



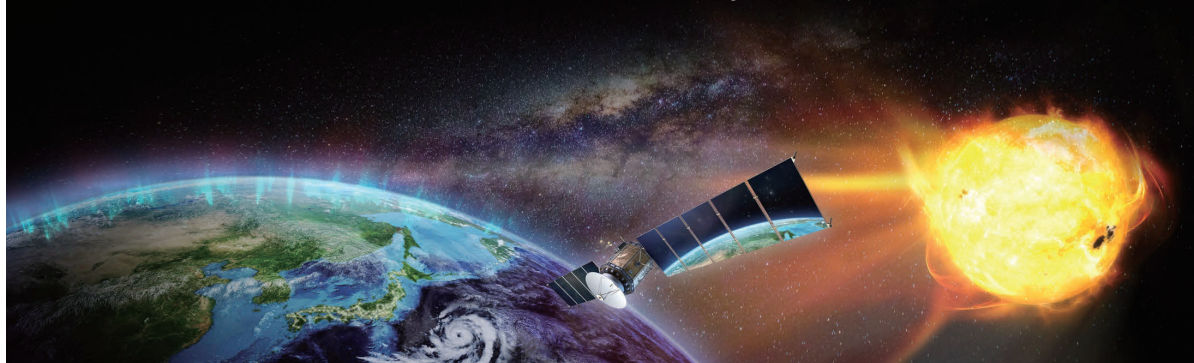
第13回宇宙環境シンポジウム  
2016年11月2日 情報通信研究機構



# 太陽地球圏環境の予測研究について

草野 完也

名古屋大学宇宙地球環境研究所



## 太陽地球圏環境の予測研究について

- 新たな宇宙環境予測を目指して
  - 文部科学省新学術領域「太陽地球圏環境予測 (PSTEP)」
- 新たな太陽面爆発の予測を目指して
  - 太陽フレアの発生機構の理解と予測

# 宇宙環境変動の社会影響

大フレア時に約100 mSvの被曝可能性

## 宇宙放射線



粒子  
輻射

2014年1月宇宙放射線増加によりISSへの補給機打上延期

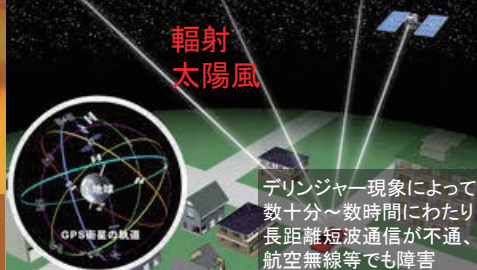
大フレア時に約4 mSvの被曝可能性

粒子



2012年1月アメリカ連邦航空局が極航路の変更を勧告

## 測位・通信



輻射  
太陽風

デリンジャー現象によって数十分～数時間にわたり長距離短波通信が不通、航空無線等でも障害

宇宙放射線による宇宙飛行士・航空機乗員の被曝

電離圏擾乱による測位・通信障害



## 電力

1989年3月の巨大磁気嵐によりケベック州で大停電が発生し、北アメリカ全体に影響が広がった。

## 太陽風

ケベック大停電の際に焼けたトランス

地磁気誘導電流による電力網障害と停電



## 衛星

X線天文衛星あすか：2000年7月の巨大太陽フレアの影響で姿勢制御不能となり、大気圏に突入した。

粒子  
輻射

衛星障害・軌道影響



## 気候影響

粒子  
輻射  
太陽風

「凍るテムズ川 (1677)」

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:The\\_Frozen\\_Thames\\_1677.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:The_Frozen_Thames_1677.jpg)

太陽活動の大極小期(グランド・ミニмум)における小氷期の発生

# 太陽地球圏の環境変動

発生

伝播

影響

爆発現象

太陽

長期変動

高エネルギー粒子

太陽風(高速プラズマ流)

太陽放射(VIS, UV, EUV, X)

