

ひまわり 8 号及び 9 号の 3.9 μm バンドの迷光評価 Evaluation of straylight in the 3.9 μm band for Himawari-8 and -9

東海林 弦暉*
TOKAIRIN Genki

Abstract

Since straylight from the sun can affect observation values in the 3.9 μm band (Band 7) of the Visible and Infrared Imager on board JMA's Himawari-8 and -9 satellites, appropriate consideration for certain applications is required. However, previous evaluation of the two broad categories of straylight (banded and diffused) has involved methodologies that can cause systematic underestimation of its intensity. A number of related considerations also remain insufficiently addressed, including seasonal variations in the spatial and temporal characteristics of straylight, daily variations in intensity, and correction techniques.

This report outlines a method to address these issues and subsequent implementation of straylight correction based on the results. In the previous method, the values derived from the approximation function of the difference between [Observation data with straylight] and [Immediately preceding observation data] was taken as straylight intensity. However, this approach created intensity underestimation if the range within which straylight occurred overlapped between both data types. To address this, the present evaluation involves adding the straylight component of the immediately preceding observation data to the difference. Using this method, the maximum radiance of banded straylight in Himawari-8 data was estimated to be approximately 0.143 $\text{W}/\text{m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$, representing an increase of around 47% on previous evaluations. For other evaluation items, the results were generally consistent with earlier findings.

The comprehensive characterization presented here supports a more detailed understanding of straylight behavior in the 3.9 μm band of Himawari-8 and -9. The proposed evaluation approach is also considered applicable to radiance data from the Visible and Infrared Imager on board Himawari-10, scheduled for launch in JFY 2030.

要旨

ひまわり 8 号及び 9 号に搭載された可視赤外放射計の 3.9 μm 帯（バンド 7）では、太陽による迷光の影響が観測値に含まれる場合があり、用途によってはこの影響を適切に考慮する必要がある。この迷光は主に「帯状迷光」と「拡散迷光」の二種類に大別される。これらの迷光に関わる評価はこれまでも実施されてきたが、従来の評価手法には迷光強度を過小に見積もる可能性が存在していた。さらに、各種迷光の発生位置や発生時刻における季節変動、強度の日変動、ならびに補正手法に関しては、検討の余地が残されていた。

本報告では、上記の過小評価の問題に対応する手法を導入したうえで、迷光の発生位置及び発生時刻の季節変動、強度の日変動及び季節変動について包括的に評価を行った。また、これらの結果に基づき、迷光の補正手法についても検討を行った。特にこれまでは、迷光が発生した観

*気象衛星センター データ処理部 解析課

(2026 年 3 月 11 日受領、2026 年 3 月 26 日受理)

測データとその直前の観測データとの差分の近似関数から導出される値を迷光強度とみなす方式をとっていたため、両データにおいて迷光の発生範囲が重複している場合には、強度が過小に評価される問題があった。これを防ぐため、本評価では差分値に対して直前の観測における迷光成分を加算する手法を採用した。この方法により算出されたひまわり 8 号における帯状迷光の最大放射輝度は約 $0.143 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ となり、従来の評価値と比較して約 47%高い値が得られた。一方で、その他の既存評価項目に関しては、本評価とおおむね整合的な結果が得られた。

以上の評価を通じて、本報告はひまわり 8 号及び 9 号の $3.9 \mu\text{m}$ 帯における迷光の特性を網羅的に明らかにしたものである。また、本評価で用いた手法は、2030 年度に打ち上げが予定されているひまわり 10 号に搭載されるイメージャの観測データにも有効に適用可能であると考えられる。

1. はじめに

1.1 ひまわり 8 号及び 9 号の概要

ひまわり 8 号及び 9 号は、気象庁によって運用されている静止気象衛星であり、両者は同一設計に基づいて製造されている。両衛星の静止位置は、ともに赤道上約 $36,000 \text{ km}$ である(尾関・佐々木 2016)。また、衛星直下点の経度については、ひまわり 8 号は東経約 140.65 度、ひまわり 9 号は東経約 140.75 度に設定されている(気象庁観測部気象衛星課 2018)。ひまわり 8 号は 2015 年 7 月 7 日より観測運用を開始し、2022 年 12 月 13 日にその運用はひまわり 9 号へと引き継がれた。

両衛星には、可視赤外放射計である Advanced Himawari Imager (AHI) が搭載されており、地球からの反射・散乱・放射による可視光及び赤外線を観測を行っている。AHI は、10 分間隔の「タイムライン」と呼ばれる観測単位に基づき、観測可能な地球全体を対象とした「フルディスク観測」を行うほか、2.5 分毎の「日本域観測」や「機動観測」も行う。フルディスク観測においては、図 1 に示す観測範囲を対象に、西から東方向への走査を北から順に 23 回繰り返すことで、1 回分の観測データが取得される。なお、AHI には、太陽中心から半径約 3 度以内の領域に対して自動的に観測を回避する「太陽自動回避機能」が実装されている。また、02:40 UTC 及び 14:40 UTC に開始されるタイムラインでは衛星保守が行われるため、フルディスク観測は実施されない。

AHI の観測に用いられる各バンドとその中心波

長を表 1 に示す。バンド 7 からバンド 16 にかけては、赤外放射を観測するバンドであり、昼夜を問わ

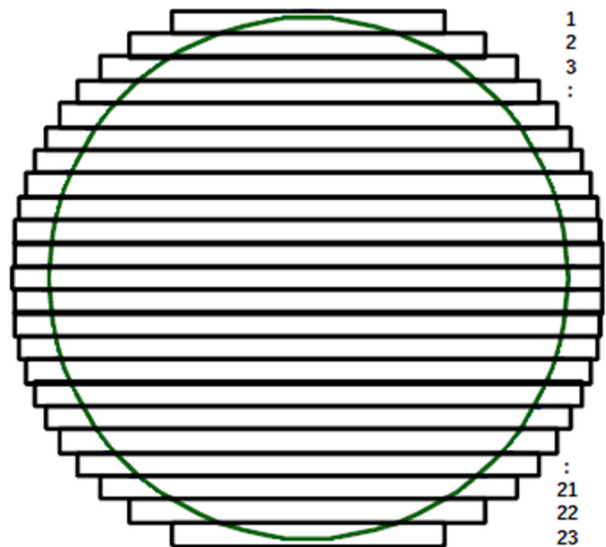


図 1 : AHI によるフルディスク観測の走査範囲。黒色の長方形は、フルディスク観測時における各スワスの走査範囲を示す。緑色の円は、GEOS 投影における地球の位置(半径 8.7°)を示す。

Figure 1: Scan area for Advanced Himawari Imager (AHI) full-disk observation (10 min. intervals). The black rectangles represent the scan area of each swath, and the green circle represents the earth's position in normalized geostationary projection (radius 8.7°).

表 1 : AHI による観測バンドとその中心波長。

Table 1: AHI observation bands and central wavelengths

Band	Visible			Near Infrared			Infrared									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Wavelength [μm]	0.47	0.51	0.64	0.86	1.6	2.3	3.9	6.2	6.9	7.3	8.6	9.6	10.4	11.2	12.4	13.3

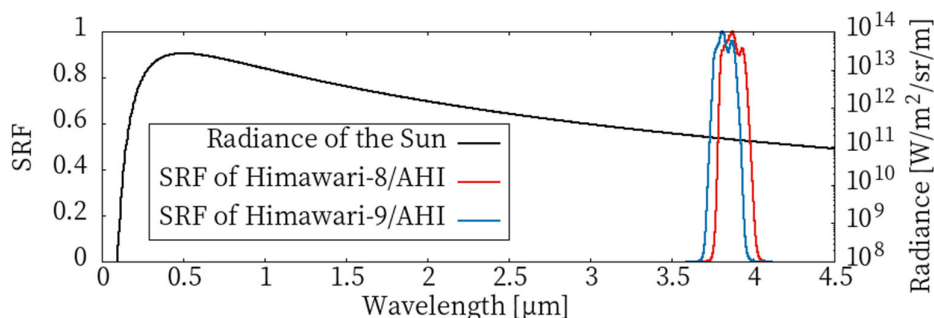


図 2 : AHI のバンド 7 の応答関数、及び太陽（5800 K の黒体）の放射輝度。

Figure 2: Spectral response function (SRF) of AHI Band 7 and solar radiance (5,800 K blackbody)

ず利用可能である。ただし、バンド 7（中心波長 3.9 μm ）は赤外バンド中で最も短波長側に位置しており、太陽放射が無視できない波長域に応答関数が存在する。ひまわり 8 号及び 9 号のバンド 7 における応答関数を図 2 に示す。それぞれの厳密な中心波長は、ひまわり 8 号が 3.8853 μm 、ひまわり 9 号が 3.8289 μm である。

AHI による観測データのうち、レベル 1b に相当するデータは「ひまわり標準データ」と呼ばれており、その地図投影には、Coordination Group for Meteorological Satellites (2013) により規定された Normalized Geostationary Projection (GEOS 投影) が採用されている。投影の原点は東経 140.70 度に設定されており、測地系のパラメータは World Geodetic System 1984 (WGS84) に準拠している。衛星直下点におけるバンド 7 の空間分解能は 2 km であり、フルディスク観測における画素数は東西・南北方向ともに 5,500 である。ここで、東西方向の画素配列は「ピクセル」、南北方向の画素配列は「ライン」と呼ばれる。

1.2 ひまわり 8 号及び 9 号における太陽迷光

迷光とは、光学機器において対象光以外の信号として検出される不要な光であり、気象衛星に搭載された各種センサにおいて発生が報告されている (Kigawa 2003; Shao et al. 2018; Dussarrat 2023; Xu et al. 2023)。なお、イメージャで発生する迷光は、イメージャ内部で太陽光が散乱することによって生じることが知られている (Kigawa 2003)。中でも、AHI による観測データでは、衛星を向いた側の地球表面に日照のない蝕期間の夜間において、迷光の影響が及ぶことが報告されている (Okuyama et al. 2018)。

太陽光のスペクトルは波長約 0.5 μm にピークを持ち、それより長波長・短波長のいずれにおいてもスペクトル強度は減衰する (図 2)。この性質から、赤外バンドの中では波長が最も短いバンド 7（中心波長 3.9 μm ）において迷光強度が最も強くなり、当該バンドにおける迷光の影響は、データの定量的な利用上無視できない水準に達する。例えば、雲マスクプロダクト (Imai and Yoshida 2016) における誤判別や、霧監視プロダクト (丸山ほか 2022) における霧域の検出不能が挙げられる (図 3 及び図 4)。したがって、バンド 7 における時刻毎の迷光の発生位置

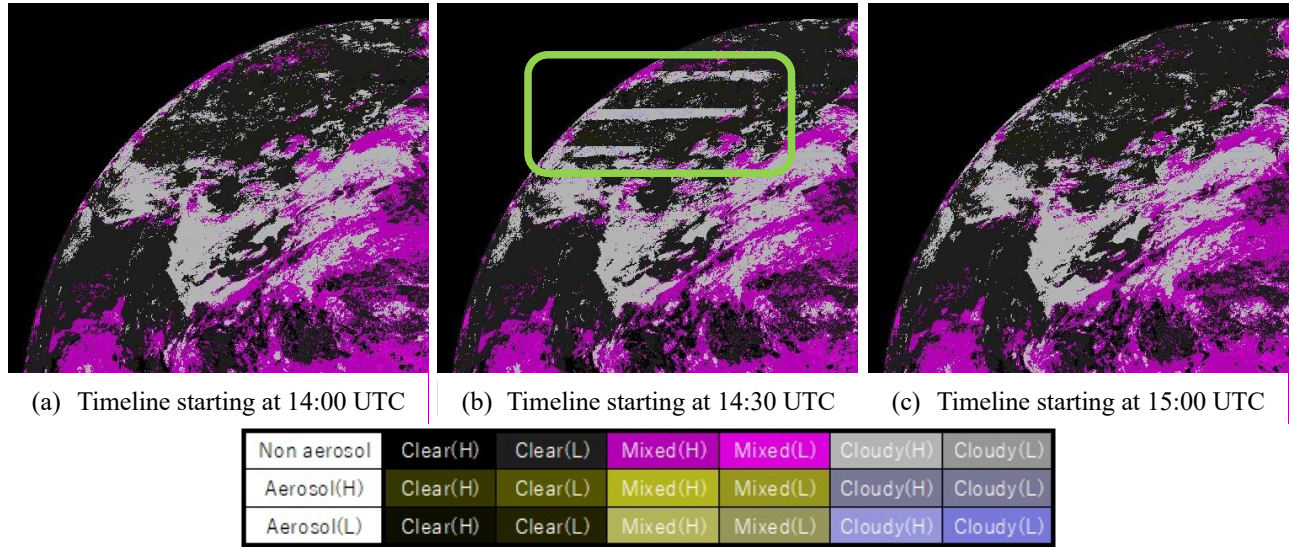


図 3 : 2025 年 2 月 15 日の雲マスクプロダクトにおける迷光による誤判別事例。黄緑色の枠内は、ひまわり 9 号バンド 7 の迷光により誤判別されたおおよその範囲。同枠内に、誤判別による水平方向に延びる帯状の曇り領域がある。

Figure 3: Cloud mask product, 15 February 2025. The horizontal bands in the frame are misclassified as cloud due to straylight from Himawari-9 Band 7.

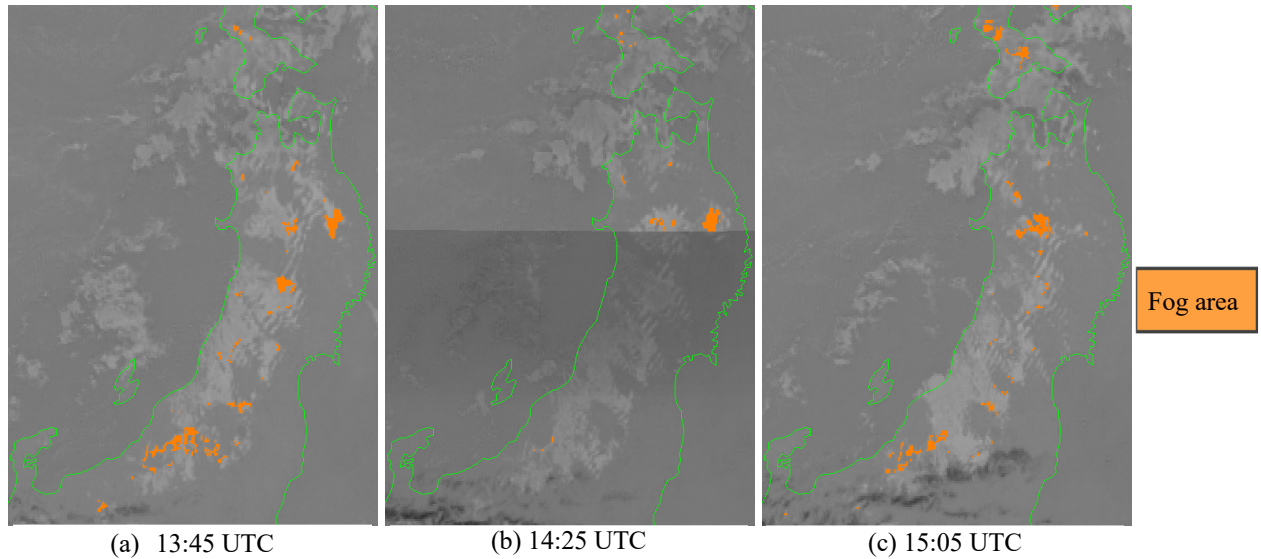


図 4 : 2024 年 10 月 30 日の霧監視プロダクトにおける迷光による霧域の検出不能事例。日本域観測のバンド 7 と 13 の差分画像に、霧監視プロダクトを重ねている。黄緑色の線は海岸線を示す。(b) の南北方向の中ほどから南側に見られる特に暗い領域は、バンド 7 の観測データにおける迷光によるものである。同領域において霧域と判定された範囲は、(a) 及び (c) に示す前後の時刻のものよりも顕著に狭い。

Figure 4: Fog detection product failure due to straylight, 30 October 2024. The product is overlaid with differential imagery between Bands 7 and 13 for the Japan area (green lines: coasts). The dark area toward the lower part of (b) stems from straylight in Band 7 observation data. Here, areas identified as foggy are significantly smaller than before and after ((a) and (c)).

