

MetOp 衛星の概要と気象衛星センターにおける利用計画

吉崎 徳人*、村田 英彦*、加藤 浩司*

Outline of MetOp satellite and its useplan at MSC

YOSHIZAKI Yoshito, MURATA Hidehiko, KATO Koji

Abstract

The first European operational polar orbital meteorological satellites, MetOp, was launched on 19 October 2006. The MetOp spacecraft carries the new sensor payloads, IASI, ASCAT, GRAS, and GOME-2, in addition to AVHRR, HIRS, AMSU-A, and MHS onboarded the NOAA spacecrafts. The Meteorological Satellite Center plans to directly receive MetOp real-time observing data, process them immediately and supply MetOp products to users, as well as NOAA data.

要 旨

新しい欧州の現業極軌道気象衛星 MetOp の初号機が、2006年10月19日に打ち上げられた。MetOp 衛星には、NOAA 衛星に搭載されていた AVHRR、HIRS、AMSU-A、MHS といったセンサに加え、IASI、ASCAT、GRAS、GOME-2 といった新しいセンサが搭載される。気象衛星センターでは、NOAA 衛星と同様にこの MetOp 衛星の即時観測データを直接受信し、即時処理を行い、プロダクトをユーザーへ提供する計画である。

1. はじめに

米国の NOAA (米国海洋大気庁) は、TIROS-N 打ち上げ以来、現業極軌道気象衛星として常時 2 機の NOAA 衛星で、午前軌道 (赤道通過地方時が午前) と午後軌道 (赤道通過地方時が午前) に分担をしつつ観測を行ってきた。TIROS-N/NOAA シリーズの打ち上げ状況を表 1 に示す。米国は、現業極軌道気象衛星の運用効率化および予算削減のため 1994 年の大統領令により、将来 NOAA 衛星と国防総省の DMSP 衛星を統合し NPOESS 衛星を運用することとなった。

NPOESS 運用開始までの間、欧州の EUMETSAT (欧州気象衛星機関) が中間午前軌道 (赤道通過地方時 09:30) に MetOp-A および B を、NOAA が午後軌道

表 1 TIROS-N/NOAA シリーズの打ち上げ状況

打ち上げ年月日	午前軌道	午後軌道	備 考
1978 10 13		TIROS-N	
1979 06 27	NOAA-6(A)		
1980 05 29		NOAA-7(B)	軌道投入失敗
1981 06 23		NOAA-7(C)	
1983 03 28	NOAA-8(D)		
1984 12 12		NOAA-9(E)	
1986 09 17	NOAA-10(F)		
1988 09 24		NOAA-11(G)	
1991 05 14	NOAA-12(H)		
1993 08 09		NOAA-13(I)	軌道投入12日後通信途絶
1994 12 30		NOAA-14(J)	
1998 05 13	NOAA-15(K)		
2000 09 21		NOAA-16(L)	
2002 06 24	NOAA-17(M)		
2005 05 20		NOAA-18(N)	
2007 末		NOAA-(N')	軌道投入後NOAA-19

(注) 長寿命の衛星では打ち上げ当初とかなり異なる軌道にドリフトしている。

* 気象衛星センターデータ処理部システム管理課

2006年12月19日受領、2007年2月23日受理

に NOAA-N および N' 衛星を打ち上げ、相互協力の下に観測を行う。したがって MetOp 衛星は午前軌道の NOAA-17 衛星の後継機という側面を持ち、センサの共通化も図っている。この NOAA と EUMETSAT の協力システムを IJPS と呼んでいる。MetOp の初号機

は、2006 年 10 月 19 日、カザフスタンのバイコヌール宇宙基地からソユーズロケットで打ち上げられた。

NPOESS 衛星運用開始後は、MetOp-C 衛星が中間午前軌道の観測を、NPOESS 衛星が早朝軌道（赤道通過地方時 05:30）と午後軌道（赤道通過地方時 13:30）の観測を受け持つ 3 機体制となる。この協力システムは JPS と呼ばれる。

MetOp 衛星と NPOESS 衛星の打ち上げ計画を表 2 に示す。

表 2 MetOpとNPOESS の打ち上げ計画

打ち上げ年	赤道通過地方時		
	05:30南下	09:30南下	13:30北上
2006		MetOp-A(2)	
2007			
2008			
2009			NPP*1
2010			
2011		MetOp-B(1)	
2012			
2013			NPOESS-C1
2014			
2015		MetOp-C(3)	
2016	NPOESS-C2		
2017			
2018			
2019			NPOESS-C3
2020			
2021			
2022	NPOESS-C4		

*1 NPOESS Preparatory Project
衛星 / 地上システムの試験を行うための衛星。
NPOESS の主要センサーを搭載する。

2. MetOp 衛星の概要

MetOp 衛星の外観を図 1 に示す。

2.1 軌道

MetOp 衛星の軌道は、高度約 820km、軌道傾斜角 98.7deg、周期 101 分の太陽同期軌道で、赤道通過地方時は 09 時 30 分（南下軌道）である。MetOp 衛星は午前軌道の NOAA-17 衛星の後継機であるため、NOAA-17 衛星に近い軌道となっている（NOAA-17 衛星の赤道通過地方時は 10 時 15 分（南下軌道））。気象衛星センター（清瀬）における MetOp 衛星の通過時間帯の例を図 2 に、受信軌道の情報を図 3 に示す。

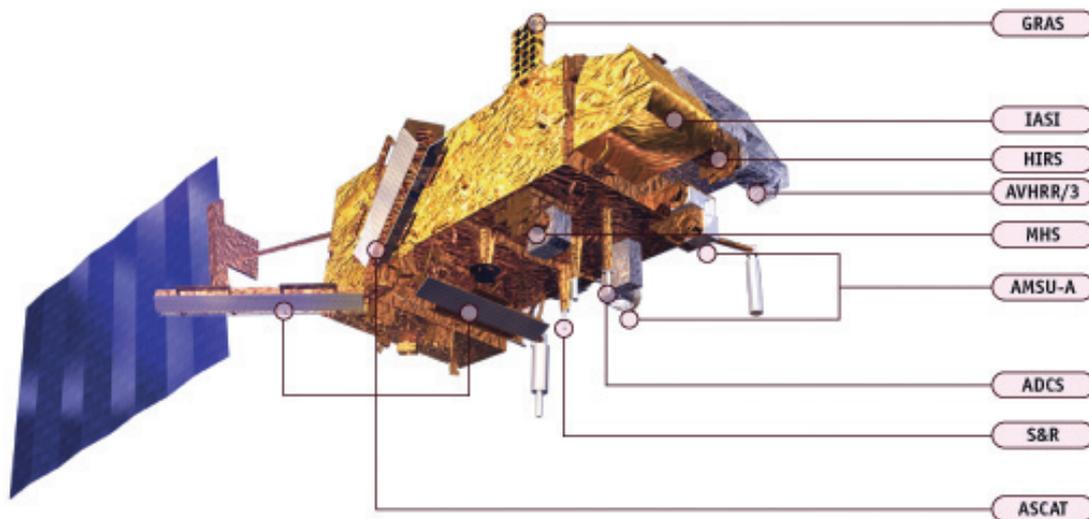


図 1 MetOp 衛星の外観。
(http://www.eumetsat.int/Home/Main/What_We_Do/Satellites/EUMETSAT_Polar_System/Space_Segment/index.htm?l=en)

