Plasma Theory Group,
Hiroshima University

National Astronomical Observatory of Japan
国立天文台

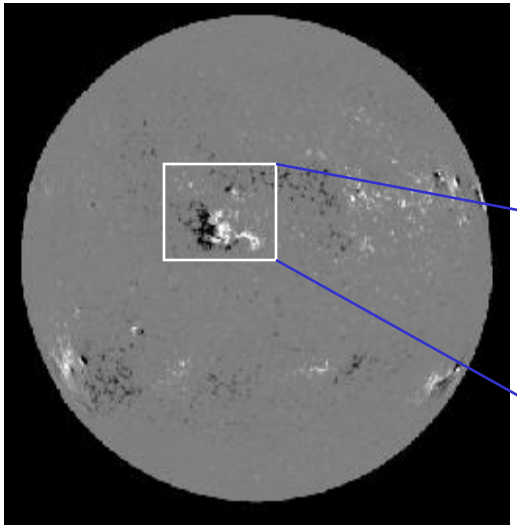
数値コロナシミュレーターの可能性

草野完也（広島大学先端研）

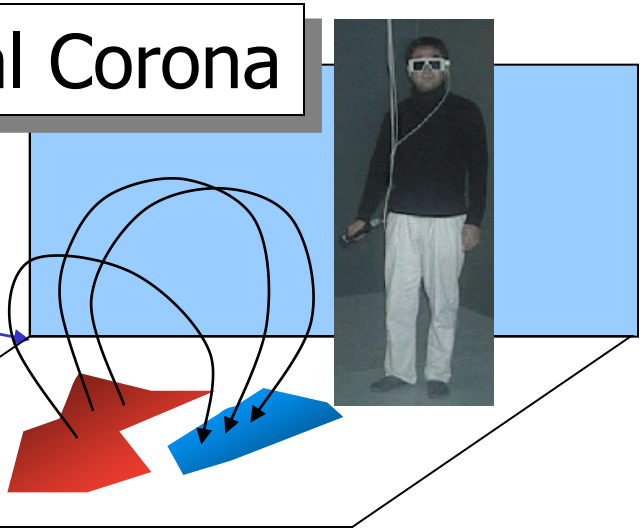
共同研究者
横山央明、桜井隆（国立天文台）
真栄城朝弘（広島大学）

数値コロナプロジェクト

observations



Numerical Corona



Virtual reality

Boundary Condition
Bn,Bt,Vn,Vt on solar surface

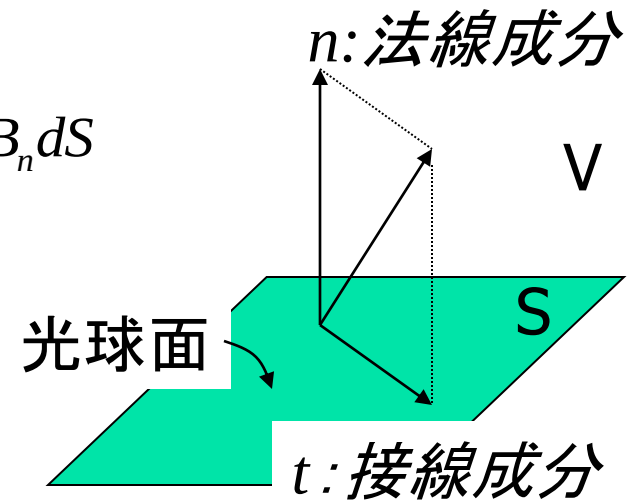
3D MHD solver
B & **V** in corona

何ができるか。

- Helicity Injection

$$\dot{H} = 2\int (\mathbf{A}_p \cdot \mathbf{B}_t) V_n dS - 2\int (\mathbf{V}_t \cdot \mathbf{A}_p) B_n dS$$

  - ダイナモ機構
  - フレア（蓄積解放機構）
  - 太陽圏電磁環境



- 3D Magnetic Structure
  - 磁力線構造
    - Connectivity
  - 安定性解析
    - フレア発現問題
      Loss-of-stability or Loss-of-equilibrium
  - フレア予知

