

## AAPPによる直接受信NOAA/ATOVSデータ処理 The Processing of Direct Readout NOAA/ATOVS Data by AAPP

村田 英彦\*  
MURATA hidehiko

### Abstract

Meteorological Satellite Center and Numerical Prediction Division started to utilize the AAPP for the processing of NOAA/ATOVS data. Applications of processed data with AAPP now planned are as follows,

#### 1) Utilization for the Numerical Prediction

- ・ Level 1C (processed by global 1B data which received from NESDIS) for Global Analysis.
- ・ Level 1C (processed by locally received HRPT data) for Global Analysis.
- ・ Level 1D (processed by locally received HRPT data) for Meso-scale Analysis.

#### 2) Data exchange with another centers.

The AAPP and the data processing system with AAPP, as well as utilizations of processed data are written in this report.

### 要 旨

気象衛星センターおよび数値予報課では、NOAA/ATOVS データの処理ソフトとして AAPP を導入した。現在のところ、AAPP で処理されたデータを以下のように利用または利用を想定している。

#### ①数値予報への利用

- ・ レベル 1C データ (NESDIS より取得した全球レベル 1B データから作成) を全球解析に利用 (2004 年 12 月 2 日現業化)
- ・ レベル 1C データ (直接受信 HRPT データから作成) を全球解析に利用 (2004 年 12 月 2 日現業化)
- ・ レベル 1D データ (直接受信 HRPT データから作成) より算出した可降水量・降水強度等をメソ解析に利用

#### ②外国の衛星データ処理センターとのデータ交換

AAPP および AAPP を利用した処理システム、ならびに処理データの用途について概要を記す。

### 1. はじめに

現在、気象衛星センターの大型計算機システムでは独自の NOAA/ATOVS データ処理プログラムが動作している (気象衛星センター, 1983)。気象衛星センターは、このプログラムと比較検証する目的で AAPP を取得した。

一方、数値予報課においても衛星データ同化システムの一部としての利用を目的とし、AAPP を取得した。2002 年、AAPP の利用に向けた開発は両者のメリットが大きいため、気象衛星センターと数値予報課との共同開発テーマのひとつとして開発が開始された。その結果、

\* 気象衛星センターデータ処理部システム管理課  
2004年11月18日受領、2005年2月1日受理

2004年9月より気象衛星センターにおいて、直接受信HRPTデータをAAPPにより処理し数値予報課へ提供するシステムの現業運用を開始した。本稿では、AAPPならびに構築したシステムについて概要を紹介する。

AAPPは、NOAA衛星のATOVS（またはTOVS）データの前処理ソフトウェアである（Whyte,2003）。AAPPはローカル受信局で直接受信したHRPTデータから、輝度温度データの作成までを意図して作成されている。フォーマットが共通であれば、中間処理レベルのデータであっても処理が可能である（データの処理レベルについては2.2を参照）。AAPPは欧州気象機関のメンバー（EUMETSAT、UKMO、Meteo-France、ECMWFなど）が共同で開発しており、現在はUKMOのNWP SAF<sup>1</sup>が管理を行っている。AAPPはATOVSデータ処理の標準的なソフトウェアとなっており、ユーザーは全世界に多数およんでいる。AAPPはユーザー登録をすることにより、無償で利用が可能である。

AAPPの利用には様々なメリットがある。ソフトウェアの開発・管理が開発元によって一元的に行われているため、ユーザーは開発のために労力を必要としない。また、今後打ち上げが予定されている新規衛星や新しいセンサーへの対応も速やかに行われ、常に公認された最新の状態を保つことが可能である。なお、ソフトウェアのアップデートはリリースされたバージョンアップを行うだけでよい。また、新規バージョンのリリース情報提供や情報交換のために専用のメーリングリストが用意されている。多くのユーザー間で、バグ修正やインストール方法等についての情報交換や情報共有が期待できる。さらに、NWP SAFウェブサイトのフォーム<sup>2</sup>を用いることにより開発元へ直接問い合わせることも可能で

ある。バグについて報告することは、AAPPのコミュニティに対する国際的な貢献にもなる（7.1を参照）。

他センターにおいて受信され、同様にAAPPで処理されたデータはフォーマットが同一であることから、カバレッジを拡大する目的で、複数センター間で交換も行われている（3.4を参照）。

## 2. AAPPについて

### 2.1 動作環境

AAPPはUNIX環境で動作する。またプログラムはFORTRAN言語で記述されており、AAPPバージョン4からはFORTRAN90に対応している。実行モジュールは実行シェルスクリプト(ksh)によって制御され、インストール先のディレクトリにパスを通すことで、他のUNIXコマンドと同じように使用可能である。

なお、現在の気象衛星センターにおける大型計算機のOSはUNIXではないが、外部のUNIX環境のサーバに接続することでAAPPの動作を実現している（5.2を参照）。また、数値予報システムおよび2005年3月に運用を開始する気象衛星センター次期システムは、いずれもUNIXをOSとしており、AAPPの動作が可能である。

### 2.1 データのレベル

AAPPで使用しているデータの処理レベルについて説明する。AAPPでは表1のように処理レベルを定義している。各レベルのフォーマットは国際的に共通である。

処理レベルは処理が進むに従って上がり、一般的には、レベル0が生データ、レベル1が輝度温度データ、レベル2がプロダクト、レベル3が統計処理を施したプロダクト、などとなっている。

<sup>1</sup> <http://www.metoffice.com/research/interproj/nwpsaf/>

<sup>2</sup> <http://www.metoffice.com/research/interproj/nwpsaf/feedback.html>

表1 AAPPにおけるデータレベル

レベル0	NOAA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。

### 2.3 バージョンアップ

AAPPのバージョンアップは継続的に行われている。バージョンアップにはメジャーなもの（とマイナーなもの）がある。メジャーなバージョンアップとは全体的に大幅な変更を伴うもので、バージョン番号は1つ増える。メジャーなバージョンアップが行われた場合、プログラムやデータおよびドキュメント等のファイル一式はCD-ROMに格納され、登録ユーザーへ郵送配布される。一方、マイナーなバージョンアップとは、一部のプログラムやデータファイルにのみ変更があるもので、センサーの特性が変化した場合やバグが修正された場合等にリリースされる。必要なファイルはFTPサイトに置かれ、ユーザーはそれをダウンロードして使用する。また、このときバージョン番号は0.1増える。

なお、本稿執筆時の最新バージョンは4.4である。

### 3. AAPP処理データの利用

気象庁においては現在のところ、AAPPで処理されたデータを以下のように利用または利用を想定している。

#### ①数値予報への利用

- ・レベル1Cデータ（NESDISより取得した全球レベル1Bデータから作成）を全球解析に利用（2004年12月2日現業化）
- ・レベル1Cデータ（直接受信HRPTデータから作成）を全球解析に利用（2004年12月2日現業化）

