

平成17年度
研究開発成果報告書

テレ・イマーシブ・カンファレンス・
システムに関する研究

委託先： (株)ケー・ジー・ティー

平成18年4月

情報通信研究機構

平成17年度 研究開発成果報告書 (一般型)

「テレ・イマーシブ・カンファレンス・システムに関する研究」

目次

1	研究開発課題の背景	3
2	研究開発の全体計画	
2-1	研究開発課題の概要	4
2-2	研究開発目標	4
2-2-1	最終目標	4
2-2-2	中間目標	5
2-3	研究開発の年度別計画	6
3	研究開発体制	7
3-1	研究開発実施体制	7
4	研究開発実施状況	
4-1	IPT(Immersive Projection Technology)用VR基盤ライブラリの研究開発	8
4-1-1	序論	8
4-1-2	CABIN Libの詳細設計と開発	8
4-1-3	3次元データフュージョンの研究開発	12
4-1-4	入力装置とのインターフェイスの設計と開発	16
4-1-5	まとめと今後の課題	17
4-2	空間共有アプリケーション構築用ライブラリの研究開発	18
4-2-1	序論	18
4-2-2	MV Lライブラリの詳細設計と開発	18
4-2-3	三者間音声通信システムの開発	21
4-2-4	遠隔地通信基盤(通信サーバ)に関する研究開発	23
4-2-5	まとめと今後の課題	27
4-3	知識創造プロセス支援のためのデータベースの研究開発	28
4-3-1	序論	28
4-3-2	グラフの大画面表示に対するニーズの調査	28
4-3-3	K J法インターフェイスの開発と評価	30
4-3-4	3次元注釈の有効性の実証試験	32
4-3-5	データベースインターフェイスのODBC化	34
4-3-6	まとめと今後の課題	35
4-4	アドバイザー・グループの需要研究	36
4-4-1	アドバイザー・グループの優先順位に関する検討	36
4-4-2	まとめと今後の課題	38
4-5	総括	40

5 参考資料・参考文献.....	41
5-1 研究発表・講演等一覧	

添付資料

<別紙1> 京都・東京・筑波3サイト間通信実験.....	42
<別紙2> 関連研究動向アップデート.....	45
<別紙3> SC2005出張報告.....	49
<別紙4> N3VR研究会について.....	53

1 研究開発課題の背景

(1) 既存コミュニケーションツールの意思疎通力や臨場感の不足

ネットワークの発達によって、今日の社会では遠隔地の利用者と協調して意思決定や共同作業を行うことが多くなってきた。このような遠隔協調作業を行うためには、E-mail や WWW ブラウザ、TV 会議システム等を使用し、マルチメディア情報を活用したコミュニケーションが有効的である。しかしながら、これらのシステムでは扱える情報が限られ、感情が伝わらないなどの制約が多く、実空間でのコミュニケーションの補佐的役割でしか使用されていないのが現状である。特に、遠隔授業や研究開発、プロダクトデザインなどの分野では対象に三次元表現が必要となる場合も多く、現行の遠隔コミュニケーションシステムでは、意思疎通力や臨場感不足という問題がある。

(2) IPT に求められる知識発見、知識創造支援機能

一方、全国各地に点在している CAVE や CABIN に代表される IPT (Immersive Projection Technology) をネットワークで接続し、没入型の VR 空間を共有しようという試みが行われている。これらの研究では、お互いがアバタ (代理人) と呼ばれる CG のキャラクターや、カメラで撮影されたユーザの映像を相手の VR システムに投影することによってコミュニケーションを実現する。またお互いの VR 空間に同じオブジェクトデータ (物体) を表示することによって、あたかも同じ空間を共有しているような高い臨場感を生成する。これらの高臨場感のある協調作業では、お互いの利用者が知恵や知識を共有し、膨大なデータの中から有益な情報を抽出し、問題解決にあたるデータマイニング等の知識発見や知識創造支援機能が重要な要素となっている。IPT は、大画面表示機能があるので、多様なデータやコンテンツを一覧できるので、知識創造支援機能を本質的に有しているといえる。

(3) IPT に必要な互換性

共有 VR 空間に関する研究はいくつかのプロジェクトで研究され、ある一定の成果を収めてはいるが、いずれもプロジェクト間での互換性が乏しいという問題がある。例えば、あるグループが開発した共有 VR 空間と、他のグループが開発した共有 VR 空間を接続することは通常困難であり、現状では閉鎖されたグループの中でしか利用することができない。この原因としては、システム間の互換性の低いハードウェアと、個々のシステムが異なるライブラリを用いているというソフトウェアの要因が考えられる。IPT のシステムは非常に高価であるがゆえ、通信相手ごとに新規のシステムを導入することは困難であり、新たなライブラリやフレームワークを導入することも、これまでに蓄積されてきたソフトウェア資産を捨てることになり、普及の妨げとなっている。

(4) IPT に必要なアプリケーション・ソフトウェア

VR 装置の本来的な価値は、意思疎通力に優れ、臨場感があり、多様なデータを一覧的に表示でき、コミュニケーション力と知識創造支援力を有していることである。しかしながら、この特長を生かして、普段利用しているアプリケーション・ソフトを IPT でも利用したいと思っても、極めて困難である。これは、アプリケーション・ソフトウェアが、IPT で利用されることを想定されていないからである。

その理由は、IPT 機能を組み込むコストが高いからである。組み込み用のライブラリは、非常に高価であるし、情報もないからである。もし、費用をかけずに、簡単に組み込みができれば、IPT 対応のアプリケーション・ソフトウェアは、増大すると思われる。なぜなら、普段利用しているソフトウェアのプルダウン・メニューの中に、「IPT 出力」や「ネット会議の実行」等のボタンが埋め込まれていたら、ユーザにとっては、非常に便利な機能であり、気軽に利用ができるようになるからである。例えば、現在でも、マイクロソフト社のネット・ミーティングを利用する人が少ないのは、わざわざ別アプリケーションを立ち上げなければならないからと考えられる。研究者らの経験では、「素人度が高いほど、一

つのアプリケーションで済ませたい」というのが、現実であるからである。

2 研究開発の全体計画

2-1 研究開発課題の概要

本研究では、VR空間を共有しながら人間相互の意思疎通や協調作業を行うためのコミュニケーション環境を構築するためのソフトウェア・ライブラリを提供し、遠隔地間での協調的なデータマイニングやナレッジマネジメントを実現することを目指している。

本研究の課題は、

- ・ データベースを介在させ、「空間、時間、人物、物体、操作、情報の共有化」を有機的に、他のアプリケーション・ソフトウェアと連携利用できる事、
- ・ TV会議以上のスケーラビリティを有し、実用レベルまで実装することができる事、
- ・ 両方のライブラリが他のアプリケーション・ソフトウェアの開発基盤に資することができる、汎用性、オープン性、互換性を実現する事、である。

具体的な研究開発課題のサブテーマとしては、(1) IPT用VR基盤ソフトウェアの開発、(2) 空間共有アプリケーション構築用ライブラリの開発、(3) 知識創造プロセス支援のためのデータベースの開発、(4) 空間共有会議システムのプロトタイプ構築とその評価を行う。

2-2 研究開発目標

2-2-1 最終目標（平成20年8月末）

(1) VR基盤ソフトウェア

1) VR基盤ソフトウェア

デスクトップ環境からIPT環境まで同じAPIで、設定ファイルを変更することによって対応できるVR基盤ソフトウェアを整理する。コンソーシアムを設立し一般公開を行う。

2) 携帯端末インターフェイス

GUI評価を行い、VR空間に提示される3次元GUIより使いやすいように改良を行う。

3) グラフィカル開発環境

サンプル・プログラムとヘルプ機能を参照しながら利用者が独自のアプリケーションを構築できる環境と、モジュールの整備。

(2) 空間共有アプリケーション構築用ライブラリ開発

空間共有アプリケーション構築のための、空間共有機能、時間共有機能、人物共有機能、操作共有機能、情報共有機能を、物体共有機能をライブラリとして整理する。これらのライブラリは、IPT用VR基盤ソフトウェアを始め、CABIN Lib等の各種のVR構築用ライブラリとの併用を実現する。

またコンソーシアムを設立し一般公開を行う。

(3) 知識創造プロセスの支援のためのデータベースの開発

情報の相互影響を考慮し、関連情報の変化に対応しながら、情報のリンク関係を動的にグラフィカル提示する機能を組み込む。

(4) 空間共有会議システムの構築と評価

アドバイザーグループと連携し、プロトタイプの機能実証。オーグメンテッド・リアリティ・プロトタイプを試作し、機能の評価を行う。

2-2-2 中間目標（平成19年1月末）

（1）IPT用VR基盤ソフトウェアの開発

1）VR基盤ソフトウェア

デスクトップ版と1面スクリーン対応版を試作し、実空間の3次元知覚と差違のない視覚情報を提示できる。多面スクリーンに用いた場合にスクリーンのつなぎ目に違和感がないようにする。入力デバイスからのデータを管理するデーモンの試作。国際化のための仕様の決定。

2）携帯端末インターフェイス

GUIを用いたインタラク션을VR空間で実現するためにPDAと携帯電話をベースとしたユーザインターフェイスを開発する。設定ファイルによってGUIが自動的に再構築できるようにする。

3）グラフィカル開発環境

ネットワークエディタの設計。グラフィックス関連、インタラクシオン関連、割り込み処理関連、デバイス関連の各モジュール群を構築する。

（2）空間共有アプリケーション構築用ライブラリの開発

空間共有アプリケーションの構築に必要な、空間共有機能、時間共有機能、人物共有機能、操作共有機能、情報共有機能を、物体共有機能をそれぞれ実装し機能評価を行う。たとえば、人物の共有機能に関しては、アバタによる指差し位置がセンサ誤差と同等（5cm以内）の精度で伝達されること、時間の共有に関してはビデオ映像の2コマ（0.06秒）以内の時間同期を実現する、また情報の共有機能ではSQLを介した種々のデータベースへのアクセス機能を実現することを目標とする。

（3）知識創造プロセスの支援のためのデータベースの開発

データベースに蓄積された情報から利用者が求めるデータを的確に抽出するデータマイニング機能を開発する。登録するデータに属性を持たせ、関連ある情報を自動的にリンクする機能を持たせること。

（4）空間共有会議システムの構築と評価

アドバイザーグループと連携し、VRタイプ、デスクトップタイプの仕様の決定。

2-3 研究開発の年度別計画

(金額は非公表)

研究開発項目	H16年度	H17年度	H18年度	H19年度	H20年度	計	備考
(1) IPT用VR基盤ソフトウェアの開発					→		東京大学
(2) 空間共有アプリケーション構築用ライブラリ の開発					→		筑波大学
(3) 知識創造プロセスの支援のためのデータ ベースの開発					→		(H17から) 京都大学
(4) 空間共有会議システムの構築と評価					→		
間接経費額 (税込み)							
合 計							

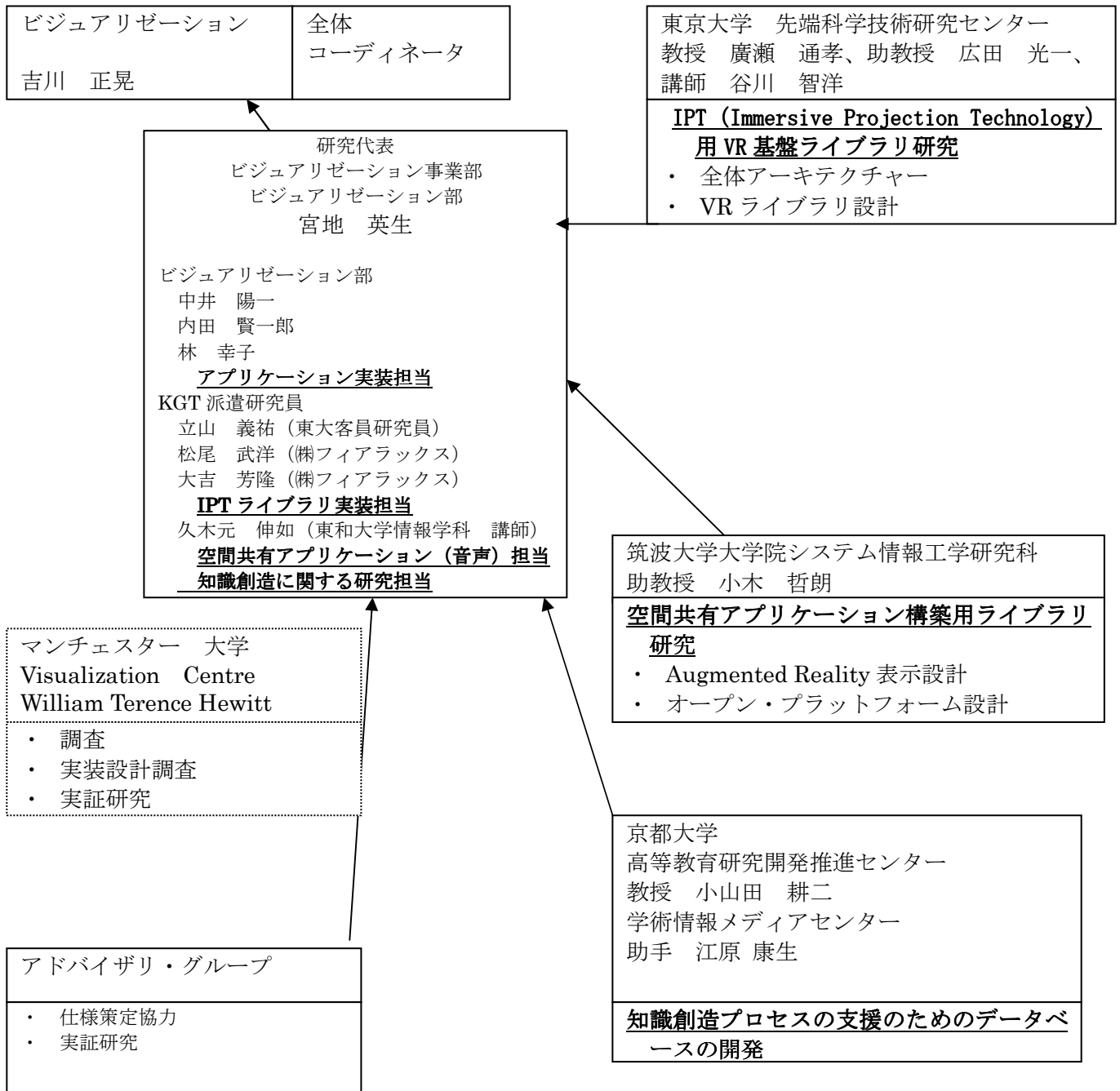
注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。

2 備考欄に再委託先機関名を記載

3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。

3 研究開発体制

3-1 研究開発実施体制



4 研究開発実施状況

平成 17 年度は、CnC 基盤ライブラリ^{*1)}について、平成 16 年度に作成した基本設計、詳細設計の技術的可能性についてより詳細に検討した上で、CABIN ライブラリ、MVL ライブラリを、概要設計に合わせて整理・拡張し、東京大学、筑波大学、京都大学の 3 拠点の IPT システムを JGN2 で接続し動作試験を実施した。

知的創造プロセス支援のためのデータベースの研究開発としては、アドバイザー・グループと連携してデータマイニングインターフェイスのプロトタイプ開発とデータベース接続試験を行った。

また、アドバイザー・グループに対しては、概要設計を提示し、平成 18 年度以降のプロトタイプアプリケーション開発の実現性を検討した。CnC ライブラリ普及のための活動として N3VR 研究会との連携を強化した。

^{*1)} 昨年度、本プロジェクトの通称を CnC (シー・エヌ・シー) プロジェクト、「Collaborative Networked Communication」(または Cabin-Network-Cabin)とし、本研究で開発するテレ・イマーシブ・カンファレンスの基盤ライブラリを CnC 基盤ライブラリと呼ぶこととした。但し、平成 17 年度の開発予定では、①IPT 用 VR 基盤ライブラリ(4-1)、②空間共有アプリケーション構築用ライブラリ(4-2)、③知識創造プロセス支援のためのデータベース(4-3)の 3 つの総称として CnC 基盤ライブラリとしていたが、本年度より、基盤ライブラリを①、②の総称とする。

4-1 IPT(Immersive Projection Technology)用 VR 基盤ライブラリの研究開発

4-1-1 序論

本研究では、臨場感のあるテレ・イマーシブ・カンファレンス・システムの端末として CAVE、CABIN に代表される IPT 環境や TILE 型の大画面・高解像度ディスプレイ装置の利用を考えており、本基盤ライブラリは、それらの装置へグラフィックス出力を行うアプリケーション開発を支援するものである。本サブテーマの目的は、東京大学で開発した CABIN ライブラリを普及用に整備・拡張することである。本年度は、平成 16 年度に作成した基本設計、詳細設計に基づき実装を検討し、プロトタイプシステムの開発と動作試験を実施した。また、複数の 3 次元グラフィックスを 1 つの VR 空間に統合するための 3 次元データフュージョンの研究開発を実施した。

4-1-2 CABIN Lib の詳細設計と開発

(1) CnC 版 CABIN Lib 開発の概要

CABIN とは、東京大学インテリジェント・モデリング・ラボラトリーに設置されている 5 面没入型ディスプレイである。CABIN Lib は、CABIN で VR 空間を提示するアプリケーションを作成するための基盤ソフトウェアであり、東京大学にてスクラッチから作られた。競合ソフトウェアとして CAVE Lib がある。商用ソフトウェアの CAVE Lib は IPT システム開発者コミュニティの間では一般に広く普及しているのに対し、CABIN Lib は API ドキュメントだけは公開されていたものの、ソフトウェア本体は一般公開されず、極めて限定的な CABIN ユーザの間でのみ粛々と開発され、利用され続けてきた。このプロジェクトでは、この非公開 CABIN Lib を、一般に利用容易な形に整備した後、オープンソースとして公開することを目指して開発を進めている。誰でも使える環境を整え、CABIN Lib の普及、ひいては大画面 3 次元情報提示システム普及の促進を目指す。

(2) CAVE Lib との比較

CABIN Lib と CAVE Lib では構造上 2 つの共通点がある。一つは、(a) 1 プロセス 1 面を描画し、スクリーン数分だけプロセスを同時走行させる点で、もう一つは、(b) 共有

