

宇宙天気ミニ講座 (太陽編)

情報通信研究機構 電磁波研究所
電磁波伝搬研究センター 宇宙環境研究室
研究員 大辻 賢一

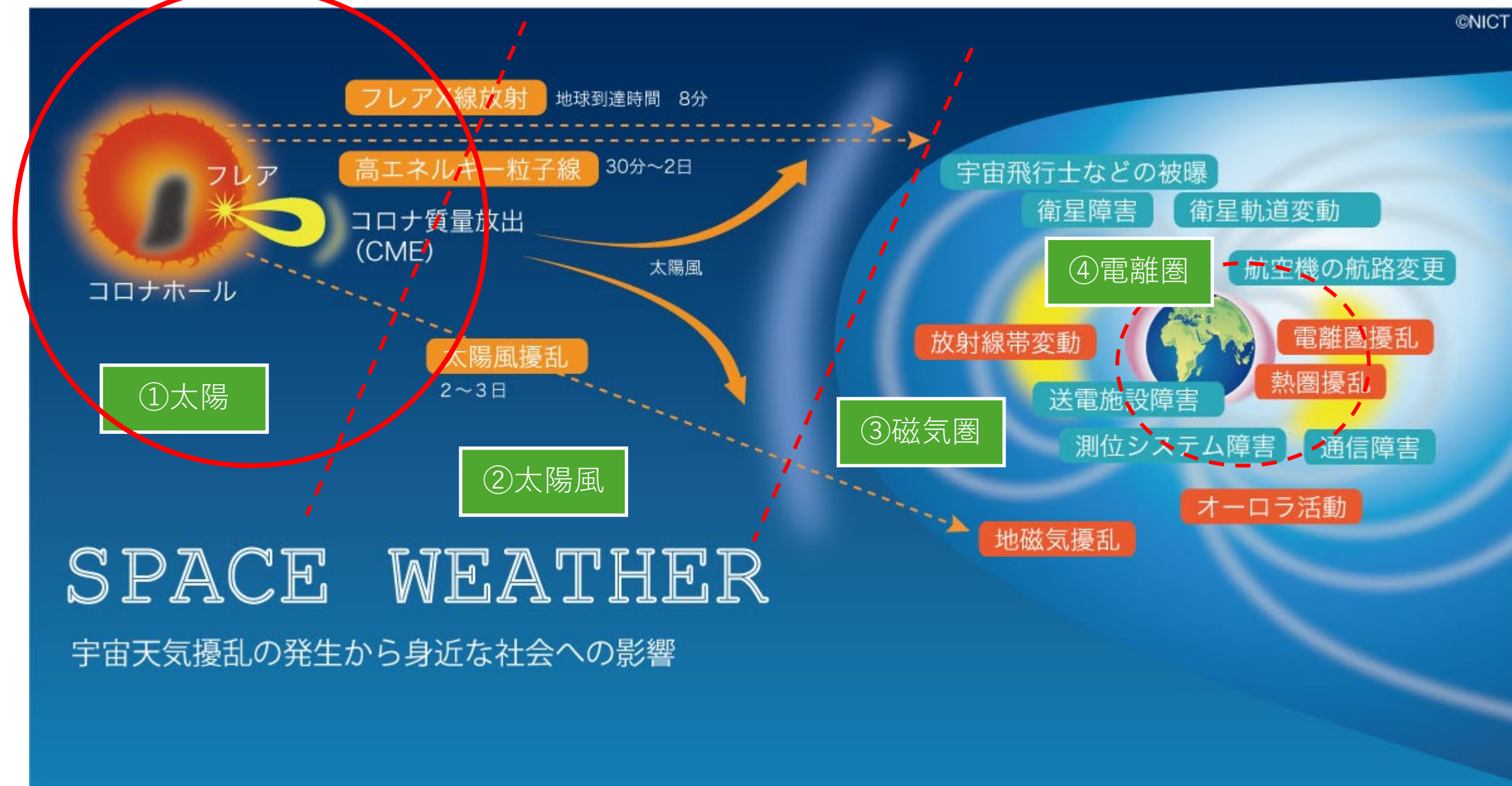
自己紹介

- 氏名：大辻 賢一（おおつじ けんいち）
- 所属：情報通信研究機構
電磁波研究所 電磁波伝搬研究センター
宇宙環境研究室 研究員
- 専門：太陽物理学
- 研究分野：
太陽における爆発現象である「**太陽フレア**」
およびそれらが地球に及ぼす影響を予測・予報
する「**宇宙天気予報**」



概要

- 2024年5月の大規模フレア現象について
 - 近年まれにみる大規模フレアが頻発した。
 - コロナガス（コロナ質量放出；CME）により、大規模な地磁気嵐が発生
 - 日本各地でデリンジャー現象や電離圏嵐、低緯度オーロラが観測
- NICTから発信される宇宙天気情報について解説
 - 太陽フレア情報について、注目する点を説明

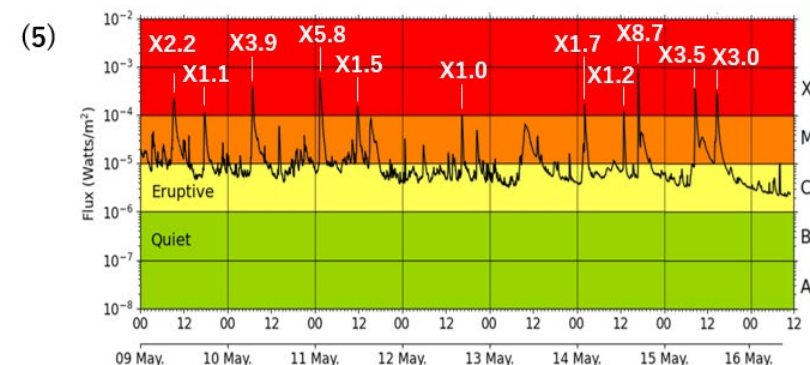
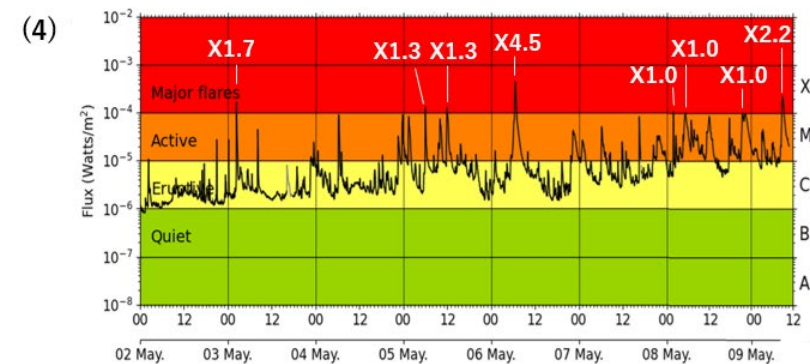
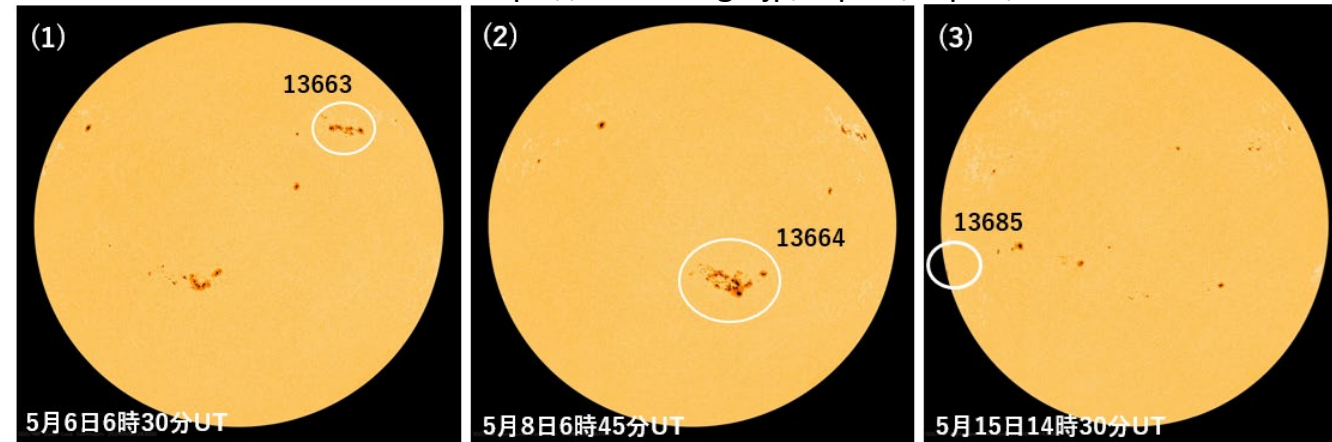


