

地球表面に接している大気混合層はエアロゾル濃度変化が最も大きいところである。海面近くのエアロゾルの多くは海塩粒子で、それは飛沫から水分が蒸発したもの、あるいは湿度の高い状態で水分が核の周りに凝縮したものであり、光学的特性は海水に近い。しかし、上層大気に含まれているエアロゾルは大気団の通過した軌跡によって特性は異なる。日本の場合は大陸の気団の影響を受けることが多いと考えられる。

大気の透過率は次式で表される。

$$\text{Eq. 5-7 } T = \exp(-\tau)$$

ここで、 $\tau$  は光学的距離を示し、消散係数を用いて次のように表される。

$$\text{Eq. 5-8 } \tau = \int_0^{\infty} \alpha(z) dz$$

この光学的距離を各特性を持った層成分に分けて表す。

$$\text{Eq. 5-9 } \tau = \alpha_m h + \tau_s + \tau_t$$

$\alpha_m$  は混合層の平均的消散係数を、 $h$  は混合層厚さを示す。また、 $\tau_t$  は対流圏上層部の光学的距離、 $\tau_s$  は成層圏の光学的距離を示し、各々は次式で表す。

$$\text{Eq. 5-10 } \tau_t = \alpha_t l_t$$

$$\text{Eq. 5-11 } \tau_s = \alpha_s l_s$$

$l_t$ 、 $l_s$  は層の厚さを示す。 $\alpha_0$  は、地表での消散係数として、平均的消散係数  $\alpha_m$  と定数因子  $f$  を用いて次のように表す。

$$\text{Eq. 5-12 } \alpha_0 = f \alpha_m$$

ここで、 $\tau_t$ 、 $\tau_s$  はLOWTRAN大気モデルから求めることができる。 $f$  が状態を表すパラメータとして混合層モデルで与えられるとすれば、 $\alpha_0$  は次式で求めることができ、視程測定データを用いて検証することができる。

$$\text{Eq. 5-13 } \alpha_0 = f (\tau - \tau_s - \tau_t) / h$$

しかし、 $f$  は多様な気象条件に対応した値が必要である。

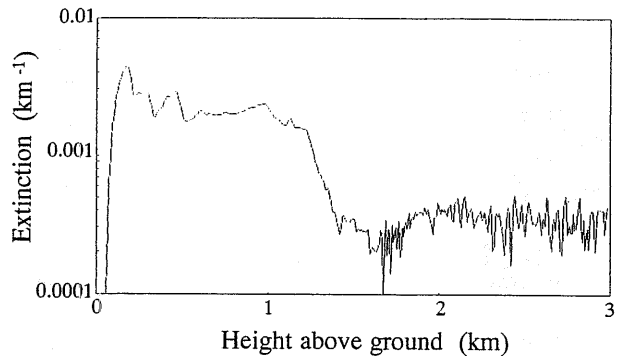
### 5.3 ライダーによる大気放射輝度の測定

ライダーの信号強度は5-14式で表すことができる<sup>15)</sup>。

$$\text{Eq. 5-14 } P(R) = \frac{C \cdot P_0 \cdot \beta(R) \cdot T^2(R)}{R^2} + P_b$$

ここで、 $P(R)$  は距離  $R$  隔たったターゲットからの信号強度、 $P_0$  はレーザ強度、 $\beta$  は体積散乱係数、 $T$  は大気の透過率、 $C$  は機器定数、 $P_b$  は背景光強度を示す。大気の透過率は5-7式で計算する。

図5-3は、大気補正のため衛星画像観測に合わせて観測したライダーデータである。この図からエアロゾルは400m以下で高い濃度でかつ鉛直方向に大きな変化が見られる。その上1.5kmまでほぼ一定の値を保った層をなしており、ここまですべてが大気混合層と考えられる。消散係数は、このようにライダーによる後方散乱の観測から求めることができる<sup>4)</sup>。ライダーを用いた実験から Eq.5-14 をもとに求めた大気の放射輝度は 0.532nm における値が0.04mW/cm<sup>2</sup>/sr (干渉フィルターのFWHM=3±0.5nm) で、スペクトル放射輝度は0.013mW/cm<sup>2</sup>/sr/nmに相当する。



Extinction coefficients measured by lidar corresponding to the satellite image. Jan. 27, 1992, am 9:55

