

## 気象衛星 GMS-5 の画像処理と MBone による配布実験

菊地時夫

高知大学理学部情報科学科

気象衛星 GMS-5(ひまわり 5号)の高解像度画像のネットワークを介した処理とマルチキャスト・バックボーン (JP-MBone) を使った同時多方向通信による配布実験について述べる。ネットワークを利用したデータ処理については、より多くの組織の協力的参加が必要であり、MBone を利用した信頼性のあるデータ配布には帯域の有効利用や輻輳回避に工夫が必要である。

### Data Processing and MBone Dissemination Experiment of Meteorological Satellite GMS-5 Images

Tokio Kikuchi

Department of Information Science, Kochi University

We report on operations of network oriented data processing of weather satellite GMS-5 high resolution images and one-to-many file dissemination of weather images using the JP-MBone. Data processing on the Internet requires more parties for participation while the reliable multicast file transfer needs to care about optimum utilization of the band width available and avoidance of congestion.

## 1 はじめに

日本の静止軌道気象衛星 GMS-5 は(衛星直下で)1km(可視)ないし 5km(赤外)の解像度をもち、1時間ごとに観測を行っている。また、熱赤外チャンネルは 2チャンネルに分かれているほか、水蒸気チャンネルによる観測も行っており、地表面温度の正確な評価や蒸発量の計算などに有効に使える可能性が高い。このように GMS-5 のデータは重要性が高いが、現在のところ、研究者が誰でも、いつでも、過去のデータだけでなく最新のデータについても、使いやすい形で直ちに入手することは困難である。

東京大学生産技術研究所においては、GMS-5 の運用開始から継続的に、高解像度(S-VISSR)でのデータ受信を行っているが、幾何補正・センサー特性補正などの処理をほどこしていない、生データで保存されている。一方で、近年のインターネットの整備拡充は目覚ましいものがあり、少数のデータセンターがあれば、誰でもどこにいても大量のデータを転送し活用することが可能になってきている。しかし、現在のところ GMS-5 のデータについてネットワークから誰もが利用できるようになっているのは、間引きをほどこしたいわゆるクイックルックデータだけである。従って、現在までに受信された GMS データに補正を施したうえで、データベース化し、インターネットを通じて研究者に供給する体制を整えば、飛躍的に各種の研究が推進される可能性がある。

## 2 研究目的

本研究の目的は、第 1 に、東京大学生産技術研究所において受信・蓄積されている気象衛星 GMS-5 の各種補正手段を確立し、インターネットを通じてデータ提供を行うことにより、こうした定常的なデータ処理に関する問題点を明らかにすることにある。また、データ配布の方法のひとつとして同時に多数の相手に送ることで、通信回線利用と伝送時間の節約が図れるかどうかの試験もおこなっている。

### 3 ネットワークによるデータ処理

GMS-5のS-VISSRデータには放射計出力のデータとともに、衛星の位置姿勢のゆらぎによる画像のずれを補正するためのデータなどがDOCデータとして入っている。受信システムではこれらのデータがIR1, IR2, IR3, VIS, DOCとして別々のファイルに入っている。

本研究においては、DOCデータに入っている衛星の位置および姿勢の予測データを用い、系統的幾何補正を行っている(Dundee Satellite System 1995, 鈴木・高木 1996, 井戸・高木 1996)。但し、DOCデータをはじめ幾何補正をおこなう前のデータはサイズが大きく、また幾何補正計算も計算能力の高い計算機を必要とするため、リモートログインにより生産技術研究所で処理を行う。

幾何補正をほどこしたデータはPGM (Portable Gray Map) と呼ばれる、汎用の画像フォーマットに変換される。これは、8bit binary のデータの最初にファイル形式の指示(P5)と画像サイズ(幅、高さ)画像における最大値(255)の情報と必要に応じてコメントを入れるだけの簡単な形式である。この形式を採用したのは、1. Pbmplus (Netpbm) と呼ばれる画像の切り出し(pnmcut)、結合(pnmcats, pnmpaste)、階調補正(pnmsnorm, pnmgamma)などのツール(コマンド群)が整備されていること、2.1画素が1byteずつのデータで並べられているため、C言語やFORTRANなどでの入出力プログラミングが容易であること、3. GMS-5のセンサの精度などから1画素1byteで十分であることなどの理由である。

