

1-13 橋梁環境デザインにおける VRML の利用

VRML Use in Bridge Environmental Design

○禹 成浩* 福田知弘** 草間晴幸*** 笹田剛史****
 Sungho WOO Tomohiro FUKUDA Haruyuki KUSAMA Tsuyoshi SASADA

【妙録】 WWW(World Wide Web)上に存在する様々なリソースを総合的に扱うことができる URL(Uniformed Resource Locator)、HTML(Hyper Text Markup Language)の開発と同様に、3次元空間モデルの表現が可能な VRML(Virtual Reality Modeling Language)の開発は、ネットワークを通じて土木・建築分野における広域での collaboration をより円滑に促進する可能性がある。本論文では、この VRML を利用して WWW 上における橋梁データベースを構築し、時・空間的にシームレスなシステム環境を開発する手法について報告する。さらに、橋梁環境デザインのケーススタディーを通じ、構築されたデザインシステムの有効性について検討する。

【ABSTRACT】 The URL(Uniformed Resource Locator) and HTML(Hyper Text Markup Language) are able to make usage of resources on WWW. The development of VRML which is capable of simulating 3 dimensional space leads to the networked collaboration in civil and architectural fields in the distributed environment. In this paper, the seamless system environment which is developed on WWW in the base of the bridge database established by using VRML is reported. The applicability of the design system is made clear through a case study of the bridge environmental design.

【キーワード】 ワールドワイドウェブ、バーチャルリアリティランゲージ、コモンゲートインターフェイス、仮想空間

【Key Word】 WWW、VRML、CGI、Virtual Space

1. はじめに

コミュニケーションの media として最近のコンピュータが果たす役割は、CSCW(Computer-Supported Collaborative Work)を促進させ、グループウェアの機能を進展させるだけではなく、離れているユーザがインタラクティブに情報を共有するコミュニケーションのための仮想的空間を提供することである。また、ネットワーク上に存在する様々なリソースを

効率的に扱うために開発された URL(Uniformed Resource Locator)と HTML(Hyper Text Markup Language)は、Hypermedia の様々なブラウザを開発すると共に、インタネット上で協調活動を行うために、分散されたデータ、アプリケーション、マシンパワーを自由に利用できる環境を提供する。土木・建築計画に関わる設計プロジェクトを遂行する

-
- * 大阪大学 大学院工学研究科 環境工学専攻 博士後期課程
 - ** 松下電工株式会社 パーチャルシステム技術開発室
 - *** 大阪大学 大学院工学研究科 環境工学専攻 助教授 工博
 - **** 大阪大学 大学院工学研究科 環境工学専攻 教授 工博

場合、コンピュータ技術やネットワーク技術を利用して協調活動を円滑に行なうためには、離れた場所にいる計画関係者が、ネットワーク上のシームレスな環境で意見を交換しながら計画検討できる事が望ましい。状況によっては、ユーザがオーサリング・ツールを操作しながら計画を検討し、エージェント・ツールを利用して検討結果や変更内容を記録でき、その履歴が自動的に保存される機能も必要となる。

本論文では、橋梁環境デザインのプロセスにおいて、設計関係者が必要とする際にいつでも橋梁データが提供できるデータベースを Web 上に構築する手法について言及する。また、橋梁の種類が決定された後、そのデータを仮想空間に取り込み、橋梁環境デザインのレビューを Web 上で行うが、多数の組織によって進められる協調設計において通常利用される VRML(Virtual Reality Modeling Language) の概念を使うため、その概念とそれによって構築されたデザインシステムについても説明する。その後、実証研究を通じ、本研究で構築されたデザインシステムの有効性について検討する。

