

赤外銀河分布のパワースペクトル解析

名古屋大学銀河進化学研究室 (Ω 研)
修士過程 1 年 鈴木智子

1 Introduction

本研究では、赤外銀河の空間分布のもつ統計的性質を、パワースペクトルという量を求めることによって調べている。

星形成領域には、大質量星とダストとよばれる固体微粒子が多く存在している。大質量星から放射される紫外線がダストに吸収されて赤外線として再放射されるため、星形成領域は赤外線で観測すると明るく見える。このため、赤外銀河は星形成のよいトレーサーになっているとことができ、赤外銀河の空間分布を調べることで、星形成銀河の分布の統計的性質を知ることができるのである。

銀河分布の密度ゆらぎを様々な波数をもつ波の重ね合わせと考えるとき、Fourier 係数の絶対値の 2 乗で表されるのがパワースペクトル $P(k)$ である。パワースペクトルは波数 k をもつ波が銀河分布のゆらぎに対してどれくらいの寄与をしているのかを表している。このため、パワースペクトルを求めることで、銀河分布の性質を知ることができるのである。

2 Data

今回は赤外線天文衛星 AKARI の遠赤外線の観測を行う FIS の全天サーベイのデータを用いた。このデータを以下の手順でさらにセレクトし、今回使いたい銀河のデータだけにした。

- AKARI がスキャンした回数が $90\mu\text{m}$ のバンドで 3 回以上のものを選択信用のできるデータだけにする。

- Color-color diagram によるセレクト

縦軸、横軸それぞれにフラックス比をとった図を作成 (color-color diagram)。この図にデータをプロットすると、星と銀河は異なる位置に分布するので、全データから銀河のデータだけを取り出すことができる。

- Schlegel map によるセレクト

Schlegel map は、波長 $100\mu\text{m}$ の遠赤外線領域で観測された全天マップである。このマップを用いることで、銀河面からのダストの放射が強い領域を取り除くことができる。

セレクトの結果、今回用いる AKARI のデータを銀河座標でプロットすると、次のようになる。

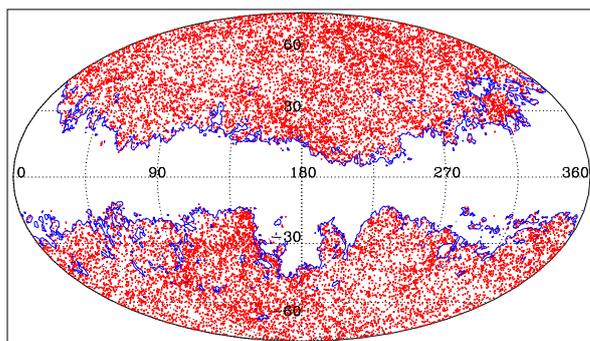


図 1: セレクトされた赤外銀河の天球面上での分布

3 パワースペクトルの計算

今回は北側の領域についてだけパワースペクトルを求めた。

銀河座標を極座標に変換して、天球面上での銀河の分布を 2 次元平面上に射影する。(flat-sky 近似)

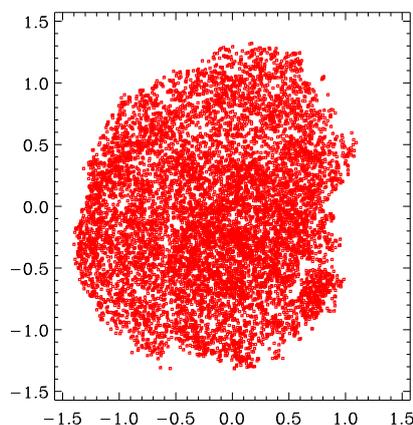


図 2: 北側のデータを射影したもの。銀河の数は 10106 個。

中心 (北銀極) から遠ざかるほど、射影による歪みが大きくなるので、今回は北銀極を中心とした、 $60^\circ \times 60^\circ$ の正方形の領域を考える。この領域にある銀河の数は 3078 個である。

領域を限定したことによってデータ数が減少してしまうので、これを補うために、銀河座標の他の点を中心とした同じ面積の領域を考える。今回考えるのは、以下の 4 つの領域である。

- (1) 中心：北銀極
- (2) 中心：(270,60)
- (3) 中心：(90,60)
- (4) 中心：(180,60)

各領域について、銀河の個数分布の密度ゆらぎを求める。密度ゆらぎは以下の式で定義される。

$$\delta(x, y) = \frac{n(x, y) - \bar{n}}{\bar{n}}$$

$n(x, y)$: 各点における銀河の個数密度

\bar{n} : 領域全体の平均の銀河の個数密度

また、密度ゆらぎの計算の際に、各領域で、Schlegel Map によるセレクトで取り除かれた領域が重なってしまっている場合は、その部分は 0 として密度ゆらぎを考える領域からは除外する。そして、 $\delta(x, y)$ を二次元離散 Fourier 変換し、一次元のパワースペクトルを求める。

