



## Press RELEASE ご取材案内

配布先：文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会  
報道各社：科学部・社会部 ご担当者各位

2022年10月28日

早稲田大学  
筑波大学

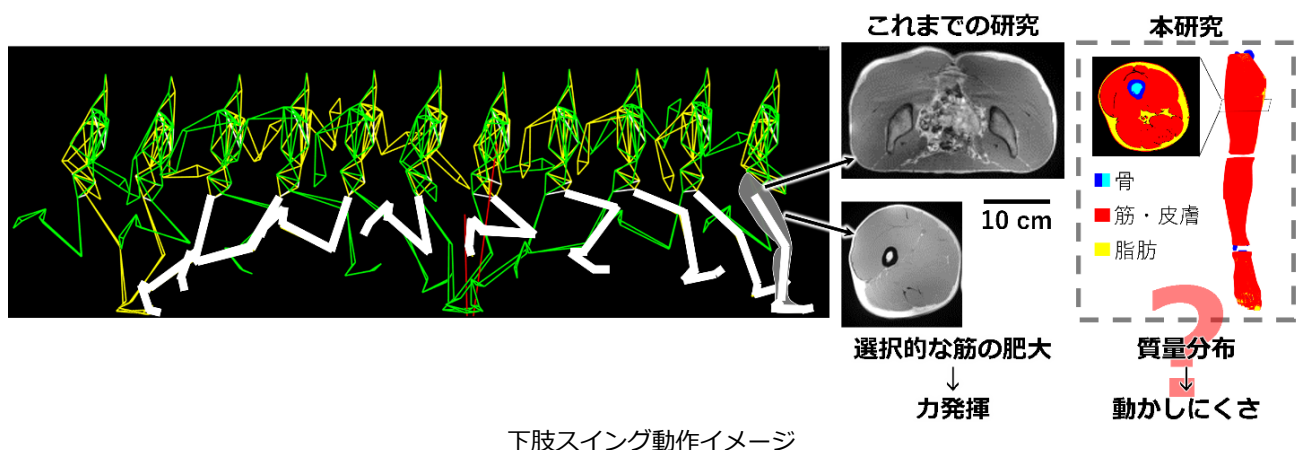
## 鍛えられたスプリンターの下肢は、本当に動かしにくいのか？

### 身体組成や形状を従来の5倍の分解能で分析できる画像解析手法を開発

#### 発表のポイント

- 鍛えられて筋が肥大すると、一般的には「重く動かしにくくなる」と認識されているが、これを詳細に調べた研究はなく、力学的な動かしにくさに関するアスリートの特性は不明だった
- MRI画像を用いた独自の解析プロセスを開発し、男性スプリンターと一般成人男性の下肢を分析した結果、身体質量に対する下肢の質量比は、スプリンターで一般成人に比べて有意に大きいにも関わらず、下肢の回転のしにくさ=動かしにくさに有意差がないことが明らかになった
- 本研究で開発した解析プロセスを用いることで、アスリート以外でも「太る/痩せる」「加齢」といった要因により、どのように身体の組成や部分的な形状が変化するかを知見が得られ、理想的な「からだつき」に関する理解が深まることが期待される

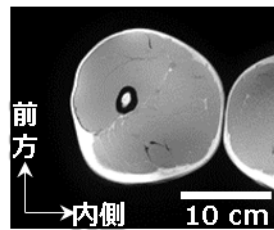
筑波大学体育系の佐渡 夏紀（さど なつき）助教と日本大学医学部の一瀬 星空（いちのせ ほしぞら）助手および早稲田大学スポーツ科学学術院の川上 泰雄（かわかみ やすお）教授の研究グループは、鍛えられた男性スプリンターの下肢は、一般成人男性と比べて大きく発達しているにも関わらず、両者における股関節まわりの「回転の動かしにくさ」に有意差はなく、そのため筋量の分だけ男性スプリンターは素早い動きが可能となることを明らかにしました。本研究結果は、『Medicine & Science in Sports & Exercise』（論文名：The lower limbs of sprinters have larger relative mass but not larger normalised moment of inertia than controls）にて、2022年10月27日（木）にpublish ahead of printがオンラインで掲載されました。その後、2023年3月に雑誌に掲載される予定です。



