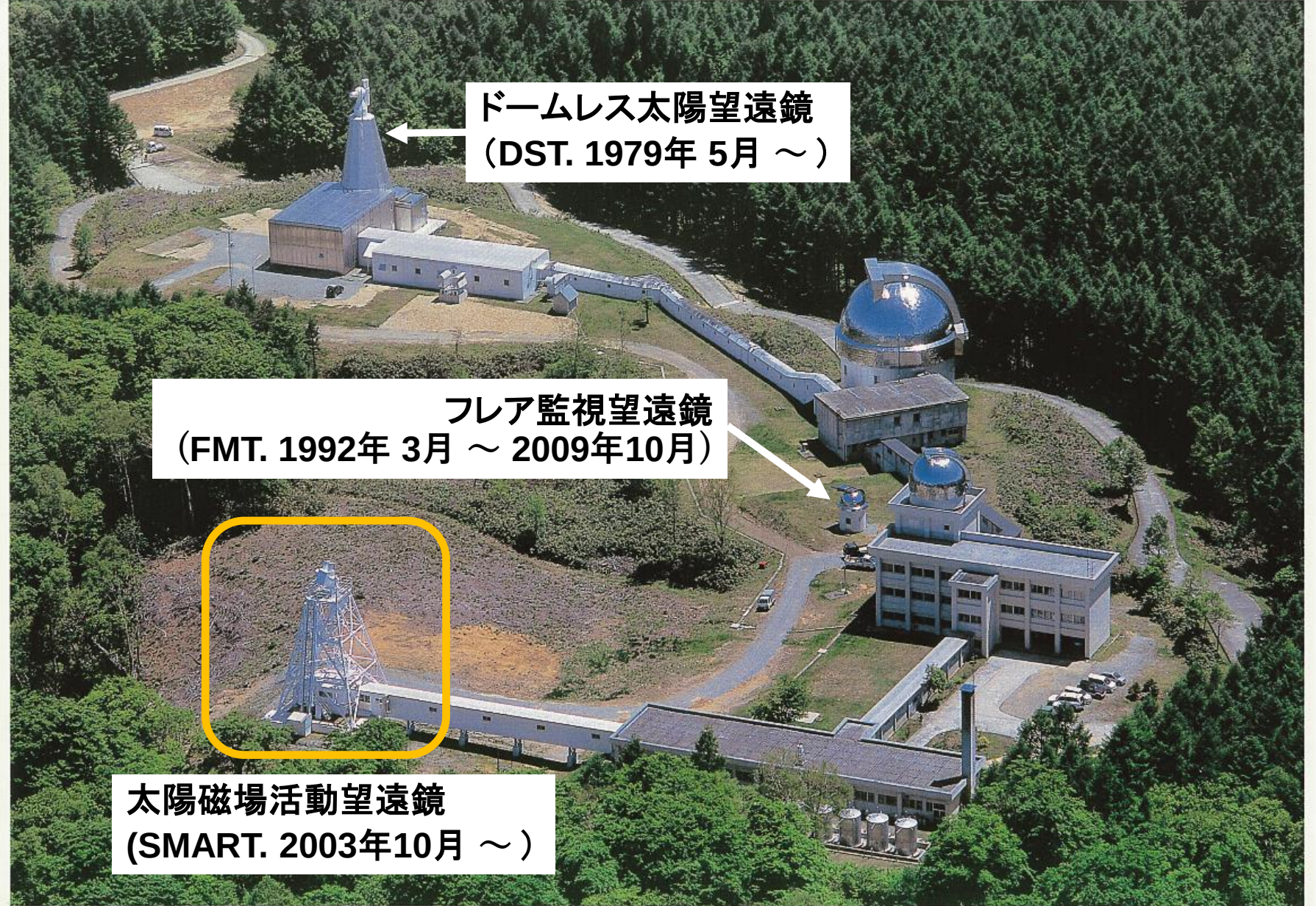


飛騨天文台 SMART で観測された 太陽活動現象カタログ ～ 現象に紐づいたデータ検索に向けたカタログ整備 ～

伊集 朝哉, 永田 伸一, 石井 貴子, 上野 悟
(京大・理・附属天文台)

飛騨天文台の太陽望遠鏡群



フレア監視望遠鏡 (Flare Monitor Telescope: FMT) と先行カタログ「太陽活動1992-2003」

- $H\alpha$ center (太陽面 + プロミネンス)、 $H\alpha \pm 0.08$ nmと連続光で太陽全面観測を実施。
- 1992～2003年の太陽活動現象カタログを出版。
- 2010年3月にペルー国立イカ大学に移設され運用継続 (CHAINプロジェクト)。

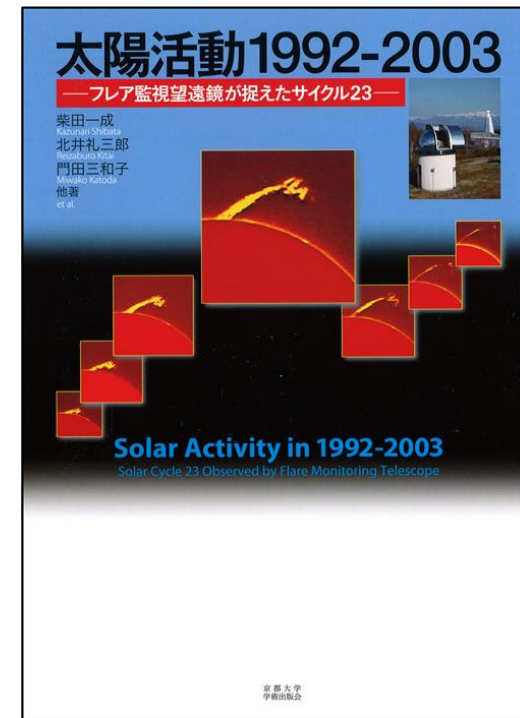
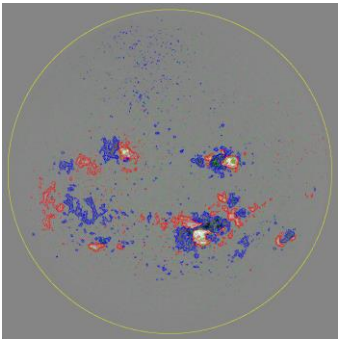


表 6.1 代表的ディスクイベント一覧.
Table 6.1 Representative Disk Events.

