

360° カメラを使った立体 360° 画像の生成

蚊野 浩† 高木 亮佑†

†京都産業大学 コンピュータ理工学部

E-mail: kano@cse.kyoto-su.ac.jp

Abstract

立体 360°画像は水平視差を持つ一対の 360°画像である。360°カメラで多視点撮影した画像から実写の立体 360°画像を生成するには、多視点画像集合から、左目画像と右目画像に対応する部分領域を抽出し、それらを 360°にわたってつなぎ合わせる必要がある。この時、つなぎ合わせの境界を、隣接する 360°カメラの垂直エピポーラ面と画像面の交線に設定すると、画像間での位置ずれが境界線方向に拘束される。従って、ずれを補正する幾何変換が容易になる。提案手法による 360°カメラを使った立体 360°画像の生成手法は近似的な方法であるが、実用的に有効である。

1 はじめに

RICOH THETA などの 360°カメラを用いることで、全ての視線方向をカバーする 360°画像を簡単に撮影できるようになった。360°画像をヘッドマウントディスプレイで観察すると、ある程度の臨場感を得ることができる。このため、360°画像を使った Web コンテンツの利用が広がっている。しかし、1 枚の 360°画像だけでは立体感を得ることができず、VR 画像としては不十分である。

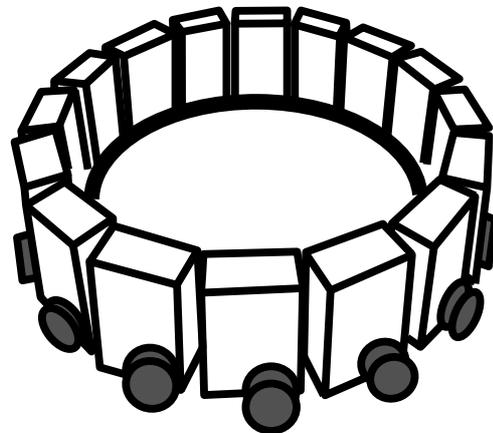
立体 360°画像は水平視差を持つ一対の 360°画像である。3次元 CG 画像の場合、立体 360°画像を生成することは容易であるし、任意の視点、任意の視線方向での立体画像を生成することにも、特段の困難はない。一方、実シーンの場合、その3次元モデルを生成することが難しいので、実写の立体 360°画像を生成することもそれほど簡単なことではない。2章以降で述べるように、基本的には、イメージベーストな処理で実現されてきた。

本研究では、360°カメラによる多視点画像を用い、隣接するカメラ間のエピポーラ幾何を考慮することで、実写による立体 360°画像を簡単に生成できることを示す。

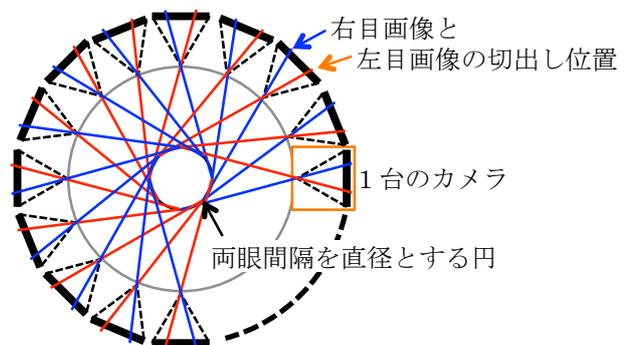
2 立体 360° 画像を生成する従来手法

実写のカメラ画像を用いて立体 360°画像を生成する方法として Omnistereo[1]が知られている。2015 年に発

表された Google Jump などの立体 360°カメラシステム (図 1(a)) は、円形カメラアレイで撮影し、Omnistereo で立体 360°画像を生成していると思われる。これは図 1(b) のように、全ての画像から、左目画像と右目画像の一部に対応する縦長の部分画像を切出し、それを横につなげることで2枚の 360°画像を生成する方法である。



