

# Kinect を用いた鋤動作の初心者と熟練者の比較分析手法の試作

## Prototyping a Method for Comparative Analysis between Beginner and Expert in Hoe Movement using Kinect

一ノ瀬 修吾<sup>\*1</sup>  
Shugo ICHINOSE

白松 俊<sup>\*1</sup>  
Shun SHIRAMATSU

大森 友子<sup>\*2</sup>  
Tomoko OMORI

<sup>\*1</sup> 名古屋工業大学  
Nagoya Institute of Technology

<sup>\*2</sup> Agriturismo 大森家  
Agriturismo Omori-ke

We aim to realize a system to provide advice about improvement of beginner's hoe movement through comparative analysis of differences of agricultural expert's hoe movement and beginner's one. Comparing the hoe movements requires the three functions: (1) normalizing coordinate of users' body by applying spatial rotation, (2) segmenting action primitives in the hoe movement, and (3) comparing a target user's hoe movement and average movement of the experts. In this paper, we especially deal with (1) and (2). Moreover, we are accumulating hoe movement data towards (3).

### 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。農業体験のため農家民宿を訪れる都心からの学生の中には、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]。家庭菜園で畑仕事を始めようという農業未経験者にも、同様のケースが多いと考えられる。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、初心者の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. 動作の比較分析手法

本研究では、Kinect を用いて鋤動作を認識・データを蓄積し、比較のための準備を行う。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くかなければならない。さらに鋤の振る際の各動作は、たとえば「振り上げ」「振り下ろし」などの動作プリミティブに分解される。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。

具体的には以下の3つの処理を実装する必要がある

- (1) **座標の正規化:** Kinect で取得した3次元座標の原点をカメラから腰へ変更し、腰の角度を基に座標を正規化する。
- (2) **動作プリミティブの抽出:** 座標から速さを求め、速さの

連絡先: 一ノ瀬修吾, 名古屋工業大学, 〒466-8555 愛知県名古屋市中昭和区御器所町, ichinose@srmlab.org

時系列データの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。

(3) **熟練者の平均的動作との比較:** 熟練者のデータを認識・蓄積しておき、平均して熟練者の動作の中で似ている部分を見つけて初心者の動作との違いを指摘する。

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

$$\vec{V} = \frac{(\vec{v}_{Hip\_left} - \vec{v}_{Hip\_right})}{|\vec{v}_{Hip\_left} - \vec{v}_{Hip\_right}|} = (v_x, 0, v_z) \text{ とする. この } \vec{V} \text{ は, 体の傾きを}$$

を表すために用いる。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。

$$\vec{e}_x = (-v_z, 0, v_x)$$

$$\vec{e}_y = (0, 1, 0)$$

$$\vec{e}_z = \vec{e}_x \times \vec{e}_y$$

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、鍬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。

(1)は「振り上げ」から先に行うのに対し、(2)は「引き」から先に行っている。これらの動作を Kinect の前で行った。

各プリミティブの間には速度が 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。まず速さの時系列データのうち、鍬動作を行っている部分だけ切り出す。この作業は Kinect から取得したカラー画像を基に手作業で行う。切り取っ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 周行った際のカラー画像を図 1 に、頭、腰、右手の速さの時系列データのグラフを図 2、図 3、図 4 に示す。カラー画像の時刻の速さはグラフの赤線で示している。

これらの時系列データのうち、右手のデータを 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 5 に示す。



