

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：83807

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12432

研究課題名(和文) 腰の筋電・姿勢計測に基づく介護動作の教育指導支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of an educational support system for care workers based on the assessment of lower-back muscular work load

研究代表者

易 強 (YOTO, YI TSUYOSHI)

静岡県工業技術研究所・ユニバーサルデザイン科・上席研究員

研究者番号：50505641

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：介護人材を十分確保するためには、介護職員の養成教育の段階で腰痛予防対策を図ることが重要と考えられる。介護福祉士の教育現場の要望を踏まえ、授業で介護動作を練習する学生の腰に取り付ける小型の無線筋負担計を試作した。さらに、この筋負担計から得られた生体データと介護動作の映像とを同期してタブレットPCで表示する介護動作教育指導システムを試作した。試作したシステムについて、福祉系大学の教員及び学生を対象にユーザビリティテストを行った。その結果、介護動作の指導において有用で、満足度(100点満点で88点)の高いツールと評価された。

研究成果の概要(英文)：In order to sufficiently secure care worker personnel, it is important to consider new measures to prevent low back complications during the training stage for nursing staff. Based on the requests of the teachers of care worker, we made a prototype of small wireless muscular workload meter which attaches to the waist of a student, and it measures the workload of muscle of students practicing nursing care movement in class. In addition, the prototype sends muscular workload data to a tablet PC while the tablet captures the video data of the care worker during training. This data is synchronized in real-time. For the prototype system, we conducted usability tests with teachers and students from welfare universities. As a result, it was useful for teaching nursing care procedures and was evaluated as a useful tool. (88 satisfactory points with 100 points outstanding).

研究分野：人間工学

キーワード：教育支援 介護動作 筋電計測 行動観察 腰の負担 ユーザビリティ評価

1. 研究開始当初の背景

平成 27 年版高齢社会白書によると、日本の高齢人口は 3,300 万人、65 歳以上の要介護者等認定者数は約 550 万人であり、10 年後には高齢者がさらに 350 万人増えると予想されている。それに対し、平成 25 年度時点で約 170 万人である介護職員を平成 37 年度には 250 万人に増員していく必要がある¹⁾。政府が「介護離職ゼロ」政策を打ち出していることから、介護職員の役割はますます重要になっている。

一方、介護の仕事で腰痛を経験した介護職員は 8 割を超え、介護に従事してから 2 年以内に腰痛が発症した人は約 6 割となっており、これが介護職員の高い離職率の一因となっている。よって、介護人材を十分確保するためには、介護職員の養成教育の段階で腰痛予防対策を図ることが重要と考えられる。

通常介護職員になるには、介護職員初任者研修や養成施設での教育を経るのが一般的である。介護技術を学ぶ過程で、学年が上がるにつれて腰痛に関する不安が高くなるとの調査報告がある²⁾。腰痛予防に対する取り組みとして腰痛予防体操を実践する事例³⁾はあるが、介護動作を学習する際に腰痛予防対策を講じることは少ない。介護動作は、教科書や模範動作ビデオの視聴をベースとして、教員の知識や経験を基に指導されているのが現状である。その中では、ボディメカニクスの考え方から得られた無理な力を使わず腰痛が発生しにくい動作を指導しているが、学習者が、正しくその動作を習得したかどうかを外見から判断するのは非常に困難である。

これまでの介護動作の研究では、筋電図などの生理計測や 3 次元動作解析で身体にかかる負担を可視化する方法が取られてきたが、高価で大型の機材が必要であること、計測や解析の手順が煩雑であることなどの理由で、教育現場への導入が進んでこなかった。

近年電子技術の進歩により、従来に比べて生体情報計測用機材の小型化が進み、データ収集が容易となってきている。われわれも、運動指導現場での利用が容易となる、多様なセンサ情報の統合評価技術の開発を行ってきた⁴⁾。これらの技術を活用した小型筋負担計による生体情報に基づく介護動作教育支援システムの開発を目指した。

2. 研究の目的

介護動作を習う学生の腰部に簡単に装着できる小型筋負担計を試作し、計測した生理的および物理的データに加え、介護動作の映像をリアルタイムに指導教員に提示し、介護動作時の筋負担を可視化するために教育指導支援システム(図 1)を開発することとした。

3. 研究の方法

(1) 教育指導支援システムの要求項目調査
筋負担を可視化する「介護動作教育指導支援システム」の開発にあたり、介護福祉士を養成教育する現場の要求項目を明確にするために、介護動作を指導する教員を対象にヒアリングを実施した。

