

気象学におけるインターネット (4)

日本画像データベース*

川村 宏**

1. はじめに

米国の海洋大気庁 (NOAA) が運用・管理する極軌道衛星 NOAA シリーズは、1978年に打ち上げられた TIROS-N 衛星以来、10年以上にわたって地球表面 (海洋と陸域) と大気に関する情報を送り続けている (Schwalb, 1978). その主力センサーである AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) のデータは、各国の気象機関で気象関連業務に用いられている他に、多くの研究分野で利用されている。AVHRR センサーは、5つの波長帯 (可視1, 近赤外1, 外3チャンネル) で地上を走査し、観測を行う。日本で受信できる1シーンの観測データは、経度方向に約3000 km, 緯度方向に約5000 kmの範囲を持ち、地上での空間分解能は衛星の軌道直下で1.1 kmとなる。

NOAA 衛星は全球の観測を目的に運用されている。データレコーダーにより、低空間分解能 (衛星直下の地上で約4 km) で観測した全球データ (Global Area Coverage) の記録を行い、米国海洋気象局が収集して気象業務に活用するとともに、全球の海面水温、植生分布等のデータセットを作成している。各地の地上局で受信できる高分解能の AVHRR 観測データは、観測と同時に地上に向けて送信されている (High Resolution Picture Transmission: HRPT) ので、各地の地上局において受信可能である。日本においても、数局の受信局が稼働しており、データの収集が行われている (気象衛星センター, 1983; 高木, 1983; Kawamura *et al.*, 1993a).

東北大学理学部附属大気海洋変動観測研究センター (以下、大気海洋センター) では、1988年4月から NOAA-HRPT データの受信とデータ保管を行っている (Kawamura *et al.*, 1993a). この受信データを

* Japan Image Database: JAIDAS.

** Hiroshi Kawamura, 東北大学理学部大気海洋センター.

© 1995 日本気象学会

利用して、日本の陸域とその周辺の沿岸海域の研究に供する地域研究用衛星画像データベースを作成し、1990年4月1日の画像データから公開を始めている (川村ら, 1994). 日本画像データベース (Japan Image Database: JAIDAS) と名付けられたこのデータベースの運用は、1990年から現時点までの4年以上にわたっており、今後も続く予定である。この小文の目的は、その当時から急速に立ち上がり始めた計算機ネットワークを活用することを前提として開発された、日本で始めての本格的な衛星画像データベース JAIDAS について、紹介することである。

JAIDAS を利用するためには、東北大学の大型計算機センターの利用者となる必要がある。具体的には大型計算機センターに申請して、利用のための課題登録を行う必要がある。残念ながら課題申請が行えるのは、文部省の大学・高専関係者に限られる。課題申請にあたっては、東北大学大型計算機センターに連絡されたい (共同利用掛: 022-711-3406)。

最近、インターネットを利用した情報公開が広く行われるようになった。WWW (World Wide Web) を活用して、Mosaic によって情報を表示し、取得することが普通に行われつつある。JAIDAS についてもそれへの対応を進めており、そう遠くない内に実現される予定である^[1]。その場合には、利用者に関する制限はなくなり、インターネットに接続されたサイトから自由なアクセスが可能となる。

2. 日本画像データベースの構想と背景

一般に、人工衛星の地球観測データは、その様々な分野での利用の可能性が極めて高いことから、多くの期待が寄せられているにもかかわらず、その利用環境は必ずしも整っているとは言い難い。現在、様々な分

[1] 編集委員会注: 既実現されました。http://www-db.cc.tohoku.ac.jp/jaidas でアクセスできます (「天気」42巻6月号362頁参照)。

野の研究者に利用されている高分解能の AVHRR/NOAA を例にして考えた場合、米国 NOAA から処理済みデータを購入する以外は、国内で受信された HRPT データを利用して、研究を行う必要がある。AVHRR データの利用に関する問題点を整理し、大別して言うと、1) データソースの問題と、2) 計算機環境の問題の2点となろう。それぞれは、以下のようなことからである。1) データソースの問題：人工衛星のデータ量は、他の観測データと比較にならないほど大きい。そのデータを直接受信するためには、大がかりな設備が必要となる。また、購入するにしても、現時点では、多大な費用を必要とする状態にある。

