

アジア環境災害観測のための 衛星データオンライン配信システムの構築

Online satellite data distribution system for the monitoring of environment and disaster over Asia

竹内 渉・根本利弘・P. J. Baruah・安岡善文

東京大学生産技術研究所

E-mail:wataru@iis.u-tokyo.ac.jp

Abstract

Online satellite database system for the monitoring of environment and disaster over Asia

In this study, AVHRR and MODIS data online processing and distribution system for the monitoring of environment and disaster over Asia are introduced and demonstrate the usefulness of this system. IIS, University of Tokyo, has been receiving AVHRR data at Tokyo since 1984 and MODIS since 2001. AIT at Bangkok in Thailand has been receiving AVHRR data since 1997 and MODIS since 2001. Cloud-free 10-day composite over Asian region are available via the FTP and quicklook service for all the data are available on data storage system. An easy to use interface is expected to promote the use of AVHRR and MODIS data. Finally we discuss the role of IIS as a data archiving and distribution of satellite remote sensing data in a wide range of perspective.

Keywords: data archive, cloud-free composite, NOAA AVHRR, Aqua/Terra MODIS

1 はじめに

1.1 本研究の背景

Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) と MODerate resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) は、米国が中心となって進めている地球観測システム計画 (EOS) の中核をなすセンサであり、1 日におよそ 2 回の頻度で同一地点を観測できる。広い観測範囲と高い観測頻度を生かすことにより、洪水、農作物の生育、森林伐採、森林火災、雪氷などといった環境および災害の大陸規模での監視に非常に有効である (Justice *et al.*, 1998)。環境及び災害の監視に対して衛星観測が貢献できる点は、1) 情報を迅速に提供できること (即時性)、2) 長期間にわたる変動の過去の記録を提供できること (継続性)、3) 国境の隔たりなく情報を提供できること (均一性) にある。衛星観測が持つこれら 3 つの特長を生かすためには、世界中で利用できるインターネットを通じて情報を配信することが有効な方法の一つであると考えられる。

東京大学生産技術研究所 (以下 IIS) では、1983 年から NOAA AVHRR データを、2001 年から Aqua/Terra MODIS データを直接受信設備にて受信し、データを大規模アーカイブシステムに格納している。1998 年からはバンコクのアジア工科大学院 (以下 AIT) でも同様の設備を運用し、ネットワークを通じてデータを転送している。2001 年からは、これらのデータに放射量補正、幾何補正などを行い、毎日の観測画像および一定期間の合成画像をネットワークを通じて無料配布している。双方の受信局のデータを合わせるとほぼアジア地域の全域を監視することができる。世界の地球観測機関の多くが WWW サーバー上に地球観測データおよび関連情報を提供しているが、ユーザが使いやすい形にデータを加工してネットワーク配信を行っている機関はごく一部である (Tucker *et al.*, 2004)。

1.2 本研究の目的

本研究では、まず、アジア地域を対象とした環境および災害監視に有効な AVHRR および MODIS データにおいて、IIS が行っている衛星データ公開サービスについて述べる。次に、本システムにおけるこれまでの利

用実績と衛星データ配布の現状を解析する。最後に、地上受信局を有する機関が行うことのできる、利用者の立場から見て親和的なデータ配布のあり方について考察を行う。

2 衛星データ公開サービス

IISが行っている衛星データ公開サービスの概要を図1に示した。提供しているサービスは、1) シーンごとのオンライン処理、2) モザイク合成画像処理、3) クイックルック画像処理の3つから成り立っている。以下では、各サービスの詳細な情報を記述する。

