

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

中村夏実¹⁾ 石井泰光¹⁾ 本間洋樹²⁾ 松下雅雄¹⁾ 山本正嘉¹⁾

Distance per stroke and stroke ratio in men's canoe single races on Japan canoe-sprint championship competition

Nastumi Nakamura¹⁾, Yasumitsu Ishii¹⁾, Hiroki Honma²⁾, Masao Matsushita¹⁾ and Masayoshi Yamamoto²⁾

Abstract

Success in competitive canoe sprint racing is achieved by taking the shortest time to complete each distance course. This time is dependent on the average speed of the boat, and the average speed is determined by the product of the distance per stroke (DPS) and the stroke ratio (SR). The purpose of this study was to investigate the DPS and SR during men's canoe single (C1) races (200, 500, 1000m) in the All Japan International Canoe Sprint Championship.

The average boat velocity (BV), DPS and SR were determined by recordings using 3 cameras installed at the initial, middle and final section (each section is 25 m) of each race. The subjects were 18 male paddlers, who are finalists of Final A (9 paddlers from 1st place to 9th place) and Final B (9 paddlers from 10th place to 18th place).

The BV was significantly higher in Final A than in Final B over all race distances. The SR of each section was significantly higher in Final A than in Final B, but the DPS was not significantly different in most of the race distances. The correlation between BV and SR was significant, although the correlation between BV and DPS was not significant in all of the race distances.

These results suggest that SR influences BV as a race strategy in C1 races. In addition, DPS in Final A tended to not be long length as a result of high SR.

Key words: カナディアンシングル (C1), 1ストローク推進距離 (DPS), ストローク頻度 (SR), 艇速度, カヌースプリント

1. 緒言

カヌースプリント競技は、水上において200m, 500m, 1000mの直線距離の到達時間(平均速度)を競う競技である。種目は、水に浮かべた艇上で長座位姿勢を保ち、両側に水掻き面のついたパドルを用いて艇の左右を交互に漕ぐカヤックと、片膝立ち姿勢を保ち、水掻き面が片側についたパドルを用いて、艇の片側だけを漕ぐカナディアン¹⁾の2種目が存在する。いずれも、パドルを介して上肢の回転運動により発揮される力を艇に加え、艇の推進力を得る運動である。

カヤックもカナディアンも、オールを用いて艇を漕

ぎ水上で一定距離の到達時間を競うボート競技と、動作形態は異なるが、同じ循環型運動であると位置づけられる。このような循環型の運動である場合、それぞれの競漕距離の到達時間は、1漕ぎ(ストローク)の推進距離(DPS; distance per stroke)とストローク頻度(SR; stroke ratio)の積で決定される(Schneider and Hasuser, 1981; Dal Monte et al., 1989)。ところが、DPSとSRの間には二律背反の関係があり、一方を増大させると一方は低下することになる。したがって、両者をそれぞれの程度重要視するかは、レース戦略を考えるうえで極めて重要であると考えられるが、それらの研究は少ない。

1) 鹿屋体育大学

Faculty of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

2) 鹿屋体育大学大学院

Graduate School of Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

カヌースプリント競技を対象とした先行研究では、カヤックの男女ジュニア選手を対象として1000mシミュレーションレースを実施し、男子選手の艇速度が有意に高値であるのに対し、SRは男女間で差がなく、DPSに有意差があることを報告した研究 (Alacid et al., 2010) や、日本人国内一流選手における500mおよび1000mレース中のDPSとSRを検討して、国際大会で競うための目安となるDPSとSRの推定値を提案した研究 (池田ほか, 2009) などがある。このようにDPSとSRの特徴を分析検討することは、実際のレース戦略やトレーニングを考えるうえで、大変有効な手がかりになると考えられる。しかしながら競技成績に対してDPSとSRがどのように貢献しているかについて言及した報告はなく、特にカナディアン種目においては、DPSとSRに関する研究報告は見当たらない。

そこで本研究では、実際の国内レースにおいて、カナディアン選手のDPSとSRの特徴を分析し、競技成績との関連性を検討することで、国内一流カナディアン選手のDPSとSRの特徴を明らかにし、DPSとSRからみたレース戦略を検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象レースと対象者

分析の対象とした大会は、平成22年度または平成23年度に石川県小松市木場潟カヌー競技場で開催された日本カヌースプリント選手権大会 (以下、日本選手権) であった。対象種目は、カナディアンシングル200m, 500m, 1000mの3種目とした。また各種目のA決勝 (1位~9位決定戦) 進出者9名 (以下; AF群) とB決勝 (10位~18位決定戦) 進出者9名 (以下BF群) を分析の対象者とした。なお、200mレースのAF群においては、レース中盤で失速し、レースを放棄したと思われる選手が1名いたため、8名を分析の対象とした。

2. レースコースとSRおよびDPS分析のためのカメラの設置位置

カヌースプリントにおけるレースでは、一切の計測機器を搭載して出漕することが、レース規則上許されていない。このため、加速度計やGPSを搭載して、艇の加速度や速度をなどの情報を収集し、DPSやSRを分析することは困難である。そこで本研究では、ビデオカメラを用いてレース中のパドル動作を撮影し、得られた映像から艇速度やDPSおよびSRを分析する

こととした。レースコースは、北東位から南西位に向かって設置された9レーンの直線コースであり、1レーンの幅が9mであった。

撮影には、3台のビデオカメラ (DSR-PD150; Sony社製, 30フレーム) を用いた。撮影位置は、レースの妨げとならない範囲でカメラの設置可能であった。各レース距離の序盤、中盤、終盤に相当する、コース脇の任意の3区間 (200mレース; 序盤50-75m, 中盤100-125m, 終盤150-175m, 500mレース; 序盤75-100m・中盤250-275m・終盤450-475m, 1000mレース; 序盤250-275m・中盤525-550m・終盤950-975m) とした。ビデオカメラの画角は、コース上に設置されている25mのブイ間隔を基準として、各区間の25mの9レーンすべてが撮影できるように調整し、レースを側方から撮影することとした (図1)。

