

# 慣性センサによる動作認識と支援操作

## Motion Recognition and Support Machine Operation using Inertia Sensors

システム工学群

知能ロボティクス研究室 1210105 谷 将希

### 1. 緒言

現在の日本では少子高齢化が進行しており、65歳以上の高齢者が年々増加している傾向にある<sup>(1)</sup>。高齢者の増加に伴って普段の生活での不慮の事故による負傷や亡くなる方も増加している<sup>(2)</sup>。これらは要介護者の増加と労働者である若年層の減少から介護者が不足し十分な介護支援を受けることができないことや物事をとらえる認識能力の低下などが要因と考えられる。そのため介護者の不足を補う介護労働者の代替となる介護支援やリスクのない介護支援の需要が高まりつつある。そこで、我々の研究室では要介護者の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。現在の歩行支援機は要歩行支援者がジョイスティックを手動操作する必要がある。そこで小型軽量の歩行の妨げにならない慣性センサを用いて、インテリジェント歩行支援機と歩行支援者の動作と同期させて動かす事ができれば手動操作によるリスクを軽減し安全で優れた歩行支援をすることが可能になる。歩行支援機使用時の負荷軽減や安全対策を目的とした先行研究として筋電センサを用いた歩行意図同定法や慣性センサを用いた5方向の歩行意図同定法<sup>(3)</sup>、立ち上がり支援の検討<sup>(4)</sup>などが行われている。本研究では慣性センサを用いて、下肢動作による旋回を含む歩行意図同定法を提案する。被験者の各方向、左右旋回への歩行の加速度、角速度、オイラー角を慣性センサで測定し、各運動情報を用いて被験者の歩行意図を読み取り、支援機の自動運転を行う。本報告では、前進、右旋回、左旋回の3種類の歩様を計測し、認識実験により、提案手法の有効性を検証する。

### 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を使用しており、前後左右、斜め、回転といった全方向への移動をすることができる。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8方向移動ができる重心モード、テーブルにある持ち手にあるボタンを用いてテーブルの昇降ができるテーブルモードがある。

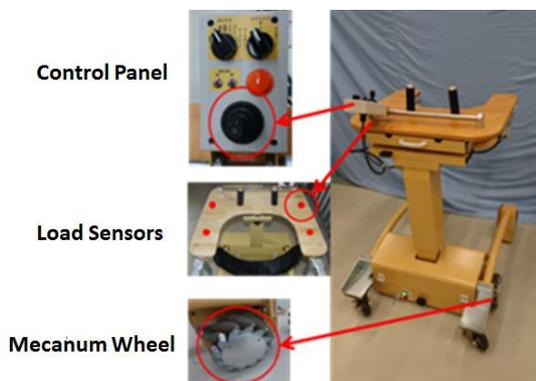


Fig. 1 Intelligent Walking Support Machine.

### 3. 歩行動作の測定方法

#### 3.1 モーションセンサ

歩行動作の計測にはZMP社のモーションセンサIMU-Z2を使用した。モーションセンサを図2に、センサの仕様を表1に示す。このセンサは3軸の加速度、角速度、地磁気の計9軸の計測が可能である。また、Bluetoothによる無線通信が可能であり、サンプリング周期は10msである。



Fig. 2 Motion Sensor IMU-Z2.

Table1. Specification of the motion sensor

Acceleration	3axis, display range $\pm 2$ [G]
Angular velocity	3axis, display range $\pm 250$ [degree/sec]
Terrestrial magnetism	3axis, display range $\pm 1$ [gauss]
Sampling	10[ms]
Size	36[mm] $\times$ 52[mm] $\times$ 11[mm]
Weight	20[g]

#### 3.2 計測機器の装着位置

慣性センサ装着位置を図3に示す。このように、歩行動作時の動きが大きく、向きの変化が小さい足首上部に装着する。計測値は直立し静止した状態で正面をY軸の正の値、上方向をX軸の正の値、右方向をZ軸の正の値とした。またX軸の回転をpitch、Y軸の回転をyaw、Z軸の回転をrollとした。

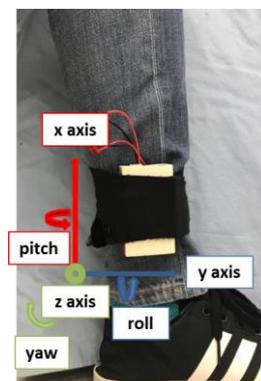


Fig. 3 Sensor Mounting Position

### 3.3 実験動作の計測

被験者は20代の男性1名として、前進、前進しながら右旋回、左旋回の計3種類の歩行を計測した。実験タスクを図4に示す。最初に静止状態を3秒間した後、右足を歩き出しとして各動作を行い停止、その後3秒間の静止状態を維持するまでを一連の動作とし、3種類の歩行計測を行った。

