

VRMLを活用した 協調設計支援システムの構築

学生氏名 齋藤 匡也
指導教員 皆川 勝

遠隔地の複数の関係者が共同で設計協議を行う場合の、従来の方法の限界をまとめた。著者は、VRMLとJAVAを統合したマルチユーザシステムを用いる新しい方法を提案する。この方法では、まず、3次元設計図面からVRMLデータが作成される。次に、このVRMLを用いて、関係者同士が仮想空間内で協調作業をする。最後に、その結果は直接設計図面へ反映される。この考え方に基づくプロトタイプを構築した。具体的な設計事例を通して、本システムが協調設計の推進に有効であることを示した。

Key Words : インターネット(internet), 協調作業(collaboration), VRML, Java

1. はじめに

近年、建設事業において、土木構造物を三次元で表現し、その情報を標準化しようとする試みがなされてきている。本来、土木構造物は三次元であるが、多くの場合二次元図面で表現されている。そのために技術者は二次元図面から三次元形状を想定しなければならない。

二次元図面を通して設計した構造物の明確なイメージを複数の技術者に伝える事は困難であり、構造物の形状情報を正確に伝達するには、膨大な設計書類を必要とする。そのため、土木構造物を三次元で表現することが、様々な場面で行われるようになってきた。

本研究では、インターネット上で三次元世界を記述するための国際的に標準であるファイルフォーマット VRML (Virtual Reality Modeling Language) を用いて土木構造物を表現すると共に、JAVA の技術を統合することにより実現できるマルチユーザシステムを用いて三次元空間内の土木構造物の寸法、形状、色等の特性を操作できるようにする。そこで加工された様々なデータはインターネットを介してアクセスする複数人の関係者によって共有、再加工可能となる。このように関係者同士が仮想空間における協調作業を通して三次元イメージのまま望ましい構造形態を決定することが出来る設計支援システムのプロトタイプを構築することを目標とする。

VRML はインターネット上で三次元のオブジェクトと空間を記述するための代表的なファイルフォーマットであり、建設分野においても適用の可

能性が多く研究されている。

景観設計支援のためのツールとしては次のような適用例がある。厳らによる景観スタジオにおいては、三次元モデルのインターネット上での景観情報の提示のために VRML を適用している¹⁾。そして、兎ら²⁾は、橋梁の景観データベースにおける三次元形状モデルの表現方法として VRML を適用している。また、萩原ほか³⁾は、VRML と JAVA による分散景観シュミレーションシステムを構築し、インターネットを介した情報公開・情報共有による設計プロセスの効率化が可能であることと共に、VRML の適用により高度なユーザーフェースを持つ景観情報システムが低コストで可能であることを述べている。榊原・細野⁴⁾は、地域景観シュミレーション・データベースシステムにおける 3 次元データとして VRML を適用したシステムの試作を行い、インターネットを介しての土木構造物の協調設計環境の可能性について述べている。森川・浜嶋⁵⁾らは、遠隔協調設計支援システムにおける三次元モデルの表示方法として VRML を適用すると共に、VRML における現時点での問題点と解決案、今後の可能性について述べている。

三上・田中^{6) 7)}らは、鋼道路橋設計情報について、AP203 と VRML とのクロストランスレータを開発し、AP203 を適用した製品モデル群を可視化する方法として VRML を適用し、設計段階に活用できる三次元製品モデルのデータベースを構築した。石倉⁸⁾らは、構造解析や推理計算などの処理をインターネットを介して遠隔地にある数値解析システムを利用可能とし、その可視化の方法とし

て VRML を適用している。

その他、施工管理の段階においても VRML を適用している例がある。高橋らは海上工事における施工管理システムにおいて、海底状況の三次元表示法として VRML を適用している⁹⁾。

また、土木構造物の維持管理における VRML の適用例として、VRML と JAVA, JAVA3D 等を組み合わせた田中らによる橋梁の点検、補修履歴の管理システムの例がある¹⁰⁾。

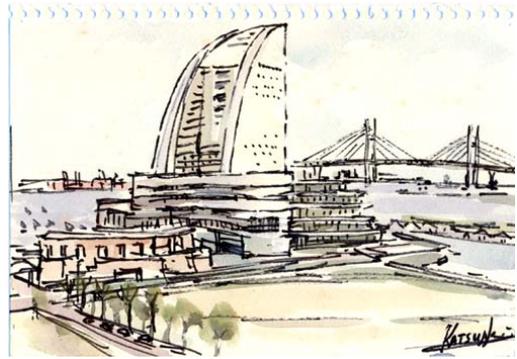
米国では、Charles S.han・John C.Kunz・Kincho H.Law らが、インターネットを介してビルディングの管理をするシステムにおいて建設物を可視化する方法として VRML を適用している¹¹⁾。また、インターネット上での設計支援システムにおいて VRML を適用している¹²⁾。Renate Fruchter は構造物情報のインターネットを介した伝達方法として VRML を適用している¹³⁾。

上記の通り、建設分野においても VRML の適用について多くの研究が行なわれている。しかし、その多くは利用者に特殊なリソースを要求するものが多い。また、VRML は三次元モデルを表示するためだけに使われている場合がほとんどであり、その三次元インターフェースとしての適用に関する研究は行なわれていない。

本研究では、VRML で表現された三次元インターフェース上からの設計案の変更を可能とする。また、本システムでは汎用的な技術のみを用いて実装されており、利用者側に特殊なリソースを要求することなく、高度なユーザインターフェースを持つ協調設計支援システムを低コストで実現するものであり、上に挙げた多くの VRML に関する研究とその目的を異にする。

