

水上全カパドリングにおける艇速度と身体加速度の積分値
—カヌーフラットウォーターレーシング・カヤック種目を対象として—

中村夏実¹⁾, 竹野欽昭²⁾

¹⁾ 鹿屋体育大学

²⁾ 琉球大学

キーワード: カヤック, 水上全カパドリング, 身体加速度, 積分値

【要旨】

カヌーフラットウォーターレーシングカヤック種目を対象に、水上全カパドリング中の 3 次元の身体加速度を測定して、その積分値をパワーを反映する指標とし、艇速度との関係について観察した。水上という不安定で自然環境の影響を受けやすいフィールドにおいて、カヤック競技選手のパフォーマンス評価方法を探る過程を対象とした研究である。

スポーツパフォーマンス研究, 1, 14-21, 2009 年, 受付日:2008 年 11 月 28 日, 受理日:2009 年 2 月 24 日
責任著者:中村夏実 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 鹿屋体育大学 natsumi@nifs-k.ac.jp

**Boat velocity and the integral value
of body acceleration in the stimulated kayak race**

Natsumi Nakamura¹⁾, Yoshiaki Takeno²⁾

¹⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ University of the Ryukyus

Key Words: kayak, paddling on water, body acceleration, integral value

[Abstract]

Triaxial body-acceleration during paddling in stimulated kayak race was measured on water velocity. By using the integral values as a power index, the relation to boat velocity was observed. The present study aimed at exploring an evaluation of kayak athletes' performance on the water, which is erratic and easily affected by natural forces.

I. 問題提起

カヌー競技のフラットウォーターレーシング(以下;カヌー競技)は、200m、500m、1000m コースをそれぞれ40秒から4分程度で競うものである。選手は、静止した艇を加速させて艇速度を獲得し、その艇速度をゴールに至るまで維持しなければならないわけであり、筋パワー、筋持久力、有酸素性及び無酸素性能力などに代表される高いエネルギー発揮を要求される。そして、その身体が生み出すエネルギーを、水上におかれた不安定な艇の上で最大限に発揮し、艇速度に変えなければならない。

競技成績は艇速度であるので、艇の速度変化を艇の加速度計測から、測定・評価するシステムが研究され、実際に応用されている。一方で、艇に推進力を与え、艇の動きに影響を及ぼすパドリング中の身体活動についても、測定・評価の必要性が考えられる。

しかしながらカヌー競技は、水上というフィールドで、かつ限られた艇スペースの中で身体活動を行うため、様々な測定機器の使用が困難な場合が多い。また、選手は、可能な限り艇の軽量化(競技規則において艇重量の下限が規定されている)を求めているため、重量のある測定機器を艇へ搭載することは、出来ることなら避けたいものである。このような理由で、実際の水上パドリングにおける身体活動に関する測定・評価が、トレーニングや競技の現場で定着しないという現状があると考えられる。

II. 目的

近年、小型で軽量の加速度測定装置が開発され、運動時の身体加速度の様子を測定、評価することが可能となった。運動時の身体加速度の測定は、身体重心の位置変化をとらえようとするものである。これまでも、歩行やランニングなどを対象に測定されており、運動中の3次元の身体加速度から算出した総積分値は速度に伴って増大することや、酸素摂取量との間に有意な正の相関関係を有することが報告されている(Bouten et al.,1994; Nichols et al., 1999; Iwashita et al., 2003; Le Bris et al., 2006; Fudge et al., 2007)。また、総積分値に対する、3次元の各積分値の比と歩行速度の関係を検討することで、運動の効率に言及した報告もみられる(Eston et al.,1998; Iwashita et al., 2003)。これらの手法をカヌー競技にも応用できないかと考えている。

そこで本研究では、3次元の加速度計測が可能であり、総重量65g、サンプリング周波数50Hzのデータログが可能な加速度計を使用し、水上パドリング中の身体加速度の積分値を算出し、艇速度との関係を観察することを目的とした。

III. 方法

1. 対象者

対象は、大学女子カヤック選手2名である(表1)。

表 1 本事例における対象選手の特徴

選手	年齢	身長(cm)	体重(kg)	学生選手権成績(500m)
A	22	164	56	優勝(2'04"17)
B	20	168	60	準決勝進出(2'20"28)

2. 運動様式

実際のレースを想定して、2分(500m相当)、4分30秒(1000m相当)の水上全力パドリングを行った。

3. 測定項目:

- (1) 艇速度: 磁気スクルー式速度計(NIELSEN-KELLERMAN 社製, SPEEDMATE SURF)を使用し、スクルーを艇底に取り付け、艇内に装着した小型モニタをVTRカメラで記録して、1秒ごとの艇速度を求めた。
- (2) 身体加速度: 携帯型加速度測定装置(GMI 社製, AC-301)を用いた。装置の装着部位は、座位姿勢となる選手の腰背部・臍高位とした。本装置は3次元(左右;x、上下;y、前後;z)の加速度計測が可能である。得られた3次元の身体加速度について、その絶対値の積分値と3つの身体加速度の合成成分の積分値(総積分値)を算出した。またこれらの積分値体重を乗じてパワーを反映する指標とし、それぞれ I_x , I_y , I_z および I_{total} として1分間の平均値(N・min)で示した 1), 4)。

$$I_x = \text{体重} \times \int | \text{左右加速度 } a_x | dt$$

$$I_y = \text{体重} \times \int | \text{上下加速度 } a_y | dt$$

$$I_z = \text{体重} \times \int | \text{前後加速度 } a_z | dt$$

$$I_{total} = \text{体重} \times \int \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} dt$$

- (3) 酸素摂取量: 携帯型酸素摂取量測定装置(MetaMax3B, Cortex 社製)を用い、運動中 15秒ごとに連続測定した。



図1 全力パドリングにおける測定風景

IV. 結果

1. 全力パドリング中の艇速度変化

レースを想定した2分(500m相当)、4分30秒(1000m相当)の全力パドリング中の艇速度変化を図2に示した。両者の最大艇速度に到達する時間はほぼ同時であったが、最大艇速度に明らかな差異がみられた。また、2つの全力パドリングにおける平均艇速度はいずれも選手Aが高値であった(表2)。

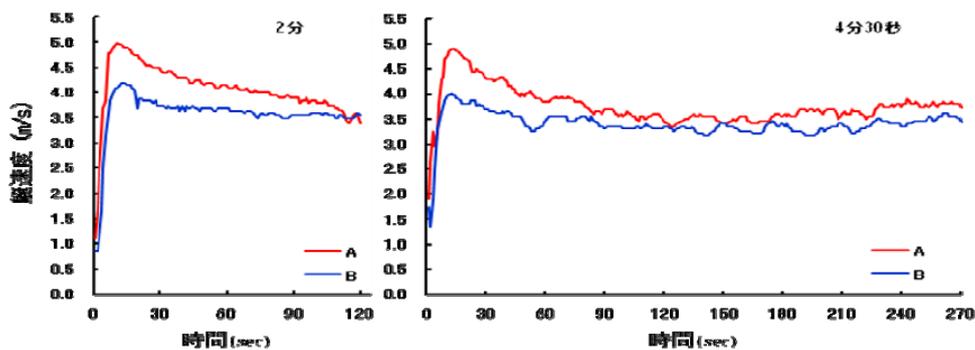


図2 レースを想定した全力パドリング中の艇速度

2. 全力パドリングにおける身体加速度の積分値

表2には、全力パドリングにおける身体加速度の積分値を1分間の平均値で示した。

2種類の全力パドリングにおいて、総積分値(I_{total})は、平均艇速度の高い選手Aが選手Bに比較して、高値を示した。また3次元の各積分値のうち、左右方向の身体加速度の積分値(I_x)が、A選手で顕著な高値を示した。

表2 全力パドリングにおける平均艇速度と身体加速度の積分値

選手	2分(500m 相当)		4分30秒(1000m 相当)	
	A	B	A	B
艇速度 (m/s)	4.08	3.59	3.76	3.40
総積分値 (N・min)	15161.2	11474.1	12731.0	9357.4
Ix (N・min)	12377.2	8625.4	10184.8	6972.3
Iy (N・min)	4477.6	4276.1	4698.0	3714.9
Iz (N・min)	5185.2	4160.2	3671.4	3245.2

また、図 3 には、全力パドリング中の身体加速度積分値について、上段より総積分値(Itotal)、左右(Ix)、上下(Iy)、前後(Iz)の順で示した。2分と4分30秒の全力パドリングのいずれにおいても、総積分値およびIxは、選手Aが選手Bに比較して高値を示し、艇速度に類似した経時変化が観察された。IyおよびIzについては、選手間で顕著な差異は見られなかった。