(a) Google Jump のカメラリグの外観



(b) 立体360° 画像の生成法を説明する図

図 1 円形カメラアレイと

Omnistereo による立体 360°画像の生成

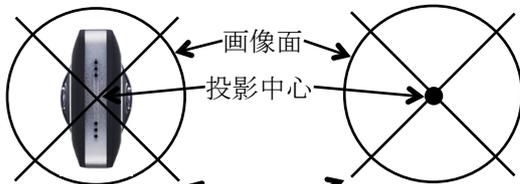
一つの 360°画像の元になる隣接する縦長画像は、接続境界において概ねつながっている。しかし、カメラ位置が移動しているため、縦横に若干のずれが生じる。そこで、対応する特徴点間でオプティカルフローを計算し、ずれを補正する幾何変換を施すことで、つなぎ目におけるずれを解消する[2]。このような手順であると推察されるが、より単純な計算・変換が望ましい。

3 360°カメラを使った立体 360°画像の生成

図 2 (a)に、本研究で用いる 360°画像の一例を示す。360°画像は、通常、このような正距円筒図法で描かれる画像である。この一枚の画像で、水平方向 360°、垂直方向 180°の全視線方向をカバーしている。図 2 (b)は本論文の図で用いる 360°カメラのモデルである。これは、360°カメラを上から見下ろした状態を表しており、円が画像面に対応し、円の中心が投影中心に対応する。そして、このカメラモデルに投影中心を通る直線を引くことは、投影中心を通り、垂直な平面を設定することを意味している。



(a) 正距円筒図法による360°画像



画像面を切断する垂直断面

(b) 360°カメラのモデル

図 2 360°画像の例と 360°カメラのモデル

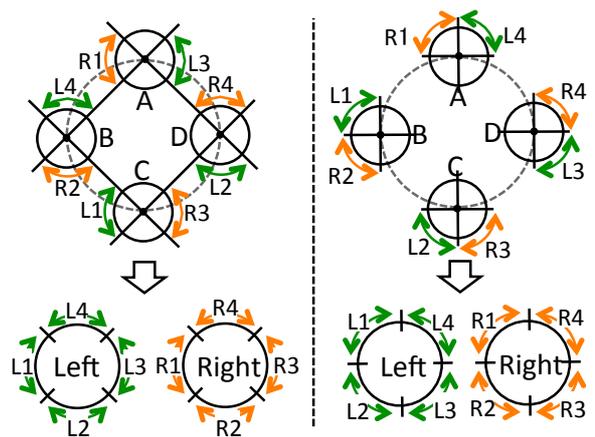
提案手法では、RICOH THETA のような小型 360°カメラを利用し、円形カメラアレイを構成する。ここでは図 3 のように、4 台の 360°カメラを円周上に 90°の間隔で配置した例で説明する。

4 枚の 360°画像から立体 360°画像を生成するとき、元になる部分画像の切出しとつなぎ方は、図 3 のいずれかが考えられる。(a)の場合、隣接する 360°カメラの垂直エピポーラ面(2つの投影中心を通り、画像と縦方向で交わる面)で 360°画像を4つの部分画像に分解する。そして、例えば、カメラ A の R1 部分を右目に提示し、カメラ C の L1 部分を左目に提示すれば、立体視できるこ

とは明らかである。同様に R2 と L2, R3 と L3, R4 と L4 がステレオペアを構成する。したがって、R1・R2・R3・R4 を横につなぎ合わせれば、概ね、立体 360°画像の右目用画像になる。同様に、L1・L2・L3・L4 を横につなぎ合わせれば、概ね、左目用画像になる。ここで注目すべきことは、つなぎ目で画像にずれを生じるが、そのずれは垂直方向に制限される、ということである。何故ならば、つなぎ目に位置する画素は、ステレオ視におけるエピポーラ拘束を受けるからである。

