

## 円形カメラ配置における前進位置での自由視点画像生成

## Free-Viewpoint Image Generation at the Forward Point in Circular Camera Setup

伊藤 光<sup>†</sup> Mehrdad PANAHPOUR TEHRANI<sup>†</sup> ‡ 圓道 知博  
藤井 俊彰<sup>†</sup> 谷本 正幸<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Hikaru Ito <sup>†</sup>Mehrdad Panahpour tehrani <sup>†</sup>Tomohiro Yendo  
<sup>†</sup>Toshiaki Fujii <sup>†</sup>Masayuki Tanimoto

## 1 はじめに

被写体を多数のカメラで取得し、カメラ間の映像を補間することで自由な位置に視点を設定し、その視点での映像を作ることができる。このとき、カメラの配置方法として主なものに直線配置と円形配置がある [1]。直線配置はある面に対して密な光線を取得できる、補間の計算が簡単という利点がある。しかし同じ方向からの映像しか取得していないため、仮想視点の回転には不向きである。一方で、円形配置ではすべての方向から映像を取得しているため、より多様な視点の実現ができる [2]。それにより、物体と物体の間を通り抜けていくように視点を動かすダイナミックなウォークスルー映像を生成することが可能になる。

しかし、前進した視点の映像を生成する場合に生じる問題点として、仮想カメラの直近の実カメラを補間に利用しようとした時に、両者の間に物体が存在する場合、参照カメラが仮想カメラの補間に必要な光線を取得できないという点がある。これを解決するためには必要な光線を実カメラが取得できているかを判定し、取得できているカメラを参照カメラとして選択する必要がある。

そこで、各カメラ位置で奥行き画像を求めておけば物体の位置を把握でき、光線が遮られているかどうかの判定ができる。また、奥行き画像を利用すれば3Dワーピングという手法で仮想視点映像を生成することができる。本稿では3Dワーピングを用いた前進画像生成の手法を提案する。

## 2 提案手法

## 2.1 3Dワーピング

3Dワーピングとは実カメラで取得した画像を奥行き画像にしたがって各画素ごとに3次元空間に逆投影し、仮想視点に再投影して仮想視点画像を生成する手法である [3]。参照カメラ視点をカメラ $r$ 、仮想視点をカメラ $v$ とすると、カメラ $1$ の画素は次式にしたがい投影される。

$$m_v \simeq \tilde{P}_v \tilde{P}_r^{-1} m_r \quad (1)$$

ここで、 $\tilde{m}_r, \tilde{m}_v$  は各カメラの画像座標  $(u, v)$  を  $\tilde{m}_r = (u_r \ v_r \ 1 \ \frac{1}{z_r})^T, \tilde{m}_v = (u_v \ v_v \ 1 \ \frac{1}{z_v})^T$  と同次座標で表現したものに、その座標での奥行き  $z$  の逆数の要素を加えたものである。行列  $P$  は  $3 \times 4$  透視投影行列  $P$  である。

参照カメラは次のように決定する。まず、仮想視点画像のある画素が取得していると考えられる光線に最も近いカメラ2台を最初の候補とする。このカメラを  $a, b$  とすると、仮想視点画像では、 $a, b$  を参照カメラとする領域ができる。 $a, b$  を

<sup>†</sup> 名古屋大学 工学研究所

<sup>‡</sup> 長岡技術科学大学 工学部 電気系

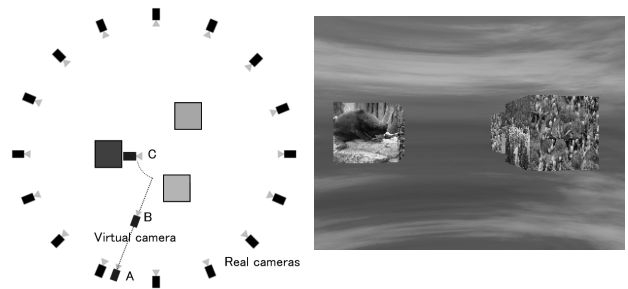


Fig 1: High-angle view

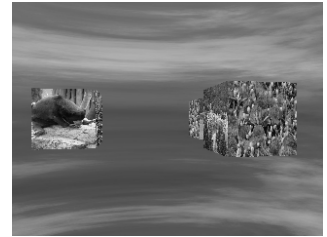


Fig 2: A part of the camera view

奥行き画像にしたがって3次元位置に射影した際に、仮想カメラの手前に射影された場合、そのカメラは物体に遮られて必要な光線が取得できていないとわかる。カメラ  $a$  のある画素が手前に射影されたなら、次はその左のカメラで射影し、仮想カメラの手前にくる点がないかを調べる。ここでもそのような点があった場合、さらにその左のカメラを調べていくという過程を繰り返す。

このようにして物体によって遮られておらず、必要な光線を取得できているカメラを探し、それを参照カメラとする。

## 2.2 ホールの補間

3Dワーピングを行った場合にオクルージョンや奥行きの不整合等によって画像に穴(ホール)が生じることがある。これは、前進視点では実カメラ視点で見るとより物体が大きく見えるため、3Dワーピングでは仮想視点画像画素とカメラ画像画素が1対1の関係で対応することから生じる。本手法ではカメラでの1画素の大きさが仮想視点では $L$ 画素に相当する、という対応をとって仮想視点に投影することで、前進のよるホールを抑制する。

