『太陽物理学との連携による超高層大気変動現象の研究』

〇上野悟（京大飛騨天文台）

新堀淳樹（京大生存研）、磯部洋明、浅井歩（京大宇宙ユニット）
横山正樹（和歌山大）、林寛生（京大生存研）

経緯

- 大学間連携事業IUGONET「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究」:

  メタデータベース、解析ソフト等の開発で人手が一杯の状態
  → 併行してサイエンスを進める動きも必要

- 宇宙環境の総合理解や人類の生存圏としての宇宙環境の利用までを含む、宇宙に関する分野横断的研究を推進している京大宇宙総合学研究ユニット／磯部氏＆浅井氏から「太陽活動の超高層大気への影響」について共同研究の提案を受ける

2010（平成22）年度 生存圏科学萌芽研究募集要項

平成22年5月14日

生存圏研究所生存圏学際萌芽研究センターでは、人類の持続的生存の基盤となる生存圏科学に関わる萌芽的研究を発掘、推進するために、生存圏科学萌芽研究の募集を以下の要領で行います。多くの応募をお待ちしております。

センター長　矢野浩之

応募資格

研究代表者は、40歳以下（平成22年4月1日時点）の科学研究費申請資格を有する者。なお、生存圏研究所教員以外の研究者が申請する場合は、生存圏研究所の教員（1名以上）を共同研究者に加えてください。共同研究者の年齢制限はないが、若手主体の研究であることが望ましい。

申請締切日

平成22年6月11日（金）

申請方法

所定の申請書に記入して、電子ファイル（ワード）で申請してください。　申請書は「H22application4exploratory_research.doc」の2～3ページです（生存圏科学萌芽研究の表示確認用PDFファイル）。

対象経費

研究に直接必要な経費で、生存圏研究所での予算執行が可能なもの（生存圏研究所の担当者に予算を移算し、研究全体にご使用いただきます）：消耗品費、旅費、謝金、備品費、その他（会議費、通信・運搬費、など）。但し、備品は生存圏研究所に登録するものに限ります。予算使途については、審査内容との関連がわかるように、できるだけ具体的に記載してください。

交付期間

平成23年3月31日まで

交付金額

1申請課題につき、最大80万円以内。

その他

採択課題件数は8～12件程度。審査にあたっては生存圏科学における萌芽性、先端性を重要な評価項目の一つとします。採択課題については、翌年2月頃に予定されている生存圏科学萌芽研究シンポジウムでの発表と研究成果報告書の提出をお願いします。

2010（平成22）年度 生存圏科学萌芽研究一覧

合計16件　　2010年7月10日に採択決定

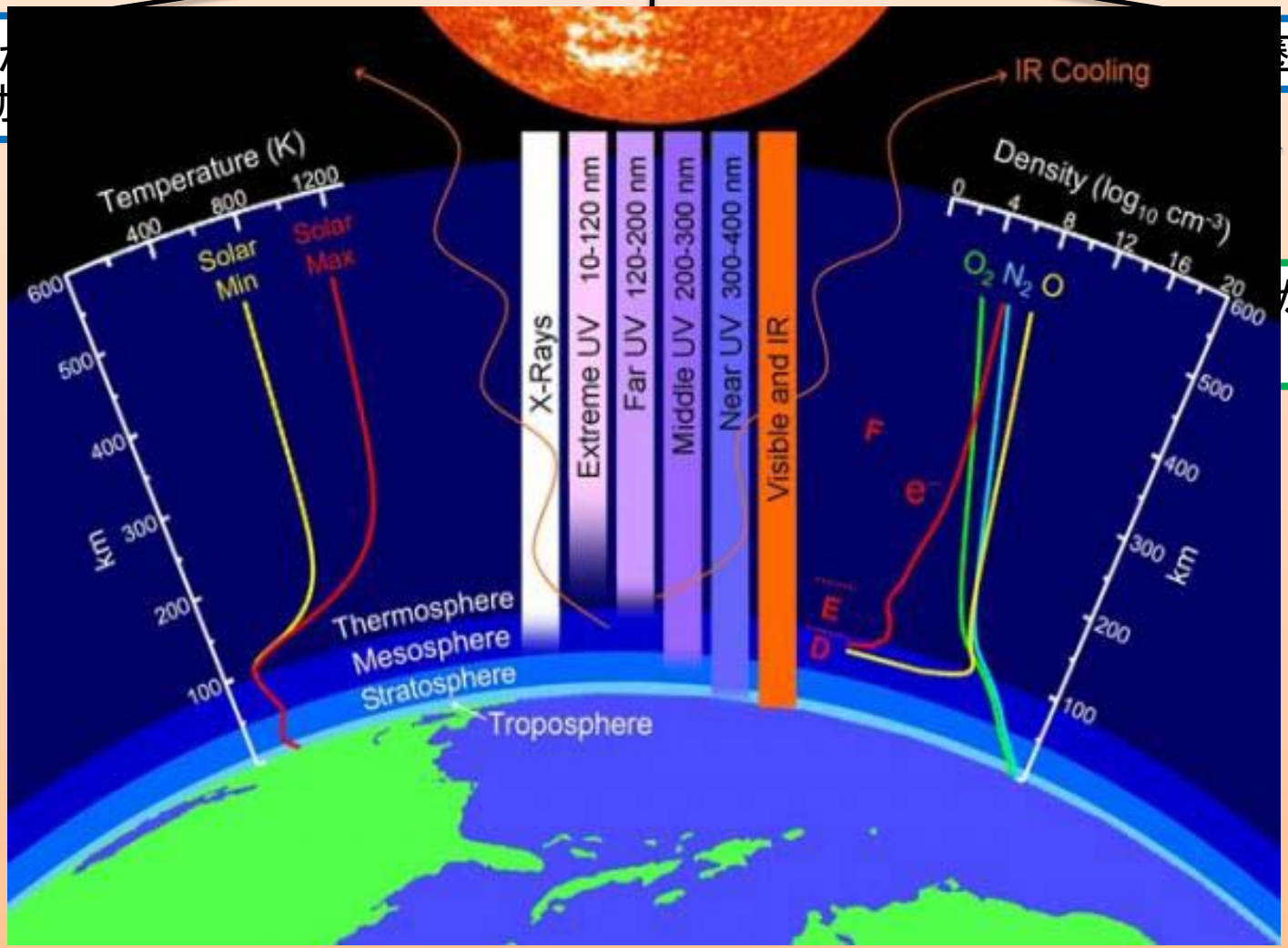
氏名	研究プロジェクト題目	共同研究者
阿部賢太郎	古くて新しい紙の超高強度化に関する研究	矢野浩之 梅村研二
有村源一郎	揮発性物質が媒介する植物間情報ネットワークのメカニズム	矢崎一史 室井敦
浅井歩	深宇宙探査機への宇宙天気アラートの研究	大村善治 磯部洋明 塩田大幸 石井貴子 羽田裕子
伊福伸介	海洋生物由来の微細繊維「マリンナノファイバー」を配合した機能性繊維材料の開発	矢野浩之 南三郎 アントニオ・ノリ オ・ナカガイト 梶田秀樹
上野悟	太陽物理学との連携による超高層大気変動現象の研究	林寛生 磯部洋明 浅井歩 新堀淳樹
粳間由幸	マイクロ波エネルギー選択捕集能をもつイオン液体の合成と木質バイオリファイナリーへの展開	渡辺隆司 吉岡康一
肥塚崇男	木質バイオマス利用の新展開 ―形質転換による木質バイオマスの効率的な改質と有用物質生産―	鈴木史朗
成行泰裕	宇宙空間における人体・衛星保護のための磁気シールド開発に関する基礎研究	小嶋浩嗣 臼井英之 永野優一
西岡未知	プラズマバブルの出現特性の理解に向けた全球的な地上GPS受信機データベースの構築	橋口浩之 大塚雄一 斉藤昭則
西宮耕栄	木質バイオマス燃焼灰からの新規BDF触媒の開発とその評価	畑俊充
能木雅也	銀ナノインクのバイオナノファイバー基板への印刷特性評価	矢野浩之 伊福伸介 阿部賢太郎
三谷友彦	宇宙太陽発電所の超大規模フェーズドアレーアンテナにおける位相最適化問題の研究	田中俊二 蛯原義雄
山口弘誠	水蒸気量の鉛直分布のデータ同化による降水予測精度へのインパクト評価	古本淳一 中北英一
山根悠介	東南アジア・南アジア域における大気環境診断パラメータを用いた大気環境変動の把握	塩谷雅人 林泰一 木口雅司
山本真之	大気レーダー・気象レーダーによる降水粒子の粒径分布リトリーバル手法の開発	妻鹿友昭 足立アホロ 下舞豊志 西憲敬
渡辺文太	高機能木質材料生産への応用を目指したケイ皮酸／モノリグノール経路阻害剤の開発	梅澤俊明 平竹潤

