

## 高齢者の運動能力の簡便な定量化方法の開発

### Development of an Evaluation Method that Analyzed the Motor Performance Among Elderly Population Using Handwriting Features

川口 英夫\* , 根建 拓\*\*

#### 1. はじめに

近年、超高齢社会となり、高齢者の介護に伴う負担の増加が大きな社会問題となっている。高齢者の筋肉量・筋力や運動機能は加齢とともに低下してしまう。これら運動能力が低下すると転倒や寝たきりのリスクが高くなるため、高齢者のQOL（Quality of Life）の低下に大きくかかわる。そこで高齢者のQOLを維持するために、これら筋力や運動機能を評価し、早期にその低下の予防措置を講ずる等の対策が必要である。社会実装のためには、大人数を対象とした運動能力の低下度合いの早期把握が必要であるため、簡便に運動能力を評価できる方法論を確立し、これをスクリーニング手段として用いる必要がある。しかしながら、現在の運動能力の測定方法は項目が多く、大人数のスクリーニングには適していないため、より簡便な評価法の開発を意図した。

本研究では筆跡情報を13 ms、0.3 mmの時空間分解能で記録できるデジタルペン（図1、図2参照）を用いることで、高齢者の筋肉量・筋力・運動機能の簡便な評価法を開発することを目的とした。このデジタルペンの利点は、同時に多数の高齢者の測定を低コストで実施可能なため、スクリーニングに適していることにある<sup>1)</sup>。また、字を書くだけであるため高齢者の身体的な負担も軽減される<sup>1)</sup>。筆跡情報に注目した理由は、筋力や運動機能の低下に伴い書字行動に必要な運動能力が低下すると予測できるためである。この仕組みが地域の保健行政のツールとして活用されれば、高齢者の安心・安全な生活を低コストで維持することが可能になると考える<sup>2)</sup>。

なお、本研究の調査は筑波大学・倫理審査委員会の承認を受けたプロトコルに従い実施した。

#### 2. 方法

##### 2. 1 調査フィールド

本研究の調査は、常総市・筑波大学・東洋大学が共同で進めている「常総プロジェクト」をフィールドとした。研究協力者は常総市の介護予防教室に参加している高齢者である。52歳～93歳までの274名（男性24名、女性250名）を対象に、常総市の各地域の公民館を訪問し、研究協力者に同意書と質問票の用紙に記入していただいた（図3参照）。



図1. デジタルペン

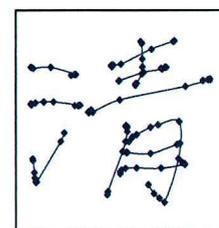


図2. 筆跡の解析例

##### 2. 2 質問票

質問票（主観的健康感、生活習慣、自由書字、図形模写、書字課題、樹木画）である。記入時には、デジタルペンを用いてもらい、その後、デジタルペンの記録から記入内容のそれぞれの筆跡情報（例：総平均筆速、加速度落ち込み回数、筆圧）を分析した。高齢者の身体機能を測定することができるMotor Fitness Scale（MFS：移動性、筋力、平衡性の3因子）、表1に示す身体測定と運動機能（Physical and Motor Function “PMF”：血圧、身長、体組成、握力平均、開眼片足立ち、Timed up and go test、腹囲、Skeletal muscle index）の測定を実施し、研究協者の運動能力を計測した。

