

Reimei/MACデータ講習会

坂野井 健(東北大/理)

- (1) MACの概要(仕様・観測・運用)
- (2) MACデータフォーマット(Level-2)
- (3) データプロットの例
公開プロット、on-requestプロット
- (4) 解析プログラム、使用手順、プロット作成

2010年2月25日 極地研究所

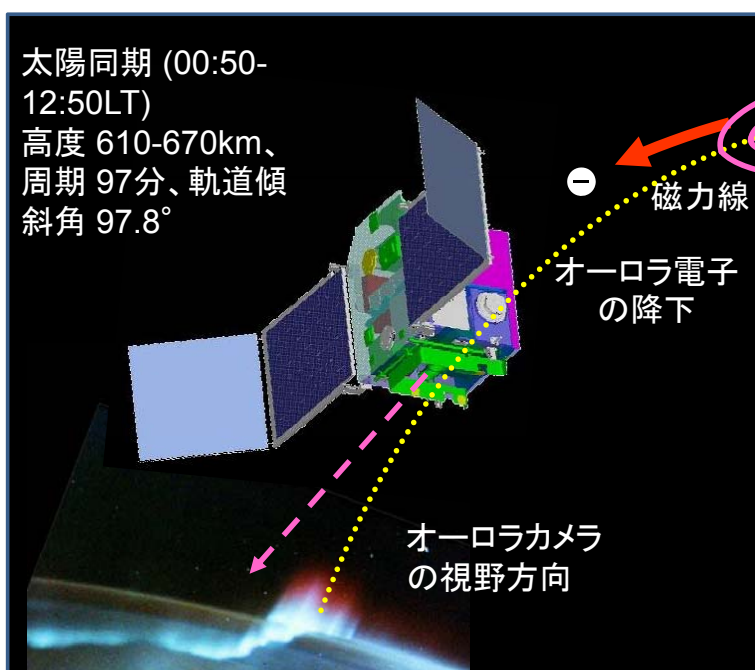
1

れいめい衛星によるオーロラ観測の特長

高時間・高空間分解能のオーロラカメラと粒子センサを搭載し、衛星の3軸姿勢制御機能により、カメラ視野を磁力線の根元方向に向けることで、オーロラ微細構造の画像—粒子同時観測を達成する。

オーロラカメラ(MAC)
波長 428 nm(N2+)
558 nm(O)
670 nm(N2)
時間分解能 120 ms
空間分解能 約1 km
画素数 64x64

オーロラ電子・イオン(ESA/ISA)
エネルギー範囲 10 eV - 12 keV
エネルギー分解 32対数ステップ
時間分解能 40 ms
空間分解能 300 m



オーロラカメラ(MAC)

オーロラの微細構造を高速かつ定量的に捉えるために開発された、高感度3色カメラ。
若手研究者と学生が、いくつかのメーカーと共同で設計、開発、試験をクリアして製作した。



MAC

■観測波長

- ・窒素分子イオン 青色(波長427.8nm)
- ・酸素原子 緑色(557.7nm)
- ・窒素分子 ピンク色(670nm)

■分解能

- ・空間分解能 150m ~ 2km
- ・時間分解能 0.12秒 ~ 4.04秒

■主な仕様

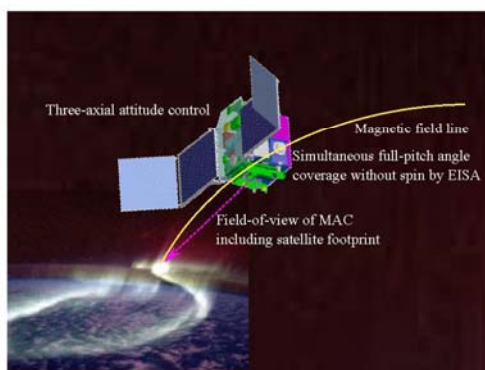
- ・光学系: $f = 50\text{mm}$ 、 $F = 1.5$
- ・CCD: 1024×1024 画素
- ・視野角: 7.6°
- ・質量: 4580g



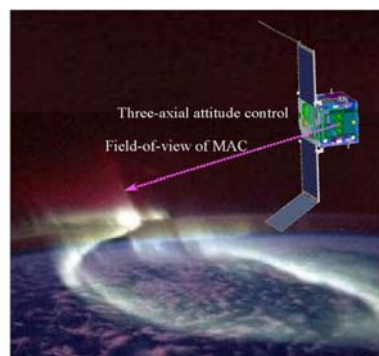
MAC運用モード

Mode	FOV	subject	pixels	spatial res. / range	time res.
Mode-S	Mag. footprint	Image-particle	64 × 64	~2 × 2km / 132 × 132km	120msec
Mode-H	Earth's limb	Height distribution	64 × 64	4 × 4km / 270 × 270km (dist. 2000km)	1sec

