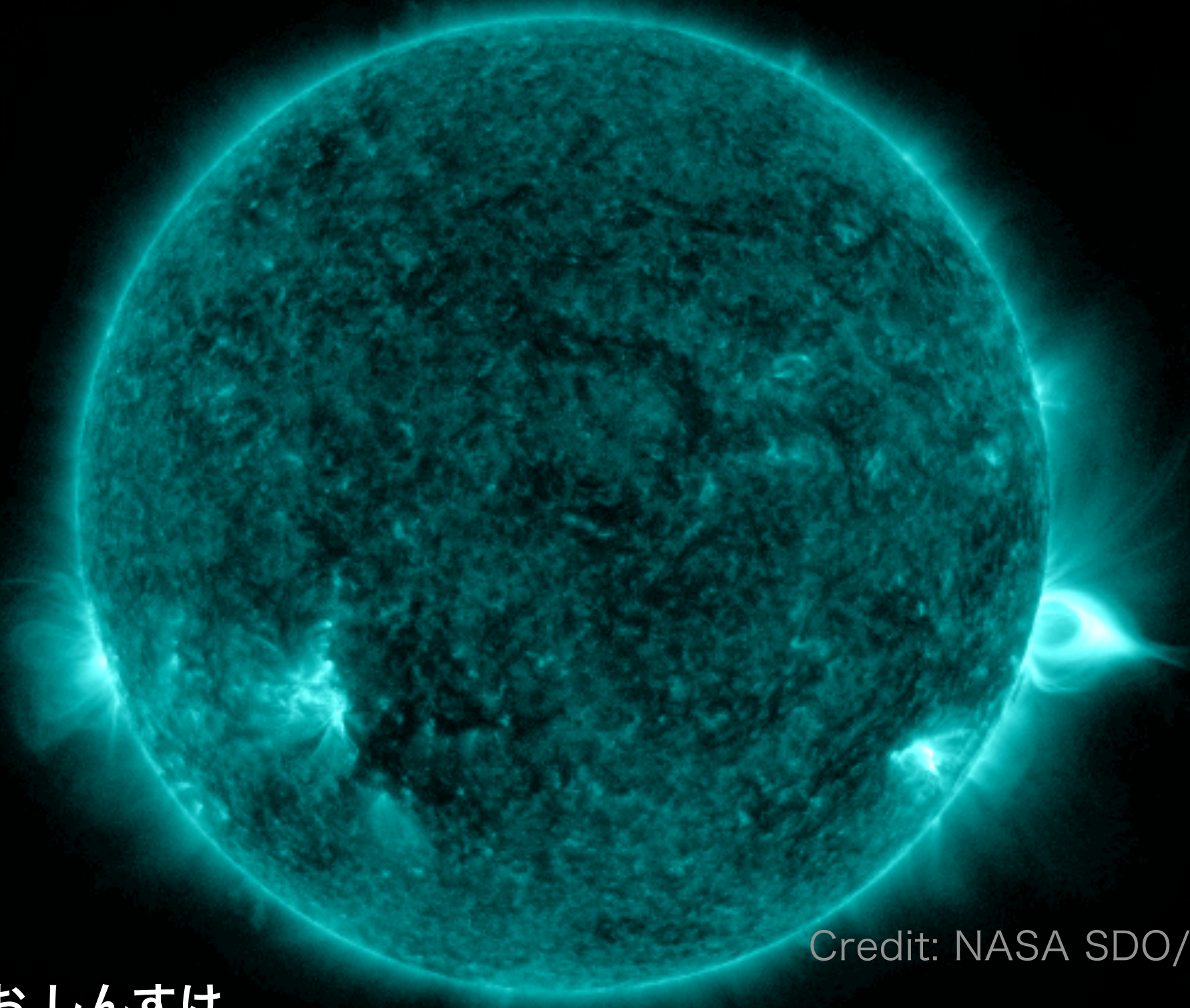
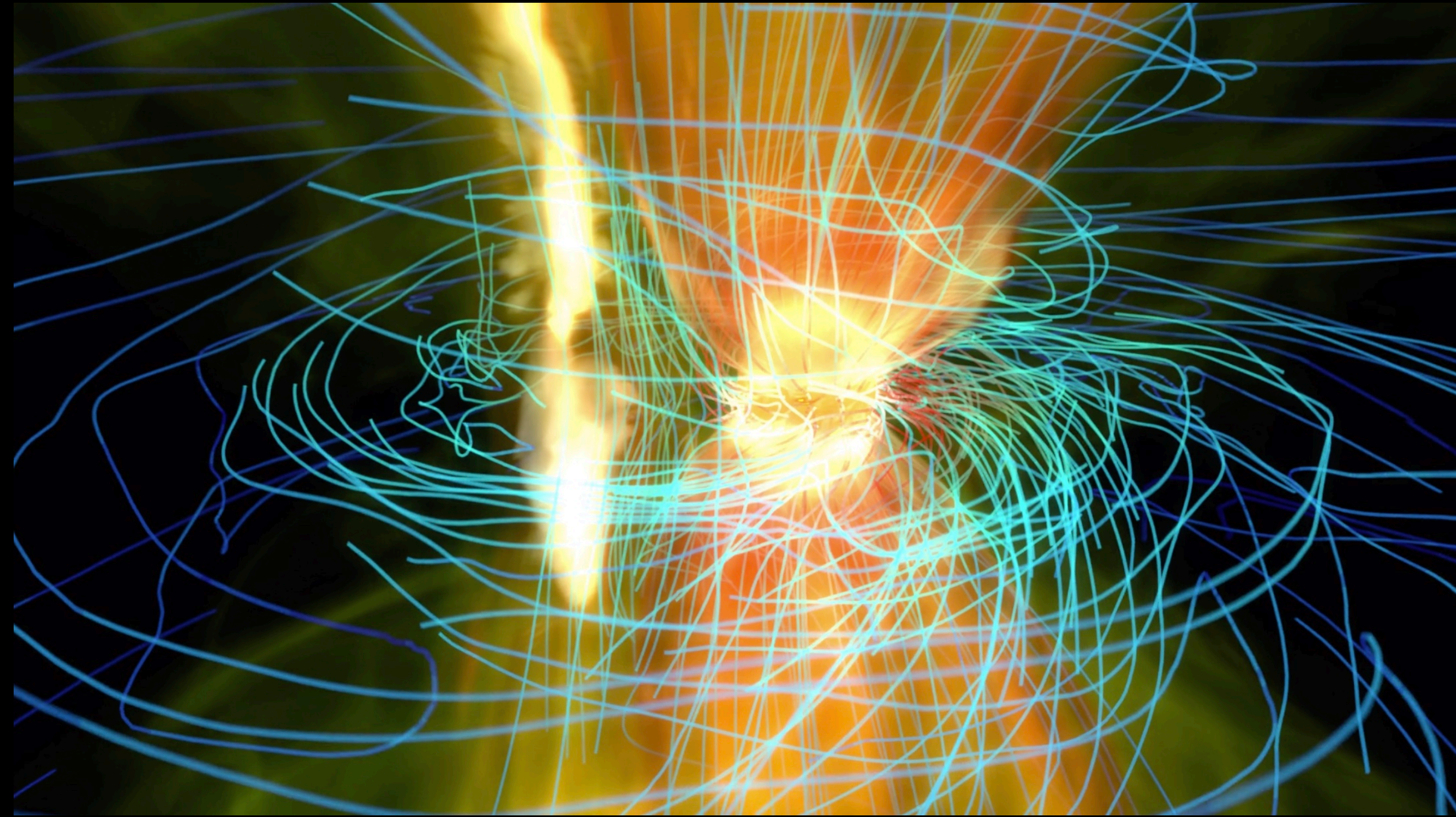


大阪大学での太陽・宇宙プラズマ研究の紹介



Credit: NASA SDO/AIA



たかさお しんすけ

高棹真介 (宇宙地球科学専攻 宇宙進化グループ)



[長峯 健太郎 \(NAGAMINE, Kentaro\)](#)

役職：教授 (Professor)

E-mail：kn^{※1}

居室：F622

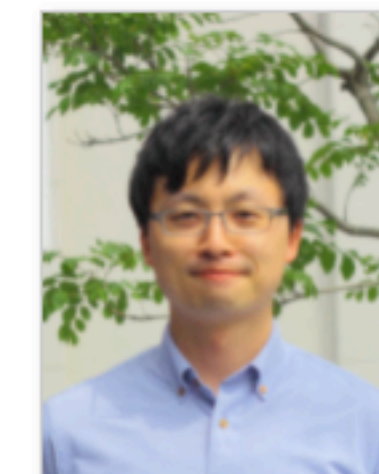


[井上 芳幸 \(INOUE, Yoshiyuki\)](#)

役職：准教授 (Associate Professor)

E-mail：yinoue^{※1}

居室：F614



[高棹 真介 \(TAKASAO, Shinsuke\)](#)

役職：助教 (Assistant Professor)

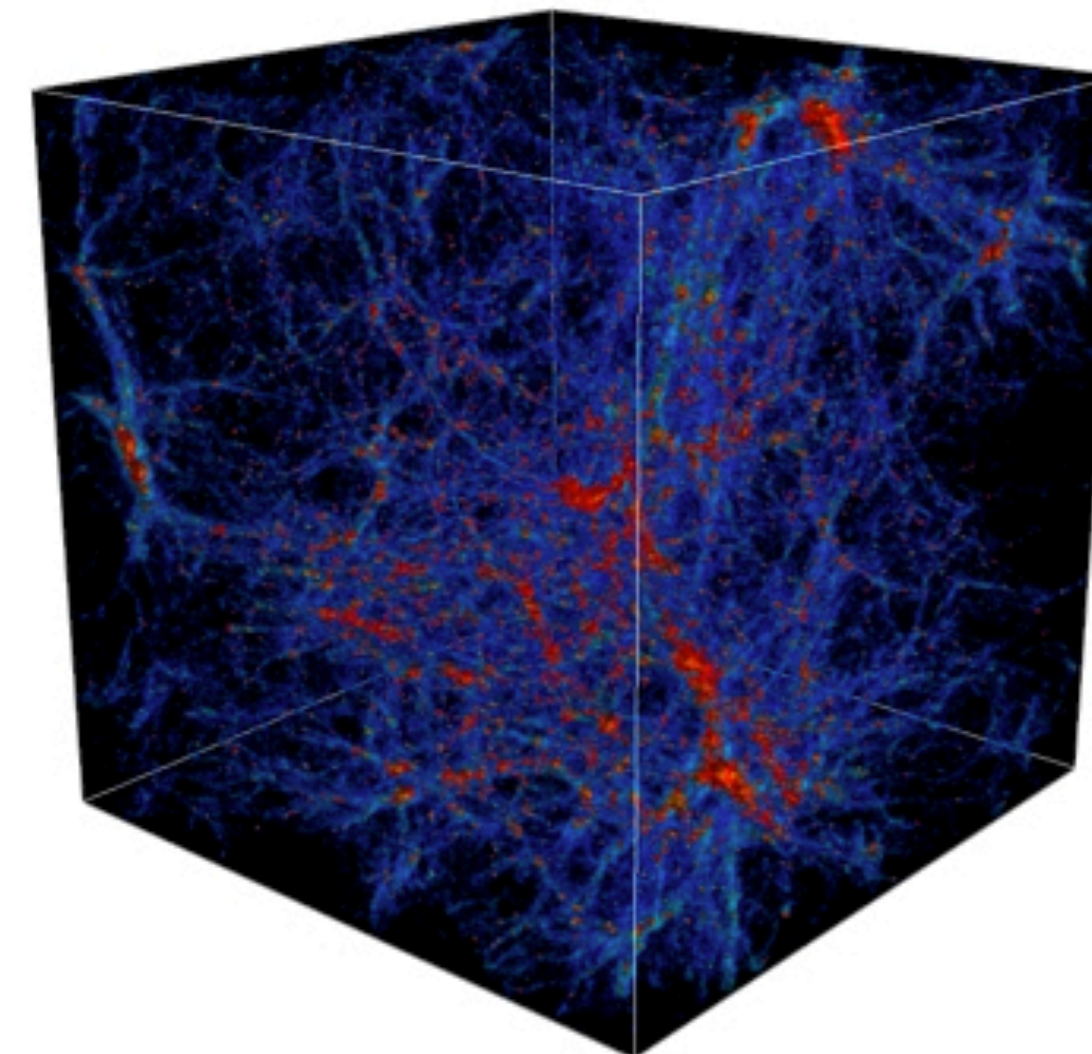
E-mail：takasao^{※1}

居室：F616

宇宙物理学・宇宙論の研究は理論・観測の両面にわたって急速に発展しており、新たな宇宙像が切り拓かれつつあります。

我々のグループでは主に理論的な側面から宇宙の謎に迫っています。宇宙を基礎物理学の検証の場として研究する立場と、観測事実を基礎に宇宙そのものの進化や天体現象を研究する立場の双方を大事にして研究を進め、幅広い視野を持つ研究者を養成しています。

具体的な研究テーマとしては、例えば、銀河や大規模構造の形成から宇宙の歴史を探求する宇宙論的構造形成、地上では再現できないような高いエネルギーで発生する天体現象、原始惑星系円盤を伴う星形成、中性子星やブラックホールといった極限天体、時空のゆがみである重力波など、幅広いテーマの研究を行っています。これらの研究を進めてゆく上で、特に物理学の対象としての宇宙研究であることを重視しています。



Isaac Shlosman (招へい教授)

Luca Baiotti (兼任准教授)

Renyue Cen (招へい教員)



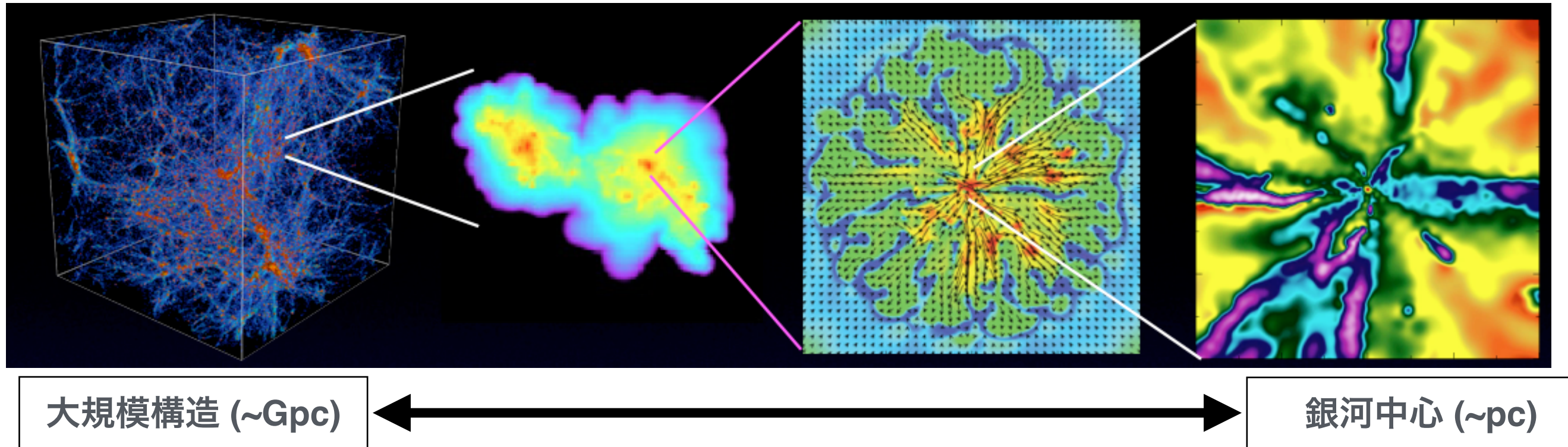
幅広い宇宙物理のテーマを扱う阪大の理論研究室

阪大 宇宙進化グループ (長峯研)

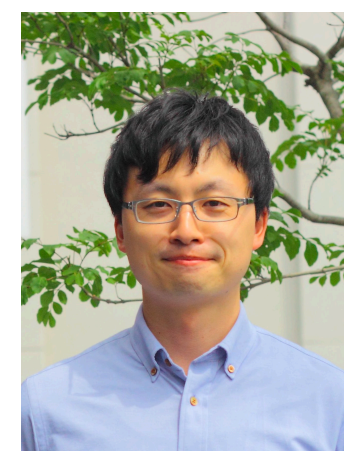
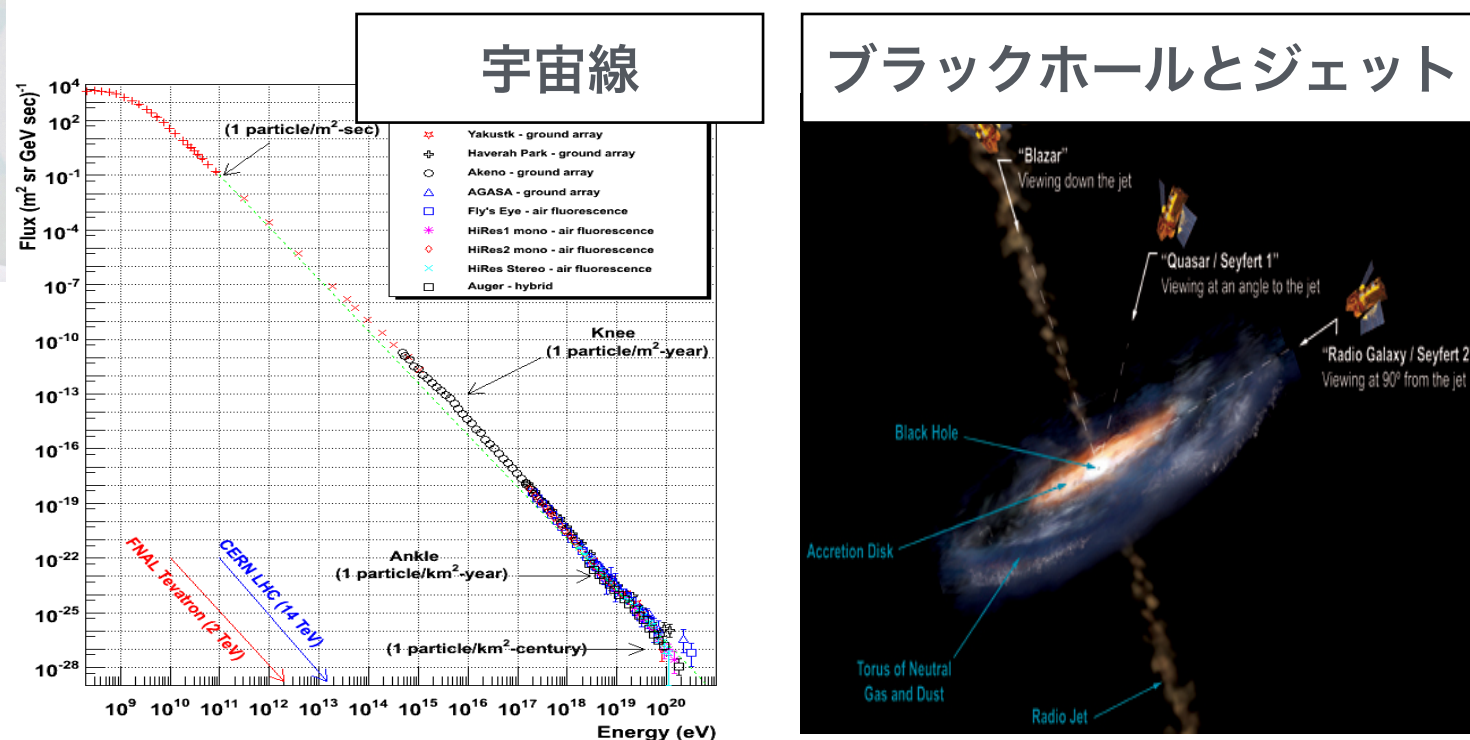
<http://astro-osaka.jp/OUTAP/index.html>