(2) 筋負担計の 1 次試作

腰へ取り付けるため、より小さい筋負担計という基準で、MEMS 技術を活用した多点計測できる筋電センサ、腰部の姿勢情報の検出に利用できる角速度センサ、加速度センサモジュールを選択した。無線で計測したデータを PC に転送するための無線モジュールを選定した。各モジュールを 1 枚の小型回路基板に纏めるように EAGLE7.5 で設計した。PC でデータを収録するために、LabVIEWTM 2015 で専用収録プログラムを試作した。

(3) 筋負担計の 1 次試作の検証実験

試作した筋負担計と市販の筋電計 (MQ8, KISSEI COMTEC 製) 加速度及び角速度計 (モーションレコーダ MVP-RF8-HC, Microstone 製) の計測結果を比較するために、腰に異なる負担のかかる動きにおける、脊柱起立筋の筋電位、加速度、角速度を同時に計測した。

腰を曲げる角度、速度、曲がる時の手にかかる荷重、持つ手の体からの距離の違いによって、人が感じる腰の負担を、筋負担計で計測したデータにより評価できるかを実験した。

また、ある特定の筋の負担を評価する際に、その筋が出せる最大随意筋力 (MVC) 下の皮膚表面筋電位の振幅を基準にすることがある。実験室では専用機器で測ることが一般的であるが、教育現場でそれに代替する簡易な方法が求められるため、この実験で模索した。

実験は静岡県工業技術研究所研究倫理審査委員会の承認を経て、大学生 13 人を対象に行った。

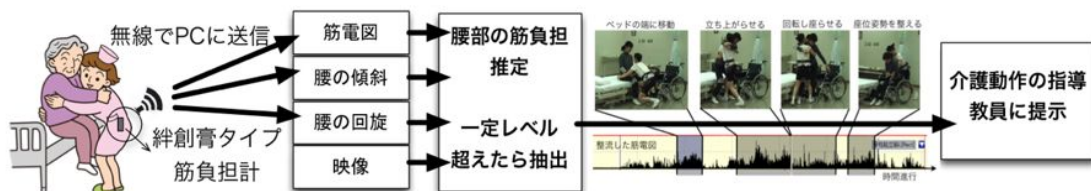


図 1 筋負担を可視化する「介護動作教育指導支援システム」の概要

(4) 筋負担計の2次試作

筋負担計の1次試作の検証結果を踏まえて、よりPCと相性の良い省電力の無線モジュールを搭載した2次試作を行った。

(5) 介護動作教育指導支援システムの試作

筋負担計からの各種データとその動作の映像を同時に記録し、その後再生できるプログラムをLabVIEW™ 2017で試作した。試作したプログラムは現場で手軽に使えるタブレットPCに搭載した。

調査した教育指導支援システムの要求項目に従って、最大随意筋力を基準に一定レベルの筋負担が超えると教員や本人に知らせる機能を搭載した。

(6) 介護動作教育指導支援システムのユーザビリティ評価

試作した介護動作教育指導支援システムを教育現場で実際に使ってもらい、有用性の検証と使いやすさを向上させるために、ユーザビリティテストを実施した。

ユーザビリティテストは静岡県工業技術研究所研究倫理審査委員会の承認を経て、延べ18人を対象に行った。

タスク：全介助の必要な利用者役を仰臥位から車椅子に移乗させる。

プロトコル：各テストでは介護教育資格のある教員1名と介護福祉大学生2名を1組とし、学生にそれぞれ利用者役と介護者役をロールプレイさせた。各テストは計3組に対して行った。

テスト場所：福祉系大学介護実習室

観察記録：教員のタブレット操作画面、テスト全体の様子をビデオカメラで記録した。テスト後に、システムの満足度(100点満点)良い点、困った点、要望等について回顧インタビューを行った。

4. 研究成果

(1) 教育指導支援システムの要求項目調査結果

介護福祉士の養成教育を実施している福祉系大学の介護実習教室で4名の指導教員に対して、実際に指導している介護動作を取り上げ、ロールプレイングの介助者と被介助者を指導した際のシステムに対する要望を聴取した(写真1)。



写真1 介護教育現場調査風景

ヒアリングの結果、「介護動作教育指導支援システム」への要求項目が明らかになった：

- ・一定の筋負担を超えると警告を出すこと
 - ・複数のグループに分かれて利用できること
 - ・ポータブル端末で容易に視認できること
 - ・簡単に装着、操作、運用できること
- この研究成果は文献〔学会発表〕 参照。