最近の大きな宇宙天気現象 2024年5月の大規模フレアと地磁気嵐

NICT宇宙天気予報トピックス

<https://swc.nict.go.jp/report/topics/202406071600.html>

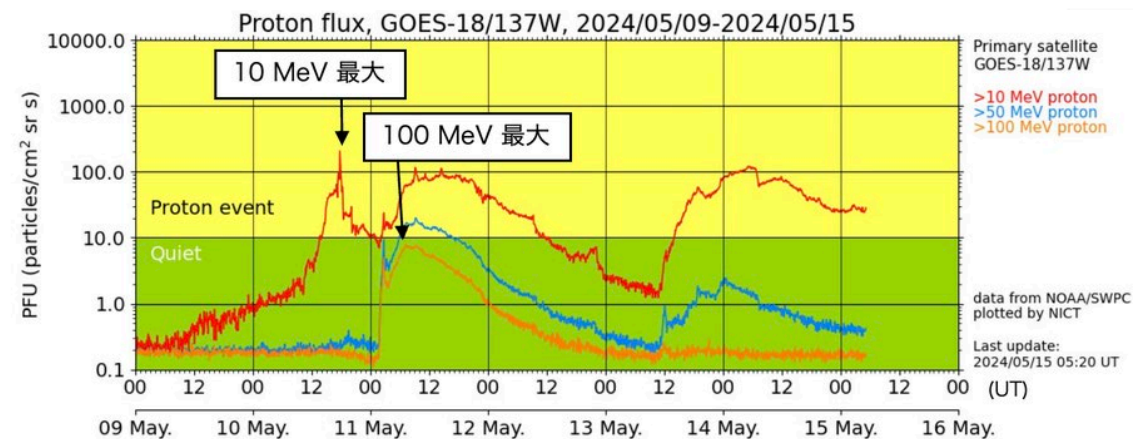
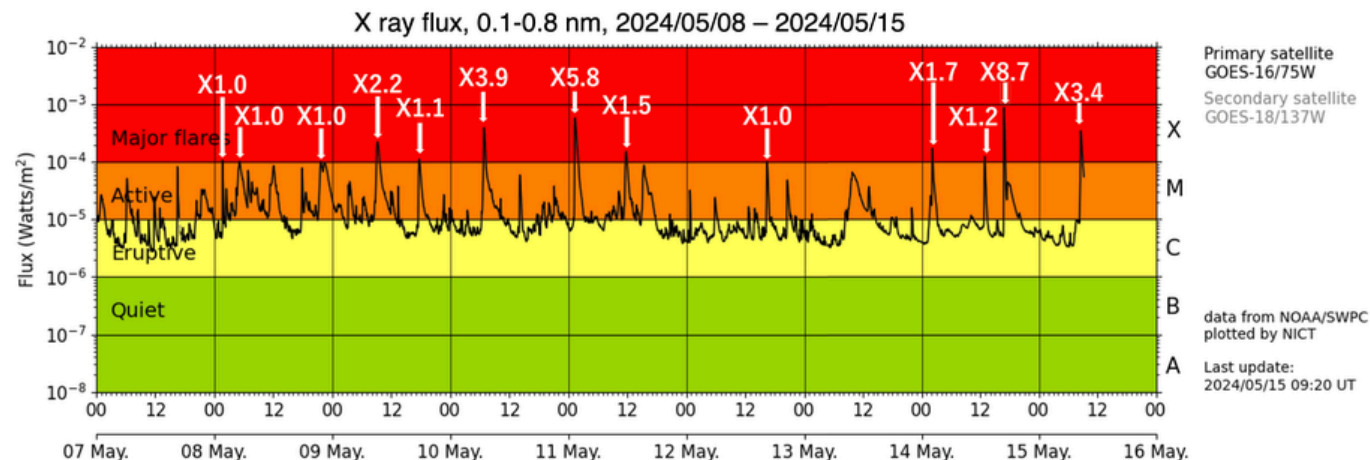
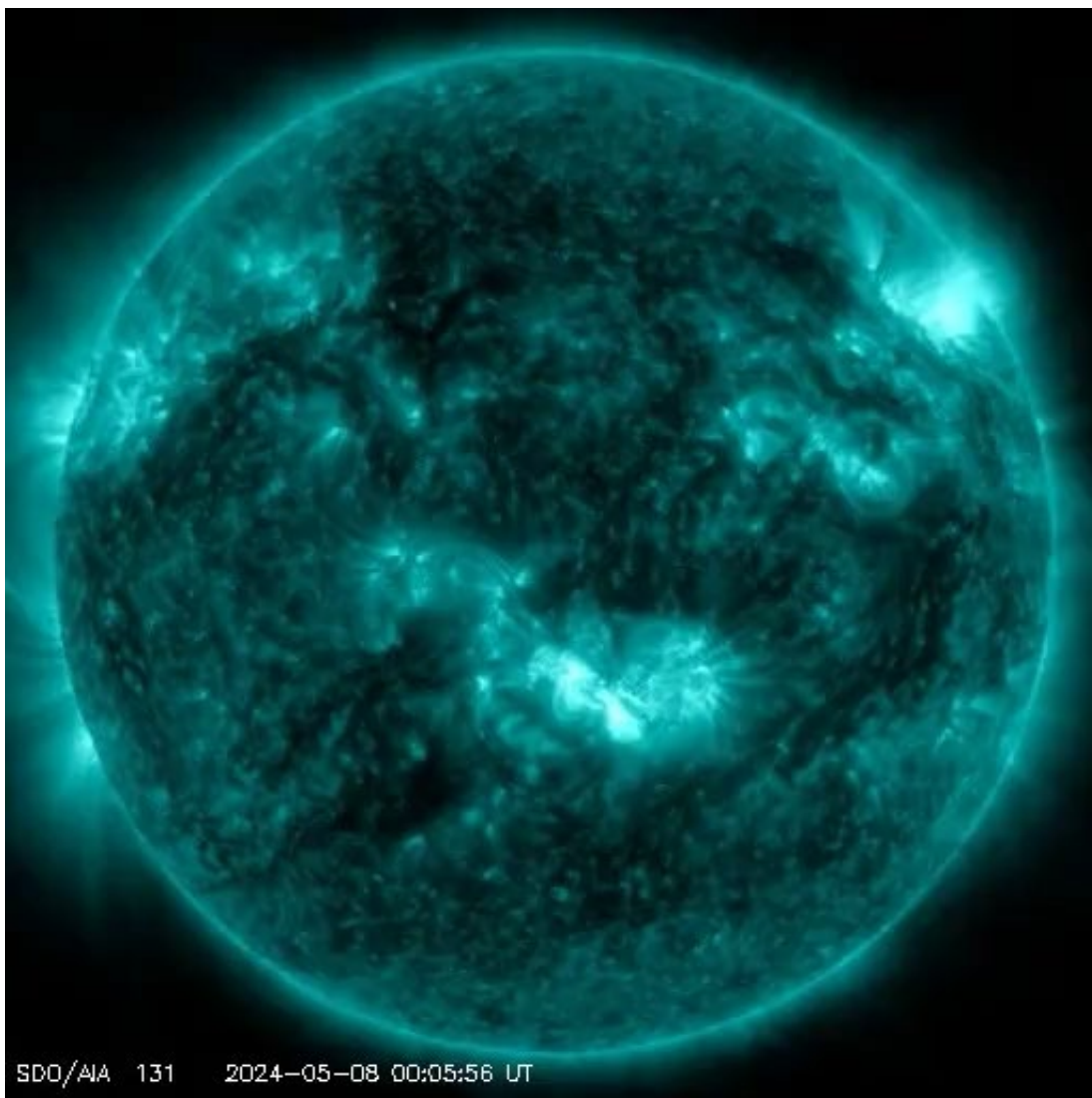
- 5月中に合計20回の大規模(Xクラス) **太陽フレア**が発生
- 活動領域13664では、今太陽活動サイクルで最大強度のX8.7を含む大規模太陽フレアが多数発生
- これらの太陽フレアに伴って放出されたコロナガス(コロナ質量放出; CME)により、大規模な地磁気嵐が発生
- 日本各地でデリンジャー現象や電離圏嵐、低緯度オーロラが観測



