

平成 24 年度 成果・自己点検報告書

文部科学省特別経費 大学間連携事業

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 (IUGONET)

東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター

／地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座

情報・システム研究機構 国立極地研究所

名古屋大学太陽地球環境研究所

京都大学大学院理学研究科附属天文台

京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター

京都大学生存圏研究所

九州大学国際宇宙天気科学・教育センター

序

本事業「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究」（英語名：Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork（以下、IUGONET プロジェクト））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 ヶ年計画で実施している。この事業は、国内の大学・研究機関が連携して、大気レーダー・磁力計・光学観測装置・太陽望遠鏡など多様な測器でなされてきた超高層大気や太陽活動の長期にわたる大量の観測データを有効に活用し、地球環境変化など分野をまたがる研究を推進するためのシステム構築を目的としている。

本報告書では、平成 24 年度の成果を取りまとめるとともに、4 年間の活動を振り返り、簡単な自己評価を行った。本事業では、観測の実施に比較して従来軽視されてきた取得データのデータベース化と、複数の機関をまたがって、多様なデータベースを有効に活用するためのデータシステムの構築を目的として活動してきたが、ICSU/World Data System の設立（平成 20 年）をはじめ、データシステムの重要性を認識した世界的な流れにものり、データシステム同士の国際的連携の検討など、計画以上の成果をあげつつある。また、メタデータのデータベースを利用した”Data Publishing”の検討は、これまで学術論文の出版により研究者の業績を評価してきた学術社会にも大きな影響を与える可能性がある。

地球惑星科学の研究は、新しい観測を実施することにより、新たな展開を繰り返してきた。また、地球環境の長期変動を解明するためには、継続的観測も重要である。そこで生み出されるデータを活用するためには、本事業の活動を今後も継続・発展させる必要がある。本報告の最後には、事業継続を求める各方面からの要望書も参考資料として追加した。この報告書から、事業の重要性と継続の必要性を読み取っていただけると幸甚である。

なお、本報告書作成にあたっては、IUGONET 開発者グループメンバーの多大な貢献が基礎となっていることを記す。

平成 25 年 4 月

国立大学法人京都大学理学研究科 教授

IUGONET 運営協議会 議長

家森俊彦

目 次

0. 概要報告

1. 事業目的	1
1.1 事業の必要性（経緯）	1
1.2 事業実施体制	5
1.3 実施計画	7
1.4 事業達成による波及効果	9
2. 平成 21～23 年度の成果概略	10
3. 平成 24 年度成果報告	13
3.1 メタデータの作成	13
3.1.1 メタデータ作成の現状	13
3.1.2 メタデータ登録システムの整備と運用	15
3.2 メタデータ・データベースシステムの構築	16
3.2.1 IUGONET メタデータ・データベースシステムの概要と現状	16
3.2.2 Quick Look の表示	19
3.2.3 分散化計画と平成 24 年度におけるシステム増強	20
3.2.4 ソースコードの一般公開	22
3.2.5 IUGONET メタデータ・データベースの利用状況	23
3.3 データ解析ソフトウェアの開発	26
3.3.1 TDAS/UDAS の概要と現状	26
3.3.2 海外との協力・今後の展開	31
3.4 アウトリーチ活動	34
3.4.1 ウェブによる広報	35
3.4.2 パンフレット／ニュースレターの発行	35
3.4.3 データ解析講習会の開催	36
3.4.4 学会におけるブース展示	37
3.4.5 ソーシャルネットワークを用いた広報	38
3.4.6 今後の展開	38

3.5 研究展開（教育効果・国際展開）	39
3.5.1 参加機関における研究内容、及び教育効果	40
3.5.2 参加機関以外の研究者・学生による研究	59
3.5.3 情報学的な取り組み	61
4. まとめと今後の課題・展望	66
Appendix A.登録メタデータリスト	A-1
Appendix B. 会議・研究集会の開催（平成 24 年度）	A-6
Appendix C. 成果発表（平成 24 年度のみ）	A-11
C.1. 論文（査読有り）	
C.2. 論文・プロシーディング（査読無し）	
C.3. 学位論文	
C.4. 講演（口頭発表）	
C.5. 講演（ポスター発表）	

概要報告

背景

超高層大気は、宇宙空間から高エネルギー粒子や太陽光の有害成分の侵入を防ぐ、「保護膜」としての重要な役割を果たしている。地球環境変化の予測のためにも、その長期変動の実態を解明する必要性が増している。超高層大気や太陽活動の観測は、大気レーダー・磁力計・光学観測装置・太陽望遠鏡などの多様な測器でなされてきたが、観測データの所在が不明で、またデータを統一的に扱うことが難しかった。

目的

本事業「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究」（英語名：Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork（以下、IUGONETプロジェクト））は、地上からの超高層大気および太陽の観測に関する分野で主導的立場にあった国内の機関が連携し、インターネットを利用して情報交換する枠組み「超高層大気科学バーチャル情報拠点」を確立する。そして、参加機関が所有する超高層大気に関する観測データについての情報（メタデータ）を集約し、国内外の関連研究者がデータについての情報を共有するシステムを構築する。また、登録データを統一的に数値解析、図化する仕組みを開発する。このことで、顕在化している温暖化など地球環境の総合的解明を促進し、地球環境変化の予測ならびに宇宙を利用した社会基盤の安全確保に貢献する。

実施体制

参加する組織は、以下の 5 機関 7 組織である。

- ・東北大学 大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター／地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座
- ・情報・システム研究機構 国立極地研究所
- ・名古屋大学太陽地球環境研究所
- ・京都大学大学院理学研究科附属天文台
- ・京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター
- ・京都大学生存圏研究所
- ・九州大学国際宇宙天気科学・教育センター（旧：宙空環境研究センター）

事業の全体計画

それぞれの機関が現有する観測装置を運用し、観測データの蓄積を継続するとともに、連携機関および関連研究機関の間で「超高層大気科学バーチャル情報拠点」を構成し、多点情報交換システムを用いて緊密な共同研究を推進する。

事業期間前半では、①本事業に参加する各研究機関の連携促進に必須である「多点情報交換システム」を導入し、「超高層大気科学バーチャル情報拠点」を実現する。これを活用して、定例打ち合わせ会議を実施し、超高層大気ネットワーク観測データベースの保存形式、データ解析ソフトウェアの仕様、さらにデータのメタ情報の統一形式を策定する。②5機関が現在実施している観測に適合したデータ解析ソフトウェアを開発し、データベース化を進め、それぞれのデータに対するメタ情報の抽出作業を開始する。③メタ情報をデータベース化し、連携機関で共有するとともに、共同利用機能を活用してデータ解析ソフトウェアとともに全世界の研究者に公開する。

事業期間後半では、④現在進行中の観測データに加え、過去約 20 年間に蓄積された観測データのデータベース化を行い、これらについてもメタ情報の抽出作業を進める。⑤本事業の成果を総括し、「バーチャル情報拠点」を超高層大気以外の地球環境情報についても拡大すべく、システム提案を検討する。

平成 21 年度～平成 23 年度の主な成果

参加研究機関が緊密な研究協力体制を実現するための「超高層大気科学バーチャル情報拠点」を形成することが出来た。各研究機関に分散する観測データベースを有機的・機能的に連結させたため、メタデータの構造を定義した後、その観測データや附帯情報からメタデータを抽出した。そして、そのメタデータを Web 上で検索するシステムを平成 24 年 3 月に正式公開した。IUGONET では、各参加機関が所有する観測データを統一した保存形式に再整備する代わりに、共通のデータ解析ソフトウェアを開発し、同一の解析ソフトウェア上でそれぞれの観測データを扱えるようにする方法を選択した。そのソフトウェアを UDAS (iUgonet Data Analysis Software) と名付け、平成 24 年 2 月にリリースした。これらのツールは、学会等の会合やホームページ等で紹介し、情報発信を開始した。また、参加機関での教育やサイエンス研究に IUGONET ツールを利用し、問題点の修正や新機能の開発に役立て始めた。

平成 24 年度の実施目標

上記④、⑤にプロジェクト後半(平成 24-26 年度)の計画を示した。平成 24 年度は、後半の 1 年目に当たる。当初計画は次の通りであった。

- ・前年度までに引き続き、連携各機関において観測データのメタデータ抽出および解析ソフトウェアの開発を進める。
- ・現在進行中の観測データに加え、過去 20 年以上に渡って蓄積された観測データのデータベース化を行う。データの保存形式の変換等を含めた再整理を行い、可能なものについてはインターネットを介して公開し、一般の利用に向けて整備する。
- ・プロジェクト後半期の初年度にあたり、「バーチャル情報拠点」のシステムの増強を行う。新しい計算機を追加購入してシステムの冗長化を行う。データ解析の高度化

に対応すべく、画像処理能力の高い高速な CPU を導入すると共に、メタデータの増加、メタ情報データベースシステムの公開による通信量の増大に備え、データ記憶媒体の追加・高速化をはかる。

平成 24 年度の成果

- ・ 引き続き、観測データのメタデータ抽出を進めた。平成 23 年度末に IUGONET メタデータの登録数は約 160 万件であったが、平成 24 年度末には、約 800 万件になった。また、IUGONET 実施機関以外の 3 機関からもメタデータの登録を受け付けた。
- ・ 磁気テープに記録された古い観測データ、紙に記録したデータの掘り起こしを開始した。データの保存形式の変換等再整理を行い、生データの公開が可能なものはインターネットを介して公開した。
- ・ 解析ソフトウェアについては、年 2 回の全体集会に合わせて開催される解析講習会や機関ごとに実施する小規模な講習会の開催を通じて、ユーザーを増大させ、機能の追加を行った。また、国内外の関連プロジェクトとの意見交換・協力も強化された。
- ・ 取り扱うメタデータの増加や必要とされるデータ解析の高度化に備え、各機関において計算機およびデータ記憶媒体を追加購入、更新した。
- ・ IUGONET のメタデータ・データベースは予定以上に良いものが出来、ヨーロッパや米国の超高層大気に関するコミュニティから、データベース連携や共同研究の話があった。国内外の関係する学会（サイエンスコミュニティ）及び、データベース作成グループとの今後の連携のため、本大学間連携事業の実施機関間における協定書を策定し、プロジェクト議長を定めた。
- ・ 本事業では、データの内容と属性などを表すメタ情報のデータベースを核として、多機関に分散した多種多様なデータを取り扱い解析できるシステムを開発した。これは近年活動が活発化している世界データシステム（WDS）が必要とするシステムであり、IUGONET は一つのモデルケースとして講演を依頼された。
- ・ レーダーなどの IUGONET に登録した測器の設置機関（インドネシア）等に IUGONET の説明をするなど国際展開を開始した。
- ・ 平成 24 年度前半には前半 3 年間の事業評価を行い、評価書をまとめると共に、関係学会等の組織から継続的な取り組みのためのサポートレターを頂いた。

継続の必要性

本事業実施主体を構成する研究機関は、いずれも超高層大気観測分野で国内外をリードしてきた実績がある。この 5 機関が連携して本事業を実施することにより、効率的か

つ効果的に超高層大気データベースを作成し、それによる分野横断研究を促進してきた。IUGONET は各機関に分散する観測データベースの有機的結合を行い、緊密な研究協力体制を構築してきただけでなく、その開発したツールはプロジェクト外の機関も含めて、コミュニティーに不可欠なツールとなりつつある。このことは、1) 関連学会からのサポートレターを得たこと、2) 国内の超高層大気分野の IUGONET 実施機関以外の他の 3 機関からのメタデータの提供を受けていること、3) 国内の世界データシステム (WDS) と関連したデータ活動や、地球惑星科学連合大会 (JpGU) におけるデータ関係のセッションの主催・共催を行っていること、4) ヨーロッパ及び米国の超高層大気データベースグループと連携の話が進んでいること、5) 解析ソフトウェアやメタデータ・データベースが IUGONET 実施機関や関連する海外の観測機関での教育研究活動に実際用いられていることから明らかである。

IUGONET が特別経費として開始した後に、世界では、ビッグデータという言葉が使われ、膨大かつ多様なデータを効率的に扱うことが広く求められるようになった。学術分野においても、国際科学会議 (ICSU) の世界資料センターのネットワークは世界データシステム (WDS) となり、日本の情報通信研究機構がその事務局を引き受けることになった。この日本における WDS 活動からも、IUGONET の取り組みは注目されている。日本が欧米に遅れをとっているデータ活動を国内に定着させ、アジア・オセアニア地区におけるリーダーシップを保つためには、IUGONET の継続発展が必要である。

本事業で構築したデータベースは事業終了後も引き続き活用する予定であるが、広く用いられるデータベースの構築は、専門用語を理解できる専門家と情報分野の専門家の協働が必要であり、バーチャル拠点ディレクターやメタ情報開発部員を 10 人規模で雇用して数年かけて構築したこの枠組みは、それだけの人件費をかけなければ、発展なく停滞してしまう。現在、国内の超高層以外の地球惑星科学分野の複数のグループから、IUGONET システムの転用が期待されている。特に宇宙天気・気候分野・東日本大震災に関連するデータベースにも拡大する可能性が高い。データの専門家となりチームを構成してきた開発部員を継続雇用しなくては、これら分野横断的研究を促進できない。また超高層大気長期変動の科学解明には中期目標・中期計画期間にとらわれない事業展開が必要であり、今後も観測・データベース化を継続する長期的努力が重要である。

論文業績

平成 24 年度、IUGONET と謝辞もしくはタイトルにある査読付論文のみ

Hayashi, H., Y. Koyama, T. Hori, Y. Tanaka, S. Abe, A. Shinbori, M. Kagitani, T. Kouno, D. Yoshida, S. UeNo, N. Kaneda, M. Yoneda, N. Umemura, H. Tadokoro, T. Motoba, and IUGONET project team, "Inter-university Upper Atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET)", Data Sci. J., 印刷中.

- Hori, T., N. Nishitani, Y. Miyoshi, Y. Miyashita, K. Seki, T. Segawa, K. Hosokawa, A. S. Yukimatu, Y.-M. Tanaka, N. Sato, M. Kunitake, and T. Nagatsuma, "An integrated analysis platform merging the SuperDARN data within the THEMIS tool developed by ERG-Science Center (ERG-SC)", *Adv. Polar Sci.*, 印刷中.
- 田中良昌, 新堀淳樹, 梅村宜生, 堀智昭, 阿部修司, 小山幸伸, 林寛生, 上野悟, 佐藤由佳, 谷田貝亜紀代, 小川泰信, 三好由純, 関華奈子, 宮下幸長, 瀬川朋紀, "IUGONET 解析 ソフトウェアの現状と今後の発展", 宇宙科学情報解析論文誌, JAXA-RR-12-006 (ISSN 1349-1113), 印刷中.
- 堀智昭, 梅村宜生, 阿部修司, 小山幸伸, 田中良昌, 林寛生, 上野悟, 新堀淳樹, 佐藤由佳, 八木学, "IUGONET メタデータ登録・管理システムの処理性能評価", 宇宙科学情報解析論文誌, JAXA-RR-12-006 (ISSN 1349-1113), 印刷中.
- 小川泰信, 門倉昭, 元場哲郎, 田中良昌, 細川敬祐, "トロムソ/ロングイアビンにおけるオーロラ観測用並列イメージャの大容量データ処理と可視化", 宇宙科学情報解析論文誌, JAXA-RR-12-006 (ISSN 1349-1113), 印刷中.
- Hori, T., A. Shinbori, N. Nishitani, T. Kikuchi, S. Fujita, T. Nagatsuma, O. Troshichev, K. Yumoto, A. Moiseyev, and K. Seki, "Evolution of negative SI-induced ionospheric flows observed by SuperDARN King Salmon HF radar", *J. Geophys. Res.*, 117, A12223, doi:10.1029/2012JA018093, 2012.
- Miyoshi, Y., T. Ono, T. Takashima, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Kasaba, A. Matsuoka, H. Kojima, K. Shiokawa, K. Seki, M. Fujimoto, T. Nagatsuma, C.Z. Cheng, Y. Kazama, S. Kasahara, T. Mitani, H. Matsumoto, N. Higashio, A. Kumamoto, S. Yagitani, Y. Kasahara, K. Ishisaka, L. Blomberg, A. Fujimoto, Y. Katoh, Y. Ebihara, Y. Omura, M. Nose, T. Hori, Y. Miyashita, Y. Tanaka, T. Segawa, and ERG working group, "The Energization and Radiation in Geospace (ERG) Project, in Dynamics of the Earth's Radiation Belts and Inner Magnetosphere", *Geophys. Monogr. Ser.*, 119, pp.103-116, doi:10.1029/2012BK001304, 2012.
- Nakamizo, A., Y. Hiraki, Y. Ebihara, T. Kikuchi, K. Seki, T. Hori, A. Ieda, Y. Miyoshi, Y. Tsuji, Y. Nishimura, and A. Shinbori, "Effect of R2-FAC development on the ionospheric electric field pattern deduced by a global ionospheric potential solver", *J. Geophys. Res.*, 117, A09231, doi:10.1029/2012JA017669, 2012.
- Kitamura, N., Y. Nishimura, M. Chandler, T. Moore, N. Terada, T. Ono, A. Shinbori, and A. Kumamoto, "Storm-time electron density enhancement in the cleft ion fountain", *J. Geophys. Res.*, 117, A11212, doi:10.1029/2012JA017900, 2012.
- Tanaka, Y.-M., Y. Ebihara, S. Saita, A. Yoshikawa, Y. Obana, and A. T. Weatherwax, "Poleward moving auroral arcs observed at the South Pole Station and the interpretation by field line resonances", *J. Geophys. Res.*, 117, A09305, doi:10.1029/2012JA017899, 2012.

- Shinbori, A., Y. Tsuji, T. Kikuchi, T. Araki, A. Ikeda, T. Uozumi, D. Baishev, B. M. Shevtsov, T. Nagatsuma, and K. Yumoto, "Magnetic local time and latitude dependence of amplitude of the main impulse (MI) of geomagnetic sudden commencements and its seasonal variation", *J. Geophys. Res.*, 117, A08322, doi:10.1029/2012JA018006, 2012.
- Motoba, T., K. Hosokawa, Y. Ogawa, N. Sato, A. Kadokura, S. E. Milan, and M. Lester, "Simultaneous ground-satellite observations of meso-scale auroral arc undulations", *J. Geophys. Res.*, 117, A06213, doi:10.1029/2011JA017291, 2012.
- Motoba, T., K. Hosokawa, A. Kadokura, and N. Sato, "Magnetic conjugacy of northern and southern auroral beads", *Geophys. Res. Lett.*, 39, L08108, doi:10.1029/2012GL051599, 2012.
- Tsuji, Y., A. Shinbori, T. Kikuchi, and T. Nagatsuma, "Magnetic latitude and local time distributions of ionospheric currents during a geomagnetic storm", *J. Geophys. Res.*, 117, A07318, doi:10.1029/2012JA017566, 2012.
- Yamazaki, Y., A. D. Richmond, H. Liu, K. Yumoto, and Y. -M. Tanaka, "Sq current system during stratospheric sudden warming events in 2006 and 2009", *J. Geophys. Res.*, 117, doi:10.1029/2012JA018116, 2012.
- 小川泰信, 野澤悟徳, Ingemar Häggström, 大山伸一郎, 元場哲郎, 津田卓雄, 齋藤昭則, 宮下幸長, 田中良昌, 堀智昭, 上野玄太, 宮岡宏, 藤井良一 (2012), “欧州非干渉散乱 (EISCAT) レーダーの大規模データ処理と可視化”, 宇宙科学情報解析論文誌, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 83-89, 2012.
- 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, 小川泰信 (2012), “IUGONET 解析ソフトウェアの開発”, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 91-98, 2012.
- 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 (2012), “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, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 99-104, 2012.
- 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, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 105-111, 2012.
- 林寛生, 小山幸伸, 堀智昭, 田中良昌, 新堀淳樹, 鍵谷将人, 阿部修司, 河野貴久, 吉田大紀, 上野悟, 金田直樹, 米田瑞生, 田所裕康, 元場哲郎, "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』", 宇宙科学情報解析論文誌, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 113-120, 2012.

第1章 事業目的

1.1 事業の必要性（経緯）

背景

超高層大気とは通常、地表から高度約 100km より上空の地球を取り巻く大気・プラズマ領域を指す。そこでは、太陽からのエネルギー注入、下層大気からの大気波動による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・各種化学反応といった多様なプロセスが複雑に絡みあっている。そこで超高層大気現象の理解のためには、超高層大気、太陽活動、下層大気の観測を継続的に実施する必要があるが、一方で全球的に展開されている、大気レーダー・磁力計・光学観測装置・太陽望遠鏡などの多様な観測データを統合的に扱い、解析することが必須である。

これまで日本国内では、東北大学、国立極地研究所、名古屋大学、京都大学、および九州大学などが、超高層大気の観測を実施し、その観測結果は各研究機関がデータベースとして所有、一部公開している。超高層大気や顕在化している温暖化に関する地球環境の総合的解明のためには、これらの各機関で所有しているデータを広く相互参照しつつ解析することが必要であり、その結果、地球環境変化の予測ならびに宇宙を利用した社会基盤の安全確保に貢献できる。

目的

本事業「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究（英語名：Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork（以下、IUGONET プロジェクト））」は、地上からの超高層大気および太陽観測において、これまで世界的にリードしてきた機関が連携し、プロジェクト参加機関および関連の研究者がインターネット上で仮想的に集まって情報交換する枠組み「超高層大気科学バーチャル情報拠点」（図 1.1.1）を確立する。そして、参加機関が所有する超高層大気・太陽・下層大気に関する観測データについての情報（メタデータ）を集約し、これを広く国内外の関連研究者が共有できるシステムを構築する。

組織

参加する組織は、以下の 5 機関 7 組織である。

- ・ 東北大学 大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター／地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座
- ・ 情報・システム研究機構 国立極地研究所
- ・ 名古屋大学太陽地球環境研究所
- ・ 京都大学大学院理学研究科附属天文台
- ・ 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター
- ・ 京都大学生存圏研究所
- ・ 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター（旧：宙空環境研究センター）



図 1.1.1：超高層大気科学バーチャル情報拠点と IUGONET 全体の枠組み。

必要性・緊急性

超高層大気諸現象や、そのエネルギー源である太陽活動の観測結果はそれぞれの担当機

関がデータベース化し、個別の現象の理解に向けた研究が深化している。しかし、超高層大気が長期変動するメカニズムを解明するには、多種多様なデータベースを有機的に結合させ、全球的かつ様々な視点から総合的に解析する必要がある。

本計画で実現しようとする仮想的な研究協力体制である「超高層大気科学バーチャル情報拠点」は、各機関に分散しているデータベースを俯瞰的に参照し、総合解析を実現するためのシステムであり、革新的な研究進展が期待される。また、超高層プラズマ環境の連続的監視は、宇宙利用の社会基盤（衛星システム、通信・放送、衛星測位など）の安全確保にも大きく貢献する。

全球大気のふるまいについて理解するためには、国際協同観測やデータの共有が必要であることは論を待たない。最初の本格的な国際共同観測事業である国際地球観測年（IGY; 1957～1958 年）により開始された全球超高層観測が長期に継続された結果、南極オゾンホールが発見、グローバルな地球温暖化などの地球環境変動が解明されつつある。また、IGY から 50 周年に実施された、超高層大気観測に関する国際共同研究計画〔太陽地球系の天気と気候（CAWSES; 2004～2008 年）、国際極年（IPY; 2007～2008 年）、国際太陽系観測年（IHY; 2007～2009 年）、国際デジタル地球年（eGY; 2007～2008 年）など〕を契機にさらに多くの観測が広がりつつある。

下層大気に関する観測データは、日本においては気象庁、世界には世界気象機関（WMO）などの組織がデータを整理し、ある程度のデータ流通を可能にしている。しかし超高層大気の観測とそのデータの保管は、国内ではその実施機関が行っている。また上記の参加機関のうち 5 研究機関が全国の研究者コミュニティの核として地上リモートセンシング観測装置を設置し、それぞれの機関の運営費で運用している。その結果、数十年にわたる大量の電流・プラズマ・中性風などの観測データが収集されてきている。これらのデータの保管媒体は年々変化し、観測担当者も異動や退職などで貴重な観測データが散逸・消失する恐れがあった。そこで IGY+50 年を契機に、これらの装置類によるデータベースを各機関が独自に整備し、太陽圏・プラズマ・大気の結合過程について全地球的で統合的な解析を進めることを目標に IUGONET プロジェクトが開始した。

平成 24 年度の周辺状況

2011 年頃からビッグデータという言葉が使われ始めている。これは、情報通信、特にインターネットの発達にともなって爆発的に増大した構造化されていない莫大な量のデータ

を指すことが多い。今までは管理しきれないため見過ごされてきたそのようなデータを記録・保管して即座に解析することで、ビジネスや社会に有用な知見を得、新たな仕組みを産み出す可能性が高まるとされている。このような課題は、気象学、ゲノミクス、複雑な物理シミュレーション、インターネット検索等の科学分野では日常直面するものであったが、超高層分野で分散管理されてきた観測データを「バーチャル情報拠点」として設置することで検索・解析を可能にする IUGONET の仕組みは、まさに時機を得たものであったと言える。

IGY にあたり、国際科学会議 (International Council for Science) は世界資料センター (WDC: World Data Center) のネットワークを作ることを提案し、日本では、名古屋大学空電研究所に太陽電波世界資料センター (WDC C2 for Solar Radio Emission) などが設立された。2011 年、この World Data Center システムが、天文地球物理恒久事業連盟 FAGS: Federation of Astronomical, Geophysical, and Data Analysis Services) というおもに天文関係のデータ共有活動と合併して、World Data System (以下 WDS) として発足することになり、日本の情報通信研究機構 (NICT: National Institute of Information and Communications Technology) がその事務局を引き受けることになった。2012 年 5 月 9 日、その開所式が東京で開催された。次に述べるが、IUGONET 実施機関は WDC としてデータ活動を行ってきた機関を複数含んでおり、爆発的に増大している多種多様な観測データをメタデータ・データベースを構築することで総合的に結合する仕組みを提示し、国際展開を開始していることから、このような WDS 活動との連携が期待されている。

独創性、新規性

IUGONET はレーダーや望遠鏡等の地上からの観測データを主として扱うが、極域から赤道域までの超高層大気の変動に関するデータ活動を行うためには、IUGONET 実施機関による観測網を基礎に、関係組織が連携して全地球的な超高層大気に関するデータを扱っていく必要がある。IUGONET プロジェクトに参加する国立極地研究所、名古屋大学太陽地球環境研究所、京都大学生存圏研究所は全国大学共同利用機関であり、国内の他大学や研究者らと密接に共同利用を行っている。また、国立極地研究所、名古屋大学太陽地球環境研究所、京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センターはそれぞれ、オーロラ、宇宙線、地磁気の世界資料センター (WDC, 現在 WDS) としての役割を担ってきた。このように、世界的にも、地球観測データについて責任ある管理と配布を行ってきた

実績のある研究機関が協力して本事業に取り組むことに、大きな特徴がある。

また上述のように、IUGONET は国内における WDS 活動と密接なかかわりを持っており、上述の WDS 開所式に関連した特集が組まれた「学術の動向 2012 年 6 月号（日本学術会議）」にも複数執筆している。

1.2 事業実施体制

IUGONET プロジェクトは、東北大学 大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター／地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座（以後東北大）、国立極地研究所（以後極地研）、名古屋大学太陽地球環境研究所（以後名大）、京都大学大学院理学研究科附属天文台（以後京大天文台）、京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター（以後京大地磁気センター）、京都大学生存圏研究所（以後京大生存研）、および九州大学国際宇宙天気科学・教育センター（以後九大）が連携し、「超高層大気科学バーチャル情報拠点」を組織している。

平成 24 年度は、これら 5 機関の連携強化のため、協定書の策定・捺印を行い、正式な運営協議会を定義し、議長を選出した。協定書および運営協議会規則を Appendix D に載せる。IUGONET における連携活動は、平成 24 年度中の各機関における教授会、センター会議等で承認された（京都大学は生存圏研究所と理学研究科における承認および長の捺印となったため、平成 25 年 1 月 31 日付印は 6 機関/組織代表者によるものとなった）。正式な運営協議会メンバーと議長は、平成 25 年 2 月 28 日に開催した運営協議会により、次のように決定した。

運営協議会議長： 家森俊彦

議長職務代行： 中村卓司

構成員（13名）

東北大学：	小原隆博・小野高幸
国立極地研究所：	中村卓司・佐藤夏雄
名古屋大学：	荻野瀧樹・藤井良一・塩川和夫
京都大学：	津田敏隆・家森俊彦・柴田一成
九州大学：	湯元清文・吉川顕正
ディレクター：	谷田貝亜紀代

運営協議会は、各機関の緊密な連携協力を図るとともに、プロジェクトを推進・統括す

る。超高層大気科学バーチャル情報拠点はディレクターの指揮の下に運営され、各機関からはプロジェクト開発メンバーを中心とするデータベース担当者が参加する。図 1.1.1 に示したように、IUGONET プロジェクト全体には運営協議会、観測やデータの責任者も含まれる。図では、本プロジェクト経費により雇用される、超高層大気科学バーチャル情報拠点のディレクター、各機関においてプロジェクトの開発に携わる開発メンバーおよび研究支援員を雇用を赤で示している。なお、ディレクターは平成 24 年度中に交代した。以下に平成 24 年度における IUGONET プロジェクトの実施体制を示す。

- 東北大学 大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター (PPARC) / 地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座
小原 隆博, 小野 高幸, 寺田 直樹, 笠羽 康正, 坂野井 健, 三澤 浩昭, 熊本 篤志, 土屋 史紀, 加藤 雄人, 鍵谷 将人, 八木 学 [H24.6~]
- 情報・システム研究機構 国立極地研究所 (NIPR)
中村 卓司, 門倉 昭, 宮岡 宏, 岡田 雅樹, 小川 泰信, 富川 喜弘, 佐藤 夏雄, 田中 良昌, 佐藤 由佳
- 名古屋大学太陽地球環境研究所 (STEL)
萩野 竜樹, 藤井 良一, 塩川 和夫, 三好 由純, 大塚 雄一, 堀 智昭, 梅村 宜生
- 京都大学大学院理学研究科附属天文台
柴田 一成, 上野 悟, 金田 直樹
- 京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センター
家森 俊彦, 藤 浩昭, 竹田 雅彦, 能勢 正仁, 小山 幸伸
- 京都大学生存圏研究所 (RISH)
津田 敏隆, 山本 衛, 橋口 浩之, *林 寛生[~H24.6], *谷田貝 亜紀代[H24.6~], 古本 淳一, 矢吹 正教, 新堀 淳樹, 橋口 典子
- 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター (ICSWSE)
湯元 清文, 吉川 顕正, 池田 大輔, 阿部 修司

※ 太字は機関代表

※ 斜字はプロジェクト開発メンバー

※ *印は超高層大気科学バーチャル情報拠点ディレクター

※ 下線は本プロジェクトで雇用された研究員・研究支援員

IUGONET プロジェクトでは、主要な開発項目ごとにサブグループおよびタスクチームを組織している。開発メンバーは、少なくとも 1 つ以上のサブグループまたはタスクチームに所属し、それぞれのグループ・チームのリーダーを中心に開発作業に取り組んできた。

