

8. データベース作成共同研究 目次詳細

(所属・職名は平成29年3月現在)

研究代表者 Principal Investigator	所属機関 Affiliation	所属部局 Department	職名 Position	研究課題名 Project Title	頁 Page
木村 智樹	理化学研究所	仁科加速器研究センター	基礎科学特別研究員	木星磁気圏研究のためのシミュレーションデータベースの開発	393
大川 隆志	気象庁地磁気観測所	技術課	技術課長	アナログ時代に遡る高時間分解能地磁気デジタルデータベース	395
大矢 浩代	千葉大学	大学院工学研究科	助教	AVON-VLF/LF帯電磁波観測ネットワークデータベースの作成	397
加藤 千尋	信州大学	学術研究院・理学系	准教授	SSEおよびGMDNデータの比較可能なデータベース化	399
加古 真一郎	鹿児島大学	学術研究院 理工学域工学系	助教	複数衛星観測データを用いた全球海上風ベクトルデータセットの構築	401
土屋 史紀	東北大学	大学院理学研究科	助教	高時間・周波数分解能太陽・木星電波スペクトルデータベース構築	403
小山 幸伸	大分工業高等専門学校	情報工学科	講師	電離圏電気伝導度モデル計算データベースのLinked Open Data形式での公開	404
渡邊 堯	国立研究開発法人・ 情報通信研究機構	統合ビッグデータ研究センター	招聘専門員	宇宙線WDCデータベース	407
吉川 顕正	九州大学	国際宇宙天気科学・ 教育センター	講師	MAGDAS/CPMNデータのデータベース化	408
高田 拓	高知工業高等専門学校	ソーシャルデザイン 工学科	准教授	れいめい衛星搭載の磁力計GASのデータベース作成・整備	410

木星磁気圏研究のためのシミュレーションデータベースの開発 Development of open simulation database system for Jovian magnetospheric research

木村智樹、理化学研究所・仁科加速器研究センター

1. 研究目的

近年惑星観測宇宙望遠鏡「ひさき」の観測により、木星周辺環境の長時間にわたる観測データが蓄積されてきている。また、数値シミュレーションでは計算機の発展により、空間解像度を細かくしなければ、パラメータサーベイ数値実験ができるようになってきている。そこで、本研究では、木星磁気圏研究において、観測と比較することを前提にした、木星磁気圏シミュレーションのデータベース作成を目的とする。

2. 研究方法

このデータベースでは、基本的な太陽風動圧やIMF、観測やモデリングからの現実的な太陽風に対するに磁気圏の応答を計算したものを保存する。また、実験的な太陽風パラメータも必要に応じて計算・保存する。このように木星の基本構造を理解しやすいデータと、ひさきの観測に関連したデータを保存することで、木星磁気圏の理解と、それに繋がる観測と数値シミュレーションの共同研究への足がかりとなる。

まずは、基本的な太陽風条件を利用したシミュレーションを実行し、その時間発展データベースを作成した。ひさき観測結果から、どのような太陽風条件で、どのような時間スケール、空間スケールのデータが必要か打ち合わせをし、シミュレーションを実行し、データを保存した。標準的な空間解像度で、3GB×300のデータ出力で、数通りの計算を行った。解析高次データを含め、合計で10TB程度のデータ保存場所が必要だったため、本共同研究予算で購入したネットワークストレージを利用した。

3. 研究結果

3.1. 太陽風応答（担当者：深沢、北、村上、埜）

ひさきの長期連続オーロラ監視による、オーロラ放射エネルギーは、太陽風の衝撃波到来時の動圧や、衝撃波到達前の静穏時期の長さに有意に相関することがわかっている[Kita et al., 2016]。本シミュレーション[Fukazawa et al., 2010]のデータにおいても、磁気圏電流や、それを発電するプラズマシア一流に、類似の太陽風応答が発見された。

ひさきによる、イオ軌道付近のプラズマ高密度領域「イオプラズマトール」の連続監視では、太陽風の影響を受けづらいう強固な木星内部磁気圏において、太陽風に相関する電場変動を示唆する増光が発見された[Murakami et al., 2016]。本シミュレーションにおいても、内部磁気圏の電場を変調しうる磁気圏電流の変動が発見された。

3.2. 自励的エネルギー解放（担当者：深沢、木村、土屋）

Kimura et al. [2015]のオーロラ監視で発見された、太陽風静穏時の突発増光現象は、内部-外部磁気圏にわたる、自励的エネルギー解放、それがトリガする高エネルギープラズマ輸送を示唆している。シミュレーションデータ内でサーベイした結果、磁気圏尾部の閉じた磁力線沿いに発生する磁気再結合が、関連する解放過程であることが示唆された。

4. 考察（担当者：全員）

Tao et al. [2016]では、太陽風による圧縮時に、磁気圏赤道面付近での断熱加熱された熱的プラズマが担う電流が変動し、磁気圏-電離圏結合を介して、極域オーロラ増光に繋がるシナリオを提案した。本シミュレーションにおいても同様の熱的プラズマ電流の増加が発見されている。しかし、その他にも電流を駆動しうるシアー流などの発生が認められている。これらの各要因の定量的寄与を考察することが将来課題となる。

自励的エネルギー解放がシミュレーションで発見されたが、その後のプラズマ輸送は、外部磁気圏内の輸送にとどまっている。外部-内部磁気圏への全球的輸送など、観測との整合性の考察が将来課題である。

5. まとめ

ひさきの連続監視で初めて示唆された、木星磁気圏の太陽風応答・自励的エネルギー解放・輸送に関して、数値シミュレーション中でのサーベイを行った。その結果、対応する可能性のある変動が発見された。今後、定量的対応づけ、物理シナリオの提案などを行っていく。

6. 引用文献

Fukazawa, K., T. Ogino, and R. J. Walker (2010), A simulation study of dynamics in the distant Jovian magnetotail, *J. Geophys. Res.*, 115, A09219, doi:10.1029/2009JA015228.

Kimura, T., et al. (2015), Transient internally driven aurora at Jupiter discovered by Hisaki and the Hubble Space Telescope, *Geophys. Res. Lett.*, 42, doi:10.1002/2015GL063272.

Kita, H., et al. (2016), Characteristics of solar wind control on Jovian UV auroral activity deciphered by long-term Hisaki EXCEED observations: Evidence of preconditioning of the magnetosphere?, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 6790–6798, doi:10.1002/2016GL069481.

Murakami, G., et al. (2016), Response of Jupiter's inner magnetosphere to the solar wind derived from extreme ultraviolet monitoring of the Io plasma torus, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 12,308–12,316, doi:10.1002/2016GL071675.

Tao, C., T. Kimura, et al. (2016), Variation of Jupiter's aurora observed by Hisaki/EXCEED: 2. Estimations of auroral parameters and magnetospheric dynamics, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, 4055–4071, doi:10.1002/2015JA021272.

