

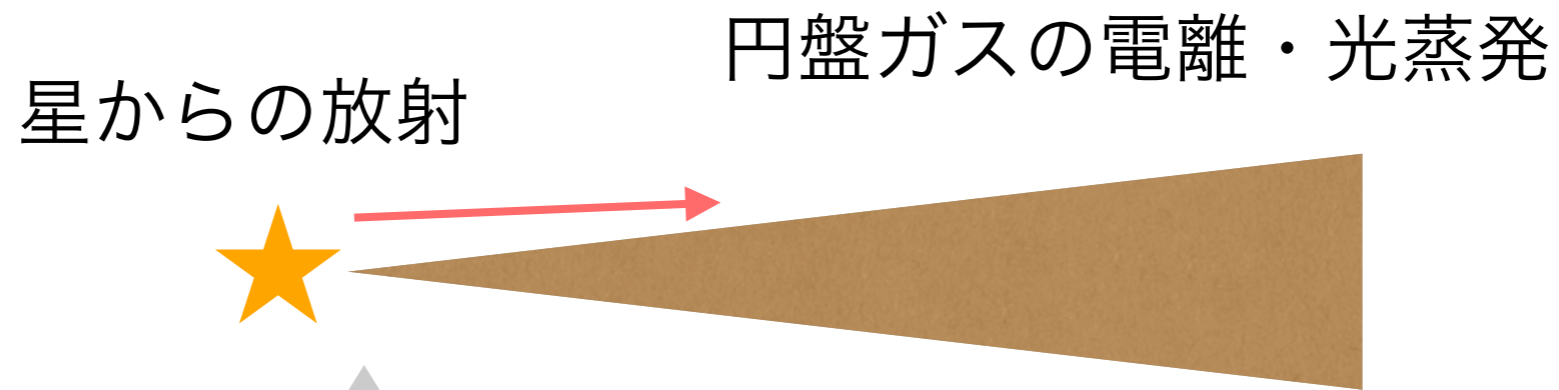
星周円盤から星への降着流の 3次元構造に関する 磁気流体シミュレーション

高棹 真介（名古屋大学）

共同研究者：

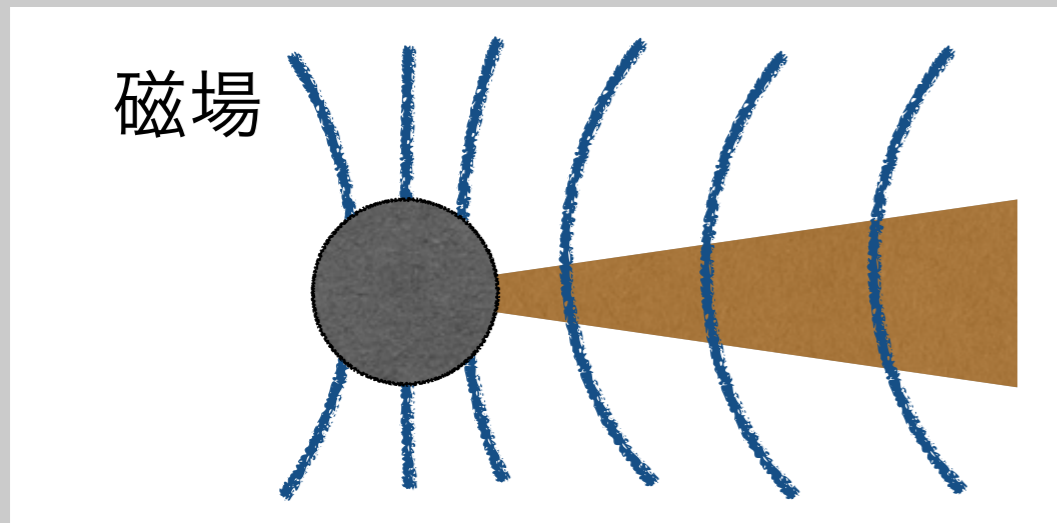
富田 賢吾（大阪大学）、鈴木 建（東京大学）

若い星へのガス降着



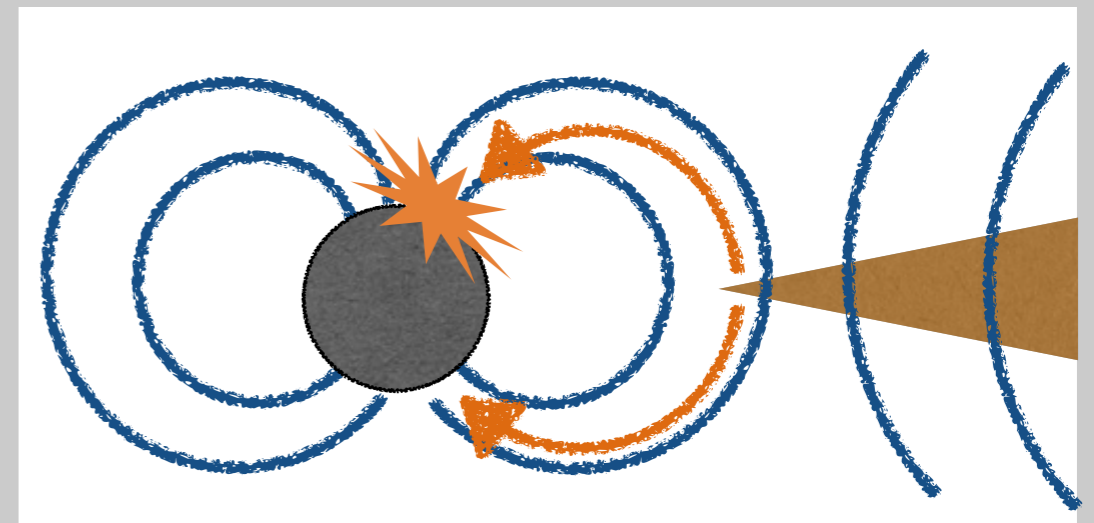
古典的理解

穏やかな**円盤降着**



降着率の減少
磁気圏の発達

衝撃波降着の伴う
磁気圏降着

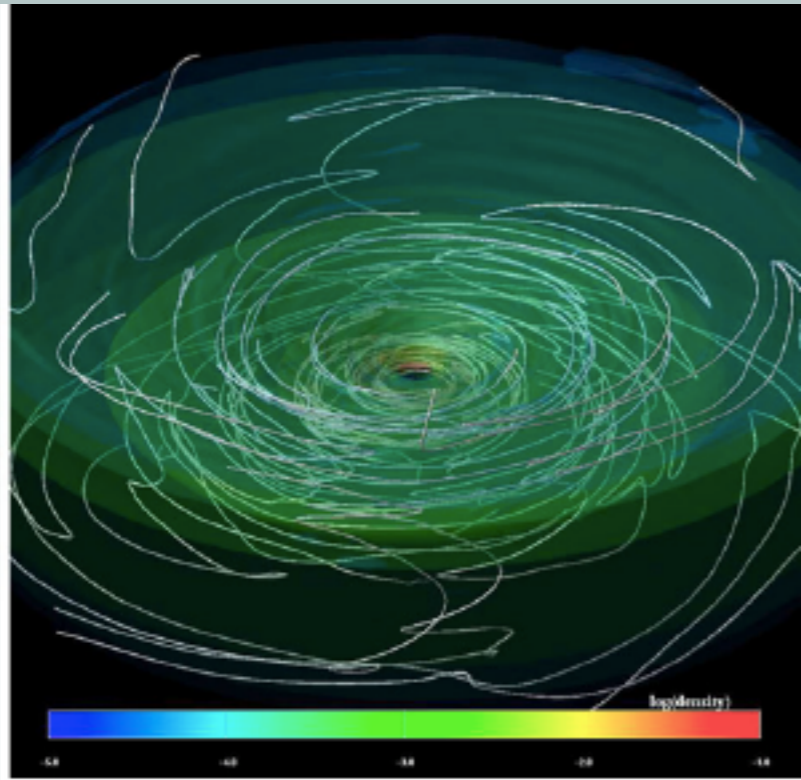


e.g. Ghosh & Lamb 1979, Konigl 1991

観測的特徴・星近傍のガス分布は降着流の構造に強く依存

降着流構造の理解は降着率・星近傍の光学的厚さの見積もりに重要

過去の3次元シミュレーション



Suzuki & Inutsuka 14

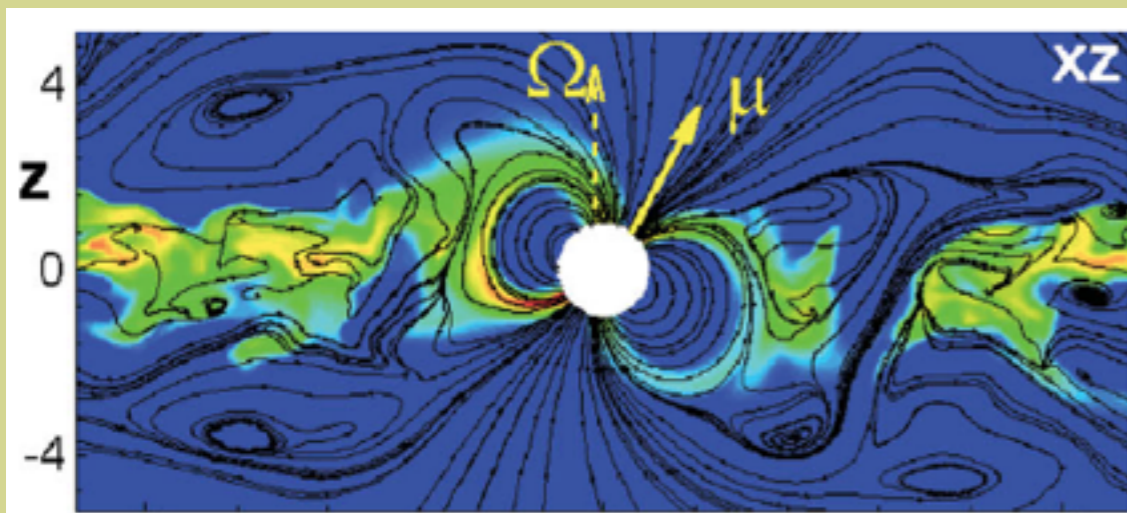
➤ 円盤降着

- 近年 3D MHD シミュレーションが可能になってきた

(Suzuki & Inutsuka 14, Bethune+16, Zhu & Stone 17)

