高品質三次元コンピュータグラフィックス技術の応用 一ディジタルアーカイブへの適用例—

Application of High-Quality Three-Dimensional Computer Graphics Technique

Hiroko Nakagawa Toshiyuki Moritsu 西美千子

坂尾秀樹

Hideki Sakao Michiko Nishi



注:能面「小面(こおもて)」所蔵:財団法人 徳川黎明会 徳川美術館 能面「小面」のコンピュータグラフィックス画像

角度や光の当たる方向によって異なる表情を、コンピュータグラフィックスで再現した。

今回、通常は手に取ってみることができない貴重な所 蔵品をコンピュータ上で自由に鑑賞できるように, 実際 に撮影した画像を基に、光を当てる方向によって変化す る, 実物の光沢・質感・陰影を再現する技術を開発し, 財団法人 徳川黎明会 徳川美術館の協力の下, 能面「小 面(こおもて)」に適用した。「能面鑑賞システム」は、光 の当たり方で移り変わる能面の表情をCG(Computer Graphics) でリアルに再現するもので、凸版印刷株式会

社とのディジタルアーカイブ共同プロジェクト「イメー ジ モール ジャパン」の取組みの一つとして、同美術館 で行った展示で、来館者から好評を得ることができた。

また、インターネット上でユーザーの目的・要望に応 じて、効率的に美術品鑑賞を楽しむことができる場を提 供するために, 三次元空間をユーザーの指定に従ってオ ンデマンド生成する技術を、「イメージ モール ジャパ ン」のウェブページで適用した。

はじめに

近年、CG(Computer Graphics)の普及が進み、映画、テレビ、ビデオ、ゲームその他で、その成果を目にしない日はない。また、CD-ROM(Compact Disc Read-Only Memory)、DVD(Digital Versatile Disc)、インターネット上のWWW(World Wide Web)によってディジタル出版などの試みも一般化し、これを支えるCG技術への期待はますます強まっている。特に、美術品などの実在するものをコンピュータ上で、よりリアルに再現する技術は適用分野が広く、利用効果も高いため、多くの研究開発のターゲットとされている。

今回,通常は手にとって観察することのできない美術品をパソコン上で自由に鑑賞できるように、写真などの実写画像をベースに、光を当てる方向によって変化する、実物の光沢・質感・陰影をリアルに再現する三次元CG技術を開発し、財団法人徳川黎明会徳川美術館(以下、徳川美術館と言う。)の名品である能面「小面(こおもて)」に適用した。凸版印刷株式会社とのディジタルアーカイブ共同プロジェクト「イメージモールジャパン」の取組みの一つとして、同美術館で行った展示では、来館者の好評を得た。

また、広範囲のユーザー層の目的・要望にこたえる美術品鑑賞の場を、「イメージ モール ジャパン」のウェブページで楽しめるメニューの一つとして実現するために、インターネット上での標準的な三次元空間記述言語として注目されている "VRML(Virtual Reality Modeling Language)"で、ユーザーの指定に従って好みの三次元空間をオンデマンドで生成する技術を適用した。

ここでは、これら二つの技術、すなわち、撮影写真を基に光源・視点位置が撮影写真と異なる画像を生成してリアルなCGを実現する技術と、三次元空間のオンデマンド生成技術について述べる。

光源・視点の移動による質感変化を 再現するCG技術

2.1 美術品のディジタルアーカイブとCG・画像処理技術

美術品・芸術作品には、絵画や写真のような平面的なもの、壺(つぼ)や彫刻のような立体的なもの、さらには、城郭や建築物のような大きなものとさまざまである。写真家がこれら美術品を撮影した写真は、鑑賞するにふさわしいものが多い。しかし、立体的な美術品の場合、写真を見ることでさらにもっと多様な側面から鑑賞したい