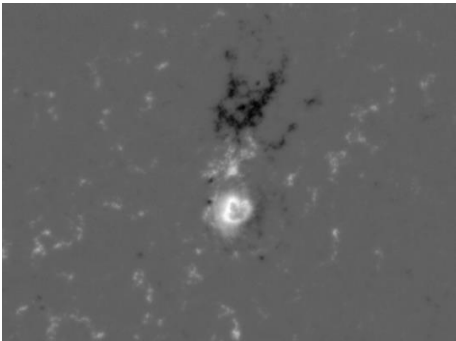
イベント種別 Event Type	日付 Date	開始時刻 - 終了時刻 StartTime - End Time	X線強度 X-Ray Intensity	NOAA 番号 NOAA No.	位置 Position	P, B0	種類 Class	規模 Size
Filament Eruption	1992/11/5	00:45 - 02:15	--	7325,7332	S20 W17	23.7, 3.9	IID	L
Filament Activity	1992/12/21	01:38 - 04:37	--	--	S35 E04	7.3, -1.7	IIC	L
Flare, Filament Eruption	1993/3/20	00:16 - 01:14	M1.8	7448	N16 W38	-25.0, -7.1	ID,F2	L

太陽磁場活動望遠鏡 (Solar Magnetic Activity Research Telescope: SMART)

T2: Full disk magnetograph
(suspended)

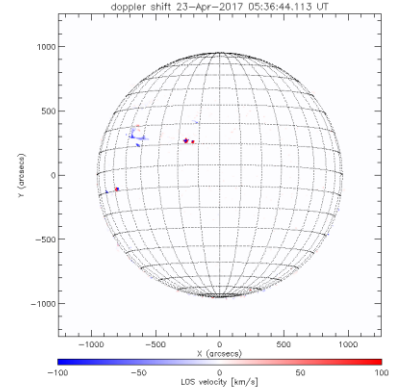


T4: High resolution
vector magnetograph



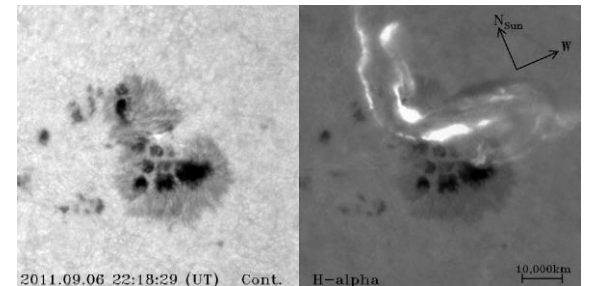
Nagata et al. 2014 PASJ

T1: Solar Dynamics
Doppler Imager (SDDI)



Ichimoto et al. 2017
Solar Physics

T3: Flare Imaging System in
Continuum and H-alpha
(FISCH)

