OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	夜間景観デザインのための協調活動支援システムの開発に関する研究
Author(s)	福田, 知弘
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3169036
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

工学 7108

夜間景観デザインのための
協調活動支援システムの開発に関する研究

1999

福田知弘

夜間景観デザインのための
協調活動支援システムの開発に関する研究

1999

福田知弘

まえがき

本論文は夜間景観デザインにおける様々な問題を明らかにし、その問題解決の糸口を見出すためにまずメディアの問題解決を図ることを目指し、新たなメディアを開発し、実際の設計に適用、評価し、協調設計の可能性を論じたものであり、内容は5章からなっている。

第1章では、研究の背景と目的を述べている。近年、ビジネスや人々の生活が24時間化しており、昼間と同様に夜間においてもデザインの必要性が高まっている。一方で、このようなデザインを具体的に実現するためのデザインプロセスが問題となっている。このような背景から、夜間景観デザインを円滑に進めるための協調活動支援システムを構築することを本論文の目的とする。

第2章では、夜間景観デザインの諸概念と、その問題を整理している。まず、夜間景観デザインを定義し、その対象、要素を整理する。次に、実際プロジェクトの分析を元に、夜間景観デザインの問題を整理する。具体的には、①プロセスのある段階で決定されたコンセプト、案の継承が困難であること、②照明デザイン分野が未確立で初期段階からの参画が困難であること、③非専門家が協調設計に参画するには、メディア（デザインメディア、コミュニケーションメディア）が整備されていないこと、である。

第3章では、第2章で整理した問題のうち、メディアの問題を解決する方針を考察し、具体的なシステムの構築を行う。メディアの問題を解決し、専門家、非専門家が参加しやすいデザイン環境を構築する。その上で理想的なデザイン手法を提示し、さらに良いデザインが実現できる手法であることを提示することによって、残りの問題を解決する糸口を見出す可能性を探るためである。そこで、新たなメディアに具備すべき機能を考察すると共に、CG、VR、インターネット技術等によるシステムを開発する。サブシステムのドーム型VRとインターネット型VRは、インタラクティブ性、リアルタイム性を有するメディアであるが、利用できる時間・空間が異なる。ドーム型VRを利用するには時間と場所の制約がある。しかし、精度、質、量ともハイパフォーマンスな環境での検討が可能である。インターネット型VRは空間・時間の制約を解放することができる。しかし、検討環境はドーム型VRには及ばない。

第4章では、構築したシステムを実際の設計に適用し、評価する。開発したメディアの利用により、イメージの共有が容易になったため初期段階より複数の関係者が参加することが可能となり、それぞれの専門性を生かした協調設計を実現することができた。また、新たなメディアはかなり具体的にイメージを共有できるため、初期段階において詳細な設計を行うことも実現することができた。

第5章では、結論と今後の課題を述べている。本研究では、夜間景観デザインの定義をした上

で、関連する様々な問題を指摘した。次にその問題解決のため、ドーム型VR、インターネット型VR等の新たなメディアを開発し、実際の設計に適用し、設計プロセスを分析することにより、複数の関係者が参加する協調設計が実現可能であることを示した。さらに、今後継続して夜間景観デザインの理想的な手法、プロセスを世間に提示し、さらに実際に完成する事例を積み重ねることにより、第２章で整理した他の問題解決に繋がっていくものと確信できた。

目　次

まえがき

第１章　研究の背景と目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
１．１　研究の背景と目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
１．２　論文の構成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5

第２章　夜間景観デザインの定義と問題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
２．１　夜間景観デザインの定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
２．２　夜間景観デザインを行った実プロジェクト ・・・・・・・・・・・・・・・ 9
２．２．１　海峡夢広場プロジェクトの概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
２．２．２　設計プロセスにおける原因の分析 ・・・・・・・・・・・・・・・・ １２
２．３　パブリックデザインとその問題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ １５
２．３．１　パブリックデザインの概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ １５
２．３．２　パブリックデザインにおける問題 ・・・・・・・・・・・・・・・・ １７
２．４　夜間景観デザインとその問題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ２１
２．４．１　夜間景観デザインの概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ２１
２．４．２　デザイン対象 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ２１
２．４．３　デザイン要素 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ２６
２．４．４　照明デザインにおける問題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ２９
２．５　夜間景観デザインにおけるメディアとその問題 ・・・・・・・・・・・・ ３４
２．５．１　各段階で利用されるメディア ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ３４
２．５．２　メディアにおける問題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ３７

第３章　支援システムの構築 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ４０
３．１　新たに具備すべき条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ４１
３．１．１　デザインプロセスを通じて一元的に利用できるメディア ・・・ ４１
３．１．２　非専門家にもわかりやすいメディア ・・・・・・・・・・・・・・ ４１
３．１．３　インタラクティブ性、リアルタイム性を有するメディア ・・・・ ４２
３．１．４　計画・設計段階、目的に応じたCGシミュレーション ・・・・・ ４３
３．２　キーテクノロジ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ ４５

３．２．１　バーチャルリアリティ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４５
３．２．２　VRML (Virtual Reality Modeling Language)　・・・・・・・・・　４６
３．３　支援システムの構築　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４９
３．３．１　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　４９
３．３．２　CGシステム　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　５１
３．３．３　ドーム型VR　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　５３
３．３．４　インターネット型VRシステム　・・・・・・・・・・・・・・・・・　５６
３．３．５　プロジェクト・ホームページ　・・・・・・・・・・・・・・・・・　５７
３．４　インターネット型VRシステムの開発　・・・・・・・・・・・・・・・・　５８
３．４．１　視点情報の双方向リンク機能　・・・・・・・・・・・・・・・・・　５８
３．４．２　仮想空間上での設計編集機能　・・・・・・・・・・・・・・・・・　６１
３．４．３　リアルタイム録画システム　・・・・・・・・・・・・・・・・・・　６３
３．４．４　データベース　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　６５
３．４．５　データ・オーサリング　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　６９

第４章　実証研究　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　７３
４．１　朝霧連絡歩道橋基本設計　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　７４
４．１．１　プロジェクトの概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　７４
４．１．２　プロセスにおけるシステムの適用　・・・・・・・・・・・・・・・　７６
４．１．３　考察　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　８７

第５章　結論及び今後の課題　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　９０
５．１　結論　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　９１
５．２　今後の課題　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　９４

引用文献　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　９６
参考文献　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　９９
著者発表文献リスト　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０４
謝辞　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１０６

第１章

研究の背景と目的

本章では、本研究の背景と目的について述べる。

1．1　研究の背景と目的

夜間は、月・星・大気光などの自然光がわずかなため、人間が活動を行うためには人工光によるあかりに頼るほかはない。そのため、人間は太古から松明・蝋燭・灯油・ガス灯・アーク灯と、その時代にあった新しいあかりを開発し、活動することによって自らの文化を向上させてきた。1879年に実用的な白熱電球が、T・A・エジソンによって発明されて以来、人工光を電気エネルギーに依る時代が到来し、さらに技術改良を重ね、普及に努めたことによって、誰でも手軽に大量のあかりを得ることができるようになった。

我が国では、戦後「明るいことが繁栄のしるし」として、各家庭に電灯が普及していった。公共空間においても防犯、防災、交通事故防止のため、全国各地に道路照明や駅前広場照明、商店街照明が設置された。これは、たとえ実現は困難であっても昼間と同じ均一な光空間の実現を目標としていた。近年、産業経済において国際化、多様化、高密化が進み、あらゆる場面で速度を強要したため、昼夜を問わずビジネスの領域が拡大している。人々の生活もまた、夜間における屋外での活動が生活パターンの中に組み込まれ、各種イベント、スポーツ、ショッピングなどの時を過ごす機会が多くなってきた。これらの背景を受けて、昼間のみならず夜間においても安全性、機能性の充足だけでなく、「やすらぎ」「うるおい」といったキーワードに代表されるような精神的、文化的豊かさを実現する空間のニーズが高まっている。

このため、建築、都市計画、土木、照明などの分野を中心に、従来の枠を超えた夜の景観を創造する分野の確立が進められている。例えば都市景観懇談会は次のように提言している（都市の夜間景観研究会，1990)。「都市の景観の向上は、昼間のみならず夜間についても考慮することが必要である。これは、国民の生活にゆとりが生じるとともに、夜間の生活時間が増加していること等もあって、昼間のみならず夜間の都市にも美しさ、快適さ等の一層の向上が望まれることになる。この場合、夜間における都市景観に対しては、特に照明の果す役割が大きく、照明の状況の如何が都市イメージを左右することもあり得る。しかるに、中心市街地では、通行者等の目を如何に引き付けるかということに主眼をおいた無秩序かつ刺激的な広告照明が見られる。一方では、銀行の閉店後の店舗に見られるように、夜間における中心市街地の一体性が確保されていない地区も見られ、例えばウィンドー・ショッピングを楽しむのに適した地区も極めて少ない。(以下略)」

このようなパブリックデザイン（公共空間のデザイン、2．3で詳述）の領域が、工業デザインや回路設計などの他のデザインと大きく異なる点として、デザイン対象が公共性のある空間であること、デザインに複数の関係主体・組織が関与すること、竣工後の仕様変更や再構築が難しいことなどが挙げられる。そのため、このような都市景観を様々な専門家（施主、計画者、設計

者、施工者、管理者など)、非専門家（関係住民、利用者、来訪者など）が合意形成を図りながら、具体的にどう作り上げていくかという協調活動（協働）のプロセスが大きなテーマとなっている。建設省（1998）は最近の社会動向について、「行政が積極的に利用者である国民の意見を聞くという段階から一歩を進めて、住宅・社会資本整備に関する意思決定に至るまでのプロセスに直接参加を求める事例が増えている。(中略) こうした協働による意思決定においては、お互いの立場を相互に理解し、自己の立場を相対化した上での対話のプロセスが積み重ねられるが、これにより住宅･社会資本整備について関係者の信頼が高められることが期待できる。また、自らが参加して整備した社会資本については愛着が深く、施設の維持管理に自発的な協力が得られることさえある。このようなことも協働による意思決定の利点である。」と述べており、計画・設計のプロセスに利用者や住民などが積極的に参加する機会が増えていることを示唆している。

協調活動で合意形成を図るためには、関係者に判断の材料となる情報を公平にわかりやすく伝えるためのしくみ・メディアがなければならない。大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻笹田研究室（以下、研究室）では、1983年以来デザイン・メディア、コミュニケーション・メディア(以下本研究では、デザイン・メディア及びコミュニケーション・メディアを「メディア」と定義する）としてコンピュータ・グラフィックス（以下、CG）の可能性に着目し、CGを建築設計・都市設計・景観設計などの分野に適応させるための研究を進めてきた。研究室では、CGをプレゼンテーション、デザインレビュー、デザインのツールとして利用しその有効性を検証すると共に、新たな問題を発見するという研究を続けている（Sasada, 1995)。1991年には、設計環境のオープン化とシステム開発のオープン化を目指したOpen Design Environment（以下、ODE）を発表し（Sasada, 1991)、1994年頃よりODEをネットワークに対応させたNODE (Network Open Design Environment）の開発を行っている（Sasada, 1994)。これは加賀（1996）が定義した、「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・公共化する一連の活動」である協調活動を支援する枠組みである。

加賀（1996）は、協調活動について参加者の参画程度により次の五つの段階に分類している。

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、どういう状態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。

第五段階は、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。

コラボレーションの制約について、Schrage（1992）は次のような例を挙げている。

専門知識－一人だけでは状況に対処するための知識が十分ではない。

時間－コラボレーションは、航空機のコックピットや手術室ではリアルタイムの取り組みとなり、芸術や科学の分野では、よりゆっくりとしたプロセスとなる。

資金－予算はビジネスにおいても一流の科学研究においても重要な問題である。

競争－科学やビジネスの分野においてコラボレーションのチームを、発表やマーケットの面で他者が打ち負かそうとする脅威が存在するかもしれない。

因習－その時代における偏見（たとえば印象派は、フランス・アカデミーに挑戦するために、作品を展示する独自のギャラリーを開設しなければならなかった）

前頁にも述べたように、今後夜間景観に対する人々のニーズは高まる一方である。そしてこれを実現するため、専門家・非専門家が英知を結集してコラボーレーションを行いながら、夜間景観デザインを進めることのできる枠組みを早急に整備する必要がある。現状では異なる職能を持つ専門家間でのコラボレーションの取り組みは少しずつ始められているものの（SpaceDesign, 1998b）、利用者・来訪者・住民などの非専門家を含むコラボレーションの事例は少ない。これは、これまで非専門家が計画・設計に実質的に参加の機会を持ち得ず、現在少しずつ参加の機会が増えているというのが現状であることが大きな理由の一つである。今後、非専門家が計画に参加する意識を高めた時、現在の枠組みで本当にコラボレーションが可能だろうか。

本研究では、夜間景観デザインを円滑に進めるためのコラボレーション支援システムを構築することを目的とする。現状ではコラボレーションを行うには様々な制約、問題が存在する。まず、これらの問題を整理する必要がある。その上で、解決するための方針を示し、支援システムの構築を行う。さらに、構築したシステムを実際のプロジェクトに適用することにより、システムの評価を行う。

１．２　論文の構成

本研究は、夜間景観デザインを円滑に進めるためのコラボレーション支援システムを構築することを目的としている。この目的を達成するために、次のような研究の方法とした。

第2章では、まず夜間景観デザインの取り扱う範囲について定義を行った上で、夜間景観デザインを行った実プロジェクトの例を取り上げ、そこで生じた問題について考察する。そこで明らかとなった問題を詳しく分析するため、パブリックデザインプロセスの問題と夜間景観デザインの視覚部分を担当する照明デザインの置かれている問題について整理する。さらに、夜間景観デザインにおいて関係者がデザインや情報伝達･合意形成を行うために利用するメディアとその問題について述べる。

第3章では、第2章で整理した問題のうち、メディアの問題を解決する方針を考察する。メディアの問題を解決し、専門家、非専門家が参加しやすいデザイン環境を構築することによって、理想的なデザイン手法を提示し、さらに良いデザインが実現できる手法であることを提示することによって、残りの問題を解決する糸口を見出す可能性を探るためである。そこで、新たに具備すべきメディアの条件とCGシミュレーション手法について述べる。そしてその方針を実現するキーテクノロジとしてバーチャルリアリティ技術、及びVRML技術に着目し、これらをベースとしたシステムを構築する。その中で、新たに開発したインターネット型VRシステムについて詳述する。さらに、リアリスティックな表現を実現しながら、リアルタイムにインタラクティブな設計検討を行うためのデータベース、及びデータ・オーサリング手法について述べる。

第4章では、第3章で構築したシステムを、実際のプロジェクトである朝霧連絡歩道橋基本設計に適用し、新たなデザイン手法について考察するとともに、本システムの有用性を検証する。本プロジェクトでは、景観、安全、管理といった様々なデザイン上の課題を解決するため、組織を作り、新たなメディアを投入することで、基本設計段階より詳細なレベルでの設計を実現することが可能となった。

第5章では、本研究の結論と今後の課題について述べる。

第２章

夜間景観デザインの定義と問題

第２章においては、２．１で本研究の対象とする夜間景観デザインについて定義を行った後、２．２で夜間景観デザインが行われたプロジェクトについて説明する。そこで明らかとなった問題を詳しく分析するため、２．３でパブリックデザインの現状と問題について考察する。続いて２．４で夜間景観デザインの視覚部分を担当する照明デザインの現状と問題について考察する。最後に２．５で夜間景観デザインに利用されるデザイン・メディア、及び合意形成や意思決定、関係者間のコミュニケーションを図るために利用されるコミュニケーション･メディアについて考察し、本研究が解決しようとする問題を明らかにする。

２．１　夜間景観デザインの定義

本研究では、パブリックデザインを時間帯による側面で見た時に、太陽が西へ傾く夕方から夜明けまでの約12時間におけるデザインを夜間景観デザインと定義する（図2-1)。ここで、景観とは人間をとりまく環境のながめ（中村他，1977）であり、人間がそこにいて、五感で感じた総合的な景色（風景）である（照明学会，1995)。またデザインとは、対象とする構造物、施設に求められているさまざまな機能の要請に応えて、それらの機能を満たす実体を「一つの統一したよい形」にまとめ上げる行為である（景観デザイン研究会，1998)。夜間景観デザインの取り扱う領域については２．４で詳述し、本節では簡潔に述べる。

夜間景観デザインの対象は、①単体のデザイン、②関係のデザイン、③地域全体のデザインがある。単体のデザインは、公園などの面的な空間を構成する施設、道路や河川などの線的な空間を構成する施設、建築物などの点的な施設などが単一の事業主体により進められるデザインである。単一の事業主体であるためデザインが統一しやすい。関係のデザインは、①で述べた単体のデザインの関係をデザインすることである。事業主体が複数に渡ることになり、デザインの統一を図ることが重要となる。地域全体のデザインは、都市全域又は景観としてまとまりのある都市スケールの地域を対象とし、都市構造を明確にするためや、都市のアイデンティティを高めるためのデザインである。

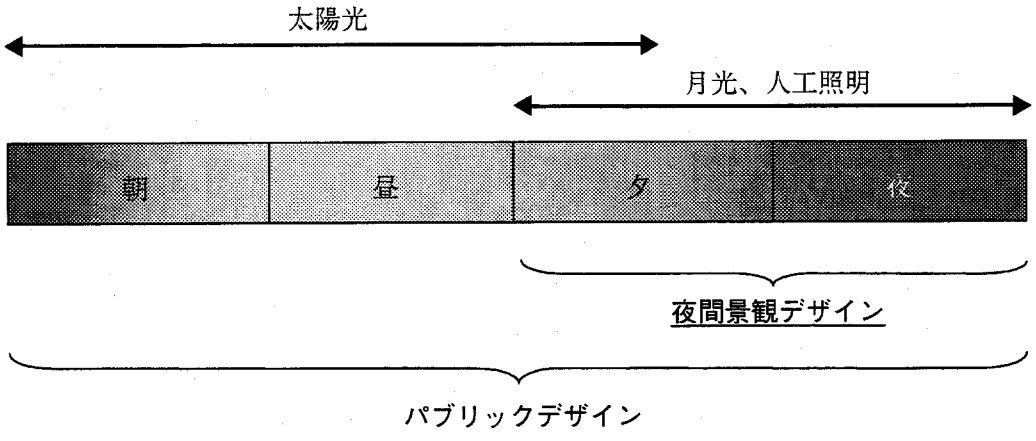


図2-1　夜間景観デザインの定義

パブリックデザインのプロセスについては、文献により様々な定義がされている。図2-2に例を示す。

この全過程がデザイン行為である。このうち、設計は基本設計と実施設計に分ける場合もある。先に述べたように、夜間景観デザインはパブリックデザインの一部分であるため、図2-2のようなプロセスとなるはずであるが、現状ではこのようなプロセスを経ることは希である。この理由については、２．４で詳述する。

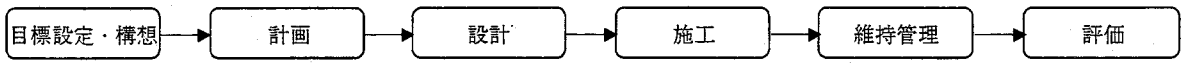


図2-2　パブリックデザインのプロセス（建設省中部地方建設局シビックデザイン検討委員会，1994）

２．２　夜間景観デザインを行った実プロジェクト

本節では、夜間景観デザインを行った実プロジェクトとして、海峡夢広場プロジェクトを取り上げ、本研究が解こうとする問題を明らかにする。

２．２．１　海峡夢広場プロジェクトの概要

明石市周辺は、明石海峡大橋（1998.4開通、以下明石大橋）の建設等の大プロジェクトが進展しており、これらの開発ポテンシャルが明石市にも大きく影響を及ぼすものと予想されていた。特に、商業、文化、行政の中心地である明石市中心市街地では、これら大プロジェクトのインパクトを活かしたまちの活性化が望まれていた。

このような状況の中で、明石港及びその周辺地域は、中心市街地の南の拠点として、その再整備の要請が高まっていた。このため、1991年に近接する大蔵海岸整備計画と連携を図りながら、明石港の再整備を含む中心市街地の活性化方策を明石港及び周辺地域整備計画として策定している。海峡夢広場プロジェクトは、明石港整備計画のうち「めぐりあいのゾーン」 に属し、大阪湾内最長の緑の水際線形成を目指す親水性の高い公園・広場である。明石市において基本構想、計画を立案、承認された後、1996年4月より基本設計が行われ（図2-3)、実施設計、施工を経て1998年夏に竣工した。

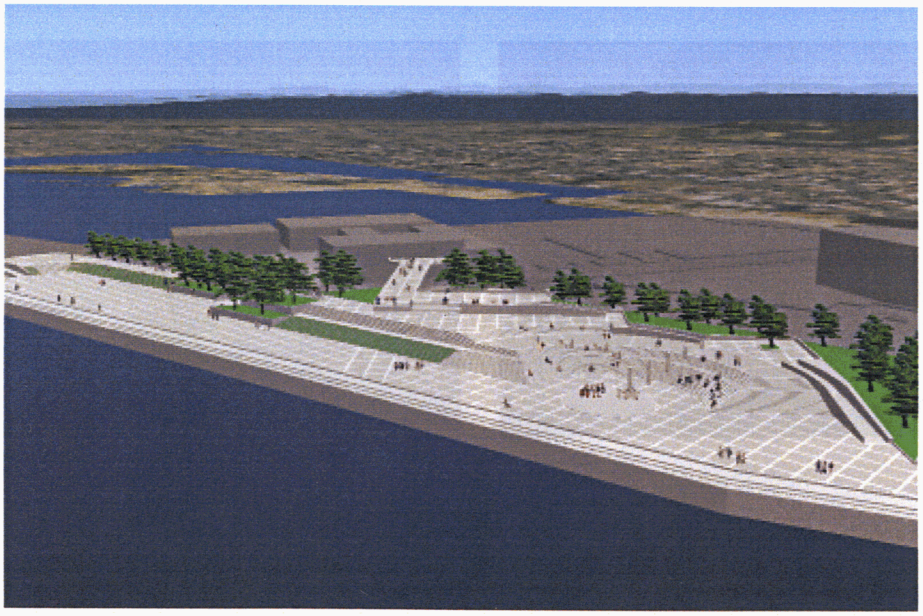


図2-3　海峡夢広場プロジェクト（1996）

事業主体は、設計段階を発注組織Aが担当し、施工段階を発注組織Bが担当した。また、基本設計をデザイナーAが担当し、実施設計をデザイナーBが担当した。

本プロジェクトの立地条件は、明石市都心部に近いためアクセスが容易である上に、海辺にて明石大橋の全景を眺めることができることが特徴である。明石大橋は、夜間にライトアップが施されるため昼間とは違った素晴らしい景観を楽しむことができる。そこで、海峡夢広場は主に若いカップルやグループが夜間に利用する「めぐりあいのゾーン」 として位置づけられており、夜間に明石大橋を楽しめるような空間構成を行うことが考慮すべき重要な点となった。そのため、海峡夢広場の照明は明石大橋の主塔より低い位置に設けること、その中でも特に海に面した空間は、安全上必要最低限の照度を確保することを条件として、できる限り暗い空間を実現すること



基本設計案



竣工後

図2–4　基本設計案と竣工後の比較

基本設計案では、照明付き手すりを設置して光源が目に入るのを防いでいる（左上）。また光源色は白色としている（右上）。しかし、竣工後には照明付き手すりではなく、照明ポールが設置されてしまった（左下）。光源色もオレンジ色に変更されている（右下）。

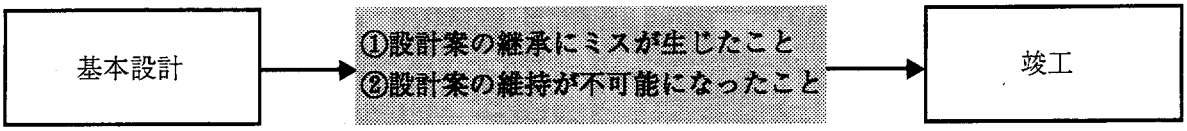


図2-5　原因究明モデル（設計プロセス分析前）

が設計コンセプトとしてまとめられた。設計手法として、手すりに照明を埋め込むことで、人の目には広場の光が目に入らない工夫がなされた（図2-4上）。このようにして基本設計を行った後、実施設計、施工を経て、1998年夏に竣工した。竣工の様子を図2-4下に示す。基本設計案と比較すると、竣工した施設は全く異なったものとなっていることがわかる。海に面した空間は、照明器具の付いていない手すりが設けられている。その代わりに、明石大橋の主塔よりも高い位置に照明ポールが設置されている。そのため広場が明るすぎる上に照明ポールの光源が目に入るため、明石大橋の夜景が見えにくくなってしまった。なぜ、このようになったのか。現段階で明らかになっている部分とそうでない部分を図式化すると図2-5になる。

このような状況に至った原因として次の二点が考えられる。①設計案の継承にミスが生じたことと、②何らかの制限、制約により設計案の維持が不可能になったことである。これらについて、以下に仮説を立てる。

①設計案の継承にミスが生じたこと

プロジェクトは、様々な主体、組織に所属する担当者が関係し合いながら進められた。そのプロセスの中で複数の担当者が設計案を共有し、継承していくはずであるが、どこかの段階で設計案の継承にミスが生じたことが考えられる。ミスが生じた原因として「人によるもの」と、「メディアによるもの」が考えられる。前者は、担当者が図面などの設計図書に記述漏れや間違いをしたり、製品を間違えて発注したなどの所謂ケアレスミスによる原因、担当者が故意に設計案を変更してしまったなどの改ざんによる原因、設計案を理解したつもりが理解できていなかった、あるいは間違えて理解したといったディス・コミュニケーションによる原因などが考えられる。また後者は、担当者間で設計案を継承するために利用された図面などのメディアそのものが原因ではないかということである。メディアにはそれぞれ特性があるが、その特性だけでは設計案の継承に不十分であったことが考えられる。

②設計案の維持が不可能になったこと

いくら素晴らしいコンセプトを立案し、担当者間で設計案を継承しようとしても、プロセスを進めるに当たり、法律や制度、因習、予算など何らかの制限、制約が加わり、設計案を変更せざるを得なくなったことが考えられる。また、設計をする側と施工をする側でデザインに対する価値基準が異なるということも考えられる。

２．２．２では、プロジェクトの設計プロセスを分析しながら仮説の検証を行う。

２．２．２　設計プロセスにおける原因の分析

本プロジェクトの基本設計から施工に至るまでのプロセスを図2-6に示す。各段階で行われた内容をまとめると次のようになる。

基本設計：明石港及び周辺地域整備計画に基づいて、立地条件を分析し設計コンセプトを立案した。明石市は、子午線が通過するまちであるため、子午線を象徴する軸を導入する。また、明石大橋が一望できるロケーションにあることから、大橋に向かう軸を導入し、橋を見せるための空間構成を考える。また主に若いカップルやグループが夜間に利用する「めぐりあいのゾーン」として位置づけられており、夜間に明石大橋を楽しめるような空間構成が考慮すべき重要な点である。そのため、計画施設の照明については安全性を確保した上で明るさをできるだけ抑え、明石大橋を楽しく眺めることのできる空間とする。設計手法として、広場の照明を大橋の主塔より低い位置に設けることで、光が目に入らないようにする。特に海に面した空間は、明石大橋を眺

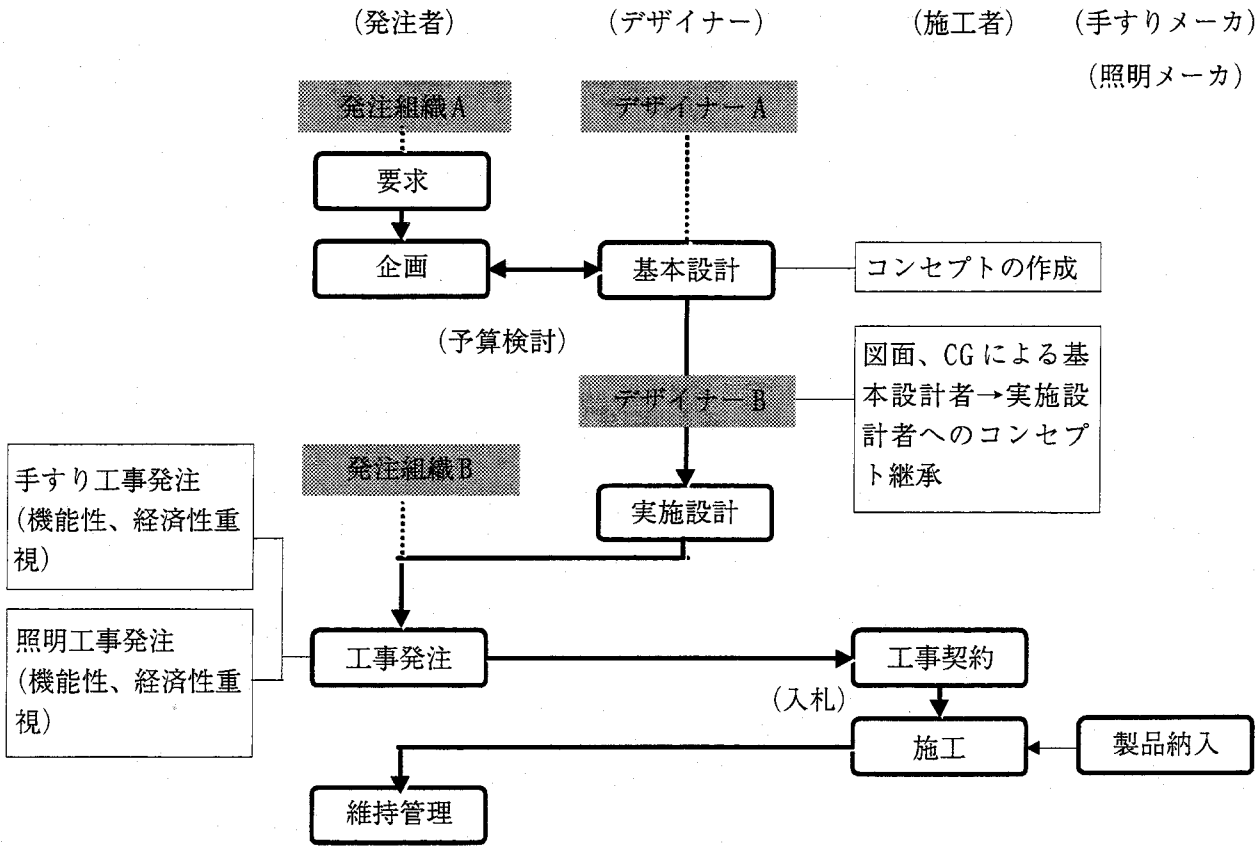


図2-6　設計プロセスと設計関係者

める絶好の空間であることから、手すりに照明を埋め込む設計手法とする。設計は初期段階よりCGを使って進められており、明石市市街地、明石大橋、淡路島を含む60km四方が入力された3次元データを使って設計が進められた。最終的に、図面（1/1000）と静止画CG12枚（昼景10枚、夜景2枚）にまとめられた（図2-4上）。

実施設計：デザイナーBが担当した。実施設計を始めるにあたり、デザイナーAは基本設計で作成した図面とCGを元に、デザイナーBに設計コンセプトと設計手法を説明した。原因の一つとして、この時点で基本設計者の設計コンセプトが十分に伝わらなかったのかもしれない。デザイナーBは、基本設計のコンセプトを十分に理解していないまま実施設計を行ったことが考えられる。

施工：発注組織Bは、実施設計を元に手すり工事の発注手続きを行った。複数の手すりメーカによる提案のうち、発注組織Bは機能的・経済的な見地から判断を行い、発注を行った。この時、発注組織Bには「照明付き手すり」の意識がなく、「手すり」という機能を有し、かつ経済的な提案を採用したため、発注した提案には照明器具が付属していない。手すり工事の発注後、引き続き照明工事の発注手続きに移った。この時には、複数の照明メーカーの提案のうち、照明効率の良さやメンテナンスのし易さといった機能や、経済性といった見地から判断を行ったため、明石大橋の主塔よりも高い位置に光源のある照明ポールを採用している。

このようなプロセスを経た結果、竣工した施設が図2-4下である。一連の分析により明らかになったこととして、基本設計で立案されたコンセプトが十分に継承されないまま、プロセスが進められた可能性が大きいこと、施工段階では、設計段階とデザインの価値基準が異なり、「手すり」「照明」それぞれの機能性、経済性を重視した単機能のデザインに注力されたということである。前者は仮説の①に当てはまるが、具体的に「人による」のか、図面とCG静止画という「メディア」によるのか、検証することはできなかった。また、後者は仮説の②に当てはまり、デザインに対する価値基準の違いによるものと考えられる。

