

# NOAA-16号赤外サウンダによる鉛直温度・露点温度分布算出 —NOAA衛星データ処理の近況—

永山 隆治\*<sup>1</sup>、吉崎 徳人\*<sup>1</sup>

## Calculation of vertical temperature and dew point profile, using infrared sounder of NOAA-16

### —Present data processing of NOAA satellites—

NAGAYAMA Ryuji\*<sup>1</sup>, YOSHIZAKI Yoshito\*<sup>1</sup>

#### Abstract

NOAA-16 has launched in September 2000. Present polar orbiter series of satellites had began with TIROS-N (launched in October 1978), and continued with NOAA satellites. From NOAA-15, these sensors have been improved. Test result about calculation of vertical temperature and dew point profile, using infrared sounder (HIRS) of NOAA-16, will be reported.

#### 要 旨

2000年9月、極軌道衛星NOAA-16号が打ち上げられた。現在の形の極軌道衛星は、1978年10月に打ち上げられたTIROS-N衛星に始まり、その後のNOAA衛星シリーズへと続いている。NOAA-15号以降はこれらの改良型といえるもので、センサー群の強化が図られている。本稿では、NOAA-16号の赤外サウンダ（HIRS）を用いた鉛直温度・露点温度分布算出の試験結果について報告する。

#### 1. はじめに

NOAA-15号以降、NOAA衛星の搭載するTIROS Operational Vertical Sounder (TOVS)のマイクロ波測器が強化され、その名称もAdvanced TOVS (ATOVS)となった。気象衛星センターでは、2001年3月にNOAA-16号のデータ受信を開始、同年10月から赤外サウンダによる鉛直温度・露点温度分布算出を行っている。この報告では、ATOVSとTOVSとの違いを紹介し、NOAA-16号の鉛直温度・露点温度分布算出の結果について報告する。

#### 2. NOAA-K, L, Mシリーズの搭載機器

NOAA衛星はNOAA-K (軌道投入後NOAA-15号) から新シリーズの衛星となった。ATOVSはNOAA-15号

以降の衛星に搭載されている。しかし、NOAA-15号は送信アンテナのトラブルなどで十分なデータ提供が出来なかったため、気象衛星センターにおいては実質的にNOAA-16号が初めてのATOVSデータ処理と言える。

High Resolution Infrared Radiation Sounder (HIRS)は、使用する周波数に変更はあるものの、チャンネル数や分解能の変更はない。

Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)は、バージョンが2から3へアップデートし、チャンネル3がスプリット (昼夜切り替え) となり、チャンネル数は5から6に増えた。

Microwave Sounding Unit (MSU)とStratospheric Sounding Unit (SSU)は廃止された。代わりに、MSU

(\*1 気象衛星センターデータ処理部システム管理課)

(\*1 System engineering division, Meteorological Satellite Center)

2001年9月11日受領、2002年12月28日受理

の改良版である Advanced MSU ( AMSU ) が搭載されている。AMSUはAMSU-AとAMSU-Bから構成される。AMSU-Aは50.3~57.3GHzの12チャンネルに、23.8、31.4、及び89GHzを加えた15チャンネルを有する。AMSU-Bは183.3±1GHz、183.3±3GHz、183.3±7GHzの3チャンネルに加えて、157GHz及び89GHzの合計5チャンネルを有する。

MSUのチャンネル数は4だったが、AMSUのチャンネル数は、AMSU-AとAMSU-Bを合わせて20に増加した。解像度もMSUが約100kmであったのに対して、AMSU-Aは約45km、AMSU-Bは約15kmと大幅に向上している。

表1~6に、TOVS及びATOVSの測器構成、およびATOVSの各測器の観測周波数などを示す。

### 3. NOAA-16号のデータ処理

NOAA-16号は2000年9月21日に打ち上げられ、2001

年3月20日に正式に運用開始となった。

気象衛星センターでは、2001年3月28日にNOAA-16号のデータ受信を開始した。同時に海氷画像(AVHRR/3、AMSU-B)と火山灰解析用画像(AVHRR/3)の配信と、海面水温(AVHRR/3)について、処理係数決定のためのデータ累積開始を開始した。2001年8月2日には、オゾン全量(HIRS/3)と気温・水蒸気鉛直分布(HIRS/3)について、処理係数決定のためのデータ累積を開始した。

