



多視点カメラ配置検討のための VR インタフェース

VR interface for layout design of multi-view cameras

松原 尚利¹⁾, 宍戸 英彦²⁾, 亀田 能成²⁾, 北原 格²⁾

Naoto MATSUBARA, Hidehiko SHISHIDO, Yoshinari KAMEDA, and Itaru KITAHARA

1) 筑波大学 大学院システム情報工学研究科

2) 筑波大学 計算科学研究センター

概要 : 多視点画像を計算機内部で統合し, 任意視点からの見え方を再現する自由視点映像のスポーツ中継応用に注目が集まっている. 多視点映像の撮影では, 対象空間を囲むように多数のカメラを配置する必要があるが, スポーツが行われる大規模空間では, 何処にカメラを設置すればどのような多視点映像が撮影できるかを, 現場で把握することが困難である. 本研究では, 大規模空間における多視点カメラ配置検討支援を目的とする VR インタフェースについて述べる.

キーワード : 自由視点映像, 多視点カメラ, カメラ配置, VR インタフェース

1. はじめに

多視点画像を計算機内部で統合し任意視点からの見え方を再現する自由視点映像技術の応用が進み, 没入感の高いスポーツ観戦が可能となりつつある[1]. 多視点映像撮影では, 複数台のカメラを撮影空間を囲むように配置するが, スポーツが行われる大規模空間に多数のカメラを設置する際, 高品質な自由視点映像を生成するために必要な視覚情報(多視点画像)を取得するカメラ配置の決定には, 多大な労力と時間, および経験を要するという問題が存在する.

本研究では, スポーツスタジアムのような大規模空間に多数のカメラを配置する作業を支援する VR インタフェースを提案する. 撮影対象シーンの CG モデルから構築した VR 空間において, 撮影要件(撮影地点, 領域, 映像の空間分解能)と観察要件(視点移動範囲, 観察角度(輻輳角・俯角))を設定すると, その要件を満たすカメラパラメータ(カメラの台数, 位置姿勢, 画角, 解像度)を推定する. 推定結果をカメラアイコンを用いて VR インタフェース上に配置したり, バーチャルカメラからの見え方をレンダリングすることで, 事前に, カメラ配置の妥当性を評価することを可能とする.

2. 関連研究

多視点カメラの配置を支援する手法として, 鈴木ら[2]は VR 環境を用いたカメラ配置シミュレーションを提案している. スタジアム CAD モデル上に設置した任意の台数・位置・姿勢のバーチャルカメラで撮影される映像や

その映像の空間分解能を HMD (Head Mounted Display) を用いて提示することにより, 実際のカメラ配置に先立って撮影映像の品質確認を可能とすることができる. しかし, 全てのバーチャルカメラの位置や角度はユーザ自身がボトムアップ的に設定する必要があるため, カメラ配置に要する時間・労力の問題は解消されていない. 自由視点映像生成を目的とした多視点カメラ配置では, 多視点カメラを一定の範囲に様に分布することが一般的だが, そのような設定機能を有していない. 本研究では, 生成映像の品質に影響を与える撮影要件と観察要件を設定し, それを満たすカメラパラメータをトップダウン的に算出・提示する VR インタフェースを提案する.

3. 多視点カメラ配置インタフェース

本節では, 提案インタフェースの概要について述べる.

3.1 大規模空間の 3D モデル

カメラ配置を検討するためには, 撮影シーンの 3 次元空間情報が必要である. 本研究では撮影空間情報として, 図 1 に示すような撮影対象シーンの 3 次元 CAD モデルを用意し, それに基づいた VR 空間を構築する.

3.2 カメラ配置決定時の要件

カメラを配置する際に満たすべき要件を設定する. 具体的には, 図 1 に示すように, 多視点カメラ撮影に関する撮影要件と, 生成映像の観察に関する観察要件を設定する.