岡田他（1998）が、「良い公共空間が実現されるためには、調査から設計、施工に到る一連の流れの中で、一貫した思想やコンセプトのもとで、業務が遂行されなければならないのであるが、発注者および受注者側技術者の景観やデザインに関する認識不足、人材不足、または発注システムの問題があって、計画された良いデザインがそのまま実現する事例はきわめて稀だと言える。」と述べているように、本事例で見られるような基本設計内容と竣工内容の「ギャップ」 は本事例に限らず、パブリックデザインにおいて起こりうる問題である。

本節では、夜間景観を考慮した上で基本設計を行ったが、竣工したものが全く異なった内容となった事例を取り上げ、その設計プロセスを分析し問題の一端を明らかにした。この問題を解決するためには、夜間景観デザインを行う際に生じている問題について、さらに詳しく考察する必

要がある。2．3で、まずパブリックデザインにおける様々な問題を詳しく考察する。また、本事例では初期段階より夜間景観に対する配慮がなされたが、一般的にはまだ夜間景観に対する認識が十分にされていないことが多い。そこで、夜間景観デザインの視覚部分を担当する照明デザインの問題について、2．4で考察する。さらに、本節では検証できなかったメディアについて、2．5で考察する。

２．３　パブリックデザインとその問題

本節では、まずパブリックデザインの取り扱う範囲について述べる。次にパブリックデザインの進め方における問題について整理し、考察を加える。

２．３．１　パブリックデザインの概要

産業調査会デザインセンター（1991）は、パブリックデザインについて、「公的な場におけるエクステリアデザイン（屋外空間のデザイン）」と定義している。また、都市環境デザイン会議（1995）は、その対象とする公共空間について次のような領域であると説明している（図2-7）。

・公的スペース（道路、広場、公園等）
・半公的スペース（オープンスペース等のコモンスペース、公開空地）
・半私的スペース（看板、デッキ、アトリウム、ピロティ等）

これらに加えて、建物の外観（色調、素材等）やスカイラインも屋外空間のデザインとの関係が深いため、デザイン対象としている。夜間景観において、私的スペースである建築内部から漏

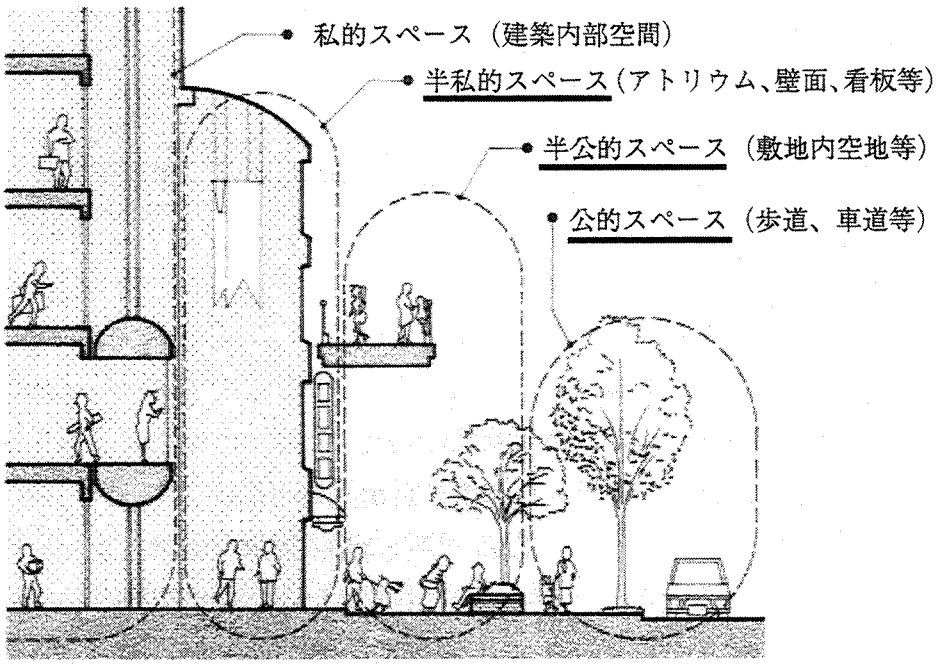


図2-7　パブリックデザインの領域（都市環境デザイン会議関西ブロック，1995）

れる光も重要なデザイン要素である。このような公共空間において、質の高いデザインを実現するために、従来より都市計画、建築、土木、造園、色彩、照明、工業デザインなどの各分野から研究されてきた。例えば土木分野においては、シビックデザイン導入手法研究委員会（1991）が、シビックデザインの理念を提唱し、「地域の歴史・文化と生態系に配慮した、使いやすく美しい公共土木施設の計画・設計」を目指している。

パブリックデザインが一般のデザインと異なる点は、地形全体を変えるような造成から、道路や橋、建築物などの大規模施設の建設、公園、広場などの比較的完結した中規模空間の設計、さらには道路施設のディテールやポケットパークのような小空間の部分的造形まで、かなりのスケールの違いが見られる上に、竣工後の仕様変更や再構築が難しいことである。また、デザイン対象が公共性のある空間であり、複数の関係主体・組織が合意形成を図りながらデザインを進めていくことも特徴として挙げられる。笹田（1995）が、「公共的あるいは社会的な設計で公共性を担保するものの一つは、関係者による合意である。」と述べているように、パブリックデザインでは、関係者の合意形成を図りながらプロセスを進めることが最も重要なことの一つとなっている。

パブリックデザインに関与する関係者は、事業主体となる発注者、建築、土木、造園、防災、色彩、照明などの各専門家、及び施設を利用する利用者や周辺住民などである。ここでは特に夜間景観デザインに着目して関係者の役割を整理する。

・住民、利用者：公共空間の実際の利用主体である非専門家である。近年パブリックデザインに対する関心は高まりつつあり、本来の発注者である市民の評価を反映させるよう努めなければならない。デザイン対象によっては、デザインプロセスに参画し、意見を反映することが望ましい。
・事業主体：デザインの対象領域が多岐にわたることにより、複数の機関が関与することが多い。
・コンサルタント：事業主体より委託され、対象領域全般についての構想、計画、設計を行う。また、建築デザイナーや施工者、メーカと連携を図りながら全体のコントロールを行う。
・建築デザイナー：個々の施設について、コンサルタント、照明デザイナー、メーカと連携をとりながら基本設計、実施設計を行う。
・照明デザイナー：コンサルタント、建築デザイナー、メーカと連携をとりながら夜間の基本設計、実施設計を行う。
・施工者（ゼネコン、サブコン）：実施設計を受けて、施工図面を作成し施工を行う。
・メーカ：照明器具や景観材料などを供給する。

２．３．２　パブリックデザインにおける問題

公共空間は、地域の歴史・文化性やその時代の技術水準を表すものであり、魅力ある風景を創出することによって、地域住民に精神的な豊かさをもたらすとともに、後世に残る文化的遺産となる可能性を有している。こうした公共空間を実現するにあたって、例えば土木分野においてシビック･デザインの導入が図られたこともあり、良いものを造ろうというデザイナーや技術者の意識は急速に高まってきたといえる。

しかし、岡田他（1998）は、「良い公共空間が実現されるためには、調査から設計、施工に到る一連の流れの中で、一貫した思想やコンセプトのもとで、業務が遂行されなければならないのであるが、発注者および受注者側技術者の景観やデザインに関する認識不足、人材不足、または発注システムの問題があって、計画された良いデザインがそのまま実現する事例はきわめて稀だと言える」と述べている。我が国のパブリックデザインは、ある段階で決定されたコンセプトや案が継承されない。また、プロセスを経るごとにデザインは洗練されていくはずであるが、そのようなプロセスになっていないと言われる。その原因について、既存の文献（建設省中部地方建設局シビックデザイン検討委員会，1994；岡田他，1998）を参考にしながら考察する（図 2-8）。

①土木分野における標準設計の弊害

高度経済成長期以降、土木構造物は大量に、安く、早く造ることが求められ、その結果として、それ以前に官庁の技術者が行っていた直轄設計・施工の体制が崩れ、調査・設計業務は民間のコンサルタントに、また施工業務も民間の施工業者に委ねられるようになった。このような状況で、設計を発注する側は、既に作成されたデザイン・スペックに従って、機能性、安全性、経済性を満足する構造物の実現を目指し、誰がやっても同じものができる状況になった。こうした環境においては、スペックを越えたデザインを提案することはきわめて難しく、提案しても前例がないといって事業主体に却下されてしまうことがある。

②土木分野において、知的・創造的作業に対する評価の基準がない

本来デザインとは、与えられた条件の中で、創造力を発揮し、その場に相応しく、地域の人々が誇れるような唯一の美しい形を実現するというきわめて知的で創造的な活動である。そうした構造物のデザイナーは、社会に対して自分が制作者であることを公言する権利があるはずなのだが、一般的な土木分野の現状では、コンサルタントが一旦図面を事業主体に渡した段階で、そのデザインの所有者は事業主体のものとなり、設計の担当者が施工段階に至るまでデザインを管理することはできなくなる。つまり、土木構造物のデザインについてはデザイナーの知的所有権は

認められていないのである。一方、建築の分野ではデザインの所有権は、明確にデザイナーに帰属する。このような現況が続く限り、将来の土木遺産となるような構造物をデザインしようという意気込みは根本から折られてしまうであろう。デザインの知的所有権を認知することは、多くの課題を解決する上で重要である。

③事業主体において、計画・設計を行う組織と施工を行う組織が変更されてしまう

事業を実施する場合、調査、計画、基本設計、実施設計、施工の順で業務が進められるのであるが、それぞれの段階で受注者が異なったりすることがある。そのため、計画段階で考えられたデザインが、デザイナーの了解も得ないまま勝手に変更されたり、結果的に全く異なったデザインになることがある。こうした問題は、デザインの知的所有権が確立されていないことに起因するのだが、発注システムの中でデザインを管理することが明確になっていないことによって生じると言える。もちろん、こうした景観設計のプロセスを認識している技術者も発注者サイドに存在しているのであるが、それは「人による」というのが現状である。

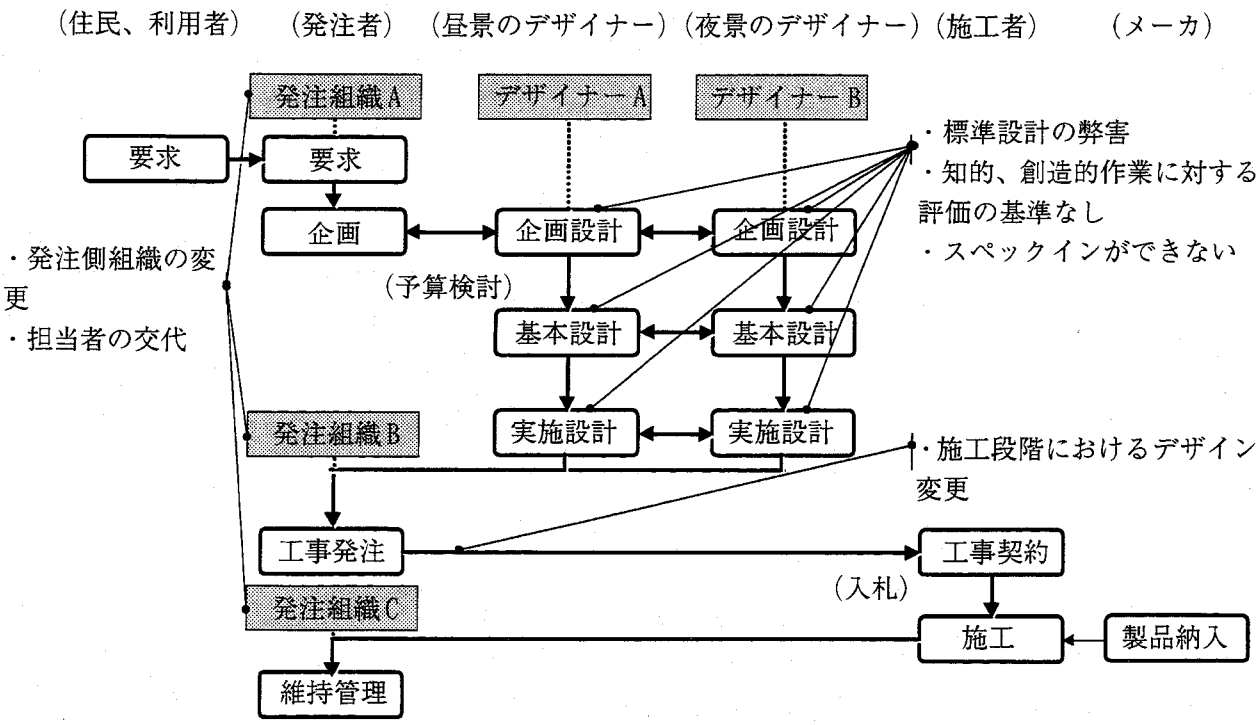


図2-8　パブリックデザインプロセスにおける問題

④計画・設計途中で、事業主体の担当者が交代してしまう

行政の人事体制により、事業の遂行と関係なく、事業主体の担当者の交代によって当初のデザインの意図が十分に継承されなかったり、計画・設計がやり直しになることもある。事業の期間が10年、20年と長期間に渡るものがあることにも起因している。

⑤施工段階においてデザイナーの了解を得ずにデザイン変更が可能である

民間工事の場合には、設計・施工を一括で行えるために、計画段階から構造物デザインの企画・構想に参画し、施工段階においてもそのデザインを管理することができるが、公共工事の場合には、現在の体制では設計と施工が分離発注されるために、官庁からデザイン業務を受注することはきわめて稀である。基本設計で行われたデザインを施工するのは施工者の責務であるが、施工に際して材料費が当初の見積りと大きく異なっている場合や構造的に施工が困難な場合、工期が間に合わない場合には、発注者との協議によって材料を変更したり、時にはデザインの変更をすることもある。本来ならデザインの変更については、デザイン担当者を含めて三者で協議し、デザイナーの了解を得て変更するのが、知的所有権を遵守する手順である。こうした現状は、デザインに関する責任と管理体制が明確になっていないことが原因となっている。

⑥スペックインができない

パブリックデザインを進める際には、特別な設計・施工技術を一括して活用することが適当な場合以外、公平性、公正性を担保するために設計者は具体的な製品指定（スペックイン）ができず、「～と同等」と記入するしかできない。スペックインを行うのは、施工を担当する事業主体であるため、デザインに理解があり、且つ設計者とイメージの共有が十分に図れていないとデザインが統一されない恐れがある。

このようにパブリックデザインにおける問題として考察すると、海峡夢広場プロジェクトで生じた問題に当てはまるものも多い。すなわち、海峡夢広場プロジェクトでの問題は、現在のパブリックデザイン・プロセスに原因の一端があると言える。先にも述べたように、デザインは、ある段階に決定されたコンセプト、プランを継承しながら進められ、プロセスを経るごとに洗練されていくことが望ましい。しかし、現在の進め方は、事業推進の効率性、安全性、機能性、経済性、工期を最優先としており、構想から設計、施工に到る一連の流れの中で、一貫した思想やコンセプトの元で進めるプロセスとなっていない。

建築や土木の発注方式には様々な方式があるが、我が国においては設計施工分離方式と設計施工一貫方式の二つしか使われていない。この両者とも施工はゼネコン方式の一式請負契約が基本

である。さらに公共工事に至っては前者（設計施工分離方式）にほぼ限定されている。近年、コンストラクションマネジメント方式（CM方式）やデザイン・アンド・マネージ方式（DM方式、設計とCMが結合）など様々な方式が研究、提案されており、今後発注方式の改革が進められると思われる（江口，1997；齋藤，1997；建設省，1998）。

２．４　夜間景観デザインとその問題

本節では、夜間景観デザインの対象とそのデザイン要素について述べた上で、その問題について考察する。夜間景観デザインは、２．３で述べたパブリックデザインの夜間部分のデザインであるため、パブリックデザインの問題を包含する。

２．４．１　夜間景観デザインの概要

夜間の活動時間の増大など国民の生活様式の変化を受けて、都市景観の向上には、昼間のみならず夜間においても考慮する必要性が指摘されはじめてから久しい。小嶋（1983）は、「(中略)都市総体の夜景は『結果としての夜景』として、計画的行為をはるかに超えた存在にも映るが、都市美の演出に役立つカギは、この中に満ちている。美しさを捉え直し、計画化への手掛りを発見するよう、調査･解析がなされなければならない。」と指摘し、遠景としての夜景と都市内部の夜景について論述している。また、都市景観懇談会は、「都市の景観の向上は、昼間のみならず夜間についても考慮することが必要である。これは、国民の生活にゆとりが生じるとともに、夜間の生活時間が増加していること等もあって、昼間のみならず夜間の都市にも美しさ、快適さ等の一層の向上が望まれることになる。この場合、夜間における都市景観に対しては、特に照明の果す役割が大きく、照明の状況の如何が都市イメージを左右することもあり得る。(以下略)」と提言して、都市の夜間景観の演出を普及していくために、都市デザインの観点に立った手引書をまとめている（都市の夜間景観研究会，1990)。

照明学会（1995）では、環境を照明によって再構築することを「景観照明」と定義し、夜間景観形成のための重要な要素である照明を、単に明るさや照明効率の観点からの一面的な計画ではなく、快適な都市環境づくりを目標とした多面的な観点から進めていくべきとしている。

以下に、夜間景観デザインについてそのデザイン対象を明らかにし、さらにデザイン要素について整理する。

２．４．２　デザイン対象

①単体のデザイン

公園や広場、緑地などの面的な空間を構成する施設、道路や街路、河川などの線的な空間を構成する施設、建築物や橋梁などの点的な施設などを単一の事業主体により進められるデザインで

ある。単一の事業主体であるためデザインが統一しやすい。これらの施設を照明によって演出する手法（表2-1）が、景観照明の分野において研究・実践されている（照明学会，1995）。

表2-1　景観照明の手法（照明学会，1995）

対象施設	照明手法の分類		照明の特徴
建造物 歴史的 近代的	直接投光 全般投光（全体） 間接投光（部分） シルエット	投光器により対象物などを直接照明する方法	全体像、形態、陰影が強調
	発光 輪郭（エッジライン）	イルミネーションなど装飾としての照明を設置する方法	外形構造、形状が強調
	透過光	建物内部からの透過光を夜景の演出として活用する方法	高さ、威容感が強調
シンボルタワー	直接投光 シルエット	対象物などを直接照明する方法	全体像、形態を強調
	発光 輪郭（エッジライン）	イルミネーションなど装飾としての照明を設置する方法	外形や構造を強調
橋梁	直接投光　岸辺	岸辺（対岸）から直接照明する方法	形態、デザインを強調
	間接投光　橋脚 橋梁内部 （シルエット） 欄干ライン	欄干や橋梁から間接的に照明する方法	橋の雰囲気を演出
	発光－イルミネーション	イルミネーションなど装飾照明を設置する方法	構造や外形のデザインを強調
樹木	直接投光 （地中埋め込み、上方照射）	樹木を直接照明する方法	シンボルツリーや緑のボリューム感を強調
	発光－イルミネーション	イルミネーションなど装飾照明を設置する方法	樹形を装飾しにぎわいを演出
モニュメント	直接投光 （地中埋め込み、上方照射）	対象物などを直接照明する方法	全体像、形態を強調
そのほか （共通）	演出照明、水中照明など特殊照明 カラーHID、LED、ネオン ライトパイプ 光ファイバ、光チューブ		動き、変化のある情景色変化
エリア （街路） （広場） （公園）	ポール照明（一般ポール、低ポール） ハイマスト照明 直接投光 （地中埋め込み、上方投射）		連続した空間の美しさ、親しみ、暖かさ、中心的、象徴的景観の形成 光のアクセント
イベント	イベント照明、パフォーマンス レーザ照射 映像		活気、躍動、賑わい性の表現

景観照明は、明視機能面と修景演出面から構成されている。明視機能は安全、防災、防犯という立場から明るさ、効率を中心に考え、効率性、経済性などによって評価される。一方、修景演出は、その環境の雰囲気、感性、文化性などの視点によって評価される。景観照明の計画にあたっては、基本姿勢として次の点を重視する必要がある。

・その街が持つ個性、歴史や風土、文化や自然環境などが表現されるように照明計画を施し、その街のイメージを際立たせること。

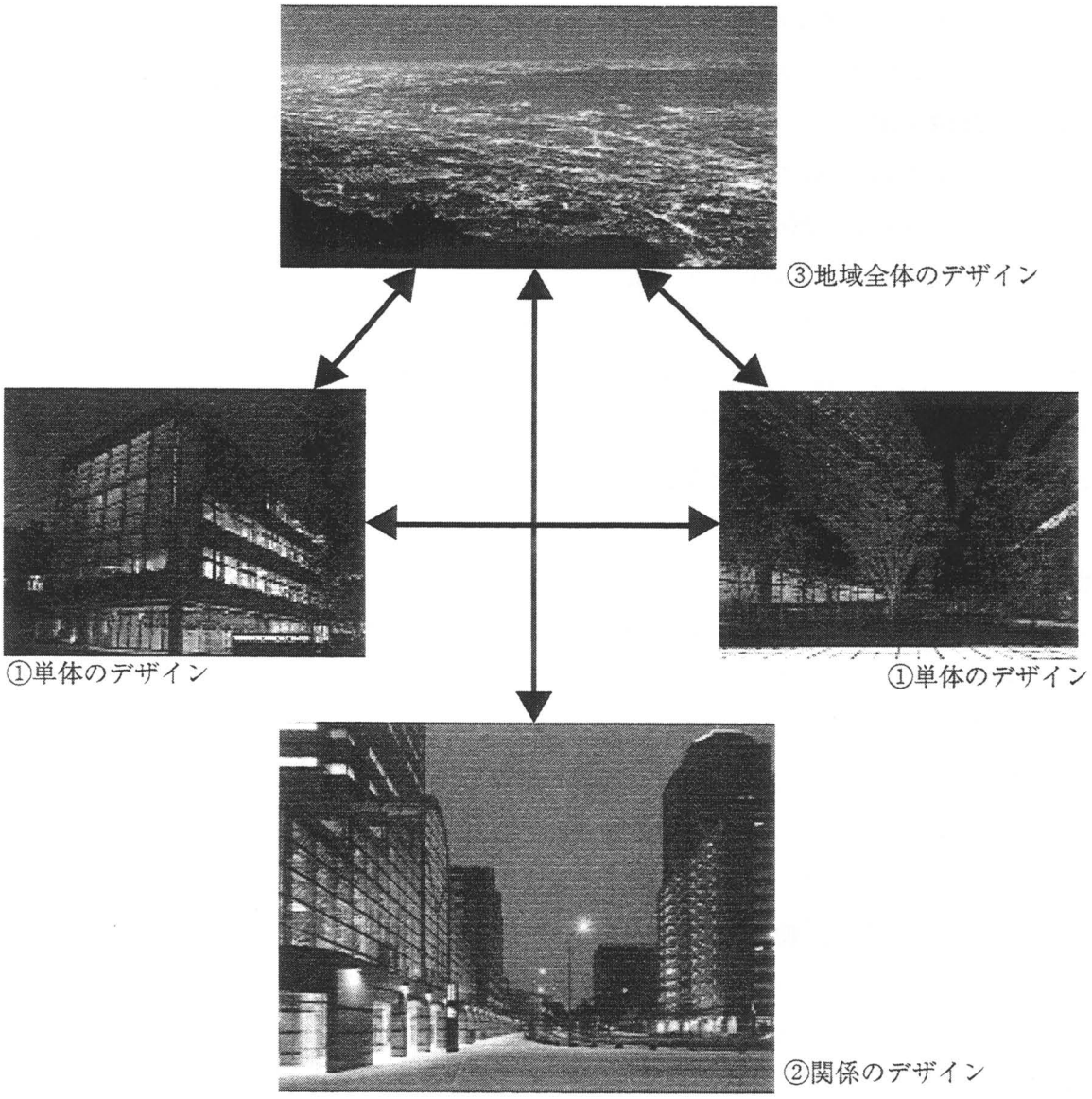


図 2-9　デザイン対象（①②:SpaceDesign, 1998a；③:関西経済同友会, 1997）

・都市軸を構成する各通りに対し、照明手法や街路灯のデザイン、光源色を明確にし、街並みをわかりやすくすること。

・その街で生活する人々に対して、季節感や時間の変化、生活リズム・形態の変化などの演出も考えること。

②関係のデザイン

都市空間は、①で述べた単体のデザインの集合体である。そのため、いくら単体のデザインが素晴らしくても全体として調和したものでなければ、素晴らしいデザインであるとは言えない。すなわち、それぞれ単体のデザインの関係をデザインすることが重要になってくる。事業主体が複数に渡るため、デザインの統一を図ることが難しくなる。

関係のデザインでは、その地区の土地利用等の特性と夜間景観の現状と課題を踏まえ、さらに③で述べる地域全体のデザインにおける地区の位置づけを受けて、地区全体の夜間景観の目標を定め、その地区の夜間景観要素の重要度と性格に応じた照明デザインをしながら、地区全体の目指すべき姿をできる限り明確なイメージとして示し、その実現のための具体的な整備のあり方および規制・誘導のしかたを詳細に定める。

計画技法としては、連続性やメリハリを演出すること、焦点をつくること、アイストップを魅力的にすること、あるいはコーナーを際立たせたりして夜間の地区計画の構造を際立たせること、ヒューマンスケールを重視すること、地区を光のアクセサリーで飾ったりして、地区に親しみやすさ、魅力、楽しさを与えることなどがある（都市の夜間景観研究会，1990）。

③地域全体のデザイン

100万ドルの夜景と言われる神戸、長崎、函館、香港などを代表として、地域全体を見渡す位置からの夜景は最も魅力的な都市景観の一つである。

地域全体のデザインでは、都市全域又は景観としてまとまりのある都市スケールの地域を対象とする。手法として、夜間における都市景観の現状と課題を明らかにし、その形成目標を示す。次に照明すべき都市スケールの景観構成要素、例えば高い視点場からのパノラマやスカイライン眺望、都市の骨格や方向性、都市を特徴づける建築物、工作物等を抽出し、照明方針を示す。また、都市内で展開される活動や人の流れについてのストーリーに基づいて、都市を構成する通りや地区の同質的な地区を区分し、地区ごとに性格付けを行い、それぞれの果たすべき役割と位置づけを明らかにしていくものである。

計画技法としては、夜景パノラマやスカイラインを見せたり、都市構造を際立たせたりあるいは特徴的なものを浮かび上がらせたりして都市のアイデンティティを高めること、都市に方向性

を示したり、時や季節感を与えたり、また都市にわかりやすさを与えることが重要となる（都市の夜間景観研究会，1990）。

連続性の演出

夜間における歩行等をスムーズにし、空間のまとまりをつくる。

照明体

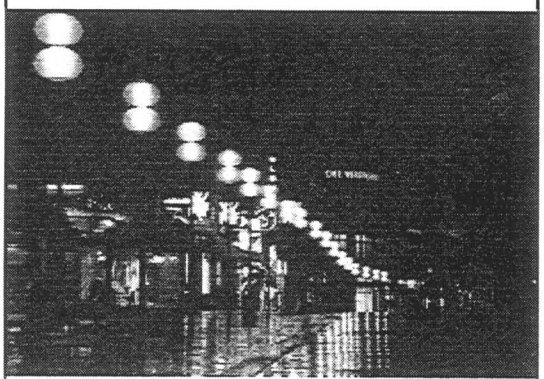
一体的な空間として演出する必要のある一定区間の通り等。例えば、まとまりのある商店街、業務施設が集中している地区の中心的な通り、類似した建築様式をもつ一団の住宅地の通りなどが考えられる。

手法

・明るさ、色、光源の位置等を一定の間隔に配置したり、それらを規則的に変化（例えばグラデーション）させる。
・併せて、周辺は、連続性を際立たせるために明るさを抑える。

演出のポイント

・夜間における地区の連続性は、道路とその沿道の建物等の明るさで強調される。特に道路照明の効果が大きい。また、商業地においては、沿道の建物に取り付けられた袖広告物等の照明効果が大きい。
・歩道照明、特に人のスケールの照明や足元を柔らかく照らす照明等を活用する。
・商業地では、ショーウィンドウのあかりの連続性に配慮する。
・業務地では、ビルの入口周りのあかりや窓からもれるあかりの連続性も大切な要素である。
・住宅地では、門灯や玄関灯が、地区らしさに加えて連続性を演出する。



事例：歩車道共通の照明灯の連続（ミュンヘン）

②関係のデザイン

夜景パノラマを見せる

照明体

建物、道路、港、空港等のあかり（照明されたものと光源）、屋上広告塔あるいは自動車、列車、船舶、航空機による動くあかり等の都市を構成する様々なあかりの集合体である。

手法

・誰でもいつでも行くことのできる、公開された視点場を確保する（こうした場所は、観光名所にもなりうる貴重なポイントである）。
・視点場とその周辺は可能な限り暗くする。
・パノラマの構造とひろがりを強調するため、照明体を必要地点に配置する。

演出のポイント

・視点場は、塔の上、ビルの上層階、山の上（公園、神社等）、高架鉄道・道路等が考えられる。
・視点場の俯角構造が凹型であればダイナミックな印象を与える。
・格子状の道路の街路灯は、遠近感と空間の広がりを明快にする。
・ひろがりを面的、立体的にするためには、塔あるいは量感のある建築物、工作物を目立つ照明体とするなど、要所に周辺と異なるあかりを配置する。
・自動車、列車、船舶等による動くあかりは、楽しく、華やかなパノラマ形成に寄与する。



事例：夜景パノラマ（パリ・モンマルトルの丘）

③地域全体のデザイン

図 2-10　計画技法の例（都市の夜間景観研究会，1990）

２．４．３　デザイン要素

①光

あらゆるものは、光があってはじめて見ることができる。光には、太陽や月による自然光と、照明による人工光がある。日中は太陽がものの表情を作り出すが、夜間は月の光以外は、人工照明に頼ることになる。光をデザイン要素として捉えた場合に、二つの側面を持っている。

一つは照らされている部分の光であり、もう一つは発光体そのものによる光である。例えば道路照明では、道路面を照らすと同時に、道路照明の光源そのものが発光体として点的、列状に見えることにより、これが夜間の景観要素となっている。

②色

夜間においては、人工光によって物体そのものの色が変化して見えることがある。人工光によって物を照らした場合、その物の色がどの様に見えるかということを光源の演色性という。演色性の悪い光源で照らすと物の色が違って見える。光源色は色温度という数値で表し、色温度の高い光源は青っぽく見え、色温度の低い光源は赤っぽく見える。このため、光源色によって涼しく感じたり、暖かく感じたりする。

③シーン景観（静止した視点場）

シーン景観とは、視点が固定されているいわゆる透視図的な眺めのことである。夜間においては照明された対象しか見えないという特性から、ある要素を照明する・しないなどで意図的に一場面の景観要素を選択し、構成することが可能である（景観デザイン研究会，1998）。

・眺めの確保

視点近傍の空間のみを考えて構造物や建築などを配した場合、そこで得られるはずの外に広がる好風景が眺められないことがある。視点近傍の阻害要因を排除して、外の好風景を得られるようにすることが基本である。

・方向性を持たせる

視点場の要素の配置を工夫することによって視線を限定し、方向性を持たせることが可能である。後述する生けどりなども視点を限定する手法ともいえるが、並木や沿道建築などをそろえることによって焦点を形成する方法が最も一般的である。街路景観におけるヴィスタ・アイストップ型の景観形成や、山アテなどの技法がこれにあたる。

・対象を生けどる

地形や美しい遠景、モニュメントとなる人工的要素などの主対象をそれ以外の要素を視点場の要素で隠蔽するなどの方法によって切り取り、一幅の風景におさめる生けどりという方法がある。

④シークエンス景観（移動する視点場）

シークエンス景観とは、例えば歩きながら、車を運転しながら次々と移り変わっていく眺めのことである。夜間景観においては、静止した視点場を選別し、これを巧みに構成し、さらに移動する視点場をすることで物語性のある夜景絵巻を都市空間に創造することができる（景観デザイン研究会，1998）。

・対象を見え隠れさせる

日本的なデザイン手法の一つである「障り」は隠す操作をデザイン的に洗練させたものである。視点が移動する場合、対象の見え方、隠れ方を変化させ、豊かなシークエンス景観を演出することができる。わが国ではこの技法を「見え隠れ」と呼び、回遊式庭園などで用いられてきた。移動する空間が折れ曲がり、歪み（曲がり）、凹みのような形状をしている場合はその空間のおもしろさと同時に前述のような見え隠れの状況が発生し豊かなシークエンス景観を生じさせうる。

⑤動き

景観構成要素の中に動きのあるものが入るとき、それを動的な景観と呼ぶことがあるが、これも景観の変化の一つと考えてよい。その動きのある景観構成要素は多くの場合、主対象となるのではなく、添景（景観に趣を添える事物、小規模の副対象）である場合が多い。（中略）動物や、舟、自動車、汽車など動きのある添景は、景観に動きを与え、またそれらが景観の中にあることによって、景観はより親密なものとなる。夜間においては、車のヘッドライト、テールランプの動きが代表的である（景観デザイン研究会，1998）。

