

カヌー競技スプリントのパドリング動作に関する一考察 —女子カヤック選手の肘関節角度と骨盤の動きに着目して—

栗本宣和・吉田 章・小池関也

A study of paddling motion in canoe-sprint racing: Relationship between angle of the elbow joint and pelvis movement of female kayakers

KURIMOTO Nobukazu, YOSHIDA Akira and KOIKE Sekiya

Abstract

This study aimed to analyze paddling motion in relation to pelvis movement and angle of the elbow using a potentiometer and a gyroscope. Subjects were four top level or sub-top level female canoe athletes, and measurements were taken from the 100m point to the 400m point of 500m course.

The characteristics of paddling motion obtained in this experiment were as follows. 1) A suitable angle of the elbow joint was in the range of 95–165 degrees. 2) Pelvis rotation on the lateral (left-right) axis was smoothest in the study's top-ranked performer. 3) Pelvis rotation on the vertical (up-down) axis was toward the side of the stroke. 4) The dorsal-ventral (front-rear) axis moved quickly toward the opposite side of the stroke, and the fixed grip side (right) stroke was needed to consciously move the pelvis back toward the other side.

Key words: Canoe-sprint, kayak race, angle of elbow joint, pelvis movement, developmental system

1. 研究の目的

オリンピックにおいて、カヌー競技スプリント種目（フラット・ウォーター）が正式競技として採用されたのは、1936（S.11）年の第11回ベルリンオリンピックからである。そして日本人選手が初めて参加したのは、1964（S.39）年の第18回東京オリンピックからである。それ以来、1980年の第22回モスクワ大会を除いて連続出場してきている⁵⁾。そして2008（H.20）年に開催された第29回北京大会では、初の5位入賞（WK-2; 女子カヤック2人乗り）を果たした。今日では、ワールドカップや世界選手権大会において、優勝をはじめ毎年のように入賞するようになってきた。しかし現在、全国の指

導者に共通する指導書のようなテキストは存在せず、多くの指導者が経験や勘に基づいての指導を行なっているのが現状である。このような背景の中、日本が世界レベルの競技力を今後も獲得し続けるためには、ジュニア期における技術指導が重要だと考えられる。

カヌースプリントに関するバイオメカニクスの研究は、これまでにいくつか報告されている。その中でも特に上肢の肘関節屈曲動作について、1964年から1974年にかけて高木、岡本、熊本らによって筋電図に着目をした研究が行なわれている^{2,4,6)}。しかし、いずれも陸上もしくはパドリングタンク：陸上で水を溜めた水槽での実験であり、実際の艇を漕ぐ動作と全く同じ

というわけではない。また、各筋の動きや強さ、それにパドルの軌跡を測定した研究は行なわれているが、パドルング技術を構成する上で重要と考えられる上肢の肘関節角度と、骨盤（体幹）の動きとの関係性に着目をしたものは見られない。

そこで本研究では、実際に競技艇に乗艇した状況で、競技レベルの違いによるパドルング技術の相違について着目した。これまで筆者は、初心者から日本代表選手まで指導した経験の中で「腕力を主体とした漕ぎ方である通称“腕漕ぎ”」や、「骨盤（体幹）をうまく作動させることができずにバランスを崩してしまうケース」によって、技術習得に無駄な時間を費やしたり、技術改善のタイミングを逃したりしている選手を数多く目にしてきた。そこで具体的には、腕の曲がり具合を示す肘関節角度と、体幹の大筋群を機能させるのに大きな役割を果たす骨盤の動き（3軸方向）を関連付けて検討し、腕と骨盤との対応に着目して検討することとした。これらの知見からより高いパフォーマンスを発揮するためのパドルング技術を明確にすることは、選手の技術習得に有用であるとともに、実際の指導現場における技術的な改善、修正のための観点を指導現場にフィードバックすることで、技術習得に向けた示唆を提供することが可能であると考えられる。

よって本研究の目的は、試合を想定した水上において実際に使用する競技艇に乗艇し、肘関節角度と骨盤の動きを記録することから、これらの関連性について分析を行ない、より高いパフォーマンスを発揮するパドルング技術を明らかにすることである。

なお本研究では、カヌー競技の中でオリ

ピック正式種目であり、静水コースにおいてタイムを競うカヌー競技スプリント種目（以下カヌー競技）のカヤック1人乗り（K-1）について扱うものとする。

2. 方 法

(1) 被検者

被検者は、カヤックを専門とする女子選手4名とした。競技レベルの内訳は、オリンピック出場経験者（選手A）と、日本代表選手として国際大会に出場経験がある者（選手B）、全国大会において入賞したことがある者（選手C）、そして地方都道府県大会において入賞したことがある者（選手D）であり、各被検者の年齢、身長、体重、カヌーの開始時期（経験年数）については表1の通りである。選手Aは、2度オリンピックに出場した経験を有している。またそのオリンピックでは、日本人女性として初めて準決勝進出を果たし、国内においても長きにわたり日本のカヌー界を牽引し、現在の女子レベルの向上に貢献した選手である。

