

天文シリーズ

科学者たちを悩ませた問題

地球の自転の証明

Proof of the Earth's rotation

姫路科学館 学芸・普及担当 寺北早希

現在、私たちは地球が自転していることを知っていますが、日常生活の中で地球の動きを感じられる機会はなかなかありません。地球の自転が明確に証明され、それが当たり前のこととなるには長い時間がかかりました。今回はその背景についてご紹介します。

■天動説から地動説へ

静止した地球が宇宙の中心にあって他のすべての天体が地球の周りを回る（天動説）のか、太陽が中心にあって地球は自転しながら他の惑星と同じく太陽の周りを回る（地動説）のかという議論は紀元前4世紀頃、古代ギリシャの時代からなされていました。2世紀頃になると、プトレマイオスが惑星の複雑な動きを円の組み合わせ（周転円）によって解決し、当時の天文学の集大成となる『アルmageスト』を出版して天動説の宇宙観を完成させます。天動説は聖書の記述と矛盾せず宗教側にも都合が良かったため、プトレマイオスが提唱したモデルは約1400年もの間、西洋の宇宙観の主流となっていました。

ところがコペルニクスがプトレマイオスのモデルの間違いに気付き1543年に『天球の回転について』を出版して地動説を提唱します。その後1728年にブラッドレーが光行差（図1）を、1838年にベッセルらが年周視差（図2）を発見して1年周期で恒星の見かけの位置がずれていることがわかり、地球は太陽の周りを回ることが証明されました。こうした観測結果によって科学者たちは地動説を信じるようになりましたが、地球が自転しているというはっきりとした証拠は見つかっていませんでした。

■難関な証明

望遠鏡で初めて天体を観測したガリレオは、1610年頃に木星の衛星や金星の満ち欠けを観測したことから地動説を支持していました。しかし、当時のローマカトリック教会は天動説に反する科学者たちを

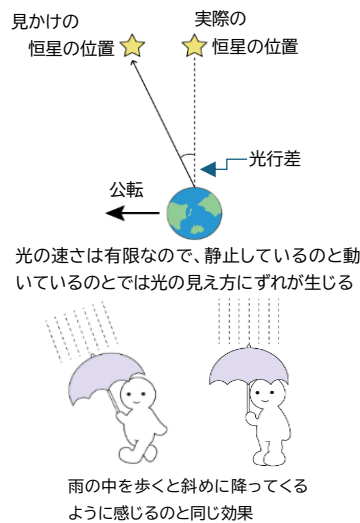


図1. 光行差

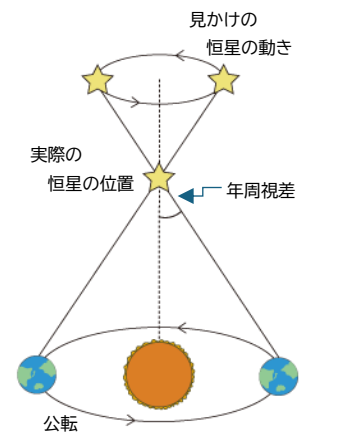


図2. 年周視差

弾圧していたので、ガリレオは1616年と1633年に宗教裁判にかけられてしまいます。同じ頃、デカルトが大砲の砲弾の落下の仕方によって地球の自転を証明できるのではないかと考えていました。職業軍人として戦闘に関わる中で、砲弾が北半球ではどの場所でも予測地点から東にそれることに気付いたからです。しかし、教会からの弾圧を恐れた彼は自分自身で実験して証明することはしませんでした。

その後、万有引力の法則を発見したニュートンも自身の理論に基づいて地動説を支持していました。1679年、ニュートンはロンドンの自然科学を研究する王立協会に手紙を送り「物体の落下を研究すれば落下地点が東にそれるので地球の自転の証拠となるはずだ」と提案します。ニュートン自身は実験をしませんでした。19世紀の初めにかけてたくさんの科学者たちが物体の落下実験を何度も行いました。しかし、人の手によって落下させたためか、できる限り注意を払っても落下地点がわずかに南にもそれてしまう等の明確な結果が得られなかったため、確実な自転の証拠となるものはありませんでした。

■フーコーの振り子

地球の自転を明確に証明することができたのは、1851年にパリで行われたフーコーの振り子の実験です。振り子が揺れ始めて時間が経つと、おもりの揺れ動く面（振動面）が徐々に変化していきます。振り子は常に同じ方向で一定に動いているはずなのに振動面が最初の位置からずれて見えるということは、地面が動いている、つまり地球が自転しているからに他なりません。この実験は科学者だけでなく一般の人々にもはっきりと目で見てわかる地球の自転の証明となりました。

単純で明快な実験ですが、振り子の形や重さに少しでも不完全な部分があると証明は成り立たなくなってしまいます。フーコーは、ねじれることのない鋼鉄製のワイヤーの先に真鍮製の^{しんちゅう}のおもりを取り付け、振り子の支点からどんな方向にでも揺り動かせる精密な装置を設計し製作しました。また、おもりを動かし始める際は人の手を使うと実験結果に支障が出る可能性があるため、振り子を壁に固定している毛糸を焼き切って振動を開始させるという手法をとりました。フーコーがこのような精密な装置を製作することができたのは彼自身の手先が器用だったことに加え、18世紀半ばから19世紀にかけて産業革命が起こり、科学技術と共に工学技術も進化を遂げていたことが理由としてあげられます。地球の自転の証明に至るまでには、さまざまな人々の研究の積み重ねがあったといえるでしょう。

■姫路科学館でフーコー振り子を見よう

姫路科学館の1階エントランスホールには、フーコーの振り子を再現したものを展示しています(写真1)。約107kgのおもりを3階の天井から約15.6mのワイヤーでつるしており、開館中は常に揺れ続けています。振り子の下には168本のピンが円形に立てられていて、時間経過によって振動面が移動して向かい合った2本のピンが倒れていく仕組みになっています。古代ギリシャの時代から人々を悩ませ、19世紀にようやく証明できた地球の自転の実験をぜひじっくりと観察してみてください。



写真1. 姫路科学館展示のフーコー振り子

<参考文献>

- ・アミール・D・アクゼル(2005)『フーコーの振り子 科学を勝利に導いた世紀の大実験』水谷淳訳, 早川書房
- ・二間瀬敏文, 中村俊宏(2016)『宇宙大発見—天文学46の重大事件』PHP 研究所
- ・「弘前大学 フーコー振り子」<http://www.st.hirosaki-u.ac.jp/~foucault/history.html> (2025.11.20)
- ・「国立天文台 暦wiki/アルマゲスト」<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/A5A2A5EBA5DEA5B2A5B9A5C8.html> (2025.11.7)
- ・「国立天文台 暦wiki/光行差」<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/B8F7B9D4BAB9.html> (2025.12.6)