

Planetary Data Access Protocolの開発

ISAS/JAXA

○山本幸生

惑星探査データアーカイブの現状

- 現在の惑星科学データはNASAが開発した Planetary Data System(PDS)フォーマットがデファクトスタンダードとなっている現状がある
- JAXAでは「はやぶさ」「かぐや」に続いてJSPEC/ISASを横断する科学データ、探査データを取得する計画があるが、統一的にデータを保持し解析を行う枠組みの整備が必要とされている
- 「はやぶさ」「かぐや」ではPDSフォーマットに準拠するフォーマットで公開予定であるが、PDSフォーマットは厳格な審査があり、研究者や開発チームの労力を研究/開発以外の方面で浪費させてしまう側面がある
- JAXAで新規にデータベースを整備する場合、NASA/PDSのデータ公開の枠組み(NASA node)を利用してしまうとデータの取り扱いとしてNASAが主体となってしまうため、JAXAのデータであるにも関わらず主導権を確保しにくい



参考:<http://pds.nasa.gov/>

他分野のデータ処理システムの調査

- 地球観測衛星の状況
 - 多様化するデータフォーマット(CEOS, HDF, CDF, NetCDF etc.)
 - データアクセスに関する仕様共通化の放棄
 - 共通化されていないデータの Kategorization 技術へのパラダイムシフト
- 天文衛星分野の状況
 - フォーマットはFITS
 - 分野ごとに豊富なツール群(IRAF, HEASOFT, Solarsoft etc.)
 - 豊富なドキュメント
 - データアクセス用独自プロトコルの開発(VO用, SIAP/SSAP)
 - ⇒ある意味完成形に近い、惑星探査・科学データアーカイブは天文衛星分野を目指すべき

惑星探査・惑星科学分野の データと処理システム

- 観測機器の多様化だが、、、
 - ⇒フォーマットの集約及びツールの共有化努力が可能
(地球観測と比較してデータ量が少ない)
 - 固体惑星分野:PDS準拠, 商用ソフトウェア, 独自ツール
 - プラズマ分野: CDF(一部PDS), 独自ツール
 - ドップラー計測: 独自フォーマット, NASA開発ソフトウェア(GYODYNE)
 - 軌道・姿勢関連データ: PDS(SPICE), NAIFツール
 - その他: 独自フォーマット(PDS化), 独自ツール
- その他の公開可能データ
 - JAXA保有Apollo月震データ(独自フォーマット)
- 将来必要となるデータ
 - ペネトレータ月震データ(汎用SEEDは困難, GPS likeを利用?)
 - 実験室データ(サンプルリターンの解析データ)



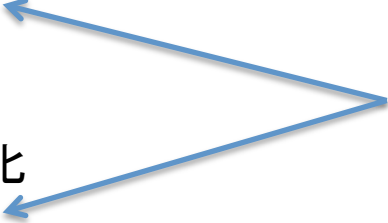
独自ツールが多すぎるため
機能ごとに分類されていない！

処理方式の共有を目指すためには更なる調査が必要
各大学・研究機関と共同研究を以て本当に必要な方式の策定

惑星科学分野の特徴まとめ

- 他の分野との相違点
 - データ量が(比較的)少ない
 - データのほとんどがNASAおよびESAの独占
 - 上記に伴いフォーマットはNASAのPlanetary Data Systemフォーマット(PDS)がデファクトスタンダード, 次いでESAのPlanetary Science Archive(PSA)
- 現段階で早期に標準化を進めることで、他の分野が歩んで来た多くの問題点を解決可能
 - 用語の違い
 - システムの違い
 - フォーマットの違い
- 天文分野の仕組みがそのまま適用できるほど単純ではないが、地球観測ほど多様でもない

データアーカイブに関する 共有と標準化

- 利便性から...
 - アクセシビリティ(Accessibility)... 欲しいデータがすぐ見つかる
 - 標準化(Standardization) ... 同様の方法でデータを扱える
 - 運用性(Operation) ... 人的・金銭的コストが安い
 - 共有の側面から見て...
 - ハードウェアの共有(運用コストの減少)
 - ソフトウェア(サービス, ツール)の共有(開発コストの減少)
 - **インターフェースの共有**
 - 窓口の共有
 - 標準化の側面から見て...
 - データフォーマットの標準化
 - **インターフェースの標準化**
 - 用語(Terminology/Convention)の標準化
 - その他
 - データ品質
- PDAPのターゲット**
- 

International Planetary Data Alliance : Who? Steering Committee Members : 2009-2010

<u>Chair</u>	Yasumasa Kasaba (Tohoku Univ., Japan)
<u>Vice-Chair</u>	Dan Crichton (NASA /PDS)
<u>Former Chair</u>	Maria Teresa Capria (IASF/INAF, Italy)
<u>ESA (PSA)</u>	Dave Heather
<u>France (CNES)</u>	Francis Rocard
<u>Germany (DLR)</u>	Karin Eichertopf, Thomas Roatsch
<u>India (ISRO)</u>	Gopala Krishna
<u>Italy (ASI)</u>	Francesco Carraro
<u>Japan (JAXA)</u>	Iku Shinohara, Yukio Yamamoto
<u>Russia (RAS/RKA)</u>	Alexander Zakharov, Viktor Savorskiy
<u>UK (BNSC/PPARC)</u>	Mark Leese (Open Univ.), Peter Allan (RAL)
<u>USA (NASA/PDS)</u>	Reta Beebe
Japan(AIZU Univ.)	Naru Hirata



What's PDAP ?

- Planetary Data Access Protocolの略
- 技術としてはWeb Service APIに相当(HTTPベース)
 - Google Maps API, Amazon API, etc.と同様の技術
 - アクセスはURL方式
 - `http://pdap.somewhere.net/q?DATA_SET_ID=MEX...&START_TIME=...`
 - 戻り値としてHTML/VOTableを選択可能
- Virtual Observatoryで利用されているプロトコルを元に開発
 - Simple Image Access Protocol (SIAP)
 - Simple Spectrum Access Protocol (SSAP)
- サービスとしては低レベルAPI+拡張サービス
 - 基本的な機能を提供(DATA_SET, PRODUCTの検索)
 - 拡張サービスとしてIMAGE専用サービス(緯度・経度情報の入力)
 - 拡張サービスとしてFLYBY専用サービス(対象天体の回転角度etc.)

PDAP仕様策定をどのように進めるか?

1. PDAPシステムを取り囲む環境

PDAPに対する要求はどこから来るのか?

2. PDAPのユースケース分析

PDAPの利用方法はこういったものなのか?

3. 要求の分類と実装レイヤ

要求に応えるのはPDAPで実施すべきことなのか?他のレイヤで要求に応えたほうがスマートではないか?

4. PDAP以外のプロトコルとの比較

HTTP/FTP等のプロトコルではどのように実装されているのか?

