

パラカヌー女子 KL3 におけるレース分析:  
世界トップ選手と日本代表選手の艇速度およびストローク変数の比較

後藤晴彦<sup>1), 2)</sup>, 芝純平<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 公益財団法人岐阜県スポーツ協会岐阜県スポーツ科学センター

<sup>2)</sup> 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

<sup>3)</sup> 愛知東邦大学人間健康学部

キーワード: パラカヌー, カヌースプリント, レース分析, 艇速度, ストローク変数

**【要 旨】**

パラカヌーにおいて、健常者のカヌースプリントのようなレース分析は行われておらず、日本代表選手の課題は明らかではない。本研究は、パラカヌー女子 KL3 (WKL3) の世界トップ選手の艇速度およびストローク変数の特徴や日本代表選手との違いを明らかにすることを目的とした。東京パラリンピックのテストイベントに出場した世界トップ選手と同大会および日本パラカヌー選手権に出場した日本代表選手を対象として、レース映像から 10m ごとの通過タイムおよび総ストローク数を読み取り、艇速度およびストローク変数を算出した。世界トップ選手および日本代表選手の最高艇速度は  $4.30 \pm 0.15$  m/秒 および  $3.94 \pm 0.05$  m/秒、最低艇速度は  $3.55 \pm 0.06$  m/秒 および  $3.32 \pm 0.07$  m/秒 であり、ともに差の効果量は大きであった。平均ストローク頻度 (SR) は世界トップ選手  $120.81 \pm 10.60$  回/分、日本代表選手  $110.12 \pm 1.76$  回/分 で差の効果量は大きであった一方、平均ストローク距離の差の効果量は小であった。また、フィニッシュタイムと最高艇速度および最低艇速度との間に有意な負の相関、SR との間に負の相関の傾向がみられた。WKL3 の日本代表選手が東京パラリンピックに出場するためには、最高および最低艇速度と SR を向上させる必要があることが示された。

スポーツパフォーマンス研究, 13, 403-417, 2021 年, 受付日: 2021 年 2 月 1 日, 受理日: 2021 年 7 月 5 日

責任著者: 後藤晴彦 502-8017 岐阜市長良福光青穂 2070-7 h.goto@gifuspo.or.jp

\*\*\*\*

**Race analysis in women's paracanoe KL3:  
comparison between world top racers and Japan's national team  
on boat speed and stroke**

Haruhiko Goto<sup>1), 2)</sup>, Junpei Shiba<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Gifu pref. Sports Science Center

<sup>2)</sup> Graduate School, Waseda university

<sup>3)</sup> Aichi Toho University

Key words: paracanoe, canoe sprint, race analysis, boat speed, stroke variables

**【Abstract】**

Analyses like those done on the canoe sprint races of abled racers are not done on paracanoe races, with the result that problems in the performance of the Japan team's athletes are not known. The present study aimed to examine boat speed and number and distance of strokes of world top women paracanoe KL3 (WKL3) racers, in order to identify any differences between those data and data on the boat speed and strokes of the paracanoe athletes on the Japan national team. Data for the present study were obtained from a video of a race participated in by world top racers who had participated in the test event for the Tokyo 2020 Paralympics and by Japanese athletes who had participated in a test event for the Tokyo 2020 Paralympics and also in the Japan Para Canoe Championship. Boat speed was calculated from time per 10 meters; the total number of strokes was also recorded.

The differences in boat speed between the two groups of racers were large: the maximum boat speeds of the world top racers and the Japanese racers were  $4.30 \pm 0.15$  m/sec and  $3.94 \pm 0.05$  m/sec; the minimum boat speeds were  $3.55 \pm 0.06$  m/sec and  $3.32 \pm 0.07$  m/sec, respectively. The differences in stroke rate between the two groups was also large: the average stroke rate (SR) was  $120.81 \pm 10.60$  cycles/min for the world top racers and  $110.12 \pm 1.76$  cycles/min for the racers on Japan's team. However, the difference between the groups in average stroke distance was small. A significant negative correlation was found between finish time and maximum and minimum boat speeds, and a negative correlation was found with stroke rate. These results suggest that there should be a focus on improving the maximum and minimum boat speeds and the stroke rate of the members of Japan's national WKL3 team in order for them to participate successfully in the Tokyo 2020 Paralympics.

## I. 緒言

パラカヌーは2016年にブラジルのリオデジャネイロで行われた第15回夏季パラリンピックから採用された競技で、静水面で200mを漕ぎ着順を競う。艇は一人乗りで、両端にブレードのついたダブルブレードパドルを用いるカヤックと、「アウトリガー」と呼ばれる浮き具の付いた艇に乗り、片側にだけブレードのついたパドルで左右どちらかを漕ぐヴァーの2種類がある。カヤックは健常者のカヌースプリントでも行われるが、ヴァーはパラカヌー特有の種目である。また、いずれの種目も選手の障害の程度によってL1(体幹が動かさず上肢だけで漕ぐ選手), L2(体幹と上肢を使って漕ぐことができる選手), L3(下肢, 体幹, 上肢を使うことができる選手)の3段階のクラス分けがなされており, 男女それぞれ6種目が存在する(表1)。なお, 2021年に東京で行われる予定の第16回夏季パラリンピック(以下, 東京パラリンピック)では, 男女カヤックの3種目ずつおよび男子ヴァーL2, L3 および女子ヴァーL2 の合計9種目の競技が行われる(公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会, 2020)。

表1. パラカヌーの種目および略称

クラス分け (動かせる部位)	種目	
	カヤック	ヴァー
L1 (上肢のみ)	KL1	VL1
L2 (体幹および上肢)	KL2	VL2
L3 (下肢, 体幹, 上肢)	KL3	VL3

女子は種目略称の先頭にWをつける(例:WKL3)

