

地球シミュレータにおける正二十面体格子大気大循環モデルのデータ構造

Data structure of the icosahedral grid atmospheric circulation model at the earth simulator

後藤 浩二[1], 富田 浩文[2], 津川 元彦[2], 佐藤 正樹[3]

Koji Goto[1], Hirofumi Tomita[2], Motohiko Tsugawa[2], Masaki Satoh[3]

[1] NEC・スパコン販推・サイエンス技術部, [2] 地球フロンティア, [3] 埼玉工大・機械

[1] Scientific Software Department, Supercomputers Marketing Promotion Division, NEC, [2] FRSGC, [3] Dep. Mech. Eng., Saitama Inst. Tech.

地球フロンティア研究システムではESのようなベクトル並列計算機を考慮した次世代大気大循環モデルとして全球を準一様に覆う正二十面体測地線格子を用いたモデルの開発を行っている。ES上で全球を5kmの格子で覆う大気大循環モデルの計算を行うことを目標としている。

1. はじめに

地球シミュレータ(以下ES)と呼ばれる超高速並列計算機が平成14年の3月に完成予定である。ESは完成時には世界最高速のスーパーコンピュータになることが予想される。ピーク処理速度40TFLOPS、実行処理速度で5TFLOPSを目標に開発が行われている。主記憶容量は10TBである。ESは8つのベクトルプロセッサを1つの計算ノードとし、640個の計算ノードを単段クロスバーで結合するベクトル並列計算機である。したがって全プロセッサ数は5120個である。ESは地球温暖化等、地球規模の現象解明を目的に開発されている。現在、全球大気大循環モデルはスペクトル法を用いたものが主流である。しかし、ESに代表される将来の超並列計算機上で実現されるような高解像度の計算では、ルジャンドル変換の非効率性や多量な通信の発生などの困難があり、スペクトル法は適当ではないと考えられる。その代替として格子法に回帰するが、単純な緯度-経度格子法では、極の周囲に格子が必要以上に集まり、時間刻み幅が制限される問題が発生する。したがって全球を出来るだけ一様に覆う格子系を採用する必要がある。

地球フロンティア研究システムではESのようなベクトル並列計算機を考慮した次世代大気大循環モデルとして全球を準一様に覆う正二十面体測地線格子を用いたモデルの開発を行っている。ES上で全球を5kmの格子で覆う大気大循環モデルの計算を行うことを目標としている。

2. 格子生成法

正二十面体測地線格子の生成法を説明する。

まず球に内接した正二十面体の各辺を球面へ投影する。これをglevel0とする(Fig.1(a))。1枚の三角形について各辺の中点を測地線で結び、新しく4つの三角形を作る。これをglevel1とする(Fig.1(b))。必要な解像度が得られるまで、新しくできた三角形について同じ操作を繰り返す。この操作をn回繰り返して出来た格子をglevelnの格子と呼ぶ。Fig.1(c)にn=4について格子構造を示す。

3. 領域分割と並列化について

領域分割により、並列計算において各プロセスの計算する領域を決定する。並列計算において各プロセスが管理する領域は、通信量が少ない矩形、すなわち、周の長さが短い正方形に近い形が良い。このことを考慮して、領域分割を導入する。まず正二十面体を構成する三角形を2枚ずつ組み合わせた、10枚の矩形領域をつくる。これをrlevel0とする(Fig.2(a))。格子の生成と同様、矩形の各辺の中点を測地線で結び、4つの矩形領域に分割する。これをrlevel1とする(Fig.2(b))。計算プロセス数と計算機のベクトル長を考慮して、この操作を繰り返す。例えば、10プロセスで計算を行うときには、rlevel0で計算を行えば、各プロセスが、1つの領域を受け持つことになる。ただし、ロードインバランスを考え、各プロセスは任意の領域を管理することが出来る様にしている。

並列計算のために領域分割を行ったが、この領域分割はベクトル計算機の使用を考えた場合にも、都合が良い。一般に非構造格子よりも、構造格子の方がベクトル化は容易である。正二十面体測地線格子の各格子要素は、三角形で非構造格子であるが、並列計算のために分割した領域は矩形であり、構造格子のように扱うことができるからである。

