

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）  
分担研究報告書

ロコモティブシンドローム非該当者を基準個体とした体力測定の見準範囲の作成

研究分担者	山科 俊輔	広島大学大学院人間社会科学研究科	研究員
	田中 繁治	神奈川県立保健福祉大学保健医療福祉学部	助教
	井上 優	吉備国際大学保健医療福祉学部	准教授
研究代表者	田中 亮	広島大学大学院人間社会科学研究科	教授
研究協力者	鄭 勳九	広島大学大学院医系科学研究科	寄付講座助教
	濱田 和明	広島大学大学院人間社会科学研究科	教育研究補助職員
	廣濱 賢太	広島大学大学院人間社会科学研究科	教育研究補助職員
	天方 さゆみ	広島大学大学院人間社会科学研究科	教育研究補助職員

研究要旨

【目的】本研究の目的は、ロコモティブシンドローム（ロコモ）を有さない地域在住高齢者の体力測定項目の見準範囲を男女別に推定および検証することである。

【方法】対象者は日常生活が自立している65歳以上の地域在住高齢者とした。体力測定項目は、握力、片脚立ち時間、歩行速度（通常、最速）、TUGとした。シミュレーションによる推定と実測値の解析による見準範囲の検証を行なった。シミュレーション解析は各体力指標について正規性の検定を行ない、正規分布を示した場合はブートストラップ法を用いて95%信頼区間（CI）を推定した。正規分布を示さなかった体力指標については、Box-Cox変換を実施し、再度正規性の検定を行なった。Box-Cox変換後に正規分布を示した体力指標については、ブートストラップ法を用いて95%CIを推定し、推定値の逆変換を行なうことでデータの95%CIを算出した。実測値の解析は、シミュレーション解析に準じる形で実施した。

【結果】シミュレーションによる推定の対象者は66例であった（男性18例）。実測値の解析による見準範囲の検証の対象者は139例（男性29例）であった。いずれの解析においても最終的に正規分布を示した体力指標は、握力、通常歩行速度、最速歩行速度、TUGであった。推定した見準範囲は、握力が男性33.18-39.22（実測値の解析による見準範囲：35.37-39.68）kg、女性20.95-23.01（21.54-22.85）kg、通常歩行速度が男性1.15-1.16（1.21-1.42）m/s、女性1.26-1.27（1.41-1.54）m/s、最速歩行速度が男性1.55-1.56（1.62-1.91）m/s、女性1.64-1.65（1.83-1.97）m/s、TUGテストが男性6.83-7.72（6.02-7.02）秒、女性6.32-6.93（5.88-6.30）秒であった。

【結論】本研究では健常な地域居住高齢者の体力測定項目の見準範囲を推定および検証した。目標症例数には達していないものの、男女ともに握力の見準範囲は頑健であった。その他の項目では、シミュレーションと実測値の解析の差異が見られており、今後もデータの収集が必要である。

A. 研究目的

加齢に伴う体力の変化は、高齢者の健康問題と関連し、ロコモティブシンドローム（ロコモ）につながるものが指摘されている<sup>1,2)</sup>。ロコモの早期発見や早期介入を進めていくためには、ロコモに該当していない高齢者の体力指標を把握することが必要である。

体力指標を評価するためには、見準範囲を設定することが有効である。見準範囲とは、健康な対象者から得られたデータをもとに統計的に算出された値のことである。見準範囲は個人の身体機能を判断する際に、高齢者や医療従事者にとって理解しやすい

指標となり得る。さらに、見準範囲は身体機能が低下している高齢者に対して適切な介入を行う際の目標値として機能し得ると考えられる。

臨床現場では、適切な介入を実施するために体力測定項目の見準範囲が使用されている。これまでの研究では、握力<sup>3)</sup>、片足立ち時間<sup>4)</sup>、歩行速度<sup>5)</sup>、Timed Up and Goテスト（TUG）<sup>6)</sup>の見準範囲が報告されている。さらに、先行研究では歩行速度の低下と下肢筋力低下がロコモの重症度に関連することが明らかにされている<sup>7,8)</sup>。これらの結果は、前述の体力測定項目に見準範囲を用いることの重要性を支持するものである。

適切な見準範囲を設定するためには、対

象者を厳格に選択する必要がある。しかし、体力指標の基準範囲を作成するための先行研究ではロコモを持つ地域居住高齢者が対象に含まれている。したがって、これまでの体力指標の基準範囲は過小評価されている可能性があり、ロコモを有していない高齢者の基準範囲を推定することが重要であると考えられる。これらの課題を解決することで、普段実施されている地域の体力測定会などから、早期発見や啓発活動につながると考えられる

