

移動支援ロボットの走行制御のための力覚情報による方向意図同定法

Directional intention identification by force information

for running control of a mobility support robot

○高木 紀明 (高知工科大学) , 王 碩玉 (高知工科大学) , 三浦 直樹 (高知工科大学)
 姜 銀来 (高知工科大学) , 石田 健司 (高知大学) , 永野 敬典 (株式会社相愛)

Noriaki Takagi, Shuoyu Wang, Naoki Miura, Yinlai Jiang, Kochi University of Technology.
 Kenji Ishida, Kochi University. Takanori Nagano, Soai co.,ltd.

Key Words: Omni wheel

1. 緒言

本研究グループでは全方向移動が可能で、かつ転倒する事がない安全な歩行訓練機を開発した⁽¹⁾。本歩行訓練機は、全方向移動が可能であり、狭い環境での歩行支援機としても使用できる事が期待される。そこで本研究では、本歩行訓練機が室内移動用の歩行支援機として使用される場合の制御系の目標値計画法を開発する。

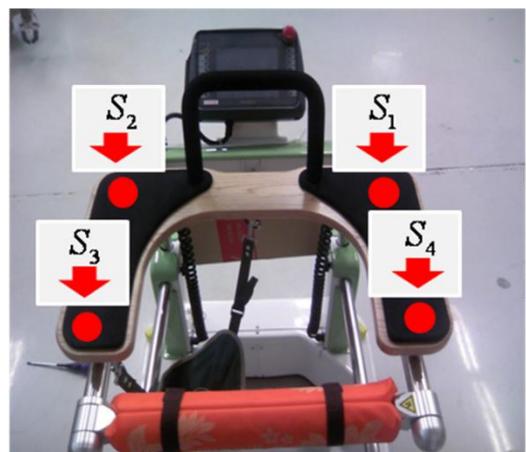
歩行支援機の走行を制御する場合、被支援者の進行方向の意図を歩行支援機に正確に伝える必要がある。しかし、脳内での方向意図と操作される物理的情報とは必ずしも一致しないため、如何に物理的操作情報から正確な方向意図を同定するかが重要な課題となる⁽²⁾。本発表では、被支援者と歩行支援機とが接する肘掛に荷重センサーを設置し、腕からかかる荷重を被支援者の方向意図の力覚情報として計測を行い、被支援者の方向意図を同定する手法を提案する。そして、前研究で提案手法の有効性を提案し、有効性が証明されが、課題として、人間の荷重をかける動作の特性と個人差を考慮した手法の改良を行うために、被験者にどのような荷重の掛け方の特徴が認められ、その考慮を方向意図同定に適用できるのか調査するために動作検証実験を行う⁽³⁾。

2. 荷重センサーの装着設置および方向意図同定法

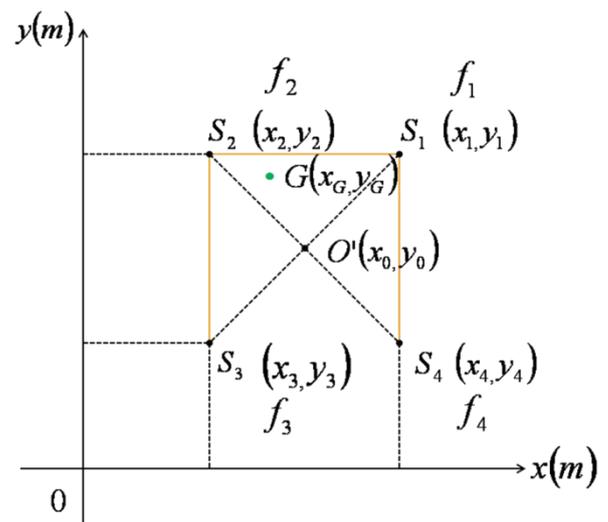
Fig.1 に本研究グループで開発した歩行訓練機を示す。力覚情報を測定する荷重センサーとして、Fig.2(a)に示すように歩行支援機のアーム部分の四隅すなわち被支援者の手首および肘の荷重がかかる位置にひずみゲージを設置した。Fig.2(b)は Fig.2(a)を $x - y$ 座標上に表したものである。Table 1 に各センサーの座標を示した。