メモリを介して、それらのプロセス間で入力装置情報を共有する点である。一方で、両者には設計哲学が根本的に異なる点もある。それは、描画プロセス間で動作の同期をとるか否かである。CABIN Lib では各プロセスが非同期に動作する一方で、CAVE Lib では同期的に動作する。マルチスクリーンシステムにおいて、各スクリーン間の動作の同期をとるか否かについては一長一短でどちらが良いとは一概に断定できない。非同期式の場合、各プロセスが自由なタイミングでボタン入力情報や速度指令情報を得るといった設計をしてしまうと、各スクリーンが異なる結果を描画してしまうという欠点（パラレルワールド問題）があるので、開発には細心の注意が必要である。一方で、同期式では、プロセスが入力装置情報を自由にどのタイミングで読んでも間違った動作にはならず、開発は容易である。しかし、同期式は、ある1面の処理に時間がかかるケースで、他の面の処理が短時間に終了したとしても、一番遅い面の処理終了まで待たされてしまい、結果的にはシステム全体の動作が遅くなってしまう。一方、非同期式は遅い1面とは無関係に他の面が高速に動作するので、没入感を損ないにくいシステムとなる。今回の CABIN Lib 整備では、まずオリジナル CABIN Lib の設計哲学を踏襲することとし、描画プロセスの動作は非同期という前提で設計を行った。

(3) CnC 版 CABIN Lib に求められる要件

次に CABIN Lib 公開に必要な要件について述べる。オリジナル CABIN Lib は、CABIN という特定のハードウェアが対象で、かつ研究用のアプリケーションを作成するためのライブラリ、すなわち開発者がユーザである用途のライブラリであった。本プロジェクトでは、大画面ディスプレイのための基盤ソフトウェアをオープンソースソフトウェアとして公開し、普及の促進とより良いソフトウェア基盤としての発展を図ろうとしている。しかし、このオリジナル CABIN Lib をそのまま公開したとしても、能力の高いごく一部の開発者しか使えず、このままでは普及が促進されるとは考えにくい。そこで本プロジェクトでは、CABIN Lib に改良を加え、より多くのユーザに使いやすい環境を整えてから、オープンソースソフトウェアとして公開することとした。具体的には、(a) PC クラスタ型マルチスクリーンシステムへの対応、(b) CABIN 以外の一般のディスプレイ対象に、かつ、開発者ではない一般のユーザが使用できるよう、複数のアプリケーションが同時走行できるプラットフォーム作り、(c) 入力デバイスとして入手容易で、かつ機能的に十分なゲームコントローラを利用可能にする事の3点である。以下、それぞれについて詳述する。

(4) CnC 版 CABIN Lib の PC クラスタ対応について

本プロジェクトにおける CABIN Lib の PC クラスタ型マルチスクリーンシステムへの対応について述べる。研究段階でのマルチスクリーンシステムはコストを二の次にできたが、あらゆる部分でコストダウンを図らねば普及しない。描画計算機についても、広く普及している PC を利用しつつ、特殊なハードウェアを排除することにより、コストを10分の1以下に抑えることが出来る。一般にマルチスクリーンシステムでは複数の描画プロセスが描画情報を共有しなければならない。元々、CABIN を構成していた歴代計算機はハードウェア共有メモリ機能を有していて、プロセス間の情報共有機構の実装は容易であった。しかし、PC クラスタ型マルチスクリーンシステムにおいては、ハードウェア共有メモリのような特殊なハードウェアを使わずに情報共有機能を実現しなければならない。現在の計算機システムでは通信機能によって情報共有機構を実現する手法が現実的である。このようなネットワーク共有メモリの実現方法には様々な手法が提案されてきたが、それらは現在主流のギガビットイーサネットではマルチスクリーンシステムの情報共有に十分な量と速度を確保できない。一方、マルチスクリーンシステムの情報の流れを分析してみると、センサから情報が入力され、描画プロセスはそれらと前フレームの状態から計算で

きる描画結果を表示するだけである。つまり、共有すべき情報のうちの一部に着目すると、そこを書込むプロセスはただ一つで、他のプロセスはただ読み出すのみである。よって、一般のネットワーク共有メモリ機構よりは単純で、かつ高速な機構で情報共有機能を実現することが可能である。オリジナル CABIN Lib でもこのような特徴に着目し、4KB の固定長ではあるものの、センサ情報のスナップショットを各描画 PC に配布していた。ギガビットイーサネットでの UDP (パケット欠落時に再送を行わないプロトコル) を使用し、更新レートは 120Hz を確保できた。ただ、これだけでは、高度なアプリケーション作成は容易ではない。CAVE Lib のような動作同期方式ならば、センサ情報スナップショットの共有だけでも、ある程度の規模のアプリケーションが作成可能だが、CABIN Lib のような動作非同期方式だと、パラレルワールド問題を避ける事が出来なくなってしまう。そこで (a) 1 対多メッセージパッシング機構を導入し、 (b) マスタ=レンダラ・パラダイムを提案する事にした。1 対多メッセージパッシング機構では信頼性のある通信、すなわち、各描画プロセスに同じ情報が伝達される事を保証する。共有メモリ方式とは協調計算パラダイムが異なるが、「ボタンが押 (離) された」などの所謂トリガー情報は、共有メモリ方式で伝達する事自体にそもそも無理があり、メッセージパッシング方式のほうがより簡潔に記述できるし、確実に伝達できる。また、新しい CABIN Lib ではネットワーク共有メモリはサイズを自由に決める事ができるし、2 個以上の共有メモリを取るができる。メッセージパッシングチャンネルも自由な個数取れる事にした (図 4-1-1)。

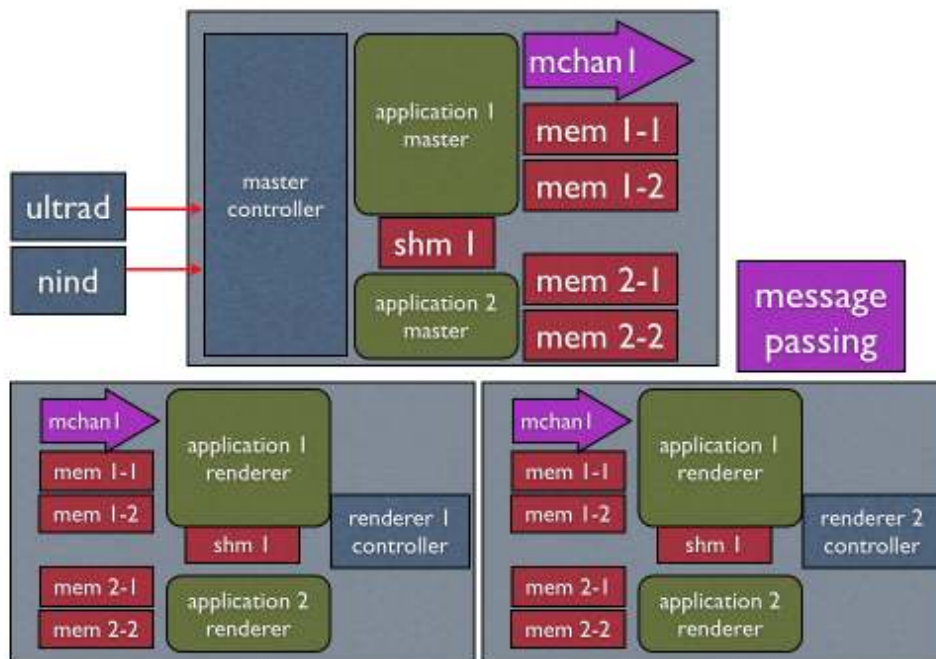


図 4-1-1 PC クラスタにおける glCABIN Lib2 の概要

(5) マスタ=レンダラ・パラダイム

マスタ=レンダラ・パラダイムとは、アプリケーションを2つの部分に分け、片方をマスタ部として入力装置からの情報を処理してアプリケーションコンテキストを作り出し、それを共有メモリ方式でレンダラに分配するという考え方である。1 対多メッセージパッシングの実装が TCP である場合、面数の回数だけ通信を行わねばならず、また、場合に依ってはパケットロスにより再送処理も入り、著しく速度低下を引き起こすのに対し、マスタ=レンダラ・パラダイムではマルチキャストベースの共有メモリが利用可能なので、効率は非常に良く、多くのアプリケーションにおいて速度面で有利だと考えられる。

(6) プラグイン機構

複数のアプリケーションが同時走行できる仕組みとして、プラグイン方式を採ることにした。The X Window System の X プロトコルは元々複数のアプリケーション（クライアント）が同時走行するように設計されたシステムであったが、OpenGL はそうではなく、複数のクライアントが一つの OpenGL コンテキストに描画することはできない。そこで、OpenGL コンテキストを所有するプロセスに、アプリケーションをプラグインできるようにすることにした。

(7) 本年度の開発内容

以上に述べたネットワーク共有メモリ機構、メッセージパッシング機構、及びプラグイン機構の動作を検証すべく、プロトタイプシステム glCABIN Lib2 を作成した。glCABIN Lib2 は、サンプルアプリケーションとして、airplane、dinospin、avaplay の 3 種をプラグインとして作成した。プラグイン airplane は 3 次元位置センサの位置に 3 次元オブジェクト（ごく単純な飛行機のモデル）を表示させ続けるアプリケーションで、センサ情報の確認に有効である。また、dinospin は、恐竜の 3 次元モデルをボタン操作でインタラクティブに回転させるアプリケーションで、ボタン処理機構の確認に有効である。また、avaplay は、ネットワーク越しに送られてきた遠隔地映像を 3 次元空間に書き割りとして表示するアプリケーションで、自由に確保できるネットワーク共有メモリの動作確認が可能である。これらのサンプルアプリケーションはどれも正しく動作することが確認できた。よって、ネットワーク共有メモリ機構、メッセージパッシング機構、プラグイン機構は正しく動作しているということが言える。

(8) 今後の開発

これからの開発予定について述べる。CnC 版の CABIN Lib は、メッセージパッシング機構、プラグイン機構、マスタ＝レンダラ・パラダイムという 3 つの新しい概念を導入した。しかし、旧来の CABIN Lib プログラマへも対応しなければならない事や、マスタ＝レンダラ・パラダイムになじまないアプリケーションの存在も考えると、これらの機能は不可分にするのではなく、どちらも選択できるよう実装されたほうが良い。図 4-1-2 のようにレイヤ構造になるよう実装すれば、実現可能だと考えられる。こうすることにより、プラグインにせず、モノリシックな一アプリケーションを作る事も可能だし、マスタ＝レンダラ・パラダイムにせず、旧来の CABIN Lib アプリケーションのようにどのレンダリングプロセスも同じ動作で動くというプログラミング方法も可能となる。このようなレイヤ分けを実装すると共に、いくつかの細かい実装を完成させ、API を確定させると同時にサンプル実装である glCABIN Lib2 を公開していきたい。



図 4-1-2 プロトタイプシステム glCABIN Lib2 の概要

4-1-3 3次元データフュージョンの研究開発

本プロジェクトでは、複数の VR アプリケーションが1つの空間の中で動作する環境構築を目指している。これまで VR のアプリケーション開発には常にソースコードが必要であり、VR 利用者はプログラマであることが求められた。そのため、VR アプリケーション開発者もユーザに対してライブラリなどの環境か、完成されたアプリケーションシステムしかビジネスができなかった。しかし、複数のアプリケーションで1つのシステムを構築することができれば、VR のための小さな部品をアプリケーションとして販売することが可能となり、ビジネスの発展に繋がると考えている。この目的を果たすために、3次元データフュージョンの研究を実施した。

(1) 複数のグラフィックスを統合する方法

複数のソフトウェアで生成された3次元 CG を合成するには、一旦、ファイルに3次元幾何データ出力し、それらを合わせて表示する方法が一般的である。複数の設計者が CAD で作った部品データをファイルに出力し、それらを複数読み出すことで部品を組み合わせた表示が可能となる。この際、異なった CAD からの部品データを合成するとファイルフォーマットの互換性が問題となる。例えば、曲面を表現する関数の扱いが異なっているような時、ファイル出力の後、別の CAD で読み出すと曲面の精度が悪くなったり、場合によっては読み出せなかったりすることがある。

次に、奥行き情報を持った画像出力を合成する方法もあるが、まだ、書式が規格化されていないので、既存の可視化ソフトウェアを有効に活用することができない。

一方、バーチャルリアリティ (VR) や並列レンダリングの分野で、3次元グラフィックスの業界標準である OpenGL の命令をキャプチャする GLR (GL-DLL Replacement) という技術を使って、既存のソフトウェアをリコンパイル・再リンクなしで VR 装置や並列環境へ対応させる手法がある。我々は、この手法を応用し複数の3次元可視化ソフトウェアの出力結果を合成して表示する技術を開発することを考えた。

(2) GL-DLL リプレースメント

OpenGL グラフィックス API を使ったソフトウェアでは、ユーザが記述した命令が OpenGL ライブラリを通してグラフィックス命令に変換され、それがグラフィックスボードに依存したドライバに渡される。現在、ほとんどの OpenGL ライブラリはダイナミックなバインディングされるので、起動時に本来の OpenGL の DLL (またはシェアードライブラリ) を置き換えて、OpenGL 命令をグラフィックスドライバに流すと同時に他のソフトウェアにコピーすることができる。これにより1つのソフトウェアの3次元 CG 出力を複数のソフトウェアに分配することができる(図4-1-3)。

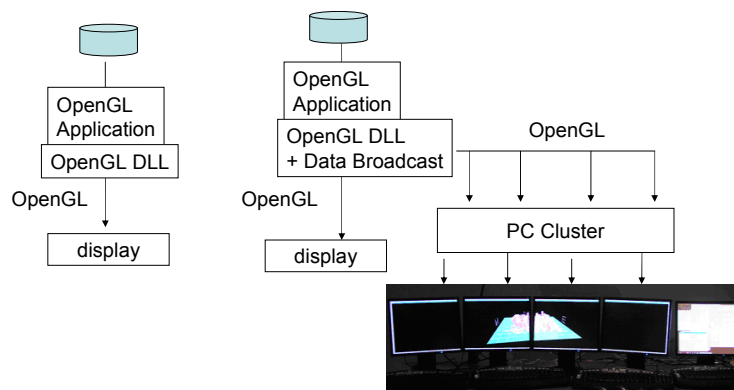


図 4-1-3 GL-DLL リプレースメントによる大画面对応例

1つのグラフィックスの命令をコピーして複数のグラフィックドライバに分配することで、1つの表示を複数のコンピュータにコピーすることができる。このとき、3次元CGの視野情報を少し工夫することで単純なコピーでなく、タイル型ディスプレイへの大画面高解像度表示に利用することができる。

この手法をグラフィックスの分配でなく、統合に利用することで複数のアプリケーションの出力結果を再コンパイル、再リンクなしに合成することが可能となる。

(3) 実装方法

実装の概略図を図4-1-4に示す。ここでは、便宜的に2つのソフトウェア、流体解析と構造解析のポストプロセッサからのグラフィックス出力を1つの統合する例を示している。

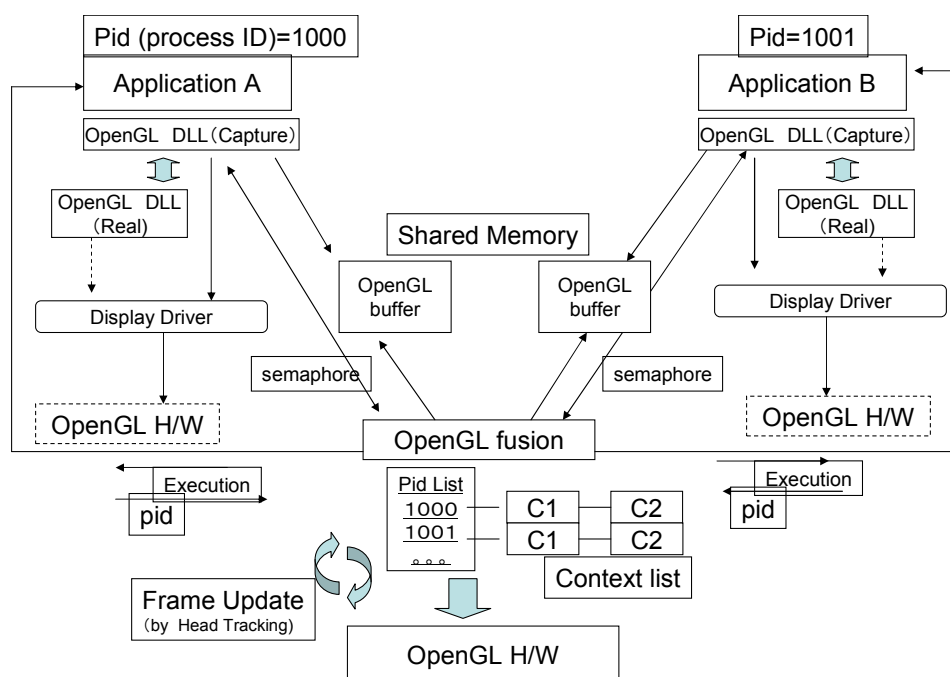


図4-1-4 OpenGL Fusionの実装概念図 (Windows版)

システムは起動時にそれぞれのポストプロセッサが動的にリンクする OpenGL ライブラリのパスを変更することで、OpenGL 命令をキャプチャするライブラリを参照するようにする。利用者は、ポストプロセッサを通常の操作で制御することができ、その出力結果は通常と同じように画面に表示される。しかし、それと同時に合成ソフトウェアにも表示命令を出している。この表示命令の合成ソフトウェアへの転送は共有メモリを用いている。オリジナルのソフトウェアがメモリに書き込み途中にアクセスしないようセマフォを使って排他制御をしている。

合成表示ウィンドウへの対話操作 (マウスイベント) は、合成ソフトウェアが受け取り、合成表示物の全体に対して回転、拡大などの操作を行うことができる。現在のプロトタイプでは実装していないが、この対話操作を解釈し、オリジナルのソフトウェアに適する形で渡すことによって、合成表示ウィンドウへの操作をフィードバックすることも可能である。

