

# 卒業論文要旨

## 深層学習を用いた歩行意図の識別

### Identifying Walking Directions Using Deep Learning

システム工学群

知能ロボティクス研究室 1240148 松久 来希

#### 1 緒言

近年, 日本では少子高齢化が問題となっている. 厚生労働省の調査<sup>(1)</sup>によると, 2040 年には 65 歳以上の人口の割合が全人口の 35%となると予想されている. 高齢者は, 加齢や事故によって身体機能の衰えが見られる. その中でも歩行機能の衰えは, 自身で満足に歩行動作が行えず QOL(Quality of Life)の低下につながる要因となる. このような状態の高齢者は, 歩行支援が必要となる. 本研究室では, これらの要歩行支援者に安全な歩行支援を行うインテリジェント歩行支援機(以降, 「支援機」とする)の開発が行われてきた. 支援機による歩行支援によって, 要歩行支援者の QOL の向上や健康増進効果が期待できる.

先行研究では, 様々なツールを用いて要歩行支援者の歩行方向意図の同定法を開発している<sup>(2)(3)</sup>. 本研究では, 日常生活での歩行支援を行うために, 深層ニューラルネットワークを利用して, 歩行方向意図の同定法を提案し, 性能を評価してその有効性を示す.

#### 2 AR マーカーの実装と足の位置の計測

##### 2.1 AR マーカーについて

要歩行支援者の歩行方向を同定するには, 要歩行支援者の歩行動作から何らかのパラメータを得る必要がある. 本研究では, その手段として, 図 1 のように AR マーカーを導入し, 足の位置を取得した.

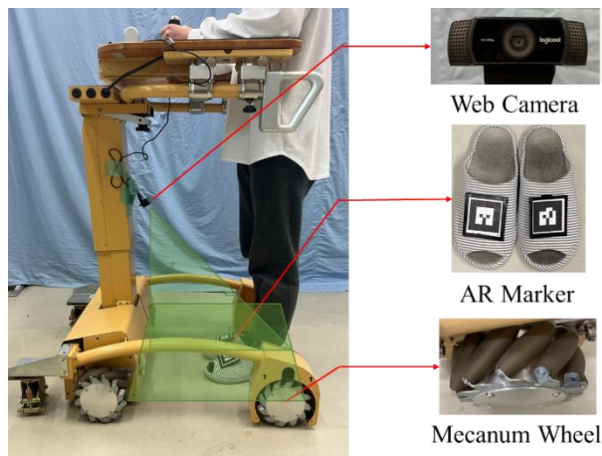


Fig. 1 Intelligent walking training robot

##### 2.2 インテリジェント歩行支援機

本研究で用いる図 1 の支援機は各車輪がメカナムホイールとなっており, 支援機本体の向きを変えることなく全方向の移動ができる. 本研究では, 靴の上面に AR マーカーを設置し支援機に取り付けられた Web カメラで AR マーカーの認識を行った.

##### 2.3 足の位置の取得

足の位置の取得条件として, 支援機の初期位置(Web カメラの位置)を図 2 で表されるような絶対座標系の原点とする. 足の位置座標は支援機との相対的な座標で表される. データ取得開始時の初期位置は, 支援機の初期位置から  $x$  方向に約  $-0.6[m]$ ,  $y$  方向に約  $-0.03[m]$  離れた位置とする. サンプリング周期を  $T = 25 [ms]$  とし, 取得開始から  $3[s]$  の静止  $\rightarrow$  歩行動作  $\rightarrow 3[s]$  の静止を 1 回のデータ取得とする. 本研究では, これを各方向 20 回取得し, 3 方向(前, 右, 右上)の位置座標を取得した. 例として, 前方向の位置座標の推移を図 3 に示す. 図の青線は  $x$  方向, 橙色線は  $y$  方向の支援機の相対座標を表す. 初期静止  $3[s]$  後の歩行動作時に,  $x$  方向の位置座標がなだらかに増加しており, 足が支援機に向かって真っすぐ進んでいることがわかる.

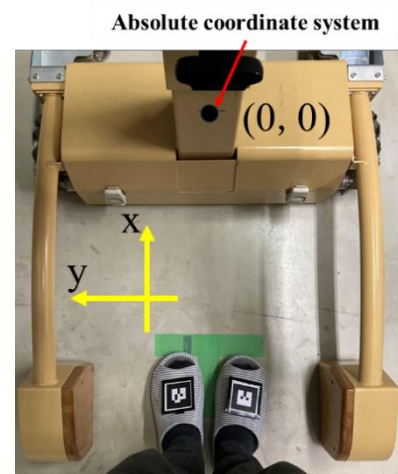


Fig.2 The relationship of coordinate system between AR Marker and Intelligent walking training robot

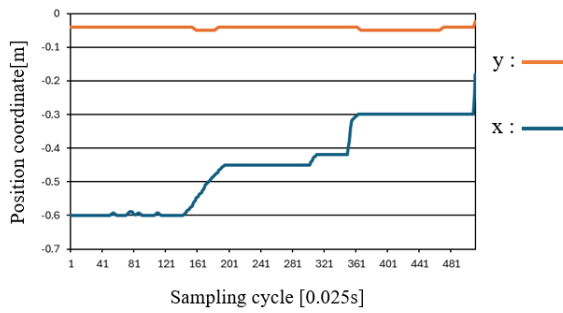


Fig3. Transition of position coordinate

### 3 歩行方向意図の識別

#### 3.1 入力データの選定

2.3 で取得したデータを単純移動平均により平滑化を行うため、位置座標を以下の式(1),(2)で表す。

$$P(x_n) = \frac{1}{m} \sum_{i=-2}^2 (x_{n+i}) \quad (1)$$

$$P(y_n) = \frac{1}{m} \sum_{i=-2}^2 (y_{n+i}) \quad (2)$$

ここで、 $n$ はサンプル番号、 $m$ は項数とし、本研究では、 $m = 5$ とした。また、式(3)、(4)のように、前時刻と現時刻の位置座標を比較することで、歩行動作の判定を行う。これが 1 ではないときに、歩行を行っているとし、歩行中の位置座標から、歩行動作開始点、歩行動作終了点を含む 4 サンプルを入力データの 1 つとした。