や強度を定量的に評価することは、より効果的なデータ利用に重要であると考えられる。なお、夜間に可視～近赤外バンド（バンド 1～6）で発生する迷光は、火山活動の観測などに悪影響を及ぼす（Kaneko et al. 2018）が、大気や海洋の観測への影響はほとんどない。

バンド 7 で観測される迷光は、観測画像上の発生位置及び形状の違いに基づき、二形態に分類される。ひとつは「帯状迷光」として知られており（Shao et al. 2021）、本論文では他方を「拡散迷光」と定義する。帯状迷光は観測画像上で水平方向に延びる帯状の特徴を示し、一方の拡散迷光は太陽付近を起点として放射状に広がる形状を呈する。図 5 に、ひまわり 9 号のバンド 7 における迷光の一例を示す。帯状迷光は、拡散迷光よりも北側の領域に主として出現する。また、各スワス内における帯状迷光の強度は、北端部で最大となり、南方向に向かうにつれて漸減する傾向を示す。

1.3 先行研究

Shao et al. (2021) は、ひまわり 8 号のバンド 7 における迷光が、地球シーンの放射輝度の 5～15 分以上の時間変動として現れることを踏まえ、観測された放射輝度の 10 分前との差分を計算して夜間の背景赤外放射を除去し、帯状迷光の強度を定量化した。その結果、最大で約 $0.133 \text{ mW/m}^2/\text{sr/cm}^{-1}$ ($0.0882 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$) に達することが示され、これは輝度温度換算で約 300 K の放射輝度観測において約 3.35 K に相当する。

また、Xu et al. (2023) は、Shao et al. (2021) と同様の手法を適用し、2022 年に取得されたひまわり 8 号及び 9 号のバンド 7 の観測データを対象として、帯状迷光及び拡散迷光の強度の日変動や季節変動を評価した（表 2）。

しかし、これらの既存の評価では、放射輝度の差分の近似関数から導出される値をそのまま迷光強度の指標として用いており、観測データ間における迷光の空間的重複が考慮されていない。このため、迷光強度が過小に見積もられる可能性がある。図 6 にその概念図を示す。また、以下の点に関しても定量的な評価が十分にはなされておらず、検討の余地がある。

- 迷光発生位置の季節変動
- 迷光発生時刻の季節変動
- 帯状迷光強度の日変動
- 迷光補正手法の検討

1.4 評価の目的と内容

本報告では、ひまわり 8 号及び 9 号におけるバンド 7 の観測データを用い、1.3 節に記した先行研究における検討の余地に加え、拡散迷光強度の日変動並びに帯状迷光と拡散迷光強度の季節変動の観点から、両迷光の特性を評価する。特に迷光強度の評価にあたっては、先述のように従来手法で見落とされていた迷光の空間的重複による過少評価を回避するための対処を講じた。

2. 方法

2.1 設計

図 6 に示すように、迷光が発生した観測データとその直前の観測データとの差分を用いて迷光強度を算出する際、両観測において迷光が同一の空間範囲で発生している場合には、迷光成分が差分において相殺されるため、迷光強度が過小に見積もられる可能性がある。これを回避するため、本報告では、差分値に直前の観測データにおける迷光成分を加算することにより、真の迷光強度に近い値を導出する手法を採用した。この手法の定式化は以下のとおりである。

$$\begin{aligned} d_{t,t-1} + S_{t-1} &= (O_t - O_{t-1}) + S_{t-1} \\ &= [(E_t + S_t) - (E_{t-1} + S_{t-1})] + S_{t-1} \\ &= (E_t - E_{t-1}) + S_t \\ &\sim S_t \quad (E_t \approx E_{t-1}) \end{aligned} \tag{式 1}$$

ここで、

- t : 観測時刻
- $d_{t,t-1}$: 時刻 t 及び $t-1$ における放射輝度差分
- O_t : 時刻 t における観測放射輝度
- E_t : 時刻 t における地球放射輝度成分
- S_t : 時刻 t における迷光成分の放射輝度

である。地球の放射輝度成分 E_t と E_{t-1} が十分に近い（すなわち、地球の放射特性が時刻 t と $t-1$ の間で

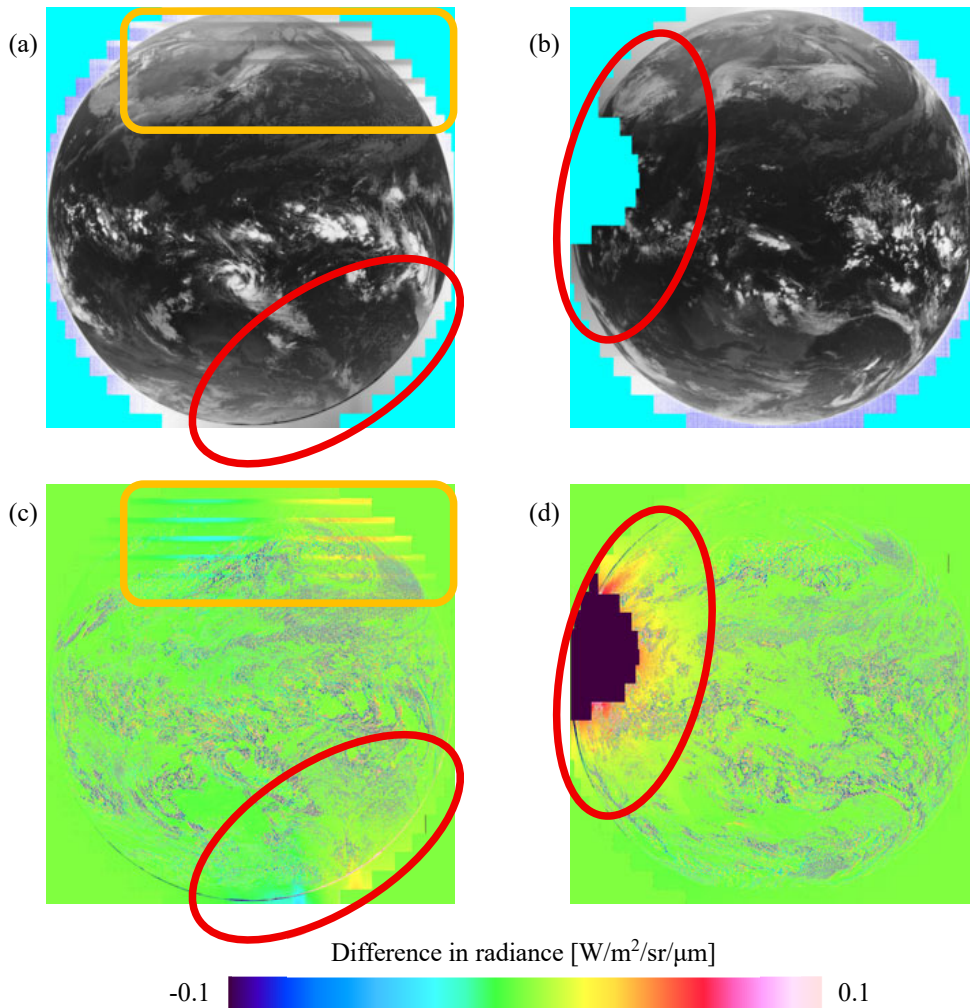


図 5 : ひまわり 9 号のバンド 7 のフルディスク観測における迷光の例。橙色の枠は帯状迷光、赤色の枠は拡散迷光のおおよその発生範囲を示す。

(a), (b) : 観測された放射輝度 (水色の領域は観測範囲外で、この領域と地球との領域は宇宙空間である。宇宙空間に見られる青色の画素は負の放射輝度で、観測データに含まれるノイズ等による。)

(c), (d) : 1 タイムライン前との放射輝度差

(a), (c) : 2024 年 2 月 15 日 15:00 UTC 開始のタイムライン

(b), (d) : 2024 年 3 月 25 日 14:00 UTC 開始のタイムライン (西側に見られる欠損領域は太陽自動回避に起因するもの。)

Figure 5: Straylight in Himawari-9 Band 7 full-disk observations. Banded straylight is circled in orange, and diffused straylight in red.

(a), (b): Observed radiance. The light-blue areas are outside the observed range, and the area between light-blue and the Earth is outer space. The blue pixels in outer space have negative radiance due to noise in observation data and other factors.

(c), (d): Radiance difference from the previous timeline (10 minutes prior)

(a), (c): Timeline starting at 15:00 UTC on 15 February 2024

(b), (d): Timeline starting at 14:00 UTC on 25 March 2024 (partial data absence to the west due to automatic sun avoidance)

表 2 : Xu et al. (2023) における評価内容とその結果。2022 年 8 月上旬から 2022 年 12 月中旬までの観測データを使用。

評価内容	結果
拡散迷光強度の日変動	観測画素が太陽に近い時ほど強い。
拡散迷光強度の季節変動	8月中旬から11月上旬にかけて発生。 ひまわり9号よりも8号の方が弱い。
帯状迷光強度の季節変動	10月中旬から12月中旬にかけて発生。 ひまわり9号よりも8号の方が強い。 ひまわり8号では拡散迷光強度よりも強い。

Table 2: Evaluation and results from Xu et al. (2023) based on observation data from early August to mid-December 2022

Evaluation item	Results
Daily variation in diffused-straylight intensity	More intense straylight with pixels closer to the Sun.
Seasonal variation in diffused-straylight intensity	Occurs from mid-August to early November. Himawari-8 is slightly superior to Himawari-9 in rejecting straylight.
Seasonal variation in banded-straylight intensity	Occurs from mid-October to mid-December. The straylight signal in Himawari-8 is much stronger than in Himawari-9. The magnitude of banded straylight in Himawari-8 is significantly greater than for diffused straylight.

大きく変動しない) という仮定が成立する場合、差分 $E_t - E_{t-1}$ は無視可能と見なされ、算出される値はおおむね迷光強度 S_t に対応する。ただし、雲の発生・消散などにより実際の地球放射輝度が短時間で変動する場合には、この手法によって求められる迷光強度には一定の誤差が生じる可能性がある点に留意する必要がある。

帯状迷光と拡散迷光を個別に評価するためには、それらの空間的発生範囲を適切に分離する必要がある。1.2 節で述べたように、帯状迷光は拡散迷光よりも北側の領域に主として出現する。これに基づき、本報告では、各タイムラインにおいて両者の発生可能範囲を分離する東西に伸びる境界線を定義し、当該境界線より北側を帯状迷光発生可能領域、南側を拡散迷光発生可能領域とする。この境界線の決定にあたっては、迷光が太陽光に起因することを考慮し、各タイムラインの中間時刻における太陽の南北方向角度に、一定の角度オフセットを加えた角度に相当する GEOS 投影上のラインをもって、両迷光の境界と定義する。この GEOS 投影の基準経度は以下のとおりとした。

- ひまわり 8 号 : 東経 140.65 度
- ひまわり 9 号 : 東経 140.75 度

このオフセット角は、放射輝度差分画像において帯状迷光の最南端が明瞭に視認される複数の日 (2016 年~2024 年の 2 月 5 日及び 11 月 5 日) における帯状迷光の最南発生ラインを目視により抽出し、それと対応する太陽南北角度との差を平均することによって求めた。その結果、適切な境界線を定めるための角度オフセットは 13 度であると推定された。

2.2 使用したデータ

本評価においては、2016 年から 2024 年にかけての各月 5 日、15 日、25 日に取得された、バンド 7 におけるフルディスク観測のひまわり標準データを用いた。1.1 節で述べたとおり、フルディスク観測は 1 タイムライン (10 分間) に一度行われる。なお、2022 年 12 月 13 日より前のデータはひまわり 8 号による観測、同日以後のデータはひまわり 9 号による観測である。

2.3 評価手順

本評価における手順を以下に示す。なお、以下では GEOS 投影に基づく座標系において、東を正とした東西成分の角度を X_G 、北を正とした南北成

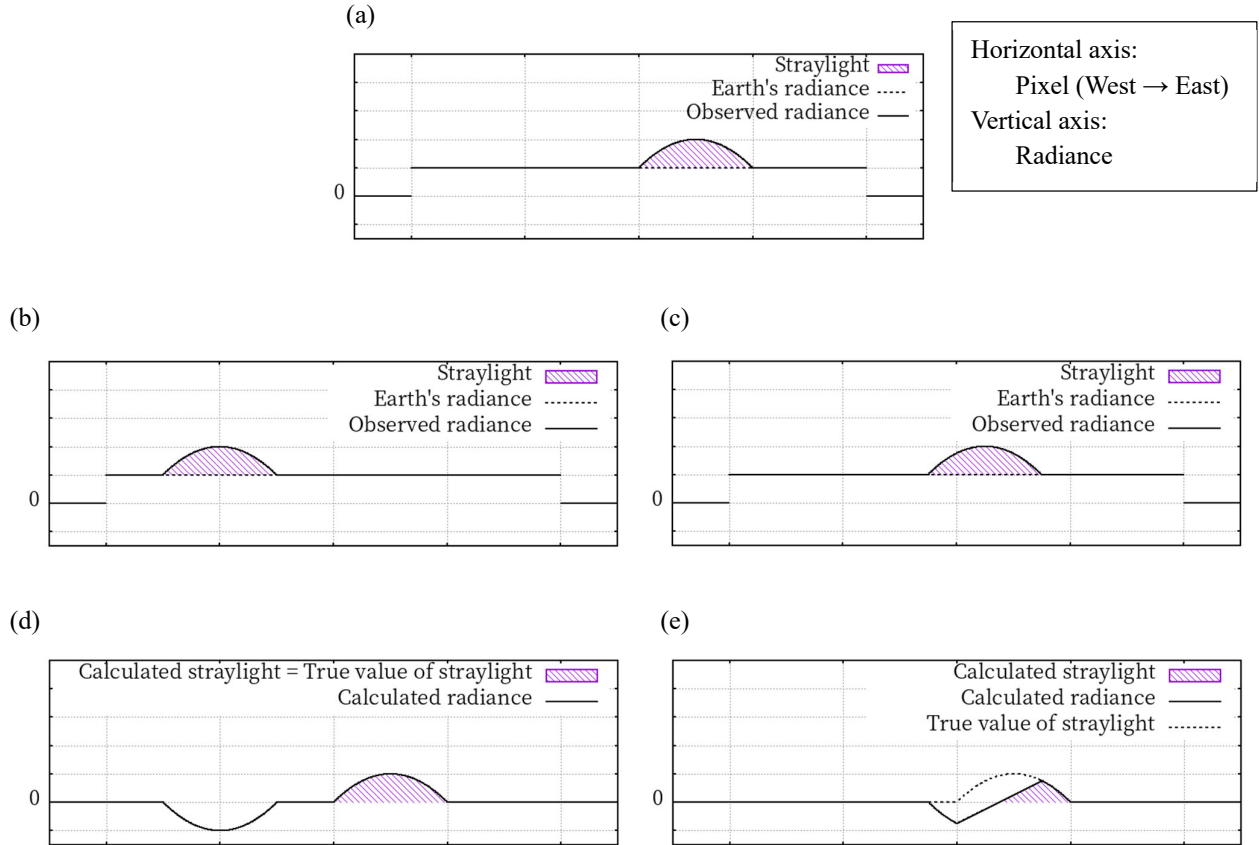


図 6 : 1 つのラインにおける観測放射輝度の模式図。

- (a) : ある時刻における観測放射輝度
- (b) : 迷光発生範囲が (a) と重ならない場合の、直前の観測放射輝度
- (c) : 迷光発生範囲が (a) と一部重なる場合の、直前の観測放射輝度
- (d) : (a) の観測放射輝度から (b) の観測放射輝度を減算した値
- (e) : (a) の観測放射輝度から (c) の観測放射輝度を減算した値

Figure 6: Observed radiance for a certain line

- (a): Observed radiance on a certain timeline
- (b): Immediately preceding observed radiance when the straylight occurrence area does not overlap with (a).
- (c): Immediately preceding observed radiance when the straylight occurrence area partially overlaps with (a).
- (d): Value obtained by subtracting the observed radiance in (b) from that in (a).
- (e): Value obtained by subtracting the observed radiance in (c) from that in (a).

分の角度を Y_G 、原点からの角度の大きさを MAG_G と定義する。

1. タイムラインの選定
太陽の位置が $|X_G| \leq 16^\circ$ の条件 (図 7 参照) を満たすタイムラインを対象とする。
2. 評価範囲の限定

WGS84 準拠楕円体上の緯度 0.0 度、東経 140.70 度の点を基準とし、楕円体表面に沿った距離が 7,000 km 以下、かつ太陽自動回避が行われていない領域を抽出する。

3. 連続ピクセル範囲の抽出
各ラインにおいて、連続した観測ピクセル

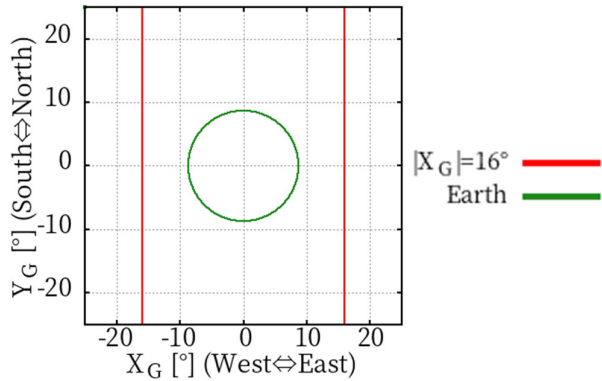


図 7：評価に用いるタイムラインを選定する際の、太陽位置の条件の境界。太陽の位置が $|X_G| \leq 16^\circ$ の条件を満たすタイムラインを評価対象とする。

Figure 7: Boundaries of sun position conditions in selection of timelines for evaluation; must satisfy $|X_G| \leq 16^\circ$.