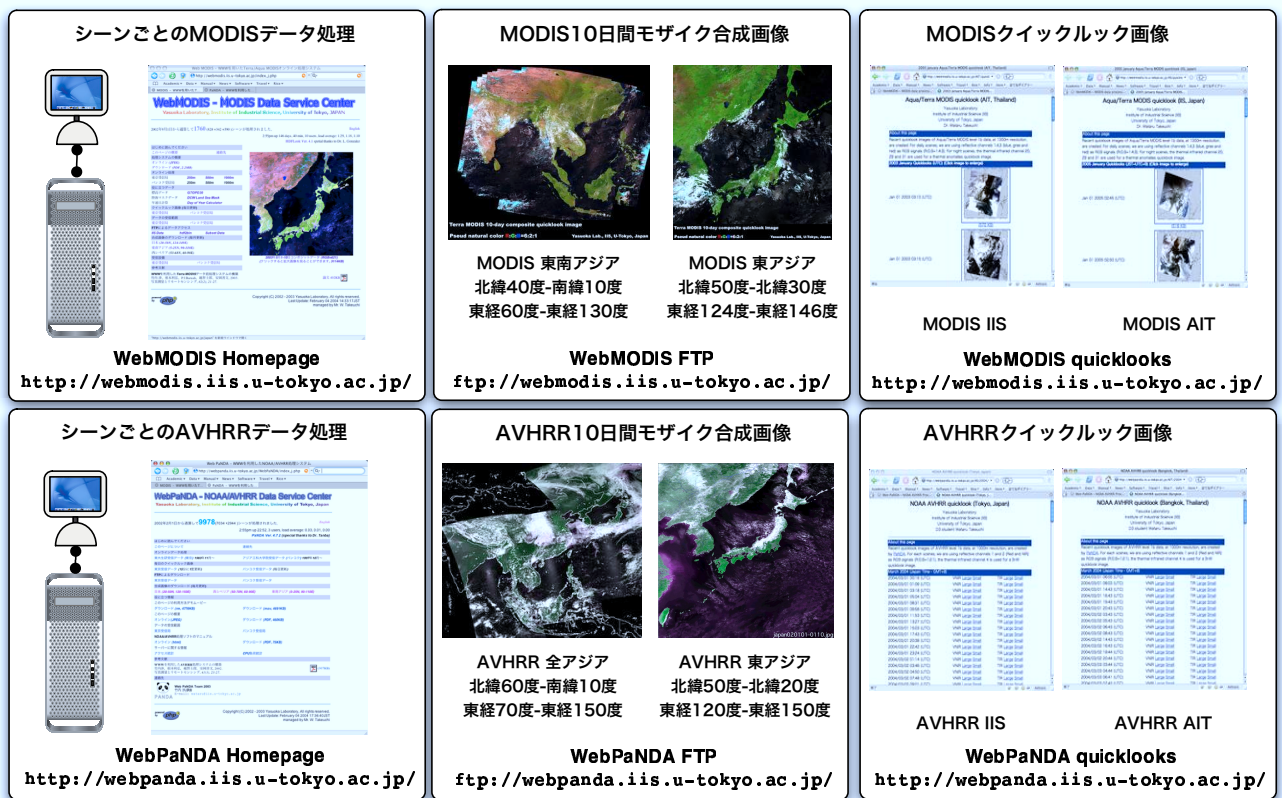


図 1 IISが行っている衛星データ公開サービスの概要。提供しているサービスは、シーンごとのオンライン処理、モザイク合成画像処理、クイックルック画像処理の3つから成り立っている。

2.1 シーンごとのオンライン処理サービス

表1は、IISで利用できる衛星データのシーンごとのオンライン処理サービスの一覧を示している。AVHRRおよびMODISデータのシーンごとの処理は、WWW上でユーザから注文を受け付けるようになっており、Webブラウザを用いてアクセスすることができる (WebPaNDA, 2002, WebMODIS, 2004)。AVHRRデータについては、IISおよびAITで受信した全データに対して、放射量補正、幾何補正 (等緯度経度座標)、ユーザ指定領域の切り出しを行い、FTPにて配信するシステムを2002年2月に稼働させた (竹内ほか, 2002)。MODISデータについては、IISで受信した全データに対して、放射量補正、幾何補正 (等緯度経度座標)、ユーザ指定領域の切り出しを行い、FTPにて配信するシステムを2002年9月に稼働させた (竹内ほか, 2003)。IISで受信したMODISデータについては、2002年を中心として受信の不具合によるデータの欠損があったが、NASA GSFC