2. 現状のメディアと問題点

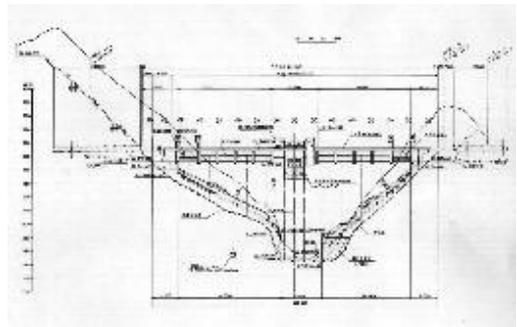
土木施設においては、関係する主体・組織が複数存在し、事業の期間も長期にわたる場合が多い。従って、関係する組織間での構造物のイメージのギャップは起こりうる問題である。関係者間の合意形成にはコミュニケーションが必要であり、そのためには判断の基準となるメディアが必要である。これまでは、メディアとしてスケッチや各種図面などの二次元図面や模型、といったメディアが使用されてきた。しかし、従来のメディアでは、それによって生じられる構造物のイメージが人により異なってしまう危険性がある。効率的に良い土木施設を建設するためには、関係する主体・組織が一貫した思想や構造物のイメージを持ちながら業務を遂行することが望ましい。その中で CG は正確性、視覚的明快性、理解可能性、訴求性など他のメディアにはない特徴を持つメディアであると評価され、近年急速に普及している。CG を用いることで非常にリアルな表現が可能となるのである。主に使用されている上述のメディアの例を図-1 に示す。



(1) スケッチ



(2) 模型



(3) 図面



(4) CG

図-1 メディアの例

土木施設についての検討、合意形成をはかるためのミーティングにおいては複数の二次元図面、模型などが設計案のパターン数作成され、比較検討される。そして、その設計案を修正する必要があることは多い。その場合、現状のメディアではダイレク

トに設計案の変更に対応することは不可能であり、改めて再び関係者を集めてミーティングを行なうか、修正案のイメージの共有が不十分なまま合意形成がなされる。専門知識を持たない関係者は、図面、模型などを用いながら計画・設計案を説明されても提示された資料からは空間の広がりや大きさ、見え方などを理解できるとは限らない。

本研究では、これまでに挙げた現状のメディアにおける問題点を解決することを考える。そして、現状の問題点を解決するために、具体的でわかりやすい新たなメディアを提示することにより、専門家、非専門家が参加しやすい設計環境を構築する。

3. システムが具備すべき条件

土木構造物は公共性の高い施設であり、設計段階において専門家、非専門家など多くの関係者が合意形成を進めながら設計が行なわれることが望ましい。そのため、その判断材料となる情報を分かりやすく伝えるシステムが必要となる。情報技術の急速な進歩や、CAL/S/ECの促進、情報の電子化など、建設分野を取り巻く環境の変化を受けて、WEB3Dの技術に着目した。そして、インターネットを活用して遠隔地にいる関係者同士が空間的な制約を越えリアルタイムにインタラクティブな設計検討を行なうことを支援するためのシステムの構築が非常に有用であると考えた。具体的な条件を以下に整理する。

(1) CAD設計情報を活用できるシステム

建設産業においてCADシステムは必要不可欠なツールとして普及し、活用されている。この電子データとして生成された設計情報の重要性に着目し、本システムはCADシステムとの相互接続性を持つものとする。具体的には、本システムではCADで作成した設計データを取り込むこと、本システムで土木構造物の設計案について、協議・修正・合意形成が可能であること、本システムで決定された土木施設の望ましい構造形態が、そのままCAD設計データに反映することを可能とすることとした。

(2) 情報を明確に継承するためにCGを利用したシステム

上述のとおり、現在行なわれている方法では、ある段階で設定されたコンセプト・イメージが関係者に十分に共有されないまま作業が進められる場合が多い。これはコンセプト・イメージを伝えるために現在使用されている図面などの手法の限界であるといえる。そこで、対象となる構造物を具体的にイメージすることができ、それを関係者同士が共有できるCGを効果的に利用したシステムとすることが必要である。本研究では、後述のWEB3D技術であるVRMLを効果的に活用することによって、非専門家でも構造物のイメージがつかみやすい協調設計支援システムとすることとした。

(3) インタラクティブ性、リアルタイム性を有するシステム

土木構造物の設計案に対して関係者同士が協議をする場合には、複数の設計案を用意しそれぞれの設計案を表す多数の二次元図面、写真、絵などを基に意見交換が行なわれ、設計案の向上及び合意形成が行なわれることがほとんどである。そのため、設計案に修正を行なう必要が生じた場合、新たな設計案が生じた場合、修正案をその場で具体的に表す方法が無く、結局その場では合意形成が図れないことが多い。このような場合、現状では新たに修正案を作成して、後日関係者を集めて協議を行なわなくてはならない。しかも、その修正案で合意形成が図れるとは限らず、また同じようなプロセスを経ることも考えられる。すなわち、現状のメディアではその場で出た意見をリアルタイムに反映させることができないために合意形成が円滑に進められないという問題点がある。それに加えて、複数の関係者が集まり何度も協議を行なうことは、時間的、空間的な制約が多く困難な場合が多い。

これらの問題を解決するために、関係者による協議において複数の案を比較しながら、また、その場で作成された修正案・新案をリアルタイムに作成し、新たに検討を行なうことが可能な機能を持つシステムとすることが必要である。

