

## 地球 中身を知る二つの方法

### テーマとの出会い

私の専門は地球物理である。天文台に在籍する今も天文学会に入っていないし天文学をやっている認識も希薄である。そんな私が天文台にいるのは、天文学を道具として地球物理学を研究しているからである。国立天文台は天文学およびその関連分野の研究を行う国の研究機関であるが、私をはじめ関連分野の研究者の多くは旧緯度観測所の流れをくむ岩手県の水沢キャンパスに棲息して天文学と地球物理学のはざまをうろろしている。地球科学の中で天文学の関連分野といえれば測地学であろう。測地学は地球の形、重力、自転運動、それらの変動、およびそれらを計測する技術を研究する学問である。測地計測には天文観測と見分けがつかないものも多い。天文学を道具として地球物理学を研究することは、測地的な手法で計測した結果を地球物理の目で解釈するということである。

大学院では岩石磁気学を武器としてアンデス山脈が折れ曲がったという研究で学位をとった。ポスドクとしてそのまま古地磁気学の世界で大陸が一億年間に何キロ動いたという研究をすることもできたのだが、郵政省電波研究所で開発の最終段階を迎えていた超長基線電波干渉計 (VLBI) のグループに加わり、こんどは大陸が一年間に何センチ動いたかを測ることになった。当時はプレートテクトニクスという新しい考え方のもとに固体地球科学の様々な分野が再編成され、それらが大筋で受け入れられて一段落した頃であった。院生の頃 A.Cox の *Plate Tectonics and Geomagnetic Reversals* の輪講に参加し、地表が数枚の硬い板に分かれて互いに動いているというその基本原理の単純な美しさに引かれ、また一見関係がなさそうな様々な観測事実からひとつの基本原理にたどりつく過程に大いに刺激された。この本に登場するような「痛快な」論文を書くのは研究者共通の夢であろう。

地球科学が重要な問題で壁にぶつかったとき天文学の助けでそれを乗り越えた例がいくつかある。かなり昔では地球の形 (ジオイド) を正確に求めるといふ基本的な問題で、天文学者が地球を周回する人工衛星の軌道のわずかな変化からみごとにこの問題を解き、地表を這って重力をひたすら測っていた当時の測地学者のお株を奪ったことがある。電波天文学者が宇宙のかなたからやってくる電波の源の構造を調べるために考案した超長基線電波干渉計 (VLBI: Very Long Baseline Interferometer) が、プレートテクトニクスの最後の課題、実際にプレートが動いているところを直接測ることを可能にした。また現代の基本測量や地殻ひずみの計測には空飛ぶ三角点こと人工衛星が欠かせないものとなっている。

## どんな研究分野か

天文学を道具とした地球物理学についても少し具体的に説明しよう。我々は宇宙測地技術と総称される一連の計測技術群を道具として用いる。VLBIはその代表的なものであるが、いろんな場所に置いた電波望遠鏡であなたの電波星からやってくる白色雑音電波を受信し、それを比較することによって電波望遠鏡どうしの相対位置、地球の姿勢、星の位置や構造に始まり、時計のずれやはたまた大気中の水蒸気量も求めることができるというスイスアーミーナイフ顔負けの装置である。したがってVLBIの研究者といってもある人は電波天文学者であり、別の人は精密測量技術者であり、望遠鏡の位置変化や地球のふらつきに興味のある地球物理学者もいる。でも外見上は彼らがやっている仕事は同じだったりするのがこの世界のユニークなところである。ひとつの精密計測技術を核として異なった専門の研究者がグループを形成するのはこの分野の特徴かもしれない。マイクロ波を用いた衛星測地法である全地球測位システム(GPS: Global Positioning System)の研究者コミュニティはこの世界で最大のものであるが、測地学者が今まで不要物として捨てていた大気水蒸気データを食べにきた気象学者の一大コロニーがその周囲に築かれつつある。

VLBI & GPS によって従来の地上測量では成し得ない精度の位置測定を地球規模で瞬時に行えるようになった。プレートテクトニクスの最後の課題であるプレートの動きの直接測定は一年であっけなく達成され、プレートは数百万年でみても数年でみても等しい速度でなめらかに動くこと、しかし境界の近くでは普段はじっとして時々「大騒ぎ」しながら(地震や噴火を伴いながら)あわてて動いたりすることが明らかになってきた。地震は地下の断層の両側の岩盤が突然くいちがうことによって溜まったひずみを解放する現象であり、そこで生じる弾性波動(地震波)を我々は感じるのである。しかしこのくいちがいが何かの原因でもゆっくりだった場合、地震波がほとんど出ず誰も気がつかないことがある。最近こういった「静かな地震(silent earthquake)」がGPSによって次々ととらえられ地震学へ波紋を広げている。

地球物理と天文の境界にある古典的な学問分野として地球回転変動や地球潮汐などの地球全体のダイナミクスの研究がある。地球が有限の大きさを持つため地球の各部分に働く太陽や月の引力は幾分異なる。この幾分異なった分は起潮力として地球全体を潮汐変形させる。変形の度合いや向きは太陽や月の運動に伴って周期的に変化する。また地球の自転運動は細かくみると様々に変動している。地球の赤道面は黄道面から二十数度傾いており、また自転の遠心力のため地球の赤道部分はややふくらんでいる。この二つの原因で先ほどの起潮力は地球の傾きをもとにもどす偶力として様々な周期で働く。その結果歳差・章動として地球の自転軸は空間中を複雑に動きまわる。

