

# VTR 画像から CG 作品を制作する技術の検討

大井 祥照

## 1. はじめに

IT の進歩により，コンピュータビジョン（CV）による画像解析技術 [1]，コンピュータグラフィックス（CG）による画像生成技術が身近になった。最近では，実在物体の画像情報を解析し，現実感ある CG を生成する技術が，CV と CG の技術を融合させることで盛んに研究開発されている。実在物体の画像情報を利用した現実感の高い映像は，最初，映画，コマーシャル，雑誌などのオフライン映像としてグラフィックス・ワークステーション上で生成された。次に，グラフィックスボードなどの技術進歩により，アーケードゲーム，家庭用ゲームなどのオンライン映像として生成された。最近では，パーソナルコンピュータ上で現実感の高い映像を生成することが可能になってきた。近い将来において，インターネット上で現実感の高い映像が簡単に生成され，モバイル端末の映像コンテンツとして広く流通し利用されることが考えられる [2]。

一般的に，CG デザイナが屋外景観の CG コンテンツを制作する場合，現地で撮影した複数の写真もしくは VTR を参考にする。CG デザイナは，汎用 CG ソフトウェアを用いて屋外景観の CG コンテンツを制作するが，試行錯誤を要する作業である。本論文では，屋外景観を撮影した VTR から景観の CG コンテンツをシステムティックに制作する技術を検討する。それにより，CG デザイナが試行錯誤することなく屋外風景の CG コンテンツを制作することが可能になる。昨年までに開発した CG ツール群（VolumeEditor）は操作が難解であった。今回新たに統合的なユーザインタフェース [3] を開発し，実際に CG コンテンツを制作し操作性の向上を確認したので本論文で報告する。また，屋外物体の CG モデル化に利用可能な類似システムと VolumeEditor とを性能比較した。

図 1 は VTR 画像を VolumeEditor で解析することで制作した CG コンテ

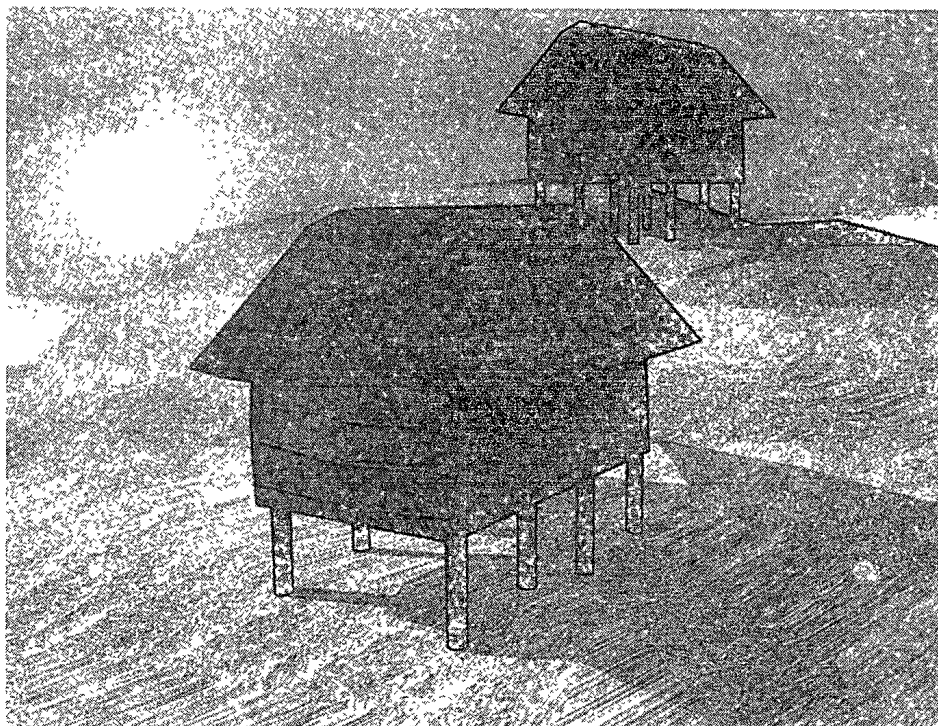


図1 仮想屋外景観の現実感あるCGコンテンツ

ンツ（仮想空間のアニメーション）から抜き出した1枚の画像である。

CGコンテンツ制作の大まかな流れを以下に示す。

- (1) CG化しようとしている屋外景観をVTRで撮影する。
- (2) VTRを解析し、CGコンテンツの素材を抽出する。
  - (ア) 対象物体の完全なCGモデルを制作する。
  - (イ) その他の素材（空、地面、背景、など）を抽出する。
- (3) 汎用CGソフトウェアを用いて、素材を組み合わせてCGコンテンツを制作する。

