

機械学習を用いた姿勢と筋力に基づく

高齢者の健康状態の分類

Classification of Elderly Health Based on Posture and Muscle Strength Using Machine Learning

武藤ゆみ子^{1*} 武藤剛² 上出直人³ 坂本美喜³ 柴喜崇³

Yumiko Muto¹, Takeshi Muto², Naoto Kamide³ Miki Sakamoto³ and Yoshitaka Shiba³

¹ 玉川大学 脳科学研究所

¹ Brain Science Institute, Tamagawa University

² 文教大学 情報学部

² Faculty of Information and Communications, Bunkyo University

³ 北里大学 医療衛生学部

² School of Allied Health Sciences, Kitasato University

Abstract: With the declining birthrate and aging population in recent years, care prevention is one of the important issues. In particular, falling is one of the causes of bedridden, and it is known that the cause is a decrease in posture, muscular strength, sense of balance, etc. of the elderly. However, even if elderly adults are generally referred to, their postures and muscular strengths vary depending on their lifestyle and exercise conditions. In this study, we attempt to classify elderly people's health using machine learning from the results of age, height, weight, muscle strength, and posture of the elderly based on the viewpoint of care prevention.

1. はじめに

近年の少子高齢化に伴い、介護予防は重要な課題の1つである。特に転倒は、寝たきりの要因の1つであり、年齢・性別・筋力・平衡感覚・視覚・認知など、その要因は多岐にわたることが知られている^[1]。そのなかでも、高齢者の歩行や平衡感覚が転倒に及ぼす影響は、複数の研究で報告されており^{[2][3]}、転倒に関わる最も大きな要因であると言われてきた。

これらの評価手法としては、“Berg Balance Scale (BBS)”、“Performance Oriented Mobility Assessment (POMA)”、“Short physical performance battery (SPPB)”、“mini-balance evaluation systems test (mini-BEST)”、“Dynamic gait index (DGI)”、“Timed UP and Go test (TUG)”などが挙げられる^[1]。しかしながら、これらの手法は、臨床のリハビリテーションなどで理学療法士の立ち合いのもとで行われることが一般的であり、在宅高齢者が自分自身で行うことは難しい。また、最も簡単な手法として、高齢者が椅子からの立ち座

り動作が30秒間に何回できるかを測定する課題(Chair Stand task :CST)がある。CSTは、膝伸展筋力、TUG、Functional Reach Test(FR)の結果と相関関係を示し、特にTUGの結果と強い相関を示すことから、下肢の複合的能力をとらえる指標として利用できる可能性が示されている^[4]。しかし、CSTは、簡易的な目安として用いられることが一般的であり、転倒の重要な要素の1つである平行感覚が含まれていないことが懸念される。

著者らは、これまで、転倒に関わる姿勢の加齢変化を支援するためのインタフェース設計を目指し、その第1歩として、脊柱の湾曲度合いを姿勢の歪みとして簡易的に評価する手法を提案してきた^{[5][6]}。その結果、従来、高齢者自身で気づくことが困難であった、前かがみの猫背姿勢の補正や円背姿勢の早期発見が可能となった。特に、歩行時などの動作中の姿勢は、静止時に比べて加齢と相関することも示された。しかしながら、本計測システムが、従来の転倒要因とどのように関わり、位置づけられるかは明らかにされていない。

そこで本研究では、北里大学介護予防研究チームと相模原市で共同実施されている高齢者の体力測定

* 連絡先：玉川大学脳科学研究所
東京都町田市玉川学園 6-1-1
E-mail: muto@lab.tamagawa.ac.jp

会において、提案システムを用いた姿勢計測を実施した。得られた姿勢に関する結果と体力測定会で取得された高齢者の年齢・性別・骨密度・身長・体重・体脂肪・左右腕力・左右脚力、および、転倒歴と合わせて分析し、姿勢計測で得られたパラメータ 6 種との関係性を調べる。そして、それらの結果から、転倒に関わる主成分を抽出し、k-menas 法を用いて高齢者の健康状態の分類を試みる。

2. 方法

2.1 参加者

参加者は、2019年8月21, 22日, 9月11, 12日に北里大学介護予防研究チームと相模原市が共同で実施している体力測定会に参加した, 相模原市在住の65歳以上(Mean: 73.50, S.D.: 4.79)の272名(男性83名, 女性189名)であった。この体力測定会では, 半年に1度, 歩行測定, 認知測定, 骨密度, 嚥下能力などの項目について測定している。なお, 本計測会は, 北里大学の倫理委員会の承認を得ており, 実施責任者による十分な説明の後, 参加者の同意を得て実施された。