\*\*生命科学部 生命科学科

\*\*生命科学部 応用生物科学科

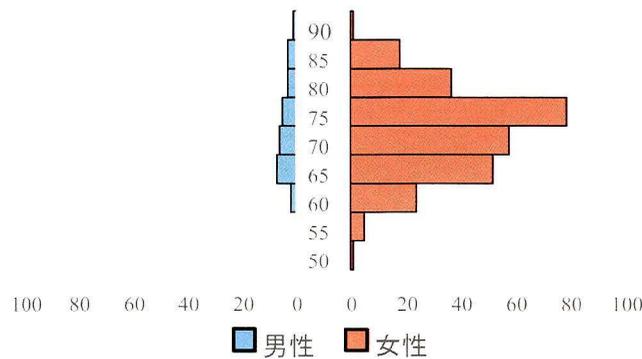


図3. 研究協力者の年齢分布

表1. PMFの測定項目と内容

| 測定項目  | 測定内容   |
|---|--|
| 血圧  | 看護師の有資格者が測定した。普段より血圧が高い場合、身体測定および運動機能の測定を自粛していただいた。  |
| 身長 (cm)   | 壁にメジャーを貼り付けて測定した。  |
| 体重 (kg)   | 体重体組成計 (HBF-362、オムロン社製) を用いた。  |
| BMI   |  |
| 体脂肪率 (%)  |  |
| 骨格筋率 (%)<br>(全身、体幹、腕、脚)                             |  |
| 皮下脂肪率<br>(全身、体幹、腕、脚)                                |  |
| 握力平均 (kg)   | 竹井機器社製の握力計 (GRIP-D) を用いた。左右一回ずつ測定した。グリップの幅は 5cm 前後にし、適宜変更した。   |
| 開眼片足立ち (s)  | 素足で両目を開けたまま手を腰に当て、片足を上げてもらい持続時間を計測した。最大 60 秒間で打ち切った。   |
| TUG (s) :<br>Timed up and go test                   | 椅子に座った状態から立ち上がり、3m 先のコーンを回り、再び椅子に座るまでの時間を測定した。   |
| 腹囲 (cm)   | 臍の高さでメジャーを用いて測定した。計測は女性が担当した。  |
| SMI (kg/m <sup>2</sup> ) :<br>Skeletal muscle index | 筋肉量を評価できる指標。本研究では、下記の推定式を用いた <sup>3), 4)</sup> 。<br>男性 : $SMI = 0.326 \times BMI - 0.047 \times \text{腹囲} - 0.011 \times \text{年齢} + 5.135$<br>女性 : $SMI = 0.156 \times BMI + 0.044 \times \text{握力} - 0.010 \times \text{腹囲} + 2.747$ |

表2. デジタルペンから取得した筆跡情報の種類とそれぞれの意味

| 筆跡情報の種類        | 筆跡情報の意味                           |
|----------------|-----------------------------------|
| 総停留時間 (s)      | ペン先が紙に付いていた状態で動いていない時間            |
| 総ストローク距離 (mm)  | 筆跡の距離の合計                          |
| 総記入時間 (s)      | 用紙を記入するのにかかった時間                   |
| 総平均筆速 (mm/s)   | 筆跡の距離の合計÷用紙を記入した時間                |
| 総ストローク数 (回)    | 筆跡の数。ペン先が紙に付いて離れるまでで1回            |
| 実記入時間 (s)      | ペン先が紙に付いていた時間の合計                  |
| 実平均筆速 (mm/s)   | 筆跡の距離の合計÷ペン先が紙に付いていた時間            |
| 実ストローク割合 (%)   | ペン先が紙に付いていた時間の割合                  |
| 停留時間割合 (%)     | ペン先が紙に付いていた状態で動いていない時間の割合         |
| 最大インターバル (s)   | ペン先が紙から離れていた最大時間                  |
| 平均インターバル (s)   | ペン先が紙から離れていた時間の平均                 |
| 加速度落ち込み回数* (回) | 筆跡の加速度がプラスからマイナスに変化した平均の回数 (下記図4) |
| 平均筆圧           | ストロークごとの筆圧の平均                     |
| 筆圧の標準偏差        | ストロークごとの筆圧の標準偏差                   |