カヌースプリントのパフォーマンスの評価には, 映像から艇速度やストローク変数を算出するレース分析が行われており, レース全体または任意の区間を固定したカメラで撮影した映像(野口ほか, 2019; 池田ほか, 2009; 中村ほか, 2013)もしくはカメラをパンニングして撮影した映像(McDonnell et al., 2013)が用いられている。野口ほか(2019)は, 健常者の男子カヤックシングル 200m において日本代表選考会で上位に入った選手は他の選手と比較してレース全体の平均ストローク頻度が高いことを報告しており, McDonnell et al.(2013)は, 世界選手権の女子カヤックシングル 200m でメダルを獲得した選手はレース序盤に加速した後は徐々にストローク頻度が低下していたことを報告している。また, 男女カヤックシングル 500m においては, 池田ほか(2009)が艇速度の低下とストローク頻度の低下との間に強い正の相関があることを明らかにしている。映像によるレース分析以外には, GPS と加速度計を用いた艇速度やストローク変数の分析が行われており, 男子カヤックシングル 200m の競技会やタイムトライアルにおいて, 艇速度はスタートから40~60mの間で最高艇速度に達しその後徐々に減速すること(Goreham et al., 2020; Pickett et al., 2021)や, ナショナルチームへの選抜経験のある選手とそれ以外の選手ではストローク頻度に差があること(Pickett et al., 2021)が報告されている。これらの先行研究を踏まえると, カヌースプリントのカヤック種目において高いパフォーマンスを発揮するためには, レースを通じて高いストローク頻度を保ち, 高い艇速度を獲得し続けることが重要だと考えられる。

しかし、健常者を対象とした研究は数多く行われているのに対して、パラカヌーにおいて国内外のレースを分析した論文や資料は筆者らが知る限り見当たらず、パラカヌー選手のパフォーマンスに関する分析は十分に行われているとは言い難い。健常者のレースを対象に行われている艇速度やストローク変数の分析をパラカヌーにおいても実施することは、選手の課題を把握する上で有用であると考えられる。

パラカヌーの日本代表選手のうち、東京パラリンピックの出場権を獲得しているのは 2021 年 1 月時点で 1 名のみであり(一般社団法人日本障害者カヌー協会, 2019), その他の選手は 2019 年の国際大会で東京パラリンピックの出場権を獲得することができなかった。東京パラリンピックに出場するためには、2021 年 5 月に行われる世界選手権で上位に入ることが必要である。筆者らはこれまでに、複数の日本代表レベルの選手の医科学サポートを担当してきた。医科学サポートを行っている選手のうち、2019 年の国際大会における順位が最も高く東京パラリンピックへの出場が期待できる女子カヤック L3 (以下, WKL3)の選手に対しては、競技会やタイムトライアルでのレース分析や定期的なストレングストレーニングの指導を実施している。わが国では、パラカヌーの競技人口は限られており、国内の大会では出場者数が少なかったり、選手間の競技力の差が大きく比較対象にならなかつたりするため、これまでのレース分析は選手自身の過去のレースとの比較を中心に行ってきた。しかし、選手の課題を把握し、東京パラリンピック出場にむけてのトレーニング方策を決定するためには、世界トップレベルのパラカヌー選手との艇速度やストローク変数の違いを明らかにすることが必要不可欠である。

そこで本研究は、公認の競技会での WKL3 における艇速度の変化やストローク変数を分析することにより世界トップ選手と日本代表選手との違いを明らかにすること、さらには世界トップ選手におけるフィニッシュタイムと艇速度やストローク変数の関係を検討することにより、競技力向上のための知見を得ることを目的とした。

## II. 方法

### 1. 対象

2019 年 9 月 6 日に海の森水上公園で行われた日本パラカヌー選手権 WKL3 決勝と 2019 年 9 月 12 日～15 日に同会場で行われた東京オリンピック・パラリンピックテストイベント(以下, READY STEADY TOKYO)WKL3 の予選および準決勝を対象とした。大会主催者から発表された各大会の水面のコンディションは表 2 の通りであった。

表 2. 各大会のグラウンドコンディション

	日本パラカヌー選手権	READY STEADY TOKYO
天気	晴れ	曇り
気温	29 度	25 度
風	北東 2.0m/s	北東 2.6m/s
湿度	70%	70%
水温	28 度	24 度

READY STEADY TOKYO の予選(全 2 組)および準決勝(全 1 組)の各レースで 3 着までに入った選手の延べ 9 レース(以下, 世界トップ選手), 同大会に出場した日本代表選手の予選, 準決勝および同選手の日本パラカヌー選手権決勝の計 3 レース(以下, 日本代表選手)の合計 12 レースを分析対象とした. なお, 日本代表選手は READY STEADY TOKYO において準決勝で敗退したため, 世界トップ選手と日本代表選手のデータは重複していなかった.

また, 公認の競技会において撮影を行ったため, 対象者の身長, 体重, 障害の種類や程度等の情報は取得できなかった.

## 2. 映像撮影

75m 地点と 180m 地点の 2 か所からデジタルビデオカメラ(FDR-AX55, SONY 社製)を用いてレース全体が映るようにパンニング撮影を行った. フレームレートは 30 フレーム/秒とした.

続いて, 撮影した映像を映像編集ソフト(Dartfish 8.0Pro, ダートフィッシュ・ジャパン社製)で再生し, コース上に 10m 間隔で設置された各レーンのブイのフィニッシュライン側の頂点を結んだ線を艇の先端が通過したフレームを基準にして, 各区間の所要時間を 1/30 秒単位で読み取った.

## 3. 分析項目

### (1) 艇速度指標

読み取った各区間の所要時間から, 以下の項目を算出した.

#### 1) 艇速度, 最高艇速度, 最低艇速度

以下の式により, 各区間の艇速度を算出した.

なお, 撮影した映像からはスタートの瞬間およびフィニッシュの瞬間が正確に特定できなかったため, 0~10m および 190~200m は分析から除外した. 各選手の最高値および最高値出現以降の最低値をそれぞれ最高艇速度および最低艇速度とした.

$$\text{艇速度} = 10 / \text{区間タイム} [\text{m} / \text{秒}]$$

#### 2) 速度維持率

上記で得られた最高艇速度および最低艇速度から, 以下の式により速度維持率を算出した.

$$\text{速度維持率} = \text{最低艇速度} / \text{最高艇速度} \times 100 [\%]$$

### (2) ストローク変数

スタートからフィニッシュまでに要した総ストローク数を目視で読み取り, 平均ストローク頻度(stroke rate:SR)および平均ストローク距離(distance per stroke:DPS)を以下の式により算出した.

