

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26750301

研究課題名(和文) 競泳の指導・競技現場利用を目的とした経時的な重心速度変化における基盤研究

研究課題名(英文) The research about intracyclic velocity variation in a stroke cycle during swimming to use the coaching and training

研究代表者

松田 有司 (Matsuda, Yuji)

独立行政法人日本スポーツ振興センター国立スポーツ科学センター・スポーツ科学部・契約研究員

研究者番号：50636371

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、得られた成果は以下のとおりである。1)エリート平泳ぎ選手において、男子選手はグライド期において速度低下を小さくすること、女子選手はキックによる獲得速度を大きくすることが、競技力向上に関連している。2)女子選手においてキック動作で大きな泳速度を獲得した選手は、キック動作初期において、外側に足を動かしており、一方獲得速度が小さい選手は、足を後方に動かしていた。3)クロール泳の重心速度は、両方の大転子点を腕速度で補正することで、精度よく推定できる。

研究成果の概要(英文)：Center of mass (CoM) velocity in swimming direction is not stable, but fluctuates. First, we demonstrated that decreasing swimming velocity during glide phase was related to the increasing swimming performance for elite male breaststroke swimmers. In contrast, it was cleared that the higher increased COM velocity obtained by kick movement was related to increasing swimming performance for elite female breaststroke swimmers. The female swimmers who showed high kick velocity were moved their foot outward during early kick movement. In contrast the female swimmers who showed low kick velocity moved their foot backward. These results suggest that the higher increased COM velocity obtained by kick movement would not be related to foot velocity, but foot angle for elite female swimmers. Finally, we investigated the CoM velocity estimation method, which were using the both hip velocity with simulated arm velocity correction.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：競技力向上 速度 クロール 平泳ぎ

### 1. 研究開始当初の背景

水泳中の泳者の進行方向に対する速度は、一定ではなく時々刻々と変化をしている(図1)。経時的な速度変化は、速度の増減を表わしているため、競技力に直結する指標である。視覚的に選手やコーチが改善点を理解しやすく、フィードバックの指標として非常に有効的である。競技会等において、水中カメラを設置し、世界トップクラスの選手を対象に、経時的な大転子の速度変化データを取得し、選手やコーチにフィードバックされた。その成果の一部として、ロンドンオリンピックにおいて史上最最多のメダルを獲得することに貢献したと考えられる。しかしながら、これは世界一流選手の一例であり、広く利用可能な速度変化の普遍的な技術評価方法の解明や技術指針が求められる。

1 ストローク中の経時的な速度変化は、研究対象としても高い注目があり、近年世界的に研究が始められている。我々は、クロールにおいて競技レベルが高い泳者は低い泳者と比較して、大転子の経時的な速度の増減が小さいことや、個人内で速度を大きくすると、経時的な速度の増減が小さくなることを明らかにした。しかしながら、水泳中の速度算出は、その方法が非常に難しく、科学的知見が非常に少ないのが現状である。

### 2. 研究の目的

本研究では、競泳の指導・競技現場で利用可能な1ストローク中の経時的な速度変化における科学的な基盤を築くことを大目的とし、以下の3点を明らかにする。

- 1) 世界一流選手を含む大勢の水泳選手の速度変化のデータを取得し、経時的な速度変化の評価方法を明らかにする。
- 2) 全身キネマティクスデータや推進力との比較から、関連する動作を明らかにする。
- 3) 水中カメラの1~2台の2次元映像で、高い精度の身体重心速度の推定方法を解明する。

### 3. 研究の方法

水中カメラ18台、陸上カメラ9台からなるモーションキャプチャーシステムを利用して、世界トップレベルの選手を含む競泳選手150名程度の遊泳中の全身の位置データを得た。

#### 1) 平泳ぎにおける、1ストローク中の速度変化と競技力との関連性の検討

男子10名、女子9名の平泳ぎを専門とするエリート競泳選手を分析対象とした。モーションキャプチャーシステムから得られた全身位置座標から重心速度を算出した。1ストローク中の経時的な速度変化から、動作のキーとなる地点での速度V1~V4(V1:足の引き付け時、V2:キック終了時点、V3:手を掻く前、V4:手を掻いた後)を算出し、平均泳速度が高い泳者の経時的な速度変化との関連性について検討を行った。