3. 艇速度・SR・DPSの算出方法

各距離のレースにおける平均艇速度は、公式記録を参照し、所要タイムからそれぞれ平均艇速度を算出し、これを競技成績とした。

レースにおける各区間の平均艇速度・SR・平均DPSの算出方法は、先行研究 (池田ほか, 2009, p2) にならって、撮影された映像から25m区間の通過に要した時間 (s, 以下t1), および5ストロークに要した時間 (s, t2) を計時し、その結果から、各区間の平均艇速度 (m/s), 1分間当たりの平均ストローク頻度 (strokes \cdot min⁻¹, 以下SR: stroke ratio) およびストローク長 (1ストロークあたりの艇の平均推進距離, m, 以下DPS: distance per stroke) を算出した。なお、映像の分析には、画像編集ソフトSilicon Coach Pro7 (Silicon coach社製, NZL) を用いた。

$$\text{区間平均艇速度} = 25/t1$$

$$\text{区間SR} = 60/(t2/5)$$

$$\text{区間平均DPS} = \text{艇速度} \times (60/\text{SR})$$

4. 風向風速の測定

カヌースプリント競技は、河川など水上環境で行われるため、レースタイムは、実施される河川の状況、レース時の風向風速などで大きく変化する。これらの影響を完全に回避することはできないが、対象としたレース時の自然環境的な差異の有無を把握するため、各区間撮影地点での風向風速をレースごとに記録した。なお風向は、支持棒に紐を取り付けた風見と方位計 (アイリス100, プラスチモ社製, FRA) によって計測し、風速の計測には、Kestral4000 (Nielsen

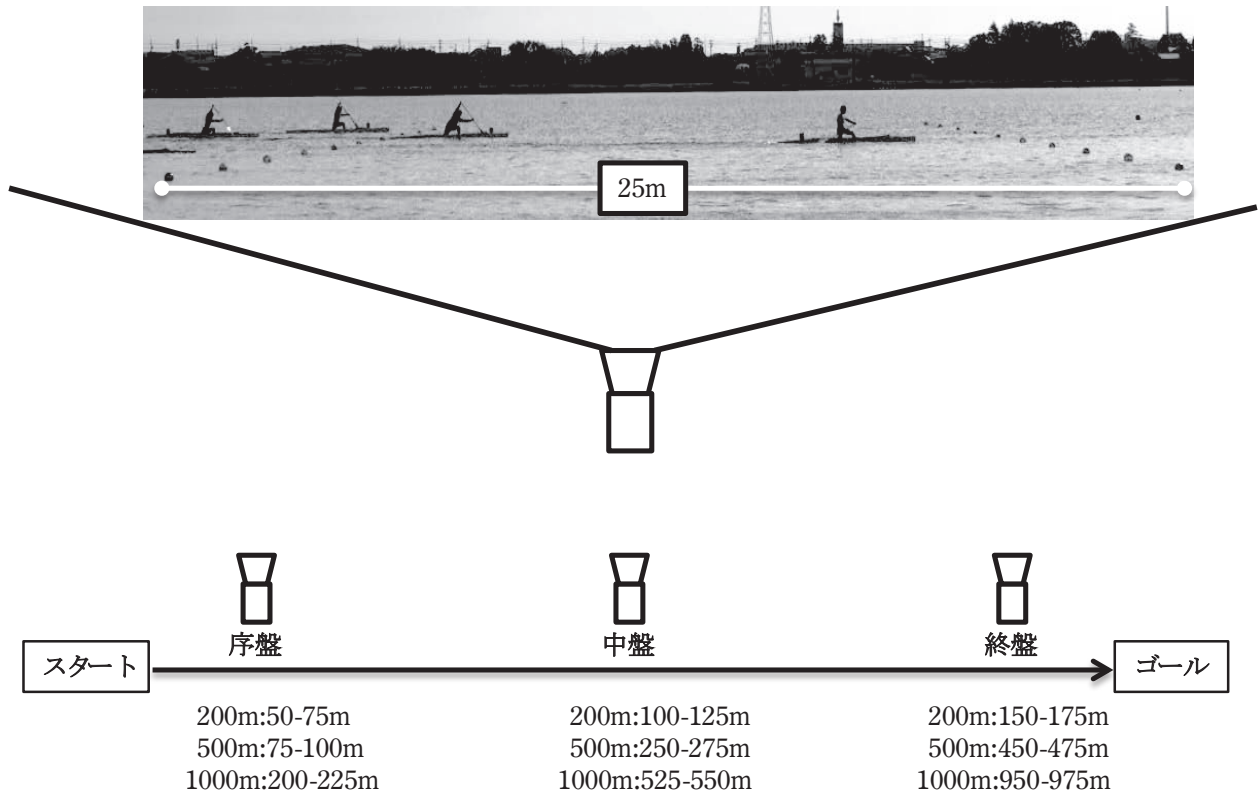


図1 ビデオカメラの画角と設置位置

Kellerman社製, USA) を用いた。

5. 統計処理

得られた測定値は、主として平均値±標準偏差で示した。各レース距離において、各区間の艇速度、DPS, SRにおける平均値の差の検定には、二元配置分散分析を実施し、F値が有意であった場合には、その後の検定にScheffe法を用いた多重比較を行った。また、AF群とBF群における平均値の差の検定には、対応のないt検定を用いた。

各測定項目間の相関関係の検定には、ピアソンの積率相関係数を用いた。なお、回帰直線は、全選手を対象とした相関関係の検定結果のみを示した。

いずれの場合も統計的有意水準は危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. レース時の自然環境

200m, 500m, 1000mレースは、それぞれ異なる日時に実施されており、それぞれのレース時の風向や風速は異なっていた。500mレース時は微風であったが、

200mおよび1000mレース時ではやや強めの風が吹くコースコンディションであり、レースコースの進行方向に対する風向は、200mレースでは右前方向からの向かい風、1000mレース時は、やや左方向からの追い風傾向であった。ただし、同一距離レースのA決勝とB決勝時の風向風速は、ほぼ同様であった(表1)。

2. レース成績

表1には、200m, 500m, 1000mの公式レース記録を、所要タイムと艇速度で整理し、AF群とBF群の平均値±標準偏差で示した。200m, 500m, 1000mともに、平均艇速度はAF群がBF群に比較して有意な高値を示した。

3. 200m・500m・1000mレースの各区間における平均艇速度・SR・DPS

図2には、各レース距離(200m, 500m, 1000m)における平均艇速度(図2-a,b,c), SR(図2-a',b',c'), DPS(図2-a'',b'',c'')を、AF群とBF群の比較で示した。

1) 200mレースにおける平均艇速度, SR, DPS

200mレースにおける艇速度(図2-a)は、レース序

表1 A決勝およびB決勝のレース公式記録

	n	風向 風速 ($m \cdot s^{-1}$)	公式記録 (分, 秒)	平均艇速度 ($m \cdot s^{-1}$)	
200m					
A決勝	8	NW6.0~6.5	53秒788 ±2秒343	3.72±0.16	**
B決勝	9	NW5.0~6.0	57秒147 ±2秒089	3.50±0.13	
500m					
A決勝	9	NW2.0~2.5	2分12秒975 ±5秒767	3.77±0.16	*
B決勝	9	NW2.5~3.5	2分18秒211 ±3秒008	3.62±0.08	
1000m					
A決勝	9	NE4.0~5.0	4分40秒881 ±7秒600	3.56±0.10	*
B決勝	9	NE4.0~5.0	4分49秒839 ±3秒008	3.45±0.08	