2.2 姿勢計測装置

実験では, Kinect V2 for Windows (Microsoft 社製)が搭載され, 腹部にタブレット PC(Surface Pro 3, Microsoft 社製)が搭載された装置を用いた(図1)。また, タブレット PC には, 姿勢計測を行うためのソフトウェア(テレビジネス社製)が搭載されていた。

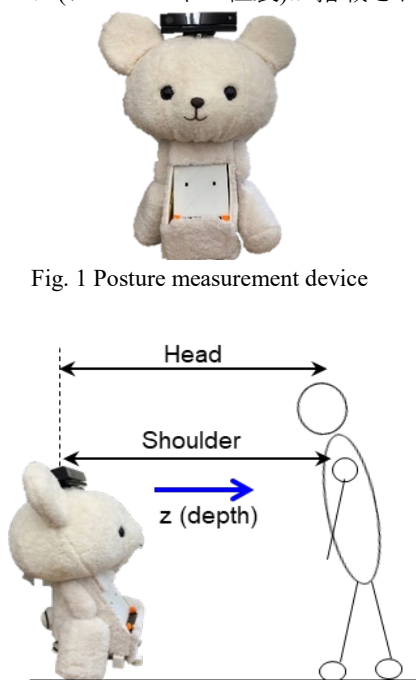


Fig. 1 Posture measurement device

Fig 2 Analysis index

2.3 姿勢計測手順

参加者は, Kinect から 3.5m の位置に椅子が設置され, その椅子に座るように指示された。次に, アイマスクを着用し, 実験者の合図に従い, 自分の自然なペースで椅子から立ち上がる動作を行った。その後, 10 秒間直立状態を維持した。その参加者の一連の動きについて, Kinect センサーを用い, サンプリングレート 30Hz で 25 関節の位置座標を取得した。分析では, 先行研究に基づき^{[5][6]}, 脊柱の湾曲に関わる頭と肩(左右)の深度値(z)を分析に用いた。10 秒間分の時系列データに対し, 最初と最後の 1s を除外した 8s 間のデータが分析に用いられた。

2.4 分析パラメータ

本研究で用いた分析パラメータは, 姿勢計測結果から 6 パラメータ, 体力測定の結果から 10 パラメータ, 事前アンケート結果から 1 パラメータの合計 17 パラメータが分析に使用された。具体的には, 姿勢パラメータは, 右肩と頭の位置の差(Shoulder_R-Head)の平均値, 左肩と頭の位置の差(Shoulder_L-Head)の平均値, 左右の肩の差(Shoulder R-L)の平均値と標準偏差値, 頭部の動き(Head)の中央値と最小値の差(Head(median) - Head(min))であった(図3)。体力測定の結果からは, 高齢者の年齢・性別・身長・骨密度・体重・体脂肪・左右腕力・左右脚力, 事前アンケートの結果から, 転倒歴の有無がパラメータとして用いられた。

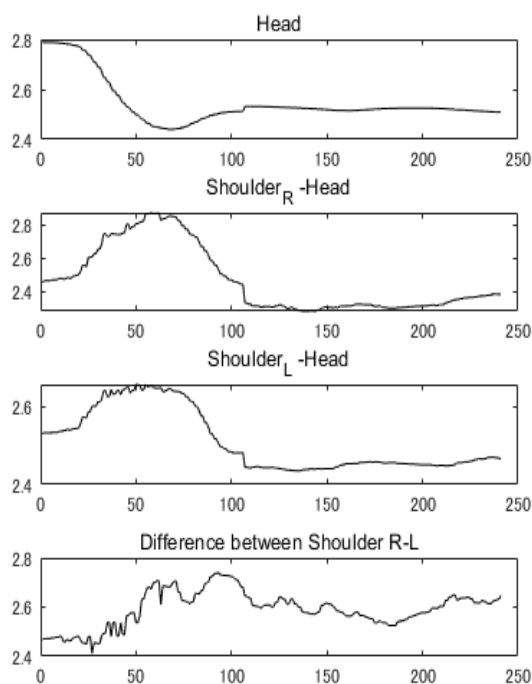


Fig. 3 Data examples of posture indices for 8s

Table 1 Correlation chart and significance of the correlation coefficient (*: p<.05, **: p<.01)