の幅が最大となる範囲を抽出する。

4. 有効ラインの限定
手順 3 で得られた範囲のうち、ライン毎のピクセル数が 1,400 以上のラインを抽出する。
5. 差分放射輝度の計算
タイムラインに応じて、放射輝度の差分を以下のとおり計算する（例：図 8 (a) の橙点）。
 - フルディスク観測を行わないタイムラインの次タイムライン（保守後タイムライン）：2 タイムライン前との差分
 - 保守後タイムライン以外：1 タイムライン前との差分
6. 移動平均の算出
手順 5 で得られたデータに対して、ライン毎にピクセル方向の区間幅 50 の移動平均を計算する（例：図 8 (a) の緑点）。
7. 多項式近似
手順 4 で定められた範囲内で、手順 6 で得られた値をライン毎に最小二乗法により 6 次の多項式で近似する。
8. 端部の除去

多項式近似の精度確保のため、各ラインの両端から 150 ピクセルを除外する

9. 最大放射輝度によるライン選別
以下の閾値以上の最大放射輝度を持つラインを抽出する。
 - 保守後タイムライン：0.059 W/m²/sr/μm
 - 保守後タイムライン以外：0.047 W/m²/sr/μm
10. ピークと谷の抽出
各ラインについて、最大値を含む山と、その西隣の極小値を含む谷を抽出する。また、GEOS 投影上の 5,500×5,500 格子において、それ以外のピクセルを 0 W/m²/sr/μm とする。（例：図 8 (a) の赤線、及び図 8 (b) の赤点線）
11. 迷光強度の計算
前タイムラインにおける手順 11 の値（例：図 8 (b) の橙点線）に、手順 10 の値を加算する。ただし、手順 10 で得られたデータにおいて全ピクセルが 0 W/m²/sr/μm のラインは、加算値としても 0 W/m²/sr/μm とする。（例：図 8 (b) の緑線）
12. 迷光種別の空間分離
各タイムラインの中間時刻における太陽の Y_G に 13°を加えた位置に該当するラインを境界とし、それより北側を帯状迷光発生可能範囲、南側を拡散迷光発生可能範囲と定義する。
13. 迷光の有無の判定
放射輝度が 0 W/m²/sr/μm を超える場合、当該ラインで迷光が発生したと判定する。
なお、各日において初めて手順 1 の条件を満たすタイムラインについては、手順 2 から 10 を事前に実施し、次のタイムラインにおける手順 11 の値として利用する。図 8 に、本手順による計算例を示す。
各手順の実施理由は以下のとおりである。
 - 手順 1：ひまわりで観測可能な地球表面において、太陽光が反射される領域が狭い時刻を計算対象とするため。
 - 手順 2：ひまわりから見た地球のリムにお

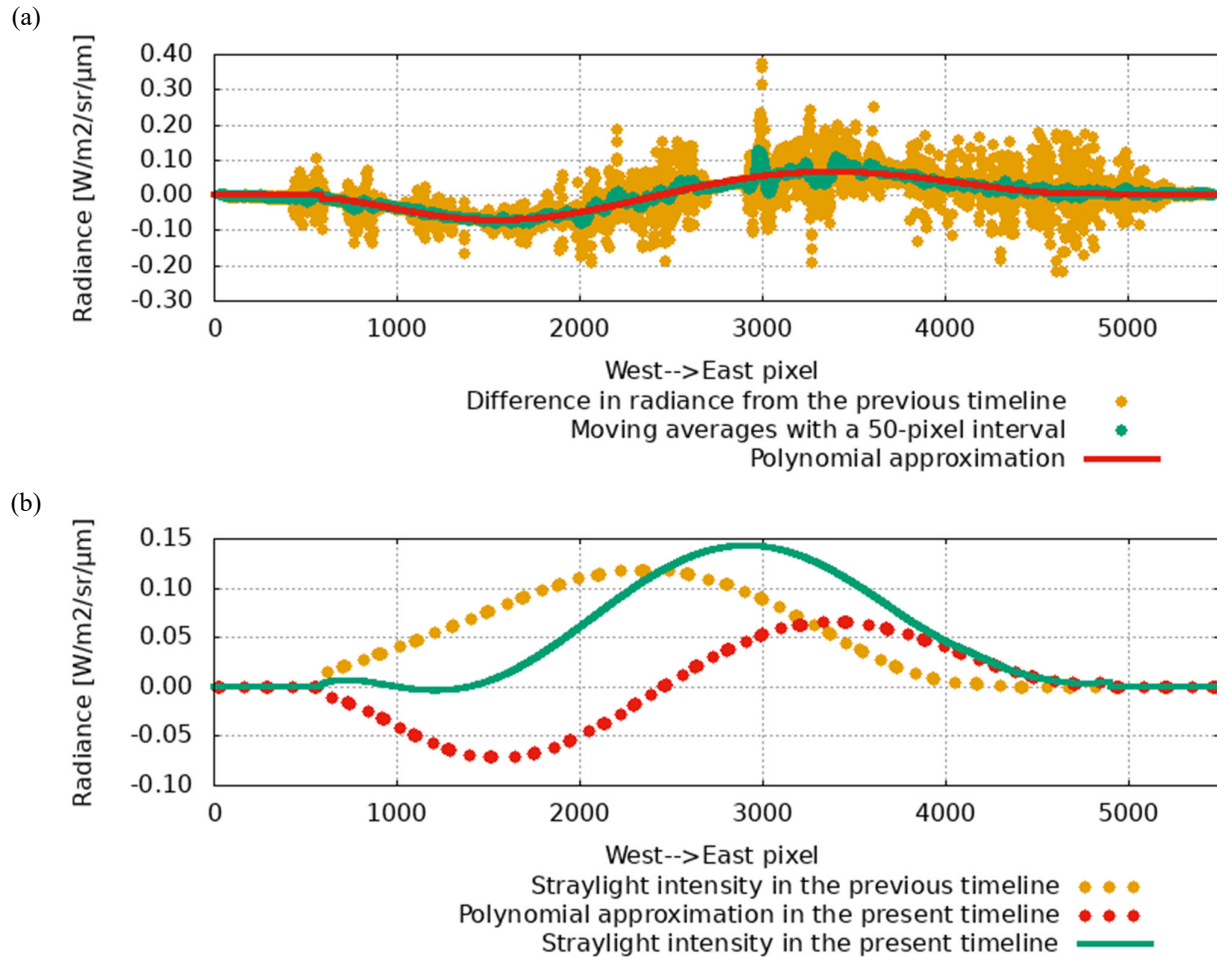


図 8 : 2016 年 11 月 5 日 14:20 UTC 開始タイムラインのライン 1,665 における計算例。(a) の赤色の実線と (b) の赤色の点線は、同一の値である。

Figure 8: Calculation at line 1,665 on a timeline starting at 14:20 UTC on 5 November 2016. The solid red line in (a) and the dotted red line in (b) show the same values.

る太陽光反射（迷光ではない）を除外するため（図 9 参照）。

- 手順 3 : 太陽自動回避の影響で観測ピクセルが途切れるラインでも、以降の手順を実施可能となるようにするため。
- 手順 4 : 多項式近似（手順 7）における平滑化の効果を確保するため。
- 手順 7 における近似関数 : AHI 観測データに含まれる迷光に起因する放射輝度分布に対する近似関数を検討し、複数の候補関数の中で 6 次多項式が最も高い近似精度を示したため、本評価ではこれを近似関数として採用し

た。

- 手順 8 : ラインの両端では多項式近似による平滑化効果が小さく、正の値が十分に小さくならないことにより、迷光強度が過大評価されたり、迷光の発生が誤検知されたりする可能性があるため。
- 手順 9 及び手順 10 : 大気的时间変化による放射輝度差分の影響を最小限に抑えるため。これを行わない場合、実際に迷光が発生していない画素においても、式 1 に示す $E_t - E_{t-1}$ が累積され、後の時間ほど放射輝度が大きくなり、迷光が誤検知される可能性が高まる。な

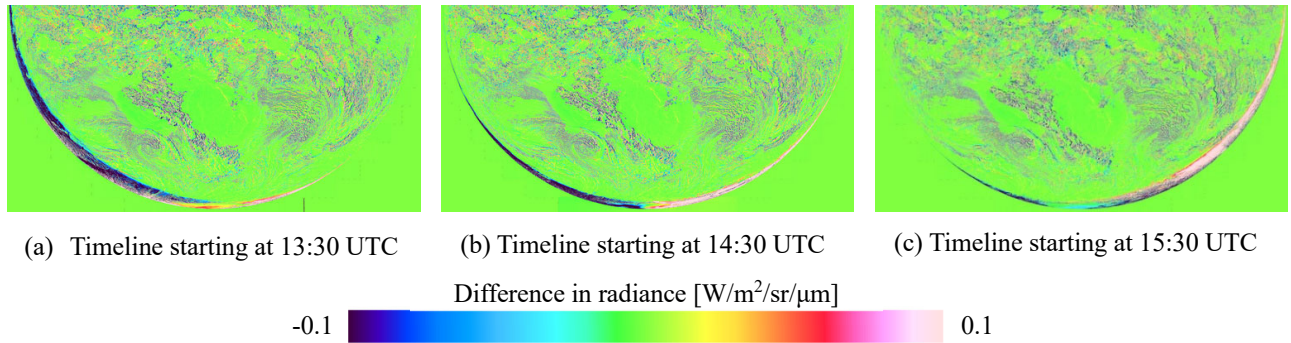


図 9：地球のリムにおける太陽光の反射の観測例。2024 年 12 月 25 日における南半球のフルディスク観測データより、1 タイムライン前との放射輝度の差を示す。地球のリム付近では、太陽光の反射による放射輝度の顕著な増減が確認される。

Figure 9: Observation of sunlight reflected from the Earth's limb. Full-disk observation data from the Southern Hemisphere for 25 December 2024 show the difference in radiance from one timeline (10 minutes) prior. Near the Earth's limb, significant increase or reduction in radiance is seen due to sunlight reflection.

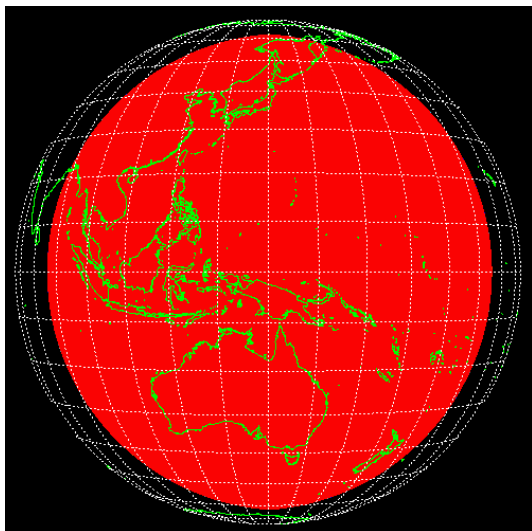


図 10：迷光の発生ライン及び強度の計算対象範囲（赤色の部分）。白色の点線は緯線または経線、黄緑色の実線は海岸線を示す。

Figure 10: Straylight occurrence lines and intensity calculation range (red area). The white dotted lines indicate latitude/longitude, and the solid yellow-green lines indicate coasts.

お、手順 9 の各閾値は、2.2 節に示した使用データにおいて、迷光の誤検知や検知漏れが最も少なくなるよう調整した。

- 手順 9 における閾値差：保守後タイムラインでは差分時間が長く、大気変化の影響が大きいため、大きい閾値を設定して誤検知を防ぐ。

また、手順 9 において閾値を下回る弱い迷光は、検知や補正ができない。なお、迷光の発生がないと考えられる 2024 年 6 月 25 日の場合、手順 8 で得られるデータの最大放射輝度は、保守後タイムラインでは $0.040 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ 、その他のタイムラインでは $0.025 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ であった。

図 10 に、本評価方法において迷光の発生ライン及び強度の評価対象となる空間範囲を示す。この範囲の最北緯度は北緯 62.7 度、最南緯度は南緯 62.7 度、最西経度は東経 86.4 度、最東経度は西経 164.9 度である。なお、ひまわり標準データにおけるバンド 7 のフルディスク観測 ($5,500 \times 5,500$ 画素) において、北西端の画素を原点 (ライン,ピクセル)=(1,1) とすると、最北ラインは 192、最南ラインは 5307、最西ピクセルは 352、最東ピクセルは 5149 に相当する。

2.4 迷光補正手法

迷光補正は、観測データから前節の手順 11 で得られた迷光放射輝度を減算することで実施する。ただし、本評価手法では迷光強度をライン毎に算出するため、補正後のデータにおいてライン間で

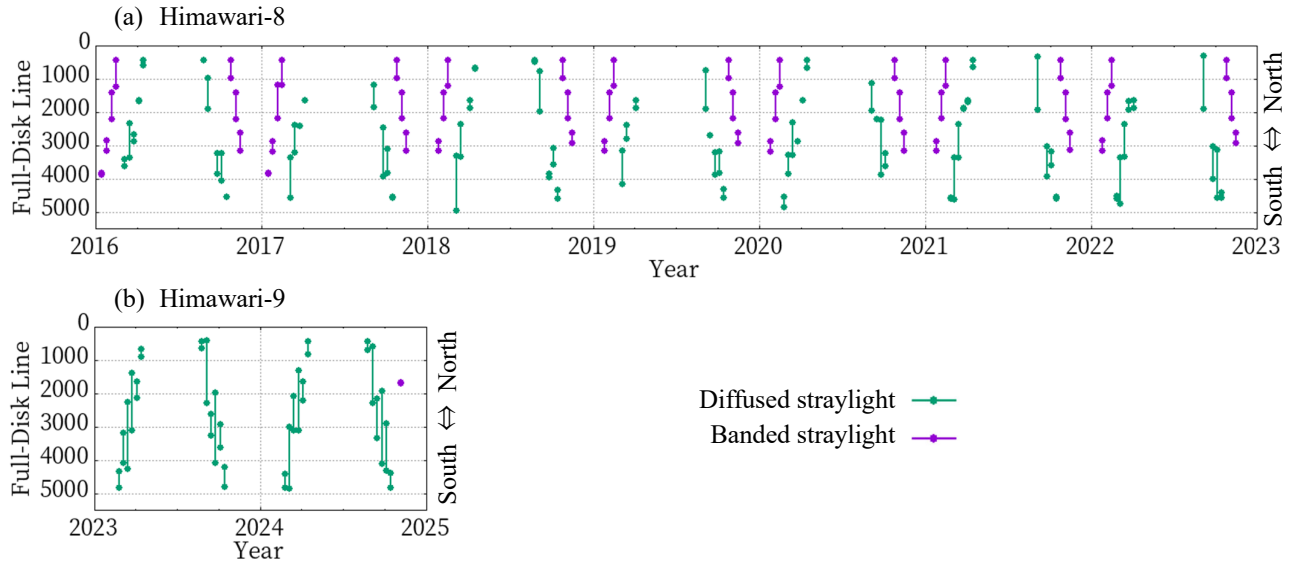


図 11：迷光の発生ライン。迷光の発生を検知したラインの最小値及び最大値を線で結んで示している。評価対象日は、各月の 5 日、15 日、25 日である。

Figure 11: Lines where straylight occurred; minimum and maximum line numbers where straylight was detected are connected with a line, with evaluation on the 5th, 15th and 25th of each month.

