

多視点映像生成技術の研究とアプリケーション

富山仁博 片山美和 久富健介 岩館祐一

NHK放送技術研究所 〒157-8510 東京都世田谷区砧 1-10-11

E-mail: {tomiyama.k-fk, katayma.m-gm, hisatomi.k-ko, iwadate.y-ja}@nhk.or.jp

あらまし 本報告では、我々が取り組んできた多視点映像生成技術の研究とそのアプリケーションについて報告する。動く被写体の任意視点映像を生成することを目的に、多視点映像からの3次元形状復元手法に関する研究を行っている。この技術を拡張現実感技術を利用したインタラクションシステム、伝統芸能の3次元映像アーカイブシステムに応用している。さらに、多視点ハイビジョン映像生成システムを開発し、一昨年から多視点映像をスポーツ中継等の放送番組で利用している。

Research and application of technology for generating Multi-view images

Kimihito TOMIYAMA Miwa KATAYAMA Kensuke HISATOMI
and Yuichi IWADATE

NHK Science & Technical Research Laboratories 1-10-11 Kinuta, Setagaya-ku, Tokyo, 157-8510 Japan

E-mail: {tomiyama.k-fk, katayma.m-gm, hisatomi.k-ko, iwadate.y-ja}@nhk.or.jp

Abstract In this paper, it reports on research of technology for generating multi-view images and its application. To generate an arbitrary viewpoint image of a moving human body, we have been researching on 3D reconstruction technology from multi-view images. Using this technology, we developed some interaction systems that are using augmented reality technology, and the archive system for the Japanese traditional performing art. In addition, the multi-view images have been used with live sports broadcasting of NHK since 2006.

1. はじめに

動的なシーンを任意の視点から見た映像を生成することを目的とした多視点映像生成技術の研究は近年盛んに行われている。我々は、新しい番組制作手法の一つとして多視点映像からの任意視点映像生成技術の研究に取り組んでいる[1][2][3][4][5]。

このアプローチとして、複数のカメラで被写体を撮影した多視点映像から、映像フレーム毎に被写体の3次元モデルを復元する手法を用いている。映像フレーム毎に復元した3次元モデルを時系列に連続表示することで、動く被写体の任意視点映像を表示することができる。この動的3次元モデルは、人物の細かい動きや衣服の皺の動きもリアルに再現することができるので、CGに変わる新たな映像素材としての可能性も期待されている。

このような多視点映像から被写体の動的3次元モデルを生成する手法については様々な研究報告がなされている[6][7][8]。我々は、より正確で安定した形状を復元するために、視体積交差法とステレオマッチング法を併用した3次元形状復元手法について研究してきた。また、生成した動的3次元モデルから、高精細な任意視点映像を表示するためのテクスチャマッピング手法と表示システムの開発を行ってきた。本稿では、はじめに、多視点映像からの3次元形状復元手法と、テクスチャマッピング手法、及び表示システムについて紹介する。

この動的3次元モデルには、ユーザーがインタラクティブに任意位置を操作しながら被写体の動きを見ることができるといった大きな特徴がある。そこで、この特徴を生かしたアプリケーションの研究・開発も行ってきた。ここでは、動的3次元モデルと拡張現実感技術を組み合わせたユーザーインタラクションシステムと、能の演目を3次元データとして保存し、任意の視点から見るができる伝統芸能の3次元映像アーカイブシステムについて説明する。

さらに、一昨年から多視点映像を、スポーツの生中継等の放送番組で利用している。多視点映像表現は、映画マトリックスや"EyeVision システム"[9]に代表されるように、放送番組や映画制作分野での利用に期待が大きい。とりわけ、スポーツ競技においては選手の動きを様々な視点から見るできるので、解説等に効果的である。多視点映像表現のスポーツ競技への応用についての研究は数多く報告されている[10][11][12][13]。そこで我々は、様々なスポーツの決定的な場面の映像を、生放送で視聴者に視覚的にわかりやすく、高い臨場感で伝えることを目的に、運用性と即応性を重視したシステム構成で多視点映像を生成する手法の検討とシステム開発を行ってきた[14][15]。本報告では最後に、開発した12台のハイビジョンカメラを使用した、多視点ハイビジョンシステムとその実用例を紹介する。



図1：撮影スタジオ

2. 動的3次元モデルの生成手法

動的3次元モデルは、複数台のカメラで撮影した映像から映像フレーム毎に復元した被写体の3次元モデルによって構成される。我々はこれまで、40台のカメラで撮影した映像から、視体積交差法とステレオマッチング法によって人物の3次元形状を復元する手法の研究を行ってきた。図1に示すような撮影スタジオに40台のカメラを設置し、全てのカメラ映像をPCで同期収録する。撮影した映像から人物の動的3次元モデルを生成し、任意視点映像を表示するまでの処理の流れを以下に示す。

