

論文内容の要旨

Development of Near-Infrared Echelle Spectrograph “NICE” and Spectroscopic Monitoring Observations of an Eruptive Phenomenon of ρ Cassiopeia

近赤外エシェル分光器 “NICE” の開発と ρ Cassiopeia の突発的質量放出現象の分光モニター観測

山室智康

大質量星はその一生の終盤で様々な物質を周囲に放出するため、宇宙の化学進化に大きな影響を与える。その大質量星について、これまでに幾つかの進化モデルが提唱されてきたが、それらのモデルには大きな不定性があった。その理由は、進化トラックは質量放出に大きく影響されるにも関わらず、信頼性の高い質量放出モデルがこれまで構築されていないためである。

そこで我々は大質量星の質量放出を研究するため、近赤外線エシェル分光器 NICE を開発した。NICE はクロスディスペルザを切り替えることにより $0.91 - 1.20 \mu\text{m}$ 、 $1.17 - 1.47 \mu\text{m}$ 、 $1.41 - 1.78 \mu\text{m}$ 、 $1.73 - 2.45 \mu\text{m}$ の4つの波長域で分光観測でき、すなわちこれらをつなぐことで $0.91 - 2.45 \mu\text{m}$ の途切れのないスペクトルを得ることができる。波長分解能はその全波長域で $\lambda/\delta\lambda \sim 2600$ である。この広波長域にわたる性能により、星や赤外超過の SED を同時に正確に見積もったり、また様々な原子および分子からの輝線・吸収線の強さを見積もることが可能である。即ち大質量星の観測においては、その星の現在の状況を星のコンティニューウムや原子吸収線から探り、また過去の質量放出の痕跡を赤外超過や原子・分子の輝線から探ることができる。以上の分光上の仕様に加えて、大質量星が起こす突発的な質量放出現象をモニター観測しやすいように、NICE は小型に設計され、小口径 - 中口径の望

遠鏡に取り付けられるようになっている。この小型化は二つの光学的な特徴により実現されている。一つは“瞳移行型光学系”を採用したことで、これによりクロスディスペーザや集光光学系の有効径が小さくて済み、集光光学系の結像性能の向上も果たしている。もう一つはコリメータや集光光学系の全てに“屈折光学系”を採用したことで、これにより煩雑な光軸調整が不要で小型の光学系を実現している。また屈折光学系のレンズ材には、フッ化物結晶と光学ガラスの新たな組み合わせを採用しており、全波長域に渡って色収差は皆無である。

我々はこの NICE を国立天文台の 1.5m 赤外シミュレータに取り付け、黄色極超巨星 (yellow hypergiant) の分光モニター観測を行った。黄色極超巨星は主系列初期の段階で $25 - 40 M_{\odot}$ であった星が、赤色超巨星を過ぎた後に質量放出をしながら HR 図上で青側に向かって進化している天体と考えられている。明るさは $\log L/L_{\odot} \sim 5.3 - 5.9$ であり、温度は $\sim 4000 \text{ K} - 8000 \text{ K}$ の間で吸収線の変化に連動して変化している。我々は北天から観測可能な代表的な黄色極超巨星である $\rho \text{ Cas}$ 、HR 8752、IRC+10420 を観測した。このうち HR 8752 と IRC+10420 には変光は見られなかったのに対し、 $\rho \text{ Cas}$ はその $2.3 \mu\text{m}$ CO スペクトルが、2002 年 11 月に何も見られなかった後、2003 年 1 月に輝線となって見え、2003 年 10 月以降は吸収線になって徐々に弱くなっていった。即ち、ちょうど一連の現象と思われる変化を示した。これらの観測から得られた最も重要な結果は、その各々の時点での CO スペクトルが単一の励起温度のモデルスペクトルでよくフィッティングできたことである。即ち、CO を含むガスは温度が変化する空間スケールよりも狭い領域に分布していると考えられる。さらに、その励起温度は 3200 K から 800 K へと時間と共に冷えていった。そこで我々はこの変光現象を厚みの薄いガス球殻が星から放出されて、膨張しながら冷えていった結果だと考え、その質量を次の通りに求めた。まずガスが $400 R_{\odot}$ 、 7000 K の光球から放出されて、その後は $T(r) \propto r^{-\alpha}$ に従って温度変化するとし、また膨張速度は 35 km s^{-1} と仮定して、ガス球殻の大きさを見積もった。次いでガス球殻の柱密度を CO の吸収の深さから求めた。以上から球殻の CO の全分子量を求め、さらに全ての炭素原子が CO を形成していて、かつ solar abundance であることを仮定してガスの全質量に換算した。その結果、ガス質量は $\sim 2 \times 10^{-3} M_{\odot}$ となった。なおこのモデルでは輝線も吸収線も同じ単一の $T(r) \propto r^{-\alpha}$ に従うと考えたが、球殻が光球面に近いときに輝線を発するには、一般には何らかの励起機構が必要であり、その励起された温度は準熱平衡の場合の $T(r)$ より高い可能性がある。この場合には上で見積もった質量は下限値となる。以上では単一のガス球殻を仮定したが、輝線は球殻とは別の現象である可能性もある。そこで吸収のみが球殻に起因しているとするモデル