## 2. 屋外風景の撮影およびプランニング

### 2.1. 機材

デジタルビデオカメラは、SONY製3CCDカメラ（DCR-VX1000）を用いた。ビデオデータはSilicon Graphics社製のグラフィックス・ワークステーション（O2）からAVIファイル形式で取り込んだ。VTRを解析しCGモデルを制作するプログラムはグラフィックス・ワークステーション（Indigo 2, O2）上で開発した。C言語およびグラフィックスライブラリ（OpenGL [4]）を用いた。

統合CGソフトウェアは、カナダのSide Effects Software社が開発した

“手続型” 3D モデリング&アニメーション制作環境 Houdini [5] を用いた。

## 2.2. 撮 影

撮影した場所は，横浜市営地下鉄・センター北駅近くにある横浜市歴史博物館管理の国指定史跡「大塚・歳勝土遺跡」公園である。ビデオカメラを用いて大塚遺跡公園内に復元されている「高床式倉庫」の全周を撮影した。また，地面の芝，空などの CG コンテンツ素材を撮影した。

## 2.3. プランニング

昨年までに作成した CG ツール群 (VolumeEditor) に今回新たに統合的なユーザインタフェースを追加した。対象物体の CG コンテンツ制作の計画立案・実行を支援するプランニング・ユーザインタフェースである。

プランニング・ユーザインタフェースの利点を以下に列挙する。

- (1) VTR 解析を事前に計画検討することが可能になる。
- (2) プランニングまでを本システム経験者が行うことで，後の作業は初心者  
に任せることが可能になる。
- (3) CG モデル制作がどのように進められたかを記録に残すことが可能になる。

VTR 画像を再生しながら，高床式倉庫をどのようにして復元するかを検討する。図 2 に，プランニング・ユーザインタフェース画面を示す。まず，高床式倉庫を 4 つのパーツ（前面，左側面，背面，右側面）に分けて CG モデルを制作する。次に，前面と左側面を合成し新たなパーツとし，背面と右側面を合成し新たなパーツとする。最後に，その 2 つのパーツを合成することで，高床式倉庫の CG モデルが完成する。

プランニング・ユーザインタフェース内における各種ボタンの機能を以下に示す。各色のボタンを操作し，高床式倉庫の CG モデルを制作する。

- (1) 緑色のボタン：CG ツールの主な処理が起動する。  
2D 計算，3D 計算，表面模様計算，合成計算
- (2) 黄色のボタン：現在の処理結果を表示する。  
VRML 形式 [6]，[7] のインタラクティブな 3D 状態で表示される。