### (1) これまでの研究で分かっていたこと (科学的・歴史的な背景など)

身体能力のポテンシャルを知るために、アスリートの筋の大きさが調べられています (図 1)。スプリンターの特徴として「股関節屈曲・伸展の筋群の特異的な発達」が認められ、これは、走速度増大に求められる力学的な要請を反映しています。ところで、物体の運動は回転と並進の力とそれぞれの方向への動かしにくさ (慣性) で決まり、基本的に関節の回転を通じて行

A. スプリンター



B. 一般成人

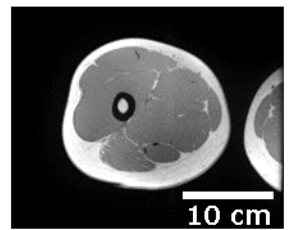


図 1 スプリンターと一般成人の大腿のMRI画像。

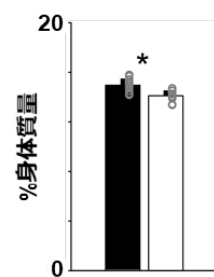
われる身体運動では、特に回転の動かしにくさが運動のできればえに大きく影響します。全力疾走への力学的要請に合致したスプリンターの特異的な筋形態は要求される「力」への適応というプラスの側面ですが、鍛えられて筋が肥大すると重くなり、これは「動かしにくさ」を増やしてしまうマイナスの側面です。両者のバランスを詳細に調べた研究はなく、アスリートの身体形状のバランスについては不明でした。

### (2) 今回の研究で新たに実現しようとしたこと、明らかになったこと

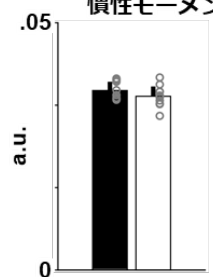
回転の動かしにくさは「質量」×「回転軸-物体間の距離の2乗」であること、スプリンターの筋発達が部位によって異なることから、本研究チームは「鍛えられたスプリンターの下肢は必ずしも動かしにくくない」と仮説を立てました。全力疾走では特に「下肢のスイング」に関わる力学的要請が大きいことから、股関節まわりの下肢の回転のしにくさ (身長と身体質量で正規化された股関節まわりの下肢の慣性モーメント) を主要評価項目として男子スプリンターと一般成人の下肢を比較しました。

その結果、身体質量に対する下肢の質量比は、スプリンターで一般成人に比べて有意に大きいにも関わらず ( $18.7 \pm 0.7\%$  vs.  $17.6 \pm 0.6\%$ )、下肢の回転のしにくさに有意差はありませんでした ( $0.044 \pm 0.002$  vs.  $0.042 \pm 0.002$  [a.u.]) (図 2)。これは、股関節に近い大腿だけで質量比に群間差があり、股関節から遠い下腿と足に有意差がない (図 3A) ことが要因でした。動かしやすい (慣性が小さい) 下肢は、同じ力発揮によってより大きく加速することを意味します。つまり、回転のしにくさを増やさない「先細り」なスプリンターの下肢の特徴は、素早い下肢のスイングが求められる全力疾走に対する最適解であるといえます。

A. 下肢の質量比



B. 下肢の正規化慣性モーメント



■スプリンター □一般成人

図 2 スプリンターと一般成人の下肢の身体質量に対する質量比 (A) と股関節まわりの回転のしにくさ (B) . \*: 有意差あり

下肢の組成を詳細に解析すると、スプリンターと一般成人の質量比の差は密度より体積に依存すること、大腿・下腿・足の全てで筋の適応は起きるが、(骨や脂肪組織を含めて) 質量比として表出するのが大腿だけであることがわかりました (図 3)。スプリンターの先細りの下肢は、「大腿は大きくなりやすく下腿はなりにくい」という形状変化の身体部分間の差を反映していることが示唆されました。