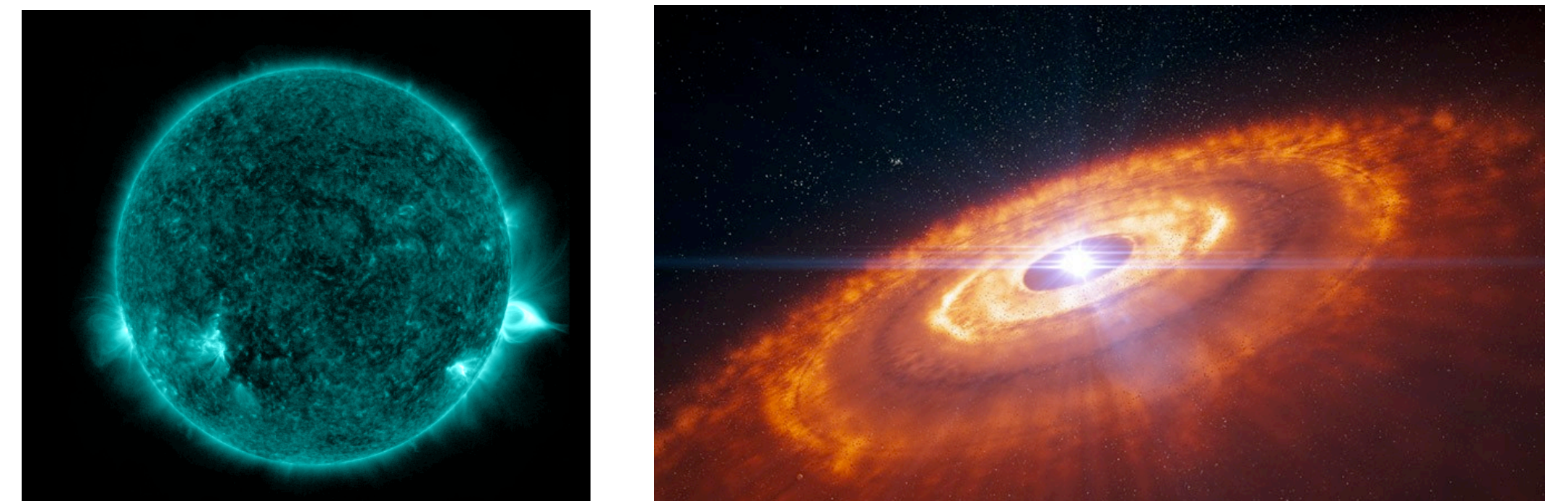
長峯 教授：宇宙論的構造形成・銀河形成



井上 准教授：高エネルギー天文学



高棹 助教：太陽・恒星物理、星・惑星形成、銀河

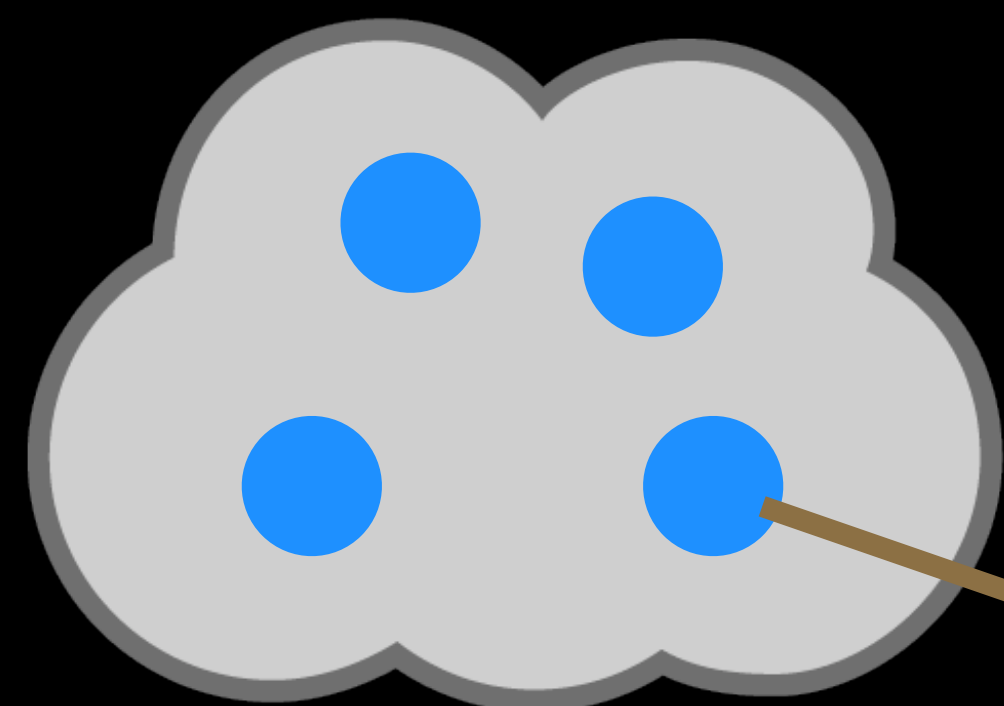


ブラックホール、相対論的ジェット、
中性子星、暗黒物質、宇宙線の起源

幅広い時空間・エネルギースケールをカバーする、珍しい理論研究室

太陽や惑星はどのように生まれた？

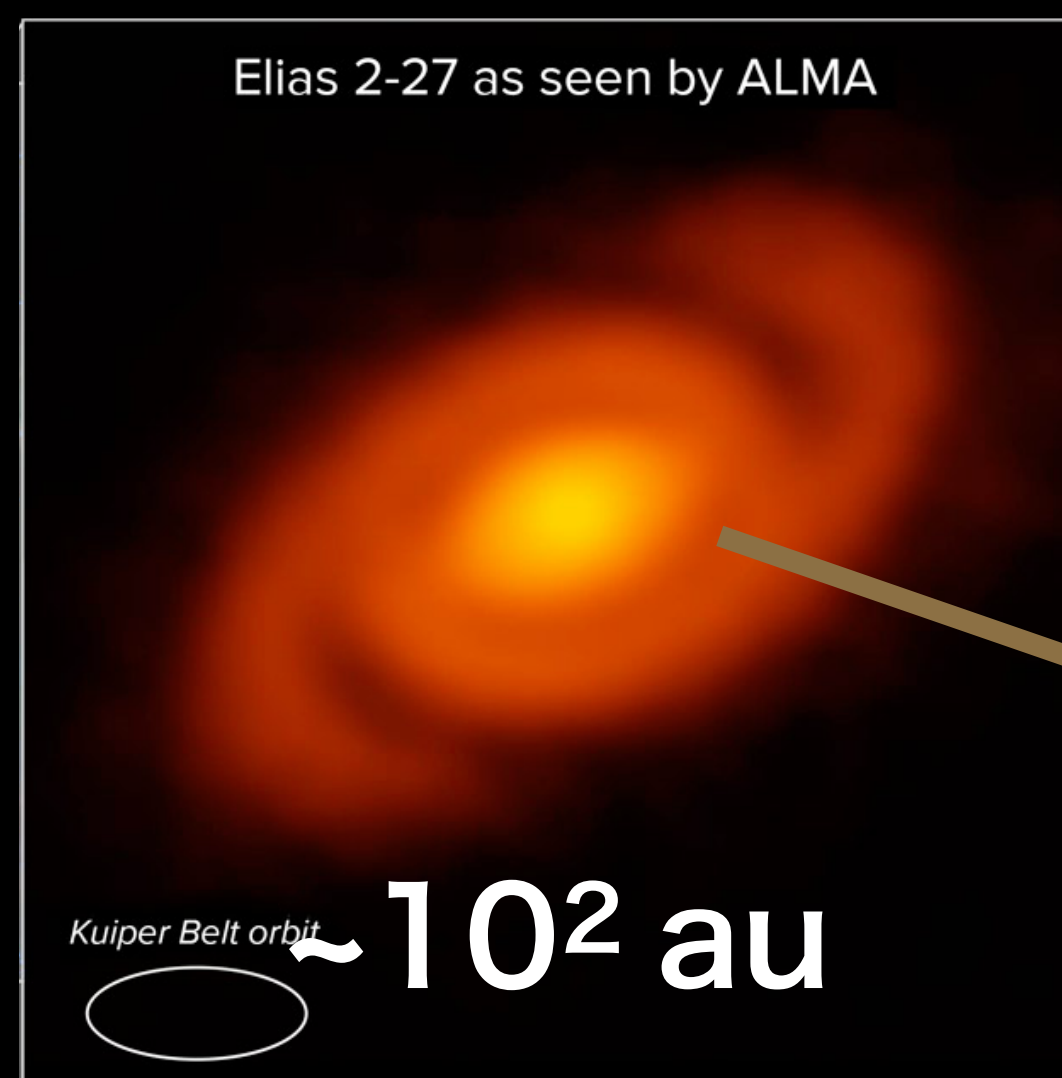
分子雲コア



$\sim 10^4$ au

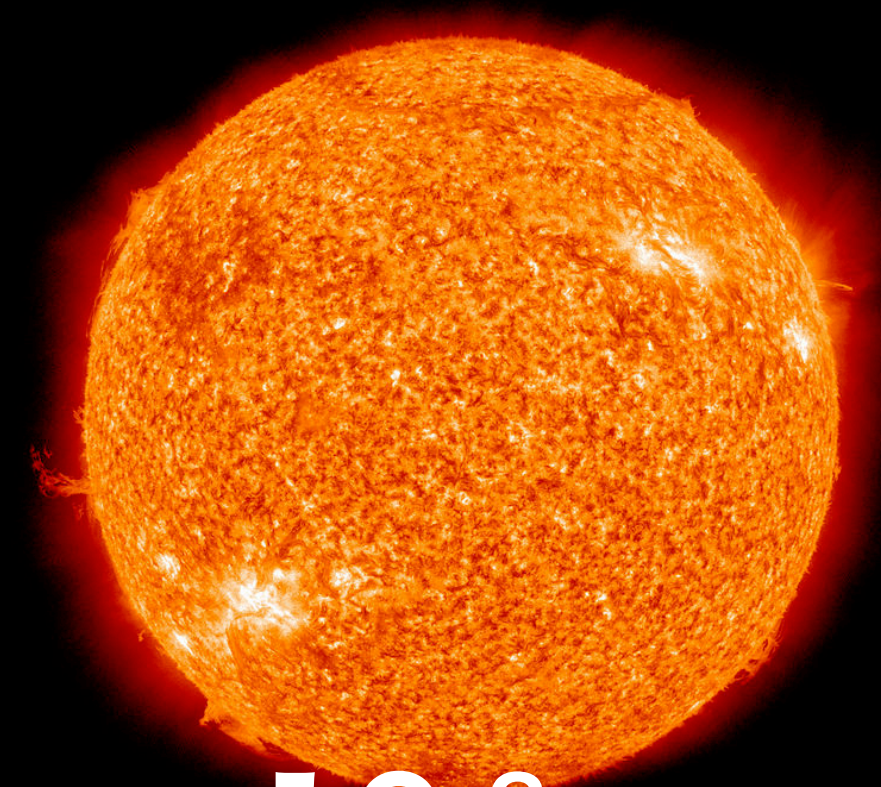
重力収縮

原始星と回転円盤（降着円盤）



Credit: B. Saxton (NRAO/AUI/NSF);
ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), L. Pérez (MPIFR)

太陽系の形成



$\sim 10^{-2}$ au

太陽系の太陽・惑星の性質は
ガスの集まり方（質量降着機構）で決定。
太陽で学んだことを応用すると道が開ける話題が無数にある

星形成過程での、大スケールの相互作用

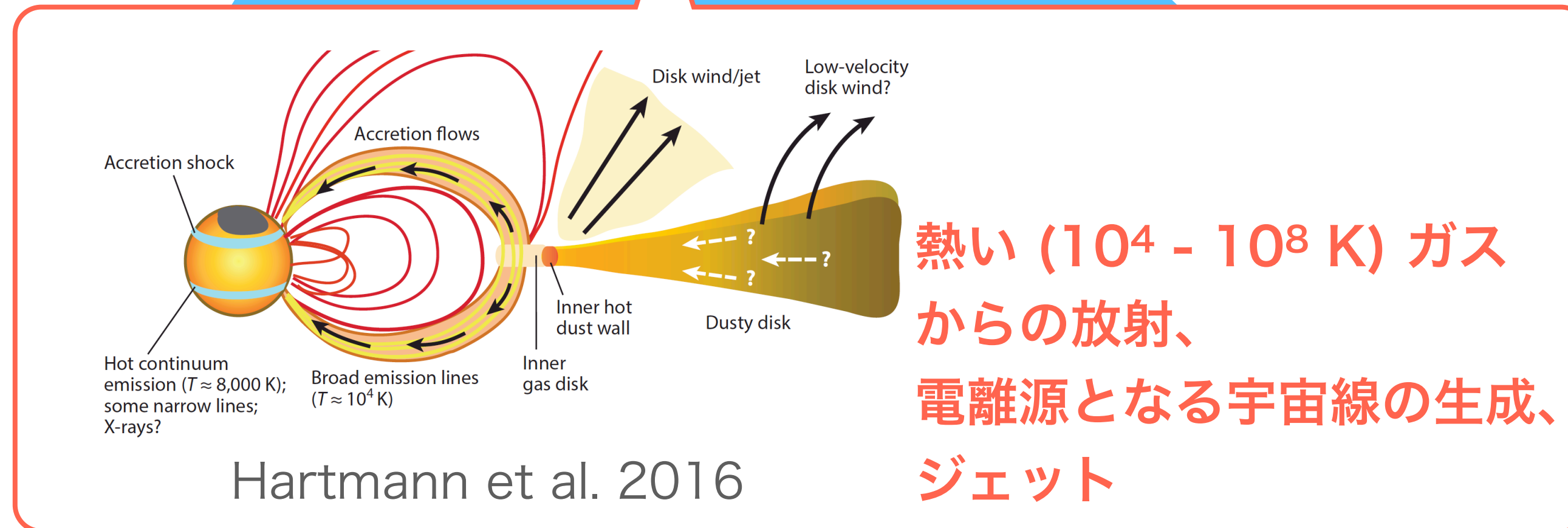
大スケール ($\sim 10^4$ au かそれ以上)

小スケール (原始星やその周辺)

ガスと磁場を
供給

小スケールからの影響

冷たく (< 100 K), あまり電離していないガス



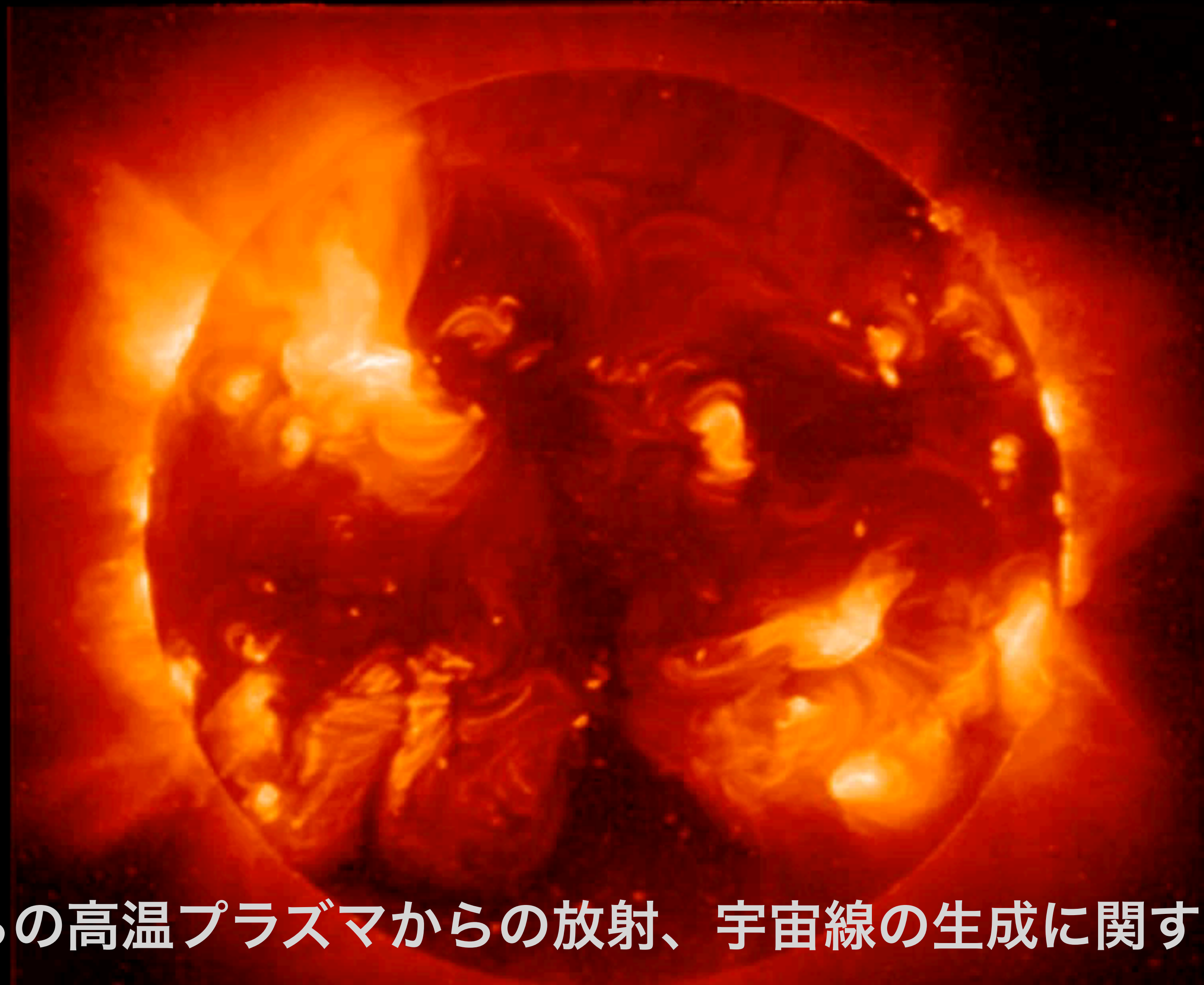
熱い ($10^4 - 10^8$ K) ガス
からの放射、
電離源となる宇宙線の生成、
ジェット

周辺環境に
インパクト

研究の特色：システムの内側境界条件としての星の性質を理解する

2000/06/05

X線でみた太陽



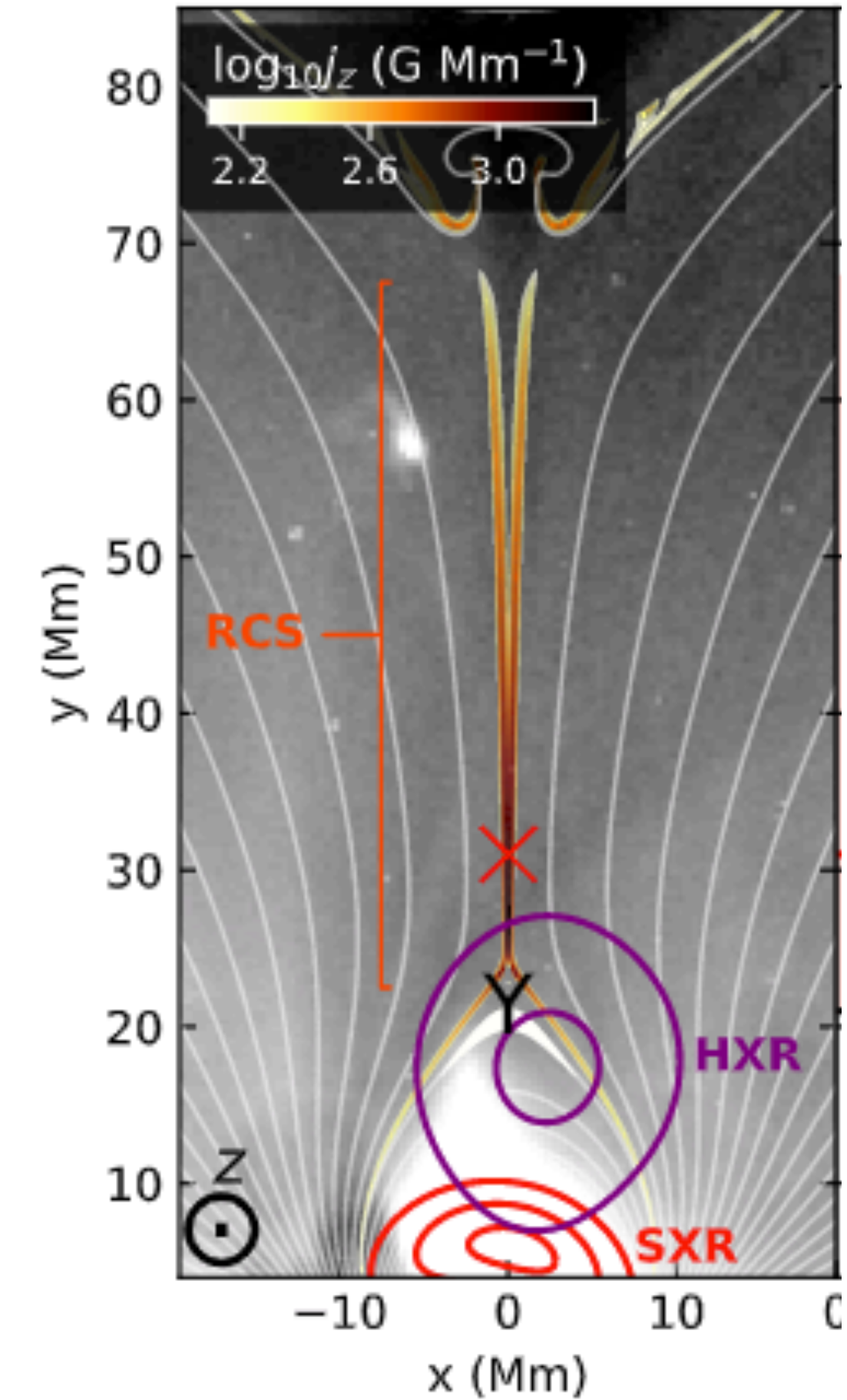
星からの高温プラズマからの放射、宇宙線の生成に関する研究

Yohkoh / SXT
Kyoto 4D

太陽フレアでの高エネルギー電子の起源は??

