

カナディアンカヌーにおける前足の接地角度の違いが漕パフォーマンスに与える影響 - カヌーエルゴメータを用いた検討 -

亀山勇太¹⁾, 笹子悠歩²⁾, 山本正嘉³⁾

¹⁾ 鹿屋体育大学体育学部

²⁾ 鹿屋体育大学大学院

³⁾ 鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター

キーワード: カナディアンカヌー, エルゴメーター, パフォーマンス

<研究概要>

カナディアンカヌーにおいて, 前足の接地面に角度をつけることでパフォーマンスが改善するかについて, カヌーエルゴメータを用いて検討した. 被験者は大学生のカナディアンカヌー選手 10 名であった. 前足の接地角度は, 通常フラットな状態 (0°), および装具を用いて 15° , 30° の設置角度をつけた状態の 3 条件とした. その結果, 10 秒間全力漕, 200m 全力漕のいずれにおいても, 全被験者の平均値では 15° 条件の時に発揮パワーが最大となった. 200m 全力漕の場合, ストローク数に変化はみられなかったが, 1 ストロークあたりの発揮パワーが有意に増加しており, これがタイムの改善をもたらしていた. VTRを用いた観察結果から, 15° 程度の接地角度をつけることによって, 多くの選手では全身の漕フォームがより安定することが窺えた.

スポーツパフォーマンス研究, 3, 100-112, 2011 年, 受付日: 2011 年 2 月 25 日, 受理日: 2011 年 8 月 1 日

責任著者: 山本正嘉 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 鹿屋体育大学 yamamoto@nifs-k.ac.jp

Influence on Canadian-canoe paddling performance of the angle between the front foot and the hull: measured with a canoe ergometer

Yuta Kameyama¹⁾, Yuho Sasago²⁾, Masayoshi Yamamoto³⁾

¹⁾ Faculty of Physical Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

²⁾ Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

³⁾ Center for Sports Training Research and Education, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key Words: Canadian canoe, ergometer, performance

[Abstract]

The present study used a canoe ergometer to examine the possibility of improving paddling performance in Canadian canoe by changing the angle between the front foot and the hull of the canoe. The participants were 10 college students who were Canadian canoe paddlers. Three angles were compared: the usual condition in which the paddler's foot is flat on the hull (0 degrees) and, using equipment to change the angle, angles of 15 and 30 degrees. The results indicated that, for both full-speed paddling for 10 seconds and full-speed paddling for 200 meters, almost all of the participants demonstrated maximum power in the 15-degree condition. When they paddled at full speed for 200 meters, even though there was no change in the number of strokes, they exhibited a significant increase in power per stroke. This might result in an improvement in their total time in a race. From observations using a videotape recorder, it was judged that the paddling form of the whole body of many of the participants became stabilized in the 15-degree angle condition.

I. 緒言

カヌースプリント競技のカナディアン種目は、主として上半身の筋を用いてパドルで水面を漕ぎ、その推進力を前脚と蹴り脚を介して艇に伝える、という運動特性を持つ(図1)。その際、艇を効率よく進ませるためには、艇のピッチングを抑え、できるだけ水平に保つ必要があり、このためには前足が重要な働きをしている。

現在の競技現場では、前足は艇の床面に対して水平に接地してパドリングを行う選手がほとんどである。しかし一部には、前足の接地角度を変えるための装具を取り付け、パフォーマンスの向上を図ろうと試みている選手もいる。これらの選手は、このようにすることで、「より前足の踏ん張りが利く」という感覚を持っている。言いかえると、パドルによって生みだした動力を、より効率よく艇の推進力として伝えることができ、その結果、パフォーマンスを向上させられる可能性を感じている。

しかし、このような試みをしている選手もその試みに確信が持たず、最終的にはフラットな足の接地状態に戻ってしまう選手がほとんどである。この理由として、感覚的には漕ぎやすいものの、実際にこのような装具を用いることで、パフォーマンスがどのように変化するかについての客観的なデータがないことや、水上漕の成績は風や波といった環境要因の影響を受けやすいため、客観的なデータによる検証が困難なことが関係していると考えられる。

一方、同じ水上競技であるボート競技では、足の接地面に約 45° の角度をつけ、さらにそれを選手毎に微調整することで、パフォーマンスがより高まる事は周知のこととなっている¹⁾。このことを考えると、カヌー競技においても、どのような足の接地角度が最適かについて、改めて検証する価値があるといえる。

そこで本研究では、環境要因の影響を受けないカヌーエルゴメータを用いて、前足の接地角度が床面に対してフラットな状態(0°)、および装具を用いて 15° 、 30° という2種類の角度をつけてパドリングを行った際に、パフォーマンスにどのような影響を及ぼすかについて、比較検討することを目的とした。