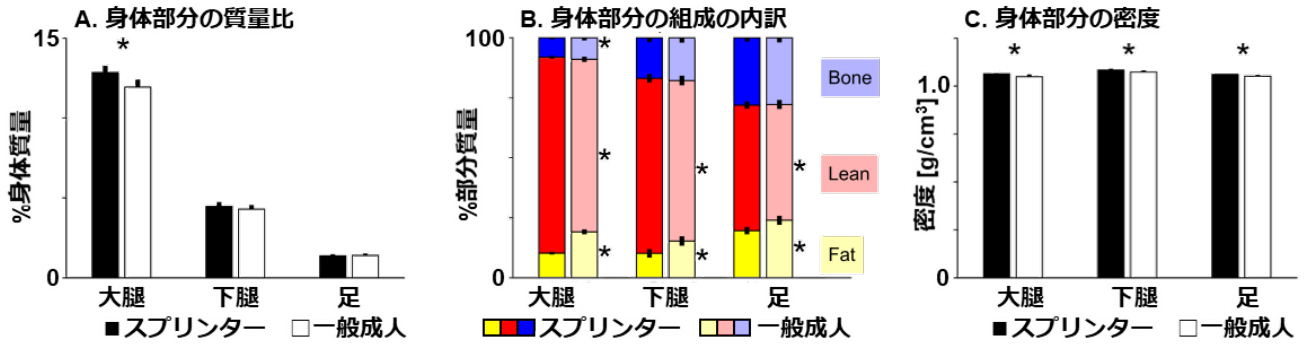


図3 スプリンターと一般成人の身体部分（大腿・下腿・足部）の質量比（A）、組成の内訳（B）、密度（C）。\*：有意差あり。質量比に有意差があるのは大腿だけだが（A）、組成はスプリンターの方が大腿・下腿・足部全てで脂肪組織が少なく、非脂肪組織（皮膚や筋）が多く（B）、密度が大きい（C）。つまり、質量の差は密度より体積に依存している。また、骨組織の割合は大腿でのみスプリンターの方が少ない（B）ことから大腿のみ体積が大きいことが示唆される。

### （3）そのために新しく開発した手法

筋・脂肪・海面骨・皮質骨といった組織はそれぞれ密度が異なります。本研究では質量分布を詳細に検証するために、MRI画像を用いた解析を行いました。図4に示す解析プロセスは本研究グループ独自の手法です。

水分と脂肪だけを明るく写す画像を得る方法（Dixon法）でMRI画像を取得し、画像の不均一補正と輝度の解析によって脂肪組織と非脂肪組織に分類します。骨の分類において、皮質骨はMRIで写すことができず、内部の海綿骨は黄色骨髄の影響でMRIでは脂肪のような写り方をします。そこで、MRI画像内で対象者の身体が写っている領域（図4の「確定マスク」）を定義し、骨をその領域内から探索するプログラムを新たに作成することでこの点を解決しました。

以上の手順を踏むことで、2 mmごとに取得される下肢500枚以上の画像全てで、ピクセル毎に組織を判別することが可能となりました。筋体積などを調べた従来の3次元形態解析（例：10 mmごと：Miller et al. *Med Sci Sports Exerc* 2021）と比べて飛躍的に高い空間分解能を実現しました。