2) 計算機環境の問題：人工衛星のデータはその大量性とも相まって、今までの情報とは違った取扱いを要求される場合が多い。画像化して扱うことは、その処理における大きな特徴の一つである。したがって、計算機環境として、まず、a) 高性能のハードウェア、b) オリジナルデータの処理ソフトウェア、c) 処理済み画像の解析環境、が整備されなければならない。2) -b) については、衛星観測データの処理の性格から、センサー固有処理を含んだ膨大なソフトウェアが必要とされる。

全国の主要な大学には、大型計算機センターが設置されており、汎用大型機やスーパー・コンピュータをそなえて、利用者に計算機環境を提供している。それら大型計算機センターの環境を、AVHRR データの処理・解析という観点から考えてみると、2-a) と c) については充分満たされていると考えられる。しかし、AVHRR データの利用に固有の問題である1) データソースの問題と、2-b) オリジナルデータの処理については、研究者が個々に解決しなければならない問題として残されることになる。

ここで紹介する日本画像データベース (Japan Image Database: JAIDAS) は、できるだけ上記の困難を克服して、衛星データを利用し易い環境を構築することを目的として開発されたものである。東北大学理学部に NOAA-HRPT データ受信設備が設置されたことを期に、東北大学の大型計算機センターの実際のハードウェアとソフトウェアを既存のものとして、1) と 2-b) の問題に対して、何等かの解答を与えようと考えた結果、“幾何補正と物理量変換を行った毎日の処理済み画像をデータベース化する”という JAIDAS の構想がうまれた。その後、5年ほどの開発期間を経て、ほぼ構想どおりのデータベースとそれを

運用するシステムが1993年に完成した(川村ら, 1994)。

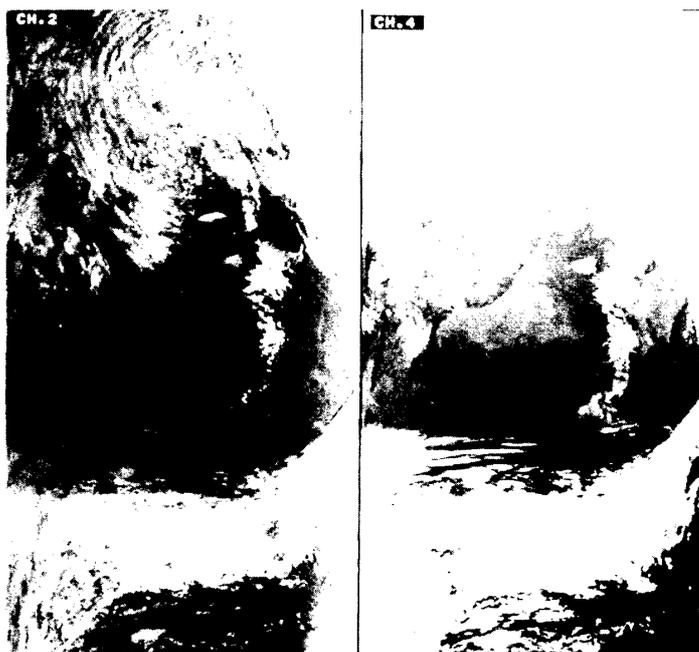
第1節で述べたように、米国海洋大気庁では全球の AVHRR 低分解能観測データを収集して、業務への活用をおこなうとともに、海面水温などのデータセットを作成して保存している。ところが、高分解能 AVHRR データに関しては、収集能力の限界から、あまり多くを集めることができない。したがって、高分解能 AVHRR を用いた常時利用される画像データの作成には、地上受信局の存在がきわめて重要である。海洋気象局では、米国の地上局で受信されたものを主に利用して、“CoastWatch (沿岸監視)”と呼ばれる活動を行っている (Pichel *et al.*, 1991)。これは、地図化された AVHRR 成果物を、各地の沿岸監視に関連する機関にネットワークなどを通じて配信するもので、1988年頃から構想が練られ、1989年に試験的な運用が行われた。これは、日本画像データベースと同種の、地域研究のための衛星画像データベースの一例である。毎日の地域衛星画像をネットワークを通じて配信するこのような形のデータベースは、世界的にみても珍しい。日本画像データベースの構想は、“CoastWatch”のそれとほぼ同時期であった。運用開始は、1990年であった。

