

## 論 文 要 旨

Radiation Hydrodynamic Studies of Line-Driven Disk Wind in Active Galactic Nuclei

活動銀河核におけるラインフォース駆動型円盤風の輻射流体力学的研究

野村 真理子

我々は輻射流体力学計算によって活動銀河核 (Active galactic nuclei; AGN) におけるラインフォース駆動型円盤風のダイナミクスを調べ、その結果を Broad absorption line (BAL) クェーサー、及びセイファートにおける ultra-fast outflow (UFO) の X 線観測と比較した。近年、金属元素によるブルーシフトした吸収線が AGN の輻射スペクトルに発見され、AGN には速度が  $\sim 10,000 \text{ km s}^{-1}$ – $90,000 \text{ km s}^{-1}$  ( $0.3c$ ) と大きなアウトフローがあることがわかってきた、ここで  $c$  は光速である。このアウトフローの正体は不明であり、既存の AGN モデルではトラスという中心核の周囲を回転する吸収体を仮定しているため、吸収線の大きなブルーシフトを説明できず、アウトフローを再現することができない。われわれの目的はこのアウトフローのダイナミクスと構造を調べ、吸収線の起源を明らかにし、ひいてはアウトフローを含む AGN の理論モデルを構築することにある。われわれは現在有力視されているラインフォース駆動型円盤風モデルと呼ばれる、降着円盤表面の物質を束縛-束縛遷移吸収による輻射圧 (ラインフォース) によって加速し円盤風を噴出させる、というモデルに着目する。

まず我々は円盤風の流線を計算することでラインフォース駆動型円盤風の定常構造を調べ、その結果を BAL クェーサーの X 線観測と比較した。その結果、開口角  $\sim 50^\circ$  の funnel 状の円盤風が、エディントン比  $0.3$ – $0.9$ 、ブラックホール質量  $10^7$ – $10^{8.5} M_\odot$  という広いパラメータ領域で噴出した。BAL の観測的特徴は、観測角度  $\sim 50^\circ$  から観測した場合に現れることがわかった。結果として得られた BAL の観測確率は  $\sim 7$ – $11\%$  であり、これは概ね観測されている BAL の存在比率  $\sim 10$ – $15\%$  と矛盾しない。

次にわれわれはさらに現実的な円盤風の構造を調べるため、2次元軸対象を仮定した円盤風の輻射流体力学シミュレーションを行った。その結果、既に述べた流線の計算と矛盾しない funnel 状の円盤風が噴出し、新しく柱密度、速度、電離状態が時間変動することがわかった。この funnel のうち上方の領域  $\theta \lesssim 70^\circ$  では、円盤風は円盤の表面付近でのみラインフォースによって加速され、上空では加速を受けない。それゆえ円盤風の終端速度は  $v_r \lesssim 0.1c$  と比較的小さく、噴出した物質の一部は円盤へと戻ってくる。一方、赤道面に近い方向  $\theta \gtrsim 70^\circ$  では、円盤風は打ち上がった後も加速され続け、円盤風の速度は  $0.3$ – $0.4c$  に達することがわかった。結果として、エディントン比  $0.3$ – $0.9$  とブラックホール質量  $10^8$ – $10^9 M_\odot$  の領域では極角  $\sim 70^\circ$  付近で UFO の特徴が観測され、その特徴は 20 日から数ヶ月のタイムスケールで現れたり消えたりすることがわかった。結果として得られた 20 日以下の短いタイムスケールでの変動は、X 線で観測されている 7 日程度の素早い変動によく似ている。UFO の観測確率の時間平均は  $20$ – $30\%$  程度であり、これは観測から示唆されている  $\sim 50\%$  と同等かわずかに小さい。エディントン比がおおよそ  $0.1$  以下、ブラックホール質量がおおよそ  $10^{7.5} M_\odot$  以下の場合には円盤風は噴出したもの

の、UFO に対応する電離度を持つ物質の柱密度が小さく、UFO の観測確率は非常に小さい、あるいは観測されないという結果になった。

結論としてラインフォースによって円盤風が噴出し、ラインフォース駆動型円盤風モデルは BAL や UFO の吸収線の特徴を再現できることがわかった。加えて、吸収線の検出の有無は観測角度のみならず、エディントン比およびブラックホール質量に依存することがわかった。