

要約

本研究では高齢者や障がい者を対象とする福祉研究である。先行研究では足裏センサを用いて歩行実験を行い、特徴を調査した。しかし、研究があまり進んでおらず実用化をされていない。そこで、実用化に向けて足元センサデバイスを開発し、危険予測を行うシステムを導入して転倒予防を行う。

キーワード：足元センシング, 機械学習, 福祉

1 はじめに

歩行は生活に欠かせない重要な人間の行動の一種である。しかし、高齢者の筋力の低下や精神疾患などから歩行に難しさを感じている人がいる。うつ病や統合失調症の患者は不安に感じる事がよくあるため、それが転じて歩行が困難になるケースがある。例えば土壌が不安定な場所では、歩きにくさから不安を感じ心のバランスが乱れ、歩行に恐怖を感じる。歩行ができないことは日常生活を含め社会活動にまで影響を及ぼしてしまう。

本研究は障がい者の福祉支援を目的として研究を行う。そこで、タッチエンス株式会社のショッカクシューズを高額なセンサデバイスとして用い、自作デバイスと比較することで安価なデバイスでも十分にデータ解析ができることを示すと同時に、障がい者の歩行支援及び転倒予防を行うシステムの提案を行う。

2 運動学習と脳の習熟の関連^[1]

2.1 内部モデルの作成

先行研究では、なぞり運動における脳の習熟メカニズムを示した。内部モデルとは、外界の仕組みを脳の内部シミュレーションをする神経機構のことであり、これにより人間は運動する際に事前に行動を予測する。内部モデルを工学的に考える手法でカルマンフィルタとよばれる状態空間モデルにおいて内部の見えない「状態」を効率的に推定するための計算手法がある。

実験は心理実験ツールである PsychoPy を用いて行う。PC 上に出現する星形図形をマウスパッドを用いて 30 回なぞる。本データを収集する前に練習を 3 回行う。まず、PsychoPy の使い方を覚えるために正方形のなぞり書き 2 周を行う。次に、実験で行う上下反転する動き方を経験するために正方形のなぞり書きを上下反転でカーソルが動く設定で 2 周行う。最後に、星形のなぞりについて書き順を覚えるために星形のなぞり書きを 2 周行う。