3. 日本画像データベースの作成

3.1 大気海洋センターにおける東北画像データベースの作成

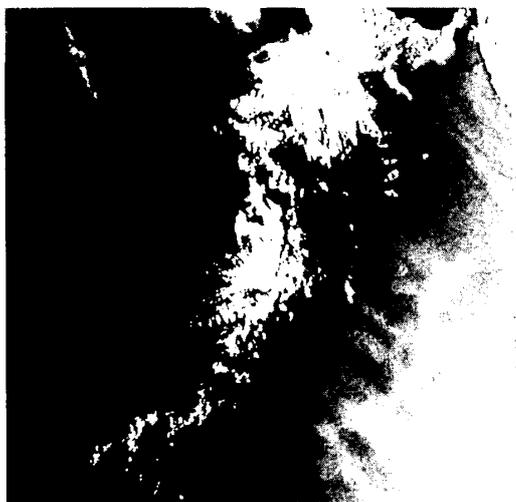
大気海洋センターでは、受信した NOAA-HRPT データは原則として全て保存しており、年間約1900シーンのデータが蓄積されている (Kawamura *et al.*, 1993a)。1シーンとは、人工衛星の一回の通過によって地上の受信局にもたらされるデータを意味し、その総量は約 100 Mbyte となる。大気海洋センターでは、オリジナルデータのアーカイブの他に、高度の AVHRR 処理・解析が行える設備とソフトウェアが整備されており、それらによって気象学や海洋物理学の研究が行われている。大気海洋センターにおける AVHRR の処理は標準化されたものであり、幾何補正精度についても評価がなされている (Kawamura *et al.*, 1993b)。

毎日得られるデータについて、大気海洋センターではいくつかのルーチン解析を行っているが、その中の一つに東北画像データベース (Tohoku Image Database: TIDAS) の作成がある。受信したデータのうち、毎日昼頃に日本上空を通過する NOAA 衛星の

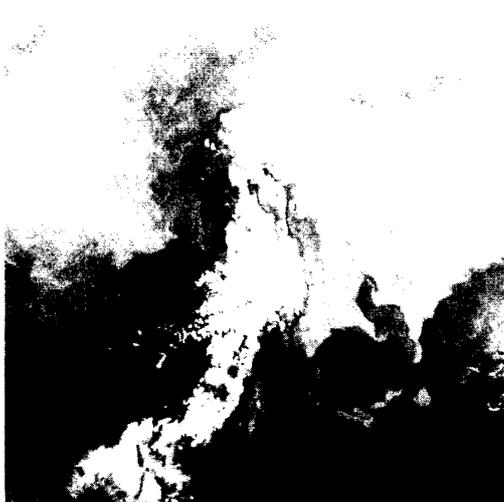


第1図 大気海洋センターで受信された1989年4月2日8時 NOAA-HRPT データの全範囲を示す画像.

(a)



(b)



第2図 東北画像データベースの (a) Channel 2 の可視画像と (b) Channel 4 の熱赤外画像.

データを用いて、東北地方を中心とした約 1000 km × 1000 km の範囲の可視画像 (Channel 2) と熱赤外画像 (Channel 4) を作成し、保管している。画像中心は、(40° N, 141° E) である。画像は、1024 × 1024 ピクセルで構成されている。大気海洋センターでは、これらを光ディスクに格納して管理している。例として、第1図に受信された NOAA 画像の全景を示し、そのデー

タを用いて画像データベース用に作成した画像を第2図に示す。東北画像データベースは、1988年4月から作成している。

3.2 西日本画像の作成

東北大学大型計算機センターと共同して TIDAS を公開して運用している間に、「どうして、西日本の画像データは提供してくれないのか?」といった問いを数

回受けた。その主たる理由は、TIDAS だけでさえ我々の手に余るような大事業であって、とても西日本の画像データベースに手をのばせるような状況ではなかった、ということである。大型計算機センターでのデータ公開から4年たって、TIDAS のシステムも落ちついた。また、ユーザーも多くなり、市民権を得られるようになった。そのような周辺の状況に励まされて、TIDAS の西日本版の作成を開始した。

