

J_042

半球表面上で撮影したビデオ映像を用いる仮想空間構築法

The Virtual Environment Construction Method
Using The Video Image on The Hemisphere Surface石田 勝紀† 山本 強† 土橋 宜典†
Katsunori Ishida Tsuyoshi Yamamoto Yoshinori Dobashi

1. まえがき

近年、映像処理技術の進歩により、ビデオ映像から3次元空間を再構築する研究が盛んに行われている。ビデオカメラ等で取得される実写画像をベースとしたレンダリングの事を、Image Based Rendering(IBR)と言い、2次元画像から3次元空間を構築する手法全体を指す。その中で、複数の実写画像の中から取り出せる光線の情報を用い、任意の仮想空間を構築する方法として、Light Field[1]や Concentric Mosaics[2]と呼ばれるものがある。これらは大量の光線情報を処理するために、次元の圧縮により映像データの縮小を行っているため、動きに制約が多い。しかし近年のPCの発達により、処理速度の向上や記憶媒体の大容量化が起これ、従来のデータ圧縮法の研究だけではなく、制約の少ない手法にも目を向けられるようになった。

そこで本研究では、ビデオカメラを2台使用し、ステレオカメラに見立て、フリーハンドで半球の外側を撮影したデータから仮想空間を構築する手法を提案する。2章では手法の流れや概念について説明する。3章では画像間位置関係の導出について説明し、4、5章では空間の構築について述べる。

2. 概念

Concentric Mosaicsでは、カメラを円外側に向けて撮影した場合に、外側から内側へ差し込む光線が網羅される事になり、円の内で構築が可能となる。その事から、同様に球にも同じ事が当てはまると言える。ここで下が地面であると考えると、半球でも良い事になる。つまり、ビデオカメラで半球を見立てるように外側を撮影できれば、撮影データが欠乏している部分以外において、仮想的な空間が構築できる。

仮想空間を構築するためには、その構築する視点から見た方向において、画面分を満たす光線があれば良い。

Light Fieldや Concentric Mosaicsといった手法の場合、動きに制限があるため、構築が比較的容易である一方、本手法の場合、ビデオカメラを自由移動させるため、ビデオ映像のフレーム毎の位置が未知となり、フレーム間の動きを特徴点により求める事になる。フレーム画像の位置が判明した場合、その画像における光線を用いて空間構築をする事ができるようになる。

3. 画像間位置関係

実写画像のフレーム毎の位置が未知である場合、特徴点と行列式によって求める必要がある。撮影開始時点のフレーム位置を基準とすると、特徴点を利用する事により、他

フレームとの位置関係が求められる。

まず、特徴点については、画像中の境界線における画素の輝度差から抽出して利用する。ここで、ステレオカメラである事を考えると、同フレーム間では図1のように平行ステレオであると考えられる。

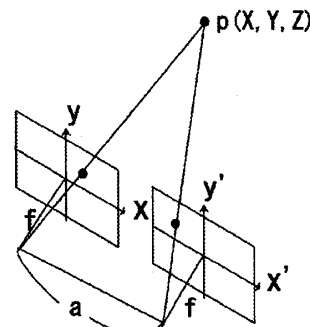


図1 カメラ間の関係

この関係より、特徴点位置は、

$$X = ax/(x-x') \quad (1)$$

$$Y = ay/(x-x') \quad (2)$$

$$Z = af/(x-x') \quad (3)$$

で求められる。画像Pとその画像における特徴点pが有るとすると、投影関数Fを用い、

$$P = Fp \quad (4)$$

で表される。Fは[4×4]行列であり、その各々の要素は、 $F=[\text{回転移動}][\text{平行移動}][\text{カメラパラメータ}]$ となる。

ここで連続した2枚のフレーム画像をそれぞれ P_0, P_1 とすると、投影するための式は、同じ特徴点では3次元における位置は変化しないため、

$$P_0 = F_0 p \quad (6)$$

$$P_1 = F_1 p \quad (7)$$

となる。これらの関係式により、4個の一次方程式が導出される。未知のパラメータはFの12要素のみとなるため、特徴点は3~4個以上あれば、方程式はガウスの掃き出し法によって求められる。

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} & F_{14} \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} & F_{24} \\ F_{31} & F_{32} & F_{33} & F_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

図2 行列の投影

†北海道大学大学院情報科学研究科

2枚のフレームの比較でパラメータが判断できた場合、次のフレームを新たな基準位置とすると、同様な処理を行うことにより、次のフレームのパラメータも求められる。これを繰り返す事により、全てのフレームにおいてパラメータが求められる事になる。

