

Web型データ解析ツール ERGWAT の開発と今後の発展計画

梅村 宜生^{*1}, 瀬川 朋紀^{*1}, 宮下 幸長^{*1}, 桂華 邦裕^{*1}, 三好 由純^{*1}, 堀 智昭^{*1},
小路 真史^{*1}, 田中 良昌^{*2}, 関 華奈子^{*3}, 篠原 育^{*4}

Development and Future Plans of the Web Based Data Analysis Tool ERGWAT

Norio UMEMURA^{*1}, Tomonori SEGAWA^{*1}, Yukinaga MIYASHITA^{*1}, Kunihiro KEIKA^{*1},
Yoshizumi MIYOSHI^{*1}, Tomoaki HORI^{*1}, Masafumi SHOJI^{*1}, Yoshimasa TANAKA^{*2},
Kanao SEKI^{*3} and Iku SHINOHARA^{*4}

Abstract: This paper reports the web-based interactive data analysis system ERG Web Analysis Tool (ERGWAT) developed by the ERG Science Center. The ERGWAT provides an environment for visualization of various kinds of geospace data including Akebono satellite and ground-based observations as well as simple time-series analysis. Interactive Data Language (IDL) / Space Physics Environmental Data Analysis Software (SPEDAS) is used as an engine of ERGWAT to load the data via internet and to make plots for data. All commands for ERGWAT are realized as tool bars, pull-down menus on the web browser, so that users do not have to be familiar with IDL/SPEDAS commands. The ERGWAT provides not only plots on the web browser but also postscript files that can be used for papers and presentations. It is expected that ERGWAT is a useful resource for the capacity building for solar-terrestrial physics community. The possible link between ERGWAT and Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETWORK (IUGONET) metadata database is a future subject, which provides both the plot results and the information of data itself.

Keywords: ERG, ERG Science Center, ERGWAT, Space Physics, Data Analysis Tool, Web Platform

概要

本論文では、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所と名古屋大学宇宙地球環境研究所統合データサイエンスセンターによって運営されている宇宙科学連携拠点 ERG サイエンスセンターが開発・公開しているデータ解析ツール ERGWAT (ERG Web Analysis Tool) のシステム概要、提供内容、今後の発展計画について述べる。ERGWAT は、ウェブブラウザをフロントエンドとして用い、Interactive Data Language (IDL) ルーチン群である Space Physics Environment Data Analysis Software (SPEDAS) がバックエンドで動くことで、ウェブブラウザ上の操作のみで各種データの可視化や時系列解析等を行える機能を有しており、IDL ユーザでなくても簡単に各種データの可視化や解析を行うことが可能であ

doi: 10.20637/JAXA-RR-16-007/0003

* 平成 28 年 11 月 24 日受付 (Received November 24, 2016)

^{*1} 名古屋大学宇宙地球環境研究所 (Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University)

^{*2} 国立極地研究所 (National Institute of Polar Research)

^{*3} 東京大学大学院理学系研究科 (School of Science, Tokyo University)

^{*4} 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 (Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency)

る。本稿執筆時点(2016年9月), ERGWATでは, ACE, GOES, THEMIS, Van Allen Probesなどの科学衛星のデータに加え, ERGサイエンスセンターが独自に開発したIDLルーチンにより, あけぼの衛星データ, フラックスゲート磁力計, 誘導磁力計, SuperDARNレーダー, EISCATレーダーなどの地上観測機器のデータのプロットや解析も可能である。ERGWATは, 画面に表示されたボタンやプルダウンメニューを操作するのみで, 単純な時系列プロットの作成のみならず, パワースペクトル変換やウェーブレット変換などの解析を行うことも可能である。また, ERGWATは, プロット画像をPostscript形式で出力する機能, ERGWATで実行した一連のコマンドをIDLの実行プログラム形式のファイルとして出力する機能も持つなど, 操作が非常に容易でありながら, 実用的な解析も可能としている。ERGWATは, このような利便性の高さから, 太陽地球系科学におけるキャパシティビルディングへの貢献も期待されている。今後は, IUGONETのメタデータ・データベースと連携してプロット画像とデータの詳細情報を一元的に提供することを目指すとともに, 他プロジェクトと協調しながらシステムの利便性の更なる向上を図る計画である。

1 はじめに

太陽地球系物理学分野における観測データは, 科学衛星, 地上観測機器などにより取得されており, 各コミュニティが用いる解析ソフトウェアのベースもMATLAB, IDLなど複数に渡っている。太陽地球系科学においては, フレアやCMEなど太陽で発生した物理現象が, 惑星間空間, 磁気圏, 電離圏, 大気圏, 地表圏にどのような形でエネルギーを伝え, どのように相互作用してその場の環境が変化するかなど, 太陽地球系をシームレスなシステムとして総合的に捉える必要がある反面, 多様な観測データを解析するためには, それぞれの観測データに合わせて異なる言語やソフトウェアのベースを使う必要があるなど, 必ずしも総合的に解析するための環境が実現されているとはいえなかった。研究者が複数のソフトウェアを使いこなすことは容易ではなく, 統合解析を行う際のデータハンドリングの敷居の高さが問題となっていた。

