

OpenFOAM を用いた衝撃波を伴う圧縮性流れの数値シミュレーション — インハウス・コードによる数値シミュレーション結果との比較 —

中山 勝之*(オープンCAE勉強会@富山)
大嶋 元啓 (富山県立大学)

坂村 芳孝 (富山県立大学)
康 照寧 (富山県立大学大学院)

Numerical Simulations of Compressible Flows with Shock Waves using OpenFOAM — Comparison with Results obtained by an In-House Code —

Katsuyuki NAKAYAMA *
(OpenCAE workshop @ toyama)
Motohiro OSHIMA
(Toyama Prefectural University)

Yoshitaka SAKAMURA
(Toyama Prefectural University)
Zhaoning KANG
(Toyama Prefectural University)

Key Words : CFD, Compressible flow, Shock waves, OpenFOAM

1. はじめに

一般に衝撃波は爆発など急激な状態の変化により生じる。衝撃波や衝撃波によって誘起された高速の気体が構造物に衝突すると、構造物が破壊されるなどの被害が起きたりする。衝撃波による被害を軽減するためには、発生した衝撃波を如何に減衰させるかということが解決策の1つとして挙げられる。例えば Berger らは管路内に障害物を配置し、衝撃波との干渉実験を行い、衝撃波の減衰の効果を調査している。(1)

我々はインハウス・コードを用いて、数値シミュレーションを行っているが、インハウス・コードでは実装していないソルバーや乱流モデルについての検討を行う際に OpenFOAM が利用できないかと考えた。

本発表は衝撃波を伴う圧縮性流れの数値シミュレーションを行い、OpenFOAM およびインハウス・コードを用いた結果と、実験結果との比較について議論する。

2. 数値計算法

2次元圧縮性流れを対象とした。流れは連続の式、運動量の式、エネルギーの式、状態方程式により記述する。

OpenFOAM のソルバーは rhoCentralFoam を用いた。計算格子は非構造格子が用いられ、セル中心有限体積法により空間的な離散化を行う。セル境界での数値流束の評価には Kurganov と Tadmor が提案する方法(2)が用いられる。

インハウス・コードは、直交格子により計算領域を分割し、セル中心有限体積法により空間的な離散化を行う。解の高次精度化には2次精度 MUSCL 法(3)を用いた。セル境界での数値流束の評価には SHUS(4)を用いた。また2段階 Runge-Kutta 法を用いて時間積分を行った。

3. 計算結果

計算の対象とした領域を図 1 に示す。衝撃波マッハ数 $Ms=1.196$ の垂直衝撃波が左から右に伝播する。図中 P_a , P_b , P_{ew} は実験での圧力センサーの位置を示しており、垂直衝撃波が P_a を通過した時点時刻 $t=0$ とする。

計算結果の一例として、 P_b における圧力の時間履歴を図 2 に示す。図より、rhoCentralFoam とインハウス・コードとの計算結果は定性的に一致していることがわかる。

発表では実験結果との比較検証や、rhoCentralFoam を用いての粘性や乱流モデルの影響についての報告を行う。

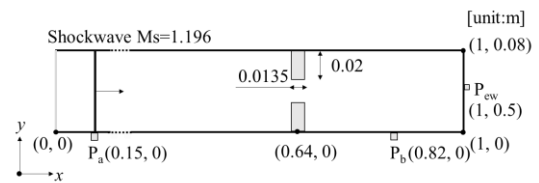


Fig. 1 Initial condition

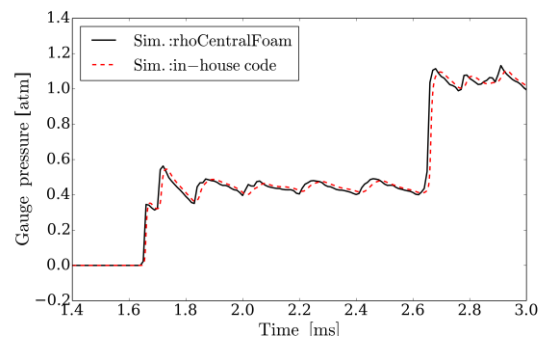


Fig. 2 Pressure histories at P_b

参考文献

- (1) Berger, S., Sadot, O., Ben-Dor, G., Experimental investigation on the shock-wave load attenuation by geometrical means, *Shock Waves*, Vol. 20 (2010), pp.29-40.
- (2) Kurganov, A., Tadmor, E., New High-Resolution Central Schemes for Nonlinear Conservation Laws and Convection-Diffusion Equations, *J. Comp. Phys.*, Vol. 160 (2000), pp. 214 – 282.
- (3) 藤井孝蔵, 流体力学の数値計算法, (1994), 東京大学出版会.
- (4) 嶋英志・城之内忠正, 設計における数値解析の活用について (その 12) — 一粒子的風上法とその検証 —, 第 12 回航空機計算空気力学シンポジウム論文集 (1997), pp. 255 – 257.