

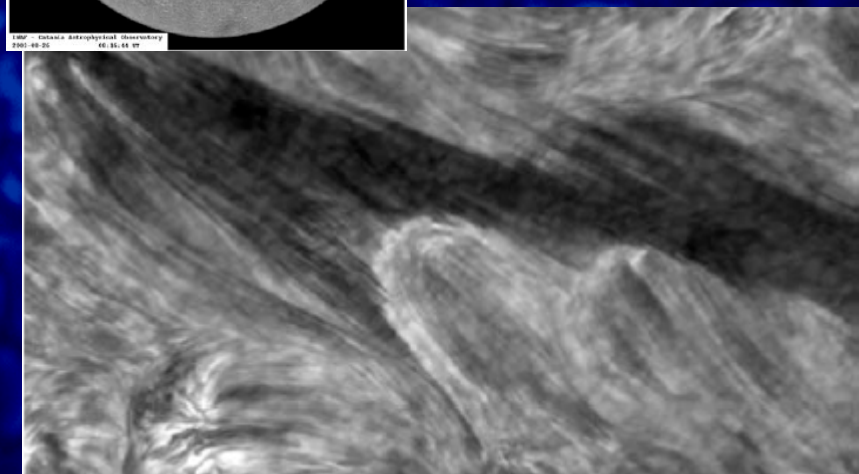
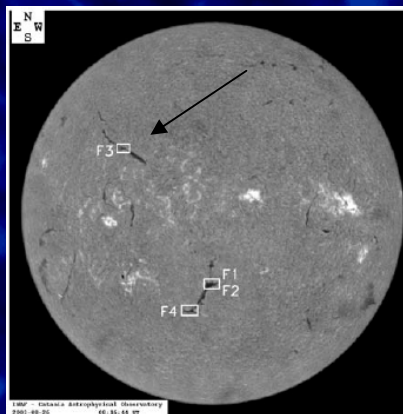
プロミネンス・フィラメント

2010.01.20

岡本丈典

(NAOJ)

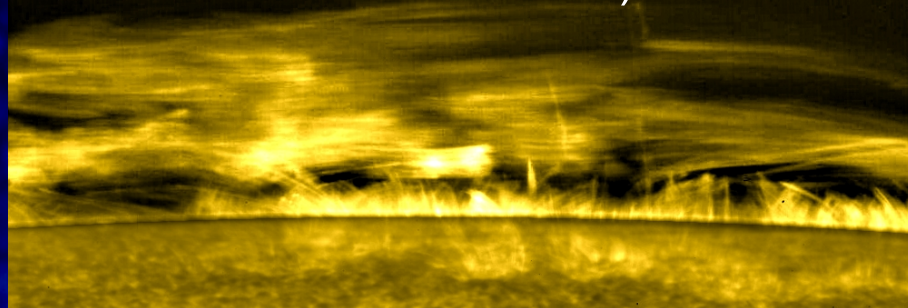
プロミネンスのこれまで



スレッド構造
低温プラズマ
(10,000~100,000 K)

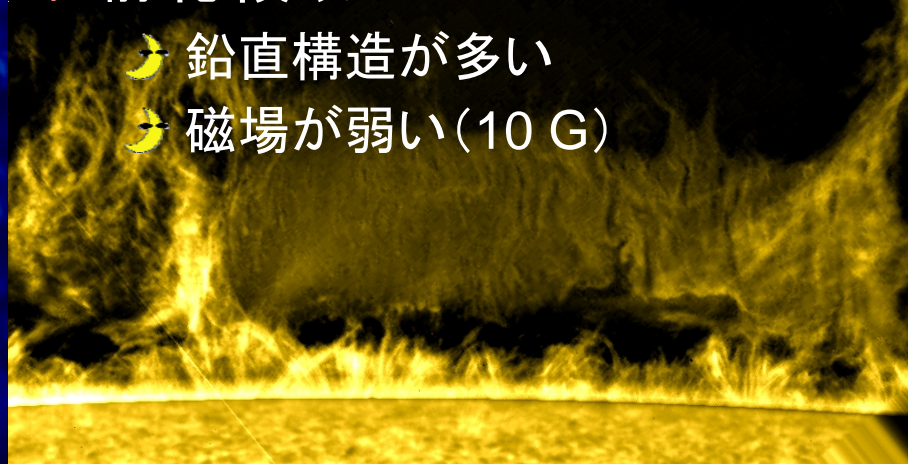
☀️ 活動領域

- ☾ 横に長い
- ☾ 磁場が強い(100 G)



