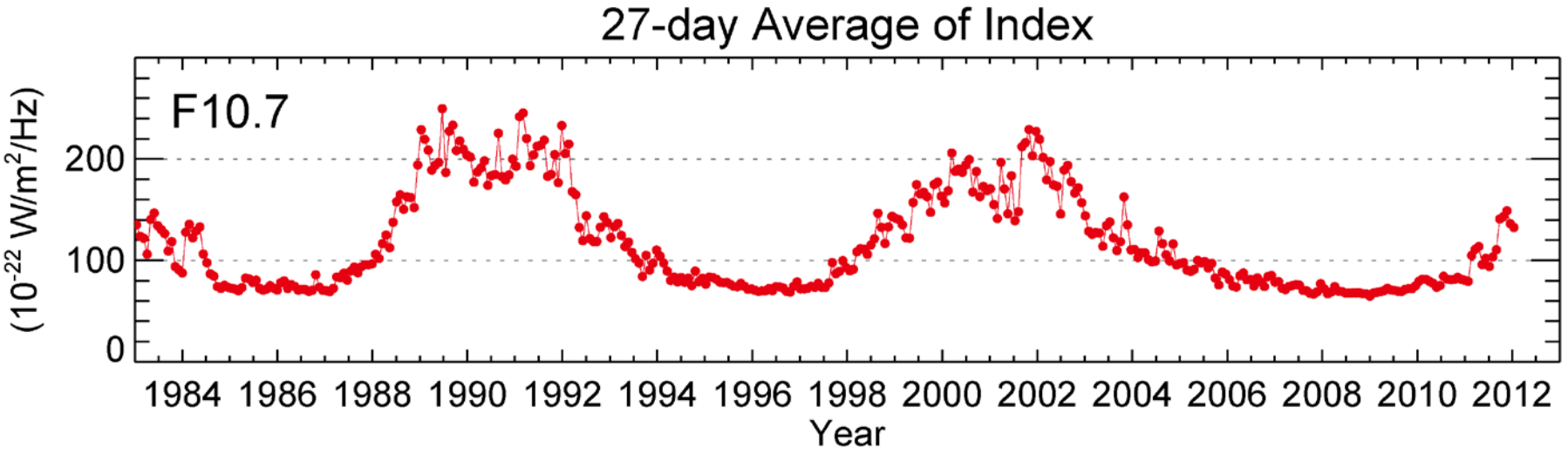
サブストーム発生頻度の29年間の変動

京都大学理学研究科・地磁気世界資料解析センター

能勢正仁

概要

- ✓ 「サブストーム発生頻度の長期変動」についての研究紹介と大学間連携プロジェクトへの話題提供
- ✓ 研究の目的と意義
  - ➢ 長期間利用できる地磁気データを用いて、サブストームの発生数が太陽活動第22、23、24周期のうちにどのように変化していたかを調べる。
  - ➢ サブストームの発生数・発生しやすさについての長期予測ができる。
  - ➢ サブストームのトリガー機構について何らかの手がかりが得られる。(特に重イオンの影響について)



データセット

- ✓ 太陽活動度
  - ➢ F10.7 index

- ✓ サブストームの発生数
  - ➢ Pi2地磁気脈動
  - ➢ 柿岡観測所・地磁気1秒値データ (27.4°GMLAT)
  - ➢ 真夜中付近のイベント(21-01MLT)を自動検出・・・Nosé et al. [1998, 2006]

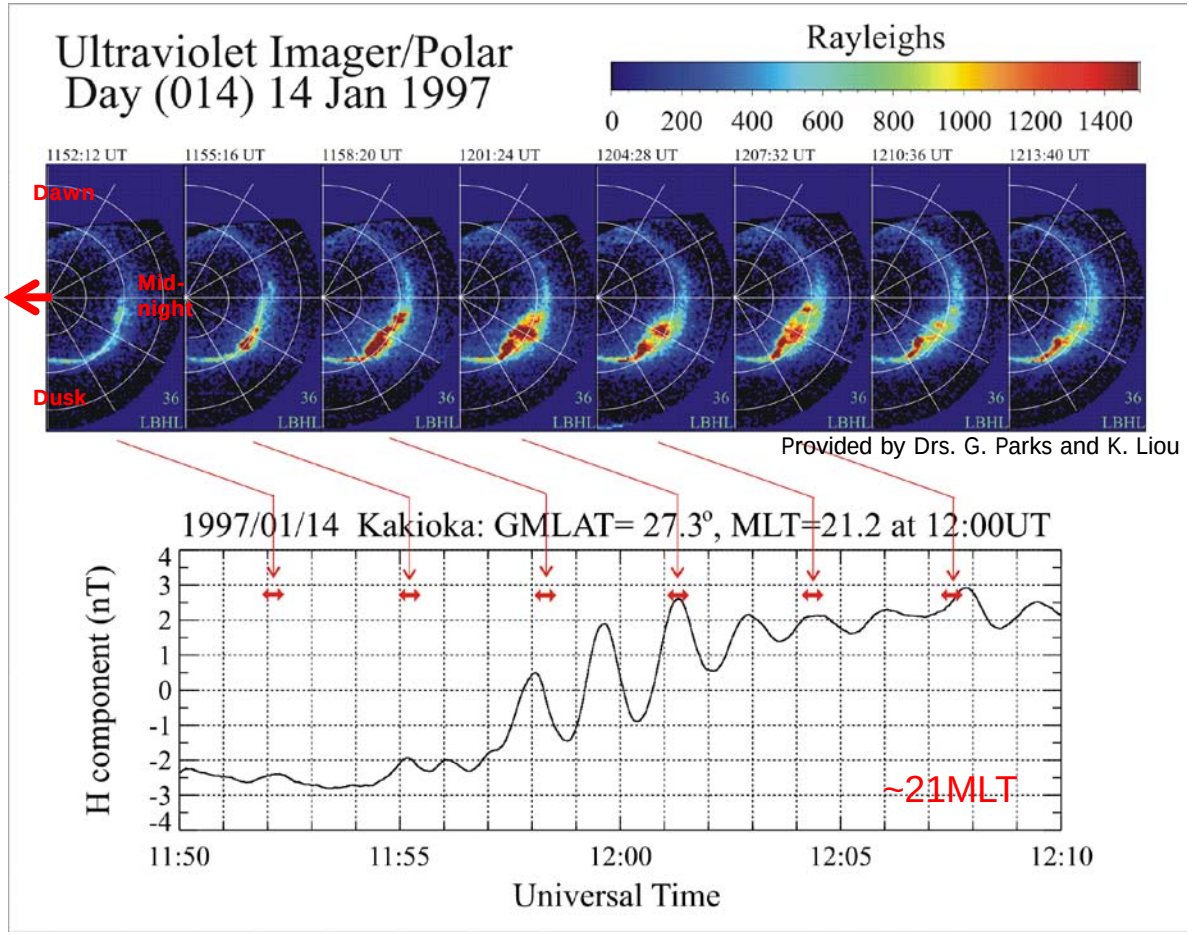
- ✓ 期間
  - ➢ 1983年3月～2011年12月 (29年弱、太陽活動第22、23、24周期を含む)