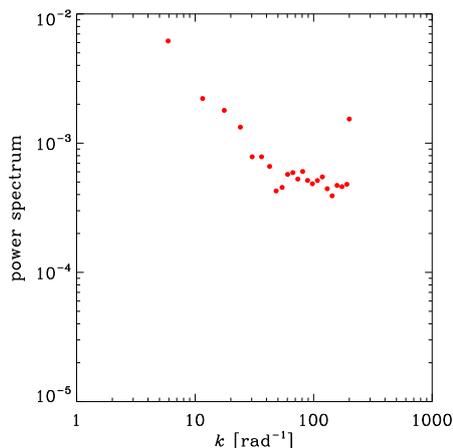


図 3: (1) の領域におけるパワースペクトル

本来、密度ゆらぎは連続的なものであるが、今回は離散的なデータから密度ゆらぎを求めている。このため、結果にはデータの離散性からくるノイズ (shot noise) が含まれてしまう。このノイズを取り除くために、4 つの各領域について、各領域と同じ面積をもつ領域に、各領域の銀河の数と同じ数の点をランダムにばらまいたサンプルを作成する。このサンプルの密度ゆらぎのパワースペクトルは、shot noise そのものを反映していると考えることができる。このため、ランダムサンプルのパワースペクトルの平均値を計算結果から引くことで、ノイズを取り除くことができる。

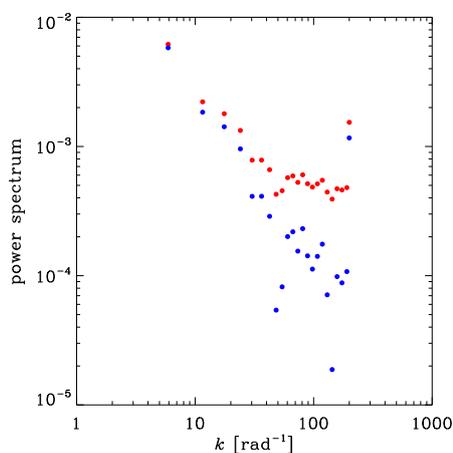


図 4: (1) の領域におけるパワースペクトル。赤：計算結果、青：ノイズ除去後の結果。ノイズの除去後では、スモールスケール側 (k が大きい側) でパワーが落ちているのが分かる。

そして、各領域について、パワースペクトルを求め、ノイズの除去を行い、その平均値をとる。

図 5 において、最後の点だけを除いてラインフィッティングをし、その傾きを求めたところ、傾きは -1.26 程度であった。

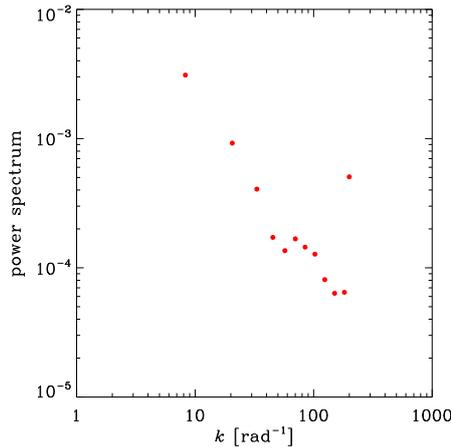


図 5: 4つの領域の平均のパワースペクトル。スムージングを行った後の結果。

4 議論

今回求めたパワースペクトルの傾きについて先行研究と比較する。

Hamilton & Tegmark (2002) では、赤外線天文衛星 IRAS の観測データによるサーベイである PSC_z のデータからパワースペクトルを求めている。この結果のパワースペクトルの傾きを調べたところ、傾きは -1.5 程度であった。

今回の結果から得られた傾きは、 -1.3 程度であるから、先行研究で求められたものよりも傾きがゆるやかになっている。これは、今回の結果の方が、スモールスケールの波からの寄与がより大きくなっているということである。

何故このような違いが生じているのかということについては、まだ検討が必要なところではあるが、原因のひとつとしては、用いている衛星の違いというものが挙げられる。

先行研究では IRAS、今回は AKARI という衛星を用いている。AKARI は IRAS よりも角分解能がはるかに良いので、より細かく天体を見ることが出来る。また、AKARI の観測波長帯は IRAS の観測波長帯よりも波長の長い側をカバーしているので、ふたつの衛星で見ているものが異なっていることになる。このような違いが、結果に影響を与えるだろうと考えることができる。

5 まとめ

本研究では、赤外銀河 (星形成のよいトレーサー) の空間分布の性質を知るために、銀河分布の統計的指標であるパワースペクトルを求めた。

- 得られた結果と先行研究を比較すると、今回の結果の方がスモールスケール側の波からの寄与が大きくなっていることが分かった。
- この要因としては、用いている赤外線衛星の性能の差ということがまず考えられる。

6 参考文献

- Hamilton, A. J. S. & Tegmark, Max 2002, MNRAS, 330, 506
- Pollo, A., et al. 2010, A&A, 514, A3