(注) 速度試験は上記の構成のシステムで実施したが、IPT 環境用には1つのプログラムから複数の計算機へ OpenGL コマンドを配るために上記のシェアードメモリの部分をソケットの通信で実装しているものを利用した。

(4) 表示事例

次にプロトタイプシステムを使った複数の OpenGL ソフトウェアの統合表示例を図 4-1-5 に示す。

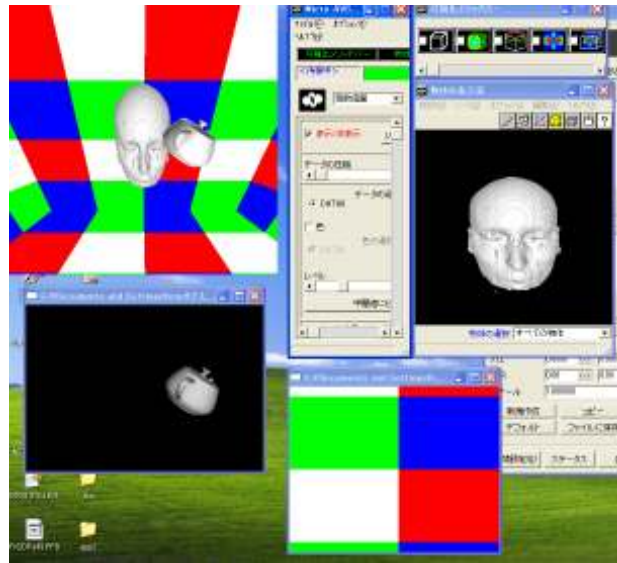


図 4-1-5 プロトタイプ実行例

この図では市販の汎用可視化ソフトウェア (MicroAVS) と、C 言語で記述したティーポットを表示するプログラムとテクスチャ付きの箱を表示するプログラムの 3 つのプログラムから OpenGL 命令をキャプチャして、左上の合成ウィンドウに合わせて表示している。

(5) 利用環境と性能試験

OpenGL フェージョンは Windows プラットフォームにてベースの開発を行い、その後、Linux 32bit マシン、Linux 64bit マシンへと移植を行った。基本的な性能試験については、Windows 上で実施した。

テスト環境は CPU Intel Xeon 3.6GHz、メモリ 2Gbyte、OS Windows XP Professional2002、グラフィックスボード nVIDIA Quadro FX4000、1280x1024 True Color にて、(株)KGT 製の汎用可視化ソフトウェア MicroAVS でデモデータ dodec.geom と、サンプル用に作成した TEAPOT だけを表示するプログラム teapot.exe の合成表示を行った。まず、MicroAVS で 1 つの dodec を表示し、そこに teapot.exe を 1 つずつ追加していった (図 4-1-6)。

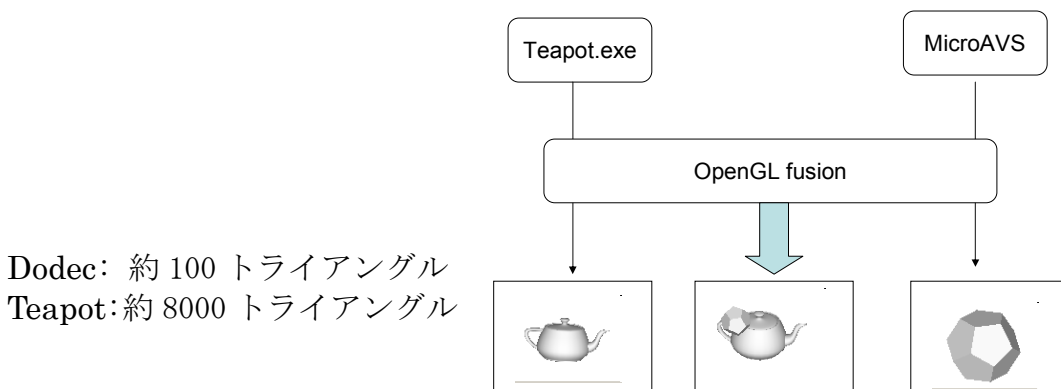


図 4-1-6 合成性能試験の概要

そのときの性能評価を表 4-1-1 に示す。

これらのグラフィックス表示はグラフィックス性能から考えると十分に軽い負荷であるから、表示物が増えることによる速度低下は無視できる。したがって、プロセス数の増加に対する速度低下は 3 次元データフュージョンによって何らかのオーバーヘッドが発生していると考えられる。

表 4-1-1 合成プログラムの数と表示速度

Number of programs	1	2	3	4
speed	29.6	29.6	20.0	15.5

[FPS]

原因は特定できていないが、フュージョンの機能から 2 箇所オーバーヘッドが考えられる。

- OpenGL コマンドをキャプチャしてコピーを実施する時間
- キャプチャプログラムと合成プログラム間のセマフォ制御による書き込み待ち時間

これ以外にも、負荷の重たいグラフィックス表示を行った場合、現在はオリジナルの表示と合成表示の 2 つを行っているためグラフィックス負荷が 2 倍になるという欠点がある。

(6) IPT 空間内での 3 次元データフュージョン

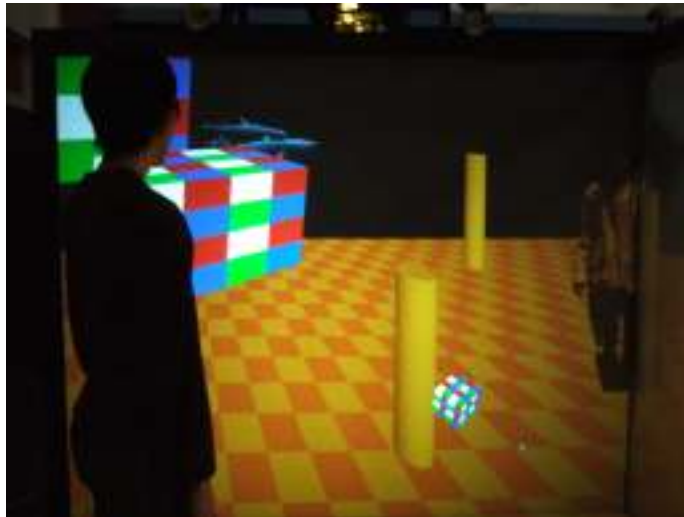


図 4-1-7 IPT 空間内でのビデオアバタとアトランティスの合成

最後に IPT 空間内でビデオアバタとサンプル・プログラム(atlantis:魚のアニメーション)の合成表示を図 4-1-7 に示す。試験場所は筑波大学の IPT 装置内。

IPT 環境ではマスタのマシンから 3 台の表示マシンに対して OpenGL コマンドが通信(TCP/IP)する仕組みにしているため、先に述べた OpenGL コマンドをコピーする時間が相当のオーバーヘッドになっていると思われる。簡易的な計測ではビデオアバタを単独で実行した場合が 3 フレーム/秒に対して、合成時は 0.5 フレーム/秒程度になっている。

(7) 3 次元データフュージョンのまとめ

OpenGL コマンドをキャプチャすることで、3 次元グラフィックスソフトウェアを再コンパイル、リンク無しで VR 空間に合成することができた。しかし、性能の低下については改善の余地が残されている。また、VR 空間の合成には画像合成の方法も検討の余地があると考えている。

4- 1- 4 入力装置とのインターフェイスの設計と開発

CABIN では入力装置として任天堂社製家庭用ゲーム機 Nintendo 64 の標準コントローラに改造を加えて RS-232C シリアル通信ができるようにした物 (図 4-1-8 の左) が主に使用されていた。とある廣瀬研究室メンバ個人による改造だったため、壊れやすく、そのメンバの離脱により改造のノウハウが失われつつある。回路図等は残っているものの、工作しなくてはならず手間がかかるし、外注するにしても費用がかさんでしまう。また、元となる Nintendo 64 コントローラが入手困難になりつつある。このままだと他の場所での使用が困難なのは明白であった。そこで新たな代替案が必要となった。代替案選定の際に重要と思われた点は(a)入手しやすさと、(b)ボタン数の多さであった。まず着目したのは USB ゲームコントローラである。USB ゲームコントローラは現在広く普及しており、多種多様のコントローラが入手可能であるが、どれも一つの API で利用可能で、しかも Linux でも利用可能である。このような USB ゲームコントローラを CABIN Lib で扱えるようなドライバソフトウェアを開発した。このドライバでは、各ボタンやジョイスティックの割り当てを変更可能にしてあるので、どのような USB ゲームコントローラでも使用可能である。数ある USB ゲームコントローラのうち、いくつかを入手してテストし、最終的に図 4-2-8 の右に示すソニー社製 Playstation のゲームコントローラ (に USB 変換器を接続したもの) を今回は選択した。他のコントローラに比べ、ボタンの追従性すなわち、ボタンを押してデータが出るかどうかを比べた製品の中で最も確実だったからである。Playstation ゲームコントローラ用にコンフィギュレーションファイルを作成し、glCABIN Lib2 で使用できることを確認した。これにより、CAVE を所有する所はどこでも CABIN Lib を使える最低限のハードウェア環境が整ったという事が言える。

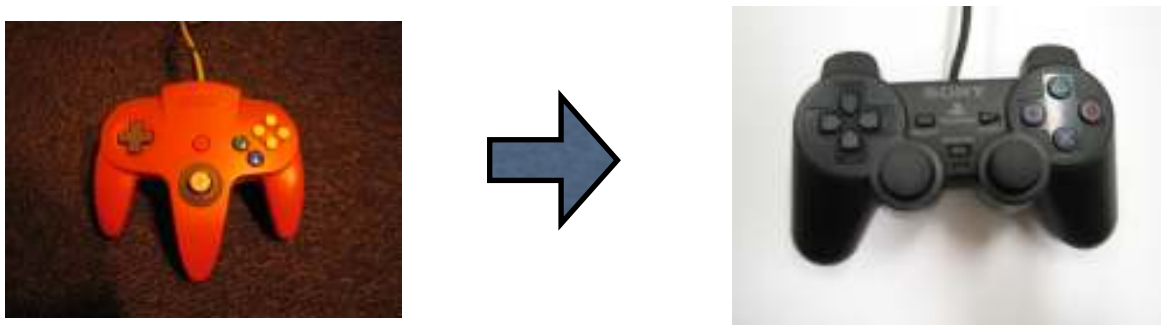


図 4-1-8 CABIN での標準入力デバイスであった Nintendo 64 ゲームコントローラと今回新たに対応した Playstation ゲームコントローラ

今後の展開について述べる。今回の USB ゲームコントローラ対応は、オリジナル CABIN Lib の共有メモリ空間経由の情報伝達方式を採用している。これは、ゲームコントローラ対応作業が、CnC 版 CABIN Lib におけるメッセージパッシング機構の実装が完成する前に行った作業だったからである。このままでは、マスタ=レンダラ・パラダイムが必須になってしまう。将来的には、メッセージパッシング機構を利用したアプリケーションへの入力装置情報伝達機構を実現し、旧来の CABIN Lib プログラムが全レンダリングプロセス同一プログラム方式で記述できるようにする必要がある。

4-1-4 まとめと今後の課題

今年度は、IPT用VR基盤ライブラリの詳細設計を行い、CABIN Lib2のプロトタイプを開発し、筑波大学、東京大学、京都大学の各サイトで、それが動作することを確認した。

利用環境を充実するために、コントローラとして、プレイステーションコントローラ、ウェアラブルコンピュータ用キーボードとして Twiddler を実装、磁気センサとして、ポヒマス社の Ultratrak（交流磁気センサ）、アセンション社の Bird（直流磁気センサ）を実装した。その他に予定していた、磁気センサインターフェイス（Fastrack、Liberty）の対応が残ったが、平成18年度第1四半期には実装を予定している。

すべて一定の動作を確認したが、計算機環境の微妙な違いによってハングアップする問題が残っている。今後はソースコード公開にあたって、バグフィックスや、各種プラットフォームへの移植などの作業を予定している。入力装置のデータインターフェイス概念設計は、さらに多くの機種を安定的に動作させてから決定する。

複数のグラフィックスを1つに統合する研究は、Windows版のデータフュージョンプログラムを開発し、CATIA、MAYA、AVSなど、いくつかの市販アプリケーションの合成が成功することを確認し、Windows上で基本性能試験を実施した。また、32bit Linux および EM64T Linux への移植を行った。

現状、プロセス数に応じてオーバーヘッドが比例して大きくなるので、今後、この点について原因調査と改善を進める予定である。

4-2 空間共有アプリケーション構築用ライブラリの研究開発

4-2-1 序論

本研究は、臨場感のあるテレ・イマーシブ・カンファレンス・システムの構築と、その支援環境の開発を目指している。本基盤ライブラリは、遠隔地でカンファレンスを行うためのアプリケーション開発を支援するもので、東京大学で開発した MVL Toolkit を普及用に整備・拡張するものである。本年度は、平成 16 年度に作成した基本設計、詳細設計に基づき実装を検討し、プロトタイプシステムの開発と動作試験を実施した。また、インターネットでの拠点間通信のために通信サーバの開発と動作試験を行った。

4-2-2 MVL ライブラリの詳細設計と開発

空間共有アプリケーション構築のために必要とされる機能を、空間共有機能、時間共有機能、人物共有機能、操作共有機能、情報共有機能、物体共有機能に分類し、各機能についての検討を行った。

(1) 空間共有機能

仮想空間を共有するための基本的な方法としては、各サイトで同一のアプリケーションプログラムを実行しながら、必要な情報をやり取りする方法を用いる。この空間共有機能は、サイト間で相互に利用者に関する位置情報を交換するためのプロセスを起動し、共有仮想空間におけるお互いの位置関係を表現する。以下の機能を提供する。

- ・初期位置の設定：

共有仮想空間の中で各サイトの利用者がどこにいるか初期位置を設定する。

- ・位置情報の交換：

共有仮想空間の中で各サイトの利用者間の位置関係を表現するため、随時お互いの位置情報を交換する。位置情報としては、ウォークスルーによって変化する仮想空間座標系でのディスプレイの位置と方向、利用者の移動によって変化するディスプレイ座標系での視点や指先の位置と方向が含まれる。通信プロトコルは UDP を使用し、これらのデータは共有メモリを介してアプリケーションプログラムに伝達される。図 4-2-1 は位置情報交換の仕組みを図示したものである。

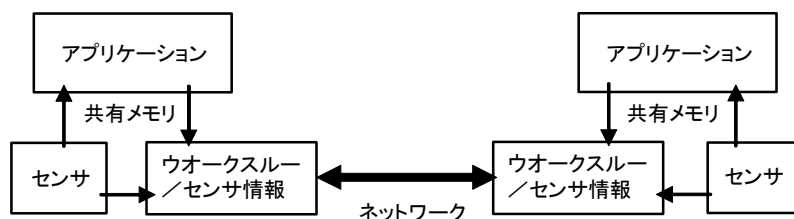


図 4-2-1 空間共有のための位置情報交換

(2) 時間共有機能

これは動的な仮想世界を遠隔地間で共有するために、各サイト間で時間的な同期を取るための機能である。共有仮想世界における仮想物体の運動、アニメーション、ビデオ映像の再生等を表現するために使用し、以下の機能を提供する。

- ・レンダリング時間の計測：

各アプリケーション内でレンダリングに要した時間をシミュレーションループ毎に計測する。

- ・同期データの通信：

時間ステップ、フレーム番号等の同期に関するデータをサイト間で送受信する。1つのサイトがサーバとなり、他のサイトへ同期データを送信する。アプリケーションプログラムは、この同期データを使用して時間合わせを行う。

(3) 人物共有機能

共有仮想空間の利用者を人物像として仮想世界に合成することで、遠隔地の利用者がお互いに相手を認識しながらコミュニケーションをできるようにする機能である。ここではビデオカメラで撮影されたビデオ映像から人物像だけを切り出して、相互に送り合うことで共有仮想世界に合成するビデオアバタ技術を用いる。ライブラリとしては、以下の機能を提供する。

- ・通信路の確保：

各サイト間でビデオアバタデータの送受信の通信路を確保する。

- ・ビデオ映像のキャプチャ：

利用者の姿を撮影したビデオ映像をキャプチャし、計算機に取り込む。ビデオカメラとしては、現状は IEEE 1394 インターフェイスを備えた非圧縮画像の出力カメラ（実験では SONY DFW-X710 を使用）のみ対応している。

- ・人物像の切り出し：

背景差分法によりキャプチャされた利用者のビデオ映像から人物像だけを切り出す。あらかじめ利用者のいない背景画像を撮影しておき、これと利用者の撮影映像との差分を取ることで切り出しを行う。

- ・人物像の送信：

キャプチャされた人物像を通信相手に送信する。ビデオアバタデータの送受信には圧縮を行わない RGB データを用い、画像の解像度は VGA (640x480)、SVGA (800x600)、XGA (1024x768) からの選択可能。通信プロトコルは UDP を使用する。

- ・人物像の受信：

送信されたビデオアバタデータを受信する。

- ・ビデオアバタの合成：

受信したビデオアバタデータを仮想世界の 3 次元位置に合成する。アバタの合成位置は撮影カメラからの相対位置で決まり、仮想世界の中でのカメラの基準位置は空間共有機能で得られる撮影サイトでのウオークスルー情報から算出される。図 4-2-2 は、仮想世界に合成されたビデオアバタの表示例である。2つの柱の奥行きの間位置に合成されている。