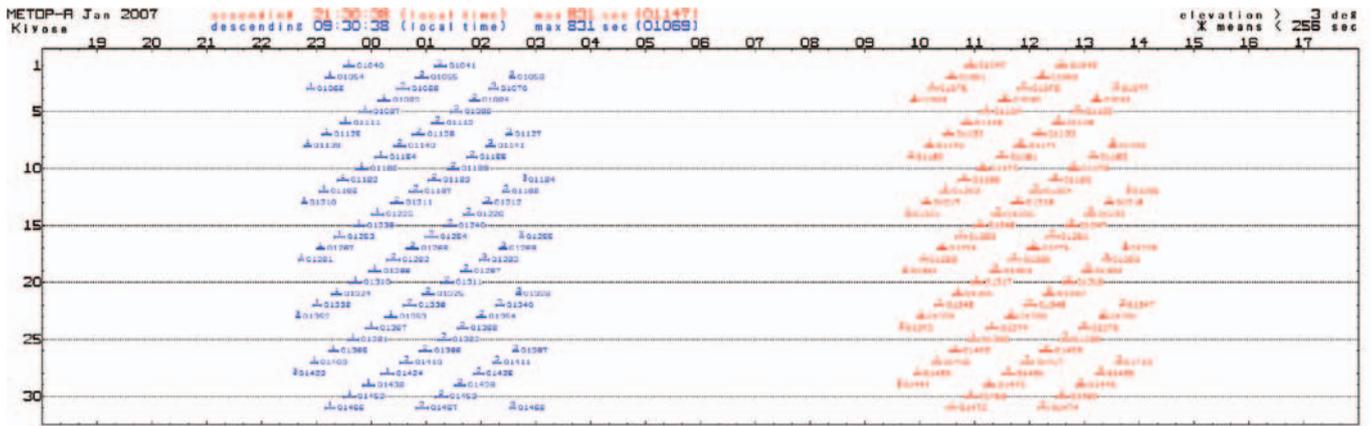


図2 気象衛星センター（清瀬）における MetOp 衛星の通過時間帯の例（2007年1月）。
横軸は時刻 [UTC]、縦軸は日。23～03UTC および 10～14UTC にそれぞれ 2～3 軌道日本付近を通過する。

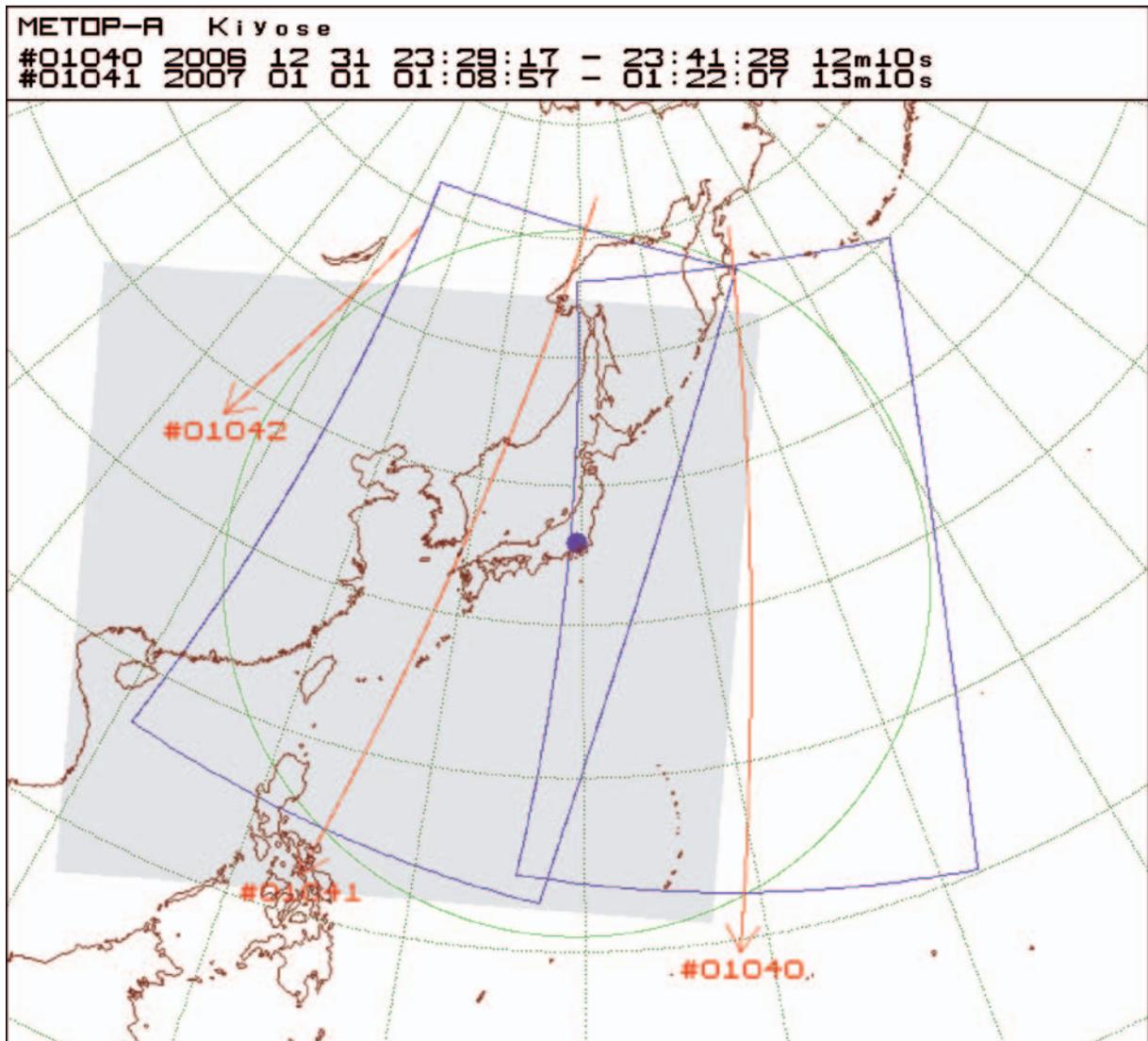


図3 気象衛星センター（清瀬）における受信軌道の情報（2006年12月25日昼軌道）。
□は AVHRR 観測範囲、■は WEFAX 画像の領域、○は仰角3度の範囲を示す。

