

基礎論文

サッカーの自由視点映像提示における気の利いた視点選択手法

北原 格 橋本 浩一郎 亀田 能成 大田 友一^{*1}

Automating Viewpoint Decision Method for Generating a 3D Soccer Video

Itaru Kitahara Koichiro Hashimoto Yoshinari Kameda and Yuichi Ohta ^{*1}

Abstract – This paper proposes an automating method to determine a viewpoint for generating a 3D video of soccer games. Our proposed method aims to realize an empathic 3D video system that counts users' personal preference. Our system first classifies the soccer game into some soccer events by referring to 3D position of soccer players and a ball. For each event in soccer games, typical viewpoints, which are preferred by many numbers of users, have been estimated by a clustering method with interview survey. In a phase of presenting 3D video, the user inputs his/her individual taste of viewpoint by trial-using 3D video system in a few soccer events. Our system estimates a viewpoint to generate the user's favorite 3D video by choosing a typical viewpoint which is the nearest to user's input. With interpolating the selected typical viewpoints in soccer events by B-spline curve, this system generates a sequence of 3D video. We confirm the effectiveness of our proposed method in subjective evaluation experiments.

Keywords : Free Viewpoint Video, Viewpoint Decision, Automated Generation, Clustering, Subjective Evaluation

1 まえがき

ビデオ機器や計算機の性能向上を背景に、多数の視点から撮影した映像を計算機内部で融合することにより、自由な視点位置からの映像の生成・提示を行う研究が、国内外で盛んに行われている [1]-[6]. 「好きな視点位置から観て楽しむ」という新しい鑑賞スタイルは、デジタル時代の新たな映像サービスとして注目が集まっている。特に、オリンピックやワールドカップのように世界中が注目し、膨大な数の視聴者が存在するスポーツイベントでは、自由視点映像技術が有効に機能すると考えられるため、Koyamaらによって、遠隔地の観客者が、サッカーシーンのような大規模空間で行われるイベントの自由視点映像を生中継で楽しむことが可能な、自由視点映像配信システムの研究開発が行われている [7].

従来の自由視点映像提示システムでは、視点の位置を設定するインターフェイスとして、マウスを用いるのが一般的である。しかし、3次元空間中を位置・姿勢・画角を変えながら動きまわり、7自由度を持つカメラパラメータを、2次元インターフェイスのマウスで思い通りに操作することは、そう容易なことではなく、観客者に負担を強いることになりかねない。また、視点設定操作をしながらの鑑賞では、操作に気を取ら

れ試合に集中できないことが懸念される。さらに、映像制作の知識に乏しい視聴者の操作によって生成された映像が、撮影空間の状況を的確に表現するものであるかについては、疑問の余地がある。我々は、このような問題を解決するために、サッカーシーン映像を対象として、観客者の好みと撮影シーンの内容に応じて適切な視点位置を自動的に選択する“自動視点ナビゲーション”を提案する。

これまでも会議や講義を対象としたカメラ切り替え方式に関する研究 [8][9] が行われているが、この場合、情報の送受信者に明確な目的が存在するため、撮影対象の状態遷移によりカメラ切り替えをほぼ一意に決定することが可能であり、視聴者毎のカメラ切り替えの好みの差異に関する検討は行われていない。一方で、我々が撮影対象とするスポーツシーンは、“筋書きのないドラマ”と言われるように、撮影対象の状態遷移の形式化は難しく、さらに、膨大な数の視聴者が情報の受信者となるため、その全てを満足させる単一のカメラ切り替えモデルが存在するという事は考えにくい。むしろこのような場合には、視聴者側にカメラ切り替えの権利を与え、個々の好みで切り替え操作を行ってもらう方が、高い満足度を与えられるであろう。大西らや熊野らは、スポーツシーンを広角で撮影した映像の一部をクリッピングすることにより、視聴者に視点選択の自由度を与え、個々のカメラ切り替えの好みを実現する方式を提案している [10][11]. この方式では、視聴者の好みがある程度反映できるものの、

^{*1}筑波大学 大学院システム情報工学研究科 知能機能システム専攻

^{*1}Department of Intelligent Interaction Technologies, Graduate School of Systems and Information Engineering

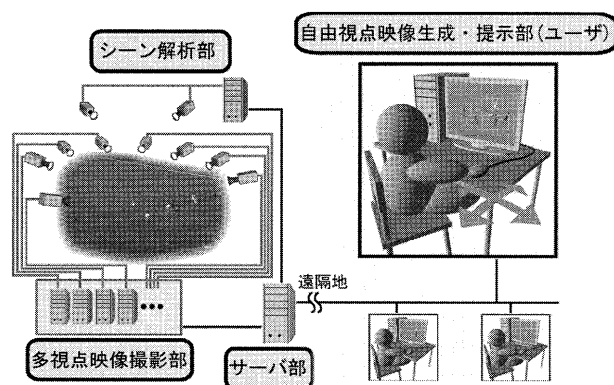


図1 自由視点映像配信システム
Fig.1 3D Live Soccer Video System.

