

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 12日現在

機関番号：23102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700577

研究課題名（和文） 高齢者の定量的な下肢機能評価システムの構築

研究課題名（英文） Construction of a System to assess Lower limb function in Elderly people

研究代表者

野本 洋平（NOMOTO YOHEI）

新潟県立大学・国際地域学部・講師

研究者番号：50455242

研究成果の概要（和文）：

本研究では、歩行能力、筋力、柔軟性、足爪を評価し、転倒リスクについて推定できるシステムを構築した。その結果、下肢機能を定量的に評価できることがわかり、システムが高齢者に対しても有用であることを示した。

研究成果の概要（英文）：

A system which assess the walking ability, muscle strength, flexibility, toenail and can estimate on the falling risk was constructed in this study. As the result, we found that the system assesses the lower limb function quantitatively, and it was shown that the system was useful for frail elderly.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,300,000	390,000	1,690,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学，福祉工学

キーワード：介護予防，支援技術

## 1. 研究開始当初の背景

転倒による大腿骨頸部骨折者は年間10万人以上発生している。転倒は骨折の原因となるだけではなく、転倒後症候群から廃用症候群を誘発し、ますます転倒リスクを高め、対象者のQOL(Quality of Life)およびADL(Activities of Daily Living)を著しく低下させる。厚生労働省は平成18年度の介

護保険法の改正以降、介護保険の位置づけに予防を加え、新予防給付と地域支援事業の2つの柱を新たに追加した。この例のように、高齢者個人ごとの転倒リスクを定量的に評価し、運動指導等を通してリスクを減じ、転倒を予防する試みが始まりつつある。しかし、転倒予防のための運動指導などによる身体機能の向上が明確に現れない理由の一つと

して、足爪の機能不全が挙げられる。例えば、高齢者の約 6 割に足爪の変形、変色、肥厚、脱落などが発生していることが報告され、足爪に異常があることで転倒リスクが高まるということが明らかになりつつある。そこで本研究では、歩行能力、筋力、柔軟性などの下肢機能の計測に加えて足爪の評価を加えた新しい評価システムが構築できれば、介護予防プログラムと連携して、高齢者の身体機能の維持と改善のための運動指導がより効果的に行えると考えた。

## 2. 研究の目的

本研究では、主に介護予防プログラムに参加するような高齢者の下肢機能を評価し、転倒リスクを推定できる評価システムの構築を目的とする。特に次の点に着目して研究を進めた。

歩行能力、筋力、柔軟性に関する転倒リスクを推定する評価システムを構築する。

足爪に関する転倒リスクを推定する評価システムを構築する。

## 3. 研究の方法

### (1) 下肢機能の評価

対象者は若年者 16 名、高齢者 10 名とした。対象者には、計測データを研究で使用するものであることを十分に説明した。さらに計測前にも口頭による説明を行い、対象者の同意を得た上で実験を開始した。

計測項目は、これまでに我々が用いた計測項目 12 項目から、高水準の身体機能を必要とする項目、複雑な機器を必要とする項目、専門的知識が必要となる項目、合計 7 項目を除き代替として最大歩幅、足指外転距離、足指屈曲角度の 3 項目を加えた計 8 項目を選定した。下肢機能の評価結果の提示では、高齢者や若年者、および運動実施者の理解を補助するために、主成分分析によって歩行能力、筋力、足首柔軟性の 3 つのパラメータに要約することとした。

歩行能力に関する計測項目として、足指外転距離、足指屈曲角度、最大歩幅、膝関節の上昇値、大転子の変動量、歩行バランス値の計 6 項目を計測した。足指運動機能は動的バランスとの相関が高いと報告されている。そこで我々は、適切な筋力発揮や動的バランスと相関の高い足指外転距離に着目し、歩行能力に含めることとした。

足母指の異常は立脚相後期の蹴りだしの最終的な力の発揮経路であり、足指屈曲角度が制限されていると、筋力が正常に発揮されない可能性があるとともに足母指の動作範囲の制限につながる。本研究では、歩行に関する蹴りだしの力の発揮に関わる足指屈曲角度に着目することとした。

高齢者は加齢により股関節の柔軟性が低

下し、股関節の関節可動域が減少する。最大歩幅の計測値は、各対象者の下肢長で除し、基準化した。

歩行周期において立脚相後期の蹴りだしの力の低下は、遊脚期の膝関節位置の低下を引き起こし、つまずきを誘発する。本研究では、歩行中の蹴りだしの力と膝関節の上昇値は関係があると考え、膝関節の上昇値に着目し歩行能力の計測項目に採用した。

