

# 流れ場に凍り付いたベクトル場の可視化

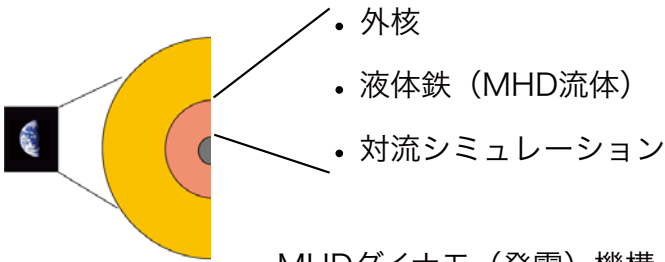
海洋研究開発機構  
地球シミュレータセンター  
陰山 聡  
大野 暢亮

CAVE研究会 JAMSTEC 2008.07.03

# 内容

- [ 要約：CAVE型VR装置用の新しい可視化手法を開発した。
- [ 目的：地球ダイナモシミュレーションの結果、特に磁場の生成機構を理解したい。
- [ 手法：流れ場に凍り付いた磁力線の運動を可視化する機能をVFIVEに追加した。

## 地球ダイナモシミュレーション



MHDダイナモ (発電) 機構  
⇒ 地球磁場の生成

## MHD方程式

流れ場  $\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\nabla p + \mathbf{j} \times \mathbf{B} + \dots$

磁場  $\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) + \dots$

$B \ll 1$  なら  $\mathbf{v}$  は  $\mathbf{B}$  の影響を受けない

- 固定した速度場の下での磁場の時間発展 (成長) を考える：キネマティックダイナモ問題。

## 磁力線の凍り付き

一般に、ベクトル場  $\mathbf{G}$  が  $\nabla \cdot \mathbf{G} = 0$  なら、流れに乗った面  $S_m$  上で

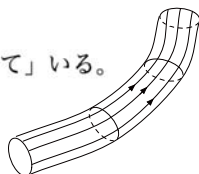
$$\frac{d}{dt} \int_{S_m} \mathbf{G} \cdot d\mathbf{S} = \int_{S_m} \left[ \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial t} - \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{G}) \right] \cdot d\mathbf{S}$$

時間発展方程式が

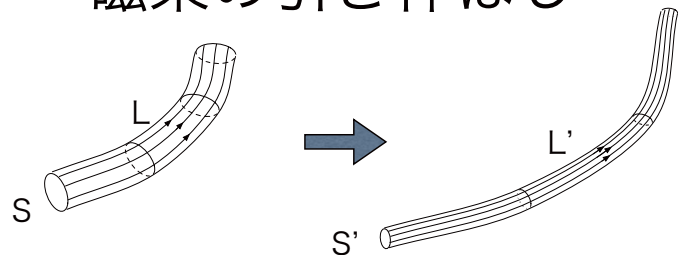
$$\frac{\partial \mathbf{G}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{G})$$

という形のベクトル場は、流れ場に「凍り付いて」いる。

例：理想MHDにおける磁力線  
理想流体における渦糸



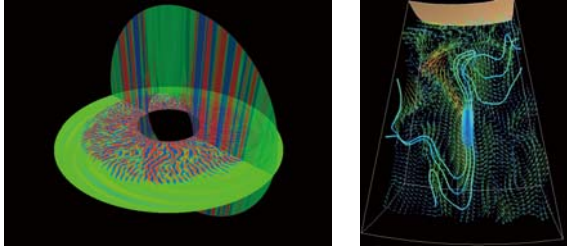
## 磁束の引き伸ばし



磁束 (磁力線の束) が流れによって  $n$  倍延びると...

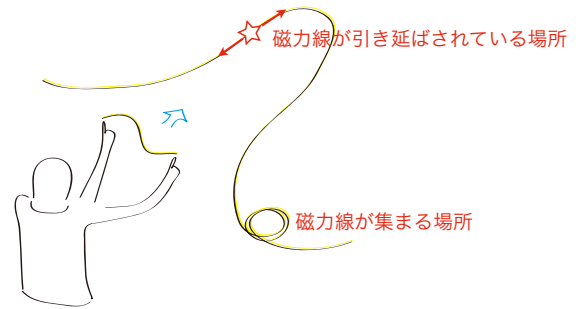
- 断面積は  $1/n$  倍 (体積の保存)
- 磁束密度 (磁場の強さ) は  $n$  倍
- 磁束中の磁場のエネルギーは  $n^2$  倍

