

Kinect を用いた鋤動作の比較分析のための 動作プリミティブ分割機構の試作

一ノ瀬 修吾[†] 白松 俊[†] 大森 友子[‡]

名古屋工業大学[†] Agriturismo 大森家[‡]

1. はじめに

本研究は、農家民宿の経営者のアイデアを基にしており、農作業の身体の使い方を分析してアドバイスする技術の開発を目的としている。農作業未経験者は、鋤の使い方や身体の使い方がわからないケースが多い[1]。そのような身体の使い方や農作業を指導するために、本研究では名人の身体動作を分析し、初心者身体動作と比較するというアプローチをとる。そのために、鋤の名人の動作と初心者の動作のデータを蓄積する。また、蓄積したデータを比較できる技術を開発する。

具体的には、モーションキャプチャ（たとえば Kinect）を使って農作業熟練者の鋤の動作を記録しておき、初心者が鋤を動かすときに具体的にどこが違うかを指摘しやすくする。熟練者と初心者の体の使い方には違いがあるはずであり、それを比較して検出できるような分析手法の開発を目指す。疲れにくいまたは力が入りやすいという意味で効率の良い使い方を分析する技術を開発することにより、初心者でも無理のない体の使い方できるようにシステムがアドバイスする機能を目指す。

2. 動作の分析手法

本研究では、Kinect を用いて鋤動作を認識する。そのためには、まず鋤動作における各関節の3次元座標を取得する。各関節の3次元座標は Kinect のカメラを原点にした座標であり、カメラの角度、位置によって値が変化してしまう。初心者と熟練者の動作を比較するためには、常にカメラからの計測者の位置、角度を同じにしておかなければならない。そこで、腰の角度を基に座標を正規化することで、計測者がどの位置、角度にいても座標を比較できるようにする。

Prototyping a Function to Segmenting Motion Data into Motion Primitives for Comparison Analysis of Hoe Movement using Kinect

[†]Shugo ICHINOSE・Shun SHIRAMATSU

Nagoya Institute of Technology

[‡]Tomoko OMORI

Agriturismo Omori-ke

正規化した座標から速さを求め、速さの時系列データを作成する。速さの時系列データの極小値を求め、極小値に対する閾値を基に鋤動作をいくつかの動作プリミティブに分解し、蓄積する。佐藤ら[2]によれば、動作プリミティブとは、短い単位時間の動作要素のことを示す。熟練者の動作と初心者の動作を比較するためには、動作プリミティブ毎の比較が必要となる。本研究では白鳥ら[3]を基に座標の正規化と動作プリミティブの抽出を行った。

2.1. 座標の正規化

各関節の座標から、腰の中心座標である HIP_CENTER の座標で減算を行い、座標の原点をカメラの位置から腰の位置に変更する。

白鳥ら[3]を参考に、腰の動きを基にした「体中心座標系」(e^x, e^y, e^z)を設定し、腰を原点とし、体中心座標系による座標を正規化された関節座標とする先行研究ではモーションセンサとして Vicon を用いているため、使用している座標系が Kinect のものと異なる。たとえば Vicon は水平方向を X 軸、垂直方向を Z 軸、鉛直方向を Y 軸としているのに対し、Kinect の水平方向を X 軸、垂直方向を Z 軸、鉛直方向を Y 軸としている。 $\vec{v}_{Hip_left}$, $\vec{v}_{Hip_right}$ をそれぞれ観測者から見て左側、右側の腰の座標へのカメラを原点とした XZ 平面上の2次元ベクトルとしたとき、腰の右側を起点とし左側が終点となるベクトルを $\vec{V} = \frac{(\vec{v}_{Hip_left} - \vec{v}_{Hip_right})}{|\vec{v}_{Hip_left} - \vec{v}_{Hip_right}|} = (v_x, 0, v_z)$ とする。この $\vec{V}$ は、体の傾きを表わすために用いる。このとき Kinect の場合の正規化の式は以下のように示される。

$$\begin{aligned} \vec{e}_x &= (-v_z, 0, v_x) \\ \vec{e}_y &= (0, 1, 0) \\ \vec{e}_z &= \vec{e}_x \times \vec{e}_y \end{aligned}$$

なお、 $\vec{e}_x$ は $\vec{V}$ と直交するベクトルである。

2.2. 動作プリミティブの抽出

正規化した座標から、鋤動作における各関節

の速さの時系列データを求める。熟練者の動作と初心者の動作を比較するためには、時系列データを動作プリミティブに分割する必要がある。鍬動作の分割の仕方は大きく分けて 2 通り存在する。