プロジェクトの進捗やメンバー交代により、グループ構成やリーダーの交代があったが、平成 24 年度は主に次のように活動した。

メタデータグループ（リーダー：堀 智昭）

IUGONET 共通メタデータフォーマットの策定およびその更新、各機関におけるメタデータ作成の進捗管理、メタデータ登録におけるチェックシステムの開発・運用など、メタデータ作成に関するすべての活動を担当する。（平成 25 年 3 月以降、メタデータグループはシステムグループの下のメタデータ活動と位置付けた）

システムグループ（リーダー：阿部 修司）

メタデータ・データベースのシステム開発、カスタマイズ、定常運用など、システム構築に関するすべての活動を担当する。

解析ソフトグループ（リーダー：田中 良昌）

IUGONET が提供する解析ソフトウェアの仕様策定、プログラム開発、定期更新、海外チームとの連絡、解析ソフトウェア講習会の主催を担当する。

ウェブ・アウトリーチグループ（リーダー：小山 幸伸[～H24.8]、佐藤 由佳[H24.8～]）

ニュースレター・パンフレットの発行、ウェブやソーシャルネットワーキングサービスを利用した情報発信、講習会の開催や学会における団体展示など、アウトリーチ活動全般を担当する。

サイエンスタスク（リーダー：新堀 淳樹）

IUGONET が開発したプロダクトを実際のサイエンス研究に応用し、自己評価を通して開発にフィードバックするとともに、学会等で研究コミュニティに対して実践的な利用方法を紹介するといった普及活動も担当する。

1.3 実施計画

図 1.3.1 は、6 カ年の IUGONET プロジェクトにおける年次計画（平成 21～26 年度）の概要を表したものである。前半年度（平成 21～23 年度）は、メタデータおよびメタデータ・データベースシステムに関する開発が中心となる。また、各機関が所有する観測データの利用促進のため、それぞれのデータに即した共通の解析ソフトウェアの開発も行う。初年度は、いずれの開発項目においても調査、設計、仕様策定となるが、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る。初年度の成果を基礎として、平成 22

年度からは本格的な開発を開始、平成 23 年度にはこれらの開発プロダクトを一般に公開する。プロジェクトの後半年度（平成 24～26 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し、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（古いためデータベース化されていないものやデジタル化・電子化が必要なものなど）へと比重を移す。メタデータ・データベースの開発・整備に即した観測データベースの再整備もプロジェクト参加各機関において継続的に進める。さらに、本プロジェクトで開発するプロダクトを研究コミュニティにおいて欠かせないインフラとして定着させるための普及・宣伝活動をプロジェクト後半年度の重要な活動項目とする。開発プロダクトをサイエンス研究に使われるものとするため、講習会や研究集会の開催といったアウトリーチ活動やインターネットを利用した様々な情報発信にも積極的に取り組む。また、実施機関や関係する学会等における、様々な共同研究や教育活動に参加してメタデータ・データベースやデータ解析ソフトウェアを利用することで、問題点の修正や新たな機能の追加といったアップグレードの方向性を定める。最終年度には、IUGONET プロジェクトの成果を統括し、超高層大気地上観測以外の関連他分野への拡大や統合について検討する。

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						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DB 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				計算機環境の増強・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の整備も行う				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化に取り組む。
	サイエンス研究への応用			開発プロダクトを利用して、各機関の観測データを用いた分野横断型の解析研究を行う				開発プロダクトの自己評価および実践的な利用方法の紹介を行う。
	情報発信・アウトリーチ活動	ホームページ立ち上げ		開発プロダクトに関する定期的な講習会やSNSを利用したチュートリアル動画の配信などを実施する				IUGONETの開発プロダクトが研究インフラとして根付くための普及・宣伝活動を行う。

図 1.3.1 : IUGONET プロジェクトの年次計画。

1.4 事業達成による波及効果

学問的効果

超高層大気中には、太陽や磁気圏尾部からのエネルギー、また、下層の対流圏・成層圏・中間圏からエネルギーや運動量が同時に流入し、超高層大気・プラズマのエネルギーバランスや運動、全地球規模の大気大循環やプラズマ対流に大きな影響を及ぼしていると考えられる。IUGONET プロジェクトを通して、参加機関が所有する地上観測設備の統合・ネットワーク化を進めることにより、「地上からの、超高層大気のリモートセンシング」を全球的スケールで実現し、超高層大気における擾乱現象のメカニズムを解明できる。特に、グローバルな温暖化現象が拡大して現れるとされている超高層大気の長期変動メカニズムを解明することで、地球温暖化など気候変動の解析、監視と予測に新たな視点をもたらすと期待される。またメタデータのデータベース作成という新たな取り組みは、地球惑星科学の他の分野にも応用されようとしている。

社会的効果

人類の生存環境は、下は海洋圏・地圏に、上は大気圏・宙空圏に挟まれており、全体として結合した地球システムの一部として成り立っている。上層にある超高層大気は生存環境を宇宙空間から隔絶し、高エネルギー粒子や太陽光の有害成分（X 線、極紫外線など）の進入を防ぐ保護膜として重要な役割を果たしている。さらに、地表付近では非常に小さな環境変動のシグナルが、超高層大気ではより拡大されて現れることが知られており、今後大気下層で顕在化すると予想される変化の予兆を検出できると期待される。IUGONET プロジェクトの活動を通して、超高層大気を連続監視することにより、地球温暖化の監視と予測に貢献する。また、太陽活動に起因する超高層プラズマ環境の短期変動を監視・予報することは、地球周回衛星を利用した社会インフラ（衛星通信・放送、GPS 衛星測位など）の安全確保にも貢献する。さらに、IUGONET の活動を通じて、これまで日本が欧米に大きく後れをとっていたデータ専門家の育成がなされている。

教育効果・国際貢献

IUGONET プロジェクトは、国内での地球環境や宇宙天気・気候の学際研究を促進し、

国際的リーダーシップを維持するうえで重要である。国際共同研究事業である CAWSES、IPY、IHY、eGY など取得される全球的ネットワーク観測データベースを効率的・能率的に活用できる研究インフラを整備することは大きな国際貢献であり、また、これら国際共同研究事業を契機として急速に進展しつつある地球科学データの国際的ネットワーク化へも寄与する。特に、日本は国際共同研究事業において、欧米に比べて地上観測に強く、またアジア・アフリカ地域の観測、熱帯の観測を分担している。さらに、共同利用機関・大学間の連携体制によって国際的研究活動を活発に推進することは、これらの機関に所属する学生のみならず、世界中、特にアジア・アフリカ・オセアニア地域の若手研究者をも強く刺激し、高等教育・研究にも大きく貢献できる。

第2章 平成21～23年度の成果概略

ここでは、IUGONET プロジェクトの前半にあたる、平成21～23年度における成果の概略を述べる。詳細は、平成24年6月発行の中間報告書をご参照いただきたい。

前半年度では参加研究機関および関連の研究者が緊密な研究協力体制を実現するための「超高層大気科学バーチャル情報拠点」(図1.1.1)を形成することが出来た。その基盤となるシステムとして、インターネットを利用し、テレビ会議システムやウェブ会議システムによるリアルタイムの情報交換と、Wikiやメーリングリストによる准リアルタイムの情報交換と記録をする体制を構築した。超高層大気科学バーチャル情報拠点の運営を指揮するディレクターを京大生存研に配置し、参加各機関ではプロジェクトの開発業務に携わる研究員(プロジェクト開発メンバー)や研究支援員を雇用して配置した。なお、開発メンバーによる公式なオンラインミーティングは、平成23年度末までに合計71回開催した。

IUGONETでは、各研究機関に分散する観測データベースを有機的・機能的に連結させる仕組みに、メタデータ(メタ情報)を活用する。メタデータとは、データのためのデータ、もしくはデータを指し示すものである。例えば気温や風速データのように測定されたデータそのものではなく、観測時刻や場所、測器の種類、データの保管場所、データの保存形式、データに関する問い合わせ先、といったデータの特徴を要約する情報である。このメタデータを各機関が所有する観測データや附帯情報から抽出し、データベース化するために、共通のフォーマットを策定した。IUGONETメタデータフォーマットは、SPASE(Space Physics Archive Search and Extract)コンソーシアムによって作成されたデータモデルを基本とし、超高層大気や太陽の地上観測データに対応するため微小な修正を加えた。

IUGONETメタデータを登録し検索を可能にするシステムとして、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で広く利用されているDSpaceを採用した。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いる。なお、IUGONETのメタデータ・データベース初期バージョンを平成24年3月に正式公開した。

IUGONETメタデータ・データベースにより、研究機関に分散する観測データを効率的に検索・取得できるが、分野横断的なデータベースを作成しているため、データ保存形式も複数存在する。そこでIUGONETでは、各参加機関が所有する観測データを統一した

保存形式で再整備する代わりに、共通のデータ解析ソフトウェアを開発し、同一のソフト上でそれぞれの観測データを扱えるようにする方法を選択した。このデータ解析ソフトウェアとして米国の THEMIS 衛星の観測データを扱うために開発された IDL (Interactive Data Language) のライブラリである TDAS (THEMIS Data Analysis Software suite) をベースとすることにした。IDL は超高層大気および太陽研究のコミュニティにおいて比較的よく用いられているため、開発するソフトウェアがデータの利用者に受け入れられやすい。なお、IUGONET のデータ解析ソフトウェアは UDAS (iUgonet Data Analysis Software) と称し、平成 24 年 2 月にバージョン 1.00 を正式にリリースした。

IUGONET は、上述したデータベースやソフトウェアといったインフラがユーザーによって利用され、研究が進展することが重要である。実施機関を通じて利用者を増やすだけでなく、学会等でのアウトリーチ活動とホームページ等による情報発信を開始した。また、参加機関では観測データを複合的に活用したサイエンス研究に取り組んでいるが、そのような研究の現場で利用し、自己評価を行い、問題点の修正や新機能の開発に役立てた。

IUGONET プロジェクトでは、平成 21～23 年度の期間において、7 編の本・論文(査読有り)、8 編のプロシーディング(査読無し)を発表した。学会等における講演は、口頭発表が 83 件、ポスター発表が 24 件にのぼる。

第3章 平成24年度成果報告

1.2 節に、サブグループ・タスクチームについて概略説明した。本章では、それら活動グループにおける成果の詳細を報告する。

3.1 メタデータの作成

3.1.1 メタデータ作成の現状

IUGONET では、観測データ等から抽出した観測データに関する様々な情報（メタ情報）を、平成21年度に策定した IUGONET 共通メタデータフォーマットに従ってメタデータとしてまとめ、メタデータ・データベースへの登録を進めている。この IUGONET 共通メタデータフォーマットは、既に IUGONET ホームページから国内外に向けて公開されている（<http://www.iugonet.org/data/schema>）ほか、宇宙科学情報解析論文誌に出版された堀 他¹⁾によって研究者コミュニティに広く周知されている。

実際のメタデータ作成は平成22年度から本格的に開始され、現在でも各機関でメタデータ作成が行われているが、メタデータ作成が進むのに伴い、メタデータ・データベースへのメタデータ登録数も順調に伸びている。平成22年度以降現在まで、半年ごとに集計したメタデータ登録数の推移を表3.1.1に示す。平成24年3月の時点で約160万件であったものが、そこから約1年間（平成24年度）でメタデータ作成・登録が進み、平成25年3月（表中の H25.3）現在、約792万件にもおよぶメタデータが登録され、メタデータ・データベース上で検索できる状態にある。

このメタデータ登録数増大の要因としては、1) IUGONET 各機関でデータファイルのメタデータの登録が進んだこと、2) 過去数十年に及ぶデータの発掘・データベース化が進みつつあり、それに伴ってメタデータが整備・登録されたこと、さらには 3) IUGONET 以外の関連研究機関からのメタデータ受け入れが進みつつあること、が挙げられる。特に 1) について、表3.1.1から明らかなように、データファイルのメタデータ件数が平成23年度末（H24.2）の約164万件から690万件（H25.3）と急速に伸びている。

また平成24年度では IUGONET 研究機関以外の外部関連機関からのメタデータ受け入れを開始した。平成25年4月現在、メタデータ提供を受けている外部研究機関は、国立

天文台太陽観測所、情報通信研究機構 (NICT)、及び気象庁地磁気観測所の 3 機関である。

表 3.1.1 中で灰色で記載された数字が、外部関連機関からのメタデータ登録数を表しており、平成 24 年度末の時点で約 102 万件に達している。このように、超高層大気長期変動の研究に関連するデータの登録が確実に進んでいる。

今後の展望としては、平成 25 年度も各機関の観測データのメタデータ抽出・収集およびメタデータ・データベースへの登録を継続して行っていく。また既に一部のデータについては対応済みであるが、日々生産される観測データのデータファイルについてのメタデータを自動生成して登録することにより、最新の日時の観測データが即座にメタデータ・データベースで検索できるようにする。また平成 24 年度より本格的に着手した過去 20 年以上に渡って蓄積されている観測データについて、メタデータのメタデータ・データベースへの登録を順次進めていく。さらに IUGONET が進める学際的な超高層大気長期変動の研究に必要となる IUGONET 研究機関以外の観測データについて、昨年度同様にメタデータ・データベースへの登録を促していく。

平成 25 年 4 月の時点で、メタデータ・データベースに登録済みのもの、及び今後登録予定のメタデータは Appendix A 登録メタデータリストにまとめられている。星印(*)がついている観測データについては、メタデータ抽出・収集作業が現在行われているか、もしくは平成 25 年度中に作業に着手する見通しである。



	データセット 他のメタデータ 件数	データファイ ルのメタデータ 件数	全メタデータ 合計
H22.8	260	28,179	28,439
H23.2	1,714	258,646	260,360
H23.8	2,188	514,925	517,113
H24.2	2,261	1,637,273	1,639,534
H24.8	2,326 + 45	3,369,503 + 594,025	3,371,829 + 594,077
H25.3	2,453 + 99	6,900,136 + 1,017,592	6,902,589 + 1,017,691
			合計 7,920,280

黒色: IUGONET機関オリジナルデータのメタデータ
灰色: IUGONET外からの受け入れ分

表 3.1.1: メタデータ・データベースに登録済みメタデータ数の推移

3.1.2 メタデータ登録システムの整備と運用

IUGONET では、メタデータをメタデータ・データベースに登録する際に、作成者からのメタデータを受け付けて変更履歴の管理や簡便なエラーチェックを行い、さらにデータベース登録の処理を行う、メタデータ登録・管理システムを開発した¹⁾。このシステムはいわばメタデータ作成者とメタデータ・データベースとの仲立ち的な機能を受け持ち、改良を施しつつ平成 22 年度より運用されている。

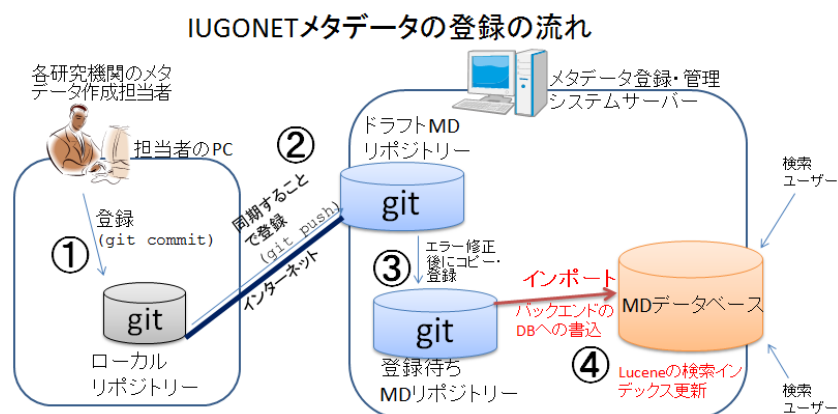


図 3.1.1 IUGONET メタデータ登録・管理システムを通じたメタデータ提出・登録の流れ[堀他²⁾]

このメタデータ登録・管理システムに関して、平成 24 年度ではシステムの中の各部分の詳細な性能評価を行った。これは、上述のようにメタデータ件数がどんどん増加していくのに対してシステムがどこまで安定して機能できるかを確認しておくとともに、メタデータ件数増大によって最も影響を受ける部分をあらかじめ調べておくことで、将来必要になった時にスムーズにシステムの改修を行えるようにするためである。また、実際の運用では各部の処理時間によってメタデータ登録のサイクル等が影響を受けるため、システムとしての処理速度を定量的に見積もっておくことは、システムの運用設計の最適化を行う上で非常に重要である。結果として、メタデータ件数が 1 千万件に達してもシステムとして正常に動作することが確認できた。ただし、メタデータ件数がそれぐらいの数になると、システムとして正常に動くものの処理時間が長くなり、現状のメタデータ・データベースの登録・更新サイクルである 1 日 1 回に処理能力が追いつかなくなるという見込みも得られている。現在、メタデータ・データベースへの登録部分（図 3.1.1 の④の部分の処理）

の処理速度を向上させるための改修を行いつつあり、これにより現状のデータベース登録サイクルが維持できると考えられる。上記の性能試験の詳細な結果は、宇宙科学情報解析論文誌の堀 他²⁾で報告されている。この結果は IUGONET でのシステム運用の最適化に資するだけでなく、広く同様のデータベースシステムを用いている他プロジェクトにとっても非常に有益な基礎データとなると考えられる。

【参考文献 (3.1 節)】

- 1) 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, ISSN 1349-1113, 2012 年 3 月, 105-111.
- 2) 堀智昭, 梅村宜生, 阿部修司, 小山幸伸, 田中良昌, 林寛生, 上野悟, 新堀淳樹, 佐藤由佳, 八木学, IUGONET メタデータ登録・管理システムの処理性能評価, *宇宙科学情報解析論文誌*, 第 2 号. (印刷中)

3.2 メタデータ・データベースシステムの構築

3.2.1 IUGONET メタデータ・データベースシステムの概要と現状

IUGONET のメタデータ・データベースシステムは、学術機関リポジトリとして多く採用の実績がある DSpace を基盤データベースソフトウェアとして用いている。DSpace はオープンソースソフトウェアとして公開されており、様々なカスタマイズを施すことが可能になっている。我々は、この DSpace を超高層物理学の観測データ向けに改良し、IUGONET メタデータ・データベースシステムとして平成 23 年度末に公開した。

今年度に追加したカスタマイズの主な内容について以下に述べる

1. 様々なデータ要素に対応した検索結果表示の改良

IUGONET 共通メタデータフォーマットは様々な要素を持っているが、ある要素が他のメタデータを参照していることが多くある。例えば、数値データのメタデータは、そのデ

ータを観測した機器のメタデータやコンタクトパーソンのメタデータと繋がっている。昨年度までのメタデータ・データベースシステムでは、これらの繋がりをハイパーリンクにより表現していたが、内容を確認するにはクリックして別ページへ移動しなくてはならず、利便性の面で問題があった。今年度のカスタマイズにより、重要な繋がりを持つメタデータは同一ページに並列表示されるようになり、検索結果の実用性をより向上させることに成功した。

SpatialCoverage	
NorthernmostLatitude	43.46
SouthernmostLatitude	43.46
EasternmostLongitude	142.17
WesternmostLongitude	142.17
Unit	degree

Instrument (Related Resource)	
MAGDAS fluxgate magnetometer at AAB	
Resource Type	Instrument
ResourceID	spase://IUGONET/Instrument/ICSWSE/MAGDAS/AAB/fluxgate
ResourceName	MAGDAS fluxgate magnetometer at AAB

図 3.2.1 関係するメタデータ（上：データセット、下：観測機器）の同時表示例

2. メタデータ登録システムのパフォーマンス改善

現在、メタデータ・データベースシステムへのメタデータの登録件数は爆発的に増加している。平成 23 年度末のメタデータ登録総件数は約 160 万件であったが、平成 24 年度末には約 800 万件と 4 倍以上の量となり、メタデータ登録に要する時間が無視できない問題になってきた。我々は本問題を解決するため、既存のメタデータ登録プログラム群の改修を行なった。例えば、これまではプログラム起動時に全ての履歴をチェックしていたが、

これを更新分のみチェックするように改良した。また、不具合があった時にすぐロールバックができるよう、メタデータ登録時に併せてバックアップファイルを作成するようにした。これらの改善により、平成 24 年度中の運用は支障なく行われたが、今後さらに増加するメタデータ量に対応するには不足であると考えられる。そのため、我々は現在メタデータ登録システムの再構築を行っており、今年度はテストサーバでの運用試験開始まで作業を行うことができた。この新しいプログラムは平成 25 年度初旬にリリースされる予定になっている。

3. 外部提供インターフェース OpenSearch の改良

OpenSearch とは、Amazon.com の子会社である A9 によって開発された技術群であり、ウェブサイトと検索エンジンが標準的でアクセス可能な形式で検索結果を発行することができる。OpenSearch 本体は既に実装済みであり、可視化・解析ソフトウェアからのクエリを正常に処理した結果を返すことを平成 23 年度までに確認している。今年度はこれまで OpenSearch の検索要素に入っていなかった緯度経度情報などの追加を行ない、また、IUGONET メタデータ・データベースの OpenSearch クエリ仕様を記載したウェブサイトを公開し、さらに、クエリ URL を自動生成することができるウェブサイトの開発を行った。

Parameters	Relation	Term
query	=	
Granule	=	
NumericalData	=	
DisplayData	=	
Instrument	=	
Observatory	=	
Person	=	
Catalog	=	
Repository	=	
Document	=	
Registry	=	
Service	=	
Annotation	=	
ts	=	
te	=	
tz	=	
nlat	=	
slat	=	
elon	=	
wlon	=	
search_obj	=	

図 3.2.2 OpenSearch クエリを自動生成するフォーム

(<http://search.iugonet.org/iugonet/iugonet/request.html>)

4. 連想検索システムの構築

一般的に、ある利用者が専門分野外の事柄に対してキーワード検索を行なう場合、検索語句の選択に悩むのが普通である。これは、超高層大気関係の多種多様なメタデータを一元に取り扱っている IUGONET メタデータ・データベースにとっても大きな壁となっている。また、IUGONET メタデータ・データベースのキーワード検索は、メタデータに登録された語句を完全一致で検索するため、同様の意味であっても語句が異なる場合は検索されない。このような複雑な検索問題に対処すべく、我々は連想検索への取り組みを行なっている。今年度は、国立情報学研究所で開発された連想検索システム「GETAssoc」を導入し我々のメタデータに適した連想検索用の辞書を登録することで、検索語句そのものがヒットしなくても関連する用語を検索語句候補として表示することができるようになった。平成 25 年度には、既存のシステムとの通信部分を構築しリリースする予定である。

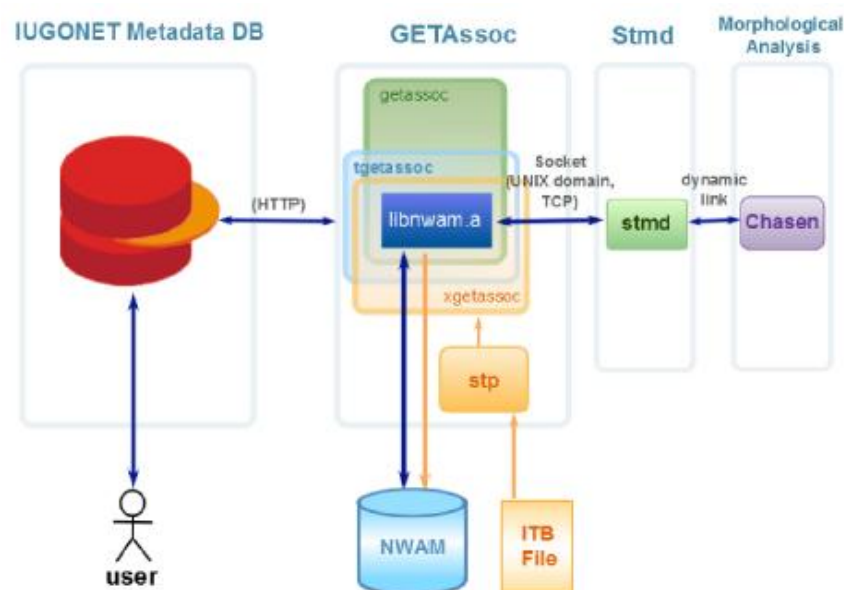


図 3.2.3 IUGONET メタデータ・データベースと連想検索システムの連携図

3.2.2 QuickLook の表示

観測データの可視化は、そのデータを理解するために重要な手段のひとつである。IUGONET メタデータ・データベースでは、観測データの可視化についていくつかの手法を提供している。まず、IUGONET メタデータ・データベースには Display データと呼ばれる予め作成された図のメタデータが登録されており、このメタデータにアクセスするこ

とで利用者は可視化された観測データにたどり着くことができる。また、以前より IUGONET 解析ソフトウェア (UDAS) と連携した観測データの可視化を検討しており、UDAS からの検索クエリを処理して返すことに成功している。加えて今年度は Java を利用した QuickLook の表示を開発した。これは、Java Web Start と呼ばれる Java 製 GUI アプリケーションをウェブサーバなどから自動でダウンロード、インストール、アップデートして、セキュリティ上で安全な場所にて実行可能にする仕組みを利用したものである。数値データが検索された際に、可視化に必要な情報をまとめた Java Web Start 起動ファイルを自動生成する機能を IUGONET メタデータ・データベースに追加した。平成 24 年度は、地磁気嵐の発達の様子を知るのに一般的に利用される Dst 指数について IUGONET メタデータ・データベース上から表示できるようにすることができた。来年度以降、地磁気の 3 成分やスペクトル図の描画、地図の表示など、様々な形式の作図に対応して行く予定である。

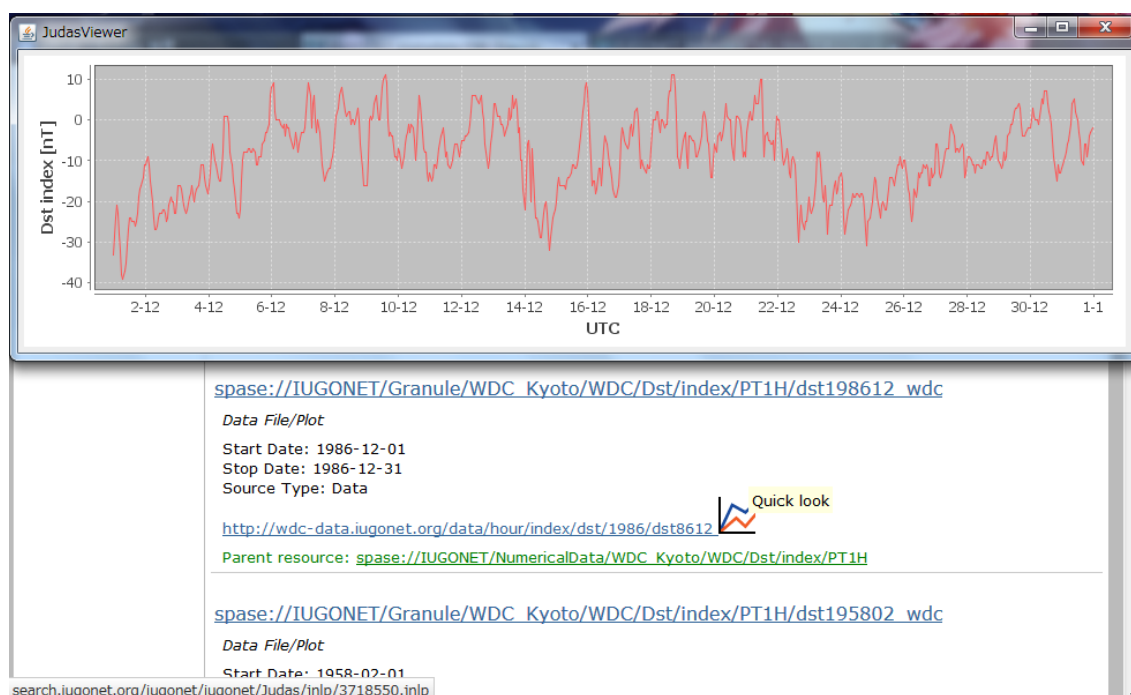


図 3.2.4 IUGONET メタデータ・データベースでの Dst 指数データファイル検索結果と Quicklook 表示

3.2.3 分散化計画と H24 年度におけるシステム増強

上記 2 に記したメタデータの登録件数の増大や、今後予想される参加機関の増加、メタデータ登録数のさらなる上昇は、単一マシンで全ての IUGONET 関連メタデータを取り

扱うシステム運用の限界を示している。そこで我々は、メタデータ・データベースの分散化により、この問題に対応する予定である。検索システムの分散化は大規模システムでは一般的であり、ある検索エンジンでは1クエリに対し数千台のマシンで処理を行なっている。日々増大していくメタデータへの対処のため、IUGONET メタデータ・データベースが分散化を選択するのは理にかなった方向性である。今後は各機関が IUGONET メタデータ・データベースを所持し、各機関のメタデータを登録する。利用者は別途準備されたフロントエンドサーバに検索クエリを発行すると、フロントエンドサーバが各機関のメタデータ・データベースに対し検索クエリを発行し、その結果をまとめて利用者に返すようになる。IUGONET メタデータ・データベースの持つ OpenSearch 機能（上記3）を利用することで、現在のシステムを大きく変更することなく、大幅なパフォーマンスアップが期待される。また、メタデータのハーベスティングなしに複数サーバの検索結果を表示可能にできることは、他プロジェクトとのメタデータ交換が容易になることを意味し、IUGONET メタデータ・データベースが国立国会図書館サーチのような横断検索サーチエンジンのひとつになりうる可能性を示している。今年度はハードウェア増強が予定されていたため、これまでの IUGONET メタデータ・データベースの運用状況を考慮し、将来の分散化を見据えたハードウェアの選定と購入を各機関で行なった。

