

宇宙航空研究開発機構研究開発資料

JAXA Research and Development Memorandum

「あかり」データの歩き方 version 1.1
～「あかり」プロダクトの説明～

AKARI data guide for beginners version 1.1
～ DESCRIPTION OF THE AKARI DATA PRODUCTS ~

菅原 泰晴, 松崎 恵一, 稲田 久里子, 山村 一誠

SUGAWARA Yasuharu, MATSUZAKI Keiichi, INADA Kuriko and YAMAMURA Issei

2020年1月

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

目次

1. 「あかり」の概要	2
2. 「あかり」データプロダクト	4
3. 分類項目について	8
3.1. プロダクト属性	8
3.2. 観測装置	8
3.2.1. FIS: Far-Infrared Surveyor (遠赤外線サーベイヤ)	9
3.2.2. IRC: InfraRed Camera (近・中間赤外線カメラ)	10
3.3. 衛星姿勢・観測モード	12
4. おわりに	12
改訂履歴	12
謝辞	13
参考文献	13

「あかり」データの歩き方 version 1.1 ～「あかり」プロダクトの説明～

菅原 泰晴^{*1}, 松崎 恵一^{*1}, 稲田 久里子^{*1}, 山村 一誠^{*1}

AKARI data guide for beginners version 1.1 ～ DESCRIPTION OF THE AKARI DATA PRODUCTS ～

SUGAWARA Yasuharu^{*1}, MATSUZAKI Keiichi^{*1}, INADA Kuriko^{*1}, YAMAMURA Issei^{*1}

ABSTRACT

This document aims to introduce the archival data (mainly highly processed data such as catalogue, images, and spectra) taken by the AKARI infrared astronomy satellite, primarily for professional astronomers who are not necessarily familiar with AKARI. AKARI was launched on February 22, 2006, carried out numerous pointing observations as well as all sky surveys, and completed all the operations on November 24, 2011.

Keywords: Astronomy, Infrared, AKARI, data products

概要

本ドキュメントは、2006年2月22日に打ち上げられ、全天サーベイおよび、多数の指向観測を実施し、2011年11月24日にすべての運用を終了した赤外線天文衛星「あかり」のアーカイブデータ（高次処理データ：カタログ、イメージ、スペクトル）を天文学の研究者に紹介することを目的としています。

doi: 10.20637/JAXA-RM-19-003/0001

* 2019年10月16日受付 (Received October 16, 2019)

^{*1} 宇宙科学研究所 (Institute of Space and Astronautical Science)

1. 「あかり」の概要

表 1 に「あかり」衛星の概要、図 1 に各検出器の観測モードと波長域・波長分解能を示します。

表 1: 「あかり」衛星の概要

打ち上げ	2006 年 2 月 22 日(JST)
観測期間 ^{注1)}	2006 年 5 月～2007 年 8 月(Phase1&2: 冷凍機+液体ヘリウム冷却) 2008 年 6 月～2010 年 2 月(Phase 3: 冷凍機のみで冷却。IRC でのみ観測)
軌道	太陽同期軌道/昼夜境界帯周回. 軌道周期: 100 分 軌道高度: 700 km (円軌道). 軌道傾斜角: 98 度
望遠鏡	有効口径 68.5 cm. リッチー・クレティエン方式 ²⁾
冷却系	液体ヘリウム (170 リットル) +スターリングサイクル冷凍機 ³⁾ 。 液体ヘリウム保持期間 550 日
衛星観測・姿勢モード	<ul style="list-style-type: none"> ・全天サーベイ(All-sky survey mode): 約 100 分の軌道周期で 360 度を連続的にスキャン (3.6 arcmin/秒)。全天の 96 % 以上をカバー。 ・指向観測 <ul style="list-style-type: none"> ・静定観測(Staring mode): 目標座標に視野を固定した撮像・分光観測。指向方向を微量ずらす、ディザリングも含む。約 100 分の軌道周期で最大で約 10 分間観測。 ・スロースキャン(Slow scan mode): 最大 30 arcsec/秒 で天域を往復スキャン。主に FIS による高感度マッピングで使用。
観測モードの大別	<p>「あかり」衛星の観測モードは以下のように大別されます。</p> <pre> graph LR A[全天サーベイモード] --> B[撮像モード] C[指向観測モード] --> D[静定観測モード] C --> E[スロースキャンモード] D --> F[撮像モード] D --> G[分光モード] E --> H[撮像モード] </pre>
焦点面観測装置 (波長域・波長分解能は 図 1 参照)	<p>1) 遠赤外線サーバイヤ (FIS): 波長 50-180 μm の 4 波長帯で全天サーベイ、撮像を実施。異なる波長域カバーする 4 つの Ge:Ga 検出器アレイを使用。観測モードを変えることで、フーリエ分光器による分光観測が可能。</p> <p>2) 近・中間赤外線カメラ (IRC): 異なる波長行きをカバーする 3 台の屈折光学系によるカメラで構成。フィルターを変えることで波長 2~26μm で計 9 波長帯</p>

