

運輸多目的衛星新1号 (MTSAT-1R)
で新たに取得できる3.7 μ m帯画像の利用
MTSAT-1R 3.7 μ m Channel Imagery and its applications

淵田 信敏^{*1}、小山 朋子^{*2}
FUCHITA Nobutoshi^{*1}、KOYAMA Tomoko^{*2}

Abstract

Multi-functional Transport Satellite-1 Replacement (MTSAT-1R) is scheduled to be launched in 2004, and will have a 3.7 μ m band with visible and infrared channels which have been used for Geostationary Meteorological Satellites (GMSs). Thus, in addition to MTSAT-1R 3.7 μ m channel imagery, multispectral imagery will be made of brightness temperature difference between the 3.7 μ m and the 11 μ m channels when MTSAT-1R will be operational.

Geostationary Operational Environmental Satellite-9 (GOES-9) currently backs up GMS-5. GOES-9 carries an imager with a 3.9 μ m channel, which is similar to the MTSAT-1R 3.7 μ m channel. Several meteorological phenomena were analyzed using GOES-9 satellite imagery including that of the 3.9 μ m channel imagery. This paper introduces that applications of new imagery and the characteristic aspect of the 3.9 μ m channel.

要 旨

2004年に打ち上げ予定の運輸多目的衛星新1号 (MTSAT-1R) には、可視・赤外放射計に新たに3.7 μ m帯のセンサーが追加される。これにより、3.7 μ m帯の画像の取得と3.7 μ m帯画像と赤外1(11 μ m)の輝度温度差から3.7 μ m差分画像を作成することも可能となる。

これまで、この3.7 μ m帯画像と3.7 μ m差分画像の有効性については、Ellrod(1992), Hunt(1973), Lee et al.(1997), Yamanouchi et al.(1987), 操野等 (1995), 山崎等 (1999) による報告がある。この中で、山崎等 (1999) は極軌道衛星NOAAの空間分解能と静止気象衛星GMS-5の空間分解能の違いに着目し、極軌道衛星NOAAの分解能を運輸多目的衛星 (MTSAT) で取得される分解能まで落とした「MTSATシミュレーション画像」を作成し西太平洋域における「夜間における霧・層雲の検出」夜間における台風のShear-pattern (風の鉛直シアーが大きい時に現れる台風の雲パターンで、下層雲列により決定される台風の中心と濃密な雲域がずれている場合をいう) を呈する台風の中心推定への応用について有効であることを示した。

静止気象衛星GMS-5の代用衛星として2003年5月から155° Eで運用されている静止気象衛星GOES-9は3.9 μ m帯のセンサーを搭載している。この3.9 μ m帯のセンサーの特性は3.7 μ m帯のセンサーと大差がないことから、本報告ではGOES-9に搭載されている3.9 μ m帯のセンサーを利用して数例の気象現象の解析をおこない、3.7 μ m帯センサーの有効性について検証をおこなったので報告する。

*1気象衛星センターデータ処理部解析課 *2米国コロラド州立大学 出張中
2003年12月2日受領、2004年2月17日受理

I 運輸多目的衛星

1 運輸多目的衛星で取得できる画像および波長帯

- ①赤外1画像：10.3～11.3 μm -----11 μm (以下：赤外画像という)
 - ②赤外2画像：11.5～12.5 μm -----12 μm
 - ③赤外3画像：6.5～7.0 μm -----6.7 μm (以下、水蒸気画像という)
 - ④赤外4画像：3.5～4.0 μm -----3.7 μm (以下、3.7 μm 画像という)
 - ⑤可視画像 : 0.55～0.90 μm -----0.6 μm
-
- ⑥赤外差分画像：11 μm －12 μm ----- (以下、スプリット画像という)
 - ⑦赤外差分画像：11 μm －6.7 μm ----- (以下、水蒸気差分画像という)
 - ⑧赤外差分画像：3.7 μm －11 μm ----- (以下、3.7 μm 差分画像という)

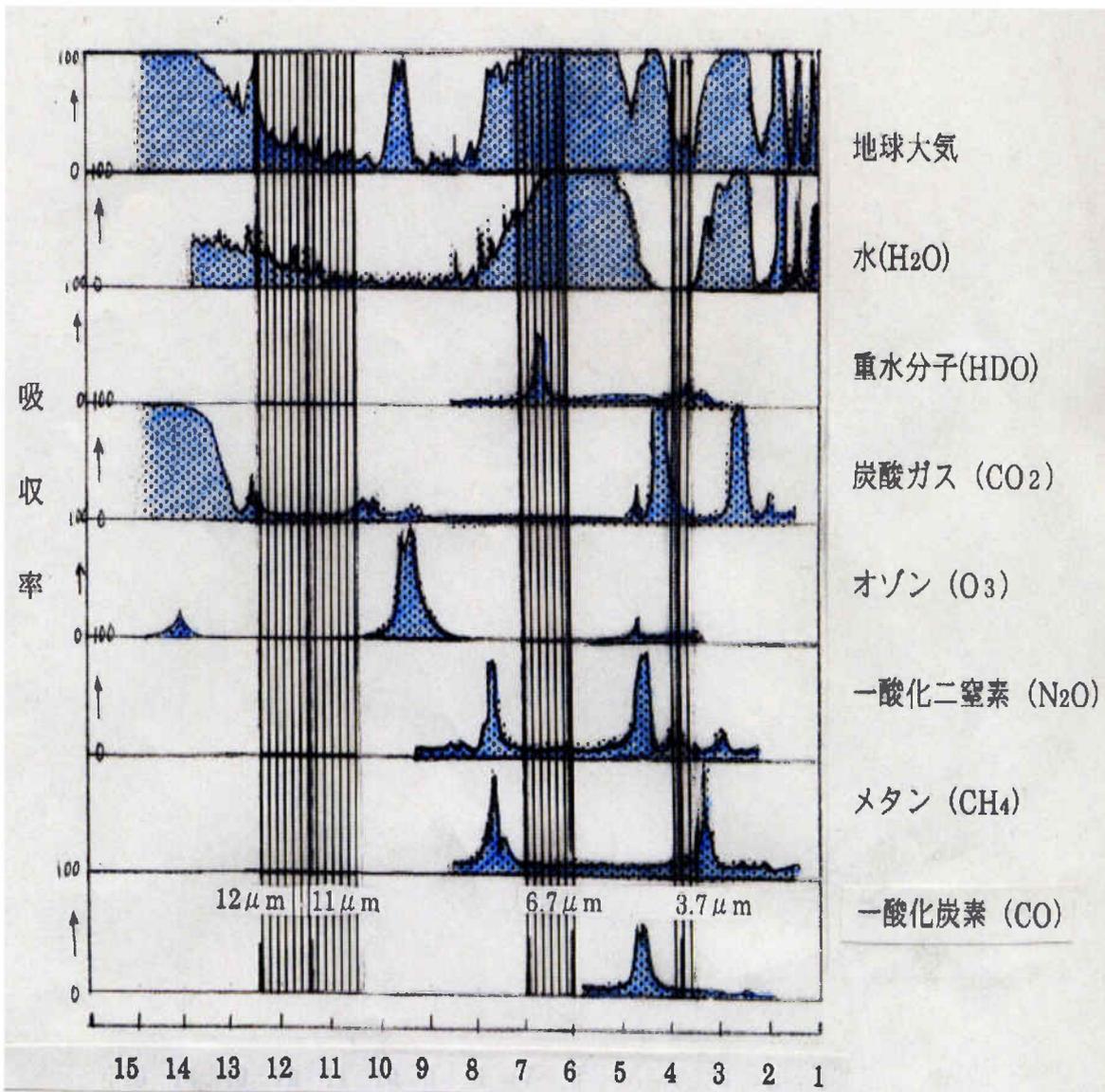


図1 放射スペクトルに対する大気中の吸収物質の吸収率 Valley(1965)に加筆

2 放射の観測

第1図は、放射スペクトルに対する大気中の各吸収物質の吸収率で、Y軸の数値は吸収率(%)をX軸の数値は波長(μm 帯)を表す。

地球から放射される光(電磁波)は、衛星に到達するまでの間、地球を取り巻く大気中を通る。光は波長によって大気に吸収され衛星まで届かないことがある。大気吸収の少ない波長帯は、大気の影響を受けずに地球表面からの放射を測定できるので“大気の窓”と呼ばれ、一般的にはこうした波長帯が雲や地表面の観測に用いられる。

MTSAT-1Rで観測する波長0.55~0.80 μm 帯の可視光線や3.5~4.0 μm 帯・10.3~11.3 μm 帯・11.5~12.5 μm 帯の赤外線は、大気の窓である。

0.55~0.80 μm 帯の波長帯を観測したセンサーで得られた画像は、可視画像と呼ばれ、太陽光の反射を観測したものである。10.3~11.3 μm 帯と11.5~12.5 μm 帯の画像は、それぞれ赤外1画像、赤外2画像と呼ばれ、物体から放射される放射量を観測したものである。通常、赤外画像というときは赤外1画像をさす。3.5-4.0 μm 帯の画像は3.7 μm 画像と呼ばれ、日中は太陽光の反射を、夜間は地球表面からの放射を主に観測するものである。一方、大気の窓とは逆に、水蒸気による吸収の多い6.5-7.0 μm 帯の画像は水蒸気画像と呼ばれ、上・中層の水蒸気が多寡を知ることができる。赤外画像、赤外2画像、水蒸気画像、夜間の3.7 μm 画像では、測定した赤外放射量を輝度温度に変換して表される。輝度温度は、黒体に相当すると仮定した物体からの放射温度である。