- ✓ 以下の解析では、すべてのデータについて、27日平均値を使う。
  (27日≈太陽自転周期)

サブストームとPi2地磁気脈動

- ✓ サブストームが起こった時、低緯度における地磁気にはPi2地磁気脈動(周期40-150秒の減衰波)と呼ばれる特徴的な変動が現れる。
- ✓ Pi2地磁気脈動=サブストーム発生の指標

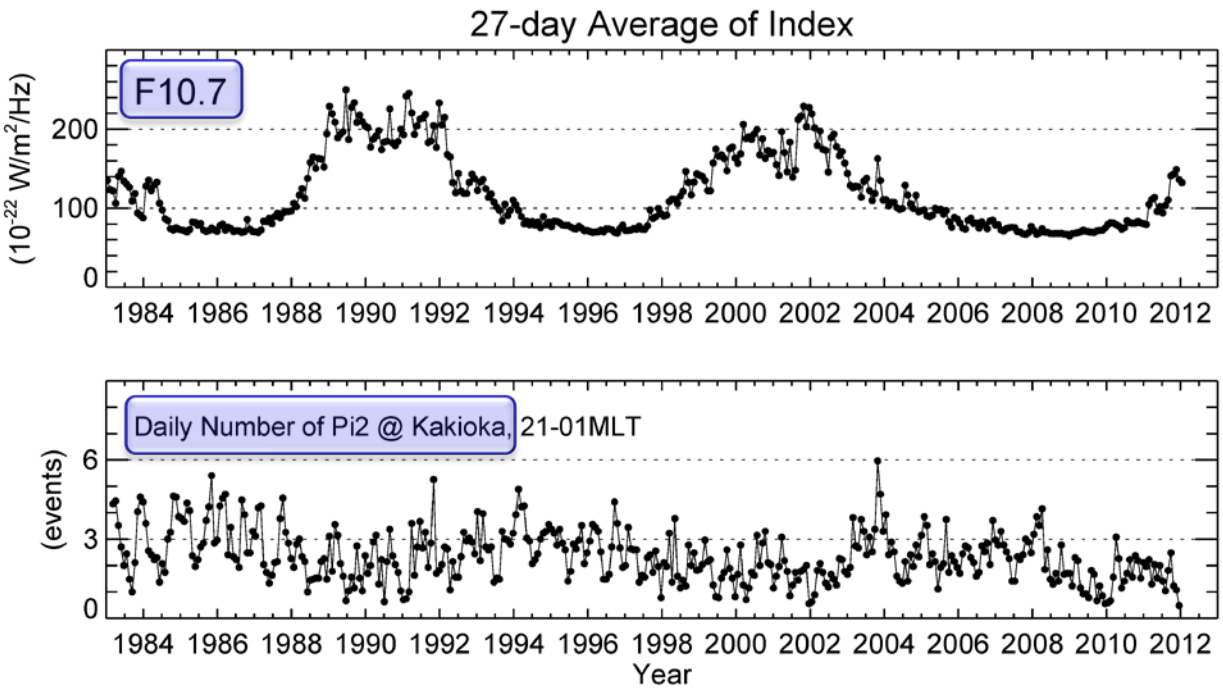
人工衛星で極域上空から観測したオーロラ



日本に地磁気観測所で得られた地磁気変動