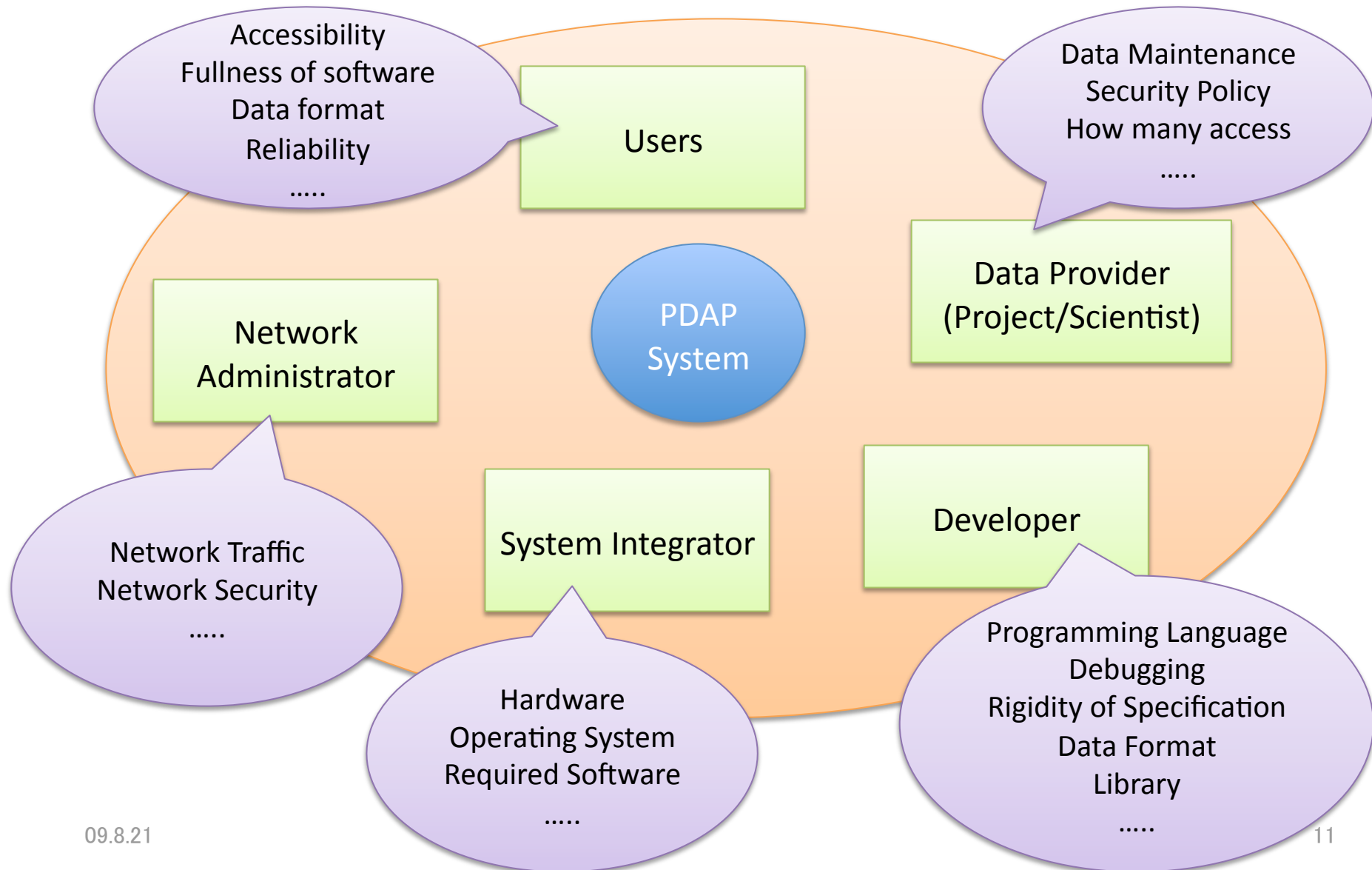
5. 試験実装からのフィードバック

実装して初めて気づくこと(負荷,実装方法)

惑星探査・科学データベース構築の動向

- JAXA内部の動向：急速な惑星探査・科学データベースの整備
 - 科学データベースの共通化
 - Hayabusa Data ArchivesのDARTSサイトへの統合
 - SPICE FTPサイトの構築
 - SELENEデータの一般公開(平成21年11月)
 - SELENEデータのPDS化対応検討
 - Planet-Cデータアーカイブ検討(SPICE含む)
- JAXA外部の動向：国際協力関係の強化・標準化推進
 - IPDAによる国際的な惑星科学データの共有方式検討
 - プロトコル(PDAP)仕様の策定
 - テクニカルチームの結成(技術メインの議論)
 - データ共有システムのアーキテクチャ検討
 - IPDA議長に東北大学(元JAXA)の笠羽教授が着任
 - 中国のChange, インドのチャンドラヤーンが月探査開始
 - データの公開についてはPDS/PSA

Players around PDAP System



Hayabusa Database

AMICA: Only Level-1 imaging data (in FITS format)

All ONC-T images & some ONC-W images

NIRS: Both spectral data of Level-1 & Level-2 (in FITS format)

Level-1: voltage data, Level-2: I/F (reflectance) data

LIDAR: Only Level-2 ranging data (in ASCII format)

Data reduced in offset

XRS: Only Level-1 x-ray spectral data (in ASCII format)

Histogram data of channel number & x-ray counts

SPIICE kernels: ancillary data

Number of Image data: 1662

Total size of current archived data: about 2 Gbyte.

These data for each instrument are being sorted by TI.