宇宙放射線

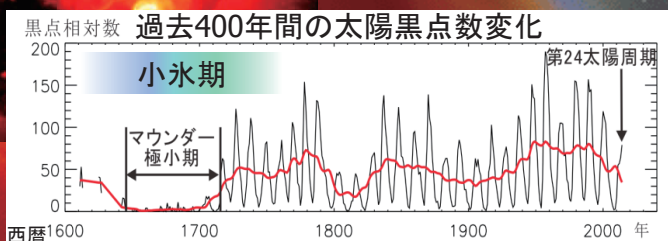
磁気嵐

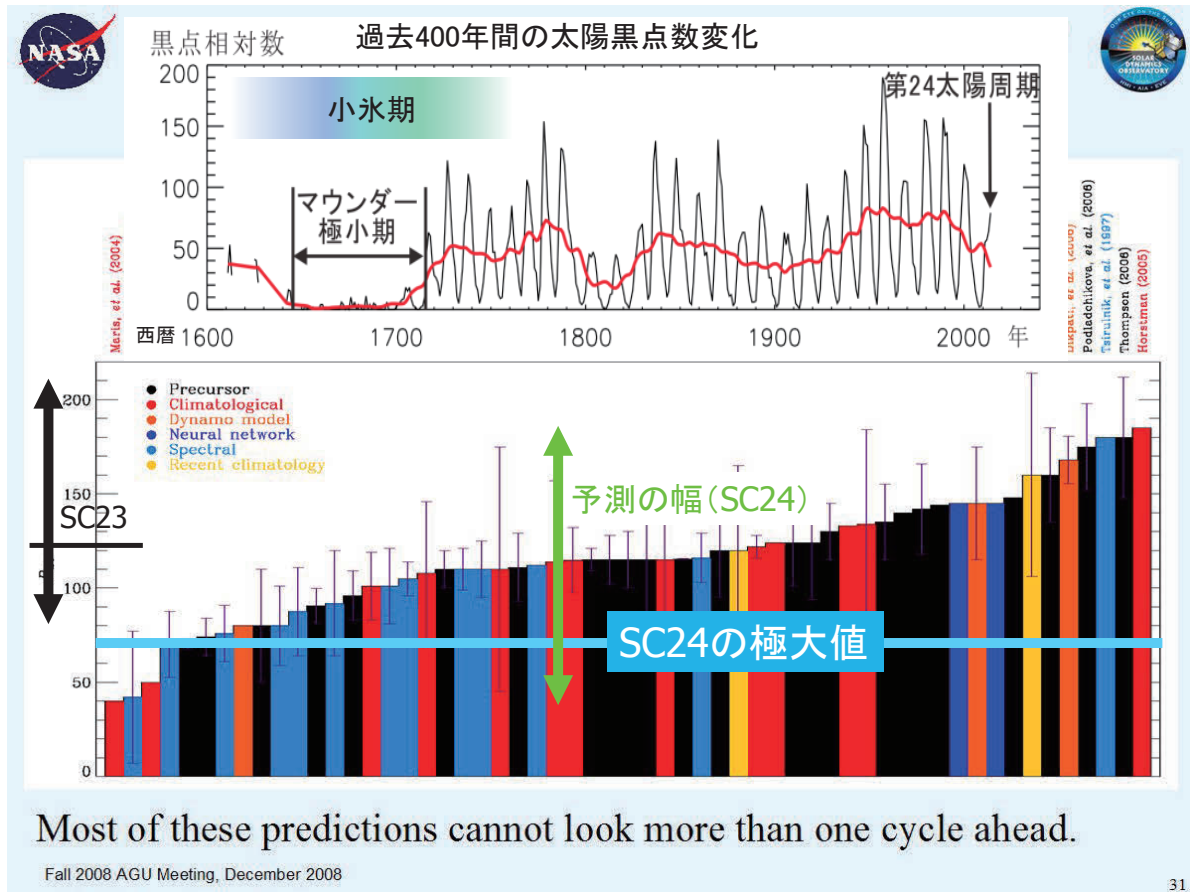