どうやるか。

- 境界条件

観測	計算
B_n	V_n
$\mathbf{B}_t$	$\mathbf{V}_t$
$\frac{\partial B_n}{\partial t}$	$\frac{\partial \mathbf{B}_n}{\partial t} = \nabla_t \times (\mathbf{V} \times \mathbf{B})_t$
$\frac{\partial \mathbf{B}_t}{\partial t}$	

相関追跡

Solar Bの場合

- 境界条件

観測　　計算

B_n　　V_n

$\mathbf{B}_t$　　$\mathbf{V}_t$

相関追跡

$$\frac{\partial B_n}{\partial t}$$

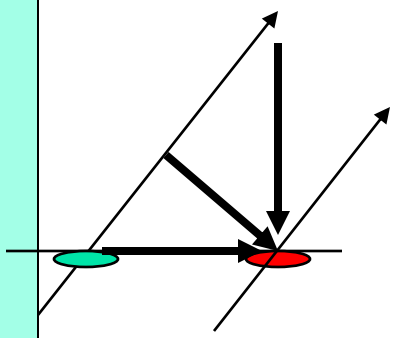
$$\frac{\partial \mathbf{B}_n}{\partial t} = \nabla_t \times (\mathbf{V} \times \mathbf{B})_t$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}_t}{\partial t}$$

