

I-054

# サッカーの自由視点映像のネットワークを用いたライブ配信 Real Time Transmission of 3D Video via Network

古山 孝好<sup>†</sup>      向川 康博<sup>‡</sup>      亀田 能成<sup>‡</sup>      大田 友一<sup>‡</sup>  
Takayoshi Koyama   Yasuhiro Mukaigawa   Yoshinari Kameda   Yuichi Ohta

## 1. はじめに

近年、複数台のカメラで撮影した映像を計算機で解析し、対象空間内に存在する物体の3次元モデルを復元することにより、自由な視点からの映像を生成・提示する研究が活発に行われている。Narayananらのシステムでは、多数のポリゴンにより物体の3次元モデルを精密に復元して、自由視点映像の生成を行っている[1]。Würmlinらは、point-baseで3次元モデルを復元し、これをPRK-treeで記述することにより、逐次的な描画が可能な自由視点映像システムを構築している[2]。これらの手法では、高い画質の自由視点映像を生成するために、対象物体の3次元モデルを精密に復元することに重点がおかれている。そのため、部屋程度の小規模な空間を対象としたものが多い。

これに対して、石川らは、単純化した3次元モデルを用いることにより、大規模な空間における自由視点映像の生成・提示を高速に実現する手法を提案している[3]。我々は、この手法を基に、サッカースタジアムを対象として多視点映像の撮影から自由視点映像の生成・提示までをリアルタイムで実現するシステムを構築してきた[4]。

本稿では、現在一般的に普及しているブロードバンド回線を利用して、サッカーの自由視点映像を遠隔地へライブ配信する実験を行い、本システムの有効性を検証する。

## 2. 単純化3次元モデルを用いた自由視点映像のライブ配信システム

### 2.1 システム構成

我々は、サッカースタジアムにおける自由視点映像をリアルタイムに生成し、ネットワークを介して遠隔地に配信するシステムを構築してきた[4]。図1に本システムの概略を示す。システムは、ピッチ上に存在する選手の3次元位置をリアルタイムに推定するシーン解析部、ピッチを全周から撮影して選手のテクスチャを獲得する多視点映像撮影部、これらの情報を集約して自由視点映像の生成に必要なデータセットを構築・管理するサーバ、そして自由視点映像をユーザに提示する自由視点映像生成・提示部（クライアント）の四つの部分からなる。

シーン解析部では、メインスタンドの屋根の上と電光掲示板の上のように、対象空間を高い位置から見下ろし、お互いの光軸がほぼ直交するように設置された2台のカメラ映像を入力とする。図2に示すように、各カメラで抽出された選手領域を地面上に投影し、幾何的対応をとることで、選手の3次元位置を高速に推定する。

### 2.2 単純化3次元モデル

サッカーのように、大規模な空間に多数の人物が存在す

るイベントを対象とした自由視点映像では、一般的に、広い範囲を見渡せるように各々の選手からやや離れた位置に仮想視点を設定することが多いと考えられる。このような状況では、各選手の凹凸のような3次元的な形状を復元することの重要性は小さくなり、逆に選手相互の位置関係による見え方の変化を再現することの重要性は大きくなる。石川らはこの点に着目し、1枚のポリゴンとテクスチャのみで各選手を表現する、単純化3次元モデルを提案している[3]。

本手法では、各選手が存在する3次元位置にポリゴンを1枚立て、多視点映像から撮影された該当選手のテクスチャのうち、ユーザが望む仮想視点位置に最も適した1枚をこのポリゴンに貼り付ける。選手の形状を推定する処理が不要であるため、大規模空間に多くの選手が存在するようなシーンにおいても、高速に自由視点映像を生成・提示することが容易となる。また、テクスチャ内の背景部分を透明に設定して貼り付けることにより、自然な背景を持つ自由視点映像を生成できるため、選手相互の位置関係による見え方の変化を表現することが可能である。さらに、各選

