

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：17702

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350725

研究課題名(和文) 虚弱高齢者の自立評価の客観的指標の作成と身体運動の有用性に関する研究

研究課題名(英文) To develop an index of measuring independence objectively in activities of daily living of elderly as well as to assess the effect of physical exercises by using an optical sensor

研究代表者

竹島 伸生 (TAKESHIMA, Nobuo)

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授

研究者番号：00137126

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)：本研究は、高齢虚弱者から健常者を対象にKINECTを用いて日常生活動作を評価し、1) 自立度の客観的指標を作成する、2) 1)での試案の指標について運動による効果を検討することであった。開始2年目にバージョン(v2)が改良され、精度が高まったが、互換性がないため再度データ収集を行う必要が生じた。KINECTv2を使い、起居を行わせ、肩と腰の関節を結ぶ線と鉛直方向との成す角(動作角度)を抽出し、比較した。その結果、動作角度は明らかに虚弱者と健常者に相違が認められ、本法は短時間に客観的に評価できる指標であることが認められた。しかし、運動によるADL改善の効果は実証するまでに至らず今後の課題としたい。

研究成果の概要(英文)：The purposes of this study were to develop an index of measuring independence objectively in ADL of elderly by using an optical sensor (OS) and to determine the effect of exercise using OS. During the course of the study, the OS named KINECT was upgraded to (KINECTv2) by the manufacturer which increased the device's accuracy. To address the compatibility issue of KINECTv2, we recollected an ADL (chair stand (CS)) data and analyzed the coronal plane angle (CPA) data while performing CS in apparent healthy elderly (HE), and in frail elderly (FE). The CPA exists between a line that connects one's shoulder-center and waist versus the person's vertical axis (sagittal plane). The CPA was found to be significantly smaller in HE than in FE while performing CS indicating that OS is effective in assessing independence to complete the CS. However, no exercise intervention efficacy was noted on CS when assessed by the OS, thus further study is needed to address this issue well.

研究分野：応用健康科学

キーワード：老化 リハビリテーション 自立度評価 光学センサー 虚弱高齢者 ADL

1. 研究開始当初の背景

高齢人口の急増の中で長期に自立した生活機能の維持が重要な課題とされている。介護予防が叫ばれ、これまでに数多くの介護予防のための取り組みがなされ、短期的な運動実践により筋力や体力が増加することが明らかである。これは機能や身体能力が高まったことを意味するものとして取り扱われている。一方、高齢者の自立度評価は、Barthel Index に代表されるように移乗、トイレ動作、歩行、入浴、階段歩行などの基本動作などが取り上げられ、専門家が点数化することで用いられてきた。しかし、これらの指標は、対象者の主観によるアンケート調査や専門家の聞き取り等によって評価されるものであり、主観的な評価であり、さまざまなバイアスが生じることは否めない。他方、若年者を対象に日常生活を営む上で必要最小限度の筋力などの相対的筋発揮水準をシュミレーションし、その程度を予測検討する研究もなされてきた。例えば、最大筋力に対するそれぞれの動作時の相対筋発揮水準を調べて必要最小限度等を示すというものである(沢井ら, 1994)。しかし、実際に虚弱者を含め高齢者がどの程度の活動能力を有しているかを知るには限界がある。また、高齢者に対するレジスタンス運動などの指導によって体組成(筋量)、体力や身体機能の改善が国内外で示されてきたが、実際にその改善が日常生活の中でいかに有効になったのか? 換言すれば生活機能の維持向上が図られたかを実証することまでは至っていないケースが多い。

最終的には、高齢者における機能的(または身体的)自立度が高い、生活動作の能力が高いということが身体全体の機能が高いことを意味するものであり、それぞれの動作や動きの程度を客観的に評価することが求められる。これまでは、この動きをパフォーマンステストから評価する試みがあり、機能的体力テスト(Rikli and Jones, 1999, 竹島ら 2006)が作られている。しかし、このテストは動きの質まで評価できるものではない。

2. 研究の目的

本研究は、以下の目的を設定した。

- A) 初年度は地域に在住する自立した人から虚弱者にいたる幅広いコンディションを有する高齢者に対して 1) 光センサーを利用し、日常に必要な生活動作を規定し、デイケア施設内に日常生活動作観察コーナーを作り、起居動作、移動動作、上肢下肢の動きを調べるとともに、2) 光センサーを用いた歩行動作解析から、日常生活に必要な身体動作の質的量的把握を試みる。
- B) 2 年目は施設内で運動による介入研究を試み、運動やトレーニングが及ぼす自立度、または日常生活動作の量的質的变化を調べ

