

最近の気象衛星搭載用測器について*

土 屋 清** (宇宙開発事業団人工衛星設計グループ)***

1. まえがき

人工衛星による自然環境の観測が始まってからすでに13年が経過した。この間衛星本体の構造、衛星搭載用測器、データ取得の手段・処理・利用法などについて絶えず開発が続けられ、最近は特に気温、水分の3次元分布、地表面の物理量の測定の問題が採りあげられている。これらについては筆者も既に数回紹介した^{10~13)}。測器、資料処理の理論、利用については小平²⁾、嘉納¹⁾、広田^{3,4)}、渡辺¹⁵⁾の詳しい解説がある。ここでは前に紹介した SIRS や VTPR 以後の最近の衛星用測器について紹介する。

2. 衛星搭載用測器の必要条件

衛星搭載用測器には、地上で使うものと違って多くの面倒な条件が課せられる。それらの主なものを列挙すると次のようになる。

- (1) 小型で軽量であること。
- (2) 衛星打上時の強い衝撃や振動に耐えられること。
- (3) 作動のための電源が小さいこと。
- (4) 測器の各部品はすべてが堅牢で宇宙環境の下でも劣下しないこと。このことは特に重要な要素で、地上で使う測器の場合は、1ヶ所弱い所があっても部品の交換や修理が可能であるが、衛星の場合は命取りになる。
- (5) 測器の機能の環境温度変化による影響が小さく、複雑な冷却装置を必要としないこと。
- (6) 地上へのデータ送信が容易であること。

3. 大気物理量の垂直分布観測用の測器

この目的のために開発された測器は、 15μ の CO_2 吸収帯のエネルギーを測定する分光計が基礎で、基本的な

第1表 NEMS 各チャンネルの特性

チャンネル	中心周波数	分解能	備考
1	22.235GHz	} 高度 1,100km のとき約 200km	H ₂ O 吸収帯
2	31.40 "		"
3	53.65 "		O ₂ 吸収帯
4	54.90 "		"
5	58.80 "		"

原理はすでに紹介してある SIRS (NIMBUS 3号と4号に搭載された)や VTPR(現在の現業用気象衛星 NOAA シリーズに搭載されている)と同じである。

これらの測器でもかなりの成果があり、特に成層圏の一層の温度分布には役立っている(広田^{3,4)})。天気予報のために最も必要とする対流圏の温度の3次元分布を得ようとする場合、雲や水蒸気の影響のために必ずしも満足すべき結果は得られない。これらの影響を少なくするためと地表面の物理的性質を観測するために、最近急にマイクロ波分光計の開発が盛んになった。次に NIMBUS 5号に搭載されて実験されているマイクロ波分光計 ITPR と THIR の概要を述べる。

3.1 NEMS (NIMBUS E マイクロ波分光計)

この分光計は、Staelin & Barath (1972) の開発したものである。

これまでも狭い地域に対しての航空機による実験は数多くあるが、衛星に搭載しての全球規模の観測実験は、この NEMS と次の節に述べる SCR と ESMR が最初のものである。

(1) NEMS の実験目的

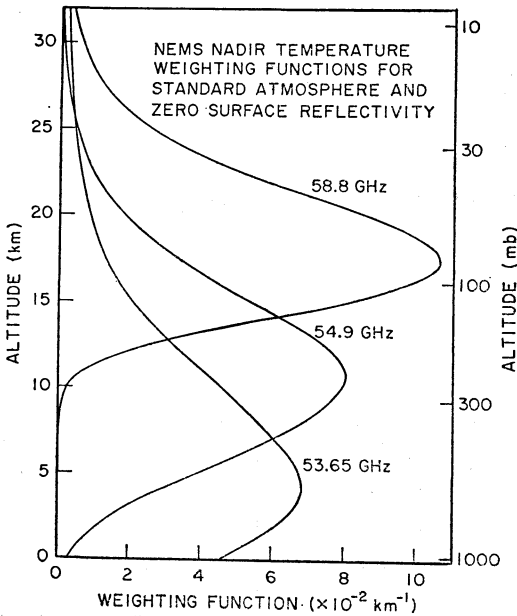
このマイクロ波分光計では、気温の垂直分布のほか、大気中の水分、雲の含水量、氷の性質、土壌(表面付近)水分の測定の可能性などについての実験が行われている。

* On Recent Instruments for Meteorological Satellites.

** K. Tsuchiya

*** Satellite Design Group, National Space Development Agency of Japan.

—1973年9月10日受理—



第1図 NEMS の Weighting Function.