フィニッシュタイムは, 大会 HP に記載された公式結果から 1/1000 秒単位で読み取り記録した.

$$\text{SR} = \text{総ストローク数} / \text{フィニッシュタイム} (\text{秒}) \times 60 [\text{回} / \text{分}]$$

$$\text{DPS} = 200 / \text{総ストローク数} [\text{m}]$$

#### 4. 統計処理

世界トップ選手および日本代表選手の各地点の艇速度, 最高艇速度, 最低艇速度, 速度維持率, SR および DPS はすべて平均値±標準偏差で示した. 日本代表選手のレースが計 3 レースと少なかつたため, 効果量 (Cohen's  $d$ ) を用いて世界トップ選手との比較を行った.  $d < 0.2$  をわずかな効果,  $0.2 \leq d < 0.5$  を効果量小,  $0.5 \leq d < 0.8$  を効果量中,  $0.8 \leq d$  を効果量大とした.

また, 全 12 レースおよび世界トップ選手延べ 9 レースにおけるフィニッシュタイムと低速度指標およびストローク変数との関係を Pearson の積率相関係数 ( $r$ ) を用いて検討した.

統計処理には Microsoft Excel 2016 を用い,  $p < 0.05$  を有意な相関,  $p < 0.10$  を有意な傾向とした.

#### 5. 倫理的配慮

大会主催者から許可を得て, 観客席の許可された位置から映像撮影を行った. すべての映像撮影は競技の進行に支障が出ないように配慮して実施した.

### III. 結果

#### 1. 世界トップ選手と日本代表選手の比較

##### (1) フィニッシュタイム

分析対象としたレースのフィニッシュタイムは, 世界トップ選手  $53.171 \pm 1.113$  秒, 日本代表選手  $56.875 \pm 2.446$  秒であった (表 3).

表 3. 表 3. 世界トップ選手および日本代表選手のフィニッシュタイムおよびストローク変数

	世界トップ選手 ( $n=9$ )	日本代表選手 ( $n=3$ )	効果量 ( $d$ )	効果
フィニッシュタイム (秒)	$53.17 \pm 1.11$	$56.88 \pm 2.45$	1.95	大
最高艇速度 (m/秒)	$4.30 \pm 0.15$	$3.94 \pm 0.05$	-4.55	大
最低艇速度 (m/秒)	$3.55 \pm 0.06$	$3.32 \pm 0.07$	-3.53	大
速度維持率 (%)	$82.57 \pm 2.37$	$84.29 \pm 2.89$	0.65	中
総ストローク数 (回)	$107.00 \pm 9.06$	$104.33 \pm 2.89$	-0.39	小
SR (回/分)	$120.81 \pm 10.60$	$110.12 \pm 1.76$	-1.31	大
DPS (m)	$1.88 \pm 0.15$	$1.92 \pm 0.05$	0.36	小

##### (2) 艇速度指標

###### 1) 各地点の艇速度 (図 1)

世界トップ選手および日本代表選手の艇速度の推移を図 1 に示した. 各地点での艇速度を比較したところ, すべての地点において世界トップ選手の方が高く, その差はすべて効果量大であった ( $d = 0.96 \sim 4.19$ ).

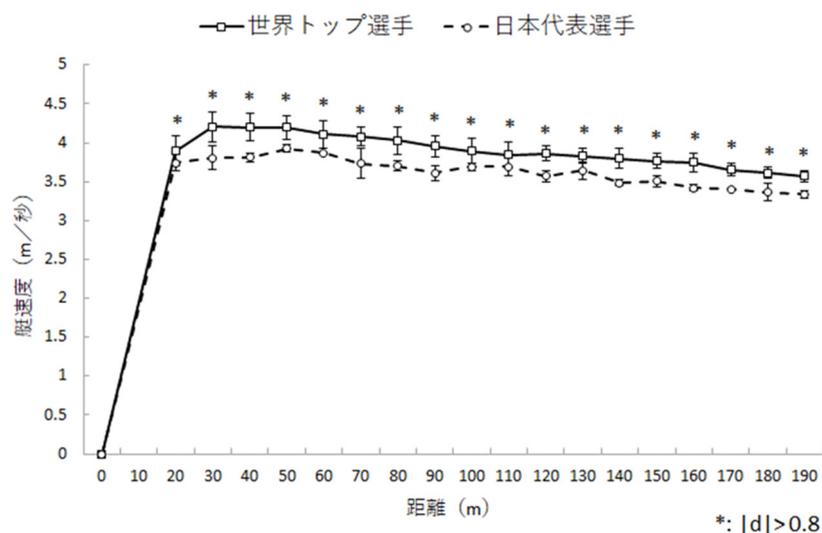


図1. 世界トップ選手および日本代表選手の艇速度の推移

2) 最高艇速度およびその出現地点(表 3)

世界トップ選手および日本代表選手の最高艇速度はそれぞれ  $4.30 \pm 0.15 \text{ m/秒}$  および  $3.94 \pm 0.05 \text{ m/秒}$  であった.  $d=-4.55$  であり, その差は効果量大であった. なお, 最高艇速度出現地点は世界トップ選手  $40.00 \pm 10.00 \text{ m}$ , 日本代表選手  $46.67 \text{ m} \pm 15.28 \text{ m}$  であった.

3) 最低艇速度(表 3)

世界トップ選手および日本代表選手の最低艇速度はそれぞれ  $3.55 \pm 0.06 \text{ m/秒}$  および  $3.32 \pm 0.07 \text{ m/秒}$  であった.  $d=-3.53$  であり, その差は効果量大であった.