る。最終的には、虚弱高齢者への機能的自立度、または日常生活動作能力の客観的指標を作成することとこれらの指標による運動の有用性を検討する。

3. 研究の方法

A) 初年度の計画：過去に軽運動を積極的に取り入れ、虚弱高齢者に対する自立支援の研究を実施してきた名古屋市鶴飼病院関連施設において、新たに光センサーを用いて生活動作を評価する。測定用の部屋を設定し、立位保持、座位保持、腰掛、移動、リーチ動作、床のものを拾う、方向転換などの動作を規定し、その動きを光センサーの一種である Kinect (Microsoft, USA) により質的量的に評価する。システム作成は、楠正暢(近畿大学生物理工学部教授—工学)および研究スタッフが担当する。また歩行は、オプトゲイトシステム (Microgate, Bolzano, Italy) を用いて評価する。対象者、施設利用者に協力を得てデータを収集する。対象数は、少なくとも 30 人程度のデータを得る。地域に在住する高齢者 30 人にも同様のテストをおこない、自立している人と介護を要する人の生活動作の比較を試みる。

B) 2 年目以降の計画：初年度に作成した生活動作評価システムを用いて、施設内で新たに募集した高齢者を対象に 3 か月間の運動介入を試み、運動による自立度の変化を検討する。運動様式は、施設で使用している油圧マシンまたは家庭でも実践可能な用具(ゴムバンド等)を利用した運動を取り入れる。運動指導は、研究代表者が基本的にプログラム作成をおこない、実際には岡田研究員と施設スタッフが連携して行う。運動効果の評価指標は、平成 26 年度に光学センサー(楠正暢試作開発)と歩行解析動作システムで作成した生活動作の評価と歩行の評価を用いて運動の効果の評価する。対象者、施設利用者に協力を得てデータを収集する。対象者は介護を受けていて、運動が禁忌でなく、積極的な運動の必要性が認められる虚弱高齢者 30 人程度とする。被験者の募集に際しては、主治医との連携を図るとともに本人のみならず家族にも同意協力を得て実施する。運動期間は 3 か月間とする。運動は、2 日/週を最低頻度として、一回 30 分から 60 分程度とする。従来型の介護を受けている高齢者の同じ期間での生活動作能力の変化と比較するように対照群を設定する。

4. 研究成果

A) 初年度の研究：虚弱高齢者を対象に新たに光学センサー(Kinect とオプトゲイト)を用いて生活動作を質的量的に評価した。予備実験を繰り返す中で健常者は歩行動作を行うことは容易であるが、虚弱者は歩行で指示なし条件下での測定が困難であった(施設においても課題の実施の困難さと事故の憂慮から消極的)。このためにオプトゲイトシス

テムを使った歩行測定は、基本的に杖や介助なしに歩行ができる人のみの測定となった。計測を試みるが、健常者のみの測定に留まった。このために Kinect を使い、中年、若年者および虚弱高齢者の基本動作能力を評価した。動作は、7つの動作：1)歩行(8m)、2)椅子からの起居(手の使用の有無と頭の位置を指示(動かさない))、3)階段歩行(手すりの有無)、4)床からの立ち上がり、を評価した。3群でいずれの条件下で主効果が認められ、高齢になるほど動作時間が遅延していた。しかし、多重比較検定から椅子からの起居は頭を動かさないという条件以外は中年群と高齢群に有意差が認められなかった。この動作様式のみによる ADL 評価は困難とみられた (Takeshima et al., World Congress on Active Aging, Melbourne, Australia, June, 2016; 竹島ら, 第70回日本体力医学会, 和歌山, 2015年)。また、研究分担者の楠らは、Kinectのキャリブレーションが不要、装置1台で空間認識が可能、安価であることなどからシステム開発後の普及が容易であるが、正確に行われているかという検証が必要であった。このために、上記の基本動作中を Kinect の測定精度の検討したところ、後ろ向きの計測は誤検出を招く可能性が高いことを示したが、100mm以内であった。階段歩行時に斜め上からの計測では計測可能最大角度は30度であり、補正を行うことで階段昇降動作を数値化し、評価を行うことが可能とみられた。Kinectによる生活動作の計測結果で得られた3次元位置データを平滑化し、速度成分算出から総運動量を求め、主成分分析を試みた。例えば階段歩行などの周期的な運動の速度成分を自動算出し、健常者と麻痺を有する人では総運動量、固有値に明らかな相違が認められたが、さらなる検討が必要である(第70回日本体力医学会, 和歌山, 2015年)。以上のように、順調な研究のスタートであったが、虚弱高齢者のトレーニング研究も試験的に開始したものの、Microsoft社が新しく、Kinectv2を開発し、研究の前提となる測定機器を変えざるを得ない選択肢が生じた。

