

## CG技術による防災情報の効果的表示に関する研究

河田恵昭・小池信昭\*・上野弘道\*\*

\* 京都大学大学院工学研究科

\*\* 鹿島建設技術研究所

### 要 旨

この報告では、テレビ、映画でお馴染みのコンピュータグラフィックス(CG)技術を防災情報の表示に利用すべく、まだ初歩的な試みではあるが過去5年間に以内にCG作成に携わった事例から、比較的防災に関係すると思われる作品を選び出して説明する。いずれも数値解析の結果を基にしたCG動画、あるいは実験結果のデータを加工した例であるが、防災情報の効果的表示技術開発の次のステップに向け、より説得性のあるCG作成の取り組み方を策定する手掛かりを含むと思われる。

**キーワード:** 3次元CG動画、シェーディング、テクスチャーマッピング、火災延焼、津波伝播解析

### 1. はじめに

最近のCGは、TVコマーシャルあるいは映画ジェラシックパークの恐竜等に見られる如く意外な映像を作り出し、素人目にもとても新鮮な技術を感じさせる。一方建築物の構造CADデータを使った意匠デザイン系のリアルなCGは、アニメーション動画となって顧客へのプレゼンテーション資料に、あるいは持ち運び可能なパーソナルコンピュータに内蔵し外部での表示が可能になっている。この技術は津波、火災延焼等解析を主体とした計算結果の判りやすいCG表現にも応用できる。但し技術計算にCG手法を適用する上で大切な事は、解析結果の是非をCGで理解し、パラメータを替えた新たな計算、或いは解析の限界を悟り解析手法の再構築への展開に臨機応変に対応出来るこそ意味がある。この報告ではまずCG作成の基本的な流れを説明し、その後防災に関連するCG応用例として津波波動伝播、火災延焼、地震時の制震装置効果確認解析、強風下の橋桁振れ連成振動(風洞実験)、煉瓦構造物の地震時倒壊を模擬したCG等の作成法を紹介する。何れの事例も市販のソフトに頼らない独自で開発され、4,5分のビデオアニメーションになっているが、この報告では、2,3枚の連続した写真映像を挿入し説明する。但し音声、BGM、ナレーション等は省略する。

### 2. GC作成法概説

Fig. 1にCG作成の概略フローを示す。最近では解析結果を表示する市販のソフトが数多く出回っている。但し各々応用分野の異なる事例には不向きであり個性的ではない。ここでは米国シリコングラフィックス(SGI)社のCGマンを使い、SGI社固有のグラフィックスライブラリー(GL)言語を用いた作成方法を説明する。

#### 2.1 形状データの読み込み

形状データとは、火災延焼シミュレーションでは町並み建物、道路、樹木等を示し、津波解析では陸地、海底、島等を現す。SGI社のGLは最初から3次元コマンドで書き下すので、例えば2次元でも説明出来る温度コンター図等も、3次元空間のX-Y平面、あるいはX-Z平面を選び投影する。形状データは基本的には3次元データで、通常3次元モデラーと呼ばれるソフト(CATIA, CADAM等)のデータ、或いは構造解析分野の汎用解析コード(NASTRAN, DYNA3D, ADINA等)のデータをそのまま読み込み、面を構成するポリゴン(同一平面内の矩形)データに変換して使用する等の手段をとる。3次元FEM解析等は最も簡単な例で、要素を構成する接点番号はそのままポリゴンを構成する番号並びに引用できる。