⑥時間・季節

景観の連続的な変化に着目した場合、視点場は一定でも、時間や季節の変化によってもたらされる景観の変化があげられる。人間は体内時計を有しているため時のシークエンスの観点を景観形成技法の中に組み込んでいくことは有意なことといえる。変化の度合いに応じて以下の3つに分類する（景観材料推進協議会，1997）。

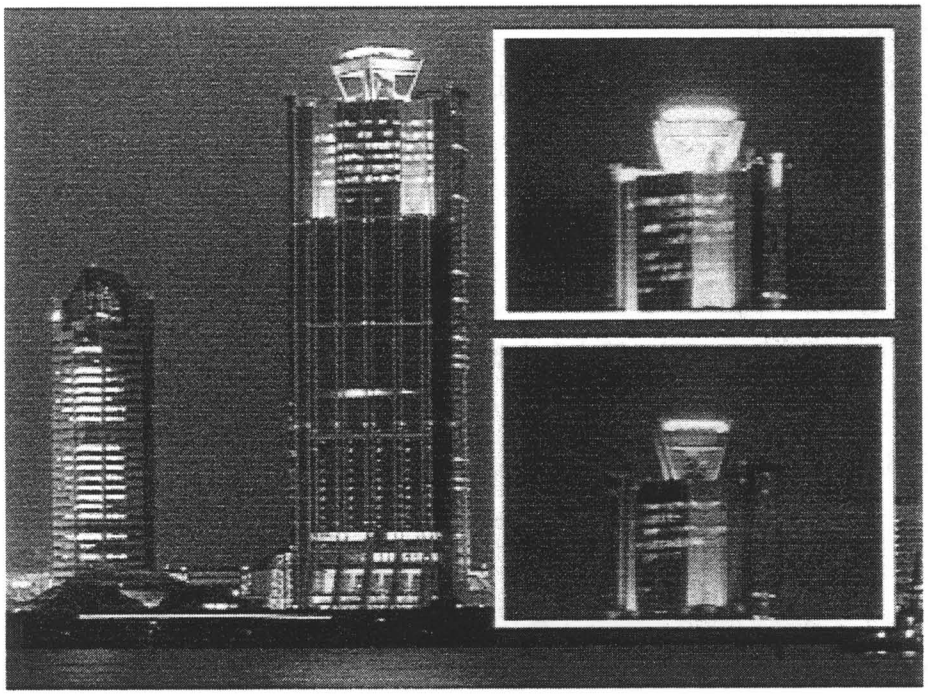


図2-11　⑥連続表現の例：大阪WTC（SpaceDesign, 1998a）

・連続表現

動き・文字映像など、常に動きがあり、初めて訪れる人々にも分かる変化。驚き・楽しさ・誘目性・集客性などを高める（図2-11）。

・定常表現

夕・宵・夜の表情の変化など、数時間の間での変化。来訪者・生活者両者に時間を知らせるとともに、自然に変化を楽しませる。

・定期表現

時刻・季節・記念日などに合わせた変化。時間を軸として、近隣の人々の生活に溶け込む効果を高める。

⑦五感に訴えるデザイン

人は外部から得る情報のうち80%以上を視覚から取り入れている。そのため、視覚に関するデザイン、すなわち照明デザインは最も重要な要素であるといえる。しかし、我々は景観を他の感覚からも理解していることは容易に想像できる。例えば、店から聞こえるスピーカからの音楽、雑踏の人の声、波の音、焼き鳥屋からのおいしそうな匂い、潮の香り、肌にあたる快いそよ風など夜間景観は五感を通して理解される。

２．４．４　照明デザインにおける問題

これまで述べたように夜間景観に関して様々な取り組みがなされており、加えて社会的なニーズからも夜間景観の重要性は高まってきているといえる。照明に関して言えば、良い夜間景観とは光源と照明器具を道具として、それを「あるべきところ」 に配置し（光源の移動及び点滅を含む)、「あるべき明るさ（暗くすることを含む）と色」を創出することである。そのためには、２．３．２で述べたように、調査から設計、施工に到る一連の流れの中で、一貫した思想やコンセプトのもとで遂行されなければならない。しかし現状では、コンセプト策定の段階から夜間景観について考慮する例は極めて稀であり、実施設計、施工の段階で参加する場合が多い。本節では、我が国の照明デザインにおける様々な問題について考察する（図2-12)。

①照明デザイナーの職能が確立されていない

我が国における照明デザインでは、少数の照明デザイナーは活躍しているが、大部分は照明メーカが自社製品を設計にスペックインしてもらうためのサービスの一環として実施している。照明メーカがサービスで提案することが普通になっているために、単価の高い器具を数多く納品することに注力される傾向も見られ、時に過剰な器具デザインを行っている場合もある。

照明デザイナーは、関与する職能と仕事の種類に置き換えることにより、大きく5つのタイプの職能に分類することができる（中島他, 1995)。電気設備設計者、照明器具のデザイナー、舞台照明デザイナー、照明エンジニア、照明コンサルタントである。このうち、本研究に関連する4つの職能について説明する。

・電気設備設計者

照度計算や電気容量の算出、保守や使い勝手を考えた電気配線の計画など、定量的な性格の設計を中心に行う。安全面等基本的事項を踏まえた上で、さらに果敢に新しい質の光環境を創造するような心構えを持てる設計者が望まれている。

・照明器具のデザイナー

照明器具の造形デザインを行う。

・照明エンジニア

光工学技術者（オプチカルエンジニア）と、機械工学技術者（メカニカルエンジニア）の2つに分類できる。前者は、光学反射鏡や光学レンズなどの光の制御技術設計と開発を行い、照明デザインの可能性を大きく左右する技術を取り扱う。後者は、照明器具の性能を高める上で必要不可欠な技術を取り扱う。

・照明コンサルタント

我が国の照明デザインの分野において最も成熟度の浅い種類のデザイナーである。欧米の社会においては、a）商業施設の照明コンサルタント、b）公共施設や民間のオフィス建築などを得意とする照明コンサルタント、c）屋外の造園や投光照明を主に扱うコンサルタント、などがある。照明コンサルタントは最も設計者に近い立場であり、設計者が抱える多くの難問を光のデザインという切り口から解決の方法を探ることを職能とする。

表2-2　照明設計のプロセス（小林，1999）

建築	照明	
基本構想段階 参加する割合：10%	プレゼンテーション1	照明のあり方の模索
		事業計画・建築計画に沿った光のあり方の模索 □全体構想や環境計画の理解－建築の特徴・事業計画の把握 □参考データ・関連情報の収集と提供－光のイメージの共有化 □計画地の光環境調査－日照・周辺の光
基本設計段階 参加する割合：20%	プレゼンテーション2	照明コンセプトの作成
		周辺情報より光のコンセプトを導き出し照明条件の設定を行う □環境照明デザインイメージの設定 □照明効果の狙い－快適性・視環境についての検討 □照明のゾーニング－手法・照度・色温度 □照度・色温度・輝度の設定
	プレゼンテーション3	照明プランニングの作成
		光のコンセプトを照明手法へ展開 □照明手法の検討 □照明演出システムの設定 □配灯計画 □光源・照明器具の設定 □技術開発
実施設計段階 参加する割合：50%	プレゼンテーション4	照明スペックの決定
		照明プランニングの検証と照明器具設計 □プランニングの効果検証と確認－CG・模型 □照明器具の性能・形状の確認－試作検討
現場施工段階 参加する割合：20%	プレゼンテーション5	照明環境のチューニング
		建築と照明の詳細な収まりの設計と調整 □現場実験・モックアップ □照明器具の調整

照明デザインは、夜間景観デザインのうち視覚部分を担当するデザイン領域であるが、我が国ではその職能が確立されていない。一方稀な例として、実際に照明コンサルタントが構想段階から参加した場合には、対象とする空間・景観や条件を把握した上でデザインを行うことが多く、決して視覚部分のみを対象としている訳ではない。そこで、将来的には夜間景観全般をデザインすることが求められる。

②実施設計段階で参加することが多い

建造物のライトアップのような「意匠面」の目立つ場合を除くと、照明は今なお設備として捉えられることが多く、実施設計段階以降で参加する場合が多い。小林（1999）は、照明設計が建築設計の各段階における参加の割合について、「構想段階、基本設計段階、実施設計段階、現場レベルとさまざまで、割合としては1:2:5:2ぐらいであろうか」と述べている。つまり、基本設計より初期の段階で参加している割合は、全体の3割しかない。これは①の理由に依るところが大きく、夜間景観デザインがまだ十分に認識されていない証拠である。実施設計段階以降で参加する場合には、夜間景観デザインに対する認識が薄いため、最低限の機能を満足する予算しか確保されていない場合が多い。そのため設計に十分時間がとれず、たとえ優れた提案をしても、時間

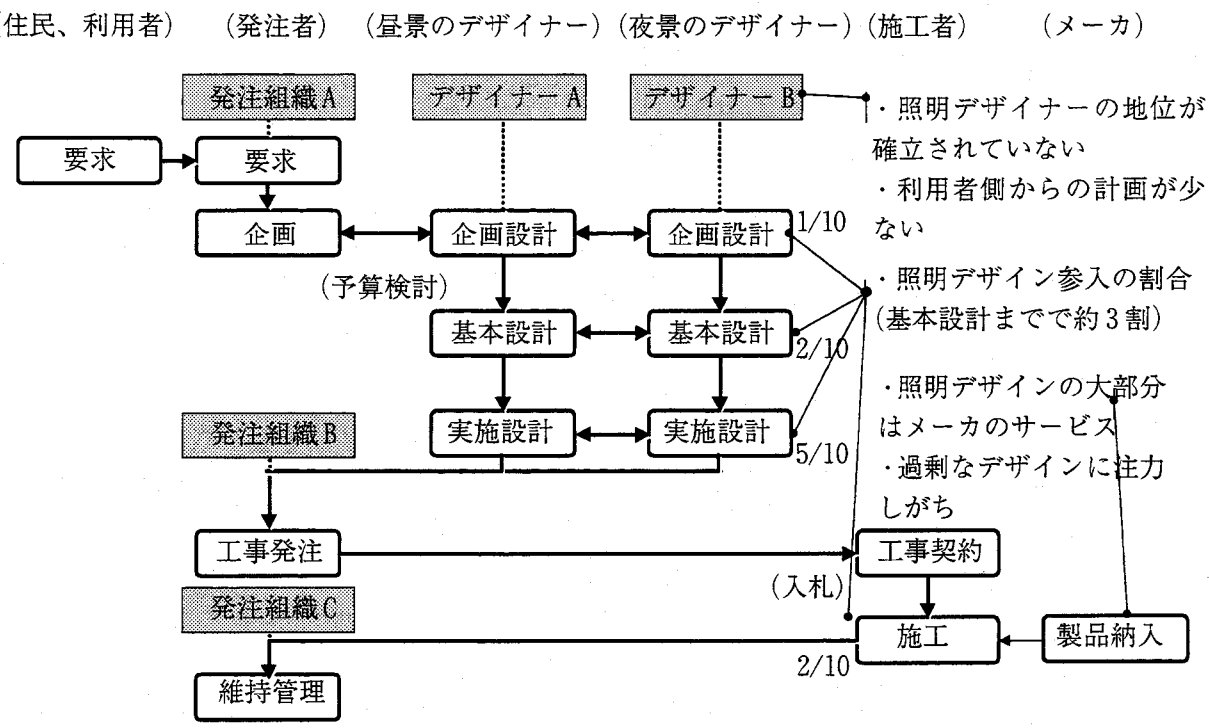


図2-12　照明デザインにおける問題

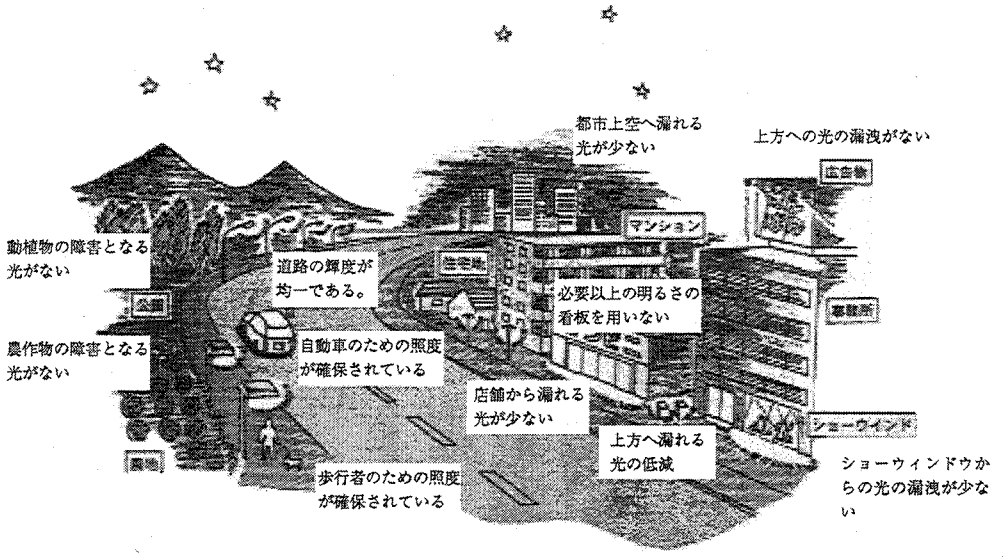
的・予算的な制約から、相手方の設計内容に反映されにくく、結局実現できないことが多い。例えば、照明が必要である所に配管されておらず、断念せざるをえない場合や、付いたとしても露骨に取り付けられ建築を損なってしまう場合などがある。

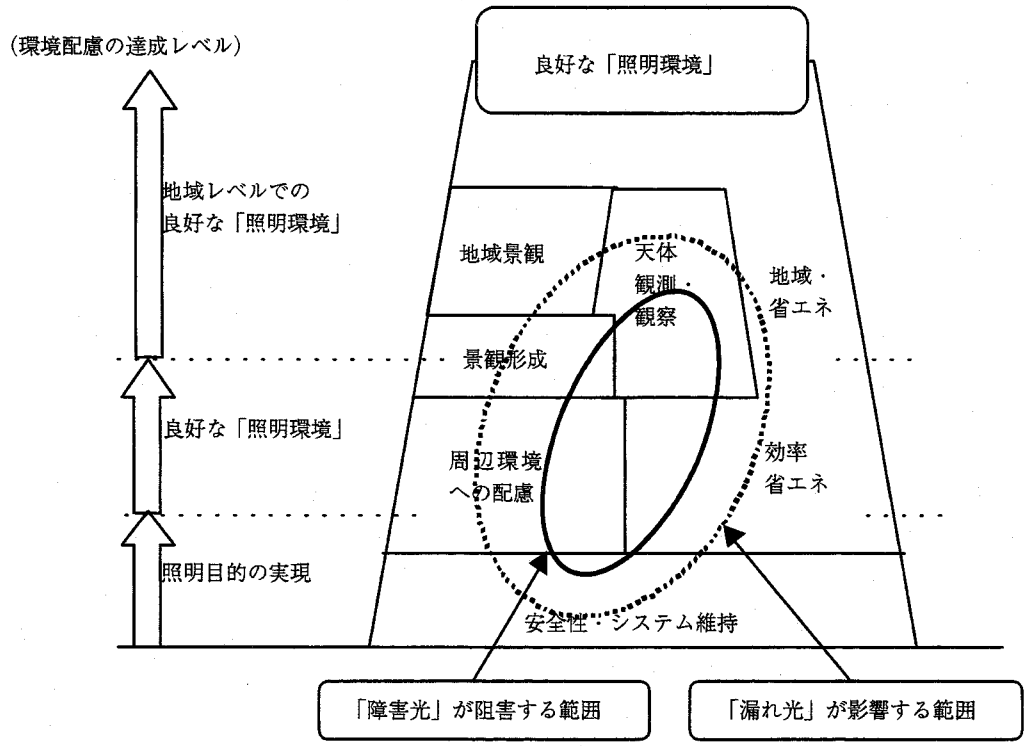
③利用者の立場を考慮した計画が少ない

パブリックデザインにおいて、公共施設部分と民間施設部分の照明が別々に計画されており、利用者の側の視点に立って計画されたものが少ない。例えば、まだ人通りが多いのに照明が消えて真っ暗なオフィスビルのエントランスや、真夜中に必要以上に明るい商店街、住宅棟の前に時代遅れの貧弱な防犯灯など、調和が取れていないものがある。

④光害問題への対応

都市化、交通網の発達等による屋外照明の増加、照明の過剰な使用等により、夜空の明るさが増大し、眩しさといった不快感、信号等の重要情報の認知力の低下、農作物や動植物への悪影響、天体観測等への障害となっていることが、「光害」として指摘されている。環境庁（1998）は、照明の重要性を認めた上で、水平から上へ照射される上方光束を照明環境に応じて抑制することを推奨する「光害対策ガイドライン」を世界で初めて策定している（図2-13）。この光害を抑制し、地域に策定を推奨している「地域照明環境計画」を実施するため、照明を適正にデザインできる照明デザイナーの人材育成、及び地位向上が望まれている。





・「漏れ光」とは、照明機器から照射される光で、その目的とする照明対象範囲外に照射されるものをいう。
・「障害光」とは、漏れ光の内、光の量若しくは方向又はその両者によって、人の活動や生物等に悪影響を及ぼす光をいう。

図2-13 「光害対策ガイドライン」に示されている良好な照明環境のイメージ図（環境庁，1998）

2．5　夜間景観デザインにおけるメディアとその問題

2．3、2．4において、パブリックデザイン及び夜間景観デザインにおける現状とその問題を考察した。さらに、夜間景観デザインで利用されるメディアについて考察を行う。

笹田（1995）は、「関係者の合意にはコミュニケーションが、コミュニケーションのためにはメディアが不可欠である。」と述べているように、デザインを推進する際には、設計者がデザインを進めるためのデザイン・メディア、及び関係者がその内容を理解し、意思疎通、合意形成を図るためのコミュニケーション・メディアが必要である。これまで主に使用されてきた図面、模型、パースといった従来型メディアは、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メディアのシーム（継ぎ目）が存在する。例えば、専門知識を持たない関係者は、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。このメディアのシームによるコミュニケーション・ギャップを解決する手段として、非専門家にもわかりやすいCGの可能性が追求されている（金，1991；笹田，1992；Sasada，1994；加賀，1996）。CGは、部分的にではあるが夜間景観デザインにも利用され始めている（百里，1999他）。

2．5．1　各段階で利用されるメディア

夜間景観デザインにおいては、デザインの各段階において検討する内容が異なるため、利用されるメディアも異なる。そこで、表2-2で整理したデザインプロセスの各段階ごとに検討される内容と、主に利用されるメディアについて整理する（図2-14）。

①基本構想段階

建築設計の意図や事業計画全体に対する理解を持って、どのような光環境の創出が望まれているのかを十分に把握し、敷地周辺の光環境の特質を分析する中から、対象とする空間の夜間景観デザイン上の課題を抽出する。それらを与条件として設定しながら、さらに卓越した解釈を加え、多くの照明手法を導くための光の基本理念と、概念を設定することが目的である。

次のようなメディアが利用されている。

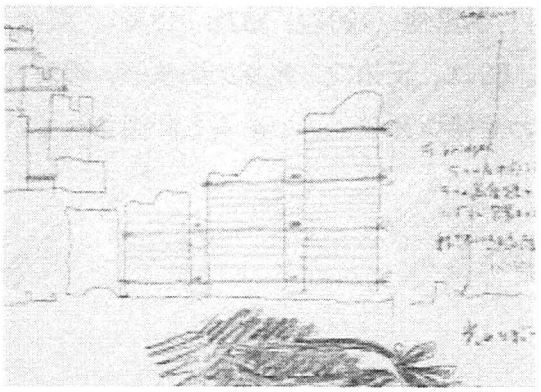
・スケッチ
・平面図：光のゾーニング、色温度のゾーニング
・断面図：断面スケッチによる光源の高さ、効果の検討
・パース：視点場からの検討
・模型：コンセプトの確認、光の効果の検討

②基本設計段階

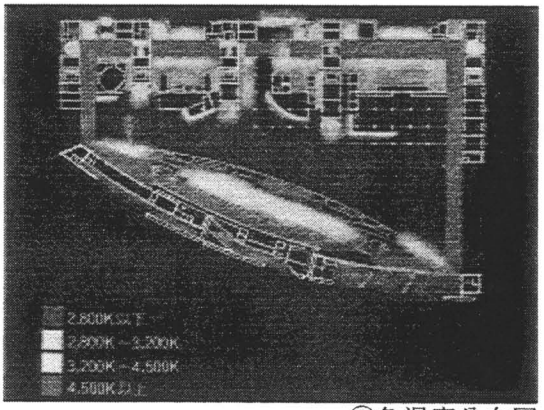
①で立案されたコンセプトに基づいて具体的な光をイメージし、それを照明手法へと結び付ける段階である。光のゾーニングをさらに進め、照度、色温度、輝度の設定、照明器具の概略配灯、概略積算などを行う。

次のようなメディアが利用されている。

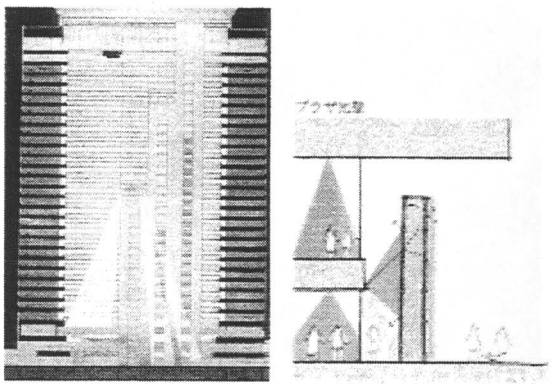
・スケッチ
・平面図：光のゾーニング、色温度のゾーニング、照度分布図、輝度分布図、配灯図
・断面図：断面スケッチによる光源の高さ、効果の検討
・パース：視点場からの検討
・模型：光の効果の検討
・CG：光の効果の検討、視点場からの検討、照度分布図、輝度分布図



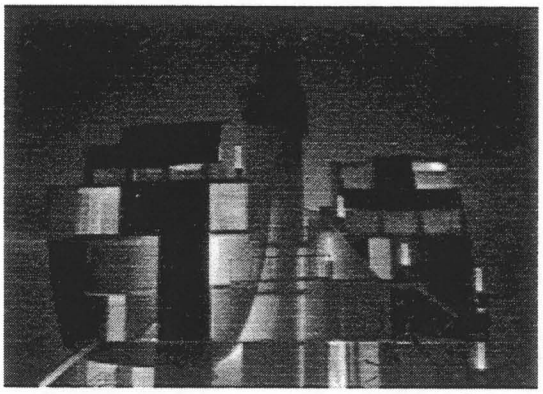
①スケッチ



②色温度分布図



③断面スケッチ



④模型

図2-14　夜間景観デザインで使用されるメディアの例（①～④:中島他，1995）

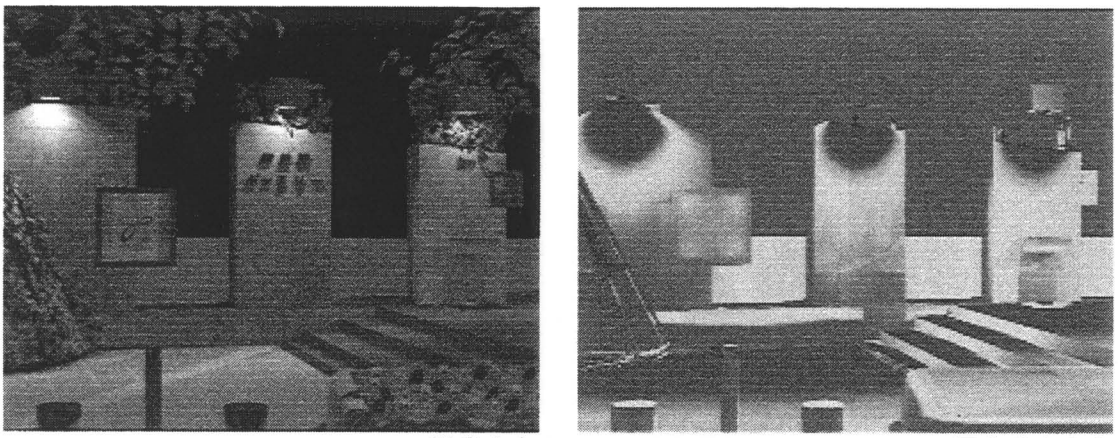
③実施設計段階

基本設計段階までに膨らんだ光のコンセプトや設計手法についてのイメージが、さらに詳細に検討され、現実的な方法論に結び付けられる。また、光の効果をもう少し実証的に予測することも重要となってくる。

次のようなメディアが利用されている。

・スケッチ
・平面図：電気設備設計図、照度分布図、輝度分布図、配灯図
・断面図：電気設備設計図、断面スケッチによる光源の高さ、効果の検討
・パース：視点場からの見え方
・模型：光の効果の検討
・CG：光の効果の検討、視点場からの見え方、照度分布図、輝度分布図

以上に述べたメディアを使いながら、合意形成が行われプロセスが進められていく。ここで取り上げた各メディアの特徴については、金（1991）、榊原他（1997）、塩坂（1998）、環境シミュレーションラボ研究会（1999）らが整理している。CGは、正確性、視覚的明快性、理解可能性、訴求性など他のメディアにはない様々な特徴を合わせ持つメディアであると評価されている。



通常出力　　照度分布出力

図2-15　照明シミュレーションを行ったCGの例

２．５．２　メディアにおける問題

CGは、先にも述べたように様々な特長を有するメディアとして急速に普及が進んでいる。夜間環境デザインにおいては、図2-4でも明らかなように非常にリアリスティックな表現が可能である上に、ビジュアルな照度分布図や輝度分布図などの技術検討のための出力も可能である（図2-15)。

夜間景観デザインにおいてCGが担う役割は大きく３つ挙げることができる（百里，1999)。

①技術検討のツール

建物内外について光の性能を予測し、検討するための役割である。照度、輝度について設計要件を満足できるか、あるいは特殊な照明手法を行う場合など、図面からは予測不可能な現象が起きないかなどを事前にシミュレーションのうえ検討評価し、結果を設計にフィードバックする。

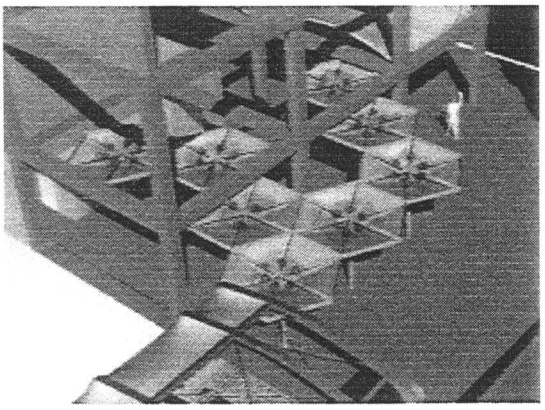
②デザイン検討のツール

光環境シミュレーションを行う上で、設計者（意匠設計者、電気設備設計者など）間の連携は重要な要素となる。設計の初期段階から建物デザインや光のコンセプトに沿って照明手法や光環境を検討することによって、効果のチェックや、建築形状、材料の変更までを含め提案を早期に行うことができる。

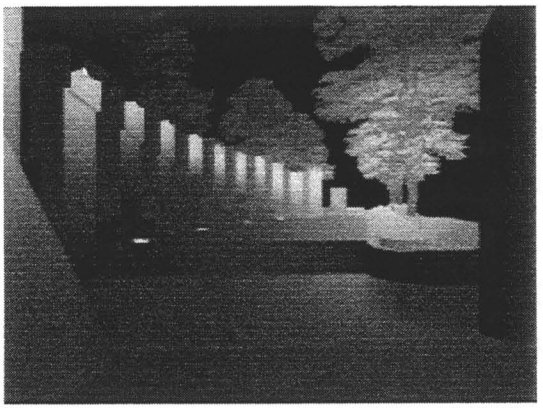
③コミュニケーションのツール

パブリックデザインでは事業主から設計者、施工者、施設の利用者まで、異なる立場、知識、技術の方々が多数関係する。従来の設計図書や模型だけでは難しかった、空間についての共通の理解と認識を持つための材料提供が、CGの役割としてあげられる。

しかし現状では、デザインメディアとしてCGを利用することはまだ緒についたばかりである上に、２．４．４に述べたように夜間景観デザインが行われる機会も限られているため、最終プレゼンテーション用のメディアとして使われることが多い。設計に対する評価を高めるためのコンピュータ利用ととらえる風潮もある（照明学会，1995)。また、デザインメディアとして利用される場合にも、昼景のCGを色鉛筆やパーソナルコンピュータ（PC）で加工して表現したものが多い(図2-16)。これは、3次元シュミレーションを行った夜景CGの作成には、昼景のCGと比較して時間がかかることや、周辺の光環境を調査し、コンピュータに取り込むには手間がかかりすぎるため、実際に行うことのできるシミュレーションの範囲はまだ狭く、視野に入る周辺の景観との



昼景CGを色鉛筆で加工



昼景CGをコンピュータで加工

図2-16　デザインメディアとしてのCG表現の現状

関係を確認することが難しいことなどが問題点となっているからである。この手法は、時間をかけずにデザインの意図を表現できる手法ではあるが、パースに近いものであり、これを利用して専門家に対して説明した場合には、専門家は経験から照明の効果をある程度イメージすることはできるかもしれないが、正確には共有できない。また、非専門家にはイメージさえも難しい。さらに非専門家は、スケールに対する認識が乏しく、縮尺表現されたメディアの上では、具体的な空間の共有は不可能である。

また、デザイン検討、合意形成を図るためのミーティングの場においては、用意された複数の案を比較検討したり、またその案を修正する場合などが頻繁に生じる。しかし、現状のメディアでこれに対応することは不可能であり、再びミーティングを行うか、修正案を確認できないまま合意形成がなされることもある。

実際にCGシミュレーションを利用しながらプロジェクトを進めた場合には、シミュレーションに対して、レスポンスの早さが要求される場面や、精度の高さが求められる場面など様々な局面がある。これらに適したシミュレーション手法の確立も必要である。現在では昼景と夜景を同時並行して検討するといったプロセスが少ないが、将来夜間景観デザイナーの職能が確立された場合には、昼景と夜景を同時並行して検討するプロセスが増えてくるからである。

本研究では、これまでに考察したパブリックデザインにおける問題、夜間景観デザインにおける問題、夜間景観デザインにおけるメディアの問題のうち、本節で考察したメディアの問題を解決することを考える。現状の問題を打破するため、具体的で判りやすい新たなメディアを提示することにより、専門家、非専門家が参加しやすいデザイン環境を構築する。その結果、デザイン手法が変わるのではないか。さらに、そのような理想的な手法、プロセスを世間に提示していく

こと、さらにそれが実際に出来上がっていくことにより、残り２つの問題、すなわちパブリックデザインにおける問題、夜間景観デザインにおける問題という現状の社会認識自体を変える糸口を見出せるかもしれない。

第3章では、夜間景観デザインのための有りうべきメディアとして、現在のCGの枠組みをさらに拡張することにより、夜間景観デザイン・メディア、コミュニケーション・メディアが実際のプロジェクトで利用できるための枠組みを整備する。さらに第4章において、そのメディアを利用して実際のプロジェクトを行うことにより、デザインプロセスがどのように変化し、またどのようなデザインが実現できたか評価を行う。

第3章

支援システムの構築

第2章においては，夜間景観デザインを行う際の問題点として，パブリックデザインのプロセスにおいて、ある段階で決定されたコンセプトやプランを充分に継承できていない問題を抱えていること、照明デザインに対する認識の低さから、計画の初期段階から夜間のデザインがされていないこと、デザインメディア・コミュニケーションメディアとしてのCGの有用性が認識されながらも有効に利用されていないことを問題として指摘した。

第3章においては、3．1でこれらの整理した問題を解決するための条件を考察する。そして、3．2でその条件を実現するためのキーテクノロジを整理し、3．3でそのキーテクノロジをベースとした支援システムを構築する。3．4では、新たに開発したインターネット型VRシステムについて詳述する。

３．１　新たに具備すべき条件

複数の関係主体、組織が参加する夜間景観デザインでは、合意形成を円滑にしながら且つそのプロセスを透明にしなければならない。そのためには判断の材料となる情報を公平にわかりやすく伝える仕組みが必要となる。具体的な条件として以下のように整理できる（図3-1)。