人間の歩行中の身体重心位置は上下、左右方向に変動する。歩行中の上下の身体重心位置の変動量は、小さく滑らかになることで歩行のエネルギー消費が減少するとされる。そこで大転子の変動量を歩行能力の計測項目として採用した。

先行研究では、歩行周期、立脚相、遊脚相、単脚支持期、両脚支持期の時間が用いられている。その中では、加齢変化により歩行中の片脚支持時間の割合が減少し、両脚支持時間の割合が延長することが報告されている。ここでは、先行研究の歩行バランス値を参考に検討を進める。歩行バランス値は式(1)より求めた。式(1)中の  $P_t$  は立脚相の計測時間[秒]を表し、 $S_t$  は遊脚相の計測時間[秒]を表す。

$$\text{歩行バランス値} = \frac{P_t}{S_t} \cdots (1)$$

筋力に関する計測項目として、足指力を計測した。足指力の計測では、静的な状態の下肢筋力を定量的にかつ簡便に評価することができる。足指力計測は、足母指と第二指間の挟む力を計測するものである。

足首柔軟性に関する計測項目として、足関節動作範囲の計測を行った。本研究では歩行中の足関節動作範囲を計測するために、図 1 中の対象者の B、膝関節外顆、C、足関節外果、D、第 5 中足骨粗面、E、踵にマーカを取り付け、デジタルビデオカメラより得られたデータから、歩行中の足関節動作範囲を求めた。図 1 の  $\theta_1$  を足関節動作範囲の基準とし、 $\theta_2$  を足関節伸展角度、 $\theta_3$  を屈曲角度とする。足関節動作範囲は式(2)より求めた。

$$\text{足関節動作範囲} = |\theta_2 - \theta_1| + |\theta_1 - \theta_3| \cdots (2)$$

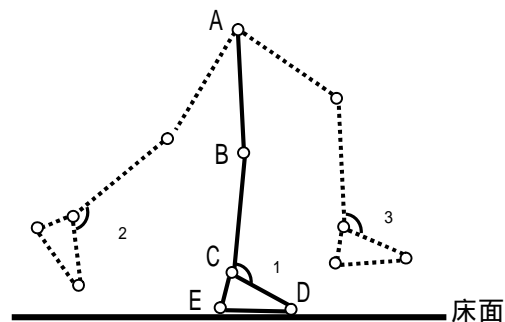


図 1 足関節動作範囲の計測

## (2)足爪の評価

対象者は足爪に複数の異常がなく、評価の妥当性の確認が困難な例を除いた正常例の高齢者4名と黄乾の異常がある高齢者3名とした。足爪の異常の有無は、看護師の資格を持つメディカルフットケアワーカーが目視で判断し正常群と黄乾の異常がある群に分類した。図2に足爪の正常例、図3に足爪の黄乾の異常例を示す。対象者には、計測データを研究で使用するものであることを十分に説明し、被験者の同意を得た上で実験を開始した。



図2 正常な足爪の一例



図3 黄乾の異常がある足爪の一例

本研究では、撮影画像サイズと、撮影位置(カメラの高さ)の統一化が可能な足爪撮影用カメラと、足爪画像から足爪の色の抽出を可能とするアプリケーションにより構成される。図4に提案するアプリケーションの画面の一例を示す。設計では、スマートフォンへの導入実装が可能なものとし、作成を行った。スマートフォンへの導入に求められる項目では、タッチパネル操作を考慮したシンプルなユーザインタフェース設計、ハードウェア構成、そしてネットワーク利用を前提とした開発を重要とし、プロトタイプアプリケーションの作成を行った。

作成したプロトタイプでは、アプリケーションウインドウの左部分に撮影した画像を提示し、右側部分に計測結果を提示する設計とした。作成したアプリケーションは、Borland社の提供するC++ Builderを用いて作成した。アプリケーションに搭載した機能は、スマートフォン用のアプリケーションへの導入を考慮し、全て汎用的なコンポーネントによって構成されている。作成したアプリ

ケーションの動作環境は、アプリケーションの実験評価が目的であるため、Windows用アプリケーションとして作成した。またネイルチェッカは、Windows XP, Windows Vistaでの動作を確認した。