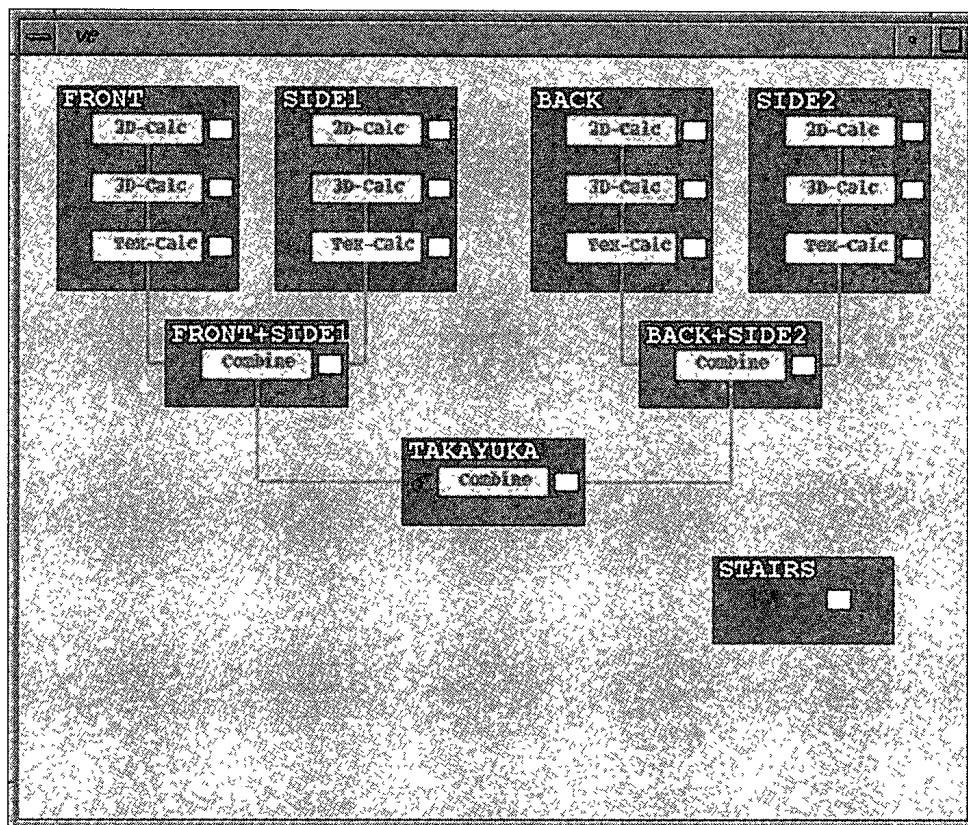


図2 プランニング・ユーザインタフェース

(3) 灰色のボタン：VTR 画像を表示する。

### 3. 4 個のパーツ（前面，左側面，背面，右側面）の CG モデル化

#### 3.1. 前面（FRONT）の CG モデル化

図 3 に，高床式倉庫前面（FRONT）の CG モデル化手順を示す。

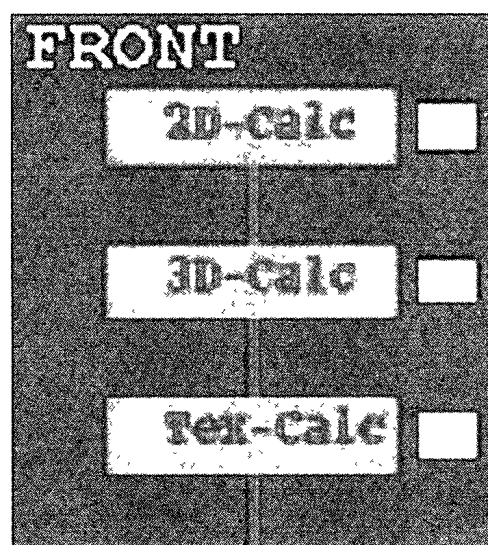


図3 前面の CG モデル化の手順

2D計算 (2D-Calc), 3D計算 (3D-Calc), 表面模様計算 (Tex-Calc) を順次的に処理する。

#### 3.1.1. 2D計算 (2D-Calc)

図4は、高床式倉庫の前面のステレオ画像である。この2枚はプランニング・ユーザインタフェースのVTR画像を見ながら決定する。2D計算ウィンドウでは、ステレオ対応する特徴量(点, 線, 面)を操作者が指示する。

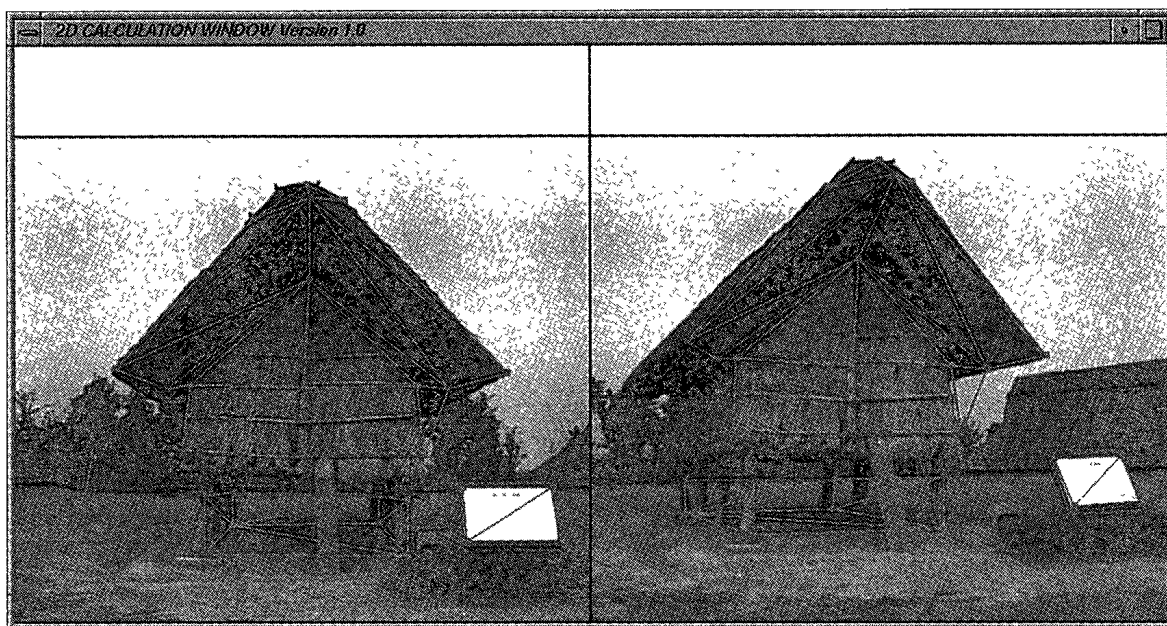


図4 2D計算ウィンドウ

#### 3.1.2. 3D計算 (3D-Calc)

図5は、2D計算結果をもとに3D計算した高床式倉庫前面の3D計算結果である。この3D計算ウィンドウにおいて、計算機が自動計算した3D計算結果の誤差を、操作者が手動で修正することができる。3D計算ウィンドウはOpenGLを用いて作成されており、対象物体の3D復元の様子を任意の視点位置から立体的にながめることが可能である。