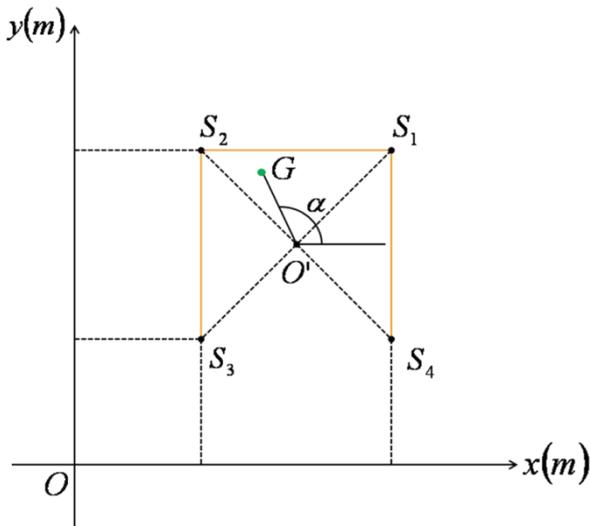
Fig. 1 Omni-directional walker



(a) Positions of load sensors



(b) Positions of load sensors



(c) direction calculation

Table 1 positions of load sensors

	S1	S2	S3	S4
x	0.5	0.25	0.25	0.5
y	0.5	0.5	0.25	0.25

S_1, S_2, S_3, S_4 : positions of load sensors
 f_1, f_2, f_3, f_4 : load
 O' : center of each sensor
 G : center of gravity
 α : angle of robot

Fig.2 Positions of load sensors and direction calculation

Fig.2(c)に、測定された荷重をもとに、被支援者の方向意図を算出する方法を示す。

4つの荷重センサーの中心をOとし、各荷重センサーにかかる荷重の重心Gを結んだ線分O'Gとx軸の成す角 α を被支援者の意図する進行方向であるとし、式(1)~(3)によって算出を行う。

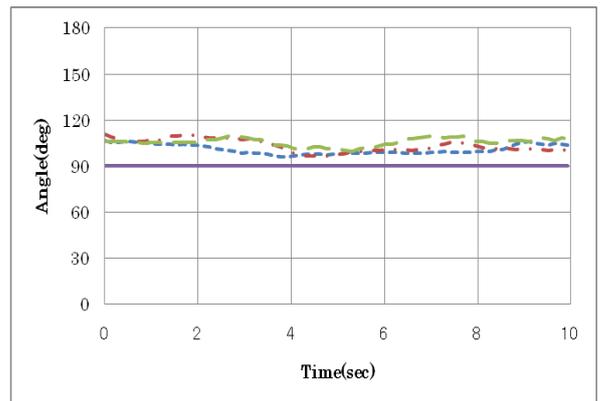
$$G_x = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i} \quad (1)$$

$$G_y = \frac{\sum f_i y_i}{\sum f_i} \quad (2)$$

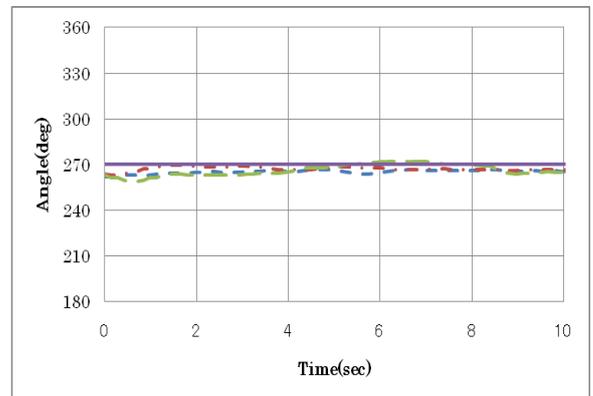
$$\alpha = \begin{cases} \tan^{-1}\left(\frac{G_y - y_0}{G_x - x_0}\right) & (G_x - O_x > 0) \\ \tan^{-1}\left(\frac{G_y - y_0}{G_x - x_0}\right) + \pi & (G_x - O_x < 0) \\ \pi/2 & (G_x - O_x = 0, G_y - O_y > 0) \\ -\pi/2 & (G_x - O_x = 0, G_y - O_y < 0) \end{cases} \quad (3)$$