7. 成果発表

木村 智樹, 深沢 圭一郎, 土屋 史紀, 埜 千尋, 村上 豪, 北 元, 八木 学、ひさき衛星による木星観測と磁気圏グローバルMHDシミュレーションの連携解析、地球電磁気・地球惑星圏学会 第 136 回総会・講演会、R009-P23、11月20日、2016年

アナログ時代に遡る高時間分解能地磁気デジタルデータベース
Database of High-time-resolution Geomagnetic Field
Back to the Analog Era

大川隆志 気象庁地磁気観測所技術課

1. 目的

現在、地球電磁気学・宇宙空間物理学の分野で広く使われているデジタル収録のデータはそのほとんどが1970年代以降のものであり、それ以前は紙媒体によるアナログデータである。気象庁地磁気観測所には、アナログマグネトグラムと呼ばれる地磁気の変動を印画紙に記録したデータが保管されており、国際地球観測年以降については日本国内の3観測点（柿岡、女満別、鹿屋）における観測記録が揃っている。

本共同研究では、この紙媒体に記されたアナログデータのスキヤニングを行うことで高解像度のデジタル画像に変換し、計算機で利用可能なデータにすることを目的とする。

太陽活動に起因する短周期の地磁気変動を、1地点だけでなく3地点について高時間分解能かつ長期間にわたり詳しく解析することが可能となり、地磁気変動の空間分布の解明や、相互比較によるデータの信頼性の検討に役立つことが予想される。アナログ時代に遡ることにより、将来的に、太陽活動の11年/22年周期に比して長期的なデータベースを得ることが可能となり、太陽活動の地球環境への影響を解明することに資する。

2. 方法と結果

本年度は、女満別と鹿屋の1977～1979年（合計6年分）のアナログマグネトグラムについてデジタル画像化を行った。

気象庁地磁気観測所の職員が、1日毎に記録されているアナログマグネトグラムをすべてチェックし、日付に抜けがないか、欠測や異常値が含まれていないか、また、感度測定のための人為的信号が含まれる時刻等を確認した。その後、マグネトグラム2,449枚の高精度スキヤニング作業（光学解像度600 dpi）を外注した。得られたデジタル画像は、既に稼働しているWWWサーバ（地磁気観測所ホームページ「デジタルデータサービス」）から提供している。デジタル画像の例を図1に示す。

3. まとめ

平成24年度から28年度にかけて、本共同研究（名古屋大学太陽地球環境研究所の共同研究を含む）のみならず、科研費補助金や気象庁予算を用いて、アナログマグネトグラムのデジタル化を進めてきた（図2）。地磁気観測データの利活用に当たっては太陽活動の周期と比べて長期間のデータがあると有用性が高まるため、今後もデータベース作成を着実に進めていきたいと考えている。

4. 成果発表

Yamamoto, K., M. Nosé, N. Mashiko, K. Morinaga, and S. Nagamachi (2016),
Estimation of magnetospheric plasma ion composition for 1956-1975 by using high time resolution geomagnetic field data created from analog magnetograms,
J. Geophys. Res. Space Physics, **121**, 5203-5212, doi:10.1002/2016JA022510.

5. その他

アナログマグネトグラムのチェックには多大な手間がかかるため、本共同研究に明示的には関わっていない地磁気観測所職員も参加した。

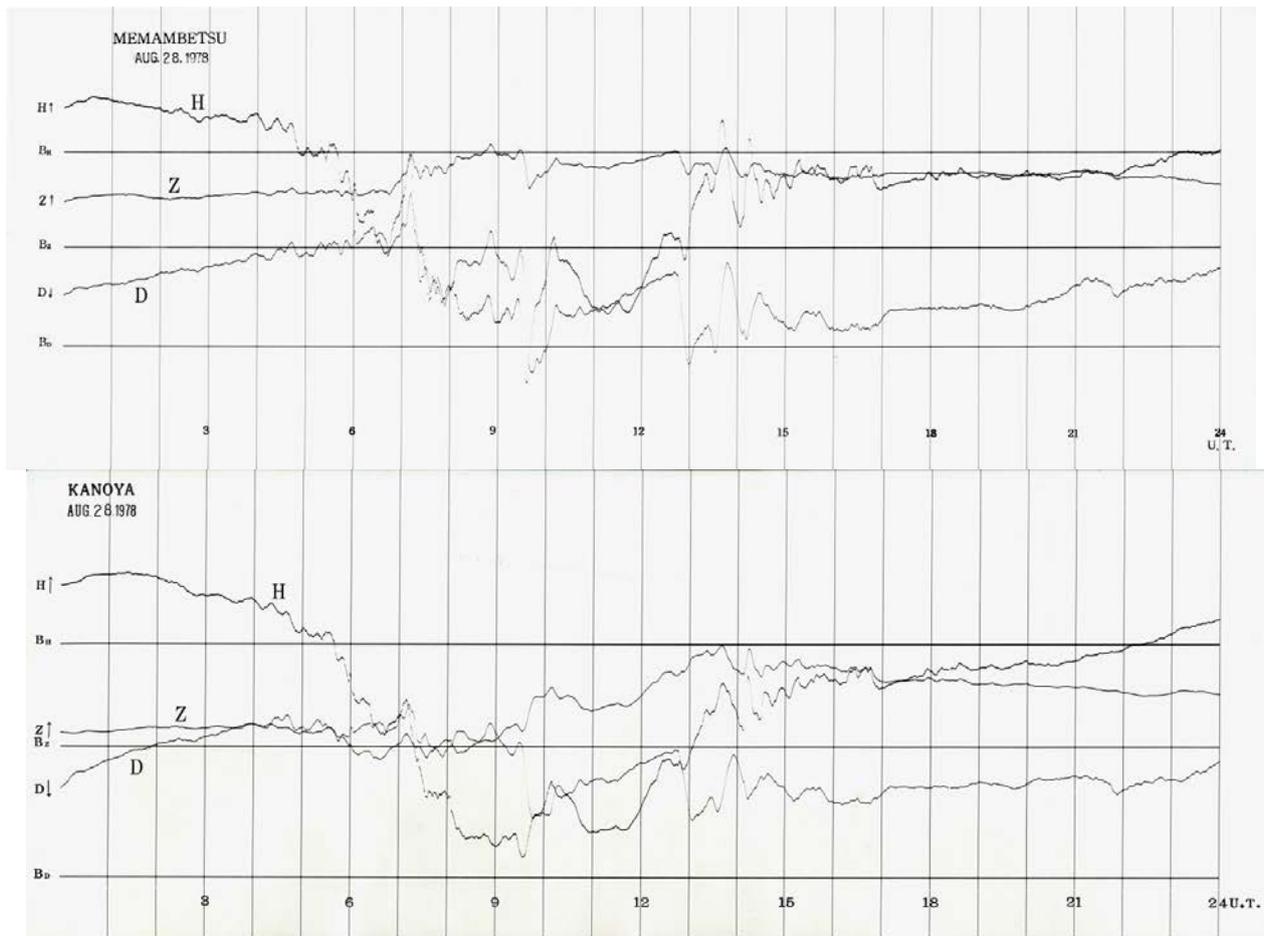


図1 デジタル画像化されたアナログマグネトグラム。
 1978年8月28日の女満別（上）と鹿屋（下）の例。水平成分(H)、鉛直成分(Z)、偏角(D)について変化が記録されている。なお、両観測地点では、前日2時46分に磁気嵐が発生し、継続中であった。日時はUTC。

Year	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
柿岡	アナログマグネトグラム									
	1926 → 1955		1956 → 1983							
	デジタル画像化		デジタル画像化+数値化							
(既存)毎分値							1976 -----> 2017年			
(既存)毎秒値							1983 -----> 2017年			
女満別	アナログマグネトグラム									
						1977 1980 1979 1984				
						↑ デジタル画像化+数値化				
(既存)毎分値						デジタル画像化 1985 -----> 2017年				
(既存)毎秒値						1997 --> 2017年				
鹿屋	アナログマグネトグラム									
						1977 1980 1979 1984				
						↑ デジタル画像化+数値化				
(既存)毎分値						デジタル画像化 1985 -----> 2017年				
(既存)毎秒値						1996 ----> 2017年				

図2 平成28年度までに実施されたアナログマグネトグラムのデジタル化作業のまとめ。一部期間について数値化（毎分値、7.5秒値）にも成功している。

AVON-VLF/LF帯電磁波観測ネットワークデータベースの作成 Data archives of the AVON-VLF/LF observation network

