

地球観測衛星データ用の相互運用プロトコル

Interoperability Protocol for the Earth Observation Data by Shin-ichi SOBUE (Earth Observation Center, National Space Development Agency of Japan), Kohei ARAI (Information Science Department, Saga University) and Osamu OCHIAI (Earth Observation Center, National Space Development Agency of Japan).

祖父江真一¹ 新井 康平² 落合 治¹

1 宇宙開発事業団地球観測センター
2 佐賀大学知能情報システム学科

1. はじめに

昨今、地球環境問題が世界的な問題として注目されるようになり、そのために広範囲を同時かつ継続的に複数の観測機器で観測できる地球観測衛星が、環境問題研究の有効な手段として注目を浴びている。しかし、地球観測衛星データは1シーンで数十MBの容量を有しており、数年に渡り観測されたデータの総シーン数は数十万件以上になる。このため、衛星データの地上システムにおいて、データをいちいち調べるのではなく、研究に必要なデータを効率的に選定するためのインフラを研究者に提供することが、データ提供機関の重要なテーマの1つとなっている。そこで、データ提供機関においては、カタログ情報と呼ばれるデータのシーンごとの観測場所、観測時期、データの品質や観測機器などの必要情報をデータベース化し、管理するようになってきた。

従来、このようなオンラインカタログ情報システムは、各機関が独自に整備し、ユーザに対応してきた。しかし、ユーザが複数機関のデータを利用した学際的な研究を進めることになったことから、これまで各機関が独自に整備してきたカタログシステムの相互運用性の必要が強く叫ばれるようになってきた。

このような状況の中、地球観測衛星の国際調整舞台であるCEOS (Committee on Earth Observation Satellites) においては、各機関のカタログシステムの相互運用を確立するためのプロトコルとして、Z39.50への利用を検討してきた。現在は、Z39.50を基本としたCEOSカタログ相互運用性プロトコル (CIP: Catalog Interoperability Protocol) のリリースBの制定作業を進めているところである。

本稿においては、地球観測衛星データの処理、管理についての概要、ならびにCIPの仕様などについて概説する。

2. 地球観測衛星データの管理

2.1 地球観測衛星の概要¹⁾

2.1.1 人工衛星

地球を観測する衛星は、衛星の軌道や高度によって、大きく2種類に大別される。1種類は、高度36,000Kmのいわゆる静止軌道に位置し、地球の半面を定常的に観測する衛星である。この種類の衛星には、日本のひまわりなどの気象衛星が属する。もう1種類は、高度800Km程度の太陽同期準回帰軌道に位置し、地球の全球を数日から数十日かけて観測する地球観測衛星である。太陽同期準回帰軌道は、地球が楕円であることを利用し、毎日同じ時刻に赤道を通過しながら、異なる地上を観測して、数日あるいは数十日かけて、全球を定常的に観測する軌道である (図-1参照)。

2.1.2 リモートセンシング

地球上の物質は、その特性に応じて異なる波長により太陽光を反射する。あるいは、地上の物質は、その温度に基づいて異なる赤外線を放出する。したがって、このような反射光を可視、赤外、マイクロ波の波長域で測定することにより、その物質に触れることなく物質の特徴およびその物質の変化を判別することができる。この測定方法が、リモートセンシングと呼ばれる。衛星リモートセンシングでは、数百Km以上の高度からリモートセンシングするため、判別できる物質の大きさは、メートル単位となっている。また、気象衛星のように静止軌道からのリモートセンシングの場合には、分解能は、百メートル程度が限界となっている。

2.2 衛星データの管理

2.2.1 衛星データの流れ

地球観測衛星で観測された地表の情報は、世界に点在するデータの受信局を利用して、地上にデジタル信号で送信されてくる。なお、地上の受信局の総数は数十局程度であり、これだけでは全球のデータを受信できない。このため、衛星に記録用装置を搭載したり、地球観測衛星のデータを中継するデータ中継衛星を利

