

静止気象衛星ひまわり の現状と今後

日本太陽エネルギー学会 太陽光発電部会 第21回セミナー

平成29年8月28日
気象庁 観測部 気象衛星課
国松 洋

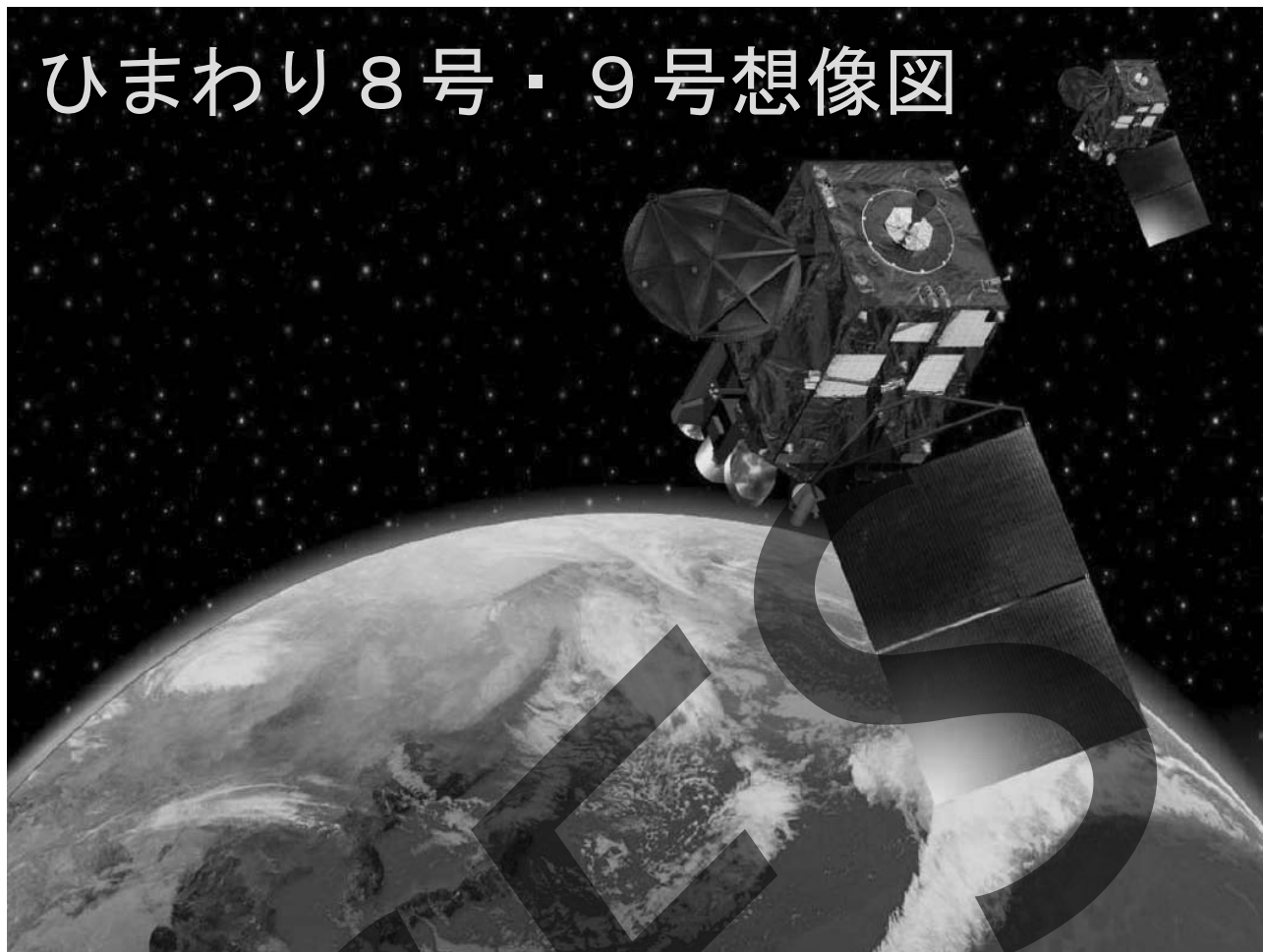
「ひまわり9号」の打上げ成功



写真：H-IIA 25号機

- ・ 打上げ日：
2016年11月2日
- ・ 打上げロケット：
H-IIA 31号機
- ・ 打上げ場所：
種子島宇宙センター

ひまわり8号・9号想像図



「ひまわり9号」の初画像



02:40 UTC on 24 January 2017

世界の気象衛星観測（一部）

世界気象衛星観測網
Space-based Global Observation System

日本の静止気象衛星の歴史
The history of geostationary
meteorological satellites in Japan

衛星名 Satellite	観測年 Observation period
GMS	1978-1984*
GMS-2	1981-1984*
GMS-3	1984-1989
GMS-4	1989-1995
GMS-5	1995-2003
(GOES-9)	(2003-2005)
MTSAT-1R	2005-2010
MTSAT-2	2010-2015
Himawari-8	2015-
Himawari-9	2022-**

- * GMS-2 の不具合により GMS と交互に使用
- * GMS and GMS-2 were operated alternately due to a failure on GMS-2.
- ** ひまわり9号の観測年は予定
- ** Himawari-9's observation period is provisional.



WMO Space Programme (世界気象機関 宇宙事業)
http://www.wmo.int/pages/prog/sat/index_en.php
OSCAR, WMO
<http://www.wmo-sat.info/oscar/>

新世代の静止気象衛星

打上げ時期

- 2014年 日本 : ひまわり8号
- 2016年 米国 : GOES-R (16)
- 2016年 日本 : ひまわり9号
- 2016年 中国 : FY-4
- 2018年 韓国 : GEO-KOMPSAT-2
- 2021年 欧州 : MTG-I