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Age	1.00															
2. Gender	-.14*	1.00														
3. Fall history	-.01	-.02	1.00													
4. Height	-.04	-.74**	-.01	1.00												
5. Bone density	-.13*	-.23**	-.06	.16**	1.00											
6. Weight	-.03	-.54**	.02	.64**	.14*	1.00										
7. Body fat	-.06	.13*	.04	-.04	-.02	.65**	1.00									
8. Arm Strength L	-.02	-.80**	-.01	.79**	.21**	.84**	.17**	1.00								
9. Arm Strength R	.00	-.82**	.00	.80**	.22**	.83**	.16**	.98**	1.00							
10. Leg Strength L	-.01	-.78**	.02	.90**	.18**	.80**	.11	.91**	.91**	1.00						
11. Leg Strength R	-.01	-.79**	.03	.90**	.19**	.80**	.11	.92**	.92**	.99**	1.00					
12. Shoulder R – Head (Ave.)	.01	-.38**	.13*	.44**	.10	.15*	-.19*	.26**	.28**	.38**	.37**	1.00				
13. Shoulder R – Head (SD)	.02	-.44**	.04	.50**	.04	.18**	-.22*	.32**	.33**	.44**	.44**	.76**	1.00			
14. Shoulder R-L (Ave.)	-.03	.13*	.10	-.14*	.09	-.07	.07	-.13*	-.11	-.14*	-.14*	.25**	-.42*	1.00		
15. Shoulder R-L (SD)	.06	-.14*	.00	.17**	-.03	.13*	.04	.13*	.11	.18**	.15*	.29**	.25**	.04	1.00	
16. Head(median) - Head(min)	.05	-.23**	-.06	.19**	.09	.18**	.05	.20**	.19**	.19**	.18**	.10	.11	-.03	.10	1.00
17. Head (SD)	-.06	-.08	-.04	.13*	.06	.08	.06	.06	.05	.08	.07	.18**	.14*	.07	.26**	.41**

Table 2 Results of PCA (Principal Component Analysis)

Variables	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
1. Age	0.00	-0.11	-0.11	-0.39	0.27	-0.80
2. Gender	-0.85	0.13	0.14	-0.05	0.11	0.25
3. Height	0.90	-0.11	-0.08	0.05	-0.02	0.03
4. Bone density	0.23	0.04	0.11	0.53	-0.48	-0.05
5. Weight	0.81	0.49	0.16	-0.10	0.16	0.10
6. Body fat	0.13	0.71	0.39	-0.20	0.28	0.23
7. Arm Strength L	0.94	0.21	-0.06	0.02	-0.03	-0.05
8. Arm Strength R	0.94	0.19	-0.08	0.04	-0.02	-0.07
9. Leg Strength L	0.97	0.07	-0.07	0.02	0.03	0.00
10. Leg Strength R	0.97	0.08	-0.09	0.03	0.02	-0.01
11. Shoulder R – Head (Ave.)	0.46	-0.66	0.18	0.29	0.31	0.08
12. Shoulder R – Head (SD)	0.53	-0.68	-0.15	-0.17	0.07	0.30
13. Shoulder R-L (Ave.)	-0.15	0.08	0.49	0.67	0.32	-0.33
14. Shoulder R-L (SD)	0.22	-0.33	0.43	-0.18	0.41	0.09
15. Head(median) - Head(min)	0.26	-0.10	0.52	-0.31	-0.50	-0.23
16. Head (SD)	0.15	-0.25	0.72	-0.21	-0.27	0.06
Proportion of Variance	0.41	0.12	0.10	0.08	0.07	0.07
Cumulative Proportion	0.41	0.53	0.63	0.71	0.78	0.84

3. 結果と考察

17パラメータについて相関分析を行い、相関係数とその有意性について調べた(Table1)。その結果、互いに相関関係を示すパラメータが複数存在していることが明らかになった。そこで、転倒歴を説明するための主成分の特定のため、主成分分析を行った。その結果から、第1主成分として脚力や腕力の筋力において、主成分負荷量の絶対値が高く、寄与率0.41を示していた(Table2)。このことから、脚力や腕力などの筋力は、転倒歴に関わる重要な要素であることがわかる。次に、第2主成分として体脂肪や体重において、主成分負荷量の絶対値が高かった。第3、4主成分は、姿勢に関わる要因、第5主成分は骨密度、第6主成分は年齢であり、寄与率0.84を示した。

さらに、主成分分析の結果に基づき、k-means法を用いて、非階層性クラスタリング分析を行った。

K-means法では、最初に各データに対してランダムにクラスタを割り振り、割り振ったデータをもとに各クラスタの中心を計算し、各データとクラスタ中心間を求め、そのデータを最も近い中心のクラスタに割り当てるというアルゴリズムに基づく。本研究では、参加者272名に対し、第1-6主成分に関する主成分得点を算出し、k=2-5までクラスタ分析を行った結果、最終的に得られた各クラスタの中心値をFig.4に示した。この結果から、K=2-5のすべてにおいて、第1主成分の筋力値の違いにより、分類されていることが明らかになった。