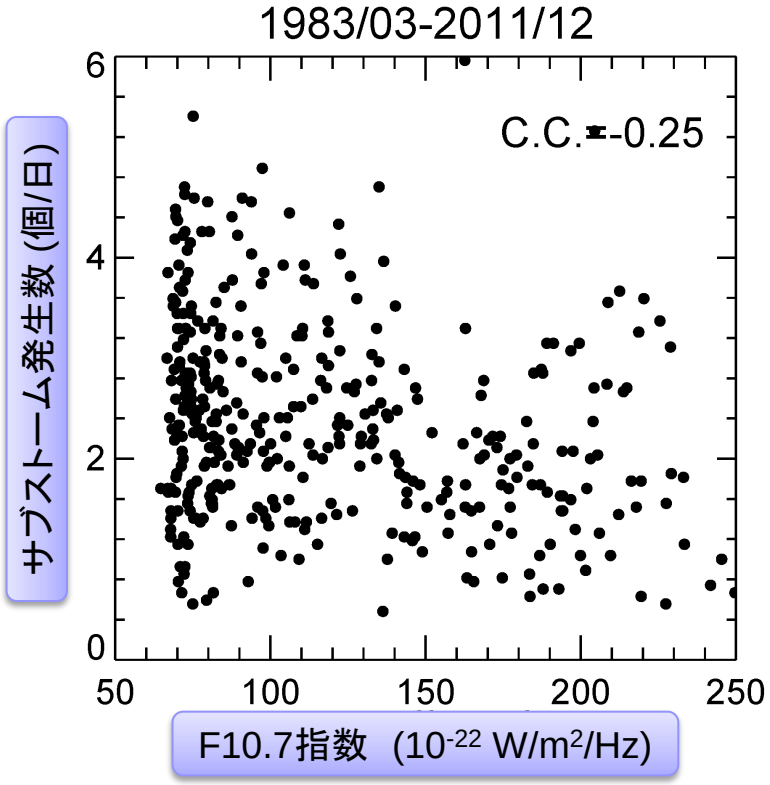
サブストーム発生数の長期変動

- ✓ F10.7指数、Pi2地磁気脈動発生数の1983年から2011年に亘る長期変動。
- ✓ F10.7指数に対して、はっきりとした相関は見られない。



サブストーム発生数とF10.7指数の相関解析

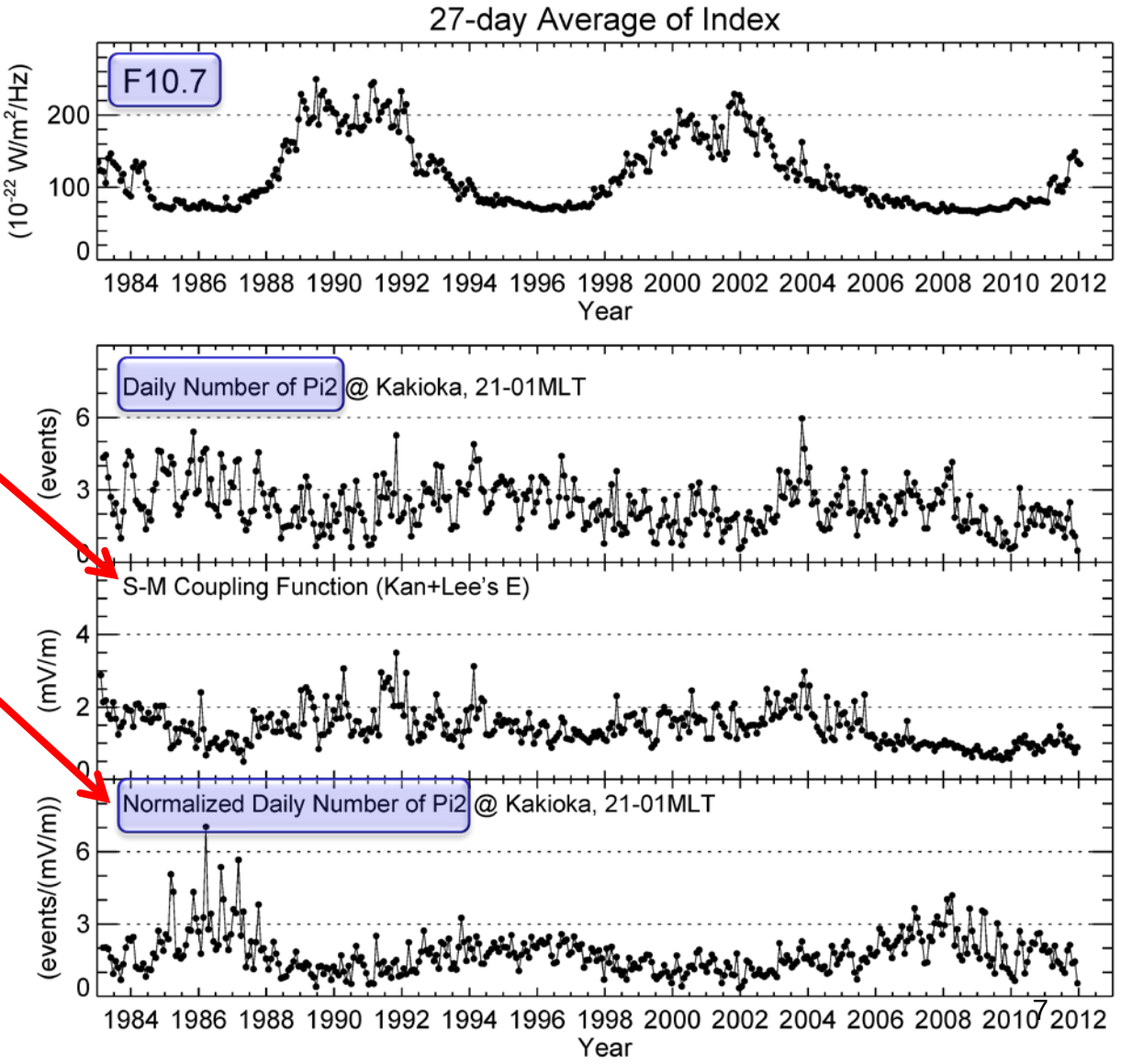
- ✓ F10.7指数との相関係数は-0.25。
- ✓ サブストームの発生数自体は、太陽活動度とそれほど相関が良いわけではない？