2. VRMLについて

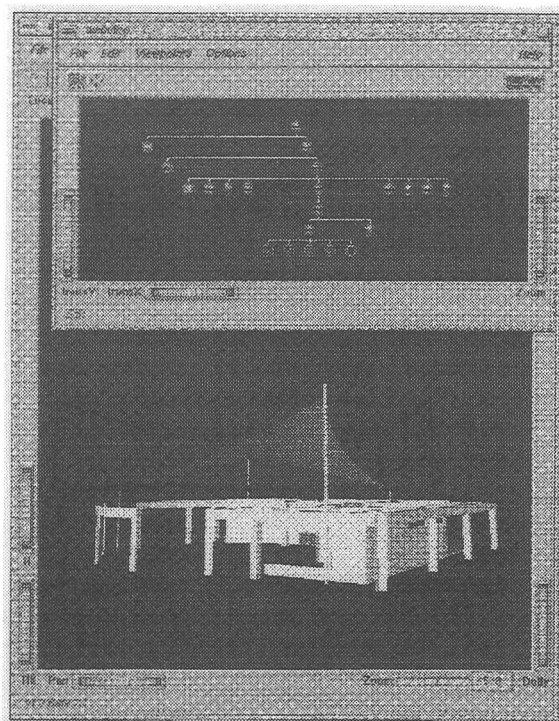
VRML はインターネットの分散型ハイパーテキストシステム WWW(World Wide Web)を利用して、3次元グラフィックス情報をハイパーテキスト化するための言語である。これを用いることにより、3次元グラフィックスオブジェクトの情報をリンクによって参照することができ、また、従来の HTML 文書から3次元グラフィックス情報を参照することもできる。さらに、VRML形式のデータを表示できる WWW ブラウザを用いることで、従来のリンク参照による情報のブラウジング以外に、3次元グラフィックス情報のウォークスルーによるブラウジングが可能になる。

VRMLは、既存の3次元グラフィックスデータフォーマットの拡張という形式で定義されており、すてに、DXFデータフォーマットなどの既存のCADソフトウェアの出力形式のデータをVRMLフォーマットに変換するソフトウェアも整備されている。土木・

建築設計などで作成されたCADデータをVRML形式に変換することで、WWWによる情報発信や情報検索が可能となる。オブジェクト指向的なVRMLデータは、ノードとフィールドによって構成される。フィールドは、ノードのためのパラメータである。ノードは大別すると三つ(シェイプ、プロパティ、グループ)に分けられる。シェイプ・ノードは実際に何かを描くためのノード、プロパティノードは形を描く方法に影響し、グループノードは他のノードを集めてノードの集合体を一つのオブジェクトと見なすことが可能にする。グループノードはその子ノードを描くかどうかのコントロールができる。ノード情報は順序づけられて記述され、この順序が描画に影響する。

3. VRMLを用いたWeb上のデータベース

Web上でVRMLデータ形式によるデータベースを作成する。インターネット上で公開されているオーサリング・ツールを利用し、色・材質等の属性データまたは形状データを可視的に編集する(図1)。リストサーバ構成のオブジェクトであるこのデータは