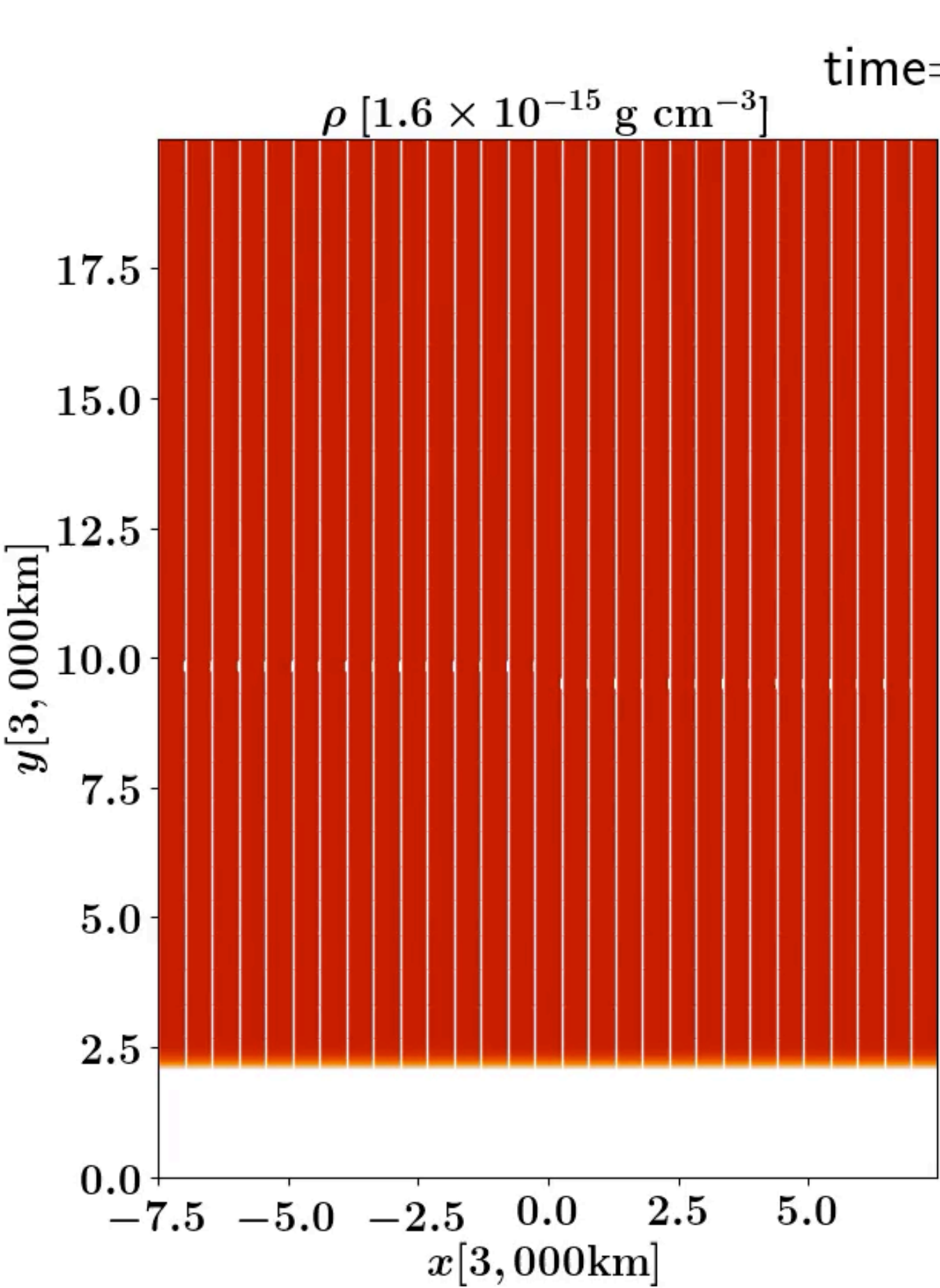


Bin Chen et al. 2020

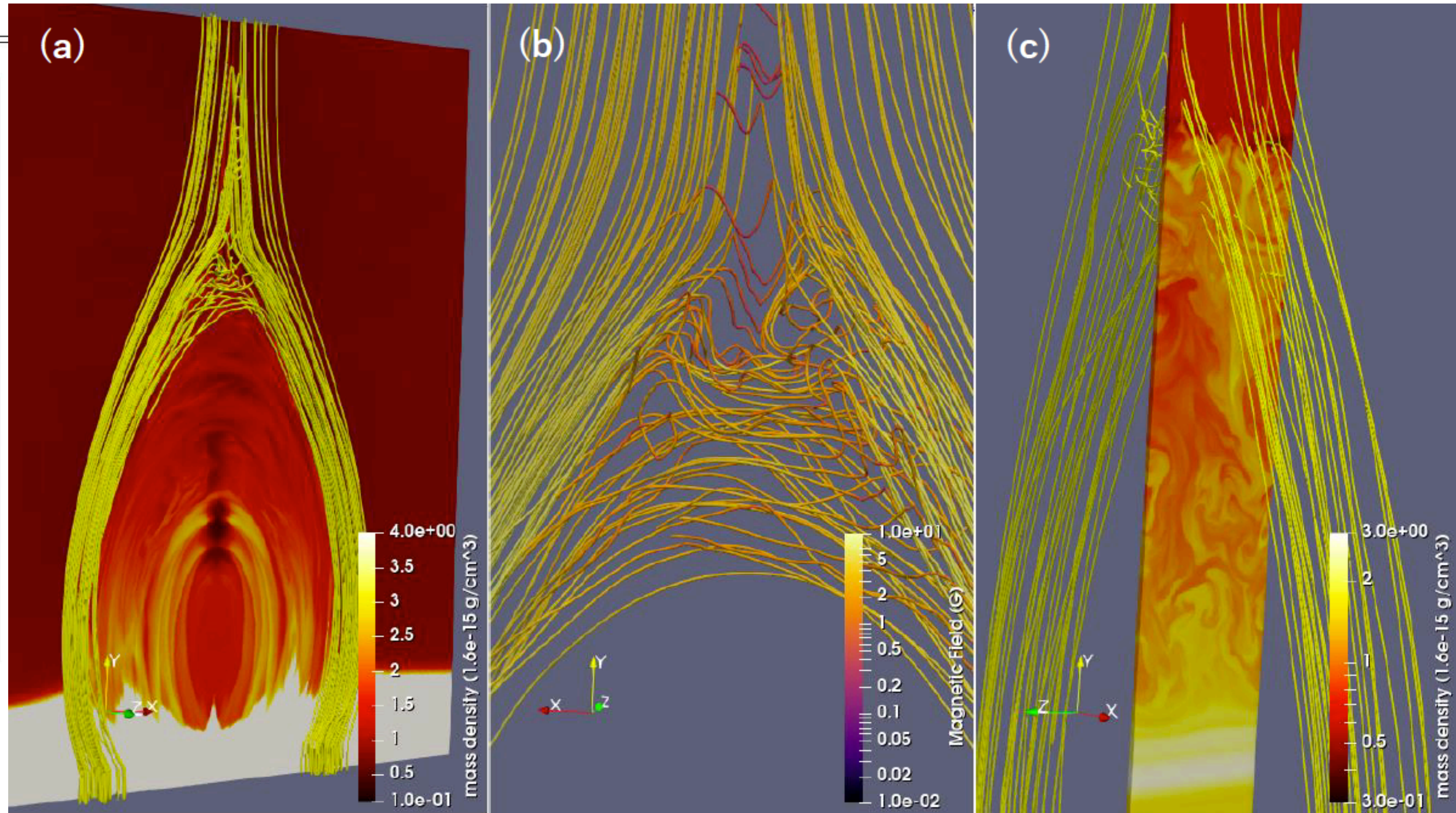


フレアループのてっぺんで準相対論的な電子からの放射が強い。乱流も強そう。なぜ??

太陽フレアでの高エネルギー電子の起源は??



現M1の柴田さんによる
3次元シミュレーション



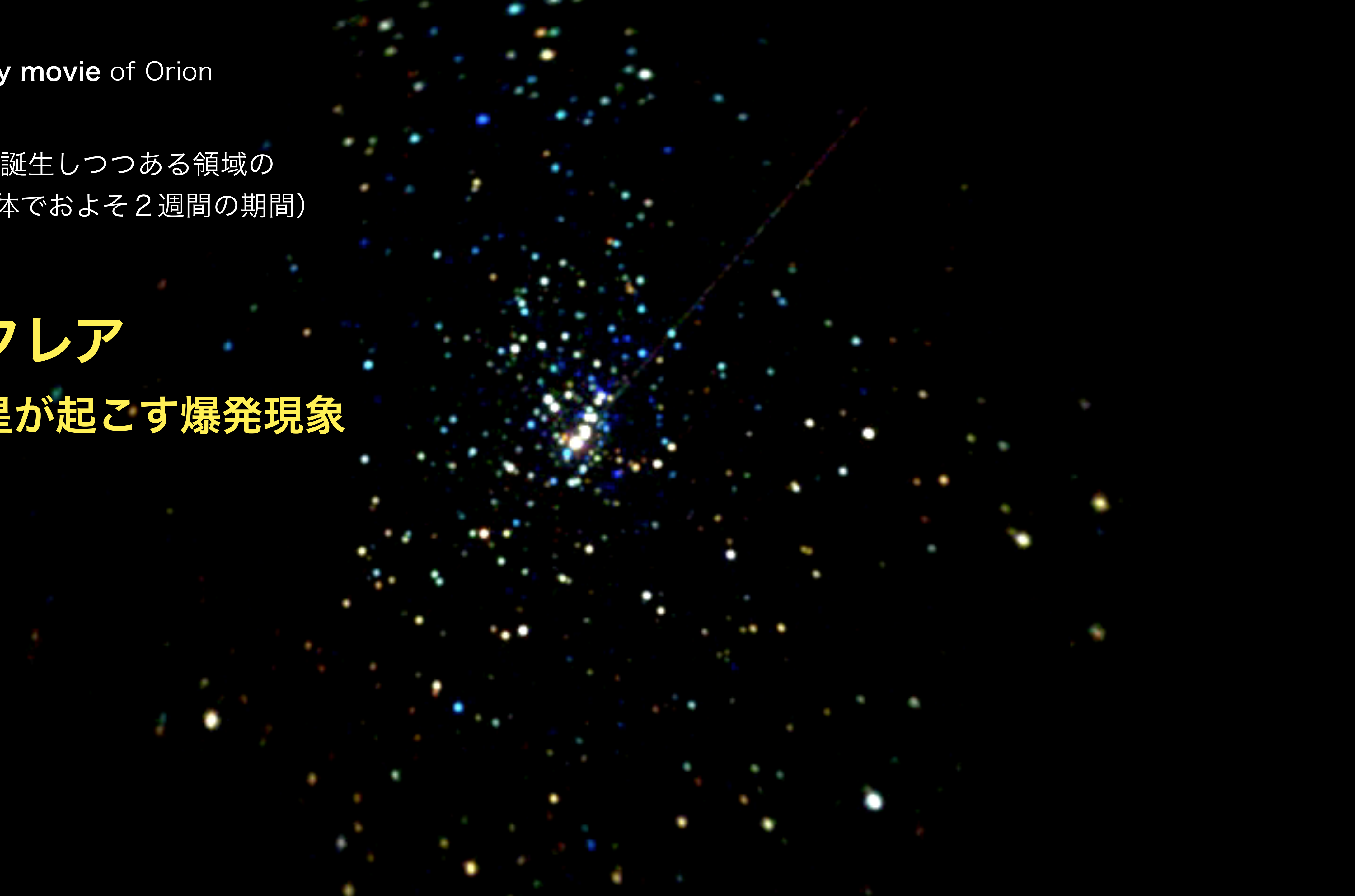
自発的な乱流構造の形成を発見！
高エネルギーな電子への影響も調査中

Chandra **X-ray movie** of Orion

たくさんの星が誕生しつつある領域の
X線の動画（全体でおよそ2週間の期間）

原始星フレア

赤ちゃん星が起こす爆発現象



Chandra X-ray movie of Orion

たくさんの星が誕生しつつある領域の
X線の動画（全体でおよそ2週間の期間）

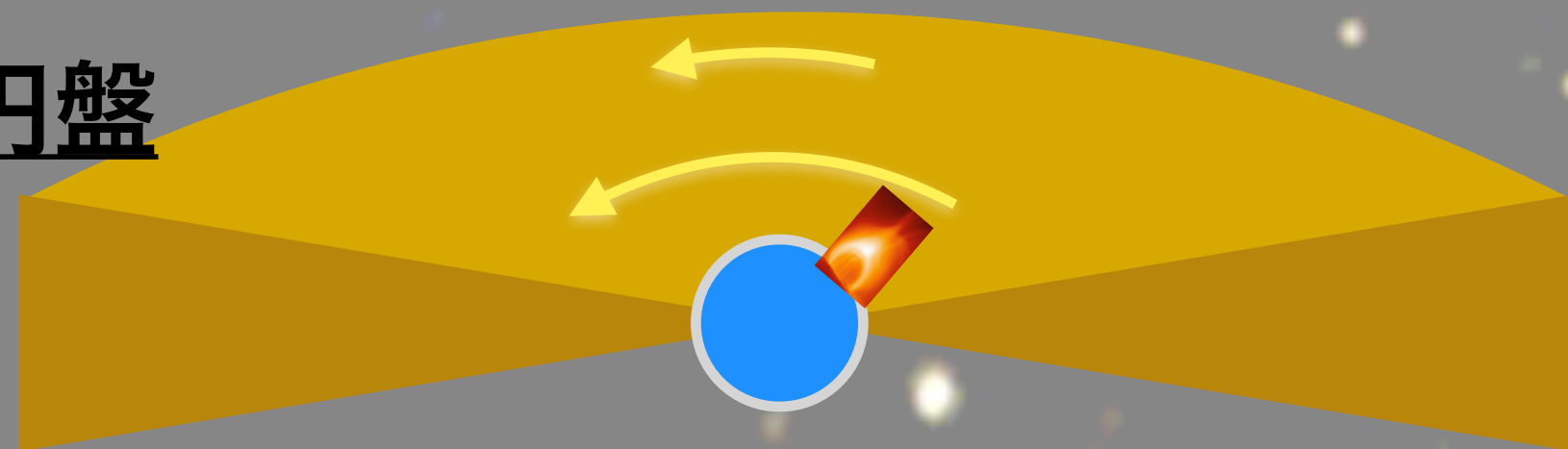
原始星フレア

赤ちゃん星が起こす爆発現象

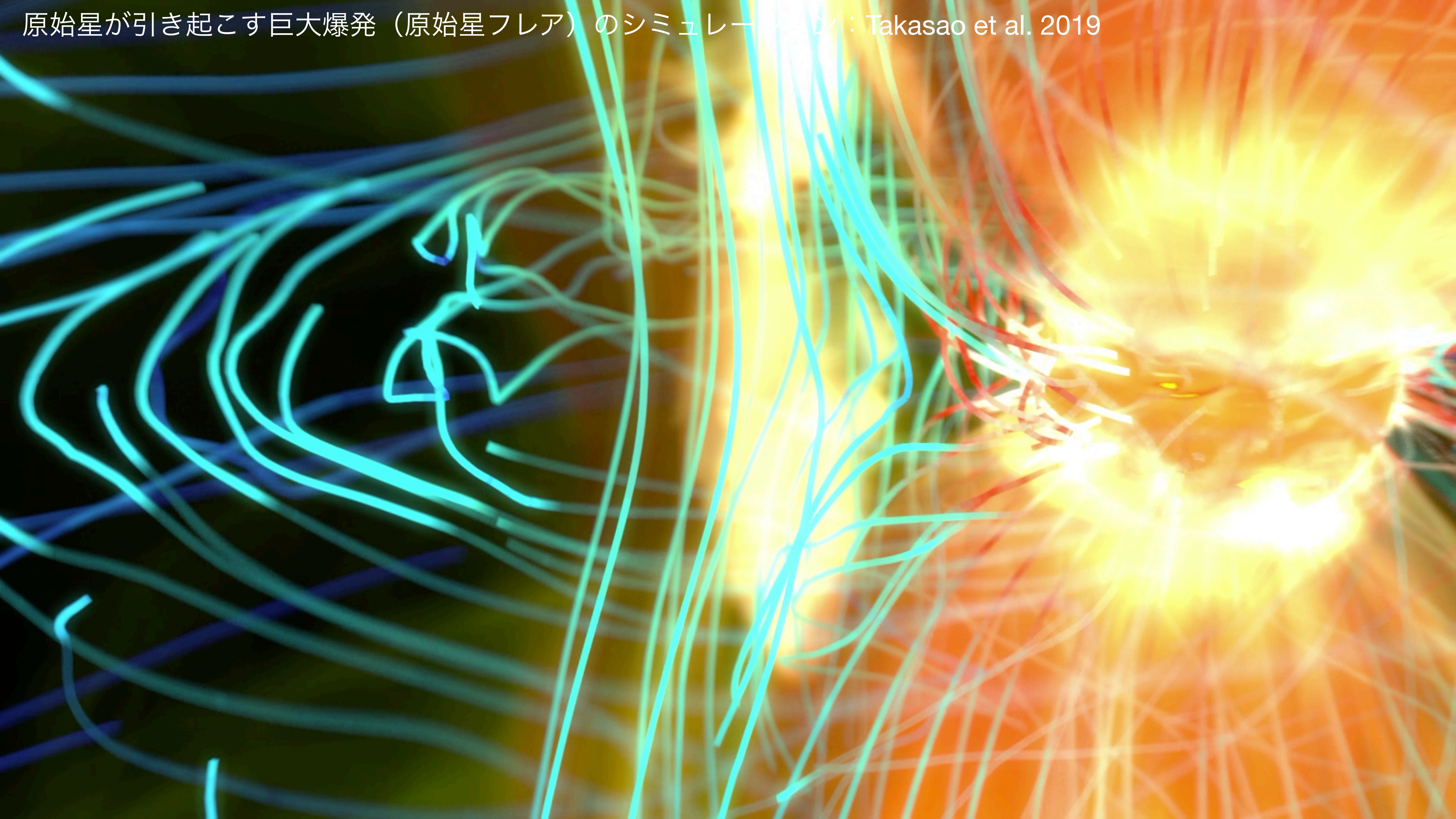
X線から見積もったエネルギー： 10^{34} - 10^{37} erg

>> 最大級の太陽フレアの全エネルギー ($\sim 10^{32}$ erg)

