

## MTSAT-2可視チャンネル校正とその応用 MTSAT-2 Visible Channel Calibration and its Practical Application

木川 誠一郎<sup>1</sup>、宮岡 健吾<sup>2</sup>

KIGAWA Seiichiro and MIYAOKA Kengo

### Abstract

Japanese Multi-functional Transport SATellite-2 (MTSAT-2) launched in February, 2006 has a special device called 'Albedo Monitor' in the Imager to calibrate the visible channel of the Imager. The Albedo Monitor device introduces sunlight into Imager optics, and then the sensitivity of the visible channel can be determined by the intensity of the sunlight. Visible calibration based on Albedo Monitor measurements was conducted during the post-launch on-orbit testing of MTSAT-2, and it was concluded that the sensitivity of the visible channel was stable and showed no degradation compared to pre-launch measurements.

Lunar images were also taken during the MTSAT-2 post-launch testing. Since these images were calibrated by Albedo Monitor measurements, and it was from these that a visible channel calibration technique using the lunar images developed. The technique was applied to GMS, GOES, and METEOSAT on an experimental basis.

### 要 旨

2006年2月に打上げられた運輸多目的衛星新2号 (MTSAT-2) では、イメージャに可視チャンネルの校正 (以下「可視校正」という) を行うアルベドモニタと呼ばれる部品が取付けられている。アルベドモニタは太陽光をイメージャ内部に導き入れ、その太陽光の強度から可視チャンネルの感度を知ることができる。MTSAT-2の軌道上試験においてアルベドモニタを用いた可視校正を行なった結果、可視チャンネルの感度は安定しており、打上げ前の測定と比較して感度低下が無いことを確認した。

MTSAT-2の軌道上試験では月の観測も行った。アルベドモニタにより校正した月観測データから、月を使った可視校正の手法を開発し、GMS、GOESおよびMETEOSATの可視校正への応用を試みた。

### 1. はじめに

これまで静止気象衛星では可視チャンネルの校正

に用いる仕組みや装置が搭載されていないか、搭載されていても校正光源としての安定性に課題があり、観測データの利用要求に対して可視チャンネルの校正精度は十分とは言えなかった。

一方、2006年2月に種子島宇宙センターから打上げられたMTSAT-2については、搭載されたイメージャに可視チャンネルの校正に使用するアルベドモ

<sup>1</sup> 気象衛星センター気象衛星運用準備室

<sup>2</sup> 気象庁地球環境・海洋部気候情報課

(2007年10月5日受領、2008年2月1日受理)

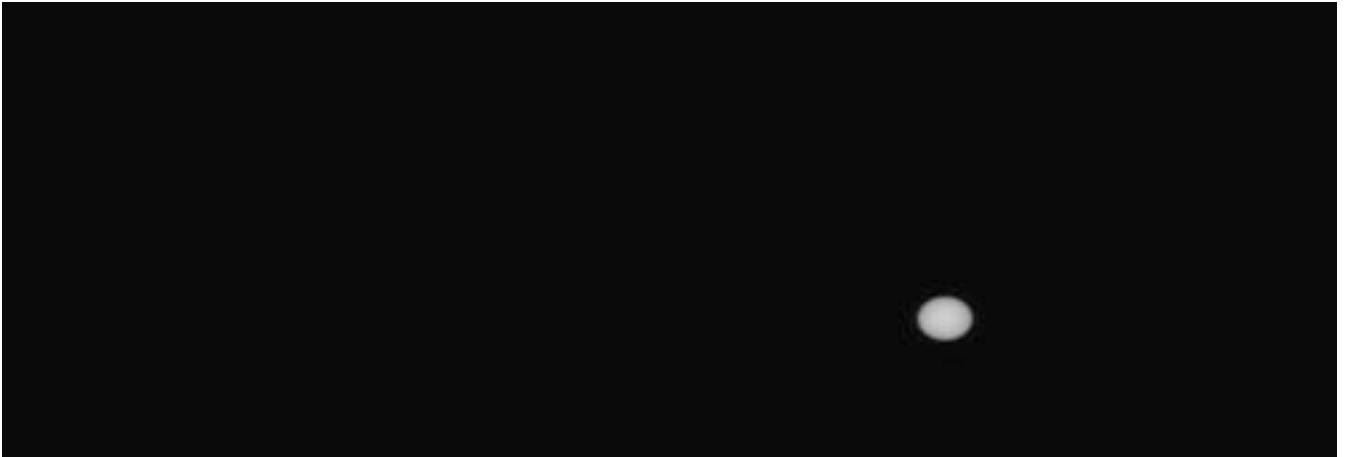


図1 MTSAT-2が最初に取得したアルベドモニタによる太陽像。2006年3月29日2025UTに取得した太陽像である。画像の縦方向が走査鏡の南北走査、横方向が東西走査となる。観測した輝度が高いほど白くなるよう画像の階調を割り当てている。

ニタと呼ばれる部品が組み込まれている。アルベドモニタは太陽光をイメージャ内部に導き入れ、イメージャはその太陽光を観測する。太陽光の強度は既知なので、その観測データから可視チャンネルの感度が推定できる。MTSAT-2は静止軌道に到着後2006年10月まで、イメージャの機能および性能確認試験を軌道上で行った。この試験において、アルベドモニタを通した可視太陽光の強度を赤外チャンネルデータから算出する手法を開発し、絶対校正を実現した。さらに、MTSAT-2の校正に基づいて他の衛星の校正情報を得られるように、MTSAT-2による月観測を実施し、月を校正光源とするための基礎情報を得た。

ここではMTSAT-2の可視校正の手法を紹介し、その応用として月を基準光源とした校正法についても述べる。

## 2. アルベドモニタによる可視校正

### 2.1 アルベドモニタの原理

図1はMTSAT-2が最初に取得したアルベドモニタの観測データである。イメージャは地球を観測するときと同様に走査を行いながら太陽像を取得する。

太陽像は飽和することなく、期待通りの像が得られた。画素の間隔が縦と横で異なるため、図の太陽像は横長になっている。

太陽から直接イメージャに到達する光は、地球で反射された太陽光に比べて5万倍も強度が強く、イメージャの観測範囲外になってしまうため、そのままでは観測できない。そこで太陽光を減衰させる仕組みがアルベドモニタに組み込まれている。アルベドモニタには小さな絞りがあり、この絞りを通った太陽光はイメージャの走査鏡、主鏡、副鏡を経て可視チャンネル検出器へ入射する。アルベドモニタの絞りはイメージャの開口に比べて小さいので、部分開口の校正となる。また、アルベドモニタには光の方向を変えるために反射鏡が使われている。

### 2.2 可視チャンネルの太陽放射照度

イメージャが観測する太陽光は、図2に示す可視チャンネルの応答関数と太陽分光放射照度から式1により算出される。

$$E_{vis} = \frac{\int r_{\lambda} \cdot s_{\lambda} d\lambda}{\int r_{\lambda} d\lambda} \quad (1)$$

