

勝利素子を用いたロコモ年齢算出方法及び ロコモティブシンドロームの推定方法に関する研究

川原 文哉^{a)}・田村 宏樹^{b)}・淡野 公一^{c)}
鶴田 来美^{d)}・塩満 智子^{e)}・帖佐 悦男^{f)}

A Study on the Locomo Age Calculation Method using the Winner Node and the Locomotive Syndrome Estimating Method

Fumiya KAWAHARA^{a)}, Hiroki TAMURA^{b)}, Koichi TANNO^{c)},
Kurumi TSURUTA^{d)}, Tomoko SHIOMITSU^{e)}, Etsuo CHOSA^{f)}

Abstract

Locomotive syndrome (abbr. loco) means a reduced state of the human moving ability due to a failure of the human musculoskeletal system. The Ministry of Health, Labor and Welfare is aiming to increase the awareness of the people's loco to 80%, and interest in loco has been increasing. In this paper, we newly propose Locomo age and we aimed to verify its effectiveness. The proposed system consists of the loco estimation system of the previous research and the algorithm for calculating Locomo age, which is the proposed method in this paper. The concept of winner node was used for the calculation algorithm of Locomo age. By doing this, we thought that we can calculate the Locomo age that we can compare with our age. We report the results of applying this proposed method to a total of 194 subjects, 101 from under 65 years old and 93 from over 65 years old. Moreover, in the evaluation index of Locomo age, it turned out that there were subjects who had a difference between their movement function and the result of Locomo 25. Therefore, we select data by considering this result, report the result of estimating Locomo 25 from walking motion through multiple regression analysis and ANFIS.

Keywords: Kinect for Windows V2, Winner Node, Locomotive Syndrome, Multiple Regression Analysis, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

1. はじめに

近年の我が国は、総人口に占める高齢者人口の割合が平成28年度では27.3%となっており、超高齢社会を迎えている¹⁾。この最大の要因は、死亡率の低下による平均寿命の延伸である。厚生労働省によると、平成25年の我が国の平均寿命は、男性が80.21歳、女性が86.61歳となっている。これに対して、健康上の問題がなく日常生活を普通に送れる状態を指す健康寿命は、男性が71.19歳、女性が74.21歳となっている²⁾。平均寿命と健康寿命の差は、日常生活に制限のある不健康な期間、つまり介護を必要とする期間となる。平均寿命の延伸に伴い、この期間の拡大が進んでしまうと、医療費などの負担の増加や、生活の質の低下に繋がる。よって、健康寿命を延ばすことが必要である。ここで、介護が必要になる原因を表1に示す³⁾。この中で、骨折・転倒や関節疾患といった「運動器の障害」が全体の約2割を占めている。「運動器の障害」

に関して、ロコモティブシンドローム（以降、ロコモ）という概念がある⁴⁾。ロコモは運動器の障害により移動機能の低下した状態を意味しており、このロコモという概念を知り運動器の健康を意識し、自ら予防のための運動を行っていくことが健康寿命を延ばすために必要になってくる。このロコモという考え方は最近では様々なところで取り上げられ、研究なども行われている。

ロコモの診断方法はロコモ25、2ステップテスト、立ち上がりテストの3つがある。これら3つのテスト結果を相互判断することで、ロコモ度を判定することができる。ロコモ度はロコモの状態を3段階で評価したものである。しかし、ロコモの認知度は47.3%、理解度は19.9%と一般的に普及しているとはいえない数値である⁵⁾。これより、ロコモ度という独自の評価指標は直感的でないことが伺える。また、3つの評価テストの内、2ステップテスト、立ち上がりテストは、介助者が必要であること、被験者（特に高齢者）にとって身体的な負荷がかかることなどの問題点がある。そのため、より安全な計測方法であれば、被験者の負担を減らすことができ、計測結果がより直感的であれば、ロコモを知らない方でも理解しやすくなり、自分の運動

a)宮崎大学大学院工学研究科電気電子工学専攻大学院生

b)宮崎大学工学部環境ロボティクス学科教授

c)宮崎大学工学部電気システム学科教授

d)宮崎大学医学部看護学科教授

e)宮崎大学医学部看護学科助教

f)宮崎大学医学部整形外科教授

器の状態を意識する機会を与えることができると考えられる。そこで本論文では、被験者の身体的な負担にならない歩行動作を解析し、評価指標として身近である「年齢」に着目したロコモ年齢を新たに提案し、その算出、検討を行う。また、ロコモ年齢の評価に当たって、自身の移動機能とロコモ25の結果に差異がある被験者がいることがわかった。よって、ロコモ年齢の評価によるデータの選定を行い、ロコモ25を重回帰分析と機械学習の1種である adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS)を用いて推定した結果の検討も行う。

著者らの研究グループでは、ロコモと歩行動作の関係に着目して、調査を行っている⁶⁾。歩行動作をKinectセンサ (Kinect for Windows) のモーションキャプチャシステムを用いて解析し、取得される骨格位置情報から算出される膝関節角度などの値と、ロコモ25のアンケート結果との相関関係を調査している。また、別の先行研究ではKinect for Windows v2 (以下Kinect v2) と3次元モーションキャプチャシステムを有するVICONとの比較を行うことで、取得される骨格位置情報から算出される膝角度、ストライド、歩行速度の精度を検証している⁷⁾。その結果、VICONの測定値を真値として、膝角度とストライドに関しては誤差率5%以内、歩行速度に関しては誤差率3%以内の精度で、Kinect v2でも取得できることが示唆された。この先行研究のロコモ推定システムを用いて、本論文では歩行動作の解析を行う。

表 1. 介護が必要になる要因.