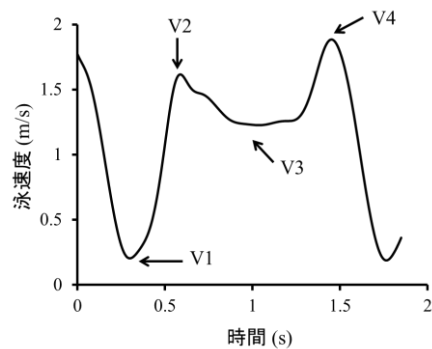


図1 平泳ぎにおける速度変化

#### 2) 平泳ぎキック動作における足部動作と速度変動との関連性

泳者が獲得する推進力の大きさは、セグメントの水に対する①速度と②角度によって決定する。女子泳者においては、キックで獲得した速度が大きい泳者が、競技レベルが高いという関係性が得られたので、キックで大きな速度を得られた泳者の足部の3次元的な動きについて調べた。

#### 3) クロール泳の重心速度の推定方法の開発

泳速度を下記の3つの方法によって算出し、重心速度との比較を行い、重心速度の推定精度を確認した。

- ① 片方の大転子の速度
- ② 両方の大転子の速度の平均値
- ③ 両方の大転子の速度の大転子+腕速度  
ただし、腕の速度は腕が水中を掻いている時間と、腕の長さから推定する方法を開発した。この方法を用いると、デジタイズすることなく腕速度を推定することができる。

### 4. 研究成果

#### 1) 平泳ぎにおける、1ストローク中の速度変化と競技力との関連性の検討

男子選手においては、V3とV4において、平均泳速度と有意な相関関係が認められた(図2)。男子平泳ぎ選手において、キック終了後から(V2)、手を掻くまでの期間(V3)、つまりグライド期において、速度低下を小さくすることが、競技力向上に大きく関連していることが明らかになった。

一方で、女子選手においては、V2、V3、およびV4において平均泳速度と有意な相関関係が認められた(図3)。V1からV2へ速度増加が大きい選手、つまりキックで大きな泳速度を獲得した選手が、競技力が高いという結果が明らかになった。女子と男子選手で、競技力向上に必要な技術が異なっていたことは非常に興味深く、今後男女別に異なる指導法が必要であるということを示唆するものである。

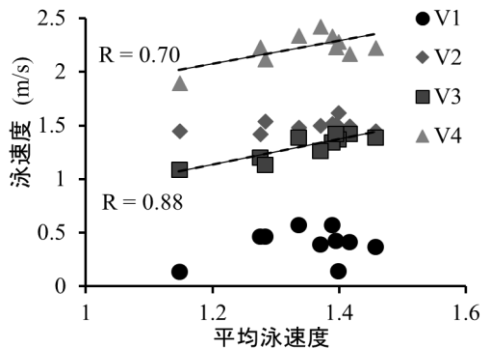


図2 男子平泳ぎ選手におけるV1～V4における速度と平均泳速度の関係性。V1～V4(V1:足の引き付け時、V2:キック終了時点、V3:手を掻く前、V4:手を掻いた後)

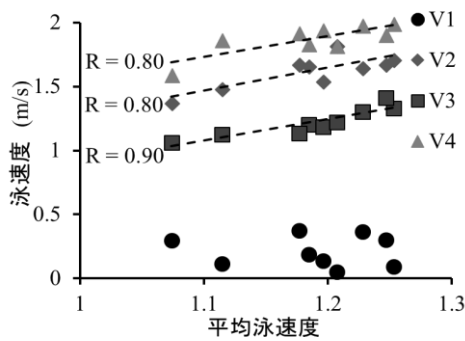


図3 女子平泳ぎ選手におけるV1～V4における速度と平均泳速度の関係性。V1～V4(V1:足の引き付け時、V2:キック終了時点、V3:手を掻く前、V4:手を掻いた後)

## 2) 平泳ぎキック動作における足部動作と速度変動との関連性

女子選手を対象として、キック動作での獲得重心速度( $V_{kick}$ )と、足部速度、足部への水の流入角度(Sweepback angle, Attack angle)の関係性について調べた。キック動作で獲得した重心速度の大きさと、足部速度の間には有意な相関は認められなかった。一方で、キック動作で獲得した重心速度の大きさとSweepback angleの間に有意な負の相関が認められた(図4)。Sweepback angleが小さいということは、足のつま先方向から水が流入しているということであり、つま先方向に足を動かしているということである。一方でSweepback angleが大きいということは、足の内側(土踏まず)から水が流入している、つまり足の内側方向に足を動かしているということである。これらの、足の動きが、どのような下肢関節の複合動作によって実施されているかについて今後検討を実施することが必要となる。