Schematic Illustration of Mode-S



Schematic Illustration of Mode-H



MACデータに関するノート

1) 発光高度 → 解析プログラムではすべて110kmを仮定してマッピング
Ch1,2,3 --- すべてE領域発光

典型的な高度 Ch1(N2+ 428nm),Ch3(N2+ 670nm) ---105km
Ch2(O 558nm) --- 120km

2) 発光プロセス → Ch2のみ禁制線

Ch1(N2+ 428nm),Ch3(N2+ 670nm) --- 許容線、発光時定数短い

Ch2(O 558nm) --- 禁制線、発光時定数遅い(0.7-0.9 sec)

3) フィルター幅 Ch3のみ幅が広い

Ch1(N2+ 428nm) – FWHM 2.5nm, Ch2(O 558) – FWHM 1.6nm

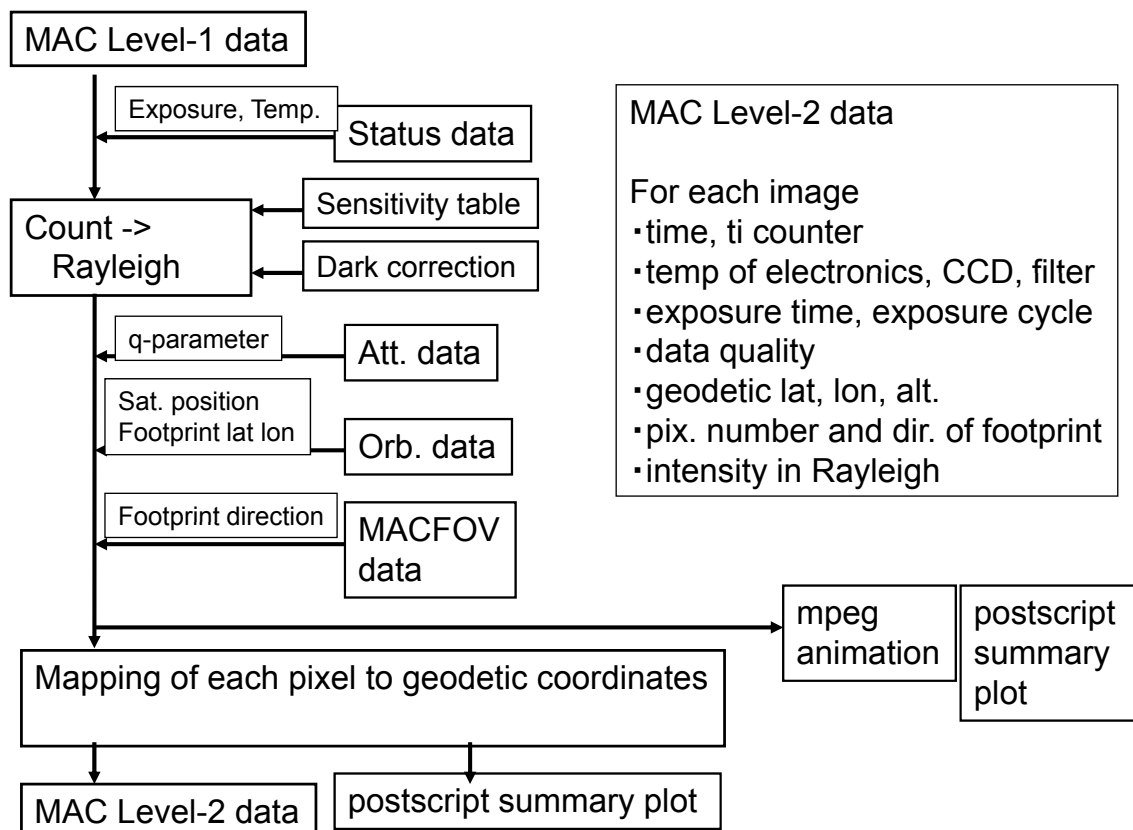
--- 狭帯域のため、オーロラ自身や月明かりの反射光の影響が小さい

Ch3 (N2 670nm) – FWHM 38nm

--- 広帯域のため、反射光の影響が大きい

5

MAC Level-2 データ処理の流れ

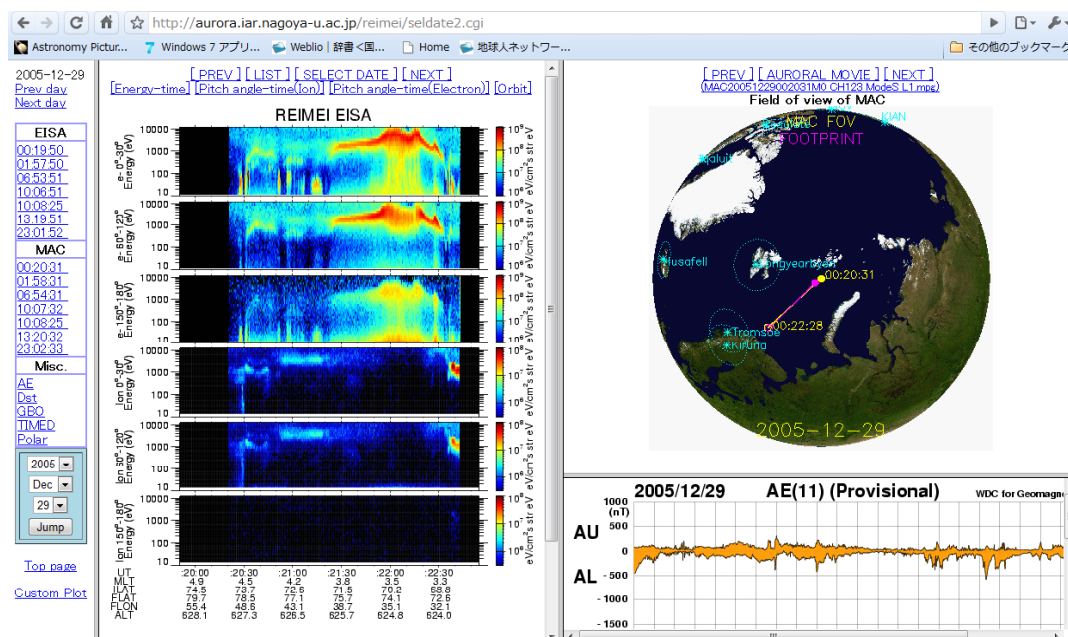


6

Web上でのデータプロット(名大海老原さん)

<http://aurora.iar.nagoya-u.ac.jp/reimei/>

インタラクティブに様々なカスタマイズが可能。



7

データ公開の種類(DARTS)

- 1) デジタルデータ(Ascii) --- Level-2 database
- 2) Mpegムービー
- 3) 静止画(PS)
 - a) サマリプロット+フットプリントオーロラ発光強度の時系列
 - b) 地理座標上にマッピングしたサマリプロット

