

# 「あかり データ処理・解析チーム」 の活動

山村 一誠

(あかり データ処理・解析チーム)

江草芙実、瀧田怜、巻内慎一郎、古賀達也、仲田達也(宇宙研)、臼  
井文彦、尾中敬(東大)、石原大助(名古屋大)、「あかり」チーム

2014年1月10日



## 概要

---

- 赤外線天文衛星「あかり」は、2011年11月24日に停波・運用終了。
- 宇宙研の科学衛星として初めて、プロジェクト終了後も、データプロダクト作成・アーカイブの活動を継続することを、理学委員会に推奨のもと認めていただいた。
- 2013年4月より、「あかりデータ処理・解析チーム」として活動している。その現状を報告する。



# 「あかり」成果関連ポスター

---

- P3-22 津村他 「あかり」による近赤外線面輝度分光カタログの公開
- P3-23 瀧田他 「あかり」遠赤外線全天サーベイ画像
- P3-24 石原他 「あかり」中間赤外線diffuse全天マップ
- P3-25 藤原他 「あかり」による温かいデブリ円盤の観測
- P3-26 江草他 「あかり」撮像・分光観測による近傍銀河内の星間物質分布
- P3-27 大井他 「あかり」北黄極ディープフィールドにおける宇宙の激動期における銀河進化研究：最近の進捗
- P3-28 白旗他 「あかり」によるAGNs/ULIRGsの観測成果



# 赤外線天文衛星「あかり」



高さ: 3.7 m

質量: 952 kg (打ち上げ時)

望遠鏡口径 68.5 cm (SiC製軽量主鏡)

二種類の観測装置

観測波長 1.8~180 マイクロメートル

液体ヘリウム+冷凍機で、望遠鏡と観測装置を $-267^{\circ}\text{C}$ 以下に冷却。軌道上で550日の液体ヘリウム保持期間。

太陽同期極軌道／昼夜境界帯周回

軌道高度：700 km (円軌道)

軌道傾斜角：98度

打ち上げ: 2006年2月22日(JST)

運用終了: 2011年11月24日

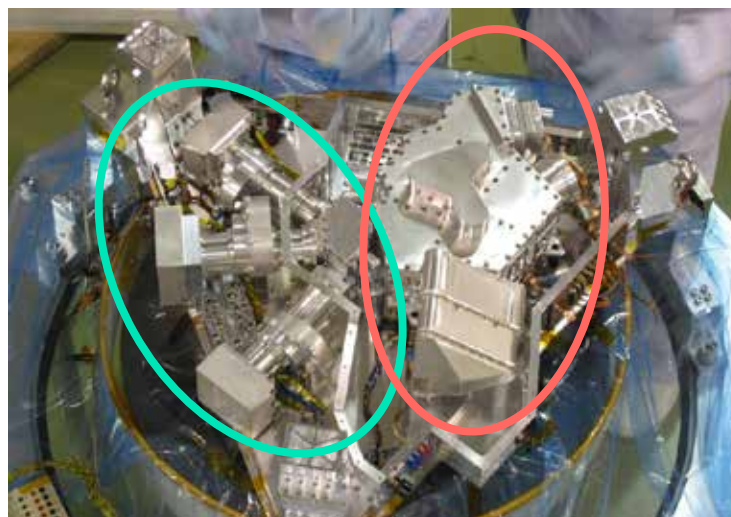


# 「あかり」の観測装置

- 測光（撮像）機能
- 分光機能

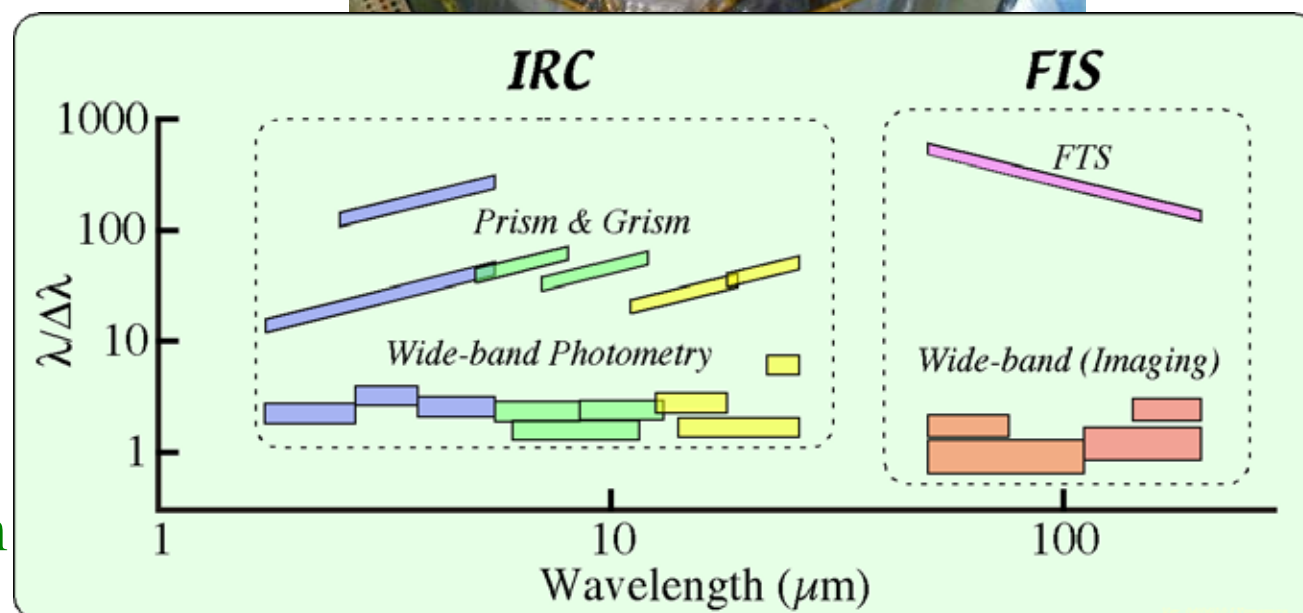
近・中間赤外線カメラ  
(Infrared Camera)

IRC



遠赤外線サーベイヤ  
(Far-Infrared Surveyor)

FIS



1.8–26  $\mu\text{m}$

50–180  $\mu\text{m}$



# AKARI Operation History

|                                                              |                                |                                                   |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| Checkout & Performance Verification                          | <b>Checkout</b>                | Feb. 21, 2006 Launch<br>Apr. 14, 2006 Ap.Lid Open |
| (FIS) All-Sky Survey: 1st priority<br>LS+Some MP Pointed Obs | <b>Phase 1<br/>(~180 days)</b> | May 7, 2006                                       |
| MP + OT Pointed Obs.<br>Supplemental (FIS) survey            | <b>Phase 2<br/>(~300 days)</b> | Nov. 10, 2006                                     |
| He holding time<br>550 days                                  | <b>2nd PV</b>                  | Aug. 26, 2007 LHe boil-off                        |
| only NIR in operation<br>MP + OT pointed Obs.                | <b>Phase 3</b>                 | June 1, 2008                                      |
| Cryo-cooler degradation/recovery                             | <b>Maintenance</b>             | Feb. 15, 2010                                     |
|                                                              |                                | Nov. 24, 2011 Satellite power-off                 |



# 衛星運用終了～現在

---

- 2010年2月: 冷凍機性能劣化により、観測中断
- 2011年5月: 電源系障害により衛星の機能停止
- 2011年6月: 観測運用終了を宣言
- 2011年9月: 姿勢制御復帰
- 2011年11月: 軌道降下運用の後、停波(24日)
- 2011年10月～2012年5月: 理学委員会プロジェクト終了審査
- 2012年12月: 宇宙研プロジェクト終了審査  
データプロダクト作成計画審査
- 2013年4月: 「あかりデータ処理・解析チーム」活動開始  
(ASTRO-Fプロジェクト終了)
- 2013年7月: 文科省プロジェクト終了事後評価



# 「あかり」の行った観測

- 全天サーベイ (2006/05–2007/08)
  - 9, 18, 65, 90, 140, 160  $\mu\text{m}$
  - 全天の 96 % 以上をカバー

- 指向観測

|       | Phase 1 & 2<br>(冷凍機＋ヘリウム) | Phase 3<br>(冷凍機のみ) |
|-------|---------------------------|--------------------|
| IRC撮像 | 3000                      | 3800               |
| IRC分光 | 900                       | 8800               |
| FIS撮像 | 1100                      | —                  |
| FIS分光 | 550                       | —                  |

(有効な観測の概数)