II. 方法

A. 被験者

被験者は、全日本選手権や全日本学生選手権など、全国大会での上位入賞経験を持つ K 大学の男子スプリントカヌー(カナディアン)競技選手 10 名とした。被験者の身体特性および競技年数は、身長: 167.0 ± 3.3 cm, 体重: 67.2 ± 4.6 kg, 年齢: 20 ± 1 歳, 競技歴: 6.1 ± 1.7 年であった。なお、これら被験者の中には、過去に前足に接地角度をつける試みを行った選手はいなかった。各被験者には、本研究の目的、方法、およびそれに伴う危険性を説明し、本研究に参加する同意を得た上で測定を行った。

B. 測定手順

本研究では、図 1 に示すカヌーエルゴメータ(Paddle lite 社製, Germany)を用いて検討を行った。この装置の妥当性については先行研究²⁾によって検討されており、基本的な測定条件はこの文献を参照して設定した。前足の接地角度以外の条件は、全被験者で同じとすることを意図して、牽引

の重さ(空気調節孔を 3 に設定)とパドルの長さ(グリップから 135cm)を固定した. モニタに表示された発揮パワー(W)を算出するためのキャリブレーション設定は 1.000 とした.

前足の接地角度については, フラットな状態(0°), およびエルゴメータに前足の接地角度が 15° および 30° となるような装具を取り付けた状態, の 3 種類を設定した(図 1). 各被験者はこれら 3 種類の条件での全力漕テストを, 異なる日に無作為な順序で行った. なお本実験を行うにあたって, 本エルゴメータを用いての漕運動や, 前足の接地面に装具を取り付けた状態でのパドリングに慣れるための練習を十分に行った.

漕テストは, 10 秒間全力漕と 200m 全力漕の 2 種類を行った. 各被験者は, まず 10 秒間全力漕を十分な休息(約 5 分)をはさんで 2 回行った. その後, 再び十分な休息(約 5 分)をはさんだ後に, 200m 全力漕を行った. なお各被験者は毎回の測定に当たって, 各自が試合の前に行っているウォーミングアップと同様の運動を行わせた.



図 1. 実験に用いたカヌーエルゴメータ(上)と, 3 種類の前足の接地角度条件(下)

C. 測定項目

1. 10 秒間全力漕テスト

レースにおけるスタート時の最大発揮パワーを想定し, この能力が 3 条件間でどのように異なるかを比較するため, 図 1 のエルゴメータを用いて 10 秒間の全力漕を行い, 1 ストロークあたりのピークパワーを測定した. 被験者にはペース配分をせず, 運動の開始から終了まで最大努力で運動を行うよう指示した.

この時, エルゴメータのモニタ画面を VTR により撮影し, 1 ストロークごとに表示される発揮パワー

を記録した。そして運動後に、モニタ画面の数値の推移を確認し、1 ストロークあたりの発揮パワーのピーク値(ピークパワー:W)を記録し、2 回の測定のうち、高い方の値をデータとして採用した。

2. 200m 全力漕テスト

水上で行われる実際の 200m 漕レースを想定し、パフォーマンスが 3 条件間でどのように異なるかを比較するため、図 1 のエルゴメータを用いて、実際のレースと同様の感覚で 200m の全力漕を行うよう指示した。そして、その際の各選手の漕フォームを、ビデオカメラ(HDR-XR500, Sony 社製, Japan)を用いて、横方向から撮影した。高さはエルゴメータと水平とし、画面には選手の身体全体が映るよう、毎回ほぼ同じ位置に設置した。

200m 全力漕のパフォーマンスは、漕タイム、ストローク数、平均発揮パワーにより評価した。これらの項目は、運動中にエルゴメータのモニタ画面を VTR により撮影し、モニタ画面の漕距離が 200m となった時のタイムを計測するとともに、その時点までに要したストローク数を記録した。そして 1 ストロークごとに表示される発揮パワーを記録し、これをストローク数で除して、1 ストロークあたりの平均発揮パワーを求めた。

生理指標として、心拍数(HR)と血中乳酸濃度(La)を測定した。HR は携帯型心拍計(RS400, Polar 社製, Finland)を用いて、運動開始から運動終了まで1分毎に測定し、運動中の平均心拍数と最高心拍数を求めた。La については、安静時、運動終了直後、3 分後、5 分後に指尖より採血し、簡易血中乳酸測定器(Lactate Pro, Arkray 社製, Japan)を用いて分析した。そして、運動後の3つの値のうちの最高値をピーク La とした。

3 条件で全力漕を行った時の主観的な漕ぎやすさについて、運動の終了後に図 2 のようなビジュアルアナログスケール(VAS)を用いて、各選手に評価させた。VAS は 10cm とし、0cm 地点を「非常に漕ぎにくい」、5cm 地点を「いつもと変わらない」、10cm 地点を「非常に漕ぎやすい」とした。

*** 前足がフラットな状態(0°)の時を5(いつもと変わらない)とした時に、
前足の接地角度が15°と30°の時はどれくらい漕ぎやすかったか
適当な部分に線を引いてください。**



図 2. 本研究用で用いた「漕ぎやすさ」を評価するための VAS スケール

D. 統計処理

結果は平均値±標準偏差で示した. 各測定値の角度間での差の検定は, 統計ソフトSPSS(15.0 J for Windows)を用い, 一元配置分散分析により解析した. 有意水準は 5%未満とした.

