

EUMETSATにおけるMSG/SEVIRI（回転式高度可視・赤外イメージャ）の
RGB合成画像技術の紹介とMTSAT-1R衛星画像への適用

**Introduction of RGB Composite Imagery Technique of MSG/SEVIRI in
EUMETSAT, and Application to Satellite Imagery of MTSAT-1R**

志水 菊広*
SHIMIZU Akihiro

Abstract

In the neph-analysis technique, the skills required for the interpretation and extraction of necessary information from the imagery include special knowledge and experience. On the other hand, the "RGB composite imagery technique" used in Europe is a technique that can help us grasp the phenomenon that catch our attention more effectively and facilitate interpreting, by overlapping and displaying in color the satellite imagery of two or more channels.

The knowledge about this technique obtained at EUMETSAT is introduced in this report, and I applied that knowledge to the satellite image of MTSAT-1R and attempted to composite RGB imagery on SATAID. As a result, it was confirmed that the "RGB composite imagery" of the MTSAT-1R imagery are effective for the identification of the cloud region and the phenomena. It is thought that "RGB composite imagery technique" will contribute to the work of the neph-analysis because the composite imagery can be displayed by easy operations on SATAID.

要 旨

衛星画像による雲解析技術において、画像の解釈や画像から必要とされる情報を抽出するスキルは専門的な要素が多く、経験を要する作業である。一方、欧州で利用されている「RGB合成画像技術」は複数のチャンネルの衛星画像を重ね合わせてカラー表示し、より効果的に着目する現象をとらえ、解釈を容易にすることができるという手法である。

本報告ではこの手法についてEUMETSAT（欧州気象衛星機構）にて得られた知見を紹介し、これを基にMTSAT-1Rの衛星画像に適用してSATAID上でのRGB画像合成を試みた。その結果、雲域や現象の判別に対して、MTSAT-1Rの衛星画像による「RGB合成画像」が有効であることが確かめられた。「RGB合成画像技術」はSATAID上で容易な操作で合成画像を表示できるため、雲画像解析作業の一助になると考えられる。

1. はじめに

天気予報等に衛星画像を利用する場合、衛星画像から積乱雲や霧域等予報上重要な雲域等を解析する

必要がある。一般に、この技術は雲解析技術と呼ばれているが、雲解析を行なうためには赤外画像、可視画像など各チャンネルの特性を把握した上でその背景として気象学的知識が不可欠であり、高度な技

* 気象衛星センターデータ処理部解析課（現所属：気象庁観測部気象衛星課）
（2007年10月5日受領、2008年2月1日受理）

表1 MSG/SEVIRI (回転式高度可視・赤外イメージャ) のチャンネルと対応する波長、主な用途の一覧。可視2チャンネル、近赤外1チャンネル、水蒸気2チャンネル、赤外6チャンネル、高解像度可視1チャンネルの合計12チャンネルのセンサーを搭載する。

チャンネル番号	波長 (μm)	波長特性 (μm)		主な用途	
		Centre	Min	Max	
1	VIS 0.6	0.635	0.56	0.71	地表面、雲分布、風
2	VIS 0.8	0.81	0.74	0.88	地表面、雲分布、風
3	NIR 1.6	1.64	1.50	1.78	地表面、雲粒子の相
4	IR 3.9	3.90	3.48	4.36	地表面、雲粒子の相、風
5	WV 6.2	6.25	5.35	7.15	水蒸気、上層雲、大気不安定
6	WV 7.3	7.35	6.85	7.85	水蒸気、大気不安定
7	IR 8.7	8.70	8.30	9.10	地表面、雲分布、大気不安定
8	IR 9.7	9.66	9.38	9.94	オゾン
9	IR 10.8	10.80	9.80	11.80	地表面、雲分布、風、大気不安定
10	IR 12.0	12.00	11.00	13.00	地表面、雲分布、大気不安定
11	IR 13.4	13.40	12.40	14.40	巻雲の高さ、大気不安定
12	HRV	広帯域(約 0.4 - 1.1 μm)			地表面、雲分布

術と経験が要求される。とりわけ霧・下層雲の識別や対流雲の判別は防災上重要なが判別が難しい場合があり、相当の熟練を要する。

RGB合成画像の技術は衛星画像によるそのような雲解析を容易にするために利用されてきた。例えばこの技術についてKidder and Haar (1995) は、敏感な色覚を持つ我々人間にとって、単チャンネルの衛星画像のみでは得られない情報を、複数のチャンネルを組み合わせるにより得ることができる強力な方法であると述べている。また、極軌道気象衛星NOAA/AVHRR (改良型超高分解能放射計) の衛星画像によるRGB合成画像と数値アルゴリズムとを併用して、対流雲中における降水の形成過程の考察をしている (Rosenfeld and Lensky, 1998) など、さまざまな応用がなされている。

実際に、EUMETSAT(欧州気象衛星機構)では静止気象衛星METEOSAT第2世代(MSG)による12チャンネルの複数の画像を組み合わせ、差分画像やRGB合成画像を作成してこれを予報現場などで広く利用しており (Roesli *et al.*, 2004)、その解析技術について中近東・アフリカ諸国等に対して積極的に教育及びトレーニングを行っている (EUMETSAT, 2005)。そのためEUMETSATにはRGB合成画像技術に関する教材が豊富に用意されている。

本稿では始めにEUMETSATにおけるMSG/SEVIRI

(回転式高度可視・赤外イメージャ) のRGB合成画像の技術およびその利用法を紹介する。次にRGB画像合成の手法をMTSATの衛星画像に適用し、衛星画像の表示が可能なソフトウェアであるSATAID上での表示を試みる。最後にRGB合成画像の利用のこれらについて検討する。

2. RGB画像合成

2.1 画像合成の背景と原理

衛星画像による雲解析は従来、赤外画像および可視画像を解釈することを基本として行われてきた。

近年、静止気象衛星は多チャンネル化、高解像度化が進み、従来の赤外・可視画像のみを使用した時代と比べてより詳細な雲画像の解釈ができるようになった。日本のMTSAT-1R/JAMI (日本版高度気象イメージャ) においても $3.8\mu\text{m}$ 帯のチャンネルが搭載され、夜間の霧・下層雲の検出に有効であることが示される (淵田, 2005) など、もたらされた恩恵は大きい。欧州では、MSGが高解像度可視チャンネル (HRV) を含めて12チャンネルのセンサーSEVIRI (表1) を搭載しており、物理量プロダクトを含めさまざまな分野に利用されてきている。

このような静止気象衛星の多チャンネル化による



図1 光の三原色 (Wikipedia <http://ja.wikipedia.org/wiki/> より転載)。色は3つの光を合成する事により表現することができる。

利点を生かした利用法の一つとして注目されるのがRGB合成画像である。複数の画像を重ね合わせてカラー表示するこの手法は処理が複雑な強調表示等よりも比較的容易に表示が可能であること、また、従来の画像に慣れた解析者にもなじみやすく、直感的

に分かりやすいことなどの利点がある。

以下にその概略を示す。

単色の各チャンネルの衛星画像(差分画像^{*1}を含む)のうち、2ないし3種類の画像をR(赤)・G(緑)・B(青)にそれぞれ振り分けて色付けし、それらを重ね合わせてカラー表示する。

光の三原色であるRGBは加法混色を表現する色空間を構成する(図1)。SEVIRIデータは10ビット(1024階調)であるが、階調テーブルにおいてRGBそれぞれに0~255の数値を割り当てており、コンピュータ画面では標準的な8ビット(256階調)の出力として表示させている(表2)。

RGB画像合成の例を図2に示す。この例では赤にNIR(近赤外) 1.6 μ m、緑に可視(可視光の長波長領域~近赤外) 0.8 μ m、青に可視0.6 μ mを割り当てて合成してカラー表示している。

2.2 MSG画像におけるRGB合成画像の利用

2.2.1 チャンネルの選択

2.1節で述べたように、MSG/SEVIRIには12個のチャンネルが搭載されており、さらにそれらの画像が

表2 RGBのカラー値。赤、緑、青をそれぞれ数値で表し、10進数(右列)あるいは16進数(中央列)で表示する。値が小さいほど暗く、大きいほど明るくなる。(Kerkmann, 2004, Part02より転載)

COLOR	COLOR HEX	COLOR RGB
	#000000	rgb(0,0,0)
	#FF0000	rgb(255,0,0)
	#00FF00	rgb(0,255,0)
	#0000FF	rgb(0,0,255)
	#FFFF00	rgb(255,255,0)
	#00FFFF	rgb(0,255,255)
	#FF00FF	rgb(255,0,255)
	#C0C0C0	rgb(192,192,192)
	#FFFFFF	rgb(255,255,255)

*1異なるチャンネルの衛星画像の階調値(輝度温度)の差を画像化したもの。

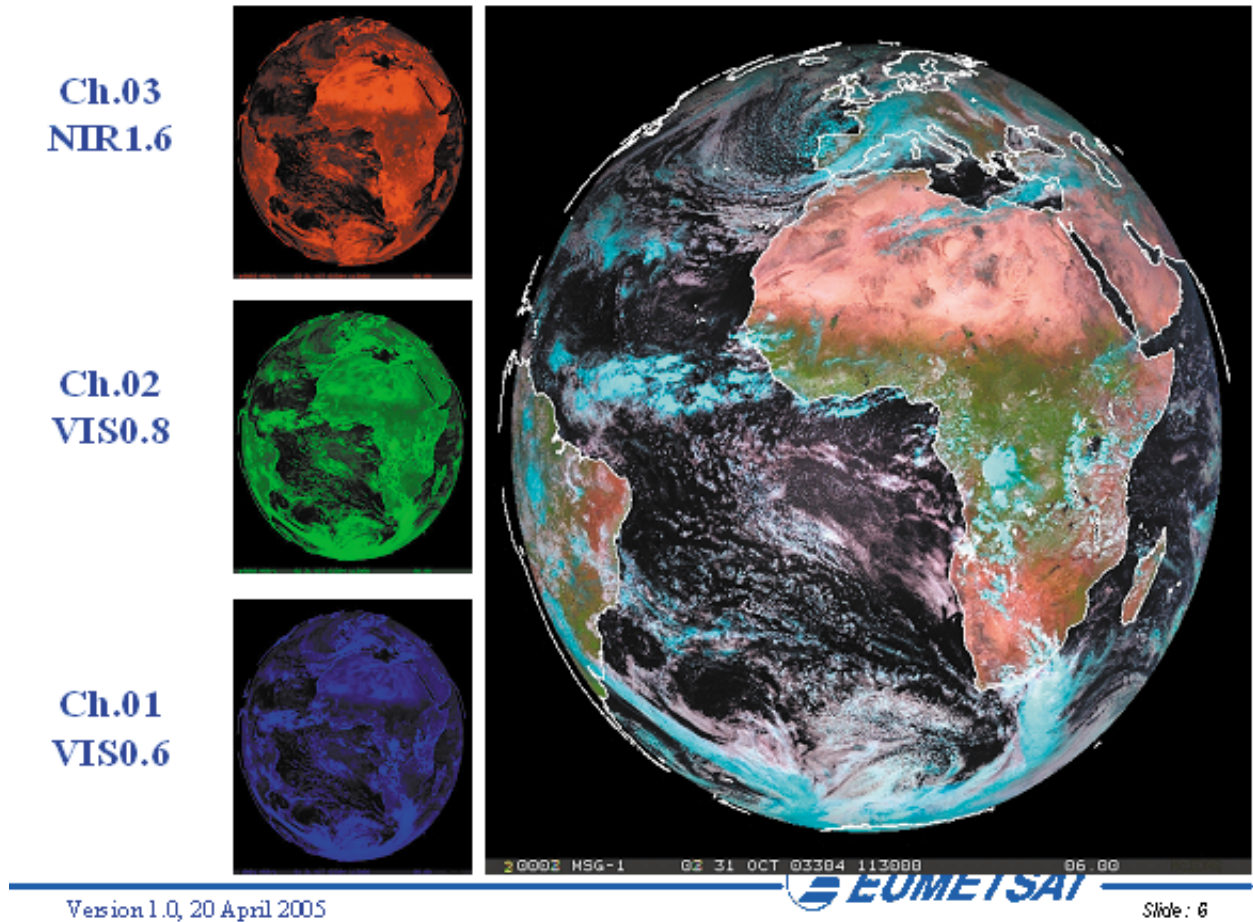


図2 RGB画像合成の例 (Kerkmann *et al.*, 2005, Part04より転載)。赤にNIR (近赤外) $1.6\mu\text{m}$ 、緑に可視 (可視光の長波長領域～近赤外) $0.8\mu\text{m}$ 、青に可視 $0.6\mu\text{m}$ を割り当てて合成した例。

