

リハビリテーション自動記録にむけたウェアラブルセンサ装着部位の検討

小向航平[†] 大村廉[‡]豊橋技術科学大学情報・知能工学課程[†] 豊橋技術科学大学情報・知能工学系[‡]

1. はじめに

理学療法士が行うリハビリの記録は、その時間的な制約から、現場での記録はメモ程度に留め、複数人の患者への処置を終えた後にメモを辿りながら行うなど、十分に正確かつ詳細な記録が行えていないという現状がある。また、このような記録の不十分さから、リハビリ内容を定量的に評価し、各リハビリ内容の効果に対する継続的な分析なども十分に行われていない。

そこで、我々は行動認識技術を用いて患者が行っているリハビリ行動を自動で認識し、リハビリ記録を自動化するシステムの開発を行なっている。これにより、詳細なりハビリ行動を自動的に記録することで理学療法士の補助や、リハビリに対する定量的な分析ができるようになることが期待できる。

リハビリの認識について、リハビリはリハビリ室（屋内）だけでなく屋外を含めた様々な場所で行われる場合がある。このため、環境に設置されるカメラなどを用いるのではなく、患者に装着されるウェアラブルセンサなどからその認識を行うことが適切である。ウェアラブルセンサを用いた行動認識技術では、複数の複雑な行動を認識するにあたり、高精度の認識を得るためには複数のセンサを装着する必要がある。しかしながら、リハビリ現場において複数のセンサを装着することは、理学療法士、および、患者双方にとって負担となり、実用性を大いに損ねてしまう。このため、ウェアラブルセンサの数は可能な限り減らすことが必要となる。

そこで、本研究では、リハビリテーション自動記録システムにおいて、高い認識精度を保ちつつ、使用するウェアラブルセンサ数の削減することを検討する。また、限られたセンサ数で行動を認識するにあたり、認識に適したセンサの装着位置を検討する。

2. 関連研究

Natthapon Pannurat^[1]らはヘルスケアモニタ

リングシステムを目的とし、ウェアラブルセンサを利用した行動認識技術において、加速度センサの装着数、および、位置、使用する特徴量の検討を行っている。しかし、彼らの研究における認識対象は定常的な姿勢が主であり、動作の認識は”歩行”の一種のみである。しかし、リハビリの認識では、姿勢認識よりも動的な動作を認識する必要がある。本研究では、リハビリ動作を認識対象とした場合のセンサの装着数や位置の検討を行う。

3. 実験方法

本研究では、リハビリ行動の認識に必要なウェアラブルセンサ数やその位置を調査する。ウェアラブルセンサとして、3軸加速度・角速度データが取得可能なセンサ(ATR Promotions社 TSND121)を使用する。本実験に参加する被験者(認識対象者)は、障がい箇所が異なる被験者間では結果が異なると考えられるため実際のリハビリ患者ではなく、健常者14人とした。ウェアラブルセンサは、図1に示すよう、被験者の体表面7ヶ所に装着してもらった。また、認識対象となる行動は、国立長寿医療研究センター指導の下、実際のリハビリで行われている動作を再現した10種類の行動(表1)とした。このような条件において、認識精度を評価し、適切なセンサ数、および、その設置位置を検討する。

ウェアラブルセンサのデータはサンプリングレート100Hzで取得した。ウィンドウサイズ2560ms重なり50%のスライディングウィンドウ方式を用いて加速度・角速度データを切り出し、切り出したウィンドウから7種の特徴量(平均・分散・最大・最小・ピーク周波数・エネルギーパワー・軸間係数)を抽出した。総インスタンス数は3261個である。また、行動の認識にはSVM, ナイーブベイズ(NB), 最近傍法(1NN), k近傍方(k=3) (3NN), ランダムフォレスト(RF)を用いた。leave-one-subject -

Exploring Combinations and Places of Wearable Sensors for Automatic Rehabilitation Recording

