

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：13501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K12486

研究課題名（和文）複数の症例を対象とした専門医の暗黙知に基づく歩容評価システムの開発

研究課題名（英文）Development of evaluation system for some clinical cases based on implicit knowledge in medical specialist

研究代表者

牧野 浩二（MAKINO, Koji）

山梨大学・大学院総合研究部・准教授

研究者番号：60560159

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：重心計測やモーションキャプチャによる歩容動作を基にして脚部の疾患に関する専門医が持つ暗黙知の形式知化を行った。人工膝置換術後の被介護者の歩容の評価法の一部は、暗黙知は言葉で教えられないが、新人の理学療法士が年限とともに獲得できることを数値的に示すことができた。同様の手法を陥入爪患者に適用することで、陥入爪患者の独特の歩容があることが分かった。さらに、この考え方を指の動作に適用することで手に関する暗黙知の解明にもつながる知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では脚部の疾患に関する専門医が持つ暗黙知を形式知化することを行った。これを解明することで、医師が持つ言葉にならない優れた知識を形式知化して、他の医師に伝えることができる。これは、技術伝承だけでなく、若手専門医の育成にも有意義となる。また、本研究は歩容に関する2症例を対象として研究を行ったが、解明手法を応用することで手の動作に関する暗黙知の解明にもつながることが示され、医療関係への応用が期待できる。この考え方は医学に特化したものではないため、匠の技と呼ばれる技術の伝承にも応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study investigates implicit knowledge for some clinical cases based on medical specialist using measurement of the gravity center and motion capture. We confirm that physical therapists can obtain a part of evaluation method of total knee arthroplasty based on implicit knowledge using the numerical results, though they cannot learn the evaluation method based on implicit knowledge directly. And we confirm the unique motion of patients with pincer nail using similar method for investigation of implicit knowledge. Moreover, we obtain the new idea for finger motion using proposed evaluation method.

研究分野：医療福祉工学

キーワード：暗黙知 形式知化 人工膝置換術 陥入爪

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

脚部に疾病や麻痺のある被介護者の状態把握には歩容の評価がよく用いられている。歩容の評価項目は形式知化されているが、これらの被介護者には当てはまらないことがある。そこで、専門医の経験に基づく暗黙知により評価が行われている。また、歩容は心理状態に影響されることがあり、専門医はその状態も見極めて評価している。一方、モーションキャプチャやフォースプレートにより動作を数値化して評価する方法も行われているが、暗黙知を組み込むことが難しいという問題がある。そこで、工学的な計測値と専門医の暗黙知や被介護者の心理状態との相関関係を明らかにし、暗黙知と心理状態を形式知化して組み込んだ準備や計測にかかる時間や負担の少ない診断システムが望まれている。さらに、専門医や被介護者にわかりやすく評価結果を提示することが必要であり、新たに計測した時には自動的にシステムを更新できることが望ましい。

### 2. 研究の目的

全人工膝置換手術後や陥入爪のある被介護者の歩容を評価する専門医（医師や理学療法士）の暗黙知を形式知化し、さらに、被介護者負担が従来よりも低減され、かつ非侵襲で迅速な歩容評価システムの開発を目的とする。

このため、人間のバイオメカニズム（モーションキャプチャ、重心動揺（足裏や体幹の重心の偏移）など）を解析するアプローチを通して、専門医の診断や被介護者の心理的自己評価との相互関係を明らかにする。さらに、データベース化し、自動的に更新するシステムを開発する。実験は、市立甲府病院、山梨大学医学部の被介護者を対象とし、2名の医師の協力を得て実施する。その得られた形式知が、歩容の評価にどれだけ寄与するかの評価を行う。

### 3. 研究の方法

研究は以下の5つに分かれている。

#### （1）専門医による歩容診断のドキュメント化

これには、歩容データと診断結果を比較する必要がある。そこで、歩容の評価をドキュメント化し暗黙知の抽出ができるようにする。これまでに行った全人工膝置換手術の知見をもとに、新たに協力いただく専門医とも相談しながら質問事項を精査し、専門医に対してSD法による質問と自由記述欄を設けてドキュメント化を行う。