《処理の流れ》

1. クロマキー処理による被写体領域の抽出
2. 視体積交差法による近似形状モデルの生成
3. ステレオマッチング法による3次元形状補正
4. 視点依存型面テクスチャマッピングによる任意視点映像表示

2.1. 視体積交差法

視体積交差法は、各カメラの撮影画像からクロマキー処理等によって抽出したシルエット画像を使用する。シルエット部分をVoxel頂点空間に逆投影すると、カメラの光学中心を頂点とし、被写体シルエットを断面形状とするVisual coneが3次元空間中に形成される。このVisual coneを各カメラについて求め、各Visual coneの共通領域を被写体の近似形状として表すことができる。この近似形状をVisual hullと呼ぶ。

この視体積交差法は、安定した3次元形状を復元することができるが、凹形状などのシルエットで捕らえられない形状を復元することはできない。

2.2. ステレオマッチング法による形状補正

カメラから視体積交差法で求めたVisual hull表面までの距離値を隣接する2台のカメラ間でのステレオマッチングによって補正し、求めた距離値からより正確な被写体の3次元形状を復元する。この際に、外力と内力を定義し、これらの総和が最小となるような距離値を反復処理によって求める。

E_{con} : Photo consistency によりカメラから被写体までの距離値をVisual hullの内側へ押し込むための外力。

E_{int} : Visual hull表面の局所的な形状特徴を維持するための内力。

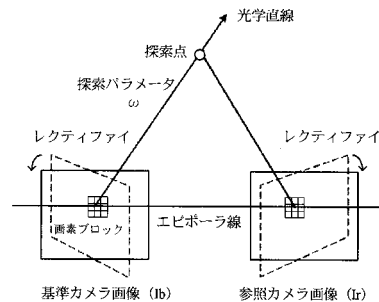


図2：ステレオマッチング

ステレオマッチングでは、前述の外力と内力の線形結合である式(1)を評価関数とする。これが最小となるカメラから被写体までの距離 ω を求め、カメラから被写体までの距離画像を得る。ここで α は E_{con} と E_{int} の配分を決める係数である。

$$E(\omega) = E_{\text{con}}(\omega) + \alpha E_{\text{int}}(\omega) \quad (1)$$

本手法で得られた複数台のカメラの距離画像を統合して、被写体の3次元形状を復元する。その前処理として、Voxel頂点空間にカメラごとに生成した距離画像を配置し、それらで囲まれた格子空間をソリッドモデルとして生成する。ソリッドモデルに離散的マーチング・キューブス法[16]を適用して被写体の3次元モデルを得る。

2.3. 視点依存型面テクスチャマッピングによる任意視点映像表示

表示視点位置に応じて最適なテクスチャ画像を選択してモデル表面にマッピングすることで、テクスチャ境界の少ない良好なテクスチャを再現できる。そこで、任意視点映像を表示する際の視点位置に応じて以下の手順でテクスチャマッピングを行う。

《手順》

1. 表示視点とモデルの重心を結ぶ視線方向を求める。
2. 視線方向のベクトルと各カメラの撮影方向のベクトルの内積を比較し、視線方向とのなす角度が小さいカメラ画像をp枚、テクスチャ画像として選択。
3. 視線方向となす角度の最も小さいカメラの画像からVisibleなポリゴンを描画し、描画したポリゴンにこのカメラ画像からテクスチャを与える。
4. 次に角度の小さいカメラの画像からVisibleで、かつ、まだ描画されていないポリゴンを描画し、描画したポリゴンにこのカメラ画像からテクスチャを与える。
5. p枚のテクスチャ画像に対して、上記の2で求めた順に4の処理を繰り返す。
6. p枚のテクスチャ画像からVisibleでなく、まだ描画されていない残りのポリゴンを、あらかじめ求めてある頂点テクスチャによって描画し、表示視点から見た映像を出力する。

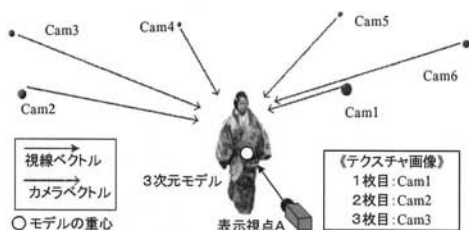


図3：テクスチャ画像の選択



図5：撮影画像
(協力：(財) 観世九阜会)

