

# マルチタッチ操作を用いた自由視点映像閲覧法の検討

A 3D Free-Viewpoint Video Browsing Interface with Multi-Touch Manipulation

柏熊淳也<sup>1)</sup>, 北原格<sup>1)</sup>, 亀田能成<sup>1)</sup>, 大田友一<sup>1)</sup>

Junya KASHIWAKUMA, Itaru KITAHARA, Yoshinari KAMEDA and Yuichi OHTA

1) 筑波大学 システム情報工学研究科 知能機能システム専攻  
(〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, kashiwakuma@image.esys.tsukuba.ac.jp)

**Abstract:** This paper aims to develop a user friendly 3D free-viewpoint video browsing interface which applies multi-touch manipulation to virtual camera control. It is difficult to browse 3D free-viewpoint video for general users, because they are not familiar to virtually control the 3D position/orientation of a free-viewpoint by imaging the view from the viewpoint. We focus on multi-touch interface as an input device, which rapidly spreads in these days thanks to the easy and intuitive manipulation. This paper describes our trial to develop a comfortable and user friendly virtual camera control method.

**Key Words:** multi-touch, free-viewpoint, virtual camera control

## 1. はじめに

コンピュータの処理能力の向上や映像メディア技術の発達に伴い、複数の視点から撮影された映像をコンピュータで解析することにより、任意の視点からの見え方を生成する自由視点映像の研究が盛んに行われている[1]-[5]. 従来の映像メディアでは、特定の映像配信者が決めた視点で撮影した映像が配信されているが、配信映像が不特定多数の視聴者のニーズを全て満たしているとは言い難い。我々は、自由視点映像を用いてこの問題を解決することを目的とした研究に取り組んでいる。視点が自由に選択可能という特性を利用すれば、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に於いて、フィールド内部やフィールドを俯瞰する高所といった、従来の映像メディアではカメラの設置が困難な位置からの映像も視聴できる。

これまで、自由視点映像を生成する手法に関する研究が盛んに行われる一方、視聴者が視点を操作するためのインタフェースは、未だ議論の途上である。我々は、自由視点映像を大衆向けの身近な映像メディアとして浸透させるためには、自由視点映像のメリットを活かしつつ、簡易な操作で仮想視点を操ることが可能なインタフェースが必要であると考えている。本研究では、図1に示すようなマルチタッチインタフェースを用いた自由視点映像の閲覧インタフェースを提案する。マルチタッチインタフェースの最大の利点は、ユーザが自分の手を用いて計算機にポインティング情報を与えるため、従来のインタフェースよりも直感的で簡易な操作が可能となる点である。また、マルチタッチインタフェースはスマートフォンやタブレット PC のインタフェースとして導入されており、より身近なイン

タフェースとしての利用が期待されている。



図1: システムのイメージ

## 2. 関連研究

### 2.1 自由視点映像閲覧インタフェースの従来研究

#### 2.1.1 箱庭スタジアム

橋本ら[6]は自由視点映像の閲覧のためのインタフェースとして「箱庭スタジアム」を提案した。このシステムではMR(複合現実感)を用いて、机上スペース程度の空間にサッカースタジアムを頂上表示する。視聴者は、手に持った小型カメラを操作することにより、各々が希望する視点位置からの映像を撮影し、自由視点映像を視聴する。

#### 2.1.2 3次元位置センサとフィールド俯瞰映像の利用

渡邊ら[7]は、3次元位置センサとフィールド俯瞰映像を用いたインタフェースを提案している。フィールド俯瞰映像とは、サッカーフィールドを俯瞰している様子を表示し

た映像であり、それをユーザの下方に設置したディスプレイを用いて提示する。そこに選手やボールの位置等をアイコンとして表示することで、視聴者はフィールド上で発生するイベントの状況を容易に把握することができる。このシステムでは、二つのマーカーをそれぞれ視点位置マーカー、注視点位置マーカーとして、3次元位置センサで計測し、仮想カメラの位置・姿勢を制御する。フィールド俯瞰映像上の選手やボールの位置は、自由視点映像のそれらと同じ位置にあり、同じ動きをしているため、視聴者はこれらのアイコンを参考にしつつ、マーカーを操作することで、自分が見たい物体を正確に捉えながら仮想カメラを操作することが可能になる。