超高層大気における諸現象

下層大気
ギー・運動

圏結合

からのエ



超高層大気における諸現象

下層大気からのエネルギー・運動量の流入

電離圏・プラズマ圏での電磁エネルギー輸送・化学反応

磁気圏ー電離圏結合

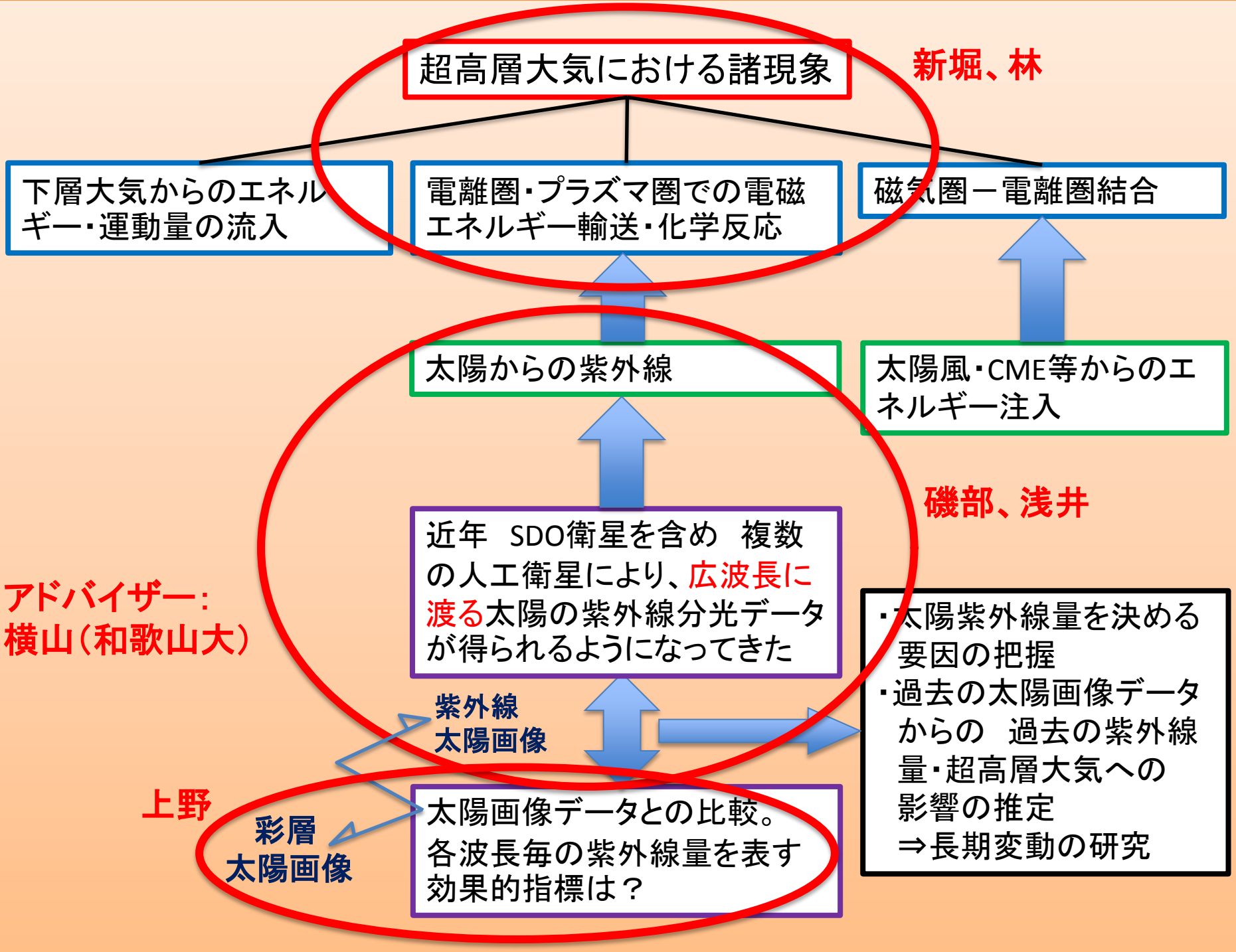
太陽からの紫外線

太陽風・CME等からのエネルギー注入

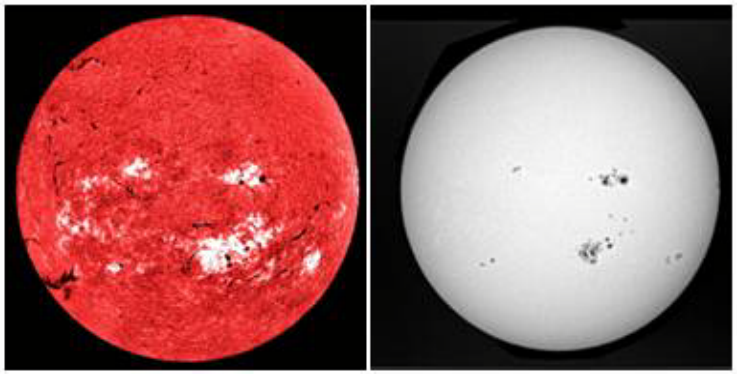
近年　SDO衛星を含め　複数の人工衛星により、広波長に渡る太陽の紫外線分光データが得られるようになってきた

太陽画像データとの比較。
各波長毎の紫外線量を表す効果的指標は？

・太陽紫外線量を決める要因の把握
・過去の太陽画像データからの　過去の紫外線量・超高層大気への影響の推定
⇒長期変動の研究


超高層大気における諸現象
新堀、林
下層大気からのエネルギー・運動量の流入
電離圏・プラズマ圏での電磁エネルギー輸送・化学反応
磁気圏ー電離圏結合
太陽からの紫外線
太陽風・CME等からのエネルギー注入
磯部、浅井
近年　SDO衛星を含め　複数の人工衛星により、広波長に渡る太陽の紫外線分光データが得られるようになってきた
アドバイザー:
横山（和歌山大）
・太陽紫外線量を決める要因の把握
・過去の太陽画像データからの　過去の紫外線量・超高層大気への影響の推定
⇒長期変動の研究
紫外線
太陽画像
上野
彩層
太陽画像
太陽画像データとの比較。
各波長毎の紫外線量を表す効果的指標は？

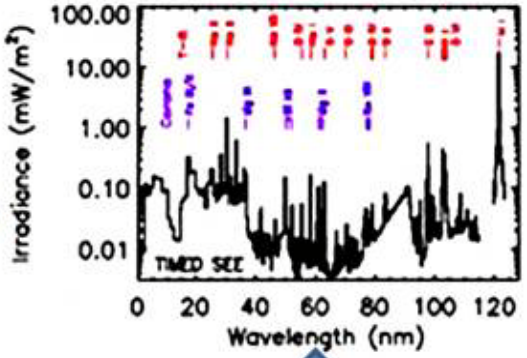
京大・理・附属天文台/SMART望遠鏡、FMT望遠鏡:
太陽全面彩層輝度データ
太陽全面光球輝度データ



