

国立天文台太陽観測所最新の観測システムと、 太陽活動データベースメタデータ提供状況

森田 諭, 花岡庸一郎, 桜井 隆 (国立天文台)、
荒井武彦 (宇宙研)

国立天文台 太陽観測所 フレア望遠鏡
2014年冬~2015年初夏 観測システム改修

国立天文台 太陽観測所 太陽フレア望遠鏡



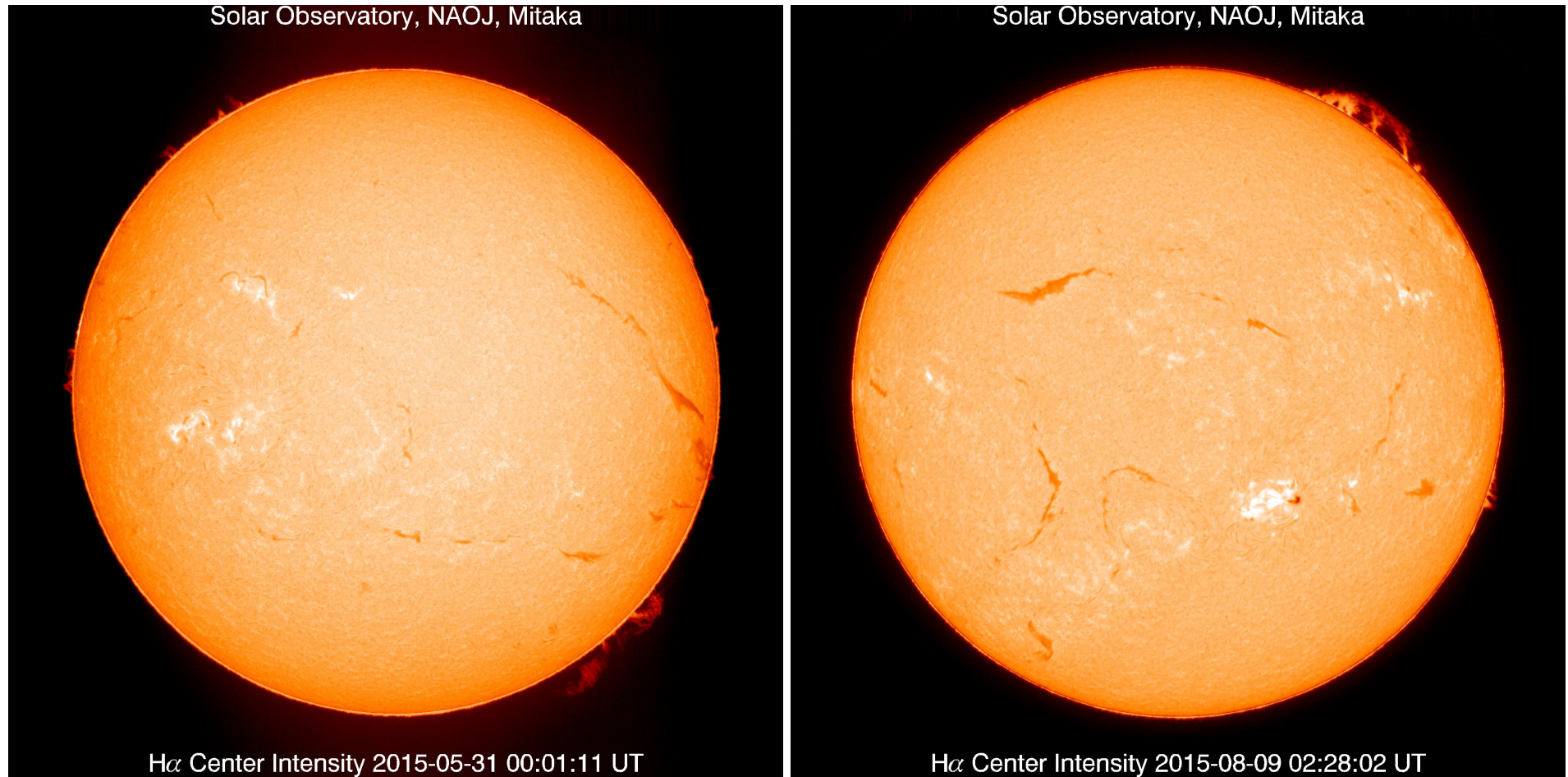
- ◆ 1988年～
- ◆ 対物口径 20cm x2(T1,T4), 15cm x2(T2)
- ◆ 現在の構成は
 - T1 – H α 太陽全面観測
 - 6302.8Å/0.25Å Lyot filter
 - 2k x 2k pix CCD
 - T2 - 赤外偏光分光ヘリオグラム
 - He I – 10830Å (彩層)
 - Si I – 10827Å (光球)
 - Fe I – 15648Å (光球: high Zeeman sensitive)
 - 回転波長板
 - 640x512 pix InGaAs, 270 (50) fps.
 - T3 - 観測休止(観測装置室をT2で使用)
 - T4 – G-band(~4305Å) 及び 連続光(5300Å)
 - 2k x 2k pix CMOS camera, 30(10) fps

太陽フレア望遠鏡 観測システム改修



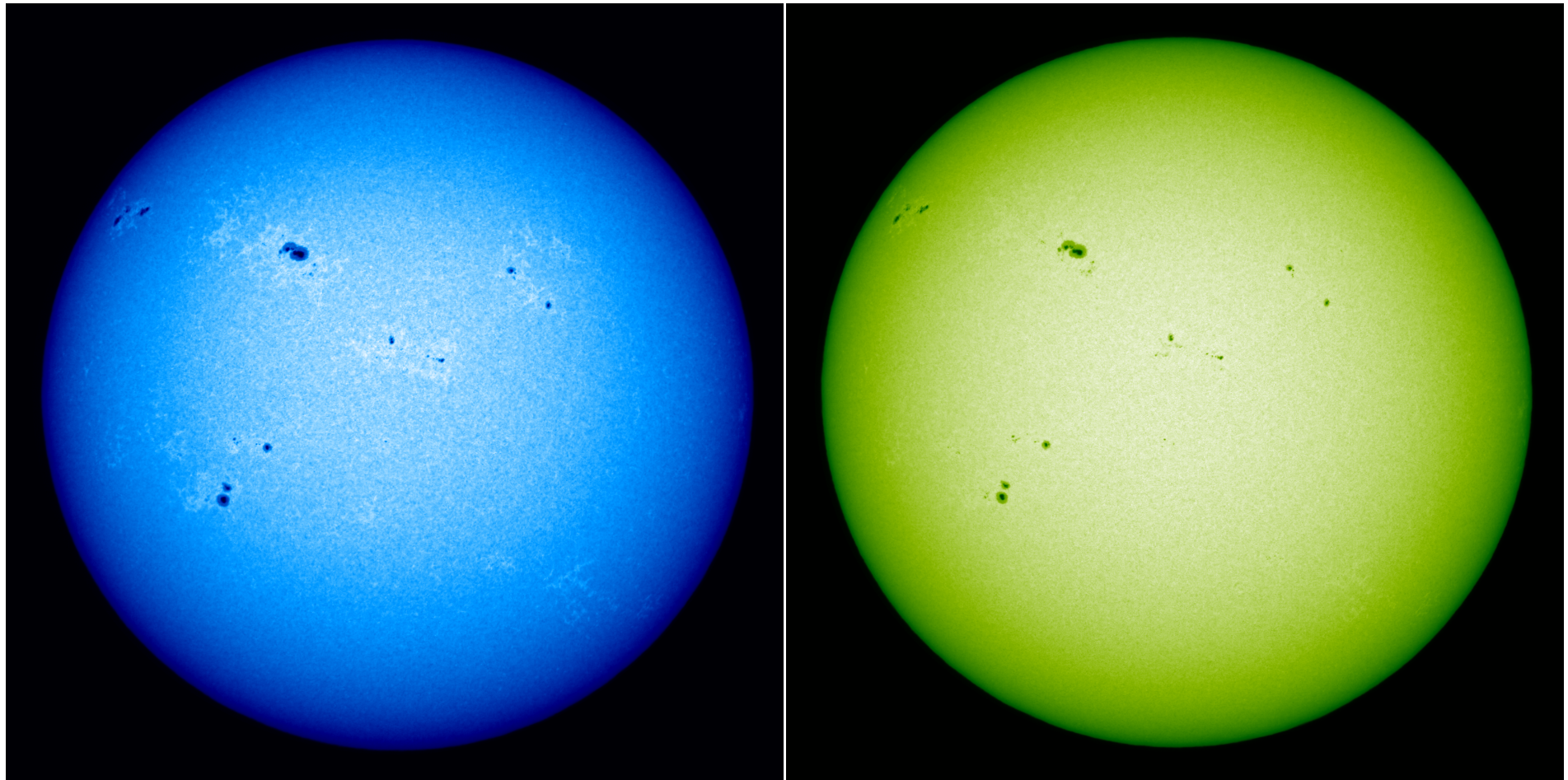
- ◆ 1988年～
- ◆ 対物口径 20cm x2(T1,T4), 15cm x2(T2)
- ◆ 現在の構成は
 - T1 – H α 太陽全面観測
 - 6302.8Å/0.25Å Lyot filter
 - 2k x 2k pix CCD
 - > 2k x 2k pix sCMOS (2015.6.1 ~)
 - T2 - 赤外偏光分光ヘリオグラム
 - He I – 10830Å (彩層)
 - Si I – 10827Å (光球)
 - Fe I – 15648Å (光球: high Zeeman sensitive)
 - 回転波長板
 - 640x512 pix InGaAs, 270 (50) fps. X2 (2波長同時観測: 2015.5.20. ~)
 - T3 - 観測休止(観測装置室をT2で使用)
 - T4 – G-band(~4305Å) 及び 連続光(5300Å)
 - 2k x 2k pix CMOS camera, 30(10) fps
 - Ca II K(3933Å)光路追加(2015.7.10 ~)

SFT T1 (H α 太陽彩層全面観測)カメラ変更 (2015.6.1.~)



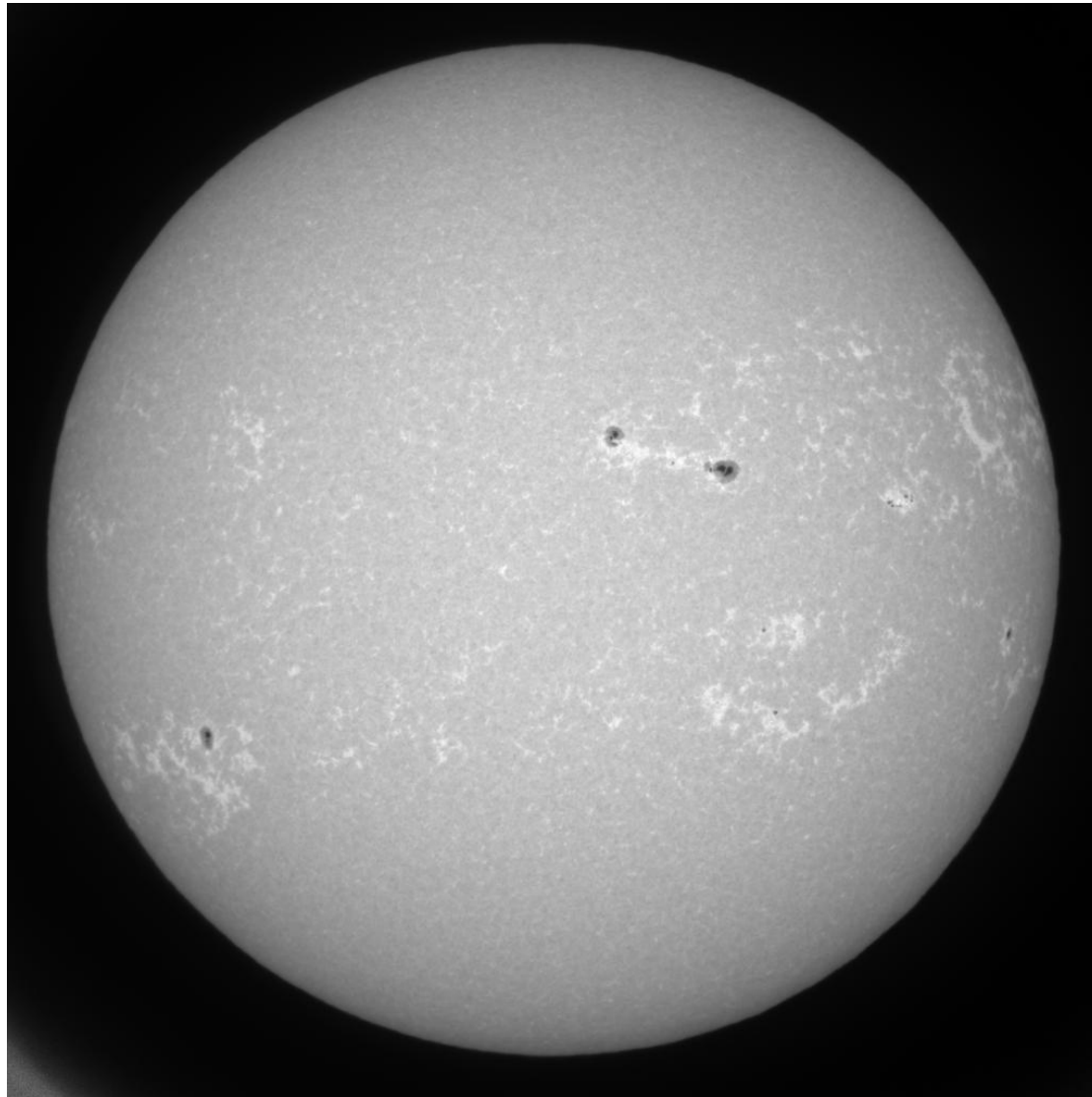
- 左: 2k x 2k interline 型 CCD (~2015.5.31.): Smear と呼ばれる電荷転送中の露光が見える。
- 右: 2k x 2k sCMOS (2015.6.1.~): Smear がなく、特殊な処理なしでコントラストが高い。sCMOS は、電荷飽和時のリークもないので、プロミネンス用に長時間露光も可能。
- 取り外したCCDカメラは後述の T4 Ca II K 増設光路に使用。
- QL の他、fits 形式のデータも整備。IUGONET 登録予定。