らいくつかの差分画像が作成されている。そのため各画像のRGB配色 (割り当て) の組み合わせの数は非常に多い。しかし、実際に各チャンネルの画像をRGBに割り当てるには、合成画像の用途を明確にし、各画像の特性を理解した上で割り当てる画像を取捨選択する必要がある。

RGB合成画像を作成する手順は以下の①～③のようになる。

① チャンネルの選択

RGB合成画像の作成には、各チャンネルそれぞれの物理的な特性の理解が必要である (例えばIR ($10.8\mu\text{m}$) は雲頂の温度、VIS($0.6\mu\text{m}$)は雲の光学的厚さ、VIS($0.8\mu\text{m}$)は植生の「青さ」を示すなど)。

チャンネル選択は、単チャンネルあるいは差分の画像を用いて実施してきた従来の雲解析の知識が必

要であり、合成画像を作成する上で基本的な事項である。

② 選択した各チャンネルの配色

a 既存のイメージャ (AVHRR、MODIS) で利用されているRGB配色を継承することができる。

b 選択した各チャンネルを赤、緑、青にそれぞれ振り分ける。

a のRGB配色の例として、昼間解析用のRGB (VIS0.6 - VIS0.8 - IR10.8 : NOAA/AVHRR)、日中・夜間解析用のRGB (IR3.7 - IR10.8 - IR12.0 : NOAA/AVHRR) などがある (図3、図4)。図3の配色ではスカンジナビア半島の山脈沿いにある積雪地域が、赤と緑の可視チャンネルの寄与が大きい黄色の領域に対応しているのがわかる。図4では赤色系の地表面と、青色や白色の雲域とを容易に判別できる。

bの各チャンネルの配色については使用するチャンネルを決定した後に、それぞれの画像をRGBのどの色に割り当てるかを考える必要がある。可視チャンネルを用いた合成画像の例として、図5に示すように赤、緑、青にそれぞれVIS0.6、VIS0.8、NIR1.6を割り当てた場合と、図6のようにNIR1.6、VIS0.8、VIS0.6を割り当てた場合において、前者と後者の地表面を比較すると後者が地表面の植生に対してより自然な色合いとなり、赤茶色の領域は砂漠化した地域に対応するなど、地表面の状態が把握しやすい。このように同じ種類の画像でも配色の仕方によって表示が大きく異なるため、最も見やすいと思われる配色を工夫する必要がある。

③ RGBの各チャンネルに対する適切な補正

- a 注目する現象に対応したレンジの設定
- b 画像を反転させるかどうかの選択
- c ガンマ補正

各チャンネルにおける適切な補正は、注目する現象を際立たせるために必要な調整作業である。そのため、画像中の輝度温度、反射率の範囲を設定し、明るさ、コントラストの調整を行なう。また、画像の反転・非反転についても合成表示において重要な因子の一つである。ただしMSG/SEVIRIの赤外画像においては標準的に輝度温度が高い場合を白色、輝度温度が低い場合を黒色（日本で一般的に使用されている赤外画像の場合と反対）が「標準」であることに注意されたい。

ガンマ補正については次節で述べる。

2.2.2 ガンマ (Γ) 補正

ガンマ補正は輝度レベルの入力と出力の関係を設定するための補正で、赤外チャンネルの輝度温度 (BT) に適用する場合には以下の式で表される (Kerkmann *et al.*, 2005, Part03)。

$$BRIT = 255 \left[\frac{BT - BT_{\min}}{BT_{\max} - BT_{\min}} \right]^{\frac{1}{\Gamma}}$$



図 3 NOAA/AVHRRで利用されているRGB配色の例。スカンジナビア半島付近。赤が可視 (0.6 μm)、緑が可視 (0.8 μm)、青が赤外 (10.8 μm)。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part03より転載)



図 4 NOAA/AVHRRで利用されているRGB配色の例。スカンジナビア半島付近。赤が赤外 (3.7 μm)、緑が赤外 (10.8 μm)、青が赤外 (12.0 μm)。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part03より転載)

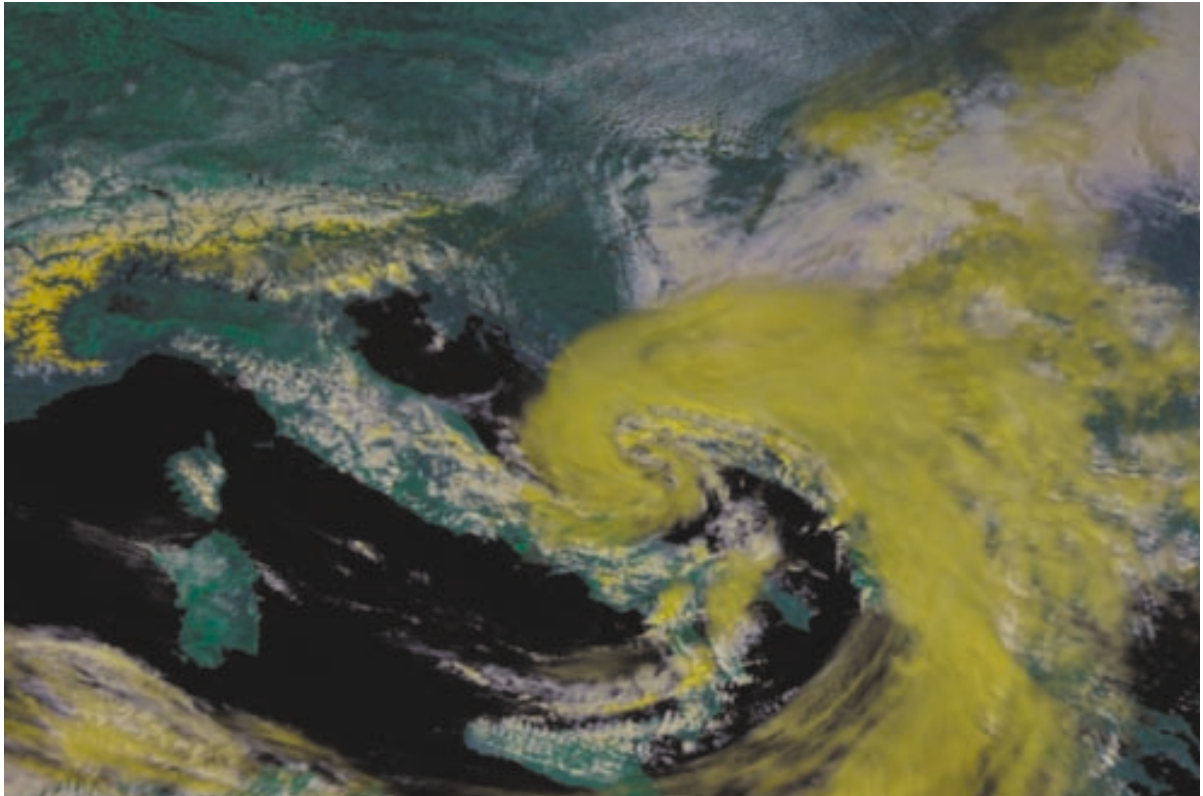


図5 可視2チャンネルと近赤外1チャンネルとを合成したアフリカ北部、地中海付近の画像の例。赤が可視 ($0.6\mu\text{m}$)、緑が可視 ($0.8\mu\text{m}$)、青が近赤外 ($1.6\mu\text{m}$)。MSG1衛星の画像を用いた。

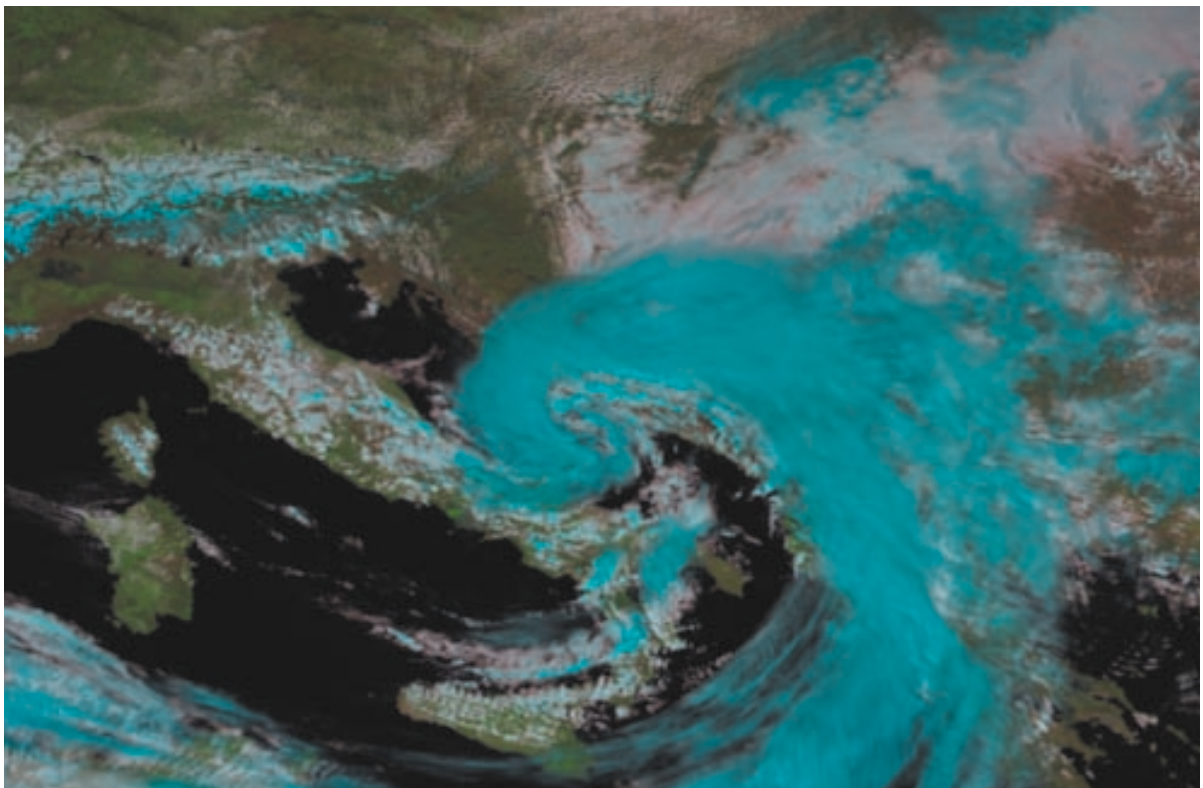


図6 可視2チャンネルと近赤外1チャンネルとを合成したアフリカ北部、地中海付近の画像の例。赤が近赤外 ($1.6\mu\text{m}$)、緑が可視 ($0.8\mu\text{m}$)、青が可視 ($0.6\mu\text{m}$)。MSG1衛星の画像を用いた。

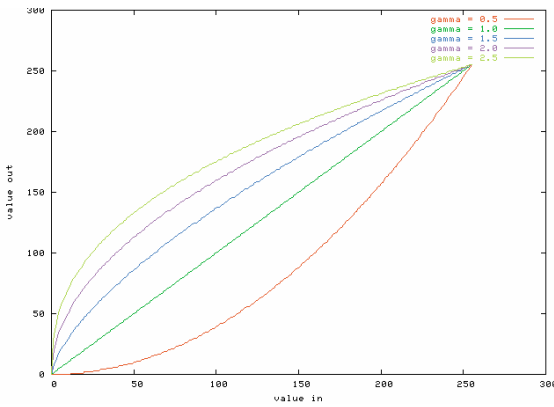


図7 異なるガンマ値に対するガンマ補正の違い。横軸が入力階調値、縦軸が出力階調値。 $\Gamma > 1.0$ の場合は関数が上に凸となり、全体的に画像の明るさが増す。 $\Gamma < 1.0$ の場合は関数が下に凸となり、画像は暗くなる。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part03より転載)

ここで Γ は補正係数であるガンマ値、BTmaxおよびBTminはそれぞれ入力される輝度温度の最大値と最小値を示す。BRITは表示される画像の輝度の強さ(0~255の値)である。

