

国土地理院つくば 32m 望遠鏡による 20GHz 帯電波観測

宇宙観測研究室 M1
200710416 丸山理樹

1. 電波天文の利点・意義

電波は、大気による反射や吸収が少ないので、地上から観測がしやすく、さらに波長が長いために宇宙空間での伝播中に星間物質による散乱を受けづらい。これは電波観測が、遠方の宇宙すなわち過去の宇宙を探る優れたプローブとなることを意味する。温度 T をもつ黒体はプランクの輻射則

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad (1)$$

に則って熱的輻射を出す。これより星形成の素となる星間空間の分子雲やダストなどが主として電波領域の輻射を持つことがわかる。よって、電波観測は星形成の物理の探究に重要な役割を果たしている。

2. 国土地理院つくば 32m 望遠鏡



国土地理院つくば 32m 望遠鏡（以下 32m 鏡）は、国土地理院が測地目的で 2/8GHz の受信機を搭載し利用している望遠鏡である。宇宙観測研究室は、ここに 20GHz 帯の受信機を搭載し、電波天文観測を行っている。望遠鏡の角分解能であるビームサイズ（感度の半値幅）は、観測周波数 22.3GHz においておよそ $101'' \times 96''$ である。

3. 20GHz 帯の観測対象

20GHz 帯の観測対象として以下が挙げられる。

- H_2O MASER \Rightarrow 22.235GHz
- NH_3 （反転遷移） \Rightarrow 23 ~ 25GHz
- CO ($J=1 \rightarrow 0$) \Rightarrow 115.271GHz（静止周波数）

CO ($J=1 \rightarrow 0$) 輝線の静止周波数は 115.271GHz であるが、赤方偏移 $z \sim 4$ の距離の天体を観測する場合、偏移の分だけ波長が短くなる（周波数が小さくなる）ため、20GHz 帯で観測することができる。これらの分子の測定から天体の物理状態を調べることができる。

4. ポインティング補正

ポインティングとは、アンテナに特定の方向を向かせることを意味する。32m 鏡は AZ-EL マウント方式（経緯台方式）と呼ばれる駆動方式であり、AZ（方位角）、EL（仰角）の 2 方向にアンテナが駆動する。今、観測したい天体を向くようにアンテナに (AZ, EL) を入力したとする。しかし、このときアンテナは、指示した方向から実際は少しずれた方向を向いてしまう。これは、主に EL の変化によってアンテナの鏡面が自重変形を起こしたり、ビーム伝送系がずれたりすることにより、ビーム向に誤差が生じるためである。従って、正確な観測を行うためには、はじめにこのポインティングのずれ ($\Delta\text{AZ}, \Delta\text{EL}$) を (AZ, EL) の関数として求め、補正しなければならない。

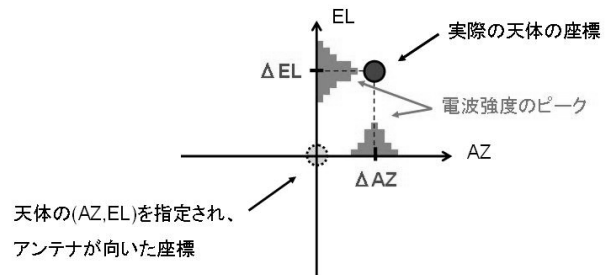


図 1: ポインティング誤差測定の実理

($\Delta\text{AZ}, \Delta\text{EL}$) の測定は、ビームサイズより十分に小さいと見なせる点状電波源 (point source) の観測から行う。具体的には、 H_2O MASER の W49N やクエーサー 3C273 などを観測する。アンテナにこのような天体の (AZ, EL) を指示し、その向きを向かせたとき、実際は入力 (AZ, EL) に対しポインティング誤差が生じるため、天体は向いた方向とは少しずれた位置で観測される。すなわち、AZ, EL 方向それぞれで少しずれた位置に強度（実際に測定されるのはアンテナ温度）のピークが観測されるということである。従って、AZ, EL 方向それぞれにスキャン観測を行い、実際に測定されたピーク位置の (AZ, EL) と、はじめに入力した (AZ, EL) との差をとれば、それが ($\Delta\text{AZ}, \Delta\text{EL}$) に相当する。

こうして得られた ($\Delta\text{AZ}, \Delta\text{EL}$) を、アンテナ幾何に基づいたポインティング誤差モデルの関数でフィッティングし、この式からポインティング補正を行う。なお、20GHz 帯のビームサイズは 2/8GHz 帯のそれよりも小さく、国土地理院が使用している既存の補正式では精度が不十分である。このため、20GHz 帯の測定から新たにポインティング補正の式を求める必要がある。