

静岡県の地形を利用して地球の大きさを測る研究（その 2）

磐田市立磐田第一中学校

3 年鈴木太洋

静岡大学附属島田中学校

1 年鈴木東児

1 動機

私たちの住んでいる磐田市は静岡県の西部に位置し遠州灘と天竜川に面しています。静岡県西部の地形の特徴は遠州灘の海岸線が、ほぼ東西に水平であること、天竜川がほぼ南北に流れていることです（図 1）。これらの地形の特徴を利用すれば地球の大きさを測ることができるかもしれないと考えました。磐田市を中心とした東西と南北の距離を自転車で測り、太陽と北極星の観測で地球の大きさを測ることに挑戦しました。

(図 1) 静岡県の地形の特徴



2 研究の方法

- (1) 自転車にサイクルコンピュータを取り付け、距離を測りました。
- (2) 水平器、方位磁針、電波時計、日時計をセットにした南中時刻測定装置を作りました。日時計の影の位置を 1 分ごとに記録しました。方位磁針の磁北を偏差で補正し、真北としました。（図 2）
- (3) この付近の緯度の測定に必要な 34 度から 36 度を拡大した 0.1 度まで測定できる半径 88 cm の分度器で緯度測定装置を作りました。（図 3）

(図 2)



測定場所に合わせた偏角

1分ごとに影の位置に印をつけました

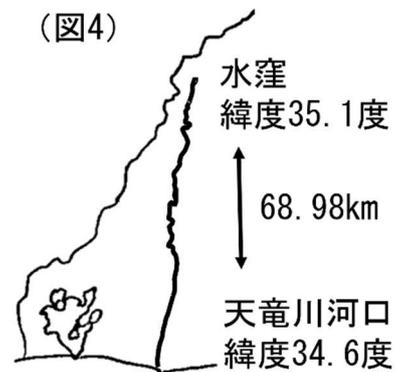
(図 3)



半径88cmの分度器では0.1度までは測定できます

3 緯度の差を用いて地球の大きさを測る研究①

天竜川はほぼ南北に流れています。経度の等しい2つの地点の緯度の差と距離を求めることができると考えました(図4)。天竜川の川沿いの道路を自転車で河口から水窪まで走り、距離を測りました。結果は68.98kmでした。水窪と天竜川河口の緯度を測りました。水窪の緯度は、35.1度 天竜川河口の緯度は34.6度でした。緯度の差は0.5度になります。地球の大きさを測定結果より計算すると地球の周囲の長さは49,666km地球の半径は7,909kmになります。誤差は24%でした。



天竜川は上流にいくほど蛇行しているのです、距離の誤差が大きくなりました。

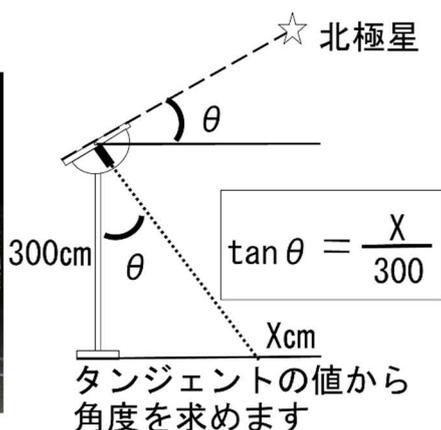
4 緯度の差を用いて地球の大きさを測る研究②

距離の誤差を減らすため比較的まっすぐな天竜川河口から二俣の飛龍大橋までの緯度の差を測ることを試みました(図5)。距離は23.6kmでした。距離が短くなったので北極星の角度をもっと正確に測らなければなりません。角度の測定には三角比を利用しました。直角三角形の底辺を300cmとし、分度器の中心から地面に下ろした垂線の位置から分度器の0度に取り付けたレーザーポインターの指し示した長さを高さとする直角三角形を考えます。タンジェントの値から関数電卓を用いて角度を求めました。



結果は二俣飛龍大橋では緯度 34.86度、天竜川河口では緯度 34.67度でした。緯度の差は0.19度となります(表1)。地球の周囲の長さは44,716 km、地球の半径は7,120kmとなりました。誤差は12%でした。

(図6)



(図7)



分度器の0度に取り付けたレーザーポインター

(表1)

測定場所	測定値	タンジェントの値	角度
天竜川河口付近 竜洋海洋公園駐車場	207.5cm	0.6916666666	34.67度
天竜二俣付近 飛龍大橋南の駐車場	209.0cm	0.6966666666	34.86度

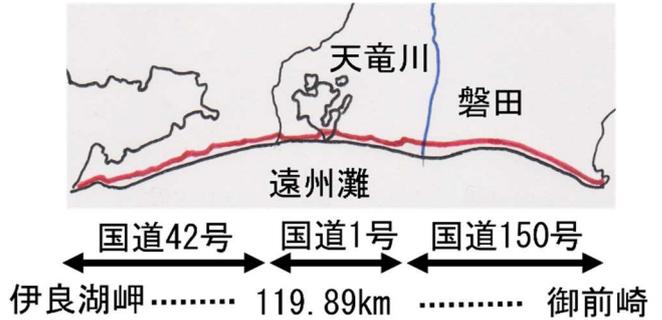
5 経度の差を用いて地球の大きさを測る研究

緯度の等しい2地点の経度の差と距離
 および緯度がわかれば地球の大きさを求
 めることができます。遠州灘の海岸線はほ
 ぼ緯度に水平で東西に長いので、緯度の等
 しい2つの地点の経度の差と距離を求め
 ることができると考えました。御前崎から
 伊良湖岬までの距離を測りました。

