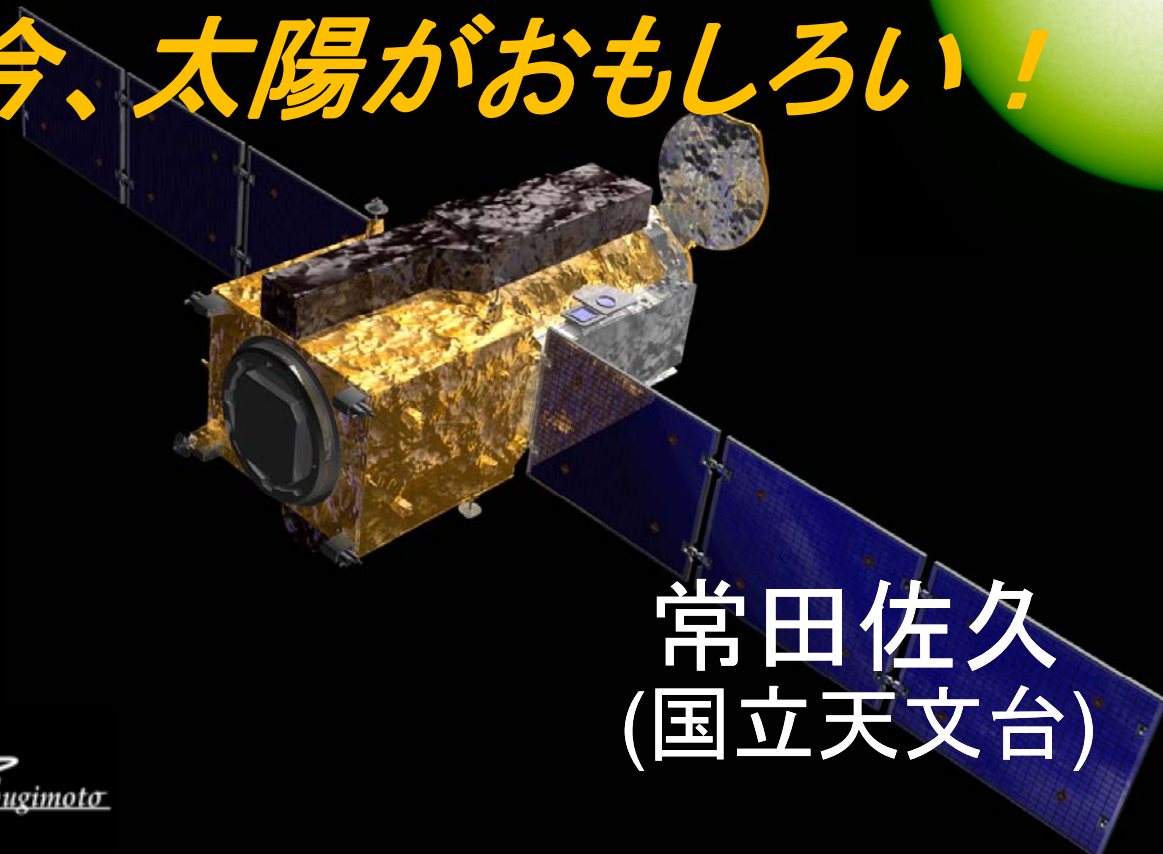
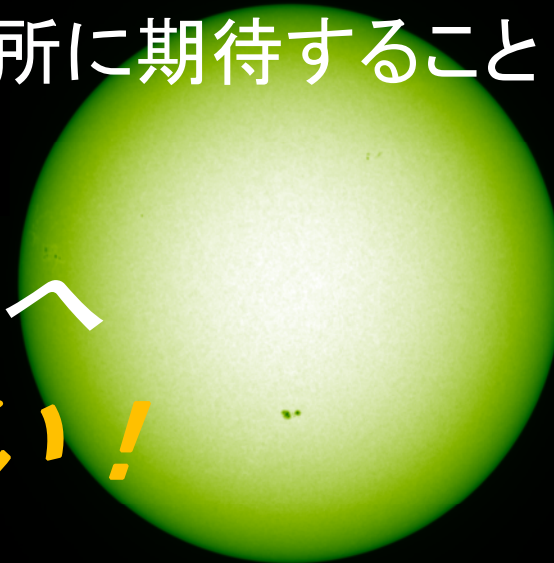


太陽地球環境科学の将来と研究所に期待すること

「ひので」から

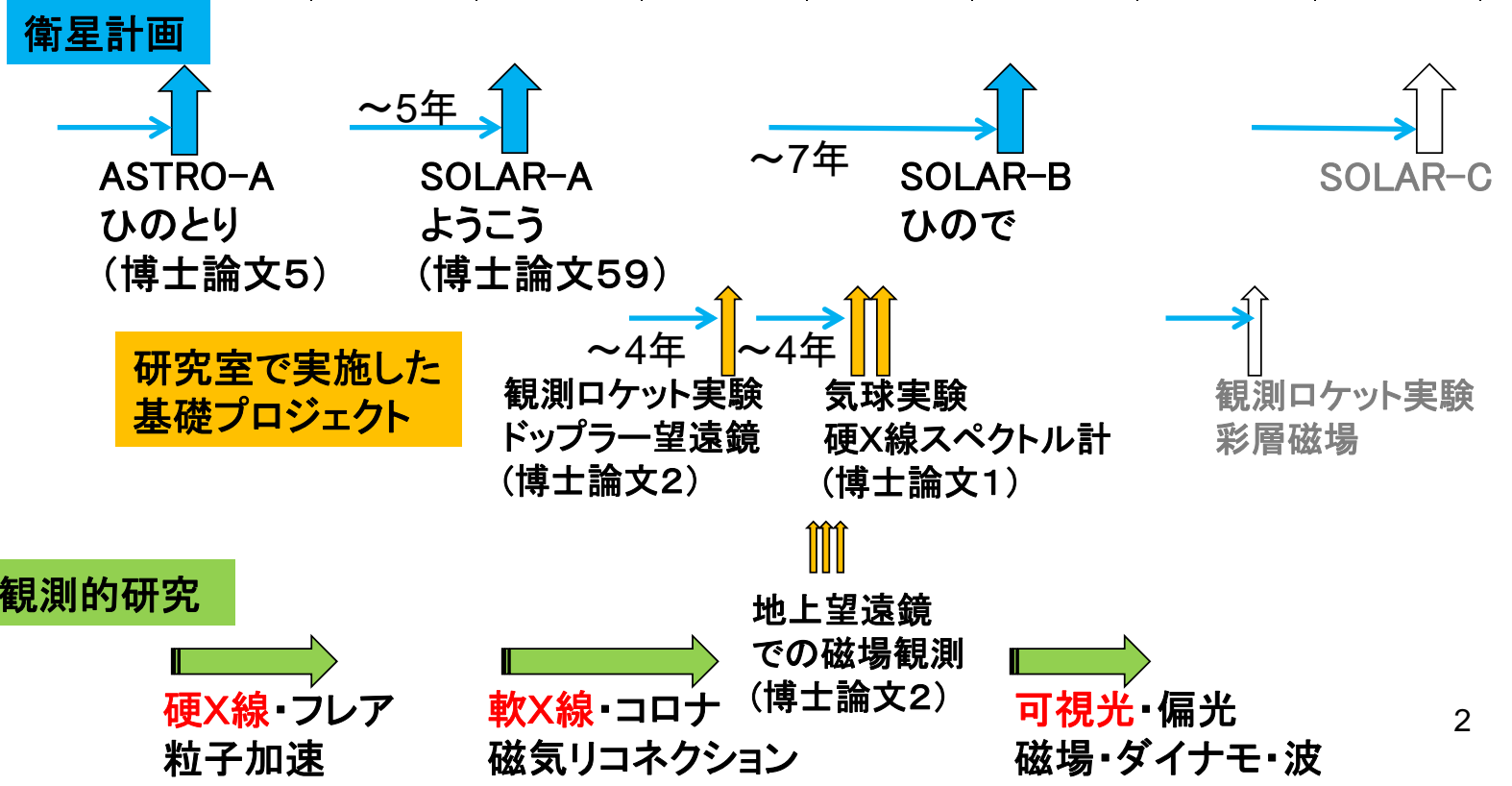
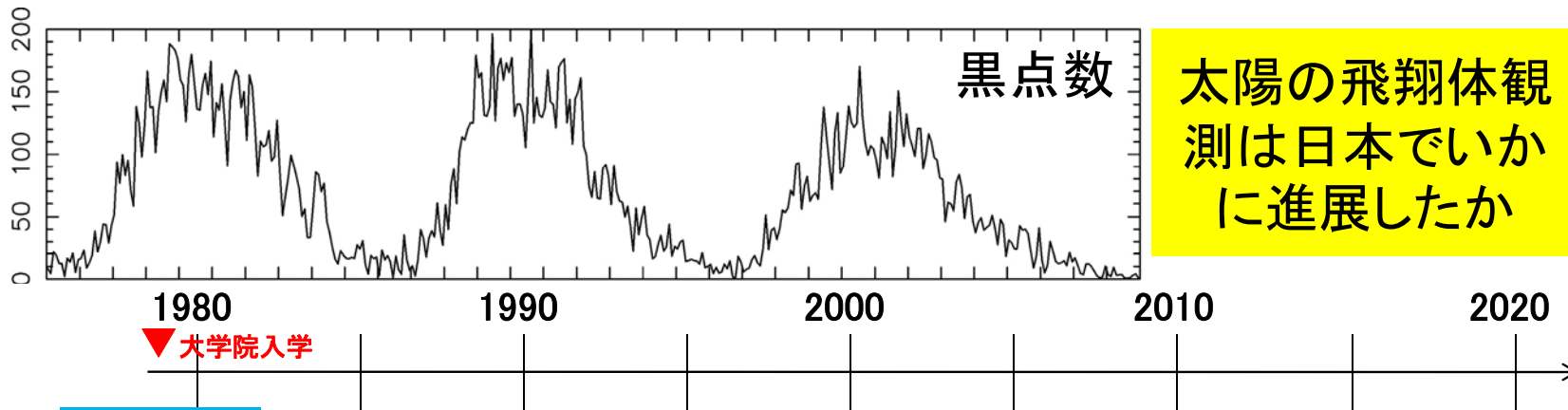
Solar-C & Solar-Dへ

今、太陽がおもしろい！



常田佐久
(国立天文台)





