



# 環境・生体ライフログからの行動パターン解析における分類精度の向上

1915015 大森 一輝 情報基盤工学講座 指導教員 Antonio Oliveira Nzinga Rene

## 要約

本研究では、ライフログの行動パターンの類似性・イベント検出の向上を考える。先行研究において、画像認識APIを用いてライフログで取得したカメラ画像をテキスト化し、その他のセンサデータを含めてライフログの解析を行うものがある。しかし、テキスト化した文字をそのまま解析しても分類精度が高いとは言えない。そこで、テキストをベクトル化させ、さらにライフログに教師データを付けることで従来の分類精度の向上を図る。

キーワード： ライフログ、画像認識、Word2vec、機械学習

## 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。また、人間の健康は歩行によって改善することができる。近年はApple Watchなどのウェアラブル端末によって歩行時の生体データを解析することにより健康管理を行えるようになった。

しかし、これらは心拍や運動量で測っているため、歩行において最も重要な足に関するデータがない。すなわち、歩行に関する健康管理を行うことができるが、転倒などの危険予測をすることが極めて困難といえる。この事例に対し、足裏圧を測定しそののような特徴があるかについての研究が様々な方向で行われているが[2][3][4]、それには高額なセンサデバイスを用いるため一般人が入手するには難しいなどといった問題があるため実用化に至っていない。そのため、比較的安価なセンサで歩行実験を行い、歩行支援を工学的な観点から行うことができれば実用化に大きく近づくとされる。

本研究ではショッカクシユーズと自作デバイスを用いて歩行実験を行い、自作デバイスの有効性と安価なセンサでも高精度なセンサデータを採集することができる。また、圧力、加速度、角速度から人間の歩行データを分析し、危険予測を行うシステムデバイスを開発する。

