

AKARI FIS データを用いた系外銀河のスタック解析によるダスト減光マップの補正

岡部 泰三 (東京大学大学院 理学系研究科)

Abstract

AKARI 衛星チームの協力のもと得られた AKARI 衛星による遠赤外全天マップを用いて、SDSS 銀河を中心とした AKARI マップのスタック解析を行う。AKARI は IRAS に比べ分解能が良くなっているため、より良い精度で中心銀河を見ることができると期待される。実際にスタック解析を行ったところ、IRAS に比べ分解能がはるかに良くなっていることが確認できた。スタック解析によって得られるダスト赤外放射のプロファイルには、中心銀河からの寄与だけでなくその銀河と空間的にクラスタリングしている銀河の寄与も含まれる。そのため銀河の角度相関関数と AKARI の点拡がり関数 (Point Spread Function:PSF) をもとにした理論モデルによりプロファイルフィットを行った。この結果を IRAS の結果と比較すると、AKARI は IRAS に比べて中心銀河からのシグナルが卓越していることが分かった。これは AKARI の分解能がよいために、中心銀河からのシグナルをよりはっきり捉えることができるためである。また分解能に関わらずフラックスは保存するので、IRAS と AKARI のフラックスは等しくなるはずである。そこで IRAS と AKARI のフラックスを測定・比較したが、有意に一致しているとまでは言うことができなかった。原因としては、IRAS の波長が $90\mu\text{m}$ 、AKARI の波長が $100\mu\text{m}$ であるため、波長依存性を考えなければいけないのだがここでは考えていないこと、AKARI の PSF のモデル化がうまくいっていないことなどがあげられる。これらは今後調べていく予定である。

1 Introduction

我々の銀河内にはダストが広く分布しており、あらゆる銀河系外の観測はこのダストを通った光を見ることになる。銀河系内にあるダストは一般に、可視光線を吸収し遠赤外線 (Far-Infrared:FIR) で放射しているため、銀河系外の観測においては銀河系内のダストによる減光の補正が本質的となる。現在最も広く使われているダストの減光マップは、1998 年に Schlegel,Finkbeiner,Davis(SFD) により発表されたもの(?)で、COBE と IRAS という二つの赤外線観測から作成された。SFD マップはダストによる可視光の吸収量と FIR の放射量に線形な関係を仮定し、観測された FIR の強度から可視光の吸収量を見積もるという構成方法をとっている。その構成方法から明らかなように、SFD マップは本来必要とされる可視光の吸収量を直接測定している訳ではない。従ってここでの仮定が妥当なものであるか検証することが重要となってくる。

(?) では SDSS の銀河カタログの個数面密度を測定することで、SFD マップの信頼性を検証している。ここでは SDSS の観測領域を細かい小領域にわけ、小領域のダスト減光の値と銀河の個数面密度をプロットし、SFD マップはダスト減光が小さい領域で僅かながら系統誤差が存在することを示した。しかしこのダスト減光が小さい領域は SDSS のおよそ 7 割を占めており、系統誤差が小さいとはいえ精密宇宙論では有為に効いてくる可能性がある。(?) では系統誤差の原因を系外銀河の FIR フラックスによるものと結論しているが、状況証拠のみで直接的な証拠は示されていない。

そこで(?) はスタック解析を用いてこの系外銀河のフラックスを直接測定した。スタック解析とは、観測によって得られたマップを、(銀河や星といった)特定の対象物を中心として周辺を切り出し、それらを足し合わせていく解析方法のことである。ここでは SDSS 銀河が存在する点を中心として SFD マップをスタックしていくことで、個々の銀河に対して

は検出不可能な微弱な銀河赤外放射を統計的に検出している。この結果、SFD マップの系統誤差が系外銀河の FIR 放射に起因することは確認されたと言える。しかしながら、SFD マップの分解能を決めている IRAS の角度分解能は 6 分近くあり、さらなる定量的な解析は困難である。

タイトルではダスト減光マップの補正と言っているが、当初のモチベーションであるダストマップの補正はいったん忘れ、AKARI のスタック解析が IRAS のそれと比べてどうなっているのか、ということに焦点を当てる。

2 Methods/Instruments and Observations

IRAS の分解能は 6 分近くあるため、更なる定量的な解析のためにはより分解能のいい観測器のデータが必要になってくる。そこで本研究では、AKARI 衛星チームの協力のもと得られた AKARI 衛星による遠赤外全天マップを用いて、(?) と同様のスタック解析を行う。IRAS の分解能が 6 分近くあったのに対し、AKARI 衛星による全天マップの分解能は 1 分角程度まで改善されているため、より高いシグナル・ノイズ比で銀河赤外放射量を測定することができると期待される。

