
HISAKI Level2 データ解析

2015/2/19

Ver.1.1

1. HISAKI データの所在

ISAS/JAXA Darts : <https://hisaki.darts.isas.jaxa.jp/>

ID : hisaki

PW : *** (定期的に変更される)

2. HISAKI 衛星概要

観測装置及び観測方法の詳細は Space Sci Rev の EXCEED 論文を参照

Yoshikawa et al., (2014), Space Sci. Rev., 184, 1-4, 237-258,

DOI:10.1007/s11214-014-0077-z

<http://link.springer.com/article/10.1007/s11214-014-0077-z>

Yamazaki et al., Space Sci. Rev., 184, 1-4, 259-274,, DOI:

10.1007/s11214-014-0106-y

<http://link.springer.com/article/10.1007/s11214-014-0106-y>

打上げ : 2013/9/14 内之浦 (鹿児島県) イプシロン初号機

観測波長範囲 : 55nm~145nm

観測視野 : 360 秒角 (スリット長方向)

地球周回

高度 : 950km-1150km

軌道傾斜角 : 約 31 度

軌道周期 : 約 106 分(1 日当たり 13 周回)

搭載装置 (ミッション部)

極端紫外光分光観測系 (EXCEED)

・極端紫外光分光撮像装置 (EUV)

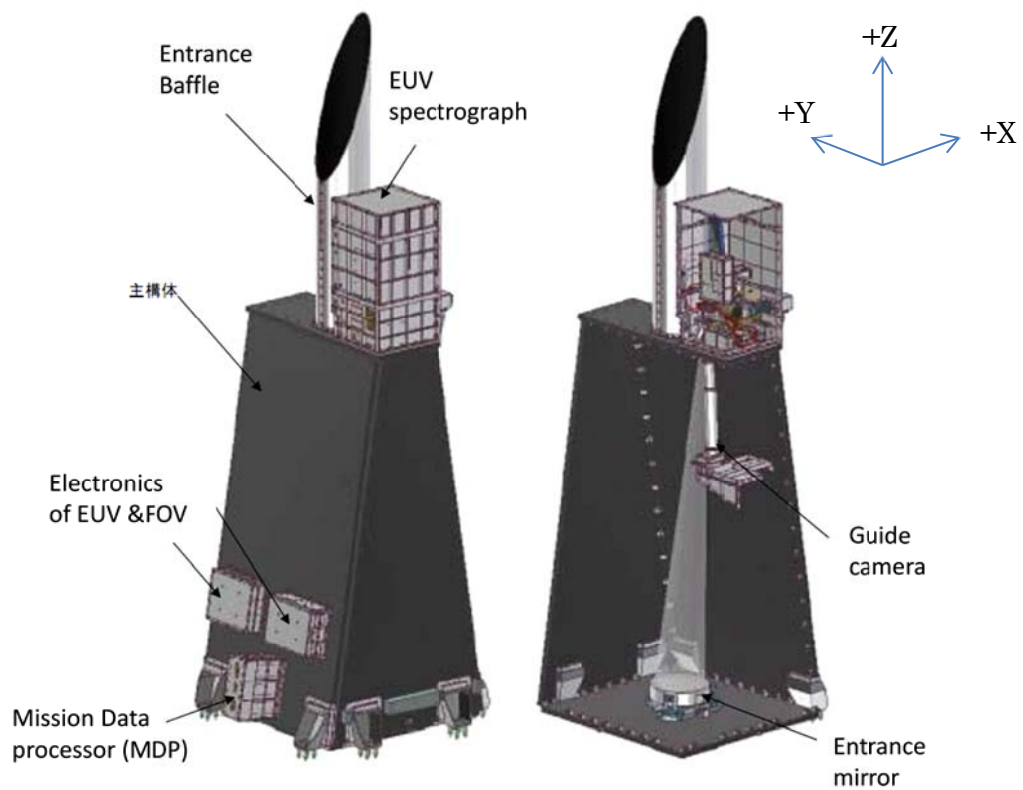
・視野ガイドカメラ (FOV)

次世代電源実験系 (NESSIE)

衛星システム (バス部)

SPRINT バス

電源、通信、姿勢制御、熱制御、衛星マネジメント



極端紫外光分光観測系 EXCEED

衛星座標系 X : バッフル開口方向が+X

Y : $Z \times X$

Z : 光軸方向が+Z

望遠鏡への太陽光入射を防ぐため、衛星から見て太陽は常に+X 側となるように姿勢制御される

3. HISAKI 衛星の観測概要

1 周回の間は、同じ惑星を観測(1 周回中に惑星を切り替える運用は実施しない)

観測対象の可視時間のみ観測装置が ON → 観測時間は 24 時間の約半分

放射線の影響を避けるため、SAA(ブラジル磁気異常帯)では観測装置 OFF

定期的に SKY 観測を実施

(惑星方向から視野をスリット短軸方向に 5 分角外し、ジオコロナのみを観測)

SKY 観測頻度は観測方針 (観測対象・時期) により変わる

- ・木星観測時

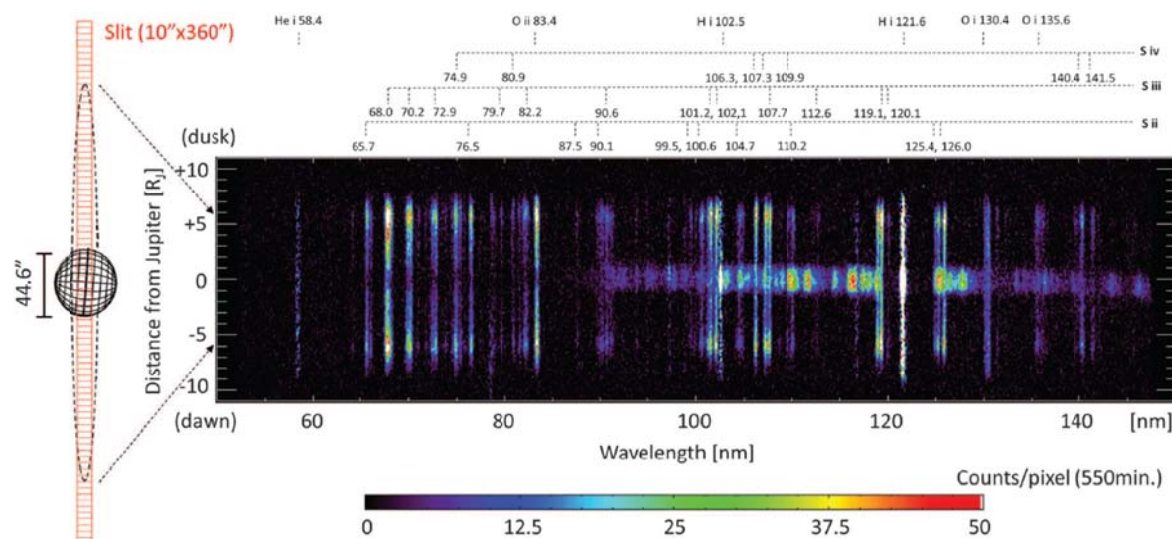
2014 年 2 月 19 日まで 3 周回に 1 周回

2014 年 2 月 20 日から 1 日に 1 周回 (13 周回に 1 周回)

