

13 高齢者の健康的な美しさを評価する歩行センシング

横山詔常、小玉 龍、長谷川正哉*

Gait assessment method of healthy beauty for the elderly

YOKOYAMA Noritsune, KODAMA Ryu and HASEGAWA Masaki

This study aimed to develop a method to evaluate the health attractiveness of gait using sensor data to improve the gait posture of the elderly. First, an interview survey utilizing the rating grid method was used to identify more than 50 terms related to the health attractiveness of gait. Next, the experiment was conducted in the SD method questionnaire to obtain gait impression scores. Finally, the relationship between the sensor data obtained from the sensor shoes and the impression scores of gait were modeled by utilizing principal component analysis and multiple regression analysis. The results of study are expected to enable to evaluate gait for health and beauty for the elderly, and to motivate them to improve their gait.

キーワード：高齢者、歩行、健康、美しさ、評価技術

1 緒 言

高齢者の転倒予防、介護予防のためには、健康ステージでの歩行評価による早期介入が重要であり、これまで歩行の運動機能の「異常性」を評価するセンシングシステム¹⁾の開発を行ってきた。しかし、フレイル²⁾に至る前の高齢者が自ら自身の歩行を顧み、運動促進や姿勢、歩き方の改善に意欲的に取り組んでいくよう誘導していくためには、取組への強い動機づけを得ることも重要である。そこで、この動機づけの一つとして、自分の歩き方が「美しく健康的で魅力的か（以下「健康的魅力度」という。）、「他人からどのように見られているか」を知ることが効果的であると考え、歩行の「健康的魅力度」を評価する手法の確立を目指す。これまで開発してきた「異常性」というネガティブ要素に加えて、「健康的魅力度」というポジティブ要素を、同じセンシングシステムで評価できるよう歩行評価システムの開発を行っていく。この両面を評価できるシステムの報告事例はなく先進的な取組と考えている。

ここでは、「健康的魅力度」の歩行評価システムのパイロットスタディとして、小規模の被験者実験により、以下の二つの課題に取り組んだので報告する。

- 1) 歩行の健康的魅力度を説明する感性ワードの抽出
- 2) 歩行センサの特徴量と感性ワードとの関係性の解明

2 健康的魅力度の感性ワードの抽出

高齢者の求める歩行の「健康的な魅力度」を定義する必要がある。ここでは評価グリッド法によるインタビュー

と選択式アンケートを行い、健康的魅力度を説明する感性ワードを 50 個以上抽出し、課題 2 で使用する評価シートを作成する。

2.1 方法

2.1.1 歩行の撮影

実験参加者は 65 歳以上の高齢者 12 名（男性 6 名、女性 6 名）である。10m の直線の歩行を前後方向、左右方向から撮影した。歩く速さは「普段の歩き方の速さで」と教示した。

2.1.2 評価グリッド法によるインタビュー

評価グリッド法を用いたインタビュー調査を以下の手順で実施した。図 1 に調査の様子を示す。



図 1 歩行映像の視聴の様子

- 1) 各人の歩行映像を視聴
- 2) 健康的で魅力的な歩き方について採点
- 3) 性別毎に 1 位から 6 位までを順位付け
- 4) 任意の順位間を比較し、良い理由を聴取
- 5) ラダリングによる上位概念、下位概念の抽出

2.1.3 選択式アンケート

先行研究の文献^{3) 4)}などを参照し 100 個のワードを表形式にまとめ、実験参加者に呈示した。その中から歩行の健康的魅力に重要だと思うワードを 20 個選択した。

*県立広島大学

2.2 結果

評価グリッド法で得られたワードを用いて、評価構造を男女別に作成した。図2に女性の例を示す。健康的魅力に対する感性ワードとそれに関連する歩行特徴の構造を明らかにした。女性では、「楽しさ」や「好感が持てる」という上位概念と感性ワードをつなぐ「中間的価値」語が抽出されたこと、また、「しなやか」「しとやか」等の‘柔和性 因子’が抽出された。

選択式アンケートからは、インタビューでは得られなかった「バランスの良い」、「安全な」、「安定している」という‘安定因子’の選択頻度が高く、上位で抽出できた。以上から、「健康的魅力度」を説明する50語以上の感性ワードを得ることができた。これらのワードは次の歩行印象の評価実験に用いた。

