

## Q24. ハワイがだんだん近づいてくる？

ハワイがだんだん日本に近づいてきているという科学記事を読んだことがあります。プレートの運動によるものだと思いますが、プレート運動を直接測ることはできますか？

**A24.** ドイツの気象学者アルフレッド・ウェゲナーは、太平洋をはさんでアフリカ大陸と南米大陸の海岸線がそっくりで、まるでジグソーパズルのようにぴったり重ね合わせられることに気づきました。彼は 1912 年、「昔は大陸がまとまった超大陸パンゲアが存在したが、それがあつた時代にいくつかの大陸片に分裂して、筏のように漂流した」という大陸移動説を提唱しました。現代にプレート・テクトニクス理論は、ここから発展したものです。現在では、大陸だけが動くのではなく、海底と一体になったプレートと呼ばれる岩盤が動くと考えられています。

プレート・テクトニクス理論では、地球はユーラシアプレート、太平洋プレート、アフリカプレート、北米プレート、南米プレートなど十数枚の主要なプレートと、その他の小さなプレートによって、モザイクのようにおおわれていると考えられています。プレートにのつた大陸が、1000 万年とか 1 億年とかいう長い時間をかけて、数百 km から数千 km も移動したわけですから、水平移動の速度は 1 年間に数 cm から 10 cm と見積もられます。たとえば太平洋プレートは年間 8 cm ほどの速度で日本に押し寄せ、日本海溝で地球深くに沈み込んでいきます。ですから、それにのつているハワイ島などの火山島は、質問のとおり、次第に日本に近づいているはず（図 24-1）。

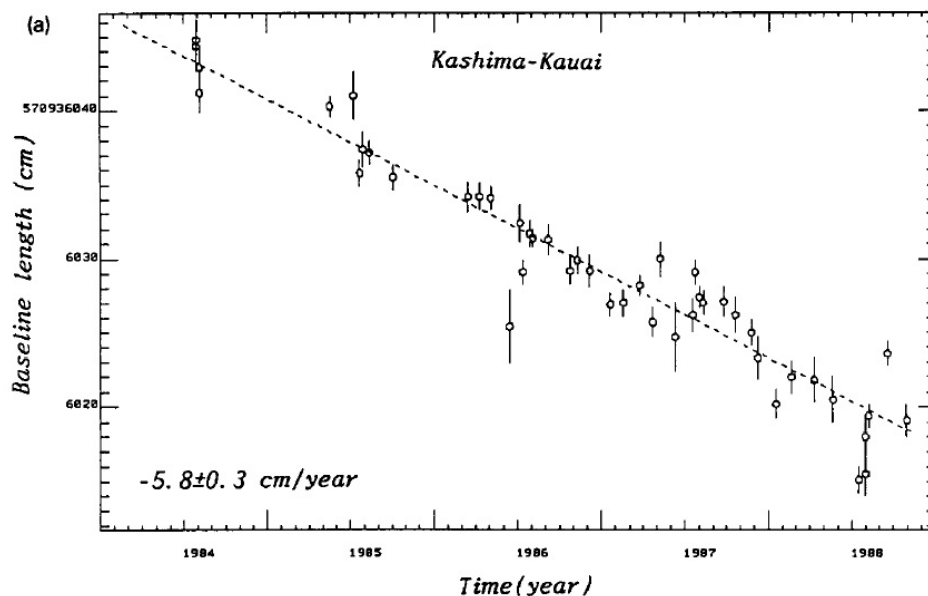


図 24-1 VLBI で測定した、約 5,700 km 先にあるハワイのカウアイ局と、日本列島との距離変化(Heki et al., 1990 Tectonophys.). 年間約 6 cm の速度で、ハワイが日本に近づいている

プレート・テクトニクスの考えの枠組みは1960年代にほぼ完成し、多くの地球科学者の支持を得ていきました。しかし肝心のプレートの動きそのもの、すなわち何千 km も離れた大陸間の距離変化を、cm の精度で精密に測ることはできませんでした。それまで主力だった三辺測量や三角測量(Q&A17)では、一度に測れる距離が数十 km に限られますから、大陸間のような数千 km という長距離になると、どうしても誤差が累積するので、精度が足りなかったのです。それに、そもそも大陸間が大きな海で隔てられていれば、測量自体がお手上げだったからです。いまでは地学の教科書にも載るプレート・テクトニクスですが、ほんの20年前には、「直接測れるまでは、プレート運動なんて信じない」という地質学者も多くいました。プレート・テクトニクス理論は、その意味で未完成でした。

プレート運動が直接測れるようになったのは、1980年代に宇宙測地技術、なかでも超長基線電波干渉法 VLBI (Very Long Baseline Interferometry) や衛星レーザー測距 SLR (Q&A25) が実用化されてからです。

VLBI では、クエーサー (準星) と呼ばれる宇宙の果ての天体から来る雑音電波を、地球上のいくつかの電波望遠鏡 (パラボラアンテナ) で受信します (図24-2)。受信された電波は、原子時計 (Q&A48) を用いた正確な時刻とともに磁気テープに記録されます。記録された磁気テープを持ち寄ってみると、そのままではなにがなんだかわからない雑音記録されているはずですが、2箇所の電波望遠鏡での受信信号を見くらべると、ある一定時間だけずらしたときに「限って」、両者が「ぴったり」一致することに気づきます。この時間差を遅延時間といい、基本的な観測データとなります。