図5-3 衛星に同期したライダー観測 (図5-4 Jan.27,1992と同期)

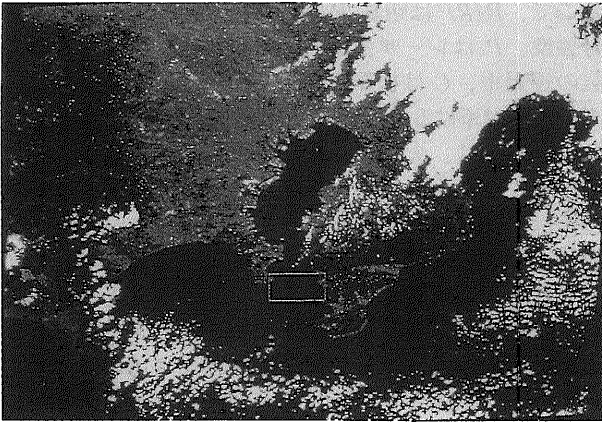
R	(a)エアロゾルが多い		(b)エアロゾルが少ない		(c)差(a-b)	
バンド	count	$\mu\text{W/cm}^2/\text{sr}$	count	$\mu\text{W/cm}^2/\text{sr}$	count	$\mu\text{W/cm}^2/\text{sr}$
3 (R)	21	1.57	18	1.33	3	0.24
2 (G)	23	2.44	20	2.07	3	0.35
1 (B)	63	3.65	58	3.34	5	0.31

$R = V (R_{\max} - R_{\min}) / 255 + R_{\min}$ 、 $V$ は補正済CCTのデジタル値、 $R$ はその時の絶対放射輝度

図4-2の値を資料4-1のLANDSAT TMを基に計算

表5-1 衛星画像の海面放射輝度の絶対値

(Jan. 27, 1992: LANDSAT TM)



TM image of Tokyo bay,  
Jan. 27, 1992



After correction(marked part)

図5-4 大気補正の効果 (Jan. 27,1992:LANDSAT TM)

一方、衛星画像の放射輝度の絶対値はLANDSATのキャリブレーションデータを使って求めることができる。資料3-4、資料4-1のデータを用いて得た値を表5-1に示す。衛星(LANDSAT 5号TMバンド2:  $0.52 \sim 0.60 \mu\text{m}$ )による放射輝度の絶対値  $0.35 \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{sr}$  をバンドスペクトル幅  $80 \text{ nm}$  で割ったスペクトル放射輝度の観測値は  $0.004 \text{ mW}/\text{cm}^2/\text{sr}/\text{nm}$  である。ライダーによる推定値が層の厚さと消散係数の測定から  $400\text{m}$ 以下の層に対する計算値であり、一方、衛星画像から求めた値はエアロゾルの濃いところと薄いところの差をとったものである。両者の差は、このように条件が少し異なっているためと考えられる。

図5-4は、ライダーによるエアロゾル放射輝度推定値を用いて、東京湾入り口における海面放射輝度の補正を行った例を示す。エアロゾル層の放射輝度分を差し引くことにより、枠内の値が、比較的低いところ

( $400\text{m}$ )にあるエアロゾルの流れが無い房総半島沿岸の海面放射輝度と近い輝度となることが分かる。このようにライダーを用いた方法によれば、観測による各大気層の放射輝度が推定でき、衛星画像大気補正の検証が可能で、モデル精度の向上が期待できる。しかし、エアロゾルの持つ水平方向の不均一さがある場合にはさらに工夫が必要である。

#### 5.4 まとめ

大気補正にはLOWTRAN大気モデルが広く用いられており有効である。しかし、対流圏下層については非常に困難であり、適応できる条件は限られている。大気放射の補正の測定精度向上のためには、大気観測用のライダーでエアロゾルの鉛直分布を直接測定すること、あるいはこれを用いて大気モデルを精密化することが有効である。

## 6.結 言

本報告では、海難事故調査及び汚染監視技術に関して調査を行って問題点を抽出し、さらに、急速な進歩を遂げている衛星画像利用の可能性と高度化のための調査・研究を行った。その結果次のことが明らかにされた。