- ・レベル1Dデータ（直接受信HRPTデータから作成）より算出した可降水量・降水強度等をメソ解析に利用

#### ②外国の衛星データ処理センターとのデータ交換

以下、これらについて説明する。

#### 3.1 レベル1Cデータ（NESDISより取得した全球レベル1Bデータから作成）を全球解析に利用

2004年12月2日より、全球解析にATOVSレベル1C輝度温度データの3次元変分法による直接同化が現業化された（気象庁予報部,2004）。このレベル1Cデータは、NOAA/NESDISより取得した全球レベル1BデータをAAPPによって変換したものである。変換処理は、数値予報システムのデコード処理部分において、図4中の「ATOVIN」というプログラムを使用して行われている。数値予報システムには、AAPPの多数のプログラムのうち、このATOVINだけが実装されている。

レベル1Cデータの同化が現業化される以前は、NESDISが処理を行ったレベル1Dデータの同化が行われていた（計盛・岡本,2004）。NESDISが処理を行ったレベル1Dデータには、NESDISによる品質管理やトリートメントされた物理量の付加に加え、間引きや空間内挿等が施されている。末端ユーザーにとっては、様々な情報が付加されているという利点があるものの、データ選択の余

地が少なく、また内挿処理に伴う誤差が含まれる等の欠点があった。さらなる予報精度の改善のため、よりオリジナルに近いデータを取得し、自センターで処理したレベル1Cデータを同化に用いるようになった。

なお、現在NESDISから取得している全球レベル1Bデータは、NOAA-15,16,17の3機のAMSU-A,AMSU-Bのデータである。

### 3.2 レベル1Cデータ（直接受信HRPTデータから作成）を全球解析に利用

気象衛星センターで直接受信しているHRPTデータからAAPPを用いて作成したレベル1Cデータは、3.1で述べた全球レベル1Cデータと同一のフォーマットで、品

質もほぼ同等である<sup>3</sup>。そのため、特別な処理を行うことなく、全球レベル1Cデータと同じように全球モデルへ同化することができる。

直接受信データの最大の利点は、利用が可能になるまでに要する時間が短いことである。観測範囲は日本付近に限られるものの、全球データより早く提供が可能である。図1に速報解析およびサイクル解析に利用されるAMSU-Bデータの分布の例を示す。速報解析では、NESDISからのデータが取得される前に日本付近のデータが利用可能となっていることがわかる（図中○印）。

気象衛星センターで直接受信しているHRPTデータのAAPPによる処理システムについては、5. に記す。

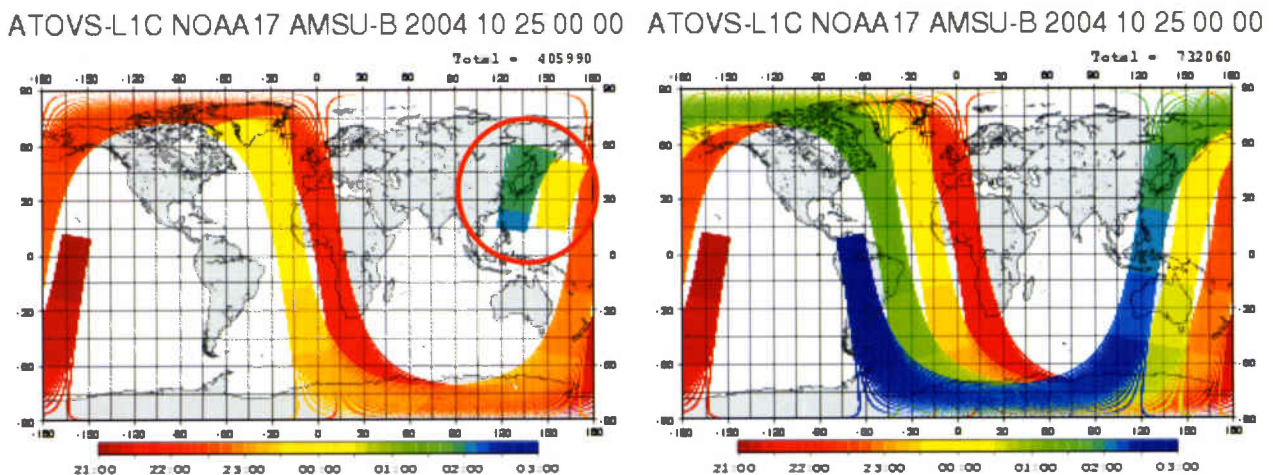


図1 全球解析に使用されるデータ分布の例（NOAA-17号, AMSU-Bデータ）

左：速報解析 右：サイクル解析

速報解析の○印付近のデータが、MSCが提供したデータ。

色は観測時刻を示し、暖色系が古く、寒色系が新しいデータ。

（数値予報課モニタリングページより引用）

<sup>3</sup> Atkinson and Keith(2003)によると、ローカル受信局でAAPP処理されたデータと、全球データとの間には、若干の差異があるとのことである。ナビゲーションについては、①使用している軌道情報が異なり、NESDISはTBUSではない独自の軌道情報を使っている、②特にHIRSについては、測器の取り付け角の修正量が異なり、AAPPではNESDIS発表の値ではなく、AVHRRとの比較結果を基にした修正量を使用している、という理由で差異が生じている。キャリブレーションについては、HIRSに関して、キャリブレーションが256秒に1回（40ライン毎）しか行われないため、受信範囲の狭い直接受信データでは、正確なキャリブレーションが行われないことにより、輝度温度に差異が生じている。いずれにしても、直接受信データのうち、輝度温度直接同化に利用されているAMSU-AおよびAMSU-Bに関しては、大きな問題はないと考えられる。

### 3.3 レベル1Dデータ（直接受信HRPTデータから作成）より算出した可降水量・降水強度等をメソ解析に利用

メソ解析ではデータ同化手法として4次元変分法を用いており、輝度温度の直接同化には多大な計算コストを要する。そのため現在は、まず可降水量・降水強度といった物理量をリトリブし、これらの物理量を同化している。メソ解析には既に、SSM/IやTRMMの観測データからリトリブした可降水量・降水強度を同化している（気象庁予報部,2003）。現在、ATOVSデータによる可降水量・降水強度についても同様に同化を目指して開発が進められているところである。

ATOVSデータによる可降水量・降水強度は、MSPPS/Day2アルゴリズム<sup>4</sup>を用いてリトリブされる。図2にリトリブされた可降水量および降水強度の例を示す。Day2アルゴリズムでは、AMSU-AとAMSU-Bの両

センサーの輝度温度が必要であるが、AMSU-AとAMSU-Bでは観測視野（FOV）が異なっている。そのため、片方のセンサーのFOVにもう一方のセンサーの輝度温度を割り当てる処理、すなわちマッピング処理が必要となる。具体的には、AAPPに実装されているマッピング処理機能（図4中の「ATOVPP」）を用いて、空間解像度のより細かいAMSU-BのFOVに合わせてAMSU-Aの最寄のFOVにおける輝度温度を格納し、レベル1Dデータとして作成する。

メソ解析は解析時刻から50分後がカットオフ時刻となっており、それ以降に入電したデータは同化に利用されない。直接受信データは、一括処理を行っているセンター（例えばNOAA/NESDIS）から取得するデータとは異なり、観測後速やかに処理されることから利用可能になるまでの時間が非常に短く、メソ解析には大変有効なデータであると言える。