(図1) VRMLデータの作成と修正

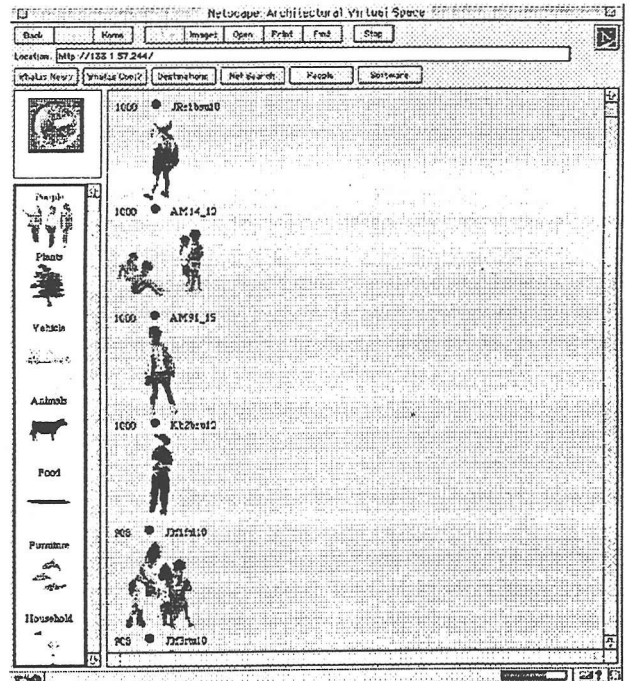
Web上のロケーションをリストサーバに知らせる。

3.1 リストサーバ

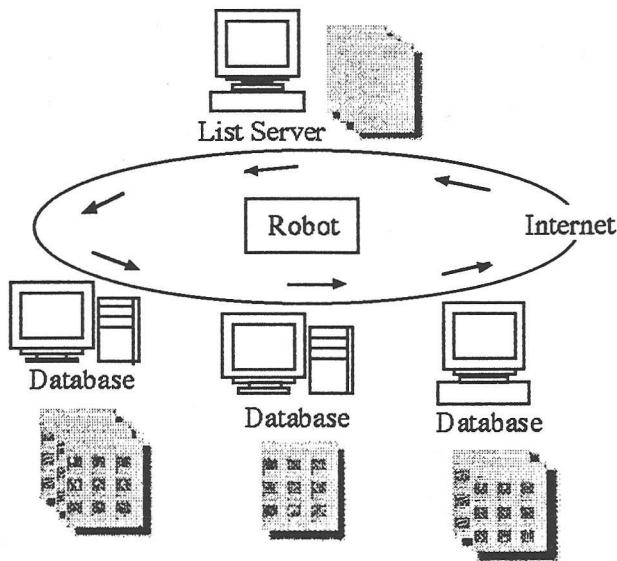
Web上で分散されたデータはリストサーバによって、周期的にリストアップされる。すなわち、リストサーバ側のリスト更新のために、Web上の分散されたデータのリストをチェックする Robot が存在する。その Robot は周期的に Web上を回りながら、各データベースから新しいリストの情報（各オブジェクトのロケーション・アドレス）を集めてリストサーバのリスト情報を更新する。それにより、ユーザ側からいつでもリストサーバに入り、アイコンによって表現されたオブジェクトを利用することができる。ユーザはサーチエンジンなどのデータ検索機能を用い、選択したオブジェクトのアイコンをクリックすることにより、Web上で分散されたデータベースからオブジェクトをダウンロードすることが可能となる(図2)。

必要に応じたキーワード検索により、リストサーバから検索されたデータがアイコン化され、整理される。そのアイコンパレットは parts box と呼ばれる。

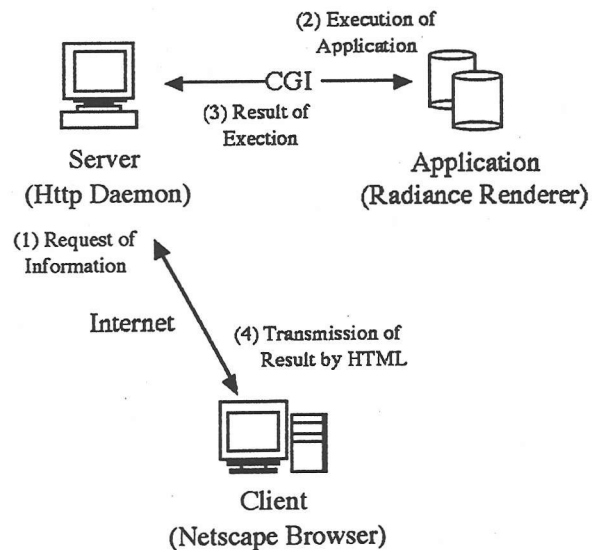
クトの behavior を定義するマクロは Java により作られ、自分のインタフェースウィンドウを持っている(図3)。