値の不連続（ストライプ）が生じる可能性がある。また、強度の弱い迷光は検知対象外であるため、それに起因する放射輝度の誤差については補正できない。

3. 結果と考察

2016 年から 2024 年における、ひまわり 8 号及び 9 号の 3.9 μm 帯（バンド 7）に対する迷光評価の結果を、図 11、図 12、図 13 及び付録に示す。評価は、前述の手順に基づき実施した。なお、以下の点に留意されたい。

- 評価は図 10 に示した計算対象範囲内に限られている。
- 14:40 UTC に開始されるタイムラインにおいてはフルディスク観測が行われないため、当該時刻のデータは評価対象外である。
- 評価手法の制約により、強度の弱い迷光の発生については検知されない。

3.1 帯状迷光

3.1.1 ひまわり 8 号

ひまわり 8 号において帯状迷光は、1 月 15 日（又は 1 月 25 日）から 2 月 15 日までの期間（以下、帯状迷光期間 1）及び、10 月 25 日から 11 月 15 日までの期間（以下、帯状迷光期間 2）に検知された。帯状迷光期間 1 の開始日が年によって 1 月 15 日もしくは 1 月 25 日と異なる要因としては、各年の 1 月 15 日の夜間における大気状態の差違が影響した可能性が考えられる。帯状迷光期間 2 は、Xu et al. (2023) の評価結果（表 2 の 3 行目）より短い、これは本評価において強度の弱い迷光の発生を検知できなかったためであると考えられる。

帯状迷光期間 1 では、迷光の検知位置が南から北へ徐々に移動し、期間 2 ではこれと逆に北から南へ移動する傾向が観察された。日毎の検知時間の長さとしては、期間 1 では 2 月 5 日、期間 2 では 11 月 5 日が最長であり、それぞれのタイムライン開始時刻は前者が 14:10 UTC～15:10 UTC、後者が 13:40 UTC～14:50 UTC であった。この違いは、

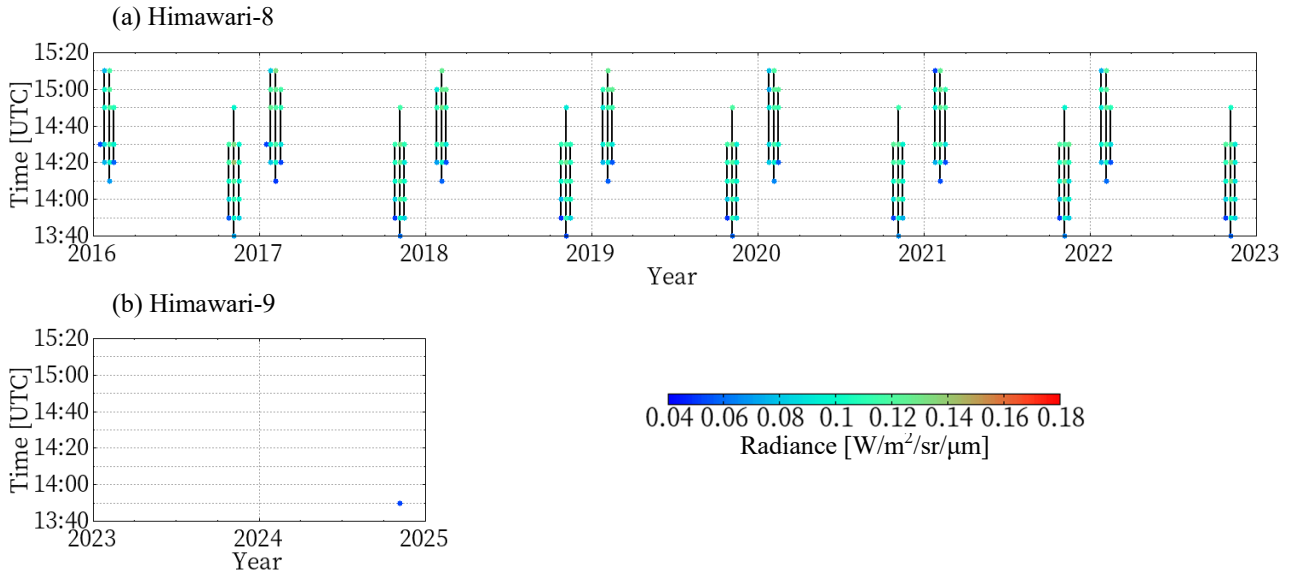


図 12：帯状迷光の発生タイムラインと最大放射輝度。連続する評価対象タイムラインで帯状迷光が検知された場合は、それらの点を線で結んで示している。縦軸は厳密にはタイムラインの開始時刻である。評価対象日は、各月の 5 日、15 日、25 日である。

Figure 12: Timeline and maximum radiance of banded straylight. Points of detection on consecutive timelines under evaluation are connected by lines, with vertical axes representing timeline start times and evaluation on the 5th, 15th and 25th of each month.

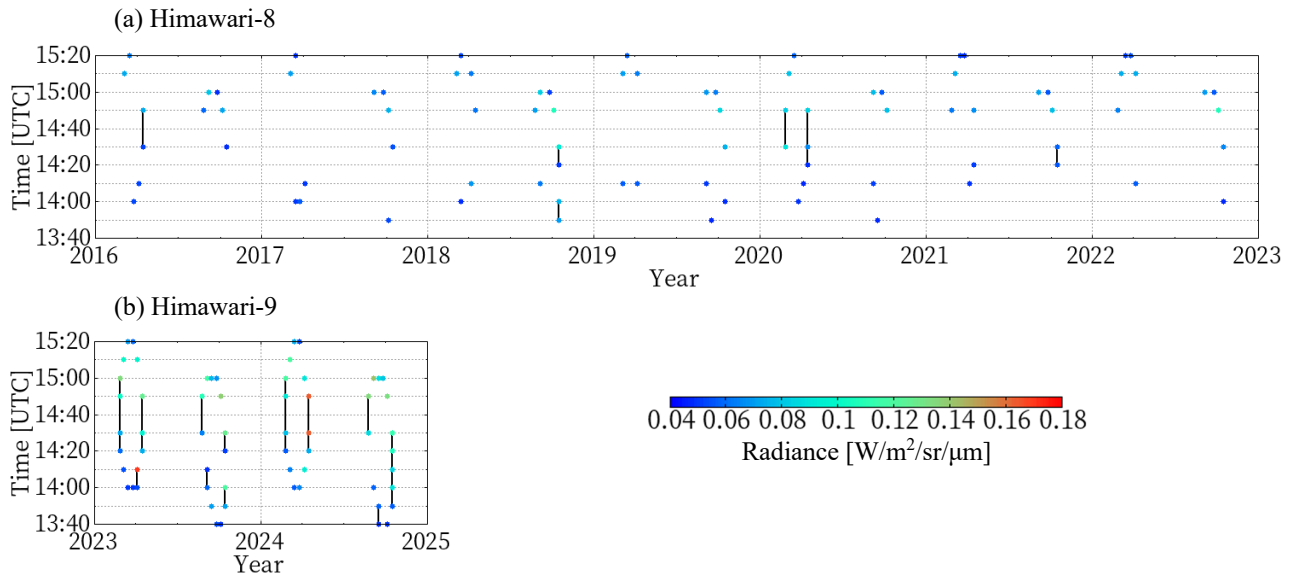


図 13：拡散迷光の発生タイムラインと最大放射輝度。連続する評価対象タイムラインで拡散迷光が検知された場合は、それらの点を線で結んで示している。縦軸は厳密にはタイムラインの開始時刻である。評価対象日は、各月の 5 日、15 日、25 日である。

Figure 13: Timeline and maximum radiance of diffused straylight. Points of detection on consecutive timelines under evaluation are connected by lines, with vertical axes representing timeline start times and evaluation on the 5th, 15th and 25th of each month.

同時刻における太陽の東西方向の角度 X_G が、期間2の方が大きいためと推察される。これらの傾向はすべての年において共通していた。

本評価における帯状迷光の最大放射輝度は約 $0.143 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ であり、これは輝度温度換算にお

いて約 5.38 K (300 K の背景に対する差) に相当する。また、図 11 (a) に示すように、ライン番号約 $4,000$ より南側では帯状迷光の検知がされていないことから、南半球よりも北半球側で強い迷光が発生していると推察される。

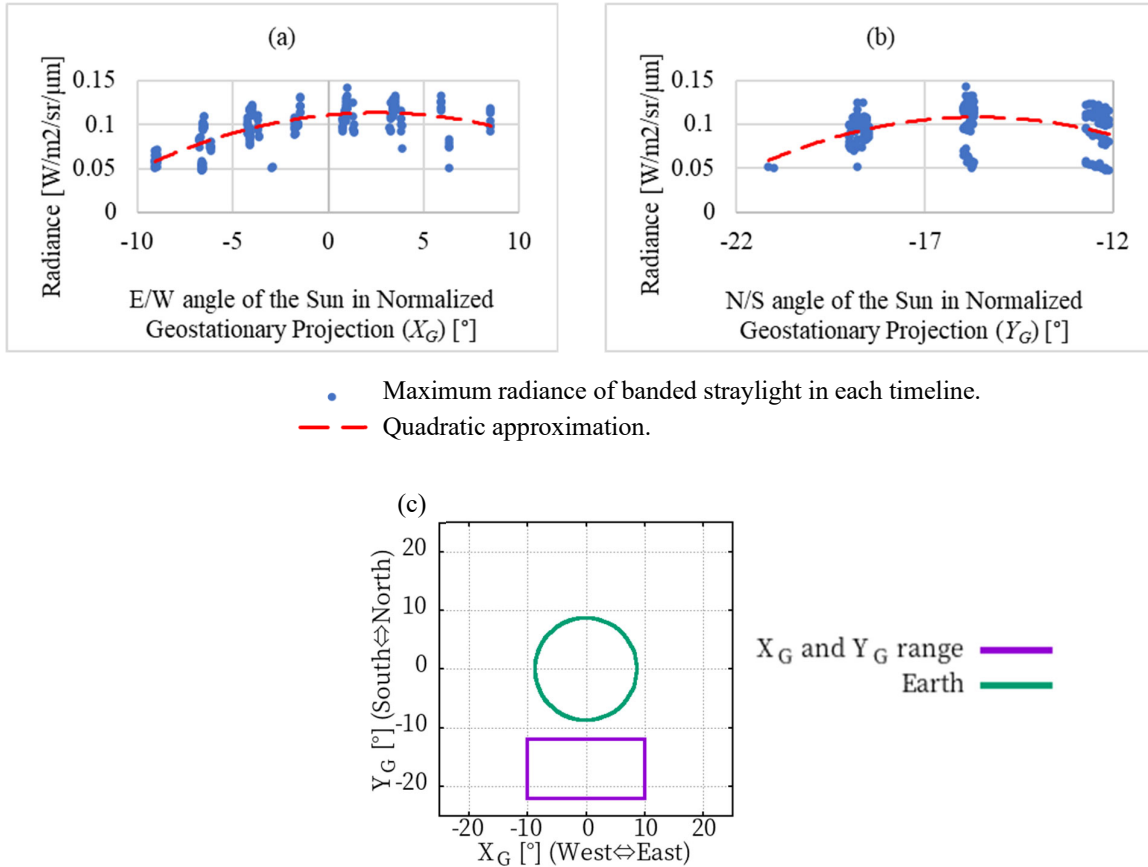


図 14 : ひまわり 8 号における太陽位置と帯状迷光強度の関係。評価対象日は、2016 年から 2022 年までの各月の 5 日、15 日、25 日である。ただし、2022 年 12 月 15 日及び 25 日を除く。

(a) : 太陽の東西角度 X_G と、各タイムラインにおける帯状迷光の最大放射輝度の関係

(b) : 太陽の南北角度 Y_G と、各タイムラインにおける帯状迷光の最大放射輝度の関係

(c) : ひまわりから見た地球の見かけの範囲と、(a) 及び (b) の横軸に対応する太陽位置の範囲

Figure 14: Relationship between solar position and banded straylight intensity for Himawari-8, with evaluation on the 5th, 15th and 25th of each month from 2016 to 2022 (except for the 15th and 25th December 2022).

(a): Relationship between solar east-west angle X_G and maximum radiance of banded straylight for each timeline.

(b): Relationship between solar north-south angle Y_G and maximum radiance of banded straylight for each timeline.

(c): Apparent range of Earth as seen from Himawari, and range of solar positions corresponding to the horizontal axes of (a) and (b).

さらに、迷光の放射輝度と太陽の X_G 、 Y_G との関係を 2 次多項式で近似した結果、最大放射輝度は $X_G=2.63^\circ$ 、 $Y_G=-15.53^\circ$ で得られた(図 14)。 0° に近い X_G の値が得られたことは、各日においては GEOS 投影で太陽が地球に最も近づく時刻に帯状迷光強度が最大となることを表している。ただし、 X_G はわずかに正となっており、式 1 における $E_t \approx E_{t-1}$ の仮定が実際には完全には成り立たず、同じ観測画素位置で正の $E_t - E_{t-1}$ が逐次的に加算されたことによって、太陽の X_G が大きい時間帯ほど迷光強度が過大に計算された可能性がある。また、 $Y_G=-15.53^\circ$ に対応する時期は、毎年 2 月 7 日及び 11 月 4 日付近である。

なお、ひまわり 8 号における本評価の最大迷光放射輝度(約 $0.143 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$)は、Shao et al.

(2021) による値(約 $0.133 \text{ mW/m}^2/\text{sr}/\text{cm}^{-1}=0.0882 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$)と比較して約 47%大きい。この差異の要因として、Shao et al. (2021) の評価では差分に用いる観測データにおける迷光範囲の重なりによる過小評価、本評価では前述のような大気放射変動の影響による過大評価の両面が考えられる。

3.1.2 ひまわり 9 号

ひまわり 9 号については、本評価において帯状迷光が検知されたのは、2024 年 11 月 5 日 13:50 UTC 開始のタイムラインにおいて、ライン 1,664 から 1,696 の範囲に発生した 1 件のみであった。その最大放射輝度は約 $0.0521 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ であり、これは 300 K の背景に対して約 2.27 K の輝度温度差に相当する。この値は、ひまわり 8 号における最大値(約 $0.143 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$)と比べて小さく、表 2 の 3 行目に記載された傾向と一致する。同一設計であるひまわり 8 号及び 9 号の間にこのような差異が生じた要因としては、軌道条件や AHI の中心波長、応答関数の形状など、各機体に固有の差異が何らかの形で影響を及ぼした可能性が考えられる。

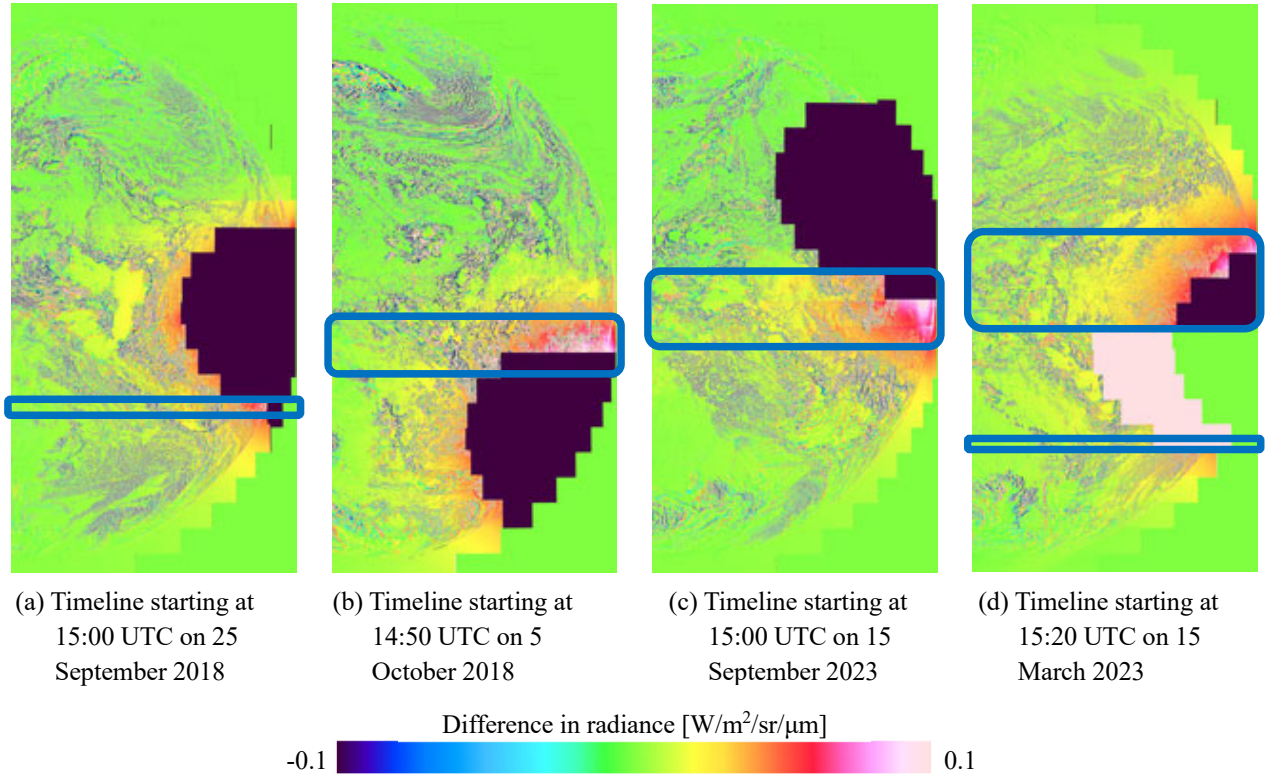
また、図 5 (a) 及び図 5 (c) に示すとおり、2024 年 11 月 5 日 13:50 UTC 開始以外のタイムラインにおいても比較的弱い帯状迷光の徴候が確認されたが、いずれも本評価の検出閾値を下回る強度であったため、迷光として検知されなかった。

3.2 拡散迷光

拡散迷光は、2 月 25 日(又は 3 月 5 日)から 4 月 5 日(又は 4 月 15 日)までの期間(以下、拡散迷光期間 1)及び、8 月 25 日(又は 9 月 5 日)から 10 月 5 日(又は 10 月 15 日)までの期間(以下、拡散迷光期間 2)に検知された。これら両期間において、開始日及び終了日が年によって異なる要因としては、各年の該当日の夜間における大気状態の差が影響した可能性が考えられる。拡散迷光期間 2 は表 2 の 2 行目に記載されている期間よりも短い、これは帯状迷光と同様に、本評価では強度の弱い迷光の発生を検知できなかったためと考えられる。

また、帯状迷光と同様に、拡散迷光期間 1 では検知されたラインが南から北へ、拡散迷光期間 2 では北から南へ徐々に移動する傾向が見られた。ただし、連続した評価日における検知ラインは、必ずしもこの傾向に従っていなかった。この理由として、以下の 4 点が考えられる。

- 第一に、GEOS 投影において太陽からの距離と拡散迷光の強度の関係が、太陽を中心とした方角によって異なる可能性があることである。例えば、図 15 (a) に示す 2018 年 9 月 25 日 15:00 UTC 開始のタイムラインでは、太陽自動回避領域の南側のみに拡散迷光が検知された。このような方向依存性は、AHI の構造に起因する、太陽を中心とした拡散迷光強度の異方性によるものと考えられる。
- 第二に、フルディスク観測データ内において、各画素の観測時刻に対応する GEOS 投影上の太陽位置が異なることである。1.1 節に示したとおり、フルディスク観測では、図 1 に示す観測範囲を対象として、西から東方向への走査を北から順に 23 回繰り返す、約 10 分弱の時間を要して 1 回分の観測データが取得される。そのため、フルディスク観測データにおける南端付近の観測時刻は、北端付近の観測時刻よりも 10 分弱遅れる。図 15 (b) に示す 2018 年 10 月 5 日 14:50 UTC 開始のタイムラインでは、GEOS 投影において地球の南東端付近に位置する太陽自動回避領域の北側にのみ拡散迷光が検知された。この時間帯において、太陽は当該太陽自動回避領域付近を西から東方向へ移動し、地球



(a) Timeline starting at 15:00 UTC on 25 September 2018

(b) Timeline starting at 14:50 UTC on 5 October 2018

(c) Timeline starting at 15:00 UTC on 15 September 2023

(d) Timeline starting at 15:20 UTC on 15 March 2023

Difference in radiance [$\text{W}/\text{m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$]
 -0.1 0.1

図 15 : フルディスク観測の東半分における 1 タイムライン前との放射輝度の差。青色の枠は拡散迷光の発生が検知されたラインのおおよその範囲を示す。各図の東側に見られる欠損領域は、太陽自動回避によるものである。なお、図(d)では、15:20 UTC に対応する太陽自動回避領域を黒色、15:10 UTC に対応する領域を淡桃色、15:10 UTC および 15:20 UTC の双方に対応する領域を黄緑色で示す。

Figure 15: Difference in radiance from one timeline prior in the eastern half of full-disk observation. Blue frames indicate the approximate range of lines where diffused straylight is detected, with partial data absence to the east due to automatic sun avoidance. In (d), the automatic sun avoidance area for 15:20 UTC is shown in black, that for 15:10 UTC in light pink, and that for both 15:10 UTC and 15:20 UTC in yellow-green.

