

金星探査機あかつきの データ検索閲覧システムの開発

杉山 耕一郎[†], 村上真也[‡]

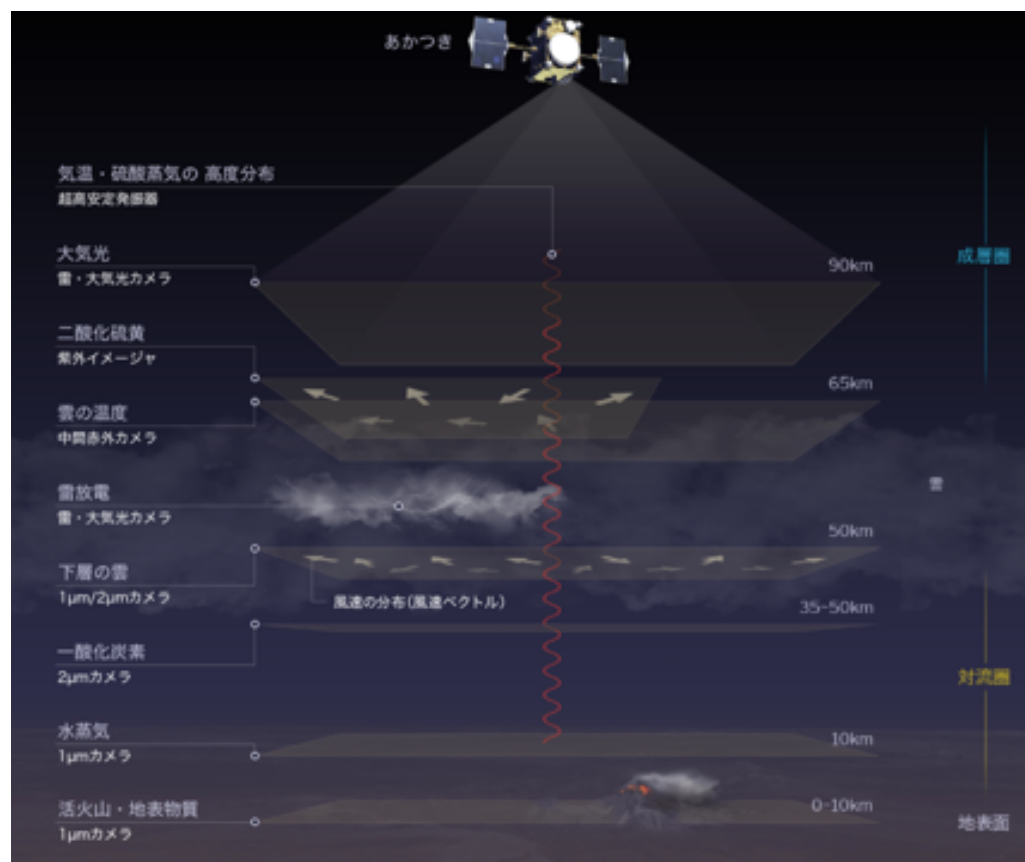
[†] 松江工業高等専門学校 情報工学科

[‡] JAXA 宇宙科学研究所

2020/02/14 宇宙科学情報解析シンポジウム

はじめに

- 金星探査機「あかつき」は、異なる波長の狭帯域フィルタを備えた5台のカメラを使用し、異なる高度の雲を観測.
- あかつきの撮影した画像は一定期間が経過した後、NASAのPDSやDARTS内のAKATSUKI Science Data Archiveにおいて公開.



はじめに

- しかしながら、データが機器ごとに異なるディレクトリに存在するため、多波長で協調的に観測して得られたデータについて、全体的な描像を得にくいという問題がある。

AKATSUKI Science Data Archive

News

- 2019-12-01
 - New releases of datasets of UVI and LIR are available. The datasets of UVI and LIR include data acquired during 2018-06-03 to 2018-12-07. Please refer [Release Notes File](#) for the detailed list of changes.
- 2019-06-25
 - New releases of Level 3 data sets of UVI, LIR, IR1 and IR2 are available. The status of these data sets is changed from "release candidate". These data sets are created from peer-reviewed data sets. Directory for the data sets are moved from "staging/extras" to "extras". Please refer [Release Notes File](#) for the detailed list of changes.
- 2019-06-20
 - Peer-review process of UVI, IR1, IR2, LIR, and RS data sets are done, so the status of these data sets are changed from "in peer review". Directory for the data sets are moved from "staging/" to the parent directory. Level 3 data sets for UVI, IR1, IR2, and LIR, corresponding to these datasets are not yet released, but will be released soon.

UVI [ultraviolet imager]

IR1 [1-µm Camera]

IR2 [2-µm Camera]

IR2 utilizes the atmospheric windows at wavelengths of 1.74, 2.26, and 2.32 µm; the first two suffer only CO₂ absorption, while the last one contains a CO absorption band. At these wavelengths the outgoing infrared radiation originates from the altitudes 35 -- 50 km.

