

論文内容の要旨

論文題目 Silicate Dust Processing around Young Stars
(若い星のまわりでのケイ酸塩微粒子の進化)

氏名 本田 充彦

形成中の多くの若い星のまわりにはガスと微粒子(ダスト)からなる原始惑星系円盤が存在している。原始惑星系円盤の中でダストの主成分であるケイ酸塩微粒子が集積することで、最終的に地球型惑星や木星型ガス惑星コアが形成すると理論的に考えられている。そのダスト集積の初期段階として原始惑星系円盤のダストサイズが星間空間の値($\sim 0.1 \mu\text{m}$)よりも大きくなっていると、さまざまな観測から指摘されているが、原始惑星系円盤の進化に応じてダストサイズ分布がどのように変わっていくのかという系統的な観測的研究はまだなされていない。

また、太陽系内の始原天体(彗星・小惑星)やそこから飛来したと考えられる隕石や惑星間塵の研究から、われわれの太陽系形成についてのさまざまな情報が得られているが、これらの研究と太陽系外の惑星系形成現場の観測的描像とは必ずしもすっきり一致していないのが現状である。特に、隕石にありふれた存在である Fe を含むケイ酸塩鉱物が、太陽系外の若い星のまわりではこれまで見つかっていない。

我々は、このような問題に対してすばる望遠鏡に搭載した中間赤外線観測装置 COMICS (COoled Mid-Infrared Camera and Spectrometer) を用いた分光観測により追ろうと考えた。COMICS のカバーする大気の窓の一つである N バンド (波長 8-13 μm) には、ケイ酸塩鉱物の Si-O 伸縮振動に由来したダストフィーチャが存在す

る。このダストフィーチャのプロファイルを解析することで、若い星のまわりに存在するダストのサイズ、組成、結晶状態の情報を導き出すことが可能である。さらに、すばる望遠鏡の集光力により COMICS はこれまでの中小口径望遠鏡に搭載された観測装置よりも高感度であるため、これまで観測が難しかったより暗い天体の観測をすることが可能となった。そこでわれわれは (A) 太陽質量程度の低質量の若い星のまわりの原始惑星系円盤のダスト、および (B) 原始惑星系円盤から進化した残骸円盤のダストを COMICS を用いた分光観測によって詳しく調べた。その結果上記 (A)、(B) に関して次のような結果を得た。

(A) 低質量の若い星のまわりの原始惑星系円盤のダスト

1. $10\ \mu\text{m}$ シリケートフィーチャの強度は $\text{sub-}\mu\text{m}$ サイズ粒子が多ければ強く、 μm サイズ粒子が多くなれば弱いという関係が見られた。このことは、シリケートフィーチャ強度がダストサイズ分布の指標として使えることを意味する。
2. シリケートフィーチャ強度と原始惑星系円盤の性質との関係を調べると、原始惑星系円盤が若い性質 ($L_{\text{H}\alpha} \gtrsim 10^{-3}L_{\odot}$, $M_{\text{disk}} \gtrsim 0.01M_{\odot}$, $L_{\text{NIR}}/L_{\text{IR}} \lesssim 4$, $L_{\text{dust}}/L_{*} \gtrsim 0.25$) を示すとき、フィーチャ強度はさまざまな値 (1~3) を示したが、進化した円盤の性質を示すときはフィーチャ強度は弱い値 (1~2) を示した (図 1)。このことは、進化した円盤のダストには μm サイズ粒子が多く、 $\text{sub-}\mu\text{m}$ サイズ粒子はかなり減少していることを示す。円盤の進化に伴い、ダストがより大きな粒子に集積していることを示唆している。
3. 若い性質を示す円盤でもフィーチャ強度が弱い天体が見られたが (図 1 の赤い点)、これらの天体は顕著なアウトフロー活動を示しており、円盤の内部加熱によってフィーチャ強度が弱められている可能性が高い (粒子成長ではない)。
4. 非常に若い段階 (~1Myr) から 5-20% のケイ酸塩ダストが結晶化していることが明らかとなった (図 2)。このことは、原始星段階での円盤内側での加熱による結晶化とダストの円盤内での拡散モデル (e.g. Bockelee-Morvan et al. 2002) の予言と調和的である。

