A213 パワード・リフト機模型のエンジン後流測定

航空宇宙技術研究所 藤枝郭俊[○] 高橋 侖、藤田敏美、
岩崎昭人、奥山政広

MEASUREMENTS OF ENGINES EXHAUST FLOW IN USB POWERED LIFT AIRCRAFT MODEL

Hirotooshi FUJIEDA, Hitoshi TAKAHASHI, Toshimi FUJITA
Akihito IWASAKI, Masahiro OKUYAMA

Aircraft adopting USB(Upper Surface Blowing) concept as a powered lift system achieves powered lift augmentation by deflecting the engine exhaust flow over the wing and the extended USB flap by Coanda principles. To obtain higher powered lift, optimal engine exhaust nozzles design and engine allocation which enhance effectively exhaust flow turning performance are important factors.

This report describes the exhaust flow characteristics in the case of varying space between two engines installed on the semi-span USB powered lift model. Measurements of Exhaust flows behind two engines were made by a traversing wake rake with 5-holes pitot tube in NAL 2m×2m Gust Wind Tunnel.

1. まえがき

USB方式のパワード・リフト機では、エンジン排気流を効率良くUSBフラップ面に沿って流し、USBフラップ舵角に応じた偏向角を得られるようにすることが、より大きな揚力増大を得るのに重要である。このためには最適なエンジン出口形状やエンジン配置設計が必要であり、又排気流の翼面への付着を良くするためにボルテックス・ジェネレータ、その他のデバイスの装着等が行なわれる。これらの中、4発機、即ち片翼上に2基のエンジンが装備されている機体では、そのエンジン間隔が排気流の偏向特性に影響を与える事が、風洞での力測定試験で確認された。そこで、この原因とより良いエンジン配置の探求のため、エンジン間隔を変えた場合の主に排気流領域の測定を5孔管により行った。ここではその測定結果の解析から得た排気流特性について述べる。

2. 模型及び試験

Fig.1に試験模型主要諸元と後流測定時模型形態の概要を示す。力測定試験ではUSBフラップ角を大きくとった場合でもエンジン排気流の偏向が十分に行なえるように、エンジン出口後方にボルテックス・ジェネレータを装着した形態 V/G-ON(図1)を基本形態とした。その結果エンジン間隔を変えた場合に排気流の偏向特性に明白な差異が生じたUSBフラップ角は

Test case configuration

Engine space	V/G
I: $l/D=1.31$	V/G: OFF
M: $l/D=1.54$	V/G: OFF
O: $l/D=1.77$	V/G: OFF
M: $l/D=1.54$	V/G: ON

Fig. 1 USB Powered lift 1) aircraft test model

50度であった。

しかし、後流測定試験では、同じUSBフラップ角にすると、後流測定装置上の問題により測定範囲が十分に取れないため、USBフラップ角30度、ボルテックス・ジェネレータ無し V/G-OFF を基本とし、エンジン間隔を変えた。エンジンの間隔、模型形態など試験ケースの内容をFig. 1中に示す。

試験は航空宇宙技術研究所の突風風洞（測定部断面2m×2m、長さ4m）で実施した。試験条件は、一様流風速 $V_{\infty} = 28.0 \text{ m/s}$ （レイノルズ数 $Re = 5 \times 10^5$ ）、この時のパワー・リフト機の重要なパラメータであるエンジン推力係数 $C_j = 1.0$ （ $T/q_{\infty} S$ 、ここに、 T ：推力、 q_{∞} ：一様流動圧、 S ：主翼翼面積）で、模型迎角は全て $\alpha = 0^\circ$ で測定を行った。

後流測定は11本の5孔ピトー管を50mm間隔で楕形に配列したものをトラバース装置に取付け、各圧力孔の圧力をスキャニバルブで計測した。この計測値から排気流の流れ場の3次元速度ベクトル、総圧及び静圧を求めた。測定に当たっては、測定精度を良くするため、5孔ピトー管を一様流の方向に対し30度傾けた状態で使用した（Fig. 2）。

