

Z119b TAO 中間赤外線観測によるミラ型変光星のダスト形成モニタリング観測

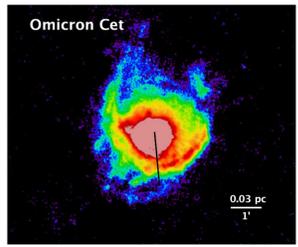
上塚貴史, 宮田隆志, 酒向重行, 大澤亮, 岡田一志, 内山允史, 毛利清, 山口淳平(東京大学), 浅野健太郎(JAXA), ほかTAO グループ

概要

ミラ型変光星周におけるダスト形成現象は、ダスト形成・質量放出過程の理解において重要な研究対象である。MIMIZUKU が得意とする近・中間赤外線分光モニタリングは、ダスト形成時に期待される新規形成ダストの超過放射を捉えるのに有効で、これにより「いつ・どのようなダストが形成するのか」を明らかにすることができる。新規ダストの超過放射を捉えるには、中心星放射変化・ダスト温度変化を抑え、かつ10-20%のフラックス変化を捉える必要がある。MIMIZUKUの広い観測波長域・正確な大気校正機能はこれらの要求を満たす。さらに長周期変動を示すミラ型変光星観測に必要な十分な運用期間もMIMIZUKUには期待できる。このようにMIMIZUKUはミラ型変光星の新規形成ダストの観測において、求められるすべての要求を満たす最適な観測機器になると期待できる。

ミラ型変光星のダスト形成研究の現状

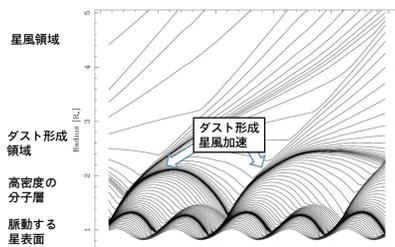
ミラ型変光星のダスト



o Cet の遠赤外線画像¹ プレソーラ粒子の同位体組成^{2,3}。星周ダストが豊富に存在。Group1-3はAGB由来とされる。

ミラ型変光星は、小・中質量星の最終進化段階である Asymptotic Giant Branch (AGB) 星の一種。星周で形成したダストを宇宙に供給しており、ダストの起源の研究対象。

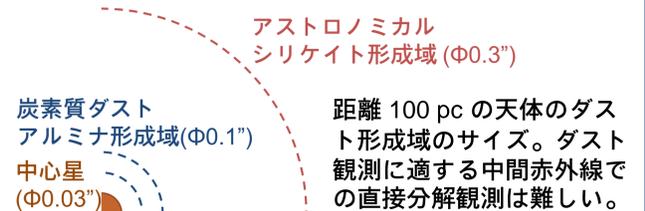
脈動・ダスト形成・質量放出



ダスト形成を組み込んだ流体シミュレーション⁴。ダスト形成を契機に質量放出が起きる。

星本体は数百日周期で脈動。脈動に伴う衝撃波で星周には移動する高密度領域を形成。これがダスト形成可能領域に達するとダストが形成し、ダストが受ける輻射圧で星風が駆動する。と考えられている。

求められる観測的検証



左記のシナリオの観測的検証が必要。実際のダスト形成はどう起きているか
間欠的? 間隔は? どこで形成?
どのようなダストが形成?
直接観測は難しく、多様な天体で検証するには**分光/測光モニタリング**が重要。

ダスト形成の瞬間を捉えたい

中間赤外線モニタリング

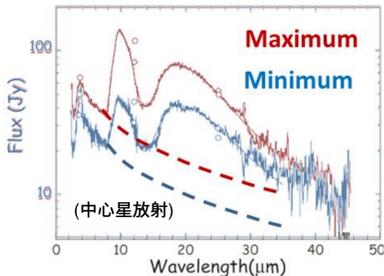
中間赤外線の利点

- ダストを直接的に観測
- ダスト種の同定も可能

→ 中間赤外線モニタリングにより、

ダスト形成に起因する放射超過を捉え、いつ・どのようなダストが形成するかを明らかにしたい。

新規ダスト放射の検出は、中心星放射・ダスト温度の変化との切り分けが重要



Z Cyg の中間赤外線スペクトル変動⁷。変光に伴う中心星放射・ダスト温度変動に伴うスペクトル変化がみられる。

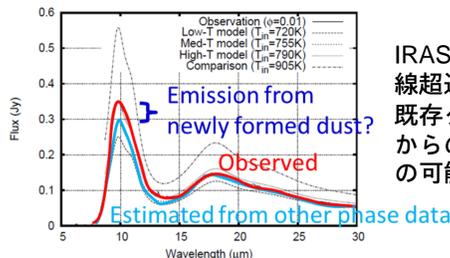
→ 新規ダストの放射観測への要求

- 中心星放射の決定 (近赤外線観測)
- ダスト温度の決定 (N, Q-band 観測)