海難事故の多く、特に衝突・座礁事故では、複数の要因が重なり関連し合っていると考えられるが、きめ細かな事故防止対策の研究には、互いに干渉しながら変化してゆく複数の要因の時系列的考察による定量的な分析評価という面からの研究強化が望まれる。不幸にして事故が生じた場合の汚染防除に関しては、一刻を争う現場には詳細情報の迅速な提供が要求されるが、現状では決定的な手段は無く、複数の補完し合うセンサーを航空機や衛星に搭載して、観測した画像情報をリアルタイムで送信できるようなネットワーク化を図る必要がある。

CCD等の光電素子を用いた小型機器や小型アクティブ検知手法の開発により、成分識別などこれまで困難であったことも可能になると期待される。衛星画像によれば、可視、赤外データを用いて、エンハンスメントと汚染に敏感なバンド(LANDSAT TMでは5バンドが油汚染には有効)を組み合わせて画像を作成することにより大規模な油汚染の検知は可能である。

しかし、小規模な汚染やより微弱な汚染検知は困難である。このような海面の変化を知るためには、系統的に蓄積されたデータを比較することが有効である。また、多くのデータについて相関関係を分析することにより、個々のデータ差からは判別し難い変化も、スペクトル相互間の傾向の相違として差を見出すことができる。

海面の衛星画像から微妙な変化を捉えるためには、エアロゾルの影響を無視することはできず、大気補正が必要である。各種の大気モデルが提案されているものの、対流圏下層に関しては十分な効果が得られない場合が多い。このような大気放射の補正とモデルの検証には、ライダーでエアロゾルの分布を直接測定し、これを用いて補正を精密化することが有効である。衛星画像に現れる水平方向の変化については更なる研究が必要である。

衛星画像による汚染監視については未だ多くの課題がある。しかし、広域汚染監視としての衛星の利用は極めて有効な手段であり、海洋環境変化の早期発見には、定期的に航空機や船舶による観測と協調してデータを集積することが有効な方策と考えられる。

その後、1997年1月にナホトカ号油流出事故が生じた。冬季で日本海には雲がかかることが多く可視・赤外の衛星観測のできる機会は少なかったが、マイクロ波によるRADARSATのSARによるOil Slickの鮮明な画像が観測された。しかし、これらが汚染防除の現場で重要な情報源として活用された報告は聞かれず、情報収集に関して本研究の行われた状況に比べて大きな変化は無かったと思われる。

最近に至っては、新たな衛星や軌道プラットフォームによる海洋観測データが次々に提供されるようになってきた。今後、空間分解能の高い、可視・赤外の精密なスペクトル画像が利用できるようになれば本報告で指摘された多くの問題が解決され、海洋汚染の防止に大いに貢献することが期待される。

