

歩行支援における脚と胴体の距離情報による歩行意図認識

Recognition of walking intention by distance information of leg and body for walking support

システム工学群

知能ロボティクス研究室 1180024 大塚 康平

1. 緒言

先行研究⁽¹⁾では下肢障がい者の日常生活を支援することを目的として、インテリジェント歩行支援機を開発した⁽¹⁾。インテリジェント歩行支援機はジョイスティックを用いて操作されるが、ジョイスティックの操作には片手を必要とする。そのため、使用者のバランスが崩れ、転倒する可能性がある。よって、先行研究ではインテリジェント歩行支援機のアームレストにかけた体重のかけ方から使用者の歩行意図を認識する方法を開発した⁽²⁾。しかし、この認識方法では、アームレストにかかる荷重がある閾値以上でないと荷重センサは反応しない為、歩行意図の認識ができない場合がある。

そこで、使用者の両手が自由かつ体重のかけ方によらない歩行意図の認識方法として、使用者の両脚の動きに基づく方法を開発する。両脚を測定する機器は加速度センサのような使用者が装着するものも考えられるが、装具が使用者の歩行を阻害する可能性があるため、使用者が装着する必要のない測定機器である距離センサを用いて両脚の検知を行う。

本報告では歩行支援における前進の歩行意図の認識に有効な距離情報の特徴を抽出するために、前方への歩行時の胴体と両脚の距離を測定し、互いの距離を比較する。

2. インテリジェント歩行支援機

インテリジェント歩行支援機を図1に示す。インテリジェント歩行支援機は、4つのメカナムホイールによる全方向移動機能やアームレストの上下など様々な機能を有している。

本研究では、インテリジェント歩行支援機に基づいて歩行動作中の距離情報による被支援者の歩行意図の認識を目指す。そのため、歩行支援機で支援する場合と同じ状況でKinectを使い、歩行動作の測定実験をする。



Fig. 1 Intelligent walking support machine

3. 距離センサによる胴体と両脚の距離の測定

本実験では、ウォーキングマシンを設置し、その上を歩行する被験者の胴体と両脚の距離を測定した。ウォーキングマ

シンは歩行支援機を速度を想定して、1.0 km/h で使用した。また、距離センサには Kinect for Windows を使用し、画面中心の鉛直線上の距離を胴体の距離、水平線上の距離を両脚の距離とした。鉛直線はおおよそその胴体、水平線はおおよそその太もも、ひざ裏、ふくらはぎの3パターンとし、これらを同時に測定した。実験タスクとして、各実験で初期安静 20 秒、課題 40 秒、課題後安静 20 秒の合計 80 秒間距離の測定を行った。測定中は鉛直線上と水平線上に重なる胴体と両脚の測定範囲の大きな変化を防ぐため、可能な限り横にずれず歩行するように指示した。また、歩行支援機を実際に使用する場合、アームレストに手をかけて使用することが想定されるため、ウォーキングマシンの操作盤に手をかけた状態で歩行するように指示した。図2に再現した実験環境を横から見たものを、図3に測定領域を、図4に実験タスクを示す。

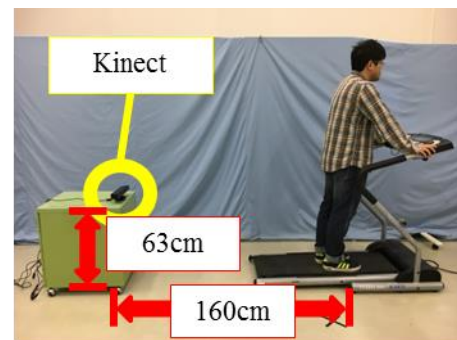


Fig. 2 Experimental landscape

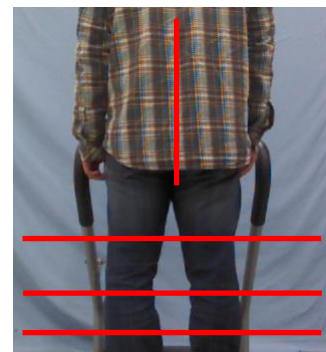


Fig. 3 Measurement range



Fig. 4 Experimental task

実験には健康な成人男性 1 名に参加してもらい、3 回測定

を行った。本研究では、脚の歩行動作による下肢の距離情報に基づいて歩行意図を認識することを目指すため、まずは前方への歩行中の脚の距離情報の変化を計測する。Kinectは0.8 mから4 mまでの距離を計測できるため、本実験では被験者の1.6 m後方に設置した。

4. 歩行中の脚の動きによる距離情報の解析方法

初めに、測定領域の距離を出力する際、Kinectの測定可能範囲内に実験と関わりのない物体が存在するため、ローパスフィルタを用いて前に踏み出した脚が測定できる距離以上に遠い不要な距離情報を除外する。この時、除外した部分の距離は0として扱う。結果、被験者の脚とウォーキングマシンの支柱の距離のみ出力できる。Kinectから見た脚の距離とウォーキングマシンの支柱の距離は明らかに異なるため、距離の違いから脚の距離情報のみを抽出できる。

次に、出力された距離情報を基に、被験者の各脚の中心を求める。両脚の隙間は僅か、または無い場合が多く、判断材料としては正確性に欠けるため、脚の距離を出力した範囲の幅の内、左右が反転しているため、左から1/4を右脚の中心、3/4を左脚の中心とする。また、鉛直線上の距離の平均を胴体の距離とする。

