

ジオスペース探査 ERGプロジェクトに向けて： ERGサイエンスセンターの取り組みから

宇宙科学連携拠点・ERGサイエンスセンター

Exploration of energization
and Radiation in Geospace
名古屋大学
三好由純、関華奈子、堀 智昭、宮下幸長、桂華邦裕、
小路真史、瀬川朋紀、梅村宜生

宇宙科学研究所

篠原 育

ERG サイエンスセンタータスクチーム





Ground Observations

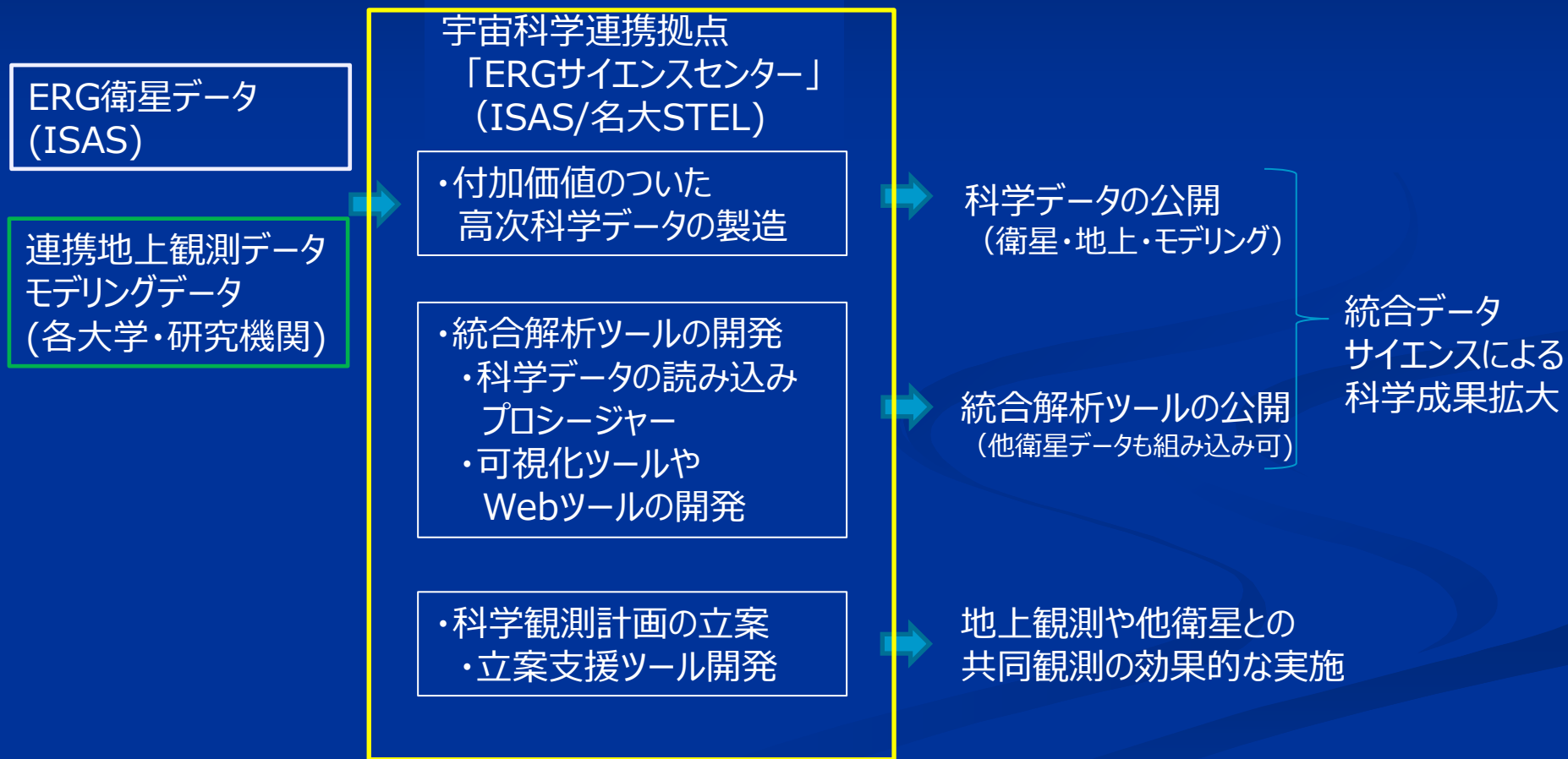
ERG Project Team

Satellite Observation **2016年打ち上げ** Simulation/Integrated Study

The graphic features a central image of Earth from space, partially obscured by a large blue arc. Three inset images are arranged around the center: a top inset showing aurora borealis over a snowy landscape with a person and a tripod; a bottom-left inset showing a satellite in orbit; and a bottom-right inset showing a complex magnetic field simulation with colorful field lines.

