

1. 動機及び目的

現在、人類は「土地不足」や「資源不足」等の問題を抱えているが、それらの多くは「地上」で起きている事である。これに対し「海」に目を向けると、そこにはより広い土地や資源、そして未知の環境が広がっており、これらを有効活用すべきと考えた。

そして実際にこの広大な空間を開拓する時、何よりもまず「データ」が必要だと考える。この時、「開拓」するとすると非常に広い範囲の、多くの種類のデータが必要になる。

そこで、一度に広範囲を面状に調査し、多種のデータを収集でき、簡単に運用できる探査機があれば便利だと考えた。

後述の機体構造が前例の少ないものであったため、機体構造を確定し、制御方法を実証、確立するために基礎的な実験から行っている。

また、琉球大学が科学技術振興機構の支援の下行っている琉大ハカセ塾、琉大カガク院に所属し、大学の先生方のご指導の下、一連の研究を行っている。

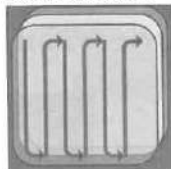
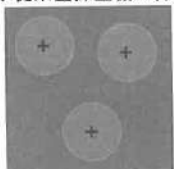
従来型的水中探査機との違い

従来型の水中探査機は、局地的なデータを具体的に調査する物が主であり、広範囲を調査する物でも地形など収集するデータの種類の限られていたが、本研究の探査機では、あえて個々のデータの具体性を上げるのではなく「広範囲の調査」をしつつ「複数のデータ」を一度に収集できる事を目的とする(下図参照)。

後述する構造は「水中グライダー」に類似しているが、自ら推進器を用いて推進する点、翼を単なる制御に用いるのではなく装備搭載にも用いる等の違いがある。

↓従来型探査機の探査

↓本探査機の探査



機体構造について

概要で示した目標「高い汎用性」「広い行動半径」「運用の容易さ」すべてを達成する為、以下の様な構造とする。

単基の推進器で推進し、翼を用いて航空機のような制御を行う。これにより、制御用のスラスターを減らすことができ、燃費の向上、航続距離の増大が可能。さらにエイの形状を模倣する事で、より水中の環境に適応させる。

翼を持つ形状とする事で、翼の下に広いスペースが生まれる。そこにアタッチメントを付ける事で、ユーザーが収集したいデータに合わせて自由に装備を搭載可能になる。

運用を容易にするために、自律型とする。これにより、特別な操縦技術を必要とせず、誰でも容易に運用が可能である。

下図(図1)の目標及びこれまでの研究結果を基に作成した運用イメージである。(プランクトンを採集しつつ水域の塩分濃度及び水温、映像記録を収集している様子)



(図1)

2. 方法

「実験1」水中翼船型実験機を用いた水中における翼の挙動観測

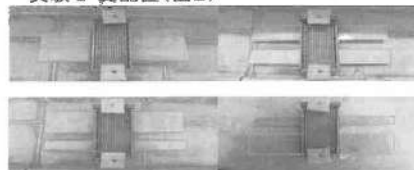
ペットボトルを用いて製作した船に水中翼を付け、モーターで引いた際の船の挙動(ピッチ、ロール、浮き沈み等)を観測し、翼を用いた制御の実証を行った。3種類の水の中翼を5段階の角度に分けて実験を行った。また観測方法は、水中においては波等のランダムな要素の影響が大きく詳細な数値が出せないため、水中カメラを用いて観測を行った。翼は途中での角度変更が技術的にできないため、地上で設定した角度に固定して実験を行った。

「実験2」小型実験機を用いた水中での挙動観測

実験1での結果を踏まえ、実験2では水中翼船ではなく実際に水中を航行する小型実験機を製作し、複数の翼配置で実験を行った(図2)。実験では水中での挙動を観測し、実験1に引き続き翼を用いた制御の実証をより細かく行うと共に、水中で高い操作性の実現と安定した航行を行うのに適した翼配置を検証した。実験に用いた翼配置は2枚1対の翼、2対の翼、2対で前の翼が大きい翼、2対で後の翼が大きい翼の4種類(下図参照)。順番は左上、右上、左下、右下の順に上記の通り、角度は上向き、水平、下向き(小)、下向き(大)の4種類。また翼形状については、翼の枚数と配