- ・金星・火星・土星観測：基本的に 2 周回に 1 回

SKY のデータはジオコロナの差引に利用する

3.1. 極端紫外分光撮像装置(EXCEED)観測例



10''スリットを用いた木星イオプラズマトーラス観測

(Yoshioka et al. Science, 2014)

4. L2 データの構造

fits フォーマットを採用している。

http://fits.gsfc.nasa.gov/fits_documentation.html

<http://paofits.nao.ac.jp/naoWS05/FITS.pdf>

4.1. HISAKI 衛星 Level2 データの構造

観測対象、観測モード、観測日毎に異なるファイルに保存されている

例)木星・観測モード1・観測日:2013/12/19・Level2 データ

`exeuv.jupiter.mod.01.20131119.lv.02.vr.00.fits`

1 つのファイル内に extension と呼ばれるデータの塊が複数格納されている

1 つの extension が 1 枚の分光撮像画像（波長 vs.空間の 2 次元画像）に対応し、分光撮像画像の積分時間 1 分(固定)

1 つの extension に 1 つヘッダーが付き、付加情報が格納されている。

fits データの中身の確認のために、適当な Fits ビューアをダウンロードしておくとい（8 章参照）

Level2 データに格納されている画像の座標系の詳細は補遺 D を参照

HISAKI 衛星 Level2 データの構造

Primary ヘッダー Fits の基本構造に関する付加情報

‘Total’ Extension ヘッダー

‘Total’ Extension」の付加情報

‘Total’ Extension データ

‘Total’ Extension。1 日分の積分画像が保存。

‘(時刻)’Extension ヘッダー 1

‘(時刻)’Extension データ 1 の付加情報 ※1

‘(時刻)’Extension データ 1

‘(時刻)’Extension データ 1 ※2

‘(時刻)’Extension ヘッダー 2

‘(時刻)’Extension データ 2 の付加情報

‘(時刻)’Extension データ 2

‘(時刻)’Extension データ 2

...

‘(時刻)’Extension ヘッダー N

‘(時刻)’Extension データ N の付加情報

‘(時刻)’Extension データ N

‘(時刻)’Extension データ N

※1 観測日時・観測モード等、解析に必要な基本情報

extension 名の‘(時刻)’は観測時刻 YYYY-MM-DDThh:mm:ss に対応

※2 (時刻)Extension データ 1 以降には、1 分積分の画像が時間順に格納

4.2. 重要なヘッダー項目

Primary ヘッダー内

- NEXTEND Extension 数

Extension ヘッダー内

- BUNITS データの単位(counts/pixel/min)
- DATE-OBS データ開始日時
- DATE-END データ終了日時
- OBS-MOD 観測モード(「観測モード一覧」を参照)
- SUBMOD 及び SUBMST 衛星の姿勢系の動作モード (5.1 参照)
- TARGET 観測対象と視野中心の設定
- SLITMODE 使用スリット名 (「観測モード一覧」を参照)
- EU_FILT 使用フィルター名 (ノミナル=blank)
- PTC SHO 惑星トラッキングモード(木星ではノミナル=PTC)
- CALFLG 惑星観測中(0) or SKY 観測中(1)のフラグ
- CRVAL1~CUNIT2 おおよその波長・空間スケール(pixel→arcsec, A)
- BC1X, BC1Y, BC2X, BC2Y

ガイドカメラで撮像された惑星の画像重心位置座標

4.3. Extension データの構造

- 1024 pixel×1024 pixel フォーマット
 - 1pixel 当たりの空間スケール※: スリット長方向: 0.41arcsec/pixel
分散方向: 9.48 arcsec/pixel
 - 1pixel 当たりの波長スケール※: 約-1.035 Å/pixel
 - 視野の中心(=木星中心の位置)※: 575 pixel
- ※実際のプレートスケールには波長・空間依存性があるので、
詳細解析では較正テーブルを参照する事。
較正テーブル(ver.1)を用いても長波長側で空間方向の歪みが残る。

4.4. 観測モード一覧

2015 年 2 月現在

主要な観測モードにおける惑星導入位置と観測視野の関係は補遺 C を参照。

惑星名	mode	slit*1	追尾*2	ターゲット導入位置
-----	------	--------	------	-----------

Mercury	1	2	SHO	disk center@slit center
Venus	1	2	SHO	disk center@slit center
	2	2	SHO	disk center@H=-100 arcsec from slit center
	3	3	PTC	disk center@slit center
	4	3	PTC	disk center@V=+5 pixel from slit center
	5	1	PTC	disk center@slit center
	6	2	PTC	disk center@H=-50 arcsec from slit center
Mars	1	2	SHO	disk center@slit center
Jupiter	1	1	PTC	disk center@slit center
	2	3	PTC	disk center@slit center
	3	3	PTC	north pole@slit center
	4	3	PTC	south pole@slit center
	5	3	PTC	SW N/S pole@slit center
	6	1	PTC	north pole + dusk IPT
	7	1	PTC	south pole + dusk IPT
	8	1	PTC	north pole + dawn IPT
	9	1	PTC	south pole + dawn IPT
	10	2	SHO	Jupiter sunward(H=0)
	11	2	SHO	Jupiter anti-sunward(H=255.9)
Saturn	1	1	PTC	disk center@slit center
	2	2	SHO	disk center@slit center
	3	2	SHO	disk center@slit center/modify z-ang
Star	1	2	SHO	star@slit center
	2	2	PTC	star@user-def (outside of slit)
	3	3	SHO	star@slit center
ISON	1	2	SHO	coma center@H=-100 arcsec from slit center

*1 1:10”スリット/ブランクフィルタ, 2:60”スリット/ブランクフィルタ
3:140”スリット/ブランクフィルタ

Slit 4-9 はフィルタ付スリット。これまでに使用実績なし

Slit10 はピンホール。これまでに使用実績なし

*2 SHO : スリット内保持制御

(観測対象全体をスリット内に導入。衛星バス部の STT を用い姿勢制御)

PTC : ガイドカメラ追尾制御 (ガイドカメラを用いた追尾制御を実施)

5. 解析上の注意点

5.1. 惑星観測と SKY 観測の区別

- 1) CALFLG で判断する
 - ・ CALFLG=ena : SKY 観測中
 - ・ CALFLG=dis : 惑星観測中
- 2) SUBMOD 及び SUBMST で判断する
 - ・ (SUBMOD,SUBMST)=(4,1) : 惑星追尾、惑星観測中
 - ・ (SUBMOD,SUBMST)=(4,2) : 惑星追尾、SKY 観測中
 - ・ (SUBMOD,SUBMST)=(5,1) : スリット内保持、惑星観測中
 - ・ (SUBMOD,SUBMST)=(5,2) : スリット内保持、SKY 観測中
- 3) 観測データを用いて判定
 - 例 1) 木星観測の場合
イオプラズマトーラスの硫黄イオンの発光のみが現れる領域(64nm-78nm)のカウントを積算し、適切な閾値を設定して木星観測/SKY 観測を判断
 - 例 2) 金星観測の場合
補遺 A を参照

実際の解析では、上記の複数の方法を併用し、相互確認することが望ましい
2014/10/20 以前のスリット内保持観測(金星、火星、水星、及び土星)では、CALFLG と SUBMODE を使用しても惑星観測を SKY 観測を正しく判定できない可能性があり、解析時には注意が必要 (補遺 A,B 参照)

5.2. 放射線の影響の除外

検出器(MCP)に光が入らない領域(広く取る)のカウントで放射線の影響を評価し、1min あたりのカウント数が一定値を超えたらデータを使用しない。

閾値の目安(例) : 2.6×10^{-4} count/sec/pixel.