から離れる方向に位置変化した。したがって、当該フルディスク観測データでは、北側は太陽が比較的地球に近い時刻に対応する観測値であり、南側は太陽からより遠い時刻に対応する観測値であると解釈される。このことから、太陽に近い時刻に観測された太陽自動回避領域の北側では強い迷光が発生し、一方、太陽から遠い時刻に観測された同領域の西側から南西側では迷光強度が弱くなった可能性が唆される。なお、先に述べた太陽を中心とした拡散迷光強度の異方性も加わり、これらの要因が複合的に影響した可能性がある。

- 第三に、太陽が地球の裏から現れる前後の時間

帯において、拡散迷光の強度が大きく変化することである。GEOS 投影における地球の半径は 8.7° であるため、太陽位置の MAG_G がこれを跨ぐ時間帯では、迷光の強度が急激に変化する可能性がある。図 15 (c) は、2023 年 9 月 15 日 15:00 UTC 開始タイムラインのフルディスク観測における 1 タイムライン前との差分を示している。検知された拡散迷光の北端ラインは、北から 11 番目と 12 番目のスワスの境界付近に位置しており、これらのスワスの走査時刻は太陽位置の MAG_G が 8.7° を超える時間帯にあたる。このため、スワス間で拡散迷光の強度に顕著な不連続が生じたと考えられる。

- 第四に、地球からの放射輝度の時間変化が大きい場合があることである。図 15 (d) に示す 2023 年 3 月 15 日 15:20 UTC 開始のタイムラインでは、検知された拡散迷光のラインが 2 つの範囲に分かれ、南側の範囲は 3 ラインのみで構成されていた。あるラインにおいて、地球放射の時間変化が大きなピクセルが連続する場合、2.3 節で述べた評価手順（移動平均や多項式近似）を経ても放射輝度が十分に小さくならず、そのラインが迷光として誤って検知される可能性がある。このタイムラインで検知された南側のラインは、このような影響によるものと考えられる。

拡散迷光の最大放射輝度は、ひまわり 8 号で約 $0.107 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ 、ひまわり 9 号で約 $0.170 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ である。これは、300 K の輝度温度換算で、前者が約 4.12 K、後者が約 6.86 K に相当する。このように、ひまわり 8 号よりもひまわり 9 号の迷光強度が強く、この傾向は表 2 の 2 行目に示された結果と一致する。また、ひまわり 8 号の帯状迷光の最大放射輝度は 3.1.1 項に記した約 $0.143 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ であり、拡散迷光のものよりも大きい。このことは、表 2 の 3 行目に示された結果と一致する。一方、ひまわり 9 号の帯状迷光の最大放射輝度は 3.1.2 項に示した約 $0.0521 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ であり、拡散迷光のものの方が大きい。

ひまわり 8 号及び 9 号で発生した拡散迷光の放射輝度と、太陽の X_G との関係を 2 次多項式で近似した結果、ひまわり 8 号では $X_G=5.00^\circ$ 、9 号では $X_G=2.63^\circ$ で最大値を示した（図 16 (a) 及び図 16 (b)）。これは、3.1.1 項で述べたように、太陽の X_G が大きい時間帯ほど迷光強度が過大に計算される傾向と同様の影響を受けている可能性がある。また、図 16 (c) 及び図 16 (d) に示すように、放射輝度と太陽の Y_G との関係における極大値は、 Y_G の絶対値が $4\sim 11^\circ$ の範囲に位置しており、 0° から離れている。これは、GEOS 投影において、太陽位置を中心とした拡散迷光の強度が東西方向よりも南北方向に強いことを示唆している。この Y_G に対応する時期は、2 月下旬～3 月上旬、4 月上旬～中旬、8 月下旬～9 月上旬、10 月上旬～中旬である。

図 13 (b) では、拡散迷光期間 1 及び 2 におい

て、拡散迷光を検知した点がおおむね環状に分布しており、GEOS 投影における地球近傍の宇宙空間に太陽が位置する時間帯に迷光強度が強まることを示している。これは表 2 の 1 行目の結果と一致する。一方、図 13 (a) では点の分布が途切れがちになっており、これはひまわり 8 号で発生した拡散迷光の放射輝度が 9 号よりも小さく、一部のタイムラインで検知できなかったためと考えられる。

拡散迷光を検知したタイムラインの開始時刻は、期間 1 では 14:00 UTC～15:20 UTC、期間 2 では 13:40 UTC～15:00 UTC であり、期間 1 の方が遅い。この理由は 3.1.1 項で述べたのと同様、同時刻における太陽の X_G が期間 2 の方が大きいと考えられる。これらの傾向は、すべての年において共通して見られた。

3.3 迷光の補正

図 17 及び図 18 に、元の放射輝度から迷光の放射輝度を差し引いて得られた、迷光補正後の観測データの一例を示す。迷光の強度が比較的強い領域では、一定程度以上補正できている。しかし、補正後の観測データでは、補正前に比べてストライプ状のパターンが目立つようになっている。これは、2.3 節や 2.4 節で述べたとおり、迷光の強度をライン毎に個別に算出したことによるものである。さらに、本手法では強度の弱い迷光を検知・補正することができないため、補正されたラインと補正されていないラインの間に、顕著な放射輝度の不連続が生じる。このような理由から、本手法により補正された観測データは、定性的・定量的利用のいずれにも適さないと考える。

4. 結論

ひまわり 8 号及び 9 号の $3.9 \mu\text{m}$ 帯 (バンド 7) において発生した帯状迷光及び拡散迷光について、先行研究では十分に評価されていなかった以下の項目に関して詳細な解析を行った。

- 発生位置の季節変動
- 発生時刻の季節変動
- 強度の日変動

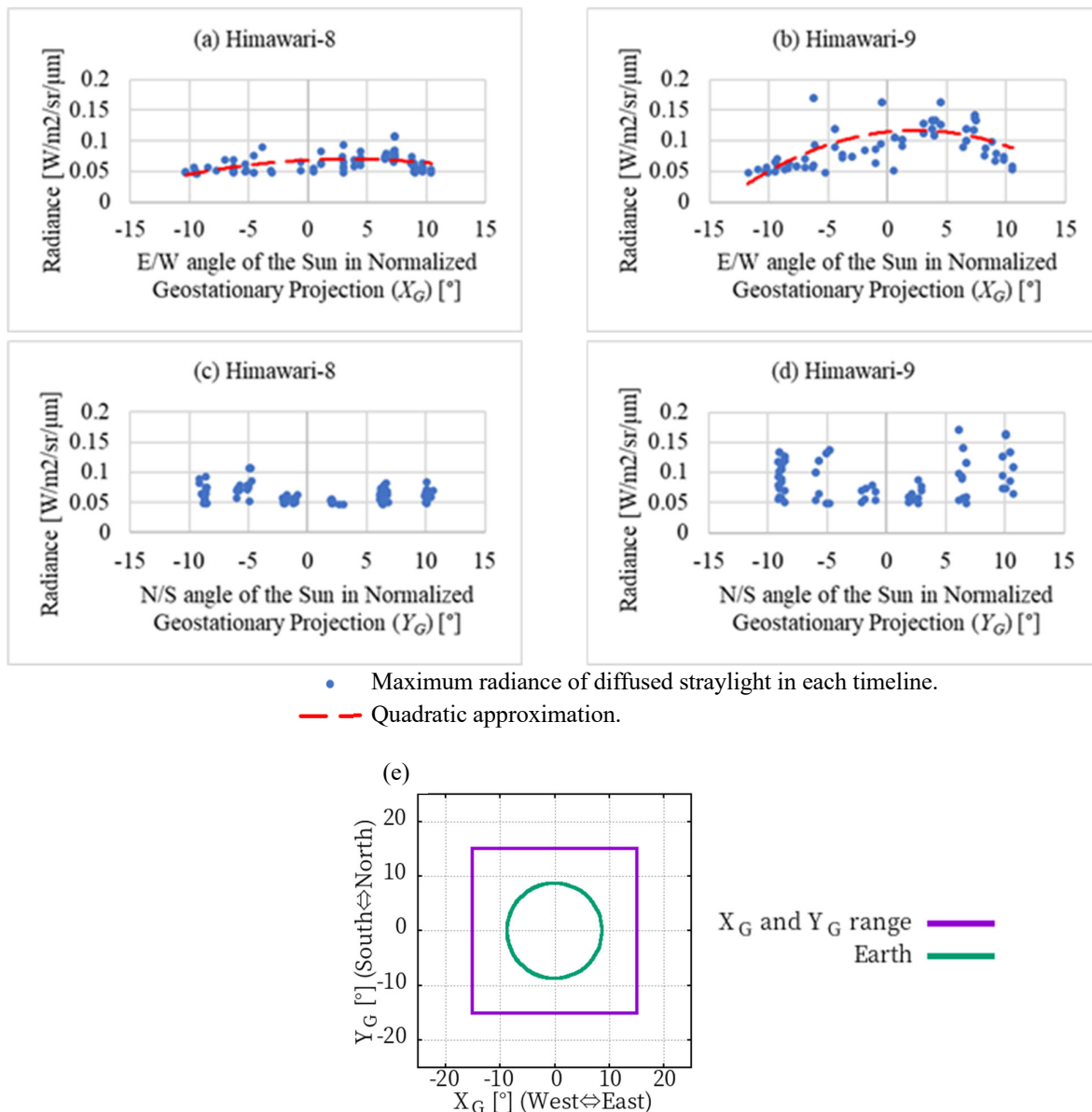


図 16 : ひまわり 8 号及び 9 号における太陽位置と拡散迷光強度の関係。評価対象日は、2016 年から 2024 年までの各月の 5 日、15 日、25 日である。

(a), (b) : 太陽の東西角度 X_G と、各タイムラインにおける拡散迷光の最大放射輝度の関係

(c), (d) : 太陽の南北角度 Y_G と、各タイムラインにおける拡散迷光の最大放射輝度の関係

(e) : ひまわりから見た地球の見かけの範囲と、(a) ~ (d) の横軸に対応する太陽位置の範囲

Figure 16: Relationship between solar position and diffused straylight intensity, with evaluation on the 5th, 15th and 25th of each month from 2016 to 2024.

(a), (b): Relationship between solar east-west angle X_G and maximum radiance of diffused straylight for each timeline.

(c), (d): Relationship between solar north-south angle Y_G and maximum radiance of diffused straylight for each timeline.

(e): Apparent range of Earth as seen from Himawari, and range of solar position corresponding to the horizontal axes of (a) ~ (d).

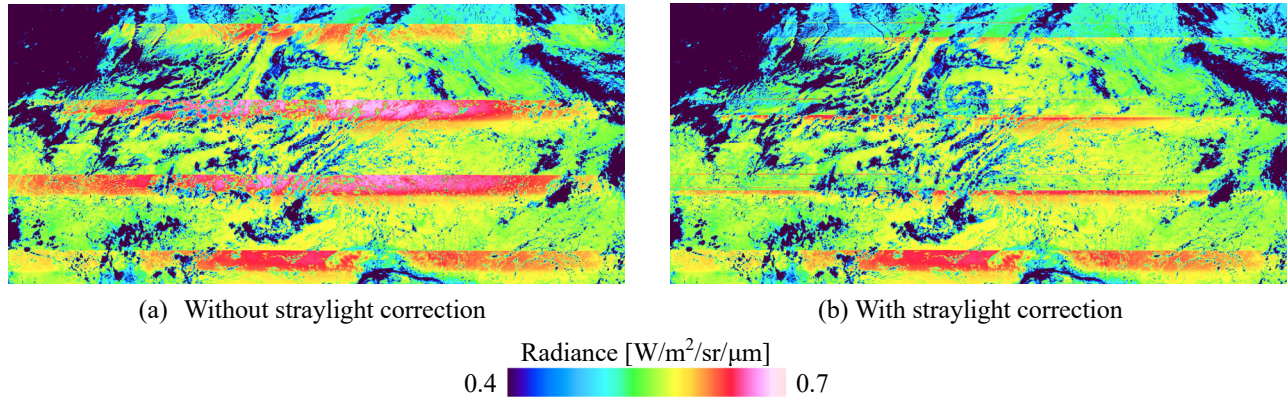


図 17：帯状迷光の補正例。2022 年 11 月 5 日 14:20 UTC 開始タイムラインのフルディスク観測の放射輝度。観測範囲の一部を切り取っている。

Figure 17: Banded straylight correction. Radiance of full-disk observations starting at 14:20 UTC on 5 November 2022 (partial cropping of observation range).

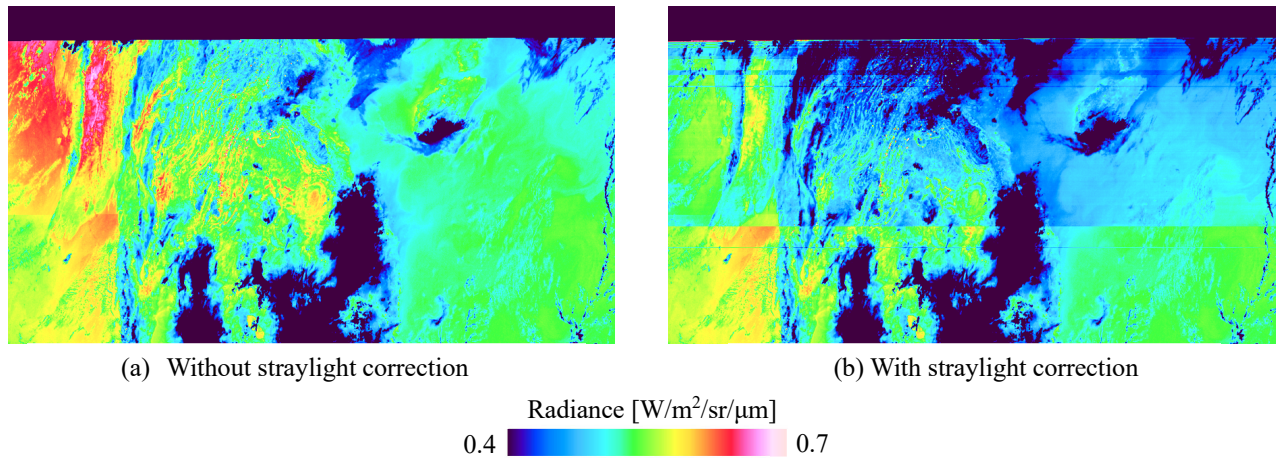


図 18：拡散迷光の補正例。2023 年 4 月 5 日 14:10 UTC 開始タイムラインのフルディスク観測の放射輝度。観測範囲の一部を切り取っている。北側に見られる欠損領域は太陽自動回避に起因するもの。

Figure 18: Diffused straylight correction. Radiance of full-disk observations starting at 14:20 UTC on 5 November 2022 (partial cropping of observation range). Partial data absence to the north due to automatic sun avoidance.