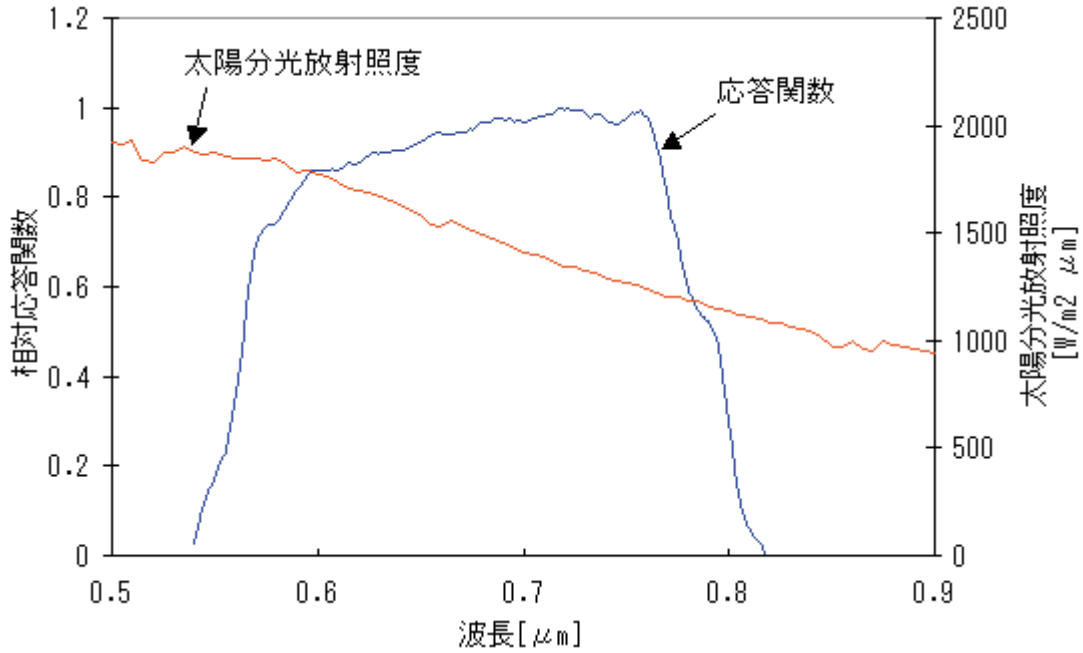


図2 MTSAT-2の可視チャンネルの応答関数と太陽分光放射照度。太陽分光放射照度はLabs & Neckels (1983), Rossowら(1985)による。応答関数は8個の検出器の平均値である。太陽分光放射照度と応答関数をかけ合わせることで可視チャンネルが観測する太陽放射照度が算出される。

ここで  $r_{\lambda}$  は応答関数、  $S_{\lambda}$  は太陽分光放射照度 (Neckel他、1984およびRossow他、1985) を表す。

$$L_{vis} = \frac{E_{vis}}{D^2 \int_A f dA} = 2.606 \times 10^7 [W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m] \quad (2)$$

### 2.3 赤外3チャンネルの太陽放射照度

次に可視および赤外3チャンネル (6.75 μm) における太陽放射照度を算出する。図3に2006年8月30日に取得した太陽像の正規化した放射輝度分布を示している。太陽光はアルベドモニタの小さな絞りを通過しているために回折が発生し、太陽の視半径よりも外側にも光が観測されている。まず、この視半径の外側の光を切り取り、太陽の縁で折り返し視半径より内側に加算して、近似ではあるが回折の影響を取り除いた太陽像を作成する。これは図では補正後太陽像として示されている。式2に示すように、太陽放射照度をこの補正後太陽像  $f$  を積分したもので割ることで太陽像中心の放射輝度  $L_{vis}$  を得る。

ここで  $D$  は太陽と地球の距離を天文単位により表す。太陽像中心の放射輝度がわかり、太陽像の形状もわかっているため、太陽を黒体と仮定して太陽表面温度を算出し (図4)、その温度から赤外3チャンネルにおける放射輝度  $L_{ir3}$  を計算した結果が図3に示されている。これを太陽像全体で積分し  $D^2$  を乗算すると

$$E_{ir3} = D^2 \int_A L_{ir3} dA = 1.315 [W/m^2 \cdot \mu m] \quad (3)$$

を得る。

ここで赤外3チャンネルの放射照度を計算している理由は、アルベドモニタが可視光だけでなく赤外線もイメージャ内部に導入することに着目し、校正された赤外3チャンネルの観測データを基準にして可視チャンネルの校正を行うためである。赤外3チ

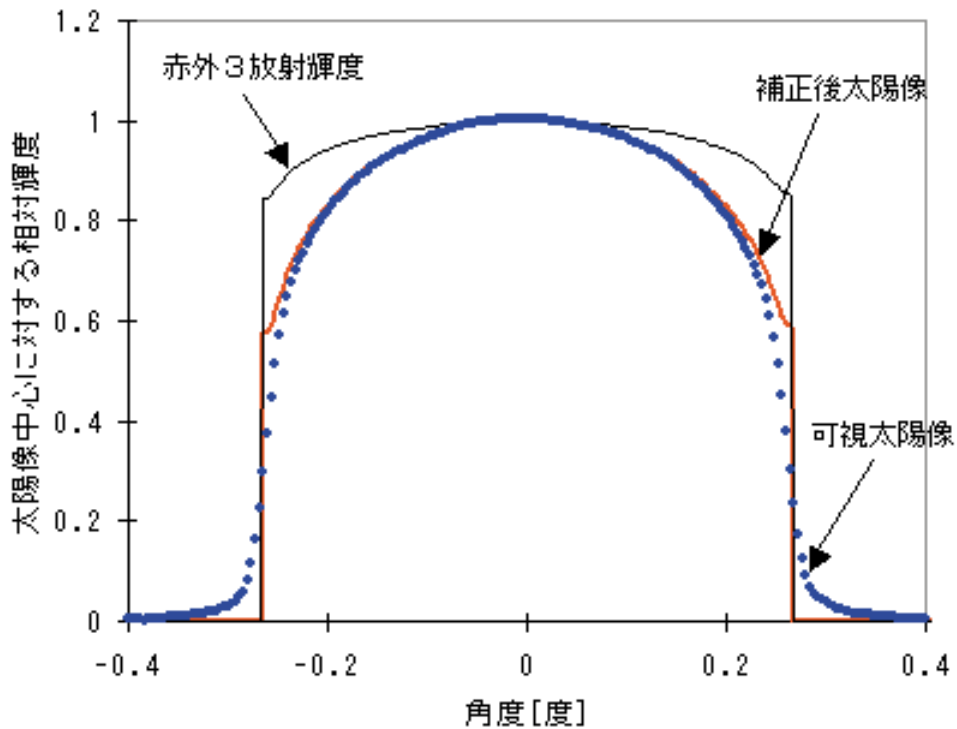


図3 アルベドモニタによる太陽像の正規化した放射輝度分布。2006年8月30日2019UTに取得した太陽像の太陽中心を通る東西走査断面（放射輝度分布）を示している。放射輝度は太陽中心に対して正規化している。可視チャンネルの太陽像は回折により太陽視半径より外側に光が観測されるので、視半径より外側の輝度を内側に加算し、回折の影響を近似補正する。そして太陽を黒体と仮定し赤外3チャンネルにおける放射輝度を算出する。