## 謝 辞

ここで使用したLANDSAT データの一部は、宇宙開発事業団地球観測センターから研究向けとして提供戴いたことに謝意を表します。

## 参考文献

1. The EXXON VALDEZ OIL SPILL, A Report to the President of the United States of America, the US National Response Team (May, 1989)
2. "Exxon Valdez 号流出油事故調査について, 海上防災, '89-No62 (1989)
3. ジュリアナ号原油流出事故報告書, 海上保安庁 (1972)
4. ペルシャ湾原油流出(調査、防除)特集号, P-21, 海上防災事業家協会
5. 海上防災資料集, 海上災害防止センター (平成5年1月)
6. 大量油流出事故の防除に係わる条約対応のための緊急調査報告書, 海上保安庁 (平成2年)
7. OSPAR計画報告書, 運輸省運輸政策局環境・海洋課, 海上保安庁警備救難部海上防災課 (平成6年)
8. Vincent, R. K., Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing, Prentice Hall (1997)
9. Valley, S.L., ed. Handbook of Geophysics and Space Environments, McGraw-Hill, New York (1965)
10. Lintz, J., Jr. and Simonett, D.S. Remote Sensing of the Environment, Addison-Wesley (1976)
11. Tyler, J.E. and Preisendorfer, R.W., The Sea (M.H.Hill, Ed.), Wiley-Interscience, New York (1962)
12. Horvarth, R. Larrow, V. and Steward, S. "Measurement and Analysis Program for Oil Slick Characteristics", Quaterly Progress Report, Jan.1-March31, Willow Run Laboratory, University of Michigan.
13. O'Neil, R. A. et al., Environment Canada Report Number EPS-4-EC-83-3, Ottawa (1983)
14. The Archimedes Experiment, Commission of the European Communities (1985)
15. Measures, R.M., Laser Remote Sensing, John Wiley & Sons, (1984)
16. 和達清夫他編, リモートセンシング, 朝倉書店 (1976)
17. 杉森康宏, 海洋のリモートセンシング, 共立出版 (1982)
18. John R. Jensen, Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective (1986)
19. Gordon, H. G., "Removal of atmospheric effects from satellite imagery of the oceans", Applied Optics, Vol.17, p1631 (1978)
20. Hovis, W.A. and Clark, D.K., Opt. Eng., Vol 16, P157 (1977)
21. Douglas Cormack, "Remote Sensing Techniques for Detecting Oil Slick at Sea", Proc. Oil Spill Conf., p95 (1987)
22. Yvon, J.F., Rolland, B., "Real time processing of oil spill remote sensing data", Proc. Oil Spill Conf. p71 (1987)
23. O'Neill, N.T., Miller, J.R. and Ahern, F.J., Proceedings 5th Canadian Symposium on Remote Sensing, p572 (1978)
24. Gordon, H.R., Brown, J.W. and Evance, R. H., "Exact Rayleigh scattering calculations for use with the Nimbus-7 Coastal Zone Color Scanner", Applied Optics, Vol.27, p862 (1988)
25. Hovis, W. A., et al., "Nimbus-7 Coastal Zone Color Scanner: System Description and Initial Imagery", Science, Vol.210, p60 (1980)
26. ERSDACニュース No.31 (1992)
27. リモートセンシング技術センターホームページ (<http://www.restec.or.jp>)
28. 宇宙開発事業団地球観測センターホームページ

- (<http://www.eoc.nasda.go.jp>)
29. 地球観測データ利用ハンドブック LANDSAT編・改訂版, 宇宙開発事業団
  30. Landsat data user's notes, EOSAT, Volume 4, Number 2 - June (1989)
  31. Landsat data user's notes, EOSAT, Volume 6, No.1,P-7, Spring (1991)
  32. RESTEC MOS-1 カタログ
  33. 地球観測データ利用ハンドブックJERS-1編, 宇宙開発事業団
  34. RESTEC JERS-1 カタログ
  35. 地球観測データ利用ハンドブックSPOT編, 宇宙開発事業団
  36. Gordon, H.G., et al., "Phytoplankton pigment concentrations in the Middle Atlantic Bight: comparison of ship determinations and CZCS estimates", Applied Optics, Vol.22. P20 (1983)
  37. Bullrich, K., Scattered Radiation in the Atmosphere and the Natural Aerosol, in Advances in Geophysics (Academic P., New York, vol.10 (1964)
  38. Kneizys, F. X., et al. Atmospheric Transmittance/Radiance: Computer Code LOWTRAN 6 (1983)
  39. Hurford, N., "The Remote Sensing of Oil Slicks", Lodge, A. E. ed. (1989)
  40. Yamagishi, S., Yamanouchi, H. and Tsuchiya, M., "Lidar Observation of Marine Mixed Layer", 16th International Laser Radar Conference, NASA CP3158, p719 (1992)
  41. Klett, J.D., "Stable analytical inversion solution for processing lidar return", Applied Optics, Vol.20,P211 (1981)
  42. 山之内博, 山岸 進, "有害液体物質のリモートセンシングに関する研究, 第1報 衛星画像処理システムについて", 第55回船舶技術研究所研究発表会講演集 (1990)
  43. 山之内博, 山岸 進, "有害液体物質のリモートセンシングに関する研究, 第2報 流出油分の画像抽出について", 第61回船舶技術研究所研究発表会講演集 (1993)
  44. 山之内博, 山岸 進, "衛星データによる大規模流出油の画像", 第23回安全工学シンポジウム (1993)
  45. Yamagishi, S., Yamanouchi, H., "Effects of the Marine Atmospheric Boundary Layer for Detecting the Pollution", UJNR (1994)
  46. 山之内博, 山岸 進, "海洋汚染物質のリモートセンシングに関する研究, 第3報 海面放射輝度の変化について", 第61回船舶技術研究所研究発表会講演集 (1994)
  47. Yamagishi, S., Yamanouchi, H., "Effects of the Marine Atmospheric Boundary Layer for Detecting the Pollution by Satellite Images", UJWST (1994)
  48. 山之内博, 山岸 進, "海洋汚染物質のリモートセンシングに関する研究", 第18回リモートセンシング学会講演会 (1995)
  49. 山之内博, 山岸 進, "海洋汚染物質のリモートセンシングに関する研究, 第4報 スペクトル変化の抽出について", 第63回船舶技術研究所研究発表会講演集 (1995)
  50. Yamanouchi, H., and Yamagishi, S., "A Study of Remote Sensing of Marine Pollutants ", MARIENVE'95 (1995)