➤ 星近傍の降着過程はほぼ未開拓

- e.g. 2D pure hydro: Kley & Lin 96



Romanova+2012

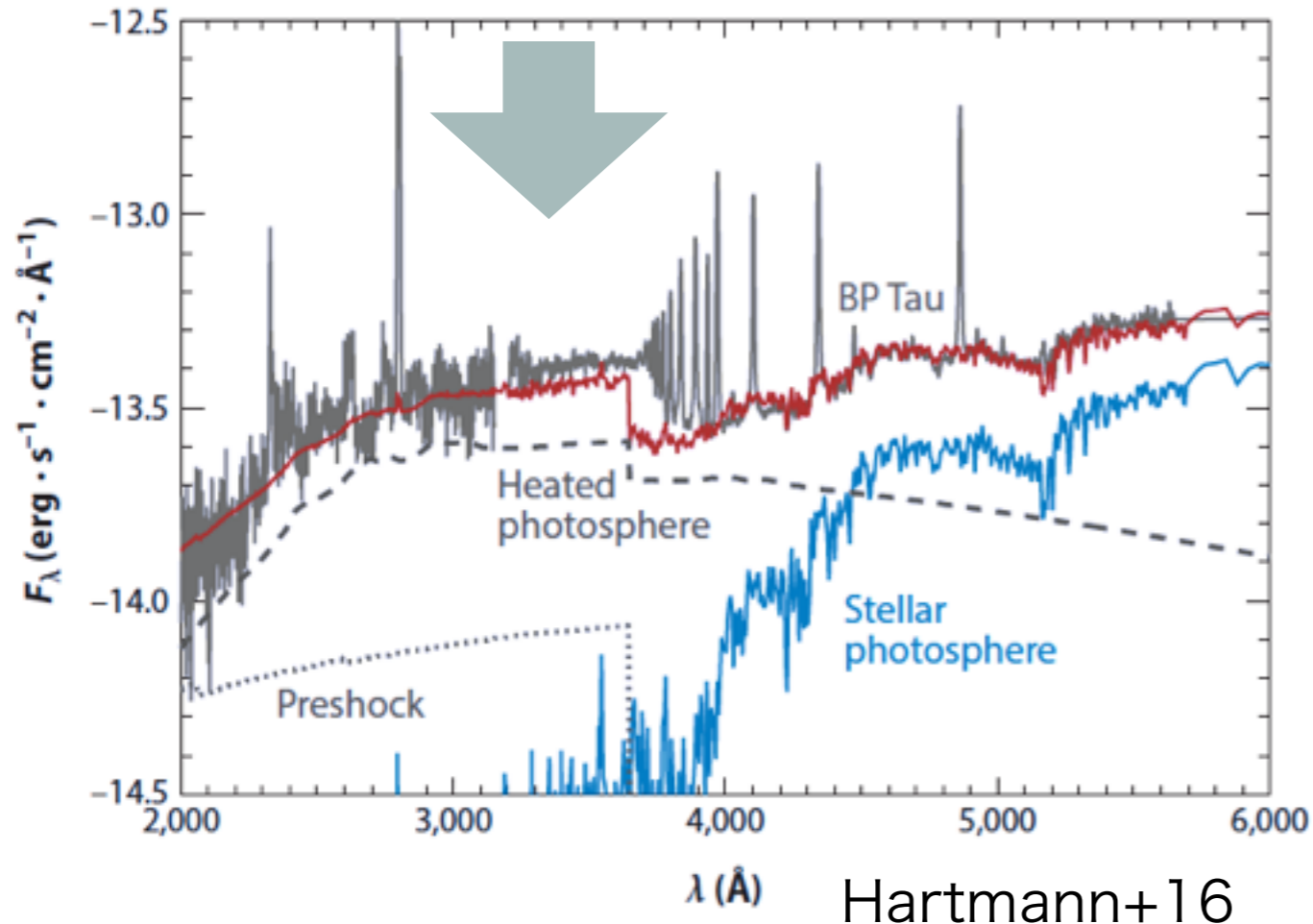
➤ 磁気圏降着

- 星の自転周期が降着率などの時間変動に現れる (e.g. Blinova+16)
- 円盤からガスが持ち上がるので

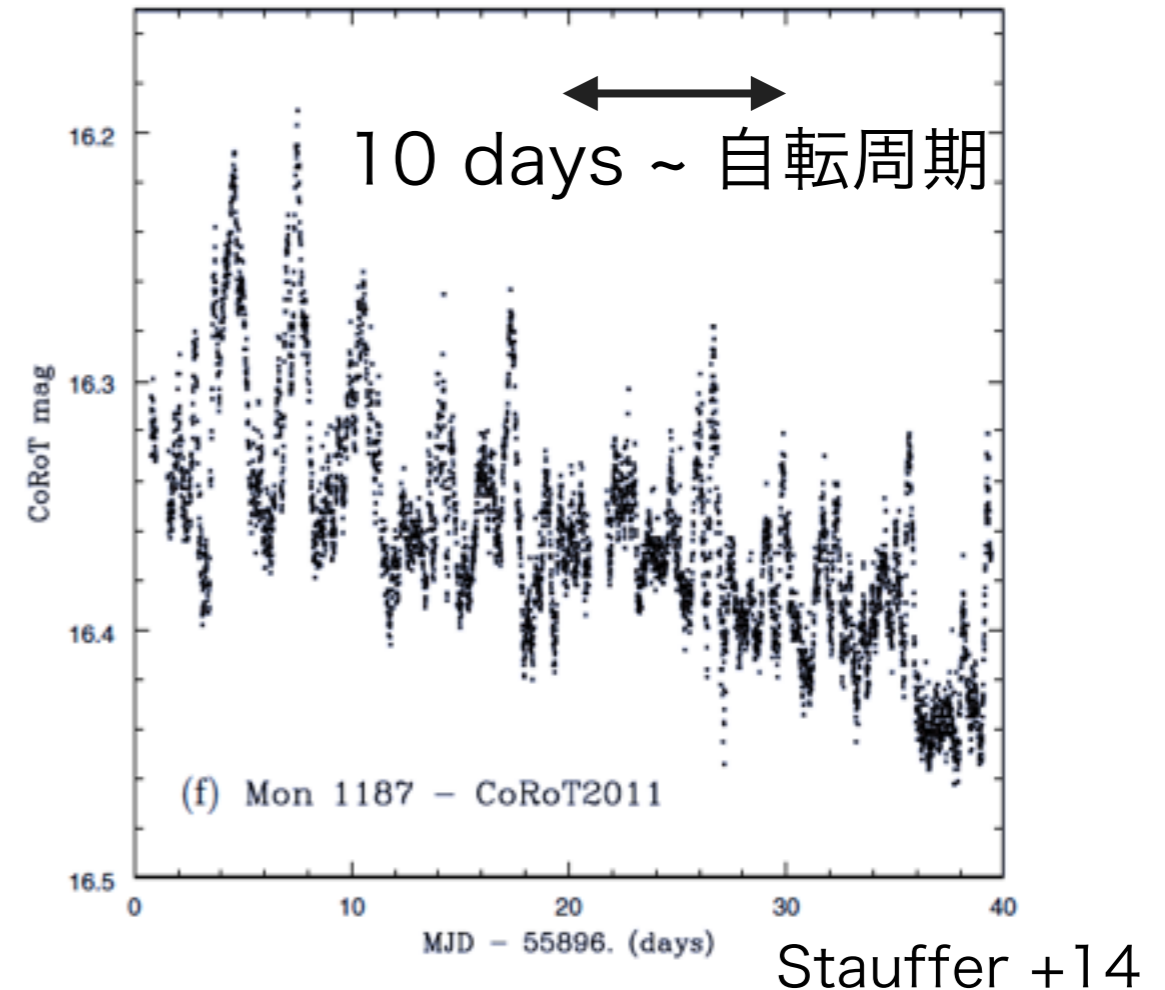
星を一部隠蔽

磁気圏降着モデルは成功しているか

衝撃波加熱による **UV excess**



CoRoT による白色光の光度曲線



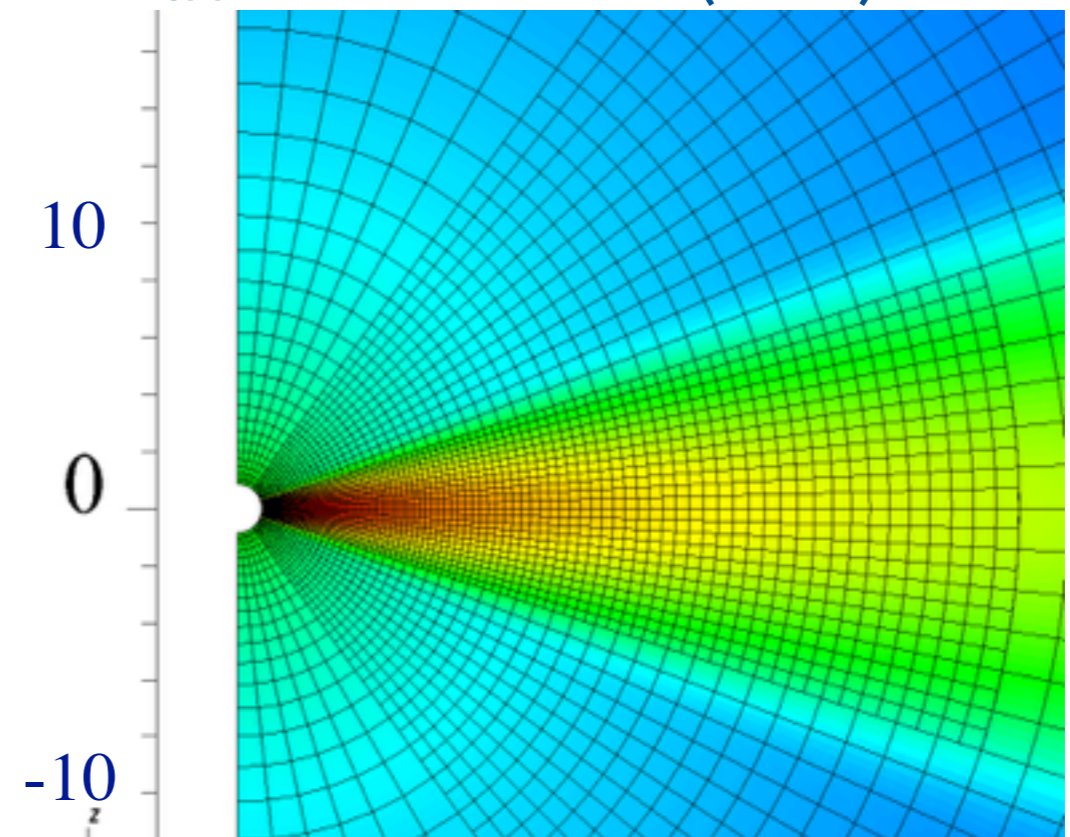