今後の課題

ESには5120個のプロセッサがあり、各プロセッサが、データを書き出す場合、ファイルの数は、膨大になる。可視化等のデータの解析を行うことを考えた場合に、

どのようにデータを出力するのが良いかを検討することが今後の課題である。

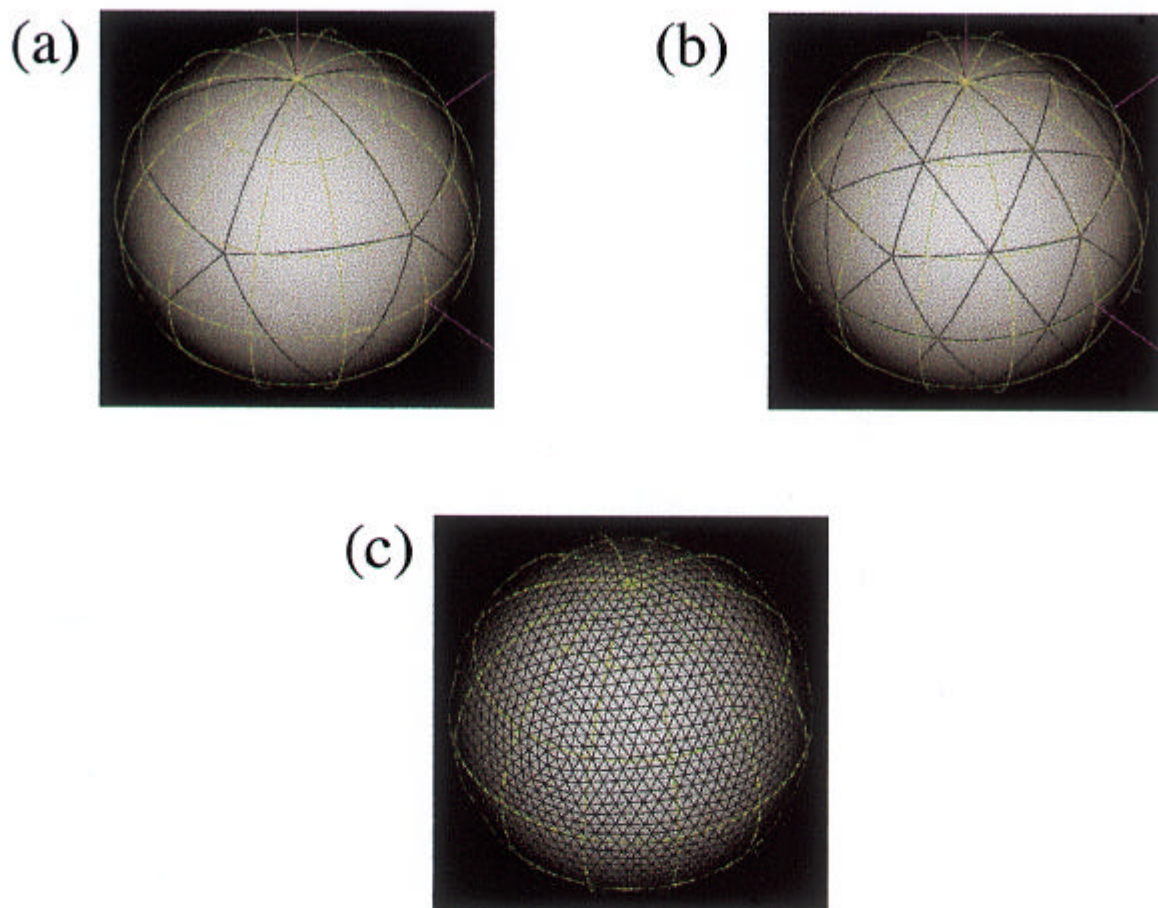


Fig.1: Schematic figure of grid structure. (a)grid division level 0, (b)grid division level 1 and (c)grid division level 4

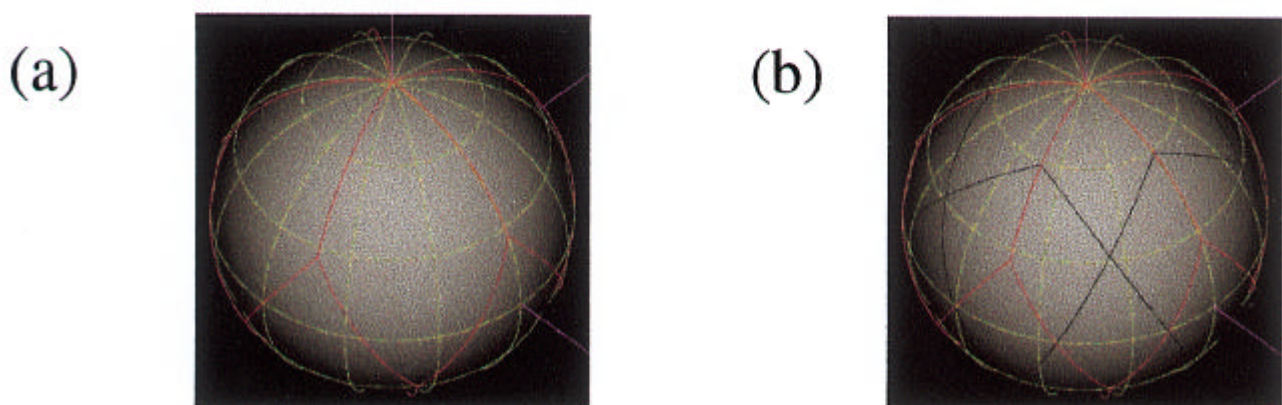


Fig.2: Schematic figure of region structure. (a)region division level 0 and (b)region division level 1.