すべてISASのDARTS上に公開されている。

<http://darts.jaxa.jp/stp/reimei/data.html>

8

デジタルデータ

- DARTS上で、ファイルは年、月に分かれて格納されている。
- Level-2ファイルは、1観測、Chごとに分かれている。

例) 2005年12月1日02:49:04UT開始データについては、

RE_MAC1_MO_20051201024904.L2

RE_MAC2_MO_20051201024904.L2

RE_MAC3_MO_20051201024904.L2

識別子: RE=れいめい

MAC1=Ch1、MAC2=Ch2、MAC3=Ch3

M0=Mode-0 (Mode-Sにほぼ対応)

M1=Mode-1 (Mode-Hにほぼ対応)

9

データ内容の例

RE_MAC1_MO_20051201024904.L2

今回配布するプログラム中に、Level-2読み込みサブルーチン
(mac_l2_read.pro)が同梱されている。

すべての画像一枚ごとに、下記のデータが繰り返されている。

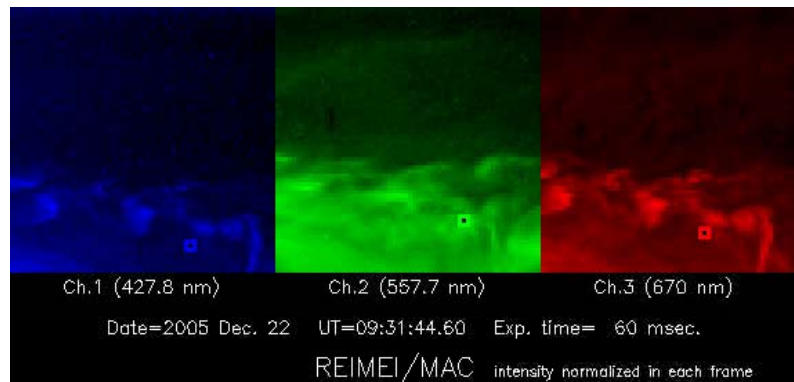
01-Dec-2005 04:24:39.687 (epoch)
2005 (年)
12 (月)
1 (日)
4 (時)
24 (分)
39 (秒)
687 (ミリ秒)
105CCECB (TIカウンタ)
11.40 (エレキ温度)
-6.70 (CCD温度)
10.40 (フィルター温度)
0 (観測モード)
60.00 (露出時間msec)
0.12 (露出間隔sec)
255 (クオリティ)
以下
マッピングされた画像の地理緯度(64x64)
マッピングされた画像の地理経度(64x64)
フットプリントの地理緯度、地理経度、高度、ピクセル値(X,Y)
フットプリントの方角(3軸)
画像の発光強度(kR,64x64)

