

大学間連携プロジェクト「超高層大気長期変動の全球地上 ネットワーク観測・研究」

林 寛生¹, 小山 幸伸², 堀 智昭³, 田中 良昌⁴, 新堀 淳樹¹, 鍵谷 将人⁵, 阿部 修司⁶
河野 貴久⁷, 吉田 大紀⁸, 上野 悟⁹, 金田 直樹⁹, 米田 瑞生⁵, 田所 裕康¹⁰, 元場 哲郎⁴

Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET) project

Hiroo HAYASHI¹, Yukinobu KOYAMA², Tomoaki HORI³, Yoshimasa TANAKA⁴
Atsuki SHINBORI¹, Masato KAGITANI⁵, Shuji ABE⁶, Takahisa KOUNO⁷
Daiki YOSHIDA⁸, Satoru UENO⁹, Naoki KANEDA⁹, Mizuki YONEDA⁵
Hiroyasu TADOKORO¹⁰ and Tetsuo MOTOKA⁴

Abstract

This paper describes an overview of the Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET) project and briefly mentions important products to be developed in the project. It is an inter-university program by the National Institute of Polar Research, Tohoku University, Nagoya University, Kyoto University, and Kyushu University to build a database of metadata for ground-based observations of the upper atmosphere. The metadata database will be of great help to researchers in efficiently finding and obtaining observational data spread over the universities and institutes. This should also facilitate synthetic analysis of multi-disciplinary data, which will lead to new types of research in the upper atmosphere. The IUGONET development team designs its metadata format based on the SPASE (Space Physics Archive Search and Extract) data model. Some modifications depending on characteristics of ground-based observations of the upper atmosphere are added. The metadata database system is built on the platform of DSpace with customizations according to the IUGONET metadata. In addition, an analysis software for the observational data provided by the IUGONET institutions is developed based on the TDAS (THEMIS Data Analysis Software suite) library written in IDL (Interactive Data Language).

Keyword: IUGONET, upper atmosphere, ground-based observation, metadata, database, data analysis software

概 要

本論文では、大学間連携プロジェクト「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究」(略称:IUGONET)の概要と主要な開発プロダクトについて述べる。IUGONET プロジェクトでは、国立極地研究所、東北大学、名古屋

¹ 京大大学生存圏研究所 (Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University)

² 京都大学理学研究科附属地磁気世界資料解析センター (Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Graduate School of Science, Kyoto University)

³ 名古屋大学太陽地球環境研究所 (Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University)

⁴ 国立極地研究所 (National Institute of Polar Research)

⁵ 東北大学惑星プラズマ・大気研究センター (Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University)

⁶ 九州大学宇宙環境研究センター (Space Environment Research Center, Kyushu University)

⁷ 東京大学物性研究所 (Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo)

⁸ 気象情報通信株式会社 (Weather Information & Communications Service LTD.)

⁹ 京都大学理学研究科附属天文台 (Kwasan and Hida Observatories, Graduate School of Science, Kyoto University)

¹⁰ 東北大学大学院理学研究科 (Graduate School of Science, Tohoku University)

大学、京都大学、および九州大学が連携し、これまでに蓄積された多様な地上観測データに関するメタデータのデータベースを構築する。メタデータ・データベースによって、各機関・組織に分散して存在する観測データの横断的な検索・取得を可能にし、観測データの効率的な流通、さらには分野横断型の総合解析による新しい超高層大気研究を促進する。プロジェクトによる開発では、メタデータのフォーマットとして SPASE (Space Physics Archive Search and Extract) を採用し、超高層大気地上観測に即した変更を加えることで IUGONET 共通メタデータフォーマットを策定する。メタデータ・データベースについては、DSpace をベースに IUGONET のメタデータに対応したカスタマイズを施すことでシステムを構築する。一方、データ解析ソフトウェアに関しては、IDL (Interactive Data Language) で書かれた TDAS (THEMIS Data Analysis Software suite) をベースに開発を行う。

1. はじめに

地表から高度約 100km より上空の大気は超高層大気と呼ばれ、下層大気および宇宙空間の両者からの影響を強く受ける領域である。超高層大気中に見られるグローバルな現象は、太陽紫外線や太陽風からのエネルギー注入、大気波動による下層大気からのエネルギーや運動量の流入、電離圏およびプラズマ圏における電磁エネルギー輸送・プラズマ流・各種化学反応、といった多様なプロセスが複雑に絡み合った結果として観測される。そのため、超高層大気における長期変動の原因を明らかにするには、全球規模の地上観測ネットワークにおける様々な種類の観測データ（風速、オーロラ、地磁気、太陽活動など）を複合的に活用するといった分野横断型の総合解析が要求される。

