

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：33501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01590

研究課題名(和文) 機械学習を用いた早期の生体情報及び活動状況変化検知システムの開発

研究課題名(英文) Development of an early health care condition and activity change detection system using machine learning

研究代表者

内田 恭敬 (Uchida, Yasutaka)

帝京科学大学・生命環境学部・教授

研究者番号：80134823

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：フレキシブル型感圧センサを用いて、ベッドからの起き上がりとそれに続く歩き始めの状態を測定することで疑似的な体調変化と被験者による違いが機械学習を応用した装置でクラス分け出来ることを示した。透析患者への調査を予定したが、新型コロナウイルス感染拡大期と重なり延期となっている。また、利用するクラウドサービスの検討・改良を行い、生活活動と体調の情報収集を行った。これらの結果を用いて質的分析結果とテキストマイニングによる分析を行い、それぞれの分析では関連付けられなかった語句の関連付けが可能であることを示した。長時間の脈波のスペクトル分析から生理的現象を表すと考えられるピークを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

起き上がりからそれに続く歩行の初期段階を分析することで体調の変化が検出可能であり、独居および高齢者2人程度の世帯であれば個人の識別も可能であることを示した。装置も基本的な検出部分が2万円程度でできることを確認した。これらの装置は容易にネットワークにつながれることから、見守りを行う家族への連絡も可能となる。クラウドサービス利用による被験者記載内容の検討と結果の質的及び量的な整合性の可能性を示し、長時間の脈波の測定結果との関連付けの可能性も示した。

研究成果の概要(英文)：A flexible pressure sensor is used to measure the state of getting up from the bed and the subsequent start of walking. Measurement of pseudo-body condition changes and differences between subjects can be classified by a device that applies machine learning. A survey of dialysis patients was scheduled to be conducted, but this was postponed because it coincided with the spread of the new coronavirus. Also, we examined and improved the cloud services to be used and collected information on daily activities and physical conditions. Using these results, we conducted qualitative analysis results and text mining analysis, and showed that it was possible to associate words that were not related in each analysis. From the long-term spectral analysis of the pulse wave, we found a peak that is considered to represent a physiological phenomenon.

研究分野：センサ技術応用

キーワード：機械学習 体調変化検出システム フレキシブル型感圧センサ 生活活動調査 クラウドサービス 脈波 スペクトル分析

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

IoT の技術が発展し多種多様な保険・福祉機器、見守り・離床センサ、簡易型動作解析装置、生体情報測定ウェアラブルが開発され市場に流通し始めていたが、機器の性能と現場のニーズにはうまく対応できていない状況であった。また、生体情報測定機器はデータ処理された脈拍や呼吸の変化を扱うのみでセンサからの生データや周波数成分に基づく解析は行われておらず、わずかな生体情報変化は捉えられていなかった。複数センサからのデータを組み合わせ、データマイニング・機械学習させ、生活活動の状態・能力を捉える研究も開始当初は見当たらなかった。高齢者の見守りに関して、脳波や脳血流を測定してベッドからの離脱に関する研究や画像処理機能を使用したカメラシステムも開発されていたが、プライバシーの侵害や導入後のメンテナンスや運用コストなどの金銭的な問題があった。

### 2. 研究の目的

自ら生活する力があっても何かあったら同居・入所を余儀なくされる独居困難者、運動機能障害者や気分障害者等の、日常生活における体調の変化を自然な形でモニタリングし生活改善へ繋げるシステムの開発を目的とした。生体情報波形解析法を、新たに製作するフロアマットやベッドシート、市販のウェアラブル機器から取得したデータに適用し、心身機能障害者等の日常生活における長時間の生体情報・活動状況変化を捉え、大量のデータをデータマイニング・機械学習させ、リハビリテーション専門化による生活活動能力判定と合わせ早期生体情報・活動状況検知から生活改善へ繋げるシステムである。

### 3. 研究方法

#### (1) 実生活に応用できるシステムの開発

我々はベッドからの起き上がりとその後の歩き出しにおける時間差に着目し枕から頭部が離れた瞬間から起き上がり座位になるまで、座位から立位、立位から歩行に要する時間差をセンサから得られたデータに機械学習を用いて体調変化の検出を行った。

初期的実験結果に基づき、図 1 に示すように、枕の上部に 1 個、ベッド端に 10cm 間隔で 3 個、および床に 20cm 間隔で 4 個配置した。図中のデータロガーは NI 社製のデータロガーを用いている。感圧型フレキシブルセンサは 10M から 100 程度まで変化するので、これと直列に接続した 1k の抵抗の両端の電圧をデータロガーの入力としている。サンプリング周期は 10ms としている。