日本の総力をあげた「ひので」衛星

SOT: 可視光磁場望遠鏡

超高空間分解能(0.2秒角)での
光球面像&ベクトル磁場の観測

EIS: 極端紫外撮像分光装置

遷移層とコロナでの分光観測による、
ドップラー速度場や乱流速度場など、
物理量の測定

XRT: X線望遠鏡

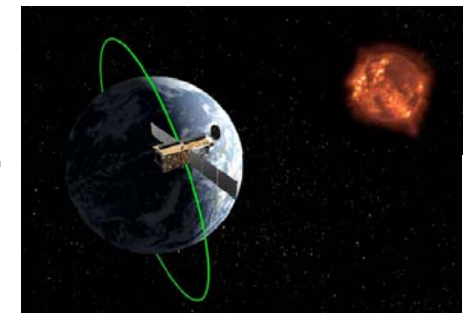
高空間分解能(2秒角)での
太陽コロナの撮像観測
および温度診断

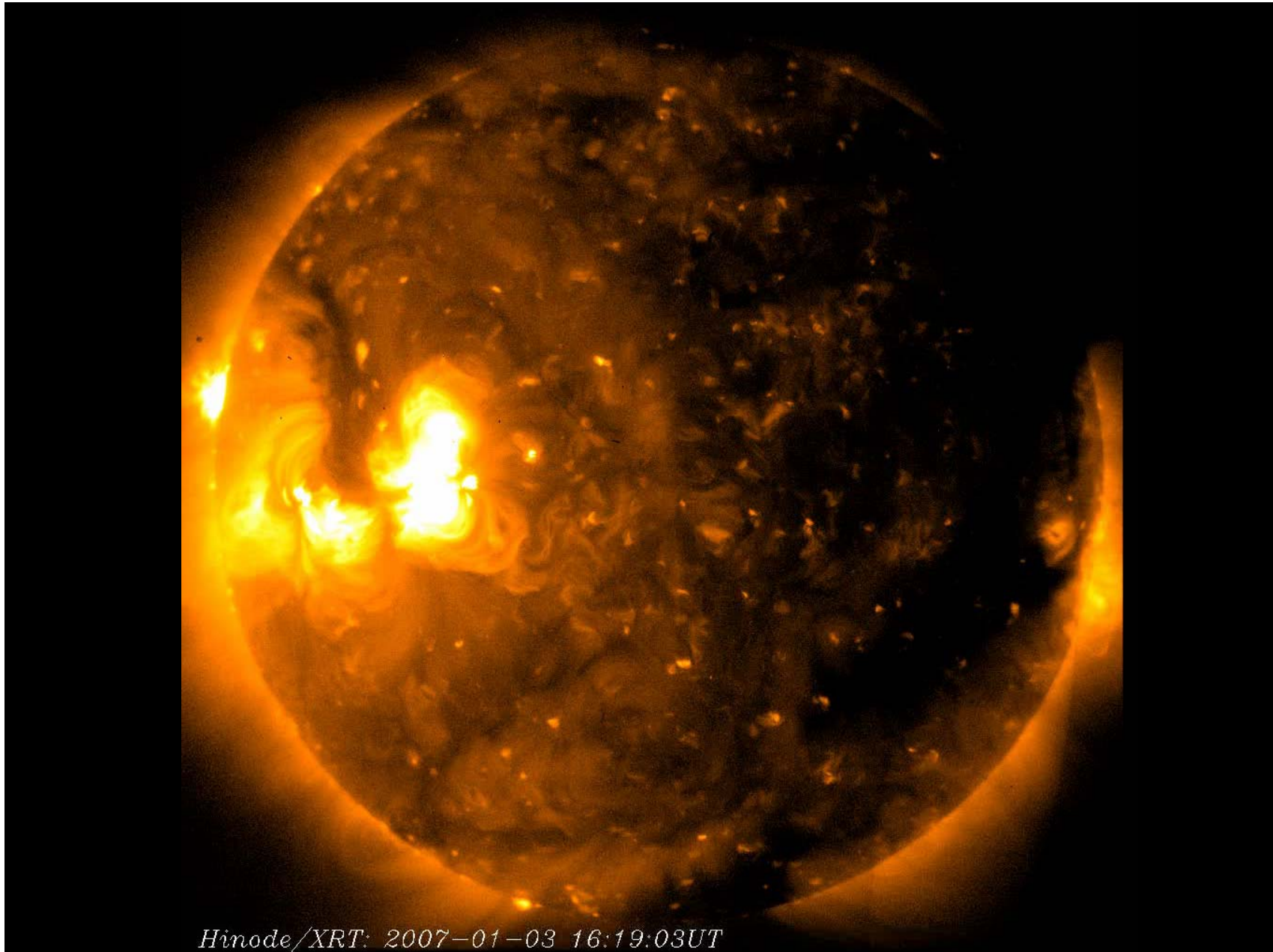
日米英共同プロジェクト

打上げ: 2006年9月23日JST

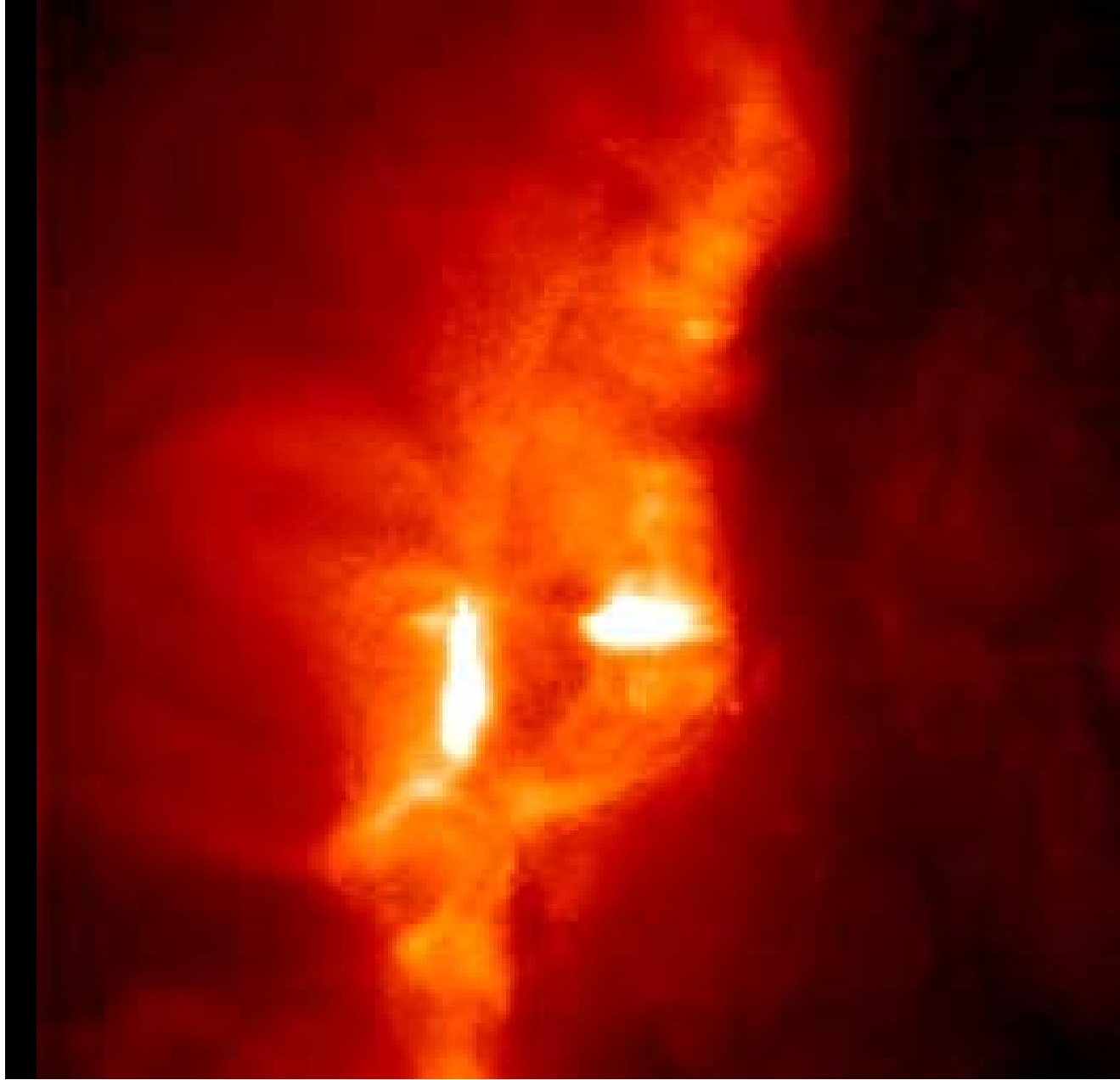
設計寿命: 2年

軌道: 太陽同期極軌道

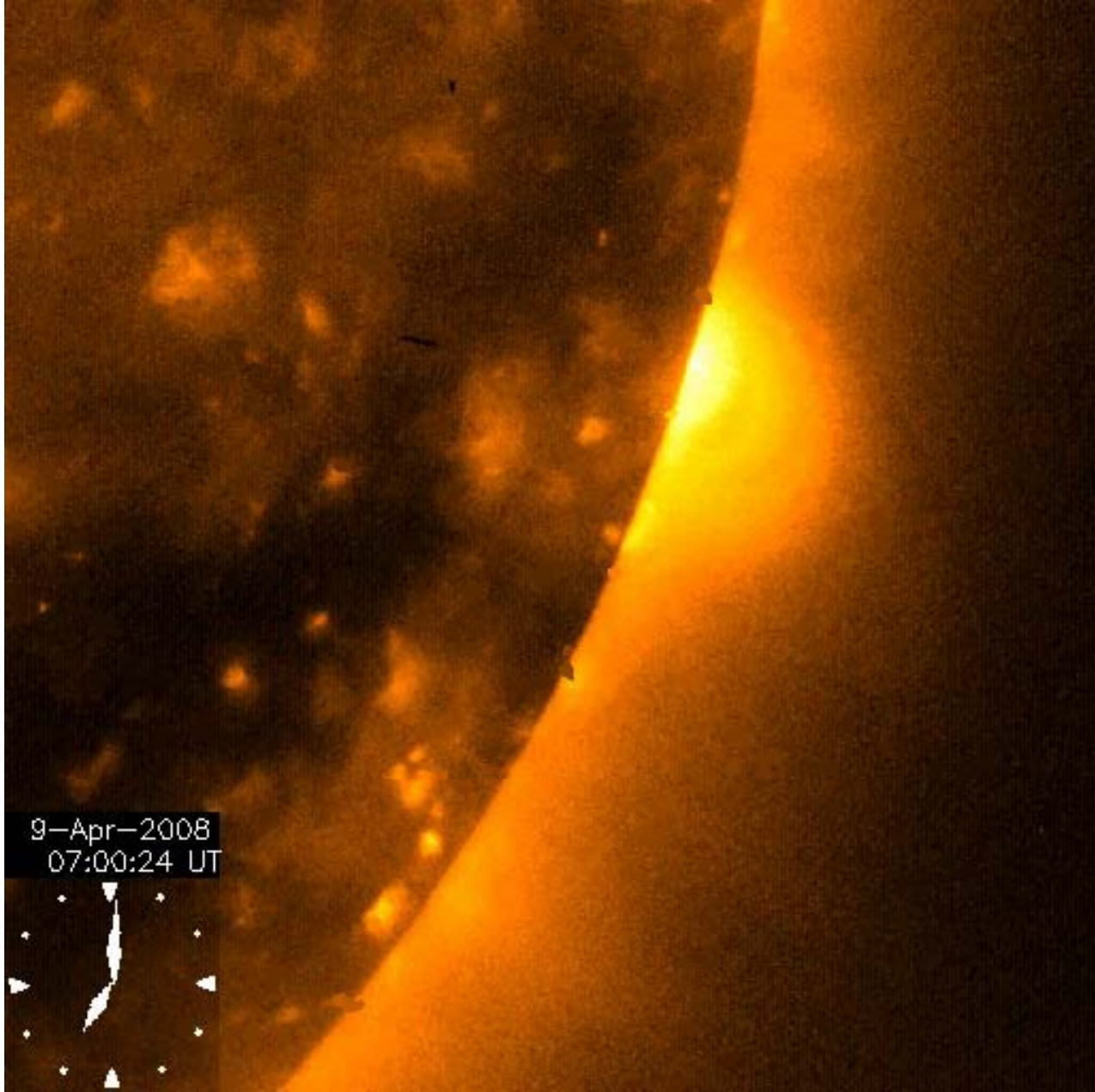




Hinode/XRT: 2007-01-03 16:19:03UT



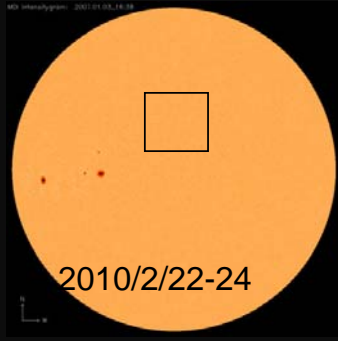
低 β 磁気プラズマの間欠的エネルギー解放(「ようこう」)