よりレベル 1b データをダウンロードし、不良データの置き換えが完了している。AIT で受信した MODIS データについては、データベースの構築を順次行っており、2001 年 6 月から 2003 年 1 月までの期間については IIS で受信した MODIS データと同様の機能を提供している。なお、ユーザは、全データを無料でダウンロードして利用することができるが、個人での利用、教育、研究を対象としている。

表 1 IIS で利用できる衛星データのシーンごとのオンライン処理サービスの一覧。処理された画像は等緯度経度座標系に地図投影されており、ユーザの指定範囲を切り出すことができる。表中の SZA は太陽天頂角を、VZA はセンサ天頂角を、RAZ はセンサと太陽の相対方位角をそれぞれ表している。

データ名	利用可能期間	処理レベル	利用可能データ
AVHRR (IIS)	1983 年 10 月～	放射量/幾何補正	Ch.1-5, SZA, VZA, RAZ
AVHRR (AIT)	1997 年 11 月～	放射量/幾何補正	Ch.1-5, SZA, VZA, RAZ
MODIS (IIS)	2001 年 5 月～	放射量/幾何補正	Ch.1-36, SZA, VZA, RAZ
MODIS (AIT)	2001 年 6 月～	放射量/幾何補正	Ch.1-36, SZA, VZA, RAZ

2.2 モザイク合成画像処理

表 2 は、IIS で定常的に作成している衛星データのモザイク合成画像の一覧を示している。AVHRR データについては、IIS および AIT で受信した全データに対して、放射量補正、幾何補正 (等緯度経度座標)、切り出しを行い、雷ほか (2001) が開発した NDVI および温度制約付き最小天頂角法を用いて 10 日間合成画像を作成した。全アジア地域の合成画像のうち 1998 年と 1999 年のデータは岩手大学の横山教授らの研究グループによって作成された (横山ほか, 2000)。MODIS データについては、IIS で受信した全データに対して、放射量補正、幾何補正 (等緯度経度座標)、切り出しを行い、10 日間合成画像を作成した。なお、ユーザは、全データを無料でダウンロードして利用することができるが、個人での利用、教育、研究を対象としている。

表 2 IIS で定常的に作成している衛星データのモザイク合成画像の一覧。処理された画像は等緯度経度座標系に地図投影されている。表中の SZA は太陽天頂角を、VZA はセンサ天頂角を、RAZ はセンサと太陽の相対方位角をそれぞれ表している。

データ名	利用可能期間	合成日数	処理レベル	利用可能データ
AVHRR (東アジア)	1983 年 10 月～	10 日間	放射量/幾何補正	Ch.1-5, SZA, VZA, RAZ
AVHRR (全アジア)	1998 年 1 月～	10 日間	放射量/幾何補正	Ch.1-5, SZA, VZA, RAZ
MODIS (東アジア)	2001 年 5 月～	10 日間	放射量/幾何補正	Ch.1-7, 31, 32, SZA, VZA, RAZ
MODIS (東南アジア)	2001 年 6 月～	10 日間	放射量/幾何補正	Ch.1-7, 31, 32, SZA, VZA, RAZ

2.3 クイックルック画像処理

図 1 の右列に示したように、IIS と AIT の各受信局における AVHRR および MODIS のクイックルック画像を Web 上に公開している。IIS のデータはデータ受信直後クイックルック画像の処理が始まり、処理が終わり次第画像を Web 上にアップロードする体制が整えられている。AIT のデータはネットワークを通じてデータベースに格納するまでに数日を要するため、準実時間でクイックルック画像提供を行っている。ユーザは、インターネット上で衛星データの取得状況や被雲に関する情報を逐一把握することができる。

