

# 男子400m自由形における自己記録更新者のペース配分に関する一考察

安藤 邦彬<sup>1)</sup> 仙石 泰雄<sup>1)</sup> 椿本 昇三<sup>1)</sup>

## 1. 緒言

競泳競技において、競技パフォーマンスを決定する要因の1つとして、ペース配分の設定が挙げられる。選手が最大努力で泳いだ場合、約15秒後に泳速度が低下し始め、アシドーシスの進行と共に泳速度が低下し、40-45秒後にはストロークパワー・調整力・スピードを失うことが報告されている<sup>7),8)</sup>。したがって、競技会におけるペース配分は、競技者およびコーチが考慮すべき必要かつ重要なポイントであると考えられる。競泳競技のレースにおける一般的なペース配分には、大きく分けてイーブンペース型（レースの最初から最後まで同じ泳速度で泳ぐペース配分）、先行型（レースの序盤を終盤より高い泳速度で泳ぐペース配分）、追い上げ型（序盤を抑え、終盤に泳速度を上げて泳ぐペース配分）の3種類があるが、どのペース配分が最も効率が優れているという結論を導き出すには至っていない<sup>7)</sup>。

200m自由形においては、ペース配分に関する多くの研究や報告がされている<sup>7),8),9)</sup>。400m以上の種目ではペース配分がレースパフォーマンスに与える影響が非常に大きく<sup>7)</sup>、選手の距離特性を考慮したペース配分の決断が必要であるとされる<sup>8)</sup>。400m自由形には、200m、400m自由形を専門とする中距離型選手と400m、1500m自由形を専門とする長距離型選手という特性の異なった選手が多く出場しており、各選手の

特性に応じたペース配分が必要であると考えられる。前述した先行研究においても、選手の体力的・生理的特性や距離特性を考慮したペース配分の決断が必要であることが述べられている<sup>7),8),9)</sup>が、400m自由形に関してそれらを明らかにした報告は少ない。従って、距離特性ごとにペース配分を分析することは、400m自由形のペース配分に関するコーチングや指導に有益な示唆を与え、選手のパフォーマンス向上に繋がることが考えられる。本研究は、選手の距離特性を中距離型と長距離型に分類し、前後半区間泳速度比、区間毎の泳速度といった観点から400m自由形におけるペース配分を距離特性に応じて比較・検討することを目的とした。

## 2. 方法

### 2-1 分析対象および分類

本研究は、2010年に開催された、第86回日本選手権水泳競技大会における400m自由形のレースを分析対象とした。全出場者97名のうち200m自由形または1500m自由形に出場し、400m自由形の自己最高記録を特定できた選手71名を抽出した。その内、中距離型かつベストタイムを更新した選手（6名：以下、中距離型）、長距離型かつベストタイムを更新した選手（6名：以下、長距離型）の2群を本研究において、分析対象とした。表1に各群のレース記録、自己最高

表1 分析対象者各群におけるレース記録, 自己最高記録, 自己記録更新率の平均値および各群間比較

	中距離型	長距離型	平均値の比較
	n = 6	n = 6	
レース記録 (分:秒.)	3 : 56.75 ± 3.76 (3 : 53.16 - 4 : 02.92)	3 : 56.42 ± 2.56 (3 : 52.32 - 3 : 59.69)	N.S.
自己最高記録 (分:秒.)	3 : 58.38 ± 3.66 (3 : 54.27 - 4 : 03.50)	3 : 58.04 ± 2.30 (3 : 54.13 - 4 : 00.81)	N.S.
自己最高記録更新率 (%)	100.69 ± 0.53 (100.01 - 101.41)	100.68 ± 0.27 (100.29 - 101.06)	N.S.

N.S. : No Significant

1) 筑波大学体育系

記録、自己最高記録更新率の平均値±標準偏差をそれぞれ示した。また、自己最高記録更新率を以下の式により求めた(式1)。

$$\text{自己最高記録更新率(\%)} = \frac{400/\text{レースタイム(sec)}}{400/\text{自己最高記録(sec)}} \times 100 \quad (\text{式1})$$

## 2-2 記録の収集

レースにおけるトータルタイムおよびラップタイムは、セイコーホールディングス株式会社の競泳リザルト速報サービス<sup>10)</sup>により取得した。選手の自己最高記録は、過去5年間の日本ランキング<sup>1), 2), 3), 4), 5)</sup>のうち最も速い記録を選手の自己最高記録とした。

