

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：12102
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2014～2016
課題番号：26350774
研究課題名(和文) シンクロナイズドスイミングのスラスト動作の技術特性

研究課題名(英文) Thrust Techniques in Synchronized Swimming

研究代表者
本間 三和子 (HOMMA, Miwako)
筑波大学・体育系・教授

研究者番号：80241800
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、トップレベルのシンクロナイズドスイマーの水上・水中のスラスト動作を3D DLT法を用いて分析し、スラスト動作の高さの獲得に関連する技術特性を明らかにした。水面下と水上の両方を用いる動作を同時に分析した初めての研究である。研究結果から、スラストの最大到達高を高めるための重要なテクニックは、短時間でアンロールすること、およびスラスト前半に腕をかき下げず、腕をターンする際に水面近くの水をキャッチすることであると結論づけられた。

研究成果の概要(英文)：The thrust movements both under and above water of nine top-level synchronized swimmers were analysed using 3D DLT method. Since the peak height index (peak height/body height) and the maximum vertical velocity of the body's centre of gravity were related significantly, it is necessary to increase the vertical velocity of the body's centre of gravity in order to increase the peak height. Swimmers with a high peak height index showed a shorter unroll time with a quick extension of the hips. In sculling, the arm's position was maintained near the surface of the water during the arms pull phase. The arm's position was closer to the water surface with a higher vertical velocity of the wrists during the arms turn. It was found that important techniques to improve peak height in thrust movement, are to unroll with a shorter time, and to not lower the arms at the beginning of thrust movement and to turn arms rapidly and catch the water closer to the surface with horizontal forearms.

研究分野：水泳競技コーチング論

キーワード：スカーリング動作 スラスト動作 シンクロナイズドスイミング 3次元画像解析

1. 研究開始当初の背景

近年、シンクロナイズドスイミングの技術進歩はめざましく、リスクの高いダイナミックな動作を徐々に展開していく演技傾向が強まっている(Homma, 2005)。現在、水面から最も高く出る技は、2人以上の力を利用して高さを得るリフト動作である。一方、自力で行う動作の中で、もっとも高さを得られる技はスラスト動作である(Homma & Ito, 2005)。スラスト動作は、足から水上に高く飛び上がる瞬発的な技術であり、テクニカルルーティンのソロ、デュエット、チーム競技全ての規定要素と、フィギュア競技に含まれる重要な基本動作である(Figure 1)。

スラスト動作は、水面下と水面上の両方を用いて実施される瞬時のダイナミックな動作であることから、過去に研究がなされていない。スラスト動作の身体の動きは2次元であるが、支持力を獲得するための技術要因を検討するにはスカーリング動作を分析する必要がある。スカーリングは3次元動作であるため、3次元分析が必要となる。さらに、スラスト動作は短時間(1秒以内)に水中から水上へ跳び出す動作であるため、水中と水上動作を同時に分析する必要がある。しかし、水中と水上動作を同時に3次元分析することは煩雑な研究手法を要するため、過去に行われていない。水面下と水面上の両方を用いて実施される3次元の動作を同時に画像分析することによって、水中と水上を用いた連続動作の解明に初めて着手することとなり、本研究の価値は多大なものである。

本研究で得られた成果は、選手の競技力向上に確実に役立つ知見となり、東京オリンピックでのメダル奪還への助力となりうる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、水上および水中の3次元画像分析を用いて、一流シンクロナイズドスイミング選手におけるスラスト動作のスカーリングと身体動作の技術特性を明らかにし、指導観点を示すことである。

3. 研究の方法

国内トップレベルのシンクロナイズドスイミング選手9名の水上・水中のスラスト動作を同時に撮影し、3次元 DLT 法を用いてキネマティック的に分析した。

陸上撮影用カメラ2台と水中撮影用カメラ2台の計4台を同期させ、スラスト動作を撮影した。水上撮影用カメラ2台および水中撮影用カメラ2台は、それぞれ直交するように設置した。撮影範囲は、X軸：約3m、Y軸：約3m、Z軸：水上が約2m、水中が約2.5mであった。撮影は毎秒60コマで、シャッタースピードは1/100秒であった。較正器は、水上へ浮かせるために発泡スチロール素材の平らな立方体の上に木製の枠を作り、その枠から較正の印がついたワイヤーをつるした。この器具を水上に浮かべ、底部にワイヤ

