



名古屋大学

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
宇宙科学研究本部 (ISAS)

東京大学

自然科学研究機構 国立天文台

情報通信研究機構 (NICT)

## 記者発表

### 1 発表タイトル

赤外線天文衛星「あかり」による観測結果

～ 「あかり」が見た近傍銀河の星生成領域と宇宙の果て ～

2 注意事項 本発表内容は9月26日より岐阜大学で行われる日本天文学会2007年秋季年会、および欧文研究報告(「あかり」初期成果特集号)で発表予定のものです。

3 発表日時 2007年9月5日(水) 15時00分～

4 発表場所 名古屋大学本部第8会議室(本部4号館2階;テニスコート前)

5 発表者 芝井 広 名古屋大学大学院理学研究科 教授  
村上 浩 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 教授

### 6 発表概要

昨年2月に打ち上げられた、日本初の赤外線天文衛星「あかり」が行った観測の初期成果を発表します。名古屋大学大学院理学研究科のグループは、搭載観測機器のひとつである遠赤外線サーベイヤ(FIS)を共同開発してきました。今回、世界的に見てもユニークな観測装置であるFISの紹介とともに、FISの初期成果として、近傍銀河M101の観測と遠赤外線深宇宙探査について取り上げます。本発表内容は、9月26日より岐阜大学で行われる日本天文学会2007年秋季年会、および欧文研究報告(「あかり」初期成果特集号)で発表予定のものです。なお、「あかり」のFISによる観測は、日本時間8月26日夕方、成功裡に終了しました。

## 7 発表内容

1983年にアメリカとヨーロッパの共同で打ち上げられた赤外線天文衛星 IRAS によって、宇宙ではあらゆるところから赤外線が放射されていることがわかりました。特に波長の長い遠赤外線（～30ミクロン以上）は、我々の銀河系全体から放射されています。これは星間空間にある細かな塵（大きさは0.1ミクロン以下）が、星などの光（特に紫外線）を受けて暖められ（と言っても-250℃前後）、遠赤外線で再放射されたものです。塵の温度は暖める光の強さで決まり、また、遠赤外線の強度は塵の量に依存します。星形成が活発に行われると重元素が作られ、それは塵として星間空間にばらまかれます。波長の短い光（紫外線など）は、これらの塵に容易に吸収されてしまうので、星の光を見ているだけでは、星が生み出した全てのエネルギーを捕らえることはできません。遠赤外線の強度やスペクトルを調べることで初めて、星形成の全体像を捕らえることが可能となるのです。これまでも我々の銀河系内の星形成領域が詳しく調べられていますが、「あかり」衛星による高解像度観測により、近傍銀河の星形成領域についても詳しく調べることが可能となりました。近傍銀河の観測で、銀河全体の構造と星形成の活動性の関連を調べることができるようになりました。



打ち上げ直前の「あかり」衛星  
（写真提供：JAXA）



「あかり」打ち上げ（日本時間2006年2月22日午前6時28分）（写真提供：JAXA）

IRAS衛星は、放射エネルギーのほとんど全てを遠赤外線放射しているような銀河（赤外線銀河）も発見しました。赤外線銀河は、その後の研究で、星が盛んに生まれている活動的な銀河であることがわかってきました。活発な星形成に伴い生成された重元素が塵として大量にばらまかれ、その結果、星からの光はほとんど全てが塵に吸収され、吸収したエネルギーを塵の熱放射として遠赤外線の領域に放出していると考えられています。あるいは、銀河中心に形成された巨大ブラックホールの重力エネルギーが、放射エネルギーの源になっている場合もあります。赤外線のスペクトルを詳しく調べることで、星形成や巨大ブラックホールの活動を調べることができます。遠方の銀河を観測すると、星形成活動の活発な銀河が増えていくことがわかっています。遠方の銀河を観測することは過去の銀河、すなわち若い銀河を見ていることになるので、このことは、銀河の様子が時間とともに変化している可能性を示唆しています。これを生物の進化になぞらえて銀河進化と呼びます。現代天文学では、この銀河進化を解明することが、ひとつの大きなテーマになっています。例えば、時間とともに銀河の星形成活動がどのように変化してきたかを調べるためには、先に述べた

