

## 共同研究報告 RBCCスペースプレーンの遷音速風試

著者	西村 嘉将, 山? 優樹, 白方 洸次, 溝端 一秀
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2017
ページ	76-78
発行年	2018-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/00009852">http://hdl.handle.net/10258/00009852</a>

○西村 嘉将 (航空宇宙システム工学コース 学部3年)  
山崎 優樹 (航空宇宙総合工学コース 博士前期2年)  
白方 洸次 (航空宇宙総合工学コース 博士前期1年)  
溝端 一秀 (航空宇宙システム工学ユニット 准教授)

## 1. はじめに

現在、航空宇宙輸送システムとして使い切りロケットや亜音速旅客機等が世界中で使用されているが将来の宇宙空間利用の拡大化や商業化を見据え、使い切りロケットに代わる完全再使用型宇宙往還機(スペースプレーン)の必要性が高まっている。スペースプレーンは、宇宙空間への物資輸送コストを削減するとともに、従来の航空機のような運用性と信頼性を達成することが期待されている。二段式スペースプレーンの初段推進方式として大気吸い込み式エンジンとロケットエンジンを組み合わせた Rocket-Based Combination Cycle(RBCC)方式が提唱されている。これは地上静止状態から極超音速領域までの広い速度域を1つのエンジンでカバーするために、飛行マッハ数に応じて4つのモードを切り替えることで各エンジンの短所を補う。このようなRBCCエンジンそのものの研究はJAXAを中心に比較的進んでいるが、そのエンジンを搭載するスペースプレーンの空力特性や飛行特性は明らかになっていない。そこで本研究ではRBCCエンジンを搭載するスペースプレーンの空力形状を提案し、風洞試験によってその空力特性を明らかにする。

## 2. 風試模型と風洞試験

本研究はJAXAとの共同研究であり、室蘭工業大学は機体の風試模型の詳細設計および製作、遷音速風試における機体模型の操作および空気力の計測、ならびにデータ解析を担当した。JAXAの概略設計をもとにした風試模型の詳細設計を図1に示す。模型製作の時間的制約や、今回は縦の空力特性のみ評価することから、主翼平面形はダブルデルタではなく簡略化してデルタとしている。

2017年12月にJAXA/ISASにて遷音速風試を実施した。通風Mach数は0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.1であり、ピッチスイープ通風によって揚力係数、ピッチングモーメント係数、および抗力係数を計測した。

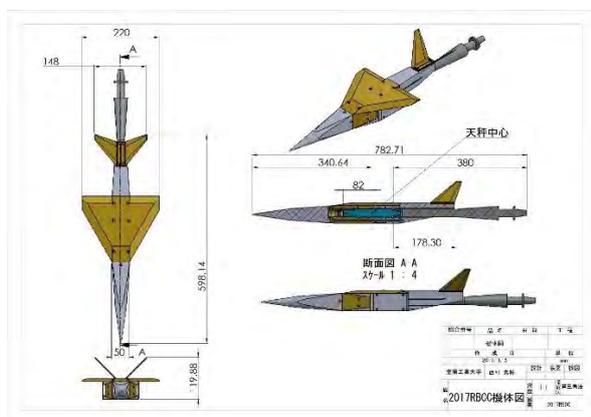


図1 風試模型



図2 風試模型の遷音速風洞への設置

### 3. 結果と考察

風試により得られた揚力係数, ピッチングモーメント係数, および抗力係数を図3~5に示す. 図3より揚力係数 $C_L$ は, 迎角に対し良好な線形性を示している. 揚力傾斜は Mach 0.3 で 0.047, Mach 0.8 で 0.055 と, 亜音速に比べ遷音速で揚力が増大している. また, 大迎角時に失速が表れていない. これは, デルタ翼が前縁剥離渦によって揚力を得ていることに起因するものであり, 離着陸や大気圏再突入の高迎角飛行に都合が良い.

図4より, ピッチングモーメント係数 $C_M$ のグラフは右下がりであり, 静安定が確認される. また, 直線性が良好でありピッチング制御上好都合である. ピッチトリムを保ちながら飛行するには, グラフの横軸切片すなわちピッチトリム迎角が定常飛行迎角と一致する必要がある. 今回の空力形状では亜音速, 遷音速共にピッチトリム迎角は負となっている. そのため, エレベータ操舵によってこれを正にする必要があるが, その実現可能性については操舵を伴う風試で検証する必要がある.

次に, 図5より抗力係数 $C_D$ のグラフは各 Mach 数で滑らかな2次関数となっている. また, 亜音速抗力係数の最小値が 0.067 程度の大きな値となっている. これは, 主翼の大きさに比して胴体が太いことや胴体側面のエンジンインテークにより前面投影面積が増大しているためと考えられる. 図6に Mach 数に対するゼロ揚力抗力係数を示す. 比較のために目下室蘭工大で研究開発されている第二世代小型超音速飛行実験機 (オオワシ) のデータも掲載する. 第二世代オオワシのゼロ揚力抗力係数は一般的な航空機に近い値であり, それと比較すると今回の RBCC スペースプレーン形状は抗力が格段に大きい. 抗力低減を狙った機体形状の改良が必要である.