OSCAR, WMO
<http://www.wmo-sat.info/oscar/>

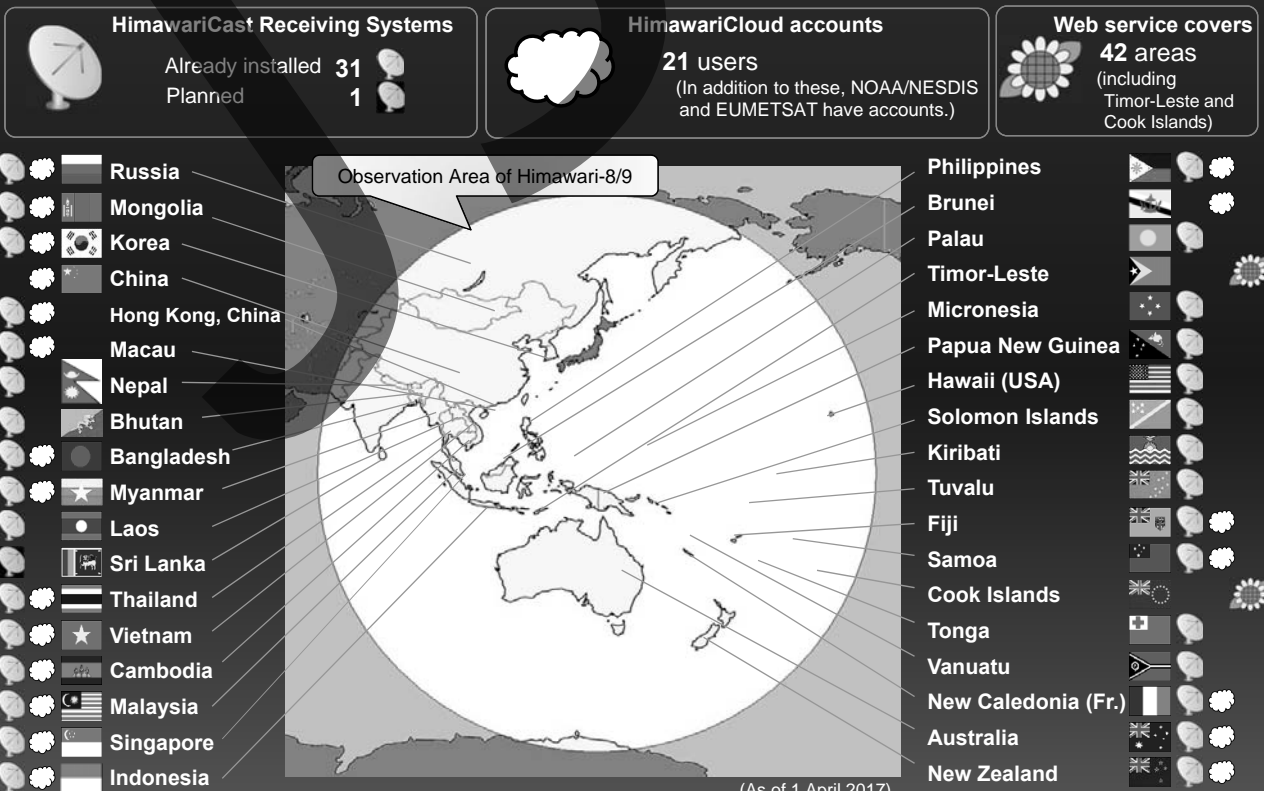
WMO Space Programme (世界気象機関 宇宙事業)
http://www.wmo.int/pages/prog/sat/index_en.php

Himawari-8/9 Mission Schedule

- Himawari-8 has stably been operational since July 2015.
- Himawari-9, which was launched in November 2016, has started in-orbit standby since 10 March 2017.
 - ✓ MTSAT-2's meteorological mission terminated.
- Himawari-9 will continue in-orbit standby until FY 2022, then will be operational until FY 2029 as a successor to Himawari-8.

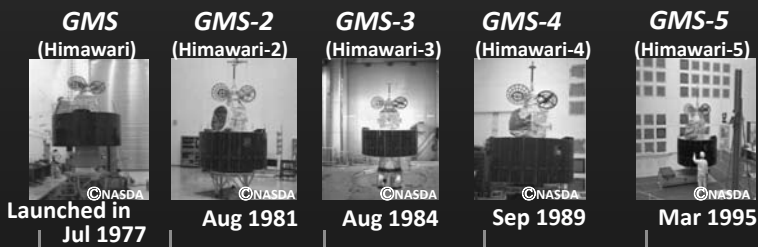
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Himawari-8						Launch				Operational											
Himawari-9		Manufacturing						Launch			In-orbit standby										Operational

Himawari's 36 NMHS users



Overview – Planning of JMA satellite systems (Himawari-series)

GMS (Geostationary Meteorological Satellite)



(GOES-9)

Back-up operation of GMS-5 with GOES-9 by NOAA/NESDIS from May 22, 2003 to June 28, 2005

MTSAT (Multi-functional Transport SATellite)



Himawari-8 Himawari-9

Oct 2014 Nov 2016

Satellite	Observation period
GMS	1978 – 1981
GMS-2	1981 – 1984
GMS-3	1984 – 1989
GMS-4	1989 – 1995
GMS-5	1995 – 2003
GOES-9	2003 – 2005
MTSAT-1R	2005 – 2010
MTSAT-2	2010 – 2015
Himawari-8	2015 – 2022
Himawari-9	2022 – 2029