３．１．１　デザインプロセスを通じて一元的に利用できるメディア

現在のパブリックデザインでは、ある段階で決定されたコンセプト、プランが十分に継承されないまま、プロセスが進められるという問題を指摘した。これは、先にも述べたが現状のプロセスの抱える問題に拠るところが大きい。しかし、プランを継承する際に用いられる図面などのメディアでは、その意図を伝えることに限界があることも事実である。そこで、計画の段階で策定されたコンセプトの具体的イメージを共有できると共に、設計から施工に至る各段階でそのモデルを徐々に具現化することができ、またいつでも必要な情報が取り出せるメディアが存在すれば、各段階で参加する関係者が具体的にイメージを共有することができる。

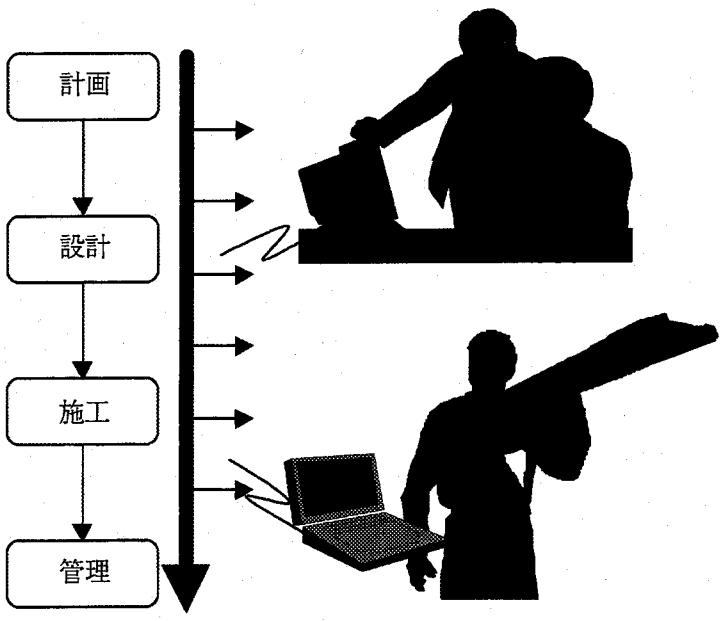
３．１．２　非専門家にもわかりやすいメディア

これまで利用されてきたCGは、リアリスティックな表現により、非専門家にもわかりやすいメディアである。しかし、ブラウン管やプリントアウトなどのメディアを通して検討されることがほとんどであり、その場合関係者はその映像世界の外にいることになる。所謂第三人称の体験である。加えて、基本的に三次元である現実世界を二次元の画面で表現しなければならず、これでは、専門家はまだしも非専門家には、空間的広がりや奥行き、建物の前後関係や圧迫感などが具体的にイメージしづらい。そこで、関係者自身が設計空間の中に入り、あたかもそこにいると認識できるような第一人称の体験をしながらイメージ共有を行うことができれば、よりイメージを共有し易くなる。このような場合に現状では、原寸大のモックアップを作成した検討が行われるが、原寸大で作られるものには限界があり、本研究のようなデザイン領域においては、適用できる範囲が狭い。これらを解決する手段として、実物大の映像が投影できる大型スクリーンや立体視から構成されるシステムが考えられる。

3．1．3　インタラクティブ性、リアルタイム性を有するメディア

関係者協議の場では、設計案に対してそれぞれの立場から意見交換が行われ、合意形成とデザインの質の向上が図られる。その際設計案は複数用意されることが多く、それらを比較しながら検討が進められる。また、設計案に修正を行う必要が生じた場合に、修正案をその場で具体的に示す手段がないために、結局その場では合意形成が図れないことが多い。このような場合には、現状ではミーティング後修正案を作成して、また別の機会にミーティングを行うことになる。しかし、その修正案で合意形成が図れるとは限らず、また同じようなプロセスを経ることも考えられる。すなわち、これまでのメディアは、その場で出た意見をリアルタイムに反映させることができないため、合意形成が円滑に行われないということがあった。また、複数の関係者が何度もミーティングに参加するのは、時間的、空間的な制約もあり困難な場合がある。一度のミーティングで議論できる量も限られている。

この問題を解決するために、もしミーティングの場で複数の案や昼景・夜景を比較しながらインタラクティブな検討が可能な機能や、意見交換の場で出された代替案をリアルタイムに作成し、新たな検討を行うことが可能な機能を持つメディアがあれば、一度のミーティングで合意形成をとることのできる可能性が高くなる。また時間的、場所的なシームを取り払うために時間的、空間的にシームレスに設計検討・合意形成を行うことのできる機能を持つメディアも



新たに具備すべき条件
・わかりやすいメディア
・いつでも情報を取り出せるメディア
・空間、時間に対してシームレスに取り出せるメディア
・長期間のプロセスに対応できるメディア
・インタラクティブな空間確認が可能なメディア
・ダイナミックに代替案を変更、検討できるメディア

図3–1　新たに具備すべきメディアの機能

必要である。

３．１．４　計画・設計段階、目的に応じたCGシミュレーション

CGのリアリティを求めると、モデル量や光源数が多くなり過ぎ、膨大な計算時間が必要となる。リアリティ表現の質と作業量・シミュレーション時間が比例していることは現実問題として否めず、あまりにリアリティを追求しすぎた結果、作成に時間がかかってしまい設計検討に対応できなくなることがある。一方、デザインは２．５．１に述べたように各段階によって扱う検討内容が異なる。そこでCGシミュレーションについても検討内容に応じた手法を検討する。まず、計画・設計における各段階でのシミュレーションに求められる内容について整理する（百里，1999)。

①基本構想段階

事業計画や建築計画に従った光の概念的デザインを支援するためにシミュレーションを行う。照明方法や照明器具の情報よりも、ラフなモデル表現で光計画のコンセプトを探れるよう、時間をかけずに、シミュレーションを行う必要がある。簡略化されたモデルと光源種類を限定することにより、レスポンスの速いシミュレーションを行う。

②基本設計段階

照明コンセプトを照明手法に置き換える。照明シミュレーションは、コンセプトによるイメージと器具仕様の整合性を高めるために、器具の配光データを使用する。モデルは、検討したい部分をある程度作り込む必要もあり精度の高さも要求されるが、結果をフィードバックし、ケーススタディを行う必要があるため、レスポンスの早さも要求される。

③実施設計段階

現実性を持った詳細設計に反映するために、精度の高いシミュレーションを行う必要がある。使用モデルは、詳細検討可能なモデルを使用し、具体的な器具の数量やレイアウトの検討、照明効果を可能にする光量や、配光特性の検討、照度、輝度の分布の検討を行う。

また、検討の目的からシミュレーションに求められる内容を整理すると次のようになる（榊

原，1997)。

①デザインの検討段階

デザイナー自身のデザインの確認や検討、あるいはデザイナーやプランナーによる内部検討段階でのプレゼンテーションとして用いられる場合である。デザインの熟度は低く、修正や変更が多く生じる。デザイナー自身が空間状況を確認し評価することが目的であり、シミュレーションの正確性や理解可能性は高く要求されるが、訴求力はさほど重要ではない。

②関係者協議

プロジェクトの関係者間での協議や調整のため、専門家グループ等を対象にする場面である。デザインは一案もしくは複数案に限定されている場面が多いが、調整の結果変更等が生じる。専門家が空間状況を確認することが目的であり、シミュレーションの正確性や理解可能性は高く要求される。訴求力や表現性についても無視できない。

③意思決定

プロジェクトの意思決定者での協議や調整のため、政治家や住民、行政者のグループ等を対象にする場面である。デザインは一案もしくは複数案に限定されている場合が多い。専門家ではない人間が空間状況を評価することが目的であり、シミュレーションの訴求力や正当性、表現性が高く要求される。

④公表・周知

プロジェクトの周知のため、一般大衆を対象にする場面である。デザイン案は限定されている場合が多い。専門家ではない人間が新しい空間を認識することが目的であり、シミュレーションの表現性が高く要求される。

3．2　キーテクノロジ

3．2．1　バーチャルリアリティ(virtual reality)

バーチャル(virtual)とは、「実際には存在しないけれども、機能としてそれが存在すると同等の効果をもつ」という意味であり、リアリティ(reality)とは「現実、実存」という意味である。すなわち、バーチャルリアリティ(virtual reality、以下VR)とは「計算機によって、人工的に合成された現実世界」という意味を持つ言葉である。日本語では、一般に「仮想現実」と訳されている。VRはCGを単にリアルタイムに動かすだけのものではなく、体験者自身の思いを反映でき、仮想空間において体験者が知りたいことを、より自然に確認でき構築できるものである。

VRとよく似た意味の言葉として、アーティフィシャルリアリティ(Artificial Reality、人工現実、以下AR)、サイバースペース(cyberspace)などがある。高橋他(1996)は、VR、AR、サイバースペースとも各々の要素技術ルーツはIvan Sutherland(1968)が製作した頭部搭載型3次元ディスプレイ(A Head-Mounted Three Dimensional Display)であり、応用領域の狙いが少し違っていると考えるほうが自然であると指摘している。また、VRを体験する空間を「3次元仮想空間」または単に「仮想空間」という言葉を頻繁に使うが、これは既往研究を参考にして「3次元情報に対する体験機能として、ユーザが3次元イメージを従来のCRTのように画面として見るのではなく、3次元空間そのものの中に入り込んでシステムとの対話体験を可能にする環境」と定義する(高橋他, 1996)。

VRはPCを用いた簡易システムからスーパーコンピュータを用いたシステムまで非常に広範囲のシステムを意味し、幾つもの側面があるが、その中で特に重要と考えられるのが、Presence・Interaction・Autonomyの3つの要素である(Zeltler, 1992)。

まず、Presenceとは、体験者の目前に本物と見間違うばかりのリアルな情報提示を行うことである。このことはまた、体験者も仮想空間の中に包含されて没入してしまうことも意味している。そのため、従来のディスプレイなどの2次元表示装置ではなく、ヘッドマウンテッドディスプレイ(Head Mounted Display、以下HMD)やアーチ型立体スクリーンなどの3次元表示装置が用いられる。さらに描画は、材質感や照明などによる陰影のある高品質なCGであることが要求される。

次に、Interactionとは、体験者の動作に伴う仮想空間の変化が、現実世界のそれと同様にリアルタイムにフィードバックされることである。体験者の動きを捉えるために、磁気セン

サーなどが用いられる。仮想世界をリアルタイムに描画するには、毎秒10フレーム以上が必要である。さらに体験者は、ボタンを押す、ドアを開けるなどといった仮想空間内のオブジェクトを操作することができる。これを応用することで、体験者は理想の環境を体験者自身で対話的に構築することが可能になる。例えば、オブジェクトの配置や色・材質感を体験者の好みに合わせて変更することなどである。

最後に、Autonomyとは、仮想空間内のオブジェクトが、現実世界と同様の自律的な動きを行うことを意味する。仮想空間内で体験者のみが動く場合、その空間は死んでいるように見える。仮想空間で自動車が走る、人が歩くなど、オブジェクトが自律的に動いたり、反応したりすることによって、体験者はリアリティを感じることができる。

3．2．2 VRML(Virtual Reality Modeling Language)

VRMLは、インターネット上で3次元仮想空間をリアルタイムに表示するための、世界的に認知されたデファクトスタンダード(業界標準)言語である。1995年にバージョン1.0が発表されて以来、仕様拡張が進められ、最新バージョンはVRML97(VRML2.0のISO規格版)である。VRML1.0では、3次元仮想空間を表現する(VRのPresence)ための形状データ、質感データ、光源データ、視点データと、ネットワーク対応に必要な機能(Inline機能、Anchor機能)が仕様として制定されたが、VRML97では、これらの機能に加えてVRのInteraction、Autonomyを実現するセンサー機能、衝突検出機能、振舞い機能が追加された。さらに、サウンドデータやアニメーションデータ、スクリプトも取り込むことができる。

一方、VRMLを表示し、体験者がブラウジングできるソフトウェアがVRMLブラウザである。VRMLブラウザは、ワークステーション(以下、WS)やPCなど、クロスプラットホーム上での動作を基本として開発されたものが多い。その大部分は1995年よりフリーウェアとして一般に無償で提供されていたが、当時はPCの3次元グラフィックス環境が貧弱で、リアルタイムにリアリティのある表現ができなかった。しかし、ここ1、2年のPCの3次元グラフィックス環境の発展には目覚しいものがあり、WSと同等レベルのものも出現している。ラジオシティなどの照明シミュレーション結果も取り扱うこともできる。代表的なものとして、Platinum社のCosmoPlayer、Intervista社のWorldViewがある。

また、現在策定が進められている仕様として「External Authoring Interface」(以下、EAI)がある (Web3D Consortium, 1999a)。これは、Java等で記述された外部プログラムが「VRMLイベントモデル」を利用して、VRMLシーン内のノードにアクセスすることを可能にするもので

ある。概念図を図3-2に示す。「VRMLイベントモデル」では、あるノードのeventOutを他のノードのeventInにルーティングすることができる。eventOutがイベントを発生したら（ルーティング先のノードの）eventInがその通知を受け取り、そのイベントが処理される。さらに、Scriptノード内のスクリプトが他ノードへのポインターを持っている場合は、イベントを直接そのノードのeventInに送出したり、eventOutから送出された最新の値を読み出すことが可能である。EAIでは、VRMLシーンに対して以下の4種類のタイプのアクセスが可能である。

①ブラウザスクリプトインターフェースの機能にアクセスする。

②シーン内のノードのeventInにイベントを送る。

③シーン内のノードのeventOutから送出された最新の値を読み出す。

④シーン内のノードのeventOutからイベントが送出された時に通知を受け取る。

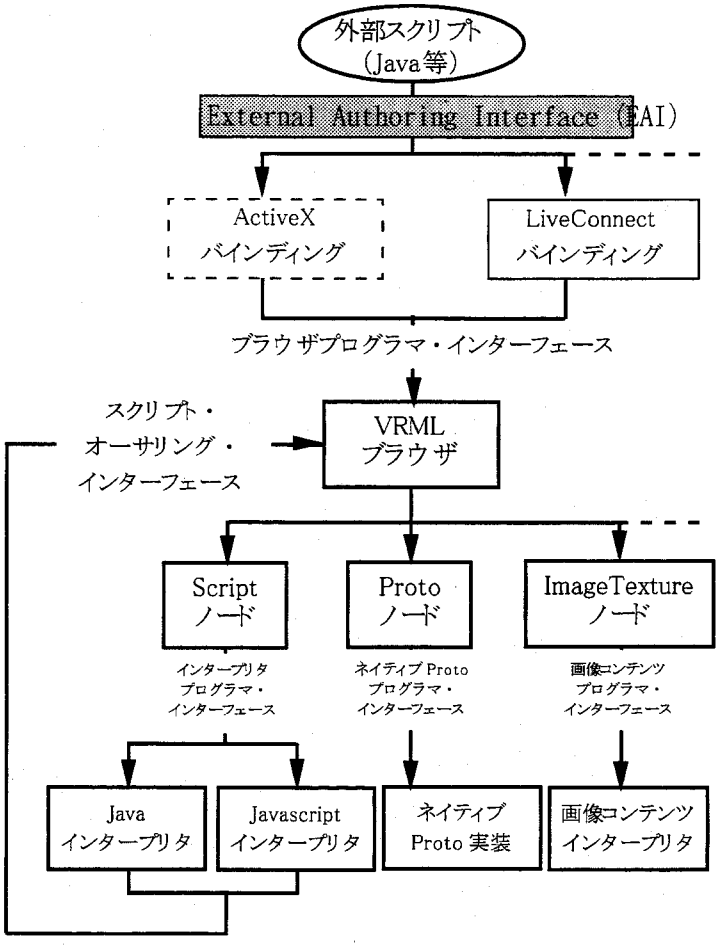


図3-2 External Authoring Interface (EAI) の概念図 (kirii, 1997)

VRML内のノードは、DEF文を使用して命名することができる。DEF文を使用して命名されたノードは、アプレットからアクセスすることができ、アクセス参照ノードとして使用することができる。一旦ポインターを獲得すれば、そのノードのeventInとeventOutがアクセス可能になる。exposedFieldは暗黙的にeventInとeventOutを含んでいるので、set_及び_changed修飾句を使用することで同様にアクセスが可能となる。外部プログラム言語は、ブラウザに依存しているが、Javaが事実上の標準となっている。VRML97においてサポートされたスクリプト機能はスクリプトをVRMLの内部に定義するものであったが、EAIによりVRMLデータの属性を外部から変更するものが可能となった。CosmoPlayerやWorldViewはEAIに対応している。

３．３　支援システムの構築

３．３．１　概要

３．１で整理した条件を満たし、３．２で整理したキーテクノロジをベースとした支援システムを構築する。システムは、大きく４つのサブシステムで構成されている。

①３次元モデルを作成し、昼景・夜景のCG静止画、CGアニメーションを作成する「CGシステム」

②設計関係者が同じ場所に集まり、実スケールで非常にリアリスティックに表現された仮想空間の中で設計検討を行うことのできる「大ドーム型VRシステム」(以下、ドーム型VR)

③設計関係者が時間、場所の制約を受けずに、インターネット上の仮想空間の中で設計検討

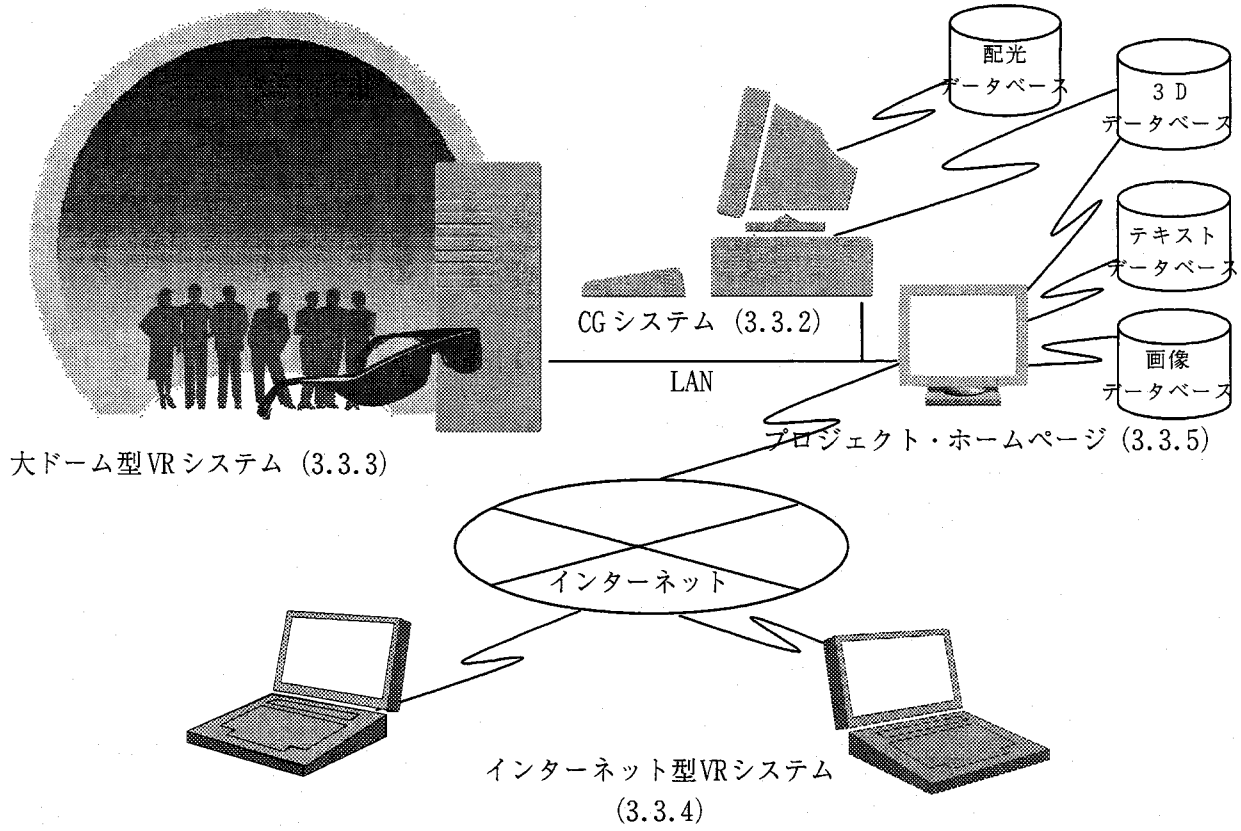


図3-3　支援システムの全体像

を行うことのできる「インターネット型VRシステム」(以下、インターネット型VR)

④プロジェクト毎に構築し、設計に関する文書情報やCGシステムで作成した静止画像、アニメーション、また既存事例などの設計イメージを整理し、必要に応じて閲覧を可能にする「プロジェクト・ホームページ」

ドーム型VRとインターネット型VRは、利用できる時間・空間の概念が全く異なるコンセプトで開発している。ドーム型VRは、ハードウェアそのものが物理的に大きく、一度設置すれば運搬が困難である。また、非常に高価な本システムをデザインの参加者がそれぞれ所持することは考えられない。そこで、本システムを使って設計検討を行うには、設置されている場所に集まる必要があり、時間と場所の制約を受ける。しかし、集まることができれば、大型のドーム型スクリーンや1100ポリゴン/秒の処理能力を持つWSで構成されたハイパフォーマンスなVR環境により、設計関係者の視野をドーム型スクリーンにより覆ってしまうため、実スケールで且つ立体視で表示された映像を高い没入感で体験することができる。すなわち、精度、質、量ともに最高の条件で設計検討を行うことができる。

一方、インターネット型VRは、インターネットによる利用を前提としているため、設計関係者は空間・時間の制約を受けることなく、所持しているPCから設計に参加することができる。また、PCを会場へ持ち込むことにより、好きな場所に集まってミーティングを開くこともできる。しかしPCは従来と比較して格段に進歩したものの、WSほどの処理能力は得られない。また、ディスプレイを見ながらVR体験を行うことになるため、没入感を得ながら体験することは難しい。

図3-3にシステムの全体像、及びサブシステムを示す。各サブシステムについて次に述べる。

３．３．２　CGシステム

CGシステムは、市販のソフトウェアにより構築している。図3-4に、CGシステムのフローを示す。FormZは、高度なモデリングが可能な上に、レイトレーシング法によるレンダリング(以下、レイトレーシング)が可能なため、簡易な昼景の表現に適用する。またInspireは、照明器具の配光特性を扱える上に、相互拡散反射計算(以下、間接光計算)、レイトレーシングによる高精度な照明シミュレーションが可能なソフトウェアである。Inspireは、Lightscape Visualization System(以下、LVS)、Radianceなどの他のソフトウェアと比較し、Inspireがシミュレーションの精度、品質の面で優れていると評価されている（Andrei他(1996)；Edward他(1998))。

しかし、３．１．２で述べたようにリアリティ表現の度合いと作業量・シミュレーション時間が比例していることは現実問題として否めず、さらに設計の各段階や目的により検討する項

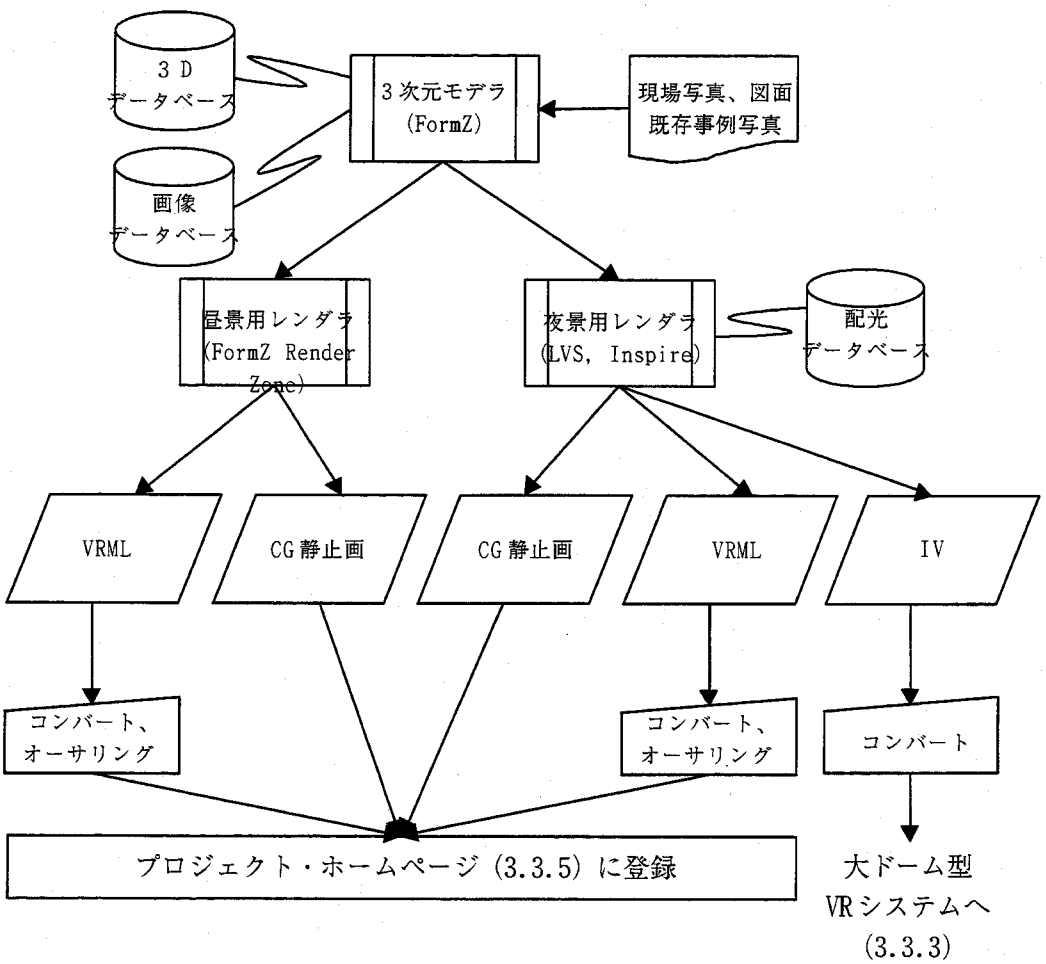


図3-4　CGシステムのフロー

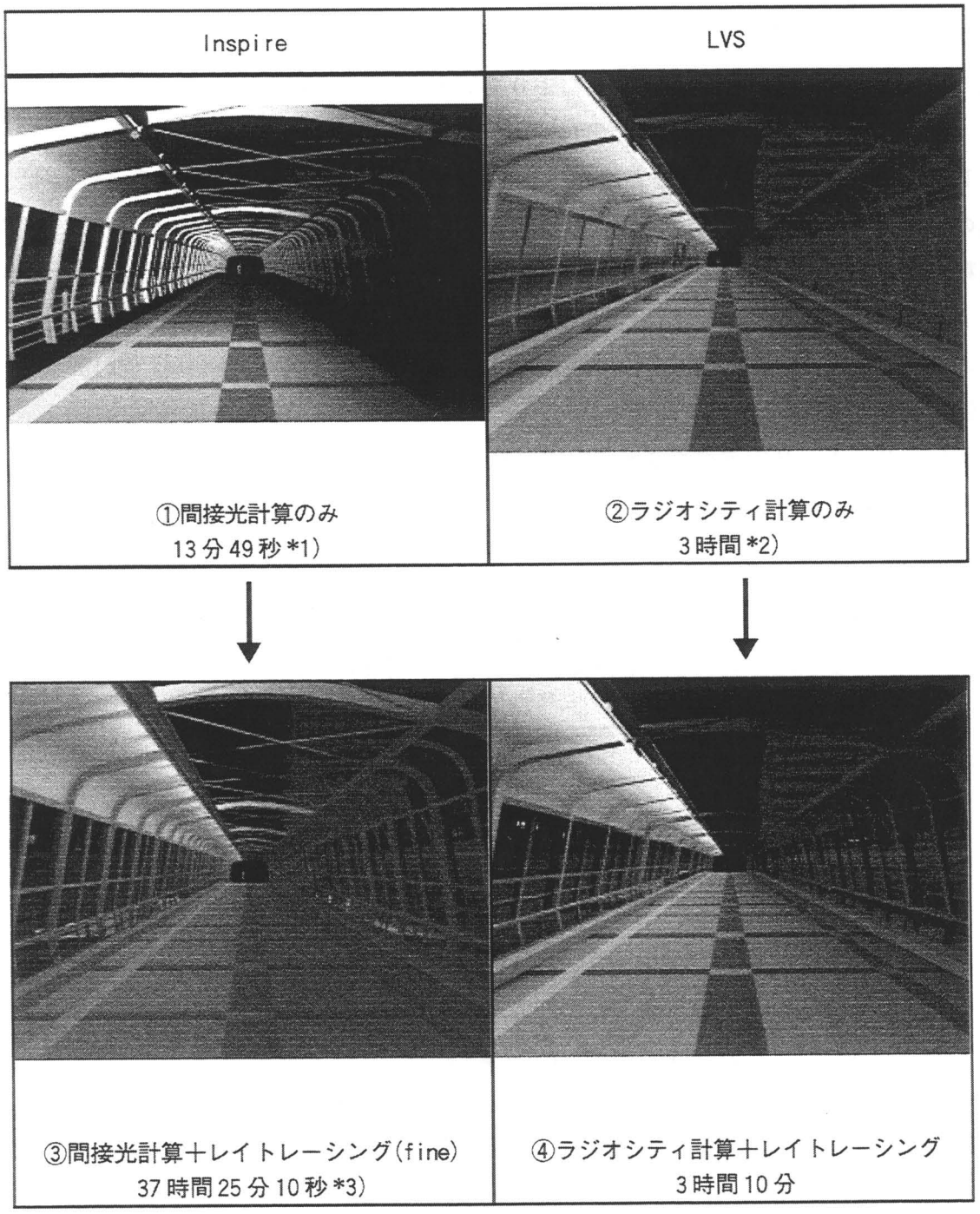


図3-5　夜景CG作成におけるリアリティ表現、計算時間の比較
データ：形状データ11万9000ポリゴン、光源数207
システム環境：PentiumII400MHz、512MBメモリ、1CPU

照明シミュレーションは通常、間接光計算、ラジオシティ計算で反射光の計算を行い、その後レイトレーシング計算で各視点からの透過、映り込み、ハイライトなどの計算を行う。間接光計算、ラジオシティ計算は計算アルゴリズムが異なる。

*1) accuracy設定：5%　　*2) 80%まで計算　　*3) fineモードで計算

目が異なるため、必ずしも常に詳細なシミュレーションが必要とは限らない。InspireとLVSでシミュレーションを行った計算時間及びアウトプットを図3-5に示す。この結果、Inspireは最終的にレイトレーシングを行う際に、非常に計算時間がかかってしまう場合があり、このような時には何度も試行錯誤を行う段階で適用しづらいことが明らかとなった。そこで現状では、LVSとInspireを用途に応じて使い分けることが最適の方法と言える。

3．3．3　ドーム型VR

ドーム型VRは、一度に複数の人々が同時に体験可能であり、広い視野角を持つ映像を提供することにより、従来のVRシステムと比較して、高い没入感、臨場感を得ることのできるシステムである(柴野他, 1998；Hatanaka他, 1998)。システムは、1)ドーム型スクリーン(水平方向最大6.8m、垂直方向最大5.4m)、2)横3台×縦2台、計6台のプロジェクタ(BARCO社製

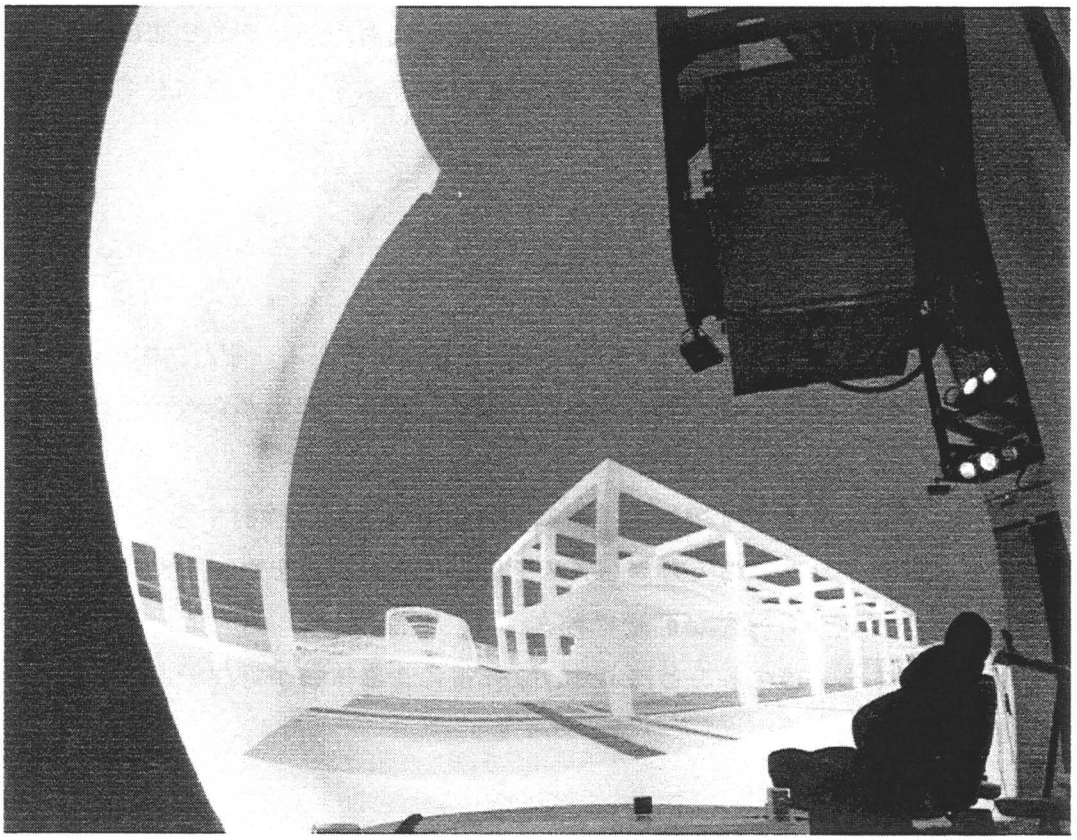


図3-6　ドーム型VR

GRAPHICS808S)、3)WS(SGI社製ONYX2)、4)液晶シャッタメガネ、5)赤外線エミッタにより構成されている。

スクリーン中心位置からの視野角で水平方向180度、垂直方向90度を、表示解像度で水平方向3072×垂直方向1536ピクセルを実現している。また、スクリーンが球面であることから、正しく表示するための球面補正を行っている。

