

宇宙科学連携拠点 *ERG*サイエンスセンター： 衛星-地上-モデリングの 統合データサイエンスに向けて

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
(名古屋大学 太陽地球環境研究所)

篠原 育 (JAXA宇宙科学研究所)
田中良昌 (国立極地研究所)

ERG サイエンスセンタータスクチーム





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プロジェクトのデータの特徴

- **領域が多様**

磁気圏-電離圏-地上

- **観測器が多様**

人工衛星・地上観測によるデータ

- 磁場、電場、波動、粒子、レーダー、カメラ、etc.
- 観測点が多い：複数の衛星、多数の地上観測点

サイエンスの現場では、

多種多様な人工衛星・地上観測によるデータを総合的に解析する必要がある

データベース・データ解析環境の現状

- **データベースが点在：**

世界各地の研究機関・大学等に分散している。
各機関が独自にウェブ上で公開していることが多い。

- **ファイル形式・フォーマットがばらばら：**

基本的には、提供元がそれぞれで決めている。
プロジェクトごとに異なり、統一されていない。
ASCII（中のデータの並び方はいろいろ）、
独自バイナリー、・・・

- **プロット作成・解析ツールは基本的に自作：**

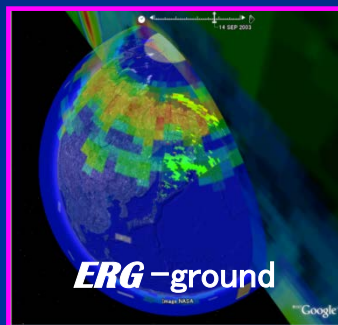
統合的に一括して扱えるものはあまりない。
データごとに個別に対応しなければならない。

**現象の理解のためには統合解析が重要ではあるが、
データの種類が多いので、たいへん**

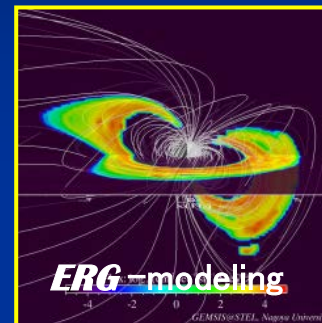
ERG サイエンスセンター: データ・研究成果を世界に発信
全国の研究者のハブ的な機能を担いつつ主体となって推進



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



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 Data Analysis Software (SPEDAS)を採用

データの標準化(CDF)の利点

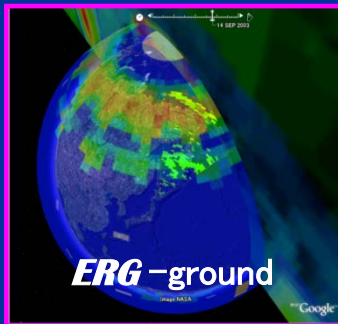
- STP分野の衛星データの多くがCDF(デファクトスタンダード)
 - ・NASAから提供されているライブラリにより、プラットフォームに依存せず、かつ、様々な言語(C、Fortran、IDL、Matlab、Perl、Python、C#、…)で読める。
- メタデータを実データファイルに埋め込むことができる。
 - ・DBアプリとの連携が可能。
 - ・Rules of the roadなどの使用上の注意点を記載する。
- 自己記述型フォーマットのため、データの構造をプログラムで動的に読み取ることができる。
 - ・データ構造に依存しない形で、読み込み→処理 のようなプログラムを書きやすい。

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検討・設計中

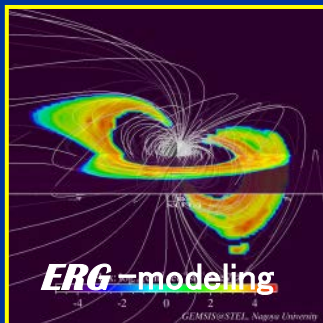
国内外関連大学・機関



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

国内外関連大学・機関



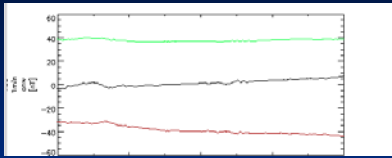
現在、データフォーマットの検討中

- SUSANOOデータのCDF化の試作

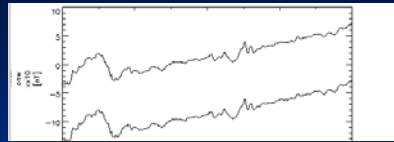
CDFの設計と公開に至るステップ

- 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

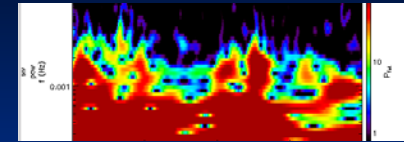
統合解析ツール SPEDAS



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)