3 データ入手利便性向上の考察

本システムにおけるこれまでの利用実績と衛星データ配布の現状を解析する。また、地上受信局を有する機関が行うことのできる、利用者の立場から見て親和的なデータ配布のあり方について考察を行う。

3.1 衛星データ処理システムの利用実績

AVHRR および MODIS データをオンラインで処理し配布するシステムを構築してからの処理システムへのアクセス数の変遷を図2に示した。図中の QL は、即時処理によるクイックルック画像を提供し始めた時期を示している。両システムともに、クイックルック画像の提供を始めてからアクセスが急増しており、2005年1月現在では、月平均でおよそ50,000から70,000件のアクセスがある。これに伴い、ユーザからのデータ処理リクエスト件数も順調に増加しており、2002年のサービス開始から2005年1月までのおよそ3年間に、AVHRRがおよそ12,300枚(IIS: 9200枚, AIT: 3100枚), MODISがおよそ2300枚(1000m: 1090枚, 500m: 520枚, 250m: 690枚)処理された。Webブラウザで簡単に閲覧できるクイックルック画像を提供することにより、衛星データから得られる情報を視覚的に得ることができることが、特に初心者を中心としたユーザのデータ利用を促進したものと考えられる。

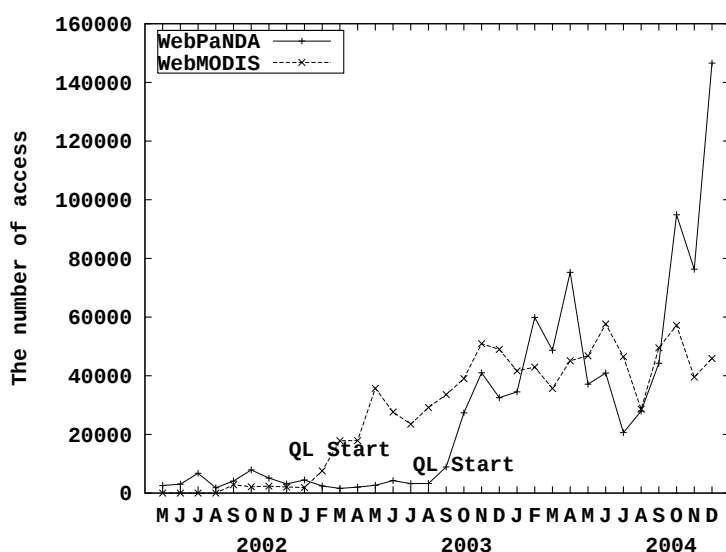


図2 処理システムへのアクセス数の変遷。

一方で、表3に示したオンライン衛星データ処理システムへのアクセスの組織別の統計によると、国内のユーザがおよそ7割程度占めている。海外からのアクセスの中心は、アジア地域を中心とした近隣諸国が多数を占めている。前処理が施されたデータに対してネットワークを介したアクセスが可能となったことで、国内のみならず、海外からもリクエストが寄せられている。国外にも AVHRR や MODIS データを提供する機関は数多く存在する。NASA などが提供するシステムと比較して、本システムが有する特長としては、1) 登録をすることなく誰でも無料でデータを使用することができる、2) ネットワーク上でデータを配信しているため迅速にデータを手入手できる、3) 放射量補正、幾何補正、地図投影、指定範囲の切り出しといった前処理が行われている、などが挙げられる。煩雑な前処理をサーバ側であらかじめ行うことにより、ユーザはダウンロードしたデータを直ちに解析に利用することができる。なお、アーカイバからのダウンロードの不具合、衛星データ自身の不具合、データ処理サーバーのネットワーク障害などにより、リクエストを出してもデータが処理されない場合がユーザの側から報告されている。その場合には、原因を解明し、データ処理ソフトやシステムのアップデートを随時行って対応している。また、大量にデータリクエストを求めているユーザに対しては、1年程度の期間を目安に個別に対応を行い、データの処理および提供を行っている。

表 3 オンライン衛星データ処理システムへのアクセスの組織別の統計.