本研究の目的は、ロコモを有さない地域在住高齢者の体力測定項目の基準範囲を男女別に推定および検証することである。

## B. 研究方法

### 1. 対象者

研究対象は、65歳以上の地域在住者で、移動動作が自立している者とした。除外基準は認知障害が疑われる者、重篤な疾患（不安定な心臓病、脳卒中、重度の呼吸障害、パーキンソン病、糖尿病性末梢神経障害、リウマチ・関節炎）とした。データ収集の期間は2020年11月から2024年2月までとした。

### 2. 測定項目

年齢、性別、身長、体重、体格指数（body mass index: BMI）を基本属性として測定した。また、体力指標として握力（kg）、片脚立ち時間（秒）、通常歩行速度（m/s）、最速歩行速度（m/s）、TUG（秒）の5つを測定した。

ロコモの重症度は日本整形外科学会が提唱するロコモ度テストを用いて評価した。この検査は、2つの機能検査（立ち上がり検査と2ステップ検査）と、自記式質問票である Geriatric Locomotive Function Scale-25 (GLFS-25)で構成されている。判定基準はロコモの重症度を0（健常）から3（最も重症）とした。3つのテストを実施した後、最も重度であった検査結果を採用した。

### 3. 統計解析

解析は①健常高齢者の基準範囲をシミュレーションによって推定、②実測値の解析により基準範囲を検証した。各体力測定項目についてヒストグラムを作成し、推定値と実測値の類似度を可視化した。

#### ①シミュレーション解析による健常高齢者の基準範囲の推定

シミュレーション解析の方法としては、健常高齢者の体力指標データに対して正規

性検定を行ない、分布が正規であれば、ブートストラップ法を用いて95%信頼区間（CI）を推定した。ブートストラップ法は、サンプリング時のデータが少ない場合でも母集団を推定することができる<sup>9)</sup>とされている。体力指標の結果が正規分布していない項目については、Box-Cox変換を行ない、再度正規性検定を実施した。正規分布に変換が可能であった場合は、ブートストラップ法を行ない、95%CIを推定した。最後に、逆変換を行ない基準範囲とした（図1）。ブートストラップ法によるサンプル推定は、各群1000個とした。

#### ②実測値の解析による基準範囲の検証

シミュレーション解析に用いたサンプルとは別のサンプルを用いて、基準範囲を作成し、シミュレーション結果の妥当性を検証した。基準範囲の算出方法は、健常高齢者の体力指標データに対して正規性検定を行ない、分布が正規であれば、95%CIを推定した。体力指標の結果が正規分布していない項目については、Box-Cox変換を行ない、再度正規性検定を実施した。正規分布に変換が可能であった場合は、95%CIを推定し、逆変換を行ない基準範囲とした（図2）。

いずれの手順においても、正規性検定はShapiro-Wilk検定を用いた。外れ値はHuberのm-estimationを使用して処理した。Box-Cox変換の式は  $x'=(x^\lambda-1)/\lambda$ 、逆変換の式は  $x=(x'\lambda+1)^{1/\lambda}$  とした<sup>10)</sup>。統計解析ソフトウェアはJMP Pro 17 (SAS社製)を使用した。

## C. 研究結果

### 1. シミュレーション解析による基準範囲の推定

サンプルは330例を対象とした（男性84例、女性246例）。そのうちロコモ非該当であった66例（男性18例、女性48例）が解析の対象となった。正規性検定の結果、握力は男女ともに正規分布を認める結果であった。正規分布を認めなかった体力指標についてはBox-Cox変換を行ない、再度正規性検定を行った。その結果、通常歩行速度、最速歩行速度、TUGは男女ともに正規分布を認めたが、片脚立ち時間はBox-Cox変換後も正規分布を認めなかった（表2）。ブートストラップ法を用いて、握力、通常歩行速度、最速歩行速度、TUGの基準範囲を推定した。

ブートストラップ法で推定した健常高齢者の握力の基準範囲は、男性33.18-39.22kg、女性20.95-23.01kgであった。通常歩行速度は、男性1.15-1.16m/s、女性1.26-1.27m/s

であった。最速歩行速度は、男性 1.55 - 1.56m/s, 女性 1.64 - 1.65m/s であった。TUG は、男性 6.83 - 7.72 秒, 女性 6.32 - 6.93 秒であった (表 3, 4)。