毎日の西日本画像の作成には、朝方に日本付近を通過する NOAA 衛星の画像を用いる。現在は、NOAA 12号である。TIDAS は、昼に通過する NOAA 衛星データを利用している。西日本画像の作成に朝方に通過する NOAA 衛星のデータを利用する理由は、受信局との位置関係にある。NOAA 衛星画像は、仙台で受信されている。したがって、TIDAS の場合よりは、受信局一画像化領域の距離が大きくなる。受信局からの距離が離れるにしたがって、衛星観測データが受信される率は少なくなる。受信された NOAA 衛星データを詳細に調べたところ、北から南に衛星が進みながら日本付近を観測する場合に、その逆に南から北に進む場合に比べて、西日本がより多く観測できることがわかった。これは受信局(仙台)と観測対象範囲(西日本)の相対位置と、NOAA 衛星の軌道傾斜角との関係によるが、ここでは詳細は省略する。可視画像が有効となる日中に日本付近を通過する NOAA 衛星では、朝方に通過するものが南から北に向かって進む。そこで、朝方の NOAA 衛星データを西日本画像の作成に用いることとした。それでも、1週間に一度程度は西日本画像が作成できない日がある。その理由は、前述のように受信局からの距離が大きいことにある。

西日本画像は、画像中心(31.0° N, 133.3° E)、画素サイズは画像中心で 1.1 km、メルカトル図法により作成している。中心の緯経度を除いて、画像の規格は TIDAS と同じである。第3図に、1992年4月17日について作成した西日本の ch.2 と ch.4 の画像を示す。中部日本から沖縄までの範囲が画像内にある。一部韓国が入っている。日本の国土の形状の故に、南に広大な海域を含んでいる。この日は雲が無く、沖縄諸島を含めた西日本の全体が画像において確認できる。鹿児島島の桜島からは噴煙が上がっている様子が観察できる。赤外画像(黒いほど高温を表す)に注目すると、都市部や平野で山岳部より高温になっていることがわかる。海域では、沖縄の周辺は黒く、高温であり、北上するにしたがって温度が降下していくことがわか

る。また、九州・四国の南の海域に黒い帯が見られるが、これは黒潮である。周囲に大小様々な渦が見られる。西日本画像は、1994年4月1日から作成している。

3.3 日本画像データベース (Japan Image Database: JAIDAS)

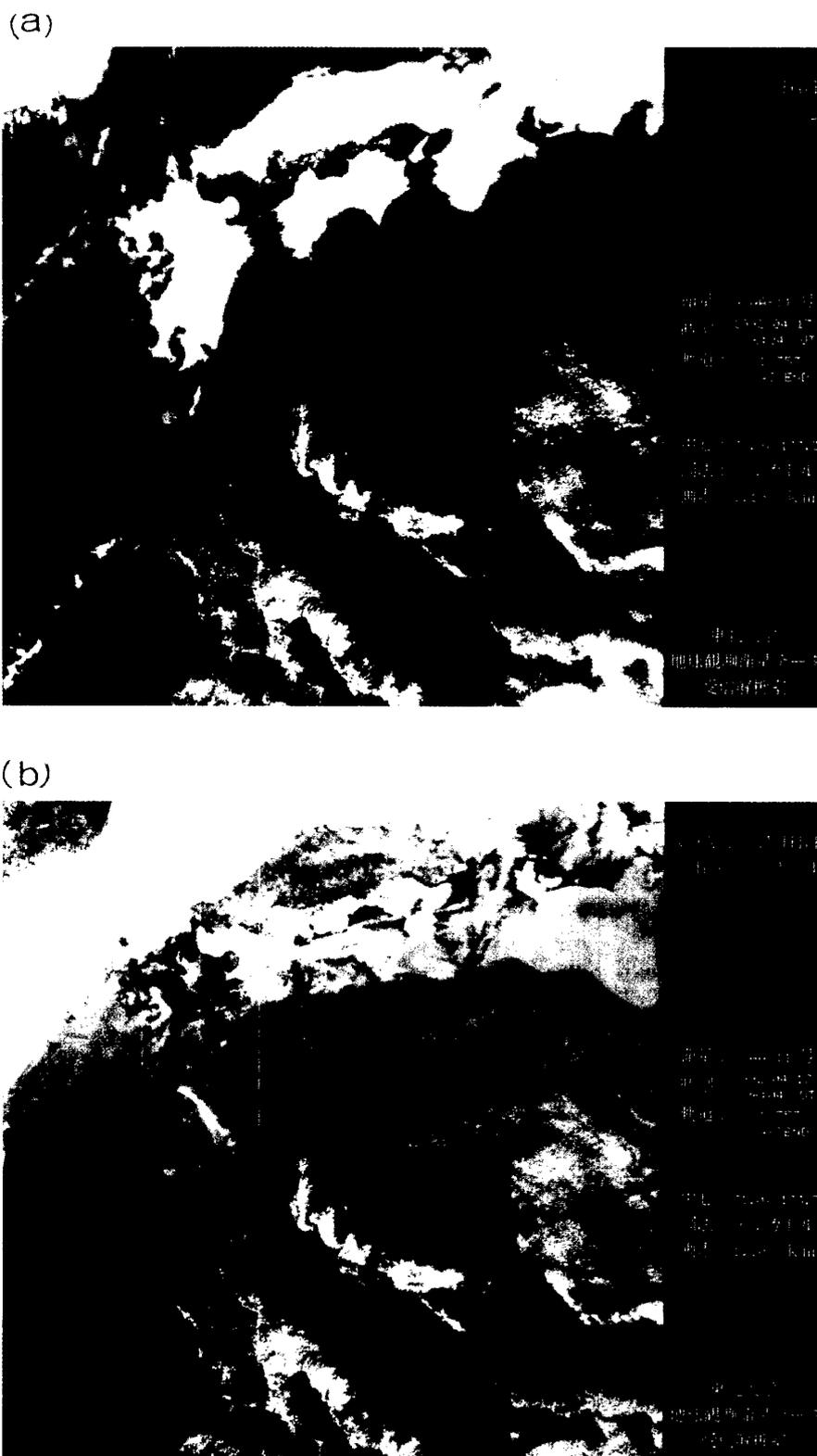
この西日本画像と従来から作成を続けている東北画像のデータセットを合わせて、日本画像データベース (Japan Image Database: JAIDAS) と名付ける。JAIDAS のなかで、東北画像は JD_E (東日本画像)、西日本画像は JD_W と呼ばれる。JD_E と JD_W で日本のほぼ全域をカバーすることとなるが、一部かける部分がある。特に北海道の先端部が残る。これは、最初の東北画像(東日本画像)を作成した際の領域選択の結果である。しかし、今回画像化領域の範囲を変えてそこを含むようにはしなかった。これまで作成してきたデータベースとの統一性を損なわないためである。

