



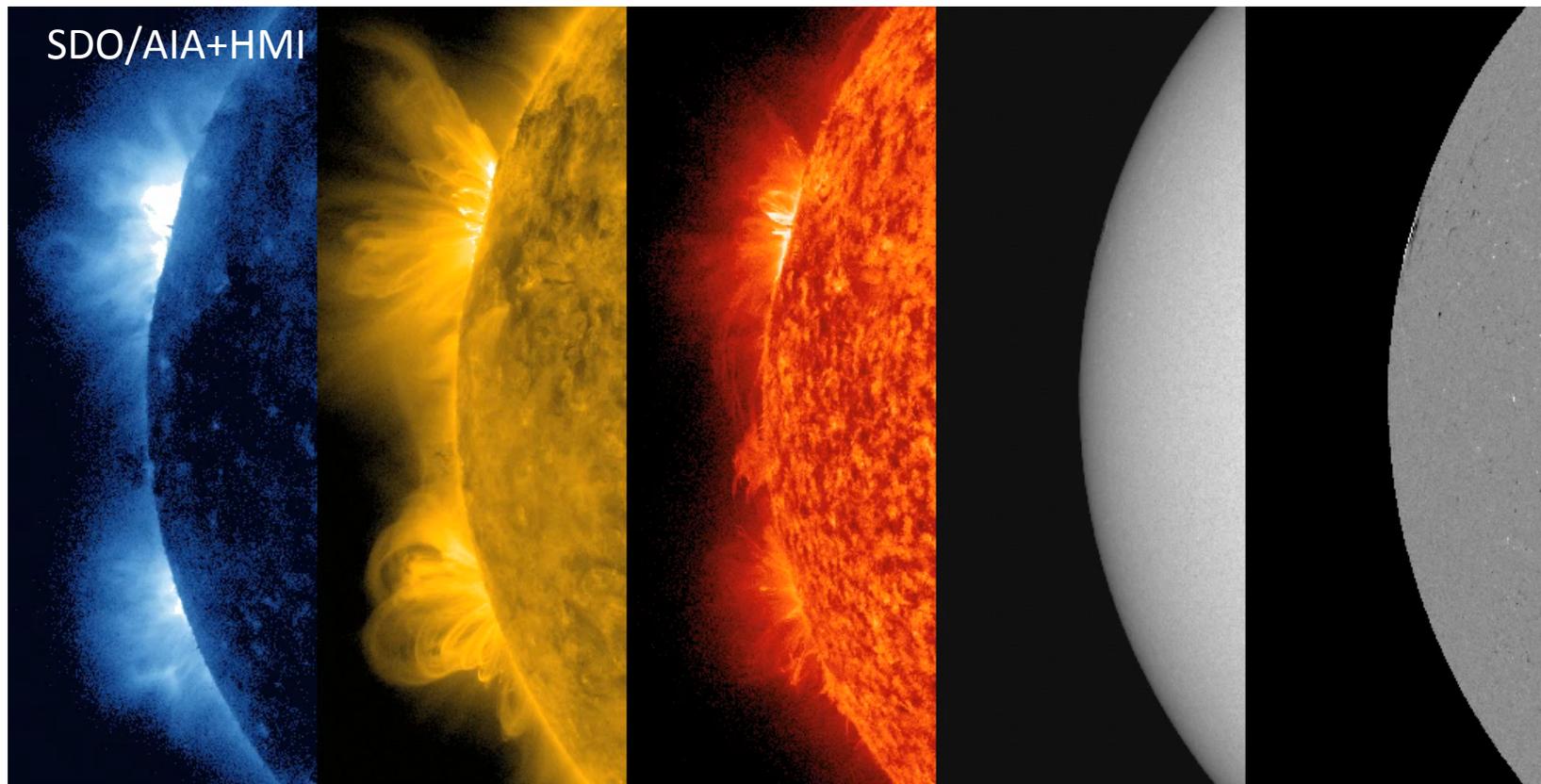
活動領域形成理論・フレア発生理論と Solar-C計画への期待

鳥海 森¹, 草野 完也^{2,3}

1. 国立天文台, 2. 名古屋大学, 3. JAMSTEC

1. イントロダクション

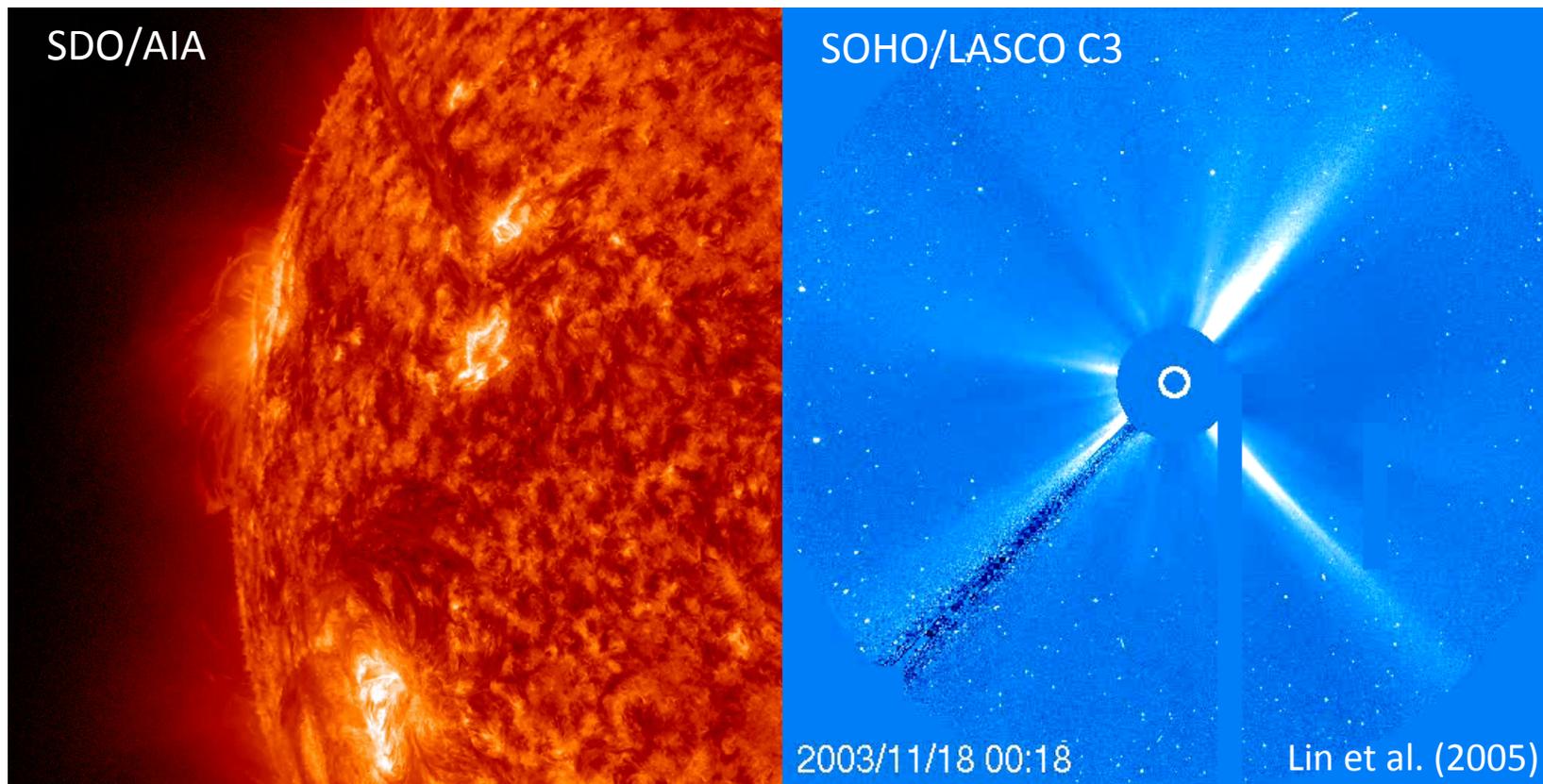
➤ そもそも「活動領域」とは？



- 磁場の強い領域。しばしば黒点を含む
- 太陽フレア・CMEによって莫大なエネルギーを放出する

1. イントロダクション

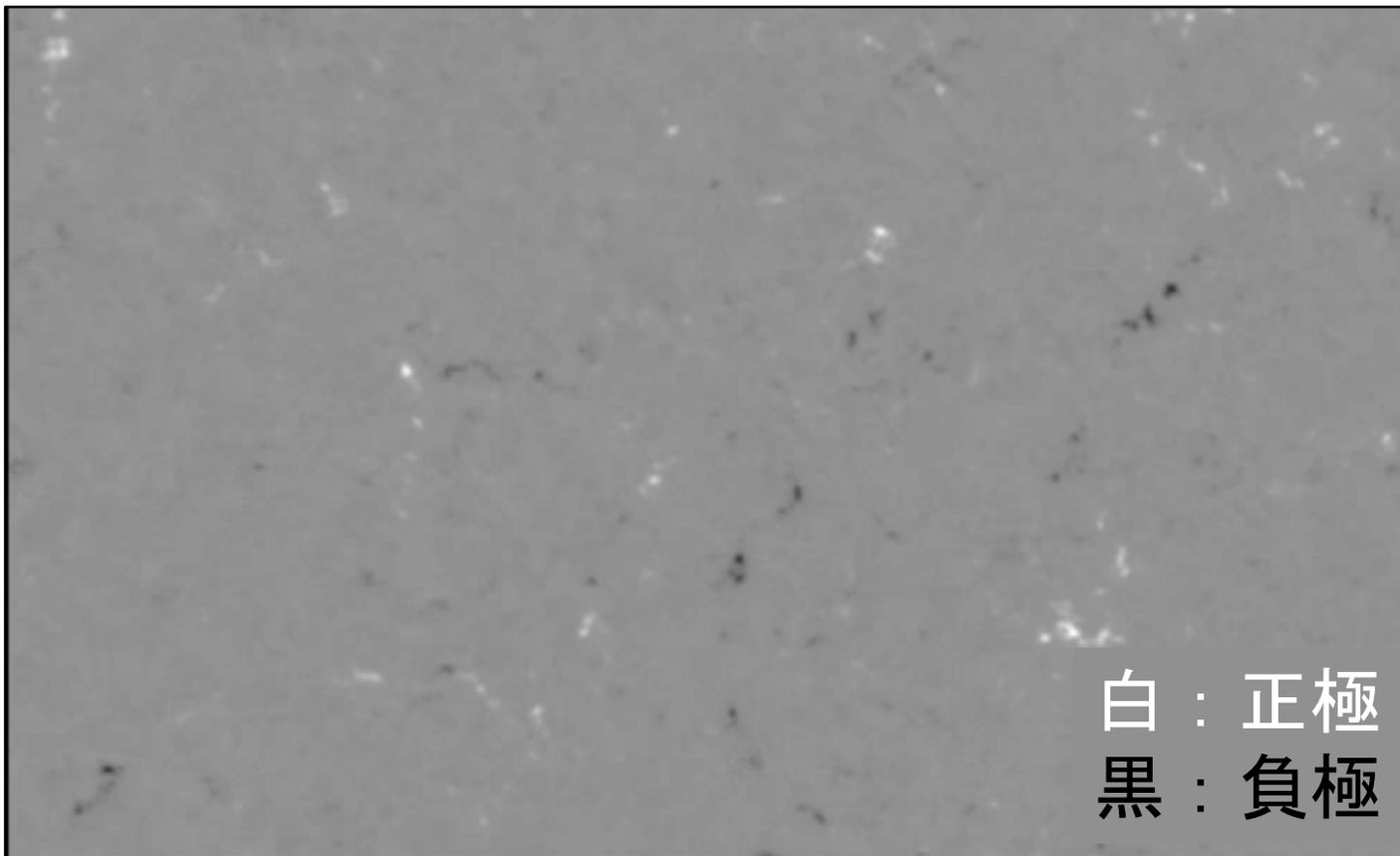
➤ そもそも「活動領域」とは？



- 磁場の強い領域。しばしば黒点を含む
- 太陽フレア・CMEによって莫大なエネルギーを放出する