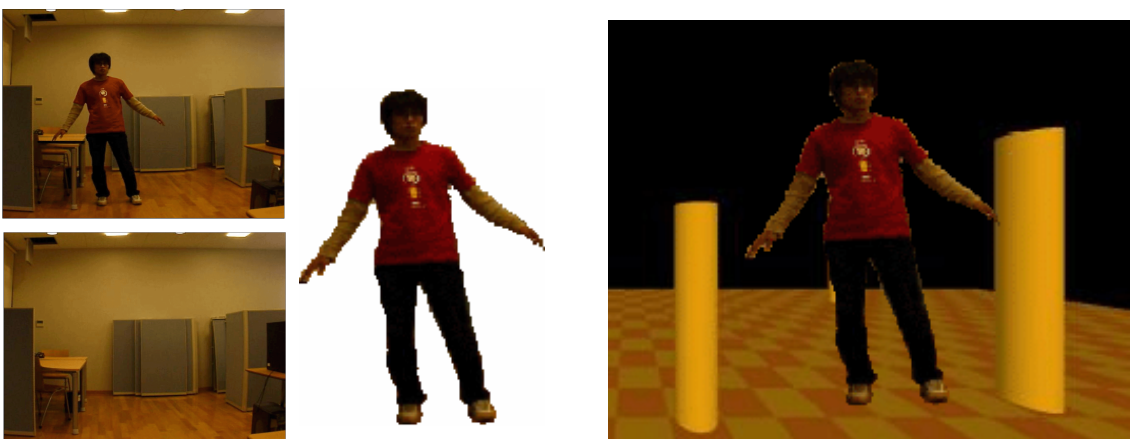


図 4-2-2 背景差分法の原理と仮想空間に合成されたビデオアバタ

なお、画像処理機能の実装については、Intel IPP (Integrated Performance Primitives) のライブラリを使用している。またビデオアバタ機能は、ライブラリとしてアプリケーションプログラム内に入れ込む方法の他、単体アプリケーションとして 3 次元データフュージョン機能を用いて他のアプリケーションと融合する方法がある。

(4) 操作共有機能

共有空間の中での各利用者が仮想世界に対して行うインタラクション操作を、サイト間で矛盾無く実行し共有するための機能である。サイト間で異なる操作が行われた場合に、排他制御を行う方法もあるが、ここではインタラクションサーバを用いる方法を取る。各サイトで入力される操作コマンドをそれぞれのローカルな計算機が受けずに、ネットワーク上のサーバで一括して受け、これを順に処理していくことで矛盾無く操作結果を共有することができる。またこの際、遠隔地のサーバに対して操作コマンドを容易に送信する手法として、携帯電話の i モードや PDA の無線 LAN 機能等を用いたインターネット経由でのインターフェイスを実現するため、以下の機能を提供する。

・ Web インターフェイス :

携帯電話の i モードや PDA の無線 LAN 等を介してインタラクションサーバの Web ページにアクセスし、仮想世界に対する操作コマンドを入力するためのインターフェイス画面の作成を行う。このインターフェイス画面上でメニュー選択やコマンド入力を行うことによって、インタラクションサーバ上に入力コマンドが生成される。図 4-2-3 は携帯電話の Web アクセスを介したインターフェイス画面の表示例を示したものである。この例では携帯電話のダイヤルボタンを使用したウォークスルー機能を示している。



図 4-2-3 携帯電話によるウォークスルー機能のインターフェイス画面

・ 入力コマンド列の送信 :

Web インターフェイスを介してインタラクションサーバ上に生成された仮想世界に対する操作コマンド列を、入力を受けた順にサーバから各サイトに送信する。通信プロトコルは TCP を使用する。

・ 入力コマンド列の受信 :

各サイトではインタラクションサーバと通信を行い、入力コマンド列を順に受信する。受信されたコマンドは共有メモリを介してアプリケーションプログラムに伝達する。図 4-2-4 は、携帯電話の i モードを介した仮想世界とのインタラクションの仕組みを図示したものである。

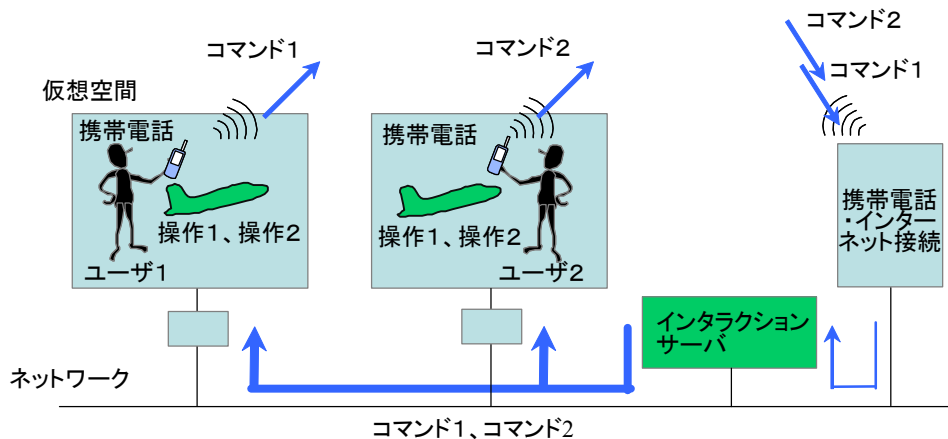


図 4-2-4 携帯電話を用いた仮想世界とのインタラクションの仕組み

(5) 情報共有機能

共有仮想空間の利用者が必要な情報にアクセスし仮想世界に読み込んだ場合、これらの情報をネットワーク上で共有する機能である。この機能を実現するため、各サイトからアクセス可能なデータベースをネットワークに用意し、各サイトでは操作共有機能を用いて同一のデータベースへのアクセスを行う。この仮想空間からデータベースへのアクセス、データ検索、情報可視化、ブラウジング、情報管理等の機能は、データベースインターフェイス CCBASE の機能として実現している。

CCBASE は、仮想空間での利用者のアクションによりデータベースの検索コマンドを生成し、検索されたデータを本（ブック）のメタファを使用して可視化を行うことで、画像、ビデオ映像、3次元モデル等のデータを扱うことができる。また本のメタファや3次元空間を利用したデータのブラウジング機能を有する。仮想世界に読み込まれたデータはデータベース管理システムを使用して1つのデータベースとして管理することができる。CCBASE の利用法については「4-3-5 データベースインターフェイスの ODBC 化」の節で詳述する。

(6) 物体共有機能

計算機内の情報だけではなく、実物体等の現実世界に存在する情報を遠隔地間で共有する機能である。具体的にはビデオアバタと同じビデオ映像の伝送機能を使用して、実物体が存在するサイトから撮影、切り出しを行った物体の映像情報を他のサイトに送信する。受信側では送られた物体の映像情報を仮想世界内の3次元位置に合成することで、視覚的に物体の情報を共有する。図 4-2-5 は、机や椅子等の実空間の物体をビデオアバタと一緒に合成した例である。



図 4-2-5 仮想世界に合成された実世界の物体

4-2-3 三者間音声通信システムの開発

質の高いコミュニケーションを実現するためには明瞭な音声による通話が求められる。しかし、既存の協調 VR で用いられる音声通話は電話程度の品質しか保証されていない。しかし、近年のネットワークの広帯域に伴い、品質の高い音声の送受信が可能になってきたといえる。

そこで、我々が開発した協調 VR 空間のための音声通話ライブラリ vocAL(VOICE Communication Audio Library) では、音声仕様を 32KHz sampling、16bit、ステレオとする。プラットフォームとして、IRIX と Linux に対応させた。音声の入出力にはクロスプラットフォームのオーディオ I/O ライブラリである PortAudio を利用した。また、VR 空間上に協調者として表示されるアバタの位置座標は、位置の変化があるたびに座標データ

が送信される。この座標データを用いて、発話者アバタとの位置関係を計算して PAN と音量を動的に調整する。これによって、音による位置関係や距離感も呈示可能となる。

CAVE において音声によるコミュニケーションは非常に重要だが、多くの音声通話ライブラリは server-client 型やブロードキャスト型なので、HybridP2P 型ネットワーク上の CAVE で、同時に多対多通話を実現する音声機能をアプリケーションに組み込む必要がある。我々が開発した CAVE のための音声通話ライブラリは、先述の vocAL 同様、音声仕様を 32KHz sampling、16bit、ステレオ、プラットフォームは IRIX と Linux に対応した。音声転送用プロトコルには UDP を使用した。この場合、全ての通信路に対して、単一のポートを割り当てると同時に多数のユーザが会話を行った場合、音声混信の問題が生じる。また UDP で通信を行っているので、常に順番良く相手からのデータを受信しているとは限らない。そこで、1つの通信路に対して1つのポートを割り当てることによって、これらの問題を解決した。よって、 n 個のノードと通話をするには n 個のポートを確保することで同時に音声通話が可能になる。

また、協調者の各アバタの位置座標は変化のあるたびに TCP で送信される。この座標データから発話者アバタとの位置関係を計算して PAN と音量を動的に調整することで VR 空間における音による位置関係や距離感が呈示可能となる。

4-2-4 遠隔地通信基盤（通信サーバ）に関する研究開発

(1) 目的

通信サーバは、没入型 VR テレビ会議システムを構成する二者間通信用に開発された各種アプリケーションモジュール間の通信路を提供し、三者以上の没入型 VR テレビ会議システム間で通信できることを目的とし、主に次の役割を担う。

- a) 安全な通信路の確保
- b) 三者間以上の効率的な通信の実現
- c) 通信データ記録（但し、次期課題とする）
- d) 通信データの再生（但し、次期課題とする）

(2) 安全な通信路の確保

VR 端末から通信サーバまでの通信路を安全な形で提供すると共に、組織（大学、会社）のファイアウォールもしくは NAT(Network Address Translation)を（組織内である一定の手続き踏めば）通過させられる機能が要求される。そこで、VPN(PPTP : Point-to-Point Tunneling Protocol)の技術を採用することによって本機能を実現した。

Windows XP 以降 PPTP は標準に装備されたので、これは通信サーバ側で PPTP サーバ機能を立ち上げることで簡単に実現できる。更に、PPTP は Linux 系 OS にも標準で装備されており、Windows 系以外でも使うことができる。但し、PPTP では、トンネル制御に TCP のポート 1723 をデータ通信に GRE(Generic Routing Encapsulation)のプロトコル番号 47 を使うので、TCP のポート番号 1723 と GRE のプロトコル番号 47 を通すよう Firewall を設定しなければならない。

VR 端末の IP アドレスは PPTP サーバ（通信サーバ）が割り当てるので、安全な閉じた経路を提供できるだけでなく、通信サーバで VR 端末のグルーピングが容易であるため、三者以上のグループを特定するための ID としてもそのアドレスを使うことができる。VR 端末のグルーピングを通信サーバが行ってくれるので、VR 端末では通信相手が誰なのか（二者なのか三者以上なのか）を気にすることなくアプリケーションを開発することができる。PPTP による通信のイメージを図 4-2-6 に示す。

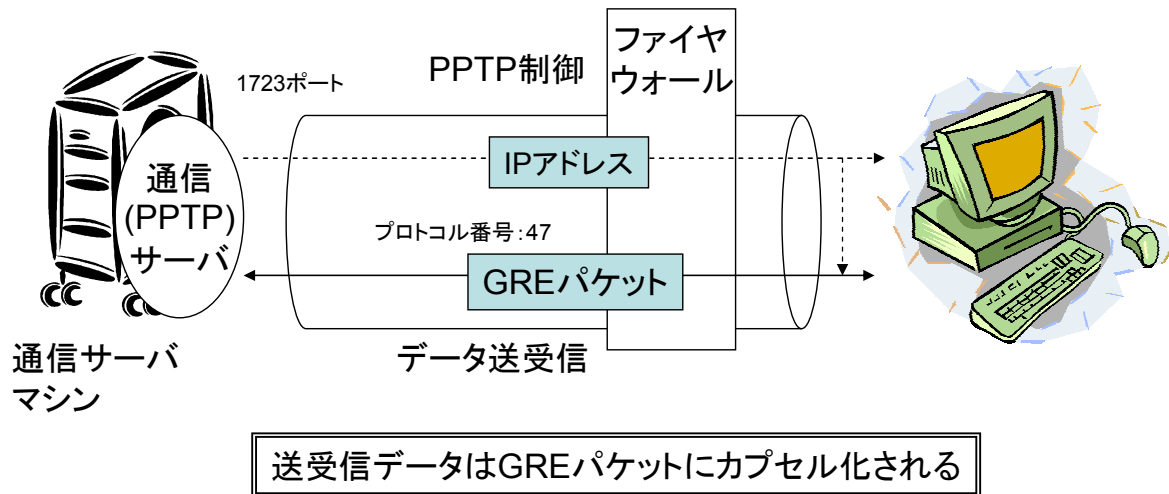


図 4-2-6 PPTP による通信のイメージ

なお、今年度は、データが確実に届くことを重視し、TCP での通信を実装した。

注) Microsoft 社によって提案された暗号通信のためのプロトコル。2 台のコンピュータの間で情報を暗号化して送受信するので、インターネットを通じて安全に情報をやり取りできる。企業などで、インターネットを介した遠距離の LAN 間接続や、社員がインターネットを通じて社内 LAN にアクセスするのに使われる。同社の Windows NT シリーズには標準で PPTP の機能が付属する。<http://e-words.jp/w/PPTP.html>より)

(3) 三者以上の効率的な通信

二者間の通信を前提にしたアプリケーションの変更を極力減らしながら、三者間の通信を実現するように、通信サーバがアプリケーションに通信路を提供する通信イメージは下図 4-2-7 のようになる。一つのアプリケーションは送受信のチャンネルを一对のみ持ちながら、三者以上と通信ができるモデルとなっている。

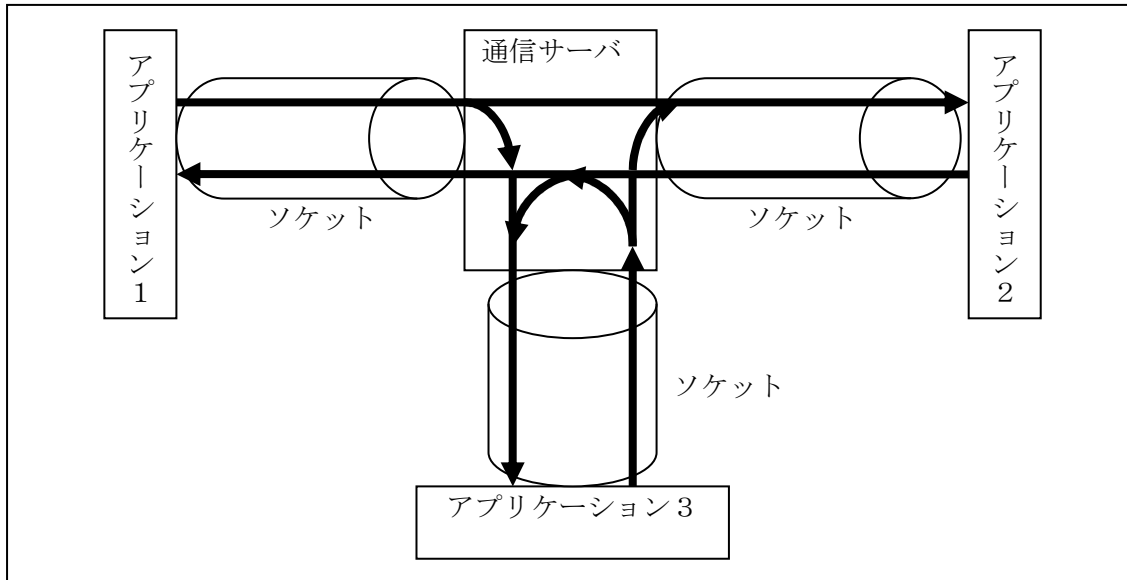


図 4-2-7 三者間の通信路共有イメージ

(4) 三種類の通信モード

VR 端末側のアプリケーションが三者間通信を行うための通信路を提供するモデルとして三種類の通信モードを提供し、評価を行い、次年度「空間共有アプリケーション構築用ライブラリ」として提供する通信モデルを決定することとした。

(4-1) チャットモード

「チャットモード」とは、ある VR 端末から届いたデータはその他のすべての端末にそのまま配信される通信モードである。

(4-2) ビデオアバタモード

図 4-2-8 のような通信モデルである。VR 端末は一つの送信路を持ち、通信相手の数だけの受信路を形成する。ひとつの通信路に複数 VR 端末からデータが流れ込んでくることはなく、データが混在することがないので、VR 端末が生成したデータ（図ではアバタ送信）はデータストリームとして扱い、着信したデータを受信端末に順次配信すればよい。

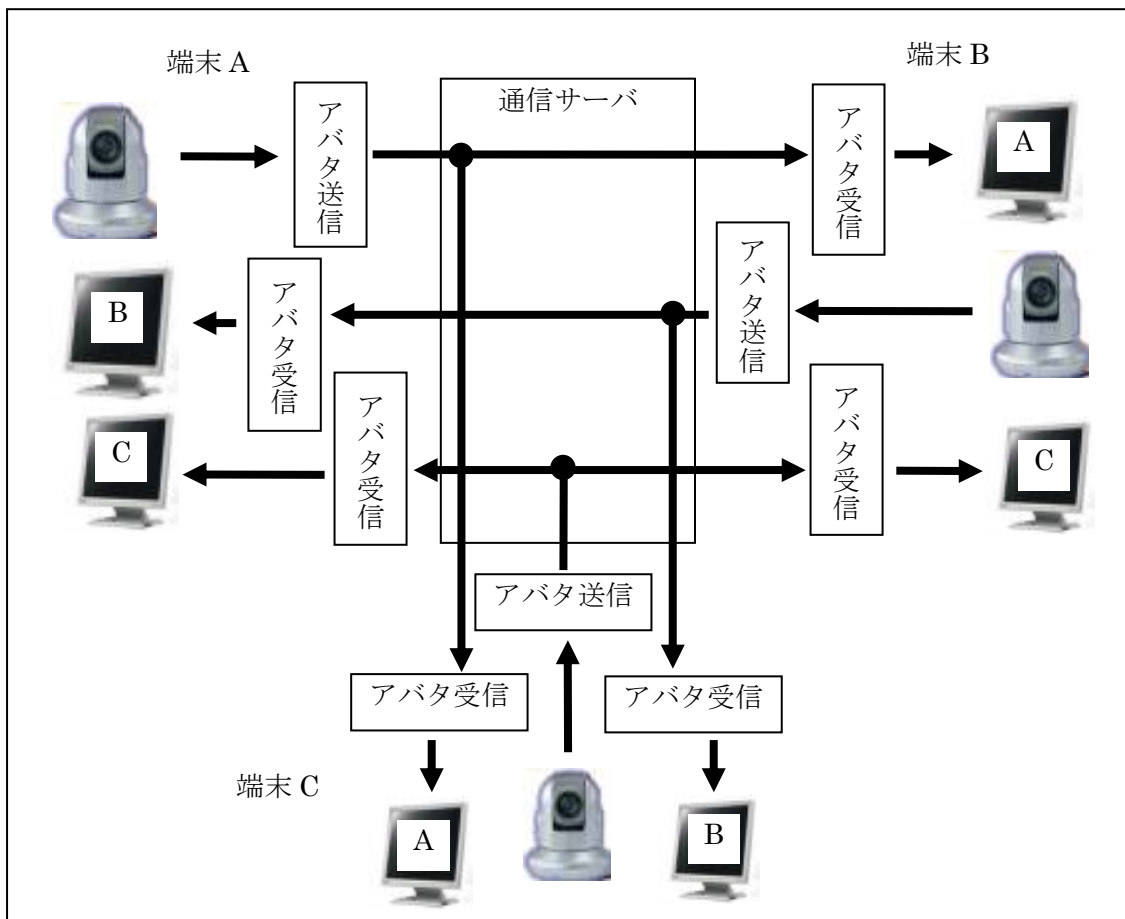


図 4-2-8 ビデオアバタモード

(4-3) 親子モード

VR 端末間で親子の関係を定めて、データ処理に親の判断を仰ぐ時に使う通信モデルである。例えば、三次元データは親端末が保持し、他の端末で行われる操作はコマンドとして親に送信され、その操作結果の画像が親からすべての子端末に配信されるようなモデルである。