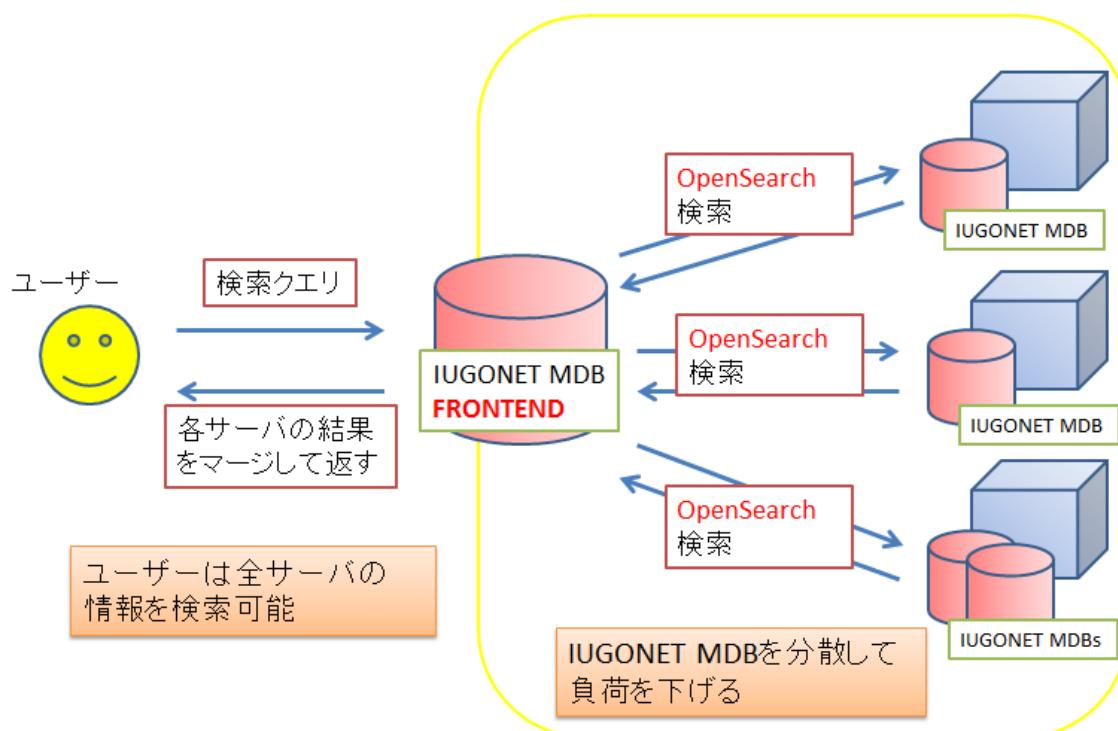


図 3.2.5 分散化 IUGONET メタデータ・データベース概略図

3.2.4 ソースコードの一般公開

IUGONET はプロジェクトの狙いに分野横断的な研究の促進を掲げている。そのため、様々な機関で IUGONET メタデータ・データベースが利用され、横断検索ができるようになることが重要である。これを実現するためには、他の機関が我々のメタデータ・データベースを独自のサーバ上で運用したいという要求に応える必要がある。また、プロジェクト上で作られたソフトウェアはそのプロジェクトの終了と同時に利用されなくなる、あるいはメンテナンスが一切行われなくなる傾向が高く、そのような事態を避けるために広く一般的な環境で我々のソフトウェアを公開しておく必要があると考えている。我々は昨年度までに IUGONET メタデータ・データベースのための環境構築を補助するシステムを開発した。今年度は我々の開発したシステムをインターネットの共有ウェブサービス上で公開することを開始した。具体的には GitHub と呼ばれるソフトウェア開発プロジェクトのためのホスティングサービスを利用している。GitHub を利用することで、我々のサーバ運用コストが軽減され、また、IUGONET 機関以外の人々が我々の作ったソフトウェアを自由に利用し、改良を行なうことができるようになった。IUGONET メタデータ・データベースは情報通信研究機構のイメージャや中波レーダーのメタデータ管理システムとしても導入されており、これらのメタデータ及びデータが IUGONET メタデータ・データベースから検索・取得可能になっている。その他、福島県の放射線量データを管理するためのシステムの雛形としての導入も検討されており、今後も分野横断的な利用が促進されると期待できる。

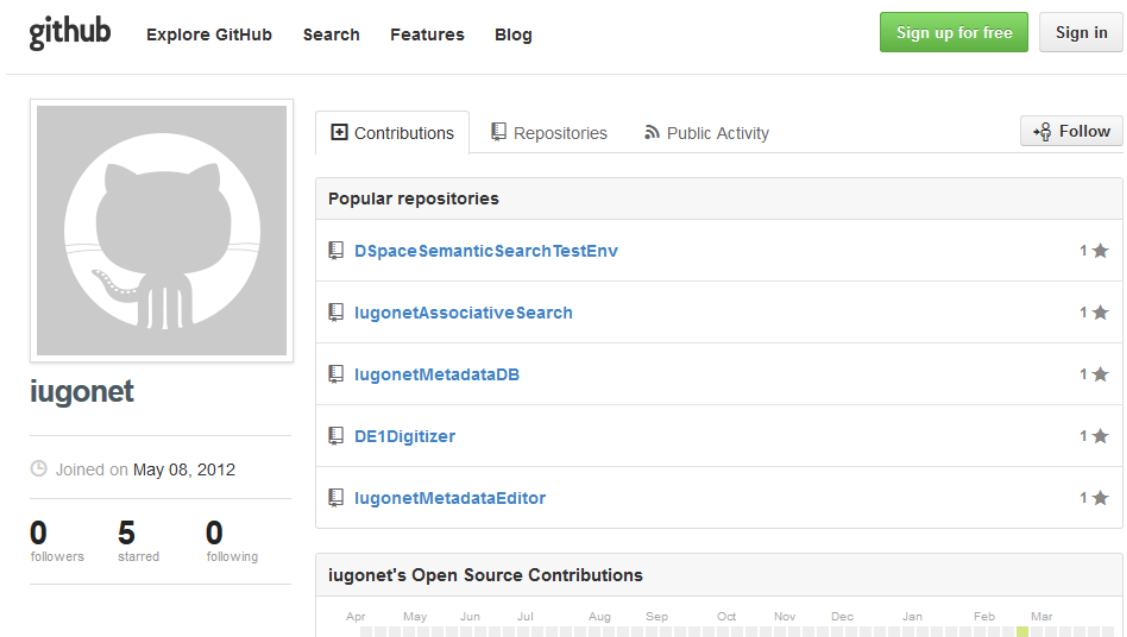


図 3.2.6 Github による IUGONET ソフトウェアの開発 (<https://github.com/iugonet/>)

3.2.5 IUGONET メタデータ・データベースの利用状況

IUGONET メタデータ・データベースは IUGONET 機関やコミュニティからどのように利用されているのかを調べるため、IUGONET メタデータ・データベースに保存されたログの解析をおこなった。まず、メタデータ登録機関の状況について調査した。図 3.2.7 は、IUGONET の中間報告会及び年度末報告会が行われる半期ごとのメタデータ登録件数の推移を示した棒グラフである。このグラフから分かるとおり、メタデータ作成・登録は順調に進んでおり、登録数は指数関数的に増大している（現在約 800 万件）。また、IUGONET 所属機関のみならず、外部機関（情報通信研究機構, 国立天文台他）のメタデータ登録も増加しており、分野横断的研究の促進も期待できる。

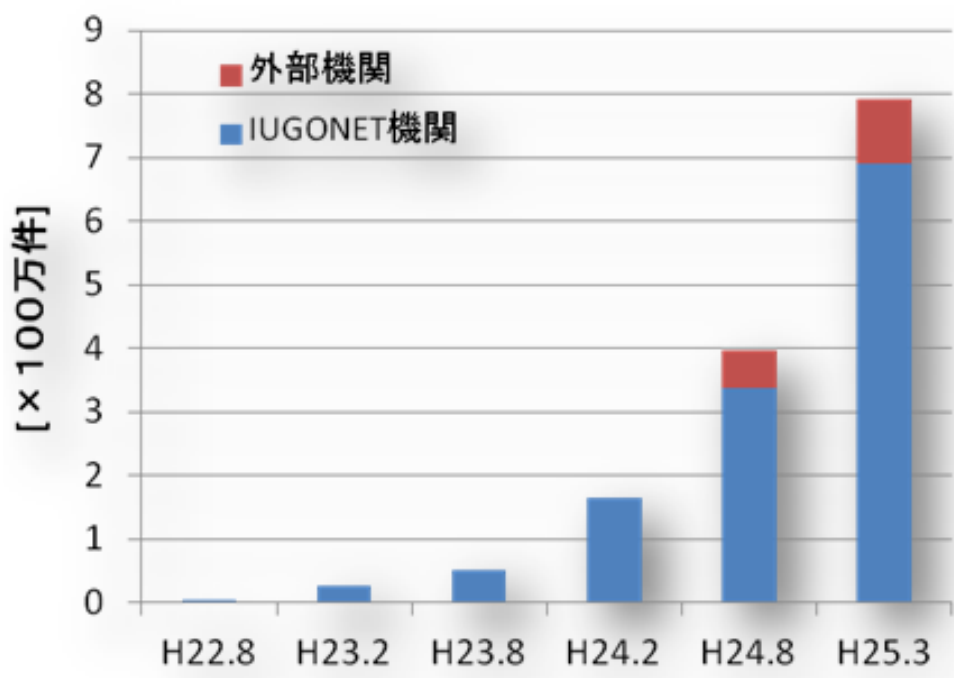


図 3.2.7 半期ごとのメタデータ登録件数の推移

次に、メタデータ・データベース検索システムの利用状況について調査した。図 3.2.8 は、月ごとのユニークユーザー数を示している。このグラフでは、1 ヶ月に何回接続しても、同一ユーザーであると判定すれば、1 とカウントしている。グラフから読み取れるように、ユニークユーザー数は右肩上がり増加の傾向にある。IUGONET メタデータ・データベースに登録されている超高層大気関連データを利用する研究者の多くが所属していると考えられる地球電磁気・地球惑星圏学会の会員数は約 700 名であり、1000 人を超えるユニークユーザー数があることは、IUGONET がコミュニティに浸透してきていると理解することができる。表 3.2.1 は IUGONET メタデータ・データベースで検索されたキーワードの例を示したものである。超高層物理分野のワードが多数を占めている一方で、隣接分野や他分野のワードも入力されており、様々な分野のユーザーから利用されていることがわかる。図 3.2.9 は IUGONET メタデータ・データベースへのアクセス IP アドレスを逆引きし、アクセス元ホストのドメイン名から国別に統計したものである。国名については上位 10 国のみ明記している。8 割以上が日本からのアクセスを示すが、アメリカ合衆国やヨーロッパ諸国からのアクセスも多数あり、IUGONET メタデータ・データベースが国際的に利用されていることが分かる。さらに、アクセス上位国となっているオーストラリアやインドネシアでは、開発員が個別に IUGONET プロダクトの紹介をおこなったこと

があり、アウトリーチ活動の成果が IUGONET メタデータ・データベースへのアクセス履歴として数値化されたものであると理解できる。また、IUGONET では、超高層大気データに関する e-インフラを構築するプロジェクトである ESPAS（EU 各国の機関が参加）との連携を進めており、今後さらなる国際的利用が促進されると期待できる。

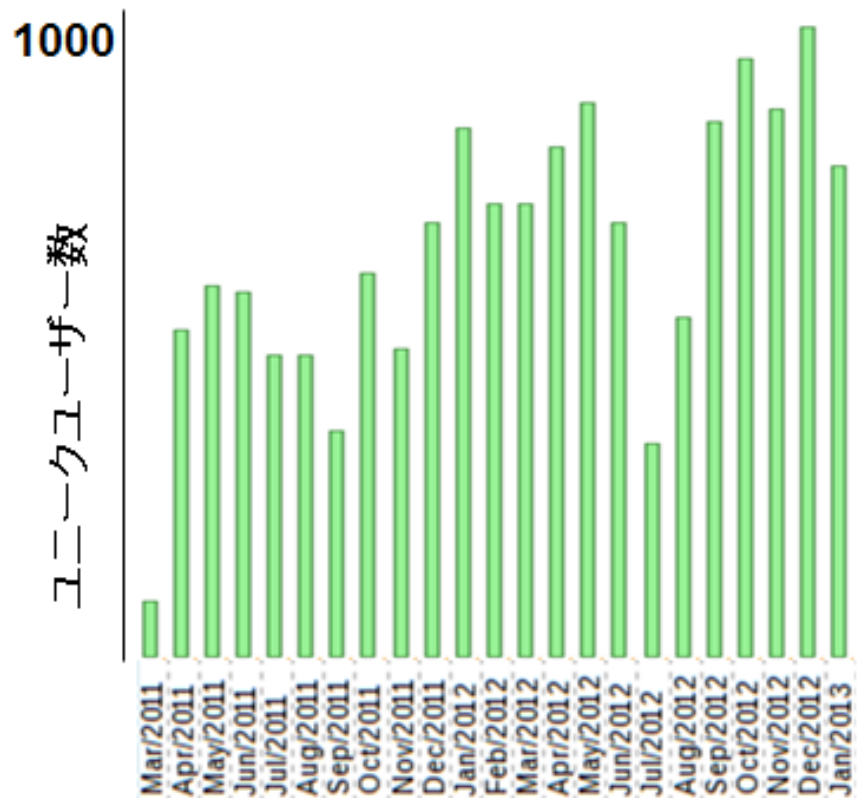


図 3.2.8 月ごとのユニークユーザー数の推移

表 3.2.1 IUGONET メタデータ・データベースで検索されるワードの例

超高層物理分野の例	DST, MAGDAS, magnetometer, SUPERDARN, MU, EISCAT, MF Radar, smart, <u>magnetogram</u> 等
超高層物理分野以外の例	Jupiter, CO2, O3, rain, Sun Prominence, <u>dellinger</u> , <u>adelie</u> , ocean, Ca K, GOES, 1984/dst8411 等

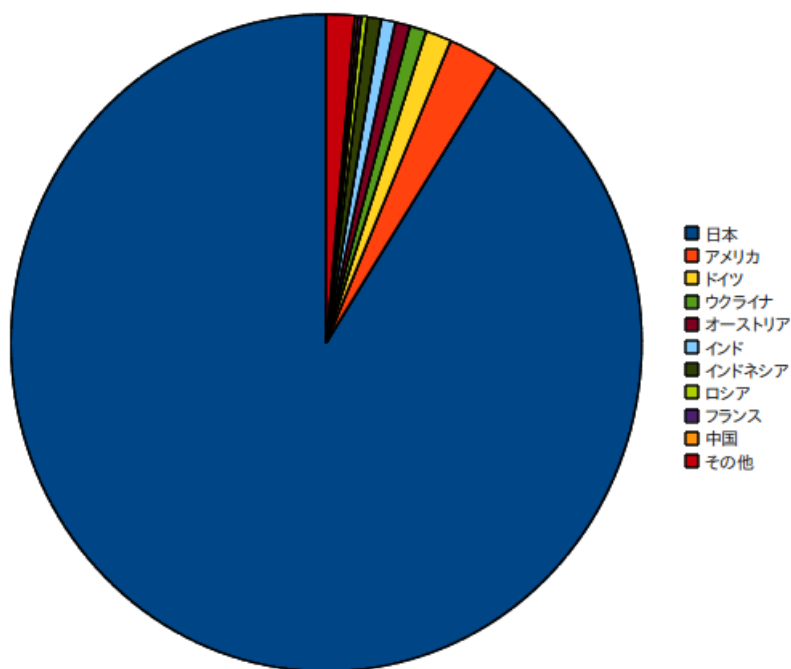


図 3.2.9 IUGONET メタデータ・データベースアクセスの国別統計

3.3 データ解析ソフトウェアの開発

3.3.1 TDAS/UDAS の概要と現状

IUGONET プロジェクトでは、IUGONET に所属する機関が公開しているデータを描画・解析するためのソフトウェア UDAS (iUgonet Data Analysis Software) を開発している[田中他]^{1), 2)}。UDAS は、IDL (Interactive Data Language) という科学技術計算用プログラミング言語で書かれており、THEMIS ミッション[Angelopoulos]³⁾で得られた衛星・地上観測データを描画・解析するための IDL ライブラリ TDAS (THEMIS Data Analysis Software suite) のプラグインソフトである。すなわち、予め IDL がインストールされたユーザーのコンピュータに、TDAS と UDAS の両方をインストールすることにより、IUGONET 関連データを描画・解析することができる。

TDAS ライブラリを利用する主な利点として、以下のことが挙げられる。(1) オープンソースのライブラリであり、自由にプログラムを書き換えることができる。(2) 遠隔地で分散管理されているデータファイルを、個々の所在情報を意識することなく、インターネ

ット越しにダウンロードできる。(3) 複数データを並べて表示する可視化ルーチンや、フィルター、フーリエ変換、ウェーブレット変換等の解析ルーチンが多数用意されている。

表 3.3.1 UDAS v2.01.1 に含まれているロードプログラム

(*)印は、ERG ミッション関連データのロードプログラム(erg_load_xxx)のエイリアス

観測データ	プログラム名
太陽磁場活動望遠鏡 (SMART) データ	iug_load_smart
飯館電波望遠鏡データ	iug_load_iprt
HF 帯太陽・木星電波広帯域スペクトルデータ	iug_load_hf_tohokuu
自動気象観測装置データ	iug_load_aws_rish
境界層レーダーデータ	iug_load_blr_rish
L バンド下部対流圏レーダーデータ	iug_load_ltr_rish
赤道大気レーダーデータ	iug_load_ear
MU レーダーデータ	iug_load_mu
流星レーダーデータ	iug_load_meteor_rish
MF レーダーデータ	iug_load_mf_rish
ウィンドプロファイラデータ	iug_load_wpr_rish
イオノゾンデデータ	iug_load_ionosonde_rish
ラジオゾンデデータ	iug_load_radiosonde_rish
SuperDARN レーダーデータ(*)	iug_load_sdfit
EISCAT レーダーデータ	iug_load_eiscat
イメージングリオメータデータ	iug_load_irio_nipr
LF 帯標準電波観測データ	iug_load_lfrto
地磁気指数、WDC 地磁気データ	iug_load_gmag_wdc
昭和基地、アイスランド地磁気データ(*)	iug_load_gmag_nipr
210°地磁気観測網データ(*)	iug_load_gmag_mm210
MAGDAS 地磁気観測網データ	iug_load_gmag_serc
STEL 誘導磁力計観測網データ(*)	iug_load_gmag_stel_induction
昭和基地、アイスランド誘導磁力計データ	iug_load_gmag_nipr_induction

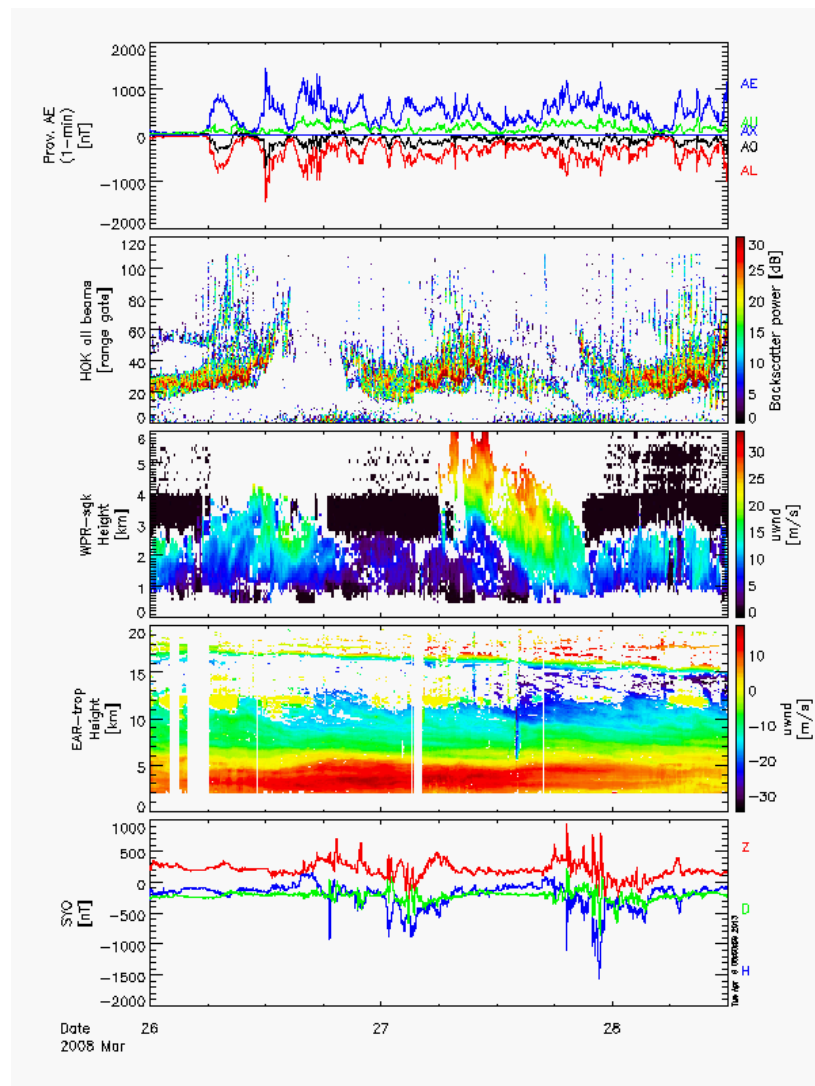


図 3.3.1 IUGONET データ解析ソフトウェア (UDAS) で作成した IUGONET 関連データの並列プロットの例。上から、2008 年 5 月 26~28 日のオーロラ活動指数、北海道電離層レーダーデータ、信楽ウィンドプロファイラデータ、赤道大気レーダーデータ、南極昭和基地地磁気データ。

(4) GUI (Graphical User Interface) が用意されており、初心者でも比較的簡単に利用できる。(5) 日本国内の衛星ミッションである ERG (Energization and Radiation in Geospace) ミッション[Miyoshi et al.]⁴⁾のデータ解析ツールとして正式に採用されており、ERG サイエンスセンター (ERG-SC) と協力してソフトウェア開発をすることができる。

平成 23 年 5 月に UDAS の β バージョンを IUGONET ウェブサイト (URL: <http://www.iugonet.org/software/install.html>) から公開し、数度のバージョンアップを経た後、平成 24 年 2 月に正式バージョン (UDAS v1.00.1) を公開した。表 3.3.1 に平成 25

年 4 月 19 日現在における最新バージョン (UDAS v2.01.1。TDAS v7.01 に対応) に含まれている 23 種類のデータのロードプログラムを、図 3.3.1 に UDAS を使って複数の IUGONET 関連データを並べてプロットした例をそれぞれ示す。TDAS/UDAS では、日時指定 (timespan)、データロード (iug_load_xxx; ここで xxx はデータ種を示す)、プロット (tplot) の 3 種類のコマンドだけで、このようなプロットを比較的簡単に作成できることが大きな特徴となっている。

以下では、平成 24 年度に主に実行された、1) 2 次元データの取り込み、2) メタデータ・データベースとの連携ツールの開発について述べる。

1) 2 次元データの取り込み

IUGONET 所属機関が所有するデータの中には、太陽画像やオーロラ画像、レーダーデータ、イオノグラム等、2 次元データが数多く存在し、これらを UDAS でロード、プロッ

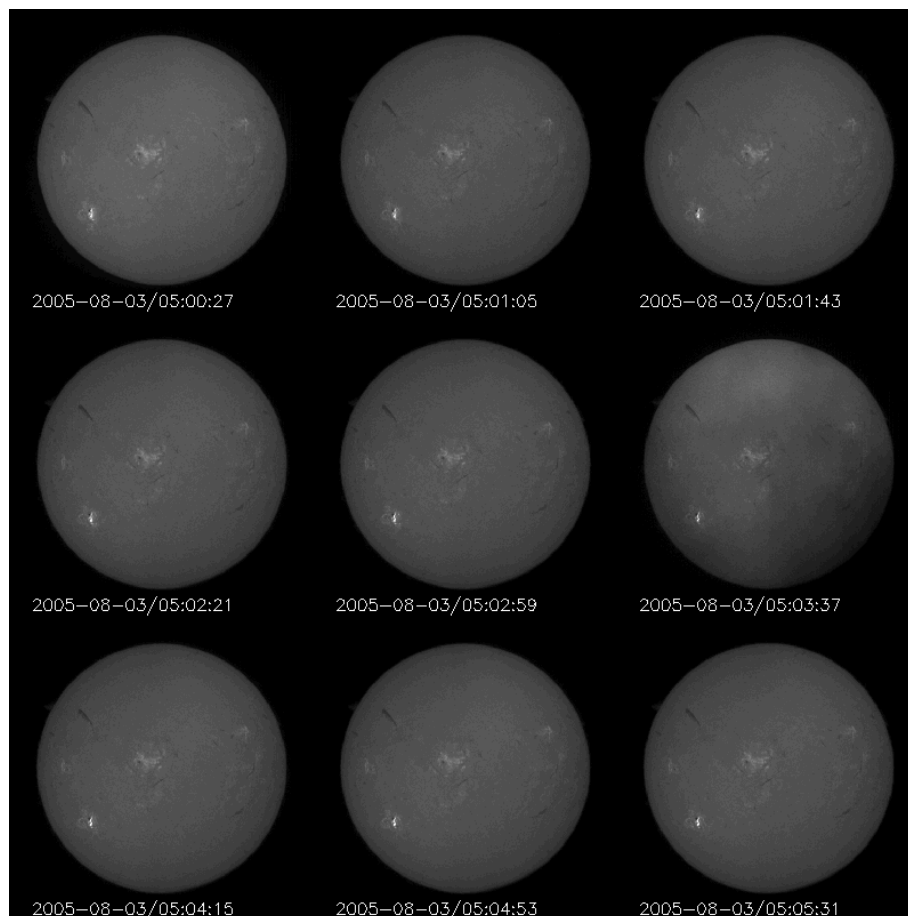


図 3.3.2 UDAS でプロットされた 2005 年 8 月 3 日に太陽磁場活動望遠鏡で撮影された太陽全面画像。

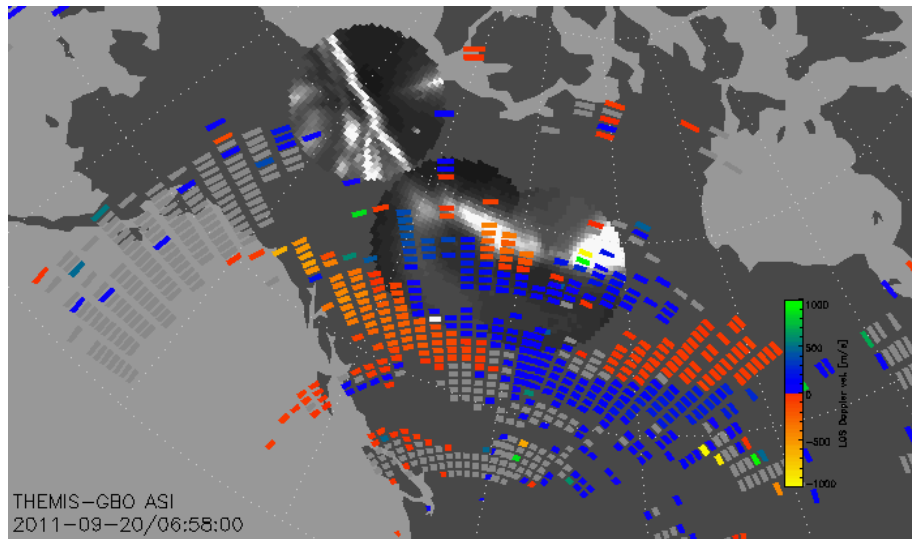


図 3.3.3 2011 年 9 月 20 日に電離層レーダー（SuperDARN レーダー）と全天イメージャで取得された電離圏プラズマ速度とオーロラ画像の重ね描きの例。このように、UDAS では、地図上に多種多様な 2 次元データを描画することを目指している。

トしたいという強い要求があった。しかし、平成 24 年 2 月の v1.00.1 リリースの時点では、IUGONET 所属機関が持つ 2 次元データのうち UDAS で扱えるものは、一部のレーダーデータのみであった。そこで、平成 24 年度には、これら 2 次元画像データの整備、及び、UDAS へのロードプログラムの開発を進め、太陽磁場活動望遠鏡（SMART）データ、イオノゾンデデータ、イメージングリオメータデータが新たに追加された。図 3.3.2、3.3.3 に、2 次元データのプロットの例として、太陽磁場活動望遠鏡（SMART）で撮影された太陽画像と、SuperDARN レーダー及び全天イメージャデータを示す。今後、オーロラ、大気光等の画像データをさらに追加する予定である。

2) メタデータ・データベースとの連携ツールの開発

3.2 節でも述べたように、IUGONET で開発しているメタデータ・データベースには、OpenSearch が実装されている。これを利用することにより、解析ソフトウェアからメタデータ・データベースにクエリーを投げ、検索結果を XML ファイルで取得することができる。UDAS では、メタデータ・データベースにアクセスして Granule タイプのメタデータからデータファイルの所在情報を動的に取得する機能を、一部のデータロードプログ

ラムに実装している。また、Observatory タイプのメタデータから観測点の緯度、経度情報を取得し、地図上にプロットするルーチンも実装した。

このような UDAS とメタデータ・データベースとの連携は、UDAS のメンテナンスの負担軽減という点からも極めて有効である。上記のようにロードプログラムに必要な情報をメタデータ・データベースから取得することで、メンテナンス作業はメタデータの更新のみに抑えられ、UDAS のプログラム変更の手間を最小限にすることができる。また、様々なデータのロードプログラムをある程度統一した形式で記述することができるというメリットもある。

3.3.2 海外との協力・今後の展開

既に述べたように、UDAS は TDAS のプラグインソフトである。TDAS は、様々な衛星データ (THEMIS、ACE、GOES 等) や地上観測データ (地磁気、イメージャ等) を描画・解析することができ、太陽地球物理分野の標準解析ツールの候補として期待されている。一方、これら TDAS で扱える地上観測データのうち、平成 25 年 4 月 19 日現在、IUGONET に関連するものが全体の約 70% を占めており、IUGONET は TDAS の発展に多大な貢献をしている。そこで、我々は、TDAS 開発元である THEMIS サイエンスサポートチームと年に数回程度、ミーティングを開き意見交換、情報共有を行っている。そのミーティングでの議論により、1) UDAS と TDAS の統合、並びに、2) IDL-Virtual Machine (以下、IDL-VM) 環境で走る実行ファイルの開発と公開、の 2 つが進められている。また、将来的に期待されるシミュレーションデータの UDAS へ追加のテストケースとして、3) 大気大循環モデルシミュレーションの 3 次元データの UDAS への取り込みについて検討した。以下では、これらについて述べる。

1) UDAS と TDAS の統合

現在の解析ソフトウェアで IUGONET のデータを解析するためには、TDAS と UDAS の両方をインストールする必要がある。しかし、近日公開予定の TDAS v8.0 からは、UDAS を TDAS の標準機能として組み込み UCB (University of California, Berkeley) の THEMIS ソフトウェアウェブサイトから公開することが決まっており、現在その準備が進められている。これにより、TDAS をインストールするだけで IUGONET 関連データを

扱えるようになり、UDAS をインストールする手間を減らすことができる。また、既に TDAS を利用しているユーザーが IUGONET プロジェクト関連データを容易に使用できるようになり、データ利用促進に繋がるというメリットもある。

TDAS v8.0 には、UDAS v2.00.1 で公開された 14 種類のデータのロードプログラムが含まれる。UDAS のプログラム群は、TDAS のディレクトリ構造の最上位にある **themis**、**erg** 等のミッションのディレクトリと並列に **iugonet** というディレクトリ名で配置される。また、TDAS v8.0 に含まれてない最新の UDAS は、これまで通り IUGONET ウェブサイトから公開する予定である。

TDAS v8.0 では、GUI で IUGONET プロジェクトに関連するデータをロードする際にデータポリシーをポップアップウィンドウで表示する機能を新たに追加する。これは、GUI にはコンソール画面が無くデータポリシーが表示できないという理由から追加した機能であり、表示されたデータポリシーに対して OK あるいは Cancel を選択し、OK を選択した場合のみデータがロードされる。また、OK をクリックしたという情報は IDL 環境変数として保存され、一度 OK をクリックした後は IDL を終了するまで同種のデータについてデータポリシーは表示しない仕組みになっている。

