

気象衛星ひまわり

静止衛星

「気象衛星ひまわり」の名前を聞かない日はありません。毎日天気予報を見ていたら、必ずこの衛星が撮った雲の写真が出てきます。1977年の1号から現在の7号まで、世代交代をしながら40年近くもの間、宇宙から地球の雲の様子を伝えてくれています。

ひまわりは地球の周りを回っている人工衛星の1つです。ただし赤道上空にあって、地球を1周する時間がちょうど24時間のため、地上から見ると止まっているように見えます。そのため、静止衛星と呼ばれています。

高校で物理を習った方なら、軌道半径 r で円運動する人工衛星は、

$$\frac{v^2}{r} = \frac{GM}{r^2} \quad (1)$$

という式が成り立つことをご存じだと思います。ここで、 G : 万有引力定数、 M : 地球の質量、 v : 人工衛星の速さを示しています。つまり、軌道半径 r を決めると、人工衛星の速さ v も自動的に決まってしまうのです。人工衛星は、自由な速さで自由な高さを飛ぶことはできないのです。

速さ v を24時間(T)で地球の周りを一周($2\pi r$)する速さ、とする場合、

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad (2)$$

ということになります。少し計算が必要ですが、(1)、(2)から静止衛星の軌道半径 r は4万2000kmと求めることができます。地球の半径を差し引くと、地上からの高さは3万6000kmになります。

一方、国際宇宙ステーションはおよそ90分で地球を一周します。この場合、飛んでいる高さは、およそ400kmです。なんと静止衛星は、国際宇宙ステーションに比べて、90倍も高いところにあるのです。そう思うと、国際宇宙ステーションは、ほとんど地上スレスレの高さを飛んでいるようなものです。

夜の地球

ところで、ひまわりの雲の写真は、夜でも見るすることができます。このことを不思議に思ったことはないでしょうか。

図1の左側は、3月5日17時のひまわりがとらえた写真です。ちょうど夕方の時間帯なので、日本はそろそろ夜になろうかということで、左の写真は右半分が暗くなっています。一方、右側の写真は同じ時刻のものですが、ちゃんと地球全体が

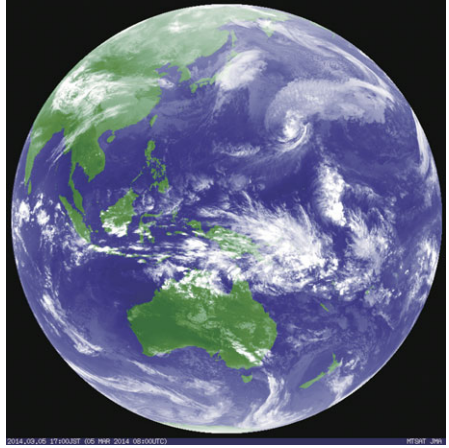


図1：可視光(左)と赤外線(右)でとらえた地球 3月5日17時(日本時間)
(気象庁ホームページより)

映っています。

実は右側の写真は、赤外線をとらえたものなのです。通常、天気予報で紹介されているのは、こちらの写真です。

あらゆる物体は、電磁波を放射しています。太陽から放射されるのは主に可視光線であるのに対し、地球からは赤外線が放射されています。赤外線は主に水蒸気によって吸収されますが、波長が $11\mu\text{m}$ あたりの放射は、大気によってあまり吸収されずに宇宙空間に達します。これを人工衛星で測定すると、放射をした物体の温度が推定できるのです(シュテファン=ボルツマンの法則といいます)。

赤外画像は温度の低い雲を白く、温度の高い雲を黒く表示しています。対流圏

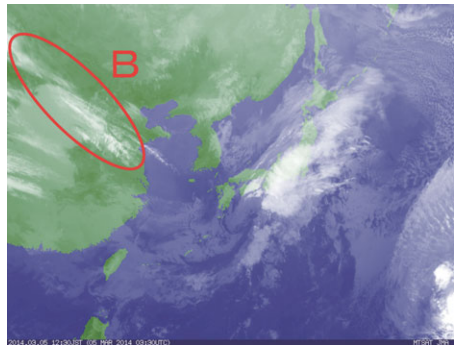
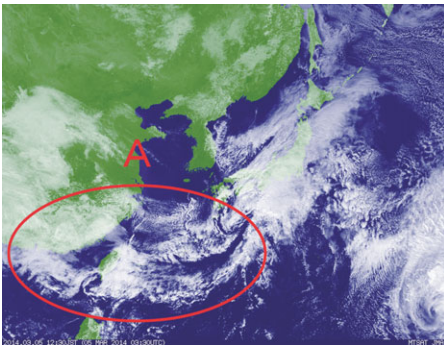


図2：可視画像(左)と赤外画像(右)による日本付近の雲の様子の比較
3月5日12時30分(日本時間) (気象庁ホームページより)



は高度が高くなるほど温度が低くなるので、白い部分ほど温度の低い、すなわち上層にある雲であることを示しています。

一方、可視画像は人間が見ると同じです。厚い雲ほど太陽の光を反射して白く見えます。

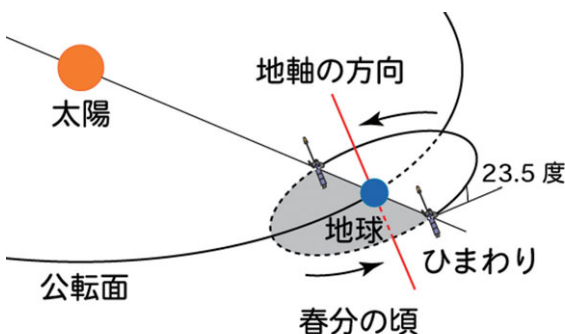
このことを利用して可視画像と赤外画像を比較すると、雲の高さを知ることができます。赤外画像ではよく見えないのに、可視画像で白くなっている場合は、温度が高い雲、すなわち低いところにある雲ということになります。逆に、赤外画像では白くなっているのに、可視画像はよく分からない場合は、温度が低い雲、すなわち高いところにある雲ということになります。

図2のAの部分は、赤外画像ではよく見えないのに、可視画像では白くなっているため、下層の雲が主体であることがわかります。また、Bの部分は赤外画像でよく見えることから、上層の雲であることがわかります。

静止衛星の食？

地球の地軸は、公転面の垂線に対して23.5度傾いています。静止衛星は地球に対し、赤道上空を飛んでいるため、通常は一直線上に太陽—地球—衛星、もしくは太陽—衛星—地球が並ぶことはありません。しかし、春分や秋分の時期には、ちょうど一直線になることがあるのです。すると、人工衛星から見て太陽と地球がちょうど同じ方向になったり、あるいは地上から見て衛星がちょうど太陽と同じ方向に来たりしてしまうことがあります。こうなると、衛星の運用に支障をきたします。

地上から見て、ちょうど衛星の方向に太陽が重なって見えると、太陽放射により衛星との通信に支障が出ます。これを、太陽妨害と言います。気象庁のホームページを見ると、3月4日から3月8日の間は、昼の12時の観測データがありませんでした。これは太陽妨害のため、観測を行わなかったのです。



また、4月の初旬の数日間、真夜中の時間帯の観測は行わない計画になっています。これは人工衛星から見ると、地球の方向にちょうど太陽がくるため、観測機器に太陽光が入射してしまうからなのです。

江越 航(科学館学芸員)

図3: ひまわりの軌道と太陽・地球の関係