足爪画像から毎回定量的に色情報を抽出するには、画像サイズと撮影位置(高さ)を一定に保つことが重要になる。そこで、画像サイズと撮影位置(高さ)を一定に保った撮影が可能となるカメラを作成した。作成したカメラは、高さを一定に保つ構造になっている。画像サイズは、30万画素一定とした。カメラとPCの接続は、USBを利用する。図5に示すカメラの配置高さは、カメラの視野角を基に13cmと設定した。またカメラ台の幅は、足つま先部分を挿入することを考慮し、12cmとした。

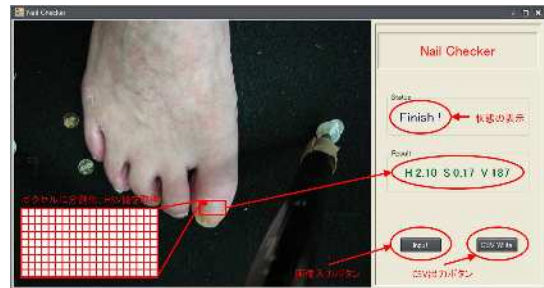


図4 作成した足爪評価アプリケーション

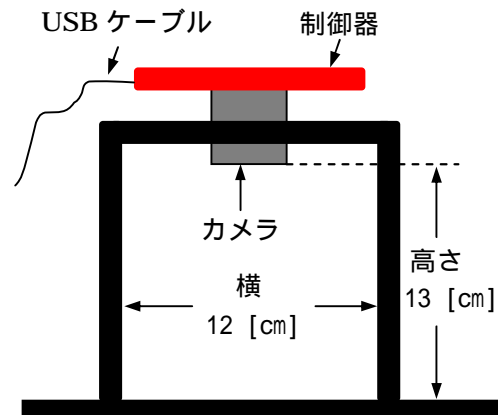


図5 外寸の仕様

足爪評価アプリケーションの利用の流れは、まずカメラにより足爪の画像を取得し、取得した画像の数値処理を行う。数値処理では、取得画像をピクセルデータとして分割し、RGB各成分のデータを抽出する。抽出したRGB各成分のデータは、ネット上のサーバや端末内記憶領域に保存を行う。その後、抽出したRGB各成分のデータは、HSV表色系に変換し、これまでの足爪の色の平均情報と比較され、現在の足爪の色の評価判定がなされる。また、アプリケーション利用時には、画像取得の他

に、過去データの参照についても行う仕様としており、自己体調管理としての機能を設けている。

足爪評価アプリケーションの具体的な利用手法には、マウス操作により足爪の色抽出範囲を任意に選択する操作性を持たせた。足爪の色情報は、任意選択された範囲内の各ピクセル内 RGB 各成分のデータを参照し、HSV 表色系のデータを算出して得ている。また、抽出された足爪の色情報は、色情報解析を容易とするために CSV ファイルに記録することとした。また CSV ファイル形式の採用は、ネットワークを介したサーバへのデータ保存や、データ共有が容易となる。

#### 4. 研究成果

(1) 表 1 に計 8 つの計測項目の平均値と標準偏差を示した。主成分分析の計算には相関行列を用い、主成分分析の結果より得られた因子負荷量を用いた結果を表 2 に示した。固有値が 1 以上の主成分としては、第三主成分まで得られ、累積寄与率が 74.1%であった。第一主成分の寄与率は 47.9%であった。この主成分において採択された計測項目は、足指外転距離、足指屈曲角度、最大一歩幅、膝関節の上昇値、大転子の変動量、歩行バランス値の 6 項目が挙げられた。第二主成分に関しては寄与率が 13.6%であり、足指力が採択された。第三主成分は、寄与率が 12.6%であり、採択された計測項目は足関節動作範囲であった。第一主成分は足指外転距離、足指屈曲角度、最大一歩幅、膝関節の上昇値、大転子の変動量、歩行バランス値であり、歩行能力を表す主成分と解釈した。第二主成分は足指力、すなわち、筋力を表す主成分と解釈した。第三主成分は、足関節動作範囲であり、足首柔軟性を表す主成分と解釈した。表 1, 2 の結果をもとに、次の算出式(3)から歩行能力、筋力、足首柔軟性の主成分得点を求めた。また、パラメータの係数は各主成分分析でのパラメータの固有ベクトルの値である。

