

## ミラの伴星

山下 泰正\*

いわゆるミラ型長周期変光星のなかには、伴星をもつものが幾つかある。伴星の存在は極小時のスペクトルがミラ型変光星と伴星との複合スペクトルであることからわかる。有名なのは、へびつかい座 X 星 (X Oph), みずがめ座 R 星 (R Aqr), くじら座ミラ星 (*o* Cet) で主星はいずれも晩期 M 型のミラ型変光星である。伴星をもつ炭素星のミラ型としては、ぎょしゃ座 UV 星 (UV Aur) がある。X Oph の伴星は K 型巨星 (K1 III) で、この星の視線速度の研究からミラ型変光星が大質量星ではなく、むしろ太陽質量程度の星だとわかったことで有名である。R Aqr の伴星は O または B 型で、長時間露出した直接写真には不規則な形をしたガス星雲がみえる。ガスを励起しているのは明らかに高温の伴星で、ガス自身はミラ型変光星から放出されたものと考えられている。UV Aur の伴星も高温星で、そのスペクトルには星雲線がみえるという。

ミラ型の語源になったミラ自身の伴星の発見の経緯は分光学者にとっては興味深い。1923年夏ジョイはウイリソン山天文台の 2.5 m 望遠鏡で極小近くのミラの分光観測をしていて、通常の M 型スペクトルの他に、高温の連続光と幅の広い水素などの輝線がみえること、しかもスリット上における M 型スペクトルの重心と高温スペクトルの重心とがずれていることを見出した。このことはミラが高温の伴星をもつことを示す現象である。現在ではスリットに沿って星像を動かしてスペクトルの幅づけをするため星の形状についての情報は平均化されて失われてしまうが、当時はカメラの F 比が暗いため星像をスリット上に止めておいても十分にスペクトルの幅が付き、そうするのが常道であったため、上記の重心のずれを見ることができたのである。そこでジョイは分光器を望遠鏡光軸のまわりに 45° ずつ回転して、ずれが最大になる方向を探し、位置角 135°, 角距離 1 秒に伴星の存在を予言した。そのことを手紙で知らされたエイトケンリック天文台の 91 cm 屈折望遠鏡をミラに向け、同年 10 月 19 日、位置角 130°3', 距離 0.9 秒に 9.8 等の伴星を実際に発見した。

実視連星としての軌道運動が確認されたのは 1959 年のことで 35 年間の観測の集積が必要であった。発見当時と比べて現在伴星は位置角で 18°, 距離は 0'9 から 0'6 まで動いたという。ミラの距離は 50 パーセクだけ

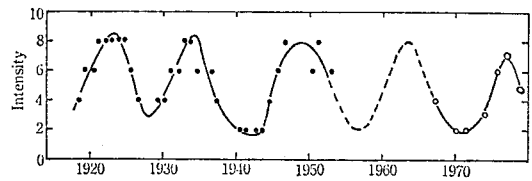


図 1

ら、軌道半長径は約 130 天文単位、周期約 750 年で、主星伴星とも太陽質量程度の星と思われる。

ミラの伴星はまた長周期の変光星である。実視等級は 9.8 等から 12.3 等まで変るといふ。周期はスペクトルからみたのが最も正確で約 14 年である。図 1 は伴星のスペクトルにみられる連続光および輝線の相対強度を年とともに目盛ったもので一種の光度軸線である。1918 年から 1952 年まではジョイによるウイリソン山天文台の観測、1967 年以後は岡山での観測である。途中で約 15 年の欠測があるが、約 14 年の周期で伴星のスペクトル強度が変化するのがわかるであろう。

ミラはミラ型変光星の典型として、また原子線強度が著しく弱くなる現象 (general line weakening) の最も起りやすい星として注目され、岡山でもよく観測している星である。1975 年 12 月 10 日夜、私はカセグレイン分光器を装着した 188 cm 望遠鏡をミラに向けた。ミラは予想より暗く約 8.5 等だった。乾板を現像してルーペでのぞいて驚いた。これが伴星のスペクトルかと悟った。M 型特有の酸化チタンの吸収帯やカルシウムなどの強い吸収線が高温の連続光で埋っている。バルマー線は幅の広い輝線で短波長側にこれも幅広い吸収線をともない、いわゆる P Cyg 型の輪郭を示している。K 輝線は矩形的輪郭だが幅はバルマー線より狭い。ヘリウムや鉄イオンの輝線はずっと鋭い。伴星スペクトルの見え方がわかったので、過去の乾板を調べて伴星の痕跡を見つけた。痕跡程度にしかみえなかったのは伴星の活動が極小期にあったからだと悟った。その結果およびその後の観測結果が図 1 である。伴星は 10 等以下だから、ミラが極小に近くないと見えない。

ミラの視線速度は位相によって変わるが平均値は約  $+60 \text{ km s}^{-1}$  である。この速度を基準にして視線速度測定の結果をまとめると、H $\beta$ , H $\gamma$  などの P Cyg 輝線は約  $+150 \text{ km s}^{-1}$  の視線速度で赤の方へずれている、吸収線は約  $-150 \text{ km s}^{-1}$  で青の方へずれている。約といったのは 14 年の変光周期で視線速度も変るようみえ