(図3) parts box



(図2) リストサーバ



(図4) CGIの概念

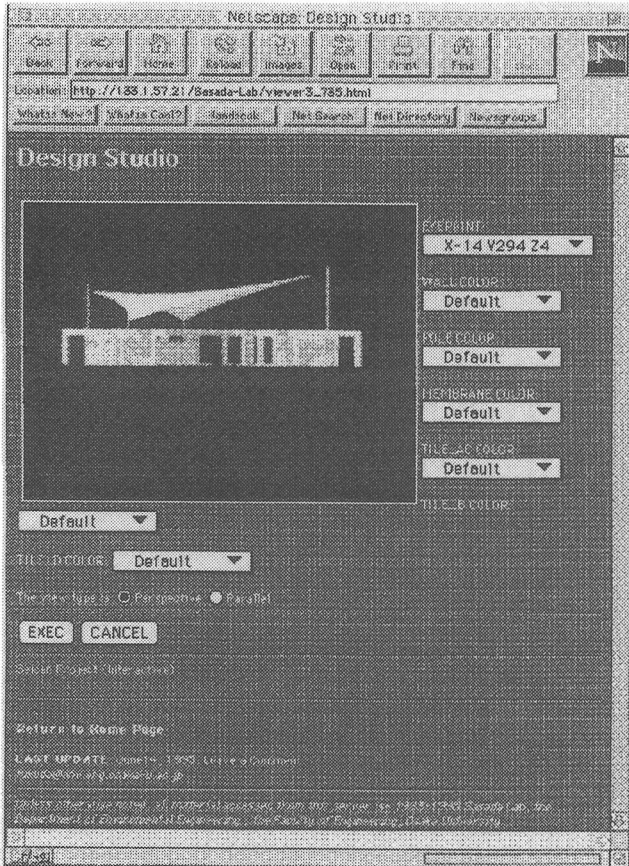
3.2 Parts Box

各カテゴリあるいはユーザのキーワード検索によって構成された parts box では、オブジェクト・データとマクロが整理されている。仮想空間でオブジェ

3.3 CGI

CGI(Common Gateway Interface)とは HTTP(Hyper Text Transfer Protocol)サーバを立ち上げて、Web上のブラウザから Webの外部アプリケー

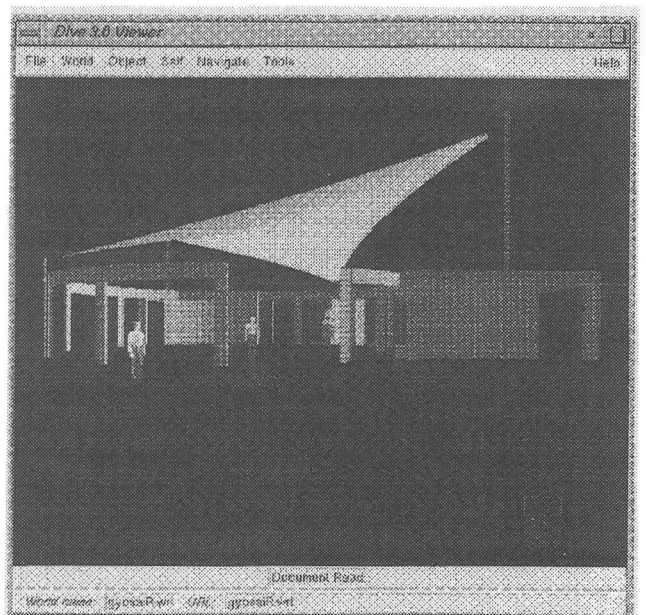
ションを実行するためのインタフェースである。すなわち、Web 上のブラウザから、クライアントの情報に関する要求を受け取って、アプリケーションを起動し、その結果を HTML(Hyper Text Markup Language)に変換してクライアントに転送するゲートウェイの役割をする(図4)。Radiance というレンダラーを用いて Web 上でレンダリングし、さらにその結果をダウンロードできる(図5)。



(図5) CGIによりRadianceの利用

形式によって構成されている。そのVRMLデータはWeb上の他のVRMLデータとリンクが可能になり、世界中の任意の仮想空間と連結される。さらにWWWブラウザ上でURLの指定も可能になっており、テキストデータ、画像データ、映像データ、音声データの利用できる。

ユーザは3D空間をナビゲーションし、そして、周辺のユーザとアプリケーションを見、また、会い、協調した作業が可能になる。共有仮想空間に参加者はactorとして呼ばれる。それはユーザ或いはアプリケーション・プロセスである。actorは、動きの認識を分かりやすくするために仮想空間で歩き回るavatar(化身)により代表される(図6)。



(図6) VRMLによる仮想空間とavatar

3.4 VRMLを用いたマルチユーザの仮想空間

デザイン、デザイン・レビュー、プレゼンテーションが同時に行われる仮想空間は、VRMLを用いて、共有仮想空間と私的仮想空間から構成されている。

共有仮想空間はマルチ・ユーザがインターネット上でネットワークされた同一空間で相互作用が可能な環境である。共有仮想空間の仕組は集中されたサーバは必要ではなく、IP multicastを用いたpeer-to-peerの方式をベースとして使っている。そこで、multicastにより参加者が対話する。

共有仮想空間のデータはWeb上でVRMLデータ

4. ケーススタディ

VRMLを利用して橋梁データベース、検索システム、橋梁諸元ページの自動作成ページシステムを構築し、最終的にA橋梁の仮想空間を構成する。構築されたデザインシステムによって、A橋梁の環境デザインのデザインレビューが行われる。

