

家庭用の筋力測定器「筋力余裕度計」について

筋力は加齢とともに低下しますが、その低下は移動能力の低下を引き起こし、最終的に生活の質の低下を招きます。また、筋力低下が著しい場合は要介護状態を招くことさえあります。超高齢化社会に入った今日、このような問題は各家庭において身近なものとなっており、行政や介護施設だけでなく高齢者が暮らす家庭においても問題解決に向けた取り組みが求められています。そのような状況の中、家庭で実践できる筋力トレーニング法が数多く開発されてきました。一方、各種のトレーニングを成功に導く上で、現状の筋力水準の把握や定期的なトレーニング効果の確認は欠かせませんが、それらを家庭で簡単に行える手順な筋力測定法がありませんでした。そこで立命館大学では、これまでの研究知見（*1）を応用し、家庭で簡便かつ高精度に筋力測定できる機器（試作機）を開発し、特許出願致しましたのでご報告申し上げます。なお、本研究知見は学術誌『Journal of Robotics and Mechatronics』への掲載が決定致しております（*2）。

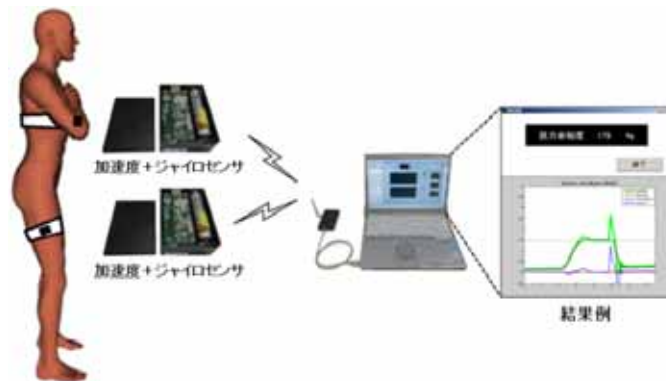


図1 筋力余裕度計（試作機）の概略図

1. 機器の概略

この測定器では、可能な限りしゃがみ込んだ姿勢から全速力で立ち上がった際に膝と股関節で生み出されるトルク（関節を曲げ伸ばしするための力）を測定します。測定後、その値を日常生活に必要とされる最小筋力値（*3）との比率（筋力余裕度）に変換して出力します。測定には、上半身と大腿部に取り付けた加速度センサとジャイロセンサ（物体の回転速度を計測するためのセンサ）を用います。しゃがみ込める度合いは各個人によって異なりますが、その人にとって最大であれば、浅くても筋力測定に問題はありません。体力が大きく低下した高齢者の場合、あまりしゃがみ込めない場合もありますが、そのような場合であっても筋力は測定できます。

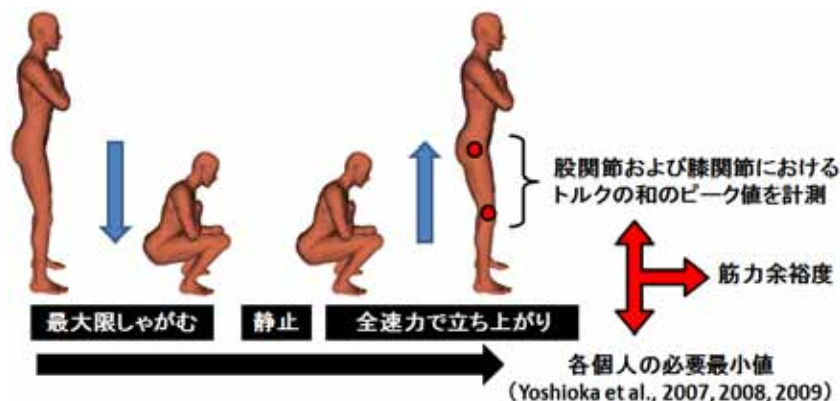


図2 測定の概略

2. 従来技術との差異

家庭で実施できる筋力測定法の代表的なものとして、椅子を用いた座り立ちテストがあります。椅子と時計があればどこでも筋力を測定できることが特長ですが、以下のような問題点があり普及するには至っていないのが現状です。