- (1)「振り上げ」「振り下ろし」「引き」の 3 プリミティブに分割できる場合。これは鍬の振り上げの後、最高地点で一瞬静止する場合である。
- (2)「引き」「空中動作」の 2 プリミティブに分割できる場合。これは鍬の振り上げと振り下ろしを静止せずに曲線的に行う場合である。

これらの動作を Kinect の前で行った。

各プリミティブの合間には速度が 0 または極端に落ちる部分があり、この特徴から鍬動作を動作プリミティブに分ける。また、グラフの数値には、認識時のブレによってノイズが生じる。ノイズのあるデータでは多くの極小値が存在するためノイズを除去し、極小値を減らすためにデータのスムージングを行う。スムージング前のデータを $f(t)$ とおき、スムージング後のデータを以下の式で表す。

$$g(t) = \frac{1}{5} (f(t-2) + f(t-1) + f(t) + f(t+1) + f(t+2))$$

データにスムージングを行ったら速さの極小値を求める。いくつかある極小値のうち一定の閾値以下であるものを取り出し、その点によって分解された速さの時系列データの区間を動作プリミティブとする。

3. 分析例

Kinect の前で(1)「振り上げ」「振り下ろし」「引き」の動作を 4 周行った際の時系列データを 2.2 に示す方法で実際に動作プリミティブに分割した時のグラフを図 1 に示す。図の緑の領域は(1)の動作 1 周期分の範囲を、①は振り上げ、②は振り下ろし、③は引きの部分を表わしている。

4. 加速度センサーを用いた分析

Kinect での計測において、鍬を腕の延長と認識する誤認識が見られた。そこで加速度を測ることができる Wii リモコンを鍬に取り付け、(1)「振り上げ」「振り下ろし」「引き」の動作を 4 周行った際の加速度の分析を試みた。図 2 に測定した加速度の時系列データのグラフを示す。図 2 より、加速度の時系列データにも周期性のある区間がみられるため、Kinect と同時に Wii リモコンによって加速度を計測することによっ

て鍬動作の認識精度が向上することが期待できる。

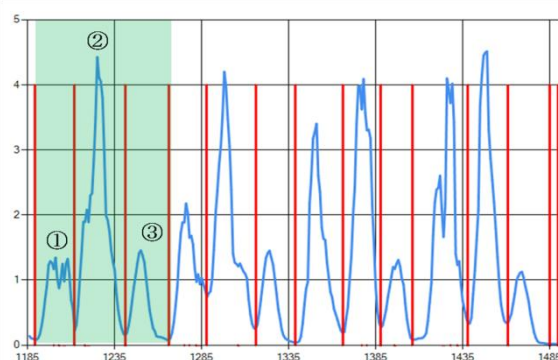


図 1: 動作プリミティブに分割した時系列データ

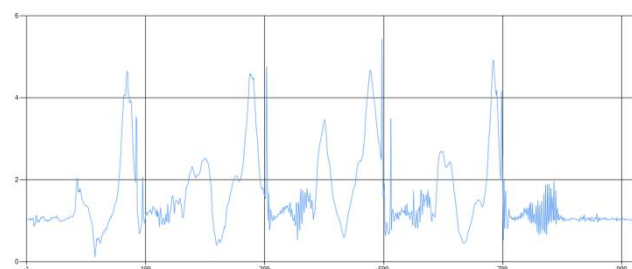


図 2: 測定した加速度の時系列データ

5. おわりに

本研究では鍬動作を Kinect で計測し、動作プリミティブに分けた。動作プリミティブは(1)「振り上げ」「振り下ろし」「引き」の 3 プリミティブまたは(2)「引き」「空中動作」の 2 プリミティブの 2 通りで測定した。今後は鍬の熟練者の動作を蓄積し、初心者の鍬動作と比較して問題点を指摘するシステムを作るなどの利用が考えられる。また、Kinect の誤認識については Wii リモコンなどのセンサー類をつけて相補的な分析を行うことで、より高精度な分析が行えると期待できる。なお今後の課題として、熟練者のデータの収集および、熟練者の動作との比較手法の開発が必要である。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費(25870321)の支援を受けた。

参考文献

- [1]大森友子: スーパーアグリ「名人の技を科学する」～人工知能学会 市民共創知研究会に期待すること～, 第 1 回市民共創知研究会, 遠野市, 2016.
- [2]佐藤知正, 久保寺秀幸, 原田達也, & 森武俊: 日常生活支援のための机上作業のモデル化およびその認識と支援軌道の生成, 日本ロボット学会誌, Vol. 25, No. 1, pp. 81-91, 2007.
- [3]白鳥貴亮, 中澤篤志, 池内克史: モーションキャプチャと音楽情報を用いた舞踊動作解析手法, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J88-D2, No. 8, pp. 1662-1671, 2005.