降着円盤



巨大なフレアは、円盤からの助けを得て生じているのでは？

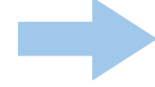
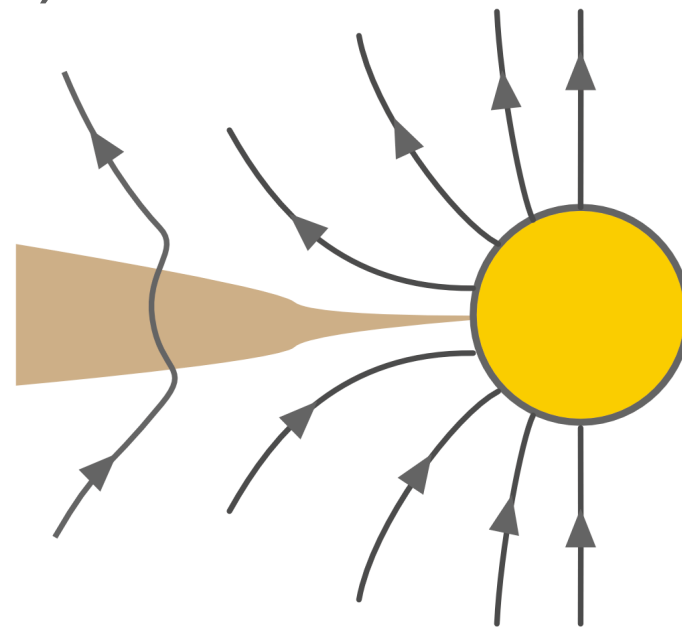
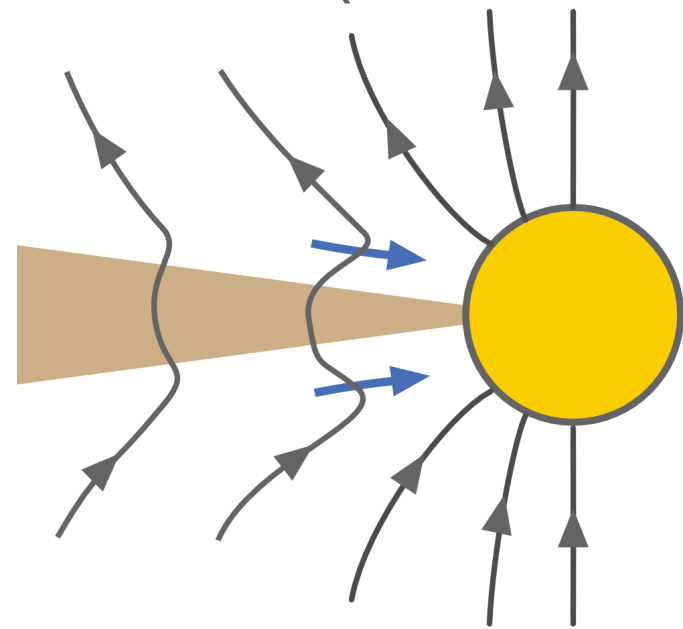


ガスの集積（降着）と磁気リコネクション

原始星フレアの発生機構 (Takasao et al. 2019):

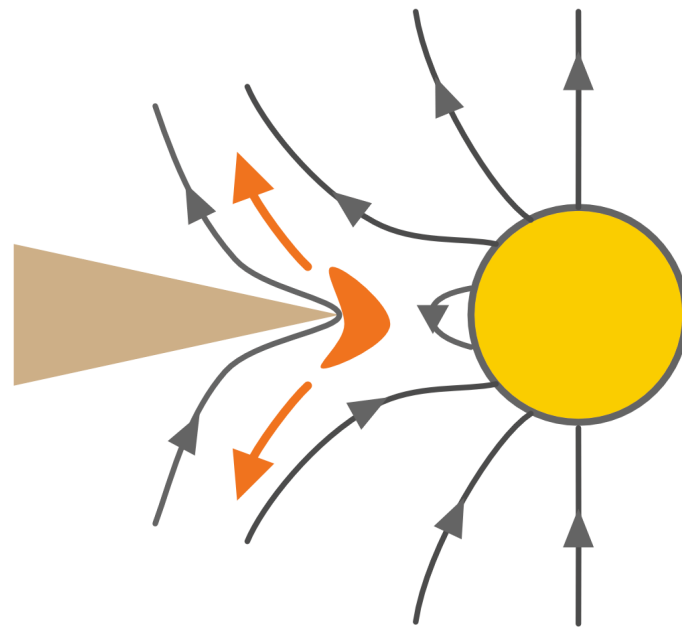
降着ガスが磁場を引きずり集める

(エネルギー蓄積)



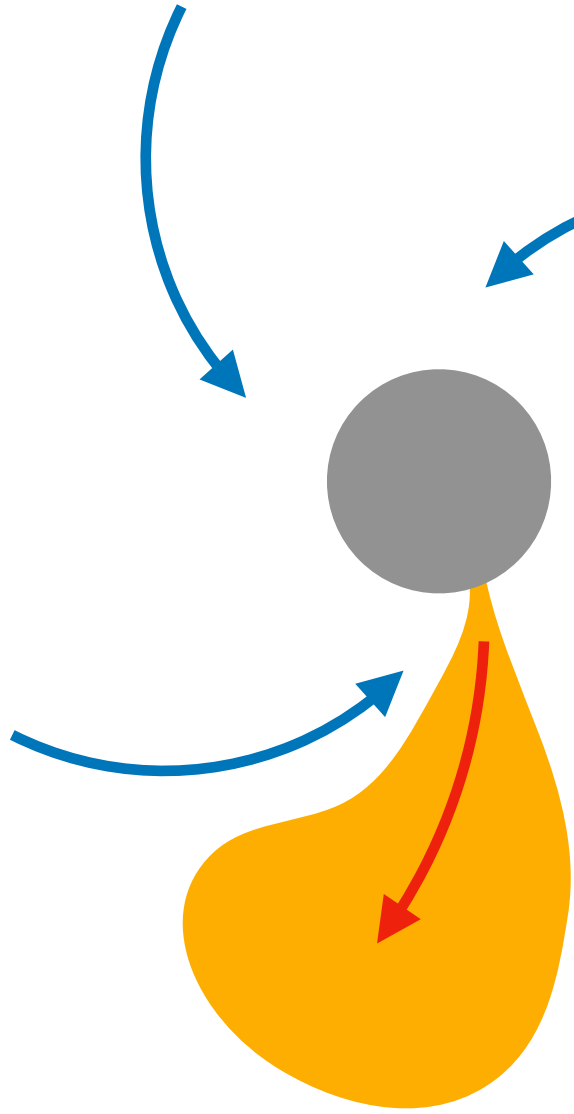
磁気リコネクション

(エネルギー解放)



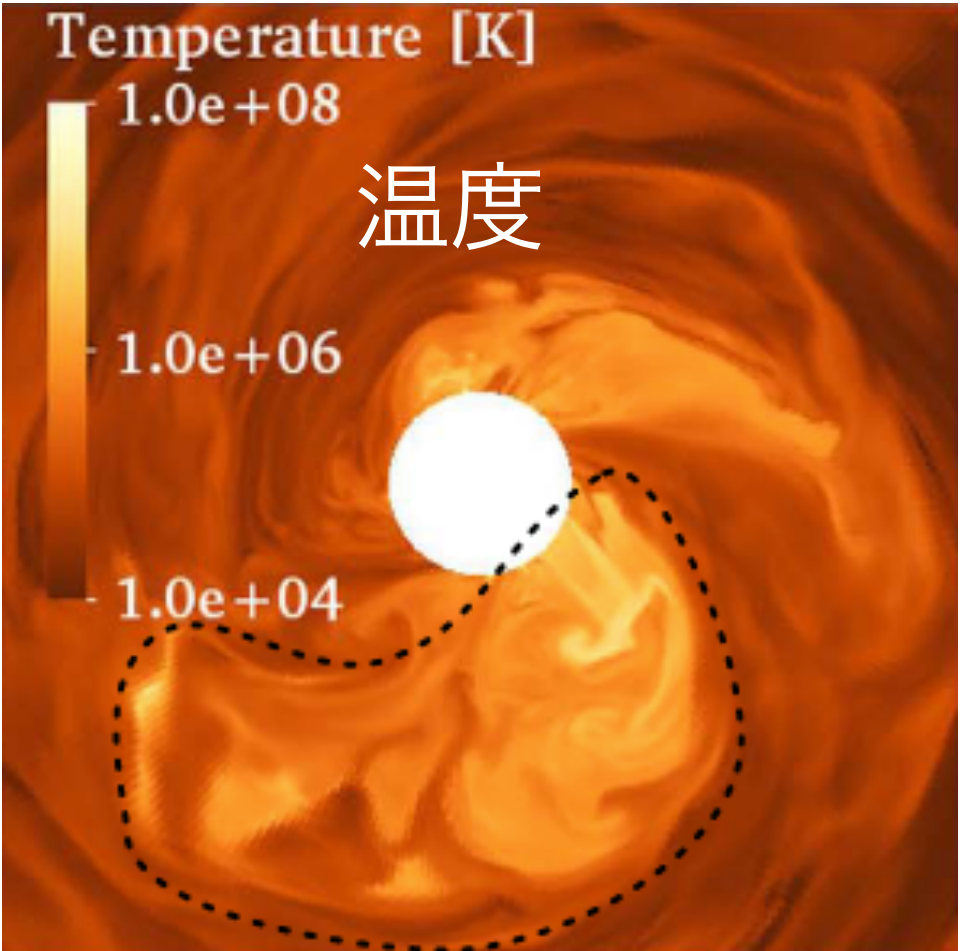
原始星に限らず、他の天体でも起きそうな一般的な機構

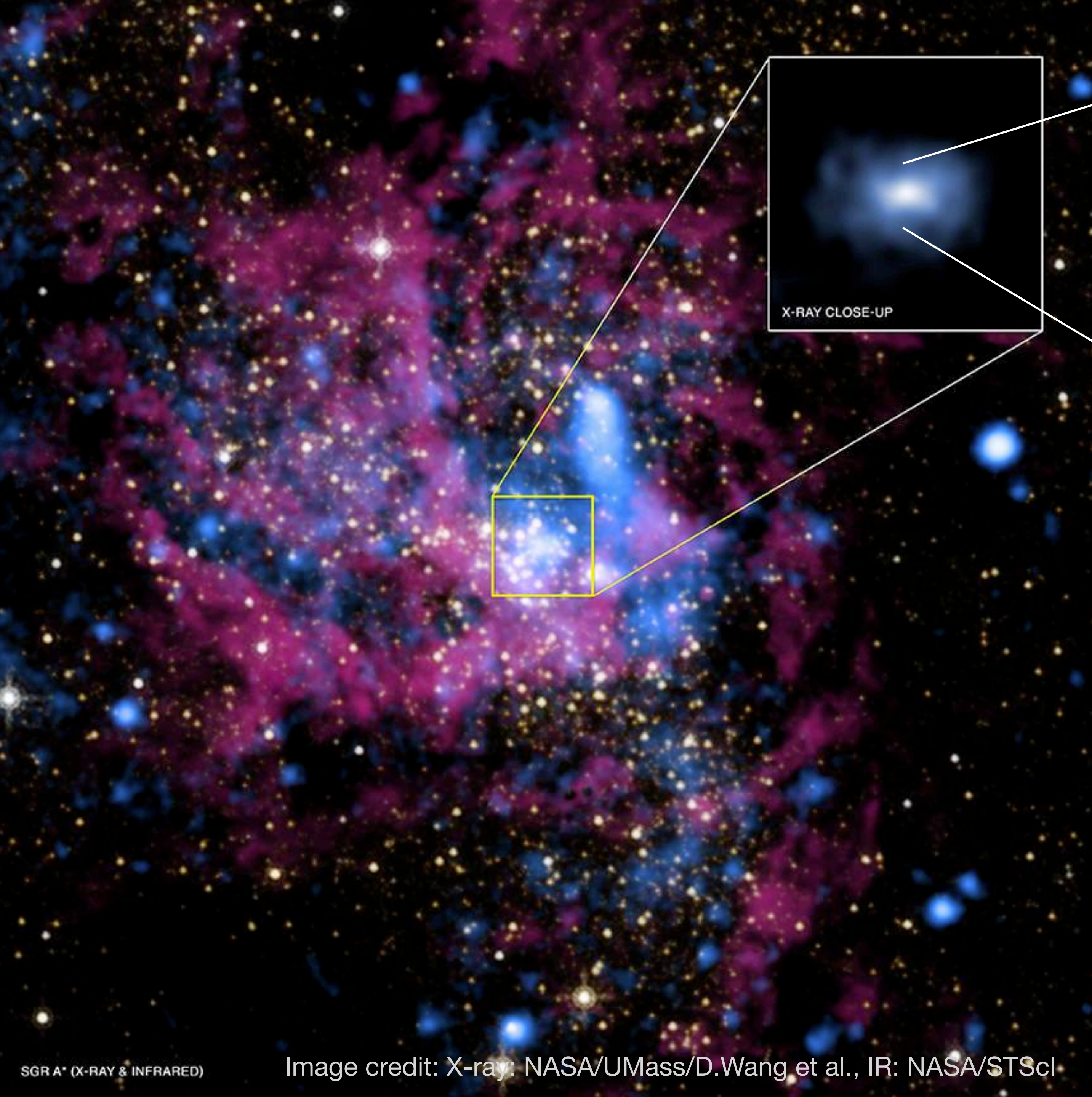
上から見た図



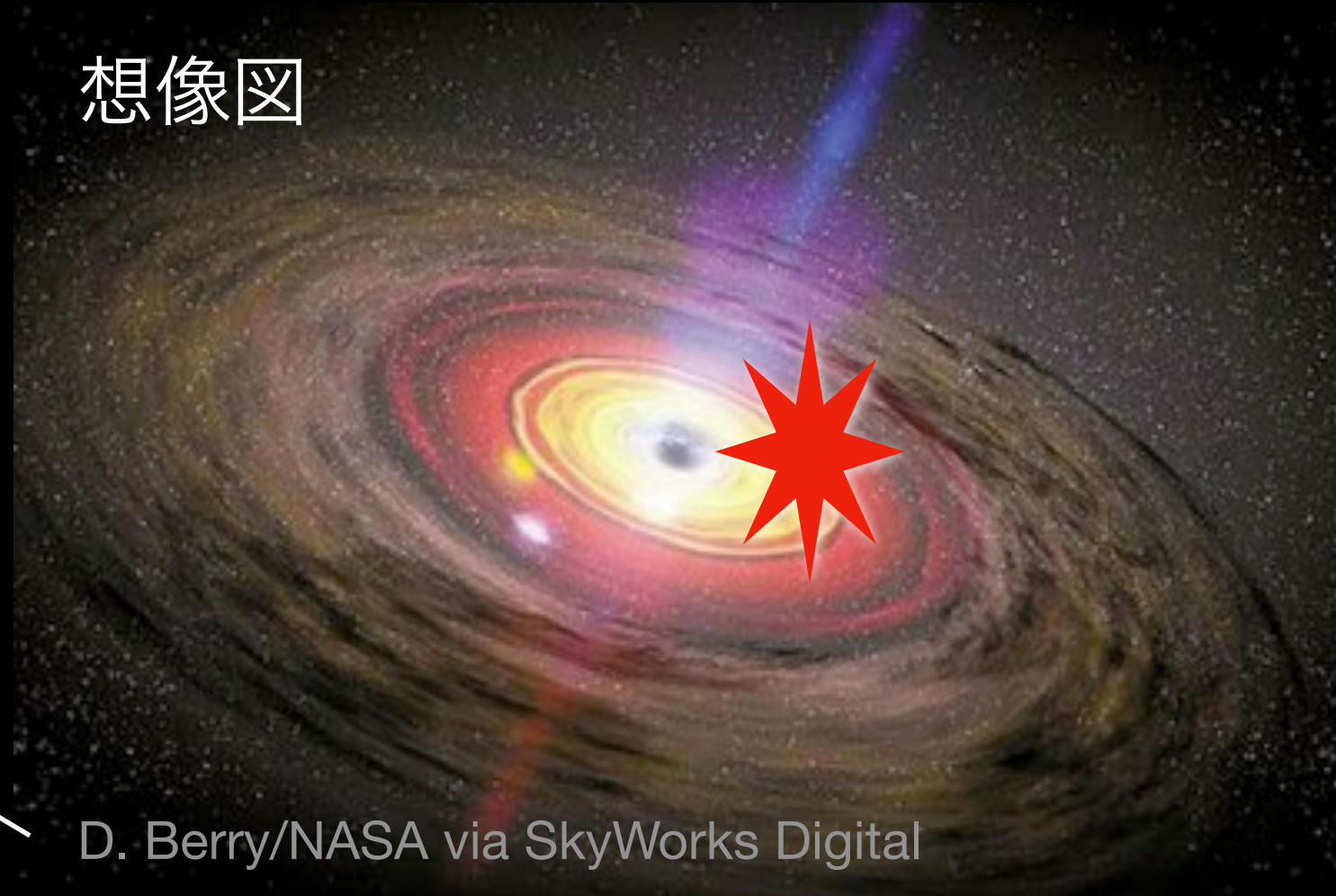
質量と磁場の降着

磁気リコネクションによる
磁場と高温プラズマの放出





想像図



D. Berry/NASA via SkyWorks Digital

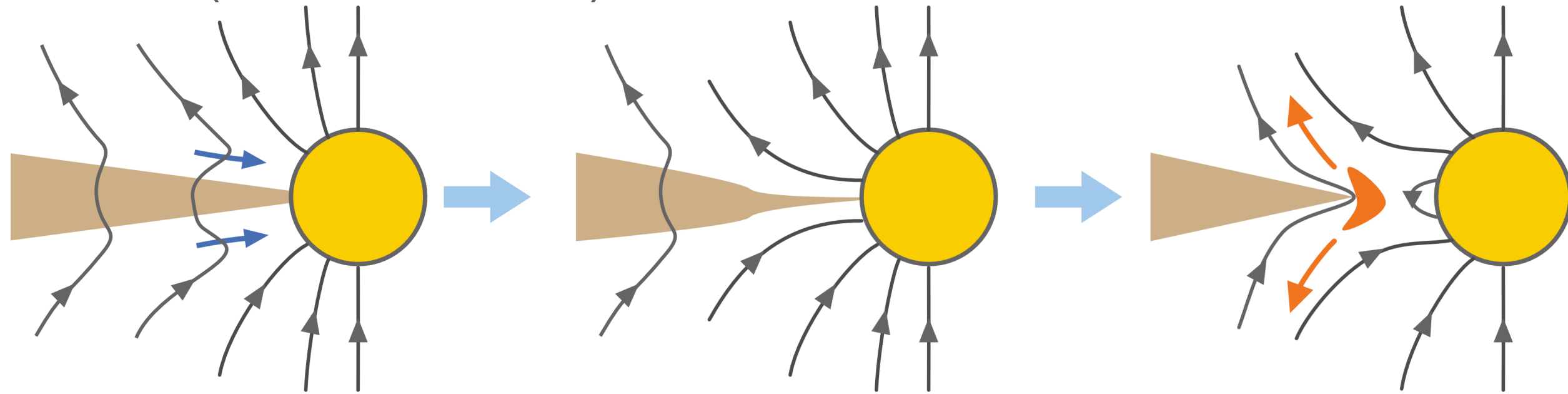
私たちのいる天の川銀河の中心にいる
超巨大ブラックホールも爆発を頻繁に発生
やっぱり磁場の役割が重要視

ガスの集積（降着）と磁気リコネクション

原始星フレアの発生機構 (Takasao et al. 2019):

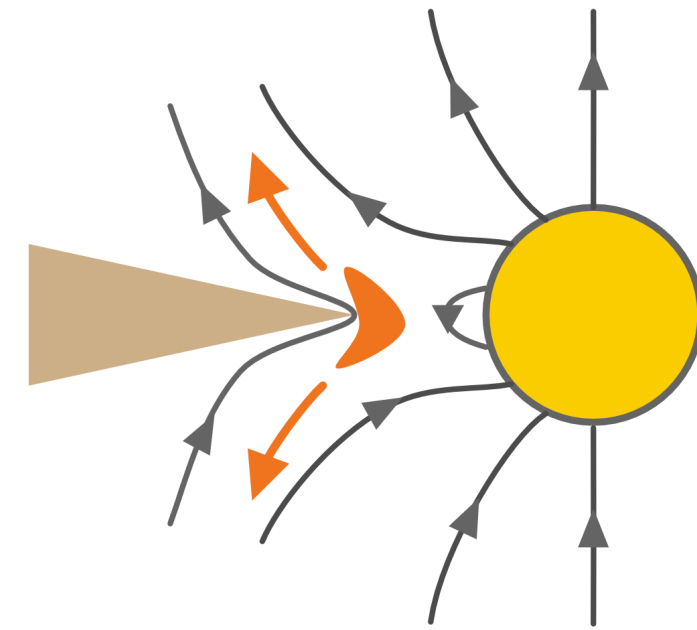
降着ガスが磁場を引きずり集める

(エネルギー蓄積)



磁気リコネクション

(エネルギー解放)