	で撮像可能。InSb 検出器アレイ、Si:As 検出器アレイを使用。観測モードを変えることで、プリズム・グリズムによる分光観測が可能。全天サーベイには 9, 18 μ m の 2 波長帯を使用。		
有効な静止観測の概数		Phase 1 & 2	Phase 3
	FIS 撮像	1100	----
	FIS 分光	550	----
	IRC 撮像	3000	3800
	IRC 分光	900	8800

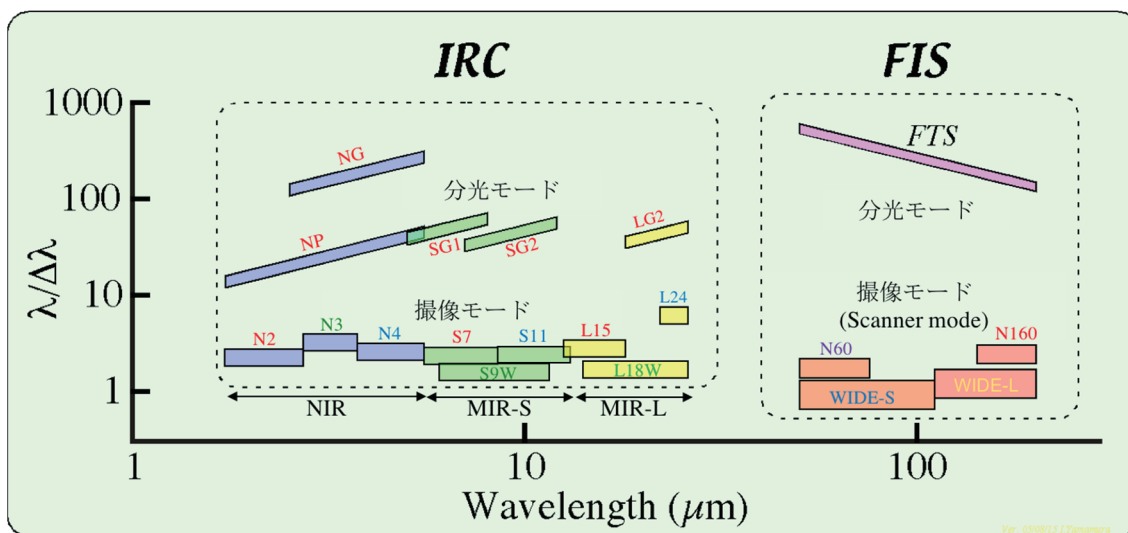


図 1：各検出器の観測モードと波長域・波長分解能¹⁾。

2. 「あかり」データプロダクト

「あかり」データ処理・解析チームが中心となり作成された、「あかり」データプロダクト（高次処理データ：カタログ、イメージ、スペクトル）を紹介します。

「あかり」データプロダクトは、まず、プロダクト属性によって、生データ(FITS形式)と、高次処理データプロダクト（カタログ、イメージ、スペクトル）に分類されます。さらに、FIS⁴⁾とIRC⁵⁾の2種類の検出器で大別され、次に、3つの観測姿勢モード、All-sky survey mode、Staring mode、Slow scan mode¹⁾によって分類されます（図2）。

「あかり」衛星の位置決定精度は、天体の明るさによって異なりますが、概ね5-6秒角以内です。表2では、各プロダクトの正式名称や登録天体数、検出感度に関する情報をまとめています。

図2及び表2に示した全天の点源カタログやイメージ、スペクトルは、まず、「あかり」プロジェクトチームのホームページ^{注2)}から公開され、最終的に宇宙科学研究所のDARTS^{注3)}でアーカイブ化されます。^{注4)}

