

論文内容の要旨

論文題目

Study on Interplanetary Dust
based on the Mid-Infrared Observation
of Zodiacal Emission by the IRTS

(宇宙赤外線望遠鏡IRTSによる黄道光輻射の
中間赤外線観測に基づく惑星間塵の研究)

氏名 大坪 貴文

宇宙赤外線望遠鏡 Infrared Telescope in Space (IRTS)に搭載された中間赤外分光器 Mid-Infrared Spectrometer (MIRS)の観測結果から、黄道光輻射の中間赤外波長域 (4.5-11.7 μm) の強度およびスペクトルを導出し、黄道光輻射の放射源である惑星間塵の性質に関する研究をおこなった。

IRTSは日本初の宇宙赤外線望遠鏡であり、SFU-1に搭載された機器の一つである。IRTSには15cmの望遠鏡と4つの観測機器が搭載され、1995年3月29日から4月26日の期間にわたって観測をおこなった。中間赤外分光器MIRSはIRTS搭載の観測機器の一つであり、4.5-11.7 μm の波長域を32個の検出器で分光観測した。

黄道光輻射のような拡散光を調べるためには、正確なキャリブレーションが必要となる。拡散光のキャリブレーションの誤差には、主に検出器の暗電流の不定性が寄与している。本論文では飛行中の較正用データをもとにMIRSの詳細なデータ整約をおこなった。波長較正、視野較正、暗電流の見積もり、コンバージョン・ファクターに関して詳細に検討し本論文中にその内容をまとめている。暗電流に起因する誤差は $\sim 8\%$ と見積もった。その結果MIRSの拡散光スペクトルはDIRBEの5、12 μm のデータと誤差の範囲で一致していることを示し、MIRSのスペクトルの精度は数MJy/sr以内と見積もった。

これまで中間赤外波長域での黄道光輻射は、IRAS, COBE/DIRBEなどの測光観測が行なわれているものの、スペクトル情報は十分に得られていなかった。一方スペクトル観測は惑星

間塵の、特に組成とサイズ分布に関して重要な情報をもたらしてくれる。今回IRTSに搭載されたMIRSは、8'×8'の視野で全天の約7%にわたり、大気圏外で初めて中間赤外波長域(4.5-11.7 μm)のスペクトル観測を行なった。本論文では惑星間塵について調べるのに適した4月6日から23日のデータ中で、銀河系内放射の影響が小さく、観測機器が安定しており衛星の操作などによる影響が小さい領域のデータを解析に用いた。

観測の結果、黄道光輻射の明るさには黄緯に対する依存性がはっきり見られ、黄道面付近がもっとも明るく黄緯が高くなるにつれ暗くなっていく。このことは、黄道光輻射が中間赤外波長域で卓越した明るさであることを示している。一方で、黄道光輻射のスペクトルの形状には、黄緯に対する依存性は明らかには見られず、黄緯が $-75^\circ \sim 75^\circ$ の範囲で、スペクトルの形はほとんど変化を見せなかった。

黄道面付近の黄道光輻射のスペクトルには、明らかなスペクトル・フィーチャーは見られず、275Kの黒体輻射のスペクトルで4.5-8 μm 部分をよくフィットすることができる。だがこの場合、10 μm 付近に超過成分が見られる。中間赤外波長域では主に地球近傍のダスト($\sim 300\text{K}$)からの熱輻射を観測していると考えられるが、実際の観測は視線方向に積分した放射をみているため、単一温度の黒体輻射は良い近似とはいえない。そこで惑星間空間のダストの三次元分布を考慮したモデルに基づいてスペクトルを再現してみた。これまでで赤外波長域でもっとも詳細に全天を観測したものにCOBE/DIRBEの観測がある。その観測に基づいて赤外波長域の空の明るさを再現したモデルにDIRBE IPDモデルがある。このモデルをMIRSの観測領域、観測波長域(4.5-11.7 μm)で再現したスペクトルと比べると、MIRSのスペクトルにはやはり9 μm よりも長波長側に20%レベルの超過成分が見られる。中間赤外波長域での分光観測の報告例としては、MIRSの他にはISOCAMによる5-16 μm での観測とISOPHOTによる6-12 μm の観測がある。ReachらはISOCAMのスペクトルは270Kの黒体輻射のスペクトルでフィットでき、9-11 μm 領域に10%程度の超過成分があることを示唆している。一方AbrahamらはISOPHOTの観測には超過成分はみられないことを示唆している。MIRSの観測は、ISOCAMの観測結果を支持するものである。

黄道光輻射スペクトル中のフィーチャーについて調べるために、惑星間塵の輻射平衡を仮定して均質で球形の物質での輻射スペクトルをモデル計算した。吸収係数は構成物質の誘電率からMie定理を用いて求めた。ダストの構成物質として4種類(graphite、olivine glass、pyroxene glass、astronomical silicate)、ダストのサイズ分布として2種類(interplanetary分布およびlunar microcrater分布)の分布を選んだ。以上の解析の結果、サイズ分布に関しては、lunar microcrater分布はいずれの物質でも観測スペクトルのフィーチャーを再現することは出来なかった。一方interplanetaryモデルでは、olivine glassだけが、MIRSのスペクトル中のフィーチャーの強度($\sim 20\%$)を説明することができた。他の物質ではフィーチャーを再現することはできない。ただし、olivine glassでもフィーチャーの形状を再現することはできなかった。観測スペクトルは10 μm 付近と11 μm 付近にピークを持ち、9-12 μm 全体に渡って、幅広い超過成分を示しているのに対し、olivineのスペクトルは9 μm 付近にピークを持ち、11 μm よりも長波長側では超過成

分を示していない。またダストの色温度もMIRSの観測スペクトルのcontinuumの色温度(275K)よりもやや低めである(～255K)。そこで、olivine glassにgraphiteを混ぜた混合物についてのスペクトルをモデル計算してみた。graphiteとの混合物であれば、温度が上昇し観測スペクトルの色温度に近づけることができる。また、フィーチャーのピークも長波長側に移動し、観測スペクトルに近づく。だがやはり8-12 μm でフィーチャーの形状を再現することはできなかった。以上のことから、惑星間塵の主構成要素はolivine galssのような可視域で高い吸収係数を持つシリケイトと炭素質物質の混合物であり、さらに11 μm 付近のフィーチャーを説明出来るような物質が存在すると考えられる。

黄道光輻射のスペクトル中に10 μm フィーチャーが存在するという事は、惑星間塵は彗星のコマや地球の成層圏で採集された固体微粒子、あるいは β Picのような星周円盤をもつ星にみられるようなシリケイトに近い粒子で構成されていると思われる。実験室で計測されたシリケイト粒子の赤外波長域でのスペクトルと比較してみると、黄道光輻射スペクトル中の11.2 μm フィーチャーはMg-richな結晶質シリケイトで説明することができる。結晶質シリケイトは彗星のスペクトル中でも確認されている。ただし、結晶質シリケイトだけでは、9-11 μm フィーチャーの幅全体を説明することは出来ない。非晶シリケイトならば9-10 μm のフィーチャーの裾を説明することができる。フィーチャー全体はこの2種類のシリケイトの組み合わせで説明することが出来る。したがって、結晶質および非晶シリケイトの両方が惑星間空間には存在しており、それらは主に彗星起源であるという説明が妥当であると言える。成層圏で採集された惑星間起源と考えられる微粒子の中には水化物シリケイトが示す6.8 μm のフィーチャーが見られるものも多いが、MIRSが観測した黄道光輻射スペクトル中にはこのフィーチャーは有意には確認できなかった。