## 2. 実測値の解析による基準範囲の検証

サンプルは合計で 139 例 (男性 29 例, 女性 110 例) であった (表 1)。正規性検定の結果、握力、通常歩行速度、最速歩行速度は男女ともに正規分布を認める結果であった。また男性の TUG も正規分布を認めた。正規分布しない体力指標については Box-Cox 変換を行ない、再度正規性検定を行った。その結果、女性の TUG は正規分布を認めた (表 2)。正規性検定の結果より、男女の握力、通常歩行速度、最速歩行速度、TUG の基準範囲を算出した。

実測値の解析により検証された健常高齢者の握力の基準範囲は、男性 35.37 - 39.68kg, 女性 21.54 - 22.85kg であった。通常歩行速度は、男性 1.21 - 1.42m/s, 女性 1.41 - 1.54m/s であった。最速歩行速度は、男性 1.62 - 1.91m/s, 女性 1.83 - 1.97m/s であった。TUG は、男性 6.02 - 7.02 秒, 女性 5.88 - 6.30 秒であった (表 3, 4)。

## D. 考察

本研究はロコモを有さない高齢者を対象にシミュレーション解析による基準範囲の推定と、実測値の解析による基準範囲の検証を行なった。推定および検証した基準範囲は、握力が男性 33.18 - 39.22 (検証: 35.37 - 39.68) kg, 女性 20.95 - 23.01 (検証: 21.54 - 22.85) kg であった。ヒストグラムの結果から、類似度が高いと判断でききる (図 3)。先行研究ではロコモを有さない高齢者の平均値が男性  $37.6 \pm 7.1$ kg, 女性  $23.1 \pm 4.7$ kg とされている<sup>11)</sup>。男性では、作成した基準範囲内の値であり、頑健な結果が得られたと考える。一方女性では、先行研究の値が作成した基準範囲よりも大きく、頑健な結果は得られなかったと考える。理由としては、推定と検証の値に大きな差異がないことから、サンプル数が目標に達していないため生じた僅かな誤差の可能性が考えられる。

通常歩行速度の基準範囲は、男性 1.15 - 1.16 (検証: 1.21 - 1.42) m/s, 女性 1.26 - 1.27 (検証: 1.41 - 1.54) m/s であった。ヒストグラムの結果から、男女共に類似度の差異が生じている (図 4)。この理由としては、測定環境の違いや、対象者の違いによるものとする。また、先行研究ではロコモの有無の規定は設けられていないが、70 歳代の男性  $1.09 \pm 0.25$ m/s, 女性  $1.03 \pm 0.25$ m/s とされて

いる<sup>12)</sup>。本研究において作成した基準範囲の値のほうが先行研究よりも大きい結果であった。この理由は、先行研究ではロコモが対象者に含まれている可能性が高いためと考える。

最速歩行速度は、男性 1.55 - 1.56 (検証: 1.62 - 1.91) 秒, 女性 1.64 - 1.65 (検証: 1.83 - 1.97) 秒であった。ヒストグラムの結果から男女共に類似度の差異が生じている (図 5)。この理由としては、通常歩行速度同様に測定環境、対象者の違いによるものとする。また、先行研究ではロコモの有無の規定は設けられていないが、70 歳代の男性  $1.62 \pm 0.39$ m/s, 女性  $1.46 \pm 0.36$ m/s とされている<sup>12)</sup>。また、ロコモを有さない高齢者の平均値は男性 1.96m/s, 女性 1.81m/s である<sup>11)</sup>。先行研究の値との差異は僅かであり、サンプル数が影響していると考えられる。

TUG は、男性 6.83 - 7.72 (検証: 6.02 - 7.02) 秒, 女性 6.32 - 6.93 (検証: 5.88 - 6.30) 秒であった。ヒストグラムの結果から男女共に類似度の差異が生じている (図 6)。歩行速度と同様に検証サンプルの値が速いため、測定環境、対象者の違いによるものとする。また、先行研究ではロコモを有さない高齢者の平均値が男性  $6.4 \pm 1.1$  秒, 女性  $6.6 \pm 1.0$  秒とされている<sup>12)</sup>。先行研究の値との差異は僅かであり、サンプル数が影響していると考えられる。

本研究の限界は、サンプル数が少ないため、基準範囲の妥当性を十分に検討できていない。今後の研究期間内にサンプル数を増加し、再度検証する必要がある。このような限界はあるものの、本研究は、高齢者の健康異常の早期発見に関連する今後の研究・実践の発展を促進することができると考えられる。