## 「あかり」データプロダクト作成計画

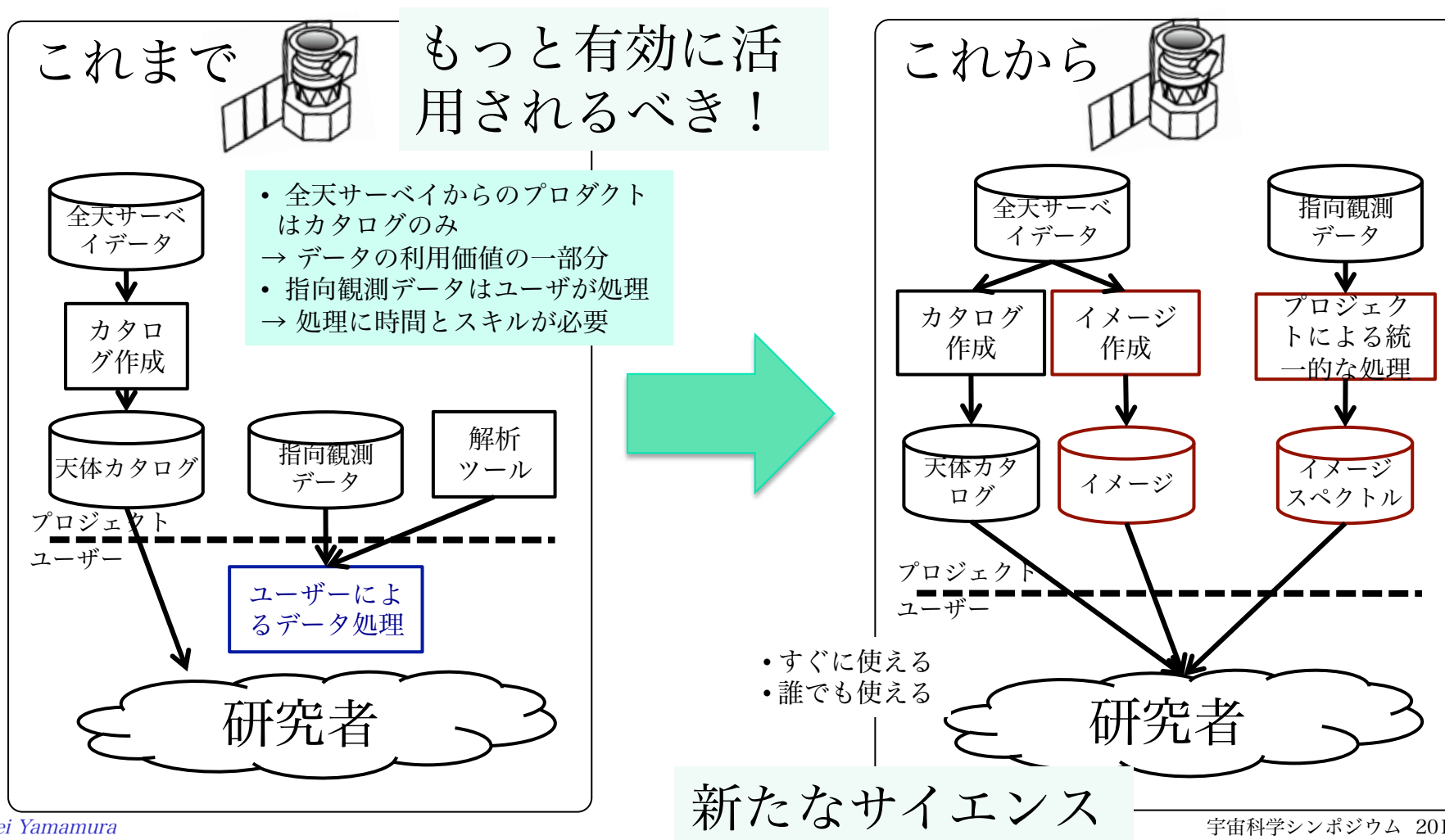
---

- 「あかり」の取得した膨大なデータには、天文学的に貴重な（未だ解析されていない）情報が多く含まれているはず。
- しかし、生データからの解析は大きな手間がかかり、データの活用を妨げている。
- Science Ready なプロダクトを作成し、アーカイブすることで、「あかり」データの利用を促進し、新たな発想による研究を生み出す。



# 「あかり」データプロダクト作成計画

- 赤外線天文衛星「あかり」が取得した膨大なデータを有効に活用するため、天文学者が容易にアクセス出来るデータのアーカイブを構築する。





# データプロダクト作成の優先順位

|    | 番号   | 名称 (仮)                              | 内容                                                                                                                                        | 優先順位 |
|----|------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 全天 | 1-1  | FIS Bright Source catalogue v.2     | 公表済みのBright Source Catalogueの改訂版。測光精度・位置精度の向上、検出信頼性の向上がはかれる。天体数は大きな変更なし。                                                                  | 1    |
|    | 1-2  | FIS Single Scan Photometry Database | FIS Bright Source Catalogueの1スキャン毎の測光情報。変光天体研究に有効であり、公開に対し多くの要望が寄せられている。                                                                  | 1'   |
|    | 1-3  | FIS Scan Density Data               | FIS Bright Source Catalogueの作成に際して、天球上の各点のスキャン回数を記録したデータ。既知天体の非検出が観測領域外であるためか等の情報を与える。                                                    | 1'   |
|    | 1-4  | FIS Faint Source Catalogue          | 高黄緯の多数回スキャン領域で検出感度を上げた遠赤外線天体カタログ。Bright Source Catalogueに比べて、20万個程度の天体数の増加が期待される。                                                         | 1    |
|    | 1-5  | FIS All-Sky Map                     | 波長60, 90, 140, 160 $\mu$ mの全天画像。IRASの画像に比べて約5倍の解像度。太陽系天体、宇宙物質から遠く銀河に至る非常に多くの研究に用いられる、非常に需要が多いデータ。広報・教育目的でも非常に重要。初版公開後に、2, 3回の改訂作業を予定している。 | 2    |
|    | 1-6  | IRC Bright Source catalogue v.2     | 公表済みのBright Source Catalogueの改訂版。今後必要が生じた場合のみ作成。現状では作成予定無し。                                                                               | 5    |
|    | 1-7  | IRC Single Scan Photometry Database | 1-2項のIRC版。IRC Bright Source Catalogue v.1に存在するデータは既に存在。v.2を作成する場合のみ、v.2用データを作成。                                                           | 5'   |
|    | 1-8  | IRC Scan Density Data               | 1-3項のIRC版。IRC Bright Source Catalogue v.1に対するデータは既に存在。v.2を作成する場合のみ、v.2用データを作成。                                                            | 5'   |
|    | 1-9  | IRC Faint Source Catalogue          | 波長9, 18 $\mu$ mでのfaint source catalog。Bright Source Catalogueに比べて2~3倍の天体数が期待される。米国WISEとは異なるユニークな波長帯のカタログで、多く利用されるカタログになる。                 | 1    |
|    | 1-10 | IRC All-Sky Map                     | 波長9, 18 $\mu$ mの全天マップ。FIS All Sky Map同様、非常に多様な研究に用いられる。黄道光を除去した画像が提供される。初版公開後に、1, 2回の改訂作業を予定している。                                         | 2    |
|    | 1-11 | AKARI Asteroid Catalogue v.2        | 公開済みのv.1が約5,000個の小惑星を含むのに対し、さらに1,000個以上の小惑星数増加を期待。v.1, 2ともに小惑星熱モデル計算によるサイズとアルベドの情報を含む。遠赤外線での小惑星カタログも追加できれば非常にユニーク。                        | 5    |