式(3)に基づいて、本研究の対象者の歩行能力、筋力、足首柔軟性を評価した。歩行能力の平均値と標準偏差は、高齢者が 11.7 ± 2.6 点、若年者が 19.2 ± 6.1 点であった。筋力は高齢者が 1.7 ± 0.8 点、若年者が 2.3 ± 0.7 点であった。足首柔軟性は高齢者が 23.0 ± 5.4 点、若年者が 27.8 ± 5.2 点であった。各主成分の得点は高齢者群と若年者群とで差がある。下肢機能の評価に用いることが可能と考えられる。

(2)表 3 に正常例の高齢者 4 名と黄乾の異常がある高齢者 3 名の HSV 表色系の計測結果を示す。メディカルフットケアワークの分類結果と HSV 表色系の計測結果では、明確な相関

関係を得ることができなかった。HSV 表色系の計測結果では、正常群の H と S の平均値が黄乾の異常群の値より高く、正常群の V の平均値が黄乾の異常群の値より低い傾向であったが、有意な差は確認できなかった。

HSV 表色系による画像解析評価は、視覚評価よりも自覚症状を関連づけるには有用になる可能性が考えられる。

以上の研究成果から、介護予防プログラムに参加するような高齢者の下肢機能を評価し、転倒リスクを推定できる評価システムを構築することができた。さらに介護予防プログラムに参加するような高齢者が自身の身体機能の変化に興味を持つための効果的な指標としても本システムが有用であることが示唆された。

表 1 計測項目の平均値と標準偏差

計測項目 [単位]	高齢者		若年者	
	平均値	±標準偏差	平均値	±標準偏差
足指外転距離 [cm]	1.5 ± 0.7		2.9 ± 1.0	
足指屈曲角度[deg]	28.0 ± 7.1		46.3 ± 16.6	
最大一歩幅	1.1 ± 0.2		1.5 ± 0.3	
膝関節の上昇値	0.12 ± 0.02		0.39 ± 0.11	
大転子の変動量	0.14 ± 0.01		0.09 ± 0.02	
歩行バランス値	1.8 ± 0.1		2.0 ± 0.2	
足指力[N]	2.5 ± 1.2		3.5 ± 1.1	
足関節の動作範囲 [deg]	37.2 ± 8.7		44.9 ± 8.4	

表 2 主成分分析の結果

計測項目	第一主成分	第二主成分	第三主成分
足指外転距離	-0.39	0.13	0.33
足指屈曲角度	-0.36	0.30	-0.21
最大一歩幅	-0.37	0.24	-0.33
膝関節の上昇値	-0.40	-0.20	-0.23
大転子の変動量	0.43	0.28	0.31
歩行バランス	-0.35	-0.30	0.13
足指力	-0.25	0.65	0.44
足関節動作範囲	-0.23	-0.45	0.62

$$\text{歩行能力} = (-1) \times \{ (-0.39) \times A + (-0.36) \times B + (-0.37) \times C + (-0.40) \times D + (0.43) \times E + (-0.35) \times F \}$$

$$\text{筋力} = 0.65 \times G$$

$$\text{足首柔軟性} = 0.62 \times H \dots \dots \dots (3)$$

A: 足指外転距離, B: 足指屈曲角度,  
C: 最大一歩幅, D: 膝関節の上昇値,  
E: 大転子の変動量 F: 歩行バランス値,  
G: 足指間圧力, H: 足関節動作範囲

表 3 HSV の計測結果

	H ± SD	S ± SD	V ± SD
正常群	2.02 ± 0.32	0.17 ± 0.04	189.50 ± 5.50
黄乾群	1.75 ± 0.33	0.14 ± 0.04	197.00 ± 5.35

## 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2件)

野本洋平, 山下和彦, 澤井圭, 大矢哲也, 小山裕徳, 川澄正史: H S V表色系を用いた足爪評価アプリケーションの提案, バイオフィリアリハビリテーション研究, 査読有, 7(1), 17-22, 2012

野本洋平, 山下和彦, 澤井圭, 大矢哲也, 小山裕徳, 川澄正史: 足爪評価システムの提案, 国際地域研究論集, 査読有, 2(2), 23-31, 2011

[学会発表](計1件)

野本洋平, 山下和彦, 澤井圭, 大矢哲也, 小山裕徳, 川澄正史: 足爪評価システムによる足爪異常の推定, 第14回 バイオフィリアリハビリテーション医学会総会, 2010年9月4日, 豊橋創造大学

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

野本 洋平 (NOMOTO YOHEI)  
新潟県立大学・国際地域学部・講師  
研究者番号: 50455242

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

なし