Ranking	Factor (%)
1	Stroke(21.5)
2	Dementia(15.3)
3	Debilitated by the elderly(13.7)
4	Joint disease(10.9)
5	Fracture(10.2)

2. 先行研究

2.1 Kinect v2によるロコモ推定システム

先行研究⁷⁾ではKinectによるロコモ推定システムとKinect v2によるロコモ推定システムの比較を行っている。本節では、本論文で入力として扱う膝角度、ストライド、歩行速度の取得方法について説明する。また、先行研究でのKinect v2によるロコモ推定システムとVICONの比較の結果、膝角度の誤差率は4.81%、ストライドの誤差率は4.82%、歩行速度の誤差率は2.42%の精度で取得できる可能性が示唆された。

2.1.1 実験環境

先行研究の実験環境を図1に示す。また、図のように歩く方向とKinect v2の角度が45°なのは、要素の取得に最も有効であったためである。

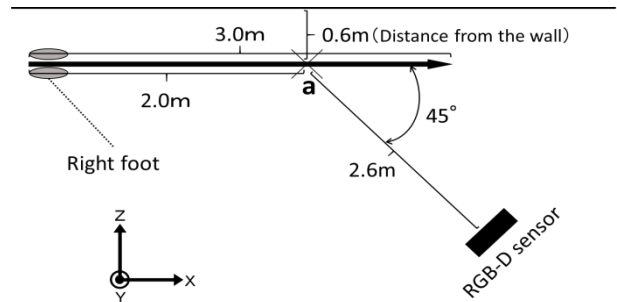


図 1. 実験環境.

2.1.2 膝角度

ロコモの先行研究⁸⁾では、ロコモ患者と健常者では歩行時の膝関節角度に有意差が現れるという報告がされている。よって、ロコモを推定する上で、膝角度は重要な要因であることがわかる。先行研究での膝角度の算出方法を図2及び式(1)、(2)に示す。図2のように右脚の腰、膝、足首の三次元座標を用いて、腰-膝の長さAB、膝-足首の長さBC、足首-腰の長さCAを、式(1)を用いて算出する。そして式(2)を用いて膝関節角度 θ を算出する。また、入力では2歩目の最大膝角度を用いる。

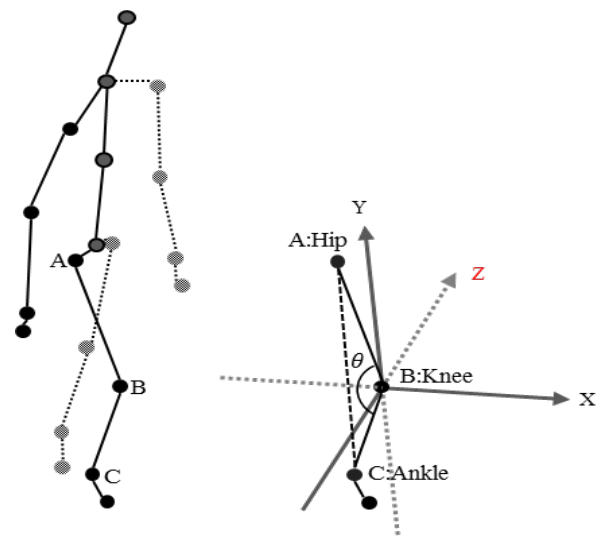


図 2. Kinect v2 での膝関節角度の算出.

$$\begin{aligned}
 AB &= \sqrt{(x_h - x_k)^2 + (y_h - y_k)^2 + (z_h - z_k)^2} \\
 BC &= \sqrt{(x_k - x_a)^2 + (y_k - y_a)^2 + (z_k - z_a)^2} \\
 CA &= \sqrt{(x_h - x_a)^2 + (y_h - y_a)^2 + (z_h - z_a)^2}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{AB^2 + BC^2 - CA^2}{2 * AB * BC} \tag{2}$$

2.1.3 ストライド/脚の長さ

先行研究⁶⁾から、ストライドの算出方法について説明する。算出方法を図3に示す。Kinectセンサで骨格位置情報を取得できる範囲は限られているため、ストライドは歩行動作の中でも右脚の一步目の動きから求めるようにしている。図6では1で歩行動作に入る前の直立時、2で右足が床から離れる瞬間、3で床から離れた右足が移動している瞬間、4で右足が床に着く瞬間を示している。ストライドは2から3までに、移動した右足首のX座標の変位 ΔX を求めることで算出している。また、歩行を行う前の直立時にKinectセンサから得られる右足首、右膝、右腰の骨格位置情報から、右腰から右膝までの長さ (Δhk)、右膝から右足首までの長さ (Δka) を算出し二つの長さの和を脚の長さ ($\Delta L = \Delta hk + \Delta ka$) として算出している。算出したストライドと脚の長さから比率 ($\Delta X/\Delta L$) を求める。先行研究では、これを三次元の座標情報を取得して算出を行っている。