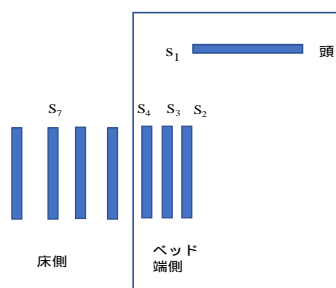


図 1. センサ配置

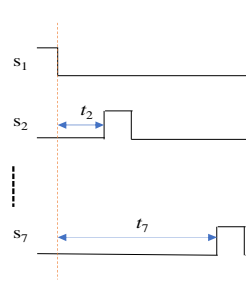


図 2. 特徴量としての時間の定義

特徴的な運動制限として、起き上がりと歩行に大きく影響すると考えられる膝関節の運動制

限と肩関節の運動制限を検討した。折り畳み式の簡易型ベッドであるため、実際に使用されているベッドに比べ高さが約 40 cm 程度と低くなっている。この状態で起き上がりに大きく影響する条件を検討した。実験ではベッドの右側からのみ起き上がることを想定した。その結果、測定のスタートは枕から頭が離れる状態とした。その後どのポイントで測定を行うのが効果的かを実験により確かめたところ、ベッド端に 3 個とフロアに 4 個のセンサを配置することで、目的とするデータが測定できることを確認した。分析に使う特徴量としての時間は図 2 に示すように定義した。基準となる枕の部分に配置した線を基準として、各センサからの信号の立ち上がりまでの時間を応答時間  $t_2$  から  $t_8$  とした。条件によっては反応しないセンサがあり、その場合には測定装置の上限の 10s とした。また、8 番目のセンサは歩幅の関係で全く反応しなかった。機械学習のために 2 特徴量として 3 通りの条件を分類できる組み合わせを検討した。

体調不良の検出の可能性をチェックするため、男性 60 及び 70 歳代の被験者に対して、運動制限のない場合と、膝および上腕のベルト固定による運動制限を実施した場合の動作時間を測定した。運動制限無、右膝関節運動制限有、右上腕固定による肩関節運動制限有をそれぞれ 10 回、合計 30 回の測定及びデータ収集を行い、出力波形を測定した。

分析方法として、簡易システムを作製することを想定して Python を用いた。プログラムは windows 上の jupyter を用いた。機械学習ライブラリーは scikit-learn を用い、分類用のモジュールは svm モジュールを用いた。

機械学習の特徴量取得のため、各応答時間の組み合わせを 2 次元的にプロットして、特徴量として使用可能な組み合わせを検討し、 $t_2$  と  $t_7$ 、 $t_3$  と  $t_7$  および  $t_4$  と  $t_7$  の組み合わせが有効であると結論し機械学習を行いクラス分けを行った。

#### (2)生活活動と様式の調査解析

ネットワークを利用したデータ収集方法として、クラウドを利用した Google のサービスや市販のキントーンを用いるとともに、脈拍・活動測定センサを用いた長時間測定に関して、ウェアラブル装置の中で脈拍の生データが得られるポラール社製の M200、M430 を用いて脈拍長時間の実験を試みた。これらから得られる活動量の評価と、パソコン及びスマートフォンから入力した Google のクラウドサービスや、応用性の高い市販のキントーンを用いて生活状況と体調に関する情報を収集した。活動日時・活動時間・体調疲労感・眠気・ストレス・自由記載結果との関連性を主とする調査を行った。社会調査専門家の協力にて量的な分析の他に質的分析も実施した。

### 4.研究成果

#### (1)同一被験者での運動制限の差の検出

分析において 30 個のデータの組み合わせのうちそれぞれ 7 セット×3 の 21 個のデータを学習用データとし、3 セット×3 の 9 個のデータをテスト用データとした。線形カーネルと動径基底関数カーネルを用いた。動径基底関数カーネルの誤差の許容度を表す C 値と分類曲線の曲がり具合を表す  $\gamma$  値の最適化を行った。図 3 に示すように、特徴量  $t_2$ - $t_7$  の組み合わせにおいてテストデータを用いた精度を調べた。分析例を図に示す。C 値にはあまり依存しないことが分か

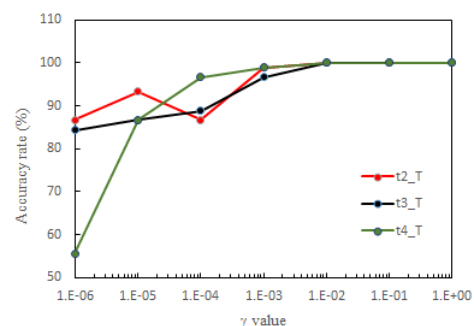


図 3. 精度の依存性

った。線形カーネルでは約 90% が得られ、動径基底関数カーネルでは  $C=1.0$  で 値に大きく依存することなしに 85% 以上の精度が得られた。

特徴量  $t_3-t_7$  の組み合わせで行った場合の精度は線形カーネルでは 90%、動径基底関数カーネルでも  $C$  値に大きくは依存せず 84% 以上の値が得られた。