現在, 日本では, ジオスペース探査(ERG)プロジェクトが進行している¹⁾。ジオスペース探査(ERG)プロジェクトは, 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(JAXA/ISAS)によって打ち上げられるERG衛星, 国内の各種大学・機関によって展開・運用されている連携地上観測, 統合解析・モデリングの3つの研究チームによって推進されている。また, プロジェクトの多様なデータを一元的にアーカイブ・公開するとともに, 統合解析環境を提供するため, JAXA/ISASと名古屋大学宇宙地球環境研究所によって宇宙科学連携拠点 ERGサイエンスセンターが設置, 運営されている。ERGサイエンスセンターでは, 観測データは原則としてCDF形式でアーカイブ²⁾, 公開するとともに, 衛星軌道と地上観測点の位置関係を簡単に表示できるConjunction Event Finder (CEF)の開発・運用も行っている³⁾。また, 統合解析環境として, IDL言語で記述されているSpace Physics Environment Data Analysis Software (SPEDAS)⁴⁾と呼ばれる解析ツールを使用している。SPEDASは, 米国NASAの人工衛星と地上観測プロジェクトであるTHEMISプロジェクトのデータ解析のために開発されたTHEMIS Data Analysis Software (TDAS)を前身としており, UCLA, UCBを中心に, 様々な国の研究機関や大学がそれぞれのプロジェクトに対応する解析のためのプログラムであるIDLルーチンをプラグインとして提供している。ERGサイエンスセンターでは, これまでIUGONET (Inter-university Upper atmosphere Global Observation

NETwork)⁵⁾⁶⁾ と協力して、ERG 連携地上観測データを解析するための IDL ルーチンを開発し SPEDAS への実装を行ってきた⁷⁾. このように SPEDAS に多くのプロジェクトが参画していることで、科学衛星、地上観測による多種・多拠点のデータの可視化と解析が実現されており、SPEDAS は、その内容と規模を拡大している。

SPEDAS は、有償である IDL ライセンスを利用できる環境下であれば IDL ルーチンを自由に開発してコンパイル・実行することができるコマンド操作方式(CUI)と、IDL ライセンスを必要とせずともコンパイル済の実行ファイルをインストールするのみで予めパッケージ化された IDL ルーチン群に対する観測機器のデータを IDL バーチャルマシン上で解析することのできる画面操作方式(GUI)の 2 つのインターフェースを持つ。特に後者は、画面を使った直感的な操作が可能であること、IDL ライセンスを必要としないことから、日常的に IDL を使っているユーザのみならず、普段 IDL を用いていないユーザであっても容易に使用することが可能である。実際に、インド、インドネシア、ペルー、アフリカ諸国等の開発途上国にて GUI 方式を用いた解析講習会が開催されるなど国際的にも広く普及しつつあり⁸⁾、太陽地球系科学のキャパシティビルディングにも貢献している。

ERG サイエンスセンターでは、この SPEDAS が扱う観測データの多様性に着目し、SPEDAS の操作性を更に向上させて解析の利便性を高めることを目的とした新しいツールの開発を進めている。このツールは ERGWAT (ERG Web Analysis Tool) と呼ばれるもので、フロントエンドにウェブブラウザを使用し、ウェブブラウザに入力された情報をもとにバックエンドで処理エンジンとして動作する CUI 方式の SPEDAS を操作することで、各種データの可視化・解析を行うことができるものである。ERGWAT を使うことで、IDL を使用したことがないユーザでも直観的な操作が可能であり、IDL と SPEDAS をインストールする必要もなく、ウェブブラウザを搭載したパソコンやモバイル端末を操作するのみで、データを”Quick”に可視化・解析することが可能である。ERGWAT は 2009 年に開発が開始され、順次機能改良を加え、現在はバージョン 4 に至っている。本論文では、この ERGWAT のシステムの詳細と、実際の科学データ解析例について紹介し、最後に今後の発展計画について述べる。

2 ERGWAT の構成

2.1 ERGWAT の画面構成

図 1 に、ERGWAT を使い、九州大学国際宇宙天気科学・教育センターが運用、名古屋大学宇宙地球環境研究所がデータを公開している 210 度地磁気観測データの 1 分値データ⁹⁾をプロットした例を示す。

ERGWAT の画面は、プロットを作成するための日時、観測機器、パラメータを設定するフォームと、プロット画像を表示する領域で構成される。基本的な操作手順は、(1)プロットしたい時間範囲を設定する、(2)プロットしたい観測機器とその観測所、観測モード等のパラメータを選択する、(3)Load ボタンを押す、(4)描きたい物理量を選んで Plot ボタンを押す、のように単純なステップで構成される。コマンド操作型の解析ツールのように専門用語を入力する必要はなく、画面に示されるパラメータに従い操作すれば希望するプロットを描くことができる。なお、この ERGWAT は、同時利用数を制限するためにユーザ認証制を導入しており、ID とパスワードでログインした後に図 1 の画面へと移行する。