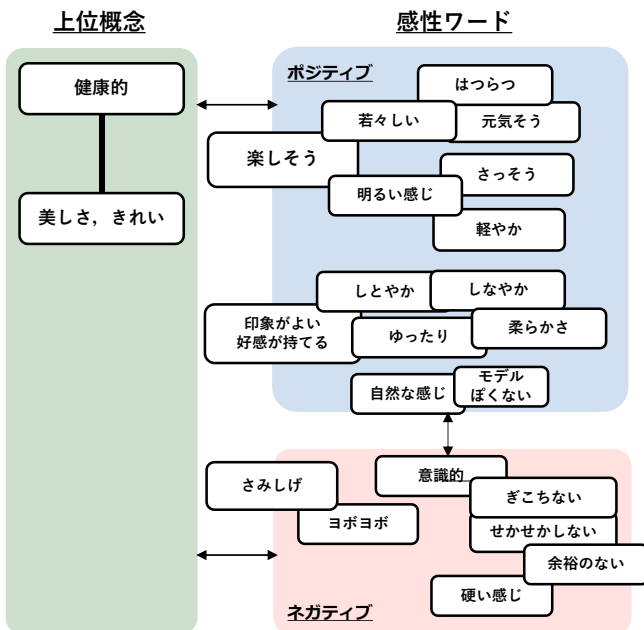


図2 評価グリッド法で抽出した健康的魅力度のワード

3 歩行センサと感性ワードとの関係性

高齢者の歩行センサデータと課題1で得られた感性ワードとの関連付けを行った。高齢者の歩行の撮影とセンサシューズ(図3)を用いた歩行データを収集した。次に歩行映像を視聴し対象者の歩行の印象を評価した。

3.1 計測方法

3.1.1 歩行計測

実験参加者は10mの歩行路を普段の速さで歩行した。歩行の様子をカメラ2台で前後方向、左右方向より撮影し、センサシューズにより歩行データを計測した。

3.1.2 歩容の印象評価

撮影した歩行映像を視聴し、SD (Semantic Differential

Method) 法を用いたアンケートにて歩行の印象スコアを得た。SD法は、課題1で得られた30個の感性ワードにて構成され、-3点から3点までとしてスコア化した。総合評価である「健康的魅力度」は、10cmのVAS (Visual Analogue Scale) にて1mm (1点) 刻みでスコアを得た。解析で利用するデータは、自己評価のデータを除いた。



図3 センサシューズ

3.1.3 実験参加者

歩行実施者、アンケート回答者とも13名の同一被験者である。年齢は平均72.1才であり、65歳未満7名、65才以上6名である。性別は全員女性とした。

3.2 解析と結果

3.2.1 感性ワードの主成分分析

得られた感性ワードのスコア値を用いて主成分分析を行った。第4主成分までの累積寄与率は72.1%である。第1主成分は寄与率が53.9%で、30の評価語の内25語がこの主成分に含まれるため、「総合評価」を表現する主成分となっている。第2主成分は「粗雑性(男性的)」、第3主成分は「カジュアル」、第4主成分は「個性的」と定義した。第1主成分と第2主成分を軸とし、負荷量と主成分得点をプロットした(図4)。IDは歩行実施者番号である。

これから、ID01、ID13の人は総合的評価が高く、ID08は総合的評価の印象が低かった。ID07は粗雑な印象であり、ID11はゆったりした繊細で女性的なイメージの歩き方であることが分かる。

3.2.2 健康的魅力度と各ワードとの関係

健康的魅力度の得点を目的変数に主成分得点、及び、感性ワードのスコア値を説明変数として重回帰分析を行った。変数選択はStepWise法を用いた。結果を図5に示す。図のカッコ内の数字は標準偏回帰係数である。

