
モーション・パラメータ応用技術開発

中村豪 本田雄一郎 高見響 陳隆明

1 はじめに

本報告では、ロボットテクノロジーミッションの研究テーマについて、2年目の研究開発の進捗状況を報告する。ただし、特許などの知財化がからむ内容や共同研究開発を行っている企業などが事業化する内容に関してはあえて記載を省略している。

本研究テーマは、身体や四肢の動き、あるいは筋電信号、音声信号、脳波といった生体信号などのモーション・パラメータを活用し、高齢者や障害を持たれた方のための支援機器を実現することで、自立支援をサポートすることが目的である。近年、日本などの先進国を中心に高齢化が急速に進んでおり、平均寿命を延ばすことだけでなく、いかに健康寿命を延ばしていくかということが重要になってきている。そして、今後、ますます介助や介護が必要な高齢者が増えることが予想されている。

この高齢化の問題は、地球規模で進んできており、世界保健機構（WHO）においても、今後どのようにこの危機を乗り越えていくかについて、2014年から地道な活動が始まっている。当研究所からも陳・本田の2名がこの活動となる Meeting of the Global Cooperation on Assistive Health Technology (GATE) のメンバーに選ばれている。

この研究テーマの重点は、高齢者の健康寿命を延ばし、高齢者が少しでも長く自立した生活を送るための支援である。日常生活動作における身体能力を大勢の方に対してできるだけ手軽に評価し、近い将来介助や介護が必要になりそうな方を見つけ出すことが可能な装置（身体能力スクリーニングシステム）の開発と歩行動作における歩幅や歩行速度などを評価することが可能な装置（歩行パラメータ計測システム）の開発に取り組んでいる。本年度は上記の目的で機能モデルを開発したので報告する。

本研究におけるシステムの開発は平成24年度から平成25年度にかけて行った、簡易に準備・身体動作計測が出来る「無線式身体動作計測評価システム」の研究成果と平成25年から平成27年に取り組んできた H2527S1「ロボットリハビリテーションの評価手法の開発」の研究成果をベースとしている。これまでの研究開発で取り組んできたロボットリハビリテーションの普及という視点に高齢社会の課題克服を含めている。

2 身体能力スクリーニングシステムの開発

2.1 開発の目的と背景

近年、高齢化が進む国々では、高齢者の人口割合が増えてくるとともに、筋力、筋肉量が減少する症状を患う人（サルコペニア）も増えている傾向がある。それゆえ、運動器機能の低下により体の動きが鈍くなり、やがて介護が必要となる予備群がさらに増えることが予想される。全国に4700万人いると推計されている予備群がそのまま要介護者となってしまうと、人的にも財政的にも対応ができなくなり、今の日本の社会システムが壊れてしまう懸念がある。そこで、個人のQOLの低下をできるだけ抑え、また国や自治体における医療費・介護費の負担増加などを軽減する方法として、健康寿命を引き上げることが考えられている。しかし、大勢いるこの要介護予備群から近い将来に要介護状態となる個人を簡便に見つけ出せるシステムがない。もし、そのような装置があれば、適切な時期に運動介入を開始することができ、結果的に健康寿命を延ばせると考えられる。すなわち、高齢社会における要介護人口の増加を遅らせ、個人のQOLの維持、さらには社会的な介護費用負担の軽減に繋げていくことが出来ると予想される。

従来のサルコペニアのスクリーニング方法としては、コンピュータ断層撮影（CT スキャン）や磁気共鳴画像法（MRI）による身体組成の測定や握力や歩行速度などがあった。しかしながら、CT や MRI による身体組成の測定においては、日常生活動作中の筋力（実際に筋肉を動かしている時の力）の測定は行えない。また、握力などの筋力測定では、単一部位のみの筋力の測定であることや日常生活動作とは、解離した動作をもとに評価されることから、このようにして測定された筋力と日常生活に必要な筋力は直接対応せず、日常生活に必要な筋力を発揮できているかどうかを判断することが困難であった。また、歩行速度に関しても筋力と直接的に関連した指標ではないため、高齢者の筋力低下と直接結びつけることは困難であった。