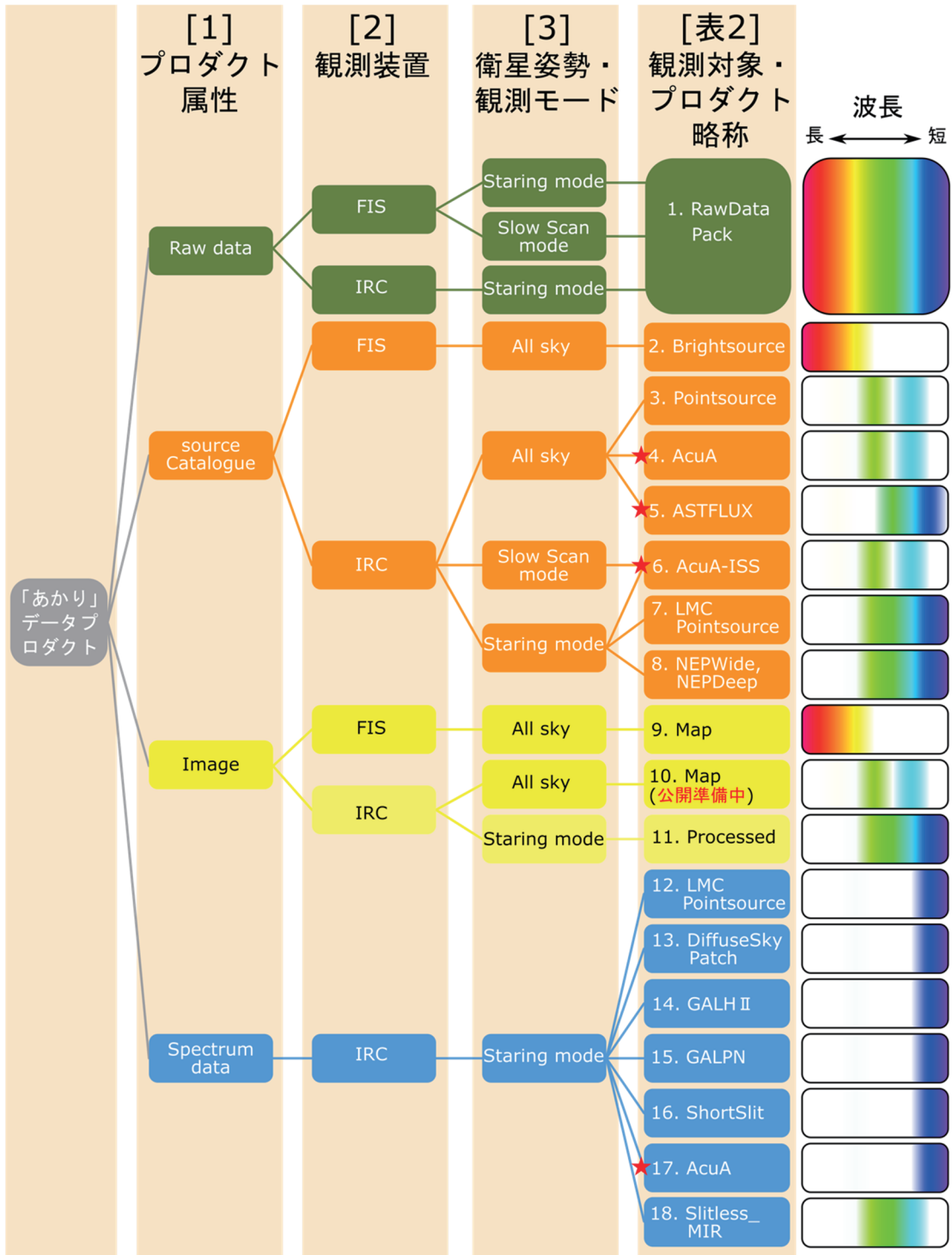


図 2: 「あかり」データプロダクト一覧。分類項目の詳細は後述の説明をご覧ください。生データが緑、カタログがオレンジ、イメージが黄色、スペクトルが青色、を表します。赤い星は小惑星のプロダクトを表しています。右端はプロダクトの大まかな波長域を表します(詳細は表 2 プロダクト一覧参照)。

表 2: 「あかり」プロダクト一覧

プロダクト名称 [プロダクトキー★]	プロダクト 属性 [1]	観測装置 [2]	衛星姿勢・ 観測モード [3]	波長 ^(注5)	登録天体数	感度	説明
1 AKARI Pointed Observation Data v.1 (Phase1 and 2) [AKARI_Pointed_RawDataPak_1.0] AKARI Pointed Observation Data v.2 (Phase3) [AKARI_Pointed_RawDataPak_2.0]	Raw data	FIS & IRC	Staring and Slow scan mode	all band	---		ヘリウム枯渇前までの FIS, IRC の指向 観測データ(撮像と分光)の生データ。
		IRC		2, 3 and 4 $\mu\text{m}/1.7\text{--}5.4\ \mu\text{m}$	---		ヘリウム枯渇後の IRC の指向観測デー タ(撮像と分光)の生データ。
2 AKARI/FIS Bright Source Catalogue Version 1.0 [AKARI-FIS_Catalogue_AllSky_BrightSource_1.0] AKARI/FIS Bright Source Catalogue Version 2.0 [AKARI-FIS_Catalogue_AllSky_BrightSource_2.0]	Catalogue	FIS	All sky	65, 90, 140 and 160 μm	427,071	0.55 Jy@90 μm	FIS による明るい点源の全天カタログ。
		FIS	All sky	65, 90, 140 and 160 μm	501,444	~0.5 Jy@90 μm	処理方法の改善や検出器校正を反映し た FIS による明るい点源の全天カタログ version ² 。
3 AKARI/IRC Point Source Catalogue Version 1.0 [AKARI-IRC_Catalogue_AllSky_PointSource_1.0]	Catalogue	IRC	All sky	9 & 18 μm	870,973	0.045 Jy@9 μm	IRC による明るい点源の全天カタログ。
		IRC	All sky	9 & 18 μm	5,120		IRC による全天サーベイデータを用いた 小惑星カタログ。
5 AKARI Asteroid Flux Catalog Ver.1 [AKARI-IRC_Catalogue_AllSky_ASTFLUX_1.0]	Catalogue	IRC	All sky	3, 4, 7, 9, 11, 15, 18 and 24 μm	5,201		IRC による全天サーベイ及び、スロースキ ャン観測データを用いた小惑星の観測 時間ごとの光度カタログ。
		IRC	Slow scan	9 & 18 μm	88		IRC によるスロースキャン観測データを用 いた小惑星カタログ。
6 Asteroid Catalog Using AKARI IRC Slow-Scan [AKARI-IRC_Catalogue_Pointed_AcuA-ISS_1.0]	Catalogue	IRC	Staring mode	3, 7, 11, 15, 24 μm			IRC による LMC(Large Magellanic Cloud: 大マゼラン雲の略称として広く通 用) の点源天体カタログ。
		IRC	Staring mode	2, 3, 4, 7, 9, 11, 15, 18 and 24 μm	802,285	The 10 sigma limiting magnitudes are estimated as 17.9, 13.8, 12.4, 9.9 and 8.6 mag at N3, S7, S11, L15, and L24, respectively	
7 The AKARI-LMC Point Source Catalogue [AKARI-IRC_Catalogue_Pointed_LMCPoinSource_1.0]	Catalogue	IRC	Staring mode	2, 3, 4, 7, 9, 11, 15, 18 and 24 μm	114,794		IRC による北黄極付近の狭領域(5.4 平 方度の天体のカタログ)。
		IRC	Staring mode	7, 9, 11, 15 and 18 μm	7,284		IRC による北黄極付近の狭領域(0.67 平 方度の天体のカタログ)。
8 The AKARI-NEP-Deep Source Catalogue Version 1 [AKARI-IRC_Catalogue_Pointed_NEPWide_1.0] The AKARI-NEP-Deep Source Catalogue Version 1 [AKARI-IRC_Catalogue_Pointed_NEPDeep_1.0] The AKARI-NEP-Deep Source Catalogue Version 2 [AKARI-IRC_Catalogue_Pointed_NEPDeep_2.0]	Catalogue	IRC	Staring mode	2, 3, 4, 7, 9, 11, 15, 18 and 24 μm	27,770		処理方法の改善や検出器校正を反映し た IRC による北黄極付近の狭領域の天 体のカタログ version ² 。
		IRC	Staring mode				