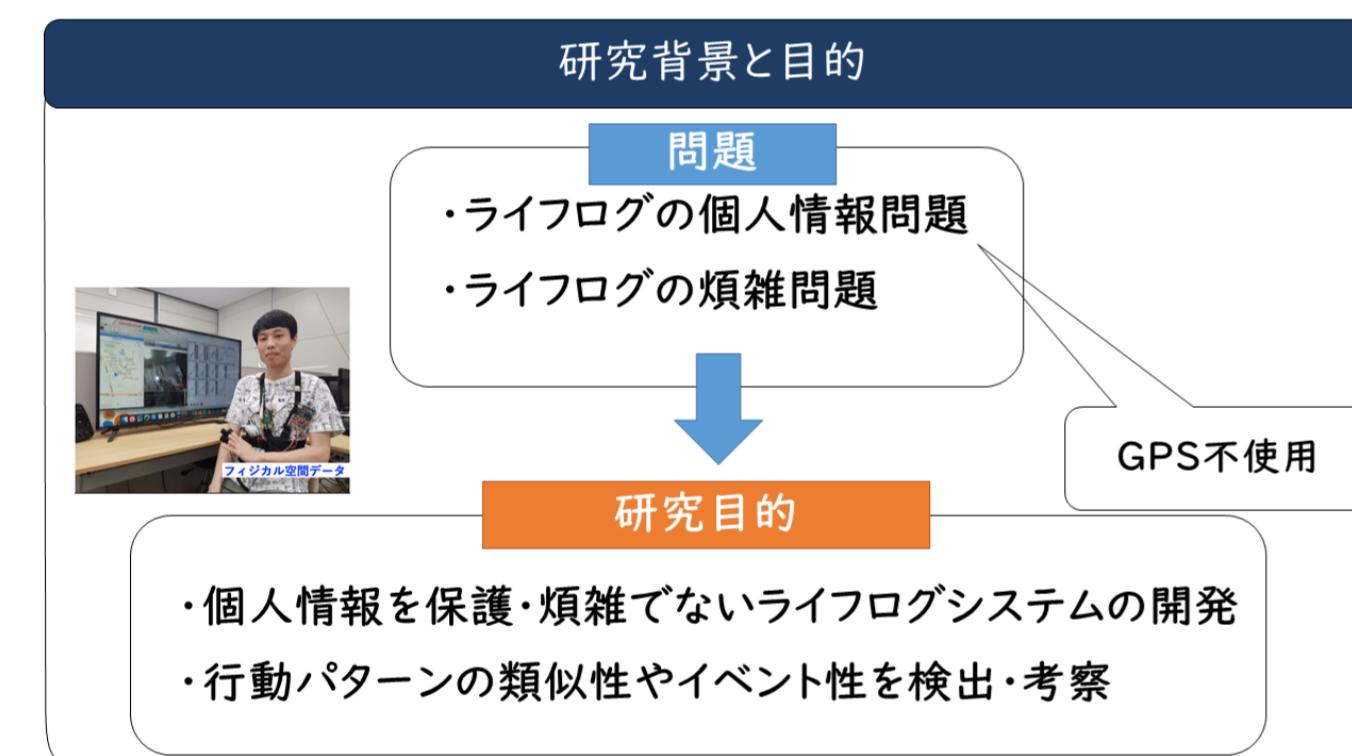


図1 研究背景と目的

## 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運動学習がどのようにして脳に習熟されているのかを示した。運動学習とは「熟練した行動を作り出す能力における比較的永続した変化へと続く練習もしくは経験に関連する一連の過程」と定義されている。運動学習の具体的な例は、人間が初めて自転車に乗る際、乗り方を教わっても乗れることはなく、頭で理解した後その運動を自ら何度も行い練習することで自然と乗れるようになる。

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、模倣する神経機構のことであり、この内部モデルにより人間は運動する際に事前にシミュレーションして行動を予測する。このとき、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を用いる。

#### 従来研究の例

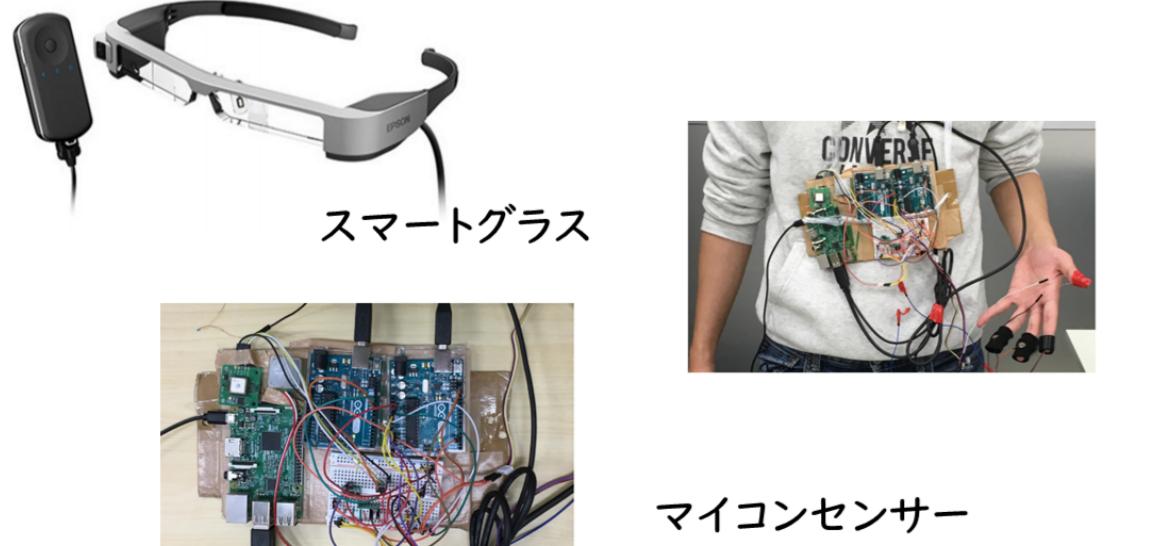


図2 従来研究の例

### 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た。すなわち、最初は運動を理解するために力がかかるついたがある程度学習が進むと自然と力が抜けて楽になぞり書きをしていくことがわかった。