#### 3.1.3. 表面模様修正計算 (Tex-Calc)

図6は、3D計算結果をもとに各物体面の表面模様を正確に計算した結果である。黄色のボタンを押すと、VRML形式のCGモデルを3D表示するプログラム (ivview) が動作する。

### 3.2. 左側面, 背面, 右側面のCGモデル化

「前面」の場合と同様の処理を行い、高床式倉庫の左側面と背面, 右側面をCGモデル化する。ここでは結果だけを示す。

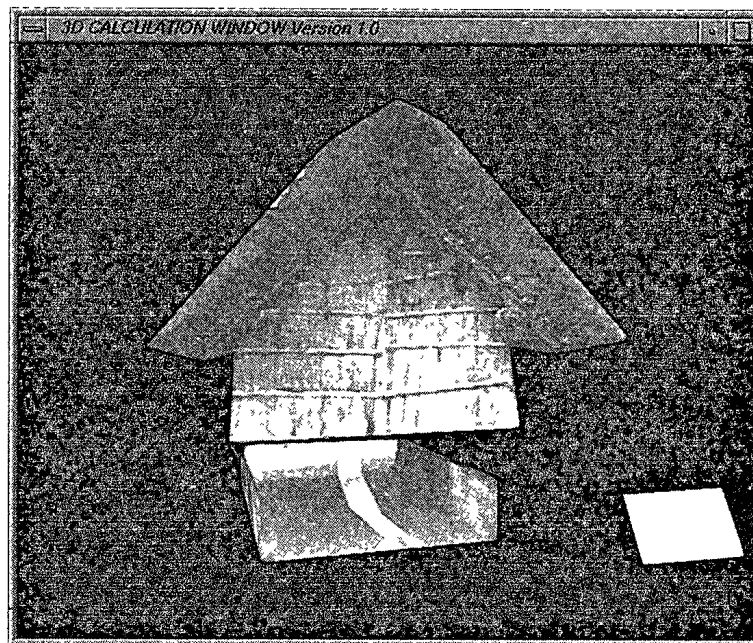


図5 3D計算ウィンドウ

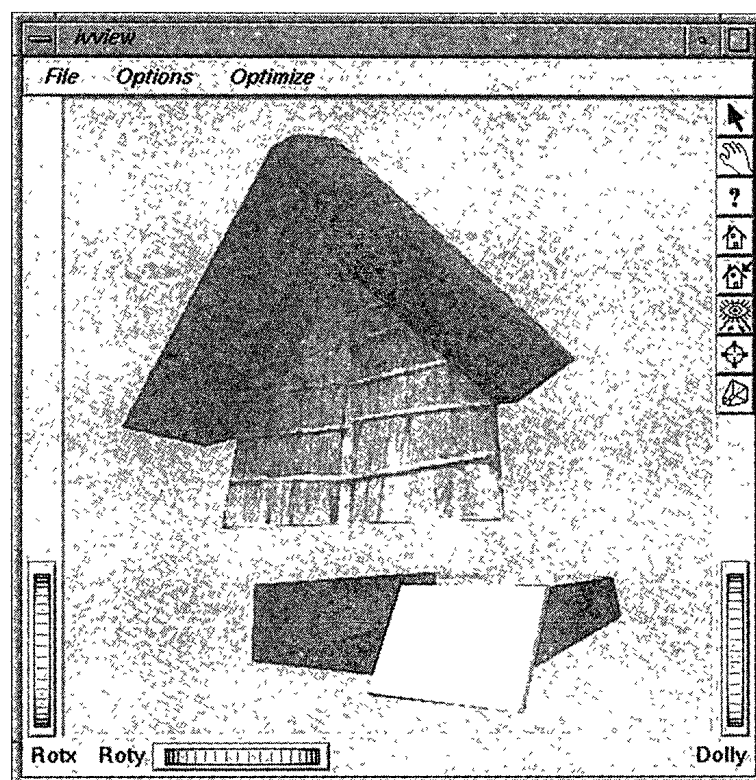


図6 高床式倉庫の前面パーツのCGモデル



### 3.2.1. 左側面のCGモデル化

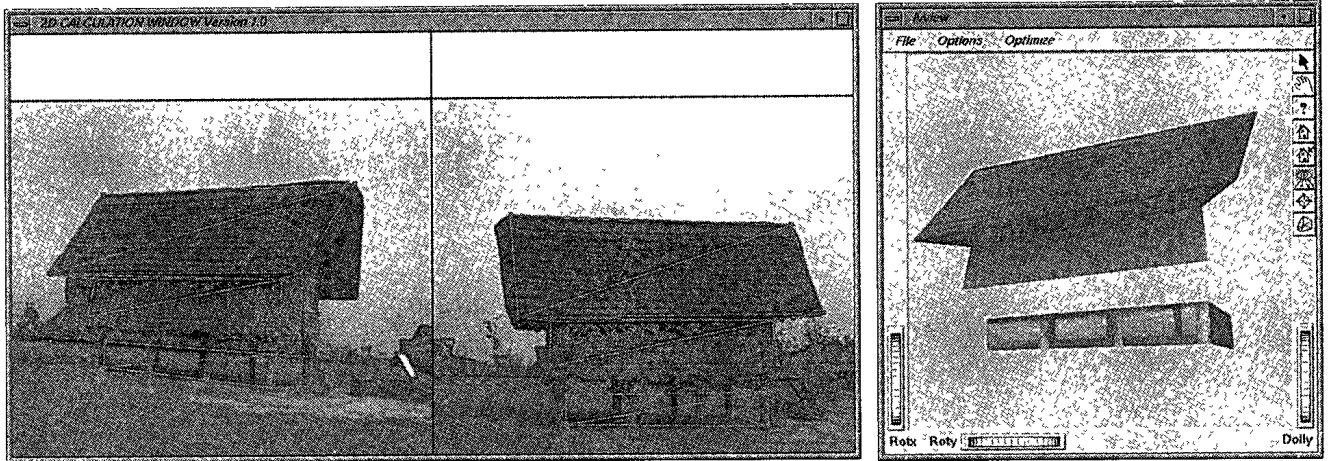


図7 高床式倉庫の左側面のCGモデル化結果

### 3.2.2. 背面のCGモデル化

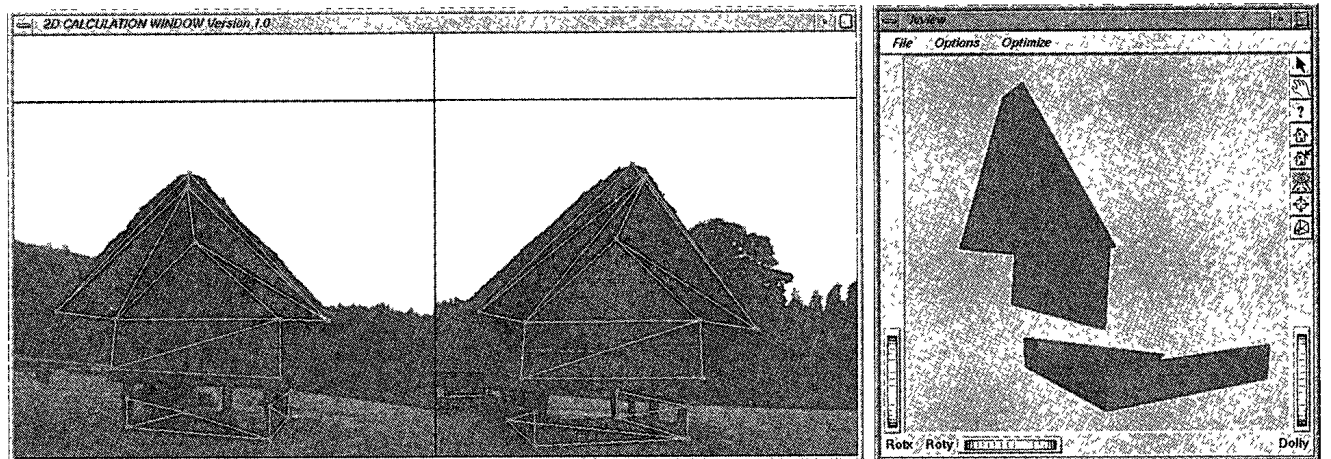