手を使わずに椅子から立ち上がれない人は測定できない

測定に体力が必要（20～30秒間、全速力で座り立ち動作を繰り返す必要がある）

測定結果の精度が粗い（分解能が低い）

本手法では、椅子からの立ち上がり動作に関わる力学的な理論にもとづく研究知見（*1）および近年発展めざましいMEMSセンサ（*4）を利用することにより、一度立ち上がるだけで筋力を測定できるようになりました。また、椅子座り立ちテストのようなある一定の高さからの立ち上がりではなく、各個人ができる範囲の中で最もしゃがみ込んだ姿勢からの立ち上がり動作で測定ができるようになっております。そのため、手を使わないと椅子から立ち上がれないような体力低下の著しい高齢者から、よく鍛えられたアスリートまで幅広く測定できるようになりました。また、性能の点でも5～10倍程度分解能を向上させることができ、利便性および性能の両面で既存の手法を超えたものとなっております。さらに、従来示すことが困難であった、『各個人の筋力が日常生活に最低限必要な筋力に対してどの程度余裕があるのか？』（筋力余裕度）という指標についても世界で初めて示すことができるようになりました。

3. 新技術の特長

本技術の特長をまとめますと、次の6点が挙げられます。

1) 筋力余裕度を測定可能

測定値を一般の方々にも簡単にご理解頂けるよう、日常生活に必要なとされる最小筋力値(100%)との比率（筋力余裕度）に変換して出力します。これは、従来の筋力測定手法にはない世界初の機能です。例えば、結果が“200%”と得られた場合、その人の筋力は日常生活に必要な筋力の2倍であり、十分に余裕があることを意味します。

2) 結果の信頼性

本測定器による測定結果と、研究でトルク計測に用いられる高精度な測定器を用いた場合における測定結果の間の相関係数は0.99でした。つまり、本機器は研究で用いられる機器と、事実上同じ結果が得られることを意味しており、結果の信頼性は高いものとなっております。

3) 測定が簡単

一度立ち上がるだけで筋力を測定できます。

4) 様々な体力の方を測定可能

体力低下の著しい高齢者から、よく鍛えられたアスリートまで幅広く測定できます。

5) コスト

測定に用いるセンサは身の回りの電子機器にも使用される汎用品のため低コストです。（1万円を切る価格での市販化を予定）

6) サイズ

測定器全体として手のひらにのるほどの大きさであり、設置の場所をとりません。

4. 実際の測定結果例

下のグラフは、筋力余裕度計で測定した方の年齢と筋力の関係を記したものです。60歳頃から急激に筋力が低下し始め、80歳代で日常生活に必要とされる最小筋力値の水準まで筋力が低下することが示されております。言い換えると、生活の質の低下や寝たきりの予防などには60歳以降における筋力の管理が重要となることが分かります。また、80歳以降では同年代の平均であっても筋力に余裕がなく、周りの同世代の人々と同じという状態で決して満足してはいけないことが分かります。本機器は分解能が高いため、筋力の低下をいち早く察知でき、さらにトレーニングの効果もしっかりと把握できますので、筋力低下の対策に適した機器と言えます。

理論と実際の測定による検証では、測定した筋力余裕度が130%を切ると、走ることや屈伸運動が苦しくなります。また、100%を切ると、トイレへ行ったり、階段を上ったりといった自宅内での移動も辛くなります。一方、230%を超える値は、アスリート（一流のスポーツ選手）などが当てはまります。