## 2-3 分析項目

本研究では、400mのレースを50m毎の8区間に区分けをして分析を行った。以下に分析項目と算出方法を示した。

### 2-3-1 前後半区間泳速度比

各群のレースパターンの類型の指標として、400mのレースにおける前半区間泳速度( $V_{0-200}$ )に対する後半区間泳速度( $V_{200-400}$ )の割合を式2により算出した。 $V_{0-200}$ は、前半区間距離を前半200mの通過時間で除すことで求め(式3)、 $V_{200-400}$ は、後半区間距離を400m正式記録から前半200mの通過時間を引くことで算出される後半区間時間で除すことで求めた(式4)。

$$\text{前後半区間泳速度比} = \frac{\text{後半区間泳速度}(V_{200-400}, \text{ m/sec})}{\text{前半区間泳速度}(V_{0-200}, \text{ m/sec})} \quad (\text{式2})$$

$$\text{前半区間泳速度}(V_{0-200}, \text{ m/sec}) = \frac{\text{前半区間距離}(200\text{m})}{\text{前半200m通過時間(sec)}} \quad (\text{式3})$$

$$\text{後半区間泳速度}(V_{200-400}, \text{ m/sec}) = \frac{\text{後半区間距離}(200\text{m})}{400\text{m正式記録} - \text{前半200m通過時間(sec)}} \quad (\text{式4})$$

### 2-3-2 50m区間泳速度

50m毎の通過時間および400m正式記録から各区間に要した時間(区間時間)を求め、区間距離を区間時間で除すことで各区間における泳速度を算出した(式5)。また、50m区間毎に区間泳速度を算出し、50m毎の区間泳速度を $V_{0-50}$ 、 $V_{50-100}$ 、 $1V_{100-150}$ 、 $V_{150-200}$ 、 $V_{200-250}$ 、 $V_{250-300}$ 、 $V_{300-350}$ 、 $V_{350-400}$ とした。

$$\text{区間泳速度(m/sec)} = \frac{\text{区間距離(m)}}{\text{区間時間(sec)}} \quad (\text{式5})$$

### 2-3-3 50m相対泳速度

レース距離を400m正式記録で除すことによりレース全体の平均泳速度( $V_{0-400}$ )を算出し(式6)、各区間泳速度を $V_{0-400}$ で除すことにより各相対泳速度( $V_{0-400}$ )を100%とした時の各区間の泳速度の割合)を算出した(式7)。50m区間毎の相対泳速度を $\%V_{0-50}$ 、 $\%V_{50-100}$ 、 $\%V_{100-150}$ 、 $\%V_{150-200}$ 、 $\%V_{200-250}$ 、 $\%V_{250-300}$ 、 $3\%V_{300-350}$ 、 $\%V_{350-400}$ とした。

$$\text{レース全体の平均泳速度}(V_{0-400}, \text{ m/sec}) = \frac{\text{レース距離}(400\text{m})}{400\text{m正式記録(sec)}} \quad (\text{式6})$$

$$\text{相対泳速度(\%)} = \frac{50\text{m区間泳速度(m/sec)}}{\text{レース全体の平均泳速度}(V_{0-400}, \text{ m/sec})} \quad (\text{式7})$$

### 2-3-4 統計処理

結果の表記は、すべて平均値±標準偏差で示した。統計解析には、統計ソフトSPSS Statistics 17.0を使用した。分析対象者各群間の平均値比較にはMann-WhitneyのU検定を、比率の検定には $\chi^2$ 二乗検定を用いた。各群内の平均値比較にはKruskal-Wallisの検定を行い、その後の検定に、Bonferroni調整法を用いたMann-WhitneyのU検定による多重比較を行なった。すべての検定および分析の有意水準は5%未満とした。

## 3. 結果

### 3-1 前後半泳速度比

前後半区間泳速度比の分析結果は、中距離型が $0.99 \pm 0.01$ であり、長距離型が $0.97 \pm 0.01$ であった。中距離型と長距離型の間に有意な差が認められ( $p < 0.01$ )、中距離型の前後半区間泳速度比は長距離型より有意に高い値であった。

### 3-2 50m区間泳速度

中距離型と長距離型における50m区間毎の泳速度の平均値比較を行った。その結果、いずれの区間においても中距離型、長距離型間の泳速度の有意な差は認められなかった。表2には、各群内における50m区間泳速度の多重比較結果を示した。中距離型において、