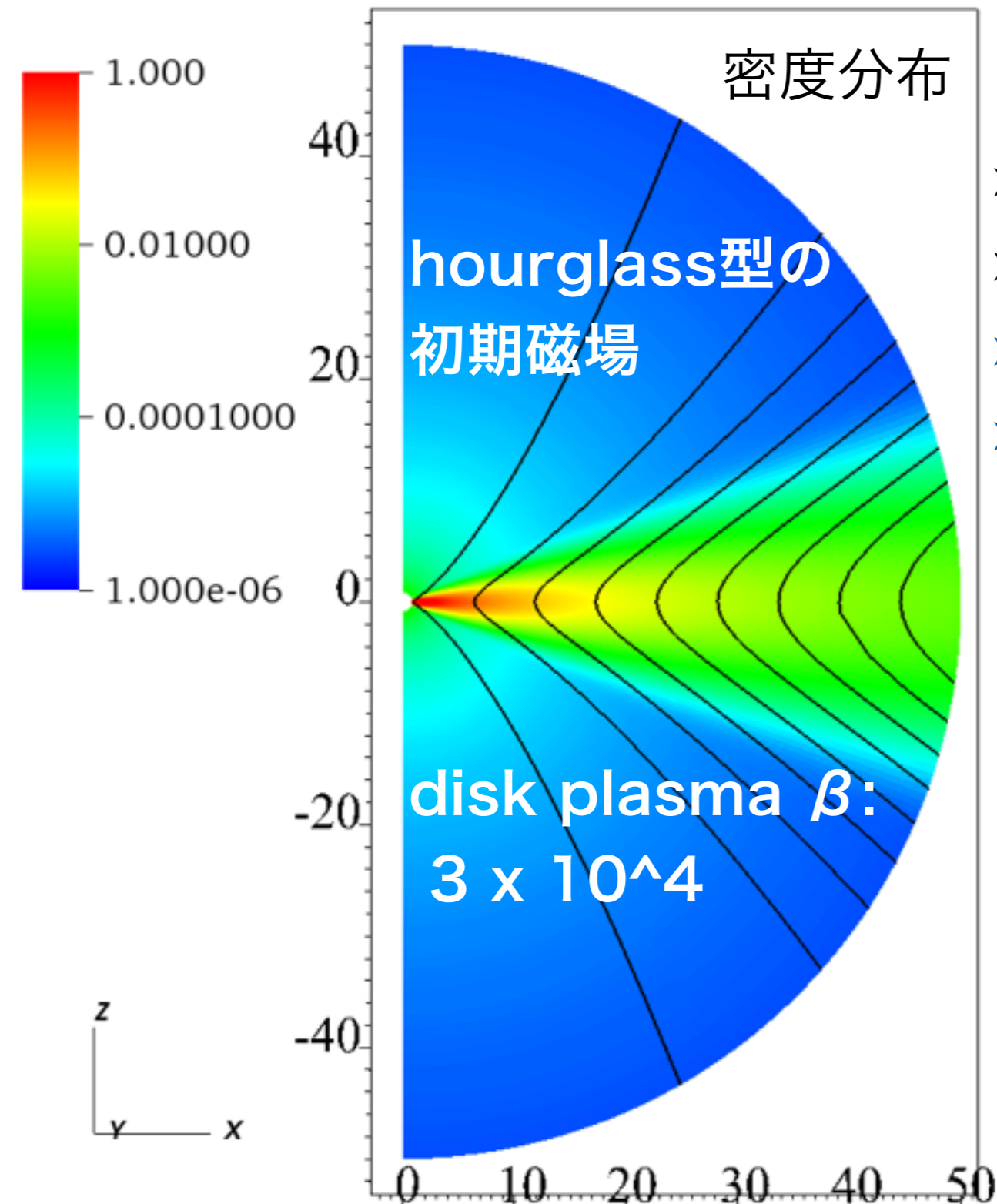
- ▶ UV excess (Valenti+93)、高緯度への降着 (Donati+08)などを説明可能
 - ▶ 高緯度への高速降着流は存在するだろう
- ▶ 光度曲線の不規則なバースト・減光の時間変動を説明困難
(時間変動のタイムスケールは磁気圏降着モデルが予想するような星の自転周期と対応しないことが多い)

磁気圏を持たない星への降着：3次元シミュレーションの設定

コード：Athena++

(Stone, Tomida, White in prep)

- ▶ 星近傍なので ideal MHD で近似
- ▶ 極座標系で計算領域を極域までカバー
- ▶ 星表面をコロナ下部とし "現実的" に設定
- ▶ 入れ子格子で円盤乱流 (MRI) を捉える