SFT T4 (G-band, 連続光)観測データ



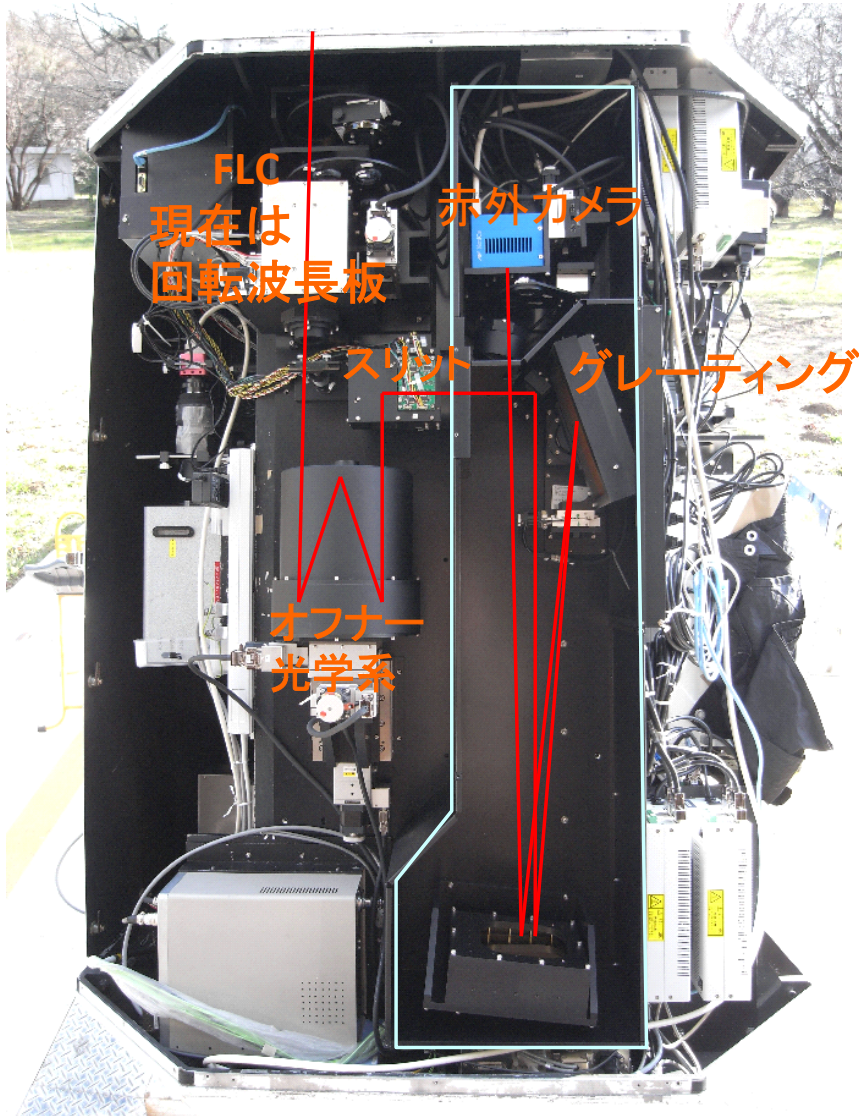
- 左: 4305Å CH分子吸収線 (G-band), 太陽光球上層に対応。2k x 2k CMOS.
- 右: 5300Å 連続光 (Green), 太陽光球下部に対応。2k x 2k CMOS.
- 現在は生データ及び機器校正データのみ。適切な形式で太陽活動データベースに登録準備中。太陽活動データベースに登録完了後、IUGONET 経由にて QL, fits を公開予定。

SFT T4 (Ca II K)光路追加: 2015.7.10 -



- 3933Å Ca II K 吸収線, 太陽彩層に対応。2k x 2k CCD. フィルターグラム。
- Ca II は H α に比べて温度上昇に敏感で、プラージュ(黒点外部の強磁場領域)が見やすい。
- 太陽データベースには、1917年～1974 年までヘリオグラムの写真データがある。

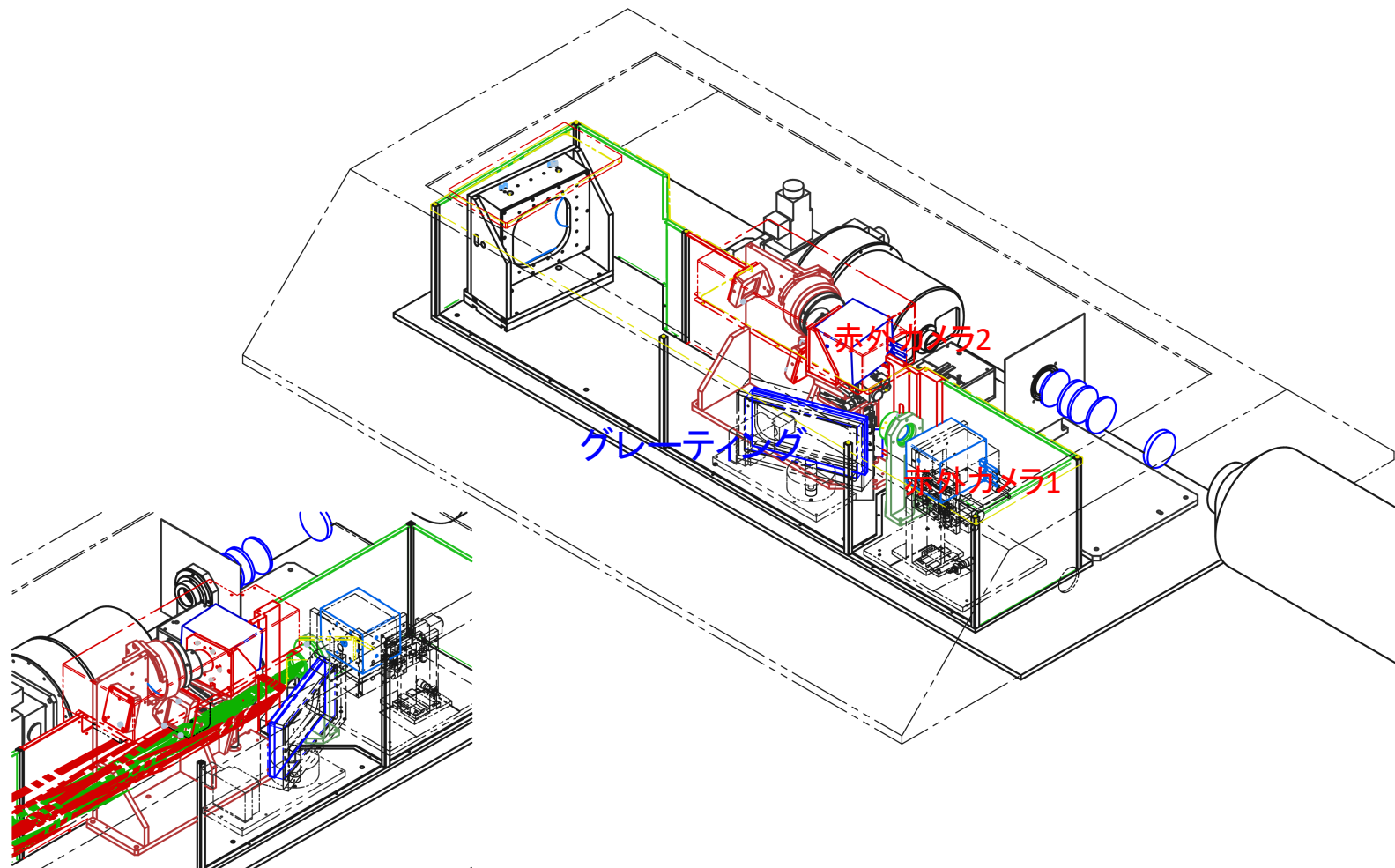
三鷹太陽望遠鏡 赤外偏光ポラリメータ



• 国立天文台三鷹太陽フレア望遠鏡赤外ポラリメータ

- 高速変調可能な (~kHz) 2枚の強誘電液晶と直線偏光板→現在は回転波長板
- 高速読み出しの赤外カメラ (最大 90 fps, InGaAs素子, 512 × 640 ピクセル)
- エシエル型分光器
- 近赤外での科学的に興味深い2つの波長域: He I $1.0830 \mu\text{m}$ (彩層吸収線。光球吸収線 (Si I $1.0827 \mu\text{m}$) との同時観測が可能)、及び Fe I $1.5648 \mu\text{m}$ (磁場感度の高い光球吸収線。近赤外波長との組み合わせにより、弱い磁場信号の高い検出能力を持つ) にて、フルストークススペクトルを取得する。

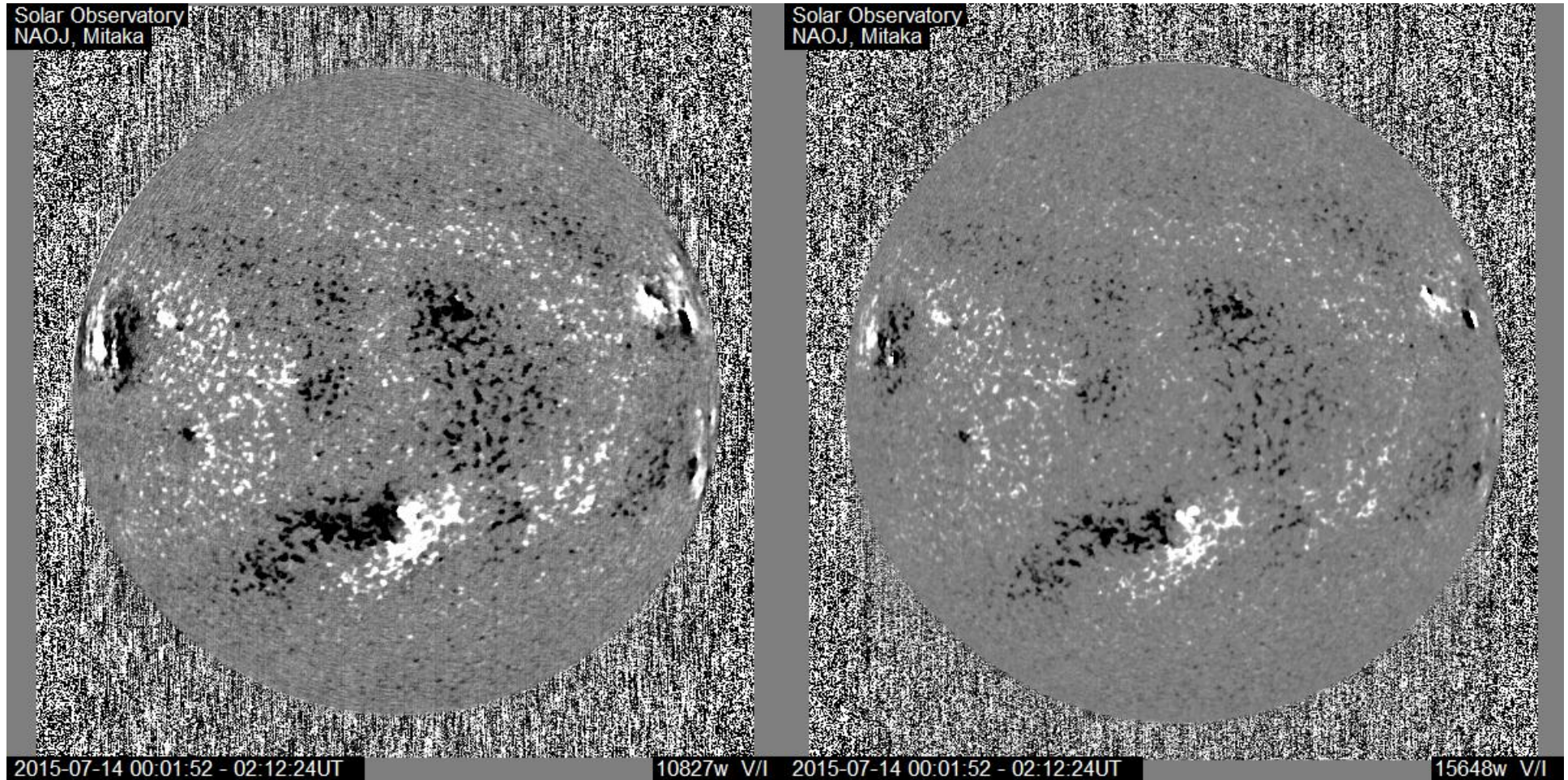
赤外偏光ポラリメータ 2波長同時観測改修 (改修:2015.2.23. – 2015.3.26; 調整: ~2015.5.19.)



