

2007年1月9日

人間科学研究科委員長 殿

下田 学氏 博士学位申請論文審査報告書

下田 学氏の学位申請論文を下記の審査委員会は、人間科学研究科の委嘱をうけ審査をしてきましたが、2006年12月4日に審査を終了しましたので、ここにその結果をご報告します。

記

1. 申請者氏名 下田 学
2. 論文題名 ボート競技におけるローイングパワーの安定性
- 漕手の体力特性および艇速との関係 -
3. 本論文の構成と内容

本論文は第1章から第5章までの本論と文献から構成されている。

第1章 序

ボート競技の2000 mのレースでは、200回を超えるボート漕ぎ運動（ストローク）が繰り返される。そこで、漕手がオールに加える力やパワー（ローイングパワー）におけるストローク毎に生じる変動（安定性）が注目されている。しかし、安定性が何を反映し、安定性と本競技のパフォーマンスとの間にどのような関連があるのかについては明らかでない。本研究では、一連の研究を通して、ローイングパワーの安定性が艇速に及ぼす影響およびローイングパワーの安定性に影響を及ぼす因子を検討し、ローイングパワーの安定性と本競技のパフォーマンスの関係を明らかにすることを目的とした。

第2章 ローイングパワーの安定性と艇速の関係

ローイングパワーの安定性が艇速に及ぼす影響を明らかにするために、シングルスカルの実漕において、ローイングパワー、クラッチに加えられる力（クラッチの力積）および艇速を分析した。

300 m間の艇速の平均値とローイングパワーの平均値および安定性の間に相関関係が認められ、艇速がローイングパワーの大きさのみならず、ローイングパワーの安定性の影響を受けることが示唆された。また、ローイングパワーの安定性とクラッチの力積の平均値、1ストロークの艇速変動および300 m間の艇速の安定性の間に相関関係が認められたことから、ローイングパワーの安定性がボートに作用する力に影響を及ぼすことが確認された。そして、1ストロークの艇速変動が抑えられるとともに、全体の艇速を一

定に維持することに貢献すると推察された。そこで、ローイングパワーの安定性が高いと艇速の変動に起因する艇速の低下が抑えられる。そして、漕手のローイングパワーがボートの推進に有効に作用すると考えられた。

クラッチの力積の安定性とクラッチの力積の平均値および艇速の平均値の間に、有意な関係は認められなかった。これは、漕手の不安定なパワー発揮によって、オールからクラッチへ伝えられる力の中でボートの推進に作用しない力の割合が増加するためであると推察された。そして、ローイングパワーの安定性は、漕手 - オール - ボート機構によって生じる力をボートの推進に効果的に作用させることにも貢献すると考えられた。

第3章 ローイングパワーの安定性と最大酸素摂取量、機械的効率および脚伸展パワーの関係

ローイングパワーの安定性を規定する体力面の因子を明らかにするために、ローイングパワーの安定性と漕手の最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_{2max}$)、機械的効率および脚伸展パワーの関係を調べた。エルゴメーター漕による漸増負荷試験を行い、漕手の $\dot{V}O_{2max}$ および機械的効率を求めた。機械的効率は、オールを牽引する仕事量 (W) と $\dot{V}O_2$ から求められる熱量の仕事等価量 (E) の間の比率 (Gross efficiency: GE) を計算し、被験者がパワーを維持できた最も高い負荷におけるGE ($GE_{high\ load}$) を求めた。また、WとEの回帰直線の傾き (Apparent efficiency: AE) を求めた。ローイングパワーの安定性の指標として、漸増負荷試験中、10秒毎に計測したパワーの変動係数 (CVP) を求めた。また、最大脚伸展パワーおよび2000 mエルゴメーター漕のタイムを計測した。

その結果、2000 mエルゴメーター漕のタイムとCVPの間に相関関係が認められた。また、2000 mエルゴメーター漕のタイムを目的変数とし、 $\dot{V}O_{2max}$ 、AE、 $GE_{high\ load}$ 、脚伸展パワーおよびCVPを説明変数としたステップワイズ法を用いた重回帰分析を行った結果、 $\dot{V}O_{2max}$ 、脚伸展パワーおよびCVPが説明変数に採用された。そこで、ローイングパワーの安定性が、漕手の $\dot{V}O_{2max}$ および脚伸展パワーと同様に本競技のパフォーマンスに関係することが明らかにされた。そして、2000 mエルゴメーター漕のタイムと $\dot{V}O_{2max}$ の単回帰モデルにおける残差とCVPの間に相関関係が認められたことから、本競技のパフォーマンスについて、 $\dot{V}O_{2max}$ では説明し尽されない要因に、ローイングパワーの安定性が関係していると考えられた。また、ローイングパワーの安定性は体重あたりの $\dot{V}O_{2max}$ との間に相関関係が認められた。しかし、脚伸展パワーとの間には有意な関係が認められなかった。そこで、有酸素性エネルギー供給能力の高い漕手は、エネルギー供給が安定しているため、変動の少ない安定したローイングパワーの発揮を繰り返すことができる。そして、ローイングパワーの安定性は脚伸展パワーの大きさとは異なる能力、すなわち、ローイングパワーの持続力に関係すると考えられた。本競技において、CVPが小さい、すなわち、ローイングパワーの安定性が高いことが効率を高めることに貢献することが予想される。しかし、CVPとAEおよび $GE_{high\ load}$ の間に相関関係は認められな