✓ 全天赤外線天体カタログの改訂

✓ 微光天体カタログの作成

✓ 全天イメージマップの作成



|    | 番号   | 名称 (仮)                                        | 内容                                                                                                                       | 優先<br>順位 |
|----|------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 指向 | 2-1  | FIS FTS Data                                  | 遠赤外線フーリエ分光器による3次元データ。ISO以来の遠赤外線スペクトル。大マゼラン雲、銀河面などを中心に、600点の観測。習熟者でないと解析が難しいため、輝線マップ等の最終解析結果の公開を目指す。                      | 5        |
|    | 2-2  | IRC Slit Spectroscopy Data                    | 拡散光の近・中間赤外線分光データ。指向観測2,000回以上のデータ。特に近赤外線スペクトルは「あかり」特有で高感度であり、多くのアウトプットが期待できる。公開済みの生データではなく、改良された手法で処理した、位置・波長の2次元データを公開。 | 4        |
|    | 2-3  | IRC Short Slit Spectroscopy Data              | 点光源の近赤外線分光データ。指向観測6,000回以上のデータ。地上から得られない波長領域のデータが期待できる。公開済みの生データではなく、改良された手法で処理した、位置・波長の2次元データを公開。                       | 4        |
|    | 2-4  | IRC Slitless Spectroscopy Data                | 波長2~25 $\mu\text{m}$ のユニークなSlitless分光データ。液体ヘリウム消費後の近赤外線のみで観測されたデータ。指向観測約3,000回分。公開済みの生データではなく、改良された手法で処理した2次元データを公開。     | 5        |
|    | 2-5  | IRC Pointed Observation Images                | 波長2,3,4,7,9,(11),15,(18),24 $\mu\text{m}$ での多色画像データ。指向観測8,000回分以上のデータ。公開済みの生データではなく、改良された手法で処理した、2次元データを公開。              | 4        |
|    | 2-6  | FIS Slow Scan Data                            | FIS指向観測でのスロースキャン約1100回分のSW,LW検出器のスキャンデータと処理済み画像データ。現在公開しているデータは、2010年以降のデータに限定し、2005年以前は改訂。                              | 4        |
|    | 2-7  | IRC Slow Scan Data 1                          | 指向観測でのスロースキャンによる波長9,18 $\mu\text{m}$ のスキャンデータと処理済み画像。全天画像よりも約5倍の感度を達成している。ただし、約20指向観測程度の少量データ。                           | 4        |
|    | 2-8  | IRC Slow Scan Data 2                          | 2-5項と同様のデータであるが、観測提案によるものではなく、FISスロースキャン時に自動的に行われたデータ。ただし500点以上の観測データがある。                                                | 5        |
|    | 2-9  | AKARI Deep Field South Faint Source Catalogue | 遠赤外線・中間赤外線サーベイ観測で得られた銀河の測光結果をカタログとして公開。約2,000個の銀河を含み、遠赤外線でのカタログとしてはこれまでで最大規模。                                            | 3        |
|    | 2-10 | IRC North Ecliptic Pole Catalogues            | 遠赤外線・中間赤外線サーベイ観測で得られた銀河のカタログ。北黄極付近で広くて浅い"Wide"と狭くて深い"Deep"の2種のサーベイ。Deepサーベイは中間赤外線7,000を越える銀河を検出、中間赤外線では世界最大のデータベース。      | 3        |
|    | 2-11 | IRC LMC Star Catalogues                       | 近・中間赤外線による大マゼラン雲サーベイによる、数十万個の星のカタログ。重い元素が少ない大マゼラン雲における星の進化研究には最重要のデータベース。                                                | 3        |
| 源泉 | 3-1  | FIS Time Series Data                          | FIS全観測の源泉データ。時系列の各波長の輝度データ+指向方向、ステータスデータ等、及びその時点での最新の処理結果がまとめられる。                                                        | 一        |
|    | 3-2  | IRC All-Sky Segment Data                      | IRC全天サーベイの源泉データ。各スキャンの電荷蓄積リセットごとに区切られた画像データ集。                                                                            | 一        |