- 今まででは 10830Å近傍と15648Å近傍をグレーティングの傾きを切り替えて観測していた。
- グレーティングによる分散後の2観測波長帯各位置にカメラを置くことにより同時観測。
- この改修により、波長間での同時性が保たれ、波長毎での cadence が向上した(2倍)。

SFT 赤外分光ポラリメータ観測例

2波長同時観測

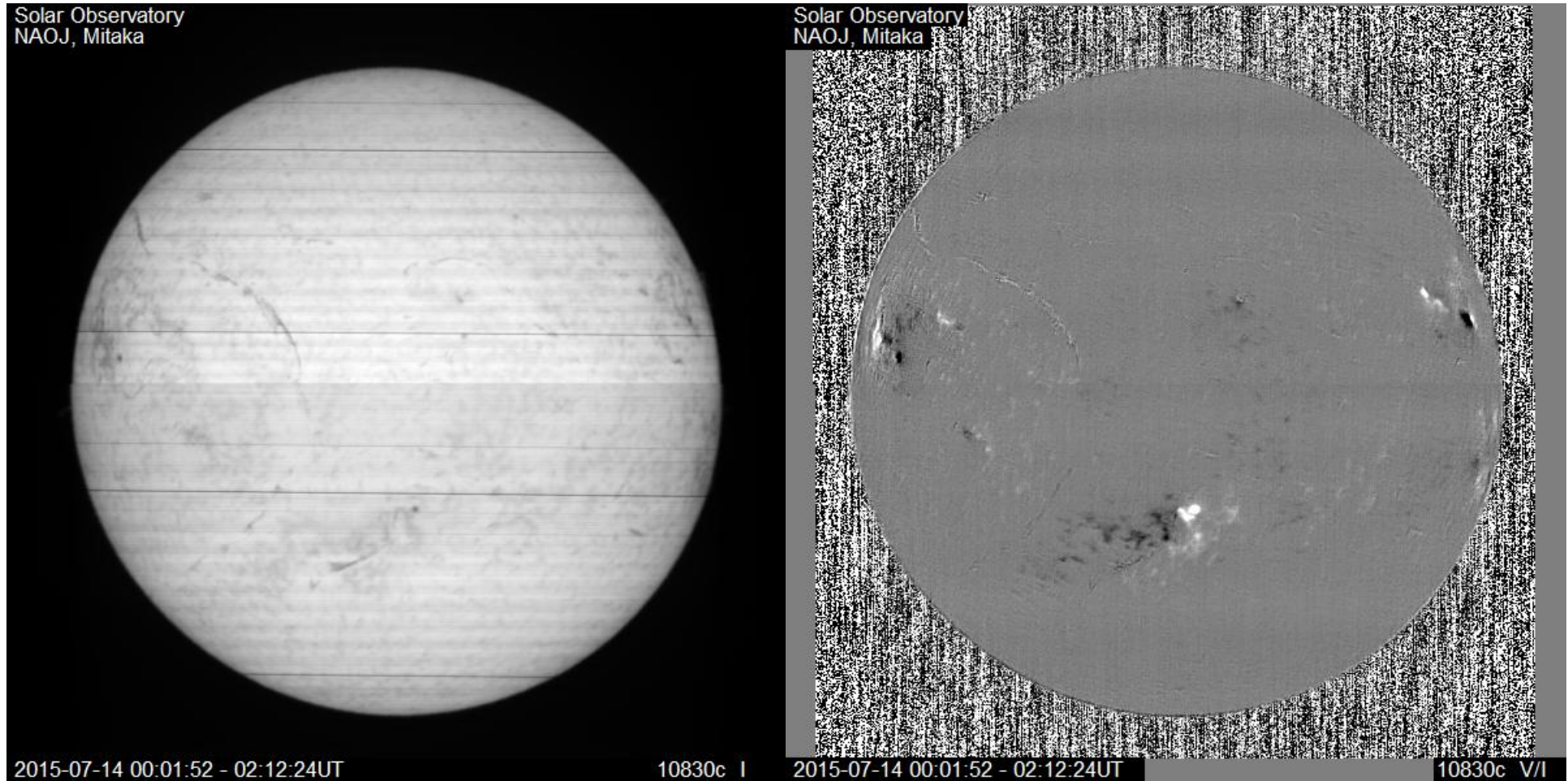


Mitaka SFT IR-Mag Si I 10827Å V/I
(視線方向磁場強度マップ)

Mitaka SFT IR-Mag Fe I 15648Å V/I
(視線方向磁場強度マップ)

SFT 赤外分光ポラリメータ観測例

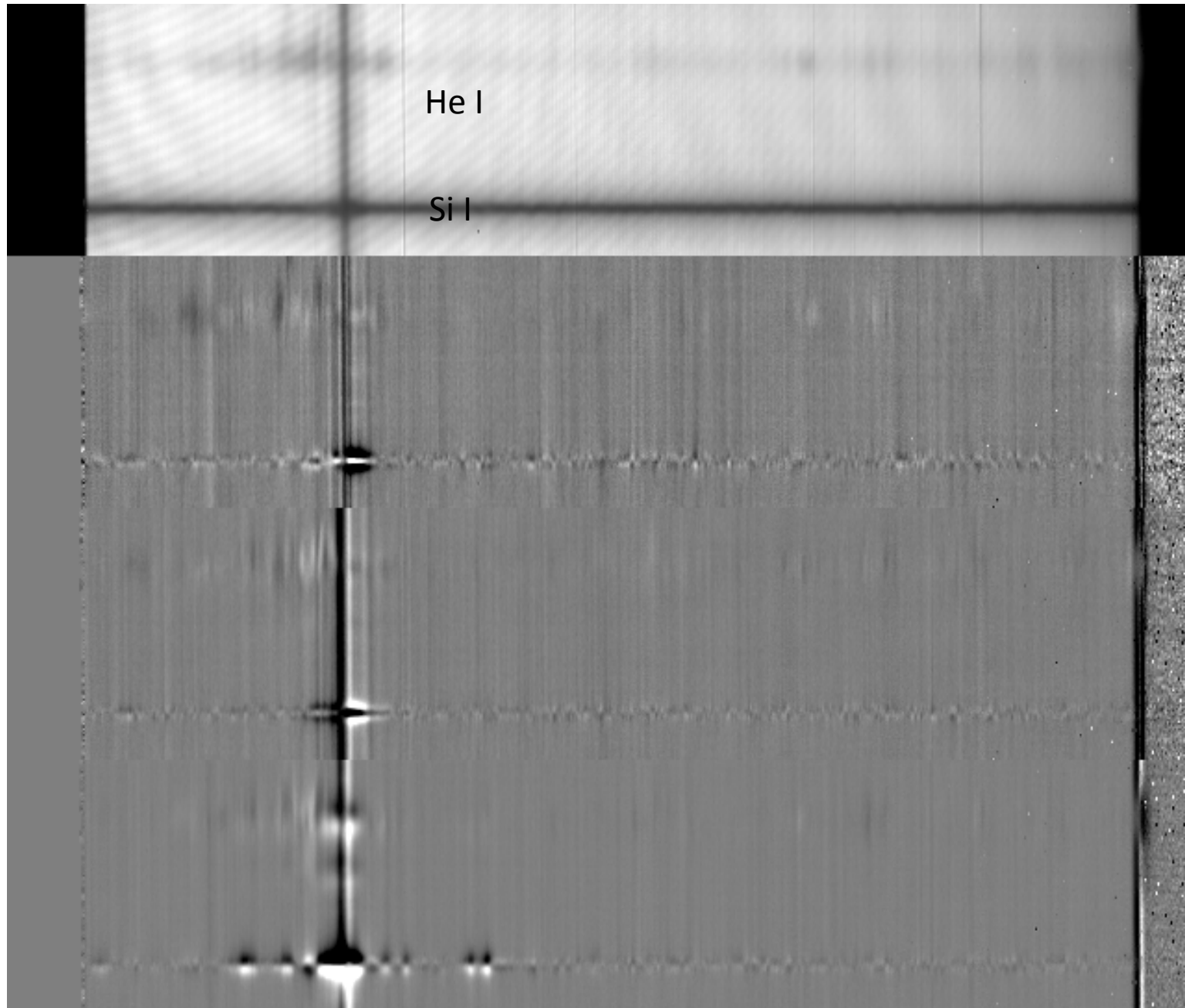
2波長同時観測



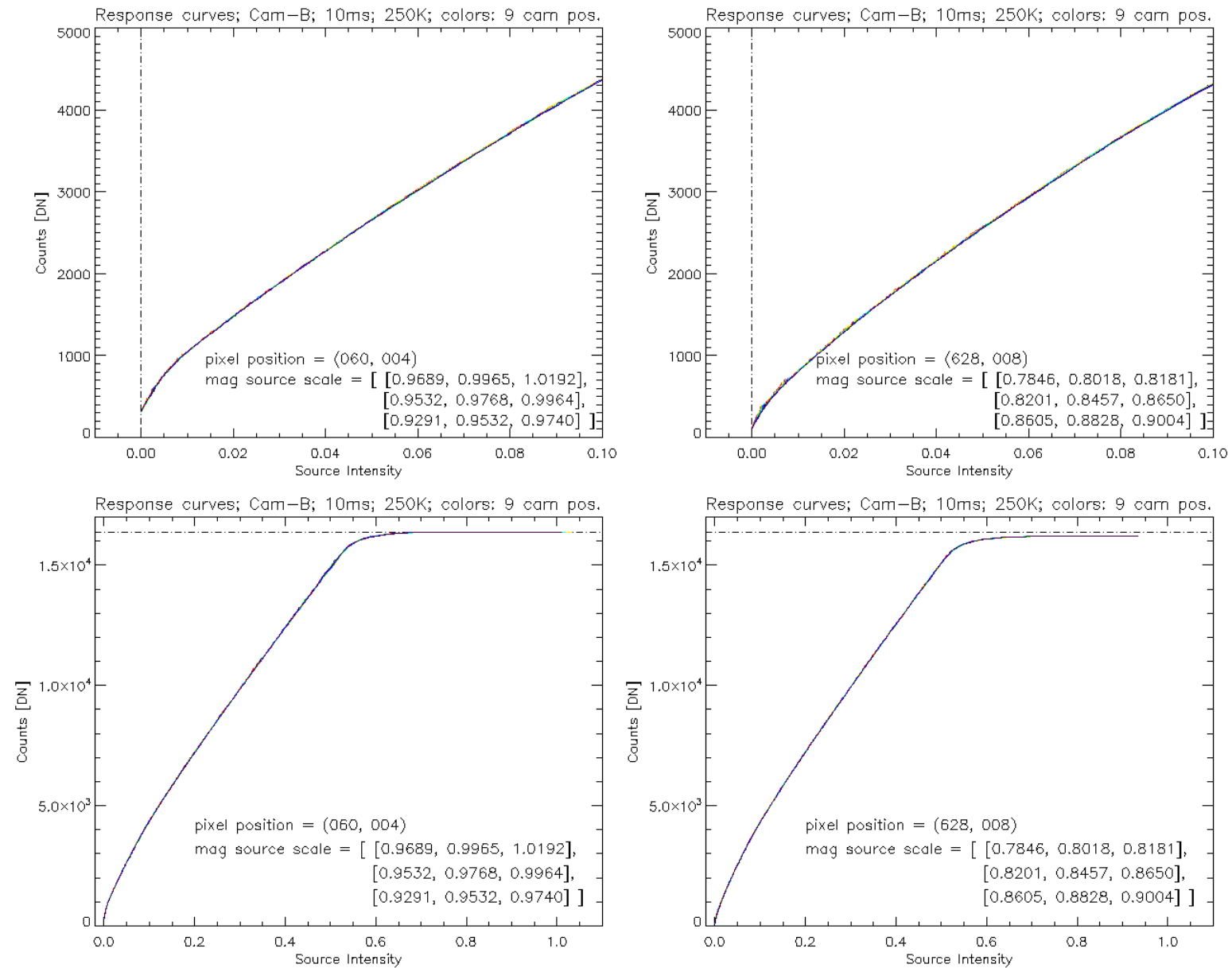
Mitaka SFT IR-Mag He I 10830Å intensity

Mitaka SFT IR-Mag He I 10830Å V/I
(視線方向磁場強度マップ)