用することにより、全球をカバーするという方式がとられている。レベル1処理ではこれらの受信信号には、幾何学的・光学的な処理が施される。加えて、最近の地球観測衛星では、反射波から温度、風などの地球の物理現象を導出できることが証明されている。レベル1データからこのような地球物理量を抽出するレベル2と呼ばれる処理も実施されている。日本においては、宇宙開発事業団地球観測センター（埼玉県鳩山町）で、地球観測衛星のデータ受信、処理、保管、およびユーザーサービスを行っている（図-2参照）。

2.2.2 衛星データの管理

処理された地球観測衛星データは、大容量デジタルデータの保存が可能なD1などのデジタルテープにより保管されている。しかし、この膨大なデータからユーザが希望する時間・場所のデータを即座に探すことは、不可能に近い。そこで、衛星データを特定の単位（シーンあるいはグラニュールと呼ぶ）ごとに分割し、そのグラニュールの特徴を示す情報（衛星名・観測機器名、観測領域、観測日など）をデータベース化し、オンライン提供する努力が各衛星データ保有機関において払われてきた。現在のオンラインカタログ情報システムは、Internetを通じて、上述した文字によるカタログ情報

に加えて、オリジナルデータに間引き圧縮処理などを施したブラウザデータを提供している（図-3は、宇宙開発事業団のWWWを用いたカタログシステムの画面例である）。

3. CIPの仕様²⁾

3.1 CIPの歴史

地球観測衛星の開発、運用などを行っている宇宙機関によって構成されている国際的な委員会であるCEOSにおいて、2章で述べた各機関のカタログシステム間の相互運用の促進が、グローバルな地球環境問題の研究のために必要不可欠と認識されるようになってきた。このため、新しい相互運用のためのシステムアーキテクチャコンセプトとそのコンポーネント間で利用される検索用プロトコル仕様を規定する必要が生

