

Differential-GPSを用いたカナディアンカヌー競技の 500m 全力漕における艇の移動特性の解明

藤原 昌¹⁾ 萩原正大²⁾ 山本正嘉³⁾

Evaluation of Boat Movements Using the Differential-GPS in Canoe Sprint

Akira Fujiwara¹⁾, Hagiwara Masahiro²⁾ and Masayoshi Yamamoto³⁾

Abstract

This study investigated 8 canoe athletes to determine boat movements during 500m canoe sprint using Differential Global Positioning System (DGPS), and aimed to evaluate the relationship between each parameter and racing results. The findings are as follows:

- 1) During the first half of the race, improving Stroke Rate (SR) and Distance Per Stroke (DPS) influenced increase in Boat Speed (BS). For the second half of the race, the decrease of BS was suggested to be influenced by the decrease in SR, which was resulted by the increase in drive phase and recovery phase.
- 2) The athletes' paddling types could be classified using the T-Scores of each parameter obtained from DGPS. Therefore this classification enabled comprehensive evaluation of performance factors unique to canoe racing, e.g., relationship between their DPS and SR, and course changes. Thus, it could be a useful tool to customize the training programs for each individual athlete.

Key words: canoe sprint, GPS, paddling characteristics, course changes

カヌー, GPS, パドリング特性, 針路変動

I. 研究目的

カナディアンカヌーやカヤックなどの水上競技におけるパフォーマンス評価方法として、従来からビデオカメラ (VTR法) を用いて、パドリング動作の分析 (Caplan, 2009) やレースパターンの分析 (池田ほか, 2010) が行われてきた。また、高速度カメラを用いて、カナディアンカヌー競技のパドリング動作をより詳細に解析した結果、片パドルで水をかくという特性から、1ストローク中の艇速度が周期的に変化することを報告したものもある (三田ほか, 1992)。

しかし、VTR法による分析の問題点として、野外の水上スポーツであるという特性上、撮影距離が限定される (25m程度) こと、地形の影響により任意の場所にカメラを設置できないこと、悪天候による影響を受

けやすいことなどにより、撮影条件が制限されてしまうことが挙げられる。そのため、カナディアンカヌー競技やカヤック競技において、レース区間の全体 (一般的に200-1000m) を通した詳細な分析は困難であった。

このような問題を解決するために、近年、ボート競技 (高松, 2004; Zhang, 2004) やセーリング競技 (藤原ほか, 2009; 千足・藤原, 2007; Zhang, 2004) では、Global Positioning System (GPS) を用いて艇の移動特性を解明する試みが行われている。特に藤原ほか (2010) は、カナディアンカヌー競技を対象として、一般的な単独測位GPSよりもさらに精度の高いディファレンシャル測位によるGPS (DGPS) を搭載することによって、移動速度、ストロークレート、および1ストロークあたりの推進距離などの、より詳細なデータ

1) 鹿屋体育大学大学院
Graduate School of Education National Institute of Fitness and Sports in Kanoya
2) 独立行政法人日本スポーツ振興センター
Japan Sport Council
3) 鹿屋体育大学
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

を取得できることを示した。また、従来のVTR法では捉えることが難しかった、競技者の上方から見た艇の軌跡や針路変動などから、個々の選手に対するトレーニング指導にも役立つような資料が得られることを示唆している。

そこで本研究では、この藤原ほか(2010)の方法に従い、カナディアンカヌー競技の500m全力漕中における艇の移動様相を、DGPSを用いてスタートからゴールまでの全区間で測定した。そして、艇の移動に関連する各パラメータが、競技成績にどのような影響を及ぼすか明らかにするとともに、個々の選手の特徴についても検討することによって、選手に対するトレーニング指導の場面で活用できるような示唆を得ることを目的とした。

II. 方 法

1. 被験者

被験者は、カナディアンカヌー競技を専攻する体育大学生8名とした。彼らの身体特性、競技年数および漕ぎ側を表1に示した。被験者の競技レベルは、平成20年度日本カヌーフラットウォーターレーシング選手権大会においてA決勝進出者3名、B決勝進出者1名、その他4名であった。各被験者には、実験の目的および方法と、それに伴う身体的な負担や危険性を説明したのち、本人の意志でいつでも辞退できることを理解させた上で、実験参加への同意を得た。なお、本研究は著者の所属機関の倫理審査委員会の承認を得て実施された。

2. 500m全力漕のタイムトライアル

カナディアンカヌー競技における500m全力漕のタイムトライアルを実施した。この試技は、コースの状況(波、風)がパフォーマンスに与える影響(Diafas et al., 2006)や、他艇が作る引き波による影響に配慮

し、流れのない貯水湖において、風速 $2.0\text{m}\cdot\text{sec}^{-1}$ 以下の条件で、被験者が1名ずつ順番に行った。艇の直進性を確保するため、レーン幅9mとし、50mごとにレーンの左右に浮標を設置した。被験者には、本実験はレースを想定した一回のみの試技であることを事前に伝え、各自で全力漕を行うためのウォーミングアップ(水上と陸上の両方)を行い、その後にタイムトライアルを実施した。