NAOJ SFT IrMag 10830Å 偏光分光観測データ例

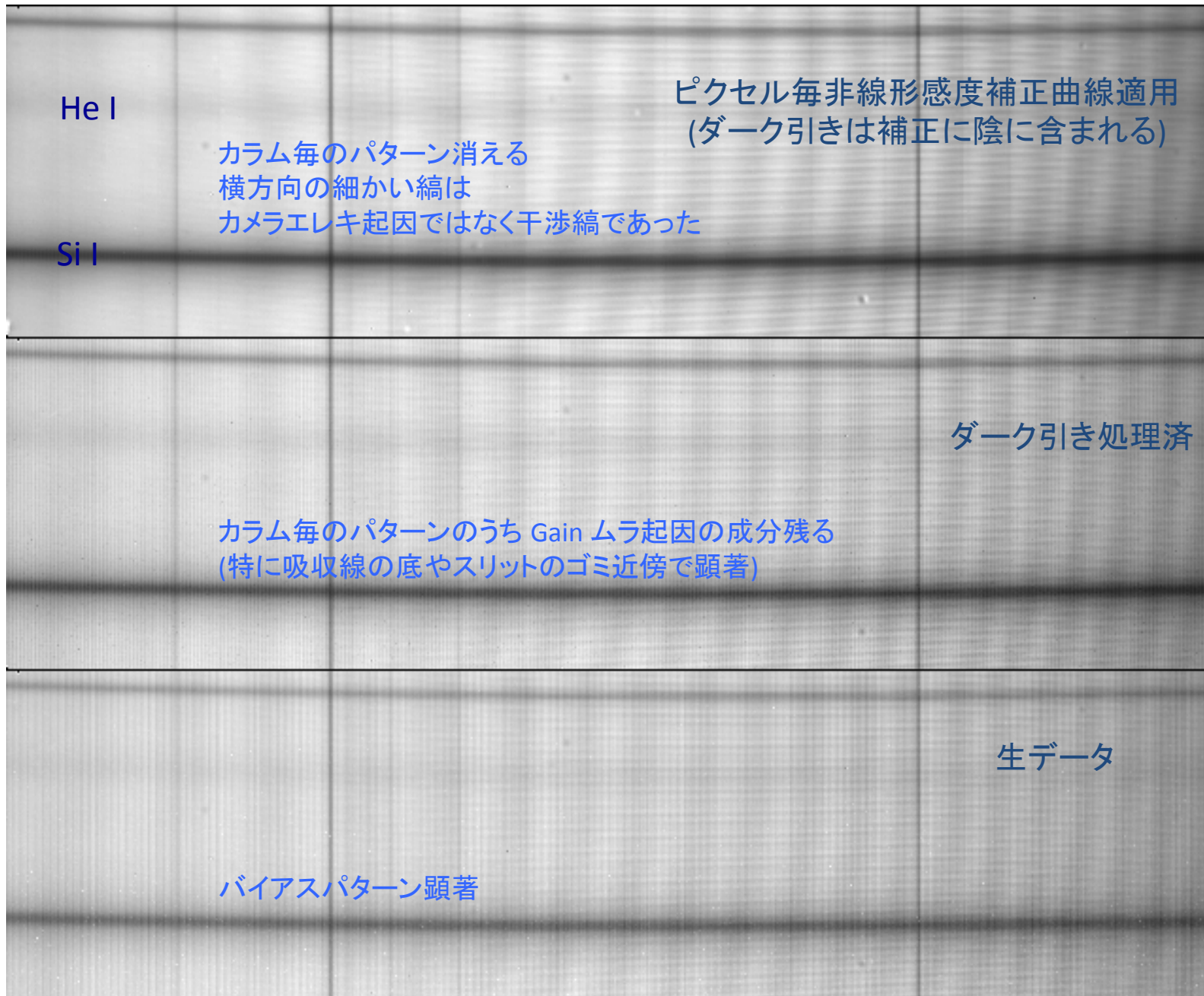


非線形応答校正:ピクセル間感度校正結果 (10ms, 250K)

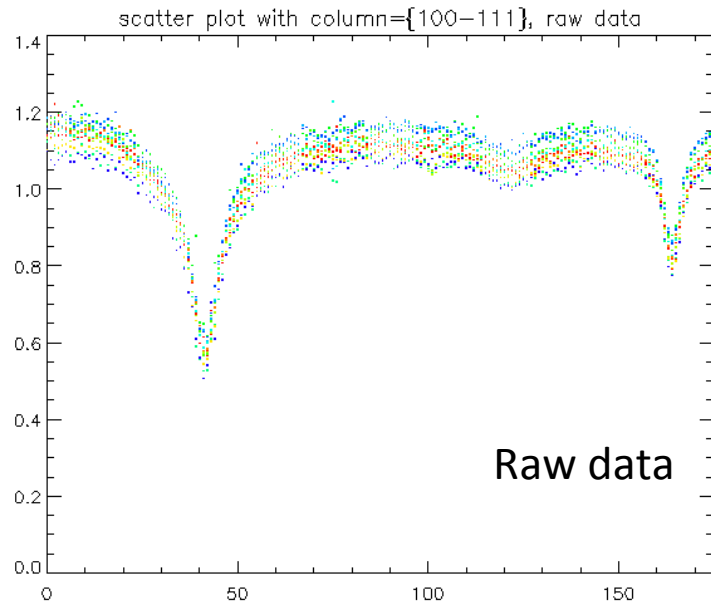
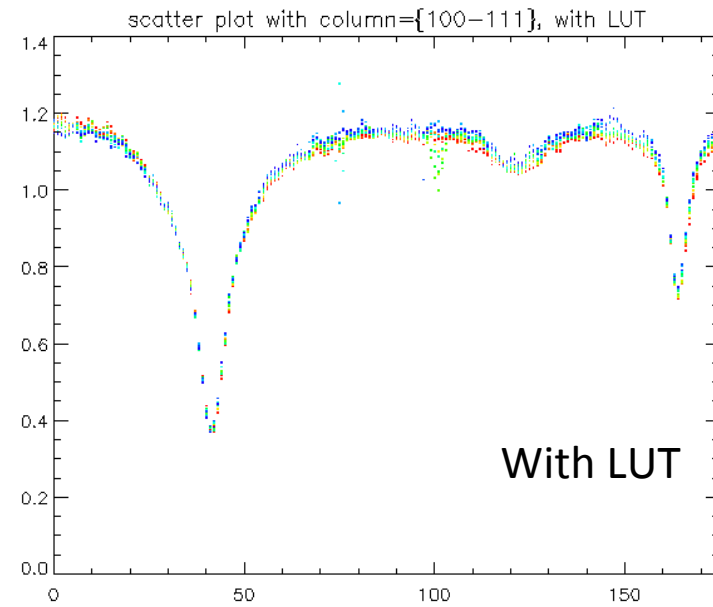
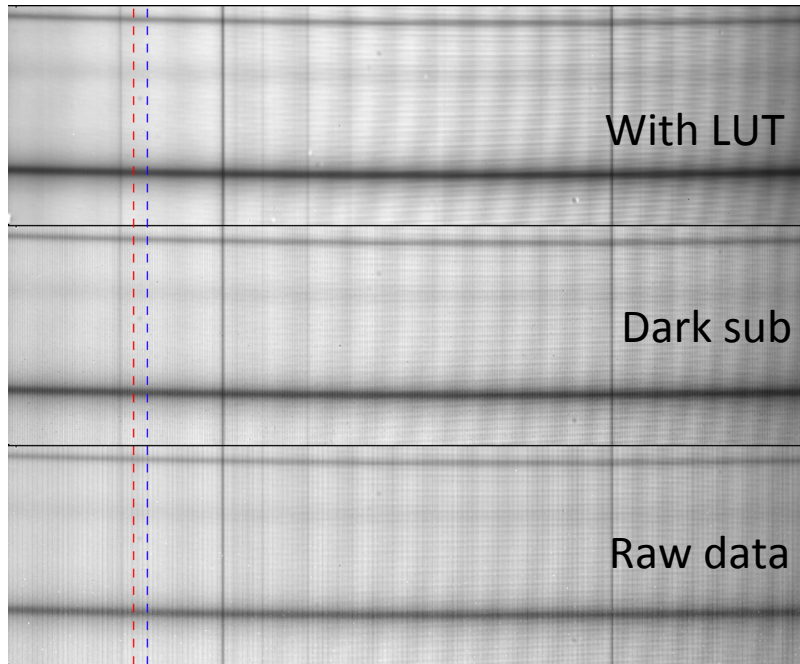


- 上段は、下段のそれぞれのグラフの低カウント側拡大。観測で使用するはこのレンジ。

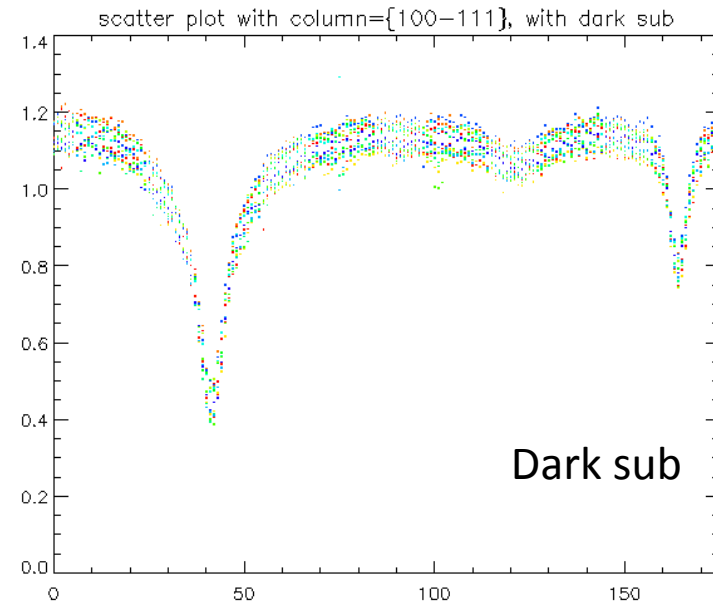
非線形感度補正曲線適用例 (カメラ-B, 250K, 10ms, ROI Y=[96:271])