しかしながら、このような超高層大気地上観測データは、これまで、観測を行った機関・組織ごとにデータベース化され、一般の研究者に対しても公開されるものの、データに関する情報が少ないか、もしくは、あったとしても専門家向けの情報に限定されてしまい、その多くは個別の観測に深く関係する特定の分野でのみの利用に留まっていた。また、一部の観測データにいたっては、観測者と周辺の限られた研究者のみによる利用に終始し、公開されることなく記録メディアの中に埋もれるようなケースもあった。

このような観測データの流通・利用に関する問題を解決するため、超高層大気地上観測を長期間にわたって実施してきた研究機関・組織が連携し、平成 21 年度より 6 ヶ年の計画で、大学間連携プロジェクト「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究 (Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork)」¹⁾（以下では、略称の IUGONET を用いる）がスタートした。IUGONET プロジェクトでは、各機関・組織が所有する観測データからメタデータ（メタ情報）を抽出し、ネットワーク上で広く共有するシステムの構築を目指す。メタデータは「データのためのデータ」と呼ばれ、例えば気温や風速のような測定されたデータそのものではなく、観測時刻や位置、測器の種類、データの保管場所、データフォーマット、データに関する問い合わせ先、といった情報のことである。このメタデータをデータベース化して共有することで、様々な研究機関・組織に分散して存在する観測データについての横断的な検索を実現し、分野をまたがるデータの取得・利用を容易にできると期待される。これによって、1957-8 年の国際地球観測年 (International Geophysical Year) 以来、国際共同観測事業等で蓄積された多様かつ膨大な超高層大気長期観測データの効率的な流通をはかるとともに、多種多様な観測データを利用した学際研究を促進し、超高層大気長期変動のメカニズム解明に貢献することを目標とする。

本論文では、IUGONET プロジェクトの概要について説明するとともに、プロジェクトによって開発される主要なプロダクトについて紹介する。

2. IUGONET プロジェクトの組織と計画

2.1. 参加機関と観測データ

本プロジェクトには、東北大学理学研究科附属惑星プラズマ・大気研究センター、国立極地研究所、名古屋大学太陽地球環境研究所、京都大学理学研究科（附属地磁気世界資料解析センターおよび附属天文台）、京大生圏研究所、九州大学宇宙環境研究センターが参加している。これらは、いずれも地上からの超高層大気観測において、国内外を常にリードしてきた機関・組織であり、様々な長期観測データを保有している。図 1 は、これらの研究機関・組織が、どのようなデータを、どこで、どういった観測方法で取得しているのかを示しているが、この図からわかるように、観測データは日本国内に限らず、世界中の至る所から収集されている。観測装置についても、磁力計、太陽望遠鏡、電波望遠鏡、大気光観測装置、各種大気レーダーなど多岐に及んでおり、地球表面から太陽に至るまでの様々な高度領域における多種多様な観測データが収集され、その多くはそれぞれの機関においてデータベース化されている。しかしながら、前節でも述べたよう

に、それぞれの機関・組織が属する研究コミュニティの中においてはこれらのデータは利用されるものの、コミュニティを超えて相互に利用されるようなケースはあまり多くはなかった。