5.3. 衛星姿勢の南北反転

基本的には惑星の衝と合を挟んで衛星の姿勢が 180 度反転する

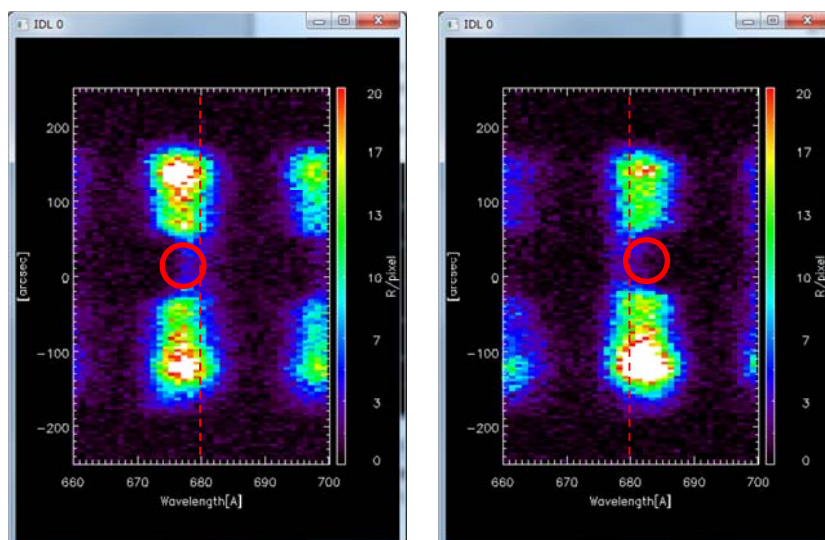
2014 年木星観測時の南北反転運用

N→S 1/16→1/17 と 1/27→1/28

S→N 1/19→1/20

この運用に伴い、視野の東西・南北が反転する

観測対象の発光分布の空間スケールがスリット幅より小さく、且つ、観測対象の導入位置がスリット短軸方向の中央からオフセットしている場合（例：木星 140" スリット観測）、視野の反転に伴い、MCP 上の輝線位置が波長方向にシフトする（下図参照）



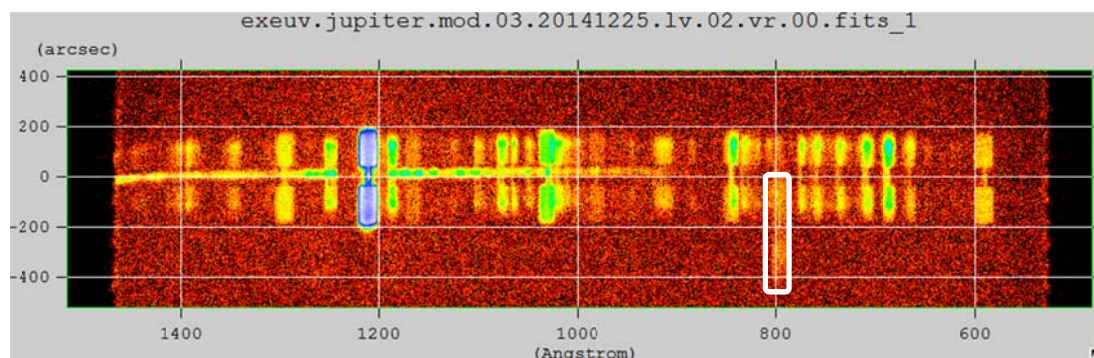
2014/1/16(左)と 1/17(右)の 68nm 付近のイオプラズマトーラススペクトル画像
赤丸はおおよその木星導入位置を示す。

5.4. 観測開始時・終了時のデータの除外

観測開始時と終了時は、検出器の電源電圧(HV)は徐々に昇圧・降圧される（30 秒程度）。また、観測開始時に姿勢が完全に安定していない事がある（特に地球の蝕明け後に観測を開始する場合）。このため、観測開始直後、終了直前の 1 分～数分のデータは解析から除外した方が良い。

5.5. ゴースト(迷光)

80nm 付近の-400~0arcsec に相当する領域に HLy α のゴーストが出る。80nm 付近のスペクトルを解析する場合は注意が必要。

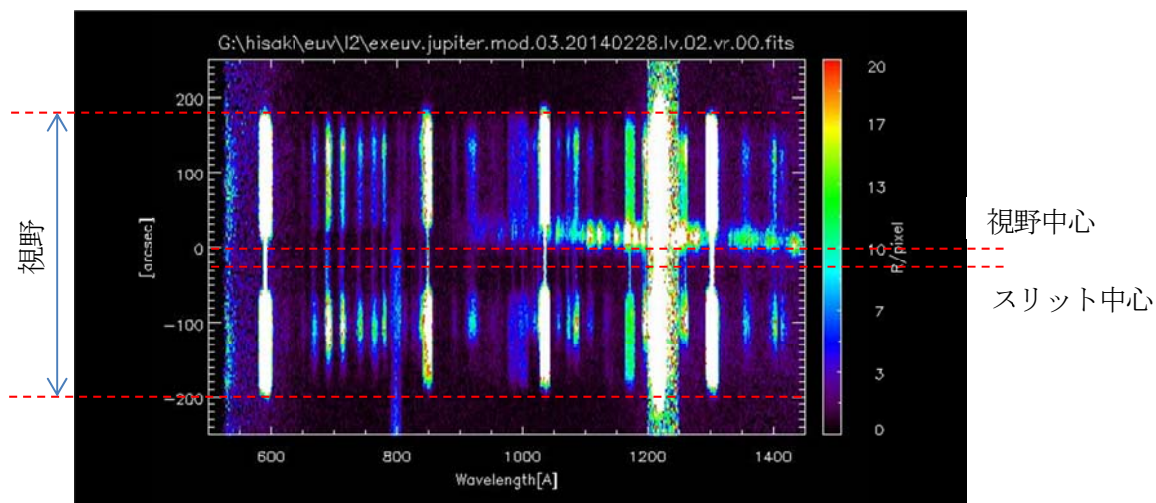


5.6. ジオコロナの影響の軽減

外惑星観測時は、ひさき衛星の観測時の LT を日陰時間帯に限定することによって、観測時間が多少減少してもジオコロナの影響の軽減することによって S/N が向上する場合がある。