4) 速度維持率(表 3)

世界トップ選手および日本代表選手の速度維持率はそれぞれ  $82.57 \pm 0.24\%$  および  $84.29 \pm 2.89\%$  であった.  $d=0.65$  であり, その差は効果量中であった.

5) フィニッシュタイムと艇速度指標の関係(図 2)

対象者全体におけるフィニッシュタイムと最高艇速度および最低艇速度との間に有意な強い負の相関がみられた( $r=-0.78, p<0.05$  および  $r=-0.71, p<0.05$ ). また, 最高艇速度と最低艇速度との間との間に有意な強い正の相関がみられた( $r=0.81, p<0.05$ ). フィニッシュタイムと速度維持率との間には有意な相関はみられなかった( $r=0.50, p=0.10$ ).

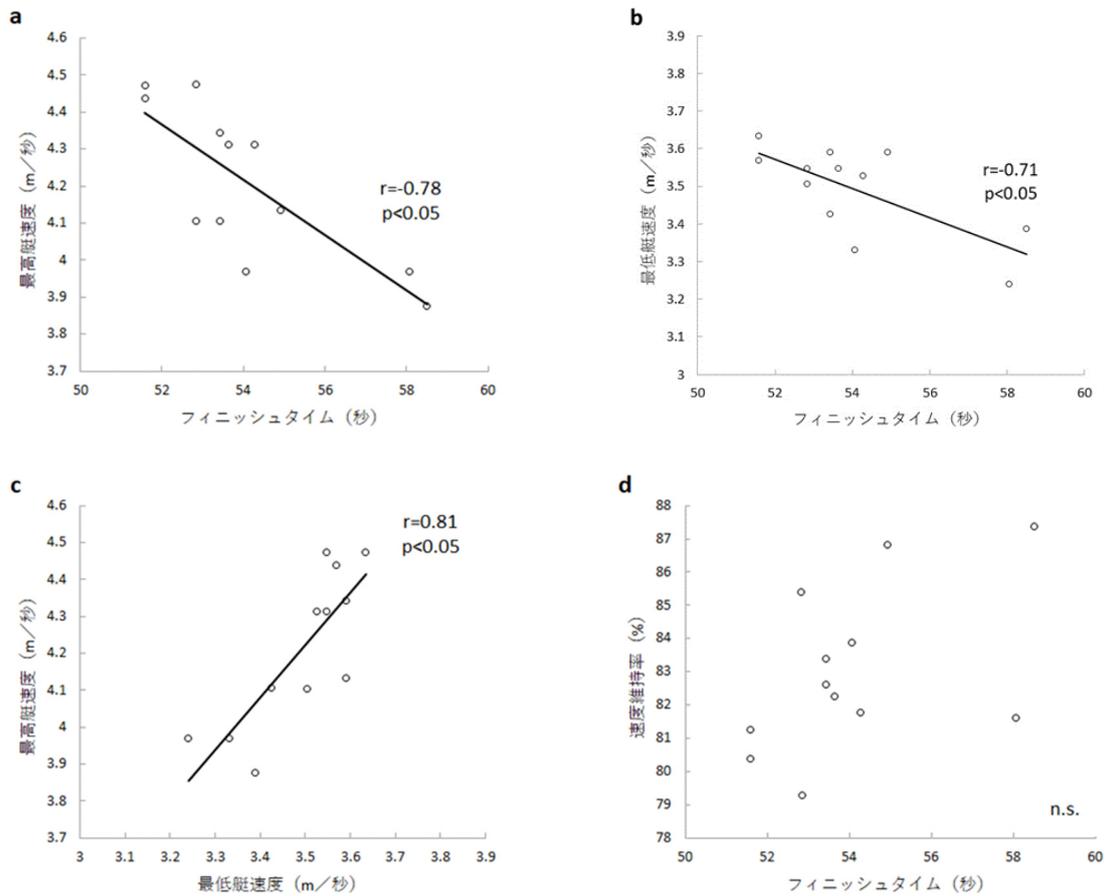


図 2. 対象者全体におけるフィニッシュタイムと最高艇速度の関係:

- a. フィニッシュタイムと最高艇速度, b. フィニッシュタイムと最低艇速度,
- c. 最高艇速度と最低艇速度, d. フィニッシュタイムと速度維持率

### (3) ストローク変数

#### 1) SR(表 3)

世界トップ選手および日本代表選手の SR はそれぞれ  $120.81 \pm 10.60$  回/分および  $110.12 \pm 1.76$  回/分であった。  $d = -1.31$  であり、その差は効果量大であった。

#### 2) DPS(表 3)

世界トップ選手および日本代表選手の DPS はそれぞれ  $1.88 \pm 0.15m$  および  $1.92 \pm 0.05m$  であった。  $d = 0.36$  であり、その差は効果量小であった。

#### 3) フィニッシュタイムとストローク変数の関係(図 3)

対象者全体におけるフィニッシュタイムと SR の間には中程度の負の相関の傾向がみられた ( $r = -0.51$ ,  $p = 0.09$ )。 フィニッシュタイムと DPS の間には有意な相関はみられなかった ( $r = 0.08$ ,  $p = 0.82$ )。

