

中性水素及び水酸基分子輝線の広視野電波 干渉計探査に向けた像合成／像分析手法の開発

Development of image synthesis/analysis techniques in radio interferometry for the wide-field neutral hydrogen and hydroxyl emission survey

鹿児島大学 今井 裕

本研究では、2013年末に科学運用を開始する豪州宇宙電波望遠鏡(Australian SKA Pathfinder=ASKAP)を用いた掃天観測に向け、広視野電波像合成と合成像分析の手法を開発することを目的としている。ASKAPとは、2020年科学運用開始を目指す百万平方メートル電波望遠鏡(Square Kilometer Array=SKA)の1%スケールに相当する観測装置で、SKA建設地の1つである西オーストラリアの広大な草原地帯に設置されている。ASKAPは、SKAに先行して様々な技術開発及び先駆的な科学研究を進めるために建設されたものである。日本の天文学研究者コミュニティは、次世代超大型国際電波天文観測装置であるSKAへの参加と、そこで主体的な役割を果たすことを目指している。その上で、ASKAPを使って同様にSKA参加を目指す多くの国々の研究者と同じ土俵で様々な経験を積む事が非常に重要である。本研究は、幾つかあるASKAP国際研究チームのうちの1つであるGASKAP(Galactic ASKAP Spectral Line Survey)に主要メンバーの一員として参加し、日本から参加する研究者の先頭を切って上記のような活動を進めるものである。

ASKAP観測システムの最大の特徴は、一度に30平方度(満月100個分)の視野をカバーしつつ16000チャンネルの分光+電波撮像を行うことである。GASKAPチームが行う観測では、実在する最高の感度・画質で、天の川銀河及び大小マゼラン雲周辺の広大な天域を掃天する。その中で、淡く広がる水素原子ガス雲や星形成領域/進化末期星周ガス縁に偏在する分子ガス雲からのセンチ波放射、特に中性水素(HI、静止周波数1.4 GHz)及び水酸基(OH、1.6 GHz)輝線を同時に観測し、それら輝線の詳細な分布を明らかにする。現存望遠鏡(例えば米国VLA)に対して時間換算で30倍以上の効率で掃天することになる。それにより、希薄ガス雲(HI放射の分布から把握)⇒高密度星間分子雲⇒星形成(OHメーザー)⇒恒星質量放出(OHメーザー)⇒星間空間(HI放射)への物質還元、と言う、銀河系内物質循環の全貌が明らかになるだろう。本研究で最も着目しているのは、SKAを用いた三角測量の対象となる、コンパクトなOHメーザー放射源である。GASKAPによって新たに多数OHメーザーが検出され、SKAによる測量を通して天の川銀河や大小マゼラン雲の立体構造とその中の星やガス雲による三次元速度場が詳細に把握できることが期待される。

しかしASKAP観測システムは、観測ハードウェアとデータ処理ソフトウェアに技術的飛躍を要求する。GASKAPを含む主要ASKAP研究チームが協力し開発・検討を進め、ASKAPの科学運用が始まる前にこれら要求を満たす必要がある。特に重要なのは、広波長域かつ広視野に渡って均質なデータ較正と電波撮像を行う手法と、得られた電波像から研究目標に必須な天体輝度の特徴を定量的に把握する手法である。2014年から得られる試験的実観測データを元に、それら考案された手法を検証していく予定である。現在は、仮想的な電波像キューブ(二次元平面+一次元視線速度情報を組み合わせた三次元情報)を合成し、それをもとに客観的かつより高い完備性・信頼性を持った天体同定手法を模索する段階である。ただし、仮想的電波像キューブであっても実観測を想定してその電波像キューブ自身の特徴も良く把握しておく必要がある。特に、明るい手前の天体の集合によって作り出される人工的輝度分布(サイドローブ)が、視野全体にわたって天体同定にどのように影響を与えるのかは、重要注目点である。

幸運にも、研究期間中にSKA/ASKAP建設地に近い西オーストラリア大学に長期滞在する機会も得て、本研究課題の探求が飛躍的に進んだ。使用した仮想的電波像キューブは、天球面上の1364×1364ピクセル、視線速度方向に4000チャンネルを有する、1338個のOHメーザー源を含んだファイルサイズ36Gbyteのものである。天体同定を行うソフトウェア中の設定パラメータの組み合わせを数千種も用意し、一般市民が所有する約2000台のパソコンを組み合わせた大規模計算処理システムtheSkyNet(<http://www.theskynet.org>)を利用して網羅的に天体同定を試行することができた。その結果、最も高い完備性・信頼性を持った天体同定手法を実現するパラメータの組み合わせの抽出に成功した。しかし同時に、現実の電波干渉計データでは、例え36台の電波望遠鏡を有する(米国VLAには27台)ASKAPでさえも、サイドローブを事前に取り除かない限り、より微弱な天体について前述の最適パラメータを使って検出/同定することが不可能であることが分かった。これらのことから、サイドローブ除去のためのCLEAN deconvolutionには、比較的浅い探査であっても、GASKAP観測以前に単一望遠鏡を使った掃天観測で得られる明るい天体の位置情報が不可欠であることが示唆された。またGASKAP本番観測においても、同じ天域を何度も掃く観測の方が一気に深く積分する場合よりも科学的利点も含めてより観測の効率が高くなることが指摘される。このように、本研究の経験を通して、GASKAP観測に対して適切な観測とデータ処理の戦略を提示できたと言える。