実写映像を再利用するため、視聴者の視点位置設定には物理的な制約が存在する。本論文では、自由視点映像技術を適用することにより、カメラ設置の物理的な制限を取り払い、あらゆる視聴者のカメラ切り替えの好みに対応した映像の生成・提示を行うシステムを実現する。自由視点映像生成処理は、従来の映像生成手法と異なり、カメラの設置位置に物理的な制限を受けないため、従来研究で提案されているカメラ切り替えモデルをそのまま適用するだけでは、視聴者を十分に満足させる映像が生成できないと考えられる。そこで本研究では、視聴者に好まれる自由視点（カメラ配置）の調査を行うことから、取り組みを開始する。

以降、2節で、我々が前提とする自由視点映像配信システムを紹介し、3節では、提案する自動視点ナビゲーション方式の概要を述べ、4節から6節で各部の詳細を行う。最後に7節で、生成自由視点映像を用いた評価実験を行った結果を示す。

2 自由視点映像配信システム

本研究では、図1に示すシステムを用いて、多視点映像の撮影から自由視点映像の提示までを行う。このシステムは、“人物ビルボード”とよばれる手法を用いて、被写体の3次元モデルのデータ量を削減することにより、自由視点映像を実時間で遠隔地に配信・提示可能であるという特長を有する [7]。

シーン解析部では、多視点カメラにより獲得される映像を用いて、選手の3次元位置を実時間で推定し、多視点映像撮影部のPCへ転送する。多視点映像撮影部のPCは、選手の3次元位置に基づき、撮影された多視点映像から選手テクスチャを抽出し、サーバ部に転送する。遠隔地にいるユーザは、自身が望む仮想視点位置情報をサーバ部に送信し、サーバ部は要求された自由視点映像を生成するために必要最小限のデータをユーザに送信する。これらの処理を実時間で繰り返す。

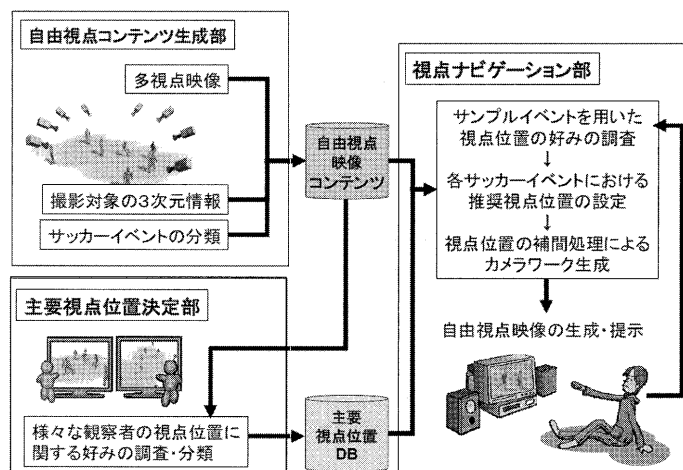


図2 自動視点ナビゲーション方式の構成
Fig.2 Automating Viewpoint Decision for 3D Soccer Video.

返すことにより、自由視点映像中継を実現する。以降の節では、この自由視点映像配信システムに、適切な観察視点を自動的に設定する手法について述べる。

3 自動視点ナビゲーション方式

提案方式は、図2に示すように“自由視点映像コンテンツ生成部”、“主要視点位置決定部”、“視点ナビゲーション部”によって構成される。自由視点映像コンテンツ生成部では、選手とボールの時系列3次元位置データと撮影空間の3次元情報を用いて、サッカーゲームをイベント単位に分類した自由視点映像コンテンツを生成する。主要視点位置決定部では、複数の観察者を対象とした好みの視点に関するインタビューを実施し、各サッカーイベントにおいて多くの観察者に好まれる主要視点位置を決定する。ここまでは、自動視点ナビゲーション実現のための前処理となる。視点ナビゲーション部では、映像の観察者に対し、少数のサンプルイベントを用いて視点位置の好みに関する調査を行い、その結果に応じて、映像生成用カメラの位置を設定する。イベントごとに設定された視点位置をスプライン補間することにより、サッカーゲーム全体のカメラワークを生成し、自由視点映像の生成・提示を行う。

4 自由視点映像コンテンツ生成部

観察者の希望する視点位置は、サッカーイベント毎に異なるため、まずは、サッカーゲームをイベントに分類する必要がある。サッカーの試合は、“いつ”、“どこで”、“だれが”、“なにを”の項目によって、統計的に分析することにより、分類することが知られている [12]。本研究では、“いつ”を撮影時刻情報、“どこで”

をサッカースタジアム中の3次元位置，“だれが”を選手の識別情報によって与えることにより，サッカーゲームを数値化し，以下に示すように，ドリブル，パス，ゴールの3種類のイベントに自動的に分類する。このとき，選手とボールの3次元位置，および，サッカースタジアムの3次元情報は，あらかじめ獲得されているものとする。

- ドリブル： ボールの半径3 m以内に選手が存在する状態が一定時間継続した場合，そのイベントはドリブルであると判定される。ただし，ドリブル終了時までには，ボールのベクトルと速度が大きく変わらない場合はドリブルとみなさない。
- パス： 味方同士のドリブルが連続して検出された場合，その間をパスイベントと判定する。
- ゴール： 相手チームのゴール付近にボールが移動し，その後ゴールの枠内にボールが移動した場合をゴールイベントと判定する。

このようにして判定した，イベント分類情報，選手とボールの3次元位置情報，サッカースタジアムの3次元情報を1フレーム単位で統合し，自由視点映像コンテンツを生成する。