さらに残ったホールを補間するために、奥行きの探索を行う。ホールの属する領域の参照カメラ2つを用いて射影ブロックマッチングを行う [4]。これは、仮想カメラの画像平面にマッチングのウィンドウを生成し、そのウィンドウを奥行き  $z$  に応じて3次元空間に逆投影する。そして、3次元空間中のウィンドウをそれぞれの参照実画像に再投影するという手法である。

さらに、一般に画像の奥行きはなめらかに変化することを利用して、参照カメラから逆投影された奥行きで拘束をかけることで奥行きを決定する。

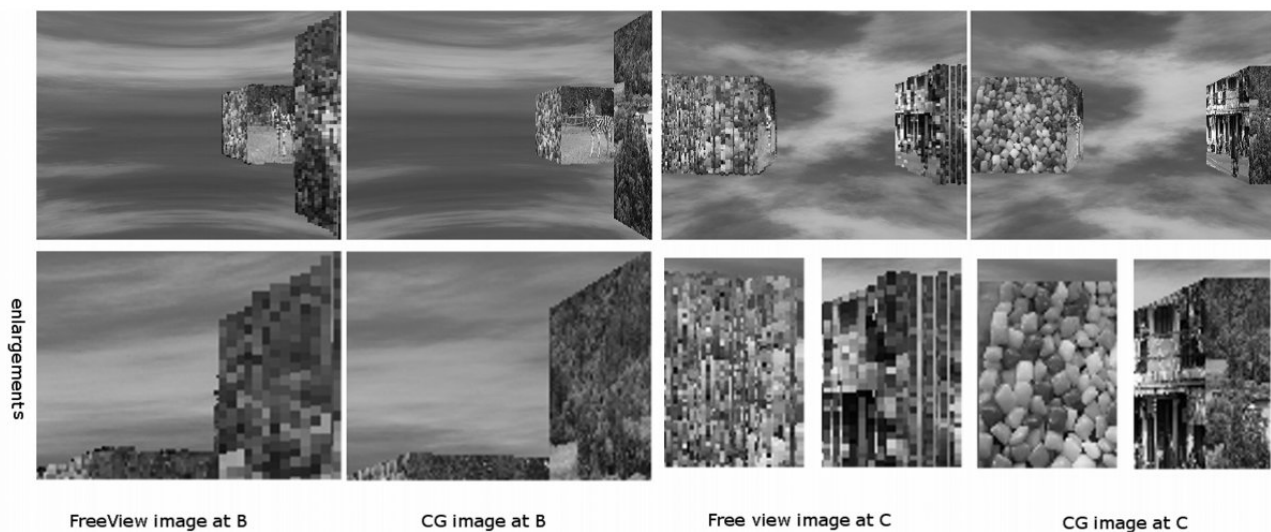


Fig 3: Result images

### 3 実験

#### 3.1 実験諸元

提案手法の効果を確かめるため、CGを用いてシミュレーションを行った。0.5m四方の立方体を3つ配置し、カメラ36台を10度間隔で半径4mの円上に配置した。カメラ、立方体配置の鳥瞰図の概略をFig1に示す。使用した画像の一部をFig2に示す。カメラ画像、奥行き画像はPOV-Rayを用いて生成した。仮想カメラをFig4のA, B, Cのように動かし、自由視点画像生成を行った。Fig1の位置Cでの仮想カメラはFig2の左手の物体の奥である。

#### 3.2 実験結果

本手法により生成された仮想カメラB, Cでの仮想視点画像、同視点でのCG画像(正解画像)をFig3に示す。カメラB地点で生成画像とCG画像を比較するとPSNRは24.17dB, C地点では22.87dBであった。

#### 3.3 考察

どちらの視点でも、光線が遮られて物体が消失することは無く、必要な光線を取得しているカメラを参照できている。仮想視点1では右の立方体が膨張している。これは、ホールを埋めるための最探索をするさいに、実際には物体周囲の背景領域の部分にもかかわらず物体領域と判定してしまったために周囲も埋められたと考えられる。左の物体では黒い縁のようなものができている。これは最探索によって誤った奥行きを選んだため、違う領域のテクスチャから補間されたためだと考えられる。

仮想視点2では右の物体ではホールが埋まりきっていない。左の物体では埋まっているが、埋まった部分と投影された部分で縞模様のようにになっている。これも先述と同様、奥行き探索の誤りと原因だと考えられる。仮想視点1よりも劣化が目立つのは、手前の物体によって光線が大きく遮られていることにより、仮想カメラと参照カメラが遠くなっているため奥行き探索の精度が落ち、誤りやすくなったからだと考えられる。

#### 3.4 むすび

今回、円形に配置されたカメラの画像群とそれに対応する奥行き画像から、ウォークスルー画像を生成する手法を提案

した。そしてCGによる実験の結果、提案手法の有効性を確認した。しかし、生成画像の精度は高いとは言えないものであった。この系における精度の良い奥行き推定の考案による画像の精度の向上、実写での検証を行っていくことが今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] N. Fukushima, T. Yendo, T. Fujii, and M. Tanimoto: "Free viewpoint image generationsynchronized with free listeningpoint audio for 3-D realspace navigation", Proc.3DTV-Conderence2007.
- [2] 石川彰夫 (KDDI 研究所) ら, "分割された局所領域での内挿補間による自由視点映像の生成", 2006
- [3] W.Mark, L.Mcmillan, G.Bishop, "Post-rendering 3d warping", in Proc. Symposium on I3D Graphics, pp.7-16, 1997.
- [4] 松本健太郎, 圓道知博, 藤井俊彰, 谷本正幸: "ハンディカメラによる光線空間構築", 3次元画像2005講演論文集, pp. 13-16, 2005.