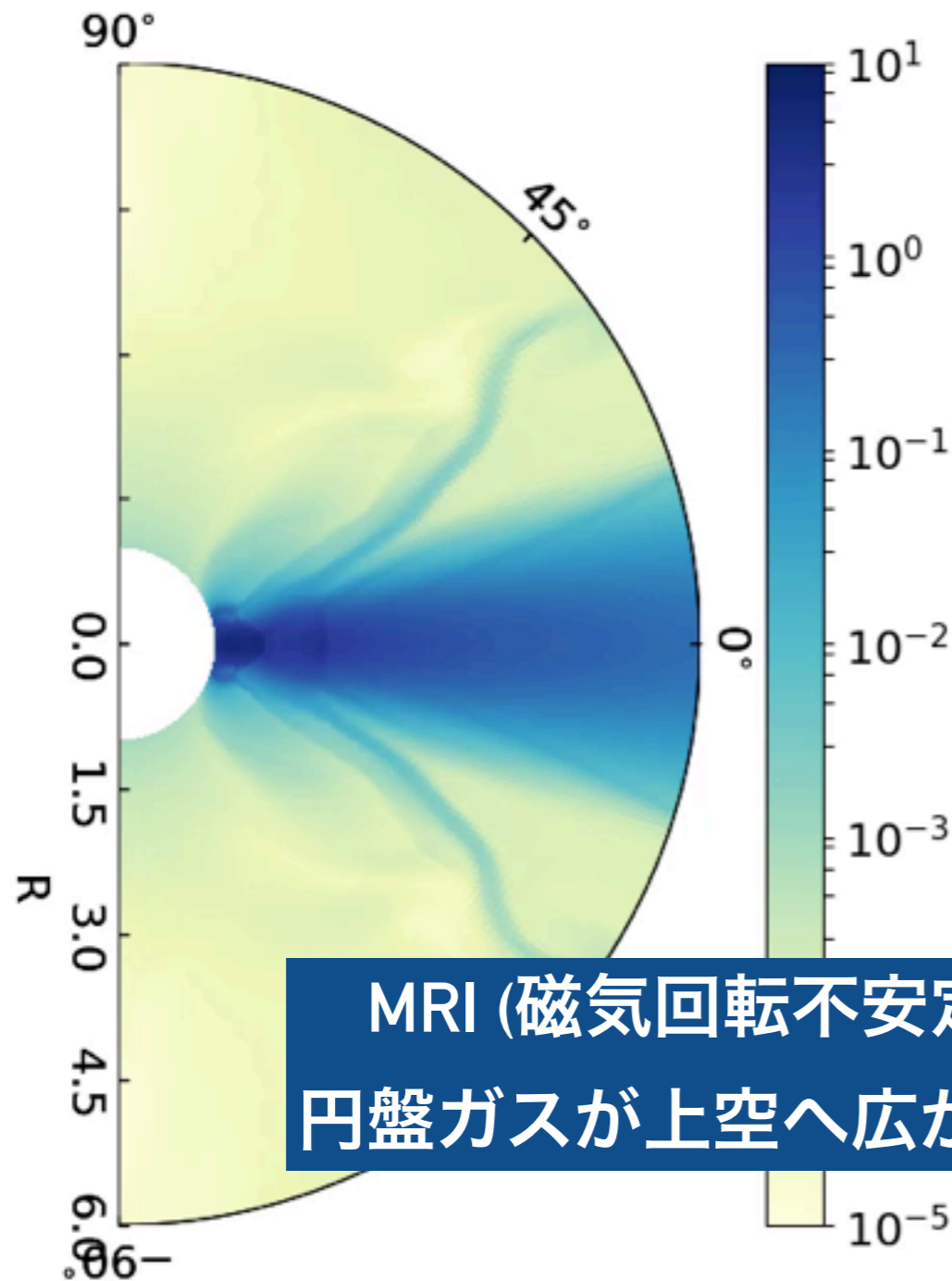


星半径の 50 倍まで (~ 0.5 au) を
0.5 yr (~ 400 回転@星表面) 追う

星近傍のガス分布

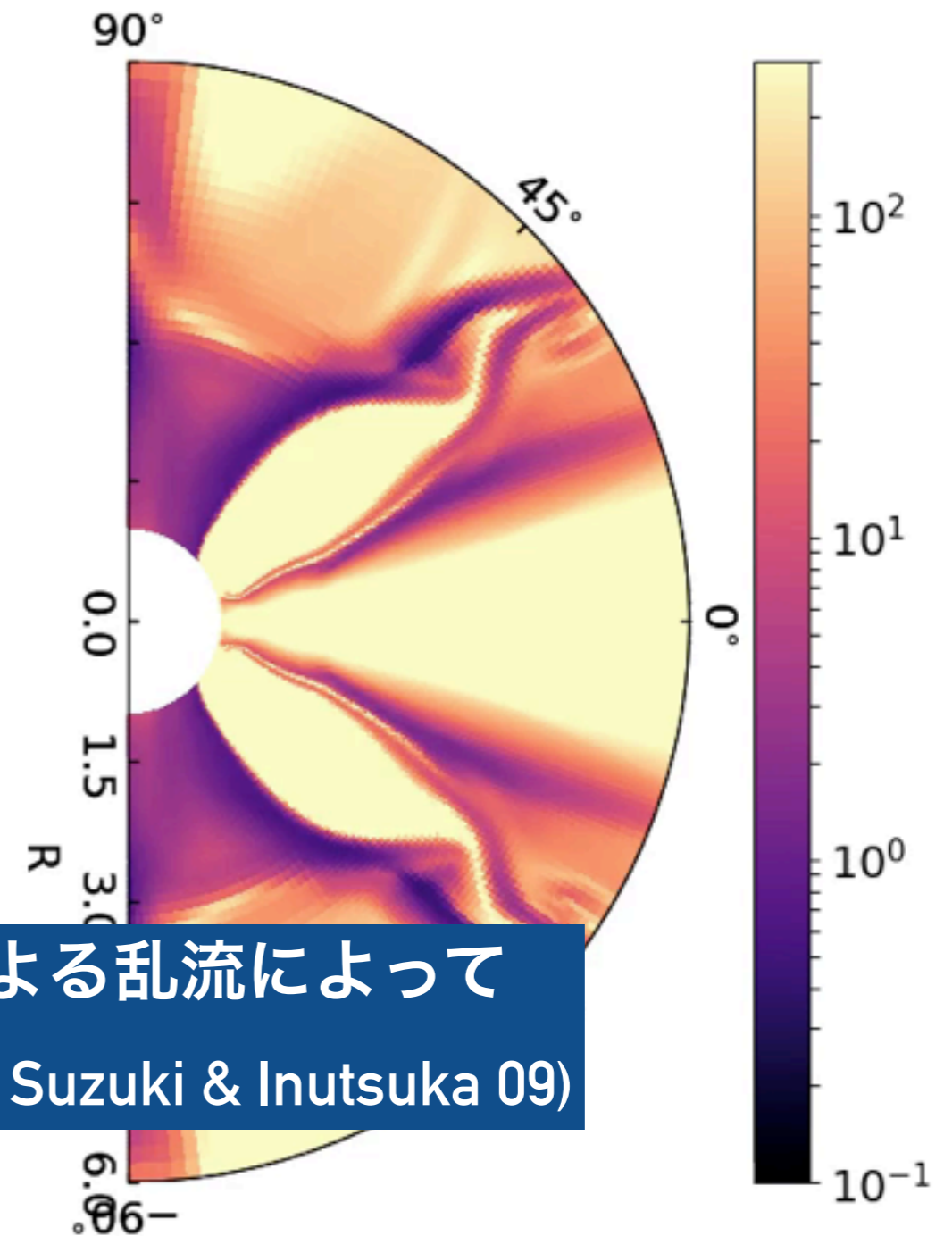
密度

Time = 1 Kepler rot. at R = 1



plasma beta (ガス圧 / 磁気圧)