5 主要視点位置決定部

観察者の好む視点からの映像を生成するためには，その好みに関する情報を獲得する必要がある。本論文では，実際に映像を観察した視点位置情報に手がかりが存在すると考え，仮想カメラの位置情報を解析することにより，好みの抽出を試みる。

5.1 自由視点閲覧インターフェイス

箱庭スタジアム

1節で述べたように，マウス操作による視点設定方式では，観察者の希望通りの視点位置を獲得することが困難である。我々は，観察者の好みをより正確に調べるためには，より直感的操作が可能である必要があると考え，図3に示す自由視点映像閲覧方式“箱庭スタジアム”を開発した。箱庭スタジアムは，現実世界を撮影した映像上に幾何的整合性を保った状態で自由視点映像を重畳する提示方式である。身近に存在する3次元実物体上に映像を重畳するため，視聴者の視点位置と仮想世界の3次元的位置関係が直感的に把握でき，2次元モニタによる提示に比べ，より強い印象を視聴者に与えることが，Inamotoらによって報告されている[13][14]。本研究では，机の上に設置したボードをサッカースタジアムのフィールドに見立て，その上に自由視点映像を重畳する。ボード上には，カメラの位置・姿勢を検出するためのマークが貼られ，観察

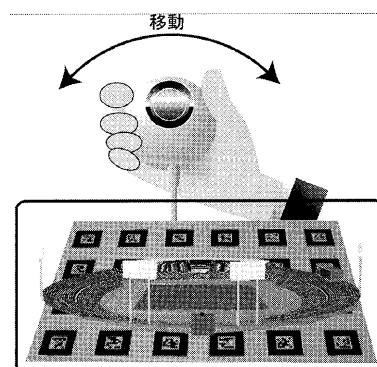


図3 箱庭スタジアム概念図

Fig. 3 Concept of “HAKONIWA” (Miniature) Soccer Stadium.

者はボード上空で小型カメラの位置・姿勢を自由に換えながら自由視点映像の撮影を行うことができる。写りこんだマークの像から算出したカメラの位置・姿勢情報を用いて，実物体であるボード上に仮想物体であるサッカースタジアムを重畳した映像を生成し，観察者に提示することにより，あたかもサッカースタジアム上空を飛び回りながら撮影したような映像の生成・提示を実現することができる。このように，実世界を目視しながらカメラを操作するため，被写体との相対的な位置感覚がつかみやすく，より直感的な視点位置の指定が可能となる。

仮想カメラのパラメータ獲得

箱庭スタジアムでは，ARToolKit[15]によって与えられる，カメラと撮影空間（マーク）の相対的位置関係から，仮想カメラの3次元位置を獲得する。図4に示すように，カメラ座標系におけるカメラの位置情報を P_c ，マーク座標系 P_m ，ワールド座標系 P_w とする。マーク座標系からカメラ座標系の変換行列を M_{mc} ，マーク座標系からワールド座標系の変換行列を M_{mw} とすると，カメラ座標系からワールド座標系への変換は，式(1)によって与えられる。

$$P_w = M_{mw}(M_{mc})^{-1}P_c \quad (1)$$

5.2 主要視点位置の決定

前節で紹介した箱庭スタジアムを用いて，あるイベントの自由視点映像を生成・閲覧してもらい，その時の視点位置を記録する作業を多数の観察者に対して実施し，対象イベントの観察時に設定される視点位置データを獲得する。獲得したデータに対し，クラスタリング手法を適用し，各クラスの重心を主要視点位置とする。本方式では，クラスタリング手法としてk-means法を用いる[16]。k-means法は，分割するクラス数 k が既知情報として，以下の演算を繰り返し，各クラス

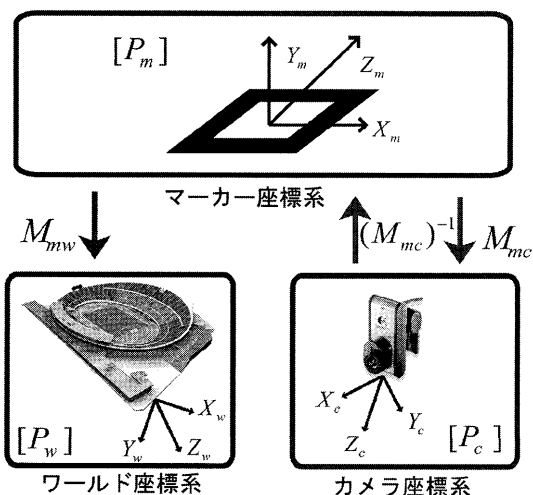


図4 各座標系の関係

Fig. 4 Relationship Between the Three Coordinates.

の重心を求める手法である [16].

1. 入力データの中から各クラスの重心となる初期値を k 個任意に抽出する
2. 入力データを, 重心までの距離が最も近いクラスに分類する
3. 全データの分類終了後, 改めて各クラスの重心を求める
4. 上記2.,3.の処理を重心が変化しなくなるまで繰り返す

同様の処理を, 4節で分類した全てのサッカーイベントに対して行い, 各イベントにおける主要視点位置を決定する.

6 視点ナビゲーション部

本節では, 自動的に視点位置のナビゲーションを行う手法と, 自由視点映像を生成・提示するための処理について述べる.