#### （2）モーショントラッキングと両足と体幹の重心動揺の計測

これを遂行するには歩容の計測が必要となる。計測する部屋は他の被介護者も使用するため撮影のために照明を調整できない。そこで、アクティブに光るマーカを作成し2台の高速度カメラの映像をもちいて脚部の位置から骨格動作モデルを取得する方法を採用する。また、重心動揺の計測には開発した計測靴と無線デバイスを用いる。この無線デバイスは全人工膝置換術後の被介護者の患足のみの通信を想定していたため、両足と体幹などの複数同時取得を保証した新たな無線デバイスの開発を行う。

#### （3）専門医による診断と計測値の相関

計測値との相関を調べる。まず、重心動揺は、視覚的にわかりやすくするために、足型に時系列の線を描画し、専門医に診断していただき、正常・異常や被介護者の特徴などをドキュメント化する。これを基に重心変動の影響や着目点を抽出する。次に、モーションキャプチャより得られる骨格動作モデルの映像と動作状態の診断は、専門医の業務の妨げにならないように重心動揺や診断の結果から特徴を抽出し、代表的な動作に関して診断していただく。

#### （4）評価結果の提示

評価結果を判断するにはSOMの結果を直接見る必要があるが、直感的にわかりにくい問題があった。そこで、SOMの分類結果のほかに、歩幅や歩行速度などのいくつかの項目をスライドバーで表示したり、SOMの分類を整理して中央に配置されると望ましい歩容で四隅はそれぞれよくない歩容となるなどのようにしたりわかりやすいマップへ変更する。

#### （5）自動評価

評価を自動化するために、新たなデータを入力すると自動で評価するシステムを作成する。

### 4. 研究成果

歩容時の被介護者の状態を判定していると考えられる10項目を担当医と理学療法士と連携して決定した。なお、各項目は10点満点として、理学療法士に歩行リハビリテーション中に評価していただいた。評価はある基準で採点することも検討したが、理学療法士の暗黙知を抽出することを目的の一つとしているため、あえて基準を作らずに主観による評価とした。さらに、自由記述欄を用意し、評価時に気になった点を記入していただくこととした。

次に、モーショントラッキングと両足と退官の重心動揺計測を行ために図1に示すシステムを構築し、歩容時のデータを計測した。データは我々が開発した無線通信システムを用いてPCに保存することができる。

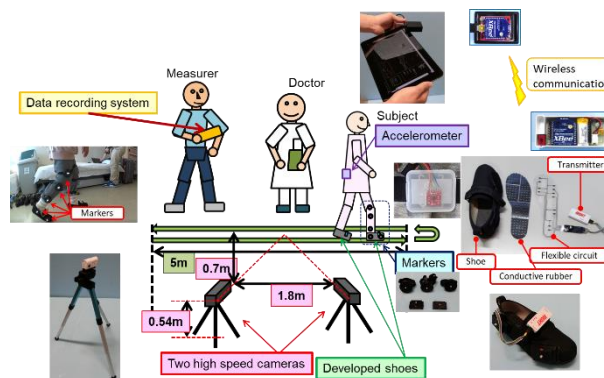


図1 計測システムの概要

理学療法士の主観による評価と足裏の重心動揺の関連性を、SOMを用いて評価した。その結果、理学療法士の評価と重心動揺の多くは一致した傾向を示すことが確認された。その結果を用いることで、図2に示すように計測値から患者の状態を判定することが可能であることが明らかになった。