\* 加速度落ち込み回数  
 筆跡の滑らかさを示す指標とした。

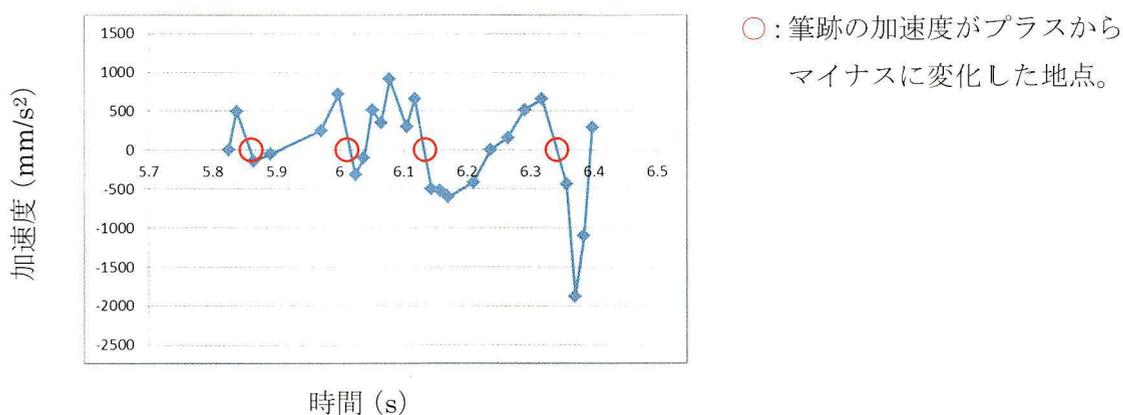


図4 加速度落ち込み回数の例

## 2. 3 デジタルペン

質問票記入時には、筆跡情報を 13 ms、0.3 mm の時空間分解能で記録できるデジタルペンを用いた。その後、デジタルペンの記録から高齢者の筆跡情報を分析した。今回デジタルペンから取得した筆跡情報を表 2 に一覧で示す。取得した筆跡情報の他に、それぞれの筆跡情報を組み合わせた複合パラメータも独自に求めた（例：総平均筆速÷加速度落ち込み回数）。

また、筆跡の滑らかさを示す指標として、加速度落ち込み回数を用いた。図 4 に加速度落ち込み回数の例を示す。

## 3. 結果と考察

### 3. 1 解析結果

図 5 に示した様な質問票の図形模写は、本来ひと筆書きで書かなければならないのだが、正しく書いた研究協力者 44 名（男性：9 名、女性：35 名）のデータを別に解析した。これらの筆跡パラメータと MFS・PMF との関係分散分析した。

筆跡パラメータと MFS・PMF の分散分析の結果、男性・女性ともに筆跡パラメータと MFS・PMF 間で有意な相関がみられた。その中でも有用と考えられる、ひと筆書きした図形模写にて加速度落ち込み回数が関係している筆跡パラメータと MFS・PMF の関係を表に示す（表 3、4 参照）。男性・女性ともに、ひと筆書きした図形模写において、加速度の落ち込み回数、またはこれを用いた複合パラメータから運動能力を測ることができた。これより、筆跡の時間情報を用いた運動能力の評価が可能であることが分かった。

男性のモータ・フィットネス・スケール (MFS) では、移動性と平衡性・総合、筋力と平衡性・総合、平衡性と総合の間に相関がみられた（表 3）。特に、握力平均との相関が一番強かった（図 6 参照）。一方、女性の MFS では、移動性・筋力・平衡性・総合においてそれぞれの間に相関がみられた（表 4）。特に、SMI（骨格筋指数）との相関が一番強かった（図 7 参照）。MFS は自己評価による得点であるため、歩行能力と QOL（生活の質）

の実感が大きく関わっていると考えられる。なお、MFS の解析対象者数は、記入ミスなどから正しい得点が得られなかった場合があるため、研究協力者数より少ない人数となっている。

女性におけるひと筆書き図形模写の加速度落ち込み回数と MFS（筋力）が正の相関 ( $r = 0.36$ ) なのに対して、筋肉量の指標である SMI では負の相関 ( $r = -0.55$ ) となった。SMI が高いほど筋力は高くなり正の相関になりそうではあるが、今回の結果では逆相関となった。このことは、MFS（筋力）には単純な力だけではなく、運動制御の要素も含まれるためと考えられる。このことから、筆跡の複合パラメータのほうが高い相関が得られたのも、筋力だけではなく運動制御が関係しているためと推定できる。

### 3. 2 考察

本研究により、高齢者に負担が少なくスクリーニングに適した運動能力の簡易的な定量化方法を開発した。筆跡情報を用いた運動能力の評価については、特に図形模写を用いることでより精度の高い評価ができると考えられる。男女ともに、ひと筆書き図形模写において、加速度の落ち込み回数、またはこれを用いた複合パラメータが有用であることが分かった。しかし、この図形模写を正しくひと筆で行えたのは 1 割程度の方しかいなかった。これは、今回はひと筆で模写するよう口頭でしか伝えなかったためと考えられる。よって今後の調査では、ひと筆書きに関する説明を改良し、確実に描いてもらったデータを収集する必要がある。

今回用いたデジタルペンは見た目にも少し太いだけのボールペンであり、使用にあたり難しい要求をする必要がなく、運動能力を測定する側の負担も減るという利点もある。また、現在行われている高齢者に関する研究の多くは元気高齢者に関するものであり、行事に参加しない元気高齢者や要介護の期間が長い高齢者の研究も必要である。デジタルペンは場所を問わずに用いることができるため、行事に参加しない高齢者を対象とする場合でも、こちらから出向いて実施することができる利点がある。