6.1 観察者の好みの視点位置の推定

前節で述べたとおり, 主要視点位置はサッカーイベント毎に数箇所に分類される. 観察者に映像を提供する場合, まずその観察者がどの主要視点位置を好むかを調べる必要がある. 本研究では, 調査用サンプルとするサッカーイベントをあらかじめ用意しておき, 箱庭スタジアムを利用して, サンプルイベントを自由に観察してもらう. 入力された視点位置を, 先述したクラスターリング空間に投影し, 3次元空間中での距離が一番近い(観察者の好みと近い)主要視点位置を判定する. 同様の調査を全てのイベントに対して行うこと

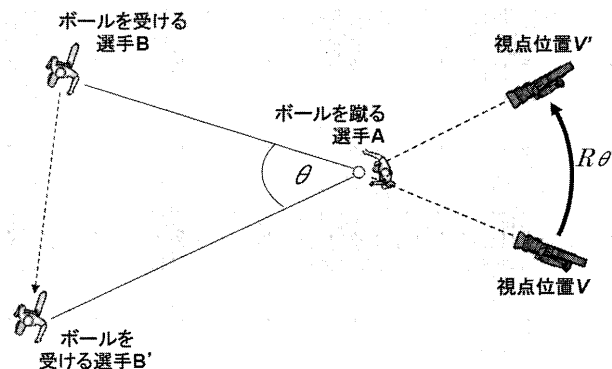


図5 主要視点位置の相対移動

Fig. 5 Rigid Translation of a Key Viewpoint.

により, 各サッカーイベントにおける好みの主要視点位置を推定する.

6.2 観察視点位置の補正処理

全てのイベントの全てのフレームにおける, 選手・ボールの位置関係が, 主要視点位置を決定した状況と完全に一致するとは限らない. 本節では, 図5に示すように, ボールが飛んでいく方向を用いて, 各フレームにおける注目物体の位置関係が主要視点位置決定時と等しくなるように補正する手法について述べる.

まず, 推定された視点位置が, ボールを蹴る選手に近い場合について考える. 主要視点位置を決定した状況において, ボールを蹴る選手Aの位置を P_A , ボールを受ける選手Bの位置を P_B , 決定された視点位置を V とし, 現在処理しているフレームでは, ボールを受ける選手B'は位置 P'_B に移動しているとする. 両状況においてボールが飛んでいく方向ベクトルがなす角 $\theta = \angle P_B P_A P'_B$ から回転移動 R_θ を獲得することができる. R_θ を用いて, ボールを蹴る選手を中心として主要視点位置 V を回転させることにより, 現在のフレームの仮想視点位置 V' と被写体(ボールを蹴る選手A)の位置関係を, 主要視点位置決定時と同じ状況に補正することができる. なお, 推定された視点位置が, ボールを受ける選手に近い場合には, ボールを蹴る選手Aと受ける選手Bを置き換えて同様の補正処理を行う. フィールドを俯瞰する視点位置のように, 選手と視点位置が比較的遠い場合には, 補正の影響が小さいと考えられるため, 補正処理は行わない.

6.3 カメラワークの生成

自由視点映像を生成するためには, 各イベントで設定された視点位置間の移動を表現するカメラワークが必要である. 本システムでは, 制御点が少なく設定が簡易であるB-スプライン曲線を用いて, 前節で求めた視点位置を補間しカメラワークを生成する. B-スプライン曲線補間によって生成される軌跡 M は, 始点 M_s , 制御点 M_c , 終点 M_e とした場合, 式(2)で表

される。ただし、分割数を N としたときの、 t の増加量は $1/(N-1)$ であり、 $0 \leq t \leq 1$ とする。

$$M = (1-t)^2 M_s + 2t(1-t) M_c + t^2 M_e \quad (2)$$

例えば、あるイベント E_1 では視点位置 M_A から自由視点映像を観察し、イベント E_2 では視点位置 M_B が選択された場合、 M_A を始点 M_s 、 M_B を終点 M_e として与え、その間をスプライン曲線により補間する。なお、本手法では、始点と終点を底辺とし地面に平行な垂直二等辺三角形の頂点を制御点 M_c として与えている。

7 実験

7.1 自由視点映像撮影実験

国立霞ヶ丘競技場において開催された、全日本学生サッカー選手権決勝戦を被写体として、撮影実験を実施した。サッカーフィールドを取り囲むように配置したテクスチャ獲得用カメラ8台と、高所に設置したサッカー選手の位置検出用カメラ2台の多視点カメラを用いて、サッカーフィールドの半分程度の空間の撮影を行った。撮影に使用したカメラは、ソニー製プログレッシブスキャン3CCDカメラ(DXC9000)である。画像サイズ640×480画素の画像を毎秒30枚で撮影し、デジタル画像データとして計算機に記録する。全てのカメラについて、3次元測量器と移動式ランドマークを用いたキャリブレーション処理を行い、撮影空間と画像面間の射影関係を算出する[17]。