3. GPSを用いた艇の位置情報の取得方法

本研究ではカヌーの船尾に、アンテナ一体型のDGPS受信機(A100:20Hz, Hemisphere社製, 寸法:12.95cmL×12.95cmW×5.47cmH, 400g, 水平精度:<0.5m 95%)とデータロガー(Data Bridge SDR, Acumen Instruments Corporation, 寸法:12.4cmL×8.57cmW×3.12cmH, 241g)を搭載した(図1)。船尾に搭載した理由は、プレ実験の結果、船首に搭載すると機器の重さによって艇首が沈みやすくなり、実際のレース時と漕感覚にズレが生じることが被験者の意見として挙げられたこと、また、測定精度の低下や機器の故障が懸念されたことによるものである。

使用したDGPS受信機は、静止衛星を用いて位置情報(緯度・経度)の誤差を広範囲で補正する技術(Satellite-Based Augmentation System; SBAS)を利用した機器であり、固定観測における精度誤差は10cm程度である(Odaka et al., 2011)。DGPSの位置情報は、20Hzで受信されてデータロガーへ連続的に記録された。各被験者における艇の位置および時間情報は、タイムトライアル終了後、コンピューターにダウンロードして、その後の分析を実施した。

表1 被験者の身体特性、競技年数および漕ぎ側

	Mean ± SD
年齢(歳)	21.0 ± 2.1
身長(cm)	171.0 ± 3.7
体重(kg)	70.9 ± 5.4
競技歴(年)	6.6 ± 2.2
右漕ぎ	5名(B, C, D, F, G)
左漕ぎ	3名(A, E, H)

表中の漕ぎ側の括弧内は、各被験者を示した。



図1 GPS受信機の搭載の様子

4. 移動様相に関する各パラメータの分析方法

DGPSを用いて得られた位置情報の移動変位量を微分し、艇速度 (BS: Boat Speed, $\text{m}\cdot\text{sec}^{-1}$) を算出した (図2).

カナディアンカヌー競技では、DGPSから得られたBSの変化は周期性を持ち、その周期数はVTR法のストローク数と一致すること、さらにキャッチ (水面にパドルが接した位置) 直後に減速から加速に転じることが報告されている (藤原ほか, 2010). このことから本研究では、算出されたBSにおける周期的な波形の最低値 (キャッチ局面直後) から次の周期の最低値までを1ストロークとし、その周期の数を数えてストローク数とした. また、1ストロークに要した時間と距離から、ストロークレート (SR: Stroke Rate, $\text{strokes}\cdot\text{sec}^{-1}$) と1ストロークあたりの推進距離 (DPS: Distance Per Stroke, m) を算出した. さらに、図2に示す通り、1ストロークを加速局面 (波形の最低値から最高値まで) と減速局面 (波形の最高値から最低値まで) とに分類し、それぞれに要した時間 (sec) を算出した.

5. 500m全力漕の区間分け

本研究では、500m全力漕のスタートから10ストローク目までの間で、全被験者がそれぞれの最高速度の97%以内に到達した. このことから、500m区間のスタートから10ストロークまでをスタート区間 (約30m)、10ストローク以降から100mまでを第1区間 (約70m) とした. 以後、コース上の100m間隔に設置されたブイを基準にして、第2区間 (100–200m)、第

3区間 (200–300m)、第4区間 (300–400m)、および第5区間 (400–500m) の計6区間に分け、それぞれの区間における各種分析項目の平均値を求めた.

6. パドリング特性の分類および移動特性の評価

選手によって、SRを高めて艇を進める者や、SRは低いがDPSを伸ばすことで艇を進める者など、パドリング特性は様々である. また、多少蛇行してもBSを高めることを重視する者や、反対に直進性を優先させる者など、移動特性も様々であることが予想される.

白井・前田 (2008) は、ストロークレートおよび1ストロークでの艇の推進距離のT-Scoreを用いて選手のパドリング特性の分類を行っている. 本研究でも、白井・前田 (2008) の方法を参考にして、全被験者のSR、DPS、および総移動距離の平均値に対する被験者ごとのT-Scoreを算出し、それぞれをSR-Score、DPS-Score、Distance-Scoreとした. そして、SR-ScoreとDPS-Scoreから各々のパドリング特性の分類を行い、Distance-Scoreから各々の移動特性の分類を行った.

7. 統計処理

各測定項目の区間ごとの比較には、一元配置の分散分析を用いて行い、F値が有意であった場合には、さらにScheffe法を用いて多重比較を行った. 次に、カヌー競技の艇速度は、ストロークレートと艇の推進距離との積によっておおよそ決定づけられることから、BSとSRとの関係を見る際にはDPSの影響を除外し、DPSとの関係を見る際にはSRの影響を除外して、各