### 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も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。

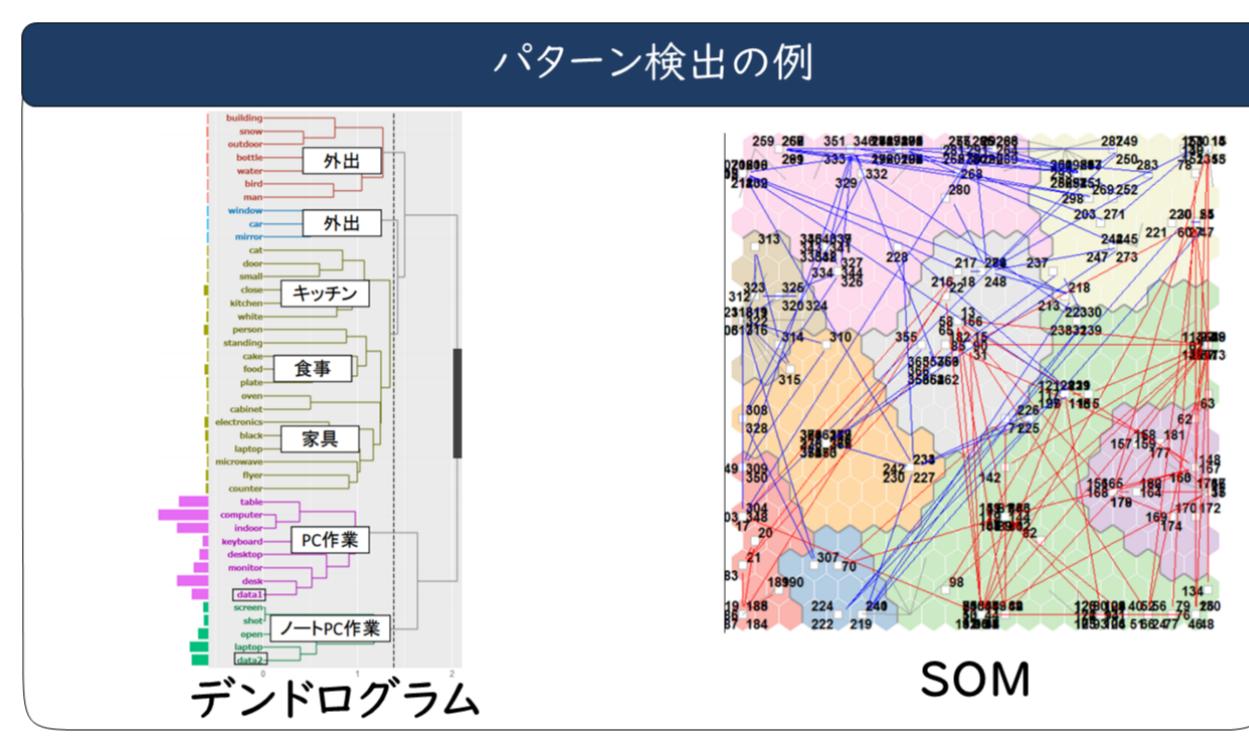


図4 パターン検出の例

## 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なく、かつ計測環境を選ばない、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、また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。傾斜上りでは踵での着地時の衝撃が小さく、また母指を除く前足部での蹴り出し力が大きいこと、逆に傾斜路下りでは踵での着地時の衝撃が小さく、また母指を除く前足部での蹴り出し力が小さいことがわかった[6][7]。

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。実用化に向けて、被験者の性別や年齢の幅を広げる、階段の傾斜角度や路面の凹凸など環境の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[8]。

### 3.2 ショッカクシユーズと自作センサ

ショッカクシユ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、ショッカクシユ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。