この関数のグラフを図7に示す。指数部分の Γ の値を0.5刻みで0.5~2.5まで変化させた結果を表しており、横軸が入力値、縦軸が出力値である。グラフからわかるように、 $\Gamma > 1.0$ の場合は関数が上に凸となり、全体的に画像の明るさが増す。特に輝度の低い(暗い)ピクセルに対して大きく変化する。 $\Gamma < 1.0$ の場合は逆に関数が下に凸となり、画像は暗くなる。

ガンマ補正は Γ の数値を変更するだけであり、同じ画像に対して同じ補正を個人差なく実行できる利点がある。

MSG/SEVIRIの可視画像のガンマ補正については画像調整をより再現性良くするためにアナログ的に補正をしており、その例を表3に示す。可視画像をガンマ補正した結果の例を図8に示す。中央の画像は補正なしで Γ の値は1、左図と右図の Γ の値はそれぞれ0.5、2.0である。ガンマの値が小さいと画像全体が暗く、ガンマの値が大きいと画像全体が明るく表示される。

表3 可視チャンネル画像の反射率に対するガンマ補正の例。ここでBRITは表示される画像の輝度の強さ(0~255の値)である。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part 03より加筆して転載)

反射率 [%]	0	20	40	60	80	100
BRIT ($\Gamma=1.0$)	0	51	102	153	204	255
BRIT ($\Gamma=2.0$)	0	114	161	197	228	255
BRIT ($\Gamma=0.5$)	0	10	41	92	163	255

2.3 RGB画像合成の利用

MSG画像から作成されているRGB合成画像はその用途によっていくつかの組み合わせがあり、標準的に利用されているものを表4に示す。以下にその内容を述べる。

2.3.1 日中用自然色の組み合わせ

(Day Natural Colours)

この合成画像は赤が近赤外NIR1.6、緑が可視VIS0.8、青が可視VIS0.6の組み合わせで構成される。画像の一例を図9、画像の色表示の解釈を図10に示す。図9では地表面の植生(緑:森林地、耕作地等 赤茶色:砂漠)が把握でき、サハラ砂漠の広がりが見える。また、上層雲が青色で表示されている。

EUMETSATで推奨されている各画像の階調範囲(反射率 [%])とガンマ補正のガンマ値は以下の通りである。ただし、本稿では反射率としてアルベド(NOAA Polar Orbiter Data User's Guide参照)を用いている。

<EUMETSAT推奨の階調範囲とガンマ値>

赤 NIR1.6 : 0~100% $\Gamma = 1.0$

緑 VIS 0.8 : 0~100% $\Gamma = 1.0$

青 VIS 0.6 : 0~100% $\Gamma = 1.0$

2.3.2 日中用の雲判別の組み合わせ

(Day Microphysical)

この合成画像は一般的な雲解析に用いられ、日中のみ使用できる組み合わせである。赤が可視VIS0.8、緑が赤外IR3.9r(太陽光反射成分)、青が赤外IR10.8の組み合わせで構成される。ここで $3.9 \mu\text{m}$ チャンネルの太陽光反射成分であるIR3.9rについて補足する。日

III.d Gamma Correction: Examples



Range = 0 - 100%, $\Gamma=0.5$

Range = 0 - 100%, $\Gamma=1.0$

Range = 0 - 100%, $\Gamma=2.0$

MSG-1, 3 March 2004, 12:00 UTC, Channel 01 (VIS0.6)

Version 0.8, 03 February 2005



図8 可視画像 ($0.6 \mu\text{m}$) におけるガンマ補正の例。アフリカ北西部、カナリア諸島付近の画像。 $\Gamma > 1.0$ の場合は画像の明るさが増す。 $\Gamma < 1.0$ の場合は画像は暗くなる。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part03より転載)

表4 MSG/SEVIRI衛星画像によるRGB合成画像の組み合わせとその用途。

名称	使用チャンネル(赤)	使用チャンネル(緑)	使用チャンネル(青)	主な用途
Day Natural Colours	NIR1.6	VIS0.8	VIS0.6	植生 雪面 砂塵
Day Microphysical	VIS0.8	IR3.9r (太陽光反射成分)	IR10.8	雲構造 霧・下層雲 積乱雲 (日中)
Day Solar	VIS0.8	NIR1.6	IR3.9r (太陽光反射成分)	雪面、下層雲
Convective Storms	差分 WV6.2 - WV7.3	差分 IR3.9 - IR10.8	差分 NIR1.6 - VIS0.6	積乱雲
Night Microphysical	差分 IR12.0 - IR10.8	差分 IR10.8 - IR3.9	IR10.8	雲構造 霧・下層雲 積乱雲(夜間)
Dust	差分 IR12.0 - IR10.8	差分 IR10.8 - IR8.7	IR10.8	砂塵
Airmass	差分 WV6.2 - WV7.3	差分 IR9.7 - IR10.8	WV6.2	気団(暖気・寒気)

中における $3.9 \mu\text{m}$ チャンネルは、雲や地表から射出されるエネルギーに加えて太陽光の反射のエネルギーを同時に観測している。IR3.9rを求めるには、まず雲や地表から射出されるエネルギーを赤外IR10.8から見積もる。次にIR3.9の全放射エネルギーから雲や地表から射出されるエネルギーを減じることにより、太陽光反射の寄与のみを抽出できる。こうして太陽光反射成分IR3.9rが求まる。

画像の一例を図11、画像の色表示の解釈を図12に示

す。可視画像と赤外画像 ($3.9 \mu\text{m}$) の寄与から雲域の組織や構造、下層雲の広がり等を把握できる。図11では組織的な雲域がアドリア海付近にあり、降水性の雲に対応する赤や橙色の領域が広がっている。地中海上には中下層の水雲が見られる。アルプス山脈沿いには雪面に対応するシアン系の領域が見られる。

EUMETSATで推奨されている各画像の階調範囲(反射率 [%]、輝度温度[K]) とガンマ補正のガンマ値を以下に示す。

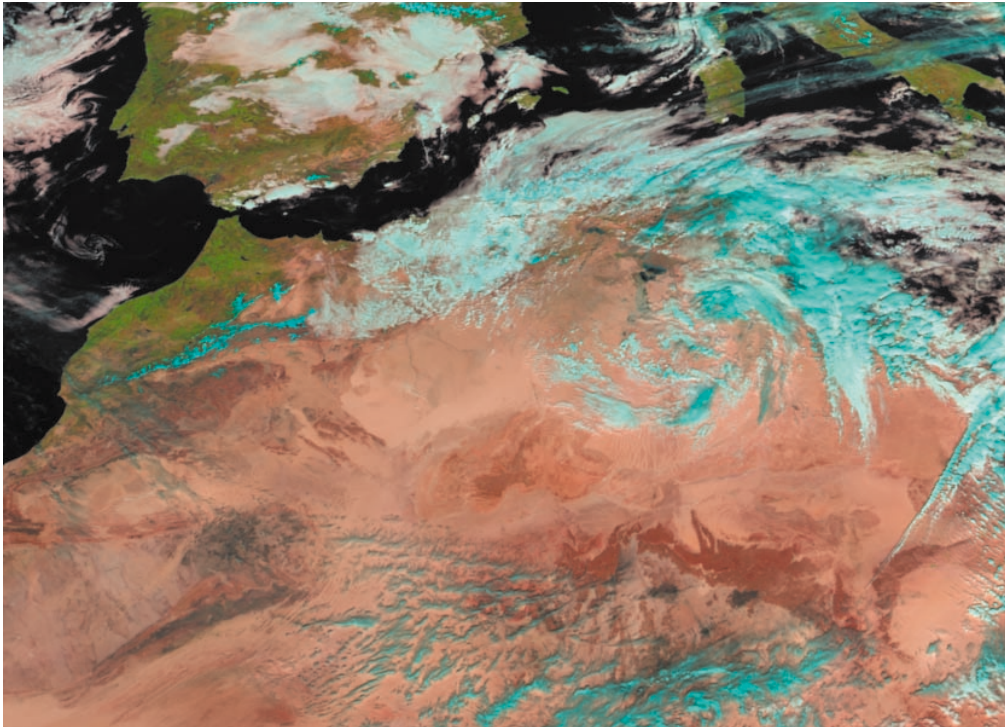


図9 日中用自然色の組み合わせ (Day Natural Colours) の例 (サハラ砂漠付近)。地表面の植生 (緑: 森林地、耕作地等 赤茶色: 砂漠) が把握できる。上層雲は青色で表示されている。(MSG1:2006.1.21 12:12UTC)

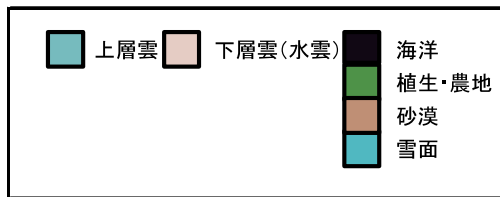


図10 日中用自然色の組み合わせ (Day Natural Colours) で表示される色の解釈。特に地表面の状態が把握しやすい。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part04 より転載)

いて、積雪があるのがわかる。その上に白色の雲域があり、下層雲 (図中の矢印) に対応している。

EUMETSATで推奨されている各画像の階調範囲 (反射率 [%]) とガンマ補正のガンマ値を以下に示す。

<EUMETSAT推奨の階調範囲とガンマ値>

赤 VIS0.8 : 0~100% $\Gamma = 1.7$

緑 NIR1.6 : 0~70% $\Gamma = 1.7$

青 IR3.9r : 0~30% $\Gamma = 1.7$

<EUMETSAT推奨の階調範囲とガンマ値>

赤 VIS0.8 : 0~100% $\Gamma = 1.0$

緑 IR3.9r : 0~25% $\Gamma = 1.5$

青 IR10.8 : +203~+323K $\Gamma = 1.0$

2.3.3 日中用太陽光による組み合わせ (Day Solar)

Day Solar は赤が可視VIS0.8、緑が近赤外NIR1.6、青がIR3.9r (太陽光反射成分) の組み合わせで構成される。画像の一例を図13、画像の色表示の解釈を図14に示す。図13では地表面に橙色の領域が広がって

2.3.4 活発な対流雲判別の組み合わせ (Convective Storms)

この合成画像はすべて差分画像から構成され、赤が水蒸気WV6.2とWV7.3の差分、緑が赤外IR3.9と赤外IR10.8の差分、青が近赤外NIR1.6と可視VIS0.6の差分である。積乱雲等の強い対流性の雲域を識別するのに適している。画像の一例を図15、画像の色表示の解釈を図16に示す。図15の左図ではアラビア半島付近に黄色の雲域があり、発達したCbに対応している。図15の右図の可視画像のみで識別するよりも発達した領域がわかりやすい。EUMETSATで推奨されてい

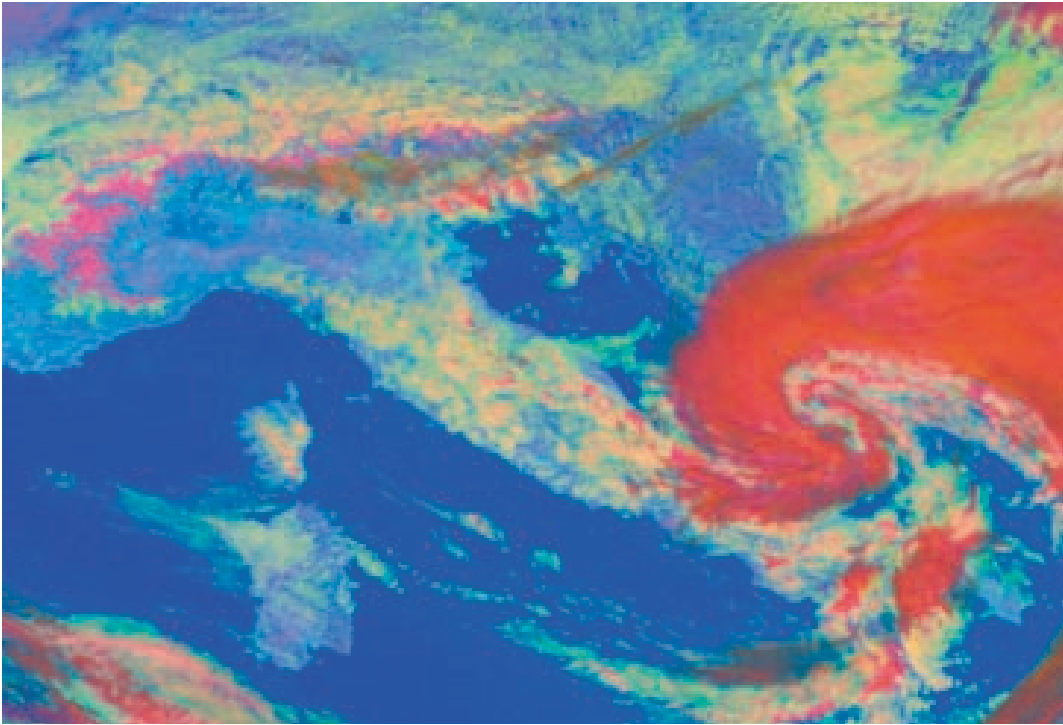


図11 日中用の雲判別の組み合わせ (Day Microphysical) の例。組織的な雲域がアドリア海付近の組織的な雲に対応する赤や橙色の領域が広がっている。地中海上には中下層の水雲が見られる。アルプス山脈沿いのシアン系の領域は雪面に対応する。