(2) NEMS の機構

NEMS は、次の5個のユニットから成る。H₂O 放射計ユニット、O₂ 放射計ユニット、データ/プログラマユニット、電源ユニット、ペンチチェックアウトユニット。分光計の各チャンネルの特性は第1表のとおりである。

チャンネル3~5は主に気温の垂直分布の測定用のチャンネルであり、チャンネル1と2は大気中の水分と地表面の射出度測定のためのものである。

各チャンネルは完全に独立していて、それぞれが別のON/OFF コマンドにより別の回路から電源供給を受ける。ただし2個のH₂Oチャンネルと3個のO₂チャンネルは、それぞれが共通の冷却装置を有していて、キャリブレーション用ロードと基準ロードは同一の温度を保つようにしてある。

H₂O および O₂ チャンネルユニットは次のコンポーネントから成り立っている。

- i) 衛星直下を向いたシグナルアンテナ
- ii) キャリブレーション・ロード (放射冷却される)
- iii) 測器の周囲温度測定用ベース・ロード
- iv) シグナル入力用スイッチ
- v) キャリブレーション入力用スイッチ
- vi) Dicke スイッチ
- vii) 基準 (Dicke) ロード

viii) ミキサー, IF 前置増幅器

ix) ローカルオシレータ

x) IF 増幅器, デテクター, ビデオ増幅器

xi) ビデオ, 位相デテクタ, DC 増幅器

xii) 基準オシレータ, スイッチ・トリガーおよび駆動部

(3) NEMS の精度・原理

この測器の観測値から、気温の垂直分布を求めることは、SIRS や VTPR の場合と同じもので、すでに多くの論文や詳しい解説 (例えば嘉納¹⁾) がある。ここでは NEMS の資料の特性について、簡単に述べる。

衛星の NEMS の波数 ν に感度を有するチャンネルの感知する Intensity は、習慣的に、相当輝度温度 (Equivalent brightness temperature) で表わしていて、(1) 式のようになる (Staelin ら²⁾)。

$$T_B(\nu) = \varepsilon T_S e^{-\tau} + \int_0^{\infty} T_h W(h, \nu) dh \quad (1)$$

ここで $T_B(\nu)$ は波数 ν の輝度温度、 W は波数 ν のチャンネルの weighting function で、第1図に示すような分布をしている。 ε と $e^{-\tau}$ はそれぞれ射出度と透過度を表わす。 W は 4, 12, 18km で最大で、水蒸気量、温度プロファイルおよび地表面射出度に依存するがその度は小さい。NEMS は絹雲や水分の量が 0.01 gm/cm² 以下の雲には影響されない。水分の量が 0.1gm/cm² 以上の雲の場合の誤差は、海上では 1°K 以下で、陸上では 2°K 以下である。修正を加えたものでは、誤差は 1°K 以下にすることができ、推定温度プロファイル誤差 3°K 以下にすることができる。

H₂O バンドによる水分の推定は次のような原理による。すなわち海上では、チャンネル2 (波長 9 mm) はチャンネル1 (13mm) 比較して、雲に対しては2倍の感度を持つが、水蒸気の場合には0.5倍しかないからである。水蒸気推定の誤差は 0.1gm/cm² ぐらいで、水の量の推定誤差は、0.04gm/cm² である。ただし海面が非常に荒れていて飛沫が多かったり、太陽の反射が強い場合には誤差が大きくなる。

3.2 SCR (選択チョッパー放射計)

この放射計はイギリスの Houghton & Smith(1972) の開発したもので、各チャンネルの特性を第2表に示す。

この放射計の特徴は、CO₂ バンドの測器の中に異なった量の CO₂ が入っていて、自身で Calibration を行って 50km までの成層圏の垂直気温分布を正確に推定することを目的としたものである。いっぽう大気の窓領域についても、11.6, 3.6 および 3.3 μ の3チャンネルが

第2表 SCR チャンネルの特性

チャンネル	波数中心 (cm ⁻¹)	半幅値幅 (cm ⁻¹)	フィルタの型	Path 長さ (mm)	圧力CO ₂ (mb)	He を含む全圧 (mb)	視野角 (度)	ビームスプリッター	デテクタ	
A 1	668.5	9.0	DHW				} 1.5	} サファイア	Self-Poling TGS 焦電型	
A 2	688.5	9.0	"							
A 3	707.4	9.3	"							
A 4	726.5	12.6	"							
B 1	668.2	3.4	FP	3	0	13	} 2.2	} Ge		
B 2	668.2	"	"	3	40	49				
B 3	668.2	"	"	3	95	103				
B 4	668.2	"	"	3	310	325				
C 1	110*	18	MESH				} 1.5	} Ge		
C 2	202		2nd オーダー FP MESH							
C 3	536.4		13.3							DHW
C 4	859		89							"
D 1	3710	72	"					} サファイア		Pbs
D 2	3805	100	"							
D 3	4260*	50	"							
D 4	2817									

