

# 卒業論文要旨

## 歩行支援機による歩行意図の認識に基づく転倒防止法の提案

### Proposal of a Fall Prevention Method Based on the Recognition of Walking Intention for a Walking Training Robot

システム工学群

知能ロボティクス研究室 1230165 宮地 大稀

#### 1 緒言

歩行は基本的日常生活動作 BADL(Basic Activity of Daily Living)の1つであり、自立生活を送るうえで必要不可欠なものである。しかし、加齢による筋力・平衡能力の低下や慢性疾患、事故などが原因で歩行能力が低下し、移動範囲が狭くなるにつれて生活の質が低下する。したがって、歩行能力弱者は日常生活において歩行支援が必要である。歩行支援ロボットは、歩行を適切に支援するために要歩行支援者の体重を支えるだけではなく、要歩行支援者の歩行速度を正確に計測し、その歩行速度に合わせて移動することが必要である。したがって、ロボットの移動速度は要歩行支援者の歩行速度に合わないとかえって転倒する恐れがある。そこで、本研究室では安心安全に歩行支援ができるインテリジェント歩行支援機(以下「支援機」と略す)の開発が行われてきた。

先行研究では、様々な制御法や自作のマーカーを使用し、特定の転倒パターンに対して歩行支援中の転倒防止法の提案が行われてきた<sup>(1)(2)(3)</sup>。しかし、自作したマーカーは入手しづらく汎用性に欠けているという点や、歩行支援中に要歩行支援者の歩行速度が考慮されていないという問題点があった。

本研究では AR マーカーを使用し、要歩行支援者の足の位置推定を行う。また、足の位置から支援機が歩行速度を推定し、歩行意図を認識することで、前方向の歩行支援を行う。歩行支援中の特定の転倒パターンに対して歩行転倒防止法を提案する。

#### 2 歩行支援者における転倒パターン

医療現場で歩行車を用いてリハビリテーションを行う場合によくみられる図 1 に示すような転倒パターンに対して歩行転倒防止法を検討する。



Fig. 1 Specific falling patterns

#### 3 インテリジェント歩行支援機

##### 3.1 インテリジェント歩行支援機の概要

支援機の概要を図 2 に示す。支援機はメカナムホイールを四隅に配置し、全方向に移動できる。本研究では、要歩行支援者の足の位置、歩容、歩行速度などのパラメータを測定するために、靴の上面に AR マーカーを設置し、支援機に取り付けた Web カメラで認識を行った。

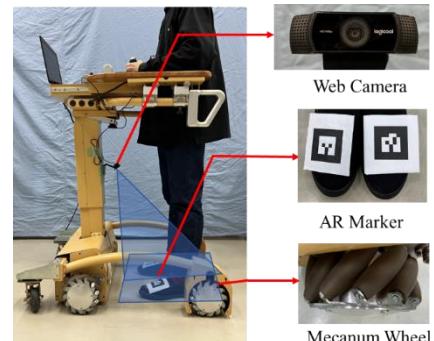


Fig. 2 Intelligent walking training robot

##### 3.2 AR マーカーの認識と足の位置の推定

歩行支援を行う際、要歩行支援者の歩幅、歩行速度などの歩容を観察することが重要である。転倒防止をしながらの歩行支援を実現するためには、リアルタイムで足の位置を計測する必要がある。本研究では、図 2 のように支援機に設置した Web カメラにより左右の靴の上面にある AR マーカーを個別に認識することで、相対座標系および絶対座標系における足の位置と向きを計測し、身体中心位置と歩行速度を推定する。図 3 に座標軸の関係を示す。支援機の初期位置を絶対座標系の原点  $O$ 、支援機の中心を相対座標系の原点  $C$ 、身体中心位置を  $(X_{body}, Y_{body})$  とした。

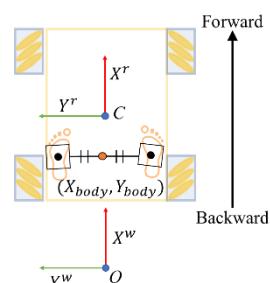


Fig. 3 Relation of coordinate axes

### 3.3 歩行速度推定アルゴリズム

絶対座標系における推定した歩行速度を式(1)示す。また、制御入力には式(1)で示した速度を単純移動平均により平滑化するため制御入力は式(2)で表される。

$$V_{X^w}(nT) = \frac{X_{body}^w(nT) - X_{body}^w((n-1)T)}{T} \quad (1)$$

$$\overline{V}_{X^w}(nT) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^{i=m-1} V_{X^w}((n-i)T) \quad (2)$$

ここで  $n$  はサンプル番号、  $T$  はサンプリング周期、  $m$  は項数である。本研究では  $T = 0.1[\text{s}]$ ,  $m = 10$ [個]とした。

### 4 支援機による歩行転倒防止法の検討

前節で示した転倒パターンでは、歩行車に停止機能がないため要歩行支援者と歩行車との距離が離れていることが原因で転倒していると考える。したがって、要歩行支援者と支援機が適当な距離を保つことで転倒を防止する。要歩行支援者と支援機が一定の距離以上離れた場合には支援機が停止、または後退することで適度な距離を保つように軌道計画を行う。安全範囲と転倒防止プログラムの流れを図 4 に示す。