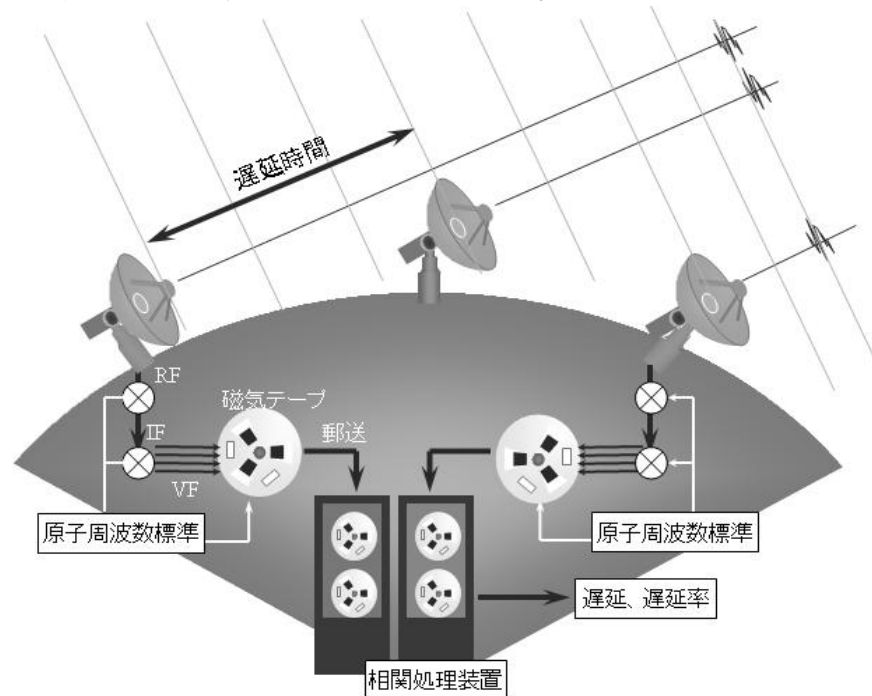


図 24-2 VLBI の原理。複数のパラボラで受信した星の電波を比べて遅延時間を求め、何千 km も離れたアンテナ同士の距離を数 cm の精度で測ることができる。

受信信号は周期性を持たない雑音ですから、2箇所の信号を勝手な時間だけずらしてくらべたときに、「偶然で」両者がぴったり合致することは絶対にありません。ですから、遅延時間はただひとつに決定できるのです。雑音は、普通は邪魔者のはずなのですが、VLBI ではその性質を逆手にとっているのがおもしろいですね。

さて、この遅延時間に秒速30万kmという電波の伝わる速度をかけてやると、何千kmも離れたパラボラアンテナ間の距離を、数cmもしくはそれ以上に正確に決めることができます。原理は簡単に見えますが、実際には、弱い電波を受信するマイクロ波技術、受信した電波を処理して磁気テープに高速で記録するデジタル技術、時刻信号の基準となる水素メーザー時計(Q&A48)の技術など、ハイテク技術の結晶といえます。

ここで、メーザー(MASER)というあまり耳慣れない技術について、簡単にふれておきましょう。CDなどに使われているレーザー(LASER)がものすごくエネルギーが高くてもものすごく細くて直進性の高い光(Light)を発振するのに対して、メーザーは電子レンジなどに使われているマイクロ波(Microwave)を発振する装置です。レーザーとメーザーでは英語の頭文字であるL(光)とM(マイクロ波)のところしか違ってないことに気づかれたことでしょうか。実際、光と電波という波長の違いを別にすれば、この2つは「原子の誘導放出」という同じ原理を用いて、非常に安定した周期の波を発振する兄弟分の技術です。なかでも水素メーザーは周期の安定性が高いので、原子時計として用いられることが多いのです。



図 24-3 ハワイが日本に近づいていることをつきとめた、茨城県鹿嶋の直径26mのパラボラアンテナ。設置から34年にわたり、宇宙通信実験に数々の成果を残し、地元のシンボルとしても親しまれていたが、施設の老朽化もあって使命を終えた。

VLBI 技術が成熟してきた 1980 年代に、NASA が中心となって、VLBI を用いてプレート運動を図ろうという計画がはじまりました。当時の VLBI の精度はおよそ 3 cm でしたから、異なるプレートにある VLBI 観測点同士で数年も距離を測りつづければ、年間の移動が数 cm であるプレートの運動が直接測れることになります。わが国では、当時の郵政省電波研究所（情報通信研究機構の前身）が総力をあげて、NASA に負けない VLBI システムをつくりあげました。そして茨城県鹿嶋市にある直径 26 m のパラボラアンテナを用いて、1984 年に観測をはじめ、翌 1985 年には、鹿嶋局とハワイのカウアイ局の距離が、前年より数 cm 短くなっていることが見出されました（図 24-1）。

その他の地域の結果からも、プレート・テクトニクスの考えから予測されたのとほぼ同じ距離変化が得られ、こうして、宇宙技術を用いた新しい測地学が、地面が動くという動かぬ証拠(?)でプレート・テクトニクスの「仮説の時代」を終わらせたのです。

なお、日本で始めて測地 VLBI に用いられた電波研究所の電波望遠鏡は、国土地理院に移管されたあともさらに活躍し、2002 年に惜しまれつつ解体されました（図 24-3）。現在では、つくば市にある直径 32 m のパラボラアンテナをはじめ、大小さまざまな電波望遠鏡が VLBI 観測に活躍しています。（H）