* edge filter: 端の値

ある。

(1) 光学系

16チャンネルは、第2表に示すように4個のフィルタ車から成り、4個のフィルタ車にはそれぞれ light パイプ/デテクタがについて (第2図参照)、チャンネルBには4つのセルがあり、その4つの各々に異なった量の炭酸ガスを封入してある。

SCR による観測は次のようになされる (第2図参照)。

地球からの放射は、最初にキャリブレーション鏡(A)で図の左側にあるだ円鏡(B)の方向に反射させられる。反射させられた放射は、主ビームに対して45度の角度でとりつけた反射用の“bowtie”チャップパーに到達する。チャップパーの回転に伴い、地球からの放射は反射されてビーム・スプリッターに到達するものと、チャップパーを通過して第2のビーム・スプリッターに到着するものとに分れる。

チャンネルAとDのビーム・スプリッターはサファイアで作られている。Aチャンネルから入ってくる放射は反射し、Dチャンネルから入ってくる放射は透過させ

る。チャンネルBとCのビーム・スプリッターはゲルマニウムで、CO₂ 吸収帯である15μのBチャンネルを透過させチャンネルCからの放射は反射する。このようにして分割されたビームは、4個の light pipe の入口にあるレンズによって一点に集められる。

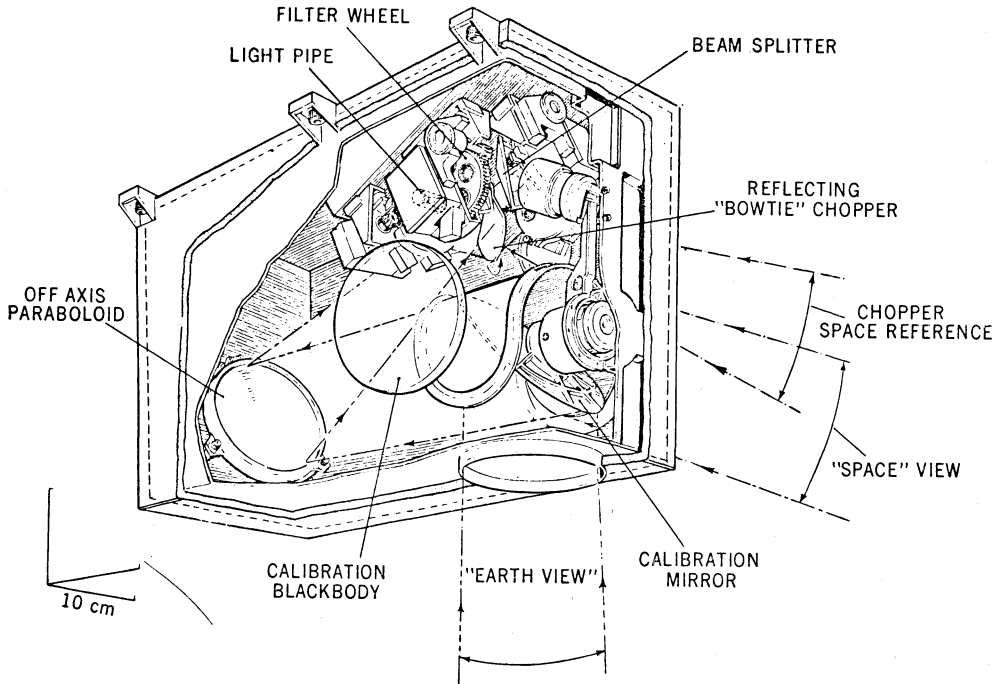
各チャンネルの視野角は、light pipe の入口の直径とだ円反射鏡によって決まり、チャンネルA、C、Dは1.5度、Bは2.2度である。

フィルタステッピング……4個のフィルタ車は、衛星の1Hzの時計に同期してステップする。ステップ時間は150msで、次の850msの間静止する。フィルタ車はコマンドによりどこでも静止させることができる。

また16個のチャンネルが同一の鉛直の気柱を見ることができるよう、キャリブレーション鏡は3.85秒の間、衛星の軌跡の方向に傾けられるようになっている。観測が終ると0.15秒で元に戻る。

3.3 ITPR (赤外温度プロファイル放射計)

基本的には、SIRS や VTPR と同じである。主な相違は解像が良いという点で、雲のある点の垂直温度をSIRS や VTPR よりも高い精度で得られる。ITPR の



