インターネット望遠鏡を利用した月までの距離・月の２周期の算出

国立名古屋大学教育学部附属中学校　相対論・宇宙論プロジェクト
亀井　温那、田平　椎以奈、伊藤　佑里香、吉村　望（中２）

１　はじめに

本研究では、インターネット望遠鏡を使い、継続的に画角が一定の月の画像を得た。ニューヨーク市と横須賀市から月を同時観測することにより、地球の中心から月までの距離を求めた。また、月の視直径と満ち欠けの度合いを数値化することにより、月の近点月と朔望月を求めた。

２　地球の中心から月までの距離を求める方法

２つの観測地点(本研究では、ニューヨーク市と横須賀市)による天体の見える方角の違いを視差という。同時観測の保存画面に表示されている赤道座標系を角度の単位[rad]に変換することで同時観測での月の視差を計算する。赤道座標系は天球上の天体の位置を角度で表すが、ある半径の天球を考えることにより天球上の直角三角形の三平方の定理を適用する。

$$\delta = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

ここで、δは月の視差、αは赤緯方向の視差、βは赤経方向の視差である。視差は月から地球を見た時の２つの観測地点が見える方向の角度の差と等しくなる。このことから、図１の二等辺三角形を考えることにより、地球の中心から月までの距離を求めることができる。

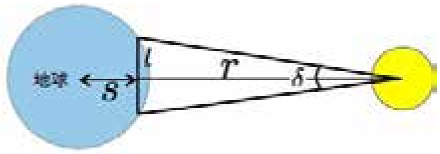


図１「視差と観測地点の関係」

この図１で、l は観測地点の地球を貫通した直線距離、s は地球の中心から l におろした垂線の長さ、r は月の中心から l におろした垂線の長さである。$\delta \ll 1$を用いると、

$$\mathrm{r} = \frac{l}{\delta}$$

となる。

３　２周期算出の理論

本研究では、近点月と朔望月の２周期を計算する。近点月を求めるには、月の視直径の変化を考える。画角が一定の月の画像を Keynote を用いて、月の視直径を測り、PC 上に保存する。朔望月を求めるには、月の満ち欠けの進度を数値化する必要があるため、輝面比を考える。月の輝いて見える部分の面積は、明暗境界線がほぼ大円と考えられるため、斜めから見た明暗境界線は楕円に見えることを利用し、半円の面積と楕円の半分の面積の和や差で求める。地球と月と太陽が成す角（位相角とする）をθとすると

$$\mathrm{q} = \mathrm{p}\cos\theta$$

と書くことができる（図２）。

楕円の面積の公式を用いて、

$$S_1 = \frac{1}{2}\pi p^2 \cos\theta$$

これより、

$$輝面比 = \frac{1}{2}(1 \pm \cos\theta)$$

となる。

また、三日月のように輝面比が 0.5 を下回る場合には±がマイナスに、輝面比が 0.5 を上回る場合には±がプラスになる。

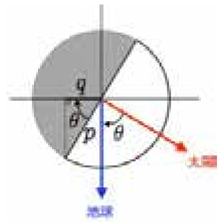


図２「月を上から見た図」

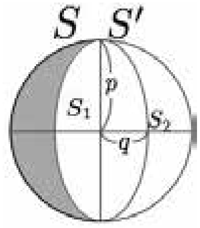
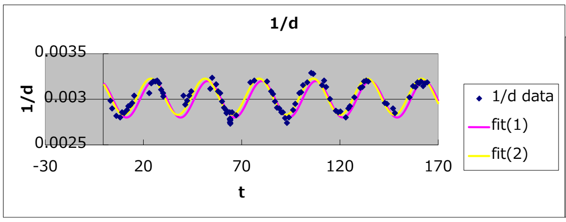


図３「輝面比の考え方」

４　結果・解析

2015 年 11 月 24 日 17 時 04 分のデータから月までの距離を求めると、384900[km] となった。 理科年表の値は約 384400[km]だったので、かなり良い精度で月までの距離を求められた。

2015 年 7 月 29 日から 2016 年１月６日にニューヨーク市で観測した月の視直径・輝面比の変化の様子をそれぞれグラフにした（図４、図５）



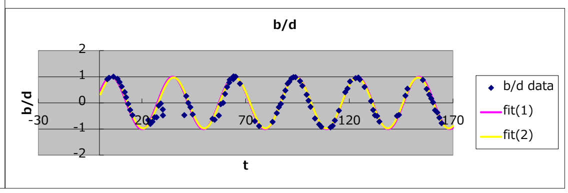


図４「月の見かけの大きさの変化」　　　　図５「輝面比の変化」

これらの点の傾向を表す正弦曲線を最小２乗法で求めると、近点月は 27.6 日、朔望月は 29.7 日と算出できた。理科年表の値は、近点月は 27.6 日、朔望月は 29.5 日だったので、かなり良い精度で２周期を求められた。また、月の公転軌道の離心率 ε を計算すると $\varepsilon=0.0667$ となり、理科年表の値 0.0549 に比べて大きかった。

満月の時の視直径や、月が輝いている部分を目視では決定することができなかったため、離心率では良い値が得られなかったと考える。近点月と朔望月が約 2 日ずれているのは、月が地球の周りを一周する間に地球が太陽の周りを約 30°　公転するため、月と太陽の位置関係が変化しているからであると考えた。

５　謝辞

本研究を進めるにあたり、解析方法などをご指導くださった慶應義塾大学名誉教授の表實先生に厚く御礼申し上げます。

６　参考文献

[1]　理科年表　2015 地学「月」