7.2 主要視点位置獲得実験

5.2節で述べた手法を、ゴールイベント、パスイベントの自由視点映像コンテンツに適用し、各イベントにおける主要視点位置の決定を行った。このとき、ゴールイベントとして図6(左)に示すボールを蹴る方向が異なる3パターン、パスイベントとして図6(右)に示す5パターンを用意した。注目選手以外の領域(他の選手、サッカーゴール、観客席)が、視点位置決定に与える影響を除去するために、ゴールイベントではボールを蹴る選手とゴールキーパー、パスイベントでは、ボールを蹴る選手と受ける選手のみを表示している。

この実験は、“サッカー観戦をしない”、“よく観戦する”、“サッカー競技者”というサッカーに関する知識が異なる3タイプ毎15人の、計45人の被験者に対して行った。なお、被験者の年齢は全て20代前半である。被験者には、図6に示す3パターンのゴールイベントと、5パターンのパスイベントの自由視点映像を観察してもらい、イベント毎に観察を希望する視点位置を指定してもらった。

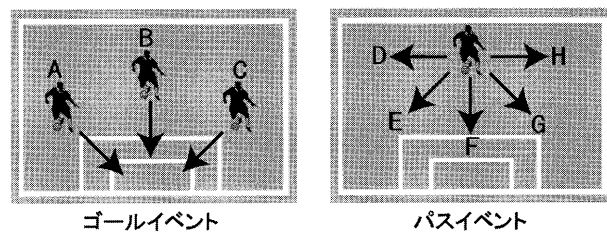


図6 (左) ゴールシーンイベント, (右) パスイベント

Fig.6 Variation of Goal Events (Left) and Pass Events (Right).

表1 視点位置クラスターのラベル付け
Table 1 Labeling of Key Viewpoints

| | ゴールイベント | パスイベント |
|----------|--------------|--------------|
| α | シュートする選手の後方 | パスする選手の後方 |
| β | キーパーの後方 | パスを受ける選手の後方 |
| γ | フィールドを俯瞰する位置 | フィールドを俯瞰する位置 |

獲得した視点位置のデータに対して、クラス数を一つずつ増やしながら K-means 法を適用した場合の分離性能の調査を行い、十分な判別を実現する最小数3をクラス数に設定している¹。分類結果の一例を図7に示す。図中の各軸は3次元空間の座標を表し、+印はサッカーをあまり観戦しない被験者が観察を希望した視点位置、×印はサッカーをよく観戦する被験者が観察を希望した視点位置、□印はサッカー競技者の被験者が観察を希望した視点位置である。これらの入力に対し、被験者特性を考慮せずにクラスタリング処理を行った結果得られた各クラスの重心が★印であり、この位置が多くの視聴者に好まれる主要視点位置となる。主要視点位置を中心に、観察を希望する視点位置が分布し、それらが正しく分類されていることがわかる。主要視点位置の推定結果を実際のサッカーシーンに当てはめて考えると、観察者の視点位置は、“イベントの仕手となる選手の後方から観る位置”、“イベントの受け手の後方から観る位置”、“フィールド全体を俯瞰する位置”の3箇所に集約できることがわかった。本論文では、分類された各クラスに対し、視点位置のタイプに基づき表1に示すラベル α 、 β 、 γ を与える。

上述したように、サッカーの試合における主要視点位置は、ボールの送り手と受け手の位置に依存することがわかった。しかし、実際のサッカーの試合では、ボールの送り手と受け手の位置関係、つまり、ボールが飛んでいく方向は、イベント毎に様々である。そこで、主要視点位置がボールを蹴る方向に依存するか否かに関する調査を行う。上述した主要視点位置獲得実

¹分離性能の評価にはクラス内分散とクラス間分散の比を用いた。

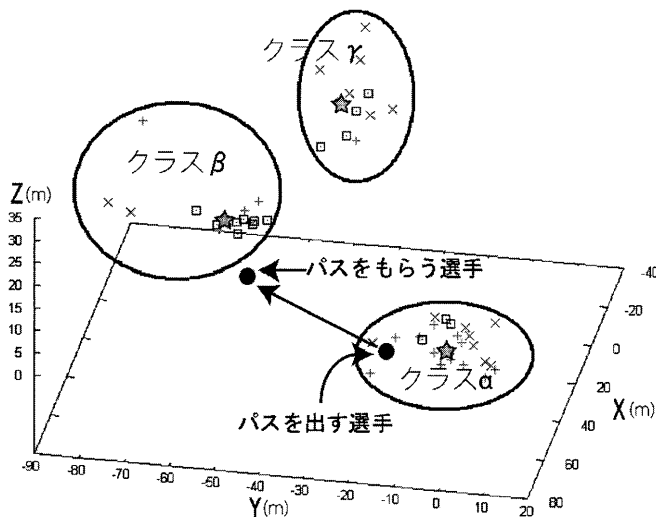


図7 あるパスイベントにおいて獲得された視点位置データのクラスタリング結果

Fig. 7 Clustering Result of Popularity Vote of Viewpoints in a Pass-Event.

