

1. はじめに

高齢者が骨折を原因として要支援や要介護になる要因は転倒であり [1], 河越らは, 疫学データに基づいた主成分分析を行うことで転倒に関連する6つの歩行評価指標を選定していた. 本研究では, 足首に取り付けた加速度センサの時系列パターンを用いて歩行評価指標を簡易に抽出することを目指す.

2. 歩行評価指標の導出

転倒に関する歩行評価指標とは, 「荷重応答時間」, 「両足支持時間」の各々の時間 (t_{LR}, t_{DLS}) と1歩行中の各々の割合 (p_{LR}, p_{DLS}), および「つま先離地時間 [s] (t_{TO})」, 「遊脚時間 [%] (p_S)」であり, Fig. 1 に歩行との関係を示している. 歩行評価指標の導出には, 歩行周期における右踵着地, 左つま先離地, 左踵着地, 右つま先離地, 右踵着地を抽出する必要があり, 本論文では各々 $t_{x1}, t_{x2}, t_{x3}, t_{x4}, t_{x5}$ とおき, 歩行指標時間 WIT と定義する. なお, 歩行周期とは, 足の着地から次に同じ足が着地するまでの時間である. WIT と歩行評価指標の関係は

$$\begin{cases} t_{LR} = t_{x2} - t_{x1} \\ t_{TO} = t_{x4} - t_{x3} \\ t_{DLS} = t_{LR} + t_{TO} \\ p_{LR} = t_{LR} / \Delta \\ p_{DLS} = t_{DLS} / \Delta \\ p_S = t_{x5} - t_{x4} / \Delta \\ \Delta = (t_{LR} + t_{DLS} + t_{TO}) / 100 \end{cases} \quad (1)$$

となっている. つまり, WIT を求めることで歩行評価指標を導出することが可能である. 以下, WIT の抽出について説明する.

3. 加速度センサによる WIT 抽出

WIT の抽出手段として加速度センサを用いる. Fig. 2 のように加速度センサを足首に取り付け, X, Y, Z の各軸から加速度 a_x, a_y, a_z を得る. Fig. 2 下部には, 1 歩行周期について取得した両足首の a_y 波形を示している. WIT を以下のように求める.

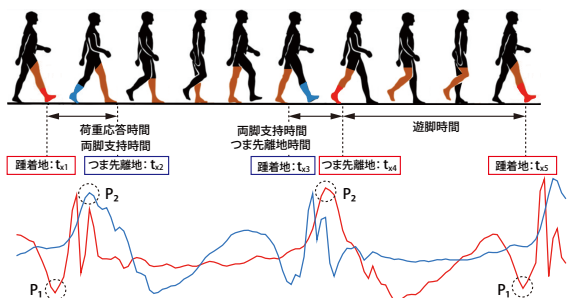


Fig. 1 WIT と歩行能力および Y 軸

Table 1 WIT の平均と標準偏差

	t_{x1} [%]	t_{x2} [%]	t_{x3} [%]	t_{x4} [%]	t_{x5} [%]
(1)	0	12 以下	50 以下	62 以下	100
(2)	0	7.91 ± 1.14	50.50 ± 0.73	58.84 ± 1.09	100

【1】 a_y の傾きが負から正へ変わる極小値を算出し, 閾値によって右踵着地の P_1 を特定する. 各々の時間を t_{x1}, t_{x5} として抽出する.

【2】 a_y の傾きが正から負へ変わる極大値を算出し, 閾値によってつま先離地の

P_2 を特定する. 右足基準の場合, 左つま先離地 t_{x2} の候補は P_1 付近であるためそれを t_{x2} とし, 左足基準も同様にして右つま先離地 (t_{x4}) を抽出する.

【3】1 と同様にして左踵着地 t_{x3} を抽出する.

抽出した WIT 時間から歩行評価指標を求める.

4. 検証

20 歳代男性 1 名を対象とし, 両足首に加速度センサを装着して, 10 m 歩行を 3 回実施する. 得られた WIT の平均と標準偏差を Table 1 に示しており, (1) は標準値, (2) は実験値である. X_2 の値が低いものの, 標準値と同程度に抽出できている.

つぎに, WIT に基づいて歩行評価指標の算出を行ったところ, $t_{LR}=0.07s, t_{TO}=0.15s, t_{DLS}=0.08s, p_{LR}=7.00\%, p_{DLS}=15.34\%, p_S=41.15\%$ であった. 一般的な動歩行における p_{LR}, p_{DLS}, p_S の値は各々 12, 20, 40%とされており [2], 同程度に導出できている. その他の指標は絶対値であるため一般的には比較しにくい, 百分率の項目が導出できていることから問題ないと考えられる.

5. おわりに

本研究では, 加速度センサ値を用いて簡易的な歩行評価指標の導出を可能とした. 将来的にアンクレット型にすることで日常的に装着可能となり, 日々の健康管理にも役立つと考える.

参考文献

[1] 河越, 榊田, 松本: 転倒歴と疫学データに基づく主成分分析を用いた転倒リスクの要因抽出, 電気学会論文誌 C, 142-7, 706/712 (2022)
 [2] 月城, 山本, 江原, 盆小原: 観察による歩行分析, 医学書院, 2005

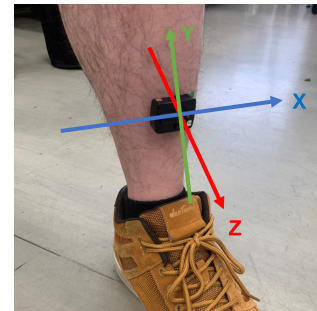


Fig. 2 加速度センサの取り付け