

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：32607

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17799

研究課題名（和文）ボールリリースの繊細なタイミング制御とその乱れに關与する手指筋群の活動動態

研究課題名（英文）Hand muscles activity affecting disturbances in timing control of ball release

研究代表者

永見 智行（Nagami, Tomoyuki）

北里大学・一般教育部・准教授

研究者番号：10634371

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：投げ動作を伴うスポーツ種目では、目標とはかけ離れた方向へ投球してしまう、投球イップスと呼ばれる運動障害が存在する。本研究ではその改善法を検討すべく、「ボールリリースの繊細なタイミング制御とその乱れに關与する手指筋群の筋活動動態を明らかにすること」を目的として研究を行った。その結果、リリースに向けてボールを加速させる軌道が大きくばらつく者、軌道そのものはおおむね一定だがリリースのタイミングがばらついてしまう者など、投球動作に個人差があった他、大きく的を外した投球で拇指筋群に特異的な筋活動の現れる被験者もあり、それぞれの投球イップスの原因動作、原因筋を見極められる可能性が高まった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた成果は、投球イップスを訴える選手の筋活動の乱れを特定することにつながるだけでなく、正確なボールコントロール技術の獲得に向けたトレーニング法策定、経頭蓋直流電気・磁気刺激療法を含めた投球イップスの改善法策定など、競技パフォーマンスの向上に繋がる重要な知見を得られるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The "throwing yips," the inability to throw a baseball pitch accurately, is well known. In this project, we conducted to clarify the delicate timing control of ball release and the muscle activity dynamics of the hand muscle group involved in the disorder. As a result, there were individual differences in pitching motion by yips players, such as those whose ball trajectory for release varied greatly, and those whose trajectory itself was almost constant but the timing of release varied. The possibility of identifying the causative action and the causative muscle of the yips has increased.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：投球 イップス 手指 筋活動 野球 局所性ジストニア

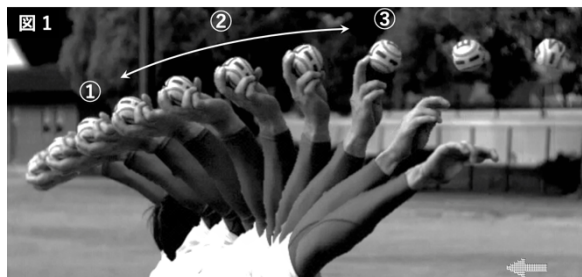
1. 研究開始当初の背景

投てき物や打具を適切な力加減で操作しようとする競技種目にはイップス (Yips) と呼ばれる運動障害が存在する。これは「無意識的な筋活動の乱れ」(オックスフォードスポーツ医科学辞典, 2006) によって、今までできていた比較的簡単なプレーができなくなる症状を呈するものとされる。ボール投げ動作におけるイップス (以下, 投球イップス) は、目標とはかけ離れた方向へ投球してしまうもので、動作に習熟したはずのプロ選手でも発症し、完治できずに競技生活を断念する例も度々報道される。心理的不安が関与するとされることが多いが、緊張条件下でなくとも発症する上 (河野, 2015), どのような「筋活動の乱れ」が起こっているかは本人にも分からない。

イップスとよく似た、手にした用具を操作する際に特異的な不随意運動を呈する局所性ジストニア (書痙, 音楽家のジストニアなど) では、手指を司る筋の共収縮や過活動, 活動不全が筋電図検査によって示され, その動態によって症状が分類されている (目崎, 2013)。また当該筋群に関与する運動野や感覚野への経頭蓋直流電気・磁気刺激治療の効果が多く報告されるようになった (Furuya et al., 2014, Marceglia et al., 2017 など)。これが投球イップスにも有効かもしれないが, それにはまず, どのように「筋活動が乱れている」のか, つまり共収縮や過活動, 活動不全がどの筋にいつ起こっているかを明らかにしなければならない。

そもそも, 目標に向けて正確にボールを投じるためには, ボールを放す (リリース) タイミングの極めて繊細な制御が求められる。申請者の研究では, 140km/h の速球をストライクゾーンへ投じるために許されるリリースタイミングのズレは平均 1.8 ミリ秒と非常に短かった。Hore et al. (2011) は, ボールから示指, 中指へリリース直前に加わる力 (back force) を投手があらかじめ予測して, これに対応した適切な力加減でボールを把持することで, 自然と手指からボールが離れている可能性を示唆している。しかしこの「適切な力加減」を実現する手指の筋活動動態までは明らかでない。

