

## No.5

## スピードブレーキの舵効きにおける変則性の原因を明らかにする

## オイルフロー予備試験

奥山政広、青木竹夫、藤田敏美、岩崎昭人、穂積弘一（航空宇宙技術研究所）

Preliminary Test with Oil Flow to Clarify the Cause of Anomaly in Control Effect on Speed-Brakes

Masahiro OKUYAMA, Takeo AOKI, Toshimi FUJITA, Akihito IWASAKI and Koichi HOZUMI (NAL)

## 概要

現在進められているHOPE-X開発において、胴体後方上面に装着されたスピードブレーキの舵効きにおける横・方向特性の変則性が解決すべき要素技術課題になった。この変則性の原因を明らかにするために、予備風試としてALFLEX模型を使用し、低速での6分力測定やオイルフロー可視化試験を実施した。左右スピードブレーキ周辺の胴体表面に現れるフローパターンを観察すると、左右スピードブレーキの付け根周りに首飾り渦巻（馬蹄形渦巻）が発生し、この振る舞いが変則性に関連していると推察される。

## 1. はじめに

現在進められている HOPE-X(宇宙往還技術試験機)開発では、スピードブレーキ(以下 SB と記す)の舵効きにおける横・方向特性の変則性(anomaly)が解決すべき要素技術課題となっている。胴体後方上面の左右に装着されたHOPE-XのSBは、抗力増加により飛行中にスピードを制御する目的等で使用される。

横・方向特性の変則性とは、左右の間隔が狭いSBを $60^\circ$ の舵角で開いた時に、模型の横・方向の空力特性が非連続的に変化する現象である。これに対して、SBの形状を変えるなどの対策を取りながら開発が進められている。また同時に、変則性の原因を明らかにする試験が求められ、スピードブレーキ・パラメトリック風試の本試験が計画され、これに先立って低速での予備試験が航空宇宙技術研究所突風風洞で実施された。予備試験では、変則性の確認とSB周辺の流れを調べるために、ALFLEX 8.9%模型を利用して6分力測定とオイルフローによるSB周辺表面の可視化を行った。

SBの変則性問題を含め、HOPE-Xの開発風試における空力干渉問題については文献1で報告されている。

## 2. 風試条件

風洞は測定部が $2\text{m} \times 2\text{m}$ の固定壁断面を有する航空宇宙技術研究所突風風洞であり、模型支持にはロボット型模型支持装置を使用した。模型はALFLEX 8.9%であり、全長 $544.5\text{mm}$ 、全幅 $337.62\text{mm}$

となる。この模型の胴体後部(先頭から $385\text{mm}$ 位置)の上面左右には2種類のSBが取り付けられるようになっている。SBの形状は縦横比2.5の矩形を取り、A型が長さ $108.8\text{mm} \times$ 幅 $43.5\text{mm}$ 、B型 $77\text{mm} \times 30.8\text{mm}$ で、幅 $w$ に対する左右SBの最小間隔 $s$ の比 $s/w$ がそれぞれ約1.3と2.2になる。風洞内に支持された模型の様子を図1に示す。



図1 A型SBを舵角 $60^\circ$ で取り付けられた風洞内模型  
風試での風速は主に $40\text{m/s}$ とした。このときのレイノルズ数は約 $0.8 \times 10^6$ (空力平均翼弦長基準)になる。流れの可視化でのオイルフローの成分は二酸化チタン、流動パラフィン(主に)、オレイン酸を用いた。

## 3. 横揺れモーメント特性

横・方向特性の一つとして、横滑り角 $\beta = 0^\circ$ での迎角 $\alpha$ に対する横揺れモーメント係数 $C_l$ 特性を示したのが図2である。A型SBで舵角 $60^\circ$ (A- $60^\circ$ )の

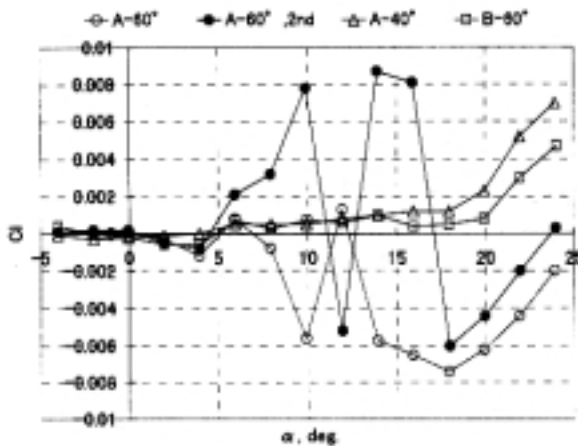


図2 特性の変動( $\beta=0^\circ$ )