4. 東北大学大型計算機センターの日本画像データベース

4.1 データ公開までの概略

大気海洋センターから東北大学大型計算機センターへデータを転送し、JAIDAS として公開するまでの概略を第4図に示す(川村ら, 1994)。大気海洋センターでは、毎日21:00にプログラムを起動して、未転送のデータについて転送形式のデータを作成し、高速学内 LAN (Tohoku University Academic All-round Advanced Information Network System: TAINS, Sakata *et al.*, 1990) を使った FTP 転送により、大型計算機センターの汎用計算機 ACOS6 へ送り出す。送り出す際には、2Byte (1024階調) で表現されていた 1ピクセルの値を、1Byte (256階調) に変換して送っている。情報量を 1Byte に落とした理由は、主には画像表示を行う場合の画像が 1Byte/1画素であることであるが、他に転送及びデータ保管の効率化のためである。ACOS は、それが稼動している間は常に監視を行っており、大気海洋センターから転送の要求に応じて、FTP 転送ファイルを受け取り、磁気ディスクに書き込む。

磁気ディスクから JAIDAS への登録は、22:00に自動的に行われる。大型計算機センターが休日等で稼動していない場合は転送を行わず、翌日2日分を転送する。大気海洋センターでは、連続して1週間分の JAIDAS が計算機の磁気ディスクに保存されているので、大型計算機センターの1週間以内の稼動停止に



第3図 西日本画像の (a) Channel 2の可視画像と (b) Channel 4の熱赤
外画像.

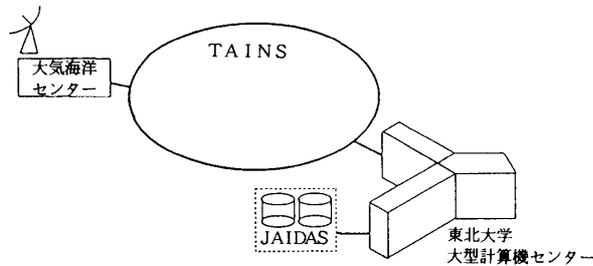
対応できる。それ以上の期間、大型計算機センターが稼働停止する場合には、手動で対応することになる。JAIDAS 画像の保管には 5GByte の容量を持つ光

