コンピュータビジョンからコンピュータゲームへ：実時間画像処理を用いた双方向エンタテイメント

徐　剛
情報理工学部　メディア情報学科

1　はじめに

本稿では、私の研究室でＣＯＥプロジェクト「京都アート・エンターテイメント創成研究」の一環として行っている研究の全体像を描き、そして個々の研究の概略を述べる [1]。

2　全体像

私の研究室では従来、画像を用いた３次元モデリングを研究してきた。計算機の速度向上により、実時間の画像処理も可能となってきたので、ゲームなどのエンタテイメントの制御用手段として、実時間の３次元画像処理の研究も始めた。そして、ゲームそのものを開発し、かつ、立体表示をすることにより、臨場感の高い双方向のエンタテイメントを目指している。最終的には、従来の研究の延長線上にあるモーションキャプチャを作成し、それを用いて計測した人体の動きや、３次元画像処理によってモデリングした実環境をゲームの中に組み込むことにより、現実と仮想を融合した双方向エンタテイメントを実現する。

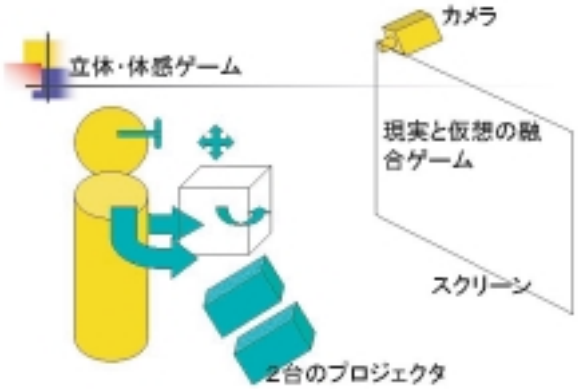

図 1: 全体概念図

これらの研究を３つのグループに分けている。（１）コンピュータビジョン、（２）ダイナミック３Ｄ、（３）ゲーム。以下はそれぞれについて述べていく。

3　静止画の３次元処理

このグループでは、静止画像による３次元復元、ビデオ画像による３次元モデリング、顔の３次元モデリング、凸形状の３次元モデリング、ビデオ画像によるパノラマ合成、平面形状へのテクスチャマッピング、回転物体へのテクスチャマッピング、既知形状へのテクスチャマッピングを研究している [5, 6, 7]。

3.1　３次元地図のテクスチャマッピング

図 2: ３次元地図のためのテクスチャマッピング

近頃、各社が３次元地図の開発に力を注いでいる。従来のカーナビで使われている地図は２次元のものであり、人間が見た風景とは異なる。一方、３次元地図の場合は、町の風景をそのまま表示するので、より直感的になる。車に搭載のＧＰＳと連動すると、走っているところの風景がそのまま地図から読み出され、運転手への指示も分かりやすくなる。

3 次元地図の形状データは、2 次元の地図に高さを加えたものがほとんどである。建物の高さ情報は飛行機に搭載のレーザスキャナーで計測した点群データから割り出したものである。しかし、これではマッチボックスのような形状データのみであり、テクスチャーを貼らないとリアルには見えない。

そこで、人間の高さで撮影した写真をテクスチャーとして、3 次元形状に貼り付ける。この際に必要なのは、写真に写っている建物のテクスチャーを壁などの正面画像へ変換することである [2]。画像平面と対象平面との間、射影変換が成り立つが、従来、それぞれ 4 つの対応点の座標が分かっている必要があった。本研究では、人工物に普遍的に存在する長方形を利用することにより、その長さや幅が分からなくても、正面変換する方向を発見した [8]。