ソースプログラム のデータ出力部分抜粋

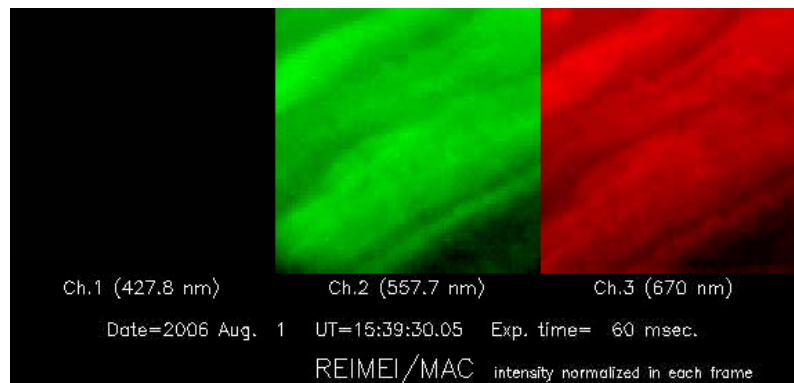
```
printf,11,ceepoch
printf,11,format='(i4)',yy_obs
printf,11,format='(i2)',mo_obs
printf,11,format='(i2)',dd_obs
printf,11,format='(i2)',hhh
printf,11,format='(i2)',mmm
printf,11,format='(i2)',sss
printf,11,format='(i3)',msec
printf,11,format='(Z8)',ti
printf,11,format='(f7.2)',mac_t
printf,11,format='(f7.2)',mac_1t
printf,11,format='(f7.2)',mac_f1t
printf,11,format='(i1)',imode
printf,11,format='(f7.2)',expos
printf,11,format='(f7.2)',timres
printf,11,format='(i3)',quality
printf,11,glat(64,64,n,ch)
printf,11,glon(64,64,n,ch)
printf,11,format='(f10.4)',footlatn
printf,11,format='(f10.4)',footlonn
printf,11,format='(f10.4)',footaltn
printf,11,format='(2i4)',footpixx1n,footpixy1n
printf,11,format='(3f12.8)',footdirxn,footdiryn,footdirzn
printf,11,image1(64,64)
```

10

Mpegムービーの例 Mode-S (画像・粒子同時モード)



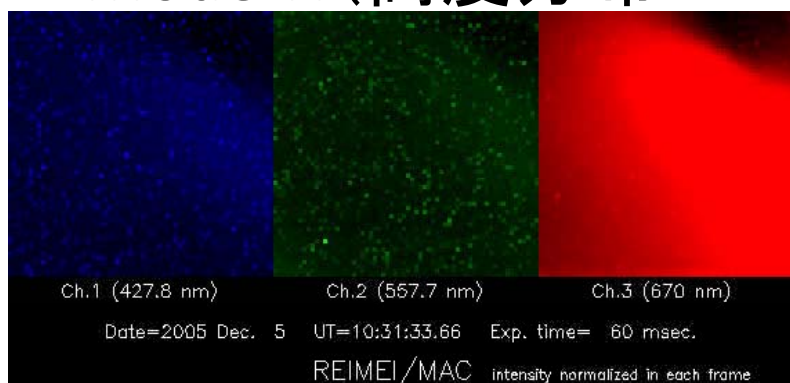
北半球
(3ch同時)



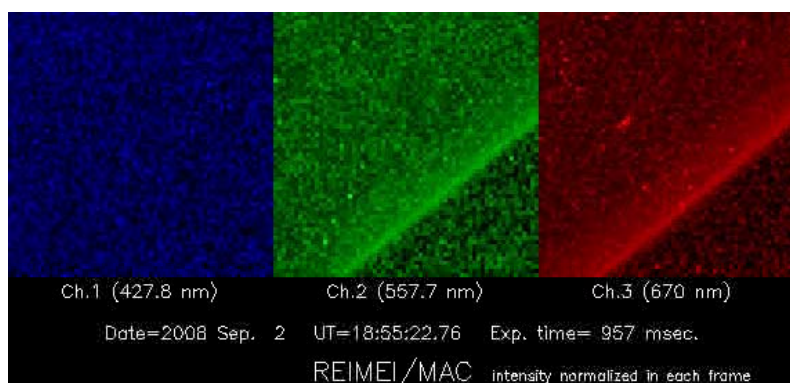
南半球
(2ch同時)

11

Mpegムービーの例 Mode-H (高度分布モード)