地球

電離圏嵐

気候変動

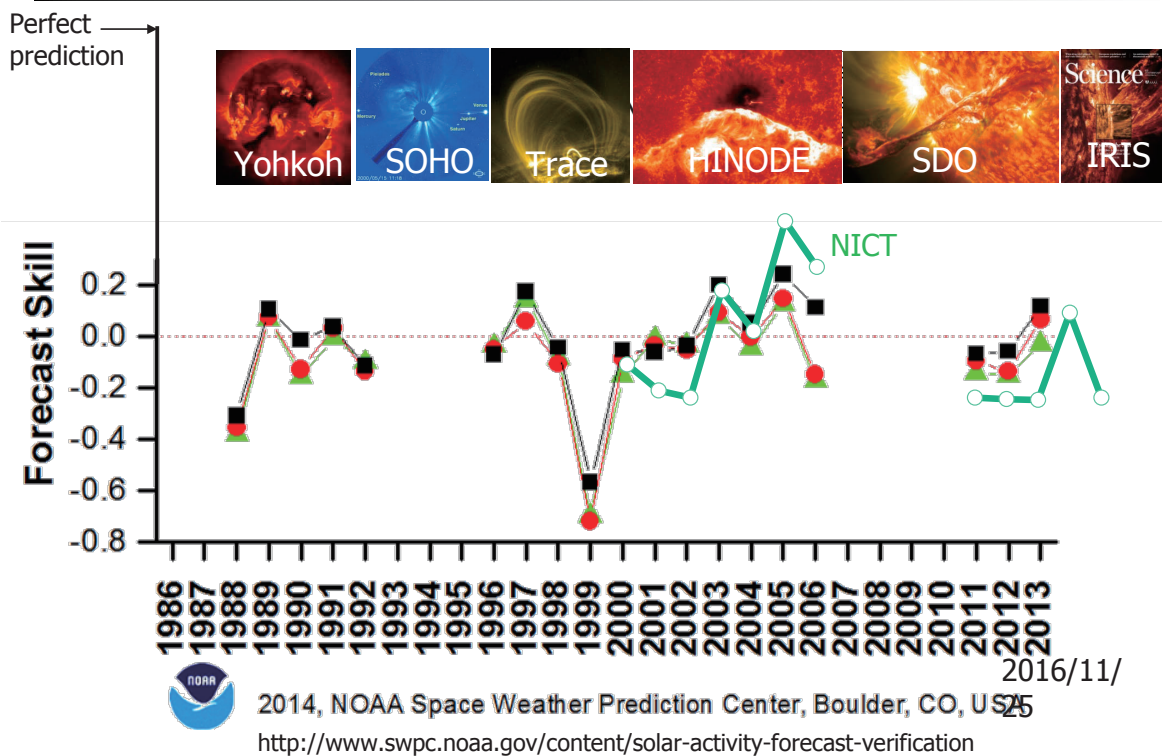
太陽コロナのX線観測  
(ようこう衛星)