(5) 空間マネージャの導入

ビデオアバタモデルでは、通信相手が増えると受信チャネル（ソケット）を新たに割り当て、受信路を確保するが、どのポート番号が空いているのか VR 端末と交渉する必要がある。そこで、VR 端末側アプリケーションの修正を最小限に抑えるため、端末上で通信サーバと交渉しながら動く「空間マネージャ」なるプロセスを導入することとした。

空間マネージャはアプリケーションから見ればプログラムランチャーのような動きをし、通信サーバから新たな会議への入室者の通知を受け取り、ポート番号を交渉し、決まったポート番号を引数にして対応するアプリケーションを起動する。また、どの通信に対してどのアプリケーションを起動するかを知っているという意味では、VR 端末（サイト）のアプリケーション空間を管理するプロセスとも言える。（図 4-2-9 参照）

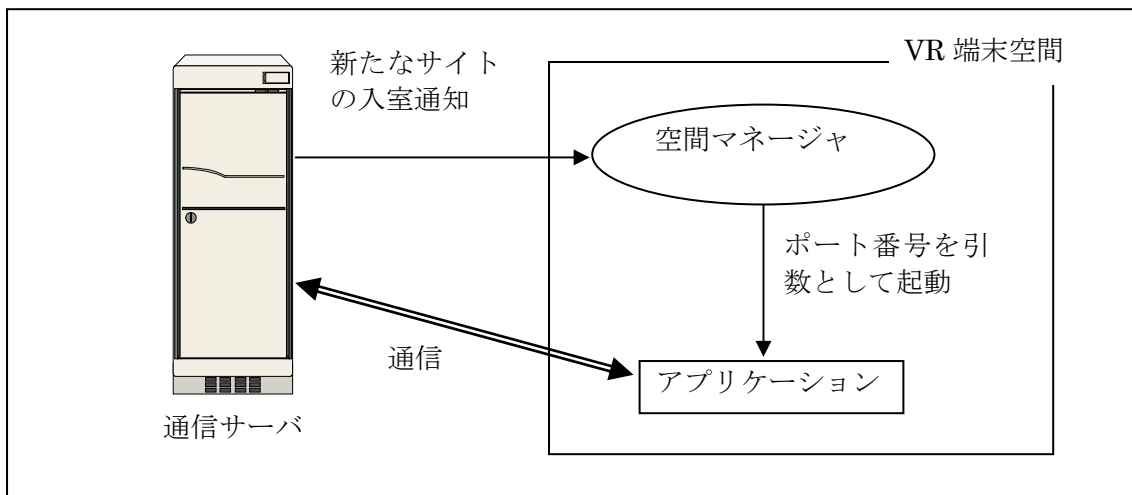


図 4-2-9 空間マネージャの概念

(6) 今後の課題

(6-1) ファイアウォール超え

「安全な通信路の確保」のため、今年度は PPTP を使い VR 端末と通信サーバ間は VPN 接続とした。しかしながら、VR 端末が設置される各組織によっては、このパケットを通さない設定にしているところがあり、広く普及させるためには、より一般的な方法での通信路設定を行う必要がある。次年度は、HTTP Tunnel を実装することにより、容易にファイアウォール超えを行いながらも安全な通信路を確保する手法について調査・研究を行っていく。

(6-2) 効率的な通信

通信サーバと VR 端末との通信をすべて TCP パケットで行うと、確実にパケットは到着するが、例えばアプリケーション 1 からアプリケーション 2 への到着とアプリケーション 3 への到着の両方を待ってアプリケーション 1 が通信完了となるため、どこか遅い回線があると、その速度で通信性能が頭打ちになってしまう。

UDP パケットはその到着を待たずに次々とパケットを送出できるよう設計されているので、通信サーバからのパケット送出手を UDP にすることによって、受け側アプリケーションへの到着を確認せず、次々とデータを送信できる。但し、確実にデータを配信したい場合と多少の不着を容認できるデータの配信を、アプリケーションが使い分ける必要がある。次年度は、UDP パケットでの通信を導入し、アプリケーションがそれを選択できるようにする。

(6-3) ライブラリ化

通信サーバと VR 端末の通信を「空間共有アプリケーション構築用ライブラリ」に相応しく、使いやすいライブラリとして実装する必要がある。アプリケーションから見て空間マネージャへの通信インターフェイスとして通信ライブラリを実装する。

4-2-5 まとめと今後の課題

本年度は、空間共有アプリケーション構築用ライブラリとして詳細設計を実施、空間共有、人物共有の実装を行い、筑波大学、東京大学、京都大学の三者間テストで動作を確認した（別紙2にテスト環境とテスト結果のデータを記載）。但し、IPT用VR基盤ライブラリとの連結試験では、3拠点をIPT対応のプロトタイプソフトウェアにすると動かなくなってしまうため、IPT対応のアプリケーションを2箇所で作動させ、残る1箇所は通常端末で動作するアプリケーションを動作させての通信試験となった。今後は、極力多くのヘテロな環境で動作試験をしながら、安定性と速度の改善を行っていく必要がある。

インターネットでの拠点間通信の実現に向けて、通信基盤システムを設計し、セキュリティ対策としてPPTPを使った通信サーバのプロトタイプとして開発した。通信マネージャと空間マネージャとの連携で、臨場感通信システムとしてのアプリケーション間通信を制御する仕組みを検討した。プロトタイプとして、カーソルアプリケーションを開発、三者間通信（JGN2の上だが）を実施し、その仕組みが機能することを確認した。今年度はTCPだけの実装であったが、今後は、UDPの実装、ファイアウォールを意識したHTTPトンネリングの実装を行い、インターネット上での通信試験と速度測定を行い、実用に耐えうる通信基盤にしていく予定である。

4-3 知識創造プロセス支援のためのデータベースの研究開発

4-3-1 序論

本サブテーマでは、IPT 環境内からのデータベース利用のための入出力インターフェイスに焦点を絞り、アドバイザリ・グループからの具体的なニーズに基づきプロトタイプシステムに実装しながら研究開発を実施する。

本年度は、多数のグラフを使ってカンファレンスを行うユーザヒアリングと仕様調査、KJ 法インターフェイスのプロトタイプ開発と実証試験、MVL ツールキットの CCBASE の ODBC 化を行った。

4-3-2 グラフの大画面表示に対するニーズの調査

本年度は、アドバイザリ・グループ候補の1つである国立研究機関の巨大実験設備を用いた実験業務についてヒアリングを行い、大画面表示に対するニーズ調査、およびプロトタイプ試験を実施した。

(1) ヒアリング結果

(a) 現在実施されている実験業務流れ

- ・実施する実験情報は、各実験担当者が模造紙に手書きで記入する。
- ・実験前後に関係者が集まり、模造紙に記入されている実験情報の確認、編集を行う実験会議が実施される。
- ・模造紙に書かれている実験結果の補足資料として、実験結果グラフを印刷し、実験研究者が集まる会議時に提示する。
- ・模造紙に記入した情報は、縮小コピーを行い紙で保存、および Excel ファイルに再記入して保存する。(手書きの図は除く)

(a) 現在抱えている課題

- ・実験情報の管理は、模造紙への手書きがベースになっており、過去情報の検索、管理に時間がかかる。
- ・実験者は、必要と思われる複数の実験結果グラフを印刷する必要があるため、印刷コストが増大する。
- ・遠隔地の研究者が TV 会議システムで実験会議に参加しても、模造紙の記入内容まで共有できない。
- ・実験は自由度が大きいいため、きっちりと決まった仕様のシステム、現在の実験手順を大きく変更するシステムの導入は受け入れられない。

実験により出力されるデータは大量であり、次実験の条件設定を迅速に決定する必要があるため、実験結果データの可視化(グラフ表示)、複数データ比較表示、遠隔地の研究者を含めた複数人で討議するための大画面表示ニーズは非常に高いことが分かった。

(2) プロトタイプ試験

次に、本プロジェクトで開発しているライブラリを利用したプロトタイプアプリケーション開発検討の為、具体的に段階的開発提案を行い、第1段階のプロトタイプ試験を実施した。

提案内容は以下の通り。

第1段階：実験情報の電子化(紙ベースの資料を電子化)

- ・実験情報記入を模造紙から Excel へ(タブレットを利用した手書き入力)

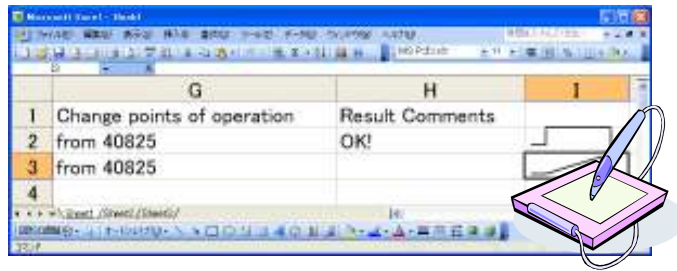
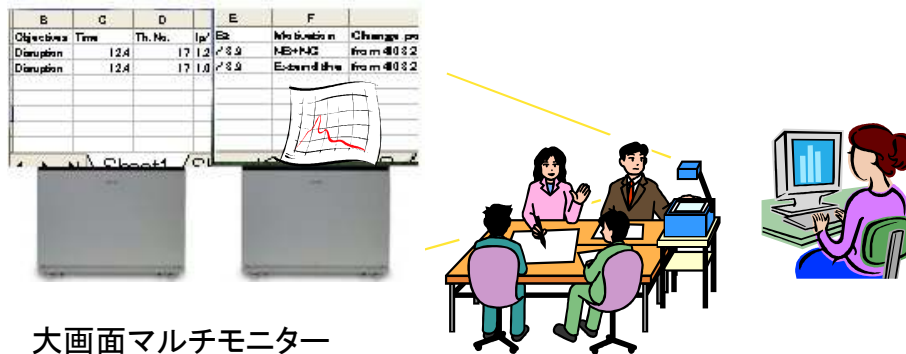


図 4-3-1 タブレットによる手書き入力から Excel へ

- ・ 実験結果グラフを印刷から画像ファイル出力へ
- ・ 安価な大画面表示システムの導入



大画面マルチモニター

図 4-3-2 大画面マルチモニター

- ・ 実験データファイル管理システムの導入

第 2 段階：利便性の向上

- ・ 実験結果グラフのバッチ作成
- ・ 大画面モニタ上での手書き入力

第 3 段階：会議システム機能付加

- ・ 遠隔地研究者とのコラボレーション機能
- ・ 会議内容の保存と再現

本年度は、実際の実験時に第 1 段階のプロトタイプ試験を実施した。結果は、入力デバイスがタブレットによる入力では、手書きで紙へ記入するのと比較し時間がかかる、複数人で同時に記入できない、既存の方法からの変化が大きいという評価となり、大画面表示ニーズは高いが、ユーザインターフェイスを手書きで違和感なく使用できることがアプリケーション開発の重要課題であることが分かった。

第 2 段階、第 3 段階の開発は、プロジェクトの全体工数の関係から、開発は見送る予定としている。

4-3-3 KJ法インターフェイスの開発と評価

KJ法は川喜田二郎が提唱した「創造性開発」（または創造的問題解決）の技法の一つである。KJ法は1) 情報をカードに書いて言語化し、2) 集まったカードを分類する。3) 書かれている内容が類似しているカードをまとめて図解（島）を作成する。カードやグループの間の関係を特に示したい時にはそれらの間に関係線を引く。4) 出来上がったカード配置の中から出発点のカードを1枚選び、隣のカード伝いに全てのカードに書かれた内容を、一筆書きのように書きつらねて文書化する。この4つのプロセスを経て問題を解決する。

しかし、今日では実験結果のグラフや画像の多くはコンピュータで処理されて蓄積され、これらグラフや画像を用いた思考が必要となる事が多く見受けられる。これらグラフを用いて思考するために、その都度プリントアウトして「紙」の状態での思考する事は非効率的である。さらに、上記のプロセス3)の、関係あるカードで「島」を作成する場合に、実空間のカードでは2次元方向にしかグルーピング出来ないといった問題がある。

本研究ではコンピュータに蓄積された画像やグラフを基に思考を支援するツールとしてVRを応用した思考支援環境を構築する。VR空間でKJ法を行う事によって、カード、即ちグラフや画像の分類や再配置を広い空間を用いてKJ法の実行が可能となり。奥行き情報を使ったカードの配置を実現する。KJ法はプロセス4)が非常に重要となるが。本研究では、上記のプロセス1)で画像ファイルを用い、プロセス3)までを支援する環境を構築する。

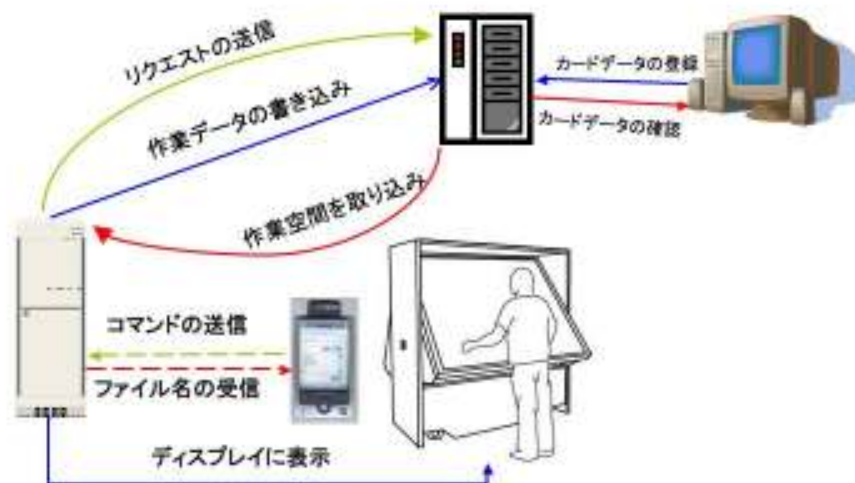


図 4-3-3 システム構成

図 4-3-3 にシステム構成を示す。ユーザはインターフェイスにPDAを用いる。PDAにはデータベースに保存されているファイル名一覧が表示される。選択されたファイルはデータベースを参照しVR空間に表示される。データベースに保存されている画像はブラウザを使って画像の確認を行える。従ってPDAのブラウザによる参照や、PCからの画像の確認などが行える。表示されるファイルのフォーマットはJPG、GIF、PDF、PNG、Tiffなどに対応している。VR空間に読み込まれた画像はVR空間に表示されている3Dカーソルを使って再配置する。3Dカーソルはファイルの再配置への利用に限らず、線画の描画が可能である。空間に配置されたファイルと線画データは作業プロファイルとして保存され、継続作業を行う際には再度読み込まれる。

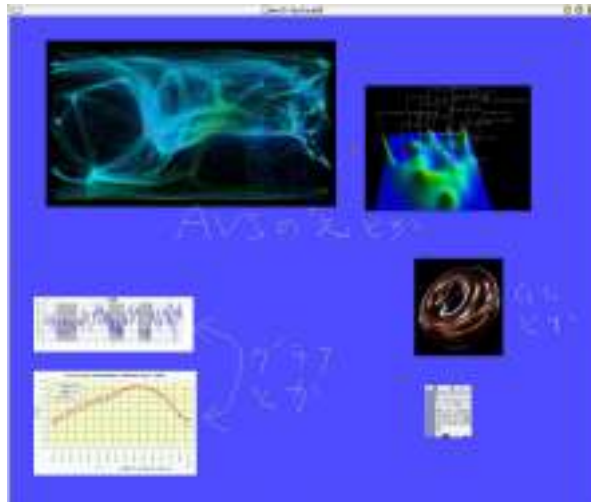


図 4-3-4 タイルドディスプレイ向けアプリケーション

VR のシステムは現在非常に高価であり常に協調作業の相手が VR システムを持っているとは限らない。さらに、画像データのみであるならば立体視が必要な VR 空間に配置せず大画面ディスプレイの活用も考えられる。そこで、現在はタイルドディスプレイを活用するバージョンへ移行中である。これによって、VR システムとタイルドディスプレイの双方を用いた遠隔協調作業が可能と考えられる。しかし、VR 向けアプリケーションでは様々なインタラクションが可能だがタイルドディスプレイ向けのアプリケーションではマウスやキーボードを用いたユーザインターフェイスになるため、ユーザビリティが低い。よって、今後は手書きやポータビリティに秀でたタブレット PC を用いたユーザインターフェイスが必要と考えられる。