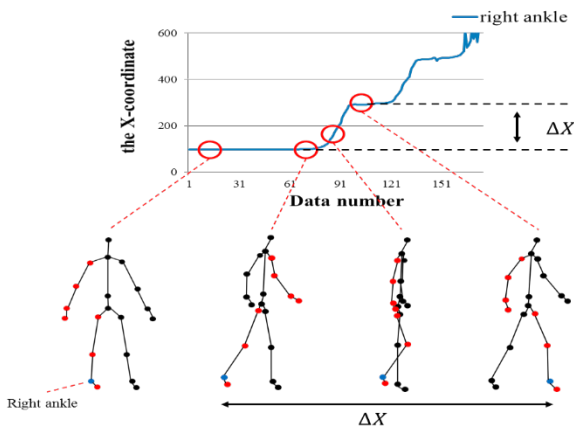


図3. ストライドの算出方法.

2.1.4 歩行速度

速度の算出方法を示す。まず、速度の算出においてはすでに求めてあるストライドの値を用いることにした。右脚一步目のストライドは先に述べたような方法で算出を行う。速度の算出には距離と時間が必要になる。ストライドを距離として時間を以下のような方法で求める。ストライドの算出で示した足首X座標の変位に関して、データ取得ごとの右足首X座標の差分を求めると図4のhxのようになる。取得したX座標の変位ankleXは右足が二歩分移動したときのものである。差分をとったグラフの大きさが変化しないところは足が床に付いている状態であるためX座標の変化はほとんどない($t:1\sim 41$ 付近)。逆に、足が床から離れて移動している間は差分をとったグラフhxでは変化が現れ、グラフでは山のようになる。差分をとったグラフを見ると大きな山のようになる部分が二つ現れている。そのため、このグラフからも歩行において右足が二歩分移動したということがわかる。二つの山の幅の中間にあたるサンプリング数をそれぞれ取得 (t_{mid1} , t_{mid2}) し、二つのサンプリング数の差分を求める (ΔT)。求めたサン

プリング数の差分は時間に換算する。算出した時間は歩行において、ある状態から、再び同じ状態になるまでにかかる時間だと考えられる。そのためここでは歩行周期を用いることになる。取得しておいたデータ数の差分を求めて、データ数を時間に換算し、換算した時間と、ストライドから最終的に速度を求める。

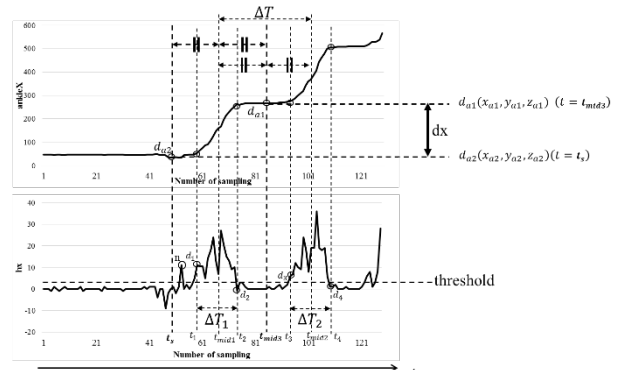


図4. 右足首X座標の変位,X座標の変位量.

2.2.2 ステップテストと速度

歩行速度に関して、先行研究⁹⁾では、2ステップテストと歩行速度に関係性があるという報告がされている。対象被験者は運動機能に問題がないとされた平均年齢 57.0 ± 12.6 歳の108名と平均年齢 64.0 ± 10.6 歳の外来リハ通院患者108名で10m歩行速度と2ステップテスト相関関係を調査したところ $r=0.9$ の正の相関があるという結果が得られている(図5)。この先行研究により、歩行速度によって2ステップテストの評価が可能であると考えられるため、本論文でも入力として歩行速度を用いることとした。

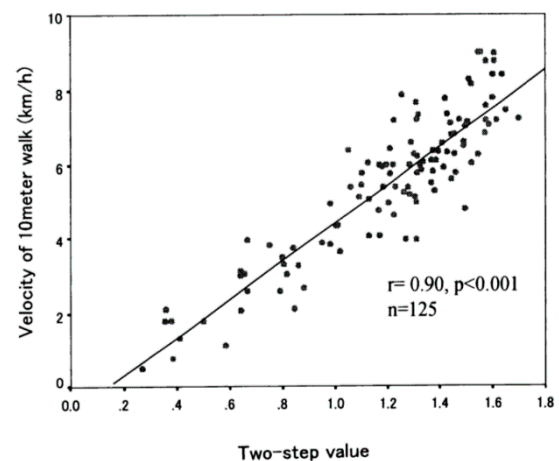


図5. 2ステップと歩行速度の相関⁹⁾.

3. 提案手法

3.1 ロコモ年齢算出アルゴリズム

最初に4つの入力に対するマップを作成する。今回は年齢と膝角度、年齢とストライド/脚の長さ、年齢と歩行速度の3つの2次元のマップを用意

した。このとき、それぞれの入力に対して、式(3)を用いて正規化を行う。

$$\text{normalize}A_i = \frac{a_i}{A_{max}} \quad (3)$$

式(3)をそれぞれの入力に適用させる。式(3)中の A_i は*i*番目の正規化後の各入力、 a_i は*i*番目の各入力、 A_{max} は各入力の最大値である。

次にそれぞれのマップに対しての素子を決定する。決定した結果を表2に示す。

表2. 各年代の入力の素子の値.