(2) 実験装置とデータ収集方法

肘関節角度を測定するために、可変抵抗器から成るポテンシオメータ（緑測器社製；CP-2UX）を用いた。ポテンシオメータを肘関節可動部の中心に固定するために、厚さ1mmのプラスチック板に本体を固定し（上腕部側）、可動部が前腕と同じ動きをするよう前腕部側にもプラスチック板を固定した。これら本体と可動部をそれぞれ被検者の左上腕と左前腕に、マジックテープを利用して装着した。また、このポテンシオメータの出力を3軸角速度センサ内

表1 被検者に関するデータ

被検者	競技レベル	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	カヌーの 開始時期	経験 年数	グリップ 固定
選手A	オリンピック 出場経験者	34	161	55	高校入学時	20年	右
選手B	日本代表選手 経験者	20	168	62	高校入学時	6年	右
選手C	全国大会入賞 経験者	17	162	59	中学入学時	6年	右
選手D	県大会入賞 経験者	17	157	55	高校入学時	3年	右

蔵の小型無線モーションレコーダ（マイクロストーン社製：MVP-RF8）の外部チャンネルに専用のケーブルで接続し、骨盤の3軸方向の角速度とポテンシオメータの値を、同期できるようにした。このセンサ内臓のモーションレコーダ本体は、臍部の前に固定した。これらの装置には、水がかかったり浸水したりしないよう防水加工を施した。配線については、被検者にとって動作に支障がないよう配慮した（図1）。



図1 ポテンシオメータと角速度計

データは、Bluetooth を介して PC 内にリアルタイムで送信し、保存した。被検者から陸が近い場合は PC を持って伴走し、陸地が遠い場合は小型船舶で追走してデータ収集を行なった。

また、被検者のパドリング動作を、ビデオカメラ（SANYO Xacti DMX-WH1E）に収めた。

(3) 実験試技

被検者は身体に測定装置を装着後、ウォーミングアップを各自で行ない、十分に準備ができ

た後に試技を行なった。試技は、直線コースにおける 500 m レースと同様の全力漕を指示し、スタートダッシュ後からラストスパートまでのレース中盤区間（100 m ～ 400 m）において、測定を行なった。

(4) データ（算出項目およびデータ処理とデータ分析）

各データは、0.01 秒間に 1 回（サンプリング周期：10msec）の頻度で記録した。

1) 算出項目とその方法

肘関節角度は、伸展位を 180 度とし、屈曲方向へ数値が少なくなるようにポテンシオメータのデータ値より算出した。算出方法は、ポテンシオメータのデータ値（ v ）は肘関節角度を直接表現する値ではないため、予め陸上で各被検者に対して、肘関節角度が 90 度と 180 度の時の値（ v_{90} 、 v_{180} ）を測定しておいた。その値を基準として以下の計算式に当てはめ、肘関節角度（ θ ）を算出した。

$$\theta = 90 \left(1 + \frac{v - v_{90}}{v_{180} - v_{90}} \right)$$

一方、骨盤の各運動軸を中心とした角速度の値は、測定機器センサのゼロレベルを求めるため、得られたデータ値を積分し、その平均値がゼロとなるように変換をして校正を行なった。また、左右軸の値は＋が前で－が後ろ方向への姿勢の傾きを示し、上下軸の値は＋が左で－が右方向への回転、前後軸は＋が右で－が左方向への傾きを示す（図2）。

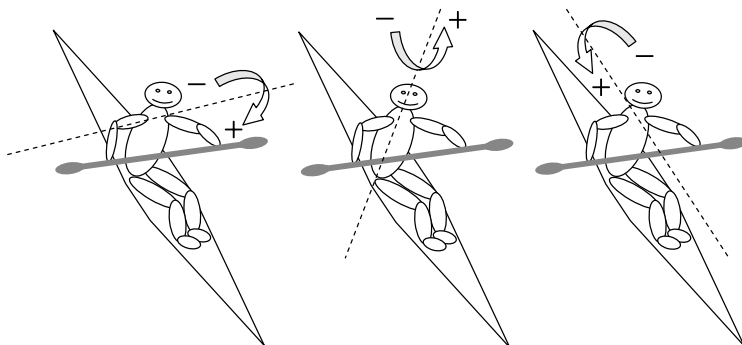


図2 骨盤の運動軸（左より左右軸・上下軸・前後軸）

2) データ処理

連続運動として得られたパドリング動作のデータを区切って、1回のパドリング動作を抽出することとした。その際の区切る位置について、同じような動作を伴う競技に関する先行研究では、以下の通りであった。手もしくはブレードが水を掴むところを起点としている研究としては、カヌーについて三田ら(1992年)⁸⁾が、ボートでは高木ら(1964年)⁶⁾、水泳では伊藤(2006年)¹⁾の報告がみられる。逆に水中動作が終了した以降に起点を置いている研究は、岡本ら(1964年)⁴⁾によるカヌーが水を掴む直前の腕が一番伸びたところを起点としたものがある。他には、水泳のクロールについて扱った高橋らの研究(1967年)⁷⁾では、腕が水中から上がった時点を起点としている。またD. Cholletらのクロールの研究(2000年)⁹⁾では、グライド・プル・プッシュ・リカバリーの4つの局面に分類をしている。このように、過去の研究においては、1パドリングの区切り方は様々であった。これらの先行研究を踏まえた上で、本研究では、ストロークにおける肘の動きを明確にするため、肘関節角度が最大値を示す局面、いわゆる水をキャッチ(C)する直前の場面を起点として1ストロークの区切りを肘関節角度より算出し、データ処理を行なった。よって起点は肘関節角度が最大値を示した次の値とし、終点はその最大値とした。なお、肘関節角度が最小角度となった局面を、片腕において引き手(プル)