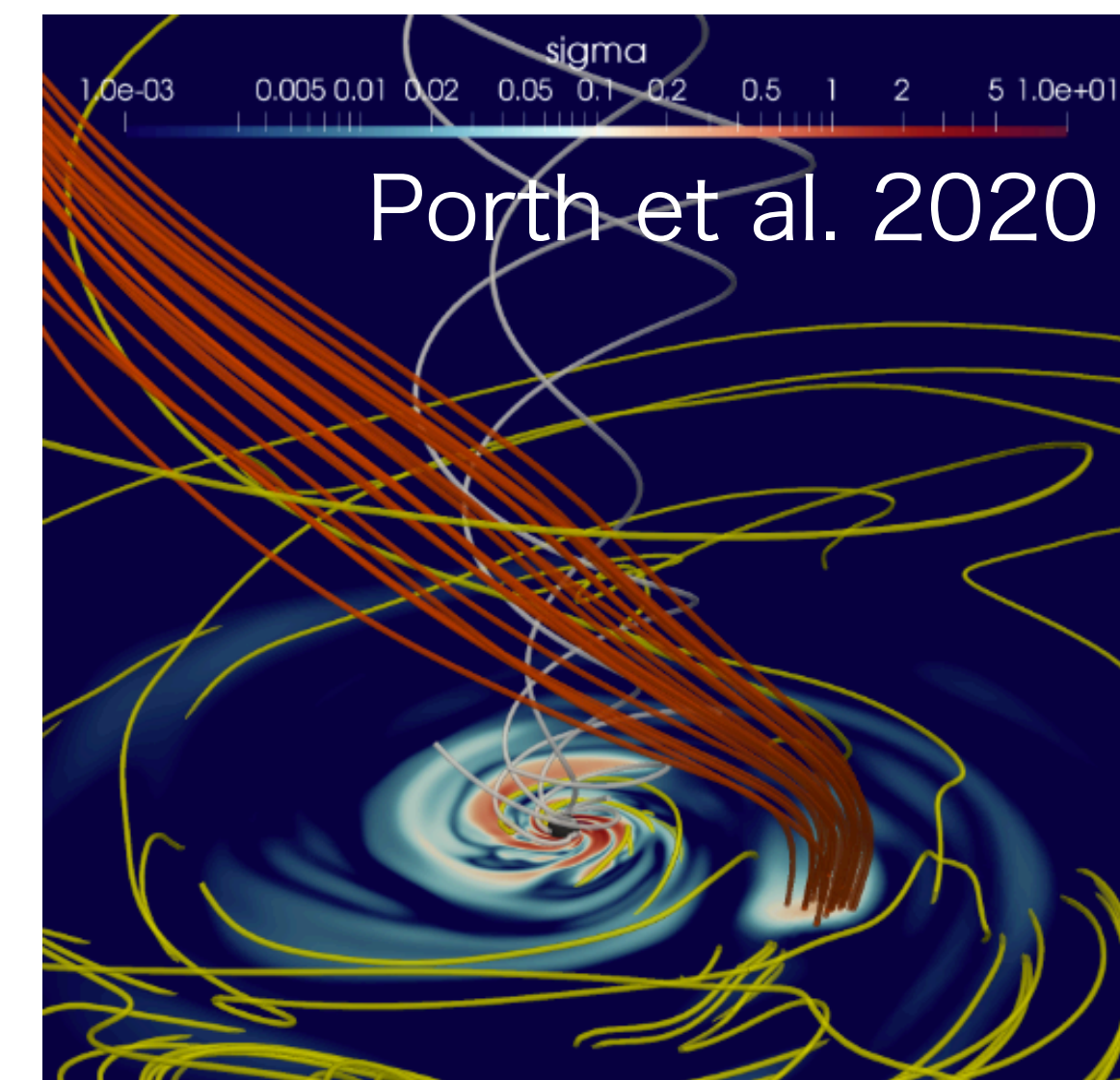
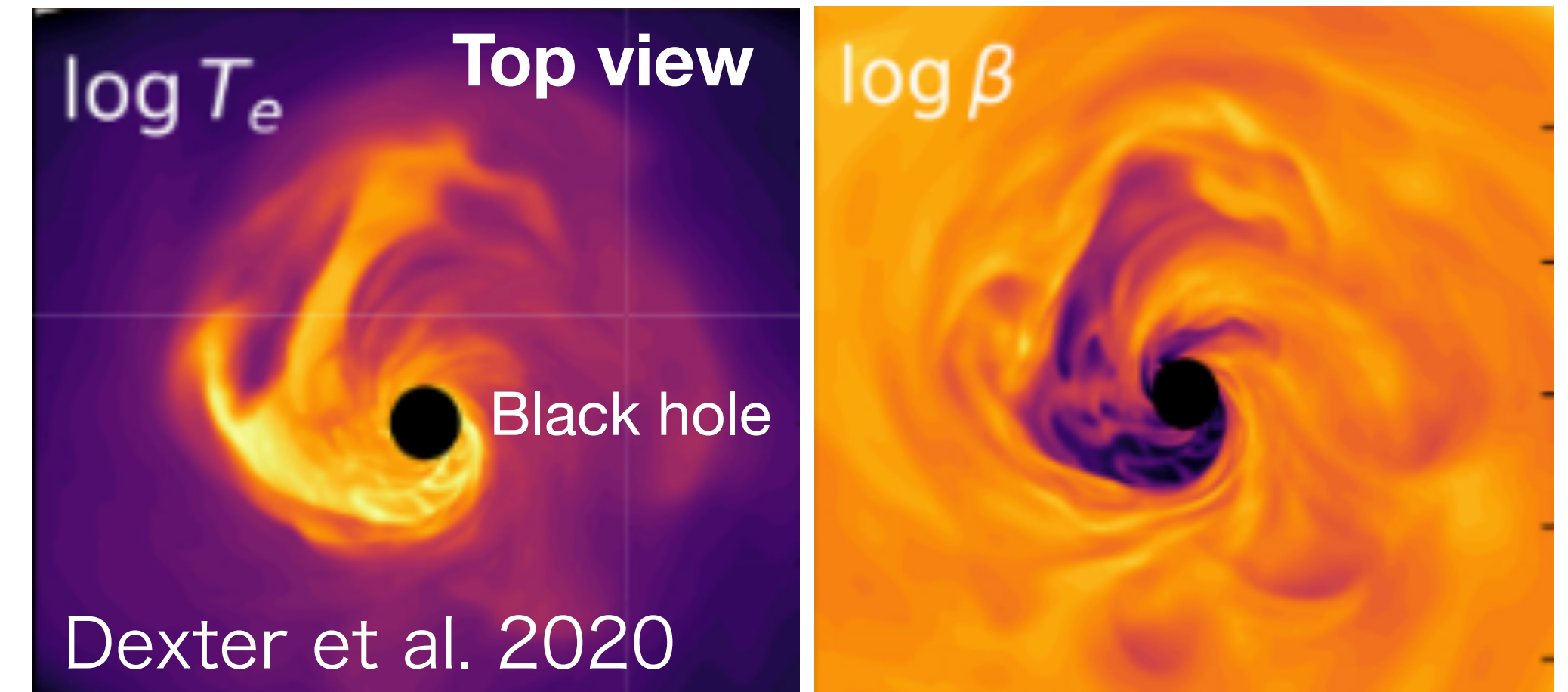
原始星に限らず、他の天体でも起きそうな一般的な機構

降着によって引き起こされるフレアの起源の理解

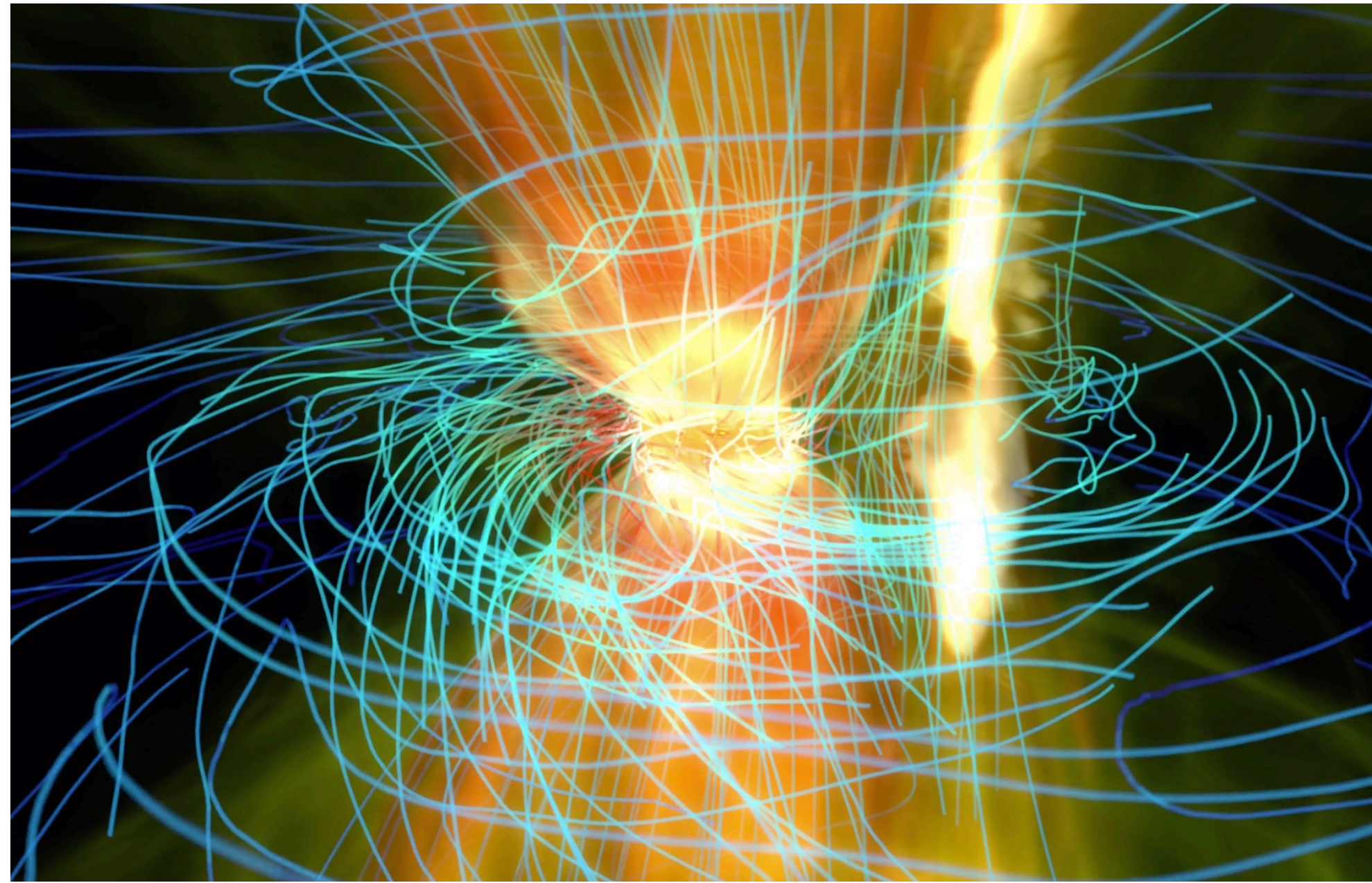
= **質量** と **磁場** が中心にどう持ち込まれるかの理解

= 多様な天体の形成過程の解明

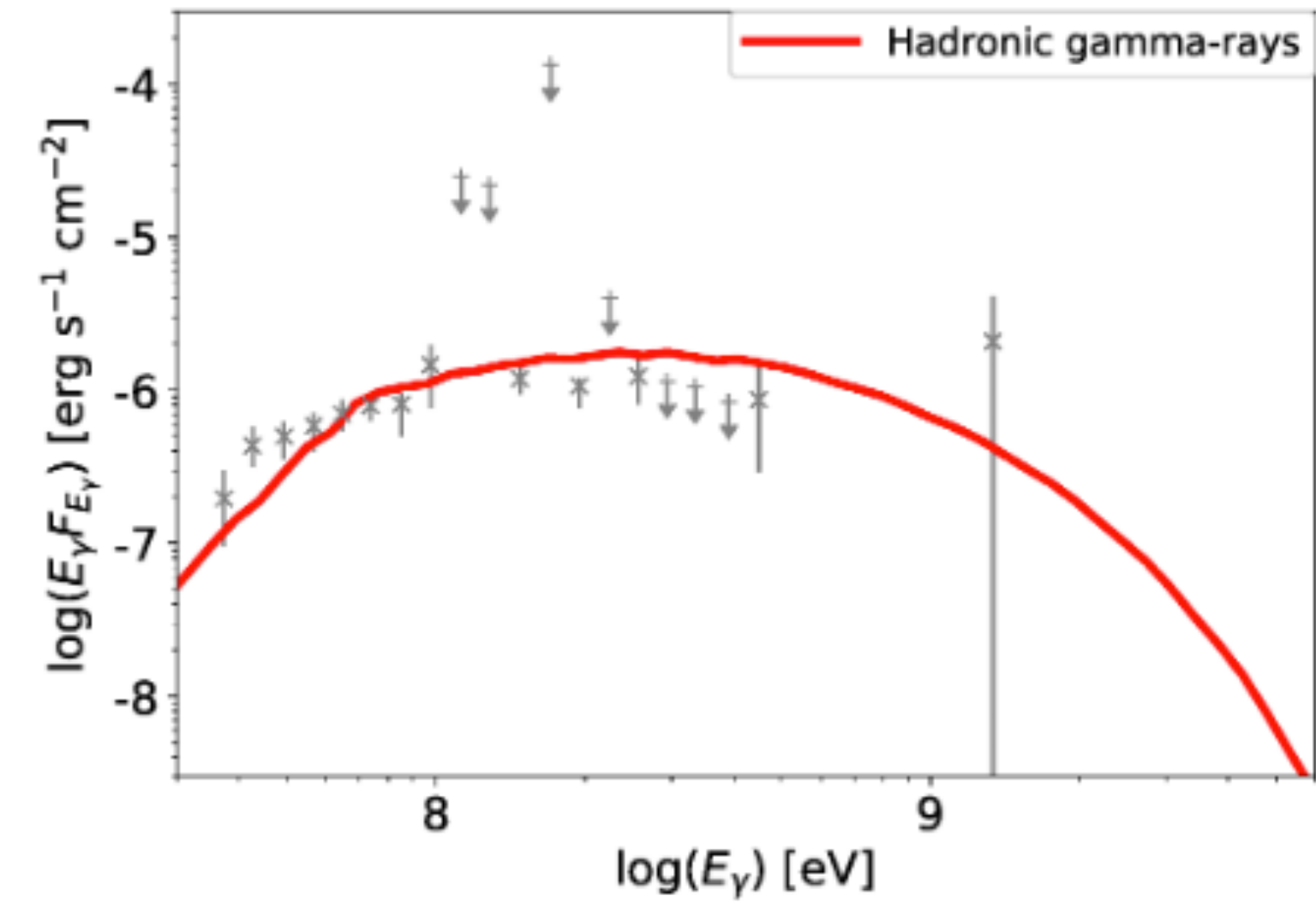
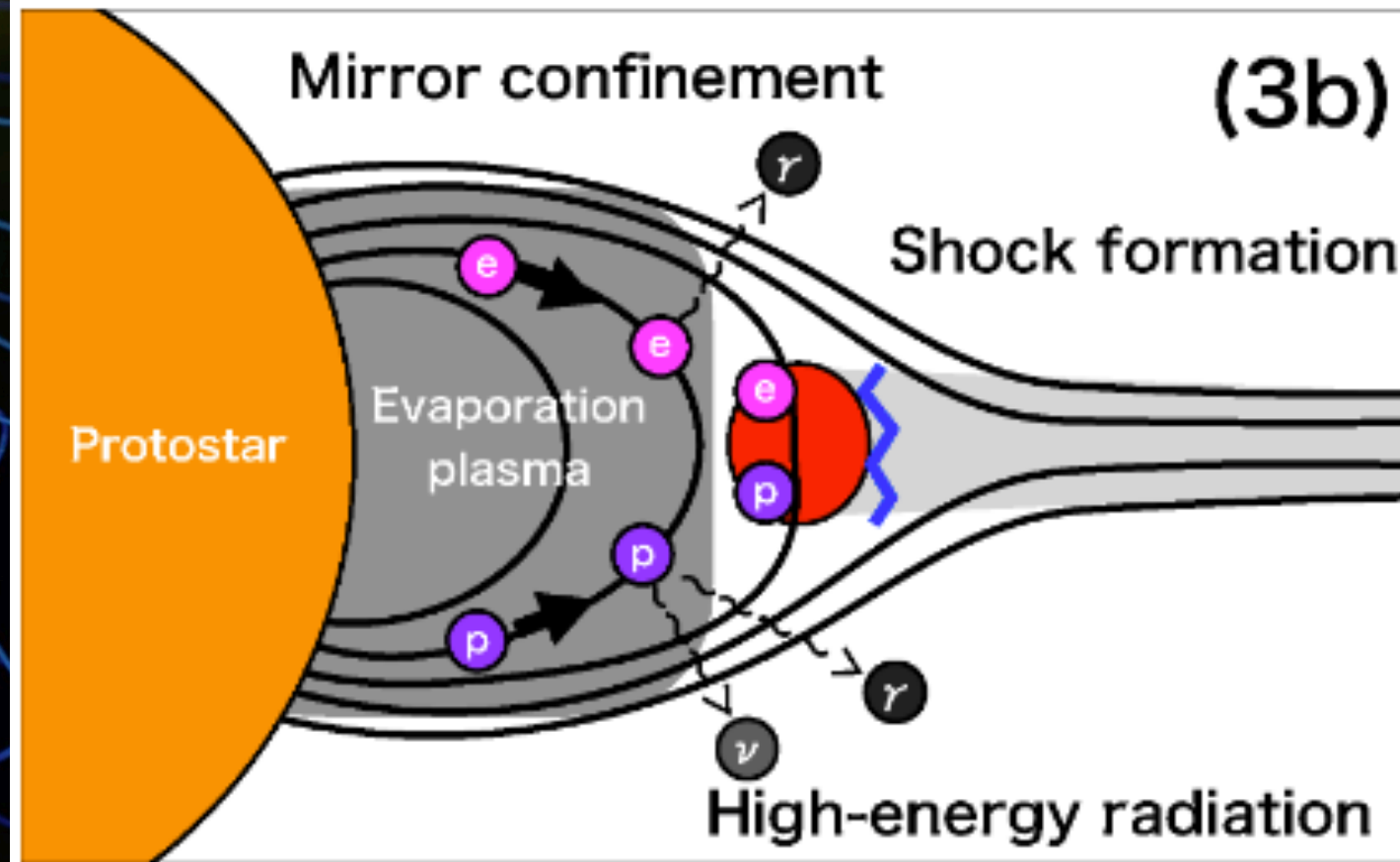
同様の機構が超巨大ブラックホールのフレアの駆動機構として近年注目！



太陽フレア・原始星フレアのガンマ線の起源



S. Kimura, Takasao and Tomida, in prep.



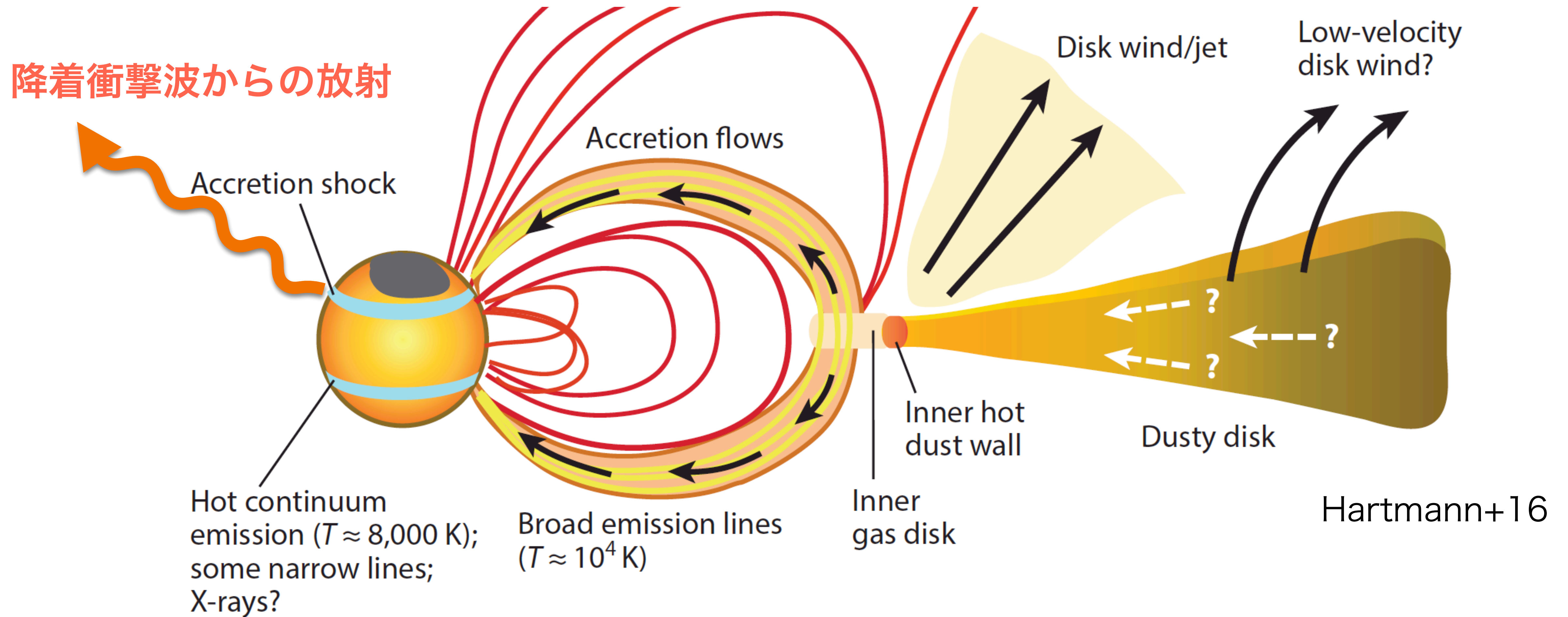
高エネルギー天文学の研究者と協力して
太陽観測で制約されたガンマ線放射の理論モデルを構築