III. 結果

A. 10 秒間全力漕テスト

図 3 は, 前足の接地角度が 0° , 15° , 30° の 3 条件で 10 秒間の全力漕を行った時のピークパワーを示したものである. 平均値でみると, 通常の接地角度である 0° 条件では $409 \pm 35W$ であったが, 15° 条件では $439 \pm 39W$ と最高値を示し, 30° 条件では $416 \pm 29W$ と 0° 条件よりは高かったが, 15° 条件よりは低い値を示した. そして 15° 条件での値は, 0° 条件に対しては 1%水準で, 30° 条件に対しては 5%水準で有意差が認められた. なお個人の値をみると, 15° 条件の時に最高値を示した者は 10 名中 6 名と最も多く, 0° 条件の時に最高値を示した者が 1 名, 30° 条件の時に最高値を示した者が 3 名であった.

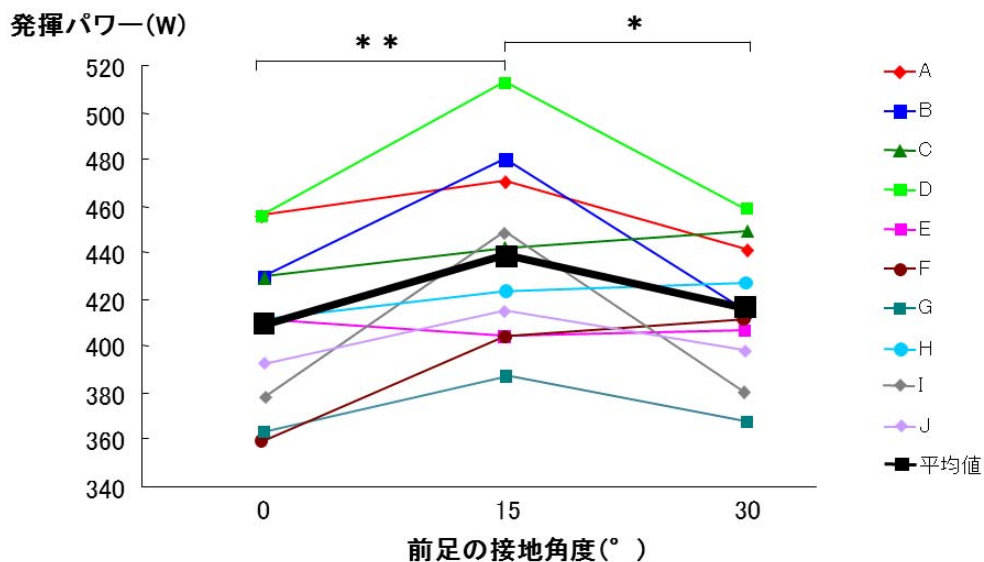


図 3. 10 秒間全力漕時における1ストロークあたりでみたピークパワー (*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$)

B. 200m 全力漕テスト

図 4 は, 前足の接地角度が 0° , 15° , 30° の各条件下で, 200m 全力漕を行った時の漕タイムを示したものである. 平均値でみると, 15° 条件の時に漕タイムは最も速くなり(41 ± 1 秒), 他の 2 条件(42 ± 1 秒)との間に 0.1%水準で有意差が認められた. 選手毎にみると, 漕タイムが 15° 条件の時に最も速かった者は 10 名中 9 名で, 0° 条件の時に最も速かった者が 1 名であった.