もし「ひまわり」が無かったら・・・

1. 台風等の監視体制が昭和30年代に逆戻り

- 衛星以前の観測機器はすべて衛星に集約済み
- 航空機や船舶は、見えない台風に常に脅かされる。



2. 防災気象情報の有効性低下

- 台風進路予報や降雨予測等の精度がダウンし、適時・的確な注・警報等に影響

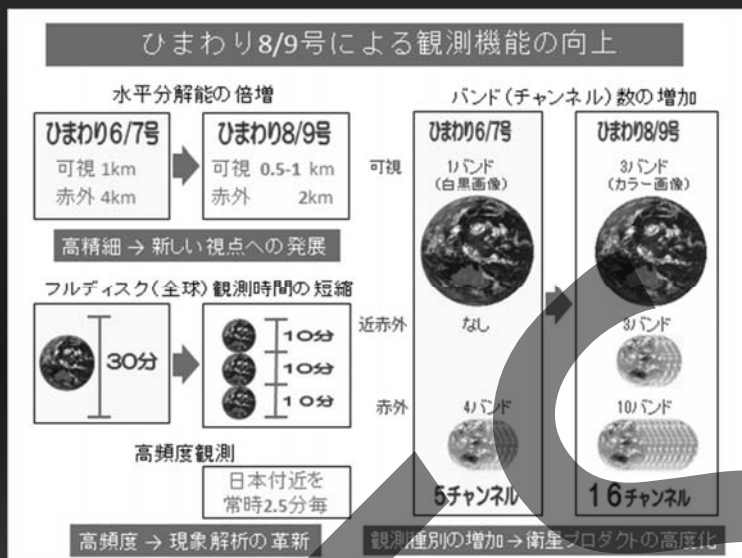


3. 国際社会にもマイナスの影響

- 各国の静止気象衛星で全球をカバーし、相互にデータを交換し合うという世界的な観測体制が構築されており、他国にも迷惑をかける。

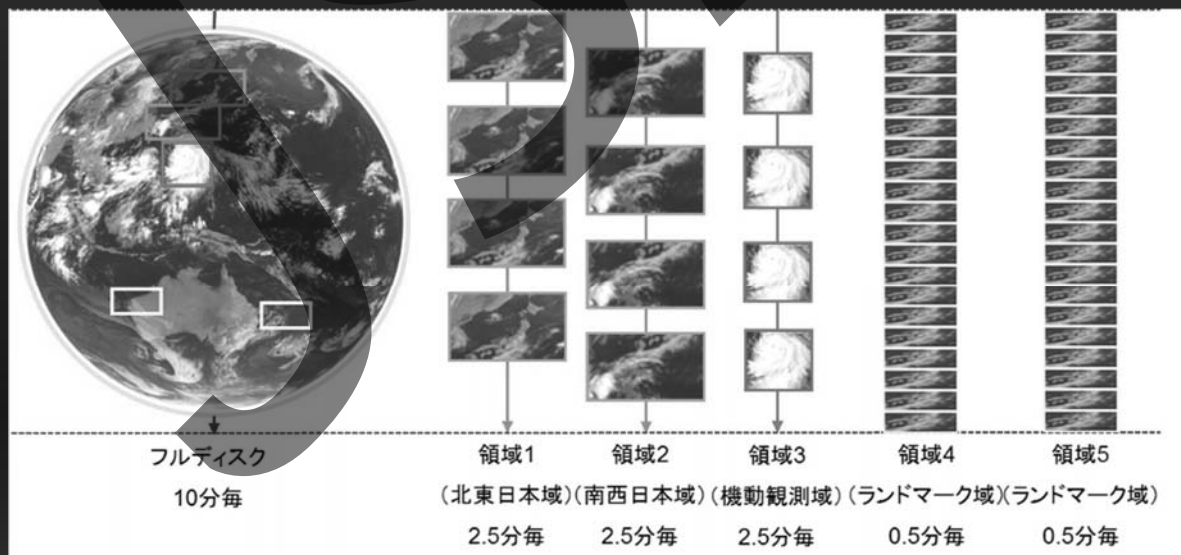


観測機能の向上



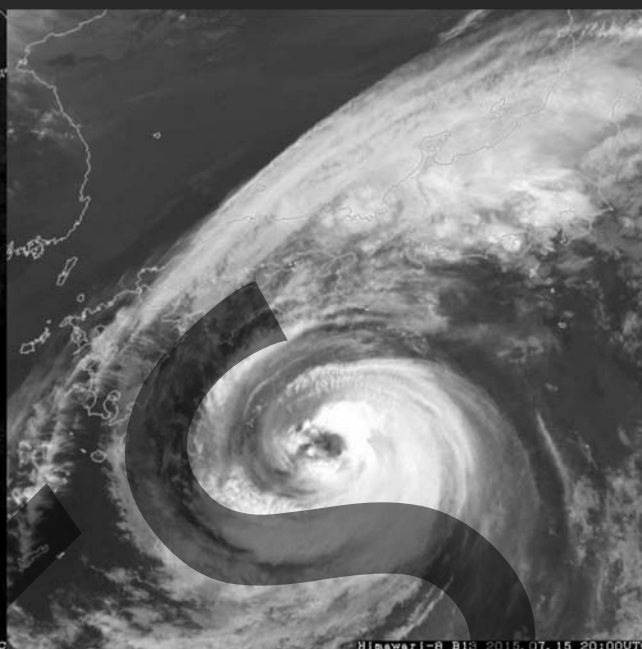
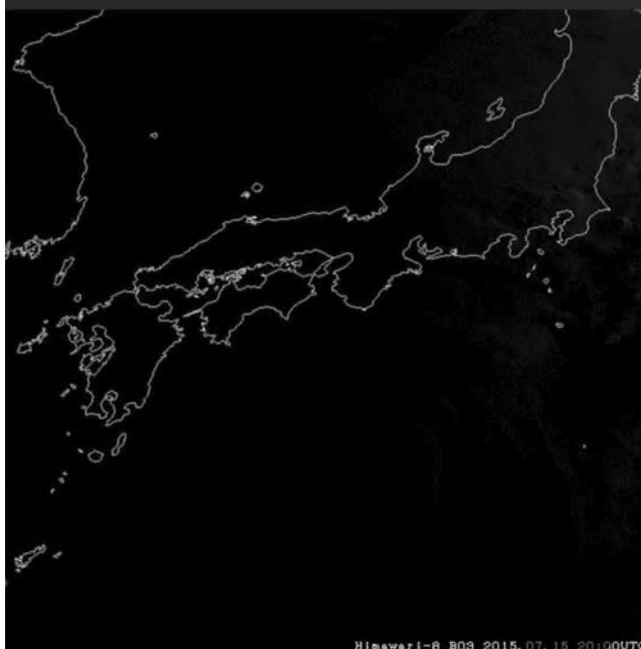
- ・ 水平分解能 : 2倍
- ・ 観測頻度 : 3倍(全球)、12倍(日本付近)
- ・ バンド数 : 3倍

