

## 地殻変動監視への貢献に期待

# 大阪府内初！国土地理院と共同で電波望遠鏡を用いた精密測量を達成

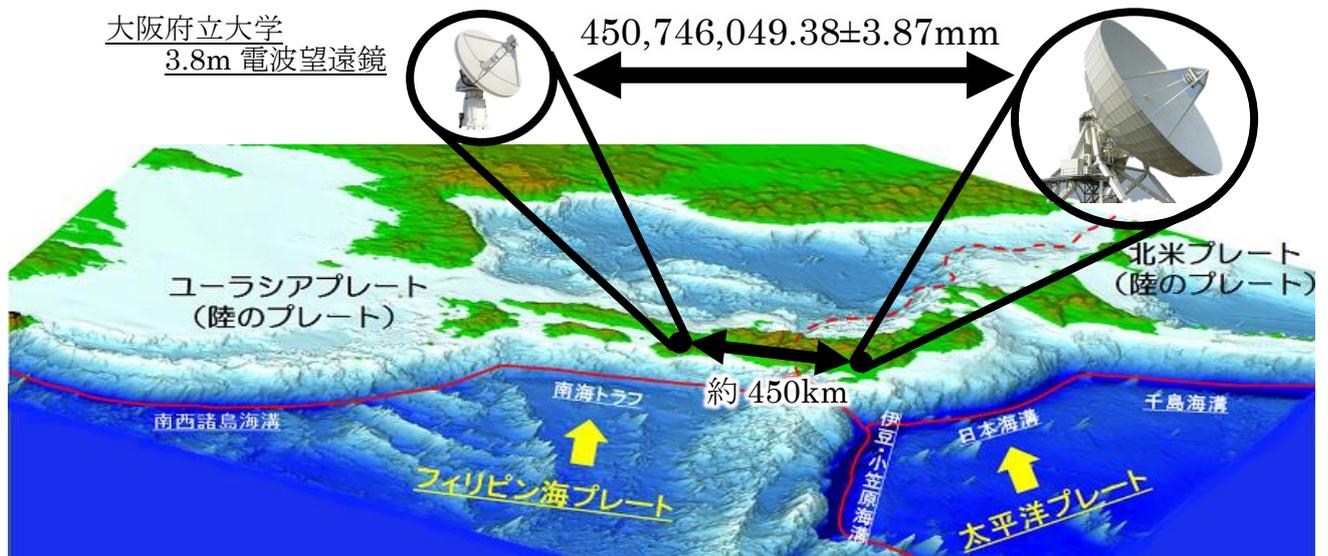
大阪府立大学と国土地理院は、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス（大阪府堺市）の口径 3.8m 電波望遠鏡と国土地理院（茨城県つくば市）の口径 32m 電波望遠鏡を用いて、星から来る電波を使った精密測量「測地 VLBI 観測」（図 1）を 2016 年 12 月に行いました。その結果、二つの電波望遠鏡間の距離を±4mm 以下の精度で決定することに成功しました。大阪府内で天体からの電波を用いた測量を行ったのは初めてで、近畿地方でも二番目の観測例です。（平成 5 年に国土地理院が和歌山県海南市で移動観測を実施）

測地 VLBI 観測では電波望遠鏡間の距離を数 mm～1cm の精度で測定することができるため、その距離の変化を高精度に検出できます。中百舌鳥キャンパスはユーラシアプレート、国土地理院は北米プレートに属していることから、電波望遠鏡間の距離の変化はプレート運動を表していると考えられます。プレート運動による地殻のひずみは直下型地震のエネルギー源であり、平成 23 年の東日本大震災以降、日本列島の地殻のひずみの様相が変化していると考えられます。その様相を高精度で測定できる VLBI 観測手法は、西日本の地殻変動監視への貢献が期待できます。

今回の観測で使用した大阪府立大学の 3.8m 電波望遠鏡は、国土地理院が北海道新十津川町で使用していたものです。本学が平成 26 年に借り受けて設置し、約 2 年間の準備期間を経て、今回の精密測量に成功することができました。今後は、さらに技術開発を推進させ、精度を向上させていきます。

