

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：17702

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16487

研究課題名(和文) 障がい者競泳選手支援に向けた抵抗力測定法の開発

研究課題名(英文) Development of the drag measurement system during swimming for disabled swimmers

研究代表者

角川 隆明 (TSUNOKAWA, Takaaki)

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・講師

研究者番号：00740078

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：流水プールで実施可能な泳者に働く抵抗力の定量化システムを構築し、身体に障がいを有する泳者の泳動作中に働く抵抗力を明らかにすることを目的とした。測定は、流水プールにて泳者を牽引した状態で実施した。その結果、クロール泳中の抵抗力の変動と身体の動作との関係を評価することができた。また、測定結果から各対象者における泳動作の長所や具体的な改善点を明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to construct the drag measurement system during swimming in the water channel, and to apply the system to disabled swimmers. The drag measurement was conducted in water channel during towing condition. As results, it could evaluate the relationship between the drag during front crawl swimming and body motions using this measurement system. Furthermore, from the measurement results, it was possible to clarify the advantage points and specific improvement points of each swimmer.

研究分野：水泳競技方法論

キーワード：抵抗 推進力 競泳 クロール

### 1. 研究開始当初の背景

近年、障がい者アスリートを対象とした科学的調査が増加し、競泳競技を対象とした研究も比較的多く報告されている。これらの研究では、レース中のストロークパターンやコーディネーション、スタート動作、身体的特徴とキネマティクスの関連について報告している。しかしながら、障がい者競泳選手を対象として、泳動作中の身体に働く抵抗力といったキネティクスを調査した研究は見当たらない。

競泳競技では、泳速度に最も関与する要因は推進力と抵抗力であり、近年はこれらを推定する研究が進められている。Formosa et al. (2011) は、泳者を牽引して泳動作中の抵抗力を推定する Assisted Towing Method を考案し、この手法を用いて健常競泳選手を対象とした論文を発表している。Assisted Towing Method では、泳動作中の抵抗力の変動や、左右の動作の対称性について調査することができるため、左右非対称な身体的特徴を有する障がい者競泳選手を対象として測定を実施できれば、泳動作を評価する際に有益な情報を得られると考えられる。

### 2. 研究の目的

(1) 流水プールで実施可能な泳者に働く抵抗力の定量化システムを構築し、競泳の4泳法における有用性を検証することを目的とした。先行研究にて報告されている抵抗力測定法は牽引装置によって泳者を牽引しており、専用の測定機材を必要とする。そのため、本研究では先行研究での理論を応用しつつ、一般的なロードセルを流水プールに設置することで抵抗力を測定するシステムの構築を目的とした。さらに、先行研究では実施されていないバタフライ、背泳ぎ、平泳ぎへの有用性を検証することとした。

(2) 構築した抵抗力の定量化システムを用いて身体に障がいを有する泳者の泳動作中に働く抵抗力を計測し、障がいの部位や程度と抵抗力との関連を明らかにすることを目的とした。さらに、得られたデータを蓄積し、障がいに応じた最適な泳動作を検討することとした。

### 3. 研究の方法

(1) 研究1：抵抗力定量化システム構築に関する研究

#### 被験者

身体的に健常な大学男子競泳選手1名を対象として実験を実施した。

#### 実験設定

牽引装置を用いてクロール泳中の抵抗力を測定した先行研究の理論を応用し、回流水槽にて実験を実施した。流水プールの流速は事前に測定した被験者の全力泳時の泳速度より10%高い泳速度に設定した。流水プール

の前方にはロードセルを設置し、ロードセルと泳者の腰部をステンレス製のワイヤで接続した。流水プールの流速を全力泳時の泳速度よりも高く設定したため、腰部に接続したワイヤには張力が働くこととなり、ロードセルにて張力を計測した。試技では、10秒間の全力泳を、休息を挟みながら4泳法で実施した。

(2) 研究2：身体に障がいを有する泳者を対象とした抵抗力の測定

#### 被験者

身体に障がいを有する競泳選手8名(男子4名、女子4名)を対象とした。国際パラリンピック委員会水泳部門が定めたクラス分けでは、障がいが重いクラスからS5クラス1名、S6クラス1名、S8クラス2名、S9クラス2名、S10クラス1名、S11クラス1名であった。なお、S5クラスからS10クラスでの障がいは機能障害、欠損、まひであり、S11クラスは視覚障害であった。