衛星観測 + 連携地上観測 + シミュレーション解析 = ERG プロジェクト

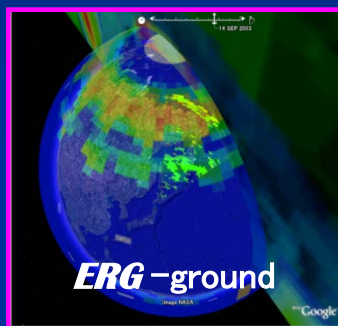
ERG サイエンスセンター：データ・研究成果を世界に発信
全国の研究者のハブ的な機能を担いつつ主体となって推進



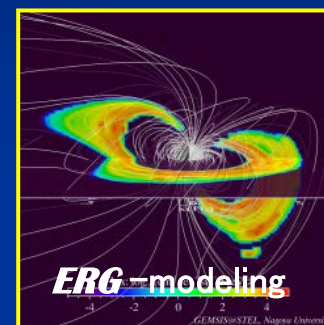
ERG サイエンスセンター: データ・研究成果を世界に発信
全国の研究者のハブ的な機能を担いつつ主体となって推進



国内外関連大学・機関



国内外関連大学・機関



ERG サイエンスセンター

ISAS-STEL宇宙科学連携拠点

STEL/GEMISISプロジェクト



データベース

統合解析ツール

協力関係



IUGONET

地上観測データ整備
SPEDASツール開発

研究者個人
コミュニティ



ERG サイエンスセンター：データ・研究成果を世界に発信
全国の研究者のハブ的な機能を担いつつ主体となって推進

データプロバイダー
(衛星観測、地上観測、シミュレーション)

ERG サイエンスセンター

- ・アーカイバー (データベース)
- ・デベロッパー (フォーマット標準化
付加価値のついた高次データ)
- ・デベロッパー (解析ツール)
- ・ディストリビューター (データ・解析ツール)

研究者個人
コミュニティ



協力関係



IUGONET

地上観測データ整備
SPEDASツール開発

ERGサイエンスセンターの取り組み

プロジェクトの多様なデータを使いやすく、解析しやすくするために、

取組1：データの標準化

データのファイル形式をCommon Data Format (CDF)に揃える

(Hori+, 2014)

取組2：統合解析ツールの開発

各種データを共通の統合解析ツールで解析できるようにする。

宇宙科学データ解析ツール (IDLプログラム)

Space Physics Environment Data Analysis Software (SPEDAS)

を採用

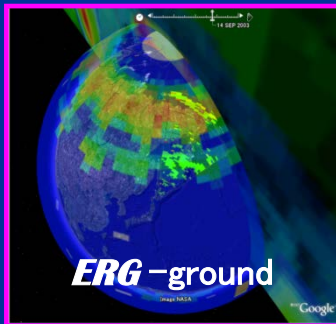
ERGプロジェクトにおけるデータの標準化作業



データ処理パイプラインやデータフォーマットの設計最終段階

- ・今秋より、開発システム、プログラムの製造に着手
- ・ERG衛星の総合試験の中で、各種試験を実施

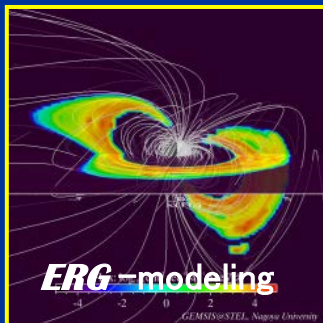
国内外関連大学・機関



ERG連携地上観測グループのデータのCDF化と公開

- 地上磁場 (210MM, MAGDAS, STEL etc)
- SuperDARN
- OMTIs
- VLF

国内外関連大学・機関



現在、ユースケース、ファイルフォーマットの検討中

- SUSANOOデータのCDF化の試作

データのCDF化と公開に至るステップ

- 0: 関係するPIによるコンソーシアムを結成
- 1: CDFのメタデータ、実データを作成する
 - ひな形（STP標準）をベース
 - 個別プロジェクトからのリクエストを実装
 - Rules of the road等
- 2: CDF作成
- 3: PIによるチェック
- 4: 国内限定の試験公開
- 5: SPEDAS本体にprocedureを実装、世界公開