従来のVRシステムとの比較を行う。これまでの表示システムとして、HMDやアーチ型スクリーンが挙げられる(野村, 1991；柴野他, 1994)。HMDは、装着した時に感じる不快感や解像度の低さが問題である。また、アーチ型スクリーンは、スクリーン上下に映像を表示できない部分が生じるため、体験者に著しく没入感を損なわせることが問題である。また、CAVE (Cruz-Neira, C., 1993) に代表される箱型ディスプレイも開発されているが、箱型ディスプレイは見る位置によっては各面の接合線が折れ曲がって見える上に一度に体験できる人数が少ない。

レンダリングソフトウェアは、OpenGLをベースとしている。1100万ポリゴン/秒の処理能力を持つWS上で稼動させることにより、実際に100万ポリゴン以上のデータをリアルタイムにウォークスルー表示することが可能である。また、立体映像は、左右交互に投影する画像を、それに同期した液晶シャッタメガネを通して見ることで実現している。このようにして、ドーム型スクリーンに映し出された立体映像により、体験者はあたかもその空間にいるかの没入感を感じながら設計検討を行うことができる (図3-6)。本システムに実現されている設計検討機能は以下のとおりである。

①複数の関係者が同時に体験することができる。レーザーポインタ等を用いて、検討対象を指し示しながら議論することもできる。
②実スケールで表示されるため、スケール感の把握が容易に行える。また、視野が水平方向180度、垂直方向90度確保されているため、実際の空間の広がり、建物から受ける圧迫感などを検討することができる。
③複数の代替案、昼景、夜景をリアルタイムに切り替えて表示、検討することができる。
④マウスやジョイスティック等の入力デバイスを用いて仮想空間をウォークスルーすることができるため、自由な視点から検討が可能である。
⑤液晶シャッタメガネを装着することにより、立体視による体験が可能である。対象物の前後関係や奥行きが把握し易い。

このような機能を装備した本システムを用いることにより、夜間景観デザインに関与する専門家・非専門家が、空間のイメージを共有すること、複数の代替案を比較検討すること、昼景・

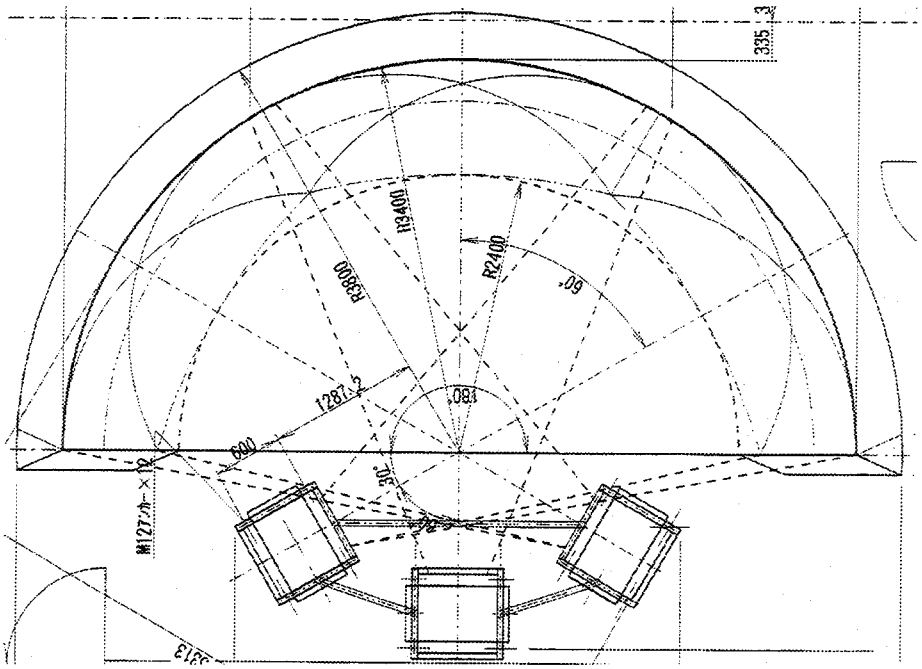


図3-7　ドーム型VR（平面図）

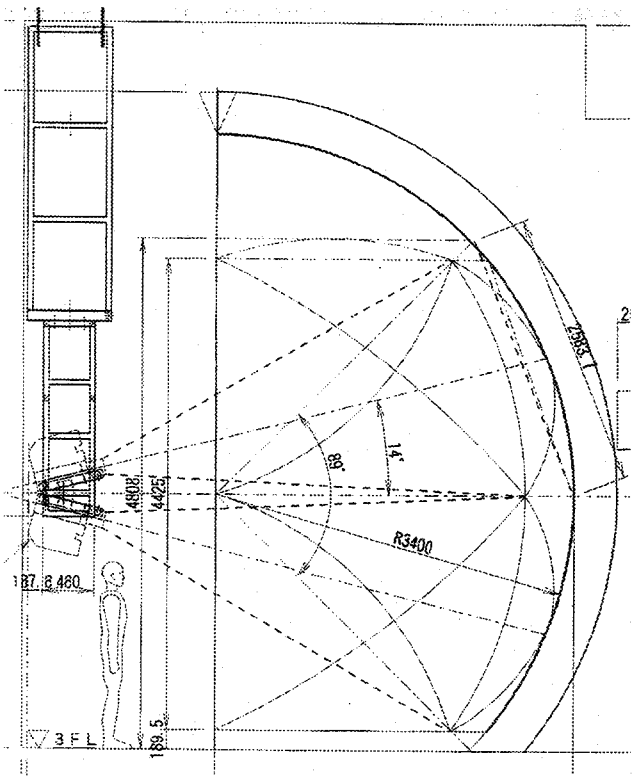


図3-8　ドーム型VR（立面図）

夜景を同時に検討することなどが可能である。一方で、現在のWSの処理能力でさえ、視点位置を決定した後で膨大な計算を行うレイトレーシングの結果をリアルタイムに表示することはできないため、ガラスに映り込むイメージや、鏡面反射によるハイライトの表現は正確にできない。また、配光特性を持つ光源をリアルタイムに表示することができないため、Inspireの間接光計算やLVSのラジオシティによって照明シミュレーションした結果、生成されたポリゴンを表示して検討する。

3．3．4　インターネット型VRシステム

インターネット上に分散したデータをロードすることによって、仮想空間に表示された設計対象を検討することのできるシステムである（図3-9)。キーテクノロジは、VRML及びVRMLブラウザである。ソフトウェア構成として、インターネット上で無償で公開されているWebブラウザ「Netscape　Communicator4.x」又は「Internet　Explore4.0.x」にプラグインとして、「CosmoPlayer2.1.x」を搭載した構成としているため、体験者は高価なソフトウェアを購入す

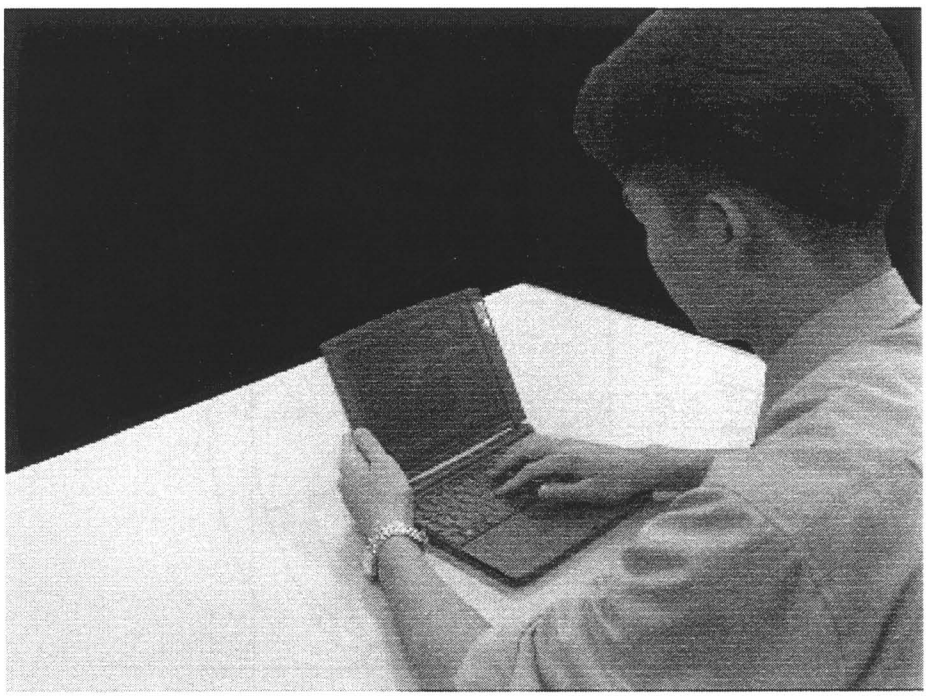


図3-9　インターネット型VR

る必要がなく、インターネットサイトからこれらをダウンロードするだけで、システムを利用することができる。本システムは、インターネットに接続されたPC端末上での利用を想定しているため、ディスプレイ上に表示することになる。そのため、没入感を体験することは難しい。

最近になって市販のソフトウェアがVRMLの出力をサポートするようになってきており、図3-4で示したように、構築したCGシステムでもVRML出力が可能である。このため、インタラクティブに視点を移動させながら体験できる機能であるウォークスルー機能であれば、ソフトウェアからのデータコンバートにより、容易に実現することができる。しかし、このデータは3次元仮想空間を表現するための形状データ、質感データ、光源データ、視点データだけであるので、より快適な設計環境を構築するためには、Level of Detail(LOD)などの設定によりウォークスルーのパフォーマンスを向上させたり、Interactionを実現するためのセンサー機能、衝突検出機能、Autonomyを実現するための振舞い機能を利用するために、データ・オーサリングを行う必要がある。

本研究ではさらに、設計検討ツールとしての機能を付加した。これについては次節で説明する。

3．3．5　プロジェクト・ホームページ

プロジェクト・ホームページは、計画・設計対象に関する情報(自然条件、社会条件、参考事例)、社会動向に関する情報、計画・設計案に関する情報、プロジェクト管理に関する情報などを掲示することにより、設計関係者がインターネット接続された端末を利用して、情報の閲覧や、設計コンセプトの共有を行うことのできるシステムである(加賀, 1996)。HTML (Hyper Text Markup Language) によって記述される。

３．４　インターネット型VRシステムの開発

３．４．１　視点情報の双方向リンク機能

仮想空間をウォークスルーしていると、体験者自身が今どこにいるのか把握できず、検討したい視点になかなか行けない、仮想空間内で迷子になる、という問題が生じる。この原因として次の２点が考えられる。

①仮想空間のレンダリングスピードが、ウォークスルーのスピードに追いつかないため、結果として検討者の意図通りに操作できない、という操作上の問題である。これを解決する方策としては、ハードウェアの処理能力を向上させることの他に、LODなどを利用して表示ポリゴン数を削減しながらリアリティのある表現を効果的に行うことにより改善を図る。LODについては、３．４．５で詳述する。
②仮想空間において体験者の位置情報を正確に把握する機能がないために、自分自身がどこにいるのか認識できない、というVRMLブラウザの機能上の問題である。これを解決する方策として、仮想空間の視点情報と地図や平面図上の視点情報をリンクさせた以下の３つの機能を開発した。

a)仮想空間でウォークスルーしている視点情報(視点、注視点方向、視野角)をリアルタイムに平面図上に表示することにより、仮想空間の視点情報を平面図上にリアルタイム表示する機能である(図3-10)。
b)検討したい視点を平面図上でマウスドラッグにより設定することにより、その入力された視点情報を仮想空間にリアルタイムに表示する機能である(図3-11)。高さの変化にも対応している。
c)本システムは、PC上での利用を前提としており、仮想空間をディスプレイ上に表示することになる。ディスプレイモニタ上では視野やスケール感など表示できる情報が制限されてしまう。ギブソン，J.J.(1985)は、注視点(見ている中心点)を固定した場合の両眼の静視野(視点が静止している場合の視野)として、左右各々ほぼ60°、上下でそれぞれ70°、80°というデータを示している。しかし、この視野角で表現した場合に、現実のスケールよりも広く感じられることが多くあり、スケール感に対する配慮も必要である。そこで視野角を人間の視野にできるだけ広く表現したり、見えの大きさにできるだけ近い表現を行う必要がある。このため、仮想

空間に表示されている視野角をリアルタイムに変更する機能を加える(図3-12)。

実現手段として、３．２．２で述べたEAIをVRMLで記述された仮想空間とJavaで記述された平面図とのインターフェースとする。また、座標情報を一致させるために、平面図の画像サイズ、仮想空間の座標などをパラメータとして記述し、Javaアプレットに引き渡す。以下に、HTMLの例を示す。

```
<html>
<head><title></title></head>
<body>
<table>
  <tr><td width="500" height="375">
        <embed src="default.wrl"></embed>          #VRMLの記述
    </td>
    <td width="240" height="470" rowspan = 2>
     <applet code="Alt.class" archive="DS.jar" MAYSCRIPT>  #Javaの記述
      <param name="imagename" value="plan.jpg">    #平面図の画像データ
      <param name="imagesizeX" value="640">        #画像データのpixel数（横）
      <param name="imagesizeY" value="480">        #画像データのpixel数（縦）
      <param name="modelmaxX" value="79417">       #VRMLデータの最大値X
      <param name="modelmaxY" value="45771">       #VRMLデータの最大値Y
      <param name="modelminX" value="-105021">     #VRMLデータの最小値X
      <param name="modelminY" value="-92486">      #VRMLデータの最小値Y
      <param name="baseHeight" value="0">          #基準高さ
      <param name="vrmlFileNumber" value="1">      #高さ計算用VRMLファイル数
      <param name="vrmlFile" value="proxy.wrl">    #高さ計算用VRMLファイル
     </applet>
    </td></tr>
</table>
</body>
</html>
```

図3-13に操作ウィンドウを示す。

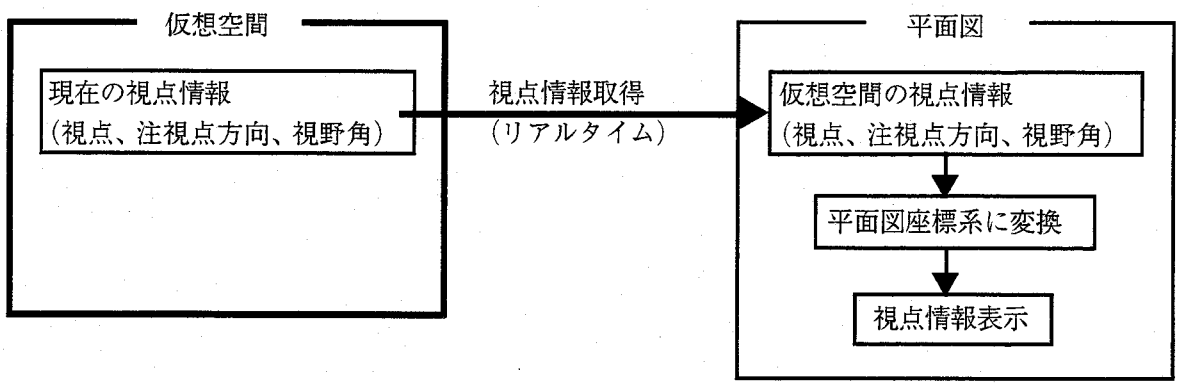


図3-10　仮想空間の視点情報を平面図上にリアルタイムに表示する機能

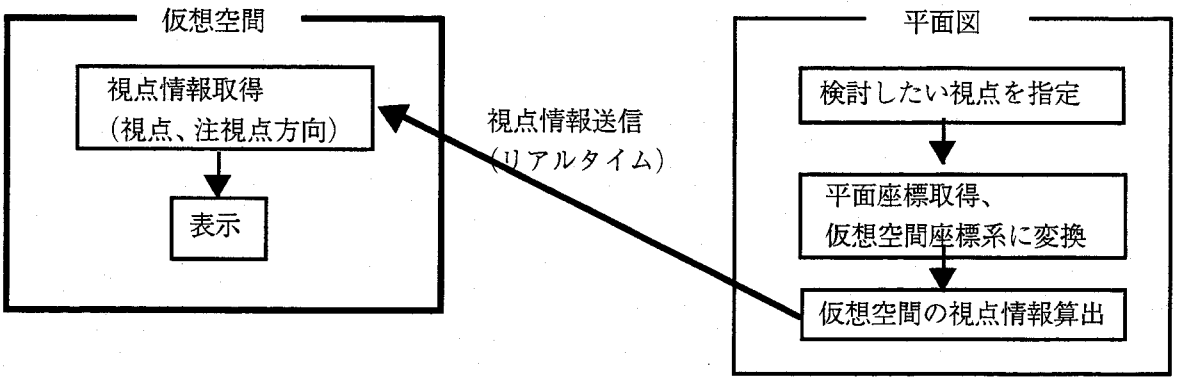


図3-11　表示したい視点を仮想空間にリアルタイムに表示する機能

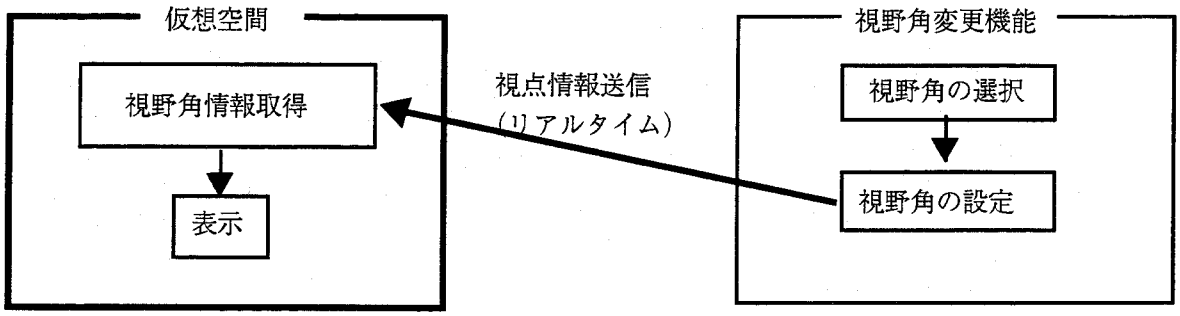


図3-12　仮想空間に表示されている視野角をリアルタイムに変更する機能

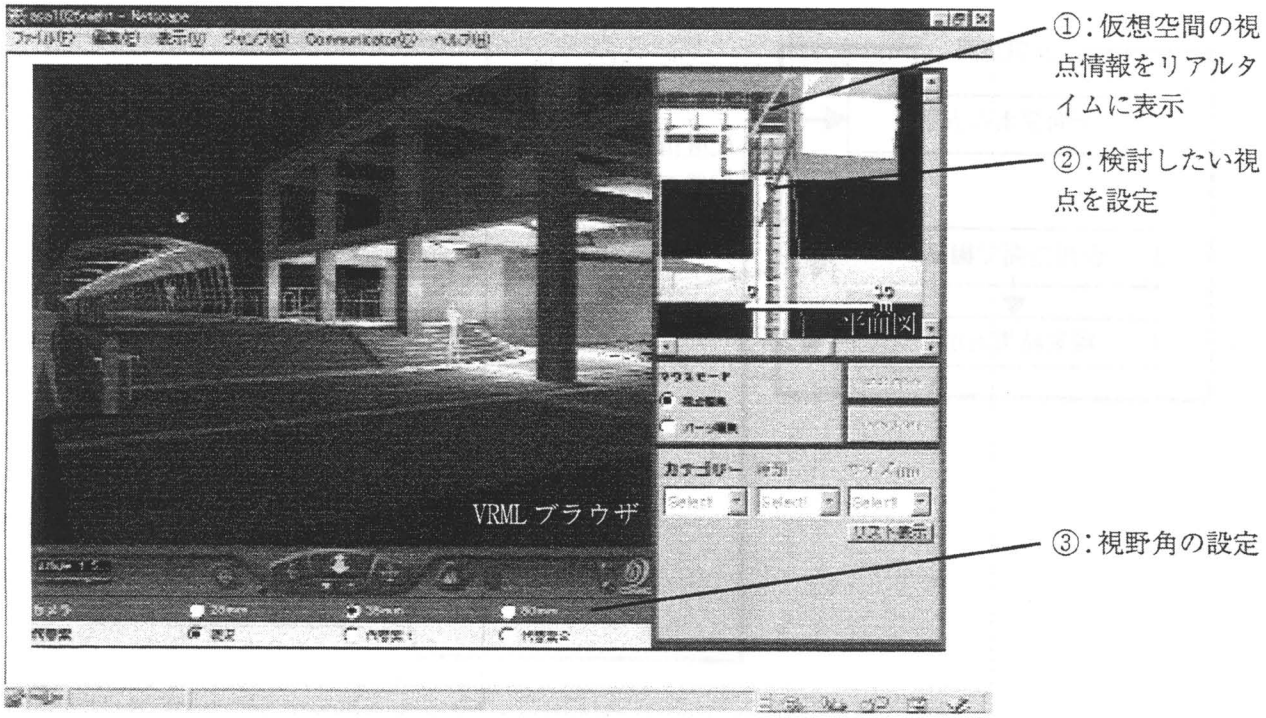


図3-13　操作ウィンドウ

３．４．２　仮想空間上での設計編集機能

次に、仮想空間で設計案をウォークスルーするだけでなく、照明器具の配置検討や、色柄検討を仮想空間上でダイナミックに行うことのできる機能を開発する。本機能によって、ミーティングの場での設計変更に対応することができるようになり、円滑な合意形成に結びつくものと考える。また、仮想空間上で設計検討した結果を保存して、CGシステムに反映させることができれば、変更された案の照明シミュレーションや、精密なCG静止画の作成が可能となる。本研究ではデータベースに登録された空間構成要素に対して設計編集が可能なように以下のような機能を開発した(図3-14)。

①オブジェクトの新規配置機能
②配置されたオブジェクトを他のオブジェクトに交換又は削除する機能
③配置されたオブジェクトの移動、回転機能
④配置されたオブジェクトの色柄変更機能
⑤本システムで設計編集した案の保存機能

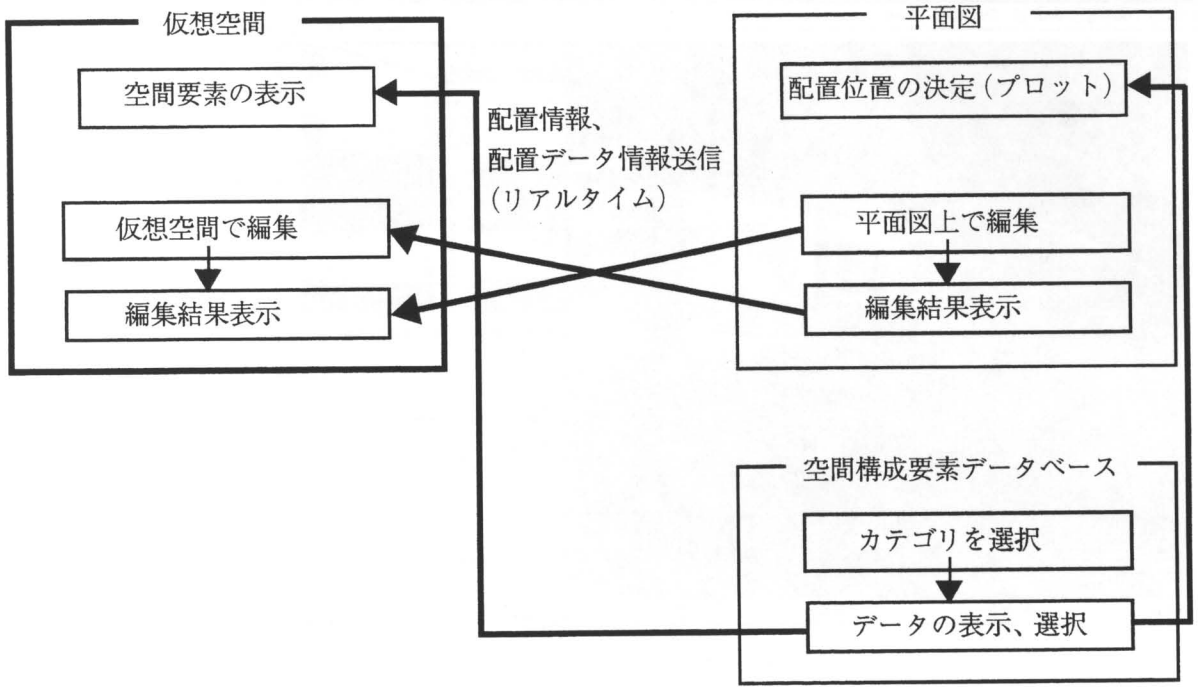


図3–14　空間構成要素を仮想空間上でリアルタイムに編集する機能

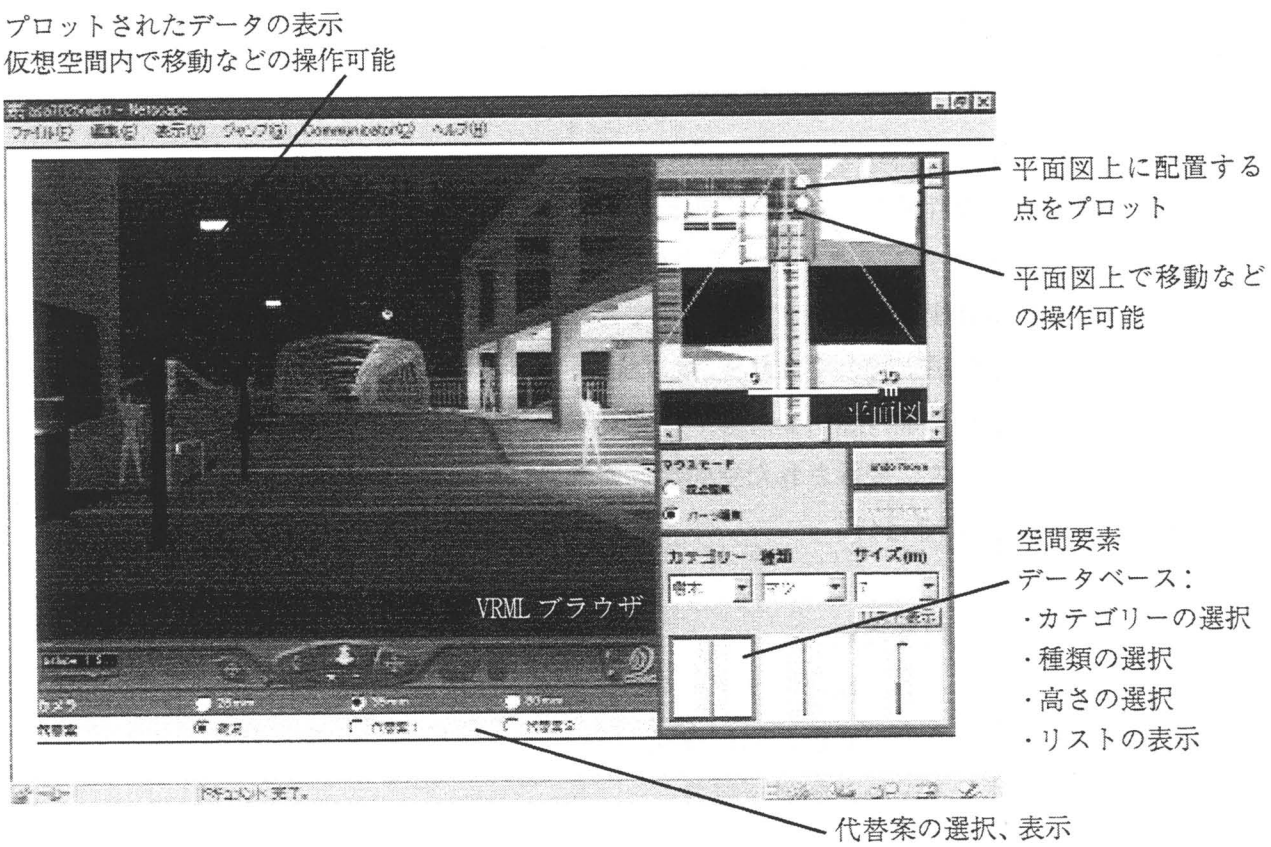


図3–15　操作ウィンドウ

⑤に関しては、VRMLブラウザと連携動作しなければならない都合上、Javaアプレットとしてのセキュリティ上の制限が課せられている。それらを回避し、実際のファイル入出力を行うために、Netscape社の提供しているSigntoolを使用している。図3-15に操作ウィンドウを示す。

３．４．３　リアルタイム録画システム

インターネット型VRは、リアリティ表現された画面上で、リアルタイムにインタラクティブな操作を行いながら検討することが可能であるが、そのままでは検討している様子を蓄積することができない。もし、検討している様子を蓄積することができれば、履歴を残すことができ、そのミーティングに参加することができなかった関係者が後で内容を把握することができる。



・インターネット型VR

<ハード環境>
PentiumII400MHz
512MB memory
8GB HDD
<OS>
WindowsNT SP3
<VRML操作環境>
Netscape Navigator 4.5.1
CosmoPlayer2.1.1
<キャプチャ環境>
HyperCam1.33J

・AVI編集、DV録画

<ハード環境>
PentiumII400MHz
512MB memory
8GB HDD
miro VIDEO DV300
<OS>
Windows95
<AVI編集環境>
Adobe Premiere4.2J
<DV録画環境>
miro VIDEO DV Tools

・DV録画

<デジタルビデオ>
Sony DCR-PC7

図3-16　リアルタイム録画システムの例

そこで、インターネット型VRの操作の様子を録画するシステムを構築した。このシステムは、画面キャプチャ機能を用いて操作の様子をAVIファイル・フォーマットに保存することができ、自由に編集・変換することができる。図3-16にシステム構成図、図3-17に録画フローを示す。

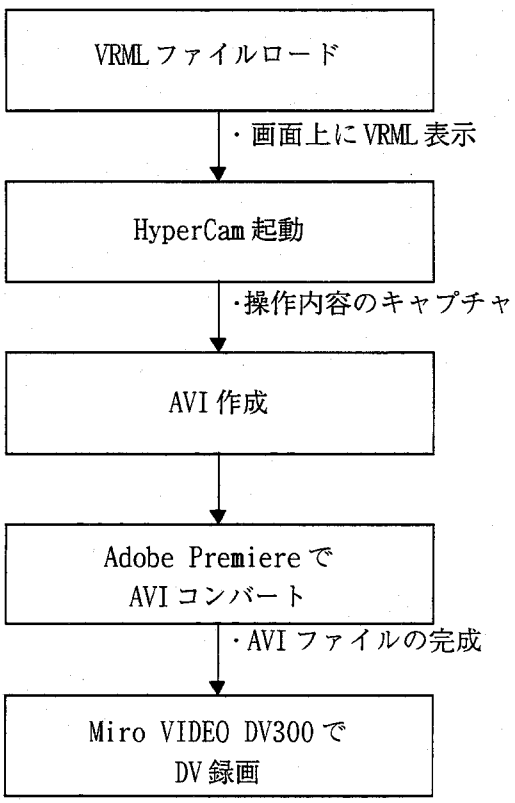


図3-17　録画フロー

３．４．４　データベース

３．４．１、３．４．２で述べた機能は、いずれもJavaのアプレットとして実装されており、EAIによりVRMLシーングラフとのコミュニケーションを実現している。これらの機能を動作させるためには、VRML内部に定義を行い、Javaアプレット側からのアクセスを可能にする必要がある。本システムで取り扱うデータは大きく分けて２つに分けることができる。地盤や道路、建物などの「ワールドデータ」と、３．４．２で構築した設計編集機能を行うための「パーツデータ」である。