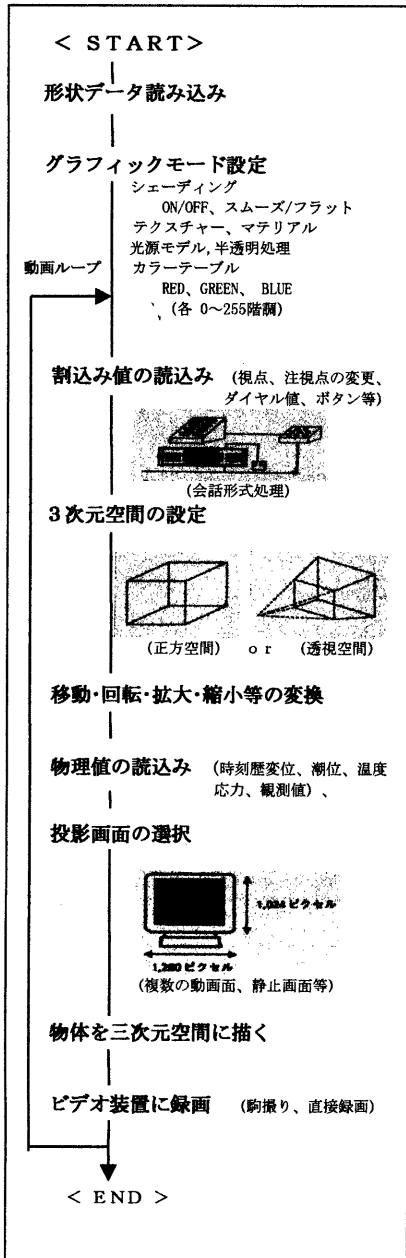


Fig 1 The concept chart which makes Computer Graphics

## 2.2 グラフィックモードの設定

この部分はグラフィックの品質を決める設定を行う。昔よく使われた白黒線画プロッター程度のCG動画では、この設定はほとんど必要としない。シェーディングとはポリゴンに陰影や色の濃淡を付ける事を意味する。温度コンターをカラーで表現するには、ポリゴンを構成する接点番号の温度値の大きさを後述する色番号に変換し、ポリゴンの内側を連続した色番号淡で補間する。ポリゴンを同一色番号の色で塗りつぶすのをフラットシェーディングと言う。テクスチャーとはポリゴンに色を塗る替わりに写真や模様を貼りつける事を、またマテリアルとはポリゴンの表面の輝き、拡散等を意味する。光源モデルとは、点光源、平行光源、その位置を指定する等の処理を行う。半透明処理とはポリゴンを塗りつぶしたりテクスチャーを貼り付けた後に、ある程度の光の透過性を持たせる設定コマンドで色を塗る面の透明度合いを、ピクセルのON/OFFパターンの定義で設定する。カラーテーブルとは、光の3原色(赤、緑、青)の各強さを256段階に定義し、その組み合わせで最大約1600万色を使い分ける事が出来る。その他多くの設定値が有るが説明を省略する。

## 2.3 割り込み値の読み込み

出来上がったCG映像をコンピュータ画面で確認する際は、例えば構造物を見る方向を変えたりその物体の移動、回転、拡大縮小等をキーボードの操作、あるいは8自由度をコントロール出来るダイヤルボックスの各ダイヤルを回し、外部からその場で直接CGコンピュータに値を認識させる事が出来る。通常はX, Y, Z方向の移動量、回転角度で6自由度、そして物体を見る視野角を調節して物体の拡大縮小を操作する。スイッチボックスは、キーボードで操作が不足する場合、32個のON/OFF値の設定からプログラムの流れを制御出来る。例えばキーボードのRキーを押すとリセット、Pキーは最初の解析ステップに戻ってCGを再表示、Escキーで終了、スイッチ1をONにした状態では、視点(3次元空間で物体を見つめる為の観察者眼位置)、注視点(見つめる物体の位置)の1番目データを使う、等を意味する。解析結果をCGで理解したい担当者がコンピュータ画面の前に座って直接会話形式に操作する環境を作るのに、この割り込み値の読み込み操作が必要となる。

## 2.4 3次元空間の設定

正方空間と透視空間の2種類が用意される。景観シミュレーションのように物の遠近感を意識するようなCGは透視空間、解析系は正方空間を用いるが特に決まりはない。最初にCGコンピュータに構造物等の大きさ、移動する変位量等を考慮した空間の大きさを認識させる。3次元空間を定義する長さの単位と物体の大きさを表す長さの単位は、同じ値を使用する。前述の視点、注視点もこの空間内の値で定義する。要するにCGコンピュータに設定した空間を常に意識する事が大切である。座標系はコンピュータ画面に向い、垂直がY、水平がX、奥行きがZ方向と定義している。

## 2.5 移動・回転・拡大・縮小の变换

割込み命令で取り込まれた値を3次元空間の座標変換式で計算し新たなCG映像を定義する。この計算はハードウェアボードに組み込まれ高速に処理されるので、CG作成者は移動、回転、空間定義の判りやすいサブルーチン指数をディスクやメモリーから読込んだ値に変更するだけで良い。