ディスクを利用している。それを複数枚このデータベースに割り当てているので、今後、15年間の運用が可能となっている。

過去に JADAS に登録された画像は、すべて利用することが可能であり、最新の画像と最も古い日時の画像で検索や出力に要する時間の差はない。JAIDAS の利用者は、ACOS を利用して登録されている画像の検索を行い、目的とする日の衛星画像を自分のファイルに出力し、大型計算機センターや自分の計算機を用いて処理を行う。検索からファイル出力までの時間は、3分程度である(工藤ら, 1993; Kudo *et al.*, 1993)。検索の一例を第5図に示す。

4.2 日本画像データベースの構築と計算機ネットワーク

JAIDAS の作成には、東北大学内の2機関の設備とそれを有機的につなぐ高速学内 LAN が利用されている。それらの計算機システムと付随するソフトウェア



第4図 JAIDAS 画像データ転送の概略。

を利用して、入力としての衛星画像の作成と公開用衛星画像データベースの維持管理を行い、両者の機能をネットワークによりつないでいる。また、大型計算機センター外からの JAIDAS の利用についても、計算機ネットワークが使われている。JAIDAS の構築と運用に関わる計算機に関連するシステムは、多種多様であり、大がかりなものである。それらの結合によって実現された機能の概略をまとめると、以下ようになる(川村ら, 1994)。1) 大気海洋センターにおける日々の NOAA-HRPT データの自動受信と受信直後の JAIDAS 用衛星画像の自動作成 (Kawamura *et al.*, 1993a, b), 2) 毎日定時に転送用データを作成し、大型計算機センターへ FTP による自動転送を行う, 3) 大型計算機センターにおける衛星画像の自動受信と毎日定時の TIDAS への自動登録(工藤ら, 1993; Kudo *et al.*, 1993), 4) 大型計算機センターの運用の一部としての TIDAS の運用; そのなかには画像検索, 計算機センター内での画像処理を含む各種の処理, センター外への転送用ファイルの作成などの機能を含む(工藤ら, 1993; Kudo *et al.*, 1993), 5) 膨大なデータ量となる TIDAS の維持・管理システムの運用; 利用状況のモニター機能, 登録データのモニターとデータ提供者(大気海洋センター)への定期的自動通報な

リスト表示したい年月 (YYMM) を入力して下さい。(例: 9 0 0 3)

全リストを表示したい場合は, ALL を入力して下さい。

TYPE THE YEAR AND MONTH (YYMM) YOU WANT TO SEARCH. (EX. 9003)

WHEN YOU WANT TO SEE THE LIST OF ALL DATA, TYPE "ALL".

入力して下さい。(RETURN でメニューに戻ります。)

TYPE "YYMM" OR "ALL" (TO BACK TO THE MENUE, TYPE JUST RETURN)--->9303

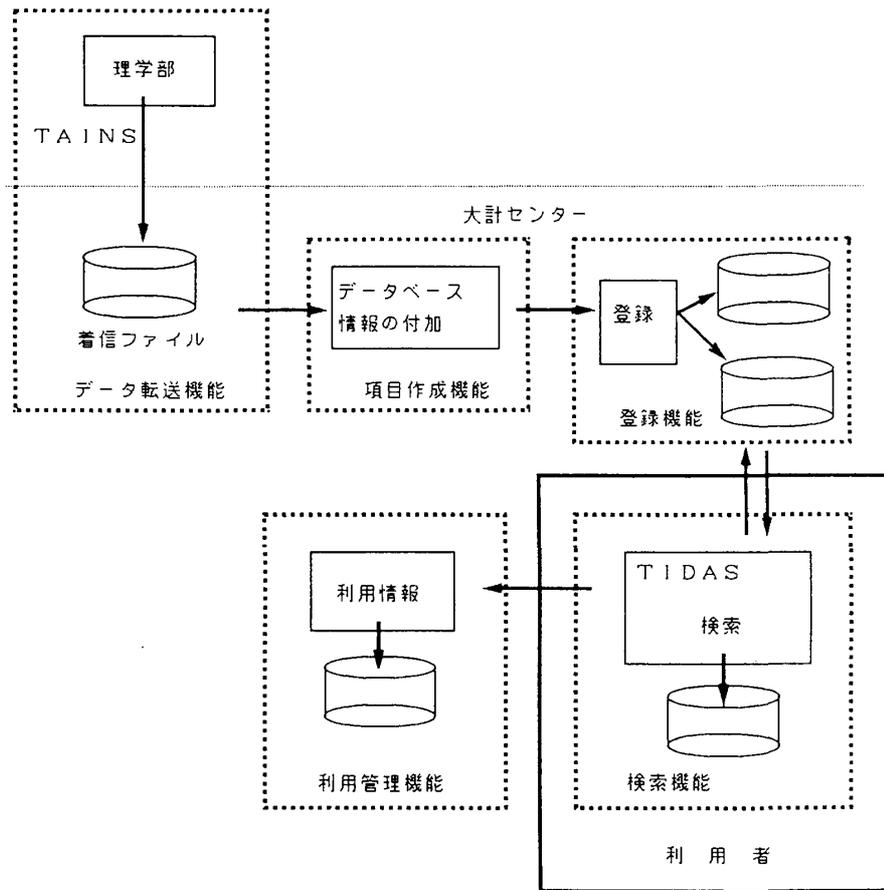
- 93- 3- 1 ○ 93- 3- 2 ○ 93- 3- 3 ○ 93- 3- 4 ○ 93- 3- 5 ○
- 93- 3- 6 × 93- 3- 7 ○ 93- 3- 8 ○ 93- 3- 9 ○ 93- 3-10 ○
- 93- 3-11 ○ 93- 3-12 ○ 93- 3-13 ○ 93- 3-14 ○ 93- 3-15 ○
- 93- 3-16 ○ 93- 3-17 ○ 93- 3-18 ○ 93- 3-19 ○ 93- 3-20 ○
- 93- 3-21 ○ 93- 3-22 ○ 93- 3-23 ○ 93- 3-24 ○ 93- 3-25 ○
- 93- 3-26 ○ 93- 3-27 ○ 93- 3-28 ○ 93- 3-29 ○ 93- 3-30 ○
- 93- 3-31 ○