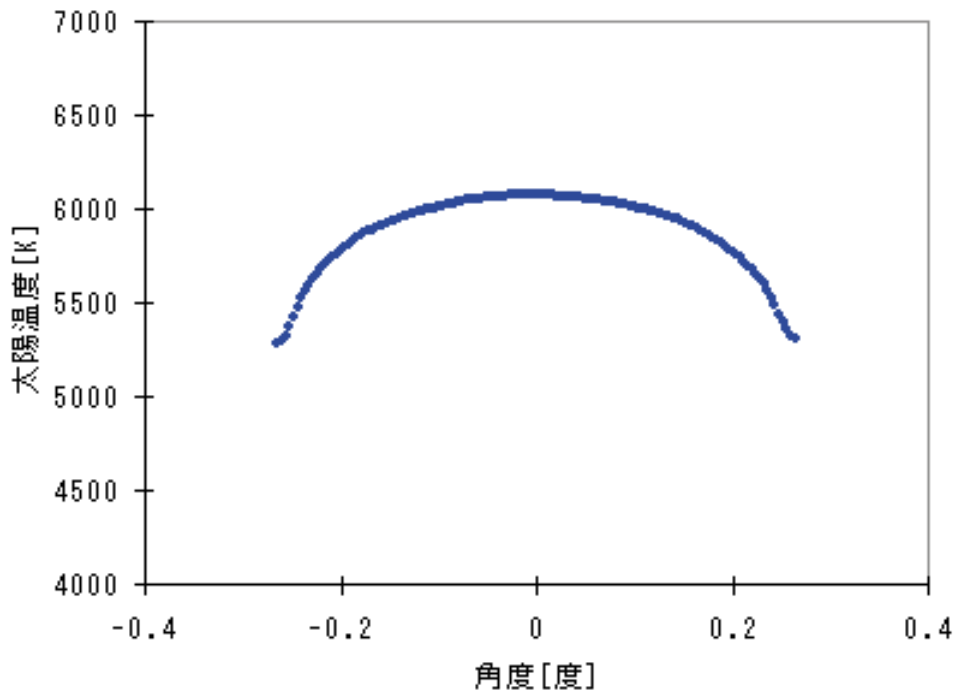


図4 太陽を黒体と仮定したときの可視太陽像から推定した太陽表面温度。可視太陽像は図3の補正後太陽像を使用している。太陽の中心から離れるにしたがって光球より温度の低い領域を見るようになるため太陽温度が低くなり、周辺減光と呼ばれる現象が発生する。

チャンネルにおける太陽放射輝度を、天文研究者による地上観測に基づいて式 1 と同様に算出するのではなく、MTSAT-2の観測データから算出した理由は、赤外 3 チャンネルの波長は水蒸気の吸収が強く、地上から太陽を観測した場合にその観測誤差が小さくないと考えたからである。

なお、赤外 3 チャンネルよりも波長が可視に近い赤外 4 チャンネル (3.8 μm) では太陽像の放射輝度が強すぎて観測可能範囲を超えてしまうので、赤外 4 チャンネルの太陽像は使用できない。

### 2.4 可視校正係数

可視校正の係数  $m [W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m \text{ count}]$  は次式から算出する。

$$m = \frac{\gamma}{\sum (C - C_{sp}) \cdot \Theta \cdot D^2 \cdot \eta / \cos(\delta)} \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{\sum m_{ir3} \cdot (C_{ir3} - C_{sp_{ir3}}) \cdot \Theta_{ir3} \cdot D^2 \cdot \eta}{\cos(\delta) \cdot E_{vis}} \cdot E_{vis} \quad (5)$$

ここで、

- $C$  : 太陽像のカウント値
- $C_{sp}$  : 背景放射のカウント値
- $\Theta$  : 画素の面積[sr]
- $\eta$  : 太陽像を走査する間の太陽像移動を補正する係数
- $\delta$  : 太陽の視赤緯
- $m_{ir3}$  : 赤外 3 チャンネルの校正係数  $[W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m \text{ count}]$
- $\Theta_{ir3}$  : 赤外 3 チャンネルの画素の面積 [sr]

$\Sigma$  は太陽像全体の和をとることを意味する。

$\gamma$  はアルベドモニタを通した太陽像の可視放射照度を示す。赤外 3 チャンネルの校正係数  $m_{ir3}$  は黒体観測データを用いて正確に決定している。式 5 の右辺の左側 (つまり  $E_{vis}$  を除く部分) は、アルベドモニタによる太陽像の放射照度 (分子) をアルベドモニタを通さない太陽放射照度 (分母) で割っているため、アルベドモニタの放射照度減衰率を表す。そして、その減衰率に可視放射照度  $E_{vis}$  をかけることで  $\gamma$  はアルベドモ

ニタを通した太陽像の放射照度になる。可視校正係数  $m$  は  $\gamma$  を観測したカウント値と画素面積で割算することで算出できる。アルベドモニタは年間を通じて太陽像を取得するために 4 個の光路を持っているので、 $\gamma$  は表 1 に示すように光路毎に値を持つ。

\* 予備系(side1)では赤外 3 チャンネルデータを保存しなかったため、同時に取得したN1とN2の可視太陽像の比較により  $\gamma$  を決定した

光路	$\gamma$	取得日
N1(side1)	0.02505	4 月 23 日*
N2 (side2)	0.02566	5 月 15 日
N1 (side2)	0.02462	8 月 30 日
S1(side2)	0.02456	10 月 2~4 日
S2(side2)	0.02598	10 月 31 日

ニタを通した太陽像の放射照度になる。可視校正係数  $m$  は  $\gamma$  を観測したカウント値と画素面積で割算することで算出できる。アルベドモニタは年間を通じて太陽像を取得するために 4 個の光路を持っているので、 $\gamma$  は表 1 に示すように光路毎に値を持つ。

式 4 と表 1 の  $\gamma$  を使って算出した可視校正係数  $m$  を図 5 に示す。イメージャ製造時に地上において測定した値と比較して、26回の観測のうち25回が ± 2.5%の範囲に入っている。図 5 から MTSAT-2の軌道上における可視感度は打上げ前の測定と比較して低下していないことが確認された。

### 3. 月観測と可視校正

MTSAT-2の軌道上試験では、月の観測を 4 回行った。図 6 にはその一例として2006年5月10日に取得した月画像が示されている。イメージャによる月画像の取得は、月が地球の赤道面を横切る時期に限定されるため、常に実施できるわけではない。MTSAT-2

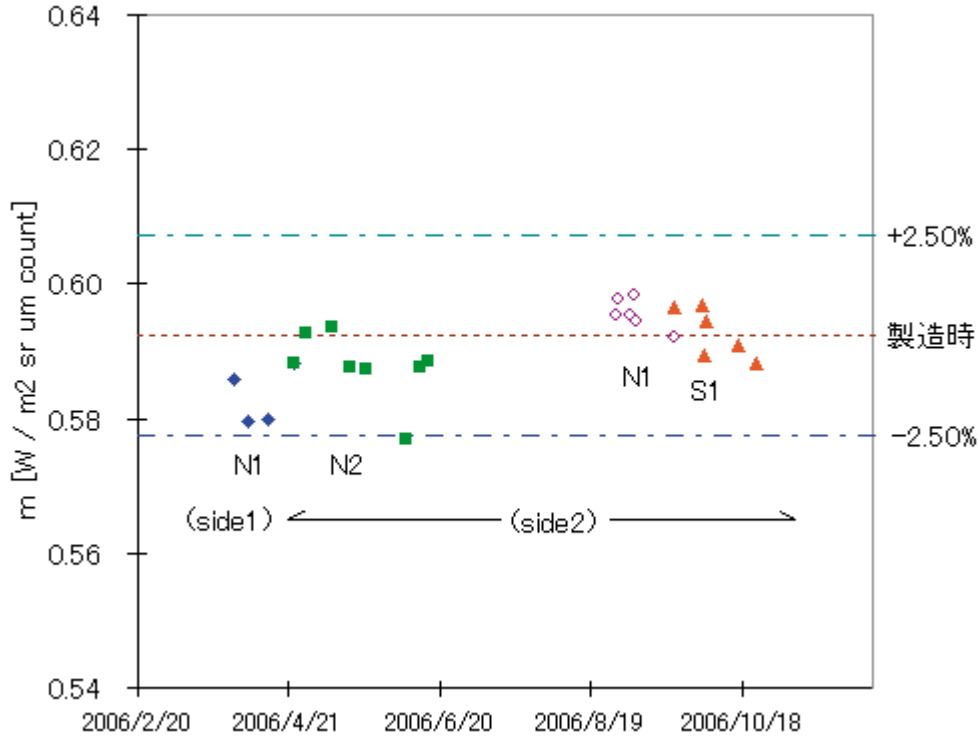


図5 アルベドモニタによる可視校正の結果。横軸が日付、縦軸が可視校正係数を示す。イメージャ製造時に測定された値と比べて、可視感度に低下は見られない。なお、7～8月は軌道上試験が計画に従い休止していたためアルベドモニタの観測データがない。