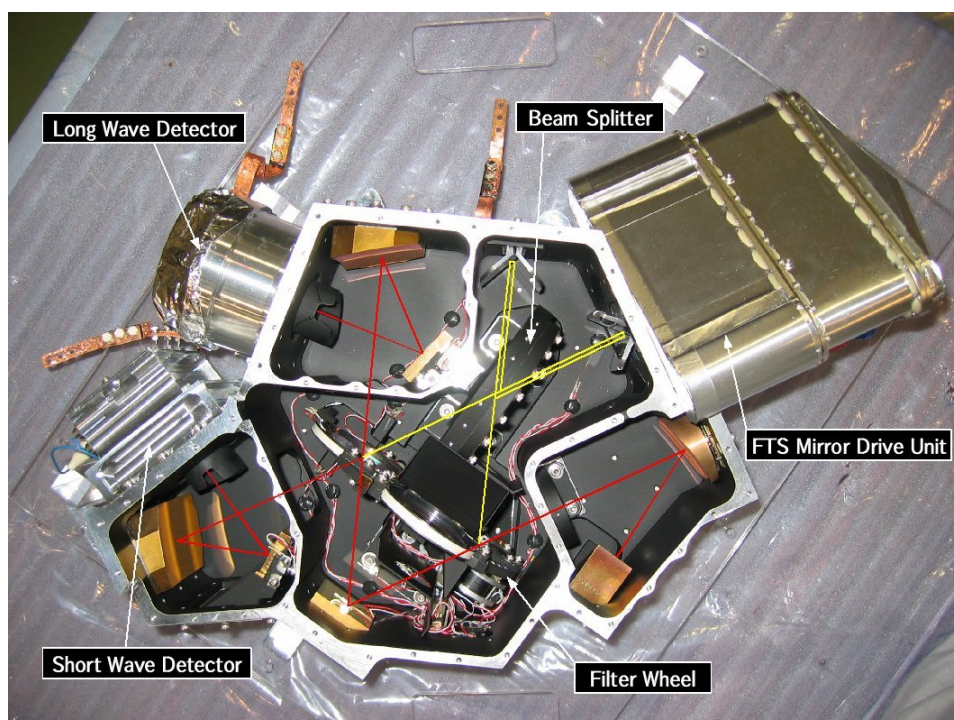
ように、遠赤外線の観測が不可欠です。あるひとつの銀河の歴史を追いかけることは不可能ですから、いろいろな年代の銀河をたくさん集め、その統計的な特徴を研究することになります。赤外線銀河は、この研究のための重要なサンプルになります。「あかり」衛星は、我々の銀河系による邪魔が極めて少ない、南半球の約 10 平方度の領域を非常に深く探査し、銀河進化の研究のための貴重なサンプルを提供します。

今回、遠赤外線サーベイヤ(FIS)の初期成果を紹介するにあたり、まず観測装置である FIS を簡単に紹介し、その科学的成果として、近傍銀河 M101 の観測と遠赤外線深宇宙探査の二つを取り上げます。

## 1. 遠赤外線サーベイヤ(FIS) – 日本独自の技術の結晶 –

遠赤外線サーベイヤ(FIS)は、名古屋大学を中心として、宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部、東京大学、自然科学研究機構・国立天文台、情報通信研究機構などが協力して開発されました。FIS は、波長 50 ミクロンから 180 ミクロンの遠赤外線を観測波長域とし、そこに、Spitzer 宇宙望遠鏡よりも細かい、4つの測光バンドを設けて宇宙を掃天観測します。FIS で使用している検出器は、我々が気球やロケット観測などを通して長年開発してきたものベースに、新しい技術を加えて発展させた、日本独自の検出器です。新規に開発した、極低温でも動作する読み出し回路と組み合わせて、世界最大級の素子数を持つ 2次元アレイ検出器を、最小の大きさで実現しました。この検出器により、IRAS 衛星に比べて数倍高い解像度と優れた検出感度、さらには、IRAS 衛星には無かった 100 ミクロンを越える遠赤外線の観測を実現しています。FIS は、天空を掃天しながら撮像を行うスキャナに加えて、現在活躍している Spitzer 宇宙望遠鏡にもない、遠赤外線の分光機能も搭載しています。この機能は、フーリエ分光器と呼ばれる干渉計を用いた分光装置により実現されています。フーリエ分光器は非常に複雑な装置で、遠赤外の波長域で衛星に搭載されたフーリエ

