

太陽地球系物理観測の分散メタデータベースの設計と評価

村田 健史^{†1} 岡田 雅樹^{†2} 阿部 文雄^{†3}
 荒木 徹^{†4} 松本 紘^{†5}

現在、宇宙開拓科学や地球環境科学の様々な分野において、広域観測が進められている。我が国では、観測データの取得・蓄積は諸外国と比較して進んでいるが、データのネットワーク上での公開・発信は不十分な点が多い。広域観測データは、観測グループ独自のデータ較正方法やデータ公開ルールがあり、データ管理・公開が機関ごとに独立に行われる傾向がある。一方、データ解析者は、これらの分散管理されているデータを一元的に利用したい。しかし、米国の米国宇宙科学データセンター(NSSDC)のような統合的データセンターの実現は容易ではない。本研究では、広域宇宙地球観測の1つである、太陽地球系物理(STP)観測データのための分散データベースを提案する。提案する分散データベースでは、データファイルおよびデータ利用者のメタ情報を抽出し、メタデータベース化する。各観測グループはメタデータベースを独自に管理することで、データの管理権限を保護することができる。一方、分散データベースシステムによって各データに対して透過的にアクセスすることにより、データ解析者は一元的にデータを利用することができる。本稿では、分散データベースのシステム設計を行い、実際に試験データを用いたデータベースを構築した。その結果、提案する垂直分散型分散データベースによって、実用上有効なアクセス速度でメタ情報取得が可能であることが分かった。

A Design and Estimation of Distributed Meta-database for Solar-terrestrial Physics Observation Data

KEN T. MURATA,^{†1} MASAKI OKADA,^{†2} FUMIO ABE,^{†3} TORU ARAKI^{†4}
 and HIROSHI MATSUMOTO^{†5}

Due to the development of computer performance and information networks, we can now easily access to observation data for large-scale Solar-Terrestrial Physics (STP) through the Internet. However, for integrated studies with help of a variety of observation data together, we need to a distributed network database system with which users are able to access to any observation data with high transparency. It is widely said that distribution systems and facilities for STP data are inferior to observation and storage systems in Japan. However, it is difficult to construct a central data management center for huge amount of data because of financial, political, and technical reasons. We herein propose a distributed database system for STP data. In the presented database system, index information of both observation data files and access users are stored and managed as a meta-database. Through the access to the meta-database, users obtain information of the observation data: not only datasite addresses, directory names and file names of the data, but authorization of the data. One's authorization to access one data is provided by the team or mission responsible for the data. This suggests that the ownerships of observation data to each team/mission are preserved though the present meta-database seems to be only one from user side.

†1 愛媛大学工学部

Faculty of Engineering, Ehime University

†2 国立極地研究所

National Institute of Polar Research

†3 名古屋大学太陽地球環境研究所

Laboratory of Solar-Terrestrial Environment, Nagoya University

†4 京都大学大学院理学研究科

Solar-Planetary Electromagnetism Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

1. ま え が き

人工衛星による観測や海外を含む観測網の広範な展開、観測技術や伝送技術の飛躍的な向上にともない、広域地球科学の諸分野で、大量のデータが生み出されている。それらのデータの迅速な処理と効果的な利用

†5 京都大学宇宙電波科学研究センター

Radio Science Center for Space and Atmosphere, Kyoto University

表1 国内の主な太陽地球系物理データサイト
Table 1 Domestic data site for STP.

Data Site	Data Example
The Institute of Space and Astronautical Science	satellite
Radio Science Center for Space Atmosphere, Kyoto University	satellite
Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism Graduate School of Science, Kyoto University	ground-based
National Institute of Polar Research	ground-based
Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University	ground-based
Communications Research Laboratory	satellite

は、広域地球科学の推進にとって、重要な課題となっている。たとえば、気象観測では、各地の気象台や測候所から送られる天気・気圧・気温・湿度・降水量・風向・風速・日照時間のほか、もや・霜・氷などの大気現象を観測している。さらに、気象レーダーで降水分布を、気象衛星で雲の分布を監視している¹⁾。地震観測では、各観測地点における地震活動、地殻変動、強震動などの観測を行っている。観測データにより、地震および火山噴火現象の解明および予知、ならびにこれらによる災害防止および軽減を目的として、各種の研究が進められている²⁾。環境観測の分野では、災害および汚染状況把握のため、各地の土壌・大気酸性雨および大気汚染の原因となる物質の濃度観測を行っている。大気観測では、各地の窒素酸化物や二酸化硫黄の空間分布を調査することにより、大気汚染の原因および生態系影響の解明を行っている³⁾。

一方、近年、パーソナルコンピュータの普及と、情報通信技術や情報処理技術の発展により、インターネットに代表される国際的な情報ネットワークが急速に拡大した。これにより、観測データが、研究機関から世界中の研究者へと、要求に応じて提供されるようになってきた。たとえば、表1は、国内のSTP (Solar-Terrestrial Physics: 太陽地球系物理) 分野において、観測データを公開している研究所の一覧である。これらの研究機関においては、主にWWWサーバやFTPサーバによって、データをネットワーク上に公開している。このようなデータ公開は、利用者への機会均等や、データ取得の簡便化など、多くの利点を生み出した。その一方で、データ利用に関する様々な問題が明らかになってきた。

現在、STP 関連分野機関は、学術情報センターが運用する学術情報ネットワーク (SINET) や東京大学の国際理学ネットワーク (TISN) などを通じてインターネット接続され、国内外の研究機関や研究者へのデータ提供が図られている。しかし、海外からの情報の取得・利用に比べて、我が国からの情報の提供・発信は進んでいないとの指摘が、海外からも寄せられて

いる。このような現状を改善するためには、人工衛星による地球観測や大規模な観測計画の実施にあたって、観測データを世界に公開・提供するシステムを構築する必要がある。

平成6~10年度の科学技術振興調整費によるIM-net (省際ネットワーク) の地球観測データのデータベース化に関する研究⁴⁾では、広域ネットワークにおける海洋データベースの利用に関する研究、船舶海象情報のデータベース化に関する研究、電離圏・太陽—地球間環境情報の分散データベース化および利用に関する研究、地理情報ディレクトリデータベースの構築に関する研究などが行われた。また、G7環境・天然資源管理 (ENRM)⁵⁾において、グローバル情報ロケータサービス (GILS) サービスのテストベッドが、ENRM GILS サービスのためのシステムおよび運用の概念に関する様々な実験を実施するために、WWWおよびZ39.50/WAISの技術を用いて開発されている。地球観測の場合は、カタログ相互接続性プロトコル (CIP) プロファイルにより運用が行われている⁶⁾。このテストベッドは、インターネット上でWWWブラウザを使ってメタ情報のサンプルを検索・抽出するための機能を実験ユーザに提供するものである。また、NASAは、地球観測データに関するメタデータの分散データベース Earth Observing System Data Gatewayを、Z39.50⁷⁾を利用して運用している。日本ではNASDAがGatewayを運営している⁸⁾。ただし、これらは、データを公開・検索するためのシステムであり、データの較正やユーザ利用権限などのユーザの視点が不足している。また、システムは試験的に運用されているものもあり、科学者がデータ解析に利用するには至っていない。

近年、データ公開機関は、海外を含めた多くの研究者へのデータ公開業務の負担が急激に増大した。蓄積データ量の増大にとまらぬ、データ管理が困難となったことが一因である。また、ユーザからのデータについての様々な要求も、データ公開機関の負担となっている。表1の国内データ公開機関では、データととも

に、データ解析プログラムなどの解析環境を提供することもある。しかし、この場合、当該データの解析環境は整うものの、異なるデータ公開サイトからのデータを総合的に解析する環境は困難である。これからの STP 研究では、太陽地球系空間の異なる領域で同時または連鎖して起こる現象を解析する必要がある。そのため、データ解析者は、各データ公開機関で分散的に管理されているデータを一元的に利用したい。

第 16 期学術会議地球物理学研究連絡委員会の報告⁹⁾によると、地球物理学観測データには、次のような特徴がある。

- ほとんどのデータが時間と空間の関数である。
- 実験データとは異なり、同じデータは 2 度と取得できない。
- 新しく観測されるデータと、過去に蓄積されたデータを、一元的に利用できなくてはならない。
- 観測データは、最終的には、一般公開されなくてはならない。ただし、観測後一定期間は、観測グループのプライオリティを守らなくてはならない。
- 地球規模現象の理解のためには特定の分野に限定しない広範囲(気象・海洋・火山・地震・大気・電離層・磁気圏など)データの利用が必要である。
- データ公開が、分散した研究所(文部科学省・国土交通省・環境省などの管轄下)において行われており、これらを統合的に管理公開する機関が存在しない。