図8 高床式倉庫の背面のCGモデル化結果

### 3.2.3. 右側面のCGモデル化

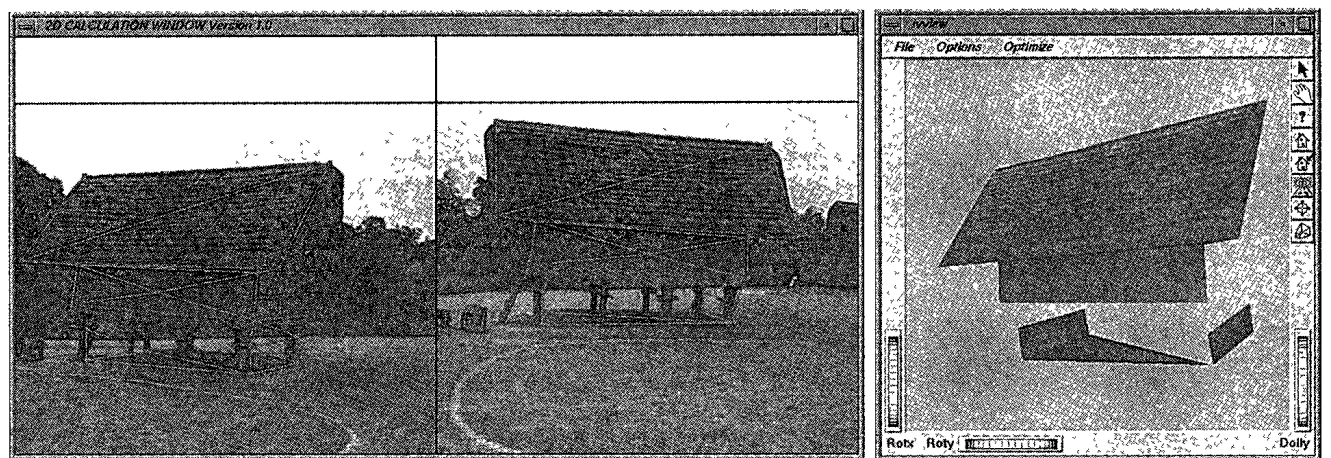


図9 高床式倉庫の右側面のCGモデル化結果

## 4. パーツ（前面、左側面、背面、右側面）の合成

4個のパーツ（前面、左側面、背面、右側面）を合成し、高床式倉庫の完全なCGモデルを制作する。まず、「前面パーツ」と「左側面パーツ」を合成し、次に「背面パーツ」と「右側面パーツ」を合成する。最後に、合成した2つのパーツをさらに合成し、高床式住居の完全CGモデルを完成させる。

### 4.1. 「前面パーツ」と「左側面パーツ」の合成

図10は、「前面パーツ」と「左側面パーツ」を合成する際に利用するユーザインタフェースである。合成処理（Combine）を行うと合成処理ウィンドウが表示され、操作者指示により合成処理が実行される。合成処理では2つのパーツに共通する特徴点を操作者が指示し、計算機が最小2乗法により最適な位置に合成する。