大矢 浩代、千葉大学・大学院工学研究科

1. 研究目的

本研究の目的は、東南アジアVLF帯電磁波観測ネットワーク(AVON)で得られた広帯域水平磁場2成分(南北および東西方向, 0-10 kHz)と、LF/VLF帯標準電波(22.2-68.5 kHz)の強度および位相データのデータベース作成である。水平磁場2成分およびLF帯標準電波のサンプリング周波数は、それぞれ20 kHzと200 kHzであり、生波形をIUGONETを通して公開する。水平磁場2成分は、ダイナミック・スペクトルも公開する。AVONは2016年12月20日に打ち上げられたあらせ(ERG)衛星プロジェクトの地上観測ネットワークの一つであり、打ち上げ後はERG衛星データとの比較により、内部磁気圏から下部電離圏への高エネルギー降り込み粒子の解明に貢献できるものと思われる。また名古屋大学宇宙地球環境研究所が1976年から定常観測している国内でのVLF/ELF帯電磁波データベースと組み合わせて、中低緯度帯の下部電離圏の長期変動解明に貢献できる。

2. データベース作成

平成28年度は、AVON4地点のVLF/LF帯電磁波データをCDF化し、データベースを作成し、IUGONETを通して周知した。図1にIUGONETから本データベースを検索したときの結果を示す。VLFデータは毎時00-02分、10-12分、20-22分、30-32分、40-42分および50-52分の12分間、水平磁場2成分(東西および南北)観測しており、1地点あたり1年間で8TBのHDDを必要とした。図2に台南(台湾)で観測されたVLF波の磁場成分波形およびダイナミック・スペクトルの一例を示す。

成果発表

[1] Ohya, H., Y. Takishita, F. Tsuchiya, K. Shiokawa, Y. Nakata, Y. Miyoshi, T. Obara, and H. Misawa, D-region ionospheric oscillations after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake using LF transmitter signals, 6th IAGA/ICMA/SCOSTEP Workshop on Vertical Coupling in the Atmosphere-Ionosphere System, Taipei (Taiwan), 25-29 July, 2016.

[2] Ohya, H., Y. Takishita, F. Tsuchiya, Y. Nakata, K.

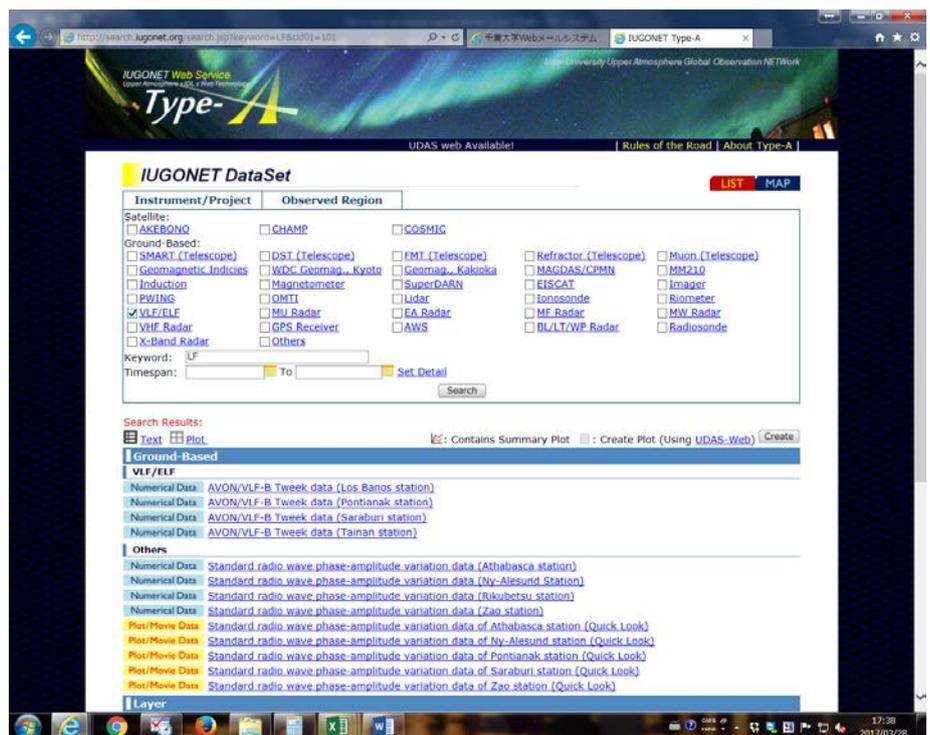


図1 IUGONETの本データセット検索ページ

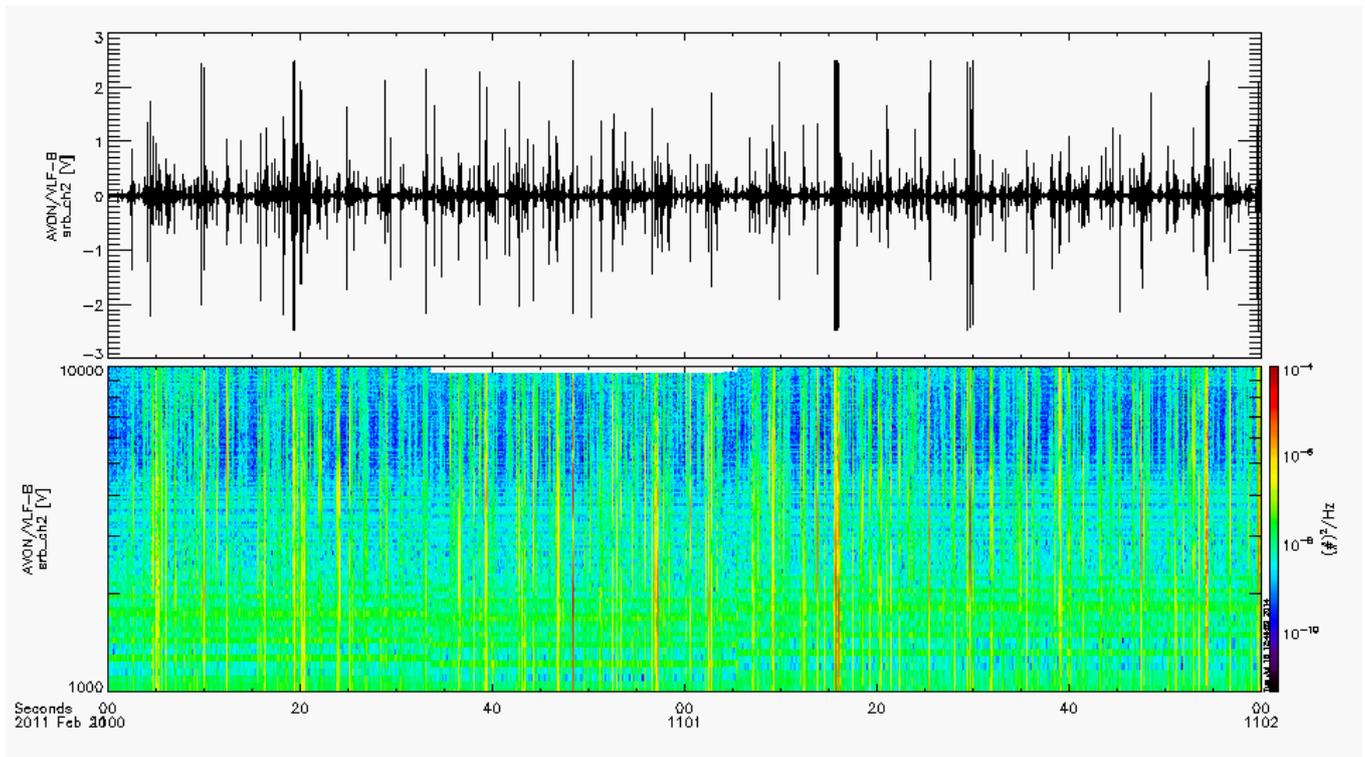


図 2 台南（台湾）で観測された VLF 波の波形（上）およびダイナミック・スペクトル（下）

Shiokawa, Y. Miyoshi, T. Obara, and H. Misawa, D-region ionospheric disturbances after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake using LF transmitter signals, Japan Geoscience Union Meeting 2016, Chiba(Japan), 22-26 May, 2016.