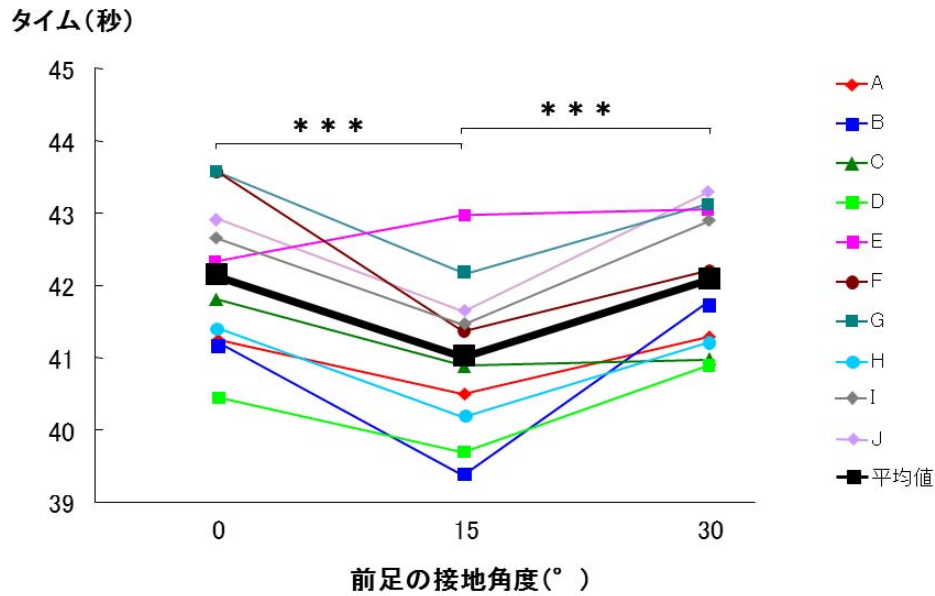


図 4. 200m 全力漕時のタイム (***) : $p < 0.001$

図 5 は, 1 ストロークあたりの発揮パワーの推移を, 横軸にストローク数をとって, 全員の平均値で示したものである. ストローク数は, 0° 条件の時は 61 ± 5 回, 15° 条件の時は 60 ± 6 回, 30° 条件の時は 62 ± 7 回であり, 各条件間で有意差は認められなかった. また 1 ストロークあたりの発揮パワーは, 15° 条件が他の 2 条件よりも終始高値を示していた.

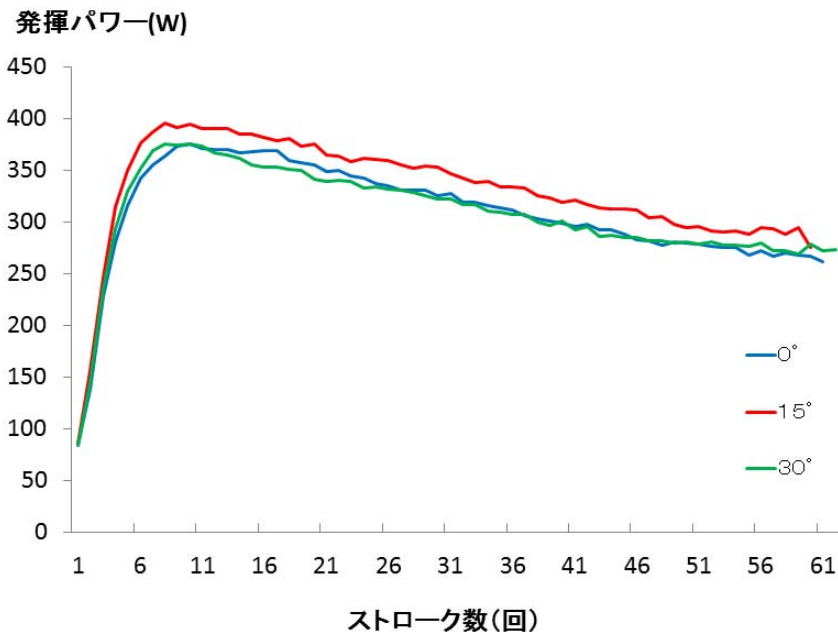


図 5. 200m 全力漕時における 1 ストロークあたりの発揮パワーの推移

図 6 は, 各条件でのストローク数(a)と 1 ストロークあたりの平均発揮パワー(b)を比較したもので

ある。ストローク数には3条件間で有意差は認められなかった。一方、1ストロークあたりの平均発揮パワーは、15°条件の時に $329 \pm 25W$ と、他の2条件よりも約20W高い値を示し、0.1%水準で有意差が認められた。