- ✓ [サブストームの発生数] ∝
  [太陽風からのエネルギー流入]×[サブストームの発生しやすさ]

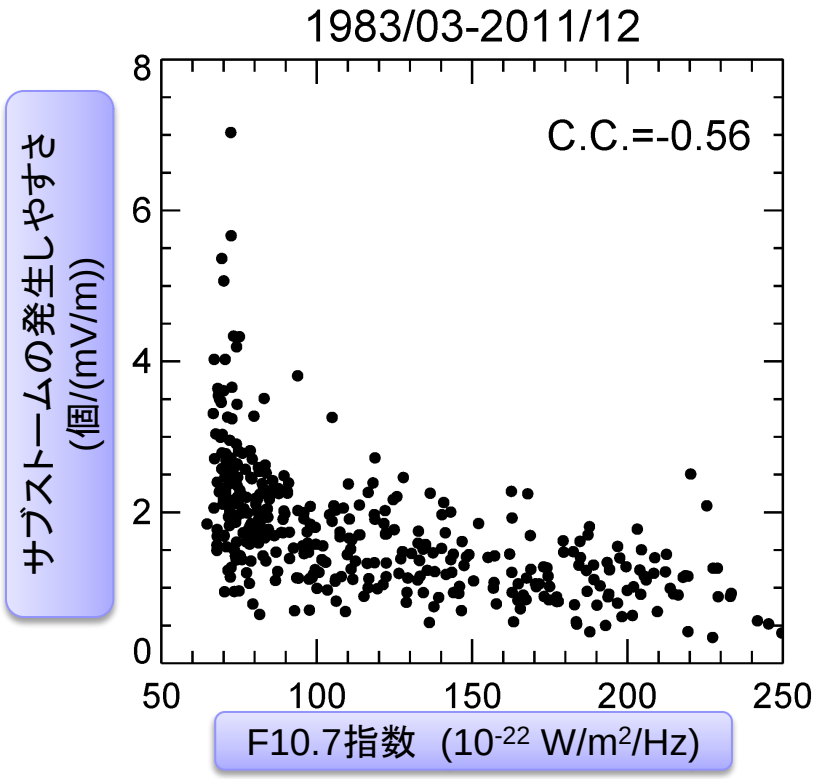
サブストームの発生しやすさの長期変動

- ✓ Pi2地磁気脈動の一日の発生数に対し、太陽風からのエネルギー流入量による補正（割り算)を行う。
- ✓ エネルギー流入量は、Kan and Lee [1979]の電場パラメターで評価する。
- ✓ 補正したサブストーム発生数(サブストームの発生しやすさ)は、F10.7指数に対し、逆相関であるように見える。