100th-111thカラム(4レジスタx3周期)の範囲のスペクトル散布プロット



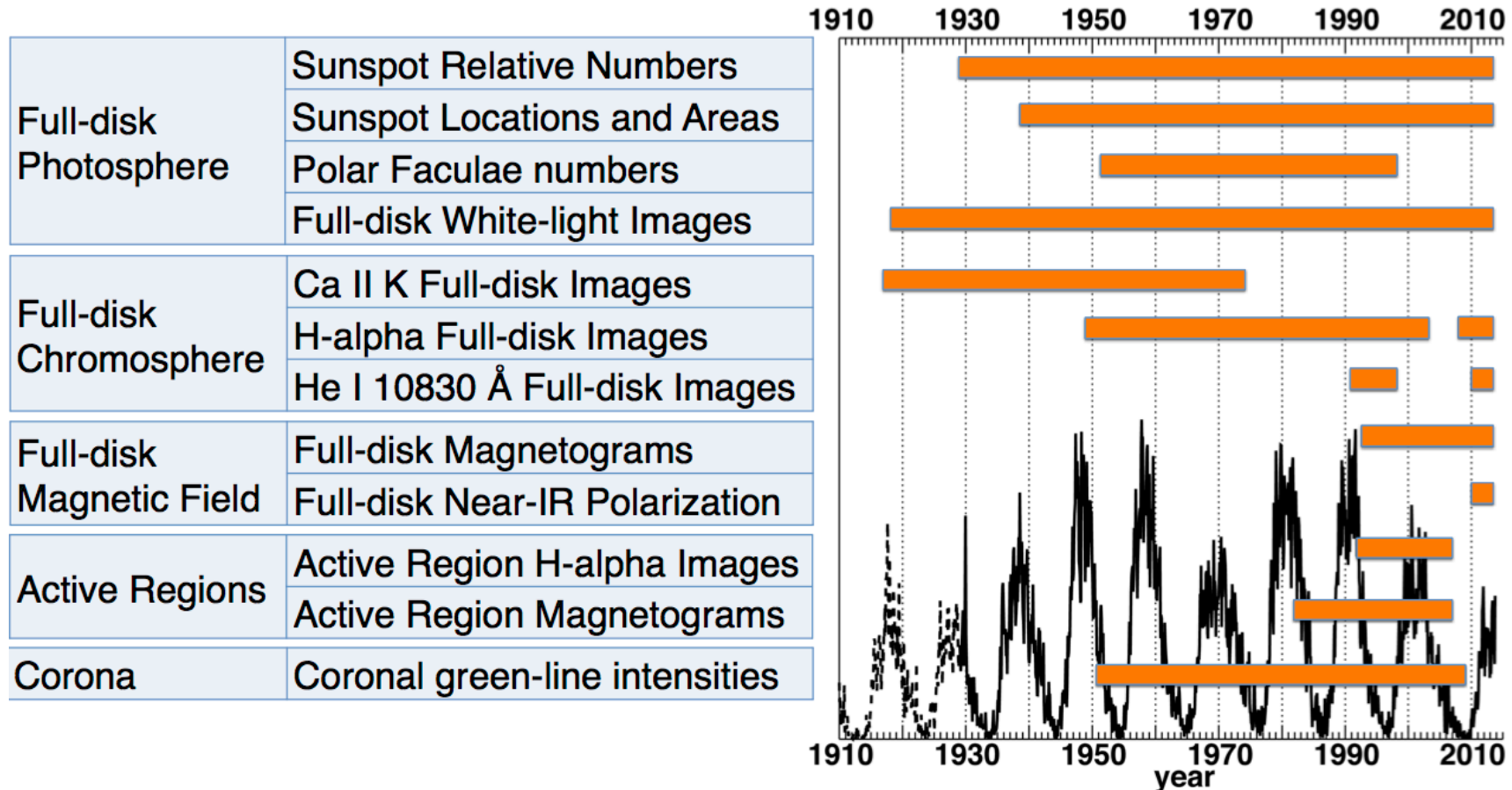
向



太陽データベースとメタデータ提供状況

国立天文台 太陽観測所 太陽活動データベース

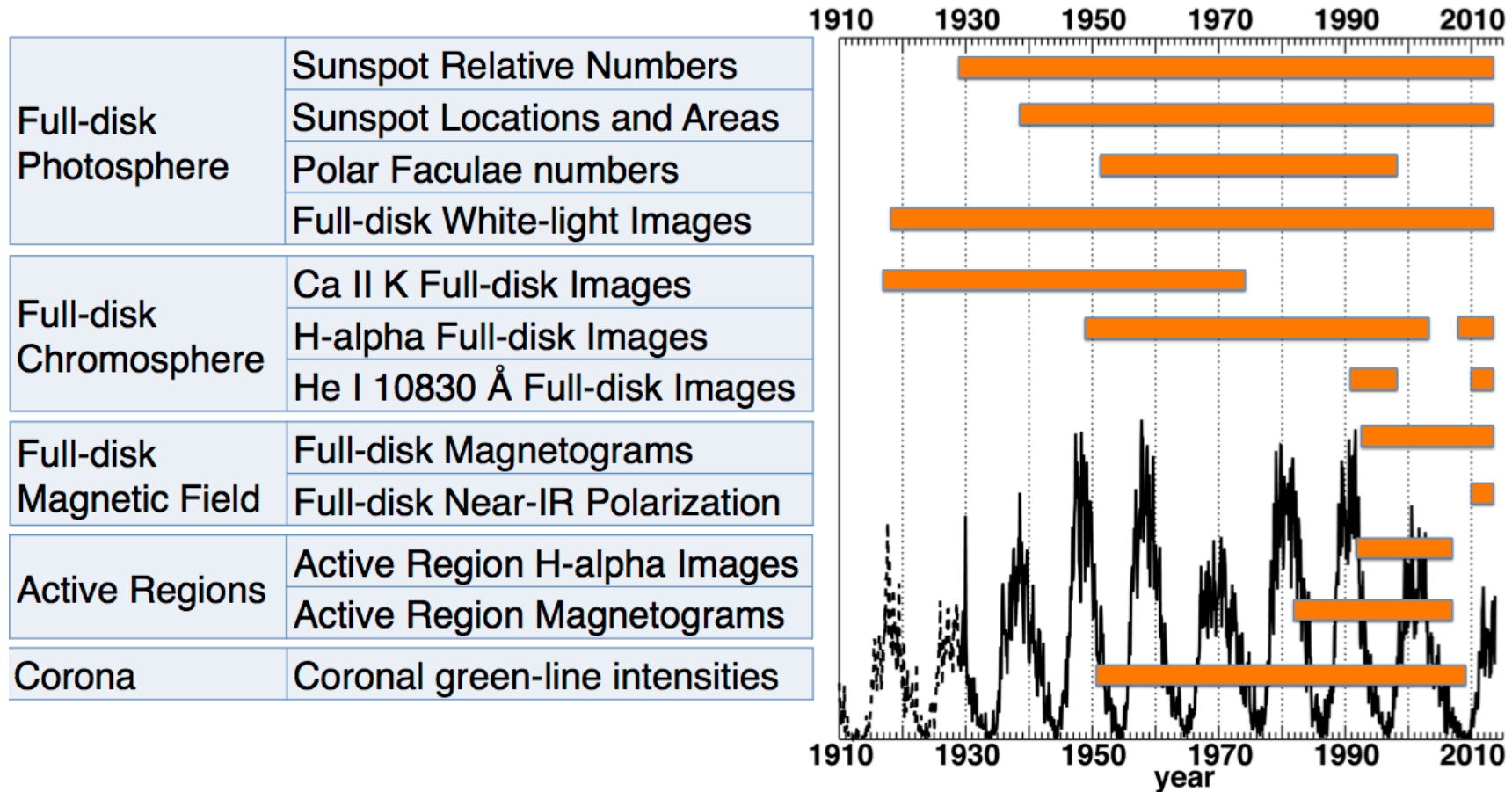
<http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/database.html>




- 1910年代より10太陽活動周期にわたるデータを蓄積。データベースとして整備。
- CCD撮像画像、写真(乾板、フィルム)、スケッチ、指標などにより構成。アナログデータはデジタイズ済。メタ情報を可能な限り付加(ファイル名、レジエント、fits headerなど)
- 太陽観測所HPにて公開。データの一部はカレンダー形式のブラウザページを持つ。
- 検索システムはない。

国立天文台 太陽観測所 太陽活動データベース

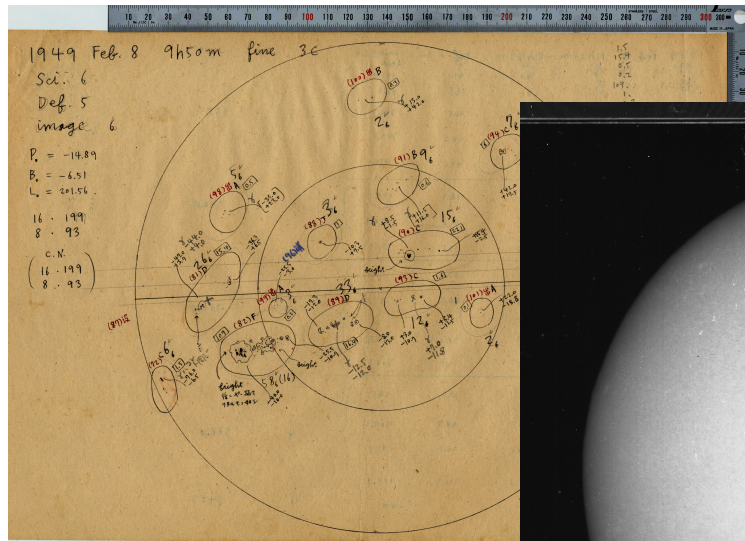
<http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/database.html>



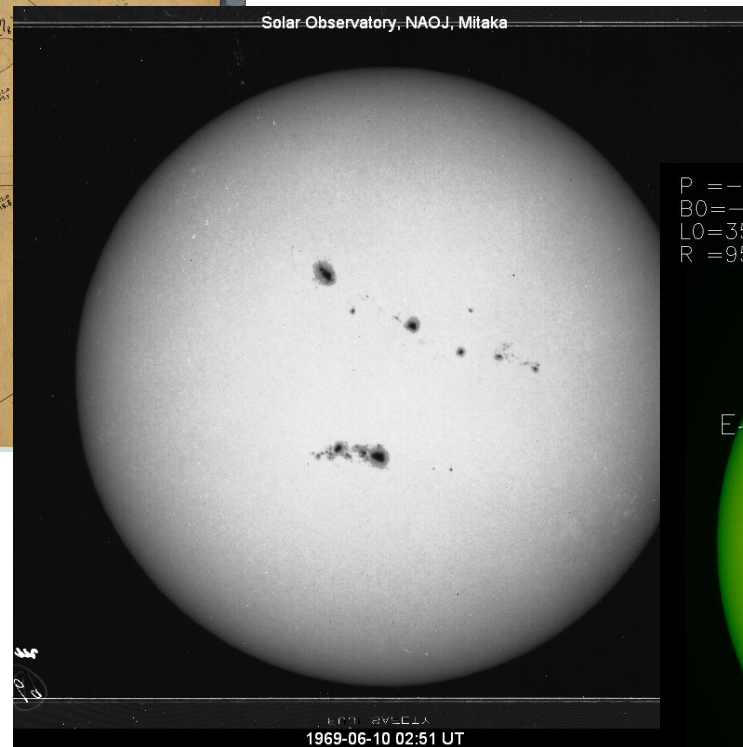
- 1910年代より10太陽活動周期にわたるデータを蓄積。データベースとして整備。
- CCD撮像画像、写真(乾板、フィルム)、スケッチ、指標などにより構成。アナログデータはデジタイズ済。メタ情報を可能な限り付加(ファイル名、レジェンド、fits headerなど)
- 太陽観測所HPにて公開。データの一部はカレンダー形式のブラウザページを持つ。
- 検索システムはない  IUGONETとの連携

