

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 2 日現在

機関番号：82632

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700646

研究課題名（和文） 圧力センサアレイを用いた水泳アームスーツの開発

研究課題名（英文） Development of the arm-suit using pressure sensor

研究代表者

三輪 飛寛（MIWA TAKAHIRO）

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・スポーツ科学研究部・
契約研究員

研究者番号：00513475

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、泳者手部・前腕部周りの圧力分布を測定するための、圧力センサアレイを用いたアームスーツを開発することである。泳者の手部にラテックス製のグローブを装着させ、ひずみゲージ式の小型圧力センサを手部周りの 12 カ所（一部アレイ状）に取付けた。それぞれのセンサに働く圧力から泳動作時の手部に働く流体力を算出し、さらに手の動作変化に伴う圧力分布をみた。その結果、スカーリング動作時の手部周りの圧力分布は、手の移動方向による先端部（Leading Edge）側の圧力差が手のひらと甲側で増大し後端部に近づくほど圧力差はほとんどなかった。また、手部の移動方向が反転し Leading Edge が親指側から小指側になると、Leading Edge 側の圧力差が増大し、それと同時に手部にかかる流体力も増大した。このように水泳のストローク時手部周りの圧力分布は、手の移動方向や速度変化に依存していることが分かった。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study was to develop an arm-suit using the pressure sensor-array to measure the pressure distribution around swimmer's hand and arm. We put 12 small pressure sensors on swimmer's hand worn by a latex glove. The fluid force acting on the hand during sculling motion was estimated from the pressure sensor value, and the pressure distributions were observed. Pressure of the palm at the leading edge side was higher than that of dorsal surface. This pressure differences occurred after the transition phase of the motion direction change and the fluid force acting on the hand increased simultaneously. As a result, the pressure distributions during the swimming motion relies on the motion direction (velocity) changes.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：スポーツ科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ・ スポーツ科学

キーワード：圧力センサアレイ，流体力，圧力分布，水泳，推進メカニズム

1. 研究開始当初の背景

水泳運動中の推進力発揮メカニズムの解明に向けてこれまで数多くの努力が払われてきた。そのほとんどが、泳者の身体周りの流れ場が定常(流れの方向や流速が一定かつ流速分布も一定)であると仮定して推進力を見積もったものである。しかしながら実際の泳者の手部や前腕部は、移動方向や速度、手の迎え角などを時々刻々と変化させることで身体を推進させている。そのため、推進力発揮部位周り(特に手部周り)の流れ場は一定ではなく非定常な状態となり、図1に示すような複雑な流れの状態になっていることが報告されている(Toussaint et al. 2005)。このような非定常な流れの条件下における流体は、定常な条件とは大きく異なる力学的特性を示し、さらにより多くの推進力を得ていることが、魚や昆虫などの遊泳動物の研究から明らかになってきている。

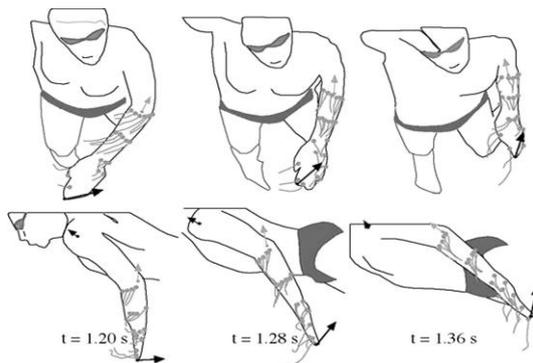


図1 手部・上腕部周りの流れの様子 (Toussaint et al. 2005)

2. 研究の目的

本研究の目的は、泳者手部・前腕部周りの圧力分布を測定するための、圧力センサアレイを用いたアームスーツを開発することである。水泳時の泳者によって発揮される力を推定するためには、人体周りの流れ場解析や流体力を求める必要がある。もし泳者の全身の圧力分布を測定することができれば、泳者が流体から受ける力=泳者が流体に与えた力を測定したことになり、泳者の推進メカニズムや推進効率等を求めることができる。本研究では推進力発揮部位の一つである手部および前腕部を覆う形状の超小型圧力センサを内蔵させたアームスーツを開発し、水泳時の推進力の算出を目指した。

3. 研究の方法

(1) 回流水槽

実験は筑波大学屋内プール内に設置されている回流水槽(測定部内長さ4.6×幅2.0×深さ1.5 m, 五十嵐工業)を用いて行われた。回流水槽は、流速0.2-2.5m/sの範囲で±2%の精度の流れを再現できるものである。実験時の水深は1.2m, 試技時の流速は0.5m/sとした。

(2) 被験者および試技

元大学エリート競泳男子選手一名(身長: 174cm, 体重: 68kg, 記録: 50.7秒/100mFR)が被験者として参加し、スカーリング動作で回流水槽中の同一位置にできる限り留まるように指示をした。

(3) 計測

PIV計測(14.7Hz)に加え手部周りの圧力分布計測(2000Hz)と手部の動作分析を同期して行った。圧力分布計測では、泳者左手部周りに12個の小型圧力センサを配置し、得られた圧力データから手部周りに働く流体力を算出した(Kudo et al. 2008)。また、動作分析では高速度カメラ(250Hz)を用いて指先3点(親指・中指・小指)の動きをデジタル化し、手の迎え角を算出した。これら3つの計測データからヒトのスカーリング時の推進メカニズムを追った。図2にセンサを配置した手部の様子を示す。