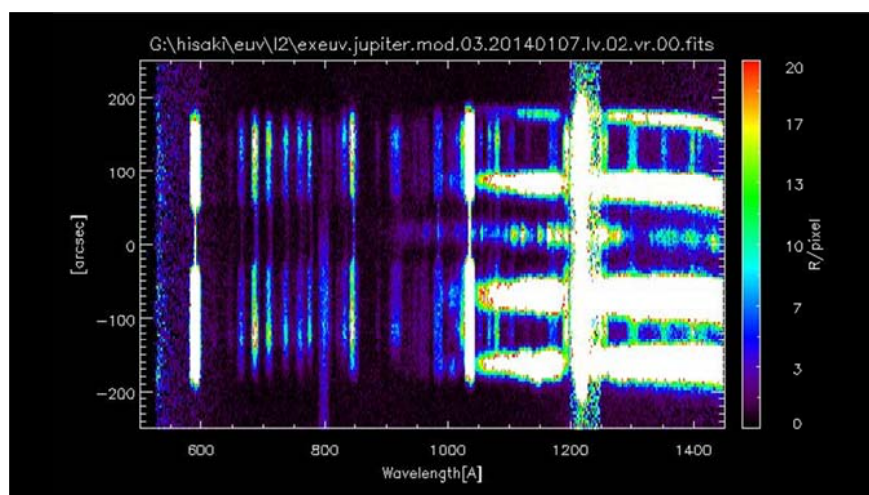
5.7. スリット視野のずれ

140"スリットの設定直後の観測では、140"スリットの中心が視野中心からずれている場合がある（下図）ので、解析時には注意が必要。



5.8. EUV star の混入

惑星観測中に視野内に EUV star が入る場合があるので、解析前にスペクトルを確認する必要がある。2014 年の木星観測時は 1/7, 1/14, 1/15, 2/10, 2/11, 4/10, 4/11 に EUV star が確認されている。



2014/1/7 の積分スペクトル画像

6. 校正テーブル

fits フォーマット : `calib_v1.0.fits`

入手先 : <https://hisaki.darts.isas.jaxa.jp/euv/cal/>

構造の詳細は fits ヘッダーを参照

'X-coord' Extension	X 軸の pixel 値を Å に変換するテーブル
'Y-coord' Extension	Y 軸の pixel 値を arcsec に変換するテーブル※ ※短波長・長波長側には歪みが残っている
'Cal' Extension	count/pixel/min -> Rayleigh/pixel に変換するテーブル

注意 : 検出器感度の経年変化に伴い、今後、各観測時期に対してそれぞれ校正テーブルを定義する予定である。そのため、校正テーブルファイルは複数になる見込み。

7. IDL ライブラリ

FITS I/O for IDL は Level2 データの読み出しに使用する (必須ライブラリ)

他のライブラリは必要に応じて適用する

NAIF SPICE 惑星、衛星、人工衛星・飛翔体の軌道、姿勢計算ルーツ
fits ヘッダに含まれない情報(衛星位相角など)の計算に使用する

7.1. FITS I/O for IDL

fits ファイルを読み書きするためのツール

NASA FITS 用 I/O ツール : <http://idlastro.gsfc.nasa.gov/ftp/astron.zip>

上記をダウンロード&解凍し、IDL パスが通る場所に展開する。

IDL のパスの設定方法 :

「ウィンドウ」-「設定」を開く

「IDL」タブ中の「パス」を選択する

「選択パス」で「IDL パス」を選択し、「挿入」ボタンでパスを追加する

使用例 : EUV-L2 fits データを 1 画像だけ読み込む

ファイル名を指定

```
IDL> filename='/data/fits/ exeuv.jupiter.mod.01.20131119.lv.02.vr.00.fits'
```

fits ファイルを開き、fcb という変数に各種情報を格納

```
IDL> fits_open,filename,fcb
```

1 番目の extension を読み込み、画像データを data に格納。

```
IDL> fits_read,fcb,data,header,exten_no=1
```

header にヘッダ情報を格納。exten_no=0 が primary ヘッダ。
以降、1 : 'Total' extension、2 : ' (時刻) ' エクステンション1、、、と続く。
ext_no の代わりに extname キーワードで extension の名前も指定できる。
fits ファイルを閉じる。
IDL>fits_close,fcb

7.2. NAIF SPICE for IDL(ICY)

NASA が開発した人工衛星、探査機、惑星・衛星等の軌道、姿勢計算ツール

下記 URL より自分の解析環境(OS/IDL version)に合った icy.zip を取得する。

http://naif.jpl.nasa.gov/naif/toolkit_IDL.html

旧バージョンの IDL を使用する場合は、旧バージョンの Toolkit を使用する

<ftp://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/misc/>

icy.zip を適当なディレクトリ (例: C:\SPICE\icy) に展開

IDL を起動し「ウィンドウ」－「設定」－「IDL」－「パス」から、IDL パス設定を開き、
「DLM パス」に lib ディレクトリ名 (C:\SPICE\icy\lib) を追加

詳細は下記を参照。

- Installation

http://naif.jpl.nasa.gov/naif/toolkit_IDL_PC_Windows_VisualC_IDL7.x_64bit.html

http://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/toolkit_docs/IDL/req/icy.html#Installation

- Programing

http://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/toolkit_docs/IDL/index.html

HISAKI 衛星及び主要な太陽系惑星の SPICE kernel ファイル

<https://hisaki.darts.isas.jaxa.jp/kernel/>

kernel ファイル: 衛星位置や観測機器視野、惑星位置等の源泉情報ファイル。

- CK: 姿勢カーネル。衛星の姿勢情報が格納されている
- FK: フレームカーネル。観測機器や衛星に固有の座標系を定義。
- IK: 機器カーネル。観測機器の視野、アラインメントなどの情報を格納。
- SPK: 軌道カーネル。衛星や惑星の軌道情報が格納されている。
- SCLK: 時刻カーネル。衛星の持っている時刻情報が格納されている。
- LSK: うるう秒カーネル。うるう秒の情報が格納されている。
- PCK: 惑星定数カーネル。天体に関する定数などが格納されている。

その他の汎用カーネルファイルの取得

以下の URL より必要なカーネルファイルを取得できる

http://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/generic_kernels/

IDL での SPICE 初期動作確認方法

下記のいずれかの方法で、エラーが出ない事を確認する

```
IDL> help, 'icy', /dlm
```

```
IDL> print, cspice_tkvrns( 'TOOLKIT' )
```

```
IDL> cspice_furnsh, 'c:\$SPICE¥kernel¥lsk¥naif0011.tls'
```

```
% Loaded DLM: ICY.
```

(SPICE kernel ファイルが C:\\$SPICE¥kernel¥以下に存在する場合)

使用例：IDL/SPICE で木星からみたひさきの軌道を計算する

この例を試す前に「HISAKI 衛星及び主要な太陽系惑星の SPICE kernel ファイル」をすべて取得しておくこと

カーネルを格納しているディレクトリを指定

```
IDL> path= 'C:\$SPICE¥kernel'
```

ディレクトリ内のカーネルファイルの名前を全取得

```
IDL> kernels=file_search(path, '*/*.*')
```

カーネルをメモリにロード

```
IDL> cspice_furnsh, kernels
```

計算したい時刻の設定、SPICE 内部で使用する暦時間 et を計算

```
IDL> epoch='2014-01-01T00:00:00'
```

```
IDL> cspice_str2et, epoch, et
```

