

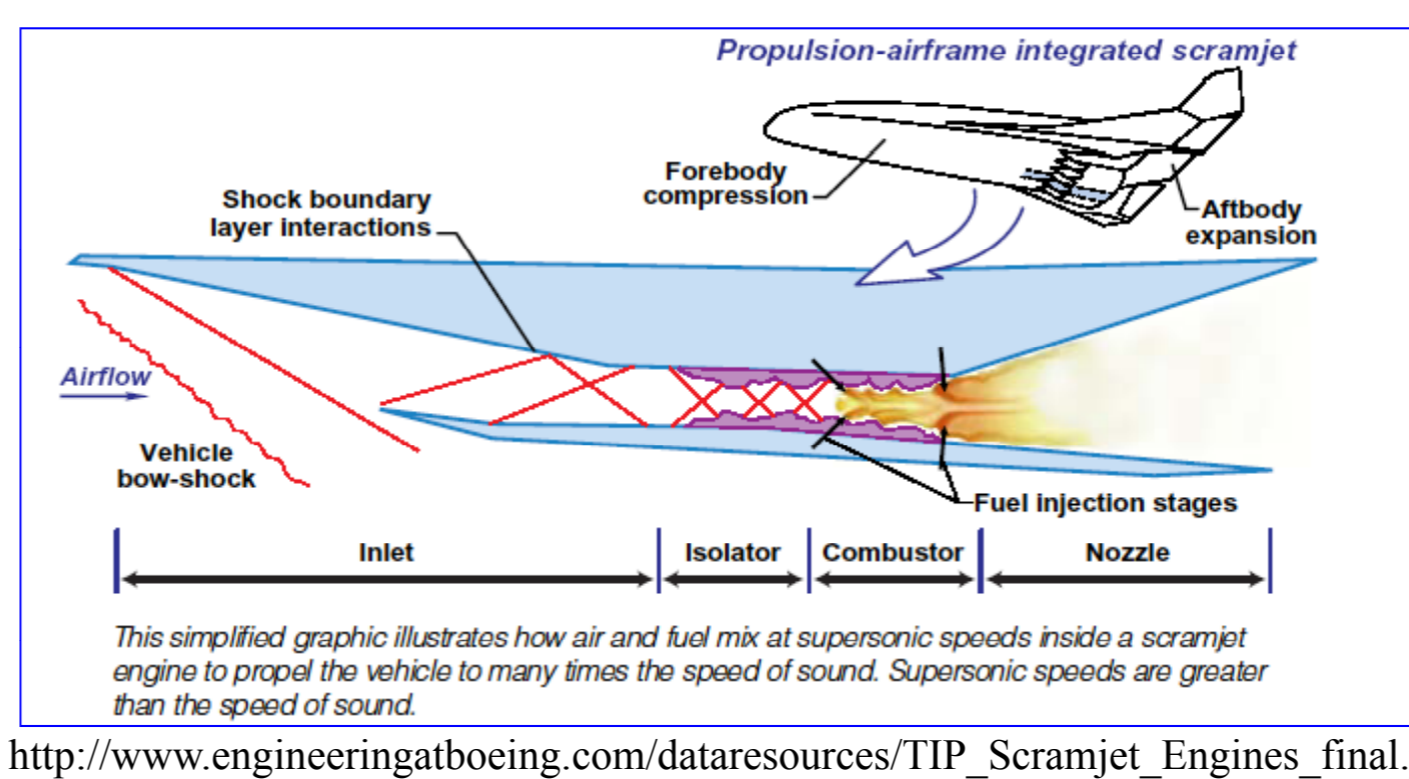


炭化水素系燃料の超音速乱流燃焼の数値シミュレーション

● 研究の背景と目的

スクラムジェットエンジン(超音速燃焼ラムジェットエンジン)

極超音速飛行時に大気を吸い込み、超音速のまま燃焼器内で噴射した燃料と混合・燃焼させることで推力を発生する。大気を酸化剤として用いるため、従来のロケットエンジンに比べてはるかに高い輸送効率で大量のペイロードを運ぶことができる。スクラムジェットエンジンの最大の技術課題は超音速流中での迅速な燃料の混合、着火・燃焼技術の確立であるが、このためには超音速乱流燃焼メカニズムを把握することが重要となる。しかしながら、超音速燃焼実験設備は大規模にならざるを得ず、実験回数や取得データ数が限られるため、実験データのみから超音速燃焼メカニズムの把握は困難である。