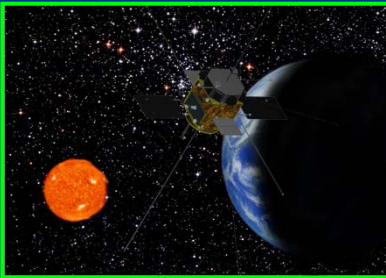
SPEDAS

tplot変数 (メタデータ付きIDL構造体)

CDF

%cdf2tplot, 文件名

CDF

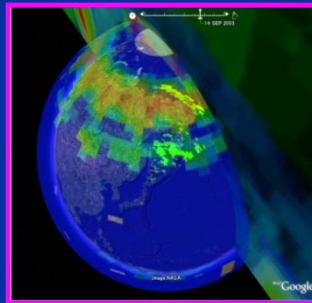


人工衛星観測のデータ



%cdf2tplot, 文件名

CDF

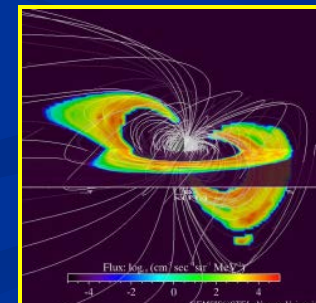


地上観測のデータ



%cdf2tplot, 文件名

CDF/HDF



シミュレーションのデータ

SPEDAS (Space Physics Environment Data Analysis System)

- ✓ 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。

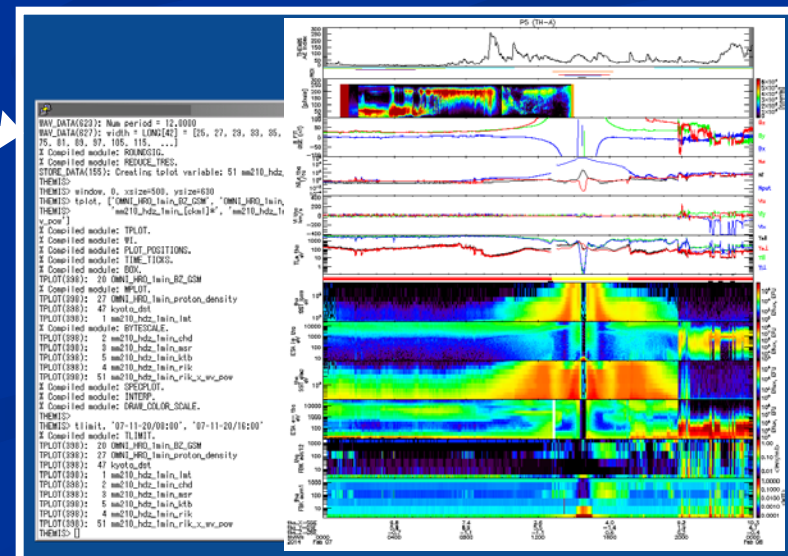
世界中で草の根的に広がり、コミュニティツールになりつつある。
様々なプロジェクトの多種多様データをシームレスに取得・解析できる。

インターネット上の 各データサーバ

- インターネット上の各データベースにアクセス
 - 分散データベースを自由に利用
 - 現状はcold link. IUGONETで開発されたMDBとの連携は、ぜひ実装したい



