

F 型超巨星が示すカオスの脈動

T. Aikawa

Astrophys. J. **372**, 700 (1991)

F 型の超巨星で小振幅の不規則的な変光を示す一群の変光星がある。不規則・半規則変光星やミラ型変光星が眼視観測でも変光の振舞いが認められるのにたいして、同じ様な不規則な変光を示すこれらの F 型超巨星の変光は振幅が小さいことが一つの特徴である。脈動変光星が示す不規則な変光を少数自由度系のカオスとして理解しようとする研究が進展している。このような観点から F 型超巨星の変光も理解できないだろうか？これが本論文の動機である。そのために、小質量超巨星に焦点をあて、実際の星の外層の物理を取り入れた計算機モデルを使ってそのモデルの動径非線形脈動の振舞いを調べた。わかったことは、①倍振動モードが脈動を励起している。②その非線形脈動は、光度の小さいモデルでは極限周期振動に、光度が増すにつれ、複雑な遷移を経てカオスの振動になる。③このカオスの振動は変光の幅が小さい不規則的な変光を生み出す。このことから、F 型超巨星の小振幅不規則変光は小質量超巨星の動径脈動によるカオスの出現であるとする一つの解釈を与えたことになる。これらの変光星は IRAS の観測などから星を取り囲む大量のガスの存在を示すものであり、星の進化の晩期で大量の質量放出をし、惑星状星雲形成に向かう段階にあると考えられ、この点からも興味ある天体である。

相川 利樹 (東北学院大教養)

木星の外衛星の高精度アストロメトリ

T. Nakamura, C. Kinoshita, H. Kousai

Astron. J. **101**, 290 (1991)

ガリレオ衛星軌道の外側に、2 組のグループから成る微小衛星群がある。それぞれ 4 個のメンバーを持ち、一方は順行、他方は逆行軌道である。これらの起源には衝突や捕獲の過程が含まれているはずで、力学的に大変興味深い衛星系であるが、

力学的議論の基礎となる位置観測は最近ほとんどない。そこで私達は精密な軌道を決め直す目的で、これらの衛星の写真観測を 1986 年から木曾観測所 105 cm シュミット望遠鏡を用いて始めた。1990 年 3 月までの観測の整約を済ませ、J 13 衛星以外の 7 衛星の精測位置を合計 172 個得た。J 6 から J 9 については、仏歴の衛星予報位置と比較した結果、J 6 と J 7 には系統的な残差が認められたので、これら 2 衛星はまだ軌道改良すべき余地があると思われる。木星外衛星の位置観測で、広視野なシュミット望遠鏡が組織的に使用されたのは本観測が最初である。その最大のメリットは、一枚の乾板に全部の衛星を写し込めるために、乾板定数を決めるための基準星が各々の衛星について共通になり、軌道改良に衛星同士の相対位置を用いた場合は基準星のカatalog誤差がほぼ完全にキャンセルできるので、きわめて精度の高い位置観測が可能になる点である。この方法によって J 6, J 7 以外の衛星の軌道改良も行なえると期待している。

中村 士, 木下 宙, 香西洋樹 (国立天文台)

速い X 線変動を示すセイフェルト I 銀河

S. Hayakawa

Nature **351**, 214 (1991)

活動的銀河核から発生する X 線は激しい強度変動を示す。多くの場合変動の時間尺度は数時間であるが、セイフェルト I 銀河 NGC 6814 は変動の時間尺度が短いことで注目されていた。X 線衛星“ぎんが”による観測の結果、約 50 秒で連続 X 線の強度が倍増し、しかもそれと同期して鉄の輝線の強度が変動する事象が見出された (Kunieda, H. et al., 1990, Nature **345**, 786)。変動時間に光速を掛けた長さが発生領域の大きさの上限を与えるから、約 0.1 天文単位以内の領域で太陽 100 億個分の光度が増減することに相当する。鉄輝線の変動時間は 250 秒以内だから、連続 X 線源から余り遠くない所にその起源がある。活動的銀河核の多く

では鉄輝線の変動は連続X線のそれと同期せず、輝線のエネルギーは6.4 keVなので、中心のX線源から1 pc程度の距離にある低電離鉄の蛍光が原因と考えられている。NGC 6814の鉄輝線のエネルギーは約6.4 keVであるが(理研グループは6.5~6.6 keVを導いている)、強いX線照射を受ける近傍領域にあるので高電離にならざるを得ない。そこで筆者はHe状に電離した鉄の輝線が重力と相対論の効果によってエネルギーがずれたものと解釈した。さらに300 eVを超す鉄輝線の大きな等価幅を説明するために、密度 $\sim 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 、サイズ $\sim 10^9 \text{cm}$ の物質塊が強いX線照射を受けながら中心に向かって落ちるといふ模型を提唱した。

