The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	計画・設計のためのネットワーク型協調活動支援システムの研究
Author(s)	加賀, 有津子
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3118102
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

計画・設計のための
ネットワーク型協調活動支援システムの研究

1996

加 賀 有 津 子

まえがき

本研究は、建築・都市開発プロジェクトにおける計画・設計のためのネットワーク型協調活動支援システムをあつかったものである。

第１章では、建築・都市開発プロジェクトの計画・設計段階における協調活動の定義と特徴を示し、協調活動のなかで特に着目すべき活動を明らかにすることを試みる。つづいて協調活動に関する既往の研究アプローチを整理し、本研究のアプローチと目的とを明らかにする。

第２章では、これまで筆者が研究メンバーとして携わった一連の計画・設計支援システムに関する研究を、問題点とその解決の流れに着目して整理する。つづいて、一連の研究によって次々に解消された問題の中でもまだ残されている問題として、空間・時間のシームの問題とリソースの問題とに着目し、その解決に至る道を発見することを試みる。

第３章では、第２章で考察した問題の解決方針に沿って、問題を解決する技術が備えるべき条件と、それに関連するキー・テクノロジーについて、主として3次元モデルとCG技術、及びネットワーク技術、さらに両者の融合によって開発された新たな技術を考察する。

第４章では、第３章で考察した、問題を解決する技術が備えるべき条件とそれに関連するキー・テクノロジーに基づいて具体的なシステム構築を試みる。そして、本研究が提示し、実際に構築したネットワーク型協調活動支援システムによって可能になった協調活動について考察し、このシステムによる支援が従前の計画・設計活動をいかに変えるかについて示す。

第５章では、得られた結論と今後の課題を述べる。

本研究をまとめるにあたって、社会人である著者を大阪大学工学研究科博士後期課程に受け入れていただき、その研究の全体にわたり暖かいご指導、ご鞭撻をいただいた大阪大学工学部笹田剛史教授に深く謝意を表したい。本研究をまとめるに際して、大阪大学工学部東孝光教授、鳴海邦碩教授には、適切な御助言とご支援を賜った。心より謝意を表したい。また、本研究に対して適切なご助言とご指導をいただいた大阪大学工学部草間晴幸助教授、佐藤不二男助手、京都大学工学部川崎寧史助手、熊本大学工学部両角光男教授、神戸大学工学部田中克己教授に心よりお礼を申し上げたい。大阪大学工学部環境工学科第２講座において研究活動をともにしてきた大学院生、学部学生や研究生の諸氏、先輩方には、心よりお礼を申し上げたい。

阪急電鉄株式会社菅井基裕代表取締役社長には、本研究遂行にあたって数々の便宜を図っていただいただけでなく、心強いご支援を賜った。厚くお礼を申し上げたい。さらに阪急電鉄株式会社岡本利一常務取締役、難波伸太郎経営政策室長には、研究方法へのご理解とご援助をいただき、心よりお礼を申し上げる。またいつも暖かいご声援をいただいた文化・技術研究所の諸姉諸兄、都市開発部の諸姉諸兄に心より深く感謝する。

目　次

まえがき

第１章　研究の背景と目的
1.1　建築・都市開発プロジェクトの計画・設計における協調活動　・・・・・・・・　3
1.1.1　協調活動の定義　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3
1.1.2　協調活動の特徴　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4
1.1.3　協調活動への参画　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　5
1.1.4　協調活動におけるコミュニケーション　・・・・・・・・・・・・・・・・・　6
1.2　既往の研究の整理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　7
1.2.1　計画・設計手法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　7
1.2.2　協調活動支援　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　7
1.3　本研究のアプローチと目的　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１０
1.3.1　計画・設計のコンピュータ支援における既往の研究アプローチ　・・・・・　１０
1.3.2　Open Design Environment　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１０
1.3.3　支援の対象からみた本研究のアプローチ　・・・・・・・・・・・・・・・・　１１
1.3.4　研究の目的　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１３

第２章　コミュニケーションに着目したこれまでの計画・設計支援システム
2.1　プレゼンテーションの支援　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　１７
2.2　プレゼンテーションの支援における2つの問題　・・・・・・・・・・・・・・・　１９
2.3　イニシアティブの問題の解決策　ーデザイン・レビューの支援ー　・・・・・・　２０
2.4　デザイン・レビューの支援の実証研究　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２１
2.4.1　計画・設計の背景　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２１
2.4.2　方法と経過　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２１
2.4.3　実証研究の考察　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２２
2.5　タイミングの問題の解決策　ーデザインの支援ー　・・・・・・・・・・・・・　２４
2.6　イニシアティブの問題とタイミングの問題との解決策　ー協調活動の支援ー・　２５
2.7　協調活動の支援の実証研究　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２６
2.7.1　計画・設計の背景　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２６
2.7.2　方法と経過　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２６
2.7.3　実証研究の考察　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　２７
2.8　これまでの支援システムの問題点とその解決指針　・・・・・・・・・・・・・　３０

第３章　問題を解決する技術が備えるべき条件とキー・テクノロジー
3.1　空間・時間のシームの問題を解決する条件　ー3次元モデルとそのブラウザとのネッ

トワークへの対応ー ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 33
3.2 リソースの問題を解決する条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34
3.2.1 統一されたGraphical User Interface ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34
3.2.2 オブジェクト指向 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34
3.2.3 ハイパーメディアによる情報の交換 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 34
3.2.4 機種に依存しないオープンシステム ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35
3.2.5 分散処理とリソースの共有 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 35
3.3 ネットワーク技術に関するキー・テクノロジー ・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
3.3.1 LAN ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
3.3.2 インターネット ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
3.4 ネットワーク技術とCG技術とを融合したキー・テクノロジー ・・・・・・・・・ 39
3.4.1 World Wide Web ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
3.4.2 VRMLとVRMLブラウザ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41
3.4.3 QuickDraw3DとQuickDraw3Dブラウザ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42
3.4.4 QuickTimeVR ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 42
3.4.5 Java/HotJava ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 43

第4章 ネットワーク型協調活動支援システムの構築
4.1 システム運用のための基盤整備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
4.1.1 コンピュータ・ネットワークの整備 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
4.1.2 計画・設計情報のデジタル化 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 47
4.2 ネットワーク化に対応するための手段 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49
4.2.1 分散した情報の取扱い ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49
4.2.2 守秘の必要な情報の取扱い ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49
4.3 システムを利用した計画・設計への参画 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 51
4.4 システムの機能 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52
4.4.1 情報の掲載 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52
4.4.2 情報のブラウジング ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 58
4.4.3 情報の登録と検索 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 66
4.4.4 情報の交換 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 69

第5章 結論及び今後の課題
5.1 結論 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 77
5.2 今後の課題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 79

参考文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 81

第１章

研究の背景と目的

本章では本研究の背景と目的とについて述べる。まず建築・都市開発プロジェクトの計画・設計段階における協調活動の定義と特徴を示し、参加者の協調活動への参画の程度によって協調活動を分類する。つづいて既往の研究を整理した上で本研究のアプローチを明らかにし、本研究の目的を述べる。

1.1 建築・都市開発プロジェクトの計画・設計における協調活動

近年の社会的・経済的ニーズによって、建築・都市開発プロジェクトに対する投資規模は飛躍的に増大し、多目的で複合化した建築・都市開発プロジェクトが増加している。そのうえ高度情報化や地球規模の環境への関心の高まりなど社会的背景の変化に応じて、建築・都市開発プロジェクトをとりまく状況にも大きな変化が見られる。その変化の中には、専門家のみならず専門性を持たない人々も建築・都市の創造に参画し、それが一般化している事実がある。日本建築学会(1981)は、このような変化を次のように整理している。

「建築設計をとりまく状況を、今日的に捉えてみると、設計者の関与する検討範囲が、幾つかの側面で大きく変化してきていることがわかる。(中略)これに関与する人々は建築の設計者だけでなく、都市計画、植栽、エネルギープラント、排水処理、防災などの専門家、その他その建物特有の機能に関連した専門家の参加が必要で、これを欠いては、今日的な社会的ニーズにこたえることはむずかしい。このように、各専門分野の人びとが参加した設計チームに加えて、発注者側の組織、利用者側の組織、住民組織の参加が要請される場合もあり、複数の人びとの集まり・組織、それらの組織が集まった組織といった複雑なネットワークのなかで、設計をすすめてゆかなければならない。しかもこうした状況は、特殊な例に限らず、一般化していく傾向にあり、そこでは、建物を設計するという行為以外に、その設計に参加する人や組織を、どのように位置づけ、オーガナイズするかというように、いわば人を対象とした設計行為が考えられる。」

本節では、このような建築・都市開発プロジェクトを取り巻く社会的状況の変化を踏まえて、本研究の目的を明らかにするために、プロジェクトの計画・設計段階における協調活動の定義や特徴を考察する。

1.1.1 協調活動の定義

すでに述べたように、計画・設計に対する計画・設計活動への非専門家の参画は、今や一般に広く行われるようになった(図1-1-1)。このような事実は、Caudill(1987)が述べているような「建築という意味から言えば、ほとんどどんな建物も公共の領域に属すものである」という建築と公共との関係性についての認識や、また笹田(1995a)が述べた「公共的、社会的な設計で公共性を担保するもののひとつは関係者の合意である」といった認識のもとで起きていると考えられる。これらを言い換えれば、公共性や社会性を持つ建築や都市の創造には、計画・設計に対する、専門家や非専門家による広範な関係者間の合意形成が必然となってきた、といえる。そのような認識を踏まえて、計画・設計における協調活動を捉えると次のようなプロセスになる(加賀他, 1992a)。

まず協調活動メンバーは、様々な計画・設計情報から計画・設計イメージを生起して、互い

に共有する。次に、メンバーからお互いの意見、知識やアイデアを結集する。このような知見の結集は、共同作業、情報交換、ミーティング、グループ発想、過去の経験、教育、人間関係の醸成、専門家の知識、理解しやすいメディアの利用、視点の共有などの方法を組み合わせながら行なわれる(松下他, 1994)。そして計画・設計の抱える問題や課題を発見し、納得や共感という形で合意形成を行う。

ここでは、例にあげたような専門家や非専門家などの様々なメンバーが、互いに計画・設計イメージを共有しながら知見を結集し、合意形成を図ることによって、計画・設計を社会化・公共化するための一連の活動を、計画・設計における協調活動と定義する。

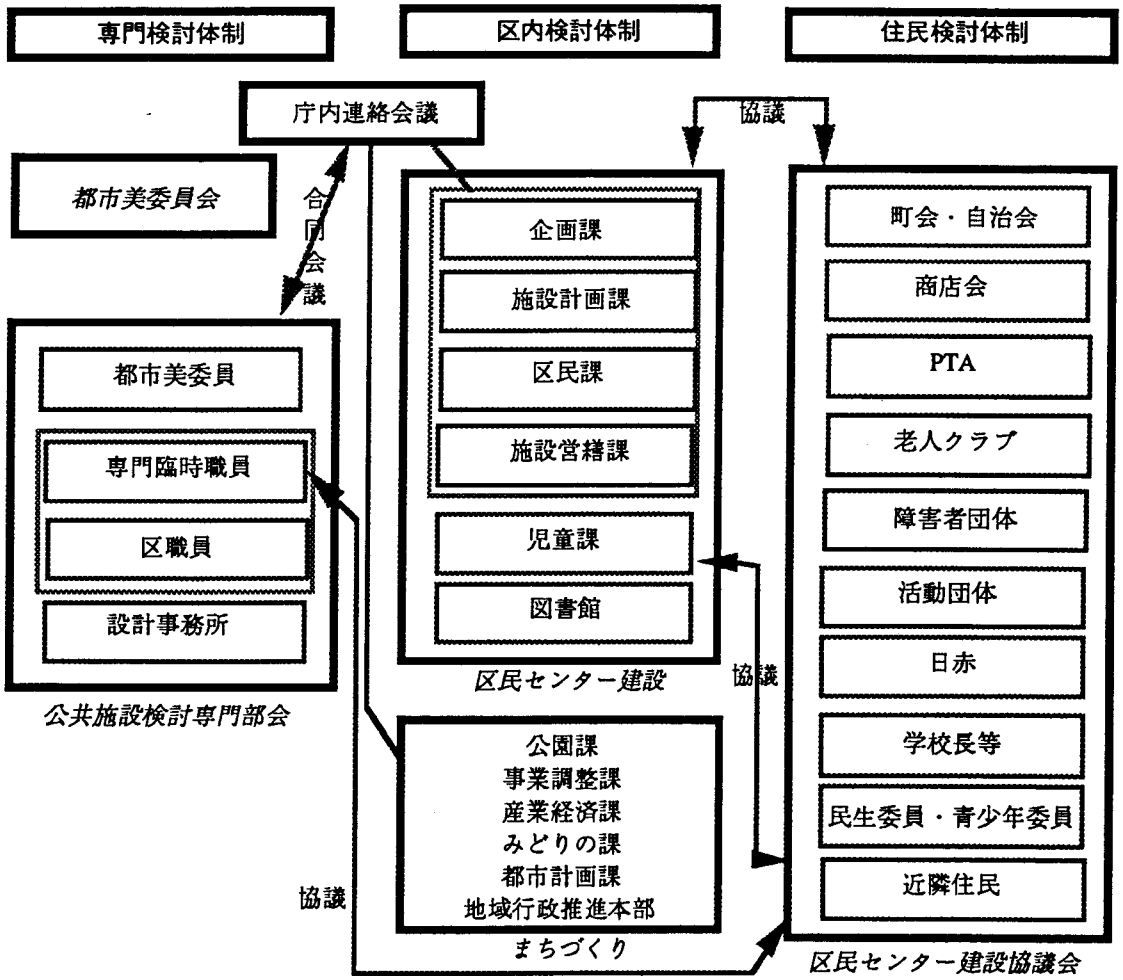


図1-1-1　公共建築の計画・設計における協調活動(世田谷区の場合 (日本建築学会, 1989))

1.1.2　協調活動の特徴

建築・都市開発プロジェクトの計画・設計における協調活動の特徴は、次に示すように大き

く二つに整理できると考えられる。

第一は、既に述べたように建築・都市開発プロジェクトをとりまく社会的な変化に従って、協調活動に関わるメンバーが様々な立場や職能の人々によって構成されるようになったことである。例えば立場ならばデザイナー、クライアント、ユーザ、周辺住民、行政などが、職能ならば意匠、構造、景観、造園、都市計画などが挙げられる。

第二には、クライアント、ユーザ、一般市民など計画・設計に対する専門的な知識を持たない、非専門家の協調活動への参画が一般的になってきていることである。

1.1.3 協調活動への参画

先に述べた協調活動の特徴を明らかにするために、参加者の協調活動への参画程度によって、既往研究を参考にしながら協調活動を次のように五つの段階に分類する(松下他 ,1991b; エンゲルバート他, 1992; 溝口他, 1992)。

第一段階は、コプレゼンス(co-presence)である。これは物理的に複数の人が存在することを表す。なんらかの通信手段がある場合には、離れた場所に人々が存在する状態でもコプレゼンスは実現可能である。

第二段階は、アウェアネス(awareness)である。これはコミュニケーションの対象が何をしているのか、どういう状況にあるのかを認知できる状態を表し、「話す」という意識が存在する中で相手が存在し、話す意志があれば話しかけられる状態ともいえる。

第三段階は、コミュニケーション(communication)である。これは情報のエクスチェンジ、やりとりを行う状態であり、共通の問題を解決するかどうかには関係ない。

第四段階は、コーポレーション(co-operation)である。これは協同で作業を行う状態である。

第五段階が、コラボレーション(collaboration)である。これは協調活動、協同作業、協創の状態であり、ある制約のもとで問題を解決する、何かを想像する、何かを発見するといった欲求をもつ関係である。

以上のような協調活動の参画の程度においては、ゴールに対する共有の度合やコミットの度合は、コプレゼンスからコラボレーションになるに従って大きくなる。そこで計画・設計における協調活動を以上の分類にあてはめてみると次のようになるであろう。まずメンバーが物理的に存在するという段階が、コプレゼンスである。つぎにメンバー同士が情報のやりとりをおこなうために、相手の存在を認識する。これがアウェアネスの状態である。そのような互いの存在の認識と情報交換できる場とがあってはじめて、情報の交換の段階であるコミュニケーションが行われる。検討の内容によっては、協同で検討作業を行うコーポレーションを行う。そしてコラボレーションは、メンバーの互いの意見や主張を理解し、尊重しつつ、合意形成できる段階である。このようなことから、この意思決定に至るコプレゼンスからコーポレーションまでの一連の過程があってはじめてコラボレーションが実現できることがわかる。

ここに見られるように、コラボレーション、つまり協調活動を成立させるためにはそれ以前に一連の過程が必要である。なかでも情報交換を行うコミュニケーションの段階は、その上に成立する協調活動の基礎になるということができ、協調活動の要というべき性質を持っている、といえる。なぜならば、計画・設計への参加者がさまざまな人々によって構成されるようになった結果、特に問題になったのが、参加者相互間でのスムーズな意思疎通だったからである。

1.1.4 協調活動におけるコミュニケーション

コミュニケーションの語源は、ラテン語のcommunis(common to several)にまで遡る。飯塚他(1993)は、コミュニケーションを次のように定義している。「ある人とある人との間を何か(情報)が移動して両者の間に共通の何か(情報)を作り上げていく活動、行為がコミュニケーションである。したがってコミュニケーションが成立するためには、①情報の所有者と②情報の非所有者という両端の間を、③物化した情報が移動しなければならない。その情報、informationとはform(形)のin(中)に入れること、置くことを意味している。無形と考えられるものを、一定の形の中に入れて有形にしたものが情報である。すなわち無形物(意味)と有形物(記号)とを統一したのが情報である。」

以上のコミュニケーションの定義を計画・設計の場合に置き換えてみると、その行為は計画・設計で伝えたい無形物のものを、有形物として伝達するためのメディアを用いて交換することといえる。先に述べたように計画・設計への参加者の範囲が広がった結果、協調活動におけるコミュニケーションには問題が生じた。それぞれの参加者が、それぞれ所属するグループ固有のメディア、用語などを協調活動の場へ持ち込むことになったからであり、それは必ずしも他のグループにとってわかりやすいものではなかったからである。

1.2 既往の研究の整理

本研究の対象、つまり計画・設計のための協調活動支援は、建築・都市開発プロジェクトにおける計画・設計手法の分野とコンピュータ科学の分野との境界領域の問題である。そこで本研究のアプローチを明確にするための既往研究の整理は、境界領域の研究だけでなく、計画・設計手法及びコンピュータ科学における協調活動支援の両分野の研究も対象とすることとした。

1.2.1 計画・設計手法

計画・設計手法に関する研究の中で、計画・設計への参加というアプローチのものをみると、設計主体による設計方法や、設計主体と設計組織などについて分類・整理して論じたものに日本建築学会(1989)などがある。しかし、専門家や非専門家など広範な協調活動に着目した研究としては、次に述べる住民参加によるまちづくりに関する研究などが見られる程度である。

まず、近年の大阪府豊中市や東京都世田谷区など、市民参加・市民主体のまちづくりにとりくむ自治体が増えてきたことを背景として、このようなまちづくりを支援するための方法に関する研究がいくつか見られる(篠崎他, 1989a～b,1992)。しかしその研究の支援の対象は、計画・設計の専門家集団に限られている。

最近になって、非専門家の計画・設計への参加を促すアプローチの研究として、非専門家の思考を助けるための、イメージを想起させる連想語のような共通言語による支援方法(青木他, 1994)や、参加者が親しみながら計画・設計に参画するためのゲームによる参加手法(宮崎他, 1994)などが見られるようになった。しかしこれらの研究は、言葉、スケッチや図面などの従来型のメディアを利用した知見の結集方法をとっており、新しいコミュニケーションの展開という観点からすると、研究は緒についたばかりであるといえる。

このように協調活動に関する計画・設計手法の研究は、まだ準備の段階であるといえよう。

1.2.2 協調活動支援

一方、コンピュータ科学の分野では、個人の作業環境がようやくデジタル化されてきたことと、個々のデジタル環境を結ぶネットワークが普及してきたこととが直接的な契機となって、一般的な協調活動をコンピュータ支援する可能性に関する研究が行われるようになった。これらの研究の成果は、すでに「グループウェア」として実現されつつある。

グループウェアの研究は、1980年代初頭からスタートし、1986年の国際会議"CSCW '86"を

きっかけに盛んになった。グループウェアの定義にはいくつかある。例えばEllisは、「共通の仕事や目的をもって働くユーザグループを支援し、協同作業環境へのインタフェースを提供するコンピュータベースのシステム」と定義している(エンゲルバート他, 1992)。一方Winogradは、「人々の協調構造に基づいて設計されたシステム」と定義している(Winograd, 1989)。

一般的にグループウェアは、狭義にはグループワークを支援するコンピュータソフトウェアを、広義にはハードウェアや通信システムまでを含めてそう呼ばれている。グループウェアの特徴は、その設計に関してコンピュータシステムの構造ではなく、グループワークの構造を重要とみなしている点である。このような研究の核になるものは、協調という概念である。

グループウェアには、CSCW(Computer Supported Cooperative Work)という言葉も用いられている(西田他, 1993)。CSCWは、人間の協調作業をコンピュータを用いて支援する研究活動全般を指す。CSCWは前半の「コンピュータ支援」(CS)と後半の「協調活動」(CW)という二つの言葉、すなわち「支援の手段」と「支援の対象」との相異なる概念から構成されている。CSは技術中心の捉え方である。CWは認知科学、社会学、人類学に代表される人間、社会、仕事中心の捉え方である。

人間の協調作業を支援するグループウェアは、時間的特性と空間的特性の二軸で分類される(松下他, 1991b; 西田他, 1993)。つまり、時間的特性を同期型と非同期型に分け、空間的特性を対面型と分散型に分けるものである。同期型は、例えば複数の人間が共用スクリーンや通信チャンネルを介して、リアルタイムに仕事を行うタイプである。これに対して非同期型は、複数の人間が同時に存在することを前提とせず、情報を必要な時まで蓄積し、それらを非同期にやりとりすることによって仕事を進めるタイプである。一方、空間特性の対面性は、複数の人間が同一箇所に集まって直接対面しながら仕事を進めるタイプを指す。分散型は地理的に分散したところにいる複数の人間が通信機能を介して仕事を行うタイプをいう。時間的・空間的特性から捉えると、非同期対面型システムは存在せず、会議支援システムのような同期・対面型、遠隔電子会議システムなどの同期・分散型、電子メールや電子掲示板(BBS, Bulletin Board System)など非同期・分散型の三つのタイプがある。このような特性を有するグループウェアの応用分野として、討論や投票をリアルタイムに行ったり、合意形成の過程を支援する協同型意志決定支援などが挙げられる(西田他, 1993)。

最近のグループウェアの動向としては、情報共有の仕組みづくりという点からグループウェアの製品化と実務への運用が進んでいる(石井, 1994; 河井他, 1995)。この背景には、企業の社員一人一人にパーソナルコンピュータがいきわたり、LAN(Local Area Network)で結ばれるという環境が整ってきたこと、それにともない電子メールが浸透してきたことなどが挙げられる。そのような製品は情報の再利用、知識ノウハウの共有、情報の検索性の向上、ワークフローの実現、情報の迅速な伝達を可能にする。また最近のグループウェアの研究では、VR(Virtual Reality)技術を利用したビデオ会議など仮想空間の構築、マルチメディア処理やエージェントによる代行、可搬性を考慮したモーバイルグループウェアなどが見受けられる(阪田, 1995a～b; 岡田, 1995)。

ここに見られるように、グループウェアの研究に代表される協調活動支援の研究は、すでに一定の成果を挙げており、実際の業務に適用されるところまできている。しかし、それらはあくまでも日常的、一般的な定型業務遂行に必要なメッセージ交換や、スケジュール調整などの協調活動に限られているのが現状であり、建築・都市開発プロジェクトの計画・設計などのように具体的、かつ総合的な非定型作業を含む協調活動の支援を目的としたものは、研究例も含めてほとんど見られない。

1.3 本研究のアプローチと目的

前節では、既往の計画・設計手法、及び協調活動支援の分野における研究を整理した。つづいて本節では、計画・設計手法とコンピュータ科学との境界領域、つまり計画・設計のコンピュータ支援における既往の研究を整理し、あわせて本研究のアプローチを明らかにする。

1.3.1 計画・設計のコンピュータ支援における既往の研究アプローチ

計画・設計のコンピュータ支援に関する研究にはいくつかの流れがあるが、大きく次に示す三つに分けることができる。

第一は、専門家や非専門家などによる広範な協調活動に着目したアプローチである。このアプローチでは、これまでの計画・設計のプロセスに欠落している部分に着目し、それを補うためにコンピュータの利用を試みている。コミュニケーション・ツールとしてのCGアニメーションシステムを開発した研究には笹田他(1986)、諏訪他(1989)など、そして非専門家の知見を引き出すことを目的に、計画・設計イメージを非専門家に伝達するコミュニケーション・メディアに3次元モデルとCGとを利用する研究として、笹田他(1987b)が挙げられる。さらにクライアントに対してのプレゼンテーションへのCG利用の研究に、遠藤他(1989)、山本他(1989)などがある。さらにデザイナー、クライアント、一般市民など様々な立場の人々に計画・設計をオープンにすることを目的とした研究には、笹田により提唱されたデザインのための新しいシステムODE(Open Design Environment)に関する一連の研究が挙げられる(Sasada, 1991)。このODEの研究は、本研究と深く関連するので次に詳しく述べる。

第二は、これまでの計画・設計プロセスを遵守しながらコンピュータ化を行うアプローチである。いわゆるCAD(Computer Aided Design)あるいはCAAD(Computer Aided Architectual Design)研究がこれにあたる。なかでも、デザイナーのための建築設計支援システムに関する研究は数多く見受けられる。例えば高本他(1990,1991)は、知的触発のために3次元CADをダイレクトに扱うことを目指していた研究として、オブジェクト指向を考慮した知的なCAD開発を行っている。これは、デザイナーの発想段階に着目した研究として興味深い。人間行動からの建築計画支援に関する研究は、榎本他(1990)が行動シミュレーションモデルの研究などを行っている。

第三は、コンピュータ科学の分野における成果をトピック的にとりこみ、計画・設計に応用することを試みるアプローチである。これについては、伊藤他(1990)によるAR(Artificil Reality)を利用した研究などが行われている。

1.3.2 Open Design Environment

ODEは、デザインの過程をクライアント、行政、市民などの関係者に対してオープンにして、関係者の英知をデザインに反映させることによりデザインの社会化を目的とした概念と、その概念の実現のためのシステムであり(笹田, 1994)、筆者も研究チームの一員としてその開発と運用に深くかかわってきた。ODEはインターパーソナルな活動だけでなく、デザイナーグループとクライアントグループとの協調のような、インターグループまでを協調活動の支援対象と捉えた設計環境である。ODEによるオープン化は、設計プロセスのオープン化と、システム開発のオープン化との大きく二つに分けられる。前者は、協調活動メンバーの合意形成の不足の解消や、計画・設計に関する知見の結集を目的としたものである。後者は、コンピュータ技術を中心とした先端技術の共有や、システム開発のための知見の結集を目指している。

ODEシステムは、当初から異機種間結合されたネットワーク上で作動することを前提に開発されており、プログラム間通信、クライアント・サーバ・プログラミング、分散処理などさまざまなネットワーク技術を駆使してきた(加賀他, 1993)。そして、3次元モデルとCGとをデザイン・ツールとして利用するために、リアリスティックなCG画像を、リアルタイムで、インタラクティブに処理することを可能とするODEシステムの開発が進められた。このようなODEのシステム開発の経緯をみると、プレゼンテーション・ツールからレビュー・ツール、デザイン・ツールへの発展はモデリングやレンダリングなどのいわゆるCG技術と、Graphical User Interface(GUI)のような関連技術とにより可能であったことがわかる(古谷, 1991; 中山他, 1992)。しかし一方でODEは、高度なグラフィックス機能を必要とするために、特定の機種に依存したシステム構成をとるなど、限界を持つことも事実である。

1.3.3 支援の対象から見た本研究のアプローチ

先に述べた、計画・設計のコンピュータ支援に関する三つの研究アプローチは、ネットワーク技術やコンピュータ技術の進化を背景にして、現在いずれも協調活動支援に収れんしつつあるように見える。

第一の研究アプローチについては、ODE研究の発展形であるNODE(Network Open Design Environment)が挙げられる。先述したように、これまでのODEの抱える機種への依存という問題を解決するためには、ツールが作動しているコンピュータ・ネットワーク環境そのものの変革が必要であった。すなわちこの問題の解決策は、これまでのCG関連技術の革新の延長としてはとらえ難く、ソフトウェア、ハードウェア両面でのインフラストラクチュアの整備を必要とした。そのような問題意識のもと、1994年から笹田研究室はシステムのオープン化を目的に、それまでのODEを改良して、広域ネットワークに対応し、ネットワーク透過性のあるGUIやアプリケーションを利用して計画・設計における協調活動を行うためのシステムNODEの研究に着手している(Sasada,1994; 池田, 1995; 禹, 1995b; 加賀他, 1994)。