AHIの観測領域と観測パターン



- ・ 1フレーム = 10分間
- ・ 領域1, 2 (日本周辺) の観測領域は固定
- ・ 領域3, 4, 5は、観測毎に異なる場所の観測が可能。

台風第11号が日本に接近するようす



可視（バンド03）画像

赤外（バンド13）画像

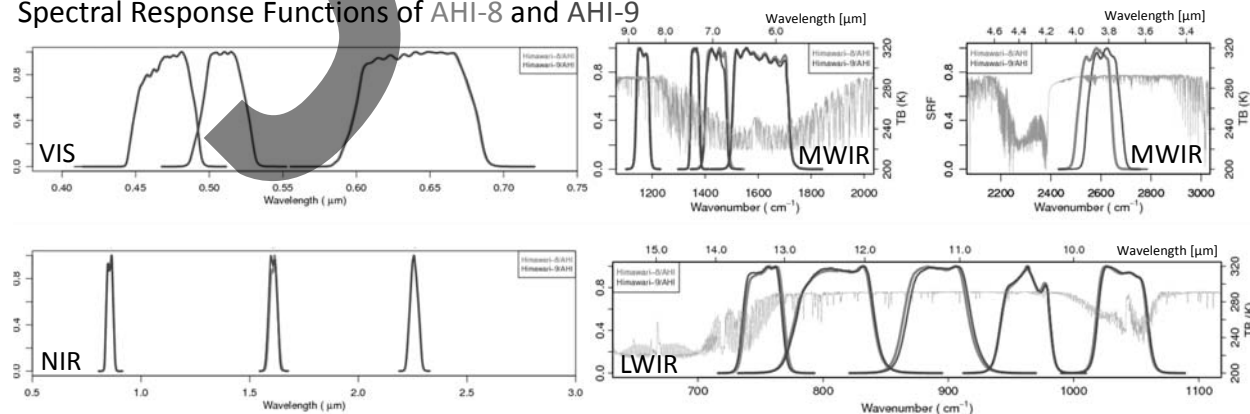
7月4日に台風となった第11号は中心気圧925hPaまで発達し、16日23時頃に高知県室戸付近に上陸し、17日には日本海へ進んだ。（2015年7月16日午前5時から17日午前0時）

Configuration/Characteristics of Himawari-8/-9 AHI

AHI Band Configuration

	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08	B09	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
Central Wave length [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
Spatial Resolution [km]	1	1	0.5	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Spectral Response Functions of AHI-8 and AHI-9



ひまわり8号・9号 放射計(AHI)、気象衛星センター

http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/himawari89/space_segment/spsg_ahi.html

静止地球環境観測衛星「ひまわり8号及び9号」の紹介、気象衛星センター技術報告第58号、気象衛星センター、2013年2月

<http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/product/library/note/index.html>

ひまわり8・9号と6・7号の観測バンド

波長 (μm)	ひまわり8号・9号	ひまわり6号・7号	想定される用途の一例
0.47	● 1		植生、エアロゾル、カラー合成画像
0.51	● 1		植生、エアロゾル、カラー合成画像
0.64	● 0.5	● 1	下層雲・霧、カラー合成画像
0.86	● 1		植生、エアロゾル
1.6	● 2		雲相判別
2.3	● 2		雲粒有効半径
3.9	● 2	● 4	下層雲・霧、自然災害
6.2	● 2	● 4	上・中層水蒸気量
6.9	● 2		中層水蒸気量
7.3	● 2		中層水蒸気量
8.6	● 2		雲相判別、SO ₂
9.6	● 2		オゾン全量
10.4	● 2	● 4	雲画像、雲頂情報
11.2	● 2		雲画像、海面水温
12.4	● 2	● 4	雲画像、海面水温
13.3	● 2		雲頂高度

黒丸は当該観測バンドを有することを表す。
黒丸の横に書かれた数字は衛星直下点における解像度 (km)。

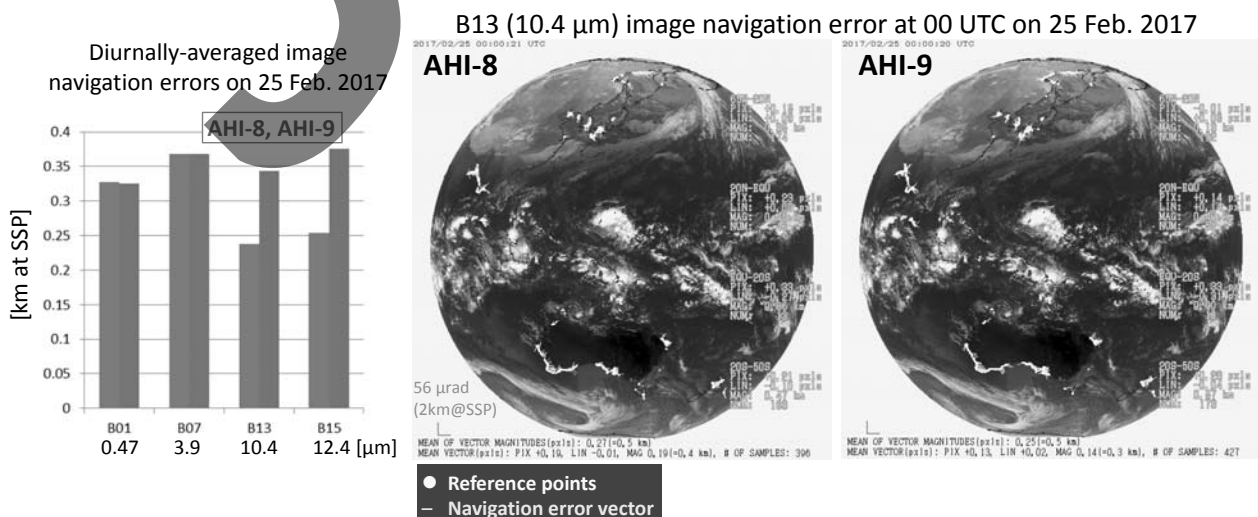
ひまわり8号・9号 放射計 (AHI)、気象衛星センター

http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/himawari89/space_segment/spsg_ahi.html

静止地球環境観測衛星「ひまわり8号及び9号」の紹介、気象衛星センター技術報告第58号、気象衛星センター、2013年2月
<http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/product/library/note/index.html>