軌道情報を計算したい対象天体、座標原点(観測者)、座標系定義の設定

```
IDL> target='SPRINTA'
```

```
IDL> observer='JUPTIER'
```

```
IDL> frame='IAU_JUPITER'
```

天体の光行差及び、観測者-対象間の光の移動時間補正の設定

```
IDL> abcorr='LT+S';
```

指定時刻において target で指定した天体の位置・速度情報を計算

その結果が六次元ベクトルとして state に格納。光の移動時間が lighttime に格納。

```
IDL> cspice_speke, target, et, frame, abcorr, observer, state, lighttime
```

8. ひさきデータ解析に関連するリンクまとめ

8.1. FITS 関係

- fv : FITS ファイルビューア。画像やテーブルなど任意形式のデータを読み込める。
<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/ftools/fv/>
- ds9 : FITS ファイルビューア。画像形式のデータの読み込み、解析に適する。
<http://ds9.si.edu/site/Home.html>
- IDL astronomical library : FITS の I/O など操作全般が可能な IDL ライブラリ
<http://idlastro.gsfc.nasa.gov/>
- sfitsio : C/C++による FITS 操作のライブラリ。FITS 操作系ライブラリの中で、最も可読性に優れ、高度で高速な操作が可能。
<http://www.ir.isas.jaxa.jp/~cyamauch/sli/index.ni.html>

8.2. SPICE 関係

- SPICE ツール IDL 版
 - http://naif.jpl.nasa.gov/naif/toolkit_IDL.html
- SPICE カーネル置き場
 - 探査機一般、天体等 <ftp://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/>
 - ひさき <https://hisaki.darts.isas.jaxa.jp/kernel/>
- SPICE DOCUMENTS Web
 - http://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/toolkit_docs/IDL/index.html
- Horizons web (SPICE で天体位置計算できるウェブインターフェース。答え合わせに。)
 - <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>

補遺

補遺 A 金星スリット内保持観測データの解析時の注意点

2014 年の金星観測時は、衛星の処理上の問題※ で CALFLG, SUBMOD, SUBMST では惑星観測中と SKY 観測中の判別できていないため、EUV の観測データを用いて判別する必要がある。

※60”スリットを用いたスリット内保持制御の観測では他の惑星でも同様の問題がありうる。
この問題は 2014 年 10 月 20 日に改修された（補遺 B 参照）

データ上に ROI(Region-Of-Interest)領域を設定し、この領域内の平均カウント値に対してしきい値を設け、判定する。以下にこれまでの金星観測で実践した方法を記載する。

判定には非常に明るい OI 130.4 nm の発光輝線を用いる。130.4 nm は MCP 上で X=222 ピクセル位置に相当する。

1) ROI の設定

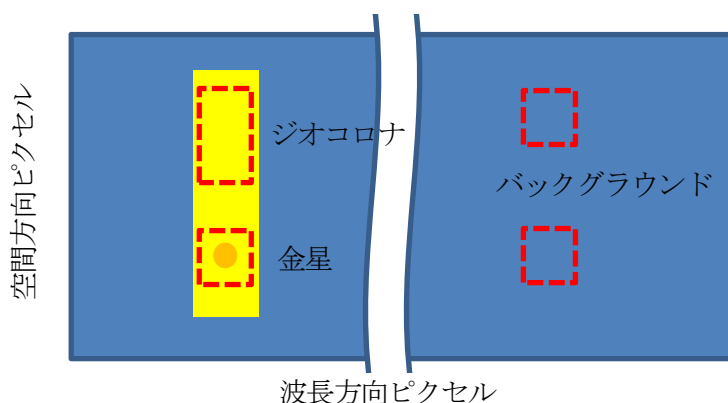
金星ディスク領域 = [216, 228, Y1, Y2]

ジオコロナ = [216, 228, Y3, Y4]

バックグラウンド = [750, 850, 630, 700] + [750, 850, 350, 450]

（金星の輝線、ジオコロナの輝線両方が入らない領域）

注）Y1, Y2, Y3, Y4 は金星の導入位置によって変わるため、調整が必要。Y1, Y2 はスリット内の金星 disk のカウントが全部入るよう広めにとる。Y3, Y4 はスリット内の金星 disk が入っていない領域をとる。



2) 各 ROI 内のカウント値を平均

c_disk = ディスク領域の平均カウント [cts/pix]

c_gcrn = ジオコロナ領域の平均カウント [cts/pix]

c_bg = バックグラウンドの平均カウント [cts/pix]

3) データの取捨選択条件を設定

i) バックグラウンドカウントが大きいとき

バックグラウンドカウントは放射線等が原因であり、これが大きいと誤差要因となるため、捨てる。

例) $c_bg > 0.0025$ となる 1 分積分画像を捨てる

ii) ジオコロナカウントが大きいとき

ジオコロナも差し引きをする際に誤差要因となる。しきい値をもうけ、ジオコロナの発光強度が強い時間帯は捨てる。

例) $c_grcn > A$

(ジオコロナは観測時期や衛星のローカルタイムに依存しているため、

A はデータを見ながら決める。2014 年の観測では $A=0.025 \sim 0.003$ としている)

iii) 観測データ期間の始まりと終わりの数分

観測開始後 1 分目は観測装置の立ち上げ時間も含むため、2 分目以降を使う。現実的には 1 分では不十分に感じられるため、開始後・終了前 3 分のデータを捨てている。

5 分としても良いかもしれない。観測期間が日付をまたいでいるときは、ファイルの先頭、末尾のデータをこの条件で削除しないように注意する。

iv) 視野ガイドカメラが動いているとき

金星は観測時には 60" スリット内に入るため、ガイドカメラでその位置を常に把握することができない。そのため、観測中に金星のスリット内の位置が時間変化する。この移動を最小限に抑えるため、金星を定期的にスリットから出し、ガイドカメラで位置を確認する姿勢制御が行われる。このとき、ガイドカメラで撮像した金星位置の座標を示す、BC1X, BC1Y, BC2X, BC2Y (ヘッダ情報参照) に nan 以外の数値が入る。すなわち、これらのいずれかに値が入っているときは、金星がスリットから出ており、惑星観測データとしては使えないため、捨てる。

v) その他

EUV スターが入ってしまった時間帯、金星の導入位置が設定より著しく動いてしまっている時間帯も除く

上記の条件をクリアしたデータのみ、下記判定にかける

4) 惑星観測/SKY 観測判定

$c_disk < B1$ & $c_disk - c_grcn > B2$ を満たすとき、惑星観測と判定

$C1 < c_disk - c_grcn < C2$ のとき、SKY 観測と判定

B1, B2, C1, C2 は観測時期で変わるため、これらの閾値は c_disk や $c_disk - c_grcn$ のヒストグラムを描き、決定する

例) B1 = 1.0, B2 = 0.2, C1=-0.02, C2 = 0.025 for Mar 2014

以上の操作で観測モードを選別できる（と思われる）。この方法の判定結果に `obsflg` のようなフラグを同時に作ると後々の解析で便利。

火星や土星データにも同様の問題があると思われるが、発光強度が金星に比べて弱い
ため、原理上難しいと思われる。積分して SN を稼げばよいのだが、その際は惑星がスリ
ット内を動くためにスペクトルがなまるという問題が生じる。