図10 「前面パーツ」と「左側面パーツ」の合成処理ユーザインタフェース

図11は、「前面パーツ」と「左側面パーツ」を合成した結果である。ユーザインタフェース（図10）の黄色ボタンを押した結果表示される。

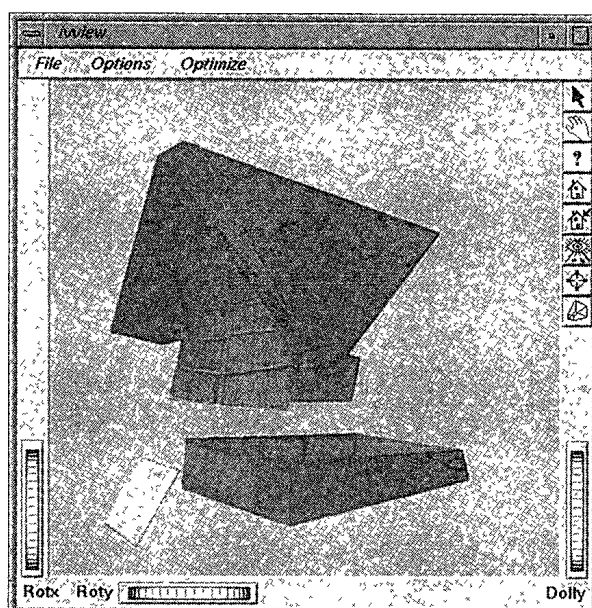


図11 「前面パーツ」と「左側面パーツ」の合成結果



#### 4.2. 「背面パーツ」と「右側面パーツ」の合成

図 12 は、「背面パーツ」と「右側面パーツ」を合成した結果である。

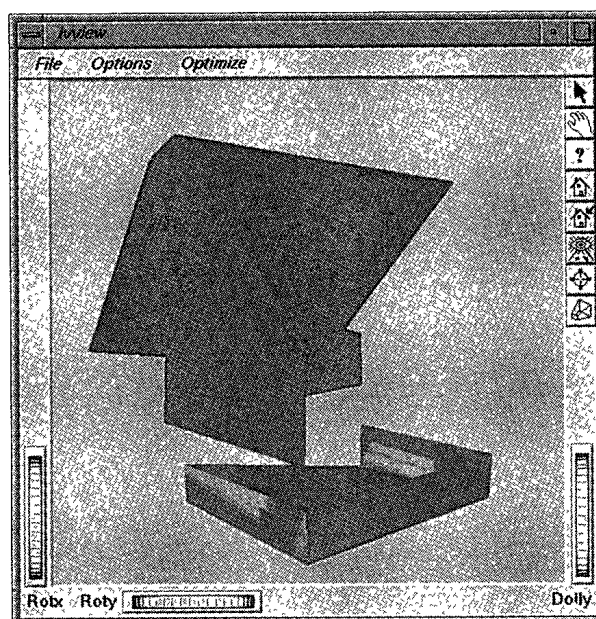


図 12 「背面パーツ」と「右側面パーツ」の合成結果

#### 4.3. 「前面+左側面パーツ」と「背面+右側面パーツ」の合成

図 13 は、「前面+左側面パーツ」と「背面+右側面パーツ」を合成し、高床式倉庫の CG モデルを制作した結果である。

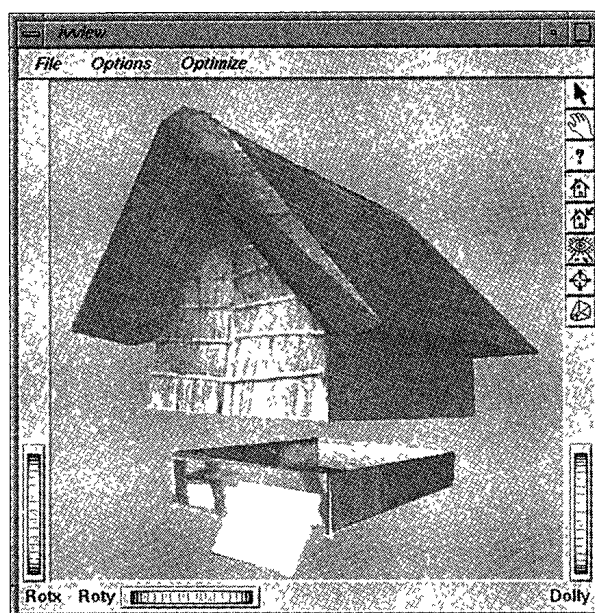


図 13 高床式倉庫の CG モデル制作結果

## 5. 汎用 CG ソフトウェアを用いた「屋外景観」CG の制作

### 5.1. 屋外景観の「高床式倉庫の倉庫部分」以外の部品制作

#### 5.1.1. 高床式倉庫の階段の制作

図 14 は、VTR から高床式倉庫の階段を CG モデル化したものである。これは高床式倉庫の倉庫部分と同様の手順で制作した。

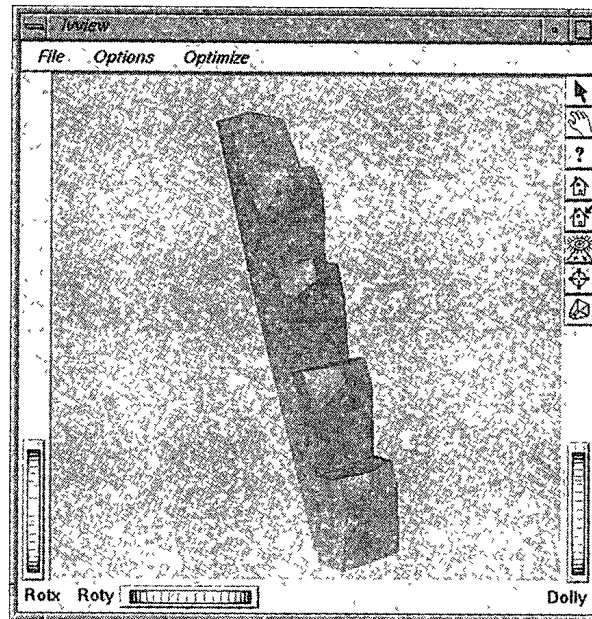


図 14 高床式倉庫の階段の CG モデル