国立天文台 太陽観測所 太陽活動データベース

太陽光球: 太陽全面白色光像

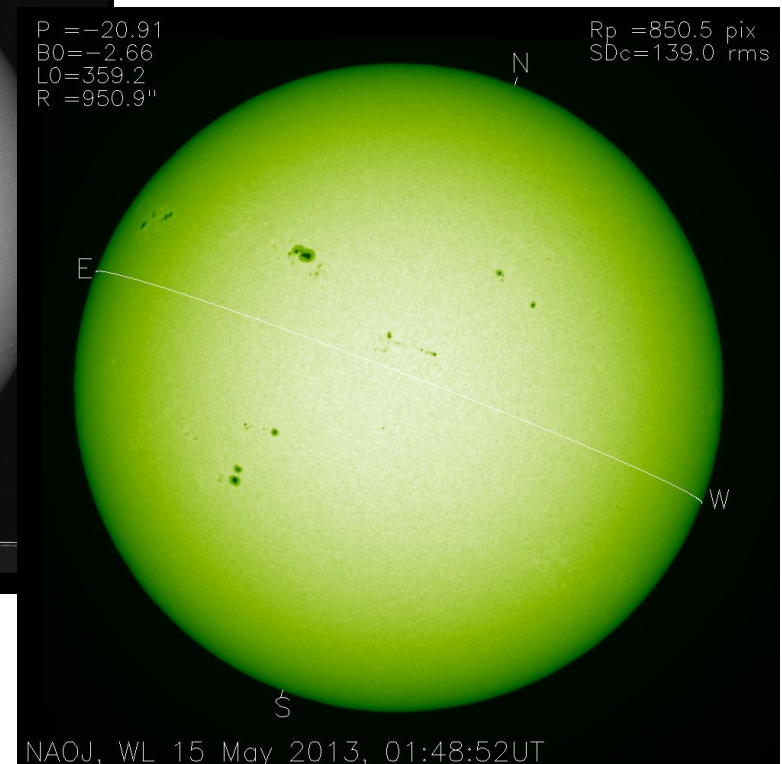


黒点スケッチ



写真フィルム

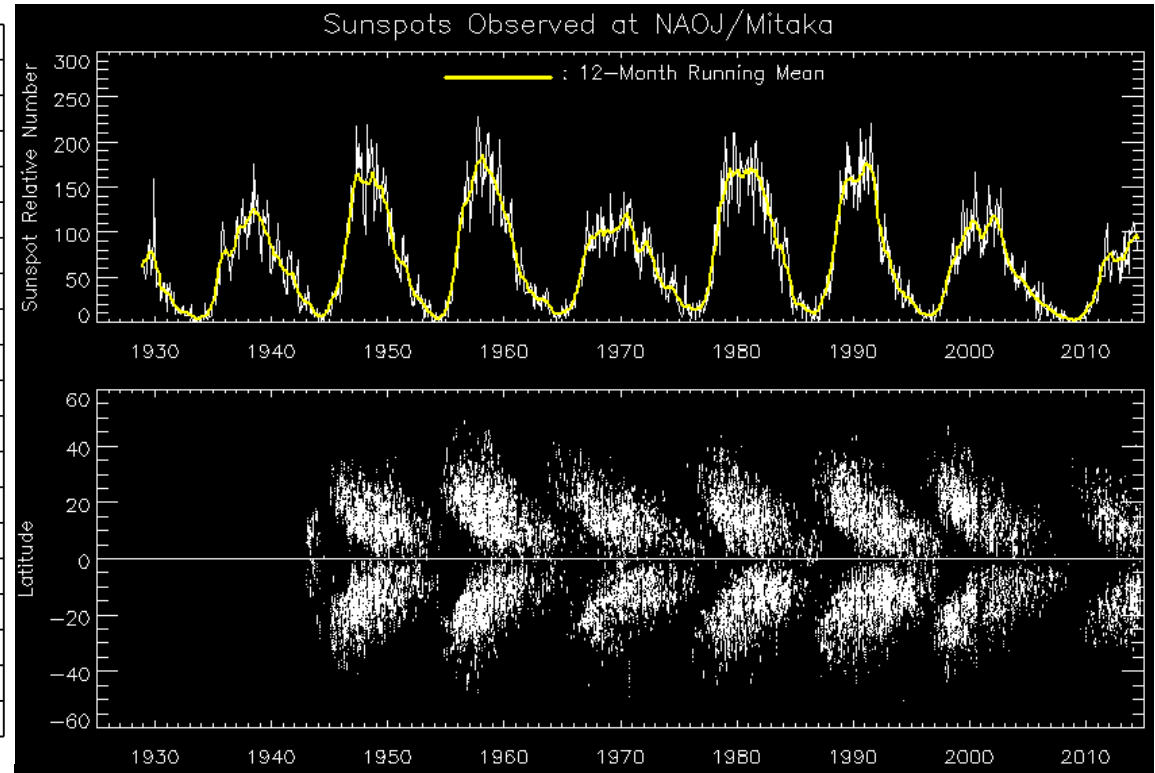
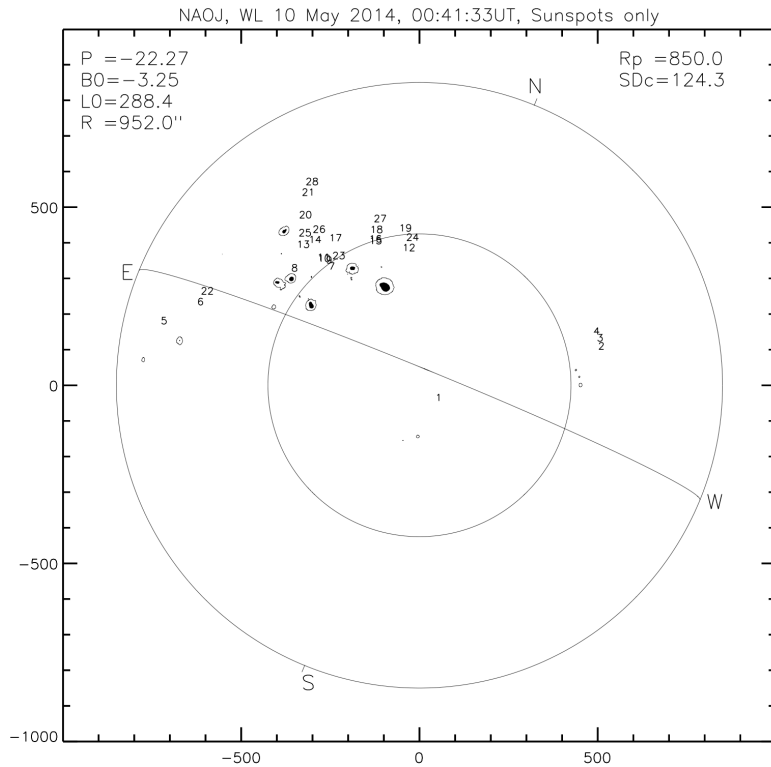
CCD 撮像 (現行システム)



- 1918 年より開始。10太陽活動周期にわたる画像を蓄積。時代により、写真乾板、写真シートフィルム、CCD カメラ(1998-)を使用。IUGONETへは CCD データのメタデータを提供。QL のみ登録完了 (2010.1.1. - 2015.8.16.)

国立天文台 太陽観測所 太陽活動データベース

太陽光球: 黒点相対数



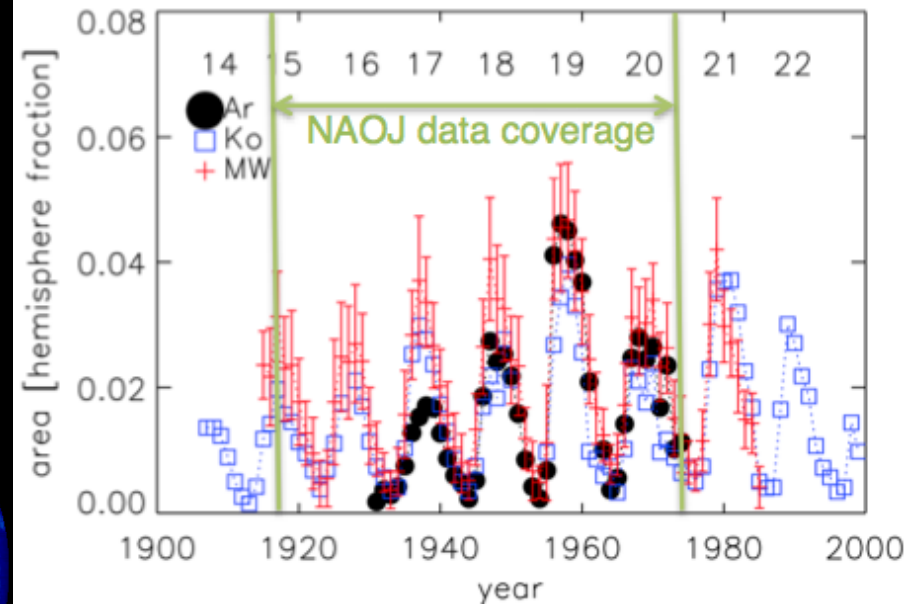
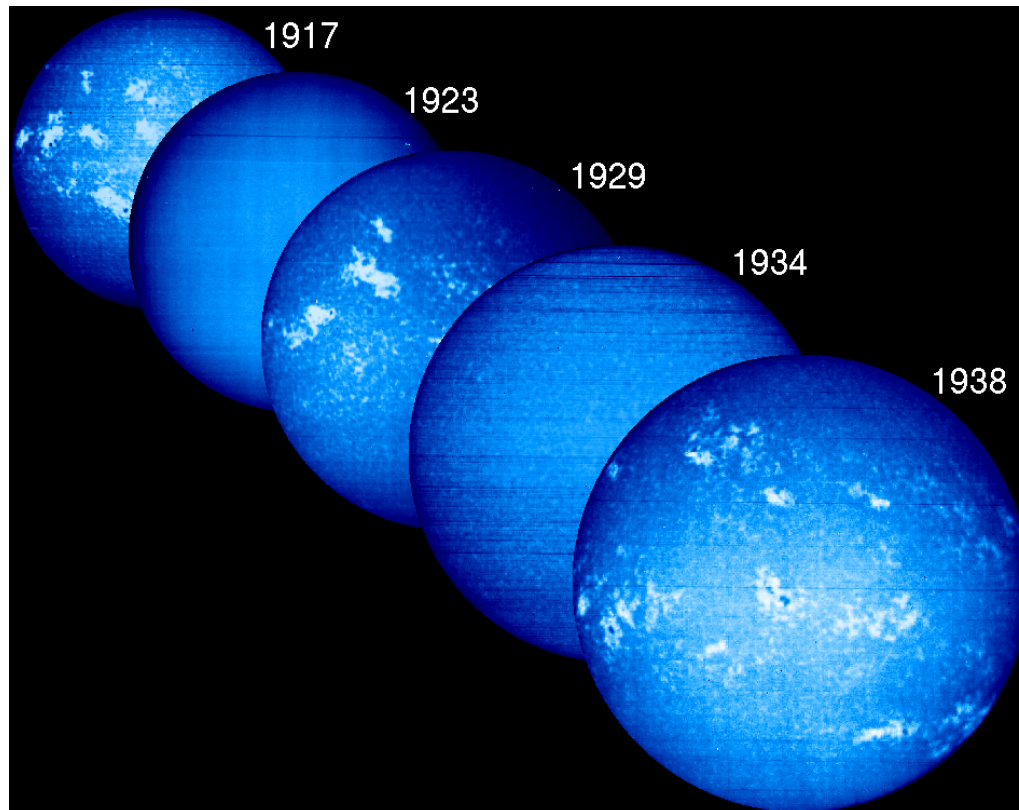
前項太陽光球画像より黒点の、位置、面積、明るさ、数、を自動抽出。観測者が群分けし、指標として記録。

黒点相対数(上)・蝶型図(下)

- 太陽全面白色光像では、各時代にて黒点群の情報の指標も抽出し、蓄積してきた(1929年より)。現行システムでは、自動化が進み、デジタル取得画像をコンピュータ処理の上、観測者が群分け、黒点相対数を計算、蓄積する。IUGONET 未登録。

国立天文台 太陽観測所 太陽活動データベース

太陽全面彩層: 太陽全面 Ca II K 像



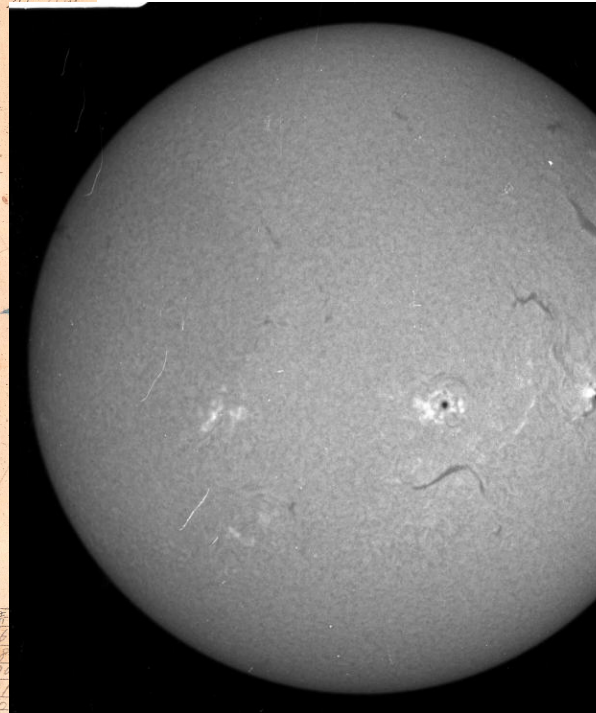
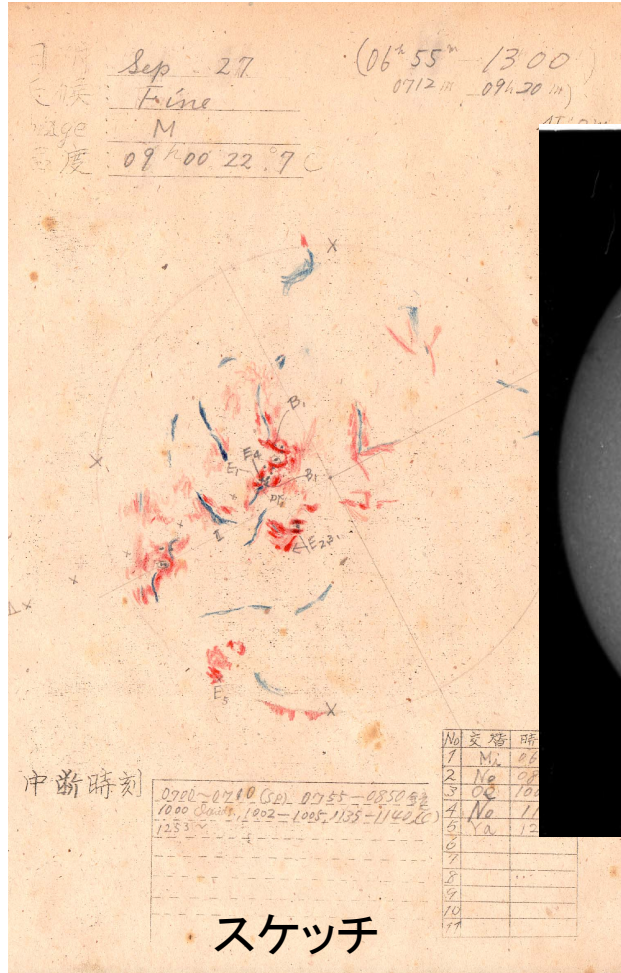
100 year Ca II K activity by Ermolli et al. (2009)
and NAOJ Ca II K data coverage