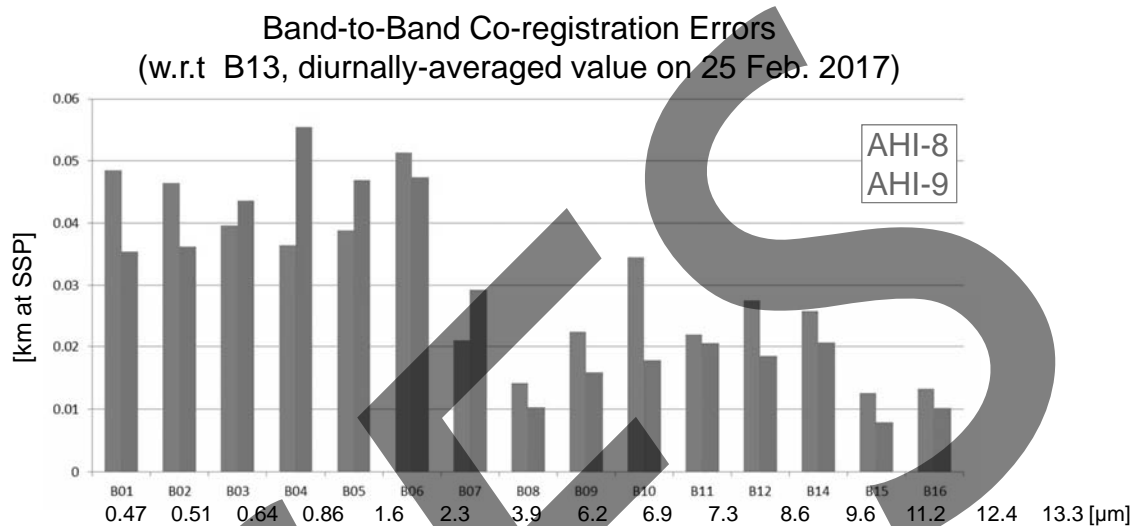
Image Navigation Error

- Image navigation errors in AHI-8/-9
 - Generally less than 11 μrad (about 0.4 km at sub satellite point (SSP))
- Significant error (up to 1-3 km at SSP) in AHI-9 a few times in a day



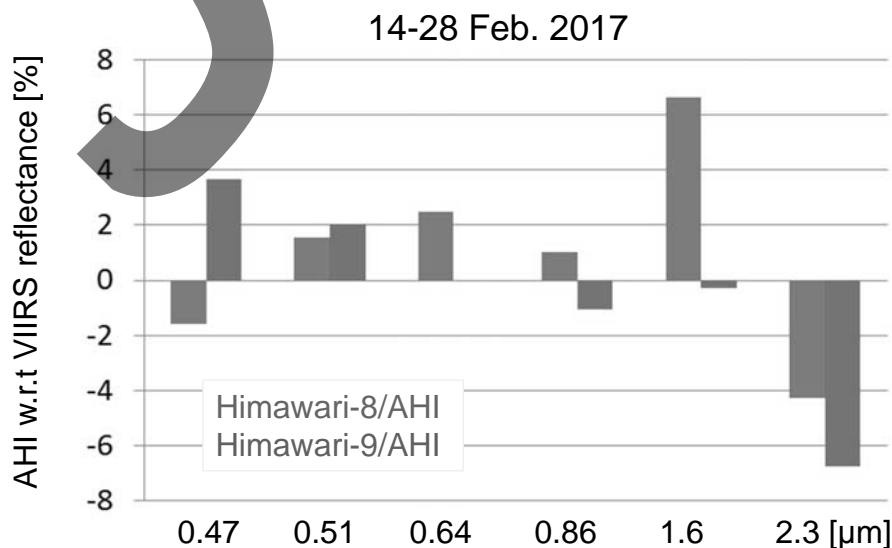
Band-to-band co-registration errors in AHI-8/-9

Less than 1.6 μrad (~ 0.06 km at sub satellite point)



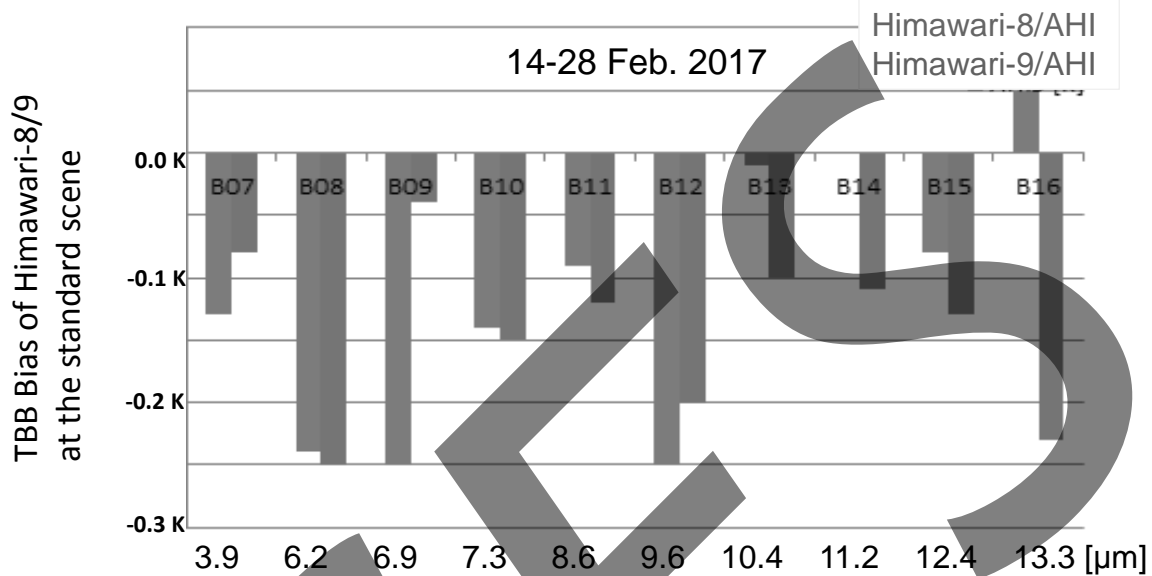
Himawari-9 Cal/Val (VIS/NIR)

- Reflectance of visible and near-infrared bands was validated with that of S-NPP/VIIRS (spectral difference considered).
- Relative biases of Himawari-9 were between +4% and -7%.