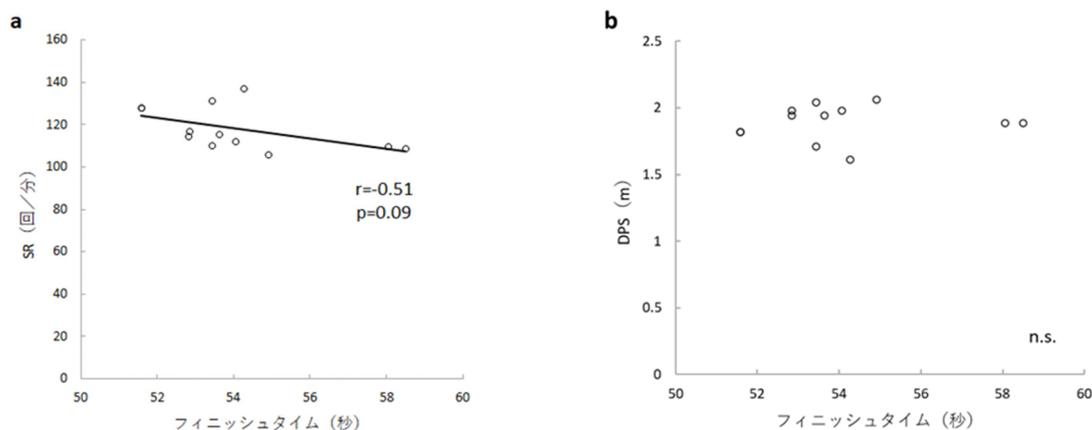


図 3. 対象者全体におけるフィニッシュタイムとストローク変数の関係：  
 a. フィニッシュタイムとSR, b. フィニッシュタイムとDPS

## 2. 世界トップ選手におけるフィニッシュタイムと各分析項目との関係

### (1) フィニッシュタイムと艇速度指標の関係 (図 4)

世界トップ選手におけるフィニッシュタイムと最高艇速度の間に有意な中程度の負の相関 ( $r = -0.59$ ,  $p < 0.05$ ), フィニッシュタイムと速度維持率の間および最高艇速度と最低艇速度の間に有意な中程度の正の相関がみられた ( $r = 0.59$ ,  $p < 0.05$  および  $r = 0.61$ ,  $p < 0.05$ ). フィニッシュタイムと最低艇速度の間には有意な相関はみられなかった ( $r = -0.24$ ,  $p = 0.46$ ).

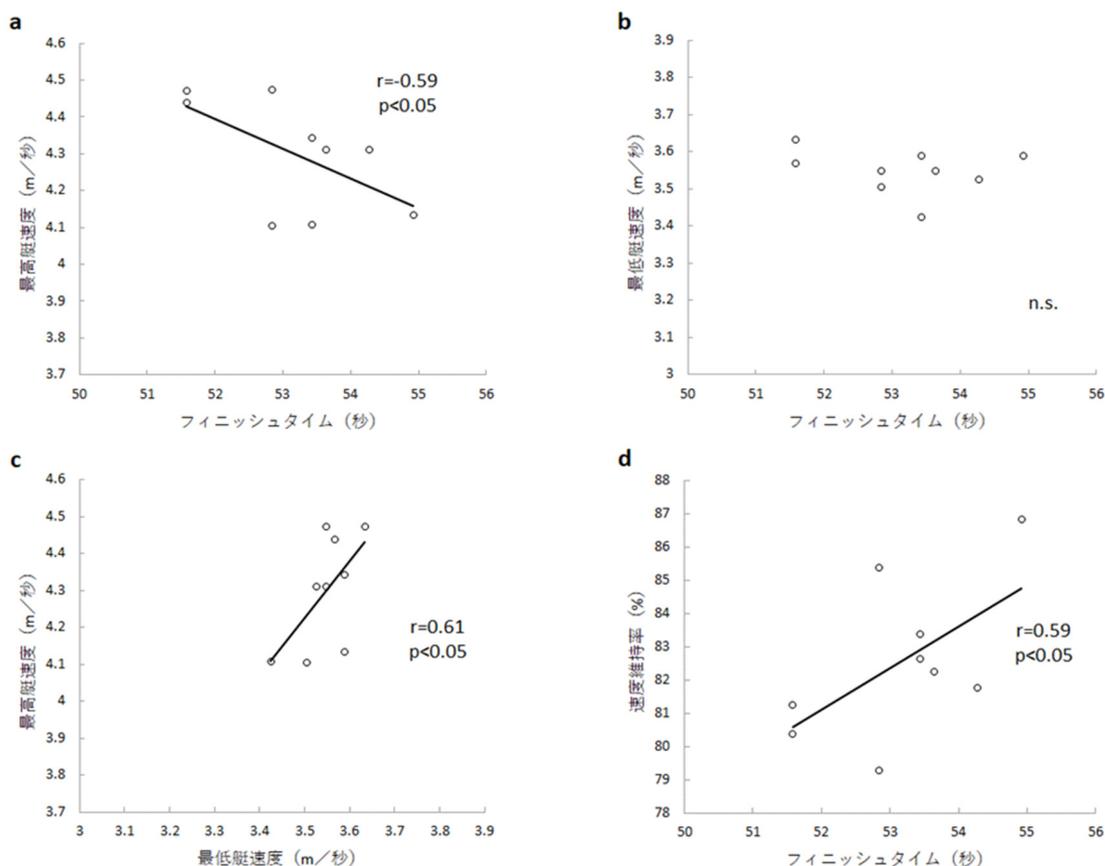


図 4. 世界トップ選手におけるフィニッシュタイムと艇速度指標の関係：  
 a. フィニッシュタイムと最高艇速度, b. フィニッシュタイムと最低艇速度,  
 c. 最高艇速度と最低艇速度, d. フィニッシュタイムと速度維持率

(2) フィニッシュタイムとストローク変数の関係(図 5)

世界トップ選手におけるフィニッシュタイムと SR および DPS の間には有意な相関はみられなかった ( $r=-0.32, p=0.31$  および  $r=0.14, p=0.66$ ).