測定範囲は楕形配列の5孔管を25mm間隔で翼幅方向に21回、上下方向に5回移動させ測定を行った。測定位置と範囲の詳細はFig. 2、3に示す。

測定結果は電子計算機により3次のスプライン補間を用いて、一つのREFERENCE PLANE（Fig. 2）上での値とし、グラフィック化した。

3. 結果及び検討

Fig. 4にエンジン間隔を変えた3つの場合（狭い方からI、M、及びOと呼称）と、その中、間隔Mでボルテックス・ジェネレータ（V/G）を装着した場合の測定された排気流特性を比較して示す。

Fig. 2 Measured plane (Side view)

Fig. 3 Measured plane (Rear view)

a) Flow pattern REFERENCE PLANE での流れをY-Z面に投影した図である。排気流はコアンダ効果によりUSBフラップに沿って流れ、下方に偏向されているが、エンジン間隔M、Iに比べ、Oではエンジン間の偏向が悪い。又、エンジン間隔にかかわらず外エンジンで外フラップ側の流れが誘引されているが、V/Gを装着した場合はV/Gの無い場合に比べ、強い巻き込みが見られ、速度ベクトルにも翼幅方向成分が多くなり、V/Gの影響が表れている。

b) Vorticity contour エンジン間隔M、Iでは強い渦は胴体側と外翼側に生じ、その間に回転方向が反対の弱い渦が交互に現れる。Oになると、エンジン間にもやや強い渦が現れており、又、外エンジン排気流では外フラップの流れとの干渉が強くなるためか渦度も強くなっている。V/G装着ではV/G無しに比較し強い渦が交互に多く現れている。渦度の最大値も他に比べ大きい。

c) Dynamic pressure contour V/G無しでは、エンジン間隔がI、M、Oと広がるにつれてエンジン間の動圧が低くなり、特にエンジン間隔Oではエンジン間に動圧の高い領域が見られない。又、各エンジン排気流は流れの遅い外側の流れと混合する部分、即ち排気流の両端部分から偏向が妨げられるようである。故にエンジン間隔が狭い場合はエンジン間は互いに速い流れが協調し一つの流れのようになり、間隔が広がると各エンジン排気が独立した流れとなり、それぞれの排気流の両側からその偏向が阻害されるように見える。V/Gを装着すると動圧の高い部分が翼幅方向に大きく分割され、排気流が左右に広げられ、エンジン間も偏向されているが、各部の動圧値の最大値は低くなり、V/Gによる運動量の損失が推測される。

d) Momentum distribution 同図の値はREFERENCE PLANEでの単位翼幅当たりの運動量のZ方向(揚力)成分dMから下式により求めたものである。

$$Cl \cdot C = dM / (q_{\infty} \cdot dY)$$

但し、Cl: 局所断面揚力係数、C: 局所翼弦長、 q_{∞} : 一様流動圧、dY: 単位翼幅
エンジン間隔が広すぎるとエンジン間の排気流偏向が特に悪く、排気流全体の偏向特性も低下し、運動量のZ方向(揚力)成分も減少する。V/Gの効果は運動量損失もあるが、排気流を翼幅方向に広げ、且つ偏向され、運動量分布もそれに対応した結果となっている。この特徴は等動圧線図と良く合致し、相互の値の比較においても力測定とほぼ一致する³⁾。

4. まとめ

1) パワード・リフト機模型において、エンジン間隔を変えた場合、またV/Gを装着した場合の各エンジン排気流を5孔ピトー管によって測定し、その結果からフロー・パターン、渦度、動圧分布の可視化とパワード・リフト機において最も重要な揚力増大を推定するための運動量分布を求め、各排気流の特徴を把握した。

2) 本測定により、エンジン間隔が排気流のどの領域に影響を与えているかを明確に知ることができた。しかし、エンジン間隔を広くし過ぎると、エンジン間の排気流の偏向、ひいては排気流全体の偏向特性が悪くなる原因は明確でなく今後の課題である。

Fig. 4 Measured exhaust flow characteristics

参考文献

- 1) 奥山政広、高橋 侔 他: NAL TM-566, 1987. 3
- 2) 広末健一、北村清美 他: NAL TR-335, 1973. 9
- 3) 藤枝郭俊 他、第20回流体力学講演会講演集、p.242、1988、11