気象衛星センターでは、受信アンテナの位置から見た衛星の仰角が3度以上となる時間が256秒以上の軌道のデータを受信することとしている。

MetOp衛星の軌道情報TLE（2行形式軌道要素）は下に示すサイトから取得できるほか、MetOp衛星から直接送信されるLRPT放送やAHRPT放送（2.2直接送信データ参照）内にも格納されている。NOAA衛星のようなGTS回線による軌道情報TBUSの配信はない。

- ① <http://www.space-track.org/perl/login.pl>
(登録が必要)
- ② <http://celestrak.com/>

2.2 直接送信データ

MetOp衛星からの直接送信データは次の3種類がある。それらのうち、気象衛星センターではAHRPT放送を受信する予定である。

① LRPT 放送

NOAA衛星のAPT放送に相当する。常時放送。内容は、即時観測データで、JPEG圧縮した3チャンネル分のAVHRRデータとATOVSデータを含む。フォーマットはAHRPT放送と同じ。送信周波数137.9MHz。伝送レート0.072Mbps。

② AHRPT 放送

NOAA衛星のHRPT放送に相当する。常時放送。内容は、即時観測データで、全センサの全データを含む。フォーマットはLRPT放送と同じ。送信周波数1701.3MHz。伝送レート3.5Mbps。

③ GDS 放送

処理中枢のみ受信可能な放送。内容は、全球データ。送信周波数7800MHz。伝送レート70Mbps。

3. MetOp衛星搭載センサの概要

MetOp衛星には、NOAA衛星の主センサであるAVHRR/3、ATOVS（HIRS/4、AMSU-A、MHS）のほか赤外干渉計IASI、マイクロ波散乱計ASCAT、GNSS（全

球ナビゲーション衛星システム）受信機GRASやオゾン観測装置GOME-2などの新センサが搭載されている。センサ緒元を表3に示す。以下、気象ミッションについて簡略に紹介する。

① AVHRR/3

NOAA-15衛星以降の衛星に搭載されている6チャンネルの可視赤外イメージャである。近赤外チャンネル3A（1.6 μ m）と中間赤外チャンネル3B（3.7 μ m）は昼夜切り替え方式で、観測は5チャンネルで行う。

② HIRS/4

HIRSはTIROS-N/NOAAシリーズ衛星に当初から搭載されている赤外（3.7～15 μ m）19チャンネル、可視1チャンネルのサウンダで、HIRS/4はNOAA-18衛星から搭載されている。衛星直下点の瞬時視野が、NOAA-15～17衛星搭載のHIRS/3では20.4kmであったものが、HIRS/4では10.4kmに変更されている。測定対象は気温・水蒸気鉛直分布、オゾン全量など。

③ AMSU-A

NOAA-15衛星以降の衛星に搭載されている15チャンネルのマイクロ波（23.8～89GHz）サウンダである。測定対象は気温鉛直分布および可降水量など。

④ MHS

NOAA-18衛星以降の衛星に搭載されている5チャンネルのマイクロ波（89～190GHz）サウンダである。AMSU-Aと同期をとって観測を行う。外部仕様はNOAA-15衛星からNOAA-17衛星に搭載されたAMSU-Bとほぼ同じだが、AMSU-Bでは1.1度であったステップ角がMHSでは10/9度となっている。AMSU-AとMHSのフットプリントを第4図に示す。測定対象は水蒸気鉛直分布、海氷など。