Each age	Knee angle	Stride/Leg length	Walking speed
20	59	2.09	1.2
30	57.7	1.91	1.17
40	56.3	1.9	1.14
50	53.1	1.89	1.07
60	52.4	1.88	1.0
70	49.2	1.81	0.97
80	40	1.62	0.81
90	30	1.22	0.73

決定方法として、10歳ごとに区切った入力層の平均をその年齢の素子とした。例として、年齢と膝角度のマップにおける20代の素子は、20～29歳の被験者の膝角度の値を平均した値である。また、年齢と各入力に関して、膝角度、ストライド、歩行速度は年齢による下肢筋力の低下の点から、右肩下がりであることが望ましいので、年齢が下がるほど各入力の素子が低くなるように調整した。各マップにおいて、1つの入力に対してのそれぞれの素子のマージンを、式(4)を用いて算出する。

$$\text{margin}_i = \sqrt{(Y - Y_i)^2 * 0.1 + (X - X_i)^2 * 0.9} \quad (4)$$

式(4)中の Y は実年齢を示し、 Y_i は*i*番目の値(年代)である。 X は正規化された入力であり、 X_i は*i*番目(年代)の値である。また、係数0.1、0.9は事前実験より、最も良い結果を得た係数である。マージンの算出後、最小値をとった素子を選択する。選択した素子を勝利素子と呼ぶ。勝利素子により、各マップにおけるそれぞれの入力の年代スコアを決定する。年代スコアには、各年代のロコモ25の平均値を用いる。各年代と年代スコアの対応表を表3に示す。

表3. 各年代の年代スコアの関係.

By age	Age score
20	0
30	1.6
40	3.0
50	4.0
60	5.3
70	9.6
80	17.1
90	37.8

各入力で求めた年代スコアを平均し、最終スコアを式(5)から算出する。

$$\begin{aligned} \text{Score}_i &= 0.17 * \text{Score}_{\text{kneeangle}} \\ &+ 0.15 * \text{Score}_{\text{stride/Leglength}} \\ &+ 0.75 * \text{Score}_{\text{walkingspeed}} - 0.05 \end{aligned} \quad (5)$$

そして、最終スコアに応じてロコモ年齢を算出する。ロコモ年齢の算出式を表4に示す。

表4. 最終スコアとロコモ年齢の算出式の関係.

Range of final score	Calculation formula of Locomo age
$0 \leq \text{Final score} < 1.6$	$\text{Locomo age} = \frac{\text{Final score}}{1.6} * 10 + 20$
$1.6 \leq \text{Final score} < 3.0$	$\text{Locomo age} = \frac{\text{Final score} - 1.6}{1.4} * 10 + 30$
$3.0 \leq \text{Final score} < 4.0$	$\text{Locomo age} = \frac{\text{Final score} - 3.0}{1.0} * 10 + 40$
$4.0 \leq \text{Final score} < 5.3$	$\text{Locomo age} = \frac{\text{Final score} - 4.0}{1.3} * 10 + 50$
$5.3 \leq \text{Final score} < 9.6$	$\text{Locomo age} = \frac{\text{Final score} - 5.3}{4.3} * 10 + 60$
$9.6 \leq \text{Final score} < 17.1$	$\text{Locomo age} = \frac{\text{Final score} - 9.6}{7.5} * 10 + 70$
$17.1 \leq \text{Final score} < 37.8$	$\text{Locomo age} = \frac{\text{Final score} - 17.1}{20.7} * 10 + 80$

ロコモ年齢は、各素子間のスコアの差が不均一なことを考慮して、最終スコアがどの範囲にあるかで算出式を場合分けし、算出した。

3.2 ロコモ年齢の評価指標

ロコモ年齢の評価にあたって、その性能を指すために正解のパターンを以下の2つとした。

- 本人のロコモ25の結果が本人の年代スコアより高く、かつ、ロコモ年齢が実年齢よりも高い。
- 本人のロコモ25の結果が本人の年代スコアより低く、かつ、ロコモ年齢が実年齢よりも低い。

上記のように正解パターンを設けた理由は、被験者にとって、自分自身の年齢が平均値と比べて上か下かという基準が単純で直感的だと考えたためである。ロコモ年齢の評価に関して、図6のような散布図を作成し、図のように8つの領域に分ける。この領域の内、領域ⅠとⅢが上記の2つのパターンに当てはまる。また、図6の縦軸と横軸の値が小さいと識別が難しくなることから、 $|\text{ロコモ年齢} - \text{実年齢}| \leq 3.4$ かつ $|\text{ロコモ25} - \text{年代スコア}| \leq 4$ のとき、この範囲内を正解とみなすこととした。以上を考慮して、式(6)により識別率を算出した。

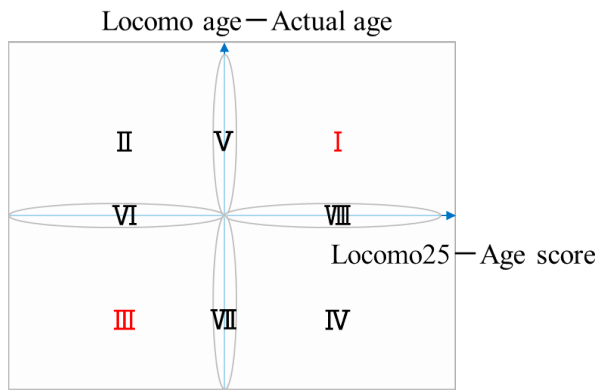


図6. ロコモ年齢の評価指標の簡略図.