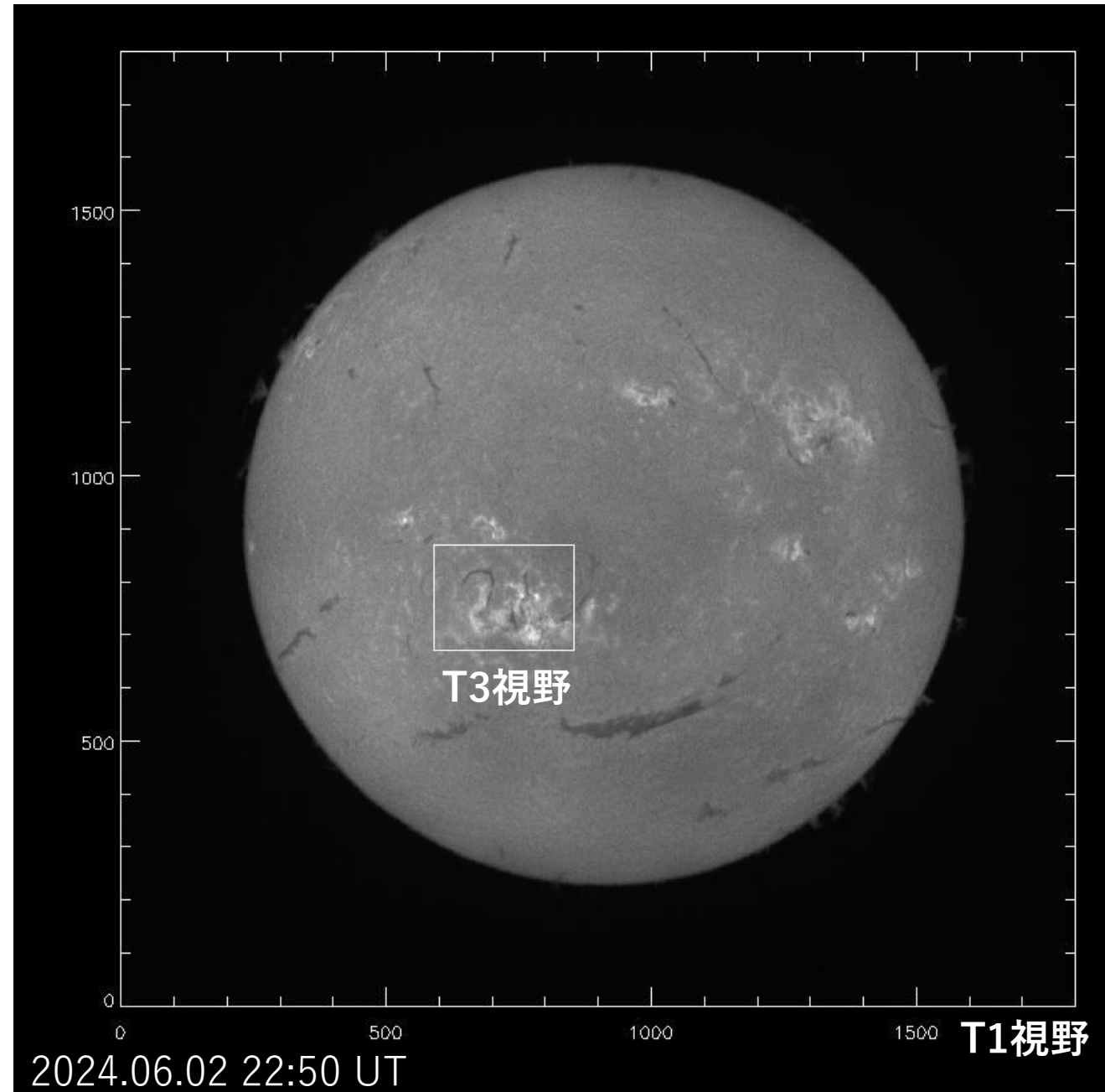
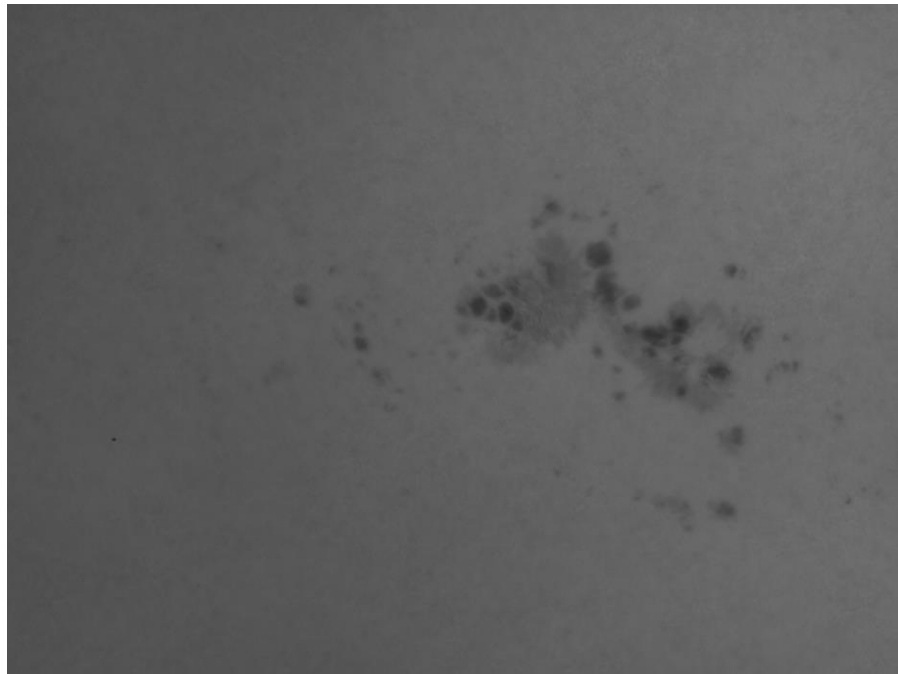


Ishii et al. 2013 PASJ



全面像 (T1) と部分像 (T3)

- T1/SDDI : 太陽全面を $H\alpha \pm 0.9$ nm 範囲の73波長点で撮像 (doppler imager)。
- T3/FISCH: 活動領域を $H\alpha$ center と連続光で高速撮像。



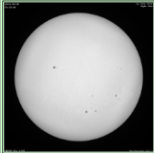
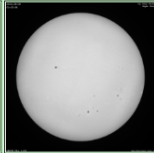
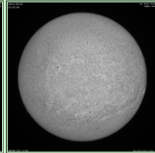
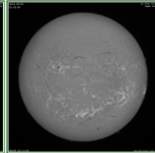
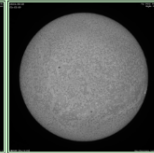
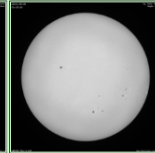
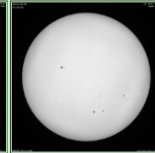
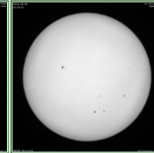
T1/SDDI・T3/FITSCHデータの特徴

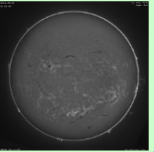
	T1/SDDI	T3/FISCH	
望遠鏡口径	200 mm	250 mm	
観測波長域	H α 656.3 $\pm$ 0.9 nm 73波長点 (FWHM 0.025 nm)	H α 656.3 nm (FWHM 0.3 nm)	連続光 647.0 nm (FWHM 1.0 nm)
視野角	2520 arcsec $\times$ 2520 arcsec	344 arcsec $\times$ 258 arcsec	
撮像素子画素数	2048 $\times$ 2048 pixels	1600 $\times$ 1200 pixels	
時間分解能	12 sec/frame	0.04 sec/frame	
ファイル形式	Fits	Tiff	
生データ容量	~1.7 TB/day	~7.7 TB/day	
観測開始・ 終了・中断	日出(日没)で自動起動(停止) 天気不良時は自動中断	T1/SDDIに連動. 観測領域：事前に人が設定する or 開始時にH α 輝度最大点に自動指向.	