2001年8月30日に気温・水蒸気鉛直分布データ算出の試験運用に入り、10月17日に正式に運用開始されている。その結果、NOAA-14号とNOAA-16号の2つのNOAA衛星データが受信・処理されることになった。しかしその直後の10月19日以降、NOAA-14号のAVHRRデータにノイズが混入するようになってしまったため、11月8日からNOAA-14号に替わってNOAA-12を受信している。ただし、NOAA-12はHIRSが動い

表1 TOVSの測器構成 (NOAA-14号以前)

測器		ピクセル数/ライン	チャンネル数
TOVS	High Resolution Infrared Radiation Sounder Ver.2 (HIRS/2)	56	20
	Microwave Sounding Unit (MSU)	11	4
	Stratospheric Sounding Unit (SSU)	8	3
Advanced Very High Resolution Radiometer /2 (AVHRR/2)		2048	5

表2 ATOVSの測器構成 (NOAA-15号以降)

測器		ピクセル数/ライン	チャンネル数	
ATOVS	High Resolution Infrared Radiation Sounder Ver.3 (HIRS/3)	56	20	
	Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU)	AMSU-A1	30	13
		AMSU-A2	30	2
		AMSU-B	90	5
Advanced Very High Resolution Radiometer /3 (AVHRR/3)		2048	5+1	

表3 AVHRR/3 チャンネル波長

パラメーター	Ch.1	Ch.2	Ch.3A	Ch.3B	Ch.4	Ch.5
波長帯(μm)	0.58-0.68	.725-1.0	1.58-1.64	3.55-3.93	10.3-11.3	11.5-12.5
解像度(km)	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09

表4 HIRS/3 周波数特性

チャンネル番号	中心波数 (CM <sup>-1</sup> )	波長(μm)	半値幅(CM <sup>-1</sup> )
1	669	14.95	3
2	680	14.71	10
3	690	14.49	12
4	703	14.22	16
5	716	13.97	16
6	733	13.64	16
7	749	13.35	16
8	900	11.11	35
9	1,030	9.71	25
10	802	12.47	16
11	1,365	7.33	40
12	1,533	6.52	55
13	2,188	4.57	23
14	2,210	4.52	23
15	2,235	4.47	23
16	2,245	4.45	23
17	2,420	4.13	28
18	2,515	4.00	35
19	2,660	3.76	100
20 (注)	14,500	0.690	1,000

注1. 可視チャンネル

表5 AMSU-A 周波数特性

チャンネル番号	周波数 (MHz)	水平・垂直偏波(注)	測器の搭載コンポーネント
1	23,800	V	A2
2	31,400	V	A2
3	50,300	V	A1-2
4	52,800	V	A1-2
5	53,596±115	H	A1-2
6	54,400	H	A1-1
7	54,940	V	A1-1
8	55,500	H	A1-2
9	f <sub>0</sub> =57,290.344	H	A1-1
10	f <sub>0</sub> ±217	H	A1-1
11	f <sub>0</sub> ±322.2±48	H	A1-1
12	f <sub>0</sub> ±322.2±22	H	A1-1
13	f <sub>0</sub> ±322.2±10	H	A1-1
14	f <sub>0</sub> ±322.2±4.5	H	A1-1
15	89,000	V	A1-1

注1  
H 垂直偏波 V 水平偏波

表6 AMSU-B 周波数特性

チャンネル番号	中心周波数 (GHz)	Polarization angle (注)
16	89.0±0.9	90-θ
17	150.0±0.9	90-θ
18	183.31±1.00	90-θ
19	183.31±3.00	90-θ
20	183.31±7.00	90-θ

