

9. Burgers 乱流の数値解析

長 嶋 研 矢

流体運動の解析で Navier-Stokes 方程式を差分化して数値的に解くとき、高 Reynolds 数では計算機の制約上十分なメッシュ点の数をとれない。この場合には、メッシュ幅より小さな変動 (subgrid scale 成分) は、計算にのらないので、流れの大きな構造だけをとらえることになる。これを、Large-Eddy Simulation (LES) という。

LES では、方程式が非線型のため、subgrid scale 成分の影響をモデルとして加えないと計算は発散する。ここでは、渦粘性モデル、4 階数値拡散モデル、3 次精度の上流差分法の 3 種類の LES モデルの診断を、実際に行ったモデル計算の結果と、厳密解を比べることにより行う。

ここで扱う方程式は、N-S 方程式の一次元モデルと考えられる Burgers 方程式で、これは、非線形と粘性という N-S 方程式の特性を備え、Hopf-Cole 変換により初期値問題の厳密解がえられている。

LES モデルの診断はこれまでに計算結果の realization 平均については行われているが、ここでは、個々の realization の誤差を導入する。どちらで評価すべきかはその計算の目的により異なる。

ここでの診断で、それぞれのモデルで守備範囲が異なること、4 階数値拡散モデルと 3 次精度の上流差分は、どちらも 4 階の拡散により計算を安定にするが、その振舞はかなり異なることなどがわかった。