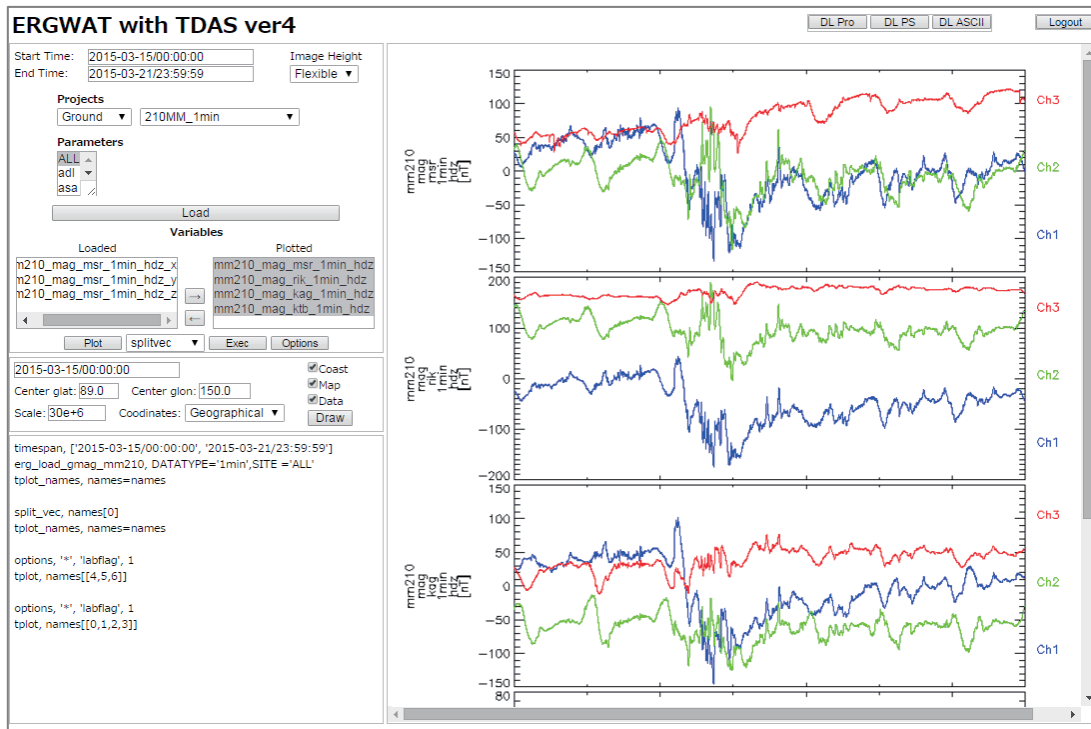


図 1 ERGWAT 操作画面. 画面の左側に、時間範囲、観測機器、観測所、パラメータ等を選択するためのフォームと実行ボタン、右側にプロット画像を表示する領域を持つ。

2.2 ERGWAT のシステム構成

図 2 に ERGWAT のシステム構成図を示す。ERGWAT は Linux で動作し、画面を構成してウェブブラウザと IDL ルーチン/IDL を中継するクライアントサイド・サーバーサイドスクリプト(Perl, JavaScript Ajax), 実行時に必要な IDL ルーチン名, 実行に必要なパラメータ等を格納する RDBMS (MySQL), IDL ルーチンのファイルを格納するための環境変数 IDL_PATH を通したディレクトリ, IDL プロセスを監視して実行結果をユーザに返却するためのデーモンである TDASD, 実際の実行プログラムである IDL ルーチン, IDL ルーチンの実行環境である IDL で構成される。

ERGWAT では、バックグラウンドで IDL ルーチンを実行するための情報は RDBMS に格納されており、RDBMS は、図 3 に示すように、観測機器グループ名称、観測機器名称、対応する IDL ルーチンの名称を格納するための 3 つのプロジェクト系テーブル(eg_proj1~3)と、IDL ルーチン実行時に付与するオプション(データ種、観測所情報、観測モード等の引数)の名称とその値を格納するためのプロジェクト系テーブル(eg_param1~4)で構成されている。例えば図 1 の最上段の 210 度地磁気観測データ北海道・母子里観測所のデータの場合、eg_proj1 テーブルに観測機器グループ名称を示す文字列 Ground, eg_proj2 テーブルに観測機器名称を示す文字列 MM210_1min, eg_proj3 テーブルに IDL ルーチンの名称 erg_load_gmag_mm210 を登録する。また、同データの IDL ルーチンを実行するためのコマンドは SPEDAS の CUI と同等の erg_loag_gmag_mm210, DATATYPE='1min', SITE='msr'であり、この場合、eg_param1 テーブルに DATATYPE='1min', SITE と msr を登録する(ここで、データ種を示す DATATYPE='1min'は固定パラメータであるために、観測所を示す SITE パラメータ名と連結して、1 つのカラムに登録している。また、SITE パラメータが示す観測所の種類に応じてレコードを作成する)。

他の観測機器で必要があれば eg_param4 までのテーブルを使う．次に，実際の IDL ルーチンのファイル erg_load_gmag_mm210.pro を，IDL_PATH を通したディレクトリに配置する．IDL ルーチンは，ERGWAT 用に変更する必要はなく，SPEDAS の CUI で動作するものでよい．上記の設定を行うことにより，ERGWAT 画面において，観測機器グループ，観測機器，実行時のオプション等，プロット画像を作成するためのパラメータの絞り込みが可能となる．

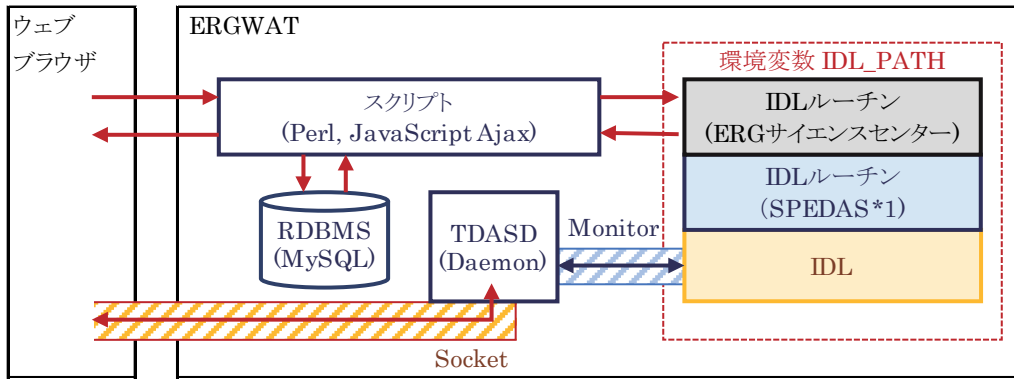


図 2 ERGWAT のシステム構成．ユーザのウェブブラウザとバックエンドの IDL の処理は，サーバに設置されたスクリプトにより中継される．また，IDL ルーチンの実行に必要な情報は RDBMS に格納されている．なお，搭載している SPEDAS のバージョンは 1.00 である(*1)．