## 資料

資料3-1 LANDSAT (地球観測衛星)<sup>29)</sup>

## 主要諸元

高度:	900~950Km (LANDSAT-1)
	900~914Km (LANDSAT-2)
	897~918Km (LANDSAT-3)
	705Km (公称) (LANDSAT-4,5)
軌道:	太陽同期準回帰軌道
回帰周期:	18日 (LANDSAT-1,2,3)
	16日 (LANDSAT-4,5)

## 設計寿命:

打ち上げ日:	LANDSAT-1 1972年7月23日
	LANDSAT-2 1975年1月22日
	LANDSAT-3 1978年3月5日
	LANDSAT-4 1982年7月16日
	LANDSAT-5 1984年3月1日

## MSS (多重スペクトル走査放射計スペクトルバンド)

	LANDSAT-1,2,3	LANDSAT-4,5
バンド4	0.5~0.6 $\mu\text{m}$	0.495~0.605 $\mu\text{m}$
バンド5	0.6~0.7 $\mu\text{m}$	0.603~0.698 $\mu\text{m}$
バンド6	0.7~0.8 $\mu\text{m}$	0.701~0.813 $\mu\text{m}$
バンド7	0.8~1.1 $\mu\text{m}$	0.808~1.023 $\mu\text{m}$
バンド8	10.4~12.6 $\mu\text{m}$ (L-3のみ)	

## RBV (リターンビームビジョコンカメラ)

LANDSAT-1,2号では3台のカメラによるマルチバンド画像
LANDSAT-3では2台のカメラによるパンクロマチック画像
(観測波長帯 0.505~0.75 $\mu\text{m}$ )

## TM (セマティックマップパ スペクトルバンド)

バンド1	0.45~0.52 $\mu\text{m}$
バンド2	0.52~0.60 $\mu\text{m}$
バンド3	0.63~0.69 $\mu\text{m}$
バンド4	0.76~0.90 $\mu\text{m}$
バンド5	1.55~1.75 $\mu\text{m}$
バンド6	10.4~12.5 $\mu\text{m}$
バンド7	2.08~2.35 $\mu\text{m}$

資料3-2 LANDSAT MSSとMOS MESSRの入射光量とアルベド<sup>29)</sup>

放射計 バンド	MSS (LANDSAT)				MESSR			
	4	5	6	7	1	2	3	4
波長帯(μm)	0.50~0.60~0.70~0.80~ 0.60 0.70 0.80 1.10				0.51~0.61~0.72~0.80~ 0.59 0.69 0.80 1.10			
波長帯内太陽放射輝度 (mw/cm <sup>2</sup> /sr)	6.139 5.176 4.048 7.843				4.898 4.148 3.157 7.843			
最大放射輝度 (mw/cm <sup>2</sup> /sr)	2.48 2.00 1.76 4.60				2.25 1.87 1.61 5.36			
最大放射輝度 (%) / 波長帯内太陽放射輝度	40 39 44 59				46 45 51 68			
最大放射輝度の反射率変換値	50 49 55 74				50 49 55 74			
最小放射輝度 (mw/cm <sup>2</sup> /sr)	0.22 0.19 0.16 0.30				0.20 0.17 0.15 0.35			
最小放射輝度 (%) / 波長帯内太陽放射輝度	3.6 3.7 4.5 3.8				4.2 4.3 4.6 4.4			
最小放射輝度の反射率変換値*	4.5 4.7 5.0 4.8				4.5 4.7 5.0 4.8			