表2 ゴールイベントにおけるクラスラベル遷移率

Table 2 Transiting Rate Between Three Clustering Labels in the Goal Events.

| A ⇄ B | A ⇄ C | B ⇄ C |
|------------------|-----------------|------------------|
| $\alpha = 100\%$ | $\alpha = 93\%$ | $\alpha = 93\%$ |
| $\beta = 85\%$ | $\beta = 88\%$ | $\beta = 100\%$ |
| $\gamma = 93\%$ | $\gamma = 92\%$ | $\gamma = 100\%$ |

験において、同じイベントではあるがボールを蹴る方向が異なる数パターンを用意し、被験者には各方向について好みの視点位置を指定してもらう。ボールの飛んでいく方向が変化した場合に、好みの視点位置が属するクラス（主要視点位置）がどのように変化するかを確率的に表す遷移率を計算した。表2に、図6（左）に示す3パターンのゴールイベント（A, B, C）におけるクラスラベルの遷移率を示す。ゴールイベントAで視点位置クラス α （シュートする選手の後方）に分類された全ての観察者が、ゴールイベントBにおいても視点位置クラス α からの観察を希望していることがわかる。それ以外の組み合わせにおいても、85%以上の高い遷移率が算出されている。この結果より、サッカーの試合における主要視点位置は、ボールの蹴る方向には依存せずイベント内で一定で、我々が提案する主要視点位置の設定・分類法の妥当性が確認できる。

7.3 生成した自由視点映像の評価実験

7.1節で紹介したサッカーゲームの自由視点映像コンテンツに対して、提案手法を適用して自動視点ナビゲーションを行い、パスイベントからゴールイベントに至る20秒程度の自由視点映像を生成した。様々な状

況における提案手法の有効性を検証するため、使用した映像中には、広い空間を利用した、パスからシュート・ゴールに至る複数のサッカーイベントが含まれている。

まず、自動視点ナビゲーション方式の評価実験に先立ち、自由視点映像技術を用いて視点者の希望する視点位置からの見え方を生成・提示を行う有効性について評価実験を行った。被験者には、箱庭スタジアムを使ってサッカーシーンの自由視点映像を生成・観察した場合と、多視点実写映像の中から観察したい見え方と近い映像の一つを選択した場合について、どちらの映像がより自分の観察希望視点位置からの見え方に近いか質問した。その結果、希望観察視点位置が実写の撮影位置と近い場合を除けば、全ての被験者が自由視点映像を支持した。これは、自由視点映像を用いてカメラ設置位置の物理的制限を取り払うことにより、視聴者をより満足させる映像が生成できることを示唆し、本研究の枠組みと合致するものである。

7.2節で紹介したサッカーに関する知識の異なる3タイプの被験者を新たに10人用意し、生成映像の有効性に関する主観評価実験を行った。被験者には、箱庭スタジアムを使ってパスイベント、ゴールイベントを観察してもらい、その際入力された観察視点位置から最近傍の主要視点位置を、各被験者の観察希望視点位置としてナビゲートする。

パスイベントからゴールイベントに切り替わるシーケンスの場合、主要視点位置の移動パターンは、図8に示すように、パスイベント3クラス、ゴールイベント3クラスの組み合わせの9通り存在する。左端の図がパスイベント（視点移動の開始点）、右端の図がゴールイベント（終点）である。ある被験者にとっては、これらの中の一つが、本方式で自動ナビゲーションした視点位置間の移動パターンとなる。被験者には、この自動ナビゲーション結果の映像を含め、全ての組み合わせで生成した9通りの視点移動映像を観察してもらい、各映像の視点位置設定について、「満足できる」「やや満足できる」「どちらともいえない」「やや満足できない」「満足できない」の5段階評価を行ってもらった。

図9に、提案方式により生成された視点移動映像が、それ以外の視点移動映像よりも観察者の好みを反映しているか否かを調査した主観評価実験の結果を示す。横軸は視点の組み合わせのパターンを、縦軸は各視点移動パターンの評価値と標準偏差を表す。各パターンにおいて、左の棒グラフはこのパターンに対する全被験者の評価値の平均、右の棒グラフはこの組み合わせパターンを自動ナビゲートされた（好むと推定された）

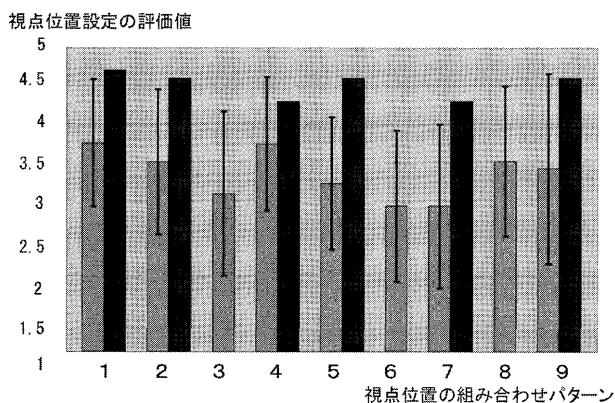


図9 主観評価実験の結果

Fig.9 Result of the Subjective Evaluation.