View details >

LIR [Longwave Infrared Camera]

LAC [Lightning and Airglow Camera]

RS [Radio Science]

SPICE [SPICE kernels]

View details >

AKATSUKI 2-µm Camera (IR2) Data Archive

Instrument Overview

IR2 utilizes the atmospheric windows at wavelengths of 1.74, 2.26, and 2.32 µm; the first two suffer only CO₂ absorption, while the last one contains a CO absorption band. At these wavelengths the outgoing infrared radiation originates from the altitudes 35 -- 50 km.

Data Download, metadata, citation information

- Level 2 dataset (VCO-V-IR2-3-CDR-V1.0)
- geometry information dataset (VCO-V-IR2-3-GEOM-V1.0)
- Level 3 dataset
- Cloud Motion Vector dataset

Documents

- List of Observation Programs (for UVI, IR1, IR2, and LIR) [HTML](#), [PDF](#), [ASCII text](#)
- List of FITS header keywords (for UVI, IR1, IR2, and LIR) [HTML](#), [PDF](#), [ASCII text](#)
- Description of the image coordinate (for UVI, IR1, IR2, and LIR) [ASCII text](#)
- Level 3 Variable Description ([v01](#))
- Level 3 Algorithm Description ([v01](#))
- Cloud Motion Vector Data Document

Definition of Product Level

Level 1b (11b)

raw data (count value in FITS format)

Level 2b (21b)

calibrated data (physical value in FITS format)

geometry (geo)

geometry information (latitude, longitude, local time, phase angle, incidence angle, emission angle, azimuthal angle) at the center of each pixel.

Level 3 (31b, 131b)

calibrated, physical values at equally spaced longitude-latitude grid in NetCDF format, derived from 12b data (33b), and pointing corrected geometry information at the center of each pixel (33bx).

Cloud Motion Vector (CMV)

CMVs at equally spaced longitude-latitude grid in NetCDF format obtained by using 13b data.

File Naming Convention

Filename is in "CAM_DATE_TIME_KIND_LEVEL_VER_EXT" format.

CAM

Venus Climate Orbiter Akatsuki IR2 Calibrated Data

DATA FILE DOWNLOAD

- Directory of the volume (V1.0, v01b, DARTS1)
- Large file of the volume (V1.0, v01b, DARTS1)
- Directory of the volume (V1.0, v01b, DARTS1)

DATA CITATION

Murakami, S., T. Sanki, K. McGoldrick, Y. Yamamoto, G. L. Harbinson, Venus Climate Orbiter Akatsuki IR2 Calibrated Data v1.0, VCO-V-IR2-3-CDR-V1.0.

IDENTIFICATION INFORMATION

- Title: Venus Climate Orbiter Akatsuki IR2 Calibrated Data
- DOI: 10.17907/1345-DARTS/VCO-0000
- Alternate identifier:
 - PDS Data Set ID: VCO-V-IR2-3-CDR-V1.0

DATASET CREATOR

- Shin-ya Murakami, Japan Aerospace Exploration Agency, <https://orcid.org/0000-0001-7517-0808>
- Takafusa Sanki, Japan Aerospace Exploration Agency, <https://orcid.org/0000-0001-0012-3009>
- Kerwin McGoldrick, University of Colorado Boulder, <https://orcid.org/0000-0001-5128-0005>
- Yukio Yamamoto, Japan Aerospace Exploration Agency, <https://orcid.org/0000-0001-7172-1211>
- George L. Harbinson, Oklahoma University, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0001>

DATASET OVERVIEW

Description:

Abstract:

The dataset contains products acquired by the IR2 instrument of the Venus Climate Orbiter (VCO, also known as PLANET-C and AKATSUKI) spacecraft. It considered Level 1 or Composite Data (according to NASA Level 1B). The CDIs are reconstructed from Level 1 or Edited Data. The dataset contains entire and much of the FITS header information is reproduced in the PDS labels.

Reference Type:

Index of /pub/pds3/vco-v-ir2-3-cdr-v1.0/vcoi

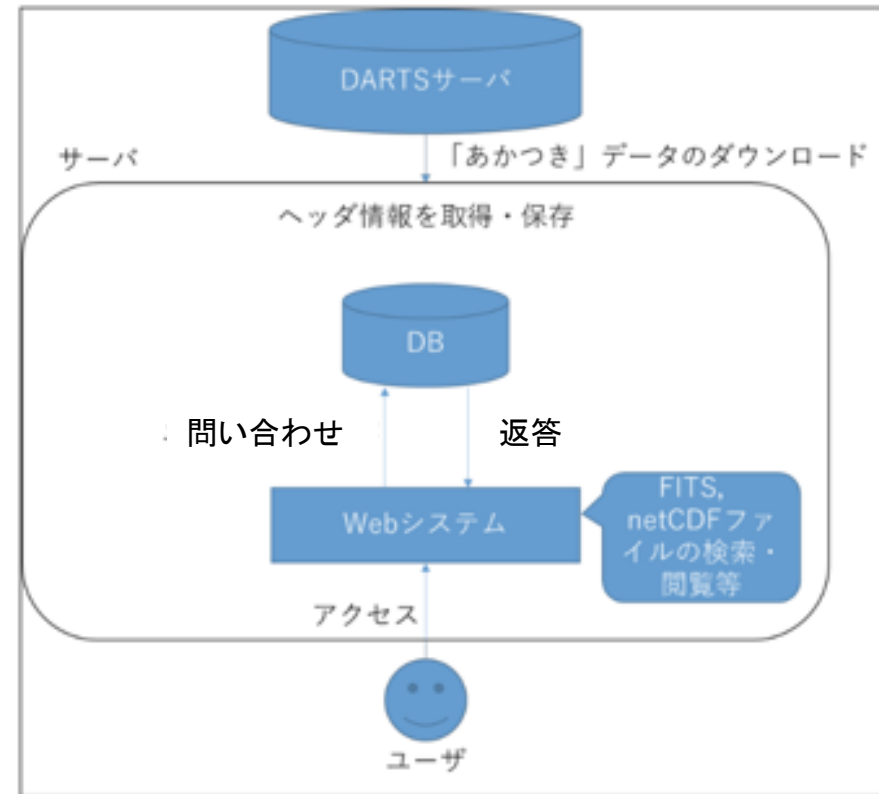
Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
aacreadme.txt	2019-04-26 11:43	11K	
browse/	2019-04-22 15:44	-	
calib/	2019-04-22 16:08	-	
catalog/	2019-04-22 15:44	-	
data/	2019-04-11 17:56	-	
document/	2019-04-22 15:44	-	
extras.txt	2019-04-26 11:43	2.5K	
extras/	2019-04-26 12:41	-	
index/	2019-04-26 12:54	-	
voldesc.cat	2019-04-26 11:43	2.4K	