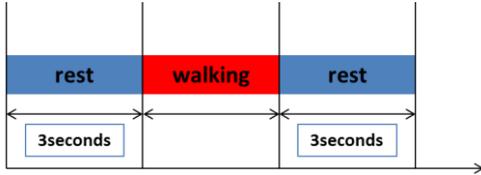


Fig. 4 Experimental task

### 4. 認識方法

#### 4.1 計測した実験データ

被験者20代男性の実験から得られたデータを図5、図6に示す。図5はX軸の回転から得られる角度の変化から求めた角速度、図6は前進の時に得られる動的加速度を示す。

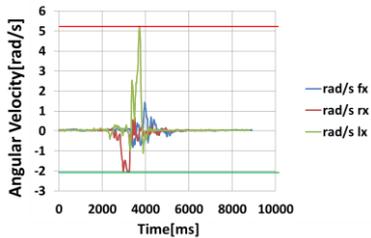


Fig. 5 X-axis angular velocity

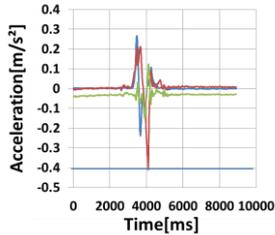


Fig. 6 Dynamic forward acceleration

#### 4.2 設定した閾値

前節に示した計測実験により得られたデータから必要なデータを計算し得られた計算結果の最大値又は最小値の70%を各方向動作の閾値として用いた。まず前進動作については、センサから得られる加速度は重力なども含まれた値である。ためそれらを除いた動的加速度を計算し前進の動作で大きな変化が見られたY軸の動的加速度を用いた。次に右旋回、左旋回に関しては、センサから得られる角度の変化から角速度を計算し、計算した値の中で大きな変化が見られたX軸の角速度を閾値として用いた。設定した閾値を表2に示す。

Table2. Set threshold

Forward	Dynamic accelerationY < -0.3[m/s <sup>2</sup> ]
Turn right	X-axis angular velocity < -1.5[rad/s]
Turn left	X-axis angular velocity > 3.5[rad/s]

#### 4.3. 決定木 (CART)

4-1 節で示したデータを用いて決定木(CART)で機械学習させ、認識を分類させる。決定木(CART)のアルゴリズムを図7に示す。

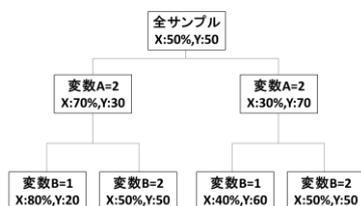


Fig. 7 Decision tree

### 5. 認識実験

#### 5.1 閾値を用いた認識

被験者は3.3節に示した計測実験と同じ20代の男性として、設定した閾値を用いて前進、前進しながら右旋回、左旋回の3種類の動作の認識実験を行った。認識結果としては、設定した閾値を満たす値が計測された時に前進動作と認識した場合は1、右旋回動作の場合は2、左旋回動作の場合は3の命令が出力される。各動作20回ずつ歩行実験を行い、正しい命令が出力された回数を記録した。検証した認識率の結果を表3に示す。

Table3. Recognition Rate

Motion	Correct answer rate	
Forward	18/20	90%
Turn right	18/20	90%
Turn left	15/20	75%

#### 5.2 決定木 (CART) を用いた認識

使用したデータは3種類の実験動作のY軸の加速度の最小値、X軸の角速度の最小値を用いた。最初に各歩行動作5回ずつ行い、得られたデータを教師データとしてCARTに学習させる。学習させたモデルを図8に示す。学習モデルを用いて各歩行動作10回ずつの計30回を識別させる。3種類の実験動作の識別率を表4に示す。

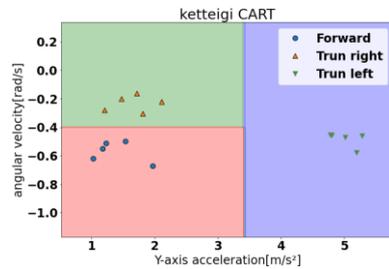


Fig. 8 Analysis result

Table4. Recognition Rate(CART)

Motion	Correct answer rate	
Forward	10/10	100%
Turn right	10/10	100%
Turn left	10/10	100%

#### 5.3 支援機の支援動作

5章に示した認識実験の各動作の命令に対応する歩行支援機の支援動作の動作前と後の位置を図7に示す。

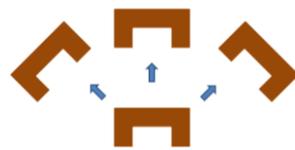


Fig. 7 Position before and after support operation

### 6. 結言

今回は前進、前進しながらの右旋回、左旋回の3種類の歩行動作の認識方法を開発し、20代男性を被験者として実験を行った。決定木(CART)を用いた機械学習を行い実験動作の分類を行った。また、3種類の動作に対応する支援機の各支援動作の開発を行った。今後は機械学習を使用し認識の向上や認識動作の多様化を目指す。また、認識処理動作と支援機の支援動作を連結させ、リアルタイムで使用者の動作に追従できるプログラムの実装も目指す。

### 文献

- 内閣府 平成28年版高齢社会白書
- 消費者庁 高齢者の事故状況について 2018年9月
- 大寺 真生 (高知工大), 王 碩玉, 瀧 博, 足の動作による歩行方向意図同定法の開発, 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会論文集, K203, 山口, 2019年3月
- 西垣 尚也, 王 碩玉, 瀧 博, 榎 勇人, 石田健司, 歩行支援機による立ち上がり支援方法の検討, 第20回計測自動制御学会, 香川, 2019年12月。