

笹川保健財団 研究助成  
助成番号：2022A-002

2023年3月7日

公益財団法人 笹川保健財団  
会長 喜多悦子 殿

## 2022年度笹川保健財団研究助成 研究報告書

標記について、下記の通り研究報告書を添付し提出いたします。

### 記

研究課題

予測的在宅看護のためのスマートデバイスを用いたパーキンソン病や認知症患者の症状や調子変動のモデル化

所属機関・職名 九州工業大学 大学院生命体工学研究科 ・ 教授

氏名 柴田 智広

## 1. 研究の目的

パーキンソン病患者や認知症患者は、高齢者ほど患者数が多く、在宅看護においても対応が必要な事例が増加している。それらの患者の症状や調子は一日のうちでも大きく変動するため、現在の症状・調子や、近い将来の症状・調子の予測ができれば、予測的な在宅看護活動が可能となる。本研究では、スマートフォンに入力し蓄積される患者のQOLや症状などに関する尺度を、患者が手首に装着するスマートウォッチから得られる活動度、睡眠、ストレスなどの情報から患者の症状・調子を予測できるモデルを構築すること（下図）、また在宅看護に役立つシナリオを構築することを目的とする。



図 1 研究目的の概略図

## 2. 研究の内容・実施経過

本研究は、（一社）在宅看護センター北九州（以後、在看センターと略）の看護師の協力を得て実施した。当初在看センターがほぼ毎日訪問できるパーキンソン病患者やパーキンソン病性の認知症患者の2名を被験者として選定した。研究代表者の研究室で研究使用実績（文献[1]）のある Garmin 社の vivosmart4 というバンド型デバイスを用いる予定であったが、vivosmart5 という新型や、Venu シリーズというウォッチ型デバイスが発売されたため、改めて選定を行った。



図 2 スマートウォッチの候補

研究者で上記最新のデバイスを試用してみたところ、Venu2S で下図のようにストレス推定性能に大きな違いがみられた。すなわち、新型の Venu 2S で得たストレス時系列の方が、vivosmart で得たものに比べて全体的にストレスが低く、また睡眠時間以外の日中の時間帯でも、ストレス値が 25 以下の青い表示が頻繁に出る傾向にあった。

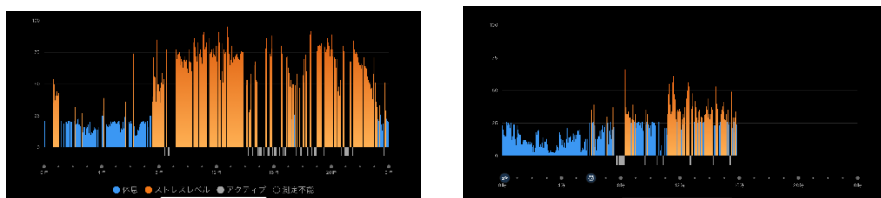


図3 スマートウォッチで得られたストレス時系列の例 (左) vivosmart5 (右) Venu 2S

また、Venu 2S で得たストレス時系列の方が、試用者の主観に合致した。質量はどちらも気にならないが、vivosmart 5 も Venu 2S シリーズも、以前研究に用いた vivosmart5 より厚みがわずかに増し、また Venu 2S は表示板の面積が大きいいため、連続着用をした際の付け心地などを確認する必要があった。研究者で問題ないと確認した後、以前の研究で vivosmart4 を連続着用したパーキンソン病患者に、Venu 2S の一週間程度の連続着用を依頼したところ、問題が無いという回答があった。以上の結果から、本研究では Venu 2S を選定した。

スマートフォンアプリは、過去に九工大研究グループの井上が開発した FonLog というアプリ ([2]) を、本研究のために修正して用いた。これまで、パーキンソン病患者用の PDQ, WoQ というスケールは入力可能になっていた。本研究において、MMSE を新たに記録できるように改修を計画していたものの、在看センターと被験者を選定しながら議論をしたところ、選定された認知症患者については、特に睡眠の不調（昼夜逆転など）が予測できると看護に役立つとの結論に至った。そこで、MMSE を入力するのではなく、日々の活動記録を行う方針に変更し、スマートフォンアプリ (FonLog) の修正を進めた。

