

審査の結果の要旨

氏名 岩澤 有祐

この学位請求論文「ウェアラブルセンサを利用した人間行動の計測のための表現学習に関する研究」では、ウェアラブルデバイスで得られるセンサデータを対象に、近年注目を集める深層学習の適用可能性をさまざまな角度から議論し、その有効性を検証している。

近年、リストバンド型センサや腕時計型センサなどさまざまなウェアラブルデバイスが普及している。こうしたデバイスを用いることで、ユーザの行動に関するデータを取得することができ、ユーザの行動を把握することができれば多様な応用が可能である。しかしながら、センサデータからの特徴設計はこれまで人手に頼ることが多く、汎用的な手法で行動認識の精度を上げることは難しかった。一方で、近年注目を集める深層学習（あるいは表現学習）は画像認識や音声認識をはじめとするデータに対して飛躍的な精度の向上を遂げている。特徴設計を学習によって行うことができ、ウェアラブルデバイスにおけるセンサデータに対しても、有効であると考えられる。そこで、ウェアラブルデバイスにおけるセンサデータに対して、有効な表現学習技術の開発を行うことが本研究の目的である。

そのために本研究では、3つの研究課題を設定している。ひとつめに、ウェアラブルセンサによる行動認識において、深層学習を適用することで認識精度が向上するかどうかを検証する。慣性センサによる4つのデータセットに対して、最大24層のニューラルネットワークを適用することで、従来手法よりも実際に精度が向上することを示した。特に、学習データが得られていないユーザに対しても、従来利用されてきた特徴量より優れていることを確認した。

2つめに、センサデータによりユーザの行動や属性等の情報を推測することが可能になるため、プライバシーの問題について議論する。認識精度が上がれば上がるほど、プライバシー漏えいのリスクが大きくなる。事業者にとってプライバシー上のリスクがあることは大きな障害になる。そこで、できるだけプライバシーへ配慮しながら、高い精度で行動に対する情報を取得することのできる手法が求められる。本研究では、敵対的生成ネットワークとよばれる手法を改良し、ユーザの違いに影響されないような特徴量を獲得する手法を提案している。3つの行動分類タスクにおいて提案手法と通常の高層学習の認識精度およびユーザ独立性の比較を行い、提案手法がユーザの独立性が高くプライバシーに配慮した表現が獲得できることを検証した。

3つめに、学習データが少ないユーザに対して認識精度を上げるには、学習済みのモデルをうまく活用する必要がある。深層学習は通常、多数のパラメータをもつために、大量のデータが必要となる。それに対して、近年では蒸留という手法が提案されており、学習済みのニューラルネットワークの知識を別のニューラルネットワークに転移することが可能になっている。そこで本研究では、蒸留によるユーザ適応の手法を提案し、学習済みモデルから得られる情報とラベル無しデータを活用することで効率的に行動認識の精度をあげられることを示した。8つのユーザ適応手法と提案手法を比較し、ラベルなしデータを活用することで過学習を抑制しながら適切なユーザ適応が行えることを示した。

これらの3つの研究を通して、ウェアラブルセンサを利用した行動認識について、認識精度やプライバシーの観点から知見を整理し、さらには今後の活用可能性の観点から議論を行っている。本論文は、ウェアラブルセンサという急速に普及が進んでいるデバイスを対象に、近年注目が高まる深層学習の適用可能性をさまざまな角度から議論しており、ウェアラブルデバイスの今後の活用につながるとともに、深層学習の応用例としても有用な知見を提供するものである。プライバシーに関する研究では、深層学習の手法のひとつである敵対的生成ネットワークを組み合わせている点に新規性があり学術的な意義が高いと同時に、行動認識の精度をできるだけ損なわずにユーザに対する情報を減らす本手法は、実用面においても意義が高い。また、深層学習の大きな制約となるデータの量に関しては、近年考案された蒸留という手法を用いてその解決策を示しており、学術的な意義と同時に、実用面における意義も高い。以上、ウェアラブルセンサに関する重要な課題に対して新規性の高い手法を提案しており学術的な貢献が高いと同時に、実社会におけるウェアラブルセンサの活用に必要な課題に対する解決策を示している点も高く評価できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。