→ 幅広い波長域の観測が必要

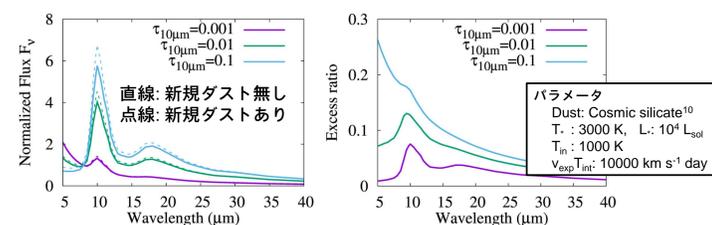
新規ダスト放射の抽出方法

- 赤外線超過スペクトルの導出
- 中心星放射変動からダスト温度推定
- 既存ダストのスペクトル推定
- 観測スペクトルとの差分を調査



IRAS 04544-6849 の中間赤外線超過スペクトルの変化⁸。既存ダストの推定スペクトルからの超過が新規ダスト放射の可能性を示す。

期待される新規ダスト放射強度

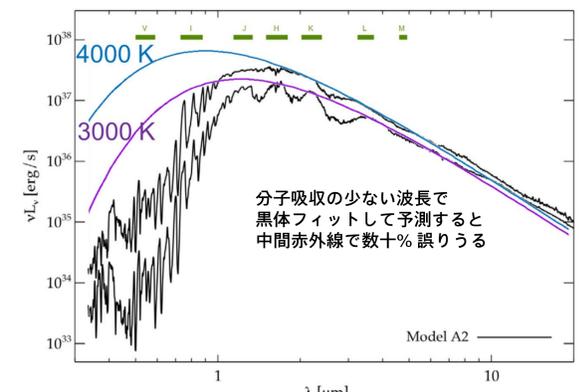


左: 新規ダスト放射の有無によるスペクトルの変化
右: 新規ダスト放射による超過の割合

DUSTY⁹ による計算

- 新規ダストの超過は10-20%程度
- 数%の測光精度が必要

近赤外線モニタリング



分子吸収の少ない波長で黒体フィットして予測すると中間赤外線数十%誤りうる

脈動・衝撃波・ダスト形成を含む流体モデルのスペクトル¹¹。青・紫線はプランク関数。

流体モデルの予測スペクトル

- 多様な分子の吸収・放射
- 黒体輻射では合わない
- 中間赤外線モニタリングからの新規ダストの放射抽出には連続波の挙動の理解も重要
- ダスト超過の少ない天体に対する**近・中間赤外線モニタリング**も重要

TAO/MIMIZUKU モニタリング計画

MIMIZUKU はダスト形成の瞬間を捉える最適な装置

TAO/MIMIZUKU の特長

- 近赤外線分光能力
- N, Q-band の分光能力
- 数%の測光精度
- 十分な運用期間

→ 全てが前述の要件に適しており、これらを満たす装置はあまりない

→ MIMIZUKU でこそやれるサイエンス

観測すべき天体

- ダスト放射が強い天体 (新規ダスト放射の観測)
- 赤外線超過の少ない天体 (連続波成分の理解)

新規ダスト放射の観測対象例 (酸素過多星)

- ダスト放射が強い
- 拡散速度 v_{exp} × ダスト形成間隔 T_{int} が大きい (新規ダスト放射の寄与が増す)

→ Class SE6-8 の南天天体¹²

$$v_{exp} T_{int} \sim v_{exp} \times \text{脈動周期 } P_{pulsate} \geq 5000 \text{ km s}^{-1} \text{ days}$$

- 10 天体 (どれも Q-band でも > 20 Jy)
- 4 バンド分光/測光 × 10 天体 ~ 5 hour/回
- 5 hour/回 × 5 回/年 × 5 年 ~ 3夜 × 5 年
- 十分に現実的な大きさの計画となる

参考文献

- Cox et al. 2012
- Nittler et al. 2003
- Nguyen et al. 2010
- Höfner et al. 2003
- AAVSO
<https://www.aavso.org/>
- Knapp 1985
- Onaka et al. 2002
- Kamizuka doctor thesis
- Ivezic et al. 1999
- Ossenkopf 1992
- Bladh et al. 2013
- Sloan et al. 1998