9-Apr-2008
07:00:24 UT

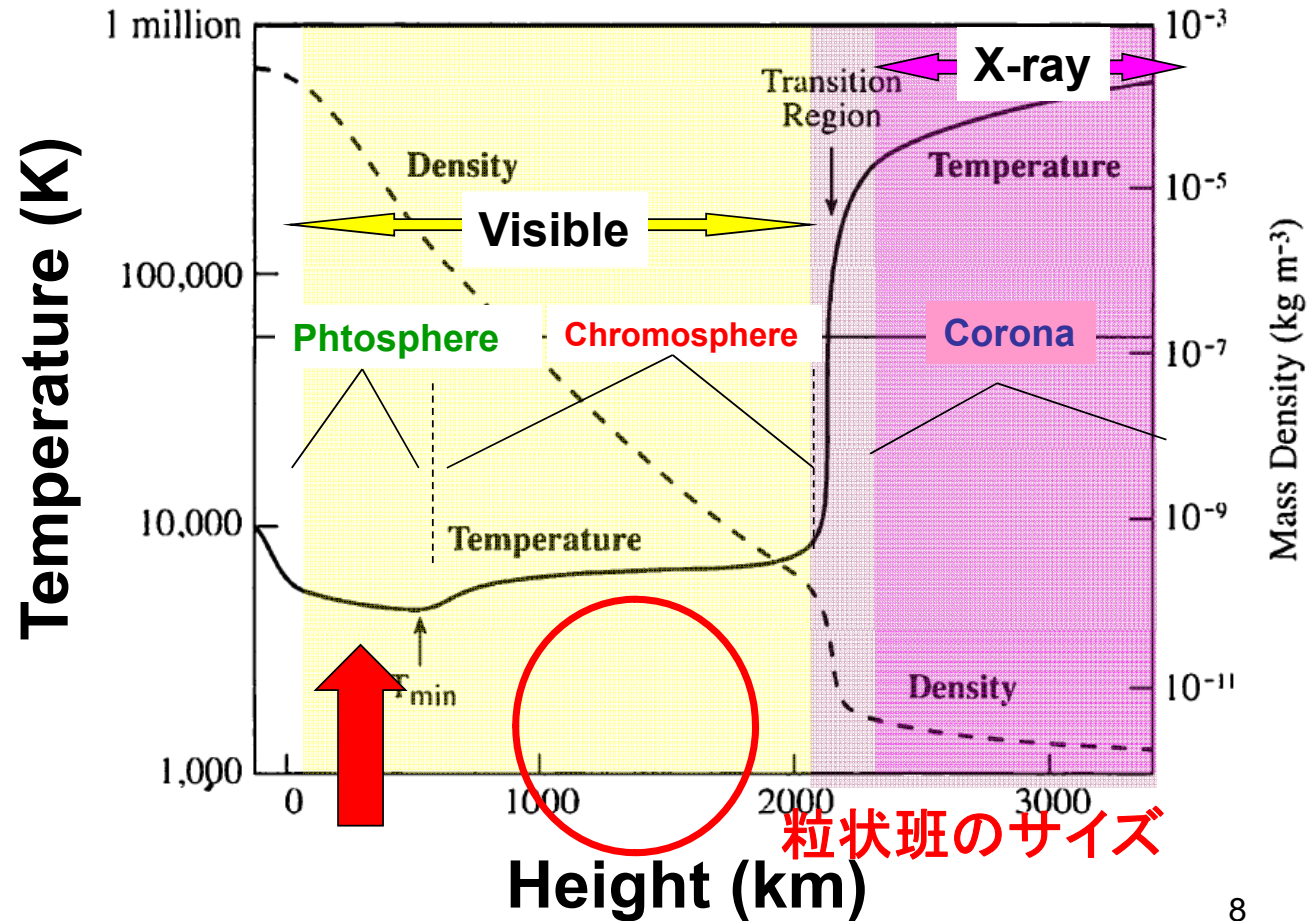
コロナからの質量と磁場の放出 (CME)

静穏でない
静穏コロナ!



どこを見ているのか？

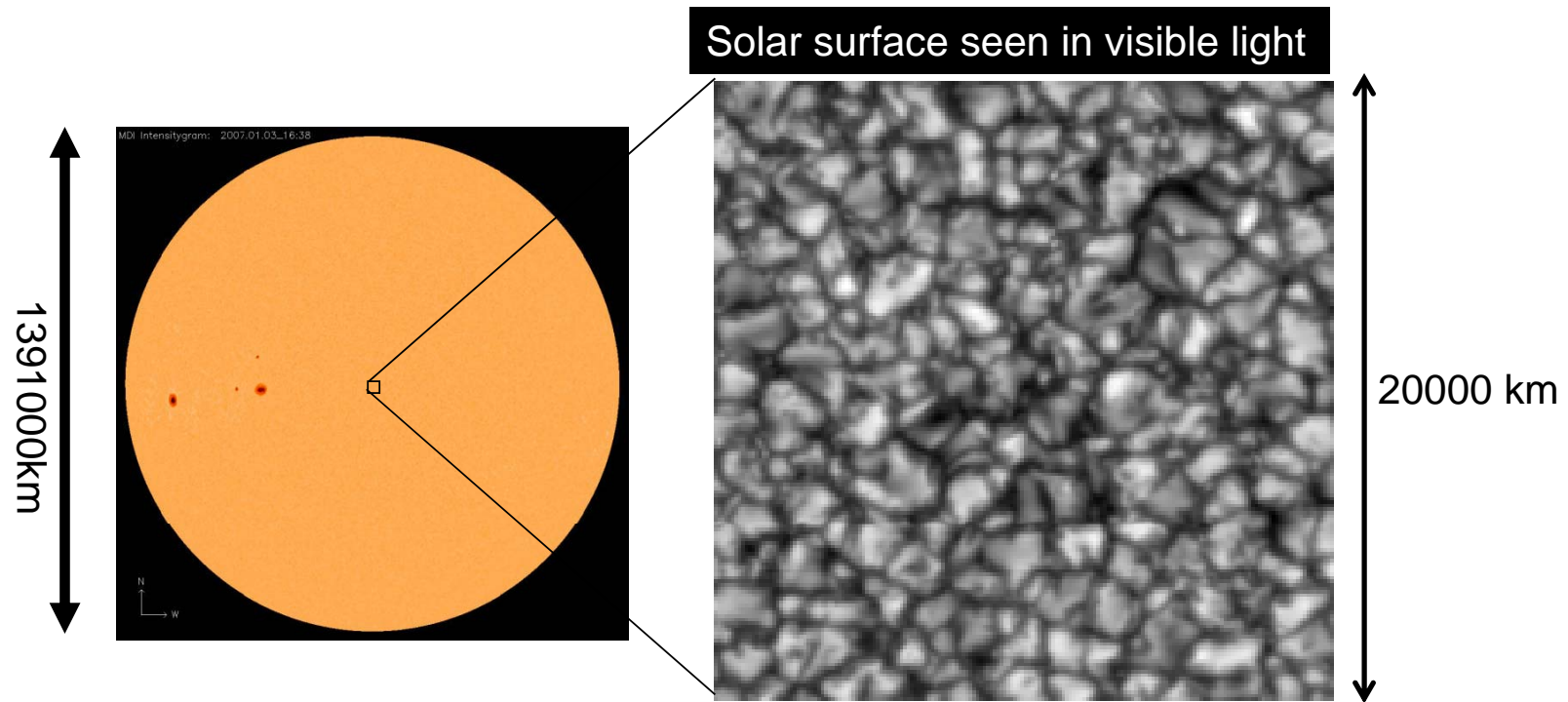
光球—彩層—遷移層—コロナ



2010/2/22-24

8

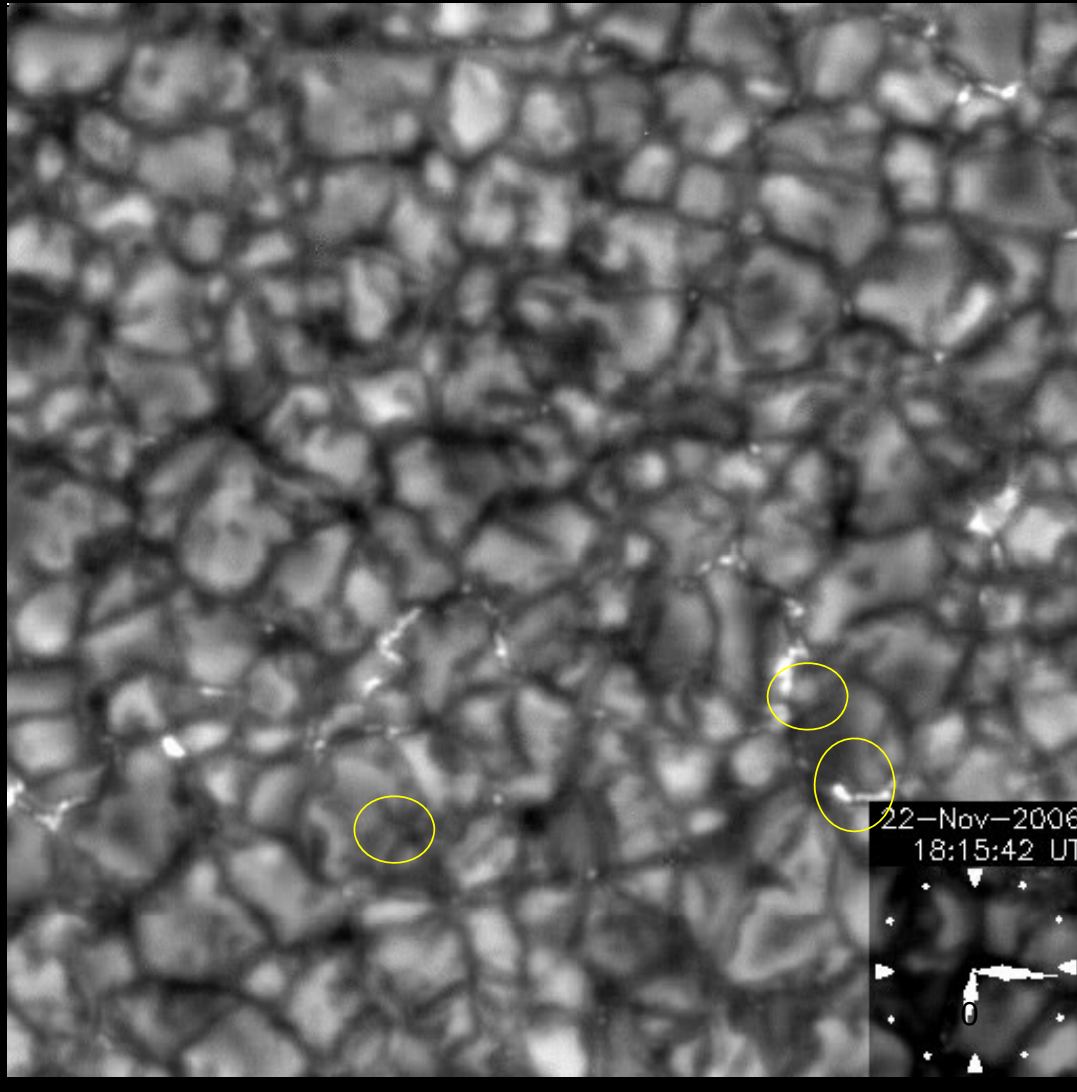
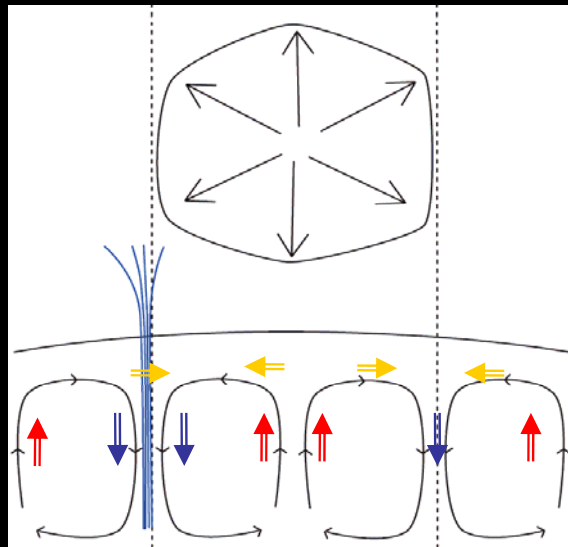
「ひので」6千度の光球