3.2.1 撮影要件

撮影要件として, 多視点カメラが撮影する地点, 範囲, 撮影映像の空間分解能を設定する. 撮影地点は, 全ての多

視点画像の画面中心で観察される位置である（つまり、全てのカメラの光軸がこの点を通過する）。次に、撮影地点を中心とした矩形でフィールド上の撮影範囲を設定する。空間分解能は、撮影映像上の1画素で観測される3次元空間の広がりである。この値が小さいほど精細な視覚情報が撮影される。

3.2.2 観察要件

観察要件として生成映像において観察視点の移動範囲、観察角度（輻輳角・俯角）を設定する。移動範囲は、図1に示すように、撮影地点周りの先頭と後尾の角度として設定する。輻輳角は、観察映像における視点の切り替わり感に影響を与えるパラメータである。自由視点映像の実現法によって適切な角度が与えられる。パレットタイム映像を生成する場合、多視点カメラが同一平面上に配置されていると、滑らかに視点移動する映像の生成が可能である。本インターフェースでは、各カメラの光軸とフィールド面がなす角度（俯角）として、多視点カメラの配置要件を与える。

3.3 多視点カメラパラメータの算出

上述した撮影要件と観察要件に基づき、カメラの台数、位置姿勢、画角、解像度といった多視点カメラのパラメータを算出する。カメラの台数は観察視点移動範囲・輻輳角から求まる。観察視点移動範囲・輻輳角・俯角を用いて撮影地点から各カメラ中心に向かうベクトル（カメラ姿勢）を算出する。撮影地点とカメラ姿勢ベクトルから各カメラの光軸を求め、光軸と3次元モデルの交点をカメラ位置とする。撮影範囲・空間分解能・カメラから撮影地点までの距離から各カメラに求められる画角と解像度が算出される。

3.4 多視点カメラパラメータの可視化

図1に示すように、前節で算出した各カメラのパラメータを用いてVRインターフェース上にカメラアイコン（図1中の黒い立方体）を配置する。各カメラから撮影地点への視線としては赤色の線を配置する。カメラパラメータを可視化することにより、カメラ配置場所を把握することが可能となる。また、図2,3に示すように、算出されたカメラパラメータに基づいて、配置した多視点カメラからの見え方をレンダリングすることにより、実際に現場で撮影実験を実施せずとも、設置時に撮影される多視点画像の確認や、多視点画像を用いた自由視点映像生成プログラムの開発を可能とする。

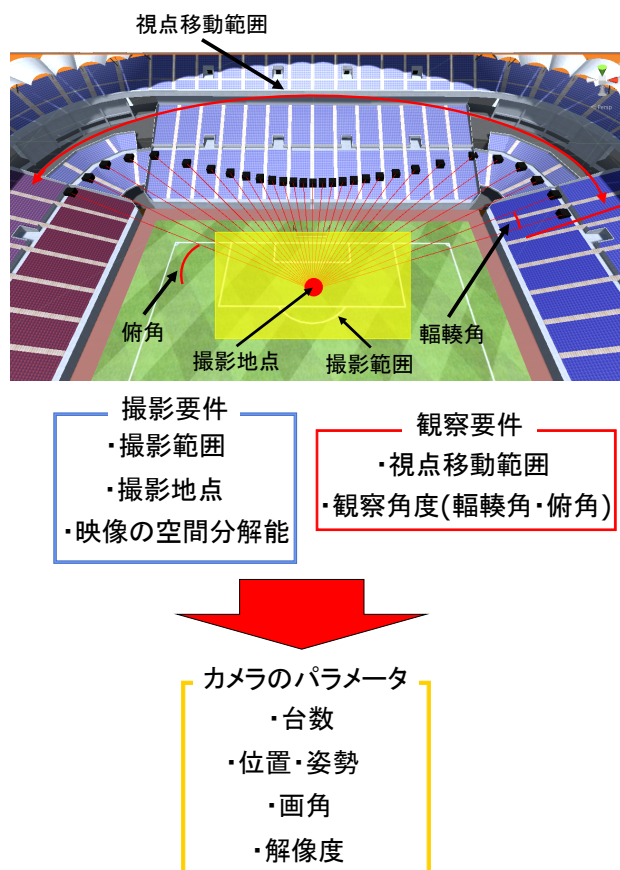


図1 多視点カメラ配置インターフェースの概要



図2 多視点カメラからの見え方(正面)