## 2.6 物理値の読み込み

時間の経過とともに変化する値を取り込む。例えば地震応答解析でビルの揺れを表現するのであれば水平、上下の変形を意味する。津波伝播解析の場合では全メッシュの潮位の時刻履歴にある。建築系意匠デザイン関連のCGでは、3次元モデラーを使い詳細に組み上げられた町並み等の空間を、視点、注視点を時々刻々変化させながらCGで表現（これをウォークスルーと言う）する手法がよく用いられるが、この視点データ列も同じ意味を持つ。各時刻、あるいはCG映像を作成するステップ（ビデオでは1秒間30駒に相当）毎に取り込む物理量の容量によるが、通常は形状データと共に予め物理量を磁気ディスクファイルから全ステップ分メモリーに取り込み、各ステップ毎にそのメモリー値を使用する。

しかし津波伝播解析では時刻歴データの合計は十数GB以上にも達し物理的に不可能なので、1ステップ解析する度にCGを作成し録画する場合も有る。

## 2.7 投影画面の選択

CGコンピュータでは3次元空間を意識しながらCG映像をコンピュータの管面に出力する際、ディスプレイ画面（通常縦1024ピクセル、横1280ピクセル）のどの位置に出力するかを決める。例えば地震波形成面とか地震経過時刻の文字表示等は、XY面の左下側に固定してCG出力する。動画で解析結果を比較する場合にはディスプレイ管面の左右に2つの画面（viewport）を別々に定義しCG映像を出力する。

## 2.8 物体を3次元空間に描く

基本的にはポリゴンの集合体である3次元物体を空間の中に描く事を意味する。まず管面を黒等の背景色でクリアした後、各ポリゴンに色やテクスチャーを貼り付ける。隠面処理を自動的に行う処理機能（Zバッファ）が働き管面に向かって遠い物体から順番に描くので物体の前後関係は意識する必要はない。ポリゴンは3角形を基本とするが同一平面内であれば多角形でも問題はない。但し凸多角形、凹多角形は色を塗る順番の関係上取り扱いを注意する。

後述する津波伝播解析のようにポリゴンの法線ベクトルを計算する場合もあるので、接点番号の順番はFEM解析同様統一した習慣を持つのが良い。

描かれた3次元物体等は1024×1280ピクセルサイズ管面の各ピクセル毎にRED、REEN、BLUEそれぞれ256（1バイト）階調の色情報に変換する計算処理しバッファに書き込む。バッファは二つ存在し片方のバッファの画像を管面に出力している間にもう一方のバッファに次ステップの映像を書き込む処理を行い、これを動画ループ毎に交互に繰り返す。物体を描画するソフト技術の高度な習得が必要となる。

## 2.9 ビデオ装置に録画

録画するにはまずコンピュータ管面の解像度（1024×1280）を通常のTVモニター解像度（480×640）にダウンコンバートする。フレームスキャンコンバータと言う名称の変換機もあるが、この頃のCGコンピュータはこのコンバーターが内蔵されている場合も多い。動画ループのスピードはCG映像を作るポリゴンの数で決まる。ポリゴン数が1万個以内であればほとんどリアルタイムに近いスピード（30駒/秒）が保証される。但し津波伝播動解析のように200万ポリゴンを超えると、毎秒1駒の表示でさえ不可能になる。そんな場合には動画ループ毎に1駒づつ録画する駒取り手法が使われる。例えば1分のビデオを作るとすれば1800駒の録画を必要とする。CGの作成部分、録画装置とCGコンピュータが動画ループ毎に情報をやり取りする時間も含め、4時間を超える作業になる場合もある。この場合、移動・回転・縮小拡大等を指定する割込み値設定は、予め予定した処理流れに合せ自動的にCG計算がなされるよう準備しなければならない。録画はテープ装置よりビデオディスクレコーダーがスピード的に望ましい。

最近ではコンピュータ磁気ディスク装置が比較的安全になったので、十数ギガバイトもあれば10分程度のビデオ映像をデジタル値として直接ディスクに出力した後でディスクとコンピュータが会話して画像処理、音声、タイトル、注釈文等の挿入も可能な映像編集（ノンリニア編集）が盛んになり専用の市販ソフトも多数出回っている。

## 3. CG映像作成事例

ここでは、Fig. 1のCG作成概説に準じて作成された5つの事例を、個々の特徴も含めて紹介する。

### 3.1 制震装置の制効果確認CG

2段階建ての鉄骨オフィスビルに加わる地震外力を軽減するアクティブ型制震装置の効果を説明した建設会社の社内で良く使われる作品例である。

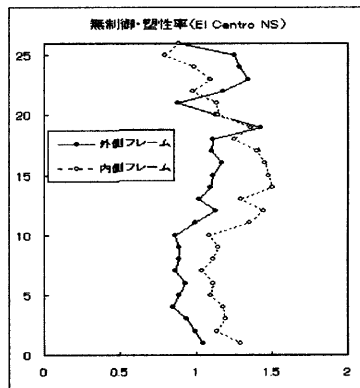


Fig. 2 Maximum Plastic Response Ratio (without active structural control system)