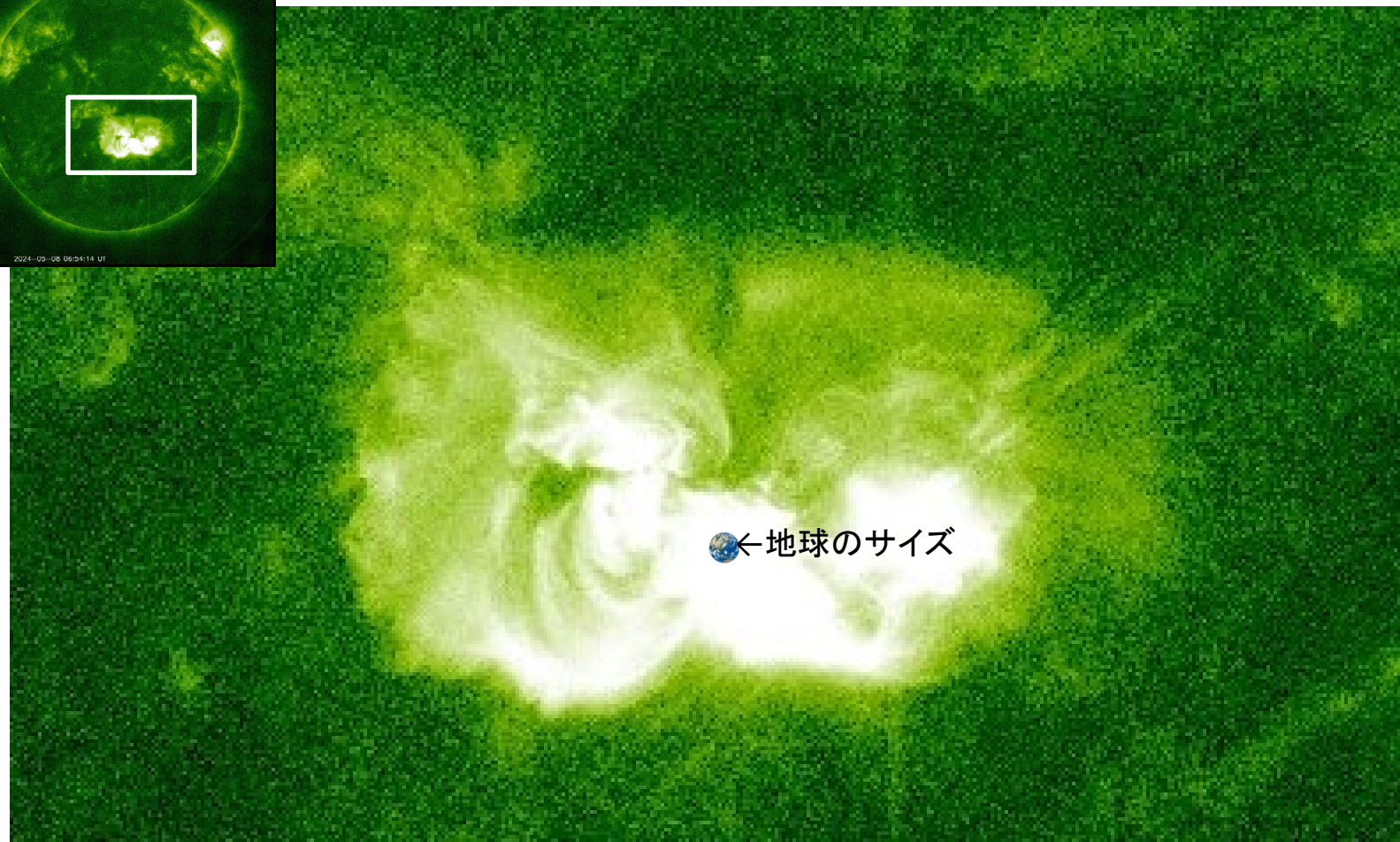
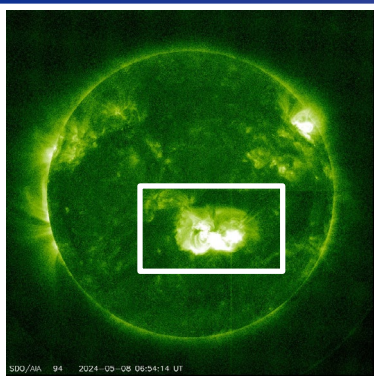
2024年5月8日から15日にかけての太陽活動

