

V336a 機械学習を用いた飛跡画像処理による光電子追跡型X線偏光計の感度向上および IXPE 衛星データへの応用

北口 貴雄, 玉川 徹, 早藤 麻美 (理研), 岩切 渉 (中央大), 榎戸 輝揚 (京都大), 水野 恒史 (広島大), Niccolò Di Lalla (INFN-Pisa)

我々は宇宙X線の直線偏光を観測するために、X線偏光計を開発している。この偏光計はガス電子増幅器を内蔵するガス検出器で、X線とガスが反応して飛び出す光電子の飛跡を撮像できる。K殻からの光電子は、入射X線の電気ベクトル方向に飛びやすいため、その射出方向を測ることで、入射X線の偏光情報を取得できる。我々の偏光計では、飛跡はX線入射方向に射影した2次元画像として得られ、その大きさは約 $3.6 \times 3.6 \text{ mm}^2$ で、 30×30 画素から成る。偏光計の感度を高めるためには、飛跡から最初の射出方向を正確に求める画像処理が必要になる。

我々は発展著しい機械学習に着目し、畳み込みニューラルネットワークを構築して、教師あり学習による分類を用いて、光電子の射出方向を予測した。その結果、従来法より感度が 10-20% 向上できたことを、2017 年秋季年会 (V324a) で報告した。しかし得られた変調カーブには系統誤差がのり、それを消す工夫が必要であった。そこで今回は、損失関数に変調カーブの非一様性を表すペナルティ項を、パルス信号サーチで使われる H 統計量を応用して導入し、訓練し直した。その結果、感度はサブ%劣化するが、無偏光変調カーブは平らになった。

開発した方法は、同様に光電子飛跡画像から偏光情報を得る IXPE 衛星 (2021 年打ち上げ予定) のデータにも応用できる。ただし IXPE 偏光計は、上記偏光計と異なり、画素が蜂の巣状に並んでいるため、 64×64 画素の四角形タイルに変換し、上記ネットワークを入力画素数に合わせて改造した上で学習させた。その結果、IXPE データでも同様に、偏光感度の改善が見られた。