4. 仮想空間の構築

4.1 光線空間の利用

提案手法では、2台のカメラを並列に繋げて動画データを取得する。3章によってフレーム間の対応位置は判明し、カメラパラメータが判明している。任意視点で画像を構築する際に、生成画像のピクセル毎に対応する元画像が存在しているならば、その画像の光線情報を取り出す事によって構築可能である。しかしフリーハンドで撮影しているため、対応する視線方向に完全に一致した画像があるとは限らない。

ここで、一致する点が無い場合は、近接点を考える。一本の視線毎に、その視線に一番近い点を求めると、点と視線の距離の関係は図3のように表される。

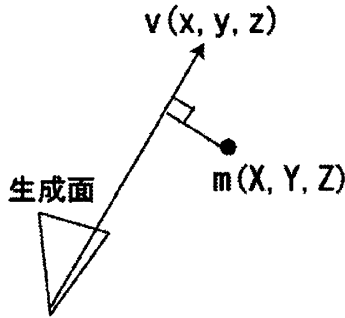


図3 視線vと画像m

ここで対応する点の座標mと視線vが分かっているので、点と直線の式となる。また、本手法ではカメラが球状を描くように移動して実写画像が取得されていると考えているため、視線の方向と画像の平面は平行にはならない。そのため、近接点においては、vに対応する光線も入っていると考え、図4のように2個の近接点で視線vと同じ方向を考え、視線との距離に応じてvの輝度を求める。

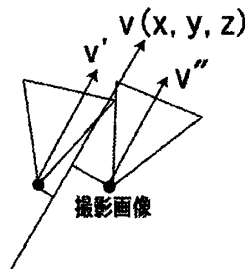


図4 輝度値の判定

生成する画像の1ピクセルごとに光線を判定するが、これは上下画角 θ 、左右画角 ϕ と生成画像の縦幅h、横幅wによって取る方向が変化する。式で表すと、

$$\theta_2 = \theta \times k/h \quad (-h/2 \leq k \leq h/2) \quad (8)$$

$$\phi_2 = \phi \times l/w \quad (-w/2 \leq l \leq w/2) \quad (9)$$

となる。式(8)、(9)はそれぞれ生成画像の中心からの角度

を表す。これにより1ピクセル毎の輝度値が判定出来るようになり、 $w \times h$ 回判定することにより、図5のように任意視点での画像が生成される。

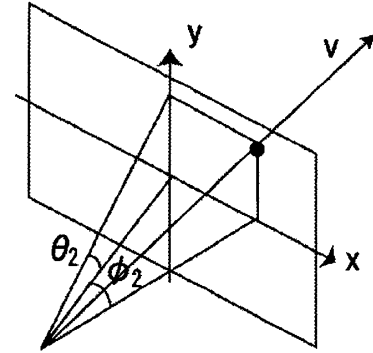


図5 生成画像の対応点

4.2 撮影データの補完

本手法では、半球外側を撮影するという条件以外は、自由な移動を想定しているため、データが足りない部分が出てくる可能性がある。それを補う方法としては、不足部分をまた新たに入力するという方法がある。同じパラメータ条件での入力なら、2フレームで相対的なパラメータを導出したのと同様に、その入力映像においても逐次的に求められる。ただし、特徴点を利用しているため、入力の最初のフレームを判断する時に、一致する特徴点を発見しなければならないため、それが発見出来る任意のフレームを指定する必要がある。

5. あとがき

本研究では、2台のビデオカメラから、フリーハンドによる操作で半球外側を撮影する事によって、仮想空間が構築できる事を提案した。ビデオ映像のフレーム毎の相対位置を、特徴点を用いて求める事により、撮影した位置よりも内側において、任意視点で仮想空間が構成できるようになる。

しかし、撮影時にデータのどの部分が不足しているのかわからなければ、映像データを追加することに処理を行い、空間を再度作り直さないとならないため、網羅的な仮想空間を構築するのに手間がかかる。撮影と同時に構築していくシステムがあれば最適ではあるが、リニア編集には処理速度等を考慮しなければならない。今後の課題としては、それらの編集方法の考案、完全自由な動きでの仮想空間の構築等が挙げられる。

参考文献

- [1]Mark Levoy and Pat Hanrahan, "Light Field Rendering", *Proc. SIGGRAPH 96*, pp.31-42, 1996.
- [2]Heung-Yeung Shum and Li-Wei He, "Rendering with Concentric Mosaics", *Proc. SIGGRAPH 99*, pp.299-306, 1999.