(○:データ有り ×:データ無し)

(○:AVAILABLE ×:NOT AVAILABLE)

年月 (YYMM) を入力して下さい (RETURN でメニューに戻ります)

第5図 JAIDAS の検索の一例で下線部は利用者の入力を示す。



第6図 JAIDAS 画像データの流れと JAIDAS 作成の各種機能.

ど(工藤ら, 1993; Kudo *et al.*, 1993).

2) から5) までの機能と衛星画像データの流れをまとめて第6図に示す。これらの技術的な詳細については、個々の論文を参照願いたい。これらの技術的な課題の克服に加えて、JAIDAS の理念に基づいた総合調整により、全体のシステムの開発がおこなわれ、現在、順調に運用されている。1990年4月からの毎日の画像の登録率(登録された全日数の1990年4月1日からの積算日に対する比)は、だいたい99%である。

5. 利用状況

1993年度は、45名の東北大学大型計算機センターの課題登録者が利用した。実際には、1課題で複数の研究者が利用する場合があるので、利用者実数はこれを上回ると考えられる。データベースへアクセスした回数は1334回あり、2384件(1192日分の可視・赤外データの利用者ファイルへの出力)の画像データ出力があった。1994年度は、64名が4619回利用し、7834件(7.8 GByte)の出力があった。1993年9月を例にとると、20名の利用者が、432回アクセスし、800件を出力してい

た。利用分野は、地球物理学(気象学、海洋物理学)、農業気象学、土木工学、水産学など、多岐にわたっている。

JAIDAS は、現在、簡便で実用的な衛星画像データベースとして、多くの利用者に活用されている。利用者のほとんどは、衛星データの検索後、ネットワークにより自分のパソコンやワークステーションへ画像を転送して、その後の処理を行っている。東北大学内では、TAINS が整備されているので、高速な転送が可能である。全国の大学の大型計算機センター間をつなぐN1-ネットを利用して転送した例もあるが、最近ではFTP (File Transfer Protocol: インターネットを利用したファイル転送方式) によるファイル転送が主流である。山梨大学の例で、衛星画像1シーンを10分程度で転送した。

インターネットを利用した JAIDAS データの取得の典型的な手順の例を示す; まず、インターネットにより、東北大学大型計算機センターの大型汎用機 ACOS に接続し、課題番号・パスワードを入力して ACOS の世界に入り、JAIDAS 検索システムを起動し

て画像の検索と目的とするデータの自分のファイルへの出力を行う。データの転送にあたっては、改めてインターネットで ACOS に接続し (課題番号・パスワードを入力)、画像ファイルを格納したディレクトリへ移動した後、FTP でデータを転送する。