プロダクト名称 [プロダクトキー★]	プロダクト 属性 [1]	観測装置 [2]	衛星姿勢・ 観測モード [3]	波長 ^{注5)}	登録天体数	感度	説明
9 AKARI Far-infrared All-Sky Survey Maps Version 2.1 [AKARI-FIS_Image_AllSky_Map_2.1]	Image	FIS	All sky	65, 90, 140 and 160 μm	---		FISによる4バンドの全天画像、IRASに 比べて約5倍の解像度。
10 AKARI/IRC All-Sky Image Maps Version 1.0 [公開準備中]		IRC	All sky	9 & 18 μm	---		IRCによる2バンドの全天画像。
11 IRC Pointed Observation Images [AKARI-IRC_Image_Pointed_POI_1.0]	Image	IRC	Staring mode	2, 3, 4, 7, 9, 11, 15, 18 and 24 μm	---		IRC 指向観測の高次処理画像データ。
IRC Pointed Observation Images (Post-Helium Mission) [AKARI-IRC_Image_Pointed_POI_2.0]		IRC	Staring mode	2, 3, and 4 μm	---		ヘリウム枯渇後のIRC 指向観測の高次 処理画像データ。
12 The AKARI-LMC Near-infrared Spectroscopic Catalogue [AKARI-IRC_Spectrum_Pointed_LMCPointSource_1.0]	Spectrum	IRC	Staring mode	2.5-5.0 μm	2,111	The saturation limits are ~ 0.1 and $\sim 0.5-1.0$ Jy	IRCによるLMCの点源(星)の分光デー タ。
13 AKARI-IRC NIR Low-resolution Spectral Catalogue of Diffuse Sky Patches [AKARI-IRC_Spectrum_Pointed_DiffuseSkyPatch_1.0]		IRC	Staring mode	1.8-5.3 μm	278		IRCによる黄道光や背景光の低分散分 光データ。
14 AKARI Near-infrared Spectral Atlas of Galactic HII regions [AKARI-IRC_Spectrum_Pointed_GALHII_1.0]	Spectrum	IRC	Staring mode	1.7-5.4 μm and/or 2.5-5.0 μm	464		IRCによる銀河系内のHII領域(ガス星 雲)の分光データ。
15 AKARI/IRC NIR Spectral Atlas of Galactic Planetary Nebulae [AKARI-IRC_Spectrum_Pointed_GALPN_1.0]		IRC	Staring mode	2.5-5 μm	72		IRCによる銀河系内の惑星状星雲の分 光データ。
16 IRC Point Source Spectroscopy Data [AKARI-IRC_Spectrum_Pointed_ShortSlit_1.0]	Spectrum	IRC	Staring mode	1.7-5.4 μm and/or 2.5-5.0 μm	---		Phase 1 and 2 NG; 217 pointing data Phase 3 NG, NP; 5495 pointing data
17 AKARI Near Infrared Asteroid Spectral Catalog Ver.1 [AKARI-IRC_Spectrum_Pointed_AcuA_1.0]		IRC	Staring mode	2.5-5 μm	64		IRCによる64個の小惑星の分光デー タ。
18 AKARI/IRC MIR-S slit-less spectroscopic catalogue [AKARI-IRC_Spectrum_Pointed_Slitless_MIR_1.0]	Spectrum	IRC	Staring mode	5.5-12.5 μm	604		IRCによる中間赤外線スリットレス分光デ ータ。