4. キーテクノロジー

上記の具備すべき条件を実現するためのキーテクノロジーを以下に示す。本研究ではそのキーテクノロジーをベースとして協調設計支援システムを構築した。本システムにおいて用いた技術は全て汎用的なものであり、利用者側には特殊なリソースを要求しない。

(1) VRML

インターネット上で三次元空間や三次元物体をリアルタイムに表示するための世界的に認知されたデファクトスタンダードのファイルフォーマットがVRMLである。1994年のWorld Wide Web会議で提案され、VRML1.0が開発された。その後1996年に機能を拡張したVRML2.0が発表された。1997年12月にはISO/IEC14772-1として認可され、VRML2.0からVRML97に名称変更された。

VRMLが開発される以前はインターネット上で三次元のデータを閲覧することはできなかった。VRMLはその制約を取り払い、三次元の仮想空間を表示させることができるようにした初めての形式であり、発表当初非常に高い注目を集めることに成功した。ウォークスルー機能により、仮想空間内を自由に歩き回って移動した場合の三次元イメージを表示することもできる。

また、XML (eXtensible Markup Language) の適用も進みつつあり、WEB3D Consortiumでは、VRML97の後継となるX3DでのXMLの採用を決定した。

VRMLをWEBブラウザ上で表示するためには専用のVRMLブラウザをWEBブラウザにインストールする必要がある。VRMLブラウザの大部分はフリーウェアとして一般に無償で提供されている。代表的なものとして、Platinum社のCosmoPlayer、Intervista社のWorldViewなどがある。

(2) JAVA

Sun Microsystems社が開発したオブジェクト指向のプログラミング言語であり、インターネット環境を考慮して設計された実行環境を備えている。プラットフォームに依存せず、使用することができるという特徴を持っている。様々な機種が混在するインターネット環境を考慮して設計された実行環境を備えている。

本システムでは、サーバプログラムにJAVAを使用しており、これによりインタラクティブなシステムを構築することを可能としている。

JAVAはHTMLブラウザにより認識可能であり、VRMLにおいてスクリプト言語として用いることができる。それによりJAVAはサーバとユーザ間のインターフェースを接続可能とし、更にEAIの技術を用いることにより、VRMLプラグインにアクセスして視覚的なシュミレーションを操作することが可能となる。

(3) JavaScript

Netscape社がSun Microsystems社と共同で開発したJAVA言語に対応したプログラミング言語である。VRMLドキュメント中にコンパイルを必要とせず直接組み込むことができる。VRMLプログラム中のScriptノード内でJavaScriptを組み込むことによって、VRMLプログラムのみではできない三次元物体の様々な振る舞いや挙動をプログラムすることができる。

(4) EAI

EAI (External Authoring Interface) とは、外部プログラムであるJAVAアプレットがVRMLイベントモデルを使用して、VRMLシーン内のノードにアクセスすることを可能とする技術である。すなわち同一WEBページ上にそれぞれ独立して存在するJavaアプレットとVRMLシーンをEAIで結びつけることにより、JAVAからVRMLを制御できるようにすることができる。EAIを用いることによってVRMLは単独で存在する三次元グラフィックの技術から、JAVAアプレットやその他のWEBコンテンツと連帯して動作する技術に発展する。(図-2参照)

EAIでは、VRMLシーンに対して以下の4種類のタイプのアクセスが可能である。

- 1) ラウザスクリプトインターフェースの機能にアクセスする。
- 2) シーン内のeventInにイベントを送る。
- 3) シーン内のノードのeventOutから送出された最新の値を読み出す。
- 4) シーン内のノードのeventOutからイベントが送出された時に通知を受ける。

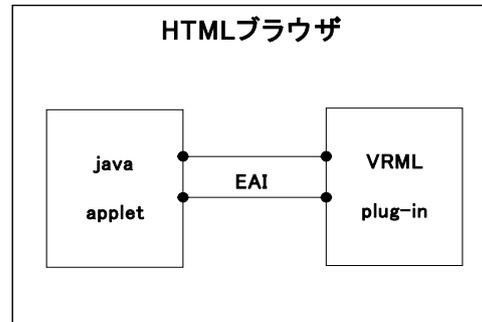


図-2 External Authoring Interface

5. 構築したシステムの概要

(1) システムの概念

3. で整理した条件を満たし、上記のキーテクノロジーをベースとした協調設計支援システムを構築する。図-3に本システムの全体像を示す。本研究では、計画中の土木構造物において、遠隔地にいる複数人の関係者がインターネットに接続したコンピュータを利用することにより、実際の土木構造物のイメージに近い3D-CGを見ながら設計プロセスにおいて重要である合意形成を時間・空間的な制約を受けずに進めることを可能とした、協調設計支援システムを構築することを目的としている。本システムで表示された土木構造物は遠隔地にいる関係者によりリアルタイムで協議・再加工することができる。そして、一人のクライアントのPC上で設計変更された部分はJAVAプログラムによって実現した分散コンピューティングシステムによりすべてのクライアントに共有される。すなわち、すべてのクライアントは同一の画面、同一の三次元仮想空間をPC上に表示することができる。そして、土木構造物の設計案における合意形成を行ない、設計プロセスを進めることができるのである。