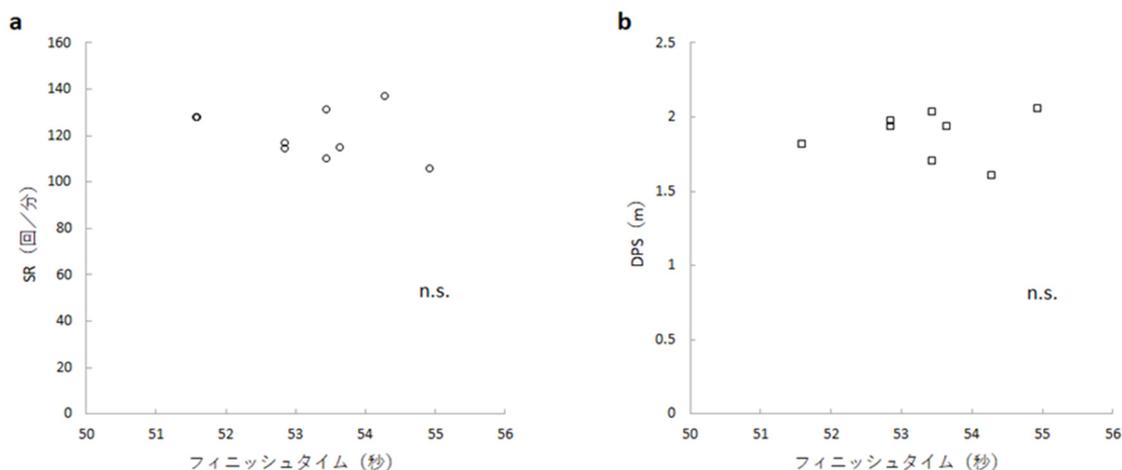


図 5. 世界トップ選手におけるフィニッシュタイムとストローク変数の関係:

a. フィニッシュタイムと SR, b. フィニッシュタイムと DPS

IV. 考察

本研究は, WKL3 における艇速度およびストローク変数を比較することにより世界トップ選手との日本代表選手との違いを明らかにすること, さらに, 世界トップ選手におけるフィニッシュタイムと艇速度やストローク変数との関係を検討することで, 競技力向上のための知見を得ることを目的とした.

水上競技であるカヌースプリントでは, 風速がフィニッシュタイムに影響すると考えられる. 本研究で対象とした 2 大会における水上のコンディションは表 2 の通りであり, 風向きは 2 日とも同じで, 風速も 2.0 m/s および 2.6 m/s と大きな差はなかった. 中村ほか(2013)はカナディアンシングル 200m の競技会における風速 5.0~6.5 m/s の範囲でのレース, 森ほか(2018)はカヤックシングル 500m における 0.6~1.0 m/s の範囲でのタイムトライアルで艇速度やストローク変数の比較を行っている. 本研究の風速の範囲においても, 風によるパフォーマンスへの影響は小さく, レース間の比較を行うことに問題はないと考えられる.

1. 世界トップ選手と日本代表選手の艇速度指標の比較, フィニッシュタイムと艇速度指標の関係

艇速度は, 世界トップ選手, 日本代表選手ともにスタート後 40~50m で最高艇速度に達し, フィニッシュに向かって徐々に低下していた. 健常者の男子カヤックシングル 200m および男女カヤックシングル 500m において, 艇速度はフィニッシュに向けて低下していくこと(Picket et al., 2021; 池田ほか, 2009), 男子カヤックシングル 200m における最高艇速度出現地点は 40~60m であること(Picket et al., 2021)が報告されており, WKL3 においても健常者と同様の推移を示した. WKL3 の選手は下肢の欠損や機能障害を有するが, 上肢, 体幹に加え, 機能が残存している下肢の一部も使うことができるため,

パラカヌー選手の中では最も健常者に近い動作やエネルギー産生が可能であると考えられる。そのため、健常者と同じように、スタート直後に加速して最高艇速度に達し、その後は徐々に減速しながらフィニッシュへ向かうという推移になったと考えられる。

レース全体を通じた艇速度は、最高艇速度および最低艇速度を含むすべての区間において世界トップ選手の方が日本代表選手より高く、その差の効果量も大きかった。対象者全体のフィニッシュタイムと最高艇速度との間には有意な負の相関がみられ、男子カヤックシングル 200m を対象に GPS を用いて速度の推移を検討した Picket et al. (2021) の研究と一致する結果となった。また、フィニッシュタイムと最低艇速度との間に有意な負の相関、最高艇速度と最低艇速度の間に有意な正の相関がみられ、WKL3 において高いパフォーマンスを発揮した選手は高い最高艇速度を獲得しているとともに最低艇速度も高く、最高艇速度が高い選手ほど最低艇速度も高いことが明らかになった。

速度維持率は日本代表選手の方が世界トップ選手よりも高かったが、その差の効果量は中であり、フィニッシュタイムと速度維持率の間には有意な相関はみられなかった。Picket et al. (2021) が対象とした男子カヤックシングル 200m のタイムトライアルにおける速度維持率は 86% で、エリート選手における適切な範囲は 84~88% である可能性を報告している。日本代表選手の速度維持率は世界トップ選手よりもやや高いものの、Picket et al. (2021) の示した範囲に収まっていた。一方で、世界トップ選手の速度維持率は前述の範囲をわずかながら下回っていた。Picket et al. (2021) は、男子カヤックシングル 200m における加速や最高艇速度は選手間の差が大きいが、速度維持率は選手間の差が小さいことも報告しており、高いパフォーマンスの発揮には最高艇速度の向上の方が重要である可能性を示唆している。パラカヌー選手の中では最も健常者に近い動作が可能であると考えられる WKL3 においても、健常者と同様に、速度維持率の改善よりも高い最高艇速度の獲得が重要である可能性がある。

また、WKL3 の選手は下肢に障害があるため、下肢の大筋群によるエネルギー産生が健常者よりも少ない可能性や、同じ障害の種別であっても選手間で残存機能が異なる可能性が考えられる。これらの違いは速度維持率に影響し得ると考えられるが、本研究の結果からは速度維持率に関わる要因を特定することはできない。今後は、上肢および体幹の能力や残存機能の違いが艇速度に及ぼす影響について明らかにする取り組みが必要であろう。

## 2. 世界トップ選手におけるフィニッシュタイムと艇速度指標の関係

世界トップ選手においても、フィニッシュタイムと最高艇速度の間に有意な負の相関、最高艇速度と最低艇速度の間に有意な正の相関がみられた。一方、対象者全体で見た場合とは異なり、フィニッシュタイムと最低艇速度の間には有意な相関はみられず、フィニッシュタイムと速度維持率の間には正の相関がみられた。つまり、速い選手ほど最高艇速度が高いが、最低艇速度は選手間の差が小さく、結果として速い選手ほど速度低下率が大きくなったということになる。フィニッシュタイムと速度維持率の関係については、日本代表選手を含んだ場合においても  $p=0.10$  と有意水準に近い値を示しており、対象者数を増やして広い競技レベルのパフォーマンスについて検討すれば有意な正の相関となるかもしれない。