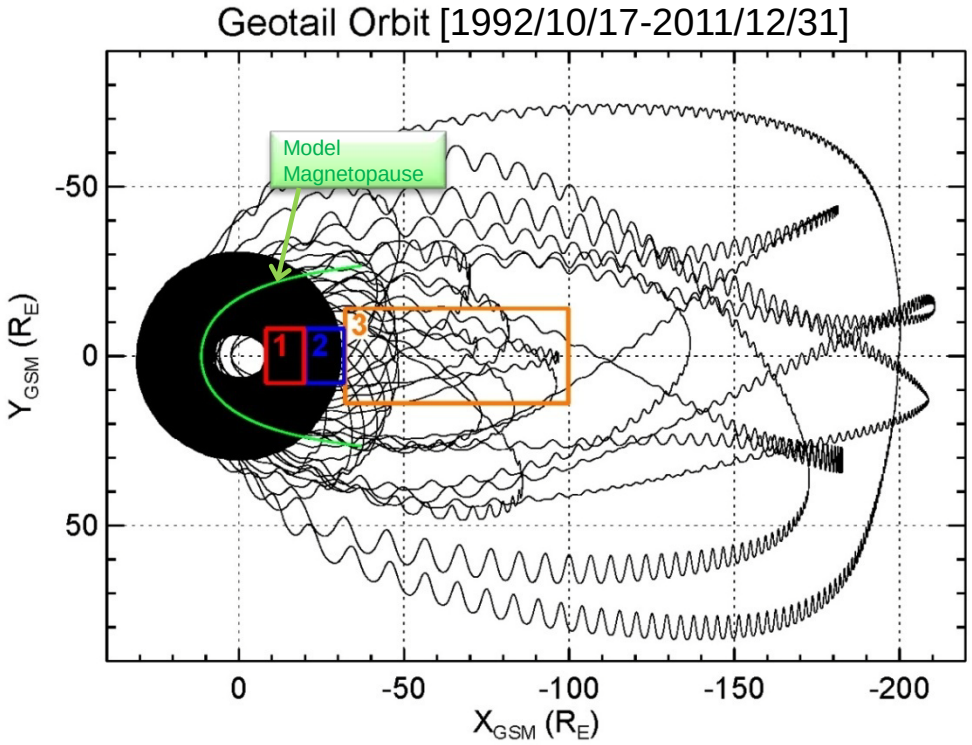
サブストームの発生しやすさとF10.7指数の相関解析

- ✓ F10.7指数との相関係数は、-0.56。
- ✓ 補正したサブストーム発生数(サブストームの発生しやすさ)は、太陽活動度と逆相関を示している。



追加データセット

- ✓ 磁気圏尾部のプラズマシートにあたる以下の領域のプラズマイオン組成をGeotail衛星のデータを用いて調べる。
  - ➢ 領域 1: X_{GSM}=-8~-20 R_E, $|Y_{GSM}|$≤8 R_E
  - ➢ 領域 2: X_{GSM}=-20~-32 R_E, $|Y_{GSM}|$≤8 R_E
  - ➢ 領域 3: X_{GSM}=-32~-100 R_E, $|Y_{GSM}|$≤14 R_E
- ✓ 期間: 1992年10月~2011年12月(約19年間)



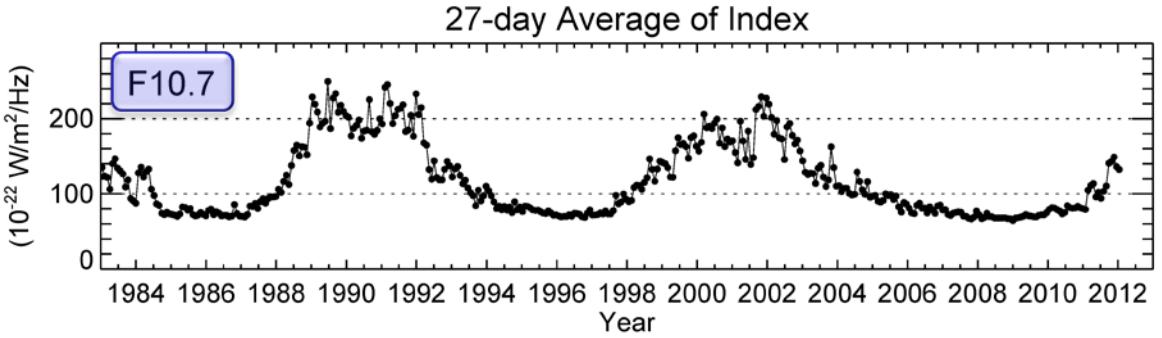
サブストームの発生頻度とイオン組成の長期変動

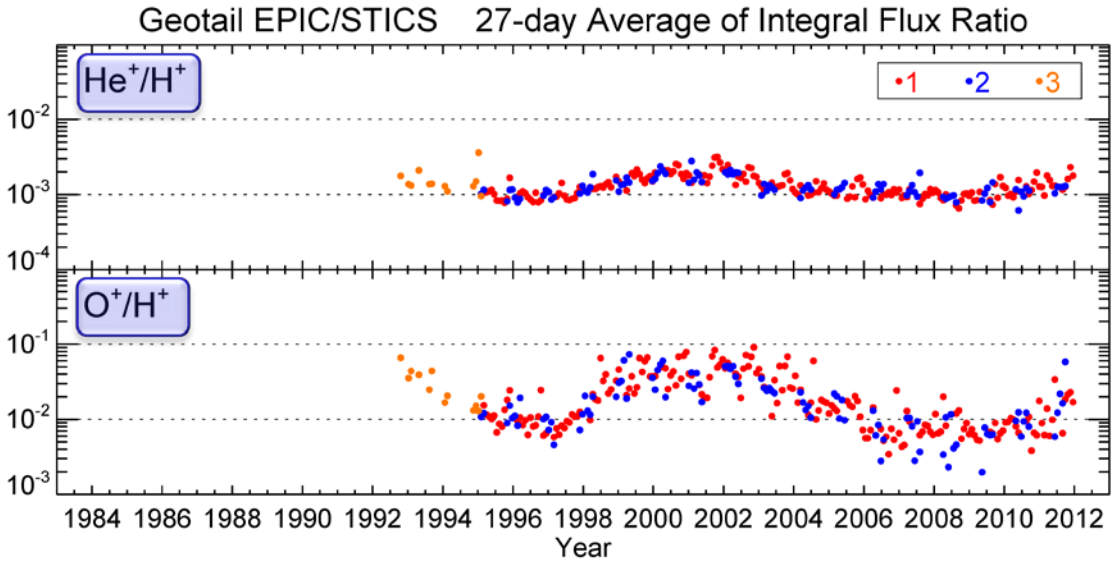
- ✓ 太陽活動度、イオン組成、サブストームの発生しやすさには、次のような関係があると考えた。