1. イントロダクション

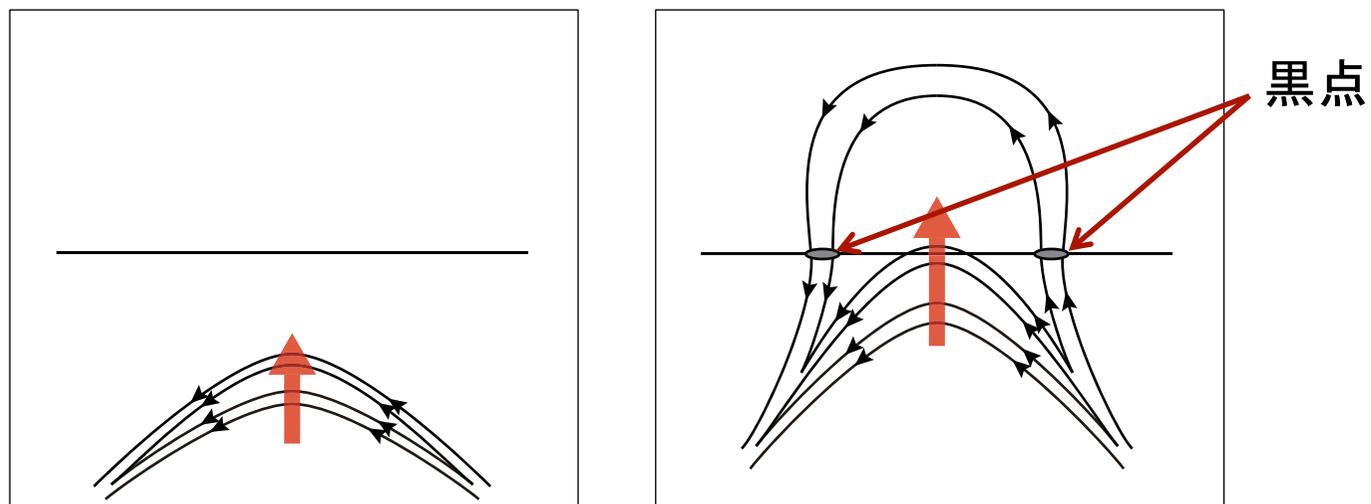
- 活動領域の形成過程：浮上磁場
- 表面磁場データ（SDO/HMI マグネトグラム：5日間）



1. イントロダクション

➤ 活動領域の形成過程：浮上磁場

➤ 太陽内部から磁束が浮上することで形成 (Parker 1955)



浮上磁場モデル
(Zwaan 1985)

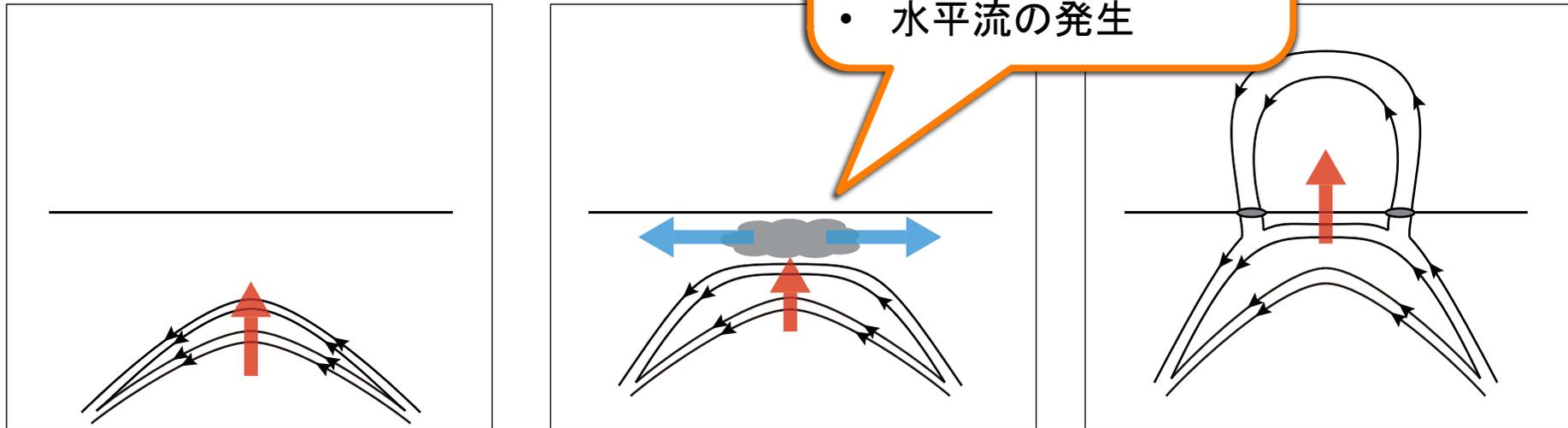
1. イントロダクション

➤ 活動領域の形成過程：浮上磁場

➤ 太陽内部から磁束が浮上すること

表面層による

- 強いブレーキ効果
- 磁場の変形
- 水平流の発生



「2段階浮上」モデル
(Toriumi & Yokoyama 2012 ほか)