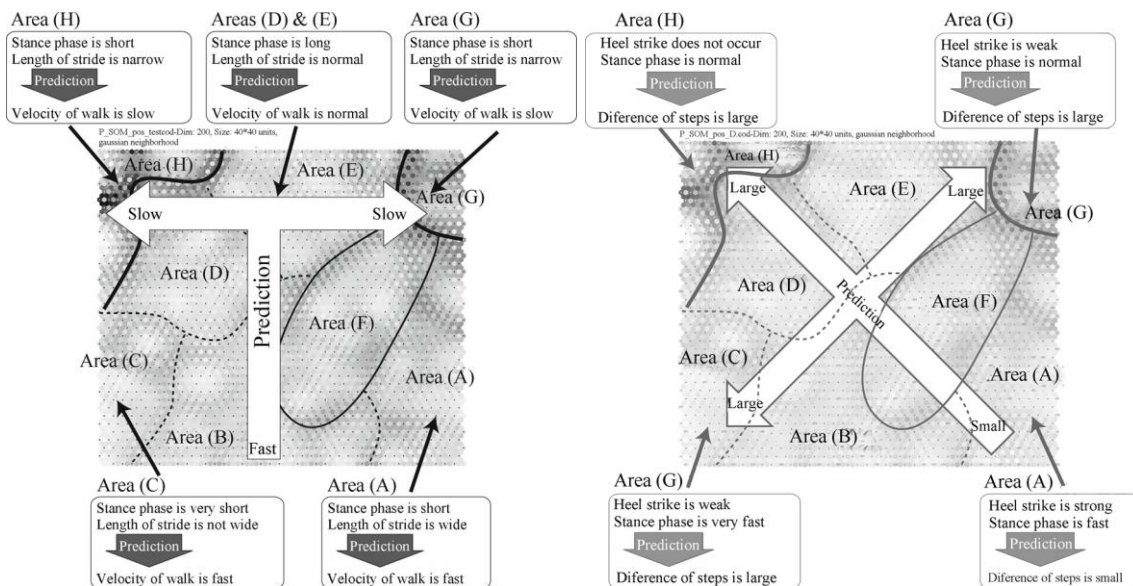


図2 SOMによる回復度合いの予測

一方、SOMによる分析により、理学療法士の評価と計測値が一致しないことがあることも認められた。このデータを評価したときの自由記述欄を再度まとめると、患者の上半身の動きに着目している可能性があることが推測された。しかしながら、理学療法士への聞き取り調査による歩容評価の項目作成時には上半身の状態に関して評価しているとの意見はなかった。このことから、上半身の動作を歩容の評価へ加えることが暗黙知の一つであるとの仮定が得られた。

歩容評価時の理学療法士の着目点を調べるために目線の解析を行った。その結果、理学療法士は歩容を評価するときに上半身を見ていることが明らかとなった。また、その見方には一定の法則があり、患足が立脚期にあるときは上半身、遊脚期にあるときは下半身となっていることが明らかとなった。これをプロットしたものが図3となる。

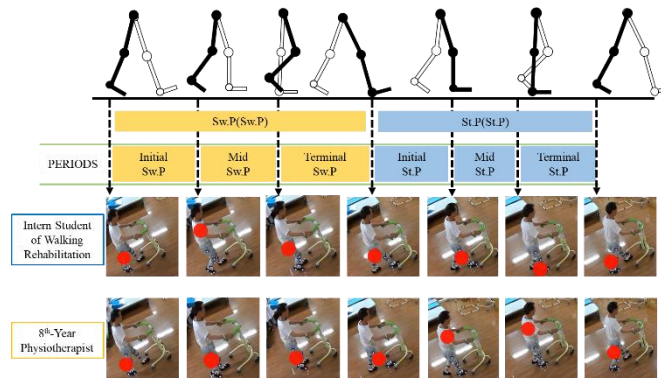


図3 評価時の視点の動き（初心者 vs 熟練者）

歩容の評価時に上下に移動する視線をまとめて数値化し、理学療法士の業務年数によって分けることで、図3に示すように、勤務年数が少ないときには上下移動が少なくなることが明らかとなった。これをまとめると図4となり、おおむね3年を超えると上下移動が獲得できることが明らかとなった。この視線の上下移動は理学療法士への聞き取り調査からは文章や言葉として得られなかったにも関わらず、理学療法士が年限とともに獲得しているため、暗黙知（文書化・文言化できない知識）の伝達が行われていることが明らかとなった。

