

プランク画像から探る初期宇宙におけるクェーサーのエネルギー源

細川 紗椰 (高3) 【雙葉高等学校】

要 旨

プランク画像を用いて初期宇宙のクェーサーの遠赤外線輻射を測定した。画像を多数枚重ねること、赤方偏移6におけるクェーサーの平均フラックスが 2σ 程度で検出された。周波数ごとのエネルギー分布は黒体輻射に近似できることが分かった。色や明るさ、輝線の太さで分類して画像を重ね合わせ、フラックスの強度を比較した。これらの結果からプランク画像上におけるクェーサーの遠赤外線輻射の起源について議論する。

1. 研究目的

私は宇宙マイクロ波背景放射(CMB)上に残された一つ前の宇宙の痕跡の候補であるホーキング・ポイント[1]に興味を持ち、クェーサーとの関係について調べているうちに[2]、遠方でも明るく輝くクェーサーのエネルギーの起源に新たに興味を抱いた。遠方クェーサーの明るさは何で決まっているのだろうか？私は、特にホーキング・ポイントを観測したプランク画像上にクェーサーのエネルギーの痕跡があるのかどうか調べてみることにした。

2. 研究方法・結果

赤方偏移が6付近のクェーサー160個[3]をそれぞれ中心に捉えた353, 545, 857GHzの3つの周波数帯ごとにプランク画像[4]をスタッキングする(重ね合わせる)ことによってメジアン画像を作成した(図1、2参照)。これらと比較するために、それぞれの周波数帯でランダム点におけるプランク画像を500枚スタッキングしたものを作成した。すると、すべての周波数において、画像の中心付近でランダムな画像をスタッキングしたときのフラックスから大きく超過したクェーサー由来と考えられる光を検出した(図3参照)。

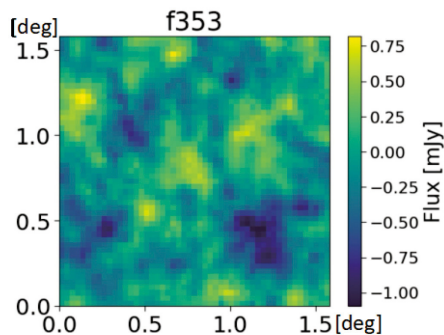


図1 クェーサーのプランクスタッキング(353GHz)画像

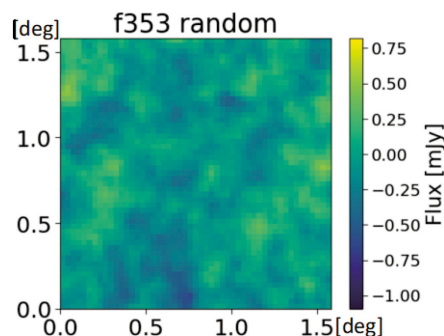


図2 ランダム点のプランクスタッキング(353GHz)画像

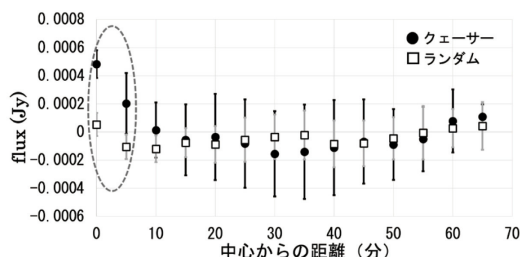


図3 353GHzにおけるクェーサーもしくはランダム点からの距離と明るさ

次に、スタッキングした画像から、直径10'の円内のフラックスを足し合わせ、平均遠赤外線輻射量を求めた。周波数ごとのエネルギー分布を見たところ、黒体輻射のエネルギー分布[5]に近似することができた。このことから、プランク画像上のクェーサーの光の起源は、クェーサーのエネルギーによって温められたダストの放射であることが推測される。

算出した平均遠赤外線輻射量の統計的有意性を調べるために、スタッキングした画像上に直径10'の円を多数個ランダムにばら撒き、円内のフラックスを測定してノイズを評価し有意性を検証したところ、すべての周波数において、 2σ 以上の有意性が得られた。

また、ダスト放射起源と仮定した場合の星形成率も計算した[6]。すると、赤方偏移5のクェーサーの値[5]とおおよそ同じ値が得られた。

次に、サンプルをいくつかのサブサンプルに分けてサブサンプル間で差異が生じるかどうか調べたところ、赤いクェーサーの方が青いクェーサーよりも、また、Ly α 輝線が細いクェーサーの方が太いクェーサーよりも、それぞれの誤差以上のフラックスの差が検出された。これらについても同様にスタッキングした画像から平均遠赤外線輻射量を求め、検出の統計的有意性を調べたところ、 2σ 程度であった。これらの観測結果も、ダスト放射起源と考えると説明することができる。

3. 考察

プランク画像で検出されたクェーサーの光は、黒体輻射のエネルギー分布と一致していることから、この起源は、クェーサーのエネルギーによって温められたダストの放射であることが推測される。検出の統計的有意性、輝線の太さ、色で分けたクェーサーのプランク画像から求めた平均遠赤外線輻射量の有意性は 2σ 程度であるが、今後クェーサーのサンプル数を増やすことで十分な有意性が得られるかもしれない。

4. 謝辞

本研究は、JST次世代科学技術チャレンジプログラムにおいて東京大学UTokyoGSC-Nextの一環として行われたものである。本研究を行うにあたって多大なご協力、ご指導をいただいた柏川伸成教授、有田淳也氏、星宏樹氏(東京大学)、また、今回用いたプランク画像を提供していただいた久保真理子先生(東北大学)にこの場を借りて心から厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] An et al. 2020, MNRAS, 495, 3403-3408
- [2] <https://gsc.iis.u-tokyo.ac.jp/2399>
- [3] Matsuoka et al. 2022, ApJS, 259, 18
- [4] <https://www.cosmos.esa.int/web/planck>
- [5] Leipski et al. 2014, ApJ, 154, 22
- [6] Kennicutt Jr, R.C., 1998, ARA&A, 36, 189-231.