制震装置の有無を条件とした地震応答計算し、時刻歴応答変位を建物骨組みの動きに用いた。制震装置対策を施していない鉄骨構造は、地震荷重で振動する変形も大きい、従来の手法と同じく単に動的な動きだけで比較しても制震効果度合いの判別が難しい。それは地震荷力加速度が阪神淡路大地震以来大きな値を使う故でもある。このCGでは時刻歴応答最大塑性率 (Fig. 2) から各階のビル損傷度合いをテクスチャーを使って表現して見た。応答塑性率は応答計算の最中に何回も設計限界塑性率を越え、その度に鉄骨の塑性度合いが進行し地震応答終了時には残留変形を生じる事になる。そこで各階の2方向応答計算中、塑性率限界値を越える毎に外周カーテンウォールを少しずつ損傷させる意味を持たせたテクスチャー (窓ガラスが破損) と置き換える方法を使った。置き換える位置は各階の窓枠取り付け位置単位とし、一様乱数から各階の窓枠位置を割付け、その場所が既に損傷したテクスチャーに置き換わっている場合にはそのままにする。この判定を動画ループ毎に行わずに適当に間引けば、動く映像の中に破壊が進行していく雰囲気は伝わってくる。本来建築会社は建造物の完成が仕事なのでこの様なCG作成は歓迎されないが、ひとつの試みとして紹介した。

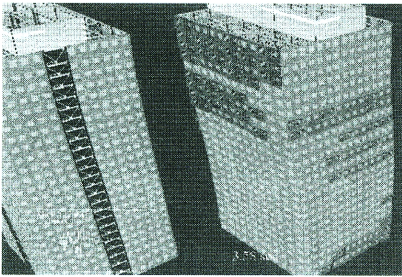


Photo 1 The process that the plasticity of steel frame progresses vs. the frame with active structural control equipment (left side)

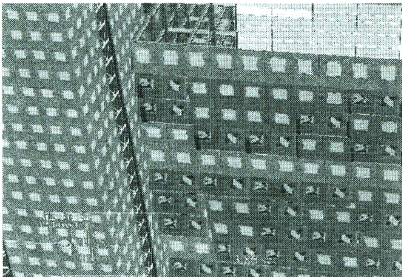


Photo 2 The scene approached to the top floor

Photo 1は左側にアクティブ型制震装置 (ビル壁面中央V字型) を設置した鉄骨構造, 右側は通常の鉄骨構造である。Photo 2は視点方向を変え最上階に接

近した例である。Photo 1の映像から0.3秒後には制震装置を施さない構造の手前外周にも塑性が一気に進行している様子が理解される。

### 3.2 橋梁の風洞実験可視化CG

数年前のNHK特別番組「テクノパワー」で番組に挿入したCGである。本来は風外力と橋桁の連成解析が出来てこそ作成されるべきCGであったが、その当時は解析技術が無かった (その後も未完) ので風洞可視化実験映像を使う事を思い付いた。九州大学工学部で行われたH型橋梁橋桁断面と風の連成風洞実験を、NHKの高速度撮影カメラで記録したビデオ映像に収録した中から定常状態時刻歴フレームを数百ステップ選び、順次CGコンピュータに取り込み画像の強調、半透明等の画像処理を行った。次にその映像をCGで作成された3次元振じれ振動の橋桁に振じれ振動の動きにタイミングを合わせて張り付けた。Photo 3は風洞実験の実写映像の1シーン、photo 4はNHKの放映に使われた合成映像の1シーンである。

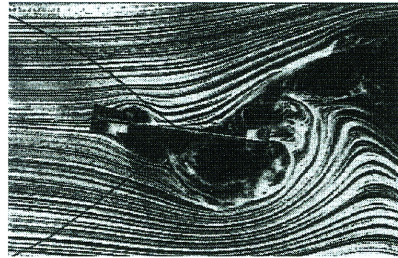


Photo 3 The scene of the wind tunnel experiment recorded on videotape with the high speed camera device