現在のデータ公開形式

- https://www.hida.kyoto-u.ac.jp/SMART/index_j.html
- T1/SDDI：カレンダー形式で、H α centerとその周辺7波長の画像のfits・jpegを公開。検索機能なし。
- T3/FISCH：2022年までのQuick look movie を公開。生データ未公開。

SMART T1 images on 20240909

H-alpha - 2.0 A	H-alpha - 1.25 A	H-alpha - 0.5 A	H-alpha center	H-alpha + 0.5 A	H-alpha + 1.25 A	H-alpha + 2.0 A	H-alpha + 3.5 A
							
Javascript Movie	Javascript Movie	Javascript Movie	Javascript Movie	Javascript Movie	Javascript Movie	Javascript Movie	Javascript Movie
Download FITS files	Download FITS files	Download FITS files	Download FITS files	Download FITS files	Download FITS files	Download FITS files	Download FITS files
Download JPEG files	Download JPEG files	Download JPEG files	Download JPEG files	Download JPEG files	Download JPEG files	Download JPEG files	Download JPEG files

[movie](#)

Observation Log
[Obs Log](#)
[Back](#)

SMART Observation Calendar

<< 2024 Apr **2024 May** 2024 Jun >>

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
			1 Fog	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

現象に紐づいた検索ができるデータ公開ウェブサイトの構想

- 現在：Observation calendarにて日毎にまとめられたObservation log (テキストファイル) から目的の活動現象を探し、発生時間帯を確認してデータをダウンロード。

- 構想：

観測した活動現象を年毎（または全期間）でまとめたカタログを用意。

キーワードや時間などでフィルターをかけて活動現象をピックアップできる。

カタログに各現象の観測データへのリンクをつけ、クリックで一括取得できるようにする。

```
---SMART T1 Observation Log---      2024-May-11
Start: 2024.05.10 20:14 UT
End:   2024.05.11 08:58 UT

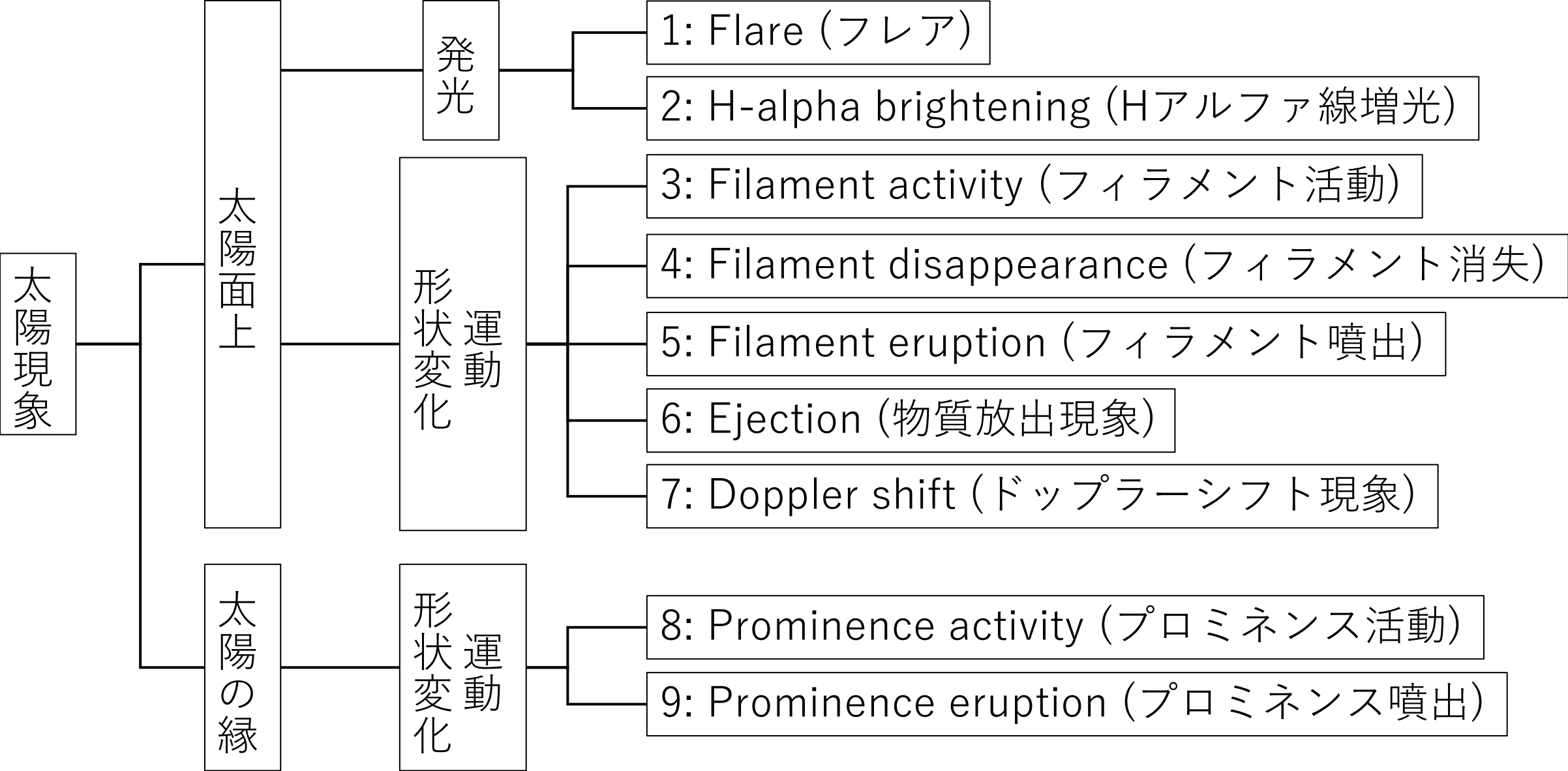
Wavelength: from -9.0A to +9.0A bin:0.25A 73 points
DataAmount:      264114 images
Observer: T. Iju

-----
Event list:

2033-2048 Filament activity (red shift) in NOAA 13671
2035-2124 Filament activity (blue and red shifts) near NE limb
2046-2140 Two surges in NOAA 13670
2058-2227 M3.8 and M2.4 flares in NOAA 13664
2123-2208 Surge in NOAA 13673
2231-2307 Active prominence on E limb
2239-2305 M1.3 flare in NOAA 13664
2308-2344 H-alpha brightening (M1 level) in NOAA 13664
2343-0014 C8.9 flare and a surge in NOAA 13670
0032-0046 H-alpha brightening in NOAA 13664
0051-0352 X5.8 flare in NOAA 13668
0055-0110 M1.0 flare in NOAA 13664
0103-0246 Filament activity (red and blue shifts) in NOAA 13664
0104-0247 Prominence activity (three surges) on NE limb
0140-0219 Surge in NOAA 13670
0238-0304 H-alpha brightening and a surge near ESE limb
0245-0457 Four surges in NOAA 13673
0306-0324 H-alpha brightening in NOAA 13664
0326-0340 M1.1 flare in NOAA 13664
0332-0416 Surge in NOAA 13671
0334-0416 Long-lasting H-alpha brightening (C9.8 level) and a M1.0 flare in NOAA 13664
0411-0457 H-alpha brightening and a M1.4 flare in NOAA 13668
0458-0526 H-alpha brightening (M1 level) in NOAA 13668
0509-0608 H-alpha brightening (M1 level) in NOAA 13664
0523-0647 Filament activity (blue and red shifts) in NOAA 13673
0534-0557 H-alpha brightening (M1 level) in NOAA 13668
0536-0600 H-alpha brightening and a surge in NOAA 13670
0626-0642 H-alpha brightening and a surge near ESE limb
0708-0815 M1.2 flare and two surges in NOAA 13664
0811-0841 M1.3 flare in NOAA 13668
0813-0840 H-alpha brightening and a surge in NOAA 13672
0854-0857 M1.4 flare (the rising phase) in NOAA 13668
```