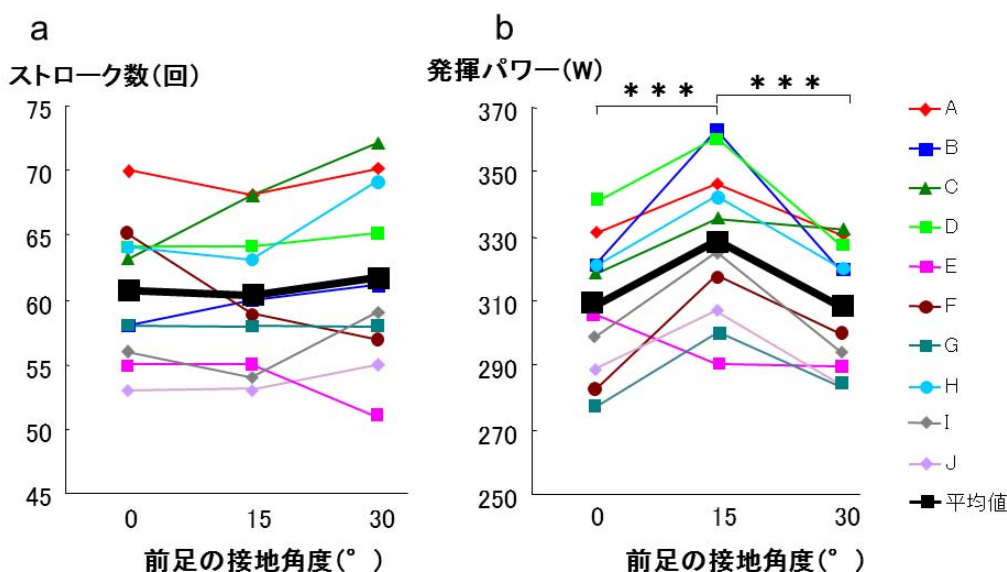


図 6. 200m 全力漕時のストローク数 (a) と 1 ストロークあたりの平均発揮パワー (b) (***) : $p < 0.001$

図 7 は、運動中の平均心拍数 (a) と最高心拍数 (b) を示したものである。平均心拍数および最高心拍数は 0° 条件の時に $152 \pm 11bpm$ および $174 \pm 13bpm$ 、15° 条件の時に $151 \pm 15bpm$ および $174 \pm 16bpm$ 、30° 条件の時に $152 \pm 13bpm$ および $170 \pm 16bpm$ であり、平均心拍数および最高心拍数ともに各条件間に有意差は認められなかった。

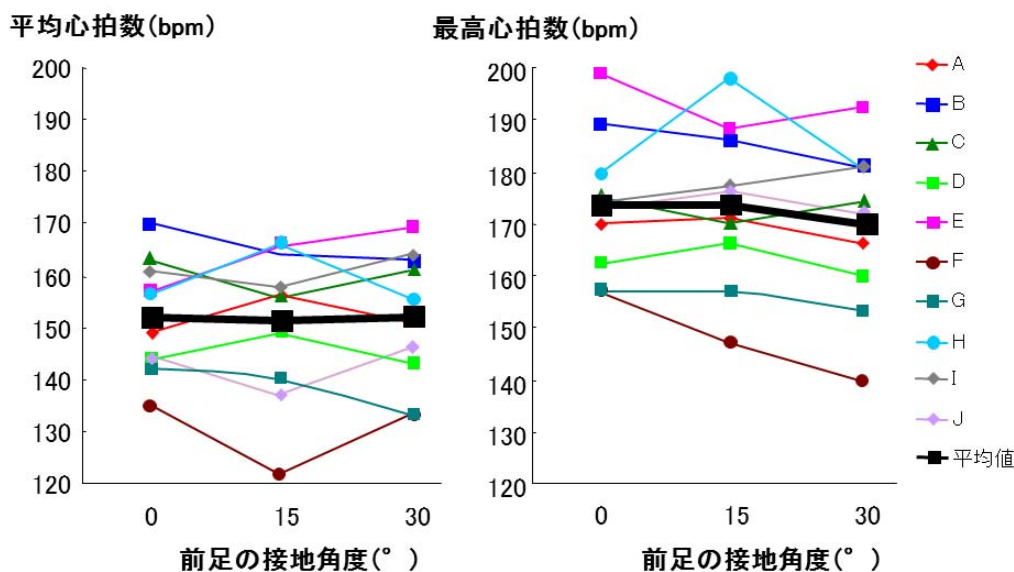


図 7. 200m 全力漕時の平均心拍数 (左) と最高心拍数 (右)

図8は、運動後のピークLaを示したものである。ピークLaは0°条件の時が13±3mmol/l, 15°条件の時が13±3mmol/l, 30°条件の時が14±2mmol/lであり、各条件間に有意差は認められなかった。