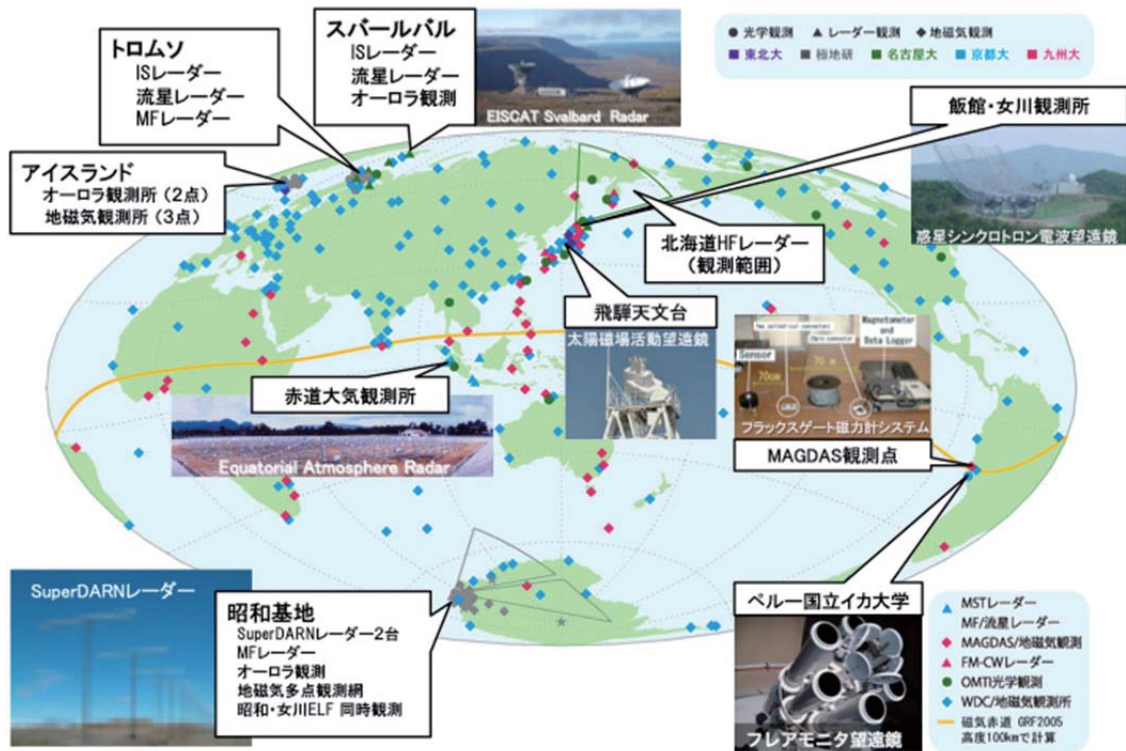


図 1: IUGONET 参加機関による主要な観測サイトおよびデータ収集地点。

2.2. 超高層大気バーチャル情報拠点

図 2 は IUGONET プロジェクトを概念図化したものである。本プロジェクトでは、参加各機関・組織において、メタデータ作成やメタデータのデータベースシステム開発などに携わる研究員および支援職員を新たに雇用して配置する。これらプロジェクトの開発メンバーは、頻繁な打ち合わせによる情報交換を通して、メタデータのフォーマット策定やデータベースシステムの設計、データ解析ソフトウェアの仕様策定などを進めていく必要があるが、プロジェクトに参加する 5 機関 7 組織は互いに遠隔地にあるため、頻繁に一カ所に集合して直接打ち合わせなどを行うことは不可能である。そこで、インターネット上で仮想的に集まって情報交換を行う仕組み（超高層大気科学バーチャル情報拠点）を構築する。具体的には、各機関・組織でテレビ会議システムやウェブ会議システムといった設備を導入して同時期の情報交換を可能にする一方で、Wiki やメーリングリストを整備して非同時期の情報交換も行える体制を確立する。

バーチャル情報拠点を利用した活動を通して、各機関・組織における観測データベースからメタ情報を抽出し、これをデータベース化する。メタデータのデータベースはネットワーク上で互いに接続され、全てのメタデータが共有されることになる。一方、同じくバーチャル情報拠点を活用した情報交換によって、各機関・組織が公開する観測データに即した解析ソフトウェアの開発も共同で行う。このようにして開発されたメタデータ・データベースおよびデータ解析ソフトウェアはインターネット上で公開され、プロジェクト参加機関・組織の研究者はもちろん、国内外のあらゆる研究者が自由に利用できることになる。それにより、これまでは特定のコミュニティに限定されがちだった各機関・組織の観測データベース利用が、分野を横断する形で広がり、今までになかったような学際研究に発展することが期待される。IUGONET プロジェクトは、超高層大気科学の中でも、データを効率的に流通させるためのインフラ整備が特に遅れていた地上観測に焦点を絞っているが、将来的には、衛星観測データや数値シミュレーションデータに関する同様のシステムとのデータおよびメタデータ交換を実現させ、さらには地球惑星科学における他分野との協同も視野に入れたシステムの発展を目指す。