データのCDF化と公開に至るステップ

0: 関係するPIによるコンソーシアムを結成

1: CDFのメタデータ、実データを作成する

- ひな形（STP標準）をベース
- 個別プロジェクトからのリクエストを実装
- Rules of the road等は特に重要

2: CDF作成

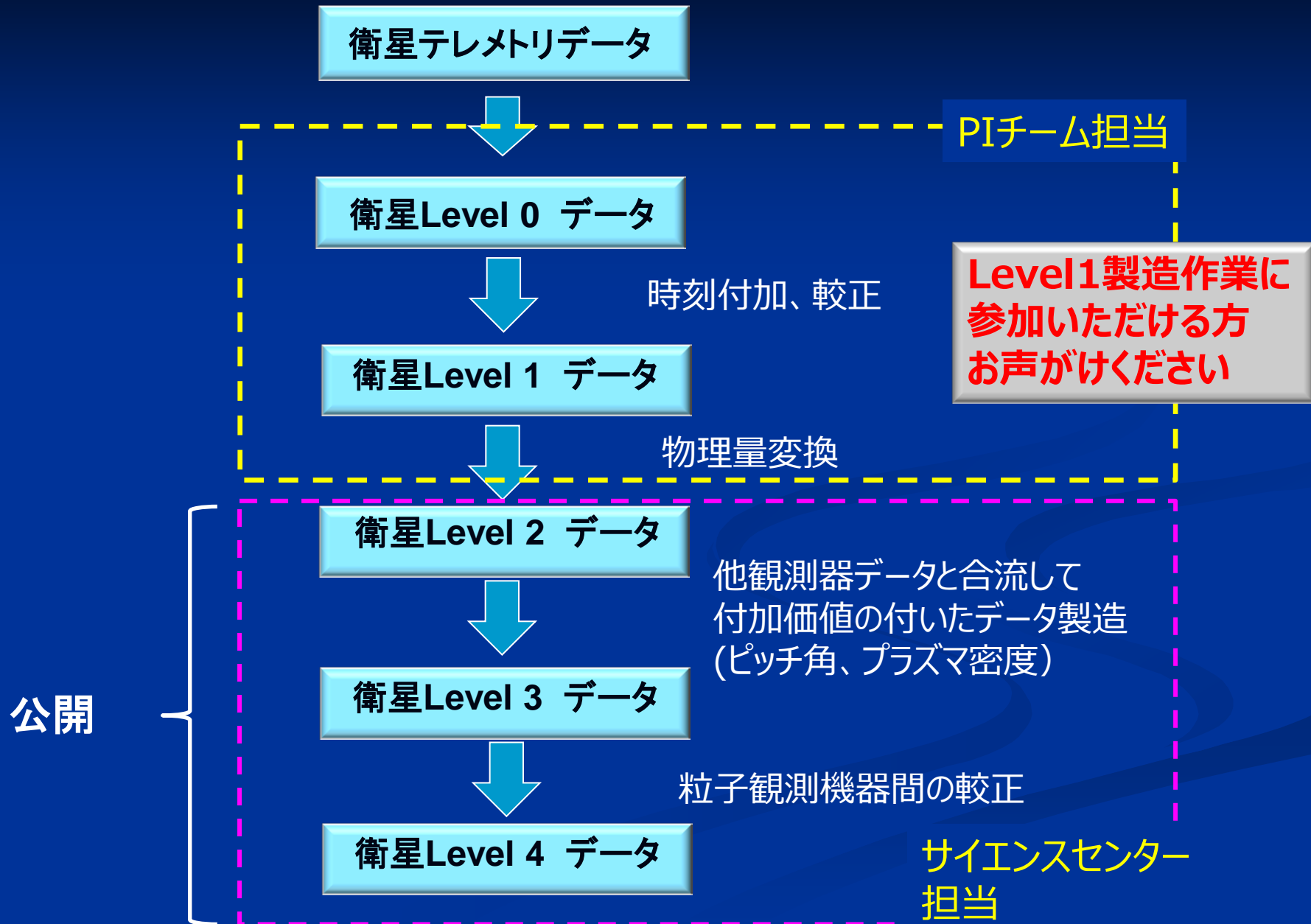
3: PIによるチェック

4: 国内限定の試験公開

5: SPEDAS本体にprocedureを実装、世界公開

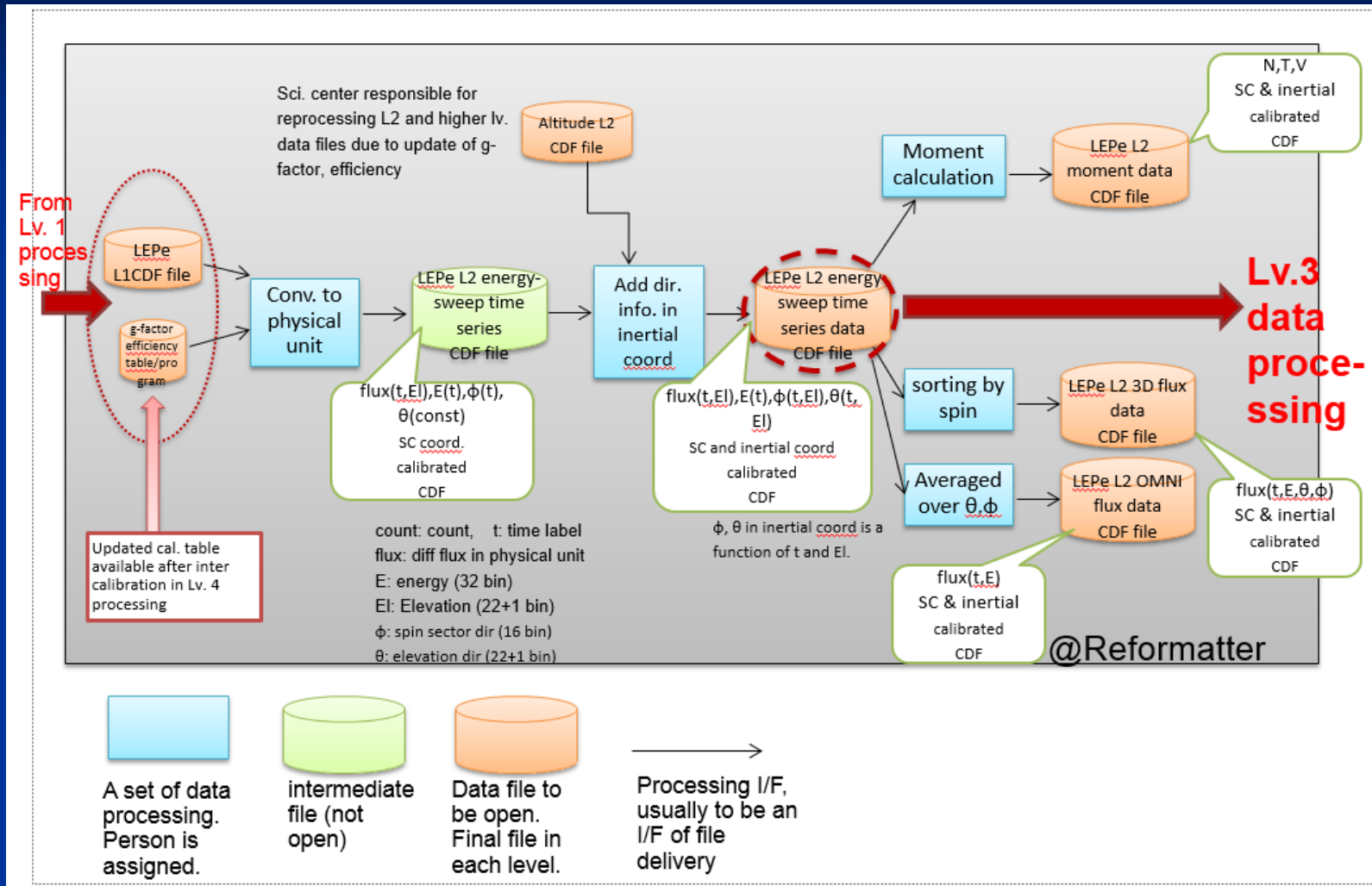
- この地上観測データのCDF化のノウハウは、現在 ERG衛星科学データのCDF化に活かされています。
- シミュレーションデータについては、観測データと異なることもあり、まだ試行錯誤しています。シミュレーションコミュニティと方と相談しながら進めたいと思います。

ERG衛星高次科学データの製造について



ERG衛星高次科学データの製造について

観測器の科学データ製造パイプライン(一例)



- Lv2以降の衛星科学データはCDFでアーカイブ
- SPEDASで解析するためのプロシージャーが整備

データ公開環境

- レベル2以降データをCDFファイルとしてhttpサーバー上で公開する。
- httpサーバーはERG-SCに構築する。
- 過去・現行衛星に倣ったサーバーディレクトリを採用する。

【ERG-SC http server Directory構成例】

衛星名

ERG

観測器名1

LEP

MEP

HEP

PWE

ORB

ATT

観測器名2 (if any)

LEP-I

LEP-e

年

2016

2017

...

月

06

07

...