Cherenkov Telescope Array (CTA)

磁気リコネクションによる粒子加速が
太陽～原始星フレア、さらには他の宇宙環境でも共通なのか、
その普遍性の検証が将来観測で進む可能性！

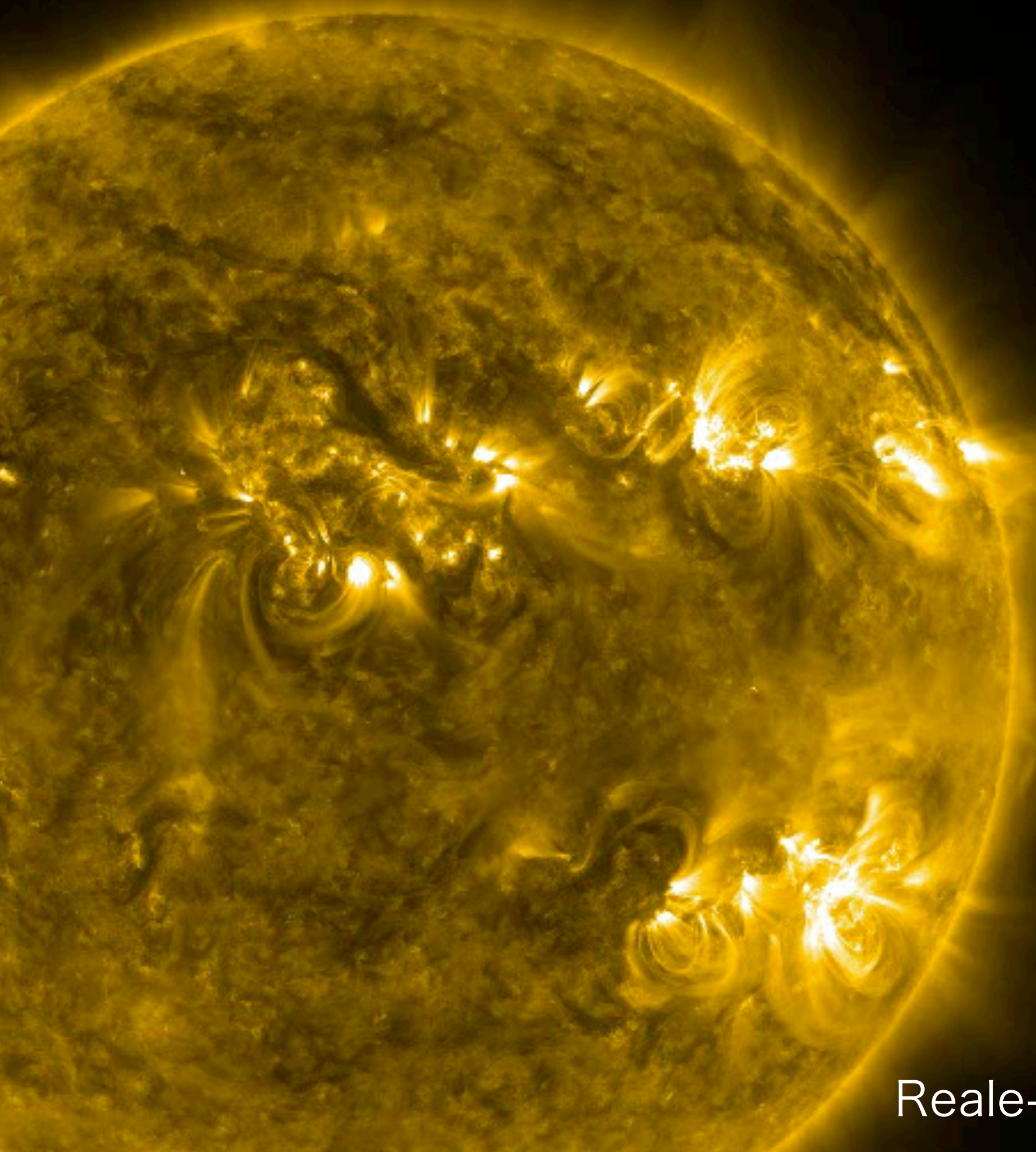
星の成長を知るために：ガス降着の研究



星の成長を理解するために、星に落下するガスが作る衝撃波からの強い放射を理解したい。
でも一般の星は遠いので、詳しく理解することは難しい。。

降着を受ける星としての太陽

SDO/AIA 171 Å (~60万K)



Reale+13

噴出物が星表面に落下して
降着衝撃波を形成。

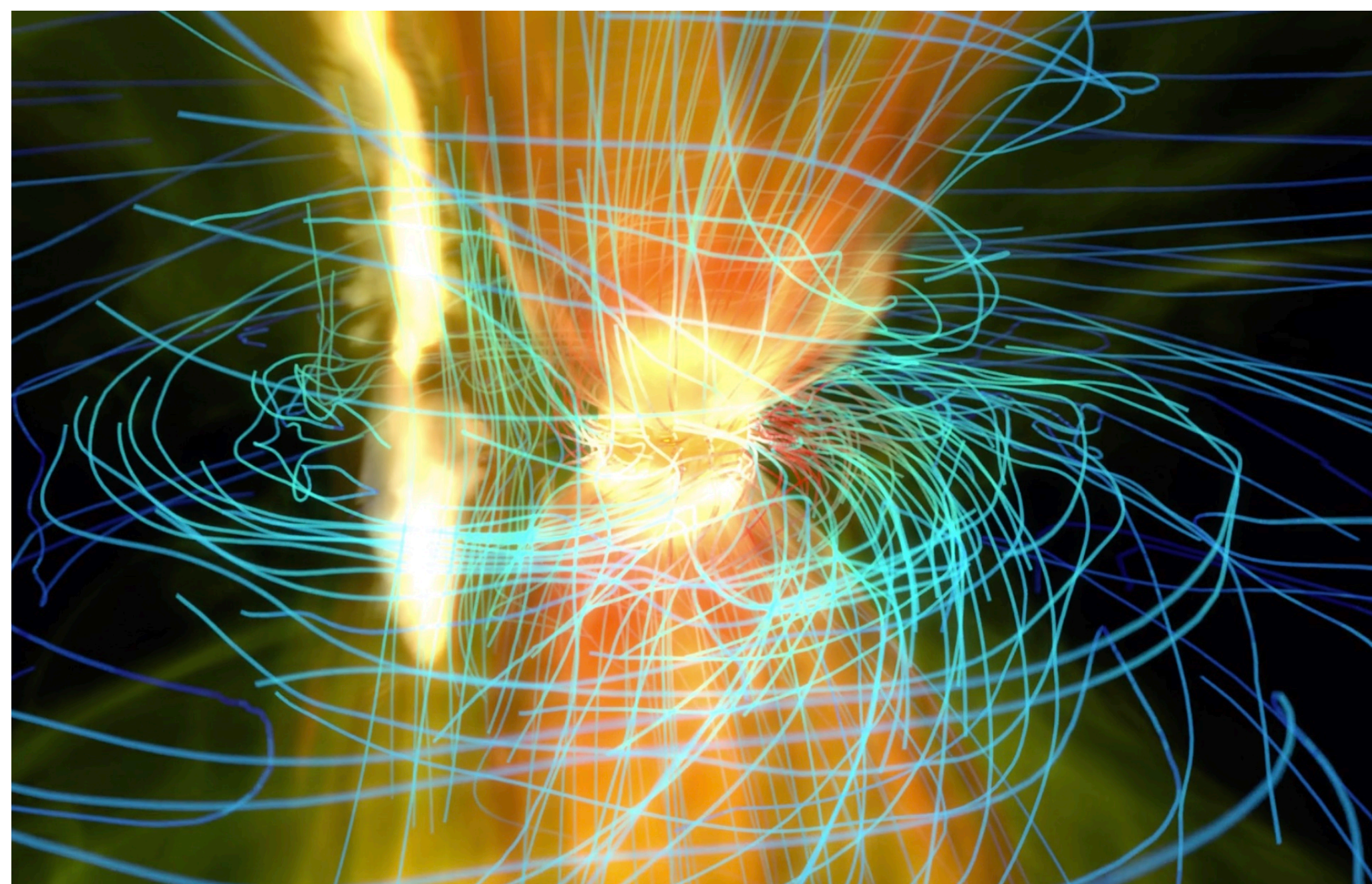
太陽なら

- 多波長で観測できる！
- 時間・空間分解できる！

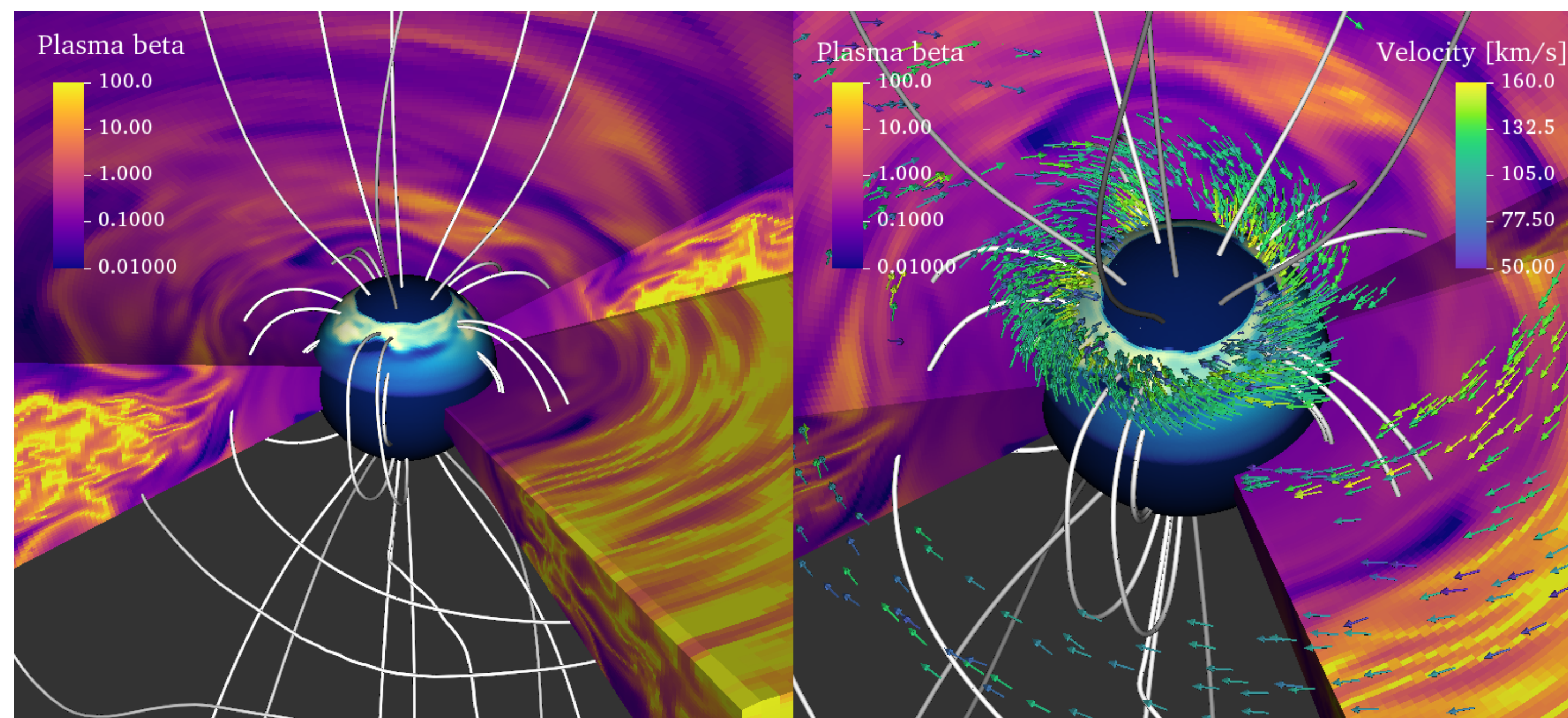
理論研究と現在の太陽の観測を
合わせることで
太陽誕生のヒントを得られる！

降着を受ける星の3次元磁気流体シミュレーション

原始星フレア



原始星・前主系列星の成長

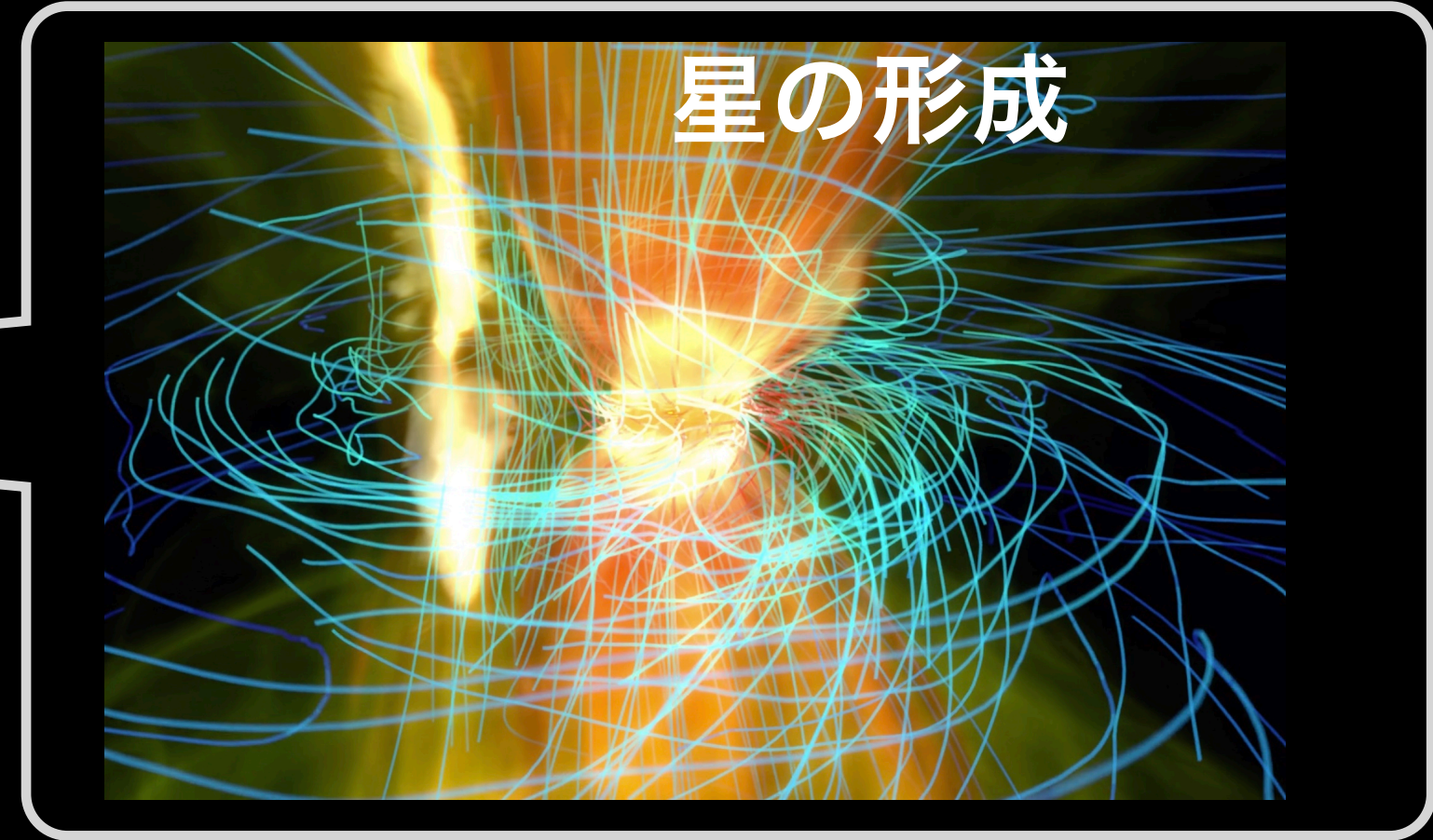
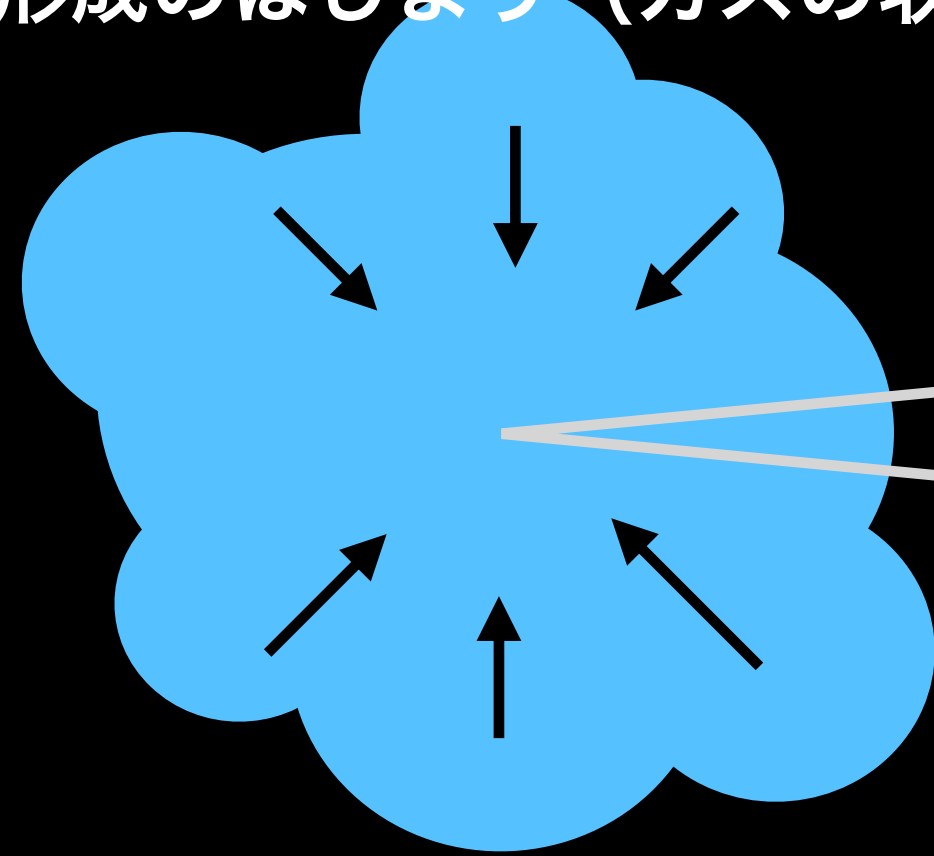


世界の大型地上望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡によるサーベイ観測も現在進行中で、盛り上がり中！

