

プロジェクトイル(D-SEND #2)の製作

山本 浩治

名古屋大学全学技術センター工学系技術支援室

1.はじめに

名古屋大学全学技術センター(工)装置開発技術系では、平成 21 年度から航空宇宙工学専攻電離気体力学講座(佐宗研究室)からの依頼を受け自由飛行実験用の飛行模型(プロジェクトイル)の製作を行ってきた。通常の風洞実験では、模型の固定にスティングを用いるのが一般的であるが固定による影響が出る欠点がある。しかし、模型を固定せずに実際に発射するプロジェクトイルを用いた実験は、自由飛行が可能となり理論値に近いデータの測定が可能となる。製作したプロジェクトイル図 1 は、JAXA の D-SEND #2 プロジェクトで使用している機体のスケールモデル(1/100)で、He ガスの圧力により速度 M1.3~1.7 で水平発射される。このときの圧力波形の測定を行い設計上での問題点を確認するものである。今回は、試したことの無い製作方法として、はめ合わせ(切断試料接着ワックスにより固定)による機体の上下部の分割加工について報告を行う。

2. プロジェクトイルの概要

機体の形状は流線形の飛行機タイプで上下非対称形状になっている。機首は、かものはしのような形状をしており翼端部は、非常に薄い形状となっているのが特徴である。



図 1 プロジェクトイル

CAD データから算出した主要な寸法を下記に示す。

全長:88.3 最大高:13.67 胴体最大高:5.53

主翼幅:40.02 水平尾翼幅:19.52 垂直尾翼高:8.8

主翼端部厚:0.13 尾翼端部厚:0.09 (mm)

材質:A7075 製作時間:約 10 時間(治具を除く)

3. 製作方法(CAD/CAM による 3 次元加工)

JAXA より提供をされた CAD 図(図 2)をもとに加工工程として、次の 3 つの加工を行った。

- (1) 機体下部の加工
- (2) 治具(機体下部のメス型)の加工
- (3) 機体上部の加工(治具に張り付けて加工)

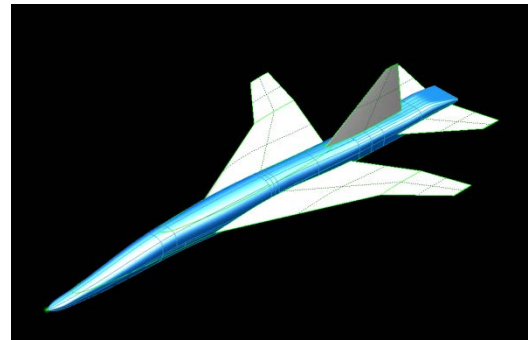


図 2 3DCAD 図(JAXA 提供)

3-1.機体下部の加工

立方体(100×50×15mm)に機体の上部を埋め込み 3 次元 CAM により機体の下部の加工を行った。ツールパスの作成にはスキャン加工を使用した。

下記に使用工具、加工条件等を記す。

使用工具 :ボールエンドミル φ6, φ3, φ2

スキャンピッチ :0.03mm(仕上げφ2)

回転数・送り速度 :8000min⁻¹・700mm/min

加工時間 :5 時間 13 分(機体下部全体)

図 3 に加工後の機体下部を示す。

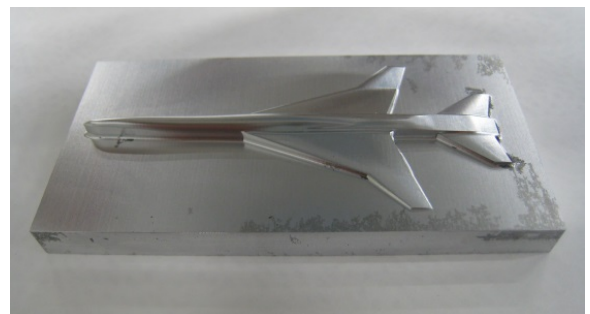


図 3 機体下部

3-2. 治具(機体下部固定用)の加工

機体下部のCAD図を基にメス型の治具のCAD図を作成する。治具の寸法は120×70×15で機体下部をはめ込めるように設計を行った。公差(0.03mm)を考慮してCAMを行い仕上げ加工は、スキャン加工を行った。