2010/2/22-24

サイズ0.1-0.2秒角の基本磁束管

- **Equipartition-B**
より強いkG磁場
- 主に対流セルの
間に存在
- 太陽全面に存在

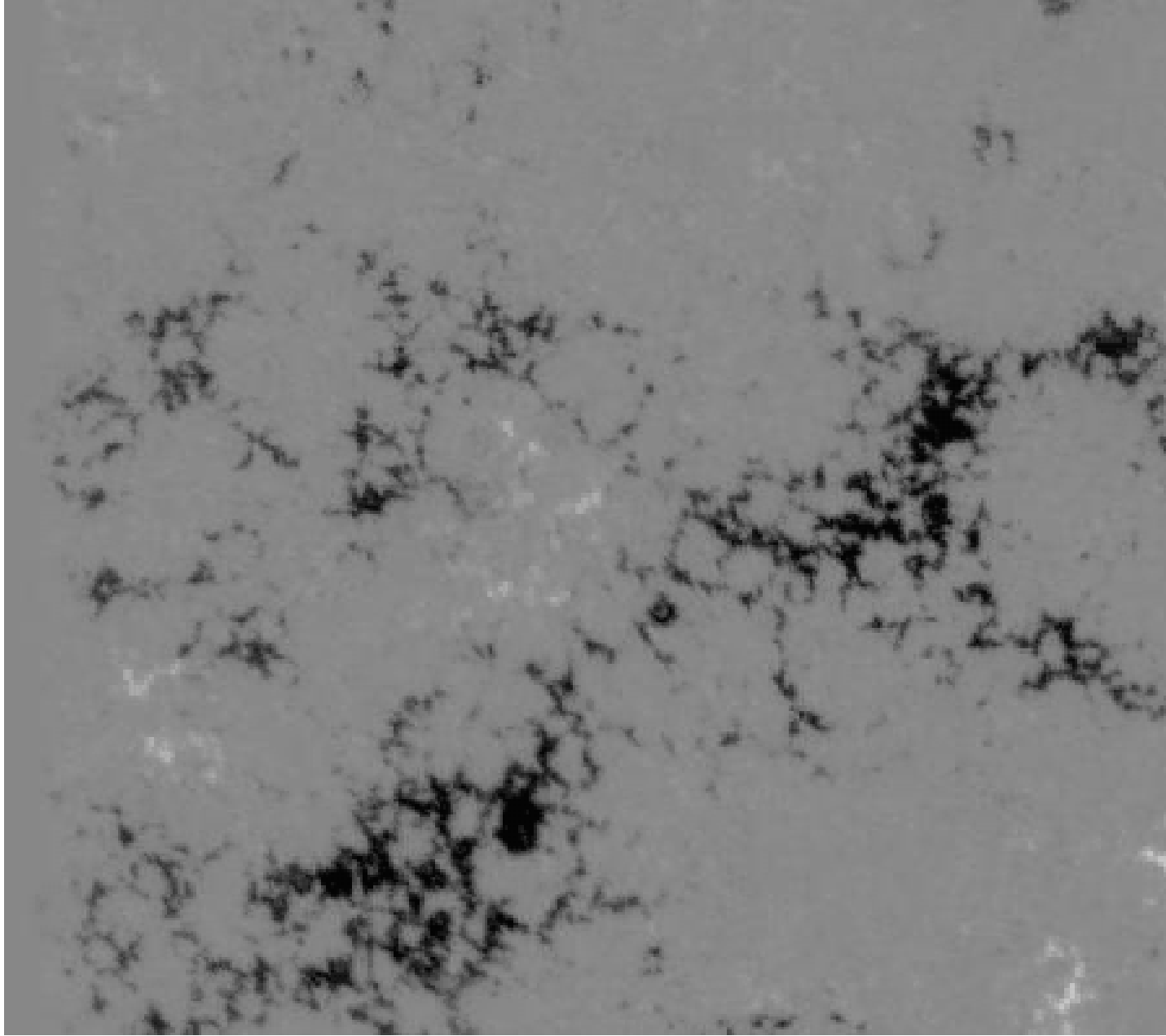


回転するガス球にすぎない太陽が強い磁場を持っている！

回転
対流

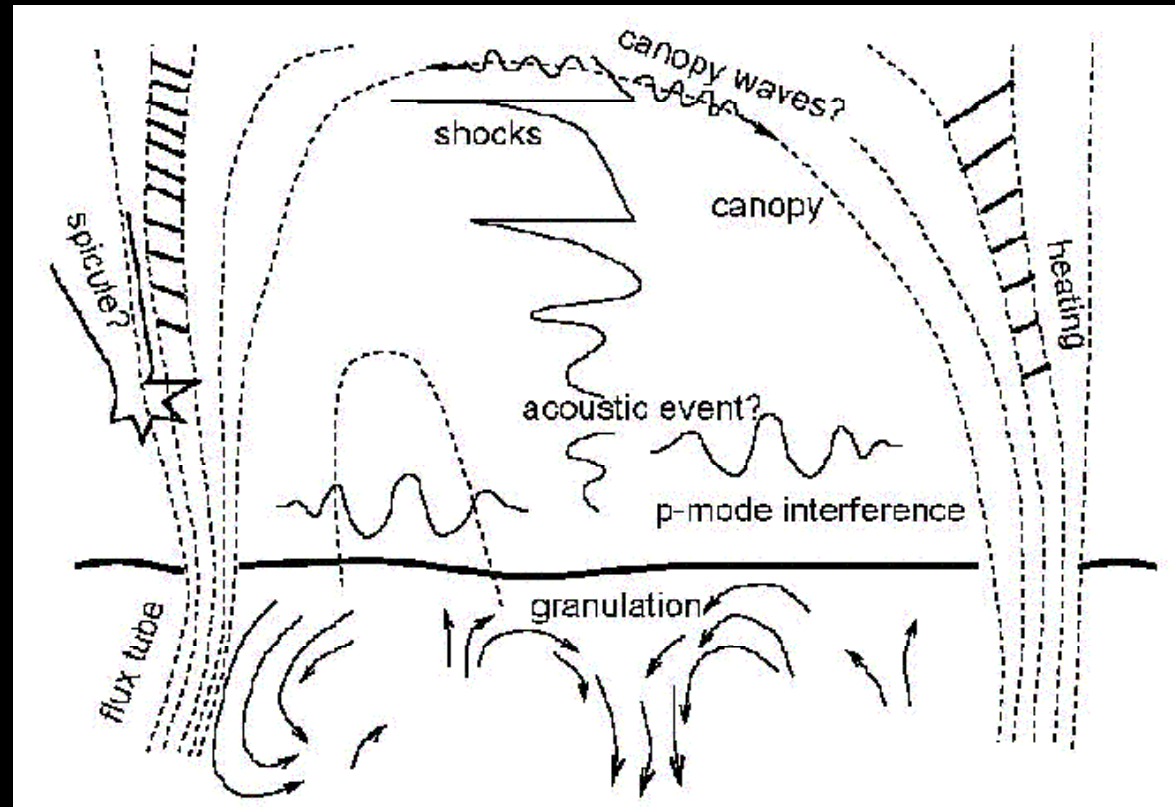
差動回転⇒ダイナモ





対流層から湧き上がる磁場

太陽:「ひので」前



Rutten, R., ASP-CS, 184, 181, 1999

太陽:ひので後

イナモ、乱流、波動、リコネクション

タイプIとII
スピキュール

彩層ジェットと
磁気リコネクション

スピキュールを
伝わるMHD波動

半暗部 マイクロ
ジェット

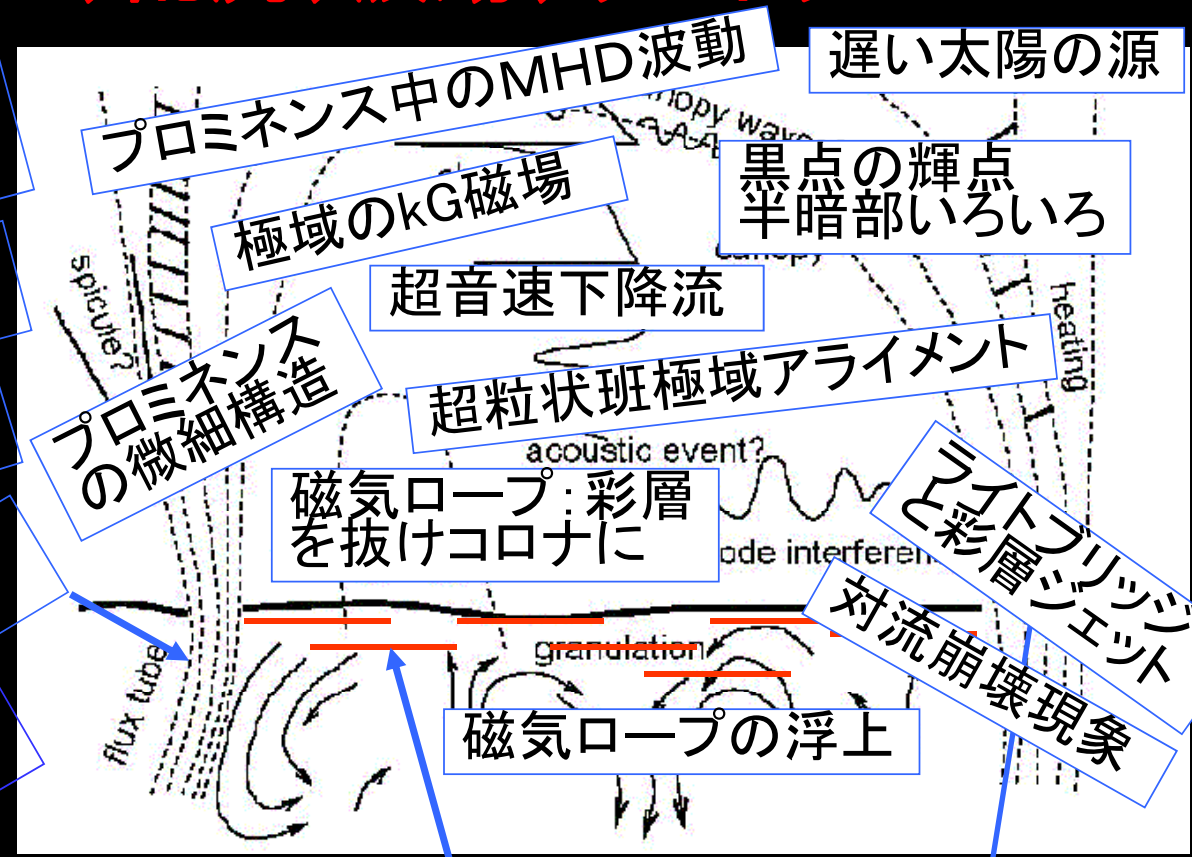
光球での定在キック
波・ソーゼーシ波

マングラニユール
の不思議

水平と垂直の
関係解明される

ユビキタスな
短寿命水平磁場

コロナの輝線
の膨らみ



遅い太陽の源

プロミネンス中のMHD波動

極域のkG磁場

黒点の輝点
半暗部いろいろ

超音速下降流

超粒状班極域アライメント

プロミネンス
の微細構造

磁気ロープ: 彩層
を抜けコロナに

ジェットと彩層ジェット
対流崩壊現象

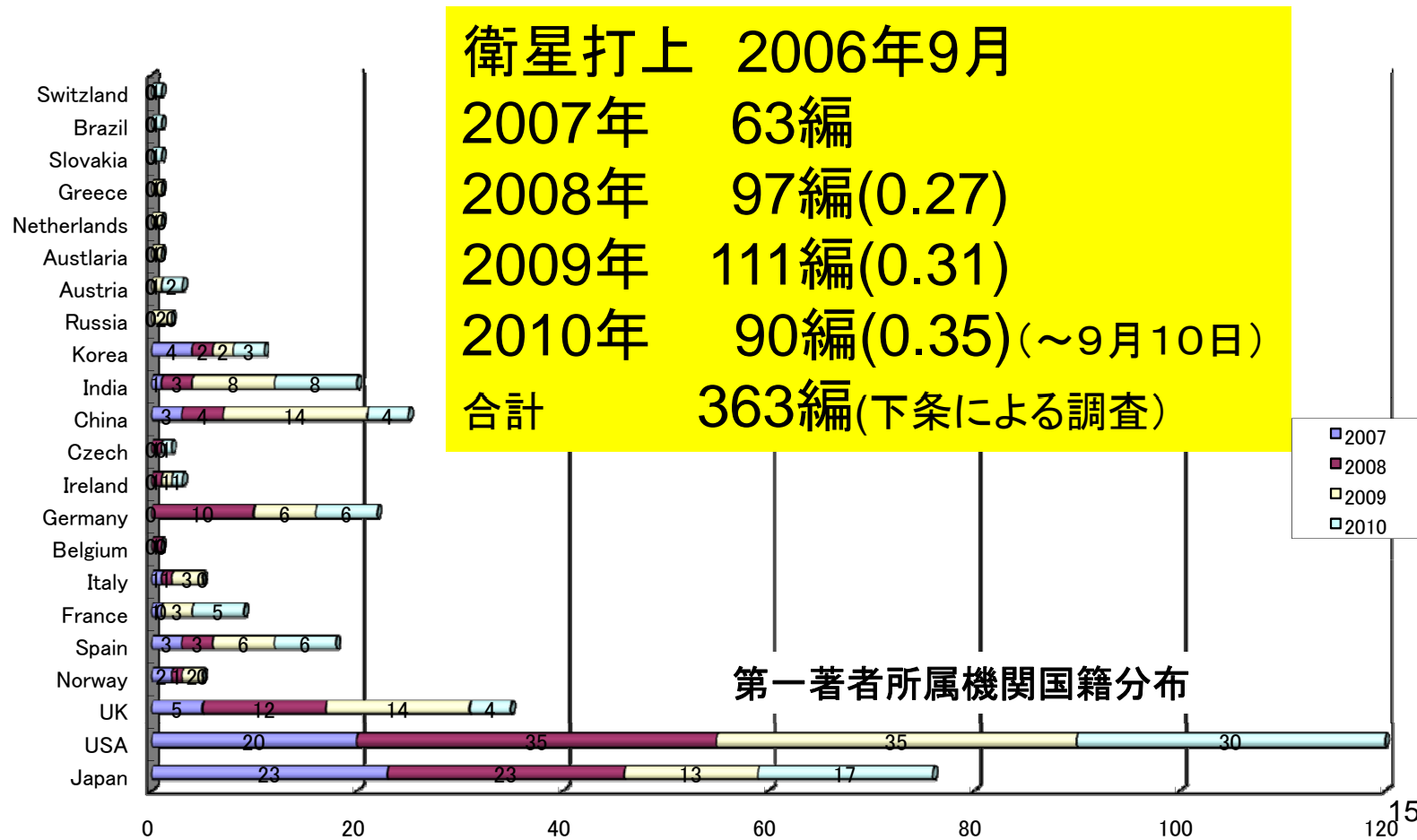
磁気ロープの浮上

ユビキタスな
短寿命水平磁場

コロナの輝線
の膨らみ

「ひので」査読論文数

世界中の観測系研究者のかなりが「ひので」を使用



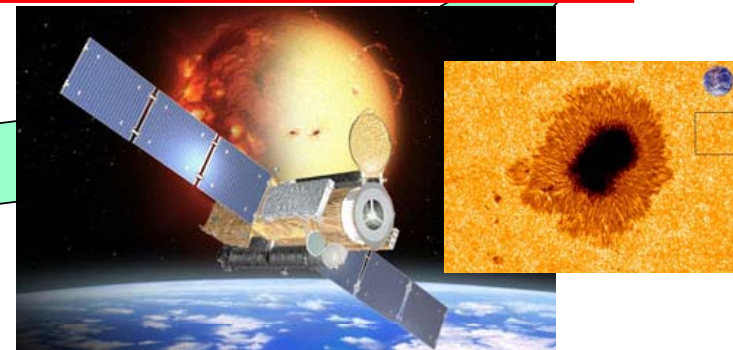
衛星による太陽観測で定評のある日本 太陽活動の変動を解明するSolar-C/D衛星

ようこう/SOLAR-A (1991-



太陽物理における未解決問題
太陽の内部構造と磁場の起源(ダイナモ)
彩層とコロナの加熱とダイナミズム
粒子加速

SOLAR-CとSOLAR-Dによる太陽活動
の総合的解明と地球
環境への影響評価ア
ルゴリズムの構築



