

スマートフォンの座標変化による握力測定手法の提案

山本 さりい^{1,a)} 池松 香^{2,b)} 加藤 邦拓^{3,c)} 杉浦 裕太^{1,d)}

概要：筋力は年齢とともに低下し、その後の身体障害や転倒のリスクに大きな影響を与えることが知られている。本研究では筋力の中でも簡便に測定することができる握力に注目し、安価かつ簡易な測定器具を用いてスマートフォンのタッチ座標の変化から握力測定を行う手法を提案する。5 N から 250 N の間でアタッチメントに負荷をかけたところ、重量とスマートフォンのタッチ座標変化は線形近似で表せることが明らかになった。

1. はじめに

筋力は加齢とともに低下することが明らかになっており、筋力の低下はその後の身体障害や転倒のリスクに影響を与えるとされる [1]。臨床現場において握力測定は筋力の評価に用いられる簡便な測定手法である [2]。筋力を定期的に測定することや自身の筋力の変化を把握することは健康状態を量る重要な指標となると考えられる。定期的に計測することが重要な握力値の記録を自動的に実施できる装置も市販されている [3]。一方でこのような装置は機器自体に電子デバイスが組み込まれているため、製造工程が煩雑になり、結果単価が上がり、電池交換や充電等のメンテナンスも必要となる。そこで本研究ではスマートフォンのタッチ座標から握力測定を行う測定器具 (図 1) を作成し、器具を握った際の座標位置の変化と握力の評価を行う。これにより、測定機器自体に電子機器を含まず、簡単に計測を行うことが可能となる。

2. 関連研究

山本らはスマートフォンの磁気センサを用いたピンチ力測定手法を提案した [4]。磁石を取り付けたアタッチメントとスマートフォンの距離による磁束密度の変化からピンチ力を推定する手法だが、測定時のデバイスのずれによって磁気センサが地磁気の影響を強く受けるため、測定値に誤差が生じるという課題がある。Matsumoto らは柔軟物と単眼カメラを用いた握力測定手法を提案した [5]。この研究

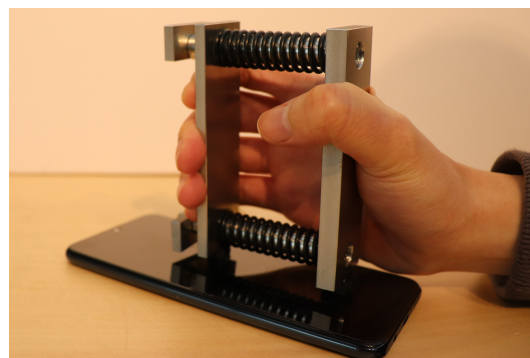


図 1 使用方法

ではソフトテニスボールを握った指の関節角度からボールの空気圧を推定し、握力へ変換している。リハビリ時の握力測定を目的としており、測定範囲は 0–7.5 kg、平均推定誤差は 0.9 kg という精度が得られている。しかし、撮影をする際に手と背景が同系色にならないようにすることや、指同士が重ならない姿勢でボールを握らなくてはならないというような制約がある。また、事前にユーザごとの回帰モデルを準備する必要がある。Funato らの提案した骨導音センシングを用いた握力推定 [6] では振動の伝搬特性は握力に依存することから、アクチュエータとコンタクトマイクを取り付けたウェアラブルデバイスを腕に装着し、パワースペクトル密度を特徴として GBRT を用いて握力推定を行っている。精度としては平均誤差が 15 N という高い精度での推定に成功している。しかしこの研究では振動を伝搬させるためのアクチュエータやマイクを埋め込んだデバイスを設計する必要がある、また伝搬特性に考慮してデバイスを橈骨と尺骨の間に配置する必要がある。