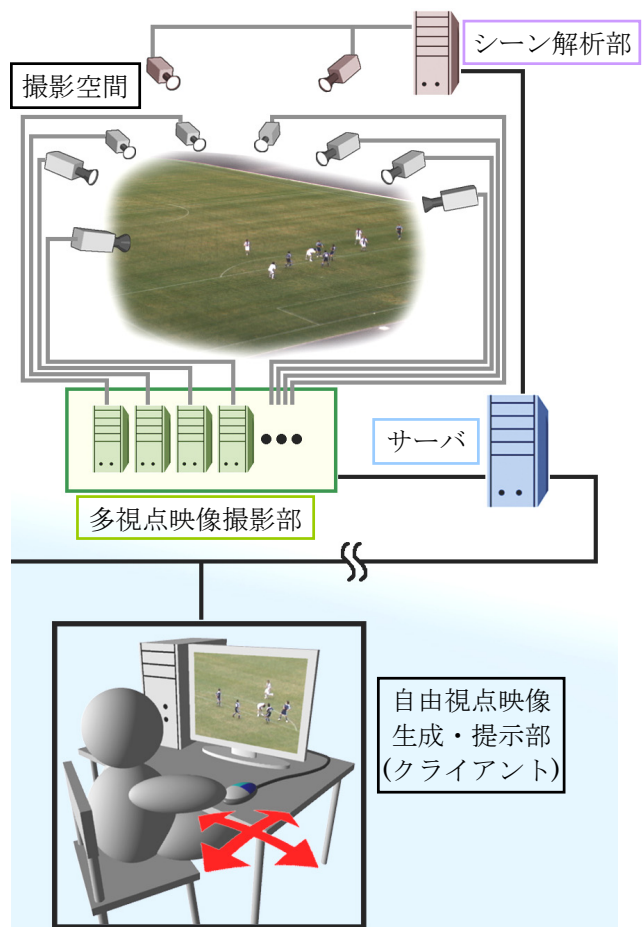


図1 自由視点映像ライブ配信システムの概略図

<sup>†</sup> 筑波大学大学院理工学研究科

<sup>‡</sup> 筑波大学大学院システム情報工学研究科

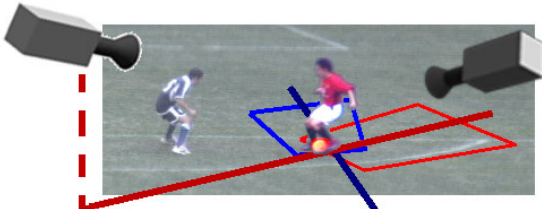


図2 2台のカメラによる位置推定

手は1枚のポリゴンとテクスチャで表現されるため、自由視点映像を生成するためのデータ量を抑えることができ、ネットワークを介した配信などに適している。

### 2.3 自由視点映像のライブ配信

自由視点映像のライブ配信は、クライアントがユーザの望む仮想視点位置の情報をサーバに逐次送信し、サーバがこの視点位置情報に基づいて、自由視点映像の生成に必要なデータを選択・配信することにより実現される。

サーバが毎フレームに配信するデータは、各選手の座標と、視点位置を基に選択されたテクスチャのみである。スタジアムやピッチなどの背景領域については、あらかじめ3次元モデルデータとして観戦前に一度だけ配信しておく。クライアントは、保持している背景領域の3次元モデル内に、フレーム毎に配信される選手データを配置してレンダリングすることにより、自由視点映像の生成・提示を行う。

このように、選手データと背景データを分離して配信することにより、フレーム毎に配信するデータ量を削減することが可能となる。また、サーバが行う処理は、ユーザの仮想視点位置に基づいたテクスチャ選択のみであるため、複数のユーザに対して、それぞれが望む視点の映像を同時に配信することが容易となる。

## 3. 遠隔地配信実験

### 3.1 実験環境

本システムを用いて遠隔地に自由視点映像を配信した際に、サーバとクライアント間のネットワーク帯域やレイテンシが、自由視点映像の提示に与える影響を検証するために実験を行った。