しかしその後、予備実験を開始したところ、パーキンソン病性の認知症患者はウォッチを常用することが困難であることが判明した。そこで実験参加者をパーキンソン病患者のみに絞ることに計画変更した。そうすることで実験参加者数は 2 名ではなく 3 名に増やすことができた。

また、在看センターの看護師が、スマートフォンアプリを正しく使えるようになるに時間を要した。主に FonLog に実装したユーザーインターフェイスに問題があることが分かった。図 4 は、当初予定していた WoQ-9 をベースにしたアプリケーションのユーザーインターフェイスである。このバージョンのアプリを使用した場合、看護師の入力が難しいことが分かった。理由は、看護師目線の表記になっていないことや、入力する手数が多すぎたことであると分かった。その後、看護師スタッフとの相談し、普段看護師が記録を残す内容に準じてユーザーインターフェイスの大幅な改良を行った。図 5 に改良後のユーザーインターフェイスを示す。看護師目線の表記となり、またウェアリングオフの時期や各種薬剤の摂取の開始・終了時刻を 1 時間間隔で簡単に入力できるようになった。その上で、12 月～2 月の間に最終的なデータ収集実験を行った。

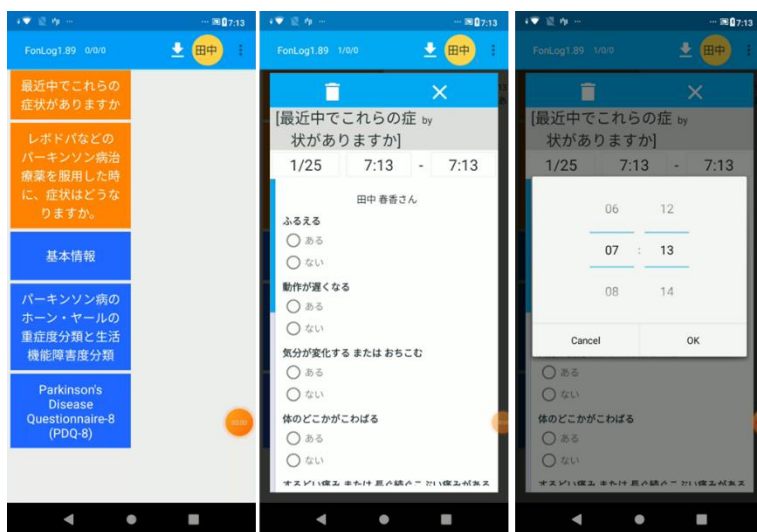


図 4: WoQ-9 を入力するためのユーザーインターフェイス。このユーザーインターフェイスの想定ユーザーは、実際の患者さんである。

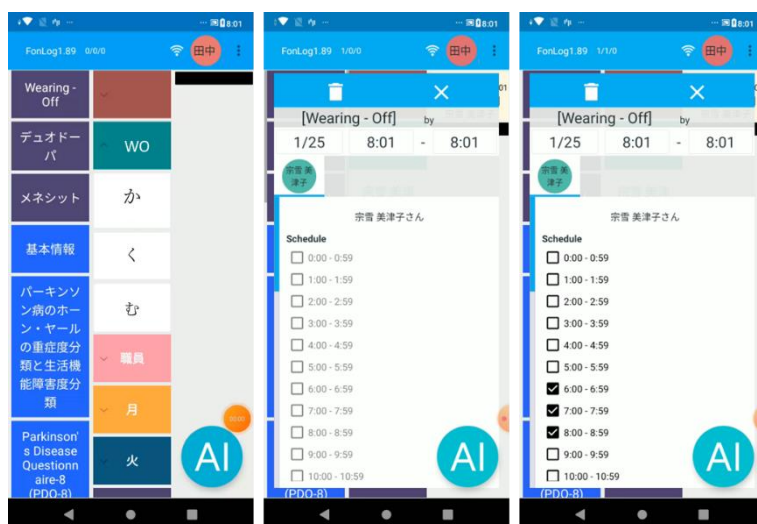


図 5 : 改良したユーザーインターフェイス。このユーザーインターフェイスの想定ユーザーは看護師である。ウェアリングオフ期間や、デュオドパ、メネシットの服薬時間は、チェックボックスをチェックするのみで可能となった。