[3] 大矢浩代, 浅田圭佑, 土屋史紀, 塩川和夫, 中田裕之, 山下幸三, 高橋幸弘, LF 帯標準電波を用いた台風に関連する下部電離圏反射高度変動, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2016 年大会, 千葉, 2016 年 5 月 22-26 日

[4] Ohya, H., Y. Takishita, F. Tsuchiya, K. Shiokawa, Y. Nakata, and Y. Miyoshi, D-region periodic oscillations observed in LF transmitter signals after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, The 140th SGEPS Fall Meeting, Fukuoka(Japan), 20 November, 2016.

[5] 森永 洋介、土屋 史紀、小原 隆博、三澤 浩昭、本間 規泰、佐藤 光輝、大矢 浩代, 北陸冬季雷が下部電離圏に及ぼす影響, 日本地球惑星科学連合 連合大会 2016 年大会, 幕張(幕張メッセ), 2016/05/22

[6] 土屋史紀、小原隆博、三澤浩昭、大矢浩代、品川 裕之、野崎憲朗、塩川和夫、三好由純、陸別観測所で観測された東日本大震災時の下部電離圏変動、陸別ユーザーズミーティング、陸別町、2017/2/9

SSEおよびGMDNデータの比較可能なデータベース化 Create a Database System for SSE and GMDN

加藤 千尋、信州大学・学術研究院理学系

本研究課題の目的は、汎世界的ミュオン検出器網(GMDN)の観測データを用いて得られる宇宙線異方性をデータベース化し、より簡単に異方性の変動を可視化することである。同時に、米国デラウェア大が推進しているSpace Ship Earth計画での中性子計データから得られる異方性も取り込んで比較可能な形で提供することを目指した。

既存のGMDNデータベースサーバに、新たなデータベースを構築した。その際、HDD容量を拡充し将来のデータ容量とバックアップへの備えとした。本研究期間においては、GMDN: 1994年~2014年, SSE: 2007年~2012年のデータを用いて異方性を算出し、データベースに格納した。利用したSSEのデータは公表データである。利用者はデータベースにアクセスし、任意の期間、成分を選択(図1)して異方性の1時間値を取得できる(図2)。また、グラフ化してみることも可能で、その際は数値の単純なグラフ化(図3)か、又はベクトル表示(図4)を選択することができる。ただし、ベクトル表記の場合は、選択する成分が等方成分と異方性のx, y, z成分に制限される(それ以外の成分は表示されない)。

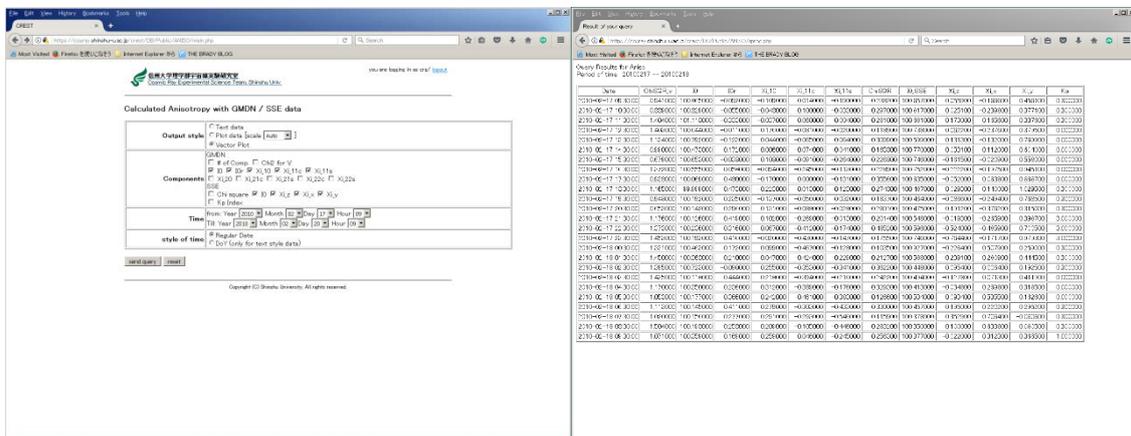


図 1 データベースアクセス頁

図 2 数値(テキスト)表示

データベース構築は一応の完了をみたので、今後、データ期間の拡充を進める。

本研究の推進に際して、以下

- 1). 可視化の方法
- 2). リアルタイムに近い形での情報提供

が未解決課題として残った。

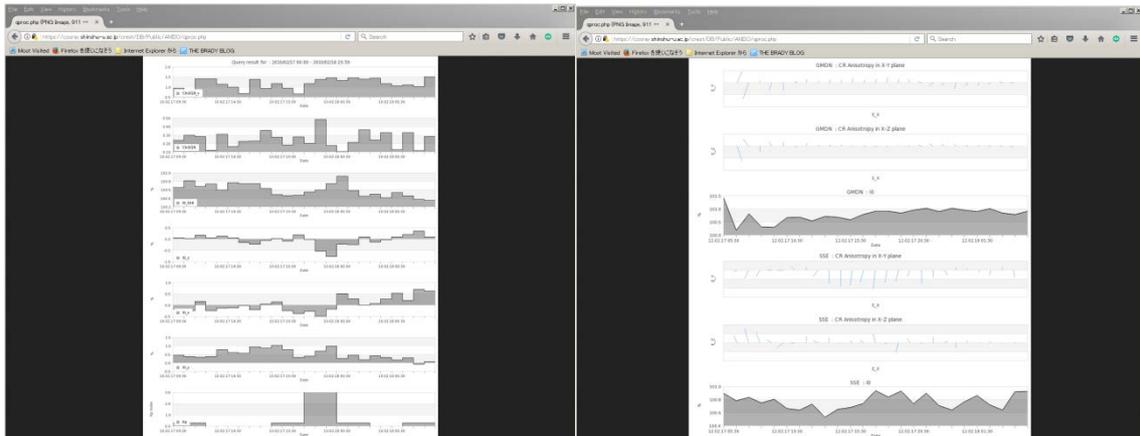


図 4 グラフ表示

図 3 ベクトル表示

- 1) の問題は、現状の可視化が異方性の情報に慣れた利用者以外には解り難いものである点である。可視化の前提として、データ利用者としてどの様なグループを想定するのかについての議論が不十分であったことが理由として挙げられる。より広く情報提供を行うのであれば、この議論は不可避であった。また、現状のベクトル表記におけるスケールの整理も必要である。
- 2) の問題は、速報値を提供する上で必要となるリアルタイムでの異方性計算アルゴリズムとその実装ができていないことである。現状の異方性計算では、ある期間(現在は年間)の平均値を利用している。リアルタイムで異方性を計算するためには、平均値を何らかの値に置き換える必要があるが、その妥当性とアルゴリズムの開発が必要である。また、速報値が必要であるのかについてももう一度議論する必要がある。

このデータベースは α 版として
<http://cosray.shinshu-u.ac.jp/crest/DB/Public/main.php>
 で公開中である。

複数衛星観測データを用いた全球海上風ベクトルデータセットの構築 Construction of ocean surface wind vector dataset using multi-satellite observations

加古真一郎、鹿児島大学・学術研究院

1. 研究目的

大気海洋間の熱・運動量・淡水フラックスは、地球の気候システムを知る上で欠くことのできない基本的で重要な情報である。近年の数値モデル及びデータ同化手法の確立により、全球を対象とした海面フラックスの情報が再解析データセットとして提供されるようになった。しかしながら、このデータには大きな問題が存在する。例えば、再解析データの信頼性は、データ同化の際に用いられたデータ量やその質に依存するため、精度の良し悪しが時空間的に著しく変化する (Isobe et al., 2012)。また、既存の全球再解析データセットの空間解像度は高くても 50km 程度であり、衛星観測のそれ (およそ 12.5~25km) よりも劣る。このような観点から、データの質にばらつきがない高解像度・広範囲かつ高精度の海面フラックスデータセットの構築が、データ解析及びモデル研究の両面から求められている。このニーズに「観測」として答えることのできる唯一の存在が、人工衛星である。本研究の目的は、複数の人工衛星から得られたデータを統合し、全球日平均海上風ベクトルデータセットを構築することにある。また、このデータセットを、我々の所持する Web サーバを通して全世界に配信することで、大気海洋結合システムの解明・研究の発展に寄与することも目的とする。