補遺 B スリット内保持観測時の衛星姿勢保持の問題

2014 年 10 月 20 日以前に実施されたのスリット内保持観測では、衛星の処理上の問題で
CALFLG, SUBMOD, SUBMST では惑星観測中と SKY 観測中の判別できない問題が生
じていた。

この問題への対応を 2014 年 10 月 20 日に実施している。対策の概要は以下の通り。

- ・ 惑星観測中でない時間は、基本的に CAL フラグを ENA としておく
- ・ 惑星観測開始 (HV ON) の 5 分後に CAL フラグを DIS、観測終了 (HV OFF) の 10
秒前に CAL フラグを ENA にする
- ・ SKY 観測中は（従来通り）常に CAL フラグは ENA とする
→CAL フラグが DIS となっているデータはすべて惑星中のデータとなる
ただし CAL フラグ ENA となっているデータの一部 (HV ON～5 分程度) に惑星が入
っている可能性があるため、SKY データの処理の際に注意が必要
(例: CAL フラグ ENA が 10 分以上続くデータのみを SKY データとして使用する)

なお、CAL FLAG = ENA の状態では、衛星バス部の姿勢制御系は現状姿勢を維持するのみ
の制御となり、視野ガイドカメラから重心位置が出力されてもこの情報は姿勢制御に使用
されない。スリット内保持観測においてガイドカメラから重心位置が姿勢制御に使用され
るのは、最初の OBS_START 時(観測対象惑星の初期導入時)と、HV ON 後に CAL フラグ
が DIS になった時にガイドカメラが惑星を捉えた場合となる。この方法は、初期導入で惑
星をスリット内に引き込んだ以降は基本的にはガイドカメラを使用しなくても惑星はスリ
ットの外に出ない、というこれまでの観測実績に基づき採用している。