置以外の要素を極力減らすため矩形翼とした他、枚数が異なる翼配置であっても、合計の翼面積が等しく240cm²となるようにした。翼の角度は実験1同様、地上で固定し水中では変更できない。

実験2では実験機を改良しつつ3回実験を行った。実験結果は主に3回目的のものを用いる。実験2 翼配置(図2)



「実験3」小型実験機を用いた遠隔制御実験

実験2の結果から水中における翼を用いた制御の有効性が実証でき、翼制御に適した翼配置を割り出せたため、次の段階として小型実験機を用いて遠隔制御実験を行う事とした。

この実験の中で、機体の防水実験(電子機器搭載のため)、装備の搭載試験、水中制御試験(実際に水中で翼を動かす)、自律制御を行う為のデータ収集を行う。さらに実験2でより具体的な検証が必要な結果が出ているため、それらの検証も行う。

3. 結果と考察

結果・考察の中から、理論的な裏付けが十分であるものを主に示す。

「実験1」

水中はその高い粘性により、翼に働く力、抵抗や上向きの力のいずれも大きく、空気中よりもシビアにそれらのバランスを取る必要がある。

翼面積の大きい方が安定性を高く保った上で効果を最大限発揮できる範囲が広く、操作に対する応答も早いと考えられる。

アスペクト比の高い方が安定性が高く、こちらも効果を最大限発揮できる範囲が広い。ただし、急激な操作や強度には注意が必要。

水中で翼を傾けることにより、浮上及び潜水する方向に機体を動かす事ができる。

「実験2」

総合的な安定性では翼が2対で後が大きいタイプが最も良く、第1回、第2回の双方で安定性において高い結果を残した。中でも角度(水平)はほぼ水平を保って航行を続けた。

制御においての翼の効果という面では、翼が2枚1対のタイプが最も良かった。第2回の安定性の低い実験機では前後に傾いてしまったが、第3回の安定性を高くした実験では、安定性も比較的悪くはなかった(しかし2対で後が大きいタイプには

及ばない)。

左右の翼をそれぞれ反対方向に動かすことで、機体を左右にロールさせる事ができた。

市販の水中モーターを使用しても1mほどの潜水で漏水した。そのため、実際に探査機を製作、または水中を航行する実験機を製作する際にはこの防水の部分を確実にする必要がある。

実験機を製作した際に分かった事として、重心軸と推力の中心軸は機体の中心を通った方が良いという事がわかった。また重心軸が機体の中心を通る事で翼の動きに対する挙動が良くなり、さらに安定性が高くなる。そして推力の中心軸が機体の中心を通る事で推力による回転トルクが減少し、直進安定性が高くなる事がわかった。

またこれらの結果から、機体の中心付近に大きな上下用の翼を配置しそれを用いて上下を制御しつつ、小さな翼(先尾翼)によって前後のバランスを取り安定を図り、推進機をなるべく中心に配置することで重心と推力の中心を機体の中心に取るという構造が良いと考察した。

「実験3」

COVID-19の影響等で製作や準備が滞り、実験当初予定を完遂出来ない可能性が出てきたため、方針を変更し、実験・開発の為の環境構築や技術の習得、研究発表を行った他、一部可能な物は実験機を用いずシミュレーションを用いて実験を行っている(継続中)。また部活動の航空機製作を行っており、構造、制御機構が近いため本研究の成果と部活動の成果を互いにフィードバックすると共に、3Dプリンター等の機材を研究に用いている。

本研究の実験機用に開発した遠隔制御装置を航空機に搭載し、実験が出来ていない実験機(防水が出来ていないため)に代わり部の航空機で遠隔制御装置の試験を行った(成功)。

4. 反省と課題

本研究は未だ完了しておらず、今後2年をかけて遠隔制御実験、自律制御実験、実寸大試作機製作、試作機を用いた実験、実用化を行う予定である。

本探査機が完成した暁には、様々な用途に使える新たな探査機の標準となり、海洋開発に寄与する事を考えている他、水を持った天体等での、初期調査等に利用できると考えている。

5. 参考文献

国立研究開発法人 海洋研究開発機構 HP 国際海洋環境情報センター HP
日本水中ドローン協会 HP
大阪府立大学ハーモニー博物館 HP