1. イントロダクション

活動領域の形成過程：浮上磁場

- 活動領域

太陽内部から磁束が浮上すること

- ✓ 浮上磁場により形成される

- ✓ フレア・CMEを生じる特に活動的な領域

- Solar-C 計画の重要な科学目標

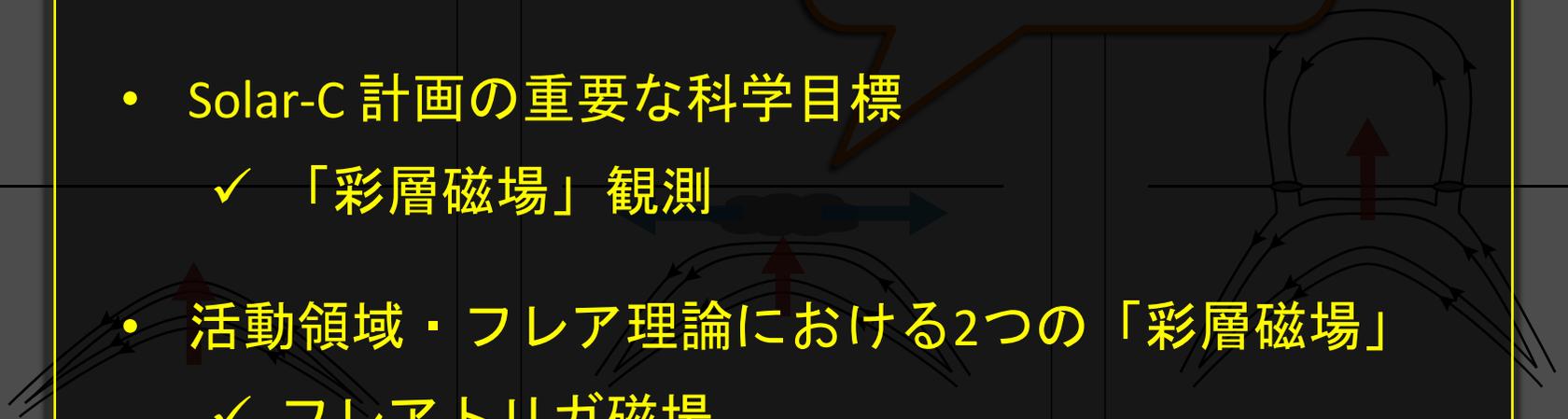
- ✓ 「彩層磁場」観測

- 活動領域・フレア理論における2つの「彩層磁場」

- ✓ フレアトリガ磁場

- ✓ 小規模な磁束消滅現象

表面層による
強いブレーキ効果
• 磁場の変形

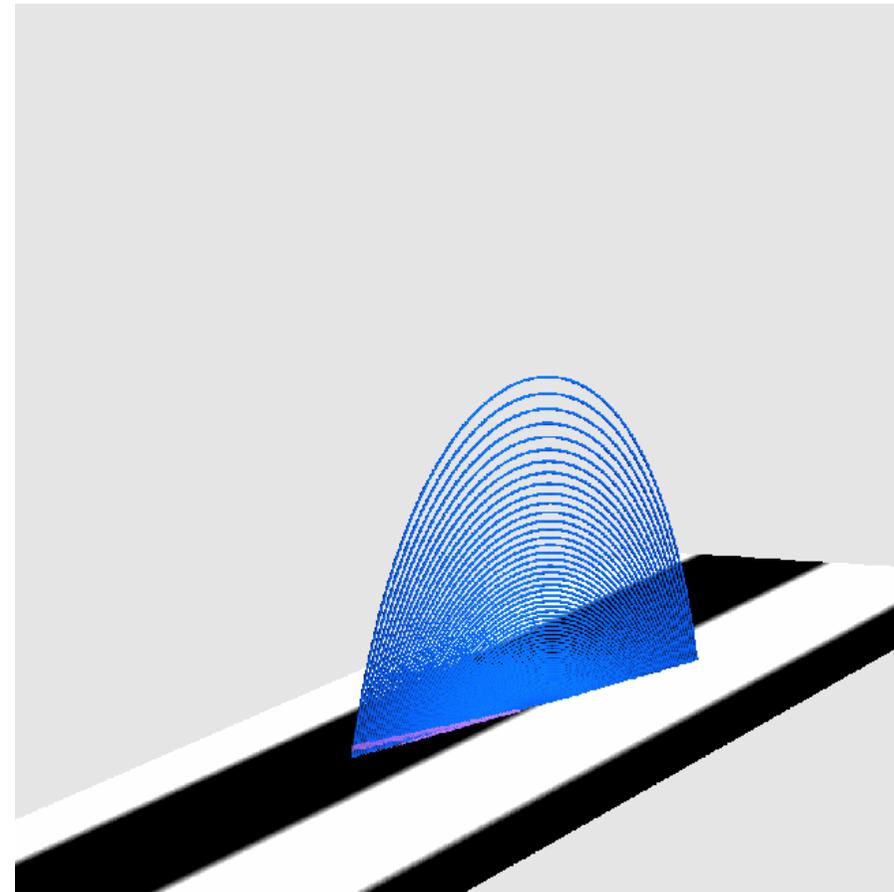
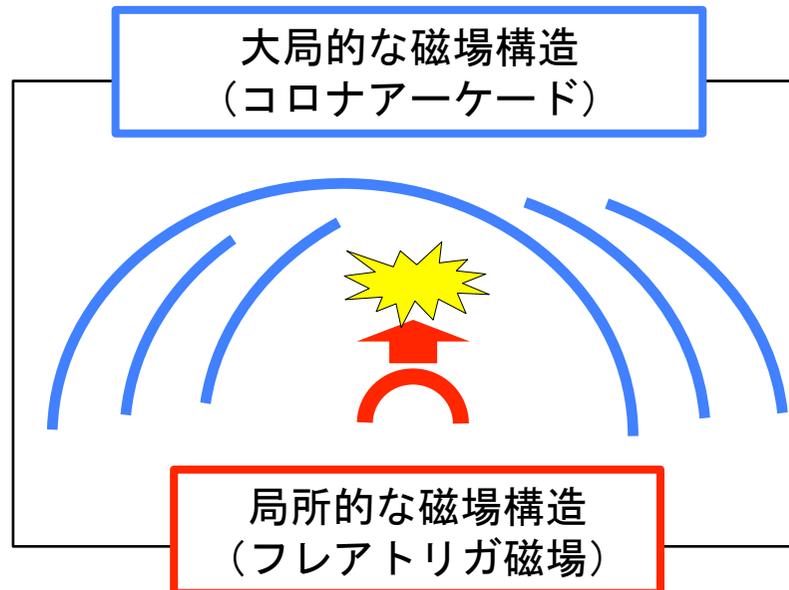


「2段階浮上」モデル

(Toriumi & Yokoyama 2012 ほか)

2. フレアトリガ磁場

- シミュレーション研究
 - シアしたコロナ磁場中にトリガ磁場が出現することでフレアが発生
 - 低層大気 (~彩層高度) の磁気リコネクションによってフラックスロープが形成

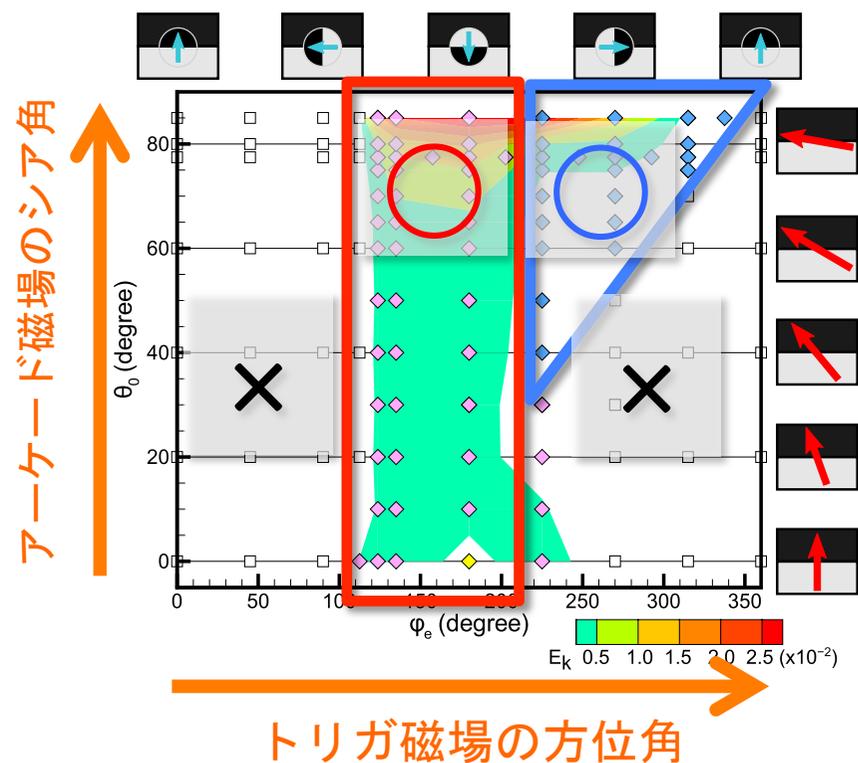
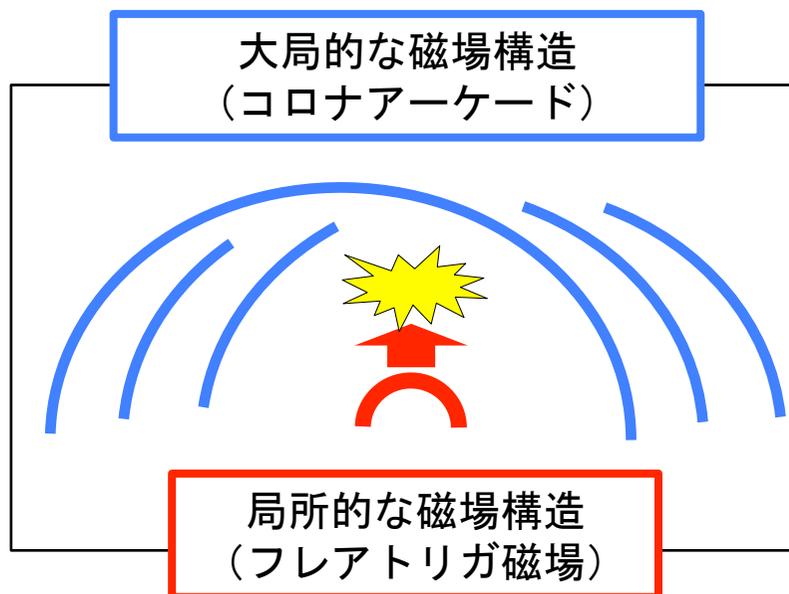


Kusano et al. (2012)

2. フレアトリガ磁場

➤ シミュレーション研究

- 低層大気 (~彩層高度) の磁気リコネクションによってフラックスロープが形成
- トリガ磁場の方位角によってフレア発生の成否が決定

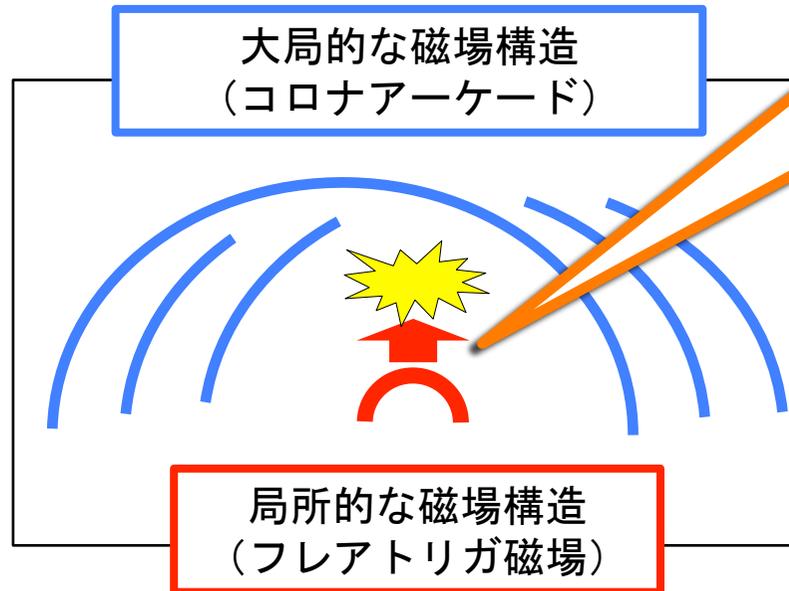


Kusano et al. (2012)