★DARTS では、以下のような命名規則でプロダクトキーを定義しています。
「衛星名_検出器_プロダクト属性_衛星姿勢_プロダクト略称_version」
このプロダクトキーをデータと web ページの公開 URL として採用しています。
データ URL <https://darts.isas.jaxa.jp/pub/akari/> [プロダクトキー]
web ページ URL [https://darts.isas.jaxa.jp/astro/akari/data/\[プロダクトキー\].html](https://darts.isas.jaxa.jp/astro/akari/data/[プロダクトキー].html)

3. 分類項目について

3.1. プロダクト属性

「あかり」プロダクトのプロダクト属性を、以下の4つに区分します。

(1) Raw data

Binary TableあるいはImage FITSのデータ。

(2) Source catalogue

赤外線源カタログ。全天の天体カタログや局所領域のカタログ、特定の種類の天体カタログなどがあります。

(3) Image

高次処理されたFITS形式のイメージファイル。観測モードに応じて、map image (All sky survey mode)、pointing image (Staring mode)、scan image (Slow scan mode)に分類されています。

(4) Spectrum data

天体や観測視野ごとのスペクトルデータ。

3.2. 観測装置

「あかり」の望遠鏡焦点面には、図3のような視野を持つ、FIS⁴⁾とIRC⁵⁾の2種類の観測装置が配置されています。図3は、FISまでの光路の概念図を示しています。望遠鏡に入射した光は、ビームスプリッターもしくは干渉計、フィルタ、検出器の順に通ります。撮像モードや分光モードに応じて光路やフィルタが変わります。以下では、2つの観測装置について説明します。

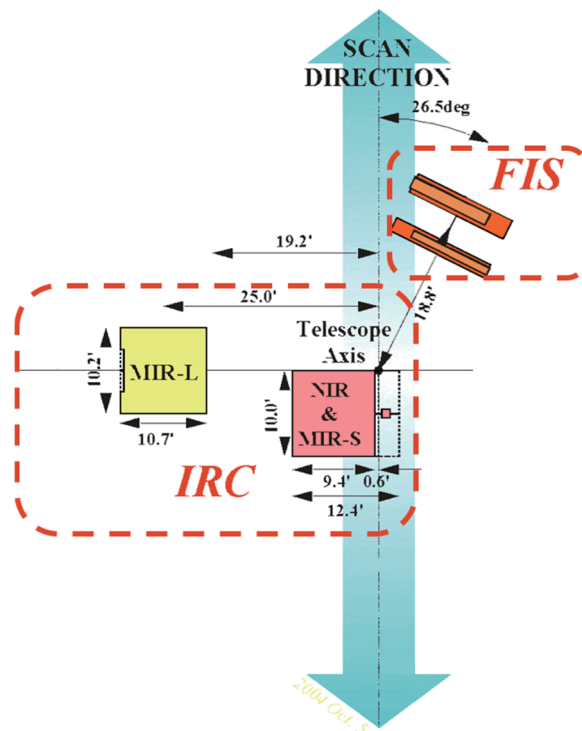


図 3:「あかり」焦点面配置図¹⁾。FIS は第2焦点に配置された検出器の図 (図 6 参照)。IRC は第1焦点に配置されたマスクパターンの図 (図 7 参照)。

3.2.1. FIS: Far-Infrared Surveyor (遠赤外線サーベイヤ)

FIS は遠赤外線で全天サーベイを行うことを主な目的として搭載された観測装置です。FISは2006年5月7日から液体ヘリウムが枯渇した2007年8月26日まで使用されました。FISでは図4のように、異なる光路の光がそれぞれ種類の異なる2種類の検出器に集光します。これらの検出器により広い波長範囲の遠赤外線が観測可能で、以下の2モードによる観測が実施されました。