B)2年目以降：平成27年度は、平成26年度の工学センサーを用いた動作解析の基礎的な検討に続き、虚弱高齢者(要介護者)と健常者を対象にKinectv2を用いて椅子からの起居動作の比較を試みた。試技は手を使わずに「立ってください」という合図で椅子から立ち上がる動作を行わせ、動作に要した時間と動作開始から終了までの間、肩と腰の関節を結ぶ直線と、鉛直方向との成す角(動作角度)をサンプリング点ごとに算出して時系列とし、その中で最大値を抽出し、2群間の比較を試みた。その結果から、虚弱高齢者は健常高齢者と起居時間には有意差が認められなかったが、動作角度は健常者に比べ有意に大きく(虚弱群: 28.1 ± 6.3 度 vs. 健常群: 21.8 ± 6.2 度, $P < 0.05$)、身体を傾斜して立っている状況が明らかとなった。虚弱高齢者の基本動作能力の

中でKinectv2を用いた椅子からの起居動作の評価が自立度評価の手段に利用可能な示唆が得られた。

平成28年最終度は、平成27、26年度の結果を踏まえ、Kinectv2を用いてさらに測定を進め、健常者と虚弱者との動作の特徴を比較した。椅子からの起居動作に絞った解析から、虚弱者の動作の特徴と要介護を判別の可能性について検討した。試技条件は手を使わずに「立ってください」という合図で動作を2回行わせ、要した時間と動作開始から終了までの間、肩と腰の関節を結ぶ直線と、鉛直方向との成す角(動作角度：以下体幹角度とする)をサンプリング点ごとに算出して時系列とし、その中で最大値を抽出し、2群間の比較を試み、ROC解析によりカットポイントを求めた。群間の平均年齢に有意差が認められたが、体幹の傾斜角度には性差が認められなかった。自立群(IG群)と介護群(DG群)の起居時の体幹角度は、それぞれIG群 18.0 ± 6.1 、DG群: 31.0 ± 5.9 度となり、これらには有意差が認められた。年齢と体幹角度との間には、 $r=0.57$ の正の相関が認められた。このため、年齢補正(ANCOVA)をおこない、比較したところ、IG群 18.7 (標準誤差 1.1) 度、DG群: 29.3 (標準誤差 1.8) 度となった。ROC曲線(AUC=0.94)から、カットオフ値が 24.3 度(感度と特異度は 94.1% 、 87.2%)となった。しかし、虚弱者の測定人数が17名(健常者39人)と少なかったために最終的に55人に至るまで測定を継続し、健常者は184人までの測定を進めて検討を重ねた。その結果から、健常者と虚弱者における起居動作時の体幹角度は、性差が認められなかった。一方、年齢と体幹角度、および身長と体幹角度に $r=0.39$ と $r=-0.34$ の有意な相関が認められた。このために年齢と身長による補正(ANCOVA)を行ったところ、IG群 19.2 (標準誤差 0.40) 度、DG群: 29.5 (標準誤差 1.0) 度となった。ROC曲線(AUC=0.93)から、カットオフ値が 25.0 度(感度と特異度は 92% 、 72%)となった。しかし、このうちで起居動作においては5人の虚弱者が手を使う動作が含まれており、起居に伴う手の支持のデータの扱いについてはさらに検討する必要がある。今回の対象者は明らかに手が大きな補助となっていないと判断したために解析に含めたがさらに対象者を広げて検討する必要がある。本研究では、介護保険を利用している人を虚弱者と統一して呼んでいるが、機能的自立度をFunctional independence measure (FIM)を用いて全員ではないが評価したところ、126満点のうち 122.3 ± 2.5 ($n=20$)と比較的自立度が高いとみられたが、実際に今回の結果から明らかに虚弱者と健常者に起居動作における体幹角度に相違が認められ、この評価法は短時間に客観的に評価できる指標であり、その利用が有効とみられるが交差妥当性について今後検討する必要がある。また、初年度の終わりにKinectv2の新製品が発売され、解像度や評価誤差で旧タイプと比べて大幅な更新がなされ

る一方で初年度に得られた大量のデータとの互換性がないため、すべて取り直しが必要となり、研究計画も含めて当初の目的を達成できなかった。このために論文作成（本テーマに関しての論文作成は極めて遅れている）も含め、虚弱者のトレーニング効果について Kinectv2を用いた動作評価は早急に検討を重ねたい。