Time = 1 Kepler rot. at R = 1

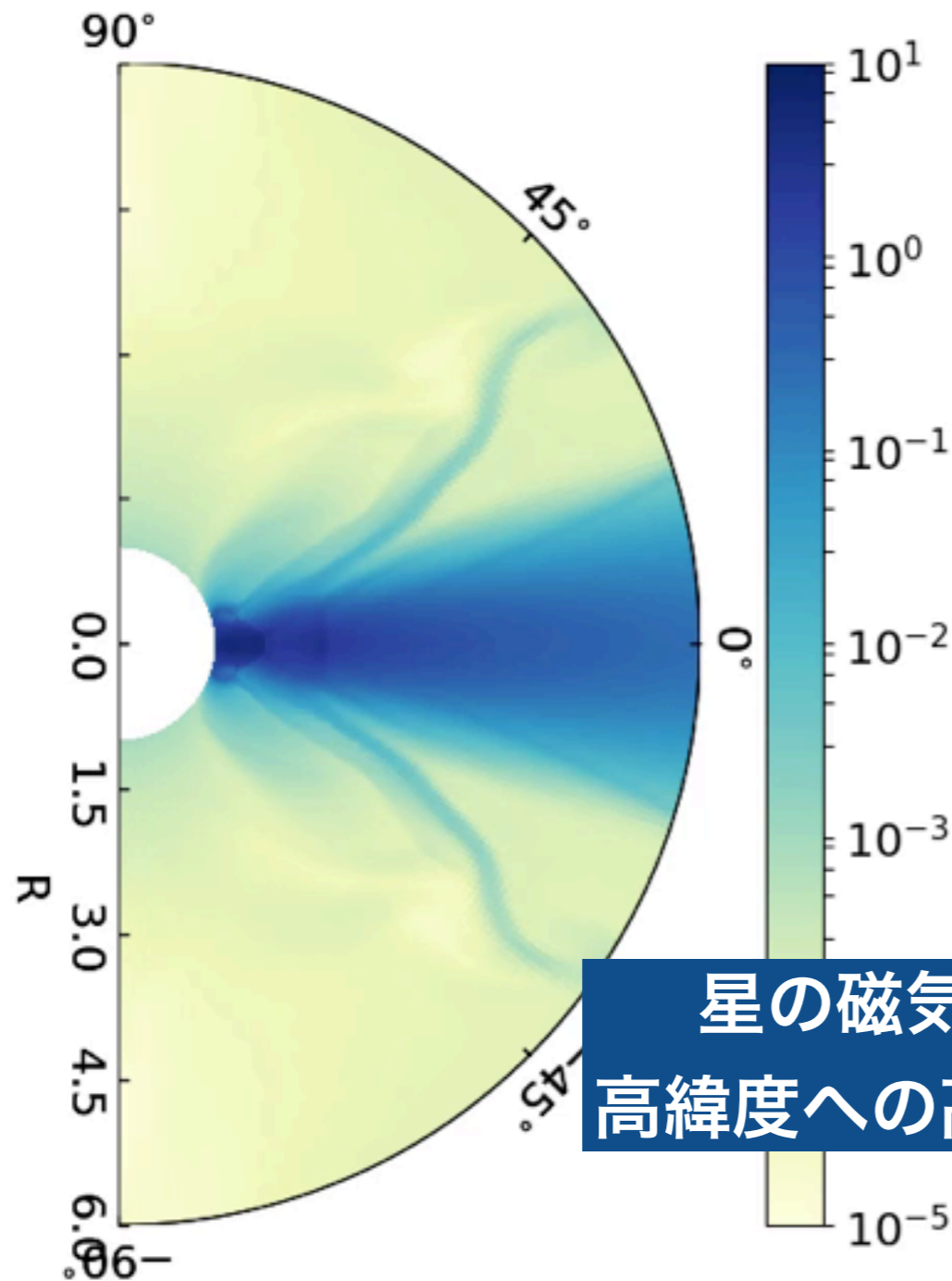


MRI (磁気回転不安定性) による乱流によって
円盤ガスが上空へ広がる (e.g. Suzuki & Inutsuka 09)