本研究の目的

- ・ AKATSUKI Science Data Archive で公開されている金星探査機「あかつき」公開データの簡易な検索・表示・ダウンロードを可能とするための Web システムの開発
 - 3次元的な雲の動きの把握を意識した検索・表示

手法

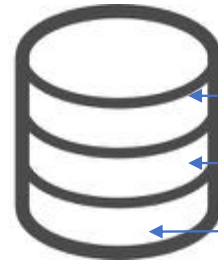
- DARTS からデータ取得
 - Akatsuki の較正済みデータ (Level 2, Level 3) が対象
 - Level 2 : FITS 形式
 - Level 3, 3x : NetCDF 形式
- ヘッダに記述されている観測情報をデータベース (DB) 化
 - MariaDB 利用
- Ruby on Rails を用いて, Web システムを開発
- 3 次元的な雲の動きの把握を意識した検索・表示には, 「観測プログラム名」と「観測時間」を活用.
 - 協調的に観測を行ったカメラ・波長の情報を得るために



データベースについて (1)

- ヘッダ情報を格納したテーブルを検索に直接利用
 - 検索に時間がかかりすぎる. プログラムの複雑化.
 - 使い物にならず

検索



ファイル1のヘッダ
ファイル2のヘッダ
ファイル3のヘッダ

FITSヘッダ情報格納テーブル
(レコード数: 49234)



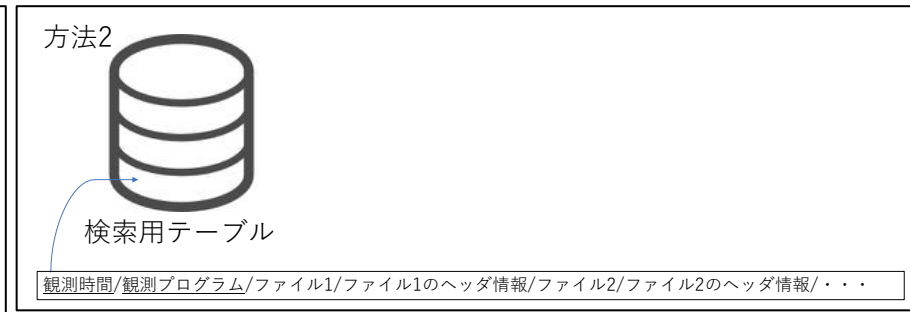
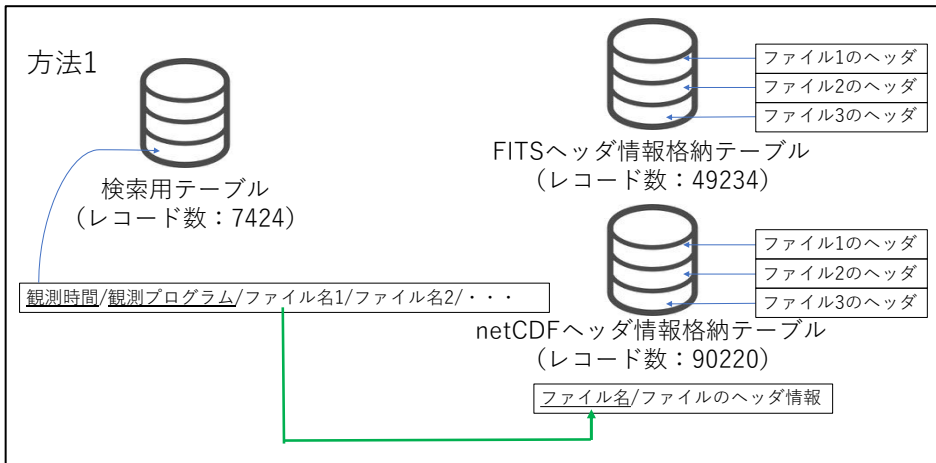
ファイル1のヘッダ
ファイル2のヘッダ
ファイル3のヘッダ

netCDFヘッダ情報格納テーブル
(レコード数: 90220)