特徴量  $t_4-t_7$  の組み合わせで行った場合の精度は線形カーネルでは 83% であったが動径基底関数カーネルでは  $C$  値および 値に大きく依存した値となった。

#### (2) 複数被験者での個人の区別及び運動制限の有無の検出

実際の測定では複数の被験者がマット上を歩行する可能性がある。これを想定して被験者の特定ができるのか、また、何かしらの運動制限がある場合にそれがデータとして得られるのかを測定した。基本的に測定は同じ装置で行っている。被験者は 70 歳代の男性を加えて 2 名とした。高齢者世帯では 2 人の世帯が多いと

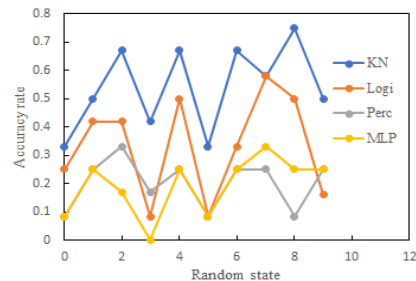


図 4. 分析モデルによる違い ( $t_2-t_7$ )

の報告もあり条件を設定した。特徴量は  $t_2-t_7$  である。K 近傍分析(KN)、ロジスティック回帰(Logi)、パーセプトロン(Perc)、多層パーセプトロン(MLP)解析法を用いテストデータのサンプリングの組み合わせを変えたときの精度の比較を行った結果を図 4 に示す。単純な分析では比較データ数の少ない場合に適用が向いているとされる K 近傍近似が良い値が得られることも分かった。

#### (3) 特定の被験者の特徴を目指した条件での検出

装置の低価格化に関して、LabVIEW からアルディーノ MEGA2560 に変更することで低価格化が実現できた。特に歩行中の変化に注目し、足裏の体重の分布を検出、歩行速度を検出できるようにフレキシブル抵抗を 2 次元に組み合わせることで、体重のバランス変化の状態と歩行速度が検出できることを疑似的な実験により確かめた。透析患者の方が透析前後で明らかに体調変化を生じることが分かっているので、本システムを用いて、歩行時の変化を 2 月末から 3 月に被験者に測定を行う予定であったが新型コロナウイルスの関係で測定を行うことができず有用性を示し切れしていない。

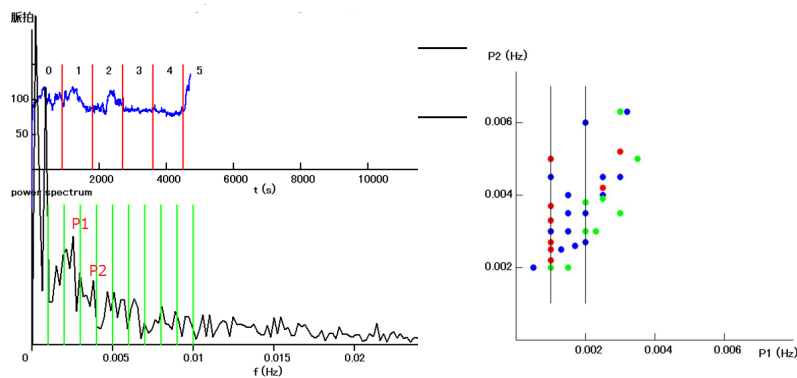
#### (4) 生活活動と様式の調査解析

機種依存性の少ないと考えられる Google のクラウドサービスを用いたアンケート調査を行ったが、記載に時間及び集計及び管理に関して自由度が少ないことが分かった。日常生活での体調と活動内容の記録はクラウドサービスであるキントーンを用いることとした。当初検討した記入項目では健常者でも毎日の記入は負担が大きく、本研究で開発した装置を用いる必要がある高齢者や通院している方では記入が困難であることが分かり検討が必要なが分かった。

脈拍測定と生活記録については、被験者は 3 名で、腕時計タイプのウェアラブル機器ポラール M200 と M430 で、被験者自身の自由裁量により脈拍を 3 週間測定した。また、特徴的な行動を測定するように心がけた。記録の必須項目は、体調、疲労度、自覚するストレス程度(負担感)とし、最良 1 から最悪 10 の 10 段階で自己評価を行った。任意の項目は、食事、入浴、排泄、睡眠、移動(歩行)、移動(電車乗車)、移動(車運転)、通院(治療)、仕事、家事、趣味、他とし、通常の生活とは異なる特徴的な生活活動の場合のみ項目をチェックする形とした。さらに自由記載のコメント欄を設けた。

