



太陽フレアシミュレーションのMH DコードのHPF化

名古屋大学大学院理学研究科
複雑性科学理論(Σ_T)研究室
平井 圭輔



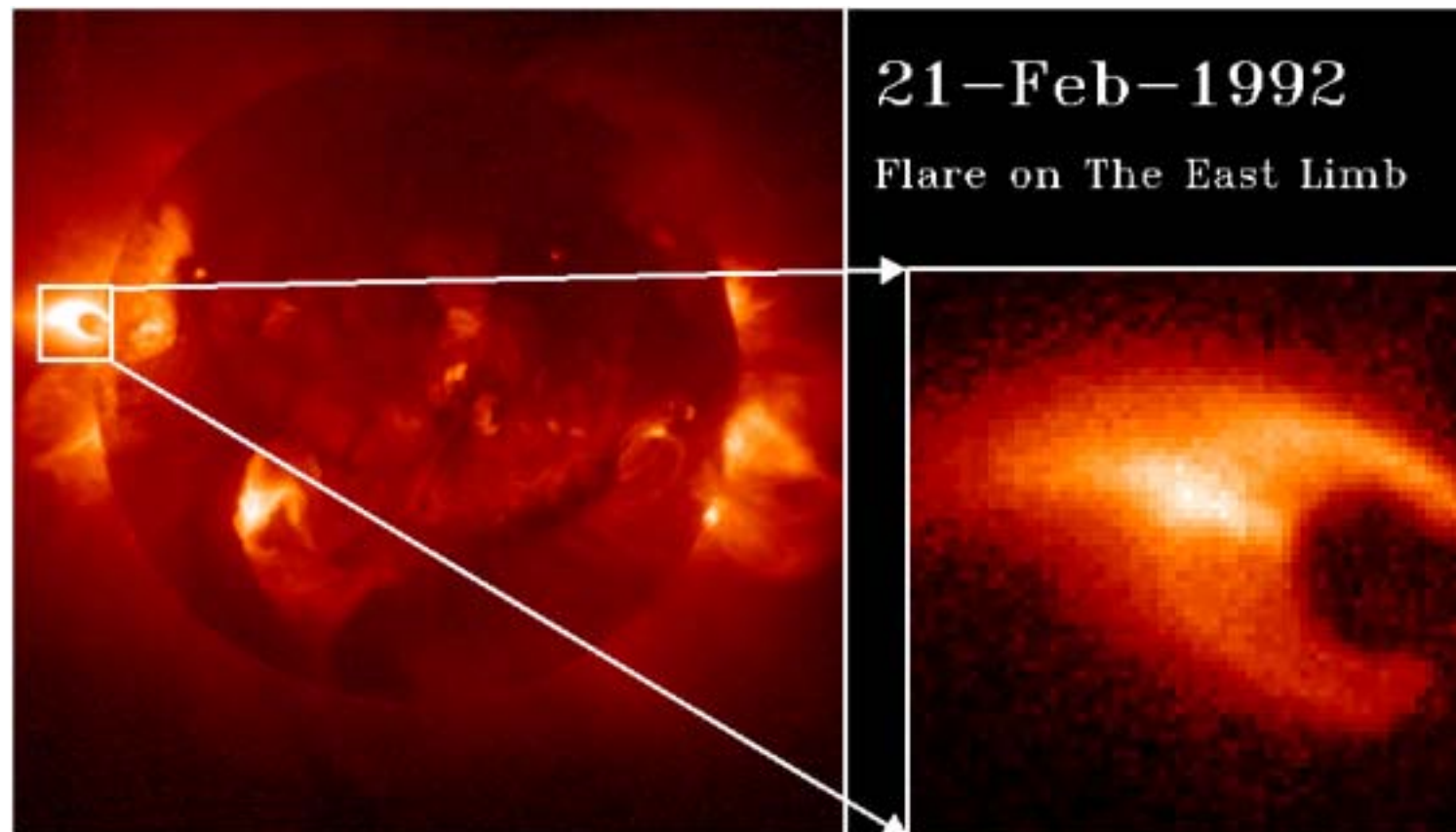
発表内容

- 太陽フレアについて
- シミュレーションモデルと手法
- コードのHPF化
- シミュレーション結果