ーを付けてプールサイドの両側からワイヤーを引っ張り、撮影範囲内を番号(1~9)順に9箇所移動させたものを撮影した。

本研究では、身体のアンロール動作と腕のスカーリング動作が、高さ獲得の技術的要因になっていると考え、それらを解明するためのパラメータ変量；最大到達高、肩・肘・手首の対水面高、アンロール所要時間・開始時間・終了時間、スラスト動作所要時間・開始時間・終了時間、腕ターン所要時間・開始時間・終了時間、最大到達高時間、最大重心鉛直速度、手首速度、最大手首鉛直速度、腰角度、肩角度を分析した(Figure 1)。

本研究では最大到達高指数の値を高いスラスト動作の評価指標として用いた。

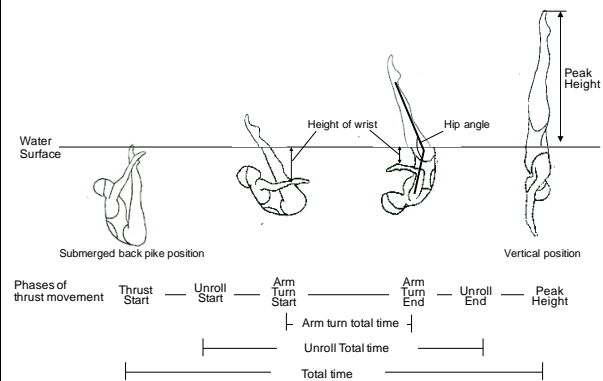


Figure 1. Kinematic parameters in this study and unroll and sculling phases in the thrust movement.

4. 研究成果

最大到達高指数と最大重心鉛直速度には有意な正の相関関係が見られた。また、Figure 2 に示すように、最大到達高指数の高い選手(swimmer a)と低い選手(swimmer i)の間において、重心鉛直速度の変化に明らかな違いが見られたことから、スラスト動作の最大到達高指数を上げるためには、最大重心鉛直速度の向上が重大な要因の1つであると考えられる。

また、本研究の結果からアンロールとスカーリングにおいて最大到達高に関係するキネマティック変量が認められた。このことから、最大到達高を増大させるためには最大重心鉛直速度を高める必要があり、そのための技術要因としてアンロールとスカーリングがあると考えられる。

Figure 3 は、アンロールの股関節の開くタイミングと速度について最大到達高指数の高い選手(swimmer a)と低い選手(swimmer i)を比較した結果である。最大到達高指数の高い選手(swimmer a)の特徴から、股関節伸展の開始タイミングは早すぎではないことがわかる。アンロール動作は股関節の素早い伸展によって急激に素早く行うべきである。

Figure 4 は、最大到達高指数の高い選手(swimmer a)と低い選手(swimmer i)の肩、肘、手首の対水面高を比較した結果である。スカーリングにおいては、腕ターン時の手首の鉛