①「パーツデータ」のデータ構造

「ワールドデータ」に配置される「パーツデータ」は、図3-18のような構造を持たせてVRMLシーングラフへ格納させる。ここで、実際の「パーツデータ」は［model data］と記述されている部分である。構造の中には、位置を移動させるためのPlaneSensorが含まれている。

画面上では、図3-18の構造の一番内側のTransformノードの座標を指し示す位置へ「パーツデータ」は表示されているが、一番外側のTransformノードのrotationにてXYを90°回転したPlaneSensorによって実際のモデルデータへ移動した座標値を与えている。

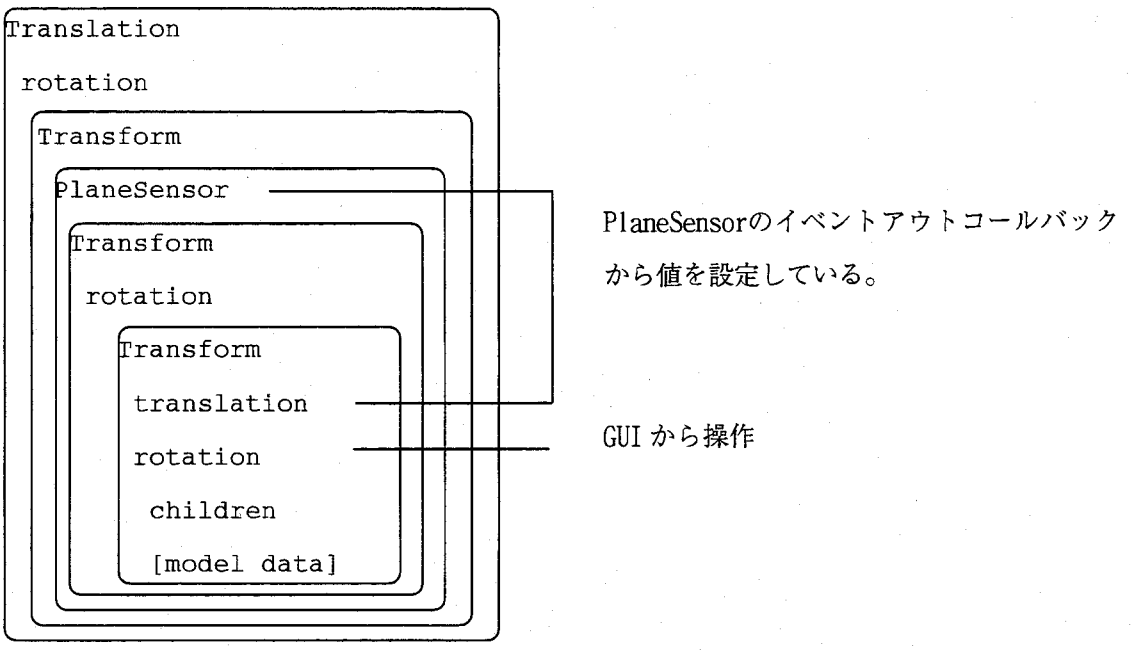


図3-18「パーツデータ」のデータ構造

②「パーツデータ」のカラー変更

前項で述べた「パーツデータ」構造の中で、それぞれの「パーツデータ」固有のカラー情報は、[model data] と記述されている部分に記述されており、" DEF OKM_COLOR" と定義されている最初のmaterialノードに対して有効である。以下に例を示す。また、上記条件のノードは「パーツデータ」のロード時に動的に検索しているため、該当するノードはなるべく、データの先頭に近い位置に存在している方が効率的である。

```
DEF MaterialName Appearance{
 material DEF OKM_COLOR Material {
 specularColor 0 0 0
 diffuseColor 1 1 1
 transparency 0
 }}
```

③ProximitySensorの設定

VRMLで記述された仮想空間の視点情報は、ProximitySensorによりイベントを得ることが可能である。そこで、本システムでは、「ワールドデータ」に「ワールドデータ」を包む大きさで、且つ" DEF PS" と定義されたProximitySensorを設定する。以下に例を示す。

```
DEF PS ProximitySensor { center 0 0 0 size 3000 3000 3000 }
```

データをシステムで運用するために、以下のデータベースに登録し、図3-19のようなツリー構造に配置する。

①kategori.txt：作成した「パーツモデル」を分類するためのカテゴリを記述するデータベースである。GUI上に表示するカテゴリ名、ディレクトリ名を「：」で区切りながら記述する。図3-20に、カテゴリの例を示す。/products/の下にカテゴリ名と同じディレクトリを作成し、各「パーツデータ」を該当するカテゴリのディレクトリに格納する。

②M-siyou.txt：カラー名、R値（0～1）、G値（0～1）、B値（0～1）を「：」で区切りな

がら記述する。カラー名は、M-seihin.txtの「パーツデータ」のカラー変更候補リストにおいて利用される。RGB値はDEF OKM_COLORで定義されたMaterialノード内diffuseColorフィールドの値として利用される（図3-20)。/products/の下に置く。

③M-seihin.txt：「パーツモデル」名、カラー変更候補名、サイズ、「パーツモデル」の具体的内容、分類したカテゴリ、F（デフォルトの意）を「：」で区切りながら記述する。カラー名は、M-siyou.txtで定義したカラー名を利用する。「パーツモデル」のカラー変更に複数の候補がある場合には続けて記述する。この場合、2行目以下にはFの記述は不要（図3-20)。/products/の下に置く。

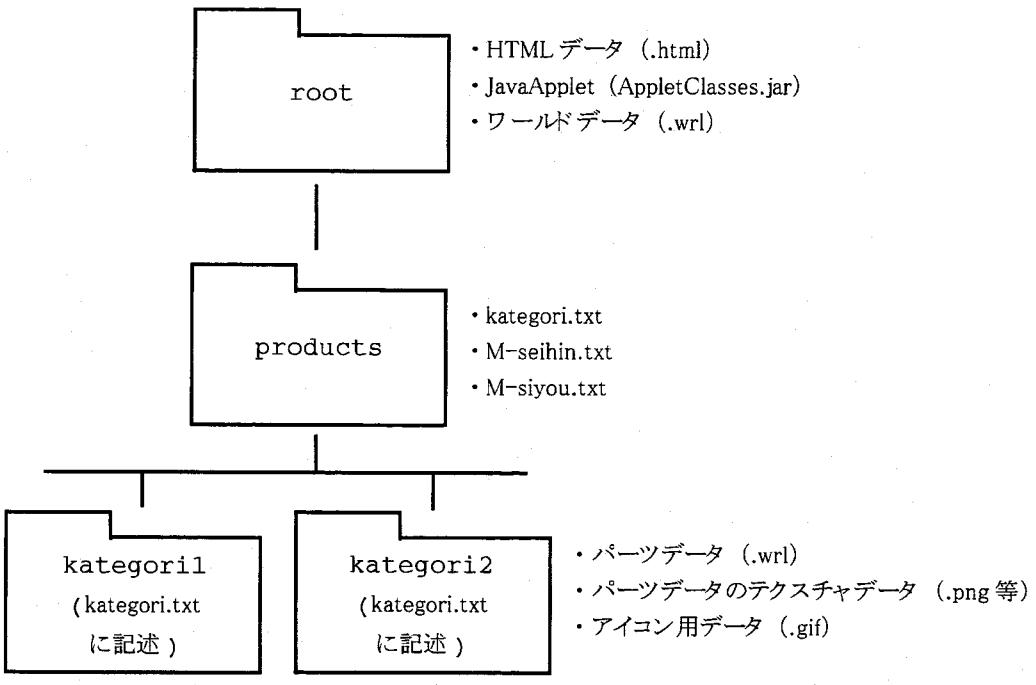


図3-19　データベース構造図

```
樹木:tree
照明器具:lightpole
ベンチ:bench
シェルター:shelter
```

kategori.txt の記述例

```
B332:0.2:0.2:0.2
ALL1:1:1:1
ALL075:0.75:0.75:0.75
ALL02:0.2:0.2:0.2
ALL01:0.1:0.1:0.1
ALL005:0.05:0.05:0.05
TANA:0.046:0.046:0.05
```

M-siyou.txt の記述例

・カラー名（任意）：R：G：Bの順に記述する。

```
pine1:ALL01:3500W × 3500D × 7000H:R.マッキントッシュ:living:F
ya46006:ALL005:480W × 480D × 5416H:中ポール灯(クラシック):lightpole:F
ya46006:ALL02:480W × 480D × 5416H:中ポール灯(クラシック):lightpole:
ya46006:ALL075:480W × 480D × 5416H:中ポール灯(クラシック):lightpole:
```

M-siyou.txt の記述例

・パーツ名：色番号：サイズ：データ内容：カテゴリ：Fの順に記述する。

・色番号 は「M-siyou.txt」で設定してある番号であること。

・カテゴリ は「kategori.txt」で設定してある名前であること。

・同一「パーツモデル」でカラー変更候補が異なる場合のみ 2行目以降はFは不要。

図3-20　各データベースの記述例

３．４．５　データ・オーサリング

仮想空間を利用する場合に、パフォーマンスの良し悪しは検討者の操作感に大きな影響を及ぼす。このパフォーマンスには、データダウンロードのパフォーマンスと、ウォークスルーのパフォーマンスに大別することができる。

データダウンロードのパフォーマンスは、サーバとクライアントを結ぶネットワーク環境、及びデータ量に依存する。ダウンロード時のデータ量に関しては、現在一般的に用いられているGZIP圧縮により、例えば9MBのVRMLデータが1MB未満になるなど、かなりの削減を図ることができる。さらに、VRMLの仕様を策定するWeb3Dコンソーシアムにより、バイナリーフォーマットの策定が行われている（Web3D Consortium, 1999b)。

ウォークスルーのパフォーマンスは、コンピュータの処理速度（CPU・メモリ・グラフィックスアクセラレータなどに依存)、解像度、描画計算の対象となるポリゴン数、使用するブラウザの性能に大きく依存する。特にリアリティのある表現を行うことと、表示ポリゴン数を減らすことはトレード・オフの関係にあるため、画質を保持しながらインタラクティブ操作に十分な表示速度を保証することは、非常に困難である。そこで本研究では、視点からの距離に応じてポリゴン数とテクスチャデータの精度を自動的に変更できるLODの機能を利用する。

視点からの距離に応じた「見え方」の違いは、景観工学の分野でも研究されており、例えば篠原(1982)は、視点位置から340～460mまでを近景域(単木域)、340～2.1～2.8kmまでを中景域(テクスチャ域)、それより以遠の地域を遠景域(地形域)としている。この指標は精度の異なるモデルをどこで切り替えるか判断する際には参考にすべき指標である。しかし、実際の仮想空間を体験すると、視点から離れた物体は小さく表示されるため、画面上でその物体を表示するピクセル数が少なくなる。すなわち、視点からの距離より以上に、表示解像度のほうが影響が大きく、視点から50m以遠に関しては精度の低いデータでも表現上問題がないことが確認できた。逆に、視点に近い場合には、精度の低いデータではリアリスティックな表現にならない。そこで、本研究では視点から5mまでにある場合を「近景用データ」、5m～50mまでを「中景用データ」、それ以遠を「遠景用データ」とした。

建物モデルと樹木モデルについて詳述する。

①建物モデル

建物モデルについては、近景用モデルは建物外観に含まれる要素をすべて表現する。中景用モデルには、ディテールに関して、景観上目立つ形状・色のもの以外を削除したモデルとする。遠景用モデルに関しては、ボリュームのみのモデルとする（図3-21)。

②樹木モデル

樹木モデルについては、ポリゴン数が多くなる3次元モデルを利用せず、1枚のポリゴンに樹木の写真をテクスチャマッピングとして貼りつけたモデルとする。テクスチャマッピング素材の解像度を近景用、中景用、遠景用と3段階に設定する。また、樹木モデルが検討者の視点位置に常に正対するようにBillboardノードも実装する（図3-22)。

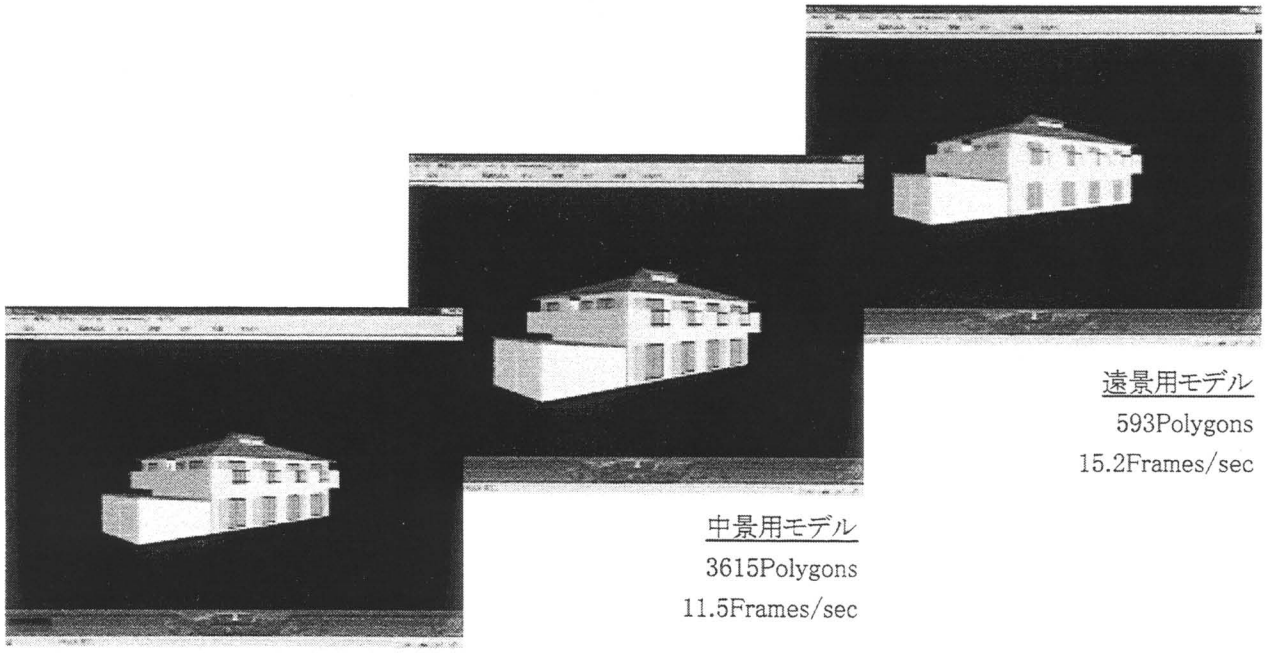
一方、PC上で動作するグラフィックスアクセラレータには、価格的に数百万円台に達するものから数万円台のものまで様々なレベルがあり、一般的には価格に比例して処理能力が向上する。現状では、このように様々な処理能力が混在しており、視点からの距離に応じて一意に決定して最適なパフォーマンスを得ることは非常に困難である。そのため、不確定なグラフィック処理能力に対応する仕組みが必要となる。

LODノードのrangeフィールドに値を明示的に指定しない場合、ブラウザは指定した時間に表示するオブジェクトのレベルを選択する。これを、パフォーマンスLODと定義する（Hartman他, 1997)。パフォーマンスLODでは、実行するハードウェア・プラットフォームの能力に合わせてシーンの内容を調整できるようになる。例えば、街路には多数の詳細モデルがあるため、そのすべてをリアルタイムでレンダリングすることは不可能である。しかし、街路を完全に消してしまうのはリアリティ表現にならず、体験者に適切な速度で通りを歩かせる必要がある。先に述べたように、建物の各モデルは二つのLODノードから構成されている。明示的な範囲を持たない外側のパフォーマンスLODノードと、5m、50mと明示的な範囲を持つ内側のLODノードである。

範囲を持つ内側のLODは、各建物を視点からの距離に適したレベルに合わせ、近景用モデル、中景用モデル、遠景用モデルのどれかを選択する。外側のパフォーマンスLODは、シーンのダイナミクスを維持するのに必要な数の建物をブラウザに採用させる。例えば、PCの処理能力が低い場合には、大多数の建物が単純なブロック（A）まで品質を落とす。また、体験者がウォークスルーを停止すると、シーンは適宜近景用モデル、中景用モデル、遠景用モデルを使用してレンダリングする。以下にパフォーマンスLODの例を示す。

```
LOD {                          # 外側のLOD
 LOD {                         # 内側のLOD
  range [5, 50]
  level [
```

```
    # 近景用モデル
    # 中景用モデル
    # 遠景用モデル
  ]
 }
 # A: least detailed model
 Box {}
}
```

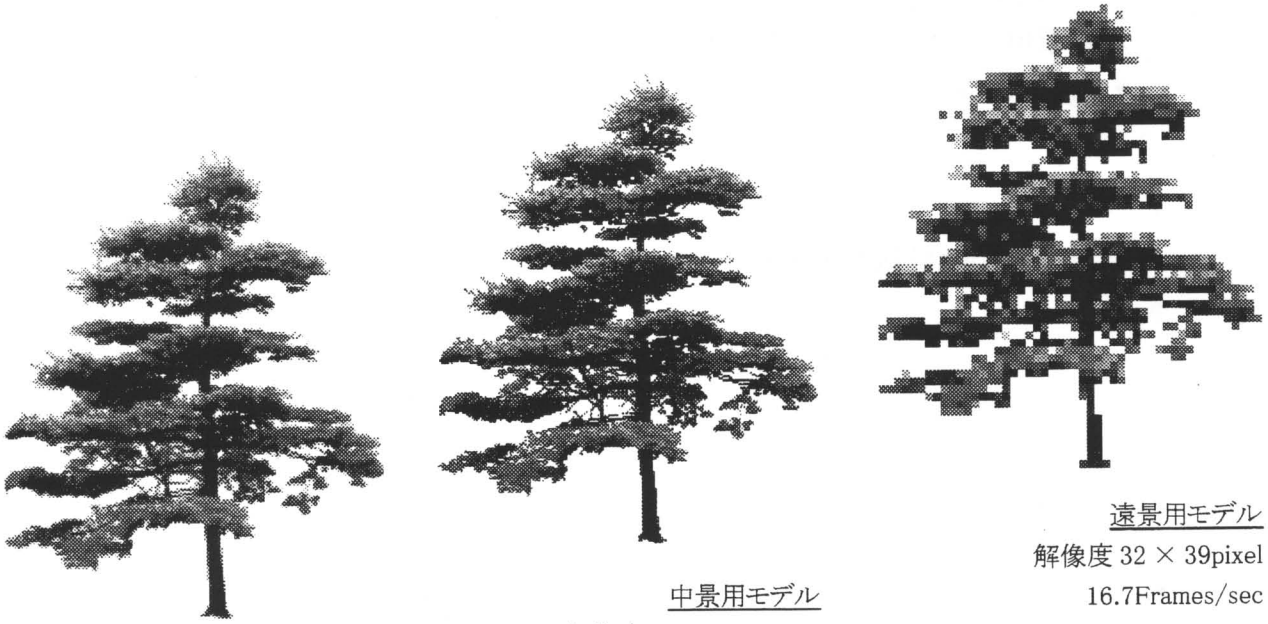


遠景用モデル
593Polygons
15.2Frames/sec

中景用モデル
3615Polygons
11.5Frames/sec

近景用モデル
4197Polygons
10.1Frames/sec

図3-21　建築モデルのLevel Of Detail



近景用モデル
解像度 497 × 612pixel
6.3Frames/sec

中景用モデル
解像度 104 × 128pixel
14.0Frames/sec

遠景用モデル
解像度 32 × 39pixel
16.7Frames/sec

図3-22　樹木モデルのLevel Of Detail

第4章

実証研究

第4章においては、第3章で構築した支援システムを実際のプロジェクトである朝霧連絡歩道橋基本設計に適用して評価を行う。

4．1　朝霧連絡歩道橋基本設計

4．1．1　プロジェクトの概要

大蔵海岸整備計画は、昭和63年度より平成9年度まで10ヶ年にわたる事業計画である。明石海峡大橋の建設を契機として、海岸保全機能の充実と併せて旧来の海浜に復元し、市民にコミュニティー活動の場を提供すると共に、明石大橋の雄大な人工美と海峡の自然美が調和する緑豊かな海浜レクリエーションゾーンとして、総合的に整備することを目的としている。基本テーマとして、「海･海峡へのいざない」「豊かな食文化との出会い」 を掲げ、整備概念として「やすらぎ」「海の体験」「地域振興」「海峡・架橋景観」「スポーツ・レクリエーション」を挙げている。

計画内容として、明石市中崎地先から大蔵八幡町地先に至る約1.5㎞の海岸部に約32ha（埋め立て地約19ha、砂浜・磯浜・内水面など約13ha）の規模の敷地に、魅力ある海浜レクリエー



図4-1　大蔵海岸（1998年5月現在）



図4–2　大蔵海岸整備計画マスタープラン(1993)における朝霧連絡歩道橋の位置づけ

ションゾーンを創出するために必要な緑地、駐車場をはじめ、レストラン、宿泊施設などのレクリエーション施設用地を確保するために水面埋立を行うとともに、海岸施設として砂浜、磯浜などの親水施設を整備する。施設は1998年4月に一部竣工している（図4-1)。

朝霧連絡歩道橋基本設計（以下、連絡橋）は、大蔵海岸整備計画の一部分を成し、東端に位置する。JR朝霧駅からJR線、山陽電鉄、国道2号、国道28号線をオーバーパスして、大蔵海岸に連絡する橋長約100mの人道橋である（図4-2)。計画地は、明石大橋の全景を眺めることができる場所であることから、昼間と同様に夜間に対してもデザインに対する考慮が必要となった。

4．1．2　プロセスにおけるシステムの適用

本設計の関係者は、事業主体である明石市と、デザイナーグループである。デザイナーグループには、全体を取りまとめる研究室と、設計の調整を行うコンサルタント、建築設計を行うデザイナー、夜間景観デザインを行う照明デザイナーが含まれている。筆者は、照明デザイナーのグループとして1998年2月より参画した。筆者が加わる以前に、研究室を中心とするデザイナーグループが基本形を決定していた（図4-3)。筆者が加わった後の設計プロセスは大きく3つのステージに分けることができる。

①連絡橋本体のデザイン（1998年2月～）
②連絡橋北側出口と朝霧駅の接続部分のデザイン（1998年6月～）
③連絡橋南側出口施設のデザイン（1998年11月～）

これらのプロセスにおいて、デザイナーグループでは、スケッチや図面などの従来手法、及び第3章で構築した支援システムを併用しながら設計を進めた。研究室では、1980年代後半から大蔵海岸整備計画に参画しており、初期段階よりCGを使って設計を進めてきた経緯がある。その内容については、金（1991)、川崎他（1993)、塩坂（1997)、禹（1999)、李（1999）らが

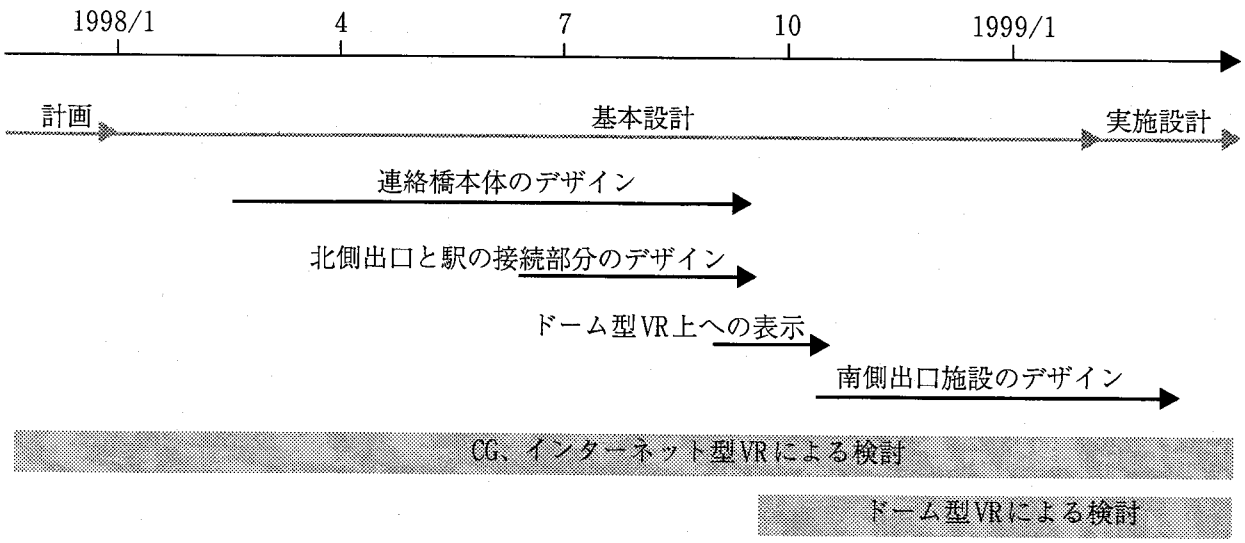


図4-3　設計プロセス

整理している。このため、筆者の参画した時点では、研究室ではすでに大蔵海岸周辺60km四方のデータを構築しており、その中に新たに作成した設計案を取り込んで検討する設計手法が確立されていた。筆者らは、これと同じ設計環境をドーム型VRに構築すべく、ドーム型VRの稼動体制が整った②と③の間に、研究室のデータをドーム型VRに表示させ、設計環境を構築した。

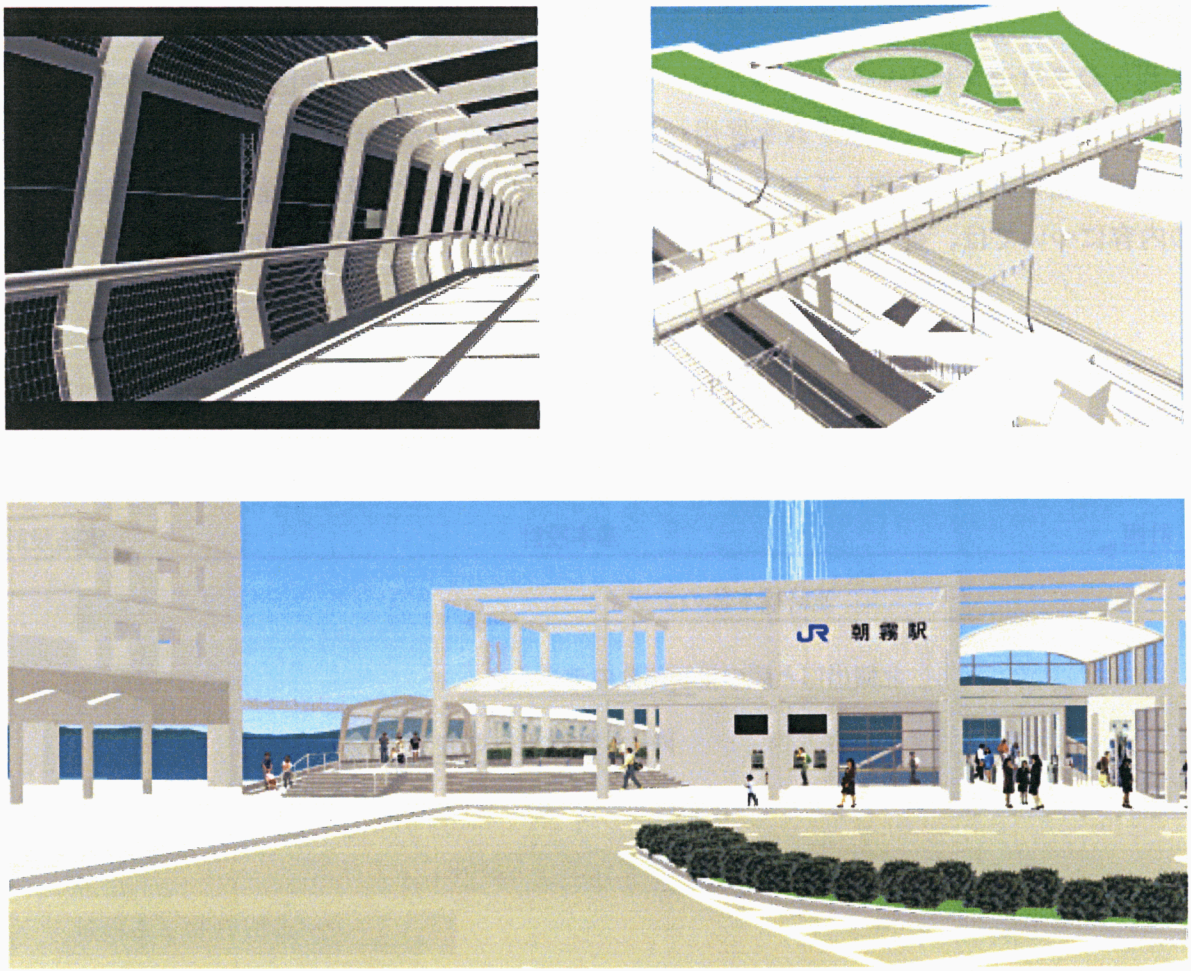


図4-4　デザイナーグループによる基本形のデザイン

①連絡橋本体の夜間景観デザイン

まず、連絡橋本体の夜間景観デザインについて述べる。連絡橋は延長約100mの直線構造であり、デザイン上特に以下の点が課題となった。

・1)周囲から連絡橋をどう見せるか、2)連絡橋から明石大橋をどう見せるか、3)朝霧駅のピクチャウィンドウから連絡橋と明石大橋をどう見せるか、といった様々な条件を満たす最適解とすること（図4-5)。

・安全上、人の顔が見える明るさを最低限確保すること。

・メンテナンスが容易であること。

これらを解決するため、連絡橋の空間を明確にゾーニングすることとした。具体的には、西側は上部に膜構造物を設けた通行空間、東側は明石大橋を望む眺望空間とした。夜間において

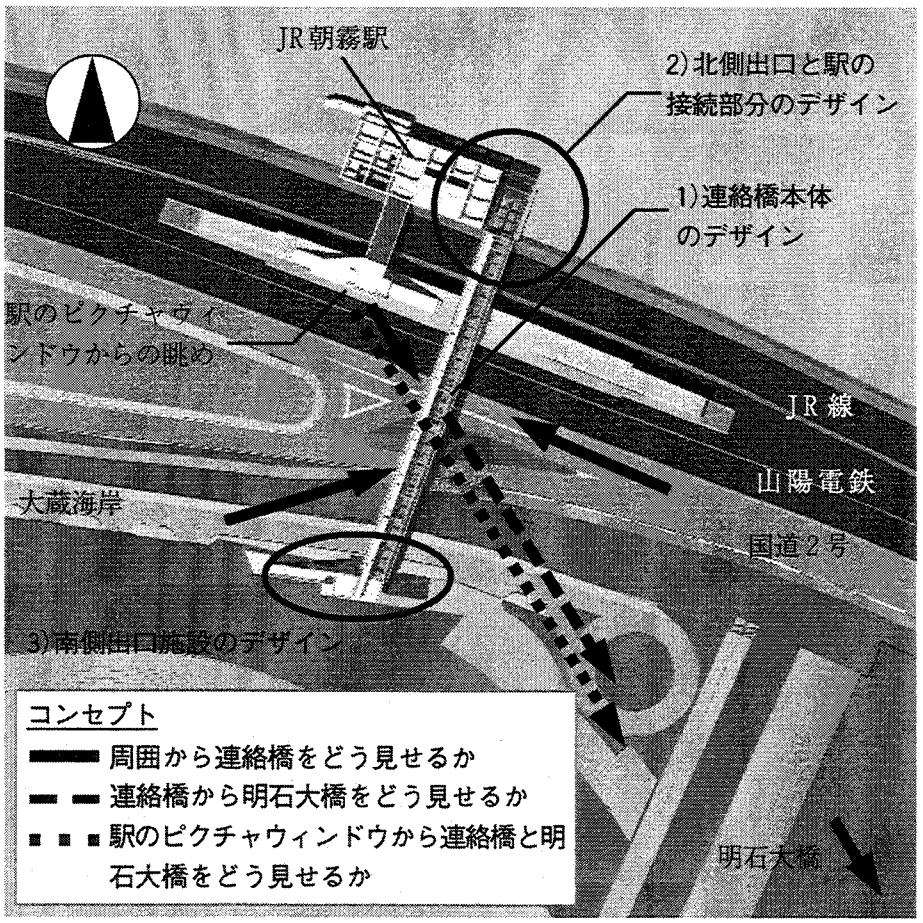


図4-5　ロケーションと設計コンセプト

は、膜を外側から投光器で照射し、内側は長い直線構造を飽きさせない光の演出を行うという方針を立てた。照明デザイナーはこのコンセプトを実現するために、ライトチューブ（図4-6）を用いた以下のような新しい照明手法を提案した。