3. 荷重による方向意図同定実験

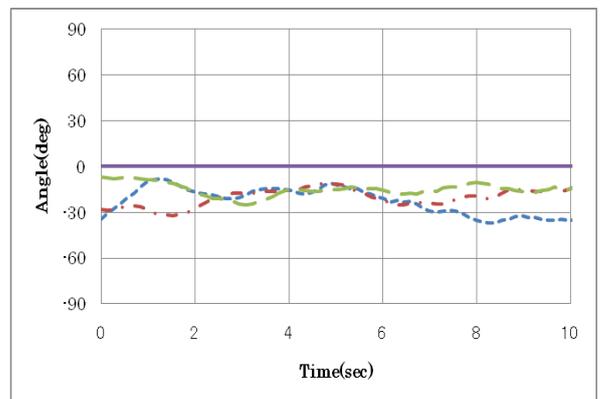
人間の荷重をかける動作の特性の検証のために、実験では被験者に両腕の手首および肘を用いて、実験者の指示する前後左右方向と斜め45度方向の計8方向に進むつもりで静止している歩行支援機に荷重をかけるように教示を行った。そして各センサーで計測された荷重をもとに方向意図の算出を行い、実験者が指示した進行方向と比較した。実験には20代男性1名を被験者とし、全ての方向について各三回計測を行った。Fig.3に示すグラフは算出された被験者の方向意図に関して三回の計測結果を進行方向の角度に関してのグラフと、前90° 後ろ270° 右0° 左180° 右前45° 右後ろ-45° 左前135° 左後ろ225°を各方向の理想の値として比較する。