太陽の爆発現象 フレア

太陽からの放射(電波～X線、高エネルギー粒子)が短時間の間に急激に増大する現象。



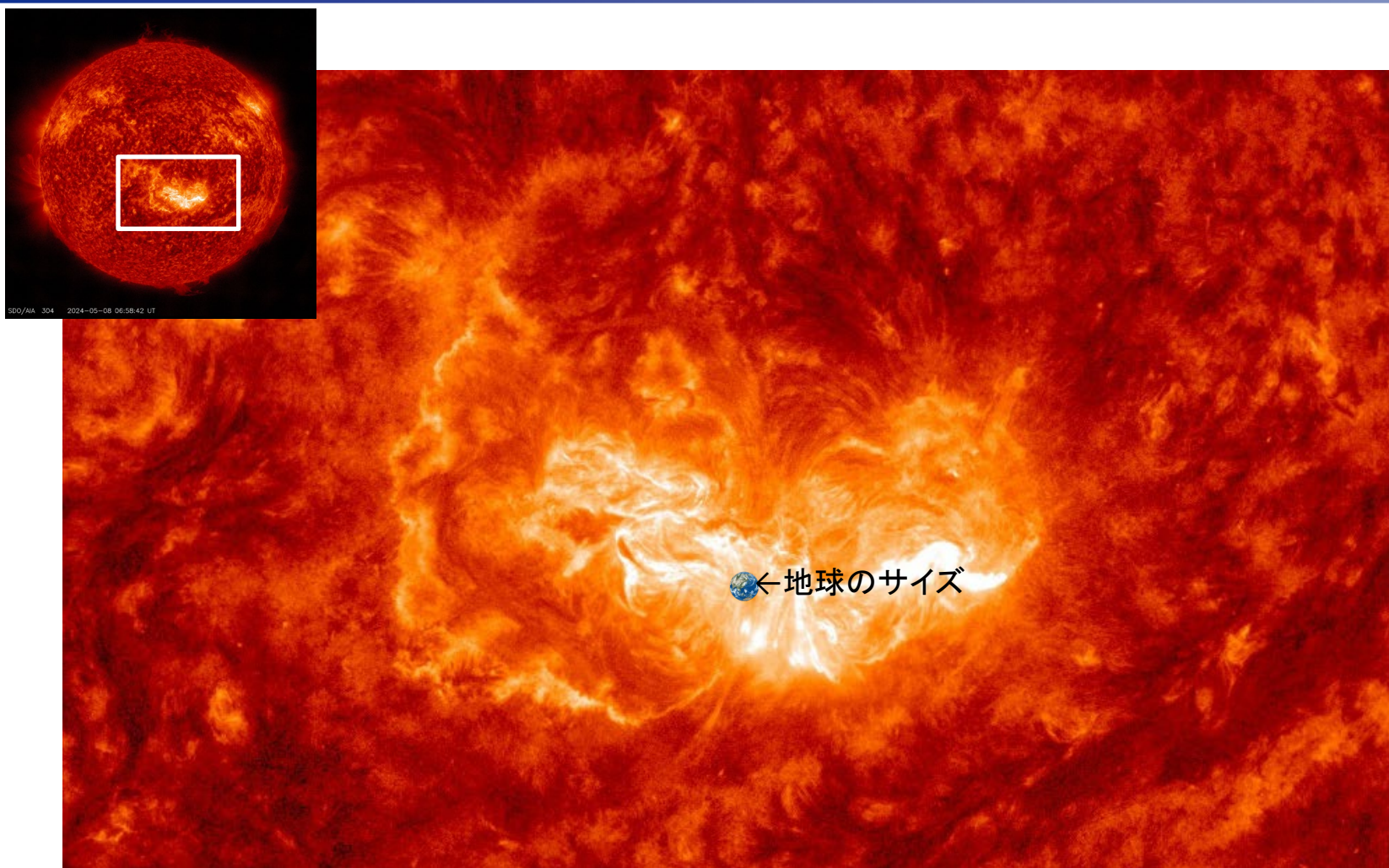
太陽フレアはどこで発生しているか



NASA/SDO

コロナ 100万度
高度 数1,000km～

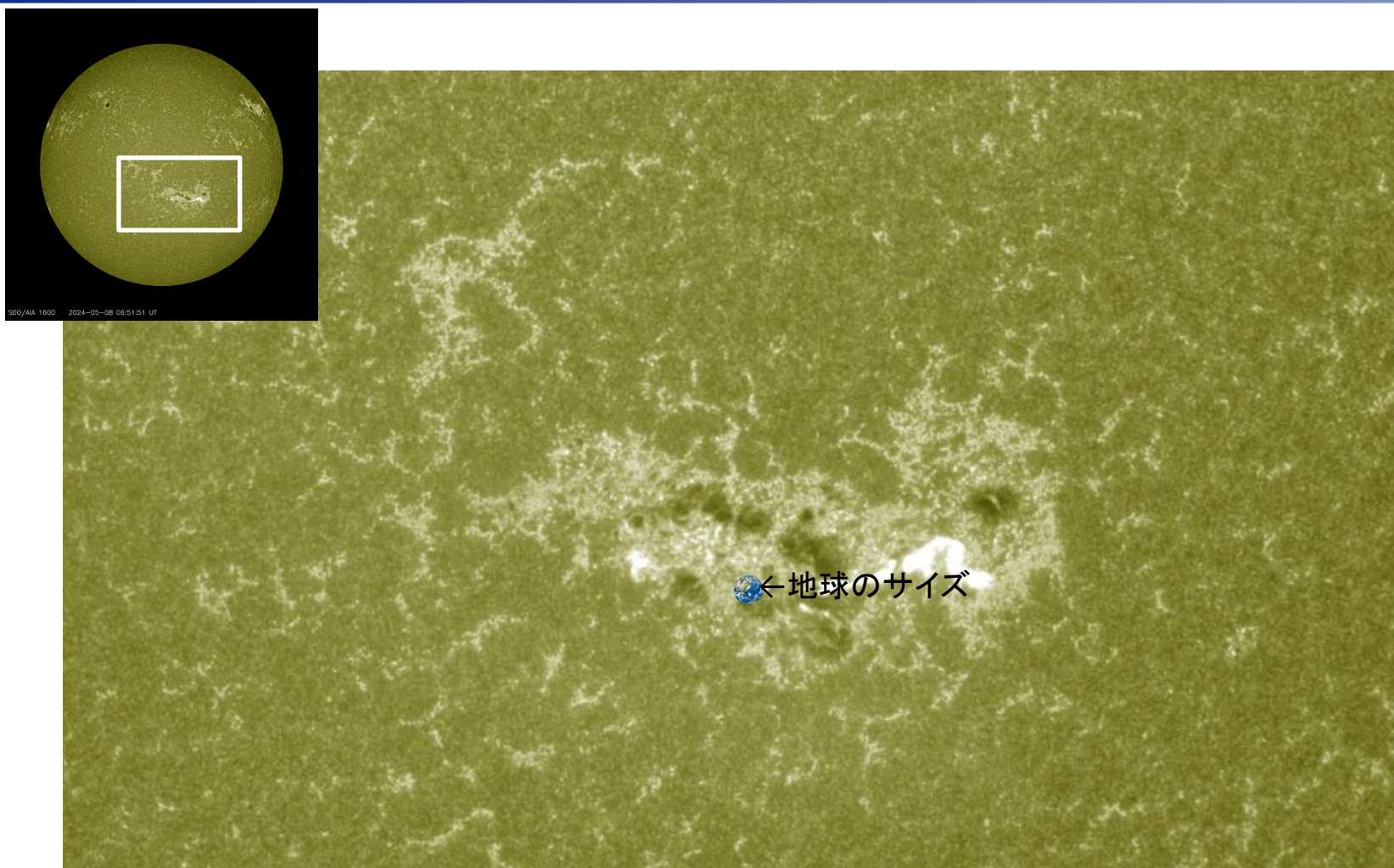
太陽フレアはどこで発生しているか



NASA/SDO

コロナ 100万度
↓高度 数1,000km～
彩層 1万度
高度 ～2,000km

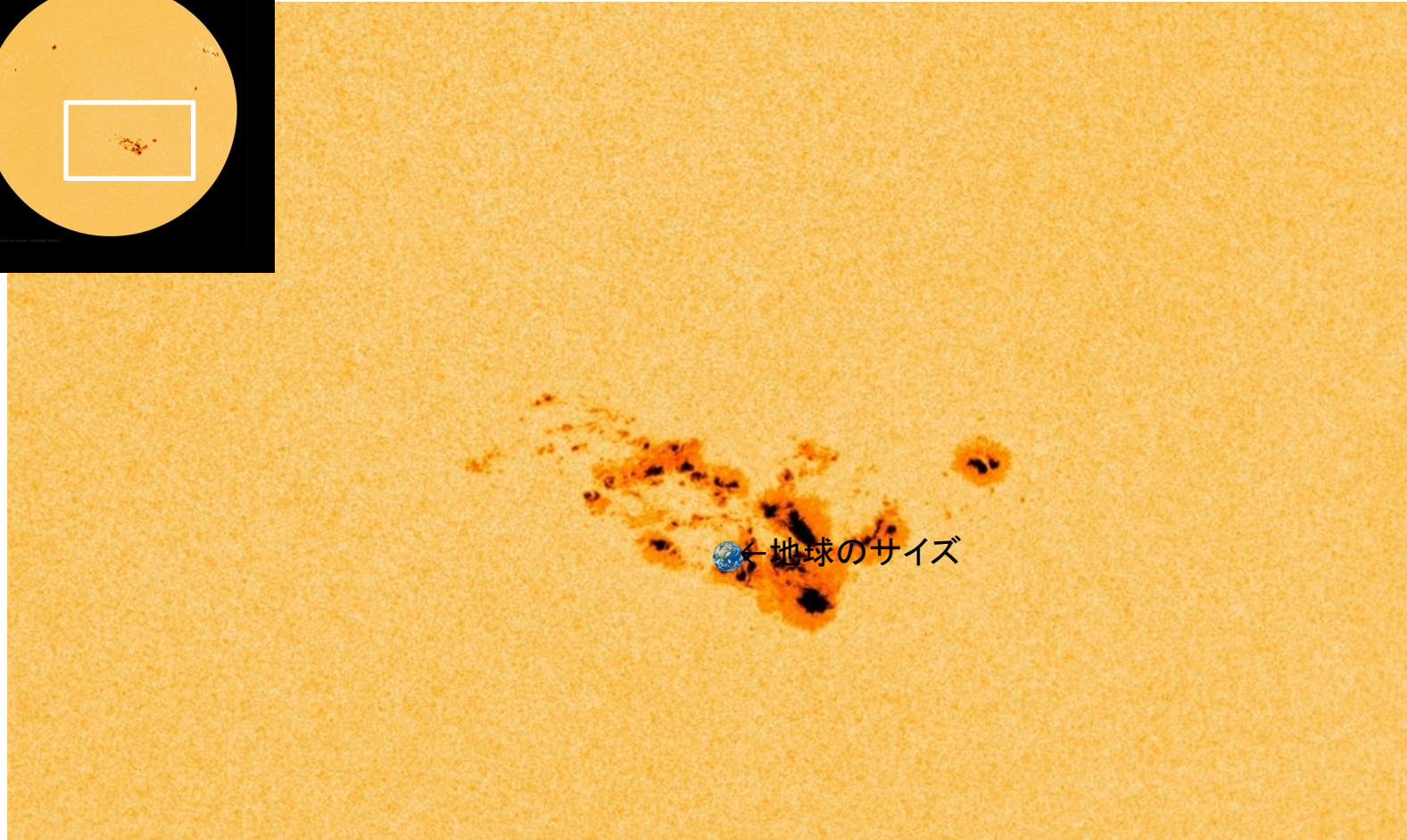
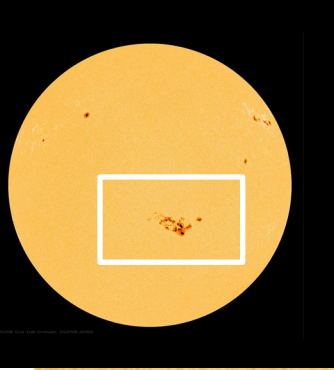
太陽フレアはどこで発生しているか



