

足の動作による歩行方向意図同定法の開発

Development of intention identification method for walking direction by movement of foot

知能機械システム工学コース

知能ロボティクス研究室 1215002 大寺 真生

1. 緒言

現在の日本では少子高齢化が進行しており、65歳以上人口の割合は年々増加傾向にある⁽¹⁾。介護必要者の増加と労働人口の減少により、介護者の負担が増加しており、介護支援の需要が高まっている。本研究室では歩行支援を目的としたインテリジェント歩行支援機の開発を行っている⁽²⁾。操作方法は、ジョイスティックを用いて全方向移動と回転ができる運転モード、アムレスト下部に取り付けられた荷重センサを用いて八方向移動ができる重心モードがある。現在、歩行支援機は、要歩行支援者の操作したジョイスティックからの方向や回転などの命令にしたがって、歩行を支援している。よって、要歩行支援者は、ジョイスティックを自ら操作する必要がある。この操作と追従のプロセスを、使用者の歩行による動作で任意の方向に歩行支援を能動的に動かす事が出来れば、操作と追従を同時に行うことができ、より自然で楽な歩行支援が可能になると考えられる。そこで、小型軽量で歩行動作の妨げにならない慣性センサを用い、インテリジェント歩行支援機を使用者の歩行と同期させて動かすことが出来れば、より優れた歩行支援をすることが可能となる。先行研究として筋電センサを用いた歩行意図同定が行われている⁽³⁾。本研究では慣性センサを用いて、下肢動作による方向意図同定法を提案する⁽⁴⁾。被験者の各方向への歩行中の加速度を慣性センサで計測し、加速度情報を利用して、被験者の方向意図を同定している。前回は前、後、右での3方向への歩行意図同定を行った。本報告では、斜め方向への歩行を追加で測定し、前、右斜め前、後、右、右斜め後の系5方向で認識実験をおこなった。実験により、提案した方法の有効性を検証する。

2. インテリジェント歩行支援機

車輪にはメカナムホイールを使用しており、前方に2つ、後方に2つ、計4つのメカナムホイールを回転させ、前後左右、斜め移動、回転といった全方向への移動をすることができる。インテリジェント歩行支援機を図1に示す。



Fig. 1 Intelligent walking support machine.

3. 歩行動作の測定方法

3.1 モーションセンサ

歩行動作の測定には3軸の加速度、角速度、地磁気の計測が可能なZMP社のモーションセンサIMU-Z2を使用した。

Bluetoothによる無線通信が可能でサンプリング周期は10msである。モーションセンサを図2に、センサの仕様を表1に示す。



Fig. 2 Motion sensor IMU-Z2.

Table 1 Specification of the motion sensor

acceleration	3axis, display range ± 2 [G]
angular velocity	3axis, display range ± 250 [degree/sec]
terrestrial magnetism	3axis, display range ± 1 [gauss]
sampling	10[ms]
size	36[mm]×52[mm]×11[mm]
weight	20[g]

3.2 計測機器の位置

センサの取り付け位置は、歩行時に大きく動き、また足首の角度や動きに影響されない、足首の外果の上部に取り付ける。センサの取り付け位置を図3に示す。計測数値は直立し正面を向いた静止状態で上方向をy軸の正の値、右方向をz軸の正の値、正面方向をx軸の正の値とした。

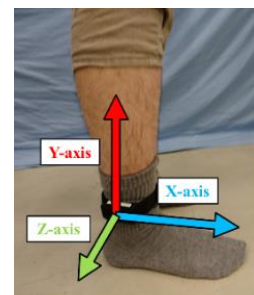


Fig. 3 Sensor mounting position.

3.3 動作計測

被験者は20代女性1名、20代男性2名、80代女性1名、80代男性1名の合計5名とし、前、後、右、右斜め前、右斜め後への歩行を計測した。3秒間の初期安静の後、右足をあき出しとし、各方向へ一歩踏み出し停止、その後安静状態のまま3秒間停止これを、前、後、右、右斜め前、右斜め後方向への1回の課題動作とし、計測を行った。なお各方向での歩き出しの足は右足とした。実験のタスクを図4に示す。

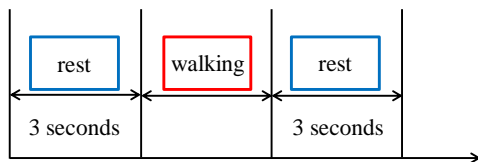


Fig. 4 Experiment task.