補遺 C 主要観測モードにおける惑星導入位置と観測視野

木星 mode1

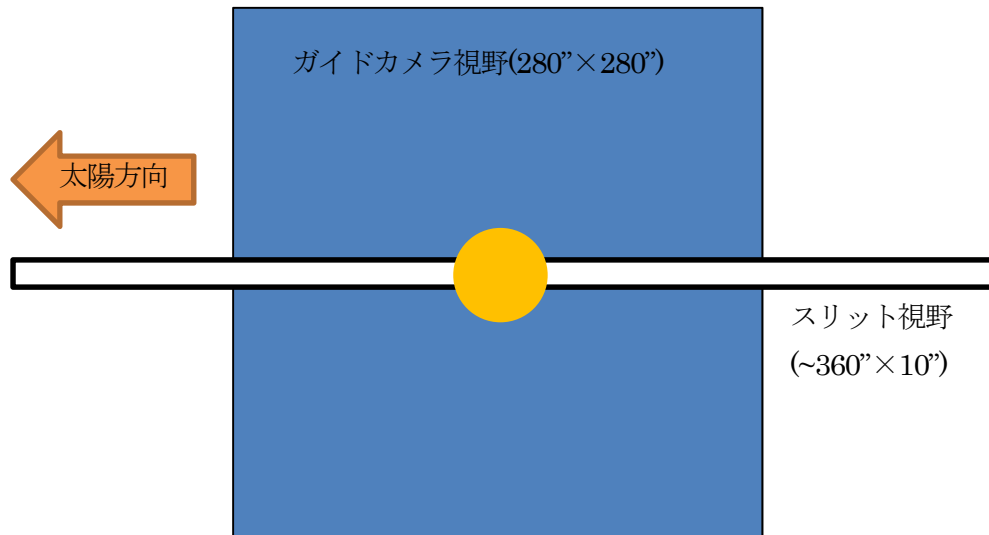
使用スリット：10"スリット、ブランクフィルタ

惑星導入位置：スリット中心

追尾モード：惑星追尾制御

スリット傾き：木星遠心力赤道面(イオプラズマトーラス)に平行

可視時間の中央時刻における木星遠心力赤道面の傾きを設定し、
観測中にスリットの傾きを変更する姿勢制御は実施しない



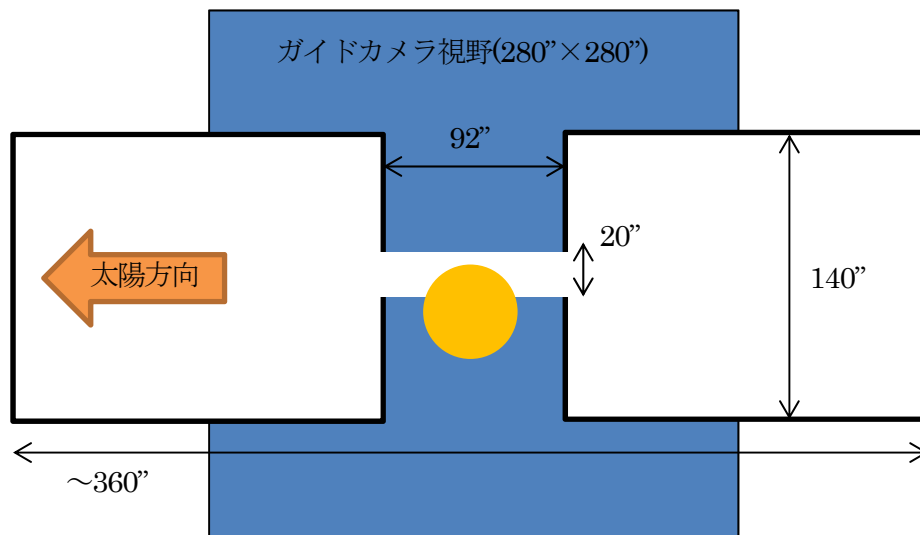
木星 mode3

使用スリット：140"スリット、ブランクフィルタ

惑星導入位置：木星北極域スリット中心に導入

追尾モード：惑星追尾制御

スリット傾き：木星自転赤道面に平行

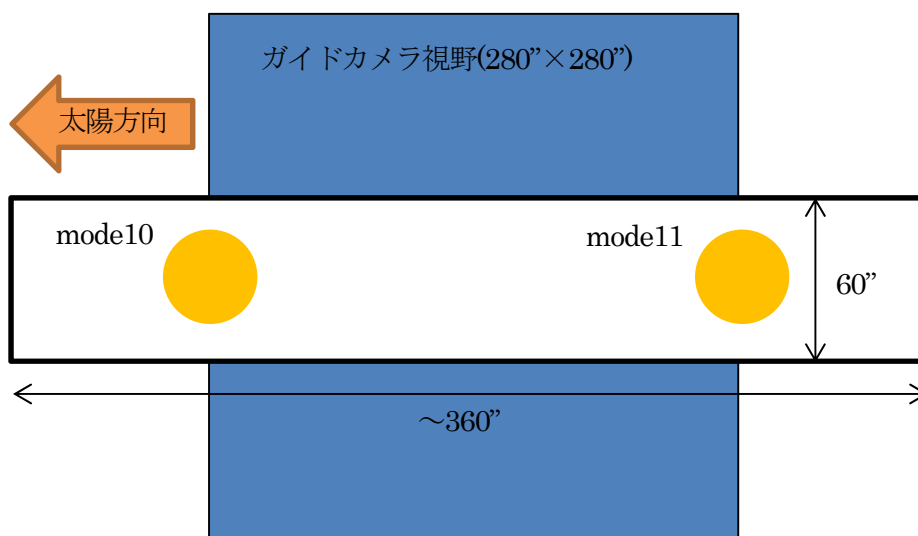


木星 mode10/11

使用スリット：60"スリット、ブランクフィルタ

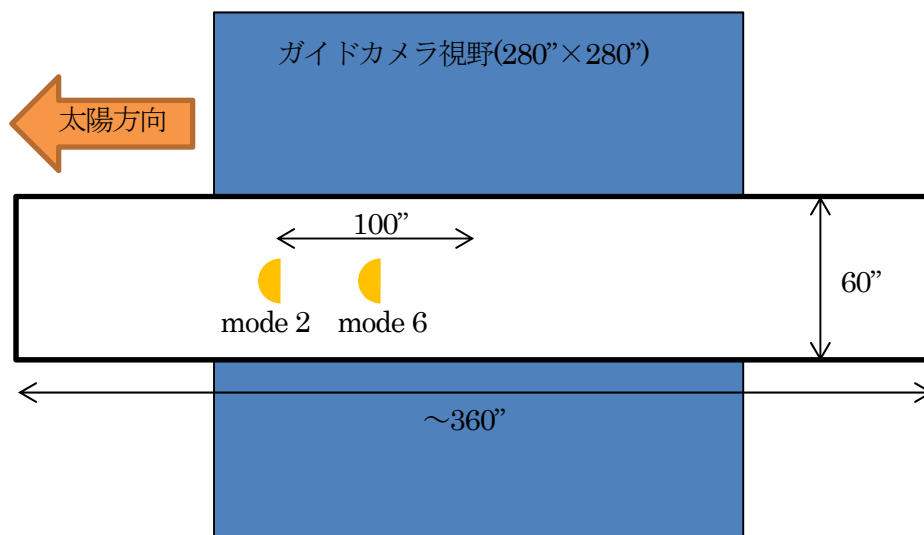
惑星導入位置：木星を視野ガイドカメラの端に導入

追尾モード：スリット内保持制御
スリット傾き：木星自転赤道面に平行



金星 mode2/6

使用スリット：60"スリット、ブランクフィルタ
惑星導入位置：スリット中心から太陽方向に 100arcsec/50arcsec の位置
追尾モード：スリット内保持制御
スリット傾き：太陽-金星を結んだ線に平行



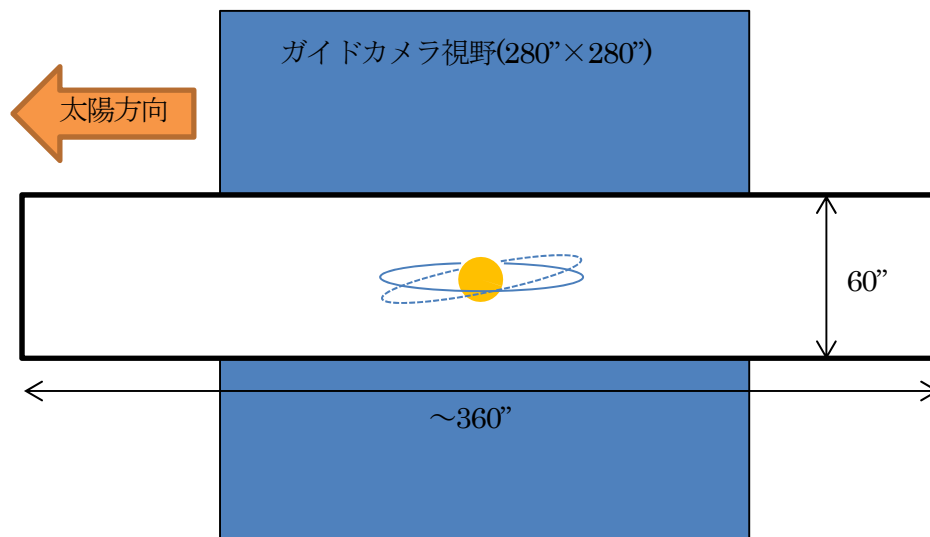
土星 mode3

使用スリット：60"スリット、ブランクフィルタ
惑星導入位置：スリット中心

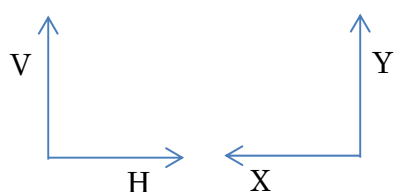
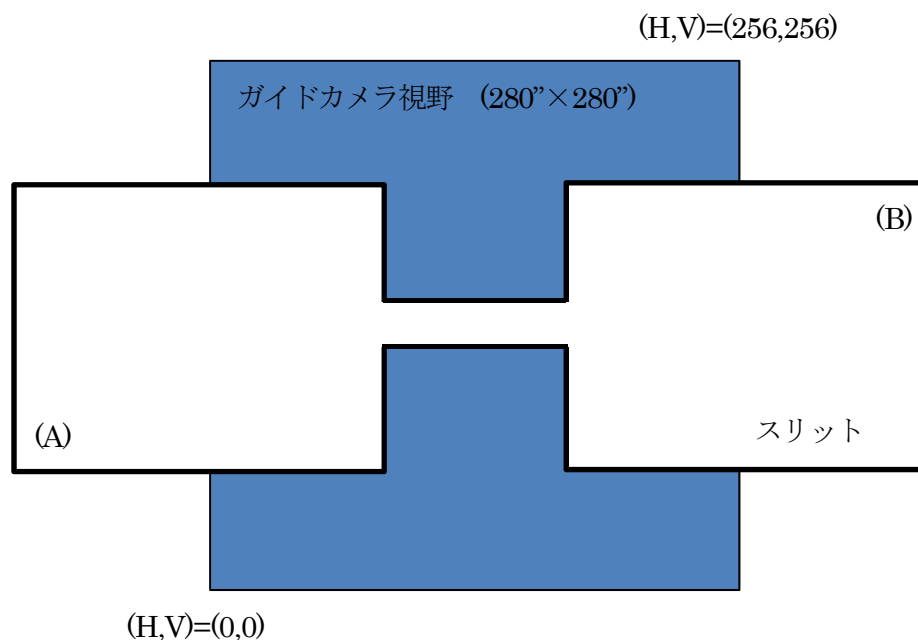
追尾モード：スリット内保持制御

スリット傾き：エンセラダス軌道面に平行(下図実線)

