

翼端連結による新しい航空機形態

WITCH(WIng-Tip-CHained) の空力構造連成解析

学生証番号 47186147 末永 陽一
(指導教員 鈴木 宏二郎 教授)

Key Words : Coupled aerodynamics-structure analysis, Vortex Lattice Method,
Multi-particle method, Tip-chained aircraft, Unsteady phenomena

1. はじめに

航空機の要素技術が完成されて来るにつれ,性能の大幅な向上は行き詰まりつつあり,「革新的な新要素技術の登場」ないしは「要素技術の洗練のみに限定されない,根本的な設計コンセプトからの見直し」が検討され始めている.本研究では後者の一例として今まで一般的な設計コンセプトとしては定着していなかった「自由回転ないしはほぼ自由回転する翼端での連結による航空機」,(以後「WITCH(Wing-Tip-Chained)航空機と本論文で命名する」)について,その応用先として火星航空探査機としての可能性,及び基礎的な空力挙動に注目した.定性的な空力の理解のための風洞実験の実施の他,迅速な機体設計及びパラメトリックスタディを行うためのポータブルな解析ツールの開発を目標として,後述するVLM法および多粒子モデルによる空力構造連成計算プログラム(多粒子渦格子法モデル)を開発した.

2.WITCH航空機型火星探査機

火星探査航空機は航空機としては極限的な性能と地球とは異なる特徴的な設計要求があり,WITCH形態の航空機の実応用先の一つとしてあげられる.複数の小型で安価の有翼機を翼端でヒンジ結合し,数機〜数十機の連結により疑似的に一つの長スパンの高効率な翼を持つ機体を実現しつつ,必要に応じて分離し複数個所の探査,故障機の牽引,切り捨てなどが可能となると期待される.連結機構の研究によりカプセルから展開時に複雑な展開機構を必要とせず不十分な展開でも空力的に展開し,安定に飛行する性質をもつように設計が可能とも思われる.

3. 風洞実験及び数値解析(多粒子渦格子法モデル)

回転軸で連結された機体の基礎的な挙動の分析及び確認のため市販の模型飛行機を3Dプリンタにて作成した簡易ヒンジにて連結し風洞中で端の機体を固定し,自由な端の機体に手で擾乱を与え挙動を観察した.また,機体を多数連結した計算にも対応でき,かつ全機体の空力の影響及び構造変動を考慮した数値解析モデルを多粒子系モデル[1]及び渦格子法[2]を組み合わせることで作成した.これらの風洞実験,数値解析モデルより得られた代表的知見は以下の通り

- 連結角度 δ は数度あるかないかで劇的に振動減衰率が異なり, $\delta=0\text{deg.}$ では発散
- 連結角度 δ が大きいほど高周波で振動し,オーバーシュートも大きい
- 大きすぎる初期擾乱角度や衝撃に対しては発散
- 小さすぎる連結角度 δ で大きすぎる初期擾乱を与えると回復せずすぐに発散する
- 連結機数により最適な角度は変化する3機以上の連結機体の場合,大きすぎる連結角度 δ に初期擾乱を与えると,すぐに発散はせず安定したリミットサイクルに入る領域が存在する
- 連結機体の重量分布は擾乱からの振動特性に影響・水平加速旋回ないしは重力の強い環境下では振動は減衰しやすい
- 小機体内の空力モーメントが多数連結の場合の振動特性を大きく左右する 等である.

参考文献 [1] 山田和彦, 鈴木宏二郎, "膜構造エアロシェルの変形を解析するための多粒子系モデルとその検証", 日本航空宇宙学会論文集, 53, 51-60, 2005

[2] Gary A. Flandro, Howard M. McMahon, Robert L. Roach, "Incompressible Flow about Wings of Finite Span", Basic Aerodynamics: Incompressible Flow, Cambridge Aerospace Series, 2011, p.254-260