

# 多視点計測により取得した点群からの仮想模擬がれきフィールド作成に関する研究

北海道大学 大学院情報科学研究科 システム情報科学専攻 ○澤井 駆, 小野里 雅彦, 田中 文基

## 要旨

救助機器の踏破性能を評価し、非固定で決まった大きさや形をもつ木材群からなる模擬がれきフィールドを多視点から三次元計測することで得られた点群から、その三次元モデルを仮想空間上に生成する。本研究では、模擬がれきフィールドの三次元モデルである仮想模擬がれきフィールドをより高い精度で作成するための三次元計測手法と点群処理手法について扱い、作成した模擬がれきフィールドの複合点群からその有効性を示した。

## 1 序論

地震等により倒壊した家屋の下敷きとなった人々を探索・救助するための救助機器は、その走行によってがれきを倒壊させるといった二次災害を引き起こす恐れがある。しかし、がれきに関する知見の不足により、不安定ながれきの上を、二次災害を起こさずに安全に走行できる救助機器の開発が困難である。現状の救助機器の踏破性能評価では、規格化された模擬がれき要素が単純に敷き詰められた模擬がれきフィールドにおいて行われている。

本研究グループでは、規格化された直方体の木材を用いた模擬がれきフィールドを対象に、多視点計測を行うことで点群を取得し、仮想模擬がれきフィールドを作成する手法を提案した。しかし、この手法で作成された仮想模擬がれきフィールドには、仮想模擬がれき要素同士に重なりや浮きが生じており、高精度な仮想模擬がれきフィールドを作成するためには、模擬がれきフィールドからより高精度に点群を取得する必要がある。本研究では、位置合わせ用計測対象を用いて、異なる複数の座標系を、指定した共通の座標系に移動する座標変換行列を高い精度で導出する手法を提案する。さらに、模擬がれきフィールドの複合点群を作成し、その精度を確認することで、提案した位置合わせ手法の有効性を示す。

## 2 模擬がれきフィールドの複合点群作成の手順

本研究で作成する模擬がれきフィールドの計測環境を図1に示す。点群取得機器として、Microsoft社のKinect v2[1]を4台使用し、模擬がれきフィールドを置いている1m四方の計測台の四隅に、約40cmの高さに設置した。

模擬がれきフィールドの複合点群作成の手順を図2に示す。初めに、図3のように定義される各計測機器のlocal座標系をworld座標系である計測台上の座標系へ座標変換する。この座標変換を、初期位置合わせと高精度位置合わせの2つの位置合わせから得られる座標変換行列を用いて行う。最後に、提案する位置合わせ手法の有効性を示すために、座標変換行列  $T_L, T_H$  を用いて模擬がれきフィールドの位置合わせを行い、複合点群を作成する。

## 3 初期位置合わせ座標変換行列の導出

座標変換行列  $T_{Li}(i=1,2,3,4)$ の導出は、図4(a)のような初期位置合わせ用の計測対象を用いて行う。まず各local座標系における白球面上の点群の座標を取得する。次に、最小二乗法を用いてlocal座標系における球の中心座標  $(X_i, Y_i, Z_i)$  を推定する。最後に、初期位置合わせ用の計測対象の白球の位置関係から導出した、world座標系における球の中心座標  $(X_w, Y_w, Z_w)$ を用いて、 $(X_i, Y_i, Z_i)$  から  $(X_w, Y_w, Z_w)$ へ移動する座標変換行列  $T_{Li}$  を導出する。