### 3. 研究の成果

3名の在宅パーキンソン病患者の情報と、最終的に収集したデータの概略を表1に示す。

表1 パーキンソン病患者の情報と収集データ概略

実験参加者	性別	歳	H&Y	収集した実際のデータ (単位: 日数)	
				スマートウォッチデータ	ウェアリング・オフデータ
1	男	53	3	13日	10日
2	男	82	1	43日	20日
3	女	70	3	65日	36日

予測モデルは大きく 2 種類構築した。各患者のデータのみを用いて学習させた**個人モデル**と、研究代表者の過去の研究で収集した 10 名の実験参加者のモデルを用いた**一般化モデル**の 2 種類である。表 1 でも分かるように、本研究においては、在宅患者から十分な量のウェアリングオフデータを収集することは、まだ容易でなかった。そこで、このラベルの不足を補うために、一般化モデルの構築を試みた。また一般化モデルにおいては、さらに 2 つの副モデルを構築し比較した。過去の 10 名の患者のデータに加えて、1) 予測しようとする患者のデータをモデル構築に用いないモデル（**ファインチューニング無モデル**）、2) 患者のデータの半分程度をモデル構築に用いるモデル（**ファインチューニング有モデル**）。

本研究では実験参加者のある時刻のスマートウォッチのデータを入力とし、1 時間後にウェアリングオフ症状が発生するか否かの、二値予測を行うモデルを、多層パーセプトロンモデル学習を用いて構築した。入力特徴は、スマートウォッチから得られる心拍、歩数、ストレス、睡眠に関する 15 種類のものとした。多層パーセプトロンのモデル構造も、表 2 に示すように複数タイプ用意し、それぞれ学習を行い、結果を比較した。表 2 の最初の列は、過去 1 時間分のデータを入力した場合（1 サンプル）と、過去 1 日分のデータを入力し、予測モデル構築を行った場合があることを示す。CNN とは、Convolutional Neural Network（畳み込みニューラルネットワーク[3]のことであり、LSTM[4]とは、Long Short-Term Memory（長・短期記憶）モデルという再起型ニューラルネットワークの一種で時系列モデリングに優れているニューラルネットワークのことである。

表 1: 予測モデル群。各モデルのアーキテクチャは、上記で簡単に説明した通りです。

入力データ	モデル	モデル説明
1 時間入力データ	Baseline	多層パーセプトロンではなく、入力データをそのまま出力する
	Linear	Baseline に加えて、出力層がパーセプトロンであり、中間層は無い
	Single-step Dense	中間層が 2 層ある多層パーセプトロン
1 日分の入力データ	Baseline	多層パーセプトロンではなく、入力データをそのまま出力する
	Multi-step Dense	中間層が 2 層ある多層パーセプトロン
	CNN	Multi-step Dense に加えて、入力層の次に畳み込み層がある
	LSTM	入力層と出力層の間に LSTM 層が一層ある