3.2 陶磁器のテクスチャマッピングとインターネット公開

陶磁器のような回転によってできた形状を回転面という。陶磁器の形状は、側面の曲線さえ分かれば、一意に決まるので、比較的に容易に得ることができる。難しいのは、テクスチャーマッピングである。陶磁器をいろいろな角度から撮影した画像があるとする。これらのカメラと陶磁器との間の幾何学的関係が分かれば、陶磁器上のどの点が画像のどの画素に写っているかを計算することができ、テクスチャーマッピングが可能となる [2]。陶磁器上の特徴点を画像間で対応づけ、カメラパラメータを逆投影誤差が最小となるように、最適に推定する。最終的には、陶磁器の表面を小さな 4 角形パッチで表現し、それぞれのパッチのテクスチャーを画像から持ってくれば、テクスチャー付きの 3 次元モデルが完成し、インターネットで公開できる。インターネット公開は徐研で作成された 3 次元ビューワを使用する。このビューワは、Ｊａｖａアプレットによって作成されており、3 次元コンテンツと一緒に配信することにより、ユーザはプラグインをダウンロードし、インストールすることなく、そのままコンテンツを 3 次元表示できる [3]。

4 ダイナミック３Ｄ

このグループでは、４台のカメラによるモーションキャプチャ、２台のカメラによる物体の実時間３次元運動計算、１台のカメラによる物体の実時間３次元運動計算、２台のカメラによる３次元手形状の実時間復元を研究している。

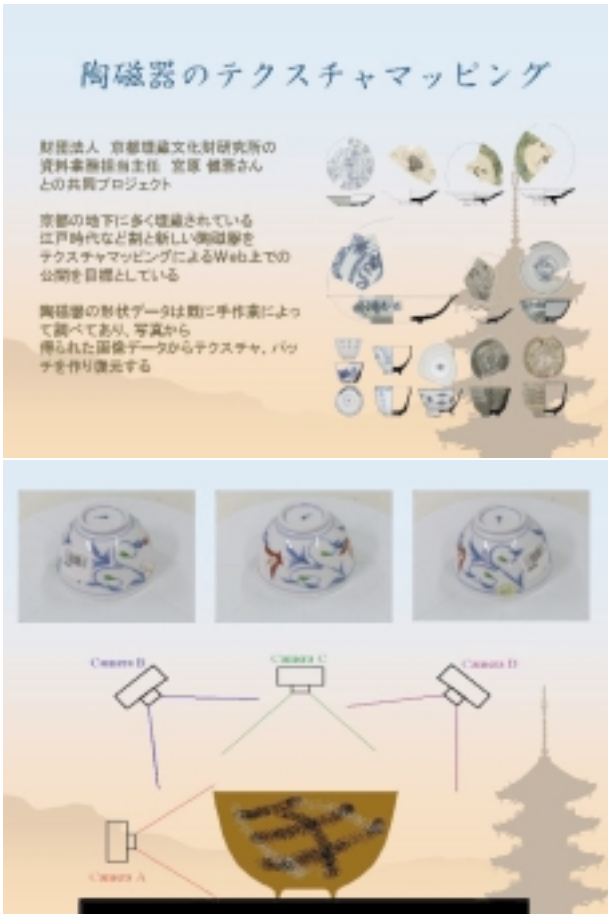

図 3: 陶磁器のテクスチャマッピング

4.1 実時間画像処理によるゲームの制御

カメラの未知パラメータは焦点距離のみであると仮定した場合、カメラと制御板との間、射影変換が成り立ち、かつ、射影変換からカメラ座標系と制御板座標系の間の回転・並進とカメラ焦点距離を求めることができる [2]。各瞬間の回転・並進が分かれば、制御板の実時間運動が分かる。それをゲームなどのエンタテイメントに用いるのが本手法の特徴である。従来のゲームコントローラは専用のハードウェアであり、直感的ではない。制御板のような機器があれば、学習せずとも、ゲームを直感的に制御できる。制御板は、回転できる角度に制約があるため、今、いくら回転しても良いキューブのようなワイヤフレームを使用する方法に変更中である。

