

# PS-8 3Dプリンターによる水槽試験の効率化

流体設計系 \*牧野雅彦、若生大輔、後藤英信

## 1. はじめに

船舶の水槽模型試験に際して、ダクトやフィンなどの付加物を取り付けた試験を行う場合がある。これら付加物の取り付けには細かな治具の製作も必要となる。付加物の製造・加工・取り付け等は、従来熟練した職人の手作業により行われてきた。しかし、近年の3Dプリンターの登場と高精度化・低価格化により、これからの水槽試験の様相が大きく変わる可能性が有る。

3Dプリンターの利点を以下に示す。

- ・金属加工による外注製作に比較して短時間での製作が可能であり、PDCAサイクルの効率を上げられる。
- ・CADで作成した形状は変更が容易なので、形状を変えたシリーズテストが容易となる。
- ・切削加工では製作が困難な複雑な内部形状(複雑な曲面をもつ中空構造など)も造形が可能である。

このような特徴をもつ3Dプリンターを用いて、水槽試験で用いる付加物や治具等を製作すれば、水槽試験の効率化や高精度化に大いに役立つ。その一例を報告する。

## 2. 3Dプリント方式

### 2.1. 製作の概要

3Dプリンターはその造形手法により、幾つか種類がある。海技研では、インクジェット-紫外線硬化樹脂法(以下IJ-UV法)、熱溶解積層法(Fused Deposition Modeling、以下FDM法)の2種類の3Dプリンターを使用している。

両プリンター共に、造形対象を薄い層に分割し、下の層から積層する手法を取っている。このため、(例えば、象の鼻のように)上部から支持されている部分を作成する場合は、一時的に下から支えるサポート材と呼ばれる支柱を必要とする。造形後に、サポート材を除去する。

3Dプリンターの多くは、STLファイルと呼ばれている形状定義ファイルを元に造形を行う。このファイルは小さな三角形の座標とその法線ベクトルで形状を表現するが、計算精度や三角形分割アルゴリズムなどにより、本来接続している三角形に、重なり・隙間・表裏の矛盾等が問題が生じる場合がある。問題のあるSTLファイルを使用しても正常に造形できるロバスト性のある印刷ソフトウェアの存在が造形の作業性に大きく影響する。

### 2.2. インクジェット-紫外線硬化樹脂法

海技研ではキーエンス社製アジリスタと呼ばれる3Dプリンターを使用している。最大造形寸法はW297,D210,H200mm(A4サイズxH200mm)で有る。原

理は、図-1に示すように、紫外線硬化樹脂をインクジェットノズルより吐出、ローラーで平坦化後、紫外線を当てて1層分の形状を作成する。これを高さ方向に繰り返して積層することで造形する。

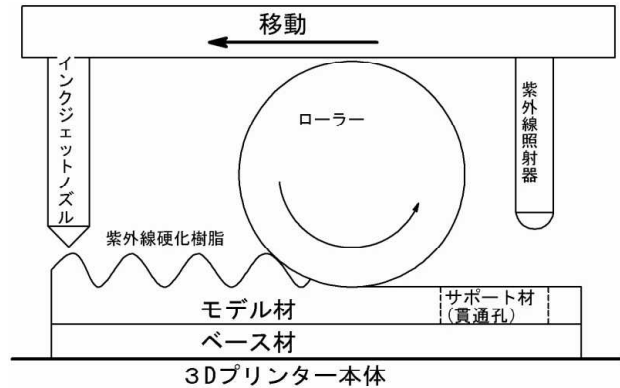


図-1 IJ-UV印刷方式概念図

本プリンターはモデル材とサポート材を使用する。サポート材は水溶性材料となっており、造形物ごと溶解槽に浸けて溶解除去する。完全溶解除去前に、ウエス・ブラシ・サンドペーパーなどで物理除去し造形時間の短縮を図っている。

造形物は比較的堅いが、翼型後縁のように薄い部材は丁寧に扱わないと割れたり欠けたりする。勘合も作成できる。

造形は図-1に示されるように、まずベッド上にベース材を成型しその上にモデル材およびサポート材を造形する方式となっている。このベース材は、剥がれ易さと強度の観点からサポート材とモデル材を混合して作成されている。平面状造形物に大きめの貫通孔を開けると、貫通孔とベース材の接合部で小さなバリが生じることがある。これは、モデル材・ベース材・サポート材に強度の差が有り、その上をローラーで平坦にする構造のため、モデル材が少量はみ出ることに起因すると思われる。バリの予防に、貫通部に面取りやフィレット加工を施すと良い。バリが生じた場合は紙やすりなどで簡便に取り除ける。

### 2.3. 熱溶解積層方式

糸状のABS樹脂を熱で溶かしてベッド上に積層し造形する方式である。その様子を写真-1に示す。

ABS樹脂は熱膨張率が大きく、冷却すると収縮する。この収縮応力で、造形中に変形したりベッドから剥離し

たりすることがある。ベッドを加熱すると、剥離防止効果は認められるが、それだけでは不十分である。剥離防止の為、当初はベッドに接着剤を塗布していた。しかし、工数が多い割に成功率が低かった。つぎにセルボードと呼ばれるプリント基板の様な多孔ボードをベッド上に固定しその上に造形する方式を採用した。しかし、セルボードが歪みやすく、ノズルとベッド間隔の調整が狂い正常に造形できないケースも生じた。現在は、写真のようにベッドに和紙のマスキングテープを貼る方式に落ち着いた。和紙表面の凹凸に造形物が良く接着し剥離防止効果が向上する。但し、大きな物を造形するとテープが剥がれてしまうことが有る。さらなる改良を模索していきたい。