本研究では、上記で述べたデータ公開の現状を鑑み、STP 研究分野で分散管理されている膨大な観測データを、透過性を持って一元的に利用するための分散データベースの構築と実装を行う。なお、本研究で提案する分散データベースは、STP 分野のみならず、様々な広域地球物理学分野の特徴や要求を満たすものである。

2. STP 観測データの現状

STP で有効な分散データベースの構築のためには、まず、STP 分野のデータの特徴を理解する必要がある。本節では、分散データ管理の視点から、STP データについて特徴をまとめる。

2.1 STP データの種類

STP データは、科学衛星観測と、地上(Ground-based)観測に大別される。例として、国際的 STP プロジェクトである ISTP(International Solar-Terrestrial Physics)計画の協力観測を、表 2 にまとめる。これらの観測データが、本研究の主な対象である。

ISTP 計画では、観測データにより二次的に作成さ

表 2 ISTP 計画参加観測¹⁰⁾: (a) ISTP 衛星, (b) ISTP 協力衛星, (c) ISTP 地上観測, (d) 指数

Table 2 ISTP Project observations¹⁰⁾: (a) ISTP satellites, (b) ISTP collaboration satellites, (c) ISTP ground-based observations, and (d) indices and others.

(a)		
Mission	Institute	Team
WIND	NASA (USA)	/WAVES/EPACT /SWE/SMS/MFI /3-D PLASMA/TGRS /KONUS/SWIM/
POLAR	NASA (USA)	/CAMMICE/CEPPAD /EFI/HYDRA/MFE /PIXIE/PWI/SEPS /TIDE/TIMAS/UVI /VIS/MDI/
GEOTAIL	ISAS (JPN)	/EFD/MGF/LEP/CPI /EPIC/PWI/
SOHO	NASA (USA)	/CDS/CELIAS/COSTEP /EIT/ERNE/GOLF /LASCO/MDI/SOI /SUMER/SWAN/UVCS /VIRGO/
CLUSTER II	ESA (EU)	/FGM/EDI/ASPOC /STAFF/EFW/DWP /WHISPER/WBD /CIS/RAPID/WEC /PEACE/
(b)		
Collaborating Satellites		
/IMP-8/IMAGE/GOES/LANL/Ulysses/SAMPEX /Interball/FAST/Equator-S/ACE/		
(c)		
/Ground-based Investigations		
/British Antarctic Survey/SuperDARN/CANOPUS /Sondrestrom/IACG Ground-based observations/		
(d)		
Indices and others		
/AE indices/Dst index/Kp index/Sun Spot Number /User data/Event List/		

れる指数データも、頻繁に利用される。特に、(d) に示す AE 指数, Dst 指数, Kp 指数などの、地磁気擾乱指数が有名である。

2.2 STP データ解析者およびデータの所属概念

2.2.1 STP データ解析者の所属概念

地球磁気圏・惑星圏探査のための科学衛星は、多くの場合、巨大プロジェクトである。したがって、多数の研究者、近年では国際協力による国内外の研究者が、1つの衛星計画(Mission)に携わる。STP データ解析者の所属概念を n 分木の階層構造によって表すと、図 1 となる。

1つの Mission には、一般には、複数の観測機器が搭載される。これらの機器は、観測班(Team)が担当

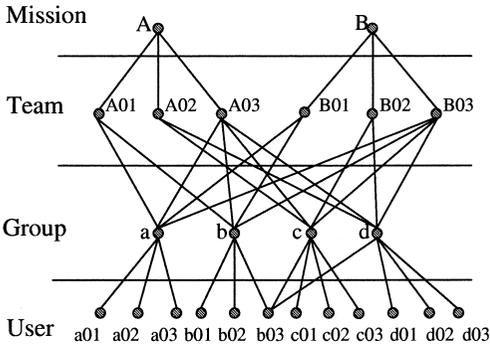


図1 STP 研究者の所属概念図
Fig. 1 STP researchers attribution.

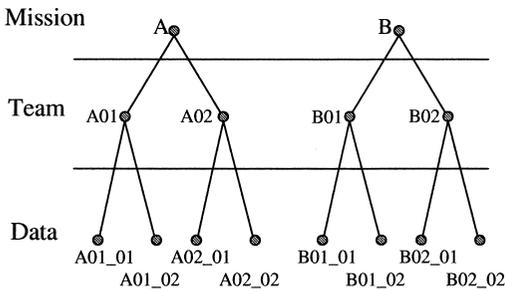


図2 STP データの所属概念図
Fig. 2 STP data attribution.

する。各 Team の観測機器の設計からデータ管理までは、Principle Investigator (PI) と呼ばれる責任者と、Co-Investigator (Co-I) と呼ばれる研究協力責任者が中心となり行う。観測 Team は、複数の研究グループ (Group) から構成される。特定の Group は、複数の Mission の複数の Team に属することがある。Group は、研究者、技術者などのデータ解析者 (User) からなる。

このような枝構成は、地上観測データにおいても、衛星観測データと同様である。

2.2.2 STP データの所属概念

STP 観測では、データの所有権は各観測班が有する。観測班は、1つの観測計画において、1つまたは複数の観測機器を搭載する。したがって、データ所属概念を n 分木の階層構造によって表すと、図 2 となる。

2.3 STP データ公開ポリシー

データ公開ポリシーについては、ISTP 内での規則はなく、各 PI に委ねられている。特に日本においては、米国の米宇宙科学データセンター (NSSDC) のような統合的データセンターが存在しないため、表 1 に示す国内に分散したサイトにおいて、独立に公開される。したがって、一元的なデータの管理・公開ができず、

我が国の太陽地球系物理研究の足かせとなっていた。研究者は PI の許可を得てデータを利用するが、データによっては、WWW サーバなどで一般公開され、自由にアクセスできるものもある。このような場合でも、データを用いた研究や論文作成に際しては、PI の許可を必要とする。

2.4 STP データの公開範囲

2.4.1 STP データ公開についての聞き取り調査

STP 観測では、データの公開範囲は、Mission や Team により様々である。本研究では、STP の様々な観測データについて、公開範囲の聞き取り調査を行った。その結果、たとえば、次のような要望やデータ公開条件があることが分かった。

- 観測班内 (研究グループ内) においてのみ公開したいデータがある。
- 特定の個人にだけ公開したいデータがある。
- 人工衛星観測の衛星軌道データのように観測計画全体に公開すべきデータがある。
- キャンペーンや共同研究のため非公開データの一部だけを一時的に一般公開したい。

それらをまとめると、データの公開範囲は、図 1 と図 2 の所属枝で表現されることが分かった。以下に、図 1 の公開範囲について議論する。

2.4.2 一般 (General) 公開

本来、地球科学観測データは公共資源であり、観測後一定期間で、一般公開される。観測直後に公開される場合も多い。

ISTP 計画立ち上げ当初 (1990 年代初頭) は、情報ネットワークの普及が不十分であったため、データは、テープやディスクなどのメディアに記録し、輸送などによって配布されることが多かった。現在は、ほとんどのデータが、ネットワーク配信される。データの公開は、主に、WWW サーバまたは FTP サーバで行われる。

2.4.3 観測計画 (Mission) 内での公開

Mission データとは、Mission 内部で共通に必要なとされるデータ (たとえば衛星軌道情報) である。将来的には一般公開されるが、観測開始直後は Mission 内で公開される。また、各 Team データも、SDB (Science DataBase) データなどとして Mission 内で公開されることがある。

2.4.4 観測班 (Team) 内での公開

Team データは、Team 内で公開されるデータである。限られた範囲内での公開であるため、FTP サーバでの公開や、メディア配布による公開などが主となる。また、共同研究を行う者は、Team の一員として

これらのデータにアクセスすることができる。

2.4.5 研究グループ (Group) 内での公開

一般に、観測データの、Group 内のみでの公開の例は少ない。しかし、研究過程において作成された二次データなどは、Group 内部で公開して、互いに利用することができる。

2.4.6 解析者 (User) データの公開

User が研究目的で作成したデータの多くは、User が独自に利用する。ただし、独自に作成したファイル (たとえばイベントリストなど) を一般公開し、他の研究者による利用を望む場合がある。ユーザ独自のファイルであっても、Group や Team, Mission, 場合によっては一般公開にする場合もある。

2.5 STP データファイル形式と解析プログラム

2.5.1 STP データファイル形式

本研究の調査によると、STP データのファイル形式のほとんどは、アスキーファイル形式、画像形式、バイナリファイル形式に分類されることが分かった。地上で撮影されるオーロラ現象など、動画像形式で公開される場合も稀にある。