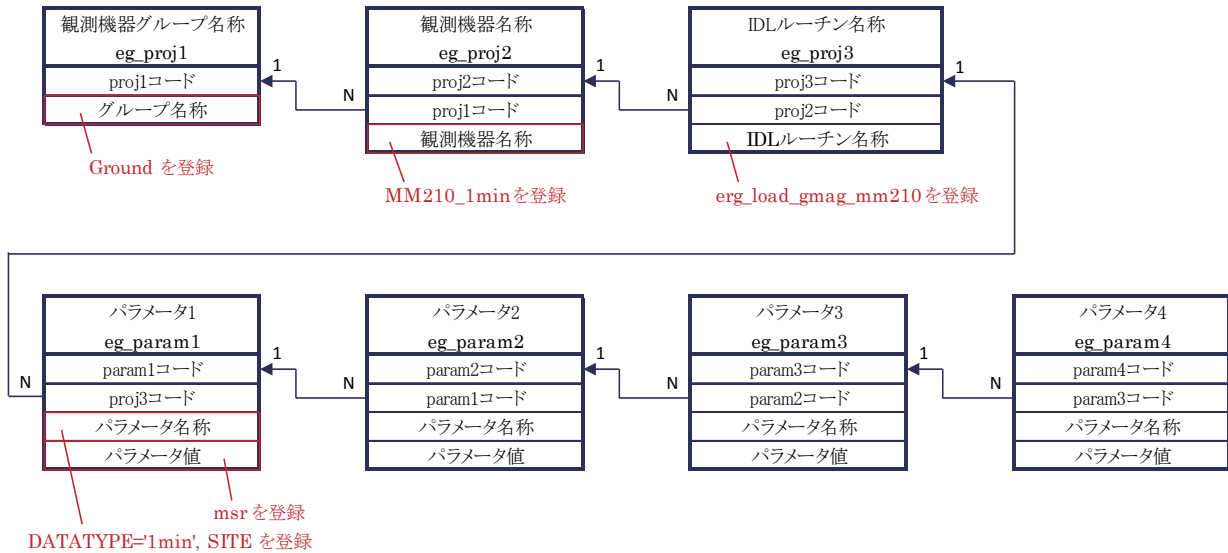


図 3 ERGWAT におけるテーブルレイアウト．観測機器グループ名称のテーブルを起点に，観測機器名称，IDL ルーチン名称，パラメータ 1～4 のテーブルに向けて，1:N (N>0) で正規化されている．

図 4 に，ユーザによるパラメータの選択からプロットが作成されるまでのシーケンスを示す．ユーザにより観測機器グループが選択された場合，クライアントサイドスクリプトにて操作内容を取得し，サーバーサイドスクリプト，RDBMS と通信して，指定された観測機器グループに含まれる観測機器名を取得して画面に表示する．例えば，図 1 の Projects の左側のプルダウンメニューにて地上観測を示す

Ground を選択した場合、右側のプルダウンメニューには、`eg_proj2` テーブルに格納されている値のうち、`210MM_1min`⁹⁾、`SuperDARN`¹⁰⁾、`STEL_INDUCTION`(誘導磁力計)¹¹⁾、`MAGDAS`¹²⁾といった地上観測機器名を一覧表示する。同様に、右側のプルダウンメニューにて `MM210_1min` を選択した場合、`eg_param1` テーブルに格納されている `MM210_1min` の実行時のオプションである `DATATYPE='1min'`、`SITE=`に対する値である `ALL`、`adl`、`asa`、`msr`、`zgn`、`zyk` 等の観測所の名称を取得し、`Parameters` フィールドに一覧表示する。このようにユーザの操作に合わせて動的に観測機器名、観測所名等を表示し、ユーザにより選択され `Load` ボタンが押されると、再びサーバサイトスクリプトに入力値が渡り、それに基づく `IDL` ルーチン名、実行オプションを `RDBMS` の `eg_proj3`、`eg_paramN`(`N` は 1..4) テーブルから取得して実行に必要なコマンドを生成し、コマンドを `IDL` ルーチンに引き渡す。`IDL` は、`SPEDAS` を `CUI` で実行する場合と同様に、初期化コマンドの `thm_init`、時刻設定コマンドの `timespan`、`IDL` ルーチンコマンド(図 1 の例では `erg_load_gmag_mm210`、`DATATYPE='1min'`、`SITE='ALL'`)を実行し、観測データをダウンロードした後、処理結果である物理量を `tplot` 変数と呼ばれる `IDL` の構造体変数に格納する。`tplot` 変数のデータがセットされると、`tplot` 変数名は、`TDASD` プロセスからソケットを経由してウェブブラウザに戻されて `Variables` 欄に表示され、ユーザによる選択が可能となる。この後、ユーザにより可視化したい `tplot` 変数名が指定され `Plot` ボタンが押されると、再びサーバサイドスクリプト、`IDL` に命令が渡り、選択した `tplot` 変数に対するプロット画像を作成してユーザに提供する。このとき、可視化に必要な観測データのファイルは `ERGWAT` が動作しているサーバにダウンロードされる。従って、ユーザは、プロット画像のみを可視化・解析結果として得る場合は、手元に観測データをダウンロードする必要はない。第 3.2 章に後述するが、実際の観測データの中身を見たい場合にのみ、観測データをダウンロードすればよい。