6. 最後に

衛星リモートセンシングの目的は、それを利用して実際の自然現象を研究していくことである。衛星リモートセンシングデータを扱っていると、衛星搭載センサーの観測原理の研究、効率のよい解析システムの構築 (計算機科学) など、ともすれば個々の関連する技術論に深く関わってしまうことがよくある。これは、衛星地球観測が総合科学であることの証拠でもある。また、第2節で述べたように、衛星データを利用する上での種々の問題が残っていて、それを解決しようとするれば、不可避免的に観測原理や計算機の問題と関わらざるを得ないことも原因のひとつであろう。JAIDAS の一つの目的は、それらの現象の解析にとって時には不要とも思われる障害をある程度解決した研究環境を提供し、本来の自然現象の解析や実利用への道を開こうとすることである (川村, 1992a, b)。

JAIDAS の特徴を列記してみると、1) 利用しやすい、2) 無料である、3) 利用上の制限がない、といったことであろうか。最後の項目3) であるが、例えば、“JAIDAS を利用した場合は、その旨論文に明記すること”などといったことである。それを JAIDAS では要求していない。もっとも、JAIDAS データの質を論文投稿時に問われた際に、利用者が困ることがないように、どのような処理が行われたかをいつでも答えられるような準備は行っている。NOAA 衛星データの受信から処理について、その質を維持し続けることについては、責任を持って行っているつもりであり、そのような裏付けの元にデータの提供を行っている (Kawamura *et al.*, 1993a, b)。少しずつ変化していく衛星の状況をおさえながら、処理・解析系を維持して、提供データの質を維持することを1年以上の長期にわたって行うことは、実はそれほど簡単なことではない。

衛星観測データを利用しやすい形で提供することで、多くの新しい利用者を獲得して新しい研究の可能性が開けることについて、JAIDAS は十分な証明を与えたように思う。その意味で、JAIDAS の役割は済んだのであろう。利用者がある限り、また作成の側に余力があるかぎり、このようなデータ提供を行ってい

くつもりではある。しかし、そのような利用者が多数を占めるのであれば、将来何らかの形で定常的な提供を行えるような体制が組まれるべきであろう。衛星観測データの需要の増加と共に、そのような研究の基盤整備が必要であろう。

参考文献

- 川村 宏, 1992: 50年の歩み—海洋計測学—衛星海洋観測, 海の研究, 1, 163-168.
- 川村 宏, 1992: 衛星観測は海洋学に何をもたらすか?, 科学, 62, 609-611.
- 川村 宏, 工藤純一, 松沢 茂, 小畑征二郎, 根元義章, 1994: 東北画像データベース (Tohoku Image Database: TIDAS), (写真測量学会投稿中).
- Kawamura, H., S. Kizu, F. Sakaida and Y. Toba, 1993: The NOAA-HRPT data receiving system in the Center for Atmospheric and Oceanic Studies in the Tohoku University, Tohoku Geophysical Journal (The Science Reports of the Tohoku University, Series 5), 36, 89-102.
- Kawamura, H., F. Sakaida and S. Kizu, 1993: The AVHRR data processing system in the Center for Atmospheric and Oceanic Studies in the Tohoku University, Tohoku Geophysical Journal (The Science Reports of the Tohoku University, Series 5), 36, 103-114.
- 工藤純一, 安倍正人, 根元義章, 川村 宏, 1993: TIDAS 運用システムの構築, SENAC, 26, 57-69.
- Kudo, J., H. Kawamura, S. Matsuzawa, S. Obata and Y. Nemoto, 1993: A building of new Tohoku Image Database, IGARSS'93, Spons. by IEEE, Kogakuin University, Tokyo, Aug. 18-21, 1993, 4, 773-775.
- 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, 156 pp.
- Pichel, W., M. Weaks, J. Sapper, K. Tadepalli, A. Jandhyala and S. Ketineni, 1991: Satellite mapped imagery for CoastWatch, Proceedings of the symposium on Coastal & Ocean Management, ASCE/Long Beach, CA, July 8-12, 1991, 2531-2545.
- Sakata, M., Y. Nemoto and S. Noguchi, 1990: Construction of the Tohoku University Academic Information Network system-TAINS-, Trans. IPS Japan, 31, 1661-1071.
- Schwalb, A., 1978: The TIROS-N/NOAA A-G satellite series, NOAA Tech. Memo, NESS 95, 75 pp.
- 高木幹雄, 1983: 気象衛星 (NOAA) 受信システム, 航水研ノート “空と海”, 6, 51-63.