ファイル名/ファイルのヘッダ情報

データベースについて (2)

- ヘッダ情報から検索用のテーブルを作成
- リレーションスキーマを検討した結果, 検索・表示に必要なヘッダ情報を1つのテーブルに格納することに(方法2)
=> 検索時間を削減, 検索条件の追加も容易



方法1のクエリ

```
SELECT 'vcos'.* FROM 'op3s' WHERE (s_distav < 100000)
```

①VCOSまたはNCSから該当するファイルをすべて取得

```
SELECT 'op3s'.* FROM 'op3s' WHERE (p_update >= '2010-05-21 00:00:00' AND p_update <= '2019-02-07 04:23:00' AND (filter0 != 'nil' ) AND (filter0 in ('%r_20151207_045200_09d_i2c_v10'; ---該当するファイル名---))) ORDER BY p_update asc, p_opname ASC LIMIT 10 OFFSET 0
```

②①で得たファイル名からOP3Sを検索

方法2のクエリ

```
SELECT 'op3s'.* FROM 'op3s' WHERE (s_distav < 100000) AND (p_update >= '2010-05-21 00:00:00' AND p_update <= '2019-02-07 04:23:00' AND (filter0 != 'nil' )) ORDER BY p_update asc, p_opname ASC LIMIT 10 OFFSET 0
```

1つのクエリでOP3Sを検索可能に

	方法1	方法2
データベース参照時間	544.7ms	1.0ms

システムの概要

Akatsuki Data Search Search Bookmarks L2 Data L3 Data

Sign-up Sign-in 日本語 English

In this website, you can "search", "browse" and "management" FITS and NetCDF data published on "AKATSUKI Science Data Archive" website.

Search・Index

Search

You can search the L2 or L3 data you want to see. You can narrow down the data by date, filter name, and some other conditions.

L2 Data Index

You can see all Level 2 data.

L3 Data Index

You can see all Level 3 data.

Management

Bookmark

After you sign in as a user, you can save "data" or "search condition" you want to memorize. User registration can be done from "Sign-up" button in the upper right. In "Bookmarks", you can see the list of search conditions that users have specified as "public".

Download・Generate GIF Image

In the search result or data index page, if you check the necessary images and press "download" button, you can download "FITS files and JPEG images" for L2 data and "NetCDF files and PNG images" for L3 data. Also, if you press the "Generate GIF Image" button, you can download a GIF animation. You can select up to 10 at a time.

Overview of the data

UVI (Ultraviolet Imager)	IR1 (1- μ m Camera)	IR2 (2- μ m Camera)	LIR (Longwave Infrared Camera)
UVI acquires ultraviolet images, allowing us to obtain the distribution of sulfur dioxide, which is related to the cloud formation, and the distribution of unidentified chemical substances which absorbs the ultraviolet rays. Also, we can measure the wind speed at the cloud tops by tracing the dark-and-light pattern due to the scattering of ultraviolet rays in sunlight by Venusan clouds.	By utilizing the wavelength bands around 1 μ m, which allows for seeing below clouds and near the surface of Venus, and by comparing infrared intensities of different bands, we can investigate the movement of clouds in the lower atmosphere, the distribution of water vapor, the mineral composition of the surface, and can check for the presence of active volcanoes.	The 2- μ m wavelength, which is emitted from below the bottom of Venus' clouds, allows for observing their density, the size of the cloud particles, the distribution of carbon monoxide, and other parameters, allowing for insights into atmospheric circulations at lower altitudes and into how clouds are formed. Zodiacal light was also measured en route to Venus to investigate on the dust distributed in the solar system.	Infrared radiation of 10- μ m wavelength is used to measure the temperature at the cloud tops. Two-dimensional temperature distribution at cloud tops can be used to investigate various types of waves and convection within the upper cloud layer, as well as wind speed distribution on the upper cloud tops of both dayside and nightside.

For detail, please refer to "Spacecraft / Instruments", "Observation" of the AKATSUKI project

Definition of Product Level

Level 2 (I2b, I2c)	Level 3 (I3b, I3bx, I3c, I3cx)
Level 2 (L2) data means calibrated data (physical value in FITS format). For IR1, data not using estimation of amount of smear at missing pixel for calibration is I2b, and using it is I2c. For LIR, data not using hood temperature for calibration is I2b, and using it is I2c.	Level 3 (L3) data means calibrated data (physical values at equally spaced longitude-latitude grid in NetCDF format) derived from I2b and I2c. Data not using pointing corrected geometry information at the center of each pixel are I3b and I3c, and using it are I3bx and I3cx.

Participants

Developers

Koushi Murakami, National Institute of Technology, Matsue College, (2018-4 ~)
 Kazuki Oomori, National Institute of Technology, Matsue College, (2017-4 ~ 2018-4)
 Takumi Aoki, National Institute of Technology, Matsue College, (2016-4 ~ 2017-4)

Supervisors

Shin-ya Murakami, Japan Aerospace Exploration Agency
 Kouichiro Sugiyama, National Institute of Technology, Matsue College

Link

AKATSUKI Science Data Archive
www.cimata.dobriar.akatsuki.jaxa.jp/

<https://vco.epi.it.matsue-ct.jp/>

This document is provided by JAXA.

