

# 銀河中心非熱フィラメント構造に関する磁気流体計算

玉澤春史<sup>1</sup>, 柴田一成<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都大学理学研究科附属天文台

Contact: tamazawa@kwasan.kyoto-u.ac.jp



## Abstract

銀河面に垂直に、50pc程度の長さをもつ細長い構造がある。また、付近には同様にスレッドとよばれる縦に走る構造が存在する。これらのフィラメント構造は銀河中心の銀河面に垂直な磁力線を反映し、そこに高エネルギー電子が衝突、非熱的なシンクロトロン放射をしているためと考えられているが、その形成過程、またエネルギー源について確かなことはわかっていない。Sofue et al. (2005)では磁場に対して分子雲や銀河(差動)回転の作用により磁力線がシアを持つ構造(すなわち電流シート)が形成、磁気リコネクションが起きてエネルギーが解放されるというモデルを提唱した。さらにこのモデルを元に三次元磁気流体シミュレーションを行い、実際に磁気シア構造による直線状の電流シート領域を再現した。しかし、この計算ではリコネクションまでは計算しておらず、シア運動とリコネクションの関係などの議論が残されている。本研究では、Sofue et al. (2005)と同様の状況による、シア運動による磁場の捻じれに関するものと、さらに分子雲表面付近を拡大した局所的な磁気流体シミュレーションを行っている。この結果、分子雲表面の不安定性によって磁力線がねじられ、リコネクションを多数引き起こすシナリオが新たに考えられる。

## 1.Introduction

### The Radio Arc and Threads in the Galactic Center

The Radio Arc and threads in the galactic center are observed with radio continuum(Yusef-Zadeh et al. (1984) etc).

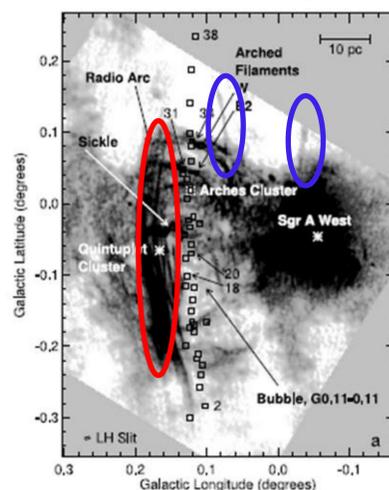
Emission

Is synchrotron radiation, and structure is considered to reflect the magnetic field in the galactic center.

Size and structure

**Arc** : perpendicular to the galactic Plane  
length ~ 50pc

**Thread(s)** : length ~ 20pc thermal

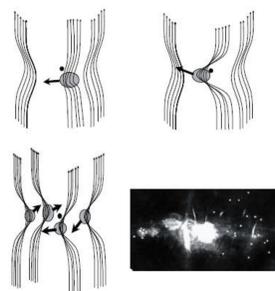


Radio Arc /Threadsについての未解決問題:

- \*高エネルギー粒子のエネルギー源、加速機構
- \*構造形成過程

### Magnetic Reconnection and Current Sheet Model

Sofue et al. (2005) proposed: Molecular cloud move with magnetic field, and field is locally twisted. Twisted field produce magnetic shear, and this sheared field a current sheet, along which magnetic reconnection would occur.



From Sofue+ (2005)  
Schematic figure of shear field

Sofue et al. (2005)ではシア磁場は形成できている

- このシステムでリコネクションは起こるか?
- シア磁場がどのようにリコネクションを起こすか?

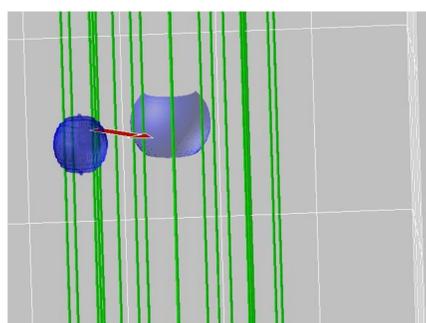
## 2.Numerical Setup

### Initial Condition

Magnetic Field: vertical,  
 $B_r = B_\theta = 0, \beta=0.4$   
Isothermal corona  
Constant resistivity  
No self-gravity, only center mass