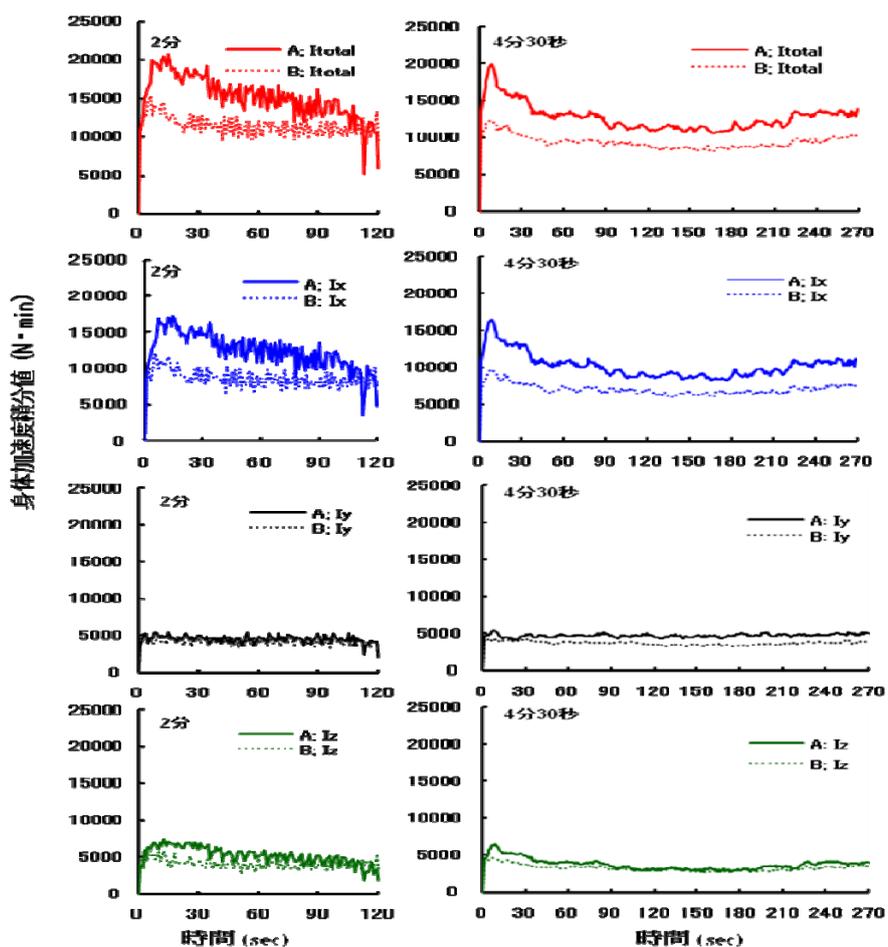


図3 全力パドリング中の身体加速度積分値

3. 4分30秒全力パドリング中の酸素摂取量

全力パドリング中の酸素摂取量、図4に示した。本研究で対象とした選手の最大酸素摂取量は、A選手が47.8 ml/kg/min、B選手が42.7 ml/kg/minであって、パドリング中の酸素摂取量は、両選手ともに最大酸素摂取量の約90%程度であった。また、酸素負債を算出したところ、A選手は127.2ml/kg、B選手は108.6 ml/kgであった。

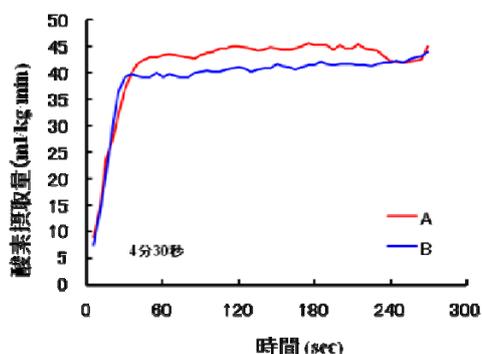


図4 全力パドリング中の酸素摂取量

V. 考察

本研究において対象とした2名の選手の、全力パドリングにおける平均艇速度を、それぞれ相当距離におけるゴールタイムに換算すると、500mで16.8秒、1000mで28.5秒のタイム差が算出され、選手Aの競技成績が高いことは、明らかであった。両者の艇速度を時系列で観察すると、全力パドリングの終盤では艇速度の差が縮まるものの、スタート直後に到達する最大艇速度において、選手Aが選手Bに比較して顕著に高値であったことが確認され、このことが競技成績を左右しているものと考えられた。

カヌー競技においては、スタート直後にできるだけ大きな艇速度を獲得してレースを先行することが有利である場合が多い。そこで選手には、静止した艇を加速して大きな艇速度を獲得するために、より高いパワー発揮が求められる。

本研究では、身体が生み出すパワーを反映するであろう指標として身体加速度の積分値を取り上げた。身体加速度の測定部位は、座位姿勢において重心位に最も近く、動作の妨げにならない部位として、腰背部・臍高位とした。したがってあくまでも腰背部・臍高位の位置変化を測定しているにすぎない。しかし、パドリング動作は、主に体幹の捻転によって生み出すパワーを腕とパドルを介して艇速度に変える動作であるので、腰背部・臍高位の身体加速度は体幹の捻転に影響され、その積分値はパワーを反映するものと考えられる。