という気持がわく。とりわけ、これら美術品の写真をディジタル画像として保存する「ディジタルアーカイブ」が起こりつつある今、「ディジタル」の特徴を生かして、CGや画像処理技術による新しい表現と、アーカイブの方法を確立することが望まれている。これは、ディジタルアーカイブに収蔵される美術品画像の高度な利用を可能とし、運用に際しての付加価値を高めることにもなる。

これまでにも、絵画の中を歩き回るような効果を得ることができる技術の開発が行われている¹⁾。しかし、上述のように美術品には種々のものがある。そのものの特質を見定めて、それぞれ表現手法、アーカイブをくふうする必要がある。例えば、壺などの立体物の場合には、「手に取って向きを変えて眺める」ことができれば、美術館・博物館に行ってもできない鑑賞方法をユーザーが楽しむことができ、より多くの側面をアーカイブすることも可能になる。

三次元物体の表現法としては、通常、ポリゴンベースのCGが用いられることが多い。1章で述べたように、この技術は映画やゲームなどで盛んに用いられているが、光沢・艶(つや)の微妙な表現が要求されるような美術品の場合には適用が難しい(これを解決するための新しい研究も行われている²)。)。そこで、ビデオカメラなどで、立体物の美術品をあらゆる方向から撮影しておく「全周撮影」に基づく観察手法も開発されている。しかし、全周撮影はデータ量が大きくなりがちであるし、撮影したものそのままの鑑賞を行うような自由度に乏しい。例えば、撮影した時点と異なる光源位置での鑑賞を行うことはできない。

一方、CGの世界的な研究開発動向として、ここ2、3年顕著なのが、「イメージ ベース レンダリング³)」への関心の高まりである。イメージ ベース レンダリングとは、通常のCGのように幾何モデルを用いないで、撮影した写真画像を加工することにより、撮影していない視点の画像を生成するものである。美術品の観察手段とするために開発した、新しいイメージ ベース レンダリング技術による、光源位置・視点位置の変更技術と、その適用例について以下に述べる。

