

幼児における異常歩行の検出

齊藤 亜由子 先進工学部 機械理工学科 助教

キーワード: 福祉工学, 人間工学, 動作計測, 関節間協調, 特異値分解

概要

- ◆ 幼児の歩容を定量評価
- ◆ 単一の慣性センサ・地磁気センサモジュールを用いて、目視では確認することができない振動や特異な動きを検出する

解析方法

- ◆ カルマンフィルタを用いてセンサモジュールの姿勢を逐次推定し、計測対象者間に共通した座標系におけるセンサ出力(加速度、角速度、磁場)を用いて歩容を評価する

センサ出力に基づく
カルマンフィルタのノイズ共分散設計

状態方程式 $x_{t+1} = F(x_t) + w_t$

$$x_t = \begin{bmatrix} \psi_t \\ \theta_t \\ \phi_t \end{bmatrix} \quad F(x_t) = \begin{bmatrix} \psi_t + \sin\phi_t \sec\theta_t \omega_{x,z} \cdot Ts + \cos\phi_t \sec\theta_t \omega_{x,z} \cdot Ts \\ \theta_t + \cos\phi_t \omega_{x,z} \cdot Ts - \sin\phi_t \omega_{x,z} \cdot Ts \\ \phi_t + \omega_{x,z} \cdot Ts + \sin\phi_t \tan\theta_t \omega_{x,z} \cdot Ts + \cos\phi_t \tan\theta_t \omega_{x,z} \cdot Ts \end{bmatrix}$$

観測方程式 $y_t = H(x_t) + v_t$

$$y_t = \begin{bmatrix} \psi_m \\ A_x \\ A_y \\ A_z \end{bmatrix} \quad H(x_t) = \begin{bmatrix} \psi \\ 0 \\ 0 \\ g \end{bmatrix}$$

状態方程式は加速度センサ出力Aと地磁気センサ出力mに基づいていることから、観測ノイズ共分散は加速度センサ出力Aと地磁気センサ出力mを用いて設計。

加速度の特異値分解

STEP1: 観測行列の構築

$$R(X, Z, t) = \begin{pmatrix} X2(t_1) & Y2(t_1) & Z2(t_1) & X4(t_1) & Y4(t_1) & Z4(t_1) & X5(t_1) & Y5(t_1) & Z5(t_1) \\ X2(t_m) & Y2(t_m) & Z2(t_m) & X4(t_m) & Y4(t_m) & Z4(t_m) & X5(t_m) & Y5(t_m) & Z5(t_m) \end{pmatrix}$$

センサ2から取得した
加速度の三軸成分

センサ4から取得した
加速度の三軸成分

センサ5から取得した
加速度の三軸成分

左下腿部(センサ2)、右下腿部(センサ4)と腰部(センサ5)に貼付したセンサの加速度3軸出力を特異値分解する。

STEP2: 特異値分解

$$R(X, Z, t) = \sum_{j=1}^n \lambda_j V_j(t) Z_j^T(X, Z)$$

λ_j : 特異値
 V_j : 時間基底
 Z_j : 空間基底

寄与率 $\beta_j = \frac{\lambda_j^2}{\sum_{j=1}^n \lambda_j^2}$
 β_j の値が大きいかほど
支配的なモードとなる