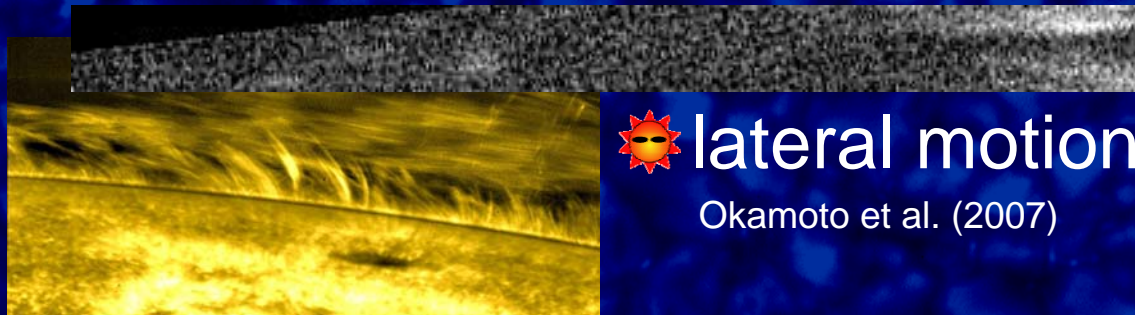
☀️ 静穏領域

- ☾ 鉛直構造が多い
- ☾ 磁場が弱い(10 G)



ひので (FG) によるプロミネンス観測

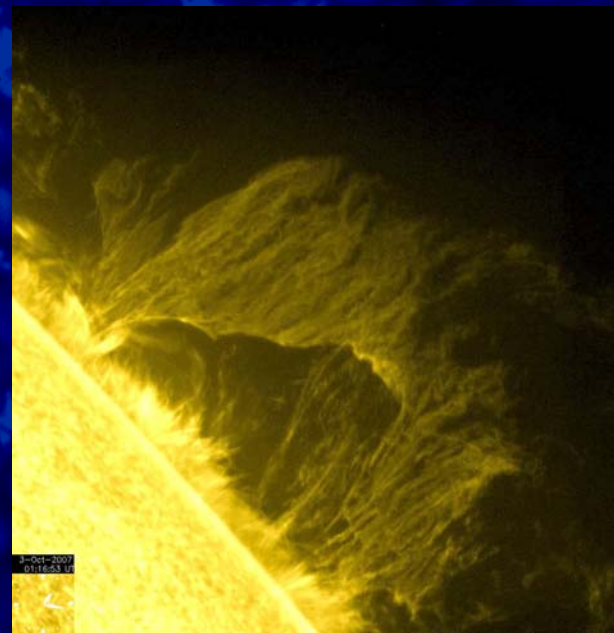
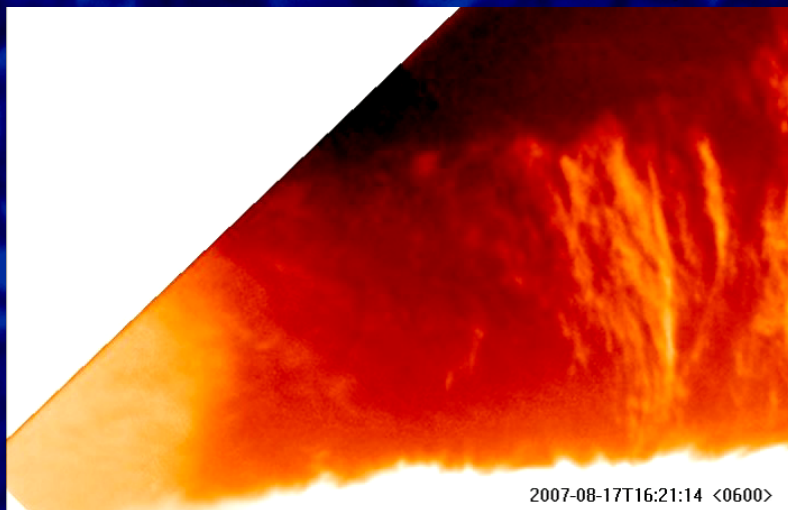
ダイナミック！



☀ lateral motion
Okamoto et al. (2007)

☀ horizontal flow

Chae et al. (2008)



☀ plume, bubble

Berger et al. (2008)

