



地文航法と天文航法

矢野, 吉治

(Citation)

海事博物館研究年報, 39:24-26

(Issue Date)

2011

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81005616>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81005616>



地文航法と天文航法

海事博物館 専門員 矢野 吉 治

海事博物館セミナーの第4日では「地文航法と天文航法」と題して、陸上物標を用いた海図上への位置決定や天体観測による位置決定の方法（六分儀の説明と高度観測の実演、天測暦と天文航法の計算、位置決定のための作図の具体例）などを実際の資料を基に解説しました。また、私がかつて航海士として乗船しました練習帆船海王丸（I）や汽船練習船青雲丸（I）の航海計画表や航跡図、世界港湾間距離表（World-wide Distance Chart）などをお示しして、沿岸域や外洋における具体的な航海の方法を概説し、余談として昨今、日本で話題になっている「領海」、「接続水域」、「排他的経済水域」や「公海」についてそれらの概要をお話しました。

ここでは船の航法について概説します。

《航海術》

航海術とは、海上において船をある地点から他の地点まで安全かつ時間的、距離的に効率よく移動させる技術です。その具体的な内容としては、

1. 地球上の船の位置を知る
2. 通過地点を含み、目的地点にむけて航海する方向（針路）を知る
3. 航海計画を立てて、航程（航走距離）と船の速力から所要時間や到着予定、途中地点の通過日時などを知る

ことです。ただし、国際航海の場合、時間に関しては寄港国あるいは通過各国の標準子午線や夏時間（日照有効利用時間）などを調査して加味する必要があります。

次に、船の航法につきましては次に示す方法があります。これらを単独、あるいは可能な限り併用してできるだけ正確な位置（船位）を推定しながら航海します。

【地文航法】

海図に記載された灯台や顕著な物標（山頂、島、岩など）の方位をジャイロコンパスや磁気コンパスを用いて測定し、海図上に方位線を記入

し、複数の方位線の交点を船位（船の位置）として推定します。これらを基に速力と航程（航走距離）、次の目的地（通過地点）や最終目的地への針路、残航程（目的地までの距離）などを求めます。

【天文航法】

陸岸からはるかに離れた外洋において、太陽や惑星、恒星や月など、天測暦に記載された天体の高度を六分儀により正確に観測し、天文計算の後、位置決定用図上に作図により船位を求めます。船の位置が求めれば前記同様の諸計算を行います。

【電波航法】

カーナビなどでおなじみの“GPS”：Global Positioning System（全地球測位システム）や“RADAR”：Radio Detection And Ranging（レーダー）、“LORAN”：Long Range Navigation（ロラン）など、電波と電子機器を利用して船位を求める航法で、天候や昼夜の別なく位置が求められます。

次に、大航海時代幕開けの引き金ともいえる、経度を知るために不可欠である時計（クロノメーター）の登場について、ジョン・ハリソン、ウィリアム・ハリソン父子の経度への執念、機械時計開発の経緯を概説してまとめとします。