2.2 光源位置変更技術

今回,新たに開発した光源位置変更技術では,おおよ そ次のような方法を用いる〔図1(a)参照〕。

- (1) 美術品などの撮影対象物とカメラを固定し、照明の位置だけが異なる複数枚の画像を撮影する。
- (2) それらの画像情報から、美術品の各点の面の向きを

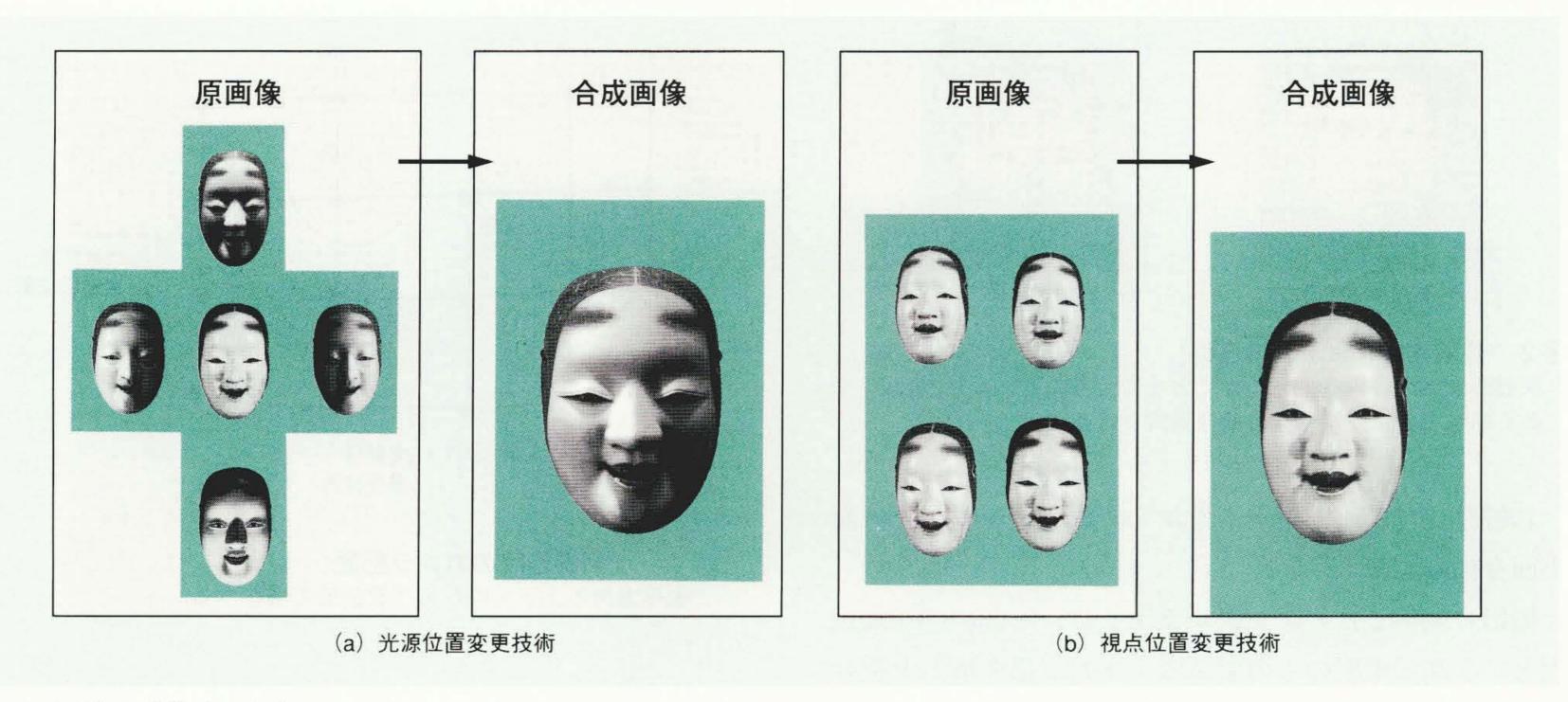


図1 画像生成技術の仕組み

実際に撮影した画像から、現実には撮影していない光源位置・視点位置の画像を生成する。

推定する。

(3) その面の向きの情報に基づいて、(1)で撮影した画像を補間し、中間の光源位置の画像を生成する。

この方式では、通常のポリゴンベースのCGの場合に比べて、照明位置の異なる実際の画像を補間するので、破綻(たん)のない、質感の高い中間光源位置画像を生成することができるという特徴がある。また、光源変更処理だけの場合には、データ量、演算量とも少なく、対話型の光源位置変更システムを簡易に構築することができる。

(2)の各点の面の向きの推定方式は、画像の立体計測の分野で「フォトメトリックステレオ法」と呼ばれるものの応用である⁴⁾。今回、日立製作所が電子顕微鏡の微細表面形状計測用に開発していたこの技術とCGを組み合わせて、オリジナルな技術の開発に至った。

2.3 視点位置変更技術

視点位置の変更処理は、おおよそ次の手順で行う[図1 (b)参照]。

- (1) 撮影対象物と光源位置など撮影環境を固定し、異なるカメラ位置で複数枚の画像を撮影する。
- (2) それらの画像中で物理的に意味のある領域(能面の場合,目,口など)を分割する。
- (3) それらの領域ごとに、複数の撮影画像間で同一の点の対応づけを行う。
- (4) その対応関係を基に、画像の補間処理で中間の視点の画像を生成する。

これらの手順は,以前「構造化モーフィング」として

提案されていたものを大幅にリファインしたものに相当する3)。この処理により、画像の補間の際に生じるぼけが少ない、高画質な中間画像生成を、パソコンを用いて、毎秒数こまの速度で行うことができる。また、近年普及し、標準的地位を占めつつある、廉価な三次元アクセラレータボードを用いれば、非常に滑らかな視点変更を行うことができる。