プロミネンスの位置づけ

☀️ コロナ中の彩層物質

🌙 形成過程ともリンクするが、コロナ冷却過程の産物？コロナ加熱との関連は？

☀️ コロナ磁場の可視化に貢献

🌙 コロナ磁場測定は難しい。磁場構造に迫ることができる

☀️ CME のコア

🌙 磁場構造と安定性の関連、フレア発生との相互関係

☀️ 太陽活動周期との関連性

🌙 太陽の基本的性質を知る上での一つの指標

プロミネンスの謎

☀️ スレッドの詳細

☀️ 磁場の形状

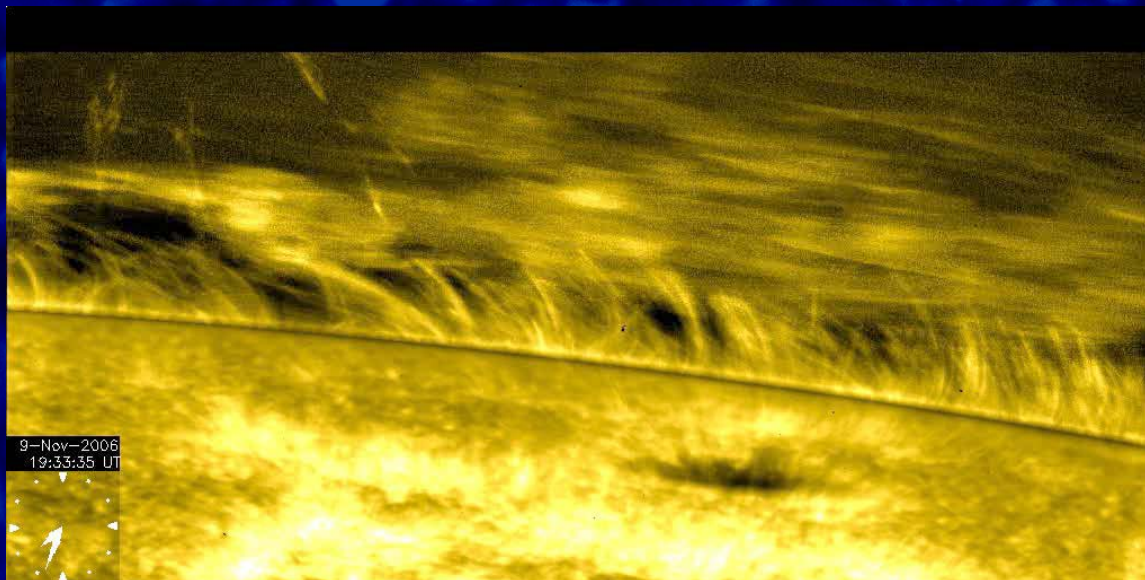
☀️ 磁場の形成

☀️ 物質の起源

☀️ plume, bubble

1. スレッド

- ☀️ 1-m SSTの観測から、幅 0.3" 以下の構造が示唆
(Lin et al. 2005)
- ☀️ 個々のスレッドの磁場強度と質量密度は？
 - 🌙 光球からコロナまで、ひと続きの磁場の性質に迫るための手段
- ☀️ スレッド間には何があるのか？ (なぜスレッド化するのか？)

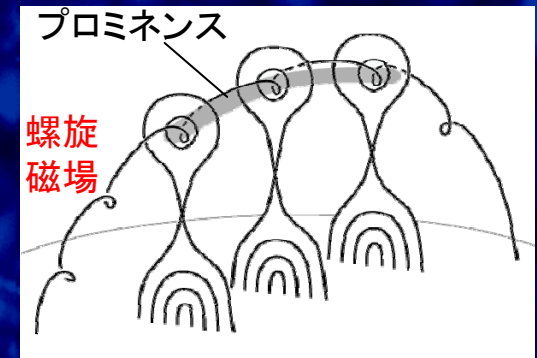
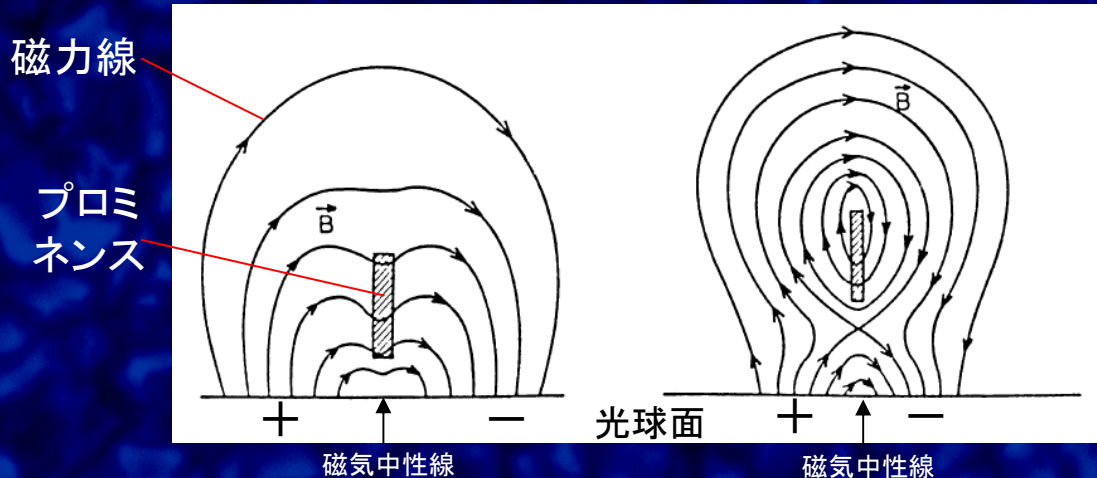


かならずしも 0.1" の
分解能が必要とは思わない
(SOT の画像から 0.3" 程度ではないか？)

2. 磁場の形状

☀️ 螺旋？

- 🌙 inverse configuration (Leroy et al. 1984)
- 🌙 プロミネンス噴出後の CME コアが螺旋状に見える
- 🌙 でも、実は直接的な観測はない