・照明を単なる器具としてではなく、建築構造の一部「テントに伸びる一本の光ライン」としてデザインする。

・影やグレアがなく、均一で連続した、約10mの光のラインの連続により、必要充分な照度を確保するとともに、歩行者の動線に完全に沿った誘導サイン効果を高める。

・光源部と発光部を完全に分離して、光を照射する新しい考え方の照明手法（リモート・ソース・ライティング）とする。



図4-6　ライトチューブの例
（ライトチューブを垂直に立て、モニュメント風にしている）

・ライトチューブの特徴として、ランプが長寿命（6000h）であり、かつランプ交換の際に光源部の取り替えだけで済むためメンテナンス性が良い。さらに、発光チューブからの発熱、紫外線、ノイズも少なく安全性に優れている。

照明デザイナーは、ライトチューブのみの案（A案）とライトチューブとダウンライトを組み合わせた案（B案）を作成し、デザイナーグループでCG静止画により比較検討した（図4-7）。通常の出力と同時に照度分布図も出力し、安全な照度が確保されているかどうかの確認も同時に行った。この結果、A案の方が光のゾーニングが明快であり、且つ照度も確保されている（ライトチューブテント下101x、通路中央部51x）との合意形成に達し、A案を採用した。

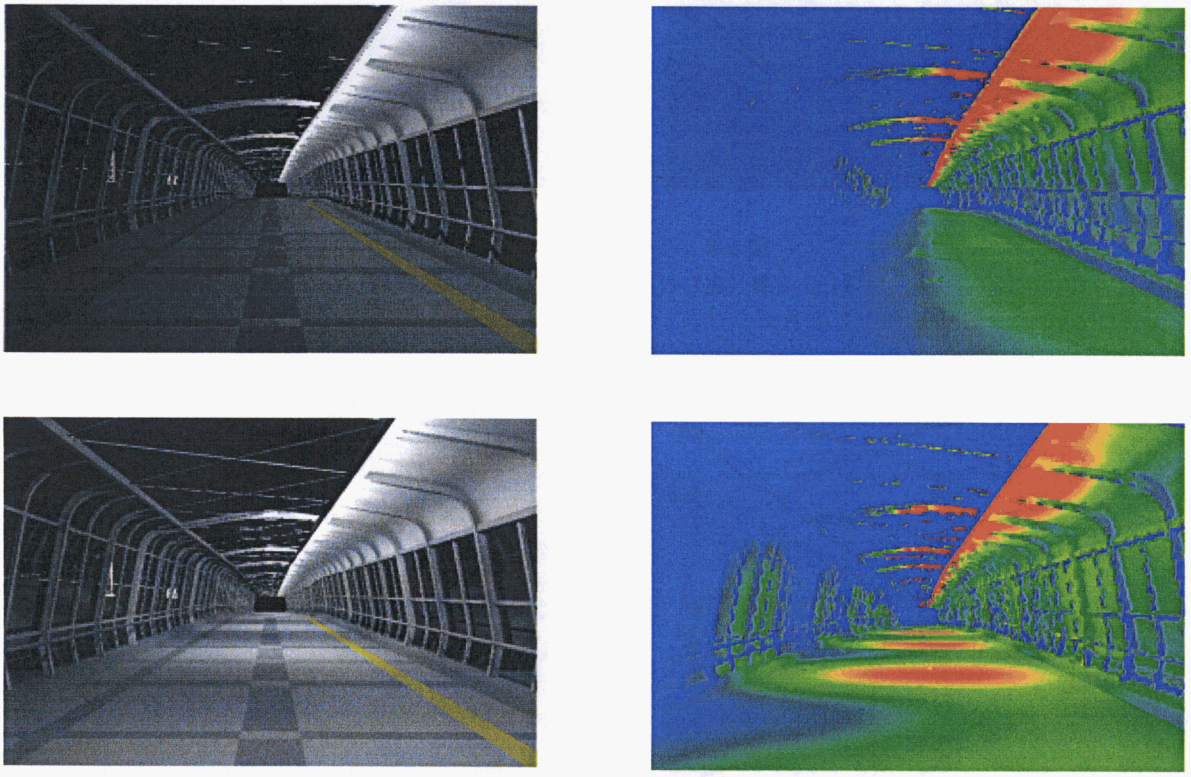


図4-7　光のゾーニングの検討（左：通常出力；右：照度分布）
（上）A案：膜のある西側（図では右側）を通行側、東側を橋を眺める側とした案
（下）B案：A案に加えて中央にダウンライトを設けた案

続いて、ライトチューブの具体的仕様検討を行った。ライトチューブは、既存の最小径が150Φである。CG及び実物サンプルで検討した結果、連絡橋の構造物に設置した場合に、径が少し大きいことが判明した。そこで、100Φの技術的な実現可能性を検討すると同時に、CGによって150Φ案と100Φ案を比較検討した（図4-8）。さらにライトチューブの構造物への取り付け方などディテールの検討も詳細に行った（図4-9）。このようにして検討を進めた結果、10mスパンを金具などが遮ることなく光のラインを演出することのできるデザインを実現することができた。

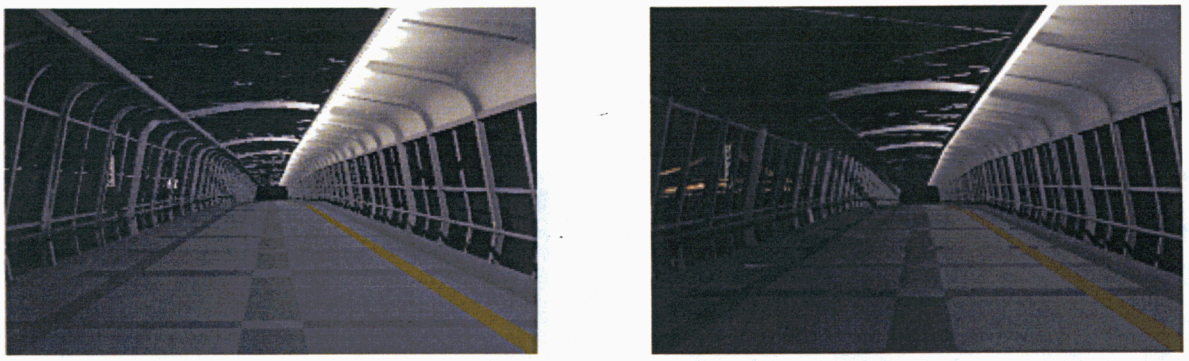


図4-8　ライトチューブの検討
（150Φ案（左）と100Φ案（右）の比較検討）

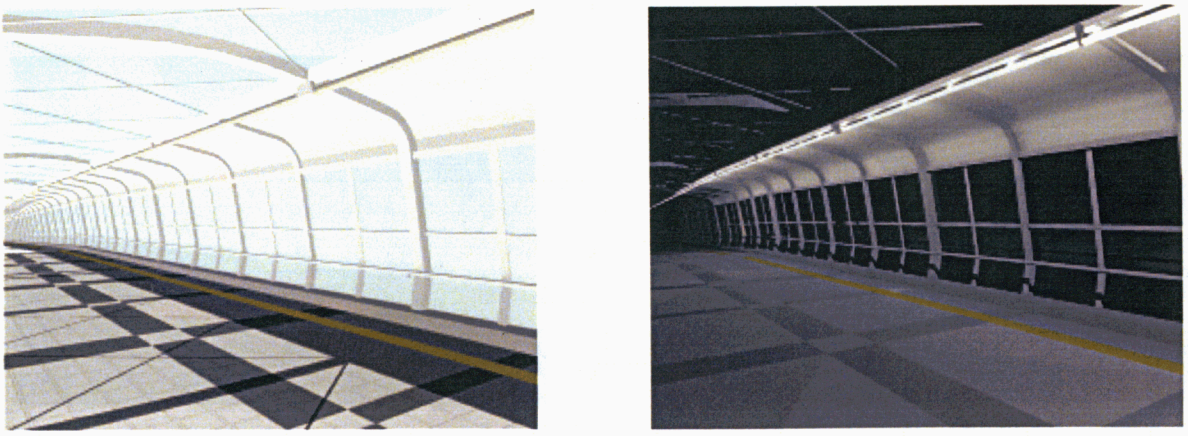


図4-9　ライトチューブの検討
（100Φ案での構造物への取り付け方の検討）

②連絡橋北側出口と朝霧駅の接続部分のデザイン

連絡橋北側出口と朝霧駅（基本設計は研究室による）はそれぞれ別の事業主体により進められている。このように事業主体が異なる境界領域のデザインは非常に難しく、不統一が生じやすい。しかし、図4-10に示すようにCGというわかりやすいメディアを用いて、複数の代替案を検討しながら関係者間の協議により、調和の取れた案に決定された。

この段階で、事業主体に夜間景観デザインの重要性を認識してもらうため、ライトチューブの実物サンプルと、これまでに検討したCG静止画、及びインターネット型VR（図4-11）を用いてプレゼンテーションを行った。インターネット型VRを稼動させたノート型PCでは、周辺環境の三次元モデルを含めた場合に負荷が大きくなり、検討が十分にできないため、周辺環境に関しては、現地で撮影した写真をテクスチャマッピングした背景とした。竣工後、連絡橋を

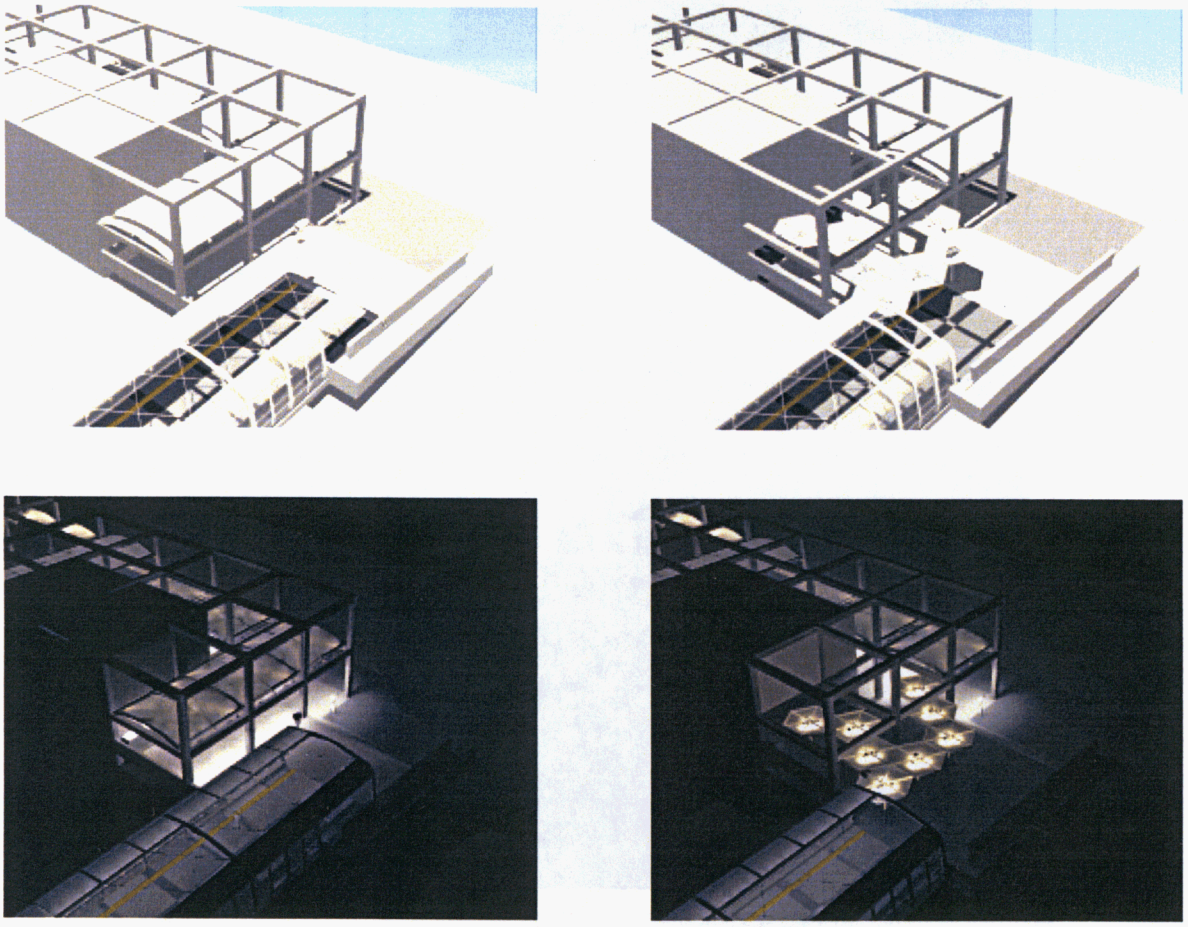
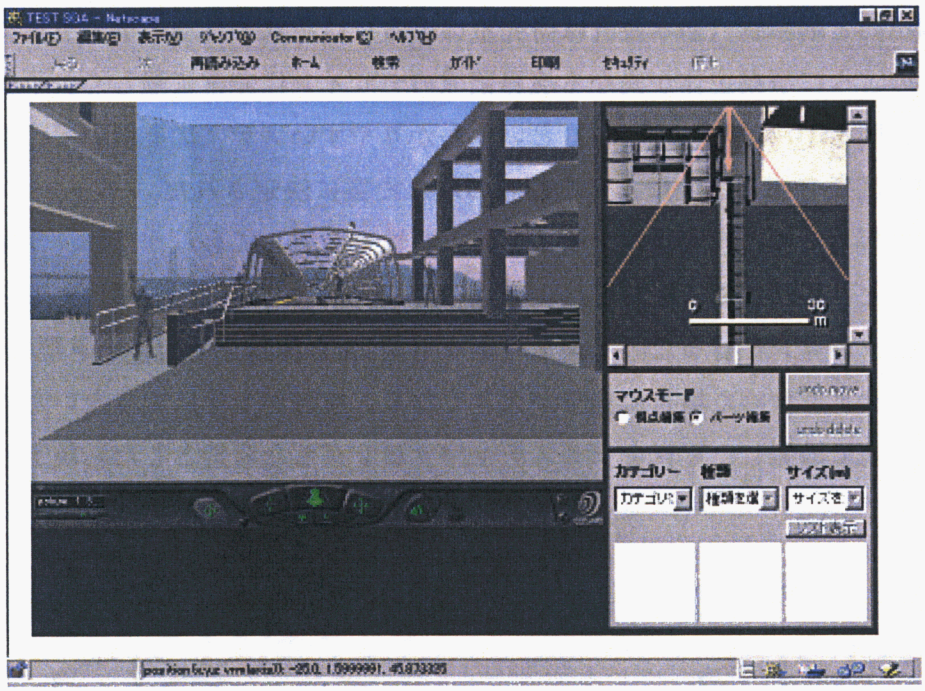


図4-10　連絡橋北側出口と朝霧駅の接続部分の検討
（左）A案（右）B案
（上）昼景（下）夜景



昼景



夜景

図4-11　インターネット型VR：連絡橋北側出口と連絡橋の検討

管理する担当者にとっては、近隣のマンションの住民が連絡橋を通行する人から覗かれないかといった運用管理面や、提案内容で照度は十分確保されているかといった安全面に関心があったが、プレゼンテーションの結果、デザイナーグループと事業主体間で夜間景観デザインの重要性を共有することができた。

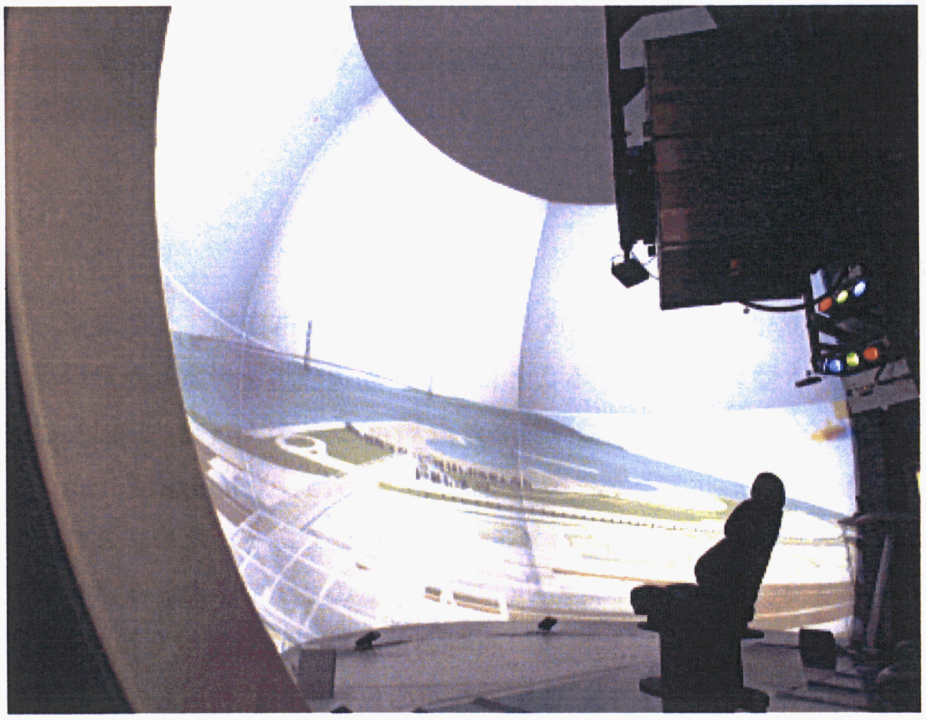
③ドーム型VRでの設計環境構築

設計と平行して、研究室でこれまで作成した地形、明石市市街地、大蔵海岸、明石大橋などの三次元モデルをドーム型VRで表示することにより、周辺環境を考慮した設計環境の整備を進めた。研究室所有のデータは、研究室で開発されたViewシステム（金, 1991）に対応したデータフォーマットであるが、形状データに関してはDXF（Data eXchange Format)、画像データに関してはTargaなどの汎用フォーマットへの変換が可能であったため、これらのデータに配置情報を付加するだけで、容易にドーム型VRに表示することができた。夜景に関しては、連絡橋周辺の道路、ガソリンスタンド、駅施設の照明など、周辺の光環境を新たに定義した。

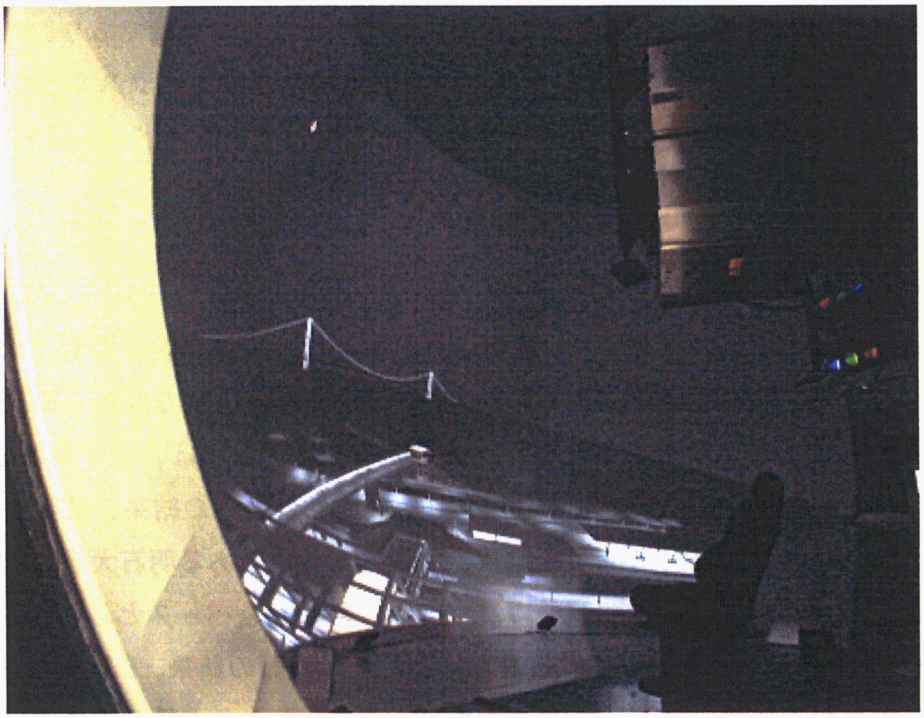
ドーム型VRの性能を確認するために、まず連絡橋の色彩検討に利用した。橋桁の部分について予め2色の候補に選定された色見本をデータ化しておき、ドーム型VRで切り替えて比較しながら検討を行った。これまでのViewシステムと同様、60km周囲のデータの中に配置して検討することにより、周辺環境との調和を考慮しながら検討することが可能であり、さらに鳥瞰から、駅のピクチャウィンドウから、国道からと様々な定視点やウォークスルーにより検討を行った。以後の検討は、CG静止画、インターネット型VRだけでなく、ドーム型VRでも行うことが可能となった（図4-11)。

④連絡橋南側出口施設のデザイン

最後に、連絡橋南側出口施設のデザインを行った。本施設は背後に明石大橋のある場所に位置する。そこで夜間は、明石大橋のライトアップを活かすため、必要な照度を確保する他にはできるだけ暗くすることをコンセプトとした。デザイナーグループは、まず初期案を作成し、CG及びドーム型VRに表示して周辺環境との関わりを検討した。その結果、重要な視点場であるJR朝霧駅のピクチャウィンドウから見た時に、初期案が背後にある明石大橋の橋桁と重なることが明らかとなった。そこでこの問題を解決すべく、初期案をベースとしたA案、B案を作成し、ドーム型VR上に表示して、昼景、夜景を検討した。検討の結果、B案を修正したB’案とするで合意形成がなされた。ドーム型VRの中では、予め定義された周辺の光環境の中に検討案を配置して検討を行った（図4-12)。



昼景



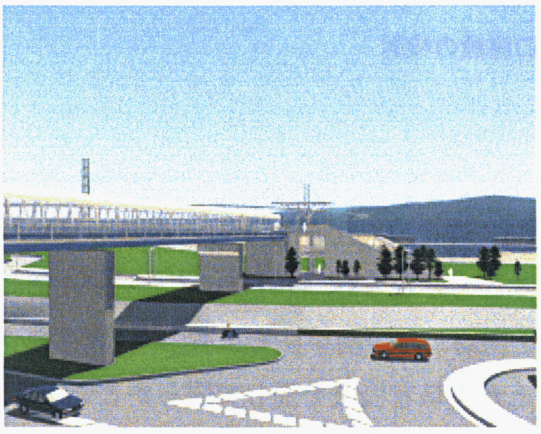
夜景

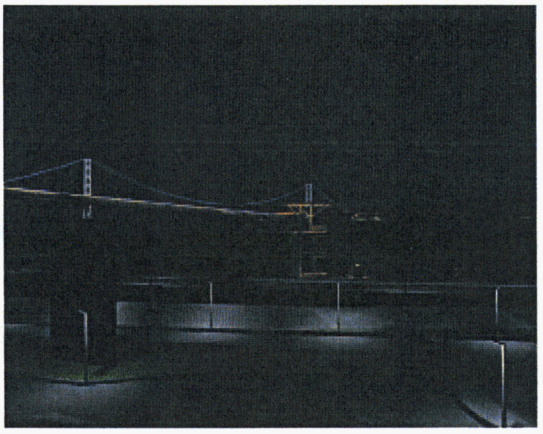
図 4-11　ドーム型 VR 上での表示





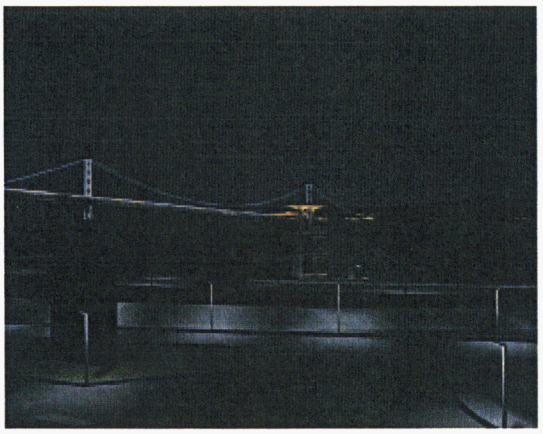
初期案



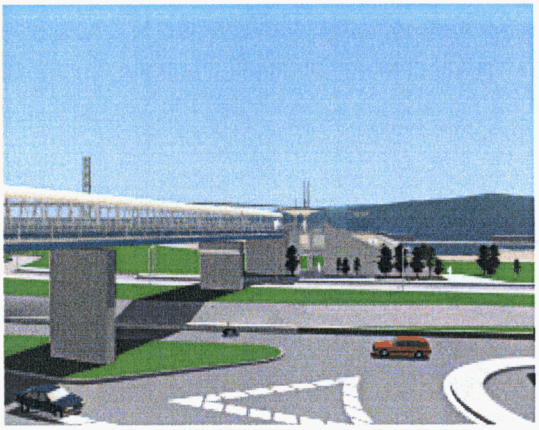


A案





B案





B’案（最終案）

図4-12　連絡橋南側出口施設の検討

４．１．３　考察

本プロジェクトは、対象とする敷地の特性から夜間景観に対して配慮するという必要があったため、 基本設計の段階から夜間景観デザインを行うこととなった。照明デザイナーが夜間のコンセプトを構築し、実現するために、ライトチューブを利用した照明手法を提案した。既存のライトチューブを検討した結果、デザイン上問題のあることが関係者協議を通して明らかとなった。ライトチューブの径及び納まりの金具の検討を技術的な実現性、構造物の変更も考慮しながら行うことにより、デザインの最適解を導き出すことができた。この一連の設計作業が可能となったのは、夜間のデザインに対する理解とそれを実現するための職能を持つメンバーがデザイナーグループとして結集し、基本設計段階より夜間景観デザインを行うことができたからであり、通常では検討が難しい詳細な器具の納まりまでこの段階で検討することができた。これは、従来型プロセスでは不可能である。

一方、メディアの有用性について考察を加える。本設計では、CG以外にも図面やスケッチを使って設計イメージの共有が行われたが、本研究で構築した支援システムを利用することにより関係者がより具体的な設計イメージを共有することが可能となった。CGのデザイン・メディア、コミュニケーション・メディアとしての有効性については、笹田（1994）などこれまでの研究で実証されていることであるが、本実証研究により夜間景観デザインにも有効であることが明らかとなったといえる。CGソフトウェアについては、全体を検討する場合、ディテールを検討する場合に応じて、LVSとInspireを使い分けてシミュレーションを行った。

また、インターネット型VRを用いることで、リアルタイムにウォークスルーしながら設計検討を行うことができ、人間が歩いた時に周辺の景観がどのように変化するのか十分に検討することができた。CosmoPlayerは、高低差のある形状にも対応して、地面から一定の高さを保ちながらウォークスルーすることが可能であり、本研究で扱うような空間には必須の機能と言える。さらに、新たに開発した視点情報の相互リンク機能によって、体験者の視点情報の理解可能性、操作性を向上させることができ、体験者は自分の検討したい視点場からリアルタイムに表示して検討することができた。

次に、ドーム型VRを用いることにより、十分な視野の中で第1人称的な体験をしながら、実物スケールで検討することが可能となった。設計対象である連絡橋と遠景にある明石大橋、淡路島との関係の検討や、ディテールの検討を行った際には、特に有効であると感じた。さらに、複数の案、及び昼景・夜景をリアルタイムに切り替えることが可能なためその場で比較検討することができ、円滑な合意形成を実現することができた。また、インターネット型VR、ドーム型VRいずれにも言える有用な点は、検討者が検討したい視点へインタラクティブに移動可能なことである。予め作成された案をシミュレーションするだけでなく、そのシミュレーションされた中に体験者自身の意図を反映させることによって、体験者は新たな発想を得ることができ、これまでのメディアでは実現できないレベルでの創造が可能となった。

設計を進めている最中にも関わらず、このように設計途中でドーム型VRに設計環境を構築できたのも、研究室で既に60km四方の広範な地域の背景情報がすでに三次元化されていたためである。データコンバートと位置情報の付加を行うだけで、ドーム型VRに表示することができた。もし、設計が始まってから周辺環境を入力し始めていたとしたら、設計を行いながら設計環境を整えることは困難であったに違いない。また、本プロジェクトでは設計関係者に時間的・場所的なシームがあまり無かったため、ドーム型VRを用いて設計検討を計3回（デザイナー間で2回、デザイナーと事業主体の間で1回）行うことができた。一方、プロジェクト・ホームページやインターネットVRなど、ネットワークを利用した情報の共有はあまり行われなかった。これは、先に述べたように、関係者間で時間的・場所的なシームがあまり無かったこと、ミーティングや電話など他の方法によって、頻繁に情報交換をしていたため、ネットワークを利用する必要性を感じなかったためである。

VRは、3．2．1でも述べたようにPresence・Interaction・Autonomyの三つの要素があるが、実際の運用面においてこれらの要素は相反することが多く、最適なバランスをとることが大変難しくデータの作り方に苦労した。結果的には、三要素のうちリアリティ表現を最も重視したものとなっており、本設計で用いたデータは、昼景で約88万ポリゴン（大蔵海岸、地形、明石市街地などすべての周辺データを含む）、夜景で約30万ポリゴン（周辺データは、明

石大橋および連絡橋の周辺地形のみ）と大容量データとなった。そのため描画速度は1～2frames/secしか確保できていない。

本設計は、現在施工段階に入っている（図4-13）。本事例は、基本設計、そして現在の実施設計段階の進み具合を見る限り、夜間景観デザインを実現したいと考えている人・組織と、それを実現するためのメディアが一体となって進められたコラボレーションの好例であり、メディアの問題を解決するとともに、2．4．4で述べた夜間景観デザイン全体の問題解決に一石を投じたといえる。



図4-13　施工の様子（1999年8月現在）

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論、及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、ビジネスや生活の変化から都市が24時間化している現状を述べ、昼間のみならず夜間においても安全性、機能性の充足だけでなく、「やすらぎ」「うるおい」といったキーワードに代表されるような精神的、文化的豊かさを実現する夜間景観デザインの必要性について述べた。本研究では、特に夜間景観デザインを行うプロセスと、デザインを行う際に関係者が合意形成を図るために必要な役割を担うメディアに着目しながら、夜間景観デザインをとりまく諸問題について整理し、その問題解決方針を示した上で夜間景観デザインを円滑に進めるための支援システムを構築し、さらに実プロジェクトにおいて検証を行うことで、システムの有用性を評価することを研究の目的とした。

第2章においては、まず夜間景観デザインの定義を行った。夜間景観デザインは、パブリックデザインを時間帯による側面で見た時に、夕方から夜明けまでの人工の光に頼る約12時間に対するデザインである。次に、夜間景観デザインを行った実プロジェクトを取り上げ、基本設計の内容と竣工内容に「ギャップ」があることを指摘し、その原因を考察した。この問題は、本プロジェクトにおける特有の問題ではなく、現在のパブリックデザイン及び夜間景観デザインにおいて一般に起こりうる問題である。その問題を整理するため、パブリックデザイン及び夜間景観デザインにおける諸問題をさらに詳しく考察した。その結果明らかになった問題として、パブリックデザインにおいては、プロセスのある段階で決定されたコンセプトや案が、うまく継承されない構造であるということがある。また夜間景観デザインの視覚部分を担当する照明デザインにおいては、現状では照明デザインに対する認識が低いため、デザイナーの職能が確立されておらず、電気設備の延長として捉えられることが多い。そのため、計画の段階から夜間のデザインが十分に行われていないことが明らかになった。さらに、夜間景観デザインを進める上で、設計関係者が技術検討、設計検討、コミュニケーションの道具として、プロセスの各段階において利用しているメディアについて考察し、その中でCGの持つ特性に着目した。しかし、夜間景観デザインにおいては、CGをプレゼンテーション・メディアと利用することはあっても、デザイン・メディアとして使われることがあまり一般的でないため、非専門家を含めた協調活動を行うにはメディアがまだ整備されていないことを問題として指摘し、これを解決することを本研究の中核部分と位置づけた。

第3章においては、第2章で整理したメディアの問題を解決するための条件と、その条件を実現するためのキーテクノロジを考察した。問題を解決するために具備すべき条件として、①デザインプロセスを通じて一元的に管理・利用できるメディアであること、②非専門家にもわかりやすいメディアであること、③インタラクティブ性、リアルタイム性を有するメディアであること

の3点が必要であると述べた。さらに、膨大な時間がかかる夜間景観シミュレーションに対して、計画・設計の各段階、及び利用目的に応じてシミュレーションに求められる要素が異なるため、シミュレーション方法を効果的に使い分けることを示唆した。これらの条件を解決するキーテクノロジとして、CG技術、VR技術、VRML技術、インターネット関連技術に着目した。次にこれらのテクノロジをベースとしたシステムの構築を行った。システムは、CGシステム、ドーム型VR、インターネット型VR、プロジェクト・ホームページで構成されている。このうち、特にドーム型VR、インターネット型VRについては、様々な関係者協議の場で効果的に検討が可能なメディアであることを述べた。さらに、インターネット型VRについては、新たに設計環境を構築し、それを効果的に運用するためのデータベース、データ・オーサリング手法についても述べた。