Himawari-9 Cal/Val (IR)

- Brightness temperature of infrared bands was validated with regard to the LEO hyper-spectral sounder (Metop/IASI) at the standard scene.
- Himawari-9's TBB biases were within -0.25 K.



気象庁によるデータ提供

- 気象庁ホームページ
- 気象業務支援センター
- Himawari iCastによる衛星配信
- 研究機関へのクラウド配信
- 国家気象機関へのクラウド提供

気象庁によるデータ提供

気象衛星センター Meteorological Satellite Center

現在位置: トップページ > ひまわり9号 > サンプルデータ

サンプルデータ

ひまわり9号の観測データについて、気象庁で作成するデータの名称と形式を表1に示します。

表1 気象庁で作成するデータの名称と形式

観測範囲	ひまわり標準データ (ひまわり標準フォーマット)	HRIT/LRIT ファイルデータ (HRIT/LRIT ファイルフォーマット)	NetCDF データ (NetCDF フォーマット)	カラー画像 データ (PNG 24bit フォーマット)
フルディスク		サンプルデータ	-	
日本域	サンプルデータ		サンプルデータ	サンプルデータ
機動観測域		-	サンプルデータ	

サンプルデータは軌道上試験のAHIの観測による実データ又はシミュレーションデータ(英語ページへのリンク)から作成しています。シミュレーションデータから作成したサンプルデータは、実際のセンサーの出力を使用していないため、zipファイルを展開して得られるbz2ファイルは、実データでのbz2ファイルよりも小さくなっています。

- ・ サンプルデータ
- ・ データフォーマット
- ・ 1日あたり430GB (ひまわり標準データ)

サンプルデータ、気象衛星センター

http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/himawari89/space_segment/spsg_sample.html

ひまわり9号のサンプルデータ

ひまわり9号のサンプルデータを公開:

「サンプルデータ」、気象衛星センター

http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/himawari89/space_segment/spsg_sample.html

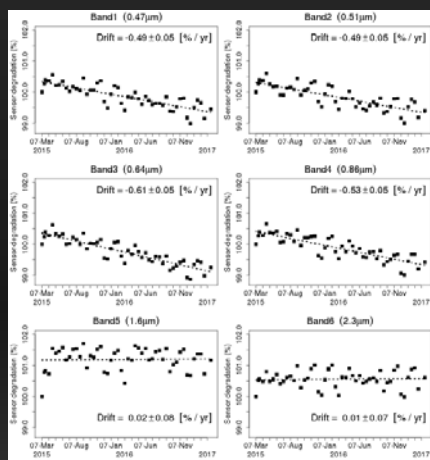
(参考) 配信資料に関する技術情報第456号

<http://www.data.jma.go.jp/add/suishin/jyouhou/pdf/456.pdf>

(参考) 気象衛星センター

<http://www.jma-net.go.jp/msc/ja/index.html>

Himawari Standard Data format Update (25 July 2017)



Viable sensor band (Band No. 1 - 6)		Band No. 1: banding operation (See Table 4.10)	
10	Conditions (C) for transformation See column (2) to (6) of (P)	20	1
11	Spare	---	---
Viable sensor band (Band No. 1 - 6)		Band No. 1: banding operation (See Table 4.10)	
10	Conditions (C) for transformation See column (2) to (6) of (P)	20	1
11	Updated time of latest calibration coefficients in the following No. 12 and No. 13	83	1
12	Calibration coefficient (Slope) for correcting sensor's sensitivity change (upload No. 8 of this block)	83	1
13	Calibration coefficient (Intercept) for correcting sensor's sensitivity change (upload No. 9 of this block)	83	1
14	Spare	---	---

Sensor sensitivity trends for AH1-8 VNIR bands
 - Derived from AH1-8 Solar Diffuser observations
 - Normalized for the observation on 7 March 2015

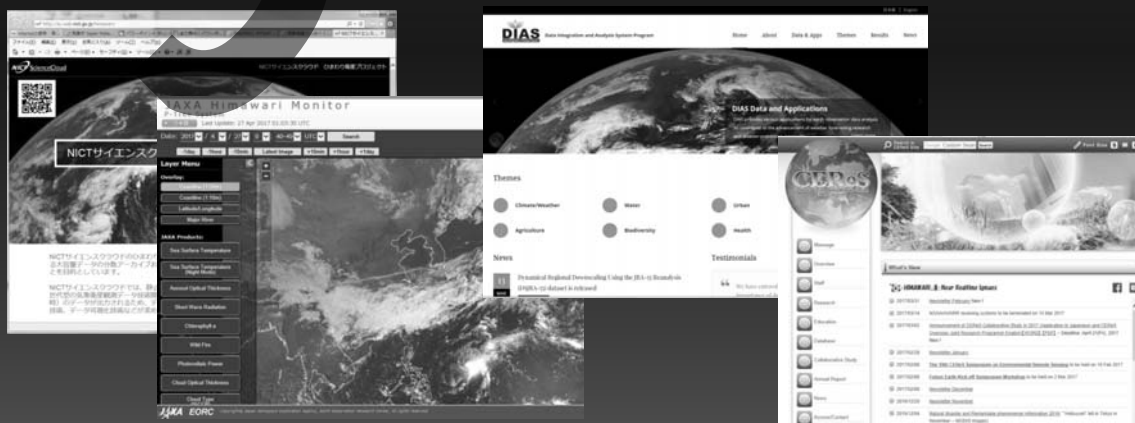
Himawari Standard Data format update

Improvement of Himawari-8 observation data quality
http://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/operation8/eventlog/Improvement_of_Himawari-8_data_quality.pdf
 気象衛星センター
<http://www.jma-net.go.jp/msc/en/>

Redistribution Centers by Cooperation Institutes

Himawari-8 data are being redistributed to foreign and domestic R&D users by the following Japanese scientific institutes.

