

3.14.6.1 電波源位置変化、電波源の構造

高橋幸雄

VLBI で観測する電波天体の選び方には2種類ある。1つは、電波天体自身の形や動き(構造)、含まれる物質を観測する電波天文学を目的とする場合である。もう一つは、地球上の位置や地球回転等を観測する測地観測を目的とする場合である。後者では、電波源の位置とその変化を観測する電波位置天文学も含める。ここでは、後者について述べる。

測地 VLBI における一番の基準・拠り所は何かというと、宇宙の果てにある宇宙が誕生した初期の巨大なクェーサと呼ばれる天体などの電波天体である。そのほとんどが10億光年以上も遙か彼方にあり、太陽系から見て、長期にわたってその位置関係はほとんど変化しない基準系をつくることができる。世の中で最も変化しない基準系と言ってもよい。

我々が目や普通の天体望遠鏡で見ている星は、比較的近い天体で、それらは相互に動いていて、長く観測すると動きが顕著に見える。このような個々の天体で異なる運動を天体の固有運動という。その固有運動を観測し、固有運動を含めた天体の位置天文基準系を作っていたが、精度を高めるためには限界があった。そこで、宇宙の果てにある電波天体をもとにした基準系を構築して、それをもとにした座標系の体系を作ることになった。VLBI はそれを行うことができる重要な技術であった。

赤方偏移が大きい遙か彼方にある電波天体を選び、それらの集合体で、電波天体基準系を構成する。これにより、相対位置関係はほとんど変化しない座標系ができたが、方向の基準を決めないといけない。VLBI 当初は、非常によく使われていた 3C273B と呼ばれる電波天体(クェーサ)の位置(DSN(新宇宙探査)で決めた位置)の赤経・赤緯を基準としていた。しばらくこの基準系が用いられ、電波源位置を示すカタログが作られた。日本でも電波研究所が、最初に VLBI を用いた電波源カタログを作り提示した。

その後、観測が進み、観測精度が向上するにつれて、電波源の構造(電波を発する場所や形)が変化し、それにつれて 1mas 程度の電波源位置が変化することが観測されるようになった。我々が見ている電波天体の位置は、構造を持った各場所から電波が出てきており、その総和が観測されているが、観測される位置は構造に応じて仮想的な一点に平均化したものとなる。形や電波の発する分布(電波源構造)が変化すると、この平均化した位置が動いてしまう。すなわち、動かないと思っていた遙か彼方の電波天体の位置が動いて見えるのである。実際、観測した電波源位置の数年から数10年に掛けてその変化を見ていくと、多くの電波天体で、不規則にダイナミックに変化している状況が観測された。

そこで、次にとった基準系の定義の仕方は、なるべく変化がないような天体を観測から見つけて、それらを位置基準天体にして位置基準座標系を構成する。このとき、これらの各天体の位置を基準にして1次基準座標系を作る。位置は、それまで観測された位置をもとにして行うが、再観測しながら次第に正確な位置を固定していく方法で決められた。位置変化が大きい電波天体は、その程度に応じて2次基準系等に分類して基準系を構築して

いった。

各天体の位置変化は長期間の観測結果から相対位置が変化しないことから確認される天体を見つけて選ぶことを行った。

しかし、位置が動かない天体は電波が弱く、SN比（信号と雑音比）で観測精度が決まる VLBI では観測精度が悪くなる。また、ほとんどの電波源は構造を持っている。そこで、観測しやすい強い電波天体も、1日の観測期間や短期間では位置が変化しないと仮定し、観測を行い、推定を各実験毎に行う。その後、長いスパンの複数実験の位置推定結果からその天体の位置とその変化を推定してきた。これにより、測地 VLBI では、高精度な観測ができることになった。基準は1次基準座標系である。

一番理想は、電波源構造を考慮に入れた（電波源の強さの分布の重みづけ平均化等）位置の変化を解析に取り込みながら、測地 VLBI の解析を行うことも含めた解析を行うことが望ましい。 $\tau \mathbf{g} = \mathbf{B} (\mathbf{s} + \Delta \mathbf{s})$ 、 $\Delta \mathbf{s}$ は赤経、赤緯の方向空なる 2次元ベクトルであり、 $\Delta \mathbf{s}$ 方向ごとの電波強度が求められる（電波源マップ=強度分布）。 $\Delta \mathbf{s}$ に強度分布の重みをつけて $\tau \mathbf{g} = \mathbf{B} (\mathbf{s} + \Delta \mathbf{s})$ の平均を求める。