Molecular gas : high density  
( $10^3$  times at the center)

Velocity : Keplerian rotation,  
 $V_r = V_z = 0$



Scheme: modified Lax-Wendroff

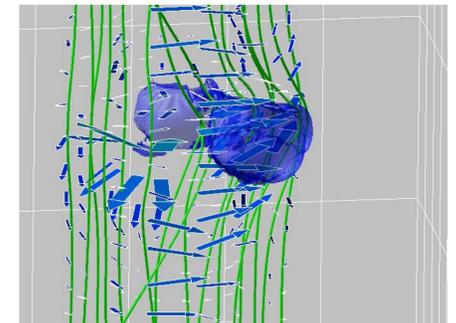
## 3.Global Simulation

### Numerical Setting

Cylindrical coordinates  
 $0.2 < r < 1.8, 0 < \theta < \pi, -4 < z < 4$

### Sheared Field

With the motion of molecular cloud, magnetic field is pulled and twisted, and magnetic shear is produced.

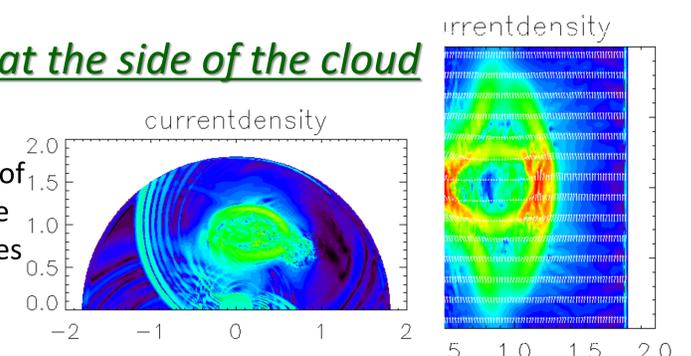


↑ Sheared field with molecular cloud (at  $t=1.0$ , green line: magnetic field streamline, blue surface: high density, arrow: velocity)

### Current Sheet at the side of the cloud

Current Sheets is produced at the side of molecular cloud. Fine arch-shaped structures are seen.

With Kepler motion, velocity shear also exists, and perturbation may occur.



↑ Current density contour left:  $z=0.5$  (over the cloud zone) cross section, Right:  $\theta=\pi/2$

高電流密度領域は分子雲のサイドに発生、細かな構造もあり  
=>局所計算により解像度をあげる

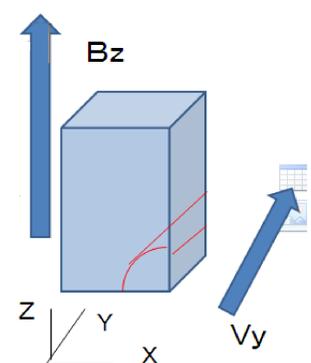
## 4.Local Simulation

### Numerical Setting

Cartesian coordinates  
 $0.6 < x < 1.0, 0 < y < 0.4, 0 < z < 0.6$   
Grid 300x200x200  
No gravity

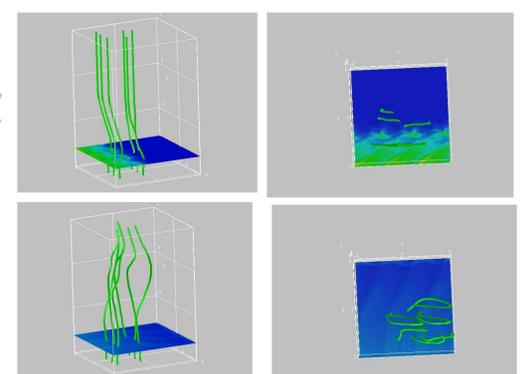
Velocity and high density are given in part of area (led zone in right figure)

Perturbation is given



### Kelvin-Helmholtz Instability and twisted field

Perturbation would produce Kelvin-Helmholtz instability, and locally twisted magnetic field, this structure is similar to solar nano-flare model of coronal heating(Parker 1988)



微小擾乱により Kelvin-Helmholtz 不安定性発生、局所磁気シアにより三次元リコネクションが多数発生するシナリオが考えられる