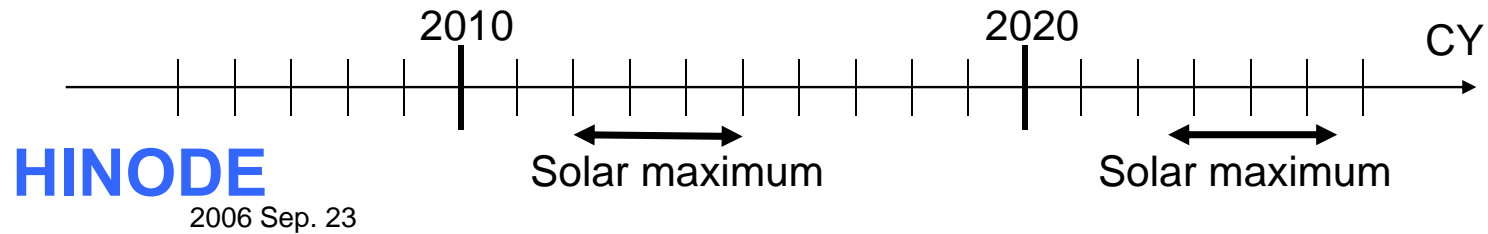
光球、彩層、遷移層、コロナ、フレア
可視光、極紫外線、X線

16

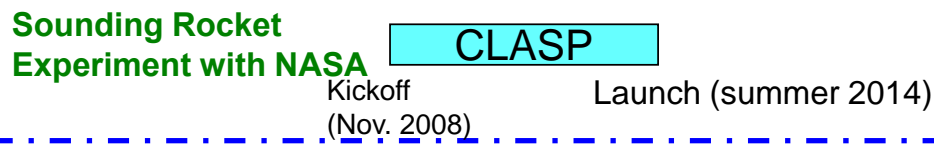
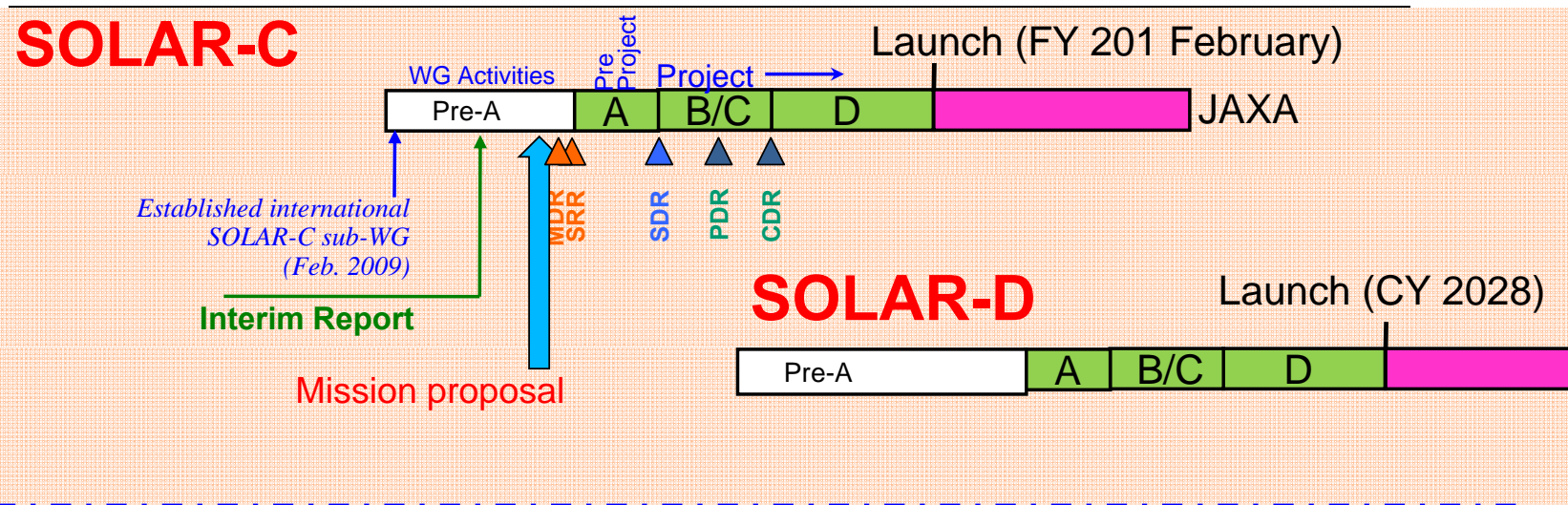
A案・B案：連携した科学目的

- A案:未踏の太陽極域探査
 - 黄道面(目標40度)を離れ太陽極域内部の回転角速度・流れ場と磁場を同時観測
 - 太陽ダイナモ機構・太陽風加速機構解明のための基礎的観測を実施
- B案:彩層・コロナ加熱、太陽風加速の物理は太陽表面の微細構造にある
 - 必要な解像度は、filling factorの観測から、0.1-0.5秒角にあり、技術的に到達可能
 - ひのでは、高分解能＋分光の威力を見せつけた。「撮像から分光」は天文学の自然な発展。
 - SDOはすばらしい。しかし、あれだけでは物理はやれない。

ロードマップ2010-2030



- Phase 1** Initial analysis and discovery
- Phase 2** New development from solar max. observations
- Phase 3** New view with cycle-long observations

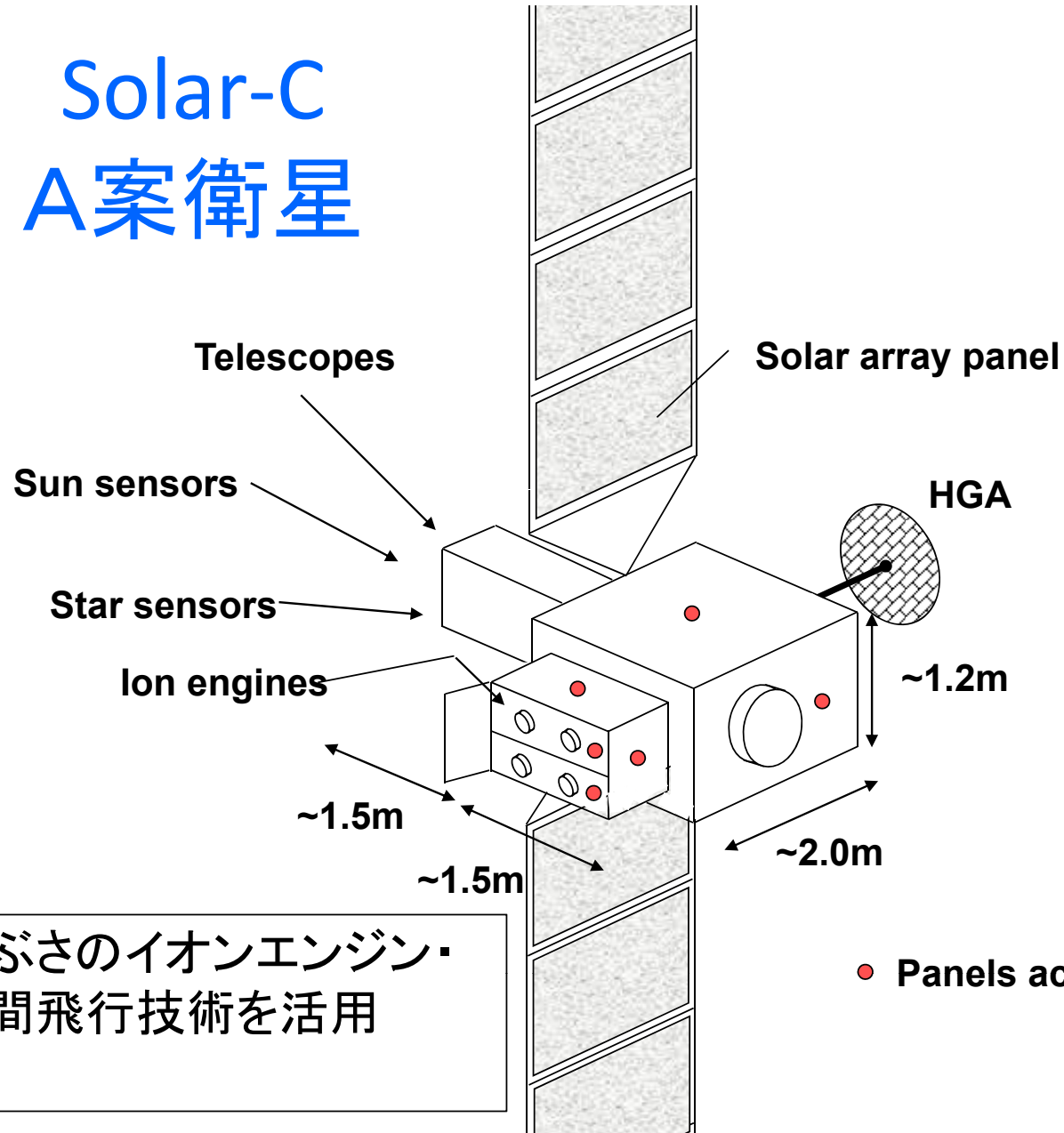


Pre-A: Pre-Phase-A (WG activities)
 A: Phase-A (R&D)
 B/C: Phase-B/C (PM phase)
 D: Phase-D (FM phase)

2010～2030年太陽観測衛星

- 10年ごと(大学院生2世代ごと)に1機の太陽観測衛星を打ち上げる
- A案・B案をSolar-C, Solar-Dと位置付け、選択は順序の問題である
- A案・B案とも米国・欧州では実施しにくい
 - A案: イオンエンジン技術
 - B案: 高空間分解能大型望遠鏡技術・画像安定化技術
 - Solar orbiter, Solar probe+と言った違う路線をNASA, ESAが取っており軌道修正できない。