(2) 筋負担計の1次試作結果

筋負担計の1次試作の外形(写真2)、回路図(図2)及び主な仕様は表1に示す。この研究成果は文献〔学会発表〕 参照。

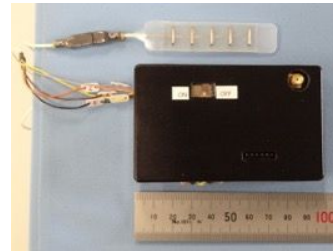


写真2 筋負担計の1次試作

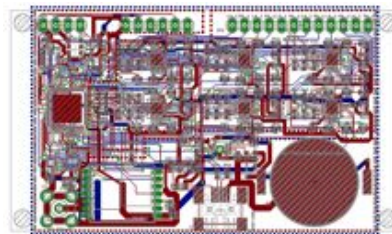


図2 筋負担計の1次試作の回路図

表1 筋負担計1次試作の仕様

項目	仕様
筋電サンプリング周波数	500,1000Hz(ソフト切り換え)
分解能	12bit
周波数特性	0.8Hz~500Hz
同相信号除去比(CMR)	86dB
筋電の増幅率	1000倍
筋電チャンネル数	最大6
加速度	3軸(±2G)サンプリング周波数25Hz
角速度	3軸(±250deg/s)サンプリング周波数25Hz
無線通信方式	Bluetooth
通信距離	10m
重量	55g(連続動作10時間充電電池含む)
寸法	95mm×58mm×17mm



写真3 試作した収録プログラム

(3) 筋負担計の1次試作の検証結果

試作した筋負担計と市販の筋電計の計測結果の比較実験風景は写真4に示す。



写真4 筋負担計の比較実験

表2 試作と市販の筋電計計測結果の相関

Subject ^a	r
1	0.946***
2	0.788***
3	0.945***
4	0.960***
5	0.938***

^an = 72 for each subject. *** p < 0.001

実験の結果、試作した筋負担計と市販の筋電計から得られた各被験者のデータは高い有意な相関を示した(表2)。

この研究成果は文献〔学会発表〕 参照。

腰を曲げる角度(45度・90度)、速度(50bpm・60bpm)、曲がる時に手に持つ荷重(0kg・4kg・8kg)、持つ手と体の離れる距離(近・遠)の違いによって、人が感じる腰の負担を筋負担計で計測した結果を図3で示す。多元配置分散分析の結果、全4要因に主効果があった。多重比較検定の結果、筋電振幅積分値は、全4要因の各水準間に有意差が認められた(p<0.05)。また、筋電振幅積分値と申告された負担感の相関が高かった(図4)。よって、筋負担計で計測した筋電振幅積分値は、腰の筋負担を評価できると考えられる。

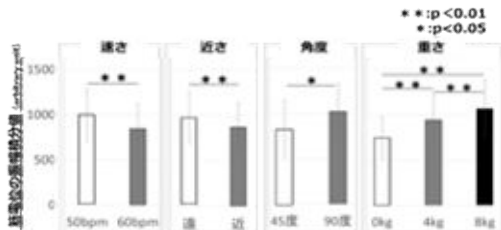


図3 筋負担計で計測した結果

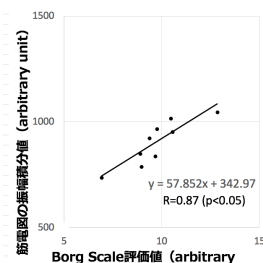


図4 筋負担計の結果と主観申告の相関

この研究成果は文献〔学会発表〕 参照。
また、腰の筋負担を評価する際に、脊柱起立筋が出せる最大随意筋力(MVC)下の皮膚表面筋電位の振幅を測るにあたり、教育現場でそれに代替する簡易な方法として腰の等速運動(曲がった姿勢からできるだけ速く直立に戻す)が有効であることがわかった。
この研究成果は文献〔学会発表〕 参照