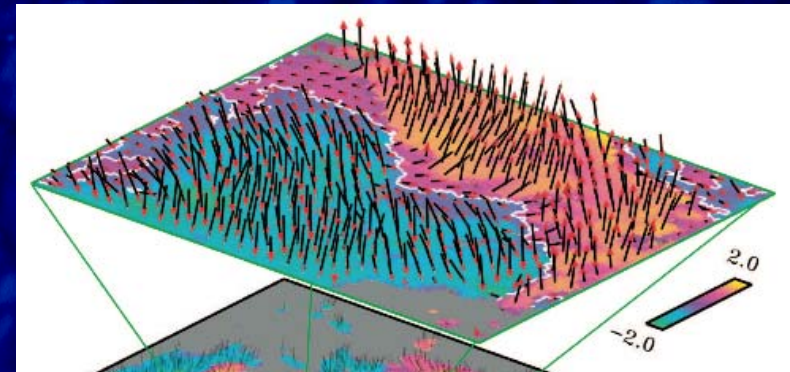
Shiota et al. (2005)

Anzer & Priest (1985)

2. 磁場の形状

☀️ 螺旋のはず

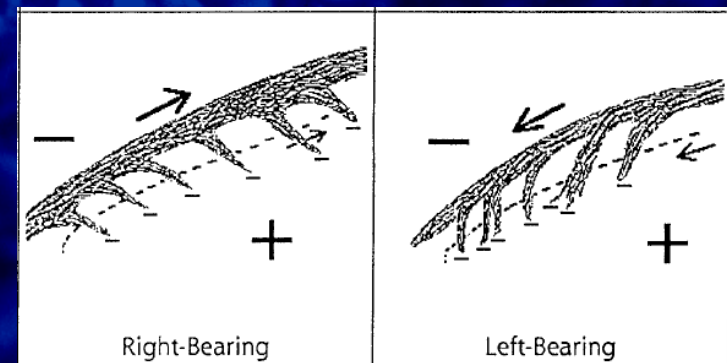
- ☾ flux rope がコロナ中にある (Gibson & Fan 2006)
- ☾ 光球磁場からの類推 (Lites 2005)
- ☾ 長時間物質を支えるのに都合がいい (magnetic dip)



Lites (2005)

☀️ 螺旋はない

- ☾ 強いシアだけで構成
- ☾ minority polarity が重要
- ☾ 磁場に沿った流れだけで十分 (Zirker et al. 1998, Karpen et al. 2001)



Martin (1998)