図1に示すシステムのサーバを大学内に設置し、このサーバに対して学外からブロードバンド回線を介して接続することで、自由視点映像の配信を行った。本実験では、シーン解析部および多視点映像撮影部には、あらかじめサッカースタジアムで撮影・保存しておいた映像を入力として与えたが、選手位置の推定やテクスチャの獲得などはすべて実験時にリアルタイムで行った。したがって、実際に大規模空間で撮影を行いライブ配信する場合と同等の環境であると見なすことができる。

実験で使用した映像は、実際のサッカーの試合を撮影したものである。ピッチ上には23人の人物(選手と審判)が存在しているが、撮影の対象とした空間がピッチの半分程度であるため、実際に処理対象となる選手の数は平均して1フレームあたり約18人であった。また、選手1人あたりのデータ量は、テクスチャをJPEG圧縮したところ、平均して960[Byte]程度であった。したがって、1フレームあたりのデータ量は17[KB]となり、30[frames/sec]で映像を配信する場合には、約4[Mbps]のネットワーク帯域が必要となる。

表1 遠隔地配信実験の結果

	最大転送速度[Mbps]	スループット [fps]	レイテンシ [ms]
ブロードバンドA	20 (18)	27	112
ブロードバンドB	8 (5)	24	128
ブロードバンドC	6 (3)	15	213
LAN内	100 (30)	29	104

クライアントからサーバに送られる情報は、配信を望む時間情報とユーザの仮想視点・注視点の3次元位置のみであり、1フレームあたり33[Byte]とわずかなデータ量である。したがって、クライアントからサーバに向かう上り回線速度については無視できる。

### 3.2 実験結果

3種類のブロードバンド回線を用いて配信実験を行った。各回線の規格上の最大転送速度(括弧内は平均的な実測値)と、実験で得られたスループットおよびレイテンシの平均値を表1に示す。また、参考として、100[Mbps]のLAN内で同様の実験を行った結果も併せて示す。

表1より、現在の一般的なブロードバンド回線においても、フレームレートの高い自由視点映像を配信できていることが分かる。また、ユーザの視点位置変更操作からその結果が自由視点映像に反映されるまでのレイテンシについても、ブロードバンドA、Bでは十分な値が得られており、視点の移動を違和感なく行うことができる。ただし、ブロードバンドCにおいては、レイテンシがやや大きな値となっている。その結果、視点移動の直後は、サーバから選択・配信されるテクスチャがユーザの仮想視点位置に最適なものではなく、提示される映像に違和感があった。この点に関しては、ネットワーク帯域に応じてレイテンシを低く抑える配信アルゴリズムや、レイテンシが多少ある場合でも映像提示時の違和感を低減できる配信・提示手法を検討する必要がある。なお、自由視点映像生成はクライアント側で行っているため、視点移動操作への追従自体はクライアントPCの描画速度で行われ、その速度はネットワークのレイテンシやスループットとは無関係である。

## 4. おわりに

現在一般的に普及しているブロードバンド回線を利用して、サッカースタジアムのような大規模な空間を対象とした自由視点映像をライブ中継するシステムを構築した。そして、実際に遠隔地配信実験を行い、サッカーの自由視点映像のネットワークを用いたライブ中継が可能であることを示した。

## 参考文献

- [1] P. J. Narayanan, P. Rander, and T. Kanade, "Constructing virtual worlds using dense stereo", Proc. of ICCV '98, pp. 3-10, Jan. 1998.
- [2] S. Würmlin, E. Lamboray, O. G. Staadt, and M. H. Gross "3D Video Recorder", Proc. of Pacific Graphics '02, IEEE Computer Society Press, pp. 325-334, 2002.
- [3] 石川, 北原, 大田, "大規模空間の多視点映像を用いた運動視差の再現可能な自由視点映像提示", 信学技報 PRMU 2000-190, pp.31-38, Feb. 2000.
- [4] 古山, 北原, 大田, "仮想化現実技術を用いた大規模空間自由視点映像のライブ配信と提示", 信学技報 PRMU 2003-22, pp.61-66, May 2003