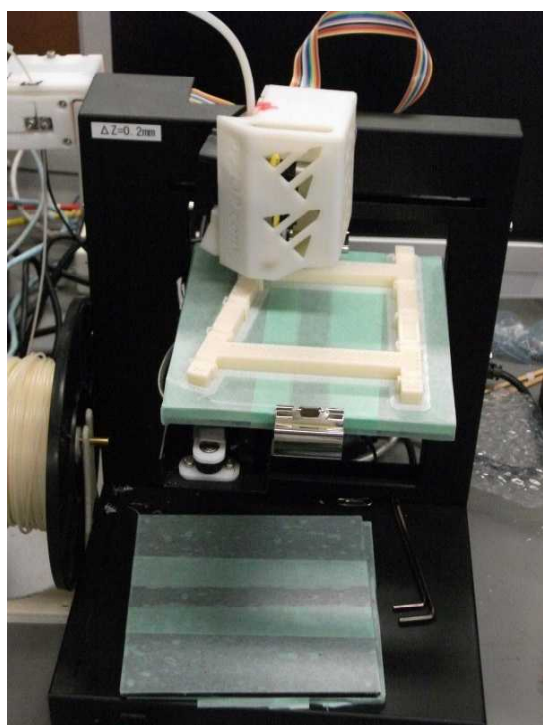


写真-1 FDM法による造形

FDM 法は装置本体や材料費が安い特徴が有る。しかし、大きな熱膨張性を持つ ABS 樹脂を使用しているので、寸法精度に関しては、あまり期待できない。本プリンターでは、ABS 樹脂に比較し熱膨張率が小さい PLA 樹脂も使用できるが、ABS 樹脂に比較すると強度が弱いことなどから主樹脂としては使用していない。

サポート材は主材である ABS 樹脂を薄膜状に吐出して使用している。造形完成後サポート材を切断除去する必要がある。

### 3. 製作例

海技研で 3D プリンターを使用して製作した製作例を報告する。製作例を写真-2 に示す。主に、ダクト等の付加物、治具などの製作が多い。舵の製作実績はあるがプロペラの製作実績は無い。この他 3D プリンターの部品の製作も行っている。

このような付加物の改良は、PDCA サイクルを素早く繰り返す必要がある。このために 3D プリンターは強力な道具となる。実験時に流場の可視化等を行うと、付加物の改良方針を決定するのに寄与すると思われる。

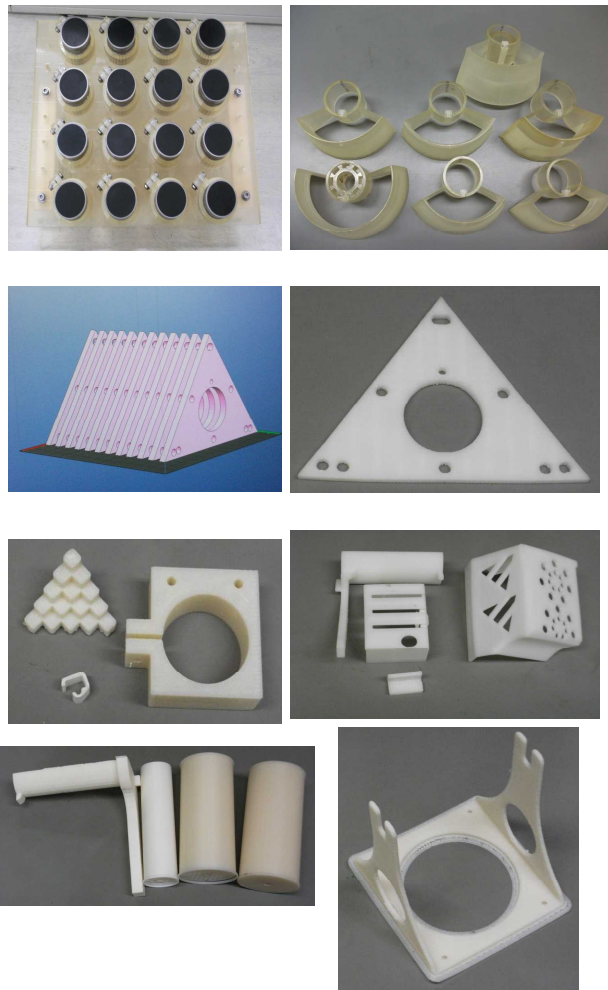


写真-2 造形例

### 4. おわりに

船舶の性能改良のためには、PDCA サイクルを素早く繰り返す必要がある。このために 3D プリンターは有力な道具となる事が分かった。近い将来には模型船本体の造形も可能になると思われる。3D プリンターは、大きな未来を感じさせる技術である事が分かった。

レーザー焼結法の特許が本年に切れたので、各社レーザー焼結法を用いた 3D プリンターを開発していると思われる。今後使用する機会があれば報告したい。