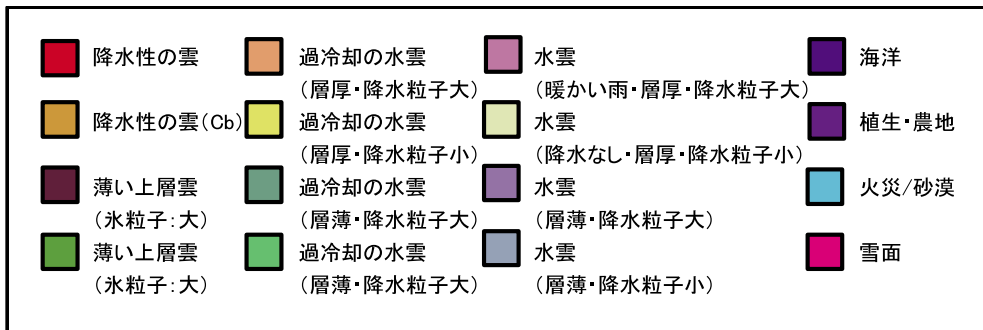


図12 日中用の雲判別の組み合わせ (Day Microphysical) で表示される色の解釈。可視画像と赤外画像 (3.9 μm) の寄与から雲域の組織や構造、下層雲の広がり等を把握できる。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part04)

る各画像の階調範囲 (輝度温度[K]、反射率 [%]) とガンマ補正のガンマ値を以下に示す。

<EUMETSAT推奨の階調範囲とガンマ値>

赤 WV6.2 - WV7.3 : -35~+5K $\Gamma = 1.0$

緑 IR3.9 - IR10.8 : -5~+60K $\Gamma = 0.5$

青 NIR1.6 - VIS0.6 : -75~+25% $\Gamma = 1.0$

2.3.5 夜間用の雲判別の組み合わせ (Night Microphysical)

この合成画像は夜間の雲解析に適し、霧および下層雲、対流雲等の識別を容易にする。赤が赤外IR12.0とIR10.8の差分、緑が赤外IR10.8とIR3.9の差分、青が赤外IR10.8で構成される。画像の例を図17、18に、画像の色表示の解釈を図19に示す。図17は非常に発達

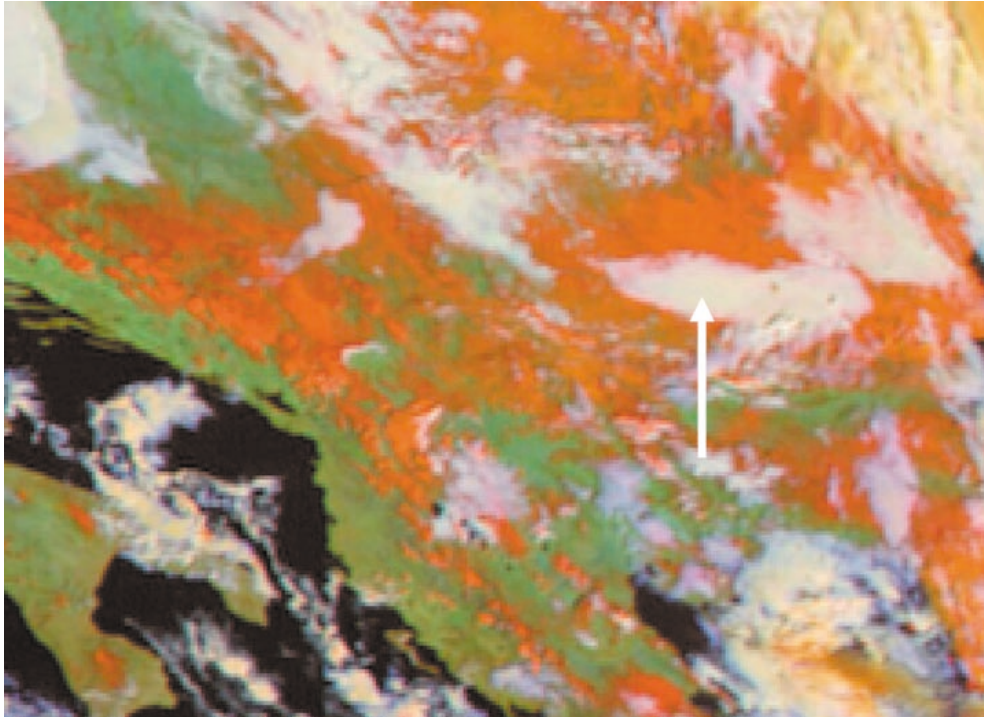


図13 日中用太陽光による組み合わせ (Day Solar) の例 (MSG1:2005.4.25 12:12UTC)。イタリア半島、アドリア海付近の画像で、橙色の領域は雪面に対応する。白い矢印は下層雲を示す。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part04より転載)

した対流雲のケースである。図17の右のRGB画像ではドット状の黄色の領域 (図中の矢印) が見られるが、このドットは赤外IR3.9に由来し、マイナス50℃以下の低輝度温度の領域である。この領域が発達した積乱雲によく対応しており、周囲の薄い上層雲との判別が容易である。図18は霧・下層雲のケースである。カスピ海周辺に白みがかかった領域 (図中の矢印) が広がっていて、これが霧・下層雲に対応している。EUMETSATで推奨されている各画像の階調範囲 (輝度温度[K]) とガンマ補正のガンマ値を以下に示す。

<EUMETSAT推奨の階調範囲とガンマ値>

- 赤 IR12.0 - IR10.8 : -4~+2K $\Gamma = 1.0$
- 緑 IR10.8 - IR3.9 : 0~+10K $\Gamma = 1.0$
- 青 IR10.8 : +243~+293K $\Gamma = 1.0$

2.3.6 砂塵嵐判別の組み合わせ (Dust)

この合成画像は砂塵、薄い上層雲、飛行機雲の識別に用いられる。特に砂漠で発生する砂塵嵐の識別が容易であり、夜間も使用できるのが利点である。

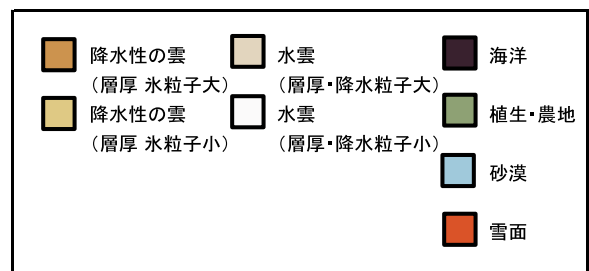


図14 日中用自然色の組み合わせ (Day Natural Colours) で表示される色の解釈。特に地表面の状態が把握しやすい。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part04より転載)

赤が赤外IR12.0とIR10.8の差分、緑が赤外IR10.8とIR8.7の差分、青が赤外IR10.8で構成される。画像の例を図20、画像の色表示の解釈を図21に示す。赤外差分画像の寄与により砂塵を判別することができる。また、赤外画像、赤外差分画像のみを使用するため、昼夜を問わず砂塵を判別することができる。図20の下図の可視画像ではアラビア半島上にある砂塵がほとんど識別できないが、上図のRGB合成画像ではマゼンタの領域が明瞭に見られ、これが砂塵嵐に対応

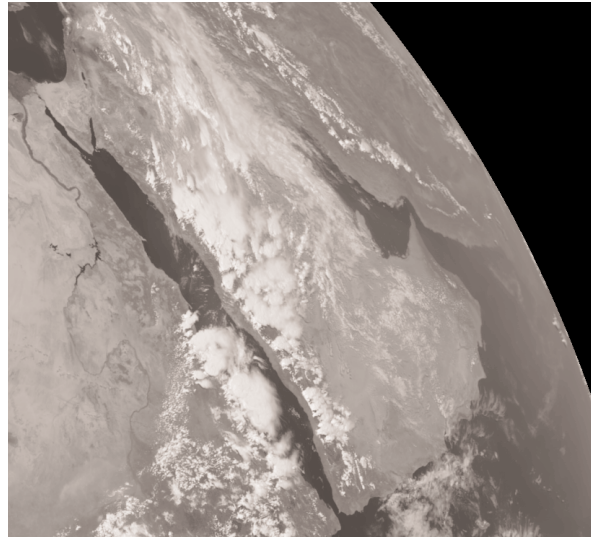
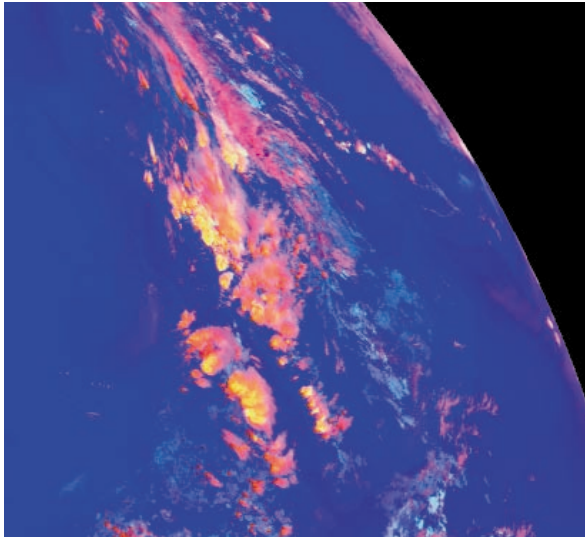


図15 活発な対流雲判別の組み合わせ (Convective Storms) の例 (左) と可視画像 (0.6 μm) (右)。アラビア半島付近の黄色系の領域が強い対流雲に対応する。(MSG1:2005.4.25 12:12UTC)

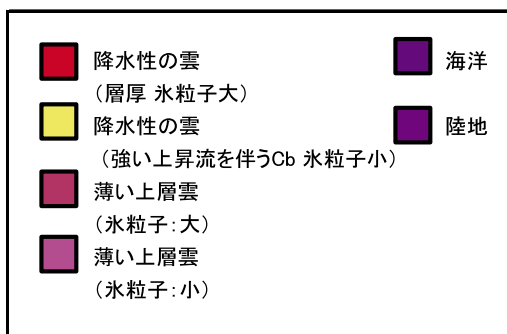


図16 活発な対流雲判別の組み合わせ (Convective Storms) で表示される色の解釈。雲中の氷粒子の大きさに依存する赤外画像 (3.9 μm) の寄与により、発達した対流雲を判別できる。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part04)

している。

画像の組み合わせおよび推奨される階調範囲 (輝度温度[K]) とガンマ値は次のとおりである。

<EUMETSAT推奨の階調範囲とガンマ値>

赤 IR12.0 - IR10.8 : -4~+2K Γ=1.0

緑 IR10.8 - IR8.7 : 0~+15K Γ=2.5

青 IR10.8 : +261~+289K Γ=1.0

2.3.7 気団判別の組み合わせ (Airmass)

この合成画像は水蒸気チャンネルの差分を利用し

ているのが特徴であり、気団の温度情報が得られる。赤が水蒸気WV6.2とWV7.3の差分、緑が赤外IR9.7とIR10.8の差分、青が水蒸気WV6.2の組み合わせである。低気圧の急速な発達の監視や上層の気流解析、渦位解析に利用される。

画像の例を図22に、画像の色表示の解釈を図23に示す。水蒸気画像を用いているため、大気上層の状態を反映しており、気団の状態を色調によって把握することができる。図22の左図では赤色系の領域が上層の移流、青色系と緑色系の領域はそれぞれ圏界面付近の寒気団、暖気団 (矢印: 図中のコメント参照) に対応している。