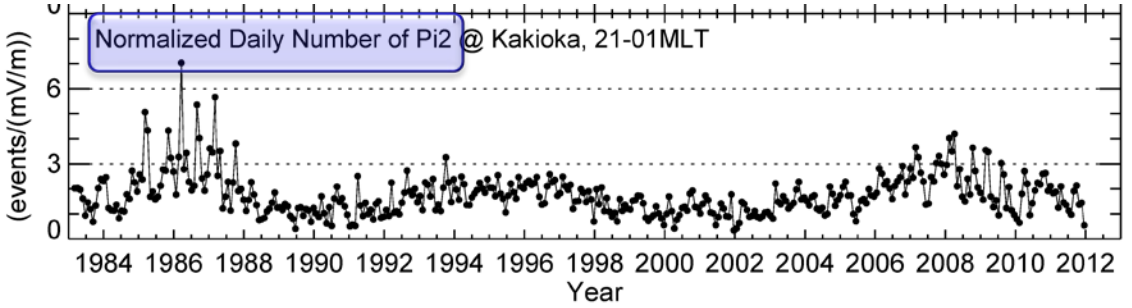
①太陽活動度が
増加する(減少する)

②磁気圏尾部の重イオンの割合が
多くなる(少なくなる)

③サブストームが
起こりにくくなる(起こりやすくなる)



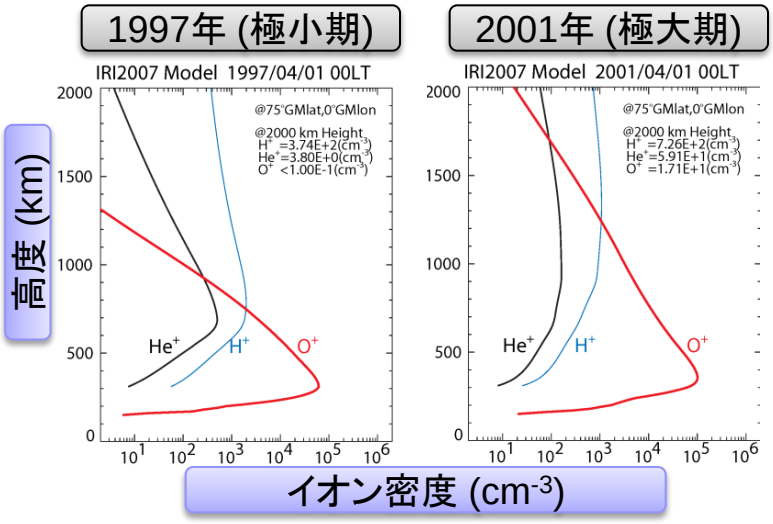




太陽活動度、イオン組成、サブストームの発生しやすさの関連

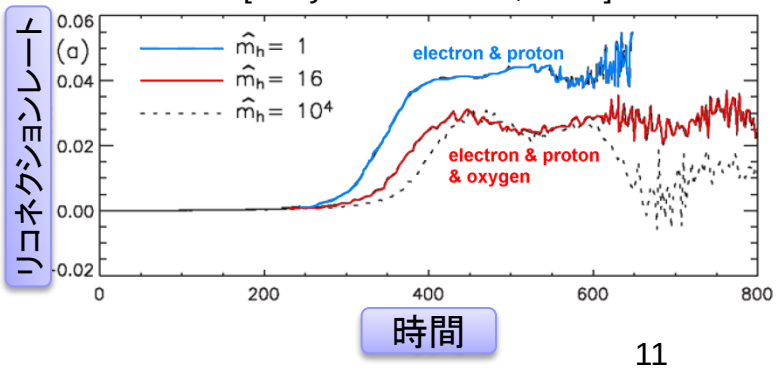
- ✓ ①太陽活動度→②イオン組成
  - ➢ 太陽UV/EUV放射は、F10.7指数に見られる太陽活動度と強い正相関(r~0.95)がある。[e.g., Floyd et al., 2005]
  - ➢ UV/EUV放射は、電離層で吸収されO^+の密度を特に大きく上昇させる。
  - ➢ O^+は磁気圏へ流出し、イオン組成が大きく変化する。
    (Geotailの観測：1.1 amu→2.8 amu)

IRI2007モデル



- ✓ ②イオン組成→③サブストームの発生頻度
  - ➢ 重イオンの存在は、アルフベン速度を減少させる。(上記の場合、約60%に減少)
  - ➢ リコネクションレートが小さくなる。[Shay and Swisdak, 2004]
  - ➢ サブストームが発生しにくくなる。(発生しやすさが下がる。)

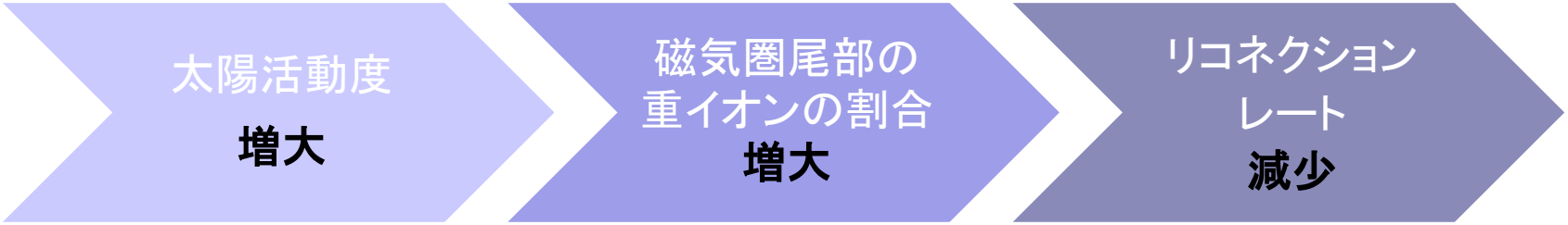
3流体シミュレーション結果
[Shay and Swisdak, 2004]