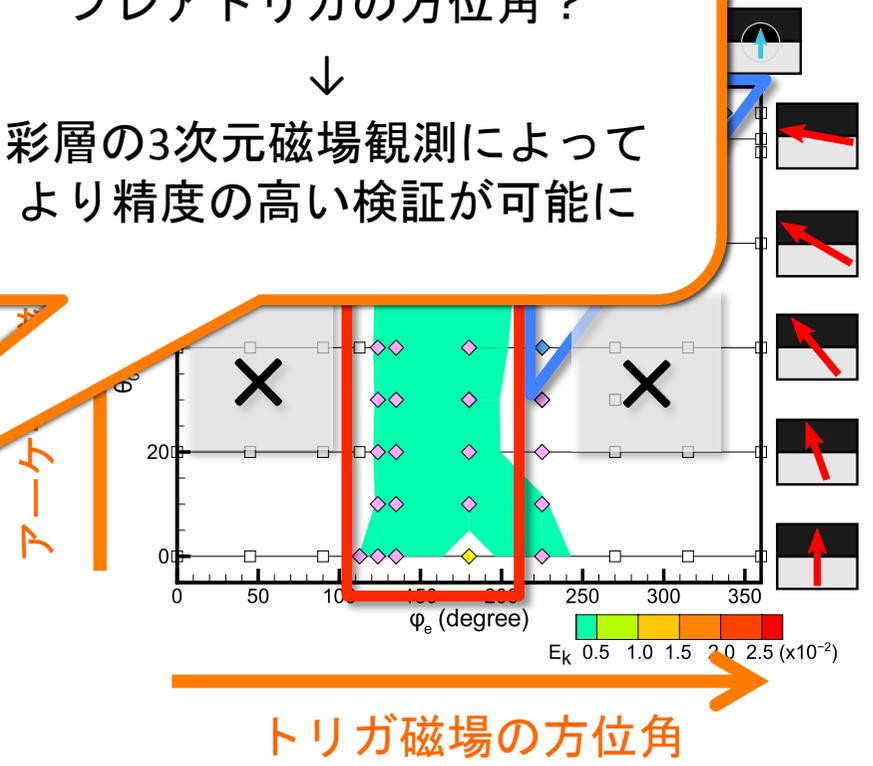
2. フレアトリガ磁場

➤ シミュレーション研究

- 低層大気 (~彩層高度) の磁気リコネクションによってフラックスロープが形成
- トリガ磁場の方位角によってフレア発生の可能性が決定



フレアトリガの方位角？
↓
彩層の3次元磁場観測によって
より精度の高い検証が可能に



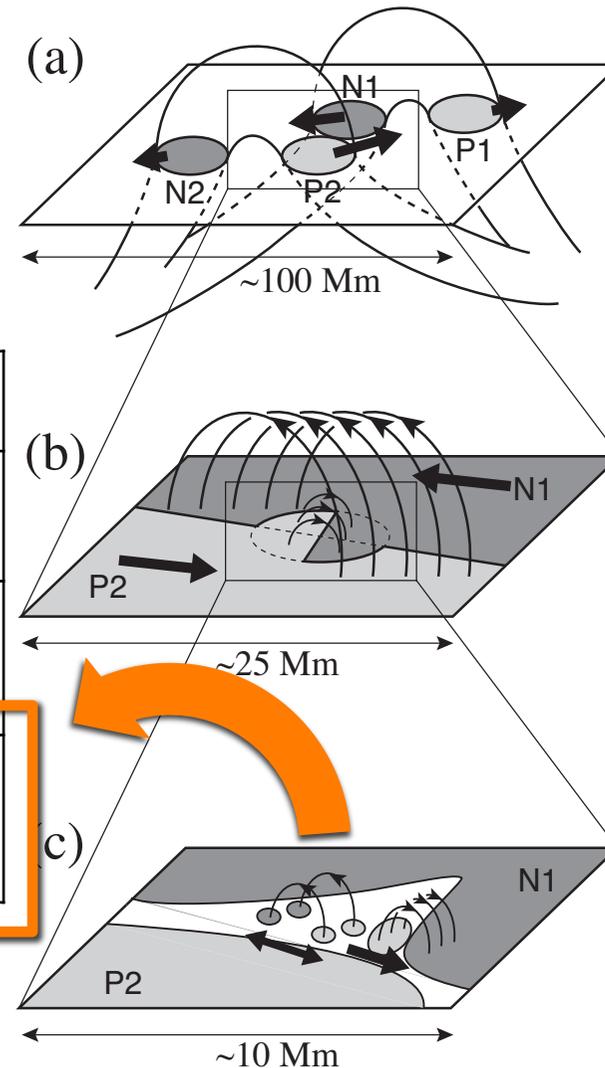
Kusano et al. (2012)

2. フレアトリガ磁場

- シミュレーションと観測の比較
 - NOAA 11158におけるフレアトリガ
 - 幅広い時間・空間スケール
 - 全てがフレアに関与

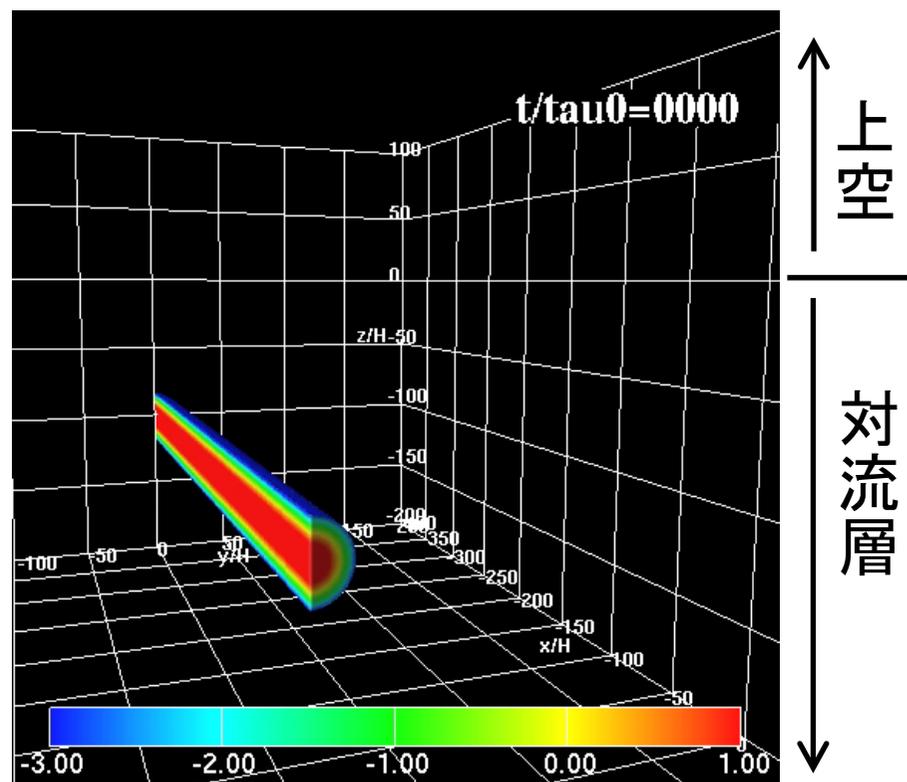
	スケール	形成時間
活動領域 (全体)	15万 km	数日
コロナアーケード (大局的磁場)	5万 km	1-2 日
フレアトリガ磁場 (局所的磁場)	5,000 km (1,000 km以下の磁極が合体)	4-5 時間

Toriumi et al. (2013)



3. 小規模な磁束消滅現象

- 浮上磁場シミュレーション
 - シミュレーションの「問題点」



Toriumi & Yokoyama (2012)