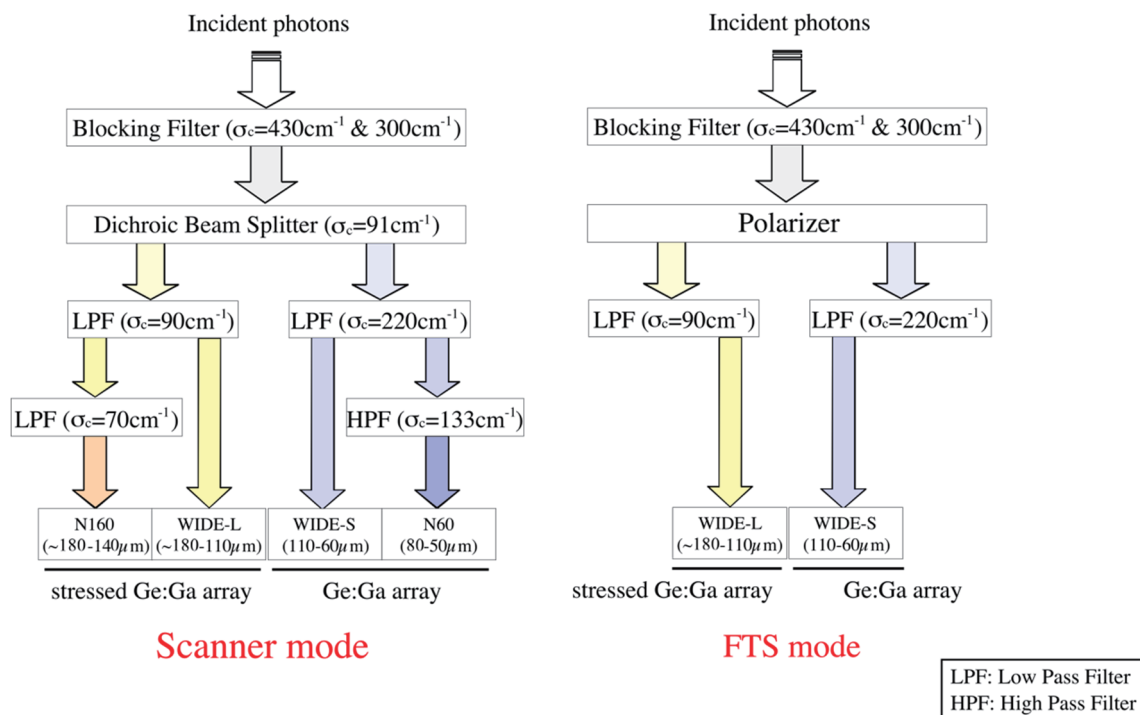


図 4 : FIS の光路概念図 6)

(1) 撮像モード(Scanner mode)

フィルターを用いて、65(N60), 90(WIDE-S), 140(WIDE-L), 160(N160) μm の4バンド(波長帯)で撮像観測を行いました。それぞれのフィルターの透過率を図5に示します。また、図6のように、バンドごとに異なる位置で撮像し、一度に4バンドの画像が取得可能です。なお、スキャン方向には視野が重なるように考慮されています。これらは通常サーベイ観測に用いられましたが、指向観測を行うことによって、より暗い天体を検出することもできました。

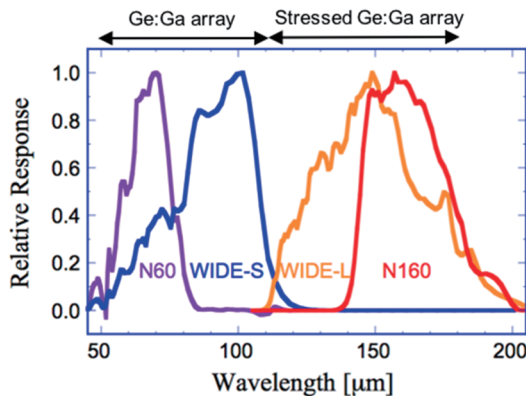


図 5 : FIS 搭載フィルターの透過率 4)

(2) 分光モード(Fourier Transform Spectrometer mode)

図4のScanner modeのDichroic Beam Splitterを干渉計に入れ替えることでフーリエ分光器となり、WIDE-SとWIDE-Lの検出器で分光観測を行うこともできます。波長分解能は、光路の取り方(スキャン時間)によって、Full-resolution modeとSED modeがあります。表3では、FISの分光性能を表しています。

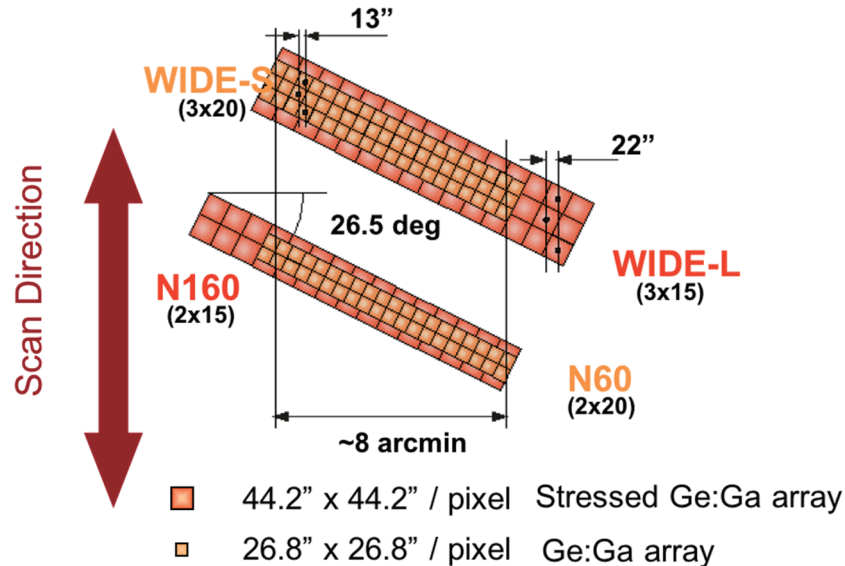


図 6: FIS Scanner mode の視野⁴⁾。視野が重なっている検出器は、Dichroic Beam Splitter で分離された異なる光路に置かれている(図 4 参照)。上図は天球上に投影した場合。