以下に、表 2 に沿ったウェアリングオフの予測性能に関する結果を示す。

#### A. 個人モデルの場合

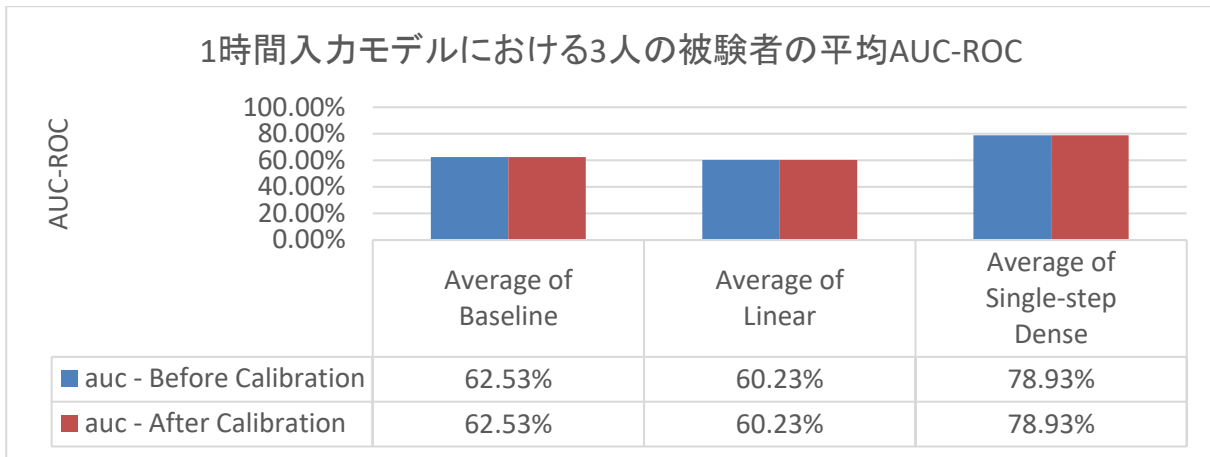


図 6: 過去 1 時間分のデータを入力した場合の 3 人の実験参加者の平均 AUC-ROC スコア。値が高いほど、モデルの精度が高いことを示す。

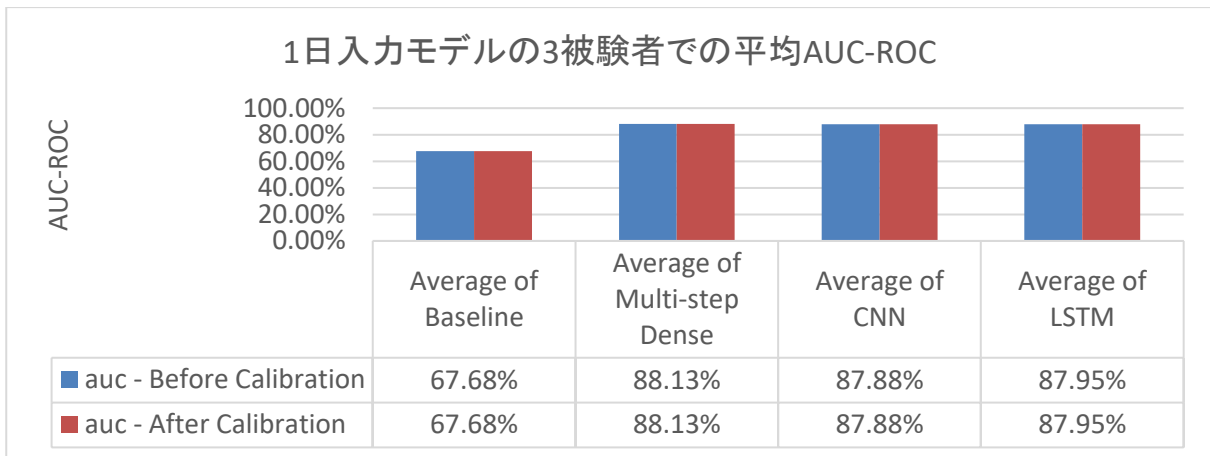


図 7: 過去 1 日のデータを入力とした場合の、3 人実験参加者の平均 AUC-ROC スコア。スコアが高いほど、モデルの精度が高いことを示す。

## B. 一般化モデルの場合

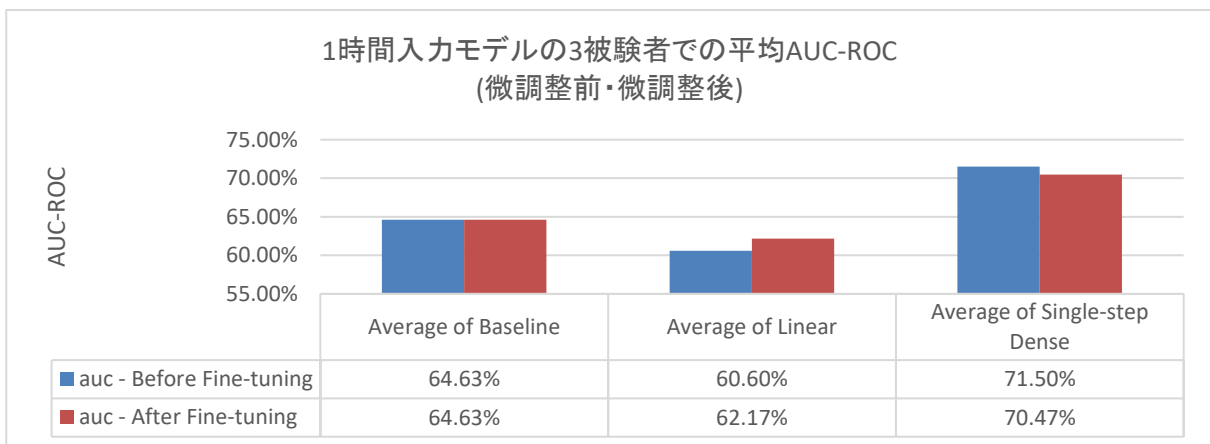


図 8: 1 時間入力モデルにおける 3 人の被験者の平均 AUC-ROC。ファインチューニングの有無の結果を比較。