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）

〔雑誌論文〕(計 23 件)

1. Muscle strength and size gains in older women after four and eight weeks of high-intensity resistance training. M. E. Rogers, N. L. Rogers, E. Fujita, M. M. Islam, and N. Takeshima, International Journal of Sport and Exercise Health Research, 1(1): 31-37, 2017 査読あり
2. 3軸式加速度計を用いた中高年者における身体活動の地域差と季節差. 竹島伸生, 長谷川太一, 藤田英二, 佐美靖, 佐美俊輔, 津々木晶子. 介護福祉・健康づくり研究 3:1-10, 2017 査読あり
3. フレイルな高齢者に対するノルディックウォーキングの介入効果. 藤田英二, 幸福恵吾, 竹田正樹, 竹島伸生. スポーツパフォーマンス研究, 8: 165-179, 2016 査読あり
4. The impact of an active lifestyle on the functional fitness level of older women. S. Ofei-Doodoo, N. L. Rogers, A. L. Morgan, S. B. Amini, N. Takeshima, M. E. Rogers, Journal of Applied Gerontology, 2016 :733464816641390.doi:10.1177/0733464816641390. [Epub ahead of print]査読あり
5. Effects of bodyweight squat exercise in physical frailty older adults. E. Fujita, N. Takeshima, Y. Kato, D. Koizumi, M. Narita, H. Nakamoto, and M. E. Rogers, International Journal of Sport and Health Science, 14:21-30, 2016 査読あり
6. 大学剣道および柔道競技者のバランス能の比較について. 前阪茂樹, 木原健太, 藤田英二, 竹中健太郎, 下川美佳, 竹島伸生. スポーツパフォーマンス研究, 7:381-389, 2016 査読あり
7. デイショートサービス利用者に対する1年間に亘る2種類の座位型による軽運動の筋力と機能的体力への運動効果. 岡田壮市, 小粥崇司, 成田誠, 竹島伸生. 理学療法科学, 30(5): 771-775, 2015 査読あり
8. Passive and active exercises are similarly effective in elderly nursing home residents. T. Takahashi, N. Takeshima, N. L. Rogers, M. E. Rogers, and M. M. Islam, Journal of Physical Therapy Science, 27, 2895-2900, 2015査読あり
9. 静的および動的バランス能の加齢による影響-中年と高年女性の比較から-. 成田誠, 岡田壮市, 小泉大亮, 北林由紀子, 加藤芳司, 竹島伸生. 理学療法科学, 30 (4): 627-633, 2015査読あり
10. Comparison of static and dynamic balance in healthy but untrained versus frail community-dwelling older adults. E. Fujita, N. Takeshima, T. Hasegawa, M. Narita, Y. Kato, D. Koizumi, and M. E. Rogers, Physical Medicine and Rehabilitation-International 2(5): 1046-1049, 2015査読あり
11. Decline in age-associated functional fitness after a 10-year peer-instructed community-based exercise program. M. M. Islam, D. Koizumi, Y. Kitabayashi, Y. Kato, M. E. Rogers, N. Takeshima, International Journal of Sport and Health Science, 3, 61-67, 2015査読あり
12. Effects of seated vs. standing exercises on strength and balance in community-dwelling older women. N. Tomiyama, M. M. Islam, M. E. Rogers, D. Koizumi, N. Takeshima, Activities, Adaptation, and Aging 39: 280-290, 2015査読あり
13. Progressive, site-specific loss of muscle mass in older frail nursing home residents. N. Takeshima, K. Shimada, M. M. Islam, H. Kanehisa, Y. Ishida, W. F. Brechue, Journal of Aging and Physical Activity, 23: 425-459, 2015査読あり
14. Threshold of chair stand power necessary to perform ADL independently in community-dwelling older adults. Y. Kato, M. M. Islam, M. E. Rogers, N. Takeshima, Journal of Geriatric Physical Therapy, 38: 122-126, 2015査読あり
15. Effects of customized balance exercises on older women whose balance ability has deteriorated with age. M. Narita, M. M. Islam, M. E. Rogers, D. Koizumi, and N. Takeshima, Journal of Women and Aging, 27(3): 237-250, 2015査読あり
16. 80歳登山家三浦雄一郎氏のバランス能について. 竹島伸生, 山本正嘉, 藤田英二, 宮崎喜美乃. スポーツパフォーマンス研究 7: 90-98, 2015査読あり
17. 加速度センサー搭載型活動量計による地域在住高齢者の年代別日常生活における歩数と中等度活動強度の水準. 小泉大亮, M. M. Islam, 岡田壮市, 竹島伸生, 鹿屋体育大学紀要, 50: 9-15, 2015査読あり
18. Balance confidence and functional ability in older adults aged 77-100 years. M. E. Rogers, N. L. Rogers, E. Fujita, N. Takeshima, The Indian Journal of Research, 4(2), 43-44, 2015査読あり
19. 90歳で1000回を超えるゴルフエイジシート達成男性プレーヤーの身体活動量.