また、本システムでは現在の建設分野におけるCAD設計データの汎用性、重要性に着目し、設計現場で実際に使用されているCADシステムとの相互接続性を実現した。

(2) クライアントサーバアーキテクチャー

VRMLとJAVAの親和性からクライアント側のHTMLブラウザではJAVAアプレットを用いている。JAVA言語ではクライアントサーバ方式にお

いてのみ使用できるように制限がされていることより、本システムではクライアントサーバ方式を採用している。

サーバクライアント間では二つの接続方法を使い分けている。TCP 接続と UDP 接続である。TCP 接続は二つのプログラムを繋ぐ役割を果たし、クライアントのシステムへのログイン・ログアウト、及びクライアントのチャットメッセージの受け渡しのために使用する。UDP 接続はサーバがクライアントオブジェクトの位置情報などの三次元仮想空間内の情報を各クライアントに分散するために使用する。つまり、この UDP 接続により、サーバはクライアントからの最新情報を受け取り、それらを他のクライアントに分散する。クライアント・サーバ間の構造を図-4, 5 に示す。本システムのサーバは TCP 接続と UDP 接続を同時に管理するマルチスレッドサーバプログラムであり、二つの接続方法を使い分けることにより VRML シーン内のイベントを共有し、マルチユーザ環境を実現している。

(3) インターネット上での設計編集機能

三次元仮想空間内において、土木構造物を3D-CGとして表示するのみではなく、施設の配置位置検討や色・素材などの検討を空間的な制約を受けずに行なうことのできる機能を開発する。本研究では以下のような設計変更を可能とする機能を開発した。

1) 配置されたオブジェクトの移動, 回転機能

VRMLプログラム内に位置の移動を可能とするためのPlaneSensorノードを用いた。このノードを使用することによりドラックによるマウスの動きを物体の位置に反映することが可能となる。

2) 配置されたオブジェクトの色彩変更機能

三次元形状を表すプログラム内には、その物体固有の色彩情報を保持している部分があり、その物体のカラーを示すRGB値に画面右上に配置したコントロールパネル（図-6参照）より任意の値を送り込むことを可能とするようにした。この機能により土木施設の望ましい色彩を検討することができる。

3) オブジェクトのテクスチャ変更機能

オブジェクトにテクスチャマッピングしたファイルをコントロールパネルから操作できるようにした。この機能により、土木構造物の表面処理法や表面に使用する素材の検討をすることができる。

4) オブジェクトのスケール変更機能

コントロールパネルに配置したスクロールバーの値を、オブジェクトのscaleフィールド値にルーティングすることにより、オブジェクトのスケールを変更できる機能を作成した。これによって土木施

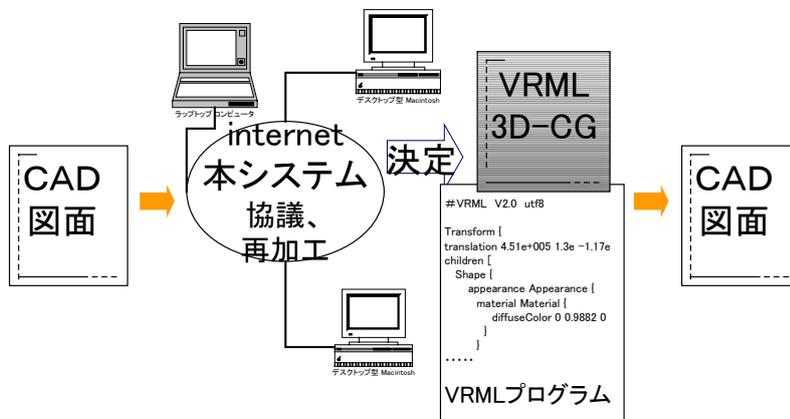


図-3 協調設計支援システムの概念

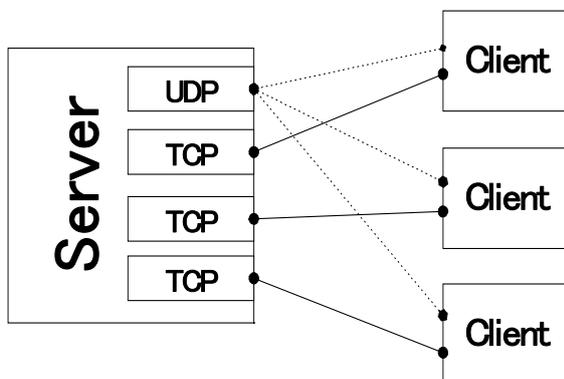


図-4 クライアント・サーバ構造

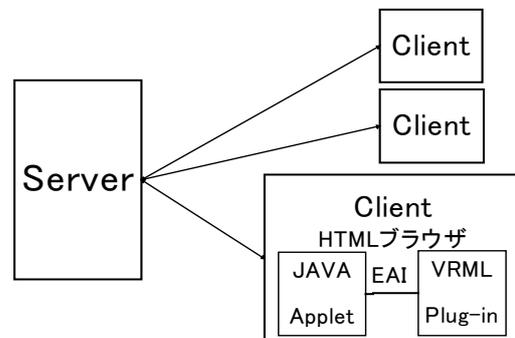


図-5 クライアントサーバ構造

設の適切なサイズについて検討することができる。

5) 背景の変更機能

景観は朝、昼、夜の変化などにより数時間で変わるものであり、季節の変化や光の当たり方によっても見る側への印象が違うものとなる。そのために様々な条件下での構造物の見え方を周囲の環境と照らし合わせながら計画を進めていく必要がある。

本システムでは数種類の背景を作成して、クライアントがコントロールパネルから背景を変化させて様々な状態での土木構造物の評価を行なうことを可能とした。

6) 本システムで設計変更したデータの保存機能

本システム上で検討・変更された設計案はそのままCADの図面データに反映され、現場で活用可能であることが望ましい。

本システムでは、設計変更後再加工した土木構造物の図面情報を蓄積できるようにJavaScriptプログラムをVRMLプログラム中に格納した。この機能によりミーティングに参加できなかった関係者が後で内容を把握することが可能となる。