第2図 SCR の光学系

第3表 ITPR のスペクトル特性と光学系の概要

チャンネル	中心波数 (cm ⁻¹)	半幅値 (cm ⁻¹)	NEN (mW/m ² sr ² cm ⁻¹)
1	2683	430	0.004
2	899.0	39.5	0.192
3	747.0	17.2	0.192
4	713.8	17.0	0.192
5	689.5	15.2	0.187
6	668.3	5.3	0.500
7	507.3	84	0.195

測器の型	光学系の前では cassegrainian 型で光学系の後では反射型
視野	円形, half power 1.45度, 97% power 1.84度. 走査は, 衛星の軌道面に対して両側に 35.1度づつ
光学系	プログラム方式による走査鏡の回転は 25 Hz. TGS 焦電型 デテクタ. 長さ×幅×20 高さ=19.8×10.25×10.75 (インチ), 重量 20ポンド.

ルから成り, それぞれの特性は第3表に示すとおりである。

各チャンネルのアメリカ標準大気に対する weighting function は第3図のとおりである。20μ の H₂O チャンネル (channel 7) は大気中の水蒸気の総量の推定に使われ, 他のチャンネルは気温の垂直分布の推定に使われる。

波数 ν のチャンネル測定値 (Intensity) I(ν) は(2)式で表わす。

$$I(\nu) = B[\nu, T(p_s)] \tau(\nu, p_s) - \int_0^p B[\nu, T(p)] \frac{d\tau(\nu, p)}{d \ln p} d \ln p \quad (2)$$

B, p, τ(ν, p) はそれぞれ planck function, 気圧, 気圧レベル p と大気の上限との間の透過度, 添字の s は地表を表わす。

正確な3次元温度分布の推定のためには, 各チャンネルごとに“clear column”輝度温度が必要である。このためには地表面の正確な温度の情報が必要になるが, これは2つの窓領域チャンネル, (3.7μ と 11μ) から得られる。

開発は, NESS の L. Smith ら (1972) による。

ITPR は, 大気の窓領域 (11μ, 3.7μ), 15μ CO₂ 吸収帯 (4チャンネル) と 20μ H₂O 吸収帯の7チャンネル

第4表 ラジオゾンデ観測と ITPR および NEMS の輝度温度との関係、全緯度(1973年3~4月)
(Smith 1973による)

チャンネル 気圧	各チャンネルの相関係数 (r)							重相関係数 (R) と標準誤差 (Se)						ゾンデ 観測標準 偏差		
								ITPR		NEMS		ITPR + NEMS				
	13.4 μ	53.7 GHz	14.0 μ	54.9 GHz	14.5 μ	58.8 GHz	15 μ	R	Se	R	Se	R	Se			
$\times 10\text{mb}$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$	$\times 1/100$
100	99	95	94	34	-47	-86	63	99	23	98	40	99	19	202		
85	94	99	96	45	-55	-91	51	98	25	98	22	98	21	121		
70	93	98	97	48	-54	-90	50	99	21	99	21	99	16	120		
50	91	98	97	55	-52	-89	50	98	22	98	23	99	19	117		
40	86	97	96	62	-50	-87	47	98	23	97	25	98	20	109		
30	71	86	87	79	-36	-78	42	95	25	96	23	97	21	79		
25	08	28	32	77	-02	-27	-02	81	38	88	31	91	27	64		
20	-59	-46	-42	30	39	41	-31	83	33	85	31	90	26	60		
15	-84	-85	-84	-22	54	85	-45	89	28	91	25	93	23	60		
10	-83	-91	-90	-42	57	93	-43	95	28	94	30	91	23	89		
7	-81	-90	-87	-44	61	93	-38	95	25	94	26	96	23	78		
5	-79	-83	-79	-27	74	93	-26	93	20	93	20	94	19	55		
3	-15	-10	-04	26	57	90	27	87	28	51	32	69	27	37		