NASA/SDO

コロナ 100万度
↓高度 数1,000km～
彩層 1万度
↓高度 ～2,000km
光球上部 4,000度
高度 500km

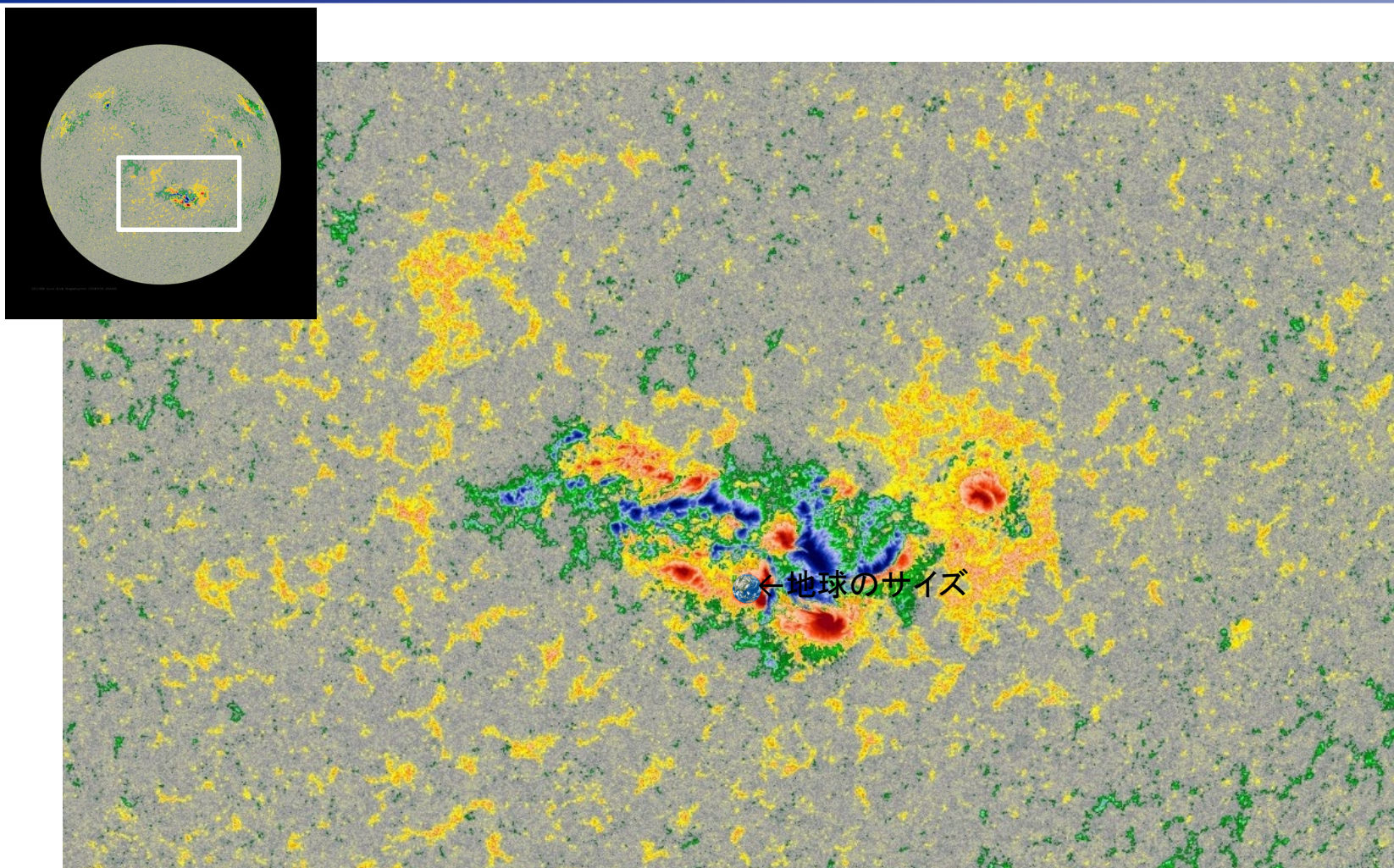
太陽フレアはどこで発生しているか



NASA/SDO

コロナ 100万度
↓高度 数1,000km～
彩層 1万度
↓高度 ～2,000km
光球上部 4,000度
↓高度 500km
光球 6,000度
太陽表面

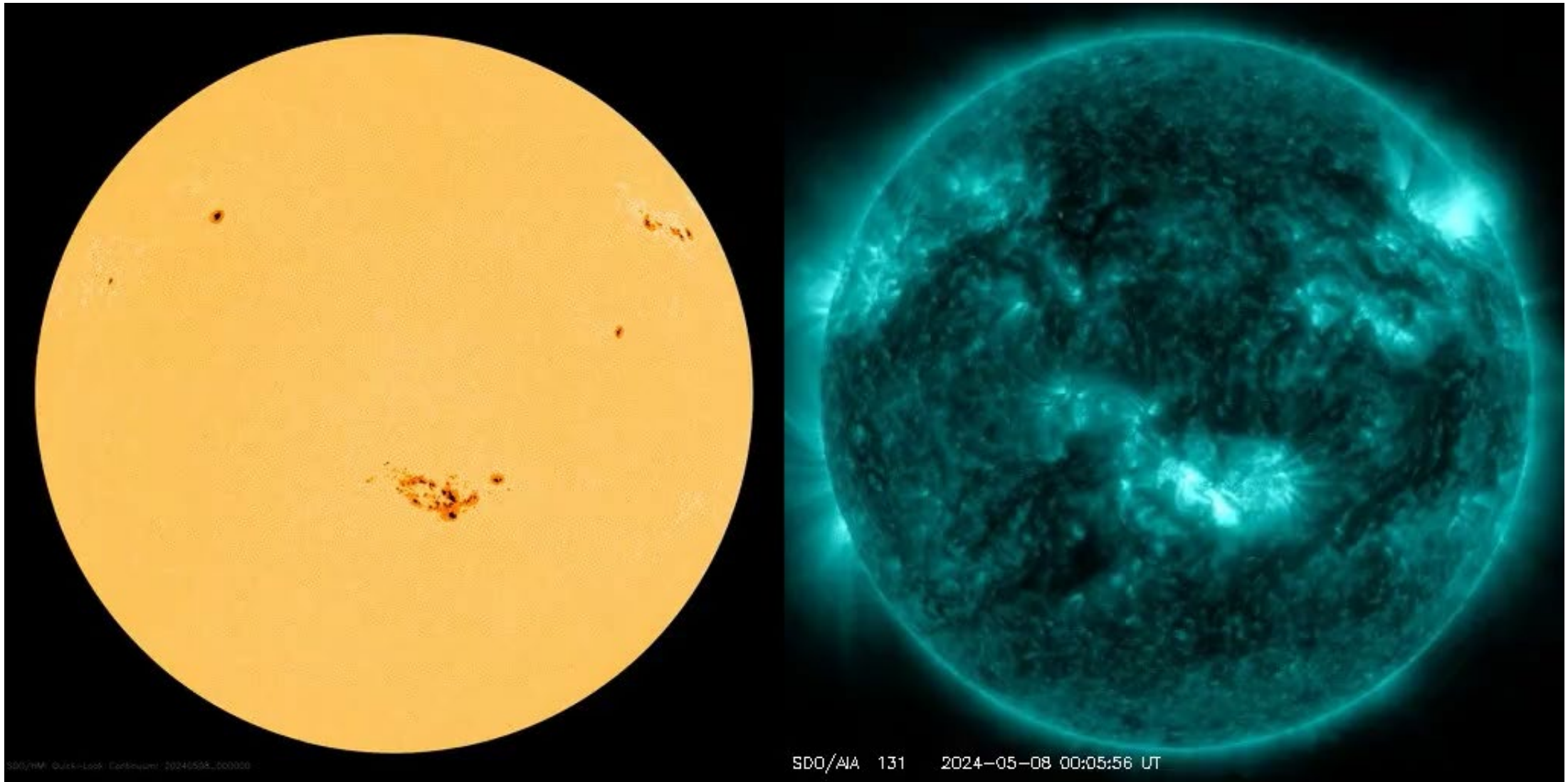
太陽フレアはどこで発生しているか



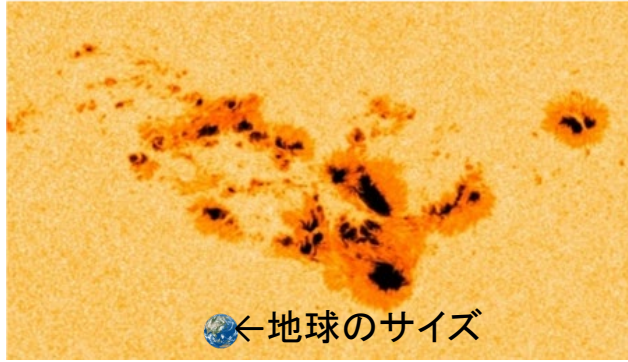
NASA/SDO

コロナ 100万度
↓高度 数1,000km～
彩層 1万度
↓高度 ～2,000km
光球上部 4,000度
↓高度 500km
光球 6,000度
太陽表面
光球面磁場

