

超音速旅客機用結合翼の空力特性に関する数値解析

学生証番号 47106081 氏名 若松 祐樹
(指導教員 鈴木 宏二郎 教授)

Key Words: Supersonic Airplane, Joined Wing, Shock Wave Interference, Wing Tip Vortex

超音速機にはほとんどの場合デルタ翼が採用される。これは超音速飛行で空気抵抗を下げるために必要な大きな後退角と薄翼が、過大な構造重量増加なしに実現できるなどの利点があるからである。しかし、デルタ翼については研究が飽和状態であり、これ以上の劇的な性能向上は難しい。超音速機用の翼性能のブレイクスルーのためには、まったく新しい形状の可能性を探る必要がある。近年、次世代超音速機形状の一案としてLockheed Martin社によって結合翼をもつ機体が検討されている^[1]。結合翼は尾翼を主翼の先端に結合した翼で、正面図も上面図もひし形をしている。主翼に後退角と上反角をもち、尾翼に前進角と下反角をもつ。結合翼は翼端渦が少なく、誘導抵抗が小さい。また、構造的に強く薄い翼が採用できることから軽量化が可能である^[2]、などと言われている。超音速領域でもこの構造的な利点を活かしてソニックブームを低減することができると言われているが、超音速領域における翼端渦などの基礎的な空力特性には言及していない^[1]。

結合翼の基礎特性に関する研究は亜音速領域に限られている。本研究では超音速領域における結合翼の基礎的な空力特性を知るため、翼面上での衝撃波の干渉および翼端渦について着目した。結合翼機は翼の位置関係から、胴体および前翼で発生した衝撃波の後翼への干渉が起こる。また、超音速で翼端渦がどのように発生するか分かっていない。本研究では、数値解析を用いて超音速領域におけるこれらの空力特性を明らかにすることを目的とした。

エンジンに既存のターボジェットやターボファンエンジンが使用でき、チタニウム合金を使うことで空力加熱の問題も解決できることから、飛行マッハ数は3とした。レイノルズ数は約 3×10^5 とし、全面層流を仮定した。

結合翼の後退角などの幾何学的パラメータを除き、かつ結合翼と同じトポロジーをもつリング翼の計算を行った。また、リング翼の中央に胴体を配置し、胴体から発生する衝撃波の翼への干渉による空力特性の変化を調べた。迎角をパラメータとして揚抗比を求めた結果を比較すると、胴体先端から発生した衝撃波が翼に干渉することで揚抗比が大きく上昇することがわかった。

結合翼と片持ち翼の粘性計算を行い、後流の渦度、翼端付近の流線を比較した。片持ち翼では翼端渦が発生した。しかし結合翼では翼端渦は発生しないことがわかった。翼端付近では、翼の外側では翼下面から上面への流れが発生し、その流れが内側の流れと交差することによって発生する渦層がみられる。

本研究では、超音速領域における結合翼の基本的な空力特性を知るため、翼面上での衝撃波の干渉および翼端渦に着目して解析を行い、以下のことが解明した。リング翼・結合翼の解析によって、衝撃波を利用することで翼性能を大きく向上できることを解明した。また結合翼と従来型翼の渦度・流線の比較によって、結合翼は従来型の翼に見られる翼端渦は発生しないことがわかった。

結合翼は構造的なメリットがあることが分かっている。本研究によって超音速領域における空力特性に着目しても利点があることを明らかにした。従って、今後構造、空力の両面から研究を行うことで、良い設計点が見つかる可能性があると言える。

参考文献

- [1] John Morgenstern, Nicole Norstrud, Marc Strelmack and Craig Skoch, "Final Report for the Advanced Concept Studies for Supersonic Commercial Transports Entering Service in the 2030 to 2035 Period, N+3 Supersonic Program", NASA/CR 2010-216796, 2010
- [2] Julian Wolkovitch, "The Joined Wing: An Overview", AIAA 23rd Aerospace Sciences Meeting 85-0274, 1985