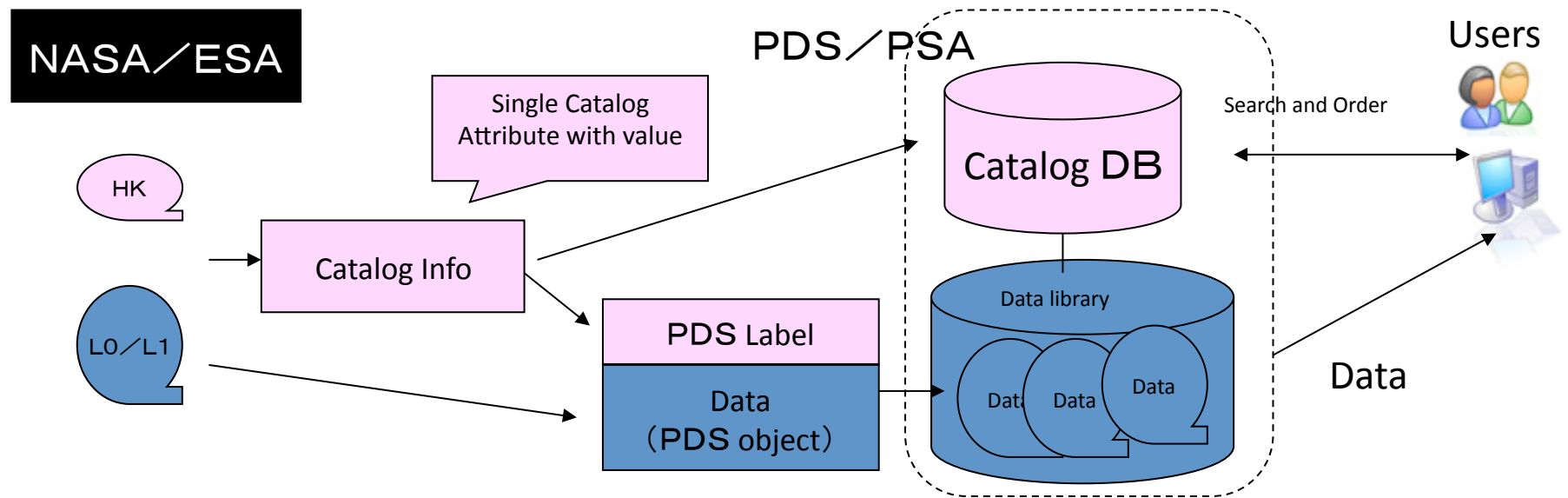
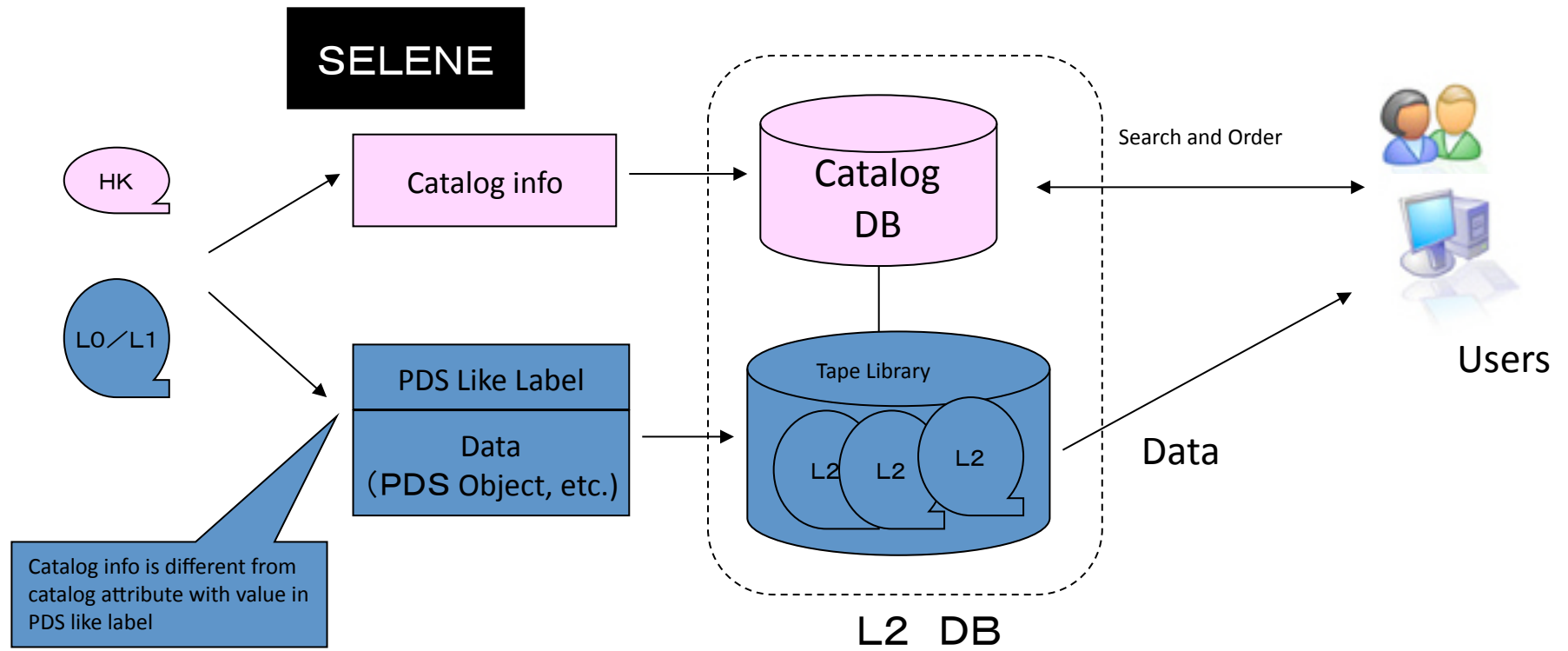
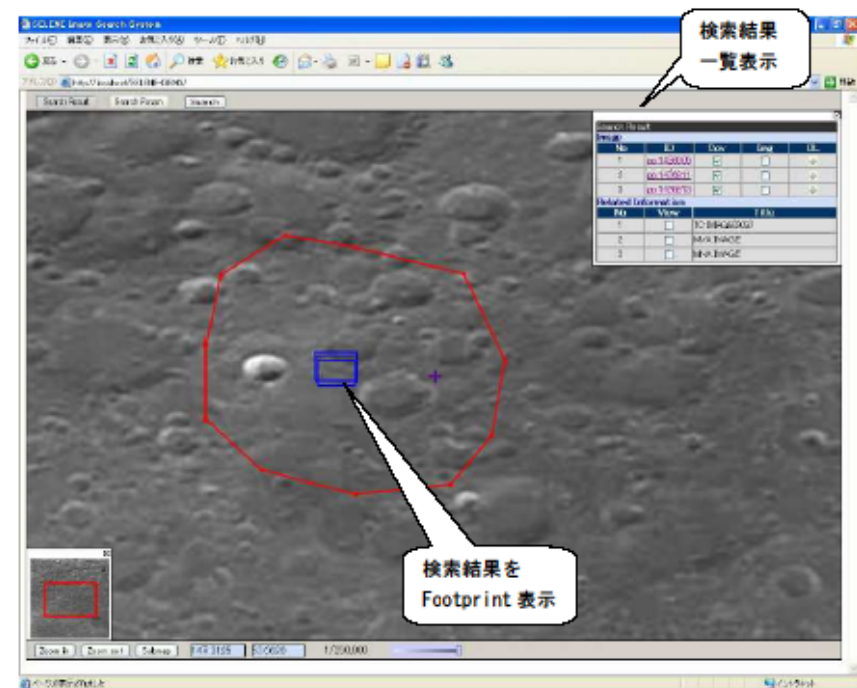
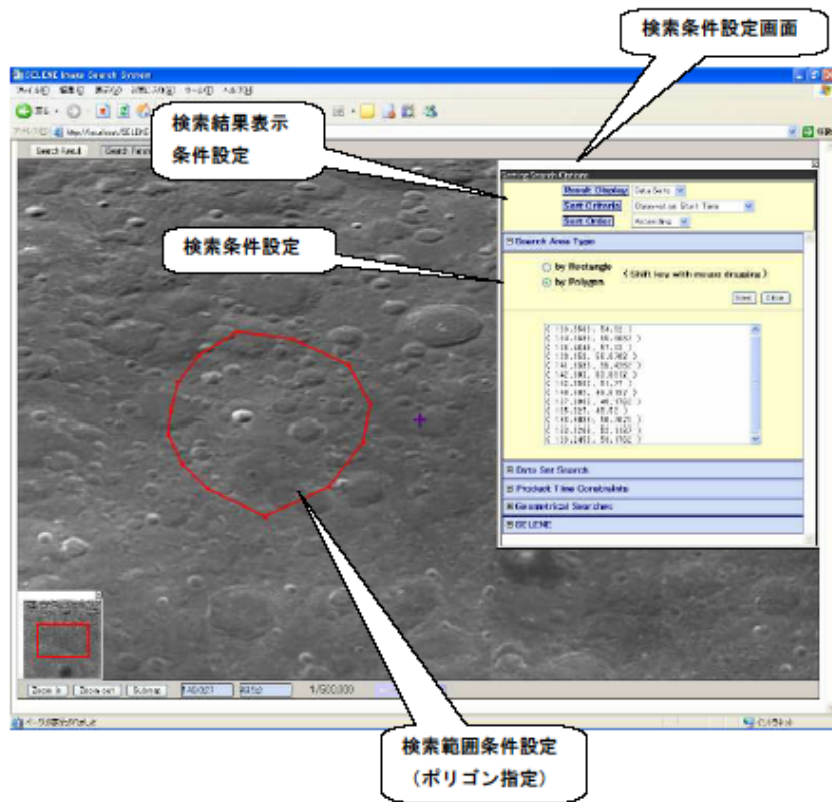


Image Search (Server/Client)