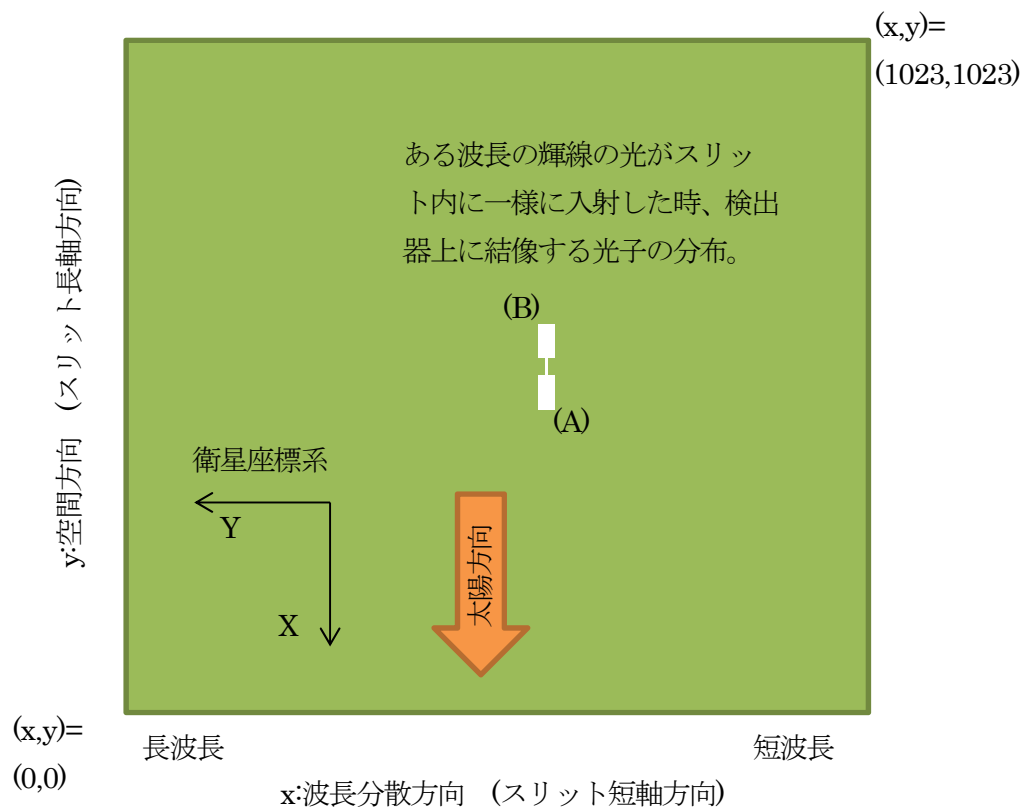
但し、衛星放熱面(Y 面)への太陽入射角が 9 度を超える場合は、太陽入射角が 9 度となるようにスリットの傾きを設定する。この時、エンセラダス軌道面とスリットは平行とはならなくなるので注意が必要(下図破線)。



補遺 D 衛星と Level2 データの座標系対応



ガイドカメラとスリットの視野の関係(上)
衛星座標(X,Y)とガイドカメラ座標(H,V)の関係(左)



衛星座標系(X,Y)と Level2 データのピクセル座標(x,y)との対応

内惑星観測実施時における望遠鏡への太陽光の入射を防ぐため、衛星から見て太陽が常に+X方向となるように姿勢制御される。この姿勢制御の方針は、外惑星でも適用されている。このため、内惑星の内合、外合、及び外惑星の合、衝を境に衛星の姿勢はZ軸回りに180度回転される。

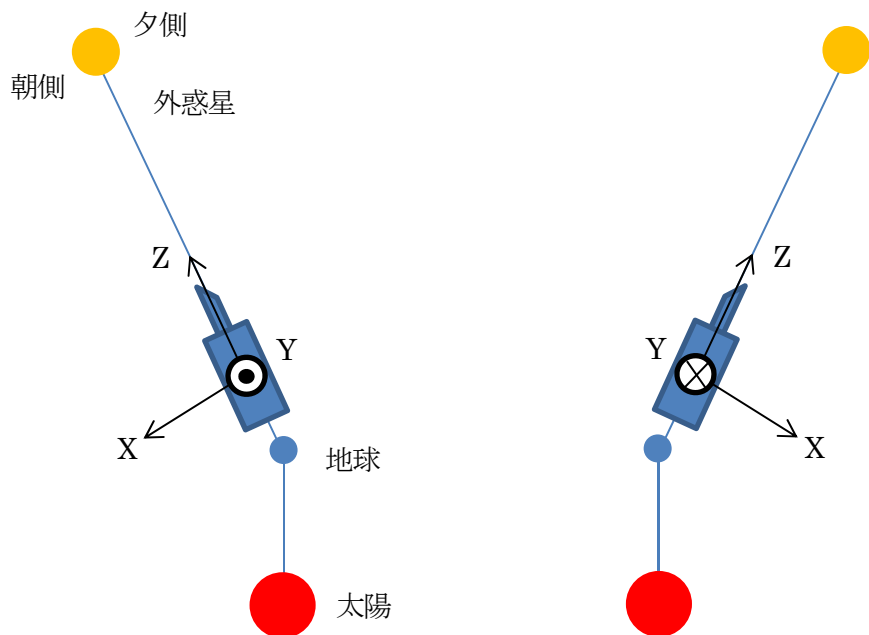
ガイドカメラの座標系(H,V)と衛星座標(X,Y)は $H=-X/V=Y$ の関係にある。

Level2 データファイルの fits ヘッダに格納されているガイドカメラの惑星重心位置座標は (H,V)座標系(単位ピクセル)である。

検出器(MCP)で検出された光子の位置情報(検出器上の位置=光子の到来方向び波長の情報)はそのまま地上に降ろされ、地上の計算機で1分間に検出器に入った光子の位置を積分して2次元画像化し、Level2 データとして保存している。x軸が波長方向、あるいはスリットの短軸方向、y軸がスリット長軸に沿った空間方向である。

衛星の X 軸は Level2 データの y 軸と反平行の関係にあり、太陽方向は Level2 データの -y 方向となる。このため、内惑星の観測データの解析では、太陽風に対し、常に -y 方向が上流、+y 方向が下流となる。

一方、木星型惑星の観測では、衝を境に衛星の姿勢は Z 軸回りに 180 度回転する運用が実施され、これを境に視野の東西・南北が反転する。



衝の前(左)及び後(右)の衛星姿勢

上図の通り、外惑星観測では、衛星 Y 軸は衝の前は北向き、衝の後は南向きとなる。これに伴い Level2 データの座標系(x,y)(単位：ピクセル)と、地球から見た外惑星の南北・朝夕方向の対応は下表の通りとなる。

	衛星 Y 軸	惑星 dawn 方向	惑星北方向
衝の前	北向き	-y 方向	-x 方向
衝の後	南向き	+y 方向	+x 方向

この衛星 Y 軸の反転制御は衛星バス部が自動的に実施するわけではなく、運用メンバーが作成する運用計画に沿って実施される。このため、衛星 Y 軸の反転運用実施日と衝の日時は必ずしも一致しない（5.3 節参照）。