と押し手(プッシュ)の変換点とした。これらの数値と、選手のフォームを撮影した映像とを照らし合わせてデータ処理を行なった。

各被検者による試技の対象区間とした100 m～400 mのうち、1回のパドリングデータをランダムに抽出し、計5回分抜き取った。そのデータは、1パドリングに費やす時間がそれぞれ異なることから、起点と終点をそれぞれ0～100%とし、全ての値に百分率化した数値をつけ、整数値に最も近い近似値100個をプロットして、全被検者が比較できるように1パドリングの起点と終点を揃える作業を行なった。

3) データ分析

各被検者が行なった5パドリング分の全値を平均化して、それぞれの被検者の特性を比較分析した。各被検者について分析した内容は、肘関節角度と骨盤の3軸(左右軸・上下軸・前後軸)に関して、最大値と最小値とそれが1パドリング中どの局面で出現するかの位置関係ならびに、平均値、標準偏差について整理し、それぞれの項目の関係性を比較検討した。

3. 結 果

肘関節角度および骨盤の軸に関する分析結果を、表2～5と図3と4に示した。それらのデータをもとに、以下に結果をまとめた。

表2 肘関節角度

	(度)			
	選手A	選手B	選手C	選手D
Max.	160.2	149.4	176.8	142.1
Min.	98.4	67.9	95.7	102.0
Ave.	138.3	119.2	133.0	126.4
S.D.	20.1	26.7	24.2	12.4
屈曲幅	61.8	81.5	81.1	40.1

表3 左右軸角速度

	(deg/sec)			
	選手A	選手B	選手C	選手D
前方向	22.2	57.0	40.6	40.5
後ろ方向	-24.9	-39.0	-30.5	-37.7
S.D.	12.7	22.8	18.0	22.0
前後差	-2.6	18.1	10.2	2.8
前後和	47.1	96.0	71.1	78.2

表4 上下軸角速度

	(deg/sec)			
	選手A	選手B	選手C	選手D
左方向	118.8	142.8	153.7	135.2
右方向	-106.0	-156.7	-159.9	-133.1
S.D.	57.3	87.3	89.7	88.3
左右差	12.8	-13.9	-6.2	2.1
左右和	224.8	299.5	313.7	268.4

表5 前後軸角速度

	(deg/sec)			
	選手A	選手B	選手C	選手D
右方向	75.3	33.0	25.8	22.5
左方向	-54.5	-39.9	-32.9	-28.1
S.D.	37.0	22.0	14.4	16.6
左右差	20.8	-6.9	-7.1	-5.6
左右和	129.7	72.9	58.6	50.7

(1) 肘関節角度

肘関節の屈曲・伸展角度を示す肘関節角度について、各選手の最大角 (Max.)、最小角 (Min.)、平均値 (Ave.) と標準偏差 (S.D.)、および屈

曲伸展の範囲 (屈曲幅) を示すデータは、表 2 の通りである。平均値について、選手 A と選手 C は近い値を示したが、それに比べ選手 B は約 20 度小さく、選手 D は約 10 度小さい

