

オリオン星雲における近赤外 DIB とフラレーンの関係

岡本 理奈 (信州大学大学院 理工学系研究科)

Abstract

星間物質によって生じる多数の未同定吸収線のことを、「拡散星間バンド (Diffuse Interstellar bands; DIBs)」と呼ぶ。DIBs の起源は高分子有機化合物であると考えられているが、厳密な吸収物質は未解明のままである。これまでの観測と地上実験により、フラレーンが DIBs の起源の候補として大きく注目されている。 $\lambda \sim 9577, 9632\text{\AA}$ の DIBs をはじめとする複数の DIBs が C_{60}^+ の吸収線の候補として検出されており、2010 年以降には中性状態のフラレーン C_{60}, C_{70} の存在が宇宙空間で確認されている。このように、フラレーンが DIBs をもたらしめている可能性は非常に高い。本研究では、星形成領域を含むオリオン星雲付近の星 16 天体を観測したデータを用い、フラレーンに起源をもつ可能性がある DIBs と、その物理環境の関連について考察する。

1 イントロダクション

観測天文学において一般に使用されているのは、光っている天体のデータそのものである。つまり、「見えるもの」に対して解析が行われている。しかしながら、分光観測によって得られるスペクトルデータには、目で見たときに明るく輝いて見える「輝線」だけでなく、目では見ることのできない「吸収線」も含まれている。吸収線は天体と我々観測者との間に存在する物質により、天体からの光の一部が吸収されて生じる。この吸収線を利用すれば、影絵を見るかの如く、直接見ることはできない物質について知ることができる。従って、吸収線の線幅や強度を詳しく調べることで、これまで知られていなかった星間空間、あるいは銀河間空間に存在するガスなどについて調べることができ、宇宙に関する新たな知見が得られる。

DIBs は $\lambda \sim 4000\text{\AA} - 1.3\mu\text{m}$ で観測される一連の広い吸収線である。有機化合物を含む様々な高分子、例えば、多環芳香族炭化水素やフラレーン、カーボンナノチューブなどが DIBs の起源として提案されてきた。これらの高分子が DIBs の起源として考えられているのは、宇宙空間の厳しい放射環境にあっても安定して存在できるためである。しかしながら、DIBs の本当の起源が何であるかは未だ観測的に確認されておらず、約 90 年前に DIBs が発見されて以来、天文学において最も長きに渡る謎の一つである。DIBs は元々、

銀河系内の星を背景光源とする観測において、星間物質中で検出された (e.g., Herbig, 1995)。その後、大小マゼラン雲でも検出され (e.g., Cox et al. 2005)、近傍銀河 (Sollerman et al. 2005) や、スターバースト銀河 (Heckman and Lehnert, 2000)、 $z \sim 0.5$ の遠方宇宙にある減衰 $\text{Ly}\alpha$ システムにおいても検出されている (York et al. 2006)。このように、DIBs の吸収体は宇宙空間にありふれて存在している。DIBs と有機化合物との関係が確かめられたならば、DIBs は宇宙の有機物質の歴史を探る強力な手段となるだろう。現時点で対応する吸収物質として特定の分子が候補に挙げられている DIBs はほんの一部だが、その中で最も有力な候補をもつのが $\lambda \sim 9577, 9632\text{\AA}$ の近赤外 DIB であり、バックミンスターフラレーンの陽イオン C_{60}^+ に関連するものだと考えられている (Foing et al. 1994)。この 2 つの DIB の波長は地上実験で測定された波長に非常に近い (Fulara et al. 1993) が、共に存在するはずの C_{60}^+ の他の弱い遷移による吸収線が検出されておらず、同定には疑問が残る (Jenniskens et al. 1997)。ところが最近、 C_{60}^+ の地上実験での測定値に近い他の 3 つの DIBs ($\lambda \sim 9017, 9210, 9258\text{\AA}$) がオリオン星雲内で発見された (Misawa et al. 2009)。更に、宇宙空間における中性状態のフラレーン C_{60}, C_{70} の存在が確実なものとなった (e.g., Cami et al. 2010; Sellgren et al. 2010)。これらの発見は、DIBs の C_{60} との同定を強めるものである。次の段階として、「フラレーン

はどのような物理的・化学的環境において合成されるのか」という疑問を解明することが重要である。この疑問の解明をすることが本研究の目的である。本研究では、星形成領域を含むオリオン星雲付近の星間物質を観測する。近赤外 DIBs の検出を通し、DIBs とフラレーンの関係、及びフラレーンが形成される環境の解明を試みる。

2 章では解析方法、3 章では結果、4 章では今後の研究方針について述べる。

2 解析

本研究で使用したデータは、オリオン星雲付近に存在する O・B 型星 16 天体の近赤外スペクトルである。データ取得は、すばる望遠鏡の高分散分光器 HDS で 2010 年 2 月 9 日 (UT) に行われた。本研究で注目している波長域は $\lambda \sim 9000\text{--}10000\text{\AA}$ の近赤外域であるため、地球大気や恒星大気による吸収線がかなりの悪影響を及ぼす。従って、不要な大気吸収線パターンをスペクトルデータから慎重に取り除く作業が必要である。この作業を行うために、今回使用したデータの取得時には「標準星」となる天体のデータが同時に取得されている。標準星は、目標天体の近くに存在する天体の中から選んでいる。更に、高速自転星であることが標準星の条件となっているため、標準星の外層大気による吸収線は、スペクトルを規格化の際に全て取り除くことができる。つまり、目標天体のスペクトルに対して標準星のスペクトルで割り算を施すと、大気吸収線を取り除くことが可能となる。