黒体物質の放射発度IBは、ステファン・ボルツマンの法則で表される。

$$I B = \sigma T^4$$
 (σ :ステファン・ボルツマン定数、 T :黒体の絶対温度)

黒体でない物質から射出される放射発度Iは、黒体物質からの放射発度IBとの比である射出率 ϵ を用いて表される。

$$I = \epsilon I B$$

赤外領域では海面や厚い雲の ϵ は1.0に近いが、薄い雲では大幅に変化するので、 ϵ が分かっていると海面

や雲の正確な輝度温度は決定できない。

3 3.7 μm 画像

MASAT-1Rでは赤外画像(11 μm)、赤外2画像(12 μm)、水蒸気画像(6.7 μm)、可視画像(0.6 μm)の画像の他、3.7 μm 画像が取得できる。

この各センサーの特性については、気象衛星画像の解析と利用(2000:気象衛星センター)で詳細に述べているので、この報告では、3.7 μm 帯のデータと3.9 μm 帯のデータがほぼ同質と見なし3.7 μm 画像の特性に限って紹介する。

3-1) 3.7 μm 帯センサーの特性

運輸多目的衛星新1号(MTSAT-1R)のイメージャはレイセオン・サンタバーバラ・リモートセンシング社が製造するものでJapanese Advanced Meteorological Imager(JAMI)と呼ばれる。JAMIに搭載される赤外チャンネルのうち4番目の観測波長帯が3.5~4.0 μm であり、通常3.7 μm 画像と呼ばれる赤外画像を取得する。

GMS-5に搭載されていたセンサーとMTSAT-1Rに搭載されているセンサーの特性を表1に示す。GMS-5の水平距離分解能は、衛星直下点で可視チャンネル1.25km、赤外チャンネル5kmであった。これに比べ、MASAT-1Rで取得できるJAMIの水平距離分解能は、可視チャンネル1km、赤外チャンネル4kmとなる。ただし、これは衛星直下点での値で、直下点から離れるにつれ地球表面を斜めから見ることになり分解能は低下する。MTSAT-1Rにおける日本付近の分解能は、およそ可視チャンネル1.55km、赤外チャンネル6kmとなる。

表1にGMS-5とMTSAT-1Rの各センサーの比較を示す。

表1 GMS-5とMTSAT-1Rの各センサーの比較

GMS-5		MTSAT-1R		備考
可視	赤外	可視	赤外	
0.55~0.90		0.55~0.90		
	10.5~11.5 (赤外)		10.3~11.3 (赤外)	
	11.5~12.5 (赤外2)		11.5~12.5 (赤外2)	
	6.5~7.0 (水蒸気)		6.5~7.0 (水蒸気)	
			3.5~4.0 (3.7 μ m)	
1.25km	5km	1km	4km	衛星直下点
65	256	1024	1024	階調

3-2) 射出と反射

地球放射（長波長放射）と太陽放射（短波長放射）に対応する黒体放射のスペクトルを図2に示す。

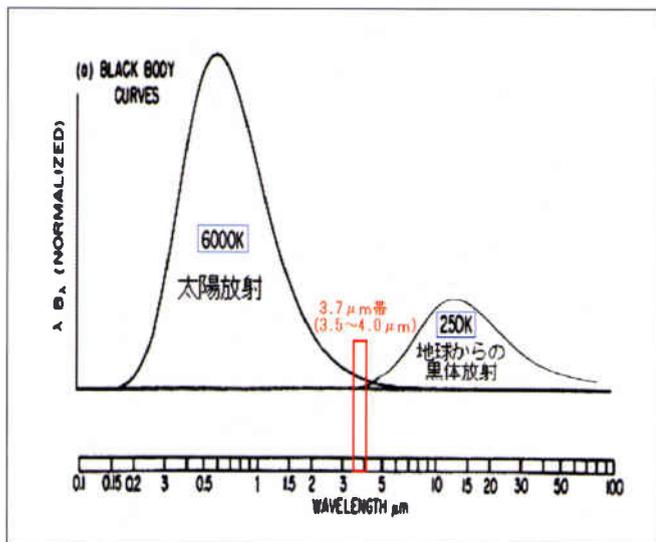


図2 黒体放射のスペクトル
(Goody and Young 1989に加筆)
6000K=太陽放射 (短波長放射)
250K=地球からの黒体放射 (長波長放射) に相当する)

3.7 μ m帯が観測している波長領域は地球放射と太陽放射のおおよそ両端で、僅かながら重なる領域となっている。つまりこのチャンネルでは、地球表面や雲から直接射出されるエネルギーと太陽からの放射が地球表面や雲で反射されたエネルギーの両方を観測しており、3.7 μ m画像はこれまでの可視画像と赤外画像の特

徴を併せ持つことになる。ただし、夜間の3.7 μ m画像に太陽光反射エネルギーの寄与はない。また、日中の画像でも地球または雲の表面状態によって放射率や反射率が大きく変化する。

3-3) 射出エネルギーによる効果

射出率 (emissivity) は波長と地表面のアルベドに依存するが、赤外11 μ m帯より3.7 μ m帯で大きく変化する。太陽放射の反射エネルギーが無視できる場合、例えば夜間の晴天時に砂漠域を観測するような場合、みかけ上3.7 μ m画像より11 μ m画像の輝度温度が高くなる。これは2つの波長域での射出率の違いから生じるものである。このように地質構成のために特徴的な輝度温度を示す地域がある。

また、水相の雲粒子から構成される十分に厚い雲では、11 μ m帯より3.7 μ m帯の射出率が小さい (図3) ことから、3.7 μ m帯の射出率から11 μ m帯の射出率を差し引いた差分画像を作成すると、夜間の霧・層雲といった下層雲が白い雲域として見え、検出することが可能となる。なお、この差分画像上で上層雲はその厚さによって見え方が異なり、薄い上層雲は暗く見えるが、厚くなると3.7 μ m帯チャンネルの温度特性から白黒まだら模様 (ノイズを含んだような) の領域として見えるので判別が容易となる。

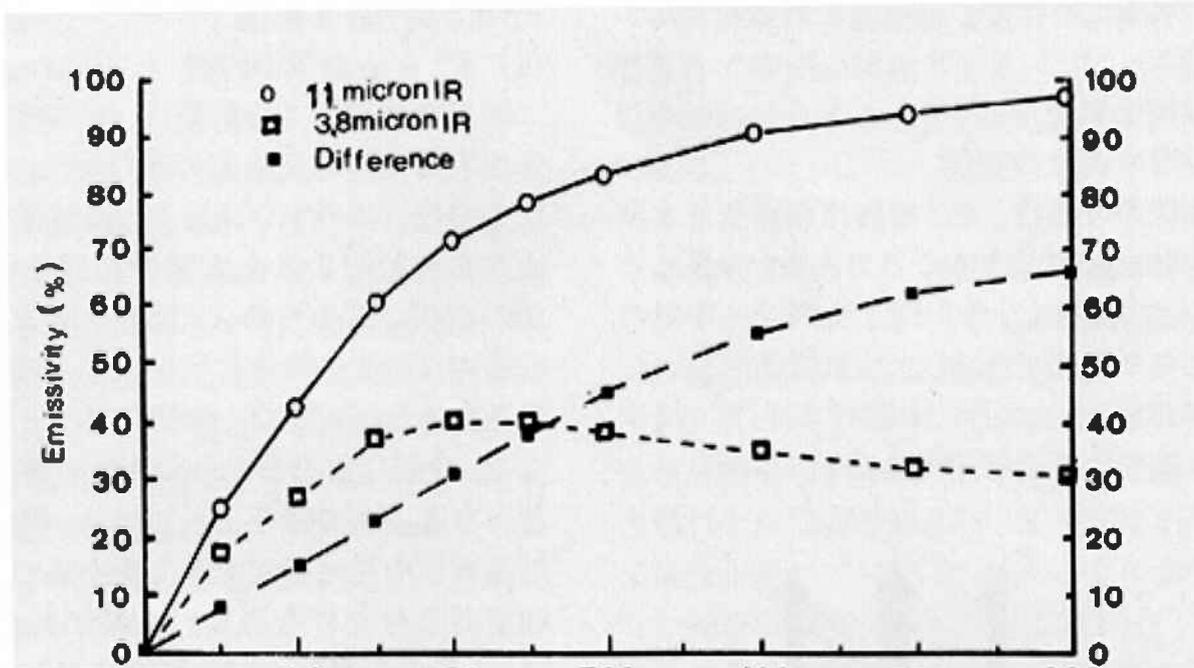


図3 層積雲（雲水量0.1gm-3）の雲厚と射出率の関係（Ellrod, 1995）

3-4) 反射エネルギーによる効果

3.7 μ m帯での雲の射出率は雲粒子径とその相（水相/氷相）に大きく依存する。一般的に水相の雲粒子の反射率は氷相のものより大きく、粒子が大きくなるにつれその反射率は小さくなる。分類上は同じ雲であっても、発生地点や発達仕方等により3.7 μ m帯画像上では異なって見える場合があるので、雲微物理学についても検討・判別が重要である。

4 3.7 μ m画像と3.7 μ m差分画像の利用

衛星に搭載されている赤外放射計で計測された放射エネルギーを、プランクの法則（Planck's Law）を用いて変換した温度を輝度温度または相当黒体温度という。輝度温度（センサーがとらえるエネルギー）は、地表面からの黒体放射をベースとして、太陽の反射光と地表からセンサー間に存在する物体の放射の吸収と再放射の結果としてでてくるが、それぞれのセンサーの波長領域が違うため、同じ物体の放射を測定しても異なる輝度温度が観測される。