\* 東京天文台 Y. Yamashita: The Companion of Mira Ceti,

るからである。バルマー連続光および主量子数の大きいバルマー線も輝線になっているが、これらの輝線の視線速度はほぼゼロ、一方吸収成分の視線速度は  $H\beta$ ,  $H\gamma$  とほぼ等しい。幅広い K 輝線の中心および幅の狭い鉄イオン輝線の視線速度もほぼゼロである。

元素によるスペクトル線の幅の違い、視線速度の違いは明らかに線形成の場所の違いを示している。伴星およびそれを取り巻くガスの流れのモデルとして、ユニークではないが私たちは次のように考えている。伴星は絶対等級の平均値 7.5 等、温度約  $2 \times 10^4$  度、半径約  $10^5$  km の白色矮星である。この白色矮星からガスが約  $150 \text{ km s}^{-1}$  の速度で流出している。ガス流はミラから放出され伴星に落ち込むガスとの相互作用で半径  $10^7$  km 付近で角運動量を得、円板状になる。通常の P Cyg 型輪郭は星のまわりに膨張する球殻から生じ、輝線の中心は視線速度ゼロで、吸収線だけが青い方への変移を示す。膨張回転しているガス円板上に等視線速度曲線をかくと図 2 になる。回転は反時計回り。視線  $m$  に沿っては視線速度の重なりは負の速度で起こり、一方視線  $n$  に沿っては重なりは正の速度で起こる。このような考察から  $H\beta$ ,  $H\gamma$  のように赤にずれた輝線と青にずれた吸収線を示す P Cyg 型輪郭は伴星のまわりに膨張回転する円板があり、それを円板に沿って見るとき生ずると考えられる。バルマー連続光や主量子数の大きいバルマー輝線はより内側の電離水素領域で生じ、そこでは膨張運動が卓越し回転速度は小さいと考えられる。K 輝線はより外側の領域で形成される。他方、ヘリウムや鉄イオンの輝線は伴星の極く近傍で生じ、三角形の輪郭を示すのは星の影の効果だと考えられる。

赤色巨星、超巨星やミラ型変光星から物質が流出していることは古くはそのスペクトルに流出ガスに起因する吸収線が見えることから知られていた。最近では流出物質からのマイクロ波輝線や赤外線放射も観測されている。流出の原因は赤色巨星とミラ型変光星とで異なる。ミラ型変光星では変光の原因である星の脈動に伴って、大気内を衝撃波が走り、それによって加速された物質の一部が星の重力を振り切って流出すると考えられる。高

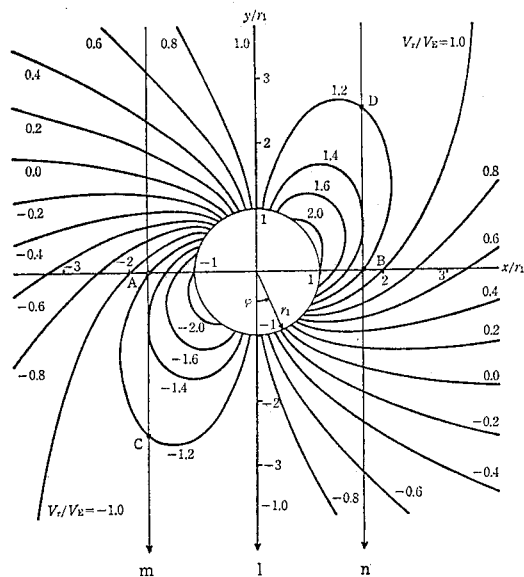


図 2

分散スペクトルを見ると伴星の幅広い K 輝線の中央に弱い鋭い吸収線がみえる。これはミラ自身から放出されたガスが伴星からの光を吸収して生じた吸収線であり、その強さからミラからの質量放出率がわかる。岡山の乾板を調べた結果、放出率は太陽質量単位で毎年  $2 \times 10^{-7}$  程度である。上述のように伴星からも物質が流出している。しかし単独の白色矮星からガスが流出している例はない。したがってミラから流出した物質の一部が伴星に落ち込み、これが伴星からの質量放出のエネルギー源だと考えられるが詳細は未だわからない。

前にも述べたように伴星はミラが極小に近いときしか見えない。ミラの変光周期は約 330 日だから、極小は年毎に約 1 カ月ずつずれ今年は 7 月頃に起こり、今後数年間極小時を観測するのは困難になる。次に伴星活動の極大になるのは 1990 年頃と予想されるが、その頃にもミラの極小は春に起こり観測困難が予想される。ここ数年間に岡山で撮られたミラの伴星のスペクトルは貴重なデータになるかも知れない。

お知らせ

アマチュア海外日食観測 10 周年記念会

日 時 9 月 23 日 (土) 秋分の日 10 時より

場 所 川崎市立産業文化会館 (国電川崎駅よりまっすぐ 7 分)

くわしくは川崎市多摩区細山 535 箕輪敏行方 連絡事務局宛お問い合わせ下さい。