説明変数が主成分スコアの場合は、第1主成分(PC1)の寄与率が高いことが分かる。

説明変数が感性ワードの評価語の場合は、StepWise法で機械的に変数を選択した。「バランスがよい」、「友好

的、「品のある」、「軽そう」の順番に四つの変数まで選択された。これら4つの言葉は、健康的魅力度に対す

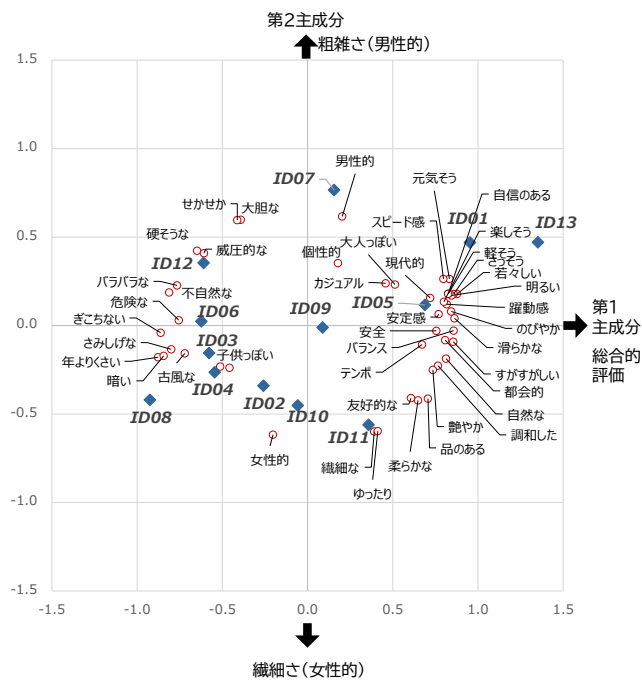


図4 感性ワードと各人の歩行印象の分布

る寄与率が高く、説明力を持つ。なお、PC1の「若々しい」「さっそう」「滑らか」というワードは抽出されていない。健康的な魅力度とは、スピード感や躍動感というような速さや力量性を表現する言葉ではなく、「安心感や親しみ」というイメージを持つワードが抽出されている点が特徴的である。

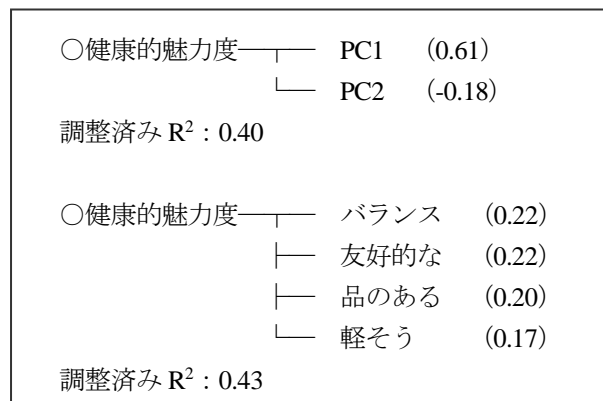


図5 健康的魅力度と主観評価値の重回帰分析 (図上：主成分得点、図下：感性ワードを説明変数とした場合)

3.3 センサデータ

3.3.1 センサパラメータの抽出

得られた時系列のセンサデータは、1歩行周期ごとに時間正規化を行い加算平均波形並びに標準偏差波形を算出した。歩行周期の立脚期を三相、遊脚期を二相に区分し、それぞれの相にて最大値（及びその時点）、最小値

（及びその時点）、レンジ値（及びその時間幅）などを求めた。また、歩数、平均歩行速度、歩調、歩行周期区間の時間（及びその比率）などを求め、計366個のセンサ特徴量を抽出した。

3.3.2 センサパラメータ（特徴量）の主成分分析

366個のセンサパラメータを縮約するため、主成分分析を行った。第10主成分までで累積寄与率が83.9%となった。それ以降は主成分を構成するパラメータが一つもしくは、複数あったとしてもパラメータの関係性に一貫性がなかったため、第10主成分までを分析することとした。同時に各歩行の主成分得点を得た。

第1主成分は歩行速度や歩調、遊脚期加速度の因子であり、第2主成分はフォアフットロッカー期の動きと、各歩数のばらつきの因子、第3主成分は遊脚期の合成加速度に関する因子、第4主成分は歩数、歩幅に関する支持期の左右差に関する因子であった。それ以降の主成分の説明は割愛する。

3.4 健康魅力度のモデル化

3.4.1 感性ワードとセンサパラメータとの関連付け

次に、健康的魅力度の主観評価で得られた感性因子とセンサパラメータの関係性を検討する。前出した図5で示すとおり、健康的魅力度は、主観評価の第1主成分と第2主成分で説明できる。そこで、主観評価の第一及び第2主成分スコアを目的変数とし、センサパラメータの主成分スコアを説明変数とする重回帰分析を行った。変数選択はStepwise法を用いた(表1、表2)。

表1より、主観PC1に対してセンサの第1、4、2、6、7主成分が選択された。標準偏回帰係数は、センサの第1、4、2、6、7主成分の順に高い値であり、この順に主観PC1への影響度が高いことが示された。モデルの調整済みR²は、0.80と高い値である。

主観PC1に対しては、センサの第1主成分の「歩行速度や歩調、遊脚期加速度の因子」が寄与し、同様に表2より主観PC2に対しては、センサの第4主成分の「歩数、歩幅に関する支持期の左右差に関する因子」が

表1 主観PC1とセンサ主成分得点の重回帰分析

目的変数：	主観PC1	調整済みR ²	0.80	
説明変数	回帰係数	標準偏回帰係数	t値	p値
(定数)	0.00		0.00	1.00
sPC1	0.33	0.49	5.42	0.00
sPC4	-0.32	-0.47	-5.22	0.00
sPC2	-0.28	-0.41	-4.52	0.00
sPC6	0.24	0.35	3.90	0.00
sPC7	0.20	0.29	3.23	0.00