⑤ IASI

高スペクトル分解能サウンダの一つである赤外干渉計で、初めて現業極軌道気象衛星に搭載

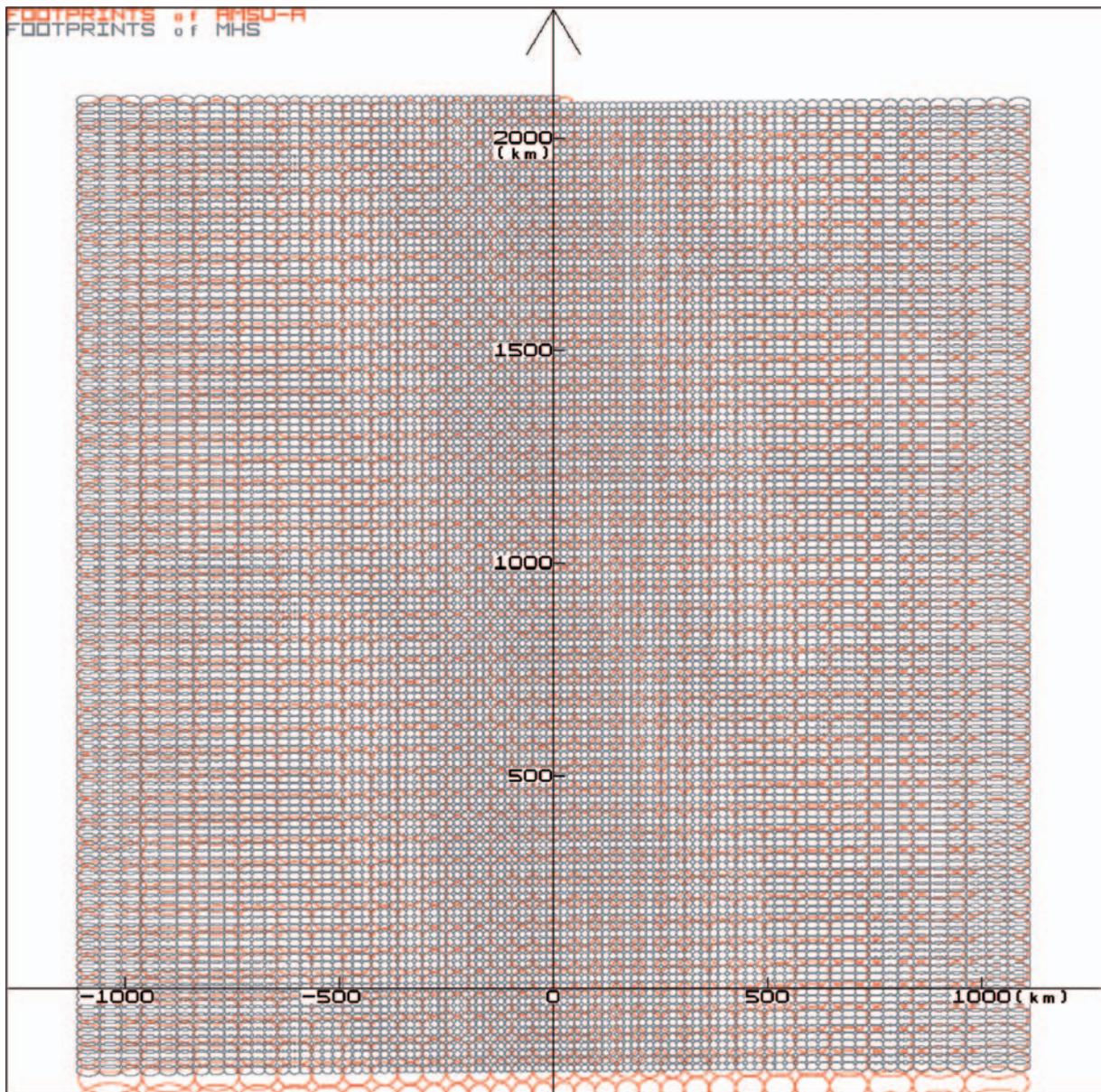
表3 センサ緒元

(http://www.eumetsat.int/Home/Main/What_We_Do/Satellites/EUMETSAT_Polar_System/Space_Segment/index.htm?l=en)

	AVHRR	HIRS/4	AMSU-A	MHS
Scan Rate	6Hz (0.1667secs)	6.4secs	8secs	8/3secs
Scan Type	Continuous scan	Stop and stare	Stop and stare	Continuous scan
Pixel IFOV	0.0745° (square)	0.69° (circular)	3.3°	1.1°
IFOV size at Nadir	1.1km	10km	48km	16km
Sampling at Nadir	0.87km	26km	48km	16km
Earth View Pixels / Scan	2048	56	30	90
Swath	±55.37° ±1464km	±49.5° ±1092km	±48.33° ±1037km	±49.44° ±1089km
Spectral Range	0.6 to 12 μm	0.69 to 15 μm	23 to 89GHz	89 to 190GHz
# of channels	6	20	15	5
Lifetime	5years (3years design life)	5years (3years design life)	3years	5years
Power	29W	24W	A1 : 75W A2 : 24W	74W (BOL)
Size	300mm x 360mm x 800mm	410mm x 460mm x 690mm	A1 : 736mm x 413mm x 608mm A2 : 635mm x 744mm x 688mm	750mm x 690mm x 570mm
Mass	33kg	35kg	A1 : 54kg A2 : 50kg	63kg
Data rate	1.4Mbps	2.88kbps	A1 : 2.1kbps A2 : 1.1kbps	3.9kbps

	IASI	GRAS
Scan Rate	8secs	
Scan Type	Step and dwell	
Pixel IFOV	0.8225°	
IFOV size at Nadir	12km	
Sampling at Nadir	18km	
Earth View Pixels / Scan	2rows of 60pixels each	
Swath	±48.98° ±1066km	
Spectral Range	645 to 2760cm ⁻¹	
Spectral Sampling	0.25cm ⁻¹	
# of channels	8461	
Lifetime	5years	
Power	210W	Average < 30W, Peak : 46.6W
Size	1.2m x 1.1m x 1.3m	
Mass	236kg	29.3kg
Data rate	1.5Mbps	Mean : 27kbps, Max : 60kbps

GOME-2	
Spectral band (nm)	240 - 790
Spectral resolution (nm)	0.2 - 0.4
Spatial resolution (km ²)	80 x 40
Earth coverage (km)	120 - 1920
Spectral channels	3500
Polarization channels	30
Calibration system	Spectral lamp, white lamp, solar diffuser
Dimensions	600mm x 800mm x 500mm
Weight	68kg
Main bus voltage	22 - 37V
Power consumption	50W
Data rate interface	400kbit



第4図 AMSU-A と MHS のフットプリント。
中央の「↑」は衛星直下点の軌跡と進行方向。

された超多チャンネルを持つ赤外サウンダである。観測波数帯は $645 \sim 2760 \text{ cm}^{-1}$ 、サンプリング間隔は 0.25 cm^{-1} 、チャンネル数は 8461 となっている。1 ライン当たり 60 ピクセルあり、一度に 2 ラインの観測を、AMSU-A と同期をとって行う。AMSU-A と IASI のフットプリントを第 5 図に示す。測定対象は気温・水蒸気鉛直分布、

O_3 、 CO 、 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、 SO_2 全量（鉛直分布の導出も試みられている）など。インターキャリブレーション用データとしても期待されている。