- 竹島伸生, 竹下俊一, 植杉乾蔵, 植杉千枝子, 唐津邦利, スポーツパフォーマンス研究 6:222-232, 2014査読あり
20. 長期間に亘る住民主導型による高齢者の地域型運動の継続率と出席状況からみた運動教室のあり方に関する研究. 北林由紀子, 小泉大亮, 加藤芳司, 岡田壮市, 竹島伸生, 介護福祉・健康づくり研究 1(2); 1-4, 2014査読あり
 21. 他動式マシンを用いた軽費老人ホーム入所者に対するトレーニング効果. 高橋猛, M. M. Islam, 森脇龍太, 井上登太, 成田誠, 竹島伸生, 理学療法科学, 29(6): 927-931, 2014査読あり
 22. The effects of hydraulic resistance exercise on functional fitness and quality of life in frail elderly. S. Lee, H. Choi, N. Takeshima, J. Korean Soc. Living Environ. Sys., 2: 3, 1-12, 2014査読あり
 23. Pattern of age-associated decline of static and dynamic balance in community-dwelling older women. N. Takeshima, M. M. Islam, M. E. Rogers, D. Koizumi, N. Tomiyama, M. Narita, N. L. Rogers, Geriatrics & Gerontology International, 14, 556-560, 2014査読あり
- 〔学会発表〕(計5件)
1. キネクトを用いた高齢者における動作評価の再現性について. 藤田英二, 竹島伸生, 小濱剛, 楠正暢, 岡田壮市, 加藤芳司, 成田誠. 第71回日本体力医学会, いわて県民情報交流センター(岩手県盛岡市), 2016年9月23~25日
 2. キネクトを用いた虚弱高齢者に対する自立評価指標作成の試み. 竹島伸生, 小濱剛, 楠正暢, 岡田壮市, 藤田英二, 加藤芳司, 成田誠. 第71回日本体力医学会, いわて県民情報交流センター(岩手県盛岡市), 2016年9月23~25日
 3. Development of objective ADL assessment particularly in frail older adults using a Kinect sensor. N. Takeshima, T. Kohama, M. Kusunoki, S. Okada, E. Fujita, M. M. Islam and W. F. Brechue. World Congress on Active Aging, Melbourne, Australia, June 28~ July 1, 2016
 4. 汎用モーションセンサによる虚弱高齢者のADL評価システム開発のための情報取得時の測定誤差に関する検討. 楠正暢, 小濱剛, 岡田壮市, 藤田英二, 竹島伸生. 第70回日本体力医学会, 和歌山県民文化会館(和歌山県・和歌山市), 2015年9月18日~20日
 5. 汎用モーションセンサーによる要介護高齢者のトレーニングによるADL基本動作の変容. 藤田英二, 竹島伸生, 小濱剛, 楠正暢, 岡田壮市, 長谷川太一. 第70回日本体力医学会, 和歌山県民文化会館(和歌山県・和歌山市), 2015年9月18日~20日

〔図書〕(計0件)
 〔産業財産権〕
 ○出願状況(計0件)
 ○取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

竹島 伸生 (TAKESHIMA, Nobuo)
 鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・教授
 研究者番号: 00137126

(2)研究分担者

楠 正暢 (KUSUNOKI, Masanobu)
 近畿大学・生物理工学部・教授
 研究者番号: 202822238

小濱 剛 (KOHAMA, Takeshi)
 近畿大学・生物理工学部・准教授
 研究者番号: 902955577

藤田 英二 (FUJITA, Eiji)
 鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授
 研究者番号: 50506300
 (平成27年度と28年度)

(3)連携研究者

藤田 英二(FUJITA, Eiji)
 鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授
 研究者番号: 50506300
 (平成26年度のみ)

(4)研究協力者

William F. Brechue (Department of Physiology, Kirksville College of Osteopathic Medicine, A.T. Still, University of Health Sciences, USA)

Michael E. Rogers, PhD, CSCS, FACSM (Department of Human Performance Studies and Center for Physical Activity and Aging, Wichita State University, USA)

岡田壮市 (OKADA, Soichi)
 鵜飼病院, 愛知県名古屋市中村区