#### 5.1.2. 地面・空の制作

地面と空は汎用 CG ソフトウェア（Houdini）を用いて制作した。地面の 3D 形状は平面にランダムな凹凸をつけた。表面模様は、VTR から抽出した地表が写っている 1 枚の画像から表面模様を抽出しマッピング（貼り付け）した。空の 3D 形状は大きな半円球とし、球面の表面には VTR から抽出した空画像をマッピングした。VTR から抜き出した実際の画像を表面模様を利用することで、リアルな景観が再現できる。高床式倉庫の支柱は CG で木材円柱形状を作成した。

### 5.2. 古代景観 CG アニメーションの制作

制作した各部品（高床式倉庫，階段，地面，空）を Houdini 上で合成した。早朝をイメージし，朝日が当たっている様に，照明を水平線方向から当てた。CG アニメーションのカメラの動きを設定し，動画ファイルを出力した。また，O2 上の Houdini からの NTSC 形式 VTR 出力を VTR テープ

に記録した。

## 6. 類似ツールとの比較

VolumeEditor の特色は，操作者の対象物体に対する形状知識を利用することで，CG モデルの作成精度を向上させることができる点である。表 1 において，VolumeEditor と類似システムとの性能を比較した。画像対などの入力作業の難易度，システム操作の難易度，操作の際に操作者の対象物体に対する形状知識が有効利用可能か，そして，復元した CG モデルの精度で比較した。全ての項目で○か◎であるのは，VolumeEditor のみである。LMS-Z 210（レーザ測距）は，他のシステムと違い画像処理を用いていないが参考のため比較した。