の軌道上試験では月の観測に最適な日時を選んだ上で観測を行った。

月には大気がなく、月面を隠す雲もない。月面の物性変化は非常にゆっくりしていると考えられ、月を可視校正の「基準」とすることは可能であろう。前述したようにMTSAT-2ではアルベドモニタを使用した可視校正を行っているので、MTSAT-2の月画像から月の明るさを知ることができる。そしてMTSAT-2以外の気象衛星が月を観測していれば、月の明るさに基づいて可視チャンネル感度を知ることができる。この発想を図示したものが図7である。アルベドモニタの太陽像から可視校正係数が算出される(図7の(A))。月観測の画像と校正係数から月の明るさを算出する計算式が導出される(図7の(B))。この計算式を用いて、GMS、GOESおよびMETEOSATの月画像から可視校正係数を算出する(図7の(C))。これらの衛星のうち、8号機以降のGOESおよびMETEOSATには可視校正装置が衛星に搭載されてい

ないので、月校正は有益な情報を与える。このように可視校正装置が使えない衛星であったも、観測画像のなかに月が写っていれば、校正が可能となる点が月校正の利点である。

#### 4. 月による可視校正

月校正の計算式は式6により与えられる。

$$m = \frac{dn^2 \cdot A(\theta) \cdot E \cdot R}{D^2 d^2 \Theta \cdot E_{vis} \cdot \sum(C - C_{sp})} \quad (6)$$

ここで、

- $dn$  : 衛星から月までの基準距離 = 426564km
- $d$  : 衛星から月までの距離[km]
- $\theta$  : 位相角 = 月面において太陽方向と衛星方向の



図 6 2006年5月10日0025-0300UTに実施された月観測の可視画像。1分ごとに月観測を行った。画像の左には地球が見える。

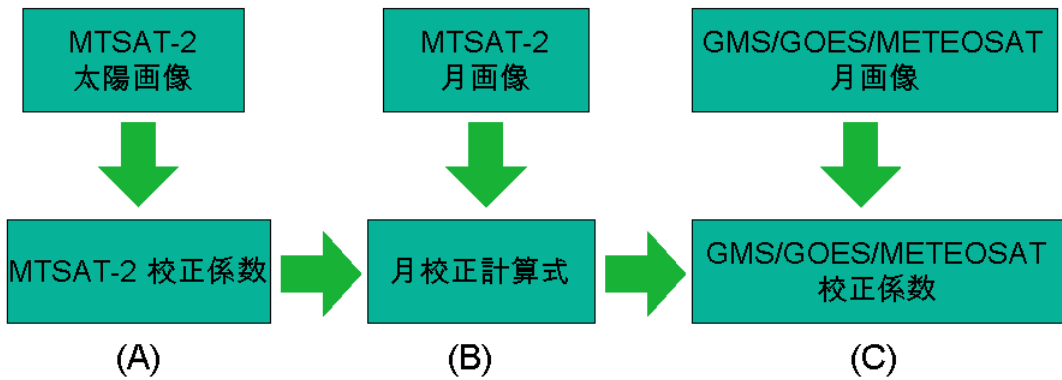


図 7 月を使った可視校正の概念。MTSAT-2の校正係数と月画像から、月校正に用いる計算式が作られ、その計算式がGMS、GOES、およびMETEOSATに応用される。

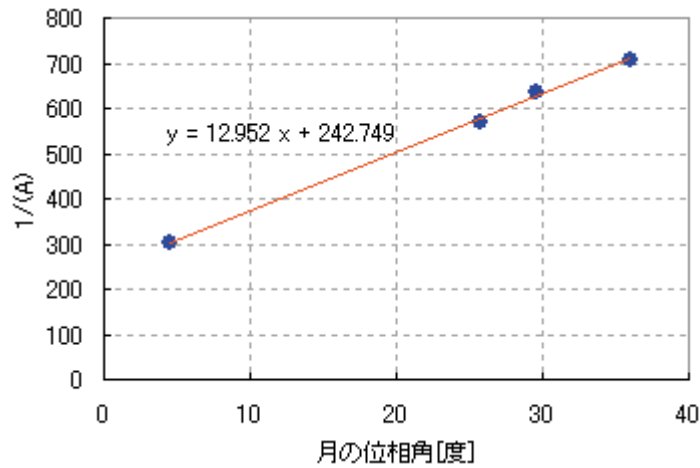


図8 MTSAT-2による4回の月観測における位相角と位相関数Aの逆数の関係。位相関数Aの逆数は位相角 $\theta$ と直線関数に近似できる。位相角10~20度における月観測が実施されれば、この関係はより精度よく決定される。

表2 衛星別放射照度Eおよび月反射率補正係数R。衛星別放射照度Eは式1から算出した。月反射率補正係数Rは図9の月反射率にそれぞれの衛星の応答関数を掛け合わせて算出し、MTSAT-2を1とするよう正規化している。  
(注) GOES-1~4は波長応答特性が不明のためGOES-5の値で代用している。

衛星名	E	R
MTSAT-2	1498.24	1.000
GMS-4	1666.57	0.9184
GMS-5	1313.50	1.0151
GOES-1~5	1670.58	0.9169
GOES-6	1669.08	0.9192
GOES-7	1636.81	0.9315
GOES-8	1627.95	0.9434
GOES-9	1617.88	0.9484
GOES-10	1580.21	0.9644
GOES-12	1589.41	0.9642
METEOSAT-2	1288.91	1.0474
METEOSAT-3	1308.02	1.0033
METEOSAT-4	1391.38	1.0148
METEOSAT-5	1773.51	0.9802
METEOSAT-6	1797.56	0.9826
METEOSAT-7	1395.15	0.9995
METEOSAT-8 VIS0.6	1618.	0.9574
VIS0.8	1113.	1.1223
HRV	1403.	1.0020



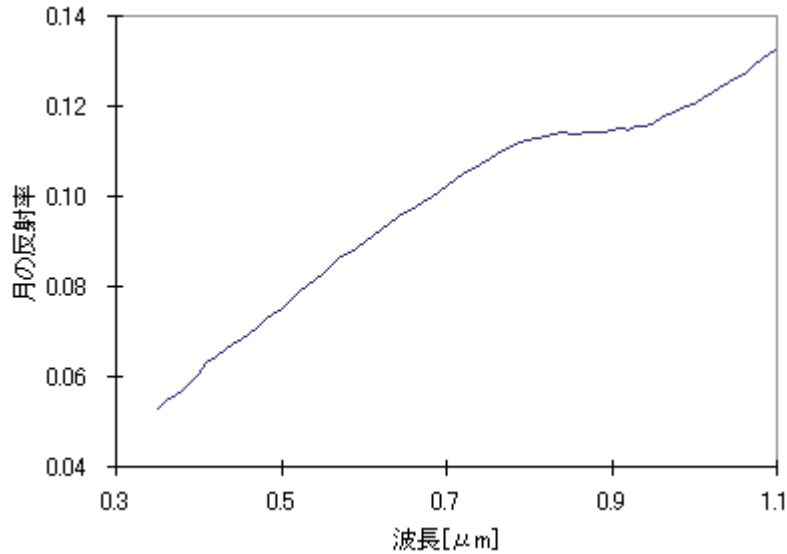


図 9 月の反射率の波長特性。横軸の波長に対して縦軸の反射率は右上がりになっており、波長が長いほど反射率が高いことを示している。ここではアポロ11、12、14および16号が採取した土壌の反射率の平均値を用いている。土壌反射率は<http://www.spacegrant.brown.edu/relabdocs/LSCSoil.html>による。