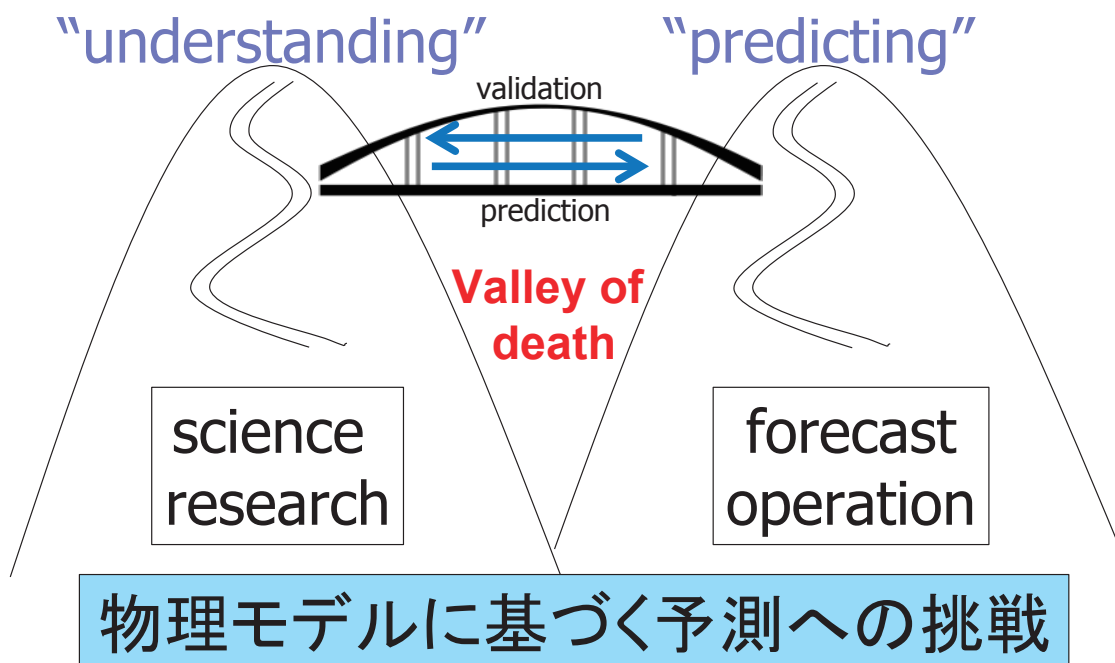
31

## 太陽フレア発生予測の評価推移





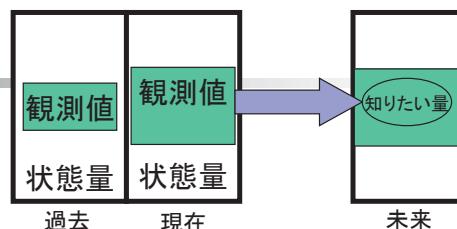
# 「科学的理解」と「未来予測」



## 予測研究の発展史

### ■ 経験モデルによる予測

- 周期性と相関性の発見
  - 古代天文学
- 前兆現象の発見
- 経験数値モデル
  - 機械学習アルゴリズム



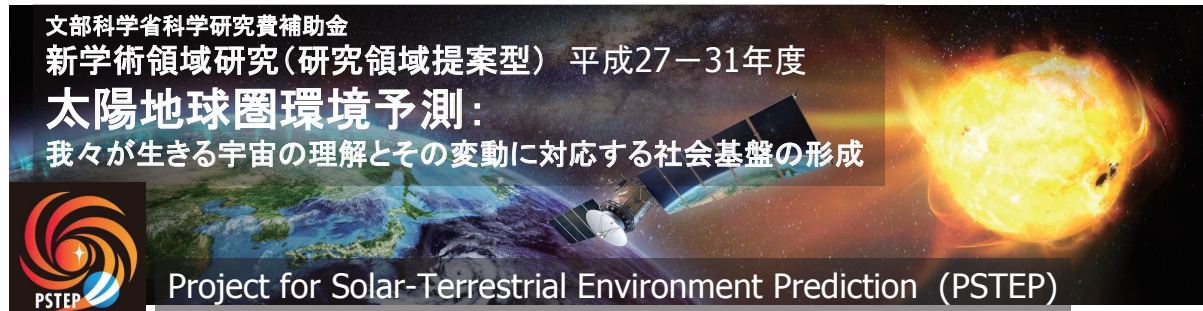
未来を決めるために  
必要な情報の抽出

### ■ 物理モデルによる予測

- 物理法則に基づく  
第1原理計算
  - 天体力学

### ■ 物理経験モデルによる予測 (GCMによる気象気候モデル)

- 物理法則  
+パラメタリゼーション  
:チューニング(最適化)
- 物理モデル+同化手法
- アンサンブル予測