赤外画像の波長領域11 μ m帯、赤外4画像の3.7 μ m帯はともに地表からの放射が大気を通過する窓領域にある。しかし、3.7 μ m画像では、雲の水滴による太陽光

線の後方散乱が射出率の違いによる温度差を小さく（中和）してしまう。このため、昼間は可視光と長波放射の両方を観測し、夜間は雲や地表面の黒体放射を観測する。このように3.7 μ m画像と3.7 μ m差分画像とも昼間と夜間では画像の見え方が異なる。

4-1) 3.7 μ m画像の特性

衛星で観測する放射量は、雲や地表面からの黒体放射と太陽の反射光の和である。3.7 μ mの波長帯では、地表面からの放射よりも太陽の反射光の方が大きい（図2）。このため、太陽がある日中は、画像は太陽の反射光の分布に近いものとなる。一方、太陽光による反射がない夜間は雲などからの赤外放射を観測することになり日中とは異なる画像となる。このように、3.7 μ m画像では昼と夜では画像の見え方が大きく異なる。特に、日の出や日没頃は、太陽光の影響がどの範囲まで及んでいるのかを考慮することが必要である。

3.7 μ mでは、水から成る雲粒を持つ雲（水雲）の射出率は赤外より小さいことや氷晶に対しては太陽光の反射が小さいことなどの特性を持っており、こうした特性は雲の識別に利用される。

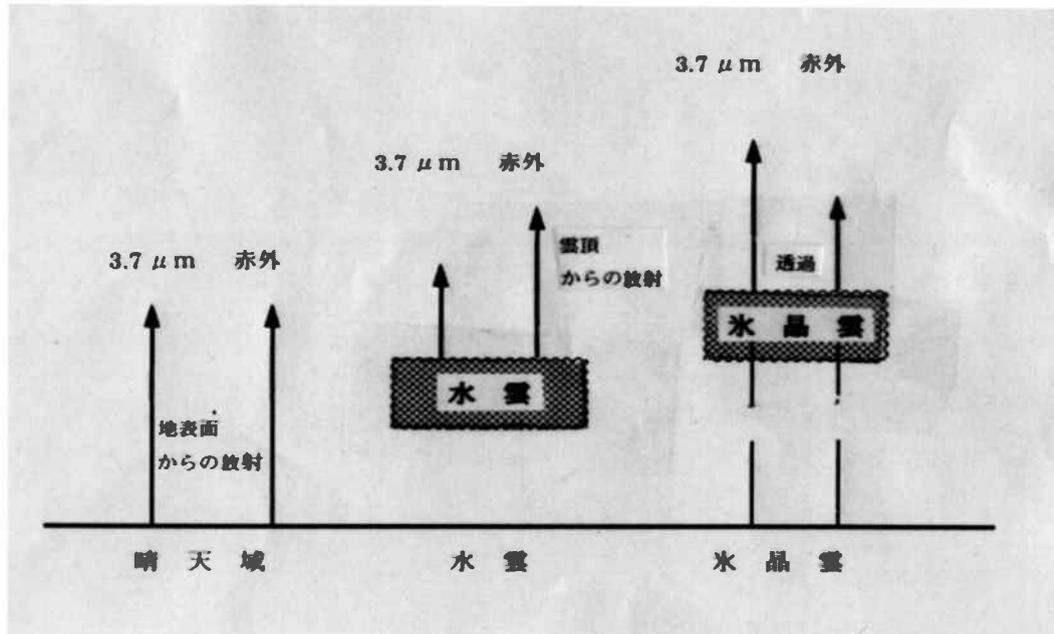


図4 3.7 μmと赤外との水雲における放射と氷晶雲の透過の違い

4-2) 3.7 μm差分画像の特性

3.7 μm差分画像は、3.7 μmの温度から赤外の温度を差し引いて画像化したものである。差分が正を暗く、負を明るく表している。1)で述べたように、水雲に対し3.7 μmでは赤外より温度を低く観測する。一方氷晶雲に対しては、3.7 μmの方が透過の効果が大きく高い温度を観測する (図4)。

この特性を利用して、3.7 μm差分画像では、3.7 μmと赤外での雲の放射特性の違いを強調してみることができる。

図5に、夜間に差分画像と赤外画像を用いた雲型判別図(Lilijas, 1989)を示す。差分画像で薄いCiが判別出来ることや赤外画像との併用により下層雲が識別できることがわかる。

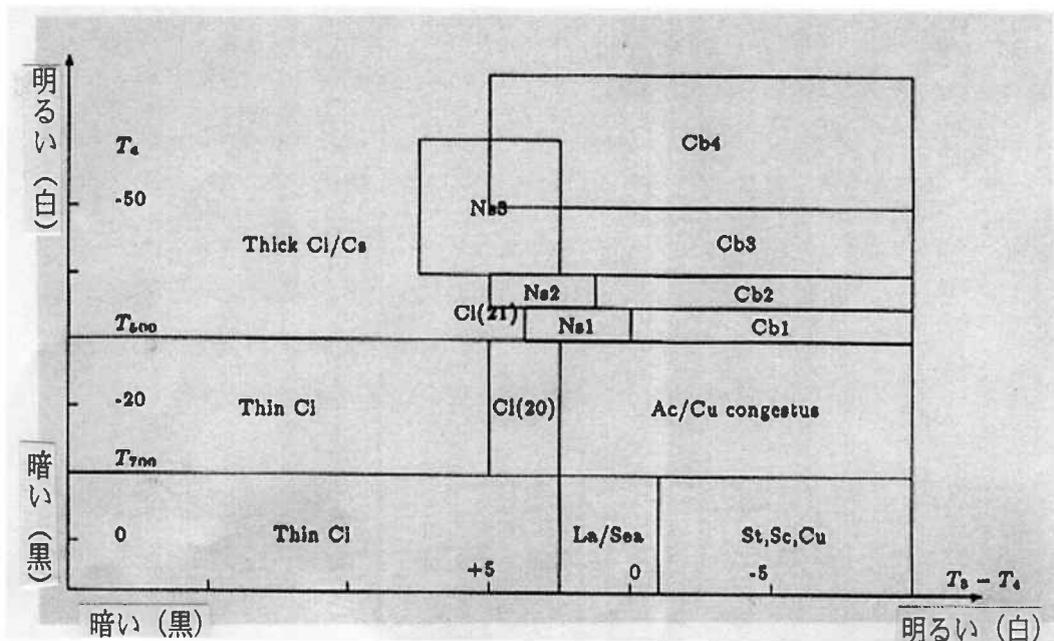


図5 夜間の3.7 μm差分温度と赤外温度を用いた雲型判別図(Lilijas, 1989)
横軸: 3.7 μm差分 (3.7 μm-赤外) 温度 縦軸: 赤外温度

4-3) 3.7 μ m画像の利用

①夜間の下層雲の識別

赤外画像では識別が難しい夜間の下層雲も、3.7 μ m画像では検出精度が向上する。海上に存在する下層雲(水雲)を考えてみる(図4)。下層雲に対し、赤外の波長帯ではほぼ黒体とみなせる。一方3.7 μ mの波長帯では、水雲からの射出率は赤外より小さくなる。また、3.7 μ mで観測する水雲は黒体とみなせない。このため、3.7 μ mでの雲頂温度は赤外での雲頂温度より低く観測される(TBB_{3.7}<TBB₁₁)。海面については3.7 μ m、11 μ mの両波長ともほぼ黒体と見なせる。従って水雲である下層雲の場合、3.7 μ m画像の方が赤外画像より下層雲頂と海面との温度差が大きくなり、検出精度が向上する。なお、水雲(下層雲に限らず中層雲でも)であればこの関係が成り立つので、3.7 μ m画像で検出された雲が下層雲なのかどうかは、赤外画像を併用して雲頂高度をチェックすることが必要である。

②日中の雪氷域の識別

3.7 μ mでは、雪氷面における太陽光の反射は、氷晶と同様に少ない。(Kidder and Wu, 1984)。この特性を利用すると、可視画像だけではともに強い反射を持つため判別難しい雪氷面と雲域について、3.7 μ m画像と3.7 μ m差分画像を比較することにより識別可能となる。

4-4) 3.7 μ m差分画像の利用

①夜間の下層雲の検出

下層雲は、周囲の晴天域との温度差が小さく、夜間は赤外画像のみによる探知は困難となる。3.7 μ mでは赤外の雲頂温度よりも低く算出され、両者の温度差は2~10度の負の値になる。3.7 μ m差分画像は、3.7 μ m画像より晴天域と下層雲域の違いが強調されて、3.7 μ m差分画像では明るく(白く)見えるので、夜間の下層雲の検出に利用される。

②夜間の上層雲の検出

氷晶から成る上層雲に対し、3.7 μ mは可視光に近い性質を有し、雲を透過しやすい。夜間は、雲頂からの放射

に温度の高い地上からの放射が薄い上層雲を通過して加わり、3.7 μ mでは実際の雲頂温度よりも高く算出される。3.7 μ mでは赤外より透過の効果が大きいので、雲頂温度は赤外の温度よりも高くなる。両者の温度差は正の値となり画像上では上層雲は黒く表現される。このため薄い上層雲の識別が容易になり、これにより例えば降水をもたらす積乱雲域と降水をもたらさないかなどと雲との区別が可能となる。

