

ブラックホールジェットのタイムラグ解析手法の開発と応用

M195237

大間々知輝

高エネルギー宇宙・可視赤外天文学研究室

ブラックホール X 線連星はブラックホールと太陽のような通常の恒星の連星系のことを指し、その状態は X 線スペクトルの形から主に 2 つに分けることができる。その 1 つであるハード状態に X 線と可視光の同時観測を行うと、光度曲線に順相関と反相関の変動成分が複数含まれていることが分かった。ブラックホール X 線連星の GX 339-4 の X 線と可視光の相関を調べた先行研究では、相互相関関数 (cross correlation function; CCF) を用いて、(i) 0.15 s だけ可視光が順相関で遅れる成分、(ii) 1 s だけ可視光が反相関で遅れる成分、そして (iii) 4 s だけ X 線が反相関で遅れる成分が見つかった。特に反相関は単純なエネルギー伝搬で説明できないことから、その起源については議論が続いており、周辺構造の理解への重要な手掛かりである。複数の相関成分が含まれるということは、X 線と可視光の光度曲線に時間差 (タイムラグ) を伴った共通の信号が複数含まれていることを示している。本研究では、先行研究と同じ GX 339-4 のデータに対し、フーリエ解析とスパースモデリングを組み合わせた共通成分解析と呼ばれる方法でタイムラグ解析を行った。この手法を用いることで、従来法では難しい光度曲線から、タイムラグごとに、共通信号の抽出・再構成を行うことができる。

解析の結果、先行研究で報告されていた 3 つのうち、(i) X 線が順相関で先行する信号成分と (ii) X 線が反相関で先行する信号成分の 2 つを検出した。これらを再構成したところ、(ii) は可視光が先行する順相関信号とも解釈できることが分かった。このことは、図 1(b)の青線で示している CCF が、ラグが 0 s の前後で順相関と反相関を示していることから確認できる。つまり本研究は 2 つの順相関 (0.15 s だけ X 線が先行する順相関信号 ; 1 s だけ可視光が先行する順相関信号) で観測された CCF を作りうることを示唆している。可視光先行信号は磁場優勢降着流からのシンクロトロンからの放射の可能性があるが、X 線のタイムラグの理解には更なる研究が必要である。

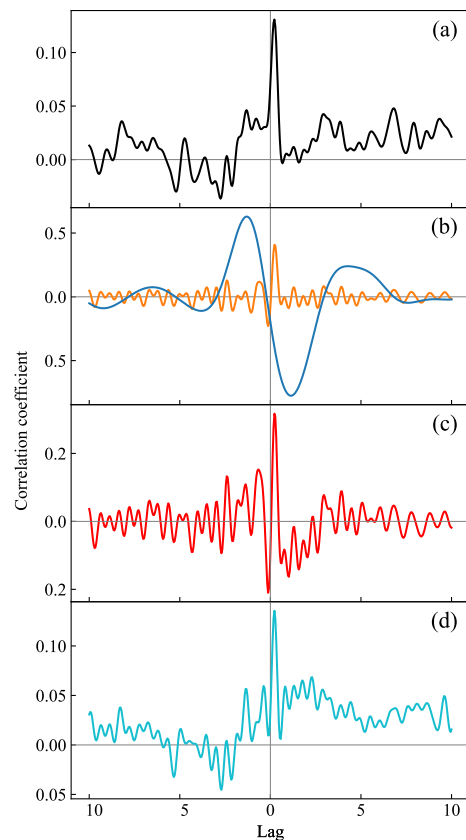


図 1 : (a) 観測された光度曲線の CCF。(b) X 線が先行する信号 (橙) と可視光が先行する信号の (青) CCF。(c) 検出した 2 つの信号を結合した光度曲線の CCF。(d) 残差光度曲線の CCF。