高緯度
オーロラ高度分布
N2+イオン流出

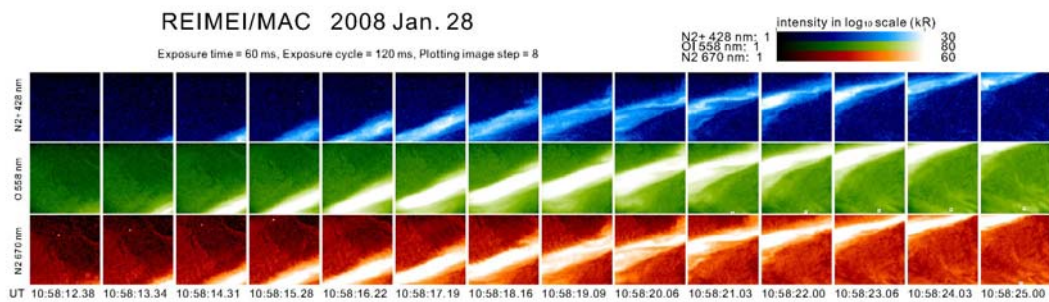


低緯度
大気光
スプライト

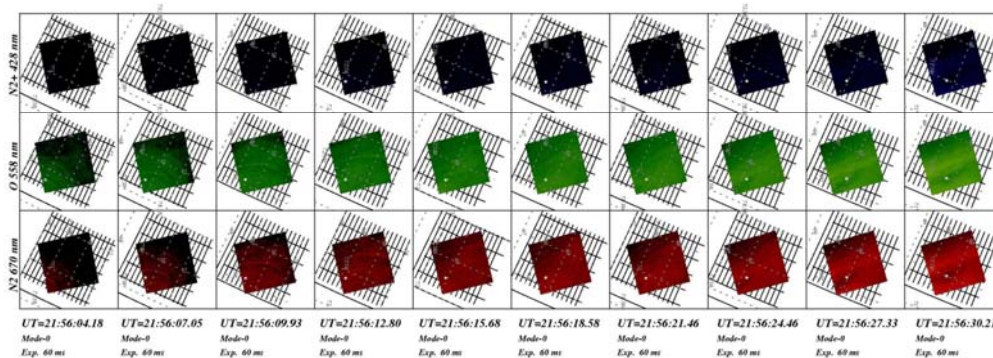
12

静止画像の例

サマリプロット



サマリプロット (地理座標上にマッピング)

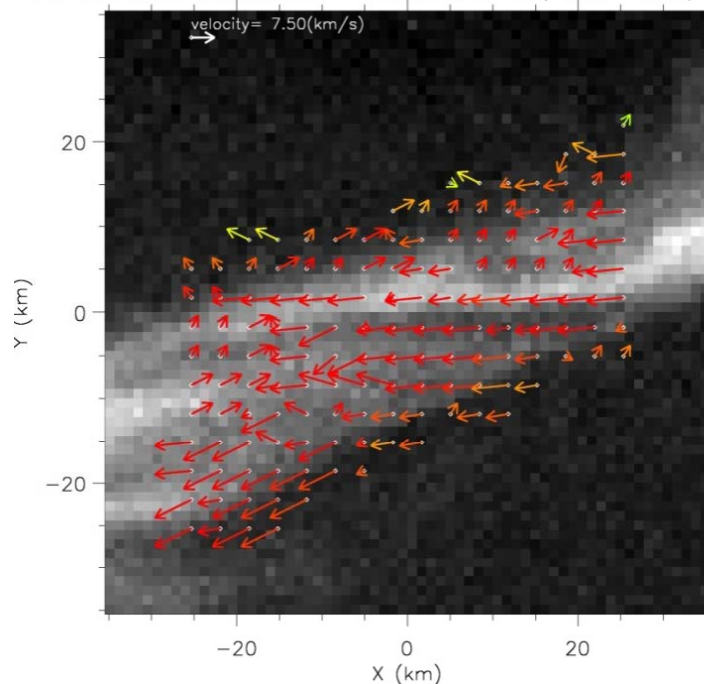


13

On-request対応プロットの例(1)

Optical Flow (MAC Level-2データ使用)

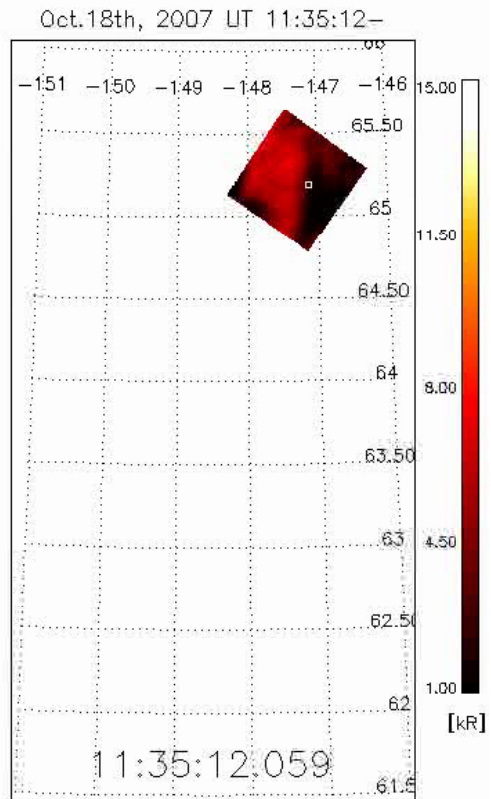
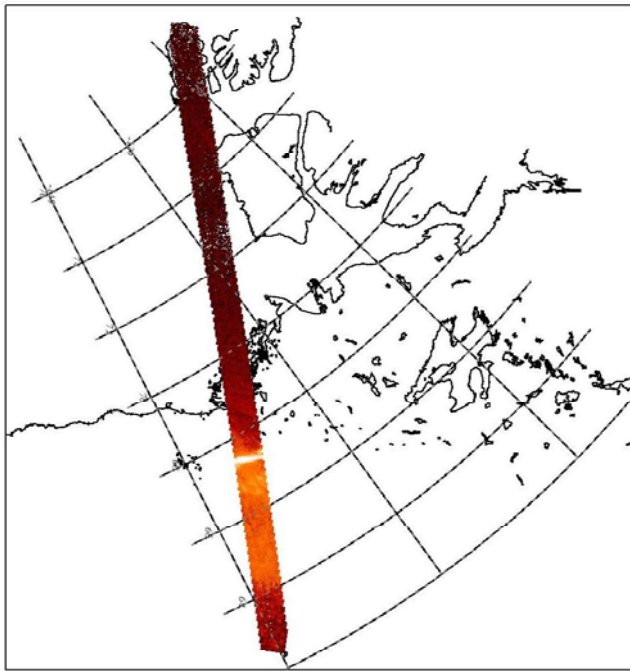
Reimei/MAC Ch.1 (427.8 nm)
 28-Jan-2008 10:58:20.067 - 10:58:20.317 UT (1376- 1378)