Examples of full-Sun CaII K images taken by NAOJ

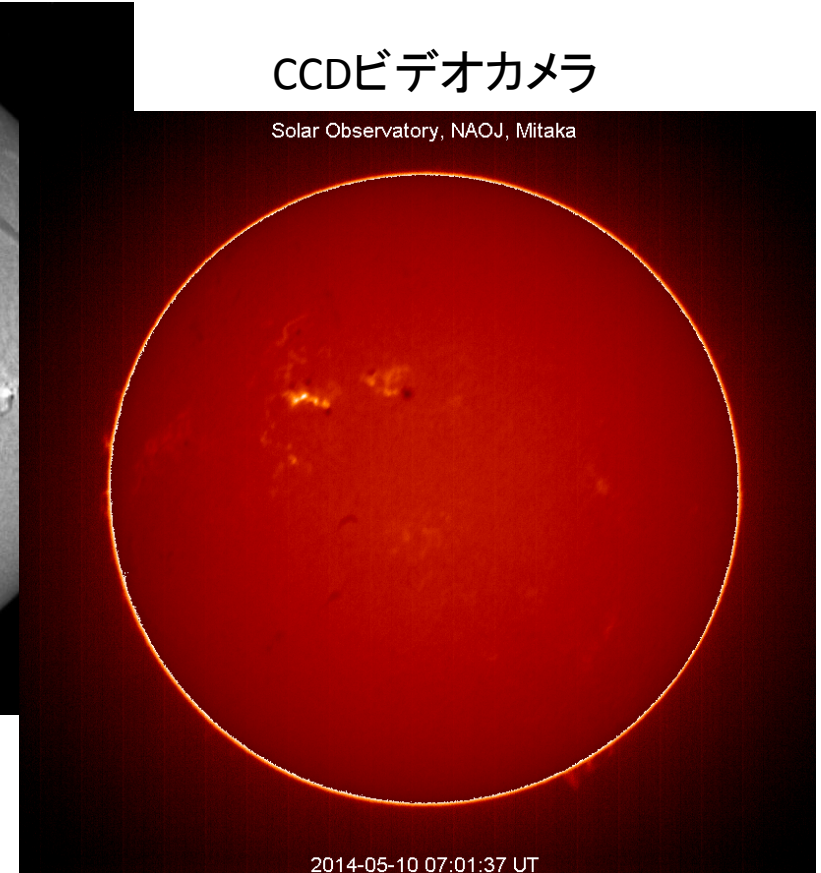
- 1917年～1974年までの6太陽活動周期にわたり、画像を蓄積。
- Ca II Kでの増光は、彩層ガスの温度上昇に対し敏感であり、プラージュの分布は、太陽表面での磁場が強い領域(かつ黒点を形成しなかった領域)の情報を与えると期待される。
- 光量校正を行うための基礎データが取得されていない。[IUGONET 未登録](#)

国立天文台 太陽観測所 太陽活動データベース

太陽全面彩層: 太陽全面 H α 像



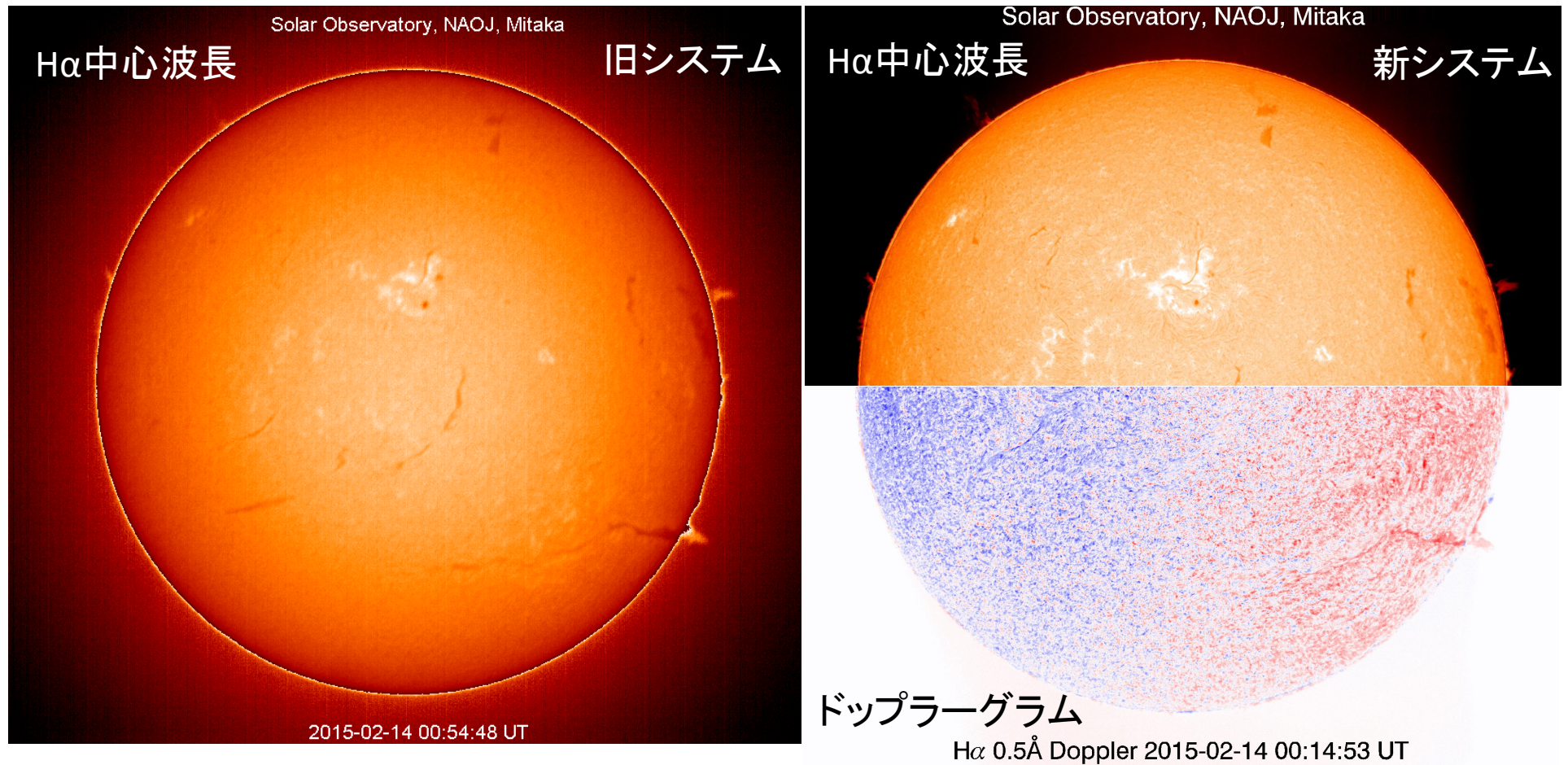
写真フィルム



- 1949 年より開始。途中中断あり。5太陽活動周期をカバー。時代により、写真乾板、写真シートフィルム、CCD カメラ(2008-)を使用。IUGONETへは CCD データのメタデータを提供。QL のみ登録完了 (2010.1.1. - 2015.8.16.)

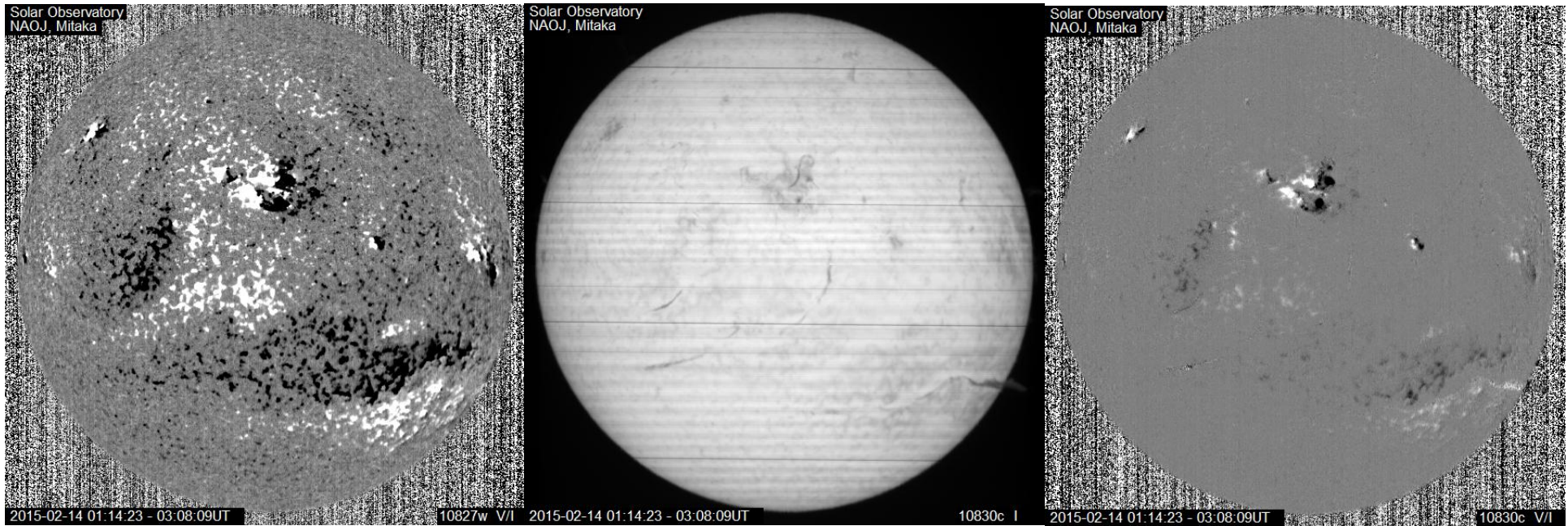
国立天文台 太陽観測所 太陽活動データベース

太陽全面彩層: 太陽全面 H α 像



- 左: 口径4.5cm H α 自動フレアパトロール望遠鏡データ (1036x779 pix CCDカメラ)
 - 右: 口径15cm (対物絞りにて12.5cm) SFT T1 H α 望遠鏡データ (2000x2000 pix CCDカメラ)
- 新システム(右側: 2011-) ではドップラー成分も取得。京都大学附属天文台 SMART T1 と Data coverage に於いて相補的 (天候、不調など)。[IUGONET 登録予定](#)。

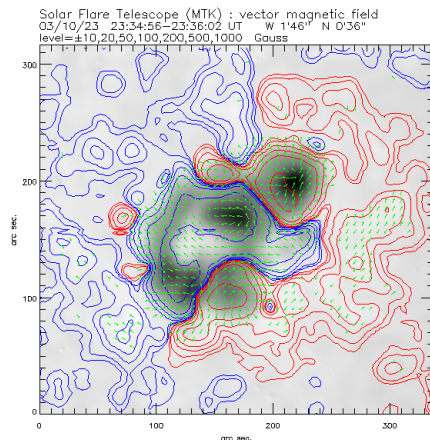
国立天文台 太陽観測所 太陽活動データベース 太陽表面ベクトル磁場情報: 光球, 彩層



SFT IrMag 光球面磁場マップ

SFT IrMag He I 強度マップ

SFT IrMag 彩層磁場マップ



- 国立天文台では1982年より太陽表面磁場情報の取得を始めている。現行の主力観測装置はフレア望遠鏡 赤外偏光分光観測装置であり、太陽全面にわたり、光球、及び彩層のベクトル磁場計算のための偏光分光観測データを取得している (2010 -)。**QLのみ登録完了 (2010.4.18. -2015.8.16.)**
機器校正手法の確定後、順次サイエンスデータ、機器校正データ、校正手法を当データベースに登録。

国立天文台太陽観測所公開データ

太陽活動データベース

<http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/database.html>

データベースカレンダー

	太陽フレア望遠鏡 観測状況 (1992～)	各種観測装置
白色光全面観測		黒点相対数 (1929～) 黒点スケッチ (1938～1998) 極域白斑数値 (1951～1998) 白色光全面像 (1918～1998) 白色光全面像 (1998～)
Ca K線全面観測		Ca K線全面画像 (1917～1974)
H α 全面観測	H α 線全面画像 (2011～)	H α 線全面画像 (1949～) H α 線フレア観測 (1958～2002)
He 10830Å 全面観測	全面画像 (赤外マグネトグラフ 2010～)	全面画像 (乗鞍25cmコロナグラフ 1991～1998)
太陽全球磁場	偏光画像 (赤外マグネトグラフ 2010～)	磁場マップ (STEP 1993～2011)
活動領域磁場	ベクトル磁場マップ (1992～2007)	ベクトル磁場マップ (岡山 1982～ 1995)
活動領域H α 線	H α 線部分画像 (1992～2007)	
5303Å コロナ緑線輝度		測定値 (乗鞍10cmコロナグラフ 1951～2009)
コロナグラフ撮像観測		コロナ画像 (乗鞍10cmコロナグラフ 1978～2009)