## 2.2 求められる自由視点映像閲覧インターフェースの条件

2.1 から、一般ユーザ向けの快適な視聴閲覧を実現するインターフェースの条件として、以下2点に注目する。

- ・視聴を妨げない快適な視点操作
- ・一般ユーザにも使用可能なスペースやデバイス

箱庭スタジアムは、PC と撮影用の小型カメラ、及び机上スペース程度のマーカーがあればよいことができるため、一般ユーザでも十分に視聴が可能だが、マーカー検出に失敗すると映像が途切れてしまうため、視聴者は常に撮影範囲を機にしながらカメラを動かす必要があり、快適な市長の妨げになっている。3次元位置センサとフィールド俯瞰映像によるインターフェースは、人間の手を用いた操作方式であり、正確な仮想視点操作が可能であるが、フィールド俯瞰映像の情報に気を取られることがあることと、位置センサや俯瞰映像用ディスプレイを設置するためには広いスペースが必要となるといった問題が存在する。

マルチタッチインターフェースはユーザのポインティング情報のみを用いて操作をするため、操作が簡易であり、また、ユーザが利用するには適当なスペースである。マルチタッチインターフェースは我々の生活に身近な存在となっているため、一般ユーザが利用するには比較的敷居の低いデバイスであると考えられる。

## 3 マルチタッチディスプレイを用いた

### 自由視点映像閲覧インターフェース

#### 3.1 インターフェース概要

本研究では図2に示すようなマルチタッチディスプレイを用いた自由視点映像閲覧インターフェースを開発する。画面を指でなぞることで仮想カメラを操作する。仮想カメラの位置・姿勢は、視点位置と注視点位置を結ぶ3次元ベクトルを与えることで設定する。なお、本来のカメラ操作にはロール操作も含まれているが、映像がカメラの光軸周りで回転すると映像酔いなど見づらさの原因となるため、提案手法ではロール操作は扱わないことにする。



図2：提案する自由視点映像閲覧インターフェース

#### 3.2 仮想カメラの制御方法

##### 3.2.1 仮想カメラの操作モードの切り替え

仮想カメラの視点位置の操作を「視点位置操作モード」、注視点位置の操作を「注視点位置操作モード」とし、モードを切り替えることによって視点位置と注視点位置の操作を実現する。これら2種類のモードの切り替えは2点をディスプレイに同時にタッチすることで行う。「視点位置操作モード」では注視点位置を固定した状態で、視点位置を移動させる。「注視点位置操作モード」では、視点位置を固定させた状態で、仮想カメラのパン・チルトを制御することで注視点位置を動かす。なお、仮想カメラの光軸方向移動については、どちらのモードでも操作が可能とする。

##### 3.2.2 仮想カメラ制御手法

提案するインターフェースでは、ディスプレイ上で指を動かすことで仮想カメラを操作する。一本の指をディスプレイ上で平行移動させる操作によって、視点（仮想カメラ）の位置や注視点を制御する。また、2本の指の間の距離を拡大・縮小させる操作によって、図4に示すように仮想カメラをその光軸方向に移動させ、被写体の観測サイズの調整をする。

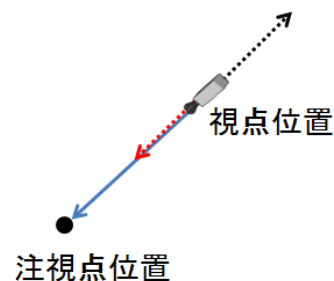


図3：光軸方向移動（仮想ズーム）

実際に実装した3種類の仮想カメラの制御方法を紹介する。視点位置の移動は、図4に示すように、注視点位置を固定した状態で、仮想カメラを半球面上に移動させる「半球面移動」を実装した。この移動手法により、特定物体を注