識別率[%]

$$= \frac{(\text{領域 I, III 内にある被験者数} + \text{正解とみなす範囲内の被験者数})}{\text{全被験者数}} \times 100 \quad (6)$$

また、図6における領域ⅠとⅢ以外の被験者は自身の移動機能とロコモ25の結果に差異があると判断し、これらのデータを除外することでデータの選定を行った。そして、重回帰分析とANFISを用いて、データの選定前と選定後のロコモ25の推定を行い、これらの比較を行った。また、重回帰分析とANFISの入力は膝角度、ストライド/脚の長さ、歩行速度である。ANFISにおいては、クロスバリデーション法を用いており、1歩行目を訓練データ、2、3歩行目をテストデータとして解析を行った。

4. 実験結果

本章では、第3章で説明を行ったロコモ年齢算出についての評価・検討を行う。対象被験者は宮崎市公民館、千葉県、宮崎市保健所で行われた歩行計測会に参加した65歳未満101名、65歳以上93名、計194名である。医の倫理委員会承認済の実験プロトコルに従って実施している。

4.1 ロコモ年齢の実験結果

図6で述べたロコモ年齢の評価指標に関する散布図を図7に示す。図7の横軸は実際のロコモ25のアンケート結果から年代スコアを引いた値であり、縦軸は提案手法によって算出したロコモ年齢から実年齢を引いた値である。また、図7における被験者がその領域でどの程度の割合を占めているのかを、領域別、年齢別に示したものを図8に示す。また、表5に対象被験者ごとのロコモ年齢の識別率を示す。

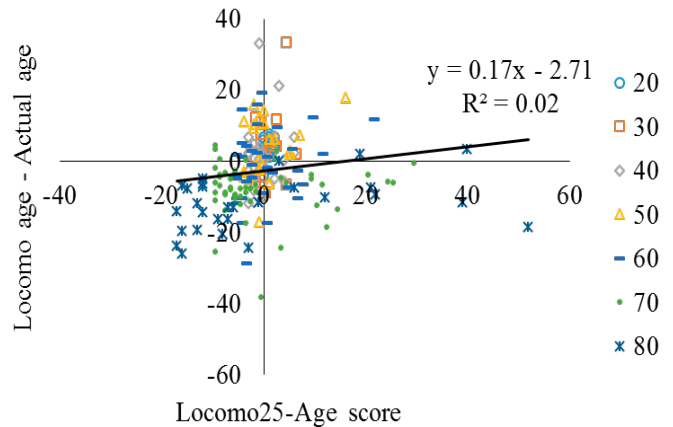


図7. 評価指標に関する散布図.

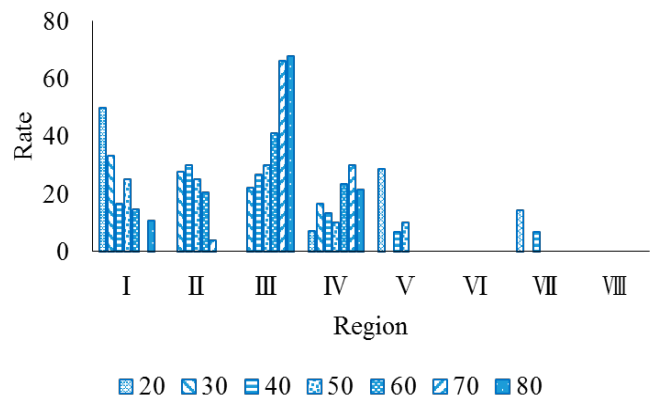


図8. 領域別の被験者が占める割合.

表 5. 対象被験者ごとの識別率.

Age of target subjects.	Identification rate [%]
20~80	66.5
20~50	63.4
60~80	68.8

図8より、領域Ⅰでは、20代に被験者が50.0%、領域Ⅲでは70、80代の被験者が66.0%、67.9%と、他の年齢層と比較して多くの割合を占めていることがわかる。また、表5より、全被験者の識別率は66.5%であったが、これと比較して、低年齢層は識別率が低く、高年齢層は高いという結果になった。

4.2 データの選定を考慮したロコモ25の推定結果

本節では、4.1章で述べたロコモ年齢の評価指標を用いて、データの選定を考慮したロコモ25の推定結果について説明する。図9~16に、データの選定前と選定後の、重回帰分析とANFISを用いたロコモ25の推定結果を示す。また、解析には65歳未満と65歳以上で対象被験者を分割した。データ選定後の65歳未満の被験者数は70名、65歳以上の被験者数は69名であった。また、図9~16の横軸はロコモ25の結果、縦軸は重回帰分析とANFISの推定結果である。