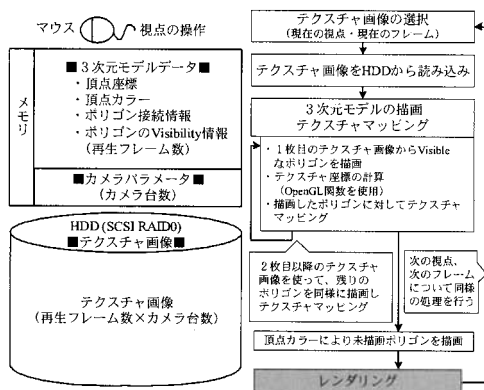


図4：リアルタイム任意視点映像表示システム

本手法の概要を図3に示す。選択するテクスチャ画像の枚数 $p=3$ として、表示視点Aから見た映像を表示する際のテクスチャ画像を選択する。

本テクスチャマッピング処理を用いて、ユーザーが視点を変えながら、リアルタイムに動く被写体の任意視点映像を表示することができるシステムを開発した。本システムでは、テクスチャ画像をHDDから読み込む際の負荷を軽減するために、テクスチャ画像は被写体が映っている最小矩形領域をトリミングし、オフセット座標値を持たせて保存している。

また、面テクスチャマッピングを用いることで、3次元モデルの頂点解像度が撮影解像度に比べて粗い場合にも、撮影画像と同等の解像度のテクスチャを再現することができる。図4に本システムの構成を示す。

2.4. 実験例

実際に被写体の3次元モデルを生成・表示した実験例を紹介する。図5に撮影画像、図6に40台のカメラ映像から復元された人物の3次元形状を示す。ステレオマッチングによる形状補正によって、視体積交差法で復元できなかった胸と腕の間の凹形状を復元できていることがわかる。

形状を復元した3次元モデルに視点依存型の面テクスチャマッピングを行なった結果を図7に示す。

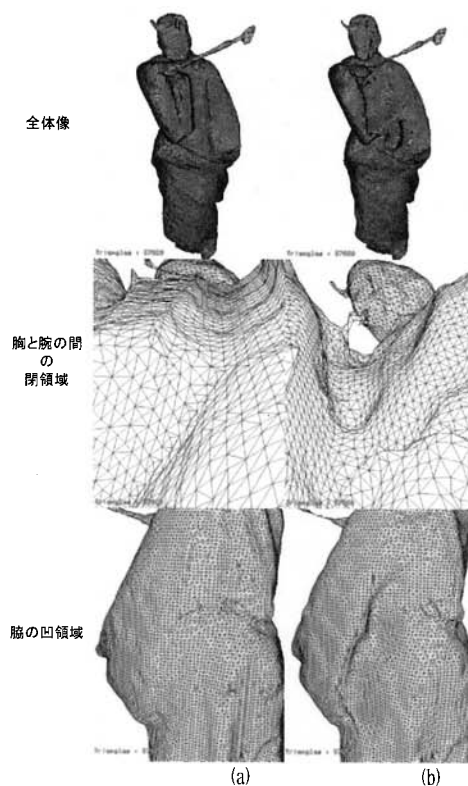


図6：人物の3次元形状
(a)：視体積交差法 (b)：補正後の形状



図7：テクスチャマッピング結果

3. 動的 3 次元モデルのアプリケーション

動的 3 次元モデルは、動く被写体を任意の視点から見た映像を表示することができるので、ユーザーが視点を自由に操作できるインタラクティブなアプリケーションに適している。我々はこれまで、動的 3 次元モデルと拡張現実感技術を組み合わせたバーチャルパペットシステム [17] [18] と、AR サッカーシミュレータ [19] を開発してきた。また、能演者の動的 3 次元モデルと、能舞台の 3 次元 CG を組み合わせて能の演目を任意の視点からみることができるとする伝統芸能の 3 次元映像アーカイブシステム [20] [21] を開発している。ここでは、これらのアプリケーションについて紹介する。

3.1. バーチャルパペットシステム

バーチャルパペットシステムは、拡張現実感技術を利用し、インタラクティブに動的 3 次元モデルと実写映像と合成表示するシステムである。本システムでは特定の模様が描かれたカードをユーザーインターフェースとして利用する。カードを持ったユーザーをカメラで撮影することで、カード上に動的 3 次元モデルが合成された映像がモニタに表示される。図 8 のようにユーザーがカードを回したり移動したりすることで、カード上に様々な視点から見た動くキャラクターが合成表示される。