第二の研究のアプローチでは、次のような研究動向が見られる。木村他(1995)は、ネットワークを介して人間行動に基づく設計支援システムICDS(Interapplicational Cooperative Design System)を開発している。山口他(1994)や戸泉他(1995)は、デザイナー個人のパーソナルな環境、同一空間にいるデザイナー間のインターパーソナルな環境などを、ネットワークやマルチメディアの技術を通して研究している。これは、同一空間におけるデザイナーチームの設計支援を行う点で特徴がある。Morozumi他(1995)、瀬戸口他(1994)らはネットワークを介したウィンドウCADシステム開発の研究を行っている。これはデザイナーの発想段階のシステム支援を目指しており、リアルタイム性や操作性を追求している。

さらにごく最近になって遠隔地のデザイナー同士の仮想空間の共有と協調活動について、様々な研究成果が発表され始めた。まずMITのMitchellを中心として、香港大学、ブリティッシュコロンビア大学、セントルイス・ワシントン大学、バルセロナのETSA、シアトル・ワシントン大学、コーネル大学の6組織がインターネットや電話回線を通じて「Virtual Design Studio」という仮想建築活動の実験を行っている(Grootel, 1994; Mitchell, 1994; Mitchell, 1995; Cabellos他, 1994; Bradford他, 1994)。この実験では各メンバーは、ビデオとオーディオを使ってマルチ会議形式で最終案に対してレビューを行った。この研究は広域ネットワークを利用して、協同による設計を実際に行っている点で興味深い。またトロント大学のCLR(Centre for Landscape Research)を中心にインターネットの利用を前提としたネットワーク型の設計、景観評価システムPolytrimの開発が見受けられる(Hoinkes, 1995a～c; rosebud.sdsc.edu, 1996)。このシステムはインターネット上で公開しているフリー・ソフトウェアであり、システム開発のオープン化という点から大いに参考となる。その他、広域ネットワークを利用した協調設計のためのシステム開発に関する研究として、Chiu(1995) 、Caneparo(1995)、McCullough他(1995)、Harrison他(1995)などが挙げられる。

第三の研究アプローチは最近ではあまりみられなくなったが、Shu他(1994) によるグループウェアのシステム開発者側から設計への利用に関する研究が挙げられる。

いずれの研究においても共通していることは、複数の組織や個人が協調しながら計画・設計を行うことを前提としている点である。しかし、同じ協調活動支援を目指しながらもその内容には違いがある。第二と第三との研究アプローチにおいては、その支援の対象が設計組織あるいは専門家集団に限られている。このことはこれまでの研究の流れが、もっぱら従来の設計プロセスをそのままコンピュータ化してきたことから、当然のこととともいえる。これらの研究アプローチは、概念上では非専門家までのメンバーを捉えているものの、実際のシステムを見るかぎりでは、専門家であるデザイナー同士の計画・設計のツール開発を主眼としている。

それに対して第一のアプローチについては、協調活動の支援対象がクライアントや市民など、建築・都市開発プロジェクトに関わる広範な人々を考えているところに違いがある。これまでの研究の流れからすると当然のことといえる。

そこで本研究は、先にも述べたように、建築・都市開発プロジェクトにおける計画・設計のよりよい協調活動を支援するには、その協調活動の大きな特徴となる専門家や非専門家など

様々なメンバーを支援する必要があるという立場にたって、先に述べられた第一のアプローチをとることにした。

1.3.4 研究の目的

筆者は、先に述べた第一のアプローチをとった笹田研究室の研究に一貫して参加してきた。このアプローチは、様々な関係者を対象とした計画・設計における協調活動をコンピュータ支援するというものである。そこでは、コンピュータ技術を駆使して、専門家や非専門家などレベルの異なる人々の間でのコミュニケーションの支援を主な目的として、システム開発が行われ、実証研究を通じてその有効性が証明された。

それと同時に、実証研究の結果から、新たな問題が生じていることも事実であり、協調活動の理想的な支援のためには、まだ多くの解決すべき問題が残されている。そこで、本研究では、これらの解決すべき問題を整理して明らかにすること、そのような問題を解決するために必要な技術を明確にすること、そして、それらの技術を用いた新しいシステムの構築を行うことを目的とする。

第２章

コミュニケーションに着目した
これまでの計画・設計支援システム

第１章においては、本研究が計画・設計の専門家や非専門家など広範な協調活動を支援するために、コミュニケーションに着目した研究アプローチをとることを明らかにした。

筆者は、ここ10年にわたってコミュニケーションに着目した計画・設計支援システムの研究に様々な立場から携わってきた。そこで本研究をまとめるにあたって、まずこれまで筆者が所属してきたいくつかの組織において、研究メンバーとして携わった計画・設計支援システムに関する研究を整理する。そしてこれらのシステムが抱える問題点とその解決方針とを明らかにすることを試み、そこを筆者独自の研究の出発点とする。

2.1 プレゼンテーションの支援

コミュニケーションに着目した研究の初期には、CGによるプレゼンテーションの支援に重点が置かれた。これはデザイナーが、計画・設計対象の形状や属性を定義した3次元モデルに、彩色や陰影などのレンダリングを施したCGを用意し、クライアントや関係者に対して提示するというものである。

筆者は、1987年から1991年までの間、デザイナーの立場で、7つのプロジェクトにおいてCGによるプレゼンテーションに携わった。プレゼンテーションを使った計画・設計プロセスは、次のようになる。まず、デザイナーが図面を中心とした従来型のデザインにある程度めどのついた段階で、プレゼンテーションのための3次元モデリングとレンダリングを始める。そしてでき上がったCGは、クライアントに示され(プレゼンテーション)、クライアントはデザインの評価(デザイン・レビュー)を行い、問題点を指摘する。デザイナー側では計画・設計案の見直しを行い、指摘された問題の解決を図る。

CGは、メディアのシーム(境目)によるコミュニケーション・ギャップを解決する手段と考えられた。このメディアのシームは、図面、模型、パースといった従来型のメディアを利用した協調活動において見られ、メンバーの計画・設計に対する専門性の有無により、同じメディアによって生起される計画・設計イメージが大きく異なってしまうというものである。図面のような記号化されたメディアから、計画・設計イメージを生起するには、専門知識と経験とが要求される。そのような専門知識を持たないメンバーは、図面、模型、パース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、見えがかりなどを十分に理解できるとは限らない。つまり計画・設計に対する専門知識を持たない非専門家にとって、計画・設計イメージを充分把握できるメディアがなかったのである。このような計画・設計イメージの表現に利用されるメディアの特性と問題点については、金(1991)が整理している。

CGあるいはCGアニメーションによるプレゼンテーションの支援は、非専門家に対し計画・設計イメージをわかりやすく伝えられることから、メディアのシームを解消する手段となった(図2-1-1)。そして1980年代終わりには一般の企業においても、それらが持つ自由な視点設定、計画・設計対象やその周辺環境の正確な表現、迫真性、訴求力、わかりやすさなどから、デザイナーからクライアントに対するプレゼンテーションで多用されるようになり、現在に至っている(山本他, 1989; 馬島他, 1990; 吉川他, 1989; 西河, 1989; 泉他, 1989 ; 諏訪他, 1989; 遠藤他, 1989)。

この背景には、建築・都市環境を表現するモデリングやレンダリングをはじめとしたCG関連技術の向上や、グラフィックス・ワークステーション(GWS)の登場をはじめとした、コンピュータ技術の急速な進歩が挙げられる(笹田, 1987a)。モデリングについては、目的に沿った建築要素、地形、樹木、道路、マッピングなどのオブジェクトモデル、どこからどう対象を眺めるかを表現するビューイングモデル、対象の光や陰影といった環境モデルについて、新たな

進歩が見られた。レンダリングについては、コンスタント・シェーディング、スムース・シェーディング、グーロー・シェーディングをはじめとして、レイ・トレーシングやラジオ・シティ法などの新たな技術が生み出された。このような一連の技術がリアリスティックなCGやCGアニメーションを可能にした(笹田, 1987a; 金, 1991)。

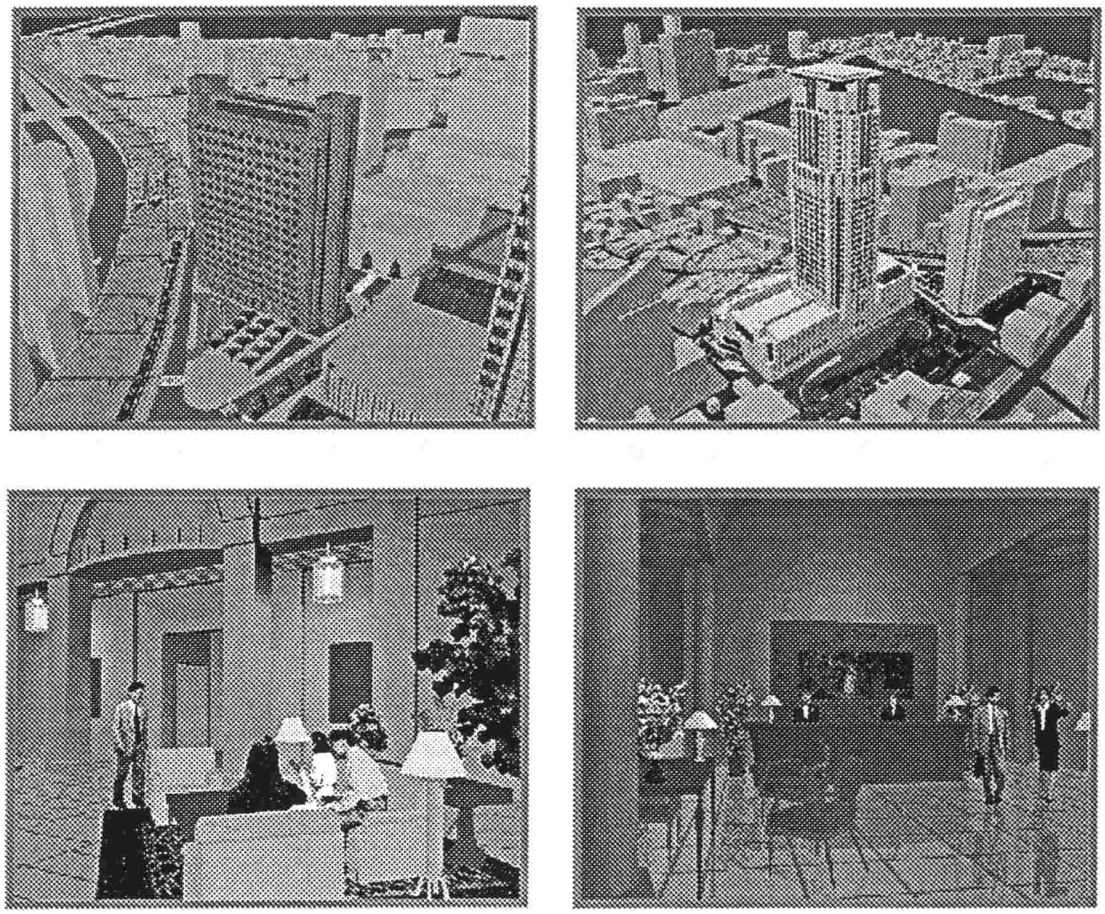


図2-1-1　プレゼンテーションにおけるCGアニメーション利用例

2.2 プレゼンテーションの支援における2つの問題

CG、なかでもCGアニメーションがプレゼンテーションに広く使われるようになって、2つの問題が指摘されるようになった(Sasada, 1995 ; 笹田, 1995d)。

その第一は、イニシアティブの問題である。図2-2-1に示しているものは、デザインの主要なフェーズを模式化したものである。デザインプロセスはこのようなフェーズが1回から数回繰り返されて成立していると考える。イニシアティブの問題は、図2-2-1Aのようにデザイナー側がCGアニメーションの作成を行うために、アニメーションのシナリオ作成もデザイナー主導で決められてしまうことから、その表現がデザイナーの意図を強く反映したものになりがちなことによって起こる。つまり、CGアニメーションによるプレゼンテーションでは、デザイナーの一方的説得に偏ってしまうことがままあるのである。そしてその結果、クライアントは自分の見たいところを見ることができないということが起こる。

第二はタイミングの問題である。これは、図2-2-1Bのようにプレゼンテーションが計画・設計プロセスの最終段階で行われるために生ずる。つまり、クライアントがたとえ問題を発見してデザイナーに伝達しても、時間的な制約から、それが計画・設計内容に反映されにくくなる。その背景として、デザイナーが図面のような従来型のメディアを使って計画・設計を行い、ある程度イメージがかたまるまでは3次元モデルとCGとを作成しないために、どうしてもプレゼンテーションがプロセスの最終段階になりがちであることが挙げられる。

ここに示されたように、ある問題を解決するためにある技術を投入し、新しい方法を導入すると、それが当初考えられなかったような別々の問題を生起させるというプロセスは、技術革新による問題解決のプロセスの典型的な例である。ここで生じたイニシアティブの問題とタイミングの問題とに対して、どのような方法で対応し、解決を試みたかを次に示す。

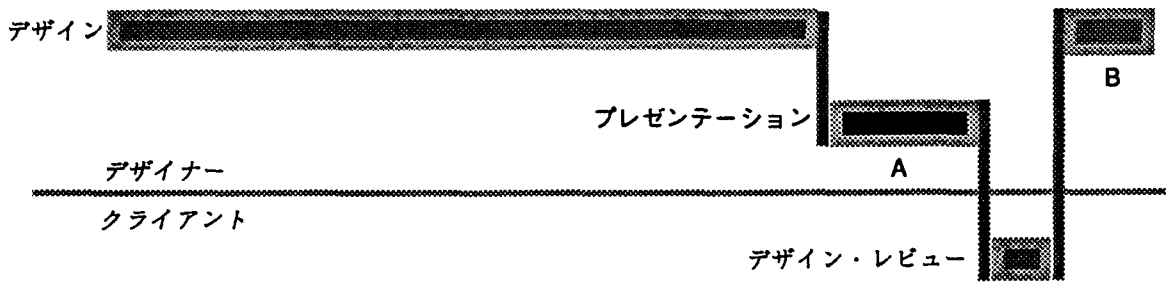


図2-2-1 プレゼンテーション

2.3 イニシアティブの問題の解決策 ーデザイン・レビューの支援ー

最初のイニシアティブの問題に対する解決策は、計画・設計においてクライアントが自ら3次元モデルとCGあるいはCGアニメーションとの作成を行う、つまりデザインレビューに3次元モデルとCGとを使うことである。

プレゼンテーションを支援する場合と、デザイン・レビューを支援する場合との違いについて考えてみる。プレゼンテーションにおけるイニシアティブの問題は、デザイナー側が3次元モデルとCGとを作成することから生じた(図2-3-1A)。

デザイン・レビューの場合、従来型のデザイン(図2-3-1B)が一段落した段階で、計画・設計案はクライアントに引き渡される。そして、クライアント側は計画・設計案に基づいて3次元モデリングとレンダリングを開始する(図2-3-1C)。そうすれば、クライアント側は自らにとって最も関心のあるところから、3次元モデルとCGとの作成を開始し、自らのペースでレビューを進めることができる。さらに、クライアント側が最も関心のあるところから検討を開始できるから、その検討結果をデザイナー側に返して再検討を要求する際に、タイミングの問題を少しは改善することもできる。

このようにクライアント側が3次元モデルとCGシステムを導入し、3次元モデルとCGとを作成すれば、デザイン・レビューのためのメディア作成のイニシアティブは、クライアント側に移る。つまり、イニシアティブの問題は解消されることになる。

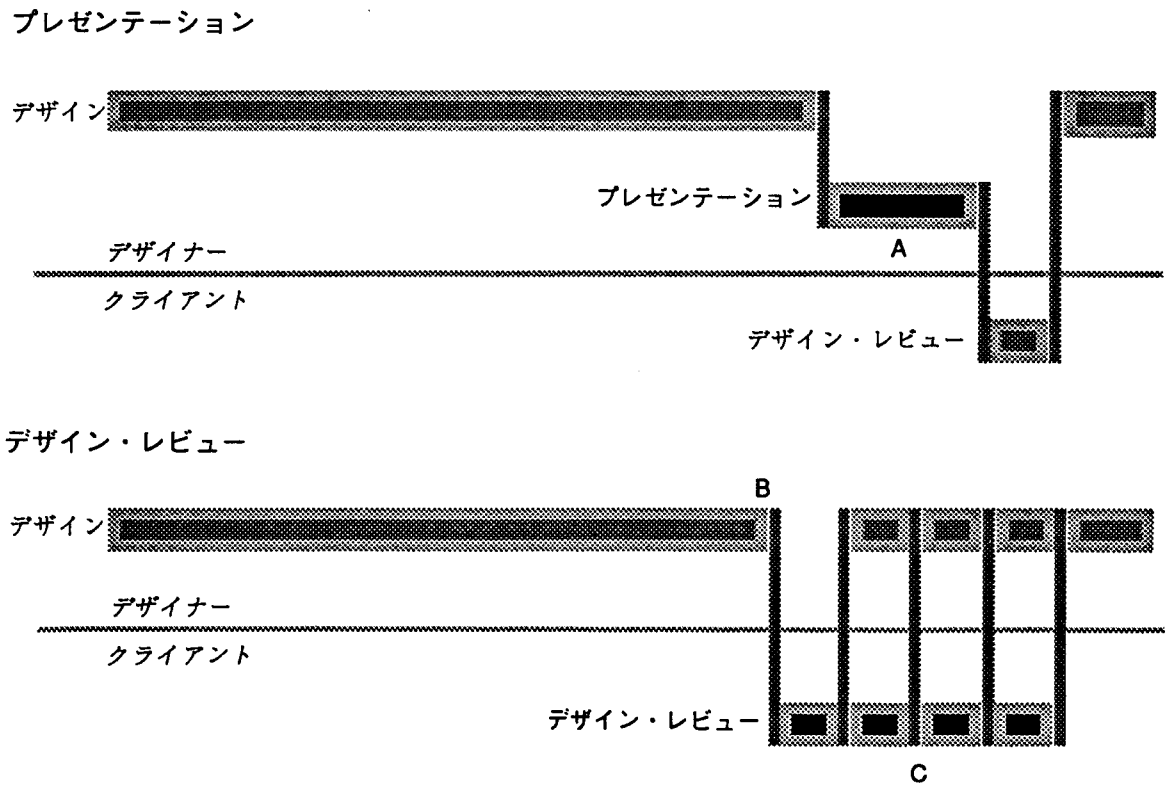


図2-3-1 プレゼンテーションとデザイン・レビュー

2.4 デザイン・レビューの支援の実証研究

先に示したデザインレビューの支援の試みについて、実際のプロジェクトに適用することでその評価を試みた。そのような試みは1990年から1993年にかけて、筆者が関係したものだけで7つのプロジェクトで行われているが、ここでは筆者が所属する組織がクライアントとして参画し、設計を他のデザイナーに委託した開発プロジェクトの事例を述べる。

2.4.1 計画・設計の背景

Y駅前開発計画は複数の開発主体によるプロジェクトである。その複数の開発主体の一つがクライアントとなり、設計を外部デザイナーに委託している。クライアント側の組織体制は、プロジェクト統括グループ、レビューグループ、クライアント内デザイナー、プロジェクト関連グループ、組織のトップである意志決定者グループとなっている。行政も計画関係者という立場で計画に関わっている。この実証研究は、1991年、開発プロジェクトの初期段階で行われた。デザイナー側は従来手法によりプレゼンテーションをおこない、提供された資料にもとづきクライアント側が3次元モデルとCGとを作成した上で、計画・設計案を検討した(加賀, 1991)。そして、クライアント側は必要に応じて、修正案の提案をCGの形でデザイナーに提示した。

2.4.2 方法と経過

まずクライアント側は、3次元モデルとCGとによるデザイン・レビューやプレゼンテーションのための3次元モデルとCGシステムと、そのシステム利用やデザイン・レビューを行うためのノウハウと知識を持つ人員とを整備した。そして計画・設計がある程度かたまった段階で、デザイナー側から図面、パース、模型などのメディアで提示された計画・設計案にもとづき3次元モデルとCGとの作成を、クライアント側が行った。クライアント側は、その過程においてまず把握したいと考えていた全体イメージを作成した(図2-4-1)。その上で、クライアント側の各グループ共同で検討を深めたい部分について、デザイン・レビューを行った。例えば当初の案では、駅部についてはあまり検討されていなかったが、クライアント側が開放的な案を考え、それをデザイナー側にCGの形で提案した。デザイナー側はその案に共感したことによりクライアント側からの案が両者の共通イメージとなった。

最終的にはクライアント側のレビューグループが、計画・設計案の3次元モデルにGWSでレンダリングを施し、シナリオに従ってモーションスクリプティングを行い、CGアニメーションを撮影した。CGアニメーション作成システムはクライアント側にしかなかったために、CGア

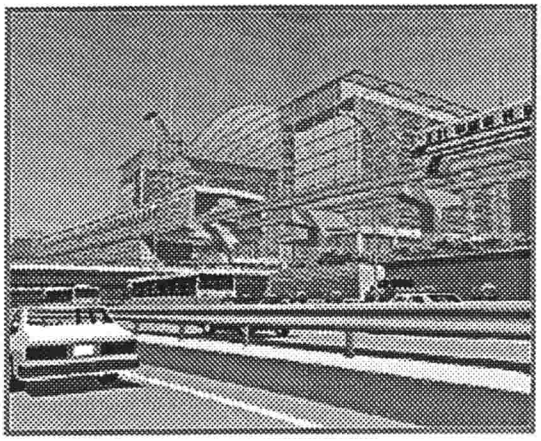
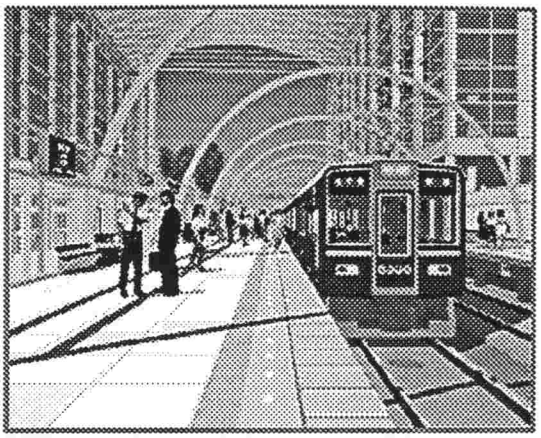



図2-4-1　クライアント側が作成した3次元モデルとCG

ニメーション作成に関わるすべての作業はクライアント側で行なわれた。その結果、このCGアニメーションは、クライアント側のアピールしたい部分を十分盛り込むことができた。しかも、シナリオ作成段階とキーフレームのレンダリング段階とで、クライアント側とデザイナー側との間で十分な意見の交換が行なわれていたので、CGアニメーション作成に関して特に問題は起こらなかった。

2.4.3　実証研究の考察

実証研究の結果、クライアントが、自らにとって最も関心のあるところから、3次元モデルとCGとの作成によるデザイン・レビューを実施できたために、レビューで明らかになった課題や要望などを的確にデザイナーに伝達でき、イニシアティブの問題は解消されたことが明らかになった。しかしその一方で、デザイン・レビューへの支援は、まだいくつかの問題点を抱えていることもわかった。

問題の一つは、タイミングの問題が解消されていないことである。デザイン・レビューの支援の場合は、計画・設計がある程度かたまった段階から始められるために、プレゼンテーションの支援と比べると、幾分タイミングの問題は解消されるものの、プロセスの最終段階で行われることには変わりはない。すると、クライアントからレビューで明らかになった課題や要望などをデザイナーに伝達しても、プレゼンテーションへの支援の場合と同様に、時間的制約からデザイナーがそれを詳しく検討することは難しい。

さらに、筆者がクライアント側に属していたことによって、クライアント側から見た新たな問題点を発見することができた。それはクライアント側で3次元モデルとCGとの作成を可能にする人材を確保する必要がある、という人的な資源の問題、さらに3次元モデルとCGシステムという経済的な資源を整備しなければならない、というリソースの問題である(Sasada, 1995)。つまり、デザイン・レビューに利用する3次元モデルとCGとの作成のためには、クライアント

側にはモデリング、レンダリング、あるいはレコーディングに至るまで、専用のソフトウェアやハードウェアの導入が必要となる。さらにそれらを使いこなせる技術力を持つ人材もそろえる必要があるが、それらを満足できるクライアントはそれ程多くない。この点が3次元モデルとCGとによるデザイン・レビューが、実際の建築・都市開発プロジェクトで用いられるようにはなったものの、CGによるプレゼンテーションのように広く社会に普及するには至らなかった理由であると考えられる。

2.5 タイミングの問題の解決策 ーデザインの支援ー

プレゼンテーション支援が抱えるもう一つの問題であるタイミングの問題の解決策として、デザインの初期段階からデザイナー側が3次元モデルとCGとを使う方法を考える(図2-5-1)。

プレゼンテーションにおけるCG利用では、すでに述べたようにプレゼンテーションが計画・設計の最終段階で行われるために、デザイン・レビューで明らかになった計画・設計案の問題点をクライアントからデザイナーに伝達しても、デザイナー側では変更のための十分な時間的余裕を持ち得ないという問題があった。

筆者は、デザインの支援の試みとして研究室で行われた実際のプロジェクトのうち、1993年から1996年までの7つのプロジェクトについて、研究メンバーとして参画し、その評価を行った。その結果、計画・設計案はデザインの初期段階から3次元モデルによって定義されているから、クライアントは計画・設計プロセスのどの段階でも、見たいときに計画・設計案のレビューが可能となる、つまりタイミングの問題はこの方法によって解消されることがわかった。しかし、図2-5-1のようにデザイナー側が3次元モデルとCGとを作成するために、依然としてイニシアティブの問題が残ることになる。

これまでの研究によって、デザイン・レビューの支援によってタイミングの問題を解消できても、イニシアティブの問題が残り、また逆にデザインの支援によってイニシアティブの問題を解消できてもタイミングの問題が残ることがわかった。すなわち、それぞれの問題を独立に解くだけでは、問題の解決にならなかったのである。そこで、イニシアティブとタイミングとの二つの問題を同時に解くことを考える。

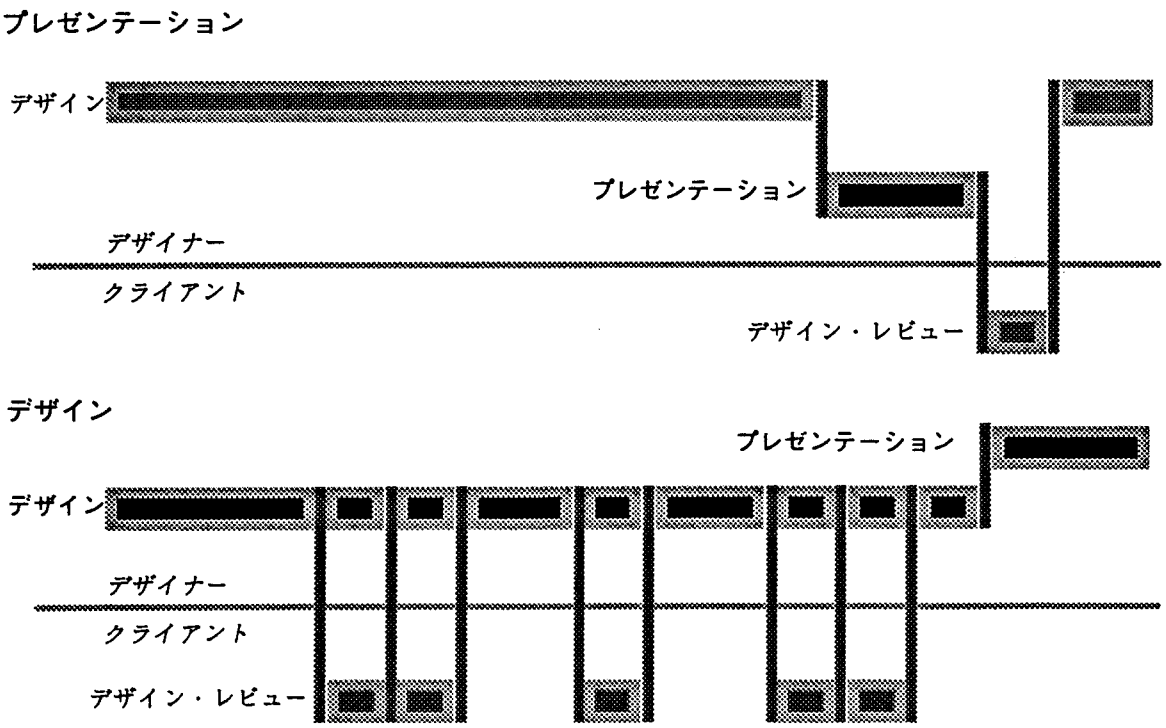


図2-5-1 プレゼンテーションとデザイン

2.6 イニシアティブの問題とタイミングの問題との解決策 ー協調活動の支援ー

イニシアティブ、タイミングの両問題を同時に解く方策として、これまでに考えられたデザイン・レビューの支援とデザインの支援とを同時に行うことを考える。つまり、デザインの初期段階からデザイナー、クライアントが双方とも3次元モデルとCGとを利用することを考えるのである。

そうなると、クライアントにとって、計画・設計案を見たいところを見ることができないというイニシアティブの問題は解消すると同時に、デザインの初期段階から計画・設計案をCGによって検討できることから、タイミングの問題も解消することとなる。