* ; $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ でA決勝とB決勝の平均値間に有意差あり

盤および終盤では、AF群とBF群の間に有意な差異は認められず、中盤においてAF群が有意な高値を示した。また3区間の平均艇速度の変化は、AF群における終盤で、序盤および中盤に比較して低値を示す傾向がみられたが、両群ともに統計的有意差は認められなかった。

SR (図2-a') は、すべての区間において、AF群がBF群に比較して有意な高値を示した。また、AF群のSRは、序盤 $70.4 \pm 7.7 \text{ strokes} \cdot \text{min}^{-1}$ 、中盤 $68.5 \pm 4.7 \text{ strokes} \cdot \text{min}^{-1}$ 、終盤 $67.5 \pm 5.4 \text{ strokes} \cdot \text{min}^{-1}$ であって、他の距離レース距離に比較して最も高い値を示した。なお、3区間のSRは、両群ともに有意な変化は認められなかった。

DPS (図2-a'') は、すべての区間において、AF群がBF群に比較して低値を示す傾向があり、終盤では、両群間で有意な差異が認められた。3区間におけるDPSには、両群ともに有意な変化は認められなかった。

2) 500mレースにおける平均艇速度, SR, DPS

500mレースにおける艇速度 (図2-b) は、レース序盤および中盤では、AF群とBF群の間に有意な差異は認められなかったが、終盤においてAF群が有意な高値を示した。また3区間における平均艇速度は、両群ともに序盤に比較して中盤および終盤で有意な低下を示した。

SR (図2-b') は、すべての区間において、AF群がBF群に比較して高値を示す傾向がみられ、序盤と終

盤では統計的有意差が認められた。3区間のSRは、AF群において、序盤に比較して中盤および終盤で有意な低値を示したが、BF群では顕著な変化は認められなかった。

DPS (図2-b'') は、序盤において、AF群がBF群に比較して有意な低値を示したが、中盤および終盤ではほぼ同様の値を示し、両群間で有意な差異は認められなかった。3区間のDPSは、AF群では顕著な変化は見られなかったが、BF群において、序盤に比較して終盤で有意な低値を示した。

3) 1000mレースにおける平均艇速度, SR, DPS

1000mレースにおけるレース序盤の艇速度 (図2-c) には、両群間で有意な差異は認められなかったが、中盤および終盤の艇速度は、AF群が有意な高値を示した。また3区間における平均艇速度は、AF群では有意な変化は見られなかったが、BF群では、中盤および終盤が序盤に比較して有意な低下を示した。

SR (図2-c') は、序盤においては、艇速度と同様にAF群とBF群で有意な差異はみられなかった。しかしながら、中盤および終盤では、AF群がBF群に比較して有意な高値を示した。3区間のSRには、両群ともに顕著な変化はみられなかった。

DPS (図2-c'') は、AF群およびBF群との比較において、いずれの区間でも有意な差異は認められず、3区間の比較においても両群ともに顕著な変化はみられなかった。

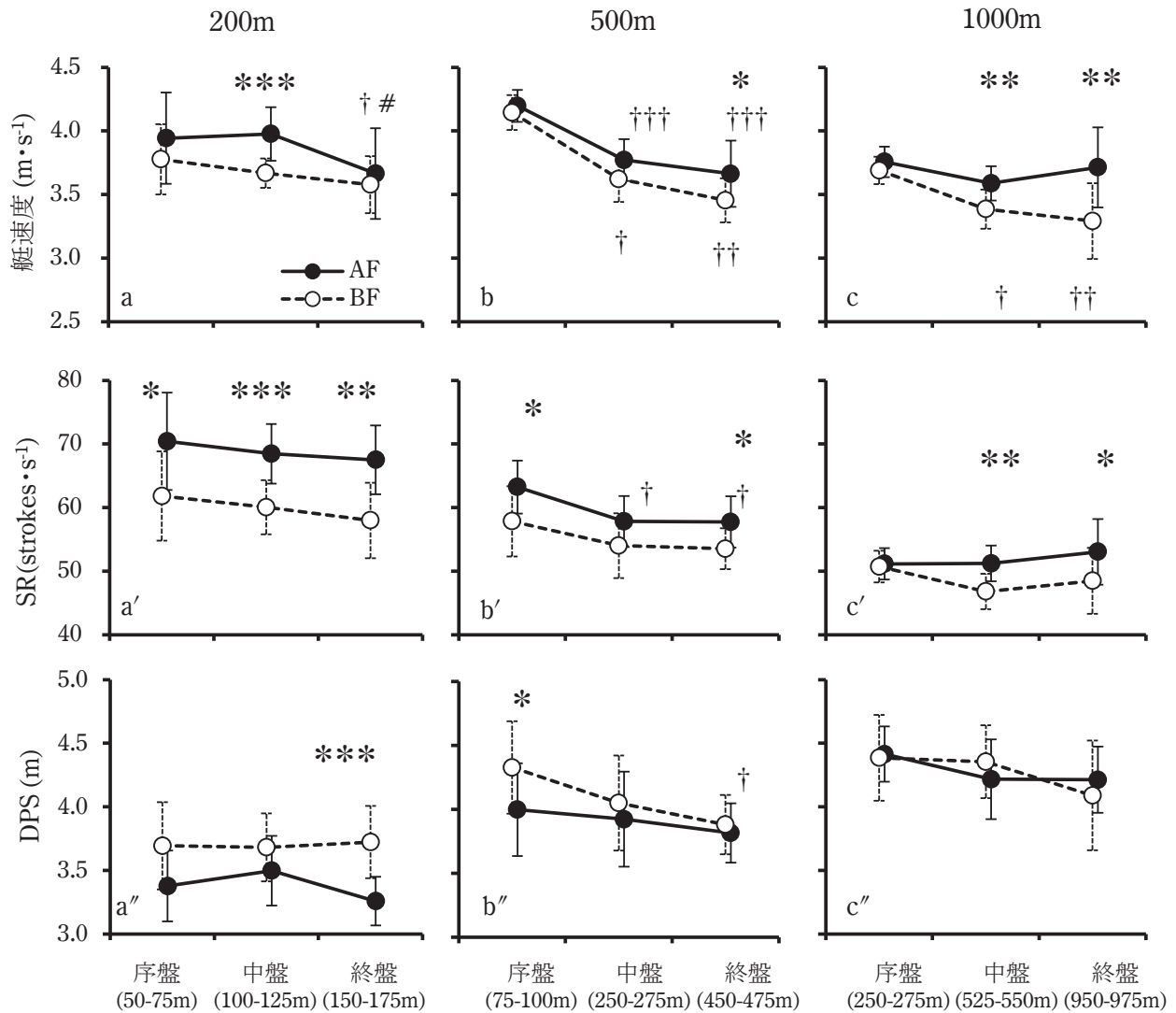


図2 A決勝・B決勝における各分析ポイントでの艇速度, SRおよびDPS

* ; $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ でA決勝とB決勝の平均値間に有意差あり

† ; $p < 0.05$, †† $p < 0.01$, ††† $p < 0.001$ で序盤との間に有意差あり

; $p < 0.05$ で中盤との間に有意差あり

4. 200m・500m・1000mレースにおけるSRおよびDPSと艇速度との関係

図3 (200m), 図4 (500m) および図5 (1000m) には, それぞれ各区間のSR (a序盤, a'中盤, a'終盤) およびDPSと艇速度との関係を示した (b序盤, b'中盤, b'終盤).