アスキーデータファイルの多くは、CSV 形式などになっており、1レコード目に各フィールドのタイトルなどが添付される。そのため、データ利用者は、データ読み取りプログラムの作成が容易である。

一方、バイナリデータファイルの多くは、raw データ (level-0 データ) や level-1 データなど、未加工のテレメトリデータである。さらに、データファイル中のワード列は、観測時のフォーマット (モード) により動的に変化することもある。たとえばミッション全体の raw データから所望する時系列データを抽出するには、テレメトリについての十分な知識を必要とする。そのため、STP データの場合、バイナリファイルはデータ読み取りプログラムとともに公開されることが多い。その際、データ読み取りプログラムの多くは、データの較正テーブルを内包する。

一般に、観測データは、観測機器や観測環境を考慮したデータ較正を必要とする。この較正テーブルは、つねに最新のものをを用いることが望ましい。しかし、ユーザがダウンロードしたデータやプログラムを、PI が管理することは容易ではない。

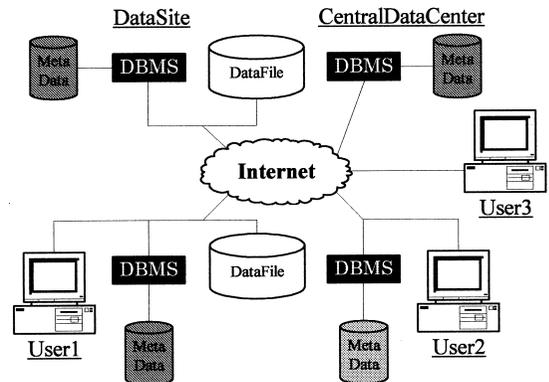


図3 村田らの提案^{11),12)}に基づく STP 分散データベース利用ネットワーク形態:メタデータベースの配色は図8(b)に準ずる

Fig.3 The STP distributed database network based on the model proposed by Murata, et al. ^{11),12)}: The colors of meta-database are subject to those in Fig.8 (b).

2.5.2 STP データ解析プログラム

データの読み取りプログラムは公開されるが、データ解析のための可視化・解析プログラムが公開されることは少ない。これは、可視化・解析プログラムが、一般に、ユーザの計算機環境に依存することによる。

したがって、ユーザは、独自のデータ可視化・解析プログラムを構築しなくてはならない。しかも、多くの STP 研究者は、複数のデータの相関を調べることにより、太陽地球系空間のダイナミクスを理解することを目的としている。この場合には、データの読み取り・可視化・解析を一元的に行う環境が必要とされる。

3. メタ情報データベースの提案と実験

3.1 分散データベースシステムの提案

図3は、本研究で提案する分散データベースの形態である。ユーザやデータ公開サイトは、DBMS を通じて、データを共有する。本章では、図3で利用されるデータベースのテーブル設計を行う。図3の分散データベースの構成の詳細は、4章において議論する。

2.5節で述べたように、STP 観測データフォーマットは統一されておらず、また、データの構造も複雑である。したがって、観測データファイルそのものの DBMS による管理・共有は容易ではない。本研究では、図3のシステムにおいて、観測データそのものではなく、データのメタ情報を共有するメタデータベースを提案する。メタデータベースの詳細は 3.2 節で述べるが、データ名、データファイル名、データの開始・終了日時、データの保存場所、アクセス権限など

なお、ISTP 計画では観測計画間でのデータの相互利用を目指しているが、運用上の取り決めはあるものの、共通データフォーマットの仕様はない。現在は、CDF や PDS などの共通データフォーマットが米国や欧州において用いられることがあるが、ISTP 計画で定められたものではない。

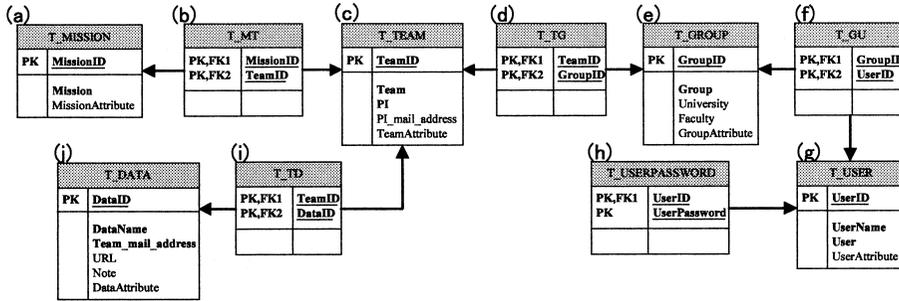


図4 ユーザおよびデータ所属に関するテーブル関係図：PKは主キー，FKは外部キー，太字は NULL 許可を表す．矢印はリレーションの方向を示す

Fig. 4 Data table design for users. PK represents for Primary Key, FK is for Field Key, and bold style for NULL possible. The arrow shows the direction of relation.

がデータベース化される．

3.2 メタデータベースの設計

3.2.1 メタデータベースの構成

本節では，3.1 節で提案したメタデータベースの仕様について述べる．2 章で述べた STP の現状を考慮すると，STP メタデータベースは，ユーザ属性に関するテーブル，データ属性に関するテーブル，およびデータファイルに関するテーブルから構成できる．ユーザ属性に関するテーブル(図1)では，STP のユーザ所属に関する情報が含まれる．データ属性に関するテーブル(図2)では，STP のデータ所属に関する情報も含まれる．データファイルに関するテーブルでは，データファイルのデータサイトを含めたファイル情報と，データ公開範囲情報，およびユーザが利用するためのイベント情報などが含まれる．

3.2.2 ユーザとデータ所属に関するテーブル

ユーザおよびデータ所属に関するテーブルを，図4に示す．テーブルは，(g) User 情報テーブル (T_USER)，(h) User 認証のための UserPassword テーブル (T.USERPASSWORD)，(c) Mission 情報テーブル (T.MISSION)，(d) Team 情報テーブル (T.TEAM)，(e) Group 情報テーブル (T.GROUP)，(j) Data 情報テーブル (T.DATA)，および図1および図2の枝を表すテーブル (b)，(d)，(f)，(i) から構成される．

User 情報は，ユーザ識別番号 (UserID)，ユーザ名 (UserName)，氏名 (User)，ユーザ情報 (UserAttribute) のテーブル (T_USER) とユーザ識別番号 (UserID)，パスワード (UserPassword) のテーブル (T.USERPASSWORD) により得られる．ユーザ名，パスワード，およびユーザ識別番号は，すべてのデータベースで共通に用いられる．

Group 情報，Team 情報，および Mission 情報については，それぞれの名称 (Group 名，Team 名，Mission 名)，および識別番号 (GroupID，TeamID，MissionID) がテーブル (T.GROUP，T.TEAM，T.MISSION) で対応付けられる．

さらに，ユーザの所属情報として，UserID，MissionID，TeamID，GroupID を用いた所属テーブル群 (T.MT，T.TG，T.GU) を用意する．これらのテーブルは，図1の所属概念に基づいて作成される．データアクセスにおいては，ユーザのデータへのアクセス制限は，これらのテーブルに従って行われることになる．

データ情報は，T_DATA テーブルにより与えられる．データ名は DataName で与えられ，DataID により識別される．Team_Mail_Address は Team のメールアドレス，URL は読み取りプログラムなどの公開 WWW サーバアドレス，Note は利用条件などの注意事項など，DataAttribute はデータの特徴などである．これらの利用については，3.3 節で議論する．

3.2.3 ファイルに関するテーブル

ファイルに関する情報を格納するテーブルを，図5に示す．ファイル情報テーブルは，(b) ホストアドレステーブル (T.HOST)，(c) ディレクトリテーブル (T.DIR)，および (d) ファイルテーブル (T.FILE) の3つからなる．アクセスするデータファイルのパス名は，(b)~(d) を組み合わせ，(a) のフルパステーブル (T.HDF) で実現する．(e) は，ファイルアクセス情報を提供するテーブルである．

ホストアドレステーブルでは，データベースサーバのホスト名 IP アドレス (HostAddress) と，サイトへのアクセスプロトコル (Protocol) を格納する．また，サイトのプライオリティ付けをランク (Rank) で

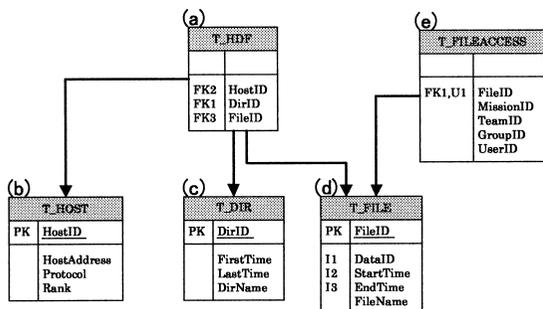


図5 データファイルに関するテーブル関係図：(a) フルパステーブル，(b) ホストに関するテーブル，(c) ディレクトリに関するテーブル，(d) ファイルに関するテーブル，(e) ファイルアクセスに関するテーブル

Fig. 5 Data table design for datafiles: (a) Full path table, (b) Host table, (c) Directory table, (d) File table, and (e) File access table.