2. 研究方法

本研究で使用した衛星データの詳細を表 1 に示す。日平均スカラー風速は、この表に示す衛星データを全て単純平均することで推定した。一方、日平均風向は、散乱計と WindSAT から得られたベクトルデータに、最適内挿法 (Kako et al., 2011) を適用することで推定している。

表1 データセット作成に用いた衛星データ

マイクロ波放射計	SSMIs (RSS; 以下括弧内は提供期間を示す), AMSR-E (RSS), TMI (RSS), WindSAT (RSS), AMSR2 (RSS)
マイクロ波散乱計	OSCAT (PO. DAAC), ASCAT (PO. DACC), QuikSCAT (PO. DAAC)
時間解像度	6 時間毎のデータから計算した日平均値
空間解像度	0.25° × 0.25°

このようにして得られた風向・風速の日平均値を用いて、空間解像度 0.25 度の全球海上風ベクトルデータセットを構築した。データセットの期間は、2002 年から 2013 年の 12 年間である。これ以降、本研究で作成したデータセットを Japanese Ocean Flux Datasets with Use of Remote Sensing observations version 3 (J-OFUR03) と呼ぶ。

3. 研究成果

J-OFUR03 の精度検証を行うために、現場観測値との比較を行った (図 1)。この比較には、J-OFUR03 に加え、4 つの衛星データ (ASCAT-A/B, OSCAT, WindSat) それぞれから構築した単一人工衛星プロダクトの日平均値も用いた (ascending/descending 観測から得られたデータを単純平均することにより作成)。比較

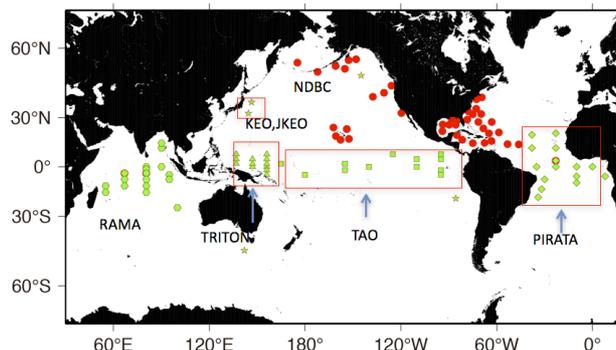


図1 精度検証に用いたブイとその係留位置

結果を図2に示す。図2aが示すように、J-OFURO3のbiasは0.30 m/s以下であり、各衛星の公称精度である0.5 m/sよりも小さい。また、J-OFURO3とブイのroot mean square (RMS)差は最小、相関係数は最大であり、どの単一衛星プロダクトと比べても精度が良い(図2b)。これは、観測時間の異なった複数の人工衛星データの統合が、日平均値を作成する際のサンプリングエラーの低減に対して、効果的に作用していることを示している。

4. まとめ

本研究では、複数の人工衛星から得られたデータを統合することで、全球海上風ベクトルデータセットを構築し、現場観測値との比較を通して、その精度検証を行った。その結果、本研究で構築したデータセットは、どの単一衛星プロダクトよりも精度が高いことが示された。また本研究では、この全球海上風ベクトルデータセットの無料配信を開始しており、<https://j-ofuro.scc.u-tokai.ac.jp> から全てダウンロード可能である。今後は、逐次データ期間を延長するとともに、精度検証の結果も併せて公開する予定である。

引用文献

1. Isobe, A., S. Kako, X. Guo, and H. Takeoka, 2012: Ensemble numerical forecasts of the sporadic Kuroshio water intrusion (Kyucho) into shelf and coastal waters. *Ocean Dynamics*, 62, 633-644, doi: 10.1007/s10236-011-0519-z.
2. Kako, S., A. Isobe, and M. Kubota, 2011: High resolution ASCAT wind vector dataset gridded by applying an optimum interpolation method to the global ocean. *J. Geophys. Res.*, 116, D23107, doi: 10.1029/2010JD015484.

成果発表

1. 富田裕之・加古真一郎・日原勉・響田邦夫・久保田雅久・亀田傑、複数衛星を用いた全球海上風格子データの構築、日本海洋学会秋季大会、鹿児島、2016年9月
2. 寺田雄貴・加古真一郎・高山勝巳・富田裕之・日原勉・響田邦夫・久保田雅久、DREAMSを用いたJ-OFURO3海上風ベクトルデータセットの有用性の検証、日本海洋学会秋季大会、鹿児島、2016年9月
3. 寺田雄貴・加古真一郎・高山勝巳・富田裕之・日原勉・響田邦夫・久保田雅久、複数衛星を用いた全球海上風ベクトルデータセットの構築とその有用性の検証、日本海洋学会西南支部大会、鹿児島、2016年12月

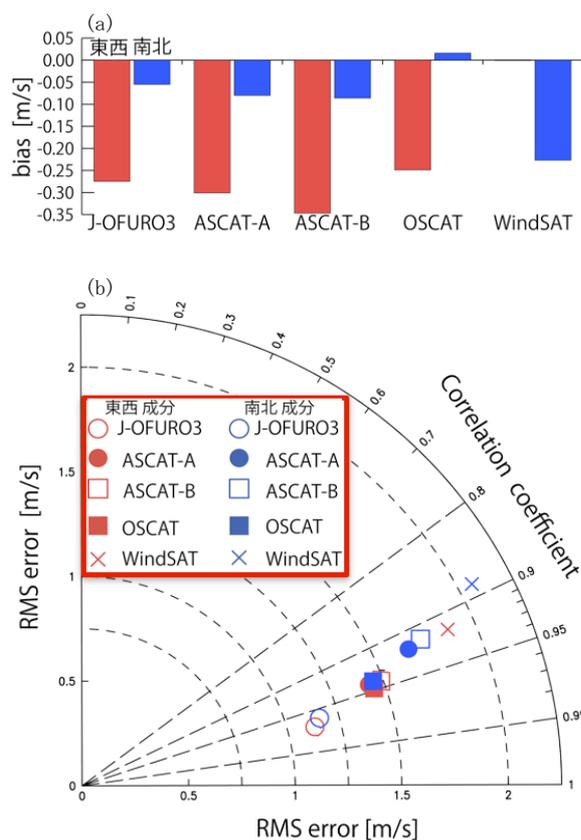


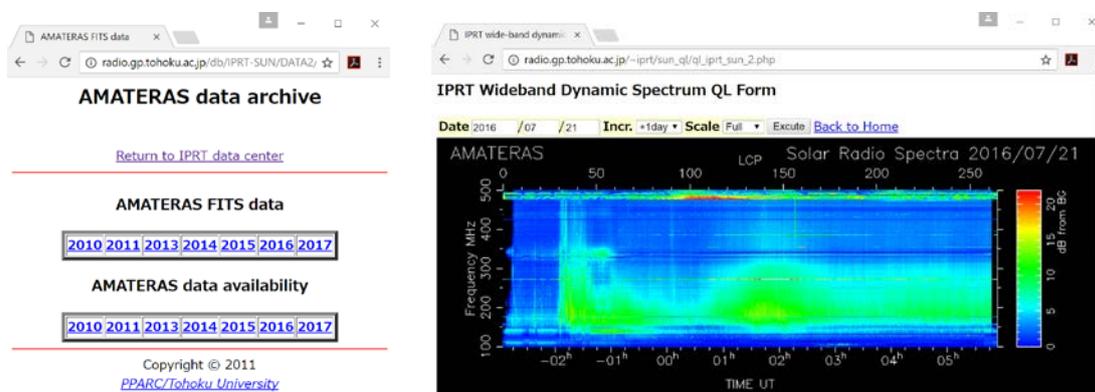
図2 係留ブイと人工衛星から得られた海上風の比較結果。(a)Bias (b)RMS 差と相関係数の関係を示すテララーダイアグラム。