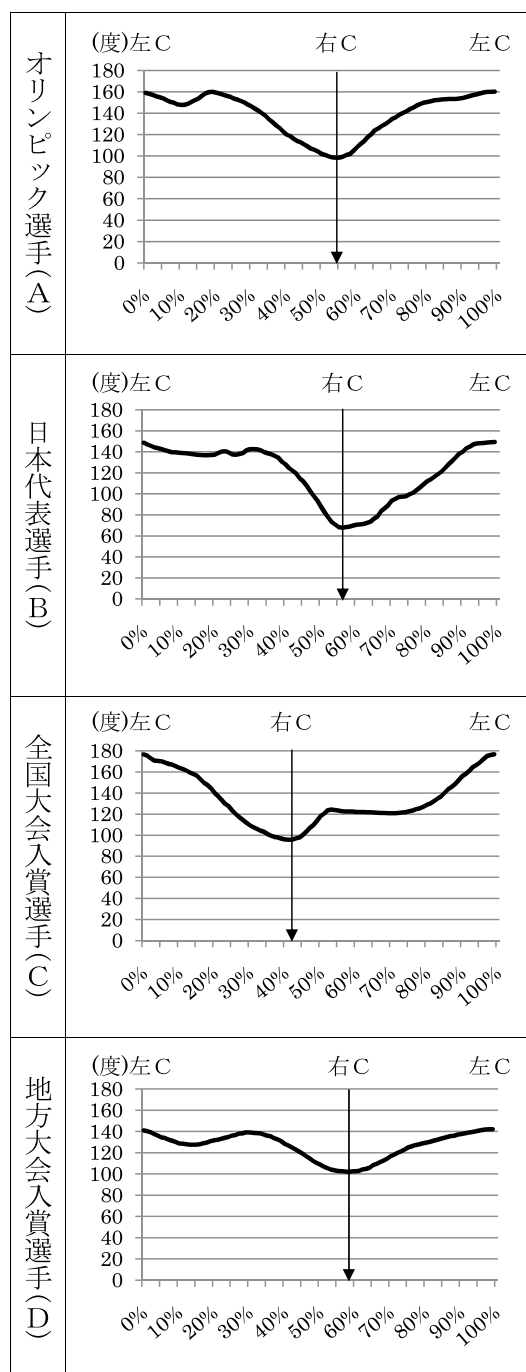


図 3 肘関節角度

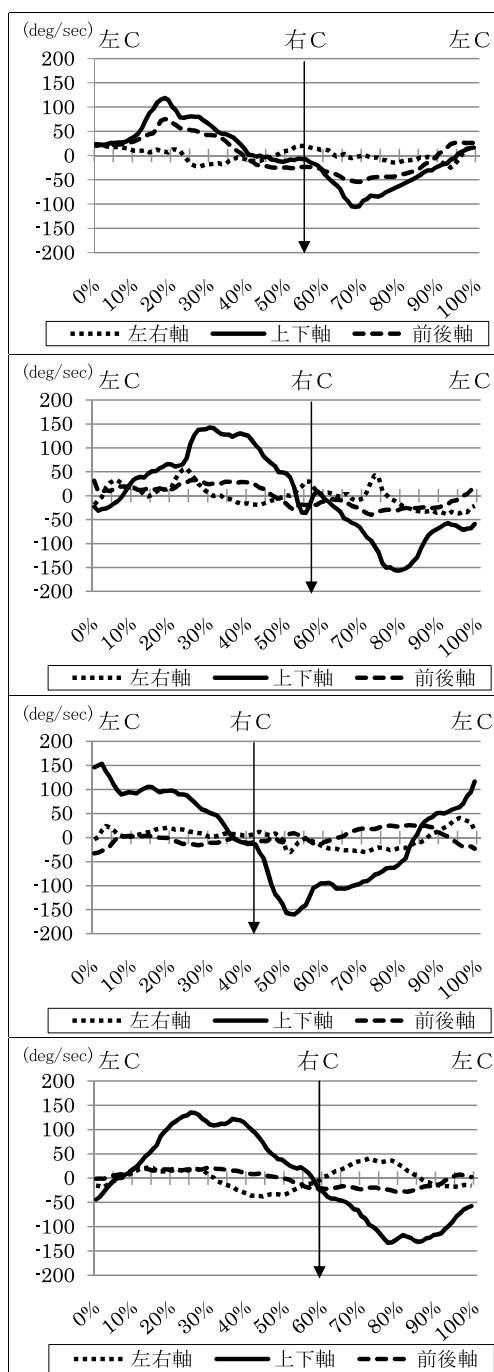


図 4 骨盤軸角速度

値を示した。また屈曲幅について、選手 A が 61.8 度に対して、選手 B が 81.5 度と選手 C が 81.1 度とともに 80 度を超過しており、逆に選手 D は 40.1 度であった。1 パドリングにおいて、どのポイントで最小角が出現するか的位置割合は、選手 A が 55.0% で、選手 B が 57.0%、選手 C が 42.0%、選手 D が 59.0% であった(図 3)。この数値は、左右のストロークが均等に行なわれた場合に 50.0% となり、選手 A (+ 5%) に続き、選手 B (+ 7%)、選手 C (- 8%)、選手 D (+ 9%) の順で、左右の差が大きくなっている。

(2) 左右軸角速度

体幹の前後への傾きに連動した骨盤の前後方向への傾きを示す左右軸角速度については、各選手の前方向への最大値 (+) と、後ろ方向への最大値 (-)、標準偏差 (S.D.)、前後最大角速度値の差 (前後差)、および前後方向への角速度の和 (前後和) を、表 3 に示した。選手 A は、他の 3 選手に比べて前後の角速度の和が他の選手より小さく、左右軸に関して前後方向への骨盤の動きが少ない傾向が認められたことと、前後の角速度に差があまり見られなかった。それに対して、他の 3 選手は前方向への回転速度が速い値を示した。

(3) 上下軸角速度

体幹の動きに連動した骨盤のローテーションを示す上下軸角速度については、各選手の左側への最大値 (+)、右側への最大値 (-)、標準偏差 (S.D.)、左右の最大角速度値の差 (左右差)、および左右方向への最大角速度の和 (左右和) を、表 4 に示した。上下軸に関して左右方向への角速度について、選手 A は他の選手に比べて遅かった。また左右の角速度差について、選手 A と選手 D は左方向が、選手 B と選手 C は右方向が速い値を示した。