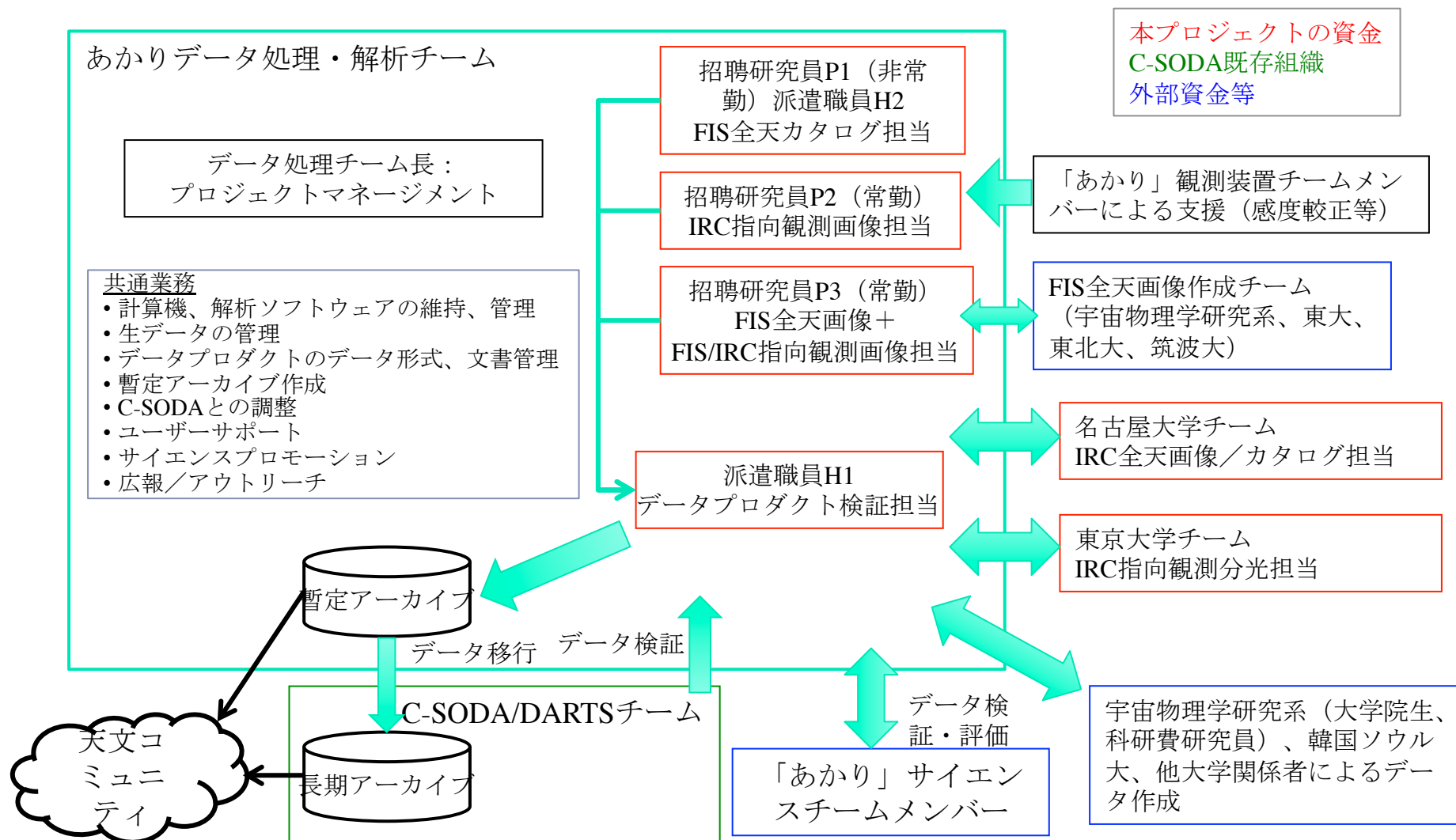
✓ 指向観測イメージングデータの作成

✓ スペクトルデータの作成

✓ 指向観測大規模サーベイ領域天体カタログの作成

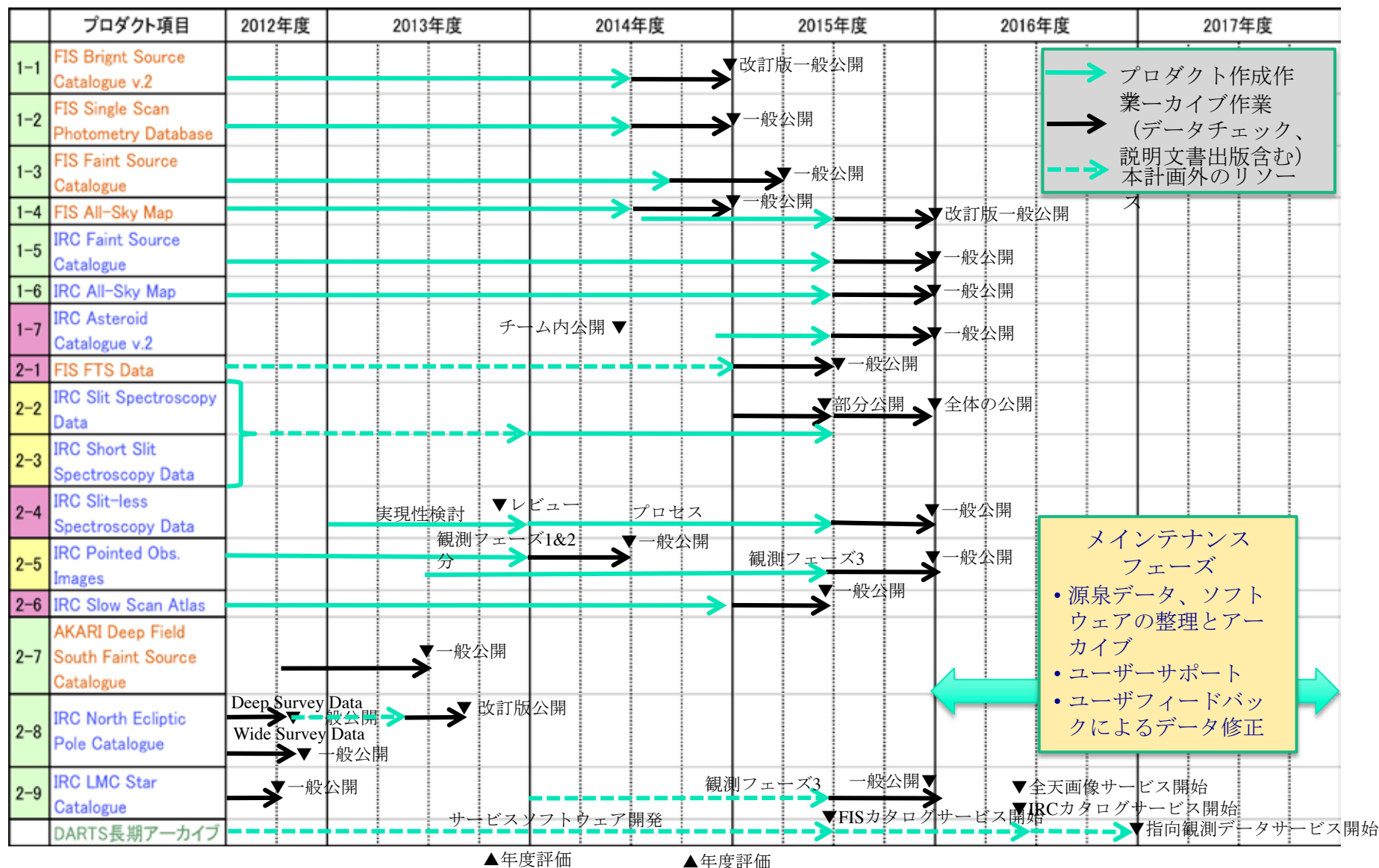


## 「あかり」データプロダクト作成の体制





# スケジュール概要



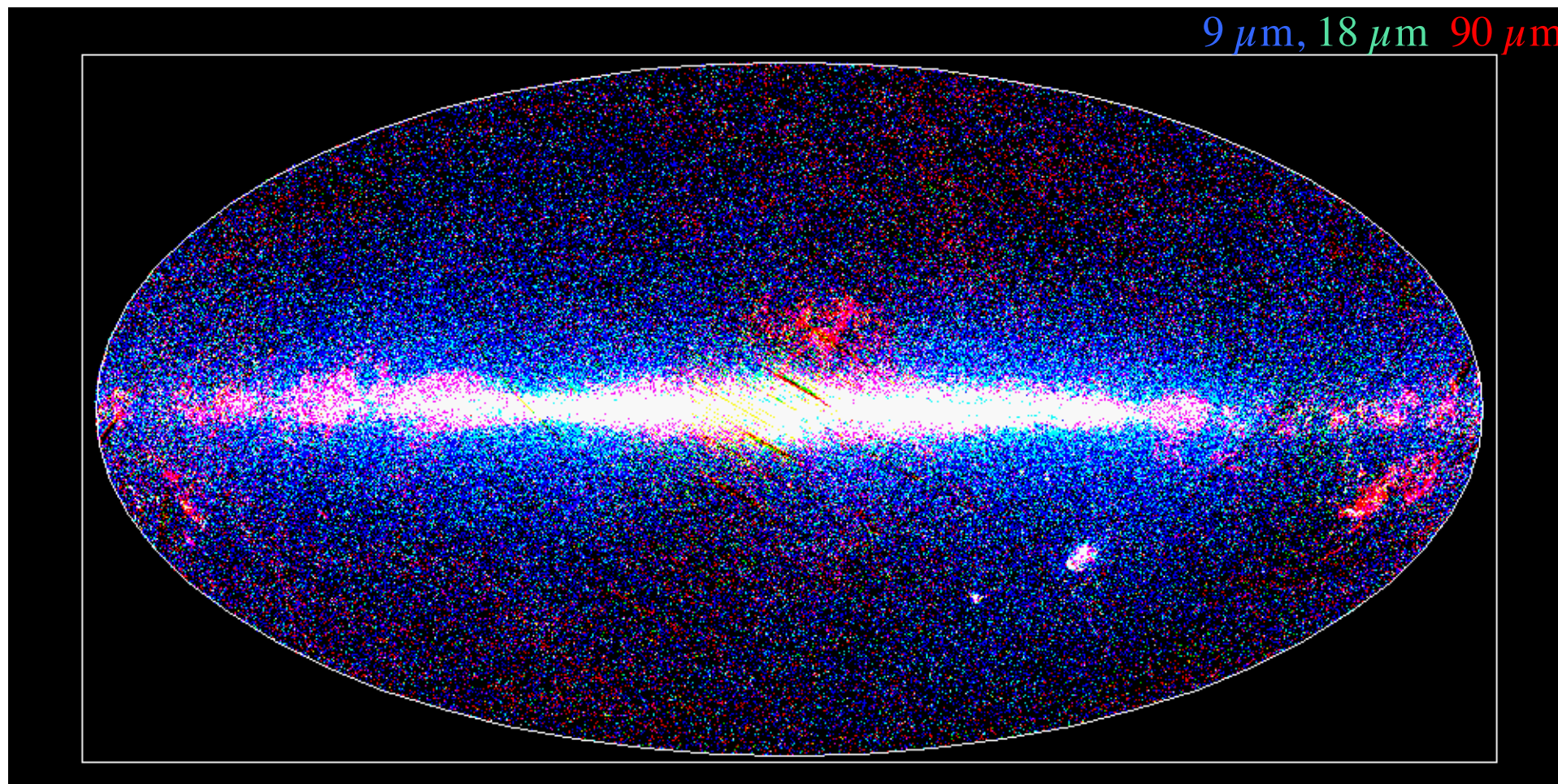


# 公開済みのカタログ

| プロダクト名                 | 一般公開日      | 天体数     | 説明                                                                                                                                  |
|------------------------|------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 遠赤外線点源天体カタログ ver.1     | 2010/03/30 | 427,071 | 波長 65, 90, 140, 160 マイクロメートルでの全天サーベイにより検出された天体の位置と明るさの情報                                                                            |
| 中間赤外線点源天体カタログver.1     | 2010/03/30 | 870,973 | 波長 9, 18 マイクロメートルでの全天サーベイにより検出された天体の位置と明るさの情報                                                                                       |
| 小惑星カタログver.1           | 2011/10/14 | 5,120   | 中間赤外線全天サーベイで検出された小惑星の直径と表面の反射率                                                                                                      |
| 大マゼラン雲点源天体カタログver.1    | 2012/11/13 | 660,286 | 波長 3, 7, 11, 15, 24 マイクロメートルで観測した大マゼラン領域約10平方度で検出した天体の位置と明るさ                                                                        |
| 大マゼラン雲近赤外線分光カタログver.1  | 2013/01/07 | 1757    | 上記点源カタログに記載されている天体の一部について、波長2.5～5.0マイクロメートルのスペクトル                                                                                   |
| 北黄極深広域査領域点源天体カタログver.1 | 2013/03/15 | 114,794 | 波長 2, 3, 4, 7, 9, 11, 15, 18マイクロメートルで観測した、北黄極領域5.4平方度の天体の位置と明るさ                                                                     |
| 北黄極深探査領域点源天体カタログver.2  | 2013/10/16 | 27,770  | 波長 2, 3, 4, 7, 9, 11, 15, 18, 24 マイクロメートルで観測した、北黄極領域0.67平方度の天体の位置と明るさ。上記の広域探査領域のカタログに比べ、感度で2-3倍優れている。プロセスを根本的にやり直し、Ver.1 より感度・信頼性向上 |
| 近赤外線拡散光分光カタログ ver.1    | 2013/06/27 | 278     | 全天の278箇所の拡散光の低分散 (R-20) 近赤外線 (1.8～5.3 $\mu\text{m}$ ) 分光データ                                                                         |



# 「あかり」点源天体カタログ



2010年3月公開。130万天体 (IRASの5倍)

