

惑星の観測Ⅱ

中等教育教員養成課程 理科専攻
金光研究室 282336 與座幹人

1. はじめに

私たちが住む地球を含む太陽系の惑星は長年の観測の積み重ねによって発見されてきた。その中でも、水星・金星・火星・木星・土星は明るい星でありかなり古くから知られていた。1600年代にコペルニクスの地動説が受け入れられるようになってからは地球も惑星とみなされるようになった。1781年にイギリスのハーシェルは自作の望遠鏡を用いて日々観測する中で、土星の外側を回る天王星を発見し、1864年にフランスのルベリエとイギリスのアダムス、ドイツの天文学者ガレの観測により、海王星が発見された。このようにして望遠鏡の観測を行っていく中で太陽系の惑星は発見されてきた。

本研究では、本学の Web カメラと 4K 映像が撮影可能なデジタルビデオカメラで観測した土星と木星を画像処理することによって、本学での 8 月から 11 月にかけての土星と木星の観測成果を解析する。

惑星の観測について、大澤(2011)、安高(2012)、秋吉(2013)、福之上(2016)、柳田(2017)、山下(2018)が先行研究を行っている。これまでの研究によって画像処理の方法はほぼ確立しているが、今回はビデオカメラを用いての 4K 撮影を行うことにより機材の変化による観測結果の違いについて観察することを目的とする。また、7 月から 11 月にかけて観測を行ったため、時期の変化による観測条件の変化についても重ねて観察を行う。

2. 序論

2-1 天体観測について

天体観測とは、天体そのものだけではなくその動きの変化などを観測することである。ひとくくりに天体観測といっても、明るい天体を肉眼で観測するものから、双眼鏡や小さな望遠鏡を用いて観測するもの、電波望遠鏡などの特殊な機器を用いて観測するものまでさまざまである。

2-2 木星について

木星は太陽系の中で一番大きな惑星であり、太陽と同じ水素とヘリウムガスからなる密度の小さい惑星である。太陽からの距離は 5.2AU で半径は 71492 km と地球の 11.2 倍、質量は 1.9×10^{27} kg と地球の 318 倍となっている。木星の内部の構造に関しては探査機による慣性モーメントの観測などから、中心には地球質量の 10 倍程度の鉄や岩石からなるコアが存在していると考えられている。しかし、木星は表面を分厚いガスに覆われているため非常に高圧であり、深部まで探査機を送ることが困難なため、木星内部の温度や圧力の状態についてはまだよくわかっていない。木星は表面をガスで覆われているため緯度によって自転周期が異なっており、表面の様子は縞模様になって見え、赤道と平行な模様が多くみられる。

2-3 大赤斑について

木星の大きな特徴の一つとして巨大なガスの嵐である「大赤斑」があげられる。大赤斑は、直径 2.4~4km、短径 1.2~1.4 万 km あり、地球が 2~3 個入るほどの大きさを持ち「高気圧性の渦」だと考えられている。大赤斑は時々刻々とその形状が変化していることはわかっているが、少なくとも 350 年以上消えずに存在し続けている。最初に木星の大赤斑を望遠鏡で観測したのは、イタリアの天文学者のカッシーニといわれている。大赤斑の大きさは年を経るごとに少しずつ小さくなっている。

2-4 土星について

土星は太陽からの距離が 9.6AU、半径は 6026km と地球の 9.4 倍、質量は 5.7×10^26 と地球の 95 倍ある巨大な惑星である。木星と同じく水素とヘリウムガスからなる惑星であり太陽系の中では最も密度の小さい惑星として知られている。土星の最大の特徴は明確に観測できる環を持っているという点である。土星の環は薄い円盤のような構造に見えるが、実際には数 cm サイズの氷と地理の粒子が集まって構成されたものだと考えられている。土星に非常に近い位置では土星の潮汐力が天体の自己重力よりも大きくなるため破壊が卓越し、天体が細かいサイズの粒子にまで砕けていく。この作用によって細くなった粒子が集まったものが土星の環として見えている。土星の環には小望遠鏡でも観測可能な間隙があり、カッシーニの間隙と呼ばれている。

○望遠鏡

| 望遠鏡 | メーカー | 口径 | 焦点距離 |
|---------------------------------|------|--------|----------------|
| カセグレン反射望遠鏡 (自然科学棟に設置されているもの) | 三鷹光器 | 400 mm | 5200 mm F13 |

