

# デプスセンサを用いた広域空間で動作する人の三次元再構成

小林 大介<sup>†</sup> Diego Thomas<sup>†</sup> 内山 英昭<sup>†</sup> 谷口 倫一郎<sup>†</sup>

九州大学<sup>†</sup>

## 1. はじめに

自由な視点からのスポーツ観戦を実現することは、新たなユーザ体験の創出に重要な課題である。従来、カメラを用いた3次元再構成に基づく自由視点映像生成の研究がなされている。特に、スポーツを対象とした場合、競技空間の静的領域と競技者などの動的領域を同時に3次元再構成する必要がある。静的環境は高精度な復元が可能となっている一方、動的領域はカメラと移動物体の動きの分離などの多く課題が存在する。

Kinect に代表されるデプスカメラの登場により、高速に深度情報を取得可能となり、デプスを用いた3次元再構成手法が提案されている[1]。特に、Bodyfusion[2]や SegmentedFusion[3]は、再構成の対象を人に限定することで、高精度な再構成を実現した。しかし、これらの手法は、広域空間を移動する人を対象とした場合、精度が大きく低下する。文献[4]では複数のデプスカメラを用いて広域の3次元点群を生成している一方、動的領域の再構成はなされていない。

本稿では、広域空間を移動する物体として人を対象とした3次元再構成システムを提案する。本システムでは、複数の視野を共有しないデプスカメラをキャリブレーションすることで、広域な撮影空間を構築する。人の再構成では、複数の観測を統合して形状モデルを構築し、ある視点からのオクルージョンを含めた人の全体形状を再構成する。これにより、移動する人の動作全体を把握することが可能となる。

## 2. 提案システム

### 概要

本システムは、3台のデプスカメラを利用し、広域を撮影するために、視野を共有しないように設置する(図1)。各カメラの相対的位置姿勢を、複数平面を用いてキャリブレーションする。

3次元再構成は、初めに、各デプス画像の中から人体骨格検出を用いて人を検出する。次に、

3D reconstruction of moving person at large scale by using multiple kinects.

Daisuke Kobayashi, Diego Thomas, Hideaki Uchiyama, Rin-ichiro Taniguchi (Kyushu University)

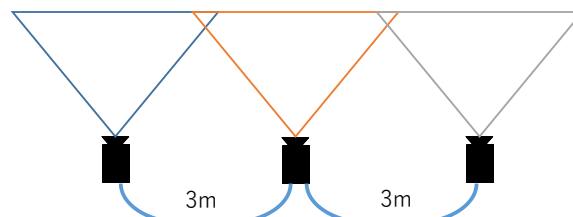


図1: カメラの配置

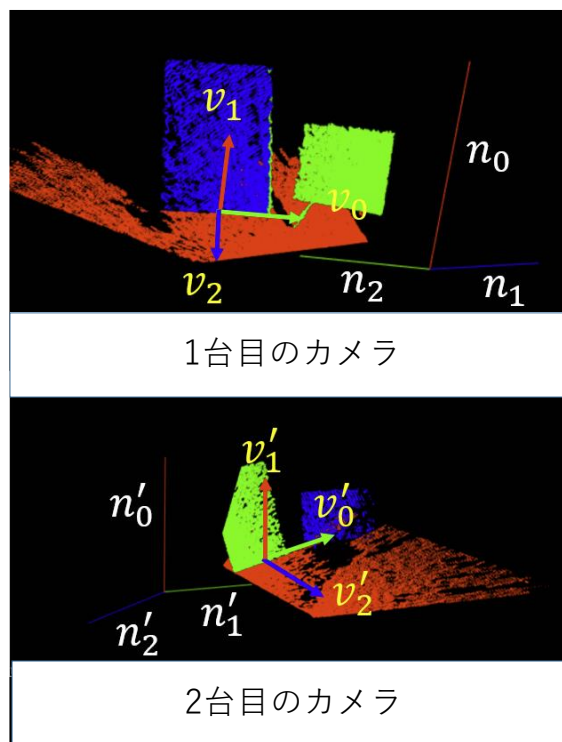


図2: 法線ベクトルを用いた基底の定義。赤青緑は平面の区別を示す。

検出した骨格に基づき、人の形状モデルを構築する。最後に、人の形状モデルと静的領域の再構成結果を統合することで、撮影空間全体の3次元モデルを出力する。

### 複数デプスカメラのキャリブレーション

複数のデプスカメラの相対的な位置姿勢は、複数カメラの視野より観測できる大きな平面の板を用いて、カメラ間の外部パラメータを算出する。

初めに、各カメラより 3 つの平面を撮影し、3 次元点群を生成する。次に点群に対して RANSAC を用いることで、各カメラにおける 3 つの平面の方程式を算出する。得られた平面の法線のうち 2 つを選択して、正規直交基底を  $v_0 = \frac{n_0 \times n_1}{|n_0 \times n_1|}$ ,  $v_1 = n_0$ ,  $v_2 = v_0 \times v_1$  と定義する。ここで、 $v_0, v_1, v_2$  は 1 台目のカメラにおける基底ベクトルの組を、 $n_0, n_1, n_2$  は各平面の法線ベクトルを示す。また、2 台目のカメラに対しても同様に、基底ベクトルの組  $v'_0, v'_1, v'_2$  を定義する (図 2)。平面の方程式は、各カメラの座標系で表現されているが、現実世界では同じ平面であるため、カメラ間の対応を算出できる。