(4) 筋負担計の2次試作結果

筋負担計の2次試作の外形(写真5)、回路図(図6)及び主な仕様は表3に示す。

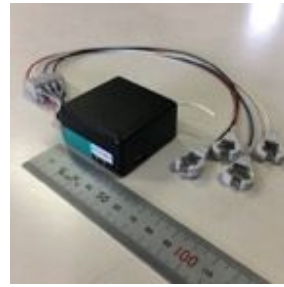


写真5 筋負担計の2次試作

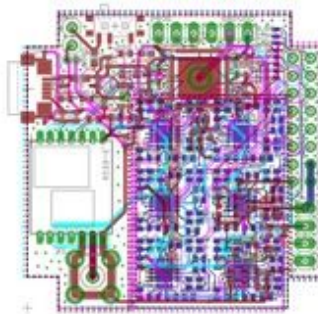


図6 筋負担計の2次試作の実体配線図

表3 筋負担計2次試作の仕様

項目	仕様
筋電サンプリング周波数	500Hz
分解能	12bit
周波数特性	0.8Hz ~ 500Hz
同相信号除去比(CMR)	86dB
筋電の増幅率	1000倍
筋電チャンネル数	最大2
加速度	3軸(±2G)サンプリング周波数25Hz
角速度	3軸(±250deg/s)サンプリング周波数25Hz
無線通信方式	Bluetooth
通信距離	10m
重量	54g(連続動作10時間充電電池含む)
寸法	48mm×48mm×25mm

(5)介護動作教育指導支援システムの試作
試作した介護動作教育指導支援システム(写真6)は、筋負担計と制御用タブレットPC及びデータ・再生プログラム「Kaiga」(写真7)から構成された。



写真6 介護動作教育指導支援システム試作



写真7 「Kaiga」1次試作

「Kaiga」には、タブレットPCに付属するカメラから収集した動作のビデオ映像とリンクして、指導教員がリアルタイムに評価したメモを記録できる機能を実装した。筋負担が一定レベルを超えた場合、そのタイミングを観察記録メモに自動で追加されるようプログラミングした(図8)。

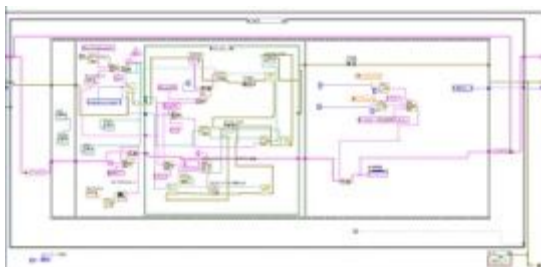


図8 プログラムのフローダイアグラム (LabVIEWTM2017によるソースコードの一部)

(6)介護動作教育指導支援システムのユーザビリティ評価結果

ユーザビリティテストの実験風景は写真8に示す。



写真8 ユーザビリティテストの実験風景

ユーザビリティテスト中、試作した介護動作教育指導システムは、フリーズ等の問題は発生せず、テスト終了まで動作した。

1回目のテストでは、システムの満足度は平均81.7点であった。回顧インタビューより、「映像が残せるので、後で確認できる」、「負担のかかるところが見つけれられる」、「指導にゆとりができた」、「負担の大きさが客観的にわかりやすい」、「映像があると、学生が改善前後で比較できた」、「アラーム音が負担を意識するきっかけになった」、「映像とグラフで負担を介護者役と利用者役の学生が確認できた」など、システムの有用性を裏付ける意見が得られた。

一方で、「記録したデータを再生する操作手順が難しい」、「再生時の画面には、一定の筋負担を超えた場合の警告が表示されない」、「タブレットPCに表示されるボタンのサイズが小さく、配置も分散していて操作しづらい」等の指摘があった。

また、無線のデータが一部欠落し、筋電図のデータと動画にずれが生じることがあった。

1回目のテストのフィードバックを得て、改修した「Kaiga」の2次試作(写真9)を再度同じ規模のユーザビリティテストを実施した。



写真9 「Kaiga」2次試作

タブレットPCを持ちながら操作しやすいように、ボタンのサイズや配置を変更した。これらを改善後に実施した2回目のテストでは、満足度は88.3点に上昇した。

この研究成果は文献〔学会発表〕参照。

(3) まとめ

介護福祉士の教育現場の要望を踏まえ、小型の無線筋負担計を試作し、収録するデータを検証し、筋負担評価に有用と確認した上、動作の映像と同期して、腰の負担評価に基づく介護動作教育指導システムを試作した。システムのユーザビリティ評価を行った結果、介護動作の指導において有用で、満足度の高いツールと評価された。