1) 200mレースにおける各区間のSRおよびDPSと艇速度

200mレースでは, AF群およびBF群の選手すべてを対象として, SRと艇速度との関係を検討したところ, 3区間すべてにおいて, 両者の間に有意な正の相関関係が認められ, SRの高いことが, 艇速度も高い

という傾向を示した (図3-a,a',a'). 一方, DPSと艇速度との関係については, 両群ともに, いずれの区間においても有意な相関関係は認められなかった (図3-b,b',b').

2) 500mレースにおける各区間のSRおよびDPSと艇速度

500mレースでは, 序盤ではSRと艇速度の間に有意な相関関係はみられなかったが (図4-a), 中盤および終盤において, 両者の間に有意な正の相関関係が認められた (図4-a',a'). 一方, DPSと艇速度との関係については, すべての区間において両群ともに, 有意な相関関係はみられなかった (図4-b,b',b').

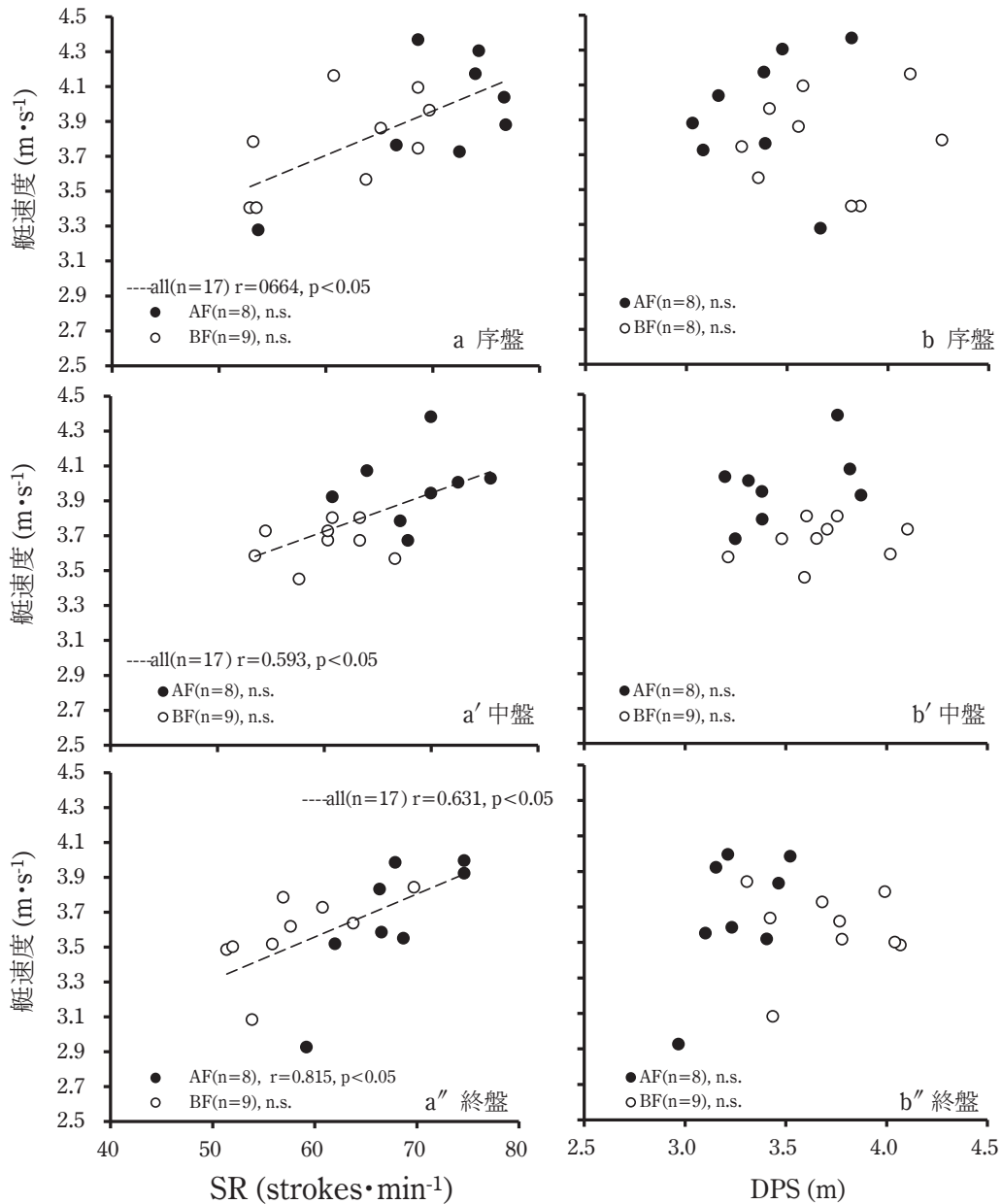


図3 200mレースにおける序盤(上段)・中盤(中段)・終盤(下段)のSRおよびDPSと艇速度との関係

3) 1000mレースにおける各区間のSRおよびDPSと艇速度

1000mレースにおけるSRと艇速度との関係においては、レース終盤でのみ有意な正の相関関係が認められた(図5-a''). DPSと艇速度との関係については、200mや500mレースと同様に、すべての区間において両群で有意な相関関係はみられなかった(図5-b,b',b'').