図1 模擬がれきフィールドの計測環境

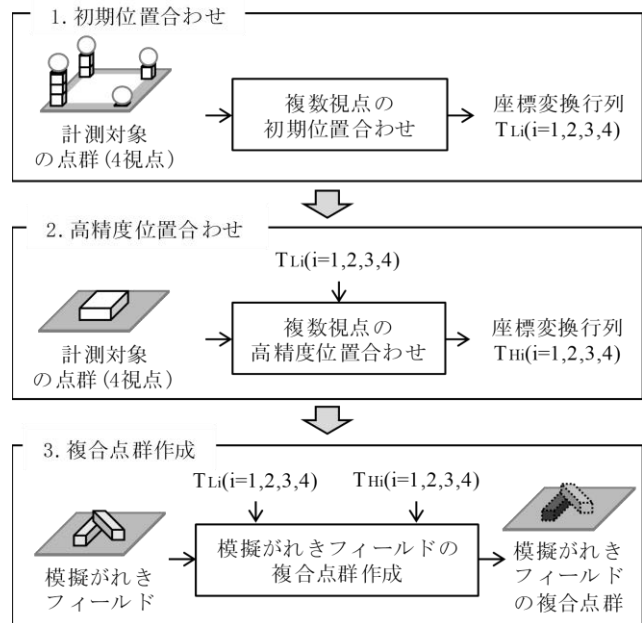


図2 模擬がれきフィールドの複合点群作成の手順

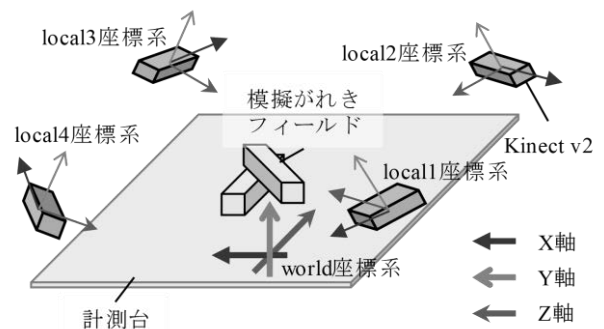


図3 local座標系とworld座標系の位置関係

#### 4 高精度位置合わせ座標変換行列の導出

図 4(b)のような直方体型の高精度位置合わせ用の計測対象に対して、各視点から点群を取得し、座標変換行列  $T_{Li}$  を用いて初期位置合わせをした結果を図 5(a)に示す。図 5(a)の初期位置合わせの結果における、点群によって推定される面のずれを修正し、この時の各視点の移動を表す座標変換行列  $T_{Hi}(i=1,2,3,4)$ を導出するために ICP (Iterative Closest Point) を用いる。ICP とはある点群のそれぞれの点を、別の点群の最も近い点に近づけるように移動させ、この移動を反復回数や移動距離といった条件を満たすまで繰り返すアルゴリズムである。ICP の移動によって得られる座標変換行列が  $T_{Hi}$  となる。以下に ICP の精度を高めるために行う手順について述べる。

##### A. 点群フィルタの実装

ICP においてより正しく点同士を対応付けるために以下の点群フィルタを実装する。

###### Step1. Pass Through Filter [2]

xyz 軸に対して平行に指定した領域以外の点群を取り除くフィルタである。このフィルタにより y 軸方向に領域を指定し、不要である計測台の点群を除去する。

###### Step2. Radius Outlier Removal [3]

点群の各点を中心とした球を作り、その中に存在する点の数が閾値以下であれば中心点を除去するフィルタである。このフィルタにより外れ値を除去する。

###### Step3. Voxel Grid Filter [2]

指定した立方格子領域の重心を求め、その領域に存在する点群を重心の一つの点に置き換えるフィルタである。このフィルタにより点群の密度を均一にする。

##### B. ICP の実装順とパラメータの決定

ICP を行う際に次の 2 点に注意する必要がある。

- ・ 対角線上の位置にある 2 視点では共通の側面を計測しないため、先に隣り合った視点の点群に対して ICP を行うことで、より正しく点同士を対応付ける。
- ・ 点同士を対応付ける最長距離と点の移動の反復回数は、点群ごとに適切な値が異なるため、それぞれの値を変えながら ICP を繰り返し行うことで、点群に依存しないパラメータを決定する。