直近1時間の入力による一般化モデルでは、ファインチューニング無のAUC-ROCが71.50%±12.12%となり、シングルステップ密なモデルが最も優れていることが示された。各被験者のデータでファインチューニングしてもAUC-ROCは改善されず、70.47%±3.16%に減少した。

最後に、直近一日の入力を用いた一般化モデルでは、ファインチューニング有の場合に、CNNモデルが3人の被験者で最も高いAUC-ROCを示した。

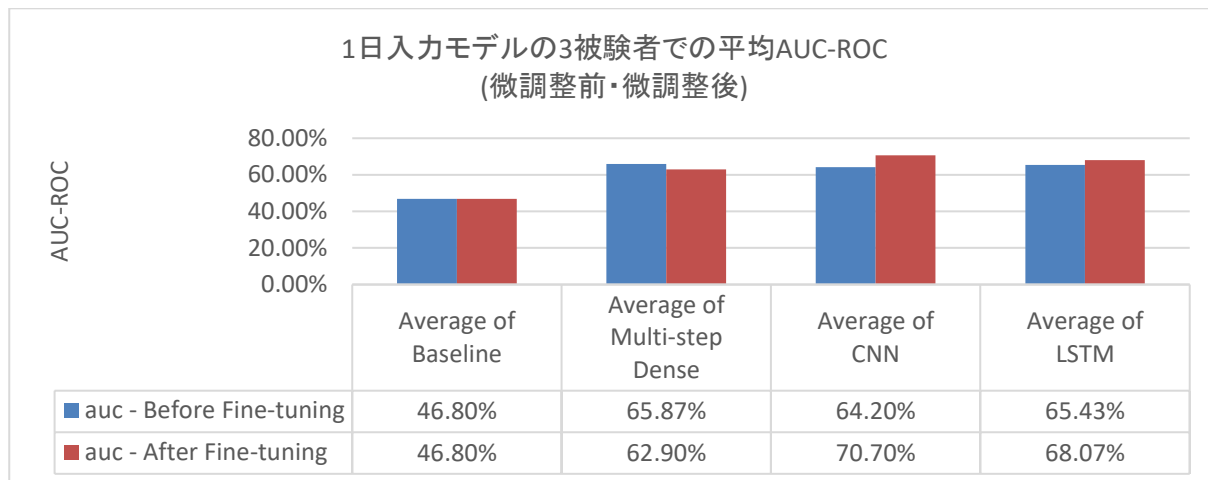


図 1: 1日入力モデルにおける3人の被験者の平均AUC-ROC。ファインチューニングの有無の結果を比較。

以上の結果から、本研究の手法により個人モデルで1時間後のウェアリングオフがよく予測できる可能性があり、また一般化モデルでもそれなりに予測ができる可能性を示すことができた。