図3 多視点カメラからの見え方(斜め)

4. スタジアム CAD モデル

スタジアムのデザイン・建設時に用いる CAD モデルに加え、VR 空間構築用の素材として実在するスタジアムのモデルがウェブ上で公開されている。本研究では、これらの CAD モデルを用いて撮影を予定している空間を VR 世

界で構築する。本インタフェースでは、スタジアムの CAD モデルを Unity にインポートし、スタジアムの横、縦の向きがそれぞれ Unity 座標の x 軸、 z 軸に平行になるよう、選手のプレーするフィールドの中心点が xz 座標の原点と重なるよう配置する。

5. 撮影要件の設定

撮影要件（多視点カメラで撮影する地点、範囲、撮影映像の空間分解能）の設定法について述べる。フィールド上の矩形領域として撮影範囲を設定する。矩形領域のサイズは Unity の画面上の入力窓に x 座標の範囲と z 座標の範囲を入力することで与える。 x 座標の範囲を x_1 から x_2 、 z 座標の範囲を z_1 から z_2 とした場合、 (x_1, z_1) , (x_1, z_2) , (x_2, z_1) , (x_2, z_2) の 4 点を頂点とする矩形が撮影範囲となる。撮影地点は、この矩形の中心であり、フィールド上での座標は、 $(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{z_1+z_2}{2})$ となる。空間分解能は、Unity の入力窓に、撮影地点において、撮影画像の 1 画素に納まる 3 次元物体のサイズ（長さ）を入力する。

6. 観察要件の設定法

観察要件（生成映像において観察視点移動範囲、観察角度（輻輳角・俯角））の設定法について述べる。観察視点移動範囲は、フィールド面（ xz 平面）上で撮影地点を原点として x の正方向を 0 度とした際の角度として与える。この時、単位円と同様に左回りを回転の正方向とする。範囲の開始（先頭）角度を θ_s 、終了（後尾）角度を θ_e とする。撮影地点から θ_s 方向、 θ_e 方向への直線と円弧によって描かれる扇型を xz 平面の垂直方向（すなわち y 軸方向）の正の向きの間を動かして描かれる領域が観察視点移動範囲となる。観察角度の内、輻輳角 θ_t は、隣り合うカメラの光軸がなす角度として与える。俯角 θ_g は、フィールド面とカメラの光軸がなす角度である。 θ_s 、 θ_e 、 θ_t 、 θ_g をそれぞれ Unity の入力窓を介して入力することで観察要件を設定する。

7. カメラパラメータの算出法

本節では、カメラパラメータの算出方法について述べる。まず、観察視点移動範囲と輻輳角から、以下の式を用いてカメラ台数 n を求める。

$$n = \left\lceil \frac{\theta_e - \theta_s}{\theta_t} \right\rceil \quad (1)$$

次に、多視点カメラの位置と姿勢を求める。各カメラの方向ベクトル v_k は、各カメラのカメラ配置範囲内の角度を θ_k ($k=1, 2, \dots, n$) とすると、以下の式で表される。

$$v_k = \begin{pmatrix} \sin(90 - \theta_g) \cos \theta_k \\ \cos(90 - \theta_g) \\ \sin(90 - \theta_g) \sin \theta_k \end{pmatrix} \quad (2)$$

撮影地点と上式で求めたベクトルによって表現される直線が各カメラの視線である。対応するカメラの位置は、視線と 3 次元モデルの交点として求まる。また、そのカメラの姿勢は、 xz 平面上で撮影地点を中心に x の正方向を 0 度として θ_k 度左回転させて地面から θ_g 度傾ける回転行列としてカメラを回転させた姿勢に決まる。