分光器は、これまでに 1989 年に打ち上げられた COBE 衛星搭載の FIRAS のみでした。我々は、名古屋大学の技術センターと協力し、世界で 2 番目の衛星搭載遠赤外線フーリエ分光器の開発に成功しました。FIS に搭載されたフーリエ分光器の優れている点は、2次元検出器と組み合わせることで、2次元イメージとスペクトルを同時に観測できることです。加えて、鏡や検出器などをスキャナと共有することで、観測装置としては非常にコンパクトになっ



最終インストール直前の遠赤外線サーベイヤ

ています。

FISは、2006年2月22日の「あかり」打ち上げ後、速やかに電源が投入され、全ての機能が正常に動作していることが確認されました。その後、装置の調整を行い、4月13日の望遠鏡フタ開けと同時に、天体からの遠赤外線を初めて観測しました。約3週間の試験観測で、ほぼ期待どおりの性能を達成していることも確認でき、その後、4つの測光バンドを用いた全天サーベイや特定天体の詳細な撮像観測、フーリエ分光器による分光観測などが勢力的に行われました。打ち上げから約1年半後の今年8月26日、「あかり」衛星に積まれた液体ヘリウムが無くなり、FISは温度上昇とともに観測を終了しました。現在、多くの研究者が、500日を越えるFISの貴重な観測データの解析を進めています。今回取り上げる二つの観測成果は、FISの観測データのごく一部ですが、FISの観測データの素晴らしさを示すよい例となっています。

## 2. 星生成が内より外で活発：風変わりな渦巻銀河 M101

鈴木仁研(東京大学大学院理学系研究科)らによる

M101銀河は、おおぐま座に位置する渦巻銀河です。地球からの距離がおおよそ2400万光年で、直径が17万光年と、我々の銀河系のほぼ2倍もある巨大な銀河です。回転花火のように広がった渦巻腕には、高温の若い星々が数多く存在し、中でも、銀河外縁部の渦巻腕には巨大な星生成領域が点在しています。こうした特徴をもつM101銀河の内部で、どのように星生成活動が起こっているのか調べるために、「あかり」衛星に搭載されたFISの4つの波長帯(65、90、140、160マイクロン)で高解像度の観測を行いました。この観測データをから、星生成領域に存在する若い高温の星で暖められた塵(暖かい塵)と、太陽のような普通の星で暖められた塵(冷たい塵)の空間分布を、初めてきれいに示すことができました。図2-1は、左側が冷たい塵の分布を、右側が暖かい塵の分布を示しています。銀河内での分布がよくわかるように、可視光や紫外線のデータと組み合わせて、疑似カラーで表した絵が図2-2です。暖かい塵