(B) 残骸円盤のダスト

ベガ型星候補天体 HD145263 の周囲のダストから、ベガ型星で 2 例目となる結晶質ケイ酸塩ダストを検出した。さらに、隕石にありふれた存在である Fe を含むケイ酸塩鉱物の存在の手がかりを天文環境で初めて示唆した。ベガ型星のまわりのダストは、原始惑星系円盤のダストの生き残りではなく、微惑星や彗星などから再生成したダストであると考えられている。隕石も微惑星のような隕石母天体から飛来した破片であると考えられているため、隕石にありふれた存在である Fe を含むケイ酸塩鉱物ダストがベガ型星星周で見られることは、ベガ型星のダストが確かに微惑星起源であることの鉱物学的証拠であると考えられる。

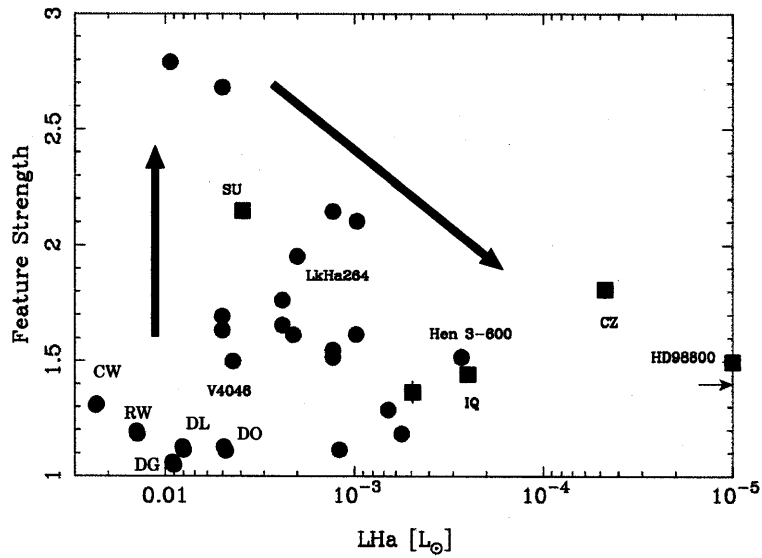


図 1: $H\alpha$ のルミノシティ(横軸)に対するシリケートフィーチャ強度(縦軸)の関係。活発な質量降着を示す天体($LH\alpha \gtrsim 10^{-3}L_{\odot}$)はさまざまなフィーチャ強度を示すが、降着活動が弱い天体のフィーチャ強度は弱いものがほとんどである。

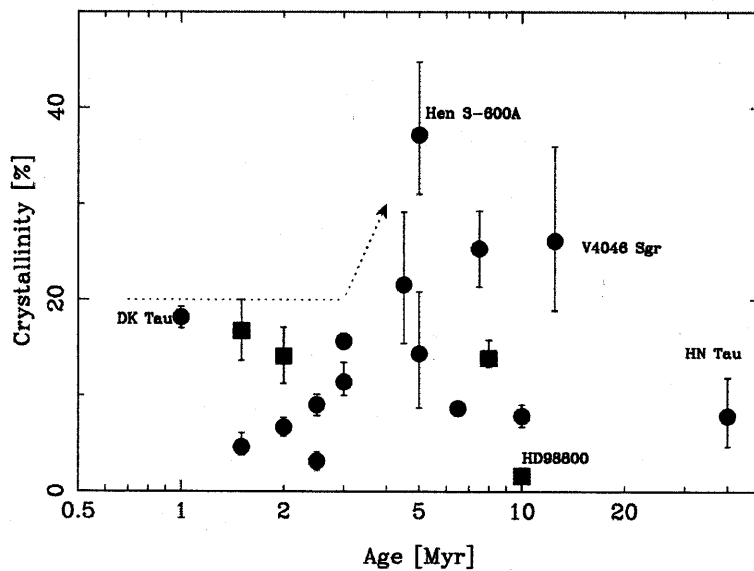


図 2: ケイ酸塩微粒子における結晶質微粒子の割合(質量%、縦軸)の中心星年齢(横軸)に対する変化。 $\sim 1\text{Myr}$ でも18%の結晶質粒子を含むものが存在している。