った。間欠的に力およびパワー発揮を行うボート漕ぎ運動の特性は、AEおよびGEの計算に反映されていないことが考えられ、ローイングパワーの安定性とボート漕ぎ運動の効率の関係について、さらに研究が必要であると考えられた。

第4章 ローイングパワーの安定性とクリティカルパワーの関係

持続的な運動において、仕事と疲労困憊に至るまでの時間の間には直線関係が認められる（仕事 - 時間関係）。その直線の傾きはクリティカルパワー(Critical power: CP)と呼ばれ、理論的に疲労を引き起こさないで持続されるパワーの最大値と定義される。すなわち、CPには個人のパワーの持続力が反映される。また、回帰直線のy切片は、個人の無酸素性運動能力 (Anaerobic work capacity: AWC)を表している。そこで、エルゴメーター漕による仕事 - 時間関係からCPおよびAWCを求め、ローイングパワーの安定性とCP、AWCおよび2000 m漕の成績の関係を検討した。最大パワーの50、60および70% (50、60 および 70%MAX) のパワーを持続するエルゴメーター漕の仕事 - 時間関係から、CPおよびAWCを求めた。ローイングパワーの安定性の指標として、50 および 60%MAX試行のパワーの変動係数を求めた (CVP_{50%MAX}およびCVP_{60%MAX})。また、2000 mエルゴメーター漕および $\dot{V}O_{2max}$ を計測した。

CPと2000 m漕のパワーの平均値および $\dot{V}O_{2max}$ の間に相関関係が認められ、CPが $\dot{V}O_{2max}$ と同様に本競技のパフォーマンスに関連することが明らかになった。また、CVP_{50%MAX}およびCVP_{60%MAX}の両方はCPとの間に相関関係が認められ、AWCとの間には相関関係が認められなかったことから、ローイングパワーの安定性が、AWCに関係なく、CPと関連することが示唆された。漕手はストローク毎に、間欠的にローイングパワーを発揮する。ローイングパワーの安定性が低い、すなわち、ローイングパワーが大きく変動する場合、エルゴメーターの回転板にはたらく抵抗の変化が大きくなることがローイングパワーを持続することを妨げる要因になると推察された。

第5章 総括論議

本研究の結果、ローイングパワーの安定性は、実漕において、1ストロークの艇速変動およびストローク間に生じる艇速の変動に影響を及ぼすことが確認された。また、エルゴメーター漕において、エルゴメーターの回転板にはたらく抵抗に影響を及ぼすことが推察された。漕手の $\dot{V}O_{2max}$ 、また、脚伸展で発揮される力や脚伸展パワーはローイングパワーの大きさに関連する指標である。一方、ローイングパワーの安定性は、ボートおよびエルゴメーターに対するローイングパワーの伝達に関連する指標である。すなわち、安定したパワー発揮は、実漕では艇速の維持、エルゴメーター漕ではパワーの維持を有利にすると考えられる。

運動中の筋における酸素の需要と供給やエネルギーの産生率と利用率の不均衡が力の低下を引き起こす要因であると指摘されている。パワー発揮に生じる変動は、この酸素

やエネルギーの需要と供給に不均衡を生じさせる要因であると推察される。安定したパワー発揮がパワーの持続に貢献する。または、パワーの持続を有利にするように運動が調整され、その結果、パワー発揮の安定性が高まると考えられる。

また、実漕において、ローイングパワーの安定性とローイングパワーの大きさ（ストロークの平均パワー）の間に有意な関係が認められなかった。パフォーマンスに対する外的要因の影響が大きい実漕においては、ローイングパワーの安定性がローイングパワーの大きさに依存しない、独立した艇速への影響因子と考えられる。以上のことから、ローイングパワーの安定性が本競技のパフォーマンスに係わる重要な要素であると結論付けられる。

本論文の評価

本研究の結果、ボート競技の競技力の規定因子として、ローイングパワー発揮の安定性、という新たな視点が加えられた。これは、これまでは方法論上の困難さからほとんど研究が行われていなかった水上での実漕データに基づくものであり、ボートの競技力向上に大いに寄与するものであると考えられる。パワー発揮の安定性は選手の持続的能力と関係しており、ボート競技において持久力が重要であるというこれまでの知見をローイング動作の観点から裏付けることとなり、今後のさらなる研究の重要な礎となった。本申請者の今後の活躍が大いに期待できる。

上記のような評価を得て、本審査委員会は、下田 学氏の学位申請論文が博士（人間科学）に十分値する研究であるとの結論に達した。

以上

4. 下田 学氏 博士学位申請論文審査委員会

主任審査員	早稲田大学	教授	博士（教育学）	（東京大学）	川上泰雄
審査員	早稲田大学	教授	教育学博士	（東京大学）	福永哲夫
審査員	早稲田大学	教授	教育学博士	（東京大学）	樋口 満