視野内に雲がある場合、その量を N とすれば、前式の $I(\nu)$ は次式のようになる。

$$I(\nu) = NI_{cd}(\nu) + (1-N)I_c(\nu) \quad (3)$$

添字の cd と c は cloud と clear の略。

ITPR の空間分解能はやく30km だから、小さな雲塊が多くあるような所では推定値が悪くなる。

3.4 ESMR (電氣的走査型マイクロ波放射計)

陸地と水面の境界、氷、雪の含水量、雲域の測定や水文学への利用が目的で、Wilheit (1972) によって開発されたマイクロ波放射計である。

(1) ESMR の構成

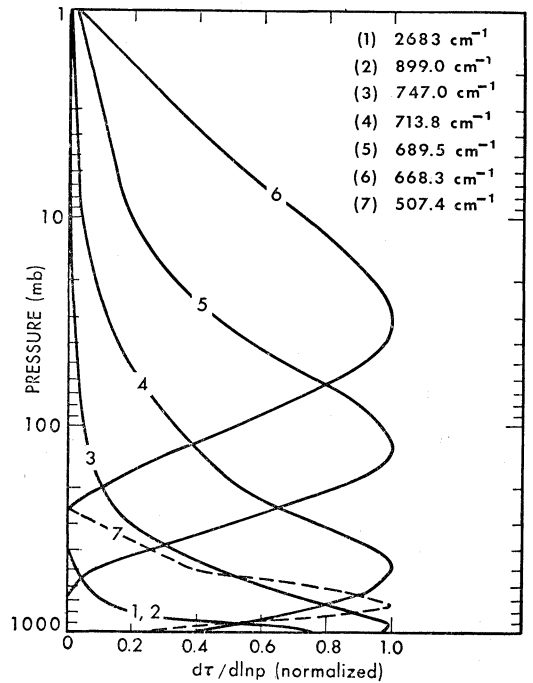
次に述べるような4個の主コンポーネントから成る。

(i) 103個の Wave guide element から成る phased array マイクロ波アンテナ、各 wave guide element はそれぞれ電氣的な phase shifter を持つ。隙間は、 $83.3 \times 85.5\text{cm}^2$ 。偏波は速度ベクトルに平行な直線偏波。

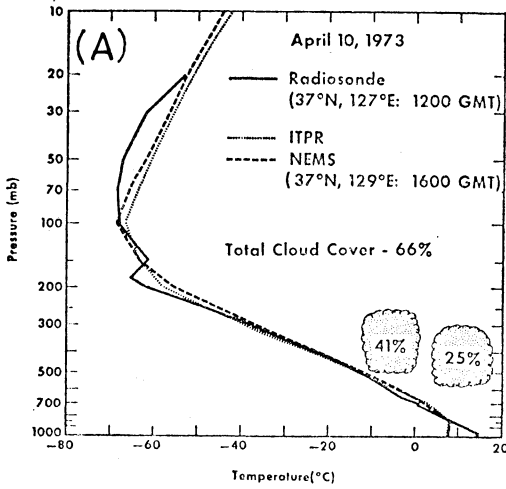
(ii) 各ビーム位置に対する phase shifter に対してコイル電流を決定する beam steering コンピューター。

(iii) 中心周波数 19.35GHz、5~125MHz のIF バンドパスを持つマイクロ波受信機。従ってこのバンドの中心部に 10MHz のギャップを除いて 19.225~19.475 GHz に対して感度を持つ。

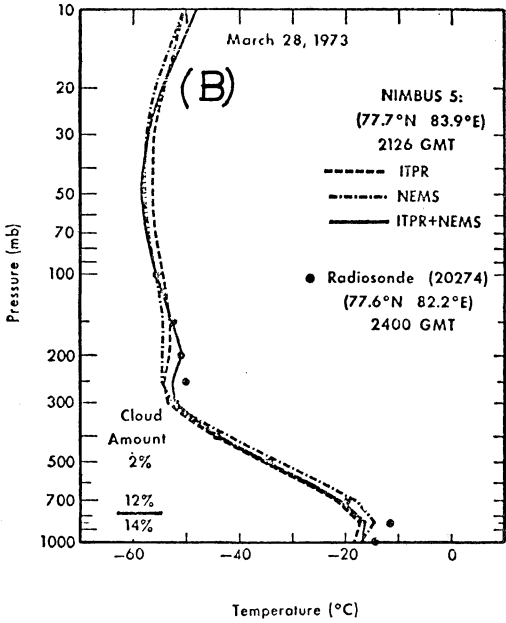
(iv) タイミング・コントロールおよび電力用回路。



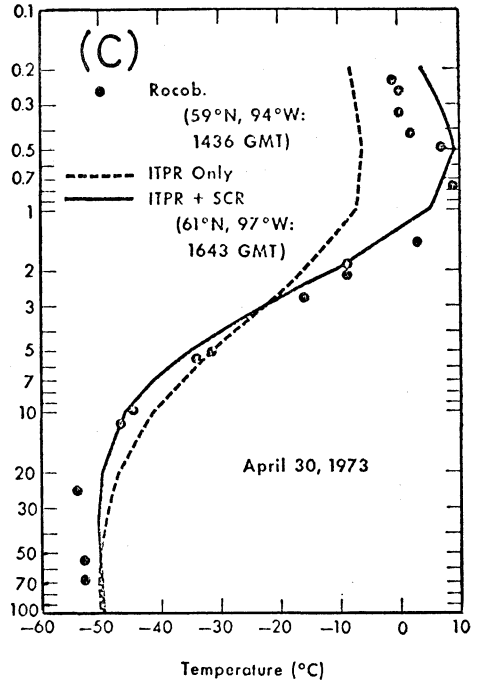
第3図 ITPR の Weighting Function



第4図 (A)