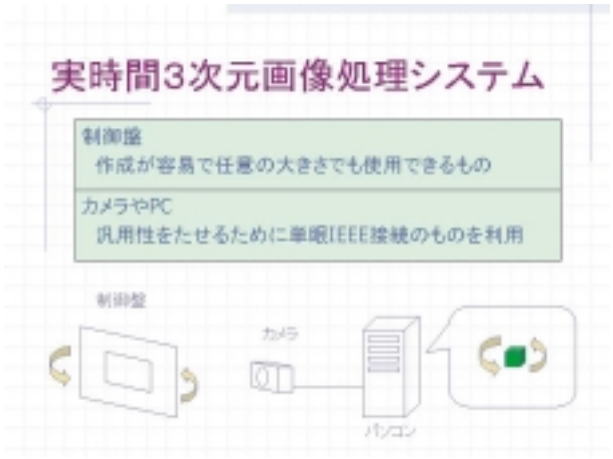

図 4: 実時間画像処理によるゲーム制御

4.2 光学式モーションキャプチャ

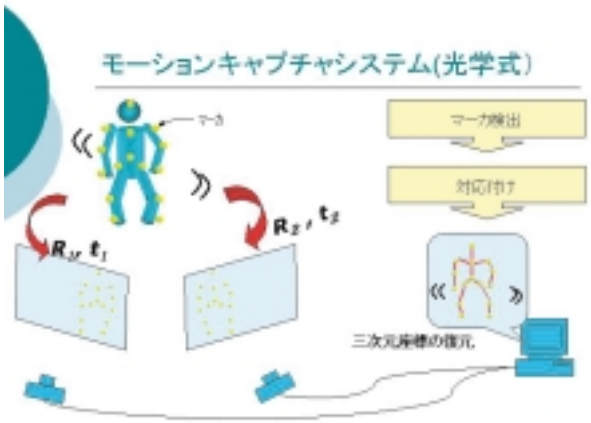

図 5: モーションキャプチャシステム図

光学式モーションキャプチャは人間などの動きを複数のビデオカメラで観測・録画し、解析することにより、その 3 次元動きを計算し記録するシステムである [4]。徐研究室では従来、複数の写真を用いた 3 次元復元を研究してきた。静止画の場合、対象物体上の特徴点を対応づけることにより、カメラの 3 次元位置姿勢も計算できる。カメラの 3 次元位置姿勢が分かれば、対応点の 3 次元位置が計算できる。カメラ位置姿勢の計算はカメラ校正という。モーションキャプチャのカメラ校正は、従来、既知の形状を観測することにより行われた。しかし、人間の踊りのような大きな空間を埋めるような既知形状は非現実的である。そこで、長さが既知の棒のような形状を持って歩き、それを録画することにより、結果的に空間をサンプリングすることになり、カメラの位置姿勢に加え、歪みまで求めることができる。これをダイナミック校正という。本研究は、ダイナミック校正を実現し、使用することにより、高精度で使いやすいモーションキャプチャの実現を目指している。

モーションキャプチャのもう一つの課題は、人間の体につけているマーカーの自動対応である。マーカーは体に隠されて見えなくなったり、再び見えてきたりする。画像上で抽出されたマーカーを自動的に画像間、または時刻間で対応づけることにより、マーカーの 3 次元軌跡を求めることができる。

5 ゲームと立体表示

このグループでは、3 次元ゲームの開発と立体表示システムの開発を行い、その中で必要となる各種物理現象（ボールの動き、ジャンプ、爆発、ランダム性、水など）のシミュレーションを研究している。