表 3 : FIS 分光モードにおける性能⁶⁾

検出器	帯域 [μm]	波長分解能 $\lambda / \Delta \lambda$
WIDE-S	60-110	150-450 (Full-resolution mode; scan time 48 sec)
WIDE-L	110-180	or 23-75 (SED mode; scan time 12 sec)

3.2.2. IRC: InfraRed Camera (近・中間赤外線カメラ)

IRC は3台の独立したカメラシステムから構成されています。1.7-5.5 μm の近赤外線領域をNIRカメラ、5.8-14.1 μm の中間赤外線領域の短波長側をMIR-Sカメラ、12.4-26.5 μm の中間赤外線領域の長波長側をMIR-Lカメラが担当します。IRCの観測は指向観測モードで実施されたほか、FIS と同様にサーベイ観測も行われました。

図7はIRCの視野を表しています。NIRとMIR-Sはビームスプリッターで分けた光を用いているため、同じ視野をカバーしています。一方、MIR-Lは独立した視野・光路を持っており、スキャン方向にもNIR、MIR-Sと視野が重なっていません。

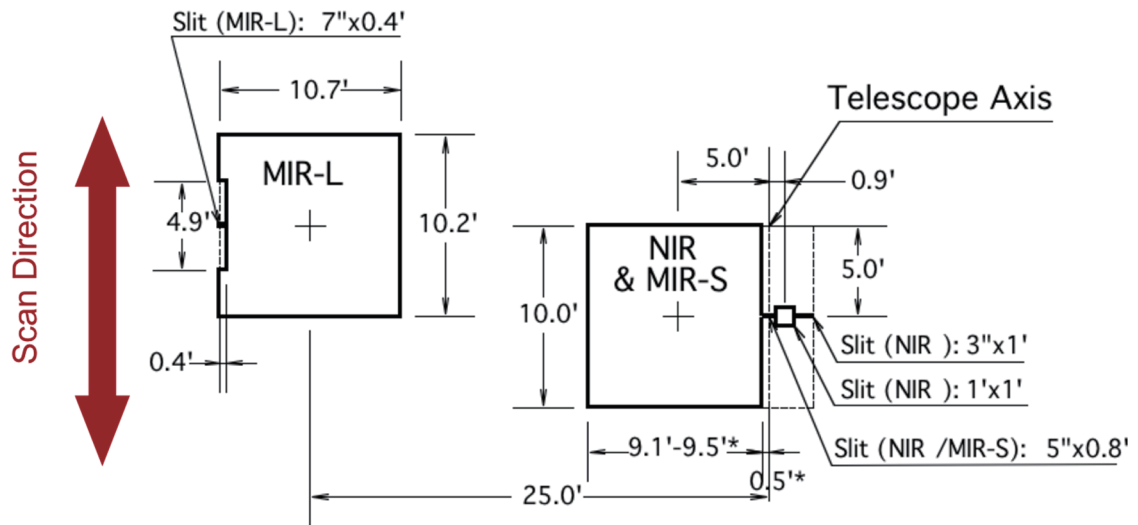


図 7： IRC の第一焦点面視野とスリットの位置関係⁵⁾

(1) 撮像モード

各カメラには、3種類の撮像用フィルターが搭載されており、フィルターホイールを回転させることによって、NIR(N2,N3,N4), MIR-S(S7,S9W,S11), MIR-L(L15,L18W,L24)で観測波長を選ぶことができます。図8は各フィルターの透過率を示しています。

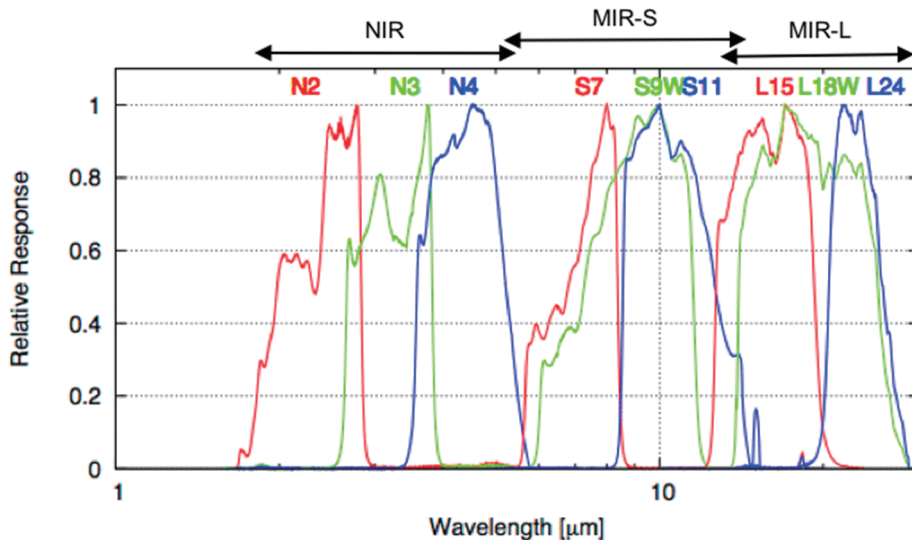


図 8： IRC 搭載フィルターの透過率⁷⁾

(2) 分光モード

各カメラには、撮像用フィルターの他に2種類の分光素子が搭載されており、フィルターホイールを回転させることにより、NIRではプリズム(NP)とグリズム(NG)を、MIR-Sには2種類のグリズム(SG1,SG2)、MIR-Lにも2種類のグリズム(LG1,LG2)が選択可能です。ただし、このうちMIR-LのLG1は地上試験において劣化したため、観測で使用されることはありませんでした。表4は各フィルターの分光性能を表しています。