前述の通り、下肢に障害のある WKL3 の選手は下肢の大筋群によるエネルギー産生が健常者よりも少なく、相対的に上肢と体幹の占める貢献の割合が大きくなる可能性がある。上肢と体幹の筋力やパ

ワー発揮に優れ大きなエネルギー産生が可能な選手は高い最高艇速度を獲得できるものの、レース終盤に上肢と体幹の筋群によるエネルギー産生が減少すると、艇速度の低下が大きくなるかもしれない。Picket et al.(2021)は、男子カヤックシングル 200m 速度維持率は選手間の差が小さいと報告しているが、WKL3 においては、障害の種類や程度によって速度維持率の個人差が健常者よりも大きい可能性がある。

また、本研究で対象とした世界トップ選手のレースは予選および準決勝であり、着順で次のラウンドへの通過が決まるレースであった。余裕を持って次のラウンドに進める状況だった場合、対象とした全ての選手が最後まで全力で漕いでいなかった可能性もあり、レース展開が速度維持率に影響したかもしれない。

本研究の結果からは速度維持率に影響する要因までは明らかにできないが、フィニッシュタイムと最高艇速度の間に有意な負の相関がみられたことは健常者と同様であり(Picket et al., 2021), WKL3 においても最高艇速度を高めることは重要であると考えられる。

### 3. 世界トップ選手と日本代表選手のストローク変数の比較およびフィニッシュタイムとストローク変数の関係

SR は世界トップ選手が日本代表選手より高く、差の効果量も大きかった。一方で、DPS は日本代表選手の方が大きかったものの、差の効果量は小さかった。また、対象者全体のフィニッシュタイムとSRとの間には負の相関の傾向がみられたが、DPS との間には有意な相関はみられなかった。健常者を対象とした先行研究においても、日本代表選手とその他の選手の間には SR には有意な差があるものの DPS には差がなかったこと(野口ほか, 2019), 男子カヤックシングル 200m のフィニッシュタイムとSRに有意な負の相関がみられたこと(Picket et al., 2021), 男女カヤックシングルおよび男子カナディアンシングルの各地点の艇速度と SR の間に有意な正の相関がみられたこと(池田ほか, 2009; 中村ほか, 2013)が報告されており、カヌースプリントにおける高いパフォーマンスの獲得には高い SR が重要であると考えられている。本研究の結果は健常者を対象とした上記の先行研究と一致するものであり、日本代表選手が高い艇速度を獲得するためにはSRを高めることが重要である可能性がある。

### 4. 世界トップ選手におけるフィニッシュタイムとストローク変数の関係

世界トップ選手においては、SR と DPS のいずれもフィニッシュタイムとの間に有意な関係を示さなかった。本研究で対象とした世界トップ選手のフィニッシュタイムは51~55秒の間に収まっており、競技レベルの幅が小さかったことから、フィニッシュタイムとストローク変数の間に有意な相関がみられなかった可能性がある。また、前述の通り、日本代表選手を含めた対象者全体ではフィニッシュタイムとSRの間には負の相関の傾向がみられ、世界トップ選手と日本代表選手のSRの差の効果量は大きかった。日本代表選手のフィニッシュタイムは54~58秒であり、外れ値として統計的に影響を与えた可能性がある。今後、対象者数を増やして幅広い競技レベルにおけるデータを収集することで、健常者と同様に高いパフォーマンス発揮のためにSRが重要なかどうかを明らかにすることができるかもしれない。

## 5. 日本代表選手が東京パラリンピックに出場するためのトレーニング方策

本研究の対象者である日本代表選手が東京パラリンピックの出場権を獲得するためには、今よりも高い艇速度を獲得する必要がある。健常者の大学生男子カヤック選手においては、最大酸素摂取量やウィングテストによって測定した無酸素性持久力のみならず、ベンチプレスの 3RM や握力といった筋力が 200m のフィニッシュタイムと有意な相関を示したことが報告されている (Pickett et al., 2018)。KL3 に分類される選手の障害は下肢の切断等による欠損や機能障害であり、体幹や上肢を使うことは可能である。短時間で大きな力を発揮して高い艇速度を獲得するためには、上肢のストレングストレーニングは必要不可欠であろう。また、高強度インターバルトレーニング (high intensity interval training: HIIT) により、200m のタイムやウィングテストにおける最大および平均パワーが向上したという報告がなされており (Papandreou et al., 2020; Sheykhlovand et al., 2016)、高いパワー発揮をレース終盤まで維持するための無酸素性および有酸素性能力の向上も望まれる。トレーニング介入によるパフォーマンスの向上に伴うストローク変数の変化についての報告は、健常者、パラカヌーともに著者の知る限り見当たらず、今後の研究が待たれるところではあるが、レースを通じて高い艇速度を維持するため、計画的なストレングストレーニングおよび HIIT を含めた持久系トレーニングを実施し、上肢の筋力やパワー、無酸素性および有酸素性の持久力を向上させていくことが重要である。

## 6. 本研究の限界点

本研究は、日本代表選手の医科学サポート活動の一環として公認の競技会にて映像撮影を行ったため、いくつかの限界点が挙げられる。

一つ目は、カメラの台数に制約があった点である。健常者を対象に公認の競技会で映像撮影を行った先行研究の多くは固定カメラを設置して艇速度の分析を行っている (池田ほか, 2009; 中村ほか, 2013) が、本研究では、選手からの要望によりレース全体を撮影する必要があり、用意できるカメラ台数の制約から多くの区間に固定カメラを設置することができなかった。そのため、パンニング撮影した映像でのレース全体の分析となった。今後、公認の競技会においてレース分析を行う場合は、カメラとスタッフを増やして選手に提供する映像と分析用の映像を別々に撮影する等の工夫や準備が必要かもしれない。