3. 小規模な磁束消滅現象

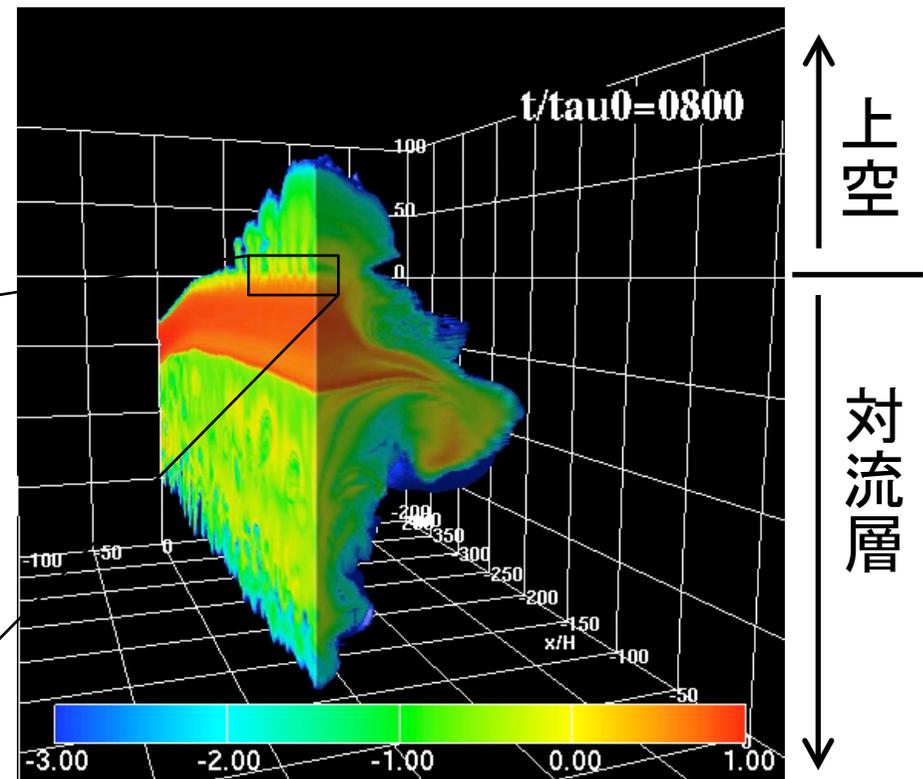
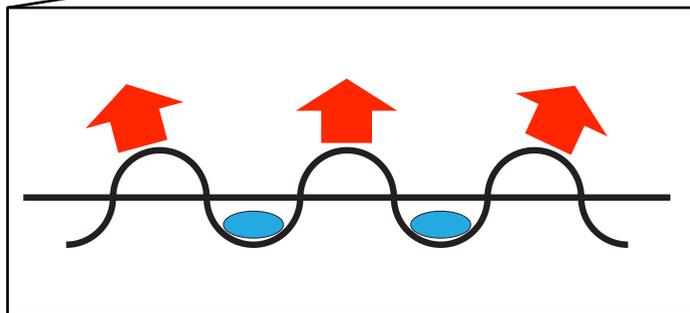
➤ 浮上磁場シミュレーション

➤ シミュレーションの「問題点」



磁束管の大半が表面下にとどまる

- 表面付近の磁力線は曲がりくねっている
- 凹んだ部分にプラズマが引っかかってしまう

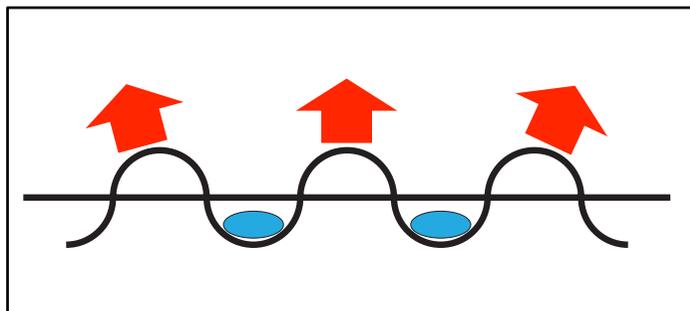


Toriumi & Yokoyama (2012)

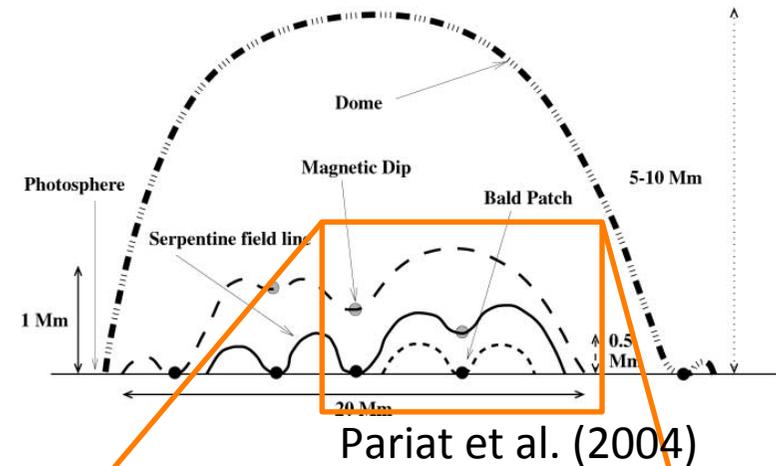
3. 小規模な磁束消滅現象

➤ 浮上磁場シミュレーション

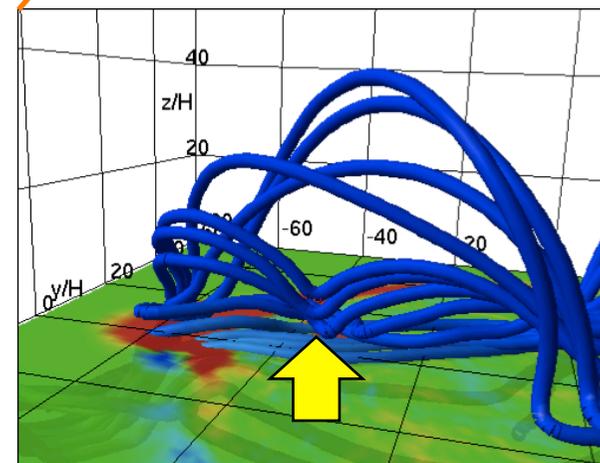
➤ 「**解決策**」：磁気リコネクション



「抵抗性浮上」モデル



Pariat et al. (2004)



Toriumi et al. (2012)

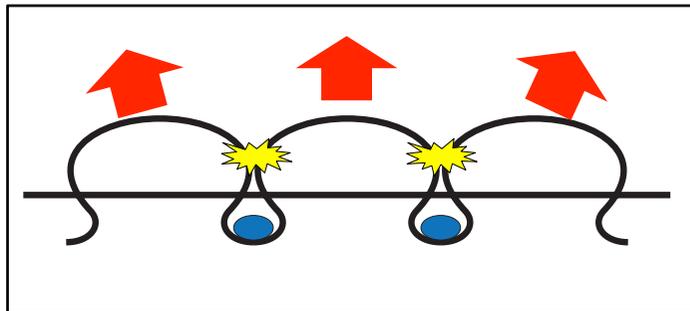
3. 小規模な磁束消滅現象

➤ 浮上磁場シミュレーション

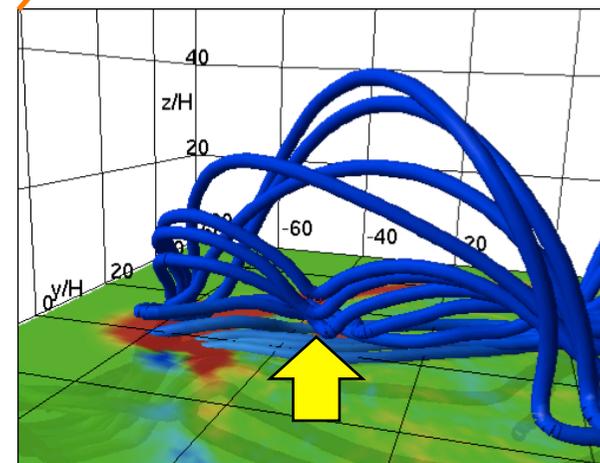
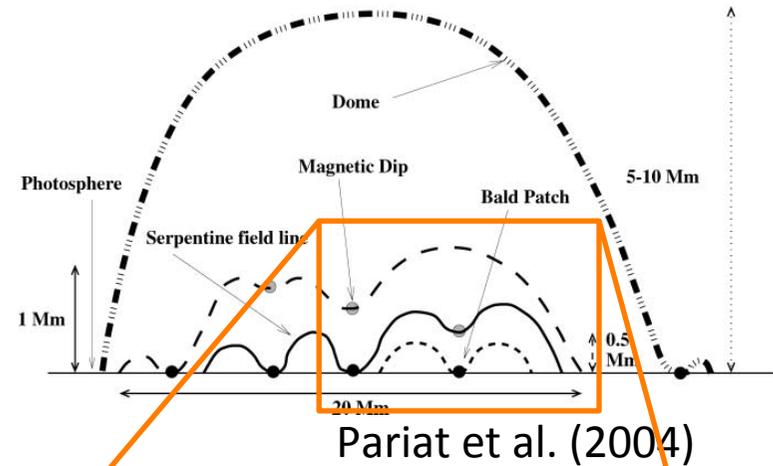
➤ 「**解決策**」：磁気リコネクション



➤ 凸型の磁力線同士が低層大気でリコネクション



「抵抗性浮上」モデル



Toriumi et al. (2012)