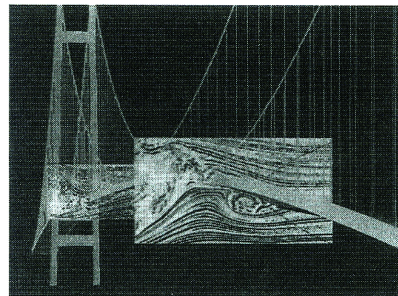


Photo 4 The image scene used by the NHK broadcasting program "Techno Power"

Photo 3の映像は実験の様子を高速度カメラで撮影する際の照明用光線が左上にあり、その影は画面下部に伸びている。また0.5hzで振動するH型橋桁の頂部を支える太い針金の影響を目立たなくさせる画像処理努力を出来るだけ行った。Photo 4では右側から



強い風が吹き、それに共振して振じれ振動を繰り返す橋桁の動きに同調させ気流断面の動きを繰り返し表現した。画面奥の断面は手前の動きと位相をずらせて表示した。出来上がった映像はとてもシンプルだが、解析結果に頼れなかった部分を補う画像処理等の計算処理工夫に力を注ぎ、今でも誇れるCG作成事例なので紹介した。

### 3.3 煉瓦造り構造物倒壊CG

関東大震災後70周年を記念し現在の制震技術を適用すれば、当時浅草のシンボルでも有った12階建て煉瓦構造の凌雲閣倒壊も防げた事を証明するビデオ作品の中で使われたCGである。Photo 5は凌雲閣が倒壊する様子を見聞した描写が残されている古い絵葉書である。この倒壊するイメージを再現出来るような方法を考える事からCG作成が始まった。



Photo 5 The brick construction structure which collapsed by the great Kanto Earthquake in 1923, described in the old postcard

絵葉書の8階より上層部分が折れ曲がり 巨大な固まりになって落下する様子を参考にして、模擬解析では2次元DEM (Distinct Element Method) 手法を用い予め設定された窓枠亀裂面等を考慮した初速度問題の試行計算を繰り返し、Photo 6の結果に至った。

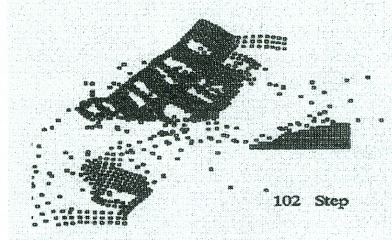


Photo 6 The result that the collapse of the brick structure analyzed by using D.E.M. .

次に初期条件の2次元要素を対称条件を使い円柱を描く煉瓦要素として展開し、飛び散る各要素の水平・垂直移動量と面内回転角を基に、崩れ落ちる煉瓦

構造を模擬したCGを作成した。Photo 7はその一駒である。関東大震災の下町地盤を想定した地震波形を用いて脆性を考慮した簡単な質点系の塑性応答計算を実施し、加力後約23秒を経過して破壊が生ずる瞬間を捉え倒壊するシーンに置き換えた。

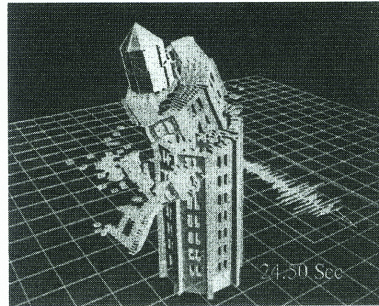


Photo 7 The CG image of the brick structure which collapsed by the Great Kanto Earthquake

なお蛇足ながら最新の制震装置や基礎地盤改良を想定した改修工事を70年前に施したとすれば、凌雲閣は勿論今でも浅草に存在していると言う筋書きでこのビデオは締めくくられている。

### 3.4 火災延焼CG

作家の瀬戸内寂聴さん等の有識者が提唱する「地震火災から文化財を守る」協議会の活動キャンペーンビデオに、神社仏閣等への火災延焼を防ぐ水幕の効果を模擬したCG映像を作成した。木造、簡易防火構造、コンクリート造等に区分けされた建物群に、風向きと風速を設定し、浜田式で火災延焼シミュレーションを行った解析結果から、各構造物の燃焼開始時間、終了時間が計算され、構造物が燃焼し切るまでの様子を炎の揺らめきで表現した。各炎は20個の3角形メッシュ集合で構成され、Fig.1の動画ループの中で、幅、高さを乱数で変化させ、さらに炎の揺らめく方向を風向きにあわせた周期性のある関数で近似した。