注: polarization angle は、水平からの偏波(衛星の走査方向と平行な、電磁場ベクトル)の角度と定義されている。θは天頂から測った走査角である。この表では、polarization angle が90-θで、走査角に垂直であることを表す。

ていないため、これを用いた鉛直分布データ算出は行っていない。

### 3.1 NOAA-16号 HIRSのピクセルずれの問題

NOAA-16号のHIRS/3の視野は、正規の位置から走査方向に1ピクセルずれており、第2～56ピクセルが、正常な第1～55ピクセルの位置に対応する。このずれは地表では、衛星直下点で約20km、走査端で約70kmのずれ量となる。HIRSの(ピクセル、ライン)から地表の(経度、緯度)に変換するナビゲーション処理に補正が必要となる。図1にHIRSピクセルずれの例を示す。これを見ると、AVHRRと比較して、補正前のHIRSのずれが確認できる。

また、MSCのTOVS処理では、HIRSの視野内に含まれる数百のAVHRR画素のデータを使用して雲量を計算するため、予めHIRSとAVHRRの位置関係をテーブル化しておく必要がある。したがって、このテーブルに

も補正が必要である。図2にHIRSとAVHRRの相対的な位置関係のテーブルを示す。実際の処理では、HIRSのずれ補正を施している。

### 3.2 鉛直温度・露点温度分布の精度評価

算出アルゴリズムは、竹内(1991)によるものである。詳細については同論文を参照されたい。

NOAA-16号のHIRSから算出した鉛直温度・露点温度分布について、ゾンデデータとの精度評価を行った。期間は2001年9月10日の昼軌道から10月8日の夜軌道までの約1ヶ月である。同じ期間のNOAA-14号のHIRSから算出した鉛直温度・露点温度分布についても、同じ調査を行った。グラフは高度毎のバイアス、RMSの1ヶ月の平均を表している(図3～6)。