2.4 能面鑑賞システムへの適用事例

(1) 概 況

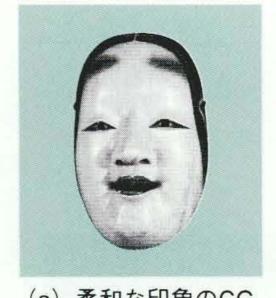
1998年1月17日から3週間にわたって徳川美術館で開かれた「電子美術館」に、「能面小面鑑賞システム」を出展した。このシステムは、次の三つのメニューから成る。

- (a) 光源の位置を変えて鑑賞する。
- (b) 視点の位置を変えて鑑賞する。
- (c) 光源と視点の位置を変えた動画を鑑賞する。

最初の二つは、マウスを用いて、所望の光源位置・視 点位置で対話的に鑑賞するというものである。

そもそも能面は、向き、光の当て方、さらに、動きによって表情が劇的に変わるものとして知られている。このことは、人間の喜怒哀楽を深く表現する能の舞台の特徴の一つとなっている。通例では展示されない名品の小面をこのようなダイナミックな手段で展示したことに対して、10代から高齢者に至る来館者から好評を得た。図2の写真は、来館者が自由に能面の向き、光の当て方を変化させて鑑賞できる、表情の変化の例である。

(2) 撮影狀況





(a) 柔和な印象のCG

(b) 鋭敏な印象のCG

図2 能面鑑賞システムの画面

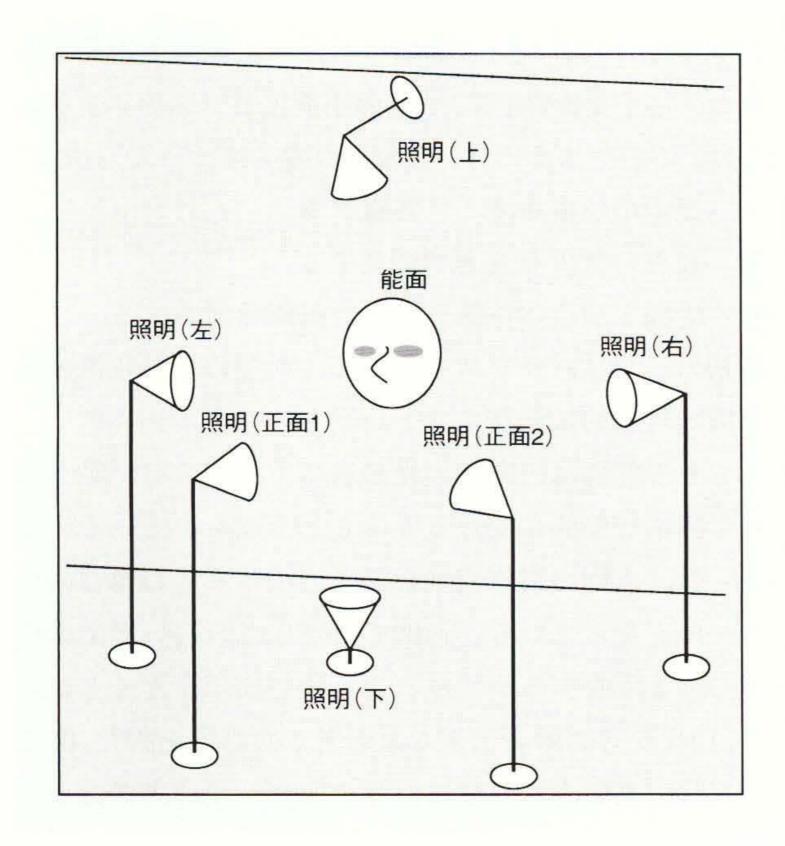
来館者が自由に角度や光の当て方を変えることにより,能面を手 にとる感覚で表情の移り変わりを鑑賞できる。

