

旋盤のハンドル操作における深度カメラを用いた記録システムの検討

A Study of Recording System for Lathe Handle Operation Using Depth Camera.

中西美颯^{*1}, 永井孝^{*1}, 武雄靖^{*1}

Misa NAKANISHI^{*1}, Takashi NAGAI^{*1}, Yasushi TAKEO^{*1}

^{*1}ものつくり大学技能工学学部

^{*1}Faculty of Technologists, Institute of Technologists

E-mail: m01811123@iot.ac.jp

あらまし: 技能伝承において、デジタル技術を用いた技能の保存・再利用による効率化を図る試みがある。本研究の目的は、完全非接触で加工作業技能のデジタル保存を実現することである。本稿では、普通旋盤におけるハンドル操作の記録を行う手法の提案、その有効性を明らかにする。深度カメラより得た点群を用いた運動推定を行った。普通旋盤におけるハンドルの模型を用いた評価実験では、3.5%の相対誤差で操作の記録を確認した。

キーワード: 技能伝承, 3次元点群, 動作解析

1. 緒言

我が国の基幹産業である製造業において大きな役割を果たす熟練技術者が所有する技術は、人に内在する能力である。一方で、人に内在する技術のデジタル化や数値化が実現した暁には、活用の幅が広がると考える。似たような試みとして、陶芸技術のデジタルマイスター化⁽¹⁾や金型製作における職人技の量産化⁽²⁾など、接触型センサーを使用したデジタル化への試みが見られる。しかし、このような手法は場所や時間などのコストを要する他、測定可能な作業に限られるという課題がある。

2. 研究目的

本研究は、完全非接触で加工作業技能を数値化し保存することを目的とする。本稿では、非接触モジュールとして深度カメラ (Intel Real Sense D435i) を用い、得られた点群情報から機械工作操作における記録を行うシステムの提案、およびその有用性を明らかにする。

以降では、機械工作操作の記録対象として、普通旋盤におけるハンドル操作を取り挙げ、特に縦送りハンドルを対象とした。

3. システムの流れ

図1に、本システムの流れを示す。1.の様に深度カメラで記録した点群データに対して2.から4.の処理を施すことにより、5.の様に運動推定を行う。今回は、“送りねじ-目盛り環のとめねじ”間の動径ベクトルが回転する場合の角速度を運動推定結果とする。

本システムは、次の5つのステップから構成される。

1. 測定対象物体の点群データを取得
2. 測定対象物体抽出
3. 点群クラスタリング
4. 角度算出
5. 運動推定算出

3.1 測定対象物体抽出

まず、測定対象物の連続する運動の様子を bag ファイルとして取得する。

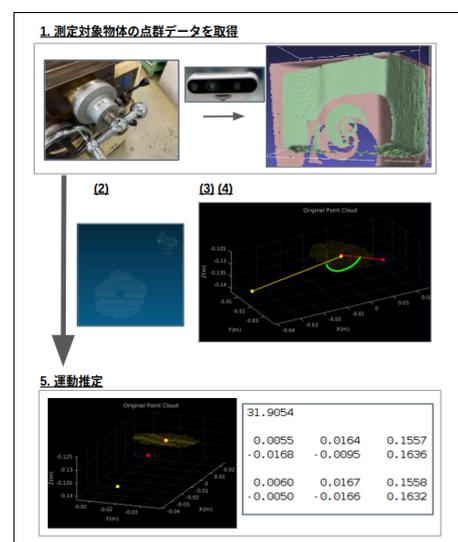


図1: システムの流れ

bag ファイルの取得には、ROS⁽³⁾を使用する。本研究では、点群情報を含んだトピックのみを対象とし取得する。

次に、必要な点群にする。“送りねじ”及び“目盛り環のとめねじ”付近を抽出する。図2(a)から(c)は以上の一連の流れをの処理の様子である。図2(a)は測定対象物であり、これを深度カメラに通すと図2(b)のような点群データを取得できる。その中でも“送りねじ”及び“目盛り環のとめねじ”付近を抽出すると図2(c)になる。



図2: 測定対象物体抽出の例

3.2 点群のクラスタリング

点群データのクラスタリング及び各クラスタの重心算出を行う。本研究では k-means 法を用いて、データ群を 2 個のクラスタに分類する。図 3 (a) 及び図 3 (b) はクラスタ処理の例である。図 3 (a) は前の処理で抽出した点群である。図 3 (b) はクラスタ処理により 2 つのクラスタに分類したものである。