(4) 前後軸角速度

体幹の左右への傾きに連動した骨盤の左右方向へ動きを示す前後軸角速度については、各選手の右側への最大値 (+)、右側への最大値 (-)、標準偏差 (S.D.)、左右の最大値の差 (左右差)、および左右方向への最大角速度値の和 (左右

和) を、表 5 に示した。左右和は、選手 A が最も大きな値を示し、競技力が下がるにつれて値も低下し、選手 A と選手 D では左側で約 3 倍、右側で約 2 倍の差があった。また選手 A 以外は、右側への動きが小さいことが明らかとなった。

4. 考 察

カヤックの典型的なパドリング動作は、ストローク側のブレードが水中に入る直前の構えから始まる。その局面における腕の位置関係は、ストローク側の腕 (引き手) の肘関節が、最大角度になっており、反対側の肩の上あたりで構えている腕 (押し手) の肘関節は最小角となっている。その後、ブレードが水中で水を掴む “キャッチ (C)” の局面を経た後に、ブレードを支点とした引き (押し) の動作によって艇 (身体) を加速させる “ミドル” の局面に移行する。引き続いてブレードが体幹の横を通過すると同時に脱力し、水中からブレードを抜く “フィニッシュ” をむかえる。その後、反対側のストロークに移行するためにグリップを挙上すると同時に肘を折りたたんで、次のキャッチの準備のための構えの姿勢をとる。これらが一連のパドリング動作となり、大別すると「キャッチ→ミドル→フィニッシュ」の局面がある水中ストローク (引き手) と、「構え→逆手の補助動作」を行なう空中動作 (押し手) に分けられる。この各局面における、肘関節角度、左右軸角速度、上下軸角速度、および前後軸角速度について、オリンピック選手 A を中心に他の選手と比較を行ない、その差異について考察を行なった。なお考察を行なうに当たり、図 3 と 4 のグラフから読み取れる情報の観点は、以下の通りである。尚、グラフ中の “C” は、キャッチのポイントを表している。

- ① グラフの左右両端が、1 パドリングの始点と終点を示している。なお矢印は、肘関節角度が最小値を示した右ストロークへの切り替え地点を示しており、それを境に左側が左ストローク、右側が右ストロークとなる。
- ② グラフの縦軸を肘関節角度および各軸の角速度として、また横軸を 1 パドリング進行の割合とし、それぞれの変化を示している。

③体幹（骨盤）軸角速度に関して、各グラフと x 軸 ($y = 0$) で囲まれた部分の面積（移動速度）に着目し、その大きさ、位置、タイミング、形状およびその変化によって、肘関節角度や骨盤軸の動きからパドリング技術に影響を及ぼす要素について検討した。

これら 3 つの観点と合わせて、撮影した映像を補助資料として考察に用いた。

(1) 肘関節角度

オリンピック出場経験を持つ選手 A の肘関節角度に関して、キャッチの局面では伸びきらず、ストロークを終えたフィニッシュから逆側のキャッチの構え動作の局面において 90 度よりも曲がらないことである。また、屈曲幅が 61.8 度であることから、肘関節角度が伸びきらず且つ曲がり過ぎずに、約 60 度の範囲で肘関節が可動していた。次に、1 パドリング動作において、押し手を構える肘関節最大屈曲角度を示す局面が、全体の 55% の位置で安定しており、左右がほぼ同じタイミングとリズムでストロークできていることになる。また特徴的だったのが、キャッチで一旦肘が屈曲 (147.7 度) した後に、ミドルの局面においてブレードを入水する前の構え姿勢と同程度まで伸展 (159.9 度) し、それからフィニッシュ動作に向けて徐々に肘関節が屈曲していた。

選手 B の肘関節角度は、67.9 ～ 149.4 度の範囲でパドリング動作が行なわれており、キャッチの局面からミドルが終わるまで 140 度程度で変化がなく、フィニッシュ後に直角よりも屈曲していた。選手 A に比べ屈曲幅が約 20 度大きい、最大伸展角度が小さいことから、常に肘が折れ曲がった状態でストローク動作がなされていることがうかがえる。また、40.0% あたりまで肘関節角度が変化せずその後急激に肘が屈曲しているため、後方まで引き過ぎていることが読みとれる。このことは、ブレードの面が上を向き始めてから肘を曲げる要因となり、フィニッシュで水を持ち上げるという不適切な動作にもなりかねない技術である。

選手 C の肘関節角度は、95.7 ～ 176.8 度の範囲でパドリング動作が行なわれており、選手

B と同様に選手 A に比べ屈曲幅が約 20 度大きかった。また映像を確認したところ、最大伸展位が水をキャッチした後に出現していた。そのため本研究では最大伸展位を 1 ストロークの起点としていることから、他の選手と比べてグラフの起点と終点が約 15% 程度速いことが推測される。パドリングの特徴としては、右ストローク時における左の押し手肘関節角度を、変化させずに行なっていた。また選手 A のように、肘関節がキャッチの動作時に一旦屈曲した後、再度伸展させる動きがみられないのは、キャッチでブレードが水を捉えていないことが考えられる。このことは、推進力を得るために重要なミドル局面において、掴むべき水をロスしているおり、艇の速度に反映されない技術となっていることが推測される。