図 8：カード上に合成された動的 3 次元モデル

本システムの構成を図 9 に示す。PC はカメラ映像中のカード領域を検出し、その種類、位置及び姿勢を計算する。この結果に基づいて、動的 3 次元モデルを描画し、カメラ映像に合成して出力する。カードの位置・姿勢に応じた動的 3 次元モデルが合成されるので、3 次元的に違和感のない実写映像に連動した合成映像をほぼリアルタイムに表示することができる。ユーザーがカードを回したり、移動したりすると、それに応じてキャラクターも回ったり移動したりするので、インタラクティブに様々な視点から見た動的 3 次元モデルを表示することができる。尚、カードの認識には ARToolKit [22] (Augmented Reality Tool Kit) を利用している。

バーチャルパペットシステムは NHK の視聴者参加型のイベント等で数多く利用されている。イベントで出展する際には、図 10 のように合成映像を表示するモニタの中央上部にカメラを俯瞰に設置している。ユーザーがモニタの前に立つと、カード上に動的 3 次元モデルが合成された映像がモニタに表示される。この際に、モニタにはカメラで撮影した映像を左右反転し、鏡像表示することで、ユーザーは鏡を見ているような

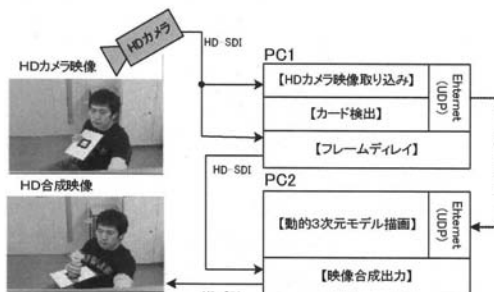


図 9：バーチャルパペットシステムの構成



図 10：展示システム

感覚で特に説明が無くてもカードを直感的に操作することができる。

3.2. AR (Augmented Reality) サッカーシミュレータ

AR サッカーシミュレータはサッカー選手の動的 3 次元モデルと拡張現実感技術を組み合わせることで、ユーザーが選手の配置などをインタラクティブに操作しながら、サッカーのフォーメーションやボールの動きを視覚的にわかりやすく提示することができる。

本システムは、1 台のカメラで特定の模様が描かれたカードを撮影し、映像中のそれぞれのカード上に、サッカー選手の動的 3 次元映像をリアルタイムに合成表示する。フィールド盤面上のカードを手で動かすと、映像中のカード上に合成される動的 3 次元映像も連動して移動するので、映像を確認しながら選手の配置をインタラクティブに操作することができる。

また、フィールド面上での各カードの位置関係を計算し、ボールの CG を移動させることで、選手から選手へのパスなどのボールの動きを再現することができる。パスを出す際には、パスを出す相手の方向を向いてボールを蹴る動作の動的 3 次元映像が表示される。本システムの実用例を図 11 に示す。

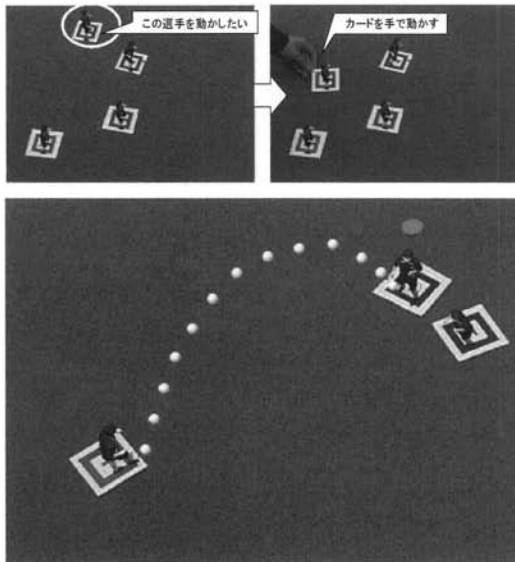


図 11：AR サッカーシミュレータの例
上段：選手配置の変更
下段：選手間でのパス

3.3. 伝統芸能の3次元映像アーカイブシステム

ユーザーがインタラクティブに視点を操作しながら、好みの視点で能の演目を見ることができる能の3次元アーカイブシステムの開発を行っている[20][21]。このアーカイブシステムでは、能演者の動的3次元モデル、背景用の能舞台CG、及び音声を同期再生し、ユーザーはインタラクティブに視点を操作しながら3次元映像コンテンツを視聴することができる。本システムの構成を図12に示す。

本システムでは、複数の演目および背景CGをコントローラを用いて切り替えることができる。現在、演目は「熊野」「葵上」の2種類、背景CGは国立能楽堂、巖島神社能舞台、江戸城本丸表御能舞台の3種類を切り替え可能である。また、音声は謡の場合には画面下部に謡の文章をテキスト情報として表示するなど、演目に関するデータベースの機能も持つ。