サーバー	アクセス元 (括弧内は全体に対する割合, アクセスの多い順)
WebPaNDA	国内 (47%, 東京理科大, 神戸大, 京都大, 金沢工大, 東工大, 東北大, 山梨大) 企業 (31%, 国内外を問わない) 不明 (12%, IP 解析のできないクライアント) 外国 (10%, タイ, シンガポール, 米教育機関, オランダ, カナダ, 韓国, ドイツ)
WebMODIS	国内 (62%, 広島大, 鹿児島大, 金沢工大, JAXA, 長岡科技大, 筑波大, 東北大) 不明 (19%, IP 解析のできないクライアント) 外国 (14%, タイ, マレーシア, 韓国, フランス, ロシア, 米政府機関, 米教育機関) 企業 (5%, 国内外を問わない)

3.2 地上受信局のネットワーク化の意義

現在, 国内に存在する衛星の直接受信システムは, 最低でも AVHRR で 20 カ所, MODIS で 5 カ所稼働していることが確認されている. 直接受信システムでダウンリンクできるデータは, 観測範囲が限られているため, 狭い国土を有する日本ではそれほどたくさんの受信局を必要としない. 本システムのように, 東京とバンコクといった空間的に受信範囲が重複しない地上受信局のデータを組み合わせ, ネットワークを介して配信することは, 広域観測データ提供の利便性向上に大きく寄与するものと考えられる.

一方で, 現在では, Aqua や Terra をはじめとした衛星上にデータを保持する機能が搭載されており, 衛星を保有する米国の NASA では全球のデータをダウンリンクしている. 2005 年 1 月現在で, Terra MODIS データでおよそ 10 時間後, Aqua MODIS データでおよそ 30 時間後には, NASA GSFC の FTP サイトに全球のレベル 1b データが無料で公開されている. 日本で受信できる範囲は一日に約 3GB 程度であり, これをダウンロードすると 6 時間程度で済むことから, 地上受信局を持たない場合でも特定の範囲のデータを準実時間で入手することは十分可能である. 従って, 必ずしも地上受信局を持たなくても 2 次的なデータ配信システムを行うことは可能であるが, 地上受信局を保有する機関に要求される役割として次のようなものが考えられる.

第一に求められるのは, これまで受信された過去の記録データを長期間にわたって保持することである. IIS では, AVHRR に始まる 20 年間の記録を保持するのみならず, AVHRR, MODIS に続く次世代の極軌道観測衛星である NPP や NPOESS データの受信も視野に入れ, 約 1PB(=1000TB) のデータを格納できるテープアーカイブシステムを運用している.

第二に求められるのは, データを即時的に積極的に開示することである. 図 1 に示したように, 即時処理によるクイックルック画像を提供することで WWW のアクセス急増し, 国内のみならず, アジア地域を中心とした近隣諸国からも多数リクエストが寄せられている.

第三に求められるのは, データ処理や配信などで培われた技術を失わないようにすることである. 本システムの構築により, アジア地域における衛星データの入手性は高まり, データの受信, 処理, 配信およびそれに伴って生じるシステム運用が一元化された. また, 本システムの運用後, データ利用に関しての問い合わせがユーザから多数報告されている. 受信している衛星データの配布のみならず, 利用方法に関してもユーザから得られた情報を開示して共有することにより, ユーザにとってより親和的なデータ配信のシステムおよびユーザコミュニティが構築されるものと期待される.

4 まとめ

本研究では, アジア地域を対象とした環境および災害監視に有効な AVHRR および MODIS データにおいて, IIS が行っている衛星データ公開サービスについて述べ, これまでの利用実績や衛星データ配布の現状を俯瞰的にとらえることにより, 利用者の立場から見た親和的なデータ配布のあり方について考察を行った. その結果は次のようにまとめることができる.