早川幸男(名大理)

The effects of black hole rotation on line profiles from accretion discs

Y. Kojima
Monthly Notice Roy. Astr. Soc. **250**, 629 (1991)

近年、X線衛星の観測で活動的銀河中心核から鉄の6.4 keVの蛍光輝線がみつまっている。現在の観測ではそのプロファイルまでは明確でないが、次期の衛星においてはその解像度が増加することが期待される。活動的銀河中心核のモデルとしてブラックホールをとりまく降着円盤の系が考えられているが、X線の輝線は比較的ブラックホール近傍の円盤の部分から発するので、その輝線の形から、ブラックホール自身の物理量(質量、自転角速度)を推察できる可能性がある。輝線の形は基本的にドップラー効果により決まる。中心付近の速度は速く、通常速度の1次のドップラー効果だけでなく、相対論的な効果である速度の2次以上の横ドップラー効果や重力赤方変移の効果も重要になる。

系の長さや時間は GM/c^2 , GM/c^3 の単位で与えられ、ともに中心のブラックホール質量(M)に比例し、速度はブラックホールの質量によらずに

決まる。したがって質量は輝線の形に影響を及ぼさない。一方、ブラックホールの自転角速度はそのまわりの時空に影響を与え、円盤の回転速度や光の伝わり方も変化させる。そこで、円盤の傾きや発光体の分布などを仮定して、ブラックホール近傍の円盤上から来る光が作る輝線の形を理論的に調べた。

ブラックホール回転により、ラインプロファイルに差が生じるが、その差は円盤の傾きなどの不定性に比べて小さい。その差は発光源が数倍のシュバルツシルト半径の所に局在しているときのみ顕著であることがわかった。

小藪康史(都立大理)

降着トーラスからの磁気圧加速ジェット

J. Fukue, K. Shibata, R. Okada
Publ. Astron. Soc. Japan, **43**, 131 (1991)

ブラックホールなどにガスが降り積もるとき、ガスの降着率が大きいと、ドーナツ状に降り積もる(これを降着トーラスと呼ぶ)。そのような降着トーラスの回転軸上には回転のためガスの入り込めない漏斗状の穴(ファンネル)ができ、その中で宇宙ジェットが加速される可能性が指摘されてきた。さてもし降着トーラスのガスが磁場を持っていた場合、磁力線はトーラスの回転によって引き伸ばされてトロイダル磁場が卓越するだろう。ファンネルの近傍では遠心力のために、効果的重力の向きは回転軸外向きとなっている。そこにトロイダル磁場があると、トロイダル磁場はパーカー不安定などによって効果的重力と反対方向にファンネルに向かって浮き上がり、ファンネルからみればトロイダル磁場が流入してくることになる。このような立場で、ファンネルの中で加速されるジェットのモデルに磁場および質量の流入を考慮した。その結果、ファンネルに流入したトロイダル磁場の磁気圧がジェットを大きく加速することがわかった。また磁気流体ジェットの質量流出率を \dot{M} 、トロイダル磁場の輸送率を Φ とすると、

磁気圧で加速されるジェットの終末速度は、およそ $[\Phi^2/(4\pi\dot{M})]^{1/3}$ 程度になることがわかった。

福江 純 (大阪教育大)

事、そのため中性子が重い元素の合成に利用できる事が明らかになった。

永井泰樹 (東工大)

中性子捕獲実験と元素合成

Y. Nagai

Astrophys. J. 372, 683 (1991)

恒星中で鉄以上の元素合成に重要な働きをした中性子捕獲- (n, γ) -反応が軽元素合成でもクリティカルな役割を演じた可能性があり注目されている。

宇宙初期に密度が非一様な状態で軽元素が合成されたとする模型(非一様模型)によれば、中性子過剰領域で (n, γ) 反応が主になりSi近くまでの元素が合成された可能性がある。これはLiまでの元素合成しか予言しない標準模型と比べ決定的に異なる。

この非一様模型の検証は宇宙のバリオン密度、暗黒物質の正体を知る上で重要である。その際Siまでの軽元素が定量的にどれ位合成されたかを知るのに (n, γ) 反応率の情報が不可欠である。しかしその値は未測定か不正確である。

本研究では中性子エネルギーが30 keV(温度 10^8 - 10^9 K)での ^{12}C の捕獲反応率の測定に初めて成功した。東京工大の小型加速器ペレットロン(3 MV)で得られる高強度のパルス中性子源と高感度の γ 線検出器を用い、捕獲直後の即発 γ 線を検出するというのが我々の方法のユニークな点である。

ところで超新星爆発時に放出されるニュートリノによる元素合成及びAGB星中での元素合成を考える上で ^{12}C が中性子吸収源になるか否かが重要でありこの観点からも ^{12}C の捕獲反応率の測定が切望されていた。