このように高齢者がどれだけの力を発揮して日常生活動作を行っているかを定量的に測定する方法がこ

れまでになく、高齢者の日常生活時における筋力が明らかにされてこなかった。そのため、サルコペニアのスクリーニングは十分に行えていない可能性がある。そこで、本研究では、日常生活動作中に発揮された力を推定し、介護予防が必要な高齢者をスクリーニングするための装置の開発を行っている。開発においては、大勢の方を対象とすることが予め想定されるため、様々な職業の方ができるだけ簡単な操作で間違いなくスクリーニング計測操作ができるように気を付けなければならない。また、準備も含めて計測にとりかかれる時間全体を考え、出来るだけ手間なく計測が開始できるように配慮して、システムを開発している。

2.2 身体能力スクリーニングシステム

身体能力スクリーニングシステムでは類似の計測システムと異なり、被験者の身体にセンサを装着したり、マーカを貼り付ける必要がない。カメラの前で被験者に動いてもらうだけで、動作を3次元的に測定できる。そして、この3次元でとらえた体の動きから、重力や遠心力などがどのくらい身体にかかったかを計算する。これらの計算結果を統合し被験者が計測時に発揮していた各関節の力を推定する。そのため、開発した装置は日常的な生活動作（歩行や椅子から立ち上がるなど）の計測から身体能力を推定できると考えている。

次に開発したシステムの操作画面について紹介する。目下、本システムの測定方法および評価方法に関して特許を出願中であり、今後、この評価方法に関連した追加特許の出願を見込んでいるため、詳細な装置の仕組みや各種の計算方法については記載しない。しかし、本研究開発で目指しているスクリーニングシステムの機能モデルが本年開発でき、稼働可能な状態にある。この機能モデルの計測手順に従い操作画面が変わっていく様子を順に紹介する。

2.1.1 被験者情報の入力

性別、年齢、既往歴などの身体能力と関連する被験者の基礎情報を入力する画面（図 1）にて、被験者個々の基礎情報を入力してもらい、身体能力のスクリーニング基準に反映させる。今後、入力項目についてより精査し、スクリーニングにおいて重要となる項目の検討を行う。

患者情報を確定します

性別	<input checked="" type="radio"/> 男性 <input type="radio"/> 女性
年齢	年齢
既往歴	<input type="checkbox"/> がん <input type="checkbox"/> 脳梗塞 <input type="checkbox"/> 心臓病 <input type="checkbox"/> 高血圧 <input type="checkbox"/> 胃腸炎 <input type="checkbox"/> 肝炎 <input type="checkbox"/> 糖尿病 <input type="checkbox"/> 不整脈 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 結核 <input type="checkbox"/> ぜんそく <input type="checkbox"/> リウマチ <input type="checkbox"/> その他

ファイルを追加

参照...

ファイルを追加(Shiftキーを押しながらファイルを複数選択可能)

ファイルをドラッグ&ドロップしてください

閉じる 確定

図 1 被験者情報の入力画面

2.1.2 身体能力の測定手順

図 2 は測定用画面を示している。画面に映っているコンピュータグラフィックスによる人体モデルは、被験者の年齢などを基に作成される。この画面では椅子からの立ち上がり動作を計測しようとしており、

人体モデルは椅子に座った状態で、被験者が実際に立ち上がるのを待っている。被験者の動きは、深度カメラによって立体的に計測される。図2の画面右下の開始ボタンを押すと計測が開始され、被験者が行った動作を真似するように画面中の人体モデルも動き、身体の動作情報はコンピュータに記録される。この動きの情報を基に各関節で発揮された力を推測する。その結果は図3に示すように、人体モデルの各関節に色と数値で描画される。この関節を取り巻く球体の色は発揮した力の大きさに応じてリアルタイムに変化し、被験者の動きに応じて、どの部位がどの程度の力を発揮しているかを見ることができる。



図2 測定画面

このように本システムでは、椅子からの立ち上がりや歩行など日常生活で行う自然な動作で、被験者が普段から行っている慣れた動きの計測により発揮した力の推定を行う。このような身体に何も付けず定量的に関節で発揮される力などを簡便に計測できる装置はこれまではなかった。従来は、計測装置にとって都合の良い姿勢で、被験者が力を振り絞って出した最高の力が計測され、評価に用いられてきた。しかし我々は、日常生活において力を振り絞ることなどほとんどない。そのため、今後どれだけ自立した生活が続けられるかを推測するにあたり、普段行わない動きで計測した最高の力を評価基準とするのは適さないと考えている。