なす角 [度]

$A(\theta)$  : 位相関数  $= 1 / (12.952\theta + 242.749)$

この位相関数は月の明るさを位相角の関数として表し、図 8 より算出している。

$E_{vis}$  : MTSAT-2可視チャンネルの放射照度 [ $W/m^2 \mu m$ ]

$E$  : 式 1 より求めた対象衛星の放射照度 [ $W/m^2 \mu m$ ] (表 2 参照)

$R$  : 月反射率の波長依存特性を補正する係数 (表 2 参照)

この係数は図 9 の月反射率から算出する。

$\Theta$  : 画素の視野 [ $sr$ ]

式 6 を使って算出した可視校正係数が図 10 から 12 に示されている。ここに示す校正係数は式 7 により放射輝度と関係づけられる。

$$L = \begin{cases} m(C^2 - C_{sp}^2) / 4 & \text{GMSおよびGOES-1~7} \\ m(C - C_{sp}) & \text{上以外} \end{cases} \quad (7)$$

ここで、

$L$  : 放射輝度

$m$  : 校正係数

$C$  : 画素のカウント値

$C_{sp}$  : 宇宙空間カウント値

図 10 から 12 では、GMS-5 を除いて可視校正係数  $m$  に時間とともに増大する傾向が見られる。可視校正係数  $m$  の増大は感度低下を意味するので、ほとんどの衛星で感度低下が発生していることがわかる。

## 5. 検証

MTSAT-2 の可視校正およびその応用である月校正の検証は、系統誤差に主眼がおかれた。これは前述したように、アルベドモニタには反射鏡があり、部分開口の校正であるから、反射鏡の反射率が可視と赤外 3 チャンネルで異なれば、それは校正結果に系統誤差を生み出すことになり、また走査鏡などに反射率の不均一があれば同様に系統誤差を生み出す。

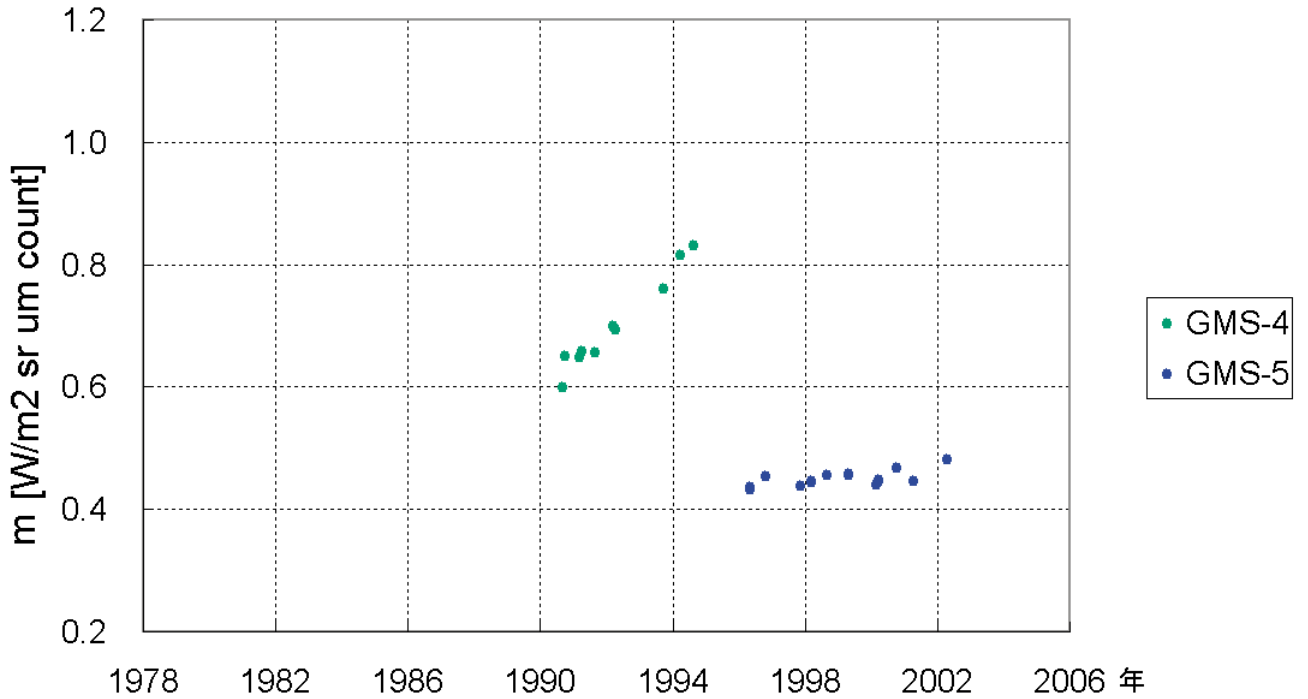


図10 GMSの月校正結果。式6に基づくGMSの月校正の結果が示されている。検出器に光電子増倍管を使ったGMS-4では時間とともに感度が低下する傾向が明確に見られるが、シリコンフォトダイオードを検出器に採用したGMS-5では感度低下は見られない。