Query by PDS label

検索範囲指定方式設定

時刻情報検索条件設定

画像処理情報検索条件設定

データセット情報検索条件設定

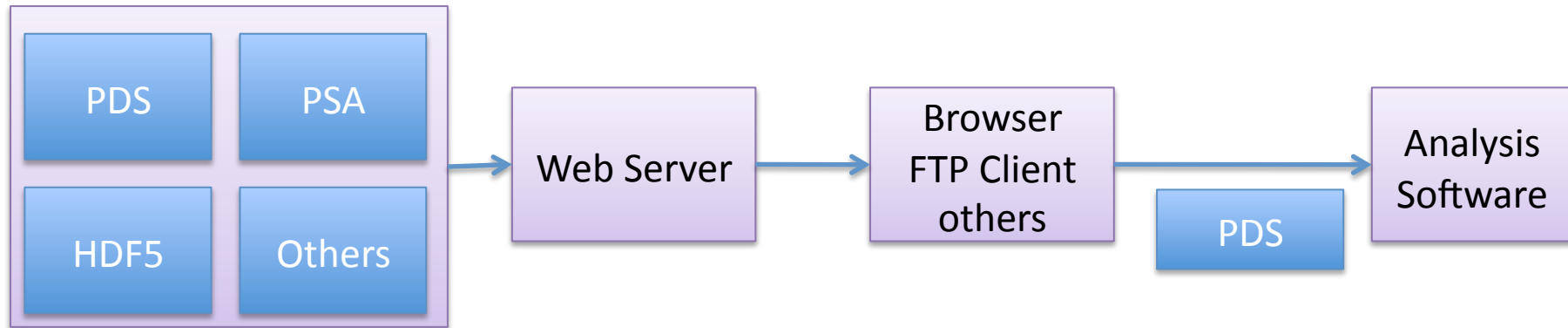
SELENE 固有情報検索条件設定

PDS ラベルによる詳細な検索条件が設定可能。

2. Use-case Analysis of PDAP

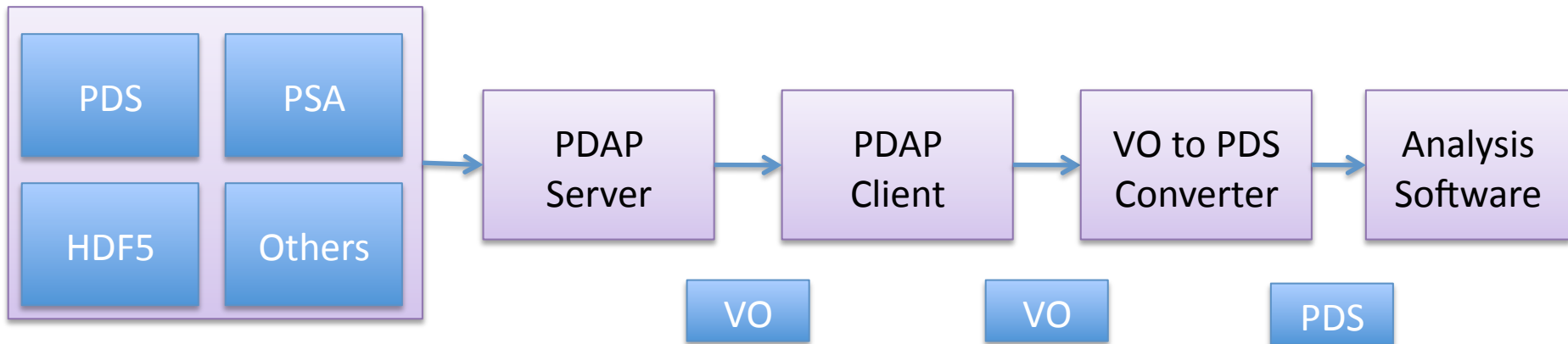
Example Case 1

Data Repository



Generic case of current analysis procedure

Data Repository

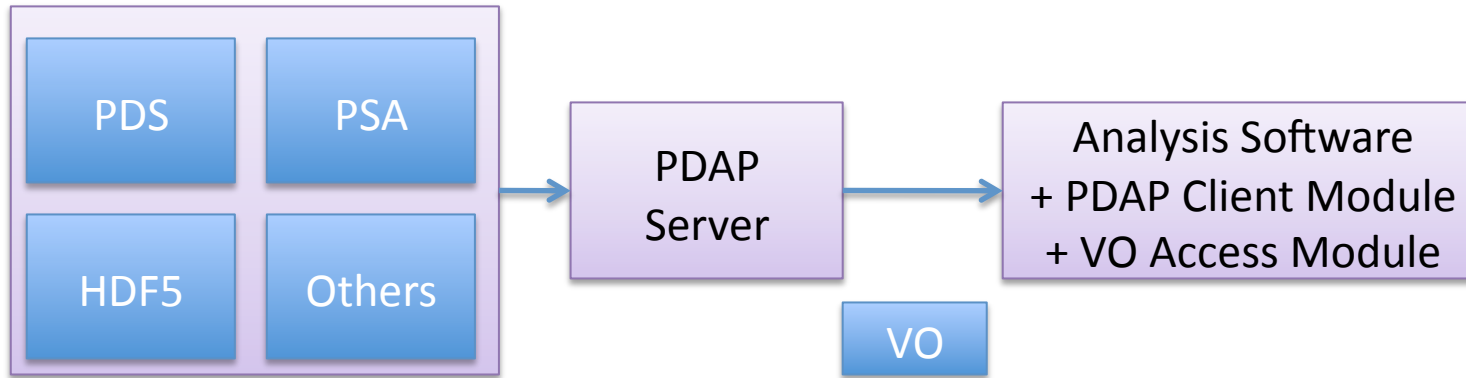


Sample case 1 using PDAP : Format Converter

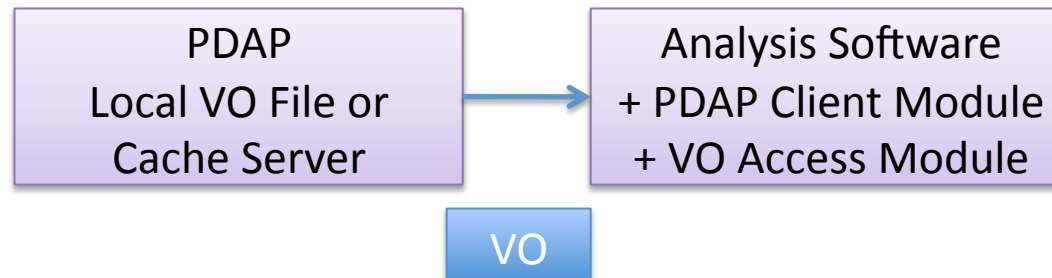
2. Use-case Analysis of PDAP

Example Case 2-3

Data Repository



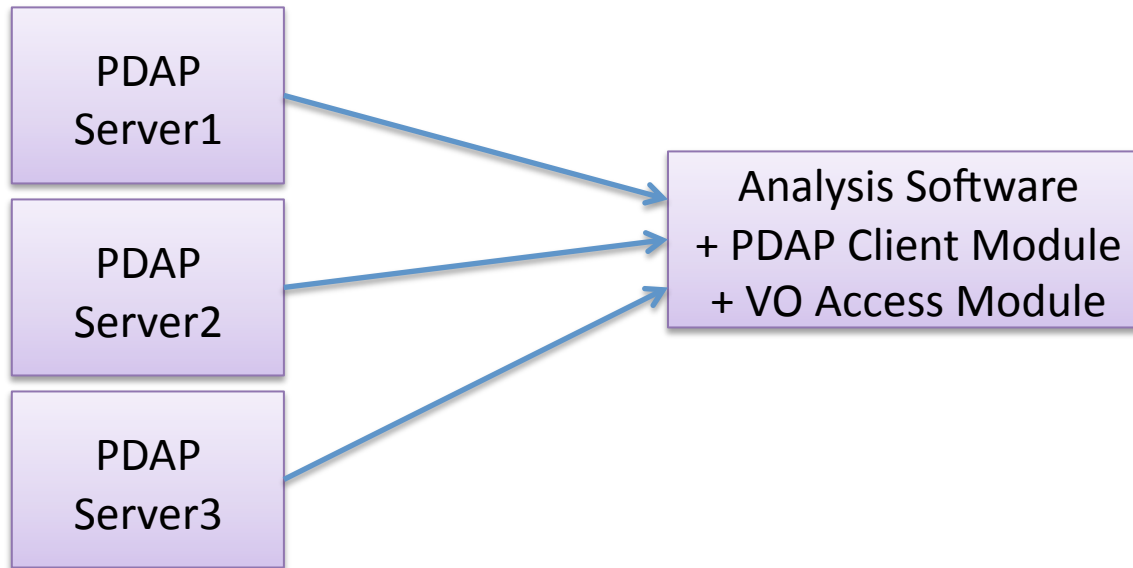
Sample case 2 using PDAP : Implementation of PDAP Client Module



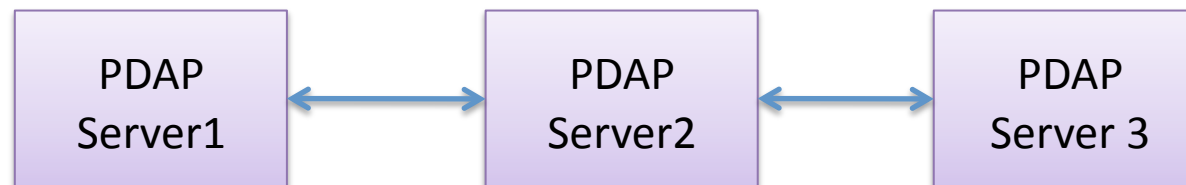
Sample case 3 using PDAP : Data Retrieving from local cache