使用工具等は、枠内側の加工をフラットエンドミルφ3mmで加工し、その他は機体下部の加工時と同様で行った。図4に治具を示す。

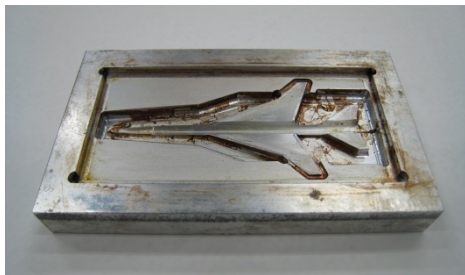


図4 治具

3-3. 機体上部の加工

(1) 機体上部の加工準備

治具と機体下部を加熱器で熱し、切断試料接着ワックスを塗り機体下部をはめ込み固定する。固定する手順は次の通りである。

- ① 治具と機体下部を200度程度に熱する。(図5)
- ② 治具の接着面と機体下部にワックスを塗布する。
- ③ 治具と機体下部をはめ合わせバイスで固定する。
- ④ 常温で冷却後、平行度を確認する。



図5 加熱の様子

(2) 機体上部の加工(垂直尾翼の仕上げ除く)

CAD図を基に立方体(100×50×13.67mm)に機体の下部を埋め込み機体の上部の加工を行った。垂直尾翼の高さを考慮し、工具刃長を長くした。

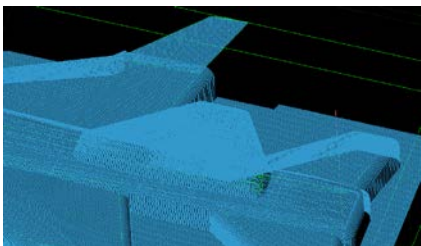


図6 ツールパス(機体上部)

使用したツールパスを図6に示す。

(3) 垂直尾翼の仕上げ加工

垂直尾翼付近のCAD図を基に加工を行った。垂直尾翼の最小厚みが0.1mm程度と非常に薄い部分があるため厚み0.9mm(荒加工)の状態から仕上げ加工を行った。加工に使用した等高スパイラル加工のツールパスを図7に示す。

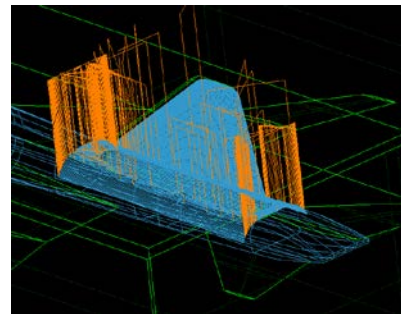


図7 ツールパス(垂直尾翼)

下記に使用工具、加工条件等を記す。

使用工具 : ボールエンドミルφ3, φ2

スパイラルピッチ : 0.05mm(仕上げφ2)

回転数・送り速度 : 8000min⁻¹・300mm/min

加工時間 : 6時間40分(機体上部全体)

最終加工を終えた状態を図8に示す。仕上げとして加熱器で温度を上げ、機体を取り外し、ワックスを除去する。



図8 最終加工後の状態

4. まとめ

精密な寸法は計測していないが部分的に測定した結果、許容誤差5%以内での加工を行えた。

- ・はめ合いによる機体を上下に分割して加工する方法は、今回のような形状の加工に効果的である。
- ・ワックスを使用して加工する方法は、薄い形状を加工する時の、びびり防止になり加工精度が向上する。
- ・垂直尾翼のつけ根部加工の不具合の検証を行う。

5. 謝辞

今回、発表の機会を与えて頂いた全学技術センター(工)技術部ならびに航空宇宙工学専攻電離気体力学講座(佐宗研究室)に厚く御礼申し上げます。