ここで提案されている方策は、これまでの研究で提案されてきた方策とは際だった違いがある。これまでの研究、すなわちプレゼンテーション、デザイン・レビュー、デザインのそれぞれを支援する試みの場合、プロセス全体は従前手法を中心に進んでおり、コンピュータによる支援はその一部の局面にとどまっていた。ところがここで提案されている方策によれば、計画・設計のプロセスはその最初から最後まで、かつすべての局面がコンピュータ支援されることになる。つまり協調活動のためのよりよいコミュニケーションを求めて行われてきた研究の成果が、ここに来て初めて一つにまとまり、プロセス全体にわたって協調活動を支援できることになる。そして結果的に3次元モデルとCGとが従前手法にとって代わることとなる。そういった意味で、これまでの研究のプレゼンテーション支援、デザイン・レビュー支援、デザイン支援に対して、ここで提案している方策が初めて協調活動支援と呼ばれるべきものであると考えられる(図2-6-1)。

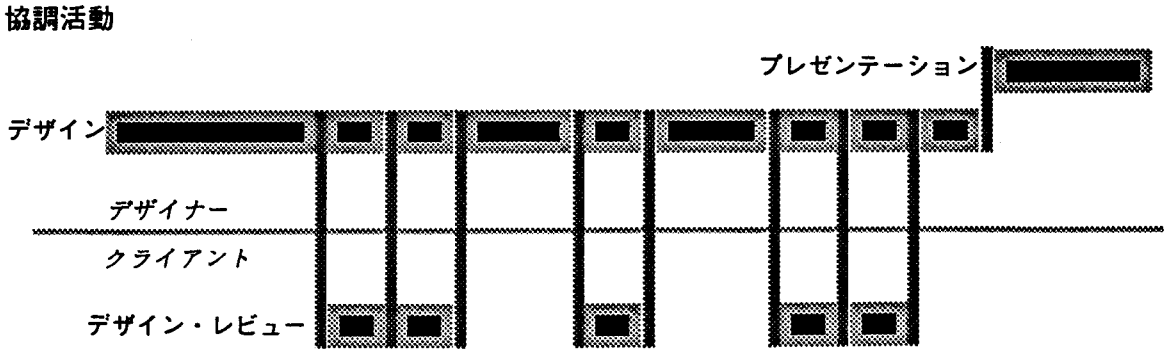


図2-6-1 協調活動

2.7 協調活動の支援の実証研究

先に示した計画・設計の全プロセス、つまり協調活動をコンピュータ支援する方策について、実際のプロジェクトに適用することでその評価を試みた。

2.7.1 実証研究の背景

本実証研究における計画・設計は、1994年に行われた兵庫県洲本大浜海岸に建設する、延べ面積約3,000m²のセンターハウスの基本計画・基本設計であり、その計画・設計期間は約一月半であった。笹田研究室がデザイナーグループとしての役割をつとめ、最終的にはプレゼンテーション用のアニメーション作成まで行われた(笹田, 1994; Sasada, 1995; 加賀他, 1994; 川崎他 1994)。筆者はデザイナーグループの一員として参画した。

この実証研究では、計画・設計に参画するメンバーが3次元モデルとCGとをデザインの初期段階から利用し、デザインとデザイン・レビューとを行った。この時、すでにデザイン・レビューの支援の際に明らかになっているリソースの問題に対処し、様々な立場の人々がメンバーとして参加できるように、次のような参加方法を用意した。それは、コンピュータ・システムを研究室に設置し、その操作に精通した研究室のメンバーが参加者とペアを組んで、作業にあたるというものであった。このような準備の上で、計画・設計の専門性を問わずに、BBSを通じてプロジェクトへの参画を広く呼びかけた。その結果、延べ40名の外部からの参加者が、デザイナーとして、あるいは設計対象施設のユーザとしてクライアントを代理する立場でこの設計に参画した(笹田,1995d)。

2.7.2 方法と経過

先に述べたように、このプロジェクトではデザインとデザイン・レビューのためのコンピュータ・システムを設置し、その利用を支援する研究室メンバーが常駐する部屋をオープンショップとして参加者に開放した。参加者がオープンショップに参加する回数、時間やその程度については、参加者各自の裁量にまかせた。

オープンショップは、研究室の一角に設けられ、計画・設計の前提条件となる自然条件や社会条件などの敷地条件、計画条件や参考事例などの各種情報を、デジタル化するとともにパネル化して壁面に掲示した(図2-7-1)。そして計画・設計案は、コンピュータ内部に蓄積するだけでなく、プリントアウトして、オープンショップの壁面に展示しているパネルに貼り、参加者に提示した。設計段階に入ると、1カ月の設計期間中にシステムを利用した検討用の出力は約500枚ほどにのぼった。特にピーク時には1日40枚程度の出力が行われた。そして検討済みの

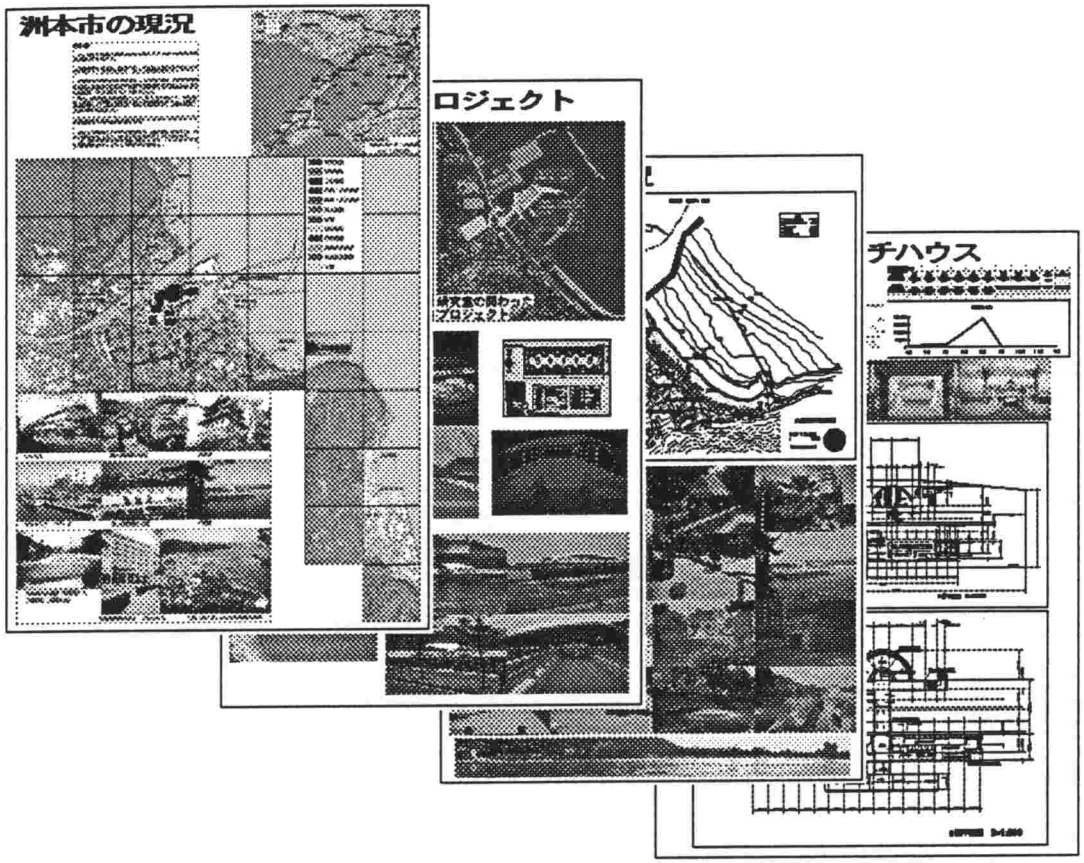


図2-7-1　オープンショップにおけるパネルの活用

出力については、出力を縮小コピーしたものを時間順にパネルに貼り直した。そうすることによって、参加者はパネルを見ながら説明を聞けばこれまでの検討内容をおおよそ把握できるようにした。

デザインとデザイン・レビューは基本的には全参加者によるコンペティション形式を繰り返すことにより行われ(図2-7-2)、ある程度の成果を得たのちは、その案の詳細をつめ、最終案にいたる(図2-7-3)という方法で行われた。最終的には、研究室の外部からの参加者は、ゴールデンウィークをはさんだ約1カ月間に東京や福井、大阪などから、先にも述べたように延べ40名となった(図2-7-4)。

2.7.3　実証研究の考察

実証研究の結果、デザインの初期段階から、3次元モデルを用いているためにいつでもその出力がCGとして得られること、CG出力にあたってクライアントは自らの意志を出力に反映できることから、タイミングの問題とイニシアティブの問題とは同時に解決されることがわかっ

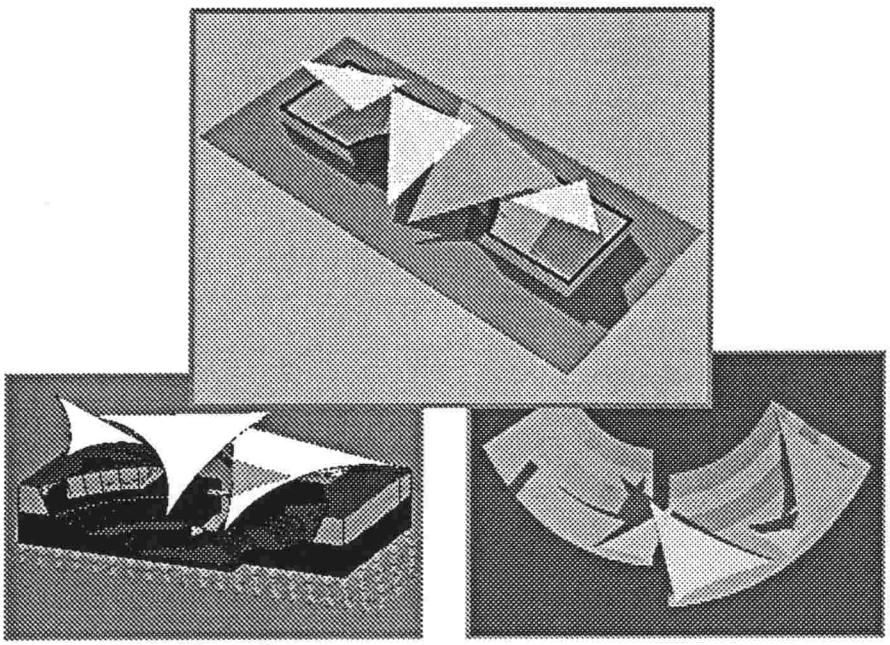


図2-7-2　オープンコンペティション

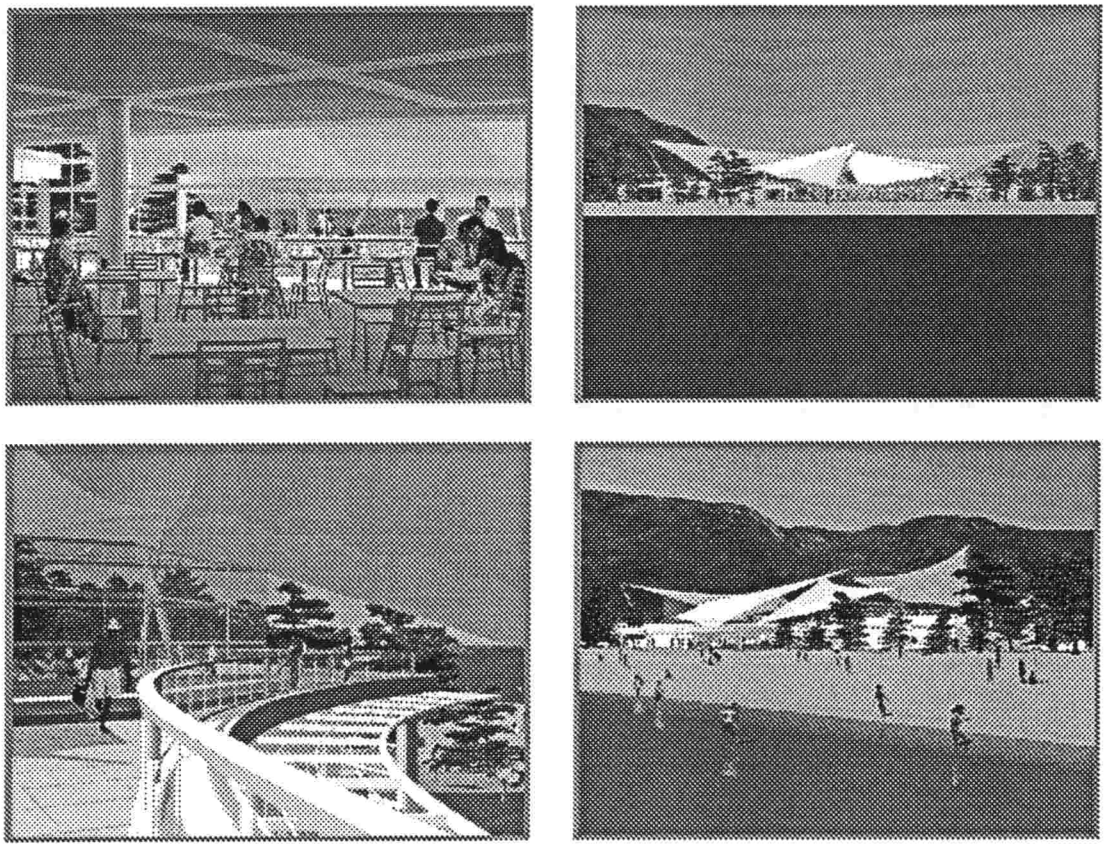


図2-7-3　最終案

図2-7-4　オープンショップの参加者

た。問題解決にはこれらの問題の同時解決しかないのではないか、という推察は正しかったということができる。さらに、人的・経済的なリソースの問題もあらかじめそれらを用意しておく、という形で回避することができた。

しかし、問題解決の方法として、今回採用したオープンショップという方法は、かなり特殊な方法であることも事実である。デザインとデザイン・レビューとを同時に支援する、つまり協調活動を支援するためとはいえ、関係者全員がシステムが設置されている場所に集合するというのは、特別な場合を除いて現実的ではない。実際、今回の実証研究のように、短期間に集中した作業を同一場所で行うことを想定をしたプロジェクトであっても、関係者が同時に全員集合することはほとんど不可能であった。そしてその結果、プロセスの進行からみてさまざまな段階に任意に参加してくる参加者に対して、運営側は個々に進行状況の説明をする必要に迫られ、この負担は時としてプロセスの進行を止めるほどに大きいものであった。

このように協調活動の参加者が、空間的・時間的に異なるところから参加することによって生じる問題は、ひろく空間・時間のシームの問題(溝口他, 1992)として認識されている。そして第1章ですでに述べた協調活動支援の研究分野において、ネットワークとネットワークを用いた蓄積型の情報交換などがその解決策として提案されている。もちろん、今回の実証研究においても、所在や参画時間が分散する参加者間で情報を交換するためのBBSは、計画・設計プロジェクトの主旨説明、参加者の募集、経過の説明などにひろく用いられた。しかし、文字情報を中心としたBBSは、計画・設計情報の伝達手段としては明らかに限界があることが予想され、事実その通りであった。結果として空間・時間のシームの解消が協調活動支援のために解くべき問題として、強く意識されることとなった。

2.8 これまでの支援システムの問題点とその解決指針

これまでのコミュニケーションに着目した一連の計画・設計支援システムの研究において明らかにされた課題とその解決とを整理してみると、以下のようになる。

まず、プレゼンテーション支援によって生じたイニシアティブの問題とタイミングの問題とは、デザイン・レビューの支援、あるいはデザインの支援による別々の対応では問題の解決にならないことがわかった。さらにイニシアティブの問題の解決のために、クライアント側のデザイン・レビューを支援することを試みた際、新たに人的・経済的なリソースの問題がクライアント側に発生することが明らかになった。そこで、これらの問題を同時に解決するために、オープンショップによる協調活動支援を試みた。その結果、計画・設計の全プロセスにわたって3次元モデルとCGとを用いて協調活動を支援するシステムは、参加者の間でのスムースなコミュニケーションを実現する上で非常に効果的であることがわかった。しかし全参加者が、同時に同一場所に集合することによって成立するオープンショップの限界も明らかとなり、この時は代替手段によって回避した人的・経済的リソースの問題とならんで、空間・時間のシームの問題が次に解くべき問題として大きく浮かび上がってきた。

ここまでにまとめた研究の流れの中で、筆者は常に研究チームの一員として研究に参加し、主体的な役割を果たしてきた。しかし今、明らかになった協調活動支援システムの問題点は、所在や時間が分散した広範なメンバーによる協調活動を支援する際に、必ず立ちはだかる問題となる。それらを解決する方法について考察し、具体的なシステム構築を行って実証研究に備えることができれば、計画・設計を支援するシステムの研究の中で、協調活動支援システムの一つの完成型の提示という意味でまとまった成果として評価できるであろう。こういった意味で、本論文の以下の部分を筆者の独自の研究の中核部分としたい。

さて、オープンショップによる協調活動支援は、リソースの問題を残すと同時に、空間的・時間的なシームの解消を新しい問題として提起した。空間・時間のシームの解消のためには、コンピュータ科学の分野からネットワーク技術を中心とした方法が提示されている。もちろん、オープンショップによる協調活動支援でも、ネットワーク技術による対応を考えたが、主として、そこで用いることができる文字情報を中心とするメディアの限界がネックとなって、充分な成果を挙げるに至らなかった。多様なメディアを駆使する、建築あるいは都市開発プロジェクトの計画・設計プロセスにおけるコミュニケーションの特徴が、ここにあらわれている。そこで、以後はリソースの問題とコミュニケーションの問題とを解決するための技術が備えるべき条件と、それに関連するキー・テクノロジーを整理することから始めて、問題解決に至る道を発見することを試みる。

第３章

問題を解決する技術が備えるべき条件とキー・テクノロジー

第２章では、計画・設計の協調活動における問題として、明らかにしたリソースの問題と空間・時間のシームの問題との解決指針を、それらの問題を解決するような技術が備えるべき条件とそれに関連するキー・テクノロジーを整理することから始めて、問題解決に至る道を発見することとした。

第３章では、それらの問題を解決する技術が備えるべき条件を整理する。そして、それらの条件と関連するキー・テクノロジーとして、ネットワーク技術、さらにネットワーク技術と、3次元モデルとCG技術との融合によって新たに開発された技術について考察する。

3.1 空間・時間のシームの問題を解決する条件 ー3次元モデルとそのブラウザとのネットワークへの対応ー

前章で明らかになった協調活動支援の問題点は、リソースの問題と空間・時間のシームの問題とであった。このうち空間・時間のシームの問題は協調活動支援の普遍的な問題であり、その解決のために蓄積型メッセージ交換などの手法が研究されてすでに一定の効果を挙げていること、反面、文字情報を中心としたこれらの情報交換技術が、計画・設計の協調活動支援という観点からすると大きな限界を持つことはすでに述べた。

最近、ネットワーク上で文字情報に限らず画像、映像、音声などの様々な形態をとる情報を取り扱う技術が開発されるようになった。いわゆるマルチメディア技術である。計画・設計のコミュニケーションは、これらのメディア、なかでも画像、映像に大きく依存する。そういった意味で、プレゼンテーション支援程度の段階であれば、これらのマルチメディア技術とネットワーク技術の組み合わせで充分対応できると考えられる。

しかし、このようなマルチメディア技術だけでは、計画・設計プロセスの最初から最後までの、全ての局面にわたる協調活動支援の段階には対応できない。3次元モデルと、それを簡単にレンダリングして可視化するブラウザとが、いわゆるマルチメディアの範疇に含まれておらず、ましてネットワークにも対応していないからである。ところが、ごく最近になってネットワーク上で3次元モデルとそのブラウザとを扱う技術が検討されるようになった。これらの技術はまだ開発途上にあり、多くの欠点を持つ。しかし計画・設計における協調活動支援の研究に方向性を与えるには、充分すぎるほどの意味を持つ。

デザイナーが3次元モデルを用いて計画・設計を行い、そのプロセスをネットワーク上で公開する。クライアントはそのモデルをブラウザによって可視化し、デザイン・レビューを行う。基本的にこれだけのことが実現すると、デザイナーにしろ、クライアントにしろ、ネットワークにアクセスすることさえできれば、実際の空間上どこにいても協調活動が可能になる。さらにこのような技術が蓄積型の情報交換で利用できれば、いつそれにアクセスしてもかまわない。つまり空間・時間のシームの問題を解決するのに大きな助けとなる。

3.2 リソースの問題を解決する条件

空間・時間のシームを解消するための条件が、3次元モデルとそのブラウザとのネットワークへの対応であるとすると、いまひとつ残されたリソースの問題解消の条件は、システムの導入にあたって、それを操作するのに特別な人材や機器を必要としないことである。そしてこの条件は以下のように整理できる。

3.2.1 統一されたGraphical User Interface

協調活動における人的なリソースの問題の一つは、コンピュータに関して必ずしも馴れていないメンバーも利用できるような操作環境の設定である。なかでもユーザとコンピュータとのインタフェース部分を受け持ち、双方向の情報伝達に必要な処理を行うような統一された形式のGraphical User Interface(GUI)は、必須の条件である。GUIは情報の所在や内容を視覚的、直観的にわかりやすく表示するアイコンの使用、デザインの統一などを前提として、機種に依存することなく統一された操作環境を提供する(古谷, 1991)。

3.2.2 オブジェクト指向

情報を繰り返し操作することによって検討する実際の計画・設計の検討作業の延長線上で、同様の感覚をもってシステムを利用できるとなると、メンバーにとっては使い勝手のよいものになり、人的なリソースの問題解決の助けとなる。例えば、データをクリックするだけでそれを扱うアプリケーションが自動的に起動するような、データを中心にしてそのデータに対する処理が関連づけられたシステム構成は、システム操作に馴れていない人にとっても直観的でわかりやすい。

そのようなことを実現する技術には、オブジェクト指向が必要とされる。このオブジェクト指向は、処理や操作の手順、手続きより、対象そのものを優先する考え方であり、データとそれを処理する方法(手続き)とを一体化したものをオブジェクトとして扱う。

3.2.3 ハイパーメディアによる情報の交換

計画・設計のコミュニケーションにおける情報の交換は、文字情報、映像、画像、3次元モデルなどマルチメディア形式の情報を用いて行われることはすでに述べた。しかし実際にこれらの様々な形式のメディアを駆使しようとすれば、それらが互いに独立して扱われるのではな

くて、互いに関連づけられたものでなければ、情報伝達は煩雑なものとなり、かえって使いづらいものとなる。このようにさまざまな形式のメディアであらわされる情報の間に関連を定義したものが、ハイパーメディアである。そしてそれらの情報の間の関係は、ハイパーリンクで定義される。ハイパーリンクは、テッド・ネルソンがはじめて提唱した概念であり、文字情報、映像、画像など様々なメディアについて、メディア間の関連と対応するアンカーを定義し、アンカーの間をリンクでつないだ形で表現する(Nelson, 1994)。例えば、3次元モデルやCGにより表現された計画・設計について、追加説明などを文字情報で伝達したい場合は、CG出力と文字情報で表現された追加情報とをリンクする。簡単な操作でよりわかりやすいハイパーメディアが作成できて、そのブラウジングも簡単にできるようになれば、システムの操作はより親しみやすいものとなる。

3.2.4 機種に依存しないオープンシステム

これまでの3次元モデルやCGシステムは、高性能なハードウェアやソフトウェアから構成されるものがほとんどであった。また、そのようなシステムを使うためにはある程度のコンピュータやCGに関する知識やノウハウを持つ人材も必要とされた。その結果、そのような機器を持っていないメンバーがデザイン・レビューを行う場合には、CGアニメーションのビデオやCG出力を見る、あるいはシステムが設置されている場所にいき、その操作に精通しているメンバーに操作してもらわなければならなかった。

このようなリソースの問題の解決には、非専門家など広範なメンバーが誰でも、機種に依存せず、PC程度のハードウェア上で稼働するシステムを利用して、文字情報、映像、画像、3次元モデルなどの情報を扱えるシステム、つまりオープンシステムの考え方にもとづいたシステムが必要になる。このようなシステムは、例えばデータフォーマットやソースプログラムが一般に公開されているなど、ネットワークの上で機種を限定しないソフトウェアから構成されており、低価格で、利用が容易で、ネットワークの区別なく使える。これが実現できれば、人的・経済的なリソースの問題を同時に解決する助けになると思われる。

3.2.5 分散処理とリソースの共有

先に述べたオープンシステムによる構成で、支援システムはほとんど実現できると考えられるが、一方で、このようなオープンシステムの考え方だけでは対処できない問題もある。例えば、建築物の陰影の検討など精緻な表現を必要とする場合、そのような表現を可能とするレイ・トレーシングなどのレンダリングの質や処理速度は、ハードウェアやソフトウェアの性能に大きく依存している。そのような処理を必要とするような検討については、ネットワーク上

にある他の高性能なコンピュータに処理をさせ、その処理結果を受け取るような、分散処理とリソース共有の考え方によって対応する必要があるであろう。

3.3 ネットワーク技術に関するキー・テクノロジー

これまでに述べてきた問題解決のための条件に関連し、協調活動支援システムの中核をなすと考えられるキー・テクノロジーとして、まずネットワーク技術の中から、Local Area Network (LAN)とインターネットについて述べる。

3.3.1 LAN

組織内の協調活動メンバーがシステムを利用するには、まずLANによるコンピュータ・ネットワークを整備する必要がある。LANは、数km以下の範囲のサービスを行う主としてコンピュータ用の通信を中心としたネットワークであり、Ethernet、トークンリング、FDDI(Fiber Distributed Data Interface)、最近では伝送速度100MbpsのLANを構築できるFastEthernetなどがある。

ここでは様々なLANに関連する技術のうち、メンバーが文字情報、映像、画像などのマルチメディアを高速に扱える技術として、FastEthernetとATM(Asynchronous Transfer Mode、非同期転送モード)を抽出する。

FastEthernetは、取り扱いが手軽で低価格なより対線を使い、Ethernetと同じフレームが使え、伝送速度100MbpsのLANを構築でき、システム処理速度の高速化を実現する標準化技術である(和田, 1995; マルチメディア通信研究会, 1995b)。ATMは、固定長のセルと呼ばれるブロックを単位として扱い、統計多重的にセルを伝送できることから、マルチメディアに適応した双方向通信の高速化を実現できる(日経コミュニケーション, 1995c; 藤川, 1995; マルチメディア通信研究会, 1995a)。

3.3.2 インターネット

場所が分散している協調活動メンバーが、その場所や時間を問わずシステムを利用するためのキー・テクノロジーが、インターネットである。インターネット(Internet)は、70年代に米国防省軍事高等研究計画局(DARPA)の出資の元に生まれたARPANETに端を発する、大規模コンピュータネットワークである。その規模は1994年の時点で、世界150ヶ国以上にまたがり、接続サーバ台数は約200万台であり、現在も拡大しつづけている。日本においては1984年のJUNETにはじまり、1987年WIDE(Widely Interconnected Distributed Environment)プロジェクトによる、大学や研究所を結ぶネットワーク研究プロジェクトがインターネットの普及と発展を促し、商用サービスが1993年から動き出した(浅野, 1995; Quarterman, 1995; 石田, 1994; NTTメディアスコープ, 1995)。

インターネットでは、特定のユーザとの情報交換手段である電子メール、データやソフトウェアなどの転送手段であるFTP(File Transfer Protocol)、ハイパーメディアの情報閲覧を可能にするWorld Wide Web(WWW)などのネットワークを利用したサービスを提供している。このようなサービスは、インターネットにつながっていれば、コンピュータの機種を問わず利用できる。

3.4 ネットワーク技術とCG技術とを融合したキー・テクノロジー

ネットワーク技術とCG技術とを融合した技術は、最近のCG技術の革新とネットワーク技術の革新があいまった結果、起こったものである。この技術の大きな特徴は、ネットワーク上で文字情報、映像、画像、音声の他に、3次元モデルとそのブラウザが扱える点であり、それらをマルチメディアと関連づけたハイパーメディアとして扱える点である。

3.4.1 World Wide Web

World Wide Web(WWW)は、ヨーロッパ素粒子物理学研究所(CERN)が開発した、インターネット上の情報をハイパーメディア形式で閲覧できるようにしたサービスである。世界各地にあるサーバに蓄えられた情報、つまりリソースと他のリソースとの間に、網目のようにリンクが設定されている(Lemay, 1995)。このメディア間のリンクは、HTML(Hyper Text Markup Language)によって定義される。このようなリンク機能がハイパーメディアによる情報の交換を実現している。

情報の所在については、リソースを統一的に取り扱うことができるURL(Uniform Resource Locator)というポインタによる表記法が定められている。URLは、コンピュータがアプリケーションにリソースのアクセス方法や場所を指示する場合に利用される(吉村, 1995; Lemay, 1995)。これによって、メディアの形式が異なっていても、データをクリックするという同様の操作でリソースにアクセスすることが可能になる。これが統一されたGUIを実現する助けになると思われる。