⑥ ASCAT

ESA（欧州宇宙機関）が打ち上げた ERS-1、2 衛星に搭載されたマイクロ波散乱計 AMI の後

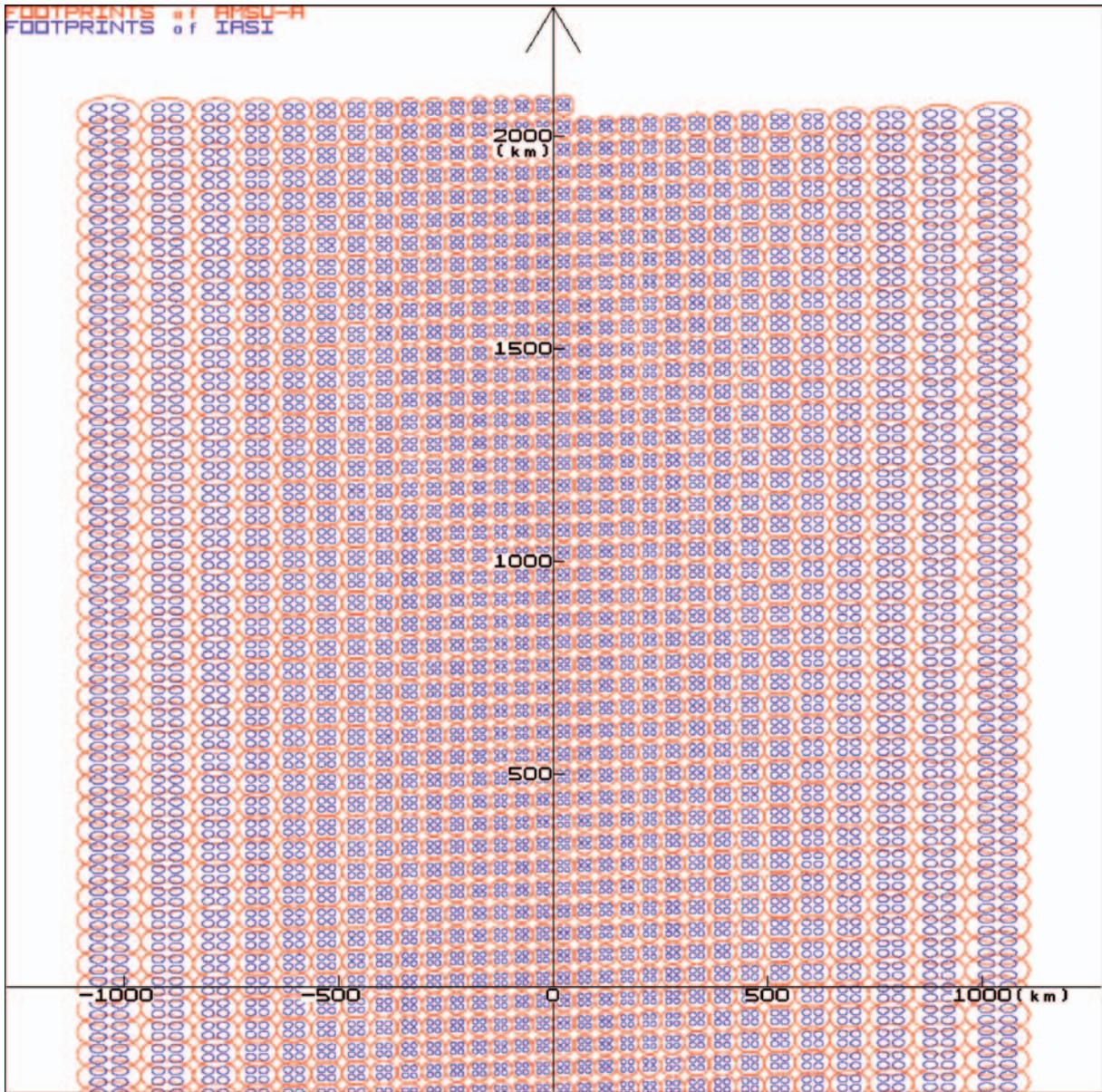
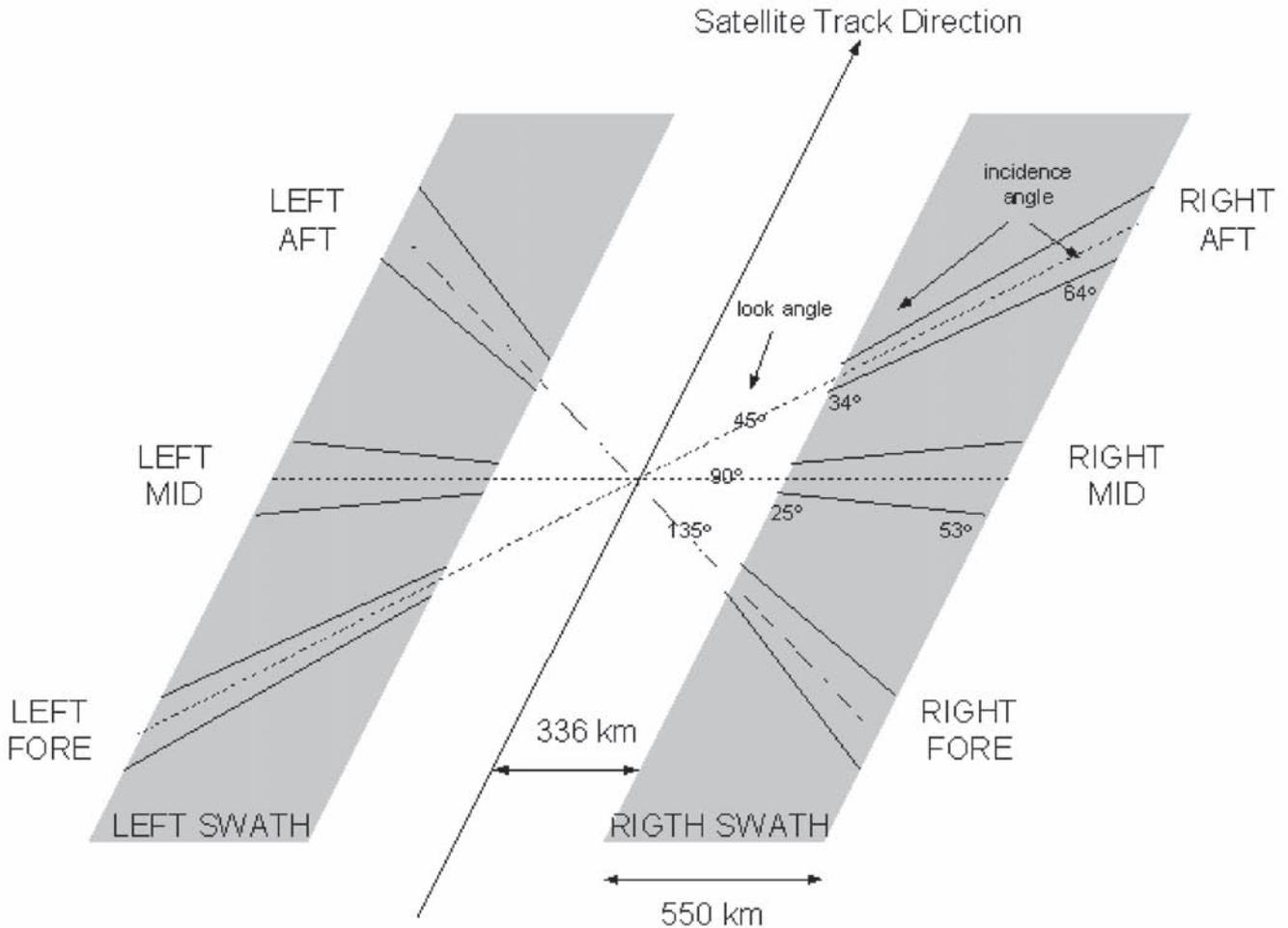