Catalogue Archive Server (CAS) on DARTS/ISAS のみで週500–1500件

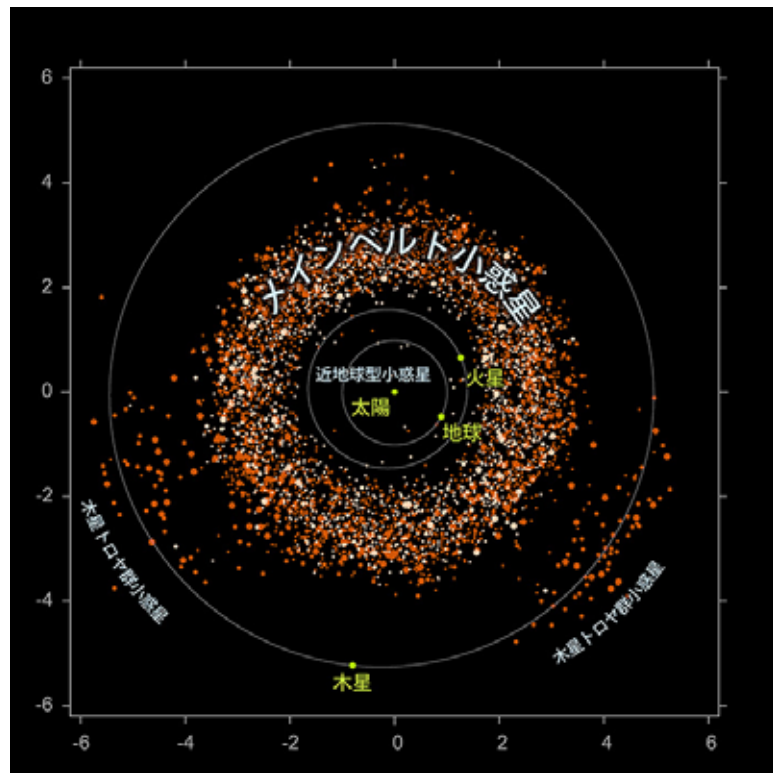
Issei Yamamura

宇宙科学シンポジウム 2014/1/10



# 「あかり」小惑星カタログ

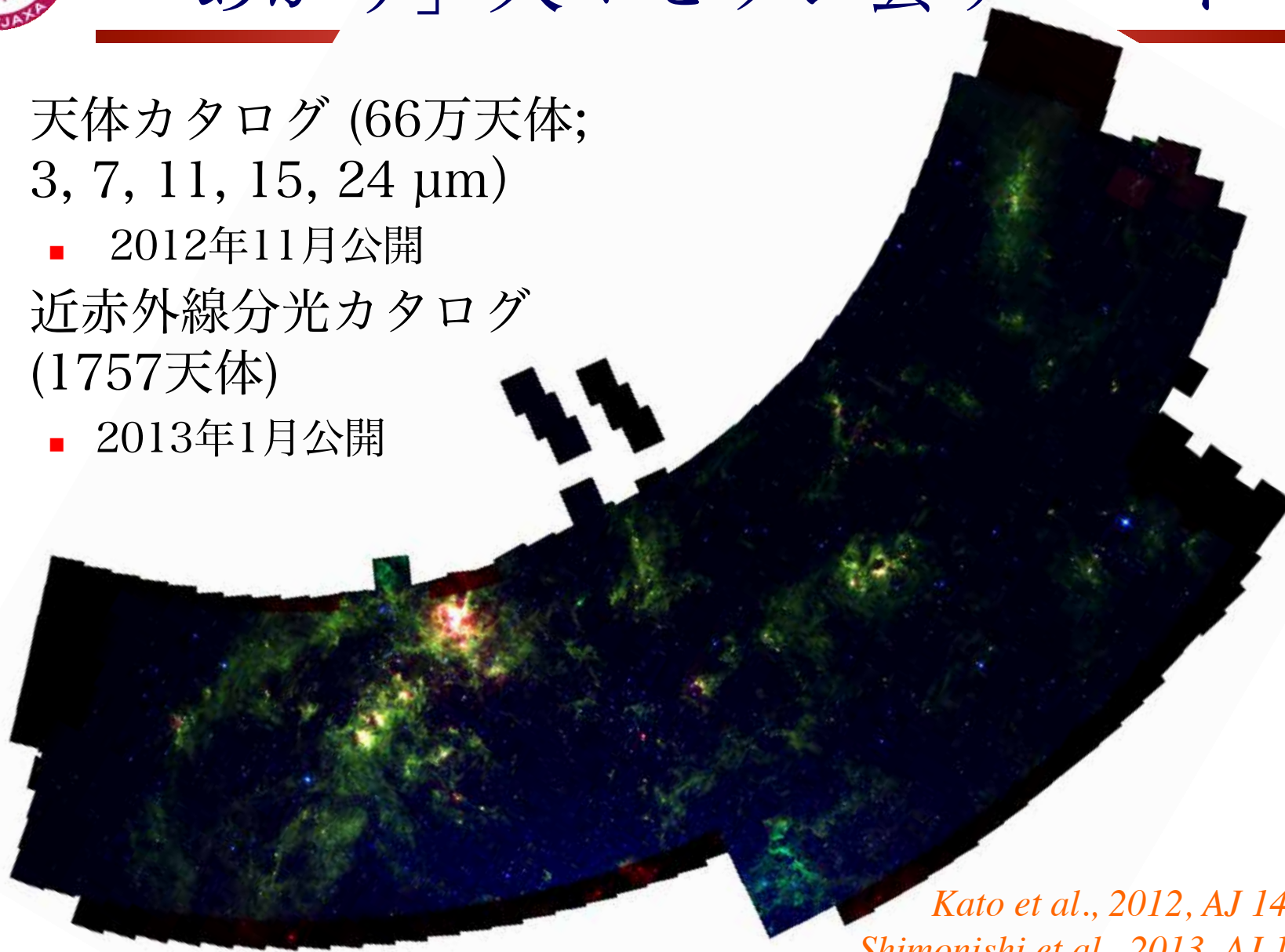
- 中間赤外線全天サーベイからの「副産物」
  - 5120天体の直径と反射率を記載
  - 公開されているものとしては最大





# 「あかり」大マゼラン雲サーベイ

- 天体カタログ (66万天体;  
3, 7, 11, 15, 24  $\mu\text{m}$ )
  - 2012年11月公開
- 近赤外線分光カタログ  
(1757天体)
  - 2013年1月公開



*Kato et al., 2012, AJ 144, 179*

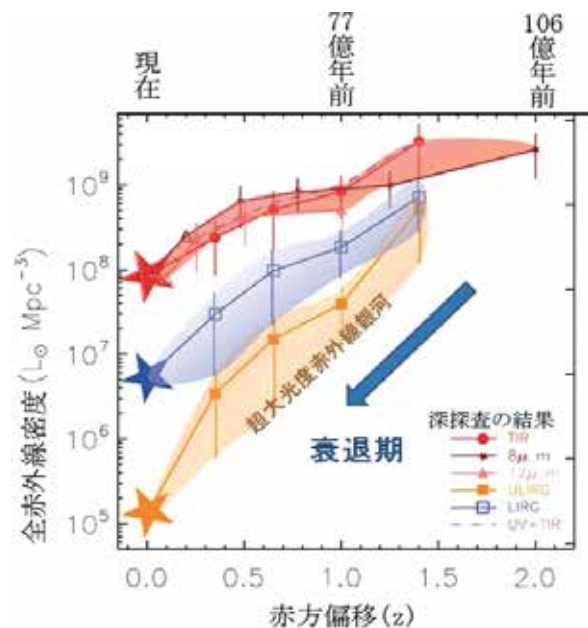
*Shimonishi et al., 2013, AJ 145, 32*

宇宙科学シンポジウム 2014/1/10



# 「あかり」北黄極サーベイ

- NEP-Wide Ver.1  
(2013年3月公開)
- NEP-Deep Ver.2  
(2013年10月公開)