THEMIS衛星の例

Index of /data/themis/tha/l2/fgm/2014

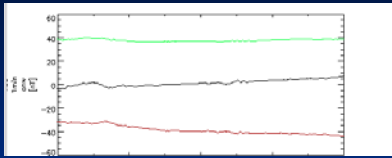
Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory	-	-	-
tha_l2_fgm_20140101_v01.cdf	18-Aug-2014 14:34	43M	
tha_l2_fgm_20140102_v01.cdf	18-Aug-2014 14:36	56M	
tha_l2_fgm_20140103_v01.cdf	18-Aug-2014 14:37	43M	

Van Allen Probes衛星の例

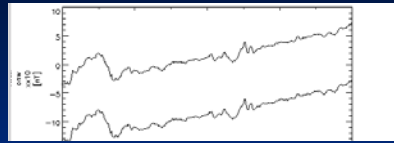
Index of /data_pub/rbspa/rept/level2

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory	-	-	-
lsort/	23-Oct-2013 12:28	-	
plots/	06-Dec-2013 13:23	-	
pre/	02-Apr-2014 13:12	-	
rbspa_rel02_ect-rept-sci-L2_20120901_v3.2.0.cdf	26-Jun-2014 17:41	14M	

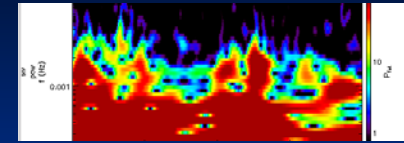
統合解析ツール SPEDAS



可視化



波形処理



周波数解析

共通コマンド群で共通化された処理 (可視化、時系列解析 etc)



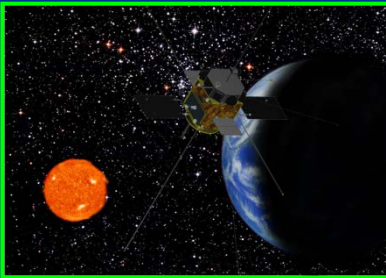
SPEDAS

tplot変数 (メタデータ付きIDL構造体)

CDF

%cdf2tplot, 文件名

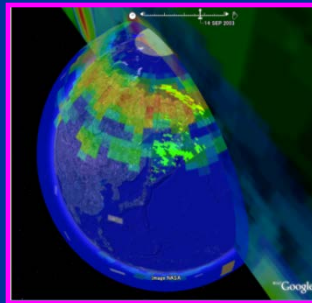
CDF



人工衛星観測のデータ

%cdf2tplot, 文件名

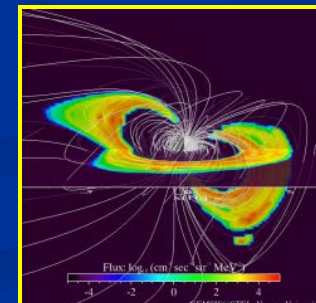
CDF



地上観測のデータ

%cdf2tplot, 文件名

CDF/HDF



シミュレーションのデータ

SPEDAS (Space Physics Environment Data Analysis Software)

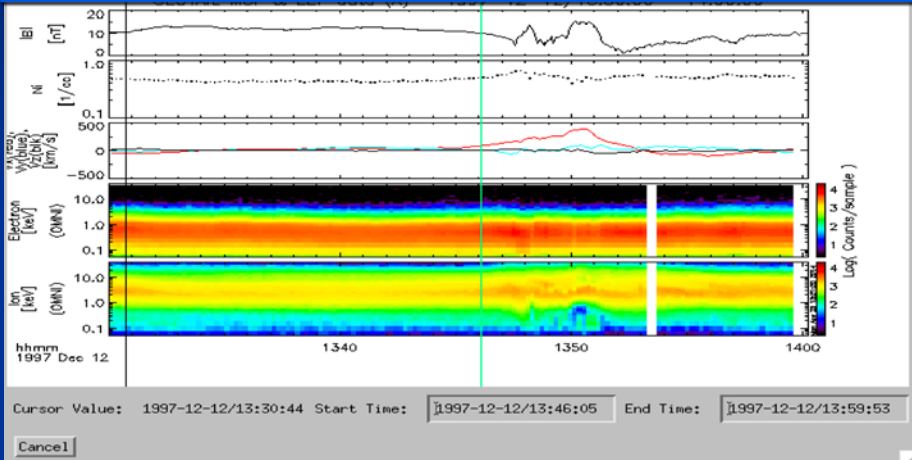
- ✓ THEMIS、ARTEMIS、Van Allen Probes衛星電場観測器、地上データの解析のために公開中。
 - ✓ 火星ミッション (MAVEN) 、MMSでも使用。
 - ✓ プロジェクト (ERG、IUGONETなど) がプラグイン提供。
 - ✓ コミュニティソフトウェア候補のひとつ (like Solar Soft) 。
 - ✓ コンソーシアム (Wikiなど) で多数参加型。
-
- ・世界中で草の根的に広がり、コミュニティツールになりつつある。様々なプロジェクトの多種多様データをシームレスに取得・解析できる。
 - ・ERG-SCは、IUGONETと情報交換しながら、SPEDASにコミット。なお、SPEDASへのI/Fは spedas-j@githubに一元化されています。