WWWの利用に際しては、情報を蓄積するWWWサーバと、情報を閲覧するユーザ・インタフェースのみのクライアントであるWWWブラウザが必要になる。WWWサーバ側ではHTTPD (HyperText Transfer Protocol Deamon)と呼ばれるプログラムが作動しており、クライアントからの要求のあったURLにあるデータをそのままの状態でクライアントに送信する。WWWクライアントは、WWWサーバから送られたきたデータをもとに画面のレイアウトを整え、フォントや画像の処理を行う(CyberBarbarians, 1995)。WWWサーバ用のプログラムには、フリー・ソフトウェアの形でインターネット上で配布されUNIX上で稼働するNCSA(National Center for Supercomputing Application)HTTPD、CERN HTTPDなどが広く普及している。また最近、PC上で動作する市販WWWサーバも登場している。WWWブラウザは、機種に依存せずPC程度のコンピュータ環境でも、インターネットにつながっていればWWWを閲覧することができる。すなわちWWWは機種に依存しないオープンシステムに対応している。

さらにWWWブラウザでは、外部アプリケーションを記述するヘルパーアプリケーションの設定を行うことによって、2次元画像のブラウザ、3次元モデルのブラウザ、電子メール、スケジューラーなどの他のアプリケーションを利用できる(表3-4-1)。これらが、ハイパーメディア

による情報の交換を実現する助けになると思われる。。

このWWWの機能のうち、計画・設計の協調活動支援という立場から見たとき着目すべき機能を四つ挙げる。第一は、WWWでハイパーメディアを扱うための汎用的な規格の使用である。そのような規格として、ファイルの種別を指示するMIMEタイプがある。これは、textやimageのようなファイルが表している全般的な内容と、textではhtml、imageではgifといったその中での特定のフォーマットという2つの部分からなる。これらを組み合わせて、Content-typeヘッダと言われるtext/html、image/gifなど典型的なMIMEタイプができる。このようにネットワークでよく扱われている標準的なデータフォーマットについては、MIMEタイプが定まっており、最新のMIMEタイプはRFC1521、RFC1522に詳しく記されている。

第二は、WWW上で外部プログラムの利用を可能にするCGI(Common Gateway Interface)である。CGIはWWWの規格を管理しているThe World Wide Web Consortiumが標準を定めている、データの入出力に関する規格で、WWWクライアントとWWWサーバの間で送受信を行うデータの形式を決めている 。

CGIの処理の流れは次のように行われる。まずブラウザからCGI形式のデータを送信すると、WWWサーバはそれをCGIの処理を行うアプリケーションに転送する。するとアプリケーションは、受け取ったデータを処理したあと、必要があればWWWサーバに処理後のデータを転送し、ブラウザに処理後のHTMLファイルを表示する。このような仕組みによりブラウザは、CGIの処理部分のみ変更すれば、他のコンピュータで稼働するアプリケーションを利用できる。これが、分散処理とリソースの共有を実現する助けになると思われる。

第三は、メンバーがネットワーク上に分散している情報の中から、必要な情報を引き出す時

表3-4-1　WWWで参照できるデータ及び外部アプリケーションの設定例

ブラウジングの対象データ	Mime Type	subtype	Application	Extensions	File type
動画	video	mpeg	Sparkle	mpg,mpeg,mpe	mMPH
QuicktimeVR	video	quicktime	QTVRPlayer	qt,mov	MooV
画像	image	jpg	Photoshop	jpg	JPEG
	image	gif	JPEGView	gif	GIF
3次元モデルとCG	x-world	mdl	Virtus VR	mdl	TEXT
	x-world	x-3dmf	Walkabout	3dmf	TEXT
	x-world	x-vrml	WebSpace,WebFX	wrl,wrz,flr	-
電子メール	application	Eudora-J	Eudora-J	mail	TOCF
音声	audio	aiff	SoundMachine	aiff,aif	AIFF
	audio	basic	SoundMachine	au,snd	ULAW
スケジュールソフト用データ	application	ﾅｳｱｯﾌﾟﾄｳﾃﾞｰﾄ	ﾅｳｱｯﾌﾟﾄｳﾃﾞｰﾄ	sche	C*DB
表計算ソフト用データ	application	x-excel	Microsoft Excl	xls	XLPF

に利用するサーチエンジンである。サーチエンジンは、いくつかのキーワードを用いて必要な情報を検索する全文検索方式、あらかじめカテゴリーにより分類されているディレクトリーから情報を検索する方式がある(rodem.slab.ntt.jp, 1996; 甲斐, 1996)。

全文検索システムは、アンカーやタイトルだけではなく、AND検索やOR検索などを用いて、ページ内にある任意の語句で検索することが可能である。全文検索サーチエンジンは、URLのリストを与えるとそれらのページからリンク情報を取得し、すべてのリンクを辿り終えるまでそれらが指しているURLを再帰的に訪問するというWWWロボットを使い、訪問したページ情報から、HTMLの書式に沿って文書の解析を行う(isserv.tas.ntt.jp, 1996)。

第四は、画像の任意の部分に、他の情報へリンクできるアンカーを埋め込むことによって、そのアンカーをクリックするとリンクした情報を参照できるクリッカブルマップ機能である。

3.4.2 VRMLとVRMLブラウザ

VRML(Virtual Reality Modeling Language)とVRMLブラウザとは、ネットワークに対応したインタラクティブでリアルタイムな3次元モデルによるウォークスルーを実現する(小川, 1995b)。VRMLが最初に発表されたのは、1994年、スイスのジュネーブで開催されたWWW国際会議である。その会議でHTMLと同様に、WWW上で扱える3次元モデルの仕様を標準化することについて議論された。その後VRMLに関心を持った人々が、個人の資格で仕様を決めることに協力し、メーリングリスト上で仕様を決めるための話し合いがされ、1995年6月にバージョン1.0の仕様が決まった。すなわちVRMLはネットワーク上で合議しながら決められた、極めてユニークで民主的な世界初の業界標準であることも特筆すべきことである。

VRMLは、仕様を決める際のベースとしてすでにある3次元モデルを記述するための言語を候補とした中から、Open Inventor2.0のファイルを採用した。VRMLはOpenInventorのファイルフォーマットのサブセットにWWWへのリンク機能であるWWWAnchorと、URLへのインクルード機能のWWWInlineを付加しているが、複雑な曲線や曲面のNURBSやアニメーションなどの機能については現在サポートしていない。VRMLデータの転送は、HTTPのMIMEを利用して行われるが、MIMEタイプとサブタイプとの両方ともが拡張されている。

VRMLのデータフォーマットには、座標データ、ポリゴンで表された形状データ、プリミティブ、光源、視点情報、質感、材料属性などのマテリアル、テクスチャ、LOD(Level Of Detail)の各種3次元モデル情報などが含まれている。これらの各情報はノード毎にグルーピングされ、階層的なツリー状のデータ構造でまとめられている。VRMLファイルを画面に表示する際には、ツリー構造のデータを上から下、左から右へと走査しながら順々に描画処理を行う。既存のデータフォーマットからVRMLデータ形式への変換は、インターネット上で公開されているフリー・ソフトウェアを利用することにより可能となる(竹中,1996)。今後の新バージョンについては現在インターネット上で議論されており、環境光、衝突検証、アニメーション機

能、3次元モデルの仮想空間の中で複数のユーザが共存することを可能にするマルチユーザー機能などが追加される予定である。

VRML言語に対応したブラウザは多数開発されており、その多くはフリー・ソフトウェアとしてインターネット上で公開されている。VRMLブラウザの操作は、簡単なマウス操作で、3次元モデルによるインタラクティブでリアルタイムなウォークスルーを可能にする。VRMLブラウザは、大きく分けてWWWブラウザのヘルパーアプリケーションとして設定して利用されるものと、プラグイン・モジュールとして、WWWブラウザ上のビューワーとして機能するものとがある。ブラウザはさまざまなプラットフォームに対応するように開発されているが、これについては、パーサー(構文解釈用ライブラリ)によるところが大きい。VRMLは、ラジオシティなどのレンダリング結果も扱えるが、そのようなデータのブラウジングには、いまのところ高性能なGWSが必要とされる。

3.4.3 QuickDraw3DとQuickDraw3Dブラウザ

QuickDraw3DとQuickDraw3Dブラウザも、VRMLと同様にネットワークに対応したインタラクティブでリアルタイムな3次元モデルによるウォークスルーを実現する(Apple Computer, 1995a,c; MacLife, 1995a; 小川, 1995a)。QuickDraw3Dは、OSとアプリケーション、また複数のアプリケーション同士をつなぐためのインタフェースを担うアプリケーションとなるAPI (Application Programming Interface)である。QuickDraw3Dは、幾何学的数値情報をはじめとした、3次元モデルに関わる様々な情報を扱う、公開された3DMFファイルフォーマットを備えている。QuickDraw3Dブラウザも、VRMLと同様に、インターネット上でフリー・ソフトウェアとして公開されており、簡単なマウス操作で、3次元モデルによるインタラクティブでリアルタイムなウォークスルーを可能にする。WWWブラウザのヘルパーアプリケーションにQuickDraw3Dブラウザを設定することによって、WWWブラウザからQuickDraw3Dブラウザを利用することができる。

3.4.4 QuickTimeVR

QuickTimeVR(QTVR)は、2次元画像をつなぎあわせることにより擬似的な3次元空間を作成する技術であり、3次元空間内を自由に歩き回ることをあきらめ、視点や視線の移動を、視点中心と対象中心との二つの見方に制限することによって、軽快な操作を可能にしたものである。つまりQTVRは、インタラクティブ性は限定されているものの、少ないデータ量で、高いリアリティのある3次元空間のブラウジングを実現する。WWWブラウザからQTVRを利用するには、WWWブラウザのヘルパーアプリケーションで、フリー・ソフトウェアのブラウザであ

るQTVRPlayerを設定する(小川, 1995a; Apple Computer, 1995b)。QTVRでは、普通のカメラで撮影した写真、ビデオ、CG、またフォトモンタージュを施したものなどのデータも扱うことができる。

QTVRでは360度の空間を見渡すことができ、かつ2次元画像を任意の座標にハイパーリンクのためのアンカーを設定できるパノラマ・ムービーと、インタラクティブに1つのものをさまざまな角度から眺めることができるオブジェクト・ムービーとを作成できる。計画・設計プロセスにおけるQTVRの具体的なデータ作成方法や利用方法については、竹中(1996)に詳しく述べられている。

ユーザは簡単なマウス操作で、注視点移動やイメージの拡大縮小などによるパノラマ化されたデータ世界のブラウジングや、様々な方向から対象物を視認する対象中心のブラウジングが行える。さらにQTVRでは、実写、高品質なレンダリング画像、フォトモンタージュなどによる高品質な3次元空間をブラウジングできる。つまりQTVRは、インタラクティブ性を保証する範囲を、あらかじめデータ化されたシーンに限っていることから、いわば蓄積型のインタラクティブ・ムービーと捉えることができる。

3.4.5 Java/HotJava

先ほど述べたWWWとは違ったシステム・コンセプトを持ちつつ、統一されたGUIを提供するキー・テクノロジーとして、JavaとHotJavaの技術がある。

Javaはその実行プログラムをネットワークを通じて転送し、実行することが可能であるオブジェクト指向プログラミング言語の名称である。このようなJavaの最大の特徴は、Javaのソースコードが、あらゆるプラットフォーム上のJava環境に共通したバイトコードで扱われることにある。この実行プログラムであるバイトコードは、Javaインタープリタを用いることによって、それぞれのコンピュータに応じたマシンコードに変換しながら実行される。よって協調活動メンバーの機種やOSに依存せず、共通のJavaプログラムを実行する環境を作り出すことができる(武田, 1996) 。

このJava言語に対応するブラウザとしてHotJavaがある。HotJavaの最大の特徴は、必要に応じてブラウザのためのJavaで書かれたプログラムであるAppletを、WWWサーバからダウンロードする仕組みになっていることと、マルチスレッド処理が可能であり同時に複数の機能を使えることである。

HotJavaは、解釈できないデータを受け取ると、そのデータを解釈するためのプログラムをWWWサーバに要求する。WWWサーバ側はこれに応えて、HotJavaのAPIに従いJavaで書かれたプログラムであるAppletをブラウザ側に送る。このAppletはインストールといった手順なしに動的にHotJavaブラウザと結びつき、目的のデータを表示・再生する。Appletはブラウザ側で実行されるので、どのようなものであってもよい。このため、HotJava対応のWWWサーバで

は、ブラウザ側のソフトウェアのアップグレードの必要なしに、例えば3次元モデルのような新しい種類のオブジェクトを追加することができる。

第４章

ネットワーク型協調活動支援システムの構築

第４章においては、第３章で考察した、問題を解決する技術に備えるべき条件と、それに関連するキー・テクノロジーに基づいて、ネットワーク型協調活動支援システムの構築とその運用のための基盤整備とを試みる。

まず、システム運用のための基盤整備として、コンピュータ・ネットワーク、及び計画・設計情報のデジタル化による整備を検討する。次に、分散した情報の取扱いと守秘の必要な情報の取扱いとについて述べる。さらに、これまでの協調活動支援システムとネットワーク型協調活動支援システムとの違いを、メンバーがそれぞれのシステムを利用した場合の協調活動への参画の違いにそって考察する。最後にシステムの機能を、実際の計画・設計プロセスに則して、情報の掲載、情報のブラウジング、情報の登録と検索、情報の交換、の順で説明する。

4.1 システム運用のための基盤整備

ネットワーク型協調活動支援システムの運用に先立ち、まず基盤整備として必要な、コンピュータ・ネットワークの整備と、計画・設計情報のデジタル化とについて述べる。

4.1.1 コンピュータ・ネットワークの整備

所在が分散している様々な協調活動メンバーが、場所や時間を問わずシステムを利用するための前提条件として、ネットワークが必須であることは既に述べた。このとき、ネットワークを整備する範囲として、特定の組織に所属するメンバーをつなぐためのグループレベルのネットワーク、さらにこれらの組織を越えてグループとグループとをつなぐ、インターグループレベルのネットワークの双方を整備する必要がある。

グループレベルに必要とされるコンピュータ・ネットワークは、EthernetなどによるLANの構築を基本とする。一方、インターグループレベルの場合には、メンバーの所在がより分散することに対応するために、インターネットなどによるWANの構築を基本とする。そしてインターグループレベルのネットワークの場合には、グループ内のネットワークに比べて守秘の方策など特別の配慮が必要になる。

ここに示したLANとWANとは、従来別々のものと考えられてきた。しかし最近になってこれらを統合しようとする試みがはじまっている。いわゆるイントラネットの概念である。インターネットがネットワーク同士を結ぶネットワークであるのに対し、イントラネットはインターネットに接続するローカルなネットワークを指すものである。

4.1.2 計画・設計情報のデジタル化

コンピュータ・ネットワークを介して協調活動を行う場合、ネットワーク上で取り扱える情報がなければ活動そのものがなりたたない。つまりネットワークで情報を扱えるように、計画・設計情報をデジタル化することが、協調活動の大前提となる。

建築・都市開発プロジェクトに利用される一般的な情報の現状を、既往の研究によって整理する。行政側から見た都市計画情報について整理したものには、篠崎(1989a)、河中(1989)がある。また既存の不動産事業に関連した統計情報を整理したものには、三井不動産株式会社企画調査部(1995)などがある。このような研究によれば、建築・都市開発プロジェクトに用いられる情報は、土地、建物、業界動向、人口・世帯、社会資本、経済動向に関わる各種統計情報や、地区・街区に関する情報、道路・鉄道などの公共インフラストラクチュアなどに関する地域情報など、非常に多岐にわたり、かつそれらの所在は分散していることがわかる。これらの

情報のなかには、国土数値情報などのようにデジタル化されたものも提供されつつあるが、ほとんどは紙媒体を用いている。このような、紙媒体で扱われている情報については、必要に応じてデジタル化を行う(表4-1-1)。

さらに計画・設計を検討する際に使われる、計画・設計対象に関する情報については、次のような方針で情報のデジタル化を行うこととする。現地や参考事例の写真撮影には、撮影結果を直接デジタルデータとして保持できるデジタルカメラを利用する。また現地などのビデオ撮影では、QuickTimeなどを利用したアナログビデオのデジタル化を行う。計画・設計対象については3次元モデル化を行い、その周辺環境については検討内容に応じて実写のデジタル化、もしくは3次元モデル化を行う。そのような情報のデジタル化の際の注意点として、デファクトスタンダードなデータフォーマットの採用や、大容量になる2次元画像や3次元モデルを扱う際には、データ伝送への負担を軽減するために、データ容量をいかに抑えるかといった観点も必要となる。

表4-1-1　計画・設計情報のデジタル化の例

計画・設計検討内容		情報内容	従来の情報メディア		望まれるデジタルメディア形式
広域的な敷地条件		地形、土地利用	地形図・住宅地図	紙・デジタル	3次元モデル、2次元画像、文字情報
		インフラ（道路・鉄道・河川など）	都市計画図、道路台帳、河川台帳など	紙	
敷地条件	自然条件	地形 土地利用 気象、日照	航空写真・写真	紙	2次元画像、文字情報
			地形図	紙・デジタル	
			ビデオ	ビデオ	映像
	社会条件	人口、産業、歴史 インフラ（道路・鉄道・河川など）	自治体内資料	紙	2次元画像、文字情報
計画条件		敷地条件 施設内容 整備方針	各種資料	紙	2次元画像、文字情報
参考事例		敷地条件 施設内容	写真 書籍・雑誌	紙	2次元画像、文字情報
			ビデオ	ビデオ	映像
計画案		基本方針 機能計画 規模計画	ダイヤグラム	紙	3次元モデル、 2次元画像、文字情報
		配置計画 諸施設の設計	図面		

4.2 ネットワーク化に対応するための手段

本システムをネットワーク対応として考えるとき、システム構築上、これまでのシステムとは違った配慮が必要となる。なかでも特に重要と考えられる、分散した情報の取扱いと守秘の必要な情報の取扱い、の二点について考察する。

4.2.1 分散した情報の取扱い

システムを広域なネットワークに対応させると、必要な情報は結果的に様々な場所に蓄積されるということになる。そこで、分散した情報をハイパーリンクを利用して構造化し、必要に応じて所在を明らかにでき、かつスムーズに必要な情報に到達可能な仕組みを考える必要がある。

そのためにまず、プロジェクトに関する情報を、統一的なGUIを提供するWWWに掲載する。次に、メンバーが情報をたどりやすいように、掲載された情報を分類する。ここではそのような情報を、メンバー間の情報交換やスケジュール管理、計画・設計案やその関連情報、情報を操作するためのツールに分類した。

次に、文字情報、映像、画像、3次元モデルなどの様々なメディアからなる情報は、WWW上で情報と情報との間をハイパーリンクにより関係づけたハイパーメディアとすることで、分散した情報を互いに関連づけ構造化する。このような情報の構造化が、情報を同一場所に集めることなく、分散したままで管理・更新するゆるやかなデータ共有を実現する。すると協調活動メンバーは、自らの思考の流れに則した順序で、対話的に操作しながら情報をブラウジングできるとともに、全ての情報にプロジェクト・ホームページからリンクをたどれば到達できることになる。

実際には、情報を作成した個人やグループが、その情報に対するリンク情報をプロジェクト・ホームページに掲載するとともに、その情報を管理する。すると他のメンバーは、そのリンク情報をクリックするだけで、ネットワーク上の別のコンピュータ上にあるリンク先の情報を簡単に参照することができる。さらにこのようなシステムの実現によって、プロジェクトの進捗に伴って内容を更新してもリンク情報に影響することはないから、更新のたびにデータベースそのものを再構築する必要がないという利点もある。

4.2.2 守秘の必要な情報の取扱い

計画・設計の情報には、一般に公開して差し支えないものと、そうでないものとが存在する。すなわち情報を利用する目的、情報の種類や計画・設計の熟度によって、その情報を公開

できる範囲が、不特定多数から限られた関係者に至るまでと大きく異なることになる。

例えば既存の建築物や地形データなどの3次元モデルや、用途地域や各種法規制を示した都市計画関連情報など、現時点でも一般に公開されている情報については、ネットワーク上に公開しても差し支えないと考えられる。しかし、実際のプロジェクトでは計画・設計の熟度によって、いちはやく入手する者に利権を与えてしまうような情報があることも想定される。そのような情報については、一定期間、限られた協調活動メンバー内の公開にとどめなければならない。そこで計画・設計の進捗に応じて、情報にアクセスできるユーザを限定できるアクセス制御や認証機構を持ったシステムが必要となる。

このようなシステムによればアクセス制御はディレクトリごと、またはファイルごとに行える。これらの保護されたファイルやディレクトリは、公開されている他の情報と共存できる。たとえばNCSA HTTPサーバーによるセキュリティの設定方法は、サーバ全体のアクセスの制御もディレクトリ単位のアクセス制御も、その両方とも可能である。サーバ全体のアクセス制御は、サーバ管理者がすべてを制御できる。ディレクトリ単位のアクセス制御は、ディレクトリに書き込めるユーザならばアクセス制御を可能にし、さらにホスト単位、ユーザ単位、グループ単位でアクセス制御を設定できる。ホスト単位によるアクセス制御は、ホストのホスト名、ドメイン名、またはフルIPアドレスか、部分IPアドレスを指定する。ユーザ単位のアクセス制御は、保護されたファイルを特定のユーザだけにアクセスさせるために、ユーザ名とパスワードの入力を要求する。この場合、セキュリティをかけたいすべてのファイルを一つのディレクトリにまとめておき、ファイルにユーザ名とパスワードファイルの位置を記述し、パスワードファイルにパスワードを指定する。グループ単位のアクセス制御は、複数のユーザの集まりに名前が付けられたものである。グループを設定するには、グループ名とそのグループに所属するユーザ名を記したグループファイルを設定する。

アクセス制御は、アクセス権を許可するユーザの接続の形態や、セキュリティの必要とされる程度に応じて行う。例えば、ホスト単位による設定は安全性が高いが、ダイアルアップ接続によるユーザにアクセス権を与えるには、IPアドレスが一定しないため、ユーザ単位による設定が望ましい。

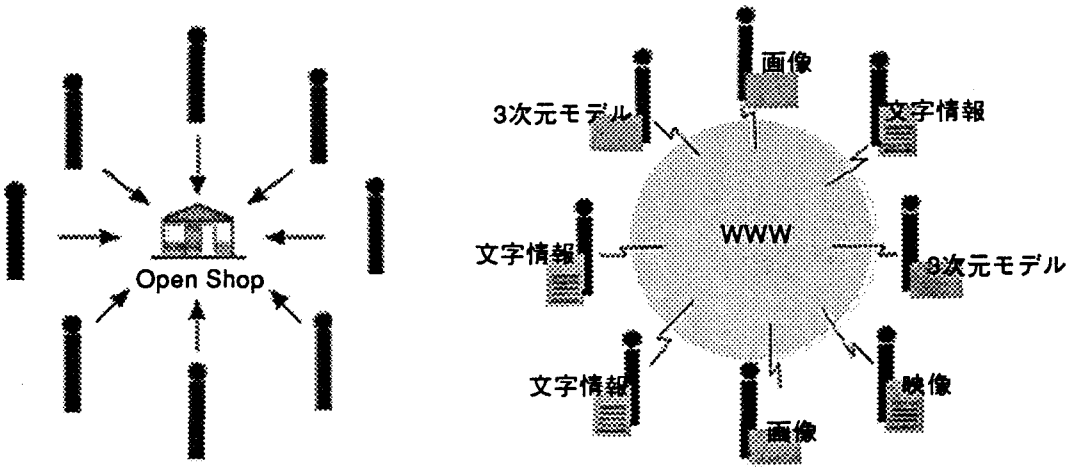
このように守秘性を確保するには、プロジェクト・ホームページをその取り扱う情報によって、一般に公開するページと、限定された協調活動メンバーのみがアクセスできるページとに分類し、利用者を限定したページについてはセキュリティをかけることになる。

4.3 システムを利用した計画・設計への参画

以上のような、ネットワークの利用を前提とした計画・設計のプロセスのあらゆる局面を支援する、いわゆるネットワーク型協調活動支援システムは、これまでの協調活動支援システムとは際だった違いがある。この違いについて、協調活動メンバーがネットワーク型システムを利用する場合と、これまでのシステムを利用する場合との、計画・設計への参画形態に着目して考察する。

図4-3-1Aに示すようなこれまでの協調活動支援システムの場合においては、映像や画像などの情報やそれらの情報を扱うシステムは、人的・経済的なリソースの問題から同一場所に集中しておかれざるをえなかった。その結果メンバー全員が、同時に同一場所に集まらなければ、協調活動を行うことができなかった。

一方、図4-3-1Bに示すネットワーク型協調活動支援システムの場合では、メンバーの所在や参画する時間が分散したままでも、ネットワークにアクセスさえできれば文字情報、映像、画像や3次元モデルなど様々なメディアで表現された計画・設計情報を共有するとともに、互いに意見を交換することも可能となる。すなわち、協調活動に参画するメンバー全員が、場所や時間を共有しなくとも、計画・設計のプロセスの最初から最後までの全ての局面で協調活動を実現できることになる。



A これまでの協調活動支援システム　　B ネットワーク型協調活動支援システム

図4-3-1　計画・設計への参画の違い

4.4 システムの機能

本節では、本研究で構築したシステムの機能を、情報の掲載、情報のブラウジング、情報の登録と検索、情報の交換の順に、実際の計画・設計プロセスに則して説明する。

4.4.1 情報の掲載

まず、計画・設計に関わる様々な情報や計画・設計案を掲示した、WWWによるプロジェクト・ホームページをネットワーク上に公開する(図4-4-1)。このホームページが、プロジェクトに関するすべての情報へのアクセス起点となる。掲載する情報は、計画・設計対象に関わる情報、社会動向に関わる情報、計画・設計案に関する情報、メンバー間のスケジュール調整や打ち合わせ記録などプロジェクト管理に関わる情報の大きく四つに分類できる。それらの情報は、文字情報、映像、画像、音声や3次元モデルなど様々なメディアの中から、情報内容の伝

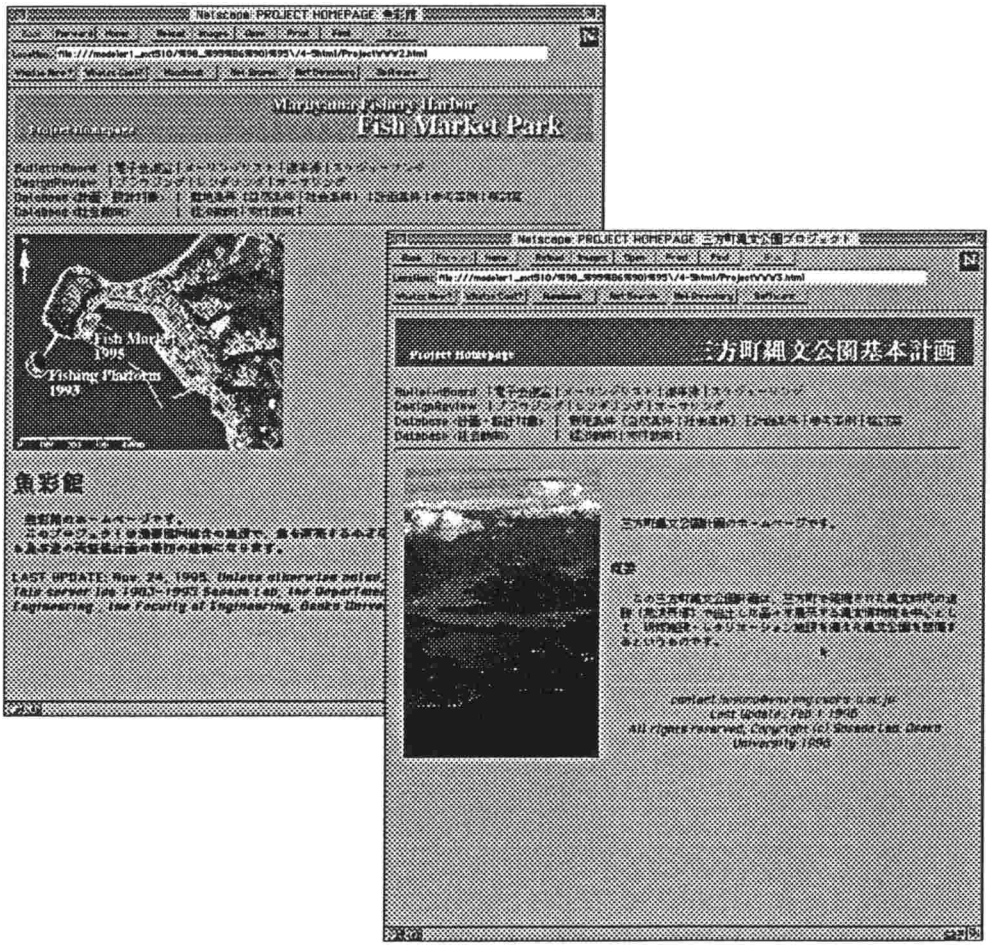


図4-4-1 WWWによる情報の掲載

達にふさわしい形態を選ぶ。

①計画・設計対象に関する情報

計画・設計対象に関する情報は、協調活動メンバーが計画・設計を検討する時に基本となる情報であり、計画・設計の条件として整理したものをプロジェクト・ホームページに掲載して、協調活動メンバー間で共有する。

情報として、まず対象となる敷地に関する情報がある。この情報から計画・設計条件となる敷地条件を構築できる。敷地に関する情報は、大きく自然的な条件の構築に利用する情報と、社会的な条件の構築に利用する情報との二つに分けられる。