[†] Kohei Komukai, Toyohashi University of Technology

[‡] Ren Omura, Toyohashi University of Technology

out 交差検定法を用いて、認識精度を F 値により評価した。

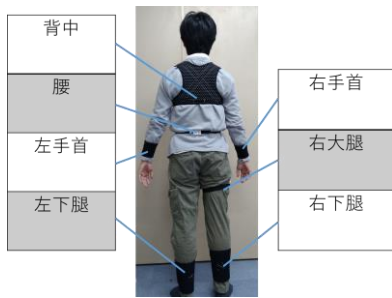


図 1. ウェアラブルセンサ装着図

表 1. 認識対象行動

歩行 (平地)	立ち座り
歩行 (階段)	座位保持・座位バランス
ベッド上での起き上がり	立位保持・立位バランス
ベッド椅子間乗り移り (立つ)	関節可動域訓練 (肩)
ベッド椅子間乗り移り (立たない)	関節可動域訓練 (股関節)

4. 実験結果と考察

図 2 に識別器別センサ数とそのセンサ数時の設置位置組み合わせにおける最大 F 値を示す。図 2 より、いずれの識別器においても 7 センサ時から 3 センサ時までは F 値に大きな変化は見られなかった。このため、装着センサ数は 3 センサで十分であると考えられる。

図 3 に 3 センサの設置位置組み合わせにおける F 値上位 5 組を示す。図 3 より、センサ組み合わせがいずれの場合であっても RF を使用した際の F 値が最も高かった。また、RF 以外の識別器において 4 センサ使用時の最大 F 値よりも RF における 3 センサ使用時の F 値の方が高かった。よって、RF 認識器がリハビリ行動の認識には適していると考えられる。

図 4 に RF 認識器を使用し、3 センサ使用時の F 値上位 5 つの装着位置組み合わせを示す。最も F 値が高いセンサ装着位置の組み合わせは“右大腿・背中・右下腿”であった。しかし実験中に、背中にセンサを装着する事は特殊な装着具（実験では姿勢矯正用ベルトを使用）を必要とし、被験者の体格によっては負担になる可能性があることや、装着が困難であるなど場合があるなどの問題があった。このため、実用的には背中へセンサを装着しない組合せで、かつ、F 値が最も高い“右大腿・腰・右下腿”へセンサを装着することが適切だと考えられる。この時、最も F

値の高い組である“右大腿・背中・右下腿”との F 値の差は 0.009 であり、誤差の範囲であると考えられる。

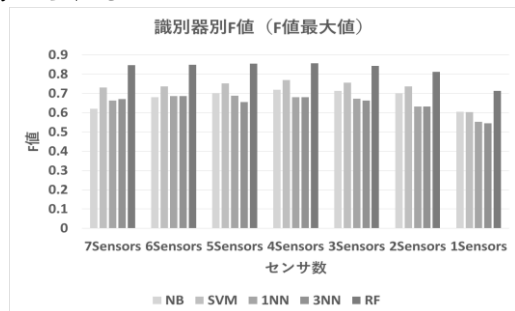


図 2. 識別器別センサ数と最大 F 値

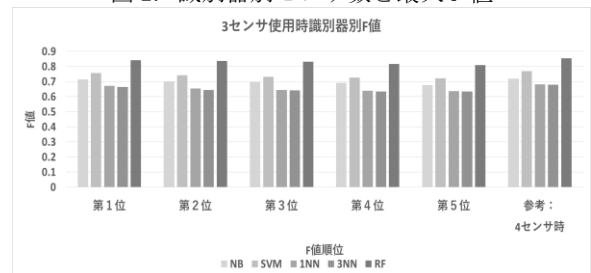


図 3. 3 センサ時の識別機と F 値の関係



図 4. 3 センサ使用・RF 認識器使用時の装着位置別 F 値

5. まとめ

本研究では、ウェアラブルセンサを用いたりハビリ行動認識において、少ないセンサ数で高精度な認識を達成することを目的とし、認識精度とセンサ数のバランス及び最適なセンサの装着位置の調査を行なった。10 種類のリハビリ動作を対象とした実験を行い、その結果、“右大腿・腰・右下腿”の 3 つのセンサを使用し、RF 認識器を使用することで、F 値 0.833 で認識可能であることを確認した。

謝辞

本研究を進めるにあたり、実験の実施に多大なご協力頂いた国立長寿医療研究センターの皆様 に深く感謝申し上げます。

参考文献

[1] Natthapon Pannurat et al., Analysis of Optimal Sensor Positions for Activity Classification and Application on a Different Data Collection Scenario, 2017