＜大阪府大と国土地理院との測地 VLBI 観測＞

国土地理院 32m 電波望遠鏡



（図 1）測地 VLBI 観測（Very Long Baseline Interferometry：超長基線電波干渉法）

（国土地理院ウェブサイトの図を加工して作成）

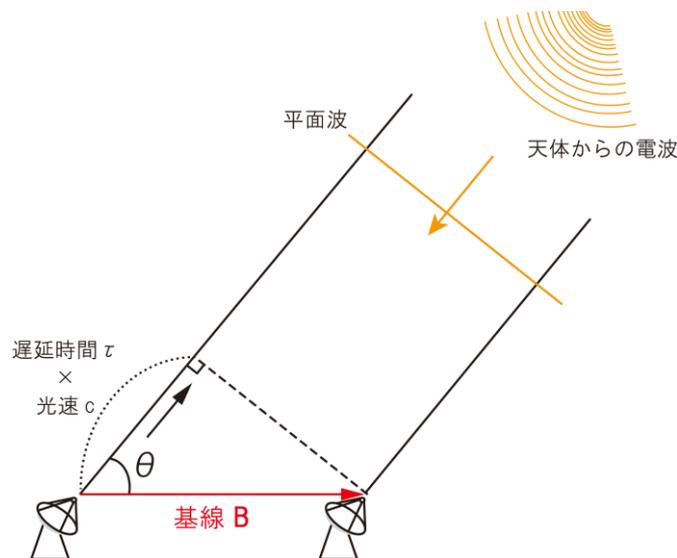
## 【用語解説】

### ■ VLBI 観測 (Very Long Baseline Interferometry : 超長基線電波干渉法) について

VLBI とは、Very Long Baseline Interferometry の略称で超長基線電波干渉法という電波望遠鏡を用いた観測手法の一つです。VLBI では、二つ以上の電波望遠鏡で得られた電波信号を足し合わせることで、フリンジと呼ばれる干渉縞を検出します。これは、電波の可干渉性を活かした手法で、合成された電波信号が互いに強めあったり弱めあったりする特徴を用いています。

実際の VLBI 観測では、遠く離れた天体を二つ以上の電波望遠鏡で観測します。遠方の天体から放たれた電波は球面波として宇宙空間を伝播していきますが、地球に到達する時点では平面波としてみなすことができます。ある一つの波に注目した場合、以下の図のように、片方の望遠鏡に到達した後もう一方の望遠鏡に到達します。このわずか 100 分の 1 秒ほどの時間差を遅延時間と呼び、遅延時間を高精度に測ることが VLBI 観測では求められます。そのため、各望遠鏡では、正確な時計である原子時計を設置し、GPS 衛星から送信される時刻と同期した状態で観測を行っています。こうすることで、遅延時間を 1000 億分の 1 秒の精度で測っています。こうして求められた遅延時間に電波の速さ (= 光速、秒速 30 万 km) をかけると、下図のような直角三角形の 1 辺が分かります。さらに基線  $B$  が正確に分かっていると、天体の方向(つまり、角度  $\theta$ )が測定できます。この天体の方向の情報をを用いて星の位置や天体の構造を精度よく観測するために VLBI 観測は用いられてきました。

< VLBI 概略図 >



(図 2) 測地 VLBI 観測 (Very Long Baseline Interferometry : 超長基線電波干渉法)