(?) で述べられているように、スタック解析によって得られるダスト赤外放射のプロファイルには、中心銀河からの寄与だけでなくその銀河と空間的にクラスタリングしている銀河の寄与も含まれる。そのため銀河の角度相関関数と AKARI の点拡がり関数 (Point Spread Function:PSF) をもとにした理論モデルによりプロファイルフィットを行い、これらを分離する必要がある。そこでまずは視等級によって分離した銀河サンプルについてスタック解析とプロファイル解析を行い、ダスト放射量の視等級依存性及び(?) の結果との整合性を検証する。ここでは簡単のため AKARI の PSF を 1Gaussian でフィッティングし、それをもとにプロファイルフィットを行う。

3 Results

SDSS の視等級が 15.5~16 のもので AKARI マップをスタックした結果が図??である。IRAS のスタック結果 (図??) と比べると分解能がはるかに良くなっていることが分かる。

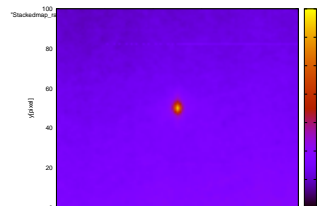


図 1: AKARI マップ (90 μm) のスタック結果

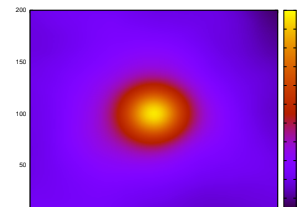


図 2: IRAS マップ (100 μm) のスタック結果

4 Discussion

次にスタックして得られたマップから、円平均したプロファイルを求め、銀河の角度相関関数と AKARI の点拡がり関数 (Point Spread Function:PSF) をもとにした理論モデルによりプロファイルフィットを行った。中心銀河からの寄与、中心銀河に付随した銀河からの寄与、バックグラウンドの 3 つをフリーパラメーターとすることで、それらのベストフィットを求めた。その結果 AKARI は IRAS に比べて中心銀河のシグナルの割合が大きいことが分かった。これは AKARI の分解能が良かったために、中心銀河からのシグナルをよりはっきり捉えることができるためである。

フラックスは分解能に関わらず保存する量であるため、IRAS と AKARI で等しくなるはずである。これをチェックするため、今求めたベストフィットパラメーターから求まるフラックスを、(?) に書かれた関

係式を使って求まるフラックスと比較した。SDSS の視等級に対してそれらをプロットしたものが図??である。この2つがコンシステントかどうかチェックするには更なる考慮が必要であるが、今回は時間の制約上そこまでは確かめられなかった。例えば、波長依存性を考慮する (IRAS の波長が $90\mu\text{m}$ 、AKARI の波長が $100\mu\text{m}$ であるため)、AKARI の PSF のモデル化を 2Gaussian で行う等があげられる。

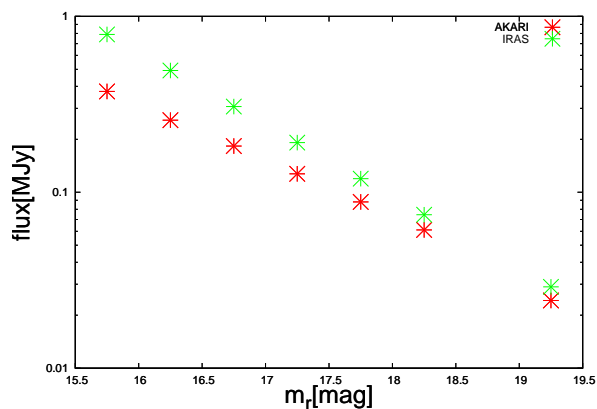


図 3: IRAS (緑) と AKARI (赤) のフラックスの比較

5 Conclusion

AKARI のスタック解析によって得られたシグナルは、IRAS のスタック解析によって得られたシグナルに比べはるかに分解能が良くなっていることが分かった。またそのために中心銀河からのシグナルが、中心銀河に付随する銀河からのシグナルに比べてよりはっきりと見えるようになった。IRAS と AKARI のフラックスを比較したが、有意に一致しているとはまでは言うことができなかった。

今後は同様の解析を AKARI マップの波長を変えて行い、遠方銀河の平均的な SED (spectral energy distribution) を求める予定である。その後は、SDSS 銀河サンプルを形態や色、赤方偏移、可視光度によってさらに分類し AKARI のスタック解析を行うことで、SDSS 銀河に含まれるダスト量・温度と銀河の性質との相関を調べていく予定である。

それらが分かれば銀河の平均的な赤外線強度が分

かるので、当初の目的であったダスト減光マップの補正を試みる。

Acknowledgement

松浦様をはじめとした、JAXA の AKARI 衛星チームの皆様には、チーム内限定公開の AKARI 全天マップをいただくなど大変お世話になりました。この場を借りてお礼申し上げます。またスタック解析や銀河について 1 から教えてくださった柏木先輩、何度も有益なアドバイスを頂いた須藤先生のお二方には大変感謝しています。

Reference

Schlegel, D.J., Finkbeiner, D. P., Davis, M., 1998, ApJ, 500, 525

Yahata, K., et al. 2007, PASJ, 59, 205

Kashiwagi, T., Yahata, K., Suto, Y., 2013, PASJ, 65, 43