5. 200m・500m・1000mレースにおけるSRとDPSの関係

図6には、各レース距離(200m, 500m, 1000m)に

おけるSRとDPSの関係を、序盤(図6-a,b,c), 中盤(図6-a',b',c'), 終盤(図6-a'',b'',c')ごとに示した。

1000mレースにおける終盤(図6-c'')を除き、いずれのレース距離およびいずれの区間においても、SRとDPSの間には、有意な負の相関関係が認められた。

IV. 考察

本研究では、水上レースの成績に大きく影響すると考えられる、レース時の風向および風速について、

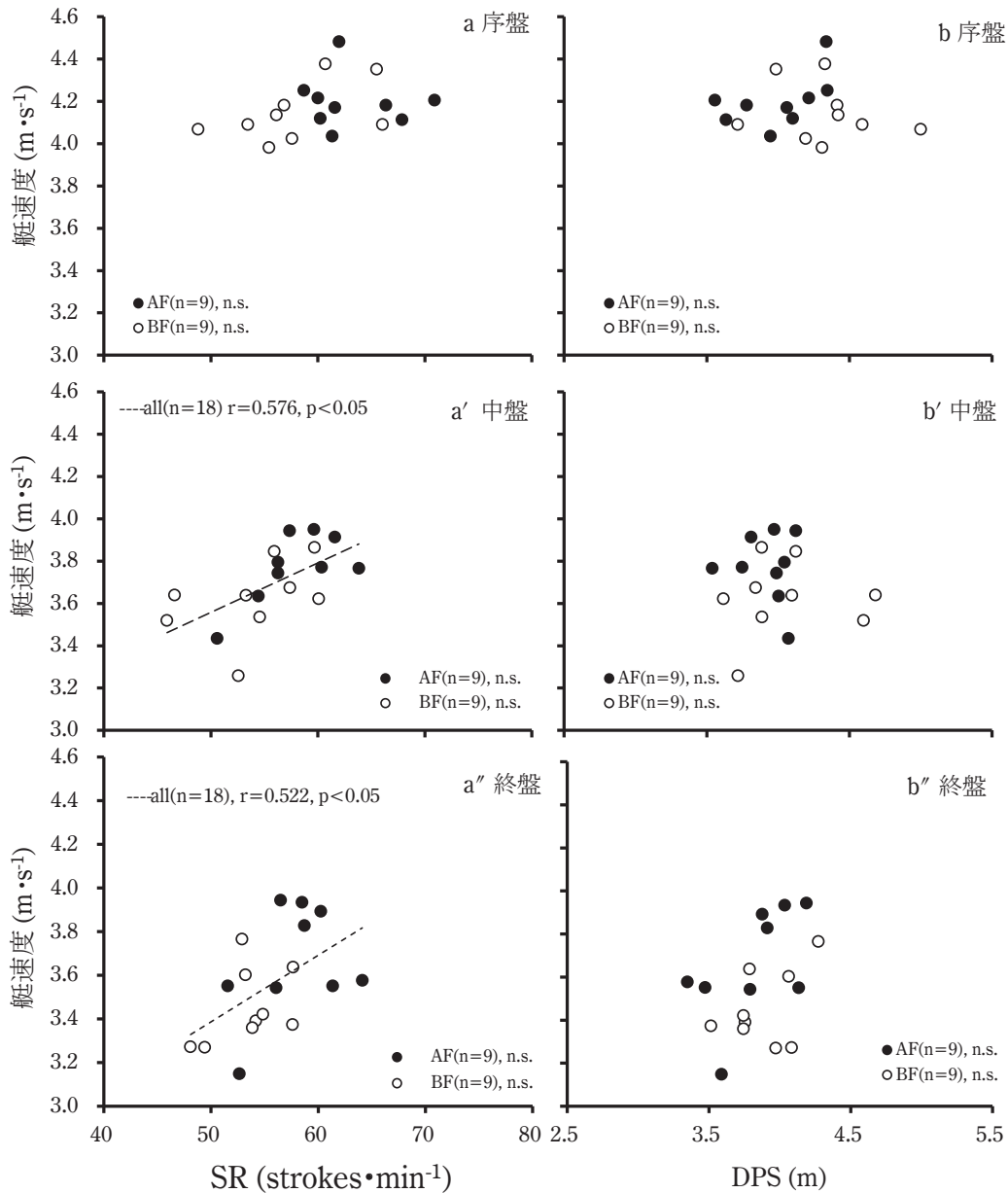


図4 500mレースにおける序盤(上段)・中盤(中段)・終盤(下段)のSRおよびDPSと艇速度との関係

レースごとに計測した。各レース距離の実施日は、それぞれ異なっていた。特に、200mおよび1000mレース時ではやや強めの風が吹くコースコンディションであり、200mレースでは進行方向に対して右前方向からの向かい風、1000mレース時はやや左後方からの追い風傾向であった。このため、3つの異なる距離のレース間の艇速度において、明確な差異が示されなかったと考えられる(図2)。したがって、今回測定した各変数を、各レース距離間で比較することはできない。

しかし、AF(A決勝)とBF(B決勝)のレース順序

は同じ日に連続して実施されており、レース時の風向風速については、ほぼ同様の計測値が得られた。また、すべてのレース距離の公式記録において、AF群がBF群よりも良好であったことが確認できた。そのため、レース距離ごとに、A群をB群よりもより競技力の優れた群とみなして群間比較をすることは可能であると判断した。以下、各レースにおけるAFとBFの特性について考察する。