高時間・周波数分解能太陽・木星電波スペクトルデータベース構築

Fine resolution radio spectrum database
for solar and Jovian radio bursts

土屋史紀 東北大学・大学院理学研究科

東北大学では、HF 帯の偏波スペクトル計と VHF-UHF 帯高感度太陽電波観測装置 AMATERAS により数 10MHz から 500MHz に渡る高感度地上電波観測を実施している。この周波数帯に出現する太陽電波バースト現象は太陽コロナ中での電子加速現象の発生と電磁波の伝搬過程を反映しており、電波バーストのスペクトルの微細構造から、加速を受けた高エネルギー電子やコロナ中のプラズマ密度分布などの情報を引き出すことができる。また、木星電波の出現は惑星極域における電子加速現象の発生を反映しており、加速・電波伝搬の素過程の他、磁気圏の活動度のレベルを示す指標として活用できる。本研究では、HF-UHF 帯の高分解電波スペクトルデータを定常的に提供するデータベースを整備し、太陽コロナや活動領域、並びに惑星電離圏上空の加速領域で生じるプラズマ素過程を電波スペクトル上に現れる微細構造から研究する機会を広く提供する。HF 帯の偏波スペクトル計データと AMATERAS の低分解能データから、それぞれ CDF, Fits フォーマットのデータが自動生成されるシステムが構築されている。これらのメタデータは HF, AMATERAS は IUGONET に、HF について CDPD AMDA へ登録を実施しているが、本研究では新たに、AMATERAS メタデータの CDPD AMDA への登録を開始した。AMATERAS の高時間分解能データは、電波バーストが頻発した日は一日当たり 40GB 程度のデータが発生するため、定常的なオンラインアーカイブの構築が課題となっていた。本研究で 52TB の NAS を設置し、ユーザへのデータ提供環境を整えた。AMATERAS の高時間分解能データの提供は現状ではリクエストベースとなっているが、今後 QL を含めたオンライン公開を予定している。



AMATERAS fits データの公開サイト及び QL 閲覧サイト
(<http://radio.gp.tohoku.ac.jp/db/IPRT-SUN/DATA2>)

電離圏電気伝導度モデル計算データベースの
Linked Open Data形式での公開
Release to the public of the model calculation database
for ionospheric conductivity in Linked Open Data format

小山 幸伸，大分工業高等専門学校・情報工学科

1. 研究目的

地磁気静穏日変化の振幅の見積もりや、地磁気誘導電流の見積もり等への応用を見込んで、平成24年度の名古屋大学太陽地球環境研究所「地上ネットワーク観測大型共同研究」における共同研究（代表者：新堀）の一環として、本申請者らがIDL言語を用いた電離圏電気伝導度モデルを作成した。これを多観測点かつ長期に渡って計算すると、長時間を要する。これをWeb上でデータベース化し共有する取り組みが、平成25年度の名古屋大学太陽地球環境研究所所外データベース作成共同研究で採択された「電離圏電気伝導度モデル計算データベースの構築」である。これを構築した平成25年には、G8においてオープンデータ憲章が採択された。また、平成28年でのG7サミットの科学技術大臣級会合では、オープンサイエンスが取り上げられたように、オープンデータに対する機運がますます高まっている。これを受け、前回のデータベース公開時には盛り込めなかった、オープンデータの標準的な形式のひとつであるLinked Open Data形式でのデータ設計を行って公開し、利便性をより高めることを目的とする。

2. 研究方法

本データベース作成共同研究は、1. データベース公開のためのハードウェアやネットワークなどの基盤整備、2. Linked Open Data形式でのデータフォーマット設計、3. 2に従った実装、の3部分に大別される。これらを順序を追って進めた。

3. 研究結果

まずはじめに、データベース公開を行う上で必要なサーバーの整備を行った。これまで京大で稼働していたサーバーを、研究代表者が所属する大分工業高等専門学校へ移設を行った。本研究経費で購入した、ネットワークスイッチ、ディスプレイ、キーボード、ネットワークケーブル等をサーバーに接続し、学内ネットワークおよび学外ネットワークへ接続を行った。

次に、内部的にはリレーショナルデータベース形式である、電離圏電気伝導度モデル計算データを、Linked Open Dataの標準形式で公開すべく設計を行った。この設計の一部を表1に示す。これに加えて、電離圏電気伝導度モデルが依存している、IGRF-12, IRI, MSISのマッピングも検討した。

表 1 関係データベースのプロパティと LOD 形式のマッピング

RDB の定義	説明	LOD での表現
sigma_0	既存語彙無し. 新規に定義する必要あり.	ionocond:sigma_0
sigma_1	既存語彙無し. 新規に定義する必要あり.	ionocond:sigma_1
Sigma_2	既存語彙無し. 新規に定義する必要あり.	ionocond:sigma_2
Sigma_xx	既存語彙無し. 新規に定義する必要あり.	ionocond:sigma_xx
Sigma_yy	既存語彙無し. 新規に定義する必要あり.	ionocond:sigma_yy
Sigma_xy	既存語彙無し. 新規に定義する必要あり.	ionocond:sigma_xy
Height	geo:alt は世界測地系(WGS84)であるので, 1対1対応する.	geo:alt
Glat	geo:lat は世界測地系(WGS84)であるので, 1対1対応する.	geo:lat
Glon	geo:lon は世界測地系(WGS84)であるので, 1対1対応する.	geo:lon
Yyyy	yyyy, mddd, ltut, atime の 4 要素を dc:date で表現可能.	dc:date
Mddd	yyyy, mddd, ltut, atime の 4 要素を dc:date で表現可能.	dc:date
Ltut	yyyy, mddd, ltut, atime の 4 要素を dc:date で表現可能.	dc:date
Atime	yyyy, mddd, ltut, atime の 4 要素を dc:date で表現可能.	dc:date
algorithm	公開されているものの, 小山によるモデル実装のみのローカルなパラメータなので, RDF 化しない.	

上記の定義を踏まえ, 実際に関係データベースのプロパティを Linked Open Data の標準形式に変換する必要があるが, 進捗遅れにより未だ完了していない。

4. 考察

先行事例が沢山あれば, それらを踏襲することによって機械的なマッピングの設計が可能であるが, 地球物理学のデータの LOD 化は盛んでないため, 手探りで作業になった。深く考えずに定義することは可能といえは可能であるが, 同種の後発がこれを踏襲するため, 慎重を期す必要があり, 試行錯誤が必要となった。

5. まとめ

本研究の成果物であるデータベースは, 2016年12月に公開する見込みであった。しかしながら, 進捗の遅れのため, 現状公開に至っていない。本年度のデータベース作成共同研究経費によって, 本研究の継続遂行の基盤は整備済みである。そのため, 新たな経費の補助無しに研究遂行が可能である。それゆえ, 次年度も本研究を継続することで成果を上げる。

6. 引用文献

[1] Koyama, Y., A. Shinbori, Y. Tanaka, T. Hori, M. Nosé, S. Oimatsu, An Interactive Data Language software package to calculate ionospheric

conductivity by using numerical models, Comput. Phys. Commun.,

doi : 10.1016/j.cpc.2014.08.011

[2] 松村冬子, LODの作り方・使い方, <https://www.slideshare.net/fuyukoitomatsumura/lod5lod>

7. 成果発表

未発表である.