以上のことから本研究の評価方法を用いることで、今後の高齢者の健康な生活のためにおいて役立つことが期待できる。本研究は、当面3年間予定されている常総プロジェクトの2年目に実施した調査結果を用いている。今後は3年目以降のプロジェクトにも参加し、運動能力の評価だけではなくコホート調査（追跡調査）を実施して、運動能力低下の予兆把握の可能性も検討する。

現在常総市が独自に開発し普及を図っている『常総体操』の実施による効果で、高齢者の運動能力が向上することが期待できる。今後追跡研究を続けることで、この変化を捉えることを目指す。さらに、今回は自己評価における運動能力と筆跡情報との関係を調べた。今後は筆跡情報の解析項目を増やすとともに、身体能力の客観的な測定値との関係についても検討を進める。

なお、本件は特許出願済みである。

#### 4. 参考文献

- 1) Ishizaki T, Tokutake K, Watanabe T, Arioka S, Tanaka E, Anme T and Kawaguchi H, Development of an evaluation method for analyzing the motor performance of elderly people using handwriting features, *Neuroscience Abstract*, 586.27 (2013)
- 2) 石崎、徳竹、安梅、根建、川口、高齢者の運動機能に関する定量的評価方法の開発、*可視化情報* **34**, 49-50 (2014)
- 3) Ohwada Y, Tokutake K, Watanabe T, Arioka S, Tanaka E, Anme T and Kawaguchi H, A novel method for evaluating the motor performance of elderly people using their handwriting characteristics, *Neuroscience Abstract*, 170.07 (2014)
- 4) Sanada K, Miyachi M et al., Prediction models of sarcopenia in Japanese adult men and women, *Jpn J Fitness Sports Med*, **59**, 291-302 (2010)

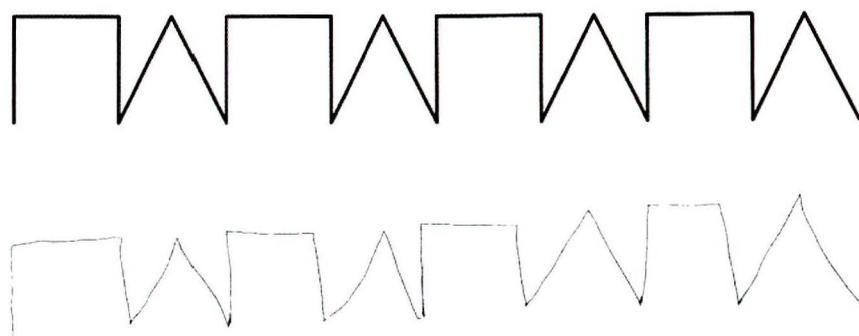


図5. ひと筆書き図形模写の例

表 3. 男性のひと筆書きした図形模写の加速度落ち込み回数と MFS・PMF

| MFS・PMF   | 筆跡パラメータ              | 相関係数        | 有意確率            |
|-----------|----------------------|-------------|-----------------|
| 握力平均 (kg) | 加速度落ち込み回数            | $r = -0.73$ | $p < 0.05$ (片側) |
| MFS (移動性) | 平均筆圧<br>/ 総停留時間      | $r = -0.83$ | $p < 0.01$      |
| MFS (平衡性) | 加速度落ち込み回数<br>/ 総記入時間 | $r = -0.71$ | $p < 0.01$      |
| MFS (総合)  | 加速度落ち込み回数<br>/ 総停留時間 | $r = -0.87$ | $p < 0.01$      |
| 握力平均 (kg) | 加速度落ち込み回数<br>/ 総停留時間 | $r = -0.92$ | $p < 0.05$      |