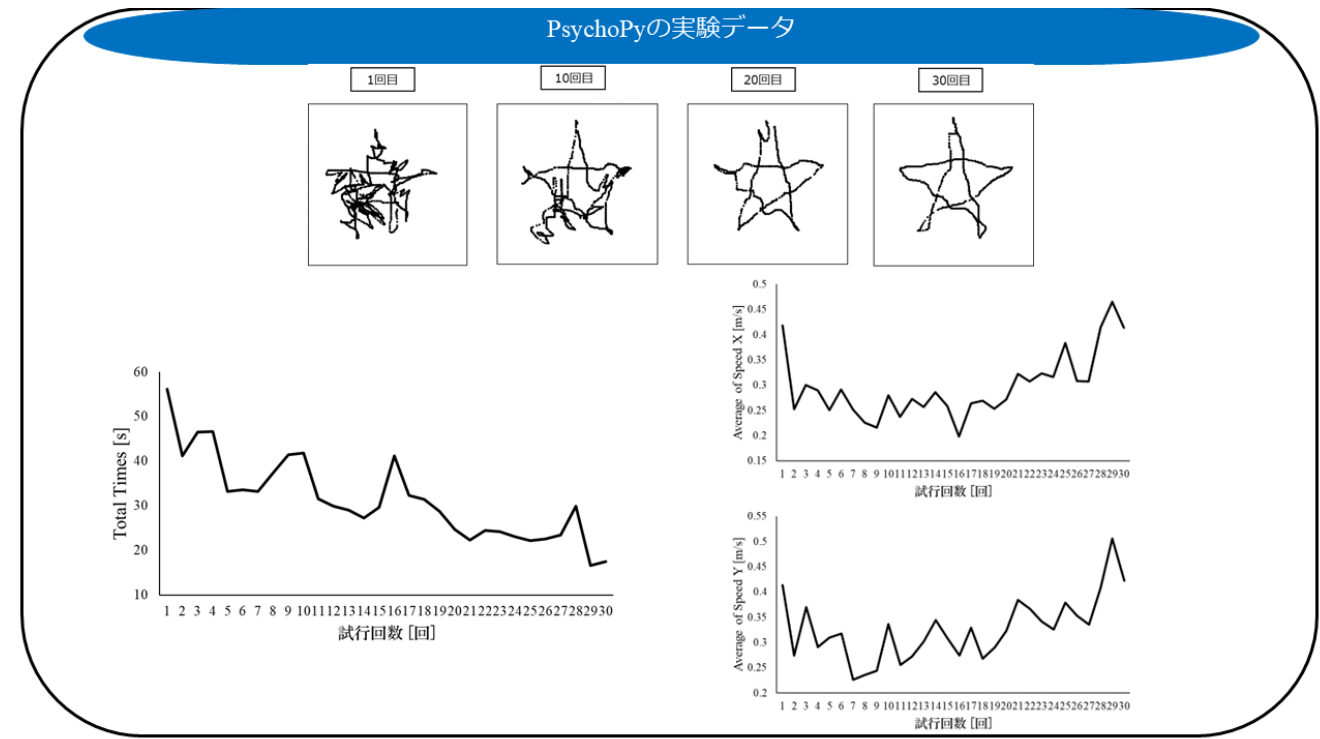


図1 数値実験の結果

2.2 インピーダンス推定

インピーダンスパラメータは慣性行列、粘性行列、剛性行列であり、慣性行列は角運動量と角加速度の比例定数、粘性行列は物体の滑動における摩擦力に抗う力積を単位平方メートルあたりの定数で示し、剛性行列は単位平方メートルあたりに外部から力を加えることによる物体の反力、すなわち曲げやすさを示す定数である。

先行研究では試行回数を重ねるごとにこれらの数値が小さくなっていった。すなわち、最初は運動を理解するために力がかかっていたがある程度学習が進むと自然と力が抜けていくことがわかった。

