

内部反復無し擬似圧縮性法の並列計算

丹野 格

筑波技術大学 産業技術学部 産業情報学科

キーワード: 擬似圧縮性法, 非圧縮性流体

成果の概要

最近, 非圧縮性流体の計算手法でありながら, ある程度の擬似的な圧縮性を許容する方法についての報告がなされている。たとえば, 格子ボルツマン法や内部反復を伴わない擬似圧縮性法 [1] である。

Chorin により提案された擬似圧縮性法 [2] (以下, ACM) は, 定常な非圧縮性流体を計算する方法であり, その解は連続の式を満足する。しかし, この方法は非定常流の計算ができないとされ, Rogers と Kwak により非定常計算ができるように拡張された [3]。しかし連続の式を満足するため, 各時間段階毎に内部反復が必須になり, 並列計算機の利用や, 高次精度積分法の利用が難しくなった。Ohwada と Asinari は, 内部反復のない Chorin が提案したオリジナルの ACM でも, 非定常計算が可能であることが報告した [1]。この方法は, 高次精度の陽的時間積分法が利用でき, 並列計算機への対応が容易であるというメリットがある。

これまで, 内部反復の無い ACM と Rogers と Kwak により拡張された内部反復を伴う擬似圧縮性法 (以下, 内部反復付き ACM) が同一計算条件で比較された報告はほとんどない。よって本研究課題では, ACM と内部反復付き ACM の計算精度の比較と, 並列計算機への適合性の検討を行った。

計算対象は一様等方性乱流とし, それぞれの方法による計算結果を比較した結果, ACM と内部反復付き ACM による解は擬スペクトル法による解とよく一致した。マルチコア CPU 上で OpenMP を利用して並列化を行った結果, 両者の加速率にそれほど違いはなかった。しかし, ACM は拡張 ACM よりも全体的な計算量が少ないため, 10 倍以上高速であった。本研究による成果の詳細な内容は Parallel CFD2016 [4] および ICCFD9 [5] にて口頭発表した。

参考文献

- [1] T. Ohwada and P. Asinari, Artificial compressibility method revisited: Asymptotic numerical method for incompressible Navier-Stokes equations. *J. Comput. Phys.*, 229, pp.1698-1723, 2010
- [2] A. J. Chorin, A numerical method for solving incompressible viscous flow problems., *J. Comp. Phys.*, 2, pp.12-26, 1967
- [3] S. E. Rogers and D. Kwak, An Upwind differencing scheme for the incompressible Navier-Stokes Equations., NASA TM, 101051, November, 1988.
- [4] I. Tanno, et. al., Turbulent Flow Simulation by ACM without Subiteration and Its Parallelization, 28th International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics Kobe International Conference Center May 9-12, 2016
- [5] I. Tanno, et. al., Comparison of artificial compressibility method with and without subiteration for unsteady flow, Ninth International Conference on Computational Fluid Dynamics (ICCFD9), Istanbul, Turkey, July 11-15, 2016