\*地球の反射(地表、大気等を総合した反射がランベルトの法則に従うものとした場合の反射率(アルベドに相当))  
(注) MESSRの値は太陽放射強度、地方時角の違いによってMSSの最大・最小放射輝度を変換した。  
各地方時はMSS (LANDSAT) 9時30分  
MESSR (MOS-1) 10時30分とした。

資料3-3 LANDSAT/MSSの最大、最小放射輝度<sup>29)</sup>  
単位 (mW/cm<sup>2</sup>/sr)

Band	ランドサット 2号		ランドサット 3号		ランドサット 4号		ランドサット 5号		バンド幅 (μm)
	Rmin	Rmax	Rmin	Rmax	Rmin	Rmax	Rmin	Rmax	
4	0.08	2.63	0.04	2.50	0.04	2.38	0.04	2.38	0.1
5	0.06	1.76	0.03	2.00	0.04	1.64	0.04	1.64	0.1
6	0.06	1.52	0.03	1.65	0.05	1.42	0.05	1.42	0.1
7	0.11	3.91	0.03	4.50	0.12	3.49	0.12	3.49	0.3

(ただしローゲイン値を示す)

資料3-4 LANDSAT5号TMの最大、最小放射輝度<sup>29)</sup>  
単位 (mW/cm<sup>2</sup>/sr)

Band	Rmin	Rmax	バンド幅 (μm)
1	-0.0099	1.004	0.066
2	-0.0227	2.404	0.081
3	-0.0083	1.410	0.069
4	-0.0194	2.660	0.129
5	-0.00799	0.5876	0.216
6	0.1534	1.896	1.239
7	-0.00375	0.3595	0.250

資料3-5 SPOT (System Probatoire d'Observation de la Terre)<sup>35)</sup>

主要諸元

高度: 約832Km  
軌道: 太陽同期準回帰軌道  
回帰周期: 26日  
打ち上げ日: SPOT-1 1986年2月22日  
SPOT-2

HRV (High Resolution Visible Imaging System)

スペクトルバンド 衛星直下の画素  
(XS) マルチスペクトルモード 0.50~0.59 μm 20\*20m  
0.61~0.68 μm  
0.79~0.89 μm  
(P) パンクロマチックモード 0.51~0.73 μm 10\*10m  
観測平面鏡の角度の変更により斜視観測が可能

資料3-6 SPOT等価ラジアンズに従って決定された測定のレンジ<sup>35)</sup>

SPOT等価ラジアンズレベル	XS1	XS2	XS3	P
L <sub>1</sub>	8.56	4	2.36	5.4
最小 (ρ=0.02)	(ρ=0.01)	(ρ=0)		
L <sub>2</sub>	181	184	129	178
平均				
L <sub>3</sub>	350	355	262	345
最大 (ρ=0.02)	(ρ=0.8)	(ρ=0.9)		

注) ラジアンズLの計測単位: W/m<sup>2</sup>/sr/μm

ρの値はXSモードのL<sub>1</sub>とL<sub>2</sub>を決定するのに用いた反射率  
ここでは、通常Rで表すラジアンズをフランス語の輝度L (luminance) を用いている。  
バンド毎の最小等価ラジアンズと最大等価ラジアンズ (L<sub>1</sub>とL<sub>3</sub>) は有効測定範囲の上限と下限に相当している。  
等価ラジアンズL<sub>3</sub>が太陽仰角75度の時の値であるのに対して、等価ラジアンズL<sub>2</sub>は、30度の太陽仰角に対して定義されている。

資料3-7 MOS-1 (海洋観測衛星 もも1号)<sup>32)</sup>

主要諸元

高度: 909Km  
軌道: 太陽同期準回帰軌道  
回帰周期: 17日  
打ち上げ日: MOS-1 1987年2月19日  
MOS-1b 1990年2月7日

光学センサー

MESSR (可視近赤外放射計スペクトルバンド)

バンド1 0.51~0.59 μm  
バンド2 0.61~0.69 μm  
バンド3 0.72~0.80 μm  
バンド4 0.80~1.10 μm

VTIR (可視熱赤外放射計スペクトルバンド)<sup>30)</sup>

可視 0.5~0.7 μm

	赤外	6.0~7.0 $\mu\text{m}$ 10.5~11.5 $\mu\text{m}$ 11.5~12.5 $\mu\text{m}$
地上分解能		50m (MESSR) 約 1 Km (VTIR可視波長域) 約 3 Km (VTIR赤外波長域)
CCD素子の数		2048/バンド (MESSR)
観測幅		185Km (MESSR) 1500Km (VTIR)
MSR (マイクロ波放射計)		
観測周波数		23.8 $\pm$ 0.2GHz 31.4 $\pm$ 0.25GHz
観測幅		317Km