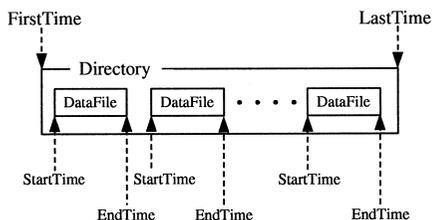


図6 ディレクトリ開始・終了時刻とファイル開始・終了時刻の関係

Fig. 6 Relationship between FirstTime/LastTime for directories and StartTime/EndTime of files.

表す．Rankについては，3.3節において議論する．

ディレクトリテーブルでは，ディレクトリ名 (DirName) とともに，ディレクトリのデータ期間情報 (FirstTime と LastTime) を格納する．利用データ名と期間を与えると，ファイルがどのディレクトリに格納されているかが示される．

ファイルテーブルでは，データファイル名 (FileName) と，そのファイルのデータ期間情報 (StartTime と EndTime) を格納する．すなわち，ファイル名とディレクトリ名を比較すると，すべてのデータファイルについて $FirstTime < StartTime$ かつ $LastTime > EndTime$ でなくてはならない (図6)．

さらに，ファイルアクセステーブルでは，FileID で認識される各データファイルの公開範囲 (図1) を，Mission, Team, Group, および User の各識別番号 (MissionID, TeamID, GroupID, UserID) として格納する．

3.3 データアクセス手順

3.2節では，STPデータに有効なデータベースを構築した．図3の各ユーザは，自端末のデータ解析プログラム上で，必要な情報をDBMSに発行することに

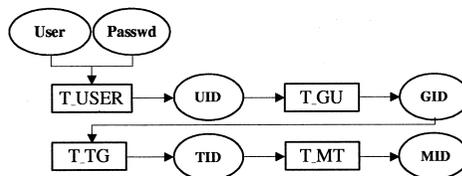


図7 ユーザ所属の導出

Fig. 7 Procedure of user attribution.

より，データファイルのパス名，およびアクセス権限情報を取得する．ここでは，図3のシステムにおいて，データベースからファイルパスを取得するプログラムについて述べる．ファイルパスを取得する手順は，以下のとおりである．

- (1) ユーザは，データ解析プログラム実行時に，ユーザ名 (UserName) とパスワード (UserPassword) を入力する．
- (2) プログラムは，入力されたユーザ名とパスワードから図4の T_USER テーブルおよび T_USERPASSWORD テーブルを参照し，ユーザ識別番号 (UserID) を取得する．取得した UserID から，再び図4の関連を表すテーブルにより，ユーザの所属する Mission 名，Team 名，Group 名を得る (図7)．
- (3) ユーザは，データ解析プログラム上で，参照データ名と参照期間を指定する．
- (4) データ名 (Data) と参照期間をもとに，図5の T_FILE テーブルより，ファイル識別番号 (FileID)，および各識別番号 (MissionID, TeamID, GroupID, UserID) を決定する．さらに，(2) で取得した所属と照合をとり，条件を満たす FileID を取得する．
- (5) 図5の T_HDF テーブルより，FileID に対応する HostID, DirID を取得する．T_HOST テーブル，T_DIR テーブルより，ホスト名およびディレクトリ名を取得する．これらより，ファイルパスを構築する．

なお，等しい FileID のファイルが2カ所で公開されている場合は，T_HOST テーブルの Rank の高いサイトを優先する．また，データ公開サイトは，2.5.1 項で述べた最新の較正情報を，T_DATA テーブルの Note に記述する．これにより，最新の較正テーブルのダウンロードをユーザに促すことができる．また，2.4 節で述べた，利用権限のあるデータについては，T_DATA テーブルの Team_Mail_Address に対して電子メールを送信することで，共同研究などを申請することができる．これにより，PI の許可取得手続きが簡略化さ

れた。

4. STP 分散データベースの提案

2章において、STP 分野の観測データの現状についての調査結果をまとめた。さらに3章で、メタデータベースの設計を行った。本章では、これらの調査・設計をもとに、STP 研究で実用上有効と考えられる分散データベースの構成を提案する。

4.1 分散データベースネットワーク構成

図3は、提案する分散データベースのネットワーク形態である。DataSiteはデータを提供するサイト、User1は2.4.6項で示したユーザデータを公開するユーザサイト、User2はDBMSとデータベースを有するがデータの提供を行わないユーザサイト、User3はDBMSを有しないユーザサイト、CentralDataCenterは全体を管理する集中データセンターである。

データ公開サイトは、図5で示した自サイトデータファイル情報などのメタ情報をDBMSを通じて公開し、各サイトで共有する。User2のように、自らは公開メタ情報を有しないが、他サイトのメタ情報を取得して利用することも可能である。また、User3のようにDBMSを持たず、ネットワーク上のDBMSにアクセスしメタ情報を取得することも可能である。ただし、ネットワークトラフィックによっては検索に時間を要することもある。

分散データベース構成は、目的に応じて、様々な形態が考えられる。これらの形態については、4.2節以降において議論する。なお、CentralDataCenter、DataSite、Userの各機能は、4.2節のモデルに応じて、図3の形態と異なる場合もある。また、運用時には、DataSite、User1、User2、User3は複数存在するが、CentralDataCenterは1カ所のみとなる。

4.2 分散データベースの検討

図3のDataSite間(およびデータを公開するUser1)では、DBMSの分散データベース機能を用いて、データの共有、更新、削除などを行う。すなわち、各DataSiteは、自サイトまたは他サイトのデータを共有する。DataSiteが3つからなる場合を、図8に示す。(a)は、各サイトのデータベースの構成、(b)はデータ源を色で示したものである。分散データベースの研究は現在発展途上にあり、様々な仕様が提案されている^{14),15)}。ここでは、(c)~(f)の4つの分散データベース形態について議論する。(c)~(f)は、簡単のため、各サイトがデータ公開とデータ利用を兼ねると仮定している。

4.2.1 水平分散型データベース

図8(c)と(d)は、CentralDataCenterを有さない水平分散型データベースである。

図8(c)の独立水平分散型データベースでは、各サイトが、担当するデータのみを保持する。独立水平分散型の場合、各データサイトは担当データのみ管理するため、管理運営が容易となる。また、データサイト間でのデータの流れがないため、データの同期・整合性の保持も容易である。一方、本ネットワークのように、国際的にDBMSが配置される分散データベースでは、ネットワークのトラフィック状況により、検索の遅延が生じることが予想される。なお、水平分散によるデータの共有は、Microsoft社のSQL Serverでは、リンク機能(リンクサーバ)として実装されている¹⁶⁾。

図8(d)の重複水平分散型データベースでは、すべてのサイトが、互いのデータのコピー(レプリカ)の受け渡しを行う。ユーザは、すべてのデータを、ユーザサイトのDBMSから取得できるため、高速なデータ処理が可能である。ただし、すべてのデータサイトが全データを保有するため、データ容量は、データサイトが増加するごとに増加する。なお、データのコピーは、Microsoft社のSQL Serverでは、リプリケーション機能として実装されている¹⁶⁾。

4.2.2 垂直分散型データベース

図8(e)と(f)は、CentralDataCenterがすべてのデータを所有する垂直分散型データベースである。垂直分散型データベースでは、各データベースを集中管理する集中データセンターをネットワーク上に構築する。

図8(e)の独立垂直分散型データベースでは、各データサイトのデータは、集中データセンターにコピー(リプリケーション)される。一方、リプリケートされた集中データセンターのデータは、データリンクにより各データサイトで共有される。

図8(f)の重複垂直分散型データベースでも、各サイトのデータは、リプリケーションにより集中データセンターにコピーされる。さらに、各データサイトは、集中データセンターからのリプリケーションによりデータを取得する。

4.3 分散データベースについての考察

図8(c)と(d)は、CentralDataCenterを有さない水平分散型データベースであり、図8(e)と(f)は、CentralDataCenterがすべてのデータを所有する垂直分散型データベースである。また、(c)と(e)はリンクによりデータを共有し、(d)と(f)はリプリケー