2. Use-case Analysis of PDAP

Example Case 4-5



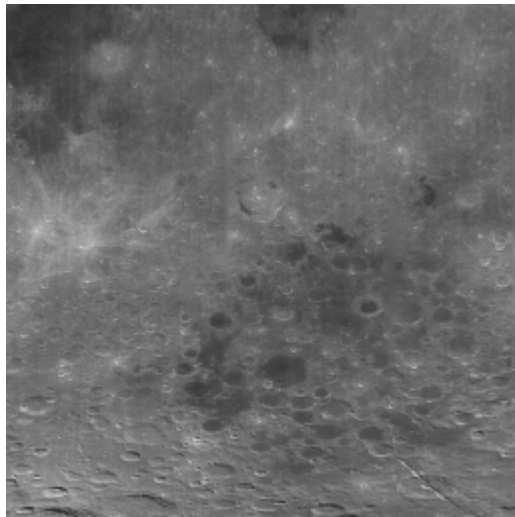
Sample case 4 using PDAP : Multiple Data Search Requirement



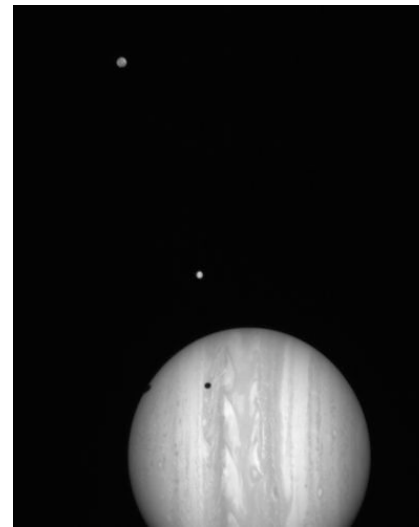
Sample case 5 using PDAP : Synchronization between PDAP servers

現在のPDAP Image Serviceの問題点

- IMAGEサービスにはCENTER_LONGITUDE/CENTER_LATITUDEの指定や、画像四隅の座標が定義されることを前提としているが、惑星探査データで取り扱う画像データは、それに該当しないことも多い



TARGET: MOON
(lon,lat)=(-35,278)
Taken by Clementine

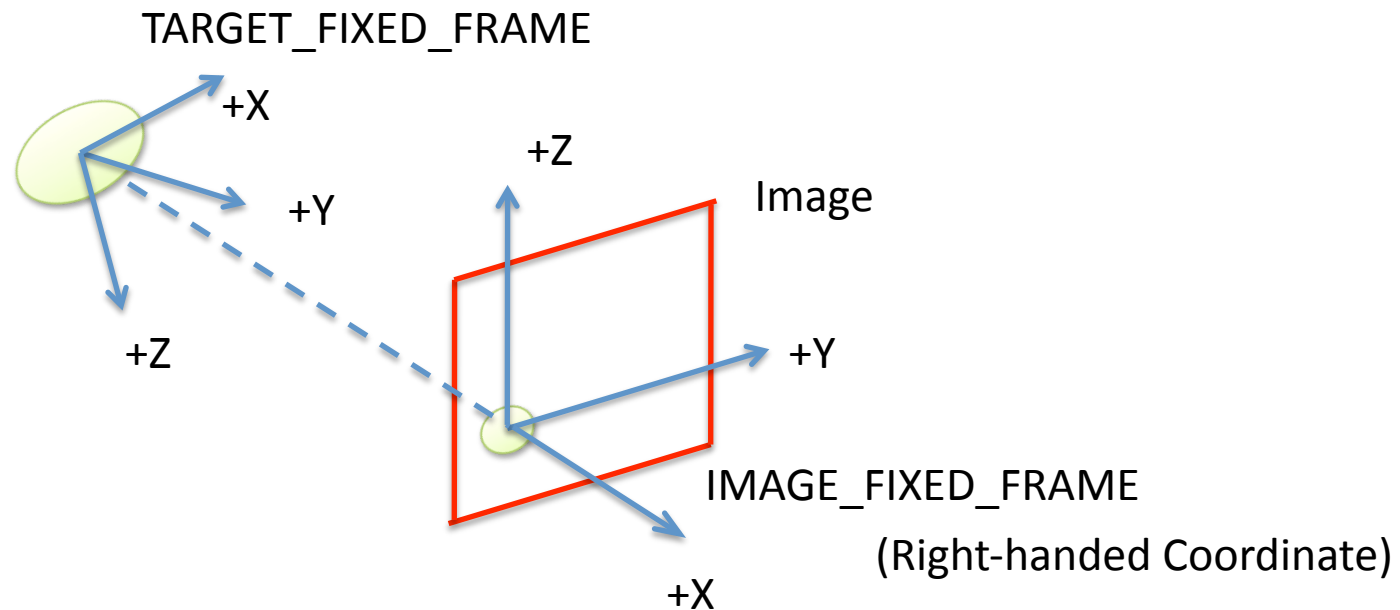


TARGET: JUPITER
(lon,lat)=(???,???)
Taken by New Horizons

Design of FlybyProduct

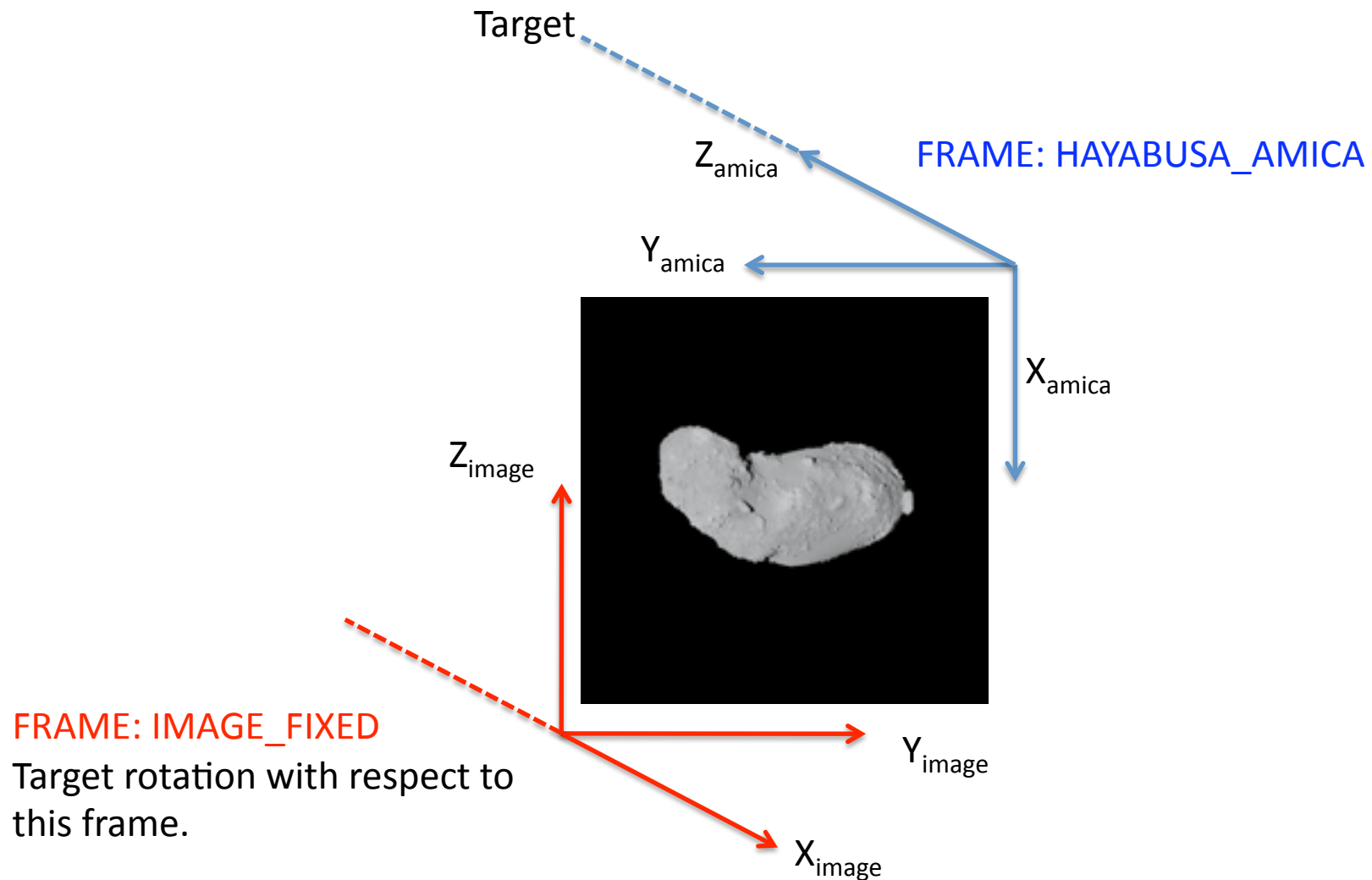
Target Roll, Pitch, Yaw angle

Target Roll, Pitch, and Yaw angles are defined referencing IMAGE_FIXED_FRAME.