を考慮して同様に見積ると $\sim 5 \times 10^{-4} M_{\odot}$ となった。ただしこれらの値は球殻（球対称性）の仮定、膨張速度、abundance、CO 分子の解離状態に大きく依存している点に注意が必要である。また、膨張速度の 35 km s^{-1} は脱出速度に達していないため、質量放出につながるには他に何かの加速メカニズムが必要である。しかしながら、これらの不定性があるとしても、突発的な質量放出が大質量星の進化に大きく寄与している可能性が示唆されたことは重要な結果である。

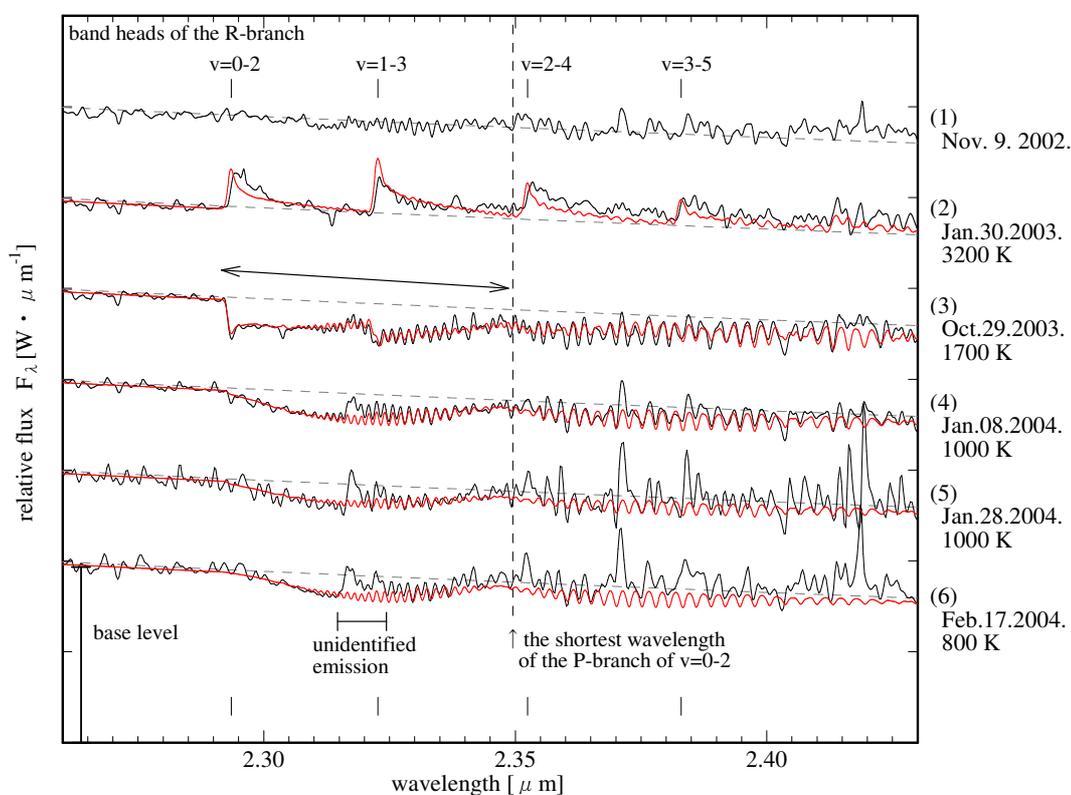


Fig. 1.— 観測された ρ Cas の CO スペクトル。
観測されたスペクトル（黒線）に単一温度を仮定したモデルスペクトル（赤線）を重ねてプロットしてある。詳細は本文を参照。