

## 気象学におけるインターネット (6)

### ネットワークに基づく衛星データ・センター構想\*

高木 幹雄\*\*・川村 宏\*\*\*

#### 1. はじめに—背景

現在、米国 (NASA 等)、欧州 (ESA, CNES等)、日本 (NASDA 等) が中心となって、多くの地球観測衛星を打ち上げている。それらからもたらされる観測データは、現時点においても、膨大な量にのぼる。しかし、衛星地球観測により地球環境変動をモニターしていくためには、多種多様な観測対象をさらに高精度に長期的に観測する必要があると考えられており、1990年代後半にむけて、さらに多くの地球観測衛星の打ち上げが計画されている。その一方で、増大するばかりの衛星観測データを有効に扱うためのノウハウは確立しておらず、特に、取得された衛星データと末端の利用者 (研究者) を結ぶパイプは細く、衛星観測の成果が広く行き渡らない状況が続いている。

このような事情は、衛星地球観測の先進国である米国においても、同様である。地球環境問題について深い見識を持つ現米国副大統領ゴア氏は、地球環境問題との関連でこのような衛星地球観測とデータ配布の問題についてコメントしている。さらに、現状打破の方向として全米に張り巡らす「超高速情報網」とのリンクを提唱している (ゴア, 1992)。NASA では、このことを憂慮して、地球観測のための EOS (Earth Observing System) 計画<sup>1)</sup>のなかでは、最優先の課題の一つとして衛星データを行き渡らせる体制を確立しようとしている (EOSDIS: EOS Data and Information System)<sup>2)</sup>。そのなかでは、研究者群を備えた 8 衛星関連機関 (DAAC: Distributed Active Archive Center)<sup>3)</sup>がネットワークで連結され、衛星センサー

の運用と観測データの積極的な利用とデータセットの作成を行うことになっている。また、長期にわたる観測データを有効に利用するための方策を見いだすために、既存の10年スケールの観測データを集めたデータセットを作成して、研究を進めている (Pathfinder Data Set)<sup>4)</sup>。

しかし、この問題に対するわが国の取り組みは遅く、組織的な対応は何等なされていない。一部の研究者が、ボランティア・ベースで独自に行っているばかりである。この問題 (膨大な衛星観測データに対応しつつ、速やかに、使いやすい形で研究者に届ける) を解決して、多くの科学者が従事するはずである地球環境変動の研究を側面から支えて行くためには、そのためのインフラストラクチャーが必要である。また、そのインフラストラクチャーが日本においてよりよく機能するためには、日本の実状を加味した上での十分な検討と調査がなされる必要がある。

#### 2. 必要性と緊急性—Software Crisis と Huge Data Crisis

衛星観測は、従来のデータ収集手法とは大きく異なっており、そのデータ処理の仕方も特徴的である。衛星観測を自然現象の研究のために利用しようと志す研究者は、常に衛星観測に付随するデータ処理の困難

\*1 Earth Observing System (EOS)

地球温暖化に代表される地球環境問題に対処するために、NASA が中心となって進めている衛星地球観測を活用した全球モニター計画。

\*2 EOS Data and Information System (EOSDIS)

EOS 計画を始め、NASA の地球観測衛星がもたらす衛星観測データを管理し、利用しやすい形で研究者に配布するために、NASA が計画している情報管理体制。計算機ネットワークは、そのなかでも大きな比重を占める。

\* An Idea of Satellite Data Center based on the Computer Network.

\*\* Mikio Takagi, 東京大学生産技術研究所.

\*\*\* Hiroshi Kawamura, 東北大学理学部附属大気海洋変動観測研究センター.