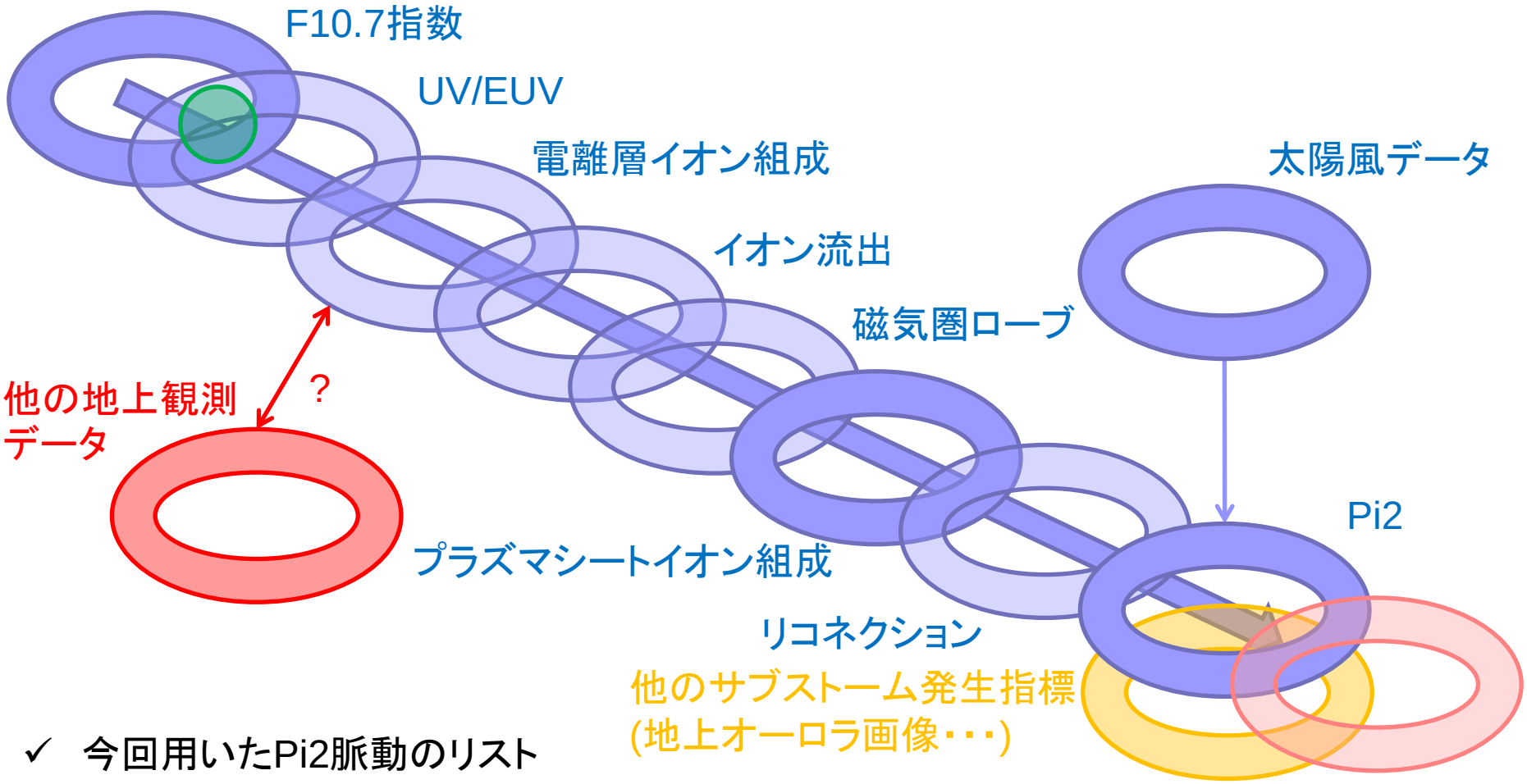
まとめ

- ✓ 太陽活動第22、23、24周期を含む約29年間について、サブストームの発生数(およびサブストームの発生しやすさ)の長期変動を調べた。
- ✓ サブストームの発生は、地磁気データに現れたPi2地磁気脈動で評価した。

- ✓ サブストームの発生数自体は、太陽活動度および地磁気活動度とそれほど相関が良いわけではない。
- ✓ サブストームの発生数を太陽風からのエネルギー流入量で補正し、サブストームの発生しやすさについて調べたところ、太陽活動度と逆相関を示した。