表2 主観PC2とセンサ主成分得点の重回帰分析

目的変数： 主観PC2 調整済みR² 0.75

説明変数	回帰係数	標準 偏回帰係数	t値	p値
(定数)	0.00		0.00	1.00
sPC4	-0.22	-0.55	-5.42	0.00
sPC1	0.16	0.40	3.96	0.00
sPC7	0.13	0.32	3.13	0.01
sPC10	-0.12	-0.30	-2.95	0.01
sPC9	0.18	0.29	2.82	0.01
sPC2	0.11	0.28	2.75	0.01

寄与することが分かった。

同じく、健康的魅力度の値を目的変数とし、センサパラメータの主成分スコアを説明変数とする重回帰分析を行った。変数選択は Stepwise 法を用いた (表3)。

「健康的魅力度」に対してセンサの第1、7、6、4、2主成分が選択された。標準偏回帰係数は、センサの第1、7、6、4、2主成分の順に高い値であり、この順に「健康的魅力度」への影響度が高いことが示された。モデルの調整済み R² は 0.84 と高い値である。

主観 PC1 と同じく、センサの第1主成分の「歩行速度や歩調、遊脚期加速度の因子」が寄与することは同じであり、その他も同じ主成分が選択された。

表3 健康的魅力度とセンサ主成分得点の重回帰分析

目的変数： 健康的魅力度 調整済みR² 0.84

説明変数	回帰係数	標準 偏回帰係数	t値	p値
(定数)	57.50		98.87	0.00
sPC1	4.40	0.60	7.42	0.00
sPC7	3.03	0.41	5.12	0.00
sPC6	2.76	0.38	4.66	0.00
sPC4	-2.61	-0.36	-4.40	0.00
sPC2	-2.02	-0.27	-3.40	0.00

以上の結果から、健康的魅力度をセンサデータから推定するモデルを提案する (図6)。しかし、このモデルは主観主成分スコアと健康的魅力度の調整済み R² の値がやや低いことに注意を要する。よって、表3に示すように、健康的魅力度のみを推定する場合は、センサ主成分スコアから直接推定した方がモデルの精度は高いため、使い分けが必要であると考えられる。

また、本報告では少数データによるモデル構築のため、今後は実験データの蓄積を行うことでモデルの推定精度の向上が期待できる。

4 結 言

センサデータから歩行の健康的魅力度を評価する手法

(推定モデル化)の開発に取り組み、以下の知見が得られた。

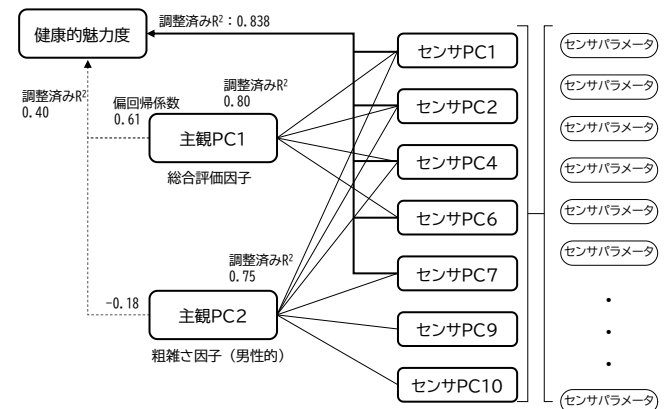


図6 健康的魅力度の推定モデル

○課題1：

(1) 評価グリッド法などにより、高齢者の考える「歩行の健康的な美しさ：健康的魅力」について、「若々しい、はつらつ、元気、しなやか、自然な」などの感性ワードが得られた。

○課題2：

- (1) 健康的魅力度は「総合的な因子 (第1主成分)」と「粗雑さ (男性的) 因子 (第2主成分)」から構成される。
- (2) 総合的な因子の中でも「バランスがよい」、「友好的」、「品のある」、「軽そうな」の感性ワードの寄与が大きく、健康的魅力度に影響を与える。
- (3) 「総合的な因子 (第1主成分)」、「粗雑さ因子 (第2主成分)」に関与するセンサ主成分が明らかになった。
- (4) 健康的魅力度は、「主観評価主成分得点」と「センサ主成分得点」の二階層にてモデル化できる。しかし、二階層のモデルよりもセンサ主成分得点から直接、健康的魅力度を推定するモデルの方が、精度は高い結果であった。

本研究の一部は科学技術振興機構の研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム(A STEP) 機能検証フェーズにて実施した。

文 献

- 1) 横山ら：人間工学, 58, supplement (2022), 1G2
- 2) 荒井：日本老年医学会雑誌, 51(2014), 491
- 3) 大桐ら：感性工学, 16(1), (2017), 181
- 4) 斎藤ら：バイオメカニズム, 25(2020), 195