Hayabusa FlybyProduct

Definition of IMAGE_FIXED_FRAME



Definition of Target Rotation order from IMAGE_FIXED to TARGET_FIXED

Definition: *Roll* : θ_x , *Pitch* : θ_y , *Yaw* : θ_z

Frame Rotation Order: $\theta_z \Rightarrow \theta_y \Rightarrow \theta_x$

Coordinate transformation:

\vec{r}_{image} : a position relative to the frame IMAGE_FIXED

\vec{r}_{target} : the same position relative to the frame TARGET_FIXED

$$\vec{r}_{\text{target}} = (R_x \cdot R_y \cdot R_z) \cdot \vec{r}_{\text{image}}$$

$$\vec{r}_{\text{image}} = (R_z^{-1} \cdot R_y^{-1} \cdot R_x^{-1}) \cdot \vec{r}_{\text{target}}$$

$$R_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-\theta_x) & -\sin(-\theta_x) \\ 0 & \sin(-\theta_x) & \cos(-\theta_x) \end{pmatrix} \quad R_y = \begin{pmatrix} \cos(-\theta_y) & 0 & \sin(-\theta_y) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(-\theta_y) & 0 & \cos(-\theta_y) \end{pmatrix} \quad R_z = \begin{pmatrix} \cos(-\theta_z) & -\sin(-\theta_z) & 0 \\ \sin(-\theta_z) & \cos(-\theta_z) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Hayabusa FlybyProduct Calculation using SPICE

AMICA DATA



Program with SPICE TOOLKIT

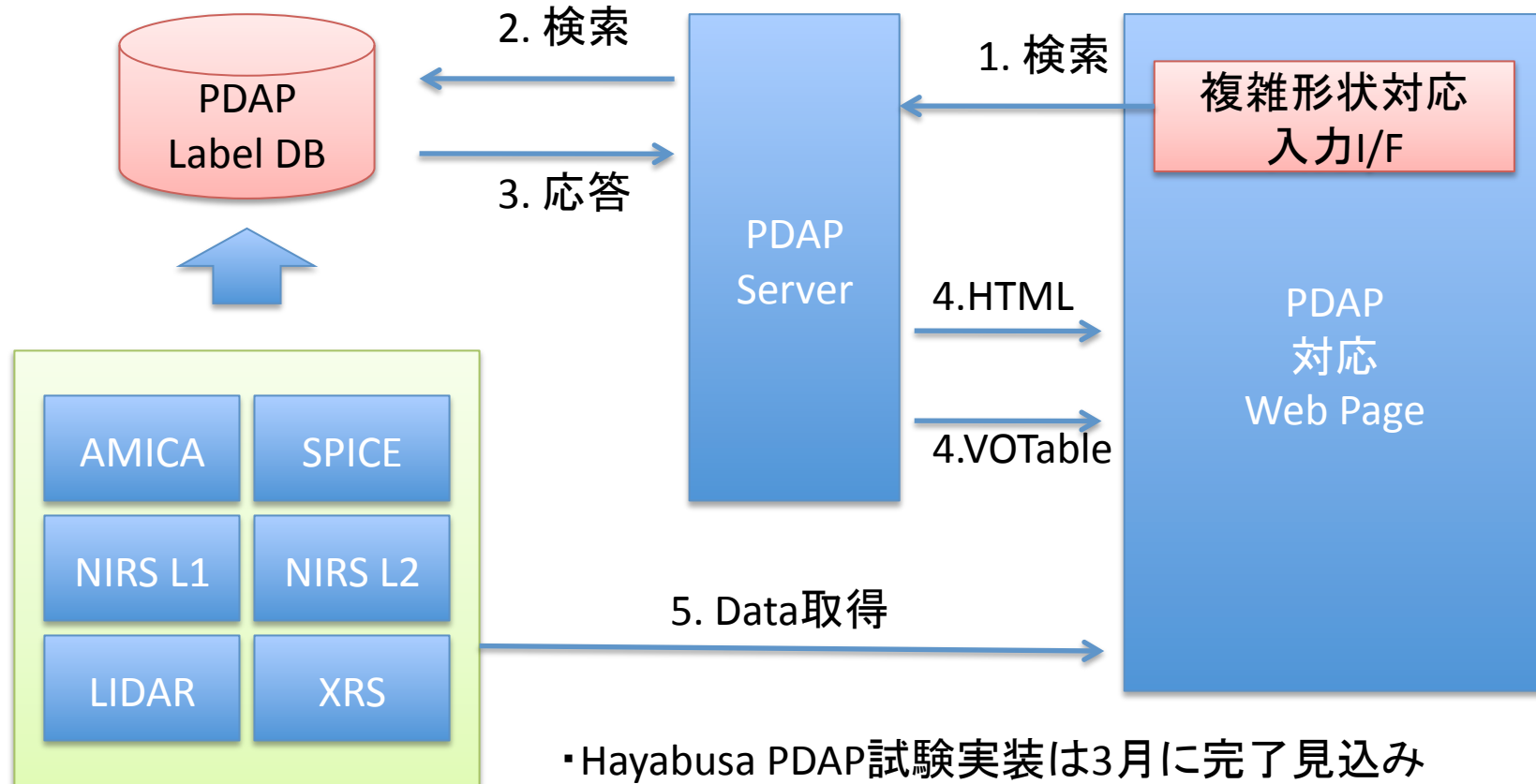
```
pxform_c("IMAGE_FIXED", "ITOKAWA_FIXED", et, mat);  
m2eul_c(mat, 1, 2, 3, &roll, &pitch, &yaw);  
roll *= -dpr_c(); pitch *= -dpr_c(); yaw *= -dpr_c();
```



Relational Database (Additional Columns of FlybyProducts)

Distance [km]	Phase Angle [deg]	Roll [deg]	Pitch[deg]	Yaw [deg]
14.63073	8.5087	177.9672	8.5087	-117.4137
...				

Hayabusa PDAP 試験実装概要



Hayabusa Data Archives

- ・ Hayabusa PDAP試験実装は3月に完了見込み
- ・ 開発要素1のVOTableはほぼ習得(仕様変更提案中)
- ・ 開発要素3の複雑形状は要再考

Hayabusa FlybyProduct Calculation using SPICE

AMICA DATA



Program with SPICE TOOLKIT

```
pxform_c("IMAGE_FIXED", "ITOKAWA_FIXED", et, mat);  
m2eul_c(mat, 1, 2, 3, &roll, &pitch, &yaw);  
roll *= -dpr_c(); pitch *= -dpr_c(); yaw *= -dpr_c();
```

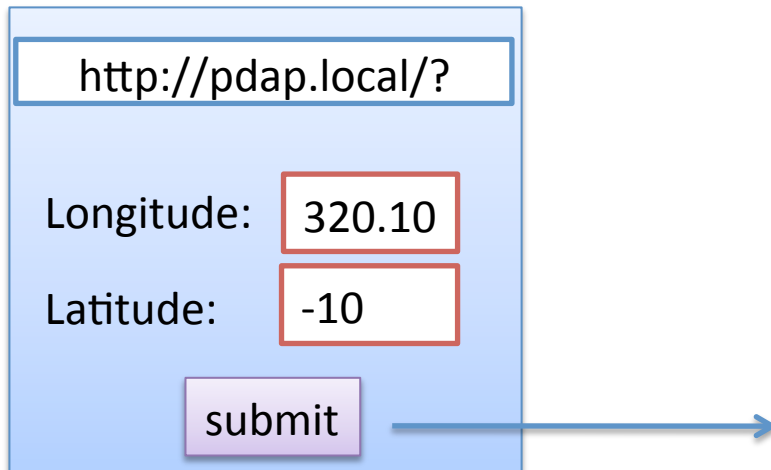


Relational Database (Additional Columns of FlybyProducts)

Distance [km]	Phase Angle [deg]	Roll [deg]	Pitch[deg]	Yaw [deg]
14.63073	8.5087	177.9672	8.5087	-117.4137
...				