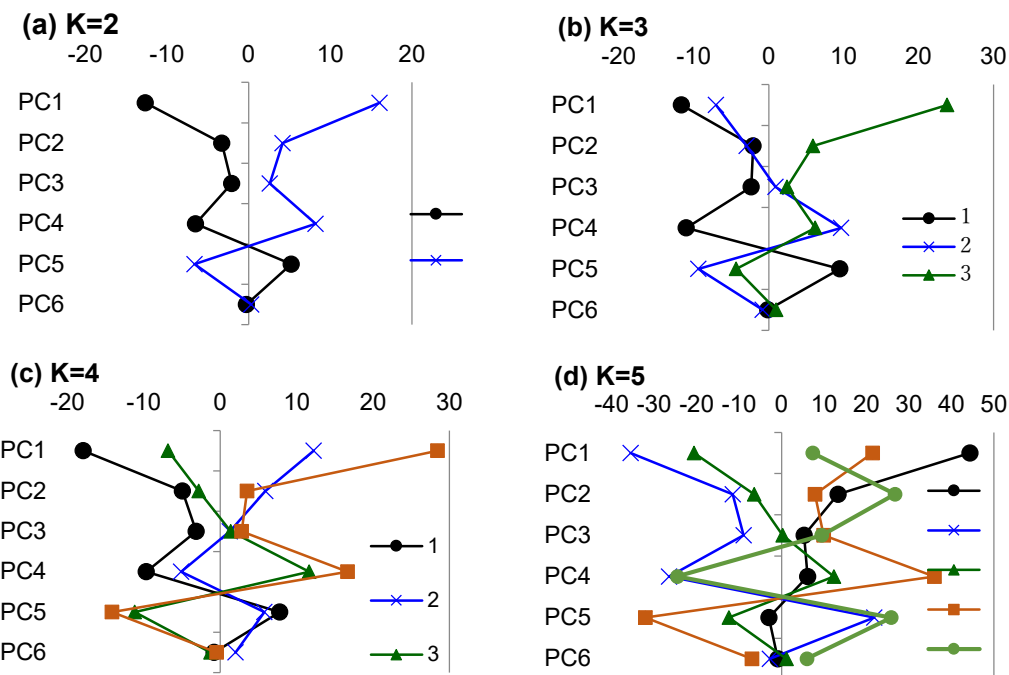


Fig. 4 Results of k-means analysis, center values of clusters

4. まとめ

本研究では、転倒に関わる主成分を抽出し k-means クラスタリング分析を用いて、高齢者の健康状態の分類を試みた。その結果、転倒歴と関わる主成分として、第 1 に脚力などの筋力指標が不可欠な要素ではあるが、体脂肪、姿勢計測パラメータ、骨密度、年齢などの要因も必要であることが明らかになった。これまでの著者らの研究で、一概に高齢者といっても、その姿勢や筋力状態は多様であり、年齢に単純相関していないことが示されている。そこで、本提案手法を用いて高齢者の健康状態の分類を行い、その分類に基づく健康指導を行うことで、高齢者の健康維持や転倒予防などに効果が得られることが今後期待される。また、今後の展開として、本分析結果に基づき、従来の筋力から転倒リスクを予測する CST 課題と本姿勢計測手法を合わせたシステムに改良し、コンピュータ上で簡易的にアドバイスが可能なシステム開発を行うなどを予定している。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、分析に関する環境の提供などをご支援いただいた玉川大学 先端知能・ロボット研究センター主任教授の岡田浩之教授に心から感謝いたします。また、本研究の一部は、科学研究費補助金(18K17712, 代表武藤ゆみ子)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Ambrose, A. F., Paul, G., & Hausdorff, J. M., Risk factors for falls among older adults: A review of the literature. *Maturitas*, 75(1), 51–61. (2013)
- [2] Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. F., Risk Factors for Falls among Elderly Persons Living in the Community. *New England Journal of Medicine*, 319(26), 1701–1707. (1988)
- [3] Ambrose, A. F., Paul, G., & Hausdorff, J. M., Risk factors for falls among older adults: A review of the literature. *Maturitas*, 75(1), 51–61. (2010)
- [4] 入山 渉, 島田 裕之, 加藤 仁志, 大淵 修一, 鈴木隆雄, Chair Stand Test は何をとらえる指標か?, 理学療法学 Supplement, Vol.33, No.2 (第 41 回日本理学療法学術大会 抄録集) (2006)
- [5] 武藤 ゆみ子, 菅生 誠, 伊藤 穂南, 圓井 楓, 細野 雄一郎, 武藤 剛, 高齢者の姿勢の歪み評価のための Kinect 活用手法の提案, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 19-3, 261-270 (2018)
- [6] Muto Y., Sugou M., Tsumurai K., Ito H., Hosono Y., Muto T., Posture Analysis and Evaluation for Modeling in Elderly Adults., In: Kurosu M. (eds) *Human-Computer Interaction. User Interface Design, Development and Multimodality. HCI 2017. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10271. Springer (2017)