ープロローグー

【緯度】Latitude：赤道を0度として、赤道と平行に地球を回る小円（南北の両極は緯度90度）

【経度】Longitude：極と極を結ぶ赤道に直角な大円＜子午線＞（経度0度から東西に180度まで）

※子午線：北の方向＝子“ね” 南の方向＝午“うま” →→→ 子午線：北と南を結ぶ線

今からわずか300年前の航海では、船が進んだ

方向と走った距離（航程）や日数が自分の位置を知るための唯一の手段でした。船の進む方向は羅針儀（磁気コンパス）により、また、船が進んだ距離は木片（Log）を海中に投じて目視により船の速さを直感したり、また、“ハンド・ログ”という装置を用いて知りました。船の速力を知る装置の総称を今でも“ログ（Log）”と呼びます。また、航海日誌のことを“Ship's Log Book”といいますが、これらはこの“Log”に由来します。ハンド・ログは扇型の抵抗板のついた、15m間隔に“結びこぶ”（Knot）のある細長いロープです。このロープを船の前進に伴って船尾付近から後方の海面にするすると伸ばします。砂時計による14秒（28秒）間にどれだけの長さのロープが繰り出されたかを知ることによって船が進む速さを知りました。この“結びこぶ”はそのときの船の速さを表し、たとえば“結びこぶ”が“4つ”であれば速力を“4 knots Sir!”と報告しました。船の速力の単位の語源です。1ノットは1時間に1.852キロメートルを進む速さです。地球の赤道から両極点までの子午線上の距離を1万キロメートルと設定しています。赤道から極点までの角度は90度あります。1度は60分ですので、赤道から極点までの角度は5,400分（90×60）になります。1万キロメートルを5,400分で割ると1.852キロメートルになります。すなわち、地球の中心角1分が地球表面の子午線上でなす距離が1.852キロメートルです。しかし、地球は赤道部分でやや膨らんだ回転楕円体ですので、低緯度と高緯度では同じ中心角1分でも地表上の距離が若干異なります。子午線1分の長さ＝1海里＝1マイル（mile）です。速力10ノットとは1時間に18.25キロメートル（1.852×10）を進む速さです。船や航空機のように自分の位置を緯度と経度で表す乗り物の速さの単位はノットです。アメリカなどで使用する陸上の1マイルは1.609メートルです。海と陸のマイルを区別するために、海ではNM（Nautical mile）、陸でLM（Land mile）と表現することもあります。

経度がわからない時代の航路はもっぱら緯度をたよりに決められました。同じ緯度（距等圏）を東西に航海し、ランドフォール（陸地の初認）したところで航海日誌の記録や記憶、あるいは先人の記述をたよりに沿岸航海に移り、目的に合致する場所を探し求めたようです。北半球では北極星

の水平線からの高度はおおよそ自分の緯度に相当します（北極点では北極星はほぼ真上に位置する＝北緯90度、実際には見えませんが赤道では北極星の高度は0度＝赤道）。初期の頃は角度を求めるために“直角器”という簡単な角度計を使用していましたが、洋上の揺れる船では観測と取扱いが困難でした。直角器はやがて船上で使い勝手のよい“八分儀”や“六分儀”へと進化します。

ジョン・ハリソン、ウィリアム・ハリソン父子の経度への執念

ー機械時計（クロノメーター）開発の経緯ー

クロノメーターとよばれる機械は、航海中の船で緯度と経度を知る際や測定器を校正するために天文学者などが使ってきた精巧な時計装置です。

1610年、イタリアのガリレオ・ガリレイは木星を回る4つの衛星（後のガリレオ衛星）の動きが正確な“時”を知る手がかりになると考えました。1660年、イタリアのジョバンニ・ドメニコ・カッシーニがガリレオ衛星の軌道周期を求めることでガリレオの考えを実証します。この業績によりカッシーニはパリ天文台の初代台長になっています。しかし、洋上の揺れる船は陸上と違って不安定であり、カッシーニの方法は使えませんでした。

1707年10月、濃霧の中、フランス軍との戦いを終えた4隻のイギリス戦艦がもうあと1日で帰国というところでイギリス沿岸シリー諸島の暗礁に座礁しました。司令官シャベル提督の乗艦するソリューション号に続き、他の3艦も次々と同じ運命をたどり、イギリス艦隊の主要戦力と多くの命が一夜にして失われるというイギリス海軍史上初の大惨事になりました。1707年末、この海難事故を契機にイギリス議会は『海でどのようにして経度を知るか』を解決した者に2万ポンドの賞金を与えることを決め、経度評議委員会を設立しました。あのアイザック・ニュートンもこの委員会のメンバーでした。当時、大工をしていたジョン・ハリソン（1693～1776）は幼い頃に教会の鐘撞き童子をしており、機械仕掛けの鐘の描く円運動やそのしぐみにたいへん興味を抱いていました。彼は“地球は1日＝24時間で360度回転（自転）し、1時間の時間差は経度15度に相当することから、大洋を航海中の船と出港した港との経度の違いは