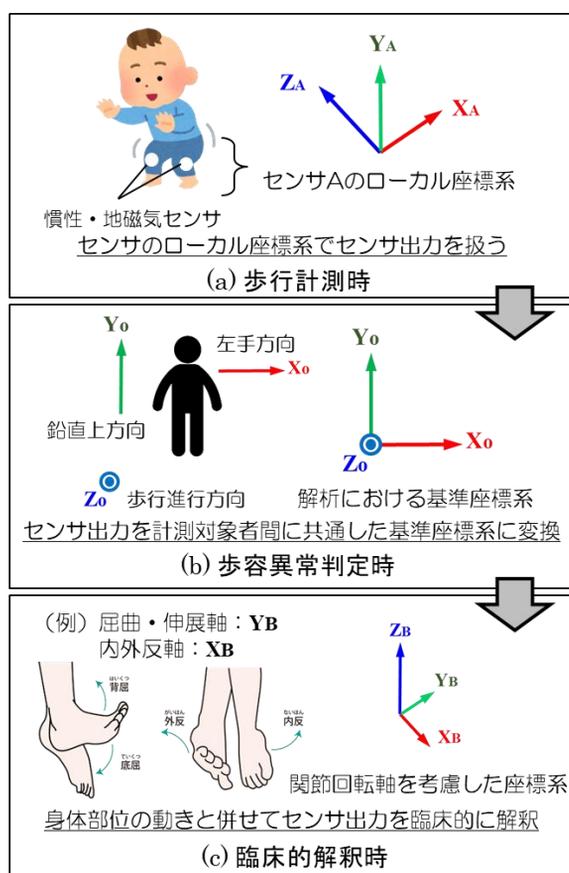
センサ姿勢を基準座標系などの“計測対象者間に共通な座標系”へ変換し、各種分析手法(周波数解析, 特異値分解等)を併せて行うことにより、幼児の歩行を評価する。

利用・用途 応用分野

- ◆ 臨床への利用
- ◆ リハビリテーションにおける回復評価
- ◆ スポーツにおける動作評価

関連情報

- 関連論文 = Ayuko Saito, Satoru Kizawa, Yoshikazu Kobayashi, Kazuto Miyawaki, **Pose estimation by extended Kalman filter using noise covariance matrices based on sensor output**, ROBOMECH Journal, 7, 36, 2020年10月



幼児における異常歩行の検出

齊藤 亜由子 先進工学部 機械理工学科 助教

キーワード: 福祉工学, 人間工学, 動作計測, 関節間協調, 特異値分解

従来

- ◆ 乳幼児の神経・筋疾患に起因する障害は診断が困難であることも多い
- ◆ 児の発達段階に応じて運動発達の遅れや歩容などから総合的に診断を行うが歩容異常が軽度である場合には異常と判断されず疾患の発見が遅れることもある

神経・筋疾患に起因する障害

視診

触診

生後早い時期では、
身体所見から障害を疑うことが困難な場合も多い



児の発達段階に応じて**運動発達の遅れ**や**歩容**などから総合的に診断を行う

乳幼児健康診査 (乳幼児健診)

母子保健法により市町村へ義務付け
1歳6か月健診と3歳児健診

歩行の観察

異常歩行の判断基準例

- ・歩行の安定性
- ・左右対称性
- ・踵接地の有無
- ・つま先の向き



歩容異常が軽度である場合には異常と判断されず
疾患の発見が遅れることもある→ **定量的基準が必要**

提案技術

- ◆ 単一の慣性センサ・地磁気センサモジュールを用いて幼児の歩容を定量評価
- ◆ 本技術の活用により、「見落としの可能性のある軽度の歩容異常を検出する」ことが期待できる

中枢神経疾患に起因する痙性歩行



痙性片麻痺歩行

股関節を中心に下肢で円を描くように歩く

痙性対麻痺歩行

両足をはさみのように組み合わせて歩く

観察のみでは個人の歩容特徴との鑑別が容易ではない

簡易な動作計測により異常歩行の特徴を定量的に抽出

→乳幼児の定期健診など、より多くの児を対象とした場面において
疾患の早期スクリーニングが可能となる。

研究シーズ

小型・軽量の慣性センサのみを用いた
幼児における異常歩行の検出



実用化に
向けた課題

- ◆ 幼児の動作・歩行データ取得の機会
- ◆ 幼児が違和感を抱くことがない計測用シューズ, スーツの開発



工学院大学 産学連携室

〒163-8677 東京都新宿区西新宿一丁目24番2号 〒192-0015 東京都八王子市中野町2665-1

TEL:03-3340-3440 FAX:03-3342-5304

TEL:042-628-4940 FAX:042-626-6726

E-Mail: sangaku@sc.kogakuin.ac.jp URL: https://www.kogakuin.ac.jp



工学院大学

KOGAKUIN UNIVERSITY