

論文内容の要旨

Nature of a Semi-Regular Variable Star : R Crateris, its Variabilities at Radio and Infrared Regions (電波および赤外線観測による、準変光星 R Crateris の研究)

イシツカ イバ ホセ カナメ

中小質量星は進化末期に、脈動変光と激しい質量放出をする巨星の段階を経て、proto-planetary nebulae、planetary nebulae (惑星状星雲)、white dwarf (白色矮星) となりその生涯を閉じる。

巨星時における激しい質量放出は、これまで一様に膨張するアウトフローが考えられてきた。しかし、野辺山宇宙電波観測所の4.5 m鏡や野辺山電波干渉計などによる proto-planetary nebulae の分子輝線観測の結果、星を取り巻くガス円盤の存在や非一様なアウトフローが示唆されており、星はこの不安定な終末期において非一様な質量放出をしていることが示唆されている。また最近発表されたハッブル望遠鏡の NGC7027 等の proto-planetary nebulae の赤外線画像は非球対象なチリの分布を映し出しており、従来の一様膨張のイメージを払拭している。このような晩期型星には SiO, H₂O, OH 等のメーザー輝線が検出されており、各メーザー輝線はそれぞれ星の表面、数十 AU, 100 AU の距離の付近で放射されていることが分かっている。更に SiO, H₂O, OH の順に輝線の速度幅が増加していることより、このアウトフローは加速されていることが予想されてきている(Elitzur 1992)。

国内VLBIネットワーク(J-Net)によるVLBI観測により、semi-regular variable である RT Vir に世界で初めて水メーザースポットの加速現象が捕らえられた(今井等 1997)。更に水メーザースポットの分布が光度曲線と同様に周期的変化があることが示唆されており、加速のメカニズムについて

非常に貴重な情報となっている。本観測では同じ semi-regular variable である R Crt を 4 回に渡って VLBI 観測を行い、この加速現象が普遍的であるかどうかを視線速度の変化で追求し、更に今回 release された Aips ソフトウェアを用いてこれらの水メーザースポットの固有運動を計測することにより、アウトフローの流れの速度場、加速のメカニズム解明を目指した。

R Crt は semi-regular variable で周期が約 160 日である。この天体は既に 1994 年 6 月と 1995 年 1 月に鹿児島 6 m 鏡と水沢 10 m 鏡とを用いた VLBI 観測が行われ、フリッジが検出されている。この観測結果より、水メーザースポットのサイズは 3×10^{12} cm 以下と、従来考えられてきたサイズより 1 桁サイズが小さいことが分かり注目された (Imai et al. 1997)。小口径同士の VLBI 観測であるが多くのスポットが検出されており、各メーザースポットの分布は 1988 年 12 月に VLA で得られたスポットの分布と類似しており (Bowers & Johnston 1994)、アウトフローの非等方性を示している。

本研究では、第一にメーザースポットの視線速度の変化を明らかにすることにより、スポットの運動を求め上記の非一様な流れの存在を明らかにしたいと考えた。本観測では野辺山宇宙電波観測所における 4 回の共同利用観測を行い、野辺山宇宙電波観測所の 45 m 大口径望遠鏡を加えることにより、6 m - 10 m クラスの望遠鏡の観測のみでは検出不可能な弱い十数個のスポットの観測も可能とした。この星は激しい変光を示すため、強いスポットを基準に他のフェイントなスポットの継続性を予測しながら各スポットの視線速度の変化を追求した。Imai et al. (1997) によれば半年以上の寿命を持つスポットが検出されており、観測のインターバルとメーザースポットのライフタイムの問題については深刻ではないと考えられた。更に、このソースは距離が非常に近いのため、半年のインターバル観測において 10 mas 程度の固有運動が期待される。これに対して、今回 release された Aips ソフトウェアを用いると、数 mas を切る精度でスポット間の相対位置を決定できるため、直接これらの水メーザースポットの固有運動を測定できることが期待された。特に 45 m 望遠鏡が加わることにより、相対的に弱い強度のスポットを検出することができ、数多くのメーザースポットの固有運動が決めることができ、アウトフローの流れの 3 次元的な速度場を直接描き出し、非一様なアウトフローの存在並びに姿を明らかにできると考えた。