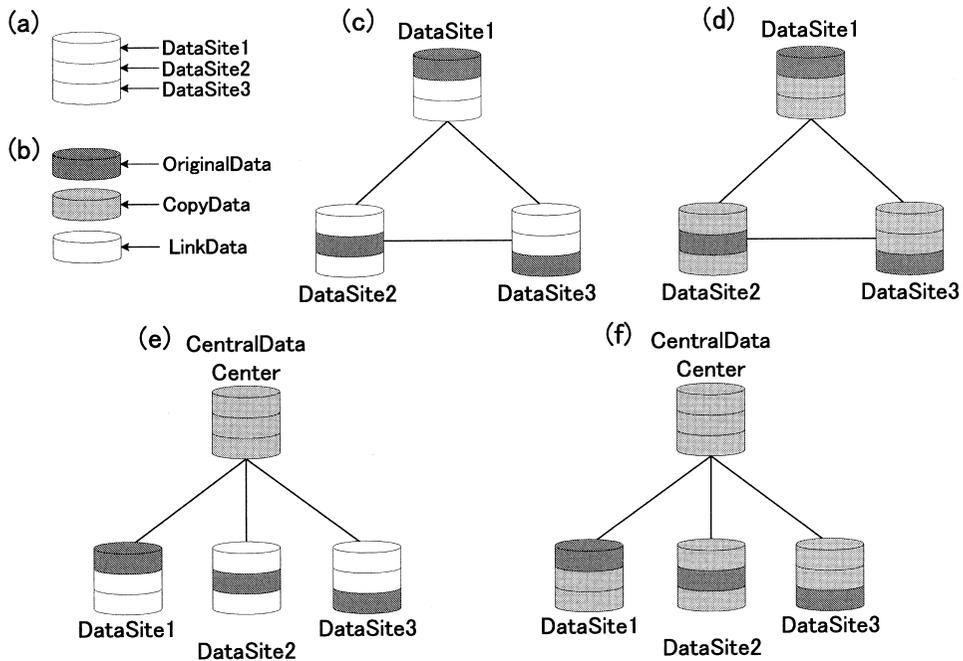


図 8 STP における分散データベース形態¹³⁾: (a) データ構成 (上から DataSite1, DataSite2, DataSite3 のデータ) (b) データタイプ (黒: 自データ, 灰色: リプリケーションによる共有データ, 白: データリンクによる共有データ) (c) 独立水平分散型データベース, (d) 重複水平分散型データベース, (e) 独立垂直分散型データベース, (f) 重複垂直分散型データベース

Fig. 8 STP distributed databases¹³⁾: (a) Format of data (Top Database1, Middle: User1, Bottom: User2). (b) (Black: datasite own data, Grey: Reprecated data from other sites, White: linked data from other sites.) (c) Independent horizontal distributed database. (d) Copied horizontal distributed database. (e) Independent vertical distributed database. (f) Copied vertical distributed database.

表 3 図 8 (c) ~ (f) の分散データベースの特徴と評価
Table 3 Properties and estimations of distributed databases (c)-(f) in Fig. 8.

	(c)	(d)	(e)	(f)
CentralDataCenter	N	N	Y	Y
Database Accessibility				
Search Speed	x		x	
Data Security				
Data Size		x		x

ションによりデータを共有する。これら (c) ~ (f) の特徴を、集中データセンターの有無、データベースへのアクセシビリティ、データ検索速度、データ保護、データサイズに注目して、表 3 にまとめる。は良好、はシステムに依存、x は望ましくないことを示している。集中データセンターは Y が必要、N が不要を表す。データサイズは、小さい場合を、大きい場合を x とした。

提案する (c) ~ (f) では、すべてのデータサイトがすべてのデータを有するため、ユーザは自身でデータを

持つ (図 3 の User1 や User2) が、最も近い DBMS にアクセスする (図 3 の User3) ことができる。したがって、データベースのアクセスは、どの場合も良好である。データ検索速度は、リプリケーションがリンクと比較して有利であるが、データサイズとデータ保護はリンクがリプリケーションよりも優れている。なお、データ保護については、用いる DBMS の仕様に依存する。ここでは、SQL Server 2000 において、オリジナルデータは保護されるがコピーされたデータは保護されない場合を、で示した。

本分散システムでは、図 4 のユーザやデータの所属など、一元管理が望ましいデータテーブルが多く存在する。そのため、集中データセンターを有する (e) と (f) を採用する。さらに (e) と (f) の優劣については、

SQL Server 2000 のマージリプリケーションでは、オリジナルデータの保護は保証されない。本研究では、4.4.3 項で述べるように、一方向トランザクションリプリケーションで、オリジナルデータを保護することができる。

表 4 試験データベースの構成
Table 4 Construction of test database.

	DataName	Number
Mission	A ~ J	10
Team	A01 ~ J10	100
Group	a ~ t	20
User	a01 ~ t10	200
Data	A01_01 ~ J10_02	200

検索速度とデータサイズ・データ保護のトレードオフとなるが、これについては、4.4 節で議論する。

4.4 分散データベースの試験実装と評価

STP データは今後も蓄積が続き、さらに巨大な分散データベース化が行われる。したがって、4.3 節で考察したリプリケーションとリンクの2つの形態の実用性を検証するため、STP 分散データベースのアクセス速度の評価が必要である。本節では、4.4.1 項で STP メタデータベースを試験実装し、4.4.2 項で分散データベース上でメタデータベース運用の評価を行う。さらに、4.4.3 項でデータ保護と更新について検討する。

4.4.1 試験データベース

実用性の検証には、運用時に予想される程度の規模のメタデータベースの試験実装が必要である。試験実装では、日本の科学衛星観測計画が1計画/年程度であることを考慮し、10計画(Mission)で20年間の観測があったと仮定して、試験データベースを構築した。構築した試験データベースの観測計画(Mission)、観測班(Team)、観測グループ(Group)、ユーザ(User)、およびデータ(Data)の数と名称を、表4に示す。

各観測計画(X)は、10の観測班(X01~X10)からなり、さらに観測班ごとに2つの観測機器(Xnn_01とXnn_02)を搭載している。観測機器Xnn_01は、1時間に1つのファイルを出力し、観測機器Xnn_02は、1日に1つのファイルを出力すると仮定した。ここで、XはA~Jであり、nnは01~10である。なお、データ利用者グループ(x)はa~tの20グループであり、各グループごとにx01~x10の10名のユーザが所属するとした。

データの実装およびインデックス化は、SQL Server 2000を用いた。その結果、図5のT_FILEテーブルの総レコード数は9,132,500、データベース容量は8,589MBとなった。

さらに、高速処理のためのインデックス化およびクラスタ化を行った。インデックス化およびクラスタ化については、文献(16)に従った。

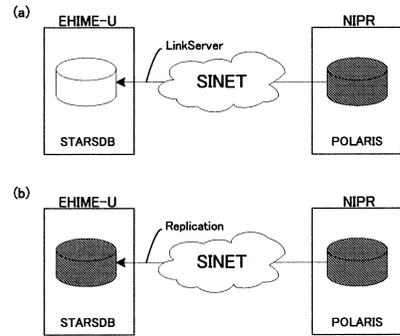


図9 SQL Server 2000によるデータ検索速度測定のための試験分散データベース。白抜きは、データの実態が存在しないことを表す。(a) リンクサーバーによるデータベース共有。(b) リプリケーションによるデータベース共有

Fig. 9 A distributed database for test of data access speed via SQL server 2000: Database sharing with help of (a) Linkserver and (b) Replication.

4.4.2 分散データベースの試験構築とデータアクセス速度の評価

図9(a)および(b)の分散データベースにおいて、ユーザがSTARSDB(EHIME-U)にアクセスしデータを取得するのに要する時間を測定する。図9(a)と(b)は、図8の(d)の水平分散型および(f)の垂直分散型の2つのモデルに対応したデータベースである。国立極地研究所(東京都板橋区)のDBMS(POLARIS)が観測データを有し、ユーザは愛媛大学工学部(愛媛県松山市)のDBMS(STARSDB)にアクセスすることで、メタ情報を取得する。両者は、学術情報ネットワーク(SINET)を通信経路としている。

図9(a)では、SQL Server 2000のリンクサーバ機能により、STARSDBにPOLARISの全テーブルのリンクを行っている。一方、図9(b)では、POLARISに実装した全テーブルをSTARSDBにコピー(スナップショット)し、SQL Server 2000のトランザクションリプリケーション機能により、STARSDBとPOLARISの間で、全テーブルの同期をとった。

実装したデータベースは、4.4.1項の試験データベースである。表5の5つのSQL文について、試験データベースの検索時間の測定を行った。表5の(1)はT_FILEで特定のFileIDを検索する場合である。(2)は、特定のDataIDのうち、図10(1)の条件を満たすファイルの検索、(3)は(2)の検索に、フルパスを構成するためのDirIDとHostIDの検索を追加した場合である。(4)は(2)と同じであるが、図10(2)の条件を満たすファイルの検索、(5)は(4)の検索にフルパスを構成するためのDirIDとHostIDの検索を追加した場合である。

表 5 データアクセス時間測定のための SQL 文

Table 5 SQL commands for estimation of data access time.

