

26T 自作の四分儀を用いて地球の円周を求める

メンバー 市川朔豊 丸山亮太 塚田耕大 土屋統子 藤田乃亜 宮澤花帆

長野工業高等専門学校
天文部

1. 概要

私たちは、自作した四分儀を使って北極星の高度観測を行い、観測地点の緯度を求めた。2地点での緯度観測によって得られた緯度差と、2地点間の子午線長から地球の円周を計算した。その結果、地球の円周を約30%の差で計算することができた。

2. 研究の背景

地球の円周について、過去には伊能忠敬らが緯度1度の距離を測ることで高い精度の計測をしている。緯度は北極星の高度であり、当時は北極星の高度を測るために四分儀を使った。我々はこれらの研究を参考に、自作の四分儀で地球の円周を100km単位まで求めることを目指した。四分儀の製作と観測が簡単に行うことができれば、多くの場所で多くの人がデータを収集することができるようになると思ったからだ。しかし、過去実際に使われた四分儀は木製であり、製作・持ち運びが難しい。また、100km単位まで求めるには0.1度の分解能を持つ分度器を使う必要があった。そこで我々は、より簡易的な四分儀で、高い精度の観測をすることを目標に本研究を行った。

測定と計算の方法

地球の円周を決めるには2地点の緯度差と子午線長が必要である。地球を完全な球体と考え、計測を行った。

(I) 四分儀を用いた測定

四分儀を用いて北極星の高度を測定した。観測地点の緯度は北極星の高度と等しいので、その高度の差から2地点の緯度差を求めた。今回は長野市の長野高専を測点1とし、そこから約50km南の塩尻市に測点2をおいた(図1^[1])。この2点間の距離が長いほど、求める地球の円周の正確性が増す。2点間の子午線長は、三角測量で測った距離を地球の曲率を考慮して補正することで求められる。しかし、我々学生の力のみで約50kmの直線距離を測ることは難しいので、今回はWEB上の国土地理院地図のデータ^[1]から求めた。



北極星の高度と緯度の関係図

図1 観測地点の概略図

(II) 計算

測定した値から、以下の式を用いて地球の円周を計算して求める。

$$D(\text{km}) = d(\text{km}) \times 360(\text{度}) / \Delta \phi(\text{度})$$

ここで、Dは地球の円周、 $\Delta \phi$ は2地点の緯度差、dは2点間の子午線長とする。

考察と今後の展望

観測のデータと近似曲線の差が0.05°程度と小さいことや、北極星の日周運動による高度の変化が観測できていることから、器械の測定精度は良いと考えられる。0.1度～0.2度の誤差が生じている原因として、器械の組立て精度が悪いことが挙げられる。この誤差により、計算した地球の円周の値が真値から大きく離れてしまうため、四分儀の据え付けや再現性について改善する必要がある。今後の展望として、器械の水平の合わせ方を見直し、観測の回数を増やすことで精度の向上を目指す。また、さらなる簡易さを追求する。

参考文献

1. 地理院地図 / GSI Maps | 国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp> (2025年1月8日閲覧)
2. 大阪市立科学館 研究報告 第30号 https://www.sci-museum.jp/wp-content/themes/scimuseum2021/pdf/study/research/2020/pb30_007-010.pdf (2025年1月8日閲覧)

測定器具の製作

四分儀の本体は持ち運びやすく軽い素材を使い、湿気で反らないよう合板にした。目盛は伊能忠敬の四分儀^[2]を参考に作図ソフトで描いたものを貼り付けた(図3)。

(I)材料：押出発泡ポリスチレンフォーム 900mm×900mm (5枚)、木材910mm×600mm・600mm×120mm、カメラL型ブラケット、ネジ、厚紙、輪ゴム、釣り糸、ステンレス直尺、おもり、木工用ボンド、タカハシ製ファインダー、カメラ用三脚

(II)使い方

- ①おもりをつるして測点に水平に設置し、望遠鏡をのぞいて北極星を視準する。
- ②視準した角度の目盛を読み取る。四分儀には1°毎にふられた主尺と、その1/10まで読む副尺があり、これにより0.01°まで読み取ることが可能である(図2)。



図2 1度毎に引かれた主尺の間の副尺(斜線)と定規の交点を読む(図の場合は21.25度)。



図3 製作した四分儀

観測結果と計算

制作した器具で北極星の高度を測定するが、その際北極星の日周運動による僅かな動きを考慮した。観測地点で数時間観測して高度の変化をグラフにおこし、正弦曲線で近似した。つまり、ばらつきのある観測データを整理して理論的な形に整えることで、誤差を滑らかにした。

2つのデータは異なる日時で観測を行ったので、その違いを補正する必要がある。北極星の正中が1日で4分早くなることを利用して、観測時刻の補正をした(図4)。子午線長dが57.09km、緯度差 $\Delta \phi$ が0.33°で、この値を2.の式に代入すると、地球の円周Dは62,300kmとなり、真値と大きく離れた値になった。

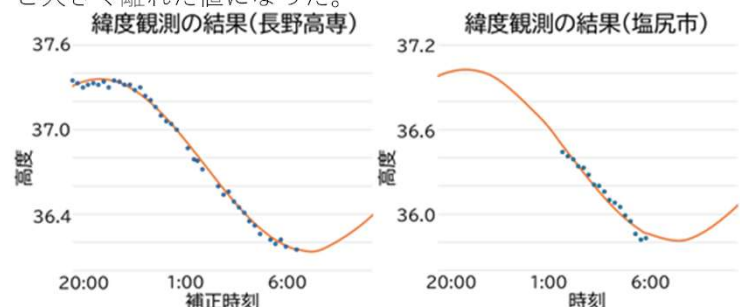


図4 二地点の緯度観測の結果(点群)とその近似曲線