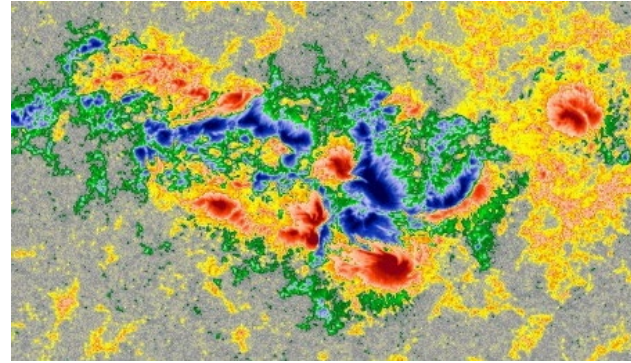
2024年5月8日から15日にかけての太陽活動(黒点)



太陽フレアのエネルギー源 — 黒点



NASA/SDO

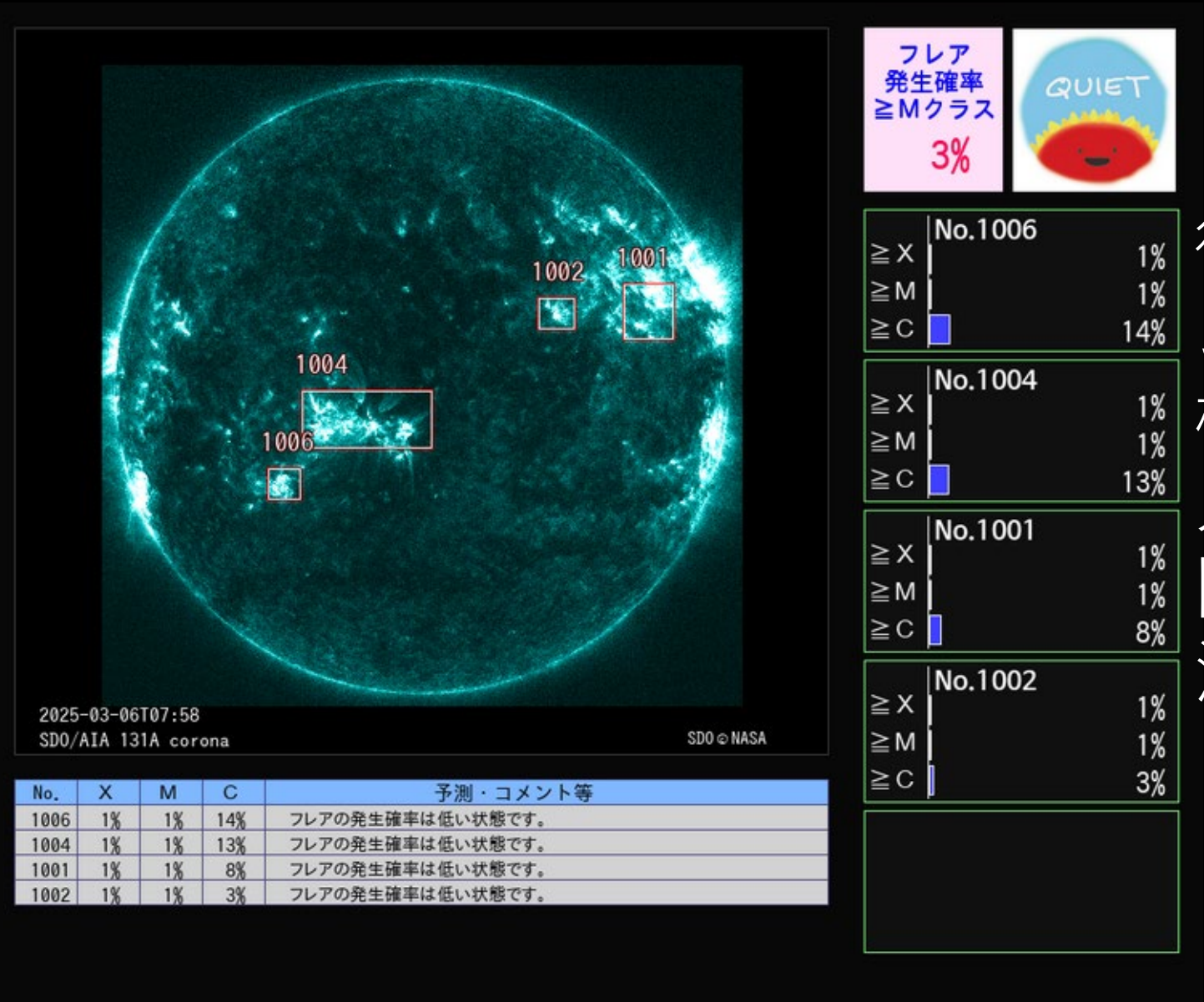


- 磁場が非常に強い領域
- 複雑な形状の黒点の集まりが出現すると、蓄積した**磁気エネルギー**が解放され大規模な太陽フレアが発生する。

NICTでは、黒点の形状や磁場強度の時間変化等から太陽フレアの発生を予測し、宇宙天気予報として情報提供を行っている。

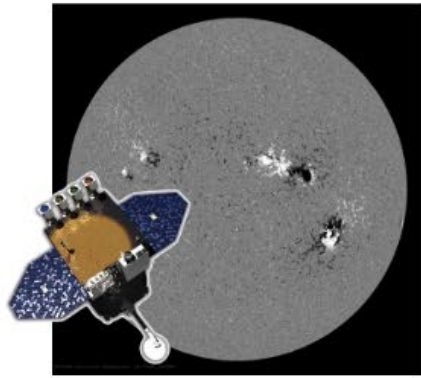


深層学習を用いた太陽フレア予測 **DeepFlareNet**

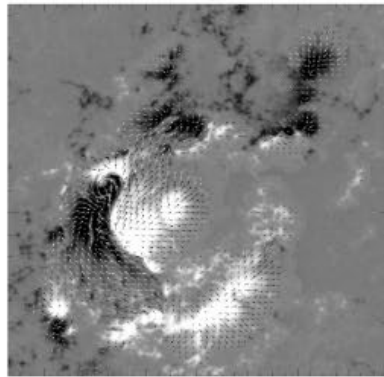


衛星観測によるリアルタイムの太陽情報を深層学習で構築されたネットワークに入力することで、今後24時間以内の太陽フレア発生予測を行う。

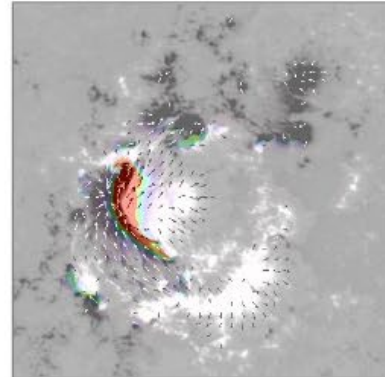
理論モデルに基づく太陽フレア予測 HiFERs ビューア



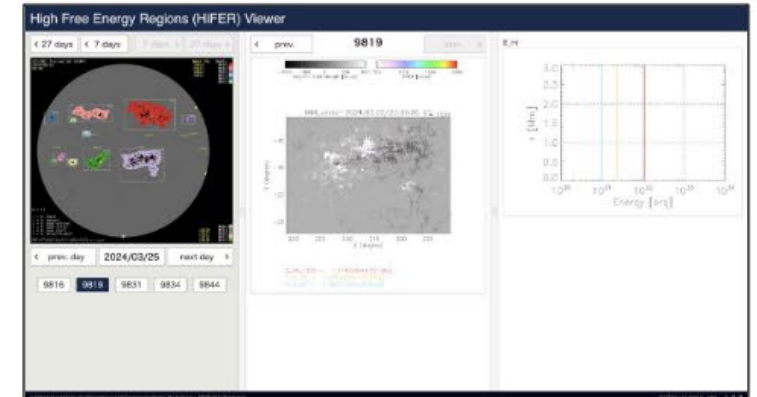
衛星による
太陽面磁場観測



太陽面
三次元磁場データ



HiFERs
(色のついた領域)