## E. 結論

本研究ではシミュレーション解析と実測値の解析を用いて、健常な地域居住高齢者の体力測定項目の基準範囲を推定、検証した。本基準範囲はロコモ有さない高齢者を対象に作成されたものである。今回、推定および検証した体力測定項目の中で握力は、頑健な基準範囲であった。その他の基準範囲は十分な妥当性を有していると判断できなかったため、今後もデータの収集が必要である。

## 引用文献

1. Muramoto A, Imagama S, Ito Z, Hirano K, Tauchi R, Ishiguro N *et al.* Threshold values

- of physical performance tests for locomotive syndrome. *J Orthop Sci.* 2013; 18: 618–26.
2. Nakamura M, Hashizume H, Oka H, Okada M, Takakura R, Hisari A *et al.* Physical performance measures associated with locomotive syndrome in middle-aged and older Japanese women. *J Geriatr Phys Ther.* 2015; 38: 202–7.
  3. Kamide N, Kamiya R, Nakazono T, Ando M. Reference values for hand grip strength in Japanese community-dwelling elderly: a meta-analysis. *Environ Health Prev Med.* 2015; 20: 441–6.
  4. Riis J, Eika F, Blomkvist AW, Rahbek MT, Eikhof KD, Hansen MD *et al.* Lifespan data on postural balance in multiple standing positions. *Gait Posture.* 2020; 76: 68–73.
  5. Kawai H, Taniguchi Y, Seino Sakurai R, Osuka Y, Obuchi S *et al.* Reference values of gait parameters measured with a plantar pressure platform in community-dwelling older Japanese adults. *Clin Interv Aging.* 2019; 12: 1265–76.
  6. Kamide N, Takahashi K, Shiba Y. Reference values for the Timed Up and Go test in healthy Japanese elderly people: determination using the methodology of meta-analysis. *Geriatr Gerontol Int.* 2011; 11: 445–51.
  7. Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Tanaka S, Ogata T, Kawaguchi H, *et al.* Association between new indices in the locomotive syndrome risk test and decline in mobility: third survey of the ROAD study. *J Orthop Sci.* 2015; 20: 896–905.
  8. Taniguchi M, Ikezoe T, Tsuboyama T, Tabara Y, Matsuda F, Ichihashi N. Prevalence and physical characteristics of locomotive syndrome stages as classified by the new criteria 2020 in older Japanese people: results from the Nagahama study. *BMC Geriatr.* 2021; 9, 21: 489.
  9. Ozarda Y. Reference interval: current status, recent developments and future considerations. *Biochem Med (Zagreb).* 2016; 26: 5–16.
  10. Chaze JP. Assessing household health expenditure with Box-Cox censoring models. *Health Econ.* 2005; 14: 893–907.
  11. Muramoto A, Imagama S, Ito Z, Hirano K, Tauchi R, Ishiguro N, Hasegawa Y. Threshold values of physical performance tests for locomotive syndrome. *J Orthop Sci.* 2013; 18: 618–26.
  12. Yoshimura N, Oka H, Muraki S, Akune T, Hirabayashi N, Matsuda S *et al.* Reference values for hand grip strength, muscle mass, walking time, and one-leg standing time as indices for locomotive syndrome and associated disability: the second survey of the ROAD study. *J Orthop Sci.* 2011; 16: 768–77.

F 健康危険情報

特記なし

G 研究発表

特記なし

H 知的財産権の出願・登録状況

特記なし

表 1 対象者の記述統計量

	男性 A n=18	男性 B n=29	女性 A n=48	女性 B n=110
年齢, 歳	71.12 (3.05)	71.59 (3.35)	70.92 (5.17)	71.13 (4.13)
身長, cm	163.66 (5.33)	165.06 (5.05)	152.37 (4.24)	151.84 (4.61)
体重, kg	62.31 (8.02)	62.88 (7.92)	52.43 (8.75)	49.41 (5.94)
握力, kg	38.99 (6.18)	37.52 (5.66)	22.05 (3.44)	22.20 (3.44)
片脚立ち時間, sec	45.88 (22.57)	48.60 (20.21)	51.99 (14.67)	49.46 (16.15)
通常歩行速度, sec	1.17 (0.19)	1.32 (0.28)	1.28 (0.24)	1.48 (0.31)
最速歩行速度, sec	1.56 (0.57)	1.77 (0.34)	1.66 (0.32)	1.90 (0.36)
TUG, sec	7.32 (0.96)	6.52 (1.31)	6.75 (1.17)	6.09 (1.10)