7) コミュニケーション機能

関係者同士がコミュニケーションを取るツールとして本システムではJavaプログラムによるチャット機能を用いた。この機能により、関係者同士がそれぞれの見解をインターネットを介して主張しあい、合意形成を行なうことが可能となる。

6. 適用

本システムを適用したCAD図面データは、実際に現場で使用されていたダム三次元データであり、AutoCADで作成されたdwg形式のファイルである。今回適用したCAD図面データを図-7に示す。

(1) 実行環境

下に示す環境上にシステムを構築した。システムの構成図を図-8に示す。WWWサーバとしてはGateway社のGatewayGX550上にサーバソフトウェア

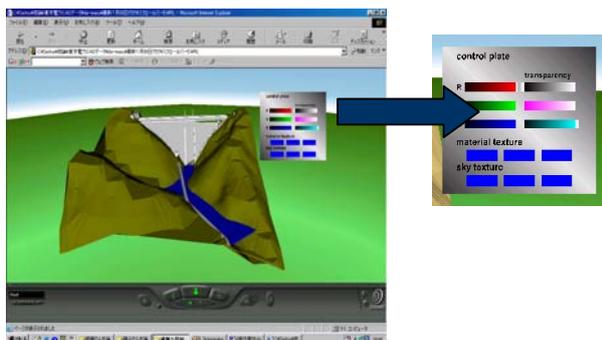


図-6 操作ウィンドウ

アであるAN Httpd 1.34を実装して研究室のLAN内に仮想サーバを構築した。これによってインターネット環境と同様にサーバとクライアントがHTTPプロトコルを通して通信することを可能とした。クライアント側では、JAVA VMの動作可能なWWWブラウザとしてNetscape社のNetscape Navigator3.0以降を利用し、WEBブラウザ上でのVRMLビューワとしてSilicon Graphics社(SGI)のCosmo Playerを利用した。クライアント側では上記のソフトウェア環境が実現できれば、ハードウェアには依存しない設計となっている。

クライアントでの操作の快適性は、VRMLシーンのデータ量(ポリゴン数など)とハードウェアの3D表示能力に依存するが、数千ポリゴン程度であれば、安価な3Dアクセラレータを搭載したPCで十分に操作可能である。ネットワークはTCP/IP及びUDP

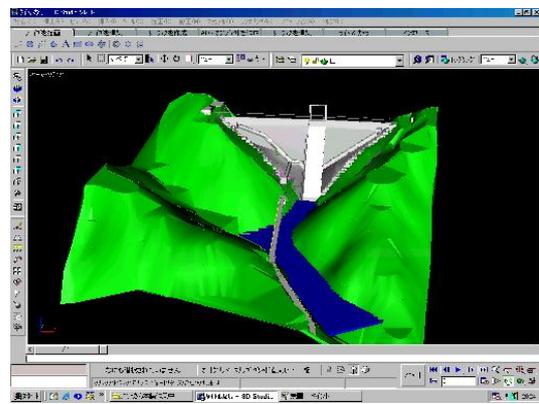


図-7 ダムのCAD図面データ

による通信を行なうことができれば特別な通信環境を必要としない。

今回適用したCADデータは、Windows上のAutoCADから生成しdwgファイルとして出力した後、VRML2.0フォーマットに変換した。VRMLファイルを直接編集することによりテクスチャ・色・照明・背景などの設定とクライアントによる共有を実現した。

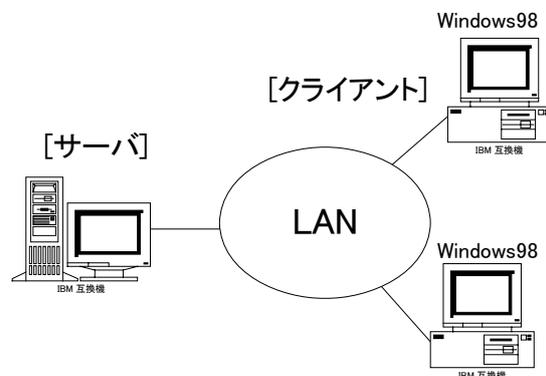


図-8 システム構成図

(1) 実行環境

表-1に示す環境上にシステムを構築した。

	サーバ	クライアント
CPU	Pentium III xeon 550MHZ	Pentium III 450MHZ
MEMORY	128MB memory	128MB memory
HD	18GB HDD	13.6GB HDD
OS	Windows98	Windows98
WEBブラウザ	Netscape Navigator4.7	Netscape Navigator4.7

表-1 実行環境

(2) 実装方法

本システムのクライアントでの操作の流れ(図-9)に沿って、実装方法の概略を示す。利用者はWEBブラウザでWWWサーバにアクセスし、本システムを起動するためのHTMLページをダウンロードして、CADデータを格納したVRMLファイルを画面に表示させる。これによりクライアントはVRMLブラウザを用いVRMLシーンをウォークスルーし、自由な視点から構造物を評価することができる。

クライアントは三次元空間内に配置されたコントロールパネルより、特定の要素(色・位置・テクスチャなど)を変更する。それによって、様々なシミュレーションが3D-CGをインターフェースとして実現できる。コントロールパネルからのオブジェクトの変更はEAIによってVRMLシーンと連動して働くようにプログラムしたJAVAアプレットによりサーバ上の本システムに伝えられ、本システムに接続しているすべてのクライアントにオブジェクトの変更要素が伝達され、情報共有される。