ERG-SCによるSPEDASの機能拡張 -1/3

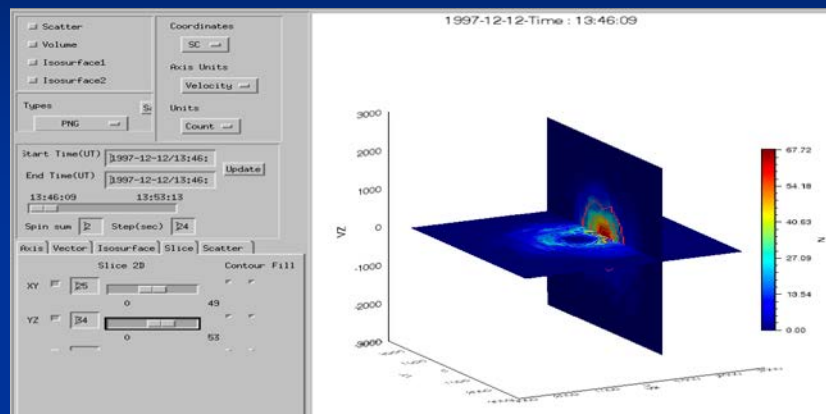
1. 3次元プラズマ速度分布関数可視化アプリの開発

1次開発終了.