$$henka(x_n) = \left( \frac{x_{n-1}}{x_n} \right) \quad (3)$$

$$henka(y_n) = \left( \frac{y_{n-1}}{y_n} \right) \quad (4)$$

#### 3.2 深層ニューラルネットワークを用いた方向識別

歩行方向の識別手法として、中間層を 2 層とし、最適化手法に Adam 法を取り入れた 3 層からなる深層ニューラルネットワークを用いた。本研究での層数の定義は、入力層+中間層+出力層から 1 を引いた数<sup>(4)</sup>とし、中間層が複数になったものを深層ニューラルネットワークとする。詳細は表 1 の通りである。入力データは、前方向、右方向、右上方向の 3 方向を各 20 試行から 14 試行ずつ抽出したものを学習データとし、6 試行ずつ抽出したものをテストデータとした。

Table.1 Details of Deep NN

|                                     |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| Input layer neuron                  | 42                 |
| Hidden layer neuron                 | 8                  |
| Activation function of hidden layer | sigmoid            |
| Output layer neuron                 | 8                  |
| Activation function of output layer | softmax            |
| Loss function                       | Cross entropy loss |
| Learning late                       | 0.001              |
| momentum                            | 0.9                |
| Allowable loss                      | 0.01               |

### 3.3 識別結果

構築したニューラルネットワークに学習データを入力した学習後に、テストデータを入力して識別した。その結果を表 2, 3 に表す。また、学習データの誤差、識別率の推移を図 4, 5 に示す。

Table.2 Result of total identification

|          |                   |
|----------|-------------------|
| loss     | 3.907567787171163 |
| accuracy | 94.4%             |

Table.3 identification per each direction

|             |             |
|-------------|-------------|
| Forward     | 6/6 (100%)  |
| Right upper | 5/6 (83.3%) |
| Right       | 6/6 (100%)  |

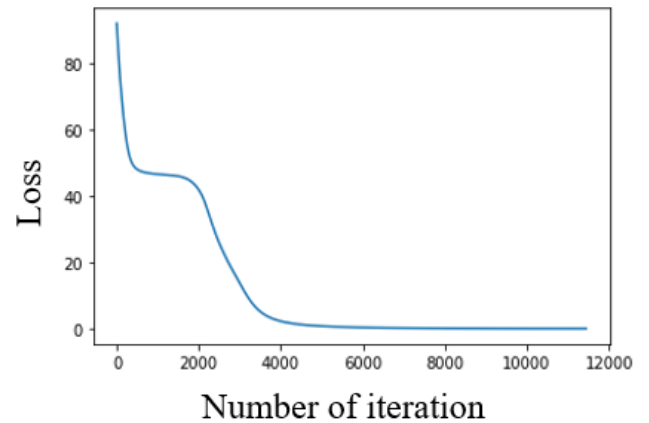


Fig.4 transition of loss

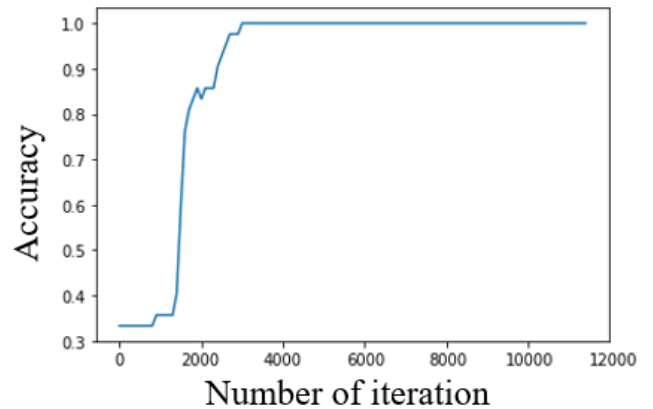


Fig.5 transition of accuracy

### 4 結言

本研究では、AR マーカーを用いて、足の位置座標を取得した。また、深層ニューラルネットワークを利用し、3 方向の歩行方向の識別を行い、高い識別結果を得た。今後は、識別方向を 8 方向に拡張し、性能評価を行う。また、足そのものをカメラから認識させ、歩行方向を識別する手法について調査し、実装を目指す。

## 文献

- (1) 厚生労働省:我が国の人口について(2023 年推計)  
[https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage\\_21481.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_21481.html)  
閲覧日(2024/01/21)
- (2) 松井健太, 王碩玉, 王義娜, “脚部表面筋電位を利用した歩行方向識別方法の検討”, 第 28 回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会 講演論文集, vol. 28, 2015, pp 117-118
- (3) 大寺真生, 王碩玉, 王義娜, ” モーションセンサを用いた方向意図同定法の開発”, 第 29 回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会 講演論文集, vol. 29, 2016, pp 109-112
- (4) 斎藤康毅. ゼロから作るディープラーニング-Python で学ぶディープラーニングの理論と実装-. 株式会社オーム社, 2022, 298P