- コードの性能
- 5ノードを用いた計算
- まとめ

太陽フレアについて

- 太陽表面上のプラズマ中で発生すると粒子の放出を伴う爆発現象

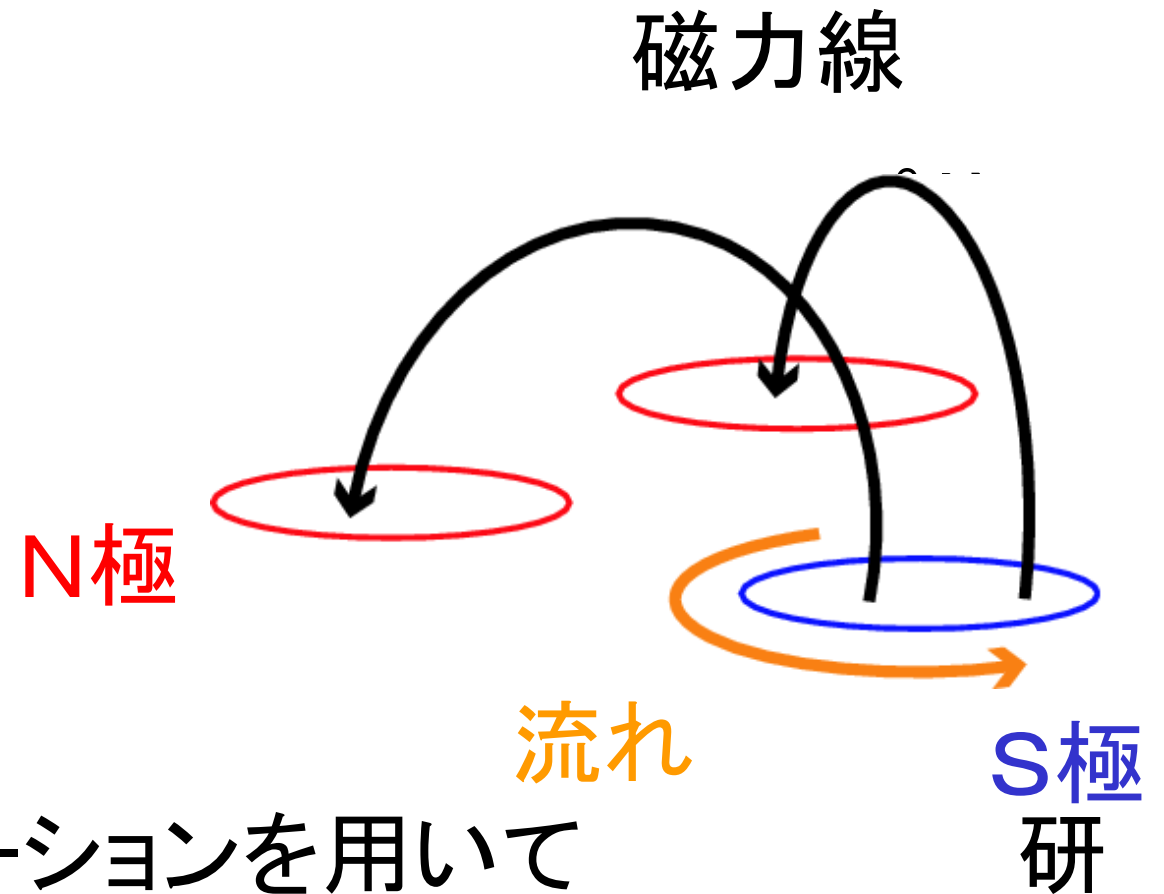
光



観測衛星 Yohkoh (<http://www.solar.isas.ac.jp/>)

太陽フレアについて(2)