5 日中と夜間の画像の見え方

3.7 μ m画像では、日中と夜間で画像の見え方が異なる。これは3.7 μ m帯の日中の画像では、図2で述べたように太陽放射が大きく影響するためである。3.7 μ m差分画像でも、日射があるとその太陽放射の影響で輝度温度差は大幅に増加する。一方、夜間帯は太陽光線がないので黒体放射の影響が大部分を占める。このようなことから、日の出や日没頃は、太陽光の影響がどの範囲まで及んでいるのかを考慮することが必要となる。3.7 μ m画像による雲の射出率は赤外画像に対応する窓領域よりも小さい。そのため、3.7 μ m画像で夜間に観測される水滴雲はわずかに冷たく画像上では明るく(白く)見える。これは、温度が高度とともに高くなる逆転層以下の所で雲が形成されることも一つの要因となっている。ここでは、GOES-9の3.9 μ mのデータを利用し、可視画像や赤外画像と対比させながら、3.9 μ m画像と3.9 μ m差分画像の見え方の違いを示す。

1) 日中 (2003年12月2日02UTC) の画像

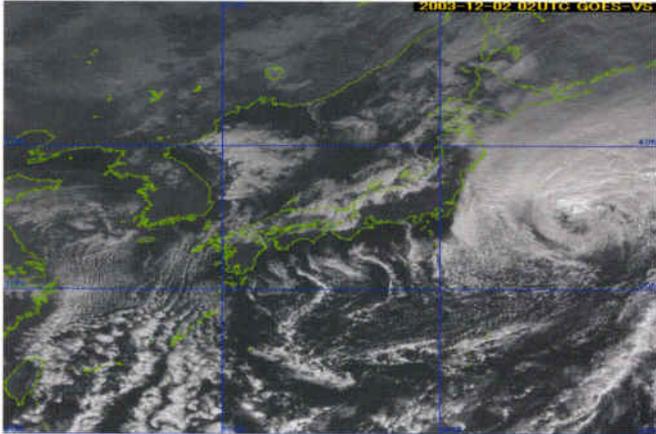


図6 可視画像

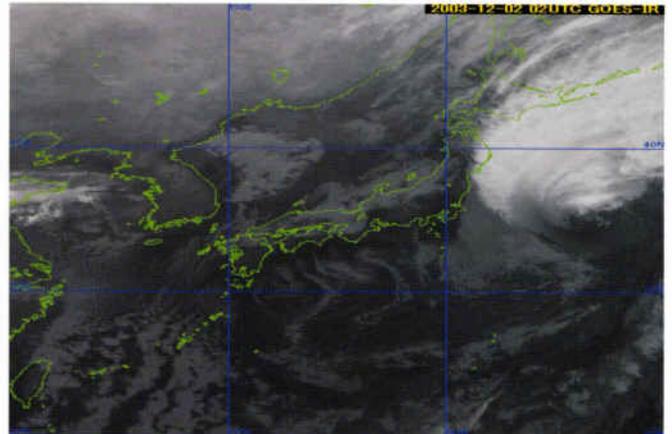


図7 赤外画像

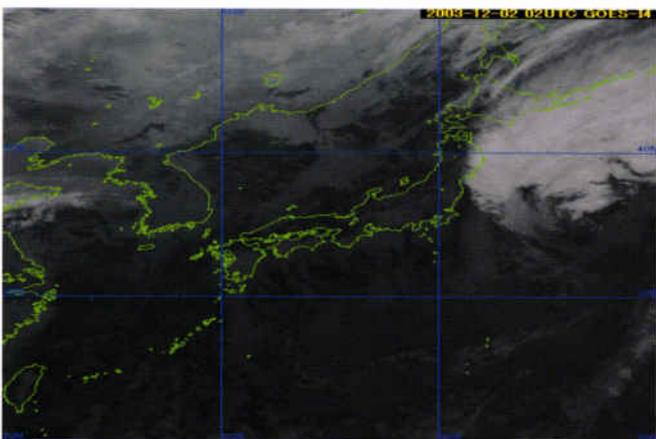


図8 3.9 μ m画像

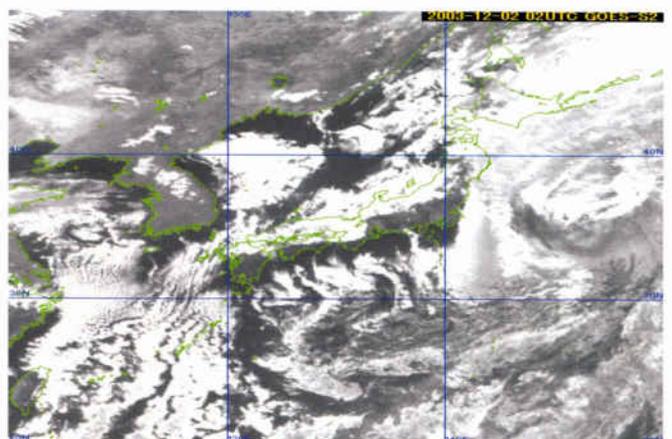


図9 3.9 μ m差分画像

図6～図9は、2003年12月2日02UTCの日中の画像である。日中は、赤外画像と3.9 μ m画像の見え方は大きく違う。

3.9 μ m画像を見ると、上・中層雲の見え方は赤外画像

と大差はない。しかし、下層雲は黒く表現され、雲のない領域は灰色に表現されている。3.9 μ m差分画像では、全層とも白く輝く雲域として表現され、雲域は鮮明だが雲型判別は困難となる。

2) 夜間 (2003年12月1日21UTC) の画像=日の出前

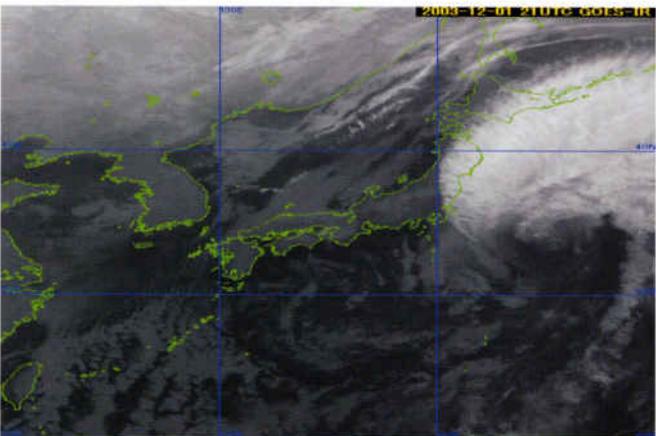


図10 赤外画像

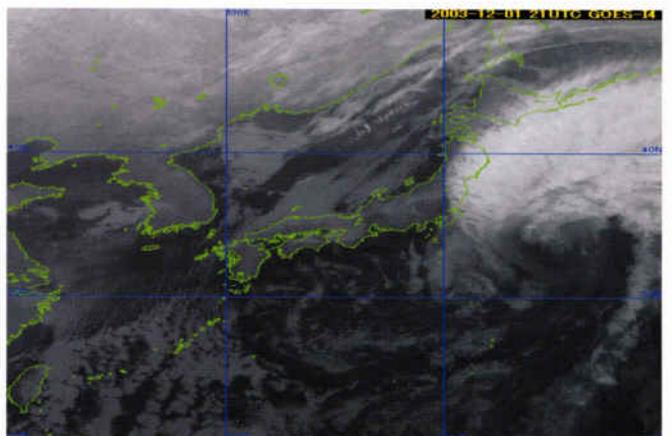


図11 3.9 μ m画像

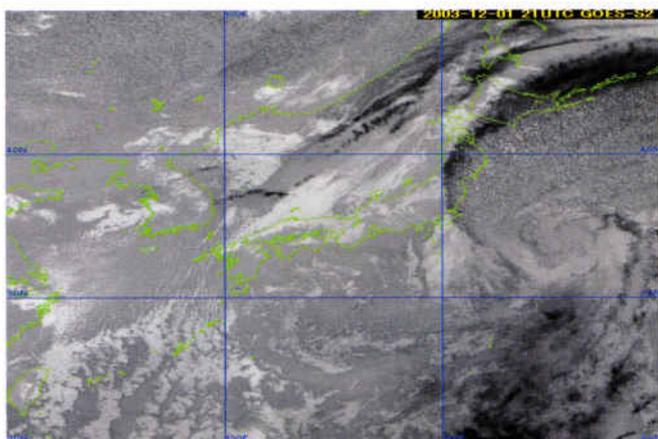


図12 3.9 μm差分画像

図10～図12は、夜間の画像である。赤外画像、3.9 μm画像、ともに表現に大きな差異は無い。夜間帯の3.9 μm差分画像では、背の高い上層の雲は黒く、背の低い下層の雲は白く表現される。この他、多層構造の雲

は白黒混濁の灰色の近い雲域として表現されるが、この場合、対流活動が活発な雲域ほど、ノイズが混じったようなドット状の雲域として見える。

3) 日の出の画像 (2003年12月1日23UTC)