*Goto et al., 2010, A&A 514, A6*

*Murata et al., 2013, A&A 559, A132*

*Takagi et al., 2012, A&A 537, A24*

*Kim et al., 2012, A&A 548, A29*

Issei Yamamura

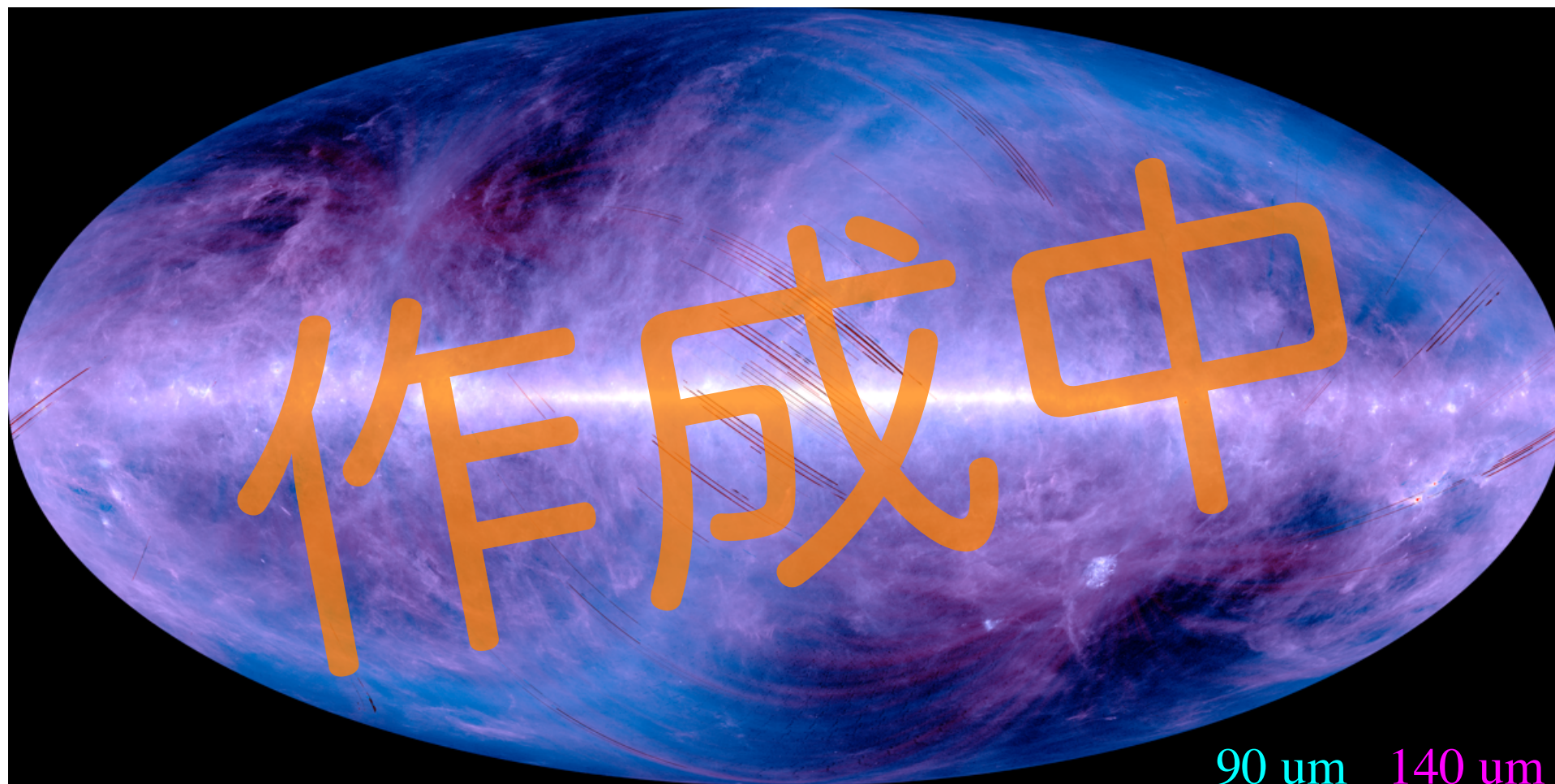


2  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$ , 4  $\mu\text{m}$



# 遠赤外線全天イメージマップ

瀧田他  
P3-23

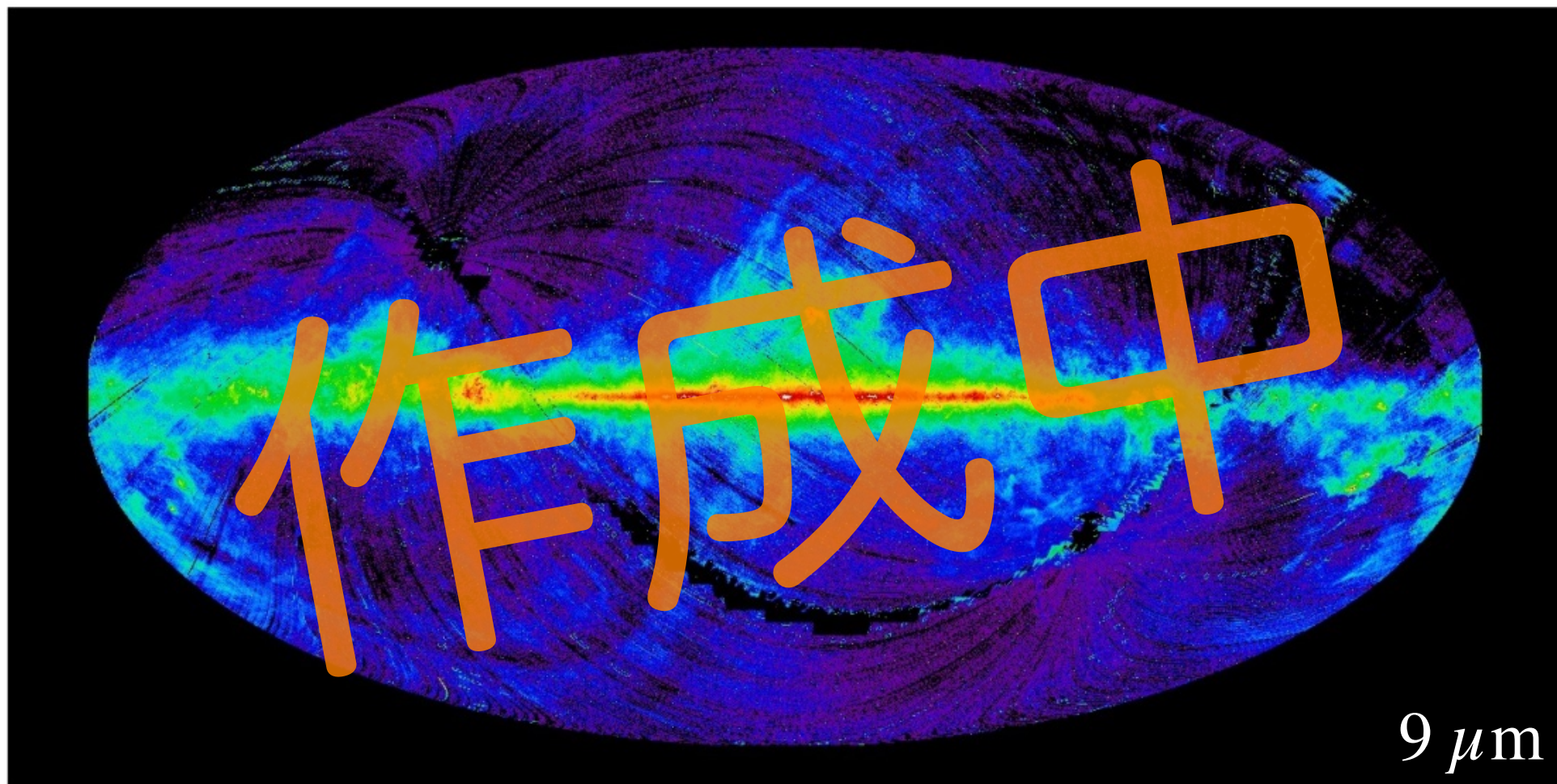


低温の星間物質の構造を全天にわたって1 arcminの精度で解析  
できる唯一のデータ。



# 中間赤外線全天イメージマップ

石原他  
P3-24

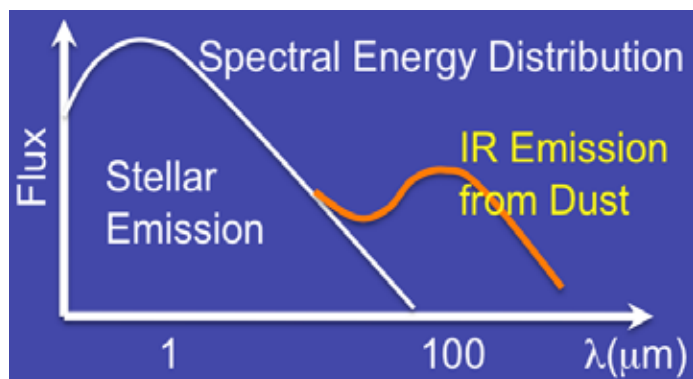
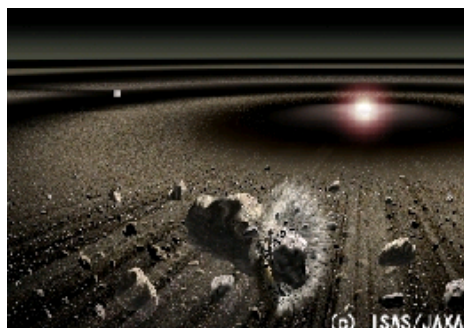