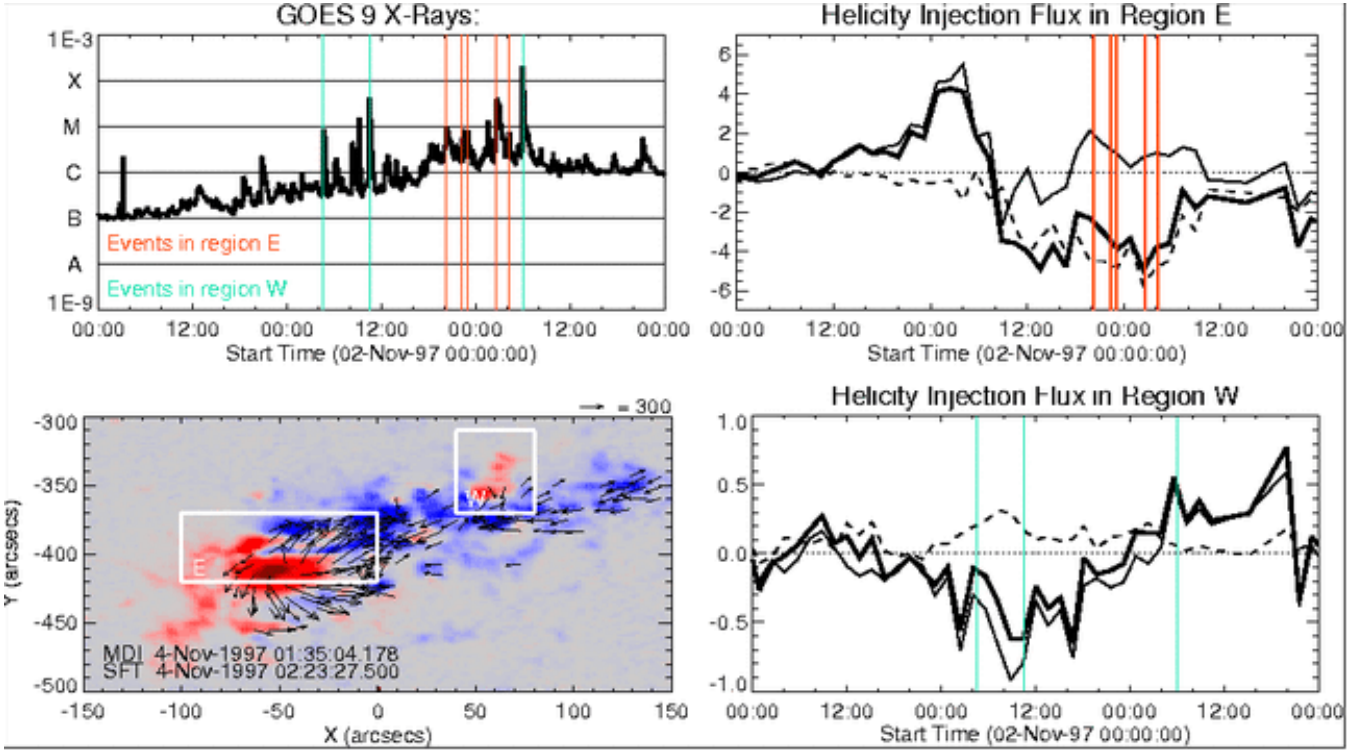
3D MHD equations

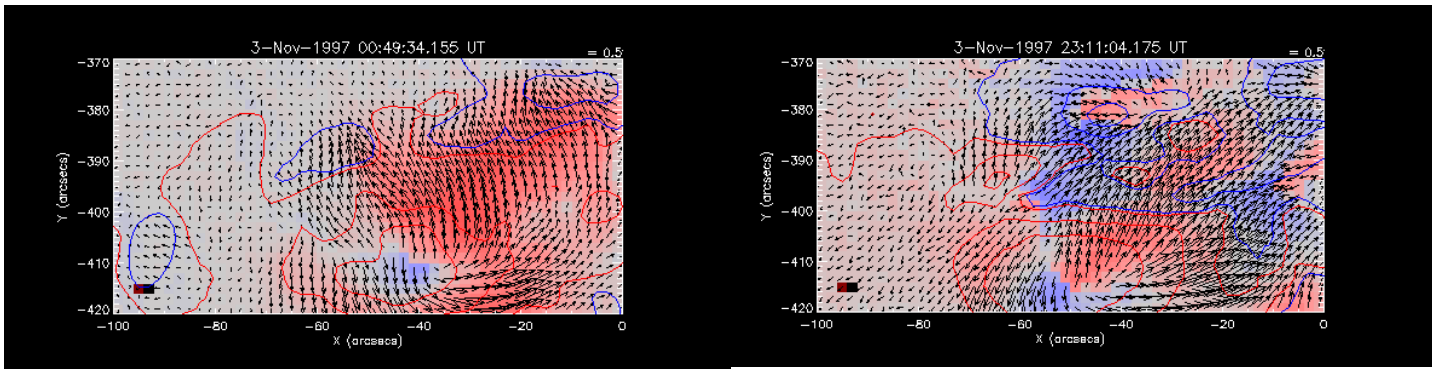
相関追跡の問題点

みかけの運動 ≠ 速度

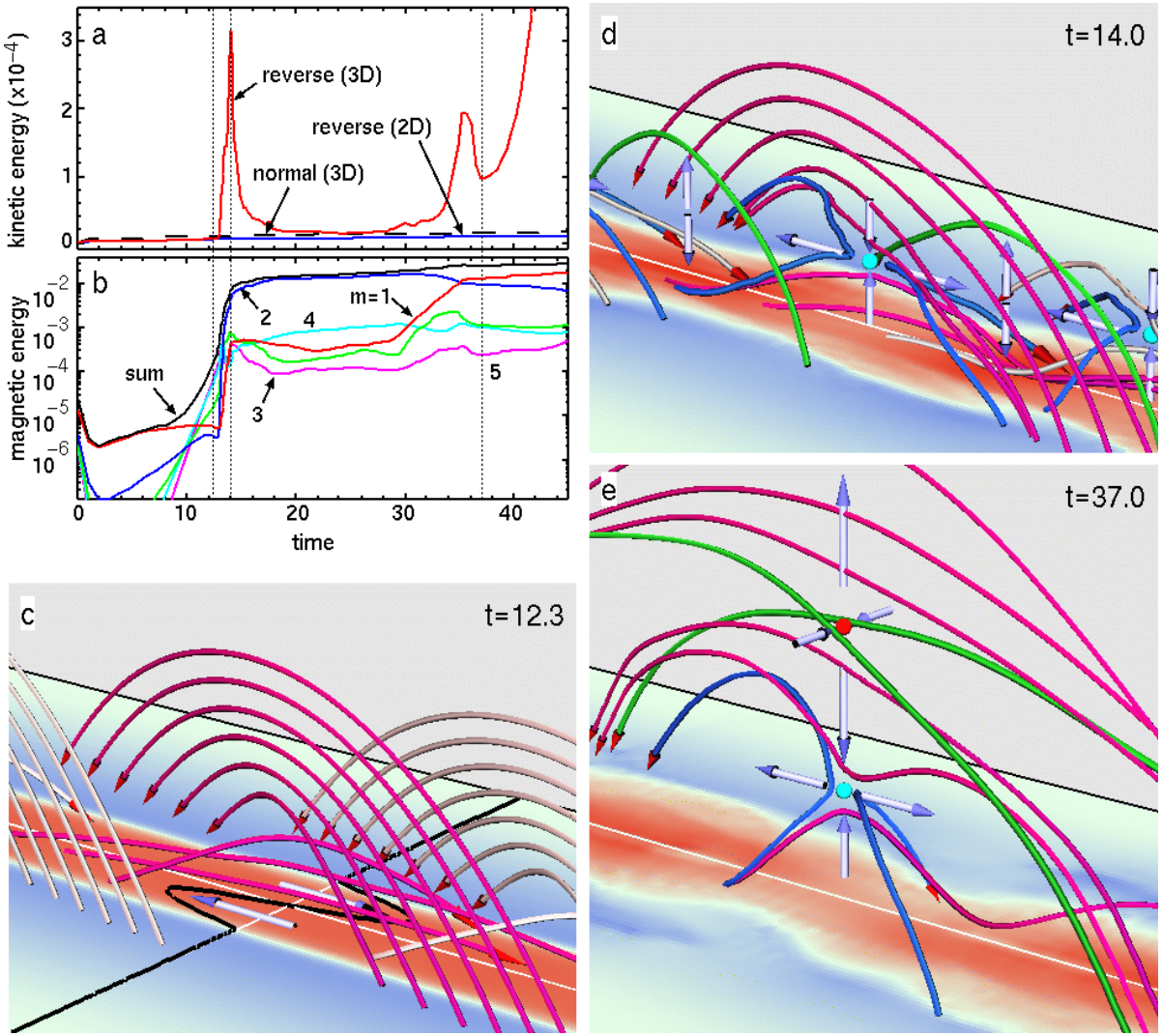


実施例（ヘリシティ流測定）