4.1 橋梁データベースの構築

橋梁の既存事例を参照するためにデータベースが構築され、さらにデータベース検索システムおよび

管理システムが構築される。

データベースの構築方法として、Hewlett Packard のワークステーション上に、それぞれの事例を橋の分類法によって、橋の用途、材料、路面の位置、構造という 4 つのフィルタで分類した。橋の用途の分類については、Railway (鉄道橋)、Waterway (水路橋)、Road (一般道路橋)、Car (自動車専用)、Pede (歩道橋) というディレクトリをそれぞれ作成して分類した。更に橋の材料、路面の位置、構造を分類するため、それぞれのディレクトリの下に 3 桁の数字を持つディレクトリを作成し、各々の画像を分類して登録した。例えば鋼橋・中路橋・アーチである橋は、123 のディレクトリの中に登録される。このようにして、プロジェクト期間中に登録した橋梁データベースは250例に上る。

4.2 橋梁データベース検索システムの構築

データベース検索システムは、インターフェースとして WWW のフォーム機能を使用した。検索したい項目を選択してプログラムを実行すると、CGI を通して「Search」が起動し、検索した結果を再び HTML として表示し、さらにそれぞれの事例について諸元のページにリンクを張るというシステムである。

橋梁データベース検索システムのプロセスの流れは以下に示す 4 つの部分に分けることができる。

(図 7.1) (図 7.2) (図 7.3)

(1) 用途の選択 (Bridge.html)

WWW ブラウザを用いて、Bridge.html に検索したい橋梁の用途を設定する。

(2) 材料、路面の位置、構造の選択 (Search.html)

材料、路面の位置、構造を選択し、「検索」ボタンをクリックする。特に選択したい項目がない場合は、「どれでもよい」を選択する。

(3) データ転送および CGI による外部プログラムの起動

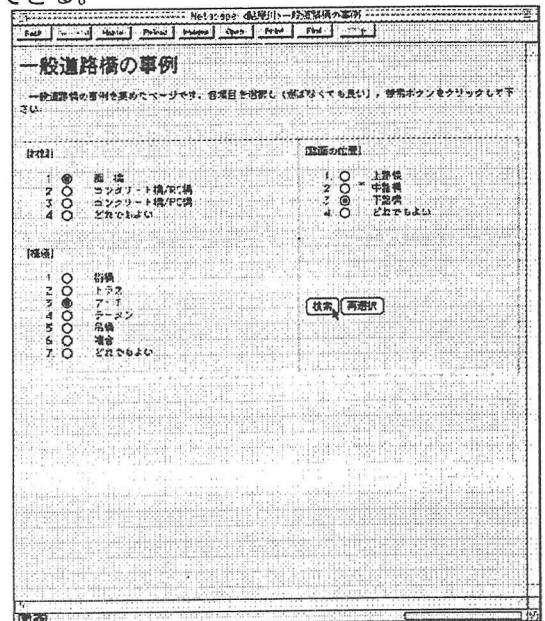
ネットワークを通じて入力された材料、路面の位置、構造の情報 (以下情報と略す) が WWW サーバーに転送される。WWW サーバーは、CGI を通じて情報の供給と同時に外部プログラム「Search」を起動させる。

(4) 「Search」

「Search」は入力された情報を元に、橋梁データベースの中から一致するデータを取り出して、再び WWW 上に表示する。

(5) ブラウジング

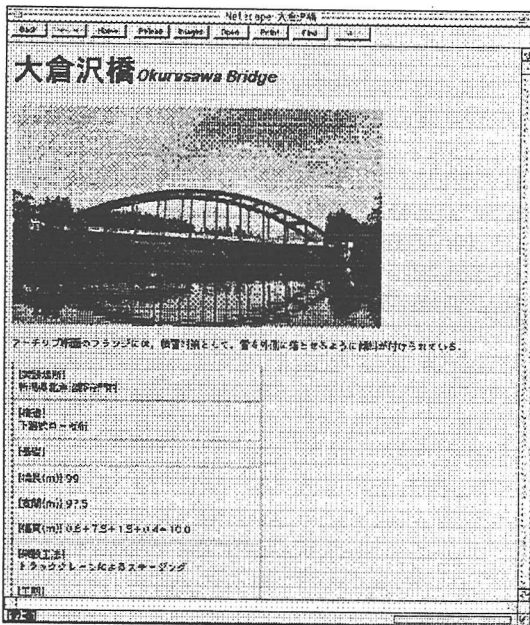
デザイナーは、表示された検索結果から「画像と諸元」をクリックすることにより、橋梁諸元のファイルにリンクされ、詳しい諸元情報を参照することができる。