4-3-4 3次元注釈の有効性の実証試験



図 4-3-5 協調 VR 空間での注釈付与を用いた可視化作業

遠隔地間で没入可視化空間を共有して協調可視化を行う際、空間を介しての正確な意図の伝達が要求される。意図の伝達を行う場合に音声通話は容易な手法であるが、没入可視化空間では視覚的に判断・理解することが要求される。さらに省略語や照応表現を多く含む傾向が高いため、遠隔協調可視化においては音声のみで十分に意図伝達ができないことが多い本試験では、ネットワークを介した没入可視化空間での遠隔協調可視化において、注釈付与を用いたことによる意思疎通と協調可視化における注釈付与の有効性に着目した評価実験を行う。そこで提案システムの遠隔協調可視化への実用的な適用の一例として、平板翼上に発生する馬蹄形渦の流体可視化を取り扱う。流体可視化の様子を図4-3-5 に示す。実験環境として東和大学を教示側とし、京都大学を被教示側とした。本実験では馬蹄形渦の構造について教示側が説明を行う。それに対して被教示側は、教示者に対して質問等をするなどして遠隔地間で双方向コミュニケーションを行う。また実験後に被教示者に対して、理解度に関するアンケートによる調査を行う。被教示側は流体力学を専門としない18名の学生で、注釈付与ありの場合と注釈付与なしの2通りの実験を行う。9名の被験者は最初に注釈付与ありを評価し、後に注釈付与なしの評価を行う。残り9名は最初に注釈付与なしの評価を行う。被験者の順番は無作為とした。馬蹄形渦の発生原理は速度スカラー値のコンター図と流線、渦度のコンター図を用いて説明する。注釈付与なしの場合は音声と指示動作のみで説明するが、注釈付与ありの場合は没入可視化空間に馬蹄形渦構造を三次元の線による表現や流跡線を描画して説明を行う。

表 4-3-1 注釈の有無による5段階評価

	相手の意図を理解できましたか		
	平均値	不偏分散	標準偏差
注釈付与あり	4.50	0.26	0.51
注釈付与なし	3.38	1.19	1.09

有意確率 $p=0.0014$

	自分の意図を相手に伝えられましたか		
	平均値	不偏分散	標準偏差
注釈付与あり	4.00	0.59	0.76
注釈付与なし	3.17	0.73	0.89

有意確率 $p=0.00135$

表 4-3-2 注釈の有無による主観評価

	表示側	被表示側
注釈付与あり	<ul style="list-style-type: none"> ・説明している場所を明確化することができた ・説明に対する被表示者の反応が良いと感じた 	<ul style="list-style-type: none"> ・流れの方向も含めて解りやすい ・事象が明確につかめた ・話している内容が目の前で見えるのが良い
注釈付与なし	<ul style="list-style-type: none"> ・同じ説明を何度も繰り返すことが多かった ・理解してもらうためには説明に多くの工夫が必要とされる 	<ul style="list-style-type: none"> ・どこからの視点で説明しているのか解りにくい ・視点の移動と聞く行為の両立が難しい ・互いに見ているものにギャップがある気がする

表4-3-1 に実験後に行った被教示者へのアンケート質問に対する5段階評価による回答結果を示す。有意水準5%でt検定した結果、被験者の注釈付与あり・なしの実験順序毎の評価結果に関して有意差は得られなかったため、実験順序に関する影響は無かったものと見られる。さらに、表4-3-2 に実験後における教示者と被教示者の代表的なコメントを示す。表1の結果より、注釈付与あり・なしの順序にかかわらず、質問に対して注釈付与ありの方が高い評価値を得られていることがわかる。またこれらの結果については、検定により平均値の間に有意な差があることが認められている。

表4-3-1、4-3-2の結果と本実験での注釈の利用方法から推測して、没入可視化空間に付与された注釈は現在の論点や重要な点が明確化され、現象を容易に理解する一助となり、相手の意図の理解や可視化データを理解する上で効果があったことがわかる。これは、実験中に渦中心や回転方向など論点の中心となる流体の説明で言語による表現が困難な場合、没入可視化空間に三次元で手書き描画による注釈を効果的に付与することで明示的に説明していた点からも判断できる。例えば、**ImmediateDraw** を用いて矢印による流れ方向の表現や渦発生の要因となる境界層を円で囲んだ図示や、「馬蹄形」と音声で伝えても解らない場合には、漢字で「馬蹄形」と空間に描画することで理解を促していた。これら図や文字の注釈は、相手の空間にも転送されて同じ注釈を共有されるので、被教示者の思考の手助けとなり、教示者の意図を的確に理解できるようになる。例えば、被験者は没入可視化空間を自由に移動可能なので、言葉で「右から左へ主流部が流れていると」伝えても見る方向によって左右は異なる。このような場合に「こっちからこっちへ」と矢印を描いて説明することで意図の伝達を効果的に図っていた。一方、注釈付与がない場合には、指示動作を教示側が行ったとき指している箇所と被教示側の視点に差異が発生した場合や、照応表現を用いたときに意志の疎通が取れていなかった。また、教示者は被教示者が理解しているか否か解らず、何度も同じ説明をしてしまう傾向があり、教示側の一方的な説明に陥りやすかった。このよう意志の疎通が取れてない場合は円滑な協調作業の妨げになり、協調作業に対する疲労感の増大につながると考えられる。これらは表5.2の注釈がない場合の教示者のコメントからも判断できる。

人が物事の理解を進めるときには、現在の状況や情報と持ち合わせている知識の組み合わせから、自らの知識体系に変換するプロセスが必要となる。新しい知識を理解する場合には、必要な情報を反芻しながら理解に取り組むと考えられる。つまり、音声のみでは連続して提示される情報が多いので、体系的な理解を行うためには何度も聞き直しや、要点をノート等へ書きとどめながら思考のために何度も参照することが必要となる。しかし、注釈付与を用いない場合は、思考に必要な情報を没入可視化空間に表出する事ができず、被教示者の思考の支援がなされないと考えられる。それに対して、注釈付与を用いた場合は被教示側からの質問が多く見受けられた。これは注釈による単なる知識の受け渡しではなく、被教示側の理解が促されるので、より活発な双方向のコミュニケーションに発展したと考えられる。よって、より活発なディスカッションに発展した場合には、注釈付与の利用で効果的な遠隔協調作業に展開すると期待でき、このことから本章で提案した遠隔協調可視化環境の有効性を実証できたといえる。

また、内省調査では「自分の状態が相手に伝わっている感覚がない」という意見もあった。我々は、協調作業の存在・行動などを認識させそこから生じるコミュニケーションを支援するウェアネスを遠隔環境において如何に実現するかを今後の重要課題として考える。今回の実験では相手の姿はアバタで表現されているが、アバタでは相手の存在位置や簡単な動きしか表現していない。相手の顔やジェスチャー、視線を提示し、コミュニケーションの情報量を増やすことによって、さらに効果的な遠隔協調作業が行えると考えられる。

4-3-5 データベースインターフェイスの ODBC 化

MVL ツールキットにあるデータベースインターフェイス機能 CCBASE の汎用化のために ODBC インターフェイスの実装を行った。

(1) CCBASE (Cyber Communication data BASE)

CCBASE は、仮想空間上のデータを管理するためにデータベースを用いている。格納データの表示機能も有していて、WeveFront/OBJ モデルデータ、画像データ、動画データなど一連のデータをブックとして仮想空間に表示するなどのユニークな機能がある。このような魅力的な機能があるにもかかわらず、利インターフェイスは、CCBASE ではデータベースとして、INFORMIX DBMS を、画像、動画表示機能は、SiliconGraphics W/S 上に実装されている dmedia インターフェイスを利用しているなど、利用条件に制限があることがあげられる。

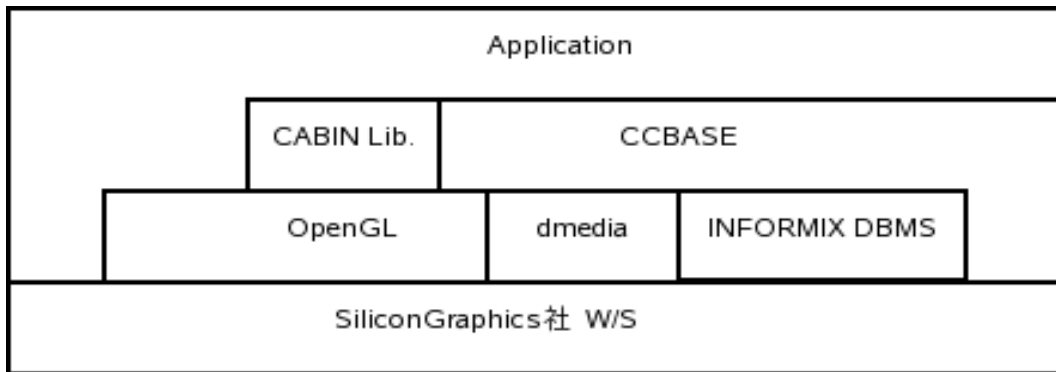


図 4-3-6 CCBASE の初期構造

このため、既存 CCBASE は SiliconGraphics 社製ワークステーション上で、INFORMIX データベースを使うことができなければ利用できない。

今回はこの制限を取り払うために、データベースインターフェイスと、マルチメディアインターフェイスについて再検討を行い、利用データベースの汎化のために ODBC (Open Database Connectivity) を、動画表示インターフェイスとして xine を利用できるよう改造を行った。

(2) ODBC (Open Database Connectivity)

Microsoft 社によって提唱された、データベースにアクセスするためのソフトウェアの標準仕様。各データベースは ODBC ドライバによって吸収されるため、ユーザは ODBC に定められた手順に従ってプログラムを書けば、接続先のデータベースがどのようなデータベース管理システムに管理されているか意識されることなくアクセスできる。

(3) xine lib.

フリーのメディアプレイヤーエンジン。動画、ラジオ、テレビのストリーミング放送、DVD や VCD 再生などのマルチメディアアプリケーションで利用されている。

これら 2 つの技術は広く一般に受け入れられ利用者も多い。

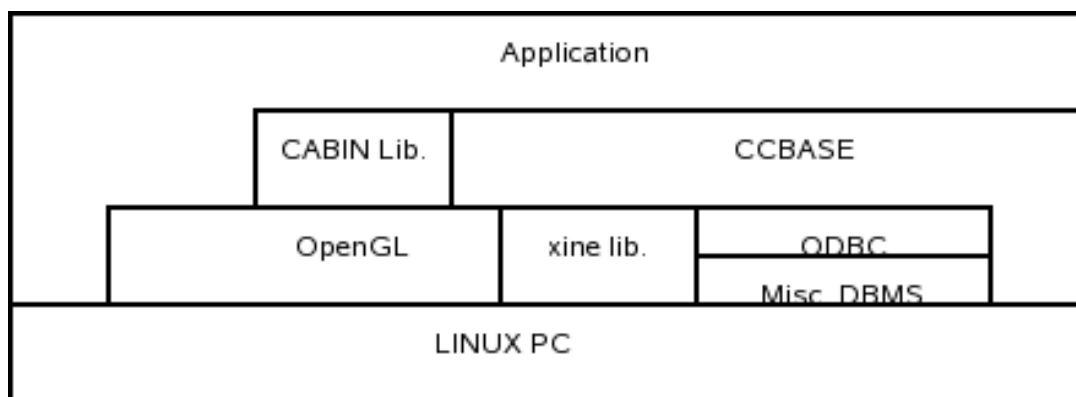


図 4-3-7 CCBASE の改良後の構造

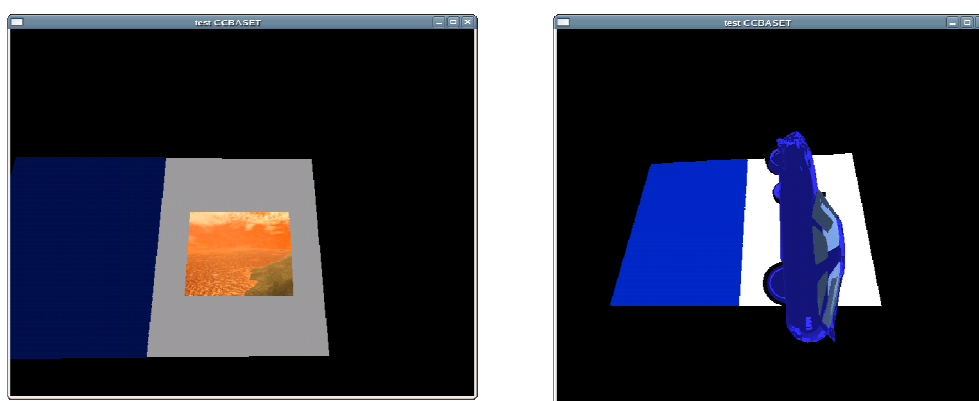


図 4-3-8 CCBASE の動画の様子（ブックメタファ）

この改造により、利用者は稼働マシンや、利用データベースをある程度自由に決定することができ、CCBASE 利用を促進することになるだろう。

CCBASE 上位インターフェイスには変更を加えず、内部処理のみの変更なので、既存のアプリケーション自体に機種依存性がなければ、ソースに手を加えることなく、Silicon Graphics 以外の Linux/PC などへの移植が可能である。

(4) 今後

xine は各種マルチメディアコンテンツの再生が可能だが、一部に使用権について制限されているものもある。本プロジェクトの成果をオープンソースとして公開するにあたって、これらの権利について議論が必要である。

4-3-6 まとめと今後の課題

本年度は、アドバイザー・グループの協力を得て多数のグラフを使ってカンファレンスを行う場合の仕様調査、技術試験として KJ 法インターフェイスのプロトタイプ開発と評価試験、VR 環境における 3 次元注釈の有効性の実証試験を実施した。また、MVL ツールキットの CCBASE の ODBC 化の実装を行った。

次年度は、引き続き IPT 環境内からのデータベース利用のための入出力インターフェイスに関する研究開発を継続する。具体的には、文字入力装置として、タブレット PC の有効性を検討する。評価試験としては、アイコンタクトに関する評価実験を実施する。

次項で述べるアドバイザー・グループと実施する遠隔授業や R&D 向け開発支援ツールのプロトタイプ開発の中でニーズがあれば、今年度開発したデータベースインターフェイスおよび、次年評価予定のタブレット PC インターフェイスを利用していく予定である。

4-4 アドバイザリ・グループの需要研究

4-4-1 アドバイザリ・グループの優先順位に関する検討

本研究の目標は、「先端技術の開発」と同時に「その技術を用いた収益事業の構築」である。従い、「技術シーズ」と「市場ニーズ」をマッチングさせる活動が非常に重要になる。そのため、計画時点から、本研究では、自動車会社（デザイン部門、マーケティング部門）、ゼネコン（研究開発部門）、国立研究機関、大学教育機関、医療関係企業などのニーズを提供してくれるアドバイザリ・グループを設定し、H16年度からヒアリングを行ってきた。

H17年度は、更に、一部のアドバイザリ・メンバーともっと突っ込んだ検討を行い、H18年度から実施する「プロットタイプアプリケーション」構築のターゲットを探索した。

また同時に、「Super Computing 2005」（シアトル）に参加し計算科学分野での市場需要を調査するとともに、ネットワーク VR の研究、普及団体である N3VR での活動を通して、市場動向とユーザ需要および本研究成果の普及に関する調査を行った。

以下、主な調査項目に関して総括しておく。

(1) 遠隔授業

教育は、コミュニケーションの究極であり、「テレ・イマーシブ・カンファレンス」において、下記に列挙する汎用的な技術要件を持っていると考える。また、データベース連携が有効であるので、優先順位を上げた。

「遠隔授業」における技術要件

① 多様なメディアを用いた遠隔授業ができる：

- ・ 先生、学芸員、生徒、聴衆が双方向に見える
- ・ 講演者は等身大表示可能
- ・ 音声、ビデオ画像、動画像、3DCG、グラフ、PPT、などを大画面に表示可能
- ・ ポインター、マーカーが表示可能

(b) データベース連携

- ・ プレゼンテーションシナリオのアーカイブ化が可能
- ・ 非同期授業を可能とするために、シナリオを記述できる機能を有すること
- ・ シナリオは検索できること
- ・ シナリオを入力すると自動モードでマルチメディア・ショーケースが再現されること
- ・ コンテンツ管理機能を有するデータベースとのインターフェイス

(2) 実験データベースの大画面コラボレーション

既述（4-3-2）した国立研究機関では、巨大実験設備を持っており、国内外の研究者の実験テーマを実施している。実験日の当日に、遠隔地にいる研究者は、実験結果の検討会議に TV 会議で参加する形になっている。ここでの問題は、「（会議で用いられる）資料の内容まで見えないこと」と、「過去情報の検索、管理に時間がかかること」であった。その結果、「データベースに支援された大画面を用いた遠隔会議システム」のニーズはあるが、そこまで到達する前に準備すべき事項が多く、H18年度のプロットタイプアプリケーションのターゲットとしての優先順位を下げた。

(3) 計算機の「GRID」環境での大画面コラボレーション

「SC2005 出張報告」（別紙5）に述べた通り、GRID 環境では、多様なデータを一覧する表示装置や、ネットワーク基盤の上で統一した操作を行いたいという需要がある。ここでは「異なる可視化アプリケーションを統一的に処理したい」というニーズがあり、共通可視化処理フォーマット定義（XML 化）を行い、技術的な確認を行った。XML 化は、

異なるアプリケーション操作を統一するだけでなく、操作履歴をデータベースにアーカイブすることにより、知識の再現、検索、伝達を可能にする。この成果は、上記の「遠隔授業」の基盤造りに寄与した。

＊ 共通可視化処理フォーマット定義に関する調査

(a) 可視化アプリケーション利用ユーザの現状

- ・ そのアプリケーションを使いこなすことが目的ではなく、自分の問題解決の支援ツールとして効率的に利用したいと考えている。
- ・ 可視化アプリケーション毎に利用者が固定している場合が多く、「可視化処理」としての知識は共有化されにくい。
- ・ 異なる可視化アプリケーション間での可視化処理定義方法、GUI の共通化は行われておらず、アプリケーション間の移行が困難である。

(b) 共通可視化処理フォーマット定義

先の現状を改善するため共通可視化処理フォーマットの定義を検討した (図 4-4-1)。

ここで、ユーザの可視化操作は、一旦すべて共有可視化フォーマットで記述される。それを背後で動作する可視化アプリケーション用の命令に変換して可視化処理を実施させ、そのグラフィックス出力結果を受け取り、ユーザの端末に結果を表示する。このように階層化することで、ユーザは複数の可視化アプリケーションに対する処理定義の学習を不要にすることができる。