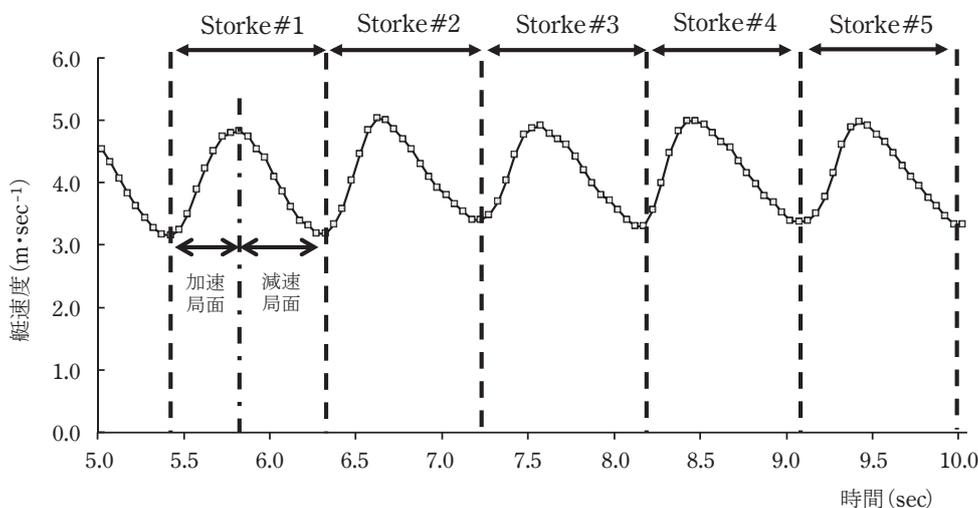


図2 ある被験者のスタート後5–10秒の区間における艇速度の測定結果

測定項目間の偏相関分析を行った。さらに、1ストローク中における加速局面時間および減速局面時間の各区分における平均値の差の検定には、対応のない t-test を用いた。なお統計処理の有意性は、いずれも危険率 5% 未満で判断した。

Ⅲ. 結果

1. 区分ごとの各パラメータの推移

図3は、全被験者における各区分のBS, SR, およびDPSの推移を示したものである。

BSの推移についてみると、スタート区分が最低値となり、第1区分で最高速度に達し、その後区分を重

ねるごとに低下した。スタート区分におけるBSは、他の区分よりも有意に低かった。また第1区分におけるBSは、第2区分を除くすべての区分に対して有意に高値であり、第2区分については第5区分よりも有意に高値であった。500m全力漕の最高速度に対する低下率は $13.8 \pm 1.0\%$ であった。

SRについては、スタート区分で最高値を示し、その後区分を重ねるごとに漸減傾向を示した。そして、スタート区分におけるSRは、第2区分以降の区分に比べて有意に高い値であった。また第1区分以降のSRの推移については、漸減傾向が窺えたものの各区分の間で有意差は認められなかった。

DPSについては、スタート区分が最低値となり、

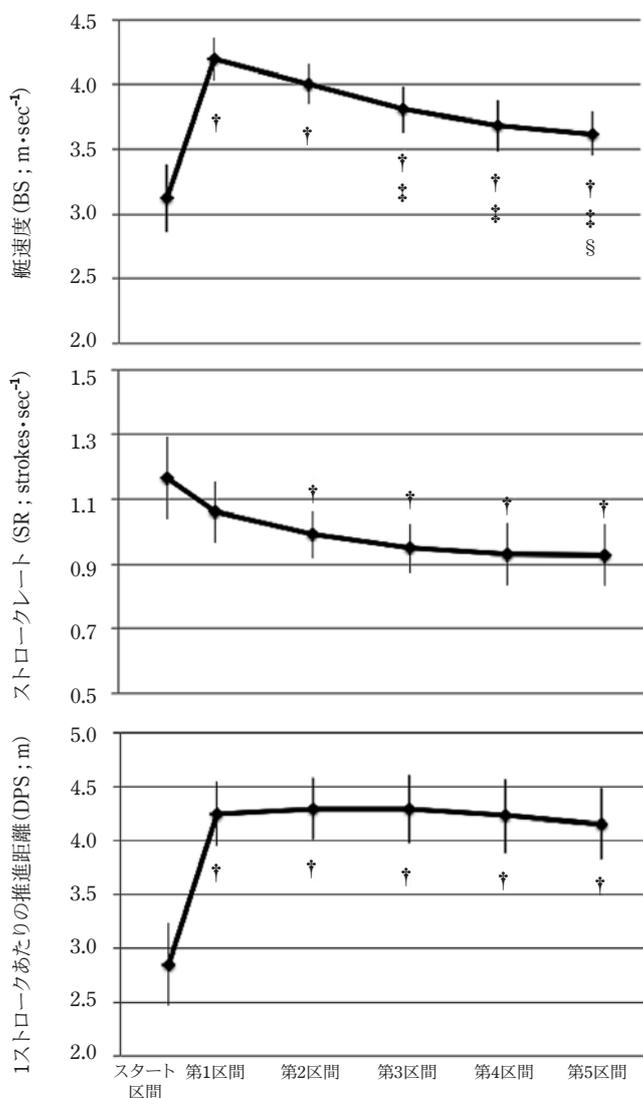


図3 各区分における艇速度 (BS), ストロークレート (SR), 1 ストロークあたりの推進距離 (DPS) の推移

- † : スタート区分との間に有意差あり ($p < 0.05$)
- ‡ : 第1区分との間に有意差あり ($p < 0.05$)
- § : 第2区分との間に有意差あり ($p < 0.05$)

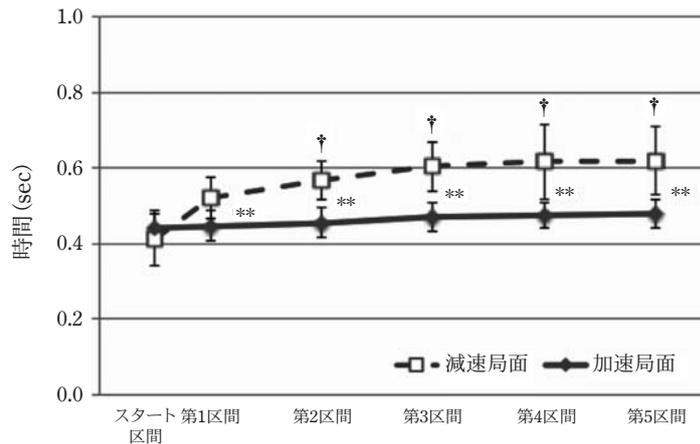


図4 各区間における1ストローク中の加速局面および減速局面の所要時間の推移

**：加速局面に要する時間と減速局面に要する時間との間に有意差あり ($p < 0.01$)

†：スタート区間との間に有意差あり ($p < 0.05$)