黄道光差し引きの精度向上。銀河系内のPAH分布の研究が可能に。』



# 暖かいダストを含むデブリディスク

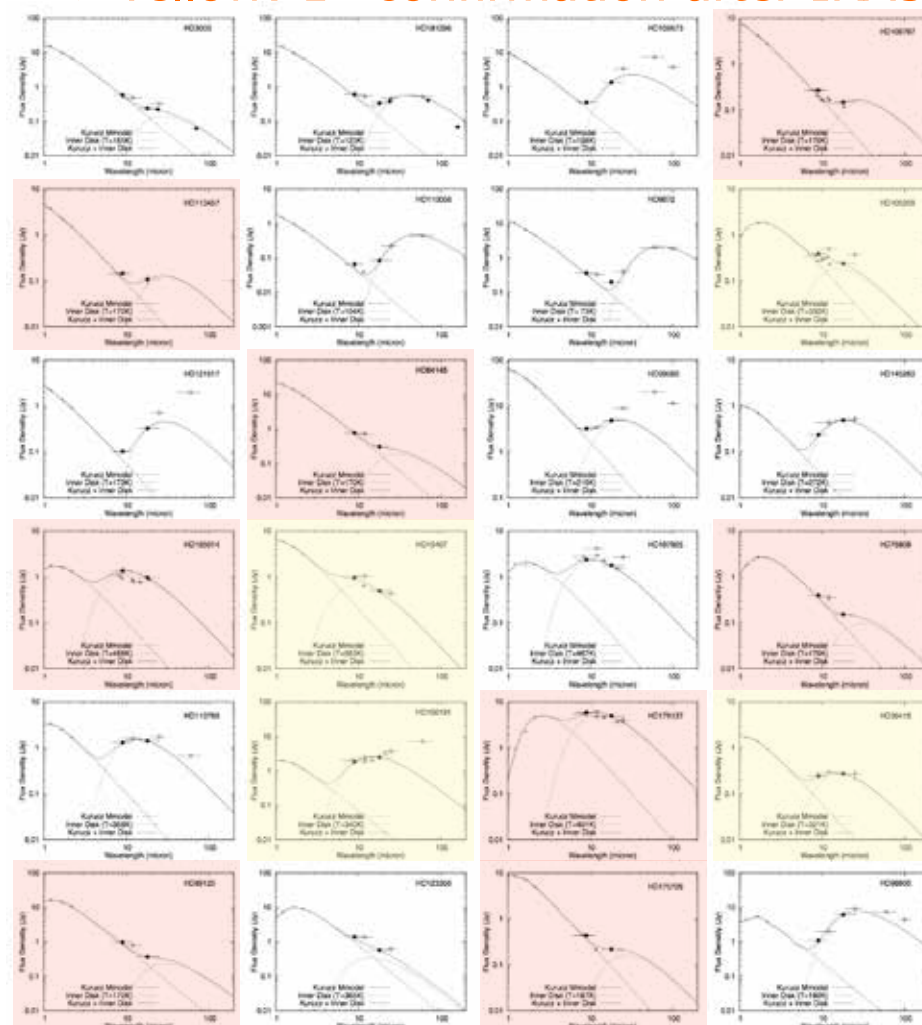
藤原他  
P3-25



高感度の「あかり」中間赤  
外線全天カタログにより、  
サンプル数が2倍に

➤Red: Newly Discovered by AKARI

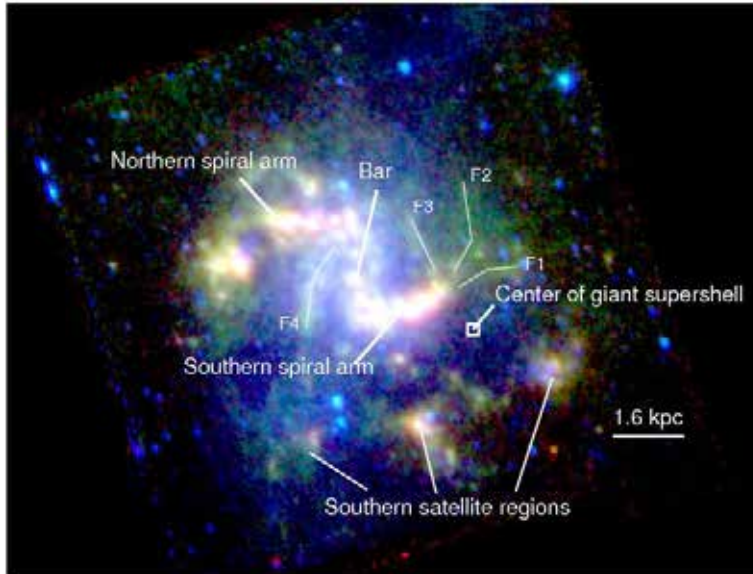
➤Yellow: 1<sup>st</sup> confirmation after IRAS