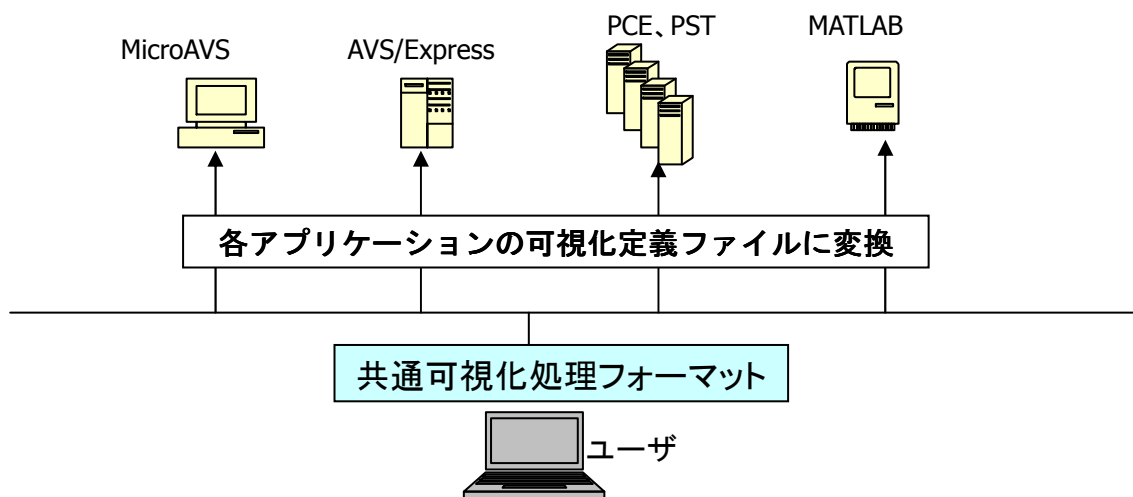


図 4-4-1 可視化共通フォーマット概念図

本年度は、7つの可視化アプリケーション (MicroAVS、AVS/Express、AVS/ExpressPCE、MATLAB、gnu plot、PV-WAVE、EnSight) の処理定義方法について調査し、それを参考に XML 形式による共通可視化処理を定義し、そこから AVS.Express 用の命令への変換処理方法の設計を実施した。

(4) 遠隔医療画像コラボレーション

遠隔画像システムを開発販売している V 社 (アドバイザー・メンバー) と共同で、弊社が所有する三次元医用画像閲覧ソフト「Intage Volume Player」(無償配布) にネットワーク・コラボレーション機能を組み込み、また同時に同ソフトのデータを管理するデータベースも作成した。これらのデモツールを用いて、医療市場へのアプローチも行った。しかし、「データベースに支援された大画面を用いた遠隔システム」のニーズはあるが、そこまで到達する前に準備すべき事項が多く、H18 年度のターゲットとしての優先順位を下

げた。ただ、ここで開発された、「医用画像のコラボレーション機能」と「コンテンツ管理データベース」は、「遠隔授業」の基盤造りに寄与した。

(5) 3DCAD データの大画面コラボレーション

3DCAD データのコラボレーションに関する市場は、すでに顕在化している。そうした中で、CnC が目指す3DCAD データのコラボレーションは、「データベースで支援されたコラボレーション」という仮説である。例えば、他の人の設計過程をアーカイブし、それを再現するような機能を、データベースの中に組み込んで行くことにより、第三者が、設計やデザイン過程を見学することが可能となる。「クレイモデル」などで試作品などを作り、デザイン検討を行うのが従来のやり方であるが、昨今のデジタル化によってこうした試作品の数が減少している。設計途中の形状を、誰もが見学し、それに基づいた会議が行えない問題が現場で起きつつある。この問題を解決する仕組みに需要の「種」がある。

ただ、このテーマは、現在、アドバイザー・メンバーと検討中であるので、H18年のターゲットになるかどうかは、今後の活動結果次第である。

(6) R&D 向け開発支援ツール

IPT システムは、世界的には、圧倒的に研究開発分野や教育分野で利用されている。いずれの市場においても、業務は「非定型」であり、利用者自身がプログラミングしてカスタム化して利用するのが一般的である。しかし、プログラミングしないと利用できないことは、IPT の普及の妨げの一つの原因になっている。また、IPT 用アプリケーションを、異なるシステム環境で利用するためには、ソフトの互換性を実現しないと行けないが、現状困難である。こうした、ニーズは、アドバイザー・グループである N3VR (別紙6) の共通ニーズである。

そこで、我々は、「必要最小限のプログラミングコストで物体表示を行う枠組を提供」するため、H18のターゲットの一つとした。これは、CnC 基盤ライブラリとアプリケーションの中間に位置し、アプリケーション開発の効率化と互換性を高めるものである。このツールの普及を通じて、CnC 基盤ライブラリの普及を図ることも可能と考えている。

4-4-2 まとめと今後の課題

下記のアプリケーションについてプロトタイプ開発の検討を実施した。

- (a) 遠隔授業
- (b) R&D 向け開発支援ツール
- (c) 実験データベースの大画面コラボレーション
- (d) 遠隔医療画像コラボレーション
- (e) 計算機の「GRID」環境での大画面コラボレーション
- (f) 3DCADデータの大画面コラボレーション

上記の活動結果に基づき、「遠隔授業」と「R&D 向け開発支援ツール」を H18 年度のターゲットにすることにした。理由は、いずれの開発も、汎用的な基盤技術開発を必要としており、あらゆる分野への展開が可能であるためである。具体的には、「遠隔授業」の実証試験の候補として「展示技術研究会」(会長 廣瀬 東京大学教授)等と共同して、科学未来館などの施設もしくは大学研究機関の協力を得て行うことを検討しているが、実現に当たっては複数の機関との調整が必要であるので、実証試験の具体的内容は、次年度も継続的に探していく予定である。また、今年度決定したプロトタイプ開発の優先順位も、「固定的なものではなく」、収益事業としての採算性、規模、成長性、などを総合的に判断して年度の途中でも、柔軟に組み変えて行く予定である。

世界的な動向調査として SC2005 (シアトル) に参加したが、これは次年度 SC2006(タ

ンパ)も継続的に参加し調査する予定である。

また、CnCライブラリの公開に向けて、その普及組織として活動してもらえるよう N3VR 研究会との協力関係を継続的に築いてきた。平成 18 年度、N3VR は日本バーチャルリアリティ学会の研究会の位置づけも持つことになる。まず、N3VR のメンバに CnC ライブラリの公開前バージョンを利用してもらい、バグ出しや対応プラットフォームの拡張を行い、N3VR 研究会の活動を通してバーチャルリアリティ学会メンバへ、広く本研究成果の普及を狙っていく。

4-5 総括

平成 17 年度は、平成 16 年度に作成した CnC 基盤ライブラリの基本設計に基づき、プロトタイプシステムを構築と動作試験を実施した。並行して、平成 16 年度に組織したアドバイザー・グループと連携して CnC 基盤ライブラリ上で有効なアプリケーションの開発候補を模索した。その中で知識創造プロセス支援について、いくつかの研究開発を実施した。

IPT 用 VR 基盤ライブラリの研究開発として拡張 CABIN ライブラリ、OpenGL フェュージョンプログラム、空間共有アプリケーション構築用ライブラリの研究開発としてビデオアバタ、音声通信プログラム、通信サーバ、空間マネージャのプロトタイプを開発した。これらを使って、東京大学、筑波大学、京都大学の IPT システムを JGN2 で接続し三者間 IPT 通信実験を行った。総合的な空間共有は実現できなかったが、個々のプロトタイプの動作から基本設計の確認ができた。平成 18 年度は、動作の安定性強化のための試験と開発、OS やセンサの対応プラットフォーム拡大、オープンソース公開のための準備を実施する。

知識創造プロセス支援のためのデータベースの研究開発としては、ネットワークに接続した大画面表示に対するニーズ調査、KJ 法インターフェイスの開発と評価、3 次元注釈の有効性の実証試験、データベースインターフェイスの ODBC 化を行った。平成 18 年度は引き続き、入出力インターフェイスに関する研究と開発を継続し、それをアドバイザー・グループとのアプリケーション共同開発の中に組み込んでいく予定である。

アドバイザー・グループとアプリケーション開発の検討を継続し、その結果「遠隔授業」と「R&D 向け開発支援ツール」を H18 年度のターゲットにすることにした。但し、いくつかの有望なアプリケーション開発については、引き続きアドバイザー・グループのメンバーとの交渉を継続する予定である。

一方、本研究成果の公開用ライブラリ（通称、CnC 基盤ライブラリ）の普及のために、N3VR 研究会との協力関係を強化した。平成 18 年度上半期には研究会内に対してライブラリを公開し、会員の持つ IPT アプリケーションの CABIN ライブラリ化を依頼する。その代表として、京都大学には、CAVE ライブラリと連携して動作する数値計算用 IPT ツールキットの CABIN ライブラリ化と評価を委託する予定である。また、N3VR 研究会には、日本バーチャルリアリティ学会の研究会としても機能いただき、そこを通して CnC 基盤ライブラリの利用成果を広く VR コミュニティへ発信していく計画である。

5 参考資料・参考文献

5-1 研究発表・講演等一覧

- ・ 査読付き国際会議

1) 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**, PSE Workshop at Melbourne, Australia, Decembe 5, 2005

- ・ 口頭発表

1) 宮地英生、立山義祐、松尾武洋、久木元伸如、小木哲郎、広田 光一、廣瀬通孝： **3次元データ共有遠隔地会議システム開発支援環境の開発**、計算工学会講演会論文集、Vol.10, 2005, pp.721-724

2) 宮地英生、谷口伸行： **遠隔地研究環境共有システムの開発**、可視化情報シンポジウム、vol.:25, Suppl No.:1 , 2005, pp. 241-242

3) 宮地英生、久木元伸如、立山義祐、松尾武洋、小山田耕二、江原康生、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, No.:CDROM,、2005, page 番号: 1C2-6

4) 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、2005, CDROM, B2-42

4) 吉川正晃：**CnCプロジェクトの現状と計画**、第6回 N3VR 研究会,2006.1.27 NICT 岩手 IT 研究開発支援センター http://www.n3vr.org/6th_n3vr_kgt.pdf

5) 湯 天昊：**VR空間における3次元 KJ 法に関する研究**、第5回 N3VR 研究会、2005.11.4 京都大学学術情報メディアセンター http://www.n3vr.org/n3vr5_tou.pdf

6) 宮地英生：**3次元データ共有TV会議システム -CnC プロジェクト**、第4回 N3VR 研究会,2005.6.17, 北陸先端科学技術大学院大学 <http://www.n3vr.org/n3vr4-kgt.pdf>

- ・ その他資料

(1) 宮地英生、第5回大規模データマネージメントカンファレンス、
「**高臨場感遠隔地会議システム & グリッドによる大規模可視化システムの開発**」

9月2日 つくば <http://ldm-rg.com/5ldm.htm>

(2) 立体EXPO (パシフィコ横浜) (株)クレッセントブースにて、**FusionVR** を参考出展。、2005年12月7日～9日

(3) 宮地英生、「**CnCテレ・イマーシブ・カンファレンスに関する研究 ～ビデオアバタについて～**」、第20回 CAVE 研究会 主催：埼玉大学情報メディア基盤センター、2006年3月13

<別紙1> 京都・東京・筑波 3 サイト間通信実験

ここでは本編で報告している、京都大学、東京大学、筑波大学の 3 サイト間通信実験に関する試験環境および試験結果に関するデータを記す。

1. 各サイトの IPT 環境

(1) 筑波大学

筑波大学の IPT 環境は、CS Gallery と呼ばれ、Intel® Pentium®4 プロセッサ 3.0GHz の Linux(RedHat®Enterprise WS V3)のマシンを 3 台と 3 面スクリーンで構成されている。



(2) 東京大学

東京大学の IPT 環境は、CABIN と呼ばれ、Linux 計算機 5 台、5 面スクリーンで構成されている。



(3) 京都大学

京都大学の IPT 環境は、Linux 計算機 3 台、3 面スクリーンで構成されている。

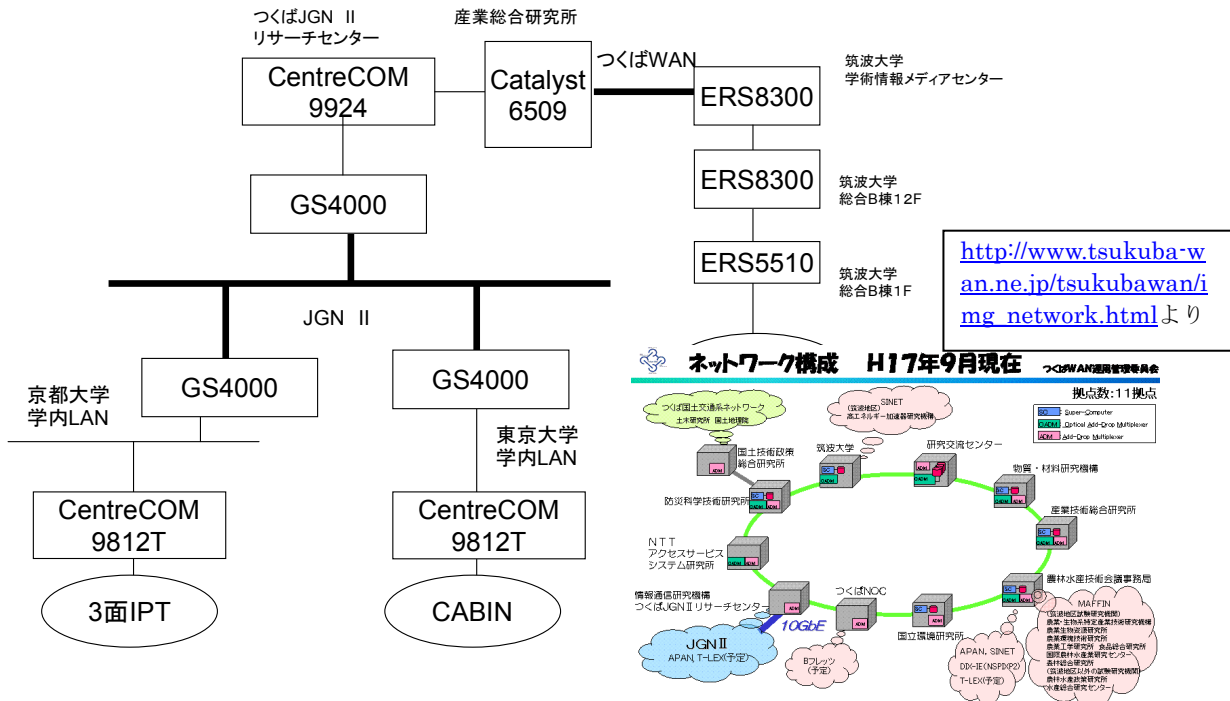


(4) 共通施設

ビデオアバタのためには IEEE1394 カメラ (SONY DFW-X710) を用い、試験では VGA(640x480)の解像度のビデオを送信した。

撮影、通信用には 64bit Intel®Xeon™プロセッサ 3.0GHz(2MB L2 キャッシュ、800MHzFSB)、グラフィックスカード NVIDIA®Quadro®FX540(D) 128MB DDR、OS:RedHar®Enterprise Linux® WS V4(EM64T)を用いた。

2. ネットワーク



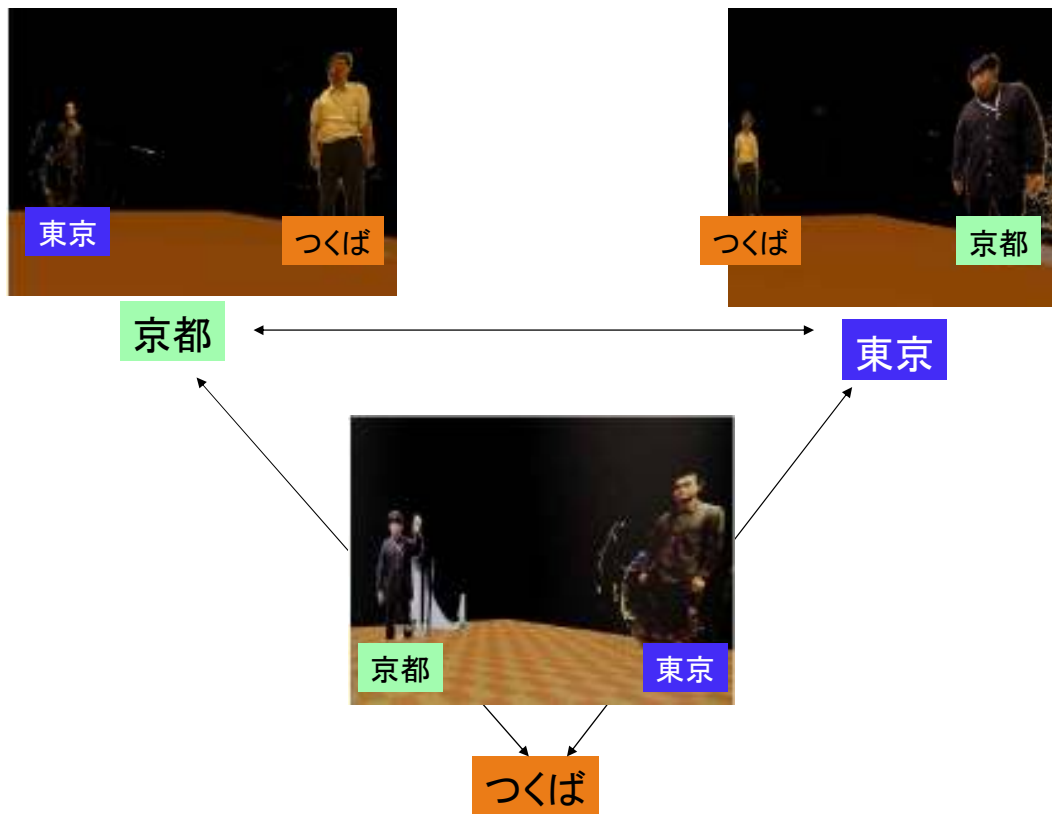
- つくば WAN (<http://www.ics-inc.co.jp/wan/> より)

筑波研究学園都市の研究機関（研究所、大学等）を超高速 10G（総容量 570G）アクセスリングネットワークで結び、点在するスーパーコンピュータ、大規模データベース、高度なシミュレーションソフトウェアを先駆的に活用し、共同研究を行う構想です。

- JGN II (<http://www.ign.nict.go.jp/index.html> より)