2.1.3 身体能力の測定結果の意味づけと表示

被験者の身体状況、立ち上がりなどの動作から関節で発揮される力などの推定値が得られることを上記に記載した。図3に測定結果の出力画面例を示す。図のように発揮された力の推定値と身体能力の総合得点が表示される。身体の筋力が衰えてきている部位などがこの画面より直感的に把握できる。また、図4のように時間と共にどのように身体能力が変化してきたかを瞬時に確認する画面も準備している。図3、図4で示した内容は、計測時点あるいは、過去からの身体能力変化についての情報である。このように、個人に対する身体能力の計測器として本年開発した機能モデルが役立つことがわかった。



図3 測定結果の出力画面

さらに、このプロジェクトでは、次の一手を考えた開発を進めている。個々の情報だけではわからなくても、多くの方の年齢、体型、既往歴や身体能力を統合し、情報を分析することで、要介護予備群を、クラス分けする機能である。この機能は、数多くの方からのデータを集めることが出来るほど、個人の時間的な身体状況の変化、よく似た既往歴を持つ人々がたどる身体能力の時間的な変化など様々な切り口で捉えなおすことができ、より信頼性の高いクラス分けができるようになるかと予想している。現状では、十分なデータが集まっておらず、未だクラス分けの条件が明らかにできていない。

このシステムをスクリーニングシステムとして利用することで、放置すると数年後に要介護状態になるような方を見つけだし、要介護・要支援状態に陥る前に運動介入等の対象者と厳選して指定することができ、介護予防等の社会資源を無駄なく活用し、健康寿命を引き延ばせると考えている。

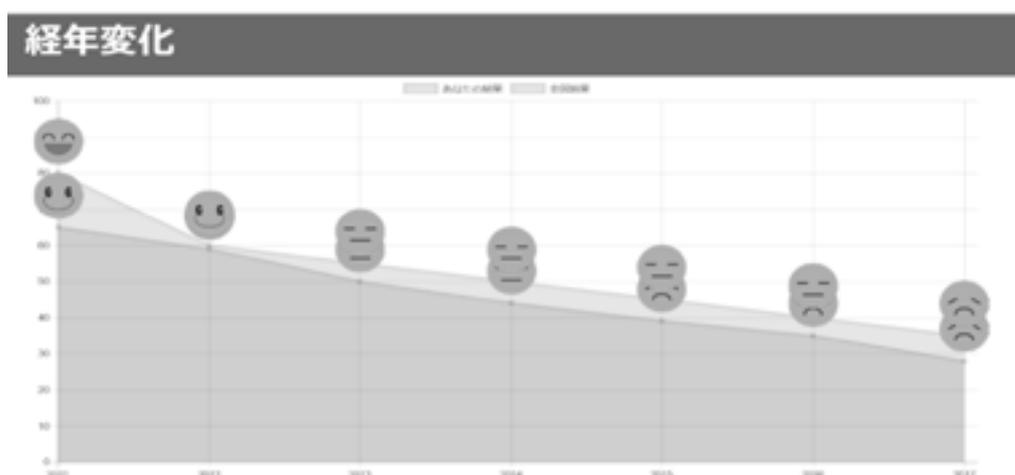


図4 経年変化の出力画面

2.3 機能モデルを活用した立ち上がり動作測定

本研究開発において身体能力を評価する目的があるが、具体的に定量化された動作データを入手し、具体的な計測実験手順を定める必要があるため、健康体操に参加している高齢者15名に協力いただき、椅子

からの立ち上がり動作（タスク）を測定した。各被験者には、3 回ずつ立ち上がってもらい、計測したデータを収集し、重力や遠心力などがどのくらい身体にかかったかを計算した。そして、各被験者の身体能力を推定評価した。

図5は、立ち上がり動作測定の様子である。図5左は、図2の右下に表示されている開始ボタンが押された直後の様子で、椅子に座っている状態から立ち上がる動作へ移る際に、各関節に力が入りだしている様子が映し出されている。図5右は、被験者が立ち上がった状態を示しており、両写真を比較すると被験者の動きに画面内の人体モデルが追従していることがわかる。



図5 測定の様子（椅子から立ち上がる動作の測定）

2.4 まとめと今後の課題

本年度は身体能力スクリーニングシステムの機能モデルを開発し、高齢者 15 名を対象に測定実験を行い、計測部が順調に機能することを確認した。今後はスクリーニング時に収集する大量のデータに対応できるよう、本年度開発した機能モデルにデータベースとの連携機能を付加していく。また、複数年に渡って継続的にデータ収集をし、経年変化をモニタリングしていく。そして、ひとつの判断基準として5年後も変わらず自立して生活できる高齢者群、少し能力が下がった高齢者群、大きく能力が下がった高齢者群、要介護状態の高齢者群の4群に分けられる評価指標や得点の算出方法を確立し、要介護状態になる前にスクリーニングを通して高齢者の動きから瞬時に上記の群分けができるようにしていく。また、高齢者施設の協力を得て、被験者数を増やし、本システムのスクリーニングの信頼性を高めていく。