SPEDAS
on IDL

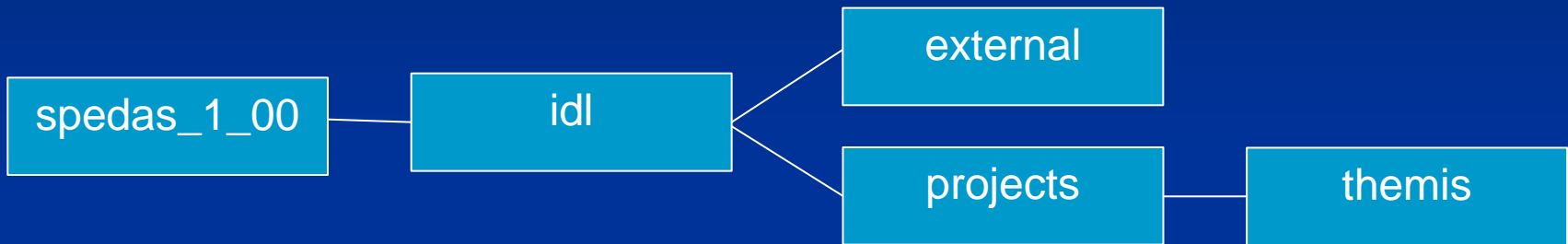


● メタデータ付データの利点を活用

- CDFとの親和性の高さ
- データ読み込み、可視化手順の自動化

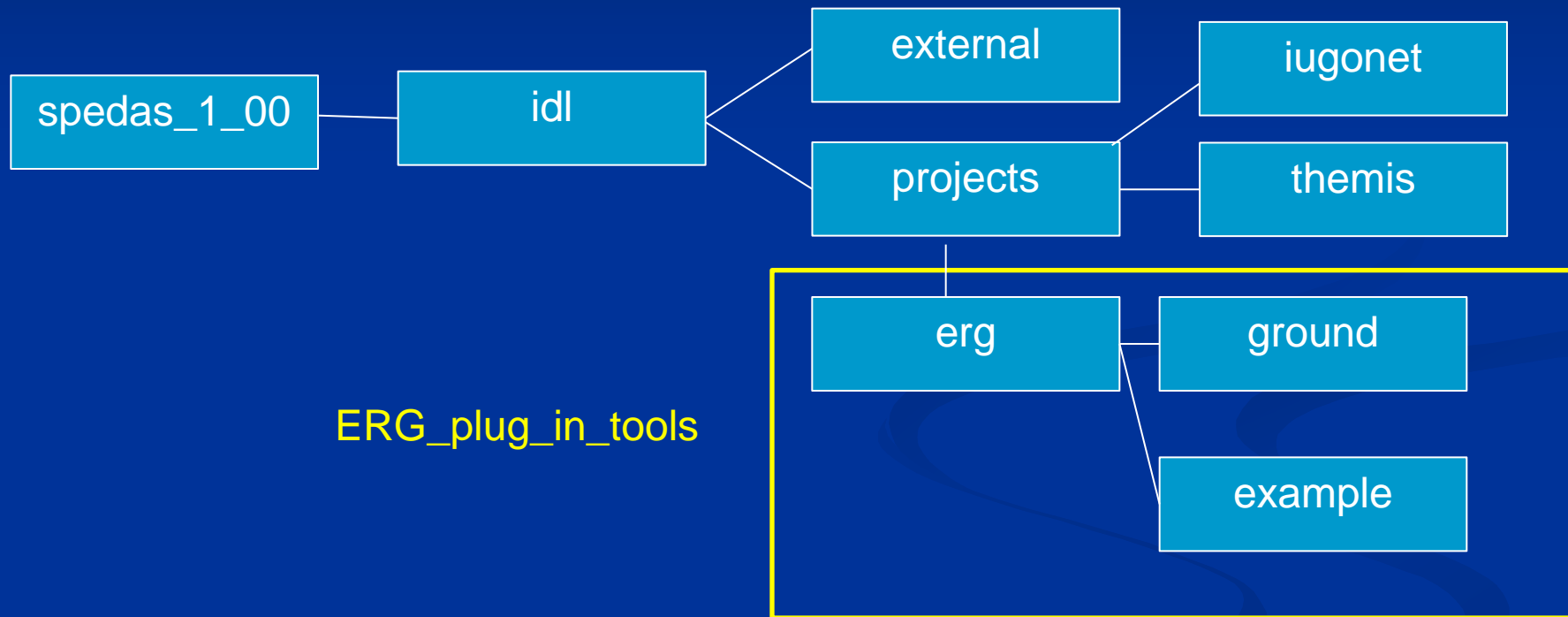
● プラグイン方式の採用によるフレキシブルな拡張性

SPEDAS内部のディレクトリ構造



● プラグイン方式の採用によるフレキシブルな拡張性