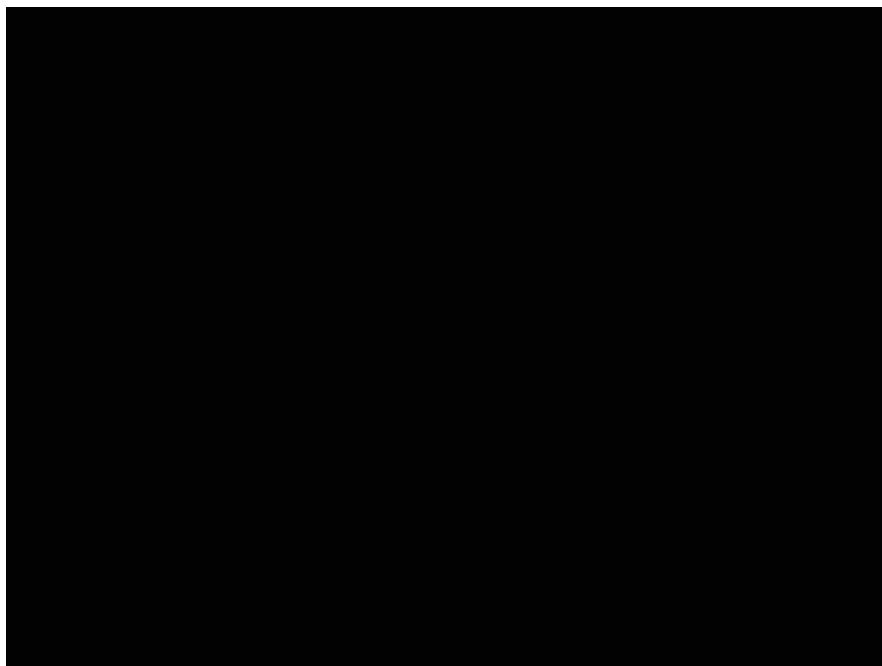
14

On-request対応プロットの例(1)

N2 670 nm



海老原さん解析3D動画



MACデータ処理マニュアル(1)

0. 予備情報

(1)環境:IDL5.6以降、mpegオプション付が必要。この説明はUNIX上のIDLに沿っているが、Windows上のIDLのGUIでも動作可能。

(2)使用プログラム(メインルーチン;ユーザがヘッダを変更する必要があるもの)は以下の3つ:

MAC_animation.pro ... mpegアニメーションを作成する。

MAC_ps.pro ... PS画像サマリプロット+フットプリントオーロラ発光強度の時系列テキストファイルを作成する。

MAC_psmap.pro ... PS画像(地理座標にマッピングされた)を作成する。

処理方式:指定したディレクトリにあるファイルを一括処理

(3)補足

上記の3つのプログラムは、Level-1データを用いる。

Level-2データを読み込むルーチン(mac_l2_read.pro)も作成済み、配布プログラムセット中に存在。

17

MACデータ処理マニュアル(2)

1. 今回使用する極地研のサーバにログイン、ファイルの確認

サーバ crux.nipr.ac.jp ユーザー: kstdev、

kstdevユーザーの./remiei/

の下に、以下の5つのディレクトリがある。それぞれの内容は以下の通り。

MAC/idl ... 処理プログラム(IDL)、感度、露出テーブル、各Chの視野方向等

MAC/MACFOV ... 視野情報ファイル

MAC/Level-1 ... Level-1データ

MAC/MAC_mpeg ... mpegムービーの出力先

MAC/MAC_ps ... サマリプロットpsファイル+フットプリントのオーロラ発光強度のテキストファイルの出力先

MAC/MAC_psmap ... 地理座標上にマッピングされたサマリプロット出力先

18

MACデータ処理マニュアル(3)

2. 自分のPCまたはサーバに入れるには(極地研サーバを使う場合は必要なし)