Event Typeの9分類

「太陽活動1992-2003」カタログを参考に観測頻度が高い現象の種類を設定



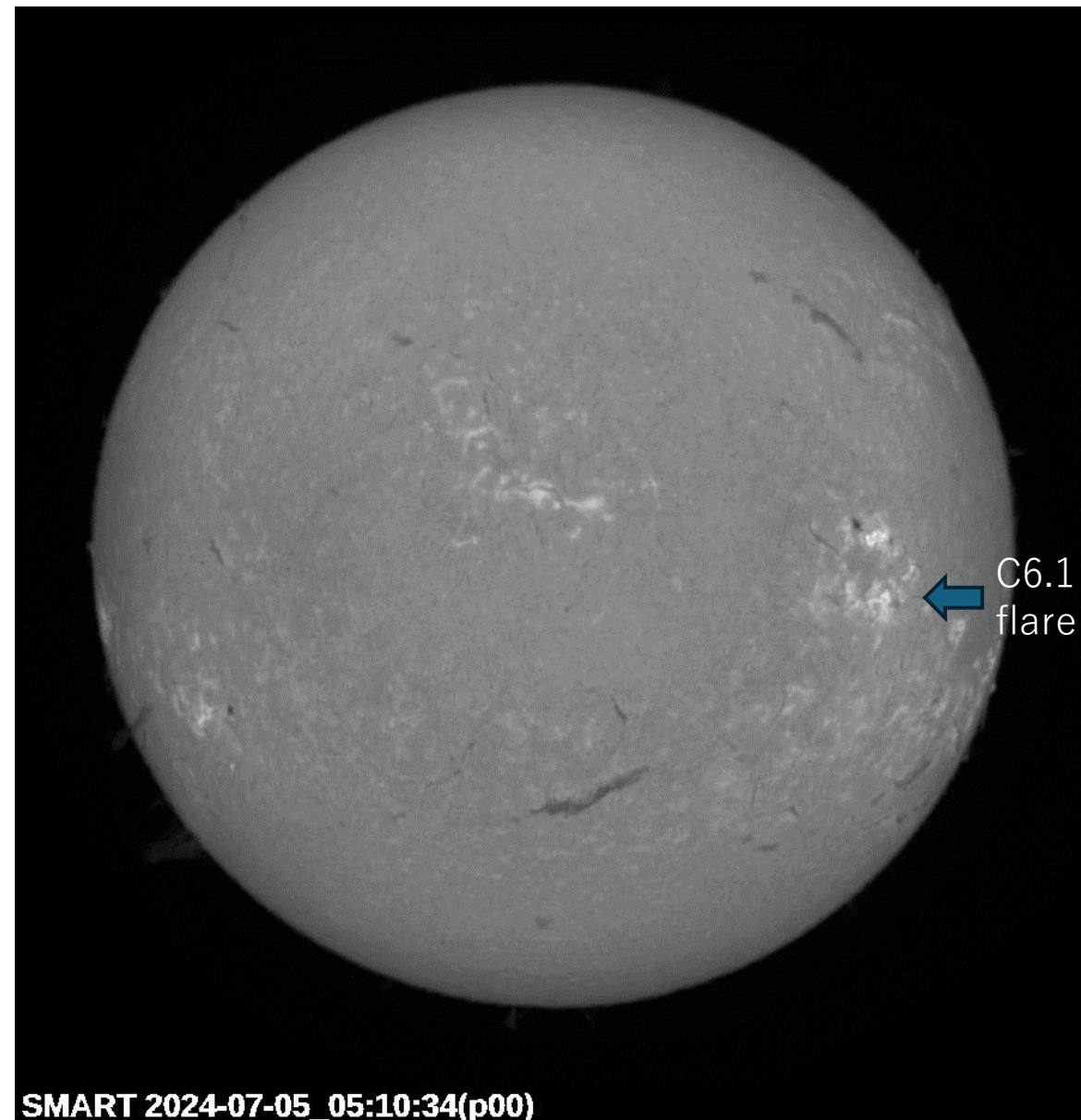
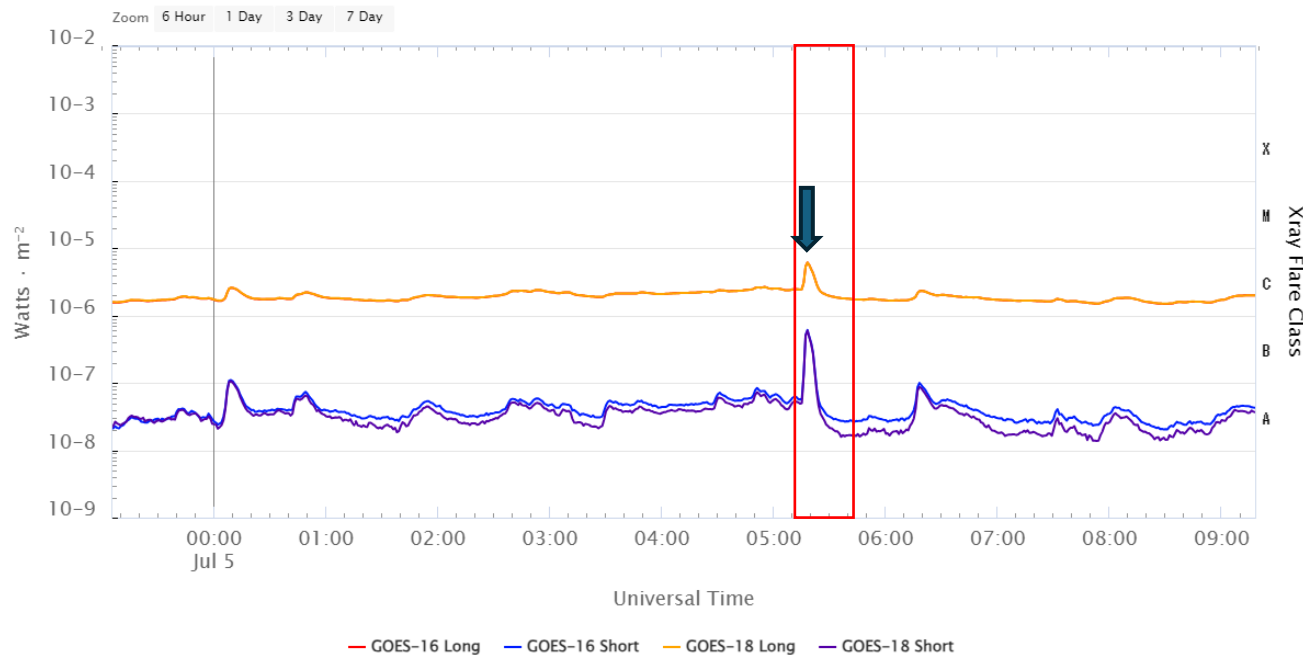
Event Typeの9分類の定義

Event Type	定義
Flare	H α centerムービーで増光が見られ、それに対応するX線フラックスの急増・減衰が確認できる
H-alpha brightening	H α centerムービーで増光が見られるが、X線フラックスの急増・減衰が確認できない、またはX線フラックスの変化が非常にゆるやかである
Filament activity	フィラメントが確認でき、何らかの変化（揺れ動きや変形、ドップラー画像での白黒模様など）が見られるが、消失や噴出がない
Filament disappearance	フィラメントの一部または全体が消失し、物質が太陽面に落下している、または噴出が確認できない
Filament eruption	フィラメントの一部または全体が消失し、噴出が見られる
Ejection	フィラメントが見られず、ドップラー画像ムービーで模様が比較的短時間（数十分～1時間程度）に一方向に流れる（on-diskのsurgeはこの分類）
Doppler shift	ドップラー画像ムービーで太陽面上に模様の変化が見られ、Ejection、Filament activity、Filament disappearance、Filament eruptionのいずれにも当てはまらない
Prominence activity	プロミネンスに何らかの変化（全体の揺れ動きや変形、内部での物質の運動、ドップラー画像での白黒模様など）が見られるが、噴出しない（limbのsurgeはこの分類）
Prominence eruption	プロミネンスが外側へ噴出し見えなくなる