自然に関わる条件の構築に利用する情報には、地形、気候、日影などの敷地に密接に関わった情報が挙げられる(図4-4-2)。社会的な条件の構築に利用する情報には、地域人口、最寄り駅や主要都市からの距離・時間・交通アクセス、街や地区の持つイメージ、祭事(図4-4-3)、歴史、法規制(図4-4-4)、競合施設、公共施設、商業施設、土地価格、賃料相場、土地・建物の所有状況や建物構造などがある。

次に計画・設計への前提条件としての計画情報として、敷地場所、用途、規模、想定されるユーザ、関係者などに関する情報がある(図4-4-5)。

以上のような情報から計画条件が構築されるが、さらに計画・設計案の検討にあたり、発想を練る際の参考とするために、施設用途、規模、事業手法などの観点から参考事例を整理して情報として提示する(図4-4-6)。

②社会動向に関する情報

社会動向に関わる情報としては、新聞や雑誌記事に見られるライフスタイルやトレンド情報、経済動向、土地・住宅・オフィス・商業施設などの不動産の販売動向や物件情報(図4-4-7)などが挙げられる。さらに、自治体などの公的機関がネットワーク上で提供している情報についても、リンクをはることで参照できるようにする。

③計画・設計案に関する情報

協調活動の計画・設計のプロセスは、次々に代替案が検討され、評価されてより新しい代替案に置き換わりながら進行する。メンバーは必要に応じて、これまでに検討された代替案や、最新の案を参照できるように、本システムでは代替案を蓄積することによって、時系列に沿った計画・設計案の経緯の参照を実現する。

代替案は文字情報、映像、画像や3次元モデルなど様々なメディアで表現されているが、本システムでは、計画・設計プロセスで作られたスケッチ、図面、メモなどの代替案に至る思考過程で作成される様々なメディアも、代替案とリンクして整理し、着想段階まで遡って計画・設計の考え方やその変遷を確認できるようにする(図4-4-8)。

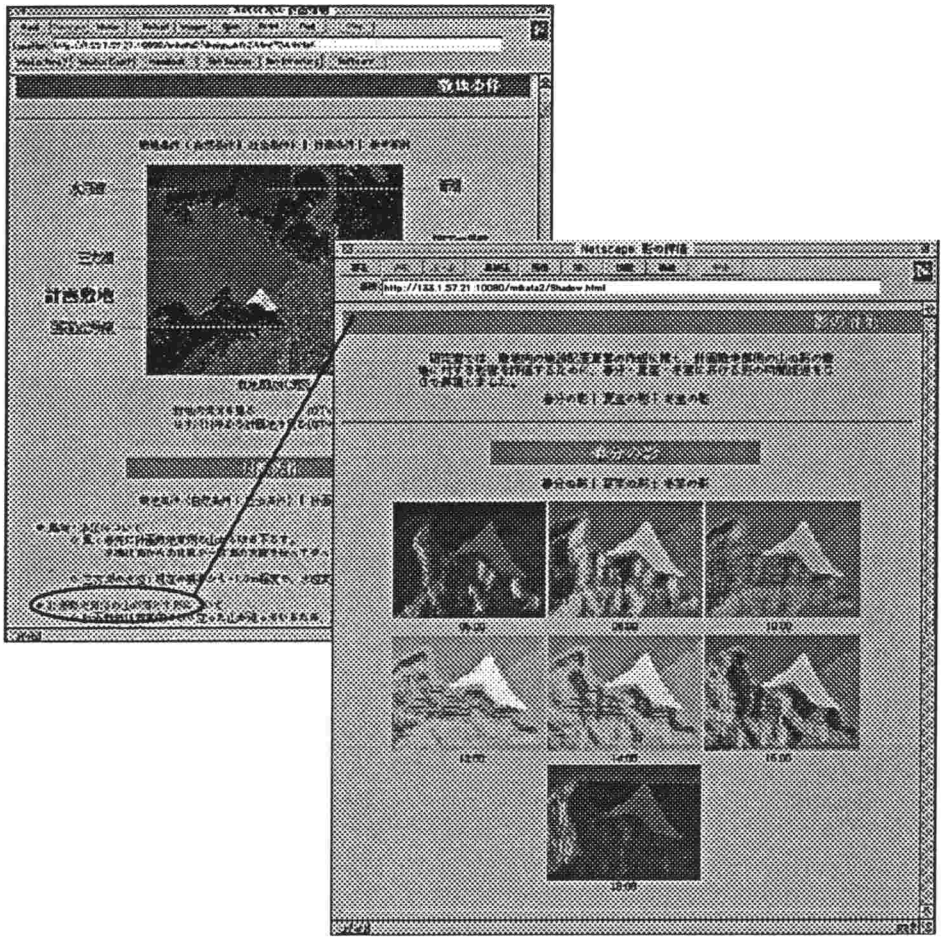


図4-4-2　自然条件の例

図4-4-3　社会条件の例

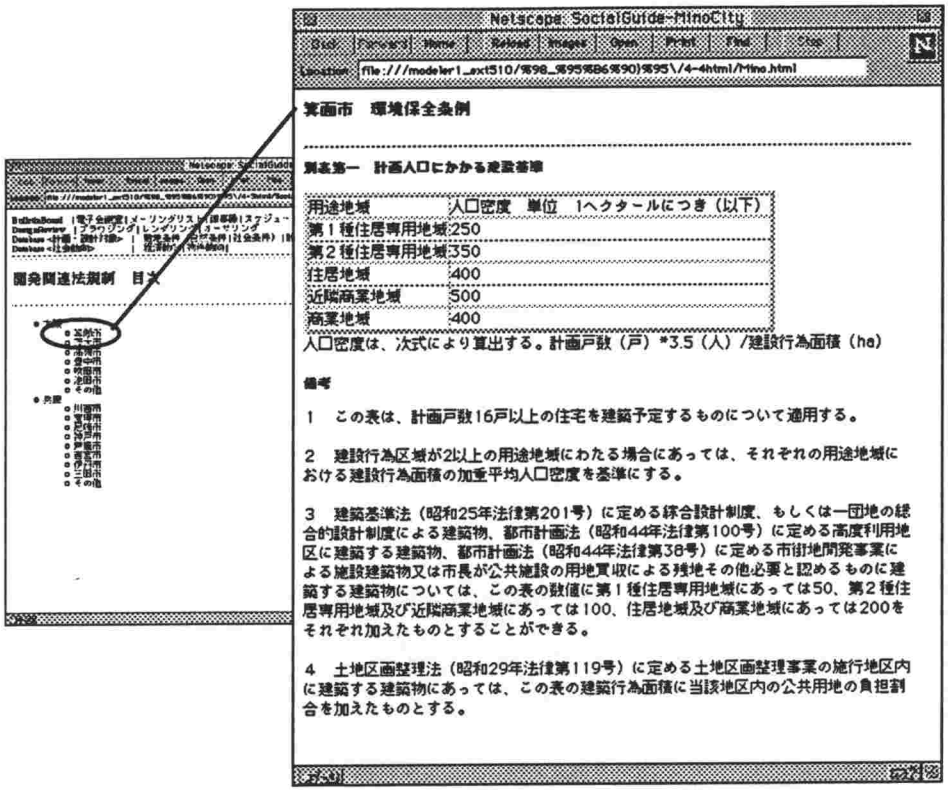


図4-4-4　社会条件の例（開発指導要綱）

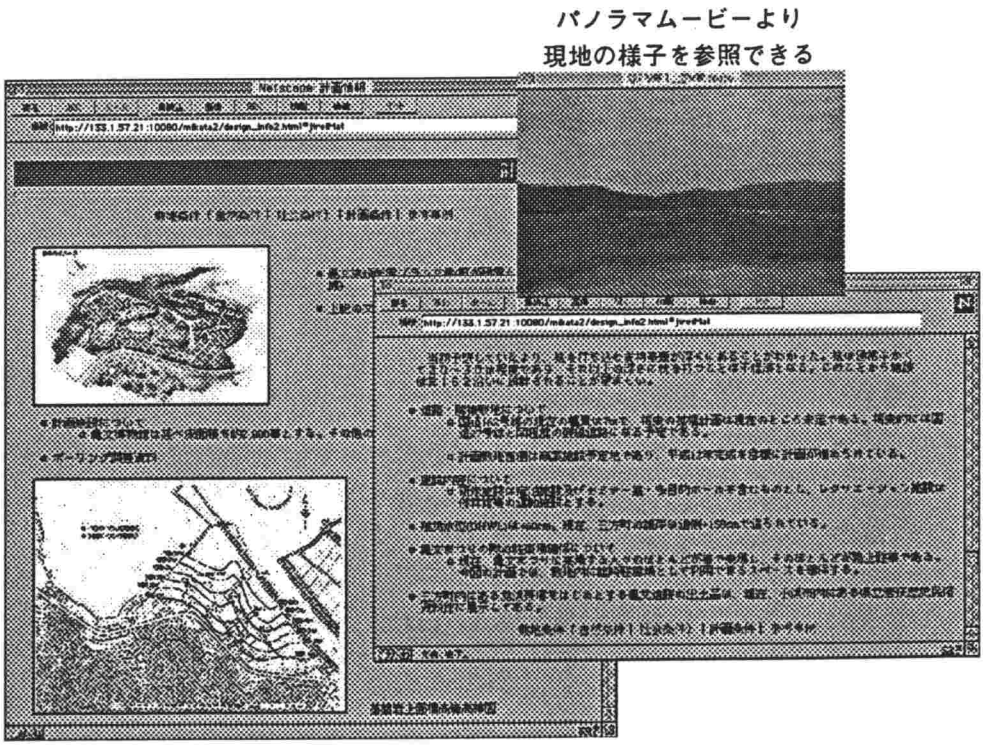


図4-4-5　設計条件の例

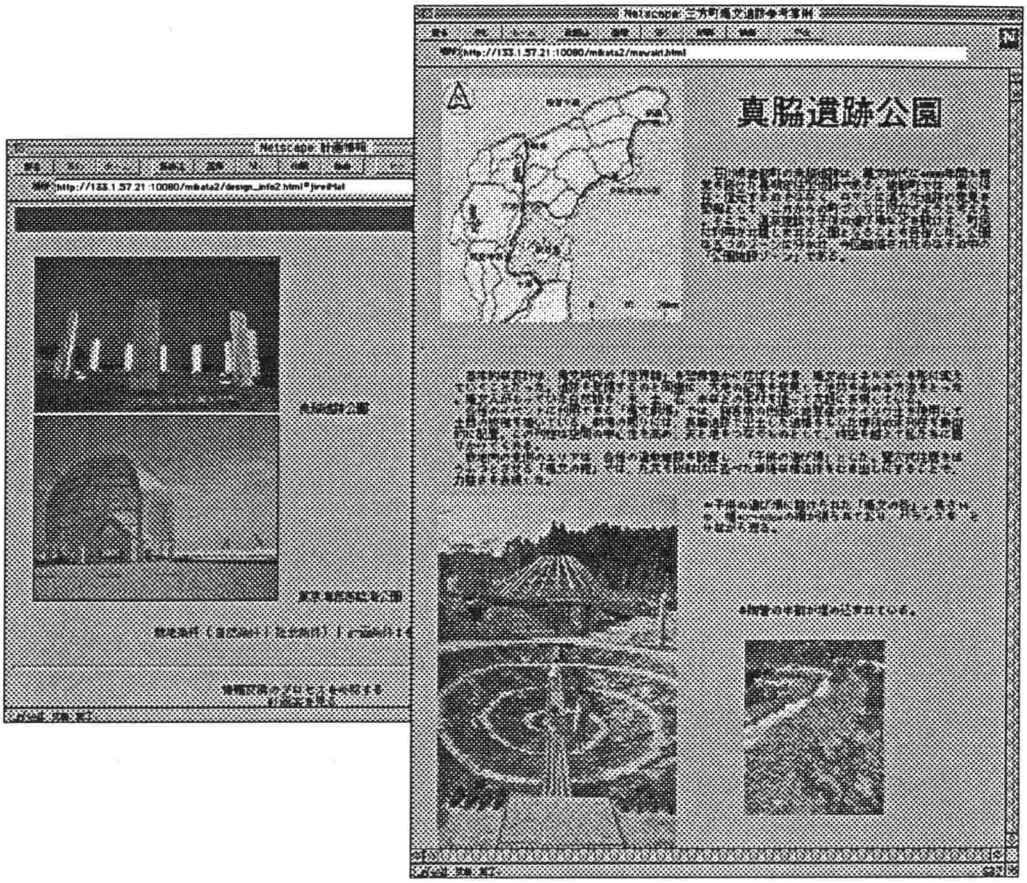


図4-4-6　参考事例の例

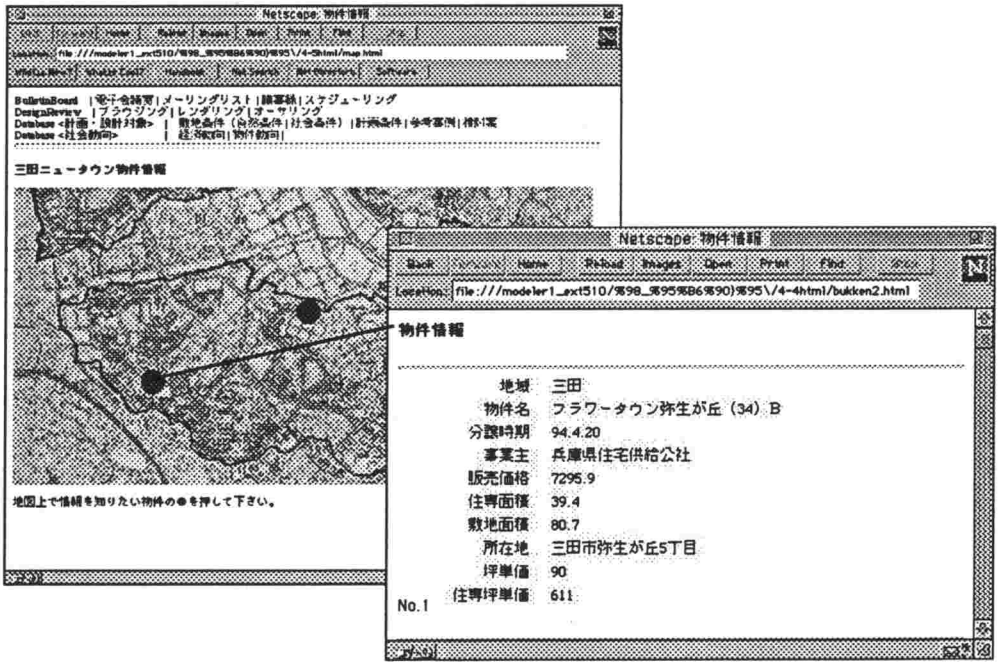


図4-4-7　不動産情報の例

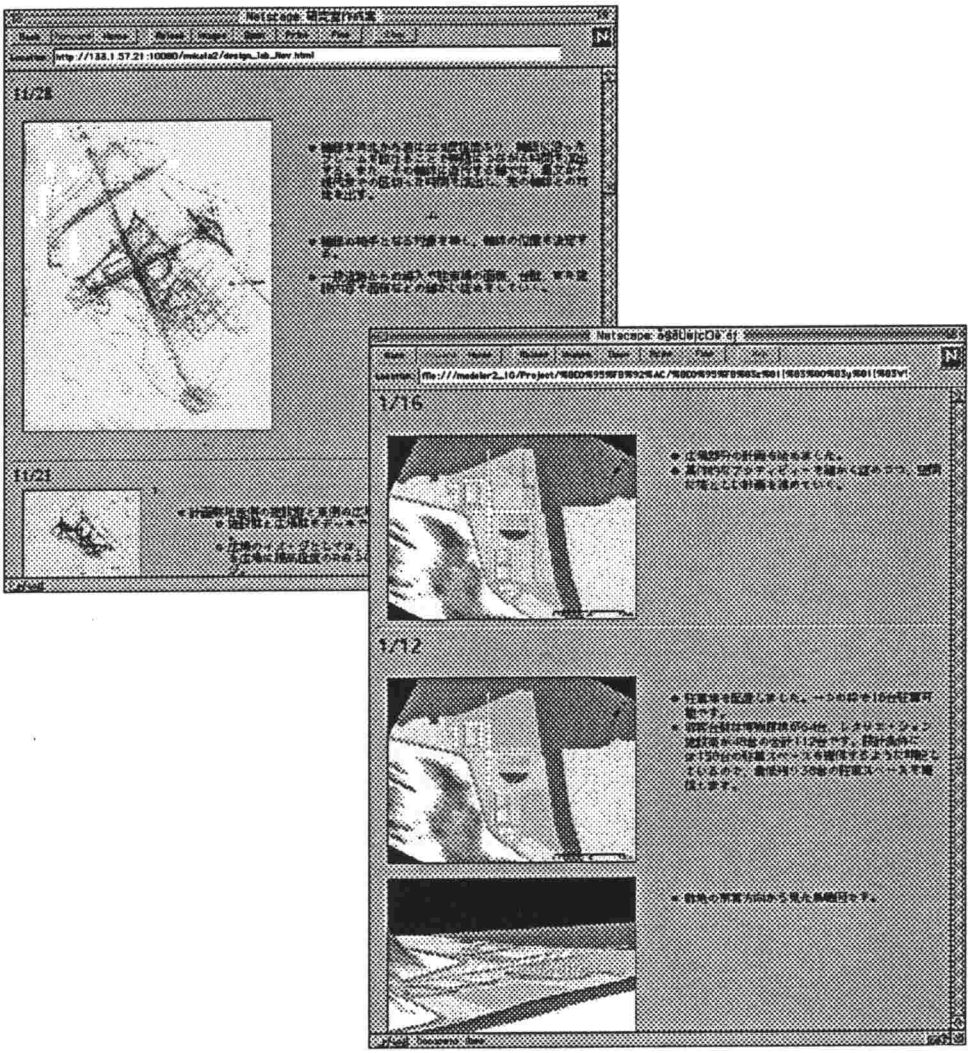


図4-4-8　計画・設計案の蓄積

④プロジェクト管理に関する情報

実際の協調活動支援で重要なもののひとつに、プロジェクト管理がある。とくに様々なメンバーが参加する協調活動では、メンバー間の日程調整ひとつとってもより複雑なものとなることは明らかである。そこで、メンバーが、場所、時間を問わず、プロジェクトに関わる最新のスケジュールを共有することによって、プロジェクトの工程管理を行い、かつスケジュールの変更に際しても迅速に対応できるようにする。

プロジェクトのスケジュールは、その目的の違いから、中長期的に全体を把握する事業スケジュールと、会議や打ち合わせなど、個人やグループレベルの日々のスケジュールを管理する作業スケジュールとの大きく二つに分けられる。まず事業スケジュールについては、作業の流れを時間軸に沿って記し、作業の時間的な重なりをとらえられるようなガントチャートを作成できる、スプレッドシートシステムと連動する。メンバーは、プロジェクト・ホームページ上にある事業スケジュール管理データをクリックすることで、スプレッドシート・アプリケー

ションが起動して、データのブラウジング、修正、加工を行うことができる(図4-4-9)。

次に、作業スケジュールについては、個人レベル、またグループレベルで、リアルタイムにメンバー間のスケジュール管理を行うことのできる、ネットワークに対応したサーバ型スケジュール管理システムと連動させる。メンバーは、プロジェクト・ホームページ上にあるデータをクリックするとスケジュール管理システムが起動して、データのブラウジング、修正を行うことができる。修正を行った結果は、リアルタイムにカレンダーサーバに反映される(図4-4-10)。

一方、メンバーが、プロジェクトに関する会議や打ち合わせなどの議事録を、場所や時間を問わず参照できるように、WWW上にそれらの議事録のデータリストを打ち合わせの日時、テーマごとに整理する。メンバーは参照したい打ち合わせのテーマ、日時をクリックすると、記録の詳細を見ることができる(図4-4-11)。

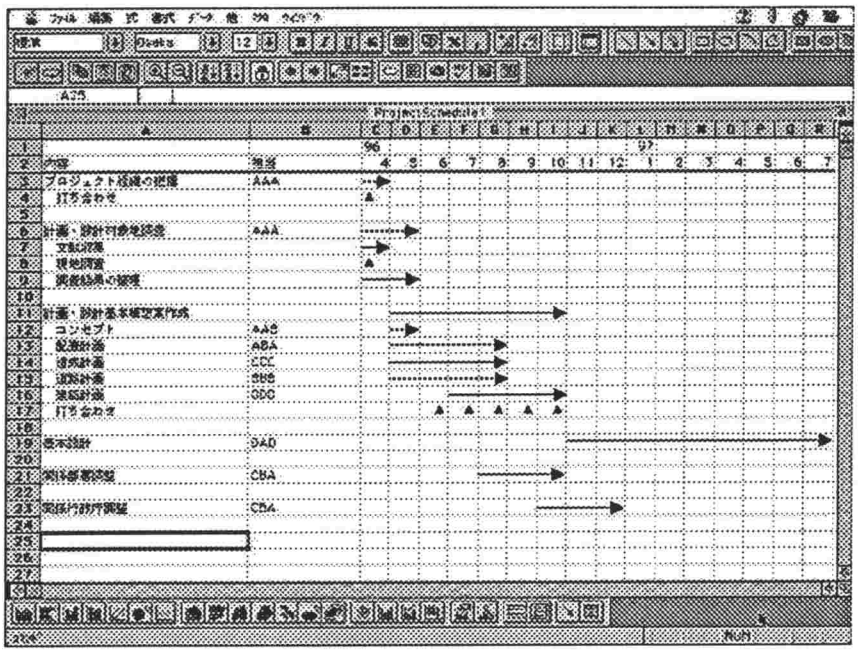


図4-4-9　事業スケジュール

4.4.2　情報のブラウジング

すでに述べたように、本システムではすべての情報がWWWのホームページからリンクをたどって到達できるように構造化されている。このような構造とWWWのブラウザを利用すると、アンカーのクリックを繰り返すだけで、様々な形式で表現された全ての情報に到達するこ

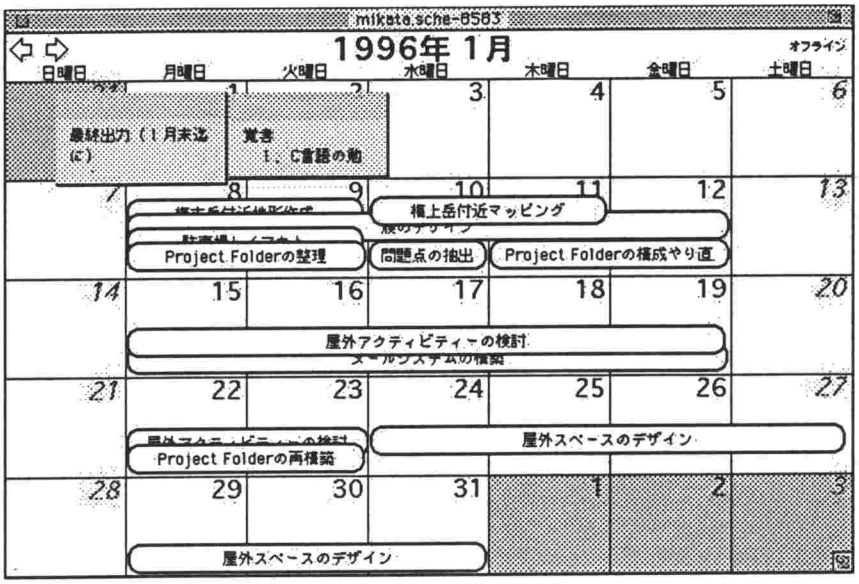


図4-4-10　作業スケジュール

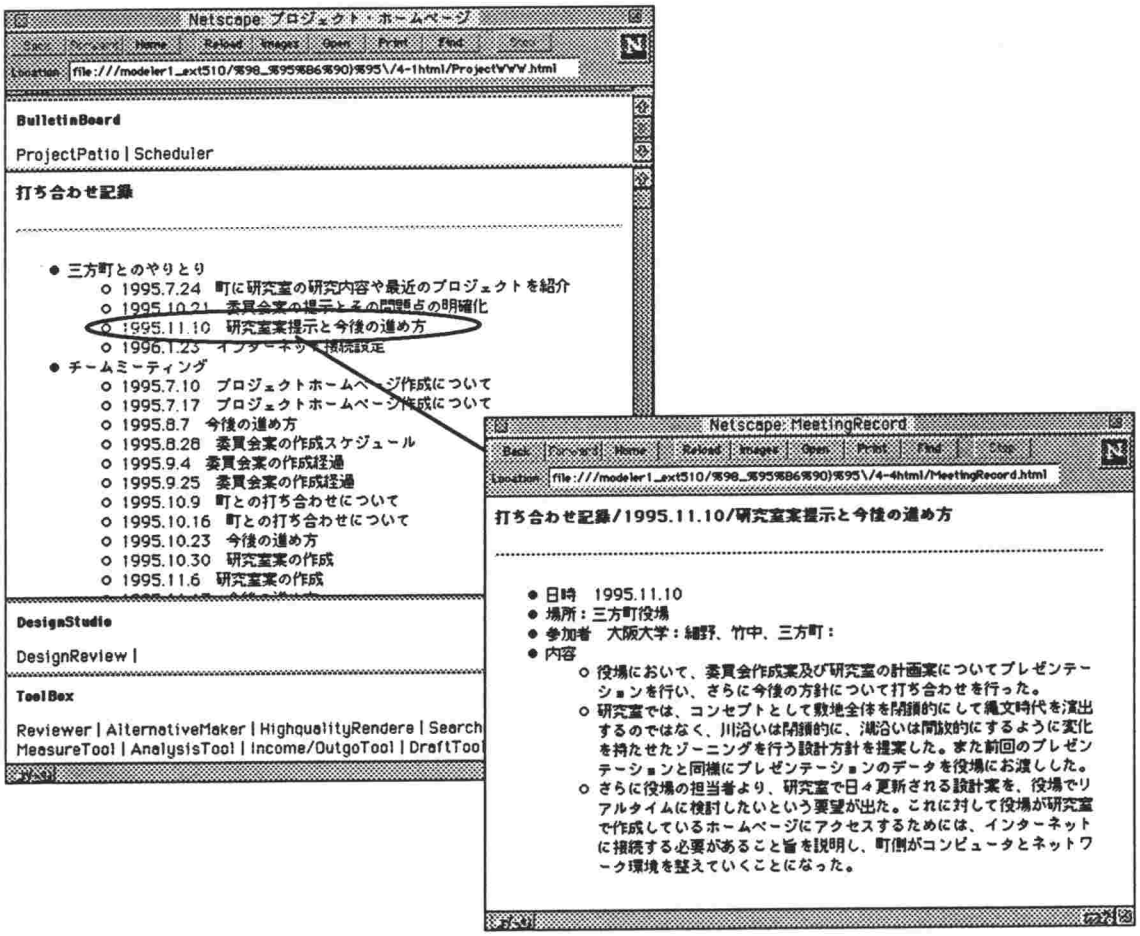


図4-4-11　打ち合わせ内容の確認

とができる。いわゆる情報のブラウジングである。

さて第3章で強調したように、計画・設計における協調活動支援のキーは、いかに計画・設計案の3次元モデルにネットワーク上でアクセスし、その3次元モデルを自由に操作してデザイン・レビューを可能にするか、ということであった。具体的には、ブラウザのヘルパーアプリケーションやプラグイン、ビルトインの機能を利用して、プロジェクト・ホームページ上でデータをクリックするだけで、ブラウジングが可能となるようにする。ブラウジング可能な対象は、3次元モデルのインタラクティブ・リアルタイム・ウォークスルー、2次元画像をつなぎあわせることによる蓄積型インタラクティブ・ムービー、ムービー、それに2次元画像である。

①インタラクティブ・リアルタイム・ウォークスルー

3次元空間をインタラクティブに、リアルタイムでウォークスルーをしながらブラウジングできるシステムには、いくつかのものが挙げられる。

まず、VRML対応ブラウザを利用したものがある。メンバーは、プロジェクト・ホームページに掲載されているVRMLフォーマットのデータをダウンロードして、各自が用意したVRML対応ブラウザでブラウジングする。VRMLデータはWWWAnchorなどの機能を使って他のURLにリンクできる。すると、例えばVRMLによる建物の形状情報とWWWページを介して、テキストやスプレッドシートで作成された、面積や建築コストなど建物概要に関する情報とをリンクできる(図4-4-12)。すなわちVRMLデータによる建物の形状情報と建物の概要情報との双方が、それぞれふさわしいメディアの形式で共有される。

VRMLによる3次元空間のウォークスルーは、高機能であるが故に、用いるプラットフォームによっては充分な性能を発揮できない場合もある。そこで、PCレベルでも良好な操作性をもつシステムとして、QuickDraw3Dのファイル形式である3DMFフォーマットの3次元モデルをブラウジングするものも用いる(図4-4-13)。この場合であれば、VRMLのようにリンク機能を持たないながらも、PCレベルでも充分リアルタイム・ウォークスルーを可能とする。