(1)	<pre>USE STARSDB DECLARE @FID int SELECT @FID=1000 SELECT * FROM T_FILE WHERE @FID=FileID</pre>
(2)	<pre>USE STARSDB DECLARE @ST float, @ET float, @Data int SELECT @ST=2448257, @ET=2448258 SELECT @Data=1 SELECT * FROM T_FILE WHERE (@ST<=T_FILE.StartTime AND T_FILE.EndTime<=@ET) AND DataID=@Data</pre>
(3)	<pre>USE STARSDB DECLARE @ST float, @ET float, @Data int SELECT @ST=2448257, @ET=2448258 SELECT @Data=1 SELECT T_HOST.Protocol, T_HOST.HostAddress, T_DIR.DirName, T_FILE.FileName FROM ((T_HDF INNER JOIN T_HOST ON T_HDF.HostID=T_HOST.HostID) INNER JOIN T_DIR ON T_HDF.DirID=T_DIR.DirID) INNER JOIN T_FILE ON T_HDF.FileID=T_FILE.FileID WHERE (@ST<=T_FILE.StartTime AND T_FILE.EndTime<=@ET) AND DataID=@Data</pre>
(4)	<pre>USE STARSDB DECLARE @ST float, @ET float, @Data int SELECT @ST=2448257, @ET=2448258 SELECT @Data=1 SELECT * FROM T_FILE WHERE (((@ST<=T_FILE.StartTime AND T_FILE.EndTime<=@ET) OR (T_FILE.StartTime<@ST AND @ST<T_FILE.EndTime) OR (@ET<T_FILE.EndTime AND T_FILE.StartTime<@ET)) AND DataID=@Data)</pre>
(5)	<pre>USE STARSDB DECLARE @ST float, @ET float, @Data int SELECT @ST=2448257, @ET=2448258 SELECT @Data=1 SELECT T_HOST.Protocol, T_HOST.HostAddress, T_DIR.DirName, T_FILE.FileName FROM ((T_HDF INNER JOIN T_HOST ON T_HDF.HostID=T_HOST.HostID) INNER JOIN T_DIR ON T_HDF.DirID=T_DIR.DirID) INNER JOIN T_FILE ON T_HDF.FileID=T_FILE.FileID WHERE (((@ST<=T_FILE.StartTime AND T_FILE.EndTime<=@ET) OR (T_FILE.StartTime<@ST AND @ST<T_FILE.EndTime) OR (@ET<T_FILE.EndTime AND T_FILE.StartTime<@ET)) AND DataID=@Data)</pre>

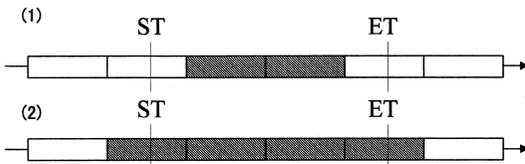


図 10 与えられた StartTime および EndTime に対するファイルの検索方法。(1)は与えられた StartTime と EndTime にはさまれたファイルのみを検索する場合。(2)は与えられた StartTime と EndTime を含むすべてのデータファイルを検索する場合。実際のデータ解析では、(2)の検索を行う

Fig. 10 Two types of file searches. (1) is to search files which are included between given StartTime and EndTime. (2) is to search all of the files which are at least a part of the given StartTime and EndTime. It should be noted that in the real data analysis users perform (2) type searching.

表 5 の実測結果を、表 6 に示す。表 6 によると、インデックス化とクラスタ化がなされているテーブルへの単純な検索では、データリンクもリプリケーションも、検索時間の差異はほとんどない。しかし、表 5 の (3) や (5) のように、関係データベースを用いて複数のテーブルからの情報を取得する場合には、リンク型では、2 倍以上の時間がかかった。特に、本データベースで現実的に利用される (5) の SQL 文による処

表 6 データアクセス速度結果：単位は hh:mm:ss。(1)~(5)は、表 5 に対応する

Table 6 Data access times in format of hh:mm:ss. (1)~(5) corresponds to that in Table 5, respectively.

	LinkServer	Replication
(1)	00:00:00	00:00:00
(2)	00:00:03	00:00:01
(3)	00:00:04	00:00:01
(4)	00:01:32	00:01:05
(5)	00:05:38	00:02:05

理では、実用的な検索時間が実現できなかった。実運用ではリンクサイトが増加することを考えると、リンクサーバによるデータ共有は、アクセス速度面から不向きであることが分かる。

4.4.3 データ保護とデータ更新

図 8 (f) の分散データベースでは、すべてのデータサイトが、他のデータサイトのデータを共有する。しかし、2.2.2 項で述べたように、STP 観測ではデータの所有権は各観測班が有する。データ保護の点から、他のデータサイトのデータの更新が、分散データベース内に伝搬するのは望ましくない。

本システムでは、SQL Server 2000 により図 8 (f) の分散データベースを実現するため、図 11 のデータベースモデルに基いたシステム構築を行う。図 11 では、

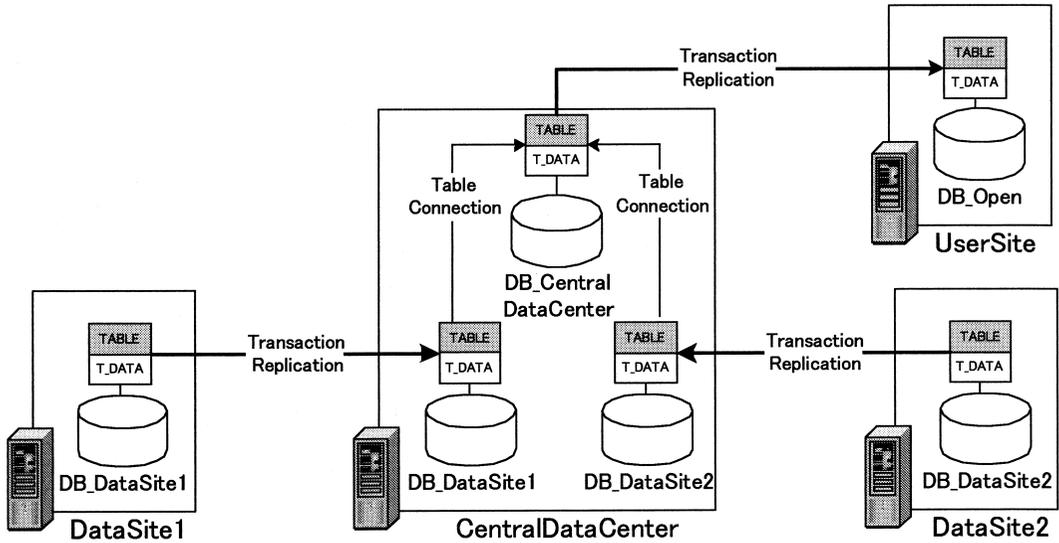


図 11 SQL Server 2000 のトランザクションリプリケーションによる STP 分散データベースモデル
 Fig. 11 STP distributed database model via transaction replication in SQL Server 2000.

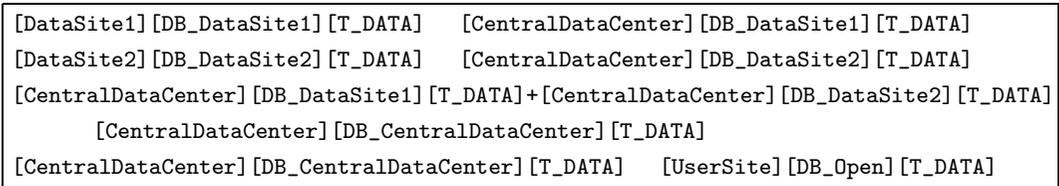


図 12 図 11 のデータリプリケーション関係式
 Fig. 12 Replication equations for Fig. 11.