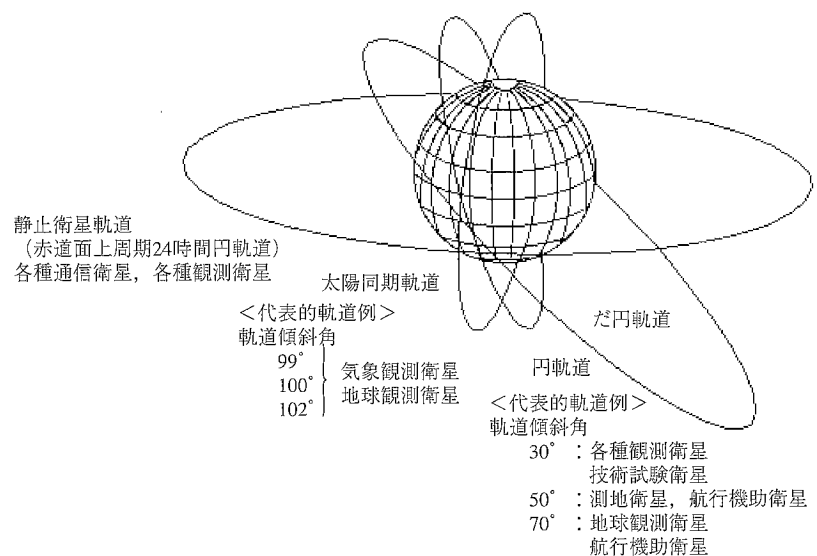


図-1 衛星軌道の種類

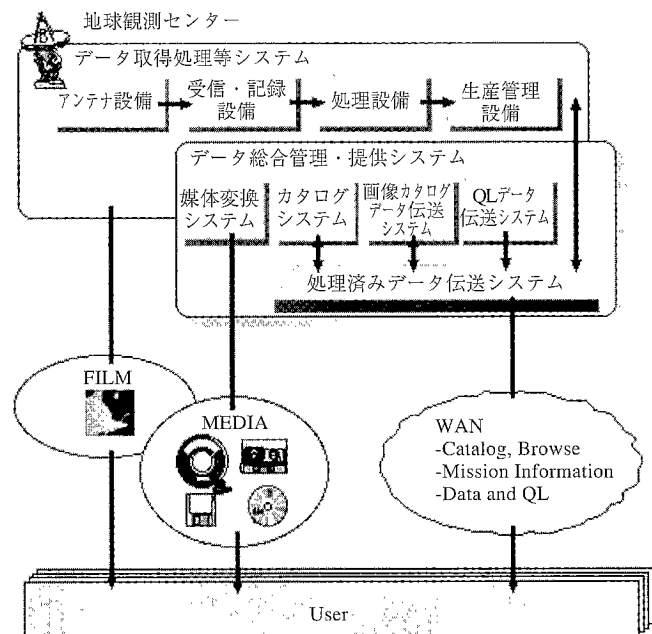


図-2 地球観測データの流れ

じてきた。CEOSにおいては、3年前から、デジタルライブラリ用に開発されたZ39.50に着目し、この地球観測カタログ相互運用への適用を検討してきた。Z39.50に着目したのは、カタログシステムの検索という目的で開発されたこと、すでに欧米において地球観測分野への応用検討が進められ、かなりの成果があがっていたことをベースとしている。

このようにして、Z39.50をベースとしてCEOSで制定されたプロトコルをCEOSカタログ相互運用性プロトコル（Catalog Interoperable Protocol :CIP）と呼んでおり、このプロトコルを用いたシステムをカタログ相互運用システム（Interoperable Catalog System :ICS）と呼んでいる。これらのシステム、プロトコルについてのユーザ要求書、プロトコル仕様書、ならびにシステム仕様書がすでに制定され、any-

mous ftpサーバにより一般公開されている
(ftp://ftp.sai.jrc.it).

3.2 CIPの特徴

CIPの主な特徴としては、次のものがあげられる。

- (1) CIPは、Z39.50に基づいたプロトコル
- (2) 分散検索を実現するためにコレクション概念
(階層型カタログ情報)の導入
- (3) 分散検索のためのメッセージルーティングを行
うミドルウェア(リトリバルマネージャ)の導入
- (4) 既存の標準に基づいたカタログ項目の決定
- (5) Z39.50のExtended Serviceを利用し、暗号化に
よりセキュリティを保証した形態での注文機能の
導入

3.3 システムアーキテクチャ

ICS空間の主たるシステムコンポーネントとして
は、以下の3つがあげられる(図-4参照)。

(1) クライアント

ユーザがCIPを用いて、カタログ検索、データ注文
を行うためのマンマシンインタフェースを提供し、ユ
ーザの要求をリトリバルマネージャに伝えるソフト
ウェアである。クライアントソフトウェアは、専用の
GUIアプリケーション、あるいはWWWサーバ用の
CGI、Javaアプレットにより実現される。

(2) トランスレータ

各機関が独自のプロトコル、データベーススキーマ
により構築し、運用しているカタログデータベースに
CIPからアクセスするために、検索プロトコルの変換
を行うソフトウェアである。このトランスレータは、
カタログ検索のためのものと、データ注文のためのも
のが必要に応じて構築される。

(3) リトリバルマネージャ

ICS空間における複数機関に対する同報検索に対応
するために、ユーザからの検索要求や注文要求を適切
な機関にルーティングするソフトウェアがリトリバル
マネージャである。このリトリバルマネージャでは、
theme collection DBを有し、検索条件の分配を
行うとともに、検索結果の収集、組み立ても行う。組
み立てられた検索結果は、クライアントに返送され
る。

3.4 コレクション

コレクションとは、CIPにおいて検索対象となるカ
タログ情報の総称である。このコレクションは、その
構成要素として、他のコレクションや個々のシーンに
関する記述(Product Description)を含むものであ
る。これによって、コレクション概念は、階層型のカタ
ログ情報構造に対応でき、分散検索をサポートできる
ことになる。コレクションの階層構造においては、上
位のコレクション(Theme Collection)は、そのコ
レクションに所属するシーン情報あるいは他のコレク
ション(Archive Collection)に共通な情報を保持