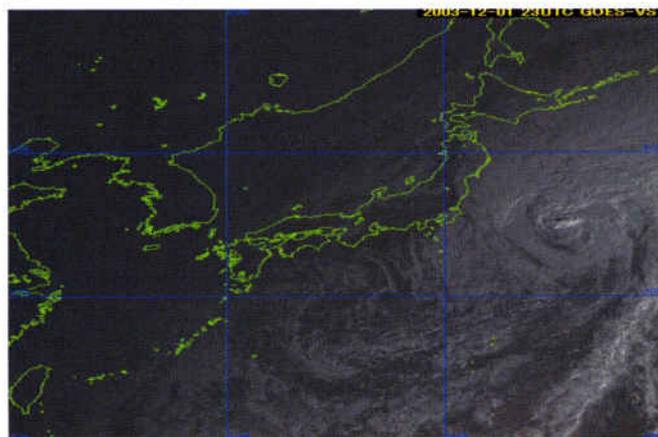


図13 可視画像

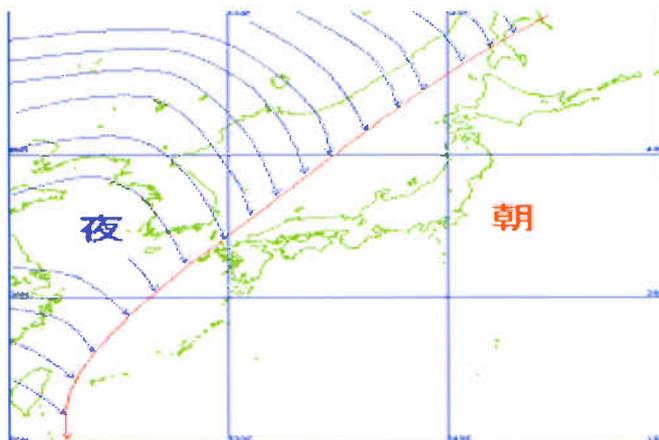


図14 太陽光の日照の境界模式図

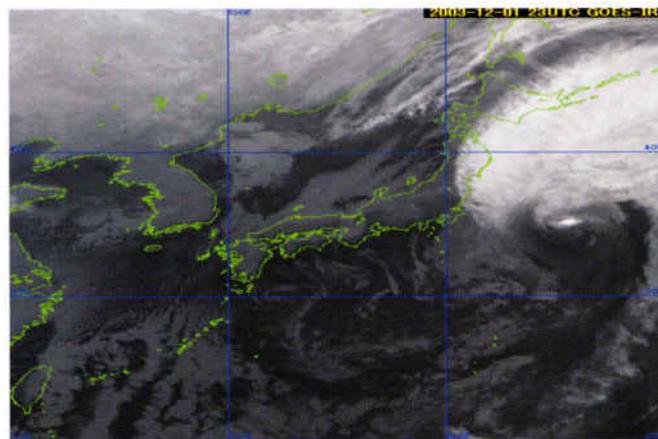


図15 赤外画像

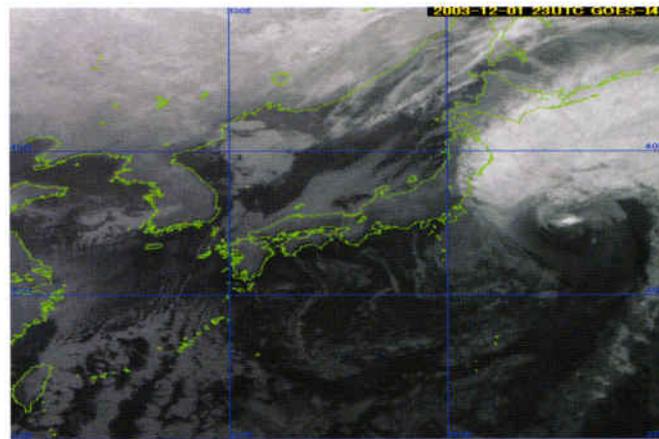


図16 3.9 μm画像

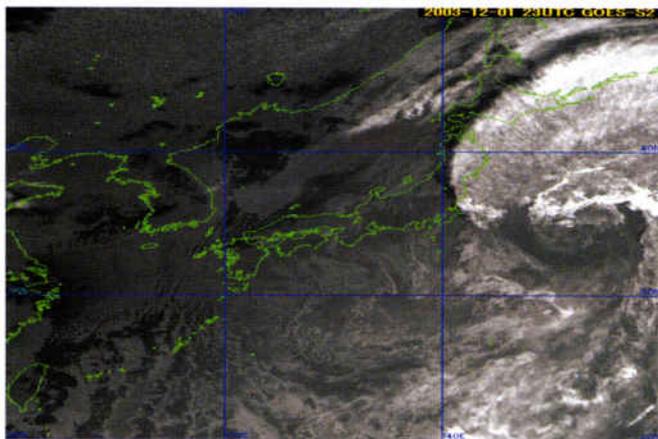


図17 3.9 μm差分画像

この画像は、2003年12月1日23UTCの朝方の画像である。可視画像で見ると黄海から東シナ海にかけてはまだ太陽光が届いていない。ここで、赤外画像と3.9 μm画像を比べて見ると双方に大きな差異は見られない。しかし、3.9 μm差分画像で見ると太陽光があたっている領域とあたっていない領域とではあきらかに見え方が異なる。

図17が、3.9 μm差分画像である。太陽光があたっている部分は可視画像の表示と同じように、反射の大きい所程、背の高い雲程、白く輝く雲域として表現され

ている。また東北地方から北海道地方にかけては、三陸沖にある背の高い雲の影が解析できる。また、画像の左半分の太陽光がまだ届いていない大陸や黄海、太陽光が僅かしか届いていない日本海や東シナ海の領域にある下層雲は、黒い領域として表現されており、あたかも可視画像や赤外画像では雲の無い晴天域として解析する領域のように見える。

このように日の出や日没頃は、同じ画像内で見え方が異なるので、画像解析に利用する場合、太陽光の影響がどの範囲まで及んでいるのかを十分考慮して利用することが必要となる。

6 事例解析

1) 霧・層雲の解析

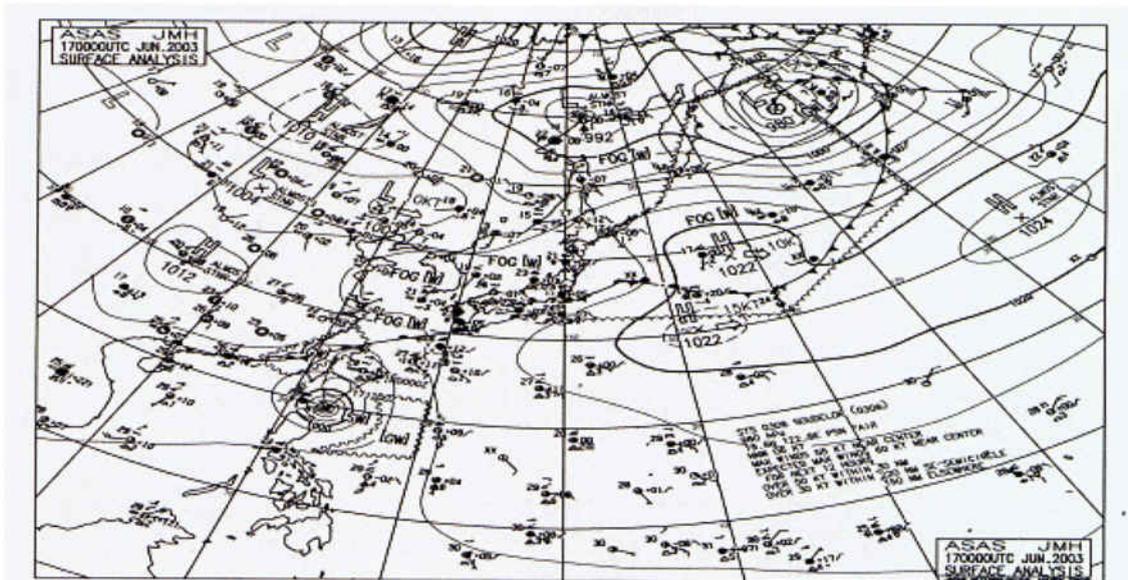


図18 地上天気図 (2003年6月17日00UTC)