http://www.engineeringatboeing.com/dataresources/TIP_Scramjet_Engines_final.pdf

各燃料の詳細反応機構

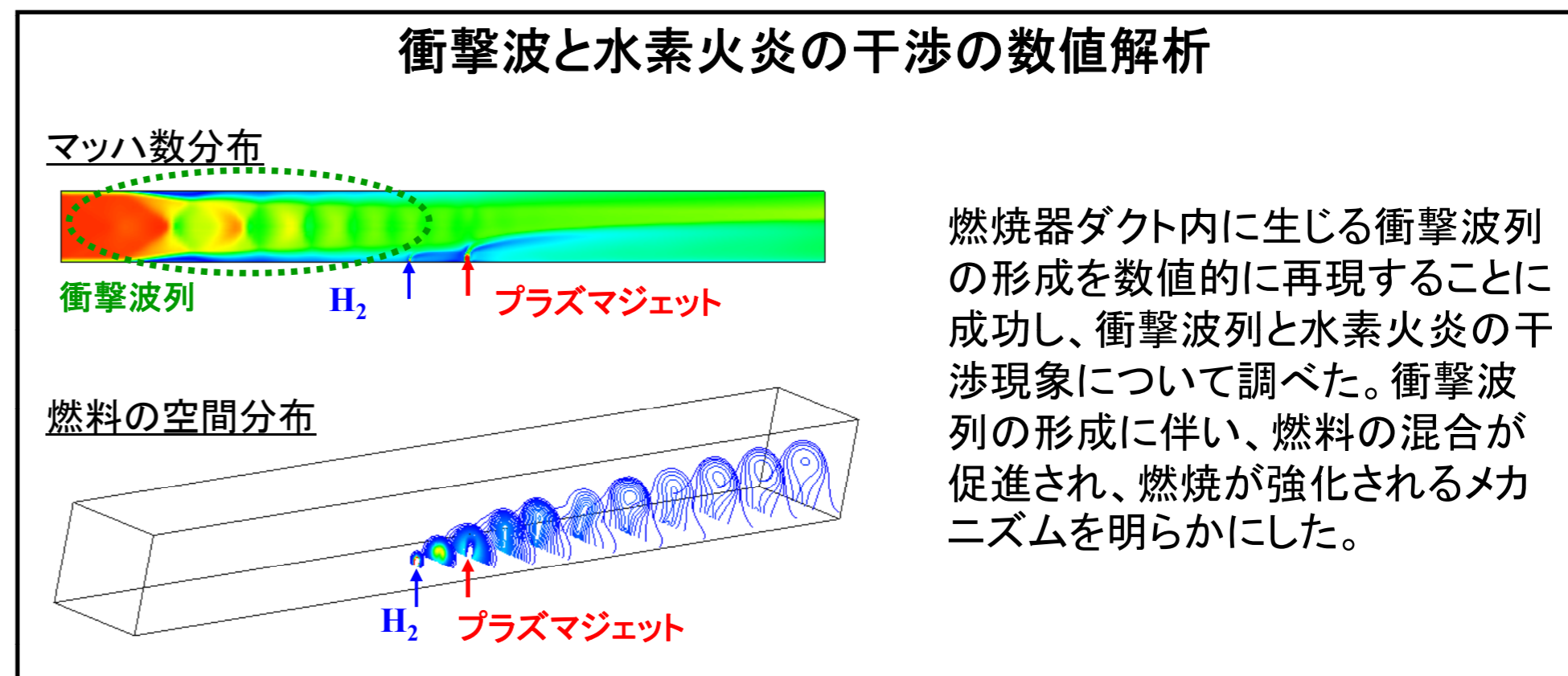
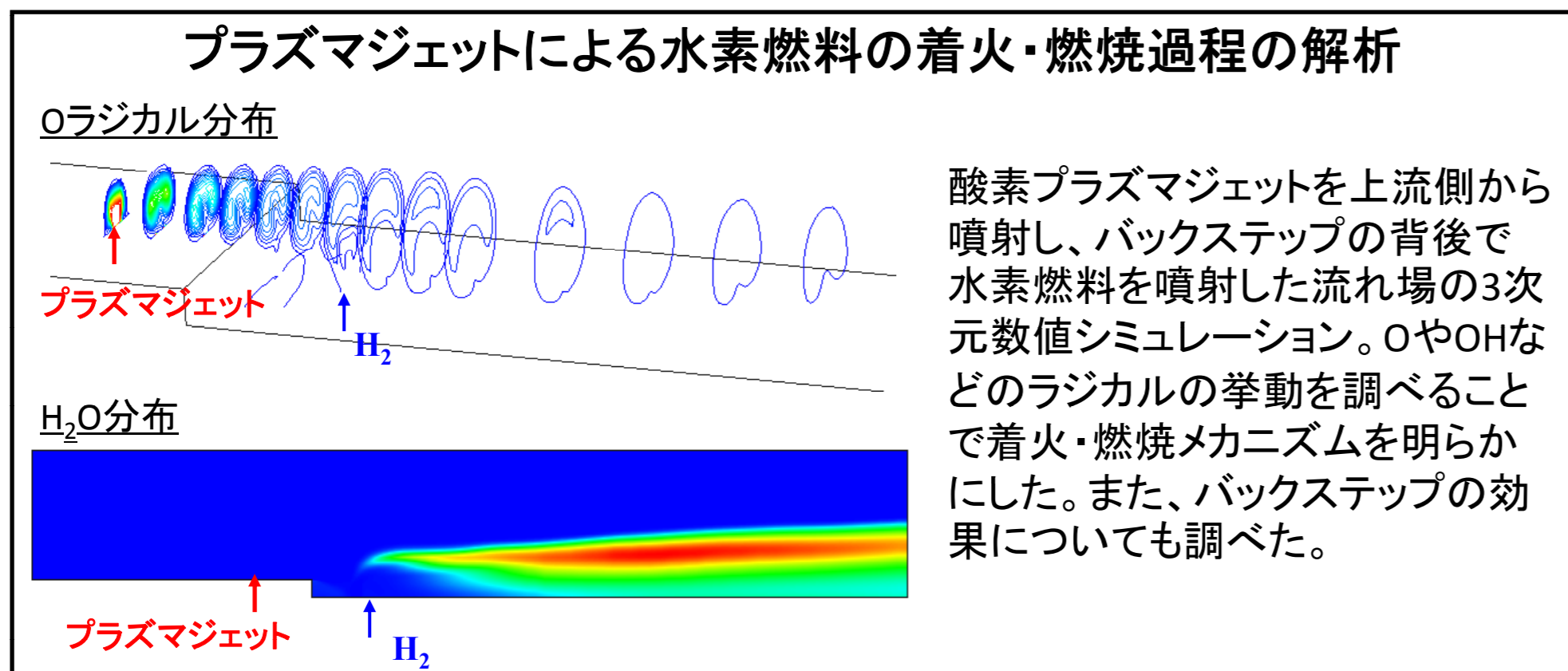
- 水素 (H₂): 化学種数10程度、素反応数30程度
- メタン (CH₄): 化学種数20以上、素反応数100以上
- エチレン (C₂H₄): 化学種数30以上、素反応数200以上