Mean (SD), TUG: Timed UP&Go test, SD: Standard deviation

男性, 女性 A : 基準範囲の推定に使用したサンプル

男性, 女性 B : 基準範囲の検証に使用したサンプル

表2 各体力測定項目の正規性検定

	推定に使用したサンプルの正規性検定 (p 値)		検証に使用したサンプルの正規性検定 (p 値)	
	生データ	Box-cox 変換後	生データ	Box-cox 変換後
<b>男性, 例数</b>		18		29
握力, kg	0.52	—	0.93	—
片脚立ち時間, sec	0.001	0.001	0.001	0.001
通常歩行速度, sec	0.001	0.88	0.70	—
最速歩行速度, sec	0.001	0.13	0.73	—
TUG, sec	0.001	0.93	0.47	—
<b>女性, 例数</b>		48		110
握力, kg	0.23	—	0.88	—
片脚立ち時間, sec	0.001	0.001	0.001	0.001
通常歩行速度, sec	0.001	0.15	0.46	—
最速歩行速度, sec	0.001	0.13	0.27	—
TUG, sec	0.001	0.15	0.001	0.87

Mean (SD), TUG: Timed UP&Go test, SD: Standard deviation

生データ : Box-cox 変換を行っていない状態のデータ

生データで正規分布を認めなかった場合に Box-cox 変換を実施した,  $p > 0.05$  で正規分布と判断

男性 : 外れ値なし

女性 : 外れ値, 握力 (n=1), 検証に使用したサンプル

表 3 男性の基準範囲の比較表

	オリジナルデータの基準範囲		シミュレーション解析による基準範囲	
	男性 A	男性 B	男性 A	男性 B
握力, kg	32.92 - 39.07	35.37 - 39.68	33.18 - 39.22	35.53 - 39.63
片脚立ち時間, sec	6.14 - 60.00	6.14 - 60.00	N/A	N/A
通常歩行速度, sec	1.07 - 1.27	1.21 - 1.42	1.15 - 1.16	1.31 - 1.32
最速歩行速度, sec	1.44 - 1.68	1.62 - 1.91	1.55 - 1.56	1.76 - 1.77
TUG, sec	6.78 - 7.70	6.02 - 7.02	6.83 - 7.72	6.07 - 6.96

Mean (SD), TUG: Timed UP&Go test, SD: Standard deviation

オリジナルデータ： Box-cox 変換による正規変換は行っているが（生データが正規分布の場合は変換していない）、ブートストラップ法は行っていない状態のデータ

男性 A：基準範囲の推定に使用したサンプル

男性 B：基準範囲の検証に使用したサンプル

片脚立ちは変換後も正規分布ではないため、シミュレーションを実施せず

オリジナルデータにおいて正規分布であった場合は 95%信頼区間，正規分布でない場合は 2.5%，97.5%の分位点

表4 女性の基準範囲の比較表

	オリジナルデータの基準範囲		シミュレーション解析による基準範囲	
	女性 A	女性 B	女性 A	女性 B
握力, kg	21.04 - 23.07	21.54 - 22.85	20.95 - 23.01	21.52 - 22.80
片脚立ち時間, sec	8.62 - 60.00	7.52 - 60.00	N/A	N/A
通常歩行速度, sec	1.21 - 1.35	1.41 - 1.54	1.26 - 1.27	1.47 - 1.48
最速歩行速度, sec	1.57 - 1.76	1.83 - 1.97	1.64 - 1.65	1.89 - 1.90
TUG, sec	6.31 - 6.94	5.88 - 6.30	6.32 - 6.93	5.57 - 6.12