図18 (00UTC) の地上天気図を見ると、停滞前線が関東南海上から南九州をとおり華南に延びている。日本のはるか東、北緯38度、東経158度には高気圧があり、

それから気圧の尾根が日本海に延びている。このため、東北の太平洋岸から日本海側にかけては弱い南風が吹いている。

夜間 6月17日12UTC

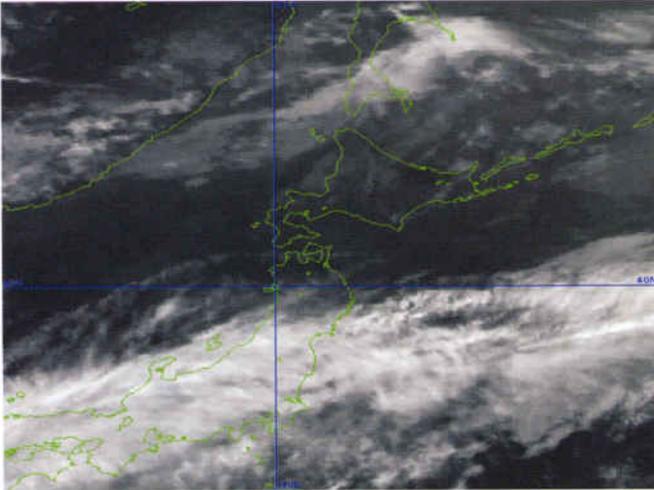


図19 赤外画像

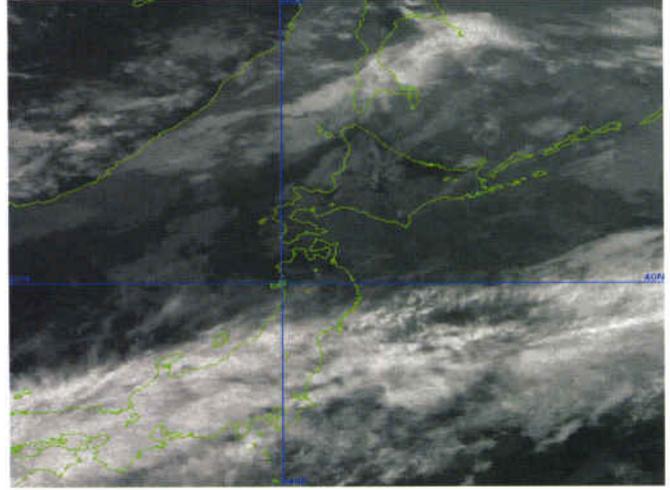


図20 3.9 μ m画像

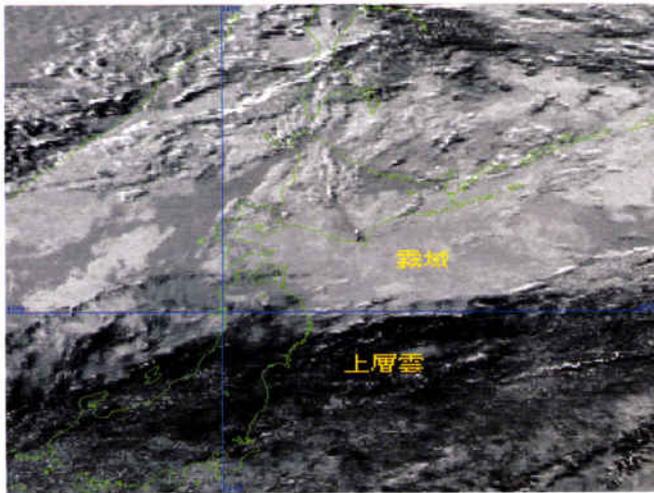


図21 3.9 μ m差分画像

図19～図21は2003年6月17日12UTCの画像である。赤外画像と3.9 μ m画像の見え方に大きな差異はないが、北海道太平洋側や日本海中・北部にある下層雲の表現が3.9 μ m画像の方が僅かに灰色がかっている。

3.9 μ m差分画像では、北海道太平洋側や日本海中・北部にある下層雲は白いパール状の雲域として表現されている。特に、内陸部の北海道南部の霧域は日高山脈で堰き止められており、高さ2000m以下の雲である

ことがわかる。また上層雲は、上層雲のみか、上層と重なった多層の雲域であっても、その下層に対流雲を伴わない雲域は黒く、対流雲を含んだ多層の雲域は白黒混じりのノイズが混じったような雲域として、雲のない晴天域は灰色に表現されている。

霧・層雲等の安定性の下層雲は、この白いパール状の雲域を目安に解析すれば、夜間帯の霧・層雲の検出には大いに威力を発揮しそうである。

2) 活発な対流雲域

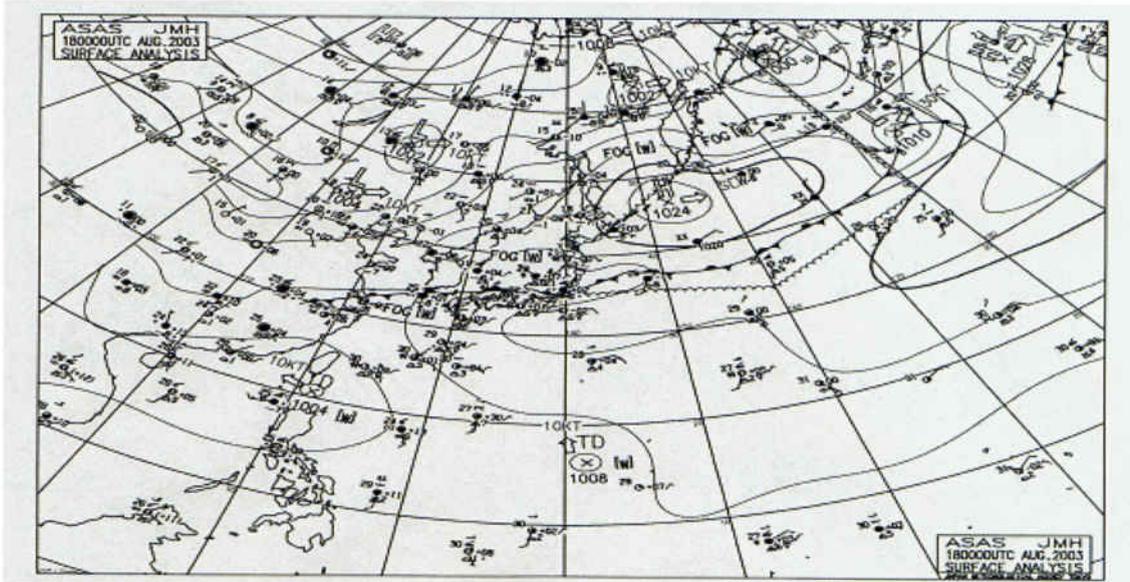


図22 地上天気図 2003年8月18日00UTC

地上天気図を見ると、日本の東から関東、対馬海峡を通り華南を結ぶ線には前線が停滞している。下図の活

発な対流雲域はこの前線上で発生している。この場所は太平洋高気圧の縁辺にもあたっている。

夜間 8月17日18UTC

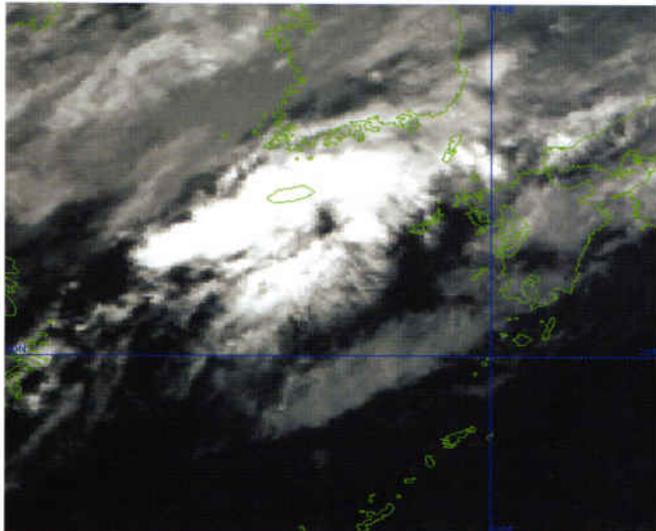


図23 赤外画像

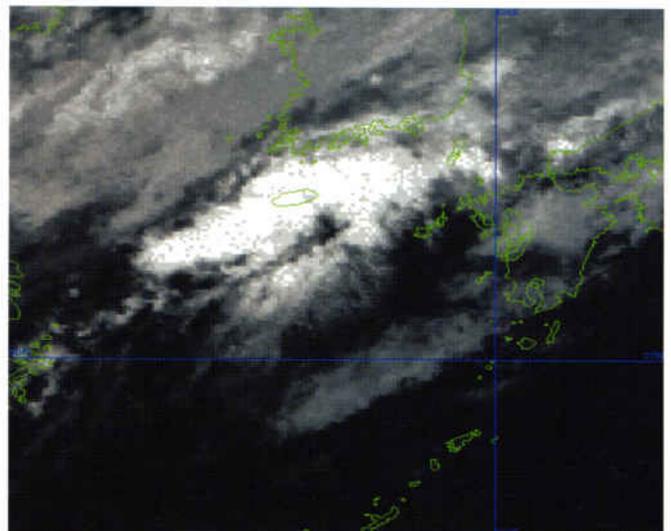


図24 3.9 μ m画像

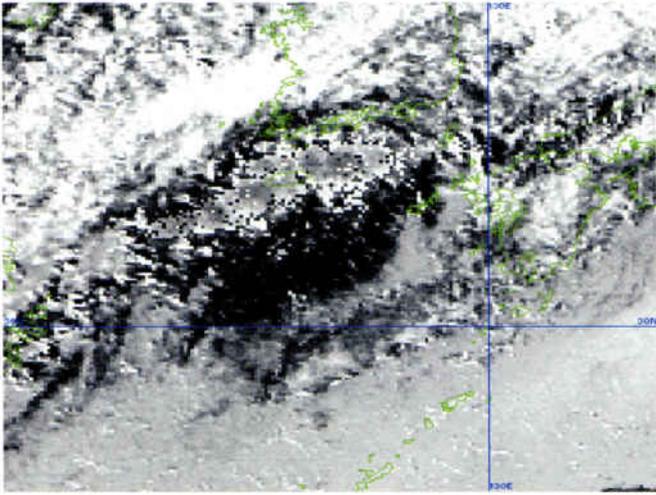


図25 3.9 μ m 差分画像

上の画像は、17日18UTCの夜間の画像である。

この時間帯の画像で見ても、赤外画像と3.9 μ m画像に大きな差異は見られないが、僅かに積乱雲周辺の薄い上層雲が除去され、全体に絞り込まれて積乱雲域が小さく見える。3.9 μ m差分画像では下層に対流雲を含まない東シナ海中部の上層雲域は黒く、雲の無い晴天域は灰色のベール状に表現されている。雲は層状の下層雲が白（東シナ海）、対流雲に上層雲がかかっている

ところ（中国地方）は白黒混じりの模様として、対流雲列を含む雲バンド（九州から南シナ海）は灰色と白色の混在した雲域、また、活発な対流雲域（チェジュ島付近）は灰色と白色の混在した雲域に黒色のドットが混じった雲域として表現されている。この画像を見ると、夜間帯における活発な対流雲の解析には利用できそうであるが、スケールの小さい対流雲域への応用がどこまで可能か、詳細な調査をする必要がある。