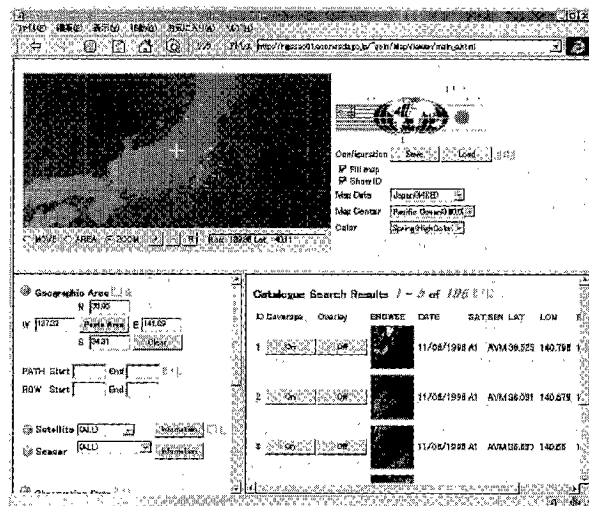


図-3 WWWによるカタログシステム

する(オブジェクト指向における汎用化と同様)。グ
ルーピングの例としては、同じデータセンタで保存さ
れている異なる種類のデータ、複数のデータセンタで
保存されている同じ種類のデータ(たとえば海面の温
度のデータ)というものがあげられる(図-5は、コレ
クション階層を示す)。

ICS空間において、このコレクションを扱うための
操作としては、次の4つがあげられる。

(1) Collection Discovery

任意のコレクションを見つけ出す。

(2) Collection Navigation

1つのコレクションから他のコレクションにネット
サーバする。

(3) Collection Searching

コレクションの属性(アトリビュート)に基づき、
コレクションを検索する。

(4) Collection Locating

URN, URLを用いて、コレクションの場所情報を
入手する。

3.5 データベーススキーマ

CIPのデータベーススキーマは、Z39.50のデー
タベーススキーマにのっとっている。このデータスキ
ーマに基づき、地球観測衛星の必要なカタログ情報の各
属性を規定していくことになる。Z39.50データベ
ーススキーマは、スキーマエレメントから構成されてお
り、各エレメントは特定のデータベースのカラムに対
応する。このエレメントは、タグによって特徴付けら
れる。タグは、その形式と値で一位となっている。タ
グ値は、エレメントのユニーク性を保つために利用さ
れる。Abstract Record Structureはデータベースス
キーマの主たる構成要素である。このStructureによ
って、タグセットとして登録されているエレメントと
データベーススキーマのエレメント間のマッピングを
行う。あわせて、このStructureにおいては、そのエ
レメントのTag Pathの指定、ならびに必須項目であ