4. 認識方法

4.1 学習データの抽出

学習に用いるのは、特徴的な数値が見られた 0.3 秒間の加速度データであり、それぞれ、方向ごとに学習データを用意する。学習で使う特徴は支援機を同期させて動かすのを考慮し、歩行開始から早期に発見できた特徴を使う。それぞれの特徴から 30 個のデータ、三軸合わせて 90 個のデータを抽出する。

4.2 ニューラルネットワーク

歩行方向の認識には、入力層、中間層、出力層の 3 層からなる階層型ニューラルネットワークを用いて認識する。学習方法には誤差逆伝播法であるバックプロパゲーション法を用いた。入力に用いるデータは x 軸、y 軸、z 軸の加速度である。0.3 秒間で得られるデータ数が 1 軸で 30 個、x 軸、y 軸、z 軸合わせて 90 個のデータを 1 セットとして、各パターンニューラルネットワークの学習に使用する。中間層は増やしすぎると計算時間が長くなり、応答速度がおそくなってしまいうため、入力層よりも多い適当な値にする。出力層は、認識するパターン数によって決定する。よって入力層 90、中間層 100、出力層 6、学習データセット数は 5 つにし、教師信号の回数も各方向に 5 回ずつとした。最終誤差は 0.001 と設定し、誤差が最終誤差以下になるまで学習を行う。出力で得られた値に閾値をかけることにより歩行方向を断定していく。ニューラルネットワークのモデルを図 5 に示す。

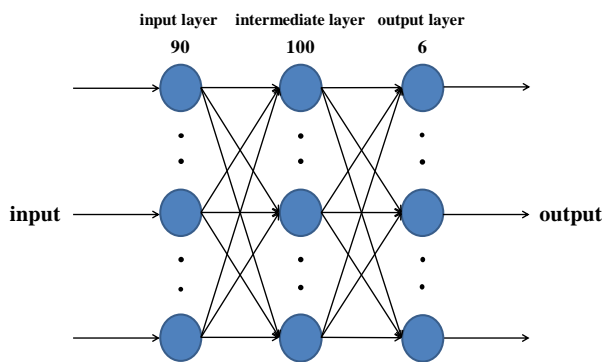


Fig. 5 Neural network.

5. 認識実験

被験者は 3.3 節で行った、動作計測でデータを取った、20 代女性 1 名(被験者 A)、20 代男性 2 名(被験者 B, C)、80 代女性 1 名(被験者 D)、80 代男性 1 名(被験者 E)の合計 5 名とし、各方向に課題動作を 15 回行った。認識実験に使った加速度データは学習に使用していない未知の加速度データを用いた。なおニューラルネットは被験者それぞれに用意し、未知の加速度データも被験者それぞれの加速度情報で学習したニューラルネットを使用し、出力を求めた。その後、実際に歩き出した方向と時間が一致していた場合、正しく歩行方向を認識できたと判断する。認識実験の例を図 6 に示す。

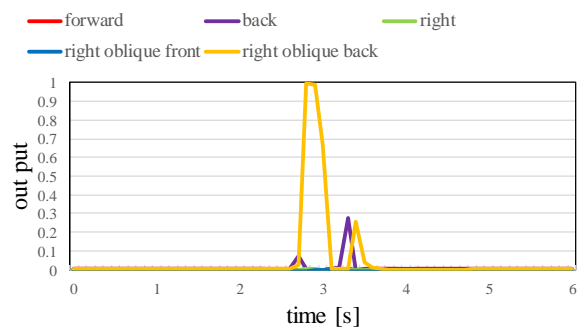


Fig. 6 Example of recognition experiment.

ニューラルネットワークの出力は 0~1 の値が出力され、1 に近づくほど学習した動作と未知の加速度データの類似度が高くなっていることを表している。図 6 の場合、ニューラルネットワークの出力を見ると 3 秒付近で右斜め後方向の出力がニューラルネットワークの閾値である 0.8 を超えているため、3 秒付近で右斜め後方向にあると判断できると認識結果を表 2 に示す。

Table. 2 Recognition rate.

Subject	A	B	C	D	E
Forward	15/15	14/15	13/15	13/15	6/15
Back	15/15	15/15	15/15	15/15	14/15
Right	15/15	12/15	15/15	15/15	15/15
Right oblique front	15/15	14/15	15/15	13/15	11/15
Right oblique back	15/15	14/15	14/15	15/15	15/15
Recognition rate (%)	100	92	96	94	81

6. 結言

今回は斜め方向への歩行を含めた、5 方向の識別方法を開発し、高齢者を被験者に加え認識実験を行った。今後は実用化に向けて回転などの識別パターンの増設や、認識率の向上、リアルタイムでの識別を目指していく。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15H03951、キャノン財団カシオ科学財団の助成を受けたことを記し、感謝を申し上げる。

文献

- (1) 内閣府 平成 28 年版高齢社会白書。
- (2) Wang, Y., Wang S., Tan R., Jiang Y., Ishida K. and Fujie M. G.: "Motion Control for an Intelligent Walking Support Machine", ICIC Express Letters, Vol.6, No.1(2012), pp.145-149.
- (3) 松井健太, 王碩玉, 王義娜, ニューラルネットワークを用いた sEMG による歩行動作の識別, 第 30 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 (FSS2014) TF2-3(2014), pp.690-693.
- (4) 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