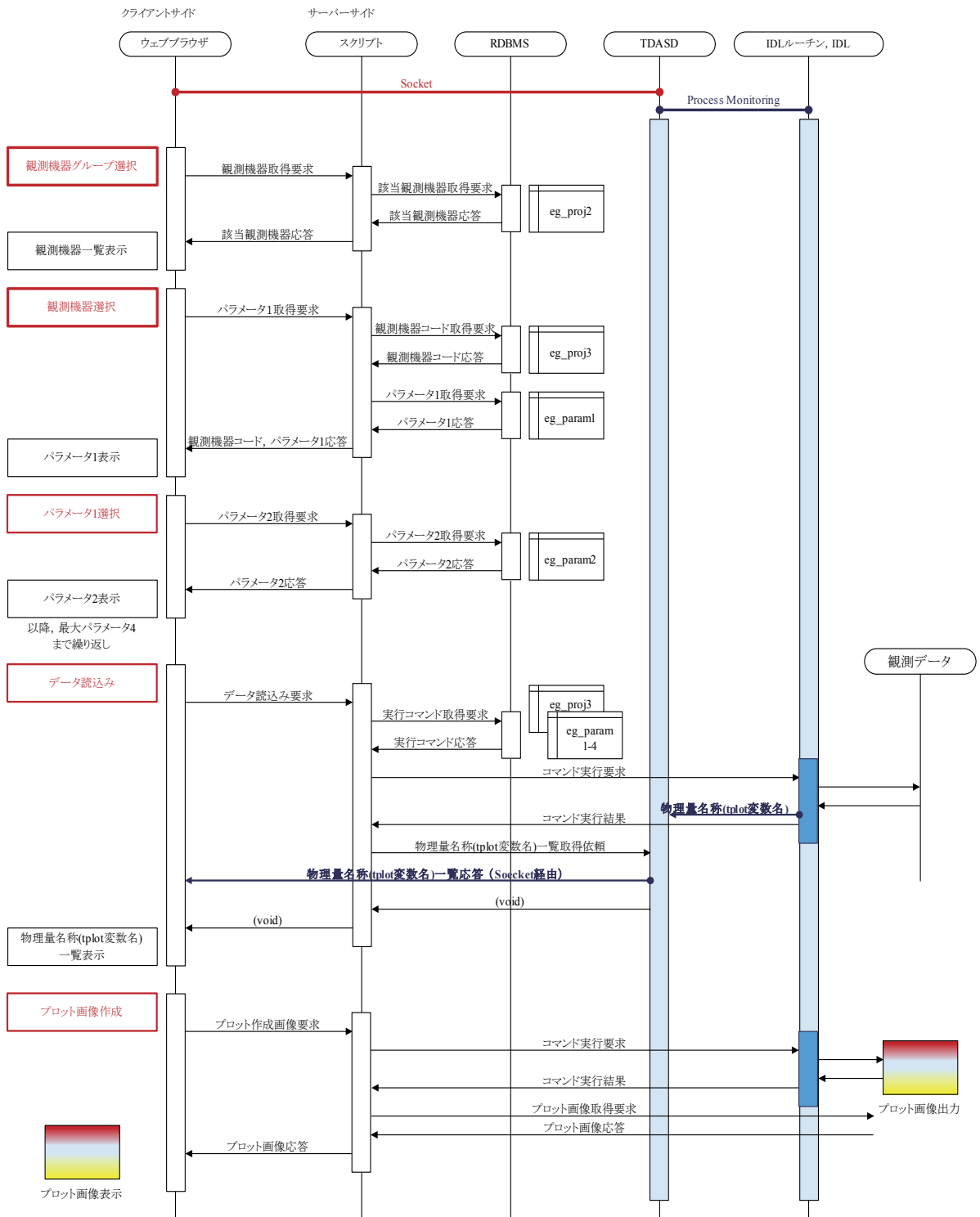


図4 ERGWATのシーケンス。矢印は通信の流れを示す。ユーザの操作によりサーバーサイドのスクリプト・RDBMSと通信を行い、観測グループから、観測機器名、実行パラメータの絞り込みを行う。データ読み込み時もサーバーサイドスクリプトを中継してバックエンドのIDLに要求が渡り、結果はIDLを監視しているTDASDからソケットを経由してユーザに戻される(図中青線)。また、プロット画像作成要求時もサーバーサイドスクリプトからIDLに要求が渡り、IDLにより作成されたプロット画像をサーバーサイドスクリプトが取得して、ユーザに戻す。

3 ERGWAT が果たす ERG プロジェクトの科学成果への貢献と期待

3.1 ERGWAT で解析することができる観測データ

本稿執筆時点(2016年9月時点)では、表5に示すように、SPEDAS, ERGサイエンスセンター, IUGONETが提供しているIDLルーチンをERGWATに登録している。第1章で述べた通り、ERGサイエンスセンターとIUGONETが開発しているIDLルーチンはSPEDASに標準パッケージとして組み込まれているために、ERGプロジェクトに関わるデータも、実行に関する情報をRDBMSに登録するのみで、ERGWAT上で可視化・解析することが可能である。また、米国Van Allen Probesの一部観測装置、あけぼの衛星など、ERGサイエンスセンターが独自または先行開発しているIDLルーチンも随時追加しており、解析対象となるプロジェクトやデータは増加している。今後、ERG衛星が打ち上がり、データの取得が始まった際には、ERGWAT上でも迅速に可視化・解析できるよう準備を進めていく予定である。