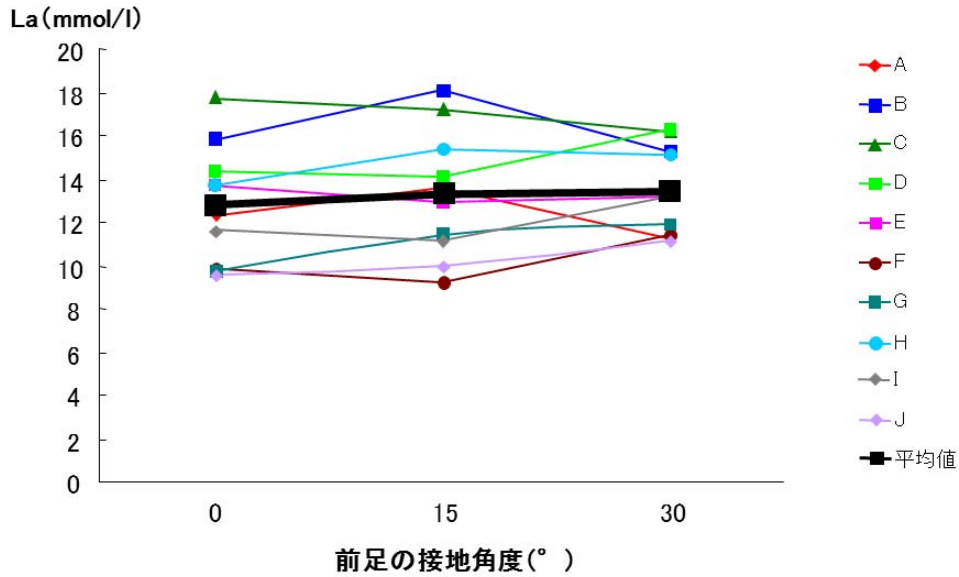


図 8. 200m 全力漕時における運動後のピーク血中乳酸濃度

図9は、3条件での主観的な漕ぎやすさについて、VASを用いて評価した結果である。平均値で見ると、15°条件の時に最も高い評価が得られ、0°条件との間には1%水準で有意差が認められた。選手毎にみると、15°条件の時に最も漕ぎやすかったと答えた選手が10名中7名と最も多く、0°条件では1名、30°条件では2名であった。

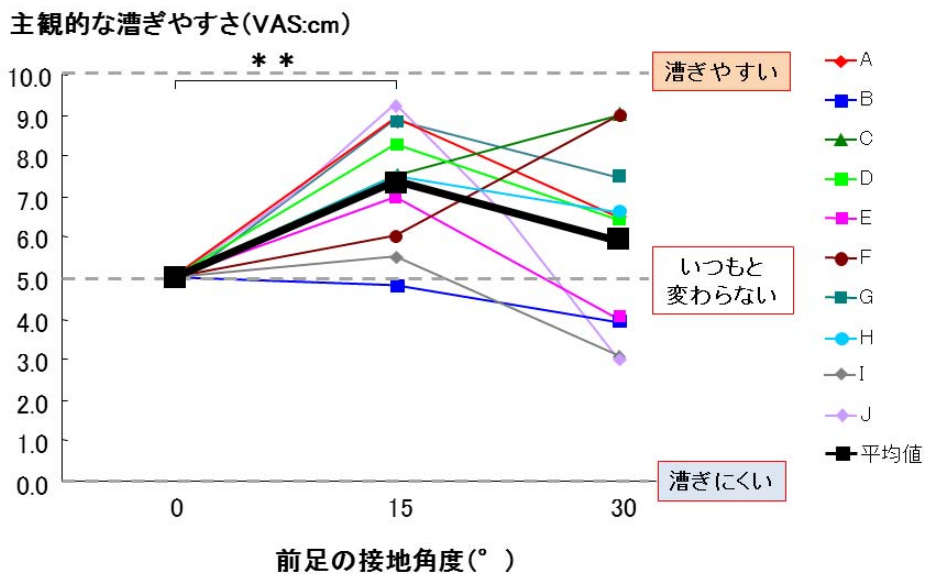
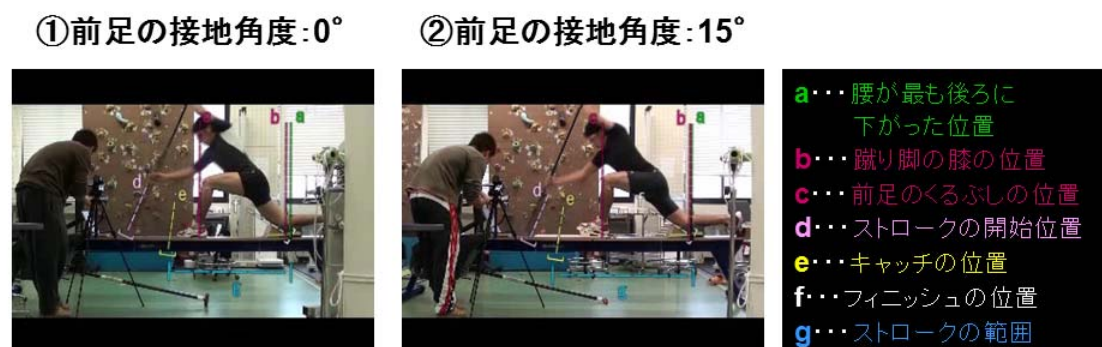