### 3.3 自作センサの有意性

ショッカクシユ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。

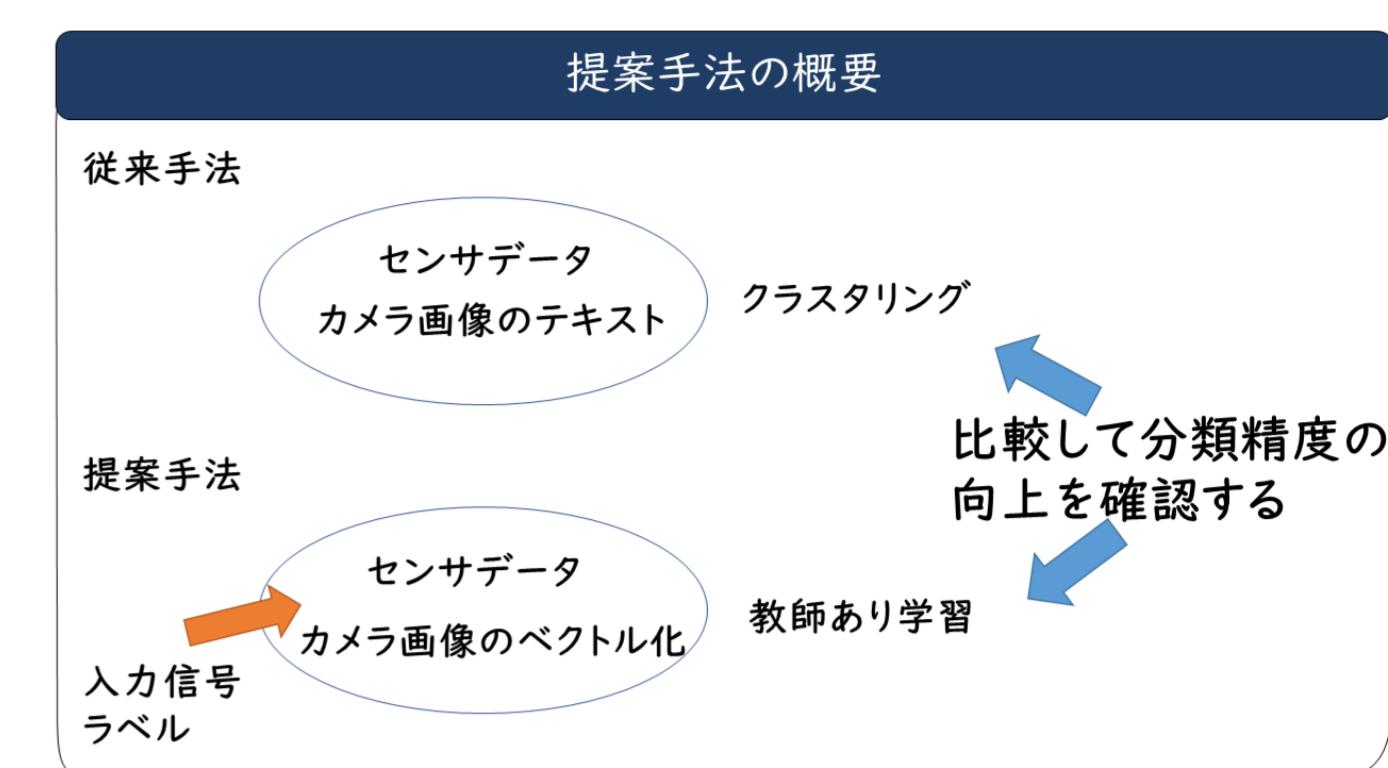


図7 提案手法の概要

## 4 数値実験ならびに考察

今回実験として、研究室内で机作業、椅子の座る立つの動作、歩く動作、階段の上り下りの4つの動作を5分ずつの計20分取得することにした。また、各センサの値は5秒ごとに取得する。今回は教師信号の入力部分はできていないので後付けで4種類の動作にラベルを付けた。このデータをクラスタリングした結果は以下の図8である。結果としては違うラベルであるのに同じクラスタに入っているものができてしまった。ここで、センサデータの各動作から20個づつセンサデータを抜き出し、教師データとテストデータに分けた。ランダムフォレストの手法を用いて教師データを機械学習させ、テストデータに対して行動を予測させてみたところ正解率は50.7%となった。