前述の研究で用いた高速度カメラによる投手側方からの映像を確認すると (図 3), およそ 15 ミリ秒の間に, ボールは弧を描くように進みつつ①母指から離れ始め, ②示指, 中指の指腹を転がり, ③示指, 中指の先端から離れる, ように見て取れる。これを元に考えれば, 母指, 示指, 中指で把持する力が強すぎると, ボールに働く向心力が強まって①のタイミングは遅れ, より下向きの投球となるだろう。また②において, 示指, 中指各関節が屈曲位を保っている限り, 指先がフックの役割を果たして大きな向心力を作用させることになるだろう。つまり, 上記①のタイミングや②の時間的長さは手指筋群の筋活動に依存すると考えた。そこで本研究課題では以下の 2 点の「問い」を掲げた。



1. 手指を司る筋のどのような活動がボールリリースのタイミング制御に寄与しているのか。
2. 投球イップスを発症し, 一度は習得したボールリリースのタイミング制御が乱れた際, どのような筋活動の乱れが生じているのか。

2. 研究の目的

本研究の目的は「ボールリリースの繊細なタイミング制御とその乱れに関与する手指筋群の筋活動動態を明らかにすること」とした。その結果からは, 正確なボールコントロール技術の獲得に向けたトレーニング法策定, 経頭蓋直流電気・磁気刺激療法を含めた投球イップスの改善法策定など, 競技パフォーマンスの向上に繋がる重要な知見が得られるものと考えた。

3. 研究の方法

実験対象者は投球イップスを訴える者 9 名を含むアマチュア野球選手 12 名 (23±6 歳, 174±3cm, 76±9kg, 競技歴 16±7 年) とした。対象者には 6m 離れて立位の構える捕手役のグラブを目掛け, コントロールよく 20 球を投球させた。この際, 動作中一連の手指の筋活動は, ナノシート電極に接続した無線筋電計 (2000Hz) で計測する。この電極は, 研究協力者である東京工業大学・藤枝俊宣講師らの開発したもの (Fujie T, Polym J, 48:773-780, 2016) で, 一般的に用いられる厚みのある表面電極に比べ極めて薄く, 手掌部や手背部に貼付しても, ボール把持を妨げないものである。対象筋は短母指外転筋, 第一背側骨間筋, 橈側手根屈筋, 尺側手根伸筋とし, 最大随意収縮時 (MVC) の RMS 値を 100% として標準化し, 図 1-①以前の %RMS 値, 図 1-②区間での積分値などを筋活動動態を表す因子とした。

リリース前後の手部及び母指, 示指, 中指の動作, ボールの動きは同期した 4 台の高速度ビデオカメラ (960 コマ/秒) で撮影し, 三次元 DLT 法を用いて各関節角度, 空間における手部の向き, ボール投射角度を算出し, ボールリリース動作開始時点 (図 1-①) ボールリリース完了

時点（図 1-③）などを特定する．またボールの到達位置は別の高速度カメラ（240 コマ/秒）によって撮影し，二次元 DLT 法によって算出する．

統計分析は，個々のボールコントロールのばらつきを捕球位置座標 20 試技分の 95%等確率楕円面積で評価した上で，その大きさとリリース前後のボール軌道，リリース位置のばらつきとの関係を検討した．また正規化時間における%MVC 平均振幅及び 95%信頼区間を算出活動ピークの平均振幅・平均時刻および各 SD と等確率楕円面積との相関分析を行った．また極端にコントロールの乱れた投球（イップス様投球）での筋活動及び各関節の動作について，個々に検討した．

4. 研究成果

対象者の投じたボールの捕球位置例を図 2 に示した．捕球位置を囲う 95%等確率楕円の面積は，イップス有訴者で $0.48 \pm 0.29\text{m}^2$ ，それ以外の者で $0.22 \pm 0.04\text{m}^2$ であった．ただし，イップス有訴者であってもそうでない者と同様のばらつきに収まった対象者，すなわちイップス様の症状の現れなかった対象者も存在し，症状の出現が捕手までの距離などの諸条件によって変化することが示唆された．また図中 Sub. B のように概ねまとまった位置に投げられた一方で，数球のみ大きく逸らしてしまう者や，Sub. F のように 20 球中 1 球のみ投球動作中にボールを落としてしまう者など，その症状の出現は必ずしも定常的でないことが分かった．

図 3 にはリリース前後のボールの移動軌跡と完全に指からボールが離れた位置（以下，リリース位置）を示した．イップスを訴える Sub. A は，リリース位置へ向かう軌道そのものが大きくばらつき，またリリース位置も前後，左右へばらついている．一方，同じくイップスを訴える Sub. B は，リリースへ向かう軌道のばらつきこそ Sub. A と比べて小さいものの，そのリリース位置は前後，上下に多少ばらつき，その程度はイップスでない Sub. L よりも大きい．このことから，同じイップスを訴える野球選手でも，①上肢を含めた多関節動作が乱れた者（Sub. A），②概ね同じような多関節動作を行えるものの，リリースのタイミング調節が乱れた者がいることが分かった．