画像の組み合わせおよび推奨される階調範囲 (輝度温度[K]) とガンマ値は次のとおりである。

<EUMETSAT推奨の階調範囲とガンマ値>

赤 WV6.2 - WV7.3 : -25~0K Γ=1.0

緑 IR9.7 - IR10.8 : -40~+5K Γ=1.0

青 WV6.2 : +208~+243K Γ=1.0

2.4 RGB画像合成の利点と問題点

前節で紹介したRGB画像合成の特徴からその利点と問題点について述べる (Roesli *et al.*, 2004)。

利点として、以下の4点が挙げられる。

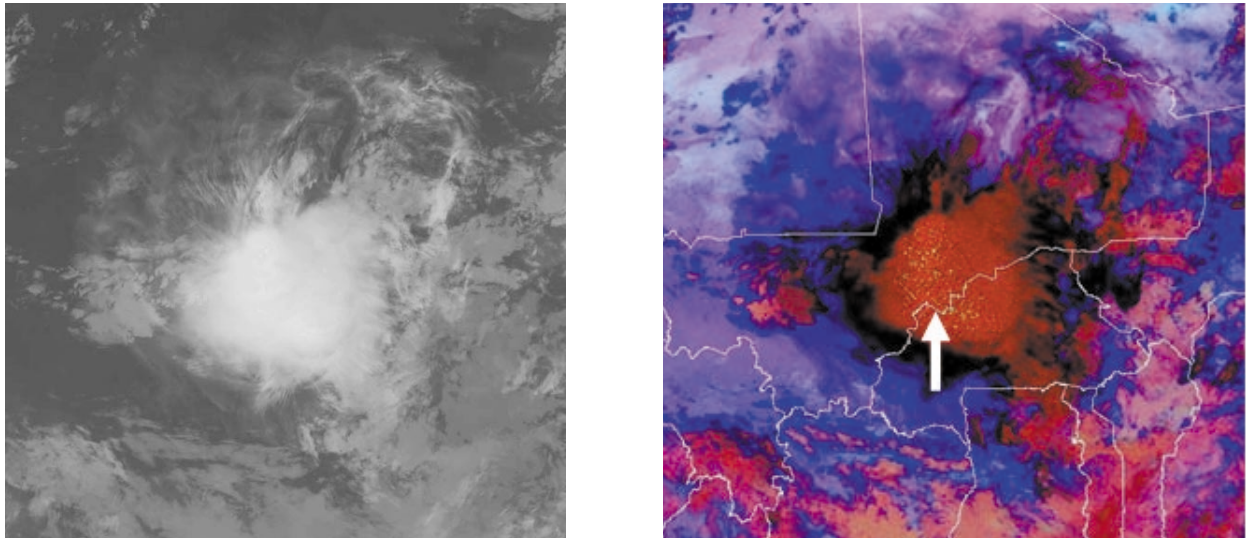


図17 夜間用の雲判別の組み合わせ (Night Microphysical) の例 (右図)。アフリカ西部付近。左図は赤外画像 (10.8 μm)。 (MSG1:2006.8.4) 図中の白色矢印の粒子状の領域は積乱雲に対応する。

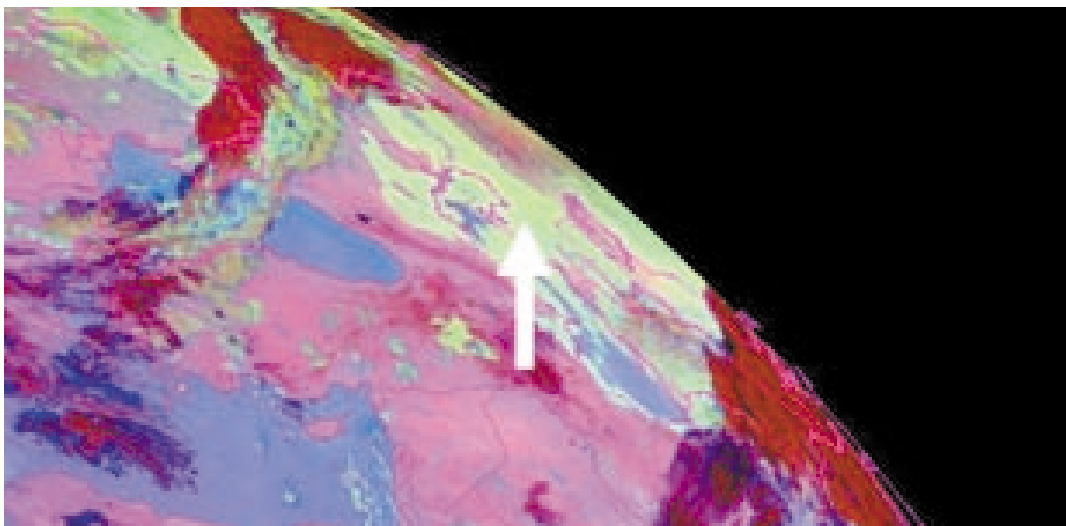


図18 夜間用の雲判別の組み合わせ (Night Microphysical) の例 (Kerkmann *et al.*, 2005, Part04より転載)。 (MSG1:2005.3.14 00:00UTC) 図中カスピ海周辺の白色矢印は霧・下層雲を示す。

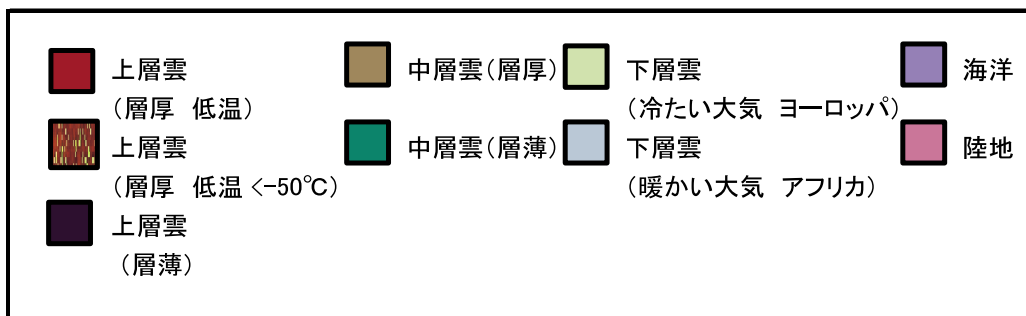


図19 夜間用の雲判別の組み合わせ (Night Microphysical) で表示される色の解釈。赤外画像 (3.9 μm) の寄与により低輝度温度の領域に対応する黄色のドット状の領域が対流雲に対応する。その他、夜間における雲の構造や、霧および下層雲の判別ができる。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part04)

- ① カラー表示は雲画像解析初心者には識別の補助資料として有用。
- ② 合成画像の表示に際し、コントラスト調整などをあらかじめ設定しておけば画像の重ね合わせのみ要求されるため、表示処理は短時間で可能。
- ③ 元画像から得られる「きめ (texture)」により、自然な外観が保たれる。
- ④ 静止気象衛星による時間的に連続した画像を利用することにより、RGB合成画像の動画表示が可能。

②に関してはMSG画像をRGB合成表示するソフトウェアの環境が整っており、ガンマ値やコントラストなどを特に意識しなくても、各種の組み合わせをデフォルトで容易に表示することができる。ただし、画像ファイルはNativeファイルという専用の特殊フォーマットであり、MTSAT画像には対応していない(Lensky, 2005)。

④については従来の単独の衛星画像表示と同様にRGB合成画像が動画表示可能であれば、雲解析をする作業現場での有効性が大きい。

次に問題点として、以下の2点が挙げられる。

- ① RGB合成画像の表示を量的に評価することは容易ではない。
- ② 可視画像を含む合成の場合、夜明けや夕暮れの領域では雲の影の影響により「色」の情報が失われてしまう。

①については、閾値が明確に設定された画像プロダクトと異なり、RGB合成画像は人間の目で知覚的に利用することを目的としているため、数値的な取り扱いは不向きである。したがって、衛星プロダクトと比較する際には、熟練した解析者の目を通して従来の単独チャンネルや差分画像による画像も併せて判断しなくてはならない場合がある。

②は太陽光が斜めから当たる領域のため、雲頂高度の高い雲の影が雲頂高度の低い雲面に投影されて、低い雲による反射光が隠されてしまう場合である。また、可視画像は観測する場所の太陽高度によって

見え方が異なる。例えば夜明け・夕暮れの領域や高緯度では入射光が少なく反射光が少ないため、暗く見える。可視画像を含む合成画像はこのことに注意する必要がある。

このようにいくつかの問題点はあるが、RGB合成画像をMTSAT画像に適用して利用するメリットは十分にあると考えられる。

3. MTSAT画像におけるRGB合成画像の利用

GMSLP/SATAIDはPC上で衛星画像の動画やGPV、観測値など各種データの重ね合わせ表示が可能なソフトウェアである(鈴木・安田 1997)。このSATAIDの画像重ね合わせ表示機能を用いてRGB合成画像の表示を試みた。

表5にMTSATに搭載されているチャンネルとMSG/SEVIRIにおける類似のチャンネルとの対応をまとめている。MTSATは5チャンネルとMSGに比べてチャンネル数が少ないが、表にあるように各チャンネルに対応があるのでMSGと同様の組み合わせが可能であると考えられる。

2.3節で述べたMSG/SEVIRIにおける画像合成の組み合わせの中で、MTSAT画像において可能なものとして雲解析、雲判別に有効な「Microphysical Day/Night」が挙げられる。

ただしMTSAT画像で合成画像を表示する際に留意すべき点は、日中のIR4 (3.8 μ m) チャンネルが赤外放射成分と太陽光反射成分が混在していることである。しかしながら日中は反射成分の寄与が大きいため、ここではMSG/SEVIRIにおけるIR3.8 μ mチャンネルの反射成分のみを使用する組み合わせも近似的に可とした。

また本稿では、EUMETSAT推奨の組み合わせだけでなく、その他の試験的な組み合わせ、および独自の組み合わせについても調査をしたので3.1.3節で紹介する。

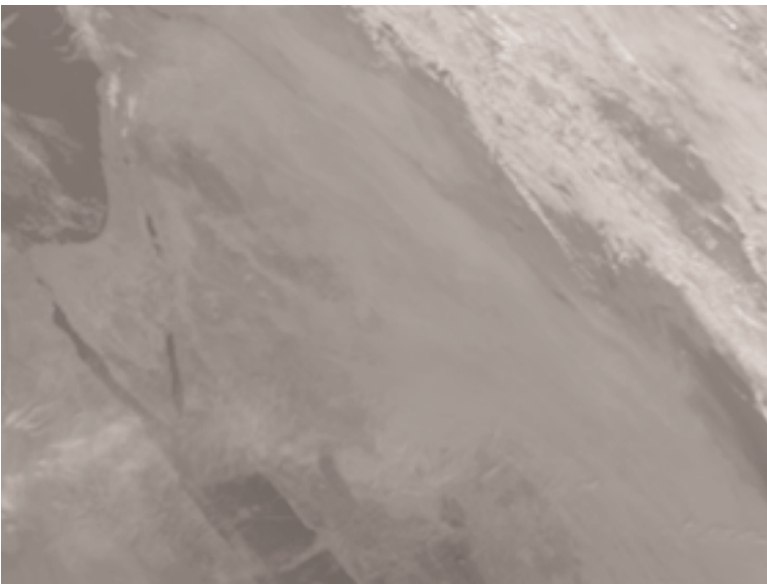
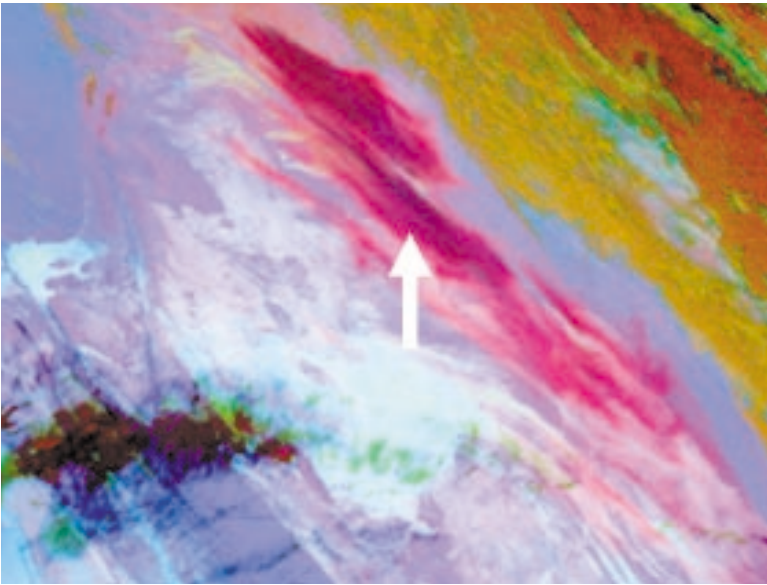


