

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, 1気圧, 300 K, 当量比1の水素/空気予混合気が充填された正方形管内を伝播する3次元の非定常圧縮性粘性解析を行った. 初期条件の影響や高次精度スキームの効果を評価した.

結果: 格子解像度を2倍に上げると格子点数が $2^3=8$ 倍で増加するため, 同一の格子点数で流れ場の構造を詳細に解像するために5次精度のWCNS (Weighted Compact Nonlinear Scheme) 法を使用して, その効果を評価した. 対流項には5次精度WCNSを使うHLLC-LM, 時間積分は4次精度の10段階TVDルンゲクッタ法, 粘性項は6次精度中心差分, 詳細反応モデルはUT-JAXAモデルでpoint implicit法で解いている. 正方形断面は1 mm x 1 mmであり, 格子点数は2400万点である. 初期条件によらず最終的にはスピンドトネーションに移行し, 計算上の不安定が現れずに詳細な衝撃波構造を得ることができた.

利用した計算機: SX-Aurora(SQUID)
CPU時間: 約1000ノード時間
使用メモリ: 48GB/node
並列化: OpenMP並列
(1 node, 10 core)

図1. 爆轟の瞬間圧力分布. 灰色は衝撃波面で, 見た目の不連続な線は三重線. 爆轟は時計回りに回転(スピン)する.