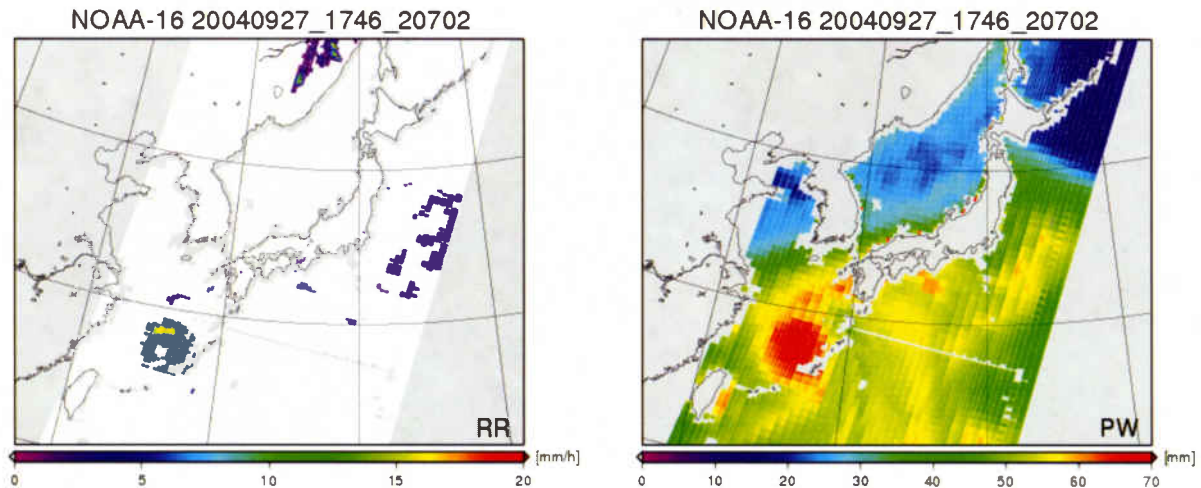


図2 Day2アルゴリズムによってリトリブされた物理量  
左：降水強度(mm/h) 右：可降水量(mm)

<sup>4</sup> <http://www.orbit.nesdis.noaa.gov/corp/scsb/mspps/algorithms.html>

### 3.4 外国の衛星データ処理センターとのデータ交換

ヨーロッパ及び北米では、EARS<sup>5</sup>と呼ばれるシステムによって ATOVS データを交換し共有している (CGMS-XXXII EUM-WP-13, 2004)。EARSでは、各地の受信局で直接受信したHRPTデータをAAPPによって処理し、商用衛星を用いたシステム (EUMETCast) で再放送を行っている。これによって広範囲の直接受信データが30分以内に利用可能となる (図3)。既に様々なセンターでEARSによる配信データの現業利用が始まっ

ている。

同様に、気象庁とAAPPで処理を行っている他センターとの間にデータ交換システムが構築できれば、気象庁も広範囲のデータを短時間のうちに利用できるようなことが期待される。現在、具体的なデータ交換の方法 (通信方法、参加国、実施時期、配信データ内容等) について、RARSやAPSDEU等の枠組みにおいて検討が行われているところである。

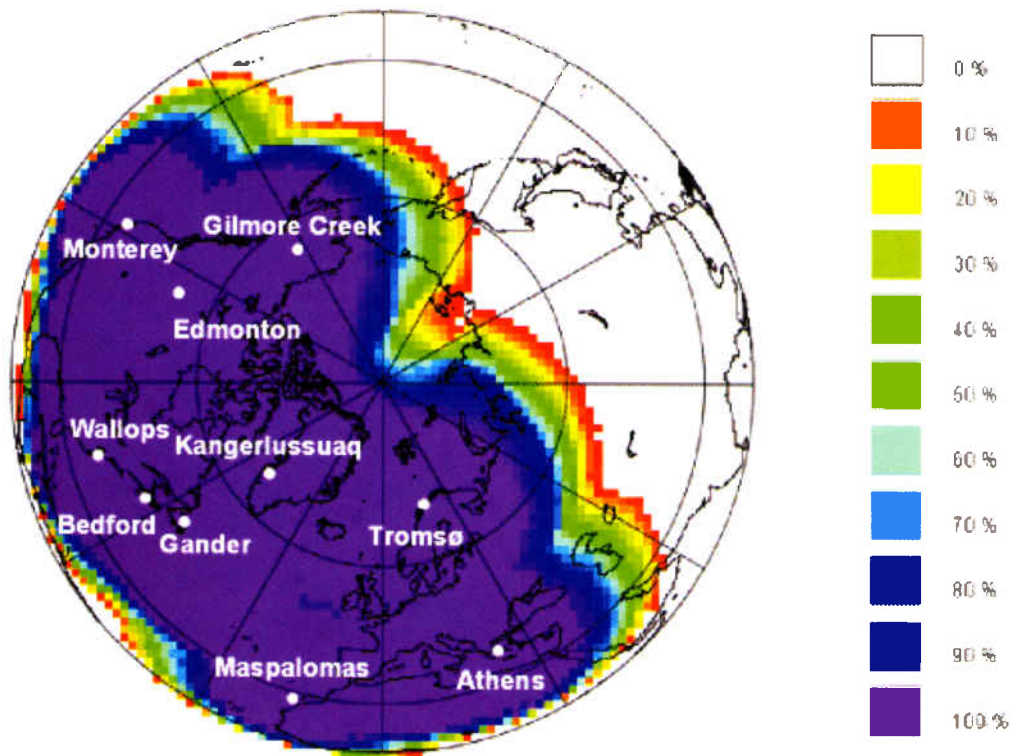


図3 EARSにおける直接受信データのカバレッジ  
 白点がローカル受信局を示す。  
 値はその地点での観測データのうちEARSで受信されるデータの割合。  
 (脚注5より引用)