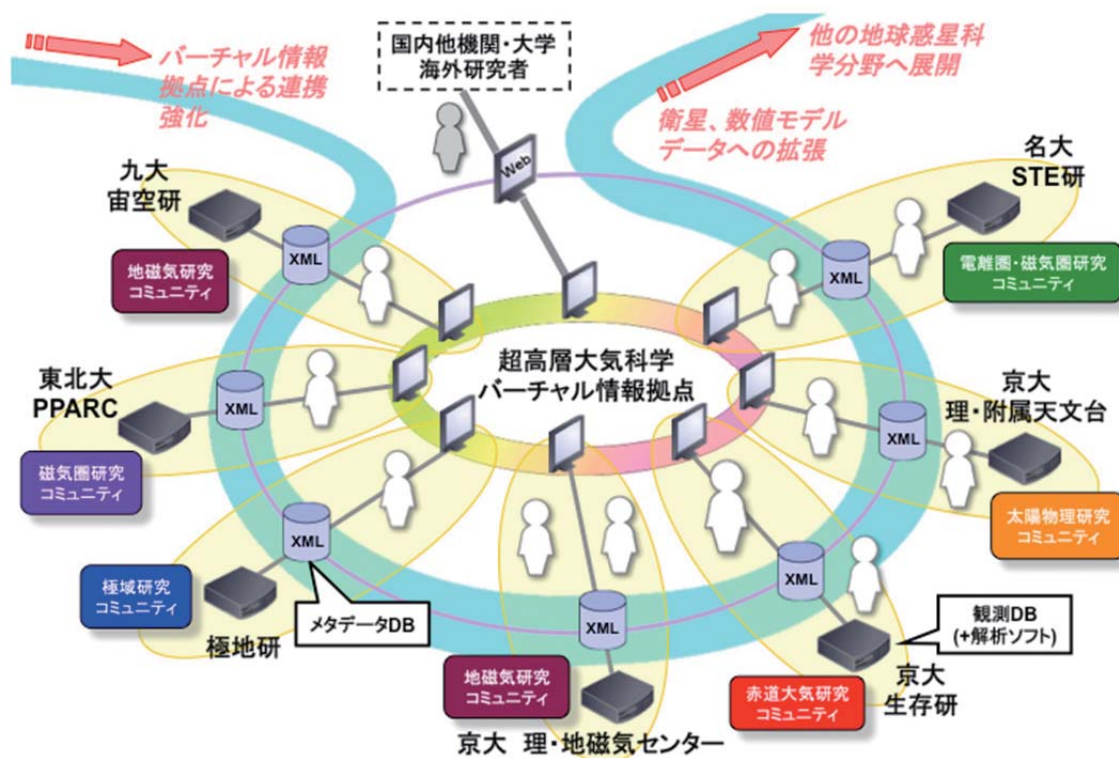


図 2: IUGONET プロジェクトの概念図。

2.3. 年次計画

図 3 は、6 年間の IUGONET プロジェクトにおける年次計画（平成 21-26 年度）を示したものである。プロジェクトは、上述した「バーチャル情報拠点」のシステムを構築し、プロジェクトの進行に必要な環境を整えることからスタートする。その後は、「メタデータ・データベースシステム」に関する開発、「メタデータ」に関する開発、および「データ解析ソフトウェア」に関する開発、の 3 項目が IUGONET プロジェクトにおける活動の中心となる。初年度においては、いずれの開発項目においても調査、設計、仕様策定といった作業になるが、特に、「共通メタデータフォーマット」の策定は最重要課題であり、これがなければメタデータの作成ができないのはもちろん、メタデータを登録するデータベースシステムの設計や将来的にメタデータからの情報利用を想定するデータ解析ソフトウェアの仕様策定にも影響する。初年度の成果を基礎として、第 2 年度からは本格的な開発が始まり、第 3 年度目にはこれらの開発プロダクトをインターネットを介して一般に公開する予定である。プロジェクトの後半年度においてもメタデータおよびデータ解析ソフトウェアの開発は継続され、その対象は各機関・組織が所有する観測データの中でも扱いが難しいデータ（データベース化されていない古いものやデジタル化・電子化が必要なものなど）へと移されていく。

一方、メタデータの作成やデータ解析ソフトウェアの開発と平行して、これらに即した観測データベースの再整備も必要となるが、これについても、本プロジェクトの重要な活動項目の一つとし、プロジェクト参加各機関・組織において第 2 年度以降継続して作業を進めていく。さらに、本プロジェクトで開発するこれらのプロダクトを自らが利用したサイエンス研究も、後半年度の重要な活動項目として予定している。IUGONET プロジェクトが目標として掲げる超高層大気長期変動のメカニズム解明を目指して、それぞれが所有する観測データを複合的に利用した総合解析を行うような研究テーマを設定し、多数の共同研究を計画する。また、これらの研究過程において、メタデータ・データベースやデータ解析ソフトウェアを活用することで自己評価も同時に行い、問題点の修正や新たな機能の追加などを通してプロダクトの定期的なバージョンアップに繋げる。