Mean (SD), TUG: Timed UP&Go test, SD: Standard deviation

オリジナルデータ： Box-cox 変換による正規変換は行っているが（生データが正規分布の場合は変換していない）、ブートストラップ法は行っていない状態のデータ

女性 A：基準範囲の推定に使用したサンプル

女性 B：基準範囲の検証に使用したサンプル

片脚立ちは変換後も正規分布ではないため、シミュレーションを実施せず

オリジナルデータにおいて正規分布であった場合は 95%信頼区間，正規分布でない場合は 2.5%，97.5%の分位点

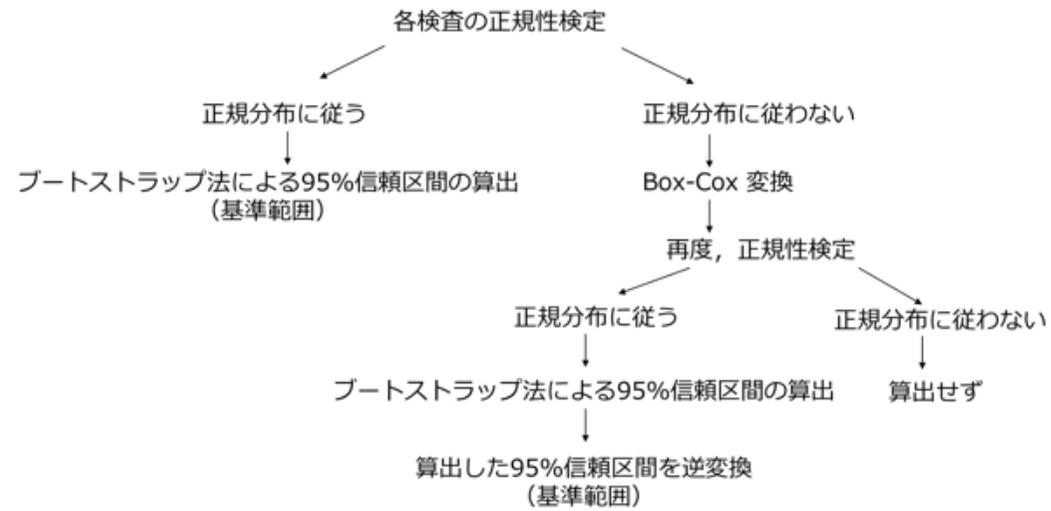


図 1. 基準範囲の作成手順  
(シミュレーションによる推定)

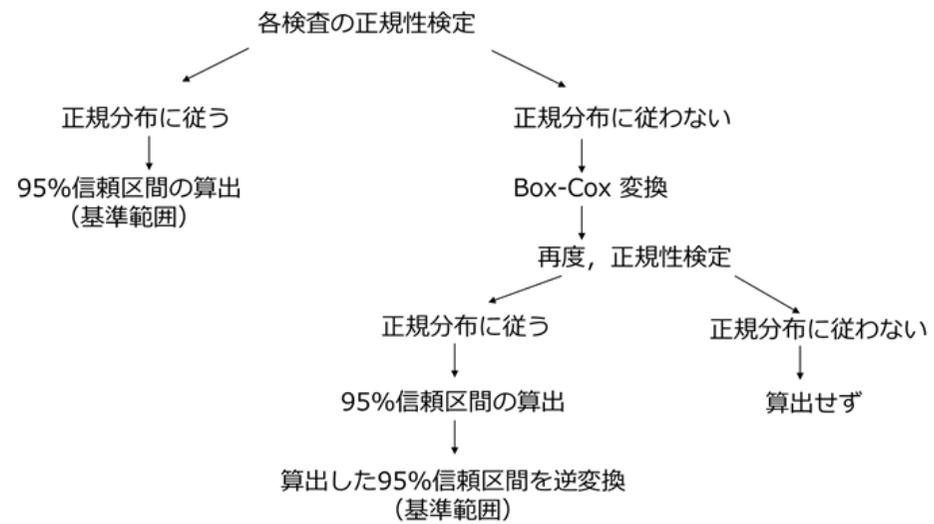
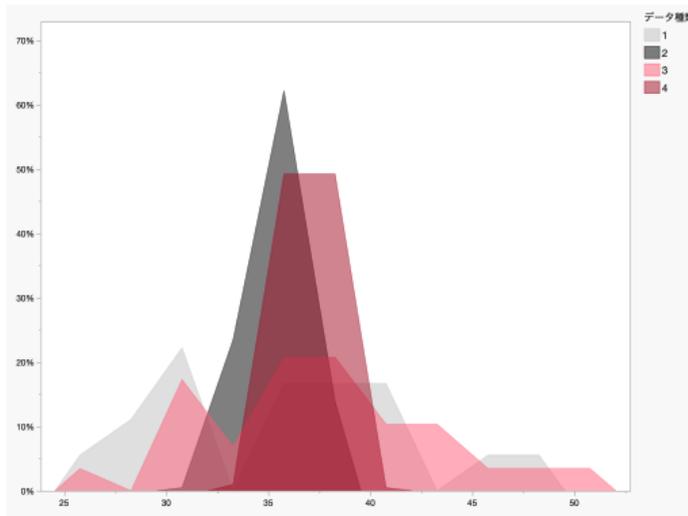
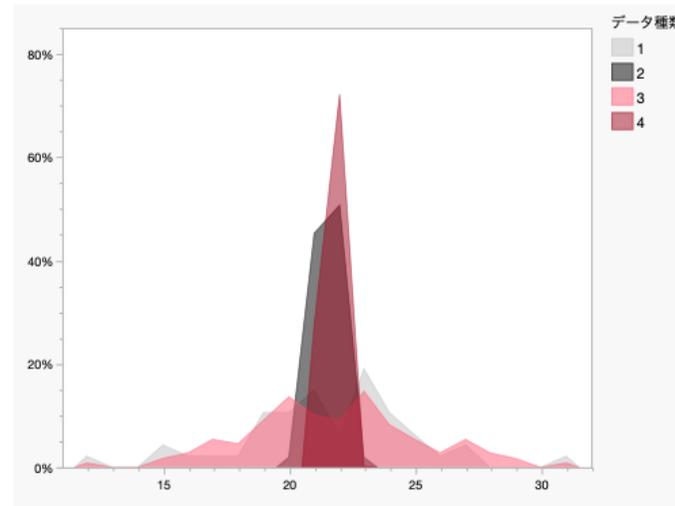