SPEDAS内部のディレクトリ構造



・ERGプロジェクトに関連するデータにアクセス可能

- ・ERGプロジェクトは、サイエンスセンターがソフトウェアを開発・実装
- ・データプロバイダーが、読み込みソフトを提供することも可能

● IUGONETとの連携

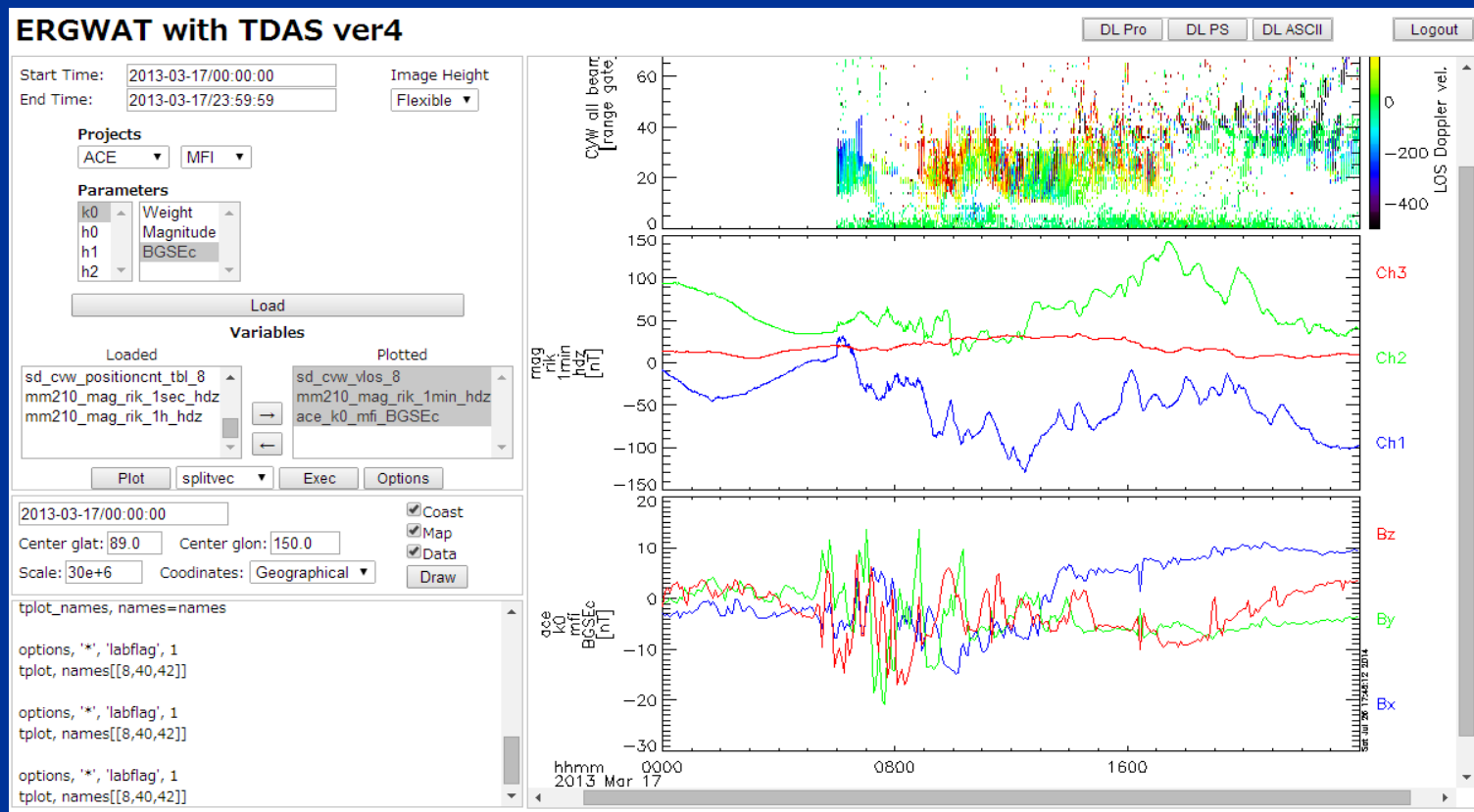
- プラグインプロシージャの共用化の例(エイリアス)

