

球面スペクトルモデルの超並列計算機への実装

Implementation of spherical harmonic transform models on massively parallel computers

大石 裕介 [1]; 櫻庭 中 [2]

Yusuke Oishi[1]; Ataru Sakuraba[2]

[1] 富士通; [2] 東大・理・地球惑星科学

[1] FUJITSU LIMITED; [2] Dept. of Earth and Planetary Science, Univ. of Tokyo

球面スペクトルモデルは、気象予報、気候予測、惑星ダイナモシミュレーション等の地球科学分野で頻繁に用いられている。球面スペクトル法はフーリエ変換とルジャンドル変換からなる球面調和関数変換に基づくスペクトル法であり、計算精度が良いのが特徴である。特に惑星ダイナモシミュレーションにおいては、磁場の境界条件の扱いが厳密であることも利点の一つである。一方で、スペクトル変換に伴う All-to-all 通信が不可避である点、ルジャンドル変換の計算量が大きい点 (N を一次元あたりの自由度としたとき $O(N^3)$) などから、差分法等の局所的手法 (計算量は $O(N^2)$) と比べ高解像度並列計算には向かず、検討が必要となる。

これまでに開発された大規模な球面スペクトルモデルとして、地球シミュレータに向けて最適化された AFES (Shingu et al., 2002) が挙げられる。AFES は 26.58 TFlops を達成し、これは地球シミュレータの理論性能の 64.9% にあたる高性能であった。しかしながら、ベクトル機である地球シミュレータがスパコンの世界ランキングである Top 500 (<http://www.top500.org/>) において世界最高性能を維持した 2002 年から 2004 年以降をみると、世界最高性能クラスのマシンのほぼ全てがスカラ機であり、現在は Top 500 にランキングされるほとんどの計算機がスカラ機となっている。また上位 10 位以内のマシンは 1 万から 10 万を超えるコアを有する、超並列計算機となっている。スパコンの主流は高価なベクトル機から、スカラプロセッサによる超並列計算機に移行していると言える。

球面スペクトルモデルの大規模計算を超並列計算機上で高性能に実行することは大きな挑戦であり、本研究ではその可能性について検討している。本発表は特にルジャンドル変換の大規模化・高速化等について議論したい。