

「あかつき」データパイプラインと 雲追跡

村上真也 (ISAS/JAXA)、堀之内武 (北海道大学)、
高木征弘 (京都産業大学)、はしもとじょーじ (岡山大学)、
「あかつき」データ処理チーム

2016/02/12

導入

「あかつき」レベルデータパイプラインは、主に二つのプロダクトを生成する。

- ▶ L2b: 較正済み物理量データ+幾何情報
 - ▶ FITS フォーマット
- ▶ L3b: 緯度経度格子に補間した物理量データ
 - ▶ NetCDF フォーマット

レベルデータパイプライン

- ▶ 地上局で受信されたテレメトリデータが ISAS に送られ、SIRIUS というデータベースに保存される
- ▶ パケットをくっつけて画像を作る → Level 0
- ▶ メタデータを付ける → Level 1a
- ▶ カウント値から物理量に変換する → Level 1b
- ▶ メタデータと幾何情報を付ける → Level 2 (FITS format)
- ▶ 緯度経度座標系の格子データに画像を変換する → Level 3 (NetCDF format)
- ▶ 雲移動ベクトルを導出する → Level 4? (NetCDF format)

Level 0, Level 1

Level 0

- ▶ SDTP(宇宙データ転送プロトコル)により SIRIUS からデータ取得

Level 1

- ▶ FITS フォーマット
- ▶ SPICE toolkit が要らない範囲でヘッダを付ける
 - ▶ L1a: 未校正データ
 - ▶ L1b: 校正済みデータ

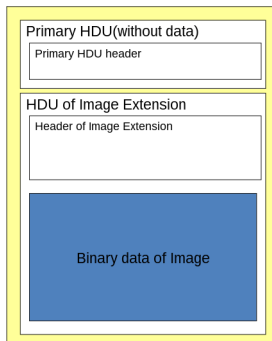
Level 2

- ▶ SPICE toolkit を使ってメタデータを計算し、FITS ヘッダに付ける
- ▶ SPICE toolkit を使ってピクセルの中心と端における幾何情報を計算して、FITS ファイルにする。
 - ▶ 幾何情報: 緯度、経度、ローカルタイム、入射角、出射角、天頂角、位相角
- ▶ 4つのカメラ (UVI, IR1, IR2, LIR) によって取られた画像が同じ向きを向くように画像を回転したり反転したりする。
- ▶ PDS(Planetary Data System) ラベルを作る (まだ)
- ▶ DARTS のサーバへしかるべく置く (まだ)

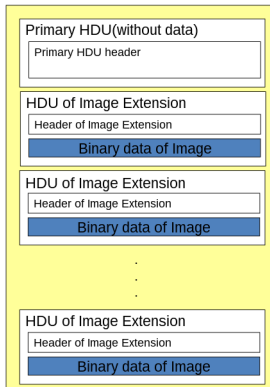
FITS フォーマット

FITS フォーマットは天文業界でよく使われる形式。
「あかつき」L2b では Primary HDU に IMAGE エクステンションを 1 個以上付加した形式。

FITS file for radiance



FITS file for Geometry Information



Level 3

緯度経度格子に補間した物理量を NetCDF フォーマットで提供する。

処理

- ▶ 撮像した金星ディスクの「ふち」の位置を使って、探査機の向いている方向を補正する (リムフィッティング) (Ogohara, *et al.*, 2012)
- ▶ 光学系による画像のゆがみを補正する (Kouyama, *et al.*, 2013)
- ▶ 緯度経度格子に補間する

NetCDF フォーマット

NetCDF ファイルは気象業界でよく使われる形式。以下は ncdump(1) により NetCDF ファイルをテキストダンプしたものの (CDL)。

```
netcdf V0265_0009-0018_UV2 {  
  dimensions:  
    longitude = 120 ;  
    latitude = 60 ;  
    time = 1 ;  
  variables:  
    float longitude(longitude) ;  
      longitude:long_name = "longitude" ;  
      longitude:units = "degrees_east" ;  
    float latitude(latitude) ;  
      latitude:long_name = "latitude" ;  
      latitude:units = "degrees_north" ;  
    double time(time) ;  
      time:long_name = "observation time" ;  
      time:units = "hours since 2000-1-1 00:00:00 UTC" ;  
      time:comment = "average of time variables in input L3a files" ;  
    float U(time, latitude, longitude) ;  
      U:long_name = "zonal velocity" ;  
      U:units = "m s-1" ;  
      U:missing_value = -6.e+36f ;  
    float V(time, latitude, longitude) ;  
      V:long_name = "meridional velocity" ;  
      V:units = "m s-1" ;  
      V:missing_value = -6.e+36f ;
```



次元



変数

レベルデータパイプライン開発状況

▶ 状況

- ▶ L1,L2 に関しては、「あかつき」データ処理チームの山田学氏 (千葉工大) によって作成済み。
 - ▶ 細かいメンテナンスを村上が行なっている。
- ▶ L3 に関しては、「あかつき」データ処理チームの小郷原一智氏 (滋賀県立大学)、高木らによって作成済み。

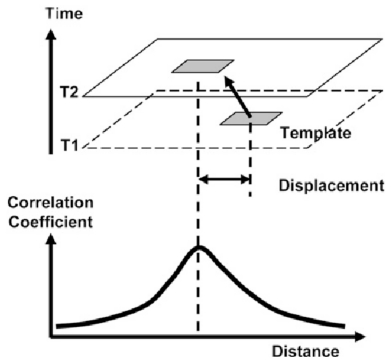
▶ 課題

- ▶ L1
 - ▶ 較正関係 FITS ヘッダキーワードを導入
 - ▶ 使用した観測プログラムを FITS ヘッダに書き込む
- ▶ L2
 - ▶ PDS 対応 (ラベル、ドキュメンテーション)
- ▶ L3
 - ▶ UVI 以外の機器の画像のリムフィッティング (未経験)