視しながら試合会場内を飛び回るといった映像の再現が可能となる。

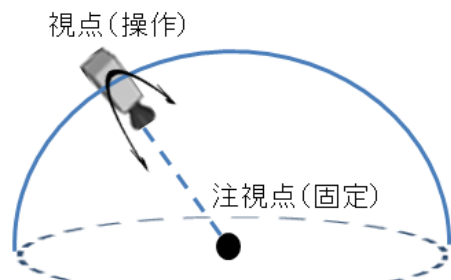


図4：視点の半球面移動

注視点の移動は、図6に示すように、視点位置を固定した状態で、画面上で指を左右上下に移動させることにより、仮想カメラのパン・チルトを操作する。この操作により、特定地点に立って首を振って周囲を見回すような映像の再現が可能となる。

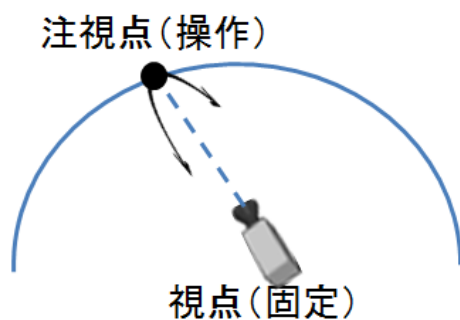


図5：注視点の移動によるカメラの首振り移動

更に、仮想カメラの姿勢を一定に保ちながら、図6に示すように、フィールド平面に平行な平面状を移動する「平面移動」を実装した。この操作により、フィールド平面上を移動しながらサッカー中継を鑑賞するような映像が撮影しやすくなる。

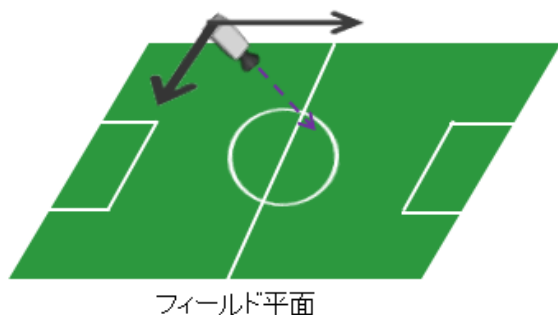


図6：視点と注視点の平面移動

これら3種類の操作に仮想カメラの光軸方向移動（仮想

ズーム）を組み合わせた、以下の操作手法を実装した。

- ① 半球面移動+平面移動+光軸方向移動
- ② 半球面移動+注視点移動+光軸方向移動
- ③ 平面移動+注視点移動+光軸方向移動

①は、一般的な3Dモデリングソフトに採用されている仮想視点移動手法であり、多くのユーザにとってなじみが深く、操作がしやすいと考えられる。

②は、半球面移動に注視点移動を加えたもので、この手法では、まるで自分が鳥になったかのように空から俯瞰した視点からの映像を再現するため、フィールド上での試合の全体像を把握したいときや、観客や背景の様子を見たい時などに適している。

③は、試合中のフィールド上に入り込んで試合の様子を観察できるため、実際の試合中の臨場感を味わったり、選手やボールの動きを選手に近い視点位置から観察したりする場合に適している。

#### 4 自由視点映像閲覧方式の実装



図7：実装したシステム

今回実装したシステムの構成を図7に示す。自由視点映像提示兼ユーザ入力用デバイスとして、マルチタッチディスプレイ（I-O DATA 社 LCD-AD221FB-T 21.5 インチ）を使用し、Windows API を用いてインターフェースを実装した。また、映像提示及び仮想視点制御用 PC として Mouse Computer Lm-i453x(Core 2 Quad 3.0 GHz 3GB RAM)を使用した。

タッチディスプレイ上のユーザ入力を、3章で提案した各視点移動に反映し、自由視点映像内の仮想カメラの操作を実現する。図8のようにディスプレイ座標系における、ユーザのタッチ点の視点と終点の X 座標、Y 座標のそれぞれの差を  $\Delta x$ 、 $\Delta y$  とする。これを利用して、半球面移動、注視点移動、平面上移動を行う。

半球面移動では  $\Delta x$ 、 $\Delta y$  という二つの変化量を 3次元極座標の二つの角度の変化量とすることで、注視点位置を中心とした半球面の軌跡を描く移動を再現する。