最終年度には、本プロジェクトの成果を統括し、超高層大気の地上観測以外の関連他分野への拡大や統合を検討する。

項目		H21	H22	H23	H24	H25	H26	備考
バーチャル情報拠点	構築と運営	システム導入			システム更新			多点情報交換システムを各機関に導入し、緊密な連携体制を実現する。
	拡大							プロジェクトの成果を総括し、関連他分野への拡大や統合を検討する。
メタデータシステム	システム開発	プロトタイプ調査・開発	公開バージョン開発	一般に公開				DSpaceをベースに、メタデータの登録・検索などを行うシステムを開発する。
	システム運用				コンピュータ更新			メタデータDBの定常運用を行う。定期的なカスタマイズを行う。
メタデータ	共通フォーマット策定	Ver.1の策定	ドキュメント整備	必要に応じてフォーマットのアップデートを実施				超高層大気地上観測データに適した共通のメタデータフォーマットを策定する。
	メタデータ作成		メタデータ作成スタート	一般に公開	後半はDB化されていないデータや比較的古いデータなどを中心に扱う			各機関の観測データからメタデータを抽出し、DB化する。
データ解析ソフトウェア	調査・仕様策定	開発環境整備 仕様策定	ドキュメント整備					各機関の観測データに即した可視化・解析ソフトの仕様を策定する。
	プログラム開発		プログラム開発スタート	一般に公開	後半はDB化されていないデータや比較的古いデータなどを中心に扱う			IDL+TDASを用いたプログラム開発を進める。
その他	観測DB再整備		メタデータ作成・解析ソフト開発に対応した再整備	後半はアナログデータのデジタル化など、DB化されてないデータを整備する				各機関で観測DBの再整備を進める。未公開データについてもDB化をはかる。
	サイエンス研究				開発したプロダクトを利用し、各機関の観測データを用いた解析を行う			各機関の観測データを活用して分野横断型の解析研究を進める。
	Webによる情報発信	ホームページ立ち上げ	プロジェクトの進捗にともない、コンテンツの更新と拡充を行う					プロジェクトの活動について、ホームページを通して世の中に情報発信する。

図 3: IUGONET プロジェクトの年次計画。

3. IUGONET プロジェクトの開発プロダクト

2.3 節でも触れたが、IUGONET プロジェクトによって開発される重要なプロダクトとしては、IUGONET 共通メタデータフォーマット、メタデータ・データベース、およびデータ解析ソフトウェアの3点が挙げられる。本節では、これらの開発の概要について簡単に述べる。詳細については、それぞれ、堀ほか(2012)²⁾、小山ほか(2012)³⁾、田中ほか(2012)⁴⁾を参照されたい。

3.1. IUGONET 共通メタデータフォーマット

観測データのメタデータを作成する過程においては、超高層大気地上観測の専門家もしくは超高層大気研究者による判断が必要な部分が多いため、完全な自動化は難しく、開発コストは非常に高い。そのため、後年メタデータを再度作成するような手戻りをしなくてすむように、スーパーセットとなり得るメタデータフォーマットを策定することが重要である。

超高層大気を含む地球惑星科学、太陽地球系物理学の分野で利用されているメタデータフォーマットには、ISO19115/19139, GCMD DIF, FGDC CSDGM, IPY Metadata Profile, ISTP Standards など多くの種類が存在するが、IUGONET プロジェクトでは、超高層大気地上観測データに関するメタ情報を記述する上でスーパーセットとなり得るメタデータフォーマットとして、SPASE (Space Physics Archive Search and Extract)⁵⁾ コンソーシアムによって作成された SPASE metadata mode⁶⁾を採用する。SPASE は米国の Virtual Magnetospheric Observatory (VMO)⁷⁾をはじめとする太陽地球系物理学におけるいくつかの Virtual Observatory のメタデータフォーマットとして既に採用されており、超高層大気分野におけるメタデータフォーマットの世界的なデファクト・スタンダードになる可能性が高い。このようなフォーマットを利用することで、将来的には世界中の様々な分野・コミュニティとの間でメタデータの交換がしやすくなると期待される。