- NICT (via Science Cloud)
- JAXA (via Himawari Monitor)
- University of Tokyo (via DIAS; Data Integration and Analysis System)
- Chiba University CEReS



協力機関からの研究者向けデータ公開
<http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/himawari89/archive/organizations.html>

気象業務支援センター／気象振興協議会

<p>一般財団法人 気象業務支援センター Japan Meteorological Business Support Center</p> <p>センターについて 業務案内・沿革 ご連絡先・地図 賛助会員募集 情報公開ページ 採用情報</p> <p>センターの事業 オンライン気象情報 刊行物(書籍・CD) 気象予報士試験 講習会 気象測器検定 はれるんショップ 特定商取引法に基づく表記 話 題</p> <p>個人情報保護基本方針 個人情報保護基本方針</p> <p>関連サイトのご紹介 関連サイト</p> <p>気象振興協議会のご案内 気象振興協議会</p> <p>緊急地震速報利用者協議会 緊急地震速報利用者協議会</p>	<p>English</p> <p>一般財団法人気象業務支援センター</p> <p>お知らせ</p> <p>▶ ! NEW! 平成26年度第2回気象予報士試験の解答例を掲載しました。(15.02.04)</p> <p>▶ ! NEW! 『2015年気象データのしおり』を掲載しました。 ダウンロード(PDF形式400KB)してご利用ください。但し、商用利用(出版物への掲載等)の場合には、必ず事前にご連絡ください。(14.12.26)</p> <p>▶ ! NEW! 新予報技術講習会「予報技術コース」(平成27年3月4日開講)のご案内を掲載しました。(14.12.08) 申込書はこちら PDF形式 Word形式</p> <p>▶ ! NEW! 実践予報技術講習会(平成26年11月開講分「太平洋側の大雪」)ビデオの販売を開始しました。(14.12.08) 平成26年度からの変更点申込書はこちら PDF形式 Word形式</p>	<p>気象振興協議会 Conferences for Meteorological promotion</p> <p>協議会の趣旨 ・設立の趣旨 ・協議会の概要 ・協議会の規約</p> <p>会員の事業概要</p> <p>会員専用ページ</p> <p>気象振興協議会のページへようこそ!</p> <p>気象振興協議会</p> <p>当協議会は気象情報を取り巻く急速な情報伝達や解析技術の進化に対応して、気象情報の利用拡大を目的とする者による共同の場として、情報の共有と交換を行い活動する会です。</p> <p><更新履歴></p> <p>2015年2月18日「お知らせ」を追加しました。 ・海外から入電する電文の中継開始について</p> <p>2015年2月17日「お知らせ」を追加しました。 ・平成27年2月17日13時46分頃の岩手県沖の地震に伴う大雨警報・注意報基準の暫定的な運用について</p> <p>2015年2月10日「お知らせ」を追加しました。 ・平成26年度第2回気象予報業務講習会の実施について ・地方海上分布予報の提供開始日時及び配信試験について(配信資料に関する技術情報(気象編)第408号 関連)</p> <p>2015年2月6日「お知らせ」を追加しました。 ・平成27年2月6日10時25分頃の徳島県南部の地震に伴う大雨警報・注意報基準の暫定的な運用について</p> <p>2015年2月5日「お知らせ」を追加しました。 ・ひまわり7号の平成27年春分前の観測計画について ・地域気象観測所の移転について ・岡山地方気象台の観測露場移設等に伴う配信休止について</p> <p>2015年1月30日「お知らせ」を追加しました。 ・次期静止気象衛星ひまわり8号・9号の配信データ資料等の公開について(その6)(平成25年11月1日、11月29日、12月20日、平成26年2月26日、平成26年5月15日、平成26年7月26日)</p>
--	--	--

気象業務支援センター
<http://www.jmbsec.or.jp/>

気象振興協議会(事務局:気象業務支援センター)
<http://www.w-shinkou.org/>

観測の用途

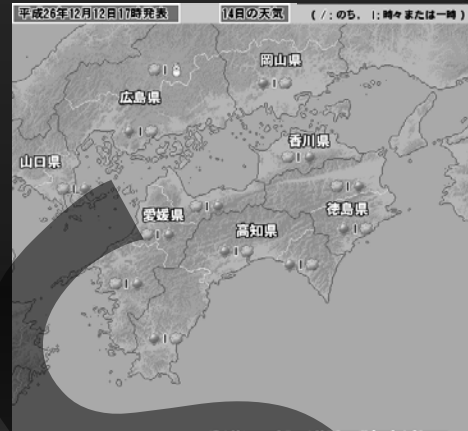
- ・ 衛星画像
(予報業務、報道、ホームページ)
- ・ 数値予報におけるデータ同化
(天気予報、防災気象情報、気候)
- ・ 各種情報の算出
(雲域、火山灰、海面水温、風、雲型、雲頂高度、NDVI(正規化差植生指数)、海水域、雲頂温度、・・・、地上における下向き短波放射、等々)
- ・ 国際協力
(各国の気象機関への配信)

OSCAR, WMO
<http://www.wmo-sat.info/oscar/>

気象情報サービスの基盤となる「ひまわり」

気象庁の予報現業室

ここでも「ひまわり」が活躍！

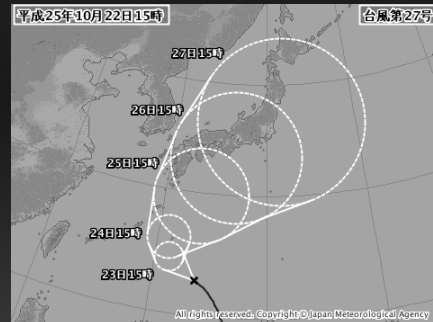
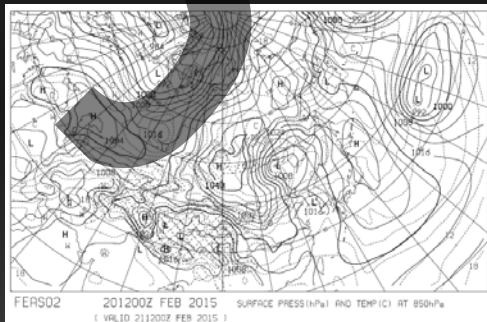
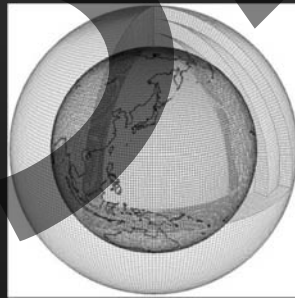