図5 AMSU-A と IASi のフットプリント。
中央の「↑」は衛星直下点の軌跡と進行方向。

継センサである。観測周波数は 5.255 GHz。衛星の進行方向に対して左右それぞれ 45 度、90 度、135 度の方位角にマイクロ波ビームを地表に照射し、その反射強度を測定する。衛星の進行に伴い、同一地点を別方位から 3 回観測する。ASCAT の観測範囲を第 6 図に示す。測定対象は海上風ベクトル、海氷、土壌水分など。

⑦ GRAS

高度約 2 万 km を周回するナビゲーション衛星 (GNSS) からの電波を受信する装置である。電波が大気を通過する際に屈折することで生じる伝播遅延量を観測し、気温と水蒸気の鉛直分布を得る (掩蔽観測)。



第6図 ASCATの観測範囲。
 (<http://oiswww.eumetsat.org/WEBOPS/eps-pg/ASCAT/ASCAT-PG-4ProdOverview.htm#TOC42>)

⑧ GOME-2

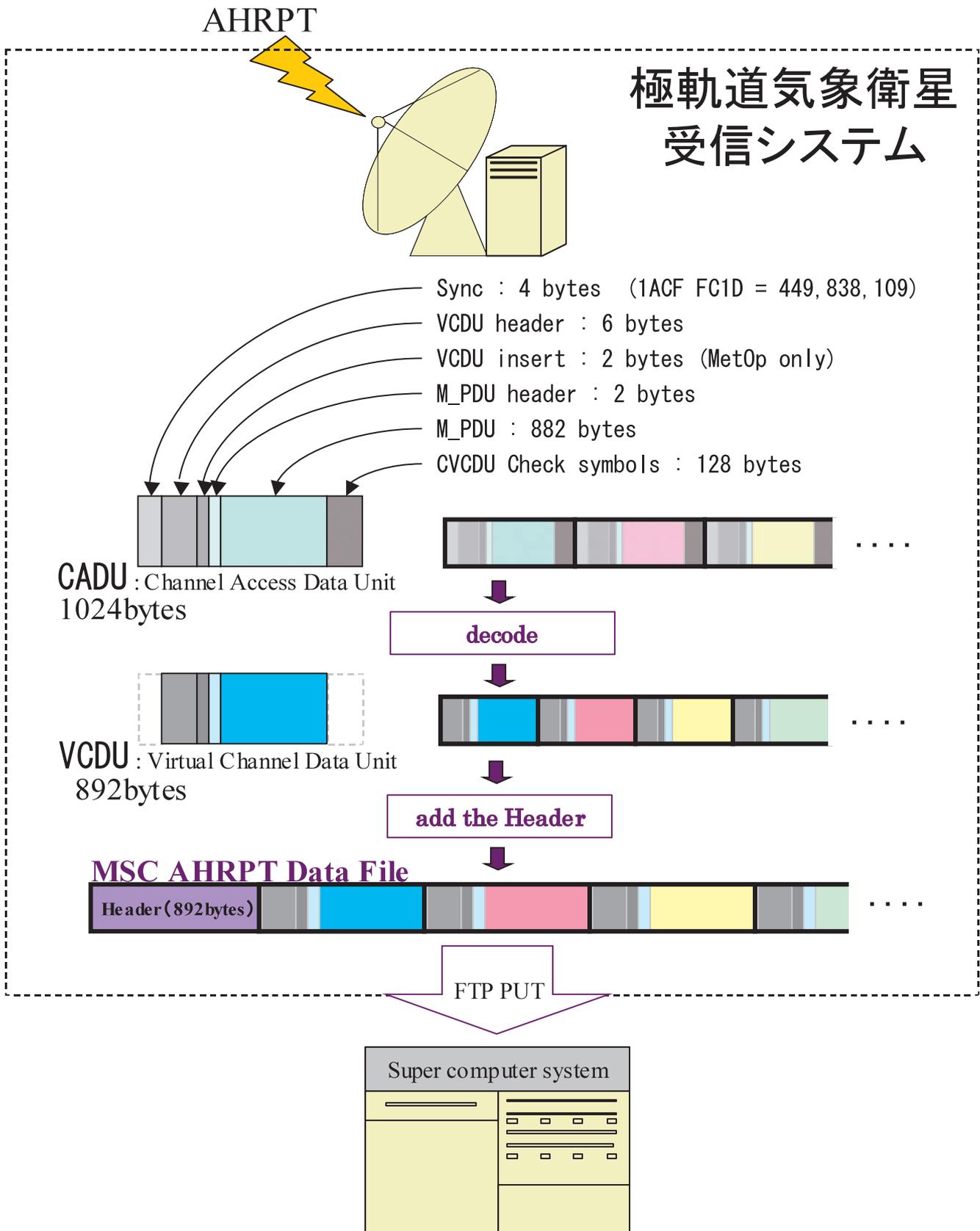
ESAが打ち上げたERS-2衛星に搭載されたオゾン観測装置GOMEの後継センサである。観測波長帯は240～790nm、測定対象はオゾン鉛直分布、NO₂、SO₂全量やエアロゾルなど。

4. 気象衛星センターにおけるMetOp衛星データ処理

MetOp衛星のAHRPT放送の受信は、極軌道気象衛星受信システムで行う。極軌道気象衛星受信システムで作成したAHRPTデータファイルはスーパーコンピュータシステムへ転送され、センサ毎にキャリブレーション、ナビゲーションが行われる。

4.1 極軌道気象衛星受信システムにおける処理

第7.1図に、極軌道気象衛星受信システムにおけるAHRPT放送の受信からスーパーコンピュータシステムへの転送までの模式図を示す。AHRPT放送の送信単位はCADUと呼ばれる1024バイトの packets データである。CADUは極軌道気象衛星受信装置でVCDU(仮想チャンネルデータユニット)にデコードされ、さらにヘッダが付加される。その後データは直ちにスーパーコンピュータシステムへ転送される。



第7.1図 極軌道気象衛星受信システムにおける AHRPT 放送の受信からスーパーコンピュータシステムへの転送までの模式図。

表 4.1 NOAA 衛星のデータ処理レベル (村田、2005)

レベル 0	衛星が観測し、即時的に放送している生データ。 HRPT データ。
レベル 1A	HRPT データを、各センサー別のファイルに分離したもの。 観測値はデジタルカウント値のみ。
レベル 1B	キャリブレーション・ナビゲーション処理を施したデータ。 観測値はデジタルカウント値とキャリブレーション係数。
レベル 1C	キャリブレーション・ナビゲーション処理を施したデータ。 観測値は輝度温度に変換済み (デジタルカウント値へは不可逆)。
レベル 1D	他センサーの FOV へのマッピングや、地表面状態や雲量などの情報が付加されたデータ。