一方、SPASE はコンソーシアムによって頻繁にその内容について議論されているため、フォーマットの追加や更新に対して比較的柔軟であるという特徴がある。そこで、IUGONET 参加機関・組織が所有する地上観測データに即した変更を検討し、これを既存のフォーマットに追加することで IUGONET 共通メタデータフォーマットとして策定する。なお、詳細については堀ほか(2011)に譲るが、IUGONET 共通メタデータフォーマットの初期バージョン策定時における SPASE フォーマット (バージョン 2.0.2) に対して、(1) 非デジタル保存データに関する単語、(2) 太陽観測に特有な座標系を表す単語、(3) 地理的な観測位置・範囲を記述する要素、の3点を追加した。これらの変更について SPASE コンソーシアムに提

案した結果、バージョン 2.2.0 において (1) と (2) が取り入れられた。

3.2. メタデータ・データベースシステム

3.1 節で説明したフォーマットに基づいて作成されたメタデータを登録してデータベース化し、検索できるようにするシステムとして、本プロジェクトでは DSpace⁸⁾ を採用する。DSpace はデジタル資産を管理するためのオープンソースのソフトウェアであり、主に学術情報リポジトリを構築する目的で、世界中の大学や研究所において広く利用されている。前節で述べたように、IUGONET のメタデータ・データベースはプロジェクトの開始から 3 年目には一般に公開する予定であるため、開発期間は実質的には 2 年もない。DSpace はメタデータの登録・検索・収集・提供といった基本的な機能をすでに内包しており、また、IUGONET プロジェクトで作成されるメタデータも扱えることが確認されている。そのため、DSpace をメタデータ・データベース開発のベースにすることで開発コストを著しく削減することができ、短期間で安定なシステムを構築しなければならない本プロジェクトの目標に合致する。

一方、超高層大気科学の研究インフラとして構築されるメタデータ・データベースは、IUGONET プロジェクトが終了する 6 年目以降も定常的に維持されなければならない。現在の開発メンバーの手を離れても保守・運用が極力滞らないようにする必要がある。すでに述べたように、DSpace は世界中で広く利用されているオープンソースソフトウェアであるため、保守や運用に関する情報がインターネット等を通じて得やすく、さらには、本プロジェクトに参加する東北大学、名古屋大学、京都大学、九州大学の学術情報リポジトリにも DSpace が採用されており（注：本原稿執筆時点で、国立極地研究所は学術情報リポジトリを所有していない）、ソフトウェアのカスタマイズも含めて様々な知見情報を共有できると期待される。

3.3. データ解析ソフトウェア

3.2 節で述べたようなメタデータのデータベースを構築することによって、各機関・組織に分散して存在する観測データの取得が容易になったとしても、データの保存形式が統一されていなければ、そのデータに不慣れな研究者にとっては容易に利用できるということにはならない。しかしながら、特に衛星観測や数値シミュレーションよりも古くからデータのある地上観測においては、各機関・組織で伝統的に用いられてきた特殊な保存形式が多くあり、これらを統一することは非常に困難かつ膨大な人員と費用を要することが容易に想像される。そこで、本プロジェクトでは、各機関・組織で公開する観測データの保存形式は統一せず、その代わりにデータの解析・可視化ソフトウェアにおいてその違いを吸収する方法を採用した。データ利用者は、そのようなソフトウェアを通して観測データにアクセスすることで、データの保存形式を考慮することなく、表示や簡単な解析ができるようになる。

データ解析ソフトウェアの開発においては、IDL (Interactive Data Language)⁹⁾ を用いる。これは、IUGONET プロジェクト参加機関・組織を含め、超高層大気科学の研究コミュニティにおいて比較的良好に IDL が利用されていることと、各機関・組織でデータの処理や表示に用いていた過去の資産 (IDL で書かれたプログラム) を活用できるからである。さらに、米国の衛星観測ミッション THEMIS¹⁰⁾ による観測データを扱うために開発された IDL ライブラリである TDAS (THEMIS Data Analysis Software suite)¹¹⁾ を利用する。TDAS はデータをダウンロードする機能、様々なプロットを作成する機能、基本的な解析を行う機能はもちろん、Graphical User Interface も備える非常に多機能なライブラリである。特に、1 次元もしくは 2 次元の時系列データの可視化に強く、多種多様な長期観測データを扱う IUGONET プロジェクトの目的に合致する。TDAS は日本の内部磁気圏探査ミッション ERG (Energization and Radiation in Geospace)¹²⁾ におけるデータ解析ソフトウェアにも採用されており、本プロジェクトは ERG サイエンスセンター¹³⁾ と協力しながら開発を進める。