CentralDataCenter においてデータサイト数のデータベースを用意する。各 DataSite は、CentralDataCenter に対して、トランザクションリプリケーションで、片方向でデータをリプリケートする。CentralDataCenter では、各 DataSite からのデータをテーブル結合する。さらに、結合されたデータを、各データサイトの、公開用データベースにトランザクションリプリケーションで、片方向に引き渡す。

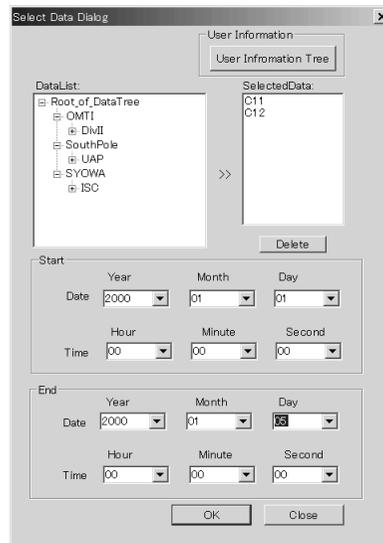
図 11 のリプリケーション関係を式表示すると、図 12 となる。ここで、テーブル表記は [DBMS 名][データベース名][テーブル名] であり、→ はリプリケーションを、⇒ は DB 内部でのテーブル結合を表す。各 DataSite のデータは、他の DataSite において変更が行われることはなく、データ保護が実現される。

4.5 STP メタデータベースの実装

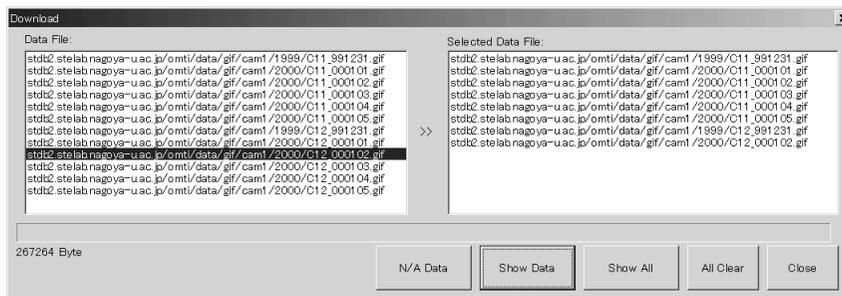
本研究では、表 4 の試験データについて、図 11 のデータサイトを構築し、図 3 で提案したアプリケーションを実装した。図 11 で、DataSite1 を国立極地研究所、DataSite2 を名古屋大学太陽地球環境研究所、

CentralDataCenter を愛媛大学工学部に設置した。実装したアプリケーションの動作の様子を、図 13 (a) および (b) に示す。(a) はデータおよび日時選択画面である。DataList ウィンドウには、図 4 の T_DATA テーブルより取得したデータの一覧が、図 2 に即した TreeView で表示されている。ユーザは、データと日時を選択することにより、適合するデータファイルの一覧を取得する。(b) は、取得されたデータファイルの一覧である。図 5 の T_HDF テーブルより取得したデータファイルのフルパスを表示している。

図 13 の一連の手順は、データ読み取りクラスは、データベースへのアクセスクラス (RSData クラス) とユーザインタフェースクラス (SelectDataDlg クラス) によって行われる。両クラスとデータベース間のオブジェクトの動的振舞いを表すシーケンス図を、図 14 に示す。図 3 に基づいて独自にアプリケーションを開発するユーザは、RSData クラス¹⁷⁾を利用することにより、データベースへのアクセスが容易となる。また、SelectDataDlg クラス¹⁷⁾を利用することにより、用意



(a) Data Select Dialog Box.



(b) Searched and Selected Data List.

図 13 STARS アプリケーション¹⁷⁾によるデータアクセスの様子：(a) 図 4 のテーブル群を用いたデータ一覧取得とデータおよび日時選択。(b) 検索結果のファイル情報一覧表示。Show Data ボタンにより(右ウインドウに)選択されたデータファイルは、ダウンロードされ、別ダイアログに表示される。一方、アクセス権限のないデータとデータ管理者メールアドレスは、N/A Data ボタンにより表示される

Fig. 13 Data access in the STARS¹⁷⁾: (a) Data list obtained from Fig. 4 and Data and START/END time input. (b) Searched data list. Show Data button opens other dialog boxes to draw data plots. A list of non-accessible data is shown with N/A Data button.

されたユーザインタフェースを用いた独自プログラムの開発も可能である。

5. あとがき

太陽地球系物理観測分野のみならず、固体地球物理、気水圏地球物理など、多くの広域地球科学観測分野において、観測データの蓄積が進んでいる。しかし、現在、広域地球観測科学分野では、データの公開・利用体制が整わないままデータの観測・蓄積が進んでおり、解析されないデータ量がますます増大しているといわれている¹⁸⁾。

米国では、米国航空宇宙局(NASA)の国立宇宙

科学データセンター(NSSDC)や米国海洋大気局(NOAA)の国立地球物理学データセンター(NGDC)などにおいて、様々な観測データを集中管理している。しかし、日本国内においては、このような大規模データセンターは、生命科学分野の国立遺伝研究所・生命情報研究センターのヒトゲノムデータベース(DDBJ)や宇宙開発事業団のCEOS¹⁸⁾などの少数の例を除くと、ほとんど存在しない¹⁹⁾。特に、本研究の対象となる広域地球観測および宇宙観測の各分野では、集中データ管理センターの実現は、困難である。これは、観測を行った研究所やグループに観測データの管理・公開責任があること、別々に観測されたデータのデー

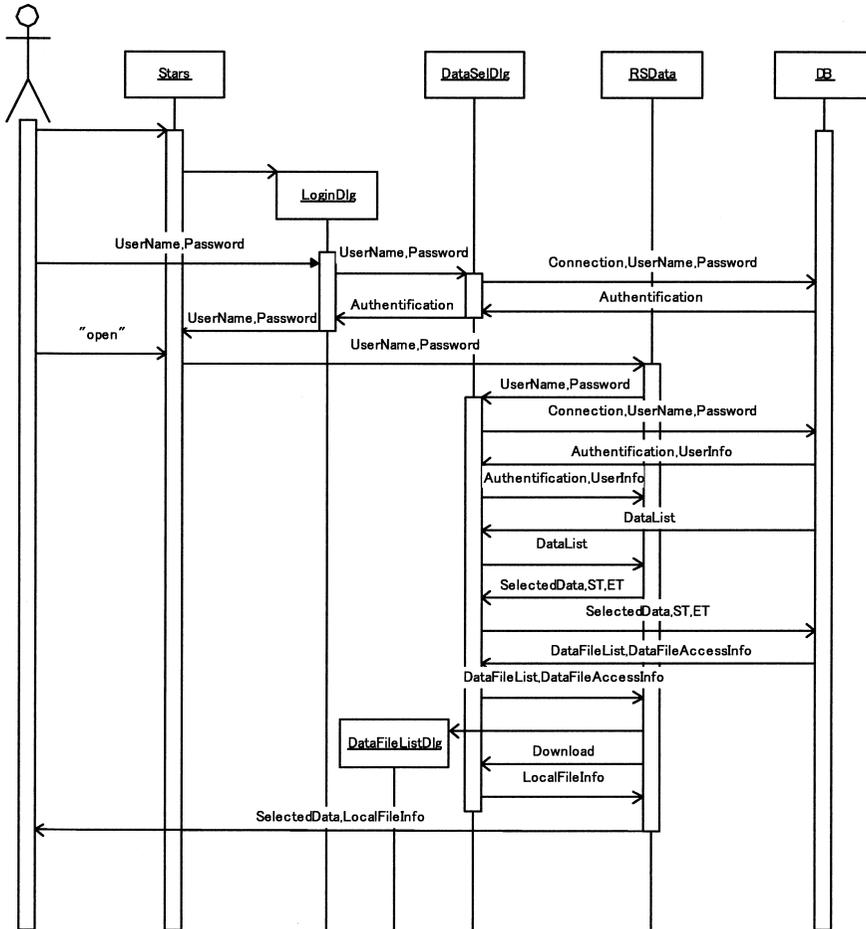


図 14 データベースアクセスクラス (RSDATA) およびユーザインタフェースクラス (SelectDataDlg クラス) のシーケンス図
 Fig. 14 Sequence diagram for database access class (RSData class) and user interface class (SelectDataDlg class).