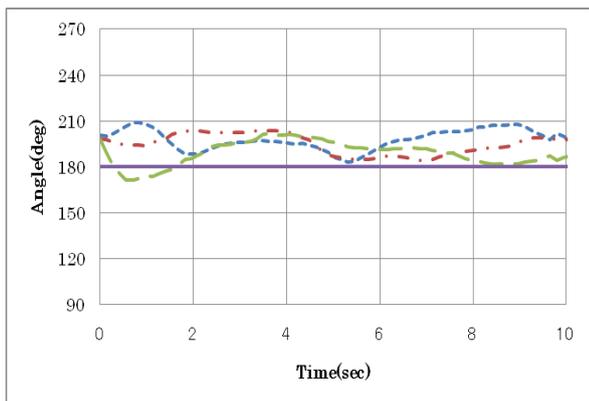
(a) Front



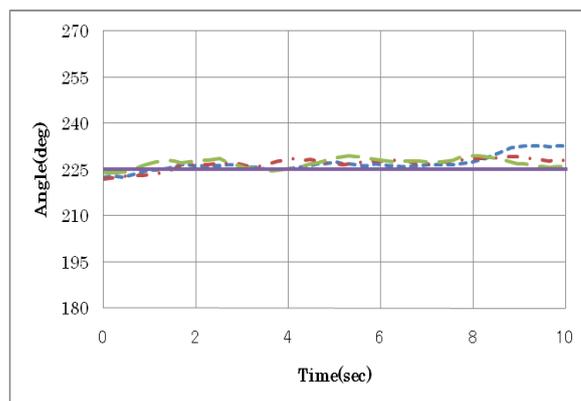
(b) Back



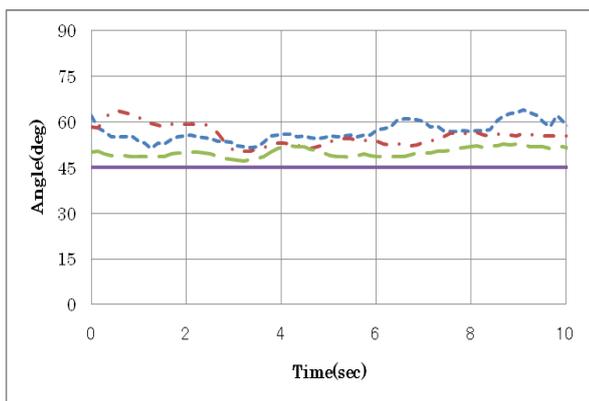
(c) Right



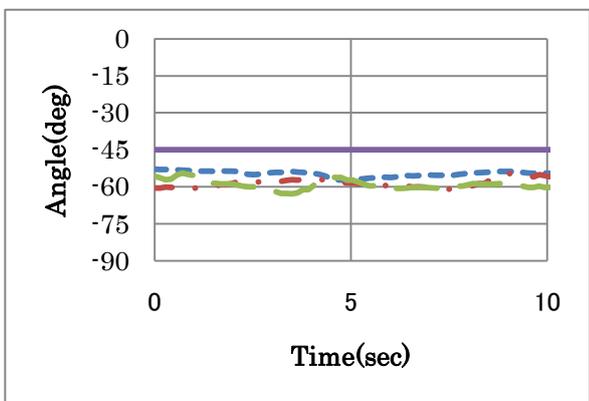
(d)Left



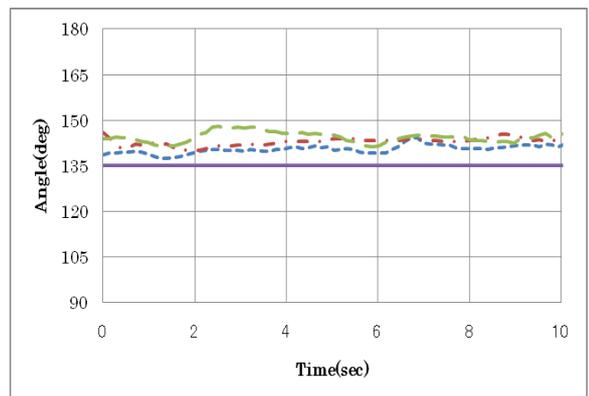
(h) Left back



(e) Right front



(f) Right back



(g) Left front

- - - First - . - Second
- - - Third — ideal value

Fig.3 Results of Experiment

Table 2 max error and average error

	Front	Back	Right	Left
max error	20.6	-10.87	-37.12	29.24
average error	13.34	3.67	19.32	13.98

	Right front	Right back	Left front	Left back
max error	18.92	-17.83	-15.21	7.76
average error	9.12	12.49	7.61	2

実験結果より、横軸を計測時間に縦軸を進行方向の角度とし、Fig.3の実線は方向意図を表し、点線は1回目の計測データを用いて(3)式で計算された方向、一点鎖線は2回目の計測データを用いて(3)式で計算された方向、長破線は3回目の計測データを用いて(3)式で計算された方向を表す。

Table 2に示されるように、最大誤差は20.6、平均誤差は13.34であり、Table 2に示されるように、最大誤差は-10.87、平均誤差は3.67である。これは、指示した方向が前方または後方の場合、 $\angle \alpha$ に大きければつきは生じない。次に、Table 2に示されるように、最大誤差は-37.12、平均誤差は19.32であり、Table 2に示されるように、最大誤差は29.24、平均誤差は13.98である。これは、指示した方向が右方あるいは左方の場合、 $\angle \alpha$ にばらつきが生じることが認められた。これらは、同側の手首と肘の組み合わせで荷重をかける動作より手首同士・肘同士と言った同部位で荷重をかける動作の方が意図する方向を指示する上で容易であったと原因が考えられる。

Table 2に示されるように、最大誤差は18.92、平均誤差は9.12である。Table 2に示されるように、最大誤差は-17.83、平均誤差は12.49である。Table 2に示されるように、最大誤差は-15.21、平均誤差は7.61である。Table 2に示されるように、最大誤差は7.76、平均誤差は2である。右斜め方向と比べて左斜め方向が誤差は小さい事がわかる。これは、力を入れにくい利き腕ではない左腕で入力してい

る荷重の幅が小さく、力を入れやすい利き腕の右腕では入力している荷重の幅が大きいという原因が考えられる。誤差はほとんどが $\pm 30^\circ$ 以内であり指示した方向の逆方向などの明らかに違う方向には向いていない事が確認された。今後、各斜め方向と前後左右方向の人間の荷重の掛ける動作の特性と個人差から推論を行い誤差修正を加えることでより意図同定の精度を実用できるレベルまで向上させれば、提案手法は歩行支援機の方向意図同定に適用できる可能性があることが示唆された。

ほとんどの場合において、 $\angle \alpha$ が理想値を過ぎながら上下せず、常に理想値より $\angle \alpha$ が大きいのか、または小さいのかが表れている事が認められた。これは、回数を重ねても被験者の荷重の掛け方が大きく変化しないと考えられる。従って人間の荷重をかける動作の特性と個人差の考慮を方向意図同定に適用できる可能性があることが示唆された。

4. 結言

本発表では、歩行支援機のための力覚情報を利用した被支援者の方向意図同定法を提案し、実機による評価実験を行った。その結果、提案手法が歩行支援機に適用できる可能性が示された。今後の課題として、使用者の一人ひとりよりよく合わせる事ができる方向意図の同定法を開発するために、人間の荷重をかける動作の特性と個人差を考慮した手法の改良を行う。

参考文献

- (1). 近澤敦史, 王碩玉, 河田耕一, 井上喜雄, 永野敬典, 石田健司, 木村哲彦, 全方向移動型歩行訓練機の制御, 日本機械学会中国四国支部第44期総会・講演会講演論文集, pp.455-456, 2006.
- (2). 姜銀来, 王碩玉, 石田健司, 安藤健, 藤江正克, 歩行補助機走行制御を目的とする移動方向意思の同定法, 機械学会 2009 年度年次大会講演論文集 vol.7, pp.281-282, 2009.
- (3). 高木紀明, 王碩玉, 三浦直樹, 姜銀来, 力覚情報による方向意図同定法とその室内移動支援ロボットへの応用, 日本機械学会中国四国学生会第40回学生員卒業研究発表講演会・講演前刷集, pp.217, 2010.