表5 ERGWATにて解析することができる観測データ(2016年9月現在)。SPEDASに含まれるACE, GOES, THEMIS等の科学衛星データに加え、SPEDASには未収録であるが、ERGサイエンスセンターによるIDLルーチンの独自開発により、Van Allen Probesの一部観測装置(*1)、先行開発しているあけぼの衛星データについても解析が可能である(*2)。また、IUGONETにて開発が進められているMURレーダー、オーロラ全天カメラほか全39種類の地上観測機器についても、RDBMSへのレコード登録を行えば解析できる状態にある(*3)。

IDLルーチン提供元	観測機器区分	観測機器名称(プロジェクト名称)
SPEDAS	科学衛星	ACE
		GOES
		THEMIS
		Van Allen Probes
	その他	OMNIデータ
ERG Science Center	科学衛星	Van Allen Probes, ECT *1
		あけぼの *2
	地上観測機器	210度地磁気
		フラックスゲート磁力計
		誘導磁力計
		SuperDARN
		MAGDAS
		EISCAT
	OMTI全天カメラ	
IUGONET *3	地上観測機器	MURレーダー
		オーロラ全天カメラ
		ほか全39種類

3.2 ERGWAT を用いた高度な解析

図 1 に示した 210 度地磁気観測データの 1 分値データのうち、北海道・母子里観測所の観測データに対し、時系列解析の一例として、各成分に分解して x 成分値のみを取り出し、フーリエスペクトル変換、ウェーブレット変換を施したものを、図 6 に示す。ERGWAT 画面には成分分解、フーリエスペクトル変換、ウェーブレット変換を行うためのボタンを実装しており、各ボタンを押して表示される子画面(図 6 左)にて変換したい物理量名称(`tplot` 変数名)を選択し[OK]ボタンを押すのみで、バックグラウンドの IDL ルーチンに実行命令が出され、変換結果の新しい `tplot` 変数を受け取ることができる。変換後の `tplot` 変数を選択し、Plot ボタンを押すことによって、図 1 では視覚的に捉えることが困難であった地磁気変動の周波数特性を詳細に読み取ることが可能となる。

筆者らの知る限り、太陽地球系科学分野で利用されている類似のデータ解析ツールとしては、米国 NASA が開発・公開している CDAWeb (Coordinated Data Analysis [Workshop] Web)¹³⁾がある。CDAWeb は、プロット画像を作成する前に簡易なノイズ除去フィルターを適用できる程度であるが、ERGWAT は、プロット画像を作成した後であっても、解析対象を絞り込み、詳細に解析したい部分を取り出す、取り出した部分に対して解析を加えるなど、対話方式での操作が可能である。また、図 5 左の Advanced setting 欄に、ERGWAT に登録されていない追加の実行オプションを入力することで、フーリエスペクトル変換における窓関数の指定、時刻範囲の再設定、別変数への結果の格納といった詳細な解析や計算を施すことも可能である。さらに、ERGWAT では、画面上部の DL PS ボタンの押下によりプロット画像を PostScript 形式としてダウンロードすること、DL ASCII ボタンの押下によりプロットに用いた観測データを ASCII 形式に変換してダウンロードすることに加え、画面左下部にログインからその時点までに実行した一連のコマンドを表示するとともに DL Pro ボタンの押下によりその一連のコマンドを IDL の実行プログラム形式のファイルとしてダウンロードすることも可能である。実際の SPEDAS のコマンドを確認しながら解析を進められるとともに、ERGWAT で実行した内容を保存して手元の IDL 環境で再現させたり、その内容を編集して手元で解析を継続したりといったことも可能である。また、IDL ライセンスを所有していない場合や IDL ユーザでない場合、特に他分野の研究者であっても、実際の解析の手法を知ることができ、前述したデータハンドリングの敷居の問題を低減できるものとして有意である。このように、ERGWAT は簡易な操作性を有しつつ、研究者にとり実用的な機能を有している。