以上の理由で、**スクラムジェットエンジン開発には数値シミュレーションが不可欠**である。スクラムジェット燃焼器の数値シミュレーションは乱流や衝撃波を精度良く捉えることに加えて、着火・燃焼を解析するために**多数の化学種の素反応機構や輸送過程を考慮する必要がある**。特に、**実用的な燃料である炭化水素系燃料の超音速燃焼を解析できるコードの開発**が強く望まれる。しかしながら、炭化水素系燃料の詳細反応機構の解析には膨大な化学種および素反応数を考慮しなければならないため、未だ実現していない。

本研究の目的は、**計算コードの並列化や化学反応計算の最適化により、膨大な計算量を必要とする炭化水素系燃料の超音速乱流燃焼の数値シミュレーションを実現し、その詳細な着火・燃焼メカニズムを解明すること**である。

● これまでの研究例

水素燃料の詳細反応機構および2方程式乱流モデルを導入した3次元RANSコードによる超音速燃焼解析



● 研究計画

- ① **水素燃焼反応コードのチューニングによる最適化**
既存の水素燃焼反応(9化学種33素反応)を含むコードを並列化することで高速化し、また、反応計算アルゴリズムを最適化する。
- ② **炭化水素系燃料へのコードの拡張**
まずは、炭化水素系燃料の中で最も分子量の小さいメタンの詳細反応機構(18化学種101素反応)をコードに組み込む。続いて、スクラムジェットエンジンの燃料として実用的なエチレンの反応機構の導入を試みる。

- ③ **窒素の反応の導入**
窒素の反応も導入することで、窒素の解離やNOxの影響まで考慮したより正確な現象の再現を可能にする。
- ④ **LES法の導入**
LES法の導入により乱流の大規模構造等の非定常解析を可能にし、より深い現象の解明を行う。