2) IDL Virtual Machine 環境で走る実行ファイルの開発と公開

IDL は有料のソフトウェアであり、IDL ライセンスを持たない研究者は、TDAS/UDAS を使用することはできない。このような IDL ライセンスを持たないユーザーにも TDAS/UDAS を利用してもらうため、THEMIS サイエンスサポートチームと協力しながら IDL Virtual Machine (IDL-VM) 環境で走る TDAS の開発を行った。IDL-VM とは、Exelis Visual Information Solutions により無償提供される IDL の実行環境であり、IDL でコンパイルしてできた実行ファイルをライセンス無しで走らせることができる。IDL-VM 環境では、プログラムを修正・コンパイルすることはできないが、GUI で行う決まった命令を実行することができる。既に述べたように TDAS には高機能の GUI が用意されており、GUI 上でフィルターやフーリエ変換、ウェーブレット変換等の解析ツールが利用できる。また、Mini Language と呼ばれるスクリプトを GUI から実行可能であり、GUI でも複数のデータ変数に対して簡単な算術計算を行うことができる。

開発された実行ファイルは、一通りの動作確認の後、6 バージョンとして UCB の FTP サイト (ftp://apollo.ssl.berkeley.edu/pub/THEMIS/SCI/Soft/TDAS%20VM/idlvm_tdas_

7_00_b1.zip) でテスト公開された。UDAS のプログラムを含んだ TDAS v8.0 が公開された後には、TDAS v8.0 についても実行ファイルを作成し、THEMIS ソフトウェアウェブサイト (<http://themis.ssl.berkeley.edu/software.shtml>) からダウンロードできるようにする予定である。

3) 3次元シミュレーションデータの取り込み

IUGONET では、将来的に、観測データだけではなく、シミュレーションデータも取り扱えるように検討が行われている。そこで、シミュレーションデータ取り込みのテストケースとして、九州大学の気象大循環モデル (General Circulation Model: GCM) シミュレーション 3 次元データの UDAS への追加を試みた。このシミュレーションデータは、グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス (GRENE) 事業・北極気候変動分野との連携により、計算されたものである。GCM シミュレーション 3 次元データを自己記述型フォーマットである CDF (Common Data Format) に変換し、UDAS にロード、プロット

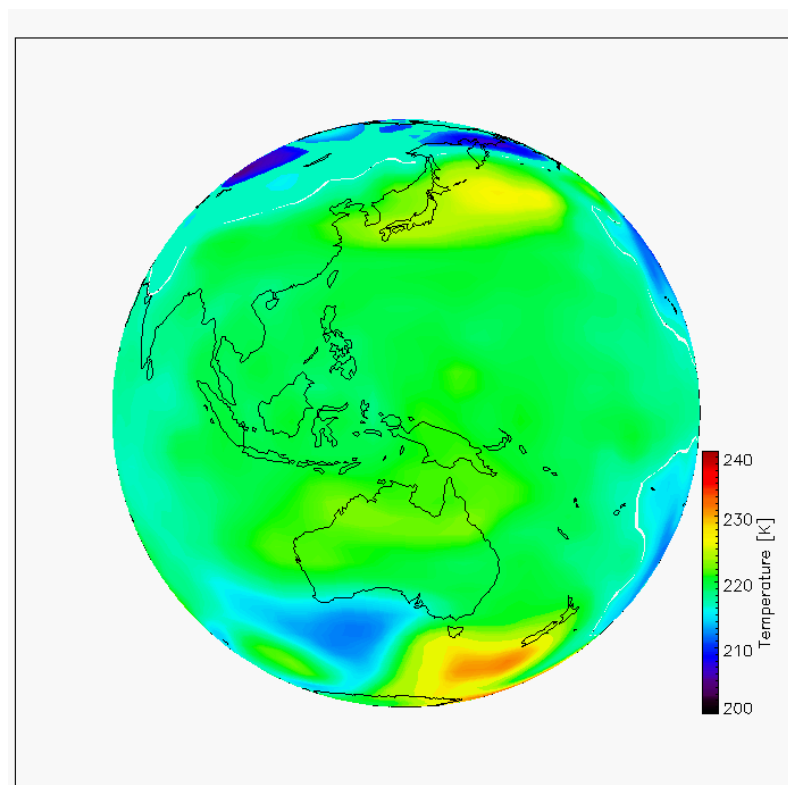


図 3.3.4 九州大学の気象大循環モデルによって計算された
2009 年 1 月 1 日 200hPa 高度における大気の温度分布。UDAS により作成。

するプログラムを作成した。図 3.3.4 に、UDAS により、2009 年 1 月 1 日 200hPa 高度における大気の温度分布を地球上にプロットした例を示す。このように、UDAS を使うことによって、将来的にシミュレーション結果と地上観測データを容易に比較可能となることが期待される。

【参考文献（3.3 節）】

- 1) 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, 小川泰信, “IUGONET 解析ソフトウェアの開発”, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 91-98, 2012.
- 2) 田中良昌, 新堀淳樹, 梅村宜生, 堀智昭, 阿部修司, 小山幸伸, 林寛生, 上野悟, 佐藤由佳, 谷田貝亜紀代, 小川泰信, 三好由純, 関華奈子, 宮下 幸長, 瀬川朋紀, "IUGONET 解析 ソフトウェアの現状と今後の発展", 宇宙科学情報解析論文誌, JAXA-RR-12-006 (ISSN 1349-1113), 印刷中.
- 3) Angelopoulos, V., “The THEMIS mission”, Space Sci. Rev., Vol.141, pp.5-34, doi:10.1007/s11214-008- 9336-1, 2008.
- 4) Miyoshi, Y., K. Seki, K. Shiokawa, T. Ono, Y. Kasaba, A. Kumamoto, M. Hirahara, T. Takashima, K. Asamura, A. Matsuoka, T. Nagatsuma and ERG Working Group, “Geospace Exploration Mission: ERG Project, Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence”, Aerospace Technology Japan, Vol.8, pp.Tm_1-Tm_6, 2010.

3.4 アウトリーチ活動

IUGONET プロジェクトでは、学際的研究推進のための研究インフラ構築を目的としてプロダクトの開発・整備を進めており、太陽地球科学コミュニティを含めた多様な分野の研究者にプロダクトを周知して実際に研究に活用してもらうことが必須である。このため、プロジェクト発足時からプロダクト開発の進展に合わせて、主に研究者向けのアウトリーチ活動を展開してきた。周知すべき対象が広範であるため、従来型の広報手段（ウェブ、学会におけるブース展示、パンフレット、講習会の開催など）に加えて、新たな広報手段

としてソーシャルネットワークサービスをプロジェクト中盤から導入し、平成 24 年度にはニュースレターの発行も開始した。

本節では、これらのアウトリーチ活動の概要とともに平成 24 年度の進捗に焦点を当て、最後に今後の展望について述べる。

3.4.1 ウェブによる広報

IUGONET プロジェクトの Web ページは、平成 21 年 9 月に公開し、メタデータ・データベースと解析ソフトウェアの正式リリースに合わせて平成 24 年 3 月に大幅リニューアルを行っている。平成 24 年度は、各コンテンツの情報の更新を行いながら継続運用を行うことに加えて、運用コストの低減を目的として、Google ドライブを活用した自動更新の手法を一部コンテンツに導入した。さらに、メタデータ・データベースの活用促進を図るため、メタデータ登録の進捗一覧表を新たに掲載し、観測データ（登録済み／予定も含む）の概要やメタデータ登録状況が把握しやすいように配慮した。

3.4.2 パンフレット／ニュースレターの発行

IUGONET では、初年度にプロジェクトのパンフレットを発行し、プロジェクトの進展に合わせて年度毎に改訂を行っている。特に平成 25 年 2 月には、プロジェクトの概要や開発プロダクトの特徴や利点が非専門家にも把握しやすいように、内容面・視覚面での大幅な改訂を行った。

また、平成 25 年 1 月にはプロジェクト発足から 4 年弱を迎え、より早く、広くプロジェクトの進展を伝えるために、ニュースレターを創刊した。A4 判 4 ページの冊子版で、1・4・7・10 月の年 4 回の発行を予定しており、創刊号と第 2 号は平成 25 年 1 月と 4 月に発行した。記事には、プロジェクトの進捗に加えて、開発プロダクト活用のためのヒントや登録観測データの紹介、関係者へのインタビュー記事など、IUGONET ユーザーのみならず潜在的ユーザーにも有益な情報を盛り込み、非専門家にも読みやすいような配慮を加えている。

なお、パンフレットとニュースレターは、印刷物として関係者や研究会参加者等に配布した他、PDF 形式の電子版としてプロジェクト Web ページからの配布も行っている。

3.4.3 データ解析講習会の開催

IUGONET では、開発プロダクトの利用促進とその定着を図るために、その活用方法に関する講習会を定期的に行っている（平成 21～23 年度には計 3 回実施）。平成 24 年度には IUGONET 中間・年度末報告会の開催に合わせて 8 月（極地研、図 3.4.1a）と 2 月（京大生存研）においてデータ解析講習会を実施した。プログラムは基礎編・応用編の 2 部構成とし、特に 2 月の講習会では、初めて参加しても講習内容に関して十分理解して習



図 3.4.1 (a)国立極地研究所で平成 24 年 8 月に開催したデータ解析講習会と(b)インドネシア国立航空宇宙研究所で平成 24 年 8 月に開催したミニワークショップの様子

得できるように、基礎編（TDAS/UDAS のインストール、基本的な使い方）を充実させたプログラム構成にした。各講習会の参加人数は開発メンバーを除いてそれぞれ 17 名と 19 名であり、講習会としては比較的規模が大きい。IUGONET 開発メンバーが講師・個別サポート役を務め、参加者個々のペースに合わせて進行するように配慮した。また、ユーザーの生の声からニーズやプロダクトの改良点を把握し、プロダクト開発へのフィードバックを得る貴重な機会ともなった。

さらに平成 24 年度は、こうしたフォーマルな講習会に加えて、潜在的なユーザーである大学院生や若手研究者が多数集まる機会をとらえて、小規模な講習会の企画も開始した。

多くの学部生・大学院生が在籍する東北大では、内部学生向けに IUGONET 解析ソフトの利用法に関する個別のミニワークショップを 2 回開催した（それぞれ 13、7 名の学生が参加）。また、主に地球電磁気・惑星圏学会に所属する大学等の学部生・大学院生 62 名が参加した宇宙地球惑星科学若手会夏の学校 2012 において、IUGONET 成果物の紹介やパンフレットの配布を行った。

一方、平成 24 年度は IUGONET 成果物の利活用を国際的に展開するために、各機関・大学がデータ取得に協力をいただいている海外の機関に向けたデータ解析システムの紹介とその利用法に関するミニワークショップも数回にわたって開催した。具体的には、8 月にインドネシア・バンドンにて開催された国際会議「The 208th Symposium on Sustainable Humanosphere, Humanosphere Science School 2012」の中で、現地の若手研究者を対象として実施した。インドネシア側の参加者は 37 名に上り、今後の IUGONET 成果物の開発方針やデータ公開状況に関する議論を交わした(図 3.4.1b)。さらに、オンライン会議システム（通常、開発者ミーティングで使用）を活用して、この続編となる講習会を 1 月と 2 月に 2 回開催した。IUGONET 参加機関が提供している多様な観測データの取得から簡単な可視化までの流れを重点的に解説した後、実際に参加者にデータ取得の実習をして頂いた。それぞれのオンライン講習会の参加人数は、10 名と 18 名であった。これ以外にオーストラリア・グラーツで開催された国連データ解析シンポジウム 2012、並びにインドネシア・チアンジュールで開催された ISWI MAGDAS School 2012 において IUGONET 成果物の紹介を行った。

3.4.4 学会におけるブース展示

7,000 名以上の個人会員と地球惑星科学関連 48 学協会を団体会員とする日本地球惑星科学連合の連合大会において、初年度から継続してブース出展を行っている（図 3.4.2）。平成 24 年度もそれまでと同様に、ポスター展示に加えてメタデータ・データベースと解析ソフトウェアの実演展示を行い、来場者にこれらのプロダクトに実際に触れてもらう機会を設けた。来場者は研究者のみならず、大学院生・学部生・高校生にも及び、プロジェクトの周知とプロダクトのユーザー獲得において一定の効果を得ている。



図 3.4.2 日本地球惑星科学連合 2011 年大会におけるブース展示の様子

3.4.5 ソーシャルネットワークを用いた広報

IUGONET のアウトリーチ活動において、その広報対象の広範さから、ソーシャルネットワークサービス（SNS）を用いた新たな広報手段も採用している。平成 24 年度は、それまで利用してきた以下の SNS の活用を継続した。

- Twitter： 進捗情報、登録メタデータの紹介などのつぶやき
- YouTube： 開発プロダクトのチュートリアル動画の公開
- UStream： 主催する研究集会や講習会のリアルタイム配信
- Facebook： Twitter との連携（ニュースフィードへの自動投稿）

3.4.6 今後の展開

開発プロダクトの正式リリースから 1 年が経過し、今後は、開発プロダクトの研究コミュニティにおける定着、より広い分野への普及、そして国際展開も念頭においてアウトリーチ活動の強化を図っていく予定である。このため、上述のアウトリーチコンテンツの改良を随時行うとともに、より広範な分野の研究者や学生が実際に開発プロダクトに触れてその有用性を実感できるような場を、あらゆる機会をとらえて提供していきたい。特に国際展開については、平成 24 年度から引き続き、観測データの取得に協力している海外の機関を中心にオンライン形式の解析講習会を数回行うことを計画している。さらに、以下

に挙げる項目などの実施を進め、一層の広報・普及活動の強化を図っていく予定である。

- 出前講義形式の講習会の実施（外部からのリクエストも広く募る）
- 国内外の遠隔地へのオンライン講習会の実施強化
- メーリングリストの運用
- 開発プロダクトのユーザー同士のウェブ上での情報交換の場の提供

3.5 研究展開（教育効果・国際展開）

これまで述べてきた通り、IUGONET で開発してきたデータ解析システム（メタデータ・データベース検索システムと解析ソフトウェア）は、太陽地球系結合科学をはじめとした学際型研究を推進する研究者や大学院生・学部生によって利用され、この分野の学術研究の発展に寄与してはじめて意味をなすものである。そのためにはまず、我々がこれらのインフラを用いた研究例とその成果を学術論文や学会発表で示すことによって、学際型研究に対する IUGONET データ解析システムの有効性、利便性を多くの研究者や大学院生・学部生に知ってもらうことが重要である。

このような背景にあって、平成 23 年度に新たにサイエンスタスクチームが IUGONET プロジェクト内で組み込まれた。このタスクチームにおける具体的な活動内容は以下の通りである。

- IUGONET 参加機関の太陽地球観測データとデータ解析システムを活用した超高層大気長期変動の研究を促進することによって、そのような研究を遂行する上で、必要となるデータ流通機能や新しい解析ツールの開発を提案
- IUGONET インフラの利用促進と太陽地球科学コミュニティへの定着を目指すことを目的としたデータ解析講習会で用いる超高層大気現象と観測データセットを選定
- 得られた太陽地球科学における研究成果を IUGONET ニュースレターやウェブ上で公表
- IUGONET パンフレットにおいてサイエンス記事の内容吟味

このような広報活動によって IUGONET データ解析システムがどの程度太陽地球科学コミュニティに定着したかを把握する上で、特に、IUGONET 参加機関以外の研究機関・大学における研究・教育活動に利用されているかが重要な位置を占める。このような観点から、本節ではまず、IUGONET 参加機関における代表的な研究成果、及びそれに関連した教育効果について述べた後に、それ以外の研究機関で実施された主要な研究について触れる。最後に、IUGONET データ解析システムの機能追加する上で行われた情報学的な研究とその分野での国際展開を述べる。

3.5.1 参加機関における研究内容、及び教育効果

平成 21-23 年度の中間成果報告書（3.5 節）で述べられているように、IUGONET 参加機関・大学（極地研、京大、名大、九大、東北大）において IUGONET プロジェクトで整備・拡充された超高層大気観測データとそのデータ解析システムを活用した大型共同研究、教育研究、及び個人研究が進められている。現在までに IUGONET 研究機関・大学で行われている研究は、後で述べる大型共同研究 4 件を除いて 33 件（内訳：東北大 2、極地研 9、名大 7、京大 11、九大 4）に上っている。さらに、IUGONET データ解析システムを活用したデータ解析研究をまとめた学位論文 10 件（内訳：学士 6、修士 3、博士 1）の作成が進められている。このようなことから、太陽地球大気環境の長期変動の実態を解き明かすサイエンス研究には、IUGONET データ解析システムがなくてはならない存在であると言えることができる。一方で、こうしたサイエンス研究によって IUGONET で開発されたデータ解析システムの性能評価、システムのバグ、機能追加項目の発見がなされ、データ解析システム改善・改良が IUGONET 開発メンバーによって進められている。ここでは、これまで IUGONET 参加機関・大学を通じて行われてきた共同研究、及び主要な教育研究成果を中心に述べる。

(1) 共同研究実施状況とその成果

現在、IUGONET 参加機関・大学間で 4 つの共同研究「1. 太陽画像データ解析に基づく、超高層大気への太陽紫外線の影響：名古屋大学太陽地球環境研究所、大型地上ネットワーク観測研究」、「2. 地磁気静穏日変化の振幅に見られる超高層大気の長期変動の解析：名古屋大学太陽地球環境研究所、大型地上ネットワーク観測研究」、「3. 磁気嵐におけるグ

ローバルな地磁気変動と電離圏擾乱ダイナモとの関係：国立極地研究所、一般共同研究」、
「4. 赤道ジェット電流の強度変動と熱圏・中間圏における大気擾乱との関係：九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、共同研究」を推進している。これらの共同研究の平成 21-23 年度の成果は、既に中間成果報告書に述べられているので、ここでは、平成 24 年度における各共同研究成果を主に解説する。

[共同研究 1]

「太陽画像データ解析に基づく、超高層大気への太陽紫外線の影響」

○研究組織(下線は IUGONET メンバー)

浅井 歩・京都大学・宇宙総合学研究ユニット・特定助教(研究代表者)

渡邊皓子・京都大学・宇宙総合学研究ユニット・学振 PD

磯部洋明・京都大学・学際融合教育研究推進センター・特任准教授

北井礼三郎・京都大学・大学院理学研究科附属天文台・准教授

上野 悟・京都大学・大学院理学研究科附属天文台・助教

羽田裕子・京都大学・大学院理学研究科附属天文台・D3

新堀淳樹・京都大学・生存圏研究所・特定研究員

塩田大幸・理化学研究所・基礎科学特別研究員

横山正樹・和歌山大学・宇宙教育研究所・特任助教

草野完也・名古屋大学・太陽地球環境研究所・教授

○研究概要・成果発表状況

太陽紫外線放射は、電離圏・プラズマ圏での化学反応や電磁エネルギー輸送を介して、超高層大気変動を引き起こす要因の 1 つとなっている。このため太陽活動が超高層大気に与える影響を調べるには、中層～超高層大気物理分野、太陽圏・磁気圏・電離圏物理学分野と太陽物理分野の学術的連携が必須である。平成 21 年度に開始された IUGONET では、対流圏から電離圏高度にいたる風速場・地磁気・太陽活動などさまざまな観測データを要約したメタデータとそのデータベースシステムの構築が進み、太陽物理分野と惑星間空間、磁気圏・電離圏物理にわたる研究者との学術的交流も盛んに行われている。このような学術的背景の下、我々は太陽物理学者と地球大気物理学者との連携を一層推進し、太陽-地球環境学分野の中でも、特に太陽活動による超高層大気への影響のプロセスを総合的に理解

することを長期的な目標として研究を行っている。本共同研究では、京都大学での地上望遠鏡や人工衛星による太陽全面画像データ、IUGONET の超高層大気データセット、及び名古屋大学 STE 研の IPS 観測装置による太陽風観測データに至る実に多様な観測データの解析を、各研究機関で定期的にオンライン形式の研究打合せやミニワークショップを通じて行ってきた。特に、京都大学飛騨天文台などの地上観測による太陽全面彩層($H\alpha$ 線、カルシウム線)の画像データ解析を行うに当たって、長期の太陽 CaIIK 画像データベースが必要となるが、平成 24 年度生存圏ミッション研究「1926-1969 年の 44 年間にわたる太陽活動 CaIIK 画像データベースの作成」(京大理学研究科、北井代表)との連携でそのデータベース作成を行った。このデータベース作成には、天文台の職員だけでなく、大学院生もティーチング・アシスタント(TA)の業務の一環としてかかわった。今後、ここで整備された観測データは、IUGONET メタデータ・データベースに登録される予定である。成果発表に関しては、国際会議 3 件、国内学会等 14 件(うち招待講演 1 件)の講演を行った。また、中層 - 超高層大気物理分野、太陽圏・磁気圏・電離圏物理学分野と太陽物理分野の学術的連携の下で行う本共同研究の特色として、研究代表者が IUGONET 参加機関ではあるが、開発メンバーでないことや参加機関以外の大学に所属する研究者(和歌山大 1 名)を含んでいることが挙げられる。

○研究目的・意義

図 3.5.1 に示すように、超高層大気に影響を及ぼす太陽放射量は紫外域の中でも波長によって異なる大気層で吸収されるため、太陽活動に伴う各大気層の変動や応答は大きく異なる。近年では、人工衛星により広い波長帯にわたって太陽の紫外線分光データが得られ、太陽活動周期にわたる長期の紫外線放射量変動の波長ごとの推定も行われている。しかし、紫外線域では太陽全面を空間分解した長期観測データに乏しく、紫外線放射の変動が太陽面のどの構造に起因しているのかは不明のままである。一方、極端紫外線や X 線域においては太陽活動周期にわたる撮像観測データが蓄積されるようになってきたことで、太陽面の活動領域・コロナ輝点やコロナホールといった個々の領域ごとの太陽活動周期にわたる長期変動が調査可能となってきた。加えて超高層大気に影響が大きい紫外線領域は、下部彩層からの寄与が大きいため、 $H\alpha$ 線やカルシウム線といった太陽彩層画像から紫外線放射量の変動成分の要因を推定することもある程度可能と考えられている。他方、超高層大気変動と地球大気との関連について様々な議論がある。特に、Elias et al. [2010]¹⁾の指摘に

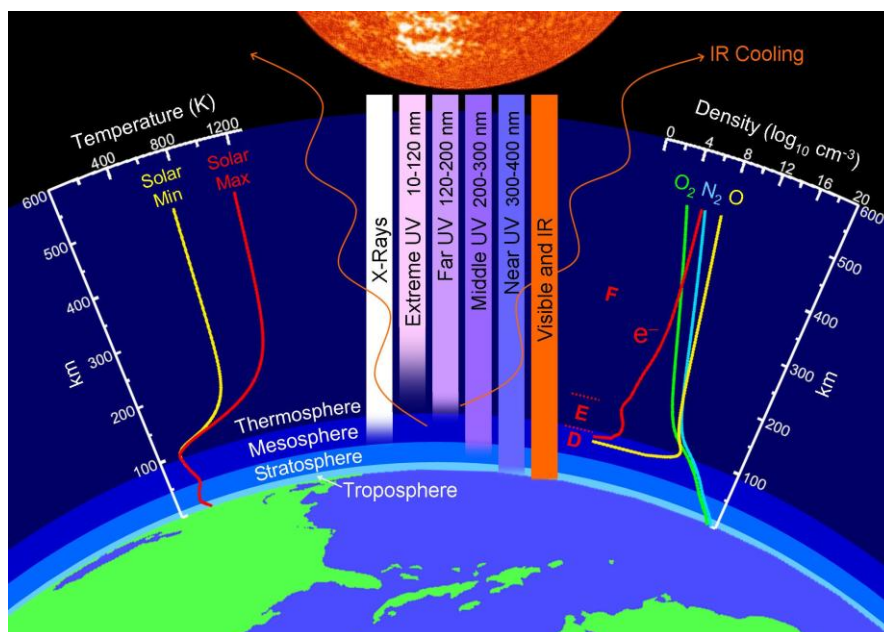


図 3.5.1 各波長域における太陽放射の到達領域。図の左側に太陽活動極大期と極小期の温度プロファイルを示す[<http://www.redorbit.com/media/uploads/2010/06/124f0b8bda4cf194b249ba36bc6a2ca6.jpg>]。

よると、地磁気静穏日変動(S_q 場)データから太陽活動の変動成分(F10.7)を差し引いた量は近年増加傾向にあり、 CO_2 増加による地球温暖化と熱圏寒冷化による影響が考えられる。しかし太陽活動の指標として、超高層大気に直接影響を及ぼす太陽紫外線放射ではなく F10.7 電波放射を用いている、解析が近年の 30 年余りに限定されているなど、より詳細な解析が必要である。

そこで本研究では、人工衛星による太陽全面極端紫外線・紫外線撮像データを用いることでコロナホールや活動領域の明るさ/面積の長期変動を詳しく調べ、それらを IUGONET のデータベース上の超高層大気データ群(主に S_q 場の長期変動)などと比較することで、超高層大気への影響を及ぼす要因を空間分解された太陽面構造の中に求めた。また、太陽紫外線放射量のプロキシとして太陽全面彩層($H\alpha$ 線)画像データの解析を行った。

○研究方法

本研究では、京都大学で管理・運営している地上望遠鏡、人工衛星による太陽全面画像データ、IUGONET データベース上の超高層大気データ群、名古屋大学 STE 研の IPS 観

測装置による太陽風観測データなどさまざまなデータを共同で解析するにあたって以下の3つの研究手法をとった。

- (1) SOHO 衛星による極端紫外線撮像装置(EIT)などによる太陽全面極端紫外線画像データを解析し、太陽面上の活動領域やコロナ輝点の面積や輝度、あるいはコロナホール
の面積や輝度について、特に太陽活動 22/23 期の極小期(1996 年ごろ)と 23/24 期の極小期(2008 年ごろ)の二つの極小期での相違点に着目して調べる。
- (2) 京都大学飛騨天文台などの地上観測による太陽全面彩層(H α 線、カルシウム線)画像のデータ解析から、彩層での明るさや白斑・プラージュなどの構造(面積・輝度)の変化を調べる。特に二つの極小期で、これらに相違が無いかを調べる。特に太陽活動 22/23 期の極小期(1996 年ごろ)と 23/24 期の極小期(2008 年ごろ)の二つの極小期での相違点に着目して調べる。
- (3) SOHO 衛星に搭載されたマイケルソン・ドップラー干渉計(MDI)による太陽全面磁場画像を解析し、極端紫外線、彩層での変化や太陽風速度の長期変動と比較する。また太陽活動 22/23 期の極小期と 23/24 期の極小期でのコロナ磁場構造の違いを数値モデリングに基づき再現する。

○研究結果と考察

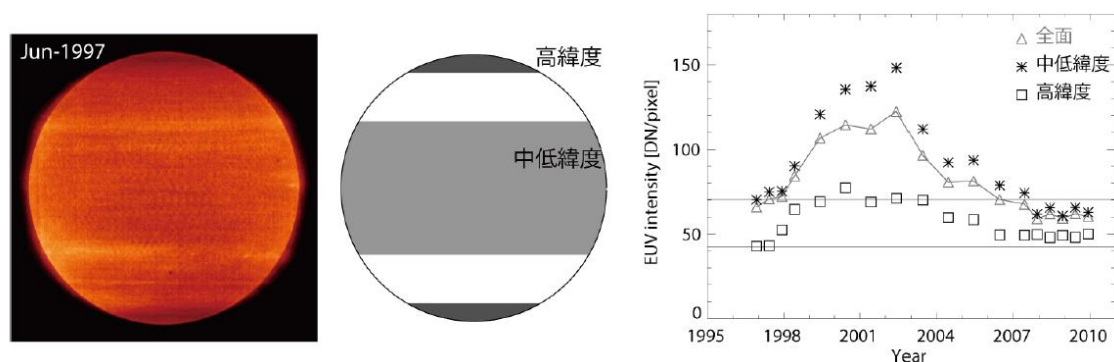


図 3.5.2 (左)1997 年 6 月の 1 カ月平均画像(SOHO/EIT 304A による)。(中)高緯度領域(緯度 60 度以上)と中低緯度(緯度 0 度以上 30 度未満)の模式図。(右)高緯度領域(□)、中低緯度領域(*)、太陽全面(△)での極端紫外線強度の長期変動。2008 年ごろでは、高緯度域の強度が 1997 年ごろに比べて明るい一方で、中低緯度域や全面では暗くなっている。

SOHO 衛星 EIT により得られた太陽全面極端紫外線撮像観測の長期データを収集し、

特に前(第 22/23 期: 1996 年ごろ)極小期と今(第 23/24 期: 2009 年ごろ)極小期での極端紫外線の違いについて詳細な解析を行った。また、高緯度領域と中低緯度領域に分けた極端紫外線の放射量変動の違いについて調べた。その結果、極域コロナホールが多数占める高緯度領域での輝度が今極小期では明るい、ディスク面(中低緯度領域)からの輝度は暗かった。また、全体の輝度は前極小期に比べて今極小期の方が暗くなっていることが分かった(図 3.5.2)。コロナホールの輝度は、極域磁場強度との関係(今極小期では磁場強度が弱い)が示唆されている。加えて、前/今極小期におけるコロナ磁場構造は、磁気ポテンシャル場の成分に対する比較においても、今極小期では極域磁場が前極小期の約 1/2 になっていた。ディスク面輝度が下がっていたことについては、低緯度におけるコロナホールの占める面積が大きい[Abramenko et al., 2010]²⁾ことや、コロナの輝点数が少ない[Sattarov et al., 2010]³⁾ことが要因となっている可能性が考えられる。これらについては、SOHO 衛星による太陽全面視線磁場強度マップから今後追解析を行うといった確認が必要である。さらに、前/今極小期での極端紫外線画像について、輝度のヒストグラム分布を比較し、太陽面の構造でどの場所が紫外線放射に寄与しているのかを調査中である。

[共同研究 2]

「地磁気静穏日変化の振幅に見られる超高層大気の長期変動の解析」

○研究組織(下線はIUGONETメンバー)

新堀淳樹・京都大学・生存圏研究所・特定研究員(研究代表者)

能勢正仁・京都大学大学院・理学研究科附属地磁気世界資料解析センター・助教

小山幸伸・京都大学大学院・理学研究科附属地磁気世界資料解析センター・

特定研究員

谷田貝亜紀代・京都大学・生存圏研究所・特任准教授

大塚雄一・名古屋大学・太陽地球環境研究所・准教授

堀智昭・名古屋大学・太陽地球環境研究所・特任助教

Ewan Dawson・British Geological Survey・Department of Geomagnetism・Data
Manager of WDC Edinburgh

Bernd Ritschel・Scientific Infrastructure・GeoForschungsZentrum・Information
System and Data Center Team leader

○研究概要・成果発表状況

IUGONET 参加機関・大学が整備した長期にわたる超高層大気データ群（地磁気、風速）や太陽活動指数などのさまざまなデータの解析を通じて、超高層大気、とりわけ熱圏下部・中間圏における長期変動の特性を明らかにした。特に、本年度の研究は、地磁気の長期変動に与える個々の要因を明らかにするために、電離圏電気伝導度モデル値を計算するソフトウェアの開発を行った。その結果、Elias et al. [2010]¹⁾で報告された地球温暖化のシグナルとは異なり、近年の地磁気長期変動には 20 年の周期性がみられることがわかった。さらに、電離圏電気伝導度モデル値を計算するソフトウェアは、現在開発されている解析ソフト（UDAS）には含まれていないことから、本共同研究は、IUGONET 成果物に対して機能追加の貢献を果たしたと言える。また、この電離圏電気伝導度モデル計算ツールは、京都大学理学部太陽惑星電磁気学講座の 4 年生の卒業研究に利用され、学生教育にも寄与を果たした。現状の電離圏電気伝導度モデル値の計算ルーチンでは、多点かつ長期のデータを計算するには膨大な時間がかかるため、今後、計算ルーチンを改良し、計算の高速化が検討されている。成果発表に関しては、国際会議 2 件、国内学会等 8 件の講演を行った。現在、本研究で得られた初期結果を論文にまとめることを検討中である。