表 4. 女性のひと筆書きした図形模写の加速度落ち込み回数と MFS・PMF

| MFS・PMF                  | 筆跡パラメータ              | 相関係数        | 有意確率       |
|--------------------------|----------------------|-------------|------------|
| MFS (筋力)                 | 加速度落ち込み回数            | $r = 0.36$  | $p < 0.05$ |
| MFS (平衡性)                | 加速度落ち込み回数            | $r = 0.43$  | $p < 0.01$ |
| MFS (総合)                 | 加速度落ち込み回数            | $r = 0.43$  | $p < 0.05$ |
| SMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 加速度落ち込み回数            | $r = -0.55$ | $p < 0.01$ |
| MFS (移動性)                | 平均筆圧<br>/ 加速度落ち込み回数  | $r = -0.52$ | $p < 0.01$ |
| MFS (筋力)                 | 平均筆圧<br>/ 加速度落ち込み回数  | $r = -0.53$ | $p < 0.01$ |
| MFS (平衡性)                | 平均筆圧<br>/ 加速度落ち込み回数  | $r = -0.64$ | $p < 0.01$ |
| MFS (総合)                 | 平均筆圧<br>/ 加速度落ち込み回数  | $r = -0.65$ | $p < 0.01$ |
| 握力平均 (kg)                | 実平均筆速<br>/ 総停留時間     | $r = 0.58$  | $p < 0.01$ |
| TUG (s)                  | 平均筆圧<br>/ 加速度落ち込み回数  | $r = 0.45$  | $p < 0.05$ |
| SMI (kg/m <sup>2</sup> ) | 総筆跡距離<br>/ 加速度落ち込み回数 | $r = 0.79$  | $p < 0.01$ |

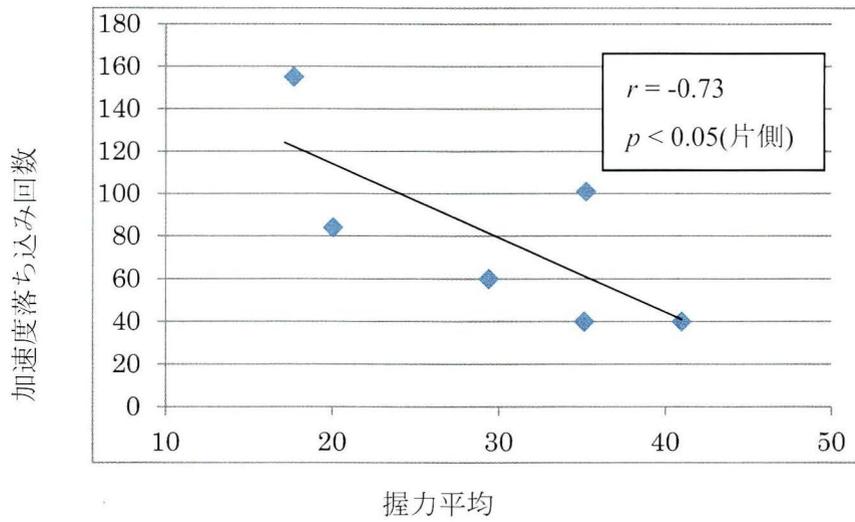


図6. 図形模写の筆跡パラメータと握力平均との関係 (男性)

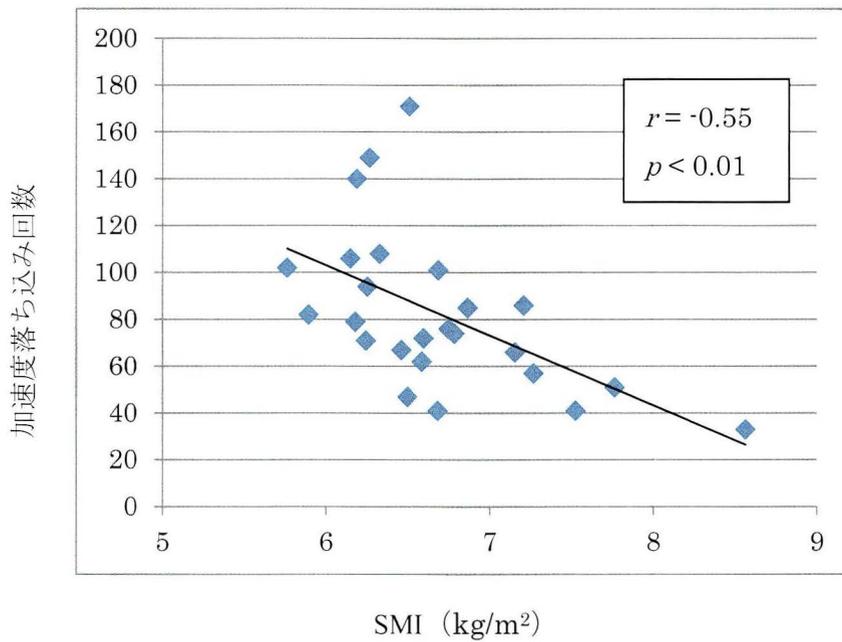


図7. 図形模写の筆跡パラメータと SMI (kg/m<sup>2</sup>) との関係 (女性)