いずれの方法にしても、3次元空間におけるリアルタイム・ウォークスルーは、協調活動メンバーに3次元空間における完全なインタラクティブ性を保証している。しかし、扱えるデータ量や操作性は、メンバーが利用するコンピュータの性能に依存する。現時点におけるPCレベルのリアルタイム・ウォークスルーは、いまだデータ量に限界があるが、将来的にはコンピュータの高性能化とともにこの問題は解消されると考えられる。

②蓄積型インタラクティブ・ムービー

すでに述べたように、VRML技術を利用したリアルタイム・ウォークスルーは、現状では扱えるデータ量に実用上の限界があり、精緻な表現を必要とする大規模な計画・設計対象の取り扱いには向いていない。そこで本システムでは、高品質な表現によるインタラクティブなブラウジングを、2次元画像をつなぎあわせることにより、擬似的な3次元空間を作成する技術であるQTVRを利用することによって提供する。

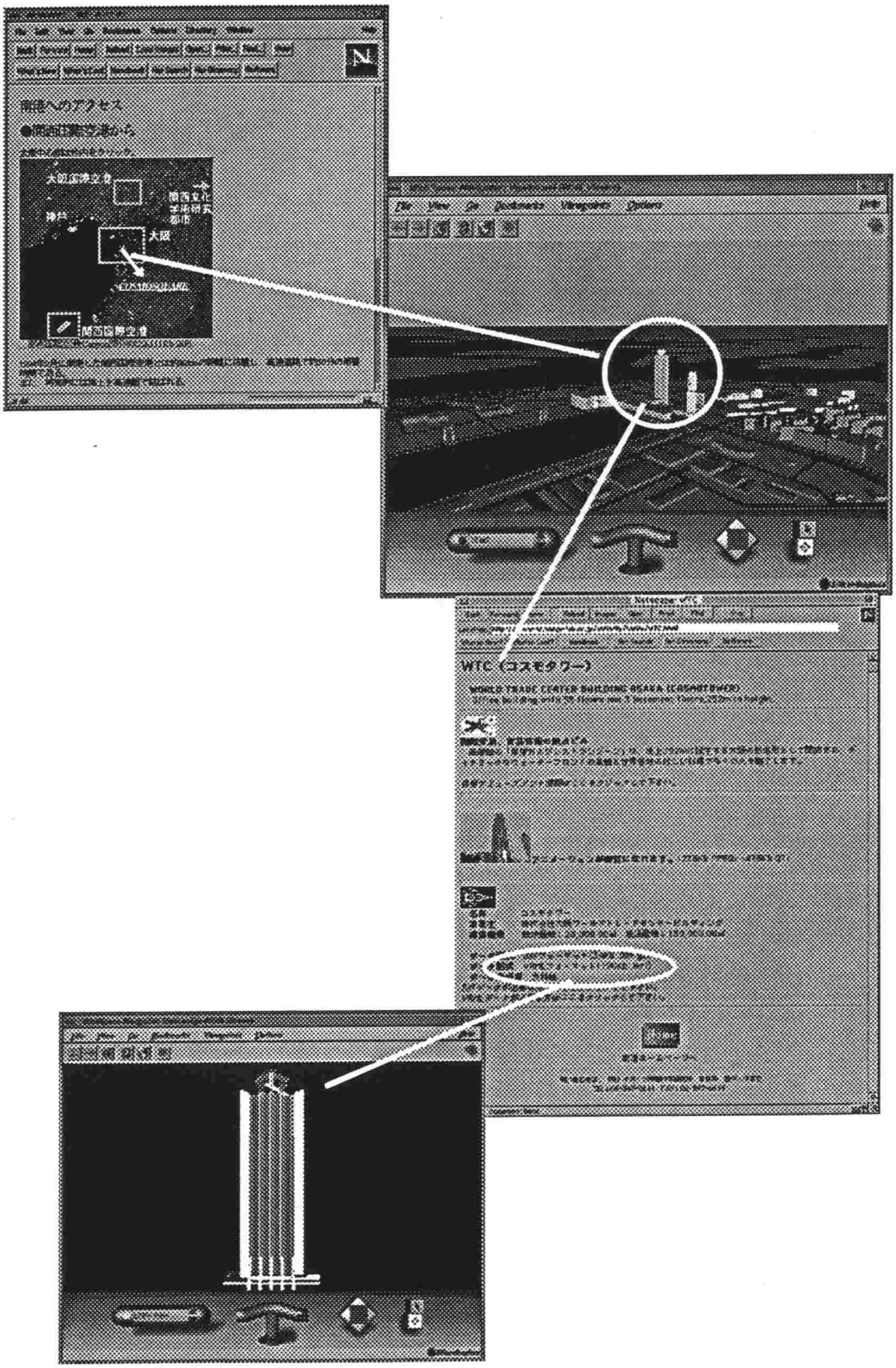


図4-4-12　VRMLを利用したブラウジングの例

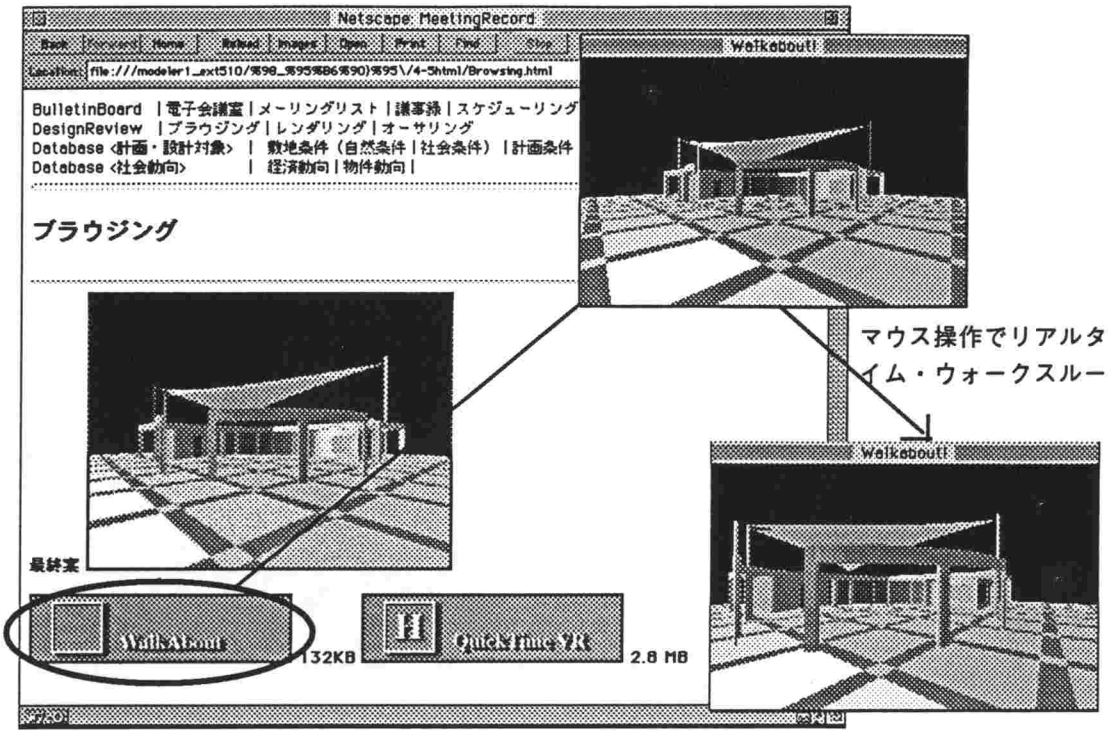


図4-4-13　QuickDraw3Dを利用した場合のブラウジング

QTVRでは、カメラなどで撮影した計画・設計対象地の現況の実写映像や、ラジオシティやレイトレーシングなどのレンダリング結果などから作成した3次元空間において、ブラウジングを可能にする。さらに、これまでの技術では非常に困難であったフォトモンタージュのブラウジングを簡単に行える(図4-4-14)。この技術を使って、現況のQTVRデータと、計画・設計案をフォトモンタージュしたQTVRデータとをそれぞれ比較することによって、計画・設計案の課題を発見することができるようになる。このように視点を固定した見方以外に、計画・設計対象を鳥瞰的にブラウジングするときは、インタラクティブに様々な方向から対象物を視認できる対象中心の見方も利用できる(図4-4-15)。

③ムービー

ムービーの再生では、QuickTime、Javaなどの技術を使って実現できる。JavaAppletによる動画の再生では、従来のWWWでは実現できなかったブラウザ上でのアニメーションや音声の再生を、機種に依存しないで行うことができる(竹中,1996)。JavaAppletをブラウジングするためには、メンバー側でJavaAppletを解釈・処理するためのインタプリタ機能を組み込んだ、WWWブラウザを用意する必要がある(図4-4-16)。

④2次元画像

WWWで通常使われるGIF、JPEG形式などの2次元画像データのブラウジングには、簡単な

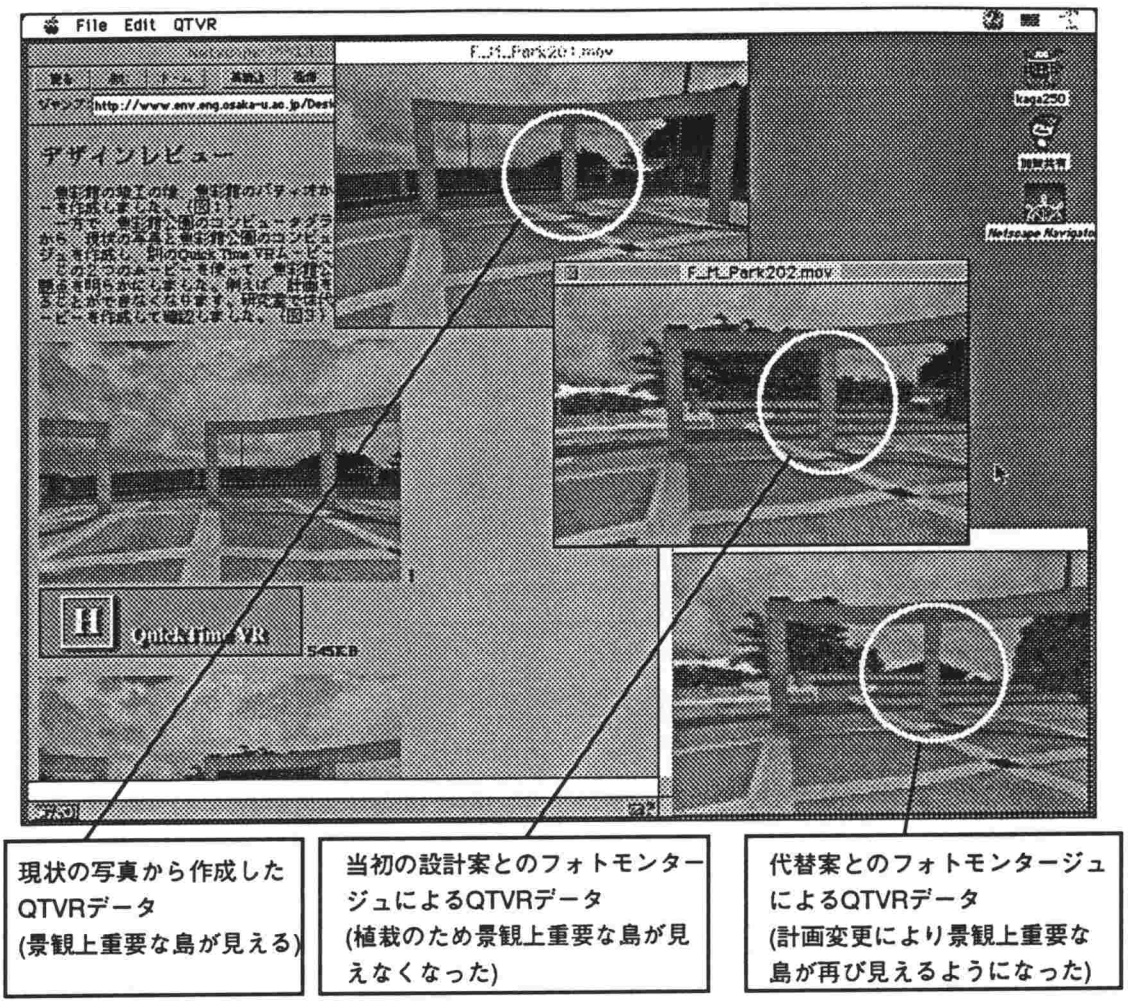


図4-4-14　QTVRのパノラマムービーを使ったブラウジングによるデザイン・レビュー

マウスとキーボード操作により、インタラクティブに拡大・縮小や、スクロールなどを行いながら2次元画像をブラウジングできるようなアプリケーションを利用する。

⑤レンダラ

先に述べたインタラクティブ・リアルタイム・ウォークスルーシステムは、インタラクティブかつリアルタイムな計画・設計案のレビューを可能にする。しかし一方で、そのような操作の軽快さを維持するために、データ量あるいはレンダリングの精度に制約が生じる。

そこで本システムでは、周辺環境まで含めた広域の景観検討などの大量のデータを用いる場合や、陰影の検討のように精緻な表現が必要な場合には、CGI機能を利用してネットワーク上にある、高機能なコンピュータ資源を利用することを考える。すなわち、ブラウジングしているコンピュータの非力さをネットワーク上の他のコンピュータのグラフィックス・エンジンや、そこで稼働するレンダリングアプリケーションを利用することで補おうとするのである。

周辺環境を含んだ広域な景観検討のように、大量の3次元モデルを用いる場合のレンダリン

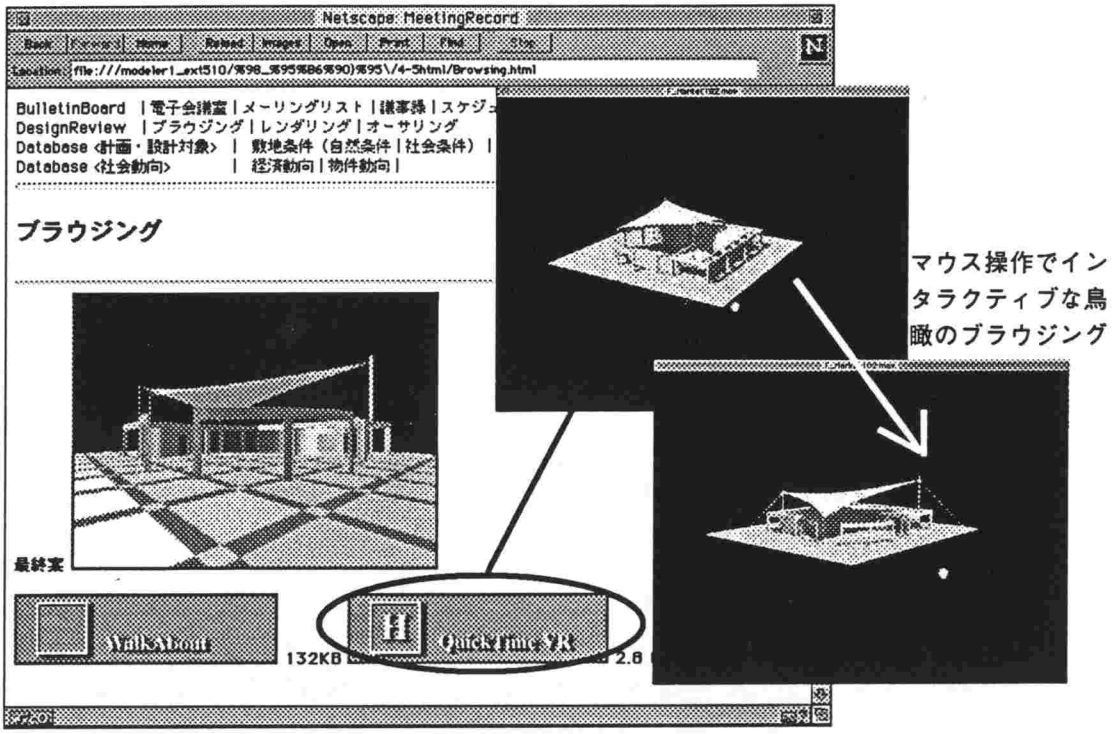


図4-4-15　QTVRのオブジェクトムービーを使った建築物のブラウジング

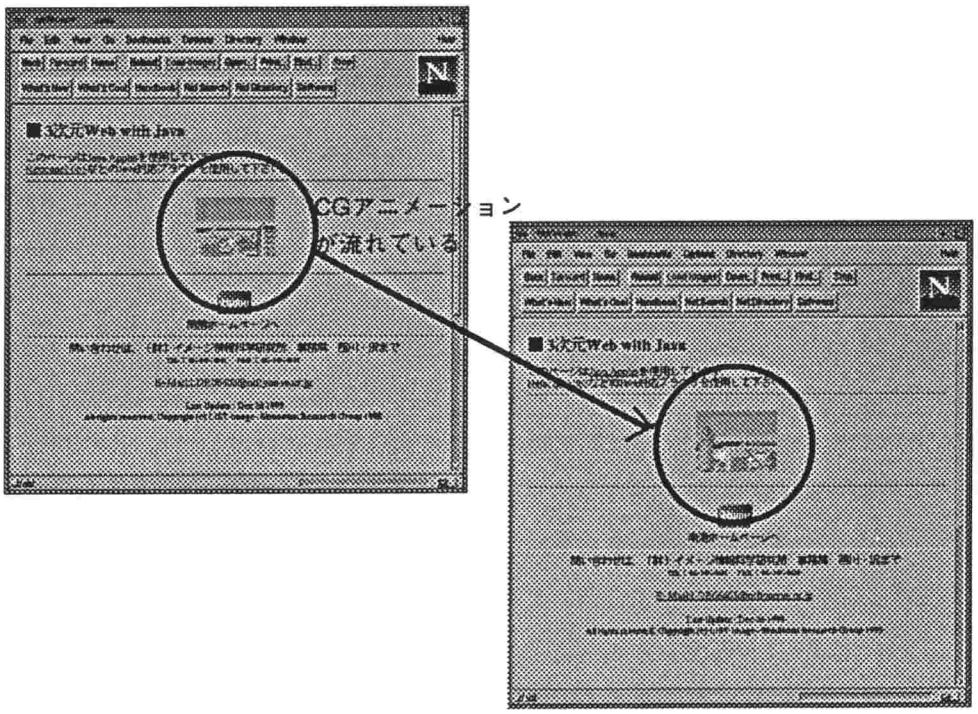


図4-4-16　JavaAppletを用いた動画のブラウジング（円内）

グには、笹田研究室で開発されたViewシステムが稼働するサーバを用いる。ViewシステムはGWS上で開発されたレンダリング、データの属性変更、アニメーションレコーディングができるCGプレゼンテーションシステムであり(中山, 1992)、グラフィックス・エンジンを活用したハードウェア・レンダリングにより、大容量のデータにおいても高速な描画速度を持つ。しかしその反面、3次元2次元変換やレンダリングなどの描画部分をグラフィックス・エンジンというハードウェアに依存しているため、そのシステムを利用できるコンピュータは限定されている。

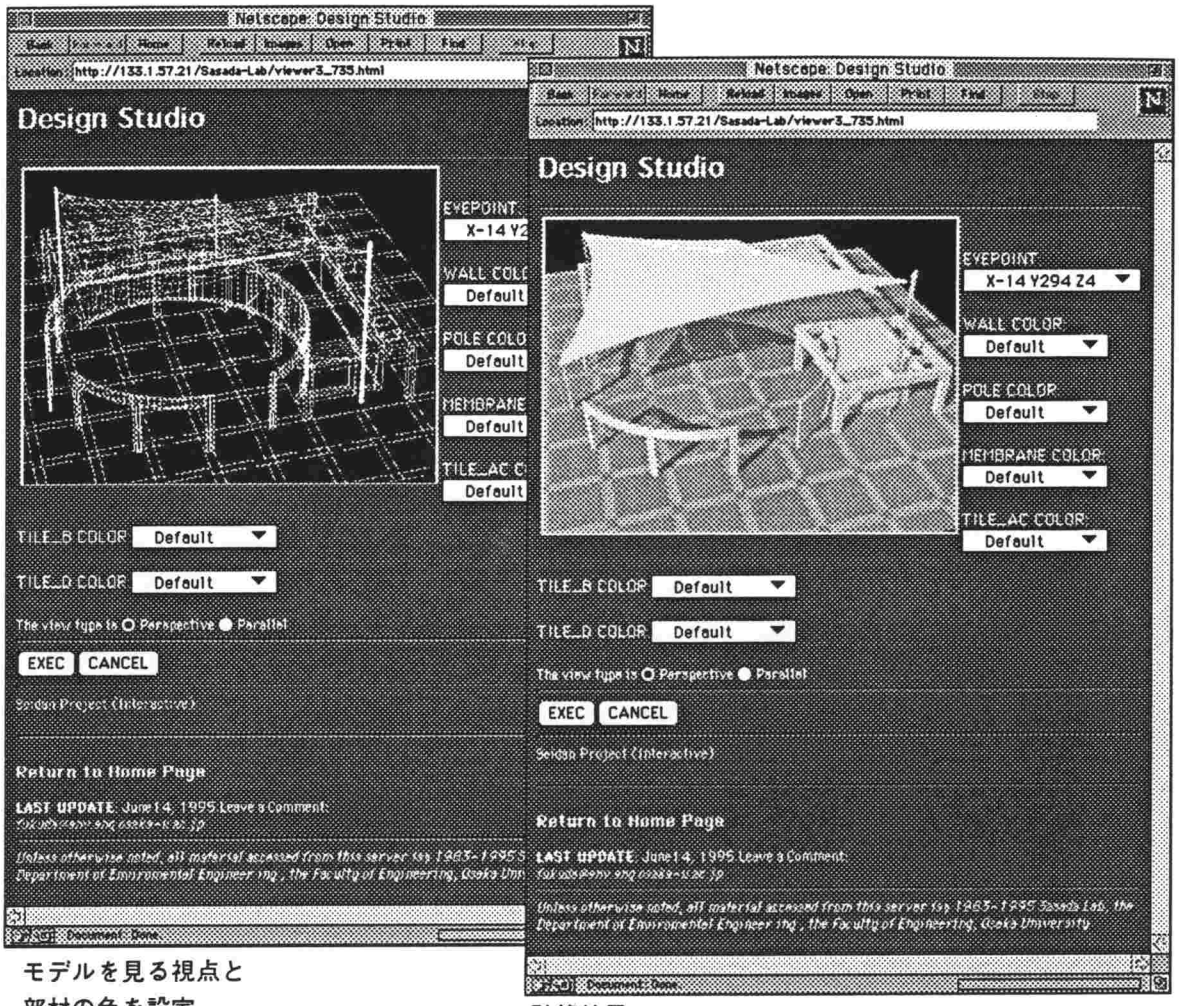
そこで、WWWをインタフェースにして、CGIを通じてViewシステムを稼働することによって、ネットワークにつながるどのマシンからもViewシステムを利用できるように考える。これは、WWWのフォーム機能をインタフェースとして、メンバーが自由に視点、色などを設定し、CGIを通じて視点や色の情報を送ってViewを起動させレンダリングを行い、その結果のCG画像をWWWに再び表示する仕組みである。

このようなシステム構築によって、ネットワーク上のどのコンピュータからも、グラフィックス・エンジンを持った、レンダリングに特化したハードウェアを利用できることになる。Viewシステムはラジオシティ・レンダリングをサポートしているために、高品質な陰影表現を施した計画・設計案も、ネットワークを通じて表示することができる。

一方、陰影や映り込みの感じなど、さらに精緻な表現を必要とする計画・設計の検討については、レイトレーシングを施すことができるソフトウェアRADIANCEと、それが稼働しているネットワーク上のコンピュータとを利用する。この場合もViewシステムの時と同様に、WWW

表4-4-1　WWWを用いたレンダリングシステムの構成例

	内容	機能	本システムで利用したソフトウェア
クライアント側	WWW ブラウザ	データの入力を行いつつ、テキスト、画像などを統合して一覧する。	Netscape Navigator (NetscapeCommunications)
サーバ側	WWWサーバ	HTTPサーバであり、スプレッドシートソフト及びスケジュールソフトを起動する。	NCSA Httpd（フリー・ソフトウェア）
	外部のアプリケーションを利用してレンダリングを行い、結果を表示するプログラム	WWWのフォームを用いて入力された視点や色などの属性情報を受け取り、Viewシステムに入力するためのファイルを作成する。そしてViewを起動させ、レンダリング計算結果をGIFファイル形式で作成し、WWWブラウザに表示する。	DesignStudio（Viewシステム）
		WWWのフォームを用いて入力された視点や色などの属性情報を受け取り、RADIANCEの一連のプログラム（oconv、rpict、pfile、ra_gif）を起動させる。そして、レンダリング計算結果をGIFファイル形式で作成し、WWWブラウザに表示する。	DesignStudio1 (RADIANCEシステム)



モデルを見る視点と
部材の色を設定

計算結果

図4-4-17　RADIANCEシステムを利用したレンダリング

ブラウザから視点や属性情報に関するデータを入力し、WWWサーバ側でレンダリングを施し、その結果のCG画像をWWWブラウザに表示する(図4-4-17)。これらのWWWを用いたレンダリングシステムの構成をまとめると表4-4-1の通りである。

4.4.3　情報の登録と検索

本システムで取り扱う計画・設計情報は、文字情報の他に、図面、スケッチ、写真などの画像、映像、3次元モデルなど様々なメディアの形態をとり、ネットワーク上に分散している。協調活動メンバーが場所や時間を問わず、情報にアクセスできるように、各々のメンバーが収集した情報を効率的に共有する方策が必要である。すなわちシステムには、時として膨大な量になるデータの検索、更新や削除などの管理を容易に行うことができる機能が求められる。そこで本システムにおけるデータベースの構築と検索については、ハイパーメディアの特質に準

拠したCGIによるWWWサーチエンジンを構築した方法、既存のデータベースシステムとリンクした方法、既存のWWWサーチエンジンを利用した方法との、大きく三つによる検索・作成システムを用いる。

①CGIによる検索・作成システムの構築

第一は、CGIを使ったデータベースの検索・作成のシステム構築である。このようなシステムの例として、橋梁の既存事例を参照するためのデータベース作成及び検索システムが挙げられる(福田, 1996)。この橋梁データベースのシステム構成は、協調活動メンバーとのインタフェースとなるWWWブラウザと、検索やデータ保存処理を行うWWWサーバからなる。既存橋梁の各データは、橋の分類法によって4つに分類した橋の用途、材料、路面の位置、構造のフィルタによる組み合わせに対応したディレクトリに保存される。保存されるデータの内容は、既存橋梁の諸元を記したHTMLファイルと画像データである。

データベースの検索は、あらかじめ示されている諸元の中から、検索したい項目を選ぶと、データが転送されるとともに、CGIによる外部プログラムが起動する。外部プログラムは、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(図4-4-18)。橋梁データベースの維持・管理のためのデータ入力は、WWWのフォーム機能を利用して行われる。これは、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ファイルを自動的に作成するというシステムである(図4-4-19)。データの各諸元はテキスト形式

図4-4-18　CGIによるデータベース検索システム

図4-4-19　CGIによるデータベース作成システム

で入力し、橋梁の画像データも扱う。

②CGIによる既存のデータベースと連携した検索システム

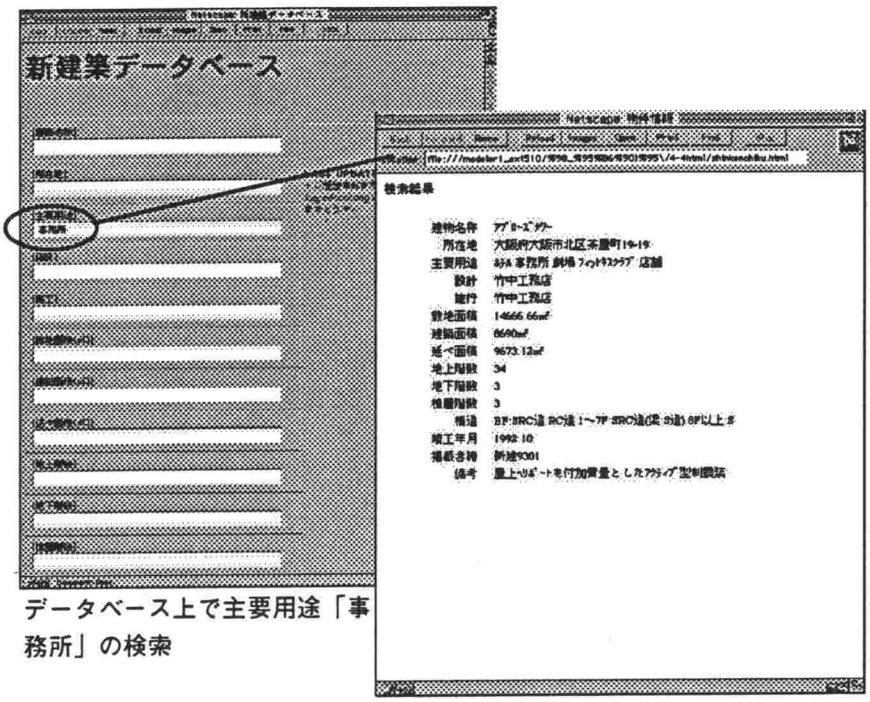
第二は、CGIによる既存のデータベースと連携したシステム構築である。本システムによって、稼働する機種に依存していたデータベース、あるいは一つのLAN内に利用が限られていたデータベースを、広くネットワーク上で利用できるようになる。

