

## 審査の結果の要旨

氏名 小林 寛

昨今、スポーツに関する工学として、スポーツ工学が注目されている。スポーツ工学は、スポーツにおいて工学的見地からハードウェアの性能・安全性・快適性の向上を目的とした研究分野である。国際競技力を向上させる用具の開発などを通じて、スポーツ工学が社会に貢献することが期待されている。

スポーツ競技のひとつである漕艇は、19世紀初頭にエイトによるレースが始まって以降、様々な用具の改良が行われてきたが、改良の手法・評価は主に漕手の感覚にもとづいた経験的手法によるものがほとんどで、工学的見地による定量的な研究が行われた例は数少ない。最近になって実艇を使用した実験がいくつか行われ始め、漕艇運動をモデル化してシミュレーションを行おうとする試みも行われてきている。

漕艇運動において、漕手の消費した仕事がどれだけ有効に船体の推進に役立っているかという効率は、生理学的な効率と機械的効率に分けることができる。生理学的効率は、糖質や脂質などを燃やしてどれだけ機械的仕事を得られるかということである。機械的効率は、漕手はその生理学的効率を経て発揮した機械的仕事が、推進装置であるオールを介してどれだけ有効に船体推進にはたらくしているかをあらわす。本論文ではオールの推進器としての機械的効率について着目している。

本論文では、漕艇運動について、漕手が筋肉を使って出力する力すなわちオールのハンドルを引く力と、スライディングシートと漕手の上体の移動等による漕手の重心位置の変化を入力値とする時系列シミュレーションを確立することと、そのシミュレーションをVPPとして用いることにより、様々なパラメータを変更した際の漕艇運動の推定を目的とする。これは漕手の「筋力」、および体の動かし方である「漕法」の2つ、いわば漕手のパフォーマンスによって艇がどのような運動を行うかを求めるものである。

漕艇の運動のシミュレーションを行う際に問題となるのは、オールのブレードに加わる流体力の推定と、漕手の体の動きをモデル化することである。

漕艇の運動のシミュレーションを行うためには、オールのブレードに加わる流体力を推定する必要がある。実艇実験の考察より、オールのブレードはストローク過程に翼としてはたらく、ブレードにはたらく流体力については水中での運動による過渡的な影響が大きいことが分かり、定常状態を仮定して推定することは不適切で、過渡影響を考慮した流体力の推定法を得る必要性があることが分かった。

そこで、回流水槽を用いた水槽試験を行ったところ、流速や迎角が過渡的に変化する場合に翼にはたらく流体力は定常な場合と全く異なり、大変大きな値を示すことが分かった。平板にはたらく力の流体力係数は、流速・迎角・迎角が変化する速度の関数となり、その値は reduced frequency( 換算周波数 )によって良く整理されることが明らかになった。

漕艇では、漕手の質量が船体の質量の数倍にもなるため、漕手の重心移動は船体の運動

に大きな影響を及ぼす。漕手の重心移動は漕手の体の動かし方(漕法)に依存している。漕手の体の動かし方を、重心移動に反映させるためには、漕法の違いによる重心移動の変化を表現できるような、漕手の体の動きをモデル化することが必要である。本論文では漕手の体の動きを、幾何学的条件を加味する形でモデル化することで、実艇実験に対して漕手の重心移動をほぼ同定することができた。このことにより、漕法の違いを漕手の重心移動に反映することが可能となった。

漕艇の運動をモデル化し、全体の系のエネルギー方程式を解いて漕艇運動を推定するシミュレーション法が本論文により開発された。シミュレーション結果は実艇実験の結果と良く一致し、本シミュレーションにより漕艇の運動を精度良く推定可能であることが確かめられ、本シミュレーションは VPP ( Velocity Prediction Program : 艇速推定プログラム )として、漕艇運動の推定に有用であることが示された。

漕艇の運動に関する種々のパラメータを変更することにより、船体速度や漕艇の機械効率にどのような変化が生じるか上述の VPP を用いて計算を行い、船体速度や機械効率の向上にはどのような方法が有効であるかが明らかになった。

オール振り角のレンジ(振り幅)を大きくすることやオールのアウトボードの長さを長くすることは、船体速度や機械効率を改善する傾向にあること、ブレードの流体力係数についてはストローク課程の前半で流体力係数が向上することが船体速度向上により効果的であることが分かった。

また、ストローク過程・フォワード過程いずれにおいても、漕手の重心移動を変更することは、船体速度や機械効率に与える影響が大きい。ただし重心移動の変更を行うことが必ずしも船体速度や機械効率の向上にはつながらず、確実に改善の方向に寄与するような明確な変更指針は今のところ得られていない。

本論文により、漕手が発揮する力と漕手の体の動きを入力とする VPP (艇速推定プログラム)が開発された。本 VPP では、オールのブレードにはたらく過渡的な力を考慮に入れ、エネルギー方程式を解くことで船体とオールの運動を求めることができる。入力値や、オールの運動に関係するパラメータを変更することで、漕法やオールの変更が船体速度や機械効率に及ぼす影響を推定することが可能となり、それらを改善するための指針を得ることができた。

よって本論文は、博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。