で合成した場合の性能を調べた。

この試験に利用した計算機環境のスペックを表 1 に示す。コンピュータの間はファーストイーサ(100Mbps)で接

続した。

表1 ベンチマーク計算機スペック

	CPU	Memory	Video Card	OS	Video Driver
PC1	Pentium4 2.8GHz	2GB	NVIDIA GeForce6600	Windows XP 2002SP2	84.21
	#	#	#	Fedora Core 4 (2.6.11-1369_FC4sm)	1.0-8756
PC2	Athron64 3500+ 2.2GHz	2GB	NVIDIA GeForce6600G	Windows XP 2002SP2	84.21
	#	#	#	Fedora Core 4 (2.6.11-1369_FC4)	1.0-8756
PC3	Athron64 3500+ 2.2GHz	2GB	NVIDIA GeForce6600G	Windows XP 2002SP2	84.21
	#	#	#	Fedora Core 4 (2.6.11-1369_FC4 x86_64)	1.0-8756

ベンチマークのプログラムは、デモプログラム "Atlantis" のサメを 1000 匹表示するように変更したプログラム (図3) を使った。これを、ここでは Atlantis1000 と呼ぶこととする。



図3 ベンチマークプログラム Atlantis1000

この3台を用いて、PC1とPC2で Atlantis1000 を動作させ、PC3の上で合成して表示性能を測定した。図2のフュージョンマネージャーは、3台のうち任意の場所で動作可能であるが、ここでは、最もオーバーヘッドが少ないと思われるPC3上で動かした。その結果、平均約6.2FPS(フレーム/秒)で合成表示が行われた。PC3を用いて、Atlantis1000のプログラムを2本同時に動作させたときの表示速度は20.5FPSで、同じサメ2000匹の表示において、合成時は、単体に比べて速度が1/3以下になっている。

この速度低下にはキャプチャ、通信、合成のいくつかの要因が含まれており、それらは文献[7]に詳述しているが、明確な原因は特定できていない。コーディングレベルでも改良の余地があり、現在も試行錯誤中である。

#### 4.2 ビデオアバタとアニメーション合成

図4に、ビデオアバタと魚が泳ぐアニメーション表示プログラム Atlantis、および、OpenGLでテクスチャマッピングを施したボックスを表示するプログラムを2つ合成した様子を示す。ビデオアバタ[8]については、あらかじめ録画したビデオ画像と背景画像から、背景差分によってCGを生成するプログラムである。ビデオアバタの空間に、ボックスが配置され、その空間をサメが泳ぎまわるといった不思議な光景を見ることができる。

図4の状態での速度測定は行っていないが、別途実施した Atlantis とビデオアバタの2つのソフトウェア合成試験で秒20フレームと実用可能な速度での動作を確認している。

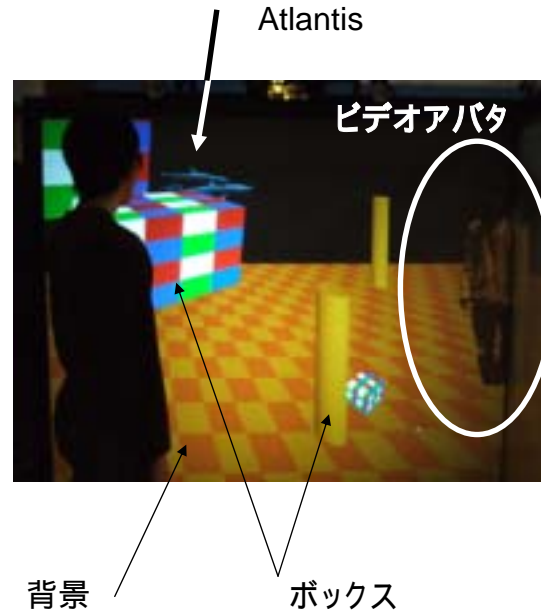


図4 IPT空間でのソフトウェア合成の様子

これを応用することで、建築CADから建物、機械CADから車、GISシステムから地形図のように、任意の3次元グラフィックスソフトウェアをIPT空間で合成して、豊かな空間を構築することが可能となる。