システムの概要～検索画面～

検索画面

検索条件

- 日時
- 観測機器
- 金星とあかつきの距離
- 位相
- データの種類 (L2, L3)
- FIT_STAT
 - ・ 品質の良し悪し

Akatsuki Data Search 検索 お気に入り検索 L2データ L3データ

検索 sugiyama@gfd-dennou.org ログアウト 日本語 English

閲覧したいデータの検索が行なえます。日時、フィルター名、その他いくつかの条件でデータを絞り込むことができます。

検索する期間の開始日時
2010 年 5 月 21 日 00 時 00 分

検索する期間の終了日時
2019 年 5 月 19 日 03 時 36 分

閲覧したいデータのフィルター
 Check All

IR1	IR2	LIR	UVI
<input type="checkbox"/> 0.90 μm day (昼: 雲)	<input type="checkbox"/> 1.65 μm (黄道光)	<input checked="" type="checkbox"/> 10 μm (昼/夜: 雲頂温度)	<input checked="" type="checkbox"/> 283 nm (昼: 雲頂の二酸化硫黄)
<input type="checkbox"/> 0.90 μm night (夜: 地表面、雲)	<input type="checkbox"/> 2.02 μm (昼: 雲頂高度)		<input checked="" type="checkbox"/> 365 nm (昼: 未測定吸収物質)
<input type="checkbox"/> 0.97 μm (夜: 水蒸気)	<input type="checkbox"/> 1.735 μm (夜: 雲、粒径分布)		
<input type="checkbox"/> 1.01 μm (夜: 地表面、雲)	<input type="checkbox"/> 2.26 μm (夜: 雲、粒径分布)		
	<input type="checkbox"/> 2.32 μm (夜: 一酸化炭素)		

金星とあかつきとの距離
 すべて 近距離 (10万km未満) 遠距離 (10万km以上)