その後は増加して、ほぼ一定値で推移した。なおスタート区間の値は、その他の区間に比べて有意に低い値であった。

図4は、各区間における1ストローク中の加速局面および減速局面の所要時間の推移を示したものである。加速局面の所要時間については、スタート区間から第5区間までほぼ同等であり、すべての区間で有意な差は認められなかった。一方で、減速局面の所要時間について、第2区間以降のすべての区間では、スタート区間よりも長い時間を要する結果となり、有意差が認められた ($p < 0.05$)。

また、加速局面に要した時間と減速局面に要した時間を比較すると、スタート区間を除くすべての区間において、加速局面に要した時間よりも減速局面に要した時間の方が、有意に長い時間であった ($p < 0.01$)。

2. 上方からみた各被験者の航跡と移動距離

図5は、全被験者におけるスタートから100m地点までの上方からみた航跡を示したものである。本研究では、GPSを船尾に搭載していることから、正確には船尾を中心とした航跡を示すと言える。図でその航跡を見ると、被験者によって曲がる方向や度合いが異なっていた。総移動距離は、蛇行が全くなく直進したとすれば500mとなるが、実際には蛇行による距離が加わり、506.4–512.7mとなった(表2)。

図6は、全被験者の各区間における移動距離の推移を100m区間ごとに示したものである。第2, 3, 4区間の移動距離は100mに近い値であったが、スタートから第1区間(0–100m)と第5区間では蛇行の量が大きくなり、3mほど移動距離が多くなっていた。そして、スタートから第1区間と第2, 4区間との間で有意差が見られた ($p < 0.05$)。

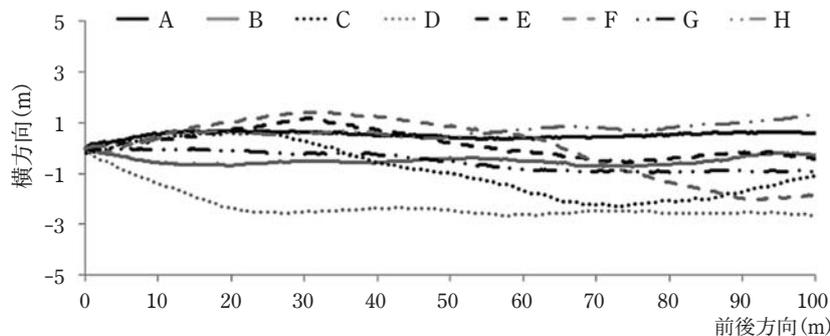


図5 各被験者におけるスタートから第1区間(0.100m)の航跡

横軸はスタートからゴール方向を表し、縦軸は進行方向に対して左右横方向の蛇行成分を表す。

表2 500m全力漕における移動様相を示す各パラメータ (n = 8)

	Mean ± SD	Range
500mタイム(sec)	135.0 ± 5.3	(128.2 - 140.5)
移動距離(m)	508.5 ± 2.0	(506.4 - 512.7)
艇速度(BS ; m·sec ⁻¹)	3.77 ± 0.15	(3.62 - 3.97)
ストロークレート(SR ; strokes·sec ⁻¹)	0.98 ± 0.08	(0.87 - 1.10)
1ストロークあたりの推進距離(DPS ; m)	4.13 ± 0.29	(3.82 - 4.48)

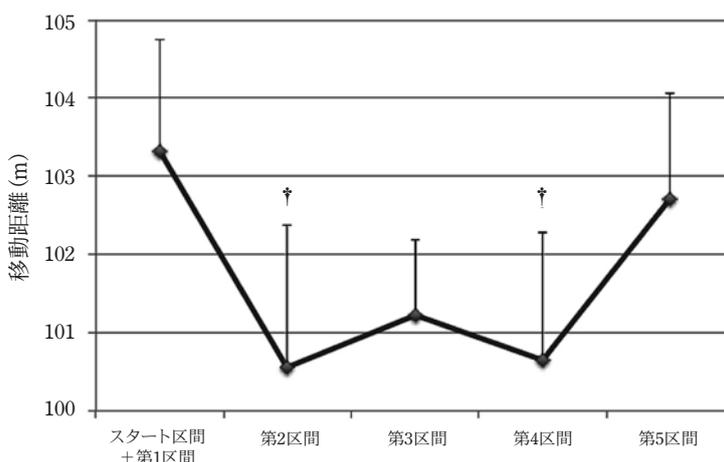


図6 各区間における移動距離(蛇行距離も含む)の推移

† : スタート区間+第1区間(0-100m区間)との間に有意差あり ($p < 0.05$)

3. ある区間から次の区間にかけての各パラメータの変化率とそれに関連する要因

各区間におけるBSの変化に影響を及ぼした要因を検討するために, ある区間からその次の区間にかけての各パラメータ(BS, SR, DPS)の変化率を算出し, 相互の関係を検討した. 表3は, BSの変化率とSRおよびDPSの変化率との関係を検証するために, SRの変化率について検討する場合にはDPSの変化率を統制し, またDPSの変化率を検討する場合にはSRの変化率を統制した場合の偏相関係数を示したものである.