<sup>5</sup> <http://www.eumetsat.de/en/dps/atovs.html>



#### 4. AAPPの処理手順

直接受信HRPTデータのAAPPによる処理フローを図4に示す。この図はWhyte (2003)の図に加筆したもので、

気象衛星センターのAAPP処理システムにおいてもこのフローで処理を行っている。以下に、図中の各処理について簡単に説明をする。

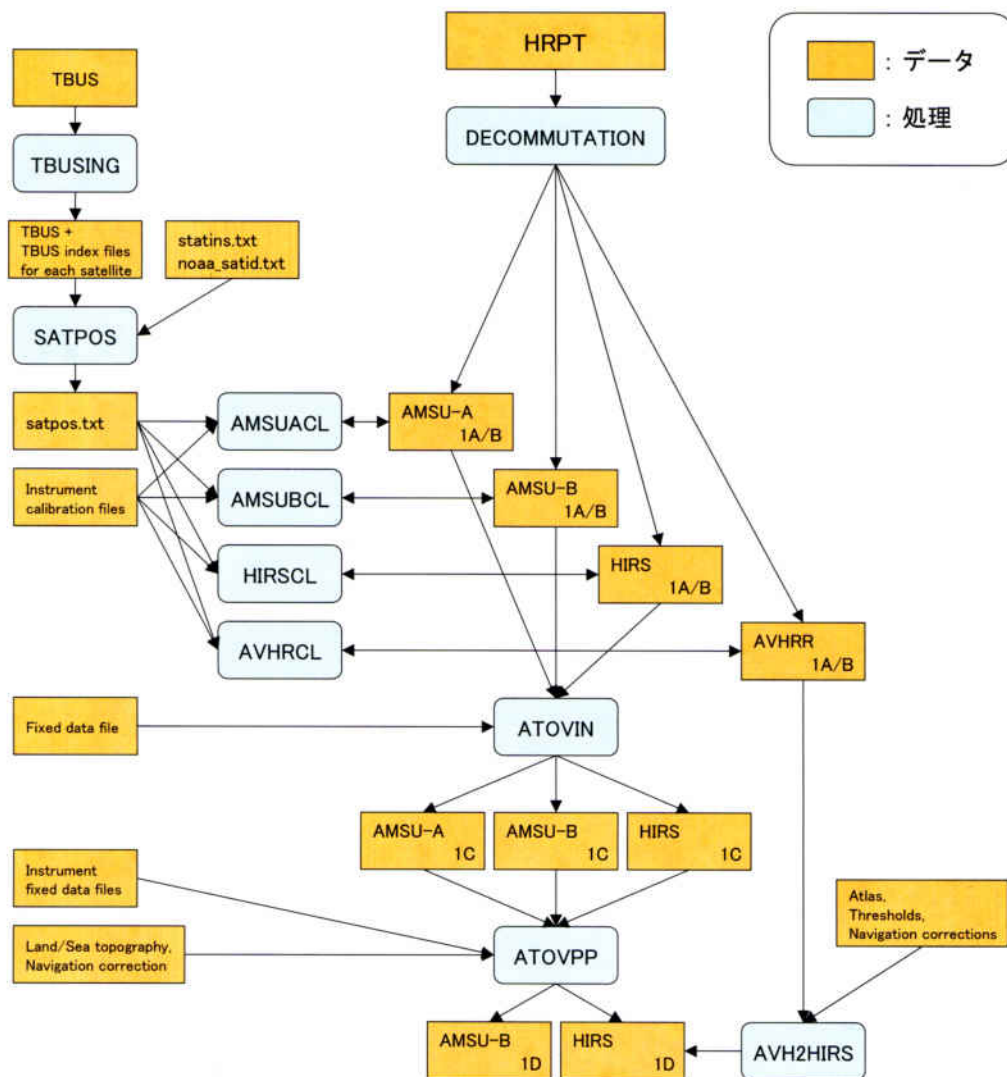


図4 AAPPの処理フロー  
(Whyte,2003: AAPP overviewの図に加筆)

#### DECOMMUTATION

レベル0からレベル1Aへの変換処理である。NOAA衛星から直接受信するHRPTデータには、AVHRRとATOVS (HIRS,AMSU-A,AMSU-B) の各センサーのデータが混在している。この処理では、HRPTデータファイルから各センサーのデータを抽出し、それぞれ別ファイルに出力する。

#### TBUSING, SATPOS

NOAA衛星の軌道情報は、NOAA/NESDISから毎日配信されるTBUSファイルに記述されている。TBUSINGは、TBUSファイルを管理し、処理の対象としているHRPTデータに対して時刻・品質の適したTBUSファイルを提供する。SATPOSは、TBUSファイルの軌道情報を元に衛星の時々刻々の位置を計算し、ファイルに保存する。

**ATOVCL (HIRSCL, AMSUACL, AMSUBCL, AVHRCL)**

レベル1Aからレベル1Bへの変換処理である。センサー毎に切り分けられたデータには、それぞれキャリブレーションが行われる。観測値は、デジタルカウント値およびキャリブレーション係数という形で格納される。またナビゲーション情報も付加される。

なお、レベル1Aファイルのフォーマットはレベル1Bデータのフォーマットと同一であり、この処理ではレベル1Aファイルに情報を上書きしている。

**ATOVIN**

レベル1Bからレベル1Cへの変換処理である。レベル1Bでは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であったが、レベル1Cでは輝度温度に変換されて格納される。

**ATOVPP**

レベル1Cからレベル1Dへの変換処理である。この処理ではマッピング処理のほか、各FOVにおける情報の付加などが行われる。マッピング処理とは、FOVの異なるATOVSの各センサーの観測値を、あるセンサーのFOVに内挿する（あるいは観測位置の最も近いFOVの値を割り当てる）処理である。HIRSレベル1Dデータには、大気鉛直プロファイルを算出する目的で、HIRSの各FOVにおけるAMSU-AやAMSU-Bの観測値が割り当てられる。また、本センターでAAPPによる処理システムを導入するに当たり、AMSU-Bレベル1Dファイルの作成処理を追加した(3.3を参照)。

各FOVに付加される情報には、海陸の別・地表面状態の分類・降水インデックス・等がある (Labrot et al.,2003)。

**AVH2HIRS**

ATOVPPで作成されたHIRSレベル1Dデータに対し、晴天判別に使用する目的で、さらにHIRSのFOVにおけるAVHRR雲量を付加する。なお表1の定義によると、この処理後もレベルは1Dのままである。

**5. AAPPを利用したATOVSデータ処理システム**

気象衛星センターに構築した、AAPPによるHRPTデータ処理システムの概要を記す。

**5.1 受信データについて**

まず、NOAA衛星から直接受信しているデータについて簡単に記す。気象衛星センターでは、仰角5度以上の継続時間が5分以上におよぶ軌道を対象として、NOAA衛星からHRPTデータを直接受信している。NOAA衛星は太陽同期軌道衛星であることから、毎日ほぼ決まった

時間帯に上空を通過する。1機のNOAA衛星に対し昼と夜に1回ずつの通過時間帯があり、それぞれの時間帯で2～3軌道のデータが受信できる。なお、各時間帯内での通過時刻は日々異なる。1回の通過時間は最大で15分程度である。図5に、NOAA-16号および17号の通過時間帯を示す。現在、この2機の衛星からデータを受信<sup>6</sup>しており、平均すると1日あたり計8～9軌道となる。

<sup>6</sup> NOAA-17号のAMSU-Aは現在故障中であるため、それに代わり同じ午前軌道（日中の通過時間帯が地方時で午前に相当）のNOAA-15号のデータを受信することも考えられる。しかし、NOAA-15号は雲画像を取得できるAVHRRが故障中である。気象衛星センターではAVHRRデータを使用するプロダクトも多く作成しているため、NOAA-17号の受信を選択している。なお受信システムの設計上、現業的に受信できる衛星は2機までで、NOAA-15,16,17号の3機のデータすべてを受信することはできない。



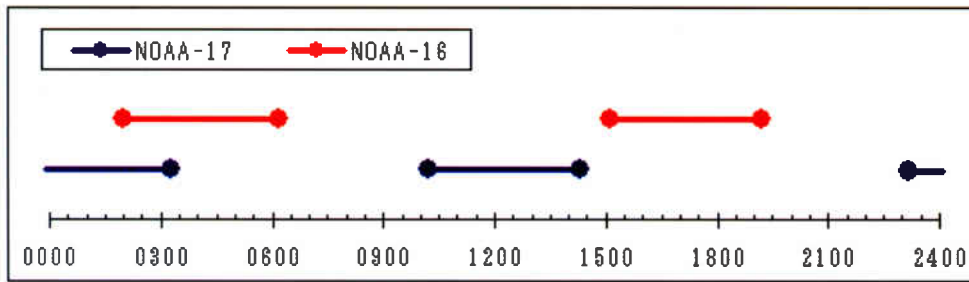


図5 現在受信しているNOAA衛星の通過時間帯(横軸：UT)