3 歩行パラメータ計測システムおよび歩行支援用具の開発

3.1 開発の目的と背景

高齢者の健康寿命を延ばし、高齢者が少しでも長く自立した生活を支援するためには、身体能力スクリーニングシステムを活用し、要介護状態に陥る前に、運動啓蒙や運動介入が必要な高齢者を見つけ出すことが有効であることを記した。しかし、運動介入をしても高齢者自身のモチベーションが上がらず身体能力向上につながらなければ、健康寿命の延長に繋がらない。そこで、より効果的に運動のモチベーションを維持できる訓練環境やツールを充実させていくことが重要である。

そこで、本研究では、高齢者がモチベーションを維持してリハビリ訓練や運動を継続して行いたくなることを目的として、基本的な動作である歩行について、歩行速度などの歩行パラメータを評価できるシステムの開発を進めている。歩行パラメータを評価できる機能を活用して、高齢者の歩行をサポートし、運動促進を行うための支援用具の開発について企業と共同開発も行っている。

以下に本年度に実施した歩行パラメータ計測システムの開発の取り組みと開発したシステムを用いて実施した実験・開発について紹介する。

3.2 歩行パラメータ計測システムの開発における平成28年度の取り組み

歩行パラメータ計測システムは、前章で紹介した身体能力スクリーニングシステムと計測機器の構成は同じである。昨年度までに開発してきた歩行パラメータの評価システムと身体能力スクリーニングシステムを統合し、歩行パラメータの計測から身体能力の計測までを同じ装置で行えるようにした。また、計測したデータの半自動化処理機能を追加し、計測から結果の算出を楽に行えるようにした。

この歩行パラメータ計測システムを高齢者施設へ導入していくための準備として、計測装置を高齢者施設に持参し、どこにどのように設置すれば歩行動作を被験者に意識させることなく計測できるかの事前確認やどのような結果の提示が高齢者施設では望まれているかについて調査している。

3.3 歩行動作計測を通じた歩行支援用具の開発

本歩行パラメータ計測システムを用いて、歩行支援用具のアシスト効果を検証しながら開発を進めている。高齢者 12 名の歩行動作を測定し、歩行支援用具を用いた場合と何も支援用具を使用していない場合の動作検証を行い、得られた知見を基に歩行支援用具の改良を重ねている。



図6 歩行パラメータ測定の様子

3.4 まとめと今後の課題

本年度は歩行速度などの歩行パラメータを評価することができる歩行パラメータ計測システムを身体能力スクリーニングシステムの機能モデルと統合した。また、歩行パラメータ計測システムを活用し、歩行支援用具の開発を進めた。高齢者を対象に歩行動作の計測実験を実施し、開発中の歩行支援用具の効果を確認しながら次のステップへの開発を進めることが出来た。今後は、高齢者施設へこの歩行パラメータ計測システムを導入し、ユーザーインターフェースの利便性や評価結果の提示方法などについてフィールドテストを行い、得られるフィードバックをシステムに反映させ、現場で扱いやすく役立つシステムへ改良を行う。また、開発している歩行支援用具においては、効果検証と作り込みを行い、有効性を示すとともに商品化に向けて活動していく。

4 おわりに

平成 28 年度のモーション・パラメータ応用技術開発の研究では、高齢者の健康寿命を延ばし、高齢者が少しでも長く自立した生活を続けられるよう身体能力や歩行パラメータを簡便に計測できるシステムを開発した。本年度は計測したデータの計算処理や今後の機能拡張を考慮したシステム設計に重点をおいて開発を進めた。このシステムは歩行支援用具の開発でも活用している。

高齢者を対象に計測を行った結果、計測システムには身体能力とは別に身体状況を測れる可能性が秘められていることや支援用具の効果を確認しながら効率的な開発を進めることが出来ることがわかった。次年度は、開発したシステムを実際に高齢者施設で利用していただき、現場での運用テストを進めながら、より扱いやすいシステムへまとめる予定である。