



マリンダヴィンチコプターの開発 ～ソフトクリーム型水中飛行体～

小山高専水中ロボット製作チーム2019

1. はじめに

私たちの開発した水中ロボットは、500年前にレオナルド・ダヴィンチが考案したヘリコプターのアイデアスケッチ(図1)がもとになっている。スケッチの原文中では「空圧ネジ」と呼ばれている。ヘリコプターの構造および動作は、「太い針金で縁取られた半径約5mの布製の螺旋型のプロペラを軸に取り付け、軸は薄い鉄板で作り強くねじ曲げると元に戻ろうとする力でプロペラが回転する。」と記述されている。[1]

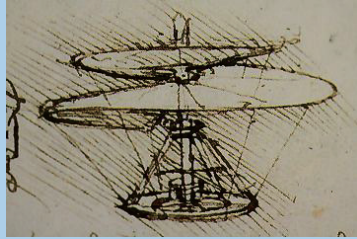


図1 ヘリコプタースケッチ

このヘリコプターの実現において当時、軽く強度のある材料が調達できないことや高度な製作技術もないことから飛行は不可能であったと考えられる。現代においてもダヴィンチのヘリコプターを再現し空中飛行を実現させることは理論的にも困難である。

そこで私たちはダヴィンチヘリコプターのユニークなプロペラ形状に着目し、水中におけるプロペラの飛行能力の検証を試みることにした。水中では流体の粘性が大きいことや浮力の作用により、ヘリコプターの飛行が期待できる。

2. 水中ダヴィンチヘリコプターの考案

【第1段階】ドローン型

最初の設計では、クワッド型ドローンのプロペラをダヴィンチ型スクリューに交換した水中ロボットを考案した(図2)。空中ドローンと同様に各プロペラの回転数を制御し移動方向を変える。ドローン型は、既に空中を飛ぶことが可能なので、同様に水中でも安定して飛行できるというメリットがあるが、スクリューの数が多いため制御が難しいというデメリットもある。

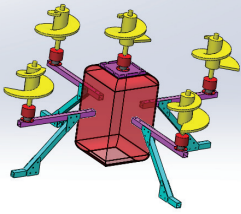


図2 ドローン型

【第2段階】ソフトクリーム型

アイデアスケッチのプロペラをより忠実に再現するため、図3のように中央のメインスクリューを拡大し、その回転力による本体の回転を抑制するため、2つの小型サブスクリューが本体側面に配置されている。

【移動方向制御】

移動方向制御はメインスクリューの回転軸方向をサーボモータを用いて移動したい方向へ傾けることによって行う(図4)。

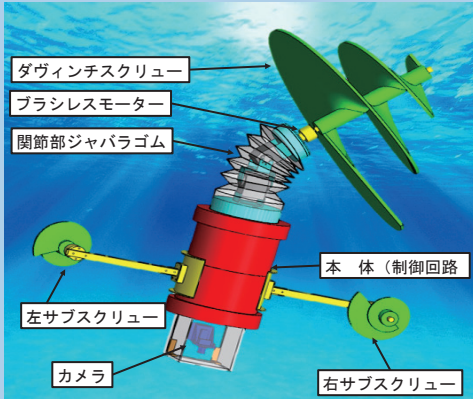


図3 ソフトクリーム型

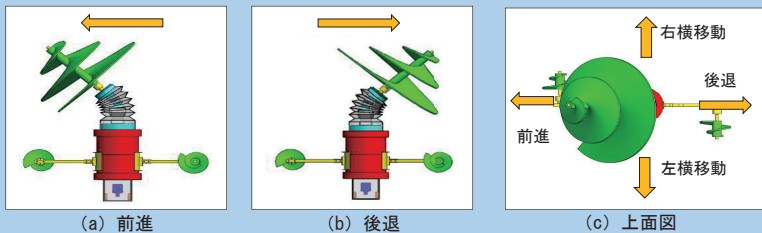


図4 移動方向制御のアイデア

3. スクリューの製作

メインスクリューの形状は複雑かつ、最大半径は20[cm]であるため、スクリュー全体を回転軸方向に対して4分割し、PLA樹脂を用いて3Dプリンターで印刷した(図5(b))。次に分割部品はアクリル接着剤で張り合わされ完成品となる(図5(c))。サブスクリューも同様の方法で製作されている。メインスクリューは浮きの役割するため、充填率を10%とし中空構造となっている。一方、サブスクリューはロボットの重心位置を下げるため、充填率は95%である。