#### 4. 今後の課題

本研究では、スマートフォンに入力し蓄積される患者のQOLや症状などに関する尺度を、患者が手首に装着するスマートウォッチから得られる活動度、睡眠、ストレスなどの情報から患者の症状・調子を予測できるモデルを構築すること、また在宅看護に役立つシナリオを構築することを当初目的とした。在看センターの看護師の協力を得て、最終的にはパーキンソン病患者3名から13日～65日間の有用なデータを得ることができた。そして多数の予測モデルをデータから学習して性能を検証したところ、個人モデルで1時間後のウェアリングオフがよく予測できる可能性があり、また一般化モデルでもそれなりに予測ができる可能性を示すことができた。すなわち、研究題目にある「予測的在宅看護のためのスマートデバイスを用いたパーキンソン病や認知症患者の症状や調子変動のモデル化」について大きな一歩を踏み出すことができたと考えられる。しかし、2章で述べたように様々な課題に直面したため、季節変動などさらに長期のデータを集めることはできなかった。しかし本研究により体制が構築できたので、今後長期のデータを集める準備はできたと考えられる。一方、予測結果を予測的な看護に応用するシナリオの構築までには至らなかった。今後長期のデータを集めつつ、予測結果をどのように患者や看護師にフィードバックすると、予測的看護に役立つのかは、今後の検討課題である。

#### 5. 研究成果等の公表予定 (学会、雑誌)

本研究プロジェクトの成果を発表しようとする学会や雑誌は、以下のようなものが考えられる。

学会、雑誌	重要な日程
Conference: 13 <sup>th</sup> International Conference on Health & Social Care Information Systems and Technologies ( <a href="#">HCist 2023</a> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>論文投稿: 令和 5 年 4 月 17 日</li> <li>採否通知: 令和 5 年 5 月 29 日</li> <li>改訂期限: 令和 5 年 6 月 12 日</li> <li>会議日程: 令和 5 年 11 月 8 ~ 10 日</li> </ul>
Journal: IEEE Engineering in Medicine & Biology Society Section ( <a href="#">EMB</a> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>論文投稿: 継続中</li> </ul>
Conference: IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics ( <a href="#">BHI 2023</a> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>会議日程: 令和 5 年 10 月 15 ~ 18 日</li> <li>注: まだ詳細情報はありません。</li> </ul>
Journal: Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies (IMWUT) / Conference: ACM international joint conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp 2023) & ACM International Symposium on Wearable Computing (ISWC 2023)	<ul style="list-style-type: none"> <li>論文投稿: <ul style="list-style-type: none"> <li><a href="#">IMWUT 第 3 号</a>: 令和 5 年 5 月 15 日</li> <li><a href="#">ISWC の Notes &amp; Brief</a>: 令和 5 年 5 月 26 日</li> <li>注: IMWUT と ISWC の Notes &amp; Brief は、いずれも <i>ACM Digital Library</i> に掲載される予定です。</li> </ul> </li> <li>会議日程: 令和 5 年 10 月 8 ~ 10 日</li> </ul>

## 参考文献

- [1] Victorino, J. N., Shibata, Y., Inoue, S., & Shibata, T. (2021). Predicting Wearing-Off of Parkinson's Disease Patients Using a Wrist-Worn Fitness Tracker and a Smartphone: A Case Study. *Applied Sciences*, 11(16), 7354, 22 pages.
- [2] [https://www.iot.kyutech.ac.jp/?page\\_id=1404](https://www.iot.kyutech.ac.jp/?page_id=1404) (2023.3.7 にアクセス確認済み)
- [3] LeCun, Y., Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E., Hubbard, W. E., & Jackel, L. D. (1989). Backpropagation applied to handwritten zip code recognition. *Neural computation*, 1(4), 541-551.
- [4] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.