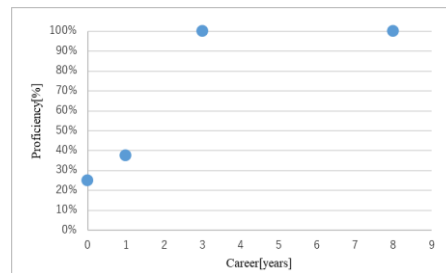


図4 暗黙知の獲得過程

また、陥入爪が生じる原因ははっきりとはわかっていないが、専門医は歩容に原因の一端がありそうだという暗黙知を持っていることが聞き取り調査によって分かった。そこで、陥入爪患者の分析もSOM解析、因子分析とディープラーニングにより行った。まず、SOM解析に関しては歩容に寄与するパラメータの存在が明らかになり、歩容が陥入爪を誘発する原因になりうることを示された。次に、ディープラーニングによる解析を行い、歩容時の重心動揺計測の値で陥入爪患者を見分ける可能性を示した。さらに、因子分析を行うことで、図5（左図）に示すように患者特有の歩容があることが予測される結果が得られた。その歩容が得られる原因を調べることで、図5（右図）のように外側を着く歩容が多くみられることが分かった。以上より、陥入爪患者の歩容に関する暗黙知の一端を明らかにすることができた。

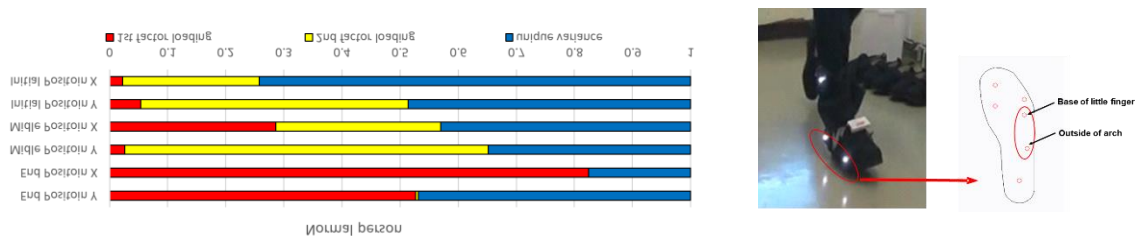


図5 陥入爪患者の歩容の特徴

研究を進める中で、指の動作に関してもデータ化されていないが、手の外の専門医はいくつかの暗黙知を持っている可能性があることが、医師との話し合いによって明らかとなった。これには図6に示す、私たちが開発した各指の力を測る握力計が有効となりうることを医師から伝えられた。各指の力を測る握力計の計測値を基に、本手法を応用することで手の外の専門医の暗黙知の解明にも寄与できることが予想され、今後の発展に寄与できる成果が得られた。