(図 7.1) 橋梁データベース検索システムの構成 (1)



(図 7.2) 橋梁データベース検索システムの構成 (2)



(図 7.3) 橋梁データベース検索システムの構成 (3)

4.3 橋梁諸元ページの自動作成システムの構築

橋梁のデータベースは現在 250 例あり、その 1 例 1 例に諸元のページを作成している。このデータベースは本プロジェクトだけでなく、今後も使用されるべきであり、新たなデータを登録していき、イメージに近い先進事例を瞬時に検索できなければ、快適なデータベースとは言えない。このようにデータベースは一度構築して終わりではなく、継続して使用されることが望ましいが、現実には使われなくなってしまうことが多い。これはデータベースを構築する際に、データベースの維持・管理について考慮していないために、データベースのメンテナンスができなくなっているためであると考えられる。

そこで、著者らの研究室(以下研究室)では橋梁のデータベースを構築する際に、橋梁諸元のデータベースを作成するシステムも構築した。これは、インターフェースとしてWWWのフォーム機能を利用し、工法やスパンといった各諸元の項目と、ファイルのセーブ先を記述すると、CGIを通して諸元ページ作成のためのプログラムを起動させ、諸元のHTMLを自動的に作成するというシステムである。

研究室では、このシステムをプロジェクト終了後も継続的に利用し、橋梁のデータベース作成を随時行っている。

橋梁諸元ページの自動作成システムのプロセスの流れは以下に示す 4 つの部分に分けることができる。(図 8.1) (図 8.2)

(1) 諸元及びセーブ先の入力 (MakeTable.html)

WWW ブラウザを用いて、MakeTable.html に入力したい橋梁諸元およびデータのセーブ先とセーブ名を入力し、「登録」ボタンをクリックする。

(2) データ転送およびCGIによる外部プログラムの起動

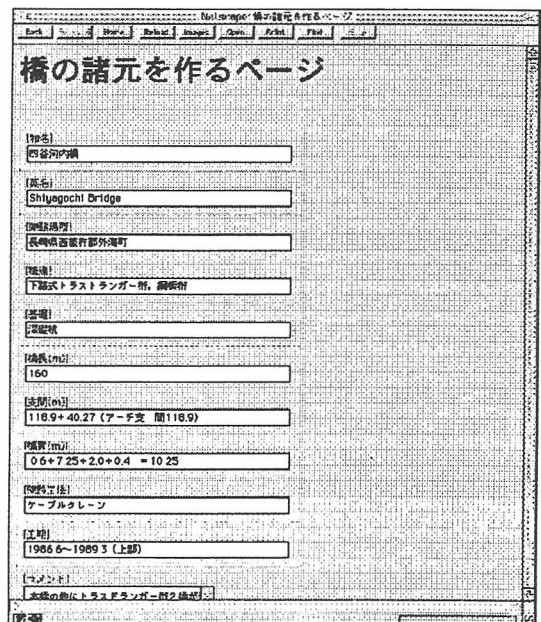
ネットワークを通じて入力された諸元およびセーブ先の情報(以下情報と略す)がWWW サーバーに転送される。WWW サーバーは、CGIを通じて情報と共に外部プログラム「MakeTable」を起動させる。

(3) 「MakeTable」

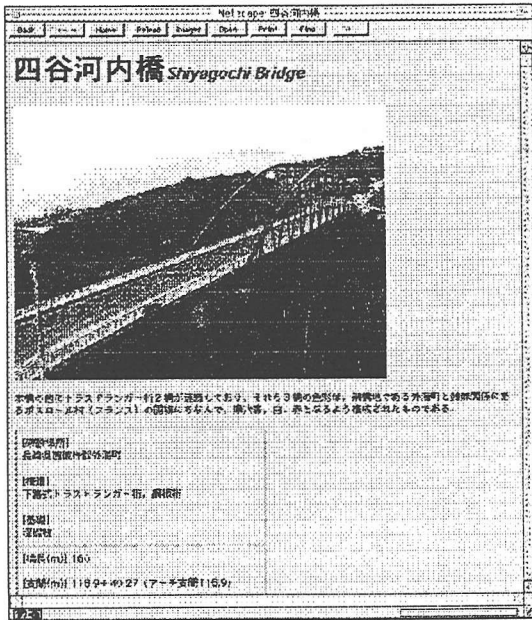
「MakeTable」は、入力された情報からHTMLを作成し、さらに指定先にセーブする。またWWW 上に入力結果として表示する。