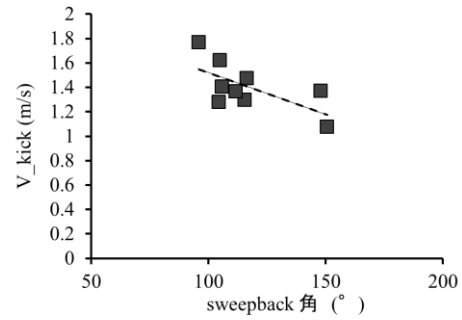


図4 キック動作で獲得した重心速度とSweepback角との関連性

## 3) クロール泳の重心速度の推定方法の開発

両方の大転子速度を腕速度で補正する方法が、最も高い精度で重心速度を推定することができた。この方法で推定した重心速度は、片方の大転子点を用いた方法と比較して、誤差が半分程度になった。水中カメラ2台で、重心動作を高い精度で推定する方法を開発することができた。

表1 重心速度推定方法の比較

	Single-hip	Both-hips	Both-hips with simulated arm velocity
Mean difference ( $m \cdot s^{-1}$ )	0.001 ± 0.005	-0.003 ± 0.003	-0.006 ± 0.009
Maximal difference ( $m \cdot s^{-1}$ )	0.16 ± 0.03	0.10 ± 0.03	0.06 ± 0.02
(positive) (%)	9.56 ± 1.98	6.13 ± 1.85	3.91 ± 1.46
Maximal difference ( $m \cdot s^{-1}$ )	-0.15 ± 0.03	-0.11 ± 0.04	-0.07 ± 0.02
(negative) (%)	9.45 ± 1.71	6.72 ± 2.21	5.17 ± 2.38
Root mean square ( $m \cdot s^{-1}$ )	0.08 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.04 ± 0.01

<sup>a</sup> $p < .05$  vs single-hip, <sup>b</sup> $p < .05$  vs both-hips

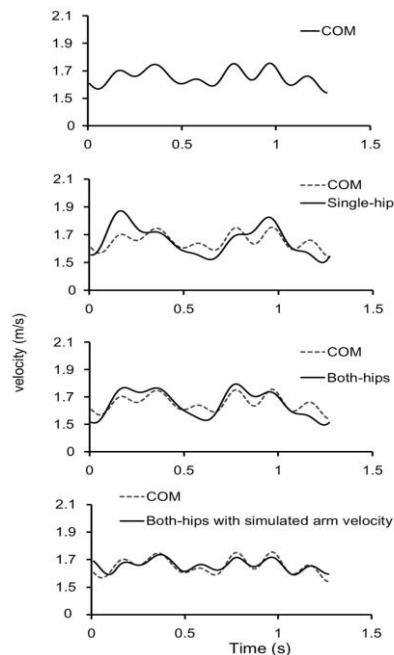


図5 重心速度推定方法の典型例

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Yuji Matsuda, Yoshihisa Sakurai, Keita Akashi, Yasuyuki Kubo. A practical estimation method for center of mass velocity in swimming direction during front-crawl swimming. Journal of applied biomechanics, 2018, In press, 査読有, doi: 10.1123/jab.2017-0188.
- ② Kudo shigetada, Yoshihisa Sakurai, Takahiro Miwa, Yuji Matsuda. Relationship between shoulder roll and hand propulsion in the front crawl stroke. Journal of sports science, 2016, 35, 945-952, 査読有, doi: 10.1080/02640414.2016.1206208.

[学会発表] (計 3 件)

- ① Yuji Matsuda, Keita Akashi, Yasuyuki Kubo. The relationship between foot movement and the COM velocity in elite female breaststroke swimmers. International Society of Biomechanics in sports 2017, Cologne, 2017
- ② Yuji Matsuda, Yoshihisa Sakurai, Hiroshi Ichikawa, Yasushi Ikuta, Shigetada Kudo. How elite swimmers control their propulsive force and arm coordination with increasing swimming velocity during front crawl. International Society of Biomechanics in sports 2016, Tsukuba, 2016
- ③ 松田有司, 桜井義久, 窪康之. 上肢速度と大転子点を用いた重心速度推定方法の開発. 2014 日本水泳・水中運動学会, 愛知, 2014.

[図書] (計 0 件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

独立行政法人日本スポーツ振興センター・  
国立スポーツ科学センター・スポーツ科学部  
松田 有司 (Yuji Matsuda)  
研究者番号: 50636371

### (4) 研究協力者

桜井義久 (Yoshihisa Sakurai)  
窪康之 (Yasuyuki Kubo)