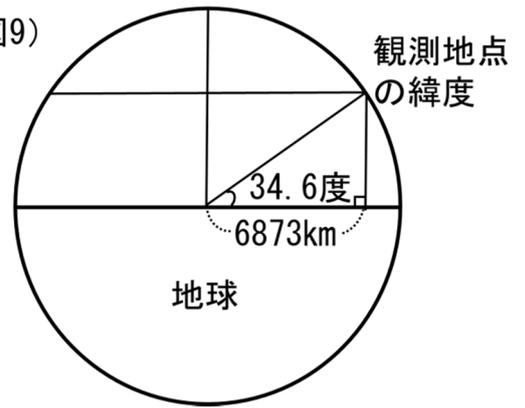
マリンパーク御前崎を出発し、国道150
 号線、国道1号線、国道42号線を通り、
 伊良湖岬駐車場まで自転車で走行し距離
 を測りました。距離は119.89kmでした。南中時刻は同じ場所でも毎日違うので同じ日に御前崎
 と伊良湖岬で測定しました。観測された南中時刻は、御前崎11時44分、伊良湖11時48分でし
 た。南中時刻の差は4分です。

御前崎から伊良湖岬までの緯度は天竜川河口の緯度と同じ34.6度として計算しました。この
 結果から北緯34.6度の地球の周囲は43,160km、半径は6,873kmとなります。緯度が高くなるほ
 ど周囲の長さは短くなるので、緯度を補正して赤道周囲の長さにします。底辺が6,873kmで角の
 大きさが34.6度の直角三角形を考えます。(図9) 地
 球の半径は斜辺に相当するので、赤道周囲は52,501
 km、半径は8,360kmになります。誤差は31%でした。
 御前崎から伊良湖岬までの地図上の直線距離との誤
 差は、8%でした。海岸線はやや弓なりになっていて、
 道路もまっすぐではないので距離が大きくなりました。
 地図上での御前崎と伊良湖の経度の差は1.2度な
 ので南中時刻の差は4分48秒のはずです。48秒の誤
 差があるので、南中時刻を秒単位で正確に測定するこ
 とができればさらに誤差を減らすことができると思
 われました。

(図8)



(図9)



6 南中時刻をより正確に測る研究

太陽と2組のスリットが一線になれば
 南中時刻をもっと正確に測定することが
 できると考えました。カッターの刃で2
 組のスリットを作り南中時刻測定装置を
 作製しました。測定装置を正確に南北に
 設置し光の見た時刻を測りました。

南中時刻の測定が正確にできるか検証
 しました。光が見え始めた時と消えた時
 の時刻の中間が南中時刻になると考え、

光が見え始めた時刻と消えた時刻を記録し南中時刻を算出することを試みました。国立天文台HP
 の暦計算での磐田市の自宅付近の南中時刻と比較しました(表2)。

(図10)



(表 2)

	8月19日	8月20日	8月21日
見えた時刻	11時48分50秒	11時48分10秒	11時49分05秒
消えた時刻	11時54分25秒	11時54分18秒	11時55分25秒
中間の時刻 (南中時刻)	11時51分07秒	11時51分14秒	11時52分15秒
暦計算の自宅の南中時刻	11時52分10秒	11時51分56秒	11時51分41秒
誤差	-1分3秒	-42秒	+34秒

1回目と2回目と3回目では見え始めの時刻、消えた時刻にかなりばらつきがあり南中時刻の誤差も大きかったです。この方法で南中時刻を算出することは難しいと思いました。

経度の差を求めることが目的なので、御前崎と伊良湖岬の光の見え始めの時刻を比較しました (図 11) (表 3)。

(表 3)

	御前崎	伊良湖
見え始めの時刻	11時51分55秒	11時54分00秒

御前崎と伊良湖の経度の差は1.2度なので南中時刻の差は4分48秒になるはずですが、測定した時刻の差は2分5秒となり、日時計での測定結果の4分よりも誤差が大きくなってしまいました。

この測定装置用いる方法では以下の問題点がありました。

- ・ 光が徐々に見え始めるので、観測者により見えた時刻の判断が異なる可能性がある。
- ・ 方位磁針で偏角を補正する真北では、精密な測定には誤差が生じる可能性がある。
- ・ 測定装置間に誤差がある。
- ・ 測定装置が水平に設置されていない可能性がある。

これらの問題点を解決し、さらに研究を進めていきたいと思います。

7 感想

GPS で正確な地球の大きさを測ることができますが、なるべく自分たちの力で地球の大きさを測ることに挑戦してきました。長い距離を自転車ですべて測定することも大変でしたが、星の観測や太陽の観測が天候に左右されることも大変でした。しかし、諦めずに測定を続けて地球の大きさを測ることができてよかったです。来年も今年の研究の問題点を改善し、さらに誤差を縮めるために研究を続けていきたいと思います。

(図11) 観測している様子