BSの変化率とSRの変化率との関連は, いずれも偏相関係数が0.74以上の正相関を示し, 第1-2区間以

外ではいずれも統計的に有意であった ($r > 0.83$). また, BSの変化率とDPSの変化率との関連は, いずれも偏相関係数が0.63以上の正相関を示し, スタート区間-第1区間と, 第3-4区間にかけては統計的に有意であった (それぞれ $r = 0.99$, $r = 0.99$).

5. パドリング特性の分類

表4は, 全被験者のSRとDPSの平均値, 総移動距離, およびそれぞれのT-Scoreを示したものである. SR-ScoreとDPS-Scoreの関係について, 全被験者の平均である50を基準に, 4つの領域に分類した. すなわちDPSおよびSRとも平均以上の者を高均衡型(I群), DPSのみ平均以上の者を推進距離優位型(II群), SR

表3 ある区間からその次の区間にかけてのBSの変化率とSRおよびDPSの変化率間の偏相関係数

	vs. 艇速度(BS)の変化率				
	スタート区間-第1区間	第1区間-第2区間	第2区間-第3区間	第3区間-第4区間	第4区間-第5区間
ストロークレート(SR)の変化率	0.89**	0.74	0.83*	1.00**	0.96**
1ストロークあたりの推進距離(DPS)の変化率	0.99**	0.63	0.73	0.99**	0.66

* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

表4 実測値とT-Scoreで表した各パラメータ

被験者	順位	平均ストロークレート		1ストロークあたりの平均推進距離		総移動距離		分類	
		実測値 (strokes·sec ⁻¹)	SR-Score	実測値 (m)	DPS-Score	実測値 (m)	Distance-Score	パドリング特性	移動特性
A	1	1.10 ± 0.12	64.3	3.82 ± 0.63	39.3	506.8	41.9	ストロークレート優位型 (Ⅲ群)	直進群
B	2	1.05 ± 0.13	58.2	4.04 ± 0.49	47.2	508.4	49.9	ストロークレート優位型 (Ⅲ群)	直進群
C	3	1.01 ± 0.18	54.0	4.18 ± 0.63	52.0	512.7	71.1	高均衡型 (Ⅰ群)	蛇行群
D	4	0.90 ± 0.09	40.4	4.48 ± 0.69	62.7	509.1	53.2	推進距離優位型 (Ⅱ群)	蛇行群
E	5	0.91 ± 0.18	40.6	4.37 ± 0.80	58.7	507.0	42.9	推進距離優位型 (Ⅱ群)	直進群
F	6	1.02 ± 0.13	54.6	3.82 ± 0.41	39.1	506.4	39.9	ストロークレート優位型 (Ⅲ群)	直進群
G	7	1.00 ± 0.10	52.3	3.84 ± 0.46	40.1	507.8	47.0	ストロークレート優位型 (Ⅲ群)	直進群
H	8	0.86 ± 0.10	35.6	4.43 ± 0.61	60.9	509.3	54.2	推進距離優位型 (Ⅱ群)	蛇行群

