

S05a 量子機械学習を用いた超巨大ブラックホール由来の異常 X 線変動の探査

川室太希 (理研), 山田真也, 酒井優輔 (立教大学), 長瀧重博, 原田了, 樋口諒, 松浦俊司, 山田智史 (理研), 松田孟留 (東大)

活動銀河核 (AGN) の X 線放射は、数時間から数年といった様々な時間尺度で変動するが、超巨大ブラックホール (SMBH) に由来する他の現象、例えば星潮汐破壊現象や Quasi-periodic eruption (QPE) は、それとは異なる振る舞いを示す。これらの発生頻度は小さいが、SMBH への質量降着には様々なパスがあり、異常変動の検出が SMBH への降着メカニズムの完全理解に重要であると示している。そこで、未知の変動も含めてより大きなサンプルを構築し、理解を深めるには探査手法の検討が重要である。候補の一つとして機械学習が考えられるが、その中でも、我々は特に量子コンピュータもしくは量子回路を想定した量子機械学習の可能性を模索している。

我々は第一歩として、AGN の典型的な変動の模擬観測データを教師として、それらに QPE 現象が加わったものを異常データとして異常が検出できるかを検証した。教師データの作成には、AGN に典型的な Power spectrum density を仮定し、Timmer & Koenig (1995) に則り光度曲線を再構築した。QPE に関しては、5 天体から観測された QPEs を強度、継続時間、そして duty cycle で特徴づけを行い、それらの頻度分布をもとに様々な QPE データを作成した。学習には、短期的な情報に更に長期のトレンドも考慮できる Long Short-Term Memory ネットワークを用いた。量子機械学習では、特徴量 (フラックス値) を量子ビットの 2 状態 ($|0\rangle$ と $|1\rangle$) の複素振幅に埋め込み、それらが複素球面上でどのように時間変化すべきかを学習させる。結果、古典学習と同様の精度が量子学習でも達成できた。さらに、弱い QPE のようなフレアの検出可能性を調査したところ、約 2 倍ほど明るくなった場合には約 90% の確率で検出できることがわかった。