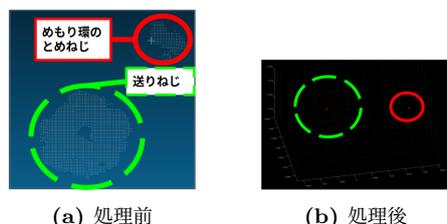


図 3: クラスタリング処理の例

3.3 角速度算出

”送りねじ-目盛り環のとめねじ”のそれぞれの重心点で構成され、送りネジを原点とした動径ベクトルのなす角、及び角速度を求める。まず、連続するフレーム内の i 、及び $(i-1)$ が所有するベクトルに対して内積の定義を利用し、空間ベクトルのなす角を求める。最後に、求めた回転角とフレームレートから、角速度を算出する。

以上の処理をすべてのフレームに対して行うことで、運動推定を行う。

4. 検証

提案システムの有用性を評価することを目的として行った検証実験について述べる。本提案システムの運動推定値と他計測器との数値を比較することで、システムの精度を相対的に判断する。

4.1 検証方法

4.1.1 準備

測定対象物体を用意する。今回は、(株)滝澤鉄工所製の TSL550 小型普通旋盤における縦送りハンドルの原寸大サイズの模型を作成し、検証に用いた。模型は、モーターを用いて一定速度で左回転させる。

4.1.2 検証に必要なデータの採取

測定対象物の運動の様子を bag ファイルとして取得する。次に、点群ファイル群の中から検証に使用する点群ファイルを選択する。今回は、連続した 2 枚のフレームをランダムに抜粋する。最後に、本提案システムの処理を通じて回転速度を推定する。

一方で、真値の測定にはタコメーターを用いる。5 回計測した値のうち最大値と最小値を除いた 3 つの値の平均値を比較値として使用する。これより得られた真値と推定値の相対誤差から、本提案システムの測定誤差を求める。

4.2 検証結果

表 1 に示すように、本システムは 3.570 % の測定誤差が生じることが明らかとなった。

表 1: 運動推定結果

推定手法	推定結果 [rpm]
本提案システム	79.397
タコメーター	76.643

4.3 考察

結果から、本提案システムで用いた手法は、左回転かつ回転速度が一定の状況下で 3.5 % 程度の測定誤差が許容可能な場において、有用性があると言える。

誤差が生じたのは、運動推定が点群取得時の点群の状態への依存性が高いことが原因であると考えられる。図 4 (a) から図 4 (c) が示すとおり、同一の対象物に対して記録した場合において、角度などが変化すると点群の形が変化してしまう場合がある。クラスタに対応する点群データを予め用意し置き換え処理を行うことで各クラスタの点群量を一定にするなど、点群取得時の状態が計算に影響しない計算手法を検討することで、改善されると考えられる。

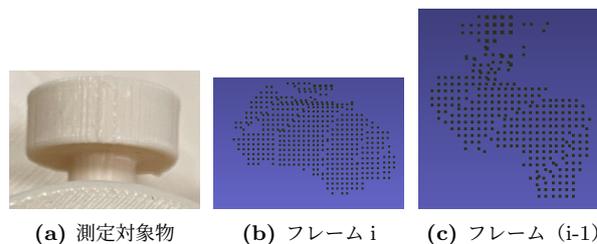


図 4: 点群取得時の差

5. 結言

本研究では、完全非接触で機械加工作業のデジタル保存を実現することを目的とし、旋盤におけるハンドル操作の記録システムの検討、及びその有効性の検証に取り組んだ。深度カメラより得られた点群情報に対して適切な点群計算処理を施すことにより、回転速度が一定の状況下において 3.5 % の相対誤差で運動推定が可能であることを確認した。

今後は、推定精度の向上に取り組むと同時に、右回転や変動回転における本提案システムの有効性についても検証を行う。また、検証に使用する機器の精度を考慮した評価方法についても検討することで、より細かい評価が行える。

参考文献

- (1) 行木 修, ほか: 陶芸技術のデジタルマイスター化と伝承方法の確立と再現, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2003)
- (2) 久保 祐貴, ほか: 「魂動デザイン」を支える技能者の育成, マツダ技報 (2019)
- (3) rosbag-ROS Wiki, <http://wiki.ros.org/rosbag>, 2022 年 2 月 7 日参照