5.1 アクションゲームのフレームワーク

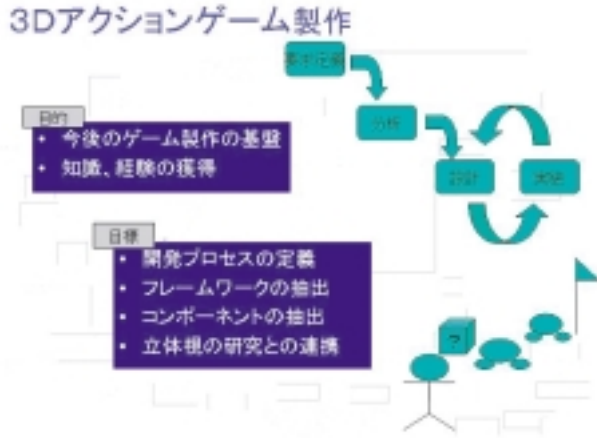

図 6: アクションゲームのフレームワーク

ゲームは多くのクラス間の相互作用があり、きれいに分離できる設計をしておくことが極めて重要である。本研究開発では、任天堂のスーパーマリオのようなゲームをイメージし、クラス設計からシステム構築まで一貫して行った。オブジェクト指向による設計の結果、複数名の学生が分担してコーディングしても問題が起きなかった。

5.2 偏光フィルタと偏光メガネを用いた立体表示システム

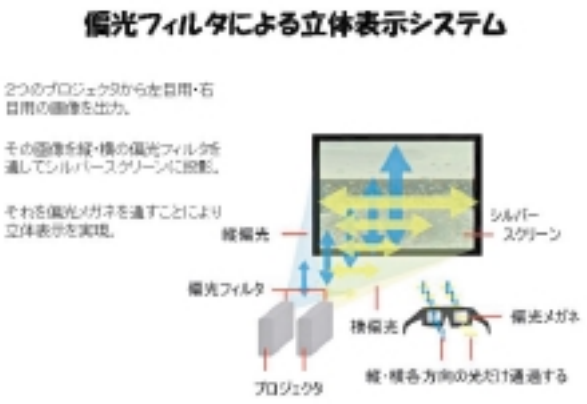

図 7: 立体表示システム

立体表示は幾つかの手法があるが、ここでは、2 台のプロジェクタと偏光フィルタを用いることにした。偏光メガネをかければ、複数の人が同時に立体知覚ができ、同時に楽しむことができる。

6 今後の予定

上記の各研究開発は、完成に近いものもあれば、まだ着手したばかりのものもある。今後はできたものから統合し、一つのシステムとして機能するようにしていく予定である。最終的には、システムは次の要素を備える。

ゲームのようなエンタテイメントである；

立体表示できる；

人間の動きによって動的に制御される；

表示内容はカメラによって 3 次元復元された見慣れの現実シーンと仮想シーンの融合である；

動きは一部自作のモーションキャプチャによって計測されたデータに基づく。

これらの研究開発は、徐研究室の学生諸君及び財団法人京都市埋蔵文化財研究所宮原健吾氏との共同によるものである。

参考文献

[1] 川嶋将生、「京都アート・エンターテイメント創成研究」 http://www.arc.ritsumei.ac.jp/coe/coenews1/page1.html

[2] 徐剛、「写真から作る 3 次元ＣＧ」、近代科学社、2001

[3] 三次元メディア社ホームページ、http://www.3dmedia.co.jp

[4] Oxford Metric Group 社Ｖｉｃｏｎシステム説明書

[5] Rubin Gong, Gang Xu: Surface Reconstruction from Multiple Images Using Constrained Optimization, 電子情報通信学会論文誌 E,VolE87-D, No.1,2004 年 1 月号、pp.215-223

[6] Rubin Gong, Gang Xu: 3D Structure from a Single Calibrated View Using Distance Constraints, 電子情報通信学会論文誌 E,2004 年 6 月号掲載予定

[7] 井上雄輝、寺本博久、徐剛：「ボールを用いた複数の画像によるカメラ校正」、電子情報通信学会論文誌 D-II、5 月号に掲載予定

[8] 岡本清明、徐剛：「長方形を用いた正面テクスチャの生成」、2004 年 5 月ＣＶＩＭ研究会発表予定