直速度を高めるためには、スラスト動作の開始時にスカルをかき下げず、腕を返すときには肘を水面近くへ上昇させる必要がある。

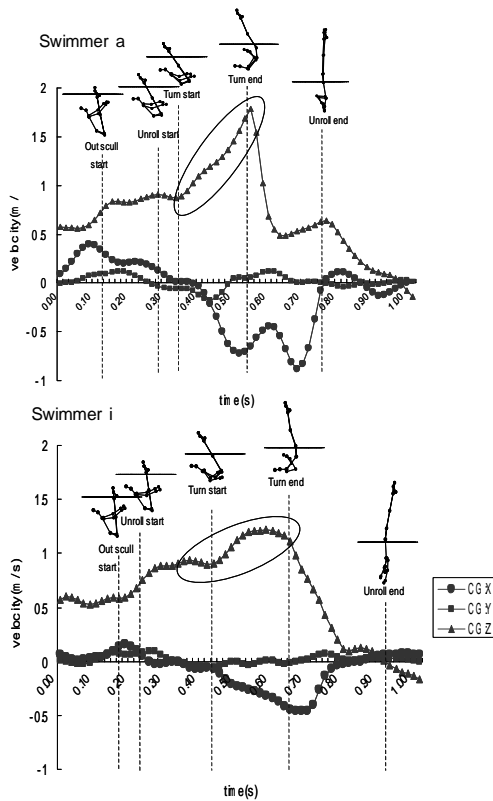


Figure 2. Changes in body's centre of gravity velocity during thrust movement. Vertical velocity during arm turn displayed a sharp increase in swimmers a with a high PHI (the circled portion in this figure).

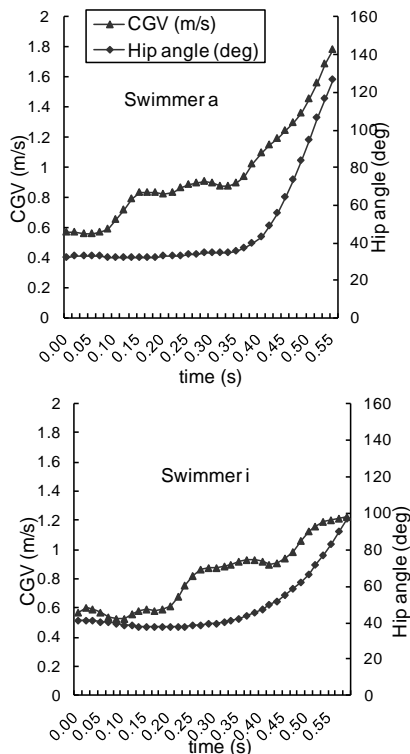


Figure 3. Relationship between hip angle and CGV. Swimmer a with a high PHI started hips extension at approximately 0.4 s, and after that, increased sharply the hips angle to 126 deg. Swimmer i with a low PHI started hips extension at 0.35 s and gradually increased and reached the hip angle (96 deg).

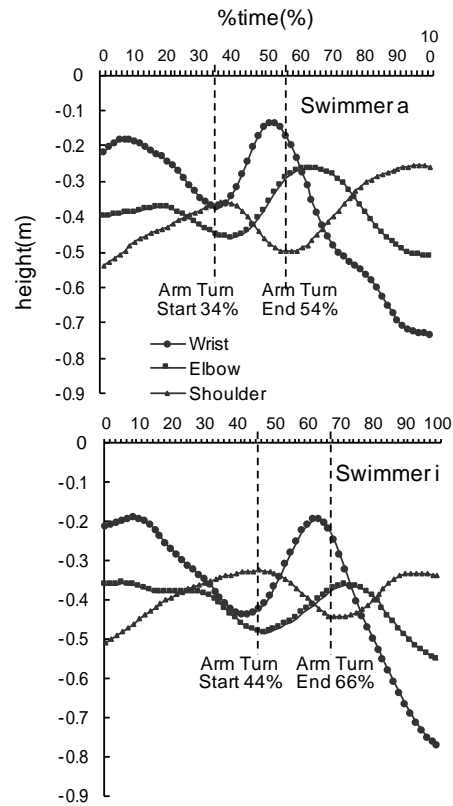


Figure 4. Changes in the vertical height of shoulder, elbow, wrist. The y-axis shows the height of the water's surface: the nearer the value approaches to 0, the closer the arm will be to the water's surface. Arm turn start and Arm turn end time (%) were 34% and 54% for swimmer a, and 44% and 66% for swimmer i, respectively.