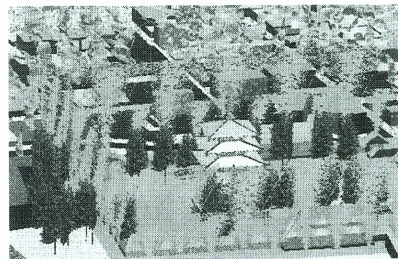


Photo 8 The CG expression of the water screen which prevents fire from spreading to the shrine and the Buddhist temple



神社仏閣周辺の樹木は、一種類のテクスチャーを炎同様乱数を使い、高さ、幅に変化を付けた。吹き上がる水幕は水玉模様のテクスチャーに透明感の出る画像処理を施し、逆3角形状の空間の中を空に向かって移動させた。この様なCGがどれ程の意味を持つか否かは別にして、火災発生と言う災害の表現方法の一つとして試みた事例である。

### 3.5 南海地震津波動伝播CG

この30年、あるいは40年の近い将来、関西地方を襲うと思われる南海地震は巨大な津波の発生を伴う。そこで太平洋沿岸の発電施設、港湾、石油コンビナート等多くの工業施設、あるいは大阪市の地下鉄、地下街への海水の流入等、予測される都市型巨大災害に警鐘を鳴らす事を目的として津波伝播に関するCGを作成した（解析対象海域は緯度方向に約700km、経度方向に約1000km、メッシュ幅約1km、積分時間刻み2秒、解析継続時間を2時間に設定）。Photo 9は、地震発生直後二つの海底地盤が隆起し、その地形変化をそのまま海面の初期潮位として津波の伝播解析をスタートした（地震の強さはM8.4、四国沖に190km×190km、高さ7.9m、紀州沖に235km×110km、高さ6.3mの海底地盤隆起を想定）。

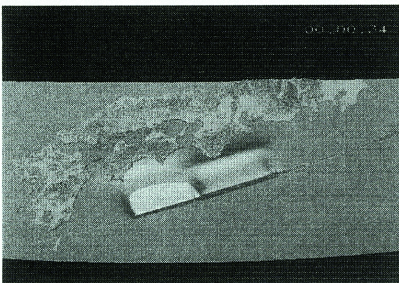


Photo 9 The initial condition of the upheaval of the submarine ground when Nankai earthquake occurred and the rise in sea surface

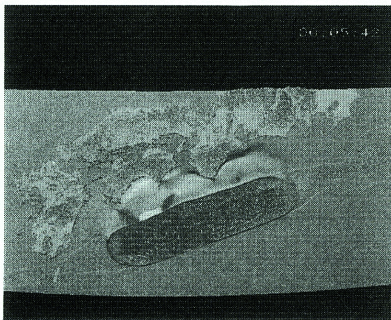


Photo 10 Five minutes pass after the earthquake and huge tsunami spreads in the Pacific Ocean.

Photo 10は地震発生後5分に、四国、紀州半島沖から太平洋全体に渡り津波が伝播を開始している。太平洋を東に進む津波は伊豆諸島の海嶺に遮られ複雑な挙動を示し、その後方向を日本列島に回り込むようにして房総半島を目指し北上する。Photo 11は地震発生後14分、波高7メートルを越す第1波が紀州半島南端に到達した様子を示している。

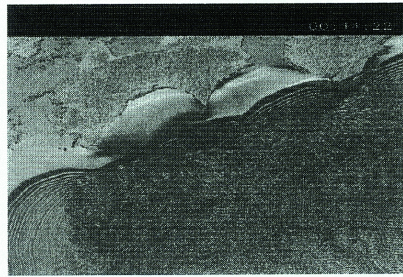


Photo 11 14 minutes after the earthquake, the first tsunami which exceeds 7m hits the southern end of the Kishu Peninsula.

この解析モデルで計算される領域は太平洋沿岸の広い地域を含む。紀伊水道を北上し淡路島と和歌山県に囲まれた大阪湾の奥深く津波が入り込む様子が理解される。宝永、安政の津波被害調査を記述した資料を思い出させるCG結果である。解析時間を更に5時間まで延ばせば、淡路島の鳴門海峡側、明石海峡側から瀬戸内海に進入する津波は比較的閉鎖された地形の播磨灘で複雑な反射を繰り返す様子が判る。

一方四国と九州に囲まれた伊予水道を北上する津波は瀬戸内海に入り、左の関門海峡から日本海に抜ける様子と右側に進みやがて播磨灘に達し瀬戸内海の真中で播磨灘からの津波とぶつかり合うが、これを正確に再現するには1kmメッシュでは複雑な瀬戸内海や狭い関門海峡の地形を表現できない。