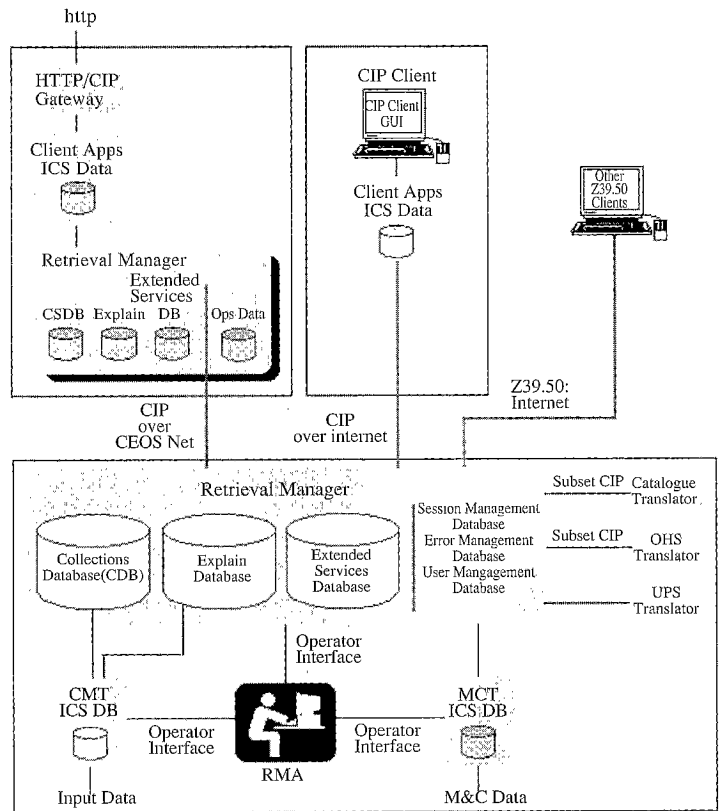


図-4 ICSシステムコンポーネント

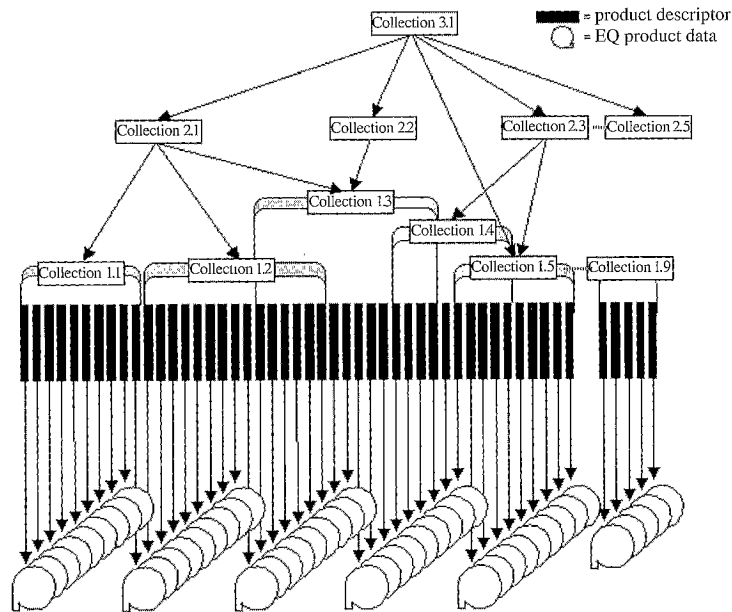


図-5 コレクション階層概念

るかどうかなどが記述される。表-1にStructure定義の例を示す。

実際のCIPデータベーススキーマは、コレクションスキーマ、プロダクションスキーマなどにより構成されている。そして、これらのスキーマがAbstract Record Structureを用いて、CIP仕様書においては、規定されている。スキーマエレメントは、データベースサーバサイトにおいて、実際のデータフィールドと

マッピングされる。

3.6 CIP機能

CIPにおける検索には、2種類の検索がある。1つは、Theme Collection (上層のコレクション) をターゲットとするものであり、いわばコレクションの集合に対する検索であり、この結果としては、そのコレクションに属するデータがどのような内容のものであるか? というサマリー情報が入手できることになる。

表-1 Structure定義の例

| Abstract Record Structure | | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|------------|-------------|
| Schema Element Tag Path | Schema Element Name | Recommended Data Type | Mandatory? | Repeatable? |
| (4 , 125) | Point | (structured) | Yes | Yes |
| (4 , 125) / (4 , 101) | PointLatitude | InternationalString | No | No |
| (4 , 125) / (4 , 106) | PointLongitude | InternationalString | No | No |