図 9. VAS を用いて評価した主観的な漕ぎやすさ (** : p < 0.01)

[動画 1-①](#), [動画 1-②](#)は, 15° 条件の方が 0° 条件よりも 200m 漕時の漕タイムが向上した選手 9 名の中で, 代表例として選手 I の漕フォームを示したものである. 補助線 a はストローク中に腰が最も後ろに下がった位置, b は蹴り脚の膝の位置, c は前足のくるぶしの位置を示している. また, 補助線 d はストロークの開始位置, e はキャッチの位置(ストロークの開始後, 推進力が得られ始める位置), f はストロークのフィニッシュの位置を示したものである. そして補助線 g は推進力の得られるストロークの範囲(強く漕ぐことのできる範囲(キャッチの位置からストロークのフィニッシュの位置まで)を表している.



動画 1. 前足に接地角度(15°)をつけた時にパフォーマンスが向上した選手(I)における
0° 条件 ([動画 1-①](#)) および 15° 条件 ([動画 1-②](#)) 時の漕フォーム

この動画を見ると, 蹴り脚の膝の位置(b)と腰が最も後方へ下がった位置(a)との間隔は, 15° 条件(②)よりも 0° 条件(①)の方が大きく, 後者の方が腰がより後方へ移動していることが分かる. また, ストロークの開始位置(d)をみると, 15° 条件の方がより手前から漕ぎ始めていたものの, キャッチの位置(e)は 15° 条件の方がより前方に位置していた. そして, ストロークのフィニッシュ位置(f)は両条件間で差がみられなかったことから, 結果的には 15° 条件の方が, ストロークの範囲(g)がより大きくなっていた.

IV. 考察

A. 15° の接地角度条件について

本研究の結果, 10 秒間全力漕のピークパワー, 200m 全力漕の漕タイムともに, 前足の接地角度が 15° 条件の時に平均値としては最高値を示し, 他の 2 条件に対して有意差が認められた(図 3, 図 4). 特に, 実際の競技をシミュレーションした 200m 全力漕については, 0° 条件の時に最高タイムを示した選手は 10 名中 1 名(選手 E)に過ぎず, 残りの 9 名は 15° 条件の時に最高タイムを示した(図 4). したがって平均的な傾向としては, 前足の接地角度はフラット(0°)にするよりも, 15° 程度の角度をつけた方が発揮パワーは改善するといえる.

選手の主観的な評価をみても, 15° 条件の時の平均値としての評価が最も高く(図 9), 0° 条件に対しては 1%水準で有意差が認められた. 選手毎にみても, 15° 条件の時の 1 番漕ぎやすかったと答えた選手が 10 名中 7 名おり, 逆にこの接地角度の時に最も漕ぎにくかったと答えた選手はいなかった.

前足の接地角度が 15° 条件の時に漕タイムが改善した理由として、次のことが考えられる。図 6 をみると、各条件間でストローク頻度に有意差は認められないが、1 ストロークあたりの平均発揮パワーは 15° 条件の時に最も大きく、他の 2 条件に対して 0.1%水準で有意差が認められた。したがって漕タイムの改善は、ストローク数の増加ではなく、1 ストロークあたりの発揮パワーが増加したことによってもたらされたと考えられる。

また、HR やピーク La といった生理応答には 3 条件間で有意差は認められなかった (図 7, 図 8)。このことから、有酸素性や無酸素性のエネルギー供給量は、3 条件ともほぼ同等であったという解釈も可能である。そしてそのように解釈した場合、平均発揮パワーの改善はエネルギー供給量の増加ではなく、動作の改善によってもたらされたことになる。

動画 1 をみると、前足の接地角度が 0° 条件では、キャッチ時に後方へ働く力 (踏ん張る力) が 15° 条件より弱いため、フライホイールを牽引する力 (抵抗に抗する力) が弱くなり、結果的に 15° 条件よりも腰を後方移動 (すなわち体重を後方移動) させることで、ワイヤーを引き出し、フライホイールを回転させていることが分かる。逆に 15° 条件では、踏ん張る力が強くなったことで、ストロークの範囲がより大きくなったため、フライホイールの抵抗に抗する大きなパワーを発揮することができるようになったと推測される。

なお、本研究では厳密な動作解析は行っていないため、各条件における漕動作の相違や、それによる発揮パワーに対する影響については、今後バイオメカニクスの手法を用いて詳細に検討することが必要である。

B. 30° の接地角度条件について

30° 条件については、10 秒間全力漕時のピークパワー、200m 全力漕時の漕タイムともに、選手全員の平均値としてみた場合は 15° 条件の時よりも低く、 0° 条件とほぼ同じ値を示した。したがって、前足の接地角度が大きくなりすぎると、平均発揮パワーや漕タイムの改善は小さくなることが示唆される。特に、実際のレースを想定した 200m 漕時の漕タイムについては、 30° 条件で最高値を示した選手は一人もいなかった。