星近傍のガス分布

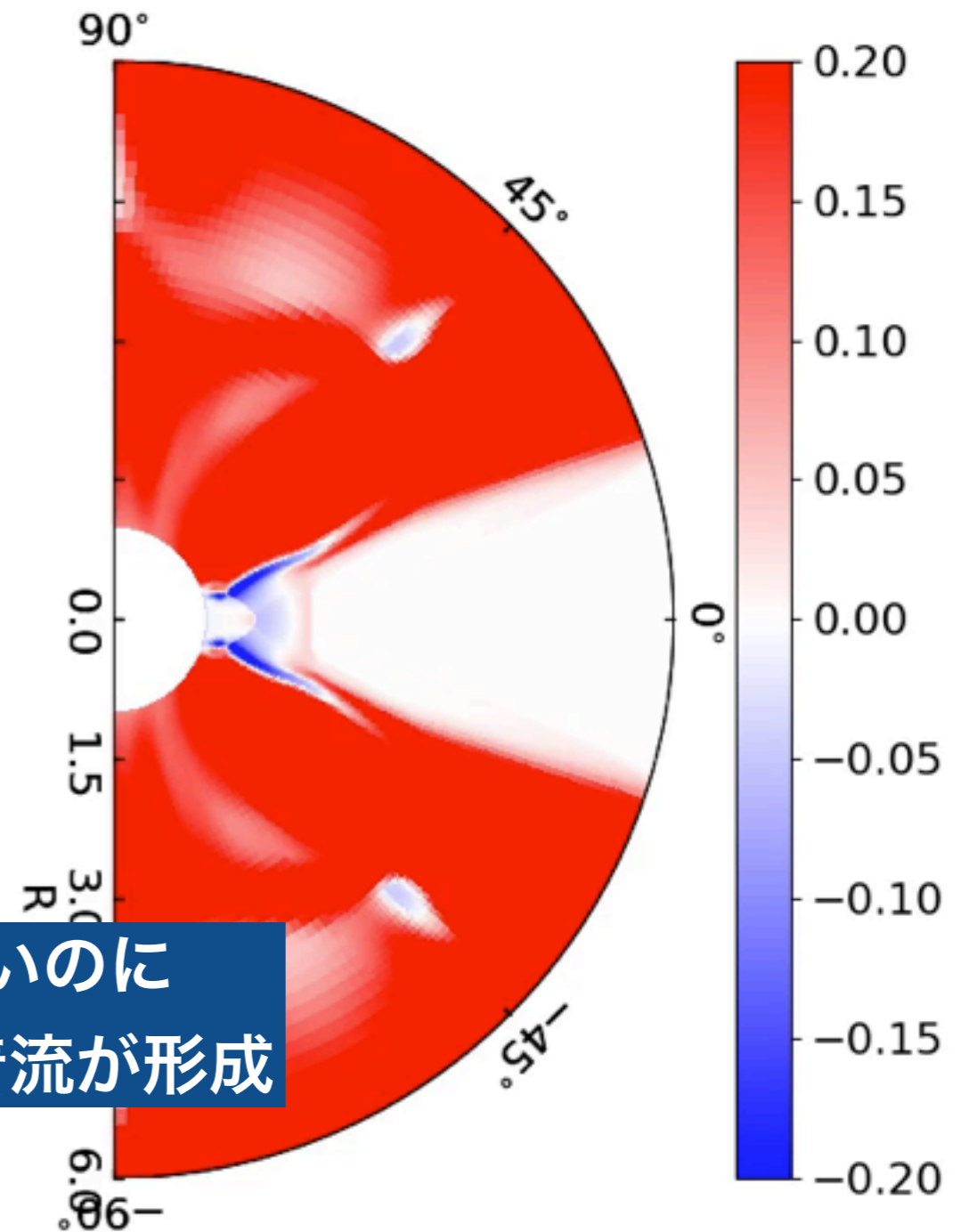
密度

Time = 1 Kepler rot. at R = 1



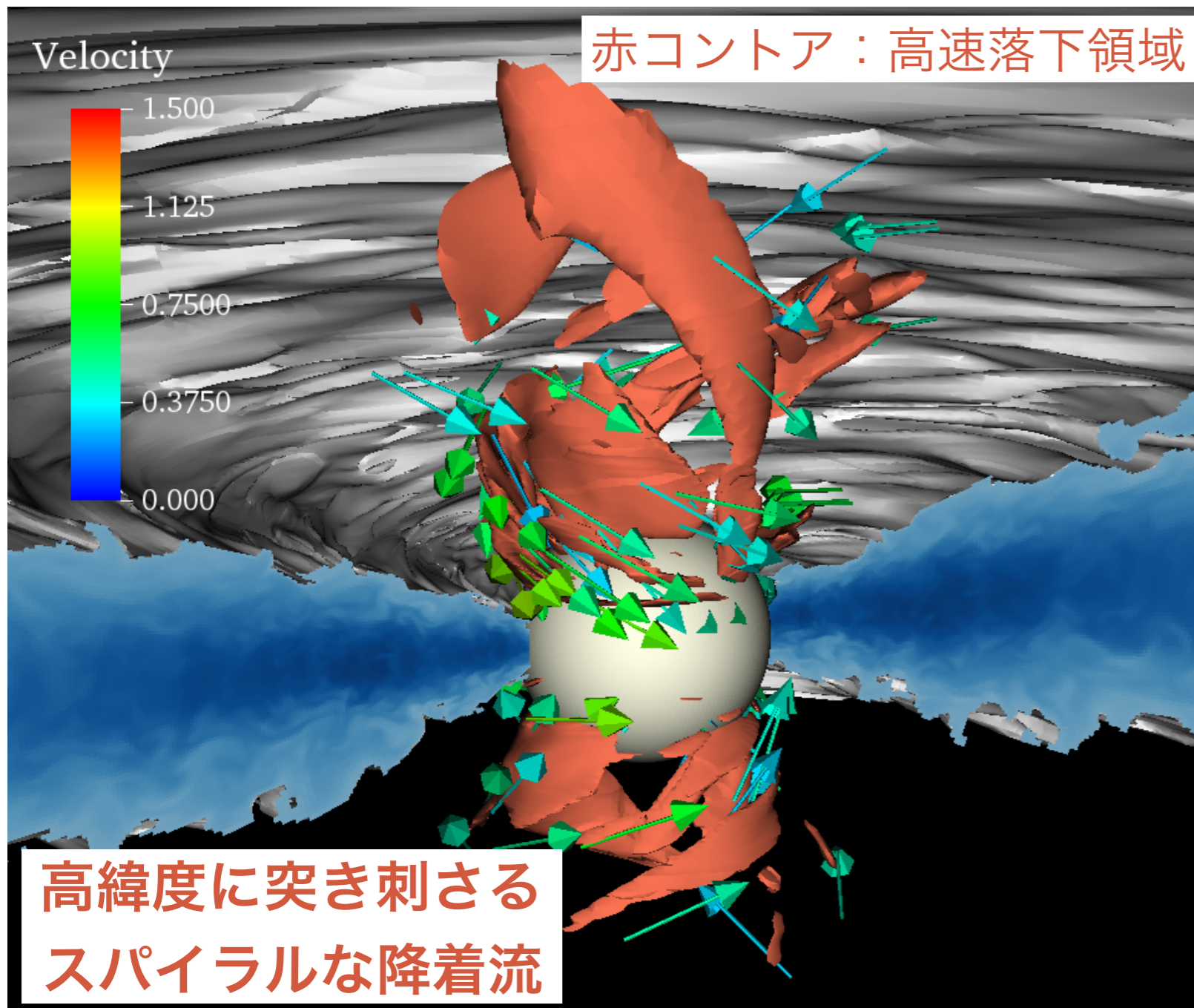
radial velocity

Time = 1 Kepler rot. at R = 1

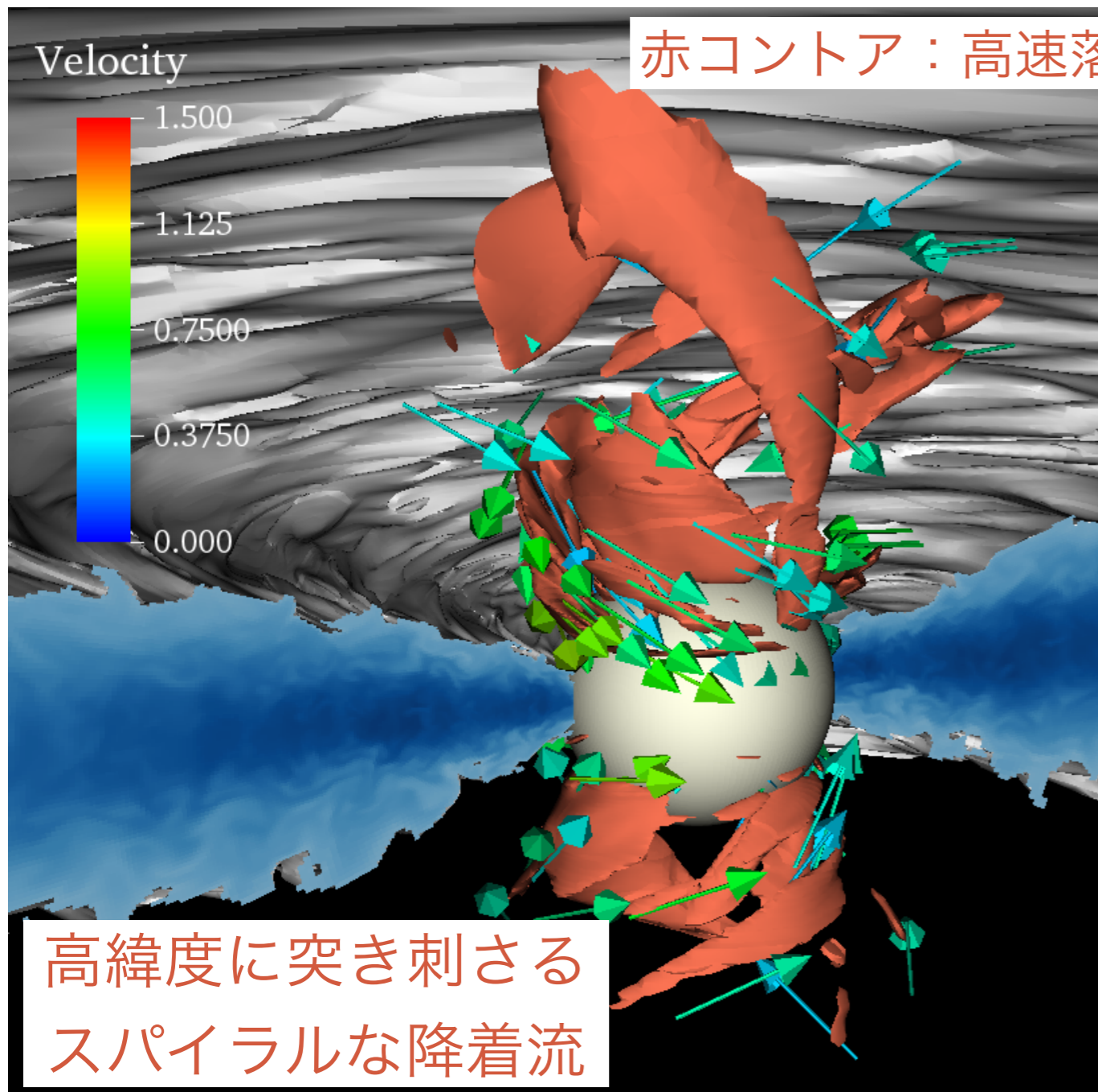


