

卒業論文要旨

腕の動作による下肢障がい者の移動意思認識

知能ロボティクス研究室 1170160 森本祐太郎

1. 緒言

今日、高齢の要介護者が急増している中、介護者の不足が問題となっている⁽¹⁾。それゆえ、要介護者が自立した生活を送れる環境が必要である。

我々は、要介護者の中でも自力での移動が困難な下肢障がい者に注目している⁽²⁾。支援機無しの状態では、介護者が付きっきりで下肢障がい者の移動の手助けを行っており、介護者への負担が大きい。また、家族が介護する場合、家族のために続けられる仕事を辞めざるを得なくなり、終日介護に追われるなど身体的にも精神的にも負担になっている。さらに、身の回りの世話を介護者に任せきりになると、運動不足となってしまうため、健全な上半身の筋力も衰えてしまう恐れがある。これらの問題を解決するために、下肢障がい者の余剰筋力を用いて、自立生活を送るための移動支援機の開発を目指している。また、機器の操作を最小限にするために、搭乗者の生活の動きに合わせた移動支援を目指している。

先行研究では、腕の動作と姿勢から搭乗者の移動意思を読み取る認識法を検討している⁽³⁾。本報告では、先行研究の認識法を用いて被験者毎に認識を行い、再学習させることで100%の認識を目指す。また、複数人の学習データを、データを取得していない被験者に適用し認識するか検証する。

2. 室内移動支援機

我々が現在開発している室内移動支援機を図1に示す。3つのオムニホイールにより、前後左右、斜め、回転といった全方向移動が可能となっている。また、昇降スイッチを操作することにより座面の高さの調整が可能である。日常生活で、片手でジョイスティックを操作することと家事などの生活動作を同時に行うことは非常に難しい。そこで、腕の動作による移動意思を認識することで、移動支援を行えないかと考えた。

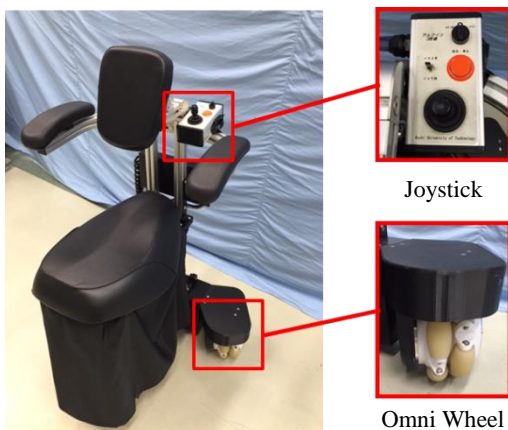


Fig.1 Indoor movement support machine

3. 移動意思の認識方法

3.1 移動意思

移動意思とは、人がある場所へ移動したいという意図である。ものを取る意思がある時、下肢障がい者が、取りたいも

のがある方向へ手を伸ばすことは自然な反応である。このように、ものを取る作業における、下肢障がい者の腕の動作と移動意思の関係がある。もし、下肢障がい者の腕の動作による移動意思を認識できれば、下肢障がい者がジョイスティックを操作することなく、室内移動支援機を自分の意図した方向へ移動させることができると考えられる。

ある方向に手を伸ばすことをその方向に移動したいという移動意思として捉え、認識を行う移動意思認識法を開発した。具体的には、動作を識別するため、慣性センサで計測した動的加速度をニューラルネットワーク (NN) に学習させる。また、動作の識別だけでは手を伸ばした後の停止の判断ができないため、手を伸ばした姿勢の維持を判断できるように姿勢も学習させる。認識の際には、動作の識別と姿勢の識別結果の2つにより移動意思の認識を行う。

まず、移動意思を認識するため、腕の動作を学習させる必要がある。そこで、手を伸ばす動作と姿勢の計測実験を行う。

3.2 腕の動作の計測実験

20代男性3名、20代女性1名を被験者とし、安静状態と右手を前・左前・右・上に伸ばす動作を5回ずつ計測する。動作の計測には、3軸の加速度・角速度・地磁気の計測が可能なIMU-Z2 (ZMP社)を使用した。センサのサンプリング周期は10msである。センサの装着位置を右腕の手首と上腕の肘側の2か所とした。図2にセンサ装着位置と座標設定を示す。

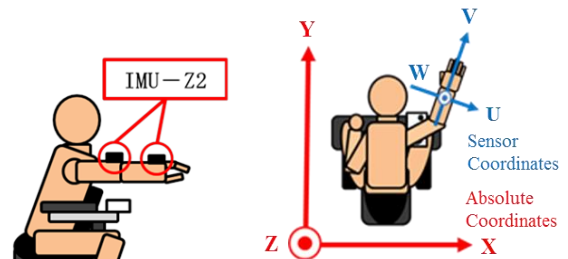


Fig.2 Sensor position and coordinates

センサが出力する加速度には、重力による静的加速度と動作時に加わる動的加速度が含まれている。そこで、純粋な動作による加速度を知るために、動的加速度の算出を行う。

3.3 腕の動作の特徴の抽出

加速度・角速度・地磁気からカルマンフィルタを用いたセンサフュージョンによって、センサの姿勢を表すオイラー角 (φ , θ , ψ) を推定する。次に、オイラー角を用いて重力加速度ベクトルを座標変換し静的加速度を求める。最後に、センサ出力から求めた静的加速度を減算することで、動的加速度を求める。オイラー角の回転行列 $R(\varphi)$, $R(\theta)$, $R(\psi)$ とし、センサ座標系から絶対座標系への回転行列を $R = R(\psi)R(\theta)R(\varphi)$, 重力加速度ベクトルを a_g , 加速度センサ出力を a_s とすると、動的加速度 a は、式(1)で表される。

$$a = a_s - R^{-1} \cdot a_g \quad (1)$$

次に、動的加速度とオイラー角をニューラルネットワークで学習させ、移動意思を認識する方法について説明する。

3.4 移動意思の認識

手を伸ばす速さなどの加速度は変化するため、単純な閾値を設定しても認識することは困難である。そこで、移動意思の認識には、3層からなる階層型ニューラルネットワークを用いる⁽⁴⁾。学習法には誤差逆伝搬法（BP法）を使用する。