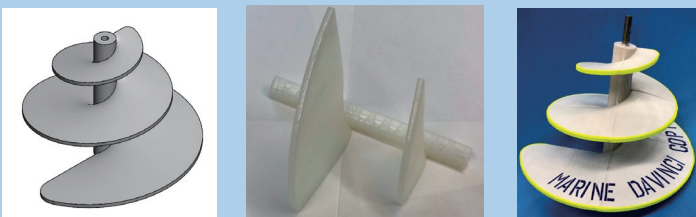


図5 PLA樹脂製ダヴィンチスクリューの製作

4. 完成ロボット

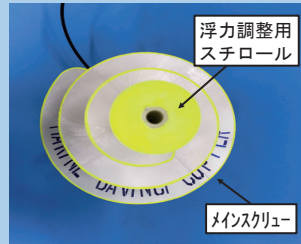


図6 上面図

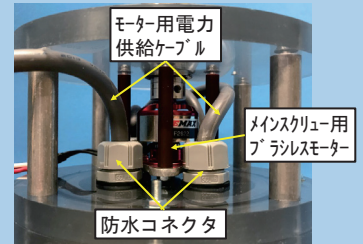


図7 メインスクリュー駆動部

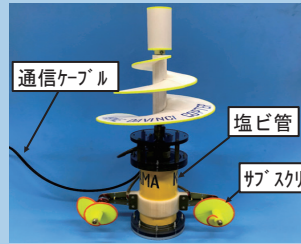


図8 正面図

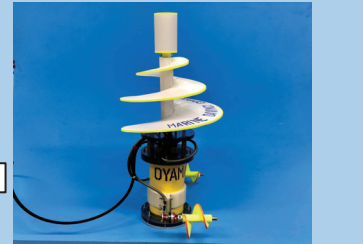


図9 側面図

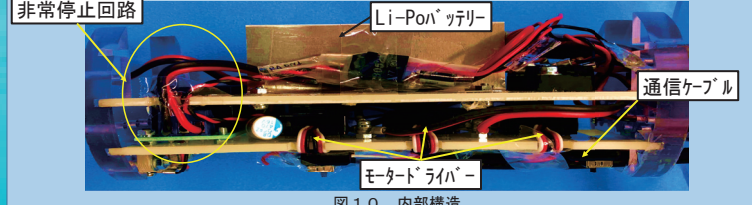


図10 内部構造

5. ロボットの主な仕様

部名	縦×横×高さ(mm)	重量(g)	備考
水中ロボット全体	262×368×615	3620	
メインスクリュー	266×253×244	381.2	最小半径45(mm)、最大半径138(mm)、ピッチ72(mm)
サブスクリュー	91×99×86	55.7	最小半径20(mm)、最大半径55(mm)、ピッチ40(mm)

通信方法	Futaba T6EXHP 40MHz
バッテリー	Li-Po 7.4V 1500mAh
モーター	GF2822 11.1V 最大電流16A

【動作性能の評価】

水平方向の移動速度は、速度が一定になった状態から1[m]を進む時間を測定した。上下方向の移動速度は、水深1.35[m]のプールの底から水面に到達するまでの時間を測定した。

表3 移動および旋回速度

項目	値
水平速度	0.211 [m/s]
昇降速度	0.061 [m/s]
右旋回速度	186 [deg./s]
左旋回速度	238 [deg./s]

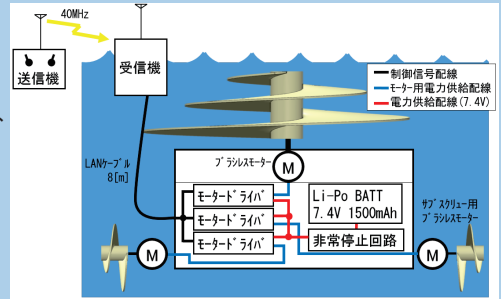


図11 遠隔操作システム

5. ブルーシート製ダヴィンチスクリューの製作

ダヴィンチヘリコプターを忠実に再現するため、ブルーシート製のダヴィンチスクリューを製作した。その形状はダヴィンチのヘリコプター螺旋の比率を参考している。完成品のサイズは縦514[mm]、横545[mm]、高さ240[mm]、最小螺旋半径は194[mm]、最大螺旋半径は292[mm]である。重量は359[g]である。

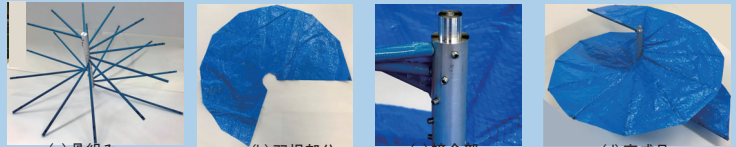


図12 ブルーシート製スクリューの製作

6. 今後の展望

ダヴィンチスクリューを用いた水中ロボットを製作し、水中での飛行実験を行った。その結果、潜水および浮上動作が可能であり、水中においてダヴィンチのヘリコプターを飛行させることに成功した。さらに、移動方向制御用の小型ダヴィンチスクリューも十分な推進力があり、瞬時に移動方向を変えられることから、比較的操作性の良いロボットであることも確認できた。

今後の展望としては、以下の3つが挙げられる。

- (1) 当初のアイデアにあった関節機構を用いてスクリュー回転軸の傾斜角変化による水中ロボットの移動方向制御を実現する。
- (2) 水中ロボットを複数台製作し、ロボット間の超音波通信によるシンクロ制御を試みる。
- (3) 水中ロボットの機動性を活かし、画像を用いたAIによる自律移動を試みる。

参考文献

- [1] 市川 真史:富山科学博物館
とやまサイエンスピククス No.424 レオナルド・ダ・ヴィンチのヘリコプター