2. 磁場の形状

磁場ベクトル

速度ベクトル

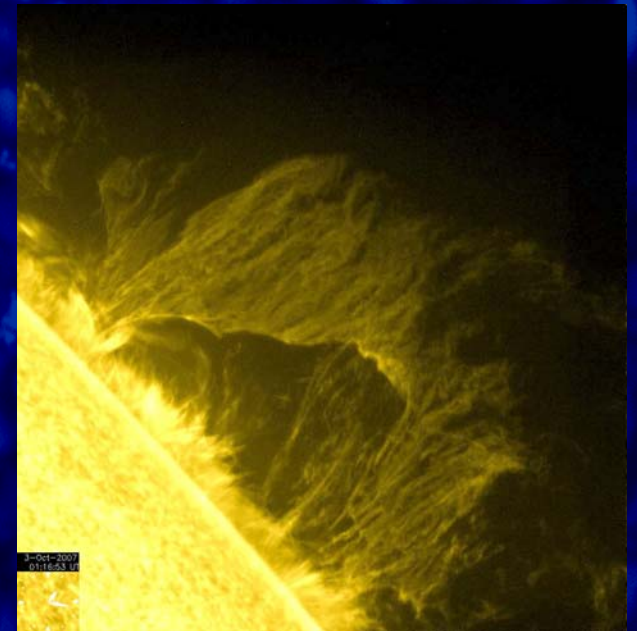


スレッドに沿った 3D磁場構造

同時観測

- ☀️ 200" x 100"
- ☀️ 0.3" (スリットスキャン 0.15")
- ☀️ リム観測が望ましいか
 - 🌙 高さ構造が明瞭

地上観測でプロミネンスのダイナミクスまで考慮した磁場観測を実施することは不可能
+リムでは AO が効かないのでスペースは必須

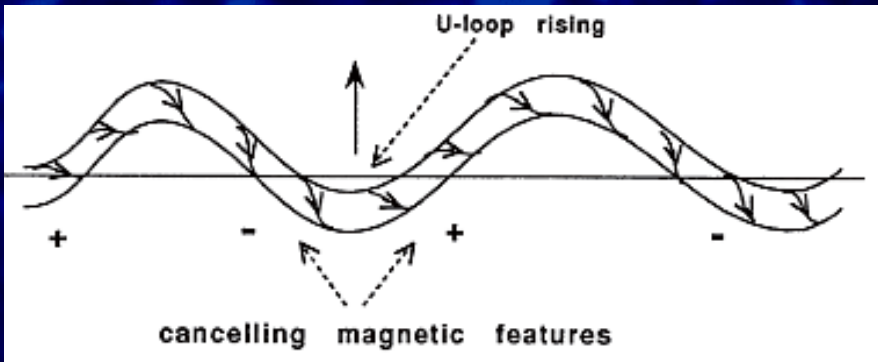


3. 磁場の形成

螺旋磁場の作り方

☀ flux rope model

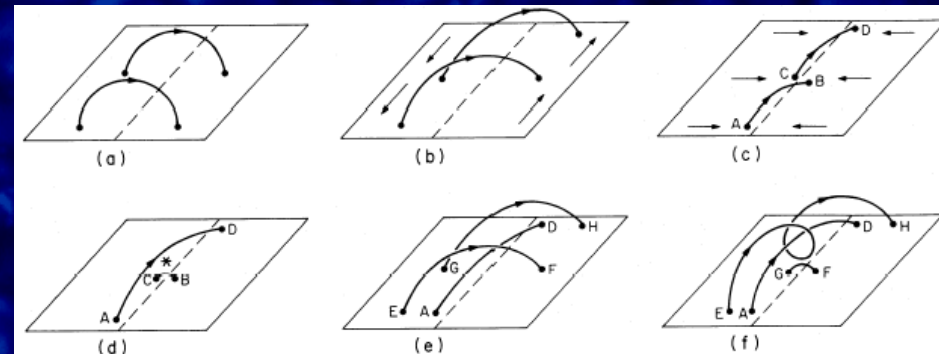
もともとねじれた磁束管が
光球下から浮上してくる



Rust & Kumar (1994)

☀ sheared-arcade model

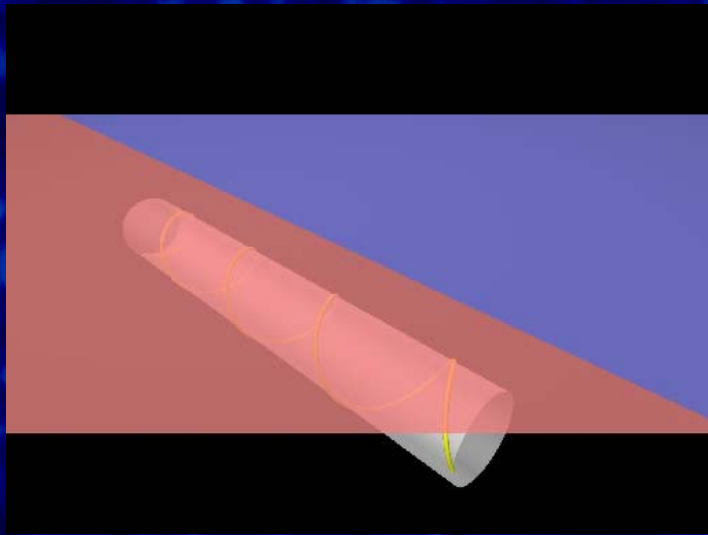
光球のシアと収束流、およびコロナ
中でのリコネクションで形成する



van Ballegooijen & Martens (1989)