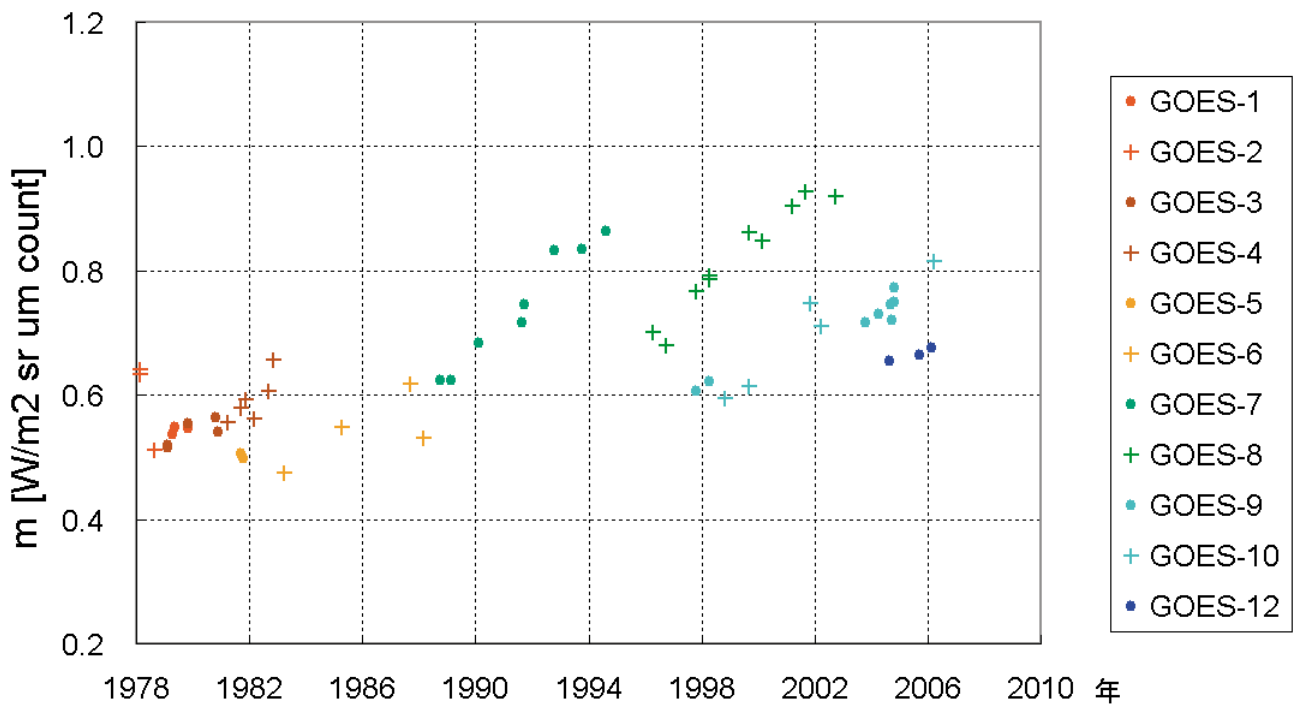


図11 GOESの月校正結果。式6に基づくGOESの月校正の結果が示されている。時間とともに感度が低下する傾向はすべてのGOES衛星に見られる。

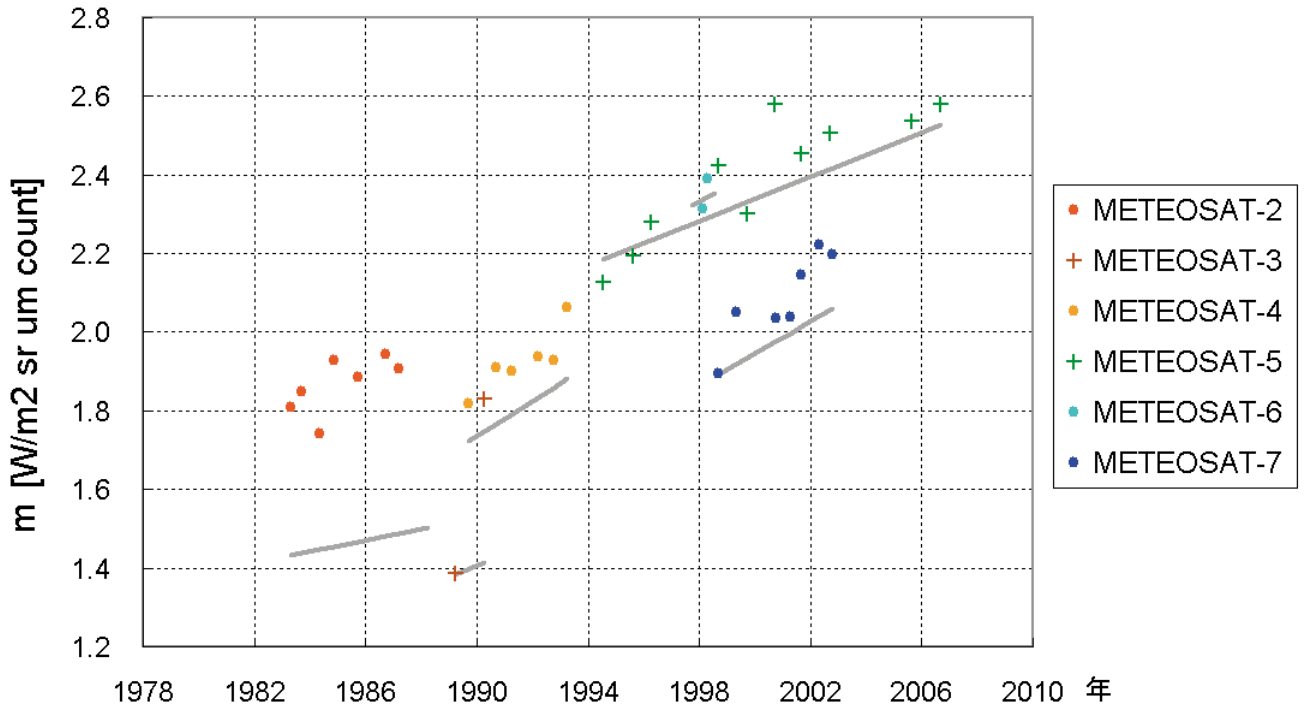


図12 METEOSATの月校正結果。式6に基づくMETEOSATの月校正の結果が示されている。実線はEUMETSATの校正情報を示し、月校正の結果と比較すると、変化の傾向（直線の傾き）は似ているが、絶対値に差が見られる。EUMETSATの校正情報はMETEOSAT VIS CHANNEL CALIBRATION INFORMATION ([http://www.eumetsat.int/Home/Main/Access\\_to\\_Data/Meteosat\\_Meteorological\\_Products/Calibration/](http://www.eumetsat.int/Home/Main/Access_to_Data/Meteosat_Meteorological_Products/Calibration/))による。

しかし、アルベドモニタの観測データだけでは、この系統誤差を見極めることは難しい。

最初に、月校正による校正係数をISCCP(International Satellite Cloud Climatology Project)が作成した校正係数と比較した（校正係数は<http://isccp.giss.nasa.gov/docs/calib.html>による）。ISCCPでは、まず極軌道気象衛星NOAAの可視チャンネル感度を航空機観測に基づき校正し、次にNOAA衛星と静止気象衛星の観測データ比較により静止気象衛星の校正係数を決定している。したがって、ISCCP校正係数は航空機観測というグランドツルースに基づいた最も信頼できる校正係数である。比較結果が図13および図14に示されている。丸印が月校正による値を、実線がISCCPによる値を示し、図13のGMS-5では両者は良い一致を示しているが、図14のGOES-8およびGOES-9では2000年以降に不一致

が見られる。この不一致についてさまざまな観点から調査が行われたが、原因特定には至っていない。

次にアメリカ航空宇宙局（NASA）が打上げた地球観測衛星TerraおよびAquaに搭載されたMODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)をMTSAT-2に基づく月校正係数と比較した。MODISは、太陽光による校正、観測機器内の標準光源による校正、ならびに月による校正を実施しているので、校正の比較検証に適している。図15に示すようにMODISの観測する波長幅は狭い。このことを考慮してMODISの観測波長により近く、また15分ごとの全球観測で月画像を多く取得しているMETEOSAT-8において月校正による係数をMODISと比較した。METEOSAT-8のVIS06チャンネルとMODISのバンド1は観測波長が似ているので、大気状態に起因する観測