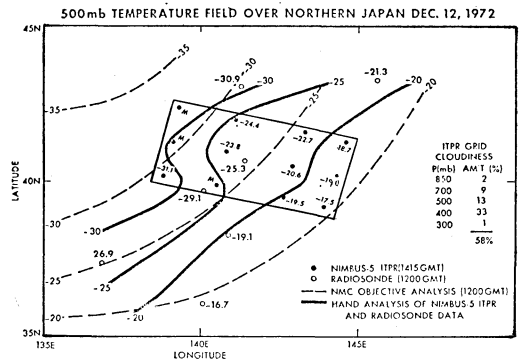


第4図 (B)



第4図 (C)

第4図 ラジオゾンデや気象ロケットの観測値とITPR, NEMS, SCR による観測値 (Smith 1973)



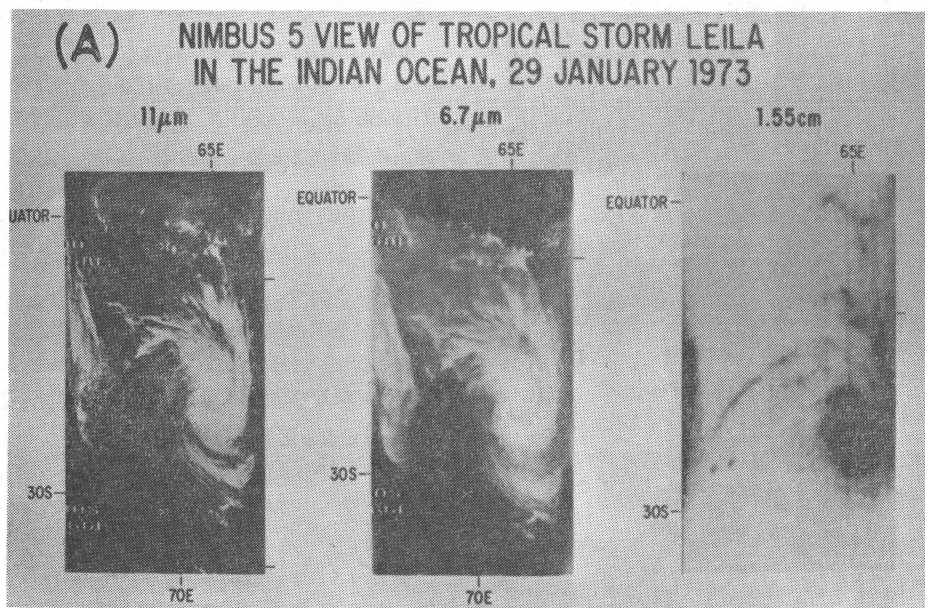
第5図 北日本付近の500mb面温度場。破線はNMCの客観解析、実線はITPR資料を追加して解析したもの。(Smith, 1973)

走査は衛星の速度ベクトルに対して直角に左方50°から右方50°まで。ビーム幅は、直下方向では1.4°×1.4°、端の方では1.4°×2.2°。分解能は、衛星高度1,100kmとしたとき、直下点では25km×25km、端では160km×450kmである。

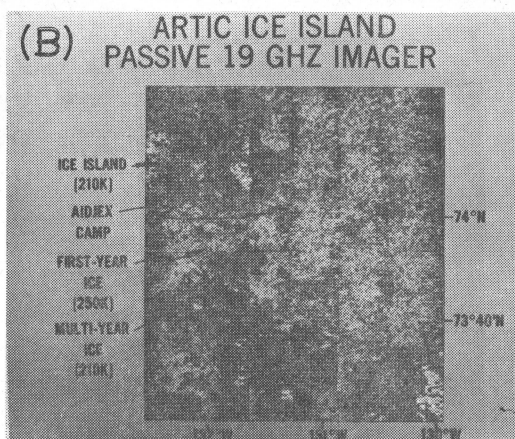
3.5 THIR (温度・湿度赤外放射計)

H₂O 吸収帯 (6.5~7.0μ) と大気窓領域 (10.5~12.5μ) に感度を持つ2チャンネルの放射計。類似のもの

のはすでに前の衛星でテストされている。この放射計の前の放射計との違いは、H₂Oチャンネルの分解能がよくなったことである。各チャンネルの視野角は、7.0と21mrad (H₂O) で、1,100kmの高度から測定したとき、窓領域チャンネルが8km、H₂Oチャンネルが22kmである。



第6図(A) THIR および ESMR で観測したインド洋の TS LEILA, 1973年1月19日.