雲追跡

雲の模様を移動を追跡して、雲の移動ベクトル(雲追跡ベクトル)を導出する。

- ▶ このベクトルを Cloud Motion Vector(CMV) と呼ぶ
 - ▶ 地球気象業界では大気追跡風 (AMV) と呼んでいる
 - ▶ 画像処理でいうところの移動体追跡
-
- ▶ 方法は古典的なテンプレートマッチング、相互相関法を使う
 - ▶ テンプレートを適当な大きさに決めておいて、画像のあちこちに動かして相互相関係数を計算する。相関係数が正でもっとも大きいところを探す



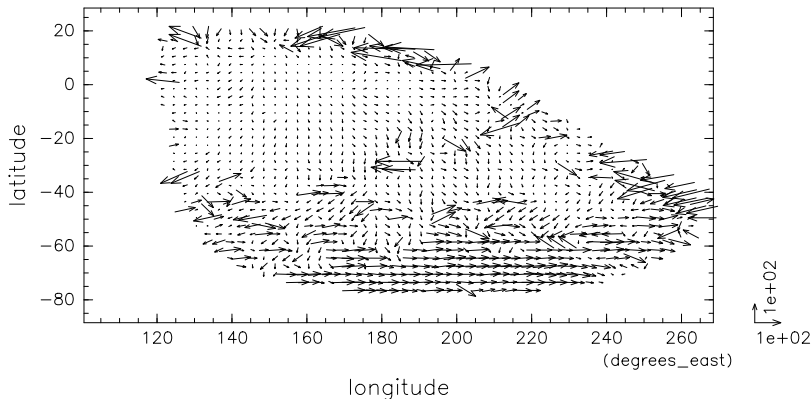
「物理的でないベクトル」にどう立ち向かうか

単純にやると、「物理的でないベクトル」が現れる。

- ▶ より洗練された方法を使い、「物理的でないベクトル」の出現頻度を下げる
 - ▶ Ikegawa & Horinouchi(2016, *accepted*, hereafter IH16)
 - ▶ 複数ペアの画像に対して相関曲面を重ね合わせる
 - ▶ 相関曲面を空間平均する
 - ▶ ひまわり 8 号アルゴリズム by 下地和希氏 (気象庁)
- ▶ 「物理的でないベクトル」を品質評価により棄却する
 - ▶ IH16
 - ▶ 地球気象業界の品質管理法を使う (QI: Quality Indicator, (Holmlund, 1998))

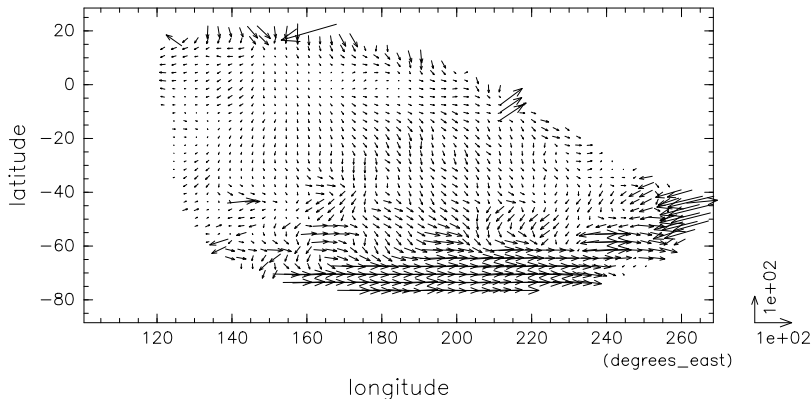
雲追跡の結果 $\Delta t = 1\text{h}$, ($U + 90\text{ m/s}$, V)

VEx VMC 軌道番号 0265、テンプレートサイズ 48x48, 相関
曲面の空間平均なし



雲追跡の結果 $\Delta t = 1\text{h}$, ($U + 90\text{ m/s}$, V)

VEx VMC 軌道番号 0265、テンプレートサイズ 60x60, 相関
曲面の空間平均あり (IH16)



雲追跡ツール開発状況

▶ 状況

- ▶ 基本的な部分は一通り「あかつき」データ処理チーム小郷原一智氏 (滋賀県立大学) により作成済み。
- ▶ 新たな開発項目、IH16 の実装、ひまわり 8 号方式の相関曲面の重ね合わせ、などについては村上・堀之内が行なっている。

▶ 課題

- ▶ 「物理的でないベクトル」を訂正する手法 (Kouyama, *et al.*, 2012) の改良
- ▶ 評価手法の開発、適用
- ▶ 既存の評価手法の試用
- ▶ 地図投影法に依存しない雲追跡

まとめ

「あかつき」データパイプラインの概要と雲追跡の概要について紹介した。

- ▶ あかつきデータパイプラインでは二つのプロダクトを生成する。
 - ▶ I2b: 較正済み物理量データ+幾何情報, FITS フォーマット
 - ▶ L3b: 緯度経度格子に補間した物理量データ, NetCDF フォーマット
- ▶ 雲追跡では古典的な相互相関法を使ったテンプレートマッチングを用いる。
 - ▶ 新たな技術を採り入れつつ開発中
 - ▶ 特に評価手法の開発が急務

end