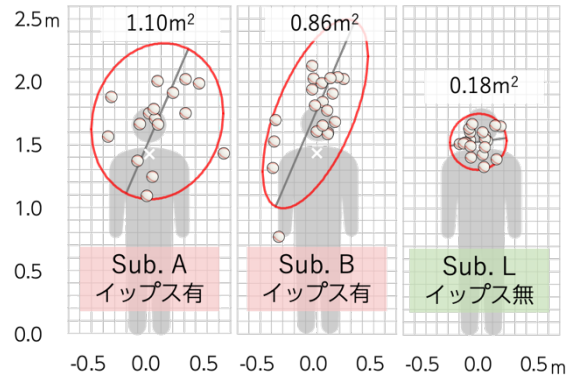


図 2 捕球位置とそれを囲う等確率楕円

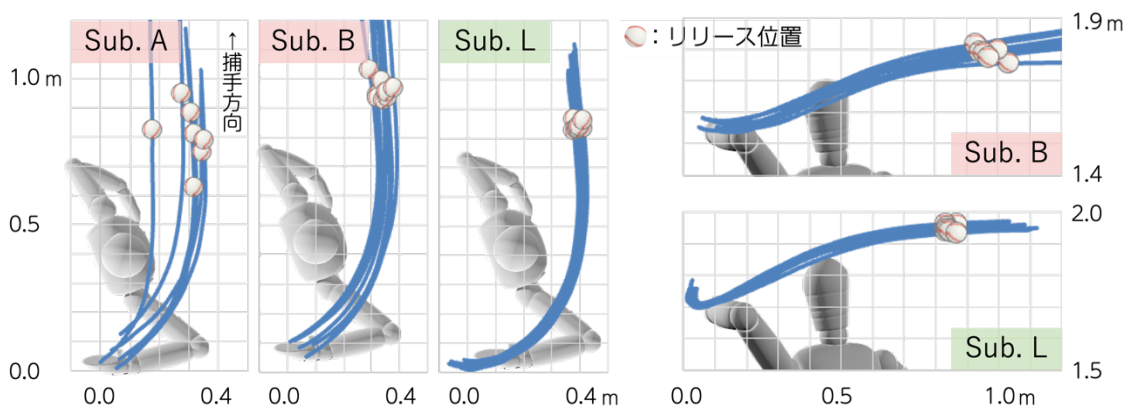


図 3 リリース前後のボールの移動軌跡とリリース位置（左：上空から，右：側方から）

手指，前腕部の 4 筋の活動について代表例を図 4 に示した．いずれの筋についても，活動ピーク時の平均振幅・平均時刻，その標準偏差の全てで，等確率楕円面積との相関関係は認められなかった．このことは，前腕～手部 4 筋の活動のばらつきからは，コントロールのばらつきの個人差を判別できない可能性を示唆するものと言えた．一方，Sub. C の極端に下方へ投じてしまった投球では，リリース直前の橈側手根伸筋に，Sub. F の動作中の落球ではその直前に短母指外転筋に，それぞれ過度な筋活動が現れた（図 5）．このことは，イップス様投球時にはそれぞれ特徴的な筋活動の生じている可能性があり，どの筋に，どのタイミングでこれが生じているかを見極めることが適切な対処に繋がるものと考えられた．今後，個々の投球イップスでの原因動作，原因筋の特定が行えれば，それぞれにあった対処法の策定に寄与できるものと考えられる．