## 5.2 機器構成について

気象衛星センターにおける、AAPP処理システム周辺の機器構成と、処理信号およびHRPTデータの流れを図6に示した。DPC3とは現在の大型計算機システムである。なお、AAPP処理システムは次期計算機システムDPC4運用開始（2005年3月1日）までの間、高密度衛星風作成サーバに構築する。

NOAA衛星からのHRPTデータは、本センター敷地内のNOAA搭のアンテナで受信され、受信用サーバに保存される。次に、受信用サーバからDPC3ホスト計算機に集信される。その後、AAPP処理システムが動作する高密度衛星風作成サーバへ転送される。本来は受信サーバからAAPP処理システムへデータが送られるべきであるが、システムの構築に際しては現在のDPC3計算機システムへの変更が最小限になるようにするため、DPC3を経由するこのような手順をとることとした。

DPC3計算機システムでは画像パラメータ編集処理が行われ、HRPTデータにキャリブレーション・ナビゲー

ション情報等のレコードが付加されるが、AAPPではこれらのレコードの情報は使わず、独自に同様の計算を行う。また、DPC3におけるHRPTフォーマットは標準のHRPTフォーマットとレコードの先頭が若干異なるため、フォーマットを変換する処理を追加している。

本システムを高密度衛星風作成サーバに構築する理由は、IMPマネージャと呼ばれるプログラムが実装されているためである。IMPマネージャはホスト計算機とのファイルや処理のやりとりを可能にし、DPC3計算機システムを介したオペレーター監視が可能となる。なおAAPP処理システムはDPC4計算機システム運用開始後、同計算機へ移行する予定である。

高密度衛星風作成サーバのAAPP処理システムによって作成されたレベル1Cデータは、プロダクト提供用サーバを介して数値予報課に提供される。

レベル1Cデータの数値予報課への提供は、2004年9月よりルーチン化された。

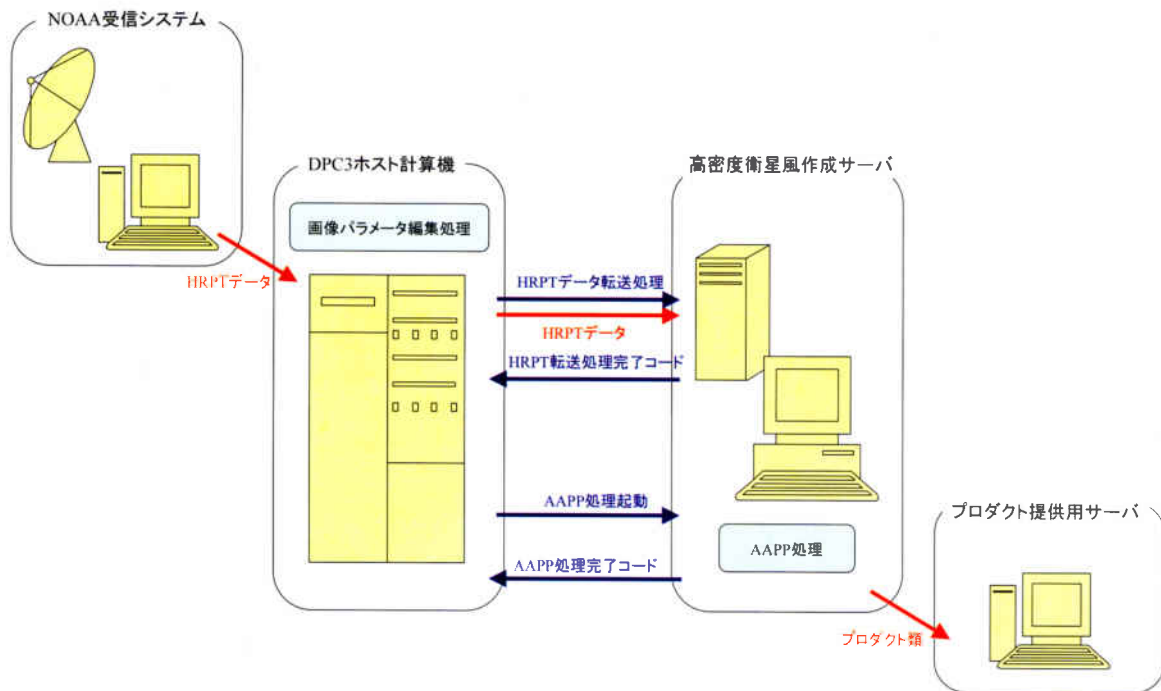


図6 気象衛星センターにおける、HRPTデータと各システム間の信号の流れ

### 5.3 処理時間について

本システムによるデータ処理時間については、以下の3つのフェーズに分けることができる。ある観測時刻のデータが、処理されて提供可能となるまでの時間は、これらの時間の合計となる。

- ・受信開始から受信終了まで
- ・受信終了から転送処理終了まで
- ・AAPPによる処理時間

以下、それぞれのフェーズについて解説する。

#### 受信開始から受信終了まで

気象衛星センターにおける現在のNOAA受信システムでは、NOAA衛星からのデータを1つのHRPTファイルとして出力する。そのため、受信可能範囲を通過中の衛

星から送られるデータは、その受信が終了するまで処理をすることができない。衛星が受信可能範囲を通過する時間は、最長で15分程度である。つまり受信開始時刻付近のデータには、処理が開始されるまでに最長で15分程度の待ち時間が生じることになる。また受信開始時刻付近のデータと比較して、受信終了時刻に近いデータであるほど処理までの時間が短くなることは言うまでもない。具体的な値として、HRPTファイルの受信開始から終了までの時間のヒストグラムを図7(a)に示す。

なおグラフは横軸に経過時間(分)を、左縦軸に頻度(ヒストグラム)、右縦軸に累積%(折れ線)を示している。また統計期間は2004年10月1日～31日で、262回の処理のログから抽出した。以降のグラフについても同様である。

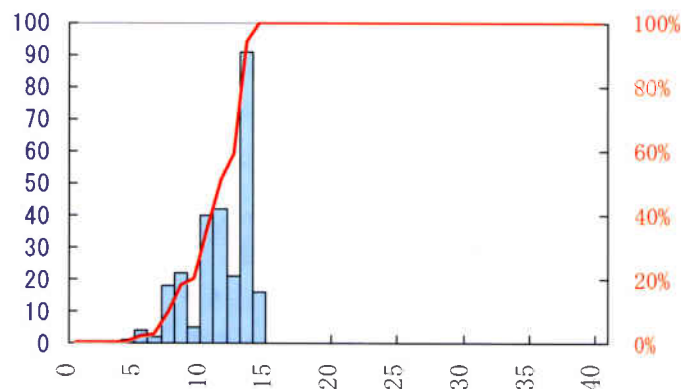


図7 (a) 受信開始から終了までの時間

### 受信終了から転送処理終了まで

DPC3計算機システムではNOAA衛星の軌道情報を元に、受信が終了する時刻を見計らってNOAA受信システムからHRPTファイルを取得する。その後、画像パラメータ編集などの処理を行った後、HRPTファイルを本システムへ転送する。この部分は新計算機へ移行する際、計算手順の省略や効率化および計算機処理速度や転送

