

お手軽グリッドモデル構築ツール (GMS) の開発

* 中野満寿男・中島健介 (九大院・理)

はじめに

近年、PCの低価格化、高速化がすすみ、数値モデルを用いた研究を手軽に行えるようになった。しかしながら、数値モデルの構築は依然として難しい。また、数値実験によってシミュレートされた現象の物理的解釈のためには、より簡単なモデルによる実験と比較しなければならないこともあり、そのために必要な数値モデルの変更をスムーズに行うためには、モデルのコードが高い可読性を備えている必要がある。

中野 (2003:修士論文) では、Klemp and Wilhelmson(1978) を元に 3次元非静力学乾燥大気モデルを独自に開発した。このモデルでは、基礎方程式を有限差分法によって離散化し、時間積分を行う。モデルのコードは Fortran90 で記述されているが、非常に簡単なモデルにあるにもかかわらず可読性が非常に悪くなってしまった。

可読性の高い数値モデルを構築するためにはどのようにしたらよいのであろうか? スペクトルモデルで可読性を高めようとする試みとして spmodel(竹広ほか, 2002) があるが、ここではグリッドモデルで同様のことが実現可能であるかどうか試行錯誤した成果を報告する。

高い可読性のために解決すべき問題点

配列添え字の追放

気象モデルでは変数配列に 3つの添え字がついていることが多い。この 3つの添え字は、3次元空間でどの格子の値であるのかを表している。この配列添え字は、たとえば DO ループを回す際に同じようなことを何度も記述する必要があり、可読性を低くする一因となっていると考えられる。

グリッド情報の管理

気象モデルでは、物理量を互い違いに配置する、いわゆる staggered grid がよく用いられる。よって一般に、同じ添え字を持つ個々の変数は 3次元空間で別々の位置に配置されることになる。数値モデルをコーディングする際には、常にそのことを考える必要があり、しばしばバグのすみかになってしまう。本研究ではある変数の添え字が 3次元空間でどの位置の値を表しているのかという情報を「グリッド情報」と呼ぶ。

GMS の開発

前節であげた問題点を解決すべく Fortran90 を用いて GMS(Grid Modeling System) の開発を進めている。主な特徴は以下の通りである。

変数のデータ構造 (GMS 変数) の定義

Fortran90 では構造体を定義することができる。そこで、変数の値を記憶する配列と、グリッド情報からなるデータ構造を GMS 変数として定義することにより、変数自体に自分がどの位置に配置されているのかを含めることが可能となった。

グリッド情報を意識した差分・平均演算子の定義

GMS 変数を返り値とする空間差分演算子、空間平均演算子を定義する事により、差分や平均の演算結果は半格子分ずれるという情報を返り値に含めることが可能となった。

GMS 使用例～1次元浅水波方程式～

1次元浅水波方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -g \frac{\partial h}{\partial x}, \quad \frac{\partial h}{\partial t} = -H \frac{\partial u}{\partial x}$$

の leap-frog 法による時間積分は、GMS を使わない場合、Fortran90 で

```
u_a(0:nx) = u_b(0:nx) &
  - grav * ( h(1:nx+1) - h(0:nx) ) / dx &
  * 2.0 * dt
h_a(1:nx) = h_b(1:nx) &
  - depth * ( u(1:nx) - u(0:nx-1) ) / dx &
  * 2.0 * dt
```

となり、各配列に添え字がついており、その範囲は変数ごとに異なる。しかし GMS を使うと

```
u_a = u_b - grav * d_x(h) * 2.0 * dt
h_a = h_b - depth * d_x(u) * 2.0 * dt
```

という具合に、差分式をそのままの形でコーディングすることが可能であり、可読性が飛躍的に高まっている。ただしその代償として、パフォーマンスが悪い (通常と比べて約 5 倍の CPU 時間が必要) ことが問題である。

当日は、GMS を用いることで中野 (2003) のモデルの可読性がどの程度高まったのかを示したい。