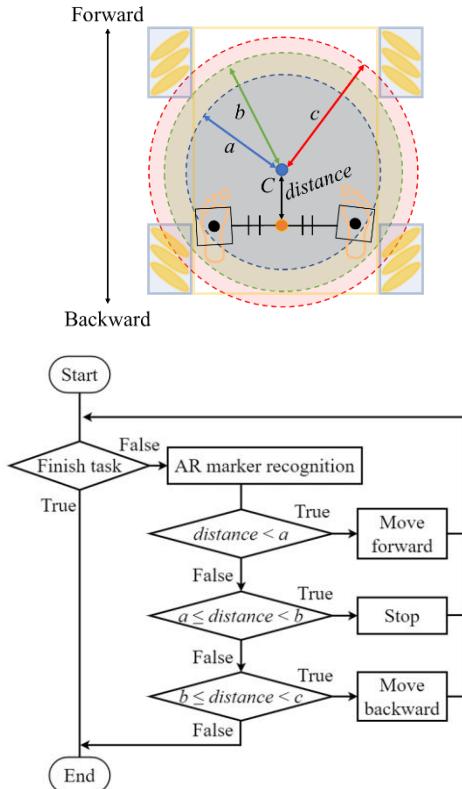


Fig. 4 Flowchart of fall prevention program and safety scope

ここで、安全範囲は青、緑、赤で囲まれる領域であり、身体中心が青色の領域にいる場合に支援機は前節のアルゴリズムにより前進、または停止する。また、緑の領域にいる場合、支援機は危険領域に行かないように停止する。赤い領域にいる場合、支援機は危険と判断し一定の速度で緑の領域に入るまで後退する。緑の領域に入り停止し、そのまま歩行支援を再開することができる。

提案した手法の有効性を示すために、歩行支援中の転倒防止実験を行った。被験者は 5 秒静止、5 歩前進し、その後支援機を前に押し出した。支援機の速度と  $distance$  の時間変化

を図 4 に示す。要歩行支援者と支援機の距離が十分近い場合、前節のアルゴリズムにより推定した速度で支援機が前進し、その後距離が離れ危険と判断すると一定の速度で約 5 秒間支援機が後退して適当な距離を保つことができる(図 5)。

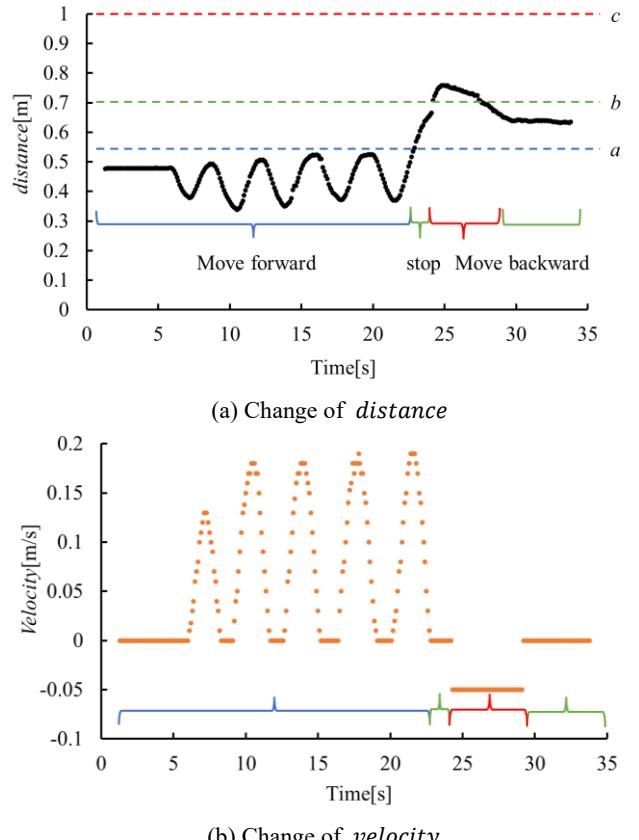


Fig. 5 Velocity and distance during walking training

### 5 結言

歩行支援中の転倒リスクの低減の必要性について論じ、転倒パターンについて説明した。汎用性の高い AR マーカーを認識することで絶対座標系における足の位置と歩行速度を推定した。また、選択した転倒パターンに対して安全範囲を定義し、要歩行支援者と支援機との距離を適度に保ち歩行支援を行う転倒防止プログラムについて提案した。今後、要歩行支援者のより正確な歩行速度の推定方法や歩行方向意図の認識方法について検討する。

### 参考文献

- (1) B.Shen, J.Wang, S.Wang, H.Enoki and K.Ishida, "Fuzzy Control Method for an Intelligent Walking Training Robot for User Fall Prevention", 2nd International Conference on Industrial Artificial Intelligence (IAI), Oct.23-25, 2020, Shenyang, China
- (2) B.Shen and S.Wang, "A User's Steps and Motion Control Approach of an Intelligent Walking Training Robot", Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation August 5-8, Changchun, China, pp 1281-1286
- (3) 瀧博, 王碩玉, 石田健司, 榎勇人"インテリジェント歩行支援機による歩行転倒防止法の検討" 第 36 回日本ロボット学会学術講演会