第6図(B) ESMR で観測した北極付近の水

この放射計では、特に上部対流圏や下部成層圏の水蒸気分布、気象じょう乱と水蒸気分布の関係がわかる。

この放射計の機構は特に新しいものではなく、回転走査鏡(右回り)、第一次・第二次反射鏡からなる望遠鏡、dichroic ビームスプリッターなどから成る。デテクタ部は、 H_2O チャンネルは、Ge (ゲルマニウム)・リレー・レンズ、baffles, Ge Immersed サーミスタポロメータなどから成り、窓領域チャンネルは、Itran-2 リレーレンズ、フォルデングミラー、Ge Immersed サーミス

1973年11月

ターポメータなどから成る。これらは特に新しいものではない。

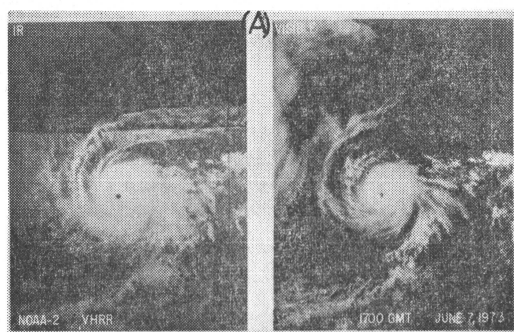
4. 利用例

4.1 垂直温度分布の推定例

第4表に Smith (1972) が統計した1973年3~4月のITPR と NEMS から得た輝度温度とゾンデ観測値との統計結果を示す。個々のチャンネルでもかなり高い相関のあることがわかる。さらに重相関係数では、圏界面と成層圏上部を除き非常に高い相関があり、特に興味のあることは、ITPR と NEMS を併用した重相関係数は、30mb 以外ではすべて0.90以上の値になっていることである。

第4図はラジオゾンデと各放射(分光)計から得た輝度温度との比較である。(A)は韓国上空の例であるが、かなりの雲量があったのにもかかわらず最下層と圏界面付近以外ではかなり良い対応を示している。最下層の対応が悪いのは、衛星の通過がゾンデ観測の4時間後の1600 GMT (00時地方時)で地面や下層気温が実際のゾンデ観測時よりも低下していたことも一つの理由であろう。

さらに興味あるのは(B)図と(C)図である。(B)図は、ゾンデ観測とITPR, NEMSの観測値の他にITPR と NEMS の両者を併用して推定した値を示している。ITPR と NEMS の併用によるものでは圏界面付近の温度がかなりゾンデ観測に近づいている。接



第7図(A) NOAA 2号の VHR 資料, IR は赤外, VISIBLE は可視



第7図(B) NOAA 2号の SR 資料, SRIR は赤外, SRVIS は可視

解析したものの方がずっと良いことがわかる。

4.3 THIR とマイクロ波放射計写真

第6図(A)は、1973年1月29日インド洋上にあった Tropical Storm LEILA の THIR による写真とマイクロ波放射計による写真である。これら3枚の写真から、雲の存在や雲頂面などの温度の観測には 11μ の窓領域が特によく、 6.7μ の H_2O チャンネルの写真では水蒸気の分布がよくわかる。マイクロ波の写真では薄い雲の影響が除かれている。

同図(B)は飛行機からの ESMR による北極近くの氷の観測で、1年氷や多年氷の差がわかる。

5. NOAA 2 の VHR (超高解像度放射計) と SR (走査放射計) の写真

NOAA 2号から従来の APT カメラが廃止され VHR と SR だけになったことは前にも何回か紹介してある。

第7図(A)は NOAA 2号の IR(赤外) と VIS(可視、従来の APT 写真に対応) チャンネルの写真である。この写真では従来の APT 写真に比べて著しく解像度が良く(衛星直下で 1 km) だったので雲の分布や温度がかなりよくわかり、台風の構造の研究などには非常に役立つ。

同図(B)は走査放射計(SR)の IR と VIS の写真で、解像度は VHR よりも悪く、衛星直下点で約 8 km であるが、従来の APT 受画機(48回転/1分)で受画でき、総観気象の目的には十分な精度がある。

6. あとがき

以上は最近の衛星の新測器のごく大ざっぱな紹介である。このほかに ERTS や Sky Lab などでは他の測器が使用されており、それらも興味ある問題であるが、あまり長くなるので新測器による観測資料利用の紹介も含めて別の機会に紹介することにする。終りに資料のことで援助頂いた気象庁の神子敏朗技官と NESS の Dvorak 氏に感謝する。