Solar-C A案衛星

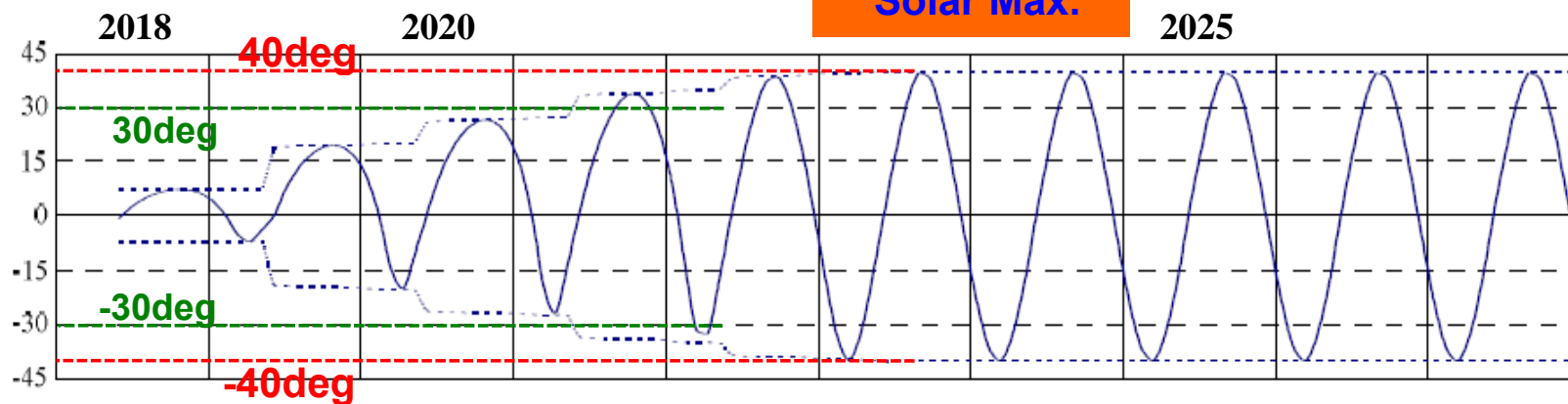
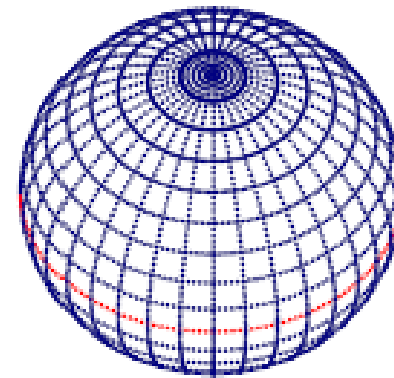
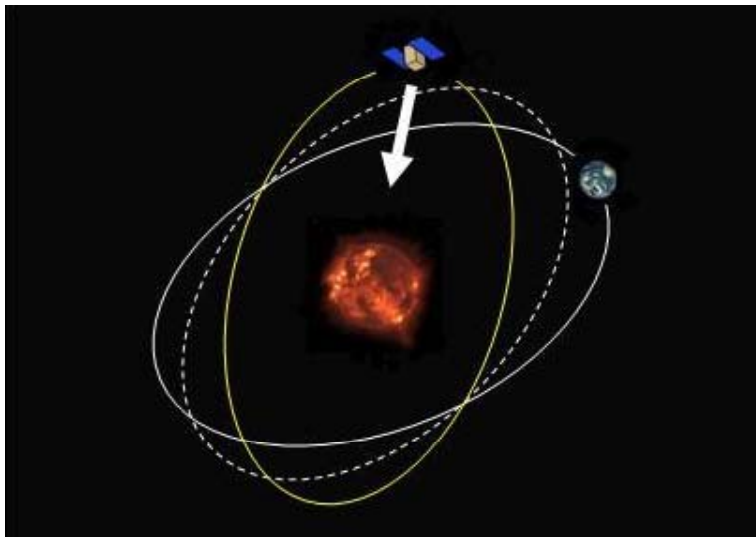


はやぶさのイオンエンジン・惑星間飛行技術を活用

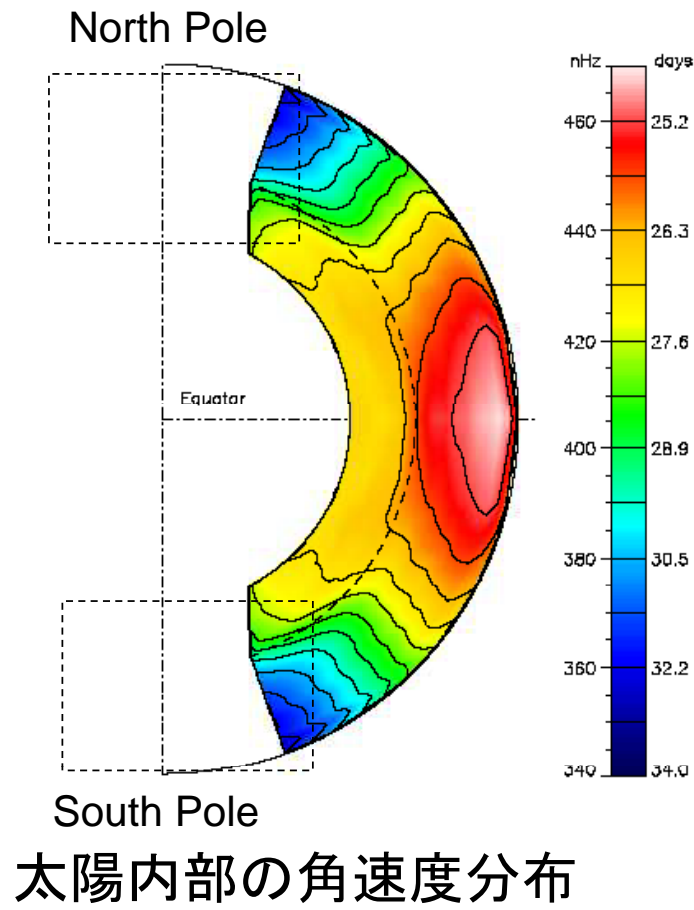
● Panels act as radiators.

Solar-C A案

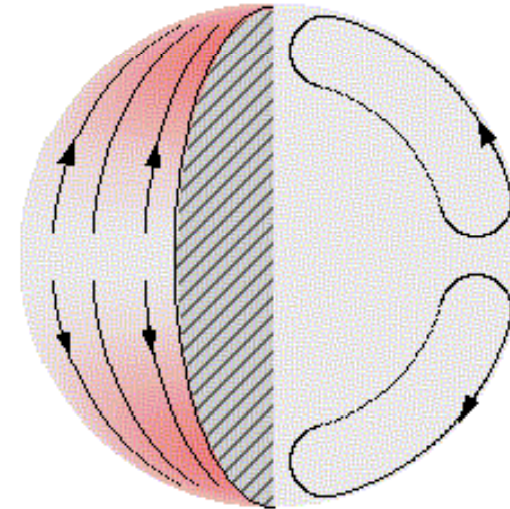
黄道面離脱により太陽を丸ごと観測



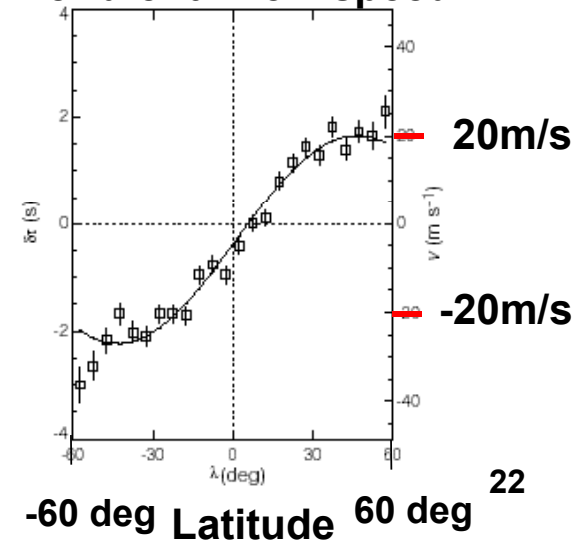
ダイナモの理解に 本質的情報を提供



極域の子午面還流(想像図)