1. 200mレースにおける競技成績とSRおよびDPS

200mレースにおけるコースコンディションは、北西

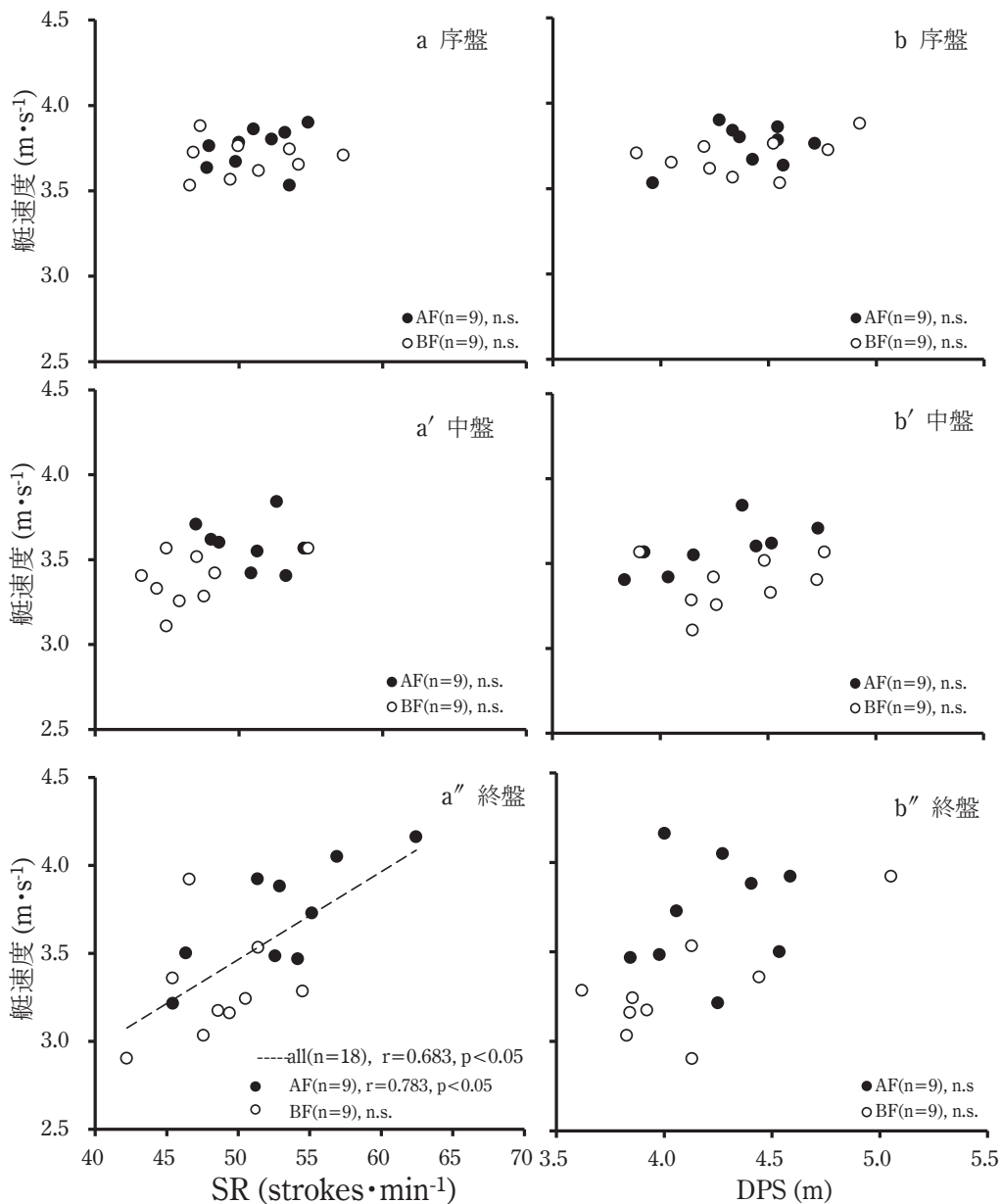


図5 1000mレースにおける序盤(上段)・中盤(中段)・終盤(下段)のSRおよびDPSと艇速度との関係

の風 $5.5\sim 6.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ であった。これは、カヌースプリントレースにとっては、やや強めの風であった(表1)。

本研究で対象とした200mレースでは、レース全体を通してAF群のSRがBF群に比較して顕著に高いことが特徴的であった(図2-a')。それに対して、DPSは、AF群が低値を示し、終盤では統計的な有意差がみられた(図2-a'')。また全選手をまとめてSRおよびDPSと艇速度との関係を検討すると、200mレースの艇速度に影響を及ぼしているのは、すべての区間においてSRであったことがわかる(図3)。

これらのことから、200mレースにおけるレース戦略を考える時、DPSを大きくすることよりもSRが高

いことが、艇速度を獲得するために重要であることが示唆される(説明率40~60%程度)。またこの結果は、200mレースの場合、「とにかくDPSよりもパドル回転数を上げることを優先する」という多くの選手の一般的な感覚とも合致するようであった。特に両群で艇速度に差異がなくなるレース終盤のAF群において、この傾向はさらに顕著であった(図2)。

また、AF群のSRが、風がやや強かった当該レースであっても、常に $70\text{ strokes}\cdot\text{min}^{-1}$ 程度で維持されていた。国際レベルの200mレースでは、SRが $70\sim 75\text{ strokes}\cdot\text{min}^{-1}$ で展開されている(Duisburg World Cup Canoe Sprint C1 200m Men Final 2012の映像参