Flare (フレア)

- H α centerムービー (右図) で増光が見られる。
- GOES X線フラックスのLong (0.1-0.8 nm)グラフでH α center増光に対応するX線フラックスの急増・減衰が確認できる (下図赤枠内)。
- X線フラックス最大時(下図の矢印部分)のクラス (B, C, M, X) と数値を記入し、M1.0以上であれば high speed event (高速度イベント)として記録。

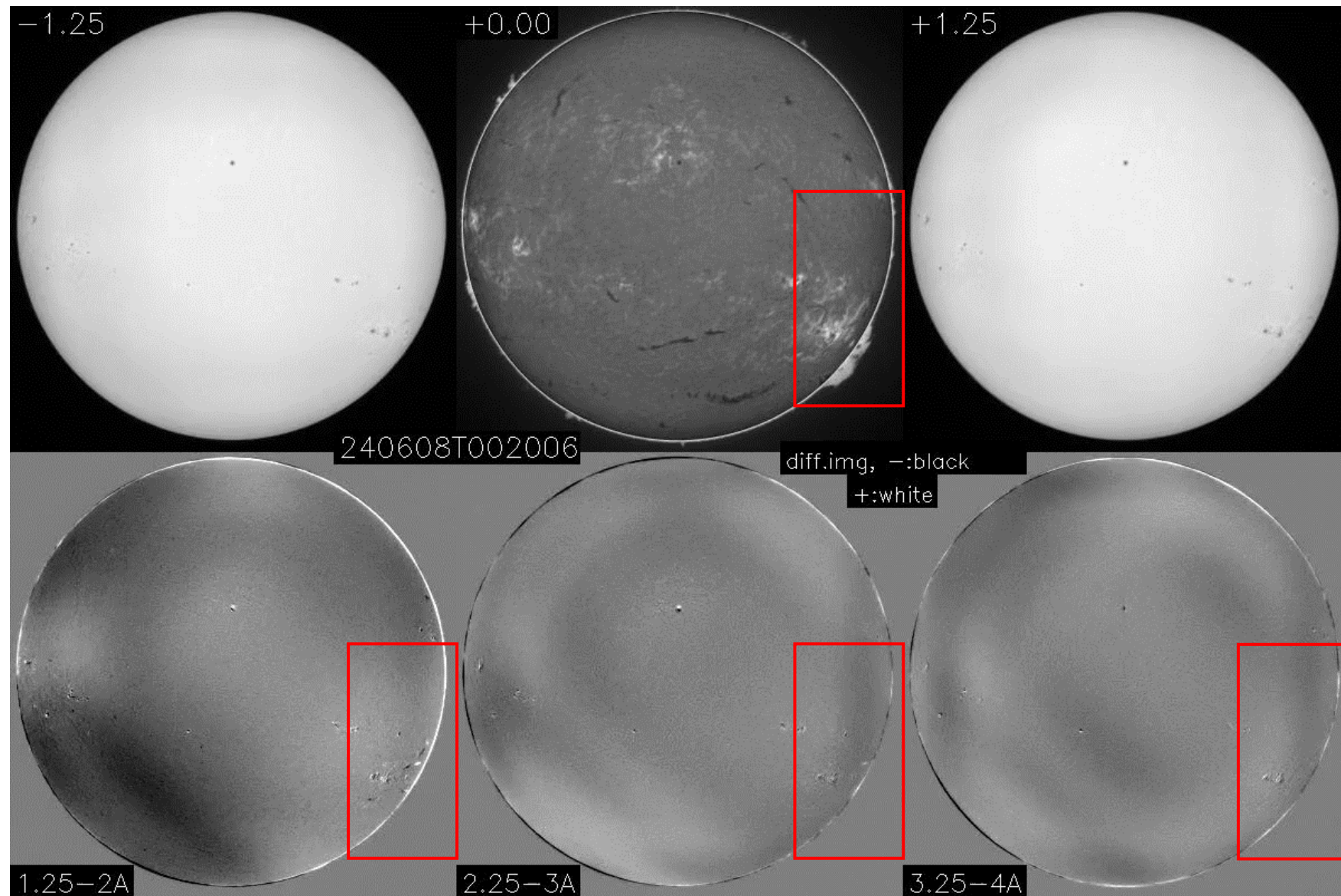
GOES X-Ray Flux (1-minute data)



(C6.1 flare and a surge in NOAA 13729)

Filament eruption (フィラメント噴出)

- フィラメント (暗い筋状構造) の一部または全体が消失し、噴出が見られる (右図赤枠内)。
- フィラメントの物質が宇宙空間へ噴出している (衛星データなども参照する)。
- $H\alpha$ ドップラー画像ムービーでblue shiftが顕著であるなど噴出が確信できる場合はこの分類とする。
- 3.25-4 Å ドップラー画像でも変化が見えるものは high speed event (高速度イベント) として記録。
- コロナ質量放出 (CME) が確認できたら、現象説明にその旨記す。



(M3.4 and M9.7 flares, a filament eruption, a M1.6 flare and on-disk post-flare loops in NOAA 13697) ↑ High speed event

