

ハイブリッドロケットの解析

都市大ロケット研究会（東京都市大学）

木内麻稀、野原勉



1 ハイブリッドロケット開発でのMATLABの活用

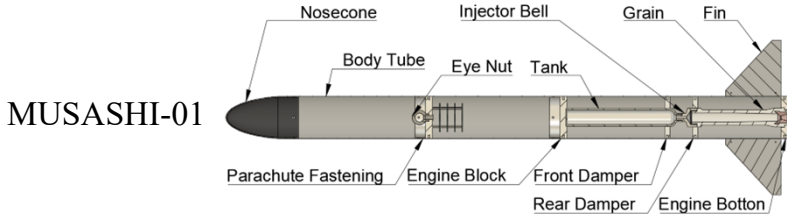
I. ハイブリッドロケットとは？

- 酸化剤と燃料で相が異なる混合型エンジンを使用
- 特長：安全性、管理の容易さ、低コスト性

II. MATLABの活用方法

- 安全な運用の為 → 打上前の飛行解析 × FEM解析
- 幅広く豊富な機能 & 高い数値処理能力を活用

III. 開発中のハイブリッドロケット



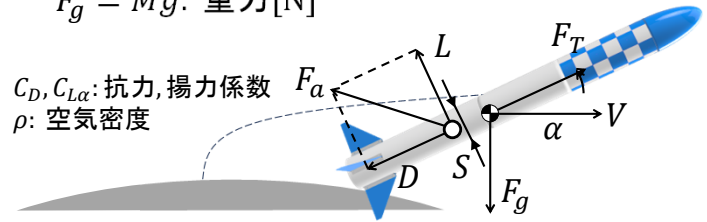
IV. ロケットの運動方程式

$$M \frac{dV}{dt} = F_T + F_a + F_g$$

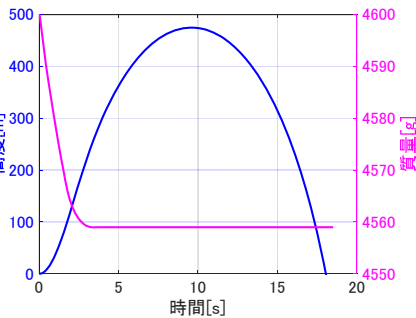
F_T : 推力 [N] (燃焼試験の推力履歴)

$$F_a: \text{空気力 [N]} \begin{cases} D = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 S: \text{抗力 [N]} \\ L = \frac{1}{2} C_{L\alpha} \rho V^2 S: \text{揚力 [N]} \end{cases}$$

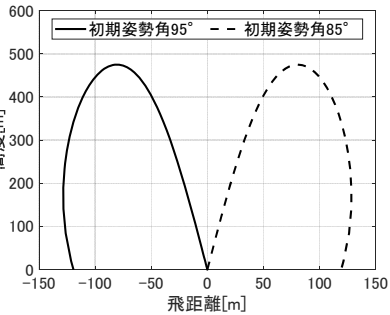
$F_g = Mg$: 重力 [N]



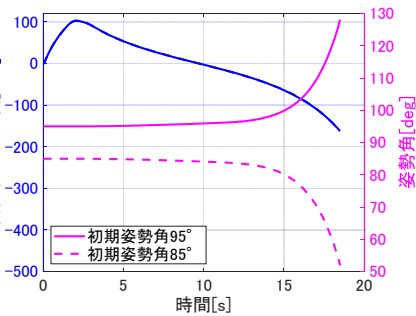
2 飛行解析



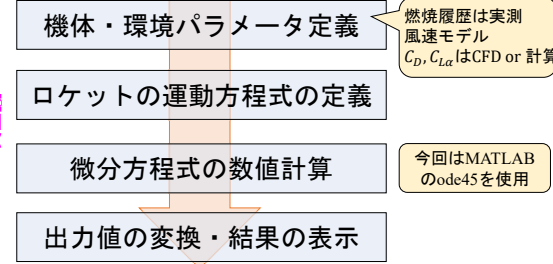
高度と質量変化のプロファイル



飛行経路シミュレーション

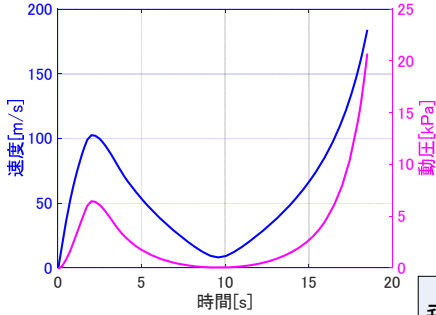


軸方向速度と姿勢角のプロファイル

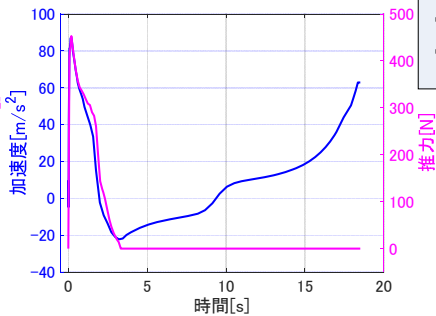


燃焼履歴は実測風速モデル $C_D, C_{L\alpha}$ はCFD or 計算

今回はMATLABのode45を使用



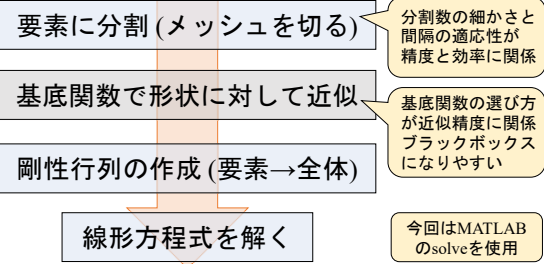
速度と動圧のプロファイル



加速度と推力のプロファイル

飛行解析に基づくFEM解析を行う
 ・機軸方向荷重
 ・横方向荷重

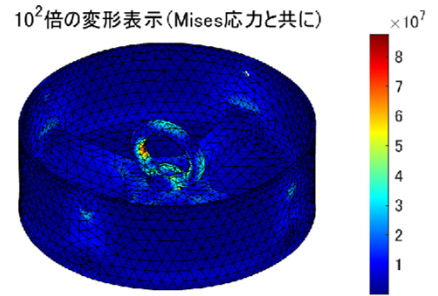
3 FEM解析



分割数の細かさと間隔の適応性が精度と効率に関係

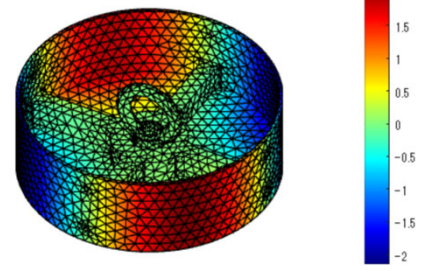
基底関数の選び方が近似精度に関係ブラックボックスになりやすい

今回はMATLABのsolveを使用



ロケットノズルの応力解析

基本モード=約1.26[kHz]; z方向, スケールは相対値



ロケットノズルの固有値解析

参考文献

- [1] 田辺英二：「ロケットシステム」, 森北出版, (2024).
- [2] 野原勉：「エンジニアのための有限要素法入門」, 培風館, (2016).