ここでは、建築データベースを例にして、PCレベルで稼働するデータベースソフトウェアとWWWとを組み合わせて、これまで使える範囲が限られていたデータベースを、広域にメンバーが利用できる検索システムに拡張する。

データベースの検索は、検索したい諸元についてキーワードを入力する。入力されたデータが転送されるとともに、CGIによりデータベースが起動する。データベースソフトウェアは、入力された情報を元に建築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(図4-4-20)。

③関連情報の検索

ネットワークを通じて公開されているWWW情報の中には、自治体の都市計画、建築ライブラリー、計画事業の内容紹介など、建築・都市開発プロジェクトの関連情報が多数存在している。ネットワーク上に分散したデータの中から、そのような関連情報を抽出するために、本シ



データベース上で主要用途「事務所」の検索

検索結果として主要用途に「事務所」とある情報の表示

図4-4-20　既存のデータベースと連携した検索ツール

ステムでは、検索システムとしてWWWの情報を日本語や英語で検索可能な、インターネット上で提供されている既存のWWWサーチエンジン・サービスを利用する。

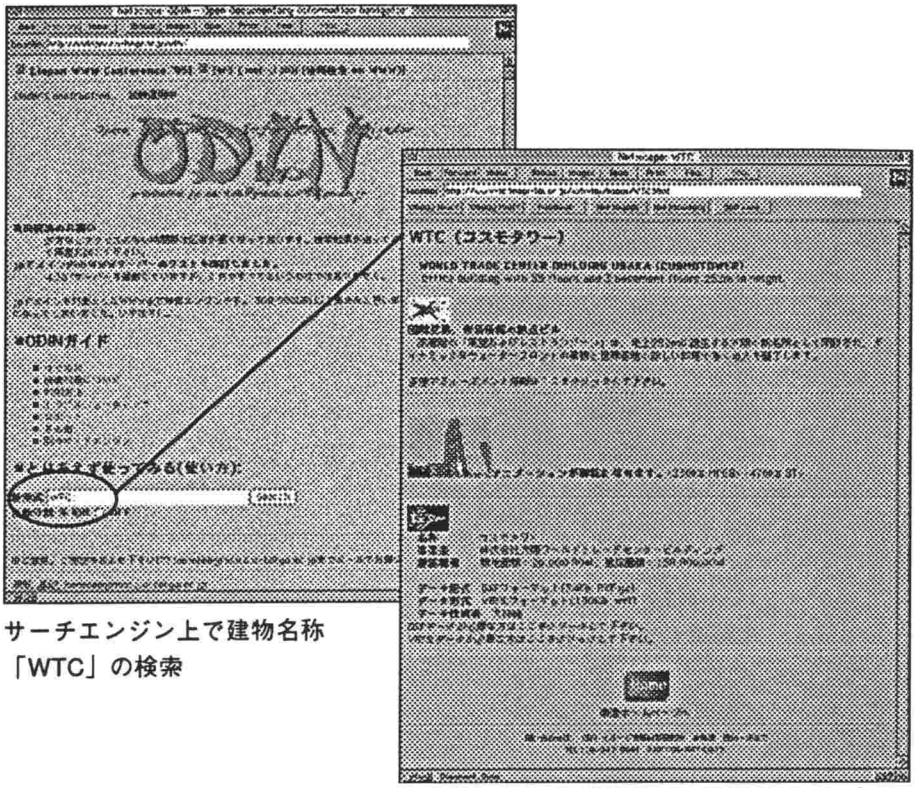
WWWサーチエンジンの利用によって、例えば海外の建築ライブラリーや自治体の地域情報など、計画・設計に関わる様々な情報をネットワーク上から入手できる(Stephenson,1996; www.yahoo.com, 1996; 図4-4-21)。

4.4.4　情報の交換

協調活動メンバーは計画・設計の検討に際して、計画・設計の前提条件や検討内容など、様々な情報のやりとりを行う必要がある。

そこで本システムでは、メンバーがブラウジングの結果から浮かび上がった問題点などの意見を他のメンバーに明確に伝達するために、ブラウジングしたデータを編集・加工するオーサリングを行い、その結果を他のメンバーに伝達するための電子会議室をホームページの中に設置する。

計画・設計情報が2次元画像の場合のオーサリングでは、メンバーはその2次元画像にペイントソフトウェアなどを利用してコメント内容を直接書き込む(図4-4-22)。一方、ブラウジングした3次元モデルに対してコメントしたい場合は、コメントを必要とするシーンになったとこ



サーチエンジン上で建物名称「WTC」の検索

検索結果として「WTC（コスモタワー）」に関する情報を掲載したWWWの表示

図4-4-21　WWWサーチエンジンによる情報の検索例

ろで、スクリーン画面をスナップショットする。そしてスナップショットした2次元画像に先ほどと同様の方法でコメントを記入する。その他、ウォークスルーの動作を記録する場合には、コンピュータ上で行われた動作を、QuickTimeなどのムービーフォーマットとして記録できるようなアプリケーションを利用する。

次に、先ほどコメントを書き込まれたデータは、既存の電子メールアプリケーションを利用して他のメンバーに伝達される。メンバーは、電子メールに先ほどコメントを書き込んだデータを添付するとともに、コメントについての補足を文字情報として記入し送付する。すると伝達されたデータは、意見交換の記録として、リアルタイムでホームページに掲示される。その記録は、例えば「計画・設計案について」、「利用者の立場から」などテーマごとにページを分けることができ、よりテーマに沿った意見交換を行いやすい環境を整備できる。

電子会議室を実現するシステムの構成は、表4-4-2の通りであり、そのシステムフローは次のようになる(福田, 1996)。

まず、プロジェクト・ホームページより、コメントしたい画像をダウンロードし、修正を加え、メールに添付して、サーバに送付する。次に、サーバ上でメールの送付を確認するデーモンが作動する。メールが配達されていればWWWサーバ上のディレクトリに転送する。そして、WWWサーバがファイルの送付を確認するデーモンを作動する。そのデーモンは、メール

が送付されれば、メールから必要な情報を取り出すプログラムを起動する。さらに、WWWサーバ上でプログラムが起動して、メールファイルの中から日付など必要な項目を取り出し、Record.htmlを表形式で作成する。xbinが画像ファイルのバイナリー変換を行う。最後に、Record.htmlのブラウジングによって、電子会議室のページに結果が表示される。

しかし一方で、例えばメンバーが外出先などから利用するような文字情報を扱える携帯端末程度のコンピュータ環境は、そのようなハイパーメディアによる情報交換機能には対応できない。そこで本システムでは、場所や時間を問わず、メンバー同士が文字情報だけで打ち合わせできるメーリングリストも併用する。メーリングリストは、協調活動メンバー全員に同時に伝

表4-4-2　電子会議室のシステム構成

	内容	機能	本システムで利用したソフトウェア
クライアント側	WWW ブラウザ	テキスト、画像などを統合して一覧する。	Netscape Navigator (Netscape Communications)
	画像ブラウザ、2Dグラフィックスソフト	画像データの拡大、縮小、任意の移動などのブラウジングや、その画像データに修正、加工を行える。WWWブラウザのHelperApplicationとして設定。	Photoshop（Adobe）
	メールアプリケーション	WWWブラウザのHelperApplicationとして設定	Eudora-J（フリー・ソフトウェア）
サーバ側	メールサーバ	メールサーバである。	BIND（フリー・ソフトウェア）
	POPサーバ	POPサーバである	popper（フリー・ソフトウェア）
	WWWサーバ	HTTPサーバであり、Record.htmlを表示する。	NCSA Httpd（フリー・ソフトウェア）
	メールの送付を確認するデーモン	POPサーバ上で動き、メールがメールサーバ側に配達されたかチェックするためのデーモン。メールが配達されていれば、WWWサーバにメールファイルを送付する。	chktime2
	ファイルの送付を確認するデーモン	WWWサーバ上で動き、3次元CGファイルが送付されたかをチェックするためのデーモン。ファイルが送付されていればプログラムmeasureを起動する。	chktime1
	メールファイルから必要な情報を取り出しHTMLを作成、表示するプログラム	メールファイルから日付、作成者、主題、コメント、画像を取り出し、HTML (Record.html)を作成、表示する。画像はフリーソフトウェアのxbinを起動させBinHex変換を行う。	mail
	BinHex変換プログラム	BinHex変換を行う。	xbin（フリー・ソフトウェア）

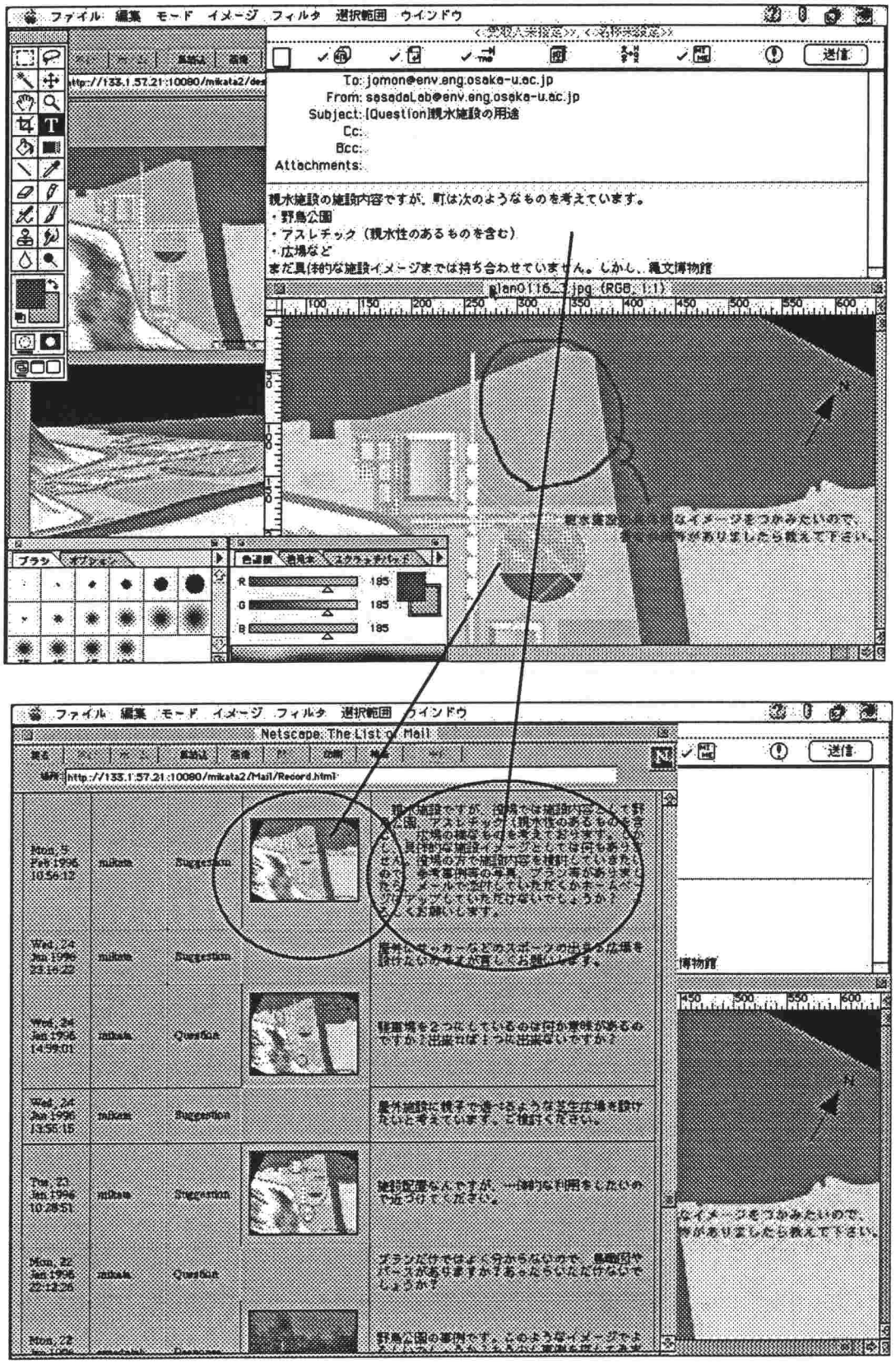


図4-4-22　電子会議室のメッセージ送付と掲示

達できるメール機能である。メーリングリストを利用するには、あらかじめリストサーバを立ちあげるか、メンバーのメールアドレスを記したリスト情報からなるメールアドレスを設定する。するとメンバーがそのメールアドレスにメールを送れば、メンバー全員に同報される。プロジェクト・ホームページからメーリングリストを利用する場合には、そのページにはメンバーや検討グループの名称が掲載されており、その名称をクリックすると、メールを記入するフォームが現れる(図4-4-23)。そして、このような情報交換の結果は蓄積されるために、情報交換の経緯をいつでも確認することができる。

以上、構築したネットワーク型協調活動支援システムの構成について、まずシステム運用に先立ちどのような整備が必要なのかという観点から、コンピュータ・ネットワークや計画・設計情報のデジタル化などの整備や、ネットワーク化に対応するための手段を述べた。次に、ネットワーク型システムがこれまでのシステムとどのように違うのかという観点から、メンバーがそれぞれのシステムを利用した場合の計画・設計への参画の違いを述べた。そして、構築したシステムが実際の計画・設計プロセスにどのように則した機能を持つかという観点から、システムの機能を述べた。

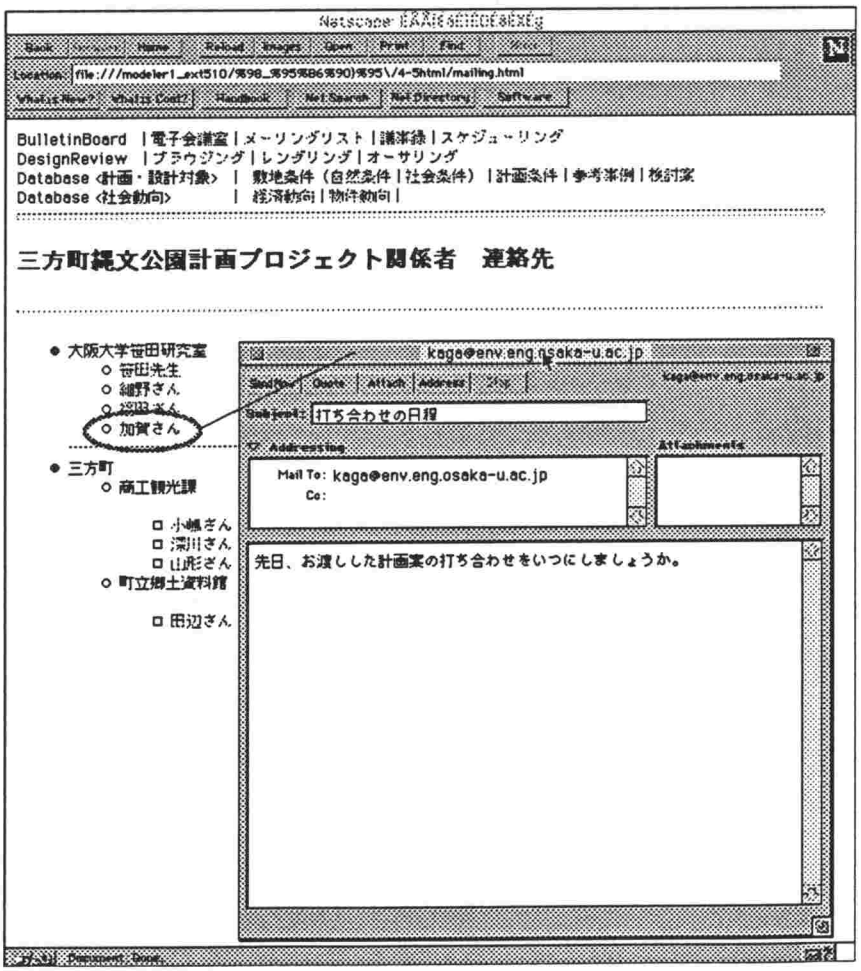


図4-4-23　メーリングリストによるメール送付

第５章

結論及び今後の課題

第５章においては、本研究で得られた結果、および明らかにされた課題について述べる。

5.1 結論

第1章においては、建築・都市開発プロジェクトの計画・設計段階における協調活動の定義と特徴を示し、協調活動に関する既往の研究について整理した。そして本研究の目的を、専門家や非専門家など様々なメンバーによるコミュニケーションに着目しながら、計画・設計のコンピュータ支援における解決すべき問題を整理して明らかにすること、明らかになった問題を解決するために必要な技術を明確にすること、そして、それらの技術を用いた新しいシステムの構築を行うこととした。

第2章においては、先に述べたように広範なコミュニケーションに着目する研究アプローチに沿って、これまで筆者が研究メンバーとして携わった、計画・設計支援システムに関する研究を整理した。その結果プレゼンテーション支援では、イニシアティブの問題とタイミングの問題との二つの問題点が明らかになった。つづいてイニシアティブの問題解決のためのデザインレビュー支援、タイミングの問題解決のためのデザイン支援を考え、実証研究による検証を行った結果、これらの問題を独立に解決するアプローチでは、問題解決に至らないことがわかった。

そこで、イニシアティブとタイミングとの二つの問題を同時に解くこととし、協調活動の支援を試みた結果、イニシアティブの問題とタイミングの問題とは同時解消されたものの、あらたに人的・経済的なリソースの問題と空間・時間のシームの問題とが生じた。

第3章においては、問題を解決する技術が備えるべき条件と、それに関連するキー・テクノロジーとを考察した。まず空間・時間のシームの問題を解消するための条件として、ネットワークに対応した3次元モデルとそのブラウザとを考察した。次にリソースの問題を解消するための条件として、統一されたGUI、オブジェクト指向、ハイパーメディアによる情報の交換、機種に依存しないオープンシステム、分散処理とリソースの共有を考察した。そしてこれらの条件に関連する最新のキー・テクノロジーを、ネットワーク技術およびネットワーク技術とCG技術とを融合した技術から抽出した。

第4章では、これまでの考察に基づいて、ネットワーク型協調活動支援システムの構築とその運用のための基盤整備とを試みた。まずシステム運用のための基盤整備として、コンピュータ・ネットワークと計画・設計情報のデジタル化、ネットワーク化に対応するための手段として、分散した情報の取扱いや守秘の必要な情報の取扱いについて考察した。次に、ネットワーク型協調活動支援システムとこれまでのシステムとの違いを、メンバーがそれぞれのシステムを利用した時の計画・設計への参画形態から考察した。そして構築したシステムの機能を、実際の計画・設計プロセスで運用しながら、情報の掲載、情報のブラウジング、情報の登録・検索、情報の交換の順に整理して述べた。

本研究で得られた成果は次のようなものである。

まずこれまでのさまざまな研究の努力にもかかわらず、建築・都市開発プロジェクトの計

画・設計支援システムは、さまざまなメンバーからなる協調活動を支援しきれていないこと、支援のためには空間・時間のシームの問題と、人的・経済的なリソースの問題とを解決する必要があること、つまり支援システムにおける問題の所在を明らかにした。

次に、これらの問題はネットワーク技術と3次元モデルおよびCG技術との融合技術、なかでもネットワーク上での3次元モデルとそのブラウジングの技術を中心とする技術によって解決できること、つまり支援システムにおける解決の方法を明らかにした。

つづいて、これまでの考察にもとづき、実際にネットワーク型協調活動支援システムの構築を試み、これに成功し、実際の計画・設計活動に適用することでシステムの機能を確認した。

本研究によって開発されたネットワーク型協調活動支援システムは、これまでの計画・設計支援システムとは、そのねらいが計画・設計の社会化にあるという点で大きく異なる。本研究の成果であるネットワーク型協調活動支援システムによってはじめて、さまざまなメンバーが空間、時間、ネットワーク環境、コンピュータ利用環境、コンピュータリテラシーの壁を越えて、様々な局面で計画・設計のプロセスに参加することが可能になった。計画・設計の社会化、英知を集めた計画・設計への道が開かれたのである。

5.2 今後の課題

本研究において構築したシステムは、計画・設計プロセスの最初から最後までの様々な局面においてネットワークに対応していることで、専門家や非専門家からなる協調活動メンバーにとって、場所や時間を問わず、イメージの共有と知見の結集を可能にする。そこが、本システムと従来のシステムとの最大の違いであることはすでに述べた。本システムの構築は、実際の計画・設計プロセスの中で運用しながら行われたが、その運用を通じて解決すべき問題の解消とともに、これまで見られなかった新たな問題点が明らかになった。この新たに明らかになった問題は、システムがネットワークに対応したために起こったと考えられる。そこで現時点で明らかになっている課題とともに、今後の展望を述べる。

第一の課題は、ネットワークに対応した3次元モデルとCGシステムとの機能向上である。本研究の結果、計画・設計の協調活動を支援するシステムは、ネットワーク型のシステムになり、インタラクティブでリアルタイムな検討を行えるようにはなった。しかし、これまでスタンドアロンで扱っていたCGと比べると、本システムで扱える3次元モデルとCGとの精度、質、量のレベルはいずれも低下した。そこでネットワークに対応した3次元モデルとCGシステムの精度、質、量などの機能を向上する必要がある。

第二の課題は、分散された情報の構造化である。ネットワーク型のシステムになって、情報が分散化されることにより、かえって情報が取扱いにくくなった一面があった。例えば、メンバーが情報の管理や更新の内容をすべて把握できないために、参照したい情報の所在がわかりにくいことが少なからずあった。さらに、過去から最新にわたる代替案やプロジェクトに関連する様々な情報からなる、建築・都市開発プロジェクトにおける計画・設計の情報は、日々更新され、結果的に膨大な容量になる。本研究で構築したシステムにおいても、データベースの構築に手間がかかったことから、いかにメンバーの手を煩わさず情報の構造化を可能とするかが重要になると思われる。そのような問題を解決するヒントの一つとして、コンピュータ科学の分野で現在研究されているエージェントが考えられる。エージェントとは、ユーザが本来おこなっていた煩雑な処理をコンピュータプログラムで代行するという考え方であり、例えばプログラム自体を他のコンピュータに送り込み、その上で必要な処理を自動的に実行しその結果をユーザが受け取るような仕組みをいう(岸本, 1995)。情報の構造化という問題の解決には、このようなエージェント技術などの利用を考える必要があろう。

これらの、どちらかというとコンピュータ技術に依存する問題とならんで明らかになった点として、ネットワーク型の協調活動ではメンバーが今まで体験したことがない、ネットワーク型ならではの協調活動のあり方が問われるように思われる。例えば本研究で構築したシステムを運用することで、ただちにメンバーが同時に同一場所に集まることによる、対面コミュニケーションの必要性がなくなるとは、考えられない。本システムを実際に運用したプロジェクトでも、基本的にはネットワークを利用して情報の交換を行ったが、重要な事項を合意する段階には、対面コミュニケーションによる合意形成を図った。今後、あたらしい協調活動の形式

を考える必要がある。

さらに、本研究におけるネットワーク型のシステム構築は、計画・設計の参画者のイメージの共有と意見の発信という意味で、ある程度の平等化を実現したということから、社会プロセスとしての建築・都市開発プロジェクトの計画・設計において、専門家の職能に対して問題を投げかけたように思われる。これまで専門家だけが持っていた、図面や模型から計画内容を読みとるというイメージの具現化にともなう知識や、既存の参考事例を多く知っているというような知識だけではない専門性、それは何かということが専門家に対して求められるようになってくると思われる。

参考文献

参考文献

相田仁, "通信とコンピュータ", 情報処理, Vol36(9), pp.815-817, 1995.

相川恭寛, "OpenGLプログラミング・ガイドブック", 技術評論社, 1995.

会津泉, "進化するネットワーク", NTT出版, 1994.

安東一真, 河井保博, "インターネット情報提供の新手法", 日経コミュニケーション, pp.44-59, 4月17日号, 1995.

Andoh, Y., "HotJava/Java Frequently Asked Questions(FAQ)", http://www.webcity.co.jp/info/andoh/java/javafaq.html, Jan. 13, 1996.

青木義次, 満田隆啓, "イメージの共有化過程における連想語を介した支援ツールの開発", 日本建築学会第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.175-180, 1994.

Apple Computer, Inc., "QuickDraw 3D Home Page", http://product.info.apple.com/qd3d/QD3D.html, Aug. 1, 1995a.

Apple Computer, Inc., "QuickTime VR", http://qtvr.quicktime.apple.com/, Aug. 1, 1995b.

Apple Computer, Inc., "3D Graphics Programming With QuickDraw 3D", Addison-Wesley Publishing Company, 1995c.

Apple Computer Japan, Inc., "Human Interface Guidelines: The Apple Desktop Interface(日本語版)", トッパン, 1989.

浅野理森, MARC, "図解で知るインターネットのしくみ", 技術評論社, 1995.

autodessys編, "form・Zユーザーズマニュアル", 1995.

Behlendorf, B., "Results of the VRML Survey", http://vrml.wired.com/survey_results.html, Aug. 18, 1995.

Bennett, J., "建設のプロジェクトマネジメント", 古川修, 古阪秀三訳, 鹿島出版会, 1987.

Blau, B., "VRML 1.X and Beyond - Proposal Mania", http://www.bluerock.com/vrml/proposal.html, Aug. 20, 1995.

Bradford, J.W., Cheng, N.Y., Kvan, T., "Virtual Design Studios", The 12th European Conference on Education in Computer Aided Architectural Design, pp.163-167, 1994.

Broll, W., "VRML", http://wintermute.gmd.de:8000/vrml/, Oct. 30, 1995.

Cabellos, C., Casaus, A., Fargas, J., Mas, M., Papazian, P., Roses, J., "Heterogeneous, Distributed, Collaborative: The Li-Long Virtual Design Studio", The 12th European Conference on Education in Computer Aided Architectural Design, pp.175-182, 1994.

Caneparo, L., "Coordinative Virtual Space for Architectural Design", CAAD Futures' 95, pp.739-748, 1995.

Caudill, W. W., "チームによる建築", 六鹿正治訳, 鹿島出版会, 1987.

Chiu, M. L., "Collaborative Design in CAAD Studios: Shared Ideas, Resources, and Representations", CAAD Futures' 95, pp.749-759, 1995.

Comair, C., Atsuko, K., "VU: A Database Computer Language for the Simulation of Events in A City(Part Ⅰ)" In Proceedings of European Simulation Multiconference, pp.230-239, 1995.

Comair, C., Atsuko, K., "VU: A Database Computer Language for the Simulation of Events in A City(Part Ⅱ)" In Proceedings of Pan Pacific Conference on Information Systems, pp.349-356, 1995.

Comair, C., Atsuko, K., 1995. "Open Design Environment (ODE): Global Design Studio, Experiments in 3D City Simulation(Part Ⅰ)" In Proceedings of International Conference on Computer-Aided Architectural Design, pp.45-57, 1995.

Comair, C., Atsuko, K., "Open Design Environment(ODE): Global Design Studio, Experiments in 3D City

Simulation", CAAD Futures' 95, pp.113-124, 1995.

Computer Supported Cooperative Work (CSCW) Research Centre, "Computer Supported Cooperative Work (CSCW)", http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/research/cseg/cscw.html, Nov. 26, 1995.

Computer Today編集部, "CGI入門　WWWでのプログラムリンク", Computer Today, pp.23-29, 11月号, 1995.

CyberBarbarians編, "Macintoshインターネットサーバー構築術", オーム社開発局, 1995.

Danahy, J. W., Hoinkes, R., "Polytrim: Collaborative Setting for Environmental Design", CAAD Futures' 95, pp.647-658, 1995.

Dave, B., "Towards Distributed Computer-Aided Design Environments", CAAD Futures' 95, pp.659-666, 1995.

DeMarco, T., Lister, T., "ピープルウェア", 日立ソフトウェアエンジニアリング生産性研究会訳, 日経BP社, 1990.

遠藤泰夫, 西河清, 秋道慎志, 北原英雄, 後藤尚生他, "建築の企画・設計・施工におけるプレゼンテーション", 日本建築学会第11回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.67-72, 1989.

エンゲルバート, ウィノグラード, 西垣通, 石井裕, 三宅なおみ, 金井壽宏, 岡田啓司, "組織とグループウェア　ポスト・リストラクチャリングの知識創造", 西垣通監修, NTT出版, 1992.

榎本弘行, 渡辺俊, 渡辺仁史, "オブジェクト指向による行動モデルに関する研究", 日本建築学会第13回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.151-156, 1990.

Fisher, T., "Can This Profession Be Saved?", Progressive Architecture, pp.44-49,84, February, 1994.

藤川雅朗, "企業システムにATMを活かす", 日経コミュニケーション, pp.54-71, 8月21日号, 1995.

福田知弘, "WWWによる協調設計システムに関する研究", 大阪大学修士論文, 1996.

福井有, "コミュニケーションの文化と技術", エビック, 1994.

月刊マックライフ編, "インターネットの世界", ビー・エヌ・エヌ, 1994.

Gosling, J., McGilton, H., "The Java(tm) Language Environment: A White Paper", http://java.sun.com/whitePaper/java-whitepaper-1.html, Nov. 28, 1995.

後藤尚生, 風間達矢, 遠藤泰夫, 森本修, "企画段階における設計支援ツールの開発", 日本建築学会第16回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.223-228, 1993.