図 12：伝統芸能の3次元アーカイブシステム

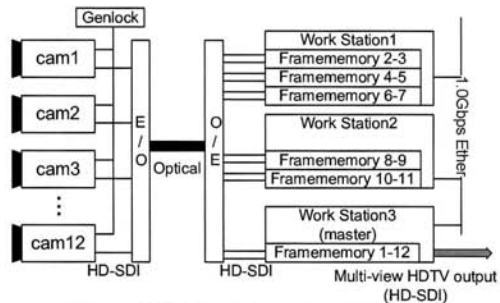


図 13：多視点ハイビジョンシステム構成

4. 多視点ハイビジョンシステム

我々は、様々なスポーツの決定的な場面の映像を、生放送で視聴者に視覚的にわかりやすく、高い臨場感で伝えることを目的に、運用性及び応応性を重視したシステム構成で多視点映像を生成する手法の検討とシステムの開発を行ってきた[14][15]。ここでは、我々が開発した12台のハイビジョンカメラを使用した、多視点ハイビジョンシステムの概要と、実用例を紹介する。

4.1. システム構成

多視点ハイビジョンシステムは、12台のハイビジョンカメラと3台のワークステーションによって構成される。ハイビジョンカメラは、外部同期入力とHD-SDI映像信号出力が可能な、業務用ハイビジョンカメラを使用している。システム構成を図13に示す。本システムでは、非圧縮のハイビジョンカメラ映像(1080/30p/YUV:422)を、ワークステーションに搭載されたフレームメモリにリアルタイム同期収録する。12台のカメラのシャッタータイミングは、Genlock信号によって同期させている。また、フレームメモリへの収録、再生動作は、1台のPCによって一括制御している。

4.2. 射影変換による画像補正

本システムでは、12台のハイビジョンカメラ映像を切り換えて表示することで、被写体を様々な角度から見た多視点映像を出力する。この際に、それぞれのカメラの注視点と画角が揃っていないと、切り換え時に映像の“がたつき”が生じてしまう。カメラを設置する際にあらかじめ各カメラの方向と画角が一致するように調整できれば問題は無いが、設置場所や作業時間などの条件によって必ずしも完全な調整ができるとは限らない。そこで、本システムでは、画像処理によって各カメラの注視点と画角を補正することができる。

具体的には、全てのカメラ映像を、ユーザーが選択した注視点を中心となるように仮想的にパン、チルトした画像に射影変換することで、各カメラの注視点を一致させる(図14)。さらに、注視点の3次元座標を計算し、各カメラから注視点までの3次元距離を求め、距離に応じて、ズーム率を補正することで、全てのカメラの画角も一致させ、カメラ毎の被写体の大きさを揃えることができる。

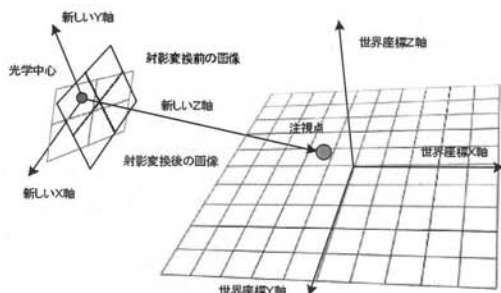


図14: 注視点を一致させる射影変換処理

本処理を行うにあたって、事前にカメラキャリブレーションを行ない、全てのカメラの3次元位置、傾き、焦点距離を予め求めておく。このカメラキャリブレーションは、撮影対象領域に1次元、または2次元のパターンを設置し、このパターンを撮影した映像から自動的に求めている[23][24]。

キャリブレーションデータを用いて、多視点映像を生成する際に射影変換を行い、注視点と画角が揃ったスムーズな切り替え映像を表示することができる。本処理は、コンピュータのグラフィックボードを利用して高速に行っており、3秒程度のシーンであれば5秒程度で処理することができる。

4.3. 生放送での送出手順

次に、多視点ハイビジョン映像の送出処理の流れについて説明する。図15に示すような映像パスの多視点映像を生成し送出する。ここでは、カメラ1が始点、カメラ12を終点として、切り替え映像フレームで映像が切り替わるようになっているが、始点と終点のカメラ映像や、切り替え映像フレームの数などは、任意に変更することができる。放送時には、オペレーターが送出PCを使って以下のような手順で送出を行っている。

《多視点ハイビジョン映像送出手順》

- ① 収録開始
- ② 収録停止
- ③ 切り替え映像フレーム選択
- ④ 送出に必要なフレームの映像をネットワーク経由で収録PCから読み込み編集（射影変換処理）
- ⑤ 多視点ハイビジョン映像の送出