図 2. 基準範囲の作成手順  
(実測値の解析)



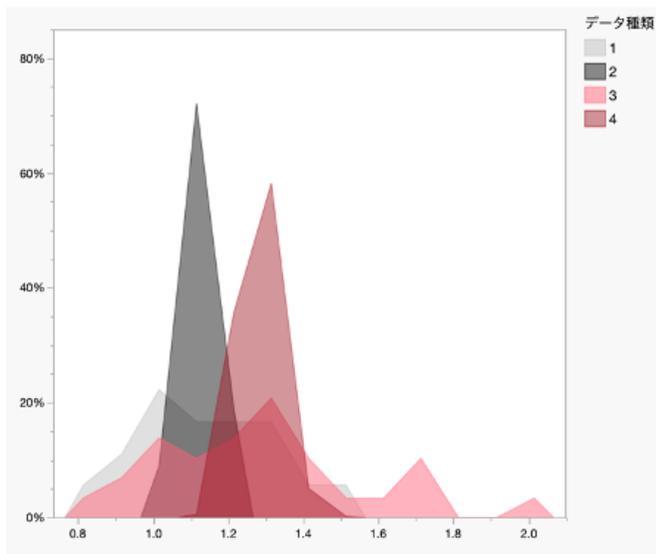
A. 男性



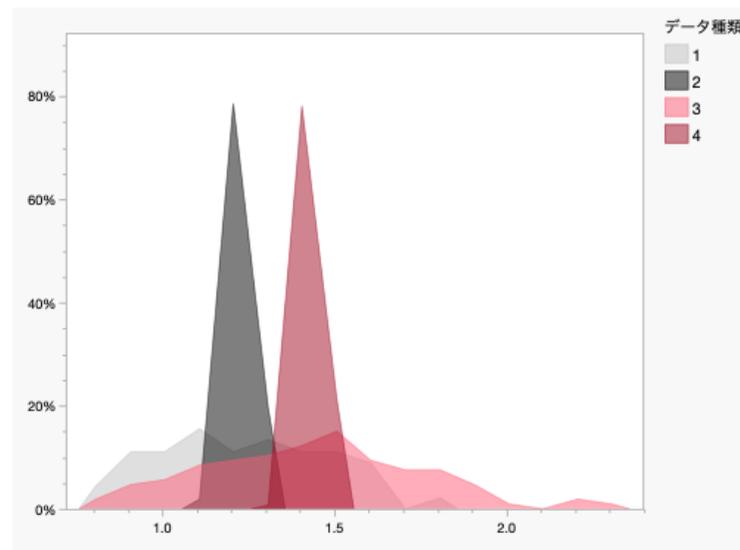
B. 女性

1：推定に使用したサンプルのオリジナルデータ，2：推定に使用したサンプルのシミュレーション，  
 3：検証に使用したサンプルのオリジナルデータ，4：検証に使用したサンプルのシミュレーション