(4) 登録完了

クライアントは、表示結果を見て諸元ページが作成されたことを確認する。



(図 8.1) 橋梁諸元ページの自動作成ページシステム (1)



(図 8.2) 橋梁諸元ページの自動作成ページシステム (2)

4.4 A 橋梁の仮想空間

VRMLを利用してA橋梁の仮想空間を構築する。これは、VRMLフォーマットのデータで3次元世界を構築し、WebSpaceなどのVRMLブラウザでブラウジングするReviewerである。しかしVRMLブラウザの性能の限界から、現在ではブラウジングできるデータ量が限られているため、レビューの段階に応じて扱うデータを変更する必要がある。さらに使用できるVRMLブラウザも、データ量の関係よりSGIのWebSpaceに限られている。そこで本システムでは、橋梁の形状や構造などのマクロな視点から検討する場合と、橋梁の部材などのディテールの検討をする場合の2種類のメニューで構成している。

マクロな視点から検討する場合には、様々な形状の橋梁モデルがメニューとして用意され、モデルを選択することによって、自動的に周辺環境まで含めたVRMLデータの3次元世界が構築される。この場合、周辺環境との関係性を検討することを想定しており、周辺モデルは先山を含めた5km四方の地形を作成している。クライアントは、あらかじめ設定された視点場から先山との関係や、A橋梁との関係を検討することができ、必要に応じてウォークスルーすることもできる。

また、ディテールの検討をする場合には、橋のモ

デルと街灯のモデルがメニューとして用意され、それぞれのモデルを選択することによって、同様に3次元世界が構築される。この場合は、周辺地形は500m四方の地形を用意し、データ量の大きいディテールのデータを使用しても、スムーズにウォークスルーできるシステムである。

このシステムでは、街灯や高欄などの検討を行うために、街灯や高欄のデータベースにリンクが張られており、クライアントはデータベースの中から、検討したいデータを次々に差し替えて3次元世界の中で検討を進めることができる。

Virtual A 橋 (マクロな検討) のプロセスの流れは以下に示す4つの部分に分けることができる。

(1) 橋梁モデルのタイプの選択 (Virtual.html)

WWWブラウザを用いて、Virtual.htmlで橋梁モデルの選択をする。

(2) データ転送およびCGIによる外部プログラムの起動

ネットワークを通じて入力された橋梁モデルの情報 (以下情報と略す) がWWWサーバーに転送される。WWWサーバーは、CGIを通じて情報と共に外部プログラム「Virtual1」を起動させる。

(3) 「Virtual1」

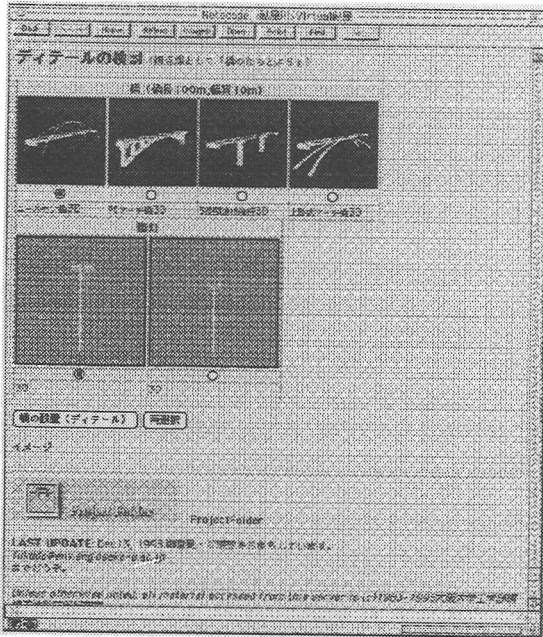
「Virtual1」は、先山も含めた広範囲な周辺モデルのVRMLファイルに、橋梁モデルのVRMLファイルをWWWInlineとして記述し、VRMLファイルを作成する。