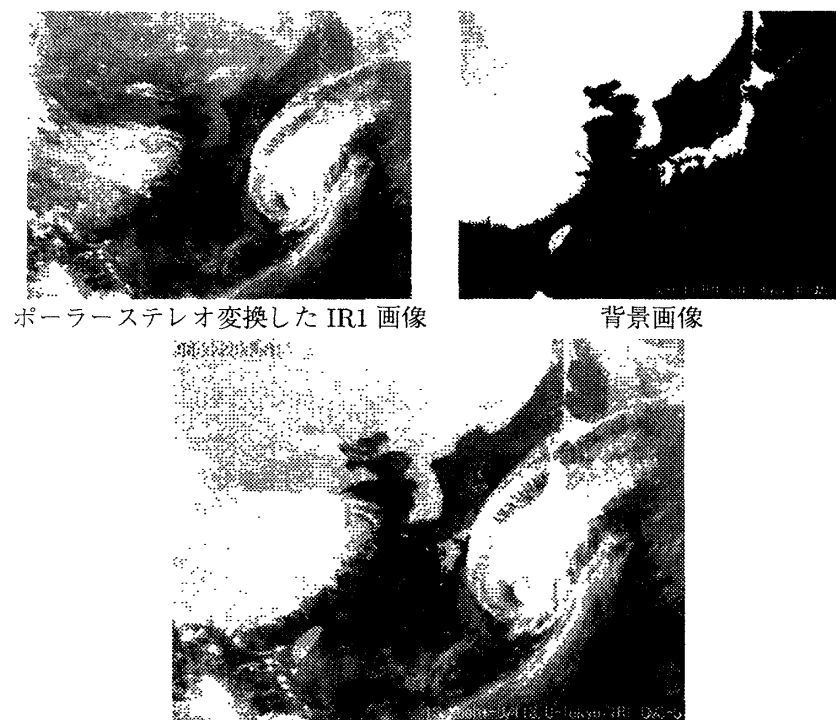
以上の手順で作成されたPGM画像ファイルは、GNU ZIP (gzip) を用いて圧縮した後、高知大学へ転送し保存している。GNU ZIPは情報保存圧縮方式で比較的圧縮効率の高いものであると同時に、多くの種類のUNIXワークステーションやパソコンで利用できるため、広く利用されている。今回の処理でできた画像は、例えば夜間の可視画像のように意味のあるデータがほとんど無い場合や、赤外画像でも水蒸気チャンネルのようにデータの範囲(dynamic range)が小さい場合にはgzipによる圧縮効率が高いが、熱赤外画像や昼間の可視画像の場合には圧縮効率が低い。ある時点でdiskに蓄積された約3日間のデータで調べたところ、317のgzipされたファイルの合計が346,337,312 bytesであった。圧縮をしていないファイルのサイズの合計は317 x 3,240,051 bytesなので約34%の圧縮率であることがわかる。

以上の手順で作成された処理済み圧縮画像ファイルは、1996年分は東京大学生産技術研究所において作成され、8mmテープに保存されて回覧等によってコピーすることで利用できるようになっている。1997年1月からは、高知大学のワークステーションで起動するcronジョブからインターネットを通じて生産技術研究所のコンピュータにリモートログインし、処理を行なった後、リモートコピーによって転送している。転送されたデータは、現在のところ約10日間ディスクに保存しHTTP(Hyper Text Transfer Protocol: <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/sat/GAME/>)によって公開している。また、公開期間を過ぎたデータは8mmテープに保存し研究者からの要求により回覧に供している。