宇宙線 WDC データベース
Database of WDC for Cosmic Rays (WDCCR)

渡邊 堯、情報通信研究機構・統合ビッグデータ研究センター

宇宙線世界資料センター(WDC for Cosmic Rays)の業務として、1953 年以来、世界各地で行われている宇宙線中性子観測データ(一時間値)を収集し、品質管理を行った上で統一フォーマットによるデータベース化を行い、インターネットなどを通じたデータ提供を行うとともに、太陽活動と宇宙線現象、宇宙線フラックスと地球環境との関係などについて研究を行った。作業内容は、1953 年以来現在世界各国で行われている宇宙線中性子観測データ(1 時間値)を収集し、不適正データの混入などのチェックを行った上でデータベース化し、インターネット等によるデータ提供を行うことであるが、特に旧ソ連圏における観測データの取り纏めを行っているロシア科学アカデミーの IZMIRAN (電離層研究所) の活動が不安定となっており、新規データのデータベース化が遅れている。この状況が続くのであれば、直接観測所からデータを取得することなど、今後の対策を考えたい。研究面では、名古屋大学宇宙地球環境研究所の主導で定期的で開催されている STE 現象報告会において、最近の宇宙線現象の推移について報告を行っている。今太陽活動周期においては、惑星間空間擾乱の発生頻度が低いことの裏返しとして、宇宙線到来方向の異方性を示す宇宙線フラックス日変化の振幅の変化が、長期間にわたって安定して追跡可能であり、日変化の現れ方が、惑星間空間磁場の構造の変化に良く対応していることが示された。宇宙線 WDC の活動については、STE 現象報告会(平成 29 年 3 月 14 日)で報告を行った。また平成 28 年 9 月 27 日―28 日に京都大学で開催された第 3 回オープンサイエンスデータ推進ワークショップでは、宇宙線世界資料センターの活度報告と、太陽黒点数や宇宙線強度のような、研究の基盤となる基礎的観測データの長期保全・公開態勢の確保における問題点と今後の方向について講演を行った。

MAGDAS/CPMNデータのデータベース化 MAGDAS/CPMN Database

吉川 顕正、九州大学・国際宇宙天気科学・教育センター

九州大学では環太平洋地域を中心に地磁気ネットワーク観測 (MAGnetic Data Acquisition System (MAGDAS)) を継続実施して 1 秒値の高時間分解能データ及び、FM-CW レーダデータを取得し、MAGDAS 磁場観測点のデータ補正・データベース化及び QL プロット作成を進めている。また、太陽風-磁気圏-電離圏-大気圏結合系の終着点である磁気赤道領域で観測される赤道ジェット電流 (以下、EEJ) に特に注目し、その変動成分をグローバルな全球に現れる成分 (Edst) と、ローカル成分に (EU/EL) に一意分割する EE-index を開発 [Uozumi et al., 2008] し、宇宙天気変動の研究への活用を検討してきた。本申請課題では、この EE-index のデータベース化を中心とした、MAGDAS/CPMN データのデータベース化及び、FM-CW レーダ (4 観測点) のデータベース化を実施した。本課題の成果は、太陽風-地球磁気圏相互作用、電離圏・磁気圏ダイナミクス、電離圏-熱圏におけるプラズマ中性大気相互作用、EEJ と結合した太陽活動ならびに大気圏運動の長周期変動特性などについての国内・国際共同研究や、九州大学大学院生の教育の一貫に利用され、下記に挙げた学術論文・国内外の学会において成果発表された。

論文成果リスト

1. SA Bello, M Abdullah, NSA Hamid, A Yoshikawa, A0 Olawepo, Variations of B0 and B1 with the solar quiet Sq-current system and comparison with IRI-2012 model at Ilorin, *Advances in Space Research*, 2017, accepted
2. GQ Wang, M Volwerk, TL Zhang, D Schmid, A Yoshikawa, High - latitude Pi2 pulsations associated with kink - like neutral sheet oscillations, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2017, accepted
3. Rabiou, A. B., Folarin, O. O., Uozumi, T. and Yoshikawa, A. (2016) Simultaneity and Asymmetry in the Occurrence of Counterequatorial Electrojet along African Longitudes, in *Ionospheric Space Weather: Longitude and Hemispheric Dependences and Lower Atmosphere Forcing* (eds T. Fuller-Rowell, E. Yizengaw, P. H. Doherty and S. Basu), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. doi: 10.1002/9781118929216.ch2
4. Ohtani, S., and A. Yoshikawa (2016), The initiation of the poleward boundary intensification of auroral emission by fast polar cap flows: A new interpretation based on ionospheric polarization, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2016JA023143. (Selected as Editor's Highlight)
5. Takahashi, K., M. D. Hartinger, D. M. Malaspina, C. W. Smith, K. Koga, H. J. Singer, D. Frühauff, D. G. Baishev, A. V. Moiseev, and A. Yoshikawa (2016), Propagation of ULF waves from the upstream region to the midnight sector of the inner magnetosphere, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, 8428-8447, doi:10.1002/2016JA022958.
6. Imajo S., A. Yoshikawa, T. Uozumi; S. Ohtani, A. N. Sodnomsambuu Demberel, B. M. Shevtsov (2016), Solar terminator effects on middle-to-low latitude Pi2 pulsations, *Earth, Planets and Space*, 68 (1), 13768 (1), 137.
7. Uozumi, T., A. Yoshikawa, S. Ohtani, S. Imajo, D. G. Baishev, A. V. Moiseev, and K. Yumoto,

(2016), Initial deflection of middle-latitude Pi2 pulsations in the premidnight sector: Remote detection of oscillatory upward field-aligned current at substorm onset, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, doi:10.1002/2015JA021698.

8. Nishimura N., T.Kikuchi; Y.Ebihara, A.Yoshikawa, S.Imajo; W. Li, H. Utada, Evolution of the current system during solar wind pressure pulses based on aurora and magnetometer observations, *Earth, Planets and Space*, 68 (1), 144, (2016).

9. Bisoi, OS. K., D. Chakrabarty, P. Janardhan, R. G. Rastogi, A. Yoshikawa, K. Fujiki, M. Tokumaru, and Y. Yan (2016), The prolonged southward IMF-Bz event of 27-4 May 1998: Solar, interplanetary causes and geomagnetic consequences, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, 3882-3904, doi:10.1002/2015JA022185.

10. Bolaji, O. S., E. O. Oyeyemi, O. P. Owolabi, Y. Yamazaki, A. B. Rabiou, D. Okoh, A. Fujimoto, C. Amory-Mazaudier, G. K. Seemala, A. Yoshikawa, and O. K. Onanuga, Solar Quiet Current Response in the African Sector Due to a 2009 Sudden Stratospheric Warming Event, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 2016 August 6, doi:10.1002/2016ja022857.

11. Tsuda, T., M. Yamamoto, H. Hashiguchi, K. Shiokawa, Y. Ogawa, S. Nozawa, H. Miyaoka, and A. Yoshikawa, A proposal on the study of solar-terrestrial coupling processes with atmospheric radars and ground-based observation network, *Radio Sci.*, 51, doi: 10.1002/2016RS006035, 2016."

12. Fujimoto, A., T. Uozumi, S. Abe, H. Matsushita, S. Imajo, J. K. Ishitsuka, and A. Yoshikawa, Long-term EEJ Variations by Using the Improved EE-index, *Sun and Geosphere*, Vol. 11, Issue 1, 2016

13. Moiseev, A. V., D. G. Baishev, V. A. Mullayarov, S. N. Samsonov, T. Uozumi, A. Yoshikawa, K. Koga, and H. Matsumoto (2016), The Development of Compression Long-Period Pulsations on the Recovery Phase of the Magnetic Storm on May 23, 2007, *Cosmic Research*, 2016, Vol. 54, No. 1, pp. 31-39.