表2 中距離型, 長距離型内における50m区間毎の泳速度の比較

中距離型	0-50m	50-100m	100-150m	150-200m	200-250m	250-300m	300-350m
50-100m	$V_{0-50} >> V_{50-100}$						
100-150m	$V_{0-50} >> V_{100-150}$						
150-200m	$V_{0-50} >> V_{150-200}$						
200-250m	$V_{0-50} >> V_{200-250}$						
250-300m	$V_{0-50} >> V_{250-300}$						
300-350m	$V_{0-50} >> V_{300-350}$						
350-400m	$V_{0-50} >> V_{350-400}$		$V_{100-150} < V_{350-400}$	$V_{150-200} << V_{350-400}$		$V_{250-300} < V_{350-400}$	$V_{300-350} < V_{350-400}$
長距離型	0-50m	50-100m	100-150m	150-200m	200-250m	250-300m	300-350m
50-100m	$V_{0-50} >> V_{50-100}$						
100-150m	$V_{0-50} >> V_{100-150}$						
150-200m	$V_{0-50} >> V_{150-200}$						
200-250m	$V_{0-50} >> V_{200-250}$	$V_{50-100} >> V_{200-250}$					
250-300m	$V_{0-50} >> V_{250-300}$	$V_{50-100} > V_{250-300}$					
300-350m	$V_{0-50} >> V_{300-350}$	$V_{50-100} >> V_{300-350}$					
350-400m	$V_{0-50} >> V_{350-400}$			$V_{150-200} < V_{350-400}$	$V_{200-250} < V_{350-400}$	$V_{250-300} << V_{350-400}$	$V_{300-350} << V_{350-400}$

>>

p<0.01

>

p<0.05

N.S.

N.S.

$V_{0-50}$ は他の全7区間より有意に高く ( $p<0.01$ ),  $V_{350-400}$ は  $V_{100-150}$  ( $p<0.05$ ),  $V_{150-200}$  ( $p<0.01$ ),  $V_{250-300}$  および  $V_{300-350}$  ( $p<0.05$ ) より有意に高い値であった. また長距離型において,  $V_{0-50}$ は他の全7区間より有意に高く ( $p<0.01$ ),  $V_{50-100}$ は  $V_{200-250}$  ( $p<0.01$ ),  $V_{250-300}$  ( $p<0.05$ ) および  $V_{300-350}$  ( $p<0.01$ ) より有意に高い値であった.  $V_{350-400}$ は  $V_{150-200}$ ,  $V_{200-250}$  ( $p<0.05$ ),  $V_{250-300}$  および  $V_{300-350}$  ( $p<0.01$ ) より有意に高い値であった.

### 3-3 50m区間相対泳速度

中距離型, 長距離型における50m区間毎の相対泳速度の平均値の比較を行った. その結果および, 中距離型, 長距離型における50m区間毎の相対泳速度の推移を図1に示した. 中距離型の相対泳速度は長距離型に比べ,  $\%V_{100-150}$  ( $p<0.01$ ) および  $\%V_{200-250}$  ( $p<0.05$ ) において有意に低く,  $\%V_{300-350}$  において有意に高い値であった ( $p<0.05$ ).

## 4. 考 察

中距離型, 長距離型における前後半区間泳速度比において, 有意な差が認められた. このことから, 400mの全体を200m地点で2区間に分割して分析した場合, 中距離型, 長距離型は有意に異なるペース配分で泳いでいたことが示された. 前後半泳速度比は, 1.00の時イーブン型のペース配分を示す. 中距離型は前後半泳速度比が長距離型より高いペース配分でありイー

ブン型に近く, 長距離型は中距離型より先行型のペース配分であることが示された.

中距離型, 長距離型の50m区間泳速度において, いずれの区間においても各群間の有意な差は認められなかった. しかしながら, 各群内における区間毎の比較ではそれぞれの群においていくつかの区間で有意な差が認められた. 共通して言えるのは両群とも0-50mの区間はすべての区間より有意に高い泳速度であった(表2). また, 350-400m区間が100-150m区間, 250-300m区間および300-350m区間より有意に高い泳速度であったことも共通している. 各群で異なった点は, 中距離型において, 100-150m区間より350-400m区間の泳速度が有意に高かった点である(表2). 長距離型においては, 50-100m区間に比べ, 200-250m区間, 250-300m区間および300-350m区間が有意に低い泳速度であった点, 200-250m区間より350-400m区間の泳速度が有意に高かった点である(表2). つまり, 長距離型は前半区間を後半区間より高い泳速度で泳いでいることが示唆された.