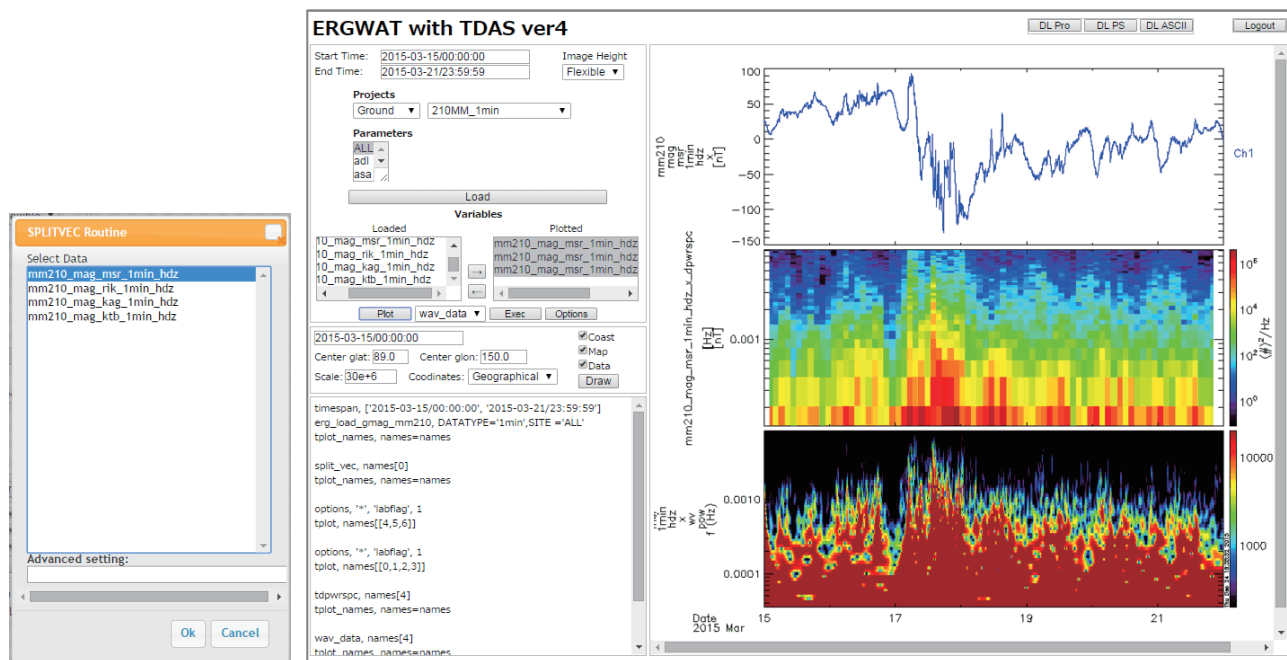


図6 210度地磁気観測データのうち北海道・母子里観測所の観測データに対して、x成分のみ取り出し(上段)、フーリエスペクトル変換(中段)、ウェーブレット変換(下段)を適用した例。ERGWAT画面に表示されている各変換用のボタンを押すと子画面(左図)が表示され、変換対象としたい物理量(tplot 変数名)を選択するのみで各変換が実行される。

3.3 ERGWATの今後の開発計画

今後、ERG衛星の打ち上げも控え、ERGサイエンスセンターではERGWATの機能を一層拡大していくことを計画している。具体的には、登録する観測データの拡大に加え、以下に挙げる機能の拡張を予定している。

3.3.1 ERGWAT画面に表示する値への別名の付与

現在のERGWATの画面に表示されるIDLルーチン名などは、そのデータを専門とする研究者以外にとり必ずしも分かり易いとはいえない。今後、画面に表示される観測機器グループ名、観測機器名、IDLルーチン名、パラメータ名、tplot変数名などに別名を付与することで、説明語句や文章も参照しながら、プロット画像の作成と解析をより容易に行うことができることを目指している。

例えば図1の場合、Project欄の「MM210_1min」を「MM210_1min (Geomagnetic Observation using the Magnetometer Network, 210 Magnetic Data)」, Parameters欄の「msr」を「msr (Moshiri, Hokkaido, Japan)」, Variables欄の「mm210_mag_1min_hdz」を「mm210_mag_1min_hdz (Magnetometer 1min Resolution Data)」のように併記することを考えている。第2.2章で述べた通り、画面に表示する値はデータベースで管理していることから、データベースのテーブルに別名用のカラムを加え、値を追加し、スクリプト(Perl, JavaScript Ajax)にその変数に対する表示処理を付け足すのみで対応が可能である。また、別名は、運用時であってもそのカラムを書き換えることで随時変更することができる。この機能は2016年度より順次取り入れる予定である。

3.3.2 IUGONET メタデータ・データベースとの連携

IUGONET メタデータ・データベース¹⁴⁾と ERGWAT を連携させる予定である。具体的には、IUGONET のメタデータの画面に ERGWAT へアンカーを設けてプロット画面へ遷移する、ERGWAT で扱うデータセットに IUGONET メタデータ・データベースの URL をセットして観測データに関する詳細な情報のページに遷移することを目指している。このように、ERGWAT の特徴であるウェブブラウザでの可視化・解析の機能と、IUGONET が開発してきたデータ説明の機能を接続することで、プロット画像と観測データの情報を一元的に提供することが可能となる。今後、ERG サイエンスセンターが独自に扱うデータセットも IUGONET に登録するとともに、表 5 に挙げた IUGONET の IDL ルーチンも ERGWAT で解析できるようにして利便性を向上させることで、多くのユーザによる ERGWAT の利用が期待される。

4 まとめ

宇宙科学連携拠点 ERG サイエンスセンターでは、ウェブ方式で動作する解析ソフトウェア ERGWAT を 2009 年から開発・公開している。ERGWAT は、フロントエンドにウェブブラウザ、バックエンドに IDL ルーチン(SPEDAS, ERG サイエンスセンター独自開発分)を用いており、ユーザの画面操作により IDL ルーチンをサーバ側で実行し、観測データの可視化結果をウェブブラウザ上に表示する。現時点では SPEDAS に含まれる ACE, GOES, THEMIS 等の科学衛星のデータに加え、ERG サイエンスセンターが独自に開発した IDL ルーチンにより、フラックスゲート磁力計、誘導磁力計、SuperDARN レーダー、EISCAT レーダー等の地上観測データ、あけぼの衛星のデータのほか、ERG 衛星に先行して打ち上げられた米国の放射線帯探査衛星 Van Allen Probes による一部のデータについても ERGWAT 上での可視化が実現されている。

今後は、ERGWAT 画面に表示する名称に分かりやすい別名を付与してより使いやすいものとするとともに、IUGONET のメタデータ・データベースと連携してプロット画像と観測データについての情報を一元的に提供することを計画している。このように、2016 年度に計画されている ERG 衛星の打ち上げと ERG 衛星による観測データの取得の開始に向けて、統合解析のための研究環境を整備していくとともに、衛星観測、地上観測、シミュレーションモデリング研究からなる ERG プロジェクトの成果の拡大、さらに太陽地球系科学コミュニティにおけるキャパシティビルディングに貢献するものとして計画を進めている。