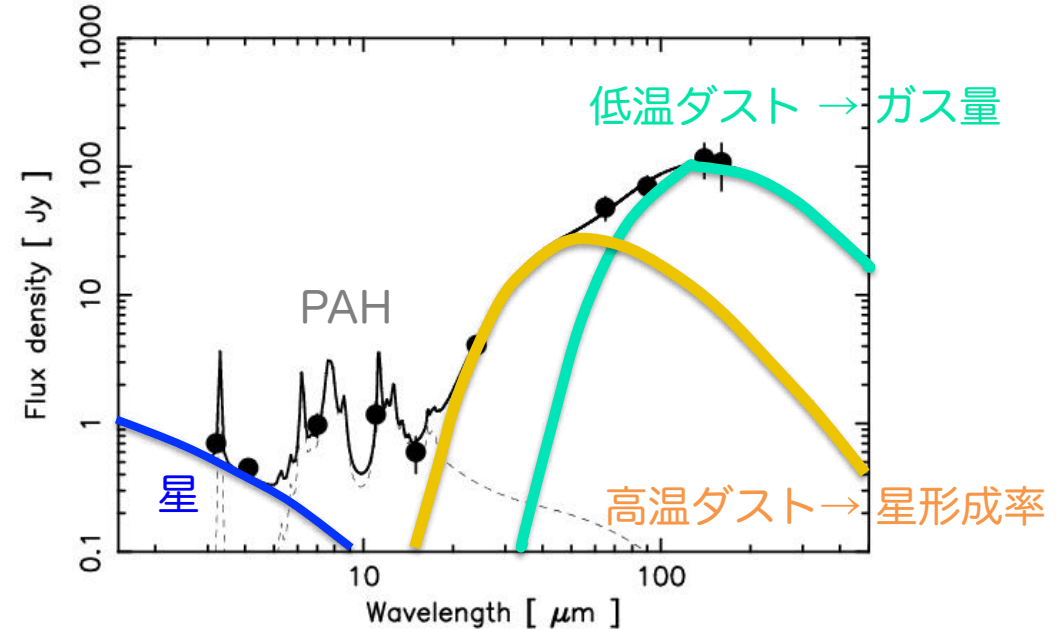


# 近傍銀河NGC1313の星形成活動

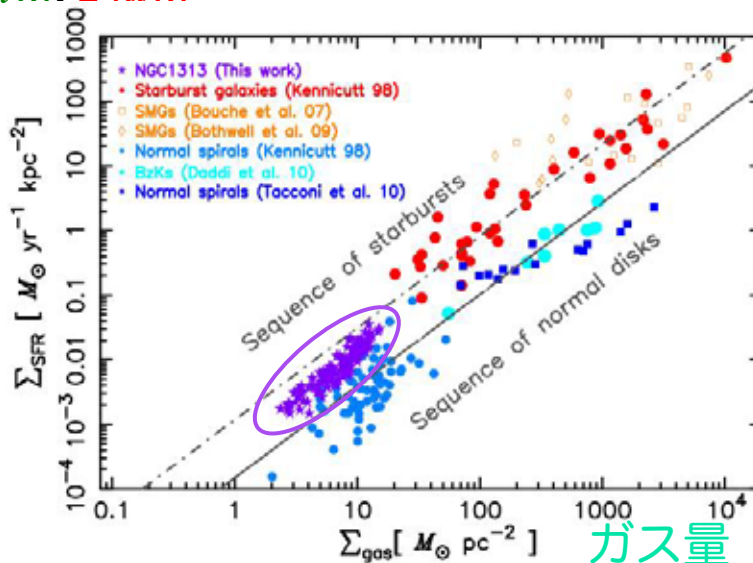
江草他  
P3-26



3 $\mu$ m, 7 $\mu$ m, 24 $\mu$ m



星形成率



ガス量

- IRC+FIS 10波長の測光データから、低温ダストと高温ダストの成分を分離。
- 星形成活動が通常の銀河より活発であることを示した

Suzuki et al., 2013, A&A, 554, A8

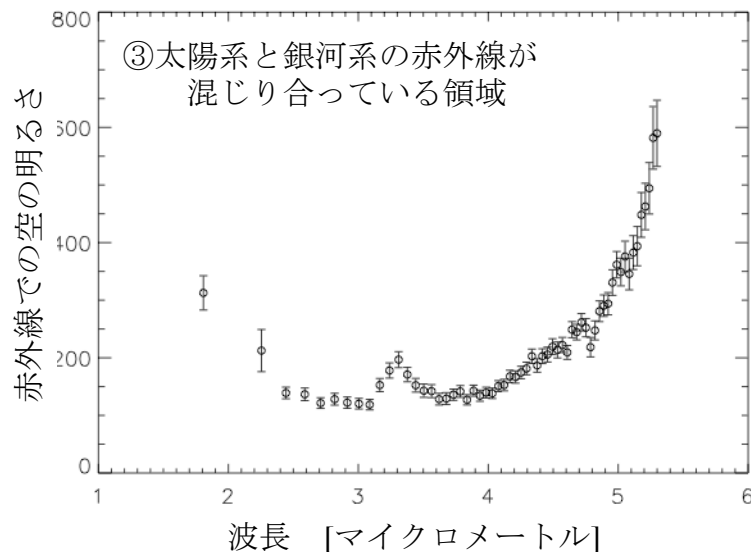
宇宙科学シンポジウム 2014/1/10



2013/12/27 Webリリース

津村他  
P3-22

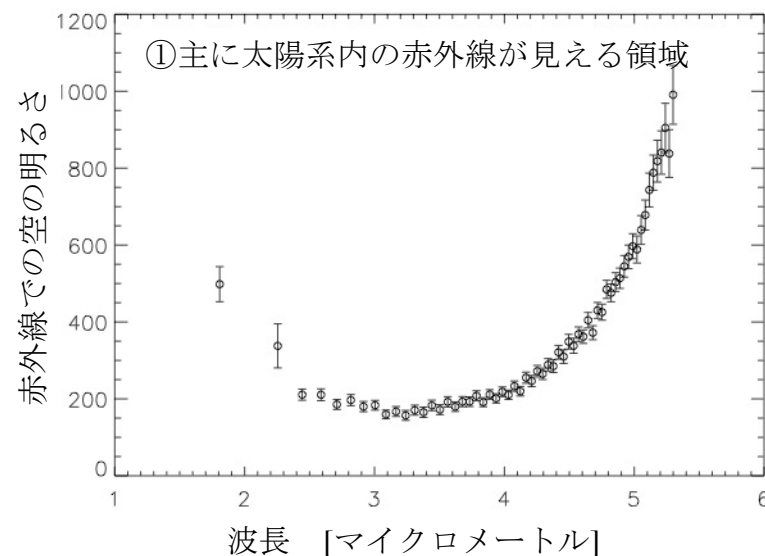
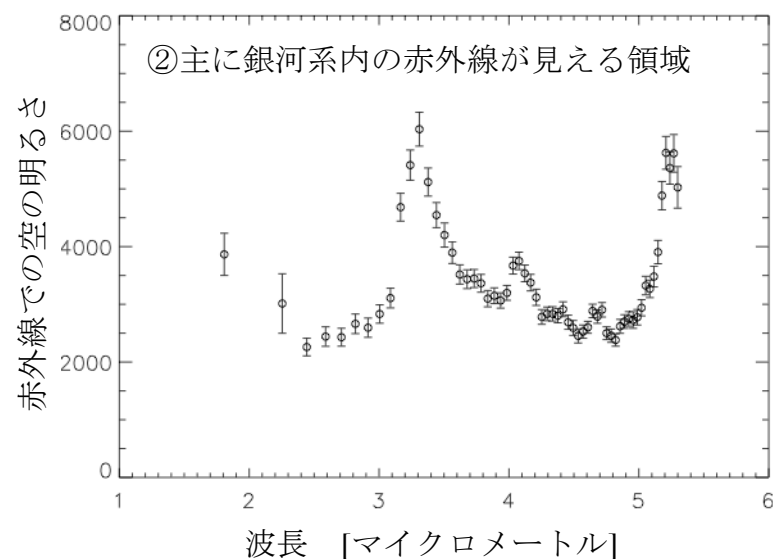
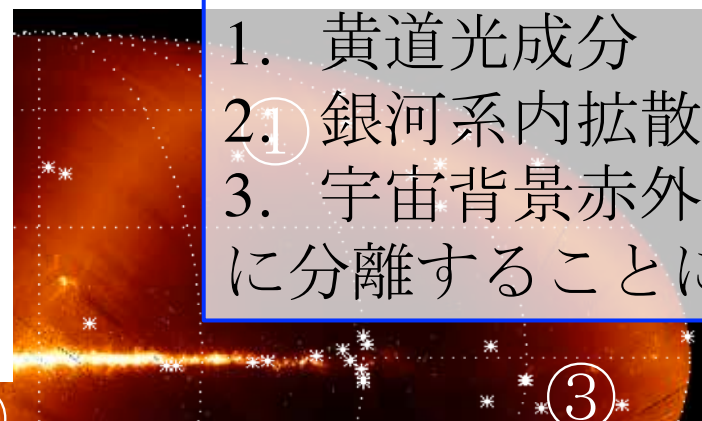
# 拡散光の近赤外線分光観測



を解析

世界で初めて、

1. 黄道光成分
  2. ① 銀河系内拡散光成分
  3. 宇宙背景赤外線成分
- に分離することに成功



. 2013, PASJ, 65, 119/120/121

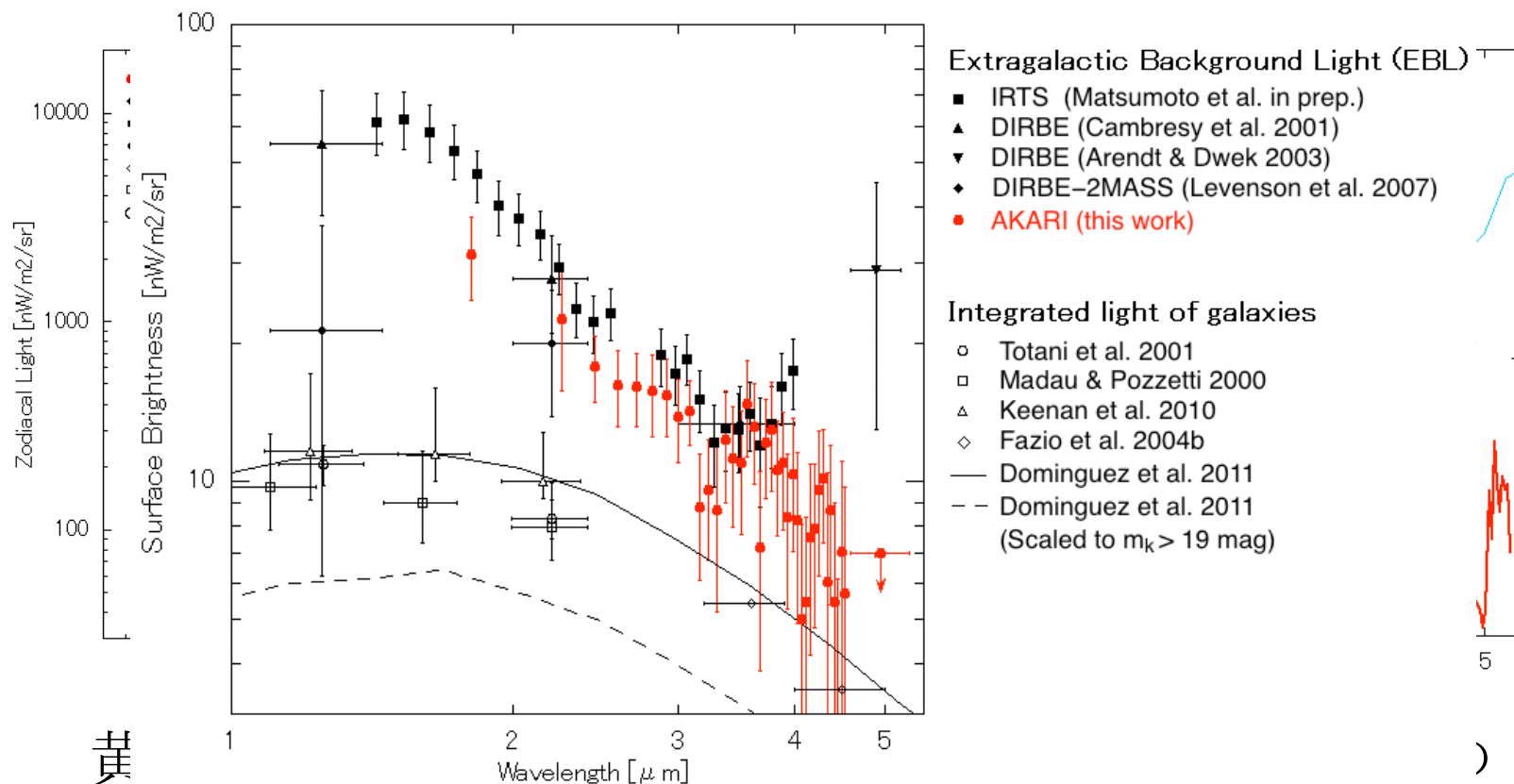
宇宙科学シンポジウム 2014/1/10



2013/12/27 Webリリース



# 拡散光のスペクトル成分を分離！



黄

)

モ赤外線宇宙背景放射のスペクトル成分を初めて分離

COBE, IRTS の結果を独立に検証。近赤外線領域で、既知の天体では説明できない超過を確認。



## まとめ

---

- 「あかり」のデータは宝の山である。
- 研究者が「あかり」データを有効に活用してもらうため、我々は「エキスパート」によるデータ処理と、そのアーカイブを推進している。
- 「あかり」のデータ処理、アーカイブ活動へのご支援に感謝します。今後どうぞ宜しくお願いします。