- iug_load_gmag_mm210.pro
内部で erg_load_gmag_mm210.proを呼び出している。
- erg_load_nipr.pro
内部でiug_load_gmag_nipr.proを呼び出している

- IUGONET講習会への参加

独自ツール: ERGWAT (ERG Web Analysis Tool) の開発

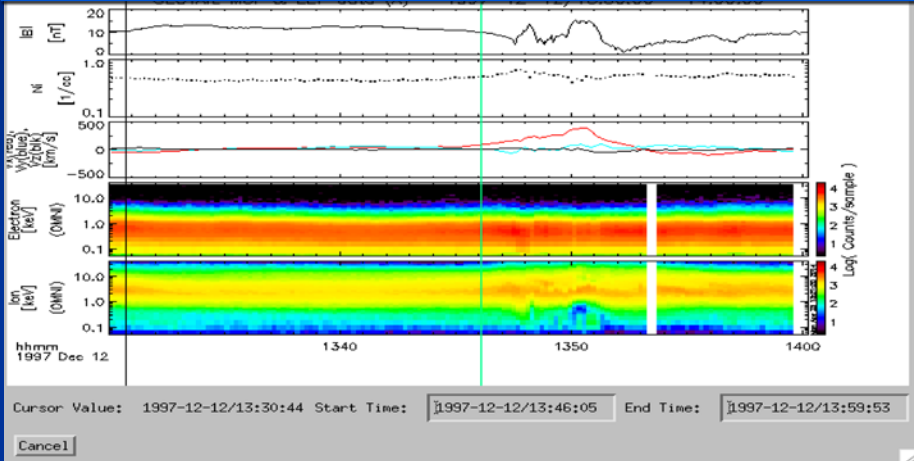
- ウェブ上での解析・可視化ツールの開発
 - SPEDASをエンジンとして、ウェブブラウザ上での解析環境の構築
 - ERG連携地上観測データと衛星データの図の作成、各種解析
 - 学会発表の図などをWeb上で作成。
 - 操作性、ライセンスの両面で、より多くの研究者に使っていただく



