

連載  
講座

# 世界初のカラー観測気象衛星「ひまわり」

気象予報士（元気象庁） 饒 村 曜

## 1 気象衛星「ひまわり」は5～6年で交代

昭和50年（1975年）9月9日に人工衛星打ち上げ技術習得用の衛星が打ち上げられ、宇宙開発事業団（現在の宇宙航空研究開発機構 JAXA）は、菊の節句にちなみ愛称を「きく」としました。

その後、昭和51年（1976年）の電離層観測衛星「うめ」、昭和52年（1977年）の気象衛星「ひまわり」など、愛称が花の名前（ひらがな）でつけられています。これは、「宇宙に花ひらけ」との願いをこめてですが、気象に密接な関係がある太陽とイメージが重なる「ひまわり」は、今では国民

生活にすっかり定着しています。

気象衛星「ひまわり」は、昭和52年（1977年）の打ち上げ以降、5年から6年くらいの間隔で、新しい衛星と交代しています（表）。

これは、太陽からの光の圧力によって位置が微妙に変化する気象衛星を、常に静止軌道（赤道上空約4万6000キロ）に戻すために使う燃料が切れることや、衛星の部品が経年劣化をするためですが、この時に、最新の観測機器を搭載して、観測している波長の数を増やしています。

可視画像（0.5～0.7 $\mu$ m）は、太陽からの光の反射を観測していますので、積乱雲のような分厚くて水蒸気を多く含む雲ほど白く写ります。これ

表 歴代の気象衛星「ひまわり」

号数（打ち上げ）	観測している波長（単位： $\mu$ m）	備考
ひまわり1号（昭和52年）	赤外（10.5～12.5）、可視（0.5～0.70）	
ひまわり2号（昭和56年）		
ひまわり3号（昭和59年）		
ひまわり4号（平成元年）		
ひまわり5号（平成7年）	赤外1（10.5～11.5）、赤外2（11.5～12.5）、赤外3（6.5～7.0）、可視（0.55～0.90）	中・上層の水蒸気観測が可能になる。
ひまわり6号（平成17年）	赤外1（10.3～11.3）、赤外2（11.5～12.5）、赤外3（6.5～7.0）、赤外4（3.5～4.0）、可視（0.55～0.90）	夜間の霧観測が可能になる。
ひまわり7号（平成18年）	ひまわり6号と同じ	
ひまわり8号（平成26年）	赤外1～10（10種類） 近赤外1～3（3種類） 可視BGR（3原色：カラー合成）	防災のための監視と地球環境の監視の機能が強化。
ひまわり9号（平成28年）	ひまわり8号と同じ	

出典：気象庁ホームページをもとに筆者作成。

に対し、赤外面像は、赤外線のうち、大気による吸収が少ない $10.5\sim 12.5\mu\text{m}$ で観測するもので、温度が低いものほど白く写ります。雲は対流圏にあり、その対流圏は上空ほど気温が低くなっていますので、高い所にある雲ほど白く写ります。つまり、赤外面像は高い所にある雲ほど白く写りますので、巻雲などの上層雲や地上付近から圏界面付近まで発達している積乱雲が白く写ります。

$6.5\sim 7.0\mu\text{m}$ の赤外線は水蒸気によって吸収されやすいことから、この波長を観測する機器を搭載した「ひまわり5号」以降は、大気の中上層における水蒸気の分布がわかる水蒸気画像を作っています。

さらに、「ひまわり6号」以降は、海上における夜間の霧を観測するため、新たに $3.5\sim 4.0\mu\text{m}$ の赤外線を観測することとし、気象観測のみならず、航空機の管制も行う衛星として、運輸多目的衛星が平成11年（1999年）11月15日に種子島から打ち上げられましたが、打ち上げに使ったH2ロケットの1段目エンジンの破損によって失敗しています。