①～③まではオペレーターの操作が必要となるが、手順④、⑤についてはソフトウェアで自動的に処理を行っている。この際、注視点はオペレーターが予め設定したり、競技毎にオペレーターがマウスで設定することも可能である。

また、送出時の再生速度は、自由に設定することが可能である。解説映像として放送利用する場合には、選手の動きをゆっくり見せた方が、競技の様子を視聴者にわかりやすく伝えることができる。そこで、例えば、図15の前半のりしるフレームの部分を2倍スローで、切り替え映像フレームを5倍スローでカメラ映像を切り替えた映像を送出している。

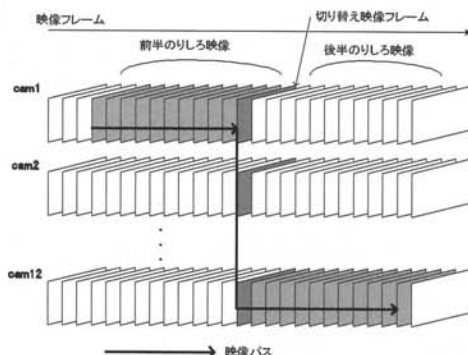


図15: 多視点ハイビジョン映像

4.4. 実施例

2007年6月のNHK杯体操では、跳馬競技を対象とし、ハイビジョンカメラを図16のように客席最前列に、跳馬の側面から正面を向くように12台設置した。収録、送出機材は、図17のように観客席下の機材室に設置し、送出作業を行った。

セッティングは、4名程度のスタッフで競技前日の半日程度で行うことができた。図18に会場の機材配置、及び系統の略図を示す。また、射影変換に必要となるカメラのキャリブレーションは、図19のようなパターンを撮影して処理した。



図16: カメラ配置



図17: 収録・送出機材配置

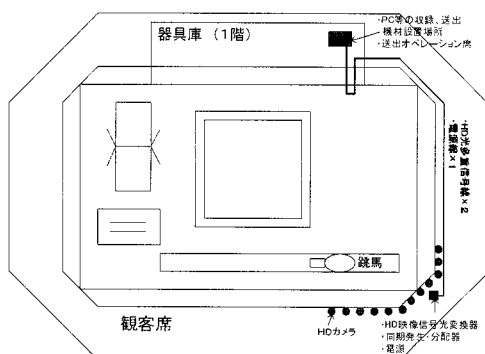


図 18: 機材配置と系統

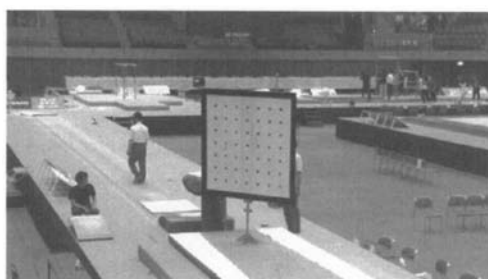


図 19: キャリブレーションパターンの撮影

本番での送出作業は、オペレータと連絡要員の 2 名で行った。選手の跳馬競技開始に合わせて収録を開始し、競技終了と同時に、空中での選手が最も高い位置、および着地の瞬間を切り替え映像フレームとして選択し、多視点ハイビジョン映像を生成した。

送出作業の時間は、切り替え映像フレームの選択に 10 秒程度、映像の読み込みと編集に 10 秒程度であった。競技終了後からおよそ 20 秒で多視点ハイビジョン映像が送出され、体操の全日本選手権と同様の解説の流れで放送された。また、射影変換による画像補正をした場合も競技終了後から 25 秒程度で送出できた。図 20 に放送された多視点ハイビジョン映像の一部を示す。跳馬の際には、跳馬に手を付き跳躍する瞬間の選手の姿勢を 1 秒ほど静止して見せ、跳躍後の空中での姿勢と、着地の瞬間を 12 台のカメラ映像を切り替えて表示することで、競技全体の流れの中で選手の動きや姿勢を視聴者にわかりやすく伝えることができた。

本システムは、画像中からユーザーが選択した任意の注視点を中心とし、デジタルズームによって注視点を拡大した多視点映像を生成することができる。たとえば、サッカーシーンなどでフィールド上を移動する特定の選手や、ボールなどを中心とし、その領域を拡大した多視点映像を生成することも可能である。

4.5. 多視点マルチモーシオン

多視点ハイビジョンシステム的应用として、多視点ハイビジョン映像に、被写体の運動軌跡を重畳して表示する多視点マルチモーシオン映像の生成についての研究も行っている [25]。マルチモーシオン映像は映像