のみ平均以上の者をストロークレート優位型 (Ⅲ群)、そしてDPSおよびSRともに平均未満の者を低均衡型 (Ⅳ群) とした。その結果、被験者のパドリング特性と

して、Ⅰ群には被験者Cが、Ⅱ群にはD、E、Hが、Ⅲ群には被験者A、B、F、Gが分類された。

図7は、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ群におけるBS、SR、およびDPS

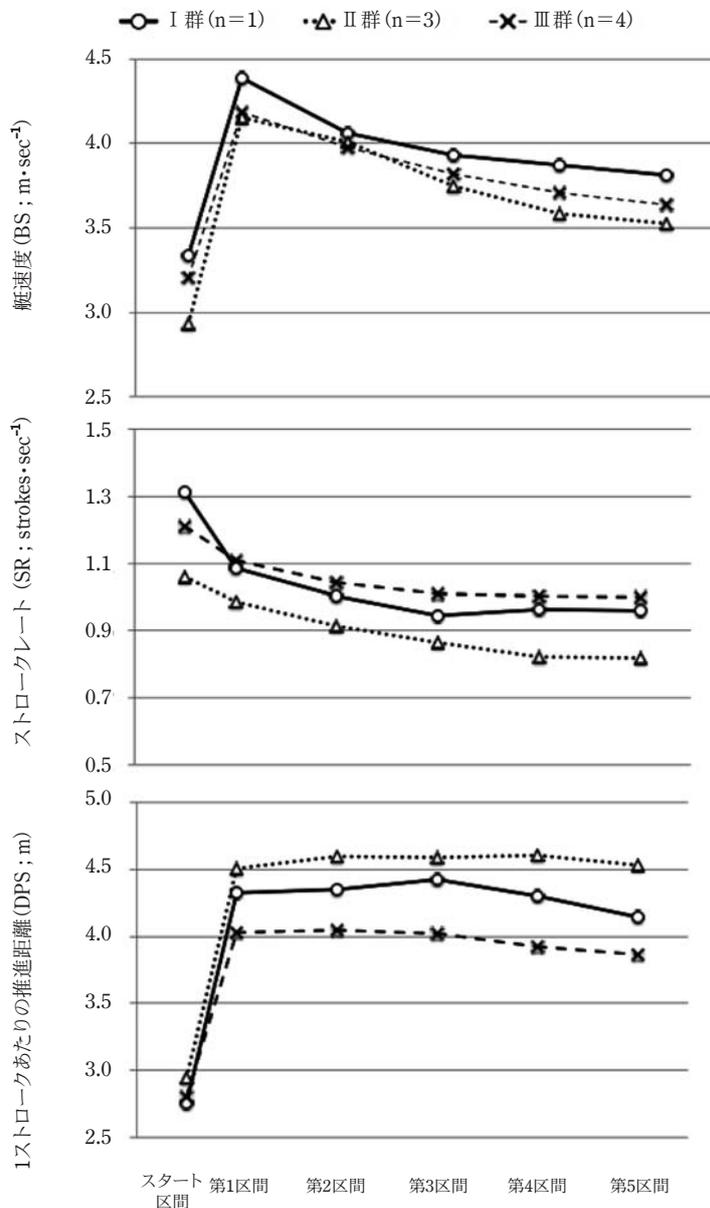


図7 Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ群におけるBS、SR、およびDPSの変化

の変化について、結果1に示した図3と同様の形式で示したものである。いずれの指標とも、おおよその傾向としては図3と似た変化パターンを示していたが、3つの群によってやや違いも見られた。

BSについては、いずれの群においても、第1区間まで急激に増加した後、徐々に低下した。なおI群の特徴としては、全区間で最も高いBSを発揮していたが、第1-2区間にかけての大きく低下した。またII群とIII群では、スタート区間ではIII群>II群となり、第1-3区間ではほぼ同じ値であったが、それ以降はIII群の方がやや高値を示した。

SRについては、いずれの群においてもスタート区間で最高値を示し、その後徐々に低下した。なお、スタート区間ではI群>III群>II群となったが、次の区間でのI群の低下率が大きかったため、それ以降の区間ではIII群>I群>II群となった。

DPSについては、いずれの群においてもスタート区間で最低値を示し、その後、第1-3区間では各群における第1区間の値を維持していた。各群の特性としては、スタート区間ではほぼ同じ値を示していたが、それ以降の第1-5区間では、II群>I群>III群となっていた。

6. 移動特性の分類

本研究では、Distance-Scoreについて、全被験者の平均である50を基準に、移動特性を2つの領域に分類した(表4)。すなわち、総移動距離が平均以上の者を蛇行群、平均未満の者を直進群とした。その結果、III群に分類された被験者(A, B, F, G)はすべて直進群となった。また、I群に分類された被験者Cは蛇行群となり、II群に分類された被験者3名(D, E, H)は両群に分かれる結果となった。

IV. 考 察

本研究の目的は、カヌー競技の500m全力漕における艇の移動特性を、DGPSを用いて詳細かつレースの全過程で明らかにすることであった。その結果、500m漕の移動様相に関するパラメータの推移や、それぞれのパラメータ間の関係性が明らかとなった。以下、1)カヌー競技の500m全力漕におけるレース特性、2)パドリング特性の分類、3)上方からみた移動特性の評価、という3つの観点からそれぞれ考察を加えることとする。

1. カヌー競技の500m全力漕におけるレース特性

500mレースにおけるBSは、第1区間において最高値を示し、DPSについてもスタート区間-第1区間にかけて有意に上昇した(図3)。また同区間では、BSの変化率とSRおよびDPSの変化率との間に、有意な正の相関関係が認められた(表3)。これらのことから、スタート区間-第1区間にかけては、SRおよびDPSを高めることがBSの上昇につながると考えられる。上野ほか(1995)の報告によると、カヤック競技におけるスタートダッシュ時の1ストロークの推進距離は、艇の速度の上昇に関係していると述べており、本研究の結果と一致する。

パドリング特性に関係なく、BSは第1区間で最高値に到達して、その後の区間では低下していく傾向が見られた(図3, 7)。特に、第3, 4, 5区間におけるBSは、第1区間よりも有意に低下し、第5区間については、第2区間よりも有意に低い値となった。また第1区間以降のSRの推移については、有意差はないものの漸減傾向が窺えた(図3, 7)。特に第2-3区間および第4-5区間にかけては、BSの有意な低下が認められ、偏相関係数においてBSの変化率とSRの変化率との間にのみ有意な正の相関関係が認められた(表3)。このことから、レース後半におけるBSの低下は、DPSよりもSRの低下が大きく影響していたと考えられる。

また本研究では、スタート区間から第5区間までSRが漸減していく傾向と、減速局面に要する時間が増大していく結果となったため(図3, 4)、減速局面に要した時間の増大がSRの低下に影響していることが示唆される。カヌーのパドリングは、フィニッシュ(水中からパドルが離れた位置)直前にパドルをJの字を描くように外側へ押し出し、艇を直進させている(Jストローク)。三田ほか(1992)によると、その舵操作が行われるフィニッシュ直前から次のキャッチまで、艇速度が減速すると報告している。また加速局面に要した時間は、スタート区間から第5区間までほぼ同等であったことから、キャッチから舵操作までの時間はタイムトライアル中一定であったと考えられる。以上のことを考慮すると、第1区間以降では、Jストロークによるフィニッシュ直前の舵操作と、空輪期(フィニッシュ直前から次のキャッチまで)の時間が増大することで、減速局面に要する時間が長くなり、SRも低下したと考えられる。またこれらのことが結果的にBSを低下させる要因になったと考えられる。