(4) ブラウジング

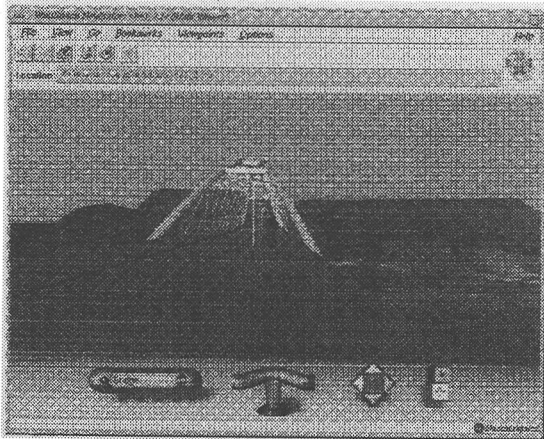
WWWブラウザは、ヘルパーアプリケーションとしてあらかじめ設定しておいた、VRMLブラウザを起動させることにより、クライアントはVirtual A橋をブラウジングすることができる。ディテールの検討の際には、橋梁モデルと街灯モデルを選択して、同様のプロセスを行う。(図9.1) (図9.2)

5. おわりに

本論文では、WWWの提供するハイパーテキスト空間を人間にとって自然な3次元空間モデルによって表現し、3次元空間内での仮想的なブラウジングという新しいユーザインタフェースを実現するため



(図9.1) A橋の仮想空間 (1)



(図9.2) A橋の仮想空間 (2)

に開発された VRML を用いて橋梁環境デザインに適用した。

橋梁環境デザインのために、橋梁データベースと検索システム、橋梁諸元ページの自動作成システムを構築して最終的にはA橋梁の仮想空間を構築した。構成された仮想空間によって、A橋梁の橋梁環境デザインのデザインレビューが行われた。

本研究を通じて従来のローカル的なデータベースあるいはデザインツールから Web 上で公開された広域デザインシステム環境により、離れている設計関係者が同一時間で作業が進まれる、時・空間的にシームレスなシステム環境が可能になった。さらに

A 橋梁基本設計の橋梁環境デザインを通じてデザインシステムの有効性を明らかにした。

6. 今後の課題

Internet 上で、Mailing List による議論を活用して非常に短期間で仕様の検討、プロポーザルの提出からプロトタイプが作成された VRML は、各分野の要求を満たすために研究が進められている。筆者らのグループも VRML の基本機能以外に時間軸の追加、CGI による Radiance のレンダラとは運動などを実現した。しかし橋梁環境デザインシステムの効率的な運営のためには次のような今後の課題が上げられる。

- (1) 大容量のデータの効率的な運用
- (2) Java applet の仮想空間への取り込むことにより橋梁の構造解析と構造シミュレーションの実現
- (3) Agent System による設計過程の記録及び変更データの自動整理。

参考文献

- (1) 「Architectural Virtual Space in Design Education」 Sungho Woo, Yoshihide Takenaka, Tsuyoshi Sasada, CAADRIA '96, 1996
- (2) 「Computer Graphics as a Communication Medium in the Design Process」 Tsuyoshi Sasada, Computer-Aided Architectural Design Futures '95, 6th International Conference, 1995
- (3) 「プロジェクト遂行における協調活動支援システムの研究(2)」 禹 成浩、加賀有津子、Claude Comair、笹田剛史、日本建築学会第 18 回情報システム利用技術シンポジウム論文集、pp157-162、1995
- (4) 「協調設計におけるコンポーネント・設計システムに関する研究」 禹 成浩、大阪大学修士論文、1995
- (5) 「The VRML Forum」 <http://vrml.wired.com/>
- (6) 「The Common Gateway Interface」 <http://hoohoo.ncsa.uiuc.edu/cgi/>
- (7) 「City of Bits」 William J. Mitchell, 1995
- (8) 「インターネット上に VR 空間を構築する VRML」 NIKKEI COMPUTER GRAPHICS 1995.11
- (9) 「ネットワークに構築進む 3 次元 CG 仮想都市」 NIKKEI ELECTRONICS, 1995.6