中距離型, 長距離型の区間相対泳速度において, 100-150m区間, 150-200m区間, 300-350m区間において中距離型, 長距離型における有意な差が認められた(図1). 各群間の有意な差が認められた区間が存在したのは, 前後半区間泳速度以外の分析項目のうち区間相対泳速度の分析のみであった. 400mのレースにおいて100m毎にペース配分を検討することは50m毎より区間数が少ないため比較的容易である. しかしな

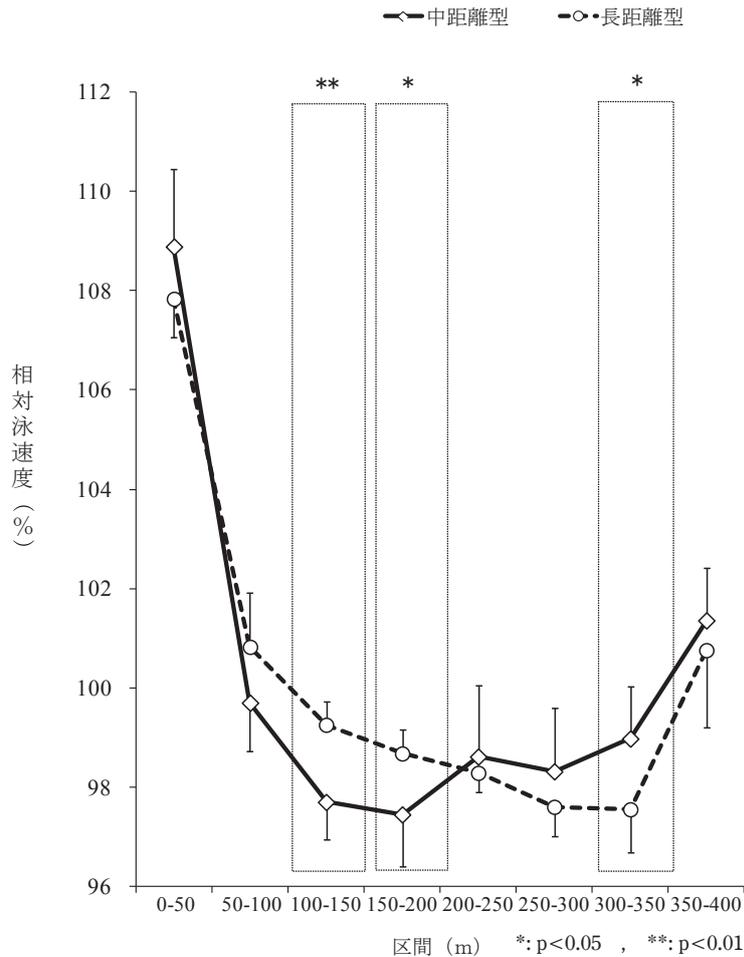


図1 中距離型、長距離型における50m区間毎の相対泳速度

がら、陸上競技800m走における研究<sup>9)</sup>において、200m毎の通過タイムはペース配分の指標として現場では良く利用されるが、記録水準が高まるにつれてペース配分をより詳細に検討する必要があると報告されている。従って、競泳競技においても同様に、100m毎の分析よりも詳細な50m毎の分析結果は、コーチング現場に対してより詳細な情報が提供できると考えられる。

区間相対泳速度の各群における区間毎の比較において、100-150m区間および200-250m区間における長距離型の相対泳速度が中距離型より有意に高かったが、300-350m区間においてそれが逆転し中距離型の相対泳速度が長距離型より有意に高い値を示した(図1)。以上の分析結果から、中距離型はレースの後半区間のために前半区間(特に50mから200mまでの区間)を低い努力度で泳いでおり、長距離型はレースの前半区間(特に50mから200mまでの区間)において高い努力度で泳ぎ、最後の50mのために300-350m区間まで

徐々に努力度を落として泳いでいることが推察された。したがって、各区間相対泳速度の分析結果は、区間泳速度の違いに影響していることが示唆された。また、区間相対速度は、400mのレース全体の平均泳速度を100%とした時の各区間泳速度の割合を示している。このことから、区間相対泳速度の結果から、努力度(相対泳速度)という指標を用いたペース配分の検討の有用性が示唆された。

