

天文シリーズ

経度問題のもう一つの決着
クロノメーター
Chronometer

姫路科学館 学芸・普及担当 松岡友和

科学の眼 (No. 611)「グリニッジ王立天文台」では、天文台が設立された目的や、航海中の船の位置を表す“経度”をどのようにして求めてきたのか?という「経度問題」について紹介しました。今回は、同じ時期に、別のアプローチから経度問題の解決に取り組んだお話です。

■グリニッジ天文台と経度問題¹

15～17 世紀にかけての大航海時代、航海を安全に進めるために、海洋上で船の位置を正確に知る必要がありました。南北を表す緯度は、太陽や恒星（北極星）の観測によって求められることが昔から知られていました。しかし、基準となる場所からどれだけ東（または西）に移動したかを表す経度を、目印のない海上で知ることはとても難しいことでした。

1514 年、ヨハネス・ヴェルナー（Johannes Werner;1468-1522）は、月と恒星（または太陽）の角距離の測定から経度を算出することができる「月距法」^{げつきよほう}を提唱しました。ただ、当時の測定機器や天体カタログが正確ではなかったため、実現されるまでにはその後約 250 年もかかりました。

この月距法によって経度を算出するため、（1）恒星の正確なカタログと（2）月（や太陽・惑星）の運行表を作成することを目的に、1675 年、グリニッジ天文台が設立されました。

■時計を用いる方法¹

月距法とは別に、1530 年、ゲンマ・フリシウス（Gemma Frisius;1508-1555）は、正確な時計を利用することで経度を求めることができると提唱しました。出発地の時刻に合わせた時計を、旅の途中で止めることなく進め、現在地の時刻を太陽などの観測から知ることができれば、その時間の差（時差）によって経度が算出できると考えたのです。しかし、13 世紀のヨーロッパでは、機械式の時計（当時は錘が下がる力を動力として歯車を回すしくみ）が作られていましたがズレが大きく（精度は 50 秒に 1 秒の誤差²⁾）、この手法は 200 年以上も後になってようやく実現することになります。

■振り子時計の誕生^{1,3,4}

16 世紀になって、イタリアのガリレオ・ガリレイ（Galileo Galilei;1564-1642）が、「振り子の等時性（同じ長さの振り子がゆれる周期は、振り子の重さや振れ幅によらず一定）」を発見。その後、オランダのクリスティアーン・ホイヘンス（Christiaan Huygens;1629-1695）によって、1655～1659 年の間に、振り子の等時性を応用した機械式時計「振り子時計」が発明されました（精度は 5 分に 1 秒の誤差²⁾）。

ホイヘンスも、経度問題に関心を向け、時計製作技術を用いて船舶用の時計を製造し、1662～1687 年にかけて海上でテストを行いました。比較的良好な結果を得ることはできたものの、振り子を利用した時計のため、船の揺れや天候に左右されやすく時計の精度は限定的なものでした。

■クロノメーターの登場⁴

揺れる船の上でも使用でき、長い航海の間、温度や湿度などの変化があっても十分な精度を保つ精密時計「クロノメーター（マリンクロノメーターとも呼ばれる）」が開発されたのは、18 世紀になってからです。

1714 年、海上で正確に経度を測定する方法を開発したものに賞金を与える「経度法」が、イギリスで制定されました。その噂を聞いたイギリス北部ヨークシャー州生まれの時計職人ジョン・ハリソン（John Harrison；1693-1776）は、賞金の獲得を目指し、弟とともにクロノメーターの開発に取り組み、1735 年に初の航海用の精密時計「H 1」を完成させました。海上のテストで手ごたえをつかみ、その後も「H 2」、「H 3」と改良し、最終的にハリソンが 1759 年に製作したクロノメーター「H 4」（写真 1）は、イギリス南部のポーツマスから西インド諸島のバルバドス島まで 46 日間の航海で、誤差 39 秒という「経度法」による経度の測定精度を満たすものとなりました。この結果、経度委員会等による時計構造の公開などの要求を飲みながらも、ハリソンは賞金を手にすることになりました。構造が公開されたことにより、次第に一般の船乗りでも手に入る安価なクロノメーターも作られるようになりました。また、1821 年には、グリニッジ天文台はイギリス海軍が使用するクロノメーターの試験センターの役割を担うようになりました。

なお、ハリソンのクロノメーターは、今もグリニッジ天文台に展示され時を刻み続けています。



写真 1.
ハリソンのクロノメーター「H4」
© National Maritime Museum



写真 2.
グリニッジ天文台の報時球
（筆者撮影、2016 年）
ボールは、12 時 55 分に中間位置に
上がり、12 時 58 分に一番上へ。
そして、13 時ちょうどに落下する。

■グリニッジ標準時^{1,3}

グリニッジ天文台の屋根の上では、鉄柱に刺さった赤いボール（写真 2 中の矢印）が目を引きます。これは、ロンドンに停泊中の船舶や人々に時刻を告げるため、1833 年、第 6 代天文台長ジョン・ポンド（John Pond；1767-1836）が設置した報時球と呼ばれるもので、世界最古の公共時報信号の一つとされています。

19 世紀半ばまで、各地の人々は自分のいる場所の時刻（地方時）を使っていました。しかし、鉄道網等の発達によって移動範囲が広がり、時差が問題になりました。各地で使われていた時刻を調整する必要に迫られ、1884 年、国際子午線会議はグリニッジを本初子午線に定めるとともに、グリニッジ平均太陽時（Greenwich Mean Time；GMT）を基準とした各地方の標準時システムが採用されました。現在は、世界協定時（Universal Coordinated Time；UTC）という時刻システムが用いられていますが、グリニッジ天文台は、世界の経度の基準として、そして時間の基準としての標準時システムの基礎を築きました。

¹ デレク・ハウス、橋爪 若子（訳）。「グリニッジ・タイム：世界の時間の始点をめぐる物語」、東洋書林、2007

² セイコーミュージアム銀座 > 時計の歴史 <<https://museum.seiko.co.jp/history/>> （2025 年 9 月 27 日閲覧）

³ 国立天文台 暦計算室 > 暦 Wiki <<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/>> （2025 年 9 月 27 日閲覧）

⁴ 天文学辞典（日本天文学会） <<https://astro-dic.jp/>> （2025 年 9 月 27 日閲覧）

（参考）Royal Museums Greenwich > Royal Observatory <<https://www.rmg.co.uk/royal-observatory>> （2025 年 9 月 27 日閲覧）