表-2 データ検索に必要なアトリビュート

| Name | Short Meaning | Value Syntax | Str. | Meaning | NASA | NASDA | CEO |
|--------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|---|------|-------|-----|
| Algorithm PackageName | Algorithm Package Name | STRING | bib-1 101 | Name given to the complete delivered package. | | | |
| Authoritative | Authoritative | STRING | bib-1 101 | Item descriptor identifier of the authoritative collection or product. | | | |
| DataCentre Name | Data Centre Name | ENUM | bib-1 101 | The data centre name is composed of both short and long versions in the same manner as short and long sensor and data source names. The valids for data centre names are defined in GCMD[R22]. | | | |
| Document Type | Document Type | ENUM | bib-1 101 | Identification of the type of the guide document. For example, 'user manual', 'sensor guide', 'mission guide', etc. | | | |
| EndDate | End Date | TIME | CIP 1 | Latest date of the temporal coverage. | | | |
| Frame | Frame | INTEGER | CIP 8 | Frame number. | | | |
| FutureReview Date | Future Review Date | TIME | CIP 1 | This date, suggested by the author, indicates a time at which the collection should be reviewed for technical content. | | | |
| GeneralKeyword | General Keyword | STRING | bib-1 6 | This element provides the capability of entering general keywords that are not found in the parameter, discipline, or spatial keywords. It could be used, for example, to specify fine resolution location words or more specific discipline-dependent words or phenomena. For example, 'Lightening'. | | | |
| GroupId | Group Identifier | ENUM | bib-1 101 | Identification of the user groups having access to specific retrieval options, e.g. for guide documents different formats might be available dependent on the user group or for product order options differ for the user groups. | | | |
| Latitude | Latitude | REAL | CIP 3 | The latitude of a point. | | | |
| Longitude | Longitude | REAL | CIP 3 | The longitude of a point. | | | |
| Ordering CentreId | Ordering Centre Identifier | STRING | bib-1 101 | Unique code for the local ordering handler from which the data can be ordered. | | | |
| Processing Centre | Processing Centre | ENUM | bib-1 101 | Contains the short name of the data center that has generated the data. | | | |

もう1つは、個々のシーンに対する検索であり、Product Searchと呼ばれ、1つあるいは複数のArchive Collectionをターゲットとするものである。この結果としては、データ注文に必要な個々のデータの情報をユーザは入手できることになる。これらの検索のためには、3.4節に記載したコレクションの(1)～(4)の操作機能が利用される。

CIPにおいて検索と並んで重要な機能は、データ注文機能である。オンラインデータ注文においては、ネットワーク上での安全な課金情報、決済情報に関する通信が必要となる。このために、CIPでは、米国の輸

出規制を配慮し、ハッシュ方式(MD5)による暗号化を利用している。加えて、CIPにおいては、ユーザは注文したデータの処理状況がどうなっているかを捕捉できるような注文状況の提供機能もサポートしている。

3.7 CIPプロファイル

すでに述べたように、CIPでは、Z39.50を基本フレームワークとして利用する。ICS空間でZ39.50を利用するためには、CIP用のプロファイルを規定する必要がある。プロファイルでは、以下の情報を規定する。

(1) 利用するZ39.50のバージョン

CIPでは、1995年（バージョン3）を利用。

(2) CIPオブジェクト

CIPのオブジェクトIdentifier（OID）は、Z39.50バージョン3に基づき、次のとおり。

{iso (1) Member-body (2) US (840) ANSI-standard-Z39.50 (10003)}

(3) 通信サービス

CIPは、Z39.50プロトコルの通信のためにTCP/IPを利用。

(4) 利用するZ39.50 Facility

CIPにおいては、以下のZ39.50 Facilityを利用する。

1) Initialization Facility

Z39.50/Init serviceをZ-associationをリトリバルマネージャとクライアント間で確立するために利用する。

2) Search Facility

Z39.50/Search serviceを使用する。検索における主要項目は、アトリビュート、検索するデータベース（Z39.50ではTarget）、および検索結果である。なお、CIPにおいては、Z39.50の基本検索方式であるZ39.50 Type-1 queryをサポートする。この問合せ方式では、Reverse Polish Notation（RPN）を用いて検索条件が組み立てられる。