データ選定前と選定後と比較すると、 R^2 の観点からデータの選定前よりも選定後のほうが高い推定結果を得ていることがわかる。この原因として、ロコモ25の結果が低く、推定値が高い被験者や、ロコモ25の結果が高く、推定値が低い被験者といった、自身の移動機能とロコモ25の結果に差異がある被験者が、ロコモ年齢の評価指標によって除外されたためであると考えられる。その結果、重回帰分析とANFISの推定結果において、それらの推定値が近似直線に近づいたことで R^2 の値が向上したと考えられる。

また、重回帰分析とANFISの推定値において、同一被験者であるにも関わらず、2つの推定値が大きく離れてしまう現象を確認した。これを防ぐために2つの推定値の差が7以上であれば、2つの推定値の平均値を出力、2つの推定値の差が7未満であればANFISで得られた推定値を出力するようにした。それらの結果を図17~20に示す。

図17~20も図9~16と同様に、 R^2 の観点からデータの選定前よりも選定後のほうが高い推定結果を得ていることがわかる。しかし、図15と図19と比較すると、 R^2 の値は図20のほうが下がってはいるがほぼ同等、図16と図20を比較すると、 R^2 の値は同等となっている。また、近似直線の傾きに関して、2つの推定方法を用いた解析結果のほうが低くなっている。この原因として、重回帰分析とANFISの推定値の差が大きく離れている被験者が少なかったことや、重回帰分析とANFISの推定値の平均値を出力することで、ANFISを用いた推定値より出力値が低くなったことによる影響が考えられる。

以上を踏まえて、本論文で提案したロコモ年齢の評価指標を用いたデータの選定方法は、 R^2 の比較結果より有用であるといえる。

5. おわりに

本論文では、Kinect v2による歩行動作の解析を行い、その結果から、ロコモ年齢の算出及び検討と、ロコモ年齢の評価指標によるデータの選定を考慮したロコモ25の推定を目的として行った。まず、4.1章において、本提案手法を用いたロコモ年齢の識別率の結果及び検討を行った。その結果、全被験者を対象とすると66.5%という識別率でロコモ年齢を識別できることがわかった。また、年齢別にみると、20、70、80歳代のロコモ年齢の識別率が特に高く、30~60歳代のロコモ年齢の識別率は識別率が低いことがわかった。この原因として、ロコモ25スコアの値とロコモ年齢-実年齢の値が一致しているか、していないかによることに関わっていると考えられる。また、低年齢層と高年齢層に分割してロコモ年齢の識別率の算出を行ったところ、低年齢層に比べ高年齢層の識別率が高かった。次に、4.2章において、ロコモ年齢の評価指標を用いることで、データの選定を考慮したロコモ25の推定に関する検討を行った。結果として、重回帰分析とANFISの2つの推定方法において、データの選定前よりも選定後のほうが R^2 の値が高いという結果を得ることができた。よって、ロコモ年齢の評価指標によるデータの選定方法は有用であると考えられる。

以上より、本提案手法は、被験者に身体的な負担がかからない点、低年齢層より高年齢層のほうが識別率が高い点を考慮すると、ロコモ年齢の算出は高齢者に向けて有用なシステムであるといえる。また、ロコモ年齢の算出方法は、歩行時の歩幅、歩行速度、膝角度の値がユーザの年代の平均値より悪い結果であれば、ロコモ年齢は高くなり、平均値より良い結果であれば低くなるため、自己の管理に用いることができる。そして、ロコモ年齢の評価指標を用いたデータの選定を行うことで、より精度の高いロコモ25の推定が可能であると期待される。

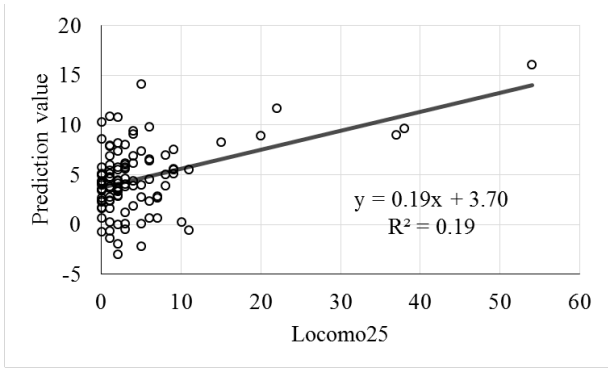


図 9. 65 歳未満のデータ選定前の重回帰分析の解析結果.

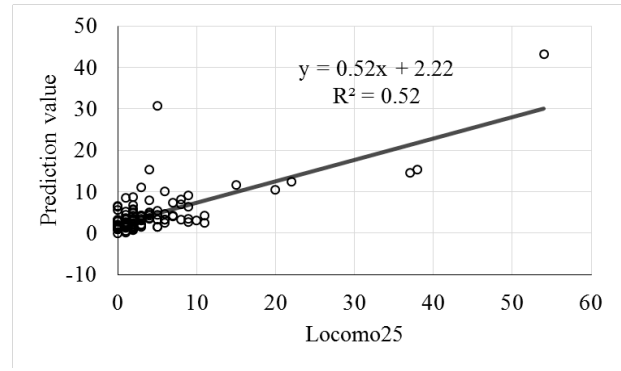


図 13. 65 歳未満のデータ選定前の ANFIS の解析結果.