作業療法士による質的分析と KHCoder を用いたテキストマイニングを用いて「人」「作業」「環境」の比較を行い、共起ネットワークや多次元尺度の解析も行った。質的分析では出現の多い「作業」の活動名がテキストマイニングでは出現が少ない傾向がみられた。また、質的分析では関連付けられていなかった語句の関係性の表示や、「ストレス」が頻出語句となるなどの傾向が見られた。

ある被験者の脈拍の長時間測定結果とそのスペクトル分析の結果を図 5 (a) に、図 5 (b) に 3 人の被験者のピークスペクトル位置の関係を示す。被験者 3 人の低周波数側のピーク (P1) がほぼ同じ位置で測定されていることから何らかの生理的現象を表すと考えている。別の実験データからは、健康状態が良好な場合、脈拍数の最小値と最大値が低いこと、健康状態が悪いときには、健康状態が良いときに比べて最小脈拍数、最大脈拍数ともに高い値を示す、活動時にはその種類によって結果が異なるなどの知見も得られた。



(a) 長時間測定波形とスペクトル (b) 被験者によるピークスペクトル位置の違い

図 5 脈拍の長時間測定とピークスペクトル分析結果

現在新規に購入したウェアラブル装置によりサンプリング時間の短い脈波のリアルタイム測定とデータの蓄積ができるようになり上記スペクトル解析との関連を調査中である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 内田恭敬、船山朋子、浅野泰仁、木暮嘉明	4. 巻 20
2. 論文標題 圧力センサを用いた簡易見守りシステムへの機械学習応用の可能性	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第162回ヒューマンインタフェース学会研究会報告集	6. 最初と最後の頁 59-62
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 内田恭敬、木暮嘉明、船山朋子、浅野泰仁	4. 巻 21
2. 論文標題 圧力センサを用いた簡易見守りシステムからのデータ分類法の検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第164回ヒューマンインタフェース学会研究会報告集	6. 最初と最後の頁 15-18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Uchida, T. Funayama nad Y. Kogure	4. 巻 237
2. 論文標題 Support Vector Machine Analysis to Detect Deviation in a Health Condition Monitoring system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors & Transducers	6. 最初と最後の頁 103-108
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 船山朋子、木暮嘉明、堀和芳、内田恭敬	4. 巻 22
2. 論文標題 日常生活と生体情報に関する試験的調査	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第174回ヒューマンインタフェース学会研究会報告集	6. 最初と最後の頁 31-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 内田恭敬、船山朋子、木暮嘉明	4. 巻 22
2. 論文標題 体調変化検出システムの分析手法に関する検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第174回ヒューマンインタフェース学会研究会報告集	6. 最初と最後の頁 35-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Y. Uchida, T. Funayama, Y. Asano, Y. Kogure
2. 発表標題 Proposal for a simple care system using pressure-sensitive resistors at nursing site
3. 学会等名 ICSSI2018&ICServ2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Uchida, T. Funayama and Y. Kogure
2. 発表標題 SVM Classification of Data Obtained from a Health Condition Monitoring System Using Flexible Force Sensing Resistors
3. 学会等名 SEIA2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Uchida, T. Funayama and Y. Kogure
2. 発表標題 Bedside monitoring system with machine learning to independent living people
3. 学会等名 24TH RI WORLD CONGRESS 2021 (国際学会)
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 T. Funayama, Y. Uchida and Y. Kogure
2. 発表標題 Monitoring of Daily Health-condition with Wearable Device and Network
3. 学会等名 24TH RI WORLD CONGRESS 2021 (国際学会)
4. 発表年 2020年～2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	本間 信生 (HOnma Nobuo)  (20252017)	帝京科学大学・医療科学部・教授  (33501)	
研究分担者	浅野 泰仁 (Asano Yasuhito)  (20361157)	東洋大学・情報連携学部・教授  (32663)	
研究分担者	舩山 朋子 (Funayama Tomoko)  (20460389)	帝京科学大学・医療科学部・准教授  (33501)	
研究分担者	大久保 英一 (Ookubo Eiichi)  (30529722)	帝京短期大学・帝京短期大学・講師  (42639)	
連携研究者	木暮 嘉明 (Kogure Yoshiaki)  (20016124)	帝京科学大学・公私立大学の部局等・名誉教授  (33501)	