#### 実験設定

研究(1)で構築した抵抗力定量化システムを用い、回流水槽にて泳動作中の身体に働く抵抗力を測定した。回流水槽の流速は事前に実施した25m全力泳時の泳速度から決定し、抵抗力測定のための試技ではクロール泳において10秒間の全力泳を行った。実験設定の概要を図1に示す。

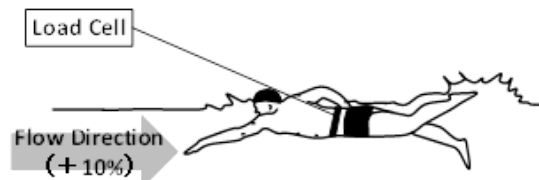


図1 実験設定の概要

#### 測定項目

抵抗力はFormosa et al. (2011) の計算式を用いて算出した。事前に実施した30m全力泳時に泳者が発揮したパワーと、回流水槽での試技中に泳者が発揮したパワーが等しいと仮定し、両試技間での泳速度とロードセルにて計測した張力を流体力に関する一般式に代入することで抵抗力を算出した。

算出した抵抗力は、平均値とストローク動作中の抵抗力の変動として示した。

### 4. 研究成果

(1) 身体的に健常な大学男子競泳選手を対象とした研究1では、バタフライ、背泳ぎ、平泳ぎ、クロールの4泳法を対象とした。その結果、全力でのクロール中の抵抗力は最大値で348N、平均値で171Nを示し、先行研究と同程度の値が得られた。また、試技中は抵抗力を経時的に測定することができ、回流水槽での流速を全力泳時より10%高く設定する

ことの妥当性が確認された。また、背泳ぎに  
 関しても最大値で 294N、平均値で 153N の抵  
 抗力を示し、経時的に抵抗力を計測できるこ  
 とが確認された。

しかしながら、バタフライと平泳ぎに関し  
 ては、クロールと背泳ぎと比較して泳速度の  
 変動が大きいことや、身体が鉛直方向に大き  
 く浮き沈みするため、各ストローク周期中  
 には測定のためのケーブルにたるみが生じ、抵  
 抗力を計測できない局面が存在した。

(2) 研究 2 では 8 名の選手のクロール泳を対  
 象として測定を実施したが、ストローク動作  
 中の泳速度の変動が大きかった 3 名の選手の  
 抵抗力を測定することができなかった。その  
 ため、測定が問題なく実施できた 5 名の抵抗  
 力の結果を示す。表 1 は、ストローク動作 1  
 周期中の抵抗力の平均値と事前に測定した  
 最大泳速度を示し、図 2 は各泳者におけるス  
 トローク周期中の抵抗力の変動を示してい  
 る。

本研究にて計測されたストローク動作 1 周  
 期中の平均抵抗力は 56.0 N から 151.5 N であ  
 り、健常競泳選手を対象とした先行研究  
 (185.2 N から 335.1 N) と比較して小さな値  
 を示した。このような抵抗力の差は、対象と  
 した泳者の泳速度や身体の大きさを反映し  
 たものと考えられ、推進力や発揮パワーが健  
 常エリート選手と比較して小さいことを示  
 している。これらのことは、泳フォームやト  
 レーニング方法を改善し、身体的に制限があ  
 る中でも推進力や発揮パワーを高められる  
 ような方策を考える必要があることを示唆  
 している。

また、抵抗力の変動は、リカバリー局面後  
 半からグライド局面後半に抵抗力が増加す  
 る現象が見られ、手部の入水する動作が大  
 きな抵抗になっていることが明らかとなった。  
 特に、障がいによる制限を受けない側での手  
 部入水が大きな抵抗になっている泳者も  
 見受けられ、障がいによって推進力を得ら  
 ないことが抵抗力の増大に関与することが  
 示唆された。従来のキネマティクス分析だ  
 けでは、障がいの影響を受ける四肢の動作  
 が推進に貢献するのか、または抵抗力となる  
 のか判断することは難しいが、抵抗力の測  
 定が可能となれば泳者にとって有益な情報  
 となると考えられる。特に、左右非対称な  
 身体的特徴を有する場合、抵抗力によって  
 左右の非対称性を評価することは重要な意  
 味を持つ。しかしながら、身体に障がいを  
 有する泳者の場合、得られたデータから泳  
 フォームの改善ポイントを明らかにするこ  
 とができたとしても、障がいの影響により  
 すぐには改善できない場合も想定されるた  
 め、今後は得られたデータの活用方法を  
 検討することや、より多くの選手のデー  
 タを蓄積する必要があると考えられる。