図3 握力のヒストグラム



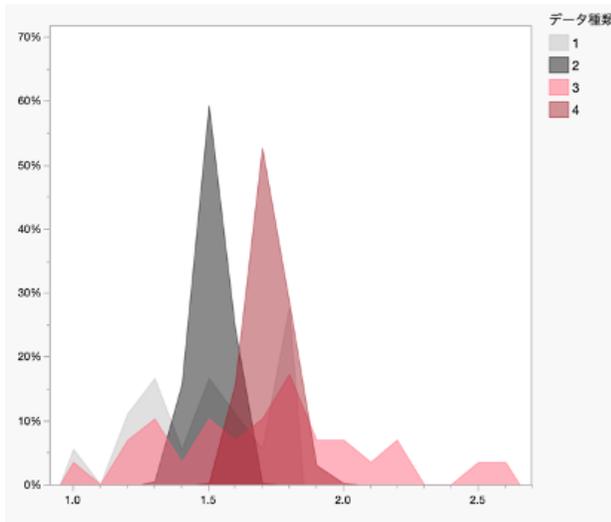
A. 男性



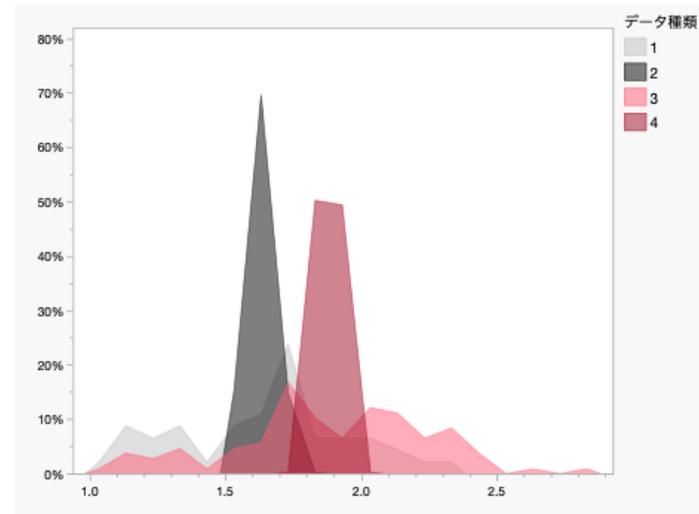
B. 女性

1：推定に使用したサンプルのオリジナルデータ，2：推定に使用したサンプルのシミュレーション，  
 3：検証に使用したサンプルのオリジナルデータ，4：検証に使用したサンプルのシミュレーション

図4 通常歩行速度のヒストグラム



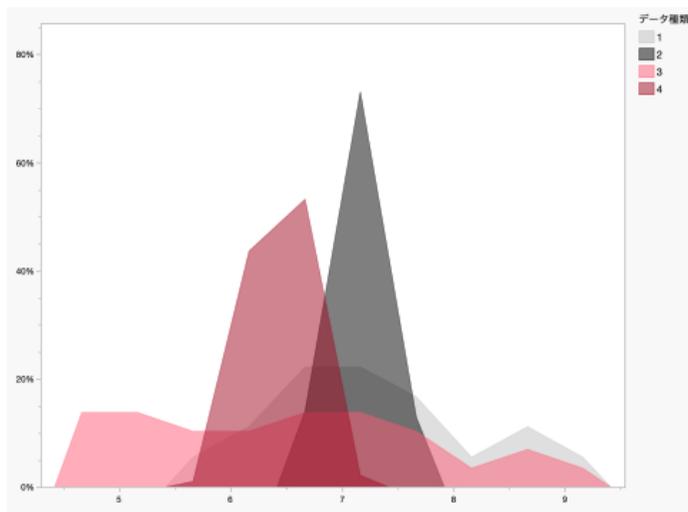
A. 男性



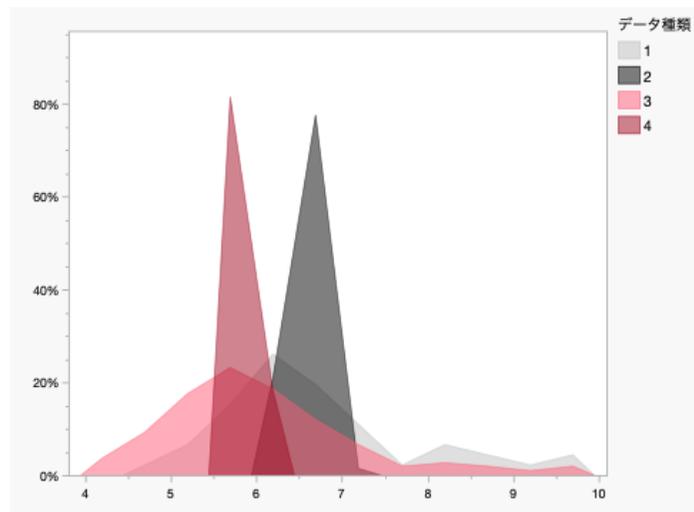
B. 女性

1：推定に使用したサンプルのオリジナルデータ，2：推定に使用したサンプルのシミュレーション，  
 3：検証に使用したサンプルのオリジナルデータ，4：検証に使用したサンプルのシミュレーション

図5 最速歩行速度のヒストグラム



A. 男性



B. 女性

1：推定に使用したサンプルのオリジナルデータ，2：推定に使用したサンプルのシミュレーション，  
 3：検証に使用したサンプルのオリジナルデータ，4：検証に使用したサンプルのシミュレーション

図6 TUG のヒストグラム