国内学会・国際学会・招待講演リスト

1. Yoshikawa A., Magnetosphere-Ionosphere Coupling, The SCOSTEP/ISWI International School on Space Science, November 7-17, 2016, Sangli, Maharashtra, India (Invited lecture)

2. 吉川顕正、磁気圏電離圏結合、平成28年度「磁気圏・電離圏シンポジウム」、電離圏・磁気圏探査衛星検討リサーチグループ第1回会合、10/14-15, 2016, 宇宙科学研究所, 神奈川県相模原市、招待講演

3. 吉川顕正、磁気圏電離圏結合ダイナミクスの無撞着な記述：境界条件を超えて、「磁気圏複合系研究会・プラズマシート極域電離圏投影問題研究会」、9/20-21, 2016, 国立極地研究所、東京都立川市、招待講演

4. 吉川顕正、Alfven 波による一般化された 3 次元磁気圏電離圏結合、名大 ISEE/極地研/NICT/京大 RISH 共同主催「中間圏・熱圏・電離圏 (MTI) 研究集会」/(第 321 回生存圏シンポジウム)、8/29-31, 2016, 情報通信研究機構, 東京都小金井市、招待講演

5. Yoshikawa A., (B, V) Paradigm of Magnetosphere-Ionosphere Coupling, URSI Asia-Pacific Radio Science Conference (URSI AP-RASC 2016), Seoul, Korea, August 24, 2016, (Invited)

6. Yoshikawa A., Magnetosphere-Ionosphere coupling by shear Alfven wave, Impact of Space Weather on Earth COSPAR Capacity Building Workshop August 15 - 26, 2016, Paratunka, Kamchatka, Russia, (invited lecture)

れいめい衛星搭載の磁力計GASのデータベース作成・整備
 Database production and management of magnetometer GAS
 onboard Reimei Satellite

高田拓、高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科

【研究目的】

本研究では、れいめい衛星に搭載されたGASデータを科学データとして扱いやすい形式に変換し、GASデータベースの作成・整備を行った。GASデータの補正処理を行い、プラズマ粒子データと比較することにより、沿磁力線電流が適切に推定されていることを確認した。

【研究方法】

図1では、黒線で示された磁場の3成分は、赤線で示されたIGRF (International Geomagnetic Reference Field) 10モデルによる地球固有磁場の値と、同じような値を示している。磁場データの黒線は太い帯状に見えるが、これは短時間での磁場変動は大きく、大きなノイズ成分を含んでいるためである。また、MACの起動時と測定開始時には、縦の矢印で示すようにスパイク状のノイズが見られ、MACの測定中は、横向きの矢印で示す区間に階段状の磁場変動（オフセット）が見られる。MACの起動中（縦の点線の間の区間）に誘導磁場の影響を受けていることが分かる。MAC起動から測定開始の間（16:09:26 -33）には、スパイク状のノイズに加えて、オフセットノイズが時間的に変動している。MAC測定終了からMAC終了の間（16:11:30-16:11:34）では、スパイク状のノイズはないが、オフセットノイズの変動は見られる。オフセットノイズの時間変動を補正するのは難しいので、今回は、それらの区間の補正は行っていない。沿磁力線電流に伴う誘導磁場成分を評価するためには、磁場変動のノイズ等をできるだけ軽減し、オフセットノイズを調整する必要がある。

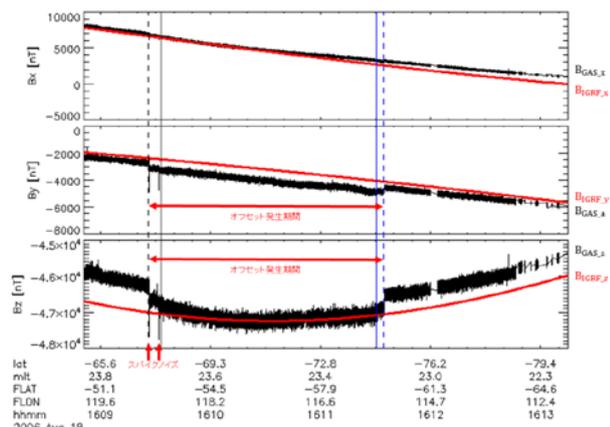


図1: GASによって測定された磁場データ：衛星座標系での磁場の3成分(黒線)と、IGRFモデルによる地球の固有磁場(赤線)。縦線は、MACのコマンド実行時刻(順に、起動、測定開始、測定終了、停止)。

【研究結果】

図2に、補正処理を行う際の各データを示す。図2(a)では、衛星座標系のGASデータが示されており、地球固有磁場程度の大きな値を示している。図2(b)では、GASとIGRFとの差分データを示しており、宇宙空間の磁場をおよび、衛星機器関連の誘導磁場を合わせた磁場の値となっている。MACの動作の影響によってオフセットノイズが含まれていることが

顕著に見られる。本イベントでのオフセット値は、 $(B_N, B_E, B_z) = (-146, -386, -504)$ であった。図2(c)では、補正データの東向き成分の磁場変動データを示している。水色が200 Hzのデータで、赤線は、平均値±平均偏差の値を4 Hzサンプリングで示している。MAC測定中(16:09:33-16:11:30)の磁場変動の値(赤線)が、MAC測定前後の値とほぼ同じレベルに補正されていることが分かる。

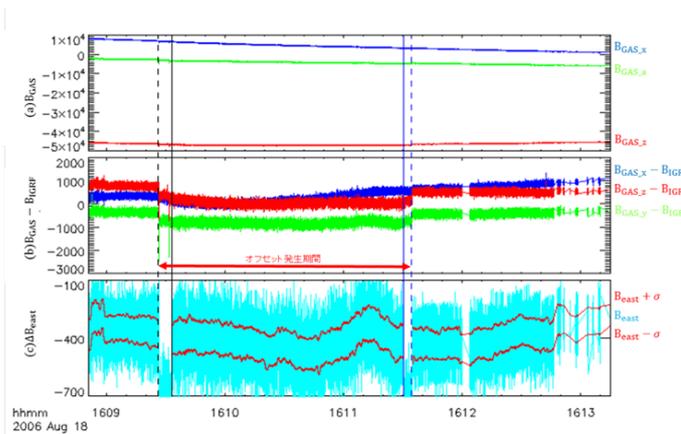


図2：(a) GAS の元データ、(b) IGRF との差分データ、(c) 東向き成分の磁場変動：補正 4Hz データと(赤線)とオフセットのみ補正 200Hz データ(水色)。

【まとめ】

本研究では、姿勢制御用の磁力計GASのデータを処理し、沿磁力線電流の大きさや向きについて議論できるかどうかの評価を行った。座標変換、機器依存の高周波のノイズ成分の平均化、および、MACの起動に伴う磁場変動の除去等の補正を行い、データベースとして整備した。また、ESA/ISAデータと比較することで、GASの補正データによる磁場変動が、沿磁力線電流による変動とよく合うことを確認した。これらの補正データは、科学論文でも利用され、沿磁力線電流の根拠として使われている。一方で、補正データの磁場変動は、比較的規模の小さな沿磁力線電流に対しても、非常によく対応することが分かった。れいめい衛星のESA観測器という高時間分解能で高精度な電子データとの比較により、本来であればGASデータのノイズレベルより小さな磁場変動であっても、有意な変動が見られている。今後の課題として、微弱な沿磁力線電流に対してのさらなる定量的な比較が必要であるが、現時点では、多くの沿磁力線電流を適切に検知できる磁場変動のデータベースとなっている。

れいめい衛星の磁力計データの作成・整備に関しては、2016年度に磁力計データの補正プログラムの最終調整を行い、GASデータベース作成のためのスクリプトなどを準備し、データベース化を行っているところである。GASデータベース作成に関わる検討結果や成果は論文にまとめており、引用文献に示す査読付き学術誌に出版予定である。

データベースの公開アドレス：<http://reimei.stelab.nagoya-u.ac.jp/tgas/>

※データベースには、いくつかのバージョンがあり、v1、v2 (4 Hzサンプリング)、v5 (10 Hzサンプリング)、v5_plot (プロット画像) のディレクトリ内に各々置かれている。

【引用文献】

益岡葵、高田拓、平原聖文、浅村和史、れいめい衛星搭載磁力計GASのデータベース作成・整備：沿磁力線電流の推定のために、宇宙科学情報解析論文誌(査読誌)、6号、pp.63-71、doi: 10.20637/JAXA-RR-16-007/00066号、2017(出版予定)

【成果発表】

益岡葵、高田拓、浅村和史、れいめい衛星観測による磁気嵐中の降込電子に関する考察、地球電磁気・地球惑星圏学会第140回総会及び講演会、R006-P29、福岡市、2016年11月20日