2. パドリング特性の分類

DPSとSRの特徴から見て、本研究における被験者のパドリング特性は、高均衡型（I群）、推進距離優位型（II群）、ストロークレート優位型（III群）の3つに分類された（表4）。いずれの群も、BS, SR, DPSに関する大まかな変化パターンについて注目してみると（図7）、全体の平均値で示した特性（図3）と類似していた。つまり、これらの各パラメータの共通的な変化は、BSやSR, DPSの度合いに関係なく、カナディアンカヌー競技の500m全力漕のタイムトライアルにおいて、一般的に見られる特性であると考えられる。

その一方で、レース後半（第4区間以降）にかけては、パドリング特性によってSRおよびDPSの変化パターンに違いが見られた（図7）。さらにスタート区間—第1区間と第3—4区間にかけては、BSの変化率とSRおよびDPSの変化率ともに有意な正の相関関係を示した（表3）。

この結果は、同じBSで移動する選手の中にも、推進距離優位型の選手や、ストロークレート優位型の選手が存在することを意味している。競泳においても、競技レベルが比較的近い集団を対象とした場合には、泳速度が同じでも、ストローク頻度とストローク長が異なることが報告されている（奥野ほか、1998）。

したがって、GPSを用いて各選手の移動特性を捉えることは、選手個々のストローク技術やレースパターンを把握するのに有用であると考えられる。このような指標を活用することで、選手のパフォーマンス評価をより詳細に行えると考えられる。例えば、レースやトレーニング時における各区間別のSR, DPS, 加速局面と減速局面に要した時間などから、選手の強化すべき点を見つけることができ、さらにその改善を図るトレーニングを実施した場合の効果も評価できると考えられる。今後、幅広い競技レベルの被験者を分析することで、パドリング特性ごとの最適なレース展開、練習方法、パドリング技術などを明らかにできれば、選手のパフォーマンスを向上するために有効な示唆が得られると期待できる。

3. 上方からみた移動特性の評価

競泳における泳速度は、ストロークレートと1ストロークあたりの推進距離との積によって、おおそ決定づけられる（Laffite et. al., 2004；Toussaint et. al., 2006）。白井・前田（2008）は、カナディアンカヌーの一流競技者は、ストロークレートと1ストロークでの

艇の推進距離のT-Scoreが、共に50以上の値であることを報告している。しかし、本研究の場合では、上記に該当するI群（DPSが長く、SRが高い）の被験者Cは、500m漕のタイムは全体の中で3位であった。

この理由として、次のことが考えられる。カヌーのような野外で行われる水上スポーツは、競泳よりもレースエリアが広い（長さ200–1000m・レーン幅9m）。このような広いレーンで行われる競技は、艇の直進性もゴールタイムに影響すると考えられる。そして、従来のようなVTR法を用いた分析では、艇の側方からの移動の分析に限定され、上方から見た蛇行の様子は捉えられないため、艇の直進性を示すカヌーのパドリング技術を十分に把握できないと考えられる。

本研究では、DGPSを用いることによって、上方からみた位置情報（前後方向と横方向の2次元）も取得することができた（図5）。これにより、レーンの中の針路変動の評価という、カヌー競技の成績に影響する新たな要因を評価できるといえる。

本研究では、III群に分類された被験者ではすべてDistance-Scoreが50未満となり、直進性が高かった（表4）。この理由としては、以下のように考えられる。DPS-ScoreとSR-Scoreを比較した場合に、III群は相対的にSRの方に優れるパドリング特性である。つまり、SRを高めて艇を進める者は、Jストロークによる舵操作の機会が多くなり、針路の細かな修正が可能であるために、艇の直進性が増したと考えられる。

本実験では、機器の重さによって艇首が沈みやすくなることで、実際のレース時との漕感覚にズレが生じることや、測定精度の低下や機器の故障が懸念されたことから船尾にのみ受信機を搭載した。本研究の結果から判断すれば、船尾を基にした移動距離が成績と関連を持つ可能性が示唆された。このように、従来のVTR法では捉えることが難しかった、競技者の上方から見た艇の軌跡や針路変動などの指標が得られたことは、本研究で用いた手法の大きな利点であるといえる。

一方で、疾漕中に船尾だけが横振れを起こしている可能性もあることから、今後は、小型かつ防水性に富んだ機器を船首にも搭載して、船首と船尾の2点間で位置情報を記録することが課題といえる。このような研究により、艇の横振れによる移動距離の増加をより正確に把握でき、より詳細なカヌーの操作技術の解明が期待される。

4. パドリング特性と移動特性を用いたトレーニング指導への活用

DGPSから得られたパドリング特性と移動特性をT-Scoreで表すことで、個々の選手の特徴や課題を抽出できるため、それぞれの選手に見合ったトレーニング指導が出来ると考えられる。

例えば被験者Cの場合、DPSが長く、SRが高かったが、500mタイムは第3位であった(表4)。その要因として、艇の針路変動の影響が考えられる。被験者Cについては、Distance-Scoreが70と他に比べて極端に長い(表4)。つまり、被験者Cについては横方向に蛇行する距離が他の被験者よりも大きく、これがパフォーマンスの制限要因となっていると考えられる。したがって被験者Cに対しては、直進性のトレーニングの重要性を指摘することができる。