比較対象はラジオゾンデの気温、および露点温度で、ラジオゾンデ地点はあらかじめ8地点(八丈島、南大東島、名瀬、石垣島、南鳥島、父島、那覇、グア

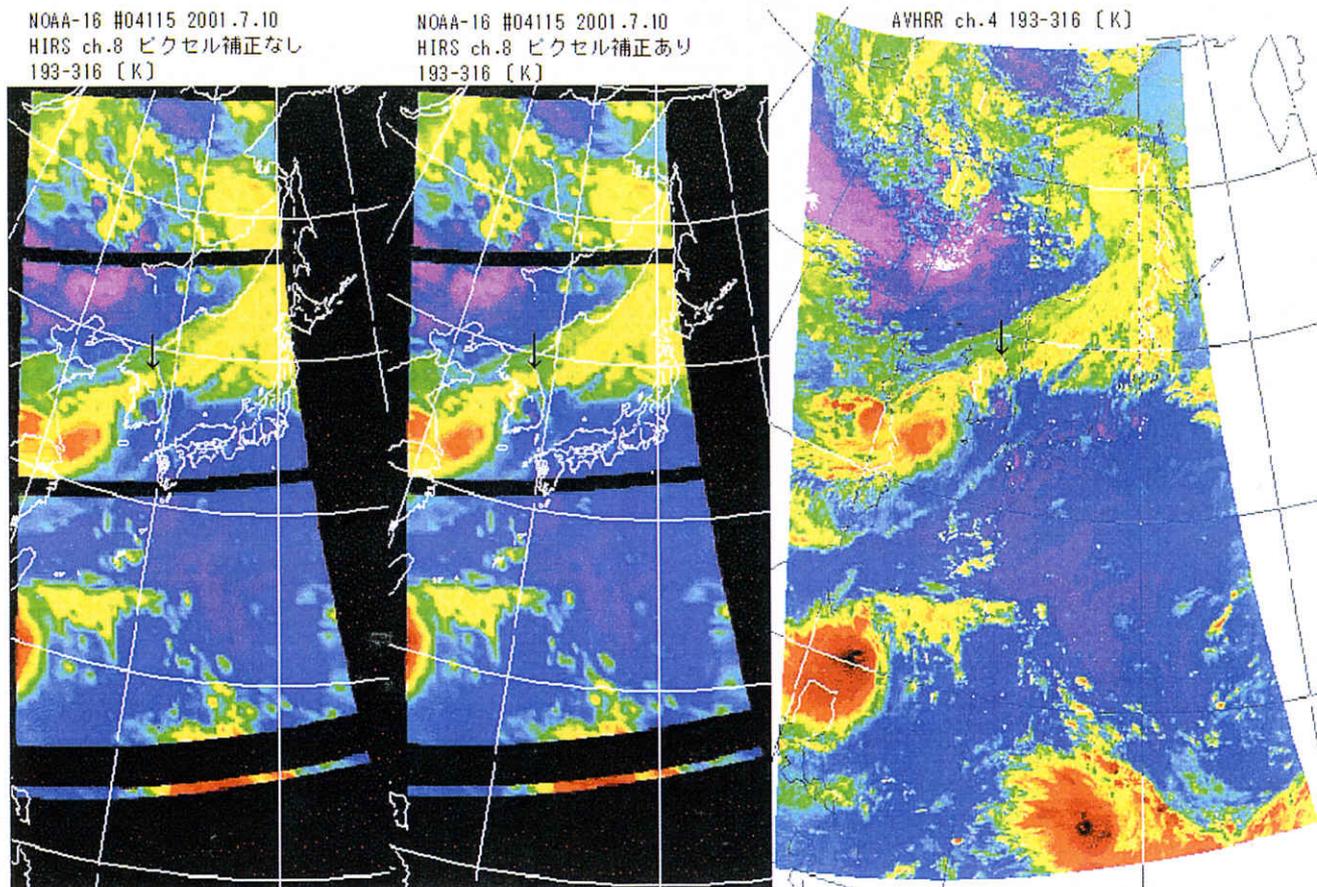


図1 NOAA-16号の同一軌道のAVHRR(チャンネル4)とHIRS(チャンネル8)の比較画像。雲の位置は2つの画像で同一のはずだが、補正前のHIRSがわずかにずれているのが分かる。(例：朝鮮半島東の雲の位置↓)

