

## 高齢者の運動機能・認知機能の定量化方法の開発

A novel method for predicting diminishing motor function and forgetfulness in the elderly using handwriting characteristics

川口 英夫\* 太田 昌子\*\*

### 1. はじめに

高齢者の運動・認知機能の低下は QOL (Quality of Life: 生活の質) が低下する原因となる。高齢者では一度衰えた運動・認知機能を向上させることは難しく、それらが低下する前にその予兆を把握し、診察を受ける等の適切な対処が必要である。しかしながら、現行の体力測定は測定項目の多さや高齢者への負担から、大勢を対象としたスクリーニングには適さない。そこで、本研究では、筆跡情報を用いた、簡便で大人数に適用可能な高齢者の運動機能の定量化方法を開発することを目的とした。

また、高齢者の中でも特に 75 歳以上の後期高齢者になると身体機能の低下から病気や怪我等のリスクが高まることが報告されているため、年齢に着目して 74 歳以下の前期高齢者と 75 歳以上の後期高齢者に分け、筆跡情報と運動機能の関連の調査結果から、高齢者の運動機能低下が簡便に予測できる方法も検討した。

### 2. 方法

本研究の調査は、常総市・筑波大学・東洋大学が共同で推進している常総プロジェクト(常総市における健康増進運動)において、2013 年度から 4 年間継続して実施された(2015 年度のみ災害で調査が中止された)。本研究に 4 年間通して調査に参加していただいた高齢者 138 名を対象として解析した。研究協力者には、筆速・加速度・記入時間・筆圧等の筆跡情報を 13 ms、0.3 mm の時空間分解能で取得できるデジタルペンを用いて、『ひと筆書き図形模写課題』を実施していただいた<sup>1)</sup>。さらに日常生活における心身の機能を評価する質問票にも回答していただき、移動性・筋力・平衡性を下位尺度に含む MFS (Motor Fitness Scale)、および転倒リスク

と物忘れリスクのスコアを算出した。また、2013 年および 2016 年には研究協力者の血圧・身長・体重・体脂肪率・骨格筋率・皮下脂肪率・握力・開眼片足立ち・TUG (Timed up and go test)・腹囲を測定した。これらの質問票および体力測定から得られた運動機能に関するスコアと筆跡情報の関係を Spearman の相関検定と 2 項ロジスティック回帰分析で検討した。

なお、本研究の調査は筑波大学の倫理審査委員会で認可されたプロトコルに従い実施した。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1 運動機能および認知機能の定量化

クラスタリング手法(Word 法)による解析をもとに、2013 年の筆圧が 120 以下の低筆圧群と 120 より大きい高筆圧群の 2 群に分け、平均の差を検定した (Fig.1, Table 1 参照)。低筆圧群と高筆圧群で体力測定の結果や質問票のスコアのいくつかの項目について 2 群間で有意差がみられた。また、低筆圧群では有意に MFS のスコアが低く、体力測定の結果が低かった。一方、転倒リスク・物忘れリスクの変化量にも 2 群間に有意差がみられ、低筆圧群では転倒リスク・物忘れリスクが増加する傾向があった。

そこで、運動機能が低く、転倒リスク・物忘れリスクが増加する傾向のあった低筆圧群に注目し、低筆圧群内での筆跡情報(ストローク距離・平均筆圧・平均筆速・加速度落ち込み回数)と質問票のスコアや体力測定の結果との間に相関が見られるか分析した。その結果、Table 2, 3, 4, 5 に示す通り、Spearman の相関検定で、筆跡情報と運動機能や転倒リスク・物忘れリスクとの相関が見られた。

\*生命科学部 生命科学科

\*\*食環境科学部 食環境科学科

また、同様に身体機能の低下による病気やケガのリスクが高くなることが報告されている後期高齢者に注目し、75歳以上（後期高齢者）における筆跡情報と体力測定値の関係を調べた。その結果、Table 6 に示す通り、Spearman の相関検定で、筆跡情報と運動機能に相関がみられた。

以上より、ひと筆書きした図形模写の筆圧を指標とした群分けにより、低筆圧群では運動機能が低く、転倒・物忘れのリスクが増加することが分かった。これより、筆跡を用いた運動能力や転倒リスク・物忘れリスクのスクリーニングが可能であることが示唆された。また、低筆圧群および後期高齢者における筆跡情報と運動機能、物忘れリスクとの間に相関が見られた。このことは、書字行動には筋力と運動制御能力の両方が関係しているためと考えられる。すなわち、筋力は筋骨格系、運動制御には神経系が関わっており、筋骨格系は骨格筋等から構成されるため、筆跡情報と MFS の筋力や、握力・筋肉量との間に相関が見られたと推測できる。一方、運動制御に関わる神経系は脳の中核から体の末端まで幅広く存在することが知られており、精緻な動作である書字行動と認知機能には関係があると考えられる。