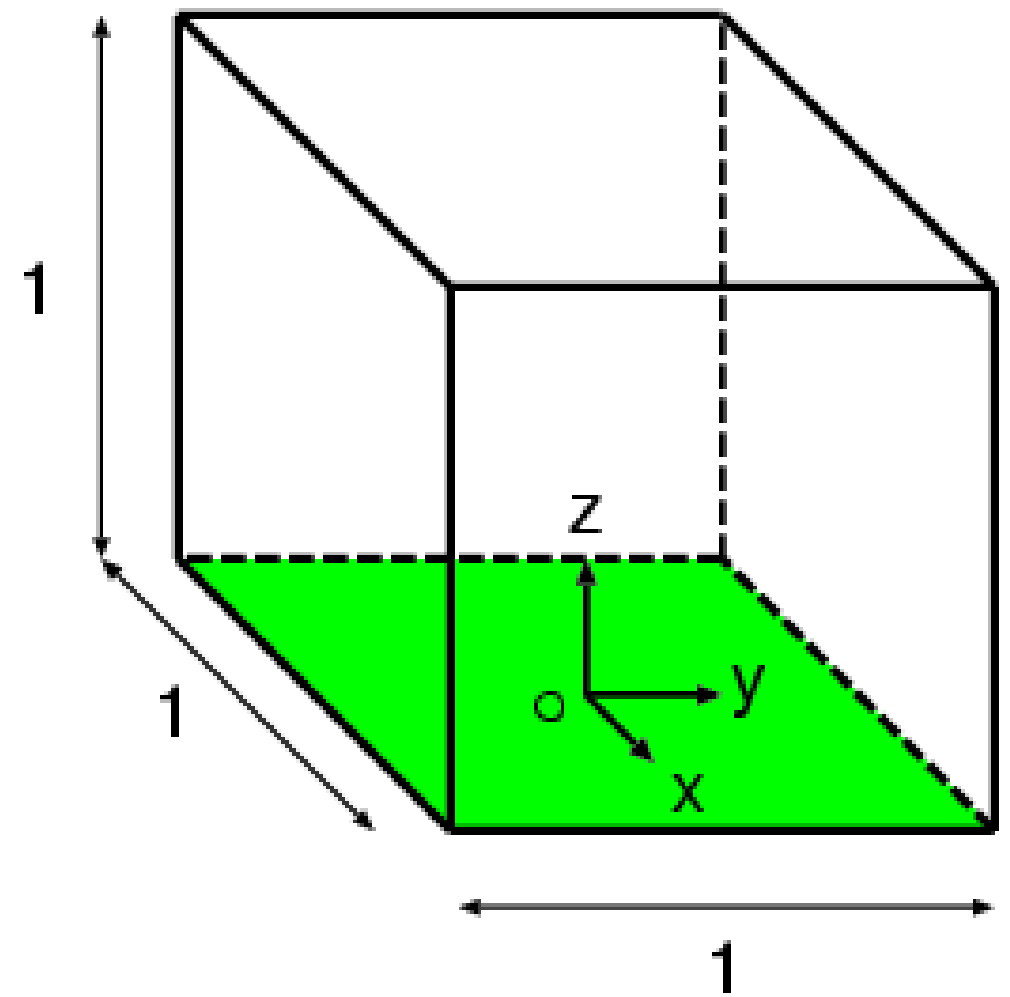
- 表面の流れと磁力線

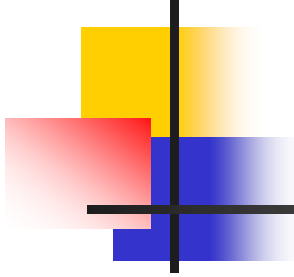


- 磁気流体シミュレーションを用いて究が行われている

シミュレーションモデル

- 圧縮性磁気流体力学方程式系
- デカルト座標系を用いたシミュレーション
- 底面で流れを与える





シミュレーション手法

- 有限差分法、陽解法
 - 格子点数(961x961x961)
 - 空間微分:2次精度中心差分
 - 時間積分:4次のRunge-Kutta-Gill法

- 計算コストがかかるのは
単純な3重DOループ

```
do k = 1 , nz  
  do j = 1 , ny  
    do i = 1 , nx
```