この太平洋沿岸を対象にした津波解析に必要なメッシュ数は、1km×1kmの正方形メッシュで75万個だが、さらに詳細な検討をするには数百万ポリゴンを必要とする。計算処理もグラフィックワークステーションより数十倍以上速いスーパーコンピュータで解析しなければならない。

CGの作成では、動画ループ内で時々刻々変化する潮位を表現するのにシェーディング技術を使った。これは75万個の正方形メッシュをさらに2つの3角形に分割し、法線ベクトルを計算して管面に垂直な方向との角度をパラメータにしてシェーディングをほどこす。このケースでは管面の解像度が解析の一つのメッシュに相当する程細かいので3角形メッシュは同一色で塗つぶされるが、約3000倍に拡大された潮位の変化を見事に再現してくれる。このCG映像ではCGコンピュータで計算した結果を逐次グラフィックで描き、DVDに直接収録録画している。一駒のCGを出力するのに約2秒、DVDへのアクセス時間も考慮すると約6秒必要とする。従って地震発生



後2時間の現象(計算上約2時間で大阪湾にも津波が到達する)を記録するには合計6時間の録画作業を必要とするが、自動録画するので監視する必要はない。

Photo 12は紀州半島の東側に位置する尾鷲市を鳥瞰したCGである。陸上地形は日本地図センターからフロッピーで購入した地形データ(50mメッシュ)を3角形メッシュに変換して作画した。海面は尾鷲湾の写真から抜き出したテクスチャーを張り込んだ。湾口横幅2km、奥行き3.5kmの東側に開いた尾鷲湾では、歴史上何回もの巨大津波による被害で多くの人命が失われている。そこで尾鷲市の市街地を考慮して更に細かいメッシュ(50mメッシュ)で計算された津波遡上結果を、実際の建物規模と位置を示す箱型で表現した町並みと重ねあわせて表示した。

Photo 13は地震発生37分後、3回目の押し波が市街地を覆い被さるように襲いかかる様子を示す。6mを超す津波が写真手前の標高の高い地形に向かって迫ってくる。遡上する津波の計算は、市街地を対象とする場合更に細かいメッシュかFEM解析手法による計算結果を必要とする。この計算例ではPhoto 13から盛り上げる海面の固まりに正方メッシュそのものが認識される。

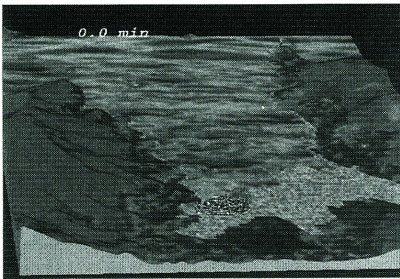


Photo 12 The landscape CG of Owase bay located in the southeast of the Kishu Peninsula

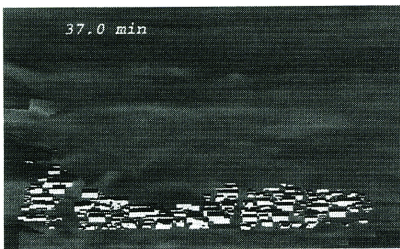


Photo 13 37 minutes after the earthquake ,the 3rd tsunami which exceeds 6m high covers the urban area.

Photo 14は、地震発生後43分、第3波が引き潮となり海底を露出する様子を示す。ここで使われた市街地の細かい建物形状データは、1/2500地図からディジ

タイザーで拾ったデータと、日本地図センターの50メッシュデータとをコンピュータで照合し建物の位置する地形高さを求めた。

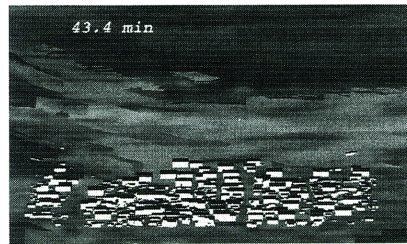


Photo 14 43 minutes after the earthquake the 3rd tsunami becomes an ebb tide, and the bottom of the sea is exposed.