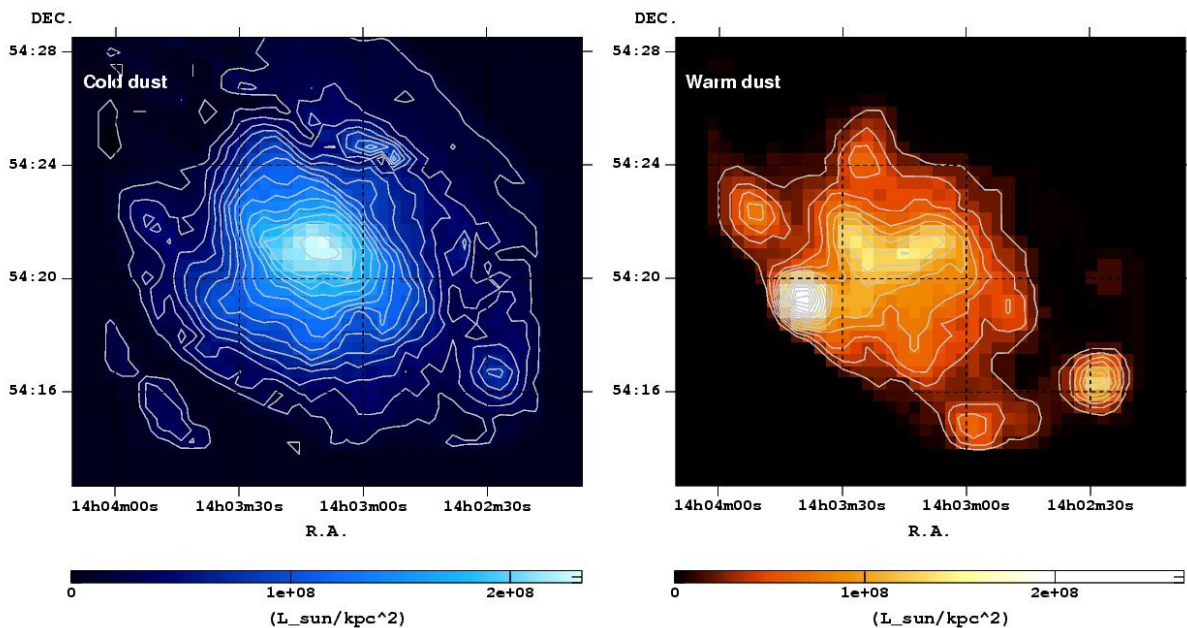


図2-1：FISが明らかにした、M101銀河内部の冷たい塵(左)と暖かい塵(右)の分布 (Suzuki et al., PASJ AKARI special issue, 2007)

は渦巻腕に沿って分布し、特に銀河外縁部付近では斑点状の分布が見られます。この斑点は、巨大な星形成領域の場所に位置しています。一方冷たい塵は、銀河中心付近に多く集まり、銀河全体に広く分布しています。

暖かい塵の量は高温の若い星の生成量に、冷たい塵の量は星生成に必要なガスの量に関連するものと考えられます。このことから、冷たい塵の量に対して、より多くの暖かい塵が存在している領域で、活発な星生成が起きていると考えられます。そこで、M101 銀河内の星形成の活動性を調べたところ、銀河外縁部に存在する全ての巨大な星形成領域で、銀河中心付近よりも活発に星生成が起きているということが分かりました。我々の銀河系のような渦巻銀河は、一般に銀河中心付近ほど星生成が盛んに起きていると考えられています。M101 銀河は、我々の銀河系のような渦巻銀河であると考えられていますが、非常に活発な星生成領域が銀河外縁部に存在するという風変わりな銀河であることが、「あかり」の観測によって明らかになったのです。

M101 銀河は、過去に伴銀河と潮汐相互作用を起こしたことがわかっています。それによって巻き上げられた水素ガスが、M101 銀河の外縁部に速い速度で(150km/s 程度)で降り注ぎ、それによって活発な星形成を引き起こしているのではないかと考えられています。実際、水素ガスが外縁部に降り注いでいることが観測的に確認されていますが、なぜ外縁部のみなのかはよくわかりません。このような活発な星形成を引き起こす物理的背景が何なのか、FIS は M101 銀河以外にもいくつかの近傍銀河の観測を行っており、「あかり」はこの問題を考える貴重なデータを提供してくれました。



図 2-2 : FIS のデータから求めた暖かい塵 (赤) と冷たい塵 (青) に加えて、可視光 (緑 : 星の分布を表す) および遠紫外線 (水色 : 若い星の分布を表す) を加えた M101 銀河の疑似カラーイメージ。可視光は DSS R-band (The National Geographic Society)、遠紫外線は GALEX (NASA) のデータを使用。

### 3. 「あかり」、遠赤外線で宇宙の果てに迫る

松浦周二、白旗麻衣(宇宙航空研究開発機構)らによる

現代天文学の最重要テーマとして、銀河がどのように進化して現在の姿になったのか、という問題があります。その研究には、銀河の昔の姿をとらえる、つまり、より遠方の銀河を捕らえる究極の観測が必要です。我々は、これまで特に情報が乏しかった遠赤外線の世界において、「あかり」の極限性能を駆使した過去最大規模の観測を行い、宇宙の果てに微かに光る数多くの銀河の検出に成功しました。この観測では、観測の妨げとなる、我々の銀河系内の物質が最も少ない領域を選びました。つまり、“我々の銀河系に開いた窓”から、銀河系外の宇宙を覗き見たことが大きな特徴です。この観測のもう一つの大きな特徴は、4つの波長(65、90、140、160 ミクロン)での同時観測です。この波長情報は、赤外線発生メカニズムを研究したり、各波長での明るさの違いから銀河までの距離を推定するために、大変重要な役割を果たします。

“銀河系の窓”は天空上にいくつか開いていますが、図 3-1 は、天の南極近傍にある“銀河系の窓”を通して見た、遠赤外線での宇宙の姿です。約 10 平方度という広大な領域が、これまでに無い精度で描かれています。これは 3 期約 1 年半に渡って、200 回に及ぶ観測の結果得られた画像です。まるでざらざらとした砂浜のように見えますが、この中にはきれいな貝殻が無数に埋もれているのです。この画像は 90 ミクロンのものですが、他の波長の画像も同様に得られており、その一部を拡大して示した絵が図 3-2 です。