このため「ひまわり5号」には設計寿命を超えた延命措置が行われ、アメリカの大気気象庁（NOAA）から、役目を終えて待機中だったゴース（GOES）9号を借りて、次の6号の打ち上げまでの観測をつないでいます。

地上や大気、雲からの光は、波長によって大気による吸収の程度などが大きく異なりますので、大型のコンピュータを使い、違った波長による観測を、連立方程式を解くように計算すると、大気中に含まれる物質の濃度や、気温の鉛直分布等もわかりますので、観測する波長は増える傾向にあります。

ただ、ほとんどは数値予報等の精度向上に利用され、気象庁ホームページで画像提供しているのは、可視画像、赤外面像、水蒸気画像の3種類の画像だけです。

## 2 「ひまわり8号」から世界初のカラー画像

平成17年（2005年）2月26日に打ち上げられた「運輸多目的衛星新1号」は、親しまれている愛称を継続するというので、「ひまわり6号」と名付けられました。そして、翌年に「ひまわり7号」が打ち上げられ、以後2機体制になっています。

これは、気象衛星の重要性が増し、長期間の欠測を避けるためです。

平成26年（2014年）10月7日に、防災のための監視と地球環境の監視機能強化を目的に打ち上げられた「ひまわり8号」は、それまでの「ひまわり7号」に比べると、搭載している放射計の数が5から16に増え、解像度も半分になってより細かい観測が可能となっています（図1）。



図1 気象衛星「ひまわり8号」

出典：気象庁ホームページ。

なかでも、可視光領域の3つの波長の観測を合成することで、人が宇宙から地球を見た場合に似た「カラー画像」が作成可能となったのが大きな特徴の衛星です。これまでは、わかりやすいようにコンピュータ処理で色をつけていましたが、静止気象衛星のカラー観測は「ひまわり8号」が世界初です。

「ひまわり8号」打ち上げの2年後、平成28年（2016年）には「ひまわり8号」と同程度の性能を持った「ひまわり9号」が打ち上げられ、待機

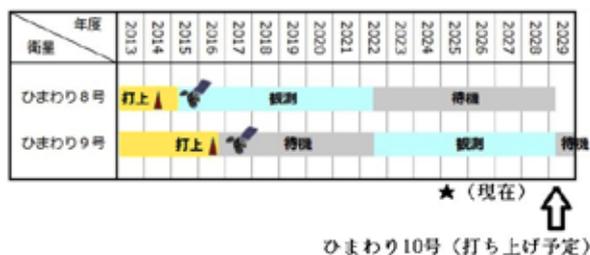


図2 ひまわり8号・9号の運用計画  
出典：気象庁ホームページをもとに筆者作成。

運用となっています。現在は、「ひまわり9号」で観測が行われ、「ひまわり8号」が待機運用となっています（図2）。

そして、令和11年（2029年）に水蒸気や気温の立体的（3次元的）な情報を観測できる赤外線サウンダーを搭載した「ひまわり10号」の打ち上げが予定されており、これによって線状降水帯の正確な予想ができると期待されています。「ひまわり10号」の打ち上げが成功すれば、「ひまわり9号」が待機運用となり、待機運用中の「ひまわり8号」が引退ということになり、「ひまわり10号」と同程度の機能を持った「ひまわり11号」の打ち上げが成功すれば、「ひまわり9号」も引退することになります。

### 3 「ひまわり8号」から「海の色」の観測

「ひまわり8号」「ひまわり9号」によってカラー観測が可能になったことにより、防災のための監視能力が向上したことに加え、黄砂や火山の噴煙などの監視でも今まで以上に有効になっています。

また、海の色は植物プランクトンの量で変わりますので、漁業や、地球温暖化の正確な予測（海の二酸化炭素吸収量の正確な把握）などにも利用が期待されています。

例えば、令和3年（2021年）6月10日12時のカラー画像では、三陸沖で周囲の海とは異なる水色の領域が広がっています（図3）。

北海道の東海上から三陸沖へ南下している親潮



図3 「ひまわり」によるトゥルーカラー再現画像（JMA,NOAA/NESDIS,GSU/CIRA）  
（左は令和3年（2021年）5月15日12時、右は令和3年（2021年）6月15日12時）