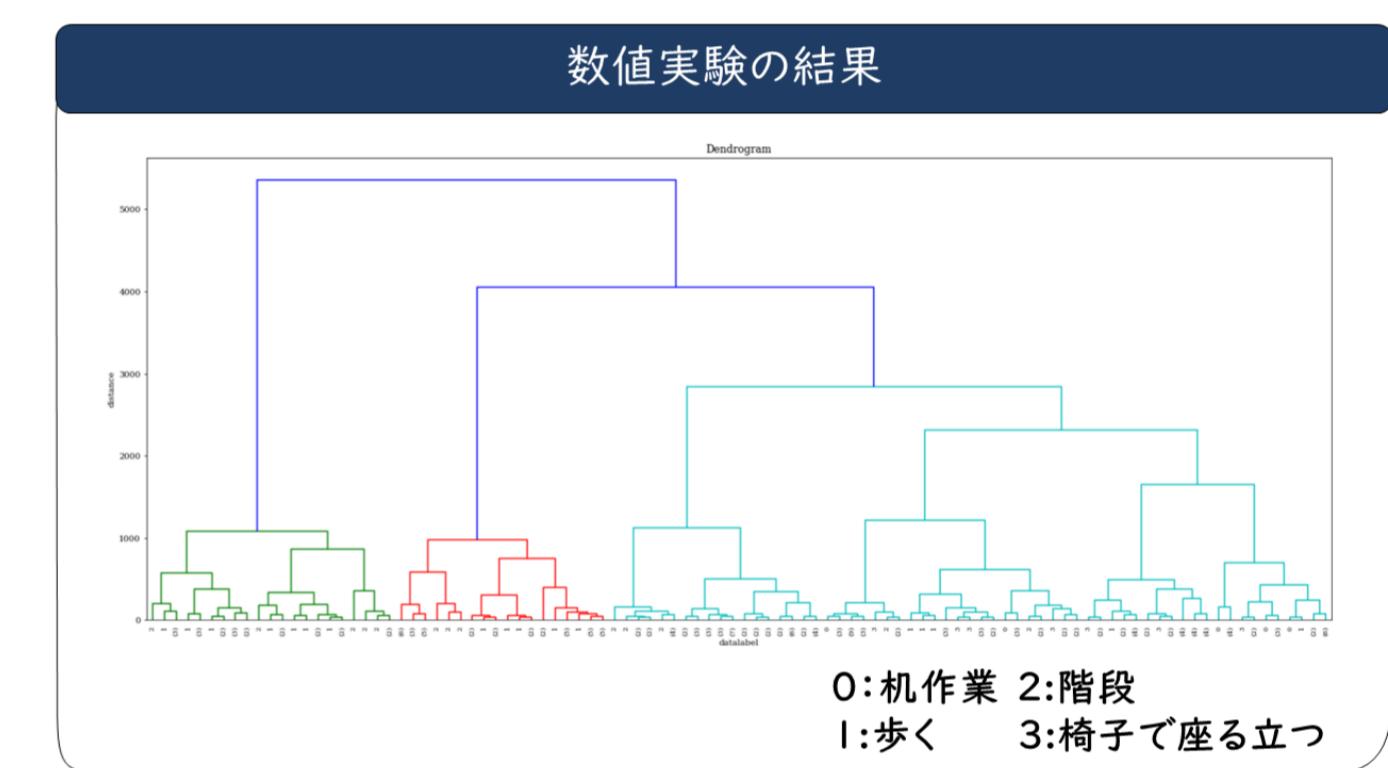


図8 数値実験の結果

## 5 おわりに

今後の課題として、実験を通して得られたクラスタリングの結果で各クラスタに違うラベルが入らないようにしたい。そのためには、場所を限定しないでセンサーを取得したり、差別化を図る分類が難しいところはセンサがうまく機能しているか確認し、うまく機能していなかったらセンサの付け替えも検討したい。また、ラベルの入力信号を送る部分の作成をします。

## 参考文献

- 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
- 桜井 進一, 坂本 雅昭, 中澤 理恵, 川越 誠, 加藤 和夫 “健常成人女性の歩行分析” 理学療法科学 22 (2) : 209-213 2007
- 尾山 裕介, 比留間 麗, 小松 “健常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および地面反力との関連” Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy Vol. 11 No. 3 : 101-106, 2021
- 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 インタラクション 2018
- 中井 亮仁, 永野 顕法, 高橋 英俊, 松本 潔, 下山 熱 “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
- 中井 亮仁, 森下 康彦, 下山 熟 “MEMS3軸力センサを用いた傾斜路歩行時の足裏応力分布計測” 日本機械学会 No. 14-40 シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2014
- 中井 亮仁, 永野 顕法, 高橋 英俊, 松本 潔, 下山 熟 “MEMS3軸力センサを用いた階段昇降時の足裏応力分布計測” 日本機械学会 No. 13-34 シンポジウム：スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2013
- 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