対応関係の調査

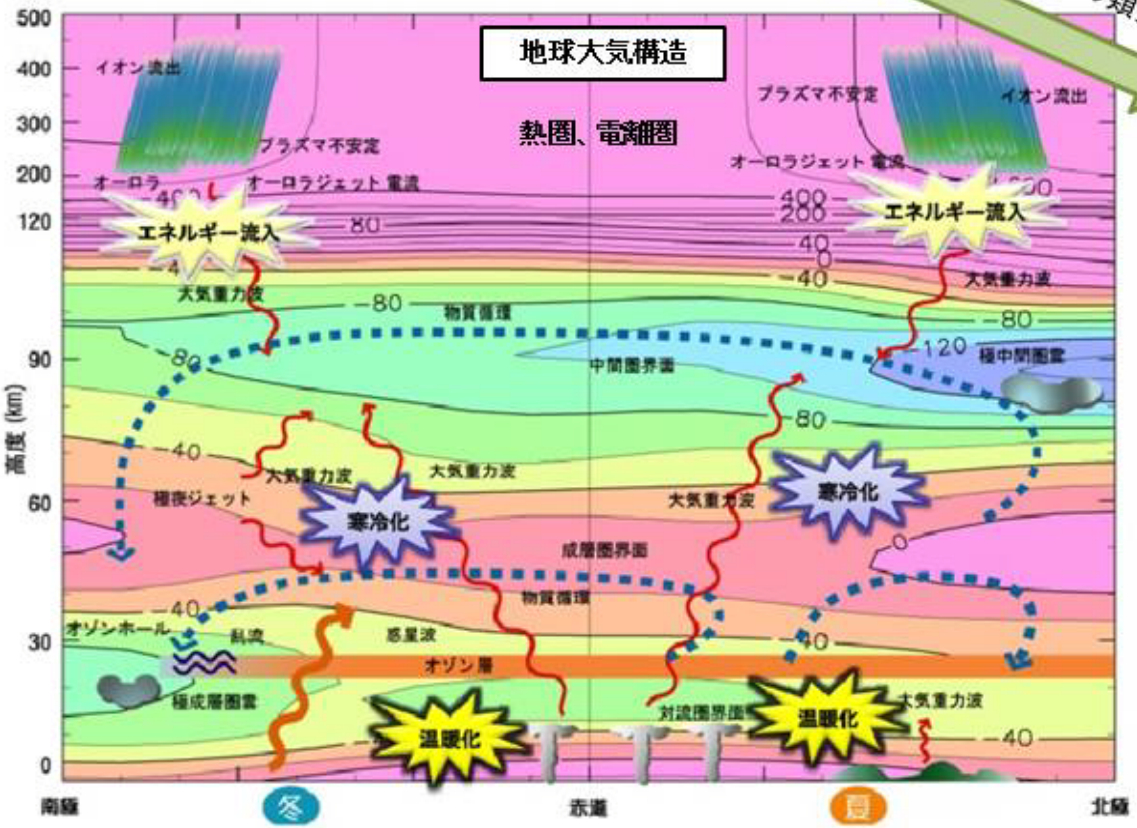
SDO衛星/EVE:
太陽光紫外線分光データ

＋SOHO/EITなどの紫外線2次元太陽画像



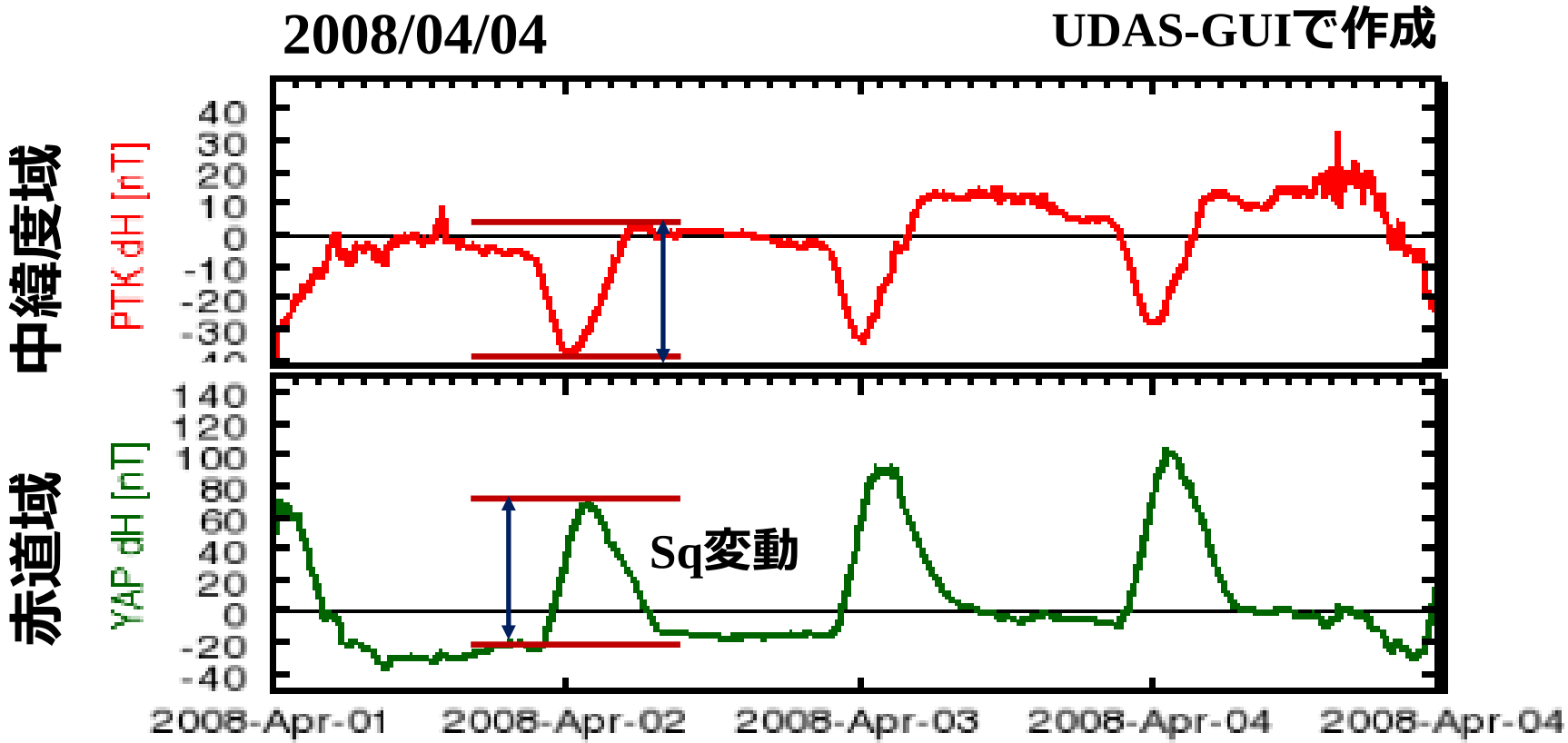
過去の変動現象の類推

対応関係の調査



FORMOSAT-3/COSMIC:
GPS電離圏TECデータ（総電子コラム量）
京大・地磁気センター:
電離圏伝導度モデル値
京大・生存研/
コトタバン流星レーダー:
熱圏・中間圏風速データ
京大・生存研/
バムンブクMFレーダー:
熱圏・中間圏風速データ
京大・生存研/
信楽MUレーダー:
中間圏風速データ
TIMED/SABER:
成層圏オゾンデータ
ISS/JEM/SMILES:
成層圏オゾンデータ
京大・地磁気センター:
地磁気データ
地球磁場モデル値

地磁気静穏日変動の観測例



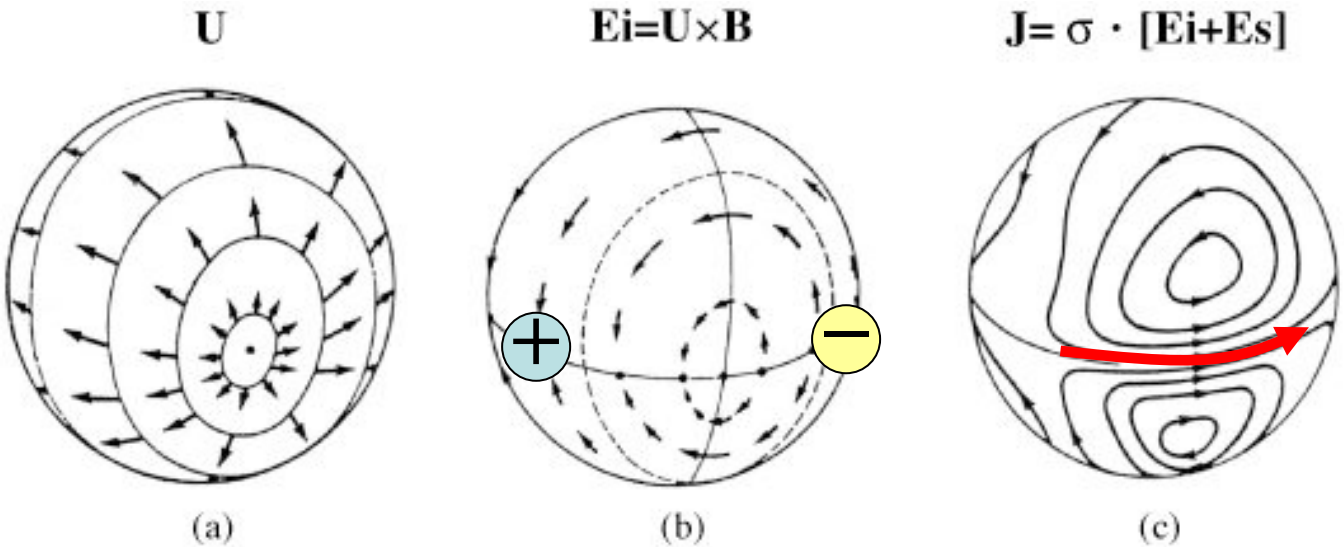
擾乱の少ない磁気的静穏時の地磁気変化：

Sq (Geomagnetic Solar daily Quiet variation)

発生要因：電離圏高度の中性風が荷電粒子を磁場を横切った方向に引きずることで駆動される電離圏電流

地磁気静穏日変動の要因

Sq変動のメカニズム



(1) 電離圏高度の中性大気の大気潮汐運動Uが太陽放射等で駆動(a)。

(2) この運動に伴い電離圏の荷電粒子が地球磁場B を横切る動きU によって、誘導起電力Ei が発生(b)。

(3) Ei による電荷の移動により、朝側に正電荷、夕方側に負電荷が蓄積され、分極電場Es が発生(c)。

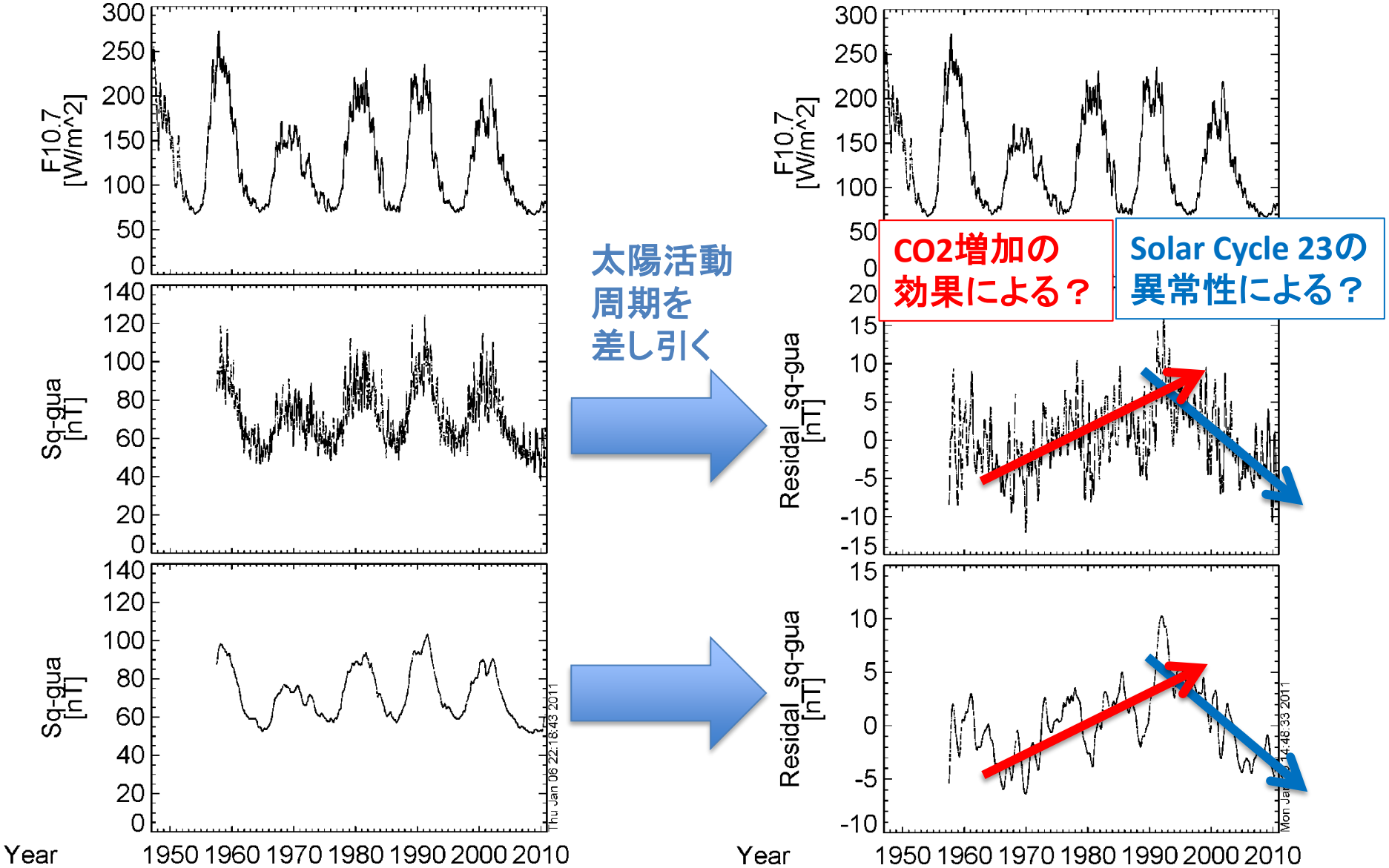
(4) その結果、電離圏内にオームの法則に従う電流J が流れる(c)。

上段：太陽F10.7フラックス(90日移動平均)

中段：Sq場の振幅(90日移動平均)

下段：Sq場の振幅(1年移動平均)　地磁気観測点：GUA (13.59N, 144.87E)

詳細は
次の新堀さんの講演にて



この現象の2つの解釈

Ａ）F10.7放射量が超高層大気に影響を与えている紫外線量を適格に反映していると仮定すると、僅かな太陽紫外線量の減少が、大きな超高層大気の変動を生み出すメカニズムの存在を示している？

Ｂ）F10.7放射量変動が、実際は超高層大気に直接的に影響を与えている紫外線波長域（５０～１５０nm）の放射量変動と必ずしも一致しておらず、Sq変動の太陽活動周期性分を過小評価している？