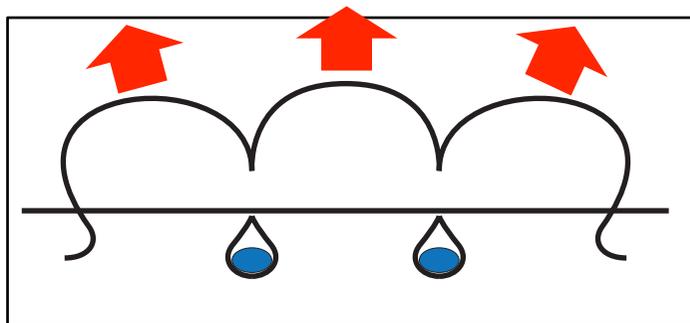
3. 小規模な磁束消滅現象

➤ 浮上磁場シミュレーション

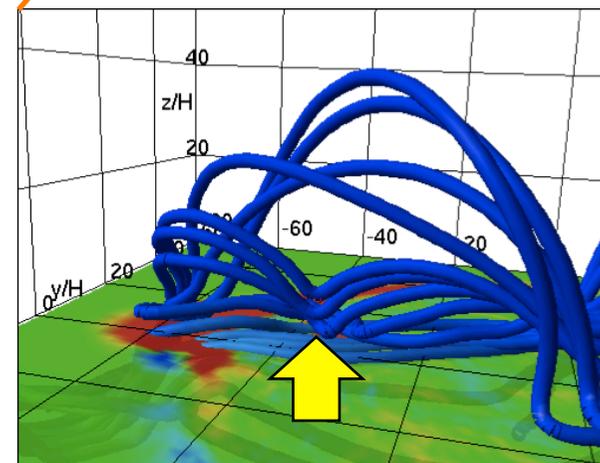
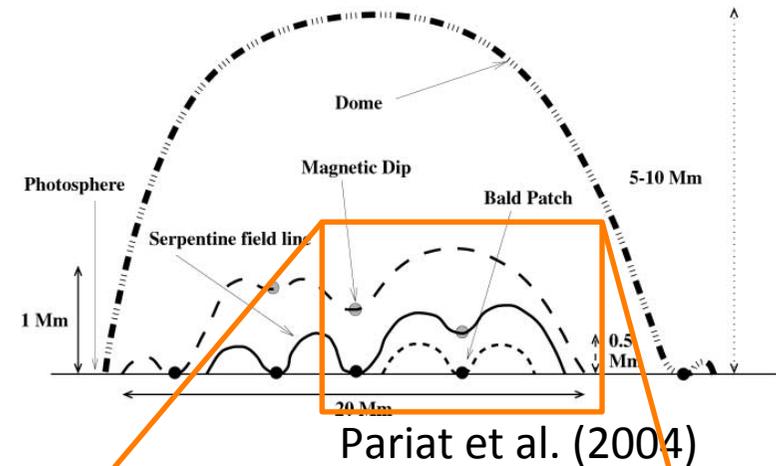
➤ 「解決策」：磁気リコネクション



- 凸型の磁力線同士が低層大気でリコネクション
- プラズマを下方へ排出し磁場が上空へと浮上



「抵抗性浮上」モデル



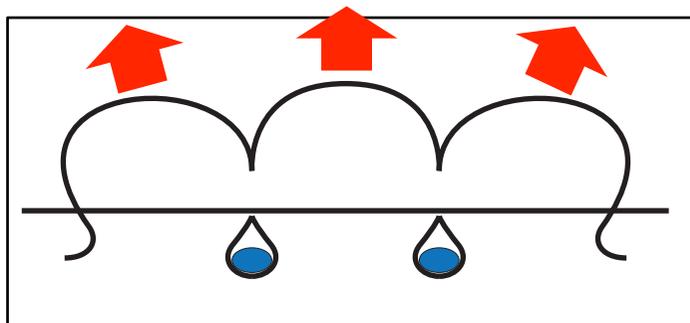
Toriumi et al. (2012)

3. 小規模な磁束消滅現象

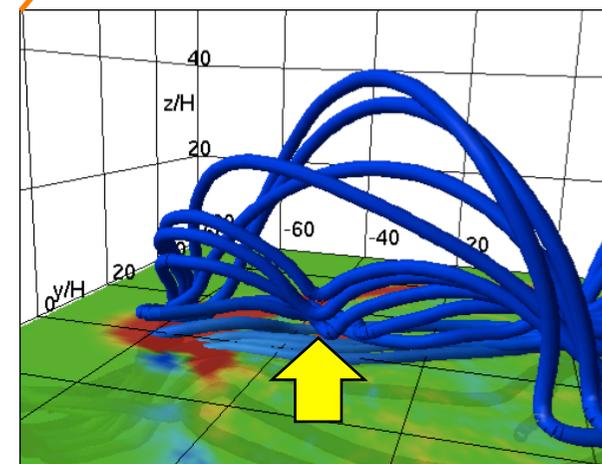
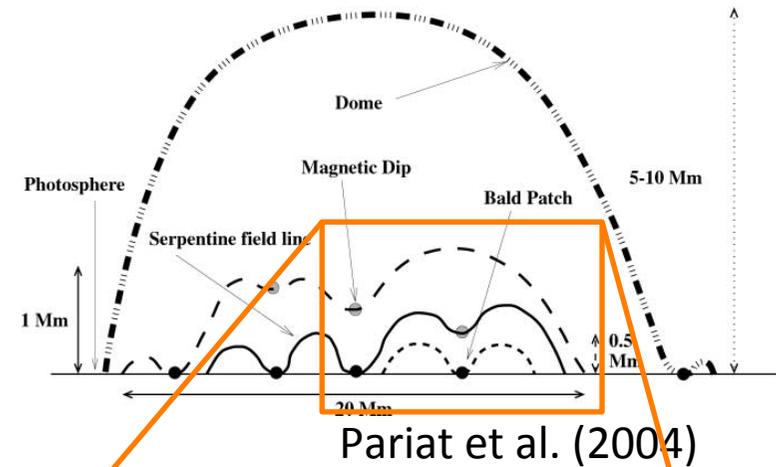
➤ 浮上磁場シミュレーション

➤ 「解決策」：磁気リコネクション

- 小規模現象が、活動領域の大規模な成長に寄与している可能性
- 光球・彩層での観測的検証が重要な現象



「抵抗性浮上」モデル

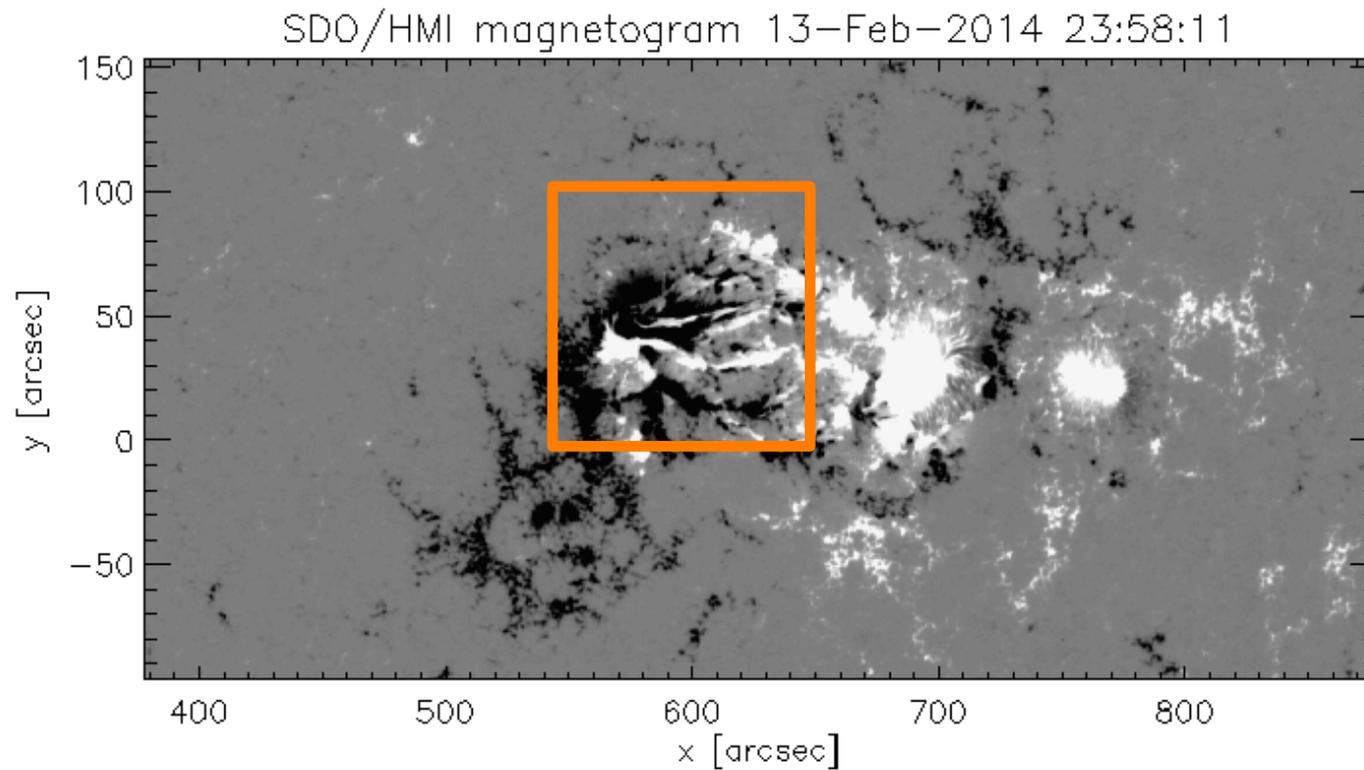


Toriumi et al. (2012)