HiFERビューア
Webブラウザで閲覧可能(非公開)

太陽表面に存在する活動領域のうち、どの領域が大規模フレアを起こす可能性が高いかを、SDO衛星による三次元磁場データから算出したHiFER (High Free Energy Regions) = 高い自由エネルギーを蓄積している領域を色付けして表示することで一目で判別可能。

より精度の高い太陽フレア予測

後半の講演内容

- 情報通信研究機構で日々発信されている宇宙天気予報
- どの様に読み取り、理解するかを解説
- 本講座では、**太陽フレア**の宇宙天気予報の情報に絞って紹介

情報通信研究機構から発信される宇宙天気予報

- 大きく2種類に分けられる
 - ウェブページ(<https://swc.nict.go.jp/>)
 - メール配信サービス

【今日の宇宙天気情報(2025年03月05日 21時00分JST)】

この情報は、国立研究開発法人情報通信研究機構が配信しています。
担当: ■ ■

【概況・予報】

太陽活動は活発でした。
今後1日間、太陽活動はやや活発な状態が予想されます。
地磁気活動は静穏でした。
引き続き今後数日間、地磁気活動は静穏な状態が予想されます。
電離圏は静穏な状態でした。
引き続き今後1日間、電離圏は静穏な状態が予想されます。

2025年03月05日 20時55分JST 通報

GOES 衛星の観測から

03月05日11時45分UT にMクラスを超える太陽X線強度の急増が検出されました。

下記のリンク先でイベントのプロットが御覧になれます。

<https://swc.nict.go.jp/trend/flare.html>



宇宙天気予報 ウェブページとメールの利点

- ウェブページのメリット

- 提供する情報が多岐にわたり、動画やグラフなどで視覚的にわかりやすく表示

- メールのメリット

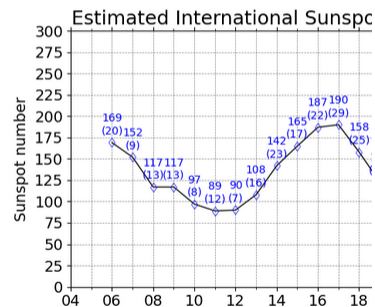
- 要点がまとまっており、一度に全体像を把握できる

- 速報性があり、イベント発生を即座に知ることが可能

太陽黒点

太陽黒点相対数の推定値

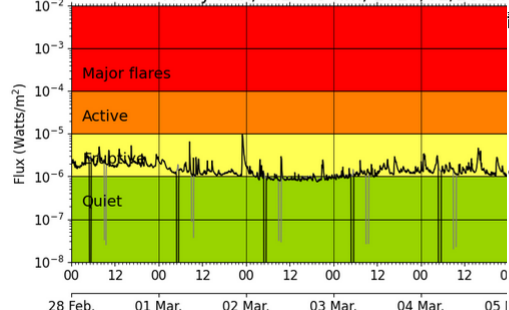
()の数は太陽黒点相対数算出のために利用されている観測所の数



太陽フレア

太陽X線

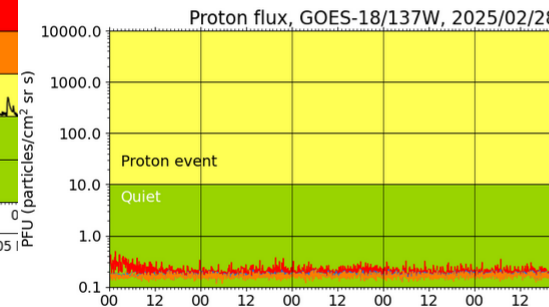
X ray flux, 0.1-0.8 nm, 2025/02/28-20



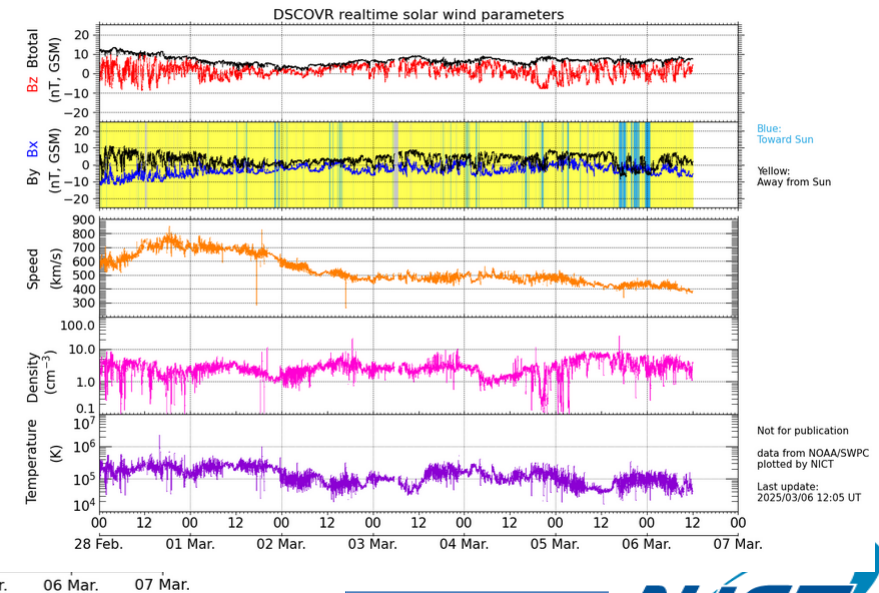
Mar. 2025

プロトン現象

静止軌道の高エネルギープロトン



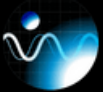
28 Feb. 01 Mar. 02 Mar. 03 Mar. 04 Mar. 05 Mar.



Not for publication
data from NOAA/SWPC
plotted by NICT
Last update:
2025/03/06 12:05 UT

宇宙天気予報メール配信サービスへの登録





宇宙天気予報

国立研究開発法人情報通信研究機構

JP

EN

JST

2025/03/06 22:00

UTC

2025/03/06 13:00

ホーム

レポート

現況

予報

ユーザーガイド

リンク

レポート - ホーム

レポート検索

臨時情報

トピックス

情報配信サービス

予報

太陽フレア

プロトン現象

やや活発

静穏

Lv.2

Lv.1

概況・予報

太陽活動はやや活発でした。引き続き今後日間、地磁気活動は静穏な状態が予想され

詳しくはこちら ▶

宇宙天気情報メール配信サービス

宇宙天気の概況・予報や臨時情報などが記載されたレポートや自動検出された規模の大きな現象についてメールで配信するサービスを実施しています。

■登録・変更・解除方法

メール配信サービスの利用を希望される方は[申し込みページ](#)にて空メールを送信ください。案内メールをお送りいたします。配信内容の変更・登録解除についても同様に空メールを送信いただくことで配信解除用のページをご案内いたします。

[お申し込みはこちら ▶](#)

レポート

宇宙天気概況および予報について予報担当がまとめた内容を定期的にメールで配信します。臨時情報は規模の大きな現象が発生した際に配信されます。

	配信タイミング	レポート内容
日報	毎日9時JST及び21時JST頃の2回	過去24時間の宇宙天気概況と今後の予報
週報	毎週金曜日21時JST頃	過去1週間の宇宙天気の推移
臨時情報	一定規模以上の現象が発生した場合 臨時情報の発令基準 >	発生した現象の概要

レポートのアーカイブは以下から検索・閲覧可能です。

[過去のレポート一覧](#) >

イベント通報

リアルタイム観測データから自動検出されたイベントをメールで自動配信します。自動検出により通報される速報は以下の4種類です。

イベント	検出条件	速報の内容
太陽フレア開始速報	X線強度レベルがMクラス（活発）以上に達した場合	開始時刻
太陽フレア速報	Mクラス（活発）以上のフレアが終了した場合	開始・最大・終了時刻 最大強度
プロトン現象	10 MeVのプロトンフラックスが10PFU以上に達した場合	開始・最大・終了時刻 最大フラックス
放射線帯電子増大	2MeV以上の電子の24時間フルエンスが高いレベル以上 及び非常に高いレベル以上に達した場合	開始・終了時刻

2024年5月9日日本時間9時に配信された予報レポート(日報)