謝辞

ERG サイエンスセンターは、ジオスペース探査(ERG)プロジェクトのサイエンスセンターとして活動しており、宇宙航空開発研究機構・宇宙科学研究所と名古屋大学宇宙地球環境研究所による宇宙科学連携拠点として設置・運営されています。ERGWAT の開発については、SPEDAS 開発チームならびに IUGONET 開発チームから多くの助言と支援を受けています。

参考文献

- 1) 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., vol 199, edited by D.Summers, I.R. Mann,D.N.Baker,and M.Schulz, pp.103-116, AGU, Washington, D.C. doi:10.1029/2012BK001304, 2012.
- 2) Hori T, N. Nishitani, Y. Miyoshi, Y. Miyashita, K. Seki, T. Segawa, K. Hosokawa, A. S. Yukimatu, Y. Tanaka, N. Sato, M. Kunitake, and T. Nagatsuma, An integrated analysis platform merging SuperDARN data within the THEMIS tool developed by ERG-Science Center (ERG-SC), Advances in Polar Science, 24, 1, 69-77, doi:10.3724/SP.J.1085.2013.00069, 2013.
- 3) Miyashita, Y., I. Shinohara, M. Fujimoto, H. Hasegawa, K. Hosokawa, T. Takada, and T. Hori, A powerful tool for browsing quick-look data in solar-terrestrial physics: "Conjunction Event Finder", Earth Planets Space, Vol. 63 (No. 1), pp. e1-e4, doi:10.5047/eps.2011.01.003, 2011.
- 4) Space Physics Environment Data Analysis Software,
<http://themis.ssl.berkeley.edu/software.shtml> .
- 5) 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 Science Journal, 12, WDS179-WDS184, doi:10.2481/dsj.WDS-030, 2013.
- 6) Tanaka, Y.-M., A. Shinbori, T. Hori, Y. Koyama, S. Abe, N. Umemura, Y. Sato, M. Yagi, S. UeNo, A. Yatagai, Y. Ogawa, and Y. Miyoshi, Analysis software for upper atmospheric data developed by the IUGONET project and its application to polar science, Advances in Polar Science., 24, 231-240, doi: 10.3724/SP.J.1085.2013.00231, 2013.
- 7) Hori, T., Y. Miyashita, Y. Miyoshi, K. Seki, T. Segawa, Y.-M. Tanaka, K. Keika, M. Shoji, I. Shinohara, K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Abe, A. Yoshikawa, K. Yumoto, Y. Obana, N. Nishitani, A. S. Yukimatu, T. Nagatsuma, M. Kunitake, K. Hosokawa, Y. Ogawa, K. T. Murata, M. Nose, H. Kawano, and T. Sakanoi, CDF data archive and integrated data analysis platform for ERG-related ground data developed by ERG Science Center (ERG-SC), Journal of Space Science Informatics Japan, JAXA Research and Development Report, 4 (JAXA-RR-14-009), 75-89, ISSN 1349-1113, 2015.
- 8) Yatagai, A., Y. Sato, A. Shinbori, S. Abe, S. UeNo and IUGONET Team, "The capacity-building and science-enabling activities of the IUGONET to the solar-terrestrial research community", Earth, Planets and Space, 67, doi:10.1186/s40623-014-0170-2, link, 2015.
- 9) Yumoto, K., Y. Tanaka, T. Oguti, K. Shiokawa, Y. Yoshimura, A. Isono, B. J. Fraser, F. W. Menk, J.

- W. Lynn, M. Seto, and 210 (deg) MM magnetic meridian observation group, Globally coordinated magnetic observations along 210 (deg) magnetic meridian during STEP period: 1. Preliminary results of low-latitude Pc 3's, *J. Geomag. Geoelectr.*, 44, 261-276, 1992.
- 10) R. A. Greenwald, K. B. Baker, J. R. Dudeney, M. Pinnock, T. B. Jones, E. C. Thomas, J.-P. Villain, J.-C. Cerisier, C. Senior, C. Hanuise, R. D. Hunsucker, G. Sofko, J. Koehler, E. Nielsen, R. Pellinen, A. D. M. Walker, N. Sato and H. Yamagishi, DARN/SUPERDARN, *Space Science Reviews*, Volume 71, Issue 1-4, pp. 761-796, doi: 10.1007/BF00751350, 1995.
 - 11) Shiokawa, K., R. Nomura, K. Sakaguchi, Y. Otsuka, Y. Hamaguchi, M. Satoh, Y. Katoh, Y. Yamamoto, B. M. Shevtsov, S. Smirnov, I. Poddelsky, and M. Connors, The STEL induction magnetometer network for observation of high-frequency geomagnetic pulsations, *Earth Planets Space*, 62(6), 517-524, doi:10.5047/eps.2010.05.003, 2010.
 - 12) Yumoto K. and the MAGDAS Group, MAGDAS project and its application for space weather, *Solar Influence on the Heliosphere and Earth's Environment: Recent Progress and Prospects*, Edited by N. Gopalswamy and A. Bhattacharyya, ISBN-81-87099-40-2, pp. 309-405, 2006.
 - 13) Coordinated Data Analysis Web, <http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/>.
 - 14) Abe, S., N. Umemura, Y. Koyama, Y. Tanaka, M. Yagi, A. Yatagai, A. Shinbori, S. UeNo, Y. Sato, N. Kaneda, Progress of the IUGONET system - metadata database for upper atmosphere ground-based observation data, *Earth, Planets and Space*, 66, doi:10.1186/1880-5981-66-133, 2014.