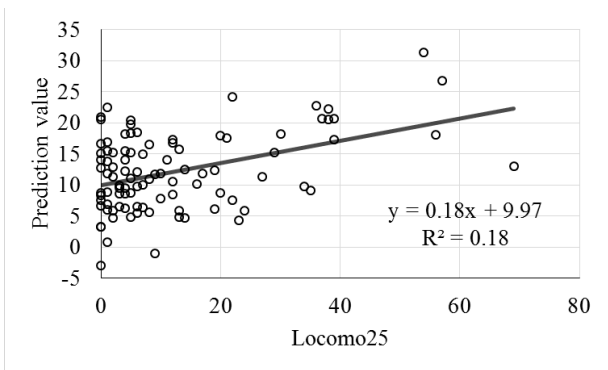


図 10. 65 歳以上のデータ選定前の重回帰分析の解析結果.

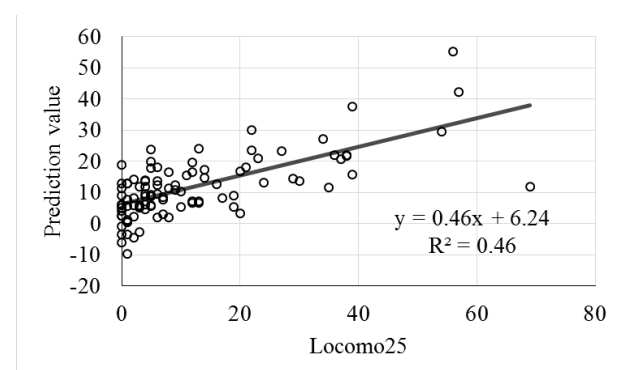


図 14. 65 歳以上のデータ選定前の ANFIS の解析結果.

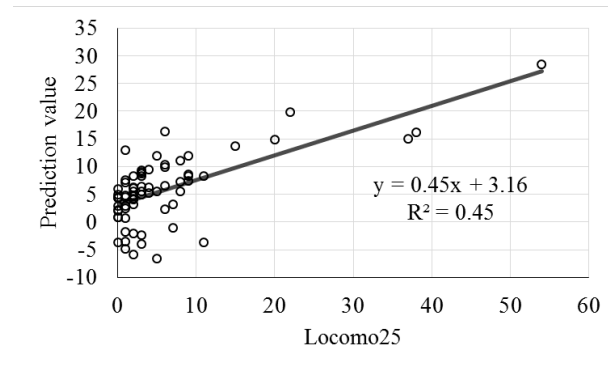


図 11. 65 歳未満のデータ選定後の重回帰分析の解析結果.

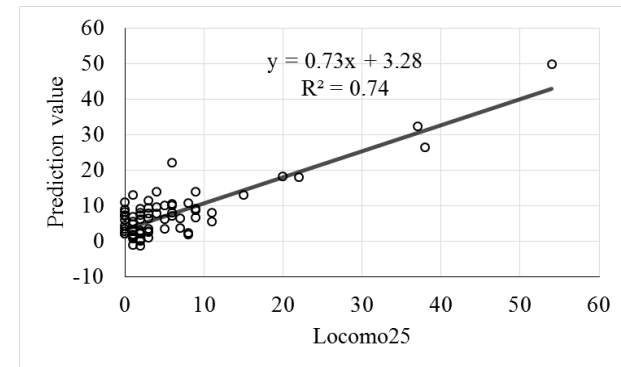


図 15. 65 歳未満のデータ選定後の ANFIS の解析結果.

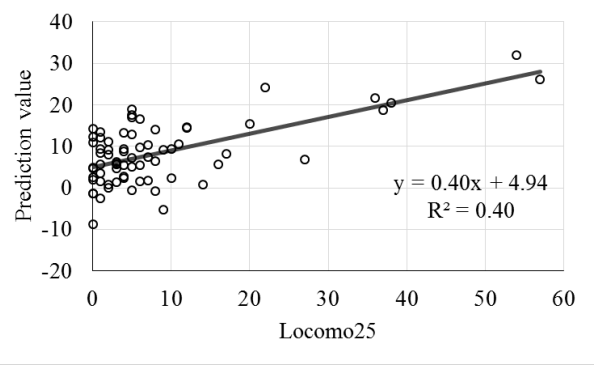


図 12. 65 歳以上のデータ選定後の重回帰分析の解析結果.

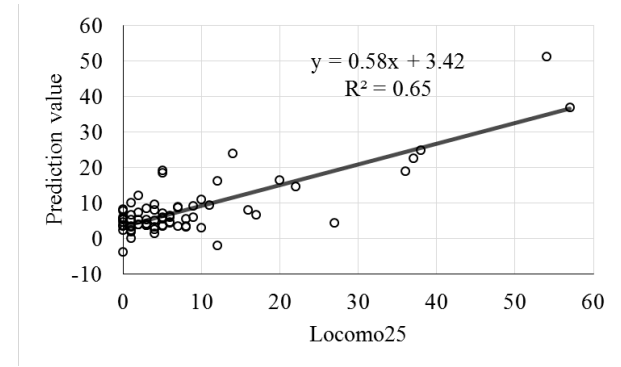


図 16. 65 歳以上のデータ選定後の ANFIS の解析結果.