また、図7のように、スリットに点源を入れる観測のほかに、撮像視野全体を分光するスリットレス観測も実施されました。

表 4：IRC 分光モードにおける性能⁷⁾

検出器	フィルター	帯域 [μm]	波長分解能 [$\mu\text{m pix}^{-1}$]
NIR	NP	1.8-5.2	0.06 @3.5 μm ^{注6)}
	NG	2.5-5.0	0.0097
MIR-S	SG1	5.4-8.4	0.057
	SG2	7.5-12.9	0.099
MIR-L	LG1	(11-19)	(0.173)
	LG2	17.5-25.7	0.175

3.3. 衛星姿勢・観測モード

「あかり」は以下3つの衛星姿勢・観測モードで観測を行いました。詳しくはMurakami et al. (2007)¹⁾をご覧ください。

(1) All-sky survey mode

全天サーベイ観測(3.6 arcmin/秒)。全天の96%以上をカバー。

(2) Staring mode

目標座標に視野を固定して撮像・分光観測を行います。指向方向を微少量ずらす、ディザリングを行うこともあります。一周回あたりの最大観測時間は10分。

(3) Slow scan mode

スロースキャン(最大30 arcsec/秒)で領域を観測する指向観測。全天サーベイ観測時に比べ、数倍の感度があります。2019年7月時点で、FISの生データが公開されています。

4. おわりに

FISとIRCの2種類の機器、3つの衛星姿勢モードで観測された「あかり」データは、2019年9月時点で、2種類のRawデータ、10種類のカatalog、3種類のイメージ、7種類のスペクトルデータが公開されています。今後もIRCによる全天イメージ等の高次プロダクトが公開される予定です。

改訂履歴

第1.0版 2018年11月 初版発行

第1.1版 2019年9月 図2及び表2の修正

- プロダクトキーの導入
- スペクトルデータ情報追加(AKARI Near Infrared Asteroid Spectral Catalog Ver.1 及び AKARI/IRC MIR-S slit-less spectroscopic catalogue)
- 誤記修正(AKARI Asteroid Catalog Version 1.0の観測装置及び波長)

謝辞

本文書の作成にあたり、多くの有益なご助言を戴いた宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 海老澤研教授、「あかり」データ処理・解析チームおよび「あかり」関係者の方々に深謝します。

注

- 注1) Phase1: 最初の半年間の全天サーベイ観測中心の期間
Phase2: 液体ヘリウムが枯渇するまでの期間
Phase3: 液体ヘリウム枯渇後の期間
- 注2) <https://www.ir.isas.jaxa.jp/AKARI/Archive/>
- 注3) <https://darts.isas.jaxa.jp/astro/akari/products.html>
- 注4) DARTS では指向観測の観測情報も公開されており、いつ、どのようなモードで天体が注観測されたかを調べることができます。
- 注5) カタログ、イメージは中心波長(図 5 及び図 8 を参照)。スペクトルは波長域(波長分解能は表 3 及び 4 を参照)を表します。
- 注6) NIR のプリズム(NP)は分散能が波長に依存します。

参考文献

- 1) Murakami, H., et al., 2007, The Infrared Astronomical Mission AKARI, PASJ, 59, S369
- 2) Kaneda, H. et al., 2007, In-orbit focal adjustment of the AKARI telescope with IRC images, PASJ, 59, S423
- 3) Nakagawa, T. et al., 2007, Flight Performance of the AKARI Cryogenic System, PASJ, 59, S377
- 4) Kawada, M. et al., 2007, The Far-Infrared Surveyor (FIS) for AKARI, PASJ, 59, S389
- 5) Onaka, T. et al., 2007, The Infrared Camera (IRC) for AKARI -- Design and Imaging Performance, PASJ, 59, S401
- 6) Verdugo, E., Yamamura, I., Pearson, C.P., 2007, AKARI FIS Data User Manual
- 7) Lorente, R., Onaka, T., Ita, Y., Ohyama, Y., Pearson, C.P., 2007, AKARI IRC Data User Manual

宇宙航空研究開発機構研究開発資料 JAXA-RM-19-003
JAXA Research and Development Memorandum

「あかり」データの歩き方 version 1.1 ～「あかり」プロダクトの説明～
AKARI data guide for beginners version 1.1
～ DESCRIPTION OF THE AKARI DATA PRODUCTS ～

発	行	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 〒182-8522 東京都調布市深大寺東町7-44-1 URL: http://www.jaxa.jp/				
発	行	日	2020年1月7日			
電	子	出	版	制	作	松枝印刷株式会社

※本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等に加工することを禁じます。
Unauthorized copying, replication and storage digital media of the contents of this publication, text and images are strictly prohibited. All Rights Reserved.