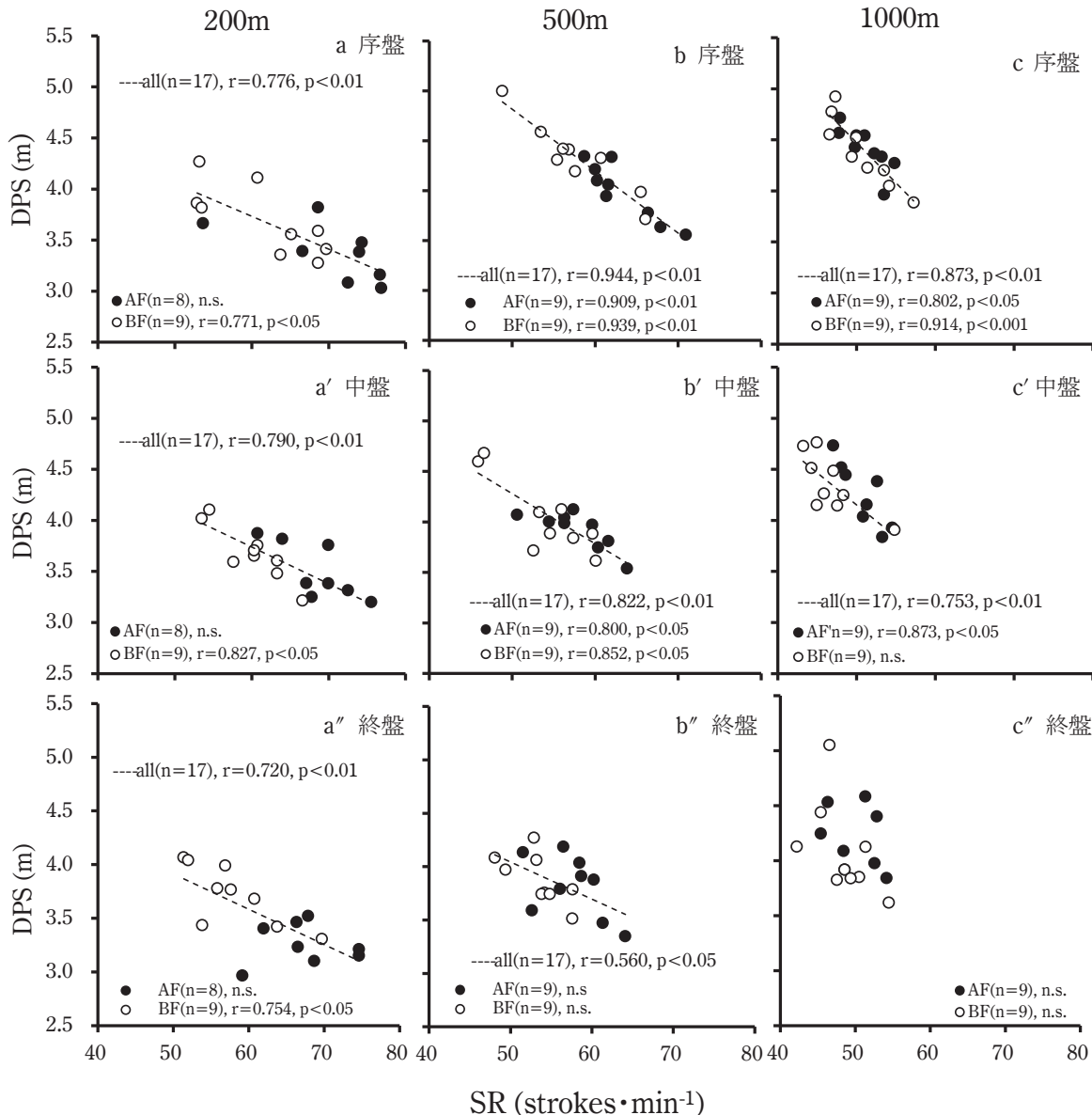


図6 200m, 500m, 1000mレースにおける序盤・中盤・終盤のストローク頻度(SR)と1パドル推進距離(DPS)の関係

照) ことから、ほぼ選手の限界に近いSRでレースが展開されていたことが考えられる。

2. 500mレースにおける競技成績とSRおよびDPS

500mレースにおけるコースコンディションは、北西の風2.0~3.5 m·s⁻¹であった(表1)。絶好とは言えないが、レース環境としては影響の少ない風速域であったと考えられる。

500mレースにおける艇速度は、序盤で高く、中盤、終盤と徐々に低下していく傾向が認められ、この変化様相は、両群で同様の傾向であった。また、序盤の艇速度は両群でほぼ同様の値であり、その後徐々に

速度の差異が増大し、終盤ではBF群で有意な低値を示している(図2中央上段)。この時、AF群のSRは、BF群よりも高値を保ちながら終盤に向かって低下傾向を示したが、DPSは3区間でほぼ変化はみられなかった。それに対しBF群では、SRは3区間で顕著な変動を示していないが、DPSが序盤でAF群より高値を示し、終盤へ向けて低下傾向を示している(図2-b', b'')。

このことから、AF群ではDPSを一定に保ちながらBF群よりも高いSRで展開され、BF群ではAF群より低いSRをほぼ一定に維持しながら、大きなDPSが序盤で確保され終盤に向けて徐々に低下していくレース

展開であったことが示唆される。したがって、AF群の選手は、BF群の選手に比較して、DPSを同等に確保しながらもより高いSRを発揮できる能力を有していたと考えられる。なお、序盤、中盤、終盤のSRは、それぞれAF群で63.2, 57.8, 57.7 strokes・min⁻¹, BF群で57.8, 54.0, 53.5 strokes・min⁻¹であり、両群で常に4~6 strokes・min⁻¹ほどの差異が生じていた。

また、SRおよびDPSと艇速度との関係性をみてみると(図4)、SRは500mレースの中盤と終盤で艇速度との間に有意な相関関係が得られているが、DPSはいずれの区間においても艇速度との間に有意な関係性はみられなかった。

これらのことから、500mレースにおいては、DPSを大きくしてSRを抑制することよりも、DPSの低下をできるだけ抑制しつつ高いSRを目指すことが、艇速度に有効であると考えられた。

3. 1000mレースにおける競技成績とSRおよびDPS

1000mレースにおけるコースコンディションは、北東の風4.0~5.0m・s⁻¹であった。これは、200mレース時と同様、カヌースプリントにとってはやや強い風のコンディションであった(表1)。

1000mレースにおけるAF群の艇速度は、中盤でやや減少したが統計的有意性はなく、3区間をとおして艇速度の変動は小さかった。それに対しBF群では、序盤の艇速度はほぼAF群と同様の値であったが終盤に向かって漸減する傾向が示された(図2-c)。この時のSRは、レース序盤では両群でほぼ同様の値を示したが、中盤および終盤で差異が生じ、AF群が高値を示すようになった。DPSは両群とも3区間でほぼ同様の値であった。

これらのことから、500mレースと同様に1000mレースでも、AF群の選手は、BF群の選手に比較して、DPSを同等に確保しながら高いSRを発揮できる能力に優れていたと推察された。さらに、1000mレースが、4分~5分間の競漕時間であり、そのエネルギー供給の7割が有酸素性エネルギー供給機構で賄われる(中垣ほか, 2004)ことを考えると、DPSの低減を抑制しながら高いSRを維持して艇速度の減速を抑えていたと推測されるAF群では、そのことを実現させるための体力的要素として、有酸素性エネルギー供給能力に優れていたことも考えられる。

また、SRおよびDPSと艇速度との関係においては、終盤のSRと艇速度との間でのみ有意な相関関係が認められたことから(図5)、1000mレースにおい

ては、特に疲労が蓄積されていると考えられる終盤において、SRをいかに高く維持できるかが、勝敗に影響するであろうことが示唆された。

4. レースにおけるSRとDPSの重要性

Schneider and Hasuser (1981, p2) や Dal Monte et al. (1989, p2) によれば、DPSは、パドルが水中を移動する距離と所要時間、そして空中移動をへて次にパドルが入水するまでの距離で決定され、艇速度はDPSに対するSRの積で決まると説明している。ただし、これはボート競技を対象とした先行研究である。ボート競技におけるレース距離は単一2000mであり、レース中の平均SRは30~40 strokes・min⁻¹程度(Kleshnev, 2001)であって、それ以上のSRでのレース展開は現実的ではない。このようにボート競技におけるSRは、本研究におけるカヌースプリント・カナディアン種目のSRに比較して、明らかに低値である。このことがボート競技においてDPSを増大させることの重要性が強調される理由と考えられる。

一方カヌースプリント競技においても、DPSの増大は、重要なトレーニング課題であり、選手はDPS獲得のために、発揮パワーの増大をめざし、効率のよいストローク技術を追求して日々トレーニングに励んでいる。

しかし先述のとおり、いずれのレース距離およびほぼすべての区間において、競技成績の高い選手でSRが高値であり、DPSが顕著に高値であることはなかった(図2)。また、いずれの距離いずれの区間においても、DPSと艇速度との間に有意な相関関係は得られていない(図3~5)。これらのことは、カナディアン種目のレースにおける艇速度獲得において、SRの貢献度が大きいことを示唆するものである。

ここで、カナディアン種目における動作と艇の挙動の特徴を考えると、ボート競技に比較して艇の推進効率が悪いことがうかがえる。ボート競技では、1ストロークのうち、オール(カヌーにおけるパドルに相当する)を水中から抜いた直後に艇速度が最大となるが(Smith and Loschner, 2002)、カヌースプリントにおいては、カナディアン種目もカヤック種目も、パドルを水中から抜いた瞬間に艇速度は減速する(三田ら, 1992; Morgoch and Tullis, 2011)。また、ボート競技に比較して、カヌースプリントのカヤック種目では、艇速度に対する造波抵抗影響が大きいことが報告されている(Penderast, 2005)。カナディアン種目における艇の抵抗に関する先行研究は筆者の知る限り見当たらず