すでに、CADのCATIA、CGソフトウェアのMAYA、SD StudioMAX、可視化ソフトウェアとしてAVSなど、多くのソフトウェアで動作確認を終了している。

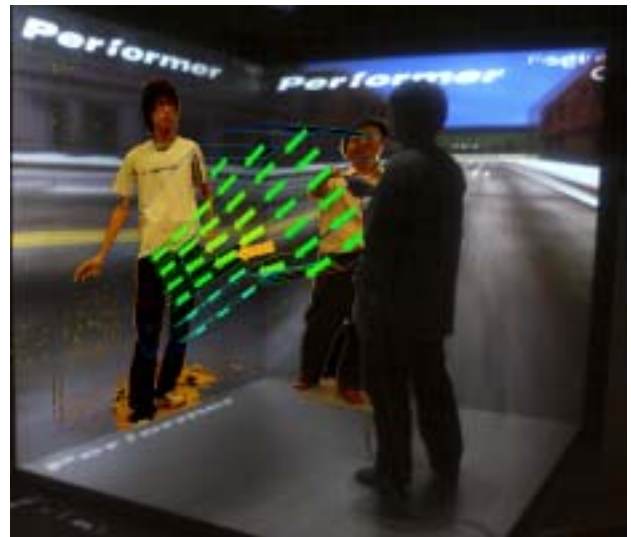


図5 プロジェクトの最終目標(合成画像)

#### 5. まとめ

任意のOpenGLアプリケーションの結果を1つに合成するOpenGLフュージョン技術を拡張し、ネットワーク経由で、複数のコンピュータで動作するアプリケーション結果を、クラスタマシンのような複数の表示コンピュータへ転送、合成してIPT装置への表

示を可能にした。

今後の改良として、合成によるオーバーヘッドの軽減がある。また、現在はビデオアバタの合成は記録されたビデオを使っているが、プロジェクト目標としては、3つ以上のサイトからのビデオカメラで撮影した映像を相互に交換して空間共有を実現することである。例えば、3次元の可視化結果を囲んで複数のビデオアバタと共にディスカッションを行うテストを実施する予定である（図5）。

#### 謝辞

本研究は独立行政法人情報通信研究機構の2004年度「民間基盤技術研究促進制度」の委託業務「テレ・イマージョン・カンファレンス・システムに関する研究」の一部として行った。

#### 参考文献

- [1] 廣瀬, 小木, 玉川, 山田: 没入型コミュニケーションのための高臨場感ビデオアバタ, ヒューマン・インタフェース学会誌, Vol.2, No.2, pp.55-62, 2000
- [2] [National Tele-Immersion Initiative ホームページ](http://www.advanced.org/teleimmersion2.html), <http://www.advanced.org/teleimmersion2.html>
- [3] The Blue-C Project ホームページ, <http://blue-c.ethz.ch/>
- [4] 宮地英生, 久木元伸如, 立山義祐, 松尾武洋, 小山田耕二, 江原康夫, 小木哲郎, 広田光一, 廣瀬通孝: 複数のIPT空間を1つに統合するフレームワークの開発, 日本バーチャルリアリティ学会第10回大会論文集, vol.10, CDR0M 1C-6, 2005
- [5] 宮地英生, 大島まり, 大島伸行: 複数の3次元CGソフトウェアからの出力結果の合成表示, 第1回横幹連合カンファレンス, CDR0M B2-42, 2005
- [6] H.Miyachi, Marie Oshima, Yoshitaka Ohyoshi, Takehiro Matsuo, Taiki Tanimae, and Nobuyuki Oshima: Visualization PSE for Multi-Physics Analysis by using OpenGL API Fusion Technique, Proc. of IEEE 1st Intl. e-Science and Grid Computing, pp.530-535, 2005
- [7] 宮地英生, 大吉芳隆, 酒井満隆, 小木哲朗: OpenGL Fusionによるビデオアバタと物体合成の性能評価, ヒューマンインタフェース学会研究会「人工現実感研究会」予稿集, 2006
- [8] 酒井満隆: ネットワークCAVE環境におけるビデオアバタ通信に関する研究, 筑波大学第三学群情報学類平成17年度卒業研究論文, 2006