表 1 VolumeEditor と類似システムとの比較

	入力作業		操 作				復元 精度
	情報	難易度	操作例	形状知 識利用	難易度	作業時間	
VolumeEditor	画像対	○	特徴点指示	◎	○	60	○
PhotoModeler	画像対	○	特徴点・面指示	×	△	60	△
3 D-Builder	画像, 基準座標	×	特徴点指示	×	○	60	○
GAIA	VTR	○	なし	×	◎	30	×
RealModeler	画像	○	3 D 形状指示	○	△	60	×
LMS-Z 210	レーザ測距	△	なし	×	◎	10	◎

作業時間 [分] (目安)

### ・ VolumeEditor

VTR から選択した画像対を入力とし，特徴点指示などを行い，高精度な 3 D 復元計算を実行する。3 D 復元計算形状を操作者の対象物体に対する形状知識（平面，直角，厚み，対称性，等間隔，など）により修正することが可能である。

### ・ PhotoModeler [8], [9]

画像対を入力とし，特徴点・面指示などを行い，3 D 復元計算を実行する。全ての特徴面を操作者が指示する必要がある，VolumeEditor と比べ操作量が多い。また，3 D 復元計算（最小 2 乗法）は性能が不安定であり，また，形状知識を利用して 3 D 復元計算結果を修正することはできない。

### ・ 3 D-Builder [10]

対象物体を撮影する際に基準座標を同時に撮影する必要がある，VolumeEditor と比較して入力作業が難しい。基準座標を用いるため，3 D

復元計算の性能は安定して高精度である。

- GAIA [11]

VTR を入力とし，計算機が特徴点を自動追跡するため，特徴点指示などの操作を行うことなく，3D 復元計算（因子分解法）を実行する。そのため，操作は VolumeEditor より簡単である。しかし，対応問題の自動解決誤差（因子分解法）のため，3D 復元精度は悪い。

- RealModeler [12]

操作者の対象物体に対する形状知識を直接用いる方法である。基本形状を組み合わせて対象物体の近似形状を確定させる。その近似形状の表面模様を画像から効率的に抽出することが可能である。ビルなどの簡単な形状の物体の大雑把な復元に適した方法である。複雑な形状の 3D 復元には適していない。

- LMS-Z 210 [13]

レーザービームを広角で高速スキャニングすることで，遠距離の対象物体を高精度で密に 3D 測定する方法である。画像処理方式と比較して，装置が非常に高価であり，測定現場での設置が困難である。

## 7. おわりに

現実感の高い CG 映像が身近になり，一般のカメラ，ビデオカメラで実在物体を撮影した画像を解析し，そのような現実感ある CG 映像を簡単に作成したいというニーズが生じてきた。本論文において，CG デザイナが対象物体についての形状知識を用いてシステムに指示することで，現実感ある CG コンテンツを試行錯誤なく簡単に制作する方法を提案した。プランニング・ユーザインタフェースを用いることで，VolumeEditor を用いた CG モデリング作業が格段に楽になることを確認した。VolumeEditor と類似システムを比較し，VolumeEditor は使いやすく，高性能であることを確認した。また，CG デザイナが簡単に，実在物体と仮想物体とを合成した仮想現実 CG コンテンツを制作する手順を示した。しかし，提案した手順ではアニメーションを制作する場合に多大な CPU 負荷が生じることが分かった。

CG コンテンツを構成する各物体毎にアニメーションを制作し，後で動画編集ソフトウェア（ex. Premiere）で編集・合成できれば解決すると考えられる。いろいろな画像効果（太陽光，もや，煙，等）を後から画像処理ソフトウェア（ex. After Effects）で合成することが考えられる。

## 参考文献

- 1) カール・クラウス, 「写真測量」, 技術書院, 1993.
- 2) 大井祥照, 斉藤康彦, 佐藤仁孝, 藤田江美子, 古郡延子, 「モバイルマルチメディア社会の到来」, 科学技術振興事業団, 情報管理, 2002.
- 3) 大井祥照, 「CG コンテンツ制作手順の研究」, (株)アイネス, System Research Section Report, 2001.
- 4) Neideer J., Davis T., Woo M., “OpenGL Programming Guide,” Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
- 5) (株)エヌ・ケー・エクサ, Houdini, <http://www.nk-exa.co.jp/houdini>
- 6) Wernecke J., “The Inventor Mentor,” Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
- 7) Carey R., Bell G., “The Annotated VRML 2.0 Reference Manual,” Addison-Wesley Publishing Company, 1997.
- 8) Eos Systems Inc., PhotoModeler, <http://www.photomodeler.com>
- 9) PhotoModeler Users’ Manual, Eos Systems Inc., 1996.
- 10) 3 D Construction Company, 3 D-Builder, <http://www.3dconstruction.com>
- 11) (株)オーグス総研, GAIA, <http://www.ogis-ri.co.jp/vgaia>
- 12) (株)富士通, RealModeler, <http://www.ist.fujitsu.com/rmodeler>
- 13) リーグルジャパン(株), LMS-Z 210, <http://www.riegl-japan.co.jp>