3. 磁場の形成

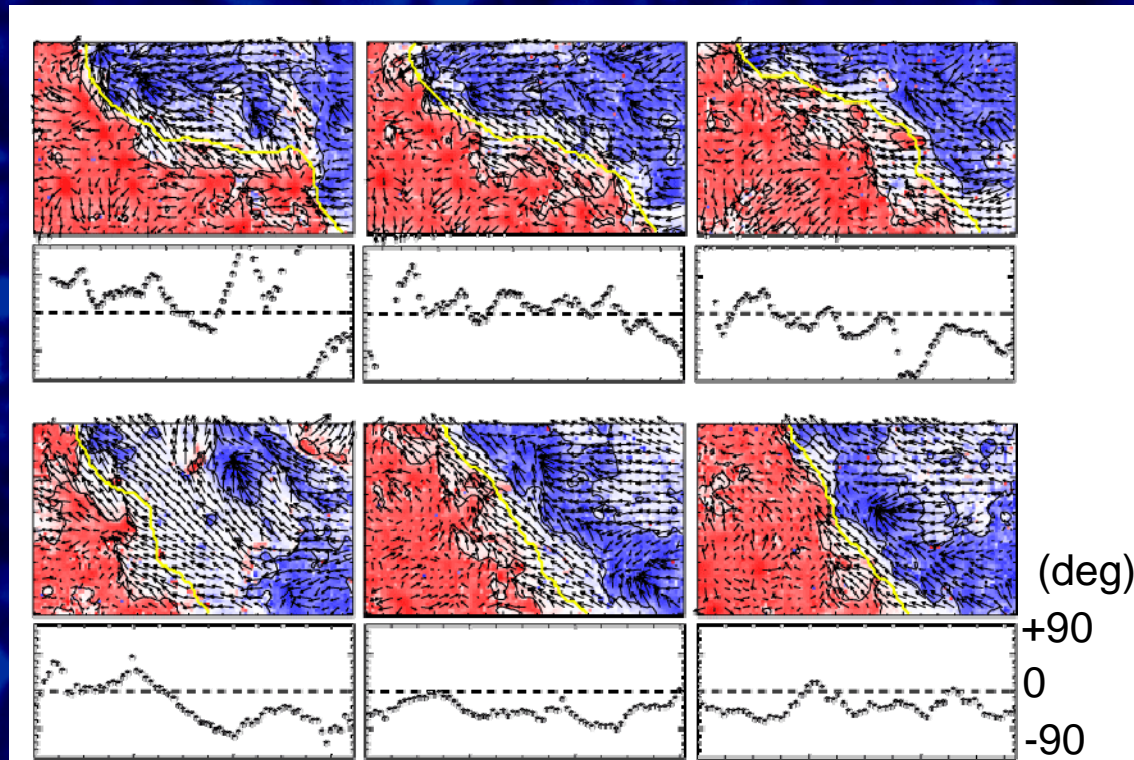
☀️ プロミネンス下での螺旋磁場の浮上の初観測



Okamoto et al. (2008)

光球磁場に加えて、
彩層磁場の同時観測は
必須

これによって実際に、プロミネンス
磁場は形成されたのか？



4. 物質の起源

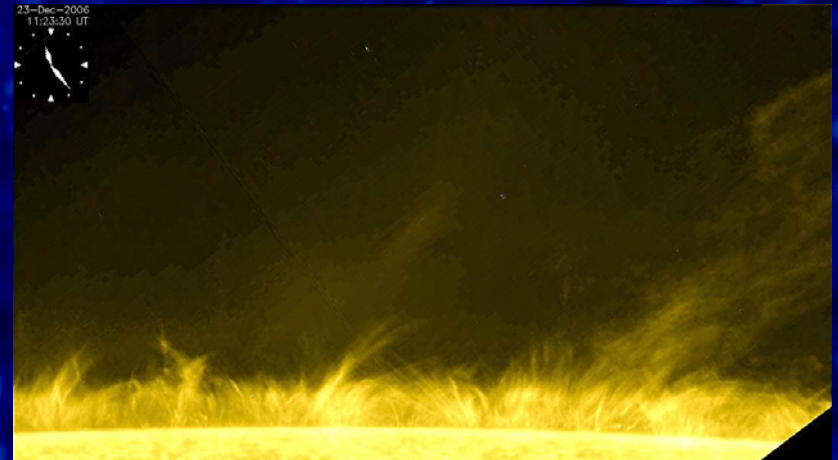
☀️ 上から

- ☾ コロナの冷却
- ☾ なぜ磁気中性線上に局在化？
(magnetic dip 必要?)

浮上磁場の可能性？
(Okamoto et al. 2010)

☀️ 下から

- ☾ サージによる打ち上げ？
- ☾ 浮上磁場
- ☾ 足元での局所加熱による
siphon flow ?



X線 / EUV の同時観測が必要 (分解能検討)