- 強度の季節変動
- 補正手法の検討

強度の評価に際しては、先行研究のように観測された放射輝度の差分の近似関数をそのまま用いることで生じ得る過小評価を防ぐため、対処を講じた。

ひまわり 9 号では帯状迷光の検知頻度は低かったが、最大放射輝度は約 $0.0521 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ であった。ひまわり 8 号においては、帯状迷光期間 1 及び 2 の両期間で迷光が検知され、前者では南から北へ、

後者では北から南への移動が見られた。強度については、日変動では GEOS 投影において太陽が地球に最も近づく時刻に、季節変動では 2 月上旬及び 11 月上旬に最大となる傾向が確認された。最大放射輝度は約 $0.143 \text{ W/m}^2/\text{sr}/\mu\text{m}$ であった。

拡散迷光は、拡散迷光期間 1 及び 2 において検知され、帯状迷光と同様に、前者では南から北へ、後者では北から南への移動傾向が見られた。強度の日変動は、GEOS 投影において太陽が地球近傍の宇宙

空間に位置する時間帯に最大となり、季節変動では2月下旬～3月上旬、4月上旬～中旬、8月下旬～9月上旬、10月上旬～中旬に極大を示した。最大放射輝度は、ひまわり8号で約0.107 W/m²/sr/μm、ひまわり9号で約0.170 W/m²/sr/μmと評価された。

迷光が検知されたタイムラインの開始時刻は、季節によって若干の差はあるものの、13:40 UTCから15:20 UTCの範囲に集中していた。特に、帯状迷光期間1及び拡散迷光期間1においては、期間2と比較して発生時刻がやや遅い傾向が確認された。

本評価手法における主な課題として、以下の3点が挙げられる。

- 誤検知の防止を目的として放射輝度の下限値を設けているため、放射輝度が小さい迷光を検知できない。
- 式1において $E_t \approx E_{t-1}$ という仮定が厳密には成立しないため、日変動における後半ほど迷光強度が過大に評価される可能性がある。
- 迷光強度をライン単位で計算しているため、補正後の観測データにおいてストライプ状の不連続が顕著となる。

これらの課題については、今後、機械学習を応用することで改善の可能性があると考えられる。

なお、2029年度から観測運用が開始される予定のひまわり10号 (Bessho et al. 2025) には、AHIと同じベンダーにより製造される同イメージャと類似した設計のイメージャ「Geostationary Himawari Imager (GHMI)」が搭載される予定であることから、本報告で示した評価手法は、GHMIによる観測データにも有効に適用できると期待される。なお、AHIの観測データに帯状迷光の発生が認められたことから、後に同じベンダーにより製造され AHI と類似した設計を持つ Advanced Baseline Imager (ABI) 及び Advanced Meteorological Imager (AMI) においては帯状迷光への対策が講じられ、両イメージャには帯状迷光が発生していない (Xu et al. 2023)。したがって、GHMIにおいても帯状迷光は発生しないものと期待される。

謝辞

本評価は、2018年度から2020年度、及び2023年

度に、三菱電機株式会社鎌倉製作所の赤木茂樹氏、ならびに三菱電機ソフトウェア株式会社鎌倉事業所の國宗智寛氏によって実施された、AHIの迷光評価に基づいて実施したものである。データ処理部解析課の高橋昌也氏には、本評価の遂行にあたり多数の有益な助言を賜った。同課の今井崇人氏、内木詩歩氏及び保坂啓太氏には文章の通読を行っていただき、有益なコメントを賜った。同課の丸山拓海氏、ならびに気象庁大気海洋部業務課気象技術開発室の亀川訓男氏からは、霧プロダクトにおける迷光の影響についての情報をいただいた。また、本報告の作成にあたり関係諸氏より多くのご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 尾関 一頼, 佐々木 幸男, 2016: 静止気象衛星ひまわり8号及び9号の概要. 気象衛星センター技術報告, 特別号 (2016), 3-16.
- 気象庁観測部気象衛星課, 2018: 静止気象衛星ひまわり8号・9号の概要. 測候時報, 85, 31-74.
- 丸山拓海, 石田春磨, 中鉢幸悦, 2022: ひまわり8号霧監視プロダクトの開発. 気象衛星センター技術報告, 66.
- Bessho, K., A. Andou, Y. Sumida, M. Abe, 2025: Himawari-10 Project Overview. SOLA, 21, 251-257, doi: 10.2151/sola.2025-031.
- Coordination Group for Meteorological Satellites, 2013: LRIT/HRIT Global Specification. Issue 2.8 (30 October 2013). <https://cgms-info.org/publication/cgms-lrit-hrit-global-specification-v2-8-of-30-oct-2013/> (最終アクセス日: 2026年3月11日) .
- Dussarrat, P., 2023: Updates: MTG-S IRS Straylight characterisation and correction. <https://www.eumetsat.int/media/51846> (最終アクセス日: 2026年3月11日) .
- Imai, T. and R. Yoshida, 2016: Algorithm Theoretical Basis for Himawari-8 Cloud Mask Product. *Meteorological Satellite Center Technical Note*, 61, 1-17.
- Kaneko, T., A. Yasuda, Y. Yoshizaki, K. Takasaki and Y. Honda, 2018: Pseudo-thermal anomalies in the

- shortwave infrared bands of the Himawari-8 AHI and their correction for volcano thermal observation. *Earth Planets Space*, 70, 175, doi: 10.1186/s40623-018-0946-x.
- Kigawa, S., 2003: Stray Light Correction for Imager. *Meteorological Satellite Center Technical Note*, 42, 1-18.
- Okuyama, A., M. Takahashi, K. Date, K. Hosaka, H. Murata, T. Tabata and R. Yoshino, 2018: Validation of Himawari-8/AHI Radiometric Calibration Based on Two Years of In-Orbit Data. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 96B, 91–109, doi: 10.2151/jmsj.2018-033.
- Shao, X., C. Cao, T. C. Liu, S. Uprety, B. Zhang, W. Wang and S. Blonski, 2018: Characterization and correction of stray light for NOAA-20 VIIRS day/night band. *Proc. SPIE 10781, Earth Observing Missions and Sensors: Development, Implementation, and Characterization V, 107810H* (23 October 2018), doi: 10.1117/12.2323981.
- Shao, X., X. Wu, F. Yu and C. Cao, 2021: Characterization and monitoring of GOES-16 ABI straylight and comparison with Himawari-8 AHI and GOES-17 ABI. *Journal of Applied Remote Sensing*, 15(1), 017503 (26 February 2021), doi: 10.1117/1.JRS.15.017503.
- Xu, H., X. Wu, F. Yu, A. Okuyama, J. Kim and T. H. Oh, 2023: Straylight rejection of ABI, AHI, and AMI. *Proc. SPIE 12685, Earth Observing Systems XXVIII, 126850G* (6 October 2023).

付録 評価結果の詳細

ひまわり 8 号及び 9 号に搭載された可視赤外放射計 (AHI) の $3.9 \mu\text{m}$ 帯 (バンド 7) のフルディスク観測データで発生した迷光の発生位置、発生時刻及び強度の評価結果の詳細を示す。なお、以下の点に留意されたい。

- 迷光の評価は、図 10 に示した計算対象範囲内に限られている。
- 評価対象日は、各月の 5 日、15 日、25 日である。
- 14:40 UTC に開始されるタイムラインにおいてはフルディスク観測が行われなかったため、当該時刻のデータは評価対象外である。
- 評価手法の制約により、強度の弱い迷光の発生については検知されない。

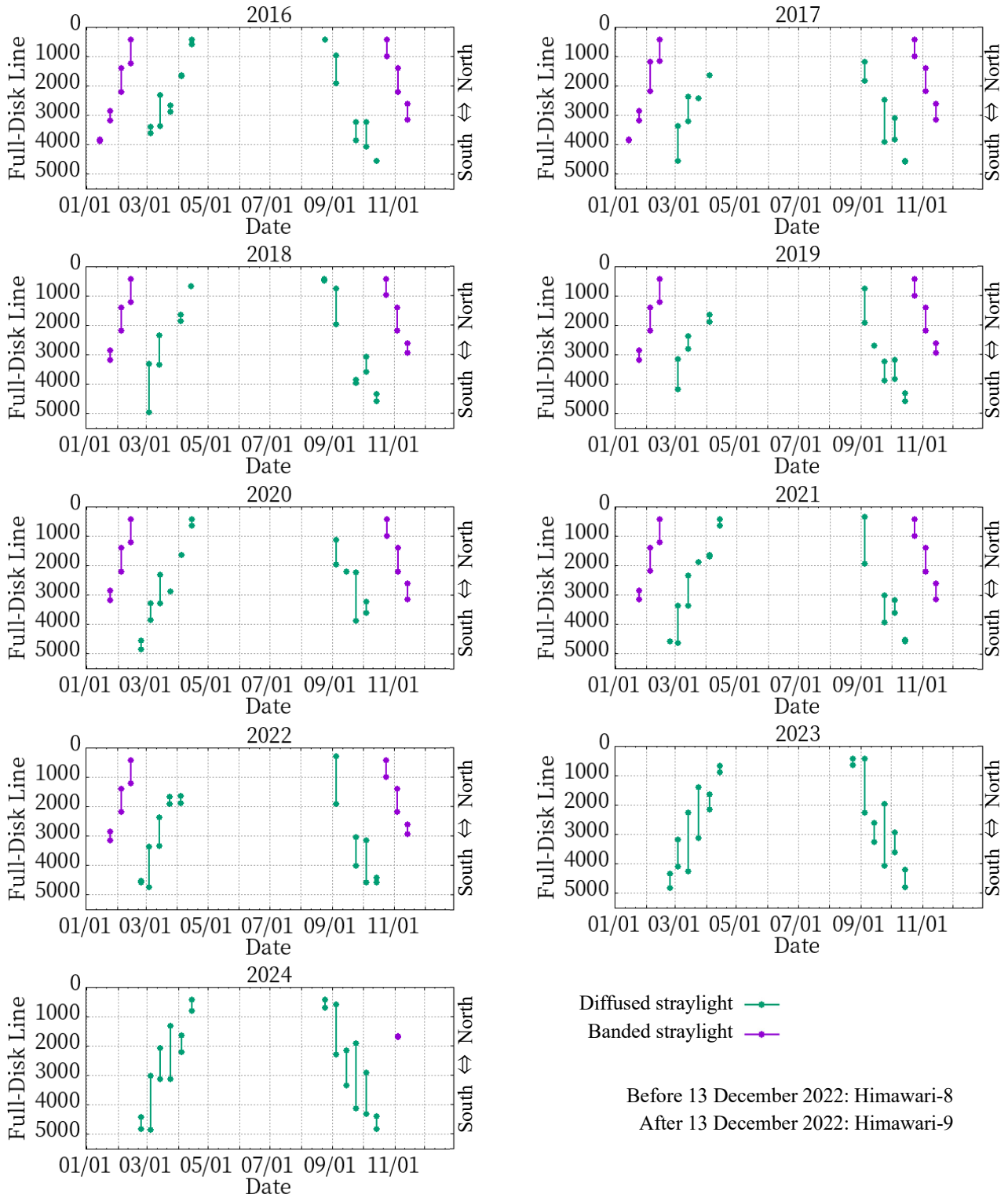


図 A.1 : 迷光の発生ライン。迷光の発生を検知したラインの最小値及び最大値を線で結んで示している。
 Figure A.1: Lines where straylight occurred; minimum and maximum line numbers where straylight was detected are connected with a line.

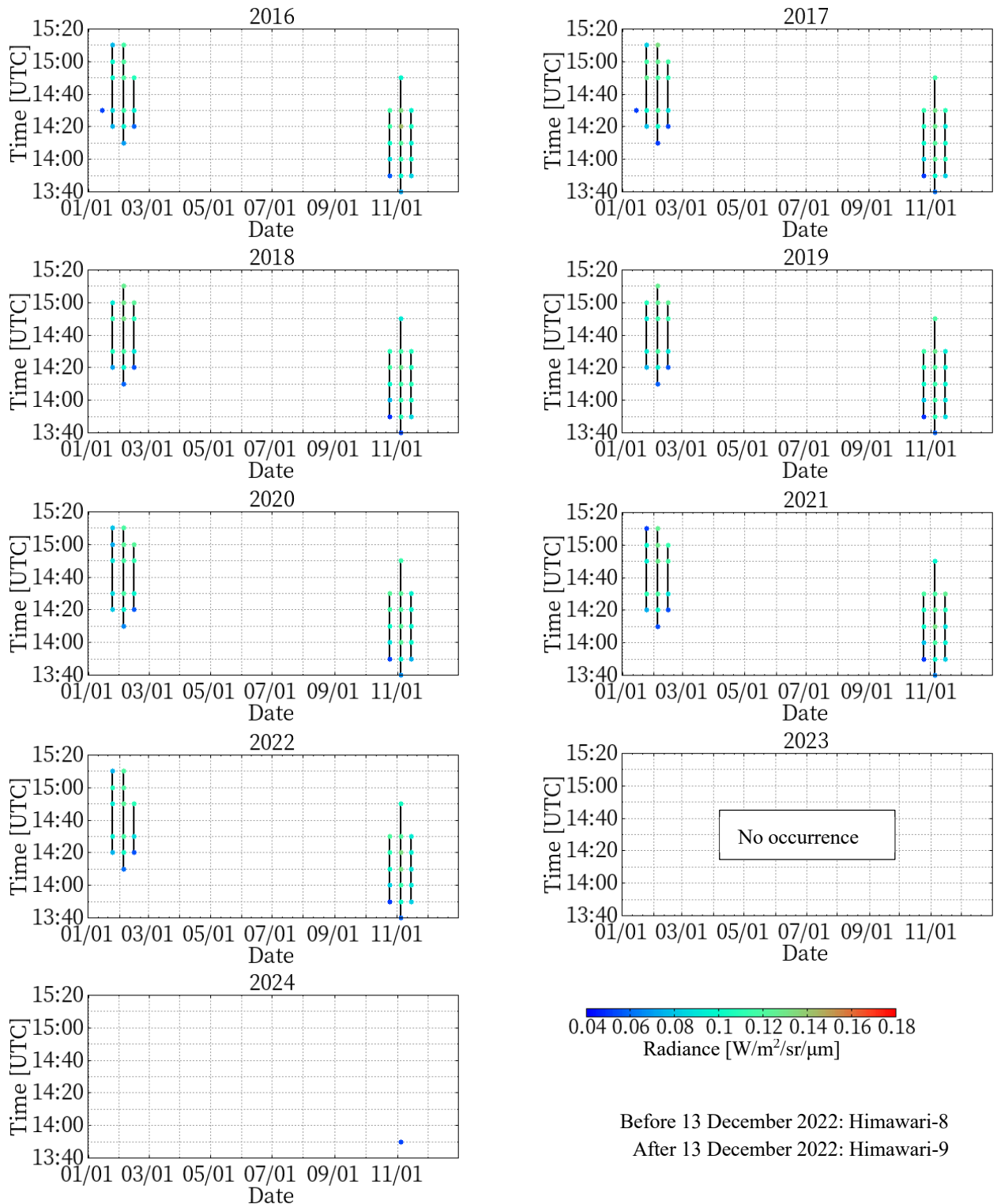


図 A.2 : 帯状迷光の発生タイムラインと最大放射輝度。連続する評価対象タイムラインで帯状迷光が検知された場合は、それらの点を線で結んで示している。縦軸は厳密にはタイムラインの開始時刻である。

Figure A.2: Timeline and maximum radiance of banded straylight. Points of detection on consecutive timelines under evaluation are connected by lines, with vertical axes representing timeline start times.

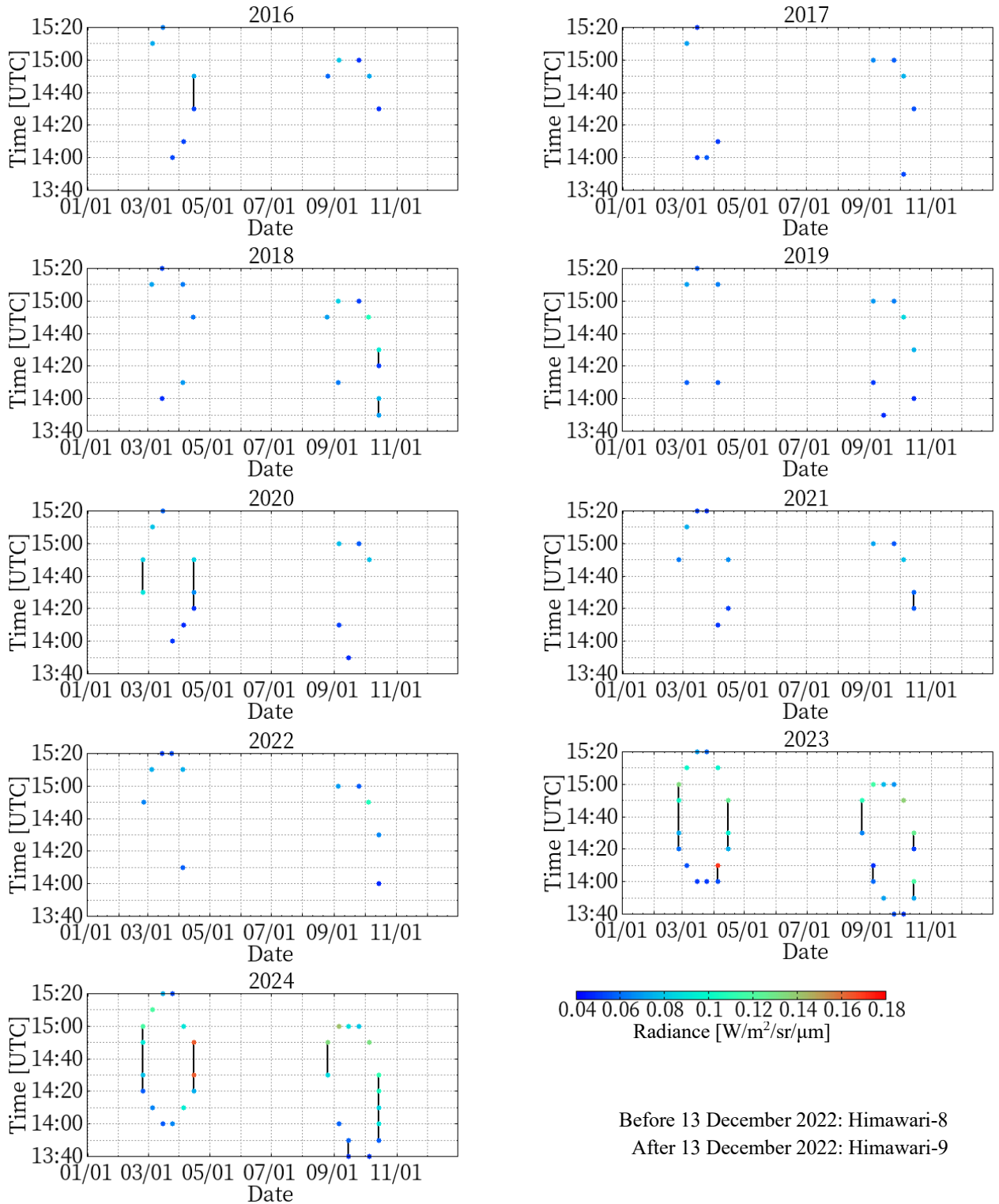


図 A.3 : 拡散迷光の発生タイムラインと最大放射輝度。連続する評価対象タイムラインで拡散迷光が検知された場合は、それらの点を線で結んで示している。縦軸は厳密にはタイムラインの開始時刻である。

Figure A.3: Timeline and maximum radiance of diffused straylight. Points of detection on consecutive timelines under evaluation are connected by lines, with vertical axes representing timeline start times.