出発地の時間を正確に示す時計があれば解決する”と考えました。船の上では気温や湿度、重力や加速度などが激しく変化します。このような条件下においても規則正しく正確に“時”を刻む経度測定用の時計の開発と挑戦がいよいよハリソンにより始まります。

揺れる船の上で振り子は正確な振れを保つことができません。船の揺れを解決するために振り子ではなく、互に対称に震動する2本のバネ付き棒テンプを採用した「H-1」がハリソンの手により完成しました。ハリソンは時計の誤差を検出するために、毎日3分56秒づつ早く昇ってくる恒星の運行を正確に観測して“時”の計測に利用しています。「H-1」の登場で経度評議委員会はポルトガルリスボンへのテスト航海をハリソンに命じました。この航海においてハリソンは時計を使って経度を求めることに成功しています。経度評議委員会から開発資金が与えられ直ちに「H-2」の製作に取りかかります。「H-2」では、これまでの振り子である「棒テンプ」から「丸テンプ」を採用しています。

「H-2」の開発から2年後、ハリソンは大型の丸テンプを改良し、さらに摩擦を減らすためにローラーベアリングを採用した、温度や湿度、摩擦や重力の影響を受けにくい「H-3」の製作に取りかかります。この頃、ネビル・マスケリンなどの天文学者は、月の運行から正確な“時”を知ることができると考え、月の観測と運行の解析が始まります。しかし、揺れる船上では月の観測自体がそもそも困難であり、1回の観測に伴う計算に約4時間を要しました。これでは観測位置から船が大きくずれてしまい、この方法は実用的でないことが判明します。

1753年、ハリソンは時計職人のジョン・ジェフリルに自らが設計した懐中時計を作らせますが、彼はこの試作機から「H-3」の小型化を確信します。これまでの機械仕掛けで大型の時計から小型の丸テンプにゼンマイを組み合わせた小型時計の開発が始まります。1759年には小型の木箱に入る大きさの「H-4」が完成し、経度評議委員会はイギリスのポーツマスからカリブ海のバルバドス島へのテスト航海を命じました。この航海では高齢のジョンに代わり息子のウィリアムが乗船しています。ポーツマスの正午に正確に時計を合わせて

「H-4」の入った箱を施錠、バルバドス島到着後にボートで陸揚げされた木箱を太陽の南中前に解錠して、バルバドスでの正午を観測しました。その結果、当時の時計は1日に約1分の誤差があるのが普通でしたが、「H-4」では46日間の航海にもかかわらずわずか30秒の誤差にとどまりました。「H-4」の正確さが立証された瞬間です。しかし、天文学者や聖職者により構成される経度評議委員会はハリソンが製作した「H-4」にはかなり批判的であり、ハリソン父子の功績がなかなか認められませんでした。その理由は、ニュートンたち天文学者や聖職者はハリソンのような一介の大工が製作した機械時計を信用しておらず、優秀な天文学者や科学者のみが正確な“時”を決めることができると考えていたからです。

1772年、ハリソン父子は「経度を知るための正確な時計」の開発と成功を認めてもらうために、当時のイギリス国王「ジョージ三世」に嘆願書を出します。やがて経度評議委員会は不本意ながらもハリソン父子の功績を認め、賞金2万ポンドをハリソン父子に授与しています。「H-4」の登場により時計は正確な“時”を刻み始め、温度や湿度がたえず変化し、かつ、動揺する船の上においても経度を正確に知ることができるようになりました。

1995年、地上16,000キロメートルに原子時計を搭載した24基の測位衛星を配置した“GPS”が完成しました。これにより、今では地球上のどこでも、天候や時間に関係なく、だれもが緯度と経度や地図上の現在地を簡単に知ることができるようになりました。