3) 対流雲を含まない上層雲域

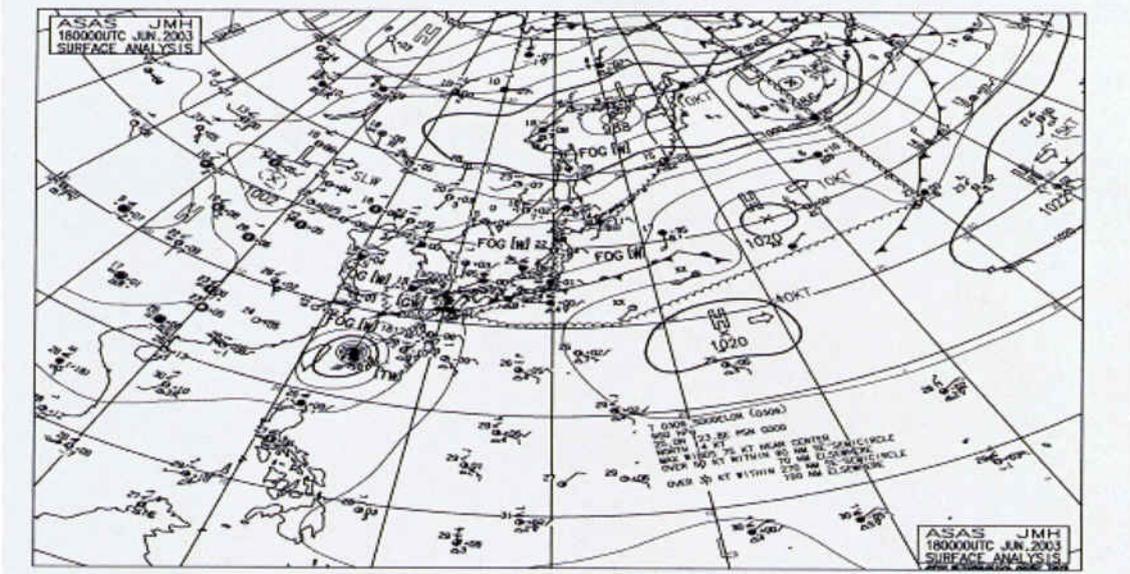


図26 地上天気図 2003年6月18日00UTC

日本の南岸沿いには停滞前線が横たわっている。南西 諸島には台風0306号があり北東進している。

夜間 6月18日18UTC

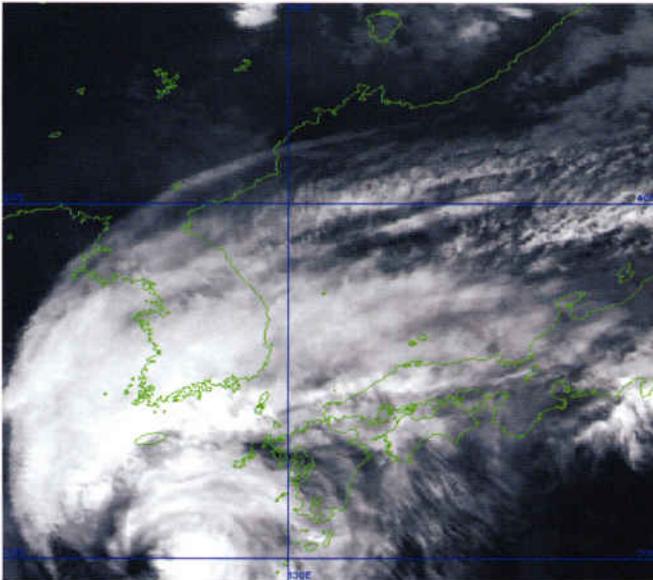


図27 赤外画像

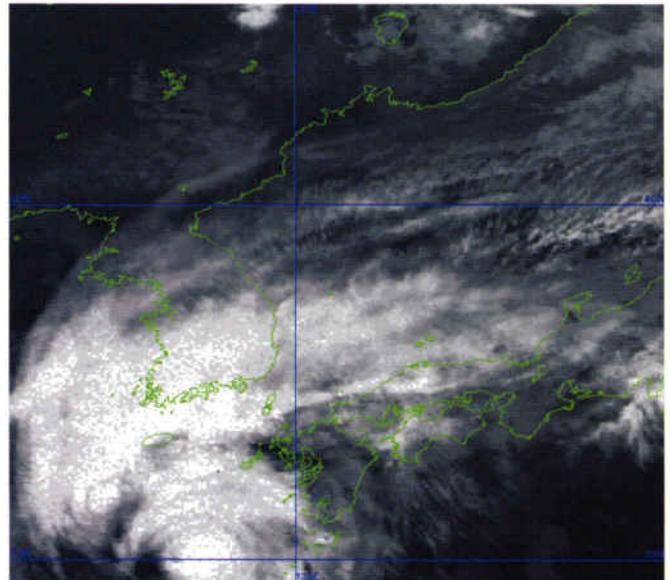


図28 3.9 μ m画像

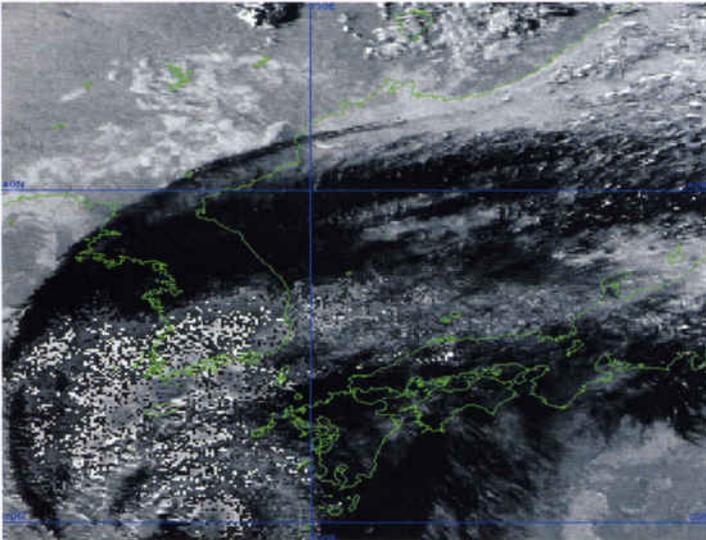


図29 3.9 μ m帯差分画像

夜間帯の画像は台風0306号周辺のもので、中心に入り込む対流雲や台風から吹き出す上層の雲に九州から西日本は覆われている。この中で台風に伴う厚い雲域の境界がどこまであるのか、赤外画像や3.9 μ m画像で判別するのは非常に難しい。この点、3.9 μ m帯差分画像を見ると上層雲のみの雲域は黒く、対流活動の活発

な多層構造の雲域は白黒混じりのドット状の雲域として表現されている。これから見ると、上層雲に覆われた厚い雲域内の対流活動の活発な部分の検出には利用できそうである。もちろん、この黒く表現された上層雲の下層には、霧や層雲等の層状性の雲が隠れている可能性もある。

4) 台風の中心推定への利用(T0304の例)

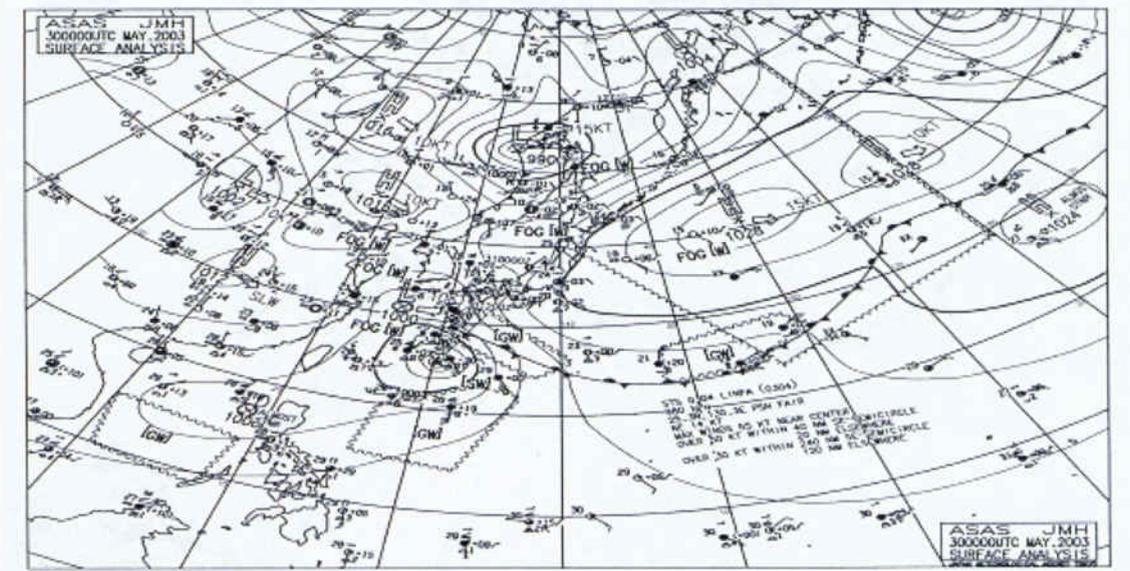


図30 地上天気図 2003年 5月30日00UTC

台風を中心推定を行う場合、眼がはっきりしていない場合の中心推定には、複数のスパイラル状の対流雲列が指向する共通の中心を台風を中心としている。この場合、日中、可視画像の見える時間帯においてはさほど苦勞はないが、可視画像が見えなくなる夜間の中心推定には非常に神経を使う。特に、台風の発達期や衰弱期において風の鉛直シアーが大きい時などは、濃密な雲域の風上側に取り残された下層雲中に台風の中

心が見られることが多々ある。このような雲パターンをShear-patternというが、ここではそのShear-patternに近い状態の台風0304号の例を取り上げ、 $3.9\mu\text{m}$ 画像と $3.9\mu\text{m}$ 差分画像の有効性について検証する。