○研究目的・意義

現在、世界共通の課題である地球温暖化現象は、地表面付近が温暖化するのに対して、太陽放射と地球放射の均衡から、成層圏から熱圏にわたる中層・超高層大気では寒冷化することが指摘されている。よって、超高層大気の長期変動の中には、太陽活動による影響に加えて地球温暖化に起因する変化が明確に含まれていると期待される。その詳細な研究は、温暖化の監視・将来予測に重要な役割を果たすだけでなく、現在進行中の太陽地球系国際協同研究計画(CAWSES-II)においても国際的に認知されている下層大気と超高層大気の上下間結合過程を通じたエネルギー並びに物質の輸送プロセスに関する物理を理解する上で重要な問題として位置づけられている。しかし、超高層大気の循環場は単純な放射過程のみでは決まらず、大気波動(重力波など)の上方伝搬に伴う運動量・エネルギー注入といった下層大気からの影響、太陽紫外線や太陽風などによる宇宙空間からの影響が複雑に絡み合った結果として観測される。それゆえ、分野の異なる様々な観測データを総合的に解析することで、その変動要因を分析し、超高層大気の長期変動メカニズムを解明す

ることが急務である。

これに関する近年の研究[Elias et al., 2010]¹⁾による報告では、図 3.5.3 に示すような地磁気静穏時日変化(solar quiet geomagnetic field; Sq)場の振幅における増加トレンドは地磁気の強度変化だけでは説明できず、地球温暖化に伴う超高層大気(電離層)の電子密度の増大によって Sq 場の電流系の変化がもたらされると推論した。しかし、Elias らはわずか3地点(低～中緯度)の観測点から取得された地磁気データの解析に留まっており、このような Sq 場の変動トレンドが磁気赤道や極域も含んだ地球上で観測される普遍的な現象かどうかは不明のままである。

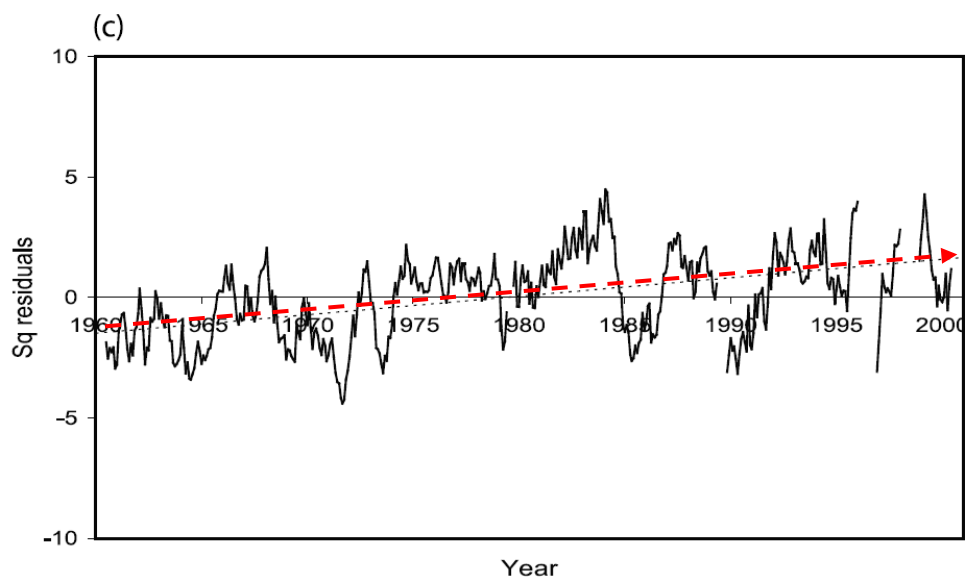


図 3.5.3 太陽活動を差し引いたヘルマナスにおける地磁気静穏日変化(Sq)の振幅トレンド。データ解析期間は、1960-2001 年までである[Elias et al., 2010]¹⁾。

そこで本研究では、IUGONET で整備されたデータベース、及びデータ解析システムを有効活用することによって、超高層大気中に現れる長期変動を詳細に解析し、地球温暖化をはじめとする超高層大気の変動要因を明らかにする。観測データの中でも、特に、地球上の観測点における地磁気の長期観測データと、中間圏・下部熱圏(Mesosphere - Lower Thermosphere; MLT)領域における風速の観測データに注目する。MLT 領域(高度約 70-110km)の中性風によって駆動する電離圏電流の変動は、Sq の振幅変動に寄与すると考えられている。既に述べたように、MLT 高度域の循環場は地球温暖化の影響を強く受けていると推測され、そのシグナルは電離圏電流の変動を通して Sq 場にも現れているはずである。これらの解析には、IUGONET 参加機関が保有する地磁気観測データ、および各種

のレーダー観測による MLT 領域の風速データを中心に用いる。また、超高層大気の変動には、太陽活動や下層大気などの影響も含まれることから、F10.7(10.7cm 太陽電波強度)、成層圏・対流圏の客観解析データや衛星観測データなども援用する。

○解析手法

これまでの解析[e.g., Elias et al., 2010]¹⁾では、各月の中で最も静穏な 5 日間の地磁気静穏日リストを用いていたが、このリストを用いた場合、必ずしも静穏でない日が含まれてしまう欠点が残る。このため本解析では、地磁気静穏日を、各 1 日を通じて Kp 指数の最大値が 4 未満である日として定義し、その日に該当する地磁気の水平成分の最大と最小値の差を Sq 場の振幅と定義した。地磁気 aa 指数を用いる場合は、各 1 日を通じて aa 指数の最大値が 60 を超えないものを静穏日とした。また、太陽活動に依存する成分を極力取り除いた Sq 場の長期的な変動成分を調べるために、太陽活動を表す指標(太陽黒点数、F10.7)との相関解析が必要となる。ここでは、太陽活動の指標として太陽黒点の代わりに太陽電波フラックス(F10.7 指数)を用いた。

過去の多くの研究では、太陽黒点数との比較が行われていたが、太陽黒点は、単に太陽表面の磁場活動の指標に過ぎず、地球の超高層大気の電離に深く関係する極端紫外線(EUV・UV)の変動を直接見ているものではない。また、今サイクルの極小期のような 1 年を通じて無黒点日数が 280 日以上になる期間は、正確な Sq 場の太陽活動依存性を調べることができない。一方、SOHO 衛星で得られた極端紫外線(EUV)の直接観測データはあるが、そのデータの存在期間が 1996 年以降であることから、太陽活動サイクルを多く含む長期の変動を見る目的とした解析に向かない。そこで本研究では、極端紫外線(EUV)強度の代わりに、電離圏パラメータと比較的良好な相関を持つ[Chakraborty and Hajra, 2008]⁴⁾とされ、かつ長期間(1947 年以降)のデータがある F10.7 指数を用いることにした。ただし、F10.7 指数が使用できる期間も 1947 年以降となるため、100 年以上のデータ解析には向かないため、その場合の解析に限って太陽黒点数を使用した。Kp 指数の閾値から同定された地磁気静穏日の F10.7 指数の 1 日平均値と Sq 場の振幅との相関関係から 2 次回帰曲線を求めることができる。この 2 次回帰曲線からのずれ(残差)を時系列としてプロットし、そこにどのようなトレンドが存在するのかと調べた。

○研究結果と考察

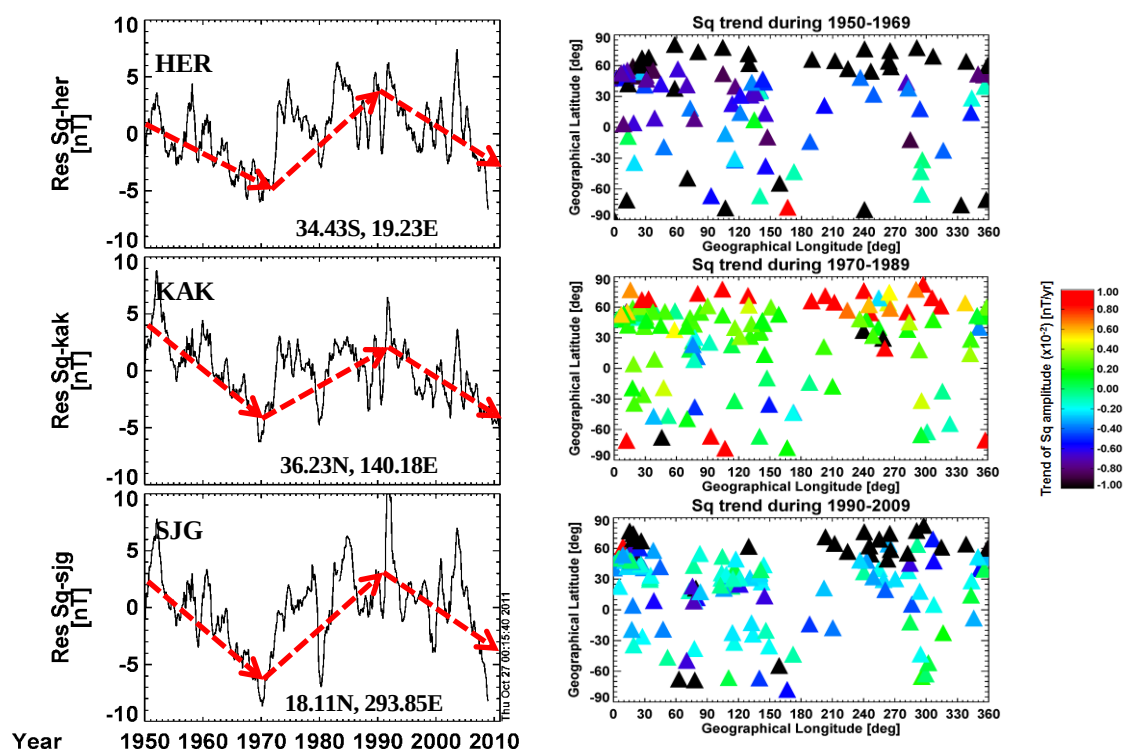


図 3.5.4 (左) 太陽活動成分を差し引いた各観測所で得られた Sq 場の振幅の長期変動。ここでは、1 年の移動平均を加えている。また、赤の点線矢印は、それぞれの観測点における Sq 場のトレンドを表す。(右)

図 3.5.4 (左)は、低緯度の3観測点[ヘルマナス: HER (-34.43, 19.23度)、柿岡: KAK (36.23, 140.18度)、サンホワン: SJG (18.11, 293.85度)]における太陽活動を差し引いた振幅の時間系列プロットであるが、これを見る限りでは、1950-2010年の60年間で、20年毎に減少と増加を繰り返していることがわかる。すなわち、1970年付近に極小をとり、1990年付近に極大をとる形になっている。さらに、HERとSJGは、2008年までしかデータが存在しないが、2010年付近に極小をとることが予想される。このような長期トレンドの特徴が全ての観測点に見られるか、すなわちグローバルな特性であるのかを調べるために、1950-1969年、1970-1989年、及び1990-2009年の3つの期間におけるSq場振幅の傾きを求めた。その単位は、nT/yrである。図 3.5.4 (右)の3つの散布図には、各観測点の地理緯度と経度の関数としてSq場のトレンドの値が ± 1.0 [nT/yr]の範囲のカラースケールで示されている。各3つのパネルにプロットされている観測点の数は、120点前後であるが、観測開始年が異なるため、各期間の観測点数やその位置に変動がある。ただし、それらの

微妙な変動は、 S_q 場のトレンドの傾向を見るには影響しない。図 3.5.4 (右)からはっきりと見て取れる S_q 場のトレンドの特徴は、ほぼ全球的に同じ様な傾向を呈し、図 3.5.4 (左)で示されたように、1950-1969 年、1970-1989 年、及び 1990 年 2009 年の 3 つの期間に対応して、そのトレンドは減少、増加、減少傾向を示している点である。この結果は、既に Elias et al. [2010]¹⁾によって報告されている結果と異なっているが、1960-2000 年に限ってみれば、彼らの結果に合致している。この差異が生まれた要因として彼らが 1960-2001 年のみの期間に限定した地磁気データしか解析を行っていなかったため、本解析で得た 1970-1990 年の上昇傾向の部分を見ているものと考えられる。よって、 S_q 場の振幅のトレンドが減少傾向にある 1950-1969 年と 1990-2009 年までの期間は、理論計算の予測に基づく超高層大気の寒冷化による電離圏 E 領域の電子密度増加の寄与[e.g., Bremer, 2008]⁵⁾とは逆の傾向を示していることから、今後、電離圏・熱圏に関連した観測データ解析によって精査すべき課題である。

中低緯度の S_q 場の振幅は、オームの法則からその場所の電離圏電気伝導度と熱圏風と電離圏プラズマとの相互作用によって生じるダイナモ(起電力)の大きさの積に比例する。一方、高緯度の S_q 場の駆動源は、中低緯度の S_q 場と異なり、太陽風-磁気圏相互作用で生じた電場強度であるため、極域電離圏に集中して流れる電流は、観測点上空の電気伝導度と電場の積に比例する。このことから、高緯度と中緯度の S_q 場の長期変動に共通して作用する部分は、背景磁場強度、電離圏プラズマの組成・密度、及び中性大気とイオン、中性大気と電子の衝突周波数に依存する電離圏電気伝導度にあると考えられる。したがって、このグローバルに見られる S_q 場の長期トレンドを引き起こす要因(例えば、大気潮汐による起電力の経年変化)を明らかにするには、電離圏電気伝導度モデル値と比較しつつ、電離圏プラズマ分布や組成分布、熱圏下部・中間圏の風速の実観測データを見ることが今後重要となってくると考えられる。最後に、このような多点観測データを長期に取得し、解析・可視化するには、IUGONET で開発したメタデータ・データベース検索システムや解析ソフト(UDAS)が有効であると言える。

[共同研究 3]

「磁気嵐におけるグローバルな地磁気変動と電離圏擾乱ダイナモとの関係」

○研究組織(下線はIUGONETメンバー)

新堀淳樹・京都大学・生存圏研究所・特定研究員（研究代表者）

小山幸伸・京都大学大学院・理学研究科附属地磁気世界資料解析センター・

特定研究員

谷田貝亜紀代・京都大学・生存圏研究所・特任准教授

堀智昭・名古屋大学・太陽地球環境研究所・特任助教

田中良昌・国立極地研究所・特任助教

○研究概要・成果発表状況

磁気嵐時における全球的な地磁気変動の特性を明らかにするために、全球地磁気観測データを中心に解析を行った。地磁気データに関しては IUGONET 管轄外の研究機関(情報通信研究機構、アラスカ大学など)から提供されたデータも取り扱えるように、新しい地磁気データのロード関数の作成を行い、現 UDAS の機能の拡充を行った。また、多点の地磁気データから電離層等価電流の全球マップを作成するツール開発も行い、本年度の解析ソフト開発の中で最重要項目であった 2 次元可視化ルーチンの作成に対して大きな貢献を果たした。研究の結果、太陽風磁場の方向に依存して全球ほぼ同時に電離圏電流パターンが変動することがわかった。また、磁気嵐回復相後期に電離圏擾乱ダイナモのシグナルと思われる地磁気変動を抽出することに成功した。これらの成果発表に関しては、極地研が主催する極域宙空シンポジウムにおいて口頭発表を行った。現在、本研究で得られた初期結果を中国極地研が発行している学術雑誌(Asian Forum for Polar Sciences : AFoPS)への投稿準備中である。

○研究目的・意義

磁気圏と電離圏をつなぐ大規模な沿磁力線電流とそれに伴って形成・配位する大規模電場の空間分布は、太陽表面現象に伴うコロナ質量放出によって乱された太陽風と磁気圏との相互作用で発生する磁気嵐時に劇的に変化し、発達することが近年の地上一衛星観測及びグローバル磁気流体シミュレーションからわかってきた。しかしながら、磁気圏と電離圏が磁力線を介して電磁気学的に強く結合し、沿磁力線電流を伴って電離圏へ大規模な電場が伝送・配位する[Kikuchi and Araki, 1979]⁶⁾といった非平衡複合系を形成しているため、磁気嵐を代表とする非定常な擾乱現象を、因果関係を含めて定量的に理解するに至っていない。また、磁気嵐に伴って突発的な熱圏・電離圏変動が全球にわたって発生するこ

とは、観測やシミュレーション研究[Zaka et al., 2010]⁷⁾からわかっているが、それがどのような物理プロセスで発生し、どのような時間スケールで極から赤道へと伝搬していくかについてはよくわかっておらず、その現象を予測するには至っていない。したがって、赤道から極域に跨る現象の全体像を捉えるための総合的な観測データ解析とモデリング研究の推進が望まれる。また、こうした電離圏の急激な変動はシンチレーションと呼ばれる電波の短周期変動が発生し、衛星通信や GPS などの宇宙 - 地上間の電波伝搬に影響を及ぼす。そのため、磁気嵐時における熱圏・電離圏変動の解明と予測研究は、宇宙通信や衛星運用等の観点からも重要な社会的意義を持つ。

本研究では、本研究では、以下の 2 項目について明らかにする。

目的 1. 磁気嵐時における電離圏電場と 3 次元電流系が作るグローバル地磁気変動の時間・空間発展

高時間分解能を持つグローバルな地磁気観測データの解析を中心に行い、磁気嵐時の主相と回復相における全球的な電離層等価電流の変化の特徴を捉え、領域 1 と 2 の沿磁力線電流の強弱に呼応して赤道域でのジェット電流の極性がどのように時間的に変化するかを調べる。さらに、磁気嵐回復相において西向き赤道ジェット電流が出現している時間帯に、領域 2 の沿磁力線電流に伴う渦電流がサブオーロラ帯や中緯度で見られるかについて着目し、電離圏擾乱ダイナモが作り出す地磁気変動との違いを明らかにする。

目的 2. 電離圏擾乱ダイナモの発達過程

地上磁場、電離圏レーダー、及び、熱圏下部・中間圏の風速分布を測定する流星レーダー・MF レーダーの観測データを有機的に結合した解析を行うことで、太陽風・磁気圏相互作用によって生み出された電磁エネルギーが極域の熱圏大気へ流入することで、どのようにグローバルな電離圏擾乱ダイナモが時間・空間発展していくのかを捉える。特に、極域熱圏に流入した電磁エネルギーの影響がどの高度領域まで達し、どの程度の継続時間を持つかについての磁気嵐の規模に対する依存性も明らかにする。そして、長期の観測データの解析を行い、電離圏擾乱ダイナモの季節や太陽活動依存性についても調べる。

○解析方法

磁気嵐時における電離圏電場と 3 次元電流系が作るグローバル地磁気変動の時間・空間発展を調べるために、IUGONET 参加機関が管理・運営している地磁気データのみならず、ヨーロッパ、北米を中心に展開している地磁気観測網(GIMA、CARISMA、MACCS、

IMAGE)、情報通信機構の地磁気観測データの解析を行った。これらすべての観測点を合わせると、約 240 点に及ぶ。通常的地磁気データには、背景場に加えて磁気嵐とは関係しない変動成分(例えば、地磁気日変化など)が含まれているためにこれらの成分を除去する必要がある。ここでは、地磁気静穏日リストを用いて各 1 ヶ月の中で 10 日静穏日を選び、そこで選択された日付に対応する各観測点の地磁気データを平均し、その変動パターンを 1 ヶ月間の平均的な地磁気日変動とした。この解析で求めた平均的な静穏日変化を各データから差し引くことで、磁気嵐などの地磁気擾乱に対応する地磁気変動成分を導出した。そして、地理経度に対して(0-90, 90-180, 180-270, 270-360 度)のように 4 つのセクターに分けて、各セクターに属する地磁気観測点のデータからその領域にある代表的な低緯度の観測点データに緯度補正を加えたものを差し引いた。

同様に磁気嵐時における熱圏・中間圏領域の風速変動を捉えるために、上記で求めた各 1 ヶ月の 10 日静穏日に対応する風速データ、ここでは特に南極、北欧の MF レーダー、及び赤道の流星レーダーから見積もられた風速データから平均的な日変化パターンを導出し、それを各データから差し引くことを行った。

○研究結果・考察

図 3.5.5 は、2002 年 5 月 23 日に発生した磁気嵐時における地磁気変化と 2 つの時刻に対応する電離層等価電流分布を示す。この図の左図は、上から順に地磁気指数、日本とアメリカのセクターにある中緯度(女満別、DLR)と磁気赤道(ヤップ、HUA)の地磁気変動を表している。地磁気変動のパネルにおいて赤、緑、青線はそれぞれ南北、東西、および鉛直成分を意味する。左図において磁気嵐に呼応して全ての観測点に顕著な地磁気変動が現れ、中緯度と磁気赤道の変動パターンが逆センスになっていることが見て取れる。例えば、①と記された縦の点線の時刻に注目すると、夜側に位置した女満別とヤップではそれぞれ増加、減少を示す一方、昼間側の DLR と HUA では減少、増加を示している。この時の地磁気変動に対応する電離層等価電流分布は、図 3.5.5(右)が示すように典型的な領域 1 型電流パターンを示している。特に、アメリカ大陸のほうに目を向けると、電離層等価電流

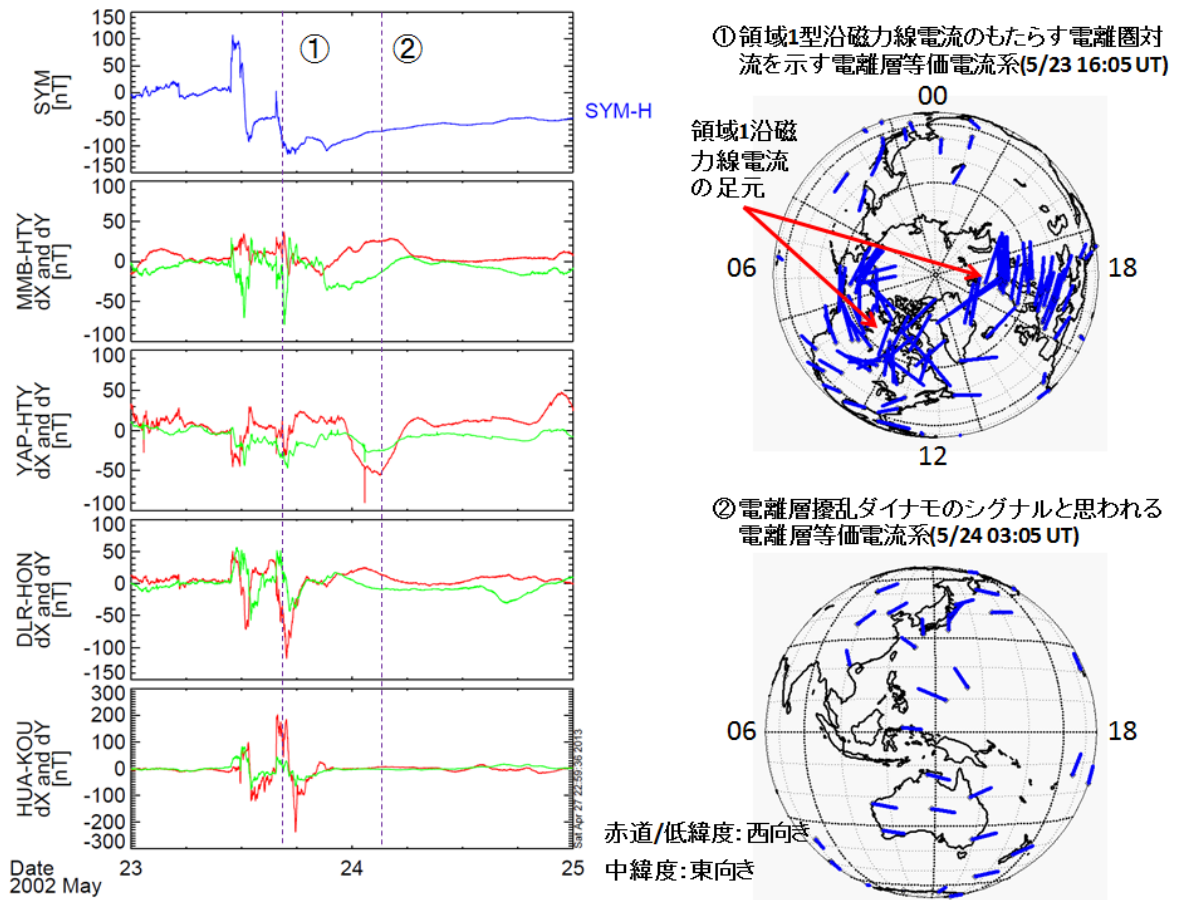


図 3.5.5 (左)2002 年 5 月 23 日に発生した磁気嵐時における地磁気変化。上段が地磁気指数を示し、それ以外のパネルは各地磁気観測点の地磁気変動の時系列プロットを表す。(右)左図の 2 つの点線時刻に対応した地磁気変動から求めた電離層等価電流分布。

分布は、反時計回りの渦状の構造をしており、その中心が北緯 60 度付近に位置していることが分かった。一方、磁気嵐の回復相において日本のセクターの地磁気変動は、磁気赤道で負、中緯度で正の方向に変化しており、先ほどの磁気嵐に呼応した変動に比べると比較的緩やかな変動をなっている。この時の電離層等価電流分布は、図 3.5.5 の右下図が示すように磁気赤道域で西向き、中緯度で東向きとなっている。その中緯度での電離層等価電流の方向が東向きになるという特徴は、北半球のみならず南半球でも表れている。したがって、磁気嵐の回復相時に現れたこの地磁気変動は、局所的なものではなく、北半球から南半球に至るようなグローバルな現象であると言える。そして、この地磁気変動は、通常の地磁気日変化を弱める成分であり、これまで電離圏観測や数点の地磁気観測データ解析から示唆されていた電離圏擾乱ダイナモによるものと考えられる。今回の解析によって、

磁気嵐時に発生した電離圏擾乱ダイナモは、南北両半球で同時に起こっていることが明らかとなった。このような多点地上観測データを取得し、それらを解析・可視化に対して、IUGONET で開発されたデータ解析ツールが威力を発揮することも本共同研究からも確かめることができた。

[共同研究 4]

「赤道ジェット電流の強度変動と熱圏・中間圏における大気擾乱との関係」

○研究組織(下線はIUGONETメンバー)

阿部修司・九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター・特任助教（研究代表者）

池田大輔・九州大学・システム情報科学研究院情報学部知能科学・准教授

新堀淳樹・京都大学・生存圏研究所・特定研究員

谷田貝亜紀代・京都大学・生存圏研究所・特任准教授

○研究概要・成果発表状況

磁気赤道域付近で、経度方向に点在する九州大学が運営・管理している MAGDAS/CPMN の地磁気観測点から得られた地磁気静穏日変化に関連した赤道ジェット電流の作る磁場変動と、京大生存研が保有する EAR/MF・流星レーダーから得られる中間圏・熱圏風変動の長期データの比較解析を行った。本年度はさらに TIMED 衛星で得られた熱圏高度領域の全球風速データとの相関解析を実施した。なお、MAGDAS/CPMN の地磁気データの QL プロットとそのメタデータ作成には、九大の大学院生がテーチングアシスタント(TA)の業務の一環として行った。成果発表に関しては、これまでの進捗報告として国内学会等 3 件の講演を行った。

○研究目的・意義

磁気赤道域は、磁力線が電離圏に対して平行になるため、E 領域でのイオンと電子の分極に伴う鉛直方向の分極電場によって 2 次的な東西電流が形成される。この 2 次電流が、東西方向の電場が駆動する電流に付け加わるため、伏角緯度が $\pm 3 \sim 5$ 度の狭い範囲に強い電流が流れる。この東西方向の強い電流は、赤道ジェット電流と呼ばれ、古くから知られている[e.g., Forbes, 1981]。これまで、1 次の東西方向の電場が作るイオンと電子の分極が

主流の赤道ジェット電流の形成メカニズムとして考えられてきたが、電離圏 E 領域における中性風の存在や下層大気で発生した重力波によるダイナモ作用によって、垂直方向の分極電場が発生することが近年の赤道域の大気レーダー観測から明らかになりつつある [Aveiro et al., 2009]。

本研究では、赤道ジェット電流と中間圏・熱圏下部の風速変動との関係を明らかにするために、九大 ICSWSE の赤道域 MAGDAS/CPMN 地上磁場と京大 RISH のインドネシア大気レーダー(EAR, MF・流星レーダー)観測データの綿密な長期変動の解析を行い、また、衛星データやシミュレーションとの比較解析を行う。

○解析方法

経度方向に点在する MAGDAS/CPMN の地磁気観測点から得られたデータを用いて得られる地磁気静穏日変化に関連した赤道ジェット電流の作る磁場変動と、MF・流星レーダーから得られる中間圏・熱圏風の変動についての長期データの比較解析を行った。ここでは、MAGDAS/CPMN の観測点、およびデータは東南アジアと南アメリカ地域だけでなく、ほぼ磁気赤道付近に位置する YAP、BCL、LKW、TIR、AAB などの地磁気観測点データまでを用いた。また、主なデータ解析期間は、インドネシアの MF・流星レーダー(スルポン、コタババン、パムンプク)のデータが存在している期間(1992 年 10 月から現在まで)とした。

一方、中間圏・熱圏下部の風速データに関して、地磁気静穏日の観測データを選び出し、1 日平均値のデータを作成する。この解析では、九大 ICSWAE が関連機関と協働している IUGONET プロジェクトで開発されている解析ソフトウェア(UDAS)を用いて、多量でかつ異なる種類のデータ解析の効率化を図った。赤道ジェット電流の作る磁場変動の大きさは、解析日の前後 15 日分の中間値をベースラインとした磁場変動データの南北変動成分から磁場擾乱の影響を取り除くため SYM-H を差し引き、結果として得られたデータの最大と最小の差で定義した。その後、太陽活動度の影響を差し引くため、赤道ジェット電流振幅値から SOHO の SEM で観測された EUV (26-32nm) を差し引いた値 (以下、Res-EEJ) を算出した。

○研究結果・考察

SOHO 衛星で観測された太陽極端紫外線(26-32 nm)フラックス、赤道域磁場 (DAV) に

における Res-EEJ 振幅変動とインドネシアのパンプクに設置された MF レーダーから見積もられた東西・南北風速変動の時系列プロットを 3.5.6 (左)に示す。その結果、Res-EEJ 振幅が大きい時期には高度 70 - 100km の範囲において西向きの風速が卓越し、逆に Res-EEJ 振幅が小さい時期には逆に東向きの風が卓越していることが分かった。