表 A.1 : 評価結果の各種値。迷光が検知されなかった時刻を省略している。

Table A.1: Selected evaluation results. Times with no straylight detection are omitted.

Timeline start time [UTC]		Banded straylight			Diffused straylight			Angle of sun in normalized geostationary projection [°]		
Year/month/ day	Hour: minute	North ernm ost line	South ernm ost line	Maximum radiance [W/m ² /sr/ μm]	North ernm ost line	Southe rnmost line	Maximum radiance [W/m ² /sr/ μm]	Magnit ude	East- west (east: positive)	North- west (north: positive)
2016/1/15	14:30	3840	3881	0.052147	/	/	/	21.338	-2.918	-21.147
2016/1/25	14:20	2866	3172	0.074709	/	/	/	19.936	-6.153	-18.999
2016/1/25	14:30	2867	3164	0.087229	/	/	/	19.333	-3.654	-18.998
2016/1/25	14:50	2869	3154	0.099921	/	/	/	19.040	1.344	-18.994
2016/1/25	15:00	2868	3152	0.099287	/	/	/	19.363	3.843	-18.993
2016/1/25	15:10	3124	3126	0.076017	/	/	/	19.985	6.342	-18.991
2016/2/5	14:10	2144	2194	0.069672	/	/	/	18.318	-9.086	-15.974
2016/2/5	14:20	1659	2194	0.096061	/	/	/	17.244	-6.586	-15.972
2016/2/5	14:30	1415	2166	0.114351	/	/	/	16.471	-4.087	-15.970
2016/2/5	14:50	1410	2200	0.119323	/	/	/	15.991	0.911	-15.965
2016/2/5	15:00	1418	2189	0.119832	/	/	/	16.314	3.410	-15.963
2016/2/5	15:10	1661	2201	0.116550	/	/	/	16.993	5.909	-15.961
2016/2/15	14:20	931	1217	0.058024	/	/	/	14.333	-6.633	-12.734
2016/2/15	14:30	441	1200	0.095338	/	/	/	13.375	-4.134	-12.731
2016/2/15	14:50	438	1228	0.107917	/	/	/	12.755	0.865	-12.727
2016/3/5	15:10	/	/	/	3410	3613	0.072395	8.697	6.562	-5.721
2016/3/15	15:20	/	/	/	2331	3365	0.063302	9.871	9.708	-1.796
2016/3/25	14:00	/	/	/	2670	2881	0.052299	9.781	-9.549	2.127
2016/4/5	14:10	/	/	/	1645	1684	0.051992	8.909	-6.233	6.378
2016/4/15	14:30	/	/	/	425	439	0.052197	10.074	-0.576	10.058
2016/4/15	14:50	/	/	/	428	591	0.072435	10.983	4.423	10.063
2016/8/25	14:50	/	/	/	432	433	0.059087	11.168	3.923	10.464
2016/9/5	15:00	/	/	/	968	1906	0.079434	9.742	7.277	6.495
2016/9/25	15:00	/	/	/	3226	3865	0.048242	9.112	9.036	-1.180
2016/10/5	14:50	/	/	/	3241	4059	0.072230	8.903	7.340	-5.052
2016/10/15	14:30	/	/	/	4553	4554	0.048399	9.304	2.988	-8.815
2016/10/25	13:50	932	975	0.055809	/	/	/	13.991	-6.599	-12.364
2016/10/25	14:00	440	980	0.087158	/	/	/	13.018	-4.099	-12.367
2016/10/25	14:10	438	978	0.101364	/	/	/	12.470	-1.600	-12.369

2016/10/25	14:20	439	984	0.115797				12.403	0.900	-12.371
2016/10/25	14:30	442	986	0.115752				12.825	3.399	-12.374
2016/11/5	13:40	2144	2203	0.072140				18.221	-9.000	-15.909
2016/11/5	13:50	1659	2183	0.097775				17.156	-6.501	-15.911
2016/11/5	14:00	1414	2196	0.111328				16.396	-4.002	-15.913
2016/11/5	14:10	1411	1950	0.120861				15.984	-1.502	-15.915
2016/11/5	14:20	1412	2171	0.142734				15.947	0.997	-15.917
2016/11/5	14:30	1417	2185	0.132895				16.289	3.496	-15.919
2016/11/5	14:50	1905	2190	0.098583				17.995	8.494	-15.923
2016/11/15	13:50	2866	3165	0.083149				19.822	-6.767	-18.675
2016/11/15	14:00	2625	2932	0.100858				19.141	-4.268	-18.677
2016/11/15	14:10	2625	2918	0.095511				18.759	-1.769	-18.678
2016/11/15	14:20	2628	2918	0.103883				18.694	0.730	-18.680
2016/11/15	14:30	2659	2923	0.097003				18.949	3.228	-18.682
2017/1/15	14:30	3841	3844	0.050914				21.208	-2.980	-21.007
2017/1/25	14:20	2867	3168	0.078131				19.771	-6.194	-18.812
2017/1/25	14:30	2868	2931	0.097967				19.157	-3.695	-18.811
2017/1/25	14:50	2869	3176	0.125218				18.851	1.302	-18.807
2017/1/25	15:00	2869	2920	0.116559				19.172	3.801	-18.805
2017/1/25	15:10	2893	2895	0.082723				19.795	6.300	-18.804
2017/2/5	14:10	2145	2197	0.050264				18.127	-9.101	-15.743
2017/2/5	14:20	1658	1963	0.101128				17.037	-6.602	-15.741
2017/2/5	14:30	1413	1956	0.117614				16.252	-4.103	-15.739
2017/2/5	14:50	1185	2178	0.117971				15.759	0.895	-15.735
2017/2/5	15:00	1416	1958	0.125743				16.086	3.394	-15.733
2017/2/5	15:10	1422	1965	0.132695				16.772	5.893	-15.730
2017/2/15	14:20	931	979	0.052155				14.098	-6.619	-12.475
2017/2/15	14:30	441	987	0.088865				13.125	-4.120	-12.473
2017/2/15	14:50	438	1171	0.109396				12.498	0.879	-12.468
2017/2/15	15:00	442	988	0.116867				12.908	3.378	-12.466
2017/3/5	15:10				3365	4568	0.070477	8.748	6.547	-5.815
2017/3/15	14:00				3204	3208	0.049654	10.477	-10.303	-1.916
2017/3/15	15:20				2386	2632	0.049098	9.877	9.696	-1.894
2017/3/25	14:00				2418	2424	0.056521	9.776	-9.565	2.030
2017/4/5	14:10				1653	1657	0.049960	8.855	-6.250	6.286

2017/9/5	15:00				1188	1844	0.065081	9.785	7.254	6.584
2017/9/25	15:00				2476	3920	0.057041	9.074	9.009	-1.088
2017/10/5	13:50				3835	3835	0.052466	9.125	-7.679	-4.943
2017/10/5	14:50				3100	3606	0.074369	8.834	7.320	-4.959
2017/10/15	14:30				4551	4586	0.054387	9.215	2.973	-8.726
2017/10/25	13:50	936	970	0.049879				13.925	-6.611	-12.283
2017/10/25	14:00	441	984	0.084123				12.945	-4.112	-12.285
2017/10/25	14:10	438	980	0.099956				12.391	-1.613	-12.288
2017/10/25	14:20	439	979	0.105621				12.321	0.887	-12.290
2017/10/25	14:30	442	990	0.112314				12.743	3.386	-12.292
2017/11/5	13:40	2145	2193	0.060179				18.157	-8.998	-15.835
2017/11/5	13:50	1659	2165	0.098956				17.088	-6.499	-15.838
2017/11/5	14:00	1415	2160	0.123078				16.324	-4.000	-15.840
2017/11/5	14:10	1411	2163	0.121886				15.911	-1.501	-15.842
2017/11/5	14:20	1414	2186	0.127404				15.874	0.998	-15.844
2017/11/5	14:30	1416	2167	0.129904				16.218	3.498	-15.846
2017/11/5	14:50	1905	2189	0.115684				17.932	8.496	-15.850
2017/11/15	13:50	2867	3150	0.083037				19.762	-6.758	-18.614
2017/11/15	14:00	2626	2932	0.107682				19.080	-4.259	-18.616
2017/11/15	14:10	2626	2918	0.101729				18.698	-1.760	-18.618
2017/11/15	14:20	2627	2916	0.092380				18.633	0.739	-18.619
2017/11/15	14:30	2631	2927	0.109585				18.891	3.237	-18.621
2018/1/25	14:20	2867	3170	0.070216				19.824	-6.184	-18.872
2018/1/25	14:30	2868	2931	0.105773				19.214	-3.685	-18.870
2018/1/25	14:50	2868	3172	0.109295				18.911	1.313	-18.867
2018/1/25	15:00	2868	3163	0.091857				19.233	3.812	-18.865
2018/2/5	14:10	2145	2193	0.058164				18.188	-9.094	-15.818
2018/2/5	14:20	1659	2172	0.098288				17.104	-6.595	-15.816
2018/2/5	14:30	1415	1958	0.116192				16.323	-4.096	-15.814
2018/2/5	14:50	1411	2195	0.130364				15.835	0.903	-15.810
2018/2/5	15:00	1416	2190	0.128731				16.161	3.402	-15.808
2018/2/5	15:10	1423	2194	0.126359				16.845	5.901	-15.806
2018/2/15	14:20	932	981	0.054643				14.173	-6.624	-12.559
2018/2/15	14:30	441	986	0.091567				13.206	-4.124	-12.556
2018/2/15	14:50	438	1212	0.108209				12.581	0.874	-12.551

2018/2/15	15:00	443	990	0.123332				12.988	3.374	-12.549
2018/3/5	15:10				3319	4954	0.071249	8.804	6.537	-5.911
2018/3/15	14:00				3354	3354	0.047892	10.512	-10.320	-2.013
2018/3/15	15:20				2356	3324	0.051753	9.879	9.679	-1.991
2018/4/5	14:10				1645	1829	0.068807	8.799	-6.264	6.192
2018/4/5	15:10				1648	1864	0.061955	10.702	8.735	6.208
2018/4/15	14:50				673	684	0.061032	10.813	4.398	9.888
2018/8/25	14:50				428	491	0.069898	11.309	3.883	10.630
2018/9/5	14:10				965	968	0.061978	8.504	-5.264	6.688
2018/9/5	15:00				766	1967	0.082236	9.832	7.235	6.675
2018/9/25	15:00				3866	3955	0.050535	9.045	8.991	-0.992
2018/10/5	14:50				3072	3582	0.106661	8.769	7.305	-4.865
2018/10/15	13:50				4403	4579	0.069650	11.117	-7.039	-8.626
2018/10/15	14:00				4492	4586	0.075301	9.742	-4.539	-8.628
2018/10/15	14:20				4588	4588	0.049940	8.646	0.460	-8.633
2018/10/15	14:30				4341	4586	0.092924	9.125	2.960	-8.636
2018/10/25	13:50	956	967	0.048484				13.851	-6.613	-12.198
2018/10/25	14:00	441	979	0.076521				12.865	-4.114	-12.200
2018/10/25	14:10	439	969	0.099434				12.307	-1.614	-12.202
2018/10/25	14:20	438	984	0.116163				12.236	0.885	-12.205
2018/10/25	14:30	442	981	0.109425				12.661	3.385	-12.207
2018/11/5	13:40	1929	2184	0.052593				18.089	-8.993	-15.761
2018/11/5	13:50	1659	1964	0.109371				17.017	-6.494	-15.763
2018/11/5	14:00	1414	1952	0.111172				16.251	-3.994	-15.765
2018/11/5	14:10	1411	2180	0.115040				15.836	-1.495	-15.767
2018/11/5	14:20	1414	1946	0.126700				15.800	1.004	-15.769
2018/11/5	14:30	1418	2165	0.115830				16.146	3.503	-15.771
2018/11/5	14:50	1907	2169	0.092303				17.869	8.502	-15.776
2018/11/15	13:50	2869	2929	0.085266				19.701	-6.747	-18.552
2018/11/15	14:00	2627	2931	0.103729				19.018	-4.248	-18.554
2018/11/15	14:10	2627	2917	0.108489				18.635	-1.750	-18.556
2018/11/15	14:20	2627	2916	0.106431				18.572	0.749	-18.558
2018/11/15	14:30	2628	2924	0.106840				18.832	3.248	-18.559
2019/1/25	14:20	2867	3170	0.075034				19.877	-6.168	-18.933
2019/1/25	14:30	2868	2927	0.093990				19.270	-3.669	-18.931

2019/1/25	14:50	2869	3172	0.092976				18.972	1.328	-18.927
2019/1/25	15:00	2868	2927	0.107474				19.295	3.827	-18.926
2019/2/5	14:10	2145	2196	0.057301				18.251	-9.094	-15.891
2019/2/5	14:20	1659	2190	0.094271				17.170	-6.594	-15.889
2019/2/5	14:30	1413	1951	0.117226				16.393	-4.095	-15.887
2019/2/5	14:50	1409	2192	0.114715				15.907	0.903	-15.883
2019/2/5	15:00	1415	2183	0.123569				16.232	3.402	-15.880
2019/2/5	15:10	1660	2191	0.126579				16.913	5.901	-15.878
2019/2/15	14:20	932	1211	0.054987				14.249	-6.631	-12.640
2019/2/15	14:30	441	984	0.090883				13.286	-4.132	-12.638
2019/2/15	14:50	437	1216	0.112746				12.663	0.867	-12.633
2019/2/15	15:00	441	1182	0.124154				13.065	3.366	-12.631
2019/3/5	14:10				3993	4000	0.056850	10.386	-8.481	-6.018
2019/3/5	15:10				3157	4172	0.070446	8.851	6.517	-6.002
2019/3/15	15:20				2382	2808	0.057455	9.874	9.654	-2.083
2019/4/5	14:10				1645	1722	0.056375	8.755	-6.289	6.103
2019/4/5	15:10				1648	1877	0.063057	10.631	8.710	6.119
2019/9/5	14:10				1105	1207	0.049677	8.588	-5.287	6.777
2019/9/5	15:00				756	1915	0.068183	9.876	7.213	6.764
2019/9/15	13:50				2698	2698	0.047280	9.876	-9.413	3.000
2019/9/25	15:00				3225	3878	0.063210	9.017	8.973	-0.896
2019/10/5	14:50				3175	3820	0.085117	8.703	7.286	-4.772
2019/10/15	14:00				4562	4579	0.048167	9.664	-4.548	-8.537
2019/10/15	14:30				4311	4586	0.074766	9.036	2.951	-8.544
2019/10/25	13:50	954	957	0.048013				13.778	-6.616	-12.113
2019/10/25	14:00	442	975	0.081092				12.785	-4.117	-12.115
2019/10/25	14:10	440	982	0.100591				12.223	-1.617	-12.117
2019/10/25	14:20	441	978	0.105871				12.151	0.882	-12.120
2019/10/25	14:30	444	985	0.115743				12.578	3.382	-12.122
2019/11/5	13:40	1909	2185	0.057594				18.024	-8.990	-15.687
2019/11/5	13:50	1658	1963	0.109555				16.947	-6.491	-15.689
2019/11/5	14:00	1413	1946	0.115204				16.178	-3.991	-15.691
2019/11/5	14:10	1411	2185	0.113622				15.762	-1.492	-15.693
2019/11/5	14:20	1414	2172	0.118931				15.727	1.007	-15.695
2019/11/5	14:30	1418	1953	0.126829				16.074	3.506	-15.697

