

画像処理による月食時の地球の影の境界の抽出と月までの距離測定

国立長野高専天文部：

塩川 真帆 落 (高専3)、小池 萌絵、小林 蒼葉、宮川 夏美、萩原 杏彩 (高専2)

【独立行政法人 国立高等専門学校機構 長野工業高等専門学校】

要 旨

2021年11月19日の夕方、ほぼ皆既月食に近い部分月食が起きた。長野高専天文部では、この部分月食を撮影し、その画像から月までの距離を求めた。この過程で月縁・地球の影の境界を抽出するプログラムを開発した。

1. 月までの距離を作図で求める

焦点距離540mm (F=5.4) の望遠鏡にCanon EOS60Dで部分月食を撮影した。その画像を、図1のように、目視で地球の影の部分に沿うような円を描き、画像のピクセル数を測定して画像上での月と地球の影のサイズを測定した。月の画像サイズと地球の影の画像サイズの比は、44:117であった。また、望遠鏡の視野より、月の見かけの大きさは 0.494° であった。これらより、月の直径 R 、月までの距離 d は、次の式で求められる[1, 2]。

$$R = \frac{\text{地球の直径}}{1 + \frac{\text{地球の影の画像サイズ}}{\text{月の画像サイズ}}} = \frac{12742\text{km}}{1 + \frac{117 \pm 1}{44 \pm 1}} = (3.5 \pm 0.1) \times 10^3 \text{km}$$

$$d = \frac{R}{\text{月の見かけの大きさ}} = \frac{(3.5 \pm 0.1) \times 10^3 \text{km}}{(\pi/180) \times 0.494} = (4.0 \pm 0.1) \times 10^5 \text{km}$$



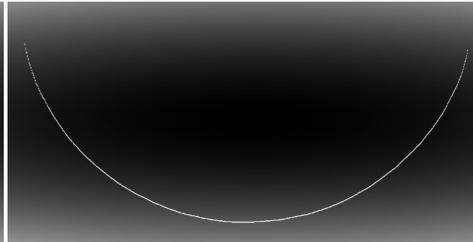
図1 地球の影を求める

2. 地球の影の明るさを調べる (二値化)

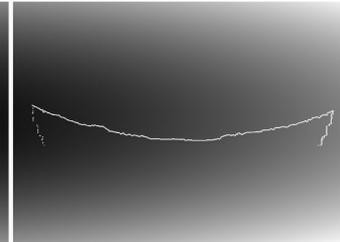
地球の影の中の明るさは、地球の大気の影響で緩やかに変化している。このため、上記の図1の作図法で月までの距離を測定するとき、地球の影の境界の位置の取り方で、月までの距離に大きな不定性が出てしまう。このため、月食の画像を二値化することで月の弧や地球の影の境界を任意に抽出するプログラムを作ることで、地球の影の様子を調べることにした。二値化とは、画像の輝度を閾値で分けて白と黒に変換する画像処理のことである。図2は、二値化した画像から、月の弧となる部分と地球の影の境界の弧となる部分の抽出した画像である。



図2 月食の二値化画像



月の弧の抽出



地球の影の境界の抽出

次に地球の影の境界の弧上の点を含む円を求めるプログラムを作り、地球の影の半径を求めた。ところが、このようにして求めた地球の影の半径は、1の作図で求めたものに比べて小さくなる傾向となった。この原因は、当初、二値化する閾値で地球の影の境界の位置が変わるためであると考えたが、それだけでは説明できないように見える。例えば、月に投影されている地球の影が、球体に投影されている影であるために、平面に投影されているより曲率が大きくなる効果などが考えられる。本発表ではこの効果による影響の有無などについても検討し紹介する。

3. 現状のまとめと展望

月食による月までの距離測定のために、二値化による月縁や地球の影の境界を抽出するプログラムを開発した。このプログラムの測定精度を確かめるため、最初に従来の手法で月の大きさと月までの距離を求めてみると、月までの距離は約40万kmとなった。ちなみに、国立天文台歴史計算室の月食予報による地心距離は40.54万kmである。しかし、二値化プログラムによる測定では、閾値の取り方により大きな(10%程度)誤差が生じることが分かった。そこで、逆に、この二値化プログラムを用いることで、地球の幾何的境界の影の位置付近の明るさ分布がどのように変化しているか調べる事ができると考えられる。特に地球の大気の影響を調べたい。本発表では、これまでの研究経緯を踏まえ、月までの距離測定の結果に加えて、地球大気と地球の幾何的境界付近の影の明るさなどの関係も明らかにしたい。謝辞：本研究に関して、天文部5年生の森山実先輩、間藤恵志先輩に多くの指導を受けました。

参考文献

[1] 千野貴彦ほか、長野高専天文部メンバー、「月食観測による月までの距離測定」、日本天文学会第3回ジュニアセッション予稿集 pp. 10-13(2001.10)

[2] 大西浩次、「月食観測による月までの距離測定」、Paofits研究会集録 (2007.12)

<https://paofits.nao.ac.jp/naoWS07/oonisi.pdf> (2022年1月25日閲覧)