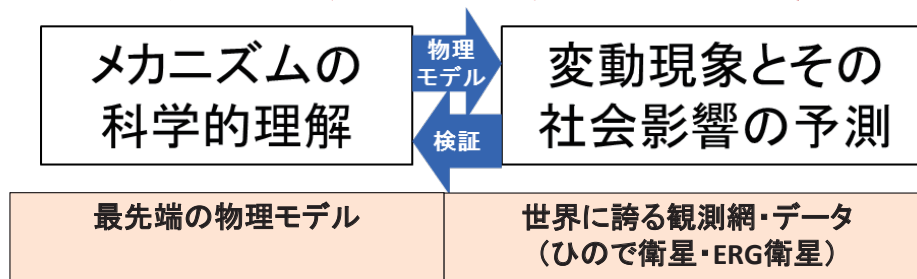
**【目的1】科学的重要課題の  
抜本的解決**

- 太陽フレアの発生機構
- 地球放射線帯における粒子加速機構
- 太陽活動の気候影響プロセスの特定 など

**【目的2】社会基盤としての  
宇宙天気予報の飛躍的发展**

- 社会に役立つ予測スキームの開発  
(通信、電力、衛星・航空機等への影響予測)
- 激甚宇宙天気災害に備える宇宙天気  
ハザードマップを世界に発信

**基礎科学研究と予測研究の相乗的发展**



文部科学省 新学術領域研究(2015-2019)

**太陽地球圏環境予測:我々が生きる宇宙の  
理解とその変動に対応する社会基盤の形成**

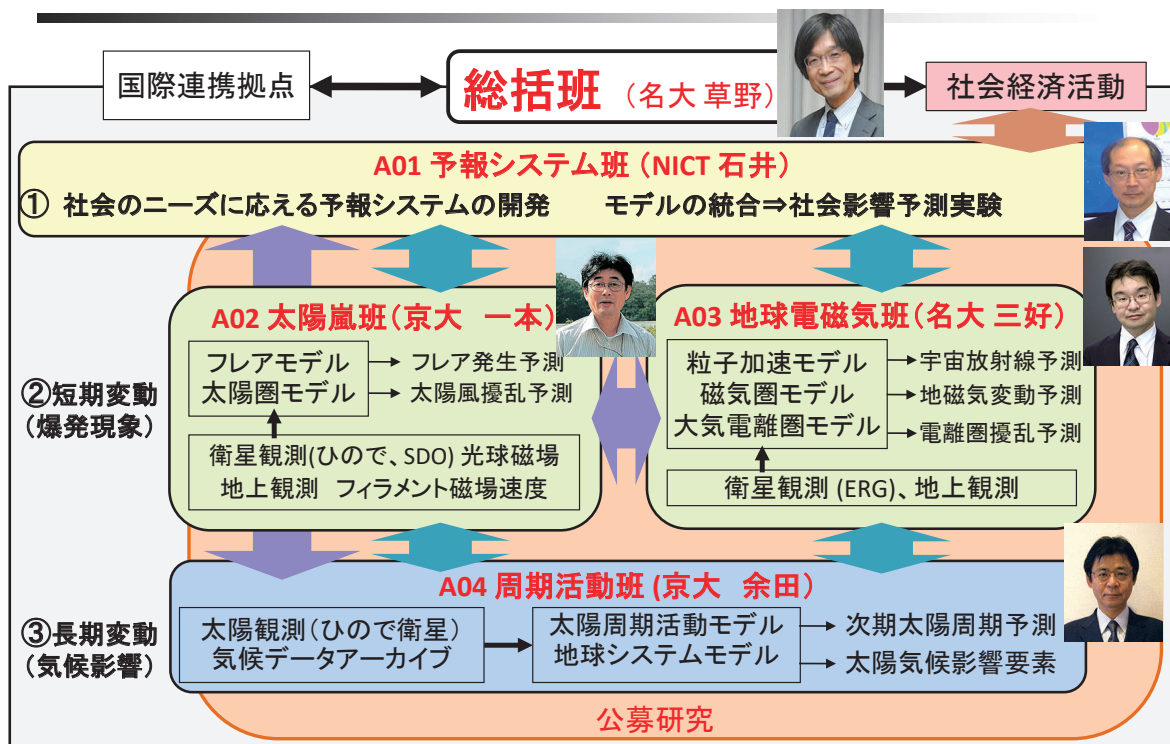
Project for Solar-Terrestrial Environment Prediction