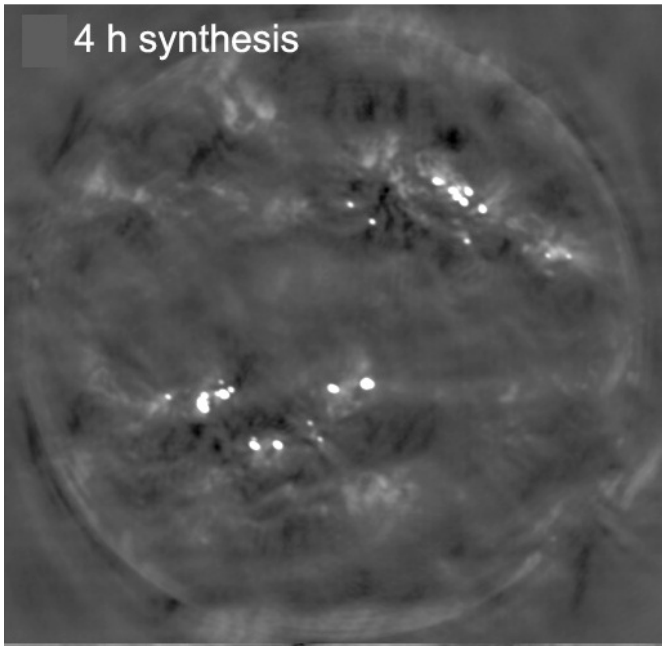
太陽研究者サイドの課題

- 果たして電波領域のF10.7の放射量が、どれほど紫外線量を適格に反映しているのか？
  紫外線のどの波長域の情報を一番良く反映しているのか？

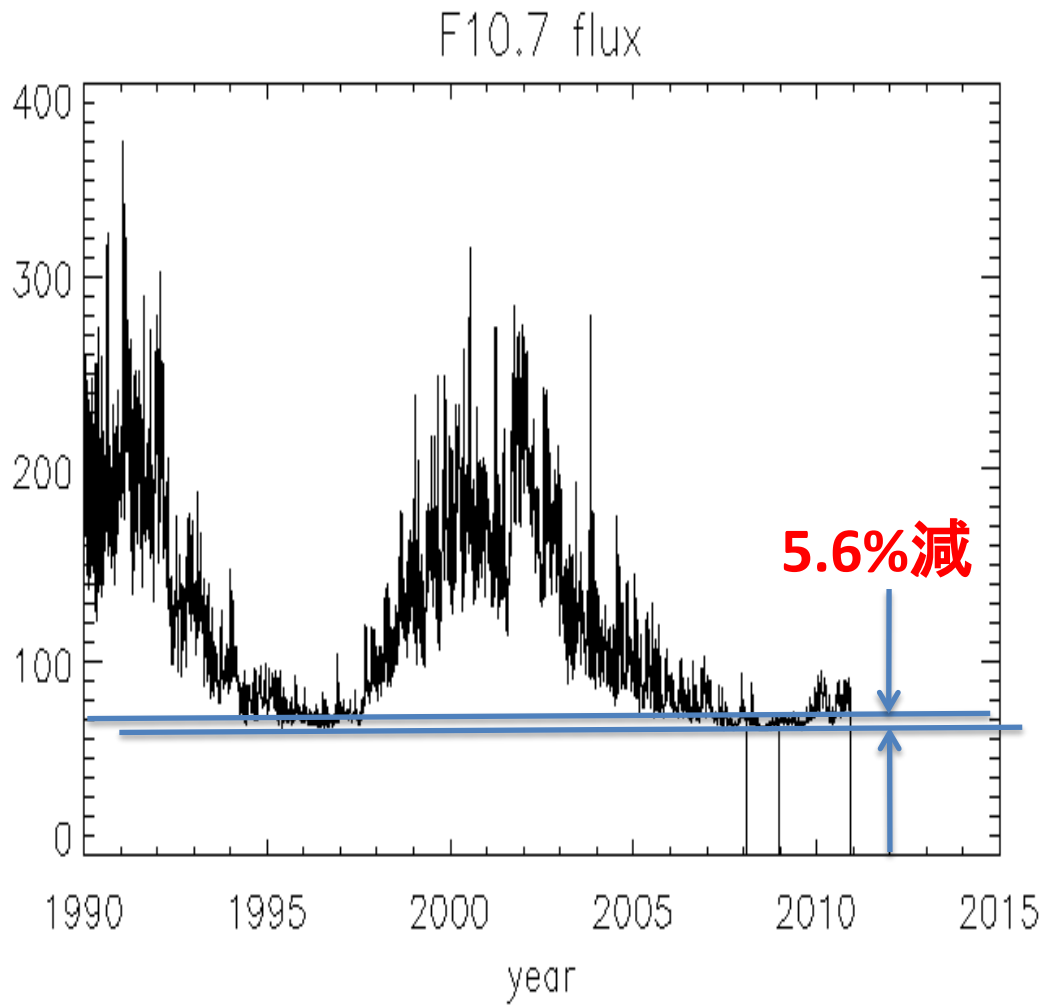
- F10.7以上に、超高層大気変動と高い相関性を持った紫外線指標は無いのか？
  （勿論、現在は衛星による紫外線分光データを直接使用すれば良いが、装置・衛星毎の絶対値の誤差が思った以上に大きいので要注意。さらに過去に遡って長期変動を調べる際には、より古くから存在する観測データから指標を取り出せるようにしておかなければならない。）

F10.7…前極小期と今極小期

参考：F10.7での太陽2次元画像



http://www.ovsa.njit.edu/expansion/science.htm

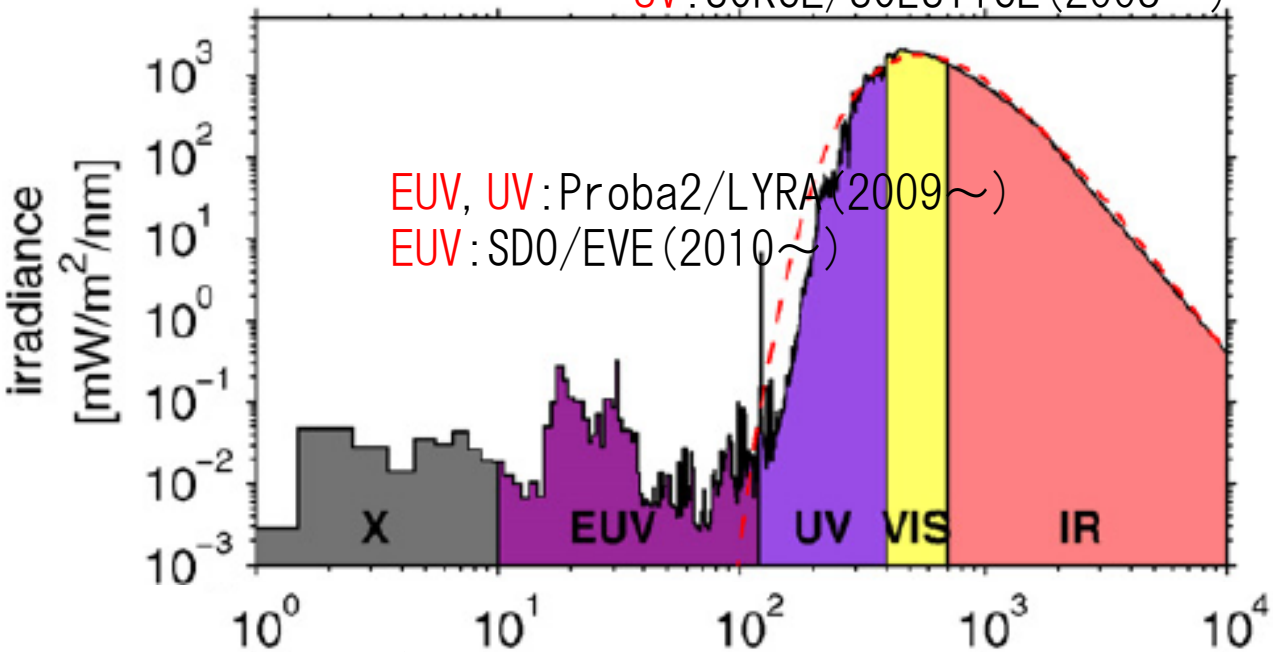


一方、Sq振幅は 12.4% 減

UV/EUV観測衛星と観測波長

色んな衛星がIrradianceを計測している

UV:UARS/SUSIM(1991～2001)
UV:UARS/SOLSTICE(1991～2005)
UV:SORCE/SOLSTICE(2003～)



EUV, UV:Proba2/LYRA(2009～)
EUV:SDO/EVE(2010～)

X:GOES(1986～)
X:SORCE/XPS(2003～)
EUV:SOHO/SEM(1996～)
EUV, UV:TIMED/SEE(2002～)
UV, VIS:ENVIST/SCIAMACHY(2001～)
UV, VIS, nIR:SORCE/SIM(2003～)

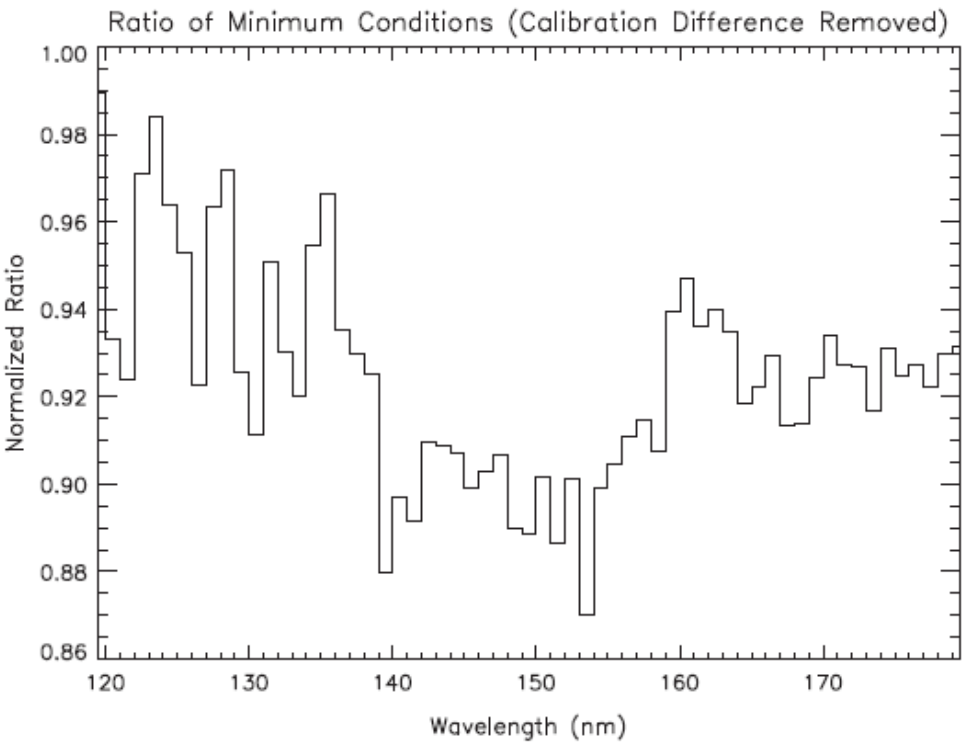
横山さんのスライドより

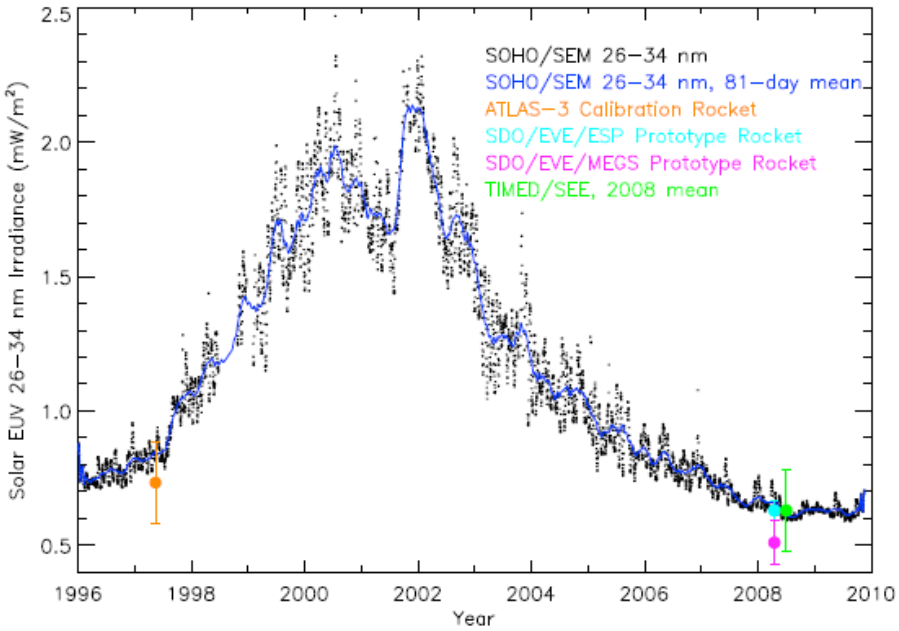
SORCEとUARS
前極小期と今極小期

[Stanley et al., GRL, 2010]

$$\frac{\text{UV：今極小期}}{\text{UV：前極小期}}$$

(Snow *et al.*, 2010)