注視点位置の移動は  $\Delta x$ 、 $\Delta y$  を仮想カメラのパン・チルトの変化量とすることで、仮想カメラの首振りを再現している。なお、このときは仮想カメラの視点位置は固定した

状態である。これら2種類の移動方法により、仮想カメラの位置が決定し、視点位置と注視点位置を結ぶ3次元ベクトルにより、仮想カメラの姿勢が一意に決定する。

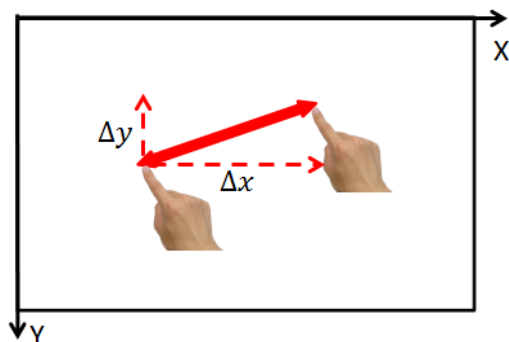


図8：ディスプレイ上でのユーザ入力

光軸方向の移動は図9のように、ディスプレイ上の指の距離を拡大・縮小することで行う。近年普及しているスマートフォンやタブレットPCで取り入れられている拡大・縮小の操作と同じもので、指の距離を縮めると、被写体の観測サイズが小さくなり、広げると観測サイズが大きくなる。

平面移動では、仮想カメラの姿勢を維持した状態で、ワールド平面に平行な仮想カメラの移動を実現する。本システムでは、指の動きと自由視点映像内の仮想カメラの動きを一致させることにより、直感的な操作を実現した。

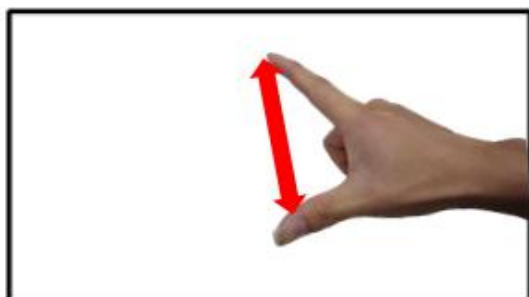


図9：仮想カメラの光軸移動のための操作

## 5. おわりに

本稿では、マルチタッチインタフェースを用いた自由視点映像閲覧手法を提案した。4種類の仮想視点操作を提案し、それらを組み合わせた3パターンの操作方式を実装した。今後は、自由視点映像を撮影する仮想カメラの操作とマルチタッチ操作で与えられる情報量との関係を検討し、一般ユーザのニーズに合わせた仮想視点操作方式を検討していく予定である。

### 参考文献

- [1] T. Kanade, P. Rander, P. J. Narayanan, "Virtualized Reality: Constructing Virtual Worlds from Real Scenes," IEEE Multimedia, Vol. 4, No. 1, pp. 34-47, 1997.
- [2] W. Matusik, C. Buehler, R. Rasker, S. J. Gortler, L. McMillan: "Image-Based Visual Hulls" ACM SIGGRAPH, pp. 369-374, 2000.
- [3] J. Carranza, C. Theobelt, M. Magnor, H. Seidel "Free-Viewpoint Video of Human Actors," ACM Transaction on Graphics, Vol. 22, No. 3, pp. 569-577, 2003
- [4] 谷本正幸, "自由視点テレビ", 三次元映像フォーラム, Vol. 15, No.3, pp. 17-22, 2001.
- [5] T. Koyama, I. Kitahara, Y. Ohta: "Live Mixed-Reality 3D Video in Soccer Stadium," ISMAR, pp. 178-187, 2001.
- [6] 北原格, 橋本浩一郎, 亀田能成, 大田友一, "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", 電子情報通信学会技術報告, Vol. 106, pp. 11-13, 2007.
- [7] T. Watanabe, I. Kitahara, Y. Kameda, Y. Ohta: "3D FREE-VIEWPOINT VIDEO CAPTURING INTERFACE BY USING BIMANUAL OPERATION," 3DTV Conference 2010.
- [8] 永野直, 林秀彦: "マルチタッチインタフェースの認知モデルと教育利用", 鳴門教育大学情報教育ジャーナル, No.6, pp. 9-13