表 1 各対象者の泳速度と抵抗力

Disability	Class	Gender	Swimming Velocity (m/s)	Mean net force (N)	
A	頸椎損傷等	S5	female	1.09	56.0
B	左足機能障害	S10	female	1.52	62.4
C	右上下肢まひ	S6	male	1.35	115.8
D	左前腕欠損	S9	male	1.69	137.8
E	全盲	S11	male	1.69	151.5

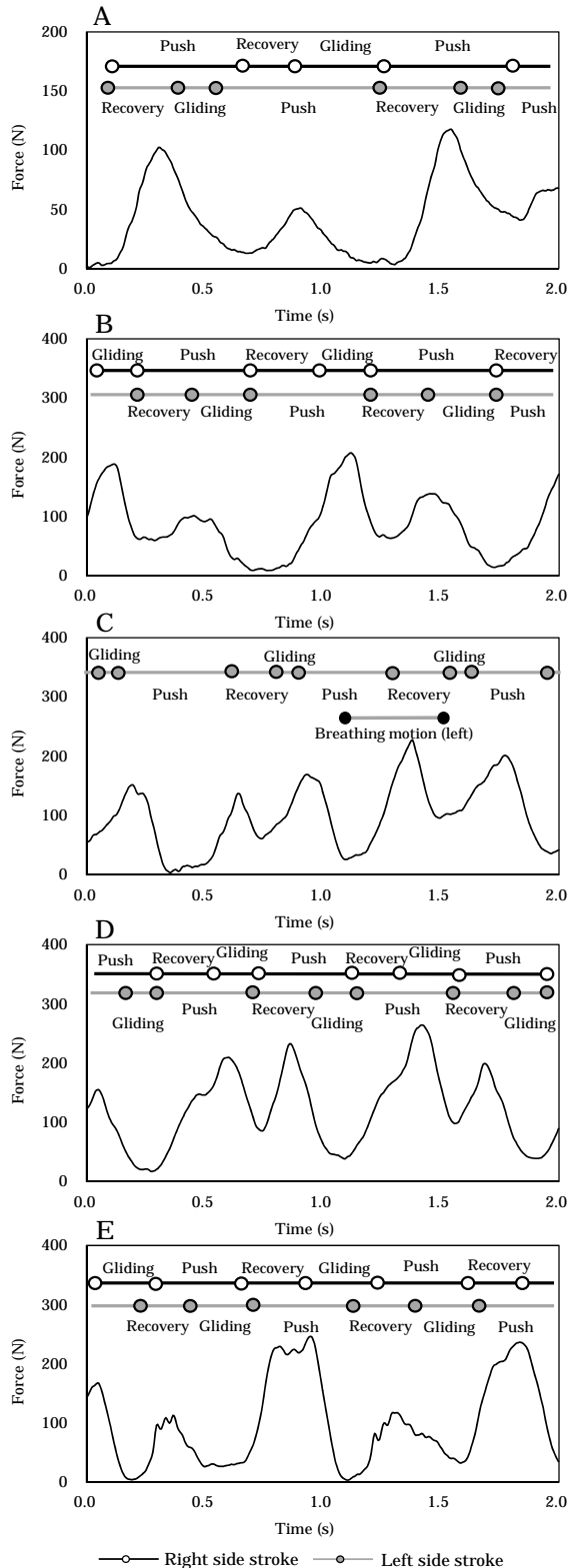


図 2 各泳者における抵抗力の変動

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 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

角川隆明，岸本太一，桜井誠一：Assisted Towing Method を用いたエリート障がい者競泳選手の泳動作中に働く抵抗力の測定．日本水泳水中運動学会 2016 年次大会，2016.10.15，国立スポーツ科学センター・ナショナルトレーニングセンター（東京都北区）

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等  
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

角川 隆明 (TSUNOKAWA, Takaaki)  
鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・  
講師  
研究者番号：00740078