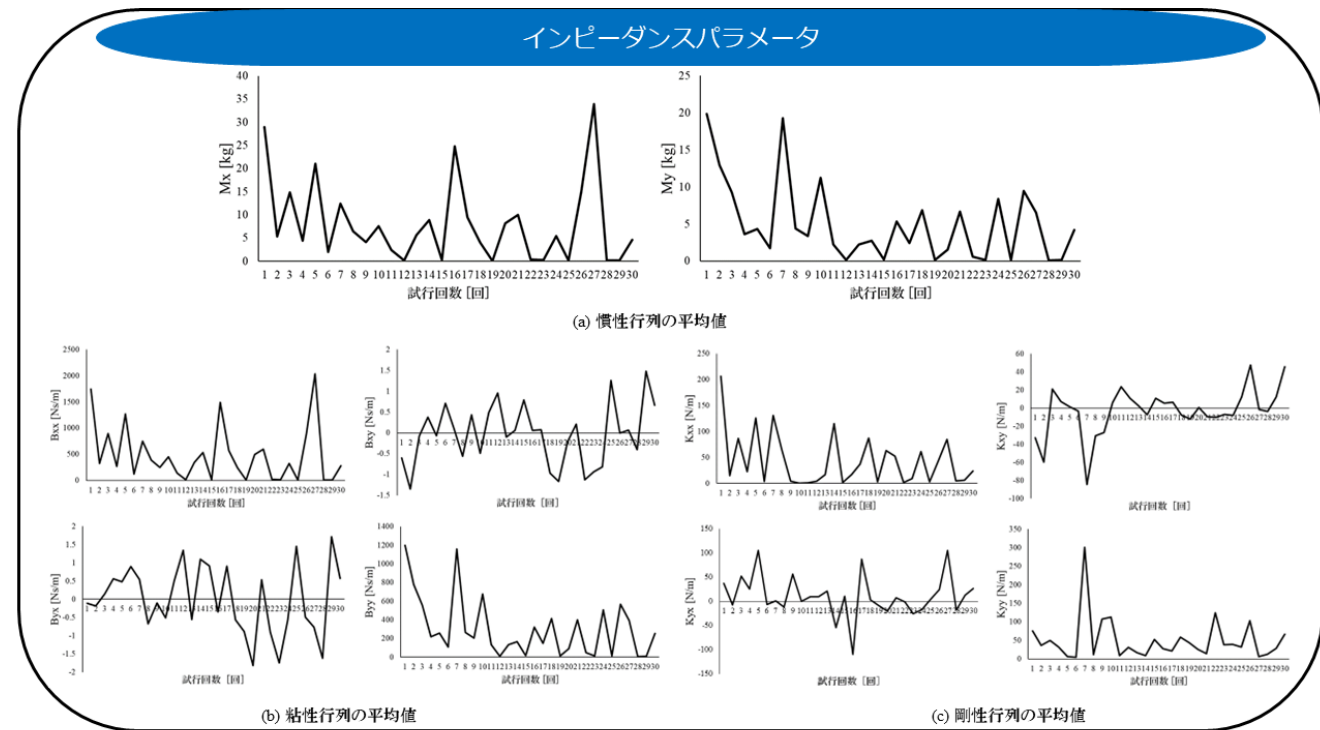


図4 パターン検出の例

2.3 内部モデルの信頼度

「内部モデルの信頼度」とは、内部モデルの適応の進み具合をシステム内部で評価したものである。人間は、目標行動に慣れるに従って身体の動きを大きくしていく。慣れに応じて適切な運動指令を生成するためには、内部モデルの適応進み具合を評価する必要がある。

先行研究では試行回数の増加に伴って信頼度も上昇した。これにより、人間は同じ動作を繰り返し行うことで脳が目標行動を学習し、適切な運動指令を出せるようになることがわかる。

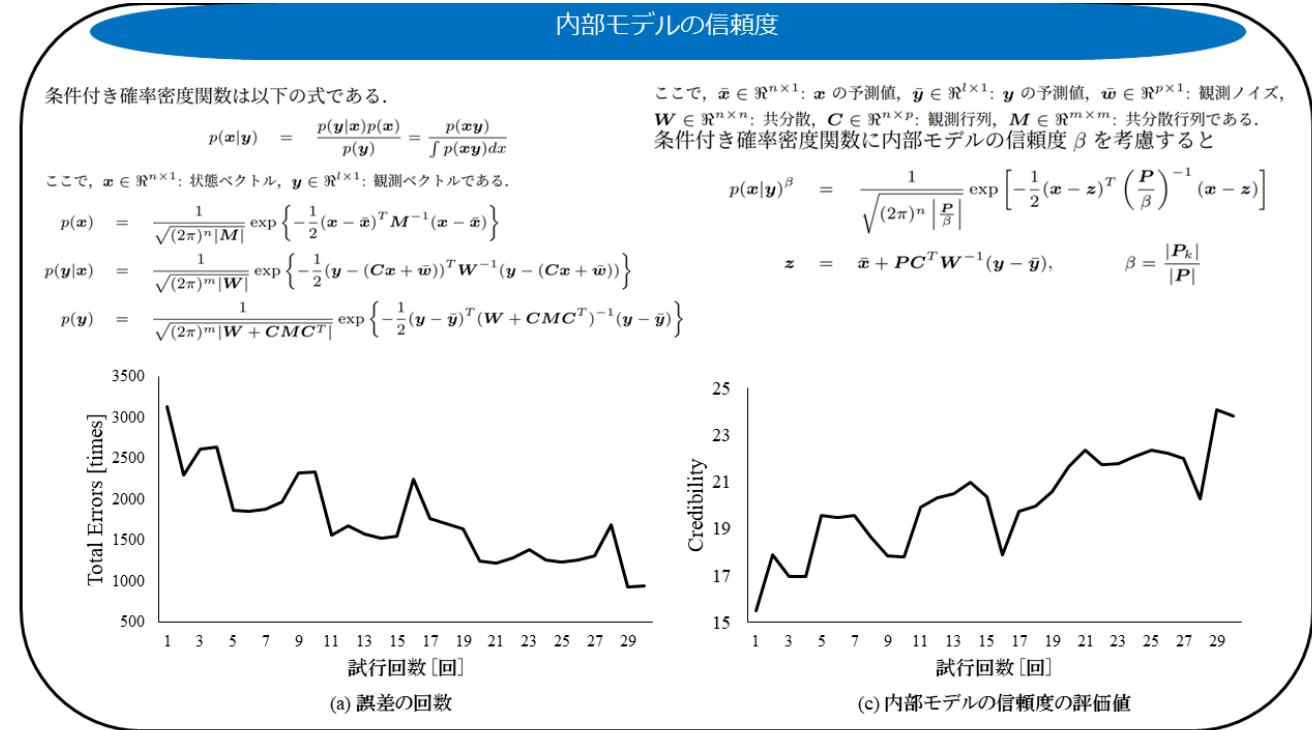


図4 パターン検出の例

3 足裏圧センサデバイス

3.1 足裏センサの研究

先行研究では歩行時に影響を与えることのない足裏部の3軸応力分布システムの有効性を確認している[5]。このシステムを用いて傾斜路歩行時と階段昇降時の足裏応力分布を計測し、各測定点での3軸応力のピーク値や時間的推移、足裏で生じる応力の空間的な推移の様子などが、定量的なデータとして取得できた。それぞれのデータにおける足圧の特徴量を見出すことができており、歩行に影響のないコンパクトなセンサデバイスを提案した。