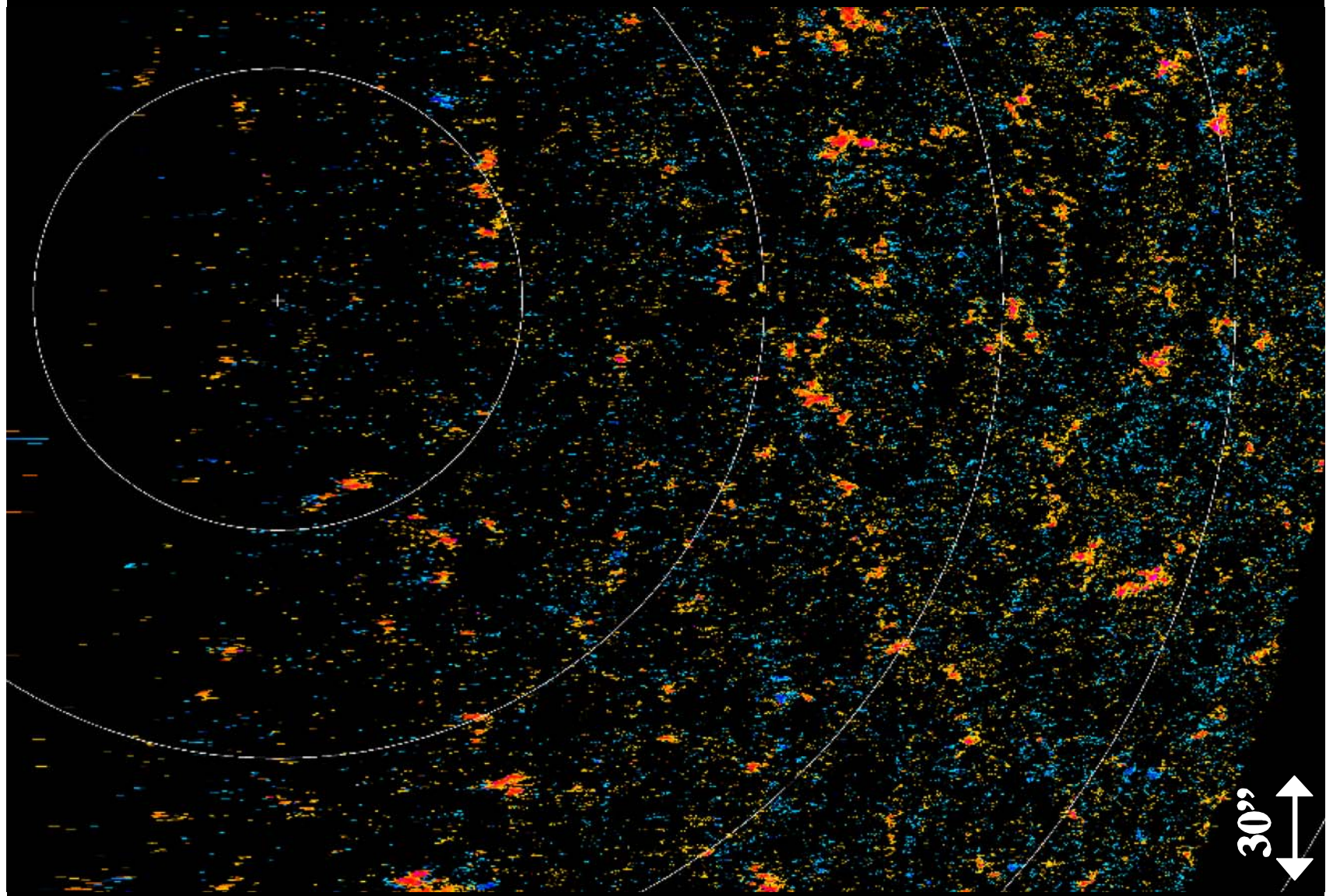
Meridional flow speed



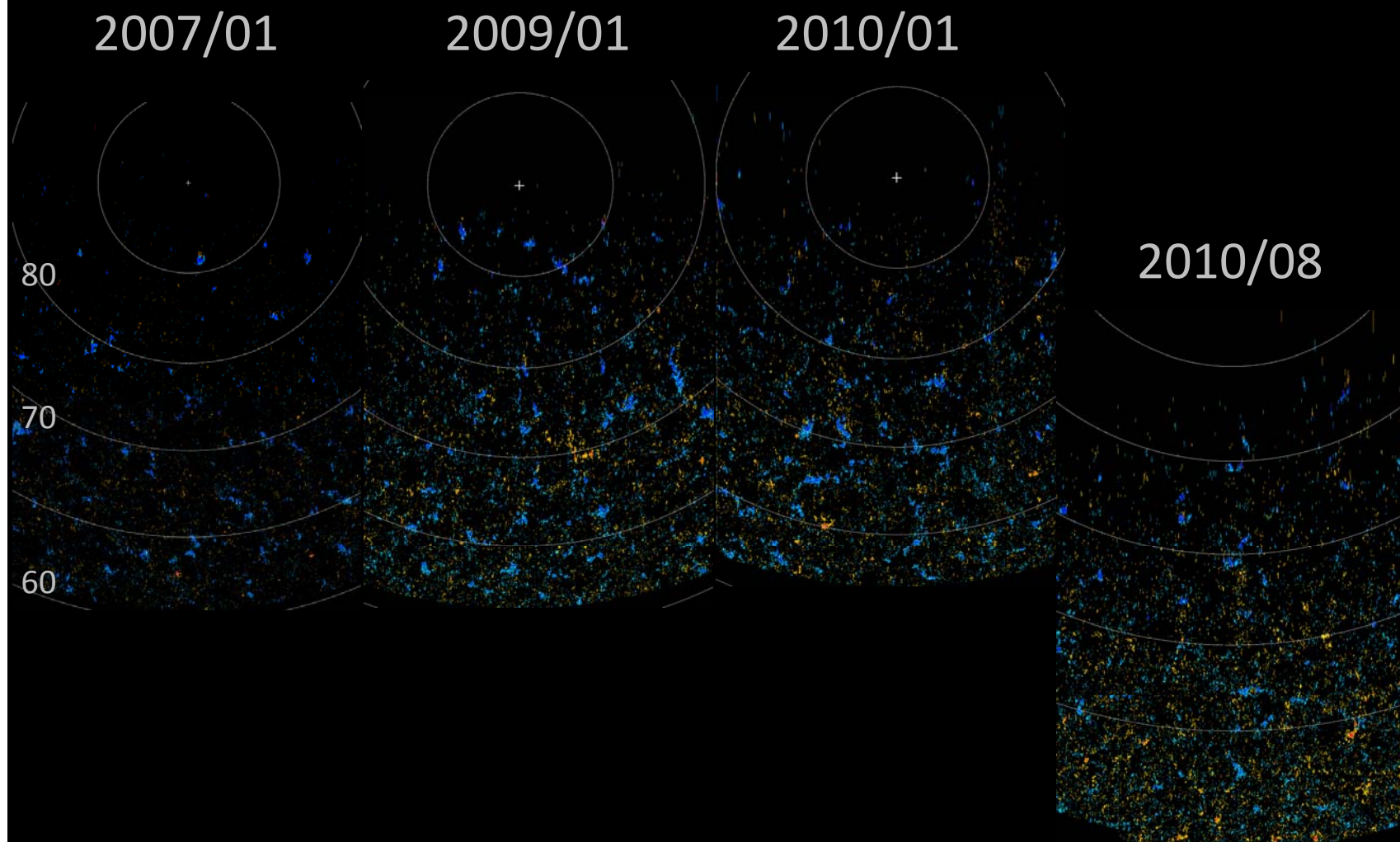
Polar vertical fields 2007 Sep. 25(12.8s) Ito+10

1.2kG

-1.2kG



HOP81 South polar region Signed vertical field 2007~2010 (Ito+10)

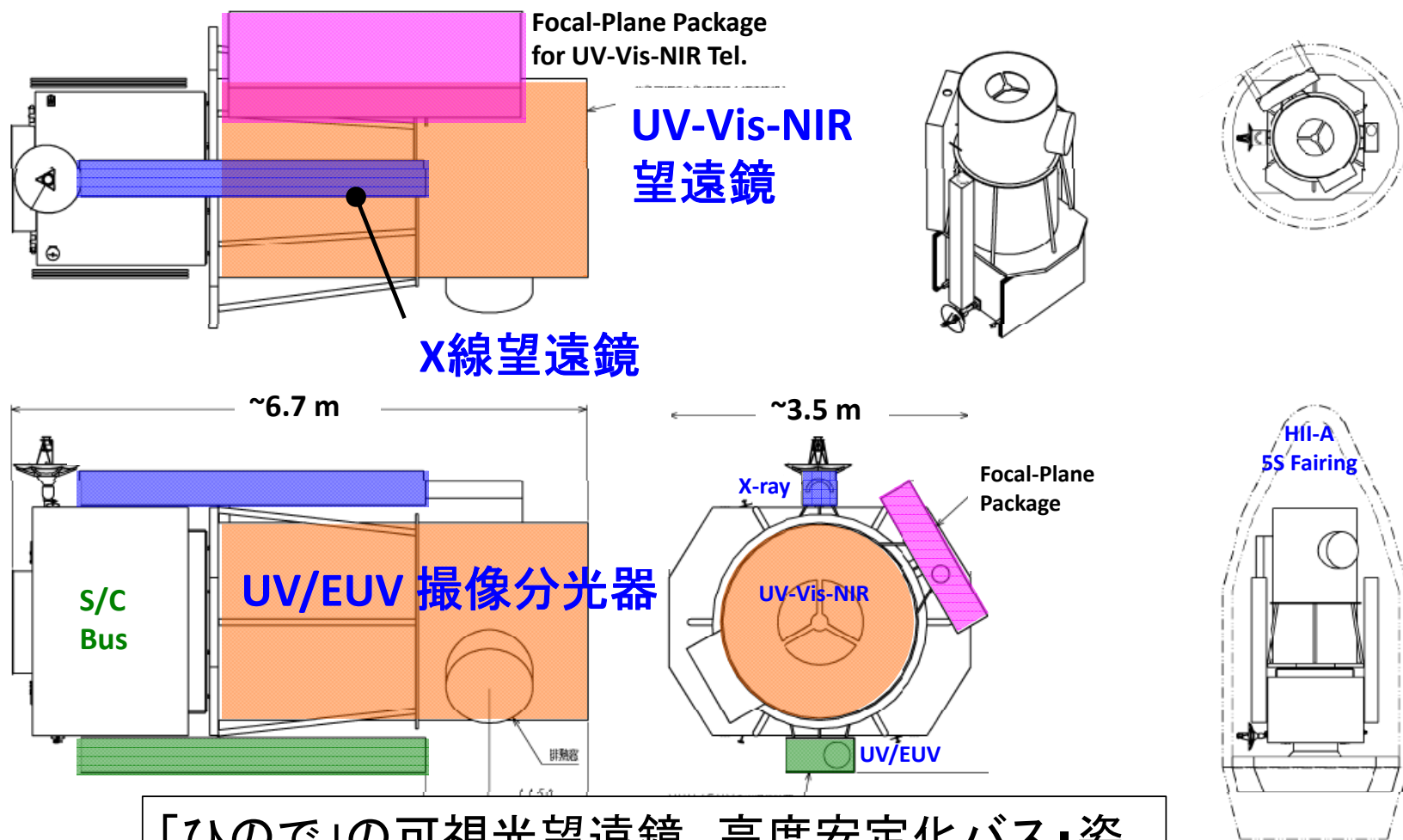


Plan A:

日震学による未踏の極域探査

- 衛星設計をドップラー画像観測に最適化
 - NASA Solar Probe, ESA Solar orbiterとの差別化
- 対流層全域の極地方の角速度分布マップを完成させる
- 時間変動する子午面還流はどこで沈み込むか？
- 極域全体の俯瞰的磁場・コロナ観測
- その他のヘリオスフィア観測はリソースとの関係で少しあとに検討