1997年12月に、徳川美術館から特に許可を得て、能面 小面を撮影した。

撮影に使用したディジタルカメラは、2,036×3,060画 素という高解像度のものである。また、撮り直しを避け るため、その場にパソコンを持ち込み、撮影した画像の チェックを行った。

今回は,光源位置と視点位置をそれぞれ変更するため, 多数の画像を撮影した。照明の配置を図3に、カメラの 配置を図4にそれぞれ示す。

高精細な画像を得るため、水平方向には15度置きに撮 影した。また上下方向では、下側を30度、上側を15度ま でと非対称に撮影した。これは、能面は下から見た場合 が美しいとされているためで, 下側からの撮影枚数を増 やしたことによる。これらのカメラの配置ごとに照明を



能面撮影時の照明配置

カメラの配置ごとに複数の照明を点滅させながら撮影する。

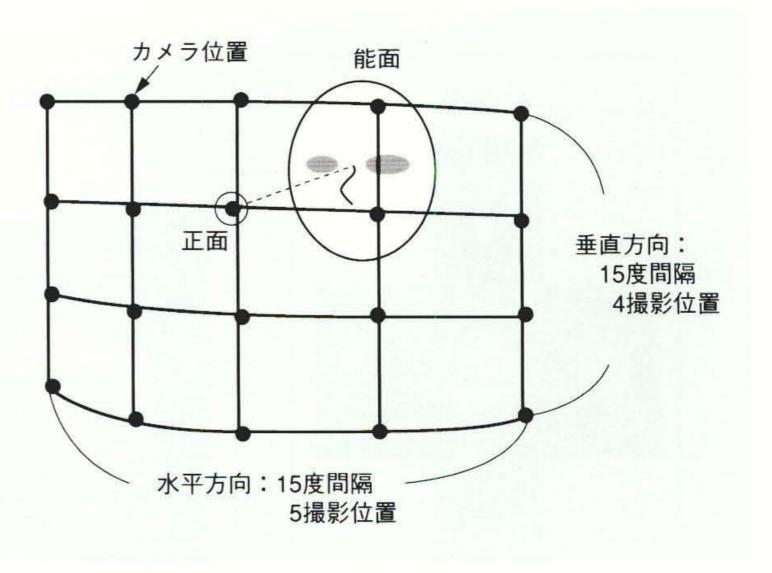


図4 能面撮影時のカメラ配置

水平方向と上下方向から複数位置で撮影する。

点滅させ, 光源位置変更に必要な画像の撮影を行った。

3

インターネット上での三次元空間 オンデマンド生成技術

3.1 三次元空間オンデマンド生成の必要性

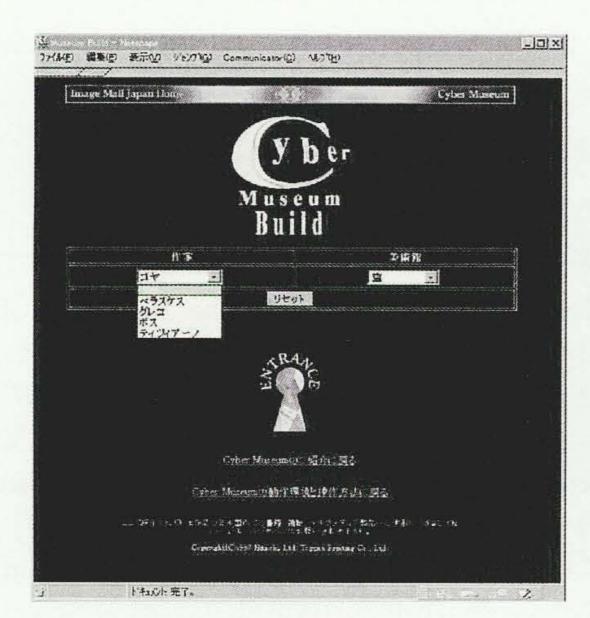
近年、インターネット上の三次元空間記述の事実上の 標準であるVRMLなどの進展により, 三次元的表現を取 り入れるウェブページが増えている。これらの中には, 非常に精密に出来ているものもあり、 ネットサーフィン を楽しむ人たちの目を留める集客効果はもちろんのこ と, 三次元的レイアウトの確認などが必要なプレゼンテ ーション目的などにも使われている。