国立天文台太陽観測所公開データ

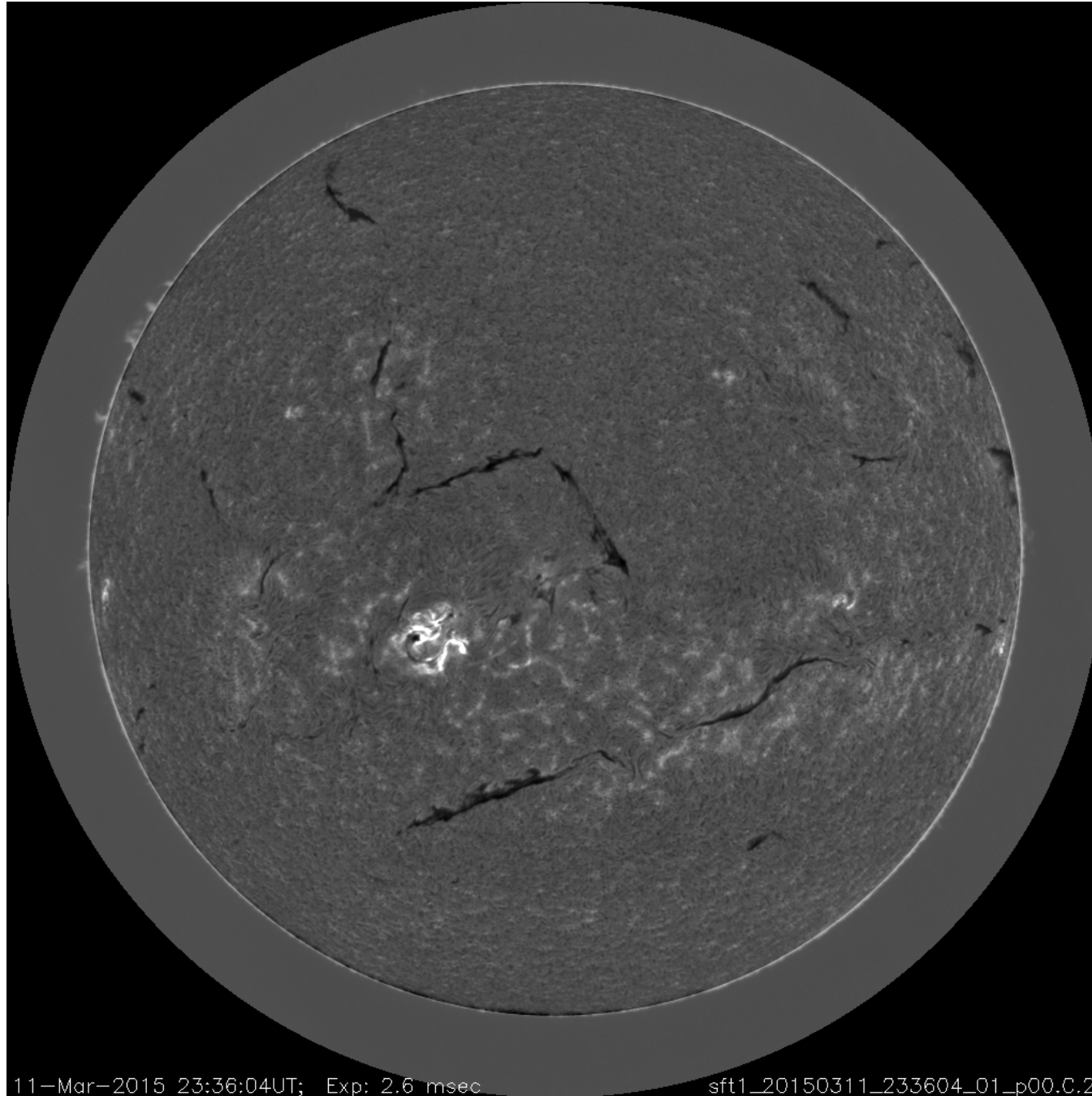
太陽活動データベース

<http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/database.html>

データベースカレンダー

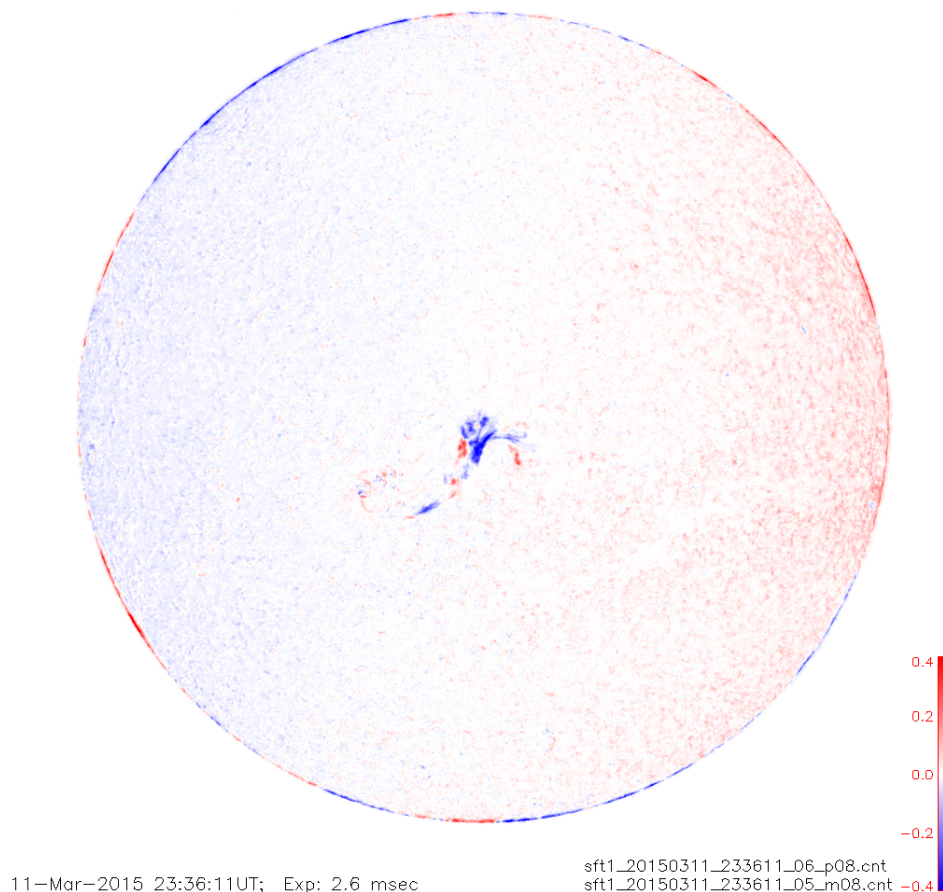
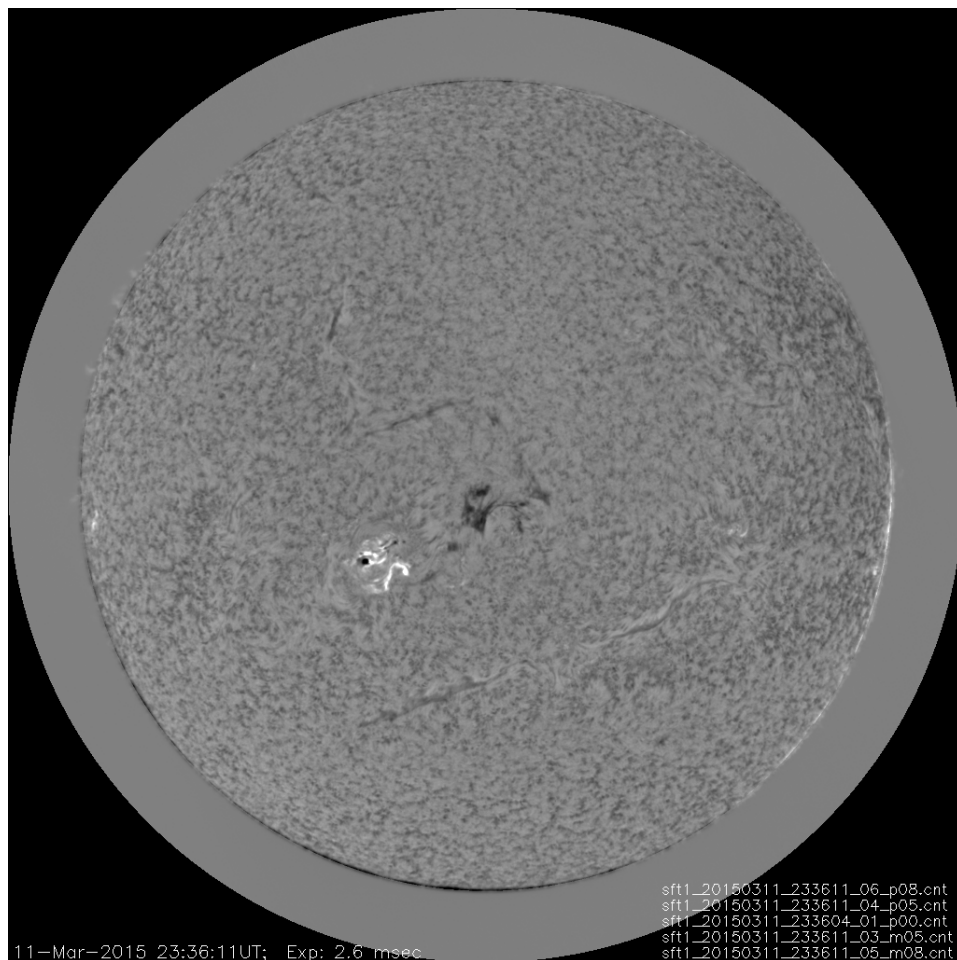
	太陽フレア望遠鏡 観測状況 (1992～)	各種観測装置
白色光全面観測	赤: 現在 QL のみメタデータ公開 緑: メタデータ公開予定	黒点相対数 (1929～) 黒点スケッチ (1938～1998) 極域白斑数値 (1951～1998) 白色光全面像 (1918～1998) 白色光全面像 (1998～)
Ca K線全面観測		Ca K線全面画像 (1917～1974)
H α 全面観測	H α 線全面画像 (2011～)	H α 線全面画像 (1949～) H α 線フレア観測 (1958～2002)
He 10830Å 全面観測	全面画像 (赤外マグネトグラフ 2010～)	全面画像 (乗鞍25cmコロナグラフ 1991～1998)
太陽全球磁場	偏光画像 (赤外マグネトグラフ 2010～)	磁場マップ (STEP 1993～2011)
活動領域磁場	ベクトル磁場マップ (1992～2007)	ベクトル磁場マップ (岡山 1982～ 1995)
活動領域H α 線	H α 線部分画像 (1992～2007)	
5303Å コロナ緑線輝度		測定値 (乗鞍10cmコロナグラフ 1951～2009)
コロナグラフ撮像観測		コロナ画像 (乗鞍10cmコロナグラフ 1978～2009)

国立天文台フレア望遠鏡 H α 太陽全面像望遠鏡観測例



京都大学理学研究科附属天文台
SMART T1 H α 太陽全面望遠鏡と
Data coverage に於いて相補的
(天候、不調など)

国立天文台フレア望遠鏡 H α 太陽全面像望遠鏡観測例



京都大学理学研究科附属天文台 SMART T1 H α 太陽全面望遠鏡と
Data coverage に於いて相補的 (天候、不調など)

まとめ (1/2)

- 2015年2月から7月にかけて、国立天文台太陽観測所主力観測装置である 太陽フレア望遠鏡の 3本の望遠鏡のバックエンドをそれぞれ改修した。このうち、赤外分光ポラリメータの改修は大掛かりなもので、現在も微調整中だが、定常観測は再開。性能は cadence で2倍に向上した。
- Observatory, Instrument, Person, Repository, DisplayData のメタデータに関しては、ver. 1.04 準拠のメタデータを作成、登録済み。
- Granule に関しては、フレア望遠鏡 T2 赤外偏光ポラリメータ、太陽全面視線方向磁場マップ、4cm H α 自動フレアパトロール望遠鏡 H α 太陽全面像、10cm 黒点望遠鏡 太陽全面白色光像については、QL のみ、IUGONET schema ver. 1.04 準拠のメタデータを作成、登録。(2010.1.1. -2015.8.16.)

まとめ (2/2)

- $H\alpha$ 太陽全面像に関しては、より新型で精度の良い、フレア望遠鏡 T1 観測データの QL, fits (サイエンスデータ) の公開が既に当観測所「太陽活動データベース」にて行われているので、順次 IUGONET 経由でも公開する。
- 10cm 黒点望遠鏡 太陽全面白色光像についても、fits 形式のサイエンスデータが当観測所データベースにて公開されているので、IUGONET 経由でも順次公開していく。
- その他の観測機器のデータに関しては、fits 化が完了次第、IUGONET 経由でも順次公開していく。赤外分光ポラリメータに関しては、カメラの校正が完了し、だいぶ目処がたって来た。