PDAP Use-Case Idea

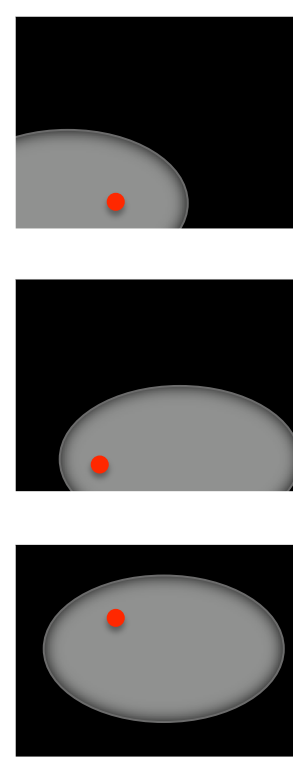
Longitude:
Latitude:



The most useable input is pair of (longitude, latitude), but...

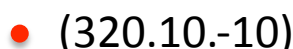
This interface will make the PDAP System complicated.

Results: 3 Hits



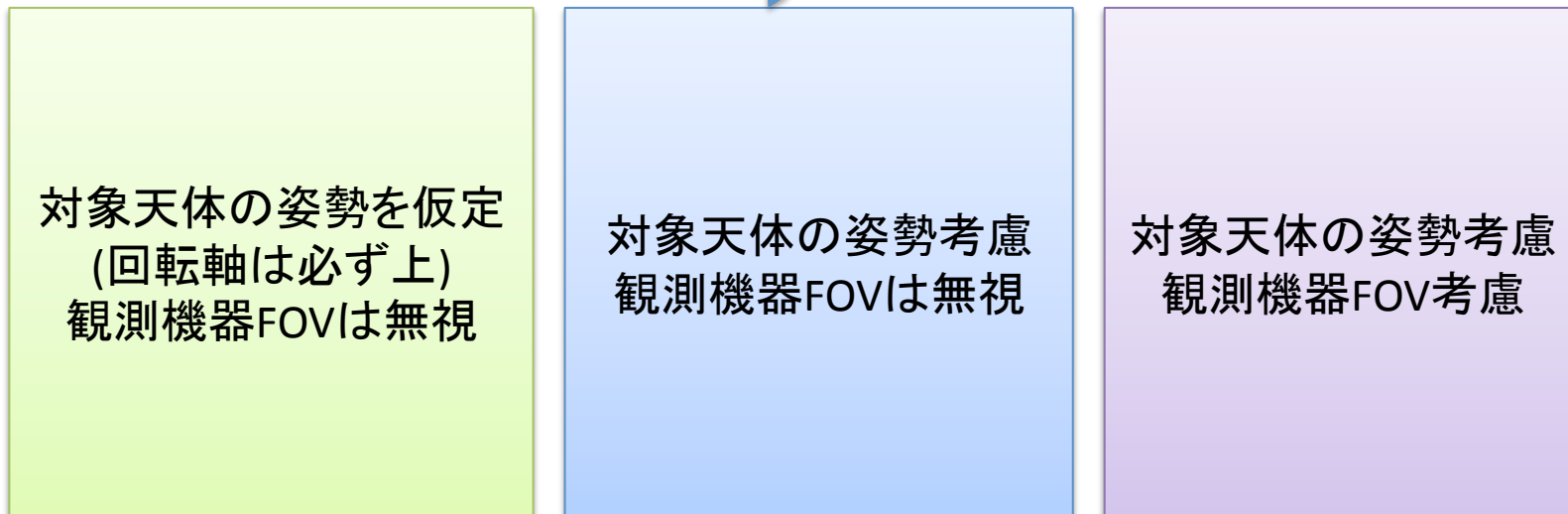
product_a_...
product_b_...
product_c_...

● (320.10.-10)



ユーザ利便性と厳密性のバランス

今回の試験ケースでは
ここを採用



精度が低い

精度が高い

早い

遅い

FlybyProduct Processing

User Input

(λ, β)

$\lambda :=$ longitude

$\beta :=$ latitude

PDAP Database

Set of $(r, \alpha, \theta_x, \theta_y, \theta_z)$

$r :=$ Distance To Target

$\alpha :=$ Target Phase Angle

$\theta_x :=$ Target Roll Angle

$\theta_y :=$ Target Pitch Angle

$\theta_z :=$ Target Yaw Angle

Process

$$\vec{u} = \begin{pmatrix} \cos \beta \cdot \cos \lambda \\ \cos \beta \cdot \sin \lambda \\ \sin \beta \end{pmatrix}$$

$$R_x^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x & -\sin \theta_x \\ 0 & \sin \theta_x & \cos \theta_x \end{pmatrix}$$

$$R_y^{-1} = \begin{pmatrix} \cos \theta_y & 0 & \sin \theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_y & 0 & \cos \theta_y \end{pmatrix}$$

$$R_z^{-1} = \begin{pmatrix} \cos \theta_z & -\sin \theta_z & 0 \\ \sin \theta_z & \cos \theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{v} = (R_z^{-1} \cdot R_y^{-1} \cdot R_x^{-1}) \cdot \vec{u}$$

Judge

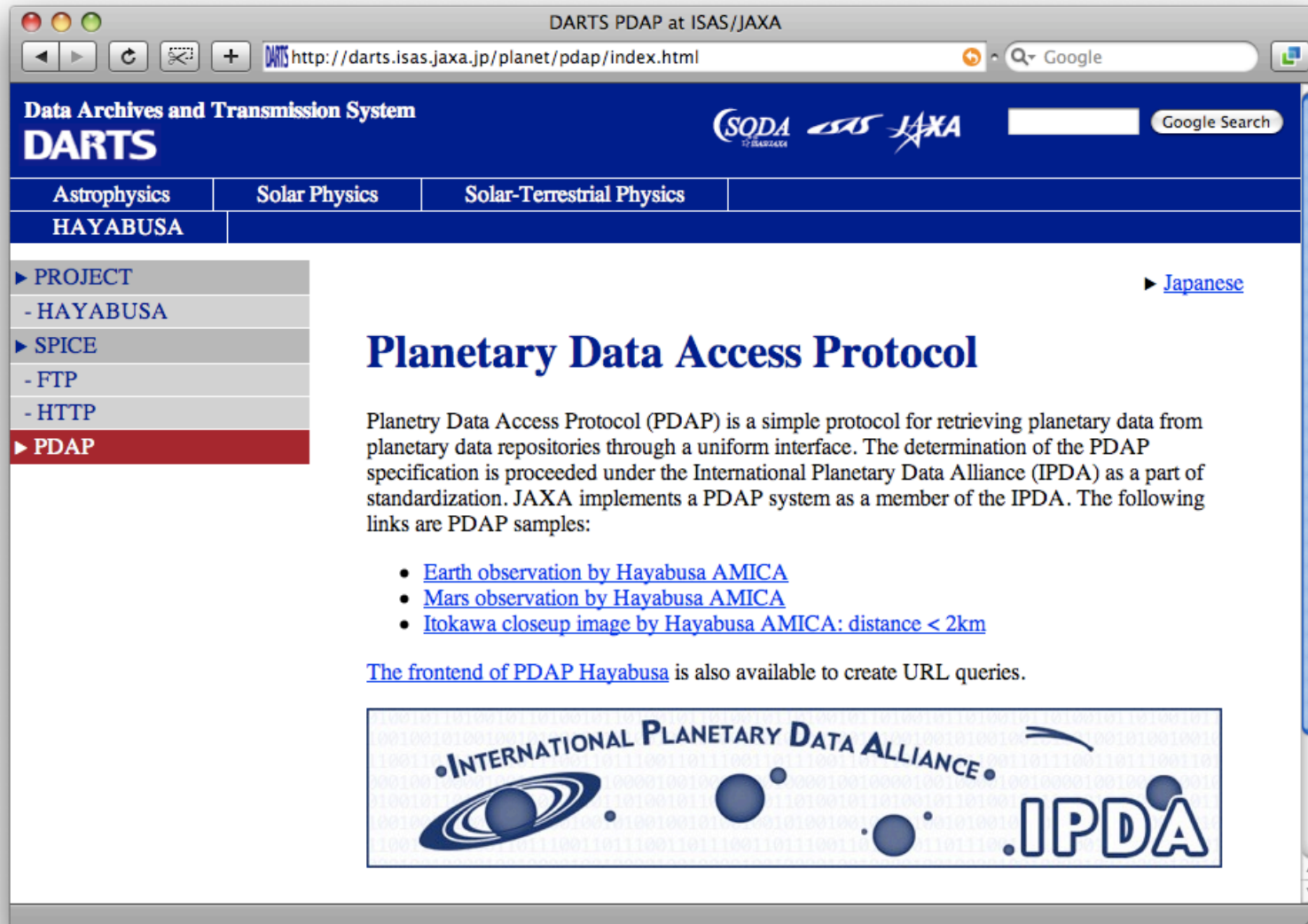
$$\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$$