速度の向上により改善の余地がある。特に画像パラメータ編集処理結果はAAPPによる処理では必要としないため、大幅な時間短縮が見込まれる。具体的な値として、HRPTファイルの受信終了時刻から、本システムのシェルスクリプトが起動されるまでの時間について図7 (b)に示す。

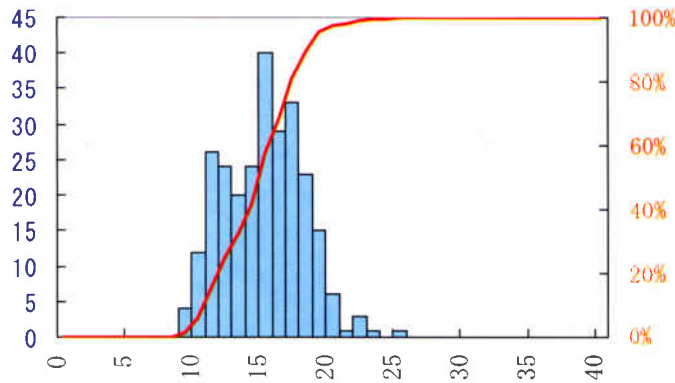


図7 (b) 受信終了から転送処理終了までの時間

### AAPPによる処理時間

本システムで、AAPPによる処理が開始されてから、提供用サーバへの転送が完了しホスト計算機へ終了コードを返すまでの時間である。この部分も、計算手順の省略や効率化、計算機処理速度や転送速度の向上により

改善の余地がある。具体的な値として、本システムのシェルスクリプトが起動されてから処理が完了するまでの時間について図7 (c)に示す。処理はいずれも2分以内に終了しており、全体的な処理時間からすると占める割合は小さい。

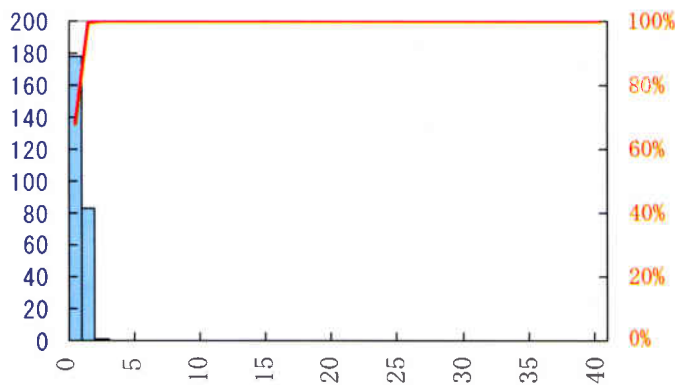


図7 (c) AAPP処理システム自体での処理時間

### 処理時間合計

上記の3つのフェーズの時間合計、つまり観測からデータが提供されるまでの時間を図7 (d)に示す。

観測時刻から35分で、98%のデータの提供が完了している。

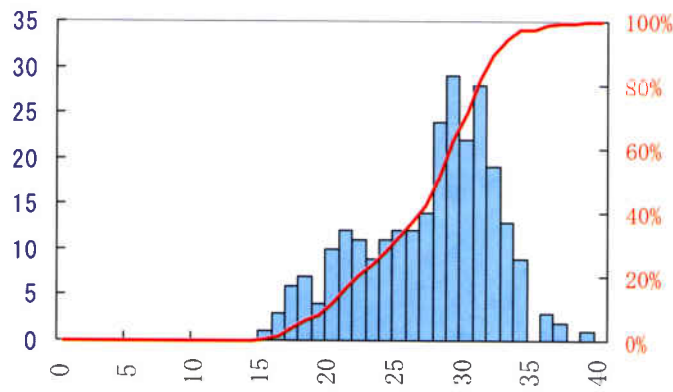


図7 (d) 処理時間合計

### 5.4 データサイズについて

本システムにおいて出力されるATOVSデータのファイルサイズを表2 (a)~(c)に示した。なお、統計期間は前項と同じ2004年10月1日~31日で、その間262回の処理が

行われた。1日あたりの頻度は、NOAA-16号、17号の2機を合わせて8.45回であり、その内訳はNOAA-16号が139回（1日あたり4.48回）、NOAA-17号が123回（1日あたり3.97回）である。

表2 (a) AMSU-Aデータのファイルサイズ

AMSU-A	スキャン数	レベル1B	レベル1C	レベル1D
設計最大サイズ	113	289,280	347,136	520,704
実測最大サイズ	102	261,120	313,344	(作成なし)
実測最小サイズ	44	112,640	135,168	(作成なし)
実測平均サイズ	86	219,417	263,301	(作成なし)

(※単位:byte)

表2 (b) AMSU-Bデータのファイルサイズ

AMSU-B	スキャン数	レベル1B	レベル1C	レベル1D
設計最大サイズ	337	1,035,264	1,552,896	4,141,056
実測最大サイズ	306	940,032	1,410,048	3,760,128
実測最小サイズ	132	405,504	608,256	1,622,016
実測平均サイズ	256	787,816	1,181,723	3,151,262

(※単位:byte)

表2 (c) HIRSデータのファイルサイズ

HIRS	スキャン数	レベル1B	レベル1C	レベル1D
設計最大サイズ	141	649,728	938,496	2,237,952
実測最大サイズ	128	589,824	851,968	2,031,616
実測最小サイズ	55	253,440	366,080	872,960
実測平均サイズ	107	493,672	713,081	1,700,424

(※単位:byte)

## 6. 展望

### 6.1 気象衛星センターにおけるAAPP利用の今後

これまで述べてきたように、AAPPの利用には大きなメリットがある。そのため、いずれは気象衛星センターで行っているHRPTデータの処理をAAPPに移行することを想定している。しかし、気象衛星センターの処理プログラムは、AMSUのFOVにおけるAVHRR雲量情報作成などのAAPPにはない処理を行っている上、後続のプロダクト作成処理で使用する独自フォーマットのキャリブレーション・ナビゲーションデータの作成を行っており、これらの後続処理プログラムの元データのフォーマットや仕様を変更することにもなることから、移行は簡単な話ではない。また、これまでのプログラムとAAPPとの間で詳細な精度の比較調査も必要である。その結果も踏まえ、今後は後続プログラムによるAAPP処理データの利用を積極的に進め、また可能であれば、気象衛星センターのプログラムにおける利点をAAPPの作成元に提言するなどして、融合を図っていききたい。

### 6.2 AAPPバージョンアップ予定

今後に計画されているAAPPのバージョンアップの内容について、NWP SAFのWebページ<sup>7</sup>に掲載されているものを以下に記す。新規衛星や新センサーへの対応が予定されているほか、既存の処理についても機能の拡張や改良が予定されている。