図20 砂塵嵐判別の組み合わせ (Dust) の例 (イラク、サウジアラビア付近)。(MSG1:2006.1.21 12:12UTC) 上図の白色矢印 (マゼンタの領域) は砂塵嵐に対応。下図は同時刻・同範囲の可視画像 (0.8 μ m)。合成画像では可視画像でほとんど判別できない砂塵嵐を判別することができる。

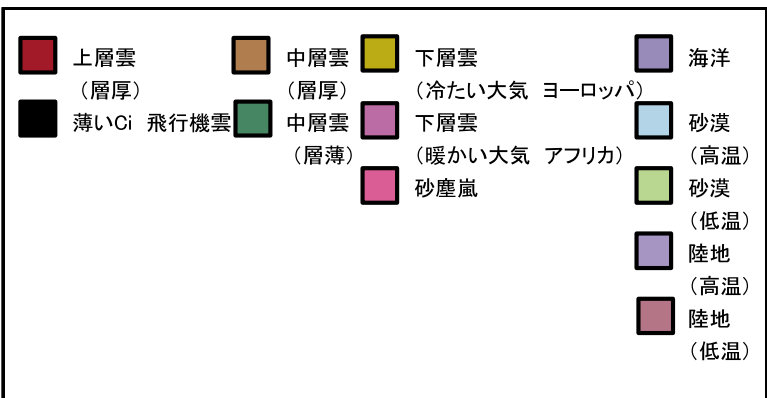


図21 砂塵嵐判別の組み合わせ (Dust) で表示される色の解釈。赤外差分画像の寄与により砂塵を判別することができる。赤外画像、赤外差分画像のみを使用するため、昼夜を問わず砂塵を判別することができる。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part04)

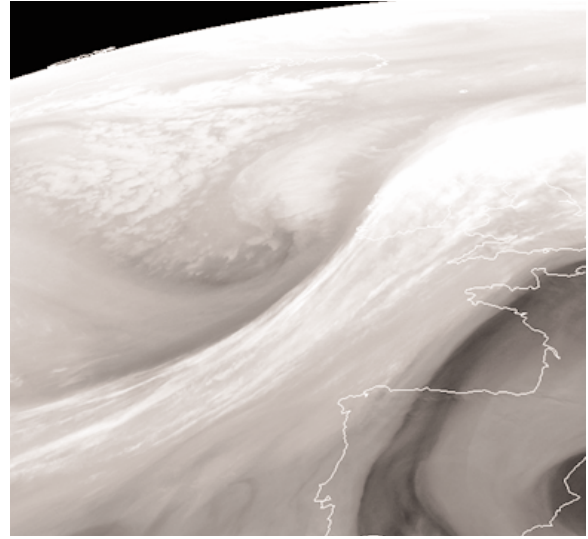
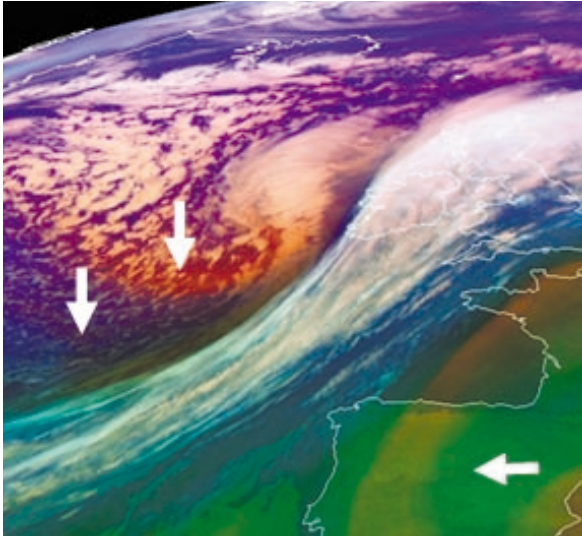


図22 ヨーロッパ西海上における気団判別の組み合わせ (Airmass) の例 (左)。右図は同時刻の水蒸気画像 (6.2 μm)。 (MSG1:2005.1.7 22:00UTC) 図中白色矢印の赤色系の領域は上層の移流、青色系の領域は圏界面付近の寒気団、緑色系の領域は圏界面付近の暖気団に対応する。

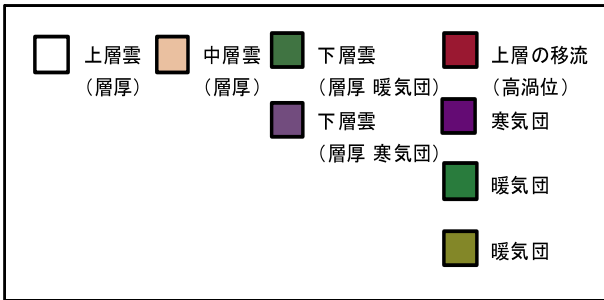


図23 気団判別の組み合わせ (Airmass) で表示される色の解釈。水蒸気画像を用いているため、大気上層の状態を反映している。(Kerkmann *et al.*, 2005, Part04)

3.1 SATAID形式画像におけるRGB合成画像の表示方法

SATAID上で合成表示させるにはSATAID形式の衛星画像以外に特別なデータを必要としないが、以下のような特殊な操作が要求される。

- SATAIDの操作パネル上の「階調」ラジオボタンを選択
- 強調設定ウィンドウが表示される
- 「Mode」設定の「Mix」ラジオボタンを「Ctrl」キーを押しながら選択

d 画像合成設定ウィンドウが表示される

e RGBに対応する各画像を選択、OKボタンを押す
設定後は強調設定ウィンドウの「Mix」ボタンを選択することにより合成画像が表示される (図24参照)。

ただし、SATAID上で画像を合成表示させる際にはガンマ値を数値的に変更することができないため、今回の試みではガンマ値は補正なしで $\Gamma = 1.0$ のまま、明るさとコントラストのみで表示を調整した。よってMSG/SEVIRI画像と等しい条件での調整が厳密には困難であることに注意が必要である。

合成する画像の組み合わせとコントラストなど、これらの設定をSATAIDの設定ファイル (INIファイル) に保存しておけば、いつでも同じ条件で合成画像を表示することができる。

3.1.1 日中用の雲判別の組み合わせ (Day Microphysical)

MSG/SEVIRIにおける合成画像の組み合わせの一つ、Day MicrophysicalをSATAID上で表示することを試みた。赤が可視VIS、緑がIR4 (3.8 μm)、青が赤外IR1の組み合わせで構成される。

IR4の太陽光反射の寄与が大きい霧域や下層雲と考えられる領域の表示が、MSG/SEVIRI画像よりも全体

表 5 MTSAT搭載のチャンネルとMSGにおける波長帯が類似のチャンネルとの対応。

MTSAT チャンネル	波長(μm)	MSG チャンネル	波長(μm)
VIS	0.55~0.90	VIS0.8	0.74~0.88
IR1	10.3~11.3	IR10.8	9.80~11.80
IR2	11.5~12.5	IR12.0	11.00~13.00
IR3(WV)	6.5~7.5	WV6.2	5.35~7.15
IR4(3.8 μm)	3.5~4.0	IR3.9	3.48~4.36

的に若干緑がかった表現になる。これは前述のとおり赤外放射成分の寄与も含まれることに一因することが考えられる。しかしながら中・上層の雲域との判別は容易である。図25はSATAID画像によるDay Microphysical合成画像の例(上)と可視画像(下)である。可視画像でも日本海や関東・東北・北海道の太平洋沖に広がる霧および下層雲域(図中の矢印)が認識できるが、合成画像では霧および下層雲域が緑色の雲域に対応して表示され、暗赤色の薄い上層雲との見分けが付きやすく、雲型の判別が容易である。

画像の組み合わせと階調範囲(反射率[%]、輝度温度[K])は次のとおりである。

- 赤 VS : 3~99%
- 緑 IR4(反転) : +247~+354K
- 青 IR1(反転) : +210~+325K

3.1.2 夜間用の雲判別の組み合わせ(Night Microphysical)

MSG/SEVIRIにおける夜間専用の組み合わせ「Night Microphysical」をSATAID上で表示したのが図26である。赤が差分1(IR1-IR2)緑が差分2(IR4-IR1)、青が赤外IR1の組み合わせで構成される。

赤色の領域は差分1の寄与が大きい領域であり、これは層の厚い雲域に対応する。赤色ベースの黄色ドットの見られる領域は差分1に加えて差分2の寄与が大きい部分で、層が厚く、かつ低輝度温度の雲域であることを示している。この雲域は発達した対流雲によく対応しており、九州南部付近や東シナ海、

大陸沿岸に局在しているのが見られる。赤外画像単独による積乱雲の判別と比べ容易である。

「きめ」がスムーズで、かつ差分2の寄与が優位な霧・下層雲に対応する領域が薄い青~緑色で表現されている。一方、赤外画像単独では霧・下層雲に対応する領域の識別は難しい。

このように可視画像のない夜間帯においても対流雲や霧・下層雲などを比較的容易に判別することができる。

合成画像の組み合わせと階調範囲(輝度温度[K])は次のとおりである。

- 赤 差分1(IR1-IR2) : -2~+2K
- 緑 差分2(IR4-IR1) : -10~+5K
- 青 IR1(反転) : +244~+305K

3.1.3 その他の組み合わせ

(a) 高解像度可視画像による激しい対流雲判別の組み合わせ(HRV Severe Storms)

EUMETSATでは前節で紹介したRGB合成組み合わせの他に、HRV(高解像度可視画像)を用いたRGB合成画像の組み合わせも提唱しており、その中の一つに「HRV Severe Storms」がある(Kerkmann, 2005, Part05)。組み合わせは赤および緑がHRV、青が差分(IR10.8-IR3.9)である(画像は省略)。これをSATAID画像で再現しようと試みたが、高解像画像の動画は表示端末に負担が大きいため、通常の可視画像を代用して表示した結果が図27である。

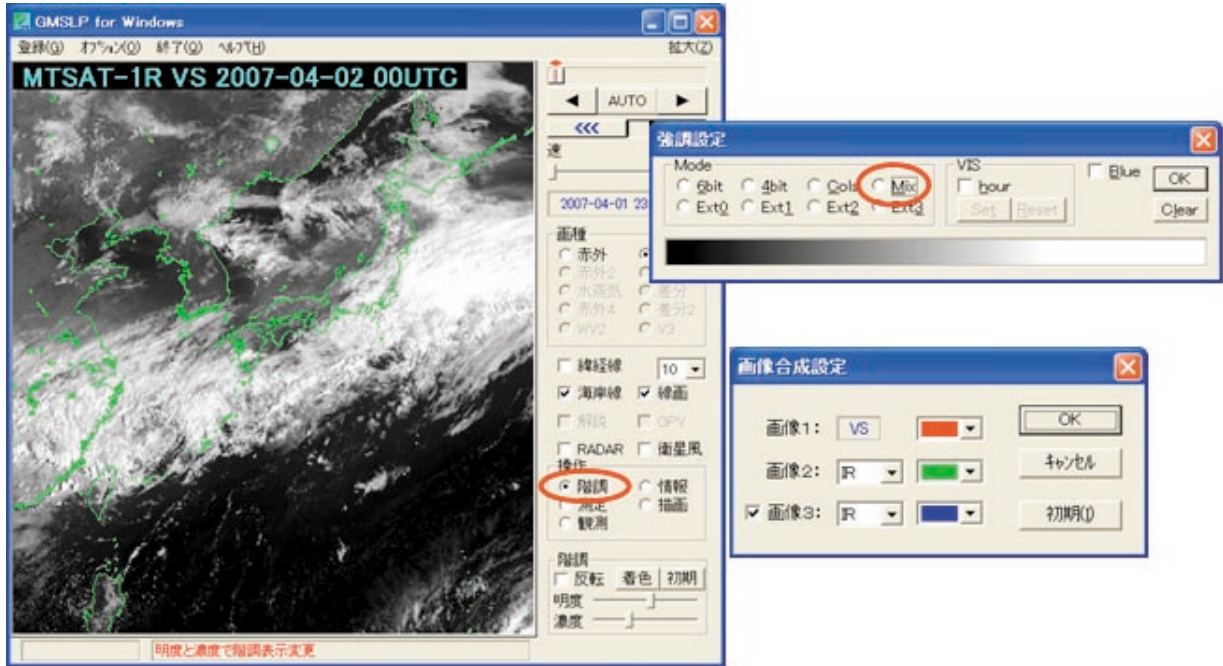


図24 SATAID画像による画像合成の手順。SATAIDの操作パネル上の「階調」ラジオボタンを選択すると強調設定ウィンドウが表示される。次に「Mode」設定の「Mix」ラジオボタンを「Ctrl」キーを押しながら選択すると画像合成設定ウィンドウが表示される。さらにRGBに対応する各画像を選択し、OKボタンを押す。