SMARTで観測された太陽活動現象カタログ

- 2024年6月24日からCSV形式で作成開始（日別と年別。9月13日までに1406 events）。「太陽活動1992-2003」を手本にし各現象の観測状況や重要度も記録。
- T1 event毎にT3観測の有無も記入。データへのリンクはまだ設定していない。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Event Type	Year	Month	Day	StartTime (hhmm)	Year	Month	Day	EndTime (hhmm)	Event sequence	Doppler shift	Location	T1 event	T3 Obs
2	Filament disappearance	2024	08	21	2323	2024	08	21	2355	BI	N	in NOAA 13796	Filament disappearance in NOAA 13796	Yes
3	Ejection	2024	08							F	N	in NOAA 13796	Surge in NOAA 13796	No
4	Ejection	2024	08							F	N	in NOAA 13796		No
5	Flare	2024	08							FI	N	in NOAA 13796		No
6	Filament activity	2024	08							IA	N	in NOAA 13796		No
7	Filament disappearance	2024	08							FI	N	in NOAA 13789	Filament disappearance in NOAA 13789	No
8	H-alpha brightening	2024	08										ing near E limb and an nence activity (surge) on E	No
9	Prominence activity	2024	08	22	0323	2024	08	22	0356				ing near E limb and an nence activity (surge) on E	No
10	Flare	2024	08	22	0339	2024	08	22	0349	F	N	in NOAA 13799	C3.1 flare in NOAA 13799	No
11	Ejection	2024	08	22	0340	2024	08	22	0413	F	H	in NOAA 13790	Three surges in NOAA 13790	No
12	Flare	2024	08	22	0411	2024	08	22	0444	FI	N	near E limb	C4.2 flare near E limb and an associated prominence activity (surge) on E limb	No
13	Prominence activity	2024	08	22	0411	2024	08	22	0444	FI	H	on E limb	C4.2 flare near E limb and an associated prominence activity (surge) on E limb	No
14	Flare	2024	08	22	0436	2024	08	22	0500	BI	N	in NOAA 13796	C5.0 flare in NOAA 13796	Yes
15	Prominence activity	2024	08	22	0533	2024	08	22	0638	BIA	H	on WNW limb	Active prominence on WNW limb	No

B: started before observation
F: observed full sequence
A: continued after observation
I: observed intermittently

N: Normal event
H: High speed event
(M1.0以上のフレアや
高ドップラー速度の現象)

最寄りの活動領域番号、
太陽面座標上の方位で記述

課題

- データ検索サイト作成前にCSVファイルを公開するか？
- データ検索ウェブサイトの設計をどうするか？
 - ⇒ JSOC Data Exploreが理想？
 - ⇒ SMOKA Science Archive (せいめい望遠鏡が参加) が参考になるか？
- 膨大なT1/SDDIおよびT3/FISCHデータの保存・公開の方法。
- カタログ作成の手間 (当番が目視で現象を探索し、衛星データとの比較も行うので時間と手間がかかる)。
- 小さな現象をどこまで拾うか？ (高解像度で細かい変化も良く見える)
- マンパワーの不足 (飛騨天文台以外の京都大学院生・ポスドク・教員もカタログ作成を担う仕組みをどう作るか？)。

問い：IUGONET検索システム(Type-A) を改良して活用できる可能性は？

現在、Type-A では検索対象外となった“**Granule**”メタデータを再び検索可能とし、
<StartDate>, **<StopDate>**で観測時刻の検索に、
<Reference>にイベントタイプを追記することで、現象の検索に各々利用し、検索された各Granuleに記載されている**URL**のデータをブラウザ上から一括ダウンロードできるように改良可能か？

IUGONET/SPASE形式の Granule Metadata 例

```
<Granule>
  <ResourceID>spase://IUGONET/Granule/KwasanHidaObs/smart_t1_qf/
    2011/08/01/halpha_p00_20110801000344fits</ResourceID>
  <ReleaseDate>2010-04-01T00:00:00</ReleaseDate>
  <ParentID>spase://IUGONET/Numerical/KwasanHidaObs/smart_t1</ParentID>
  <StartDate>2011-08-01T00:03:44</StartDate>
  <StopDate>2011-08-01T00:03:44</StopDate>
  <Source>
    <SourceType>Data</SourceType>
    <URL>http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/~smart/pub/2011/08/01/
      T1/fits/halpha_p00_20110801000344.fits</URL>
  </Source>
  <SpatialCoverage>
    <CoordinateSystem>
      <CoordinateRepresentation>Spherical</CoordinateRepresentation>
      <CoordinateSystemName>StonyhurstHeliographic</CoordinateSystemName>
    </CoordinateSystem>
    <NorthernmostLatitude>+90</NorthernmostLatitude>
    <SouthernmostLatitude>-90</SouthernmostLatitude>
    <EasternmostLongitude>-90</EasternmostLongitude>
    <WesternmostLongitude>+90</WesternmostLongitude>
    <CenterLatitude>0</CenterLatitude>
    <CenterLongitude>0</CenterLongitude>
    <Unit>degree</Unit>
  <Reference>FullDisk, AR11260, AR11261, AR11262, AR11263 </Reference>
</SpatialCoverage>
</Granule>
```

まとめ

- 飛騨天文台SMARTで観測された太陽活動現象について、2024年6月24日観測からCSV形式でカタログ作成を開始した。
- 観測頻度が高い9つのEvent Typeをキーワードに設定、現象の観測開始・終了時刻、位置のほか各現象の観測状況や重要度も記録。
- 6月24日～9月13日の間で1406 events。
- 将来、2024年6月24日より前の観測についてもカタログに含めたい。
- カタログ作成のマンパワーの確保、データ検索サイトの設計、T1・T3データのストレージと公開方法など課題は多くある。
- IUGONET検索システムに組み込むやり方はあるか？

IUGONET開発チームおよびユーザーの皆様よりコメント・ご協力をいただきましたらありがとうございます。