3) Retrieval Facility

Retrieval Facilityは、検索結果をクライアントに提供する。このRetrieval Facilityは、次の2つのサービスPresent Service、Segment Serviceを提供する。これらは、検索結果を分割し、クライアント側に要求に応じて、提供するためのものである。

4) Result-set-delete Facility

Z39.50/Delete Serviceは、特定のZ-associationで要求された検索の結果を削除する。

5) Access Control Facility

Z39.50/Access Control Serviceは、クライアントからサーバへのアクセスを制御するためのものであり、必要に応じて、通信の暗号化をサポートする。

6) Extended Service Facility

CIPでは、Z39.50のExtended Serviceを利用して、以下の4つのサービスを定義する。

a. Persistent Result Set Extended Service

複数のZ-associationによる検索結果を保存する。

b. Persistent Query Extended Service

複数のZ-associationによって実施された検索問合せを保存する。

c. Periodic Query Schedule Extended Service

周期的に検索問合せを行うための検索条件の設定を許可する。

d. Database Update Extended Service

Z39.50経由でアクセスできるデータベースの内容の更新を許可する。

7) Explain Facility

CIPが利用しているZ39.50の機能の中で、最も重要な機能がExplain Facilityである。この機能により、クライアントはサーバに問合せを行うことが可能となる。リトリバルマネージャは、Explainデータベース、固有ソフトウェア、およびZ39.50サーバから構成されている。Explainデータベースでは、クライアントの環境設定に必要なリトリバルマネージャなどのサーバ側の情報、およびCIPの属性、エレメントに関する情報などのExplain Information Categoriesに属する17種類の情報が定義される。

8) Termination Facility

Z39.50/Close serviceであり、Z-associationを終了する。

(5) その他

Reference Identifierを用いて、クライアントからの検索などのオペレーション要求がユニークになるように管理している。これにより、複数のクライアントからの検索要求などのサポートが可能となっている。

あわせて、エラーなどのメッセージは、Z39.50で規定されたdiagnostic format diag-1、{Z39.50-diagnostic-diag-1}のフォーマットに基づき、定義されている。

3.8 CIPアトリビュート

CIPのアトリビュートは、{Z39.50-CIP-AttributeSet} OIDとして定義されており、これはデジタルライブラリ用のアトリビュートである{Z39.50-AttributeSet-bib-1} OIDとは独立している。しかしながら、CIPの属性を決めるにあたっては先に決められたデジタルライブラリなどのアトリビュートを最大限再利用することにより、重複した作業の軽減や、異なる分野間での相互運用の確立を目指している。CIPのアトリビュート、タグセット要素およびスキーマ要素については、CCSDS（Consultative Committee for Space Data Systems）が規定したData Entity Dictionary Specification Language（DEDSL）を用いて定義されている。DEDSLを用いて定義された属性および要素は、Z39.50のExplain Facilityにより、Explainデータベースにて保存、管理される。なお、CIPで必要なセマンティックなアトリビュートの一部は、標準のExplain Facilityではサポートされていないため、ExplainデータベースをCIP用に拡張することにより対応している。このようにしてExplainにおいて定義されるセマンティックなアトリビュートとしては、Name、Short Meaning、Meaning、Units、Alias、Specific Instance、Comment、Ver（Version）およびValue Syntaxである。

CIPのアトリビュートは、Collection検索用、Product検索用の2つに区分され、さらにMandatory、Optionの2つに分割されている。現在、Mandatoryなアトリビュートとして31のアトリビュートが規定されている。表-2に、CIPアトリビュートの一例として、Product検索用に必須なアトリビュートの一覧を示す。

4. 現在のCIPのインプリメント動向

CIPの現在の仕様は、CIP Release B2.2である。このバージョンは、暫定バージョンであり、各機関によるプロトタイピングの結果、ならびに他のZ39.50を利用したプロジェクト（たとえば、G8におけるGlobal Information Locator Systemなど）との相互運用性を考慮して、改訂される。最終的には、CIP Release B2.4が制定される。制定されたB2.4は、CCSDSを通じて、ISOに提案される予定である。