外部パラメータのうち回転成分  $R$  は、基底ベクトル  $v_0, v_1, v_2$  と  $v'_0, v'_1, v'_2$  を一致させる回転行列に等しい。また、3 つの平面は 1 つの交点を持つため、各カメラにおける交点は、現実世界では同一の点を表す。そのため並進成分  $t$  は、3 つの平面の交点同士を結んだベクトルと等しい。以上で算出した  $R$  と  $t$  によって、カメラのキャリブレーションを行った。

### 人の三次元再構成

人の身体の三次元形状は、[3]と同様に人体骨格に対応した 14 の部位で表現され、部位の接続関係は対応する人体骨格によって表現されている。また、人体骨格を用いて骨格の動きを算出することで、身体形状の変形を算出する。その際、身体は動的に変形するが、動きは骨格によって制限される。そこで、身体の部分ごとにバウンディングボックスを設定し、そのバウンディングボックスごとに変形を算出する。各部位はそれぞれが固有の座標系と基準モデルを持ち、基準モデルは画像が入力されるたびに更新される。最後に、算出した変形によって、現在の入力画像で身体の部位の基準モデルを更新する。

### 複数カメラへの拡張

人がカメラ間を移動するとき、複数の人体骨格が検出される場合がある。その場合、検出された人体骨格を、人領域が重なり合う割合によって識別する。最終的にすべての三次元再構成結果を統合することで、広域空間で動作する人の三次元再構成を行う。

### 3. 実験

実験では、約 10m の距離を移動する人を撮影し、その空間の再構成を行った。三次元再構成の結果を図 3 で示す。結果から、広域空間で動作する人の再構成を実現できることが示された。

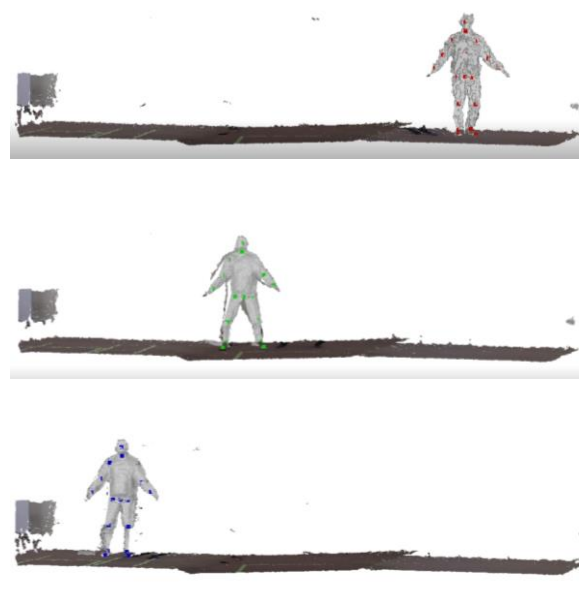


図 3：空間内を移動する人の三次元再構成  
上：初期状態，中：100 フレーム時点，  
下：200 フレーム時点

### 4. おわりに

本稿では、広域空間を移動する人を三次元再構成するシステムを提案した。実験により、システムが、空間内を移動する人の三次元再構成が可能であることを示した。今後は、多様な動作や複数の人を対象にするなど、より一般的なシーンについて検討する。

### 参考文献

- [1] Newcombe, Richard A., Dieter Fox, and Steven M. Seitz. "Dynamicfusion: Reconstruction and tracking of non-rigid scenes in real-time." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2015.
- [2] Tao Yu, Kaiwen Guo, Feng Xu, Yuan Dong, Zhaoqi Su, Jianhui Zhao, Jianguo Li, Qionghai Dai, and Yebin Liu. Bodyfusion: Real-time capture of human motion and surface geometry using a single depth camera. In The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). ACM, October 2017.
- [3] Yao, Shih Hsuan, et al. "SegmentedFusion: 3D human body reconstruction using stitched bounding boxes." 2018 International Conference on 3D Vision (3DV). IEEE, 2018.
- [4] Meerits, Siim, et al. "FusionMLS: Highly dynamic 3D reconstruction with consumer-grade RGB-D cameras." Computational Visual Media 4.4 (2018): 287-303.