出典：静止気象衛星「ひまわり」がとらえたプランクトンの大繁殖、あおぞら彩時記、2021年、青森地方気象台。

には、植物プランクトンの光合成に必要な栄養素が多く含まれていますので、春になって気温が上昇し、晴れる日が多くなると植物プランクトンの繁殖が活発になります。

この水色の領域は、植物プランクトンが大増殖し、海の色が変色していると推定されるのです。

### 4 若山牧水が詠んだように「空の青」と「海をあを」は異なる

戦前の歌人・若山牧水の代表作の短歌に、「白鳥は哀しからずや…」というのがあります。

鶇（かもめ）と思われる白い鳥が、「空の青」にも、「海をあを」にも染まらないでただよっているのが哀しいという歌ですが、空と海の色を、「青」と「あを」に使い分けています。若山牧水が自然の中で感じたように、空が青く見える理由と、海が青く見える理由は違います。

空が青く見える理由は、大気による光の散乱（レーリー散乱）です。

太陽からの光は、空気分子によって散乱されませんが、波長の短い青い光のほうが、波長の長い赤い光より多く散乱します（図4）。

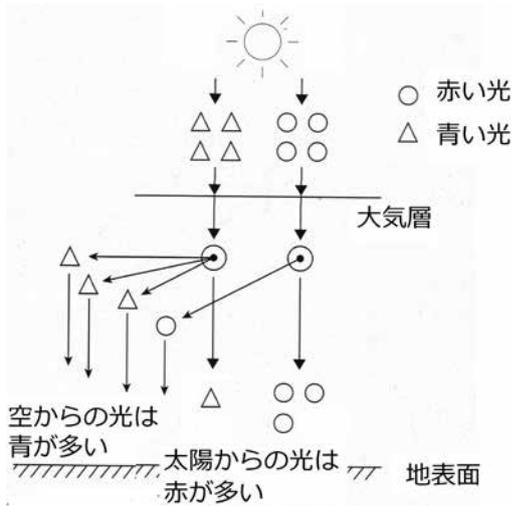
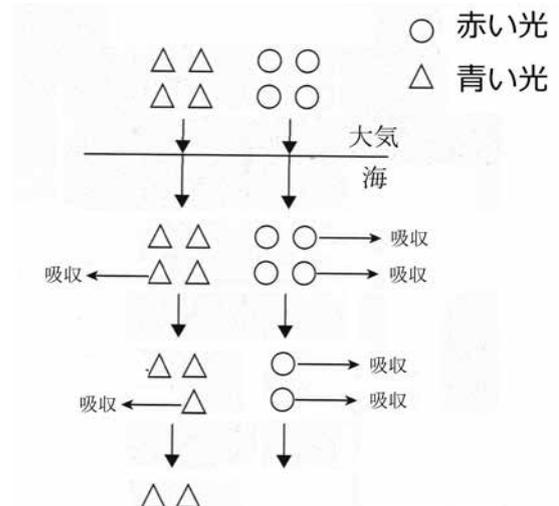


図4 空の青の説明図

出典：饒村曜（2014）、天気と気象100、オーム社。

太陽からの光は、赤い光が相対的に多くなり、散乱を繰り返して地表面に届く空からの光は青い光が多くなるからです。

これに対し、海の色が青く見える理由は、波長の長い赤い光ほど多く吸収するという海の性質です（図5）。



海は深くなるにつれ光が弱くなり、ほとんどが青い光となる

図5 海の青の説明図

出典：筆者作成。

このため、海は深くなるにつれ、光が弱くなり、残っている光のほとんどが青い光となります。そして、深海は漆黒の世界となります。