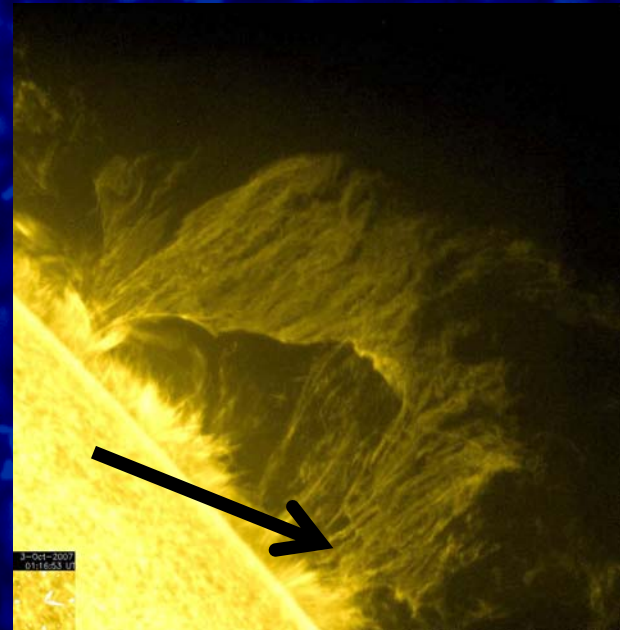
← cavity の観点からも

→ 「ひので」でどこまでわかるかが鍵

5. plume, bubble

SOT/FG の画像はダイナミックで見とれてしまう
しかし、それだけでは結局ほとんど何もわからない

ひのでで見つけた
plume



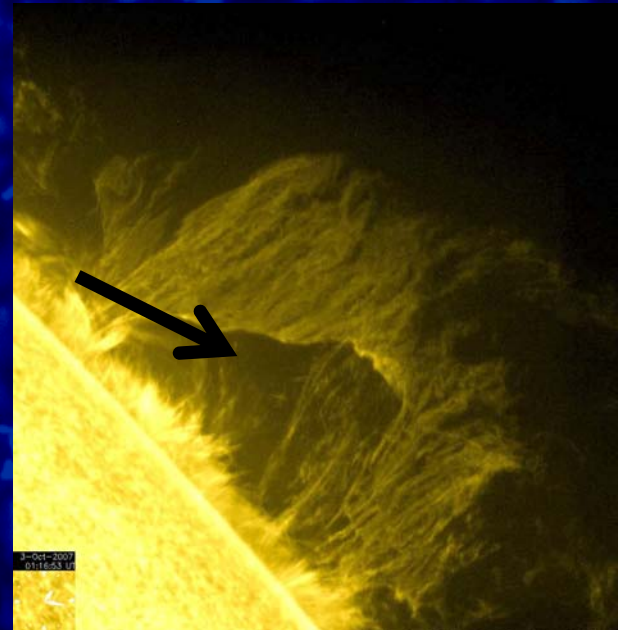
5. plume, bubble

☀️ bubble は何が浮上してきているのか？

🌙 浮上磁場？

🌙 熱い何か？

ダイナミクスを知る
には、時間変化する
密度・速度情報を
含む分光観測は必須

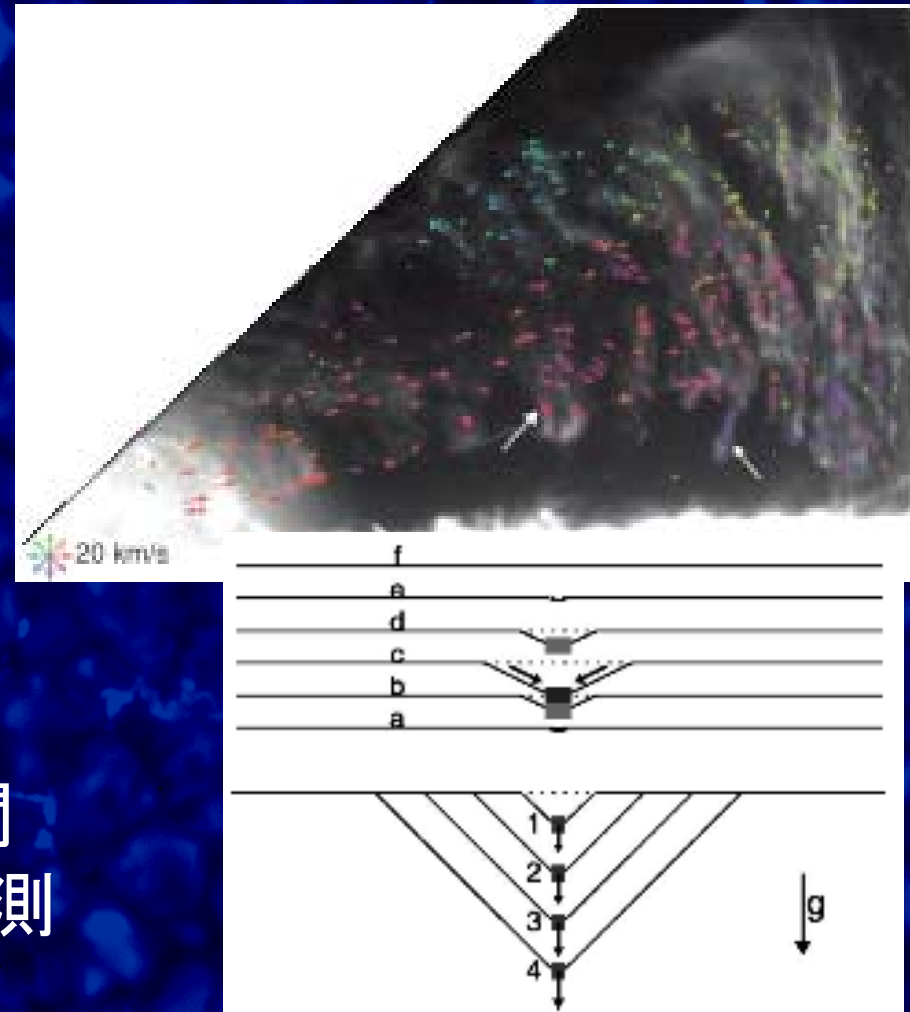


プロミネンスの理解のために

プロミネンスはいかなる場合も時間変化を伴なう

しかし、ダイナミクスだけではどうにもならないこともあり、彩層磁場の情報が重要

ただし、構造は細かく、時間変化も激しいため、地上観測では対応できない



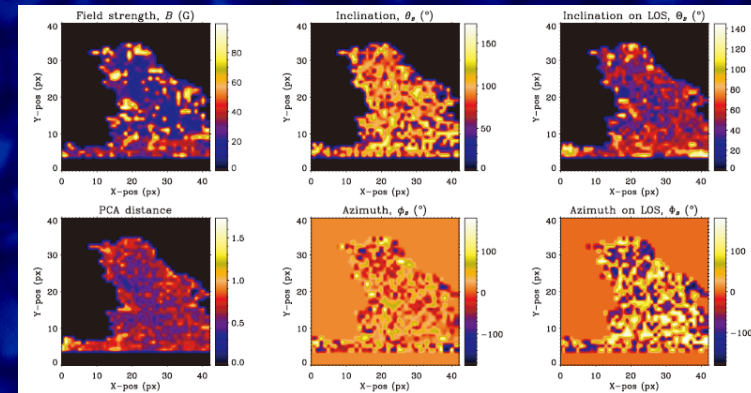
プロミネンス(彩層)磁場観測

☀️ 地上では長時間積分が必要
(精度: 10^{-3})

🌙 seeing の影響

🌙 スピキュールの場合、20~50
分を平均 (Centeno et al. 2009)

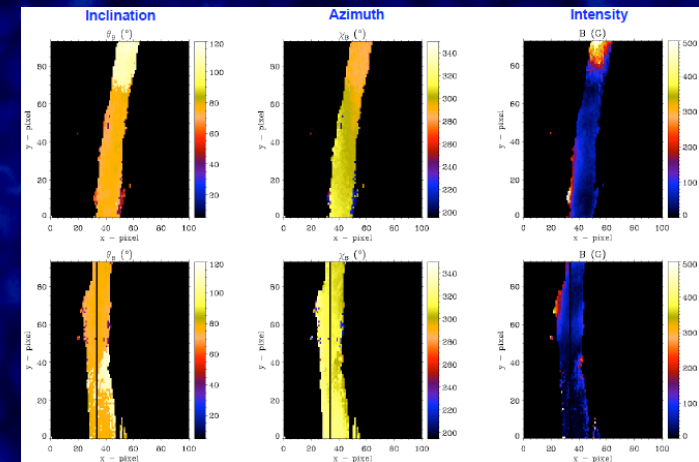
🌙 プロミネンスの例でも 100秒相
当積分 (Merenda et al. 2006)



Casini et al. (2003)

☀️ ダイナミックな彩層に対して
これは是か非か

