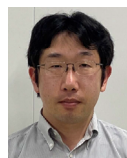


星間有機分子研究の課題と精密分光装置「SUMIRE」の挑戦



坂井 南 美

理化学研究所開拓研究所
nami.sakai@riken.jp



小 山 貴 裕

理化学研究所開拓研究所
takahiro.oyama@riken.jp

私たちは可視光で星を眺め、赤外線で体温を測り、X線で骨の異常を診る。日常でもなじみ深いように、光（電磁波）はその波長によって見えるもの・測れるものが異なる。宇宙でも同じだ。可視光では星の明るさや色がわかり、赤外線では星間雲に埋もれた生まれたての星や、雲に含まれる塵や氷の組成を探ることができる。さらに、X線は高温・高重力環境に特有の熱的現象——高温プラズマやブラックホール周囲の構造・進化——を描き出す。ガンマ線は、極限的なエネルギーで加速された粒子が放つ光をとらえ、宇宙の爆発的イベントや高エネルギー現象を明らかにする。このように、エネルギースケールに応じて異なる「光」が物質の姿を映し出すなかで、星や惑星の材料となる物質のふるまい、すなわち星間環境における塵や分子の進化を探る鍵を握るのが、ミリ波・サブミリ波（GHz–THz 帯の電磁波）である。その理由は、星が誕生する場が低温の星間雲であることに加え、そこに存在する分子の回転状態間のエネルギー差が 0.1–1 meV 程度しかなく、この領域の電磁波として観測されるためである。ミリ波・サブミリ波は、星間分子の様子を最も直接的に伝えてくれる“声”なのだ。

実際、**アルマ望遠鏡**などによるミリ波・サブミリ波観測によって、星形成領域や**原始惑星系円盤**に想像を超える多様な**有機分子**が存在することが明らかになってきた。こうした分子種の多くは塵表面の氷で形成されるため、**JWST**などの赤外線望遠鏡が検出する振動吸収バンドと対応づけることで、固相と気相のつながりを物理条件とともに読み解けるようになった点も近年の大きな進展である。一方、それらの情報を

正確に読み解くには高精度の分子分光データが不可欠であり、その整備こそが精密分光の新たな役割となっている。反応過程の推定や太陽系始原環境との比較には、重水素や ^{13}C 、 ^{18}O などの同位体を含む有機分子の分光データが鍵となるが、現状ではこれらが著しく不足しており、「同位体比」という重要な手がかりを十分に活かしていない。観測性能の向上に呼応して、必要なデータを明確にし、分光測定と天文学が密接に連携して進められる体制がこれまで以上に求められている。筆者らが開発したミリ波帯分光装置「SUMIRE」は、それら有機分子の同位体種や高励起の遷移の精密測定を可能とし、アルマ望遠鏡が検出する複雑なスペクトルを解読する基盤を提供することを目的としている。

星間分子の生成と進化を理解することは、太陽系における有機物・揮発性物質の起源を探るうえで欠かせない。ミリ波精密分光のデータ拡充の取り組みは、SUMIREを含む少数の分光グループが天文学的要請を明確化しつつ協働して進めているものであり、星形成から惑星形成へとつながる物質進化の全体像を描き出す基盤となる。今後、観測・分光・理論が一体となった学際的アプローチを深化させ、星間環境に潜む化学過程の“細部”にまで迫る研究が求められるだろう。原子・分子物理、量子化学、星形成理論や銀河進化との接続といった分野横断的視点も不可欠である。星や惑星が誕生する星間雲には私たちのルーツを解き明かす手がかりが詰まっている。こうした分子の生成と進化を解き明かすことは、太陽系における生命材料の起源に迫る確かな一歩となるだろう。

——用語解説——

アルマ望遠鏡：

アルマ望遠鏡（アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計）は、日本が主導する東アジア、北米、欧州南天天文台加盟国、およびチリの国際協力によって南米チリ共和国北部、標高 5,000 m のアタカマ砂漠に建設された大型電波干渉計。口径 12 m と 7 m のアンテナ計 66 台からなり、最大 16 km のアンテナ配置することで最高 0.005 秒角の角分解能を実現する。ミリ波・サブミリ波帯の高感度観測により、星間雲中の様々な気相分子を捉えることが可能。



原始惑星系円盤：

若い星の周囲に形成されるガスとダストからなる円盤で、惑星系のもととなる。

有機分子：

350 種類を超える星間分子のほとんどが炭素を含む有機分子であることが知られている。中でも、原子 6 個以上の有機分子を複雑な有機分子と呼んでいる。

JWST：

ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の略称。NASA が中心となって開発した口径 6.5 m の宇宙望遠鏡で、近赤外から中間赤外までの波長域を高感度かつ高分解能で観測できる。星間塵表面に凍結した氷の組成や分布を直接読み解けるのが大きな特長。