Grootel, M. V., "LAVA A Virtual Studio on the Internet", The 12th European Conference on Education in Computer Aided Architectural Design, pp.168-174, 1994.

原田衛, "ネットワークに構築進む3次元CGの仮想都市", 日経エレクトロニクス, pp.99-118, 6月19日号, 1995.

原田昌紀, "ODIN", http://kichijiro.c.u-tokyo.ac.jp/odin/, Feb. 22, 1996.

Hardenbergh, J. C., "The VRML of Babel, White Paper for VRML 1.x/2.0", http://vrml.wired.com/future/jch.txt, Aug. 18, 1995.

Harrison, S., Minneman, S., "Studying Collaborative Design to Build Design Tools", CAAD Futures' 95, pp. 687-697, 1995.

林敏彦, 大村英昭編,"文明としてのネットワーク", NTT出版, 1994.

林田和人, 瀬戸口晋一, 水越英一朗, 山久瀬健, 位寄和久, 両角光男, 渡辺俊, 渡辺仁史, "広域ネットワークを利用した建築設計教育", 日本建築学会第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.247-252, 1994.

参考文献

樋地正浩, 布川博士, 白鳥則朗, "自律的オブジェクトによる協同作業のモデル化", 情報処理学会研究報告, Vol93(56(GW-2)), pp.9-16, 1993.

樋口貴章, "WWWの機能を拡張するJavaとHotJava", 日経バイト, pp.256-269, 11月号, 1995.

光情報処理研究会編, "LAN必修キーワード100", 光栄, 1993.

日川佳三, "無料で使えるソフトウェアをシステム構築・運用に役立てる", 日経オープンシステム, pp.190-200, 11月号, 1994.

Hoinkes, R., "What Makes CLRMosaic Different from other WWW 2/3D Environments?", http://www.clr.toronto.edu:1080/CLRMOSAIC/clrmosaic-diff.html, Nov. 28, 1995a.

Hoinkes, R., "About CLRMosaic, Distributed Spatial Data Navigator", http://www.clr.toronto.edu:1080/CLRMOSAIC/help-about.html, Nov. 28, 1995b.

Hoinkes, R., "CLRMosaic Development Plan", http://www.clr.toronto.edu:1080/CLRMOSAIC/devplan.html, May 19, 1995c.

星暁雄, 日川佳三, "インターネット情報発信", 日経オープンシステム, pp.216-245, 10月号, 1995.

Ibrahim B., "Tcl and Tk", http://cuiwww.unige.ch/eao/www/TclTk.html, Feb. 25, 1996.

引地信之, 引地美恵子, "Think GNU(シンク　グヌー)", ビレッジセンター出版局, 1993.

市村哲, 松下温, "コンピュータとグループコミュニケーション　グループウェアからのアプローチ", 情報処理学会研究報告, Vol91(73(OS-52)), pp.1-8, 1991.

飯塚久夫, 川浦康至, 小林宏一, 徳永幸生, "コミュニケーションの構造", NTT出版, 1993.

井川陽次郎, 蜷川由彦, 瀬川至朗, "メディアとネットワークがわかる事典", 日本実業出版社, 1995.

池田靖史, "霧島国際音楽ホールの設計プロセス", at, pp.30-37, 12月号, 1994.

池田淳一郎, "インターネットワーキングの利用による設計環境のオープン化に関する研究", 大阪大学修士論文, 1995.

イメージ情報科学研究所, "イメージシュミレーション技術統合基本システム試作事業報告書", 財団法人イメージ情報科学研究所, 1995.

石田晴久, "はやわかりインターネット", 共立出版, 1994.

石井裕, "グループウェアのデザイン", 共立出版, 1994.

石井裕, "コンピュータを用いたグループワーク支援の研究動向", コンピュータ・ソフトウェア, Vol8(2), pp.14-26, 1991.

isserv.tas.ntt.jp, "TITAN : Total Information Traverse AgeNt", http://isserv.tas.ntt.jp/chisho/titan.html, Feb. 23, 1996.

伊藤正他, 月尾嘉男, 久野覚, 森詳子, 成田直彦, 辻田行男, 森尚治, 掛井秀一, "パソコンを用いた眺望シミュレーション・システムの開発(AR技術の建設分野への適用)", 日本建築学会第13回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.367-372, 1990.

泉清之, 山脇陽治, 浅井豊, 丸本幸宏, "レンダリングによる都市の表現方法", 日本建築学会第11回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.295-300, 1989.

Jabi, W.M., Hall, T.W., "Beyond the Shared Whiteboard: Issues in Computer Supported Collaborative Design", CAAD Futures' 95, pp.719-725, 1995.

Johansen, R., "グループウェア", 会津泉訳, 日経BP社, 1990.

加賀有津子, 禹成浩, Claude C., 笹田剛史, "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(1)：システム構築の考え方", 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,

pp.151-156, 1995.

加賀有津子, 川崎寧史, 笹田剛史, "プロジェクトの遂行と協調活動支援：オープンな設計の実施に関する一考察", 日本建築学会第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.193-198, 1994.

加賀有津子, 笹田剛史, "プロジェクトの遂行と協調活動支援：研究の枠組", 日本建築学会第16回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.193-198, 1993.

加賀有津子, 古谷慎一, 笹田剛史, "コラボレーション・ツールとしてのコンピュータ・グラフィックスの可能性", 日本建築学会第15回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.137-142, 1992a.

加賀有津子, "クライアントにおけるCG利用", CG Osaka'92, pp.1-7, 1992.

加賀有津子, 笹田剛史, 樋口賢, "クライアントの道具としてのコンピュータ・グラフィックスの可能性", 日本建築学会第14回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.205-210, 1991b.

甲斐大樹, "Japan Search Engine in Japanese FAQ", http://www1.nisiq.net/~jsengine/, Feb. 22, 1996.

上林弥彦, "巨大データの世界", 情報フロンティアシリーズ, 情報処理学会編, 共立出版, 1994.

神田陽治, "グループウェアの成功は紙の節約で測られる", bit, Vol24(3), pp.311-318, 1990.

神田陽治, "コラボレーション技術の動向", 電子情報通信学会誌, Vol73(9), pp.968-970, 1990.

河井保博, 土屋泰一, "情報共有の窓が開く　ー本格化するグループウェアー", 日経コミュニケーション, pp.58-82, 9月18号, 1995.

川上善郎, 川浦康至, 池田謙一, 吉川良治, "電子ネットワーキングの社会心理", 誠信書房, 1993.

河中俊, "都市計画行政における都市データの位置づけと展望", 日本建築学会第11回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.301-306, 1989.

川西裕幸, "OpenGL入門［第三回］Windows NT上でのOpenGLプログラミング", 日経CG, pp.156-161, 3月号, 1995a.

川西裕幸, "OpenGL入門［第一回］3次元グラフィックス機能のインタフェース、OpenGL", 日経CG, pp.203-209, 1月号, 1995b.

川崎寧史, 金鐘河, "建築設計プロセスにおけるCG表現の連続的利用に関する研究", 日本建築学会構造系論文報告集, Vol443, pp.171-179, 1993.

川崎賢一, 往住彰文, 川浦康至, 高木晴夫, 遠藤薫, 橋爪大三郎, 安川一, "メディアコミュニケーション", 富士通ブックス, 1994.

川崎清, 笹田剛史, 山口重之, 小林正美, 吉川眞, 佐藤不二男, "設計とその表現　空間の位相と展開", 鹿島出版会, 1994.

川崎寧史, 笹田剛史, 加賀有津子, 禹成浩, "デザイン・ツールの整備と運用に関する考察", 日本建築学会第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.187-192, 1994.

川崎寧史, 笹田剛史, 島田元之, 中山忠雅, "ODEによる3次元環境設計に関する研究（その２）ー設計手法の考察ー", 日本建築学会第15回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.179-184, 1992.

川崎寧史, 笹田剛史, "CGを援用した都市景観デザインの設計プロセスに関する一考察", 日本建築学会第13回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.223-228, 1990.

建築知識編, "用途・業態事業特性データファイル'96", 建築知識, 1996.

Khedro, T., "AgentCAD for Cooperative Design", CAAD Futures' 95, pp.667-672, 1995.

kickapoo.catd.iastate.edu, "Discussions on Real-time Java", http://kickapoo.catd.iastate.edu/kelvin/java.html,

Jan. 27, 1996.

金東鉉, "統合化建築設計システムに関する研究", 大阪大学博士論文, 1991.

木村謙, 小松喜一郎, 渡辺仁史, "協調設計におけるアプリケーション間空間構成モデル", 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, pp.49-54, 1995.

Kimura, T., Komatsu, K., Watanabe, H., "Spatial Configuration Data Model For Inter-Applicational Collaborative Design", CAAD Futures' 95, pp.761-770, 1995.

岸本了造, "エージェント通信ネットワークの概念", 電子情報通信学会誌, Vol78(9), pp.872-875, 1995.

Kolb, C., "Rayshade", http://www-graphics.stanford.edu/~cek/rayshade/, Feb. 25, 1996.

古谷慎一, "3次元環境設計システムにおけるユーザ・インタフェースの研究", 日本建築学会第14回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.19-24, 1991.

LaQuey, T., "インターネットビギナーズガイド", 中村正三郎訳, トッパン, 1995.

Laurel, C., "Ice", http://www.dnx.com/chris/about-icedjava.html, Dec 9, 1995.

Lemay, L., "HTML入門　WWWページの作成と公開", 武舎広幸, 久野禎子, 久野靖訳, プレンティホール出版, 1995.

MacLife, "QuickTime VRで作れるバーチャル空間", MacLife, pp.144-145, 5月号, 1995a.

MacLife, "QuickDraw 3Dで実現する新グラフィック環境", MacLife, pp.146-147, 5月号, 1995b.

マジックマウスアソシエイツ, "Nippon Search Engine", http://www.juno.sfc.keio.ac.jp/NSE-NS/, Feb. 22, 1996.

馬島亮, 丸田信重他, "建築CGアニメーション作成システム「4DVIEW」の開発と活用", 日本建築学会第12回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.373-378, 1990.

マルチメディア通信研究会編, "標準LAN教科書　上", アスキー出版局, 1995a.

マルチメディア通信研究会編, "標準LAN教科書　下", アスキー出版局, 1995b.

マルチメディア通信研究会編, "最新MPEG教科書", アスキー出版局, 1994.

マルチメディア通信研究会編, "ネットワークOS教科書　入門編", アスキー出版局, 1993.

Martens, W., "VRML Audio Extentions", http://hyperreal.com/~wlm/vrsl.html, Aug. 19, 1995.

松下温編, "図解　グループウェア入門", オーム社, 1991b.

松下温, 岡田謙一, 勝山恒男, 西村孝, 山上俊彦編 "知的触発に向かう情報社会　グループウェア維新", 共立出版, 1994.

松下温, "グループウェアの社会・文化的考察", 情報処理学会研究報告, Vol93(34(GW-1)), pp.1-10, 1993.

松下温, "グループウェアとは：展望と動向", 電気・情報関連学会連合大会, Vol1990, No.Pt5, pp.95-98, 1990.

Maver, T. W., "CADD's Seven Deadly Sins", CAAD Futures' 95, pp.21-22, 1995.

McCullough, M., Hoinkes, R., "Dynamic Data Sets as Collaboration in Urban Design", CAAD Futures' 95, pp. 709-718, 1995.

Meyer, T., Conner, D.B., "Adding Behavior to VRML", http://www.cs.brown.edu/research/graphics/publications/papers/vrmlbehaviors.html, Aug. 30, 1995.

Microsoft Corp., "ActiveVRML", http://198.105.232.4:80/intdev/avr/avr.htm, Jan 15, 1996.

Microsystems, Sun, "The HotJava Browser:A White Paper", http://java.sun.com/1.0alpha3/doc/overview/hotjava/index.html, Nov. 28, 1995a.

Microsystems, Sun, "HotJava User's Guide", http://java.sun.com/1.0alpha3/doc/misc/using.html, Nov. 28,

1995b.

三杉拓也, "コンピュータ・ネットワーク利用による３次元環境設計手法に関する一考察", 大阪大学修士論文, 1994.

Mitchell, W. J., "THE VIRTUAL DESIGN STUDIO", 日本建築学会第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.493-502, 1994.

Mitchell, W. J., "CAD as a Social Process", CAAD Futures' 95, pp.7-9, 1995.

mitra@earth.path.net, "VRML and URNs", http://earth.path.net/mitra/papers/vrmlurn.html, Sep. 18, 1995a.

mitra@earth.path.net, "Moving worlds:behaviors for VRML", http://earth.path.net/mitra/papers/behaviors/Behaviors.html, Nov. 12, 1995b.

三井不動産株式会社企画調査部, "不動産関連統計集Vol. 18", 三井不動産, 1995.

宮田加久子, "電子メディア社会", 誠信書房, 1993.

宮崎伸哉, 首藤亮一, 早田宰, 佐藤滋, "写真を用いたデザインゲームの開発と実践　まちづくりにおける参加の方法に関する研究（５）", 日本建築学会大会学術講演梗概集, Vol7009, pp.17-18, 1994.

溝口文雄, 児西清義, "チームの知的生産技術", 1992.

水吉俊幸, "基礎からのLAN　データベースの利用", 日経コミュニケーション, pp.186-187, 12月4日号, 1995.

Monroe County Studio, "Monroe County Studio Description", http://savannah.clr.toronto.edu:1080/COLLAB/HARVARD/MONROE/desc.html, Nov. 28, 1995.

Morozumi, M., Murakami Y., Iki K., "Network Based Group Work CAD for UNIX Workstation", CAAD Futures' 95, pp.637-646, 1995.

村上祐治, 福永健一, 飯野勝展, 両角光男, 位寄和久, "建築設計初期段階のグループワーク支援システムに関する研究（その２）　ー設計プロセス調査に基づくシステム要件の提案ー", 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, pp.217-222, 1995.

中井正一, "知識ベースアプローチによる構造解析", 日本建築学会第12回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.205-210, 1989.

中山忠雅, 笹田剛史, 川崎寧史, 島田元之, "ODEによる3次元環境設計に関する研究（その１）ーデザイン・システムの構築ー", 日本建築学会第15回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.173-178, 1992.

中崎隆司, "クライアントに聞く", 日経アーキテクチュア, pp.116, 1992.

Nelson, T.H., "リテラシーマシン", 竹内郁雄, 斉藤康巳訳, アスキー出版局, 1994.

Nihon Silicon Graphics, K.K., "WebSpace", http://www.sgi.co.jp/Products/WebSpace/, Nov. 28, 1995.

日本建築学会 建築計画委員会, "設計方法と設計主体", 設計方法, 彰国社, 1989.

日本建築学会 建築計画委員会, "設計方法論", 設計方法, 彰国社, 1981.

日本ナレッジインダストリ株式会社編, "最新コンピュータ辞典", 西東社, 1995.

日経アーキテクチュア, "クライアントに聞く", 日経アーキテクチュア, pp.108, 1992.

日経コミュニケーション, "パソコンとWANの新しい関係", 日経コミュニケーション, pp.52-69, 6月5日号, 1995a.

日経コミュニケーション, "高速・低料金に向かう無線インフラ", 日経コミュニケーション, pp.59-62, 3月6日号, 1995b.

日経コミュニケーション, "全貌が見えてきたATM", 日経コミュニケーション, pp.94-107, 2月6日号, 1995c.

日経コミュニケーション, "CATVが通信を変える", 日経コミュニケーション, pp.64-79, 5月15日号, 1995d.

日経コミュニケーション, "ISDNの行方", 日経コミュニケーション, pp.50-67, 8月7日号, 1995e.

日経コミュニケーション, "生まれ変わるTCP/IP", 日経コミュニケーション, pp.44-62, 10月3日号, 1994a.

日経コミュニケーション, "突入、バーチャルLAN", 日経コミュニケーション, pp.60-81, 11月21日号, 1994b.

二宮卓也, "環境設計における設計情報と設計表現に関する研究", 大阪大学修士論文, 1994.

西田正吾, 仲谷美江, "グループウェアの動向とその応用", 三菱電機技報, pp.29-33, 1993.

西河清, 吉田一郎, "都市データベースを利用した景観シミュレーション", 日本建築学会第11回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.313-318, 1989.

野村総合研究所, "サイバー都市ケースバンク", http://www.ccci.or.jp/city-cb/index.html, Apr 3, 1996.

NTTメディアスコープ編, "手にとるようにインターネットがわかる本", かんき出版, 1995.

小川弘晃, 加古川耕司, "3次元CG/CADソフトを進化させるQuickDraw 3DとQuickTime VR", 日経CG, pp. 112-127, 12月号, 1995a.

小川弘晃, 加古川耕司, "インターネット上にVR空間を構築するVRML", 日経CG, pp.96-116, 11月号, 1995b.

岡田謙一, "グループウェアの未来", 情報処理, Vol36(9), pp.856-859, 1995.

岡田謙一, 松下温, "協調の次元階層モデルとグループウェアへの適用", 情報処理学会研究報告, Vol93(95 (IM-13,GW-4)), pp.87-94, 1993.

Okamura, K., Masayo F., Wanda, J., Orlikowski, J.Y., "Helping CSCW Applications Succeed: The Role of Mediators in the Context of Use.", http://pound.mit.edu/ccswp/CCSWP171a.ps, Aug., 1994.

OpenGL-faq@caelum.co.jp, "Japanese OpenGL FAQ Version1.2.8", OpenGL-faq@caelum.co.jp, Nov. 13, 1995.

Orlikowski, Wanda J., "Organizational Change around Groupware Technology", http://www-sloan.mit.edu/CCS/CCSWP186.html, Nov. 26, 1995.

Parisi, T., "VRML 1.1 Proposal", http://www.intervista.com/vrml/vrml11.html, Aug. 19, 1995.

Pesce, M.D., "VRML", Tomorow's Realities, 1995a.

Pesce, M.D., "EVENT: Keynote Address to WWW '95", http://vrml.wired.com/arch/1390.html, Apr. 15, 1995b.

Pesce, M.D., "Scale,A White Paper submitted to the VRML Futures Planning Meeting", http://vrml.wired.com/future/scale.html, Aug. 19, 1995c.

ProjectWIDE編, "インターネット参加の手引き", 共立出版, 1994.

Quarterman, J.S., Carl-Mitchell, S., "インターネット接続", 竹内俊博訳, アジソン　ウェスレイ・トッパン, 1995.

rodem.slab.ntt.jp, "日本の検索サーバ", http://rodem.slab.ntt.jp:8080/w3conf-bof/search.html, Feb. 22, 1996.

Rogers, E. M., "コミュニケーションの科学", 安田寿明訳, 共立出版, 1992.

rosebud.sdsc.edu, "VRML Repository", http://rosebud.sdsc.edu/SDSC/Partners/vrml/, Jan 15, 1996.

Rutherford, J., "A multi-User Design Workspace", CAAD Futures' 95, pp.673-685, 1995.

Saad, M., Maher M.L., "Exploring the Possibilities for Computer Support for Collaborative Designing", CAAD Futures' 95, pp.727-737, 1995.

斉藤国博, "変貌するクライアント・サーバ・モデル", 日経バイト, pp.174-202, 11月号, 1995.

阪田史郎, "マルチメディアシステム", 情報処理, Vol36(9), pp.836-840, 1995b.

阪田史郎, "グループウェアの立場から", 電子情報通信学会誌, Vol77(4), pp.384-390, 1994a.

笹田剛史, "景観設計とCGの新しい技術", 沿岸域, 9月号, 1995a.

笹田剛史, 川崎寧史, 平田倫巳, 竹中由秀, "都市のイメージシミュレーション（その1）ーネットワーク

による都市データの相互的利用について－", 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, pp.175-180, 1995b.

笹田剛史, 森川直洋, 加賀有津子, 秋道慎志, "都市のイメージシミュレーション（その２）－三次元都市計画情報の利用と公開－", 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, pp.181-186, 1995c.

笹田剛史, デジタル・コンバージェンス'94編, "デジタル社会", BNN, 1995d.

笹田剛史, "協調設計を越えて～オープン・デザイン環境の新展開", NICOGRAPH'94, pp.1-7, 1994.

笹田剛史, "ヴィジュアル・プレゼンテーション　施主が作るCG", 日本建築学会誌, 5月号, 1992.

笹田剛史, "レンダリングのシミュレーション", 日本建築学会誌, 3月号, pp.46-48, 1987a.

笹田剛史, 吉川眞, "都市計画情報提供のためのトライアル・システム", 日本建築学会第9回電子計算機利用シンポジウム論文集, pp.319-324, 1987b.

笹田剛史, 吉川眞, 澤井健, "コンピュータ・グラフィックスによる都市景観シミュレーショ動画の製作技法", 日本建築学会第8回電子計算機利用シンポジウム論文集, pp.337-342, 1986.

笹田剛史, "建築設計システムの開発に関する基礎的研究", 京都大学博士論文, 1976.

Sasada, T., "Computer Graphics as a Communication Medium in the Design Process", CAAD Futures' 95, pp.3-5, 1995.

Sasada, T., "Open Design Environment and Collaborative Design", The 12th European Conference on Education in Computer Aided Architectural Design, pp.3-6, 1994.

Sasada, T., "Open Design Environment", The 4th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, pp.57-64, 1991.

佐々木暁子, 松本昌幸, "マルチプラットフォーム3Dライブラリ　OpenGL", Software Design, 11月号, pp. 26-48, 1994.

佐佐将行, 上原政二, "オープン・システム教科書　上", アスキー出版局, 1995.

Schneider, D., "AppleScript道入門", インプレス, 1994.

Schrage, M., "マインド・ネットワーク", 藤田史朗訳, プレジデント社, 1992.

瀬戸口晋一, 両角光男, 位寄和久, 村上祐治, 矢野雅, "建築設計初期段階のグループワーク支援システムに関する研究", 日本建築学会第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.241-246, 1994.

瀬戸口晋一, 下川雄一, 両角光男, 位寄和久, "設計過程における置換操作に着目したCADのインテリジェント化　～設計思考に対応した3次元モデリングシステムの開発に関する研究～", 日本建築学会第16回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.229-234, 1993.

下川雄一, 両角光男, 位寄和久, "複数図形を対象とした置換機能の開発とその応用　～設計思考に対応した3次元モデリング・システムの開発に関する研究　その２～", 日本建築学会第17回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.199-204, 1994.

篠崎道彦, 出口敦, "GISのまちづくり計画実施支援への応用", 日本建築学会第15回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.245-250, 1992.

篠崎道彦, 出口敦, 渡辺定夫, 山田学, "都市計画情報の統合化による計画シミュレーション手法の研究", 日本建築学会第12回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.181-186, 1989a.

篠崎道彦, 岩田司, 出口敦, 渡辺定夫, 山田学, "住環境整備計画におけるまちづくり情報システムに関する基礎的研究", 日本建築学会第11回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.271-276,

1989b.

新通信ビジネス研究会, "移動体通信ビジネス", 日本経済新聞社, 1995.

塩田紳二他, "モバイルインターネット実践ガイド", INTERNET Magagine, pp.132-155, 1月号, 1996.

Shu, L. ,W. Flowers, "Teledesign: groupware user experiments in three-dimensional computer-aided design", Collaborative Computing, Vol1(1), pp.1-14, 1994.

Silicon Graphics, Inc., "SILICON GRAPHICS, SUN MICROSYSTEMS AND NETSCAPE JOIN FORCES TO TAKE THE WEB TO THE NEXT LEVEL", http://www.sgi.com/Products/cosmo/sgisun.html, Jan. 13, 1996.

Silicon Graphics, Inc., "The WebFORCE Media with Cosmo MediaBase", http://www.sgi.com/Products/cosmo/media_base/index.html, Jan. 13, 1996.

Sproull, L., Kiesler, S., "コネクションズ", 加藤丈夫訳, アスキー出版社, 1993.

Stephenson,C.D., "Renaissance and Baroque Architecture:Architectural History 102", http://www.lib.virginia.edu/dic/colls/arh102/index.html, Feb. 25, 1996.

杉井鏡生, "ネットワーク・カンパニー", エーアイ出版, 1994.

杉山泰一, "PHSサービスの" 現実" ", 日経コミュニケーション, pp.88-107, 12月4日号, 1995.

諏訪浩一, 笹田剛史, "建築・都市を表現する動画作成技術の開発に関する研究", 日本建築学会第11回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.283-288, 1989.

高田学也, "インターネット対応進むデータベース　オラクル、サイベースがWWW連携製品", 日経コミュニケーション, pp.66-67, 12月4日号, 1995.

高本孝頼, "建築要素の関係設定に着目した知的CADの開発研究", 熊本大学博士論文, 1993.

高本孝頼, 両角光男, 位寄和久, 前田慎二, 矢野雅, "建築設計支援インテリジェントCADに関する研究", 日本建築学会第14回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.169-174, 1991.

高本孝頼, 木島安史, 両角光男, "オブジェクト指向を考慮した建築設計CADシステムの開発", 日本建築学会第13回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.109-114, 1990.

武田圭史, "Java使いへの道", ソフトバンク, 1996.

竹中由秀, "ネットワークテクノロジーと協調設計システムに関する研究", 大阪大学修士論文, 1996.

寺本義也, "ネットワーク・パワー", NTT出版, 1990.

戸泉協, 川角典弘, 山口重之, "デザインミーティングの支援環境に関する研究", 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, pp.223-228, 1995.

津野海太郎, "本とコンピューター", 晶文社, 1993.

上田淳, "デザインプロセスで利用するCGアニメーションの作成システム", 大阪大学修士論文, 1992.

植村康弘, "建築の設計プロセスの記述手法に関する一考察　ー1993年度日本建築学会設計競技応募案の設計過程を通してー", 大阪大学修士論文, 1994.

vag.vrml.org, "The Virtual Reality Modeling Language", http://vag.vrml.org/vrml-1.1.html, Dec. 16, 1995.

Vervenne, D., Rogge, S., Laere, W.V., Vandamme, F., "Annot Agents: knowledge-Based Tools for Supporting Participatory Design", CAAD Futures' 95, pp.699-706, 1995.

和田英一, "100Mイーサネット", 日経コミュニケーション, pp.82-83, 4月3日号, 1995.

Walton, D., "コミュニケートしてますか？", 石丸正訳, マグロウヒル, 1990.

Ward, G., "RADIANCE WWW server", http://radsite.lbl.gov/radiance/HOME.html, Feb. 25, 1996.

渡辺俊, 渡辺仁史, "概念関係に基づいた建築の知識表現モデルに関する研究", 日本建築学会第12回情報・

システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.193-198, 1989.

Winograd, T., "Groupware: The next wave or just another advertising slogan?", Proceedings of IEEE COMPCON Spring 1989, pp.198-200, 1989.

禹成浩, 加賀有津子, Claude C., 笹田剛史, "プロジェクトの遂行における協調設計支援システムの研究(2)：コンポーネント・設計システムの構築", 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, pp.157-162, 1995a.

禹成浩, "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", 大阪大学修士論文, 1995b.

Worlds, Inc., "VRML+", http://www.worlds.net/, Nov. 18, 1995.

Wurman, R.S., "理解の秘密", 松岡正剛訳, NTT出版, 1993.

www.icsd6.tj.chiba-u.ac.jp, "World Wide Web Frequently Asked Questions", http://www.icsd6.tj.chiba-u.ac.jp/FAQ/WWW/www_faq_jp.html, Nov. 23, 1994.

www.lightside.com, "Virtual Reality Modeling Language", http://www.lightside.com:80/3dsite/cgi/VRML-index.html, Nov. 28, 1995.

www.netday.iworld.com, "VRMLWorld", http://netday.iworld.com/devforum/, Dec. 10, 1995.

www.sco.com, "TCL WWW Info", http://www.sco.com/Technology/tcl/Tcl.html, Dec. 2, 1995.

www.tnt.uni-hannover.de, "Graphic file formats", http://www.tnt.uni-hannover.de/data/info/www/tnt/soft/sci/vis/compgraph/fileformats/overview.html, Oct. 27, 1995.

www.virtus.com, "Virtus Voyager", http://www.virtus.com/voyager.html, Nov. 28, 1995.

www.webcity.co.jp, "VRML BOF", http://www.webcity.co.jp/info/andoh/vrml/bof.html, Nov. 28, 1995.

山口重之, 川角典弘他, "次世代の建築設計環境", at, pp.6-29, 12月号, 1994.

山口重之, "デザインのシミュレーション", 建築雑誌, Vol102(1257), pp.43-44, 1987.

山口重之, "建築設計のためのパーソナル・グラフィックス・システムについて　ARCHGRAFの研究開発", 日本建築学会第4回電子計算機利用シンポジウム論文集, pp.283-288, 1982.

山本淳, 田中克己, "大規模VRMLオブジェクトデータベースシステムの設計", アドバンストデータベースシステムシンポジウム'95, 情処シンポジウム論文集, Vol.95(9), pp.121-129, 1995.

山本俊彦, 榎本ハルヲ, "ビジュアル・プレゼンテーションツールとしてのビデオ制作に関する一考察", 日本建築学会第12回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.379-384, 1989.

吉川頌三, 山尾和広他, "景観シミュレーションと都市景観データ", 日本建築学会第11回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp.337-342, 1989.

吉村信, 家永百合子, 鎧聡, "インターネットホームページデザイン", 翔泳社, 1995.

吉岡隆一, "UNIXによるエンドユーザーネットワーキング入門", 日刊工業新聞社, 1993.