© 1995 日本気象学会

さに直面する。

その困難の一つは、衛星観測の複雑さに起因する大量のデータ処理プログラムの作成である。データの読みだし、キャリブレーション、各種の補正、幾何投影変換、画像化、データ保管など、一つの衛星センサーについて安心してデータ処理が行えるソフトウェアを作成するためには、複雑で膨大な量のプログラムが必要である。大量のデータへの対処や、日夜進歩する物理量抽出アルゴリズムへの対応など、作成しなければならないプログラム量は増加するばかりである。衛星観測データの処理に関する、Software Crisis の発生である。

もう一つの困難として、衛星データの大量性に起因するもの、Huge Data Crisis が挙げられる。日本の気象庁が運用する静止気象衛星を例にとると、日中の1時間毎に150 MByte、夜間で20 MByte程度のデータを生成する。1日で約2.2 GByteである。これは、多くの地球観測衛星によって1日に生成されるデータ量のほんの一部にすぎない。GMS 観測データから、どの様な小さな部分を抽出する場合でも、誰かがどこかでオリジナルの2.2 GByte/日のデータに触れなければならない。独自のアイデアで衛星データを用いた研究を行おうと思えば、オリジナルのデータから始める方が早い場合が多々ある。そうすると、磁気テープの山が研究室を占領することとなり、それとの格闘が始まる (Huge Data Crisis)。

研究者が目的とする事象を研究するために、前処理が済んだ衛星データのセットを得ようと思えば、大概の研究者はこの種の困難さを経験する。この両種の困難さが個々個人の研究者に降り掛かっているのが、日本における衛星地球観測の現状である。その困難さを

独自で解決できる研究者の数は限られる。したがって、研究の進歩は遅くなる。この問題を我が事と受け止めて方策を練るべき機関においては、この現状についての認識が甘いため、余り有効な対策が立てられておらず、取得された観測データが処理されず、研究者の目に触れることなく眠っている状態にある。

Huge Data Crisis を解決できるのは、何等かのかたちで衛星観測によるオリジナルデータを長期にわたって取得し、保存できる機関のみである。その機関が鋭意努力して Software Crisis の問題に対処し、全ての研究者に降り掛かっている難問の相当の部分を肩代りして、本来の研究目的へ寄り道せずに進めるような体制を作ることが必要である。このような研究推進体制のプロトタイプ、それも日本の実情に合ったそれを作ろうとするのが、“ネットワークに基づく衛星データ・センター”の構想である。

### 3. ネットワークに基づく衛星データ・センター構想

衛星地球観測データの処理と解析は、観測対象の多種多様性とその観測にふさわしい衛星センサーの処理の複雑さにより、きわめて多くの専門知識を必要とする。それだけの専門家を一所に集めることは不可能である。米国の NASA は、組織全体でみればそれに近いことを行っているが、実体はいくつかの専門分野ごとに各地の研究所に分散しており (元々、そのような研究所が集合してできたのが NASA である)、それらがネットワークでつながっている。日本においても同様な発想に基づいて、全国に散在する専門家を組織し、ネットワークで結合して必要な機能を実現する方向 (方針1) が現実的であろう。

衛星観測は Global に行われるのが普通である。しかし、そのためには Global にそれをおこなう体制=宇宙機関 (日本では、NASDA 或は宇宙科学研究所) が国内に必要である。また、全球観測を行うべく準備された観測衛星が用意されなければならない。日本では、1996年に NASDA が打ち上げる ADEOS 衛星まで、そのような衛星計画はない。また、いきなりそのような全球規模の衛星観測を対象にして、衛星データセンターのプロトタイプを構築するには、国内に経験が不足している。

この構想では、現在研究者の間で最も需要が高く、local にはあるが定常的に地球をモニターしている GMS と NOAA の観測データを対象にして、“ネット

\*3 Distributed Active Archive Center (DAAC)

EOSDIS の中で中心的な活動を行って、衛星運用計画、データ取得、データセットの作成と配布を行うことが義務付けられている機関。現在、米国内に8カ所がある。これらは強力なネットワークで結ばれ、相補的に機能しながら EOSDIS の目的達成に勤めることになっている。

\*4 Pathfinder data Set

“今後得られる長期にわたる全球規模の衛星データセットは、どのように活用されるべきか”という、いまだ研究者が直面したことがない課題に答えるべく、NASA が作成しつつある衛星データセット、10年以上にわたる全球 AVHRR データセット、LANDSAT データセットなどがある。

ワークに基づく衛星データ・センター”を実現する(方針2)ことを考える。これらの衛星観測データは、原則として全ての研究者に公開されている。したがって、我々が独自に観測データを受信し、研究に供することができる。また、日本においては、これらの衛星観測データの研究者提供は私企業に任せられており、研究者組織が独自にこれを行うことに問題はないと考えられる。もう一つの対象衛星センサーに、同様の性格を持つ SeaWiFS が挙げられるが、これについては今後検討する。