(1)プログラムとサンプルデータの入手

<http://pparc.geophys.tohoku.ac.jp/~tsakanoi/files/MAC.zip>

をダウンロードし、解凍する。

(2)DARTS Level-1データの入手

(今回はダウンロードファイル中にサンプルデータが入っているので(2)の作業は必要ありません。)

<ftp.darts.isas.jaxa.jp>で接続し、user名 index、パスワード isas+れいめい衛星があがった年(西暦4桁)で入る。

リモートサーバ上の/Closed/Level-1ディレクトリにいき、それぞれの年、月のディレクトリのなかから、処理したいMACファイル

RE_MAC1_*.L1, RE_MAC2_*.L1, RE_MAC3_*.L1

と、その日付が含まれる

RE_ATT_*.L1, RE_orbit_*.L1, RE_STA_*.L1

をダウンロードする。

ダウンロード先は、(1)で生成されたLevel-1ディレクトリとして問題なし。

19

MACデータ処理マニュアル(4)

(3)MACFOVファイルの入手

(今回はダウンロードファイル中にサンプルデータが入っているので(3)の作業は必要ありません。)

同じDARTSのftpサイトに入り、/Closed/Level-2/MACFOV/の下にある、解析したい日付の.L2aファイルをダウンロードする。

これらのファイルのダウンロード先は、上記の述べたMACFOVディレクトリの下として問題なし。

20

MACデータ処理マニュアル(5)

2. 処理プログラムのヘッダの編集(表示明るさのスケール調整、入出力ファイルの指定等)

mac/idllに格納されている処理プログラムのヘッダを、vi等のエディタを用いて編集する。

・mpeg動画を作成するプログラム(MAC_animation.pro)の場合、

;mpeg file overwrite? yes-1 no-0 出力に同名ファイルがあったら上書きするか。

iowerw=01 今回は1で。

;log scale when plotting in rayleighs - ilog=1 表示をログスケールにするか。

ilog=01 今回は1(ログスケール)で。

iscale=01 明るさの範囲をオートスケールにするか、手動にするか。手動の場合その下に入力。

;if iscale =1, then autoscale, if iscale=0 then manual setting as bellow 今回はオートスケールで。変えたい場合は、iscal=0として、その後にimax(0)=0.5や

imin(0)=0.02に各Chごとに明るさ(単位はkR)で指定していく。

(続く)

21

MACデータ処理マニュアル(6)

(続き)

homedir='~/reimei/MAC/' ダウンロード環境により適宜変更。

fdir1= homedir+'Level-1/' 変更の必要なし。

fdirmpeg1= homedir+' 変更の必要なし。

ymdir=[''] 変更の必要なし。複数のディレクトリを指定するときはここで並列する。

;status file read? yes-1

ista=1 変更の必要なし。

;status file type 1-1month total file, 0-1day file

istatype=0 変更の必要なし。

;footprint plotting

footp=1 磁力線フットプリントをプロットするか。

fovdir=homedir+'MACFOV/' 変更の必要なし。

fdir1+ymdirで指定されたディレクトリ内のデータを一括処理するようになっている。

22

MACデータ処理マニュアル(7)

PSファイルを作成するプログラム(MAC_ps.pro、*MAC_psmap.pro)の場合

上記とほぼ同様だが、通常ムービーはオートスケールで作成することが多いのに対し、静止画はマニュアルスケールにすることが多い。その表示発光スケールは、下記のように各モードごとに設定できるようになっている。

```
;for mode0  
smin(0,0) = 1 & smax(0,0) = 30      単位はkR  
smin(0,1) = 1 & smax(0,1) = 70  
smin(0,2) = 1 & smax(0,2) = 80  
;smin(0,0) = 2 & smax(0,0) = 60  
;smin(0,1) = 5 & smax(0,1) = 180  
;smin(0,2) = 5 & smax(0,2) = 150  
;for mode1  
smin(1,0) = 1 & smax(1,0) = 30  
smin(1,1) = 1 & smax(1,1) = 70  
smin(1,2) = 1 & smax(1,2) = 80
```

以下同様

また、ディレクトリ指定は上記のムービー作成プログラムの説明と同様。

23

MACデータ処理マニュアル(8)

3. 実行: コマンドラインからidlの立ち上げの場合

idlの立ち上げ

```
>idl
```

<コンパイル>

・アニメーション作成の場合

```
>.r MAC_animation
```

PS画像ファイル作成+フットプリントのオーロラ発光強度の時系列テキストの場合

```
>.r MAC_ps
```

・地理座標マッピングPS画像の場合

```
>.r MAC_psmap
```

<実行>

・アニメーション作成の場合

```
>MAC_animation
```

・PS画像ファイル作成の場合

```
>/ MAC_ps
```

・地理座標マッピングPS画像の場合

```
>MAC_psmap
```

24

MACデータ処理マニュアル(9)