第4章においては、第3章で構築したシステムの検証を行うために、実際のプロジェクトである朝霧連絡橋基本設計にシステムを適用して評価を行った。本プロジェクトでは、夜間景観を重要と考えるデザイングループを組織した上に、開発したメディアを利用しながら基本設計段階より密度の高いデザインを行うことができた。これには、効果的なシミュレーションを行うことが可能となったCGシステムに加えて、実スケールで精度、質、量とも最高の環境での検討を可能としたドーム型VR、及びドーム型VRを利用できない場所での事業主体間協議において、デザインイメージを具体的に共有するために用いたインターネット型VRの存在が大きい。さらに、筆者が本プロジェクトに参加した時点で、研究室では既に三次元設計環境が構築されていたため、データ・コンバートなど比較的簡易な操作によりドーム型VRにおいて設計環境を構築することができた。このような設計プロセスは、本研究で取り扱うような夜間景観デザインにおいて、どのように設計環境を構築していくか、ということに示唆を与えたといえる。

本研究で得られた成果は次のようなものである。

まず、近年夜間景観に対する認識が高まってきてはいるものの、パブリックデザインはプロセスのある段階で決定されたコンセプトやプランが、うまく継承されない構造に問題があること、また、照明デザインに対する認識が低いため、未だに設備の延長として捉えられることが多く、デザインの実現が困難なこと、さらに、そのデザインを進める上で関係者が設計案を検討するためのデザインメディア、及び関係者間で共有するためのコミュニケーションメディアが専門家間でしか利用できない従来型のものであり、非専門家が参加するにはメディアが不十分であること、すなわち夜間景観デザインを進める上で社会システムの問題とメディアの問題があることを明らかにした。

次に、これらの問題を解決するために、まずメディアの問題を解決することを試みた。具体的で判りやすい新たなメディアを提示することにより、専門家、非専門家が参加しやすいデザイン

環境を構築し、理想的なデザイン手法、デザインプロセスを世間に提示していくこと、さらにそれが実際に出来上がっていくことにより、残り２つの問題、すなわち現状の社会システム自体を変える糸口を見出そうとした。メディアの問題解決には、新たな機能を具備するメディアを開発すること、効果的なCGシミュレーションを行うことによって解決できること、すなわち支援システムにおける解決の方法を明らかにした。さらに、実際にCG・VR・ネットワーク技術を駆使することによって、夜間景観デザイン支援システムの構築を試み、これに成功し、実際のプロジェクトに適用することでシステムの有用性を確認した。特にドーム型VR、インターネット型VRはリアリスティックな表現が可能である上に、リアルタイムでインタラクティブな操作環境を有しており、設計案の比較検討をするだけでなく、関係者の意志をその場で反映することができる。その結果、さらに新たな発想が生まれるといった、これまでのメディアでは実現できないレベルでの創造が可能となった。

さらに、メディアの問題を解決することによって、専門家・非専門家が協調活動を行うための条件が整ってきたといえる。すなわち、積極的にデザインを実現しようとするメンバーを組織できれば、イメージを共有し合いながら、知見を結集したデザインを進めることができることを意味する。４章で説明した実証研究は、その最たる例である。

5．2　今後の課題

本研究において構築したシステムは、4章において述べたように実際のプロジェクトにおいて運用・評価され、その有用性については既に述べたとおりであるが、その運用を通じて新たな問題が明らかになった。

そこで、現時点で明らかになっている問題とともに、今後の展望を述べる。

残された問題として、今回開発したシステムの機能のさらなる拡張が挙げられる。以下に考察する。

①ドーム型VRの操作環境の拡張を図る必要がある。現状では、様々な入力ディバイスによるウォークスルーが可能であるが、あまりに移動の自由度が高すぎるために、かえって操作がしにくくなるという問題が生じた。街路や道路の上を外れることなくスムーズにウォークスルーできる機能や、インターネットVRには実装されている機能である、高低差のある形状にも対応して、地面から一定の高さを保ちながらウォークスルーする機能が必要である。

②ドーム型VR、インターネットVRの設計編集機能の拡張を図る必要がある。3．4．2で述べた仮想空間上での設計編集機能は、ドーム型VRでは実装されておらず、インターネットVRでは予め登録されたオブジェクトの配置検討のみが可能である。本機能は円滑な合意形成の実現だけでなく、さらに専門家の知見を結集した新たな発想を支援するための機能であると期待できる。このためには、さらに柔軟に対応できるように、オブジェクトの拡大・縮小やパラメトリックな編集などの機能が必要である。これを実現するためには、オブジェクトの属性、変更可能な部位などの設計ルールを整備する必要があるだろう。また、夜間景観デザインの検討には、光源の位置をインタラクティブに移動させることによってその効果を検討する機能も必要である。現在のグラフィックスライブラリの標準であるOpenGLは、サポートされている光源が、基本的な点光源・平行光源などであり、照明器具の配光特性を扱うことができない。さらに、定義可能なライトの数は8個までである。これは光のリアルタイム計算には多大な時間がかかってしまうために設けられた仕様であり、結果としてこの手法を用いては夜間景観デザインの検討はできないのが実状である。そこで、これらの技術と静止画CGシミュレーション技術を融合させたシステムの構築を行う必要がある。

③インターネットVRをとりまくハードウェア・ソフトウェア環境はここ1、2年の内に急速な進歩を遂げている。そのため、数年前では実現不可能であったPC上でインターネットVRを稼動させることができた。しかし、本研究で取り扱う夜間景観デザインにおいては、特に照明シュミレーションを行った後にデータ量が非常に大きくなり、本格的な利用を始めるには、現在のコンピュータ処理能力やネットワーク環境ではまだまだ不十分な面が多い。3．4．5で述べたよう

なデータ・オーサリングなどにより負荷を減らす方法で取り組んだが、これにも限界があるため、これについてはデータ量の削減も含めて様々なアプローチを試みる必要があるだろう。Web3D Consortium (Web3D Consortium, 1999a) は、現在のVRML技術に関する問題解決のため、20以上のワーキンググループを立ち上げており、今回取り上げたEAI (Web3D Consortium, 1999b) 以外にも本研究と関連するものも多い。これらの技術動向には常に目を向ける必要がある。

また本研究は、「夜間景観」との表題にあるように、考慮すべき様々な観点のうち、景観面を中心に捉えてきた。最も大切なことは、景観に配慮しながらも、経済性や利便性、環境との共生、高齢者など弱者への配慮など多様で、相反する部分も多い価値観を前に出して、互いの存在を否定することなく、最適解を求めようとすることである。そのためには、景観以外の諸要素も同時に検討可能なメディアも必要となるであろう。

これからの社会はますます国際化し、多様化し、高密化し、都市の24時間化に拍車がかかっていくだろう。人々が現在のパブリックデザイン、夜間景観デザインのプロセスによって出来上がる公共空間に満足できず、本格的にそのプロセスに参加するようになった時、本システムの延長線上にあるメディアが真価を発揮する。そしてそこで形成されるプロセスとは、単に合意形成を図るプロセスではなく、専門家・非専門家の英知を集めた極めて高度なコラボレーションのプロセスが発揮されるものと確信する。

引用文献

第1章

加賀有津子,"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",大阪大学博士論文,1996.
建設省,"平成10年度版　建設白書",大蔵省印刷局,1998.
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.
Schrage, M.,"マインド･ネットワーク",瀬谷重信＋コラボレーション研究会訳,プレジデント社,1992.
都市の夜間景観研究会編著,"都市の夜間景観の演出",大成出版社,1990.
SpaceDesign,"空間演出の最前線:デザイナー,アーティストによるコラボレーション",Space Design, pp.6-56, 5月号,1998b.

第2章

シビックデザイン導入手法研究委員会,"平成3年　シビックデザイン導入推進のための提言",pp3－14,1991
江口禎,"建築プロジェクトの発注契約方式の改革",建築雑誌,Vol.112, No.1413, pp.12-16, 1997.
加賀有津子,"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",大阪大学博士論文,1996.
環境シミュレーションラボ研究会編著,"都市デザインとシミュレーション",鹿島出版会,1999.
環境庁,"光害対策ガイドライン",1998.
関西経済同友会編,"KANSAI夜景100選",東方出版,1997.
景観デザイン研究会,"景観用語事典",篠原修編,彰国社,1998.
景観材料推進協議会,"景観照明",景観材料推進協議会,1997.
建設省,"平成10年度版　建設白書",大蔵省印刷局,1998.
建設省中部地方建設局シビックデザイン検討委員会,"公共空間のデザイン",大成出版社,1994.
金東鉉,"総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.
小林和夫,"照明デザインにおけるコンセプトと表現",照明学会誌,pp.52-56, 1月号,1999.
小嶋勝衛,"都市の夜景",建築雑誌,vol98, No.1202, pp.50-51, 1983.
中島龍興,近田玲子,面出薫,"照明デザイン入門",彰国社,1995.
中村良夫他,"土木工学体系13　景観論",彰国社,1977.
岡田憲久,小林一郎,佐々木葉,鈴木圭,"景観と意匠の歴史的展開",信山社,1998.
百里美和,"光環境におけるコンピュータグラフィックス技術の現状",照明学会誌,pp.36-40,1月号,1999.
齋藤隆司,"公共発注者のマネジメント",建築雑誌,Vol.112, No.1413, pp.24-25, 1997.

榊原和彦他，"都市･公共土木のCGプレゼンテーション"，学芸出版社，1997.
産業調査会デザインセンター，"パブリックデザイン事典"，1991.
Sasada, T., "Open Design Environment and Collaborative Design", The 12th European Conference on Education in Computer Aided Architectural Design, pp.3-6, 1994.
笹田剛史，"景観設計とCGの新しい技術"，沿岸域，9月号，1995.
笹田剛史，"CGと環境デザイン"，CG Course, Design College, 1992.
塩坂靖彦,"協調設計活動におけるチームとコミュニケーション､コミュニケーション･メディアに関する考察"，大阪大学修士論文，1998.
照明学会編，"景観照明の手引き"，コロナ社，1995.
SpaceDesign，"光のデザイン・ヴォキャブラリー LPAの仕事1990-1998"，8月号，1998a.
都市環境デザイン会議関西ブロック，"都市環境デザイン"，鳴海邦碩編，学芸出版社，1995.
都市の夜間景観研究会編著，"都市の夜間景観の演出"，大成出版社，1990.

第3章

Andrei, B.K., Edward, A.K.," Physically Accurate Lighting Simulation in Computer Graphics Software", http://rmp.kiam.rssi.ru/articles/pals/index.htm, 1996.
Cruz-Neira, C., Sandin, D.J., DeFanti, T.A.," Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE", Computer Graphics (Proc. ACM SIGGRAPH' 93), pp.135-142, 1993.
Edward, A.K., Andrei, B.K., Vladimir, L.V.," The Comparison of Illumination Maps Technique in Computer Graphics Software",http://rmp.kiam.rssi.ru/articles/pals1/index.htm, 1998.
ギブソン，J.J.,"生態学的視覚論"，古崎敬他訳，サイエンス社，1985.
Hartman, J., Wernecke, J.," VRML2.0ハンドブック －Web上の世界に動きを－"，(株) アクロス訳，アジソン・ウェスレイ，1997.
Hatanaka, T., Nakanishi, H., Shibano, N., Nagahama, R., Sawada, K.," Development of Semi-Spherical Screen VR System for Exploring Urban Environment", Proc. ICAT' 98, pp.95-101, 1998.
Ivan E.Sutherland," A head-mounted three dimensional display", Proceedings of Fall Joint Computer Conference, pp.757-764, 1968.
加賀有津子,"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",大阪大学博士論文,1996.
Kirii, K.," VRML 外部オーサリングインターフェース (EAI) の概要", http://reality.sgi.com/kirii_nsg/external_api.html, 1997.
野村淳二，"人工現実感によるシステムキッチン体験システム"，JSEP-57-08, pp.44-47, 1991.
百里美和,"光環境におけるコンピュータグラフィックス技術の現状",照明学会誌,pp.36-40,1月号,1999.

榊原和彦他，"都市･公共土木のCGプレゼンテーション"，学芸出版社，1997.

柴野伸之他，"都市環境ヒューマンメディアにおける大ドーム型VR体験システムの開発"，日本バーチャルリアリティ学会大会論文集，vol.3，1998.

柴野伸之他，"VRを応用した多人数参加型住環境疑似体験システムの開発"，第10回ヒューマン・インターフェース・シンポジウム論文集，pp.377-382，1994.

篠原修，"新体系土木工学59　土木景観計画"，土木学会編，p.91，1982.

高橋武秀，野村淳二，"バーチャルハウジング"，日科技連，1996.

Web3D Consortium,"External Authoring Interface Working Group", http://www.vrml.org/WorkingGroups/vrml-eai/, 1999a.

Web3D Consortium,"VRML Compressed Binary Format Working Group", http://www.vrml.org/WorkingGroups/vrml-cbf/cbfwg.html, 1999b.

Zeltzer, D.,"Autonomy Interaction and Presence", PRESENCE, vol.1, pp.127-132, 1992.

第4章

川崎寧史，笹田剛史，中山忠雅，"環境デザインにおける設計表現に関する研究　-OpenDesignEnvironmentを通して-"，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.241-246，1993.

金東鉉，"総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.

李銀珠，"海岸域の景観設計におけるCG技術の応用に関する研究"，大阪大学博士論文，1999.

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

塩坂靖彦，"協調設計活動におけるチームとコミュニケーション、コミュニケーション･メディアに関する考察"，大阪大学修士論文，1998.

禹成浩，"環境設計における共有仮想空間の活用に関する研究"，大阪大学博士論文，1999.

第5章

Web3D Consortium,"External Authoring Interface Working Group", http://www.vrml.org/WorkingGroups/vrml-eai/, 1999a.

Web3D Consortium,"VRML Compressed Binary Format Working Group", http://www.vrml.org/WorkingGroups/vrml-cbf/cbfwg.html, 1999b.

参考文献

安藤泰也,横内憲久,桜井慎一,"ウォーターフロントの夜間景観に関する研究　－対岸景の評価と光の量との関連性について－", 日本建築学会計画系論文集, No.516, pp.295-301, 2月号, 1999.

Andrea, L.A., David, R.N., John, L.M.," VRML2.0 Sourcebook", WILEY, 1997.

青木勉, "協調設計活動におけるネットワークサービスの利用に関する研究", 大阪大学修士論文, 1995.

卞彰秀,"環境設計におけるイメージベースモデリングによるフォトリアリスティックCG表現の可能性に関する研究", 大阪大学修士論文, 1999.

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

Chen, S., Myers, R., Pasetto, R.," The Out Of Box Experience: Lessons Learned Creating Compelling VRML2.0 Content", VRML97 Second Symposium on the Virtual Reality Modeling Language, pp.83-92, 1997.

Cosmo Software," CosmoPlayer2.1", http://www.cosmosoftware.com/, 1998.

土木学会編," 港の景観設計", 技報堂出版, 1991.

深津正, 中島龍興, 面出薫, 近田玲子, "あかりと照明の科学", 彰国社サイエンス, 1988.

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

福島隆之, "環境設計プロセスにおける解の探索に関する比較手法研究", 大阪大学修士論文, 1999.

Gary, C., Cay, S.H.," Core JAVA", ASCII, 1997.

原島博, "ヒューマンメディアがめざすもの", システム/制御/情報, Vol.42, No.5, pp.233-234, 1998.

廣瀬通孝, "バーチャルリアリティ", オーム社, 1995.

廣瀬通孝, "バーチャルリアリティ　－技術から産業へ－", 機械振興, Vol.27, No.6, Jun., 1995.

廣瀬通孝監訳, "バーチャルリアリティ", 海文堂, 1992.

細野宏樹, "WWWを利用した環境設計と地域情報提供に関する考察", 大阪大学修士論文, 1997.

井口征士, 橋本周司, "ヒューマンメディアプロジェクトの概要", システム/制御/情報, Vol.42, No.5, pp.235-243, 1998.

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－基盤整備とコンポーネント・アプリケーション－", 大阪大学修士論文, 1995.

乾正雄, "夜は暗くてはいけないか", 朝日選書600, 1998.

INTEGRA, Inc.," INSPIRER -Physically Accurate Lighting Simulation and Image Rendering System ", http://www.integra.co.jp/eng/products/inspirer/index.htm, 1999.

Intervista Software," WorldView2.1", http://www.intervista.com/, 1999.

石橋正宏, "ワークショップによる景観照明の取り組み", 照明学会誌, pp.441-443, 7月号, 1998.

石井裕, "CSCWとグループウェア", オーム社, 1994.

石井幹子, "光の21世紀", NHK出版, 1998.

石井幹子, "環境照明のデザイン", 鹿島出版会, 1984.

参考文献

岩本誠, "景観形成のツールとしてのコンピュータ・グラフィックスの可能性", 大阪大学修士論文, 1995.

鄭在熙, 舟橋國男他, "高層階を形態コントロールした場合の景観の移行変化と評価に関する研究　－バーチャルリアリティを用いた街路景観の移行変化と評価に関する研究　その２－", 日本建築学会計画系論文集, No.522, pp.231-237, 8月号, 1999.

鄭在熙, 舟橋國男他, "バーチャルリアリティを用いた街路景観の移行変化と評価に関する研究　－建物の高さ及びセットバックの変化と連続性等の評価の関係－", 日本建築学会計画系論文集, No.503, pp.163-169, 1月号, 1998.

ジョン・オムスビー・サイモンズ, "ランドスケープ・アーキテクチャ", 久保貞 他訳, 鹿島出版会, 1967.

加賀有津子他, "街路事業における合意形成システムの構築について", 日本建築学会第21回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集, pp.343-348, 1998.

加賀有津子他, "3次元モデルとCGとを利用した都市情報の視覚化について", 日本建築学会第20回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集, pp.205-210, 1997b.

加賀有津子他, "街路事業における道路事業住民説明用システムの構築", 土木情報システム論文集, pp.157-164, 1997a.

Kaga, A. 他," COLLABORATIVE DESIGN SYSTEM FOR CITIZEN PARTICIPATION IN PLANNING PUBLIC ROAD PROJECTS", Proceedings of The Fourth Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.225-234, 1999.

Kaga, A. 他," CITY INFORMATION VISUALIZER USING 3-D MODEL AND COMPUTER GRAPHICS", Proceedings of The Third Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.193-202, 1998.

Kaga, A., Comair, C., Sasada, T.,"Collaborative Design System With Network Technologies", Proceedings of The Second Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.187-196, 1997.

関西情報センター編, "世界都市再開発NOW", 学芸出版社, 1989.

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", 鹿島出版会, 1990.

川崎寧史他, "ODEによる3次元環境設計に関する研究(その2)　-設計手法の考察-", 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.223-227, 1990.

計画システム研究会著, 小林重敬編, "協議型まちづくり", 学芸出版社, 1996.

北原英雄, 佐藤宏介, 千原國宏, "景観シミュレーションCGのための建物壁面データの合成", 日本建築学会計画系論文集, No.515, pp.305-311, 1月号, 1999.

倉原宗孝, "市民的まちづくり学習としての住民参加のワークショップに関する考察", 日本建築学会計画系論文集, No.520, pp.255-262, 6月号, 1999.

桑村文昭他, "建築空間の臨場感表現技術に関する研究", 日本建築学会第19回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集, pp.205-210, 1996.

ローラ・リメイ,"続・HTML入門　新機能、CGI、Webの進化",武舎広幸他訳,プレンティスホール出版,1995b.

ローラ・リメイ,"HTML入門　WWWページの作成と公開",武舎広幸他訳,プレンティスホール出版,1995a.

Lee, E.他," ALTERNATIVE DESIGN COMPARATIVE SYSTEM IN COLLABORATIVE DESIGN", Proceedings of The Third Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.327-336, 1998.

Lightscape Technologies, Inc.," Introducing Lightscape3.1", http://www.lightscape.com/, 1998.

松下温,岡田謙一,"コラボレーションとコミュニケーション",共立出版,1995.

面出薫,"あなたも照明探偵団",日経BP社,1998.

Microsoft Corporation., "Microsoft DirectX", http://www.microsoft.com/directx/default.asp, 1999.

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.

Morozumi, M., Mitchell, W. J., Yamaguchi, S.他," THE LEVELS OF COMMUNICATIONS ACHIEVED THROUGH NETWORK IN AN INTERNATIONAL COLLABORATIVE DESIGN PROJECT: An analysis of VDS '96 project carried out by Kumamoto University, MIT, and Kyoto institute of technology", Proceedings of The Second Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.143-152, 1997.

望月真一,"アーバンデザインという仕事",住まいの図書館出版局,1996.

向井利光,"VR的交通シュミレーションシステム",情報処理学会論文誌,Vol.39,No.1,pp.142-151,1998.

Nagaratnam, N., Maso, G., Srinivasan, A.,"Java API スーパーバイブル 2",スリーエーシステムズ訳,翔泳社,1997.

中川健一,國藤進,"アウェアネス支援に基づくリアルタイムなWWWコラボレーション環境の構築",情報処理学会論文誌,Vol.39,No.10,pp.2820-2827,1998.

中村明夫,村上公哉,尾島俊雄,"「都市計画マスタープラン」策定時の市民参加の一手法としてのインターネット利用に関する研究",日本建築学会計画系論文集,No.519,pp.211-216,5月号,1999.

中山忠雅他,"ODEによる3次元環境設計に関する研究(その1) -デザインシステムの構築-",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.

成定康平,"屋外照明と環境",照明学会誌 ,Vol.80,No.10,1996.

鳴海邦碩編,"都市デザインの手法",学芸出版社,1990.

Netscape Communications Corporation., "Signing Software with Netscape Signing Tool 1.1", http://developer.netscape.com/docs/manuals/signedobj/signtool/index.htm, 1999.

日経アーキテクチャ,"あかりを表現するキーワード",日経アーキテクチャ,pp.142-146,1月12日号,1998.

日経アーキテクチャ,"ライティング計画のプロセス",日経アーキテクチャ,pp.120-123,1月26日号,1998.

日経アーキテクチャ,"ライティングデザインの実際",日経アーキテクチャ,pp.120-123,2月9日号,1998.

日経CG,"見えてきた次世代グラフィックスパソコンの姿",日経CG,pp.180-191,5月号,1998.

日経CG,"3次元CAD／CGがより速く、よりリアルに",日経CG,pp.152-193,8月号,1997b.

日経CG, "インターネット時代の新画像ファイル形式「FlashPix」", 日経CG, pp.176-180, 6月号, 1997a.

野村淳二, "仮想メディア技術を応用した住空間温熱空気環境疑似体験システムの開発", 第45回システム制御情報講習会, pp.51-60, 1996.

大阪大学笹田研究室, "明石大蔵海岸整備計画の変遷", http://interlab.env.eng.osaka-u.ac.jp/Homepage/project/1998/OhkuraCoast/Main.htm, 1998.

Patrick, N., Jouhua, P., "JAVA実践プログラミング", O' REILLY, 1996.

Rodger, L., Kouichi, M., Ken, M., "JAVA for 3D and VRML Worlds", プレンティスホール, 1997.

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 AND DESIGN", Proceedings of The Fourth Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.21-29, 1999.

柴野伸之, "照明に彩られた仮想空間を疑似体験する", 照明学会誌, pp.46-51, 1月号, 1999.

鹿倉智明, 小林茂雄, "私でも設計できます(照明設計支援ツール)", 照明学会誌, pp.32-35, 1月号, 1999.

進士五十八, 森清和, 原昭夫, 浦口醇二"風景デザイン", 学芸出版社, 1999.

Silicon Graphics., "Fahrenheit", http://www.sgi.com/fahrenheit/home.html, 1997.

San Diego Supercomputer Center., "The VRML Repository", http://www.sdsc.edu/vrml/, 1999.

Sun Microsystems, Inc., "Java(TM) Technology Home Page", http://java.sun.com/, 1999.

竹村治雄, 野村淳二, "都市環境ヒューマンメディアの研究開発", システム/制御/情報, Vol.42, No.5, pp.260-267, 1998.

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

竹内義雄, 小山亜紀, "模型によるシミュレーション技術", 照明学会誌, pp.41-45, 1月号, 1999.

田中晃代, 鳴海邦碩, 久　隆浩, "景観条例・まちづくり条例にもとづく市民団体の活動と支援方策の特性に関する研究", 日本建築学会計画系論文集, No.516, pp.193-199, 2月号, 1999.

谷崎潤一郎, "陰翳礼讃", 向学社, 1984.

戸泉協, 山口重之, "設計会議のコンピュータによる支援環境に関する研究　ー建築設計における会議の分析と支援システムの開発ー", 日本建築学会計画系論文集, No.521, pp.293-299, 7月号, 1999.

都市づくりパブリックデザインセンター, "まちをクリエイトする　都市づくり景観パーツガイド", 1991.

都市環境デザイン編, "日本の都市環境デザイン'85～'95", 1996.

都市計画教育研究会編, "都市計画教科書", 彰国社, 1987.

Tyma, P., Torok, G., Downing, T., "Javaパワープログラミング", 吉川明 広訳, ソフトバンク, 1996.

梅木市朗, "橋梁デザインから橋梁環境デザインへの発展におけるCG技術の変遷に関する研究", 大阪大学修士論文, 1998.

Wang, L., Umeki, I., Sasada, T.," A STUDY OF URBAN SPACE HISTORY USING COMPUTER GRAPHICS TECHNOLOGY:ILLUSTRATED THROUGH THE HISTORICAL DATA OF YURA, SUMOTO CITY, HYOGO PREFECTURE, JAPAN", Proceedings of The Third Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.173-182, 1998.

Ward, G.," Radiance Synthetic Imaging System", http://radsite.lbl.gov/radiance/, 1999.

Web3D Consortium," GeoVRML Working Group", http://www.ai.sri.com/geovrml/, 1999c.

Web3D Consortium," Working Groups", http://www.vrml.org/fs_workinggroups.htm, 1999d.

Web3D Consortium," VRML97 Specifications", http://www.web3d.org/Specifications/, 1997.

Wolfgang Schivelbusch," 闇をひらく光" , 小川さくえ訳, 法政大学出版局 , 1988.

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, 1995.

Woo S., Lee, E., Sasada, T.," Shared Virtual Space for Evaluation of Design Alternatives", Proceedings of The Fourth Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.89-95, 1999.

Woo S., Sasada, T.," SHARED VIRTUAL SPACE FOR ARCHITECTURAL EDUCATION", Proceedings of The Third Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.291-298, 1998.

www.opengl.org," OpenGL The Industry' s Foundation for High Performance Graphics", http://www.opengl.org/, 1999.

山田秀秋, 上原邦昭, 田中克己, "VRMLの論理構造に基づく3次元画像検索エンジンの設計と実装", 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.4, pp.901-910, 1998.

山本精一, "VRML2.0 パーフェクトガイド", 技術評論社, 1996.

著者発表文献リスト

学術論文

[1] Kusama, H., Fukuda, T., Park, J., W., Sasada, T," Networked CAD System for Designer Group", Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.153-161, 1996.

[2] 草間晴幸, 福田知弘, 笹田剛史, "橋梁環境デザインのシステムとモデリング", 土木学会全国大会年次学術講演概要集, 1996.

[3] 草間晴幸, 福田知弘, 李銀珠, 笹田剛史, "NODEのコンセプトと橋梁環境デザインへの適用", 土木情報システム論文集 ISSN 1342-3894, PP.83-90, 1996.

[4] 禹成浩, 福田知弘, 草間晴幸, 笹田剛史, "橋梁環境デザインにおけるVRMLの利用", 土木情報システム論文集 ISSN 1342-3894, PP.91-98, 1996.

[5] 福田知弘, 長濱龍一郎, 加賀有津子, 笹田剛史, "ネットワーク型協調活動支援システム(2)¯World Wide Webによるシステムの構築¯", 日本建築学会第19回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集, pp.181-185, 1996.

[6] Fukuda, T., Nagahama, R., Nomura, J.," Networked VR System: Kitchen Layout Design for Customers", VRML97 Second Symposium on the Virtual Reality Modeling Language, pp.93-100, 1997.

[7] 福田知弘, 長濱龍一郎, 野村淳二, "VRMLを利用したネットワーク型インテリアプランニングシステム", 電子情報通信学会 マルチメディア・仮想環境基礎研究会, 1997.

[8] Fukuda, T., Nagahama, R., Sasada, T.," Networked Interactive 3-D Design System for Collaboration", Proceedings of The Second Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.429-437, 1997.

[9] Woo S., Fukuda, T., Kusama, H., Sasada, T, "VRML Use in Bridge Environmental Design", 土木情報システム論文集 Vol.6, PP.255-262, 1997.

[10] 長濱龍一郎, 福田知弘, 笹田剛史, "パブリックデザインのための協調設計支援システム(1)¯研究の枠組み¯", 日本建築学会第20回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集, pp.331-336, 1997.

[11] 福田知弘, 長濱龍一郎, 笹田剛史, "パブリックデザインのための協調設計支援システム(2)¯デザインツールの整備¯", 日本建築学会第20回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集, pp.337-342, 1997.

[12] Fukuda, T., Nagahama, R., Sasada, T.,"Collaboration Support System for Public Design", Proceedings of The Third Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, pp.299-307, 1998.

[13] 福田知弘, 長濱龍一郎, 八鍬朝子, 笹田剛史, "パブリックデザインのための協調設計支援システム(3)¯システムの構築と運用¯", 日本建築学会第21回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集, pp.319-324, 1998.

[14] 溝俣洋一, 福田知弘, 塩坂靖彦, 笹田剛史, "協調活動のためのCGによる夜間の景観シミュレーションの研究", 日本建築学会第21回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集, pp.325-330, 1998.

[15] 上善恒雄, 王礼華, 福田知弘, 笹田剛史, "空間環境設計のための3DCG部品合成に基づく協調設計支援", 電子情報通信学会データ工学ワークショップ, CD-ROM, 1999.

[16] 福田知弘, 柴野伸之, 長濱龍一郎, 笹田剛史, "パブリックデザインのための協調設計支援システム(4)¯ドーム型VRシステムの統合とシステムの運用¯", 日本建築学会第22回情報・システム・利用技術シンポジウム学会投稿中

[17] 溝俣洋一, 福田知弘, 福島隆之, 笹田剛史, "協調活動のためのCGによる景観シミュレーションの研究(II)¯レンダリングのための反射率データを生成する処理方法¯", 日本建築学会第22回情報・システム・利用技術シンポジウム学会投稿中

解説記事

[1]長濱龍一郎, 柴野伸之, 福田知弘, "CG/VR技術を活用した設計提案", 松下電工技報, pp.19-26, 6月号, 1998.

謝辞

本研究は、著者が勤務する松下電工株式会社と、著者が工学研究科博士後期課程に社会人特別選抜として平成9～11年までの期間中在籍した大阪大学にて行った研究を中心に、大阪大学大学院工学研究科の笹田剛史教授のご指導のもとにまとめたものであります。笹田剛史先生には、社会人である著者を大阪大学大学院工学研究科博士後期課程に受け入れていただき、本論文にまとめた研究や本論文の執筆に関して、始終懇切なる御指導および御鞭撻を賜りました。ここに深甚なる感謝の意を表す次第であります。

本論文をまとめるにあたり、御多忙中にもかかわらず丁寧な査読をしていただき貴重な御指導と御助言を頂きました大阪大学大学院工学研究科鳴海邦碩教授、澤木昌典講師に深く感謝いたします。

本研究を遂行するにあたり、有益な御助言を頂きました大阪大学大学院工学研究科草間晴幸助教授、佐藤不二男助手に深く感謝いたします。

さらに、日頃お世話になりました大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻第2講座において研究活動を共にしてきた大学院生、学部学生や研究生の諸氏、先輩、後輩方には、心から感謝いたします。

本研究の遂行するにあたり、多大な御理解および御配慮を賜りました松下電工株式会社ウェル・ラボ平尾正三所長に深く感謝の意を表します。同社システム開発センター所長野村淳二博士には、著者が松下電工株式会社入社時より多大な御配慮をいただき、また社会人特別選抜として大阪大学大学院工学研究科博士後期課程にて研究する機会を与えていただきました。心から感謝申し上げます。同社技術企画室吉田幸男次長、同社ウェル・ラボ主幹研究員澤田一哉博士、同社ウェル・ラボ長濱龍一郎主査技師、同社ウェル・ラボ仲島了治主査技師には、本論文を執筆するにあたり、多大な御配慮と御理解をいただきました。深く感謝いたします。

またいつも暖かいご声援をいただいた松下電工株式会社ウェル・ラボヒューマンメディア技術グループの方々に深く感謝いたします。

最後に、家庭にあっても、始終支援をしてくれた妻鏡子、家族にも深く感謝いたします。