- 現在このようなシミュレーションをしている世界唯一の研究室
- 太陽と宇宙物理の話を両輪で研究していくスタイル

太陽の研究から、多様な天体形成の理解へ

星形成のはじまり（ガスの収縮）

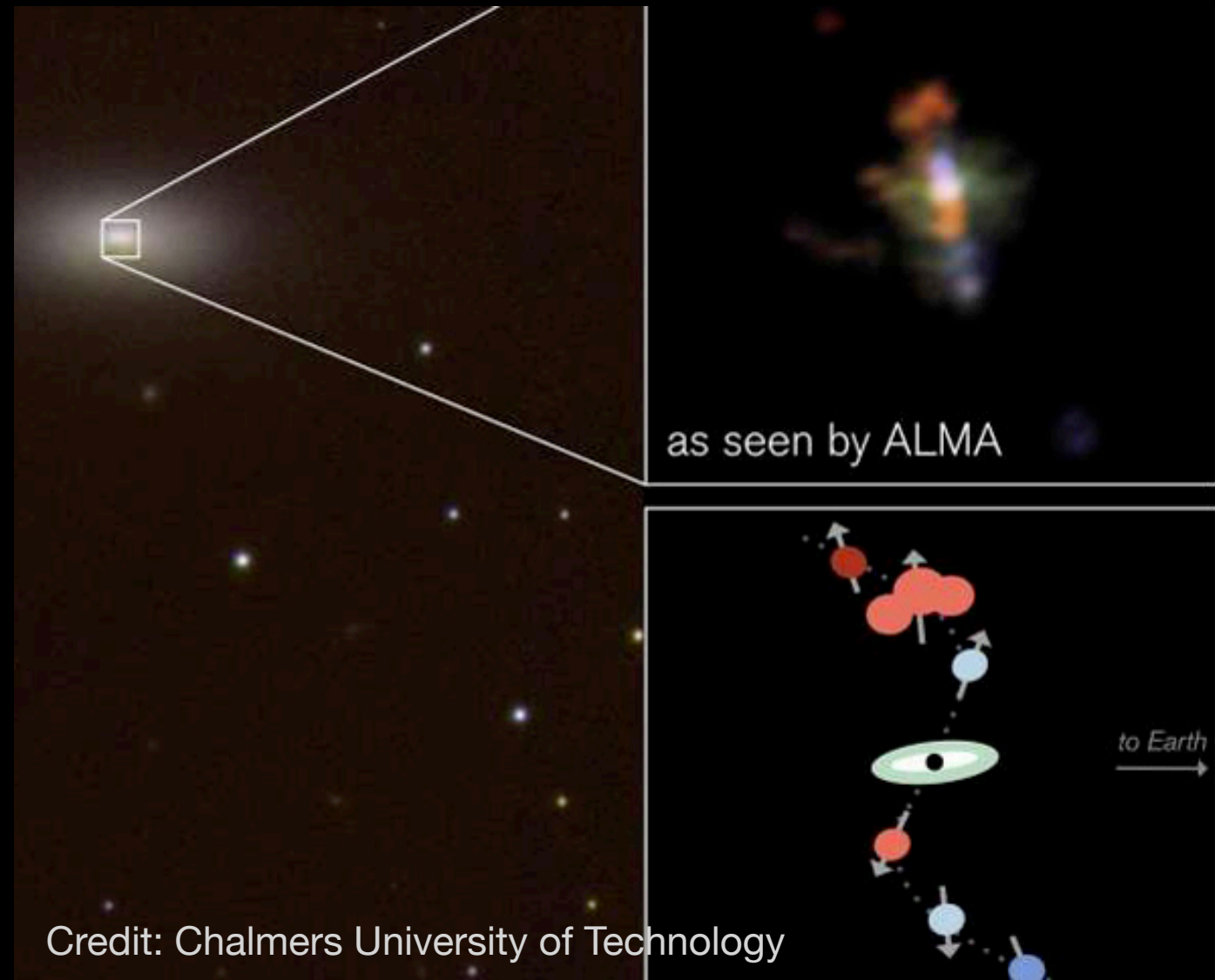


Growth in mass



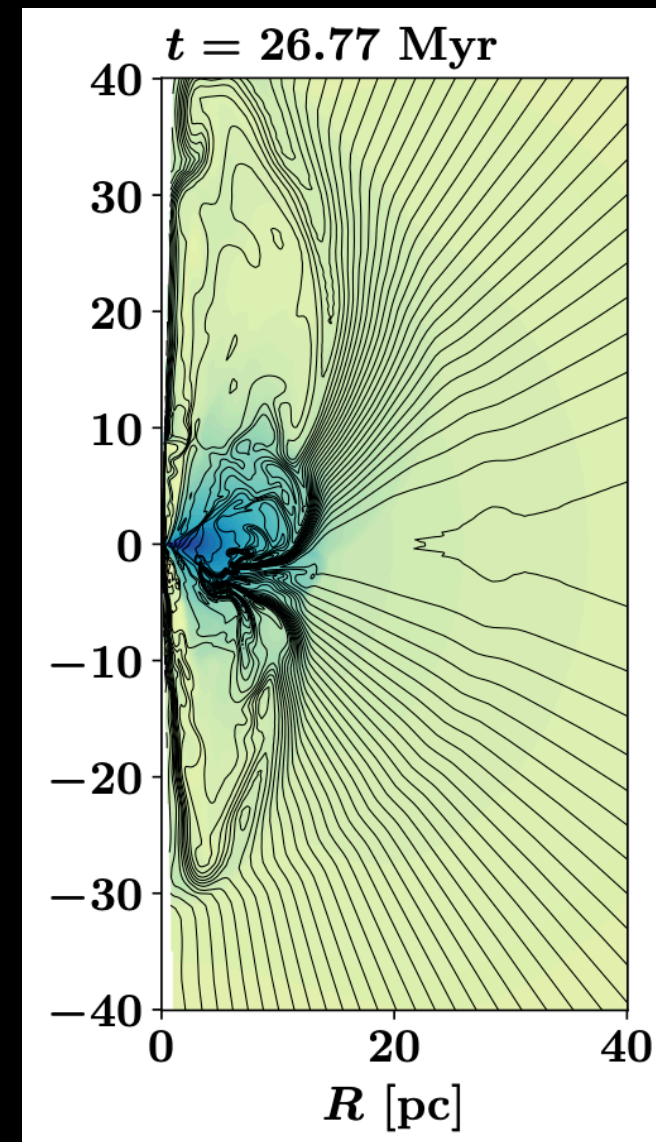
Credit: NASA SDO/AIA

銀河中心・超巨大ブラックホール周りからのジェット

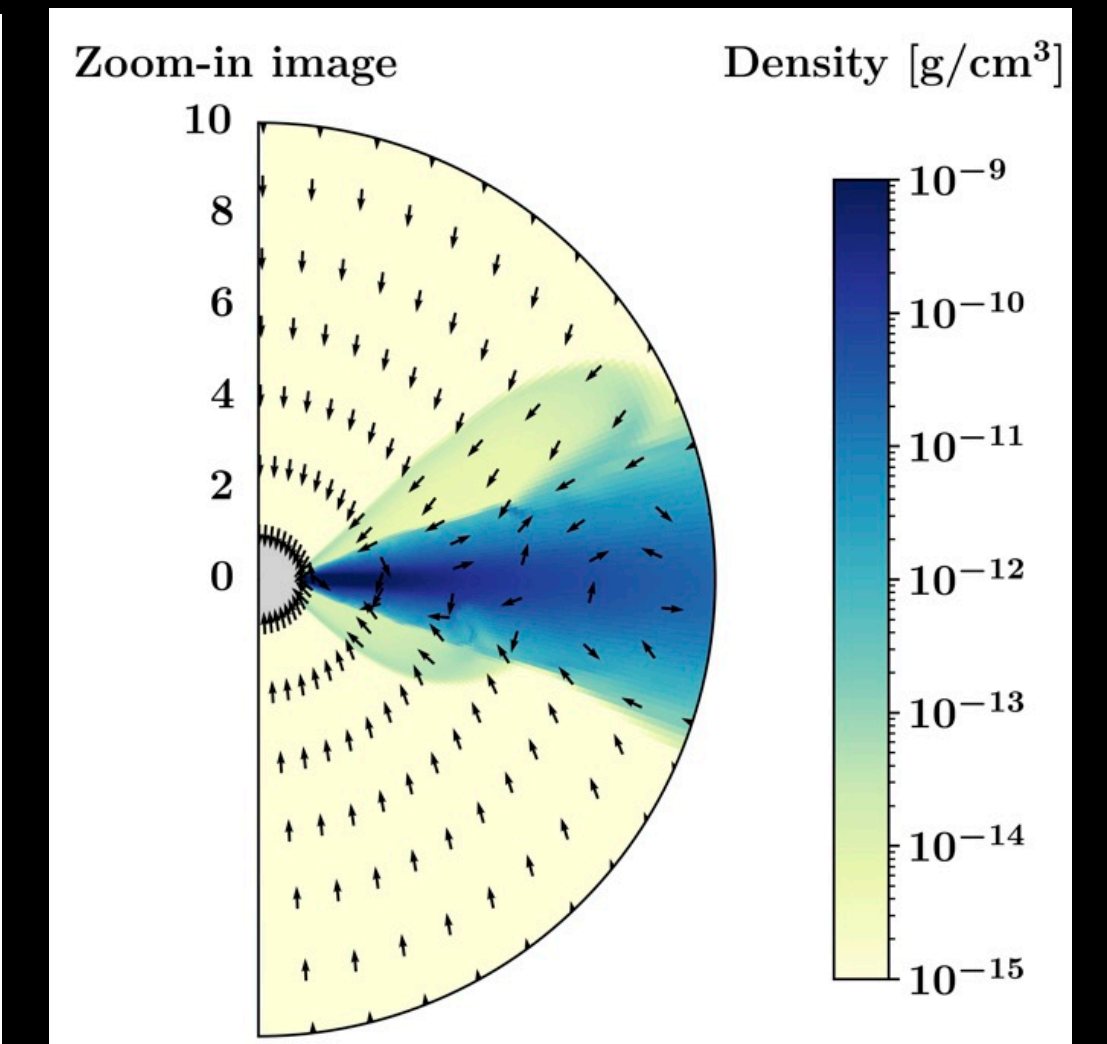
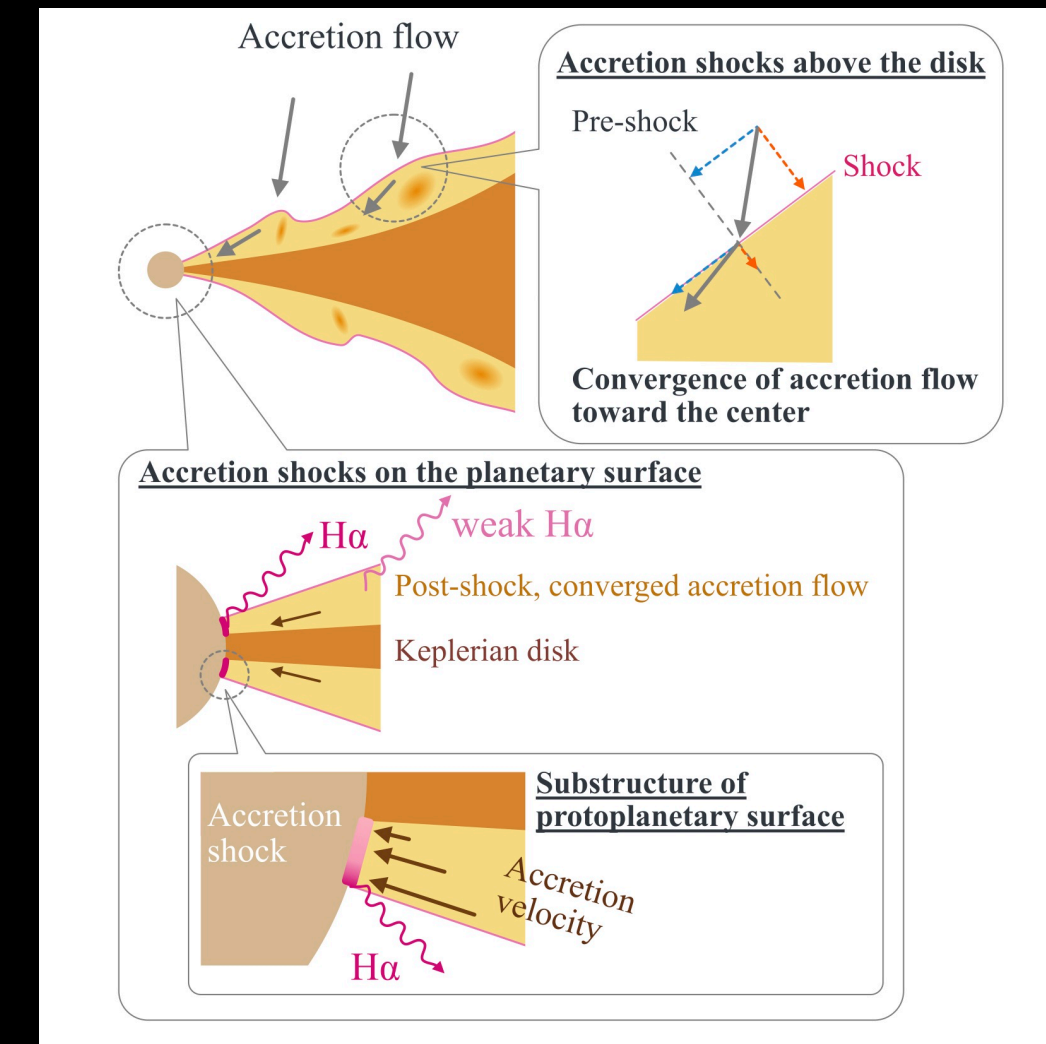


Credit: Chalmers University of Technology

原始ガス惑星（木星のような惑星の赤ちゃん）の形成



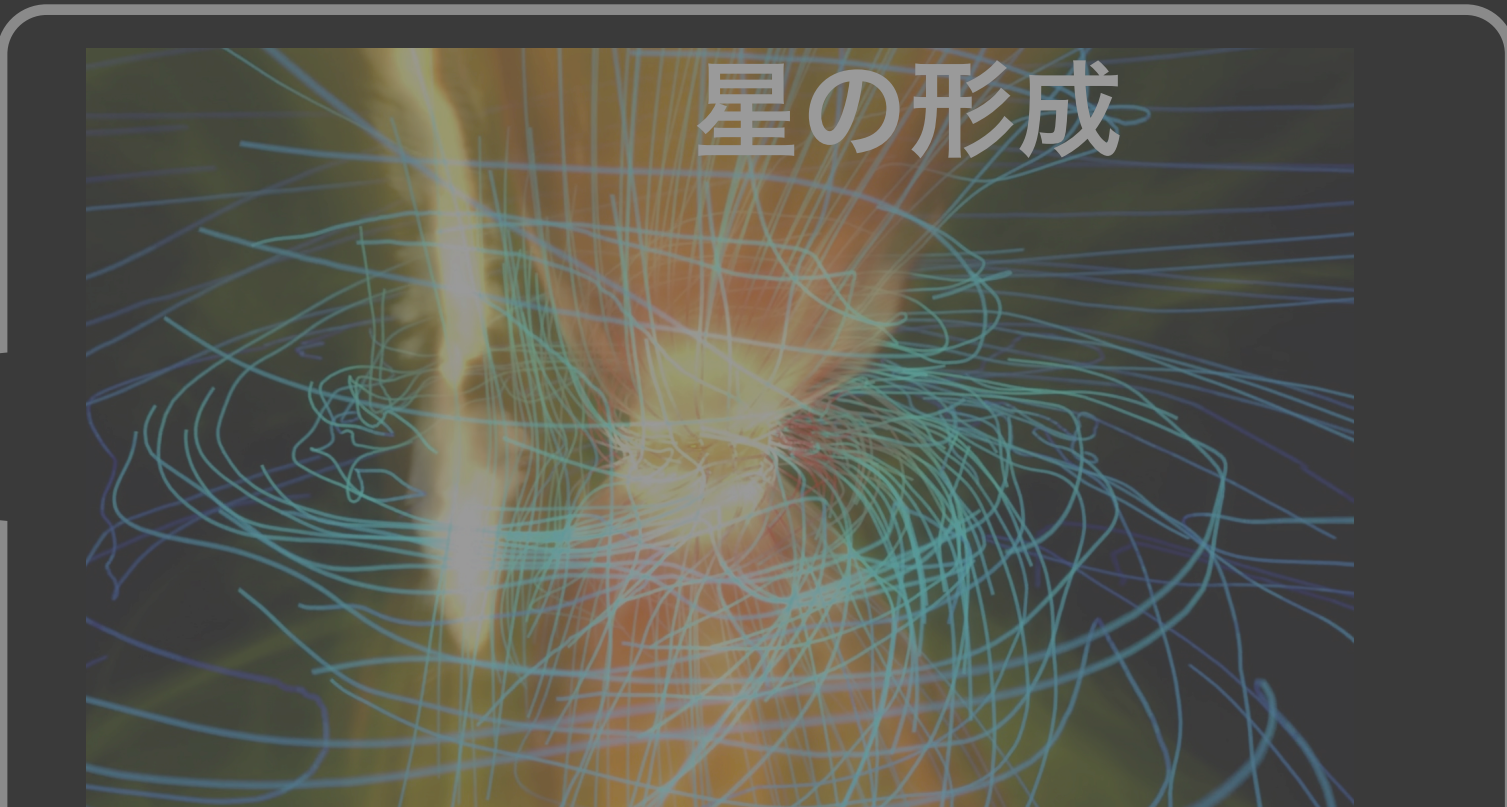
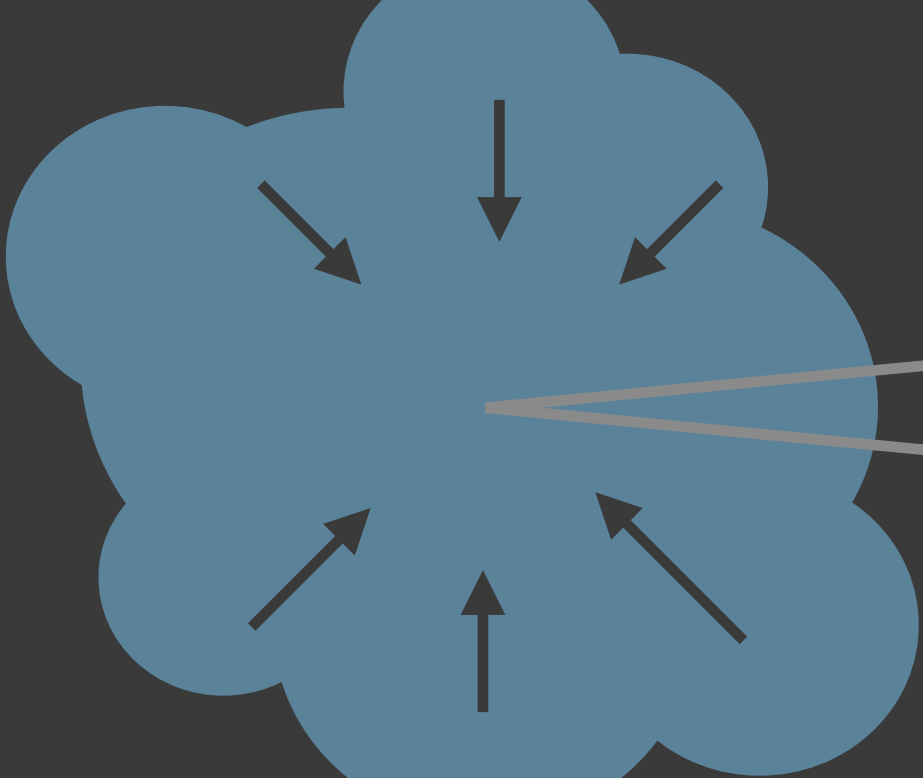
Takasao et al. 2022