400mのレースにおけるエネルギー供給に着目すると、その割合は、有酸素エネルギー供給が80%、無酸素エネルギー供給が20%とされている<sup>11)</sup>。200mのレースにおけるエネルギー供給の割合は有酸素エネルギー供給が60%、無酸素エネルギー供給が40%であり、1500mのレースにおけるエネルギー供給の割合は、有酸素エネルギー供給が90%以上で、残りの10%足らずが無酸素エネルギー供給とされている<sup>11)</sup>。萬久ら<sup>8)</sup>は、200m自由形は前半を速く泳ぐ傾向があると報告している。このように、専門距離によってトレー

ニングにおいて重きを置くべきエネルギー供給系が異なるため、本研究の対象者においても距離特性によってそれぞれのエネルギー供給系の能力に差があることが推測される。よって、中距離型は持久的能力が長距離型より低いことを補うために前半区間の泳速度を抑え、長距離型は高い泳速度を発揮する能力が中距離型より低いことを補うために、前半区間においてできる限り高い泳速度を得ようとしたと考えられる。さらに下山<sup>9)</sup>は、自由形においては距離特性がペース配分に関係していると報告している。本研究の結果と距離特性のエネルギー供給の違いを考慮した時、中距離型、長距離型共に、苦手とする能力を補うペース配分を行うことで、各群の自己記録更新に繋がった可能性が高いことが示唆された。

以上のことより、男子400m自由形において、相対泳速度を用いた分析の有用性が示唆された。

## 5. まとめ

本研究の結果から、前後半泳速度比は中距離型、長距離型で異なる比率であった。中距離型は前後半泳速度比が長距離型に比べ大きく、イーブン型に近い泳速比であった。また、距離特性の違いによるペース配分の違いを決定する要因は、相対的な泳速度に起因しており、中距離型、長距離型共に、苦手とする能力を補うペース配分を遂行している可能性が示唆された。以上のことより、競泳における高レベルの競技者を対象としたペース配分の分析に相対泳速度を用いることの有用性が示唆された。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、ご助言を頂いた先生方に厚く御礼を申し上げます。なお、本報告は、いばらき健康・スポーツ科学第29号掲載論文より抜粋し、まとめたものであることを付記しておく。

## 引用・参考文献

- 1) ベースボール・マガジン社 (2005)：2005シーズン日本ランキングTOP50, スイミングマガジン, ベールボールマガジン社, 東京, 1：63.
- 2) ベースボール・マガジン社 (2007)：スイミング年鑑2007 世界&日本ランキングブック, スイミングマガジン, ベールボールマガジン社, 東京, 6：38-39.
- 3) ベースボール・マガジン社 (2008)：日本人トップスイマー写真名鑑2008&スイミング年鑑2008 (世界/日本ランキングブック), スイミングマガジン, ベールボールマガジン社, 東京, 5：58-59.
- 4) ベースボール・マガジン社 (2009)：日本人トップスイマー写真名鑑2009&スイミング年鑑2009 (世界/日本ランキングブック), スイミングマガジン, ベールボールマガジン社, 東京, 5：61-62.
- 5) ベースボール・マガジン社 (2010)：日本人トップスイマー写真名鑑2010&スイミング年鑑2010 (世界/日本ランキングブック), スイミングマガジン, ベールボールマガジン社, 東京, 5：61.
- 6) 門野洋介, 阿江通良, 榎本靖士, 杉田正明, 森丘保典 (2008)：記録水準の異なる800m走者のレースパターン, 体育学研究, 53 (2)：247-263
- 7) Maglischo E.W., 高橋繁浩・鈴木大地 監訳 (2005)：SWIMMING FASTEST, ベースボール・マガジン社, 東京, 815-837.
- 8) 萬久博敏, 下山好充, 椿本昇三, 野村武男 (1999)：競泳の200m種目におけるレースペースの分析, 筑波大学運動学研究, 15：53-61.
- 9) 下山好充, 野村武男 (1998)：競泳におけるレースペースの検討 —200m種目について—, 日本体育学会大会号, 49：480.
- 10) セイコーホールディングス株式会社 (2010)：競泳リザルト速報サービス, 東京, <http://swim.seiko.co.jp>.
- 11) 財団法人日本水泳連盟 (2005)：水泳コーチ教本, 大修館書店, 東京, 34-35.