コードのHPF化

- Z軸方向でデータの分散を行って並列実行する。

- メイン及びサブルーチン

- PROCESSORS、DISTRIBUTE指示文

- Z軸に垂直な面の処理ループ

- ON指示文、LOCAL節

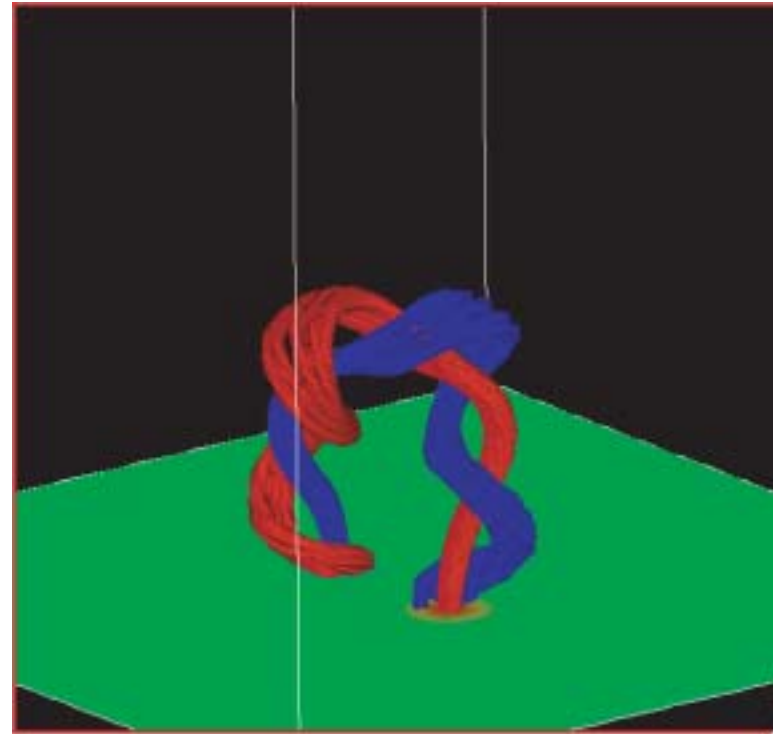
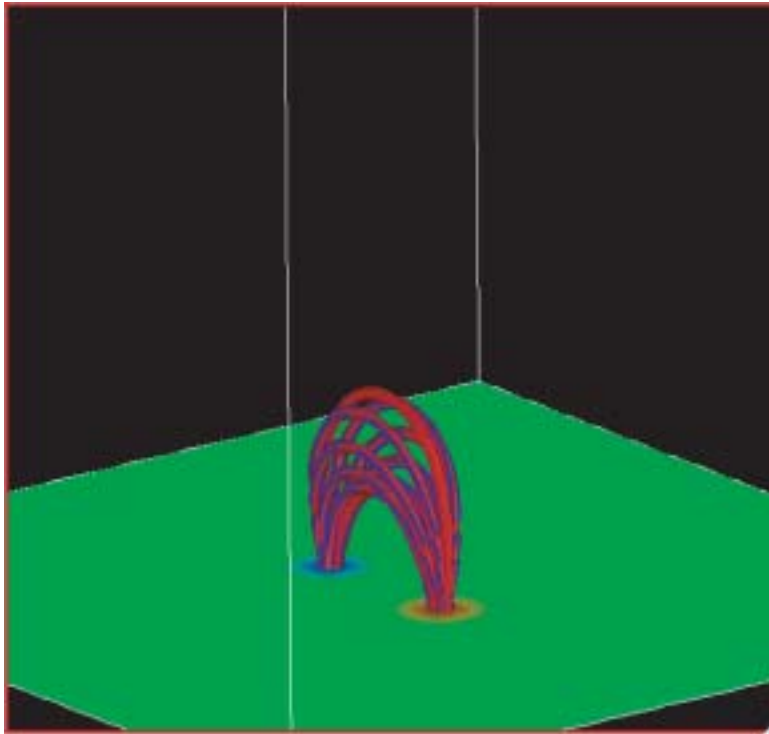
```
k = 1 ( nz )  
do j = 1 , ny  
  do i = 1 , nx
```

- 総和演算ループ

- INDEPENDENT指示文、REDUCTION節

シミュレーション結果

- ループ状の磁力線の時間発展





コードの性能

- 使用メモリ 240GB
- 2ノード x 32CPUで並列実行
- 演算性能
 - 210 GFLOPS = 37% (576 GFLOPS)



コードの性能 (2)

- 格子点数(961)のZ軸方向で、2ノードにデータを分散、32CPUに自動並列化を行うとCPUへの負荷が不均一になる

- ベクトル化についても、理想的なベクトル長が出ない(平均ベクトル長241)

- 今回のコードでは、初期条件を与えるコードの格子点の取り方に制限がある。 関係で

Conc. Time(>= 1)(sec):	15504.166887
Conc. Time(>= 2)(sec):	15081.940030
Conc. Time(>= 3)(sec):	15049.063495
Conc. Time(>= 4)(sec):	14999.921019
Conc. Time(>=29)(sec):	14166.031873
Conc. Time(>=30)(sec):	14087.388050
Conc. Time(>=31)(sec):	12289.524957
Conc. Time(>=32)(sec):	11617.385546



5ノードを用いた計算

- 格子点数(1537x1537x1537)

- 使用メモリ 985GB

- 5ノード x 31CPUで
列実行

Conc. Time(>= 1)(sec):	12963.089113	並
Conc. Time(>= 2)(sec):	11879.728202	
Conc. Time(>= 3)(sec):	11862.907557	
Conc. Time(>= 4)(sec):	11838.443244	
	〃	
Conc. Time(>=28)(sec):	11375.813047	
Conc. Time(>=29)(sec):	11349.120340	
Conc. Time(>=30)(sec):	11316.124127	
Conc. Time(>=31)(sec):	10575.981895	

- 演算性能

- 514GFLOPS = 37% (1395 GFLOPS)



まとめ

- HPFを用いることで、太陽フレアの 大規模シミュレーションを、簡単に、十分に良い性能で、実行することができた。