以上の手順を踏まえて行った ICP による高精度位置合わせの結果を図 5(b)に示す。この時得られた座標変換行列が  $T_{Hi}$  である。

#### 5 模擬がれきフィールドの複合点群作成

異なる複数視点の位置合わせのための座標変換行列  $T_{Gi}(i=1,2,3,4)$ は、初期位置合わせと高精度位置合わせで得られた座標変換行列  $T_{Li}, T_{Hi}$  を用いて次のように定義される。

$$T_{Gi} = T_{Li}T_{Hi} \quad (1)$$

計測対象の模擬がれきフィールドを図 6(a)に示す。図 6(a)のような模擬がれきフィールドに対して、各視点から点群を取得し、座標変換行列  $T_G$  を用いて位置合わせをした後、計測台と外れ値の除去、点群密度の均一化、各視点の点群の複合を行った結果を図 6(b)に示す。図 6(b)より、高い精度で位置合わせを行い、模擬がれきフィールドの複合点群を作成できていることが確認できた。しかし、図 7 より、作成した模擬がれきフィールドの複合点群の推定面にずれが生じていることがわかる。考えられる原因としては、計測した点群が平面として正しく認識できていないことや Kinect v2 の個体差などが挙げられる。

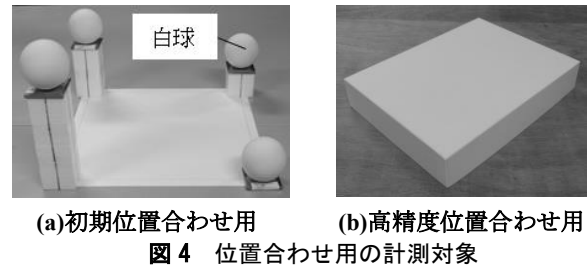


図 4 位置合わせ用の計測対象

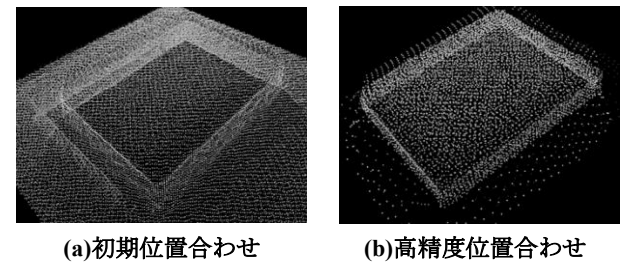


図 5 位置合わせ結果

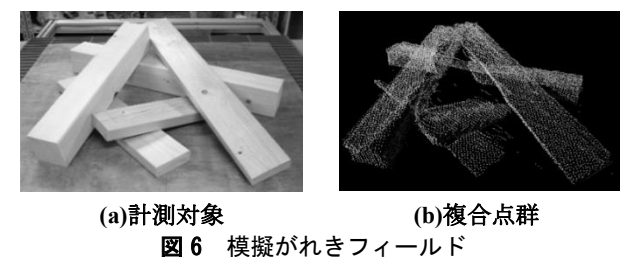


図 6 模擬がれきフィールド

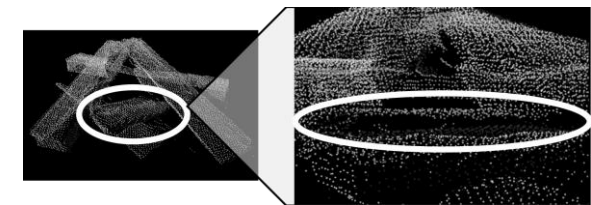


図 7 模擬がれきフィールドの複合点群の面のずれ

#### 6 結論

本研究では、位置合わせ用計測対象を用いて、異なる複数の座標系を、指定した共通の座標系に移動する座標変換行列を高い精度で導出する手法を提案した。また、導出した座標変換行列を用いて位置合わせを行い、模擬がれきフィールドの複合点群を作成し、その精度を確認することで、提案した位置合わせ手法の有効性を示した。しかし、作成した模擬がれきフィールドの複合点群の推定面にずれが生じており、今後の課題とする。

#### 参考文献

- [1] [https://www.microsoftstore.com/store/msjp/ja\\_JP/list/Kinect-for-Windows/categoryID.68043000](https://www.microsoftstore.com/store/msjp/ja_JP/list/Kinect-for-Windows/categoryID.68043000)
- [2] Carlos Moreno and Ming Li: A Comparative Study of Filtering Methods for Point Clouds in Real-Time Video Streaming, the World Congress on Engineering and Computer Science 2016
- [3] Yosipof and Hanoch Senderowitz: k-Nearest Neighbors Optimization-Based Outlier Removal Abraham, Journal of Computational Chemistry 2015, 36, pp493-506