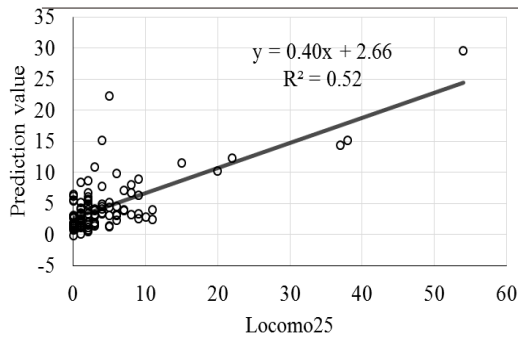


図 17. 65 歳未満のデータ選定前の
2つの推定方法を用いた解析結果.

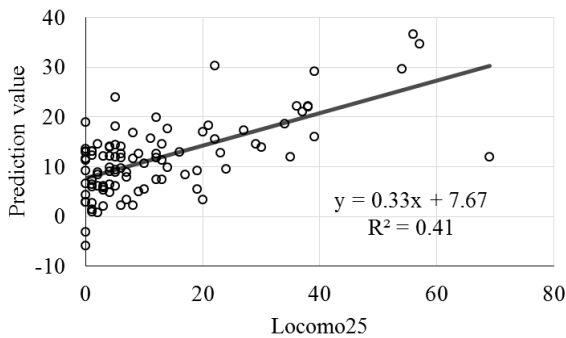


図 18. 65 歳以上のデータ選定前の
2つの推定方法を用いた解析結果.

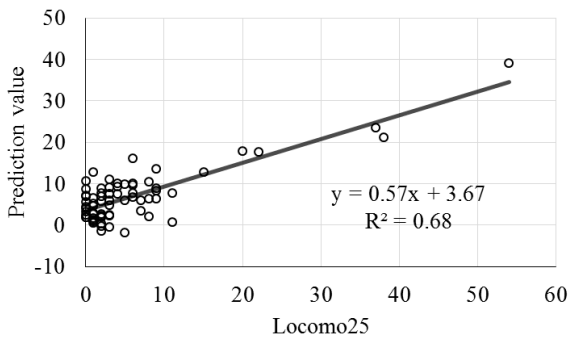


図 19. 65 歳未満のデータ選定後の
2つの推定方法を用いた解析結果.

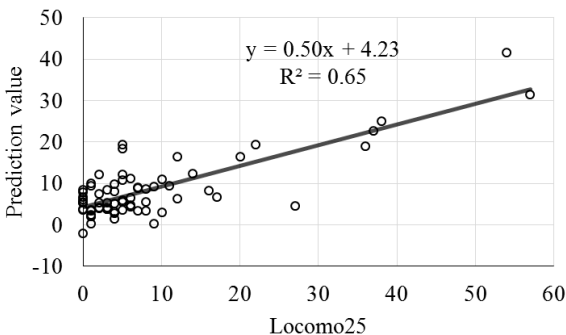


図 20. 65 歳以上のデータ選定後の
2つの推定方法を用いた解析結果.

参考文献

- 1) 統計局ホームページ/統計トピックスNo.72 統計からみた我が国の高齢者(65歳以上) - 「敬老の日」にちなんで - II 高齢者の人口, <http://www.stat.go.jp/data/topics/topi971.htm>, ~アクセス日:(2017年1月17日).
- 2) 健康日本21(第二次)/厚生労働省, http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounippon21/kenkounippon21/data01.html, ~アクセス日:(2017年1月17日)
- 3) 平成22年国民生活基礎調査の概況/厚生労働省, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa10/4-2.html>, ~アクセス日:(2017年1月17日)
- 4) 新概念「ロコモ(運動器症候群)」/公益社団法人日本整形外科学会, <http://www.joa.or.jp/jp/public/locomo/>, ~アクセス日:(2017年1月17日)
- 5) T. Taka4. ロコモ認知度/ロコモについて/NPO法人全国ストップ・ザ・ロコモ協議会, [http://sloc.or.jp/?page\\$_Sid=2227](http://sloc.or.jp/?page$_Sid=2227), ~アクセス日:(2017年1月17日)
- 6) 百瀬幸太, 帖佐悦男, 田村宏樹, ”RGB-Dセンサを用いたロコモティブシンドロームの評価法に関する研究“, 第26回日本運動器科学会, セッション2-9, 2014年7月5日
- 7) 百瀬幸太, ”RGB-Dセンサを用いたロコモティブシンドローム評価システムに関する研究“, 宮崎大学大学院工学研究科電気電子工学専攻修士論文発表会, 2016年2月
- 8) 健康スポーツネットワーク-ロコモ教室参加者の歩行分析3, [https://www.kenspo.jp/modules/contents1/index.php?content\\$_Sid=109](https://www.kenspo.jp/modules/contents1/index.php?content$_Sid=109), (アクセス,2016年1月8日)
- 9) 村永 信吾, 平野 清孝, ”2ステップテストを用いた簡便な歩行能力推定法の開発“, 昭和医会誌, 63(3), pp.301-308, 2003