選手 D の肘関節角度は、102.0 ～ 142.1 度の範囲でパドリング動作が行なわれており、選手 A よりも屈曲幅が約 20 度小さく、適切に肘関節が伸縮していない状態である。このことは動作自体が小さい上、特に押し手に移行した時に強い力が出力されず、右側のストロークを支えることができずに不安定となり、艇の推進力に繋がらない漕ぎ方である。また、最小屈曲角が現れたのが 59.0% 地点で、右ストロークが短くなっており、左右の仕事量がアンバランスな状態であった。これら一連の動作は、撮影した映像からも確認できたが、左ストロークが引き過ぎにより長くなることで、右側のストロークに費やす時間が短くなり、左右のストローク長および、艇操作のバランスが崩れて悪影響を及ぼしていた（ローリング）。このことは、推進力を抑制する動きであるとともに、艇が蛇行する原因ともなるために改善すべきである。

(2) 左右軸角速度〔+：前側，－：後ろ側〕

左右軸角速度についてオリンピック選手 A は、前後の最大値が 20 ～ 25 度 / 秒程度であり、グラフからも読み取れるように左右各ストロークを通して数値の極端な上下がなく、上下の穏やかな曲線が一回ずつであった。特徴として、左右のキャッチ動作よりも前の段階において、骨盤が前方向に加速していた。このことは、キャッチの直前に骨盤を前方向に動作先行することで、より前方から水を掴むことができ、

キャッチの先行準備動作を行なっているものといえる。左右のキャッチに行く直前の切り替え時であることも示された。これらのことから、左右軸を中心とした前後方向への骨盤の動きが、推進力を生み出す重要な局面であるキャッチ動作に合わせ、適度に且つ的確なタイミングで行なわれており、より艇の速度を増加させている要因といえる。

他の3選手は選手Aと比べて、骨盤がおおよそ2倍以上の速さで急激に回転している。この急激に骨盤が前後方向に回転することで、艇のピッチング動作の誘発が考えられ、推進力を阻害することになるため、極端な前方向への回転は避けるべきである。また左右ストロークの異なった局面において、骨盤が前後に動いていたり、左右のストロークで前後逆の動きがみられる。このことは左右対称の動作を基本とするカヤックの動きとしては、不規則な動きをしており、艇の推進力に悪影響を及ぼす可能性があり、バランスに他の2軸との兼ね合いから、バランスを崩す要因にもなると考えられる。

(3) 上下軸角速度〔＋：左側，－：右側〕

上下軸角速度については、左右それぞれストロークする側に回転している。オリンピック選手Aについて、グラフからも読み取れるように、左ストロークを終えた時点で、押し手から引き手に移行する右キャッチを表す矢印あたりにおいて、上下軸の回転速度に大きな変化がないことから、骨盤が左右方向に対して安定しているといえる。細かく分析すると、左右それぞれのキャッチよりも少し前に、これからキャッチしようとする側に身体が回転し始めており、キャッチの局面を経て肘関節が一旦屈曲した時点、いわゆる水を掴んだミドルの局面から、角速度が急激に増加している。このことは、ブレードが水を掴むキャッチのタイミングよりも早く、上下軸を中心とするストローク側へ骨盤の回転運動が始まり、先行動作として行なわれていることが明らかとなった。その後20%あたりをピークに低下するが、25%あたりで一度横ばいとなり、フィニッシュへ向けて30%から再び低下し、左腕が押し手になる構えの局面（＝右側のキャッチ）よりも前段階の50%あたりで、右側に回転し始めていた。右側のストロー

クも左側ほど変化が顕著ではないが、同様の動きとなった。これらのことから、キャッチの局面において、ブレードの動きよりも上下軸を中心とする骨盤の動きが先行しているということである。

選手Aと比べると、選手B・選手Dは左ストロークの後半部分、いわゆるフィニッシュ近くにおいて、骨盤の左方向への角速度が早く、ストローク後半においても体幹のローテーションに勢いがある結果となり、ストロークを引き過ぎる原因となる。また左側のフィニッシュから右キャッチへの切り替え局面において、骨盤が急激に逆側に回転する動きもみられた。選手Cは、キャッチの動作後に肘関節角度の最大伸展角が出現するため、他の選手に比べて15%程度動きが速いと思われる（前述）。このことを考慮すると、グラフでは選手Aと比較的同じような軌跡がみられたが、左右の切り替え時に角速度がゼロになる時間が短く、切り替え局面においてバランスを崩している可能性が考えられた。