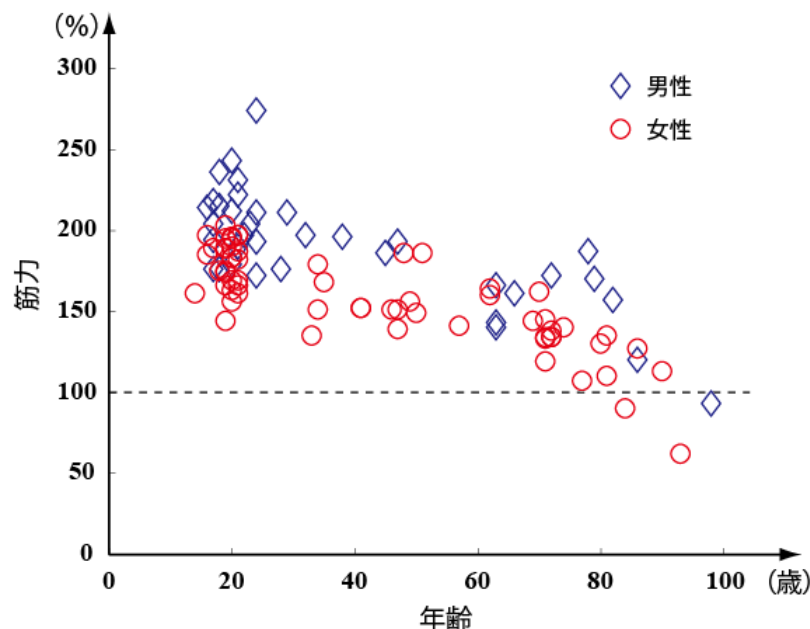


図3 年齢と筋力の関係

5. 筋力トレーニングの実践例

筋力低下の予防には、筋力トレーニングだけでも、筋力測定だけでも不十分です。トレーニング効果が確認できない場合はトレーニング内容を修正する必要があります。そのため、筋力測定によりその効果を確認しながら推し進めることが大切です。家庭で実践できる筋力トレーニングにつきましては、公益財団法人 健康・体力づくり事業財団のホームページ (<http://www.health-net.or.jp/>) にて分かりやすく紹介されております。本機器を併用して、効果的なトレーニングを実践して頂きたいと思っております。トレーニングの具体例を挙げますと、100%未満の方につきましては、貯金運動プロジェクトの座位プログラムや筋力トレーニング（初級編）をお勧めします。100～130%の方々につきましては貯金運動プロジェクトの立位プログラムや筋力トレーニング（中級編）をお勧めします。また、特別に時間を設けてトレーニングするだけでなく、日常生活の中で階段を積極的に利用するようなことを加えることで、効果をより上げることが可能となります。

【用語説明&補足説明】

- * 1) 下記 3 編の論文を通して、椅子立ち上がり動作に必要な最小筋力値および動作の力学メカニズムを明らかにしました。

Yoshioka et al., "Computation of the kinematics and the minimum peak joint moments of sit-to-stand movements.", Biomedical Engineering Online, Vol.6-26, pp. 1-14, 2007.

内容：椅子立ち上がり動作に必要な最小下肢関節モーメントを明らかにした研究

吉岡, "コンピュータシミュレーションを用いたヒト下肢伸展動作のバイオメカニクス研究", 博士論文(第2章), 東京大学, 2008.

内容：椅子立ち上がり動作の力学メカニズムを明らかにした研究

Yoshioka et al., "Biomechanical analysis of the relation between movement time and joint moment development during a sit-to-stand task.", Biomedical Engineering Online, Vol.8-27, pp. 1-9, 2009.

内容：椅子立ち上がり動作の動作速度と力学負荷の関係を明らかにした研究

- * 2) 論文題目：New method of evaluating muscular strength of lower limb using MEMS acceleration and gyro sensors.

著者：Yoshioka S, Nagano A, Hay DC, Tabata I, Isaka T, Iemitsu M, Fukashiro S

内容：「筋力余裕度計」の原理や実際の使用結果について学術的な観点から考察した論文
(掲載予定：2013年)

- * 3) 椅子立ち上がり動作は日常生活動作の中で最もきつい動作と言われております。そのことから、椅子立ち上がり動作に必要な最小筋力値を日常生活に必要な最小筋力値とみなし、筋力余裕度を計算しております。

- * 4) MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) 技術を利用したセンサのこと。

微小な電気素子および機械素子が同一の基板上で構成されているため、サイズが非常に小さいことが特長です。利用用途の拡大(携帯電話やゲーム機のコントローラなど)に伴う低価格化も進んでおりコストパフォーマンスが高いことも特長です。

以上