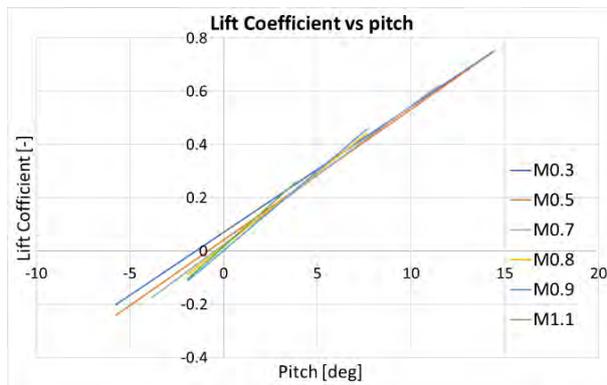


図3  $C_L$  vs AOA

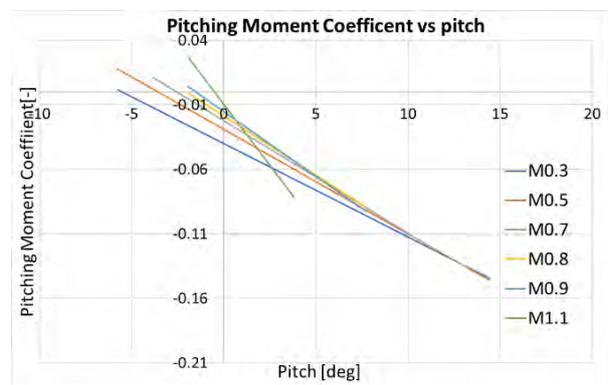


図4  $C_{Mcg}$  vs AOA

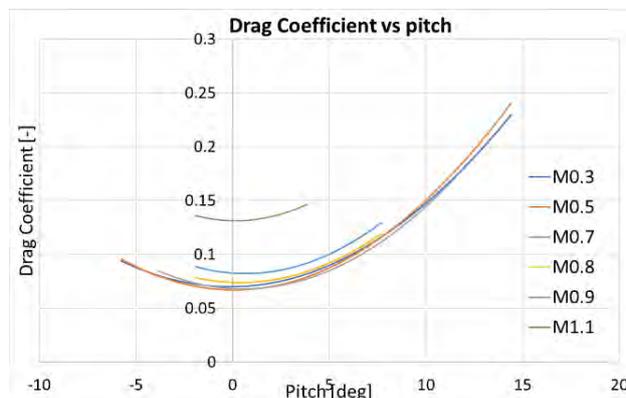


図5  $C_D$  vs AOA

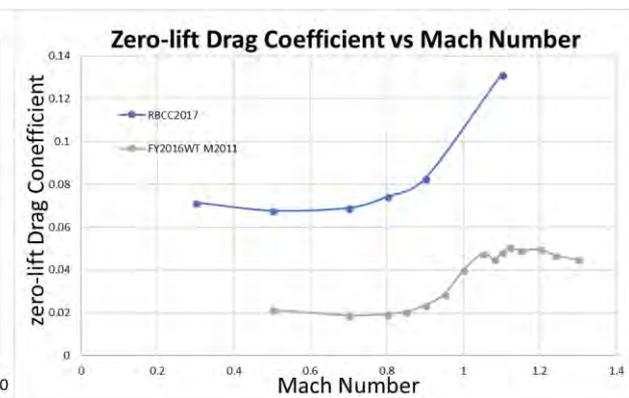


図6 Mach 数に対するゼロ揚力抗力係数

#### 4. まとめ

今回 RBCC エンジン搭載を想定したスペースプレーン機体の空力形状を提案し、遷音速風試によって空力特性を評価した。揚力係数については良好な結果が得られた。ピッチングモーメントについては静安定が確認されたがピッチトリムのためにエレベータ上げの操舵が必要である。実際のピッチトリム性能については、エレベータ操舵を伴う風試によって検証する必要がある。抗力係数については、第二世代オオワシに比べて非常に大きいことから、推進器の性能データを併用してミッション成立性を検証する必要がある。その結果として抗力低減を要する場合には、機体形状の改良が必要となる。

#### 参考文献

- [1] N. Morita, et al, “Design Study on Booster Vehicles of a TSTO RLV with RBCC Engines Part1: Lifting Body Configuration”, JSASS-2015-4453.
- [2] N. Morita, et al, “Design Study on Booster Vehicles of a TSTO RLV with RBCC Engines Part2: Waverider Configuration”, JSASS-2015-4454.