位相
 すべて 満金星付近 新金星付近 半金星付近

データの種類
 L2 Data L3 Data

FIT_STAT (楕円フィッティングステータス)
 すべて OK

検索

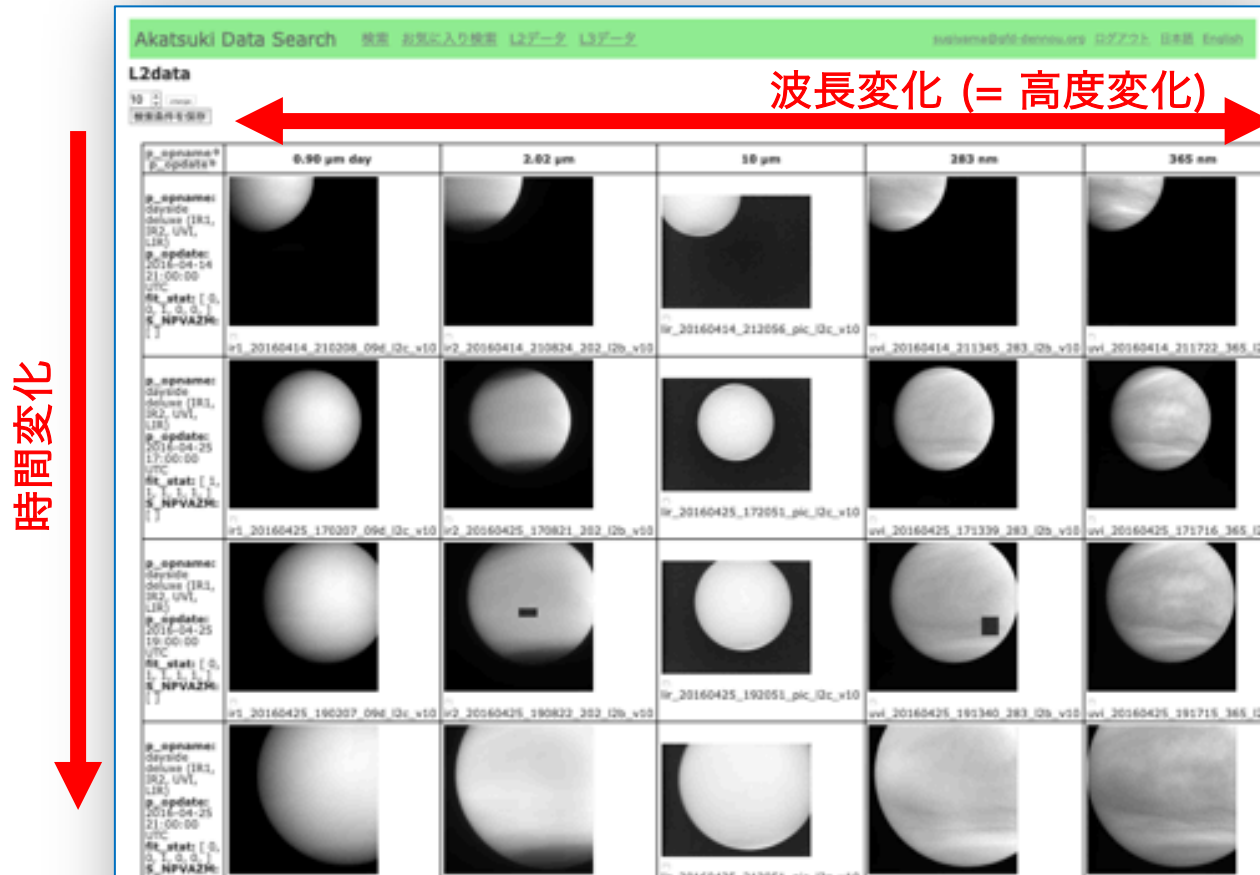
時刻の選択

フィルタ選択

条件の追加

システムの概要

- 3次元的な雲の動きの把握を意識した検索・表示：
「観測プログラム名」と「観測時間」を用いた一覧表示。
 - 同時に撮影された異なる高度の雲画像の比較や、同じ高度で雲分布の時間変化の把握を可能に。



システムの概要～一覧表示画面～

観測プログラムや
時刻でソート可能

Level2, Level3
切り替え

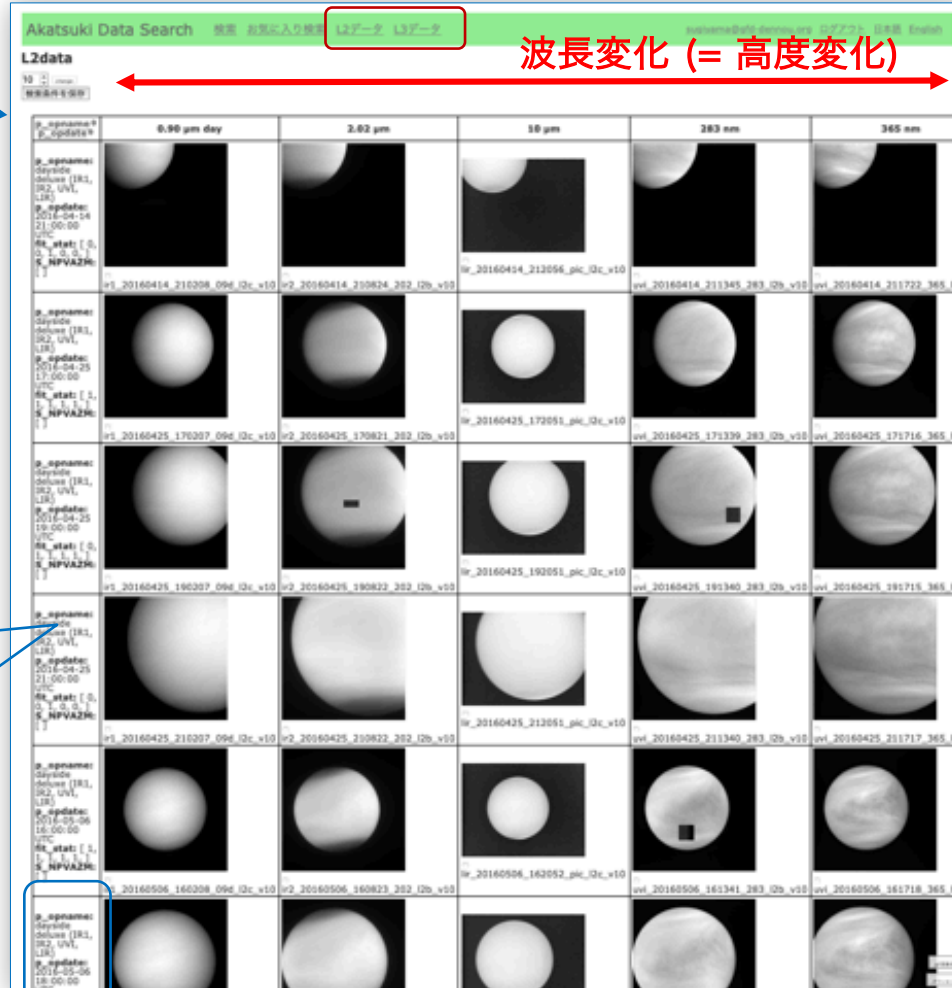
画像一覧画面

波長変化 (= 高度変化)

時間変化

マウスオーバーで
説明が表示される

p_opname:
UVI lightning
and stars
p_update:
2010-04-25
Start time
of
S_NPVAZM: []
observation
program
execution



- 観測プログラム名
- 観測時間
- フィッティングステータス

システムの概要～詳細表示画面～

観測プログラムや時刻でソート可能

Level2, Level3
切り替え

画像一覧画面

画像詳細

波長変化 (= 高度変化)