120～180nm
前極小期より約2～12%低い

1996年と2008年における太陽EUVフラックスの比

90-100 nm:0.9 (10%減)

60 nm以下:0.7-0.9 (10-30%減)

前極小期に対して、今極小期の太陽は、

電波（F10.7）での明るさに対し、
紫外線（５０～１５０nm）での輝度が非常に暗い、

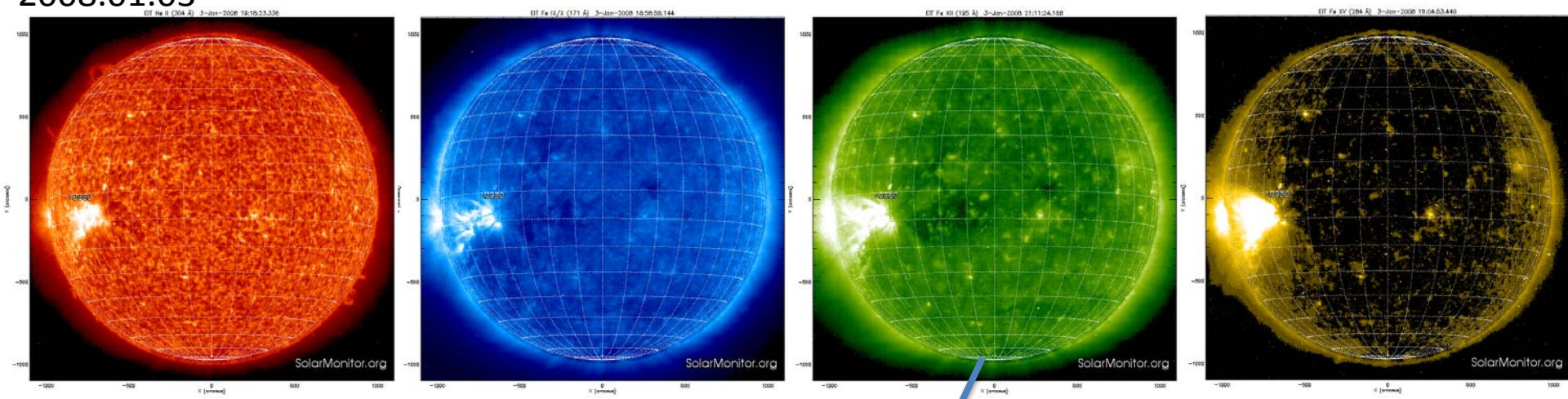
と言う状態にあったのではないか？

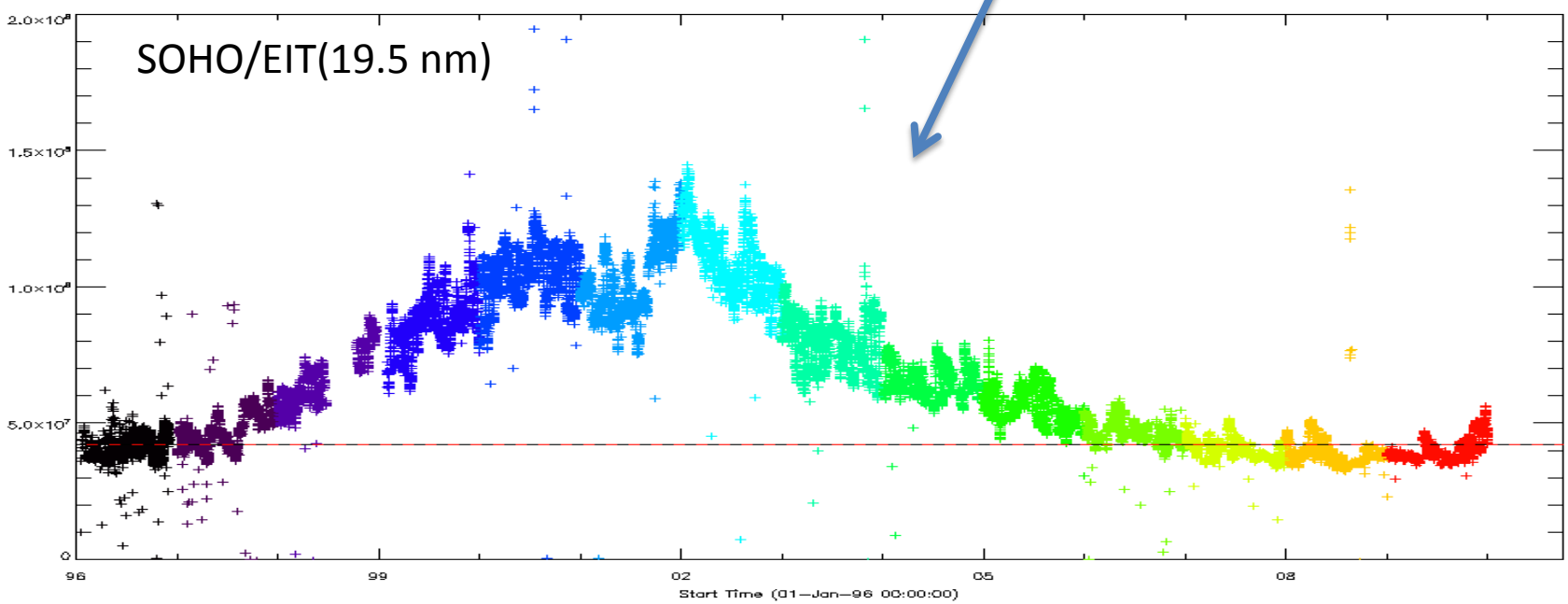
つまり、Sq振幅の最近10年間の減少現象は、
F10.7をSq変動における太陽活動成分の指標としていること
に原因があるのではないか？
（地球大気中の特別なメカニズムは考えなくても良いのでは？）