資料3-8 OPS総合S/N<sup>32)</sup>

バンド	高入力レベル 注(1)		低入力レベル 注(2)	
	S/N (db)	入射光量 (W/m <sup>2</sup> /sr/ $\mu\text{m}$ )	S/N (db)	入射光量 (W/m <sup>2</sup> /sr/ $\mu\text{m}$ )
1	36	324	23	64.8
2	35	250	22	50.0
3	36	248	23	49.6
4	36	239	23	47.8
5	32	33.3	19	6.66
6	30	17.8	16	3.56
7	28	13.7	14	2.74
8	24	10.8	10	2.16

注(1) OPS総合のダイナミックレンジ内で、最大の入射光量を高入射レベルと定義する。

注(2) 低入力レベルは、高入力レベルの1/5で定義する。

資料3-9

JERS1 衛星 (地球資源衛星1号:ふよう1号) <sup>33,34)</sup>

主要諸元

高度:	568Km
軌道:	太陽同期回帰軌道
回帰周期:	44日
設計寿命:	打ち上げ後2年
打ち上げ日:	1992年2月11日
合成開口レーダ	
周波数及び偏波	1.275GHz (L-band) ,HH
入射角	38.5度 (Swathの中心まで)
光学センサー	

VNIR (可視近赤外放射計スペクトルバンド)

バンド1	0.52~0.60 $\mu\text{m}$
バンド2	0.53~0.69 $\mu\text{m}$
バンド3	0.76~0.86 $\mu\text{m}$
バンド4	0.76~0.86 $\mu\text{m}$

SWIR (近赤外放射計スペクトルバンド):

1993年12月より観測停止	
バンド5	1.60~1.71 $\mu\text{m}$

バンド6	2.01~2.12 $\mu\text{m}$
バンド7	2.13~2.15 $\mu\text{m}$
バンド8	2.27~2.40 $\mu\text{m}$
立体観測 (Stereo angle)	15.3度 (バンド4)
地上分解能	約18m
CCD素子の数	4096/バンド
観測幅	75Km

資料3-10

ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite) <sup>28)</sup>

地球観測プラットフォーム技術衛星「みどり」

打ち上げ日 1996年8月17日 (その後制御不能となった。)

搭載センサー

高性能可視近赤外放射計 (AVNIR)

マルチスペクトラルバンド (MU)

0.42~0.50  $\mu\text{m}$

0.52~0.60  $\mu\text{m}$

0.61~0.69  $\mu\text{m}$

0.76~0.89  $\mu\text{m}$

地上分解能 16m

観測幅 (直下) 80Km

パンクロマチックバンド (Pa)

0.52~0.69  $\mu\text{m}$

地上分解能 8 m

観測幅 (直下) 80Km

海色海温走査放射計

(OCTS: Ocean Color and Temperature Scanner)

観測波長、S/D、NEDT/Spectral Band

バンド( $\mu$ )	入力輝度 Radiance (W/square meter/sr/ $\mu\text{m}$ )	S/D、NEDT
0.402~0.422	145	450
0.433~0.453	150	500
0.480~0.500	130	500
0.510~0.530	120	500
0.555~0.575	90	500
0.655~0.675	60	500
0.745~0.785	40	500
0.845~0.885	20	450
3.55~3.88	0.15K	
8.25~8.80	0.15K	ターゲット温度 Target Temperature
10.3~11.4	0.15K	@300K
11.4~12.5	0.20K	

改良型大気周縁赤外分光計 (ILAS)

極域成層圏のオゾンを監視・研究するための大気センサー

太陽を光源として対流圏上部から成層圏の赤外 (850—1610cm<sup>-1</sup>) 及び可視 (753—784nm) の2つのバンドでの大気の周縁方向の吸収スペク