2分および4分30秒の全力パドリングにおいて、平均艇速度が高い選手Aは選手Bに比較して、総積分値(I_{total})が高値を示しており、艇速度とほぼ同様の経時変化を示していた。これは、腰背部・臍高位の位置変化が選手Aで大きく、すなわち身体が発揮するパワーが大きかったことによって、選手Bよりも高い艇速度を獲得していたと推察される。また3次元の身体加速度

のうち、左右方向の身体加速度の積分値 (I_x) は、 I_{total} と類似した変化様相を示し、上下 (I_y)、前後 (I_z) の積分値と比較して最も高値であったことから、パドリングにおける体幹の捻転動作は、 I_x に大きく反映されていると考えられた。ここで、パドリング動作が体幹の垂直軸の中心線を軸とした捻転動作であることを考えれば(映像1・映像2)、 I_x は左右方向への水平移動を示すものではなく、捻転によって生じる遠心成分を反映するものであると推測することができる。3次元の積分値を選手Aと選手Bで比較してみると、選手Aの I_x が高く、 I_y と I_z は選手間で差異はなかった。

パドリング中の酸素摂取量(4分30秒の全力パドリング時のデータのみ)は、両者とも最大酸素摂取量の約90%程度が維持されており、高い有酸素性能力が要求されていることが分かる。また、このときの酸素負債は、選手A(127.2 ml/kg)が選手B(108.6 ml/kg)に比較して高値であり、選手Aで、パドリング中の無酸素性エネルギー発揮が大きかったことがうかがえる。これだけのデータで明言できるものではないが、選手が内的に発揮したトータルのエネルギーは、選手Aで大きかった可能性が考えられ、そのことが艇速度の獲得につながり、身体加速度の積分値に反映されたものと推測する。

これらのことから、身体加速度の積分値は、身体が総合的に発揮したパワーを反映するものであって、両選手が全力パドリングにおいて発揮したパワーの差を、 I_{total} や I_x で評価できるものと考ええる。

VI. 本研究の展開

本研究においては、選手のパワーを反映する指標として、腰背部・臍高位の身体加速度積分値に体重を乗じた値を取り上げた。ここでは実際にパドルにかかる力や選手の形態的特徴(四肢長など)を加味しておらず、真に発揮パワーを定量するものではない。しかし、艇速度との対応関係があることは明らかであり、日常のトレーニングや競技場面においては、パドリングのパフォーマンスを客観的に把握できる一つの定量的指標として役立つ可能性が十分にあると期待する。

実際に本研究の選手にとっては、パドリングにかかわる体幹の捻転動作の大きさが、 I_x によって数値化されることで、自身のパドリングにおける努力度合いを客観的に評価することができるようであった。

本研究では、パドリング動作が体幹の中心線を軸とした捻転動作であるため、 I_x は左右方向への水平移動を示すものではなく、捻転によって生じる遠心成分を反映するものであると仮定して、考察を進めてきた。しかし、これについては推測の域を出るものではない。そこで本研究の次の展開として、パドリングにおける身体加速度と動作との対応関係を詳細にしらべ、特に左右方向の水平成分として計測される身体加速度が、体幹の捻転を反映しているかどうかを確認することが必要とされる。また、パドルにかかる力等も同時に計測し、身体加速度の積分値との関連性も調べたい。

Ⅶ. 参考文献

- Bouten, C.V., Westerterp, K.R., Verduin, M., and Janssen, J.D. (1994) Assessment of energy expenditure for physical activity using triaxial accelerometer. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 26 : 1516-1523.
- Eston, R.G., Rowlands, A.V., and Ingledeu, D.K. (1998) Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J. Appl. Physiol.*, 84 : 362-371.
- Fudge, B.W., Wilson, J., Easton, C., Irwin, L., Clark, J., Haddow, O., Kayser, B., and Pitsiladis, Y.P. (2007) Estimation of oxygen uptake during fast running using accelerometry and heart rate. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 29:192-198
- Iwashita, S., Takeno, Y., Okazaki, K., Itoh, J., Kamijo, Y., Masuki, S., Yanagidaira, Y., and Nose, H. (2003) Triaxial accelerometry to evaluate walking efficiency in older subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35: 1766-1772
- Le Bris, R., Billat, V., Auvinet, B., Chaleil, D., Hamard, L., and Barrey, E. (2006) Effect of fatigue on stride pattern continuously measured by an accelerometric gait recorder in middle distance runners. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 46: 227-231
- Nichols, J.F., Morgan, C.G., Sarkin, J.A., Sallis, J.F., and Calfas, K.J. (1999) Validity, reliability, and calibration of the triaxial accelerometer as a measure of physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31: 908-912