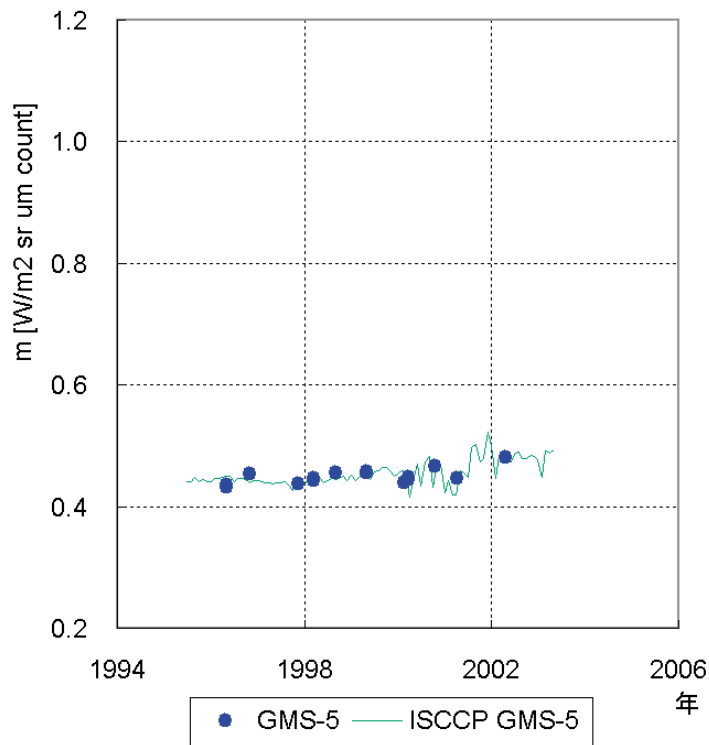


図13 GMS-5の校正係数の比較。GMS-5の月校正結果●をISCCPによる校正係数と比較している。両者はよい一致を示している。

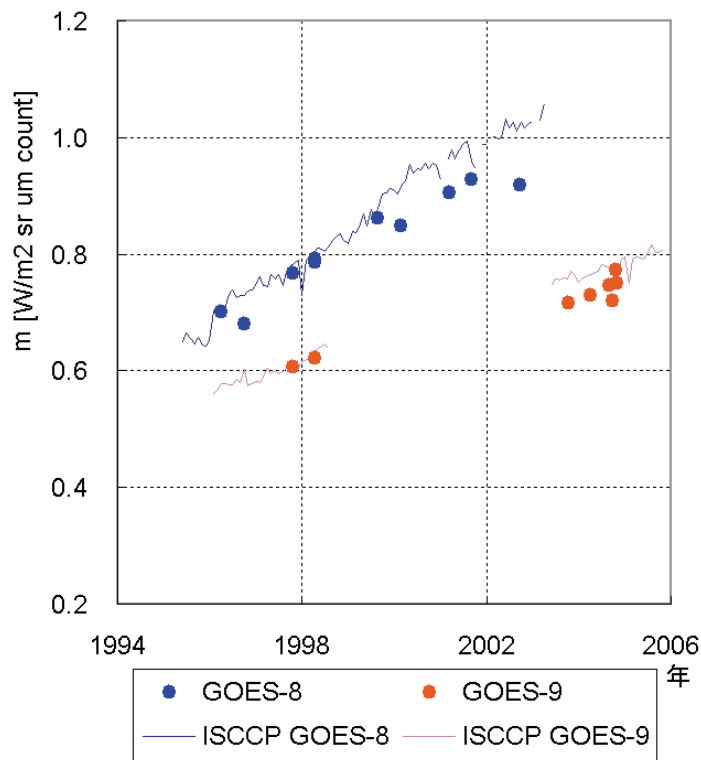


図14 GOESの校正係数の比較。GOES-8および9の月校正結果（●および●）をISCCPによる校正係数と比較している。2000年以降で両者には不一致が見られる。

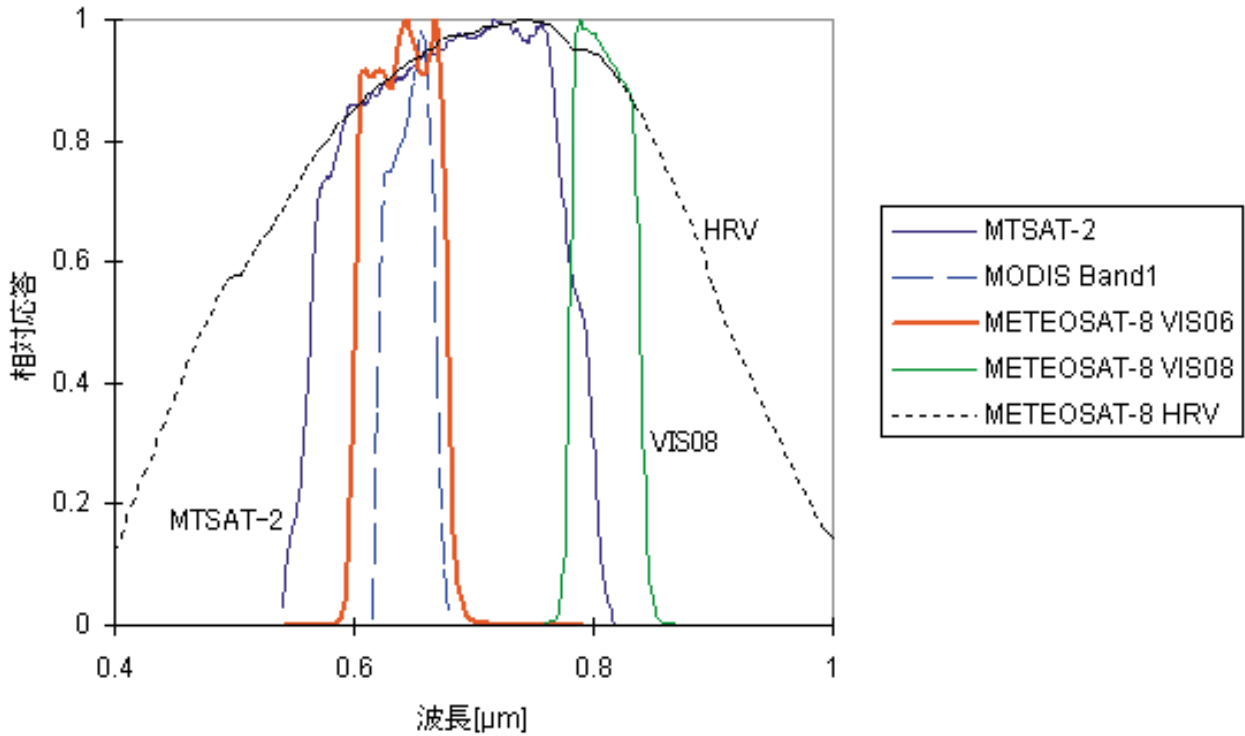


図15 波長応答関数の比較。横軸が波長、縦軸が可視チャンネルの応答関数を示す。METEOSAT-8のVIS06チャンネルの応答関数はMODISバンド1に近い。

放射輝度の差が小さく、比較結果の解釈が容易になる。

図16にMETEOSAT-8の3種類の校正係数が示されている。一つは月校正に基づく係数、二つ目は、Aqua/MODISの観測データに基づく係数、そしてEUMETSATが開発した砂漠の輝度に基づく校正係数である。Aqua/MODISに基づく係数は、西経10度から0度まで、北緯5度から南緯5度までの範囲について1度四方ごとに（MODISの観測した放射輝度）÷（METEOSAT-8の観測したカウント値）を算出し、その平均値を校正係数としている。この緯経度10度四方の範囲は、METEOSAT-8の衛星直下をほぼ中心とした領域であり、そのほとんどが海域である。算出に使用するデータは次の条件から選定した。

- ① Aquaが範囲の中心部上空を通過する
- ② METEOSAT-8とAquaの走査時間差が5分以内
- ③ 春秋分前後の13~14UT帯（地方時で午後1~2時）
- ④ 範囲内に高輝度の積雲・積乱雲を多く含む

これらの条件により、植生やエアロゾルが算出結

果に与える影響が小さくなる。また、太陽天頂角が両衛星でほぼ同じになるが、衛星天頂角は最大40度の差が生じる。

図16から明らかなように、月校正の結果はMODIS由来の校正係数と一致せず、MODIS由来の校正係数が10%大きい。そこで、衛星天頂角が校正係数にどの程度影響しているかを調べるために、衛星天頂角が小さいAquaの衛星直下付近のデータのみ使用して算出した校正係数と、衛星天頂角が大きいMODIS走査両端付近のデータを使って算出した校正係数を比較したところ、有意な差は見られなかった。したがって、10%の差は衛星天頂角の違いが原因ではなく、MODISの放射輝度が10%大きい、または月校正に使われたMTSAT-2の放射輝度が10%低いことを意味しているが、この比較だけでは、そのどちらであるか断定はできない。