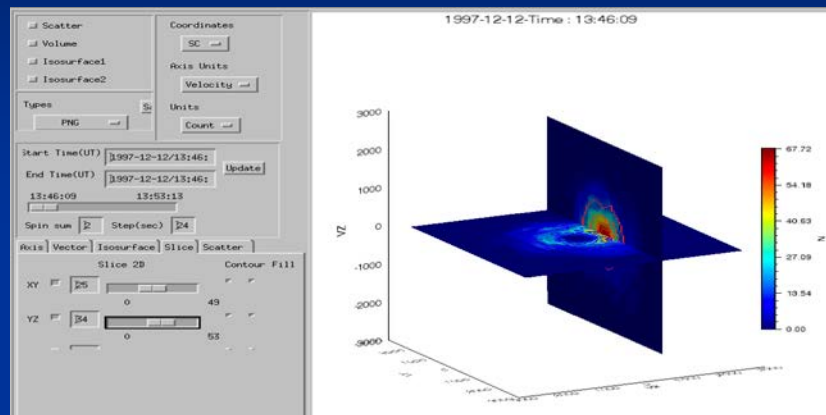
ERGサイエンスセンターによるSPEDAS機能拡張

1. 3次元プラズマ速度分布関数可視化アプリの開発

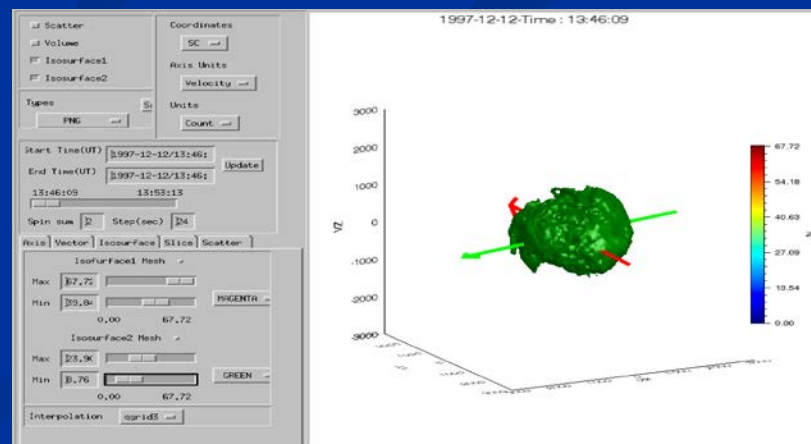
SPEDASによるE-tダイアグラム



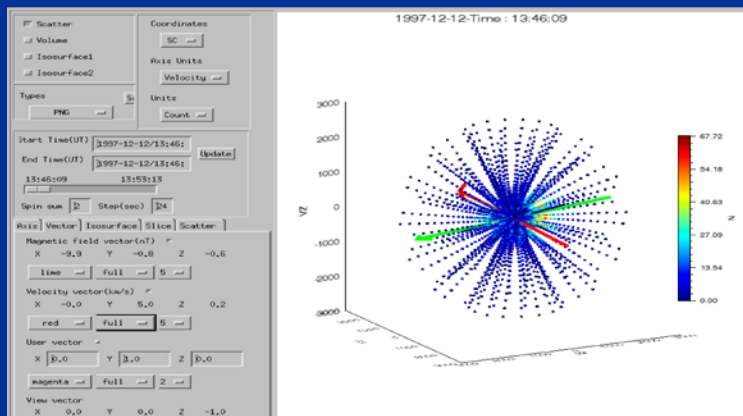
速度分布関数のスライス



速度分布関数の等値面



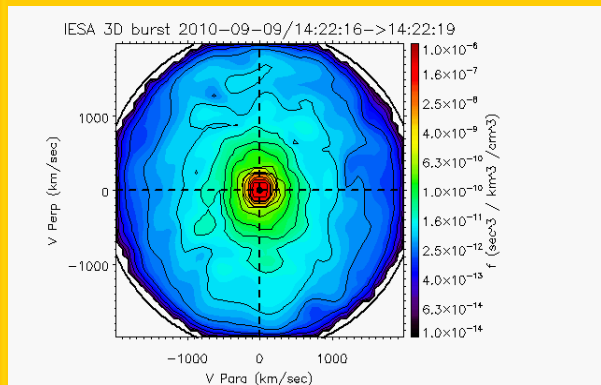
速度空間上での散布図



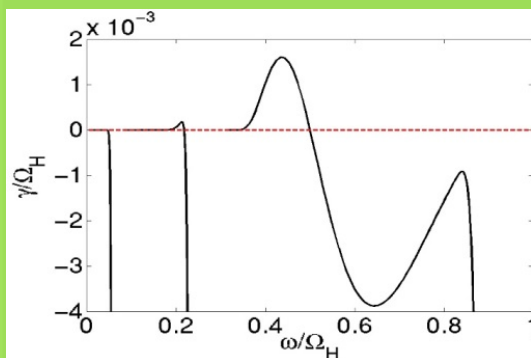
ERGサイエンスセンターによるSPEDAS機能拡張

2. 数値計算ツールの実装

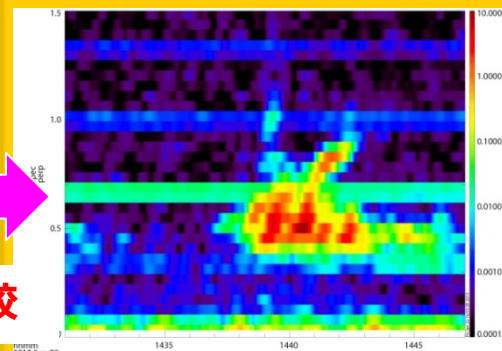
観測データ：プラズマ速度分布関数



計算結果：プラズマ波動成長率



観測データ：プラズマ波動



比較

観測データからの
インプット