フレーム毎に被写体のシルエットを抜き出し、それらを時系列に合成表示した映像である。これを多視点に拡張することによって、スポーツシーンにおいて選手の動きを視覚的によりわかりやすく表現することができる。

この際、複数のカメラ映像から被写体領域のみを精度良く、短時間に抜き出す必要がある。そこで、多視点映像を使用した視体積交差法により各カメラの被写体領域のシルエットを抜き出す手法を用いている。生成された多視点マルチモーシオンの例を図 21 に示す。また、サッカーボールの軌跡を多視点映像に合成する手法についても開発した [26]。

5. おわりに

本稿では、これまで我々が取り組んできた、多視点映像生成技術の研究とその応用について報告した。多視点映像処理の研究の大きな目的は、動的なシーンを任意の視点から見ることができる映像を表示することにある。この目的の中でも、視点を移動させることができる範囲、処理時間、品質等の様々な要件によって研究のアプローチ、応用も異なってくる。

現在、動的 3 次元モデルを利用し、能の演者の動きをどこからでも見ることもできる伝統芸能の 3 次元映像アーカイブシステムの開発と、スポーツの生放送で競技終了直後に多視点ハイビジョン映像を効果的に解説利用するための放送用システム開発を軸に、多視点映像生成技術の研究を行っている。動的 3 次元モデルに関しては、処理時間がかかっても、より高品質な形状復元、テクスチャ再現する技術が重要である。また、放送用の多視点ハイビジョンに関しては、短い処理時間でより解説として付加価値の高い映像を生成する技術・システム整備が重要である。

今後は、様々なアプリケーションを想定し、その応用に適したアプローチで多視点映像生成技術の研究を推進していく。

文 献

- [1] M.Katayama, Y.Iwadate, K.Tomiya, H.Imaizumi : " A System for Generating Arbitrary Viewpoint Images" ,Proc of SPIE, vol. 4864, pp. 202-210, (July. 2002)
- [2] Y.Iwadate, M.Katayama, K.Tomiya, H.Imaizumi : " VRML Animation from Multi-Viewpoint Images" , Proc. of ICME2002, (Aug. 2002)
- [3] 富山, 片山, 岩館, 今泉 : "視体積交差法とステレオマッチング法を用いた多視点画像からの 3 次元動オブジェクト生成手法", 映像学誌, Vol.58, No.6, pp.797-806 (Jun.2004)
- [4] K. Tomiyama, M. Katayama, Y. Orihara and Y. Iwadate : " Arbitrary Viewpoint Images for Performances of Japanese Traditional Art" , Proc. of CVMP 2005 pp.68-75 (Nov. 2005)
- [5] 富山, 片山, 折原, 岩館 : "局所的形状特徴に拘束された 3 次元形状復元手法とそのリアルタイム動画表示", 映像学誌, Vol.61, No.4, pp.471-481 (Apr.2007)
- [6] W.Matusik, C.Buehler, R.Rasker, S.J.Gortler, and L.McMillan : "Image-Based Visual Hulls", In Proc. of SIGGRAPH2000, pp.11-20 (2000)