当研究グループでは…

- 複数種の紫外線太陽画像から放射量変動曲線の作成(1996-2010)→減少量の確認（精度の確認）
- 両極小期における太陽面上構造の違いの確認

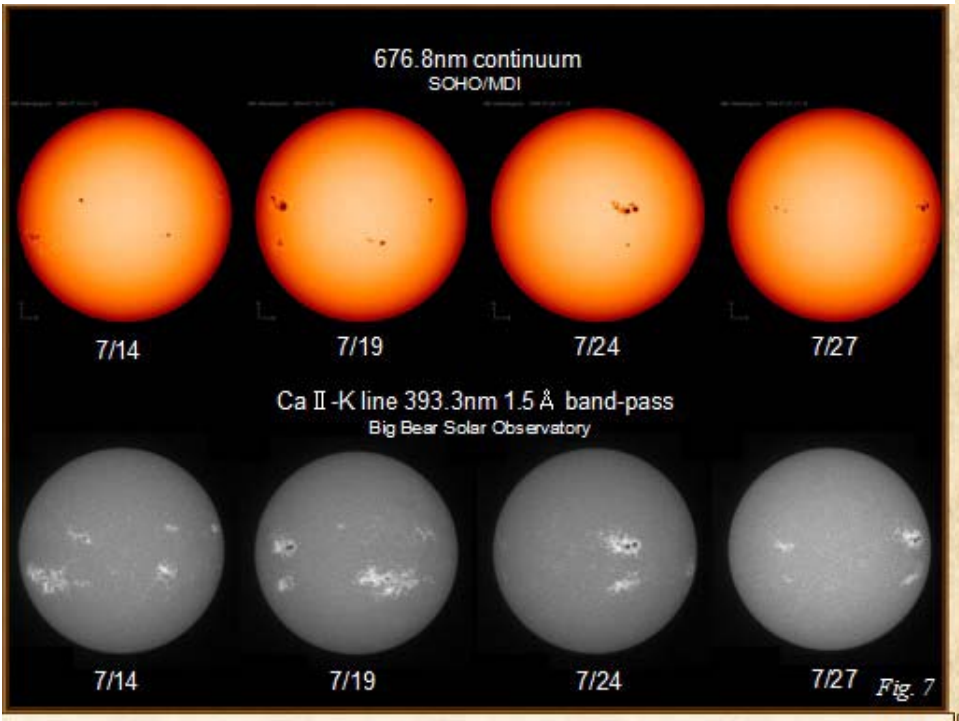
2008.01.03



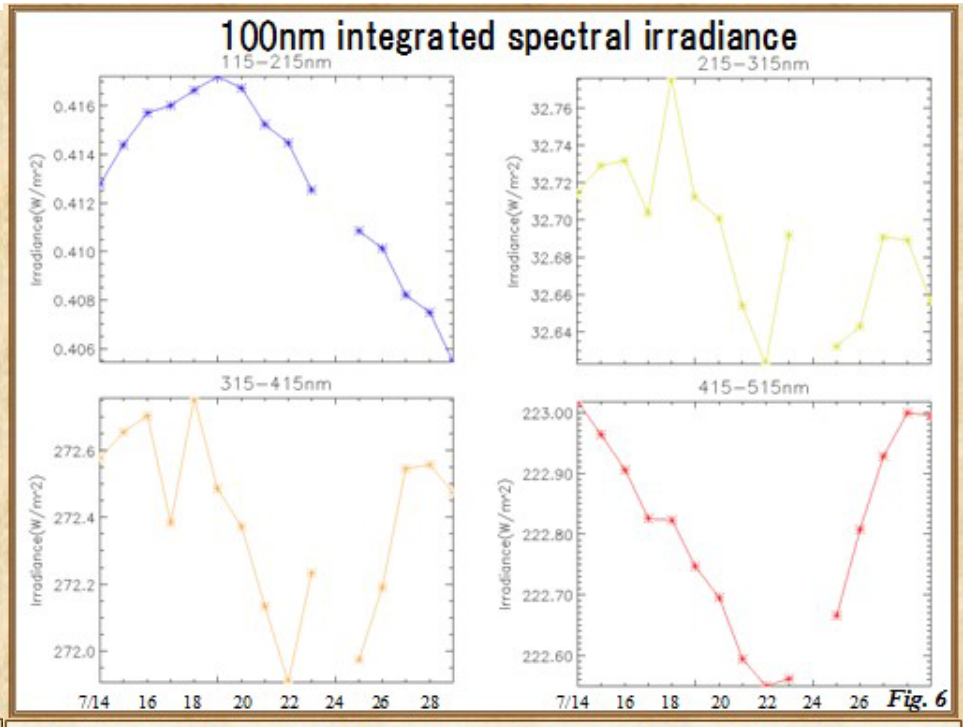


太陽全面彩層情報と紫外線量との関係

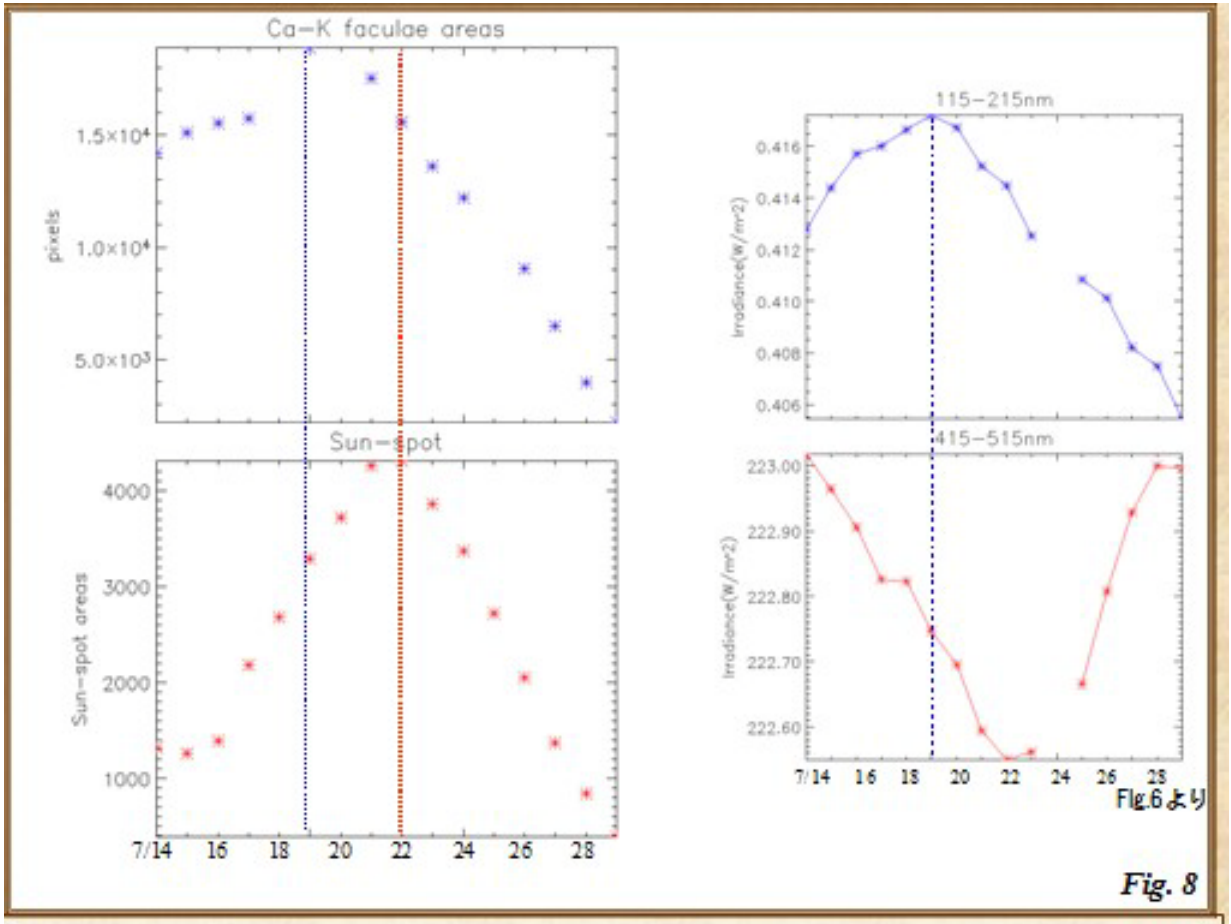
（横山正樹、増田智、佐藤淳　2005年）



(top panel) : Sunspots observed with SOHO/MDI in the solar disc on 14, 19, 24 and 27 July 2004 respectively. *(bottom panel)* : Faculae area observed by Big Bear Solar Observatory in the solar disc on 14, 19, 24 and July 2004 respectively.



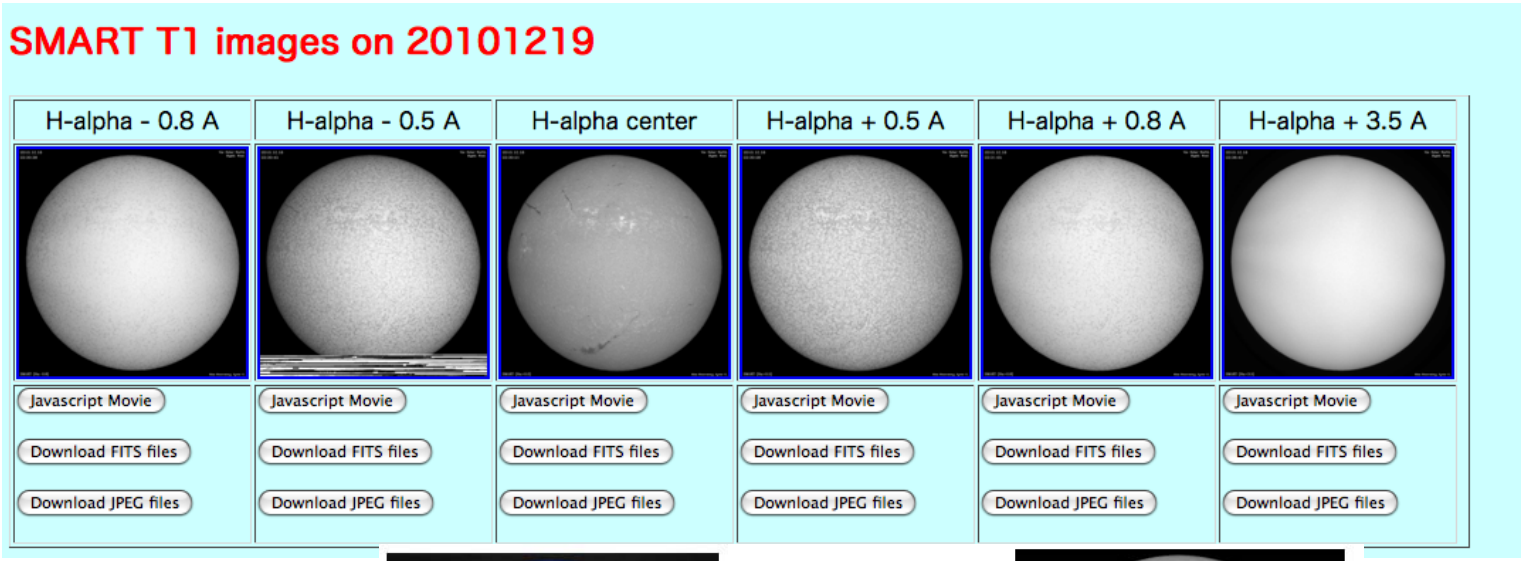
Integrated spectral irradiance variations at 1 AU from 14 July 2004 to 29 July 2004. The top-left panel demonstrates 115-215 nm integrated spectral irradiance variations and the bottom-right panel demonstrates 415-515 nm integrated spectral irradiance variations.

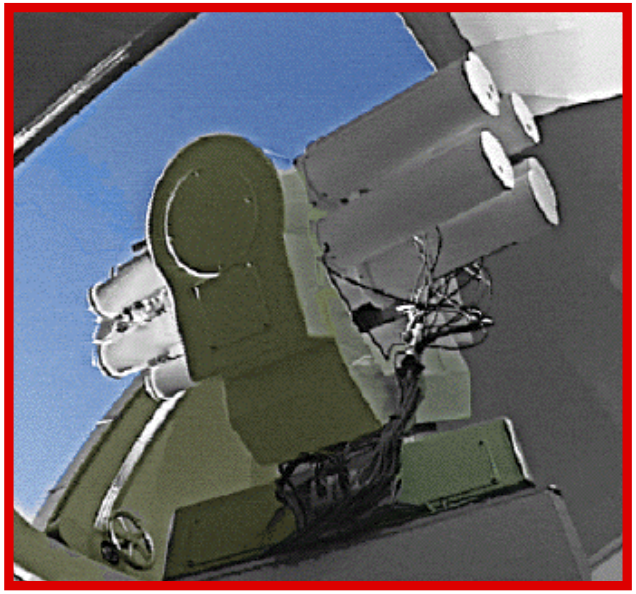


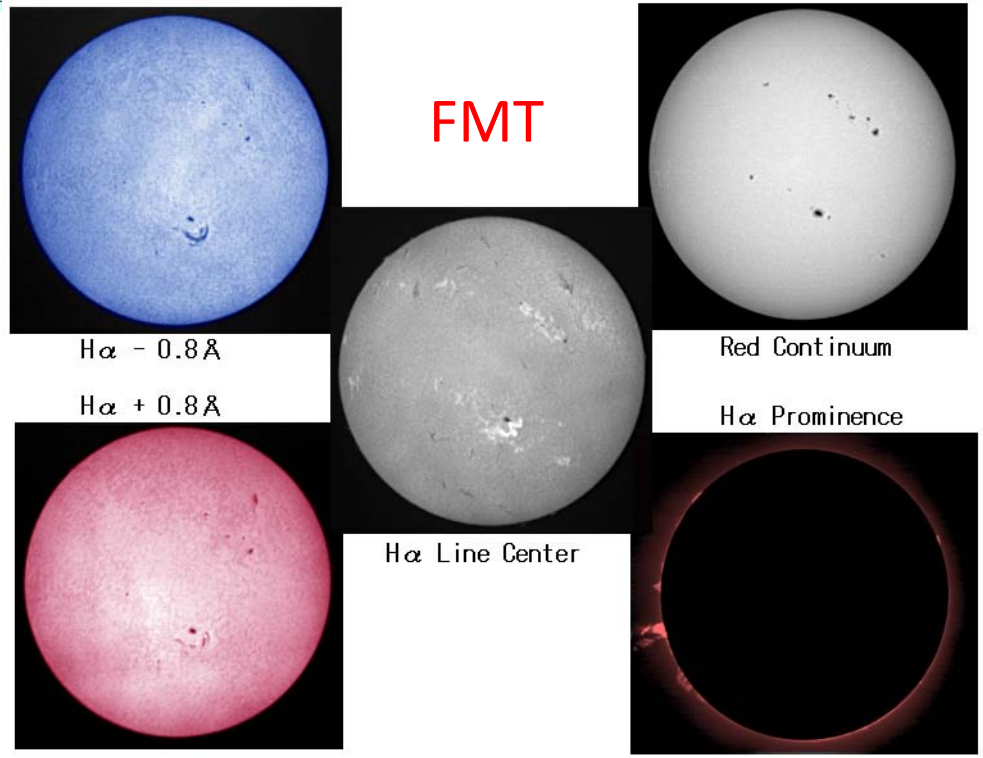
(top-left panel) : Variation of sunspots area observed with SOHO/MDI in the solar disc from 14 July 2004 to 29 July 2004 day by day. *(bottom-left panel)* : Variation of faculae area observed by Big Bear Solar Observatory in the solar disc from 14 July 2004 to 29 July 2004 day by day.

