

V109a スパースモデリングを使ったサブミリ波分光観測の高感度化

谷口暁星, 田村陽一, 萩本将都, 戸上陽平 (名古屋大学), 池田思朗 (統計数理研究所), 竹腰達哉, 吉村勇紀 (東京大学), 川邊良平 (国立天文台)

我々は、天体信号が観測データに占める割合が小さいという性質（疎性＝スパース性）に着目することで、サブミリ波単一鏡によるポジションスイッチ観測を高感度化する解析手法を開発した。観測の感度を制限する最大の要因は、天体信号の $10^4 - 10^6$ 倍ものパワーを持ち、最大数 Hz で時間変動する地球大気放射の雑音付加である。ポジションスイッチ観測では天体と大気の空間2点を交互に観測することで、大気放射の時間変動をキャンセルしている。ところが、スペクトル同士の減算によって感度が $\sqrt{2}$ 倍悪化するだけでなく、スイッチングより高速な時間変動をキャンセルできないため、達成可能な感度は観測装置が本来持つそれを下回る。

提案する解析手法は、スイッチングより高頻度 ($10^0 - 10^1$ Hz) に取得した時系列分光データ (2次元行列) を使用することで、観測手法に手を加えることなく大気的时间変動をモデルするものである。この際、大気的时间変動は行列上で低ランクな成分として近似できる。一方、天体信号は、観測帯域に占める割合が極端に大きくなければ行列上ではスパースな成分となる。この2つの成分は GoDec アルゴリズム (Thou & Tao 2011) で行列分解することが可能であり、感度を悪化させることなく大気放射の時間変動モデルと除去を達成する。

提案手法の最大の利点は、過去の観測も含め時系列分光データが取得可能な分光観測であれば、即座に感度を改善できる可能性を秘めていることである。本講演では、メキシコの LMT 50 m 鏡に搭載した 2 mm 帯受信機 (川邊他 2020 年春季年会) で観測した、 $z = 2.55$ のサブミリ波銀河の CO 輝線分光データに提案手法を適用し、実際に $\sqrt{2}$ 倍以上の感度の向上が得られた実証例を紹介する。