図27の上図中で黄色の雲域がCbを含む発達した対流雲に相当し、黒色は薄い上層雲、白色はその他の雲域に対応している。日中のみだが、局在する積乱雲の判別に有効である。

画像の組み合わせと階調範囲（反射率[%]、輝度温度[K]）は次のとおりである。

赤 VS：10～78%

緑 VS：10～78%

青 差分2（IR4-IR1）：+16～+108K

(b) 黄砂判別の組み合わせ (Yellow Sand)

近年黄砂の飛来が大きな社会問題となっており、その監視の重要性からRGB合成画像での表示を試みた。

黄砂の監視において、単独の画像の場合では日中は可視画像、夜間は差分1画像が主に利用されており、特に夜間は差分1画像の利用が有用である。そのため、RGB合成では差分1画像をできるだけ見やすくすることを目標とし、黄砂に対応する領域を黄色で表示する設定にした。その一例が図28である。

この例では中国大陸から朝鮮半島、日本にかけて黄色の領域が広がっており、当時は実際にこれらの広い地域で黄砂が観測されていた。

画像の組み合わせと階調範囲（輝度温度[K]）は次のとおりである。

赤 IR1（反転）：+261～+310K

緑 IR1（反転）：+261～+310K

青 差分1反転（IR2-IR1）：-1～+2K

図28のケースでは特に動画表示によってRGB合成画像による黄砂の追跡が昼夜を問わず容易であったが、季節等の諸条件が異なる環境では下層雲が黄色く表示されて黄砂との判別がしづらいケースもあり、今後さらに調整が必要である。

(c) 夜間用ホットスポット判別の組み合わせ (Night Hot Spot)

火山の噴火や世界各地で発生している森林火災は、その規模によっては大災害をもたらす。このため、その監視・状況把握は重要である。中でも衛星画像に

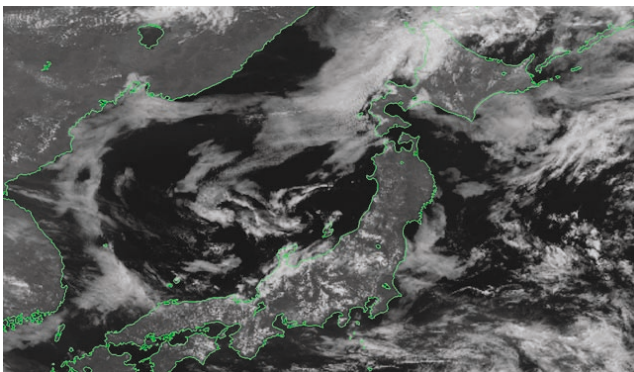
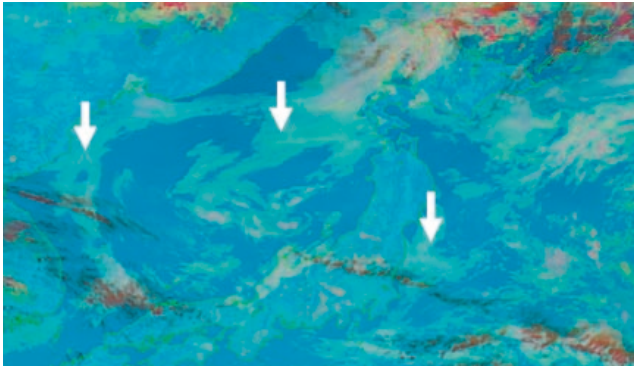


図25 SATAID画像（2007年6月27日00UTC）による日中用の雲判別の組み合わせ（Day Microphysical）の合成画像（上）および可視画像（下）。図中の矢印は霧・下層雲に対応する領域。

よる監視は現地調査が困難な地域において特に有効である。図29左図は夜間のシベリア地方におけるMTSATに搭載されている $3.8\mu\text{m}$ （IR4）による画像である。黒い斑点状の部分（ホットスポットという）が森林火災の領域に対応しており、検出が比較的容易である。ホットスポットをさらに容易に検出することを目的に、IR4画像をベースとして図29右図のようなRGB画像合成を試みた（Wooster *et al.*, 2005）。図中の黄色い領域が森林火災（ホットスポット）に対応しており、IR4画像単独よりも薄い上層雲との識別がしやすい。なお日中はIR4画像において、周囲の陸地との温度差が小さくなるので識別しづらくなる。合成画像の組み合わせと階調範囲（輝度温度[K]）は次のとおりである。

- 赤 IR4（反転） ： +250～+342K
- 緑 差分2（反転）（IR1-IR4） ： +9～+62K
- 青 IR1 ： +202～+298K

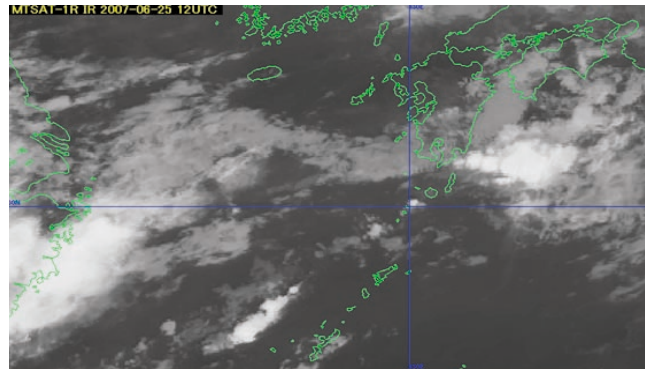
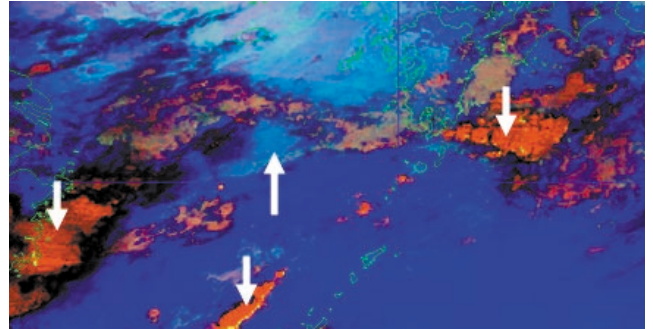


図26 東シナ海周辺におけるSATAID画像（2007年6月25日12UTC）による夜間用の雲判別の組み合わせ（Night Microphysical）の合成画像（上）および赤外画像（下）。図中の下向き矢印は積乱雲、上向き矢印は霧・下層雲に対応する領域。

4. 雲量格子点情報との比較

2.4節ではRGB合成画像の表示を量的に評価することは容易ではないことを述べたが、一方で量的なプロダクトを、赤外画像や可視画像といった従来の衛星画像を用いて検証する際の補助資料としてRGB合成画像が利用できる例を紹介する。

客観的プロダクトである雲量格子点情報（徳野正己, 2002; 稲沢智之, 佐々木勝, 2006）とRGB合成画像（夜間用の雲判別の組み合わせ）の比較の一例を図30に示す。地上気象観測および船舶による実況では、日本海およびオホーツク海において広く霧域に覆われ、またシベリア付近では低気圧が東進していた。

対流雲量（図30中段、赤外画像との重ね合わせ）についてはシベリア上空の低気圧に対応する領域付近で雲量格子点情報が若干過大評価しているようにも見えるが、概ね対応は良いと考えられる。RGB合

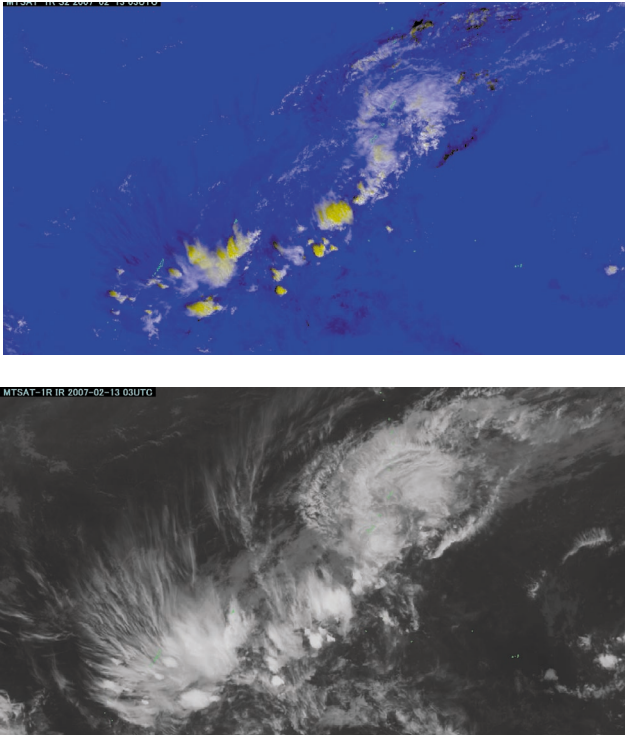


図27 SATAID画像（2007年2月13日03UTC）による高解像度可視画像による激しい対流雲判別の組み合わせ（HRV Severe Storms）の合成画像（上）および可視画像（下）。マリアナ諸島付近。黄色の領域が活発な対流雲に対応する。

成画像（図30上段）では対流の活発な雲域が黄色のドット状に表現されており、局在する対流雲の判別がしやすい。

日本海およびオホーツク海の霧・下層雲はRGB合成画像において緑色系の雲域で表現されており、判別は容易である。雲量格子点情報（図30下段）では層積雲主体の雲域として判別されているが、一部は霧・下層雲と判別されている。

このように、雲量格子点情報と単チャンネル画像のみとの比較では時間のかかる従来からの評価作業も、RGB合成画像を補完的に利用することによって品質評価の作業効率が上がり、雲量格子点情報の改善に貢献するものと期待される。

5. RGB合成画像利用のまとめと今後

MSG/SEVIRIによる衛星画像が利用できる地域で用いられているRGB合成画像の技術は現場の予報作業者にとって有用なものとなっている。さまざまな画像合成の組み合わせを解析対象の目的毎に使い分けることにより、目的とする雲域や現象を単独の衛星

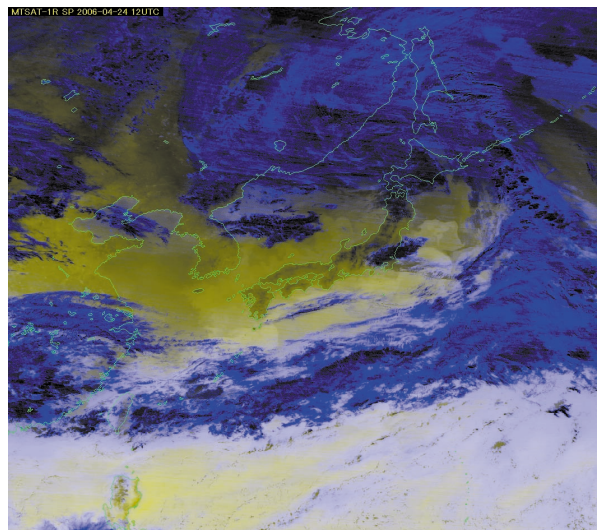
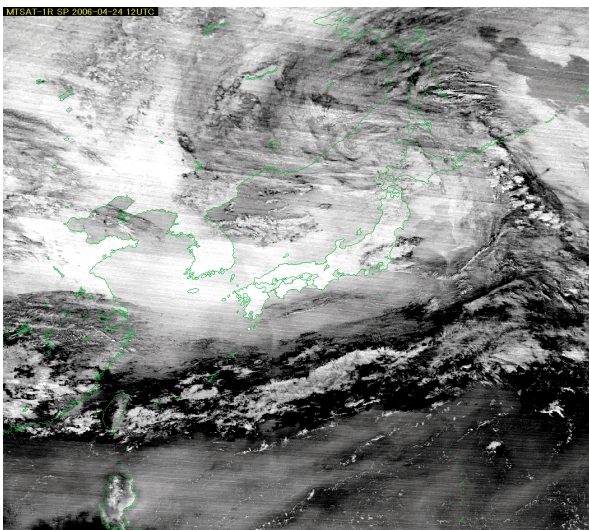