#### バージョン5

- ・NOAA-N対応

近日中に、NOAA-17号に続くNOAAシリーズ最新衛星としてNOAA-Nの打ち上げが予定されている。現在運用中のNOAA-15,16,17号衛星との大きな違いは、AMSU-Bに代わりMHSという新規センサーが搭載されることである。AAPPは、新規センサーに対応する処理プログラムも含め、NOAA-Nに対応する。

- ・ナビゲーションの改良（2行軌道要素の利用）

現在の衛星軌道はNOAAが配信するTBUSデータを用いて計算されている。これに加え、TBUSに比べ簡略な「2行軌道要素」と呼ばれるフォーマットの軌道要素データからも、計算を可能にする。

- ・HIRSキャリブレーション手法の追加

HIRSキャリブレーション係数の周期性に着目して改良された手法（バージョン4.0）をオプションで利用可能とする。

- ・AMSU-B/MHSの月較正

AMSU-Aについては、キャリブレーションの際に低温ターゲットとしての宇宙空間の観測視野に月が入射した場合の較正処理を行う機能が既に実装されているが（7.1を参照）、AMSU-BやMHSについてもこの機能を実装する。

#### バージョン6

- Metop対応（IASIの処理も含む）

NOAAの極軌道気象衛星は、NOAAシリーズ衛星の後継として次世代のNPOESSシリーズ衛星へ移行し、EUMETSATのMetopシリーズ衛星と観測を分担するという計画となっている（CGMS-XXXII EUM-WP-03）。IASIはMetopに搭載される干渉型サウンダで、AAPPはIASIの処理を含めたMetop衛星への対応をする。

### 6.3 他の衛星への応用

今後の各衛星の性能向上に伴って、衛星からの直接放送はHRPTより伝送レートの高いAHRPT(Advanced HRPT)が用いられる。AAPPはAHRPTの処理にも対応するとのことである（CGMS-XXXI EUM-WP-20,2003）。CGMSによる調整によって、NOAAシリーズやMetop衛星だけではなく他の極軌道衛星についてもAHRPTフォ

<sup>7</sup> <http://www.metoffice.com/research/interproj/nwpsaf/aapp/plans.html>

フォーマットの配信が予定されており、AAPPの今後の利用範囲の拡大が期待される。

AHRPTの配信を予定している極軌道衛星を表3に示した(CGMS-XXXI WMO-WP-18,2003より抜粋)。それぞれ、Metopシリーズは欧州(CGMS-XXXI EUM-WP-20,2003)、NPOESSシリーズは米国

(CGMS-XXXII NOAA-WP-05,2004)、FYシリーズは中国(CGMS-XXXII CMA-WP-04-2,2004)の衛星である。また表にはないが、ロシアのMETEOR-3Mシリーズ衛星もAHRPTによる放送を行うとのことである(CGMS-XXXI RUS-WP-03,2003)。なお、NPOESSのLRDとはAHRPTと互換のフォーマットである。

表3 AHRPT放送を予定している衛星一覧 (CGMS-XXXI WMO-WP-18,2003より抜粋)

Satellite	Service	Start	EOL	Eq. Cross-time	Freq (MHz)	BW (MHz)	Data rate (Mb/s)
Metop-1	AHRPT	2006	2011	0930	1701.3	4.5	3.5
Metop-2	AHRPT	2010	2015	0930	1701.3	4.5	3.5
Metop-3	AHRPT	2015	2020	0930	1701.3	4.5	3.5
NPOESS-1	LRD	2009	2015	0930D	1706	8	3.88
NPOESS-2	LRD	2011	2018	1330A	1706	8	3.88
NPOESS-3	LRD	2013	2019	0530D	1706	8	3.88
NPOESS-4	LRD	2015	2021	0930D	1706	8	3.88
NPOESS-5	LRD	2018	2024	1330A	1706	8	3.88
NPOESS-6	LRD	2019	2025	0530D	1706	8	3.88
FY-3A	AHRPT	2004	2007	1010	1698-1710	5.6	4.2
FY-3B	AHRPT	2006	2009	1010	1698-1710	5.6	4.2
FY-3C	AHRPT	2008	2011	1010	1698-1710	5.6	4.2
FY-3D	AHRPT	2010	2013	1010	1698-1710	5.6	4.2
FY-3E	AHRPT	2012	2015	1010	1698-1710	5.6	4.2

## 7. バグ報告およびインストール時の問題点

これまでに開発元へ報告したバグ報告ならびに、インストール時に問題となった点について記した。

### 7.1 バグ報告

#### 直接受信データにおけるAMSUラインずれ

2003年末頃から、AAPPで処理されたNOAA-16のAMSUデータ(AMSU-A,AMSU-Bともに)の一部に、図8(左)のように輝度温度分布から判別される地形と海岸線との間にずれがみられるようになった。作成元に問

い合わせたところ、他センターのシステムでも同様の現象が発生していることが確認され、AAPPのバグとして速やかに修正された。HRPTからAMSUデータを抽出するプログラムに手を加えることにより、比較的簡単に修正できたとのことである。修正版はAAPPのバージョン4.2としてリリースされた(2004年02月13日)。なお、このずれはAMSUのマイナーフレームから時刻を取り出す際に、1フレーム分の時間(8秒)ずれてしまったために起こったと思われる。