われわれが受信でき、研究のために確保できるこれらの衛星データは local な範囲を写したものに限られるが、それでも、南半球を含めた太平洋の西側半分とユーラシア大陸の東側、オーストラリアを含み(GMS)、また、1 km の高分解能、多チャンネルで日本付近の 5000 km 四方を覆う(NOAA)。この範囲だけでも、全球に波及する様々な地球物理学的、生物学的な研究課題が山積している。したがって、十分な衛星データを備えたインフラストラクチャーが整備されれば、多くの研究者の参加を待って、地球環境問題に多大な貢献を為すことが可能であろう。

衛星から直接受信できるオリジナル・データが整備され、研究者に自由に配布されるようになれば、ことは解決されるのであろうか? 答えは、否である。それを用いてすぐ研究を進められるような研究者の数は限られており、大多数の研究者は研究設備や衛星観測データの特殊な処理に関する知識の不足から立ち往生してしまう。オリジナルデータを紐解いて、より使いやすい形にし、提供する機能がなければ、せっかく受信したオリジナルデータも無駄になってしまうであろう。より研究目的に即した衛星データセットが望まれる由縁である。

多種多様にわたる研究目的に直接供することのできる衛星データセットについては、いまだ定型がない。これを開発できれば、多くの研究者を引き付けて、格段と研究が進むであろう。いくつかのプロトタイプ・衛星データセットは、NASA や NOAA によって全球を対象に作成されているが、衛星観測が本来有する情報量のほんの一部を、ある特定の目的のために取り出しているに過ぎない。より研究目的に即した衛星データセットに関しては、明確な研究目的を持つ研究者が、センサー・アルゴリズムや大量データ処理手法を得意とする研究者と密接に協力して、作成に当たる(方針3)必要がある。むろん、研究目的への最初の利用と

相応の研究成果を得る権利は、第一には作成者に与えられることを前提としている。また、作成された衛星データセットは、コンピュータ・ネットワークを通して提供されることとなろう。

“ネットワークに基づく衛星データ・センター”の基本機能を、以下に列挙する；

1) GMS, NOAA の観測データの直接受信と保存、及び、そのデータのアーカイブ (Original Data Archive : ODA)

2) 即時的な処理データの作成 (Quick Products Generation : QPG)

受信された衛星データに対して定型となっている処理を施して、daily ベースで衛星データを提供する機能である。

3) 研究用衛星データセットの開発・作成、及び、研究利用による評価 (Satellite Data Set Generation : SDSG)

4) 衛星データセット (Quick Products と Satellite Data Set) のアーカイブ (Products Archive : PA)

5) 衛星データセンターの各種機能と衛星データに関する情報の提供 (Information System : IS)

6) 各種関連ソフトウェアと知識の提供 (Software and Intelligence Support : SIS)

これらの機能をそれぞれ得意とする機関が分担し、全体をネットワークで結んで有機的に機能する機能体を組織する、それが“ネットワークに基づく衛星データ・センター”の構想である。

#### 4. 衛星データセンターの有効性の検証—衛星観測資料の市価と衛星データセンターの経済性

衛星観測データの市価の現状を踏まえて、現時点での衛星データベースの有効性を検証してみる。

現在、研究者間で最もよく利用されている NOAA 衛星データは、日本気象協会(財)が、気象庁が受信したデータをコピーして、有料で配布しているものである。衛星の1回の通過で受信された、ほぼ磁気テープ1巻に収まる衛星観測データを、約2.5万円で提供している。これが、よく使われる衛星観測情報の大まかな市価と考えられる。

東北大が提供している毎日の処理済み NOAA 衛星画像データベースである「日本画像データベース(川村, 1995)」では、毎日の受信データを適切に処理し、一年に365回提供している。すでに、約5年分の毎日のデータがデータベース化されて、公開されている。こ