### 4 気象情報画像の作成とWWWによる公開

幾何補正済み画像の利用の例として、一般的な気象情報として利用可能な画像の作成をおこなっている。気象情報として利用する場合には、画素の持つ物理量を問題にするのではなく、「雲」の有無と画像の位置情報が明確になることの方が重要である。また、緯度経度座標による表現は歪が大きくなるため、ポーラステレオなどの一般的な地図座標系に変換する必要がある。ポーラステレオへの変換は短いC言語プログラムを作成し、pgmnormを使って濃淡の正規化をおこない、NOAA-NGDC (National Oceanic and Atmospheric Administration, National Geophysical Data Center) によって作成された地形データに重ねることで、これらの計算をおこなっている。

第1図にはポーラステレオに変換した赤外1CHの画像、背景にしている地形画像、重ね合せた後の画像を並べて示した。



第 1 図: 地形画像との重ね合わせ

高知大学気象情報頁 (<http://weather.is.kchi-u.ac.jp/>) では 1996 年 9 月より従来の気象協会製作の画像に代えて本画像を提供しており、例えば 97 年 10 月の第 4 週には 10887 台のホストコンピュータからのアクセスがあり、この画像 (/FE/00Latest.jpg) へのリクエストだけで 16797 件のアクセスがあった。ホストの所属国・地域の分布は日本・米国をはじめ 47ヶ国におよんでいる。

## 5 MBone を利用した配布実験

WWW (HTTP) による画像のサービスは、ユーザがいつでも簡単にデータにアクセスできるという点で利用しやすいものであるが、ネットワークの有効な利用という観点から見ると、同じ伝送路を何度も同じデータが通るといふ点では不経済な方法である。インターネットプロトコルにはマルチキャストと呼ばれる、1 対多の同報通信機能を実現したプロトコルがある。この方法ではマルチキャストアドレスという特別の IP アドレスを使っている。また、一般のユニキャストプロトコルを用いた仮想的なマルチキャストバックボーンネットワーク (MBone) によって、複数のマルチキャストネットワークが結ばれている。一般にマルチキャストで送出されるパケットは 1 回限りの送信であり、信頼性のある伝送はできないが、TCP のように信頼性のある送信方法の試みとして MDP と呼ばれるプロトコルがある。これは、普通に用いられる TCP がパケット受信の成功を ACK で知らせるのに対し、パケットが届かなかったことを NACK で知らせ、再送要求があればその要求のあったパケットを送信する方式によってマルチキャストでのデータ伝送の信頼性を確保している。高知大学では、この MDP を用いて気象情報画像の伝送実験を行っている。MDP の送信は imm\_server 受信には imm というアプリケーションが使われる。但し、imm\_server は imm のパッケージに含まれているが、imm と同様にユーザがログインして X ウィンドウを開いている状況での利用を前提としたコードが含まれており、ユーザ名の設定部分などでコードの変更を必要とする。imm\_server の起動には IP マルチキャストグループアドレス、UDP ポート番号、TTL、送信帯域、パ

ケットサイズなどの指定が必要である。このうち、IP アドレスとポート番号については sdr を用いてランダムに割り当てられた、JP-MBone 向けのアドレス・ポートを使用している。これらの値を表 1 に示す。

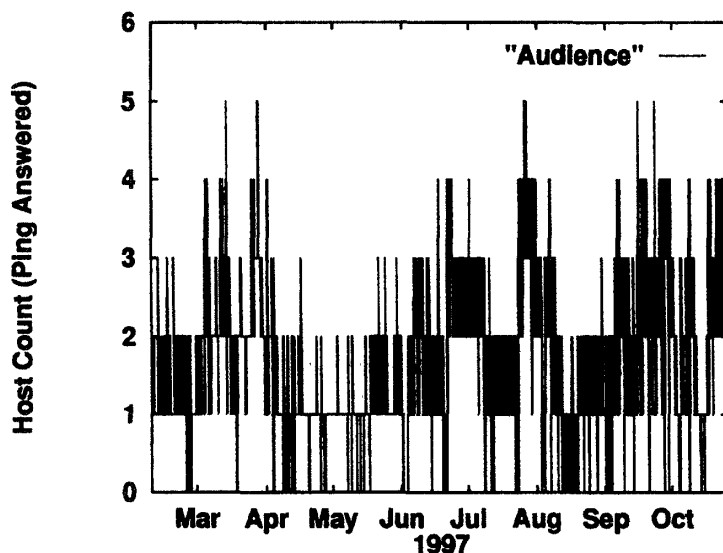
表 1. MBone 配布実験パラメータ

|               |               |
|---------------|---------------|
| 使用プロトコル       | MDP           |
| グループアドレス      | 239.133.8.126 |
| ポート番号         | 57490         |
| 初期 TTL        | 63            |
| 使用帯域          | 16000 bps     |
| パケットサイズ (MTU) | 700 octet     |