これらの上下軸角速度に関することから、いわゆる“腕漕ぎ”と表現されるような、ストローク自体を腕のみで行なう運動動作は、ブレードと骨盤が上下軸に対して同じ動きをしていないことがうかがえる。そのため、体幹の大筋群（広背筋・腹筋）を効率よく使えていないため、推進力に繋がらない上に、早い段階で腕が疲労してしまう原因にもなりかねない。従って、切り替え時に骨盤が左右に回転するといった不安定な状態にならないよう、この点に意識を置いた技術強化をする必要があると考えられる。

(4) 前後軸角速度〔＋：右側，－：左側〕

前後軸角速度についてオリンピック選手Aの特徴は、ストロークをする側とは逆方向に骨盤が傾き、左右のストローク切り替え局面の直前に角速度が0となり、逆側のキャッチの局面では、再びストロークする側とは逆に傾き始めていた。上下軸角速度と同様に、次のキャッチへの準備である骨盤の先行動作がみられ、グラフにおいて上下軸角速度と、同様の曲線を示した。この前後軸を中心とする骨盤の左右方向への先行動作は、肘関節角度と上下軸角速度の結果より、ブレードが水面から上がったフィニッ

シュ動作の終わりの局面を示し、ストロークが逆側へ切り替わるポイントとして考えられる。またその後に続く、左右のストローク切り替え時点までにはすでに体勢が整えられており、スムーズに逆のストロークに移行しているということである。

各選手の特徴を選手Aと比較すると、左右のストローク切り替え局面において、急激に逆側に加速したり(B)、真逆方向へ加速していたり(C)、左右のストロークで対象の動きになっていなかったり(D)した。また、3選手ともに選手Aよりも、左右方向へ傾く角速度が2分の1から3分の1程度と遅く、骨盤を素早く動かすことができていないことが明らかとなった。これらのことは、左右のストローク切り替え局面において、骨盤の動きが不安定になっていることを再度示した結果となった。このことは、ストロークと逆方向の腰が折れ曲がり、それにともない肩も下方向に下がった不安定な状態となることが映像からも確認ができた。そのため骨盤と体幹、それに腕が連動せずに、腕が体幹から離れてストロークするいわゆる“腕漕ぎ”状態になっており、ストローク側に骨盤が倒れている状況であり、改善するには肘関節角度と合わせた技術修正が必要となるといえる。

(5) 総合的考察

肘関節角度について選手Aは、左右のストロークにおけるどの局面においても、グラフ上にプラトー（横這い）の状態がなく、常に肘関節角度が変化していることと、またキャッチで一旦屈曲した後、ミドルの局面で伸展する動きが見られたことが、他の3選手と比べた場合の大きな特徴であった。屈曲幅については、4選手の比較より、大き過ぎる場合や小さ過ぎるケースでもパフォーマンスに結び付かず、選手Aの60度程度が望ましいことがわかった。合わせて、肘関節の最大屈曲（引き手から押し手への切り替え時＝構え）ポイントが50.0%地点から遠ざかることは、どちらかのストロークが長いことを意味するが、競技力が高い選手程、より50.0%に近い傾向が見られた。また選手A・B・Cは左ストロークが長い傾向にあった。この原因は、日本人の多くがグリップを右固定に

しているため、左グリップの方がパドルをホールドするという仕事がない分、ストロークに全力を注げることが原因の一つと考えられるため、指導場面において、このことを留意した上でコーチングをする必要があると考えられる。左右軸角速度について、選手Aは急激な速度変化は見られず、他の選手の約半分の早さであったのに加え、前後方向への最大角速度はほぼ同値であった。また、キャッチの直前に、骨盤が前方向に回転しており、より前方から水を掴もうとしている先行動作がみられた。これらから、左右軸に対して骨盤の前後方向への大きな動きがないこと、また前後の角速度に極端に違いがないことが望ましいといえる。

上下軸角速度については、骨盤がストロークする側と同方向に回転することと、左右の各ストロークにおいて、骨盤が同じ角速度で同じ時間動くことが望ましいことが結果から明らかになった。また選手Aと比べて他の選手は、グラフの横軸と囲まれた部分の面積が大きく、左右ともに角速度が大きい値を示した。また、ストロークの初期段階において、角速度が増加している時間が長いこと、無駄な動きや必要以上に長い時間を伴うことなく、骨盤を後方へ動かす量を抑えると共に、力を短時間で出力するストロークが効果的であるといえる。

前後軸角速度について、今日まで指導場面において、「ブレードに体重を乗せるように。」という言葉掛けがよくなされているため、前後軸に関する骨盤の動きはストロークをする側に倒れるものだと思われていた。しかし、今回のデータより上下軸の動きと合わせて考えた場合、上下・前後軸方向で3次的にねじれを生じるような骨盤の動きがなされていると推測され、ストロークと逆側に骨盤が傾いていることが明らかとなった。また、選手Aの特徴として、前後軸以外の2軸に関しては、他の3選手達よりも最大角速度の和は全て小さかったが、前後軸角速度だけは他の選手達より2～3倍程度速く、前後軸を中心とした骨盤の素早い動きが望ましいストロークを生み出しているものといえる。

肘関節角度と3軸角速度の総合的な比較として、肘関節角度から導き出されたストロークの左右切り替え局面において、左右軸、上下軸、前後軸における3軸の角速度はともに0に近い