星の磁気圏がないのに
高緯度への高速降着流が形成

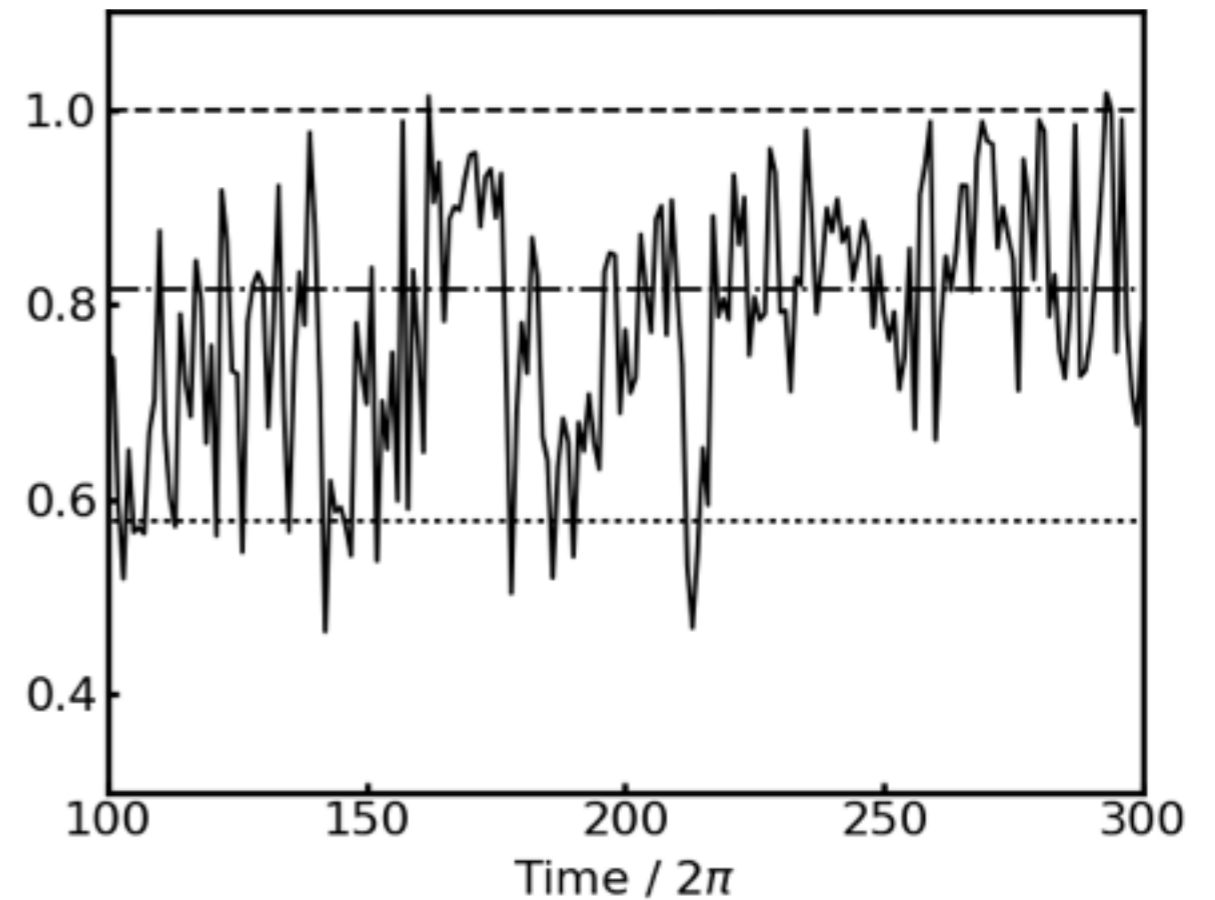
磁気圏がなくとも高緯度に激しい降着



磁気圏がなくとも高緯度に激しい降着



最大降着速度の時間変化

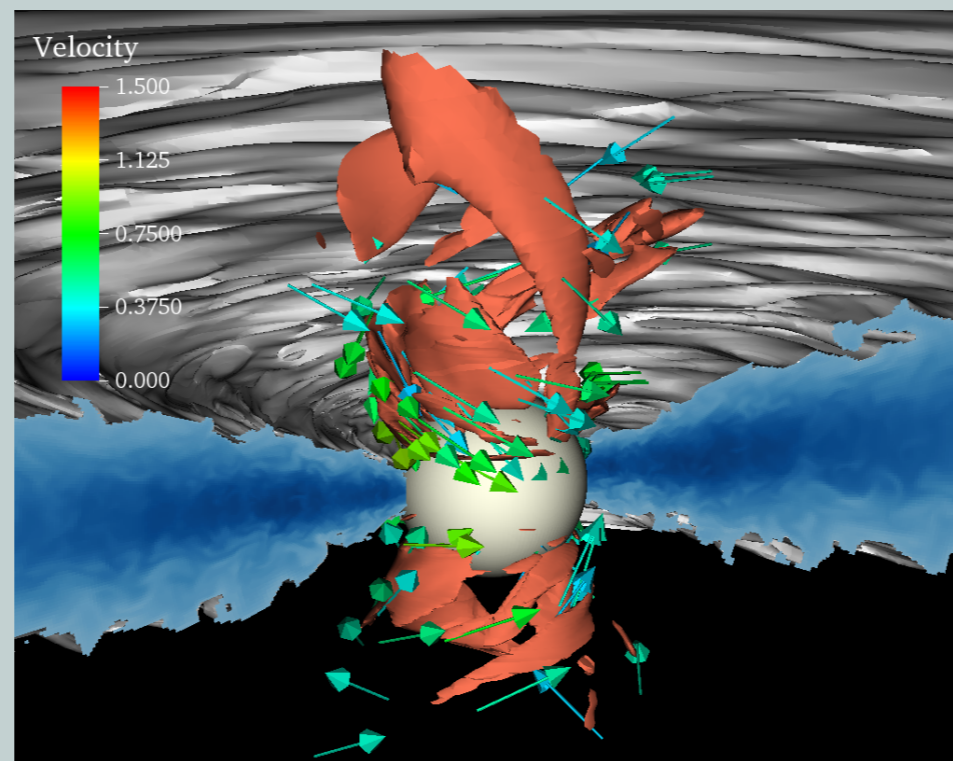
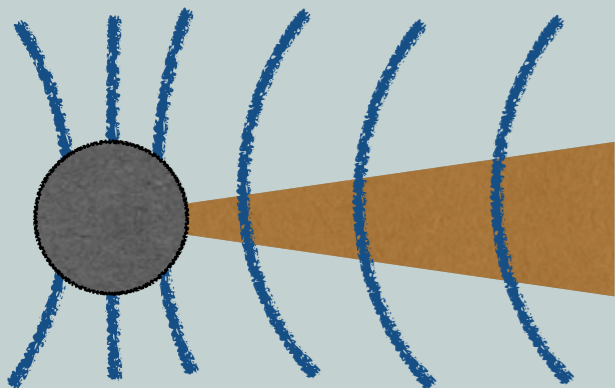


磁気圏なしでも $v_K \sim 0.7v_{esc}$
(>100 km/s) の激しい降着は可能
(降着衝撃波でX線を出す可能性)

まとめ

- ▶ 中心星への降着流の3次元構造を理解するため、
星近傍をモデル化した3次元磁気流体シミュレーションを実行
- ▶ 磁気圏がなくとも高緯度への高速降着が可能であることを示唆
- ▶ 降着星の観測と整合的な、**時間変動の激しい降着増光・減光**につながる降着形態を発見し**円盤ダイナモとの関係**を指摘

円盤降着



磁気圏降着