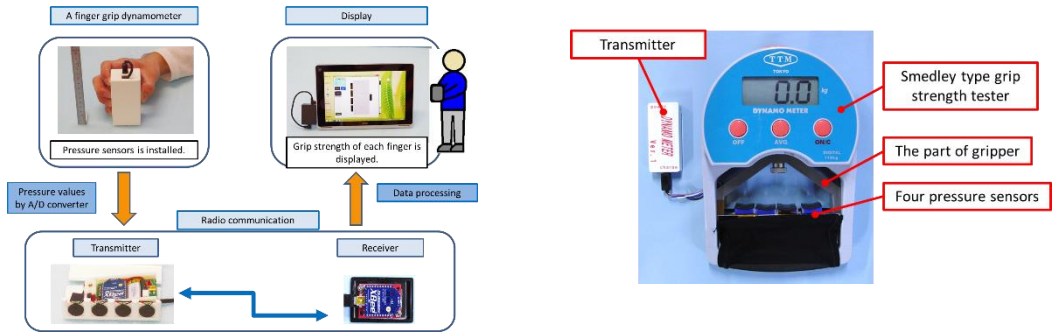


図6 指の力を測るためのシステム

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Makino Koji, Sato Nobutaka, Fujita Koji, Kanagawa Takaiki, Miyamoto Masaya, Sasaki Toru, Haro Hirota, Kondo Yasuo, Terada Hidetsugu	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of a Dynamometer to Measure Grip Strength of Each Finger	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 2018 IEEE 27th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISIE.2018.8433775	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 Nishizaki Hiromitsu, Leow Chee Siang, Makino Koji	4. 巻 138
2. 論文標題 Operation Verification of Deep Learning Applications on Small Computers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1108 ~ 1115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1541/ieejeiss.138.1108">https://doi.org/10.1541/ieejeiss.138.1108</a>	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 Makino Koji, Sato Nobutaka, Fujita Koji, Miyamoto Masaya, Sasaki Toru, Haro Hirota, Yamada Kazuki, Terada Hidetsugu	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of a Finger Force Distribution Measurement System for Hand Dexterity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IECON.2018.8592789	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 Makino Koji, Nakamura Masahiro, Omori Hidenori, Hanagata Yoshinobu, Ueda Shohei, Shirataki Kohei, Ishida Kazuyoshi, Terada Hidetsugu	4. 巻 1
2. 論文標題 Study on the Evaluation Method of Gait Motion Including the Implicit Knowledge	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII.2019.8700436	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 Zhao Lu, Makino Koji, Fujita Koji, Sasaki Toru, Sato Nobutaka, Miyamoto Masaya, Haro Hirota, Terada Hidetsugu	4. 巻 1
2. 論文標題 Improvement of a Finger Force Distribution Measurement Device employing Adjustable Structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)	6. 最初と最後の頁 1-1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII.2019.8700326	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 Makino Koji, Ogawa Youichi, Kanagawa Takaiki, Matsuzawa Miyuki, Yamamoto Saori, Yamada Kazuki, Shimada Shinji, Kawamura Tatsuyoshi Terada, Hidetsugu	4. 巻 46
2. 論文標題 Presence of a family history and excessive pressure on the first toe pad during walking in female subjects with pincer nails	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Dermatology	6. 最初と最後の頁 631-633
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 青木 今日子, 牧野 浩二, 中村 祐敬, 大森 英功, 花形 悦伸, 植田 祥平, 石田 和義, 寺田 英嗣	4. 巻 53
2. 論文標題 能動膝アシスト装具を適用した自動伸展不全リハビリテーションシステム	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 計測自動制御学会論文集	6. 最初と最後の頁 286-294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.9746/sicetr.53.286">https://doi.org/10.9746/sicetr.53.286</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 劉震、牧野浩二、中村祐敬、石田和義、花形悦伸、白滝航平、大森英功、寺田英嗣
2. 発表標題 視線解析装置を用いた歩行リハビリテーション理学療法士の視線特徴の抽出
3. 学会等名 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Makino, Y. Ogawa, T. Kanagawa, K. Yamada, K. Kano, S. Shimada, T. Kawamura, H. Terada
2. 発表標題 Measurement system for a gait motion of a patient with pincer nail
3. 学会等名 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2017) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 牧野 浩二、寺田 英嗣、中村 祐敬	4. 発行年 2017年
2. 出版社 CQ出版	5. 総ページ数 2
3. 書名 Interface(2017年6月号)人工知能アルゴリズム探検隊 コラム：人工知能×医療の研究...歩き方の良しあしをSOMで判定する	

〔産業財産権〕

〔その他〕

山梨大学 研究者総覧 - 牧野浩二 <a href="http://erdb.yamanashi.ac.jp/rdb/A_DispatchDetail.Scholar?fid=0&amp;id=09EC7A5C90BC6281">http://erdb.yamanashi.ac.jp/rdb/A_DispatchDetail.Scholar?fid=0&amp;id=09EC7A5C90BC6281</a>
--

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