Takasao et al. 2021

太陽の研究から、多様な天体形成の理解へ

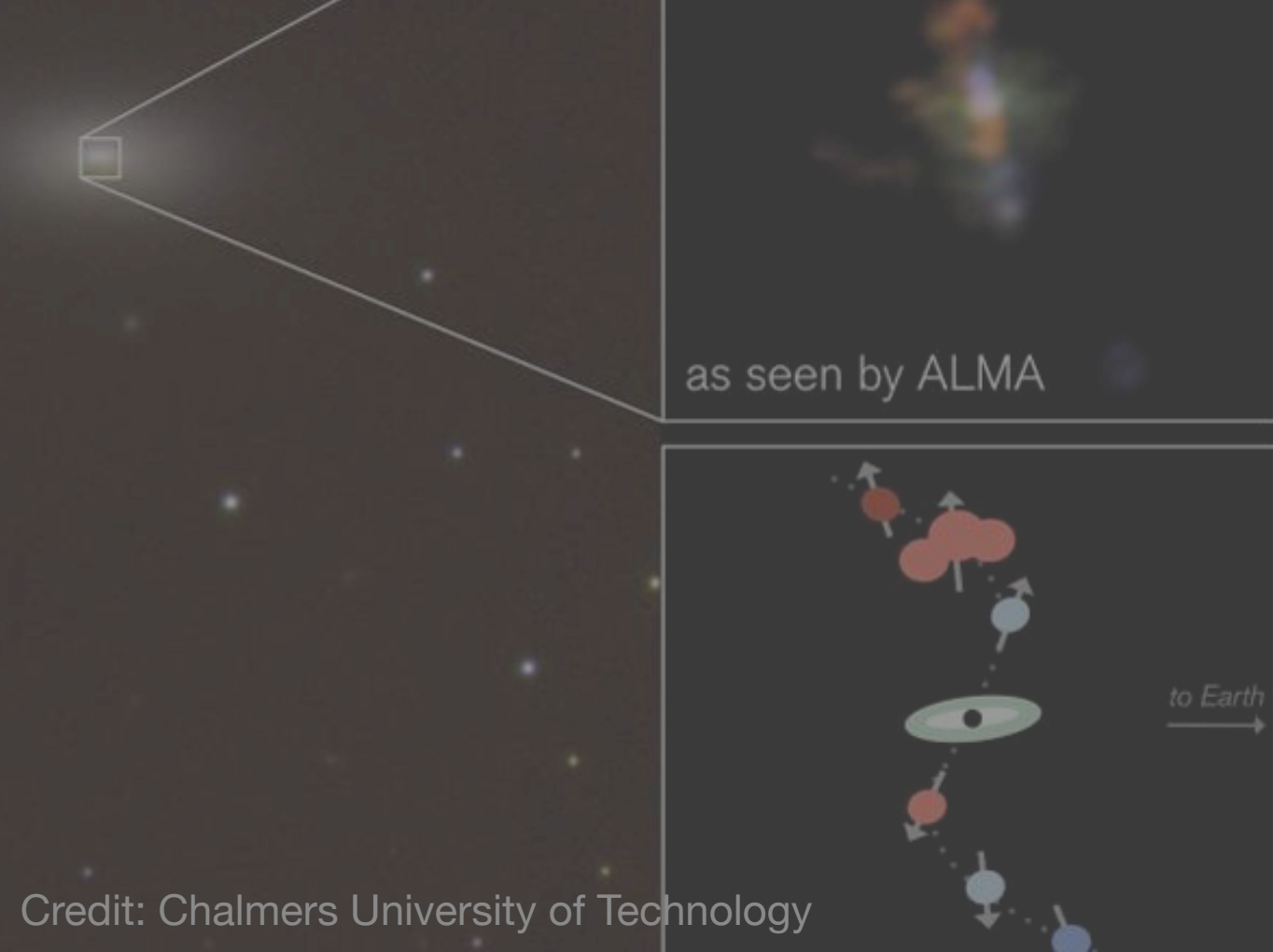
星形成のはじまり（ガスの収縮）



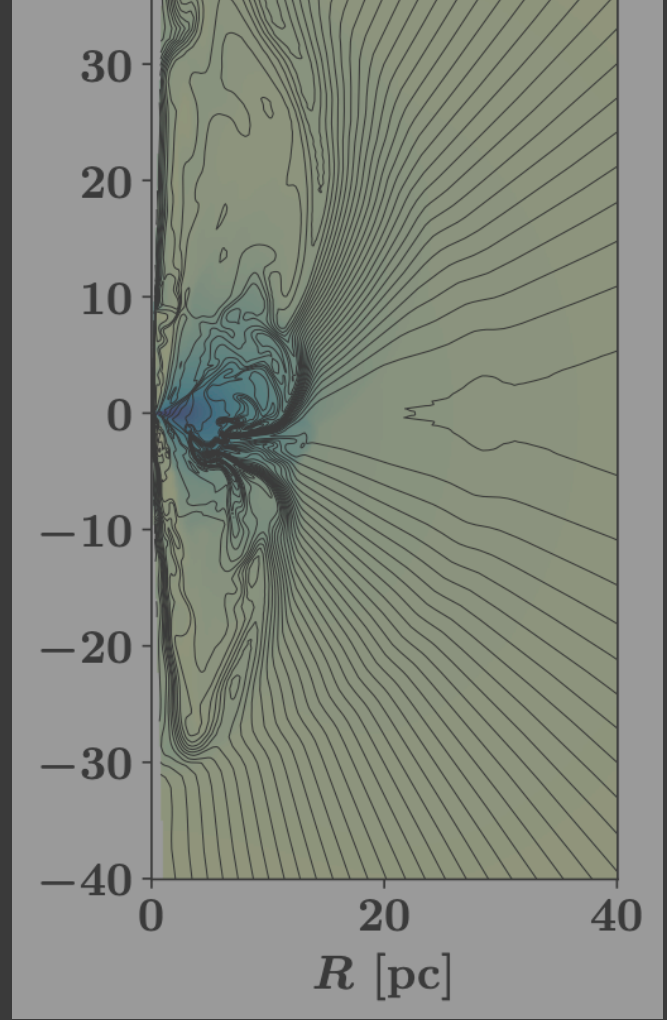
Growth in mass



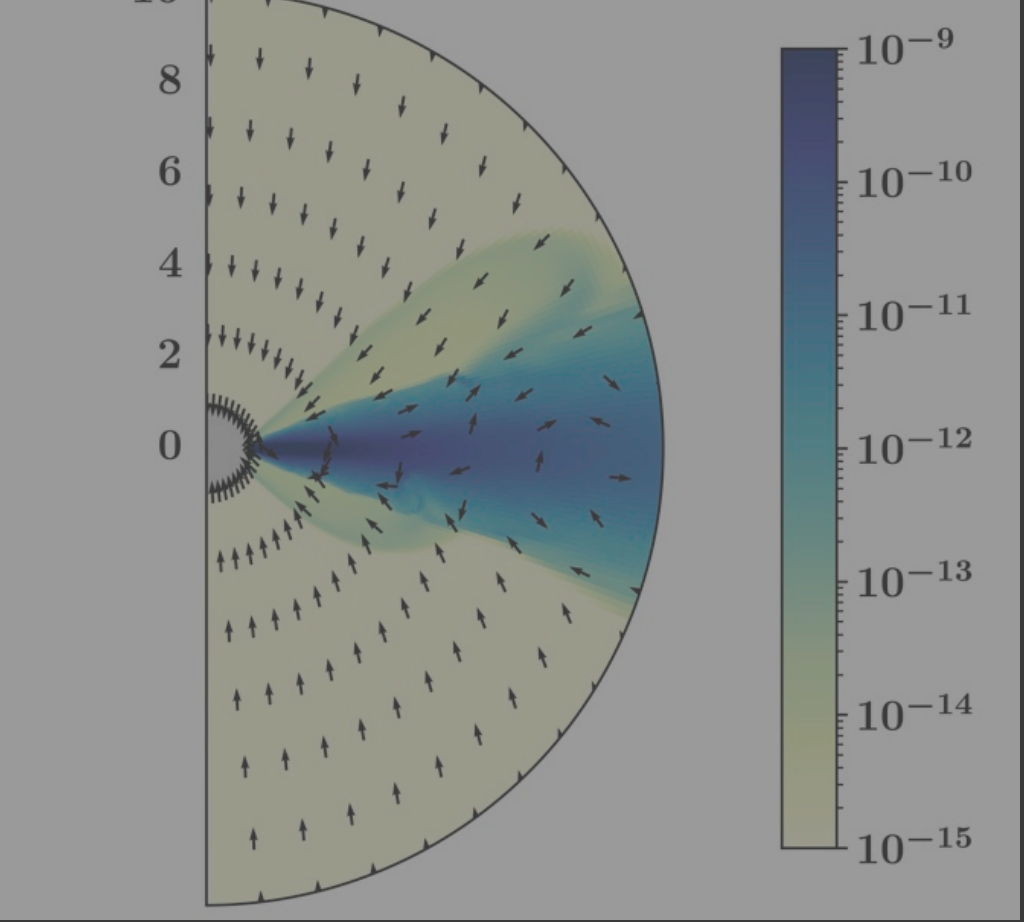
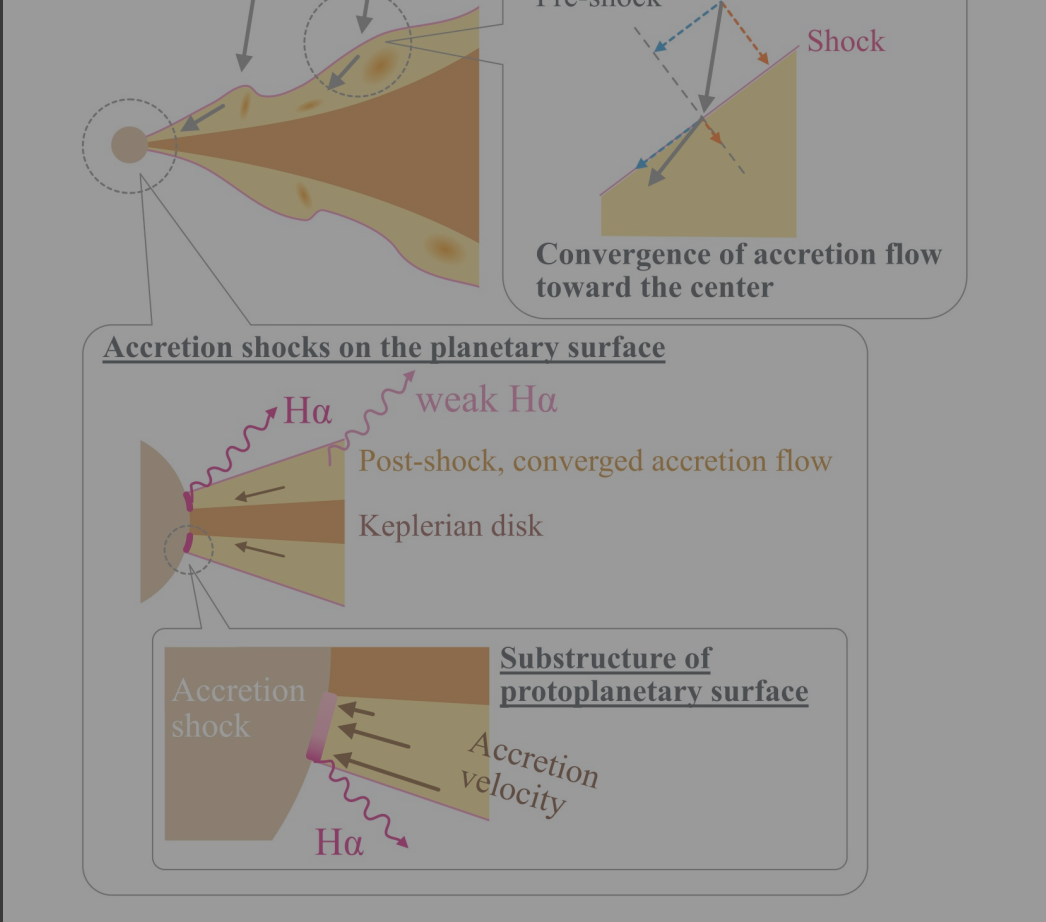
宇宙プラズマ物理の理解を応用すると、
宇宙の激しい側面がどんどん見えてくる！



Credit: Chalmers University of Technology



Takasao et al. 2022



Takasao et al. 2021a

大阪大学 English

大阪大学大学院
理学研究科
Department of Earth and Space Science, Osaka University

宇宙地球科学専攻

トップページ HOME
専攻について About Us
受験生向け Admissions
構成員向け For Internal Members
研究者向け For Researchers
アクセス Directions

Earth and Space Science
宇宙地球科学

広大な宇宙 我々の住む地球 その成り立ちと進化を明らかにする

研究グループ

宇宙進化学グループ（長峯研究室）

X線天文学グループ（松本研究室）

理論物質学グループ（波多野研究室）

惑星科学グループ（寺田研究室）

惑星内部物質学グループ（近藤研究室）

赤外線天文学グループ（住研究室）

惑星物質学グループ（佐々木研究室）

ソフトマター地球惑星科学グループ（桂木研究室）

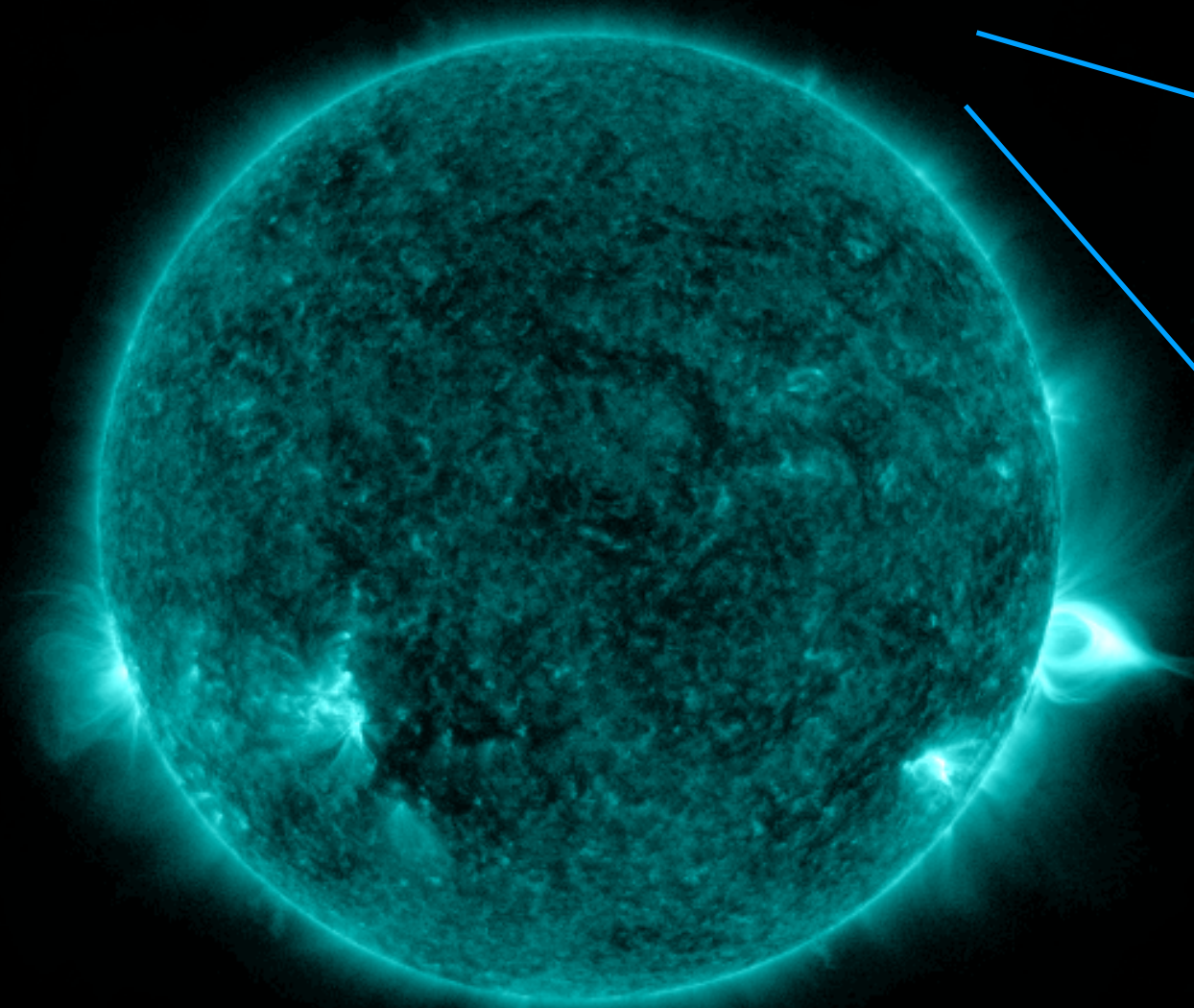
専攻全体が宇宙物理～地球惑星科学を広くカバー

やりたいこと・知りたいことがあれば気軽に議論できる環境！

X線天文学、赤外線、惑星科学グループは特に太陽研究と関係（例：太陽風が惑星に与える影響）。

まとめ

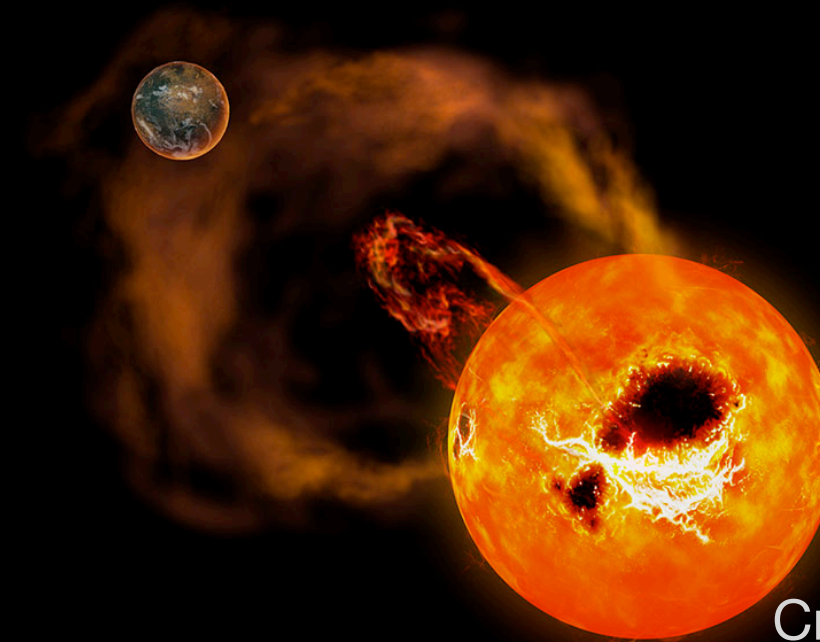
太陽物理



See reviews of
Shibata & ST 16,
McLaughlin et al. (+ ST) 18

他の恒星の物理

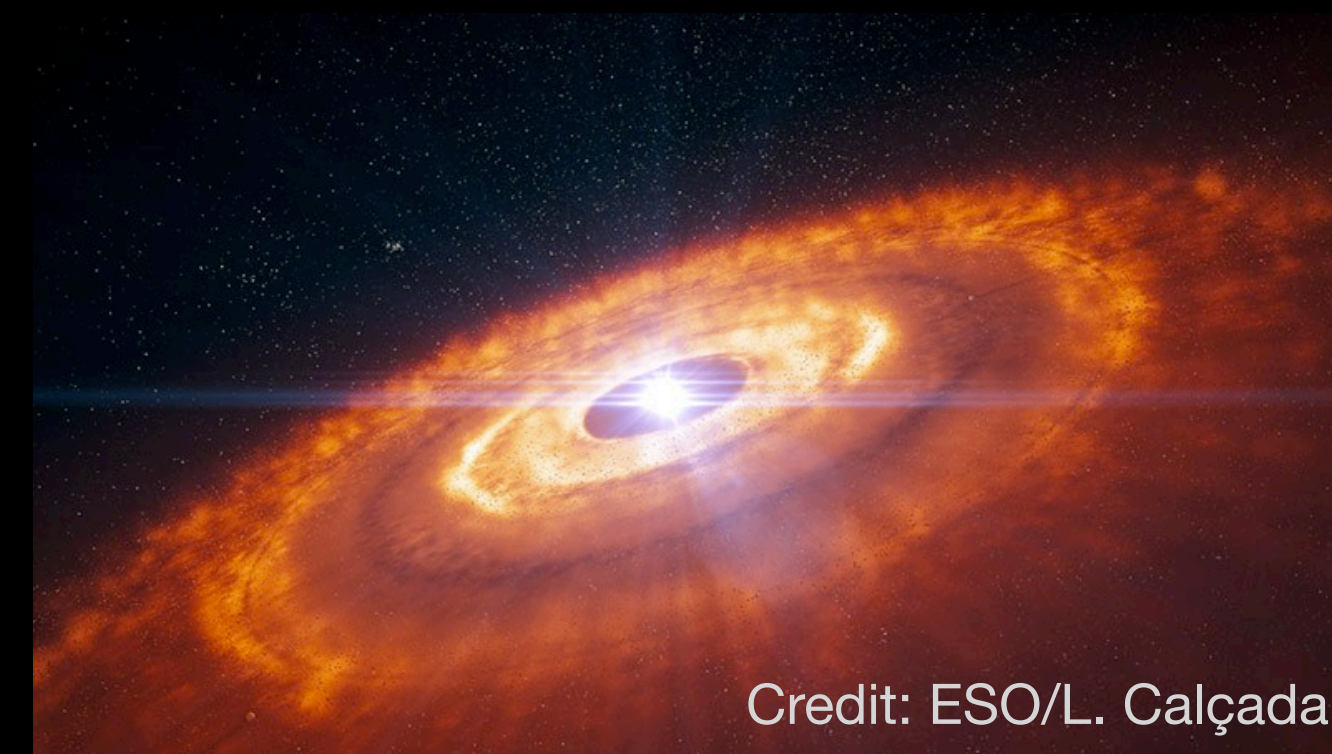
ST+20, Shoda & ST 21



Credit: NAOJ

星・惑星形成

ST+17, 18, 19, 21



Credit: ESO/L. Calçada

ブラックホール周りの物理

ST+22

などなど



D. Berry/NASA via SkyWorks Digital

阪大で太陽・宇宙プラズマを研究しませんか！