特性は、 $\alpha=8^\circ$  位から変動した値を取り始めていることが分かる。SBを取り替えるなどの試験を行った後の再試験(A-60°, 2nd)でも同様な傾向で変動がある。しかし、変動は再現性がなく同じ迎角で前回の値と正負逆になり $\alpha=18^\circ$  位まで現れている。同じA型SBの舵角 $40^\circ$ (A-40°)やB型SBで同じ舵角 $60^\circ$ (B-60°)の特性には変動が現れていない。

特性に変動がある場合の横滑り角 $\beta$ に対するCl特性の影響を図3に示す。

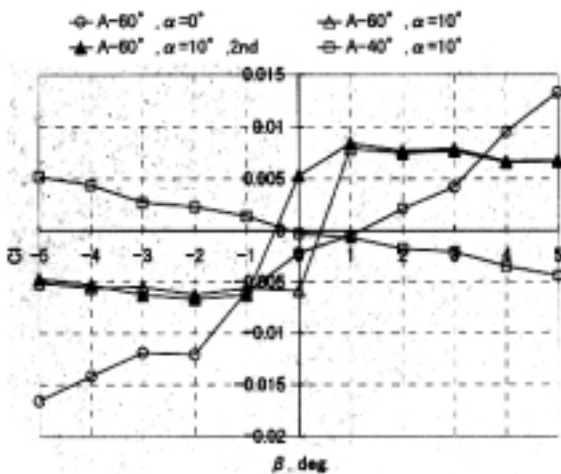


図3 特性のスイッチング現象

A-60° で $\alpha=10^\circ$  の状態だけが変動特性を生じる場合である。この特性は、 $\beta=0^\circ$  を境に飛躍があり $\beta$  に対してスイッチング現象が現れる。再試験の特性(A-60°,  $\alpha=10^\circ$ , 2nd)では、 $\beta=-1^\circ$  と $0^\circ$  の間で飛躍が起きている。

#### 4. オイルフロー・パターン

白い粉の二酸化チタンを混ぜた流動パラフィンのオイルを模型の観察面に塗り、風速を40m/sにして、SB周りの胴体表面の流れ模様を可視化したオイルフロー結果が図4である。横揺れモーメント特性によ

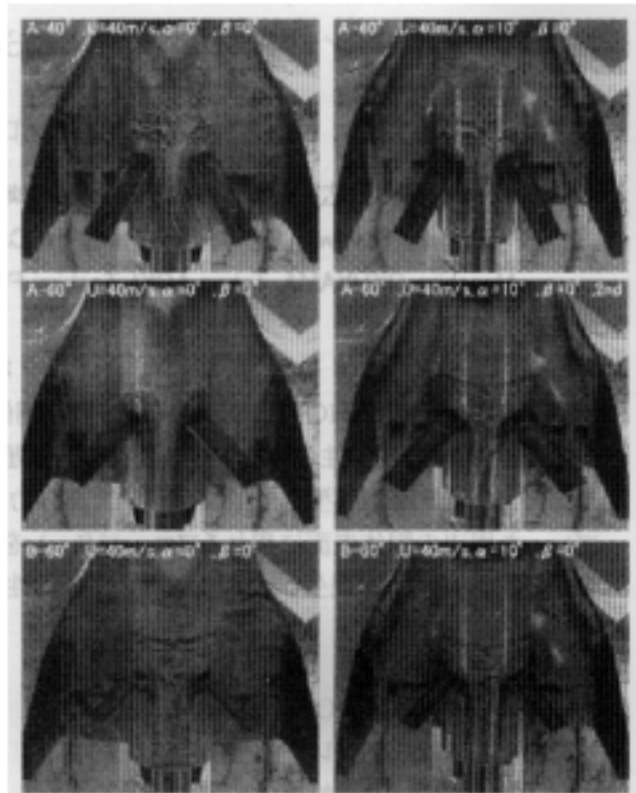


図4 オイルフロー・パターン

れば、中段の右側の状態だけに変則性の発生がある。上段のオイルフロー・パターンと違い、中・下段では、左右SB周辺及びその間の胴体面に帯状の黒いパターンとその帯の外側に、より白い剥離線が現れている。SB付け根を取り巻き下流に延びるこれら帯状の痕跡(胴体の側面側はこの写真では見られない)は、左右SB付け根周りに発生する首飾り渦巻(馬蹄形渦巻)によるものと思われる。さらに、変則性がある中段の右側を見ると、右SBの付け根から下流に延びる内側の帯状の痕跡が左に偏っている。下段右側では左右SBの間隔が広いいためか、このようなことは起きてない。それゆえ、左右SB付け根周りに生じる首飾り渦巻の振る舞いが、変則性に関連していると考えられる。

#### 5. まとめ

予備風試では、本模型において特性の変則性を確認し、その時の首飾り渦巻きの様子を可視化した。今後、本試験としてSBのパラメトリック風試を行い、変則性の原因を探索していく予定である。

#### 参考文献

穂積, 他:航空宇宙学会第29期年会講演集, 1998, pp.92-97.