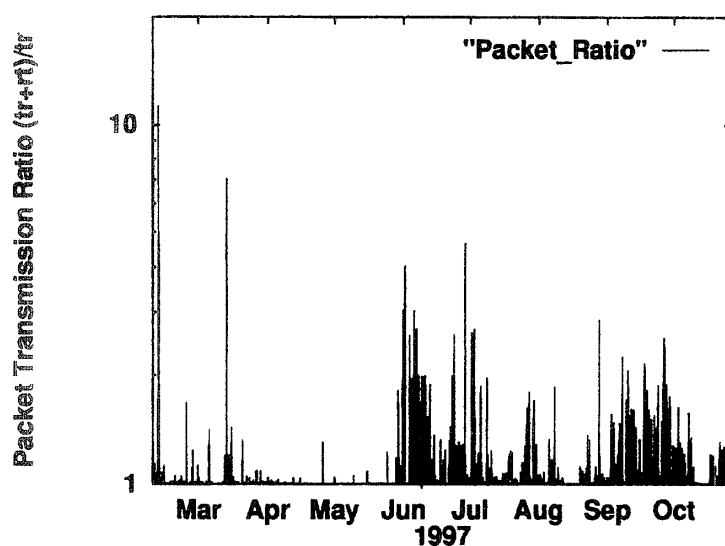
現在、1 時間に 2 回毎時 5 分と 35 分に送信を行っているが、MDP による伝送の状況のモニターのために、簡単なログをとっている。ログは以下のような形式で、日付、マルチキャストグループへの ping に答えたホストの数 (ad)、最初に送信されたパケット数 (tr)、再送を要求したホストの IP アドレス (hs)、再送されたパケット数 (rt) を記録している。

Sat Oct 25 16:35:48 JST 1997 ad=3 tr=72 hs=150.7.6.46 rt=3

第 2 図に 1997 年 2 月から 10 月までの実験参加ホスト数 (ping に回答したホスト数) の推移を示す。ホスト数は 0~5 の間で平均は 1.78 であった。また、第 3 図には再送を含むパケット数を最初に送信されるパケット数で割った実パケット比  $(tr+rt)/tr$  をログスケールでプロットした。実験開始直後に 10 倍以上のパケット送信が行われたことがあり、6 月、7 月にも 5 倍程度の送信が発生している。こうした極端な例はあるものの、平均の再送パケット比  $rt/tr$  は 0.030 であり、参加ホスト数で割ったものを平均すると 0.018 となり、殆どのケースでは 3% 程度の再送で済んでいることがわかった。