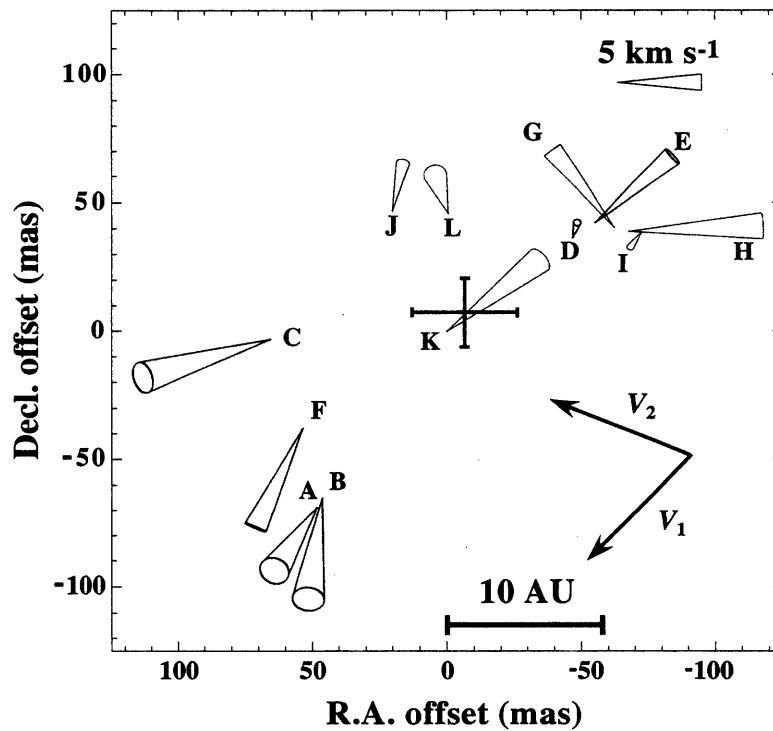


図2：R CrA 水メーザスポットの空間分布と固有運動、赤いコーンは レッド・シフト青いコーンはブルー・シフトするメーザスポット。 V_2 はアウトフローの向き。

アウトフローの加速のメカニズムとしては星の周囲に形成されたダストの radiation pressure による加速、あるいは星の脈動による pulsation-driven shock wave による加速が考えられる。もし同時に赤外線観測を行い、赤外線波長帯での強度変化と水メーザ源の強度変化が一致すれば radiation pressure による加速が効いていることになる。一方、それらの間に大きな time lag が存在する場合には shock wave によるガスの加速が考えられる。このことを調べるために電波でのシングル・ディッシュ（フラックス強度）観測と同時に赤外線モニター観測が重要となる。この目的のため、我々は 512×512 画素の PtSi 素子を用いた高感度近赤外線 CCD カメラの製作を行った。長期のモニター観測を容易に行うため、小型で液体窒素などの冷媒を必要としないスターリングサイクル冷凍機を導入し、検出素子の冷却化を試み装置を完成させた (Ishitsuka et al. Paper in preparation)。製作した赤外線カメラ (NIHCOS 赤外線カメラ) は兵庫県立西はりま天文台の 60 cm 望遠鏡に据え付け、 2000 年 2 月より光と赤外線モニター観測を行うことに成功している。赤外線の観測結果はデータ処理の結果、水メーザスポットの空間分布の変化と赤外線強度の関係も明らかになった (図-2)。

国内電波干渉計ネットワーク (J-Net) で1998年2月から一ヶ月おきに R CrI の観測結果からは以下の情報を得ることができた。

1. R CrI での水メーザスポットは少なくとも80日間存在する。
2. 高い空間分解能でメーザの固有運動を検出した (図1)。
3. 天球上でのメーザスポットの分布および固有運動から Variance-covariance Matrix を用いバイポーラなアウト・フローの確認が出来、アウトフローの傾きの測定が出来た。
4. 水メーザが存在する Circumstellar Shell を Expansion モデルを適用することにより、シェルの内径、外径およびこの間の速度を測定できた。
5. 視線方向では高い分解能で Red-shift してるメーザが加速して Blue-shift してるメーザは減速してる様な現象が測定できた。

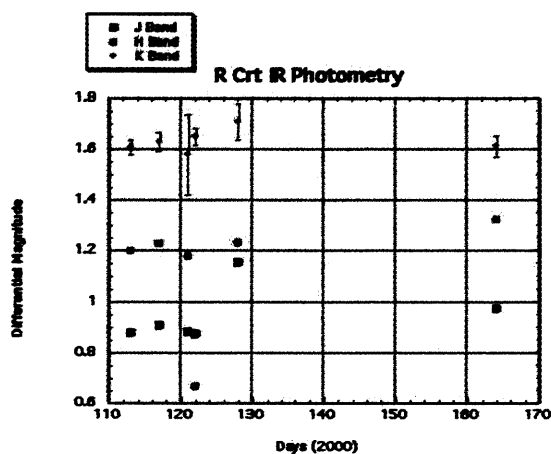


図2 : NIHCOS 赤外線カメラでJ、H、Kの測光結果、2001年2月～6月

参考文献

- [1] Bowers, P. F., & Johnston, K.J., 1994, APJS, 92, 189
- [2] Elitzur, M., 1992, ARA&A, 30, 75
- [3] Imai, H., Sasao, T., Kameya, O., Miyoshi, M., Shibata, K. M., Asaki, Y., Omodaka, T., Morimoto, M., et al. 1997a, A&A, 317, L67
- [4] Imai, H., Shibata, K. M., Sasao, T., Miyoshi, M., Kameya, O., Omodaka, T., Morimoto, M., Iwata, T., et al. , 1997b, A&A, 319, L1