そして今回の測定により、非一様模型の立場から軽元素量が評価できるようになっただけでなく、超新星、AGB星等での元素合成を考える上で大量に存在する ^{12}C が中性子吸収源にならない

ROSAT-「ぎんが」によるBL Lac天体Mkn501, Mkn421の観測

H. H. Fink et al.

Astron. Astrophys. 246 L6, (1991)

F. Makino et al.

Proc. of 28th Yamada Conf. (1991)

活動銀河核のうちで、とかげ座BL型(BL Lac)天体はスペクトルに輝線や吸収線がほとんど見られず、大きな偏極を示すこと、また激しい強度変化と共に偏極度も変化することから、シンクロトロン放射をするジェットを直接見ているとする説が有力である。このモデルの決め手になるのがX線観測である。昨年、打ち上げられたドイツのX線衛星ROSATと「ぎんが」衛星によるBL Lac天体Mkn421とMkn501の同時観測が行なわれ、0.1から20 keVに至るX線スペクトルが初めて精度よく求められた。スペクトルには我が銀河ガス以外の吸収は見られず、ほぼべき関数型の連続スペクトルであった。これは可視、紫外線とほぼ連続で同じシンクロトロン成分と考えられる。ふしぎなことはROSATによる軟X線の強度変動と「ぎんが」の硬X線の変動に相関が見られないことである。このように近傍した波長域で明瞭に異なる2成分が存在することは、ジェットも複雑な内部構造を持っていて、2つのX線は全く別の領域からの放射であることを示している。

榎野文命 (宇宙研)

X線観測から見たセイファート銀河の統一モデル

H. Awaki et al.

Publ. Astron. Soc. Japan, 43, 145 (1991)

銀河の中には、太陽系程のコンパクトな中心領域から太陽の10億倍以上もの膨大なエネルギー

を放出している銀河（活動的銀河）が存在しており、セイファート銀河もこの活動的銀河の一種である。この銀河は、可視域の分光観測で、波長幅が広がった輝線を放出しかつ明るい中心核をもつ1型とそうでない2型の2つに分類されている。

最近、この2つの型のセイファート銀河を统一的に解釈しようとする試みが行われており、中心核の周りに幾何学的にも光学的にも厚い降着円盤（トラス）を考え、中心核を見る角度の違いで1型と2型を説明するモデル（1型の場合は明るい中心核と広輝線を出す領域を直接見ているが、2型の場合はトラスを通してこれらを見ている）が主流となっている。2型銀河の中心核及び広輝線領域が濃い物質（トラス）によって隠されていることは、X線天文衛星「ぎんが」の観測や可視域での偏光分光観測で明らかになってきた。しかし、1型銀河が視線から外れた位置にトラスが存在しているかどうかは今のところ観測的には証明されていない。

我々は、1型セイファート銀河で検出された鉄輝線をプローブにしてトラスの有無を調べた。その結果、トラスを考えると1型銀河からの鉄輝線をうまく説明できることが分かり、1型銀河にもトラスが存在している可能性が高くなった。これは、セイファート銀河の統一モデルを支持するものである。

粟木久光（名大理）

☆

☆

NGC7538 IRS9 の超高速分子流

G. F. Mitchell and T. Hasegawa
Astrophys. J. Letters, **371**, 133 (1991)

☆

☆

☆

形成されたばかりの星に起因する高速分子流（10～50 km/s）が多数の天体において検出されているが、その最高速度がどの位のものかは必ずしも明らかではない。高速分子流の形状や分布に重点を置いた研究が一段落したことで、電波望遠鏡の性能の向上とが合いまって、雑音のためはつきりしない分子流のスペクトルの末端部分（超高速

成分）をより良く測定しようとする試みが最近多くなっている。超高速（約100 km/s）のガスの温度が100～500 Kの場合、光学的に薄い、波長1.3 mm及び0.87 mmのCOの回転遷線の輝線の強度は2.6 mmのそれに比べて各々4倍及び9倍となり、測定が容易となる。また、50～500 Kのガスの温度を精度良く決定しようすると、さらに短かい波長のCO輝線をも測定する必要がある。ただし、波長1 mm以下、赤外域までは地球大気の吸収が強く、観測は高い山の上でおこなうか、航空機や人工衛星によることになる。筆者等はハワイ、マウナケア山頂にある電波望遠鏡(JCMT)を使って高速分子流の観測をしているが、最近、NGC7538星雲に付随した分子雲にあるIRS9と呼ばれる赤外線源において、これまで2.6 mmや1.3 mmのCO観測では検出されなかった100 km/sの超高速分子流を0.87 mmでの観測で検出した。現在、さらに短かい波長のCO輝線を測定して、この超高速ガスの温度を決定しようとしている。

長谷川辰彦（Duke大）