遡上してくる津波の表現は解析結果だけに頼らない別の取り組み方を考え直す必要が有る。海底の表現、津波に巻き込まれ迫り来る流木や漁船等、昭和19年、21年、紀州、四国地方を続けて襲った巨大津波の記憶がまだ残っている古老の方々の薄れ行く記憶の中から、津波の恐ろしさ、正確な実態を再現するCG技術の応用は今ならまだ間に合うかもしれない。

#### 4. 結語

多少なりとも災害に関連したCGを5例集め説明した中には既に5年も経過した事例も有る。基本的にはFig. 1で示したCG作成概説に準じた過程を経た作品であるが、それぞれ性格の異なる事例を紹介した。

特に津波のCGは社会に与えるインパクトも大きいので取り扱いを注意する必要がある。津波の人的災害は、結局いかに早く避難するかが問題であるから地震発生後津波が襲来するまでの時間が判れば良いので今の解析でも十分に目的を達する。しかし昔と異なる社会や都市構造では津波災害は思いがけない事態を引き起こす可能性も有る。巨大な地震の後に襲ってくる津波災害に対して警鐘を鳴らし防災意識を高める目的で、より高度で納得の行くCG技術を応用する価値は大いに有ると考える。その為には写真映像を使ったテクスチャー技術や実写のビデオ映像を撮り込む等の高度なCG手法に音声効果を加え、さらにVR (Virtual Reality) 的な表現手法として有望視される立体視映像等を取り込んだ技術を駆使して、更なるプレゼンテーション技術の開発方針を策定しなければならない。

#### 5. おわりに

従来CGはとかく脇役的な、あるいは解析結果や実験結果等の現象を説明する程度の二次的な存在であった故に、報告書とか論文の作成は躊躇する事もままあった。しかし解析結果を求めるのと同様の手間暇知識を必要とする場合も多くなった意図に幅広い見識を必要とするので、何らかの機会に記録に残す

事は意味の有る事かも知れない。とは言うものの写真のコンテストと違い、動きの有るCGを連続した静止画の羅列で済ませるような報告書を幾ら作成しても無駄と思うし、またCGには付き物のBGMやナレーション等は今のスタイルの報告書では絶対に表現できない難しさがある。CGアニメーションは連続した動きの過程にこそ意味がある。CGの一駒をじっくりと眺められては確拙さのみ際立つ事になる。この様な内容を防災研の年報に細かく記述する事は少し場違いのような気がして当惑していたが、今回は敢えて投稿してみた。

## 6. 謝辞

京都大学防災研究所巨大災害研究センターの客員助教授を拝命して約一年、その間で研究した事は津波関連業務CGと大学院生と共に映像に関するコンピュータのハード環境の充実に関し多少なりとも協力した程度であるが、河田恵昭教授より年報へ投稿する旨の機会を与えて頂いた。また大学院博士過程の小池信昭氏には、津波に関する解析技術の解説や津波解析データ、プログラム、計算結果の説明等を事細かに提供して頂いた。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- 河田恵昭・小池信昭(1997)：津波災害のハザードマップについて、京都大学防災研究所年報、第40号B-2、pp.75-92.
- 羽鳥徳太郎・相田 勇・坂下至功・日比谷紀之(1983)和歌山県湯浅・広川に遡上した南海道津波の調査—1946年南海道および宝永・安政津波について—東大地震研究所彙報、Vol.58、pp.187-206.
- 上野弘道(1993)：技術計算におけるCG適用研究、第5回コンバックスユーザーコンファレンス第7章.
- 伊藤智尋、上野弘道、鯛美子(1993)：タコマ大橋における風振動のCG化、NICOGRAPH論文集、pp.203-207.
- 伊藤智尋、上野弘道、鯛美子(1993)：技術計算分野におけるCGの適用研究、鹿島建設情報システム部研究開発報告会論文集(第7回)、pp.25-29.
- 田中弘 他(1989)：画像処理応用技術、工業調査会)
- 八木伸行他(1992)：C言語で学ぶ実践画像処理、オーム社

## Research on the effective indication of the prevention of disaster information by the CG technology

Yoshiaki KAWATA, Nobuaki KOIKE\*, Hiromichi UENO\*\*

\* Graduate School of Engineering, Kyoto University

\*\* Technical Research Institute, Kajima Corporation

### Synopsis

The case that the CG technology used by the TV commercial and the movie was applied to the indication of the prevention of the disaster is introduced by this report. The works chosen from the case within the past four years are still elementary contents. These five cases are the following, the damage indication of the external wall of the building, air current image and the movement of the bridge girder, the collapse of the brick construction, the water screen witch prevents fire exposure, the spread analysis of the tsunami. In these cases, CG of the tsunami will search for the next development step when sound and the effect of the stereoscopic vision were adopted with the aim of Virtual Reality.

**Keywords:** 3D color graphic animation, shading, texture mapping, fire exposure, tsunami analysis