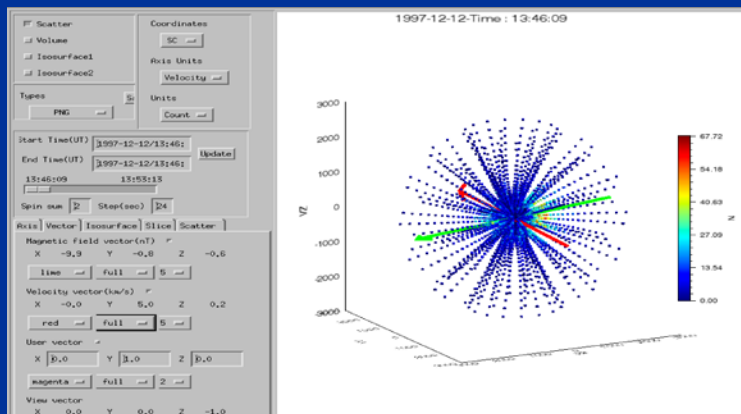
SPEDASによるE-tダイアグラム



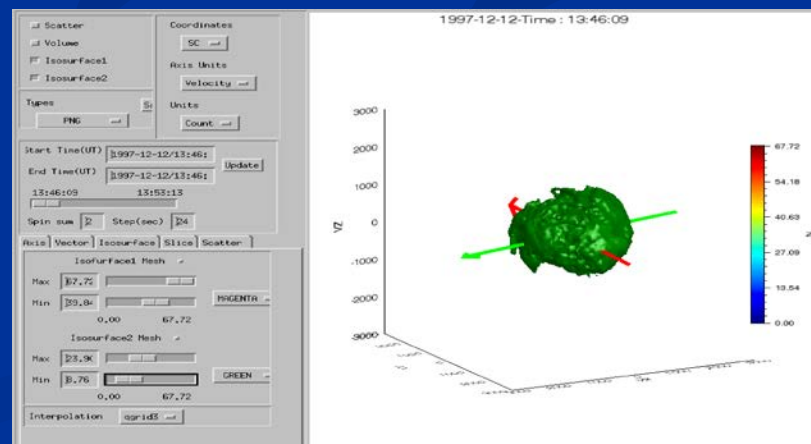
速度分布関数のスライス



速度空間上での散布図



速度分布関数の等値面

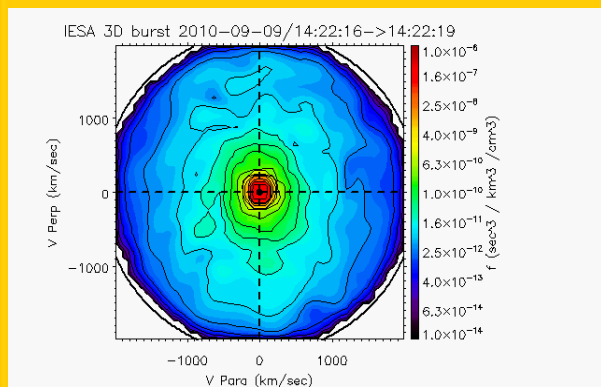


ERG-SCによるSPEDASの機能拡張 – 2/3

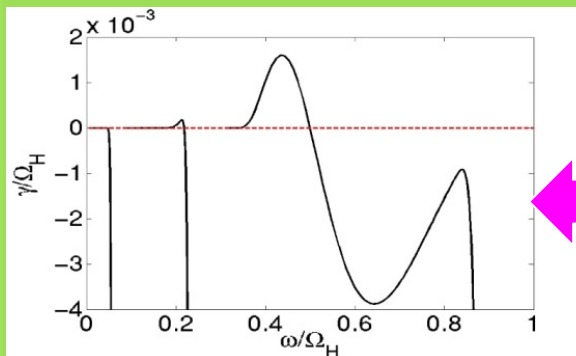
2. 数値計算ツールの実装

今年度開発実施

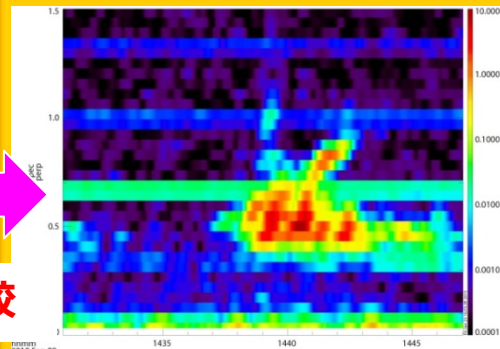
観測データ: プラズマ速度分布関数



計算結果: プラズマ波動成長率



観測データ: プラズマ波動



観測データからの
入力



SPEDAS



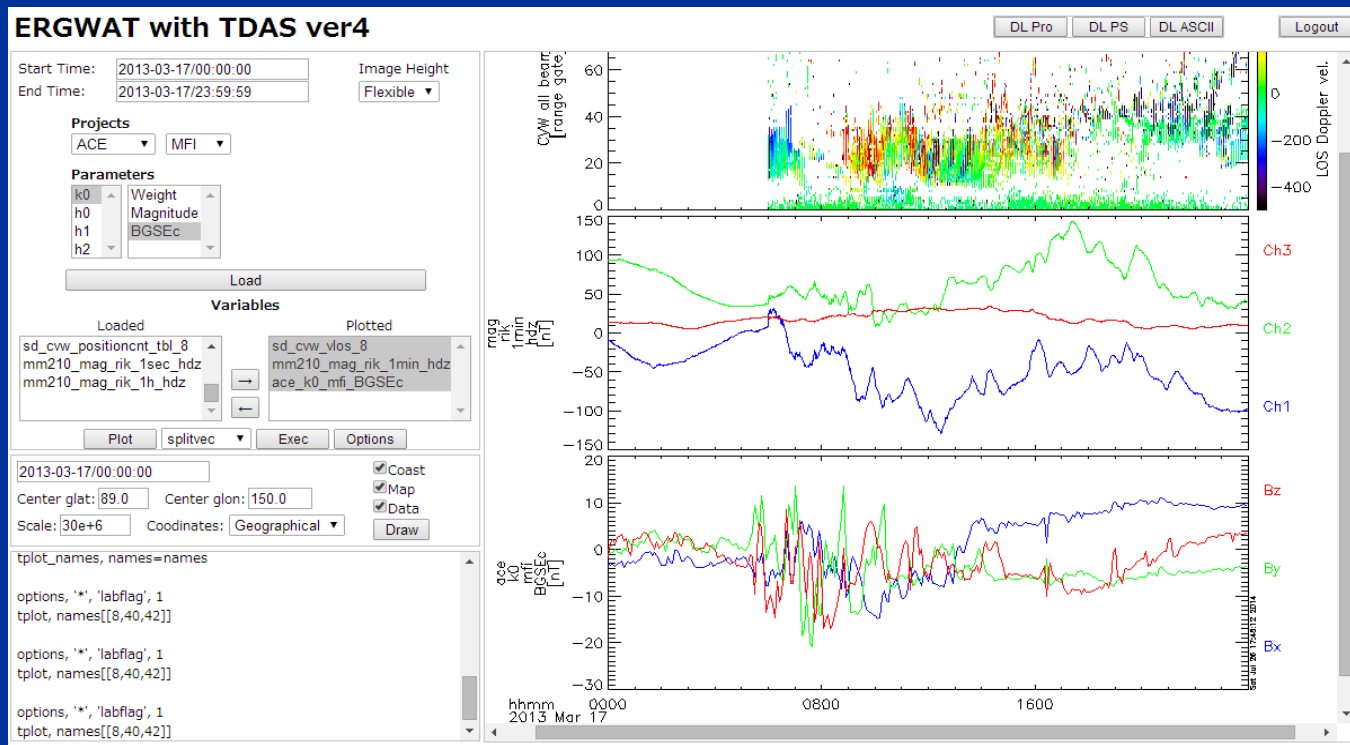
プラズマ分散ソルバー
C/fortranプログラム

計算結果
(周波数、成長率など)

ERG-SCによるSPEDASの機能拡張 – 3/3

Van Allen Probesが加わりました

- ERGWAT: ウェブ上での解析・可視化ツールの開発
 - SPEDASをエンジンとして、ウェブブラウザ上での解析環境の構築
 - ERG連携地上観測データと衛星データの図の作成、各種解析
 - 学会発表の図などをWeb上で作成。
 - 操作性、ライセンスの両面で、より多くの研究者に使っていただく
(login: erg1 ~ erg5, password: ergwg)

