

赤外線天文衛星「あかり」の全天サーベイによるデブリディスクのスタック解析

小島 拓也 (東京大学大学院 理学系研究科、宇宙科学研究所)

Abstract

Hipparcos 星カタログの位置に基づいて赤外線天文衛星「あかり」の全天画像のスタック解析を行い、デブリ円盤と中心星の年齢との関係を調べる。Rieke et al.(2005) によって A 型星のデブリ円盤と中心星の年齢との関係が調べられ、デブリ円盤のダスト量が星の年齢に反比例し、150 Myr のオーダーで減衰することが明らかにされた。ただし、Rieke et al.(2005) は、A 型星のみで、かつ $24 \mu\text{m}$ のみでの調査であったため、他の星のスペクトル型、他の波長についてもデブリ円盤と中心星の年齢との関係を調べる必要がある。そこで、赤外線天文衛星「あかり」の 9, 18, 65, 90, 140, 160 μm での全天サーベイを用いて、スタック解析を行い、デブリ円盤と中心星の年齢との関係を調査する。

1 イントロダクション

Hipparcos 星カタログの位置に基づいて赤外線天文衛星「あかり」の全天画像のスタック解析を行うことで、デブリ円盤とその中心星の年齢との関係を調べる。

デブリ円盤とは、主系列星の周りのダスト円盤であり、星形成時の原始惑星系円盤が残存したものではなく、微惑星同士の衝突などによって二次的に形成されたものと考えられている。デブリ円盤は、ダストから成り、赤外線を放射するため、赤外線領域で観測される。

Rieke et al. (2005) は A 型星について、赤外線天文衛星 IRAS の $25 \mu\text{m}$ 、ISO、Spitzer の $24 \mu\text{m}$ の観測から、星の周りのダスト量を示す赤外線超過比と中心星の年齢との関係を調べた。すると、赤外線超過比の最大値は星の年齢に反比例し、150 Myr のオーダーで減衰することが明らかにされた。これは現在のデブリ円盤の進化過程の標準的なモデルである steady-state model と consistent である。

ただし、Rieke et al. (2005) の調査は、A 型星のみで、かつ $24 \mu\text{m}$ のみでの調査であった。しかし、他の星のスペクトル型、他の波長についても調べる必要がある。他の星のスペクトル型であれば、中心星の温度が異なるので、デブリ円盤の様子が異なると予想される。また、ダストの中心星からの距離と

ダストが放射する光の波長には相関があるので、他の波長で解析することで中心星から異なる距離に存在するダストについて議論できる。そこで、他の星のスペクトル型、他の波長についてデブリ円盤と中心星の年齢との関係を調べる。

赤外線天文衛星「あかり」は 9, 18, 65, 90, 140, 160 μm の 6 バンドで全天サーベイを行っており、これを利用してデブリ円盤を調査する。ただし、「あかり」の全天サーベイは大規模なデータサンプルを持つものの個別の星を解析しても S/N 比が足りず、デブリ円盤を見ることができない。そこで、解析手法として、Hipparcos 星カタログの位置に基づいて赤外線天文衛星「あかり」の全天画像のスタック解析を行う方法をとる。スタック解析を行うことによって、デブリ円盤の統計的な性質を調べ、星のスペクトル型の依存性、波長依存性を見ることができると期待される。

2 「あかり」全天サーベイについて

デブリ円盤を調査するにあたって、「あかり」の全天サーベイを用いることは非常に有用である。

デブリ円盤の温度は、中心星との放射平衡であるから、

$$T \text{ [K]} = 278 \times \left(\frac{1 \text{ AU}}{R}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{L_{\text{star}}}{L_{\odot}}\right)^{\frac{1}{4}} \quad (1)$$

と表され、数十 K から数百 K の温度幅を持つと考えられている。ここで、 R は中心星とダスト円盤との距離、 L_{star} は中心星の光度である。デブリ円盤が greybody であるとする、flux density のピークの波長はウィーンの変位則より、デブリ円盤の温度を用いて、以下の式のように表される。

$$\lambda [\mu\text{m}] = \frac{5.10 \times 10^3}{T [\text{K}]} \quad (2)$$

そのため、デブリ円盤のピークは近赤外線から遠赤外線に渡って見られる。赤外線天文衛星「あかり」は 9, 18, 65, 90, 140, 160 μm の 6 バンドで全天サーベイを行っており、「あかり」全天サーベイを用いることで、暖かいデブリ円盤から冷たいデブリ円盤まで、幅広く調べることが可能になる。Liu et al. (2014) では、「あかり」全天サーベイを用いて、IRAS では発見することのできなかつた冷たいデブリ円盤を発見している。

3 解析手法

「あかり」の全天サーベイは大規模なデータサンプルを持つが、個別の星を解析しても S/N 比が足りず、デブリ円盤を見ることができないため、スタック解析を行うことによってデブリ円盤を調査する。Liu et al. (2014) でも Hipparcos 星カタログから 67,186 個の主系列星を調べたが、デブリ円盤を持つとされた天体は 75 個だけであった。また、その 75 個の星の中でも、early type stars に偏っており、中心星の温度の低い late type stars では、Hipparcos 星カタログに収録されている星の数が多いにも関わらず、個別に観測するのは難しい。それに対して、スタック解析を用いれば、「あかり」の観測で S/N 比が足りず、検出限界を下回る星もスタックすることで、調べる星のスペクトル型の種類を増やすことができる。

次にスタックを行う星の選定方法について述べる。Hipparcos 星カタログは、高精度位置観測衛星「Hipparcos」によって 0.001 秒角の精度で位置を測定した星を集めたものであり、118,218 個の星が集録されている。このカタログの星のスペクトル型、位置座標を用いる。118,218 個の星から主系列星のみを取り出し、「あかり」と相互相関させることによって、星の

赤外線領域での flux density を求める。Hipparcos 星カタログの位置座標に対応する「あかり」全天サーベイのイメージを切り出し、スタックする。

ここで、星の photosphere も観測値に含まれているため、「あかり」のイメージをスタックしたものに対して、星の photosphere を求め、引く必要がある。星の photosphere は短波長側では大きく黒体放射からずれるが、K バンド (2.2 μm) より長波長側では黒体放射でほぼ近似できる。そこで、Hipparcos 星カタログの星のスペクトル型、近赤外線天文観測プロジェクト「2MASS」の JHK バンドの全天サーベイを用いて、黒体放射のフィッティングを行う。K バンドから外挿することで「あかり」全天サーベイの波長域の星の photosphere を決定する。ここで、外挿を行うので、その妥当性を確かめる必要がある。そこで広域赤外線探査衛星「WISE」の W1、W2 バンドを用いて、WISE の観測値と外挿から求められた予測値との比較を行い、妥当性を検証する。このようにして得られた星の photosphere を足し合わせ、「あかり」の観測値をスタックしたものから引くことで、デブリ円盤の成分が求められる。

以上の操作を、それぞれの中心星のスペクトル型、「あかり」のそれぞれの波長について行うことで、デブリ円盤の統計的な性質を調べることができる。そして、デブリ円盤の波長依存性、中心星のスペクトル型の依存性が得られると期待される。

Reference

- Rieke, G. H., Su, K. Y. L., Stansberry, J. A., et al. 2005, ApJ, 620, 1010.
Liu, Q., Wang, T. and Jiang, P. 2014, Astron. J. 148 3