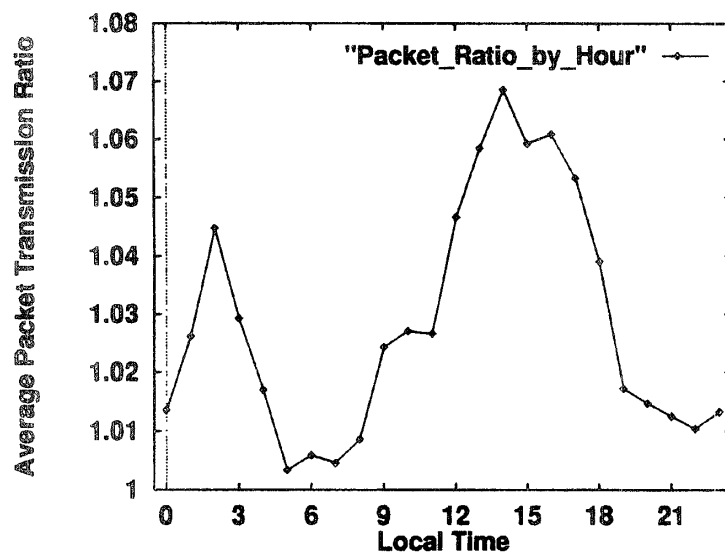


第 2 図. MBone 配布実験参加ホストの推移



第3図. 実際に発生した送信パケット数とファイル固有のパケット数との比

第4図には時間毎の平均実パケット比 $(tr+rt)/tr$ を示した。再送要求はネットワークの利用が多くなる午後の時間帯に多く発生しており、ネットワークの混雑度に影響を受けやすいことがわかる。なお、夜中の午前2時頃にもうひとつのピークがあるのは、2月10日に最大803パケットの再送があったためである。



第4図. 時間毎の平均実パケット比

## 6 今後の課題

気象衛星画像の受信からデータ配布までの処理は多段階にわたっており、ネットワークを介して協調的に進められている。しかし、この「分散処理」は直列になっているため、途中のどこかでトラブルが発生すれば、それは最終的に処理ができないことになる。現在受信局となっている、東大生産技術研究所をバックアップする形での、第2受信局が望まれるところであり、また、高知大学以外のルートでの画像処理・配布システムが運用されることが望ましい。

MBoneによる配布に限って、配布システムについて考察すれば、MDPによる送受信は、途中の経路における輻輳対策が十分なされているとは言えないことが問題であろう。このため、送信時のパラメータ設

定で十分小さなパケットサイズ (MTU) と小さな転送レート (帯域) を設定しておく必要がある。これは、逆に言えば、本来利用できる帯域を十分使えないということであり、適応的なパラメータの決定法を検討する必要がある。また、少数ではあるが再送パケット数がオリジナルの数倍から 10 倍にもなることがあった。このような輻輳状態に陥った時の帯域減少、転送中断などの方法についても検討する必要がある。気象情報画像に用いている Progressive JPEG による圧縮方式は、始めに粗い画像が送られ順次細部が現れるようになっている。しかしこの方式でも、途中のデータが欠落した場合には、そこから後ろのデータ伝送が成功しても画像の復元には役に立たない。このため、マルチキャスト伝送方式に適合した圧縮方式を検討する必要がある。

## 謝辞

東京大学生産技術研究所において気象衛星受信の運用を続けている高木幹雄名誉教授と根本利弘助手、JP-MBone を用いた配付実験に参加していただいた皆さんに感謝します。

## 参考文献

- Dundee Satellite System: GMS S-VISSR Software User Manual, 1995.
- Macker, J., Dang, W.: The Multicast Dissemination Protocol (MDP) Framework, Internet Draft, 1997.
- 井戸大治・高木幹雄: GMS S-VISSR データの幾何学的歪補正, 生研フォーラム第 7 回「宇宙からの地球環境モニタリング」, 1996.
- 井戸大治・高木幹雄: 高度な幾何学的歪補正をほどこした GMS 画像データベースの構築, 生研フォーラム第 8 回「宇宙からの地球環境モニタリング」, 1997.
- 菊地時夫, 本田理恵: 高知大学理学部情報科学科における World-Wide Web サーバー構築について, *Memoirs of the Faculty of Science, Kochi University*, **F-16** 41-52, 1995.
- 菊地時夫: JP MBone を使った気象衛星画像放送の実験,  
<http://lips.is.kochi-u.ac.jp/WX-mbone/>, 1997
- 菊地時夫: 高知大学気象情報頁, <http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>, 1996,1997
- 菊地時夫: インターネット (WWW, MBone) による衛星画像提供システム構築の試み, 生研フォーラム第 8 回「宇宙からの地球環境モニタリング」, 1997.
- 鈴木雅之・高木幹雄, 気象衛星ひまわり S-VISSR データの幾何学的歪補正生研フォーラム第 6 回「宇宙からの地球環境モニタリング」, 1996.
- 根本利弘・喜連川優・高木幹雄: ネットワークによる衛星データアーカイブシステムの利用法, 生研フォーラム第 8 回「宇宙からの地球環境モニタリング」, 1997.