- データ閲覧システムを作ることはデータ利用者にとって親和性が増す
- 直接受信データを長期間にわたって保持するための堅固なシステムの構築が不可欠である
- 保持しているデータに前処理を加えてオンラインで配信することが必要である
- 地上受信局をネットワーク化しデータを通じたユーザコミュニティを構築していく必要がある

かつては大型計算機が必要であった画像解析も、パソコンレベルで処理が可能となっている。IIS で配布している衛星データをはじめとして、無料で入手できるデータは格段に増えつつある。地球観測データの利用は、どう使うかの時代に突入した現在、データ配信基地としてユーザに有用な情報を発信していきたいと考えている。

参考文献

Justice, C., Vermote, E., Townshend, J. R. G., Defries, R., Roy, D. P., Hall, D. K., Salomonson, V. V., Privette, J., Riggs, G., Strahler, A., Lucht, W., Myneni, R., Knjazihhin, Y., Running, S., Nemani, R., Wan, Z., Huete, A., Van Leeuwen, W., Wolfe, R., Giglio, L., Muller, J. -P., Lewis, P., and Barnsley, M., 1998. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research. *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sens.*, 36(4), 1228-1249.

雷莉萍, 横山隆三, 2001. 全アジア地域 NOAA/AVHRR 10 日間モザイク画像の合成法 (II). 日本リモートセンシング学会誌, 21(2), 168-178.

竹内 渉, 根本利弘, 越智士郎, 安岡善文, 2003. WWW を利用した AVHRR データ処理システムの構築. 写真測量とリモートセンシング, 41(3), 23-27.

竹内 渉, 根本利弘, P. J. Baruah, 越智士郎, 安岡善文, 2003. WWW を利用した Terra MODIS データ前処理システムの構築. 写真測量とリモートセンシング, 42(2), 21-27.

Tucker, C. J., Grant, D. M., and Dykstra, J. D., 2004. NASA's Global Orthorectified Landsat Data Set. *Photogramm. Eng. and Remote Sens.*, 50(1), 313-322.

横山隆三, 雷莉萍, Ts. Purevdorji, 丹波澄雄, 2000. アジア地域の 10 日間 AVHRR モザイク合成画像データセットの作成. 写真測量とリモートセンシング, 39(1), 33-38.

WebMODIS のホームページ. <http://webmodis.iis.u-tokyo.ac.jp/> (accessed at 5 Jan. 2005).

WebPaNDA のホームページ. <http://webpanda.iis.u-tokyo.ac.jp/> (accessed at 5 Jan. 2005).

目 次

1	はじめに	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的	1
2	衛星データ公開サービス	2
2.1	シーンごとのオンライン処理サービス	2
2.2	モザイク合成画像処理	3
2.3	クイックルック画像処理	3
3	データ入手利便性向上の考察	4
3.1	衛星データ処理システムの利用実績	4
3.2	地上受信局のネットワーク化の意義	5
4	まとめ	5

表 目 次

1	IIS で利用できる衛星データのシーンごとのオンライン処理サービスの一覧。処理された画像は等緯度経度座標系に地図投影されており、ユーザの指定範囲を切り出すことができる。表中の SZA は太陽天頂角を、VZA はセンサ天頂角を、RAZ はセンサと太陽の相対方位角をそれぞれ表している。	3
2	IIS で定常的に作成している衛星データのモザイク合成画像の一覧。処理された画像は等緯度経度座標系に地図投影されている。表中の SZA は太陽天頂角を、VZA はセンサ天頂角を、RAZ はセンサと太陽の相対方位角をそれぞれ表している。	3
3	オンライン衛星データ処理システムへのアクセスの組織別の統計。	5

目 次

1	IISが行っている衛星データ公開サービスの概要. 提供しているサービスは, シーンごとのオンライン処理, モザイク合成画像処理, クイックルック画像処理の3つから成り立っている. . .	2
2	処理システムへのアクセス数の変遷.	4