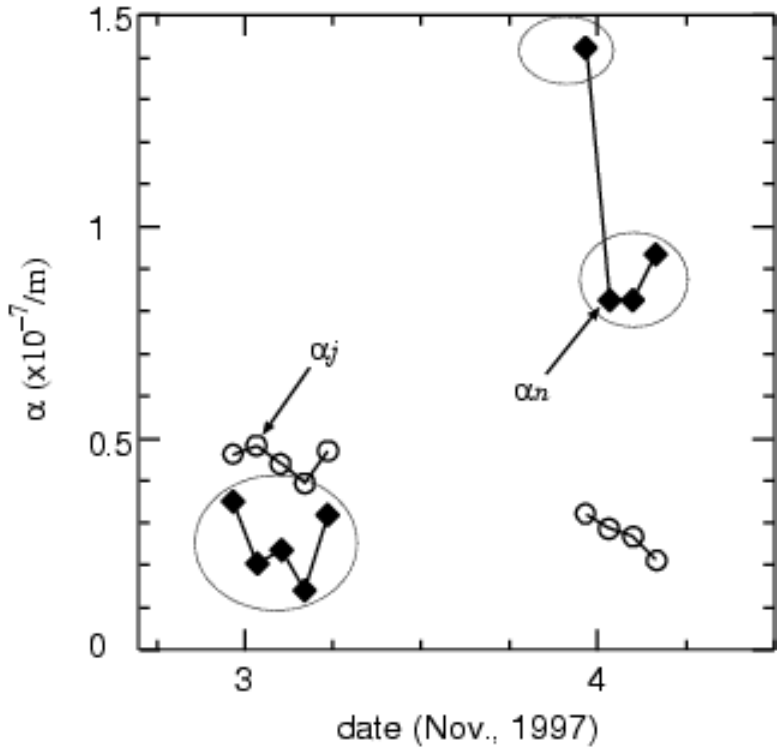


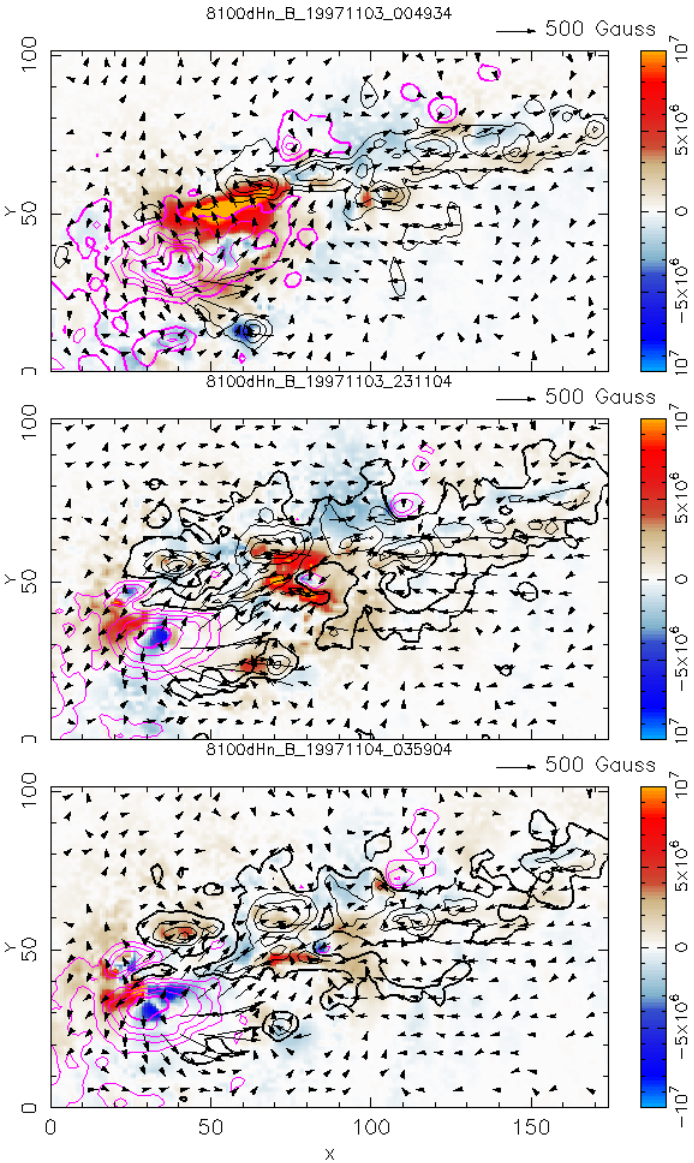
ヘリシティ対消滅フレアモデル



上昇磁束のシア測定

$$\alpha_j = J_z / B_z, \quad \alpha_n = \frac{dE_n / dt}{dH_n / dt}$$





問題点と対策

- 境界条件
  - 必要十分な条件の抽出
  - 光球面速度<<V_{alfven}
  - 熱的条件
- 磁気レイノルズ数 ($S \sim 10^{10} >> S_{数値} \sim 10^5$)
- 数値分解能
  - 現在、256^3 (5Gflops,2GB)
  - 必要、1024^3 (320Gflops,128GB)

- フレア前：3次元平衡、安定性解析は可能
- フレア後：挑戦的課題