最後に、カメラの画角と解像度を算出する。あるカメラから見て、その視野に撮影範囲（フィールド上で指定した矩形領域）が収まる最も小さい視野角として、カメラの画角 θ_c を算出する。画角 θ_c 、指定された空間分解能 s 、注目しているカメラから撮影地点までの距離 L とすると、カメラの解像度 r は以下の式によって算出される。

$$r = \frac{\theta_c}{\arctan \frac{s}{L}} \quad (3)$$

8. VR インタフェースの実装

提案インタフェースの実用性を検証するため実装したパイロットシステムについて述べる。ここでは、撮影要件の撮影範囲・空間分解能の設定と、その影響を受けるカメラパラメータ（画角・解像度）の算出部分を除いたシステムを紹介する。

撮影要件として撮影地点を xz 座標で指定する。観測要件として観察視点移動範囲、観察角度（輻輳角・俯角）を指定する。観察時の始点移動範囲がイメージしやすいように、図 4 に示すように観察視点移動範囲中央にカメラを設置し、その位置から左右に同数のカメラが配置されるよう実装する。図 5 に入力操作の一例を示す。両要件を入力すると、図 6 に示すように、カメラパラメータ（カメラの位置姿勢）が自動的に算出され、3 次元モデル上にカメラアイコンとして出力される。フィールド上の黄色い点が撮影地点、赤線が各カメラの視線、黒い立方体が配置したカメラを表している。このように、入力要件に基づいたカメラ配置を可視化することにより、設置作業の段取りや手順を事前に検討することが可能となるため、大規模空間における多視点カメラ配置の決定にかかる労力と時間

の削減効果が期待できる。

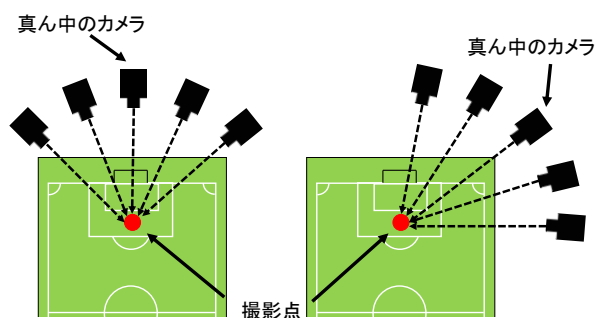


図4 カメラ配置に対する真ん中のカメラ



図5 入力欄

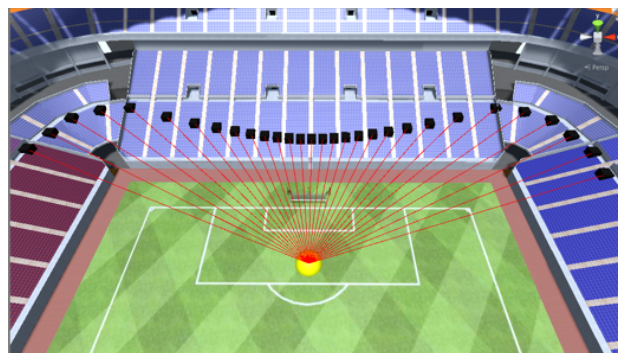


図6 カメラ配置の出力

9. おわりに

スポーツスタジアムのような大規模空間における多視点カメラ配置の検討支援を目的としたVRインタフェースを提案した。撮影要件と観察要件から、それを満たすカメラパラメータを自動的に算出し、その結果（カメラ配置）をVR空間上で提示する。多視点カメラ配置の決定にかかる労力と時間を削減できることが期待できる。本研究は科研費（17H01772）の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 渡邊哲哉, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “正確で直感的なカメラ操作を可能とする両手を用いた自由視点映像撮影インタフェース”, 電子情報通信学会論文誌D, 2012, J95-D(3), p.687-696.
- [2] 鈴木啓太, 宍戸英彦, 亀田能成, 北原格, “サッカー自由視点映像を対象としたカメラワーク検討のためのインタフェース”, 情報処理学会全国大会講演論文集, 2018, p.45-46.