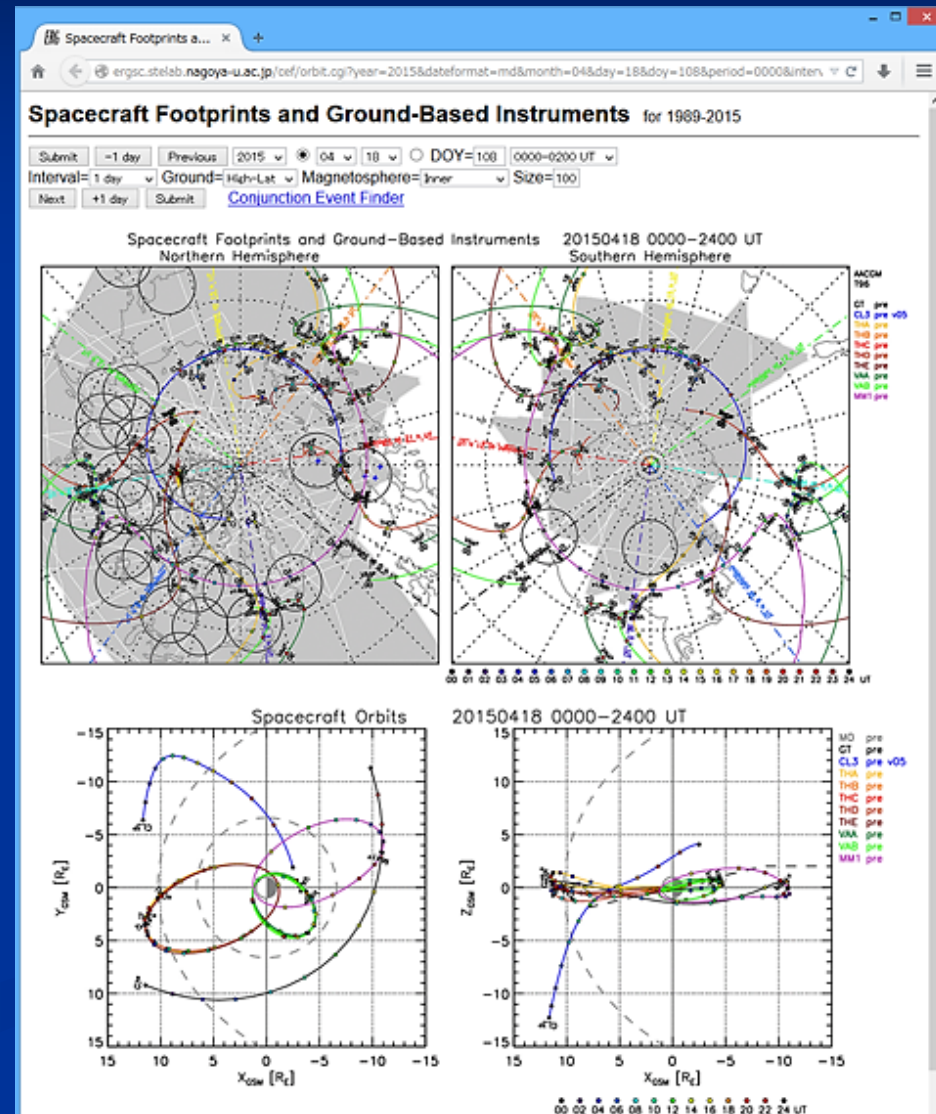


Conjunction Event Finder (CEF) ～衛星-地上連携ツール

ERG予測軌道が加わりました。
MMSの軌道も入っています。

- 衛星軌道とfootprintのQLプロットをウェブブラウザで閲覧可能。
- 地上全天カメラやレーダーの視野も表示。
- 衛星-地上の連携観測を探したり、観測計画を立案したりするのに有用。
- 各種衛星・地上観測データのQL図にもリンク。

(Miyashita+, 2011)



4. まとめ

- **ERGサイエンスセンターにおける取り組みを紹介:**

- 衛星データの開発
- SPEDASプラグインの開発
- SPEDASの機能拡張：
可視化ツール
外部ソフトとの連携
Webツール

- **今後の取り組み：**

- ERG衛星データのLv2以降の科学データの製造着手
- シミュレーションデータの実装の推進
- IUGONETとの更なる連携：
SPEDASを活用した統合データサイエンスの推進
- 宇宙地球環境研究所における統合データサイエンスセンターの中での機能拡大

<http://ergsc.stelab.nagoya-u.ac.jp/>