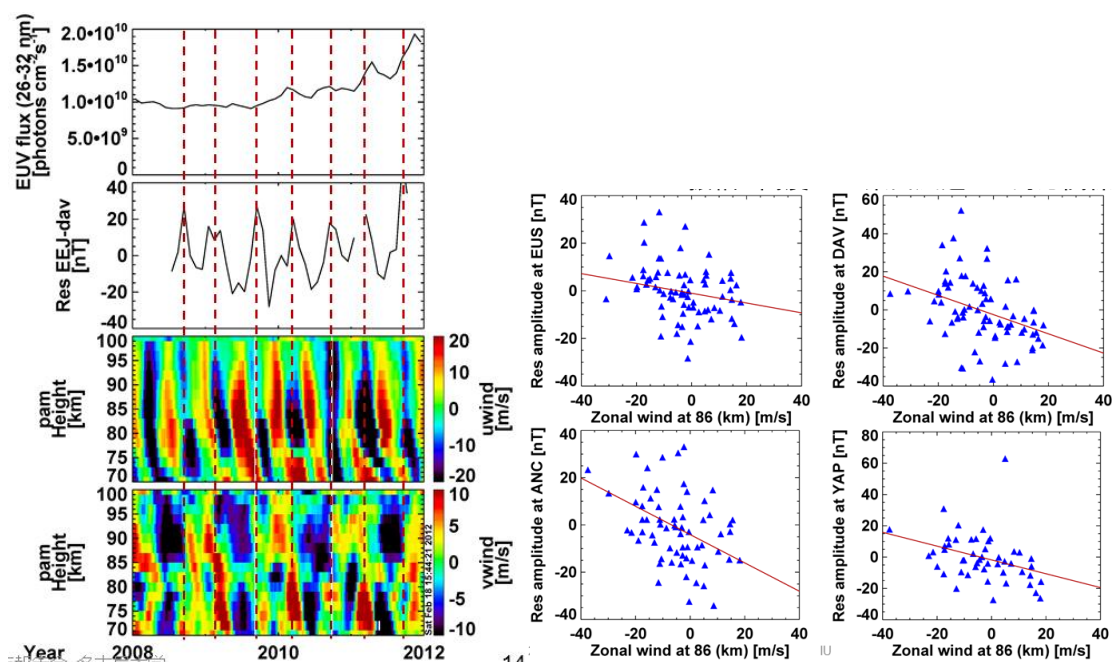


図 3.5.6 (左)SOHO 衛星で観測された太陽極端紫外線(26-32 nm)フラックス、赤道域磁場 (DAV) における Res-EEJ 振幅変動とインドネシアのパンプクに設置された MF レーダーから見積もられた東西・南北風速変動。(右)赤道域における 4 つの観測点(EUS、DAV、ANC、YAP) で観測された Res-EEJ 振幅とインドネシアのパンプク上空の高度 86km における東西風速との相関関係。

図 3.5.6 (右)には、赤道域における 4 つの観測点(EUS、DAV、ANC、YAP) で観測された Res-EEJ 振幅とインドネシアのパンプク上空の高度 86km における東西風速との相関関係を示す。この図から判断されることは、赤道域における Res-EEJ 振幅が下部熱圏・中間圏における東西風が西向き方向が卓越するにしたがって増加するということである。しかも、この Res-EEJ 変動と東西風変動の関係は、MF レーダーのあるアジア地域のみならず、地球の反対側に位置する南アメリカ地域の磁場観測点でも観測することができ、局所的な影響ではないことが分かった。

上の結果は、これまで中性風による影響が無いという仮定、つまり、中性風によって駆動される鉛直方向の電離圏ダイナモ電場がないという条件の下で導出された 2 次元の電離

圏電気伝導度(完全 Cowling 伝導度)は、現実の赤道域における電気伝導度を正しく表現できていないことを示唆している。今後は、赤道域における電気伝導度の算出法に対して、中性風によるダイナモ効果を取り入れた不完全 Cowling 伝導度の実態解明にむけた考察をおこなう予定である。これは、赤道域における電離圏－大気圏の上下間結合研究の新たな展開をもたらすものと考えられ、早急に今後解析を進めていく。九大の MAGDAS/CPMN、京大の RISH 風速データ (EAR、流星含む) にはより古いデータも存在するため、それらを用いた同様の解析を進める。今回解析した期間は第 23 太陽周期末の特徴的 (非常に静穏) な時期にあたり、そのような影響のない第 22 太陽周期でも同様の結果となるのか等、普遍性のある物理を観測データから解析していく。アジア地域と南アメリカ地域の周波数解析の比較結果にはわずかながら違いがあり、その違いが何を理由に生じたのかを考察・解析する。そのために、中間圏・熱圏下部の風速変動シミュレーションからの電離圏・熱圏・中間圏結合過程の考察及びデータ解析による実証、人工衛星による風速観測データとの比較解析なども併せて進めていく。

(2) 学生教育研究実施状況

IUGONET 成果物を比較的長い期間(数年単位)にわたって研究に使ってもらうとともに、太陽地球科学コミュニティへの定着の第一歩として IUGONET 参加機関・大学に所属する大学院生・学部生の利用者を増やすことである。そのためには、IUGONET 成果物の概要と利用法を紹介し、学生が自分の研究を通じて主体的に手で動かすことによって、多様な観測データの解析に対して IUGONET 成果物の利便性を理解してもらうことが必須である。

そのような取り組みとして東北大では、昨年から修士学生 1 名に衛星と多点地上観測データの比較解析研究に IUGONET 解析ソフトを利用してもらい、独自に IUGONET 提供外のデータをロードする関数を作成してもらっている。この研究成果として、国内学会 2 件の発表を行った。なお、この修士学生は、後で述べる東北大での学生向けのデータ解析講習会では講師補助として活躍してもらった。

京大生存研では、毎年 5・7 月に新しく大学院修士課程に入学してきた学生を対象にインターン授業を行っている。本年度は、IUGONET に関連したテーマには 1 名の学生を受け入れ、学生には本プロジェクトで整備したデータベースと解析ソフトを用いて、「流星の分布特性の解明」を調べてもらった。また、これとは別に大学院生 1 名が実際の IUGONET

成果物の開発に携わり、IUGONET 解析ソフトに実装されていない機能（相関解析、高度なスペクトル解析など）の開発を行い、その有効性を実際の観測データに適用した研究を行った。この研究成果を修士論文「大気環境変動の統計解析システムの開発に関する研究」として本年度にまとめ上げるとともに、その途中成果報告として国際会議 1 件、国内学会等 3 件の発表を行っている。

京大理学部では、太陽惑星系電磁気学分野に属する学部 4 年生の卒業研究に上記で述べた共同研究（地磁気静穏日変化の振幅に見られる超高層大気の長期変動の解析）で開発された電離圏電気伝導度モデル値を算出するルーチンが用いられた。この研究結果を卒業論文「低緯度における電離層アルフベン波共鳴現象（IAR）の解析」にまとめられた。

九大理学部でも IUGONET で整備された信楽 MU レーダー電離圏観測データベース等が学部 4 年生の卒業研究に利用されている。なお、卒業研究のテーマは、成層圏突然昇温（SSW）時における中緯度電離圏変動特性であり、その研究結果は「成層圏突然昇温（SSW）による中緯度電離圏変動」という卒業論文にまとめられている。

3.5.2 参加機関以外の研究者・学生による研究

IUGONET プロジェクトが平成 21 年 5 月に発足して以降、様々な太陽・地球大気に関連する地上観測データベースの再整備、及びそれらのデータ解析システムの開発がされてきた。ここでは、これらの成果物を利用した IUGONET 参加機関以外の利用者による代表的な研究例を紹介する。現在のところ、以下の研究テーマを含めて国内 7 件（情報通信研究機構、東大、茨城大、九州保健福祉大、徳山高専）、海外 3 件（インド、インドネシア、韓国）の研究に利用されているが、今後の IUGONET 成果物の利活用の広報活動を推進していくとともに、その利用者が増えていくものと期待される。ここでは、以下の 4 つの主要な研究テーマについて簡単に触れる。

(1) 中間圏・下部熱圏(MLT)領域における潮汐波動と惑星波動との非線形相互作用

この研究は、インド地磁気研究所の赤道域地球物理研究室に所属する大学院生によって実施され、インド地磁気研究所が保有する地磁気データと MF・流星レーダーから見積もられた風速データの比較解析を基に、MLT 領域で観測される大気波動現象と赤道ジェット

電流の擾乱との長期的な関係を観測的に明らかにした。この研究で使用されたインドネシアの MF・流星レーダーの長期データ(2004-2010 年)は、IUGONET 参加機関である京大生存研が運営・管理しており、IUGONET のデータ解析システムに適合するように再整備されたものである。現在、これらのレーダーデータは、IUGONET 成果物を通じて容易にデータの取得及び解析ができるようになっている。また、この研究内容は、IUGONET が掲げている目的「多種多様な長期データから超高層大気の長期変動を解明する」にも合致した大変興味深いものである。

(2)流星飛跡の分布特性の解明

この研究は、インドネシア国立航空宇宙研究所に所属する若手研究者 3 名が共同で行ったものであり、インドネシアのピアク、コタババン、スルボンに設置された流星レーダーで捉えられた流星飛跡の高度分布、日変化、季節、及び年変動の特徴を調べたものである。結果、高度 90km 付近に流星飛跡の個数が最大となる釣鐘型の分布をすることが分かり、明け方にその個数が最大になるという日変化が見られた。これらの流星レーダーも、上記で述べたように IUGONET のデータ解析システムに適合するように再整備されたものである。データ解析をするにあたって、各データファイルに格納されているパラメータ、フォーマット、観測範囲、ファイルの拡張子の意味などの情報が必要になるが、現地の研究者らが独自に IUGONET メタデータを検索・参照することによってデータの特性を十分に理解することができた。

(3)静止軌道衛星障害と太陽風・磁気圏相互作用との関係について

この研究は、茨城大学理学研究科に所属する大学院生が IUGONET 参加機関である京大地磁気センターから提供された地磁気指数 (Dst) と静止軌道衛星のデータを用いて主体的に行ったものである。データ取得と解析には IUGONET のデータ解析システムを利用しているが、そのために、IUGONET の開発メンバーの数名がその大学院生に対して、平成 23 年 11 月 3-6 日に神戸で開かれた地球電磁気・惑星圏学会の会期中に、個別にデータ解析システムの使い方の講習を行った。具体的な研究の内容は、宇宙天気予報の基準となるものの中で、人工衛星の障害に関する基準に着目し、数値を決定して宇宙天気予報に役立てるというものである。ここでは基準となる指標として、磁気圏境界位置と、地磁気の指数で磁気嵐の指標となる Dst 指数を用いるとともに、人工衛星の障害日については

Koons et al. [1999]¹⁰⁾より静止衛星障害が発生した日を用いた。その結果としては、磁気圏境界位置と Dst 指数について基準値で、人工衛星障害が発生しやすいことが分かった。

(4)サブストーム時における領域 2 型電流系の発達過程について

この研究は、九州保健福祉大学と京大生存研に所属する研究者が共同で進めているもので、グローバルに展開している地磁気と SuperDARN 観測網のデータを駆使してサブストーム時における用いて領域 2 型電流系の発達過程を調べることを目的としている。解析に使用している観測データが太陽風、地磁気、レーダーと多義にわたっているため、これまでデータの収集と解析にかなりの時間を要していた。研究者らは平成 25 年 3 月下旬、名大にて、IUGONET 開発メンバーからデータ解析システムの使い方に関する講習を受けた。今後、この研究に IUGONET 成果物が使用されることは濃厚であり、サブストーム時における領域 2 型電流系の特徴を明らかにする研究に大きな貢献をもたらすと考えられる。

3.5.3 情報学的な取り組み

3.5.3.1 メタデータ・データベースと連想検索エンジンの連携に関する取り組み

IUGONET メタデータ・データベースによって、複数の研究機関において分散管理されている様々なデータの所在情報等を横断的に検索することが可能になった。しかしながら、広範な研究領域を対象としている本メタデータ・データベースにおいて、検索語句の選択が専門分野外のユーザーにとって難しいことが指摘された。この問題は、今後メタデータ・データベースの登録メタデータ数が増大すると、より顕著になる。そこで、本メタデータ・データベースと、国立情報学研究所によって開発された連想検索エンジン GETAssoc を連携させ、ユーザーによって入力された検索語句の関連語を用いた、再クエリ文字列の自動生成に取り組んだ。Wikipedia のアーカイブを元に、超高層物理学向けの辞書を試験的に作成し、それを用いた連想検索の結果を国内学会にて発表した¹¹⁾。平成 25 年度もこの取組は継続され、実際にメタデータ・データベースへの組み込む作業が予定されている。

3.5.3.2 IUGONET – ESPAS との連携に関する取り組み

ヨーロッパにおいては、2011 年に IUGONET のヨーロッパ版とも言える ESPAS (<http://www.espas-fp7.eu/>) プロジェクトが立ち上がった。この様に、日本の IUGONET のみならず、ヨーロッパにおいても超高層物理学分野におけるデータ集約型科学の機運が益々高まっている。この様な背景の下、平成 24 年 4 月 20 日に京都で行われた会議を最初に、京都、ポツダム、台北において IUGONET ならびに ESPAS の研究者間で数度の議論を重ねた。これらの会議において、両プロジェクトの目標が類似している点、そして両プロジェクトの参加機関が保有する観測データが相補的である点が確認され、両プロジェクトが国際的な協力関係を築いて推進するのが良いと結論付けた。具体的な協力内容の一例として、双方が所有する観測データへの到達性を高める為の、両メタデータ・データベースの連携が挙げられる。この第一歩として、メタデータの語彙を共通化させる取り組みについて、European Geosciences Union において発表がなされた¹²⁾。

3.5.3.3 超高層物理学分野におけるデータ集約型の第 4 の科学に対する取り組み

平成 21 年 10 月、Microsoft Research の Tony Hey らによって、データ集約型の第四の科学に関する著書が発表された¹³⁾。その著書の中で、Jim Gray が主張した様に、従来の 1. 実験、2. 理論、そして 3. 数値計算に基づいた科学は、第 4 の科学と呼ばれるデータ集約型科学の到来によって、大きく変貌を遂げようとしている。ビッグ・データ時代の到来により、図 3.5.7 で表したところの Raw Data が増大し、如何にして効率よく Derived and Recombined Data へ導くか？が今後の科学研究推進上、重要な課題となっている。

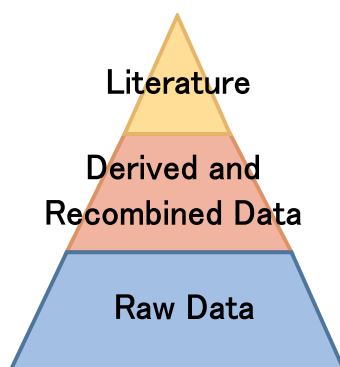


図 3.5.7 学術データの階層構造の概念図（参考文献 6 より引用）

他方で、科学研究の出力である Literature から Raw Data はもちろん、Derived and Recombined Data へ到達出来なかった点が、科学論文出版上の問題であった。これを受けて、現在頻繁に議論されているのが、データ出版ならびにデータ引用である。これらの取り組みは、データにデジタルオブジェクト識別子 (DOI: Digital Object Identifier) などの識別子を付与し、そのデータを論文から引用することにより、(1) Literature から Raw Data への到達性を高め、(2) 科学データ関係者の貢献を明確にし、(3) 論文・科学データ利用者の利便性を高め、ひいては科学研究活動全体の生産性を高めるという取り組みである。Literature から Raw Data への到達性の向上については進展があるものの、Derived and Recombined Data を媒介した Literature と Raw Data の連携は、依然として大きな課題である。

超高層物理学分野におけるデータ集約型科学に対する Raw Data 側からの取り組みは、前述の IUGONET メタデータ・データベースやデータ解析ソフトウェアである。

他方で、超高層物理学分野におけるデータ集約型科学に対する Literature 側からの取り組みにも着手し始めた¹⁴⁾。ここでは、IUGONET メタデータ・データベースと著者識別子を連携させる予備調査を行った。さらには、IUGONET メタデータ・データベースとデータ識別子を連携させることを検討中である。これを行うには、そもそもデータ識別子の導入が必要となるが、IUGONET 参加機関中、ICSU World Data System に関連した京大地磁気センター、極地研、そして ICSU World Data System の国際プログラムオフィスが設置されている NiCT の関係者らの間で、日本の World Data System 機関での、データ識別子のあり方について議論を行なっている。また、DOI の登録期間であるジャパンリンクセンター関係者とも、科学データへの識別子付与について議論を行なっており、将来的にデータセットへのデータ識別子の付与、そしてそれと IUGONET メタデータ・データベースとの連携が期待される。

【参考文献 (3.5 節)】

- 1) Elias, A. G., M. Zossi de Artigas, and B. F. de Haro Barbas, Trends in the solar quiet geomagnetic field variation linked to the Earth's magnetic field secular variation and increasing concentrations of greenhouse gases, *J. Geophys. Res.*, **115**, A08316, doi:10.1029/2009JA015136, 2010.

- 2) Abramenko, V., V. Yurchyshyn, P. Goode, and A. Kilcik, Statistical distribution of size and lifetime of bright points observed with the new solar telescope, *Astro. J. Lett.*, **725**, L101-L105, 2010.
- 3) Sattarov, I., A. A. Pevtsov, Alexei, N. V. Karachik, C. T. Sheridanov, and A. M. Tillaboev, Solar Cycle 23 in Coronal Bright Points, *Solar Phys.*, **262**, 321-335, 2010.
- 4) Chakraborty, S. K., and R. Hajra, Solar control of ambient ionization of the ionosphere near the crest of the equatorial anomaly in the Indian zone, *Ann. Geophys.*, **26**, 47-57, 2008.
- 5) Bremer, J., Long - term trends in the ionospheric E and F1 regions, *Ann. Geophys.*, **26**, 1189-1197, 2008.
- 6) Kikuchi, T., and T. Araki, Horizontal transmission of the polar electric field to the equator, *J. Atmos. Terr. Phys.*, **41**, 927-936, 1979.
- 7) Zaka, K. Z., A. T. Koba, V. Doumbia, A. D. Richmond, A. Maute, N. M. Mene, O. K. Obrou, P. Assamoi, K. Boka, J.-P. Adohi, and C. Amory-Mazaudier, Simulation of electric field and current during the 11 June 1993 disturbance dynamo event: Comparison with the observations, *J. Geophys. Res.*, **115**, A11307, 10.1029/2010JA015417, 2010.
- 8) Forbes, J. M., The equatorial electrojet, *Rev. Geophys. Space Phys.*, **19**, 469-504, 1981.
- 9) Aveiro, H. C., C. M. Denardini, and M. A. Abdu, Climatology of gravity waves-induced electric fields in the equatorial E region, *J. Geophys. Res.*, **114**, A11308, 10.1029/2009JA014177, 2009.
- 10) Koon, H. C., J. E. Mazur, R. S. Selesnick, J. B. Blake, J. F. Fennell, J. L. Roeder and P. C. Anderson, The impact of the space environment on space systems, *A. R.*, TR-99(1670)-1, 1999.
- 11) 八木学、小山幸伸、阿部修司、梅村宣生、堀智昭、田中良昌、新堀淳樹、上野悟、佐藤由佳、谷田貝亜紀代、Bernd RITSCHER、連想検索エンジン GETAssoc の超高層物理学におけるメタデータ・データベースへの適用、DEIM2013 Forum

A10-1.

- 12) Bernd Ritschel, Friederike Borchert, Günther Neher, Susanne Schildbach, Gregor Kneitschel, Toshihiko Iyemori, Akiyo Yatagai, Yukinobu Koyama, Tomoaki Hori, Dominic Lowe, Ivan Galkin, and Todd King, Integration of ESPAS, IUGONET and ISDC: Connection of domain and terminological ontologies, EGU2013-8376.
- 13) Tony Hey, Stewart Tansley, Kristin Tolle, “The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery”, Microsoft Research, 2009.
- 14) 佐藤由佳、蔵川圭、田中良昌、小山幸伸、情報・システム研究機構の新領域融合研究センター、平成 24 年度第 2 回融合研究シーズ探索提案「超高層物理学分野における観測データのメタデータ DB と著者 ID の連携に関する調査」

第4章 まとめと今後の課題・展望

IUGONET プロジェクトの前半年度（平成 21－23 年度）では、当初の計画通り、オンライン上での情報交換・会議のための多点情報交換システムを導入した上で、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（UDAS）などの研究環境を開発・公開することで、「超高層大気科学バーチャル情報拠点」の基盤システムを確立した。

これら前半年度の成果を受けて、平成 24 年度ではこの超高層大気科学バーチャル情報拠点の核となる機能およびコンテンツをさらに発展させた。観測データのメタデータの抽出・登録は順調に進んでおり、メタデータ・データベースへの登録数ベースで昨年度の約 4 倍（合計で約 800 万件）に増えた。この中には IUGONET 参加機関以外の 3 つの研究機関から提供されたメタデータも 100 万件以上含まれており、超高層大気科学コミュニティ全体からメタデータを受け入れる体制が整いつつある。IUGONET メタデータ・データベースについては、観測データに関する様々な情報をよりわかりやすくユーザーに提供できるように、検索結果表示画面の各種カスタマイズや、外部へのメタデータ提供インターフェースである **OpenSearch** の改良を行い、また連想検索システムの実装、および観測データの **Quick-Look** プロットを即座に表示できる機能の実装を開始した。またユーザーからは直接見えないものの、将来を見据えたシステムハードウェアの増強を行い、さらに増大していくメタデータに対応するために、メタデータ登録システムのパフォーマンス改善のためのソフトウェア的改修を進めた。一方データ解析ソフトウェアについては、前半年度よりも取り扱うことができるデータ種が拡充され、新規に取り扱うことができるようになったデータの中には、太陽撮像データ、イオノゾンデデータ、およびイメージングリオメータデータなど 2 次元画像データも含まれる。さらに観測点情報やデータファイルの所在情報をメタデータ・データベースから取得するなど、メタデータ・データベースとの連携機能も実装された。また UDAS の母体となっている **THEMIS Data Analysis Software suite (TDAS)** との融合を進め、商用ライセンス無しで利用できる UDAS の **IDL Virtual Machine** 版の開発・テスト公開などを行うことにより、研究者コミュニティに向けて、開発したツールのさらなる普及を図っている。このような研究インフラ・プロダクトについての積極的な普及活動として、ニュースレターの配布、学会での展示ブースでの紹介、さらに各種ソーシャルネットワークを用いた情報配信を行っており、また研究者のニーズに合わせた大小様々な規模のメタデータ・データベースとデータ解析ソフトウェアの講習会

を開催している。このような活動が着実に実を結び、3.5 節に報告されている通り、IUGONET メンバー以外をも巻き込んだ多くの共同研究が遂行されつつあり、その幾つかについては実際の研究成果として発表されている。

今後の課題としては、各機関でメタデータの抽出やメタデータ作成に付随するデータベース整備を継続し、特に平成 24 年度より本格的に開始した、過去 20 年以上前の古いものを含む観測データのメタデータ抽出・登録を進めていく必要がある。またメタデータ・データベースシステムの継続的な更新や機能強化をはかるとともに、既に着手しているシステムの分散化・冗長化を行い、より長期に渡って多くのメタデータを蓄積できるようにシステム改良を行なっていく。データ解析ソフトウェアは、扱うことができるデータの種類を増やすほか、新たな描画・解析機能を追加するなどして、超高層大気科学研究におけるニーズを網羅できるように継続的な更新を進めていくべきである。一方で、このような「超高層大気科学バーチャル情報拠点」のプロダクトを研究コミュニティに普及・定着させていく取り組みがますます重要となる。これまで以上に、共同研究や教育活動において開発プロダクトの実践的な使い方を紹介することで、研究ベースでの利用者を増やすとともに、超高層大気科学における学際研究の進展のみならず、次世代の研究者育成にも貢献していくことが求められている。

さらに IUGONET 参加機関以外の国内外の関連研究機関や、超高層大気科学分野以外への外部展開も視野に入れている。メタデータの共有という方向では、国内 3 機関からのメタデータの受け入れに留まらず、例えば同じメタデータフォーマットをベースにした米国の Virtual Observatory (SPASE フォーマットを採用) や、さらにヨーロッパで実施されている ESPAS プロジェクトとの連携についても、既に担当者間の打ち合わせが始まっている。また既に情報通信研究機構に対して行ったように、IUGONET のプロダクトであるメタデータ・データベースや共通解析ソフトウェアの技術的移転も積極的に行っていく。これに関しては、京都大学防災研の平成 25-26 年度共同研究として「福島原発事故に伴う放射性物質の初期拡散沈着過程把握のためのデータベース構築」(研究代表者: 京大生存圏研究所 谷田貝亜紀代) が採択されており、主に事故当時の気象データのデータベース構築に対して、IUGONET メタデータ・データベースの技術が提供されることになっている。また同様に物理学会、国会図書館、および日本アーカイブス学会が福島原発事故時の様々な観測データを参照する仕組みとしてメタデータ・データベースを構築して公開することを目指しており、このプロジェクトへの IUGONET の技術提供について、既に具

体的な議論が行われている。これは名古屋大学太陽地球環境研究所 伊藤好孝教授が中心となって進められており、プロジェクトの現状・展望について日本アーカイブス学会 2013 年度大会で発表された。

また中長期的な視野に立てば、IUGONET で行われている複数機関の科学データをメタデータ・データベースを通じてリンクさせる試みは、「分散データセンター」構想を実践している極めて重要な事例とみなすことができる。これは、日本の超高層大気科学コミュニティである地球電磁気・地球惑星圏学会が平成 25 年 1 月に発表したロードマップ「地球電磁気・地球惑星圏科学の現状と将来」(http://www.sgepss.org/sgepss/shorai/SGEPSS_syorai_Jan2013.pdf) で言及されている構想で、元々は第 17 期日本学術会議第 4 部会理学データネットワーク推進小委員会活動の成果「理学データベース構築促進とデータネットワーク体制の整備に向けて」(2004 年 6 月)において、諸外国に比べて基盤が弱い我が国の理学系データベースが取りうる、ネットワーク型分散データシステムの一案として提言されている。この構想のエッセンスは、米国のような専任スタッフ数十人~100 人規模の大データセンターが無い我が国の超高層大気科学分野において、現存する中~小規模のデータセンターや、観測グループが自助努力で運営するデー

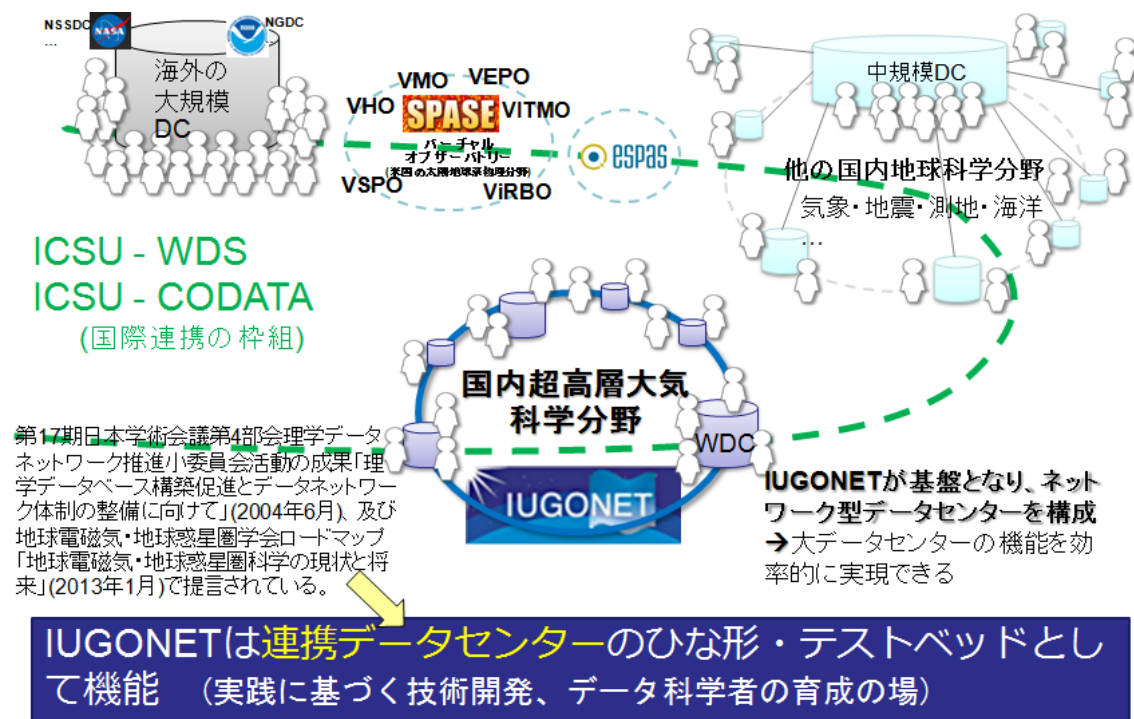


図 4.1 超高層大気分野の将来の連携データセンターのテストベッドとしての IUGONET

データベース同士の連携・組織化を高めることで、諸外国の大データセンターのような研究基盤としての機能をもたせることが、現状で考えうる有効かつ現実的な方法であるということである。これはまさに IUGONET が参加 5 研究機関＋協力機関の間で実践しつつあることであり、IUGONET は超高層大気科学分野における連携データセンターのテストベッドとしての役割を負っていると言える。この観点から、IUGONET では次世代データシステムを支える研究基盤インフラの開発と人的リソースの育成など様々な新しい試みを行っており、当該分野から期待されているところである。現段階では IUGONET プロジェクトは超高層大気科学の中でも、このようなデータ流通・利用に関する研究基盤が比較的遅れていた地上観測データを直接な対象としているが、将来的には人工衛星観測データや数値シミュレーション・モデリングデータに関する取り組みとの協同、さらには地球惑星科学における他分野との連携も視野に入れた「超高層大気科学バーチャル情報拠点」として発展していくべきであり(図 4.1)、そのことにより IUGONET が連携データセンターの具現化に先鞭をつけることになると思う。

Appendix

Appendix A. 登録メタデータリスト

(無印は 2013 年 4 月現在で登録済。*印付きは今後作成・登録予定)

【A.1. IUGONET 参加機関】

東北大学大学院理学研究科 惑星プラズマ・大気研究センター / 地球物理学専攻太陽惑星 間空間物理学講座

女川 地磁気変動データ (サーチコイル)

飯舘 HF 帯太陽・木星電波広帯域スペクトルデータ

飯舘 UHF 帯木星メートル電波固定周波数データ

飯舘 VHF 帯太陽メートル電波スペクトルデータ

HF 帯木星電波固定周波数観測データ*

HF 帯木星電波広帯域観測データ*

アサバスカ LF 帯標準電波位相・振幅変動データ

ニーオレスン LF 帯標準電波位相・振幅変動データ

アラスカ 地磁気変動データ (サーチコイル*)

アラスカ オーロラ撮像データ*

国立極地研究所 研究教育系 宙空圏研究グループ

昭和基地オーロラ光学観測*

昭和基地地磁気観測

昭和基地超高層モニタリング観測

昭和基地イメージングリオメータ

昭和基地 1-100 Hz 帯 ULF/ELF 電磁波動観測

昭和基地ファブリペローイメージャー*

昭和基地大型短波レーダー

昭和基地 MF レーダー
昭和基地ナトリウムライダー
昭和基地および周辺無人磁力計ネットワーク観測
中山基地超高層物理観測＊
南極点基地全天オーロライメージャー
アイスランド共役点観測
EISCAT レーダー
流星レーダー(スバルバル、トロムソ)
オーロラ光学観測(スバルバル、トロムソ)