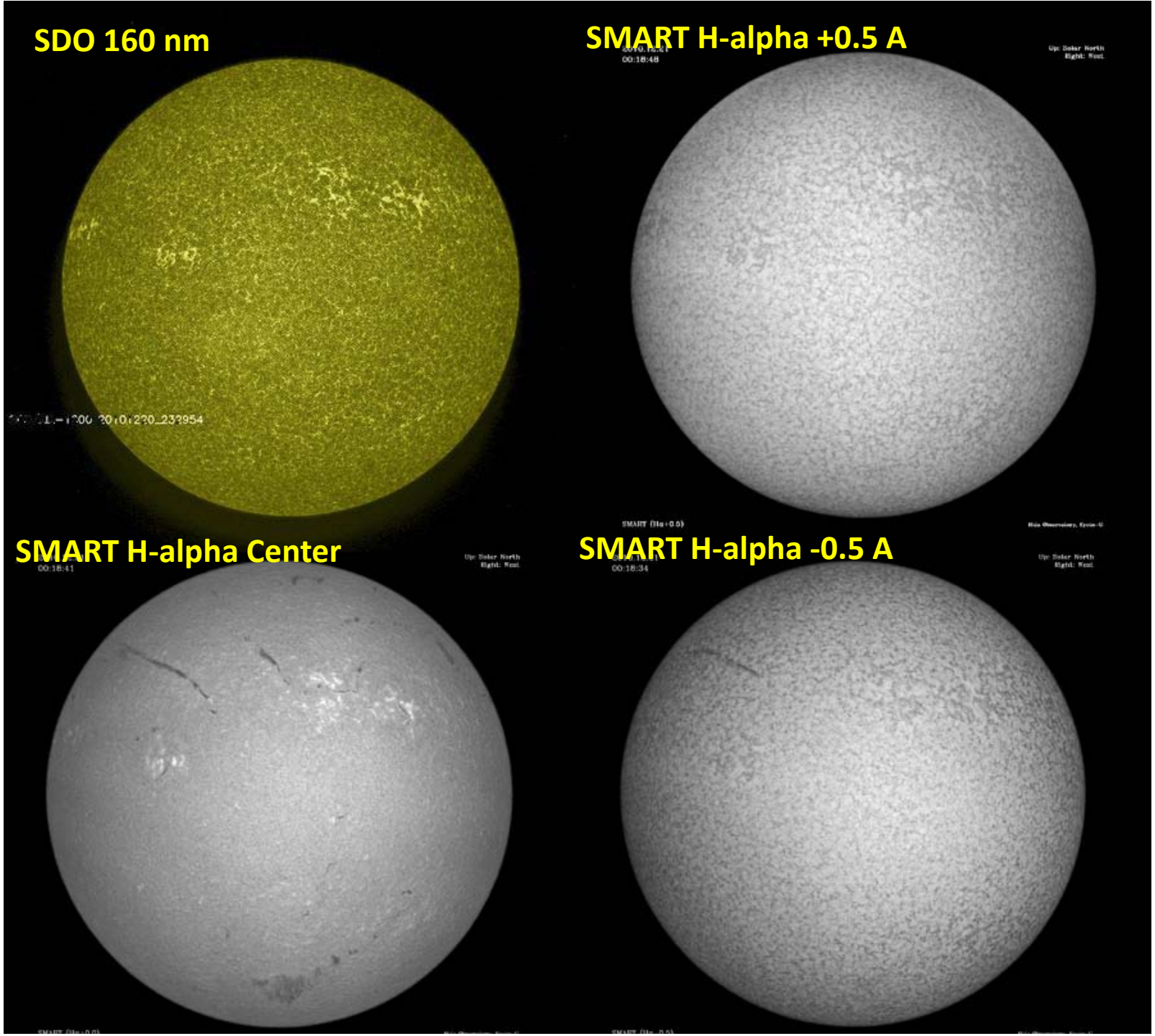
地球に届く紫外線の指標として、太陽彩層全面画像を有効に利用できないか？
特に人工衛星による紫外線情報の無い期間に対して協力な情報となり得る。

彩層全面観測＠飛騨天文台　1991年～現在





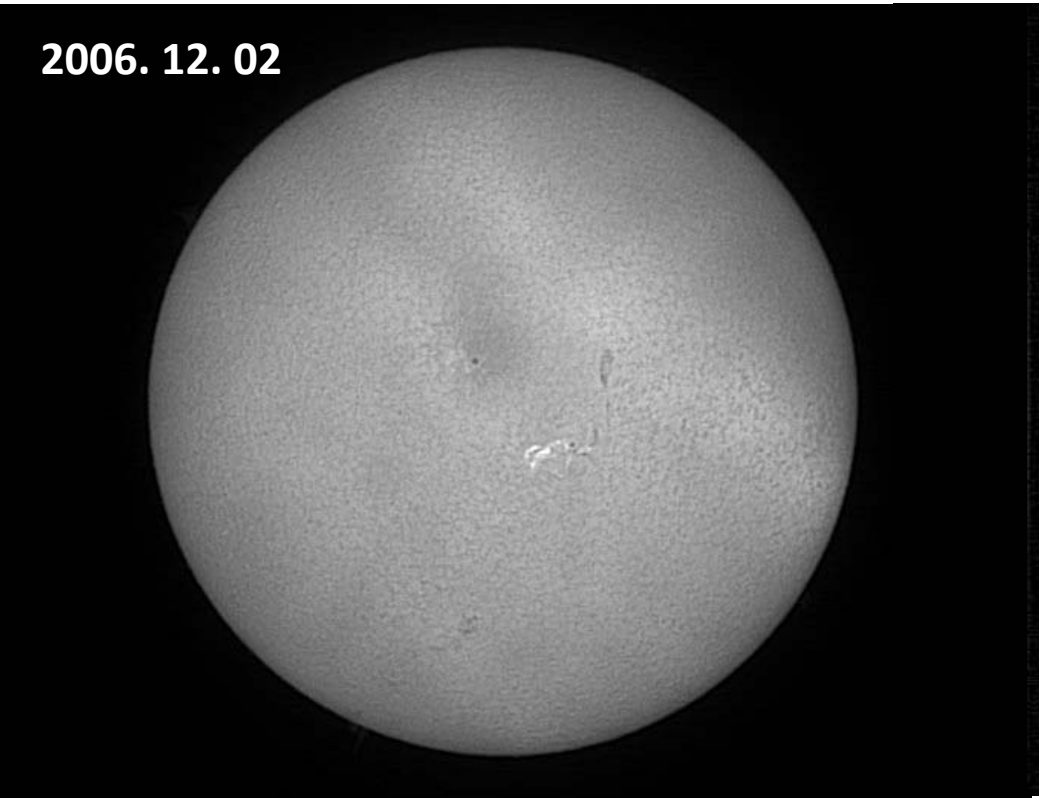


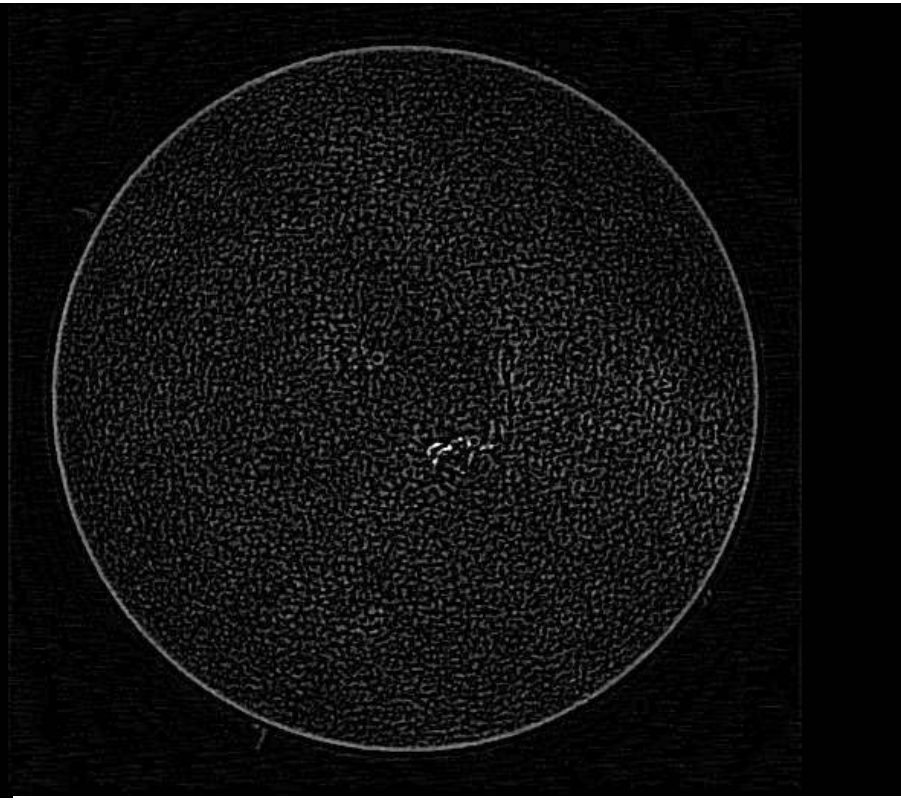

SDO 160 nm
SMART H-alpha +0.5 A
SMART H-alpha Center
SMART H-alpha -0.5 A

太陽彩層画像からの紫外線放射量推定インデックスのテスト（解析中）

太陽直径　約950秒角に対し、
各地点を中心に15秒角四方の領域の平均値 (a(x,y)) を算出し、
それよりも輝度の高い地点だけを選び出して、
輝度平均からのずれ値を積算

if I(x,y) > a(x,y) then “Test Index” = $\iint (I(x,y) - a(x,y))\, dxdy \,/\, \iint I(x,y)dxdy$