タフォーマットの統一は容易ではないことなどが理由である。

このように、分散管理・公開されている観測データをユーザが一元的に利用するためには、分散データベースの導入が有効である。特に、広域地球・宇宙科学分野の場合は、データ管理組織が分散しているため、国内規模での分散データベースが必要となる。本研究は、広域地球科学の一分野である太陽地球系物理 (STP) 観測データを分散データベースにより統合的に利用するための、分散データベースシステムを提案する試みの1つである。そのために、本研究では、まず現在のSTPデータ公開について調査し、その特徴を分散データベースの視点からまとめた。この結果に基づき、本研究で提案した分散データベースシステムの特徴をまとめると、以下のようになる。

- 観測データなどのメタデータ化を提案し、STPに則したデータテーブルを作成した。
- 分散データベースとして、重複垂直分散型データベースを提案した。
- 試験プログラムにより、運用面・アクセス速度の両面から、分散データベースの評価を行った。
 本研究では、メタデータの分散データベース化を行った。メタデータによるデータ管理は、映像データベース²⁰⁾や地理データベース^{21),22)}の分野でも活用されている。また、ディレクトリ情報ベース (DIB) による汎用的メタデータベースの研究が行われている^{23),24)}。しかし、STPメタデータベースを構築するにあたり、DIBの情報構造では記述できない特徴が多く存在することが分かった。そのため、本研究では、独自のメタデータベーステーブルを提案した。システム構築は、

Microsoft 社の分散 DBMS である SQL Server 2000 を用いた。SQL Server 2000 は、汎用分散データベースの 1 つとして、中学校、銀行業務の OLAP、企業の e マーケットのための OA バックボーンや商品管理、BSP (Business Service Provier) 事業など、様々な分野で実用化されている²⁵⁾。

今後、本システムは実運用に入り、京都大学宙空電波科学研究センター、文部科学省宇宙科学研究所、文部科学省国立極地研究所、京都大学地磁気世界資料解析センター、名古屋大学太陽地球環境研究所、通信総合研究所など、国内の主な STP データ公開サイトを接続する予定となっている。

なお、本システムは、太陽地球系物理観測データベースのみならず、今後の学際的地球科学データベースの構築において、様々な応用が可能である。その際には、基礎的なシステムデザインの変更は不要であり、本システムが、そのまま利用できる。したがって、メタデータベーステーブルなどを、観測分野に応じて変更すればよい。

謝辞 データベース構築にご協力くださった名古屋大学太陽地球環境研究所の塩川和夫助教授、株式会社シーライブの牧野力也さん、愛媛大学工学部の小西孝海君に感謝します。本研究は、ISTP 計画の各 PI、特に京都大学宙空電波科学研究センター、文部科学省宇宙科学研究所、文部科学省国立極地研究所、京都大学地磁気世界資料解析センター、名古屋大学太陽地球環境研究所などの協力により行いました。また、名古屋大学太陽地球環境研究所データベース作成共同研究の助成を受けて行ったものです。

参 考 文 献

- 1) <http://www.kishou.go.jp/>
- 2) <http://eoc.eri.u-tokyo.ac.jp/Jhome.html>
- 3) <http://www.nies.go.jp/index-j.html>
- 4) http://titan.eorc.nasda.go.jp/IMnetDB/index_j.html
- 5) <http://titan.eorc.nasda.go.jp/G7/ceo/index.html>
- 6) <http://zgate.gsi.go.jp/ch/research/>
- 7) <http://lweb.loc.gov/z3950/agency/>
- 8) <http://redhook.gsfc.nasa.gov/imswww/pub/imswelcome/plain.html>
- 9) 第 16 期学術会議地球物理学研究連絡委員会報告書 (1999).
- 10) NASA/ISTP WWW ページ (2002). <http://www-istp.gsfc.nasa.gov/>
- 11) 村田健史, 矢原大幹, 豊田浩平: オブジェクト指向による人工衛星・地上観測データ解析参照システムの構築とネットワークデータベースの導入, 情報処理学会データベースシステム, pp.31-36 (Jan. 2001).
- 12) 矢原大幹, 村田健史, 松本 紘: 人工衛星・地上観測データ解析参照システムの構築, 電子情報通信学会・信学技法, vol.100, No.38, pp.9-16 (2000).
- 13) 疋田定幸: 分散型データベースシステム入門, オーム社 (1988).
- 14) 増永良文: 分散型データベースシステム, 情報処理, Vol.28, No.4, p.446 (1987).
- 15) 川村尚生, 増山 博: 階層型データベース上での分散データベースの性能に関する一考察, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.9 (1999).
- 16) 松崎為裕: SQL Server 7.0 システム構築ガイド, SOFTBANK (1999).
- 17) 愛媛大学 STARS プロジェクト WWW ページ (2002). <http://www.infonet.cs.ehime-u.ac.jp/stars>
- 18) 瀬戸洋一: 地球環境観測のための情報処理システム, 情報処理, Vol.34, No.5, pp.515-520 (1993).
- 19) 測地学審議会建議: 地球科学における重点課題とその推進について (July 1995).
- 20) 秦 淑彦, 塚田晶宇, 尾崎 稔, 坊 覚: 分散型履歴映像データの効果的検索・再生方式と実装, Vol.J82-D1, No.1, pp.234-246 (1999).
- 21) 明野和彦, 熊木洋太: 地理情報システム 1—地理情報システムと空間データインフラの概要, 情報処理 (1997).
- 22) 明野和彦, 熊木洋太: 地理情報システム 2—空間データの標準化と整備の動向, 情報処理 (1997).
- 23) 中川路哲男, 勝山光太郎, 宮内直人, 玉田 純, 水野忠則: OSI ディレクトリシステムにおける DIB (ディレクトリ情報ベース) のオブジェクト指向アプローチによる実現, 情報処理学会論文誌, Vol.32, No.3, pp.304-313 (1991).
- 24) 小花貞夫, 西山 智, 鈴木健二: リレーショナルアプローチによる OSI ディレクトリの DIB (ディレクトリ情報ベース) の実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.32, No.11, pp.1488-1497 (1991).
- 25) <http://www.microsoft.com/japan/showcase/products/sql.asp>

(平成 14 年 6 月 28 日受付)

(平成 14 年 10 月 7 日採録)

(担当編集委員 有川 正俊)



村田 健史 (正会員)

平成 7 年京都大学大学院工学研究科研究指導認定退学。平成 7 年愛媛大学工学部助手。平成 8 年愛媛大学工学部講師。宇宙プラズマ計算機実験，宇宙電波解析システムおよび無線ネットワークの研究等に従事。博士(工学)。電子情報通信学会，応用数理学会，地球電磁気・地球惑星圏学会，アメリカ地球物理学会 (AGU) 各会員。



岡田 雅樹 (正会員)

平成 6 年京都大学大学院工学研究科研究指導認定退学。平成 6 年文部省国立極地研究所助手。宇宙飛翔体電磁波環境シミュレーションおよび地球磁気圏物理学の研究に従事。博士(工学)。地球電磁気・地球惑星圏学会，アメリカ地球物理学会 (AGU) 各会員。



阿部 文雄

昭和 58 年筑波大学大学院物理学研究科修了。昭和 58 年筑波大学物理学系準研究員。昭和 61 年文部省高エネルギー物理学研究所助手。平成 7 年名古屋大学太陽地球環境研究所助教授。太陽地球環境のデータベース作成および宇宙物理に従事。理学博士。日本物理学会，日本天文学会各会員。



荒木 徹

昭和 42 年京都大学大学院理学研究科研究指導認定退学。昭和 42 年京都大学工学部助手。昭和 52 年京都大学理学部助教授。平成元年京都大学理学部教授。平成 14 年京都大学名誉教授。太陽風と磁気圏の相互作用に関する研究に従事。博士(理学)。地球電磁気・地球惑星圏学会，アメリカ地球物理学会 (AGU) 各会員。



松本 紘

昭和 40 年京都大学工学部電子工学科卒業。昭和 42 年同大学大学院工学研究科修士課程修了。昭和 52 年同大学超高層電波研究センター教授，平成 4 年～10 年京都大学超高層電波研究センター長，平成 12 年同大学宇宙電波科学研究センター教授，平成 14 年同大学宇宙電波科学研究センター長，現在に至る。専門分野は宇宙プラズマ物理学，宇宙電波工学，宇宙エネルギー伝送等。文部科学省宇宙科学研究所客員教授併任。文部科学省核融合科学研究所客員教授併任。独立行政法人通信総合研究所客員研究官およびアドバイザーボード。中国武漢大客座教授。工学博士，地球電磁気・地球惑星圏学会評議員，平成 11 年～14 年国際電波科学連合 (URSI) 会長。経済産業省・宇宙太陽発電システム実用化技術検討委員会委員。JGR アジア・太平洋地域編集長，昭和 50 年日本電磁気学会田中館賞，平成 5 年，平成 10 年 NASA Group Achievement Award，平成 11 年情報通信月間推進協議会・志田林三郎賞，平成 12 年アンテナ・伝播国際シンポジウム論文賞受賞。アメリカ地球物理学会フェロー，地球電磁気・地球惑星圏学会，電子情報通信学会，惑星科学会各会員。IEEE シニア会員。