表 4.2 MetOp 衛星のデータ処理レベル

レベル 0	センサー別に分離したデータ。 観測値は未抽出。
レベル 1A	NOAA 衛星におけるデータの処理レベルと同じ。
レベル 1B	NOAA 衛星におけるデータの処理レベルと同じ。
レベル 1C	NOAA 衛星におけるデータの処理レベルと同じ。
レベル 1D	NOAA 衛星におけるデータの処理レベルと同じ。

4.2 スーパーコンピュータシステムにおける処理

4.2.1 レベル 0 データ作成

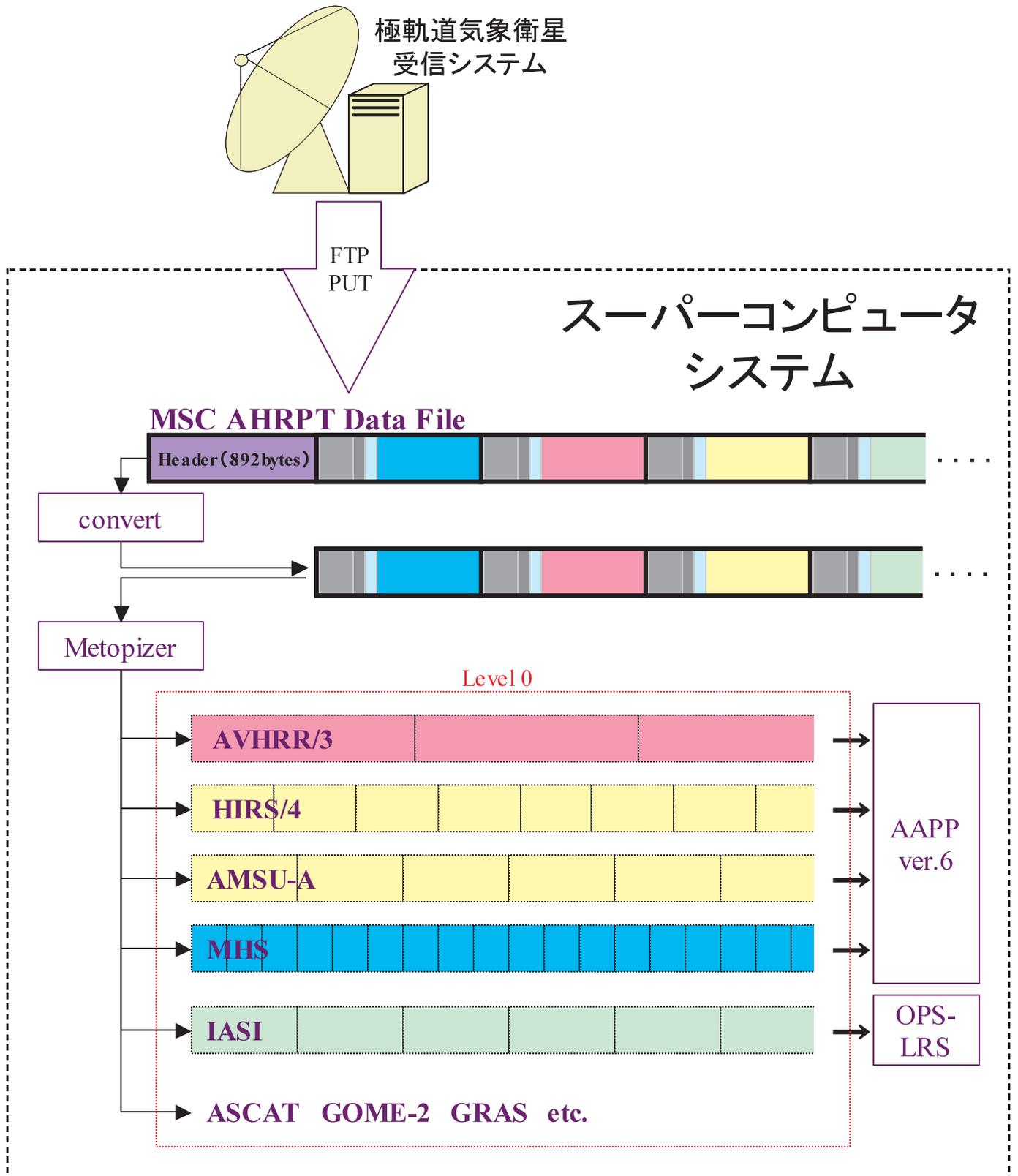
データ処理レベルについては、表 4.1 および表 4.2 を参照されたい。第 7.2 図に、スーパーコンピュータシステムにおけるレベル 0 データ作成までの模式図を示す。極軌道気象衛星受信システムからスーパーコンピュータシステムに転送された AHRPT データは、Metopizer と呼ばれるツールによってセンサー別データ (レベル 0 データ) に分割される。そのうえで各種処理パッケージがキャリブレーション・ナビゲーション処理を行う。Metopizer は EUMETSAT から無償で提供されている。

4.2.2 センサ別処理

① AVHRR/3

AVHRR データの処理は、処理パッケージ AAPP (最新バージョンは 6.3) で行う。AAPP は EUMETSAT 他が開発した処理パッケージで、ユーザー登録をすることで NWP-SAF^{*1} を通じて無償で提供を受けることができる。AAPP の詳細については、村田 (2005) を参照されたい。AAPP はレベル 0 データからレベル 1B データを作成す

^{*1} SAF : Satellite Application Facility。EUMETSAT など欧州の気象機関が、数値予報で衛星データを利用するための技術開発や研究を行っている。



第7.2図 スーパーコンピュータシステムにおけるレベル0データ作成までの模式図

る。作成されたレベル 1B データは、従来どおりのプロダクト（火山灰解析用画像、海氷画像、海面水温、エアロゾルの光学的厚さ、オングストローム指数、他センサの補助データ）の作成に利用される。

② ATOVS (HIRS/4、AMSU-A、MHS)

ATOVS データの処理については、AVHRR と同じ処理パッケージ AAPP を利用し、レベル 0 データからレベル 1C、1D データを作成する。それらデータは従来どおりのプロダクト、

- ・HIRS/4、AMSU-A、MHS 輝度温度データ（レベル 1C データ、数値予報用。）
- ・HIRS/4 レベル 1C データを BUFR 化した AP-RARS 用データ
- ・HIRS/4 レベル 1D データから気温・水蒸気鉛直分布（TOVS 気象データ）
- ・HIRS/4 レベル 1C データからオゾン全量
- ・MHS レベル 1C データから海氷画像の作成に利用される。