一方、500mタイムが第5、6位の被験者E、Fについては、Distance-Scoreが50未満と、直進性については優れていた。しかし両被験者とも、SR-ScoreもしくはDPS-Scoreのいずれかが50未満であった。このことから、このような被験者については、SRやDPSの改善を目的としたトレーニングが課題であると指摘することができる。

このように、DGPSを用いることで、パドリング特性の評価に加えて、鳥瞰した針路変動の評価といった、カヌー競技の競技成績に関わる様々な要因を、包括的に評価することが可能となる。この手法により、野外で行う他の水上スポーツにおいても、室内での競泳のレース分析(岩原, 2009; 岩原・窪, 2004)のように、漕技術やレース展開などを詳細に分析できると考えられる。そして、トレーニングを考える上での様々な情報について、従来のVTR法では難しかった部分についても捉えることが可能となり、水上スポーツにおける競技力向上のために活用できることが期待できる。

V. まとめ

本研究では、8名のカヌー選手を対象として、DGPSを用いて500m全力漕の艇の移動様相を捉え、各パラメータと競技成績との関係について明らかにすることを目的とした。その結果、以下の点が明らかとなった。

1. レース序盤においては、SRとDPSの両変数を高めることがBSの上昇に影響した。また、レース後半にかけてのBSの低下は、舵操作時間と空輪期の増加に伴って生じたと考えられ、SRの低下に

影響を受ける可能性が示唆された。

2. DGPSから得られた各パラメータのT-Scoreを用いて、選手個々の漕タイプに分類を行うことができた。この分類から、個人特有のSRとDPSの関係性(パドリング特性)や針路変動といった、カヌー競技特有のパフォーマンス要因を包括的に評価できた。それゆえ、この分類は個々の選手のトレーニング指導に寄与できる指標となると考えられる。

参考文献

- Caplan, N. (2009) the Influence of paddle orientation on boat velocity in canoeing, *Int. J. Sports Sci. Engng*, 3:131-139.
- Diafas, V., Kaloupsis, S., Bachev, V., Dimakopoulou, E. and Diamanti, V. (2006) Weather conditions during Athens Olympic rowing and flatwater canoe-kayak regatta at the Olympic rowing center in schinias. *Kinesiology*, 38:72-77.
- 藤中智子・山本正嘉 (2005) カナディアンカヌー競技選手の有酸素性・無酸素性作業能力の測定・評価法の検討—新しく開発されたカナディアンカヌー・エルゴメーターを用いて—。 *スポーツトレーニング科学*, 6:14-23.
- 藤原 昌・千足耕一・山本正嘉 (2009) ウィンドサーフィン競技におけるレース戦略の改善を目的としたGPSの活用。 *トレーニング科学*, 21:57-64.
- 千足耕一・藤原 昌 (2007) セーリング競技—GPSを用いた航跡分析の可能性—。 *バイオメカニクス研究*, 11:124-129.
- 藤原 昌・中村夏実・山本正嘉 (2010) カヌーにおけるDifferential GPSを用いた艇の移動様相に関する包括的な評価システムの構築。 *体育測定評価研究*, 10:67-75.
- 池田達昭・澁谷顕一・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。 *JJESS*, 2:1-11.
- 岩原文彦 (2009) レース分析から見えてくる泳法分析とその改善。 *バイオメカニクス研究*, 13:24-30.
- 岩原文彦・窪 康之 (2004) 競泳選手へのバイオメカニクスのサポート活動。 *バイオメカニクス研究*, 8(4):237-241.
- Laffite, L.P., Vilas-Boas, J.P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R. and Billat, V.L. (2004) Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Can J Appl Physiol*, 29:Suppl:S17-31.
- 三田勝彦・宮島武彦・阿部茂明・本田宗洋 (1992) レーシング・カヌーの艇速度に関する研究。 *日本体育学会大会号*, 43B:773.
- 奥野景介・生田泰志・若吉浩二・野村照夫 (1998) 一流選手の100m自由形における競泳のレース分析—1996年度および1997年度日本選手権大会の比較—。 *大阪教育大学紀要*, 47:211-223.
- 下田 学・福永哲夫・川上泰雄 (2005) シングルスカルの艇速にストロークレートと漕手の発揮する力とパワーが及ぼす影響。 *スポーツ科学研究*, 2:97-106.
- 高松潤二 (2004) GPSのスポーツへの応用。 *バイオメカニクス研究*, 8:201-208.

- 白井信幸・前田正登 (2008) パドリングの変容からみたフラットウォーターレーシングカヌー・カナディアンのレース分析. トレーニング科学, 20 (4) : 273-284.
- Toussaint, H.M., Carol, A., Kranenborg, H. and Truijens, M.J. (2006) Effect of fatigue on stroking characteristics in an arms-only 100-m front-crawl race, *Med Sci Sports Exerc*, 38:1635-1642.
- 上野優子・伊坂忠夫・高橋勝美 (1995) レーシングカヌー競技における速度・ピッチおよび推進距離の関係について. 日本体育学会大会号, 46 : 524.
- Odaka, Y., Takano, S., In, Y., Higuchi, M. and Murakami, H. (2011) The evaluation of the error characteristics of multiple GPS terminals, CSCS '11 Proceedings of the 2nd international conference on circuits, systems, control, signals, pp.13-21.
- Zhang, K. (2004) GNSS for sports : sailing and rowing perspectives, *J Global Positioning Systems*, 3:280-289.

平成24年6月20日受付

平成24年10月24日受理