なお、IUGONET プロジェクトが開発するデータ解析ソフトウェアは UDAS (iUgonet Data Analysis Software) と称され、TDAS のプラグインとして配布される計画である。

4. プロジェクトの現状と今後の課題

本論文では、平成 21 年度から 6 ケ年計画で進められている IUGONET プロジェクトの概要、また、プロジェクトによって生成される主要なプロダクトについて述べた。本原稿執筆時点（平成 23 年 7 月）において、IUGONET 共通メタデータフォーマットのバージョンは 1.0.3 であり、その XML スキーマファイルがプロジェクトのホームページより公開されている (http://www.iugonet.org/data/schema/iugonet-1_0_3.xsd)。このメタデータフォーマットに基づき、参加各機関・組織において、所有する観測データのメタデータ作成が進められている。一方、メタデータ・データベースとデータ解析ソフトウェアについては、開発途中のベータ版がインターネット上で公開されている (<http://search.iugonet.org/iugonet/> および <http://www.iugonet.org/software.html>)。今後、一般の利用者からのフィードバックを取り込みながら、本公開へ向けた開発が進

められる。

すでに述べたように、プロジェクトの後半年度（平成 24-26 年度）では、開発されたメタデータ・データベースやデータ解析ソフトウェアを自らが活用したサイエンス研究の実施をプロジェクトの主要な活動の一つとしているが、これはサイエンス的な研究テーマを追求する一方で、これらの開発プロダクトを研究者の視点から自己評価することが大きな目標となっている。IUGONET のプロダクトが超高層大気の研究コミュニティにとって欠くことのできないインフラとして定着することを目指した開発および取り組みが、プロジェクトの後半年度における重要な課題の一つである。

また、超高層大気研究に関連したインフラ整備の取り組みは、IUGONET に限らず多数存在しており、そのような組織・プロジェクトとの協力関係を築き、学際研究の促進に貢献していくことも今後の大きな課題である。例えば、3.1 節でも説明したように、米国の VMO をはじめとするいくつかの Virtual Observatory は IUGONET と同様に SPASE を採用していることから、メタデータの交換もしくは相互のメタデータ・データベースを参照することが実現できれば、IUGONET のメタデータ・データベースから検索できるデータの種別・数は飛躍的に増大し、分野横断型の研究を進める利用者にとって強力な研究ツールとなる。一方、IUGONET のメタデータ・データベースが持つ情報を、外部のウェブサービスやソフトウェアから利用してもらうことも重要である。例えば、RSS(RDF Site Summary) を用いて科学衛星・地上観測データのメタデータを自動収集するシステム NICTY^{14),15)}、メタデータを利用して太陽地球系物理観測データを検索、取得、解析するための Windows ベースのソフトウェア STARS(Solar-Terrestrial data Analysis and Reference System)^{16),17)}、世界中に散らばる太陽地球系物理観測データのクイックプロットを効率的に閲覧することを目的としたウェブツール CEF(Conjunction Event Finder)¹⁸⁾、さまざまな地球惑星科学データを Google Earth 上に 3 次元もしくは 4 次元表示することで、各データベースへの入り口となる“データ・ショーケース”を提供する Dagik(DATA-showcase system for Geoscience In Kml)¹⁹⁾、など国内だけでも様々な超高層大気研究のためのウェブサービスやソフトウェアが存在する。これらの開発を進める組織やプロジェクトと協力して、IUGONET のメタデータを効率的に提供できる仕組みを整備することで、IUGONET のプロダクトを直接利用しない研究者に対しても、IUGONET 参加機関が所有する多様な超高層大気地上観測データを利用する機会を提供することができ、新たな学際研究につながっていくと期待される。