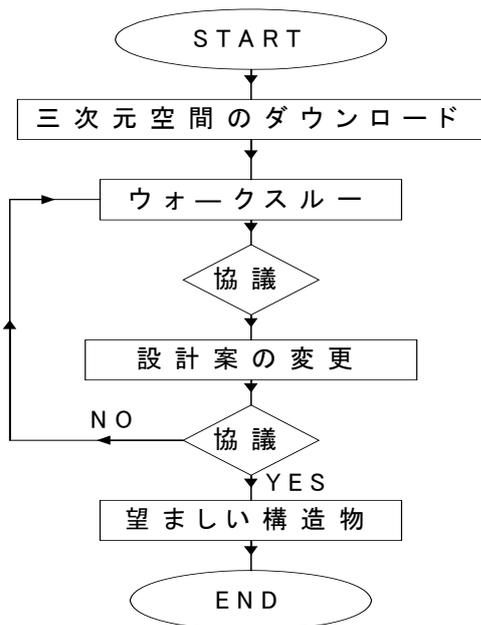


図-9 クライアント側の操作の流れ

(3) ダムのCAD図面データにおける要素の変更例

本システムを上記の実行環境に実装し、ダムのCAD図面データをVRMLプログラムに変換して編集することにより、テクスチャ、色、オブジェクト位置など以下に示す事象を変更可能とした。

ダムの要素の変更を本システムに接続している複数人の関係者とコミュニケーションを取りながら、各オブジェクトについて行い、望ましいダムの構造形態を決定していく。

コミュニケーションと要素の変更を重ねて決定されたダムの望ましい構造形態は、VRMLデータとして任意の状態で蓄積することが可能であり、CAD設計データとして再度利用することができる。

1) 配置されたオブジェクトの移動

ダムの左上に配置されている立方体オブジェクトにPlaneSensorノードを組み込み、位置をリアルタイムで設計変更可能とした(図-10-1, 10-2参照)。この機能を用いて土木施設の配置検討をVRMLシーン内でダイナミックに行なうことができるの。

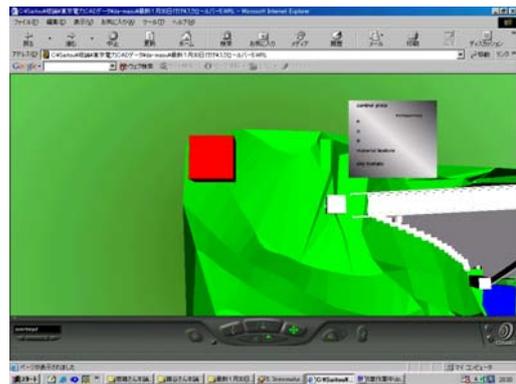


図 10-1 オブジェクトの移動 その1

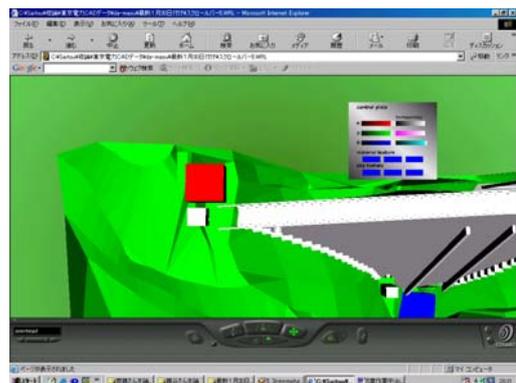


図 10-2 オブジェクトの移動 その2

2) オブジェクトの色彩変更機能

仮想空間右上に配置したコントロールパネルより、VRMLシーン中央に存在する山の色彩を変更可能とした(図-11-1, 11-2参照)。VRMLプログラムにおいてオブジェクトの色はRGBの比率を表す値より決定される。RGBの値をコントロールパネルより送り込むことで変更可能とした。