**PSTEP Network**

全国20組織、約100名の研究者



## 新学術領域“PSTEP”の組織構成と連携



## 黒点形態分類によるフレア発生確率

### ■ McIntosh classification

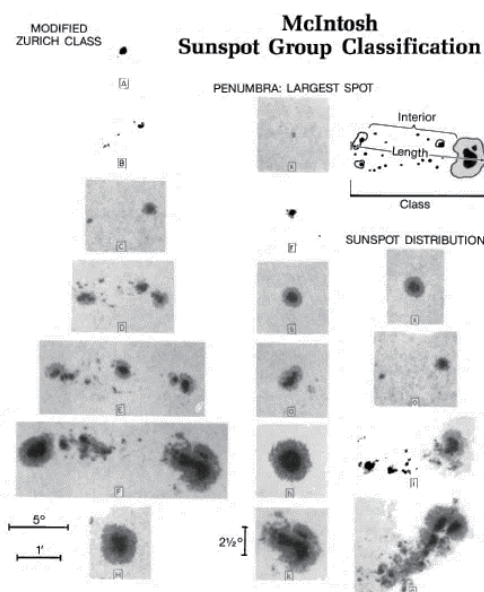


Fig. 1. The 3-component McIntosh classification, with examples of each category.

McIntosh 1990

Gallagher, Moon, Wang 2002 Sol. Phys.

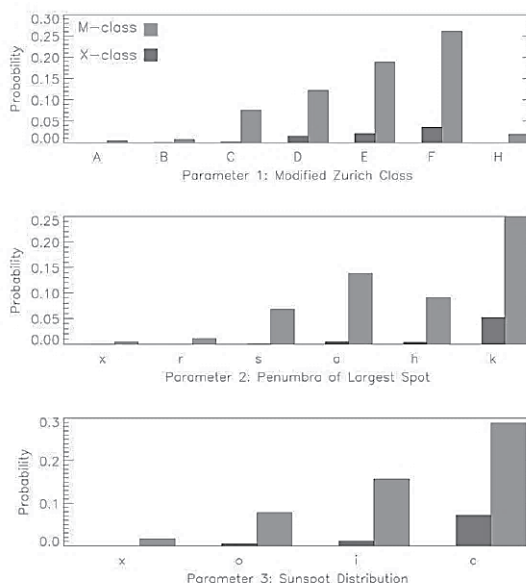
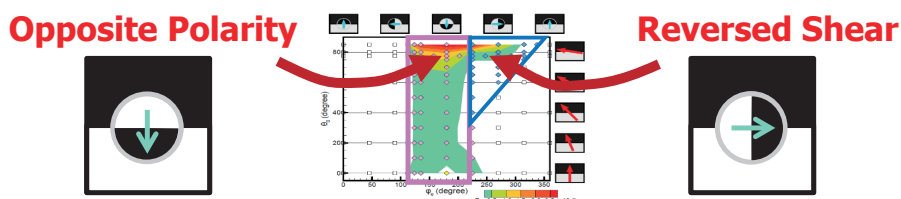
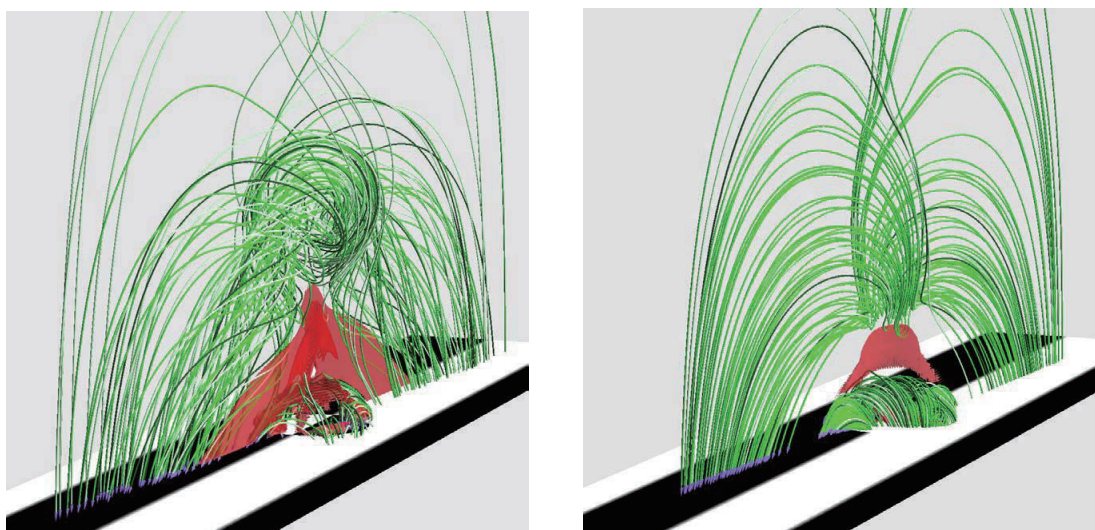