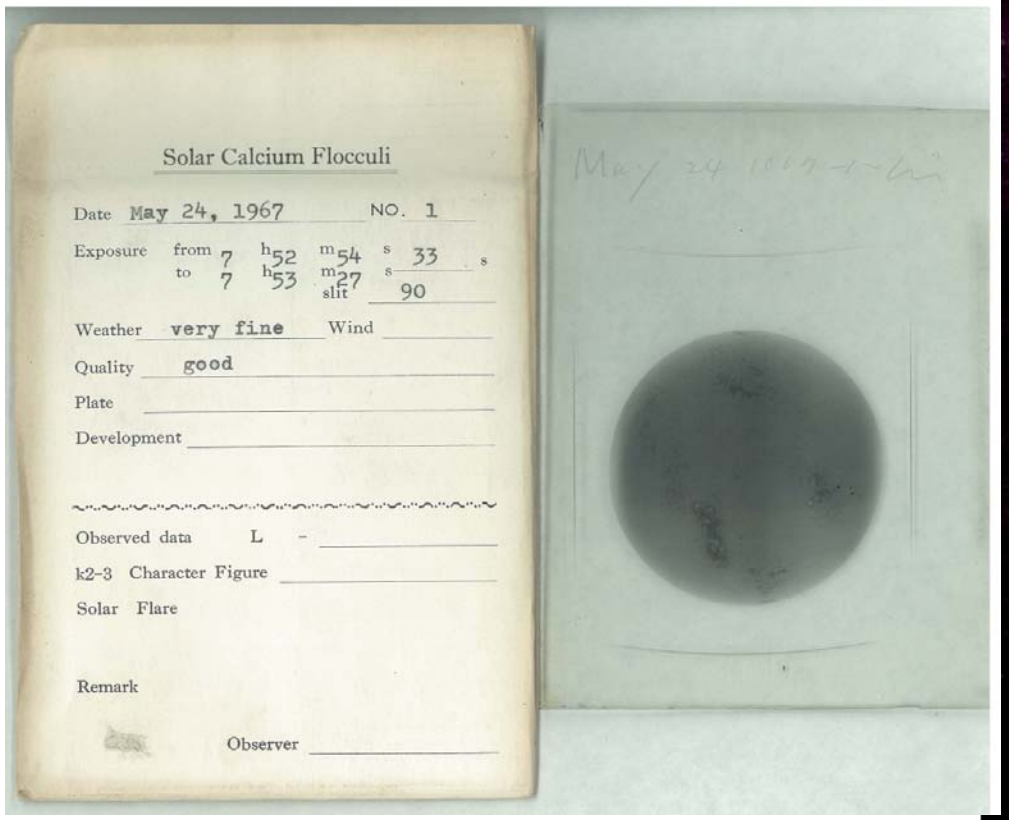
これらの解析をあと3週間解析を続け、その時点での結果は

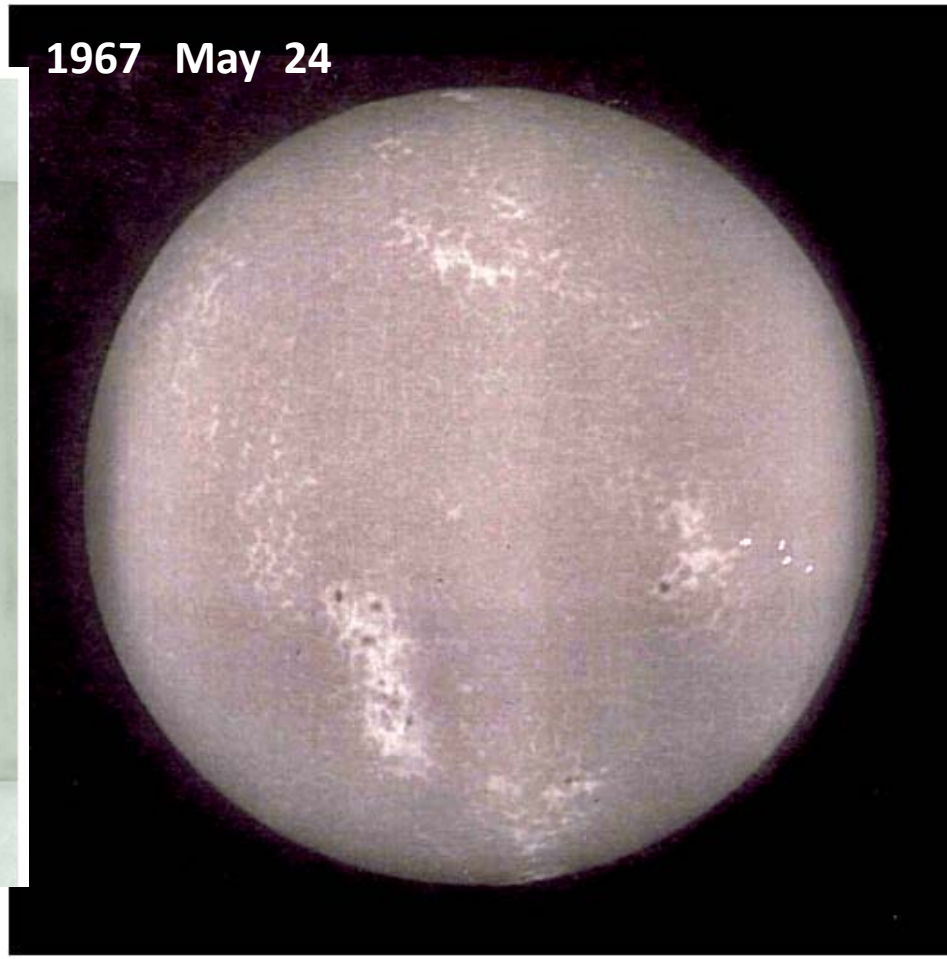
３月２４日に京大生存研にて開催される

「生存圏ミッションシンポジウム」

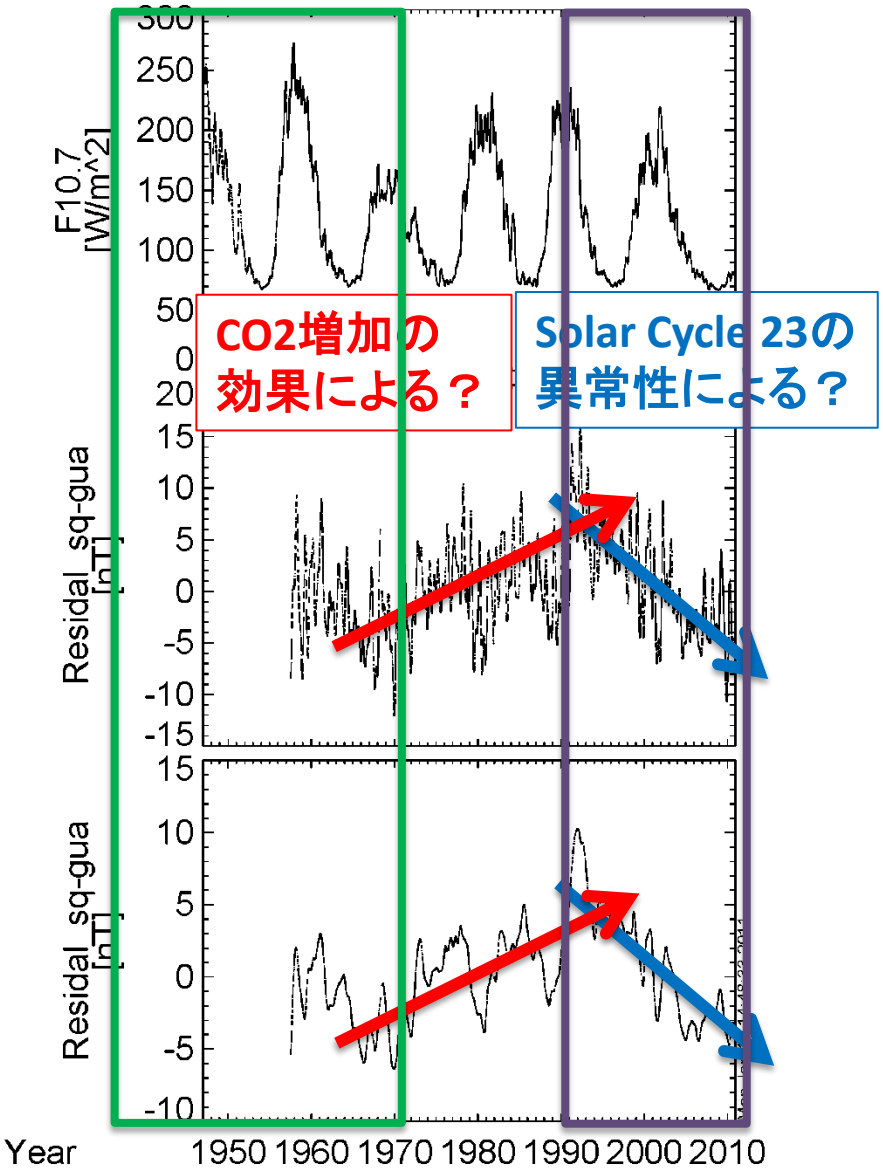
において、ポスター発表の形で報告を行なう予定になっている。

さらに、最近、飛騨において、京大生駒山太陽観測所（1941～1972年）にて観測されていた、30年間に渡る CaK II 線での太陽全面像の写真乾板データが保管されていた事が分かった。





次年度以降は、このデータを用いて、この年代の太陽紫外線量と、超高層大気への影響の調査も進めて行きたい。


F10.7
[W/m^2]
300
250
200
150
100
50
0
CO2増加の
効果による？
Solar Cycle 23の
異常性による？
Residal_sq-gua
[nT]
20
15
10
5
0
-5
-10
-15
Residal_sq-gua
[nT]
15
10
5
0
-5
-10
Year
1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

まとめ

- 今年度、生存圏科学萌芽研究課題『太陽物理学との連携による超高層大気変動現象の研究』を立ち上げ、太陽からの紫外線量に焦点を当て、超高層大気現象の一例として見られるSq振幅変動の長期的変動の原因や太陽活動、CO2増加減少との関連性について調査を行なっている。
- Sq振幅は2008年前後の太陽活動極小期において、従来の解析方法にのっとれば、大きく減少しており、その原因解明が求められる。
- 太陽側に原因があるとすれば、従来紫外線の指標として良く用いられているF10.7放射量が、超高層大気に影響を最も良く影響を与える紫外線波長域に該当しているかどうかを明らかにしておく必要がある。

  ⇒ おそらく、特に極小期に於いて最適な指標とは言えないのではないか。
- 太陽彩層全面画像から、F10.7に代わる最適な紫外線指標が抽出できないかどうか、検討中。これを用いて、より長期の変動研究の指標として用いて行く。