標準星は目標天体の近くにある天体だが、地球大気による吸収線は非常に細かく高密度であるため、目標天体と標準星との間での相対的な波長決定誤差を出来得る限り抑える必要がある。また、近赤外域の観測データでは大気吸収線の他に、干渉縞 (フリッジパターン) の除去をいかにして行うのかも重要となる。このフリッジパターンは背面照射型 CCD では必ず問題となるもので、今回のデータ取得が行われたすばる望遠鏡の HDS で使用されている CCD も背面照射型 CCD である。以上の点に留意しながら、IRAF を用いてデータ整約を行った。

3 結果

全 16 天体のデータについて一次処理をほぼ終え、現在は大気吸収線の除去に取り組んでいる。既に、1 天体 (V*V1378 Ori) に対しては、 C_{60}^+ が起源だと考えられている $\lambda \sim 9632\text{\AA}$ の DIB の検出に成功している。また、標準星を含めた今回の観測天体はいずれもオリオン星雲付近の星ではあるが、各天体はそれぞれ僅かに異なるエアマスで観測されている。従って、データ精度の向上には、大気吸収線の除去の際、大気吸収線とその光学的厚みに応じて補正を施す。補正には次の式を用いる。

$$f_{sky}^{corr} = \exp\left(\ln(f_{sky}) \times \frac{secz(obj)}{secz(ss)}\right) \quad (1)$$

ここで、 f_{sky} は補正前の天体の規格化スペクトル、 f_{sky}^{corr} は補正後の天体の規格化スペクトルである。また、 $secz(obj)$ 、 $secz(ss)$ は、それぞれ目標天体と標準星のエアマスである。エアマス補正をした標準星のスペクトルで目標天体のスペクトルを割ることで大気吸収を取り除くことができ、データの精度が上がることになる。このような処理を行ったのち、最終的には観測した全 16 天体の視線方向に対する DIBs の分布傾向を図にまとめる。

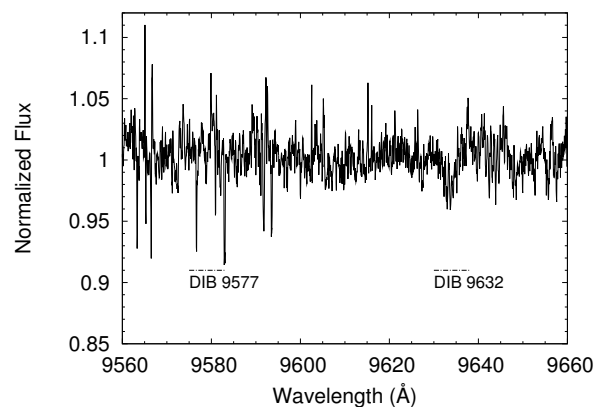


図 1: C_{60}^+ 起源と考えられる DIB が検出された天体 (V*V1378 Ori) の 9600\AA 付近のスペクトル。9632 \AA のあたりに見られる吸収構造が、 C_{60}^+ 起源だと考えられている DIB。尚、もう一つの DIB 9577 が存在すると思われる場所も示す。

4 今後の研究方針

本研究では、 C_{60}^+ の吸収線の候補である近赤外 DIBs に関する調査を行っている。オリオン星雲内の 1 天体についてのみ、 $\lambda \sim 9632\text{\AA}$ の DIB が検出された。大気吸収線のパターンを十分に除去する手法を確立し、全 16 天体の視線方向に対する DIB マップを作成する。また、その結果をもとに、DIBs が検出される星間空間の物理環境(例えば、ダスト量、紫外線強度、ガス-ダスト比など)についての考察を行う。どのような環境でこれらの DIB 吸収体 (C_{60}^+ の候補物質) が形成されやすいのかを解明することを本研究の最終的な目標とする。

Reference

- Cami, J. et al. 2010. *Science*, 329, 1180
- Cox, N. L. J. et al. 2005. *A&A*, 438, 187
- Fulara, J., Jakobi, M. and Maier, J. P. 1993. *Chemical Physics Letters*, 211, 227
- Foing, B. H. and Ehrenfreund, P. 1994. *Nature*, 369, 296
- Heckman, T. M. and Lehnert, M. D. 2000. *ApJ*, 537, 690
- Herbig, G. H. 1995. *ARA&A*, 33,19
- Jenniskens, P. et al. 1997. *A&A*, 327, 337
- Misawa, T. et al. 2009. *ApJ*, 700, 1988
- Sellgren, K. et al. 2010. *ApJ*, 722, L54
- Sollerman, J. et al. 2005. *A&A*, 429, 559
- York, D. G. et al. 2006. *MNRAS*, 367,945