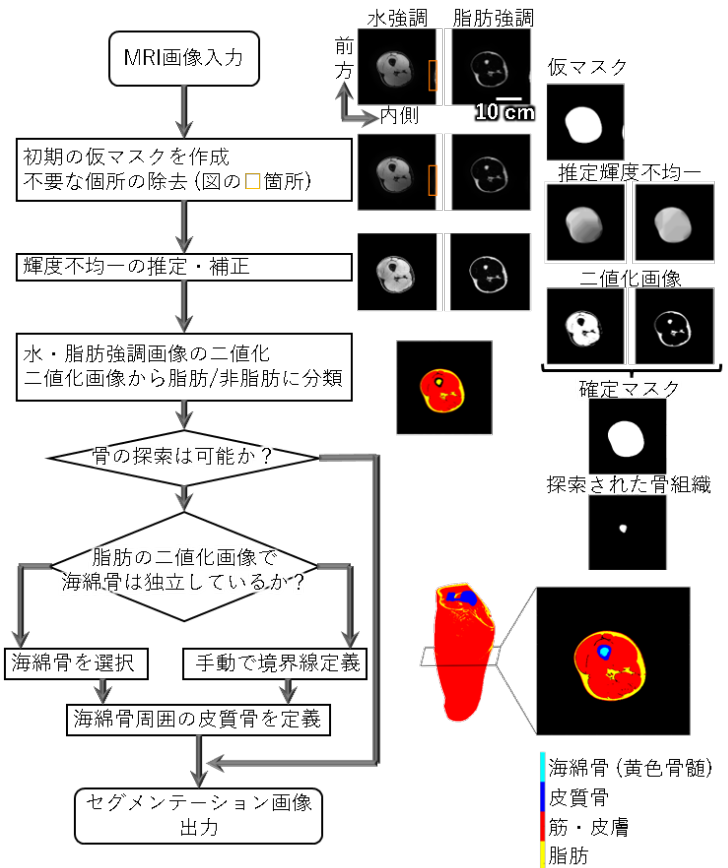


図4 MRI画像解析のフローチャート。



#### (4) 研究の波及効果や社会的影響

本研究の成果は、スプリンターが行っているトレーニングにおいて「下肢が大きくなりすぎて動かしくくなる」ということに特段の注意を払う必要がないことを示唆しています。従来、「身体を鍛えすぎると重く動かしくくなる」という認識がアスリートの間がありました。しかし本研究の結果は、スプリンターの場合はそうしたデメリットがそれほど大きくないことを定量的に示し、トレーニングの積極的な実施を後押しするひとつのエビデンスとなりました。

さらに、本研究で用いた手法は広い応用可能性があり、力学的な動かしくさを調べるのはもちろんのこと、各種組織の分布を高い空間分解能で調べることが可能です。詳細な組成解析が進んでいくことで、例えば「トレーニング介入前後」「太る／痩せる」「加齢」等の要因によって、どのように身体組成・形状が変化していくかといった基礎的な知見が積み重ねられていき、身体能力の発揮において望ましい「からだつき」の在り方への理解が深まっていくことが期待されます。

#### (5) 今後の課題

本研究では男性を対象としましたが、身体組成には性差があり、トレーニング適応による慣性の側面にも性差があると考えられます。また、今回は下肢を扱いましたが、日常的に身体を支える下肢に対して、身体支持の負荷から解放されている上肢についてはトレーニング適応をより明確に反映することが予想されます。本研究で発見した「スプリンターと一般成人の間で質量と回転のしにくさの差が対応しない」という知見は、身体の形態的適応に関する今後の研究における「動かしくさ（慣性）」という視点の重要性を示唆しています。

#### (6) 研究者のコメント

佐渡：我々の身体は運動を惹起する主体であると同時に動かされる客体でもあります。動かしくさという客体としての特性を調べてなお有利に形作られている身体に、神秘性と面白さを感じます。

川上：人間の身体形状の個人差は身体中心で顕著であることがわかっています。体幹や大腿、上腕などはトレーニングを積んでいる人ほど発達し、性差も認められやすいところです。一方、身体末端部については個人差や性差は少なめです。今回の研究は、こうした人間の生物学的な特徴が、運動パフォーマンス発揮と関係していることを示唆する、興味深い知見であると考えています。

#### (7) 論文情報

雑誌名：Medicine & Science in Sports & Exercise

論文名：The lower limbs of sprinters have larger relative mass but not larger normalised moment of inertia than controls

執筆者名（所属機関名）：佐渡 夏紀（筑波大学）、一瀬 星空（日本大学）、川上 泰雄（早稲田大学）

掲載日時（日本時間）：2022年10月27日（木）

掲載 URL：<https://journals.lww.com/acsm->



**(8) 研究助成 (外部資金による助成を受けた研究実施の場合)**

研究費名 : 公益財団法人 2020 年度ヤマハ発動機スポーツ振興財団/スポーツチャレンジ助成事業

研究課題名 : 慣性特性からみたスプリンターの身体的特徴の解明 : 身体の動かしやすさに対する人間の  
適応可能性に迫る

研究代表者名 (所属機関名) : 佐渡 夏紀 (当時: 早稲田大学)

研究費名 : 日本学術振興会/科学研究費助成事業 若手研究

研究課題名 : 力学的な動かしやすさに対する人間の適応をアスリートの身体から探る

研究代表者名 (所属機関名) : 佐渡 夏紀 (筑波大学)

**【研究内容に関するお問い合わせ先】**

筑波大学体育系 佐渡 夏紀

早稲田大学スポーツ科学学術院 生体ダイナミクス研究室 川上 泰雄

Web サイト <https://sites.google.com/view/waseda-biodynamics-lab/>

**【本報道に関するお問い合わせ先】**

早稲田大学広報室広報課 (担当 : 志熊・猪俣)

Tel : 03-3202-5454 E-mail : koho@list.waseda.jp

筑波大学広報局

Tel : 029-853-2040

E-mail : kohositu@un.tsukuba.ac.jp