

スピンする平板翼の空力特性に関する数値解析

Numerical Simulation of Aerodynamic Characteristics on a Spinning Flat Plate

服部 高資, 名大・院, 〒 464-8603 名古屋市千種区不老町, E-mail : hattori@fluid.nuae.nagoya-u.ac.jp

メンショフ イゴール, 名大・工, 〒 464-8603 名古屋市千種区不老町, E-mail : menshov@nuae.nagoya-u.ac.jp

中村 佳朗, 名大・工, 〒 464-8603 名古屋市千種区不老町, E-mail : nakamura@nuae.nagoya-u.ac.jp

Takashi Hattori, Graduate School of Eng., Nagoya Univ., Nagoya 464-8603, Japan

Igor Men'shov, Dept. of Aerospace Eng., Nagoya Univ., Nagoya 464-8603, Japan

Yoshiaki Nakamura Dept. of Aerospace Eng., Nagoya Univ., Nagoya 464-8603, Japan

Spinning is caused by flow separation at high angles of attack. Aerodynamic characteristics of a flat plate at an angle of attack of 50 deg and slip angle of 10 deg are numerically simulated and compared with experimental data. An explicit-implicit hybrid method is used for the present calculation. The results of pressure distribution have qualitatively reasonable agreement with experimental data. Furthermore, it was found that the driving force to rotate the plate comes from negative pressures formed near the windward wing tip. The case with forced rotation is now being calculated.

1. 緒言

スピンは大迎角飛行の際の大剥離によって生じる現象である。この現象が起きると航空機は自ら回復できず、舵の効きも悪くなり、重大な事故に繋がる場合もある。迎角 50 度、横滑り角 10 度という失速後の状況を模擬した平板翼を数値計算し、スピンを生じる駆動力が何であるのかを調べた。また実験によって得られた圧力分布結果と比較検討した。

2. 計算法及び計算条件

アスペクト比 $b/c = 12$ 、厚み比 $t/c = 0.1$ の平板翼を Re 数 3.5×10^4 の一様流に迎角 50 度、横滑り角 10 度となるように固定し、計算を実行した。3 次元圧縮性 Navier-Stokes 方程式を効率良く非定常計算するために、陽解法と陰解法の Hybrid 法^{1, 2} を適用した。空間の離散化には有限体積法を適用し、非粘性項に対しては MUSCL 法により高次精度化を行なっている。

数値振動を防ぐために流束制限関数として Barth-Jasperson 型流束制限関数を用いた。また、外挿されたセル境界値から計算される数値流束は、Godunov 型の数値流束から計算した。粘性項に対しては 2 次の中心離散化を適用している。

この非線形連立方程式に擬似時間を導入し、各時間ステップの非定常解を擬似時間での定常解とみなして解く。この際 Euler 陰解法を適用し、擬似時間に関して行列演算を必要としない LU-SGS 近似因数分解法で解く。

3. 計算結果および考察

図 1 に $x/c = 0.5$ (x は翼弦方向) の断面の翼表面上圧力分布の結果で、自由傾斜風洞による実験の結果³と比較して示されている。多少差が見られるものの、定性的には一致している。

図 2 に翼上面の圧力分布の結果を示す。翼は全剥離の状態となり、翼面に沿って大きな再循環領域が形成されている。また風上側 (図 2 の右側半分) 翼端部前縁には横滑りによる強い翼端渦と前縁からの剥離流による大きな負圧領域が生じている。これが、図 1 に見られる、上面の風上側と風下側の圧力差を生み、翼を回転させる駆動力となっている。

4. 結言

迎角 50 度、横滑り角 10 度の平板周りの流れを数値解析し、以下の結論を得た。

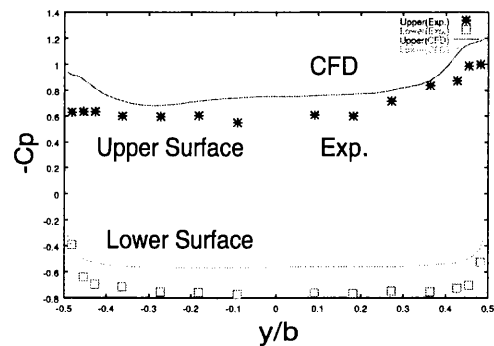


Fig. 1: Pressure distribution at $x/c=0.5$

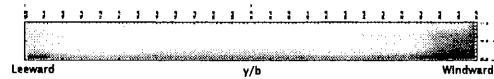


Fig. 2: Pressure distribution on upper surface

- 平板翼周りの流れは全剥離の状態を呈し、実験によって得られた圧力分布と定性的に一致した。
- 平板を回転させる駆動力は、風上側に生じた強い翼端渦と前縁から剥離した流れによって生じる強い負圧領域によるものである。

参考文献

1. Men'shov, I., and Nakamura, Y., A Hybrid Explicit/Implicit Unconditionally Stable Method for Viscous Compressible Flows, Proc. of 13th ISCFD Symp., 1999, pp. 259.
2. Men'shov, I., Kaneko, M., and Nakamura, Y., A Hybrid Explicit-Implicit High-Resolution Method for Non-Linear Advection Equation, 航空宇宙技術研究所特別資料 SP-44 航空宇宙シミュレーション技術シンポジウム'99 論文集, 1999, pp. 312-321.
3. 一ノ瀬之, 中村佳朗, スピン状態における平板の空力特性について, 第 36 回飛行機シンポジウム講演集, 1995, pp. 401-404.