### 3. 2 運動機能低下の予兆把握

2013年から2016年の4年間で、運動機能が有意に低下する項目について、低下する要因を調べた。この抽出した要因が、筆跡情報を運動機能低下の予測に用いることができるかを検討した。まず2013年度と2016年度の体力測定結果で対応のあるt検定を行い、収縮期血圧が4年間で有意に上昇していることが分かった。そこで経時変化により収縮期血圧が上昇した群と下降した群の2群間で2項ロジスティック回帰分析を行った（Table 7 参照）。 $\chi^2$  検定の結果は  $p < 0.01$  で有意であり、変数である平均筆速で有意であった ( $p < 0.05$ )。収縮期血圧の上昇に平均筆速が因子となっていることが分かり、収縮期血圧が上昇すると平均筆速が遅くなることが分かった。一方、血圧の上昇と筋肉量低下に関連があることが報告されている<sup>4)</sup>ため、筋肉量の低下（運動機能の低下）

と筆速に関連があることが考えられる。上記の結果から、デジタルペンによるひと筆書きの図形模写課題における平均筆速を指標として、運動機能低下の予測が可能であることが示唆された。

本研究では高齢者の運動機能や転倒・物忘れリスクをひと筆書き図形模写時の筆跡情報から評価した。今回の結果から、筆跡情報を用いることでより簡易に転倒リスク・物忘れリスク増加の予兆を把握し、またそのリスクが増す恐れがある人たちの運動機能、認知機能の低下の程度を予測することができることが示唆された。今後も常総プロジェクトで引き続き調査を継続し、運動機能および認知機能低下を予測する方法の検討を進める。

## 4. まとめ

本研究の結果は、4年間に渡るコホート調査に基づく統計解析で得られたものである（2015年度の調査は、鬼怒川の堤防決壊による洪水の影響で中止された）。今後、この調査を継続することで、前向きコホート調査による要因解析が可能となると考えられる。例えば、前期高齢者が後期高齢者となった際、前期高齢者の時の筆跡パラメータによって、運動機能や認知機能の低下が予測できる可能性がある。すなわち、本研究の最大の目的が達成できる。

## 5. 謝辞

本研究を進めるにあたりご協力頂いた研究協力者の方々に厚く御礼申し上げます。また、本研究の統計解析についてご教授いただきました食環境科学部食環境科学科専任講師の吉崎貴大先生、および調査にご協力いただいた筑波大学人間総合科学研究科教授の安梅勅江先生並びに安梅研究室の皆様へ感謝申し上げます。

## 6. 参考文献

- 1) 石崎 智也, 川口 英夫ら (2014) 高齢者の運動機能に関する定量的評価方法, *可視化情報*, 34, 49-50.

2) 岸 玲子ら (1996) 前期高齢者と後期高齢者の健康状態とソーシャルサポート・ネットワーク 農村地域における高齢者(69~80 歳)の比較研究, *日本公衆衛生雑誌*, 43(12)、pp.1009-1023.

3) Tabata M, kawaguchi H et al. (2015) Evaluating motor and cognitive performances of elderly people using their handwriting characters, *Neuroscience Abstract*, 343.05.

4) Yoon JY et al. (2010) Relationship between cognitive function and physical performance in older adults, *JPN. J. Phys. Fitness Sports Med*, 59, pp.313-322.

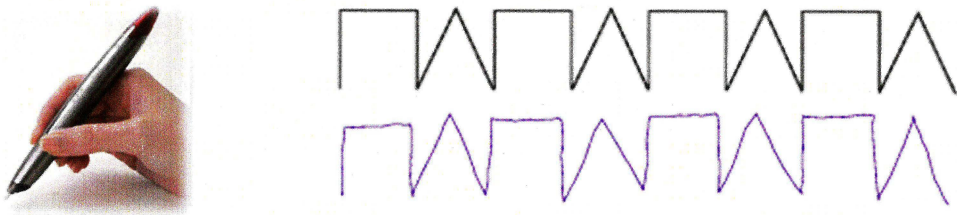


図1 デジタルペン (左)、ひと筆書き図形模写課題 (右)