図28 SATAID画像（2006年4月24日12UTC）による黄砂判別の組み合わせ（Yellow Sand）の合成画像（右）および差分1画像（左）。黄色の領域が黄砂に対応する。

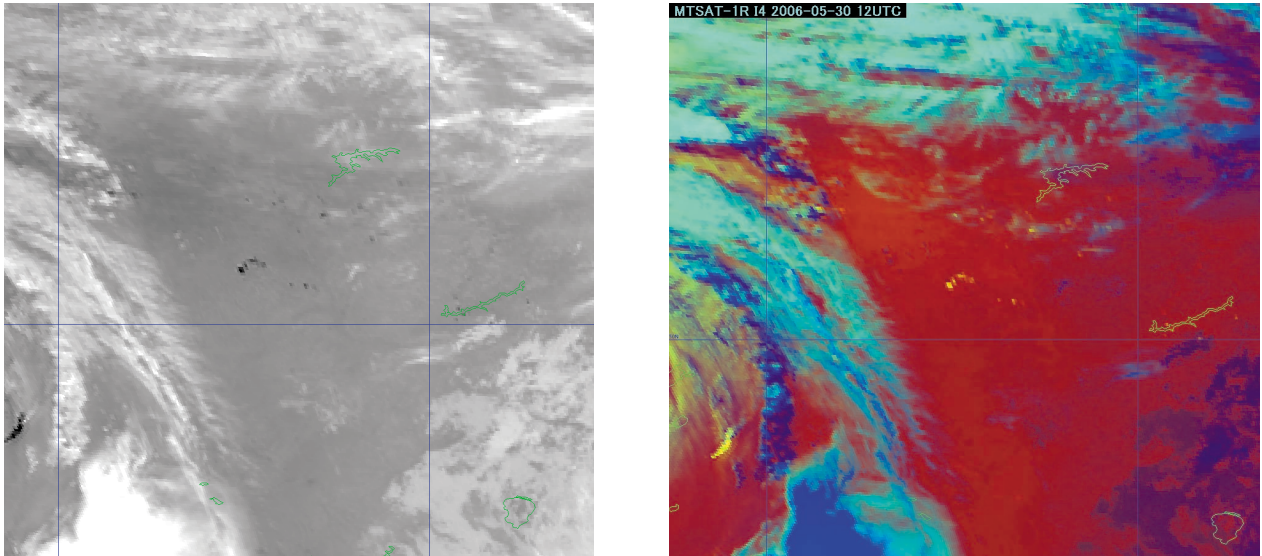


図29 SATAID画像（2006年5月30日12UTC）による夜間用ホットスポット判別の組み合わせ（Night Hot Spot）の合成画像（右）およびIR4画像（左）。中国北東部、シベリア付近。黄色のドット状の領域がホットスポット（森林火災）に対応する。

画像よりも容易に判別できることが分かった。これを参考にしてMTSAT画像に適用し、衛星画像表示ソフトウェアであるGMSLP/SATAID上で表示することを試みた。その結果、画像合成に利用できる画像の組み合わせは限られるが、MSG/SEVIRIによるRGB合成画像と同様に雲域や現象の判別に対して有効であるということが分かった。したがってRGB合成画像の手法はMTSAT衛星画像の利用者にとって雲画像解析の一助となると考えられる。今後はさらに利用者からの意見を取り入れつつ、より見やすい組み合わせや画像の調整を実施していきたい。表示色の厳密な解釈も今後行う必要がある。

また、今後は我が国の静止気象衛星も多チャンネル化が進むことが考えられ、RGB合成画像の技術はより重要度が増していく可能性がある。そのためにも今後、衛星画像利用者の意見をフィードバックし、より利用しやすい合成画像を作成していきたいと考えている。

謝辞

EUMETSAT滞在中にRGB画像合成技術について教示していただき、さらに多くの有用な資料を提供していただいたHans Peter Roesli氏、また本報告の作成にあたり、資料の使用を快諾していただいたJochen Kerkmann氏をはじめとするEUMETSAT Training Division関係者に御礼申し上げます。

また、本報告について査読していただいた関係者に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- EUMETSAT, 2005 : METEOSAT SECOND GENERATION SATELLITES Innovation for a reliable service, EUMETSAT, Darmstadt, 2-9.
- Kerkmann, J., 2004 : APPLICATIONS OF METEOSAT SECOND GENERATION (MSG) RGB IMAGES: PART 02 INTRODUCTION TO RGB COLOURS (PowerPoint, Personal donation).

- Kerkmann, J., D. Rosenfeld and M. König, 2005 : APPLICATIONS OF METEOSAT SECOND GENERATION (MSG) RGB IMAGES: PART 03 CHANNEL SELECTION AND ENHANCEMENTS (PowerPoint, Personal donation).
- Kerkmann, J., D. Rosenfeld and G. Bridge, 2005 : APPLICATIONS OF METEOSAT SECOND GENERATION (MSG) RGB IMAGES: PART 04 RGB COMPOSITES WITH CHANNELS 01-11 AND THEIR INTERPRETATION (PowerPoint, Personal donation).
- Kerkmann, J., 2005 : APPLICATIONS OF METEOSAT SECOND GENERATION (MSG) RGB IMAGES: PART 05 RGB COMPOSITES WITH CHANNEL 12 AND THEIR INTERPRETATION (PowerPoint, Personal donation).
- Kidder, S. Q. and T. H. V. Harr, 1995: Satellite Meteorology: An Introduction, Academic Press, 146-181.
- Lensky, I., 2005 : User Guide for MSG_RGB Version 1.1 A Windows®-based interactive software for research of cloud microphysics and cloud aerosol interaction with MSG SEVIRI data, Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, 1-17.
- Roesli, H., J. Kerkmann, D. Rosenfeld and König, 2004 : Introduction to RGB image composites (PowerPoint, Personal donation).
- Rosenfeld, D. and I. M. Lensky, 1998: Satellite-based insights into precipitation formation processes in continental and maritime convective clouds, The Bulletin of American Meteorological Society 79, 2457-2476.
- Wooster, M.J. and G. Roberts , 2005 : A Fire Radiative Energy Product from Meteosat-8 SEVIRI (PowerPoint, Personal donation).
- 稲沢智之, 佐々木勝, 2006: 雲量格子点情報, 気象衛星センター技術報告特別号, 129-139
- 瀧田信敏, 2005: 第4章 3.7 μm画像と3.7 μm差分画像の利用, 3.7 μm画像の解析と利用, 気象衛星センター, 21-34
- 鈴木万寿男, 安田宏明, 1997: 気象衛星観測月報のCD-ROM化及び作成システムについて, 気象衛星センター技術報告第33号, 49-63
- 徳野正己, 2002: 改良型雲量格子点情報, 気象衛星センター技術報告第40号, 1-24

参考URL

- Daniel Rosenfeld : The Institute of Earth Sciences The Hebrew University of Jerusalem (参照年月日: 2007年10月2日)
<http://earth.huji.ac.il/staff-details.asp?topic=3&id=149>
- EUMETSAT (参照年月日: 2007年10月4日)
<http://www.eumetsat.int/>
- NOAA Polar Orbiter Data User's Guide Section 3.3: Calibration of AVHRR Data (参照年月日: 2007年11月16日)
<http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/podug/html/c3/sec3-3.htm>

略号集

- AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer
- EUMETSAT: European Organisation for the Exploitation of METeorological SATellites
- GMSLP: GMS Loop Program
- HRV: High Resolution Visible
- IR: InfraRed
- JAMI: Japanese Advanced Meteorological Imager
- METEOSAT: METEOrological SATellite
- MODIS: MODERate resolution Imaging Spectroradiometer
- MSG: METEOSAT Second Generation
- MTSAT: Multi-functional Transport Satellite
- SATAID: Satellite Animation and Interactive Diagnosis
- SEVIRI: Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager
- VIS(VS): VISible
- WV: Water Vapor

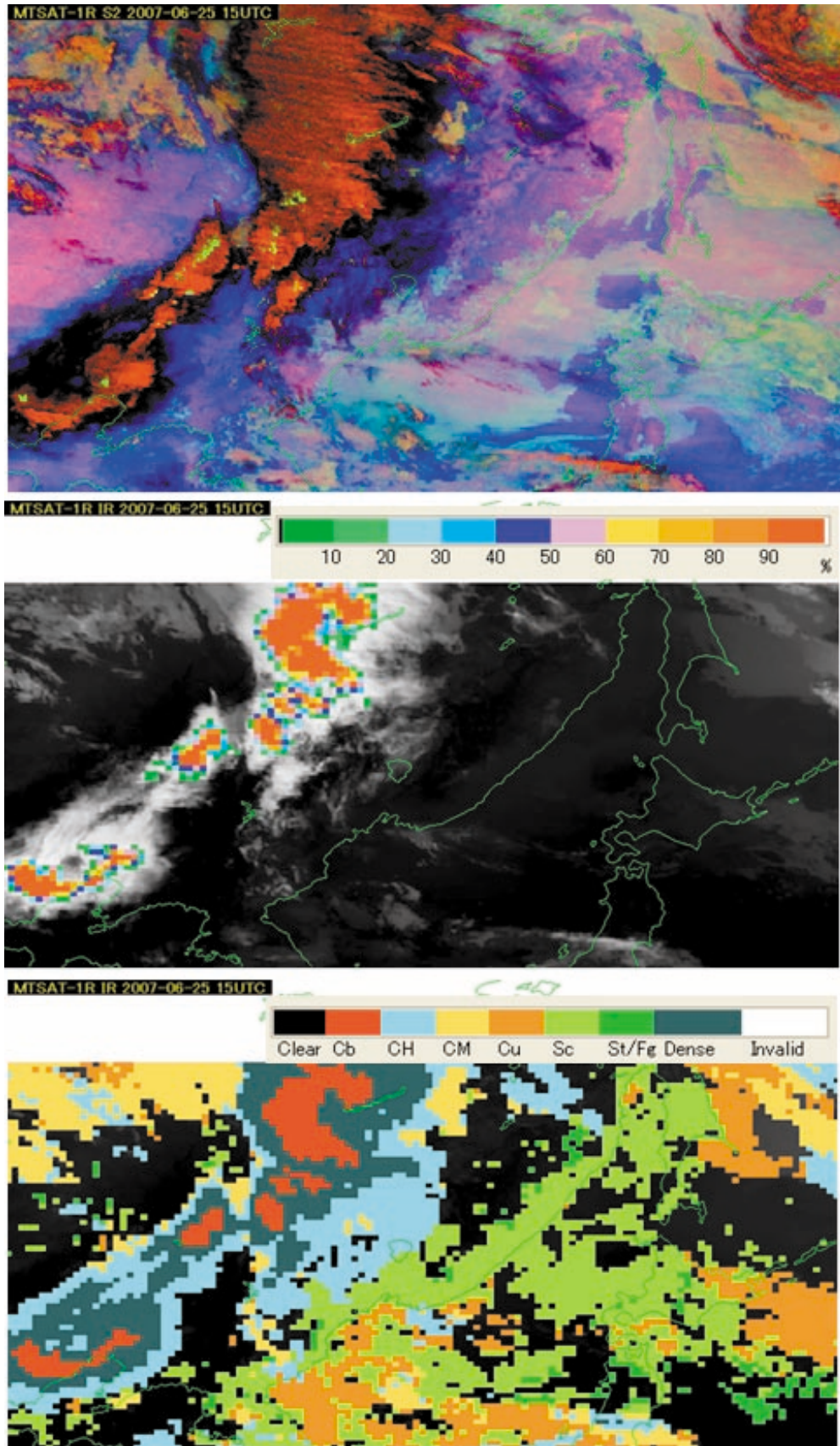


図30 SATAID画像（2007年6月25日15UTC）の夜間用の雲判別の組み合わせ（Night Microphysical）のRGB合成画像（上段）、赤外画像上に重ねて表示した雲量格子点情報による対流雲量（中段）および雲型（下段）。