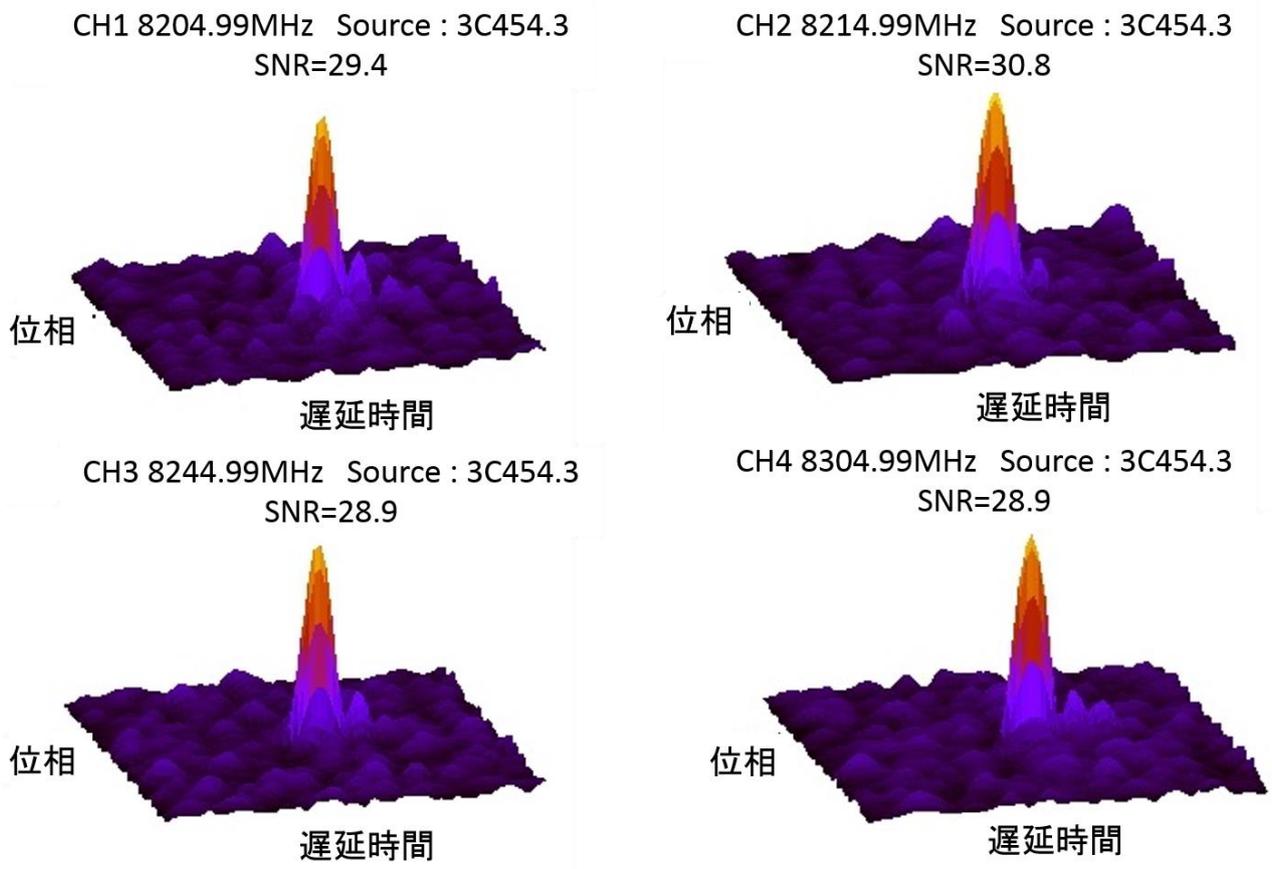
## ■ 測地 VLBI 観測について

上述したように、元々は星の位置や天体の構造を精度よく観測するために発展した天文観測技術ですが、星の位置を精度よく観測できるため、位置（角度 $\theta$ ）が正確にわかっている天体を観測すれば、互いの望遠鏡の間の距離や位置関係（基線）を精度よく測ることができます。そこで VLBI 観測技術は電波望遠鏡の位置の精密測定にも応用され、1980 年代に実用化しました。この観測を測地 VLBI 観測と言い、近年広く使われている GPS 測量に比して、計測点距離に関係なく精度よく測量できるため、現在も世界中の測量機関等により VLBI 観測網が構築されています。

測地 VLBI 観測では、1 回の観測を 24 時間約 60 個の天体に対して行うことで、各望遠鏡の三次元的な位置関係を求めていきます。また、もし世界各地の望遠鏡が観測に参加すれば、地球上の 3 次元位置や、地球の自転の様子等もわかります。

## ■ 今回の観測について

今回の観測は、大阪府立大学 3.8 m 電波望遠鏡と国土地理院の口径 32 m 電波望遠鏡（2016 年 12 月運用終了）との測地 VLBI 観測です。VLBI 観測では、各望遠鏡で得られた電波信号を足し合わせ、フリンジと呼ばれる干渉縞を検出します。今回の観測で得られたフリンジの一部を図 3 に示します。図のように 2 つの電波信号が強めあい、ある遅延時間と位相ではっきりとした強度のピークを確認することができます。



(図 3) 今回の測地 VLBI 観測で得られたフリンジ

## ■ 大阪府立大学 3.8 m 電波望遠鏡

この 3.8 m 電波望遠鏡は主鏡（パラボラアンテナ）と副鏡（双曲面鏡）を用いているカセグレン方式のアンテナであり、受信可能周波数は S バンド（2.12-2.45 GHz）および X バンド（8.18-8.98 GHz）です。



(図 4) 3.8 m 電波望遠鏡写真



(図 5) 大阪府立大学サイエンス棟 (A13 棟) に設置された 3.8 m 電波望遠鏡 (右側)。左は実験用 1.8m 電波望遠鏡。

## ■ GHz (ギガヘルツ)

電波は波です。1 秒間に 1 回振動する電波を周波数 1 ヘルツ (Hz) の電波といいます。そして 1 秒間に 10 億回振動する電波が 1 ギガヘルツ (GHz) です。ちなみに BS 放送は周波数 12GHz 帯の電波を使用しています。

### 【参考 URL】

国土地理院 VLBI <http://www.spacegeodesy.go.jp/vlbi/ja/>