二つ目は、各区間のストローク変数を読み取ることができなかった点である。主催者から許可された撮影位置は高さが水面に近く、速度の推移が似た選手が隣り合ったレーンにいた場合、奥のレーンの選手は手前の選手に隠れてしまうためパドルの入水タイミングが特定できず、データの欠損が多くなった。そのため、ストローク変数に関する分析は総ストローク数から算出したレース全体の平均値を用いた。今後は、主催者との調整の上、詳細なデータ分析が可能な位置から映像撮影を行うことが必要となるだろう。また、Brown et al. (2011) は世界選手権等の競技会においてあらかじめ撮影するレーンを限定してカメラを設置することでストローク頻度やパドルの水中期と空中期の割合等を分析していることから、あらかじめ有力な選手を狙ってデータ収集を行うことも有効かもしれない。公認の競技会においてレースの局面ごとに詳細なストローク変数が分析できれば、各局面で SR と DPS のどちらがより重要か明らかにしたり、トレーニング介入によるストローク変数の変化を明らかにしたりする等、競技力向上にさらに貢献できる知見が得られるかもしれない。

## V. 結論

本研究は、WKL3 において世界トップ選手と日本代表選手の艇速度およびストローク変数の違いを明らかにすることを目的として、公認の競技会で撮影した映像からレース分析を行った。対象者全体をみると、フィニッシュタイムは最高艇速度および最低艇速度との間に有意な負の相関、SR との間に負の相関の傾向がみられた。また、スタートから最高艇速度に到達した後、徐々に減速していくという艇速度の変化の仕方は健常者と同様であったが、速度維持率はわずかに低かった。また、日本代表選手は世界トップ選手と比較して最高艇速度、最低艇速度を含むレースを通じた艇速度および SR が低かったが、速度維持率はやや高く、DPS には大きな差はみられなかった。WKL3 において、日本代表選手が東京パラリンピックに出場するためには、最高艇速度および最低艇速度を向上させる必要があることが示され、そのためには SR を高める必要がある可能性が示された。

## VI. 参考文献

- ・ Brown, B. M., Lauder, M., Dyson, R. (2011) Notational analysis of sprint kayaking: Differentiating between ability levels. *International Journal of Analysis in Sport*. 11(1): 171-183.
- ・ Goreham, A. J., Landry, C. S., Kozey, W. J., Smith, B., Ladouceur, M. (2020) Using principal component analysis to investigate pacing strategies in elite international canoe kayak sprint races. *Journal of Sports Science*. Publish ahead of print. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1806348>
- ・ 池田達昭, 澁谷頭一, 大岩奈青, 松尾彰文 (2009) 日本人カヌー選手のレースパフォーマンスの実態および 北京オリンピックへ向けたレース戦略の目標. *Japanese Journal of Elite Sports Support*. 2: 1-11.
- ・ 一般社団法人日本障害者カヌー協会 (2019) ICF より 2020 東京パラリンピック出場枠獲得のお知らせが届きました. 日本障害者カヌー協会 HP . <https://www.japan-paracha.org/2019/09/04/icf%E3%82%88%E3%82%8A2020%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E3%83%91%E3%83%A9%E3%83%AA%E3%83%B3%E3%83%94%E3%83%83%E3%82%AF%E5%87%BA%E5%A0%B4%E6%9E%A0%E7%8D%B2%E5%BE%97%E3%81%AE%E3%81%8A%E7%9F%A5%E3%82%89%E3%81%9B%E3%81%8C%E5%B1%8A%E3%81%8D%E3%81%BE%E3%81%97%E3%81%9F/> (2021 年 1 月 21 日閲覧)
- ・ 公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会 (2020) カヌー(スプリント)競技紹介. 東京 2020 パラリンピック競技大会公式ウェブサイト <https://tokyo2020.org/ja/paralympics/sports/canoe-sprint/> (2021 年 1 月 21 日閲覧)
- ・ McDonnell, K. L., Hume, A. P., Nolte, V. (2013) Place time consistency and stroke rates required for success in K1 200-m sprint kayaking elite competition. *International Journal of Analysis in Sport*. 13(1): 38-50.

- ・ 森寿久, 和田政也, 栢木駿, 中村夏実, 山本正嘉(2018)高校生カヌースプリント選手の漕記録とストローク特性の縦断的变化～漕記録の向上に伴うストローク頻度とストローク距離の相互関係の変化に着目して～. *スポーツトレーニング科学*. 19:23-34.
- ・ 中村夏実, 石井泰光, 本間洋樹, 松下雅雄, 山本正嘉(2013)カヌースプリント日本選手権大会・男子カナディアンシングルレースにおける 1 ストローク推進距離とストローク頻度の特徴. *コーチング学研究*. 27(1): 77-88.
- ・ 野口雄慶, 横谷智久, 杉浦宏季, 野尻奈央子(2019)カヌースプリント競技カヤック種目におけるレース分析 日本人男子選手の 200m 種目を対象に. *日本体育学会大会予稿集*. 70: 229.
- ・ Papandreou, A., Philippou, A., Zacharogiannis, E., Maridaki, M. (2020) Physiological adaptations to high-intensity interval and continuous training in kayak athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 34(8): 2258-2266.
- ・ Picket, C. W., Nosaka, K., Zois, J., Hopkins, W. G., Blazeovich, A. J. (2018) Maximal upper-body strength and oxygen uptake are associated with performance in high-level 200-m sprint kayakers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 32(11): 3186-3192.
- ・ Picket, C. W., Abbiss, C., Zois, J., Blazeovich, A. J. (2021) Pacing and stroke kinematics in 200-m kayak racing. *Journal of Sports Sciences*. 39(10): 1096-1104.
- ・ Sheykhlovand, M., Khalili, E., Agha-Alinejad, H., Gharaat, M. (2016) Hormonal and physiological adaptations to high-intensity interval training in professional male canoe polo athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 30(3): 859-866.