なお 10 秒間全力漕の場合には、10 名中 3 名が 30° 条件でピークパワーが最高となったが (図 3)、200m 漕の場合では 30° 条件で最高タイムを記録した選手はいなかった (図 4)。したがって 30° 条件は、10 秒間という短時間に限っては高いパワーを発揮できる選手もいるが、実際の 200m 競技を想定した 40 秒間程度の時間を漕ぎ続ける場合には、運動の後半部分まで高いパワーを持続することは難しいといえる (図 5)。実際に 10 名中 4 名は、200m 漕時にはバランスが悪いためにパドリングがしにくいと述べていた。

C. 漕タイムと主観的な漕ぎやすさとの関係

平均値でみると、200m 全力漕で最高の成績が得られた 15° 条件の時に、主観的な評価も最も高い値を示した (図 9)。したがって、一般的には漕タイムと主観とは一致する傾向にあると言える。ただし選手毎にみると、両者の間に相違がみられた場合もあった。

たとえば図 9 をみると、 30° 条件の方が通常条件 (0°) よりも漕ぎやすいと答えた選手が 10 名中

6名, 漕ぎにくいと答えた選手が4名であった。しかし漕タイムをみると, 0°条件の時よりも高いパワーを発揮できた選手は10名中4名であり, 2名に食い違いがみられた。したがって, 主観的な漕ぎやすさと実際の漕タイムとの間には, 相違がある場合もあるといえる。

以上のことをまとめると, エルゴメータでのシミュレーション漕の場合, 一般的な傾向としては, 前足の接地角度が15°条件の時に, 平均発揮パワーが他の条件よりも高くなり, 漕タイムが改善するといえる。藤中と山本²⁾は, エルゴメータ漕と水上漕のパフォーマンスとの間には, 有意な相関関係があると報告している。したがって本研究で得られた結果は, 実際の水上漕でもある程度までは当てはまる可能性がある。

その一方で, 陸上に固定されたエルゴメータ漕と, 不安定な水上漕とでは, 漕ぐ感覚には大きな相違があることも事実である。したがって, 本研究の結果を実際の水上漕での漕タイム向上の手掛かりとしていくためには, 次のように解釈すべきであると考えられる。

- 1) 実際の水上漕においても, 前足に接地角度をつけることで, 漕タイムが向上する可能性はある。
- 2) 漕タイムが最も向上する前足の接地角度は15°程度である可能性が高いが, 一部の選手では個人差もみられる。
- 3) 前足に接地角度をつけた時の主観的な漕ぎやすさと, 実際の漕タイムとは, 相違がある場合もある。

上記の3つの観点を踏まえて, 水上漕においても改めて選手毎に, 15°程度の角度を目安として, 適切な前足の接地角度を模索することによって, 漕能力の改善につながる可能性があるといえよう。

V. まとめ

全国大会での上位入賞経験を持つ, 大学生のカナディアンカヌー競技選手を対象として, カヌーエルゴメータを用いて, 前足に接地角度をつけることでパフォーマンスが改善するかについて検討した。前足の接地角度は, フラット(0°), 15°, 30°の3通りとして, 2種類の全力漕(10秒間漕, 200m漕)を行わせた。そして, ピークパワー, 漕タイム, ストローク数, 平均発揮パワー, 生理応答, 主観的な漕ぎやすさについて比較検討した。

その結果, 10秒間全力漕時のピークパワー, および200m全力漕時の漕タイムとも, 平均値としてみた場合は15°条件の時に最大となり, 他の2条件に対して有意差が認められた。この時, ストローク数には条件間で有意差は認められなかったが, 1ストロークあたりの発揮パワーが有意に増大していた。VTRによる観察から, 前足に接地角度をつけることで, 踏ん張る力が強くなり, その結果, ストロークの範囲が増大したことが, 1ストローク毎の発揮パワーの増大をもたらした理由であると考えられた。

以上のことから, 実際の水上漕でも前足に接地角度をつけることで, 漕タイムが改善する可能性は高いと考えられる。ただし, 水上漕の漕感覚とエルゴメータでの漕感覚とは異なることから, 本研究の知見を水上漕での漕タイム向上に結びつけるためには, 水上漕の特性を考慮した検討がさらに必要といえる。

謝辞: 本研究の基本的な発想は, 鹿屋体育大学大学院の一箭フェルナンドヒロシ氏に示唆を頂きました. ここに記して感謝いたします.

Ⅶ. 参考文献

1. 須藤武幸: ボート競技. 講談社, 東京, 1987, p.91.
2. 藤中智子, 山本正嘉: 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, 2004.