こういった動向の中で、CIPの提案機関であるEU/CEO（European Union/Center for Earth Observation）では、CIPをベースとしたカタログシステムの開発が進んでおり、平成10年4月からは運用が始まる見込みである。このシステムは、ドイツ宇宙機関などを含めた4機関に分散するカタログ情報データベースの検索サービスが提供される見込みである。

また、アメリカ航空宇宙局NASAでは、NASA独自の地球観測データ情報システム（EOSDIS）の整備と並行して、CIP/EOSDIS間の相互運用を確立するためのゲートウェイソフトウェアの試作が進められており、現在その評価中である。

(<http://ceoseng.hitc.com:8889/>)

これ以外にも、ESA（ヨーロッパ宇宙機関）、カナダ、日本（NASDA地球観測センター）なども、CIPを用いたシステムの開発、あるいは開発のための検討作業を進めており、CEOS全体での利用が進行中といえる。

5. おわりに

本稿においては、地球観測分野におけるデータ相互流通の促進のために期待されている相互運用プロトコルであるCIPについて、その歴史も含めて、概説した。本稿の執筆中において、まだ仕様が確定していない部分も存在し、また属性についてもほかのZ39.50プロファイルとの共通化などが盛んに議論されている最中である。このため、一部不明瞭になっているとともに、仕様、ユーザ要求文書などがそれぞれ数百ページからなる膨大なものであるため、CIPのコンセプトを説明するにとどまった。しかし、平成10年3月に予定され

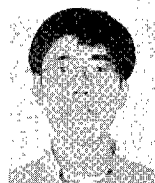
ている最終仕様の公開、ならびに各宇宙機関におけるCIPの採用などにより、平成10年にはカタログプロトコルの標準化が加速的に進んでいくことが期待される。そして、WWWブラウザにより、衛星データと図書文献情報が同時に検索できる日も夢ではないと期待している。

謝辞 最後になりましたが、本稿を書くにあたって、多大なる支援をしてくださった宇宙開発事業団地球観測センター情報システム担当トリモート・センシング技術センター鳩山事業本部開発部の各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 坂田俊文：地球を観測する，オーム社，pp.85-91（1993）。
- 2) CEOS, Catalogue Interoperability Protocol Specification - Release B（1997）。

（平成9年12月16日受付）



祖父江真一（正会員）

1965年生。1987年豊橋技術科学大学工学部情報工科学卒業，1989年同大学院修士課程修了。同年宇宙開発事業団に入社。地球観測センターにおいて地球観測衛星データおよびその関連情報の管理，提供などを行う地球観測情報システムの整備に従事。日本リモートセンシング学会など各会員。

E-mail: sobue@nsaoc.eoc.nasda.go.jp



新井 康平

1949年生。1974年日本大学大学院理工学部研究科修士課程修了，東京大学生産技術研究所，宇宙開発事業団，カナダ政府給費留学（ポスドク）を経て，1990年佐賀大学教授，1992年同情報処理センター長，1997年同知能情報システム学科長。1995年から科学技術庁「航空電子等技術審議会」委員。地球観測衛星搭載用計測器（放射計）の校正，データ処理・解析，カタログシステム，画像理解，不適切問題，多次元逆問題，非線形最適化の研究に従事。日本リモートセンシング学会，テレビジョン学会，日本写真測量学会，計測自動制御学会など各会員。E-mail: arai@is.saga-u.ac.jp



落合 治（正会員）

1969年生。1992年北海道大学理学部地球物理学科卒業，1994年同環境科学研究科構造学気象学講座修士課程修了。同年宇宙開発事業団に入社。地球観測センターにおいて地球観測衛星データおよびその関連情報の管理，提供などを行う地球観測情報システムの整備に従事。日本リモートセンシング学会，気象学会など各会員。

E-mail: ochiai@nsaoc.eoc.nasda.go.jp