名古屋大学 太陽地球環境研究所

大気微量成分のキャンペーン観測
大気エアロゾル観測
赤外分光による大気分子観測 (国内)＊
ミリ波サブミリ波分光による大気分子観測 (国内、南アメリカ)＊
210 Magnetic Meridian (210MM)地上磁力計チェーン
STEL 磁力計 (国内、カナダ、ロシア)
OMTI 大気光・オーロラ光学観測＊
電離圏シンチレーション観測 (インドネシア、ノルウェー)＊
VHF レーダー (インドネシア)＊
VLF/ELF 電磁放射観測 (国内、カナダ)＊
EISCAT レーダー
MF/流星レーダー (ノルウェー)＊
大気光・オーロラ観測 (ノルウェー)
SuperDARN 北海道・陸別短波レーダー
ミューオン望遠鏡(国内)＊
惑星間空間シンチレーション観測(国内)

京都大学 附属地磁気世界資料解析センター

地磁気指数データ (final)

地磁気指数データ (provisional)
地磁気指数データ (quick look)
地磁気デジタルデータ (WDC final)
地磁気デジタルデータ (WDC prompt)
地磁気アナログデータ
地磁気デジタルデータ (研究観測)*
微気圧変動データ (研究観測)
主磁場モデル (IGRF)
電離層モデルによる計算値
磁場データカタログ情報*

京都大学 生存圏研究所

信楽 MU 観測所:

MU レーダー (対流圏・成層圏観測)
MU レーダー (中間圏観測)
MU レーダー (電離圏観測)
MU レーダー (特別観測: 流星/RASS*/FAI*)
ラジオゾンデ*
境界層レーダー
L バンド下部対流圏レーダー
ウインドプロファイラ (LQ-7)
アイオノゾンデ
流星レーダー
下部熱圏プロファイラレーダー*
ライダー*
シーロメーター
自動気象観測装置
全天カメラ

赤道大気観測所:

赤道大気レーダー (対流圏・成層圏観測, FAI)

境界層レーダー

流星レーダー

X-バンド気象レーダー

シーロメーター

ラジオゾンデ*

自動気象観測装置

その他:

MF レーダー(ポンティアナ, パンプク)

流星レーダー(スルボン, ビアク)

スルボン境界層レーダー

ダーウィンゾンデ (キャンペーン観測)

GNU ビーコン電波受信 (GRBR)

GPS*

ウインドプロファイラ(LQ-7) (ビアク, マナド, ポンティアナ)

自動気象観測装置 (ビアク, マナド, ポンティアナ)

京都大学 理学研究科附属天文台

フレア監視望遠鏡(FMT) :

FMT 太陽全面多波長画像

FMT イベントリスト*

FMT イベントムービー*

太陽磁気活動望遠鏡 (SMART) :

SMART H α 太陽全面多波長画像

SMART H α 太陽部分拡大多波長画像*

SMART イベントカタログ*

SMART イベントムービー*

SMART 太陽光球磁場データ*

ドームレス太陽望遠鏡 (DST) :

DST H α 太陽部分拡大多波長画像

DST 太陽分光観測クイックルック画像*

DST 太陽分光観測データ＊

太陽全面カルシウム線ヘリオグラム＊

九州大学 国際宇宙天気科学・教育センター

地上磁力計観測データ

FM-CW レーダー観測データ＊

地磁気 Pc5 Index データ＊

地磁気 EE Index データ＊

地磁気 Pi2 Index データ＊

MAGDAS/CPMN 観測による Sq 経験モデル＊

【A.2. メタデータ提供協力機関】

国立天文台太陽観測所

白色光/H α 線太陽全面画像

太陽全面ストークスマップ (He-I 10830, Si-I 10827, Fe-I 15648)

情報通信研究機構

オーロラ・ウェブ・カメラ(アラスカ)

MF レーダー(アラスカ/稚内/山川)

1.3 GHz ウィンドプロファイラレーダー(LQ4)＊

気象庁地磁気観測所

地磁気データ (1 時間/1 分/1 秒値、柿岡/女満別/鹿屋/父島)

地磁気データ (0.1 秒値、柿岡/女満別/鹿屋)

地電流データ (1 時間/1 分/1 秒/0.1 秒値、柿岡/女満別/鹿屋)

大気電場データ (1 時間/1 分値、柿岡/女満別)

Appendix B. 会議・研究集会の開催（平成 24 年度）

【B.1. 全体会議】

● 第 8 回全体会議(平成 24 年度中間報告会)

日時：平成 24 年 8 月 9 日 11:00-17:00

場所：情報・システム研究機構 国立極地研究所 大会議室

出席者：小原 隆博、寺田直樹、八木学、中村卓司、門倉昭、富川喜弘、佐藤夏雄、田中良昌、佐藤由佳、荻野竜樹、三好由純、堀智昭、梅村宜生、柴田一成、能勢正仁、小山幸伸、津田敏隆、谷田貝亜紀代、新堀淳樹、吉川顕正、阿部修司、(以下は USTREAM による参加) 橋口典子

議題：

I. プロジェクト報告

- ・ IUGONET 3 年間の活動報告 [谷田貝亜紀代]
- ・ グループ報告：メタデータグループ [堀智昭]
- ・ グループ報告：システムグループ [阿部修司]
- ・ グループ報告：解析ソフトグループ [田中良昌]
- ・ グループ報告：アウトリーチグループ [佐藤由佳]
- ・ サイエンスチーム報告 [新堀淳樹]

II. プロジェクト後半にむけて

- ・ IUGONET プロジェクト後半の計画 [谷田貝亜紀代]
- ・ データアーカイブのサービス継続に向けた課題 [JAXA 篠原育]
- ・ 国立天文台における太陽の長期観測とデータの蓄積 [NAOJ 花岡庸一郎]
- ・ 大気観測データベースの機関間連携と将来 [NICT 村山泰啓]
- ・ NICT サイエンスクラウドと宇宙天気データ [NICT 村田健史]

III. 総合討論

● 第 9 回全体会議(平成 24 年度年度末報告会)

※ 第 221 回生存圏シンポジウム『地球環境科学における分野横断研究の最前線 - 分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 - 』の 1 セッションとして開催

日時：平成 25 年 2 月 28 日 13:10-14:20

場所：京都大学 生存圏研究所 木質ホール

出席者：寺田直樹、八木学、中村卓司、小川泰信、佐藤夏雄、田中良昌、佐藤由佳、荻野竜樹、藤井良一、堀智昭、梅村宜生、柴田一成、上野悟、金田直樹、家森俊彦、能勢正仁、小山幸伸、津田敏隆、橋口浩之、谷田貝亜紀代、新堀淳樹、橋口典子、池田大輔、阿部修司

議題：

- ・ IUGONET プロジェクト 平成 24 年度成果報告 [谷田貝亜紀代]
- ・ IUGONET メタデータの作成とアーカイブの状況 [堀智昭]

- ・IUGONET システムの進捗と今後 [阿部修司]
- ・IUGONET 解析ソフトウェア報告 [田中良昌]

【B.2. 運営協議会】

● 第9回運営協議会

日時：平成24年8月9日 17:15-18:30

場所：国立極地研究所 5階会議室 (C501)

出席者：小原隆博、中村卓司、門倉昭、佐藤夏雄、荻野竜樹、三好 由純、家森俊彦、津田敏隆、柴田一成、吉川顕正、阿部修司 (湯元代理)、谷田貝亜紀代

● 第10回運営協議会 (TV 会議)

日時：平成24年12月28日 13:00-15:15

場所：各機関 (TV 会議接続)

出席者：小原隆博、中村卓司、佐藤夏雄、藤井良一、荻野瀧樹、津田敏隆、家森俊彦、柴田一成、上野悟、吉川顕正、谷田貝亜紀代

＜平成25年1月31日付協定書締結。以降協定書に基づく正式な運営協議会として開催のため次の開催を第1回と定義し直した。＞

● 第1回運営協議会

日時：平成25年2月28日 17:00-18:00

場所：京都大学 生存圏研究所 小会議室および東北大学・名古屋大と TV 会議接続

出席者：小原隆博 (TV 会議)、小野高幸 (TV 会議)、中村卓司、佐藤夏雄、荻野瀧樹、藤井良一、塩川和夫 (TV 会議)、津田敏隆、家森俊彦、柴田一成、阿部修司 (湯元代理)、谷田貝亜紀代

【B.3. 開発者会議】

IUGONET の全ての開発に関する定期的な打ち合わせ。開発メンバー(1.2 節参照)が参加する。ほぼ2週間に一度開催した。平成24年度中に22回開催した。全てバーチャル情報拠点を利用したオンライン会議である。開催日時は以下の通りである。

- ・第72回 2012年4月11日 (水) 13:30-15:15
- ・第73回 2012年4月24日 (水) 13:30-15:07
- ・第74回 2012年5月16日 (水) 13:00-14:50
- ・第75回 2012年6月 6日 (水) 15:00-17:05

- ・第76回 2012年6月25日(月) 13:00-15:25
- ・第77回 2012年7月4日(水) 13:00-15:00
- ・第78回 2012年7月18日(水) 13:30-15:30
- ・第79回 2012年8月1日(水) 13:00-15:00
- ・第80回 2012年8月22日(水) 10:00-12:00
- ・第81回 2012年9月6日(木) 10:00-12:00
- ・第82回 2012年9月26日(水) 13:30-15:30
- ・第83回 2012年10月10日(水) 10:00-12:00
- ・第84回 2012年11月7日(水) 10:00-12:00
- ・第85回 2012年11月21日(水) 10:00-12:00
- ・第86回 2012年12月12日(水) 13:00-15:00
- ・第87回 2012年12月26日(水) 13:00-15:00
- ・第88回 2013年1月9日(水) 10:00-12:00
- ・第89回 2013年1月23日(水) 13:00-15:57
- ・第90回 2013年2月6日(水) 15:00-17:00
- ・第91回 2013年2月19日(火) 15:07-17:30
- ・第92回 2013年3月13日(水) 13:00-15:43
- ・第93回 2013年3月28日(木) 13:00-16:16

【B.4. 研究集会・講習会】

- 平成24年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」

日時：平成24年8月10日 10:00-17:30

場所：情報・システム研究機構 国立極地研究所 3階セミナー室

※ プログラム等は <http://www.iugonet.org/meetings/2012-08-10.html> 参照

- ミニ講習会：IUGONET MDDDBやUDASの紹介と使い方

※The 208th Symposium on Sustainable Humanosphere, Humanosphere Science School 2012の中で実施

日時：平成24年8月27-30日

場所：Auditorium LAPAN（インドネシア・バンドン）

講師：新堀淳樹

- ミニ講習会：IUGONET MDDDBやUDASの紹介

※宇宙地球惑星科学若手会夏の学校2012の中で実施

日時：平成24年9月3-5日

場所：グリーンピア八女（福岡県）

講師：新堀淳樹、佐藤由佳

- ミニ講習会：IUGONET プロダクト紹介

※2012 国連データ解析シンポジウムの中で実施
 日時：平成 24 年 9 月 18-21 日
 場所：Space Research Institute of the Austrian Academy of Sciences（オーストリア・グラーツ）
 講師：阿部修司
- ミニ講習会：IUGONET プロダクト紹介

※2012 ISWI MAGDAS School の中で実施
 日時：平成 24 年 9 月 17-26 日
 場所：PENDAWA guest house（インドネシア・チアンジュール）
 講師：阿部修司
- ミニ講習会：IDL/TDAS/UDAS 勉強会

日時：平成 24 年 12 月 3 日
 場所：東北大学大学院理学研究科
 講師：八木学、高橋直子
- ミニ講習会：IUGONET プロダクトのウェブ講習

※京都大学生存圏とインターネットで接続して遠隔実施
 日時：平成 25 年 1 月 12 日
 場所：LAPAN（インドネシア・バンドン）
 講師：新堀淳樹
- ミニ講習会：IDL/TDAS/UDAS 勉強会

日時：平成 25 年 2 月 6 日
 場所：東北大学大学院理学研究科
 講師：八木学
- ミニ講習会：IUGONET プロダクトのウェブ講習

※京都大学生存圏とインターネットで接続して遠隔実施
 日時：平成 25 年 2 月 11 日
 場所：LAPAN（インドネシア・バンドン）
 講師：新堀淳樹
- ミニ講習会：IUGONET プロダクトのウェブ講習

※太陽研究シンポジウムの会場で実施
 日時：平成 25 年 2 月 22 日
 場所：立教大学
 講師：新堀淳樹

- 第 221 回生存圏シンポジウム「地球環境科学における分野横断研究の最前線・分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 -」および IUGONET 解析講習会

日時：平成 25 年 2 月 27 日 10:00-17:30

2 月 28 日 13:00-17:00

3 月 1 日 9:00-16:20

場所：京都大学生存圏研究所 木質ホール

※ プログラム等は http://www.iugonet.org/meetings/2013-02-27_03-01.html 参照

【B.5. 学会のセッション主催】

- 「日本地球惑星科学連合 2012 年大会」における国際セッションの主催

セッション名： Toward a New Framework of Global Data Activity

日時： 平成 24 年 5 月 23 日 9:00-18:30

場所： 幕張メッセ（千葉県）

※家森俊彦（京大地磁気センター）、林寛生（京大 RISH）がコンビーナとして参画

※プログラム等は <http://www2.jpgu.org/meeting/2012/session/U-01.html> を参照

Appendix C. 成果発表 (平成 24 年度のみ)

なお、いずれについても IUGONET 参加機関のプロジェクト構成員は下線で示す。

【C.1. 論文 (査読有り)】

- Hayashi, H., Y. Koyama, T. Hori, Y. Tanaka, S. Abe, A. Shinbori, M. Kagitani, T. Kouno, D. Yoshida, S. UeNo, N. Kaneda, M. Yoneda, N. Umemura, H. Tadokoro, T. Motoba, and IUGONET project team, "Inter-university Upper Atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET)", Data Sci. J., *in press*.
- Hori, T., N. Nishitani, Y. Miyoshi, Y. Miyashita, K. Seki, T. Segawa, K. Hosokawa, A. S. Yukimatu, Y.-M. Tanaka, N. Sato, M. Kunitake, and T. Nagatsuma, "An integrated analysis platform merging the SuperDARN data within the THEMIS tool developed by ERG-Science Center (ERG-SC)", Adv. Polar Sci., *in press*.
- Hosokawa, K., S. Taguchi, Y. Ogawa, and T. Aoki, "Periodicities of polar cap patches", J. Geophys. Res., *in press*, 2013.
- Otsuka, Y., K. Suzuki, S. Nakagawa, M. Nishioka, K. Shiokawa, and T. Tsugawa, "GPS observations of medium-scale traveling ionospheric disturbances over Europe", Ann. Geophys., *in press*,
- Sakai, J., S. Taguchi, K. Hosokawa, and Y. Ogawa, "Steep plasma depletion in dayside polar cap during a CME-driven magnetic storm", J. Geophys. Res., *in press*, 2013.
- 小川泰信, 門倉昭, 元場哲郎, 田中良昌, 細川敬祐, "トロムソ/ロングイアビンにおけるオーロラ観測用並列イメージャの大容量データ処理と可視化", 宇宙科学情報解析論文誌, JAXA-RR-12-006 (ISSN 1349-1113), *in press*.
- 田中良昌, 新堀淳樹, 梅村宜生, 堀智昭, 阿部修司, 小山幸伸, 林寛生, 上野悟, 佐藤由佳, 谷田貝亜紀代, 小川泰信, 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現状と今後の発展", 宇宙科学情報解析論文誌, JAXA-RR-12-006 (ISSN 1349-1113), 印刷中.
- 堀智昭, 梅村宜生, 阿部修司, 小山幸伸, 田中良昌, 林寛生, 上野悟, 新堀淳樹, 佐藤由佳, 八木学, "IUGONET メタデータ登録・管理システムの処理性能評価", 宇宙科学情報解析論文誌, JAXA-RR-12-006 (ISSN 1349-1113), 印刷中.
- Abe, S., K. Yumoto, A. Ikeda, T. Uozumi, G. Maeda, Data and Information Activities of ICSWSE, Kyushu University, Japan, Data Science Journal, Vol. 12, p. WDS92-WDS96, doi:10.2481/dsj.WDS-014, 2013.
- Marzuki, R. W. L., T. Kozu, T. Shimomai, H. Hashiguchi, M. Schönhuber, "Raindrop axis ratios, fall velocities and size distribution over Sumatra from 2D-Video Disdrometer measurement", Atmos. Res., 119, 23-37,

10.1016/j.atmosres.2011.08.006, 2013.

- Suzuki, S., K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Kawamura, and Y. Murayama, "Evidence of gravity wave ducting in the mesopause region from airglow network observations", *Geophys. Res. Lett.*, 40, 601-605, doi:10.1029/2012GL054605, 2013.
- Wilson, R., H. Luce, H. Hashiguchi, M. Shiotani, and F. Dalaudier, "On the effect of moisture on the detection of tropospheric turbulence from in situ measurements, *Atmospheric Measurement Techniques*", 6, 697-702, 10.5194/amt-6-697-2013, 2013.
- Baishev, D. G., Barkova, E. S., Yumoto, K., "Optical Observations of Large-Scale Undulations in the 23rd Cycle of Solar Activity", *Geomagnetism and Aeronomy*, Vol.52, No. 2, pp.197-203, DOI: 10.1134/S0016793212020028, 2012.
- Bolaji, OS, Rabi'u, AB, Oyeyemi, EO, Yumoto, K., "Climatology of the inter-hemispheric field-aligned currents system over the Nigeria ionosphere", *Journal of atmospheric and solar-terrestrial physics*, Vol. 89, pp144-153, DI 10.1016/j.jastp.2012.07.008, 2012.
- Chang, L. C., W. E. Ward, S. E. Palo, J. Du, D.-Y. Wang, H.-L. Liu, M. E. Hagan, Y. Portnyagin, J. Oberheide, L. P. Goncharenko, T. Nakamura, P. Hoffmann, W. Singer, P. Batista, B. Clemesha, A. H. Manson, D. M. Riggan, C.-Y. She, T. Tsuda, T. Yuan, Corrigendum to "Comparison of diurnal tide in models and ground-based observations during the 2005 Equinox CAWSES tidal campaign", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 86, 107-107, 10.1016/j.jastp.2012.08.002, 2012.
- Chang, L. C., W. E. Ward, S. E. Palo, J. Du, D.-Y. Wang, H.-L. Liu, M. E. Hagan, Y. Portnyagin, J. Oberheide, L. P. Goncharenko, T. Nakamura, P. Hoffmann, W. Singer, P. Batista, B. Clemesha, A. H. Manson, D. M. Riggan, C.-Y. She, T. Tsuda, T. Yuan, "Comparison of diurnal tide in models and ground-based observations during the 2005 Equinox CAWSES tidal campaign", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 78, 19-30, 10.1016/j.jastp.2010.12.010, 2012.
- El Hawary, R., Yumoto, K., Yamazaki, Y., Mahrous, A., Ghamry, E., Meloni, A., Badi, K., Kianji, G., Uiso, C. B. S., Mwiinga, N., Joao, L., Affluo, T., Sutcliffe, P. R., Mengistu, G., Baki, P., Abe, S., Ikeda, A., Fujimoto, A., Tokunaga, T., "Annual and semi-annual S-q variations at 96 degrees MM MAGDAS I and II stations in Africa", *Earth Planets and Space*, Vol. 64, No. 6, pp. 425-432, DOI: 10.5047/eps.2011.10.013, 2012.
- Fujiwara, H., S. Nozawa, S. Maeda, Y. Ogawa, Y. Miyoshi, H. Jin, H. Shinagawa, and K. Terada, "Polar cap thermosphere and ionosphere during the solar minimum period: EISCAT Svalbard radar observations and GCM simulations", *Earth, Planet and Space*, vol. 64, 459-465, 2012.
- Fukushima, D., K. Shiokawa, Y. Otsuka, and T. Ogawa, "Observation of equatorial

- nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances in 630-nm airglow images over 7 years”, *J. Geophys. Res.*, 117, A10324, doi:10.1029/2012JA017758, 2012.
- Hafez, AG, Ghamry, E, Yayama, H, Yumoto, K, “A Wavelet Spectral Analysis Technique for Automatic Detection of Geomagnetic Sudden Commencements”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 50, pp 4503-4512, DOI: 10.1109/TGRS.2012.2192279, 2012.
- Hara, S, Kawahara, Y, Washio, T, von Bunau, P, Tokunaga, T, Yumoto, K, “Separation of stationary and non-stationary sources with a generalized eigenvalue problem”, *Neural Networks*, Vol. 33, pp. 7-20, DOI: 10.1016/j.neunet.2012.04.001, 2012.
- Hori, T., A. Shinbori, N. Nishitani, T. Kikuchi, S. Fujita, T. Nagatsuma, O. Troshichev, K. Yumoto, A. Moiseyev, and K. Seki, "Evolution of negative SI-induced ionospheric flows observed by SuperDARN King Salmon HF radar", *J. Geophys. Res.*, 117, A12223, doi:10.1029/2012JA018093, 2012.
- Iwai, K., F. Tsuchiya, A. Morioka, H. Misawa, “IPRT/AMATERAS: A New Metric Spectrum Observation System for Solar Radio Bursts”, *Solar Phys.*, Volume 277, Issue 2, 447-457pp, 10.1007/s11207-011-9919-y, 2012.
- Iwai, K., H. Misawa, F. Tsuchiya, A. Morioka, S. Masuda, and Y. Miyoshi, “Survey of Accelerated Particles in a Solar Active Region Using Hinode/XRT and Ground-Based Type-I Radio Burst Observations”, *Hinode-3, ASP Conference Series*, Volume 454, 249-253pp, 2012.
- Iwai, K., Y. Miyoshi, S. Masuda, M. Shimojo, D. Shiota, S. Inoue, F. Tsuchiya, A. Morioka, H. Misawa, “Solar Radio Type-I Noise Storm Modulated by Coronal Mass Ejections”, *ApJ*, Volume 744, Issue 2, article id. 167, 9pp, 10.1088/0004-637X/744/2/167, 2012.
- Kaur, M., S. K. Dhaka, V. Malik, S. M. Datta, K. L. Baluja, A. Jain, Y. S. Sharma, A. P. Singh, S. Malik, and Y. Shibagaki, H. Hashiguchi, and T. Shimomai, “Characteristics of Tropospheric Gravity Waves using the Equatorial Atmosphere Radar at Koto Tabang (0.20°S, 100.32°E), Indonesia during CPEA -2 campaign”, *Atmos. Res.*, 109, 84-94, 10.1016/j.atmosres.2012.02.004, 2012.
- Kim, K-H, Lee, D-H, Shiokawa, K., Lee, E., Park, J-S, Kwon, H-J, Angelopoulos, V., Park, Y-D., Hwang, J., Nishitani, N., Hori, T., Koga, K., Obara, T., Yumoto, K., Baishev, D. G., “Magnetospheric responses to the passage of the interplanetary shock on 24 November 2008”, *J. Geophys. Res.*, Vol. 117, A10209, DOI: 10.1029/2012JA017871, 2012.
- Kitamura, N., Y. Nishimura, M. Chandler, T. Moore, N. Terada, T. Ono, A. Shinbori, and A. Kumamoto, "Storm-time electron density enhancement in the cleft ion

- fountain", *J. Geophys. Res.*, 117, A11212, doi:10.1029/2012JA017900, 2012.
- Luce, H. N. Nishi, J. -L. Caccia, S. Fukao, M. K. Yamamoto, T. Mega, H. Hashiguchi, T. Tajiri, and M. Nakazato, "Kelvin-Helmholtz billows generated at a cirrus cloud base within a tropopause fold/upper-level frontal system", *Geophys. Res. Lett.*, 39, L04807, 10.1029/2011GL050120, 2012.
- Lund, E. J., M. R. Lessard, F. Sigernes, D. A. Lorentzen, K. Oksavik, P. M. Kintner, K. A. Lynch, D. H. Huang, B. C. Zhang, H. G. Yang, and Y. Ogawa, "Electron temperature in the cusp as measured with the SCIFER-2 sounding rocket", *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2011JA017404, 2012.
- Matsumura, M., H. Shinagawa, and T. Iyemori, "Horizontal extension of acoustic resonance between the ground and the lower thermosphere", *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 75-76, 127-132, 2012.
- Miyashita, Y., S. Machida, M. Nosé, K. Liou, Y. Saito, and W. R. Paterson, "A statistical study of energy release and transport midway between the magnetic reconnection and initial dipolarization regions in the near-Earth magnetotail associated with substorm expansion onsets", *J. Geophys. Res.*, 117, A11214, doi:10.1029/2012JA017925, 2012.
- Miyoshi, Y., T. Ono, T. Takashima, K. Asamura, M. Hirahara, Y. Kasaba, A. Matsuoka, H. Kojima, K. Shiokawa, K. Seki, M. Fujimoto, T. Nagatsuma, C.Z. Cheng, Y. Kazama, S. Kasahara, T. Mitani, H. Matsumoto, N. Higashio, A. Kumamoto, S. Yagitani, Y. Kasahara, K. Ishisaka, L. Blomberg, A. Fujimoto, Y. Katoh, Y. Ebihara, Y. Omura, M. Nose, T. Hori, Y. Miyashita, Y. Tanaka, T. Segawa, and ERG working group, "The Energization and Radiation in Geospace (ERG) Project, in Dynamics of the Earth's Radiation Belts and Inner Magnetosphere", *Geophys. Monogr. Ser.*, 119, pp.103-116, doi:10.1029/2012BK001304, 2012.
- Motoba, T., K. Hosokawa, Y. Ogawa, N. Sato, A. Kadokura, S. E. Milan, and M. Lester, "Simultaneous ground-satellite observations of meso-scale auroral arc undulations", *J. Geophys. Res.*, 117, A06213, doi:10.1029/2011JA017291, 2012.
- Motoba, T., K. Hosokawa, A. Kadokura, and N. Sato, "Magnetic conjugacy of northern and southern auroral beads", *Geophys. Res. Lett.*, 39, L08108, doi:10.1029/2012GL051599, 2012.
- Nakamizo, A., Y. hiraki, Y. Ebihara, T. Kikuchi, K. Seki, T. Hori, A. Ieda, Y. Miyoshi, Y. Tsuji, Y. Nishimura, and A. Shinbori, "Effect of R2-FAC development on the ionospheric electric field pattern deduced by a global ionospheric potential solver", *J. Geophys. Res.*, 117, A09231, 10.1029/2012JA017669, 2012.
- Nishimura, K., T. Nakamura, T. Sato and K. Sato, "Adaptive Beamforming Technique for Accurate Vertical Wind Measurements with Multi-channel MST Radar", *J.*

- Atmos. Ocean. Tech., 29, 1769–1775, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JTECH-D-11-00211.1>, 2012.
- Nomura, R., K. Shiokawa, K. Sakaguchi, Y. Otsuka, and M. Connors, “Polarization of Pc1/EMIC waves and related proton auroras observed at subauroral latitudes”, J. Geophys. Res., 117, A02318, doi:10.1029/2011JA017241, 2012.
- Nozawa, S., C.M. Hall, M. Tsutsumi, A. Brekke, Y. Ogawa, T. T. Tsuda, S. Oyama, and R. Fujii, “Mean winds, tides, and quasi-2 day waves above Bear Island”, J. Atmos. Sol-Terr. Phys., 90-91, 26-44, 2012.
- Nosé, M., T. Iyemori, L. Wang, A. Hitchman, J. Matzka, M. Feller, S. Egdorf, S. Gilder, N. Kumasaka, K. Koga, H. Matsumoto, H. Koshiishi, G. Cifuentes-Nava, J. J. Curto, A. Segarra, and C. Celik, “Wp index: A new substorm index derived from high-resolution geomagnetic field data at low latitude”, Space Weather, 10, S08002, doi:10.1029/2012SW000785, 2012.
- Nosé, M., Y. Ono, S. P. Christon, and A. T. Y. Lui, “Revisiting the role of magnetic field fluctuations in nonadiabatic acceleration of ions during depolarization”, J. Geophys. Res., 117, A02207, doi:10.1029/2012JA017518, 2012.
- Otsuka, Y., “Seasonal and Local Time Variations of E-Region Field-Aligned Irregularities Observed with 30.8-MHz Radar at Kototabang, Indonesia”, Intl. J. Geophys., 2012, 695793, 2012.
- Otsuka, Y., K. Shiokawa, and T. Ogawa, “Disappearance of equatorial plasma bubble after interaction with mid-latitude medium-scale traveling ionospheric disturbance”, Geophys. Res. Lett., 39, L14105, doi:10.1029/2012GL052286, 2012.
- Otsuka, Y., K. Shiokawa, M. Nishioka, and Effendy, “VHF Radar Observations of post-midnight F-region field-aligned irregularities over Indonesia during solar minimum”, Indian J. Radio Space Phys., 41, 199-207, 2012.
- Park, J., Min, K. W., Parks, G. K., Zhang, Y., Lee, J-J., Baker, J. B. H., Kim, H. J., Hwang, J., Yumoto, K., Uozumi, T., Lee, C. N., “Dayside and nightside segments of a polar arc: The particle characteristics”, J. Geophys. Res., Vol. 117, A07224, DOI: 10.1029/2011JA017323, 2012.
- Patra, A. K., P. P. Chaitanya, N. Mizutani, Y. Otsuka, T. Yokoyama, and M. Yamamoto, “A comparative study of equatorial daytime vertical $E \times B$ drift in the Indian and Indonesian sectors based on 150 km echoes”, J. Geophys. Res., 117, A11312, doi:10.1029/2012JA018053, 2012.
- Rabiu, AB, Onwumechili, CA, Nagarajan, N, Yumoto, K., “CHARACTERISTICS OF EQUATORIAL ELECTROJET OVER INDIA DETERMINED FROM A THICK CURRENT SHELL MODEL”, Journal of atmospheric and solar-terrestrial physics, Vol. 92, pp105-115, DOI :10.1016/j.jastp.2012.10.014, 2012.