値になることが望ましいと言える。

5. まとめ

カヌー競技におけるカヤック漕法について、パドリング動作と骨盤の動きに着目して分析を行なった結果、以下のことが明らかとなった。パドリング中の肘関節角度については、肘が曲がり過ぎても伸び過ぎてもパフォーマンスは向上せず、最適角度としては95～165度の範囲で屈曲幅60度程度のパドリングが行なわれ、かつ動作中は常に肘関節角度がパドリングの局面に応じて適切に変化することが望ましい。

角速度から見た骨盤の動きについては、まず前後方向の動作に関して、あまり大きな動きが見られない方が望ましく、キャッチの先行動作として、ブレードが水を掴む直前における前方への骨盤の動きは、より前方から有用なキャッチをすることができ、艇の推進力に繋がるといえる。骨盤の左右方向への回転に関する動きとしては、ストロークする側に骨盤がストロークの前半で素早くローテーションしていることが認められた。また左右軸と同様に、キャッチ直前の先行動作は、艇の推進力を増すのに有用な動作といえる。前後軸骨盤の傾きに関しては、ストロークと逆側に傾くことが望ましく、またグリップが右固定を主体としている場合においても、骨盤の動きは左右均等になるようにしなければならない。その場合、骨盤軸の動く方向によって、ストロークと反対側の腰が折れ曲がるとともに、肩が落ちないように意識する必要がある。

これらのことから、肘関節はストローク時に曲げ過ぎず、押しの動作の際に、次のキャッチの準備のための構えとして、肘を伸ばし過ぎないようにすることと、骨盤を左右軸の前後方向にはあまり動かさず、上下軸の左右方向ではストローク方向に初期段階において短時間で強い力を出力し、左右軸と共に先行動作をとる。そして前後軸の左右方向への骨盤の傾き動作は、ストロークと逆方向に動くのが望ましいことが示唆された。また全てのデータより、右グリップを固定する場合には、左に比べ右ストロークを意識的に重点強化する必要があるといえる。

以上のことから技術改善・修正のトレーニング

グ場面において、肘関節角度と骨盤まわりの各軸を中心とした動きが3次的に複合作用していることを理解し、“腕漕ぎ”や“艇のゆれ”、“バランスの悪さ”を克服するための観点として、骨盤と体幹、それに上肢の動きの協調性を主体とする総合的なフォーム形成を行なうことの重要性を示すことができた。

6. 今後の課題

本研究は、肘関節角度と骨盤の動きに着目して、カヤックにおけるストロークのメカニズムを明らかにすることを目的とした。同様な目的を持つ先行研究では、いずれも艇を固定した疑似ストローク状態での分析であったことから、本研究では実際の競技場面に近付けた状態での分析を試みた。

今後本研究の成果を高めるために、以下の観点における課題に対処することにより、更に精度を高めた研究をする必要がある。

- ①本研究は、各技術レベルの被検者がそれぞれ1名だったため、被検者数を増やすことで、より再現性かつ妥当性を高め、一般化を図ること。
- ②今回は、映像を収録してデータの処理および解釈上の参考として用いたが、映像の分析には至らなかったことから、今後は、映像分析と照らし合わせた研究を行なうこと。
- ③本研究では、片側肘関節角度と骨盤の動きを重ね合わせるにとどまったが、今後は、骨盤と両肘関節角度、上体各部の動き、それに艇速度との関連付けをした研究を行なうこと。

文 献

- 1) 伊藤慎一郎 (2006) : 水泳フリースタイルの最適アームロール, 日本機械学会論文集, 9 (1), 171
- 2) 岡本 勉・高木公三郎・熊本水頼 (1964) : 筋力の伝達機構から見たカヌー漕法における所見, 体育学研究, 9 (1), 171
- 3) 岡本 勉・高木公三郎・熊本水頼・中川 宏 (1966) : 上肢の挙上動作の筋電図学的研究, 体力科学, 15 (4), 192
- 4) 岡本 勉・高木公三郎・熊本水頼 (1967) :

- 上肢の屈曲動作の筋電図的研究, 体育學研究, 11 (5), 129
- 5) 栗本宣和・吉田 章・阿部翔子 (2009): 我が国のカヌー競技における普及・発展過程に関する一考察, 筑波大学体育科学系紀要第 32 号, pp147-56
- 6) 高木公三郎・熊本水頼・岡本 勉 (1964): 筋力の伝達機構から見たボート漕法における所見, 体育學研究, 9 (1), 172
- 7) 高橋伍郎・梅田利兵衛・宮下充正・林 裕三 (1967): クロール・ストロークの腕の動きについて, 体育學研究, 11 (5), 142
- 8) 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
- 9) D. Chollet, S. Chabies, J.C. Chatard (2000): A New of Coordination for the Crawl: Description and Usefulness, International Journal of sports medicine, 21, 54-59
- ※本研究は、平成 21 年度筑波大学体育科学系研究プロジェクトの支援を受けて行なった研究である。