様々な明るさで点状に輝いているのは全て銀河で、観測領域全体で、優に 1000 個を超える銀河が受かっています。その中でも暗いものは、宇宙の果てにある銀河だと考えられます。この波長帯で、これだけ数多くの暗い銀河をとらえたのは、「あかり」が初めてです。この結果は、現在みられる普通の銀河も、

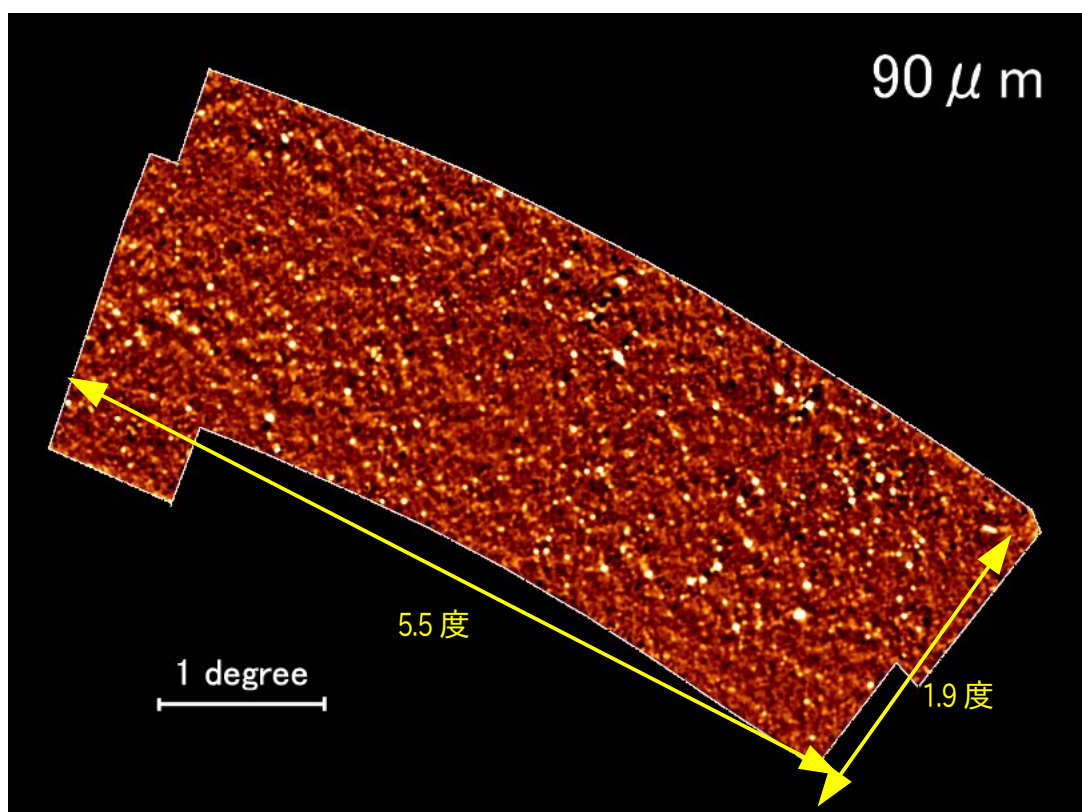


図 3-1 : 天の南極近傍にある “銀河系の窓” から見た赤外線 (波長 90 ミクロン) の宇宙の果て。およそ 10 平方度の領域に、多数の銀河 (白い点) が散らばる。