¹ 慶應義塾大学

² ヤフー株式会社

³ 東京工科大学

a) sarii429@keio.jp

b) k-ikematsu@acm.org

c) kkunihir@acm.org

d) sugiura@keio.jp

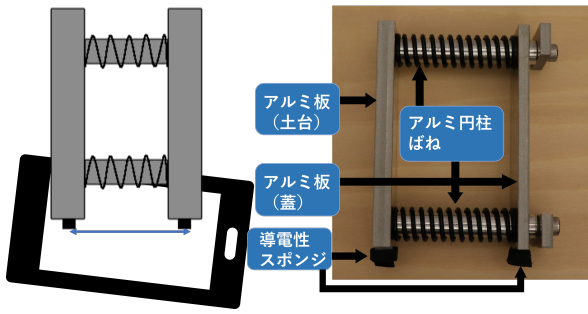


図 2 測定器具

3. 提案手法

3.1 構造

本研究では、スマートフォンのタッチスクリーンに接触させて使用する安価かつ簡易な構造の握力測定機器を提案する。機器の外観を図 2 に示す。機器は二枚の板を円柱状の部品 (いずれもアルミ製) でつなぎ、円柱部にばねを取り付けた構造を持つ。二枚の板はどちらも長さ 100 mm、幅 30 mm となっており、高さは土台部分が 8 mm、蓋の部分が 5 mm となっている。また、円柱状の部品は直径が 11 mm、高さが 65 mm である。

二枚のアルミ板の側面部分にはそれぞれスマートフォンのタッチスクリーンに触れるための突起がついており、画面保護のため導電性のスポンジで覆ってある (図 2)。突起部分の寸法は長さ 5 mm、幅 5 mm で高さは蓋側が 5 mm、土台側が 8 mm である。また、アルミ板を柱とばねに通した後、柱の上部に蓋を取り付け、ばねの弾性力でアルミ板が外れないようにした。

スマートフォンのタッチスクリーンは静電容量方式のセンシングを採用しており、接地された導電性の素材によるタッチ入力の検出が可能である [7]。そのため、本機器を手を持ち、スポンジ部をタッチスクリーンに接触させることでタッチ入力を検出できる。

3.2 使用方法

本節では機器の使用方法について述べる。まず、スマートフォンのタッチスクリーン側を上にして水平面に置く。次に、機器の 2 点のスポンジ部をタッチスクリーンに接触させるように手に持つ (図 1)。機器の板同士を近づけるように板部に外側から力がかかることでばねが縮み、板部が可動する。板部の変位はタッチパネルで検出される 2 点のタッチ座標の変位をセンシングすることで計測可能である。この計測結果から、第 3.4 節の計算に基づき握力を推定できる。

3.3 タッチ座標の取得

スマートフォンは Huawei P30 lite (Android10.0) を使用した。Unity を用いてタッチスクリーンに触れる 2 点の座標を取得するアプリケーションを作成した (図 3)。本アプリケーションは Start ボタンを押すと 5 秒後に 2 点の座標間の距離を計測し、測定を開始する。測定時間は 5 秒間で測定中の 2 点間の距離のうち、最小の値と測定開始時の値との差を導出する。

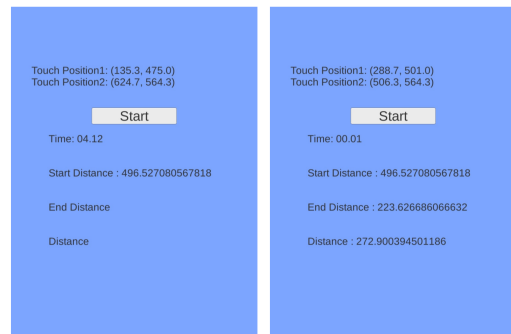


図 3 アプリケーション画面

3.4 ばねの原理

ばねの弾性力は (1) 式によって求められる。

$$F = kx \quad (1)$$

F は力 (N)、 k はばね定数 (N/mm)、 x はばねの縮み (mm) を表す。本研究ではばねは全長 55 mm、ばね定数 4.76 N/mm のものを 2 本使用したため $4.76 \times 2 = 9.52 \text{ N/mm}$ となった。ばねの弾性力を表す (1) の式より、9.52 N の力をかけたとき 1 mm 分座標の距離が縮むと考えられる。

4. 測定と結果

4.1 測定手法

1000 N までの測定が可能なフォースゲージ (IMADA デジタルフォースゲージ DS2-1000 N) を用いて、5 N から 250 N まで 5 N 刻みに負荷をかけ、座標の距離とばねの長さを測定した。

4.2 結果

5 N 毎にかけた力とタッチ座標間の距離の変化の関係と線形近似を図 4 に示す。力と座標間の距離の変化に関して高い相関関係がみられた。線形近似を行ったところ、回帰モデルは ($y = 1.1099 \times x + 0.1787$)、決定係数は 0.9997 となった。このとき、 y は距離、 x は力を表す。