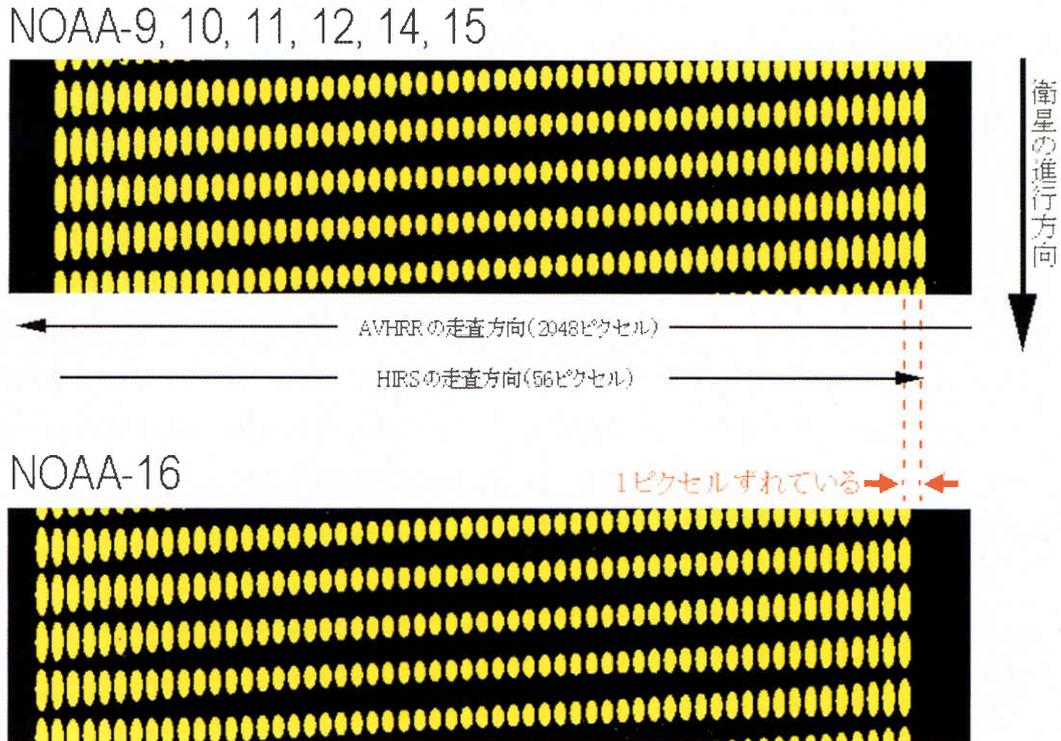


図2 AVHRRに対するHIRSのフットプリント。黒い部分がAVHRRの走査幅で、黄色い丸がHIRSのフットプリントである。上段がNOAA-15号まで。下段がNOAA-16号。NOAA-16号のフットプリントが、1ピクセル分ずれている。

ム) が選ばれている。期間中にゾンデ地点から半径50 km以内の範囲にHIRSのピクセルが存在し、そのピクセルで鉛直温度・露点温度分布が算出された場合に、統計データとして用いられる。今回の計算で用いたデータ数はNOAA-14号・NOAA-16号共に、50hPaより低層で65~69個、それより高層で25~50個程度である。

気温の鉛直分布バイアス・RMSを示す図3・図4では、NOAA-14号とNOAA-16号でその差異は0.1度のオーダーであり、グラフの形状もよく一致している。露点温度の鉛直分布バイアス・RMSを示す図5・図6では、図6のRMSにおける差異が最大で2 K程度と、図4と比べるとNOAA-16号のRMSが大きくなっている。しかし、露点温度の誤差がこれまでも2~3 K程度と大きかったことを考慮すれば、NOAA-16号の計算結果は妥当なものであろう。

#### 4. その他のNOAA衛星データ利用状況

NOAA衛星データは、赤外サウンダによる鉛直温

度・露点温度分布以外に次のように利用されている。

##### (1) オゾン全量

HIRSから算出したオゾン全量。

観測部環境気象課で、日本付近のオゾン全量分布のモニターに利用。

##### (2) 火山灰解析用画像

AVHRRの赤外チャンネルの画像。

地震火山部火山課で、日本付近の火山噴煙のモニターに利用。

##### (3) 海水画像

AVHRRの可視および赤外チャンネルの画像、AMSU-Bの89GHzチャンネルの画像。

気候・海洋気象部海洋気象情報室で、日本付近の海水のモニターに利用。

##### (4) 海面水温画像および格子点値

AVHRRの可視および赤外チャンネルのデータを使用して雲域を除去し、赤外チャンネルから算出した画像および格子点値。

気候・海洋気象部海洋気象情報室で、日本付近の海面水温分布の解析に利用。

このほか、気象研究所との共同研究で行っているエアロゾルパラメタ（光学的厚さ、オングストローム指数）の算出結果も、日本付近の分布の把握のために、近く観測部環境気象課に試験提供する予定である。

5. おわりに

NOAA-15号・NOAA-16号に搭載されているATOVSの概要について簡単に説明した。また、その主要構成測器である赤外サウンダ（HIRS）による鉛直温度・露点温度分布精度を知るために、1ヶ月間のデータを用

いて評価を行った。その結果、NOAA-16号の計算結果の妥当性が確認できた。

今後の開発課題はマイクロ波測器（AMSU）を用いた鉛直分布算出である。赤外サウンダでは雲に対し不透明であるため晴天域でしか算出できなかったが、AMSUを使用することで、薄い曇天域の算出が可能となり、算出領域の拡大が期待できる。また、HIRSでは算出できなかった上層（1～10hPa）の鉛直温度分布も算出できる。AMSUを用いた鉛直分布算出が可能となった後に、晴天領域におけるHIRSとAMSUの鉛直分布算出結果の比較も行ってみたい。