図16にはEUMETSATの校正係数も示されている。この校正係数は観測した砂漠の輝度と大気状態から

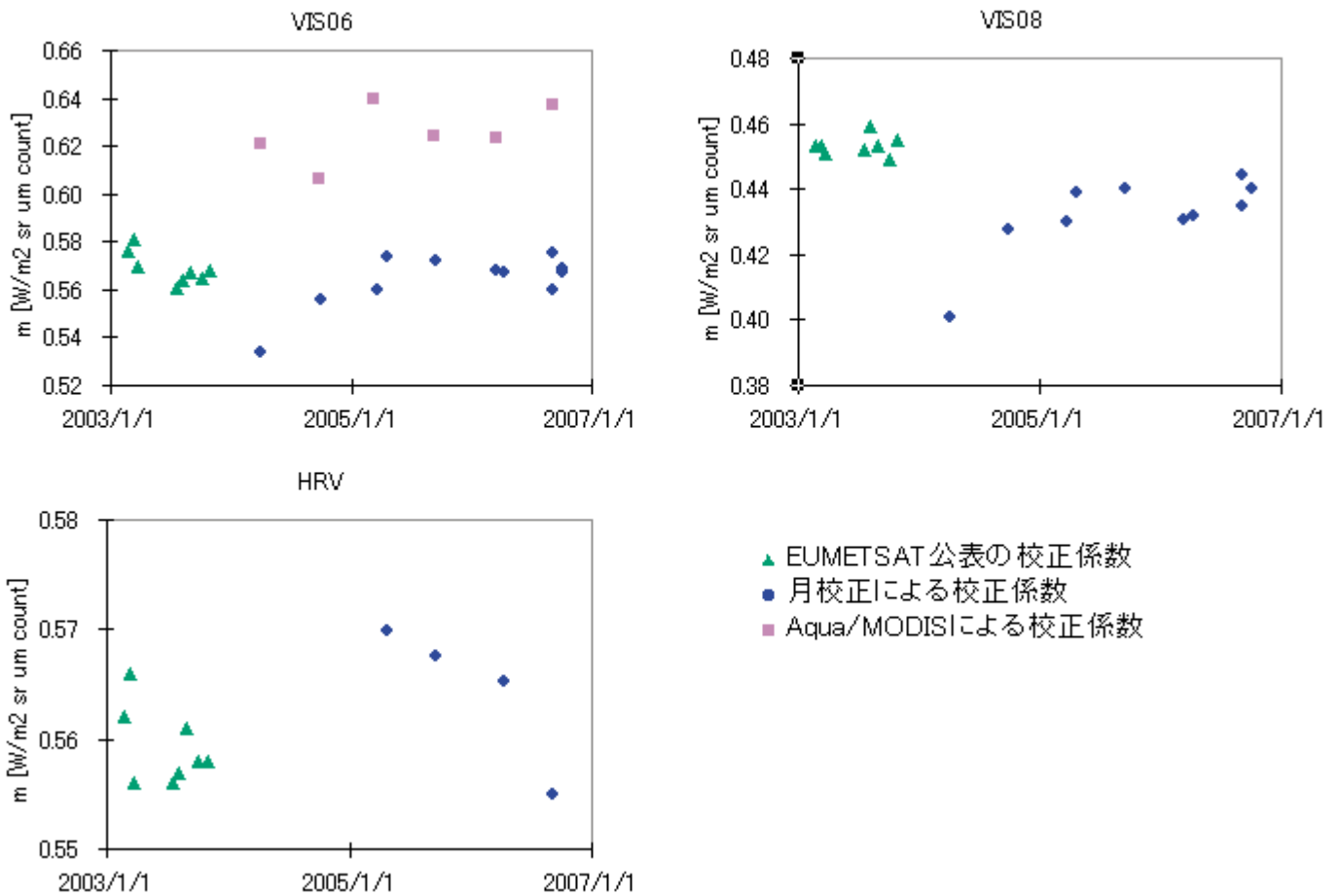


図16 METEOSAT-8の校正係数の比較。EUMETSATの校正係数（緑の三角印）はMSG-1/SEVIRI Solar Channel Calibration Commissioning Activity Report EUM/MSG/TEN/04/0024, 21 Jan 2004による。EUMETSAT作成の校正係数と比較して月校正はよい一致を示すが、Aqua/MODISとは明らかに違う。

算出されたもので、観測時期が異なるものの月校正による校正係数と良い一致を示している。

以上の検証作業により、月校正の結果は概ね妥当と考えられるが、ISCCPとの比較における2000年以降の不一致、およびAqua/MODISとの不一致が課題として残った。

## 6. 今後の展望

MTSAT-2による月観測が4回に限定されたため、月の明るさを表現する位相関数には改善の余地があ

る。また、月反射率の波長依存性はアポロ計画により地球に持ち帰られた土壌サンプルの反射率を用いているが、これらの土壌サンプルが月全体を代表していないかもしれない。

位相関数は、さまざまな位相角において月観測とアルベドモニタ観測を行うことで、その精度が改善され、また、位相角が大きい半月前後の位相関数が決定できれば、より多くの月画像が校正に使えるようになり、ISCCPとの比較における不一致が説明できるようになると考えている。

月反射率の波長依存性については、将来打上げられる衛星のイメージャが可視光域において多チャン

ネル化され、いくつもの波長で月を観測できるようになれば、月反射率の波長依存性も把握できるので、将来衛星では月観測が軌道上試験において計画的に実施されることが望まれる。

Aqua/MODISとの不一致は、MODISが取得した月画像を解析することで解決の糸口が見出されるかもしれない。

## 7. おわりに

MTSAT-2ではアルベドモニタを用いて可視校正を行う。打上げ後の軌道上試験において実施した可視校正では、可視チャンネルの感度は打上げ前に比べて低下していないことを確認した。軌道上試験では月の観測を行い、月を使った可視校正の手法を開発した。この手法を他の静止気象衛星に応用し、GMS、GOES、およびMETEOSATの可視校正係数を算出した。ISCCPの校正係数との比較、そしてEUMETSATの校正係数との比較から判断して、月校正の結果は概ね妥当と考えられるが、ISCCPとの比較における2000年以降の不一致、およびAqua/MODISとの不一致が課題として残った。

思えば、日本は初号機から現在に至るまで可視校

正に用いる装置を衛星搭載の観測装置内に持ち続けている唯一の静止気象衛星運用国である。この可視校正の分野において、日本が国際貢献できる部分は多くあるはずであり、その発展が望まれる。

GOESの観測データは米国NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) から、METEOSATの観測データは欧州のEUMETSATから、そしてMODISの観測データはNASAから提供された。心より感謝申し上げる。

## 参考文献

- Neckel, H. and D. Labs, "The solar radiation between 3300 and 12500 Å," Solar Physics 90, 205 (1984).
- Rossow, W.B., E. Kinsella, A. Wolf, and L. Gardner, "Description of reduced radiance data," International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP), WMO/TD-No. 58 (1985).
- , 2004: MSG-1/SEVIRI Solar Channel Calibration Commissioning Activity Report EUM/MSG/TEN/04/0024, 21 Jan 2004  
([http://www.eumetsat.int/Home/Main/Access\\_to\\_Data/Meteosat\\_Meteorological\\_Products/Calibration/](http://www.eumetsat.int/Home/Main/Access_to_Data/Meteosat_Meteorological_Products/Calibration/))