図 3 (b)は 4 枚の 360°画像をエピポーラ面以外で切断し、つなぎ合わせる場合の一例である。例えば、カメラ A の R1 部分を右目に提示し、カメラ B の L1 部分を左目に提示すれば立体視できることは明らかである。同様に、図 3 (b)における R2 と L2, R3 と L3, R4 と L4 がステレオペアを構成する。そして、R1・R2・R3・R4 を横につなぎ合わせれば、概ね、立体 360°画像の右目用画像になり、L1・L2・L3・L4 を横につなぎ合わせれば、左目用画像になる。ただし、この場合、エピポーラ面で切断していないため、つなぎ目において画像は縦横にずれる。

いずれにしても、このように生成した立体 360°画像のつなぎ目には、若干のずれが生じる。このずれを補正するための幾何学的変換は、図 3(a)の場合には、縦方向の変形だけで十分である。一方、(b)の場合には、縦横の両方に変形する必要がある。したがって、幾何変形の容易さという点において、図 3(a)が優れている。4 章では、具体的な画像を用いて、処理の例を示す。



(a) エピポーラ面で切断し (b) エピポーラ面以外で切断し、つなぎ合せた場合

図 3 4 枚の 360°画像からの立体 360°画像の生成

4 実験

3章で述べた原理にしたがって立体 360°画像を生成した。360°カメラを円周上で 90°間隔に設置して撮影するためのジグとして図 4 の回転ステージを利用した。これは、角度目盛りを目視で確認しながら、手動で台を回転させるものである。



図 4 360° カメラを回転させるためのジグ

図 4 の装置を用いて4箇所(図 4 の A・B・C・D)で、360°画像を撮影した。その中の2枚(A, C)と, R1・L1 と して切り出す部分画像の例を図 5 に示す。



カメラAの360° 画像



カメラCの360° 画像

図 5 2 枚の 360° 画像と、切り出す部分画像

つなぎ合わせる2つの部分画像を横に並べると、図 6 (a)のように、境界部分で位置がずれている。ただし、ずれの方向は上下に限定されており、横方向にはずれが見られない。さらに詳細に見ると、境界の中央ではずれがない。中央よりも上では被写体に近い側のカメラによる像が上にずれ、中央よりも下では被写体に近い側のカメラによる像が下にずれる。これは2つの投影中心と画像面、及び被写体との関係から、被写体に近い側の像が大きくなっているからである。



(a) 隣接する部分画像の境界における対応点のずれ



(b) ずれを解消する幾何学変換を施した結果

図 6 隣接する部分画像の位置ずれと補正

図 6 (a)における、画像境界の位置ずれを補正した結果を図 6 (b)に示す。ここでは、対応点の上下位置が同じになるように、画像端部での移動量を決め、画像内部では、位置に応じて移動量を比例配分し、画像全体を上下方向にだけ幾何学的に変形した。

今回の実験で、隣接する部分画像間で対応点の位置を設定する方法を説明する。まず、マウスを使って隣接する対応点の概略の位置を指示する。その後、図 7 に示すように、カーソルキーを使って対応点の位置を高精度化した。このような処理は自動化することも可能であると考えている。