3. 小規模な磁束消滅現象

➤ 関連する観測研究

➤ 「ひので」、IRIS、SDO衛星による浮上磁場領域の観測

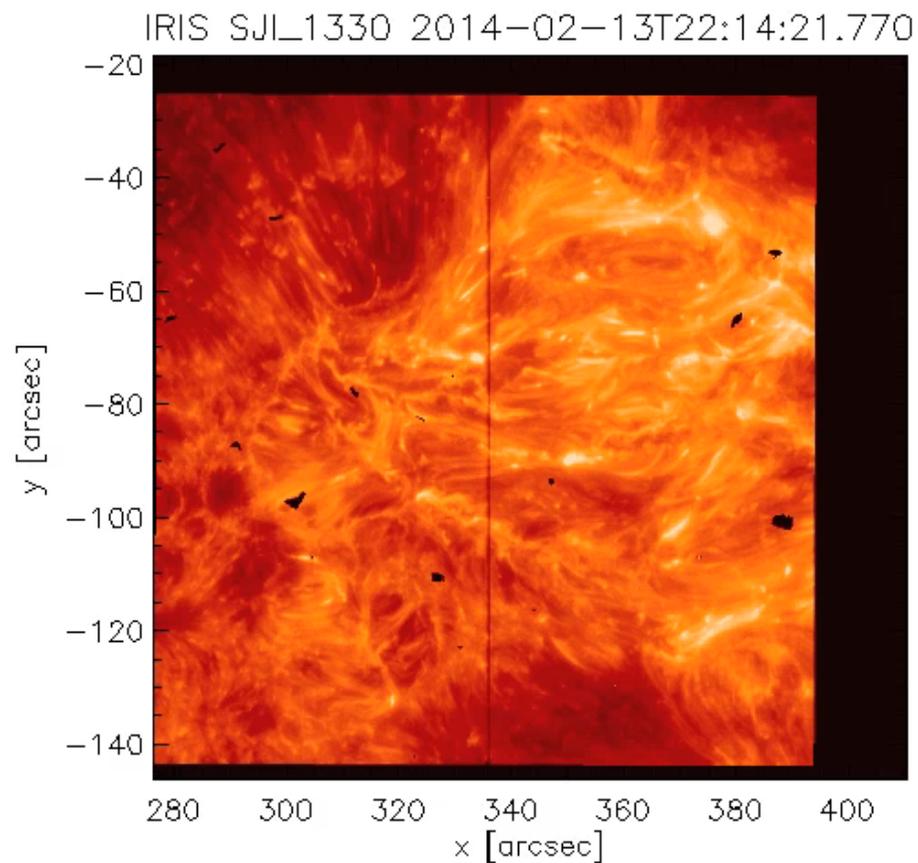


NOAA 11974

3. 小規模な磁束消滅現象

➤ 関連する観測研究

➤ ひので、IRIS、SDO衛星による浮上磁場領域の観測

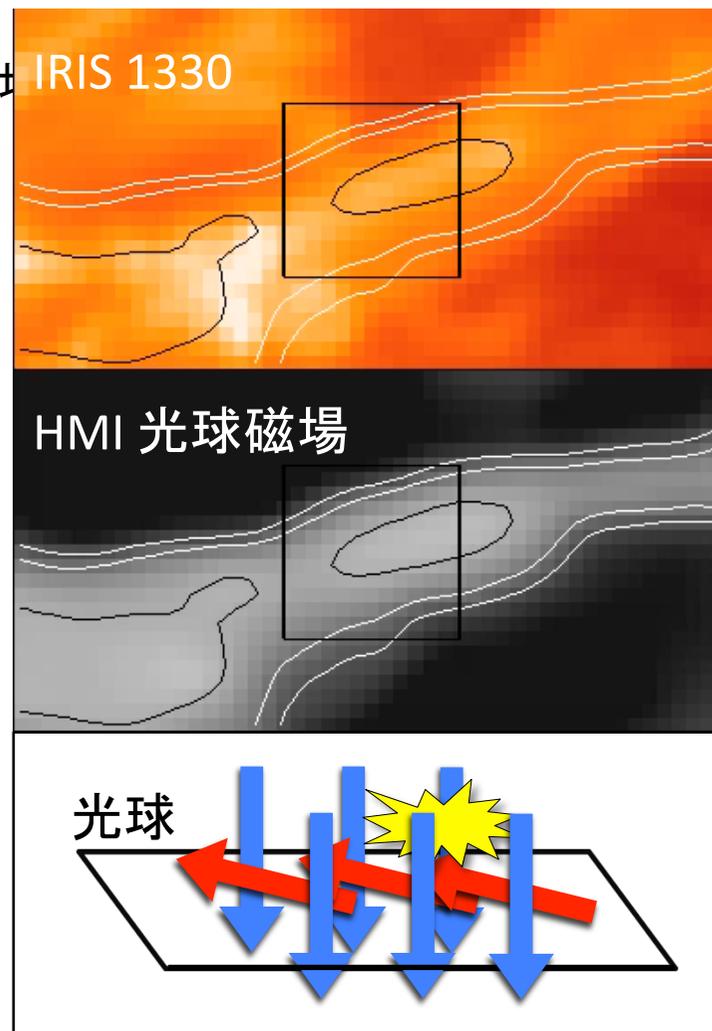
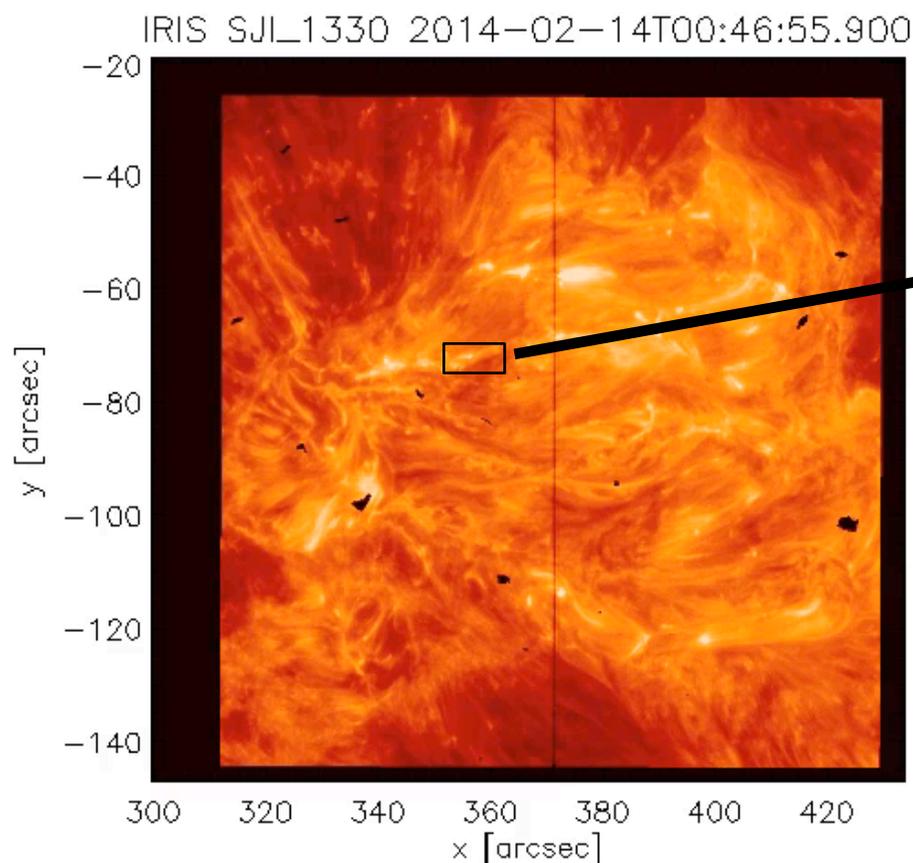


NOAA 11974

3. 小規模な磁束消滅現象

➤ 関連する観測研究

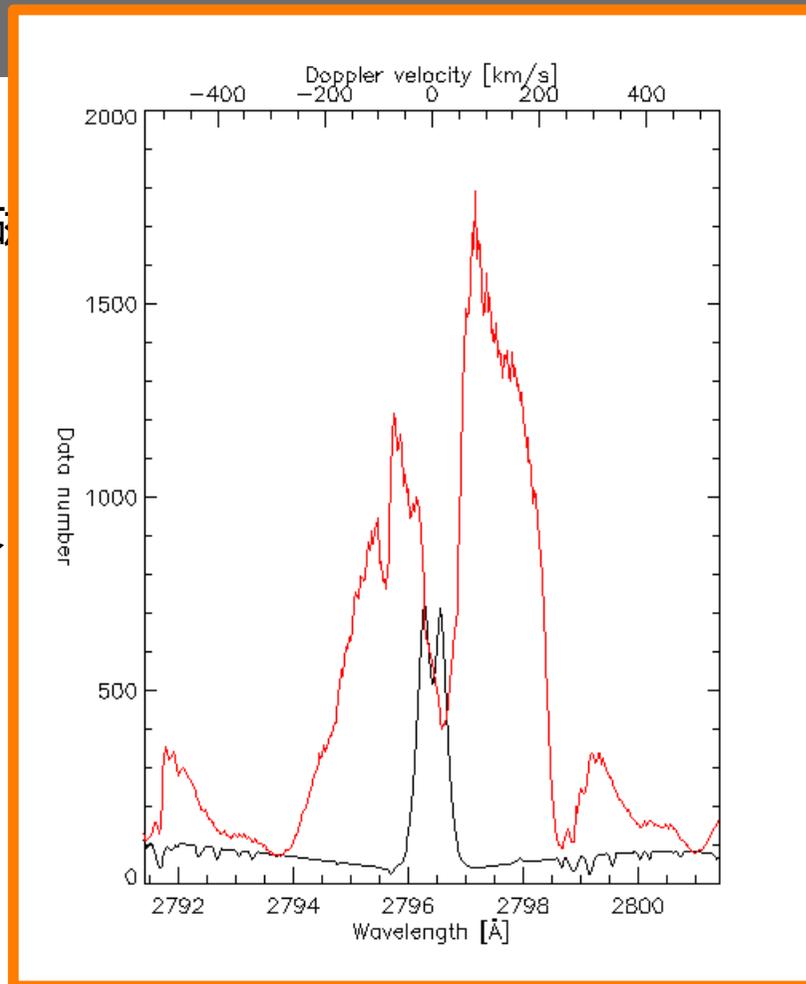
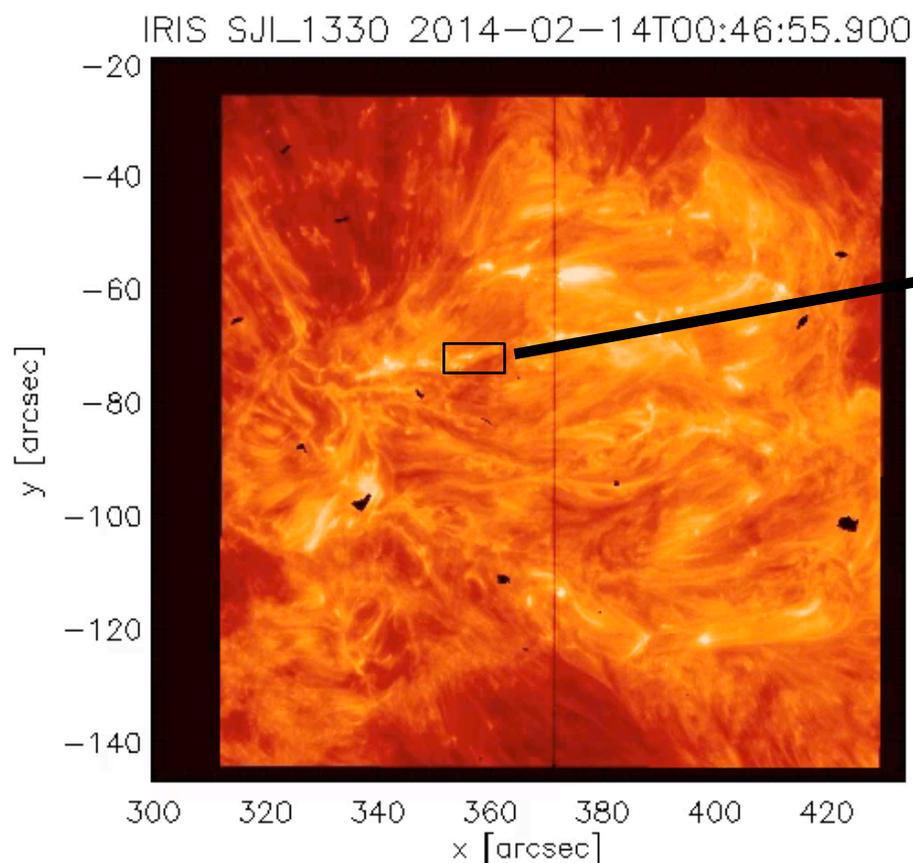
➤ ひので、IRIS、SDO衛星による浮上磁束