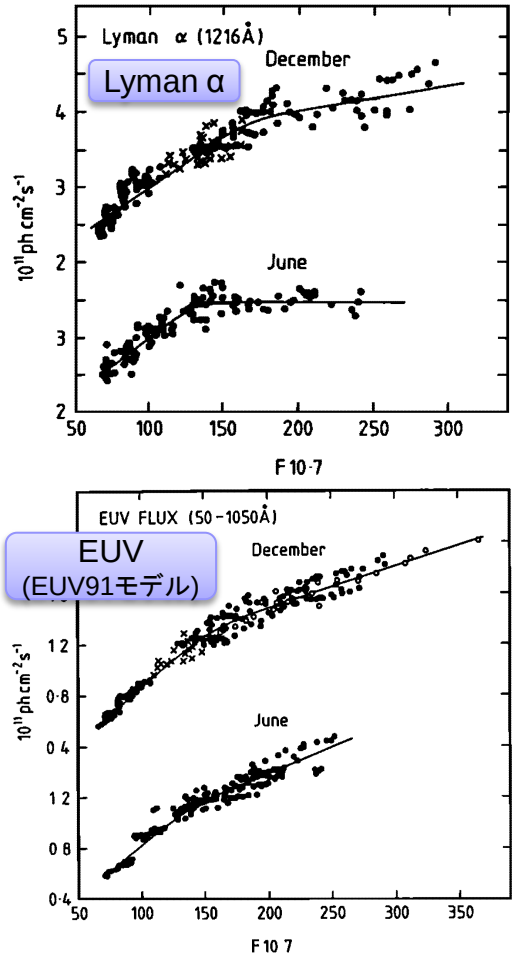
大学間連携プロジェクト用のまとめ



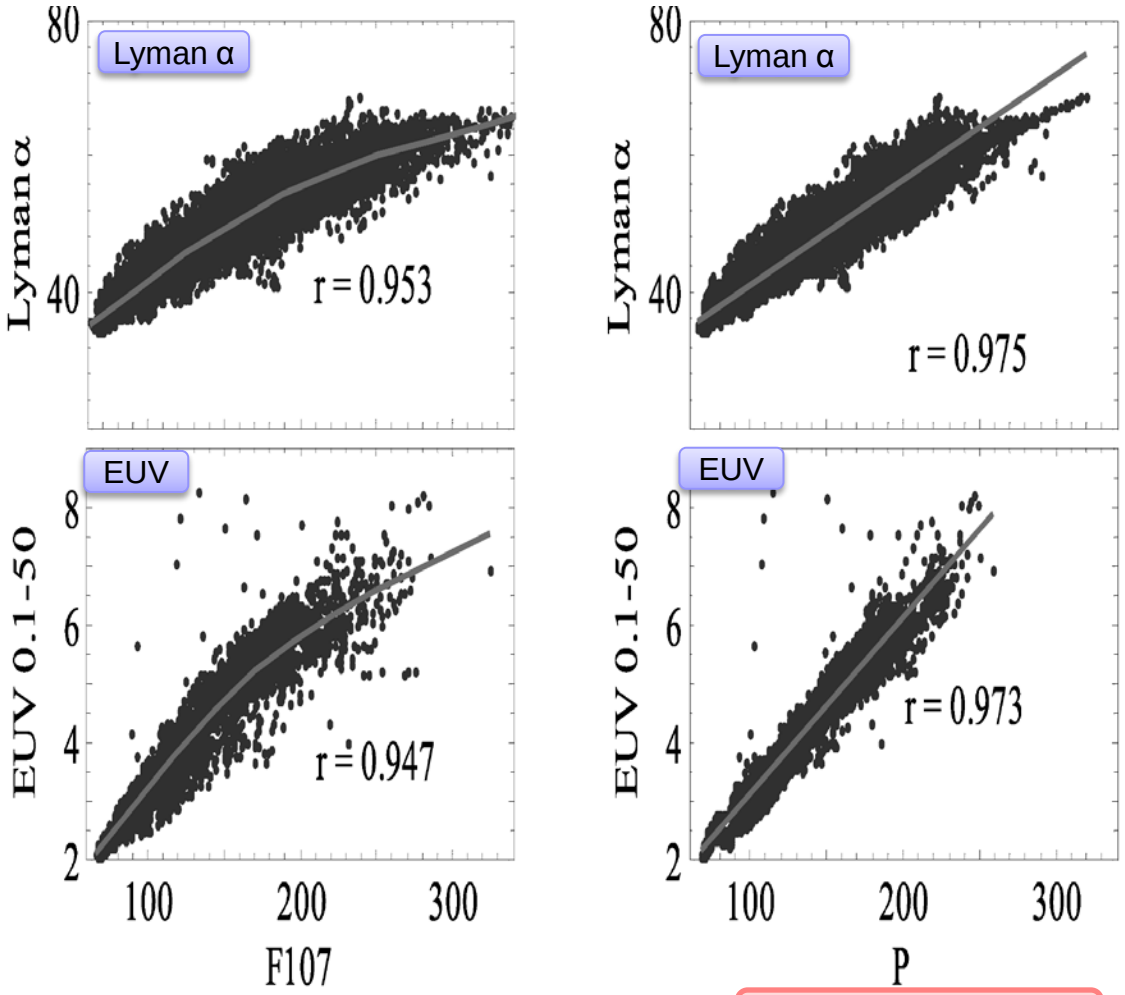
- ✓ 今回用いたPi2脈動のリスト
  - ✓ http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/~nose/public/pi2
- ✓ イベントリストの長期間データ・メタデータがあってもよい?

F10.7指数とSolar UV/EUVフラックスについて

✓ 相関係数は高い(r~0.95)が、F10.7指数が大きくなると線形関係から外れてくる。



Balan et al. [1994]



Liu et al. [2006]

P=0.5(F10.7+F10.7A)