5. 制約と今後の課題

ばねの縮みの理論値を導出するため、ばね定数を明確にする必要がある。さらに、計測を繰り返すことでばねが劣

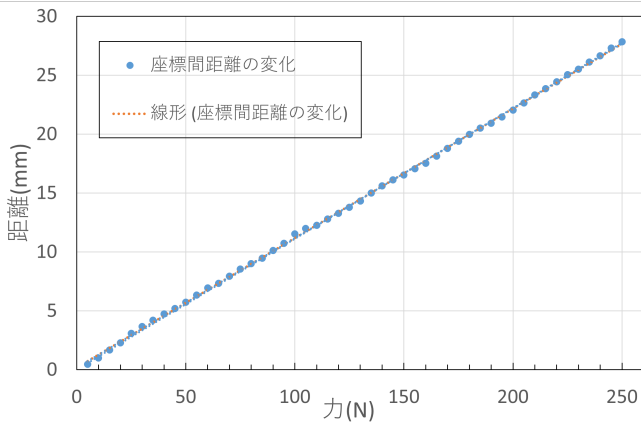


図 4 力と距離の関係

化し、ばね定数が減少することが予想されるため、定期的にはばねを取り換えなくてはならない。また、今回はフォースゲージを使用した計測を行うために、幅が広く平らな形のアルミ板を用いて機器を作成した。今後は、実際にユーザが握力測定を行うために、グリップ部分をより握りやすい形にする、柔らかい素材で覆うなどの、手で握りやすくするための工夫が必要となる。さらに今回使用したばねは最大荷重が約 250 N となっているが、成人の握力測定を行うためには 50 kg (490 N) 前後まで荷重をかけられるばねが必要である。

6. おわりに

本研究ではスマートフォンのタッチ座標の変化から握力測定を行う手法を提案した。2枚のアルミ板とばねを用いてアタッチメントを作成し、アルミ板についた突起がスマートフォンの画面に触れることで2点の座標とその距離を計測した。フォースゲージで 5 N から 250 N の範囲で 5 N 刻みに力をかけたところ測定前後の距離の差分と負荷には相関関係があることが明らかになった。

謝辞 本装置の機械加工部分で多大な支援をいただいた慶應義塾大学マニュファクチュアリングセンター近藤善幸氏に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Bohannon Richard W. 2008. Hand-Grip Dynamometry Predicts Future Outcomes in Aging Adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 31,1(2008), 3-10.
- [2] Helen C Roberts, Hayley J Denison, Helen J Martin, Harnish P Patel, Holly Syddall, Cyrus Cooper, and Avani Aihie Sayer. 2011. A Review of the Measurement of Grip Strength in Clinical and Epidemiological Studies: Towards a Standardised Approach. *Age and Ageing*. 40, 4(2011), 423-429.
- [3] oriori ball. <https://store.foxinc.jp/products/oriori-oriori-ball>(参照 2022/12/21)
- [4] 山本さりい, 池松香, 杉浦裕太. 2022. スマートフォンの磁気センサとアタッチメントによるピンチ力推定手法の提案. *ヒューマンインタフェースシンポジウム*. (2022),

- 431-435.
- [5] Nagisa Matsumoto, Koji Fujita, and Yuta Sugiura. 2019. Estimation of Grip Strength using Monocular Camera for Home-based Hand Rehabilitation. *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*. (2021), 1-11.
- [6] Nobuhiro Funato, and Kentaro Takemura. Grip Force Estimation by Emitting Vibration. *Adjunct Publication of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. (2017), 141-142.
- [7] Neng-Hao Yu, Sung-Sheng Tsai, I-Chun Hsiao, Dian-Je Tsai, Meng-Han Lee, Mike Y. Chen, and Yi-Ping Hung. Clip-on gadgets: expanding Multi-touch Interaction Area with Unpowered Tactile Controls. *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. (2011), 367-372.