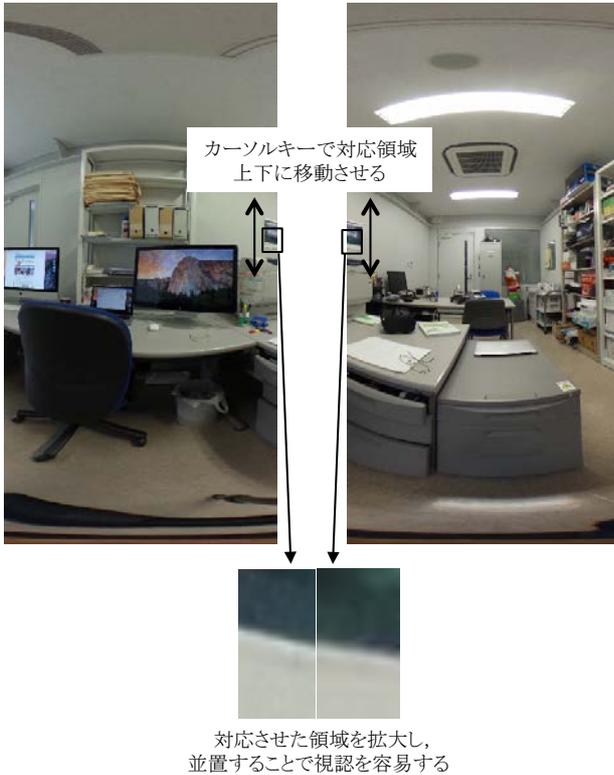


図 7 隣接する部分画像で対応点を指定する方法

このようにして生成した立体 360°画像の一例を図 8 に示す。これらの画像を、ゲーム開発環境 Unity を使って 2つの球面にテクスチャマッピングし、それを Oculus Rift に接続することで立体 360°画像として観察した。立体感に関しては、概ね、期待した結果を得ることができた。一方、立体 VR 画像として評価すると、以下の点が不足であった。

1. VR 画像の解像度が不十分である。そのため、実シーンと比べると実物感が乏しい。
2. 並進移動に伴う視野の変化に対応することができないため、頭部を移動させると VR 酔いを生じる。

これらの課題は除けば、360°カメラを使うことで、立体 360°画像を簡単に生成することができた、と言える。

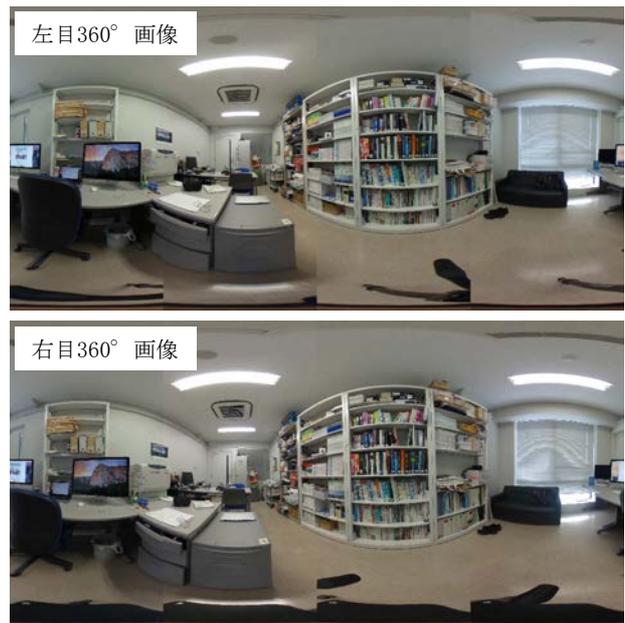


図 8 提案手法で生成した立体 360°画像

5 結論

360°カメラで多視点撮影した画像集合から立体 360°画像を生成した。このとき、撮影した 360°画像を、隣接するカメラの垂直エピポーラ面で切断することで、部分画像に分解し、横方向につなぎ合わせた。このように部分画像を接続することで、隣接する画像の位置のずれが上下方向だけに制限される。そのため、ずれを解消するための幾何学的な変形が極めて容易になる。

本手法の有効性を Oculus Rift と Unity を使って確認した。生成した立体 360°画像は近似的な立体画像ではあるが、実用的には有効である。

参考文献

- [1] S. Peleg, et al., “Omnistere: Panoramic Stereo Imaging,” IEEE Trans. on PAMI, Vol.23, No.3, pp. 279-290, 2001.
- [2] C. Richardt, et al., “Megastereo: Constructing High-resolution Stereo Panoramas, ” DOI: 10.1109/CVPR.2013.166.