- [7] 延原, 和田, 松山: “弾性メッシュモデルを用いた多視点画像からの高精度3次元形状復元”, 情報学論, Vol.43, No.SIG11(CVIM5), pp.53-63, (2002)
- [8] J.Strack, A.Hilton: “Model-Based Multiple View Reconstruction of People”, Proc. IEEE International Workshop on Computer Vision, pp.915-922 (2003)
- [9] <http://www.ri.cmu.edu/events/sb35/tksuperbowl.html>
- [10] 稲本, 斉藤: “視点位置の内挿に基づく3次元サッカー映像の自由視点観賞システム”, 映情学誌, Vol.58, No.4, pp.529-539 (2004)
- [11] 稲本, 斉藤: “多視点スポーツ映像からの自由視点映像合成と提示”, 信学誌, D-II, Vol.J88-D-II, No.8, pp.1693-1701 (2005)
- [12] 北原, 大田: “大規模空間を対象とした自由視点映像生成のための3次元形状表現手法”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.7, No.2, pp.177-184 (2002)
- [13] 北原, 大田, 斎藤, 秋道, 尾野, 金出: “大規模空間における多視点映像の撮影と自由視点映像生成”, 映情学誌, Vol.56, No.8, pp.120-125 (2002)
- [14] 富山, 宮川, 岩館: “多視点ハイビジョン映像生成システムの試作—全日本体操選手権での中継番組利用—”, 信学技報 PRMU2006-178, Vol.106, No.429, pp.43-48 (Dec.2006)
- [15] 富山, 岩館: “GPUを用いた射影変換による多視点ハイビジョン映像生成”, 映情年次, 2-1 (Aug. 2007)
- [16] 剣持, 小谷, 井宮: “点の連結性を考慮したマーチングキューブ法”, 信学技報, PRMU98-218, pp.197-204 (1999)
- [17] 岩館, 富山, 折原: “バーチャルパペット”, 放送技術, vol.57, No.3, pp.105-108 (Mar. 2004)
- [18] 富山, 折原, 岩館: “ハイビジョンバーチャルパペットシステムの開発”, 映情年次大会, 18-3, (Aug.2004)
- [19] 富山, 岩館: “動的3次元映像を利用したサッカーのシミュレーションシステム”, 映情学誌, Vol.60, No.12, pp.1897-1900 (Dec. 2006)
- [20] M.Katayma, K.Tomiyama, Y.Orihara, Y.Iwadata: “A 3D Video System for Archiving of Japanese Traditional Performing Art”, Proc. IDW/AD '05, 3D2-1, 2005, p.1743-1746 (Dec. 2005)
- [21] 片山, 富山, 折原, 岩館: “伝統舞踊の3次元映像アーカイブシステム”, Proc. DIA2007, O7-2, pp.208-213, (Mar. 2007)
- [22] H.Kato and M.Billinghurst: “Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system”, In Proc. IEEE International Workshop on Augmented Reality, pp.125-133, (1999)
- [23] 宮川, 富山, 岩館: “局所複数平面に基づく多視点カメラのキャリブレーション”, 信学技報 PRMU2006-93, Vol.106, No.300, pp.7-12 (Oct.2006)
- [24] 宮川, 富山, 岩館: “1次元物体を使った多視点カメラのキャリブレーション”, 信学技報 PRMU2006-177, Vol.106, No.429, pp.37-42 (Dec.2006)
- [25] 富山, 宮川, 岩館: “多視点マルチモーション映像生成システムの試作”, Proc. DIA2007, I2-9, pp.264-268, (Mar. 2007)
- [26] 池谷, 富山, 岩館: “多視点映像における移動物体抽出とそのCG表現に関する検討”, 信学技報, IE2005-316, vol.105, No.611, p.165-170 (Feb.2006)

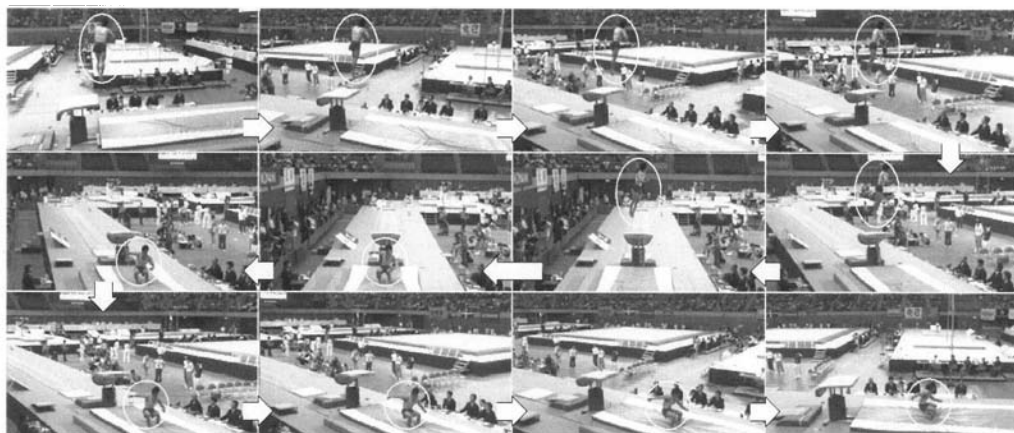


図 20: 解説映像として放送された多視点ハイビジョン映像 (跳馬)

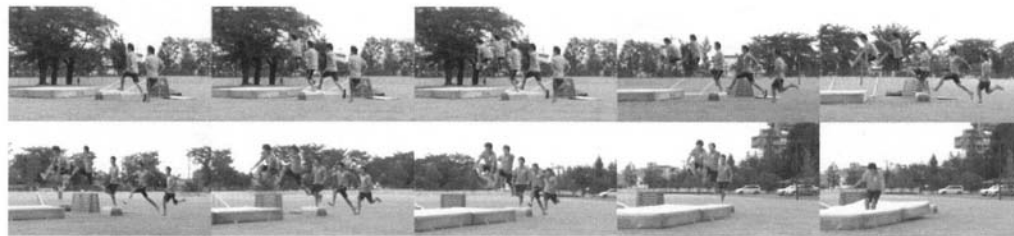


図 21: 多視点マルチモーション