	0.90 μm day	2.02 μm	10 μm	383 nm	365 nm
<p>p_opname: Sgradi</p> <p>deluxe (R1, R2, UVI, LIA)</p> <p>p_update: 2018-04-14 21:00:00</p> <p>fit_stat: (S, S, S, S, S, S, NPVAZH:)</p>					
<p>v1_20160414_210208_096_02c_v10</p> <p>v2_20160414_210824_302_02b_v10</p> <p>lr_20160414_212056_pic_02c_v10</p> <p>vl_20160414_211345_383_02b_v10</p> <p>vr_20160414_211722_365_02b</p>					
<p>p_opname: Sgradi</p> <p>deluxe (R1, R2, UVI, LIA)</p> <p>p_update: 2018-04-25 17:00:00</p> <p>fit_stat: (S, S, S, S, S, S, NPVAZH:)</p>					
<p>v1_20160425_170207_096_02c_v10</p> <p>v2_20160425_170821_302_02b_v10</p> <p>lr_20160425_172051_pic_02c_v10</p> <p>vl_20160425_171339_383_02b_v10</p> <p>vr_20160425_171716_365_02b</p>					
<p>p_opname: Sgradi</p> <p>deluxe (R1, R2, UVI, LIA)</p> <p>p_update: 2018-04-25 19:00:00</p> <p>fit_stat: (S, S, S, S, S, S, NPVAZH:)</p>					
<p>v1_20160425_190207_096_02c_v10</p> <p>v2_20160425_190823_302_02b_v10</p> <p>lr_20160425_192051_pic_02c_v10</p> <p>vl_20160425_191340_383_02b_v10</p> <p>vr_20160425_191715_365_02b</p>					
<p>p_opname: Sgradi</p> <p>deluxe (R1, R2, UVI, LIA)</p> <p>p_update: 2018-04-25 21:00:00</p> <p>fit_stat: (S, S, S, S, S, S, NPVAZH:)</p>					
<p>v1_20160425_210207_096_02c_v10</p> <p>v2_20160425_210823_302_02b_v10</p> <p>lr_20160425_212051_pic_02c_v10</p> <p>vl_20160425_211340_383_02b_v10</p> <p>vr_20160425_211717_365_02b</p>					
<p>p_opname: Sgradi</p> <p>deluxe (R1, R2, UVI, LIA)</p> <p>p_update: 2018-05-06 16:00:00</p> <p>fit_stat: (S, S, S, S, S, S, NPVAZH:)</p>					
<p>v1_20160506_160208_096_02c_v10</p> <p>v2_20160506_160823_302_02b_v10</p> <p>lr_20160506_162052_pic_02c_v10</p> <p>vl_20160506_162341_383_02b_v10</p> <p>vr_20160506_162718_365_02b</p>					
<p>p_opname: Sgradi</p> <p>deluxe (R1, R2, UVI, LIA)</p> <p>p_update: 2018-05-06 18:00:00</p> <p>fit_stat: (S, S, S, S, S, S, NPVAZH:)</p>					
<p>v1_20160506_180208_096_02c_v10</p> <p>v2_20160506_180823_302_02b_v10</p> <p>lr_20160506_182052_pic_02c_v10</p> <p>vl_20160506_182341_383_02b_v10</p> <p>vr_20160506_182718_365_02b</p>					

時間変化

マウスオーバーで説明が表示される

p_opname: UVI lightning and stars
p_update: 2018-04-25
Start time of observation program execution

画像詳細

Akatsuki Data Search

ヘッダ情報

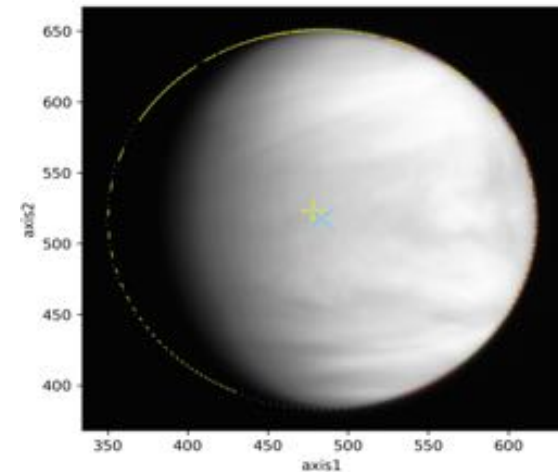
BITPIX: -32
NAXIS: 2
FHTYPE:
FILTER:
TENDI:
TELESCOP: VCO
SPCSCRPT: VCO
CNTTYPE:
CNTVER:
XTENSION: IMAGE
P_LNAME: vcuvi0001674CAC3D_0677.img

- 観測プログラム名
- 観測時間
- フィッティングステータス

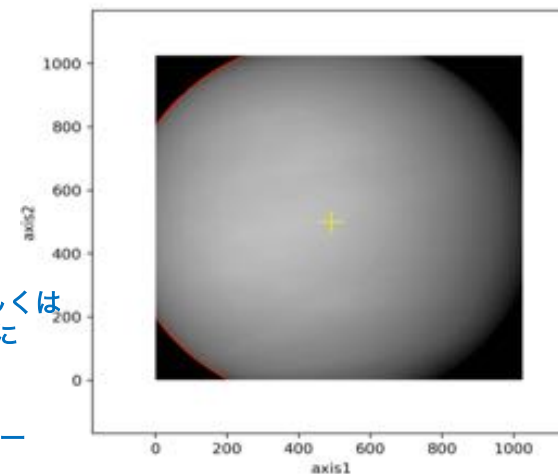
システムの概要～DL, animation～

- 一括ダウンロード
- アニメーション gif 作成

The screenshot shows the 'Akatsuki Data Search' interface. At the top, there's a search bar and a red double-headed arrow labeled '波長変化 (= 高度変化)'. Below this is a grid of data thumbnails. Each thumbnail is labeled with its wavelength: 0.90 μm day, 2.02 μm, 10 μm, 283 nm, and 365 nm. The thumbnails are arranged in a grid with columns for each wavelength and rows for different time points. A red vertical arrow on the left side of the grid is labeled '時間変化'. At the bottom right of the grid, there are two blue boxes with arrows pointing to them, one containing the text 'ダウンロードするもの、もしくはアニメーション gif の対象にチェックを入れる' and the other containing '一括ダウンロードとアニメーション gif の作成ボタン'.