地上天気図を見ると、九州南海上には台風0304号がある。また、東シナ海には地上低気圧も解析されている。日本列島は日本のはるか東の高気圧から延びる気圧の尾根となっている。

夜間 5月30日18UTC

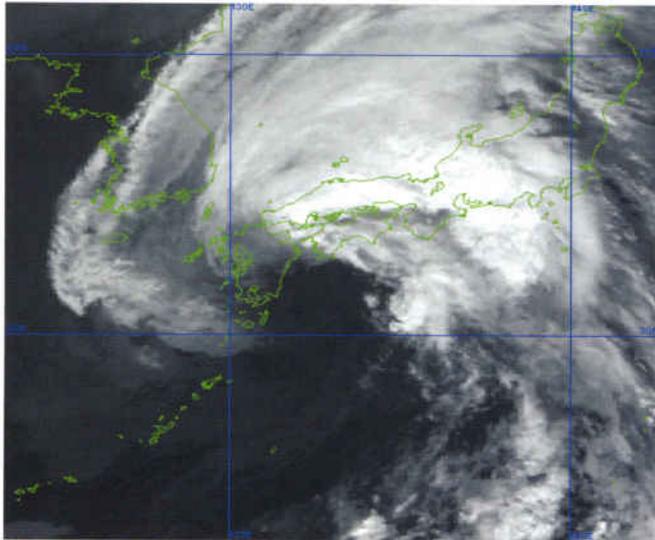


図31 赤外画像

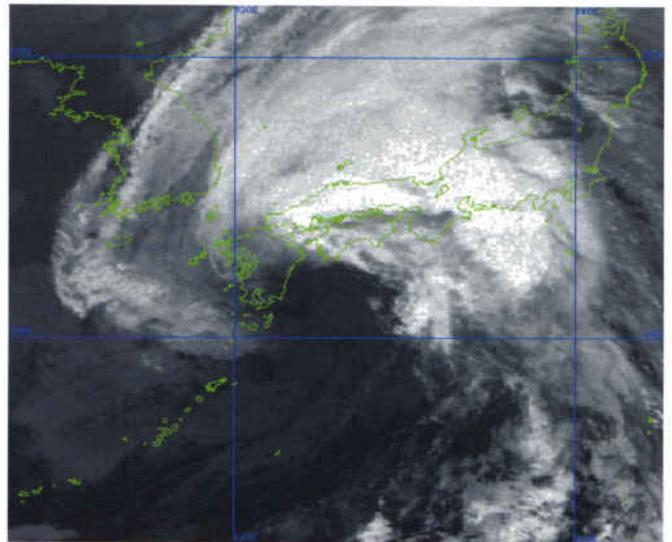


図32 $3.9\mu\text{m}$ 画像

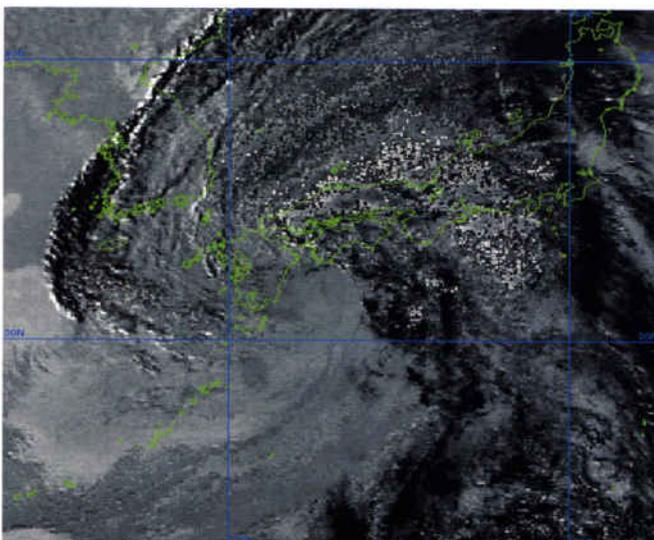


図33 $3.9\mu\text{m}$ 帯差分画像

図31～図33は、5月30日18UTCの夜間帯の画像である。南西諸島にある台風0304号はさらに衰弱し上記のShear-patternかLCV (Lowlevel Cloud Vortex: 下層雲のみの渦) とよばれる雲パターンとなっている。赤外画像と比べ3.9 μ m画像では下層雲が若干鮮明に見える程度で、中心付近の下層雲等は解析できない。この点、3.9 μ m差分画像では中心付近に入り込むスパイラル状の下層雲列や中心付近の下層雲の状態が良く表現されている。このことより、夜間帯におけるShear-patternやLCVを呈する台風の中心推定には有効といえる。

7 まとめ

新しく運輸多目的衛星 (MTSAT-1R) に搭載される3.7 μ m帯のセンサーで取得できる、3.7 μ m画像と赤外画像との差を取って作成される3.7 μ m差分画像は、日中と夜間では画像の見え方が異なる。このため、この画像を利用するには各現象別の画像特性を良く理解し利用しなければならない。この報告では、各現象別にGOES-9の3.9 μ m画像を用いてその画像の見え方と利用の可能性についてまとめた。この3.9 μ m画像がMTSATで取得できる3.7 μ m画像と同等と見なし、以下に主として3.7 μ m差分画像を利用する上での適否を表2に示す。

表2 現象別の画像上での見え方と現象解析への利用の適不

霧・層雲の検出			
日中		夜間	
赤外	暗灰色 (利用不適)	赤外	暗灰色 (利用不適)
3.7 μ m	黒色 (利用適)	3.7 μ m	明灰色 (利用不適)
3.7 μ m差分	ベール状の白色 (層厚の判別には適) (雲型判別には不適)	3.7 μ m差分	ベール状の明白色 (単層の判別には適) (多層になると不適)
活発な対流雲域の検出			
日中		夜間	
赤外	白色 (不適)	赤外	白色 (不適)
3.7 μ m	暗白色 (薄い上層雲が 除かれ、やや適)	3.7 μ m	明白色 (薄い上層雲が 除かれ、やや適)
3.7 μ m差分	白色	3.7 μ m差分	白灰混濁のドット状 (やや適)
対流雲を含まない上層雲域の検出			
日中		夜間	
赤外	白色 (不適)	赤外	白色 (不適)
3.7 μ m	薄い白色 (やや適)	3.7 μ m	薄い白色 (やや適)
3.7 μ m差分	白色 (不適)	3.7 μ m差分	黒色 (適)

台風を中心推定			
日中		夜間	
赤外	暗灰色 (不適)	赤外	暗灰色 (不適)
3.7 μ m	明灰色 (不適)	3.7 μ m	明灰色 (やや適)
3.7 μ m 差分	乳白色 (やや適)	3.7 μ m 差分	乳白色 (適)
晴天域の判別			
日中		夜間	
赤外	黒色	赤外	黒色
3.7 μ m	灰色	3.7 μ m	黒色
3.7 μ m 差分	黒色	3.7 μ m 差分	明灰色

6、あとがき

3.7 μ m データを、MASAT-1R 運用開始の時点で、即、利用できる様に GOES-9 のデータを用い 3.7 μ m データの利用についてまとめた。また、事例解析をおこなった現象の他にも、日中においては、雪氷面と下層雲の識別、夜間においては、航空機の着氷の危険性のある雲域、大規模火災域や火山活動域の検出に有効であると

いわれている。これらの有効性については、現在、「3.7ミクロン帯の画像の利用 (仮称)」について、より詳細で実践的な手引き書を平成16年10月の刊行を目指して作成中であるので、その中でまとめて補足したい。

最後に表示ソフトを作成してもらった、当課の稲沢マイクロフィルム編集係長には紙面をかりてお礼を申し上げます。

参考文献

- Hunt, G.E., 1973:Radiative properties of terrestrial clouds at visible and infra-red thermal window wavelengths, Quart J.r.Met.Soc., 99, 346-369
- Yamanouchi, T., K.Suzuki and S.Kawaguchi, 1987:Detection of Clouds in Antarctica from Infrared Multispectral Data of AVHRR, J.Meteor.Soc.Japan, 65,949-962
- Goody, R.M.and Y.L.Yung.1989:Atmospheric Radiation Theoretical Basis Second Edition, Oxford Univ.Press 4pp.
- Lilijas, e.1989:Experience of an operational cloud classification method, 4th AVHRR DATA USERS' MEETING, 73-78
- NOAA/NESDIS, CIRA:GOES3.7 μ m Channel Tutorial,
(<http://www.colostate.edu/ramm/goes39/cover.htm>)
- Ellrod, G.P,1992:Potential Applications of GOES-I 3.9 μ m Infrared Imagery, Preprint Volume, Sixth Conf. On Satellite Meteorology and Oceanography, January 5-10, 1992, Atlanta Ga., Amer.Meteor.Soc., Boston, 184-187
- Ellrod, G.P, 1995:Advance in the Detection and Analysis of Fog at Night Using GOES Multispectral Infrared Imagery. weather and forecasting, 10, 606-619.
- Lee, T.F., F.J.Turk and K.Richardson, 1997:Stratus and Fog Products Using GOES-8-9 3.9 μ m Data, Weather and Forecasting, 12, 664-677
- 操野年之、神田一史 (1995) : 「新センサー」の予報作業への利用について、平成6年度全国予報技術検討会資料、気象衛星センター、17-31.
- 山崎伸一、神田一史、山際龍太郎 (1999) : 近赤外画像を用いた夜間の霧及び下層雲の検出、気象衛星センター技術報告37号
- 気象衛星センター (2000) : 気象衛星画像の解析と利用、5-12
- 木川誠一郎 (2001) : 運輸多目的衛星新1号のイメージャーについて、気象衛星センター技術報告、39、33-37