If $v_x \geq 0$ then

user input point may be visible.

PDAP System may not respond quickly for all flybyproducts !

Planetary Data Access Protocol



The screenshot shows a web browser window titled "DARTS PDAP at ISAS/JAXA" with the URL "http://darts.isas.jaxa.jp/planet/pdap/index.html". The page header includes the DARTS logo and navigation tabs for "Astrophysics", "Solar Physics", and "Solar-Terrestrial Physics". A sidebar on the left lists project categories: "PROJECT", "HAYABUSA", "SPICE", "FTP", "HTTP", and "PDAP" (highlighted in red). The main content area features the title "Planetary Data Access Protocol" and a paragraph explaining the protocol's purpose and its implementation by JAXA as part of the IPDA. A list of links provides examples of PDAP samples, including Earth and Mars observations and a closeup image of Itokawa. A link to the PDAP Hayabusa frontend is also provided. At the bottom, the IPDA logo is displayed, featuring the text "INTERNATIONAL PLANETARY DATA ALLIANCE" and "IPDA" with a stylized planet and rings.

Data Archives and Transmission System
DARTS

SODA ISAS JAXA Google Search

Astrophysics Solar Physics Solar-Terrestrial Physics

HAYABUSA

PROJECT
- HAYABUSA
SPICE
- FTP
- HTTP
PDAP


[Japanese](#)

Planetary Data Access Protocol

Planetary Data Access Protocol (PDAP) is a simple protocol for retrieving planetary data from planetary data repositories through a uniform interface. The determination of the PDAP specification is proceeded under the International Planetary Data Alliance (IPDA) as a part of standardization. JAXA implements a PDAP system as a member of the IPDA. The following links are PDAP samples:

- [Earth observation by Hayabusa AMICA](#)
- [Mars observation by Hayabusa AMICA](#)
- [Itokawa closeup image by Hayabusa AMICA: distance < 2km](#)

[The frontend of PDAP Hayabusa](#) is also available to create URL queries.



INTERNATIONAL PLANETARY DATA ALLIANCE
IPDA

PDAP for Hayabusa data archive

Planetary Data Access Protocol (PDAP) allows users to search products with URL format. The outputs is expressed in VOTable which is an XML format defined for the exchange of tabular data in the context of the Virtual Observatory. PDAP Hayabusa also supports HTML format as an Output.

Example Search in PDAP URL query:

```
http://darts.isas.jaxa.jp/planet/pdap/0.3/php/index.php
?INSTRUMENT_TYPE=IMAGER
&TARGET_NAME=EARTH
&RETURN_TYPE=HTML
&RESOURCE_CLASS=PRODUCT
```

Example Output:

```
<?xml version="1.0"?>
<VOTABLE version="1.1">
  <RESOURCE type="results">
    <DESCRIPTION>JAXA PDAP Service</DESCRIPTION>
    <INFO name="QUERY_STATUS" value="OK"/>
    <TABLE>
      <FIELD ID="DATA_SET.DATA_SET_ID"...
```

No	DATA_SET_ID	PRODUCT_ID	MISSION_NAME	TARGET_NAME	START_TIME	STOP_TIME	ICON ACCESS REFERENCE
1	HAY-A-AMICA-3-HAYAMICA-V1.0	ST_1033692110_b.fits	MUSES-C	EARTH	2004-05-16 18:30:33.000	2004-05-16 18:30:33.000	
2	HAY-A-AMICA-3-	ST_1033697894_v.fits	MUSES-C	EARTH	2004-05-16	2004-05-16	

PDAPアクセス例(Web I/F)

検索項目

項目名	設定値	備考
DATA_SET_ID	NONE	
PRODUCT_ID	NONE	RESOURCE_CLASS=PRODUCT
INSTRUMENT_TYPE	NONE	
INSTRUMENT_NAME	NONE	
TARGET_TYPE	NONE	
TARGET_NAME	NONE	
START_TIME		YYYY-MM-DD hh:mm:ss[.fff]
STOP_TIME		YYYY-MM-DD hh:mm:ss[.fff]
RETURN_TYPE	NONE	デフォルトは、「VOTABLE」と
RESOURCE_CLASS	NONE	
CENTER_LONGITUDE		RESOURCE_CLASS=IMAGEの場
CENTER_LATITUDE		RESOURCE_CLASS=IMAGEの場

POST GET

メソッド POST

パラメータ

DATA_SET_ID	=	SELENEM-L-MINIR-2-V1.0
RETURN_TYPE	=	HTML
RESOURCE_CLASS	=	IMAGE

実行結果 (イメージプロダクト: 3レコード)

No	DATA_SET_ID	PRODUCT_ID	MISSION_NAME	CENTER_LONGITUDE	CENTER_LATITUDE	S
1	SELENEM-L-MINIR-2-V1.0	MNA_2B2_AA_60701N530E3184	SELENE	318.409546	53.022143	2002
2	SELENEM-L-MINIR-2-V1.0	MNA_2B2_AA_60701N530E3194	SELENE	319.409546	53.022143	2002
3	SELENEM-L-MINIR-2-V1.0	MNA_2B2_AA_60701N530E3204	SELENE	320.409546	53.022143	2002

RETURN_TYPE=HTML

RETURN_TYPE=VOTABLE

PDAP対応の検索ページでキーワードを
セットし検索ボタンを押すと
RETURN_TYPEに応じてHTMLやVOTABLE
で検索結果が返される

```
<?xml version="1.0"?>
<VOTABLE version="1.1">
<RESOURCE type="results">
<DESCRIPTION>JAXA PDAP Service</DESCRIPTION>
<INFO name="QUERY_STATUS" value="OK"/>
<TABLE>
<FIELD ID="DATA_SET.DATA_SET_ID" ucd="DATA_SET_ID" ...
```

Summary

- 窓口の共有
 - HayabusaウェブサイトのDARTS組み込み
 - SPICE FTPサーバの整備
- インターフェイスの共有
 - PDAPの仕様策定をIPDAの枠組みで実施中
 - SELENE PDAP仕様版の作成
 - Hayabusa PDAP向けにFlybyProductを実装
- 残る問題
 - 用語の共有
 - データの品質の共有