③ IASI

IASI データの処理については、処理パッケージ OPS-LRS を利用し、レベル 0 データからレベル 1C データを作成する。OPS-LRS は EUMETSAT 他が開発した処理パッケージで、ユーザー登録をすることで NWP-SAF を通じて無償で提供を受けることができる。IASI データは、数値予報などでの利用を計画している。

④ ASCAT・GRAS・GOME-2

ASCAT の処理パッケージとしては、オランダ気象庁 (KNMI) が AWDP を公開している。AWDP は EUMETCast によって放送されるレベル 1B データ（散乱断面積）を入力として、海上風ベクトルを算出する処理パッケージである。今のところ、直接受信データからレベル 1B データを作成するソフトは公開されていない。

GRAS の処理パッケージとしては、GRAS-SAF が ROPP を公開している。この処理パッケージも EUMETCast によって放送されるレベル 1B デ

ータを入力とし、気温・水蒸気などの大気プロフィールを算出する。ASCAT と同様に、今のところ GRAS 直接受信データからレベル 1B データを作成するソフトは公開されていない。

GOME-2 の処理パッケージとしては、ERS-2 に搭載された GOME を処理するソフトウェア GDP がある。現在、KNMI が GDP による GOME の即時処理を行っている。EUMETSAT は GDP の最新バージョンを GOME-2 に適用するとしている。GDP はアルゴリズムのみ公開されている。

5. 気象衛星センターにおける MetOp 衛星受信計画

気象衛星センターでは、NOAA-17 衛星と NOAA-18 衛星の HRPT 放送を受信・処理し、AVHRR データおよび ATOVS データから各種プロダクトを作成している。MetOp 衛星にも AVHRR と ATOVS が搭載されており同様のプロダクトが作成できるうえ、前述のソフトウェアの問題が解決すれば新センサのデータも利用できる。NOAA-17 衛星の AMSU-A1 (ch.3-15) が故障していることもあり、MetOp-A 衛星が軌道上試験を終えて正式運用となり、気象庁ユーザーの受け入れ準備が整った段階で速やかに午前軌道の主受信衛星を NOAA-17 衛星から MetOp-A 衛星へ移行する予定である。その場合でも、極軌道気象衛星受信装置は 3 衛星以上の受信に対応できるので、NOAA-17 衛星の受信も継続して行う予定である。ただし、MetOp-A 衛星と NOAA-17 衛星の軌道が近く受信時間帯が重複するため、NOAA-17 衛星のすべての軌道は受信できなくなる。

6. おわりに

MetOp 衛星には、AVHRR や ATOVS 以外に、IASI、ASCAT といった数値予報やモニタリングで即時利用が見込まれるセンサが搭載されている。リアルタイムでこれらのセンサデータを提供できる直接受信の意義は大きい。

なお、以下のように、MetOp-A 衛星の送信機にトラブルが発生している。

2006 年 11 月 4 日 LRPT および AHRPT 放送を休止。
 (故障したのは LRPT 送信機であるが、LRPT 送信機と AHRPT 送信機は主要部品を共有しており、原因調査のため AHRPT 放送も休止した。)

2007 年 1 月 15 日 LRPT 放送を冗長系で再開。

2007 年 1 月 23 日 AHRPT 放送を再開。

2007 年 1 月 26 日 HIRS に干渉するとの理由で LRPT 放送を再び休止。

2007 年 2 月 8 日現在、AHRPT 放送は続いている。気象衛星センターでは、MetOp-A 衛星の AHRPT 放送の試験受信を近日中に開始する予定である。

参考文献

EUMETSAT, 2006 : Status of the EUMETSAT Polar System (EPS), CGMS-XXXIV EUM-WP-02.

NOAA, 2006 : Future Polar Orbiting Meteorological Satellite Systems, CGMS-XXXIV NOAA-WP-05.

NOAA, 2006 : NOAA Table of Polar-Orbiting Satellite Equator Crossing Times and Frequencies, CGMS-XXXIV NOAA-WP-09.

村田英彦、2005 : AAPP による直接受信 NOAA/ATOVS データ処理、気象衛星センター技術報告第 46 号、33-50.

参考 URL

ESA

<http://www.esa.int/esaLP/LPmetop.html>

EUMETSAT

http://www.eumetsat.int/Home/Main/What_We_Do/Satellites/EUMETSAT_Polar_System/index.htm

NOAA

<http://www.ipo.noaa.gov/>

<http://www2.ncdc.noaa.gov/docs/klm/>

NWP-SAF

<http://www.metoffice.gov.uk/research/interproj/nwpsaf/index.html>

GRAS-SAF software request forms

http://www.metoffice.gov.uk/research/interproj/grassaf/request_forms/index.html

略号集

AAPP: ATOVS and AVHRR Processing Package

AHRPT: Advanced HRPT

AMI: Active Microwave Insutrument

AMSU-A: Advanced Microwave Sounding Unit-A

ASCAT: Advanced SCATterometer

ATOVS: Advanced TOVS

AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer

AWDP: ASCAT Wind Data Processor

BUFR: Binary Universal Form for the Representation of meteorological data

CADU: Channel Access Data Unit

DMSP: Defense Meteorological Satellite Program

EPS: EUMETSAT Polar System

ERS: European Remote-Sensing satellite

ESA: European Space Agency

EUMETSAT: EUropean Organisation for the Exploitation of METeorological SATellites

GDP: GOME Data Processor

GDS: Global Data Set

GNSS: Global Navigation Satellite System

GOME: Global Ozone Monitoring Experiment

GRAS: GNSS Receiver for Atmospheric Sounding

HIRS: High-resolution Infrared Radiation
Sounder

HRPT: High Resolution Picture Transmission

IASI: Infrared Atmospheric Sounding
Interferometer

IJPS: Initial Joint Polar System

JPS: Joint Polar System

LRPT: Low Resolution Picture Transmission

MSC: Meteorological Satellite Center

MetOp: Meteorological Operational (satellite)

MHS: Microwave Humidity Sounder

OPS-LRS: OPERational Software - Local
Reception Station

NOAA: National Oceanic Atmospheric
Administration

NPOESS: National Polar-orbiting Operational
Environmental Satellite System

NWP: Numerical Weather Prediction

ROPP: Radio Occultation Processing Package

SAF: Satellite Application Facility

TBUS: TIROS Bulletin United States

TIROS-N: Television InfraRed Operational
Satellite - Next-generation

TLE: Two Line Element

TOVS: TIROS-N Operational Vertical Sounder

VCDU: Virtual Channel Data Unit