図 1: Kinect からのカラー画像

frame:1298 velocity:0.217704526046935m/s

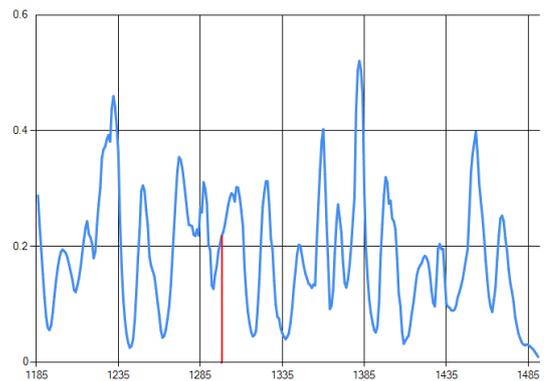


図 2: 頭の速さの時系列データ

frame:1298 velocity:0.126624420066666m/s

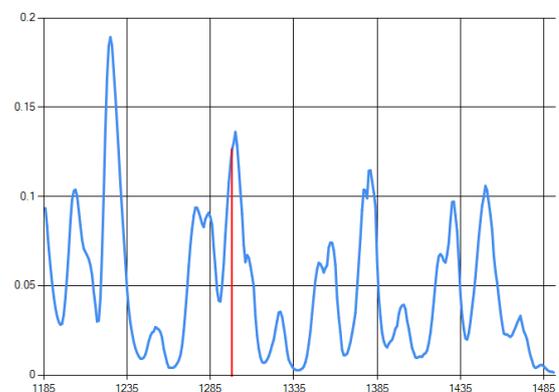


図 3: 腰の速さの時系列データ

frame:1298 velocity:4.20135708076441m/s

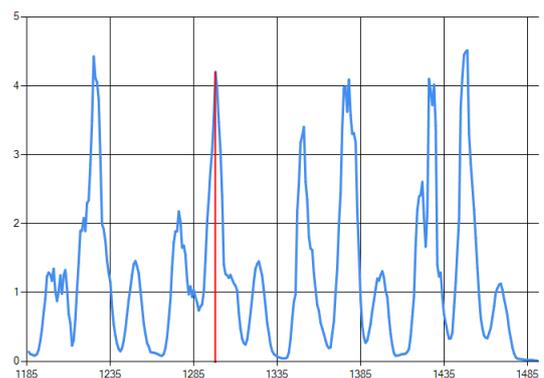


図 4: 右手の速さの時系列データ

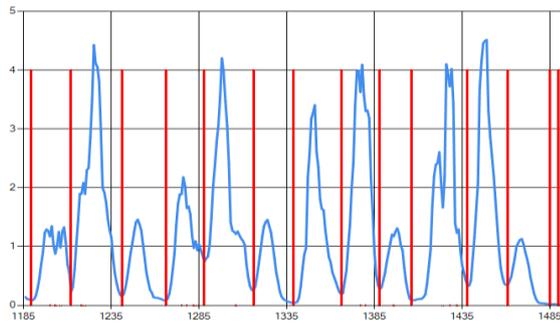


図 5: 動作プリミティブに分割した時系列データ

また、鋏を持っている状態において、持っている鋏を手として誤認識してしまう場面があった。図 6 に誤認識時の関節座標をプロットしたものを示す。

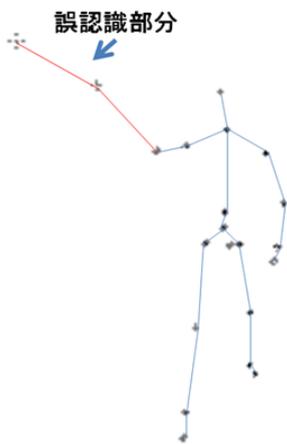


図 6: 誤認識の例

#### 4. 加速度センサーを用いた分析

Kinect 以外にも鋏動作の分析に適したセンサーとして、加速度センサーを用いることができる。以下では、加速度センサーとして Wii リモコンを用いた試行について述べる。Wii リモコンを鋏に取り付け、(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 7 に測定した加速度の時系列データのグラフを示す。

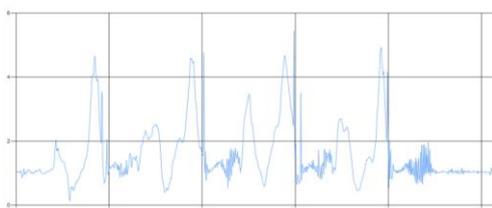


図 7: 測定した加速度の時系列データ

図 7 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 からのデータを動作プリミティブに分割する際に Wii の加速度の時系列データも考慮することで分割の精度を高めることが期待できる。

#### 5. データの蓄積

データの比較やシステムにアドバイスをさせるには初心者と熟練者のデータが大量に必要となる。

そこで、初心者、熟練者ともに Kinect の前で鋏を振ってもらい鋏動作のデータを集めた。

初心者のデータは、2017 年 3 月 4 日のインタラクション 2017 の会場において鋏の振り方を指定せずに会場の床の上で自由に鋏動作をさせたデータを 15 人分収集した。

熟練者のデータは鋏を使った経験のある男性に畑で 2.2 章の(1)のプリミティブのセットと、実際に畑で鋏を使うときの動きをしてもらい各データを収集した。

今後は土を用意しなければいけない場面を解決するために土の入ったプランターを用意するなど改善が必要である。

#### 6. おわりに

本研究では鋏動作を 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。今後は鋏の熟練者の動作を蓄積し、初心者の鋏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。また、本研究は農家民宿を営む市民や人工知能学会第 1 回市民共創知研究会の参加者と協力して遂行中である。情報のやり取りは仙石ら[4]のみらいらぼ(図 8)を通じて行っている。なお今後の課題として、初心者と熟練者との比較手法を開発する必要がある。また、熟練者のデータの収集する条件についても改善が必要である。



図 8: 「みらいらぼ」のスクリーンショット

**謝辞** 本研究の一部は、JSPS 科研費(25870321)の支援を受けた。また、人工知能学会第 1 回市民共創知研究会の対話

---

セッションやみらいらぼ上で本研究に対して意見やアドバイスを頂いた井上明氏, 大澤健氏, 田中克明氏, 山口昌美氏に深く感謝する.

### 参考文献

- [大森 2016] 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.
- [佐藤知正 2007] 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.
- [白鳥貴亮 2005] 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.
- [仙石晃久 2016] 仙石晃久, 伊藤孝行, 白松俊: 集合知プロジェクト支援システム「みらいらぼ」の開発と社会実験, 市民共創知研究会資料, 1.5, pp. 1-2, 2016.