

爆轟現象の解明とその応用に関する研究

九州工業大学大学院工学研究院機械知能工学研究系 坪井伸幸

目的: 航空宇宙用次世代エンジンの性能評価や原子力発電所・化学プラントにおける可燃性ガスの漏洩時の安全性評価のために, 水素爆発や爆轟(デトネーション)に関する数値解析を実施し, 基礎現象を明らかにする.

内容: 水素/空気予混合気に対する詳細化学反応モデルを使用して, 0.4気圧, 300 K, 当量比1の水素/酸素予混合気が充填された, 障害物を有する管内を伝播する3次元の非定常圧縮性粘性解析を行った. 爆燃から爆轟への遷移について, 計算手法の影響を評価した.

結果: 障害物を有する管内を伝播する火炎が爆燃・爆轟へ遷移する過程を把握するために, 解析を行った. 数値計算手法としては, 数値流束については2次精度MUSCLとHLLC, 時間積分は3段階TVD ルンゲクッタ法, 粘性項は2次精度中心差分, 反応モデルは詳細反応モデルUT-JAXAモデルでpoint implicit法を用いた. また, 火炎面の格子解像度を擬似的に向上させる, ATF(Artificial Thickened Flame)も用いてその効果を調べた. 正方形断面は40 mm x 40 mmであり, 格子点数は最大で1億6000万点である. 格子が最も多い1億6000点の場合, 火炎着火位置の管端から5つめ付近の障害物を乗り越えるとデトネーションに遷移する結果が得られた.

利用した計算機: SQUID(汎用CPU)
CPU時間: 約5500ノード時間
使用メモリ: 256GB/node
並列化: MPI/OpenMPハイブリッド並列
(18 node, 76 core)

図1. 爆燃から爆轟への遷移の瞬間密度勾配分布. 黄色は衝撃波面に相当する温度1500 Kの空間等値面.