被験者のみの評価値の平均である²。この図より、被験者は、提案方式によって自動ナビゲートされた視点移動パターンの映像（右側の棒グラフ）に対して、その他の視点移動パターンの映像（左側の棒グラフ）よりも高い満足度を示していることがわかる。このときの左右の棒グラフの評価値の平均に対しt検定を行った結果、5%有意水準で差が認められた。また、自動ナビゲーションされた視点移動パターン映像に対する被験者の満足度の平均値は、4.56（標準偏差値 0.69）であり、ほとんどの被験者が生成映像に対して、満足していることが確認された。

8 まとめ

“気の利いた”自由視点映像生成・提示システムの実現を目的として、観察者の好みに合わせて仮想視点の位置を自動的に決定する手法を提案した。サッカーゲームをイベント毎に分類し、各イベントにおいて、多くの観察者に好まれる主要視点位置を獲得する手法について述べた。視点自動提示サービスを提供する場合には、まず、イベント毎に、あらかじめ決められたサンプルイベントをいくつか鑑賞してもらい、選択されたカメラ位置に最も近い主要視点位置を観察者に提示する。各イベントにおけるカメラ位置をスプライン補間することにより、イベントの間のカメラワークを算出し、自由視点映像の生成・提示を行う。生成映像を用いた主観評価実験を実施し、提案する自動視点提示手法の有効性を確認した。今後の課題としては、観察者の好みに基づいたカメラワークの生成や、クラスタリングを行った際の外れ値の考慮などが考えられる。また、生成映像が視聴者にとって有効か否かを判断する基準としては、違和感の少ないカメラワークが再現

²パターン 3, 6, 8 については、自動ナビゲートされた被験者が一名以下だったため、右側の棒グラフの値の算出・表示を行っていない。

されているか、撮影映像の内容が被写体の状況を的確に捉えているかなどが考えられる。これらの項目についての検討・評価も今後の重要な課題である。

参考文献

- [1] Takeo Kanade, Peter Rander and P. J. Narayanan: Virtualized reality: Constructing virtual worlds from real scenes, IEEE MultiMedia, Vol4, No1, pp.33-47(1997)
- [2] W. Matusik, C. Buehler, R. Raskar, S.J. Gortler, and L. McMillan: Image-based visual hulls, ACM Siggraph 2000, pp369-374(2000)
- [3] B. Goldlucke, M. Magnor and B. Wilburn: Hardware-accelerated Dynamic Light Field Rendering, Vision, Modeling and Visualization (VMV) 2002, pp.455-462(2002)
- [4] Hideo Saito and Takeo Kanade: Shape Reconstruction in Projective Grid Space from Large Number of Images, Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR99),pp2049-2054(1999)
- [5] Itaru Kitahara and Yuichi Ohta: Scalable 3D Representation for 3D Video in a Large-Scale Space, PRESENCE, The MIT Press, Vol.13, Issue 2, pp164-177(2004)
- [6] K. Tomiyama, M. Katayama, Y. Orihara and Y. Iwadate: Arbitrary Viewpoint Images for Performances of Japanese Traditional Art, The 2nd IEEE European Conference on Visual Media Production (CVMP2005), pp68-75(2005)
- [7] Takayoshi Koyama, Itaru Kitahara and Yuichi Ohta: Live Mixed-Reality 3D Video in Soccer Stadium, Proc. of The 2nd IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2003), pp.178-187(2003)
- [8] 井上智雄, 岡田謙一, 松下温: テレビ番組のカメラワークの知識に基づいたTV会議システム, 情処学論, Vol.37, No.11, pp2095-2104(1996)
- [9] 先山卓朗, 大野直樹, 椋木雅之, 池田克夫: 遠隔講義における講義状況に応じた送信映像選択, 信学論(D-II), Vol.J84-D-II, No.2, pp248-257(2001)
- [10] 大西正輝, 泉正夫, 福永邦雄: デジタルカメラワークを用いた自動映像生成, 画像の認識・理解シンポジウム, MIRU2000, ppI-331-I-336(2000)
- [11] 熊野雅仁, 有木康雄, 塚田清志: ボールと選手に着目したデジタルカメラワークの実現法-デジタルシューティングによるサッカー解説映像生成システムに向けて-, 映像情報メディア学会誌, Vol.59, No.2, pp271-278(2005)
- [12] 掛水隆, 大橋二郎, 赤木真二: サッカー面白科学, 東京電機大学出版局, (1999)
- [13] Naho Inamoto and Hideo Saito: Immersive observation of virtualized soccer match at real stadium model, Proc. of The Second IEEE and ACM International Symposium (ISMAR2003), pp188-197(2003)
- [14] 稲本奈穂, 斎藤英雄: 多視点スポーツ映像からの自由視点映像合成と提示, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J88-D-II, No.8, pp1693-1701(2005)
- [15] 加藤博一, M. Billinghurst, 浅野浩一, 橋啓八郎: マーカー追跡に基づく拡張現実感システムとそのキャリブレーション, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol4, No4, pp607-616(1999)
- [16] 甘利俊一, 麻生英樹, 津田宏治, 村田昇: パターン認識と学習の統計学—新しい概念と手法 統計科学のフ

ロンティア 6, 岩波書店, (2003)

- [17] R. Tsai: A versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras and Lenses, IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. RA-3, No. 4, pp323-344(1987)

(2007年1月5日受付)

[著者紹介]

北原 格 (正会員)



1996年筑波大学大学院理工学研究科修了。同年シャープ株式会社入社。2000年筑波大学先端学際領域研究センター助手, 2003年(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)研究員, 2005年から筑波大学大学院システム情報工学研究科講師。コンピュータビジョン, 複合現実感, 計算映像メディアに関する研究に従事。電子情報通信学会, IEEE会員。IEEE VR2003 Honorable Mention Awardなど受賞。博士(工学)。