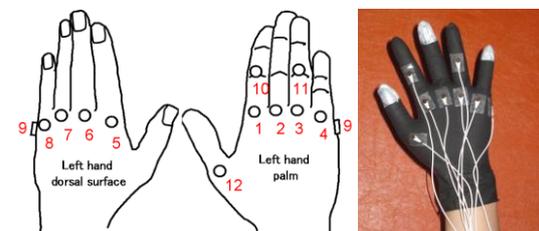


図2 泳者手部の圧力センサ配置位置(左中図: Kudo et al. 2008)と実際装着時の様子(右図)

4. 研究成果

図3にスカーリング動作の一周期(アウトスカル-インスカル)における手の迎え角変位、および圧力データから算出した手部に働く流体力変位の一例を示した。各値は手のスカーリング動作に伴って周期的に変動することが観察された。また図3中の丸印で示された時刻(t=2.448s)における左手甲・掌の中指関節に配置した各センサの圧力データ(圧力分布)を図4に、同時刻の泳者左手周りの流れ場の速度ベクトル-渦度データを図5に示す。時刻t=2.448sでは、親指側が先行したインスカル動作の途中であり、流体力の値がピークに達している。その時刻の手の圧

力分布では(図4),リーディングエッジ側(親

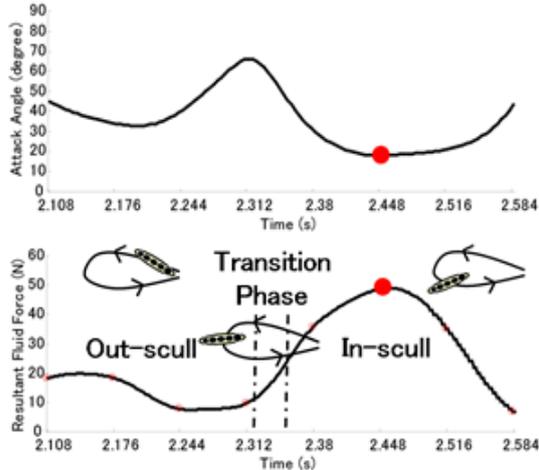


図3 スカーリング動作一周期中の手部迎え角(上図)と手部に働く流体力(下図)の時刻変化

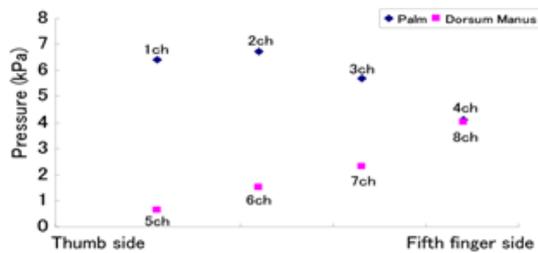


図4 手部中手四節関節に設置した各圧力センサの圧力値(時刻 t=2.448 秒)

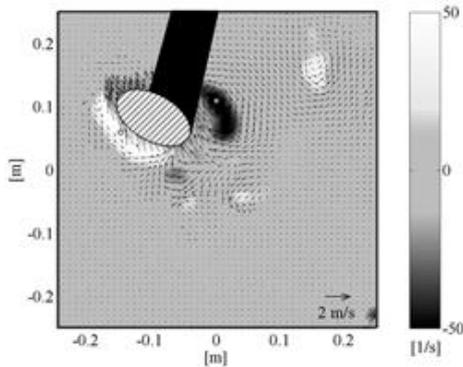


図5 インスカル時の手部周りの流れ場の様子(時刻 t=2.448 秒)

指)の手の甲(1ch)と掌(5ch)の圧力差が大きくなっており,手部周りの流れ場(図.5)では,それ以前の時刻で作り出した流れ(渦)を手部が通過する様子が観察された.これらの結果から,ヒトのスクーリング動作では,アウトスカルからインスカルへ手部の移動方向を変化させた直後に,それ以前に手部が作った流れや渦(後流)を手部が捕らえ,効率よく力を生み出し推進していることが示唆され,ヒトのスクーリング動作では,鳥や昆虫の飛翔,魚などの推進と同様のメカニズムで推進

力を生み出していると考えられた.

このように,泳者がスクーリング動作で推進中の手部周りの圧力分布と流体力の関係を見ていくことはできたが,現段階ではラテックス製のグローブ上にセンサアレイを使用したところで止まっている.当初想定していた防水小型 MEMS 圧力センサが,本研究の目的を達成するのに大きさ・重量・基盤の設置や防水面に関して不具合があることが研究途中で分かり,その後フレキシブルで曲面にも取り付け可能な触覚センサの使用も検討に入れていたが,こちらも使用できないことが発覚したため,腕までを覆うアームスーツという段階までは至らなかった.今後,より小型・計量で防水加工に適し,我々の当初の予定を達成するに足るセンサ開発が必要であり,この件に関してはセンサ開発メーカーと今現在も話を進めている状態である.

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計1件)

1. 三輪飛寛, 松内一雄, 榊原潤, 高木英樹.
水泳スクーリング動作の推進メカニズムに関する一考察. 可視化情報学会全国講演会 (鹿児島 2010), 鹿児島, 2010.
10

6. 研究組織

(1)研究代表者

三輪 飛寛 (MIWA TAKAHIRO)

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
研究部・契約研究員
研究者番号: 00513475