最後に、求まった各脚の中心の距離 $x_r(k)$ 、 $x_l(k)$ と胴体の距離 $x_b(k)$ を基に、胴体を基準とした各脚の変位 $z_r(k)$ 、 $z_l(k)$ と5フレーム間の平均速度 $\dot{z}_r(k)$ 、 $\dot{z}_l(k)$ を算出する。以下に式を示す。

各脚の $z_r(k)$ 、 $z_l(k)$ は $x_r(k)$ 、 $x_l(k)$ 、 $x_b(k)$ より求まる。

$$z_r(k) = x_r(k) - x_b(k)$$

$$z_l(k) = x_l(k) - x_b(k)$$

$z_r(k)$ 、 $z_l(k)$ と5フレーム前の $z_r(k-5)$ 、 $z_l(k-5)$ より、5フレーム間の平均速度 $\dot{z}_r(k)$ 、 $\dot{z}_l(k)$ が求まる。

$$\dot{z}_r(k) = \frac{z_r(k) - z_r(k-5)}{5\Delta t}$$

$$\dot{z}_l(k) = \frac{z_l(k) - z_l(k-5)}{5\Delta t}$$

5. 検証実験の結果解析

実験1回目の定常歩行中の脛脛の変位を図4に、脛脛の平均速度を図5に示す。図4において縦軸が変位、図5において縦軸が平均速度であり、各図において横軸が時間である。実線が右脛脛、点線が左脛脛を表している。また、変位・平均速度の正の向きがKinectより見て奥側となっている。

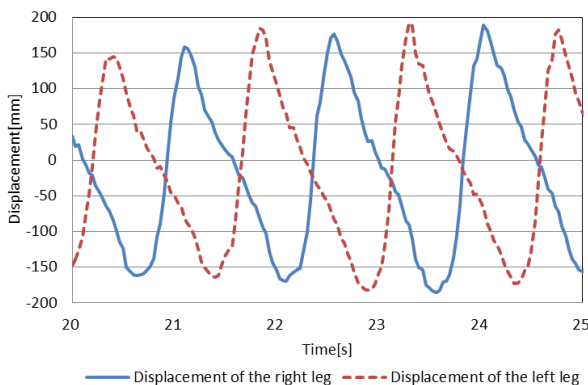


Fig. 4 Displacement of legs

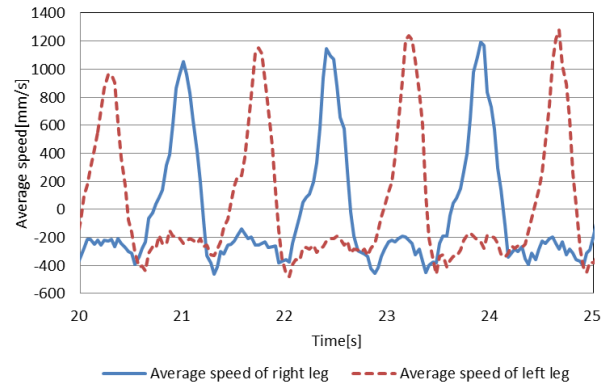


Fig. 5 Average speed of legs

解析の結果、歩行時における脚の動きが確認できた。

歩行時は左右の脚を交互に前に出すため、両脚の変位も交互に前後していたが、脚を前に出す時に急激に増加し、脚を後ろに下げる時は緩やかに減少していることが分かった。また、変位の幅は前後に約170 mmずつであることが分かった。これらの結果は、前に出す脚と後ろに下げる脚の幅が同じであるからで、前に出す脚が長期間宙に浮くことを避けるために加速しているからであると考えられる。

左右の脛脛の速度より、脚を前に出して地面につけるまで800 mm/s以上に急激に速度が増加し、脚を後ろに下げ始める時に-200 mm/s以下まで急激に速度が減少していることが分かった。また、脚を後ろに下げ続けている間、速度は-1 km/hに近い-200 mm/sから-400 mm/sの間でほぼ一定となっていることが分かった。これらの結果は、前に脚を出しながら減速するのではなく、ウォーキングマシンの動く部分に脚をつけることで減速させるような歩き方をしているためであり、減速して以降はウォーキングマシンの動きに合わせて脚を後ろに下げているためであると考えられる。

以上より、脚の変位から前後の歩行意図の識別を行うことは難しいと考えられる。よって、左脚の距離と右脚の距離の平均を歩行の軸とし、軸がどのような速さで動いているかを調べることによって歩行の意図を識別することができると考える。

6. 結言

本報告では歩行時の胴体と両脚の距離を測定し、互いの距離を比較した。本報告では前進する場合の歩行に限定して実験を行った。前方への歩行時、脚を前に出す時は速く、後ろに下げる時は遅く動かしていることが分かった。また、後ろに下げる時は速度がほぼ変化していないことが分かった。しかし、今回の実験では前方歩行に限定されていたため、これらの実験結果は、前方以外、例えば左右の歩行意図認識には適応できない。今後の研究では、前方以外の方向への歩行時の歩行意図を認識する手法を考案し、実験を行う。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15H03951、カシオ科学振興財団より研究補助を受けた。ここで感謝の意を表する。

文献

- (1) Y.N.Wang, S.Y.Wang, R.P. Tan, Y.L.Jiang, K.J. Ishida and M. G. Fujie, Motion Control for an Intelligent Walking Support Machine, ICIC Express Letters, Vol.6, No.1, pp.145-149, 2012
- (2) Y.N.Wang, S.Y.Wang, A new directional-intent recognition method for walking training using an omnidirectional robot, Journal of Intelligent and Robotic Systems. Vol.87, No.2, pp.231-24