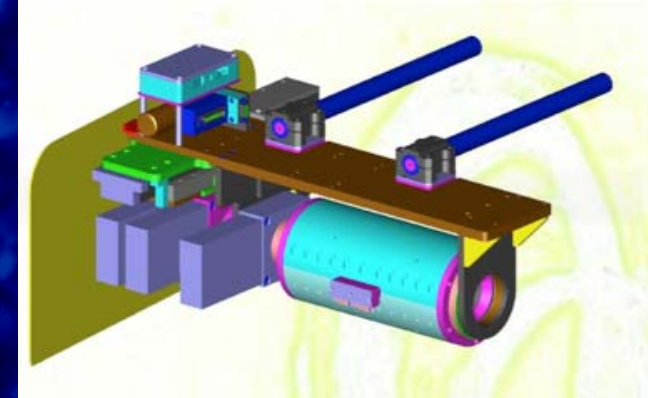
🌙 物質は磁場に沿って流れるだけ
で、磁場の形状はほぼ不変
との見方



Merenda et al. (2006)

大気圏外からの観測の必要性

HAO ProMag



Elmore et al. (2008)

☀ Prominence Magnetometer

☾ Sac Peak、 Φ 40 cm

☾ 2波長同時観測 (5876 or 6563 + 10830)

☾ res. 2~3", FOV >100"

問題：ホントにプロミネンス磁場を直接撮ることで
有益かつ革新的な情報が得られるか

i.e. 「楽に」解析できるのか

インバージョンの容易さも衛星データにとって重要

plan-B を考える上では、IRIS 同様、参考になる

最後に

- ☀️ プロミネンス磁場は、それにつながる周辺の磁場環境の理解に役立つ
 - 🌙 磁場の 3D 構造 (光球 ~ コロナ) は、波動伝播の観点から定量的な情報を与える
- ☀️ 周りのコロナもプロミネンスの勢力範囲
 - 🌙 低温物質だけ見てもダメ
 - 🌙 彩層磁場だけを測っても問題は解決しない
- ☀️ プロミネンスは道具として使うべき(か)

Plan-B への要求

- ☀️ 空間分解能 $< 0.2''$ (100 cm @ 10,000Å)
- ☀️ 視野 $200'' \times 200''$ (SOT/FG 程度は必須)
- ☀️ 時間分解能 8 s (20 km/s で $0.2''$ 分解能程度の移動)
- ☀️ 長時間観測も重要な要素

- ☀️ 分光観測: Mg ? Na D ? He I ?
- ☀️ 偏光分光観測: $< 0.05\%$ (ProMag 参照)