ところが、これらは手間をかけて作っているものであ り、ウェブ上に多くのバリエーションを作っておくわけ にはいかない。一方、ウェブを訪れる人が見たいものに 当たることもまた少なく、効果的とは言いかねる場合も ある。そこで、ユーザーの指定やデータベース検索の結 果などに基づいて, サーバ上で動的に三次元空間 (VRMLファイル)を生成し、それをブラウザで閲覧する 方式を開発している。

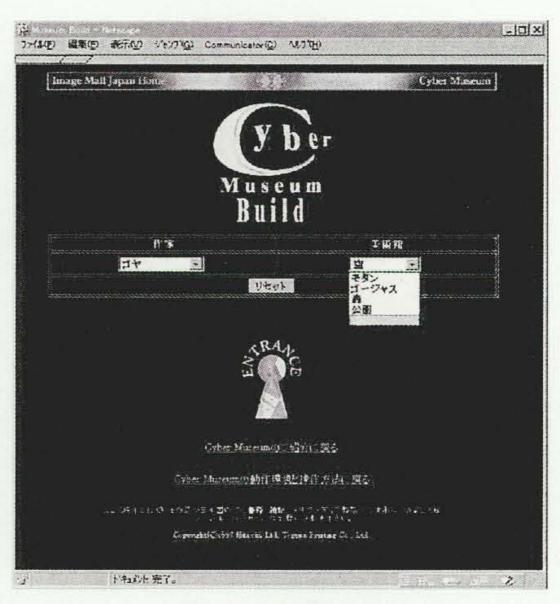
3.2 絵画鑑賞への適用事例

イメージ モール ジャパンのウェブで現在公開してい る「プラド美術館の5人の巨匠達」に適用した例につい て述べる。

ここでは、ユーザーが二つの項目を選択することがで きる。一つ目は、画家である。ゴヤ、ベラスケス、ボス など5人の巨匠のうち1人を選択できる〔図5(a)参照〕。 これら画家ごとに鑑賞できる絵画の枚数が異なっている のは、通常の美術館の展示でも起こることであり、自然



