

# 原始惑星系円盤内ダストの衝撃波加熱による結晶化の可能性

## Crystallization of Dust Particles in Protoplanetary Disks by Shock Wave Heating

# 中本 泰史[1]; 三浦 均[2]

# Taishi Nakamoto[1]; Hitoshi Miura[2]

[1] 筑波大・計科セ; [2] 筑波大・数物

[1] CCS, Univ Tsukuba; [2] Pure and Applied Science, Univ. of Tsukuba

これまでの天文学的観測により、いくつかの彗星には結晶化したシリケートダストが含まれていることがわかってきている。また、若い T Tauri 型星の周囲の円盤にも、結晶化シリケートダストが見つかっている。一方、星間空間に存在する始原的ダストはほとんどがアモルファスであることも知られている。したがって彗星や原始惑星系円盤に見られる結晶化ダストは、原始太陽系星雲や原始惑星系円盤に取り込まれた星間ダストが、その後彗星や微惑星に取り込まれる以前のどこかの段階で加熱を受けて結晶化した可能性があると思われる。その加熱・結晶化過程を明らかにすることは、円盤中のダストの進化、彗星の形成過程、および微惑星形成過程を考える上で、重要な意義を持つと考えられる。

本研究では、原始惑星系円盤や原始太陽系星雲内においてダストが衝撃波加熱を受けることによって結晶化される可能性を検討した。ガス中に含まれるダストは、適当な速さと密度の衝撃波に遭遇すると加熱を受ける。本研究ではまず、衝撃波加熱現象の数値シミュレーションを行い、シリケートダストの結晶化が起こる衝撃波の条件(速度と衝撃波前面密度など)を明らかにした。ダストの最高到達温度がおよそ 1100K 程度以上になると数秒程度の短い加熱時間でダストは結晶化する。一般には、衝撃波の密度が高い、または衝撃波速度が大きいほど、ダストの到達温度が高くなる。一方、ダストの到達温度が高くなりすぎると、ダストは蒸発してなくなってしまう。これらのことより、ダストを結晶化するのに適当な衝撃波密度と速度の条件が決まる。実際の計算では、Silicate Evolution Index (Hallenbeck et al. 2000) を用いて結晶化したかどうかを判定した。

次に、円盤内でダストを結晶化するのに適当な衝撃波が発生する条件を検討した。衝撃波が発生する可能性としては、次のようなものが考えられる: (1) 原始太陽系星雲形成時に円盤表面に発生する降着流衝撃波、(2) 星雲内の渦状衝撃波、(3) 微惑星の前面に発生するバウショック、(4) 惑星によって励起された衝撃波、(5) 中心星の X 線フレアによって生成される円盤上空の衝撃波。これらに対して先に求めた衝撃波条件が満たされるかどうかを調べ、ダストが結晶化されるかどうかを検討した。その結果によれば、(1) ~ (4) の状況で衝撃波が発生する場合、原始惑星系円盤や原始太陽系星雲のモデルなどに依存する不定性も大きいものの、中心星からおよそ 10 ないし 20 AU よりも内側に存在するダストは加熱を受けて結晶化され得ると思われる。一方(5)については、少なくとも 2~3 AU 以内であれば、結晶化が可能であることがわかった。しかし、どこまで遠くの領域で結晶化が起こるかは、まだはっきりしない。遠方での衝撃波の発生に関して、数値シミュレーションが未完であるからである。

全ダストのうち結晶化しているダストの割合(結晶化率)については、衝撃波加熱に基づくモデルでは未だ求められていない。それを理論的に求めることは今後の課題である。また、実際のダストは円盤中を移動する可能性があると考えられる。したがって、観測されているダストがその場で結晶化したのか、あるいは加熱結晶化領域と観測領域が異なるのかという点についても、検討が必要である。