4. 結果の出力

上記2の過程で指定した、それぞれのプログラムのヘッダに記述されたディレクトリに出力される。この講習会の設定では、

動画

MAC/MAC_mpeg

静止画+フットプリントオーロラ発光強度(フットプリントを含む前後±1ピクセルの合計9ピクセル)の時系列

PS MAC/MAC_ps

静止画PS地理座標マッピング

MAC/MAC_ps_map

のそれぞれの下に、一括して作成される。

これらの設定は、プログラムのヘッダを変えることでカスタマイズ可能。

25

- これ以降予備資料

INDEX(れいめい)プロジェクト

工学ミッション

1. 小型衛星での3軸姿勢制御
2. 高速プロセッサによる衛星統合化制御
3. リチウム2次電池の搭載
4. 薄膜反射板等、新太陽パドル技術
5. 超小型GPS受信機の軌道上動作
6. 可変放射素子の評価
7. β -チタンファスナーの搭載
8. マルチジャンクション太陽電池セルの放射線劣化モニター

れいめい衛星外観



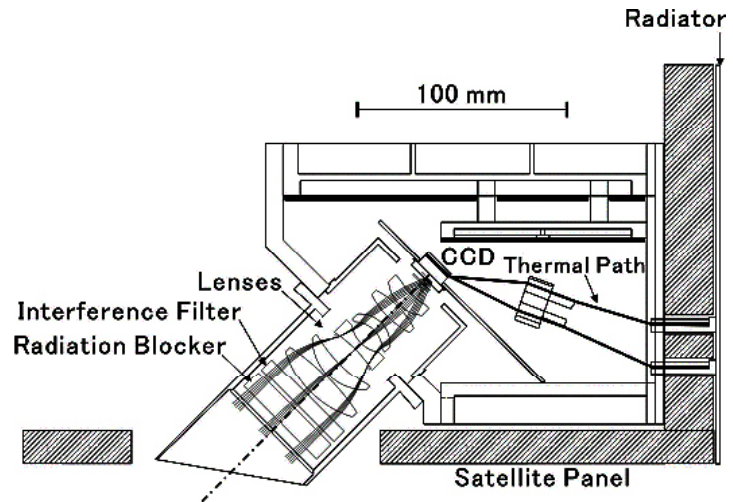
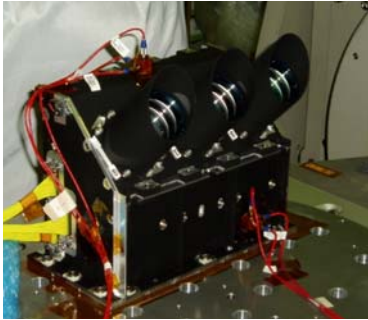
れいめい(INDEX)衛星 理学機器

軌道			
太陽同期 (00:50-12:50LT)、高度 610-670km、周期 97分、軌道傾斜角 97.8°			
観測機器			
ESA	電子エネルギー分析器	静電式トップハット型電子・イオンエネルギー分析器	
ISA	イオンエネルギー分析器 (質量分析なし)	エネルギー範囲	10 eV/q -12 keV/q
		エネルギーステップ	16 (32) 対数的エネルギーステップ
		ピッチ角範囲	0 - 180° 同時取得
		時間分解能	20 (40) msec
MAC	オーロラカメラ	3セットの干渉フィルター+CCDによる単色カメラ	
		波長	428, 558, 670 nm
		視野角	7.6° (全角)
		空間分解能	1-4km(観測時、2km typ.)、0.2km(校正時)
		時間分解能	120-1000 msec (観測時)、4040msec (校正時)
CRM	プローブ	時間分解能	5ms
GAS	磁場計測器	時間分解能	5ms

MAC 主な諸元

■観測波長

チャンネル (中心波長)	ターゲット	フィルター性能		CCD量子効率
		全幅(nm)	透過率	
Ch.1(428nm)	N ₂ ⁺ 1 _{st} negative band	2.5	0.43	0.55
Ch.2(558nm)	OI green line	1.57	0.52	0.7
Ch.3(670nm)	N ₂ 1 _{st} positive band	38.2	0.85	0.55



ESA/ISA諸元

項目	仕様
タイプ	トップハット型静電式エネルギー分析器
観測対象	ESA: 電子、ISA:イオン(質量分析なし)
エネルギー範囲	10-12000eV/q
エネルギー分解能	15%(FWHM)
エネルギーステップ数	32 (対数的分割)
視野角	4° x 300° (FWHM)
視野方向数	30 bins in polar angle direction
時間分解能	1.25ms / energy step (20ms / 16energy steps)

Mapping information

- 1) In Mode-S data, geodetic latitudes and longitudes mapped to 110 km altitude for all pixels are attached to each image data stored in the Level-2 database in JAXA/ISAS.
- 2) In Mode-H data, the MAC FOV is not mapped on the Earth. In this case, the satellite attitude in the equatorial coordinates J2000 (Level-2 attitude data) and the vectors of MAC FOV (macfov_ch1,2,3_c.txt in idl directory) are provided.