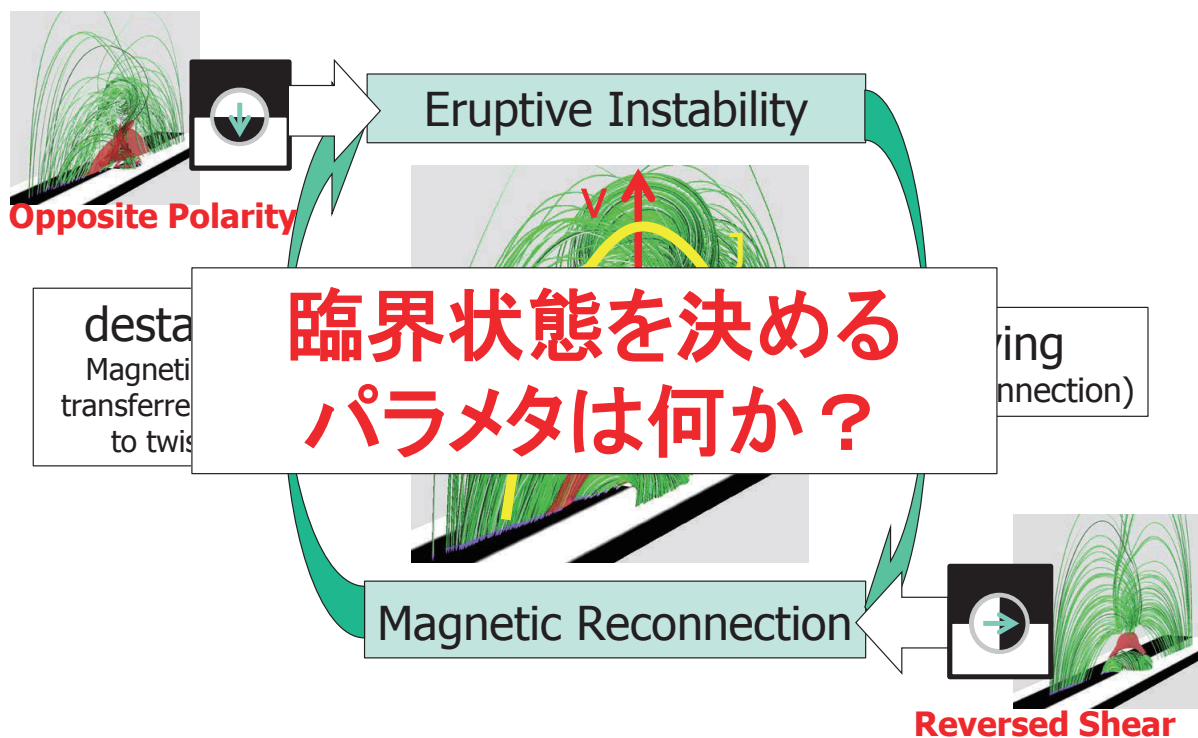
Figure 4. Derived 24-hour active-region flare probabilities for each of the three McIntosh classification parameters using Poisson statistics.