物体の中身がどうなっているかを知りたいときに我々はそれを軽く叩いて、生じる振動の具合から中身の状態を想像することがある。地球の場合これは地震波の伝わる速さや減衰から地球を構成する物質の性質を知ることが出来る。一方その物体を両側から引っ張って変形させたり揺さぶったりすると、叩いたときとまた別の情報が得られることが期待される(図1)。地球を引っ張ることが地球潮汐に相当し、地球を揺さぶることが歳差・章動に相当する。地球潮汐を最も高精度で観測できる装置は重力計や歪計、傾斜計などであり、地球の回転変動の観測の主役は先ほどの VLBI や GPS である。地球物理学では極めてまれなことだが起潮力は振幅や位相がかなり正確にわかっているため、それに対する地球の応答の大きさや時間おくれから地球全体の様々な力学的諸元が得られる。また天体内部の質量分布は、その周りを周回する衛星の軌道の微妙な乱れから推定することができる。幸い我々は地球に関してはかなり正確な知識を持つにいたっているが、将来地球型惑星や月などの中身を調べるときにはまずこのような手法でその天体の中身を知ることが重要になる。この学問分野は多分に古典的ではあるが、今後の人類の宇宙進出を考えるとその対象は無限に広がっているといえよう。

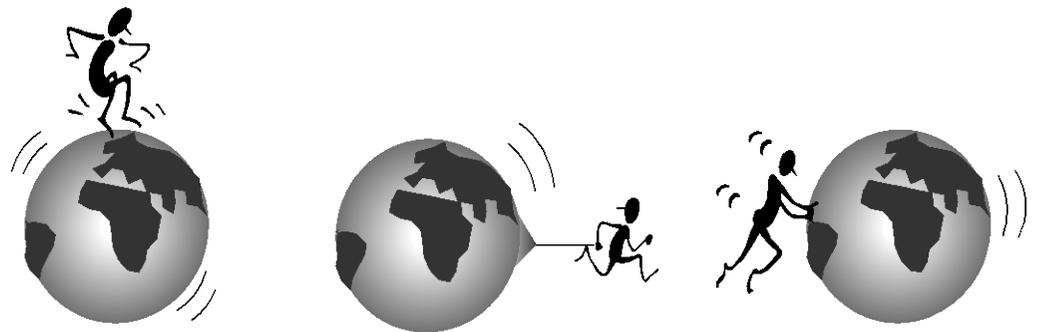


図1 力学的な手段で地球の中身を知るための三つの方法、左から地球を叩く(地震)、地球を引っ張る(地球潮汐)、地球を揺さぶる(章動)。

## どのように学ぶか

教育体制のせいかこういつた天文学と地球物理学のはざまに新たに迷い込んでくる学生は昔も今も多くない。大学の先生の影響力は大きいので、こと測地学のように研究者が国の試験研究機関に偏在しており大学でろくに教育されていない分野の新人獲得は不利なのである。そこで私をはじめとする（学問分野の広がりの方に）少数の研究者がこの分野のおいしいところを独占している。人手不足でデータの海におぼれかけているといった方が正直かもしれない。

天文学、地球物理学のいずれにも言えることだが、大学院の頃の専門にこだわってそのまま助手や助教授になってもずるずる同じ分野に居続ける例が多い。これでは「単能人間」ができてしまう。個々の人間の業績はピラミッドのようなものである。どこにピラミッドを建てるにせよ今まで人が届かなかった高さに到達するためには土台の部分の横への広がりが必要だ。その意味で若いうちから自分の専門を決めてそれに固執するほど馬鹿馬鹿しいことはない。慣れ親しんだ分野を捨てて新分野に飛び込むことには努力や覚悟が必要だし苦労も多いが、将来自分のピラミッドを高くするためにはぜひ必要なことである。もつともあまりにも関連のない分野に参入してもひとつながりの土台にならないので、将来を想像したそのあたりの見極めは重要かもしれない。ある学問分野の飛躍的発展はしばしば他分野から参入した研究者によつて成されるという。その道何十年の古参研究者と衝突して最初はこてんぱんにやられることもあるかもしれないが、しよせん単能人間の足許はもろい。臆さず色んなところへ軸足ごと移って道場やぶりに励もう。

### 著者略歴

日置 幸介 Heki, Kosuke

国立天文台地球回転研究系助教授。昭和三二年高知県中村市生まれ。東京大学大学院理学研究科博士課程修了。主要論文に “Silent fault slip following an interplate thrust earthquake at the Japan Trench”, Heki, K. et al., *Nature*, 386, 595-597 (1997) など。

困み記事 ——— 私に気になるキーワード 「月」

アポロ以来の月ブームである。米国のクレメンタインが十数年振りに月を訪れ、現在ルナー・プロスペクターが月周回中、わが国からルナーAやセレーネが数年以内に打ち上げ予定とにぎやかである。セレーネでは月面軟着陸も計画されている。月の平均密度は地球よりかなり小さい。地球のマントル部分を切り取って作ったかのである。月は地球の妹か他人か、それとも娘なのか？娘なら父親は誰？地球の伴侶である月の理解は地球の過去の理解につながる。サイズの小さな月は大昔に死んでしまったため、太陽系形成直後の様子がよく保存されているのだ。最新情報では小型ながら金属核もあるらしい。200X年、謎はすべて解けた・・・と言えるかな？