2019/11/5	14:50	1908	1954	0.119050				17.806	8.505	-15.701
2019/11/15	13:50	2867	2931	0.086413				19.635	-6.730	-18.489
2019/11/15	14:00	2626	2930	0.090147				18.952	-4.231	-18.491
2019/11/15	14:10	2627	2911	0.097034				18.570	-1.732	-18.492
2019/11/15	14:20	2628	2916	0.097415				18.509	0.767	-18.494
2019/11/15	14:30	2629	2925	0.094187				18.772	3.266	-18.496
2020/1/25	14:20	2868	3175	0.080826				19.929	-6.153	-18.993
2020/1/25	14:30	2869	3153	0.085588				19.327	-3.654	-18.991
2020/1/25	14:50	2869	3157	0.090716				19.033	1.343	-18.987
2020/1/25	15:00	2868	3157	0.073104				19.357	3.842	-18.986
2020/1/25	15:10	3111	3139	0.079206				19.978	6.341	-18.984
2020/2/5	14:10	2146	2204	0.064567				18.311	-9.087	-15.965
2020/2/5	14:20	1660	2193	0.095253				17.236	-6.588	-15.963
2020/2/5	14:30	1416	2171	0.117290				16.463	-4.089	-15.961
2020/2/5	14:50	1411	2202	0.117187				15.982	0.909	-15.956
2020/2/5	15:00	1416	2188	0.122603				16.305	3.408	-15.954
2020/2/5	15:10	1660	2198	0.118841				16.984	5.907	-15.952
2020/2/15	14:20	933	1220	0.056142				14.323	-6.630	-12.725
2020/2/15	14:30	442	1215	0.096904				13.366	-4.130	-12.723
2020/2/15	14:50	438	1223	0.111867				12.747	0.868	-12.718
2020/2/15	15:00	441	1213	0.122625				13.147	3.368	-12.716
2020/2/25	14:30				4732	4861	0.089766	9.923	-3.877	-9.141
2020/2/25	14:50				4548	4808	0.082776	9.204	1.122	-9.136
2020/3/5	15:10				3296	3855	0.078760	8.688	6.560	-5.709
2020/3/15	15:20				2311	3292	0.057695	9.873	9.711	-1.786
2020/3/25	14:00				2872	2873	0.048759	9.785	-9.550	2.139
2020/4/5	14:10				1653	1658	0.047591	8.919	-6.235	6.390
2020/4/15	14:20				435	436	0.048014	10.519	-3.074	10.065
2020/4/15	14:30				425	444	0.066206	10.084	-0.574	10.067
2020/4/15	14:50				428	660	0.083536	10.992	4.425	10.072
2020/9/5	14:10				1120	1122	0.050841	8.328	-5.222	6.497
2020/9/5	15:00				1403	1960	0.076804	9.735	7.278	6.484
2020/9/15	13:50				2205	2205	0.047256	9.728	-9.347	2.708
2020/9/25	15:00				2238	3890	0.056427	9.111	9.034	-1.193
2020/10/5	14:50				3232	3617	0.077830	8.911	7.344	-5.062

2020/10/25	13:50	936	974	0.052083				14.000	-6.600	-12.374
2020/10/25	14:00	440	984	0.088969				13.028	-4.101	-12.377
2020/10/25	14:10	438	975	0.101053				12.481	-1.601	-12.379
2020/10/25	14:20	439	982	0.116133				12.413	0.898	-12.381
2020/10/25	14:30	443	990	0.123001				12.834	3.398	-12.384
2020/11/5	13:40	2144	2200	0.066741				18.224	-8.995	-15.915
2020/11/5	13:50	1659	2191	0.096169				17.160	-6.496	-15.917
2020/11/5	14:00	1415	2167	0.121493				16.401	-3.996	-15.919
2020/11/5	14:10	1412	1949	0.121692				15.990	-1.497	-15.921
2020/11/5	14:20	1414	1950	0.119129				15.954	1.002	-15.923
2020/11/5	14:30	1419	2191	0.122812				16.296	3.501	-15.926
2020/11/5	14:50	1907	2198	0.113610				18.003	8.500	-15.930
2020/11/15	13:50	2868	3163	0.074429				19.827	-6.766	-18.681
2020/11/15	14:00	2869	2934	0.100122				19.147	-4.267	-18.683
2020/11/15	14:10	2628	2926	0.097863				18.765	-1.768	-18.684
2020/11/15	14:20	2871	2924	0.098092				18.700	0.731	-18.686
2020/11/15	14:30	2871	2926	0.096638				18.955	3.230	-18.688
2021/1/25	14:20	2868	3163	0.073843				19.764	-6.196	-18.805
2021/1/25	14:30	2870	3145	0.110415				19.150	-3.697	-18.803
2021/1/25	14:50	2871	3160	0.094776				18.843	1.301	-18.799
2021/1/25	15:00	2870	3139	0.100363				19.164	3.800	-18.798
2021/1/25	15:10	3131	3143	0.051229				19.787	6.299	-18.796
2021/2/5	14:10	2147	2190	0.053551				18.118	-9.098	-15.735
2021/2/5	14:20	1661	1967	0.100772				17.029	-6.599	-15.733
2021/2/5	14:30	1415	1953	0.118000				16.243	-4.099	-15.731
2021/2/5	14:50	1412	2181	0.127019				15.752	0.899	-15.727
2021/2/5	15:00	1415	1959	0.127538				16.079	3.398	-15.725
2021/2/5	15:10	1420	2160	0.125501				16.766	5.897	-15.723
2021/2/15	14:20	934	980	0.053644				14.089	-6.621	-12.464
2021/2/15	14:30	442	987	0.089486				13.115	-4.122	-12.462
2021/2/15	14:50	439	1216	0.116218				12.487	0.877	-12.457
2021/2/15	15:00	441	987	0.112670				12.897	3.376	-12.454
2021/2/25	14:50				4583	4588	0.062635	8.929	1.155	-8.855
2021/3/5	15:10				3363	4638	0.074102	8.744	6.551	-5.805
2021/3/15	15:20				2356	3369	0.050849	9.873	9.694	-1.881

2021/3/25	15:20				1888	1899	0.048602	10.632	10.431	2.065
2021/4/5	14:10				1647	1699	0.049456	8.861	-6.248	6.297
2021/4/15	14:20				428	541	0.050872	10.442	-3.089	9.979
2021/4/15	14:50				529	644	0.066759	10.908	4.410	9.987
2021/9/5	15:00				345	1935	0.071076	9.779	7.256	6.573
2021/9/25	15:00				3027	3925	0.055000	9.081	9.015	-1.098
2021/10/5	14:50				3176	3609	0.078394	8.844	7.324	-4.970
2021/10/15	14:20				4588	4588	0.055157	8.747	0.475	-8.734
2021/10/15	14:30				4537	4586	0.058244	9.225	2.975	-8.737
2021/10/25	13:50	932	975	0.050028				13.928	-6.604	-12.290
2021/10/25	14:00	440	980	0.078282				12.950	-4.104	-12.293
2021/10/25	14:10	438	975	0.100894				12.398	-1.605	-12.295
2021/10/25	14:20	437	973	0.104376				12.330	0.895	-12.298
2021/10/25	14:30	441	988	0.118892				12.753	3.394	-12.300
2021/11/5	13:40	2145	2195	0.064010				18.161	-8.994	-15.843
2021/11/5	13:50	1659	2183	0.097869				17.093	-6.495	-15.845
2021/11/5	14:00	1414	1952	0.117997				16.331	-3.996	-15.847
2021/11/5	14:10	1411	1944	0.130411				15.918	-1.497	-15.849
2021/11/5	14:20	1413	2151	0.123205				15.882	1.002	-15.851
2021/11/5	14:30	1416	2190	0.117994				16.226	3.502	-15.853
2021/11/5	14:50	1906	2205	0.097194				17.940	8.500	-15.857
2021/11/15	13:50	2866	3147	0.082410				19.767	-6.756	-18.620
2021/11/15	14:00	2626	2929	0.095758				19.086	-4.257	-18.622
2021/11/15	14:10	2625	2928	0.088441				18.704	-1.758	-18.624
2021/11/15	14:20	2626	2926	0.106813				18.640	0.741	-18.626
2021/11/15	14:30	2628	2923	0.124876				18.897	3.240	-18.627
2022/1/25	14:20	2866	3168	0.074825				19.816	-6.174	-18.867
2022/1/25	14:30	2868	2932	0.095850				19.207	-3.675	-18.865
2022/1/25	14:50	2870	3168	0.092751				18.906	1.322	-18.862
2022/1/25	15:00	2870	3141	0.107052				19.229	3.821	-18.860
2022/1/25	15:10	3134	3150	0.074844				19.852	6.320	-18.858
2022/2/5	14:10	2143	2190	0.059419				18.179	-9.091	-15.810
2022/2/5	14:20	1657	2156	0.102464				17.095	-6.592	-15.808
2022/2/5	14:30	1412	1947	0.116551				16.314	-4.093	-15.805
2022/2/5	14:50	1408	2196	0.122896				15.826	0.905	-15.801

2022/2/5	15:00	1413	2179	0.119674				16.153	3.404	-15.799
2022/2/5	15:10	1421	2185	0.120224				16.838	5.903	-15.797
2022/2/15	14:20	931	978	0.054555				14.163	-6.619	-12.549
2022/2/15	14:30	440	982	0.086863				13.196	-4.119	-12.547
2022/2/15	14:50	437	1201	0.109598				12.572	0.879	-12.542
2022/2/25	14:50				4535	4589	0.063782	9.020	1.151	-8.947
2022/3/5	15:10				3362	4749	0.073758	8.797	6.538	-5.898
2022/3/15	15:20				2377	3339	0.051061	9.878	9.680	-1.978
2022/3/25	15:20				1670	1916	0.053466	10.600	10.418	1.968
2022/4/5	14:10				1645	1701	0.056860	8.811	-6.267	6.206
2022/4/5	15:10				1647	1876	0.073885	10.708	8.732	6.222
2022/9/5	15:00				302	1907	0.069382	9.818	7.230	6.660
2022/9/25	15:00				3043	4012	0.056501	9.046	8.990	-1.006
2022/10/5	14:50				3145	4581	0.106960	8.775	7.302	-4.879
2022/10/15	14:00				4579	4580	0.047859	9.750	-4.536	-8.639
2022/10/15	14:30				4432	4587	0.065166	9.137	2.963	-8.647
2022/10/25	13:50	933	975	0.050244				13.861	-6.613	-12.209
2022/10/25	14:00	441	979	0.083520				12.875	-4.114	-12.211
2022/10/25	14:10	439	976	0.099495				12.318	-1.615	-12.213
2022/10/25	14:20	440	966	0.109447				12.247	0.885	-12.216
2022/10/25	14:30	443	989	0.120051				12.671	3.384	-12.218
2022/11/5	13:40	2143	2194	0.057786				18.098	-8.994	-15.770
2022/11/5	13:50	1657	2187	0.100929				17.026	-6.495	-15.773
2022/11/5	14:00	1412	1955	0.113905				16.260	-3.996	-15.775
2022/11/5	14:10	1410	1948	0.131504				15.846	-1.496	-15.777
2022/11/5	14:20	1412	1948	0.132699				15.810	1.003	-15.779
2022/11/5	14:30	1415	2169	0.119800				16.155	3.502	-15.781
2022/11/5	14:50	1905	2189	0.103836				17.877	8.500	-15.785
2022/11/15	13:50	2867	2928	0.082693				19.705	-6.742	-18.559
2022/11/15	14:00	2626	2934	0.091438				19.023	-4.243	-18.560
2022/11/15	14:10	2627	2924	0.090410				18.641	-1.744	-18.562
2022/11/15	14:20	2628	2915	0.094545				18.579	0.755	-18.564
2022/11/15	14:30	2628	2923	0.092546				18.839	3.253	-18.566
2023/2/25	14:20				4482	4586	0.060113	10.983	-6.257	-9.045
2023/2/25	14:30				4539	4834	0.073015	9.786	-3.757	-9.042

2023/2/25	14:50				4442	4588	0.101748	9.121	1.242	-9.037
2023/2/25	15:00				4338	4583	0.134051	9.772	3.741	-9.034
2023/3/5	14:10				3594	3858	0.054620	10.291	-8.370	-6.009
2023/3/5	15:10				3181	4097	0.100350	8.927	6.628	-5.993
2023/3/15	14:00				2569	2688	0.049808	10.441	-10.230	-2.097
2023/3/15	15:20				2253	4260	0.069747	9.984	9.768	-2.075
2023/3/25	14:00				2629	3120	0.049929	9.676	-9.499	1.851
2023/3/25	15:20				1390	3104	0.059158	10.663	10.499	1.873
2023/4/5	14:00				1652	1717	0.053995	10.602	-8.680	6.110
2023/4/5	14:10				1646	1955	0.170259	8.685	-6.181	6.113
2023/4/5	15:10				1647	2145	0.097697	10.725	8.818	6.129
2023/4/15	14:20				673	866	0.073895	10.254	-3.014	9.805
2023/4/15	14:30				669	776	0.095271	9.821	-0.514	9.808
2023/4/15	14:50				670	897	0.126214	10.780	4.485	9.813
2023/8/25	14:30				426	484	0.064483	10.754	-1.037	10.705
2023/8/25	14:50				426	647	0.108467	11.402	3.963	10.70
2023/9/5	14:00				1406	1607	0.059186	10.226	-7.685	6.767
2023/9/5	14:10				514	514	0.048341	8.516	-5.185	6.764
2023/9/5	15:00				419	2276	0.116807	9.941	7.314	6.751
2023/9/15	13:50				2614	2843	0.070201	9.778	-9.315	2.985
2023/9/25	13:40				2401	2433	0.053519	10.966	-10.930	-0.890
2023/9/25	15:00				1979	4078	0.067387	9.114	9.069	-0.912
2023/10/5	13:40				3550	3614	0.049564	11.167	-10.111	-4.766
2023/10/5	14:50				2931	3617	0.137659	8.795	7.388	-4.785
2023/10/15	13:50				4298	4585	0.070688	11.001	-6.950	-8.548
2023/10/15	14:00				4422	4811	0.119604	9.632	-4.451	-8.551
2023/10/15	14:20				4588	4590	0.051347	8.573	0.549	-8.556
2023/10/15	14:30				4209	4589	0.127357	9.081	3.048	-8.558
2024/2/25	14:20				4478	4826	0.056462	11.062	-6.267	-9.134
2024/2/25	14:30				4526	4613	0.078460	9.872	-3.768	-9.131
2024/2/25	14:50				4433	4612	0.092330	9.208	1.231	-9.126
2024/2/25	15:00				4445	4583	0.118661	9.851	3.731	-9.123
2024/3/5	14:10				3432	3860	0.063952	10.089	-8.327	-5.715
2024/3/5	15:10				3013	4856	0.119238	8.765	6.671	-5.699
2024/3/15	14:00				2543	2650	0.056064	10.337	-10.181	-1.795

2024/3/15	15:20				2084	3122	0.073927	9.974	9.817	-1.774
2024/3/25	14:00				1907	3117	0.065043	9.681	-9.441	2.149
2024/3/25	15:20				1315	1434	0.053526	10.776	10.557	2.171
2024/4/5	14:10				1644	1874	0.093386	8.850	-6.126	6.400
2024/4/5	15:00				1643	2208	0.089998	9.032	6.373	6.413
2024/4/15	14:20				427	743	0.073562	10.501	-2.971	10.077
2024/4/15	14:30				425	706	0.162500	10.090	-0.471	10.079
2024/4/15	14:50				427	817	0.163308	11.044	4.528	10.084
2024/8/25	14:30				426	609	0.085999	10.489	-0.979	10.444
2024/8/25	14:50				427	699	0.133911	11.179	4.021	10.439
2024/9/5	14:00				1647	1730	0.057969	9.995	-7.622	6.485
2024/9/5	15:00				591	2287	0.141646	9.800	7.378	6.469
2024/9/15	13:40				2410	2411	0.047984	12.047	-11.746	2.695
2024/9/15	13:50				2149	2936	0.058044	9.627	-9.246	2.693
2024/9/15	15:00				2858	3339	0.087510	8.673	8.253	2.674
2024/9/25	15:00				1919	4118	0.079640	9.218	9.139	-1.206
2024/10/5	13:40				3582	3612	0.048800	11.244	-10.055	-5.058
2024/10/5	14:50				2914	4326	0.132563	9.002	7.444	-5.077
2024/10/15	13:50				4393	4832	0.057130	11.192	-6.908	-8.828
2024/10/15	14:00				4498	4836	0.089160	9.862	-4.408	-8.830
2024/10/15	14:10				4550	4592	0.083827	9.035	-1.908	-8.833
2024/10/15	14:20				4472	4592	0.105061	8.855	0.591	-8.835
2024/10/15	14:30				4405	4589	0.112082	9.359	3.091	-8.838
2024/11/5	13:50	1664	1696	0.052116				17.134	-6.399	-15.928