Solar-C B案

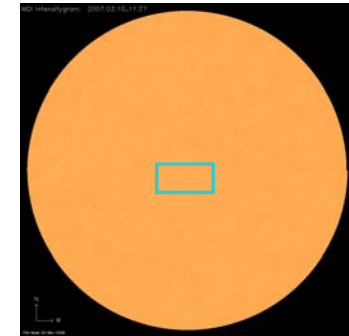


「ひので」の可視光望遠鏡、高度安定化バス・姿勢制御技術を最大限活用

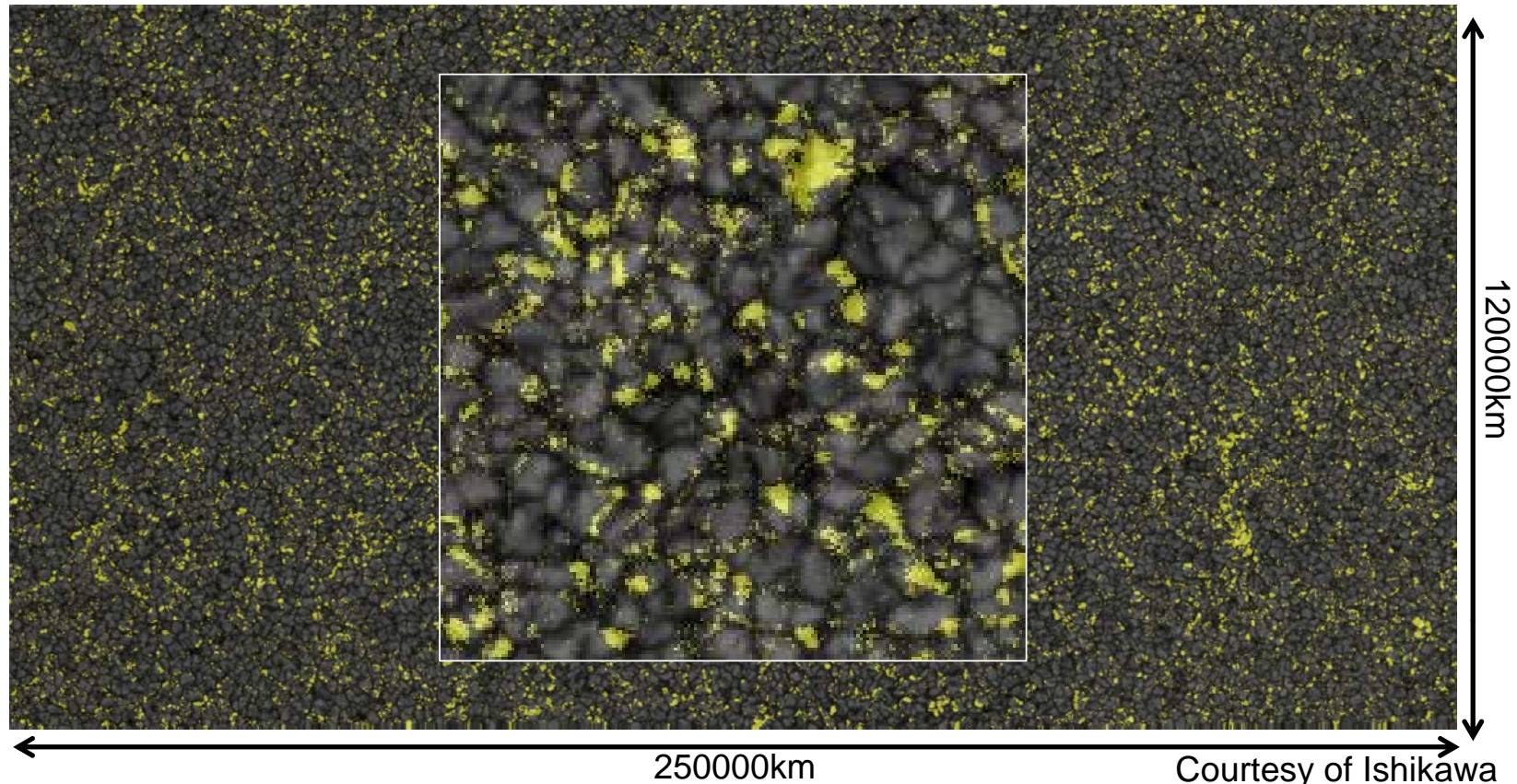
ひので: 対流駆動水平磁場の発見²⁷

宇宙に乱対流があれば磁場が存在。。

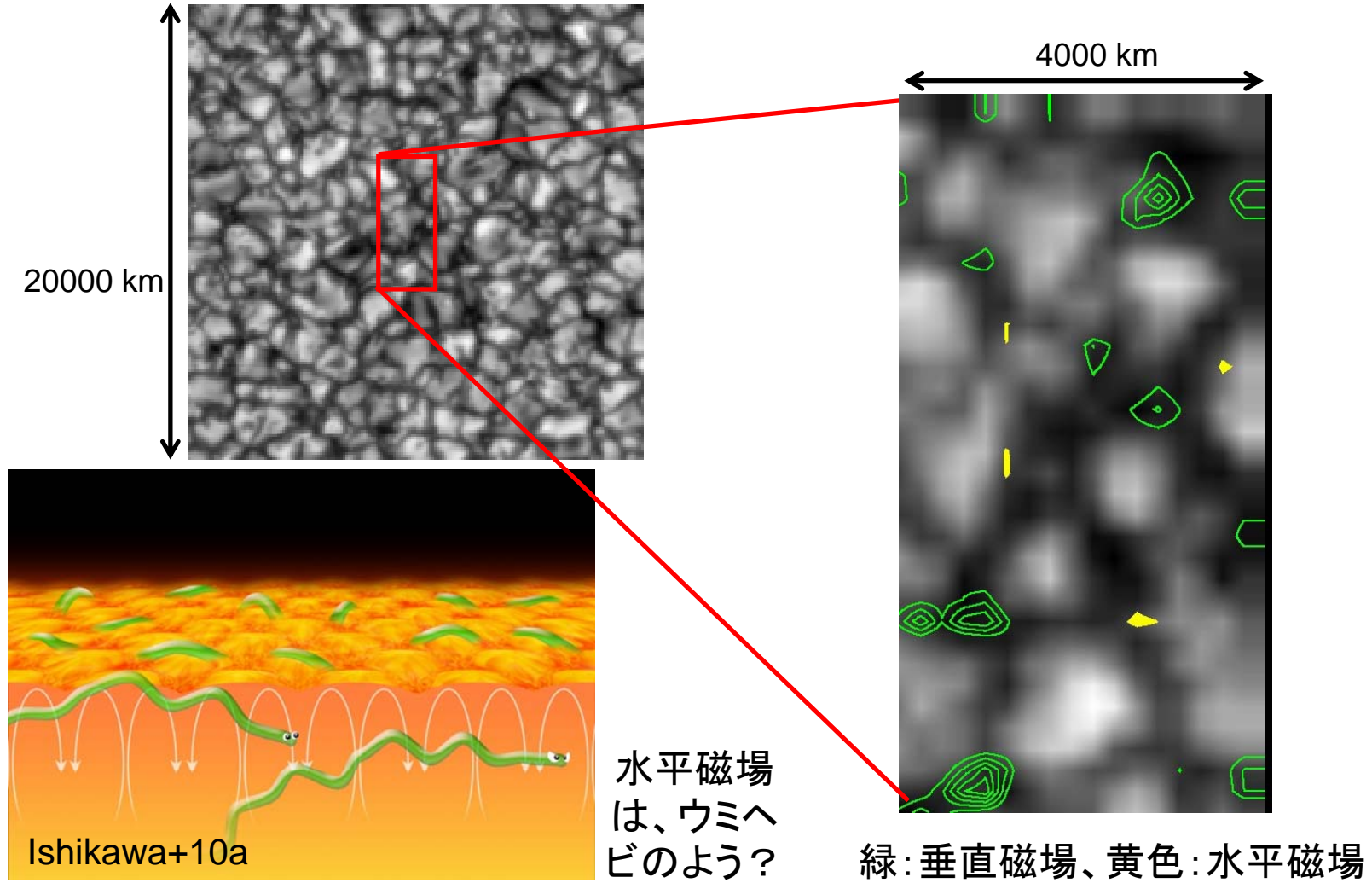
Lites+08, Ishikawa+08, Orozco+08ab, Centeno+08,
Ishikawa+09, Ishikawa+10abc



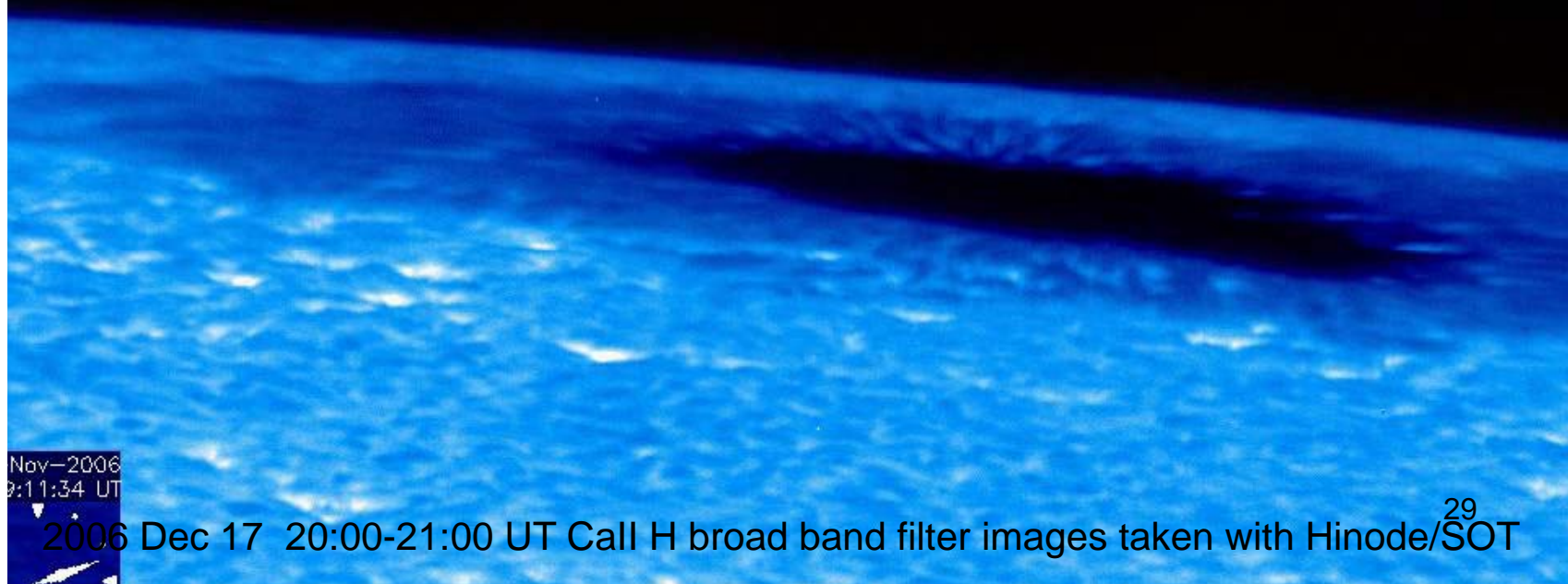
直線偏光マップ(連続光マップに重ねて表示)



水平磁場の時間変化を追う



ひので最大の発見：彩層のダイナミズム (作成:勝川行雄さん)



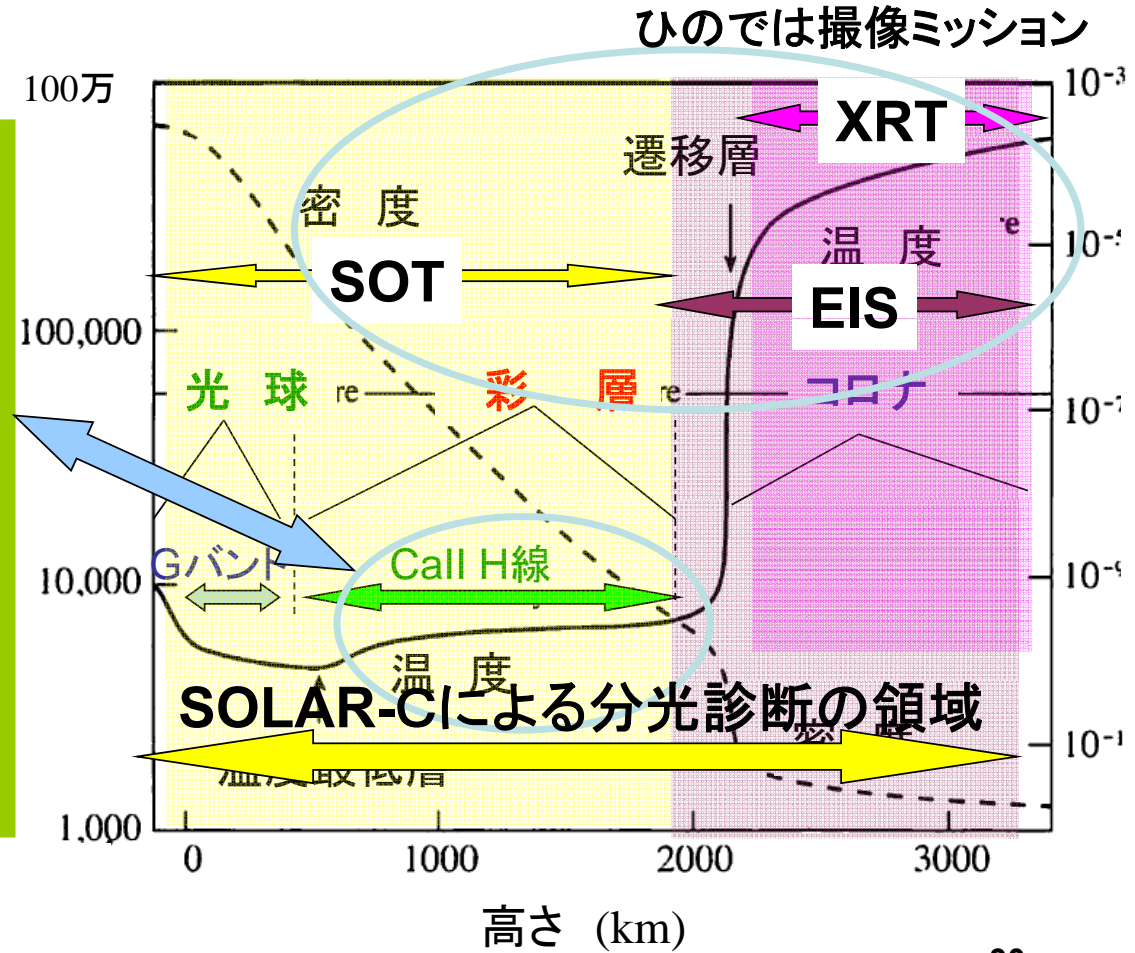
Nov-2006
9:11:34 UT

2006 Dec 17 20:00-21:00 UT Call H broad band filter images taken with Hinode/SOT²⁹

B案: Solar-Cによる太陽大気全域の 高分解能・分光観測

大注目領域: 彩層で何が起きているのか?

- ・コロナの10倍の加熱により維持されている
- ・「ひので」による多様な動的現象の発見
- ・コロナ加熱の理解には、コロナ光球のインターフェースである彩層・遷移層の理解が本質であるとの認識が急速に台頭。



Plan B: 高空間分解能、感度、時間 分解能観測

- 指導原理: 微細構造にある物理が太陽全体とヘリオスフェアに至る大局的を決める
- 彩層の時間変化は早く磁場も弱いため、その観測はほとんどされていない
- エネルギー源の光球から、散逸場所の彩層・コロナの全域を隙間なく(「ひので」はすきまだらけ)観測する
- 磁場と速度場の高分解(空間・時間)能観測が決定的

Solar-C/Dと 宇宙天気・宇宙気候学への貢献

- 近代的観測が始まって以来、太陽活動を表す諸量がそろって従来にない値を示している。より長い年月で見れば、このレベルの太陽活動の変動は何度も起きている証拠があり、天文学的には異常な現象でない。
- 太陽のダイナモが少し違った挙動を示すという自然の提供してくれた絶好の機会であり、太陽観測衛星を中心とした観測および研究体制の強化により、基礎的過程の解明を進める必要がある。
- 基礎研究の推進を通じてのみ、1日～数十年の時間スケールの太陽活動の予報アルゴリズムを構築することができ、国民の安心・安全に貢献できる。

太陽分野からのSTE研への期待

- 衛星観測は不十分なりモートセンシング観測
 - 同時にミッションに適合した理論・シミュレーションの準備を進めて理解に達せる。**STE研**にその中心になってほしい
 - 「ひので」では、外国が「ひので」とシミュレーションの比較で成果を出し日本は大きく遅れた
- **STE研**にSolar-Cデータセンターを置き、Solar-Cの一つのCOEとなることを太陽分野では希望
 - 国立天文台はサイエンスの裏付けのある最先端の搭載機器開発に特化していく
- 衛星による研究の成果を受けて**STE研**が太陽活動の予報アルゴリズムと学際的な地球環境への影響の研究の中心に。
- **STE研**の太陽風の長期観測はSolar-Cの目的と整合

A案・B案の決定について

- 日米欧の太陽物理・関連分野の研究者は、一致してSolar-C衛星の実現をサポート
- 現時点でA案・B案は甲乙つけがたく、「ひので」データ解析の深化、NASA SDO-HMI、NASA IRISのサイエンス結果も吟味する必要がある
- 2案について中間報告書を取りまとめつつあり、サイエンス、技術的成熟性、国際的分担、コスト、コミュニティの意見分布などをみて、2案にプライオリティーを付け、2011年度にJAXAにミッション提案を行う予定