【今日の宇宙天気情報(2024年05月09日 09時00分JST)】

この情報は、国立研究開発法人情報通信研究機構が配信しています。

担当: ■ ■

【概況・予報】

太陽活動は非常に活発でした。

引き続き今後1日間、太陽活動は非常に活発な状態が予想されます。

地磁気活動は静穏でした。

引き続き今後1日間、地磁気活動は静穏な状態が予想されます。

電離圏は静穏な状態でした。

引き続き今後1日間、電離圏は静穏な状態が予想されます。

2024年5月9日日本時間9時に配信された予報レポート(日報)続き

【太陽活動】

活動領域3663と3664でXクラスフレアが数回発生し、**最大のものは**、活動領域3663で8日1時41分UTに発生した**X1.0/1Bフレア**でした。

その他に、活動領域3664などでMクラスフレアが数回発生しました。

活動領域3661と3669が、衰退しました。

活動領域3664は、面積と黒点数が増加しました。

活動領域の変化

活動領域3663は、磁場構造が非常に複雑なbeta-gamma-deltaからやや複雑なbeta-gammaへ変化しました。

SDO衛星の極端紫外線画像(AIA094)によると、本日から明日にかけて**太陽面の東端**から新たに回り込む活動領域はありません。

Xクラスフレアが発生した活動領域3664では、今後もXクラスフレアが発生する可能性があります。

引き続き**今後1日間**、太陽活動は非常に活発な状態が予想されます。

2024年5月9日日本時間9時に配信された予報レポート(日報)続き

■過去3日間における目立ったフレアの発生状況

開始時刻 (UT)	最大時刻 (UT)	終了時刻 (UT)	領域 (発生時の位置)	X線/光学	電波バースト	関連現象
5月6日00:47	5月6日01:06	5月6日01:14	3663 (N24W32)	M1.6/2F	なし	なし
5月6日05:09	5月6日05:28	5月6日05:38	3663 (N25W37)	M1.3	なし	なし
5月6日05:38	5月6日06:35	5月6日06:47	3663 (N26W37)	X4.5	III	なし
5月6日09:49	5月6日09:59	5月6日10:04	3663 (N25W39)	M1.5	なし	なし
5月6日21:58	5月6日22:27	5月6日23:07	3663 (N25W42)	M4.3/2N	なし	なし
5月7日00:41	5月7日00:58	5月7日01:23	3663 (N27W40)	M2.6/SF	なし	なし
5月7日05:58	5月7日06:16	5月7日06:27	3663 (N27W46)	M5.1	なし	なし
5月7日08:18	5月7日08:23	5月7日08:40	3664 (S19E06)	M1.3/SN	なし	なし
5月7日11:40	5月7日11:50	5月7日12:01	3664 (S18E03)	M2.4/2N	なし	なし
5月7日12:43	5月7日12:54	5月7日12:59	3663 (N27W53)	M1.5/SF	III	なし
5月7日13:16	5月7日13:25	5月7日13:32	3663 (N25W53)	M1.0	なし	なし
5月7日13:32	5月7日13:35	5月7日13:39	3663 (N26W56)	M1.0	なし	なし
5月7日19:21	5月7日16:30	5月7日16:36	3663 (N25W55)	M8.2	なし	なし
5月7日19:58	5月7日20:22	5月7日20:34	3664 (S21W05)	M2.1	なし	なし
5月7日21:13	5月7日21:26	5月7日22:42	3663 (N26W57)	M3.3	なし	なし
5月7日21:42	5月7日21:59	5月7日22:21	3664 (N22W07)	M3.3	なし	なし
5月8日01:33	5月8日01:41	5月8日01:48	3663 (N26W58)	X1.0/1B	なし	なし
5月8日01:59	5月8日02:06	5月8日02:16	3668 (S17W04)	M1.0	なし	なし
5月8日02:16	5月8日02:27	5月8日02:36	3668 (S17W04)	M3.4	なし	なし
5月8日03:19	5月8日03:27	5月8日03:38	3664 (S22W11)	M1.8	III	なし
5月8日04:20	5月8日04:30	5月8日04:49	3664 (S21W09)	M3.6	なし	なし
5月8日04:37	5月8日05:09	5月8日05:32	3664 (S18W17)	X1.0/3B	II、III、IV	CME
5月8日06:44	5月8日06:53	5月8日07:10	3664 (S20W17)	M7.2	なし	なし
5月8日07:29	5月8日07:41	5月8日07:53	3663 (N28W59)	M4.5/1F	なし	なし
5月8日09:31	5月8日09:37	5月8日09:42	3663 (N25W65)	M1.8	なし	なし
5月8日09:43	5月8日09:48	5月8日09:56	3663 (N26W66)	M2.1/SF	なし	なし
5月8日11:09	5月8日11:22	5月8日11:26	3663 (S17W06)	M4.1/SF	なし	なし
5月8日11:26	5月8日12:04	5月8日12:22	3664 (S20W11)	M8.7	なし	CME
5月8日17:32	5月8日17:53	5月8日18:00	3664 (S18W18)	M7.9/2N	なし	なし

光学重要度

H α 線で見えたフレアの特徴量

[面積][明るさ]の組み合わせ

面積: 小←S,1,2,3,4→大

明るさ: F(淡い)-N(普通)-B(明るい)

(以下省略)

■本日/昨日における太陽面の活動領域の状況 (NOAA)

領域番号、位置、面積、黒点数、黒点群のタイプ、磁場構造

3663	N26W70	400/400	10/15	Fkc/Fkc	beta-gamma/beta-gamma-delta
3664	S19W24	1200/630	62/37	Fkc/Fkc	beta-gamma-delta/beta-gamma-delta
3666	N07W52	70/ 80	2/ 2	Hsx/Hsx	alpha/ alpha
3667	N26E20	150/150	1/ 1	Hsx/Hsx	alpha/ alpha
3668	S15W13	30/ 30	5/ 6	Cao/Cso	beta/ beta
3670	N16E43	40/ 40	2/ 1	Cso/Hsx	beta/ alpha

イベント通報

リアルタイム観測データから自動検出されたイベントをメールで自動配信します。自動検出により通報される速報は以下の4種類です。

イベント	検出条件	速報の内容
太陽フレア開始速報	X線強度レベルがMクラス（活発）以上に達した場合	開始時刻
太陽フレア速報	Mクラス（活発）以上のフレアが終了した場合	開始・最大・終了時刻 最大強度
プロトン現象	10 MeVのプロトンフラックスが10PFU以上に達した場合	開始・最大・終了時刻 最大フラックス
放射線帯電子増大	2MeV以上の電子の24時間フルエンスが高いレベル以上 及び非常に高いレベル以上に達した場合	開始・終了時刻

太陽フレア開始速報

2025年02月25日 20時40分JST 通報

GOES 衛星の観測から

02月25日11時25分UT にMクラスを超える太陽X線強度の急増が検出されました。

下記のリンク先でイベントのプロットが御覧になれます。

<https://swc.nict.go.jp/trend/flare.html>

太陽フレア速報

2025年02月25日 21時45分JST 通報

GOES 衛星の観測から、以下の強い太陽フレアが検出されました。

開始時刻(UT)	強度最大時刻(UT)	終了時刻(UT)	最大強度
----------	------------	----------	------

11:25	11:59	12:42	M3.6
-------	-------	-------	------

下記のリンク先でイベントのプロットが御覧になれます。

<https://swc.nict.go.jp/trend/flare.html>

臨時情報

- 一定規模以上の現象が発生した場合

太陽フレア

発令	Mクラス以上のLDEフレア（最大から終了までの時間が30分以上）が発生した場合
発令	Xクラスのフレアが発生した場合
発令	光学重要度3以上（3F,3N,3B,4F,4N,4B）のフレアが発生した場合

【太陽フレアに関する臨時情報（2025年02月25日 22時00分JST）】

この情報は、国立研究開発法人情報通信研究機構が配信しています。

担当：■■■

2月25日11時59分UTに、太陽面でM3.6のLDEフレア（継続時間の長いX線フレア）（11時20分UTに開始、12時43分UTに終了）が発生しました。

SDO衛星の極端紫外線画像（AIA094）によると、このフレアは活動領域3998（S15W56）で発生したと推測されます。

まとめ

- 2024年5月の大規模フレア現象について
 - 近年まれにみる大規模フレアが頻発した。
 - コロナガス(コロナ質量放出; CME)により、大規模な地磁気嵐が発生
 - 日本各地でデリンジャー現象や電離圏嵐、低緯度オーロラが観測
- 太陽フレアの発生場所
- NICTにおける太陽フレア予測
 - Deep Flare Net/AIによるフレア予測
 - HiFER/磁場の蓄積エネルギーの計算によるフレア予測
- NICTから発信される宇宙天気情報について解説

講演3: 2024年の宇宙天気(津川)にて詳細

ありがとうございました。