最後は“人”・・・予報官の腕の見せ所

12月12日17時 高知県の週間天気予報

日付	13 土	14 日	15 月	16 火	17 水	18 木	19 金
高知県	曇時々晴	晴時々曇	晴のち曇	曇一時雨か雪	晴時々曇	晴時々曇	曇時々晴
府県天気予報へ							
降水確率(%)	30/40/40/20	20	40	80	30	10	40
信頼度	/	/	B	B	A	A	B
最高(°C)	10	11 (8~12)	12 (10~14)	13 (11~14)	7 (5~8)	10 (8~11)	13 (11~14)
高知 最低(°C)	3	1 (0~2)	0 (-1~2)	4 (2~6)	0 (-1~2)	-1 (-2~1)	1 (-1~2)

数値予報と静止気象衛星



- ・ 様々な観測データを入力
- ・ 現在の大気の状態を解析
- ・ 未来の大気の状態を予報

数値予報システムに 同化している観測データ

表 1.2.1 気象庁の数値予報システムに同化されている観測データ (2011年1月現在)

	種別	要素
直接観測	陸上観測	気圧
	海上観測	気圧
	航空機観測	気温、風
	高層観測	気圧、気温、風、湿度
地上リモートセンシング	ウインドプロファイラ	風
	ドップラー速度	(M)ドップラー速度
	解析雨量	(M)降水量
	地上GPS	(M)可降水量
類似観測	台風ボーガス	気圧、風
静止衛星	大気追跡風	風
	晴天放射輝度温度	放射輝度
低軌道衛星	極域大気追跡風	(G)風
	マイクロ波サウンダ	放射輝度
	マイクロ波イメージャ	放射輝度、(M)降水量
	マイクロ波散乱計	(G)海上風
	GPS掩蔽観測	(G)屈折率

※ (G)は全球解析のみで、(M)はメソ解析のみで、その他は両解析で利用されているもの。なお、ここで示したのは大気解析で同化されるデータで、陸面解析にのみ利用しているデータについては記述していない。

「データ同化の改善に向けて」、数値予報課報告・別冊第57号、平成23年3月

数値予報システムによる長期再解析

JRA-55 : 気象庁55年長期再解析

[お知らせ](#) > [概要](#) > [利用方法](#) > [マニュアル](#) > [お問合せ](#)
[利用申し込み](#)

最新のお知らせ

2016年02月05日
 従来型長期データのみ使用した気象庁55年長期再解析 (JRA-55c) がDIASから提供開始されました。 New / Update!
2014年11月17日
 JRA-55のリリースを掲載しました。
2014年9月29日
 JRA-55の総合報告論文 (Kobayashi et al. 2015) が、2014年9月18日に発表されました。気象集誌第93巻第1号に掲載予定です。この論文のEarly Online Release版が気象集誌ホームページに掲載されました。
2014年6月6日
 JRA-55マニュアル 1.25度等緯度経度格子データ編 を更新しました。

- ・ 気候研究
- ・ 季節予報
- ・ 異常気象分析
- ・ 気候監視

静止気象衛星で観測した雲の動きから求めた風のデータ
→ 重要な観測情報

各種情報の算出

Tentative Evaluation of Measurements

The following list indicates which measurements can typically be retrieved from this category of instrument. To see a full Gap Analysis by Variable, click on the respective variable.

Note: table can be sorted by clicking on the column headers

Variable	Relevance for measuring this Variable	Operational Limitations	Processing maturity
Cloud cover	1-primary	No specific limitation	Consolidated methodology
Aerosol volcanic ash (Total column)	1-primary	Clouds	Consolidated methodology
Sea surface temperature	2-very high	Clouds	Consolidated methodology
Wind (horizontal)	2-very high	Tracers needed	Consolidated methodology
Cloud base	2-very high	No specific limitation	Consolidated methodology
Cloud top height	2-very high	No specific limitation	Consolidated methodology
Normalised Difference Vegetation Index (NDVI)	2-very high	Clouds	Consolidated methodology
Aerosol volcanic ash	2-very high	Clouds	Consolidated methodology
Sea ice cover	2-very high	Clouds	Consolidated methodology
Cloud ice temperature	2-very high	No specific limitation	Consolidated methodology
Earth surface albedo	3-high	Clouds	Consolidated methodology
Land surface temperature	3-high	Clouds	Consolidated methodology
Downward long wave irradiance at Earth surface	3-high	Highly indirect. Clouds	Heavily dependent on external info
Cloud ice effective radius	3-high	At cloud top	Consolidated methodology
Aerosol effective radius	3-high	Clouds	Heavily model-dependent
Integrated Water Vapour (IWI)	3-high	Clouds	Consolidated methodology
Photosynthetically Active Radiation (PAR)	3-high	Clouds	Consolidated methodology
Cloud droplet effective radius	3-high	At cloud top	Consolidated methodology
Soil moisture at surface	3-high	Index only. Clouds	Consolidated methodology

OSCAR, WMO
<http://www.wmo-sat.info/oscar/>

- ・ 雲域
- ・ 火山灰
- ・ 海面水温
- ・ 風
- ・ 雲型
- ・ 雲頂高度
- ・ NDVI（正規化差植生指数）
- ・ 海氷域
- ・ 雲頂温度
- ・ . . .
- ・ 地上における下向き短波放射

等々

各国の次世代静止気象衛星の整備計画

Himawari -8 (2014), -9 (2016)
 GOES -16 (2016), -S (2018), -T (2019), -U (2024)
 FY -4A (2016), -4B (2019), -4C (2021), -4MW (TBD),
 . . .
 GEO-KOMPSAT -2A (2018), -2B (2019)
 MTG -11 (2021), -S1 (2023), ...

「ET-SAT-11」 (WMO, 2017年4月) より引用。括弧内は打上げ時期。
<http://www.wmo.int/pages/prog/sat/meetings/ET-SAT-11/ET-SAT-11.html>

(参考) 「OSCAR」, WMO
<https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites>

(参考) 「IPET-SUP-3」, WMO
<http://www.wmo.int/pages/prog/sat/meetings/IPET-SUP-3.php>