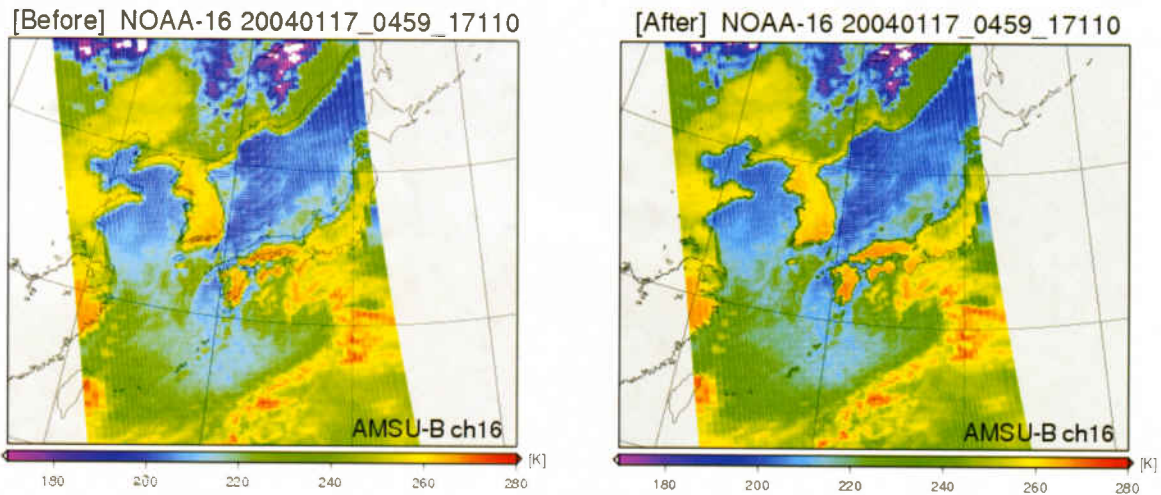


図8 AMSU-Bデータに見られたラインずれ（輝度温度のプロット）

左：プログラム修正前 右：プログラム修正後

左図では輝度温度分布から判別される地形と地図の海岸線にずれがみられる。

### 全球レベル1Bデータのスキャン時刻間隔に起因する不具合

数値予報課がNESDISより取得したAMSU-A、AMSU-B全球レベル1Bデータを、ATOVINプログラムでレベル1Cデータに変換する際（3.1を参照）、しばしばエラーが発生した。このエラーは、連続するスキャンの時刻間隔をチェックする部分で、スキャン時刻間隔が通常値より $\pm 50\text{msec}$ 以上である場合に発生する。NESDISより取得したレベル1Bは $\pm 80\text{msec}$ 程度のスキャン時刻間隔のずれをしばしば含んでいるが、これはNESDISが行っている特殊なナビゲーション処理に起因すると思われる。開発元との情報交換を通じて、通常のスキャン時刻間隔（AMSU-Aは $8,000\text{msec}$ 、AMSU-Bは $2,667\text{msec}$ ）に対しては微小なずれであり、またデータにも特に異常は見られないことから、チェックの閾値を引き上げることで対応が可能であるという結論に至った。数値予報課ではATOVINプログラムを実装する際、チェックの閾値を $\pm 200\text{msec}$ に引き上げることで対応している。

### 全球レベル1Bデータの月較正処理におけるデータ溢れ

数値予報課がNESDISより取得したNOAA-15のAMSU-A全球レベル1Bデータを、ATOVINプログラムでレベル1Cデータに変換する際（3.1を参照）、しばしばエラーが発生した。

「月がセンサの深宇宙窓に入射した時には、低温側の校正源（深宇宙）のレベルが上昇するために、データの品質が劣化する。これを補正するためにプログラムでは月が入射した時のデータを除き、データの補間処理を実施している。この際に壊れているチャンネルにも実施していたために、補間計算の結果、データ溢れが発生し異常終了を起した。」（数値予報課プログラム班衛星デコード担当メモより）

なお、コンパイラやシステムの違いによって、データ溢れが発生してもエラーが起きない場合が多いため、開発元では顕在化していなかった模様である。数値予報課では、故障したチャンネルに対する処理をスキップすることで対応している。

### 7.2 インストール時の問題点

AAPPを様々なベンダーの計算機にインストールする際、コンパイラによってソースコードの解釈が若干異なり、コンパイルが通らないことや計算結果が異なることが多数あった。そのため、それぞれのコンパイラに合わせたソースコードの修正が必要である。特に多くの修正が必要となった主な原因について以下に記す。

- ・ 整数のビット論理演算の方法（.AND.、IAND関数等）
- ・ 整数型の不一致（integer\*2とinteger\*4の演算）

- ・1バイト整数の使用 (byte型)
- ・16進数での値代入方法 (data A/Z'0001'等)
- ・終了コードを返してプログラムを終了する際の記述 (call exitサブルーチン等)

こういった問題点はAAPPユーザーコミュニティからの報告により、将来的には解消されるであろう。

## 8. おわりに

今回のAAPPの導入によって、データ交換やバグの報告などAAPPのコミュニティに対して少なからず貢献できたことと思う。AAPPの利用範囲は今後ますます拡大の傾向にあり、その利用価値は非常に高いと思われる。今後もさらにAAPPの利用を進めていきたい。

## 9. 参考文献

- EUMETSAT, 2003: Report on Pre-Processing Codes For Future Advanced Instruments and Activities for Integrating the Code in Processing Packages, CGMS-XXXI EUM-WP-20
- EUMETSAT, 2004: EPS Programme Status, CGMS-XXXII EUM-WP-03
- EUMETSAT, 2004: Status Report on EARS., CGMS-XXXII EUM-WP-13
- WMO, 2003: Polar-Orbiting Equator Crossing Times, Geostationary Satellite Positions, and Satellite Instrumentation, CGMS-XXXI WMO-WP-18
- NOAA, 2004: Future Polar Orbiting Meteorological Satellite Systems, CGMS-XXXII NOAA-WP-05
- CMA, 2004: FY-3A Meteorological Satellite (2), CGMS-XXXII CMA-WP-04-2
- Roshydromet, 2003: Future Polar Orbiting Meteorological Satellites METEOR-3M, CGMS-XXXI RUS-WP-03
- K. Whyte, 2003: AAPP Overview, NWPSAF-MO-UD-004, [http://www.metoffice.com/research/interproj/nwpsaf/aapp/nwpsaf\\_mo\\_ud\\_004.pdf](http://www.metoffice.com/research/interproj/nwpsaf/aapp/nwpsaf_mo_ud_004.pdf)
- T. Labrot, L. Lavanant, K. Whyte, 2003: AAPP Documentation Scientific Description, NWPSAF-MO-UD-001, [http://www.metoffice.com/research/interproj/nwpsaf/aapp/nwpsaf\\_mf\\_ud\\_001.pdf](http://www.metoffice.com/research/interproj/nwpsaf/aapp/nwpsaf_mf_ud_001.pdf)
- N. Atkinson and K. Whyte, 2003: Further development of the ATOVS and AVHRR Processing Package (AAPP), including an initial assessment of EARS radiances., Proceedings of 13th International TOVS Study Conference, Sainte Adele, Canada.
- 気象衛星センター, 1983: TOVSデータ処理システムの解説, 気象衛星センター技術報告, 特別号
- 計盛正博, 岡本幸三, 2004: ATOVS輝度温度の直接同化, 数値予報課報告別冊50号, 全球モデル開発プロジェクト (I), 2004.03, 気象庁予報部数値予報課, p93-104.
- 気象庁予報部, 2003: メソ解析における衛星搭載マイクロ波放射計データの利用について, 配信資料に関する技術情報 (気象編) 第148号
- 気象庁予報部, 2004: 全球解析におけるATOVSデータの利用手法高度化と全球数値予報モデルの放射スキームの改良について, 配信資料に関する技術情報 (気象編) 第177号

## 略語表

- AAPP : ATOVS and AVHRR Processing Package
- AHRPT : Advanced HRPT
- AMSU : Advanced Microwave Sounding Unit
- APSDEU : Asia-Pacific Satellite Data Exchange and Utilization
- APT : Automatic Picture Transmission
- ATOVS : Advanced TIROS Operational Vertical Sounders
- AVHRR : Advanced Very High Resolution Radiometer
- CGMS : Coordination Group for Meteorological Satellites
- CMA : China Meteorological Administration
- DPC : Data Processing Center
- EARS : EUMETSAT ATOVS Retransmission Service
- ECMWF : European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

EUMETSAT : European Meteorological Satellite

Organization

FOV : Field of View

HIRS : High Resolution Infrared Radiation Sounder

HRPT : High Resolution Picture Transmission

IASI : Infrared Atmospheric Sounding Interferometer

Metop : Meteorological Operational Polar satellite

MHS : Microwave Humidity Sounder

NESDIS : National Environmental Satellite, Data, and

Information Service

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration

NWP SAF : Numerical weather prediction Satellite

Application Facility

RARS : Regional ATOVS Retransmission Service

SSM/I : Special Sensor Microwave Imager

TBUS : APT Predict Bulletins

TIROS : Television Infrared Observation Satellite

TRMM : Tropical Rainfall Measuring Mission

UKMO : UK Met Office

WMO : World Meteorological Organization