JGN2は、1999年4月から2004年3月まで運用されたJGN(Japan Gigabit Network : 研究開発用ギガビットネットワーク)を発展させた新たな超高速・高機能研究開発テストベッドネットワークとして、独立行政法人情報通信研究機構（以下、「NICT」）が2004年4月から運用を開始したオープンなテストベッドネットワーク環境です。

3. 通信試験結果



三者間通信の様子を図に示す（通常端末で表示）。

それぞれ、つくばでは京都、東京が、京都では東京とつくばが、東京ではつくばと京都が、それぞれの左右に見える。

つくばのみ IPT に表示、京都と東京を通常の端末に表示した場合、約 3FPS 程度の性能が出た。

以上

〈別紙 2〉 関連研究動向アップデート

1. Blue-C-II

ETH (Swiss Federal Institute of Technology Zurich) ではカメラ技術とプロジェクション技術を融合することで共有空間の実現を目指した Blue-C プロジェクトが行われているが、現在は要素技術開発が行われた Blue-C-I のフェーズが終了し、コラボレーション、データハンドリング、監視、遠隔授業等の応用研究段階を目指す Blue-C-II のフェーズに進んでいる。現在行われている主な研究内容は、以下の通りである。

(1) コラボレーション・プラットフォーム

遠隔地間のコラボレーションを行うためのプラットフォームとして、相手と視線を合わせながら対話を行うための HoloPort、遠隔地の利用者と議事録やノート、スケッチ等のデータをテーブル上で共有する CRION Table、ビデオ映像にホワイトボード機能を合成した Collaboration Board 等の開発を行っている。またこれらのプラットフォームを利用し、ネットワーク環境におけるプロダクトデザインの協調作業を行うための、データ共有、データ操作技術の開発を行っている。例えば、ビデオ会議システムの対話機能にホワイトボード機能を融合し、アイデア出し等の設計の初期段階における協調作業を支援するシステムの開発を行っている。

(2) ジェスチャ認識

マーカを用いずにマルチカメラシステムを用いることで利用者の撮影映像からジェスチャ認識を行う技術について研究を行っている。マルチカメラの撮影映像から 3 次元ボクセルモデルを生成し、これと身体モデルとの対応を取ることで全身でのジェスチャ認識を行う。ポインティング、把持、ペン操作等のジェスチャ認識に適用し、利用者がシステムを使用する際のアクションのトリガーとして利用する。例えば、オブジェクトをあるワークスペースから別のワークスペースへ移動させる等のインタフェースとして使われている。

(3) 自由視点ビデオ

マルチカメラによる多視点映像からリアルタイムで任意視点の映像を生成するための研究を行っている。マルチカメラ映像からデプスマップを生成し、これをもとに形状メッシュモデルを有するビデオ映像を生成することで、中間視点映像を得る。またビデオ映像の中から移動物体を識別し、これをトラッキングする手法等、マルチカメラ映像から最適な視点映像を選択する技術の開発を行っている。これらの技術は、コラボレーションにおける視線アウェアネス、あるいは監視用ビデオカメラの映像から個人映像を暗号化して記録する等のビデオプライバシーの研究等に活用されている。

(4) 3次元ビデオ

多視点カメラのビデオデータから実世界のシーンを 3 次元情報として記録し、3 次元ビデオとして自由視点映像の再生を行うための技術開発を行っている。ステレオマッチングによりデプスマップを生成する際、対象にテクスチャ映像を投影しそれをカメラで撮影する等の手法を用いることで、処理精度を向上させている。映像生成に関しては、ポイントベース・データを用いたボリューム・スプラッティングによるレンダリング手法を用いている。また時空間的なエフェクト効果を与える等の 3 次元ビデオデータの編集技術に関する研究も行っている。

(5) インタラクション・ツールボックス

インタラクション・ツールボックスは、ビデオとセンサネットワークを融合したインタラクションのためのフレームワークであり、タンジブルインタフェース等の構成技術として利用される。身体装着型センサとカメラ等の空間設置型センサを併用することで、人間の複雑な動作の解析、評価を行う。このような身体動作を用いたモーションベースのインタラクション技術を構築し、Advanced SMART Board 等のインタラクティブなホワイトボー

ドシステムのインタフェース等に応用している。



ホワイトボード機能を備えたビデオ会議



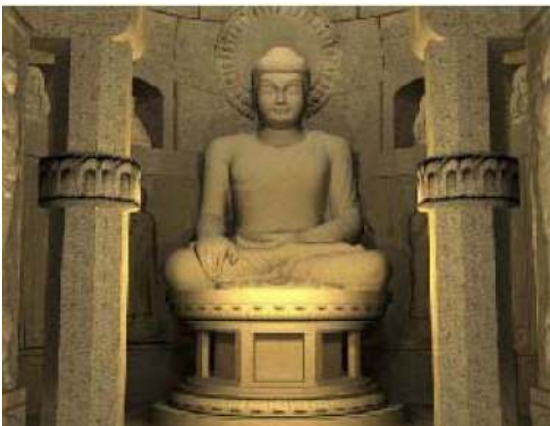
インタラクション・ツールボックスによる
ジェスチャ認識

2. Tangible Space Initiative

KIST (Korea Institute of Science and Technology) が中心となって行われている、仮想空間と現実空間をシームレスに融合する Tangible Space の実現を目指した研究プロジェクトである。Tangible Agent、Tangible Interface、Responsive Cyber Space 等の要素技術の開発や Tangible Space 構築用ライブラリ NAVERLib の開発等を行っている。最近は、サイバーミュージアムの構築を目指した DHX プロジェクトと結びついたり、GIST (Gwang-Ju Institute of Science and Technology) 等も研究に加わっている。また VSMM2002、ICAT2004、Pervasive2006 等の国際会議と併催する形で International Workshop on the Tangible Space Initiative を開催し、TSI (Tangible Space Initiative) の概念を広めている。

(1) DHE (Digital Heritage Exchange)

KIST ではネットワーク VR 環境上に仮想の博物館やサイバーシアターを構築し、遠隔地間で文化や自然のコンテンツを相互に仮想体験するための DHE (Digital Heritage Exchange) プロジェクトを進めている。展示環境としては VR シアター、CAVE、Web ベースシステムを構築し、没入型 VR 技術やバーチャルスタジオ等の技術を融合することで、文化遺産の遠隔ガイド等を行っている。ネットワーク環境としては、APII/H-G (Asia-Pacific Information Infrastructure Hyunhae/Genkai) や TEIN (Trans-Eurasia Information Network) を使用し、北九州を経由して JGN とも接続を行った。日本の九州大学、大分大学、凸版印刷等との間で、新羅の文化遺産コンテンツ Heritage Alive! の遠隔展示等を行っている。



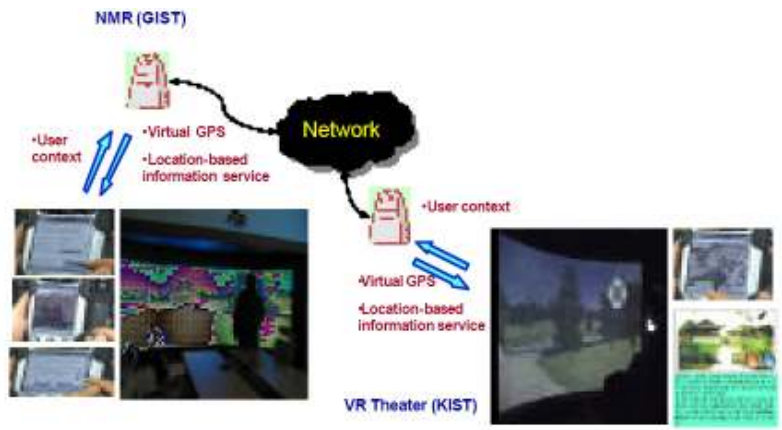
新羅のコンテンツ



KIST—大分間の通信実験

(2) vr-UCAM (Unified Context-aware Application Module for VR)

GIST で開発が行われているユビキタス環境と仮想世界を融合するための枠組みで TSI の NAVERLib に組み込まれている。これまで、ユビキタス環境において利用者からの情報取得と利用者に対する情報提供を動的に結び付けることで、context-aware なパーソナルサービスを実現するためのフレームワーク ubi-UCAM の開発を行ってきた。vr-UCAM はこれを仮想環境でのフレームワークに拡張し、仮想環境における情報の取得や提供をユビキタス環境における情報と統一的に扱うことを目指している。応用事例として、仮想遺産ツアーシステムの開発を行っているが、このシステムでは仮想環境におけるインタフェースとして PDA を利用し、ここで入力された情報に従い仮想環境における最適な視点位置やナビゲーションスピードを提供する。また仮想世界で得られる位置情報に従い PDA 上に必要な情報を提示する等の機能を構築している。



Virtual Heritage Tour System の概念図

SuperComputing2005(SC05)に見る可視化トレンド

株式会社ケイ・ジー・ティー
吉川正晃

High Performance Networking and Computing Conference(俗称:SC)は、今年で18回目を数え、2005年11月12日-18日、米国シアトルで1万人以上という空前の参加者を集めて開催された。毎年、スーパーコンピュータ(HPC)の性能評価の順位を公表することで有名なこの国際会議は、計算科学分野のユーザコミュニティにおける、大画面システムやVRシステムを含む可視化環境などの最先端研究も知ることができる。(注1)

SC05に見る可視化トレンドを報告する。

(1) GRID 基盤

NSF (National Science Foundation) のリーダーシップのもと、米国では、GRID 基盤が TeraGrid に統一され、各研究機関の展示ブースは「TeraGrid への参加表明」一色であった。実用化研究が、Office of Cyber Infrastructure (OCI)を中心に、2005年8月から開始され、今後は、GRID を用いた実証研究に主体が移っていくと強く感じた。その意味から、可視化やVR技術とGRIDの連携応用も重要なテーマの一つになると思われた。

(2) GRID ビジュアライゼーション

GRID 利用では、異なるサイトとの協調作業が前提になるので、各サイトの多様なデータの一覧表示が必要である。そのために、大画面表示が当たり前になり、安価な液晶ディスプレイをタイル状に並べる方法(「PowerWall」と呼ばれる)が一般的になっている。EVL (Electric Visualization laboratory, University of Illinois at Chicago) は、SAGE というソフトを開発し、ビデオ会議や、データ可視化などを、PowerWall 上で融合するデモを行っていた。



SAGE (PowerWall を利用するソフトウェアの例)

(3) ビデオ会議とVRの融合

SCGlobal というセッションでは、様々な研究機関が、多地点ビデオ会議システムである Access Grid (AG) と可視化やVRの融合事例を発表していた。その中には、ステレオ・ビデオ画像をAG配信するライブ会議デモ(マンチェスター大学)や、ビデオ画像を3D世界に融合させ、3Dアバタ間のチャットを支援するシステム(パデュー大学)などがあった。3Dオブジェクトを一旦ビデオ画像化して、送信している事例が多かった。

また、パデュー大学から、VRJuggler と AG をあわせたコラボレーションソフトを、新たにオープンソース化する計画も発表された。このように、VR とビデオ会議を融合する研究は、活発化しているといえる。



SCGlobal の様子：ステレオ 3D 画像とビデオ画像が AG を利用して送信されている

(4) 高精細ビデオ画像の双方向コラボレーション

高精細ビデオ画像の配信デモでは、McGill 大学が行った「シアトルからモントリオールにいるオーケストラを指揮するデモ」が目をつけた。低遅延、双方向、無圧縮の HD-SDI ビデオ画像を 65 インチプラズマ・ディスプレイ 3 面に表示しながら、24 ビット/96 kHz PCM オーディオを流していた。必要な帯域は、約 5 Gbps という。計算科学分野では、今後 GRID 環境の整備とともに、遠隔地コラボレーションのための大画面、VR システムが利用されて行くだろう。しかし、こうした高精細映像を双方向に流すビデオ会議機能は、コラボレーション機能としては非常に重要と考える。



McGill 大学：超ビデオ会議システム

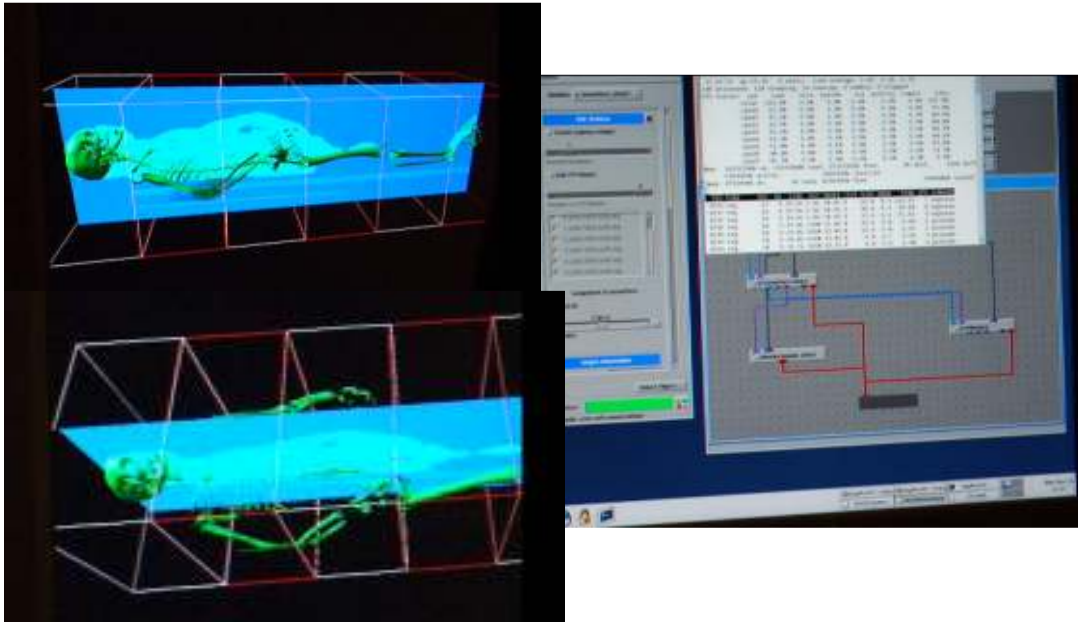
(5) SGI の「Media Fusion」

SGI も、「リアリティー・センター」と呼ぶ大画面表示システム上で、異なるアプリケーションを合成した「遠隔コラボレーション」をアピールしていた。デモとしては、ボーイング社で利用している CATIA データを、レイトレースして「イメージ」として表示。ビデオ会議システム (AG) と、OpenGL_VIZ サーバを融合するもの。異なるアプリケーションを「イメージ」データで合成する技術を、SGI は、「Media Fusion」と呼んでいる。イメージにすることによって、サーバとクライアント側のデータの取り扱いが単純化できるメリットがある。

(6) 大規模データ用可視化ソフト

HPC では、大規模データが前提になってくるので、数値計算の結果データをそのままクライアントに転送することは不可能である。よって、サーバ側で可視化を行い、その結果をクライアントに転送する「クライアント・サーバ」が当たり前になっている。クライアント・サーバモデルのソフトとして、Ensign、VTK がデモとして利用されていた。サーバからクライアントに対して、どのような方法で、どんなデータを送るかが、課題である。

また、大規模データの高速度可視化の必要性から、並列化レンダリングの需要も強く、マンチェスター大学では、AVS/Express PST の並列レンダリングをデモしていた。



マンチェスター大学：AVS/Express PST の並列レンダリングをデモ

(7) ネットワーク・ビジュアル・コラボレーション

愛媛大学、NICT では、太陽風観測衛星のデータをリアルタイムで、SX6（小金井のNICT）で解析し、シアトルの SC の会場に結果を転送し、Potable VR で可視化していた。現在観測している衛星データから、地球の周りを取り囲む太陽風を予測するもので、「データの通信距離では SC で展示されているどのデモより『最長』である」との評価を得ていた。また、3D AVSPlayer（WEB 版）を利用した、ステレオ立体視表示の世界初の実証試験であった。



愛媛大、NICT：3D AVSPAYER (Ver. 2) による、2画面視差画像表示

(まとめ)

- ・計算科学分野では、GRID 基盤技術が確立し、今後、実証研究がより重要になる。
- ・多様なデータを一覧表示したいという必要性から、大画面表示装置が一般的になっている。VR 装置も、単に可視化結果の観察をするだけでなく、ビデオ会議を支援したコラボレーション機能が今後必要となる。
- ・ビデオ画像と3Dオブジェクトとの融合も一般的になる。融合する方法としては、イメージ合成が主流である。
- ・GRID 基盤の実証研究を行う際、VRや可視化を含めて行うことは重要と思われる。

(注1) SCに関する詳細は、東京大学小柳教授のレポート (<http://olab.is.s.u-tokyo.ac.jp/~oyanagi/reports/SC2005.html>) を参照されたい。

謝辞：弊社は、現在、独立行政法人 通信情報研究機構の支援を受けて、ネットワーク接続したVR・コラボレーション・システム(プロジェクト名:CnC-Collaborative Networked Communication)の研究開発を進めており、本報告は、CnC プロジェクトの調査活動の一環です。

本資料は、(株)ケイ・ジー・ティー運営の *VizJournal* に掲載されたものである。
<http://www-viz.j.kgt.co.jp/contents/139/index.xml>

<別紙4> N3VR研究会について

1. 名称：

「N3VR研究会（エヌ・キューブVR研究会）」と称する。

【VR on New and Next-generation Network】

2. 目的

テレイマージョン（Tele-Immersion：臨場感通信）の基礎及び応用分野の研究発展を促進し、会員相互の交流を深めること。

3. 会員資格

会員はテレイマージョン（Tele-Immersion：臨場感通信）に関心のある産官学民を対象にどなたでも参加して頂くことを原則とする。

4. 会費

無料、但し経費が必要な場合は、その都度会費を集め精算する方式をとる。

5. 代表幹事

岩手県立大学ソフトウェア情報学部 柴田義孝 教授。

6. 事務局

公立大学法人 岩手県立大学に事務局を置き、これを運営する。事務局は、本会の総合事務及び名簿管理などを行う。

● 2005年度の研究会活動

第4回 N3VR研究会 2005年6月17日（金）

北陸先端科学技術大学院大学

第5回 N3VR研究会 2005年11月4日（金）

京都大学学術情報メディアセンター

第6回 N3VR研究会 2006年1月27日（金）

情報通信研究機構 岩手IT研究開発支援センター

詳細は <http://www.n3vr.org/>