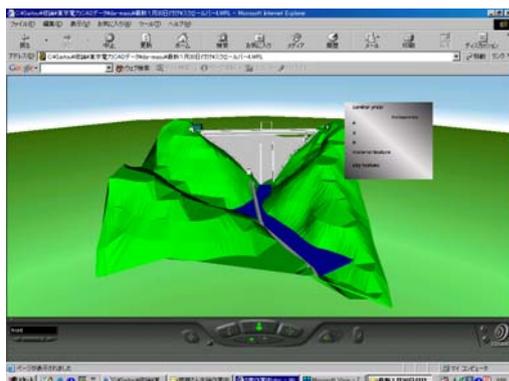


図 11-1 色彩変更 その1

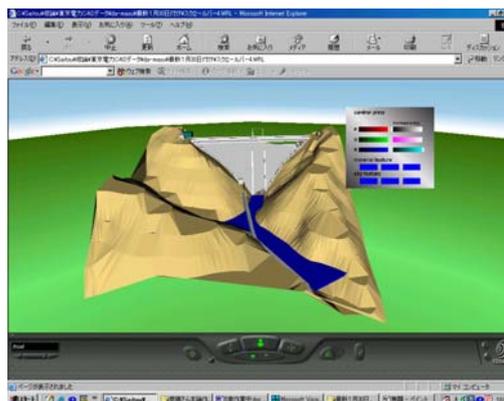


図 12-1 テクスチャ変更 その1

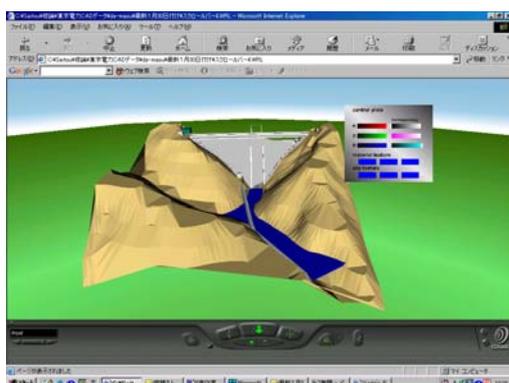


図 11-2 色彩変更 その2

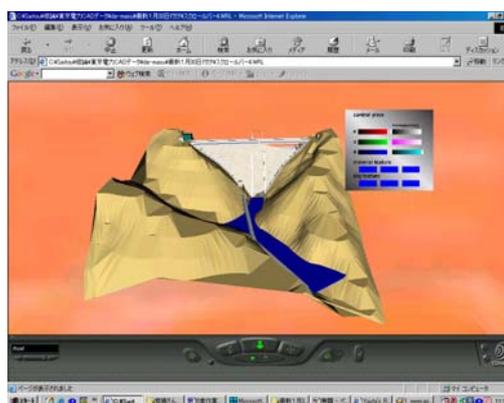


図 12-2 テクスチャ変更 その2

3) オブジェクトのテクスチャ変更機能

オブジェクトのテクスチャを変更できる機能を作成した。適用例ではVRMLシーンの背景に用いたjpgファイルをコントロールパネルより操作可能とした(図12-1,12-2参照)。この機能により、土木構造物の表面処理方法や様々な背景における構造物のシュミレーションを行なうことができる。

4) 本システムで設計変更したデータの保存機能

VRML と JavaScript プログラムを連動させ合意形成後に再加工した土木構造物の図面情報を蓄積可能とする機能を作成した。

本システムではコントロールパネル上から、任意の状態での構造物形状情報を CosmoPlayer のコンソール画面に表示、蓄積することができる。図-13 に構造物の形状情報をコンソール画面に取得した時のクライアントの PC 画面を示す。

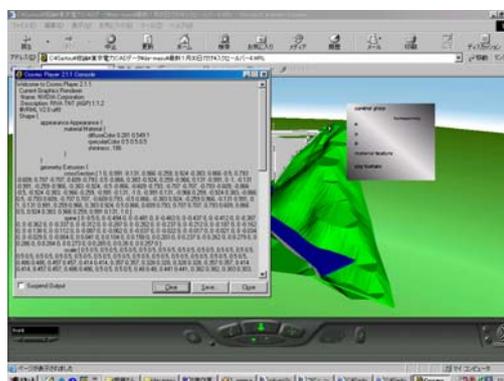


図-13 データ保存の例

5) コミュニケーション機能

関係者同士がコミュニケーションをとるツールとして JAVA プログラムによるチャット機能を用いた。図-14 にチャットによるコミュニケーション時の本システムを示す。

ここでは左下に配置したチャット機能を持つ JAVA アプレットによりクライアント間の言葉による対話を可能としている。

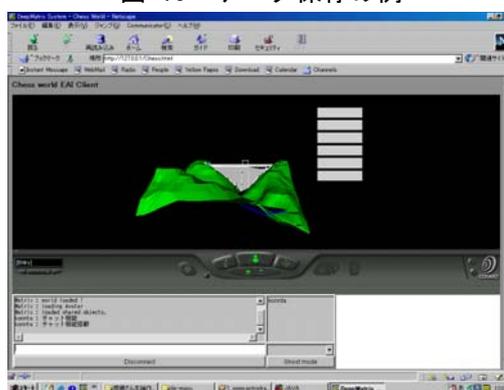


図-14 コミュニケーション機能の例

7. 応用の可能性

本システムは上記の適用例以外にも建設分野における様々な応用の可能性があると考えられる。以下にその可能性を考察した。

1) 地域住民への説明

CGはリアリスティックな表現が可能であり、非専門家にもわかりやすいメディアである。実際の構造物のイメージをつかみやすいCGシステムを用いれば、よりイメージを共有し易くなることが考えられる。

土木施設の実際の利用主体は住民、利用者などの非専門家であり、土木構造物は公共性が高いという特徴を有している。そのため本来の発注者である市民の評価を反映させることが重要である。今後は非専門家のニーズも高まり、専門家、非専門家が英知を結集してコラボレーションを行いながら土木施設の設計を行なう機会が増えていくことが予想される。その上で本システムは、時間・空間的な制約を取り払っていること、CGの利用、そして利用者 に特殊なリソースを要求しないなどの特徴を有しており、専門家と非専門家がコラボレーションを行なう可能性を持った新たな枠組みとすることができる。

2) その他

その他にも以下のような活用法が考えられる。

- ・ 設計部門と現場での設計に対するリアルタイムのやりとり
- ・ 現場での進捗管理
- ・ 地域住民への説明
- ・ 景観設計
- ・ トンネルなど小野掘削状況を計測データをもとにリアルタイムで監視し、その計測データをもとに自動的にトンネル断面の形状を生成する

8. 本システムの課題

CGのリアリティを求めると、モデル量や光源数が多くなり過ぎて膨大な計算量が必要となる。リアリティ表現の質と作業量・シュミレーション時間が比例していることは現実問題として否めない。PCにおけるハードウェア・ソフトウェア環境は急速な進歩を遂げておりPC上で本システムを稼働させることはできた。しかし、本システムで扱うVRMLプログラムJAVAプログラムのデータ量は大きくシステムの利用を始めるには、現在のコンピュータ処理能力やネットワーク環境ではまだ不十分な面も多い。

本システムは、今までにないインターネット上での設計案の合意形成・コラボレーション可能なシステムとして、その新たな枠組みを構築したことに意義があるといえる。しかし、上記の問題を含め本格的な利用にはまだ課題も多い。今後、経済性や利便性、環境との共生など様々な価値観を考慮した最適なシステムが必要となると考える。