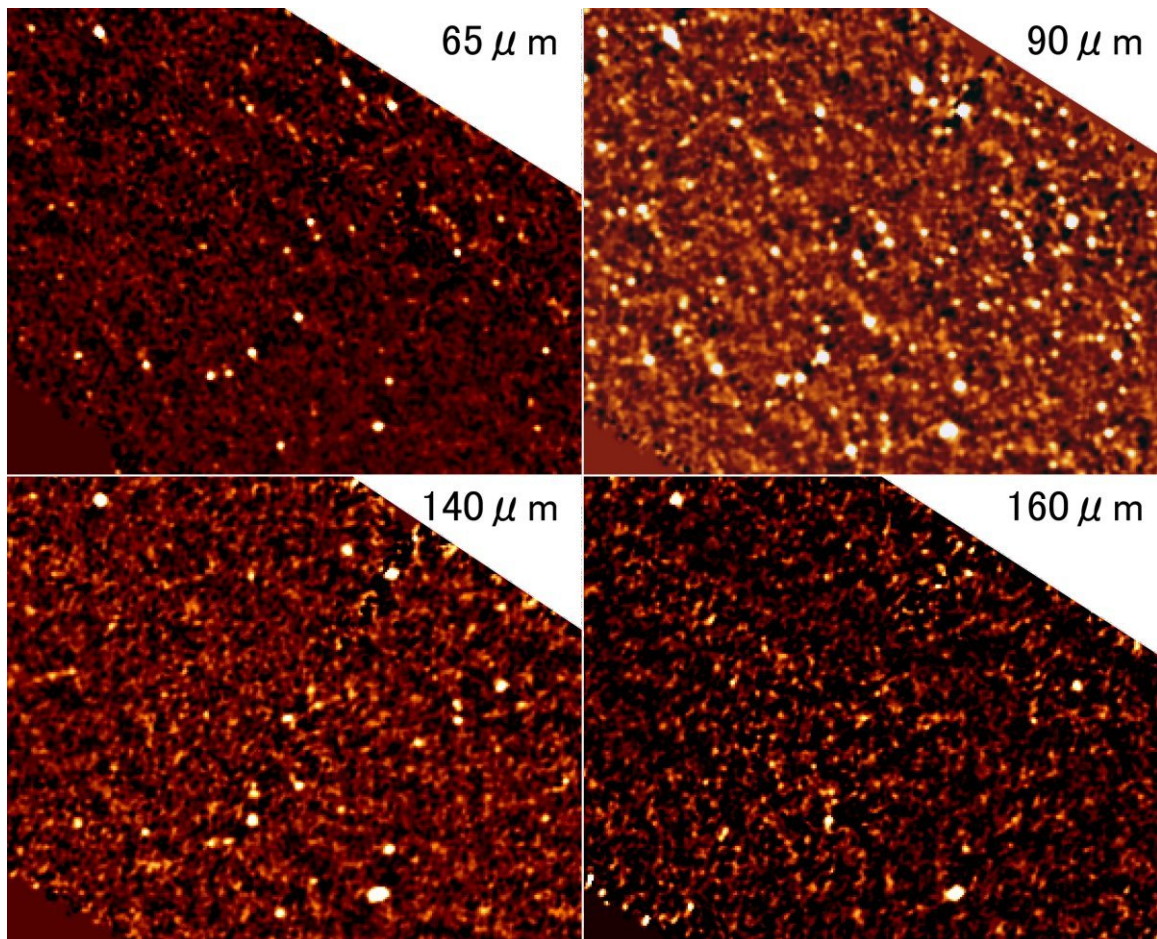


図 3-2 : 図 3-1 の一部を拡大したもの。およそ 1.8 度 × 2.3 度の領域を表している。銀河によって、波長ごとの明るさに違いがあることがわかる。

かつて若かりし時代には、赤外線でも明るく輝いていたことを示しています。多くの場合、その輝きは爆発的な星の誕生によるものと解釈されています。また、注意して見ると、波長ごとの明るさが他とは大きく異なる銀河も発見できます。そのなかには、星ではなく巨大ブラックホールが赤外線のエネルギー源となっているものもあると思われます。

「ロックマンホール」と呼ばれる、別の少し小さな「銀河系の窓」でも、「あかり」は観測を行っています。図 3-3 は、この領域で検出された銀河を、波長 90 ミクロンの明るさで分けてその個数を数えたものです。一般的に、我々に近い銀河ほど見かけは明るく、図の右側に位置し、遠方にある銀河は暗いので左側に位置します。図中の「進化なしモデル」の線は、銀河の実際の明るさや個数密度が、現在も過去も同じであったとした場合の予想値です。「あかり」のデータは、銀河が暗くなるほど、この予想値よりも数が急激に多くなることを示しています。参考のために、ヨーロッパの ISO 衛星による過去の観測結果も示しています。ISO 衛星の結果は、観測能力ぎりぎりの観測のため、同じ観測にもかかわらず解析によって大きなばらつきがあります。これに比べて「あかり」の観測は、10 年間の観測装置の進歩もあって、より暗い銀河まで検出できているとともに、精度の高い観測結果が得られています。図中の「銀河進化モデル」は、過去に激しい星生成があったとするモデルであり、Spitzer 宇宙望遠鏡の観測データと良く一致するものです。我々のデータは、明らかな進化の存在を示しながらも、このモデルよりも銀河の数が少ないことを明確に示しています。Spitzer 宇宙望遠鏡は 60 ミクロンと 160 ミクロンの観測で、「あかり」の 90 ミクロンとは異なる波長のデータです。両者をうまく説明できないということは、現在の銀河進化モデルになんらかの問題がある可能性を示唆しています。我々の観測結果は、新たな銀河進化モデルが必要であることを強く示唆する、重