図3 TOVS-Radiosonde Temperature BIAS (NOAA-14 & 16)

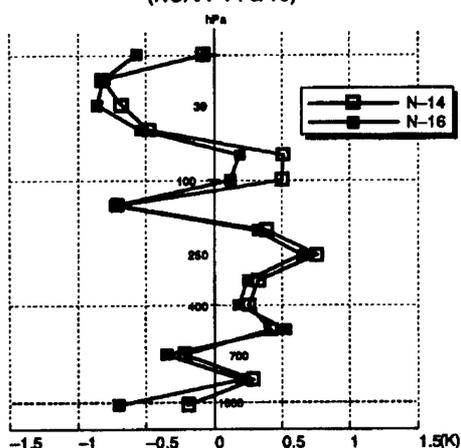


図4 TOVS-Radiosonde Temperature RMS (NOAA-14 & 16)

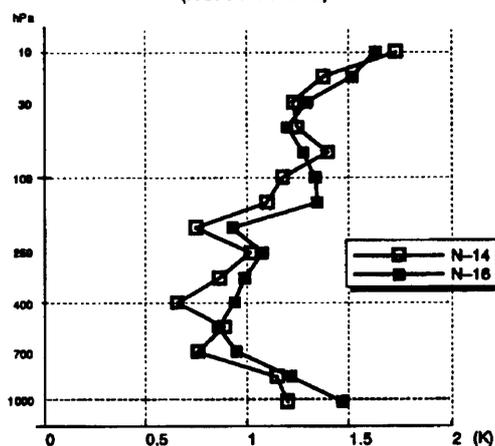


図5 TOVS-Radiosonde Dew Point BIAS (NOAA-14 & 16)

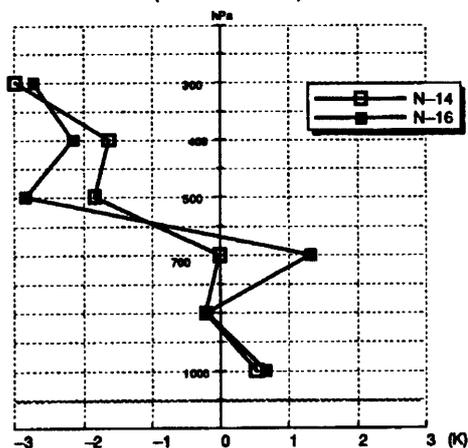


図6 TOVS-Radiosonde Dew Point RMS (NOAA-14 & 16)

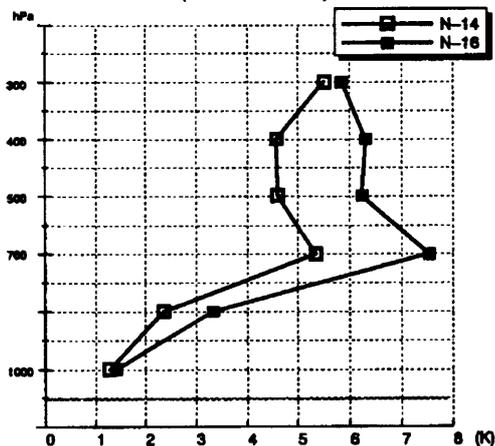


図3～6 期間は2001年9月10日の昼軌道から10月8日の夜軌道まで

参考文献

NOAA, NESDIS, NCDC, 2000 : NOAA KLM  
USER'S GUIDE Table of Contents

<http://perigee.ncdc.noaa.gov/docs/klm/index.htm>

青木忠生他、1983：T O V S データ処理システムの概  
要， 気象衛星センター技術報告、特別号、1-156

伊東康之、1996：衛星によるマイクロ波放射計リモ  
ートセンシングの現状と将来、気象研究ノート、第187  
号、177-196

竹内義明、1991：物理法によるTOVS処理システムの  
開発、気象衛星センター技術報告、23、37-69