トルを測定  
 オゾン全量分光計 (TOMS)  
 地球大気のアルベドを測定  
 観測波長  
 308.6、312.5、317.5、322.3、331.2、360.0nm  
 NASA散乱計 (NSCAT)  
 2日ごとに、全海域の90%の風速と風向を天候に左右されることなく、観測  
 特殊なマイクロ波レーダーであり、アンテナから地球表面の広い海域にわたって14GHz帯のパルス電波を発射し、同一アンテナで海上からの後方散乱波を受信  
 地表反射光観測装置 (POLDER)  
 地球表面、エアロゾル、雲、海で反射される太陽光の偏光、方向性及び分光特性を測定、可視から近赤外までの8つのバンド(443、490、565、665、763、765、865、910nm(偏光なし)、443、665、865nm(3種の異なる偏光))を観測  
 温室効果気体センサ (IMG)  
 地球の熱放射収支、大気温度の垂直分布、地表温度、雲の物理的特性を監視、研究するためのセンサ観測スペクトル範囲714~3030cm<sup>-1</sup>(14~3.3μm) IMGはマイケルソン干渉計を用いたフーリエ変換赤外分光計  
 地上・衛星間レーザー長光路吸収測定用リトロフレクタ (RIS)  
 地上から発射されるレーザー光を地上に反射するためのリトロフレクターで、往復の光路の大気中の微量分子の濃度を測定

打ち上げ日 1995年11月4日(カナダ)  
 寿命 5年  
 搭載センサー  
 合成開口レーダー  
 Cバンド(5.6cm)  
 観測対象により入射角を20度から50度(60度まで可能)の間で変化可能なポインティング機能  
 7つの観測モードにより  
 分解能は10~100m  
 走査幅は50~500Km

資料 4-1 MSS・TM デジタル値から絶対放射輝度への変換式<sup>29)</sup>

MSS・TMでは観測された放射輝度(mW/cm<sup>2</sup>/sr)はデジタル値で出力される。通常のデータ利用においてはバンド間あるいは単バンド中のデジタル値の差異を議論し、絶対放射輝度を問題とすることは少ない。しかし、大気効果の補正等のようにMSS/TMで測定された絶対放射輝度が必要となる場合もあるので、デジタル値から絶対放射輝度を求める変換式を示す。

地上で補正されたデジタル値は観測放射輝度と線形関係にあるのでMSS/TMデータの絶対放射輝度値は式6-1により求めることができる。

$$R = V/D_{max} (R_{max} - R_{min}) + R_{min} \quad (6-1)$$

$$D_{max} = 127 : MSS$$

$$= 255 : TM$$

ここで、Vは補正済CCTのデジタル値、Rはその時の絶対放射輝度、R<sub>max</sub>、R<sub>min</sub>は検出器の最大および最小放射輝度であり、デジタル値D<sub>max</sub>および0にそれぞれ対応している。すなわち、入力放射輝度がR<sub>max</sub>以上の時、出力はD<sub>max</sub>になりR<sub>min</sub>以下の入力放射輝度に対し出力が0になる。ランドサット2号から5号までのMSSに対するR<sub>max</sub>、R<sub>min</sub>の値を資料3-3に、ランドサット5号のTMに対するR<sub>max</sub>、R<sub>min</sub>の値を資料3-4に示す。

TMの熱バンド(バンド6)のデータにおける放射輝度R(mW/cm<sup>2</sup>/sr/μm)と絶対温度T(K)の関係は、 $R = 5.1292 \times 10^{-5} T^2 - 1.7651 \times 10^{-2} T + 1.6023$  (6-2)により与えられる。デジタル値0に対応する温度は200K、255に対応する温度は340Kである。

資料 3-11 ERS-1 (ヨーロッパ リモートセンシング衛星1号)<sup>27)</sup>

主要諸元  
 高度 780Km  
 軌道 太陽同期軌道  
 回帰周期 35日(標準)  
 搭載センサー  
 SAR(合成開口レーダー)  
 SCAT(測風散乱計)  
 RA(レーダー高度計)  
 ATSR-M(走査放射計及びマイクロ波サウンダ)  
 LRR(レーザー反射鏡)  
 PRARE(精密測距装置)

資料 3-12 RADARSAT (CANADA)<sup>27)</sup>

主要諸元  
 高度 798Km  
 軌道 太陽同期準回帰軌道  
 回帰周期 24日