今後、無線信号のエラー訂正技術の導入など、システムの精度や様々な環境に対するロバスト性を向上させる課題が残された。

参考文献

- 1) 厚生労働省社会・援護局福祉基盤課福祉人材確保対策室,2025 年に向けた介護人材にかかる需給推計(確定値)について,平成 27 年 6 月 24 日プレスリリース.
- 2) 大野 佳子 他:“介護福祉学生に対する職務継続のための健康教育の評価”,日本予防医学会雑誌,Vol.5, No.1, pp.17-22, 2010.
- 3) 浜崎 眞美 他:“介護福祉士教育における腰痛予防教育のあり方に関する一考察(人文・社会科学編)”,鹿児島女子短期大学紀要,Vol. 47, pp.143-160, 2012
- 4) 易 強 他:“現場の作業動作評価に使える計測システムの提案”,第 2 回労働科学フォーラム, pp.13, 2014.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 1 件)

易強、小松剛、村松重緒、前中一介、下村義弘、中井聖, 腰の筋負担を可視化,平成 27 年度静岡県工業技術研究所研究発表会要旨集,C-05, 2016 年 3 月 11 日に発表,静岡県コンベンションアーツセンター

易強、小松剛、村松重緒、前中一介、下村義弘、中井聖, 介護動作の教育支援に向けた現場調査及び腰の筋負担評価用筋電センサの開発, 日本人間工学会第 57 回大会要旨集人間工学 52 巻 Supplement 号 p.146-147, 2016 年 6 月 25 日に発表, 三重県立看護大学

易強、小松剛、村松重緒、前中一介、下村義弘、中井聖, 介護動作時の筋負担を可視化する教育指導支援システムの開発 現場調査, 平成 28 年産業技術連絡推進会議ライフサイエンス部会第 20 回デザイン分科会第 10 回研究発表会, 2016 年 10 月 13 日に発表, 山梨県立図書館

易強、小松剛、村松重緒、前中一介、下村義弘、中井聖, 腰の筋負担を測るセンサーの開発, 平成 28 年度静岡県工業技術研究所研究発表会, C-13, 2017 年 03 月 16 日に発表, 静岡県コンベンションアーツセンター

易強、村松重緒、小松剛、下村義弘、中井聖、前中一介, Development of a lower-back muscle activity sensor system for educational support for care workers, The 2nd Asian Conference on Ergonomics and Design 2017, Journal of Ergonomics, Vol.53, Supplement, p736-737, 2017 年 6 月 03 日に発表, 日本大学生産工学部津田沼校舎

易強、村松重緒、小松剛、大賀久美、下村義弘、中井聖、前中一介, 異なる計測方法による脊柱起立筋最大随意筋力下の筋電位の比較, 日本生理人類学会第 75 回大会概要集 p37, 2017 年 6 月 24 日に発表, 千葉大学

易強、村松重緒、小松剛、大賀久美、下村

義弘、中井聖、前中一介, 腰の負担を検知して、介護動作を指導する, 平成 29 年度静岡県工業技術研究所研究発表会, 2018 年 03 月 16 日に発表, C-13, 静岡県コンベンションアーツセンター

大賀久美、易強、村松重緒、小松剛、下村義弘、中井聖、前中一介, 腰部負担に関する計測手法の検討, 平成 29 年度静岡県工業技術研究所研究発表会, C-14, 2018 年 03 月 16 日に発表, 静岡県コンベンションアーツセンター

大賀久美、易強、小松剛、前中一介、下村義弘、中井聖, 介護動作における筋電位と腰部負担の要因の関係, 日本人間工学会第 59 回大会要旨集, 1E2-4, 2018 年 6 月 2 日に発表, 宮城学院女子大学

易強、小松剛、大賀久美、前中一介、下村義弘、中井聖, 腰の筋負担評価に基づく介護動作教育指導システムの開発, 日本人間工学会第 59 回大会要旨集, 2H2-2, 2018 年 6 月 3 日に発表, 宮城学院女子大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

易 強 (YOTO, Yi Tsuyoshi)
静岡県工業技術研究所 上席研究員
研究者番号: 50505641

(2) 研究者分担者

前中 一介 (MAENAKA, Kazusuke)
兵庫県立大学 教授
研究者番号: 70173721

(3) 連携研究者

下村 義弘 (SHIMOMURA, Yoshihiro)
千葉大学 教授
研究者番号: 60323432

小松 剛 (KOMATSU, Takeshi)
静岡県工業技術研究所 上席研究員
研究者番号: 60505634

村松 重緒 (MURAMATSU, Sigeo)
静岡県工業技術研究所 上席研究員
研究者番号: 50522538

大賀 久美 (OGA, Kumi)
静岡県工業技術研究所 研究員
研究者番号: 50807534

中井 聖 (NAKAI, Akira)
大阪電気通信大学 特任教授
研究者番号: 80635293