- Ram, S. T., M. Yamamoto, R. T. Tsunoda, S. V. Thampi, and S. Gurubaran, "On the application of differential phase measurements to study the zonal large scale wave structure (LSWS) in the ionospheric electron content", *Radio Sci.*, 47, RS2001, doi:10.1029/2011RS004870, 2012.
- Rao, N. V., T. Tsuda, D. M. Riggin, S. Gurubaran, I. M. Reid, and R. A. Vincent, "Long-term variability of mean winds in the mesosphere and lower thermosphere at low latitudes", *J. Geophys. Res.*, 117, A10312, 10.1029/2012JA017850, 2012.
- Sato, N., A. Kadokura, T. Motoba, K. Hosokawa, G. Bjornsson and Th. Saemundsson, "Ground-based aurora conjugacy and dynamic tracing of geomagnetic conjugate points", *Geophys. Monograph*, edited by A. Keiling, E. Donovan, F. Bagenaal and T. Karlsson, AGU, Washington, D.C., pp. 91-98, 2012.
- Sato, Y., T. Ono, N. Sato, and Y. Ogawa, "First observations of 4fce auroral roar emissions", *Geophys. Res. Lett.*, vol. 39, L07101, doi:10.1029/2012GL051205, 2012.
- Shinbori, A., Y. Tsuji, T. Kikuchi, T. Araki, A. Ikeda, T. Uozumi, D. Baishev, B. M. Shevtsov, T. Nagatsuma, and K. Yumoto, "Magnetic local time and latitude dependence of amplitude of the main impulse (MI) of geomagnetic sudden commencements and its seasonal variation", *J. Geophys. Res.*, 117, A08322, doi:10.1029/2012JA018006, 2012.
- Shiokawa, K., M. Mori, Y. Otsuka, S. Oyama, and S. Nozawa, "Motion of high-latitude nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances associated with auroral brightening", *J. Geophys. Res.*, 117, A10316, doi:10.1029/2012JA017928, 2012.
- Shiokawa, K., Y. Otsuka, S. Oyama, S. Nozawa, M. Satoh, Y. Katoh, Y. Hamaguchi, Y. Yamamoto, and J. Meriwether, "Development of low-cost sky-scanning Fabry-Perot interferometers for airglow and auroral studies", *Earth Planets Space*, 64, 1033-1046, 2012.
- Taguchi, S., K. Hosokawa, Y. Ogawa, T. Aoki, and M. Taguchi, "Double bursts inside a poleward-moving auroral form in the cusp", *J. Geophys. Res.*, 117, A12301, doi:10.1029/2012JA018150, 2012.
- Takahashi, K., Yumoto, K., Claudepierre, SG, Sanchez, ER, Troshichev, OA, Janzhura, AS, "Dependence of the amplitude of Pc5-band magnetic field variations on the solar wind and solar activity", *J. Geophys. Res.*, Vol.117, A04207, DOI:10.1029/2011JA017120, 2012.
- Takla, E. M. and Yumoto, K., "Commentary report on: The Comment by Dr. F. Masci on "Possible association between anomalous geomagnetic variations and the Molise Earthquakes at Central Italy during 2002" by Takla et al. (2011)", *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol. 202, pp. 95-96, DOI: 10.1016/j.pepi.2012.02.005,

2012.

Takla, E. M., K. Yumoto, J. Ishitsuka, D. Rosales, S. Dutra, T. Uozumi, S. Abe, "Geomagnetic variations possibly associated with the Pisco earthquake on 15 August 2007, Peru", *Tectonophysics*, Vol. 524, pp.29-36, DOI :10.1016/j.tecto.2011.12.008, 2012.

Tanaka, Y.-M., Y. Ebihara, S. Saita, A. Yoshikawa, Y. Obana, and A. T. Weatherwax, "Poleward moving auroral arcs observed at the South Pole Station and the interpretation by field line resonances", *J. Geophys. Res.*, 117, A09305, doi:10.1029/2012JA017899, 2012.

Toh, H. and T. Minami, "Electromagnetic View of the Seismogenic Zones Beneath Island Arcs", in *Earthquake Research and Analysis – Seismology, Seismotectonic and Earthquake Geology*, S. D'Amico (Ed.), InTech, Rijeka, Croatia, ISBN 979-953-307-991-2, 2012.

Tomikawa, Y., K. Sato, S. Watanabe, Y. Kawatani, K. Miyazaki, and M. Takahashi, "Growth of planetary waves and the formation of an elevated stratopause after a major stratospheric sudden warming in a T213L256 GCM", *Journal of Geophysical Research*, 117, D16101, doi:10.1029/2011JD017243, 2012.

Tsuji, Y., A. Shinbori, T. Kikuchi, and T. Nagatsuma, "Magnetic latitude and local time distributions of ionospheric currents during a geomagnetic storm", *J. Geophys. Res.*, 117, A07318, doi:10.1029/2012JA017566, 2012.

Ueda, H., T. Fukui, M. Kajino, M. Horiguchi, H. Hashiguchi, and S. Fukao, "Eddy Diffusivities for Momentum and Heat in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere Measured by MU Radar and RASS, and a Comparison of Turbulence Model Predictions", *J. Atmos. Sci.*, 69, 323-337, 10.1175/JAS-D-11-023.1, 2012.

Vadas, S., J. Yue, T. Nakamura, "Mesospheric concentric gravity waves generated by multiple convective storms over the North American Great Plain", *J. Geophys. Res.*, 117, D07113, 10.1029/2011JD017025, 2012.

Varlamov, A, N. Smirnova, M. Hayakawa, and K. Yumoto, "Fractal characteristics of the ULF emissions along a meridian profile based on the 210 MM stations data", *Acta Geophysica*, Vol. 60, No.3, pp.928-941, DOI:10.2478/s11600-012-0035-7, 2012.

Venkateswara Rao, N., T. Tsuda, and Y. Kawatani, "A remarkable correlation between short period gravity waves and semiannual oscillation of the zonal wind in the equatorial mesopause region", *Ann. Geophys.*, 30, 703-710, doi: 10.5194/angeo-30-703-2012, 2012.

Wilson, R., H. Luce, H. Hashiguchi, M. Shiotani, and F. Dalaudier, "On the effect of moisture on the detection of tropospheric turbulence from in situ measurements", *Atmosphere Measurement Techniques Discussions*, 5, 8223-8240,

10.5194/amtd-5-8223-2012, 2012.

- Yamauchi, M., M. Takeda, M. Makino, T. Owada, and I. Miyagi, "Settlement process of radioactive dust to the ground inferred by the atmospheric electric field measurement", *Ann. Geophys.* 30, 49-56, doi:10.5194/angeo-30-49-2012, 2012.
- Yamazaki Y., A. D. Richmond and K. Yumoto, "Stratospheric warmings and the geomagnetic lunar tide: 1958-2007", *J. Geophys. Res.*, 117, A04301, DOI: 10.1029/2012JA017514, 2012.
- Yamazaki, Y., A. D. Richmond, H. Liu, K. Yumoto, and Y.-M. Tanaka, "Sq current system during stratospheric sudden warming events in 2006 and 2009", *J. Geophys. Res.*, 117, doi:10.1029/2012JA018116, 2012.
- Yamazaki, Y., Yumoto, K, Long-term behavior of annual and semi-annual S-q variations, *Earth Planets and Space*, Vol. 64, No. 6, pp. 417-423, DOI: 10.5047/eps.2011.01.014, 2012.
- Yamazaki, Y., K. Yumoto, D.J. McNamara, T. Hirooka, T. Uozumi, T. Kitamura, S. Abe, and A. Ikeda, "Ionospheric current system during sudden stratospheric warming events", *J. Geophys. Res.*, 117, A03334, DOI: 10.1029/2011JA017453, 2012.
- Yatagai, A., K. Kamiguchi, O. Arakawa, A. Hamada, N. Yasutomi and A. Kitoh, "APHRODITE: Constructing a Long-term Daily Gridded Precipitation Dataset for Asia based on a Dense Network of Rain Gauges", *Bulletin of American Meteorological Society*, 93, 1401-1415, doi:http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00122.1, 2012.
- 小川泰信, 野澤悟徳, Ingemar Häggström, 大山伸一郎, 元場哲郎, 津田卓雄, 齋藤昭則, 宮下幸長, 田中良昌, 堀智昭, 上野玄太, 宮岡宏, 藤井良一, "欧州非干渉散乱 (EISCAT) レーダーの大規模データ処理と可視化", *宇宙科学情報解析論文誌*, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 83-89, 2012.
- 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*, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 99-104, 2012.
- 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, 小川泰信, "TUGONET 解析ソフトウェアの開発", JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 91-98, 2012.
- 林寛生, 小山幸伸, 堀智昭, 田中良昌, 新堀淳樹, 鍵谷将人, 阿部修司, 河野貴久, 吉田大紀, 上野悟, 金田直樹, 米田瑞生, 田所裕康, 元場哲郎, "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』", *宇宙科学情報解析論文誌*, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 113-120, 2012.

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, JAXA-RR-11-007 (ISSN 1349-1113), 105-111, 2012.

【C.2. 論文・プロシーディング (査読無し)】

梅村宜生, 小山幸伸, 堀智昭, 阿部修司, 林寛生, 新堀淳樹, 田中良昌, 上野悟, 米田瑞生, 金田直樹, 元場哲郎, "超高層物理学のための分野横断型メタデータ・データベースの構築", 第4回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム論文集, A7-1, 2012.

荻野瀧樹, "観測データとシミュレーションデータとの統合(特集 科学データの長期保全とグローバルな共有 : ICSU 世界データシステムの構築)", 学術の動向: SCJ フォーラム, 17, 6, 48-51, 2012.

林寛生, "大学間連携事業 IUGONET の取り組み (特集 科学データの長期保全とグローバルな共有 : ICSU 世界データシステムの構築)", 学術の動向: SCJ フォーラム, 17, 6, 52-55, 2012.

家森俊彦, "大学・研究機関におけるデータセンター活動の意義と課題(特集 科学データの長期保全とグローバルな共有 : ICSU 世界データシステムの構築)", 学術の動向: SCJ フォーラム, 17, 6, 56-60, 2012.

湯元清文, "研究観測データの保全と利用への取り組みー地上磁場全球ネットワーク観測 (特集 科学データの長期保全とグローバルな共有 : ICSU 世界データシステムの構築)", 学術の動向: SCJ フォーラム, 17, 6, 61-64, 2012.

金尾政紀, 門倉昭, "極域観測データ共有の現状(特集 科学データの長期保全とグローバルな共有 : ICSU 世界データシステムの構築)", 学術の動向: SCJ フォーラム, 17, 6, 65-69, 2012.

Yukimatu, A. S., K. Nishimura, M. Tsutsumi, N. Sato and M. Lester, "Syowa SENSU imaging radar and the future perspectives", Proc. SuperDARN 2012Workshop, 1, P-P4-01-27, 2012.

【C.3. 学位論文】

浜口良太, "大気環境変動の統計解析システムの開発に関する研究", 京都大学大学院 情報学研究科 通信情報システム専攻 平成 24 年度修士論文.

今城峻, "低緯度 Pi 2 型地磁気脈動の内側磁気圏内伝播", 九州大学大学院 理学府地球惑星科学専攻 平成 24 年度修士論文.

松下敏法, "北海道陸別 HF レーダーの観測を軸とした中低緯度 ULF 波動の特性に関する研究", 名古屋大学大学院 素粒子宇宙物理学専攻 宇宙地球物理系 平成 24 年度修士論文.

【C.4. 講演（口頭発表）】

谷田貝亜紀代、IUGONET チーム, "IUGONET の活動状況", 第 3 回 WDS 国内シンポジウム, 2013 年 3 月 25 日, 小金井市, 東京都.

新堀淳樹、田中良昌、浜口良太、堀智昭、小山幸伸、阿部修司、佐藤由佳, "IUGONET メタデータデータベース、および統計解析システムを用いた太陽地球環境変動の研究", H24 太陽地球環境研究所研究集会「緯度間結合の大気科学」, 2013 年 3 月 22 日, 名古屋市, 愛知県.

谷田貝亜紀代・IUGONET チーム, "大学間連携事業「超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究 (IUGONET)」によるメタデータデータベースについて", 平成 23 年度科学情報学研究会 -科学データパブリケーション-, 2013 年 3 月 11 日, 千代田区, 東京都.

小山幸伸、蔵川圭、佐藤由佳、田中良昌, "学術情報流通のための識別子とメタデータ DB を対象とした融合研究シーズ探索～超高層物理学分野 における観測データを例として～", 平成 23 年度科学情報学研究会 -科学データパブリケーション-, 2013 年 3 月 11 日, 千代田区, 東京都.

八木学、小山幸伸、阿部修司、梅村宜生、堀智昭、田中良昌、新堀淳樹、上野悟、佐藤由佳、谷田貝亜紀代、Bernd RITSCHER, "連想検索エンジン GETAssoc の超高層物理学におけるメタデータ・データベースへの適用", 第 5 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2013 年 3 月 5 日, 郡山市, 福島県.

新堀淳樹、浜口良太、小山幸伸、能勢正仁、堀智昭、大塚雄一、谷田貝亜紀代, "地磁気日変化に見られる超高層大気の長期変動について", 電磁圏物理学シンポジウム, 2013 年 3 月 5 日, 福岡市, 福岡県.

堀智昭、大塚雄一、塩川和夫、新堀淳樹, "サブストームに伴う低緯度熱圏風変動について", 電磁圏物理学シンポジウム, 2013 年 3 月 5 日, 福岡市, 福岡県.

堀智昭、大塚雄一、塩川和夫、新堀淳樹, "低緯度熱圏風のサブストーム依存性", 第 221 回生存圏シンポジウム「地球環境科学における分野横断研究の最前線 - 分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 -」, 2013 年 3 月 1 日, 宇治市, 京都府.

阿部修司、新堀淳樹、谷田貝亜紀代、池田大輔、湯元清文、津田敏隆、IUGONET プロジェクトチーム, "Characteristics between the equatorial electrojet and neutral wind", 第 221 回生存圏シンポジウム「地球環境科学における分野横断研究の最前線 - 分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 -」, 2013 年 3 月 1 日, 宇治市, 京都府.

新堀淳樹、浜口良太、小山幸伸、能勢正仁、堀智昭、大塚雄一、谷田貝亜紀代, "地磁気日変化に見られる超高層大気の長期変動について", 第 221 回生存圏シンポジウム「地球環境科学における分野横断研究の最前線 - 分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 -」, 2013 年 3 月 1 日, 宇治市、京都府.

小山幸伸, "超高層物理学分野における観測データのメタデータ DB と著者 ID の連携に関する調査", 第 221 回生存圏シンポジウム「地球環境科学における分野横断研究の最前線 - 分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 -」, 2013 年 3 月 1 日, 宇治市、京都府.

田中良昌、新堀淳樹、堀智昭、阿部修司、小山幸伸、梅村宜生、八木学、上野悟、佐藤由佳、谷田貝亜紀代、三好由純、小川泰信、IUGONET プロジェクトチーム, "IUGONET 解析ソフトウェア報告", 第 221 回生存圏シンポジウム「地球環境科学における分野横断研究の最前線 - 分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 -」, 2013 年 2 月 28 日, 宇治市、京都府.

阿部修司、梅村宜生、小山幸伸、堀智昭、谷田貝亜紀代、新堀淳樹、田中良昌、上野悟、金田直樹、八木学、佐藤由佳、IUGONET プロジェクトチーム, "IUGONET システムの進捗と今後", 第 221 回生存圏シンポジウム「地球環境科学における分野横断研究の最前線 - 分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 -」, 2013 年 2 月 28 日, 宇治市、京都府.

堀智昭、八木学、田中良昌、佐藤由佳、新堀淳樹、林寛生、谷田貝亜紀代、小山幸伸、上野悟、阿部修司、梅村宜生、金田直樹、IUGONET 研究機関プロジェクトメンバー, "IUGONET メタデータの作成とアーカイブの状況", 第 221 回生存圏シンポジウム「地球環境科学における分野横断研究の最前線 - 分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 -」, 2013 年 2 月 28 日, 宇治市、京都府.

谷田貝亜紀代、IUGONET プロジェクトチーム, "IUGONET プロジェクト 平成 24 年度成果報告", 第 221 回生存圏シンポジウム「地球環境科学における分野横断研究の最前線 - 分野横断研究のための e-infrastructure とサイエンスへの応用 -」, 2013 年 2 月 28 日, 宇治市、京都府.

新堀淳樹, "RISH のレーダーデータの解析", IUGONET データ解析講習会, 2013 年 2 月 27 日, 宇治市、京都府.

堀智昭, "CUI の使い方 : calc コマンド、get_data や store_data の使い方、スペクトル解析方法等", IUGONET データ解析講習会, 2013 年 2 月 27 日, 宇治市、京都府.

八木学, "CUI の使い方 : ロード、プロット、セーブ、画像ファイル出力、cribsheet 等", IUGONET データ解析講習会, 2013 年 2 月 27 日, 宇治市、京都府.

梅村宜生, "IUGONET メタデータ・データベースの使い方", IUGONET データ解析講習会, 2013 年 2 月 27 日, 宇治市、京都府.

田中良昌, "GUI の使い方 : Calculation、Analysis、軸のスケールやラベルの変更等", IUGONET データ解析講習会, 2013 年 2 月 27 日, 宇治市、京都府.

佐藤由佳, "GUI および VM の使い方：ロード、プロット、セーブ、画像ファイル出力等", IUGONET データ解析講習会, 2013 年 2 月 27 日, 宇治市、京都府.

田中良昌, "TDAS、UDAS のインストールとセットアップ等、UDAS で取り扱っているデータの紹介", IUGONET データ解析講習会, 2013 年 2 月 27 日, 宇治市、京都府.

新堀淳樹, 浜口良太, 小山幸伸, 能勢正仁, 谷田貝亜紀代, 堀智昭, 大塚雄一, 浅井歩, 上野悟, 磯部洋明, 横山正樹, "地磁気静穏日変化の長期変動について", 太陽研究シンポジウム「活動極大期の太陽研究、そして新たな太陽研究への布石」, 2013 年 2 月 22 日, 豊島区、東京都.

新堀淳樹, 田中良昌, 辻裕司, 菊池崇, 小山幸伸, 長妻努, 富川喜弘, 堤雅基, "磁気嵐時の地磁気変動に見られるグローバルな電離圏電場と電流分布について", 第 3 回極域科学シンポジウム／第 36 回極域宙空圏シンポジウム, 2012 年 11 月 27 日, 立川市、東京都.

浜口良太, 新堀淳樹, 津田敏隆, "大気環境長期変動の相関解析及び統計検定に関する研究", 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 132 回講演会, 2012 年 10 月 21 日, 札幌市、北海道.

新堀淳樹, 小山幸伸, 能勢正仁, 堀智昭, 大塚雄一, 谷田貝亜紀代, "地磁気静穏日変化に見られる超高層大気の長期変動について", 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 132 回講演会, 2012 年 10 月 20 日, 札幌市、北海道.

Abe, S., A. Shinbori, A. Yatagai, D. Ikeda, K. Yumoto, T. Tsuda, H. Hiroo, and IUGONET Project Team, "Characteristics between the equatorial electrojet and neutral wind", 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 132 回講演会, 2012 年 10 月 20 日, 札幌市、北海道.

谷田貝亜紀代, 小山幸伸, 堀智昭, 阿部修司, 田中良昌, 新堀淳樹, 上野悟, 梅村宜生, 佐藤由佳, 橋口典子, 八木学, 林寛生, "IUGONET プロジェクトの進捗報告-平成 24 年度-", 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 132 回講演会, 2012 年 10 月 20 日, 札幌市、北海道.

新堀淳樹, 八木学, 田中良昌, 佐藤由佳, 堀智昭, 上野悟, 小山幸伸, 能勢正仁, 谷田貝亜紀代, 橋口典子, 阿部修司, IUGONET プロジェクトチーム, "IUGONET プロダクトを用いた太陽風-磁気圏-電離圏-大気圏結合の研究", 第 8 回磁気圏-電離圏複合系における対流に関する研究会プログラム, 2012 年 9 月 11 日, 京都市、京都府.

Hori, T., A. Shinbori, N. Nishitani, T. Kikuchi, S. Fujita, T. Nagatsuma, O. Troshichev, K. Yumoto, A. Moiseyev, K. Seki, "Negative SI に伴う過渡的電離圏対流についての 1 考察", 第 8 回磁気圏-電離圏複合系における対流に関する研究会プログラム, 2012 年 9 月 11 日, 京都市、京都府.

Shinbori, A., Y. Koyama, T. Hori, Y. Tanaka, S. Abe, S. UeNo, N. O. Hashiguchi, N. Umemura, Y. Sato, M. Yagi, A. Yatagai, and IUGONET project team, "Upper atmospheric research using the metadata database and integrated data analysis software (UDAS) developed by the IUGONET project", HSS2012, 2012 年 8 月 27 日,

Bandung, INDONESIA.

新堀淳樹、八木学、田中良昌、佐藤由佳、堀智昭、上野悟、小山幸伸、谷田貝亜紀代、橋口典子、阿部修司、IUGONET プロジェクトチーム, "IUGONET プロダクトを用いた電離圏・熱圏・中間圏研究", 電離圏・熱圏・中間圏研究会, 2012 年 8 月 24 日, 小金井、東京都.

佐藤由佳、IUGONET プロジェクトチーム, "今後公開予定のデータの紹介：誘導磁力計データ", 平成 24 年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」, 2012 年 8 月 10 日, 立川市、東京都.

上野悟, "今後公開予定のデータの紹介： 京都大学・飛騨天文台所有の太陽画像データ", 平成 24 年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」, 2012 年 8 月 10 日, 立川市、東京都.

新堀淳樹, "2009 年成層圏突然昇温イベントのデータ解析 流星レーダーデータ解析講習", 平成 24 年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」, 2012 年 8 月 10 日, 立川市、東京都.

阿部修司, "地磁気データ解析講習", 平成 24 年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」, 2012 年 8 月 10 日, 立川市、東京都.

小川泰信, "EISCAT レーダーデータ解析講習会", 平成 24 年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」, 2012 年 8 月 10 日, 立川市、東京都.

新堀淳樹, "成層圏突然昇温(SSW)時の赤道中間圏・熱圏下部(MLT)領域の風速変動と地磁気変動について", 平成 24 年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」, 2012 年 8 月 10 日, 立川市、東京都.

堀智昭, "SuperDARN レーダーデータ解析: 中緯度 SD データによる SAPS イベント解析", 平成 24 年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」, 2012 年 8 月 10 日, 立川市、東京都.

梅村宜生, "IUGONET メタデータ・データベースの使い方", 平成 24 年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」, 2012 年 8 月 10 日, 立川市、東京都.

田中良昌, "TDAS, UDAS 入門 〜インストール&セットアップ、IDL-VM 環境での GUI の使い方〜", 平成 24 年度国立極地研究所研究集会「地上多点観測データの総合解析による超高層大気研究会」, 2012 年 8 月 10 日, 立川市、東京都.

新堀淳樹、八木学、田中良昌、佐藤由佳、堀智昭、上野悟、小山幸伸、谷田貝亜紀代、阿部修司、IUGONET プロジェクトチーム, "IUGONET サイエンスタスクチームの活動報告", 平成 24 年度 IUGONET 中間報告会, 2012 年 8 月 9 日, 立川市、東京都.

佐藤由佳、小山幸伸、金田直樹、谷田貝亜紀代、新堀淳樹、田中良昌、堀智昭、八木学、梅村宜生、阿部修司、上野悟、IUGONET プロジェクトチーム, "IUGONET ウェブ・

アウトリーチグループの活動報告", 平成 24 年度 IUGONET 中間報告会, 2012 年 8 月 9 日, 立川市、東京都.

田中良昌, 新堀淳樹, 堀智昭, 阿部修司, 小山幸伸, 梅村宜生, 上野悟, 佐藤由佳, 八木学, 谷田貝亜紀代, 三好由純, 小川泰信, 林寛生, IUGONET プロジェクトチーム, "IUGONET 解析ソフトウェア グループ報告", 平成 24 年度 IUGONET 中間報告会, 2012 年 8 月 9 日, 立川市、東京都.

阿部修司, 梅村宜生, 小山幸伸, 堀智昭, 谷田貝亜紀代, 新堀淳樹, 田中良昌, 上野悟, 金田直樹, 八木学, 佐藤由佳, IUGONET プロジェクトチーム, "IUGONET メタデータ DB の構築", 平成 24 年度 IUGONET 中間報告会, 2012 年 8 月 9 日, 立川市、東京都.

堀智昭, 八木学, 田中良昌, 佐藤由佳, 新堀淳樹, 林寛生, 谷田貝亜紀代, 小山幸伸, 上野悟, 阿部修司, 梅村宜生, 金田直樹, 鍵谷将人, 米田瑞生, 吉田大紀, 河野貴久, 元場哲郎, 田所裕康, IUGONET 研究機関プロジェクトメンバー, "IUGONET メタデータの作成、アーカイブの状況について", 平成 24 年度 IUGONET 中間報告会, 2012 年 8 月 9 日, 立川市、東京都.

田中良昌, 行松彰, 佐藤夏雄, 堀智昭, "SuperDARN レーダーによる電離圏昼夜境界効果の検出", 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 24 日, 千葉市、千葉県.

Tsuda, T., N. Sato, R. Fujii, T. Ono, K. Yumoto, T. Iyemori, K. Shibata, H. Hayashi, T. Hori, Y. Tanaka, Y. Koyama, S. Abe, A. Shinbori, N. Umemura, M. Yoneda, S. Ueno, N. Kaneda, and IUGONET project team, "Inter-University Upper Atmosphere Global Observation Network (IUGONET)", JpGU meeting 2012, 23-2012 年 5 月 23 日, Chiba, JAPAN.

Shinbori, A., Y. Koyama, M. Nose, T. Hori, Y. Otsuka, N. O. Hashiguchi, H. Hayashi, T. Tsuda, and IUGONET project team, "Upper atmospheric researches using metadata database and data analysis software developed by the IUGONET project", 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 22 日, 千葉市、千葉県.

堀智昭, 林寛生, 小山幸伸, 田中良昌, 新堀淳樹, 阿部修司, 上野悟, 米田瑞生, 金田直樹, 梅村宜生, 河野貴久, 吉田大紀, 鍵谷将人, 田所裕康, 元場哲郎, "超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究(IUGONET)プロジェクトについて", 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 22 日, 千葉市、千葉県.

新堀淳樹, 小山幸伸, 林寛生, 能勢正仁, 大塚雄一, 堀智昭, 津田敏隆, IUGONET プロジェクトチーム, "地磁気静穏日変化に見られる超高層大気の長期変動について", 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 21 日, 千葉市、千葉県.

小山幸伸, 佐藤由佳, 金田直樹, 米田瑞生, 新堀淳樹, 田中良昌, 林寛生, 梅村宜生, 堀智昭, 阿部修司, 上野悟, 元場哲郎, "IUGONET プロジェクトにおけるソーシャルメディアの活用", 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 21 日, 千葉市、千葉県.

【C.5. 講演（ポスター発表）】

谷田貝亜紀代, IUGONET チーム, "超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究 (IUGONET) プロジェクトの進捗と超高層・太陽・気象データ登録状況", 太陽研究シンポジウム「活動極大期の太陽研究、そして新たな太陽研究への布石」, 2013 年 2 月 22 日, 豊島区、東京都.

Shinbori, A., Y. Koyama, A. I. Yatagai, M. Nose, T. Hori, and Y. Otsuka, "Long-term variation in the upper atmosphere as seen in the geomagnetic solar quiet (Sq) daily variation", AGU Fall Meeting 2012, 2012 年 12 月 5 日, San Francisco, California, USA.

Yatagai, A., Y. Koyama, T. Hori, S. Abe, Y. Tanaka, A. Shinbori, S. Ueno, N. Umemura, Y. Sato, M. Yagi, H. Hayashi, "Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET)", AGU Fall Meeting 2012, 2012 年 12 月 4 日, San Francisco, California, USA.

Hori, T., A. Shinbori, N. Nishitani, T. Kikuchi, S. Fujita, T. Nagatsuma, O. Troshichev, K. Yumoto, A. Moiseyev, and K. Seki, "Evolution of negative SI-induced ionospheric flows observed by SuperDARN King Salmon HF radar", AGU Fall Meeting 2012, 2012 年 12 月 3 日, San Francisco, California, USA.

田中良昌、行松彰、佐藤夏雄、堀智昭、吉川顕正、才田聡子, "極域昼夜境界近傍の電流系について", 第 3 回極域科学シンポジウム／第 36 回極域宙空圏シンポジウム, 2012 年 11 月 26,27 日, 立川市、東京都.

谷田貝亜紀代、田中良昌、小山幸伸、堀智昭、阿部修司、新堀淳樹、林寛生、上野悟、梅村宜生、佐藤由佳、八木学、橋口典子, "IUGONET プロジェクトによる超高層大気研究のためのメタデータデータベース及び解析ソフトウェアの開発（続報）", 第 3 回極域科学シンポジウム, 2012 年 11 月 26,27 日, 立川市、東京都.

Yatagai, A., H. Hayashi, Y. Koyama, T. Hori, Y. Tanaka, S. Abe, A. Shinbori, N. Umemura, S. UeNo, Y. Sato, M. Yagi, and IUGONET team, "Inter-university Upper Atmosphere Global Observation NETwork (IUGONET)", CODATA2012, 2012 年 10 月 31 日, Taipei, TAIWAN.

高橋直子、笠羽康正、新堀淳樹、西村幸敏、菊池崇、長妻 努, "ROCSAT-1 衛星観測による地磁気急始時の中低緯度電離圏電場応答の研究", 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 132 回講演会, 2012 年 10 月 22 日, 札幌市、北海道.

田中良昌、行松彰、佐藤夏雄、堀智昭、吉川顕正, "極域昼夜境界近傍の電離圏電流系", 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 132 回講演会, 2012 年 10 月 22 日, 札幌市、北海道.

小山幸伸、新堀淳樹、堀智昭、能勢正仁、田中良昌, "電離層電気伝導度計算を事例とした UDAS による数値モデルの取り扱い", 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 132 回講演会, 2012 年 10 月 21 日, 札幌市、北海道.

Hori, T., Y. Ohtsuka, K. Shiokawa, A. Shinbori, "Dependence of low-latitude thermospheric wind on geomagnetic disturbance", 地球電磁気・地球惑星圏学会 第132回講演会, 2012年10月21日, 札幌市、北海道.

八木学、小原隆博、鍵谷将人、米田瑞生、熊本篤志、三澤浩昭、土屋史紀、岩井一正、寺田直樹、小野高幸, "Planetary and Space Physics Database of the Tohoku University", 地球電磁気・地球惑星圏学会 第132回講演会, 2012年10月21日, 札幌市、北海道.

谷田貝亜紀代、堀智昭、林寛生、阿部修司、田中良昌、新堀淳樹、上野悟、梅村宜生、佐藤由佳、橋口典子、八木学, "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」の紹介", 日本気象学会 2012年度秋季大会, 2012年10月5日, 札幌市、北海道.

堀智昭、谷田貝亜紀代、小山幸伸、阿部修司、田中良昌、新堀淳樹、上野悟、梅村宜生、佐藤由佳、八木学、橋口典子, "超高層大気長期変動の全球地上ネットワーク観測・研究プロジェクト", 日本学術会議フォーラム「データと発見—Data Intensive Scientific Discovery」, 2012年9月10日, 京都市、京都府.

Koyama, Y., S. Abe, T. Hori, N. Umemura, H. Hayashi, Y. Tanaka, A. Shinbori, and S. UeNo, "Metadata Database for Upper Atmosphere by using DSpace", The 7th International Conference on Open Repositories, 2012年7月10日, Edinburgh, Scotland, UK.

新堀淳樹、小山幸伸、能勢正仁、林寛生、堀智昭、大塚雄一、浅井歩、磯部洋明、横山正樹、上野悟、塩田大幸、羽田裕子、北井礼三郎、津田敏隆, IUGONET プロジェクトチーム, "地磁気静穏日変化(Sq)の長期トレンドから推察される超高層大気変動について", 日本地球惑星科学連合 2012年大会, 2012年5月23日, 千葉市、千葉県.

阿部修司、新堀淳樹、林寛生、池田大輔、湯元清文、津田敏隆, "赤道ジェット電流強度と熱圏・中間圏大気擾乱長期変動の関係", 日本地球惑星科学連合 2012年大会, 2012年5月22日, 千葉市、千葉県.