動作の学習には、動作にかかる時間を考慮して1.8秒間の動的加速度を用いる。また、姿勢の学習には、各方向へ手を伸ばした状態のオイラー角を用いる。

認識の際には10ms間隔で得たリアルタイムデータを用いる。はじめに、姿勢変化の過程を考慮するため、動作の認識を行う。動作認識後、手を伸ばした姿勢保持状態を知るため、姿勢の認識を行う。移動意思認識とは、はじめに動作認識して次に姿勢認識をすることを示す。

4. 検証実験 1

4.1 個人毎の移動意思認識実験

被験者毎に移動意思認識を行った際、各動作の認識率が100%となるには、学習データがいくつ必要になるかを検証実験により明らかにする。動作計測と同様の被験者、実験条件で行う。計測したデータを学習データとし、各被験者には前・左前・右・上に手を伸ばす動作を各10回ずつ行う。

4.2 誤認識データの再学習

はじめに用いた学習データだけでは、100%の認識はできないため、誤認識が見られたデータを学習データに含め、追加で同じ動作を行ってもらい、再学習を行い、認識率を向上させる。再学習させることで、各動作で10回中10回認識することに成功した。表1に今回用いた被験者毎の学習データの合計を示す。

Table 1 Number of data used for learning

Subject	Number of data used for learning
A	33
B	42
C	35
D	45

再学習させることで認識率が向上した。このことから、学習データを増やすことで認識率が向上すると考えられる。また、データを取得していない被験者の移動意思を確実に認識するためには、最低33個学習データを取得する必要があると考えられる。

学習データを含め多くの動作回数があるため、被験者全員から非常に疲れるという意見があった。そのため、下肢障がい者から学習データを取得する場合にも大きな負担となってしまうと考えられる。そこで、複数人の健康者から取得した学習データを適用することで、学習データを取得していない被験者にも適用できる移動意思認識を目指す。

5. 検証実験 2

5.1 複数人の学習データを用いた認識実験

複数人の学習データを他者に適用し移動意思認識を行う。被験者は、学習データを取得していない健康な20代男性2名とする。実験では、学習データを増やし同じ被験者に認識させた時に認識率が向上するか検証するため、3種類の認識実験を行う。学習データには計測実験の20代男性3名の計測デ

ータを用いる。表2に各認識実験に用いる学習データとそのデータ数を示す。被験者2名に各動作を10回ずつ行ってもらう。

Table 2 Data used for learning and Number of data

	Data used for learning	Number of data used for learning
Recognition experiment1	1 subjects(A)	25
Recognition experiment2	2 subjects(A, B)	50
Recognition experiment3	3 subjects(A, B, C)	75

5.2 認識実験結果

表3に認識実験毎の認識率を示す。全体の認識率はそれぞれ55%, 77.5%, 100%となった。複数人の学習データを用いることで認識率が向上した。このことから、多くの被験者から学習データを集めれば、学習データを取得していない人にも利用可能な移動意思認識システムの開発ができると考えられる。

Table 3 recognition rate of each experiment

Subject	Task	Experiment1	Experiment2	Experiment3
E	Front	40% (4 / 10)	70% (7 / 10)	100% (10 / 10)
	Left	50% (5 / 10)	60% (6 / 10)	100% (10 / 10)
	Right	50% (5 / 10)	80% (8 / 10)	100% (10 / 10)
	Upper	60% (6 / 10)	90% (9 / 10)	100% (10 / 10)
F	Front	60% (6 / 10)	80% (8 / 10)	100% (10 / 10)
	Left	50% (5 / 10)	70% (7 / 10)	100% (10 / 10)
	Right	60% (6 / 10)	80% (8 / 10)	100% (10 / 10)
	Upper	70% (7 / 10)	90% (9 / 10)	100% (10 / 10)

6. 結言

本報告では、移動意思認識法を用いて、学習データを多く取得することで、移動意思を確実に認識するかどうか検証した。今後の展開としては、日常生活で行われる動作はまだ他にもあるため、その動作に合わせた移動意思認識を行う。また、認識動作が増えるため、学習データを多く取得し認識率向上を目指す。また、実際に支援機で走行実験を行い、走行の加速度が移動意思認識にどのように影響するのか検証する。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 24300203 とキャノン財団とカシオ科学振興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) 平成 28 年度版 高齢社会白書, 内閣府
- (2) 王 碩玉, 石田 健司, 藤江 正克, “室内移動補助も可能な新型歩行訓練機”, 日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集, pp.283-284, 2009
- (3) 狩野雄史, 王碩玉, 王義娜, “日常生活における腕の動きに合わせた移動支援システムの開発”, 日本機械学会中国四国支部 第 54 期総会・講演会 講演論文集, 808, 2016
- (4) 狩野 雄史, 王 碩玉, 王 義娜, “ニューラルネットワークを用いた移動意思識別方法の検討”, 第 30 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集 (FSS2014), TF2-2, pp.686-689, 2014