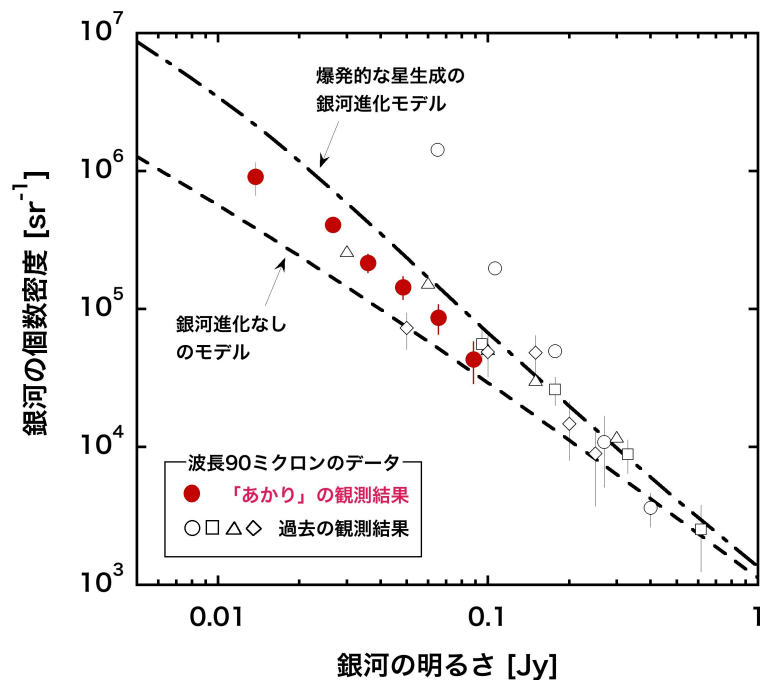


図 3-3 : 「ロックマンホール」で見付かった銀河の明るさの分布。縦軸は、ある明るさよりも明るい銀河の個数を表している。図中の破線は、銀河進化がなかった場合に予想される銀河の個数、一点鎖線はこれまで考えられてきた銀河進化モデルの場合に予想される銀河の個数を表す。我々の観測データは、銀河進化はあるが、今考えている銀河進化モデルとは少し様子が違うことを示唆しています。

要な結果であると言えます。

以上のような、宇宙の果ての銀河で起こった激しい星の誕生は、宇宙全体に及んだのか？それらの銀河は現在どのような姿をしているのか？このような疑問は、宇宙の進化と構造に関わる重大な問題であり、過去に例のない高い感度と領域の広さ、さらには波長の豊富さを兼ね備えた今回の観測データを用いて初めて明らかにできます。また図 3-2 では、銀河がないところからも、検出できないほど暗い多数の銀河からのぼんやりとした赤外線が届いています。これは赤外線宇宙背景放射と呼ばれ、宇宙の始まりに近い時代の放射も含まれています。この赤外線宇宙背景放射の明るさの空間的なむらや波長ごとの強度を詳しく調べることで、銀河の起源や宇宙の構造にまで立ち入った研究ができると期待されています。

「あかり」は宇宙航空研究開発機構 (JAXA) のプロジェクトで、名古屋大学、東京大学、自然科学研究機構・国立天文台、欧州宇宙機関 (ESA)、英国 Imperial College London、University of Sussex、The Open University、オランダ University of Groningen/SRON、韓国 Seoul National University 等の協力で進められており、遠赤外線検出器開発では情報通信研究機構の協力を得ています。

8 問い合わせ先 芝井 広 (名古屋大学大学院理学研究科 教授)

E メール : shibai@nagoya-u.jp

TEL : 052-788-6190

村上 浩 (宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 教授)

E メール : hmurakam@ir.isas.jaxa.jp

TEL : 090-5759-6669 (9/5~12 限定)