9. 結論

近年土木分野においても情報技術の認識が高まり、その重要性が増してきていること、設計プロセスにおいて関係者が設計案を検討するための従来のシステム、及び関係者間でイメージを共有するためのメディアが専門家でしか利用できないものであり、非専門家が参加するには不十分であることを明らかにした。

次にこれらの問題を解決することを試みた。具体的で分かりやすい新たなシステムを提示することにより、専門家、非専門家を問わず合意形成のプロセスに参加しやすい環境を構築し、新たな設計手法の枠組みを提示した。メディアにおける問題はCGを活用したシュミレーションにより解決した。そして、実際に現場で使用されたCAD設計データを本システムに適用することにより、システムの有効性を確認した。CGによりリアリスティックな表現が可能なこと、リアルタイムでインタラクティブな操作環境を有しており、従来のシステムでは実現できない空間的な制約を越えた設計案の合意形成をインターネット上で行なうことに成功した。

また、本システムは汎用的な技術のみで利用可能であり、利用者 に特殊なリソースを要求せず、協調設計支援システムを低コストで実現することができるといえる。

謝辞：本研究を行なうにあたり、皆川勝助教授、佐藤安雄技士には終始懇切なるご指導及びご鞭撻をいただきました。ここに感謝の意を表します。また、鹿島建設の伊藤一宏氏には、多大な援助とご指導を賜りました。ここに厚くお礼申し上げます。さらに、学部四年の増田大斗君にはシステム構築の面で共に研究を推進してもらいました。本論文は以上の皆様方の絶大なるご支援、ご協力なくしては、成り立つことはできませんでした。ここに深く感謝いたします。

最後に、終始支援をしてくれた家族にも深く感謝をいたします。

参考文献

- 1) 厳 網林・友松貴志：情報環境での景観デザインにむけて - - “景観スタジオ”の構築，第21回土木情報システム講演集，pp.133-136.1996.
- 2) 兎 成浩・福田知弘・草間晴幸・笹田剛史：橋梁環境デザインにおけるVRMLの利用，土木情報システム論文集，Vol.5pp.91-98.1996.
- 3) 萩原豊・渡辺成子・楨良人：VRMLとJAVAによる分散景観シュミレーション，第22回土木情報システム講演集，pp.167-170,1997.
- 4) 榊原和彦・細野高宏：地域景観シュミレーショ

- ン・データベース・システムの強調設計への利用に関する研究, 第23回土木情報システム講演集, pp.47-50,1998.
- 5) 森川直洋・浜嶋敏一郎：B-ISDNによる遠隔協調設計支援システムの高度化実験, 第23回土木情報システム講演集, pp.129-132,1998.
 - 6) 三上市蔵・田中成典・窪田諭：鋼道路橋設計情報に関するAP203とVRMLのトランスレータの基礎的研究, 土木情報システム論文集, Vol.8,pp.73-80,1999.
 - 7) 三上市蔵・田中成典・石井由美子：部材CGライブラリを用いた橋梁設計CGシステムに関する基礎的研究, 第24回土木情報システム講演集, pp.165-168,1999.
 - 8) 石倉正英・エリック クルーズ, 青野利夫：Java, VRMLを利用したリモート数値解析システムの開発, 第22回土木情報システム論文集, pp.187-190,1997.
 - 9) 高橋宏直・吉村藤謙・重松文治・石川義秀：データコミュニケーションによる海上工事施工管理システム構築, 土木情報システム論文集, Vol.7,pp.73-80,1998.
 - 10) 三上市蔵・田中成典・石井由美子：三次元モデルライブラリを利用した点検・補修履歴の管理システム, 第25回土木情報システム講演集, pp.21-24,2000.
 - 11) Han,C.,Kunz,J.and Law,k. : Client/Server Framework For On-Line Building Code Checking, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE,Vol.12,No.4,pp.181-194,1998.10
 - 12) Han,C.,Kunz,J.and Law,k.: Building Design Services in a Distributed Architecture , *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE,Vol.13,No.1,pp.12-22,1999.1
 - 13) Fruchter,R . : A/E/C Teamwork: A Collaborative Design AND Learning Space, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE,Vol.13,No.4,pp.261-269,1999.10
 - 14) GeoVRML: <http://geovrml.org/>
 - 15)VRML External Authoring Interface specifications,1997:<http://vrml.org/WorkingGroups/vrml-eai/>
 - 16) VRML Standard Version 2.0, ISO/IEC CD 14772,1996: <http://vrml.org/VRML2.0/>
 - 17) Web3D Consortium: <http://www.web3d.org/>
 - 18) VRML Specification: <http://www.nk-exa.co.jp/~andoh/vrml/spec/>
 - 19) VRML programming for the Matrix System http://vienna.eas.asu.edu/~mercator/documentation/matrix_1.html

BUILDING OF THE COOPERATION DESIGN SUPPORT SYSTEM WHICH IT MADE USE OF VRML FOR

Masaya SAITO supervised by Masaru MINAGAWA

Conventional methods to present design information have some limitations in case that they are employed to collaborate for design modifications among engineers at distant places. The author proposes the new method which the multi-user system unifying VRML and JAVA is used for. First, VRML data are made in this method from the three-dimensional design data. Next, the people concerned do cooperation work by using this VRML in the virtual space. That result is reflected directly to design data at the end. A prototype based on this method was developed. It was shown that this system was effective in the promotion of the cooperation design through the concrete design case.