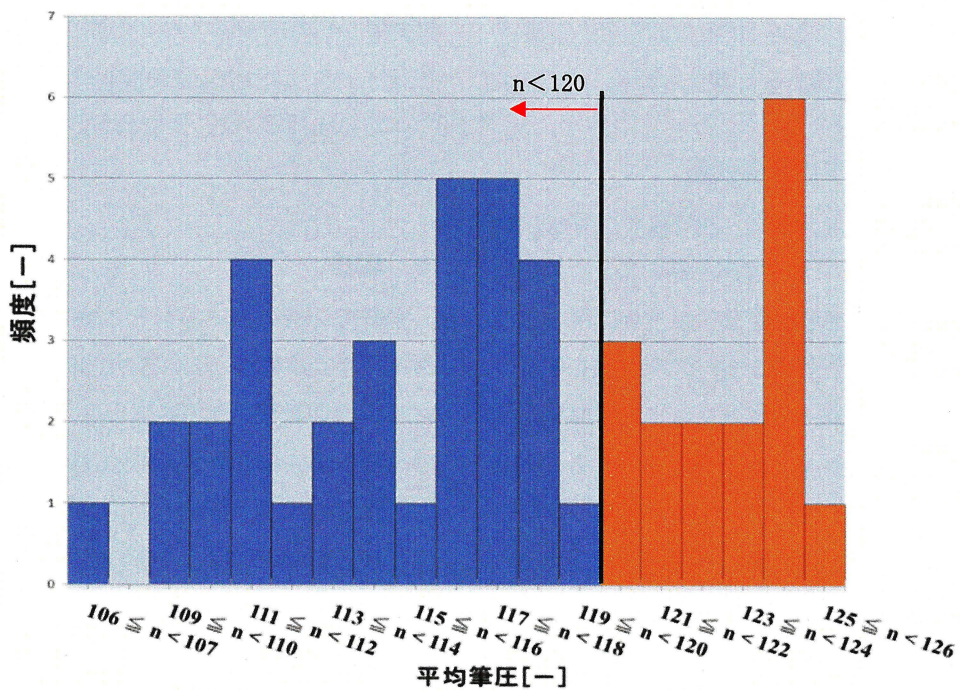


図2 平均筆圧のヒストグラム

表1 低筆圧群と高筆圧群の群間差

年度	項目	低筆圧群	高筆圧群	有意確率
2013	移動性	4.3±1.8	5.4±1.0	$p < 0.01$
	筋力	3.8±0.5	4.0±0.0	$p < 0.05$
	MFS	11.0±3.2	12.5±1.4	$p < 0.05$
	握力(右)	22.0±5.4	24.9±5.3	$p < 0.05$
	筋肉量(体幹)	15.9±2.2	17.7±2.7	$p < 0.05$
	筋肉量(腕)	24.9±3.7	31.0±7.2	$p < 0.01$
2016	筋肉量(体幹)	15.7±2.2	17.2±3.0	$p < 0.10$
	筋肉量(腕)	24.4±3.6	28.4±5.4	$p < 0.01$
変化量	転倒リスク	0.7±2.9	-2.0±2.5	$p < 0.05$
	物忘れ	0.2±0.7	-0.18±0.4	$p < 0.10$

表2 低筆圧群における筆跡パラメータとスコアの相関

年度	項目	2016			
		移動性	筋力	MFS	物忘れ
2013	平均筆速	-	-	-	0.51*
	加速度落ち込み回数	-	-	0.28 <sup>†</sup>	-0.59**
	平均筆圧	-0.53**	-	-0.4 <sup>†</sup>	-
2016	平均筆速	-	-	-	0.64**
	加速度落ち込み回数	-	-	-	-0.71**
	平均筆圧	-	0.37 <sup>†</sup>	-	-

(\*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , <sup>†</sup> $p < 0.1$ )

表3 低筆圧群における2013年に取得した筆跡パラメータと運動機能の相関

年度	項目	2013			2016
		握力(左)	握力(右)	筋肉量(足)	筋肉量(足)
2013	平均筆速	0.31 <sup>†</sup>	0.32 <sup>†</sup>	-	-
	加速度落ち込み回数	-0.45**	-0.39*	-0.30 <sup>†</sup>	-0.30 <sup>†</sup>

(\*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , <sup>†</sup> $p < 0.1$ )

表4 低筆圧群における筆跡パラメータおよびその変化量とスコア変化量の相関

年度	項目	変化量			
		移動性	筋力	MFS	物忘れ
2013	総ストローク距離	-	0.37 <sup>†</sup>	-	-
	平均筆速	-	-	-	0.48*
	加速度落ち込み回数	-	-	-	-0.51*
	平均筆圧	-0.42*	-	-	-
変化量	加速度落ち込み回数	-	-0.42*	-	-
	平均筆圧	0.47*	-	0.36 <sup>†</sup>	-

(\*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , † $p < 0.1$ )

表5 低筆圧群における2016年に取得した筆跡パラメータと運動機能の相関

年度	項目	2016				
		握力(右)	握力(平均)	筋肉量(全体)	筋肉量(体幹)	開眼片足立
2016	平均筆速	0.30 <sup>†</sup>	0.42*	0.29 <sup>†</sup>	-	-
	加速度落ち込み回数	-0.28 <sup>†</sup>	-0.39*	-	-0.28 <sup>†</sup>	-0.33*

(\*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ , † $p < 0.1$ )

表6 後期高齢者における2013年に取得した筆跡パラメータと2016年に測定した運動機能の相関

	2013年				2016年		
	握力(左)	握力(平均)	開眼片足立ち	TUG	握力(左)	TUG	SMI
ストローク距離	-	-	-0.57*	-	-0.49 <sup>†</sup>	-	-
平均筆速	0.54*	0.49 <sup>†</sup>	-	-0.51 <sup>†</sup>	-	-0.54 <sup>†</sup>	-0.58*
加速度落ち込み回数	-	-	-	0.54*	-	-	-

表 7 前期高齢者における収縮期血圧と筆速の関係

	偏回帰 係数	有意確率	オッズ比	オッズ比の 95%信頼区間	
				下限	上限
平均筆速	0.354	0.041	1.425	1.015	2.000
定数	-2.675	0.123	0.069		

モデル  $\chi^2$  検定  $p < 0.01$