(a) 画家の選択画面



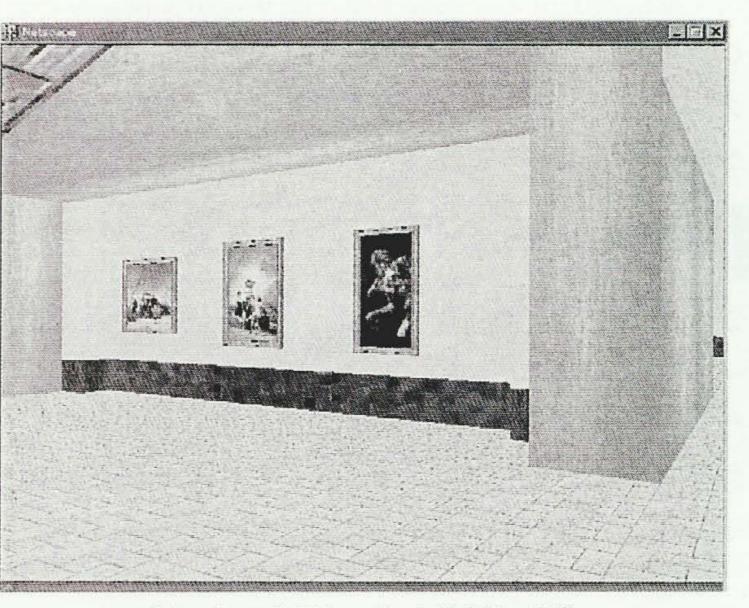
(b) 絵画鑑賞の場の選択画面

図5 インターネット上 の美術館での画家・鑑賞 空間の選択

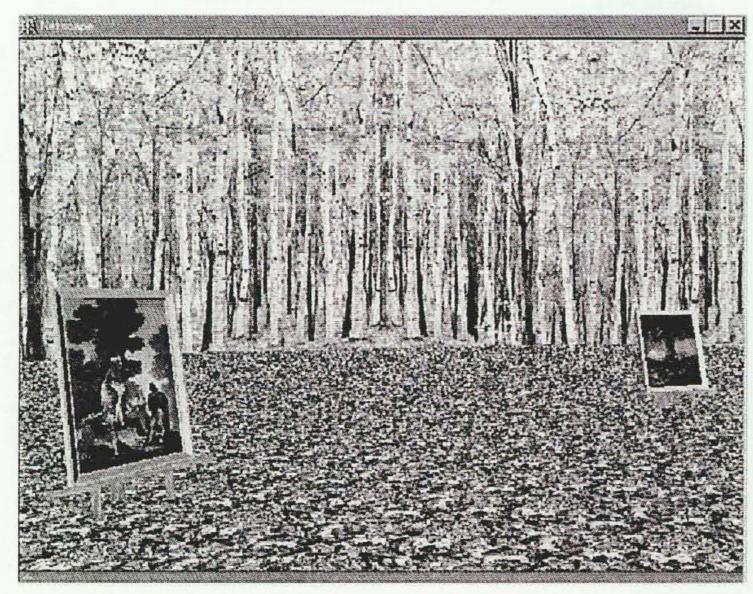
「イメージ モール ジャ パン」のホームページで開 設している, インターネッ ト上の三次元美術館の入口 を示す。



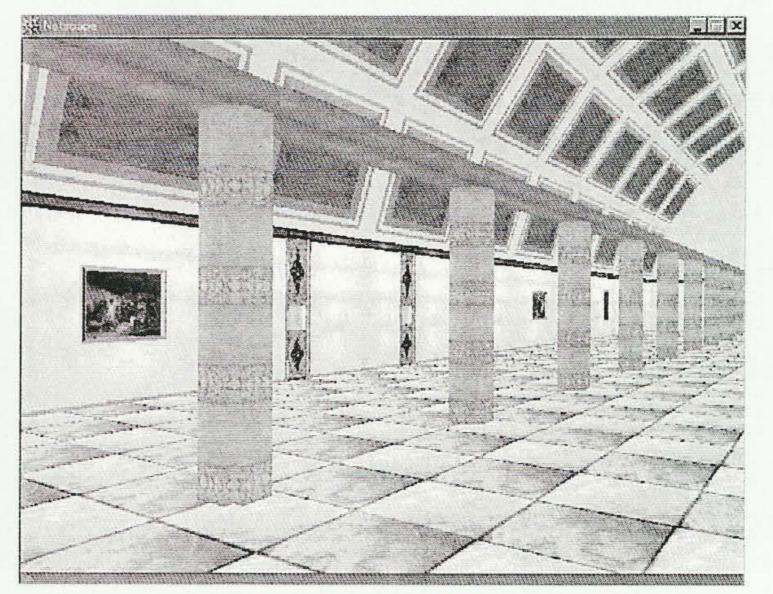
(a) ゴヤの絵画を空で鑑賞



(b) ゴヤの絵画をモダンな美術館で鑑賞



(c) ゴヤの絵画を森で鑑賞



(d) ゴヤの絵画をゴージャスな美術館で鑑賞

注:絵画画像 所蔵;マドリードのプラド美術館、撮影;ジョセフ・マルティン、写真提供;トッパン アート モール

図 6 インターネット上の美術館の内部

図5での画家・鑑賞空間の選択に従い、CG空間を自動生成する。ユーザーは、自分の感性に合った空間を自由にウォークスルーしながら絵画 鑑賞を行うことができる。

である。しかし、これまでの三次元空間デザインでは、ここで破たんをきたしてしまう。つまり、設計してある 美術館は静的なものであり、絵画をはり付ける場所が固 定されているため、枚数が異なるからといってレイアウ トをやり直すことはできなかった。

