A01a　Adaptive mesh 法による流体の特異性発生シミュレーション

○山田良透、宮下尚、藤定義、松本剛 (京大理)

Adaptive Mesh 法は、天文学においても有用な計算法である。銀河形成や星形成など、大きなレンジの物理量を扱わなければならない問題で、実際に使われている。しかし、この方法の黎明期において行なわれた精度評価の仕事では、格子の粒度のレベルを最大 3 レベル用いた計算でしか精度は評価されておらず、現在実用的に行なわれている 10 レベル以上の計算で本当に精度が保証されるかどうかは明らかではない。そこで、我々は再度精度評価を行ない、従来行なわれている時間発展の方法ではレベルが 3 程度より大きくなると精度が上がらないことを見出し、1998 年秋の学会で時間発展方法の改良の必要性について報告した。

この時の報告では双曲型方程式の時間発展についてのみしか精度評価を行なっていなかったが、今回我々は天文学シミュレーションでは不可欠の Poisson 方程式を含む問題にこの方法を適用したので、今回それを報告する。我々は 2 次元で Poisson 方程式を含む問題として、Boussinesq 近似の二次元非圧縮流体での特異性発生の問題を取り扱った。基礎方程式は

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u\frac{\partial T}{\partial x} + v\frac{\partial T}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial \omega}{\partial t} + u\frac{\partial \omega}{\partial x} + v\frac{\partial \omega}{\partial y} = \alpha g\frac{\partial T}{\partial x}, \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega, \quad \alpha g = 1$$

となり、この方程式に支配される系が有限時間発散を起こすかどうかは流体の基礎問題としても重要である。

Adaptive mesh で Poisson 方程式を扱う場合には、境界条件の扱いを慎重にする必要があることが指摘されているが、先に報告した時間発展の改良は、少なくともこの問題に関しては境界条件の問題を回避するに十分であることを見出した。15 レベルを用いた計算の結果、この系で渦度が 1000 倍程度まで増幅する様子を観測し、指数発散から巾発散に移行していることが観測された。その様子から、この系に有限時間発散があると結論するに十分な計算結果を得た。併せて、大規模シミュレーションには不可欠な可視化技術も紹介する。