本研究結果から以下の知見が得られた。

- (1) アンロールとスカーリングは最大到達高を高めるための主要な技術である。
- (2) 最大到達高指数と最大重心鉛直速度に有意な関連があったことから、最大到達高を高めるためには重心鉛直速度を高める必要がある。
- (3) 最大到達高指数の高い選手は最大到達高指数の低い選手に比べて；スラスト開始時にスカーリングを下方にかき下ろすことなく手を水面近くに保ってスカルしていた、手を返してキャッチするときに、素早く股関節を伸展させ短時間でアンロールを行っていた、手を返すときの手首の鉛直速度が高値を示し、腕を水面近くへ上昇させていた。

これらのことから、スラストの到達高を高めるための技術ポイントは下図のようにまとめられる。

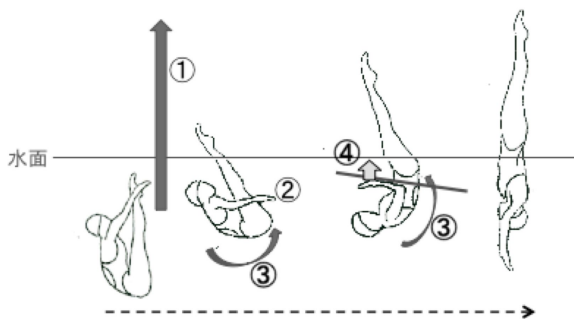
【スラスト動作の技術ポイント】

高さを得るには上方への素早いスピードが必要である

スラスト開始時に手をかき下げないで水面近くに保ってスカーリングする

手を返してキャッチするときに、股関節（腰）を一気に開き、短時間で素早くアンロールする

手の返しは素早く行い、前腕（肘から指先まで）を水平にして水面近くでキャッチする



引用文献

FINA. (2014). FINA Synchronised swimming manual for judges, coaches & referees.

Homma M., & Ito K. (2005). Analysis of the heights above the water surface in required elements for technical routines of synchronized swimming. *The Japanese journal of sport methodology / Journal of methodology of sports*, 18(1), 85-100.

Homma, Mi., & Homma, Ma. (2006). Support scull techniques of elite synchronized swimmers. In Vilas-Boas, J.P., Alves, F., & Marques, A. (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming*, 6(2), 220-223.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

本間三和子, 中川加奈子: シンクロ・サイエンス・トピック「シンクロナイズドスイミングのスラスト動作の到達高を上げるための技術ポイント」. 査読無, 月刊水泳, February 2017 vol.487:18, 2017
Miwako Homma, Kanako Nakagawa, Koji Ito: Sculling and unroll-body-action techniques in the thrust movement of synchronised swimming based on three-dimensional motion analysis. Proceedings of the XIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming, Dr Bruce Mason (Editor in Chief), Australian Institute of Sport, Canberra, 査読有, 147-152, 2014.

〔学会発表〕(計 4 件)

本間三和子: チームフリールーティンの難易度を考える. シンクロコーチキャンプ 2016 (味の素ナショナルトレーニング

センター (東京都西区, 2016 年 12 月 23 -24 日)

Miwako Homma: Coaching and Judging points of Thrust. FINA シンクロナイズドスイミングコーチ・ジャッジクリニック (リオデジャネイロ, ブラジル 2016 年 4 月 7-10 日)

本間三和子: シンクロナイズドスイミング選手の浮力と基本姿勢時の水上荷重負荷, 日本体育学会第 65 回大会, 岩手大学 (岩手県盛岡市), 2014.8.27.

Miwako Homma, Kanako Nakagawa, Koji Ito: Sculling and unroll-body-action techniques in the thrust movement of synchronized swimming based on three-dimensional motion analysis. XIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming, Canberra, Australia, 2014.4.29.

〔その他〕

本間三和子: 公益財団法人日本水泳連盟 上級コーチ養成講習会 (あいおいニッセイ同和損保新宿ビル (東京都渋谷区), 2015 年 10 月 25 日)

本間三和子: 公益財団法人日本水泳連盟 コーチ養成講習会 (中野サンプラザ (東京都中野区), 2015 年 11 月 28 日)

6. 研究組織

(1) 研究代表者 本間 三和子
(HOMMA, Miwako)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号: 80241800