また、二つ目の選択項目は、絵画を鑑賞する場の選択である[図5(b)参照]。ここでは、モダンな美術館やゴージャスな美術館というような美術館のムードだけでなく、空、森、公園などの現実の世界では絵画を置けないような場でも鑑賞することができる(図6参照)。当然、作家との組合せにより、鑑賞できる絵画の枚数が異なってもかまわない。

これらの処理は、サーバ上に三次元空間の部品を準備しておき、ユーザーからの指示により、それに見合った枚数の絵画がはり付けられるように、部品を組み合わせて生成する技術を用いて実現する。図6に示す例では、表からは見えないが、絵画の額縁も動的に鑑賞する場にリンクして変更してあり、100通り以上の空間を生成することが可能となっている。

4 おわりに

ここでは、三次元CG技術として、写真などの実写画像をベースに、光を当てる方向によって変化する実物の光沢・質感・陰影をリアルに再現する技術と、多様なユーザーの要望に従ってインターネット上で三次元空間をオンデマンドで生成する技術の特徴と適用事例について述べた。

今後、前者は実物が与える印象をより正確に伝達する 技術として、ディジタル出版分野では美術品などの貴重 品のディジタルアーカイブ化に、エンタテインメント分 野では映像制作に、そして電子商取引分野では製品説明 などにそれぞれ適用されていくものと考える。後者の技 術は、インターネット上で、マルチメディアデータベー スとの連動と、コンピュータネットワークの性能向上が 進展し、三次元CGプレゼンテーションが普及することに より、今後、重要性が増していくものと思われる。これ からも、幅広い分野のユーザーニーズにこたえて、技術 開発を推進していく考えである。 終わりに、今回の開発した技術の適用にあたっては、 財団法人 徳川黎明会 徳川美術館、凸版印刷株式会社の 関係各位から多大なご指導とご協力をいただいた。ここ に深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) Y. Horry, et al.: Tour Into the Picture: Using a Spidery Mesh Interface to Make Animation from Single Image, SIGGRAPH 97 Proceedings (1997)
- 2) Y. Sato, et al.: Object Shape and Reflection Modeling from Observation, SIGGRAPH 97 Proceedings (1997)
- 3) M. Kato, et al.: Interactive Visual Simulation in a Quasi-three-dimensional World Based on Structuralization of Images, ICAT/VRST '95, Makuhari-Messe, Chiba, Japan (1995)
- 4) M. Kato: Theoretical Analysis of Scanning Electron Microscopes with Plural Detectors as an Application Field of Photometric Stereo, IAPR Workshop of Machine Vision Application (1992)

執筆者紹介



中川浩子

1989年日立製作所入社、ソフトウェア開発本部 新事業推進室 所属 現在、CG関連事業の企画に従事 情報処理学会会員 E-mail:nakaga_h@soft.hitachi.co.jp



森津俊之

1995年日立製作所入社,システム開発研究所 第 5 部 所属 現在,ビジネス向けユーザーインタフェースの研究開発に 従事 情報処理学会会員 E-mail:moritsu@sdl. hitachi. co. jp



坂尾秀樹

1988年日立製作所入社,システム開発研究所 第 5 部 所属 現在,VRMLを中心としたインタフェース技術の研究開発 に従事 情報処理学会会員,人工知能学会会員 E-mail: sakao@sdl. hitachi. co. jp



西美千子

1993年日立製作所入社,ソフトウェア開発本部第2オープンプラットフォーム設計部所属現在,CGを中心とした表現技術の研究開発に従事E-mail:m_nishi@soft.hitachi.co.jp