# 太陽フレアのMHDシミュレーション

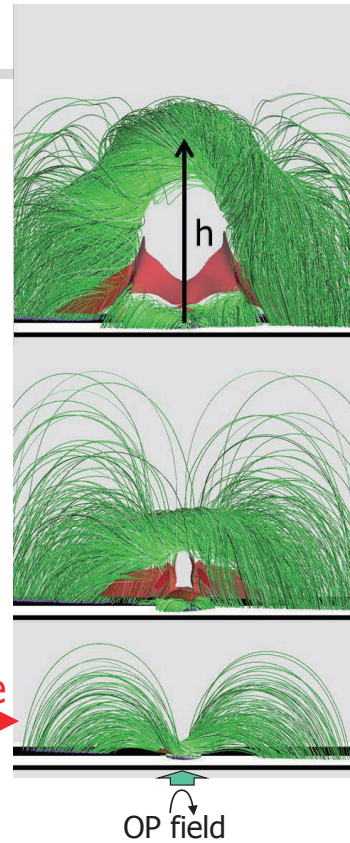
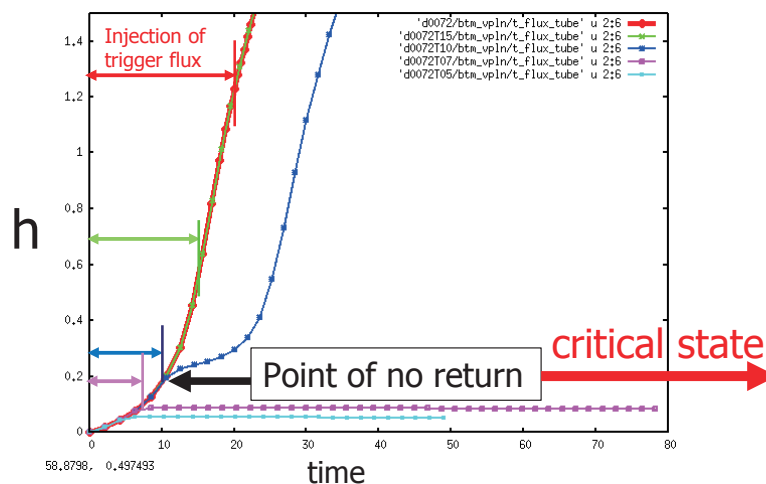


## Feedback Cycle Model Kusano et al. 2012



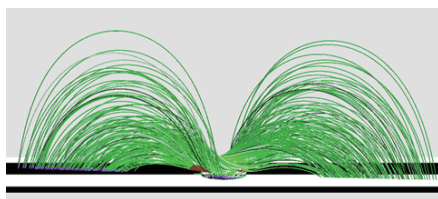
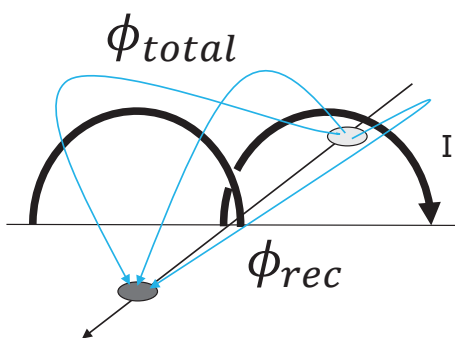
## Threshold of Instability

- Numerical experiments of solar eruption for the various duration of trigger field injection.



## Double Arc Instability

Ishiguro and Kusano 2016 (submitted to ApJ)



Critical Parameter

$$\kappa \equiv T \frac{\Phi_{rec}}{\Phi_{total}} > \frac{1}{8\pi}$$

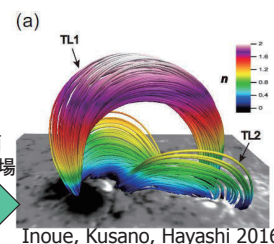
magnetic twist

$$T = \int \frac{B \cdot \nabla \times B}{B^2} dl$$

Normalized flux of tether-cutting reconnection



太陽表面  
ベクトル磁場



Inoue, Kusano, Hayashi 2016



## まとめ

---

- **新たな予測研究プロジェクトの開始**
  - 宇宙環境の予測を通して科学研究と宇宙天気予報の相乗的な発展を目指す新学術領域「**太陽地球圏環境予測(PSTEP)**」が進行中。
- **太陽面爆発の理解と予測を目指して**
  - 磁気リコネクションと電磁流体力学不安定性の相乗作用が太陽面爆発の基本メカニズム
  - その臨界状態を決めるパラメタを決めることによって、太陽フレアの新たな予測が可能
  - 太陽ベクトル磁場から見いだせる「 $\kappa$ 値」は有望な予測パラメタ