3. 小規模な磁束消滅現象

➤ 関連する観測研究

➤ ひので、IRIS、SDO衛星による浮上磁



Mg II kスペクトル

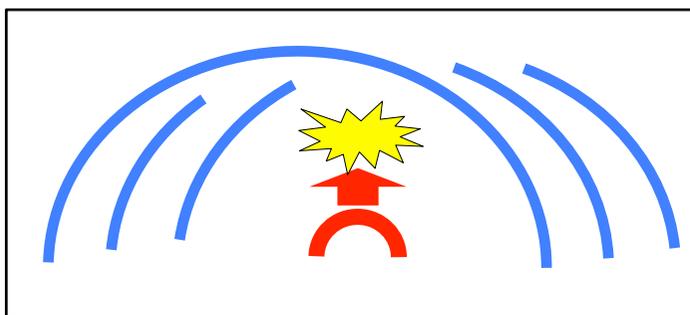
- キャンセレーション領域
- エラーマンボムの

4. まとめと課題

➤ まとめ

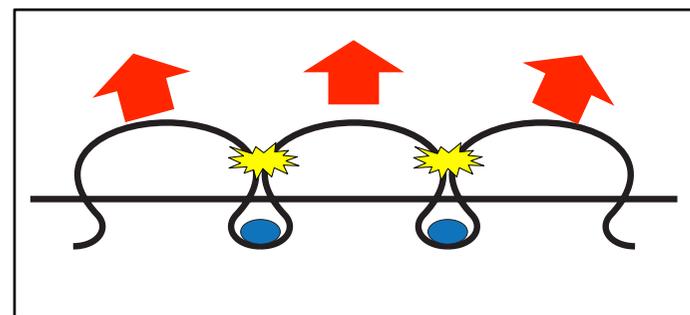
➤ フレアトリガ磁場

- コロナ磁場に局所磁場が突入
- 低層大気 (~彩層高度) で磁気リコネクション
- 局所磁場の角度によってフレア発生の可否が決定される



➤ 小規模な磁束消滅現象

- 問題点：従来シミュレーションでは磁場が浮上しない
- 解決策：低層大気における小規模な磁場リコネクション
- 小規模イベントが大規模な活動領域形成に寄与



これらは「彩層磁場」観測の格好のテーマ

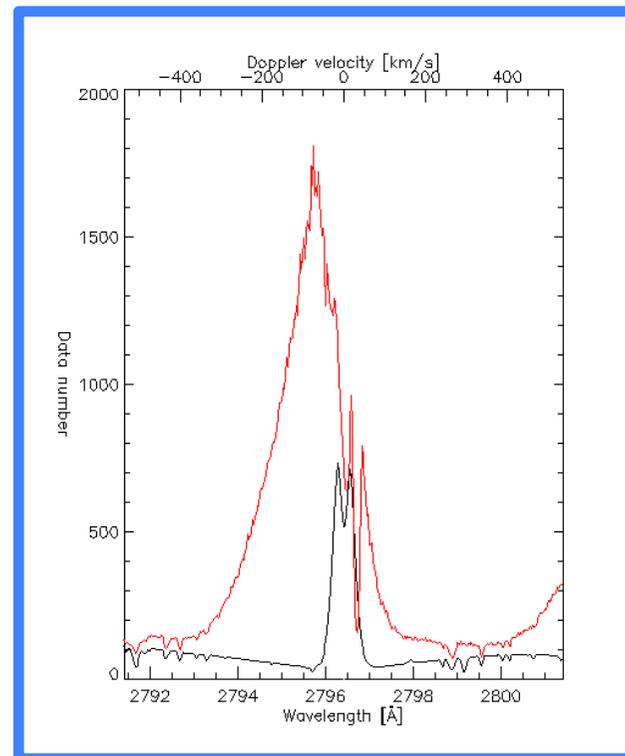
4. まとめと課題

➤ 課題

- スペクトルの複雑さ
 - スペクトルのみから状況を把握するのは困難
 - IRIS：輻射磁気流体シミュレーションによるモデル大気を提供
 - 静穏領域：良さそう
 - 活動領域：恐らく再現不可能？
 - Solar-Cでは「磁場」も入ってくる



- スペクトルの「解釈」
- 輻射磁気流体モデリング
 - 国産？外注？



Mg II kスペクトル

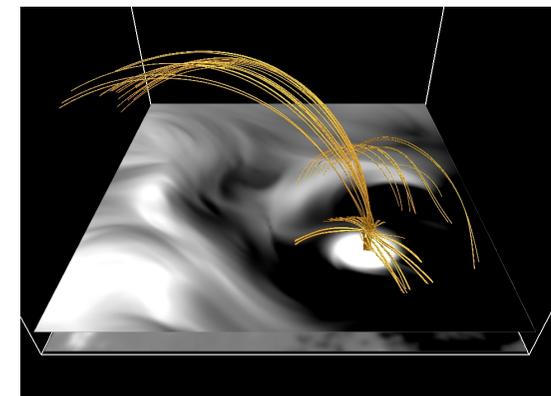
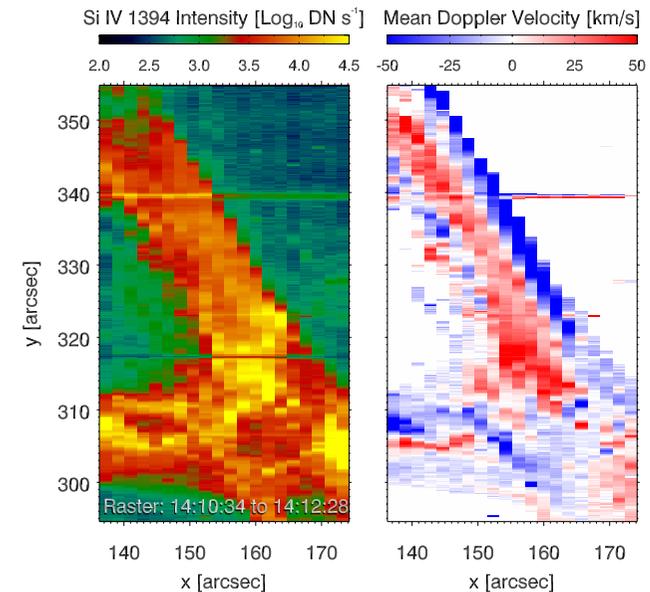
- キャンセレーション領域
- 強いブルーシフト(~100 km/s)？
- 視線方向の重ね合わせ効果？



Thank you for your attention!

Appendix

- データ駆動型シミュレーション
 - シミュレーションの境界条件
 - 現状：光球の3次元磁場データを利用して上空の磁場を推定
 - Cheung et al. (in prep)：ジェットを生じた周囲の磁場環境を再現、IRIS観測と比較
 - 彩層観測のメリット
 - 光球磁場・彩層磁場観測から磁場勾配を計算 → 電流場を推定可能
 - 密度・エネルギーフラックスなども観測できればシミュレーションの精度を向上できる



(b) B_z at $z = 4$ Mm

Cheung et al. (2014, in prep)

Appendix

- フレアトリガの特定
 - 複数の「容疑者」
 - 実際の活動領域には多数のフレアトリガ的な磁場構造が存在
 - 現状「真犯人」の発見は「事件」が発生してから
 - 観測視野が狭いため、事前にある程度「容疑者の絞り込み」が必要
 - シミュレーションの改良
 - PIL上のトリガを
 - 複数箇所、ランダムに挿入
 - 浮上磁場シミュレーション結果などを利用
 - etc...
 - 誰が「犯人」か事前に推定できるように