ない。しかし、パドルには、パドルが入水されたのち、水中を移動し水中から抜く動作に向かって、垂直方向の力が加わっていくことが報告されており (Morgoch and Tullis, 2011), このことからカナディアン種目のパドリング動作においては艇の上下動が大きくなるのが推測できる。さらに片膝立ちで艇の片側だけを漕ぐパドリング動作であるため、艇を直進させるためのパドリング技術が、艇の推進方向に対して少しの抵抗を生じさせることや、カナディアンカヌーの艇の形状は、直進性を高めるために全長のほとんどが水面に接する形状であることなどを考えると、選手はより大きな抵抗に抗して推進力を得ていることが推測できる。これらのことから、カヌースプリント競技におけるカナディアン種目では、艇速度を獲得し維持するために、高いSRが要求されていると考えられる。

実際に1000m全力漕における艇速度の変化様相を報告した先行研究は、カナディアン種目では見当たらないものの、ボート競技やカヤック種目においては、艇速度はSRと同様の变化様相を示したことを報告している (Hill H. and Fahrig, 2008; Alacid et al., 2010)。さらに、Celentano et al. (1974) や Sanderson and Martindale (1986) は、艇は1パドルごとに加速減速を繰り返しており、加速と減速の差異が大きくなれば、艇の抵抗が増し選手の発揮パワーに対する艇の推進効率が低下することを報告している。すなわち、低いSRは加速減速による1ストローク中の最高速度と最低速度の差異を増大させて、結果的に艇速度の減速につながる可能性も考えられる (Hill and Fahrig, 2008) ことから、カナディアン種目のレース展開におけるSRの重要性を見直す価値は十分にあると思われる。

本研究では、各レース距離でAF群が高いSRを示したことから、それぞれのレース距離において、勝利するためのSR水準が存在する可能性も考えられたが、レース時の自然環境が同一ではなかったため、具体的な数値を示すことはできなかった。

ここで、レース距離ごとに各区間のSRとDPSの関係を検討したところ (図6)、1000mレースの終盤を除く、いずれのレース距離、いずれの区間においても、SRが高い選手は、DPSが短い傾向にあることが明らかとなった。艇速度の獲得要因と考えられるSRとDPSは、二律背反の関係にあるのであり、SRが増大すればDPSが減少するのは必然である。ただし本研究では、異なる選手間におけるSRとDPSの関係を検討したにすぎない。

両者の関係性は、選手個人の技術や体力レベルに大

きく影響を受けると考えられるため、同一選手内におけるSR-DPS関係が明らかとなれば、当該選手の体力レベルおよび技術レベルを鑑みたレース展開を考えるのに役立つと思われる。

これらのことは今後の課題である。

V. まとめ

本研究では、カヌースプリント全日本選手権の200m, 500m, 1000mレースを対象として、序盤、中盤、終盤の3区間における艇速度、ストローク頻度 (SR)、1パドル推進距離 (DPS) を、レースを撮影した映像から分析し、競技成績が高かったAF群 (1位~8位) と、それよりも競技成績が振るわなかったBF群 (9位~18位) で比較検討した。その結果、全日本選手権における決勝レース戦略を考える時、いずれの距離においてもSRが競技成績に大きく影響していることが明らかとなった。すなわち、レース終盤でのSR低下を恐れ、SRの増大を抑制してDPSを増大させることが、必ずしも得策とはいえないことを示唆していると考えられる。種目別に言えば、200mレースでは、多少DPSが縮小されてもできる限り高いSRを維持することが、また500mや1000mレースでは、レース中のDPSを確保したまま高いSRを維持することが、ひとつの有効な戦略であると考えられた。

謝辞

本研究の遂行に伴い、各レースにおけるビデオ撮影およびデータ分析にご協力いただいた海洋スポーツゼミナールの三浦拓巳君、鹿屋体育大学のカヌー部の實川英樹君、宮田優志君、北本直己君、橋本亜季さん、野口裕樹君に深謝いたします。なお、本研究は、平成22年度、平成23年度の鹿屋体育大学トップアスリートサポートシステム (TASS) による支援により実施された。

文献

- Alacid, F., López-Miñarro, P. A., Vaquero, R. (2010) Speed and cycle frequency of young paddlers in 1000m races. *Revista Kronos ene-jun*, 9 (17): 13-20.
- Celentano, F., Cortili G., Diprampero, P. E., Cerretelli P. (1974) Mechanical aspects of rowing. *Journal of applied physiology*, 36 (6): 642-647.
- Dal Monte A. and Komor A. (1989) Rowing and sculling mechanics. In: Vaughan C. L. (Ed) *In Biomechanics of Sports*. CRC Press: Boca Raton, FL, pp.53-119.
- Hill H. and Fahrig S. (2008) The impact of fluctuations in boat velocity during the rowing cycle on race time. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*. 19 (4): 585-594.

- 池田達昭・渋谷顕一・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 (menu ID: http://naash.go.jp/jiss/Portals/0/info/doc/JJESS_02_01.pdf)
- Kleshnev, V. (2001) Stroke rate vs. distance in rowing during the Sydney Olympic games. *Australian rowing, Carine, W.A.* 24 (2): 18-21.
- Morgoch D. and Tullis S. (2011) Force analysis of sprint canoe blade. *Journal Engineering and Technology, Proc. IMechE* 225 part P: 253-258.
- 中垣浩平・吉岡利貢・鍋倉賢治 (2004) カヤックパドリング中の無酸素性及び有酸素性エネルギー代謝の貢献比. *体力科学*, 57(2):261-270.
- Prendergast D., Mollendorf J., Zamparo P, Termin II A., Bushnell D. and Paschke D. (2005) The influence of drag on human locomotion in water. *Undersea and hyperbaric medical society*, 32(1): 45-57.
- Sanderson, B., Martindale, W. (1986) Towards optimizing rowing technique. *Medicine and sciences in sports and exercise*, 18 (4): 454-468.
- Schneider E. and Hasuser M. (1981) Biomechanical analysis of performance in rowing. In: Morecki A., Fidelus K., Kedzior K. and Wit A. (eds) *Biomechanics VII-B*, University Park Press: Baltimore, MD, pp430-435.
- Smith R. M. and Loschner C. (2002) Biomechanics feedback for rowing. *Journal of sports Sciences*, 20(10): 783-791.

平成24年2月28日受付

平成25年6月3日受理