文 献

- 1) 嘉納宗靖, 1972: 放射測定およびそれによる気象要素の推定. 気象研究ノート, **111**, 53-80.
- 2) 小平信彦, 1972: 気象衛星の一般的性質. 気象研究ノート, **111**, 1-51.
- 3) 広田 勇, 1972: 気象衛星赤外分光計(SIRS)観測資料に基づく成層圏循環の最近の話題, 天気, **19**, 283-292.
- 4) 広田 勇, 1973: ITOS-D VTPR を用いた南

地逆転の様もあるていどは得られている。なおこの例では、衛星観測はロケット観測の3時間前のもので、地方時では、ロケットが5時、衛星は2時である。

(C) 図は、ロケット観測と ITPR, ITPR+SCR の例で、この例では、ITPR に SCR を併用することにより、ロケット観測に非常に近い値の得られることがわかる。

これらの結果からマイクロ波放射計と従来の SIRS, VTPR あるいは ITPR と併用すれば、かなり精度の良い結果が得られそうである。また SCR 成層圏の温度の推定のためには優れた測器であることがわかる。

4.2 等圧面温度の例

第5図は、1972年12月12日の日本付近の 500mb 面のゾンデ観測だけから得た客観解析の結果と ITPR 資料とゾンデ観測値から解析した温度場である。この時の実際の天気図の風速場から見ると ITPR の資料を入れて

- 半球循環の解析例。天気, **20**, 351-356.
- 5) Houghton, J.T. and S.D. Smith, 1972: The selective chopper radiometer (SCR) experiment. N5UG, 131-140.
- 6) Smith, W.L., H.B. Howell, J.C. Fischer, M.C. Chalfant and D.T. Hilleary, 1972: The infrared temperature profile radiometer (ITPR) experiment. N5UG, 107-130.
- 7) Smith, L.W., D.H. Stealin and J.T. Houghton, 1973:: Intercomparison and amalgamation of NIMBUS-5 infrared and microwave temperature profile data. 7pp, to be published.
- 8) Smith, L.W., H.M. Woolf and C.M. Hayden, 1973: Meteorological extraction from NIMBUS -5 ITPR experiment. 11pp. to be published.
- 9) Staelin, D.H., F.T. Barath, J.C. Blinn III, and E.J. Johnston, 1972: The NIMBUS E microwave spectrometer (NEMS) experiment. N5UG, 141-157.
- 10) 土屋 清, 1968: 低高度気象衛星の現状とその利用。天気, **16**, 155-163.
- 11) 土屋 清, 1971: SIRS の資料について。測候時報, **38**, 202-205.
- 12) 土屋 清, 1972: VTPR (垂直温度分布放射計)とその資料について。天気, **19**, 575-577.
- 13) 土屋 清, 1971: 地球資源探査システム国際ワークショップおよび第7回環境測定国際シンポジウムに出席して。写真測量, **10**, 55-59.
- 14) Wilheit T., 1972: The electrically scanning microwave radiometer (ESMR) experiment. N5UG, 59-105.
- 15) 渡辺貫太郎, 1972: 人工衛星による海洋環境の観測。気象研究ノート, **113**, 141-180.
註: N5UG: NIMBUS 5 User's Guide

昭和49年度日本気象学会藤原賞

受賞候補者推薦のおねがい

拝啓、会員各位にはますます御清祥のこととおよろこび申し上げます。

さて、今年も「藤原賞」の選考にお力ぞえを賜わり、候補者を御推薦願いたいと存じます。申すまでもなく、藤原賞は、故藤原咲平博士の偉大な功績を永く記念するため、博士の遺志を継いで気象学の進展に努められた優れた研究者を顕彰しようとするものであります。

御推薦は適当な用紙に下記の要領で記入され、お送りいただければ幸いに存じます。

記

締 切: 昭和49年1月15日

送付先: (〒100) 東京都千代田区大手町 1-3-4 気象庁
内、日本気象学会藤原賞候補者推薦委員会

記入事項: 1. 推薦する業績, 2. 受賞候補者氏名(ふりがな), 3. 受賞候補者の勤務先および地位, 4. 推薦理由, 5. 推薦者氏名印, 6. 推薦者の勤務先および地位, 7. 推薦者の連絡先

なお参考までに昭和48年度の日本気象学会藤原賞受賞者は畠山久尚氏で、それ以前の受賞者氏名は天気19巻(1972)8号430ページに掲載されております。

藤原賞候補者推薦委員会

坂上 治郎(留任)

須田 建(留任)

山本 義一(留任)

岸保勘三郎(新任)

山元竜三郎(新任)