

審査の結果の要旨

氏名 杉浦正彦

修士（工学） 杉浦正彦 提出の論文は「表面張力を利用して水面上を移動する微小機械の推進機構」と題し、7章と捕遺からなる。

近年の技術の進歩により微小機械の実現性が増しているが、機械の大きさが変わるとそれを取りまく環境や物理量が大きく変化し、機械の大きさによって特有の機構が必要となることが多い。センチメートルからミリメートルの大きさの生物では、アメンボを代表例として、表面張力を利用して水上生活を行い、広く繁栄している一群の昆虫が存在している。生物の自然淘汰の歴史を考えると、このような生物には、何らかの有利な機構があるものと思われ、アメンボ型の微小機械がいくつか開発されて来た。しかし、これらの開発では、アメンボの形状や推進機構をそのまま模倣したものが多く、設計に際して必要な流体力や機械の大きさは、ほとんど解明されていなかった。

このような観点から、筆者は表面張力を利用して水面上を移動する微小機械の物理的特徴を明らかにし、その可能性を考察している。

第1章は序論でありこれまでの研究を概観し、本論文の目的と意義を述べている。

第2章は表面張力について説明し、種々の材料やアメンボの脚部の接触角について述べている。

第3章は水面上に浮かぶ物体に働く上下方向の力の釣り合いを、静的条件下で調べている。微小物体に働く上下方向の流体力は、浮力と表面張力そのものによる力の他に、水面の変形によって生ずる静圧による力があることを説明し、主に浮力のみによるメートルサイズの物体と比較して、はるかに有利であることを定量的に示している。そして物体の大きさが変化したとき、これらの流体力成分の割合がどのように変化するかを明らかにしている。また物体形状によってこれらの力がどう変化するかを解析し、角柱のような角のある物体が、円柱のように角のない物体より流体力の大きさも、上下の安定条件も有利であることを導いている。

第4章は物体が水に対して一定速度を持っている状態を実験的に調べている。相対速度があると水面が物体の前後で非対称形になるため、表面張力や静圧に起因して、それぞれの抗力成分が発生することを説明している。しかし、発生する抗力は表面張力による成分を考慮しても、完全に水没した物体と比較すると、定量的にやや少ないことを明らかにし、微小機械の前進力として使用する際には、必ずしも有利ではないことを導いている。さらに物体の形状による変化を調べ、円柱よりも角柱のほうが大きな抗力を発生できることを見いだしている。

第5章はこのような水面の変形を伴った流体现象に、評価関数を最小にして解を得ると

いう新しい解析法を提案し、この方法が最適制御理論と同等の定式化が行えること、その結果、既存の最適制御理論に対する優れた数値計算法がそのまま適用できることを示している。

第 6 章は以上の結果を総合して表面張力を利用した水面移動微小機械の可能性、有効性およびその限界について議論し、アメンボの機構がその大きさでは非常に優れていることを説明している。すなわち、没水体に比べてはるかに大きい上下方向の力を利用して、胴体を空中に維持して、前後方向の抵抗を没水体の約 1000 分の 1 に減らし、小さな推進力でも高速かつ省エネルギーで移動できること、そして脚部を駆動時には水中で、戻し時には空中で運動させ、高効率の推進を可能にしていることを示した。さらにこれらの特徴を生かした、表面張力を利用した機構の一例として、回転型の微小機械を提案し試作している。

第 7 章は結論であり、本研究で得られた新しい知見をまとめている。

以上要するに本論文は、表面張力を利用して水面上を移動する微小機械の可能性、有効性及びその限界を定量的に明らかにし、それに基づいて回転型の試作機を提案し制作したもので、流体力学上貢献する所が大きい。

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。