時間変化の例



高度変化の例

システムの概要～お気に入り～

- お気に入り登録・お気に入り検索
 - 気に入った画像や検索条件を保存
 - ユーザ同士で共有

Akatsuki Data Search 検索 お気に入り検索 L2データ L3データ

お気に入り

お気に入り登録してあります。「公開」されているデータで検索結果も公開することができます。

名前	種類	操作	公開
001_20160414_211208_096_02c_v10	IR		公開
001_20160414_211345_293_02c_v10	IR		公開
001_20160425_171722_365_02c_v10	IR		公開
001_20160425_170207_096_02c_v10	IR		公開
001_20160425_170821_302_02c_v10	IR		公開
001_20160425_190207_096_02c_v10	IR		公開
001_20160425_190821_302_02c_v10	IR		公開
001_20160425_191340_293_02c_v10	IR		公開
001_20160425_191716_365_02c_v10	IR		公開
001_20160425_212051_01c_v10	IR		公開
001_20160425_212051_01c_v10	IR		公開

お気に入り登録

Akatsuki Data Search 検索

お気に入り登録された検索条件の中から「公開」なものを一覧表示

Name
293_365_dayside_short_fit
13

お気に入り検索

Akatsuki Data Search 検索 お気に入り検索 L2データ L3データ

L2data

波長変化 (= 高度変化)

	0.90 μm day	3.02 μm	10 μm	293 nm	365 nm
001_20160414_211208_096_02c_v10					
001_20160425_170207_096_02c_v10					
001_20160425_170821_302_02c_v10					
001_20160425_190207_096_02c_v10					
001_20160425_190821_302_02c_v10					
001_20160425_191340_293_02c_v10					
001_20160425_191716_365_02c_v10					
001_20160425_212051_01c_v10					
001_20160425_212051_01c_v10					

時間変化

画像一覧画面

画像詳細

Akatsuki Data Search 検索 お気に入り検索

ヘッダ情報

IRISヘッダキーワードリスト (v65)

BTPIXI -32

NAXIS: 2

FHSTYPE:

FTYPEVER:

ORIGIN: VCO/UVI team

NEXTEND:

TELESCOP: VCO

SPICECFT: VCO

CNTTYPE:

CNTVER:

EXTENSION: IMAGE

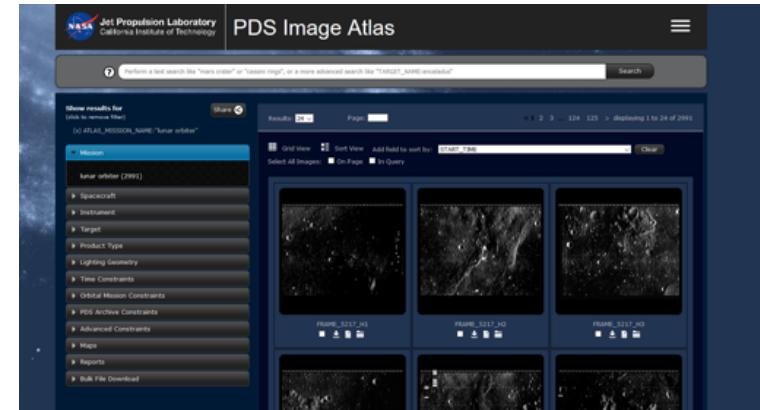
P_LONAME: vco/0001636AC30_0037.jpg

This document is provided by JAXA.

システムの比較・応用可能性

本システムと他のデータ閲覧システムとの比較

- PDS Image Atlas (NASA)
 - 月や火星など様々なミッションのデータ閲覧システム
 - あかつき未対応. 波長方向の変化(高度方向の変化)が見られない.



本システムのお探査機への応用可能性

- 時間変化があり, 複数データの比較が必要な衛星で応用可能性がある.
 - ○ Venus Express
 - 金星大気を複数波長で観測. 応用可能性あり

まとめ

- 本システムにより、同時に撮影された異なる高度の雲画像の比較や、同じ高度で雲分布の時間変化の把握が容易となった。
- 検索・表示する際に、データをまとめた検索用テーブルを用意することが検索時間の削減に有効であった。
 - 検索用のテーブルはFITSとNetCDFの両方のヘッダ情報を包含し、観測時間と観測プログラムを主キーとする。
- ヘッダ情報では検索できない条件は「お気に入り検索」という形で共有・検索できるようになった。
- 今後の課題：利用者の増加・プロモーション、運用の人手。
- 謝辞：プログラム開発には松江高専情報工学科卒業生の村社光誠、大森一輝、青木拓海、の協力を得た。