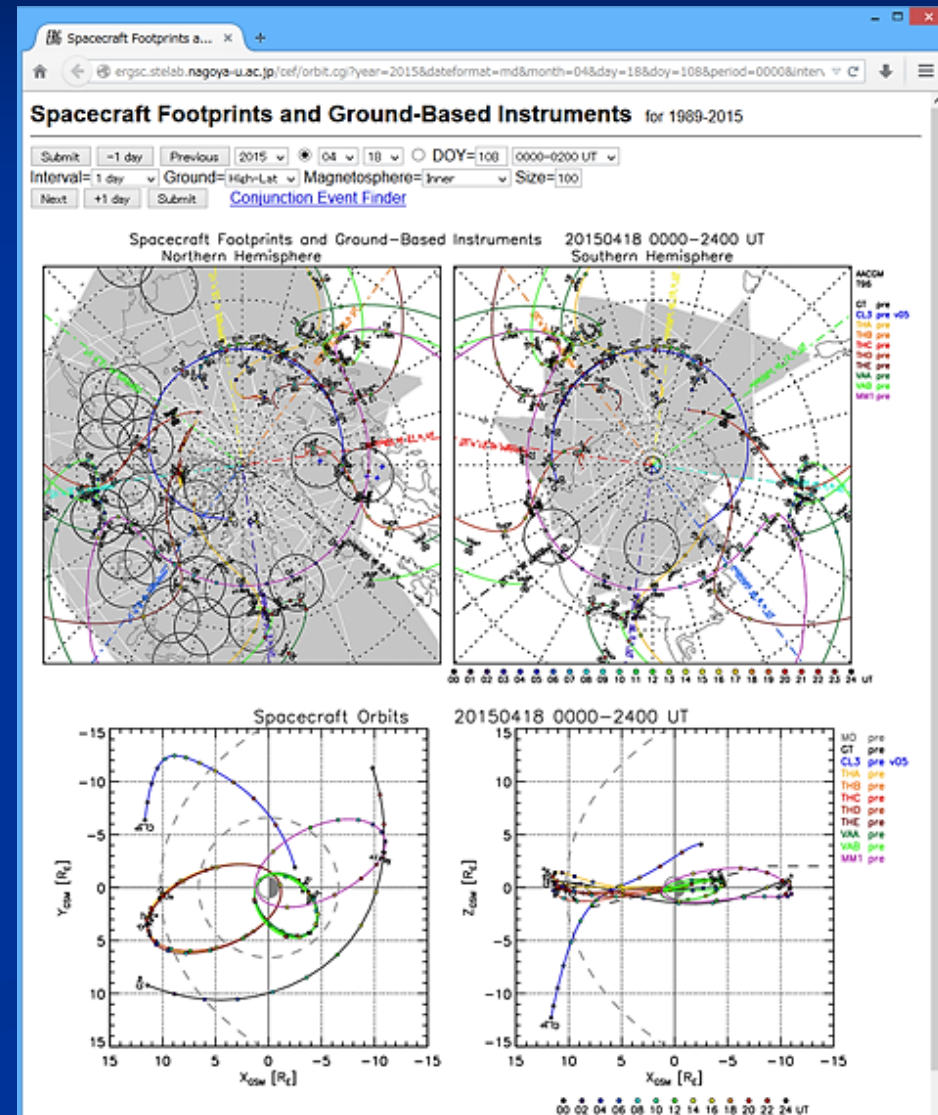
SPEDAS

計算結果
(周波数、成長率など)

プラズマ分散ソルバー
C/fortranプログラム

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

- 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。



4. まとめ

- **ERG**サイエンスセンターにおける
 - データの標準化
 - 統合解析ツールの取り組みを紹介。
- SPEDASのメリット：
 - プラグイン方式により、様々なプロジェクトが共通のツールを用いてシームレスにデータを取得・解析できる。分散データベースの利点を活用。
- 今後の取り組み：
 - ERG衛星データの標準化の設計とSPEDASへの実装
 - 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：
STPコミュニティとして プロジェクト横断の開発コンソーシアム
SPEDASを活用した統合データサイエンスの推進