また、足圧を用いた歩行状態識別法を提案し、平地歩行と階段昇降の判別を行えることを示した研究もある。実用化に向け、被験者の性別や年齢層の拡大化、階段の傾斜角度や路面の凹凸など環境変化に対応するロバスト性の確認、感情や疲労度による歩き方の変化が歩行状態推定に及ぼす影響、計測システムのコスト削減が必要だと提唱している[6]。

3.2 ショッカクシューズと自作センサ

ショッカクシューズはタッチエンス株式会社の足裏センサで、6軸触覚センサが3つと中央に6軸MPUが搭載されており、重心、3軸情報(地面反力、推進力、左右揺動力)を得られたセンサデータからタッチエンス社独自AIで解析できるデバイスである。

自作センサはFSR402圧力センサが6つと6軸MPUを1つ搭載しており、ショッカクシューズと比較し圧力センサの数を2倍にした。また、6軸MPUは足首に装着するように設計した。



鋭意作成中

今しばらくお待ちください

図2 従来研究の例

3.3 自作センサの有意性

ショッカクシューズの触覚センサは母指球、子指球、踵の3か所にそれぞれ配置されているが自作センサはさらに中節骨、楔状骨(けつじょうこつ)、立方骨にそれぞれ1つずつ配置した。それにより細かな身体のバランスを測ることを可能とした。また足首の6軸MPUからは足の動きに関する姿勢状態推定をカルマンフィルタにより計算することができる。



鋭意作成中

今しばらくお待ちください

図7 提案手法の概要

4 提案手法

本研究は行動識別に機械学習を用いる。勾配降下法と誤差逆伝播法を用いて重みの更新を行い、最適化アルゴリズム RMSprop を用いて学習及び予測を行った。このとき、活性化関数は ReLU と Softmax を用いた。

教師用データは歩行、階段昇り、階段降り、右片足立ち、左片足立ち、着席、走行、直立の8つの行動データを、足圧データが両足で12種類とカルマンフィルタの計算結果の18種類、計30種類のデータで作成した。これをもとにセンシングしたデータを機械学習により分析し行動を予測する。

5 数値実験並びに考察

まず教師用データに4で述べた8つの行動をそれぞれ2分間ずつ収集する。次にそのデータを機械学習させる。今回、7割を学習データ、3割をテストデータとして解析を行った。



鋭意作成中

今しばらくお待ちください

図7 提案手法の概要

6 おわりに

高齢者や障がい者に向けた歩行支援及び危険予測を行うセンサデバイスを開発した。今後の展開として、機械学習の教師用データを被験者の任意によって増やし、より細かな行動識別を行えるシステムの開発を目指す。

参考文献

- [1] 清水 豪士, “運動学習におけるインピーダンスの習熟と内部モデルの信頼度” 富山県立大学学位論文 2021
- [2] 桜井 進一, 坂本 雅昭, 中澤 理恵, 川越 誠, 加藤 和夫 “健康成人女性の歩行分析” 理学療法科学 22 (2) : 209-213 2007
- [3] 尾山 裕介, 比留間 麗, 小松 “健康若年女性における椅子立ち上がり動作を用いた反応時間測定の信頼性と妥当性及び地面反力との関連” Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy Vol. 11 No. 3 : 101-106, 2021
- [4] 田宮 大暉, 長谷川 大, 佐久田 博司 “身体知獲得を目的とした足裏にかかる圧力のリアルタイム可視化によるフォーム矯正の提案” 情報処理学会 インタラクシオン 2018
- [5] 中井 亮仁, 永野 顕法, 高橋 英俊, 松本 潔, 下山 勲 “インソールに配置した MEMS3 軸力センサによる足裏応力分布計測” No. 13-2 Proceedings of the 2013 JSME Conference on Robotics and Mechatronics
- [6] 堀江 直正, 満田 隆, 川村 貞夫 “足圧情報による歩行状態の推定法” 生体医工学 44(4) : 621-627, 2006