# 地球シミュレータによる 高解像度シミュレーション



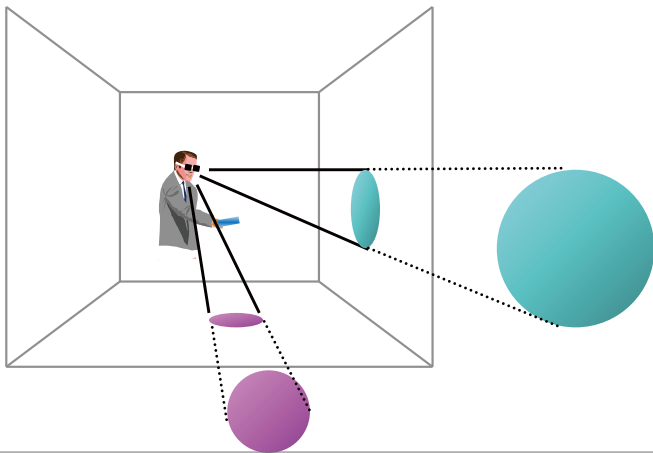
局所構造は分かった。だが全体構造が分からない。

# 理想的なダイナモ解析装置



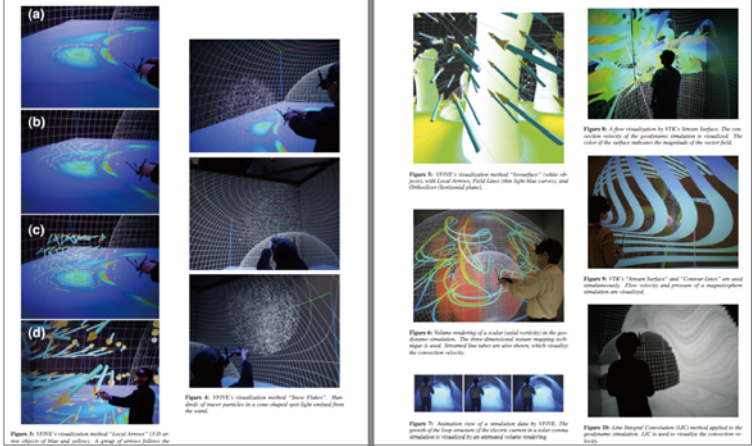
- ・地球の外核に入り込み、
- ・指先で磁力線を描き、
- ・流れに凍り付いた磁力線の運動を目の前で観察する。

# CAVE型VR装置



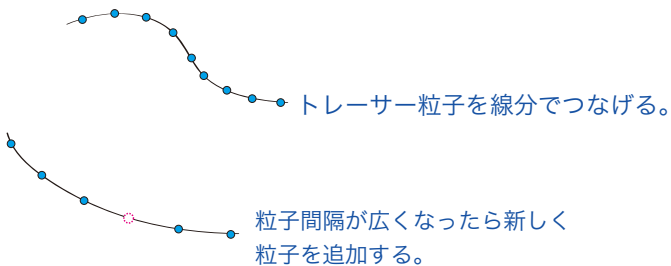
# CAVE用可視化ソフトVFIVE

大野 暢亮 + 陰山 聡

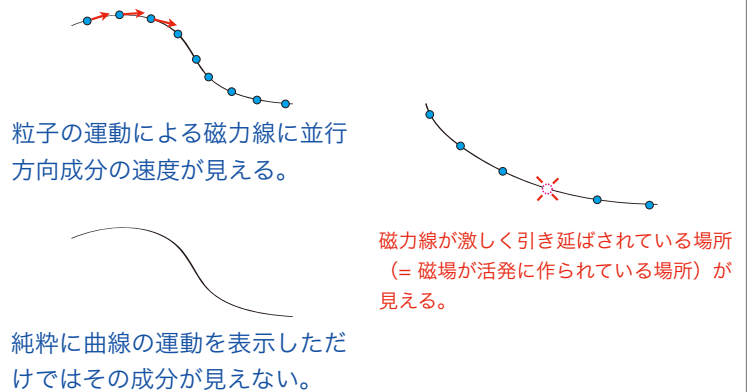


# VFIVEの新しい可視化機能 Line Advector

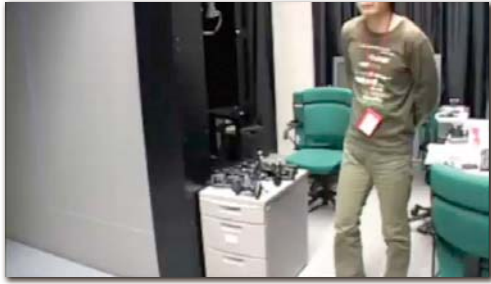
流れ場に凍り付いた物質線（磁力線や渦糸）の時間発展。



# この可視化手法の特徴



CAVE用VR可視化ソフトVFIVEによる  
ダイナモシミュレーションデータの可視化



Line Advector