

コンパクトHII領域からの中間赤外禁制線 — ISOが切り開いた新局面 —

文部省宇宙科学研究所 度會英教

ABSTRACT

中間赤外線領域（5-40 μm ）には重元素イオンからの禁制線が豊富に存在する。それぞれの電離ポテンシャルは幅広い範囲に分布し、活動銀河核・スターバースト銀河から系内HII領域に至るまで、種々の電離領域の物理状態を診断するための極めて有用なプローブとなっている。しかしながら地上からでは大気による吸収のため観測可能な輝線が限られており、特に同種の元素の異なる電離状態からの輝線を観測・比較することなどがこれまで困難であった。この状況がISOによって初めて打開され、幅広い波長範囲にまたがって質の良い観測データが得られた。

コンパクトHII領域は赤外線ですべて非常に明るく、1ないし数個の中心星によって電離した非常にコンパクトなHII領域で、電離領域のモデルとの比較による物理状態の診断に最も適した天体の一つである。本講演ではISO/SWSによって得られた2つのコンパクトHII領域の観測データを紹介し、そこから導かれる電離領域の描像について述べる。

1. HII領域からの中間赤外禁制線

表1に、5-40 μm における代表的な禁制線を示す。表に示されている通り、この波長域には同種の元素の異なる電離状態からの輝線が数多く存在し、その電離ポテンシャルも幅広い範囲に分布していることがわかる。下表に示した元素からの輝線は、いずれも水素よりも高い電離ポテンシャルを持つため（[Si II]を除く）、星による電離領域の場合、特に早期型星（O型星）の存在に敏感である。また次階への電離ポテンシャルもバラエティに富んでおり、各々の相対強度比は電離星から放出される電離光子のSEDを反映し、電離星のスペクトル型の決定に用いる事ができる。また特定の輝線強度と電波連続線の観測からは、そのイオンのアバundanceが求まるが、ある元素の異なる電離状態からの輝線をすべて観測することができれば、HII領域におけるその元素のトータルアバundanceを決定することが可能である。例えば[Ne II] 12.8 μm と[Ne III]15.6, 36 μm の観測は極めて重要である。星によって形成される電離領域では事実上、 Ne^{++} 以上の電離状態は無視できるため、この3つの輝線強度から正確にネオンのアバundanceが求まる。

λ	Species	Transition	EP	IP
6.98	[Ar II]	2P1/2-2P3/2	15.76	27.63
8.99	[Ar III]	3P1-2P2	27.63	40.74
10.51	[S IV]	2P3/2-2P1/2	34.79	47.22
12.81	[Ne II]	2P1/2-2P3/2	21.56	40.96
15.56	[Ne III]	3P1-2P2	40.96	63.45
18.71	[S III]	3P2-2P1	23.34	34.79
21.83	[Ar III]	3P0-2P1	27.63	40.74
33.48	[S III]	3P1-2P0	23.34	34.79
34.82	[Si II]	2P3/2-2P1/2	8.15	16.35
36.01	[Ne III]	3P0-2P1	40.96	63.45

表1： HII領域から観測される代表的な中間赤外禁制線

また5準位系のイオン（電子配置 p^2, p^4 ）からの輝線の相対強度比は電子密度の決定に利用でき、さらに電子温度にほとんど影響を受けない。例えば[SIII]18.71 μm と33.48 μm の強度比は $10^3 - 10^5 \text{ cm}^{-3}$ の間の電子密度に敏感で、以下に述べるコンパクトHII領域内の電子密度によく対応している。

2. コンパクトHII領域とその観測的意義

コンパクトHII領域は、濃密な分子雲の中に誕生した1個ないし数個の中心星（特にO型星）によって電離されている、非常に小さく ($d \sim 0.2\text{pc}$) 高密度 ($n_e \sim 10^4\text{cm}^{-3}$) なHII領域を指す。コンパクトHII領域は非常に明るい遠赤外線源としても知られており、IRASによって発見された候補天体は2000個以上にのぼる。一部では銀河系内の全O型星のうち約10%がこのコンパクトHII領域の形態で存在しているとの見方もある。O型星は星形成領域のbolometric luminosityの大部分を占めるだけでなく、周囲の環境へ多大な影響を与えているが、その母体であるコンパクトHII領域の観測は、O型星の誕生のメカニズム、またHII領域の膨張に伴って生じる新たな星形成等を探る上で極めて重要であると言えよう。コンパクトHII領域から放出される中間赤外禁制線の系統的な観測によって、これらの問題に対する多くの情報が得られると期待される。一般にコンパクトHII領域はガス・ダストに深く埋もれており、可視光はもちろん近赤外線でも観測が困難な場合がある。その意味でも波長の長い中間赤外線による観測は極めて有用である。

3. モデルケース：ISO/SWSによるW51 IRS2とG29.96-0.02の観測

図1にISO/SWSによって得られた2つのコンパクトHII領域、W51 IRS2とG29.96-0.02のSEDを示す。両者の[Ar II]/[Ar III], [Ne II]/[Ne III], [S III]/[S IV]の輝線強度比に注目されたい。下図の結果はG29.96-0.02の中心星のスペクトルが、W51 IRS2に対して明らかに”ソフト”であることを示している。

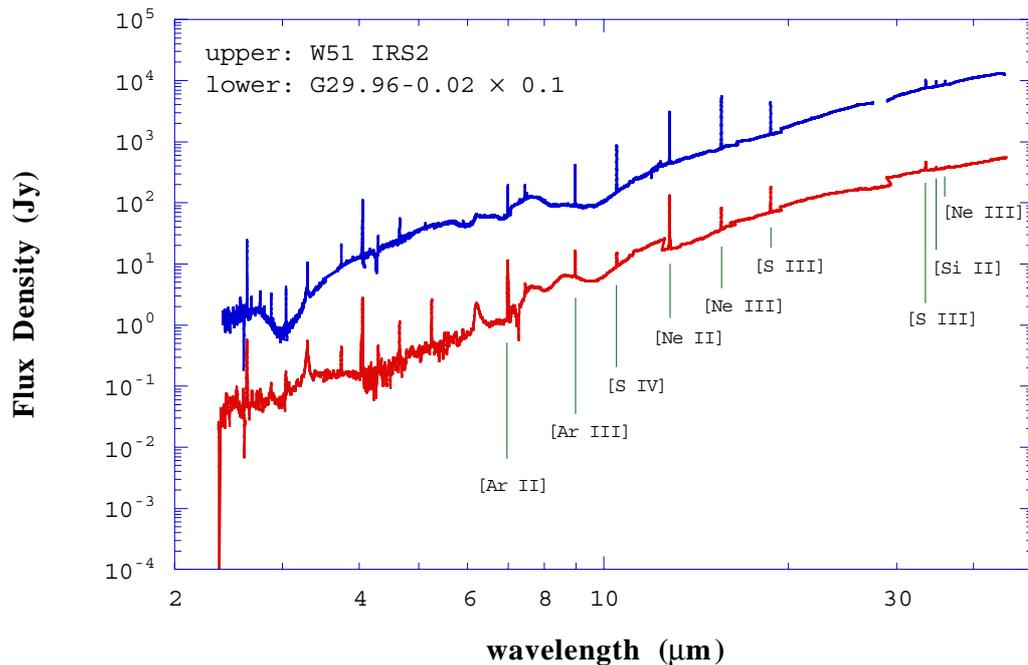


図1：ISO/SWSによって得られたコンパクトHII領域 W51 IRS2とG29.96-0.02の中間赤外スペクトル