れを作成するための市価を試算してみると、

$$365\text{回} \times 2.5\text{万円} \times 5\text{年} = 4,560\text{万円}$$

となる。

このデータベースは、1993年の実績で月に400件を越える利用がある。これらの利用者すべてが、もし各自でデータの購入を行って研究をしなければならないとしたならば、どれだけの費用がかかるであろうか？

単純に計算しただけで、データ購入費用として、1000万円がかかる。しかし、これらの研究者が適切に処理された、すぐ解析にとりかかれる画像を手にするまでには、計算機設備、処理ソフトウェア、衛星地球観測に対する広範な知識などが必要である。データを購入しただけでは、得られるのは1巻の磁気テープであり、それをひもといて意味のある情報に仕立て直すには、多くの有形無形の処理技術が不可欠である。これら付加価値がついた提供画像の値段を単純に、いま、購入市価の10倍程度と見積もってみる。月々の利用を市価から見積もると、

$$400\text{件} \times 2.5\text{万円} \times 10 = 10,000\text{万円}$$

となる。1年12か月では、12億円となる。

インフラストラクチャーとは、すべての人が共通に使い、全体の生産効率(今、考えている“ネットワークに基づく衛星データセンター構想”では、研究の促進と教育への波及)が上げられるような機能を、集中的な投資を行って実現することである。日本画像データベースは、小さいながらも本構想の一部を実現したものと考えられる。

## 5. 現状と推進の方策

現時点で、「ネットワークに基づく衛星データセンター」構想に参加できる機関は限られている。その理由として、衛星地球観測に対する広範な知識と経験を有した上で、大量の衛星データを扱うという技術的な問題をクリアーできる研究者の数が限られているからである。これまでに、東京大学生産技術研究所、東北大学など、少数の機関で、この構想の先駆けとなるような研究が行われているが、それとて本構想を意識して行われたわけではない。したがって、本構想の実現には多くの開発研究がなされなければならない。また、本構想の意図を理解し、支持する行政的な体制も必要である。インフラストラクチャーの整備には、資金とともに、時間と人手が不可欠だからである。

衛星データセンターを最も必要とする研究者は、自らが大量の衛星データを集めたり、それらを処理する

ことができない人々である。ただし、数は多い。彼らは、衛星地球観測においては弱者であり、silent majorityである。彼らはこの種の構想に対して、一見冷淡であり、決して自らは動こうとしないだろうが、一旦データが提供され、それに縛り(研究成果への干渉)がなければ、最も熱心な利用者に変貌する。この衛星データセンターの構想は、全体でみての研究成果の増大を目的としたインフラストラクチャーの整備である。したがって、その恩恵を受けるはずの学問分野の支持が、本来必要であるはずである。しかし、silent majorityの支持を明確に取り付けることは難しいであろう。今回の構想のようなtop down方式で当面は望むよりは道がないと考えられる。

本構想を進めるにあたって、衛星データセットの作成と提供時に生じるsilent majorityとの直接の関わりに多くの注意を払っておく必要がある。

## 6. 最後に

地球上の広大な大気・海洋・陸面・雪氷域と生物圏を必要な分解能で長期にわたってモニターし、進行しつつある地球環境変動を研究して行くためには、衛星地球観測技術が不可欠である。しかし、研究対象が広大でしかも多様であるが為に、衛星地球観測によってもたらされるデータは、これまでの観測手法によるものより桁違いに大きくなる。衛星観測データを有効に活用し、本来の目的に資するためには、得られるデータを速やかに、利用し易い形で、地球環境変動を正しく把握できる研究者の手元に届けなければならない。その方法は未だ確立していない。

衛星地球観測によってもたらされる膨大な量の情報を十分に活用していくためには、そのインフラストラクチャーとして、衛星地球観測データと末端の利用者たる多くの研究者を結ぶ、よく整備された“ネットワークに基づく衛星データ・センター”(高木, 1994)が必要である。

## 参考文献

- アル・ゴア (小杉隆訳), 1992: 「地球の掟」, ダイアモンド社, 406pp.
- 川村 宏, 1995: 日本画像データベース, 天気, 42, 347-354.
- 高木幹雄, 1994: ネットワークに基づく衛星データセンター構想, 平成5年度文部省科学研究費総合研究(B)「地球環境衛星データシステムの構築とその利用」報告書, 32pp.