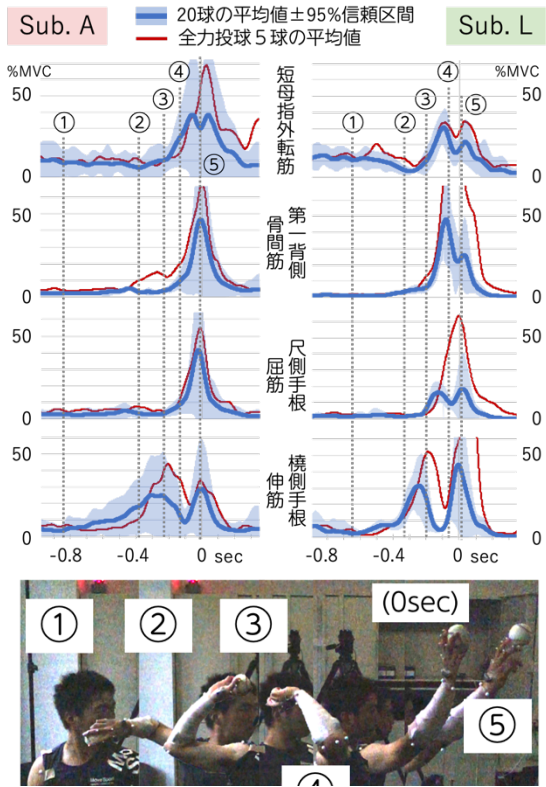


図4 リリース前後の4筋の筋活動（上）
 と区間分け（下写真）

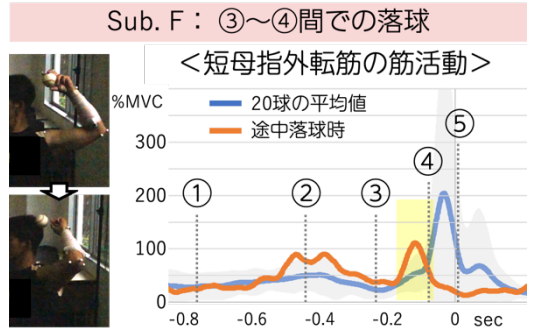
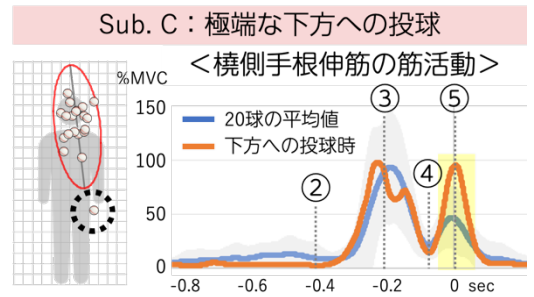


図5 イップス様投球時の筋活動の2例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 永見 智行 | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 三次元計測に基づくスポーツ研究・応用事例：野球の場合 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 計測と制御 | 6. 最初と最後の頁 733～738 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11499/sicejl.59.733 | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|--------------------|
| 1. 著者名 Yamagishi Kento, Nakanishi Takenori, Mihara Sho, Azuma Masaru, Takeoka Shinji, Kanosue Kazuyuki, Nagami Tomoyuki, Fujie Toshinori | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Elastic kirigami patch for electromyographic analysis of the palm muscle during baseball pitching | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 NPG Asia Materials | 6. 最初と最後の頁 1-13 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41427-019-0183-1 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 永見智行, 村上智優, 前田直輝, 山岸健人, 三原将, 中西孟徳, 木内裕基, 藤枝俊宣, 武岡真司, 彼末一之. |
| 2. 発表標題 投球イップス選手に特有なボールリリース動作と筋活動 |
| 3. 学会等名 第27回日本バイオメカニクス学会大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 永見智行, 村上智優, 前田直輝, 山岸健人, 三原将, 中西孟徳, 木内裕基, 藤枝俊宣, 武岡真司, 彼末一之. |
| 2. 発表標題 投球イップス選手に特有なボールリリース動作と筋活動（日本バイオメカニクス学会大会と同内容による再発表） |
| 3. 学会等名 日本野球科学研究会第8回大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 稲田洲, 藤田創, 堀井辰衛, 永見智行, 藤枝俊宣. |
| 2. 発表標題 導電性流体とエラストマーチューブからなるひずみゲージの開発と手指の動作解析への応用 |
| 3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 永見智行, 金沢慧, 光川真壽 |
| 2. 発表標題 ボールトラッキングデータ計測は投球練習をどう変えるか |
| 3. 学会等名 日本野球科学研究会第7回大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 MIHARA, Sho; YAMAGISHI, Kento; NAKANISHI, Takenori; AZUMA, Masaru; TAKEOKA, Shinji; KANOSUE, Kazuyuki; NAGAMI, Tomoyuki; FUJIE, Toshinori |
| 2. 発表標題 Kirigami-inspired patch device for electromyographic analysis of the palm muscle during baseball pitching |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 永見智行 |
| 2. 発表標題 スポーツ動作の繊細な制御と発揮パフォーマンスを測る |
| 3. 学会等名 有機エレクトロニクス材料研究会第233回研究会(招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 永見智行, 古屋良祐, 土橋恵秀, 小宮山悟, 矢内利政, 彼末一之. |
| 2. 発表標題 標的のサイズが投手のボールコントロールに与える影響 |
| 3. 学会等名 日本野球科学研究会第9回大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--------------------------------|----------------------------------|----|
| 研究協力者 | 藤枝 俊宣 (Fujie Toshinori) | 東京工業大学・生命理工学院・准教授 (12608) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| | |
|---------|---------|
| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|