橋本 浩一郎



2006年筑波大学第三学群工学システム学類卒業。現在, 大和証券SMBC株式会社に勤務。在学中は, 大規模空間におけるスポーツイベントを対象とした自由視点映像の配信・生成・提示に関する研究に従事。

亀田 能成



1996年京都大学大学院工学研究科博士後期課程研究指導認定退学。同年同大学工学部助手, 1998年同大学総合情報メディアセンター助手。2001~2002年マサチューセッツ工科大学客員研究員(併任)。2002年同大学学術情報メディアセンター助手。2003年筑波大学機能工学系講師。2004年同大学大学院助教授。博士(工学)。複合現実感, 人間行動の理解と三次元可視化, ITS, マッシュセンシング, マルチメディア処理の研究に興味を持つ。電子情報通信学会, 情報処理学会, IEEE各会員

大田 友一 (正会員)



1977年京都大学大学院工学研究科博士課程修了。日本学術振興会奨励研究員、京都大学工学部助手(情報工学教室)を経て、1981年筑波大学講師。同助教授を経て、1992年同教授。現在、同大学院システム情報工学研究科教授。1982-1983年米国CMU客員研究員。コンピュータ・ビジョン、視覚情報メディア、複合現実感の研究に従事。IAPR, IEICE, IPSJフェロー。工学博士。

北原・橋本・亀田・大田：サッカーの自由視点映像提示における気の利いた視点選択手法

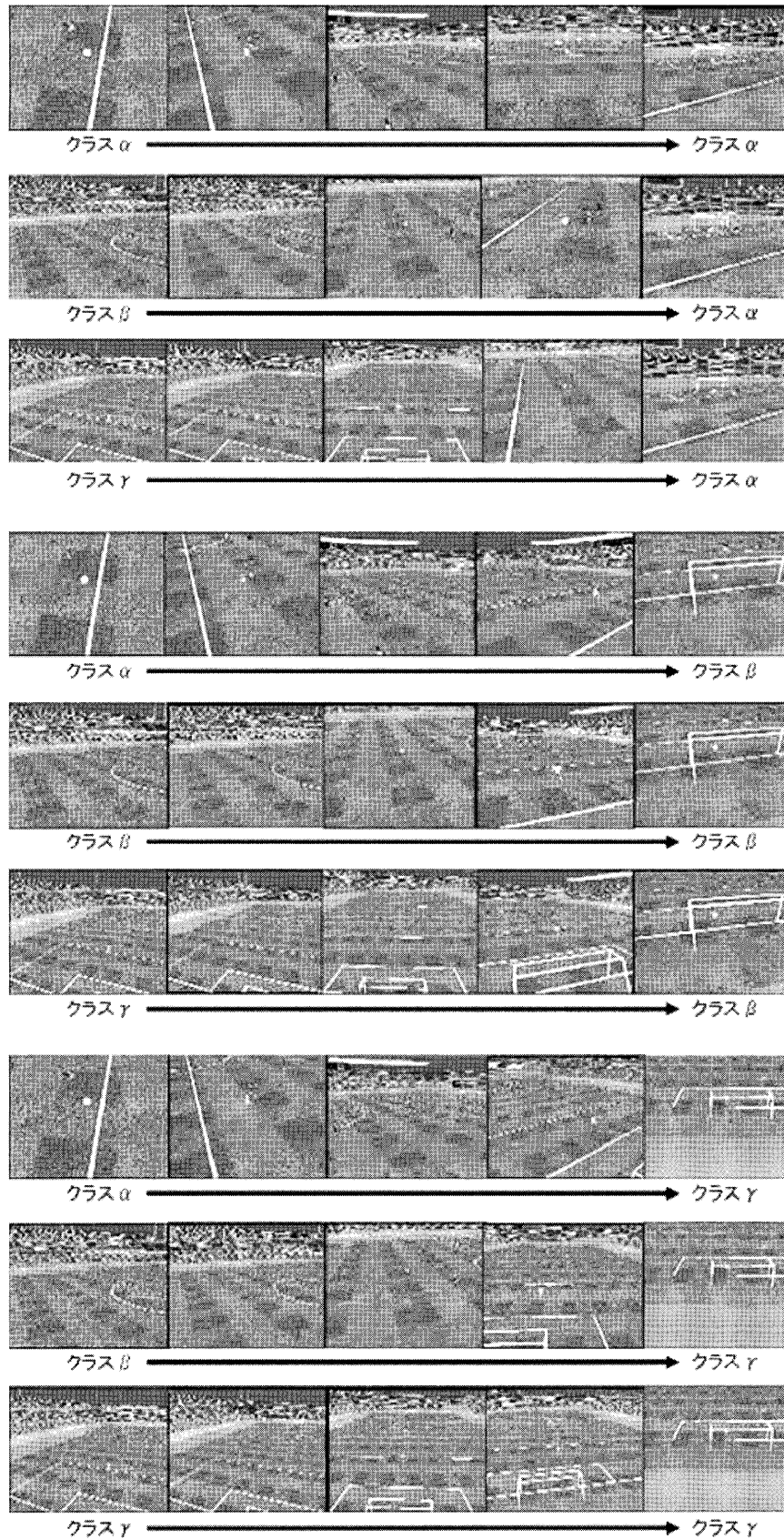


図8 評価実験で提示した視点移動映像
Fig.8 Examples of the Generated Videos