謝 辞

大学間連携プロジェクト「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究」は、文部科学省特別教育研究経費（研究推進）[平成 21 年度] および特別経費（プロジェクト分）[平成 22 年度以降] の交付を受けて、平成 21 年度より 6 ヶ年計画で実施されている。IUGONET プロジェクトで使用される観測データのデータベース構築に携わった全ての方々に感謝する。特に、国立極地研究所宙空圏研究グループのデータ整備に尽力下さった余川真純氏、京都大学生存圏研究所のデータ整備に尽力下さった橋口典子氏に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) IUGONET - 超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究
<http://www.iugonet.org/>
- 2) 堀智昭, 鍵谷将人, 田中良昌, 林寛生, 上野悟, 吉田大紀, 阿部修司, 小山幸伸, 河野貴久, 金田直樹, 新堀淳樹, 田所裕康, 米田瑞生, IUGONET 共通メタデータフォーマットの策定とメタデータ登録管理システムの開発, 宇宙科学情報解析論文誌, 第 1 号, 105-111, 2012.
- 3) 小山幸伸, 河野貴久, 堀智昭, 阿部修司, 吉田大紀, 林寛生, 田中良昌, 新堀淳樹, 上野悟, 金田直樹, 米田瑞生, 元場哲郎, 鍵谷将人, 田所裕康, 超高層物理学分野の為のメタデータ・データベースの開発, 宇宙科学情報解析論文誌, 第 1 号, 99-104, 2012.
- 4) 田中良昌, 新堀淳樹, 鍵谷将人, 堀智昭, 阿部修司, 小山幸伸, 林寛生, 吉田大紀, 河野貴久, 上野悟, 金田直樹, 米田瑞生, 田所裕康, 元場哲郎, 三好由純, 関華奈子, 宮下幸長, 瀬川朋紀, IUGONET 解析ソフトウェアの開発, 宇宙科学情報解析論文誌, 第 1 号, 91-98, 2012.
- 5) SPASE (Space Physics Archive Search and Extract)
<http://www.spase-group.org/>
- 6) King, T., J. Thieman and D. A. Roberts, SPASE 2.0: a standard data model for space physics, *Earth Sci. Inform.*, 3, 2010, 67-73.

- 7) VIRTUAL MAGNETOSPHERIC OBSERVATORY
<http://vmo.nasa.gov/>
- 8) DSPASE
<http://www.dspace.org/>
- 9) IDL
<http://www.itvis.com/language/en-us/products/services/idl.aspx>
- 10) Angelopoulos, V., The THEMIS mission, *Space Sci. Rev.*, **141**, 2008, doi: 10.1007/s11214-008-9336-1.
- 11) TDAS (THEMIS Data Analysis Software suite)
<http://themis.ssl.berkeley.edu/software.shtml>
- 12) Miyoshi, Y., K. Seki, K. Shiokawa, T. Ono, Y. Kasaba, A. Kumamoto, M. Hirahara, T. Takashima, K. Asanuma, A. Matsuoka, T. Nagatsuma and ERG Working Group, Geospace Exploration Mission: ERG Project, *Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan*, **8**, 2010, pp. Tm_1-Tm_6.
- 13) ERG サイエンスセンター
http://gemsissc.stelab.nagoya-u.ac.jp/erg_ja/
- 14) 石倉諭, 村田健史, 久保卓也, 木村映善, 山本和憲, 篠原育, RSS1.0 を利用した科学衛星・地上観測データのメタデータ自動収集, 電子情報通信学会論文誌 (B), **J91-B**, 2008, pp. 499-509.
- 15) 村田健史, NICT 科学情報可視化プロジェクト, 日本計算機統計学会大会論文集, **24**, 2010, pp. 109-120.
- 16) 村田健史, 岡田雅樹, 阿部文雄, 荒木徹, 松本紘, 太陽地球系物理観測の分散メタデータベースの設計, 情報処理学会論文誌: データベース, **43**, 2002, pp.115-130.
- 17) 村田健史, 国際太陽地球系物理観測の広域分散データベースシステム, 電子情報通信学会論文誌 (B), **J86-B**, 2003, pp. 1331-1343.
- 18) Miyashita, Y., I. Shinohara, M. Fujimoto, H. Hasegawa, K. Hosokawa, T. Takada and T. Hori, A powerful tool for browsing quick-look data in solar-terrestrial physics: "Conjunction Event Finder", *Earth Planets Space*, **63**, 2011, pp. e1-e4, doi:10.5047/eps.2011.01.003.
- 19) Saito, A. and D. Yoshida, Dagik: A Data-Showcase System for the Geospace, *Data Science Journal*, **8**, 2009, pp. S92-S95, doi:10.2481/dsj.8.S92.