○観測装置

| カメラ | メーカー | 録画画質 |
|------------|----------|--------------|
| Web カメラ | Lumenera | 640×480pix |
| デジタルビデオカメラ | Sony | 4992×3328pix |

○画像処理ソフト

| ソフト名 | メーカー | 用途・特徴 |
|----------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Filmora9 | フリーソフト | 動画編集ソフトウェア MP4 ファイルを AVI ファイルに変換 |
| AutoStakkert!2 | フリーソフト Emil Kraaikamp 氏他 | 天体画像処理ソフトウェア スタック処理に特徴がある |
| RegiStax6 | フリーソフト Cor Verrevoets 氏他 | 天体画像処理ソフトウェア ウェーブレット処理に特徴がある |
| StellaImage8 | AstriArts | 天体画像処理ソフトウェア 画像復元処理に特徴がある |

3. 観測方法について

Web カメラを用いての観測については、本学に設置されているカセグレン反射望遠鏡の接眼レンズを取り外し、Web カメラを取り付けて撮影を行う。Web カメラはケーブルを通じてパソコンに接続し画像の状態を確認しつつ撮影をする。撮影は一回につき約 1000 フレーム(約 2 分間)撮影した。

デジタルビデオカメラを用いての観測に関しては、本学のカセグレン反射式望遠鏡の接眼レンズにデジタルビデオカメラのレンズを密着させ、手で押さえながら撮影する。カメラのズーム機能を用いて、木星の縞模様や、土星の環がはっきりと映る倍率で撮影を行う。観測したデータはパソコンに保存したのち、フリーソフトの Filmora9 を用いて mp4 の形式から avi の形式に変換して画像処理に用いる。

○ 観測データについて

以下には Web カメラで観測した日付を記す。ビデオカメラについても同じ撮影日の同じ時間帯に行った。

| 観測天体 | 使用カメラ | 観測開始時刻 | 撮影時間 |
|-------|---------|------------------------------|---------------|
| 木星・土星 | Web カメラ | 2019/07/30 20:32:36~20:55:30 | 134~143 秒,6 枚 |

| | | | | |
|-------|---------|------------|-------------------|----------------|
| 木星・土星 | Web カメラ | 2019/08/01 | 20:21:00~20:47:36 | 133~137 秒,6 枚 |
| 木星・土星 | Web カメラ | 2019/10/03 | 19:05:56~19:43:54 | 76~176 秒,6 枚 |
| 木星・土星 | Web カメラ | 2019/10/10 | 18:52:18~19:21:38 | 132~138 秒,10 枚 |
| 土星 | Web カメラ | 2019/10/15 | 19:19:40~19:28:44 | 132~146 秒,4 枚 |
| 木星・土星 | Web カメラ | 2019/10/21 | 18:23:06~18:53:46 | 131~153 秒,7 枚 |
| 木星・土星 | Web カメラ | 2019/11/05 | 18:20:06~18:43:12 | 130~148 秒,6 枚 |
| 木星・土星 | Web カメラ | 2019/11/07 | 18:28:56~18:36:16 | 132~177 秒,12 枚 |

4. 画像処理

①スタック処理

今回は先行研究に倣い「AutoStakkert!2」を使用。

「OPEN」ボタンからスタック処理を行う動画ファイルを選択し、「Analyze」ボタンを押すことで動画フレームの分析が行われ、品質が良好な順にフレームを並び替える。次に、動画を重ね合わせる際の重心となるアライメントポイント(以下 AP)を設定する。シーイングが悪い場合は AP サイズを大きく設定する。ビデオカメラで撮影した動画に関しては、フリーソフトの関係で AP が非常に多くなってしまったため手動で AP を配置した。Web カメラで撮影した動画に関しては、「Place Aps in Grid」ボタンを用いて自動で設定した。AP を設定した後は、「Stack」ボタンで画像の重ね合わせを行い、スタック処理は完了である。

②ウェーブレット処理

「Registax6」を使用。スタック画像を読み込み、画像を模様の子かさごとの成分に分け、それぞれに対して強調処理を行うことで画質を向上させる。今回は、レイヤーの値を変化させ強調する模様の子かさを変化させ、明るさやコントラストも変化させた。

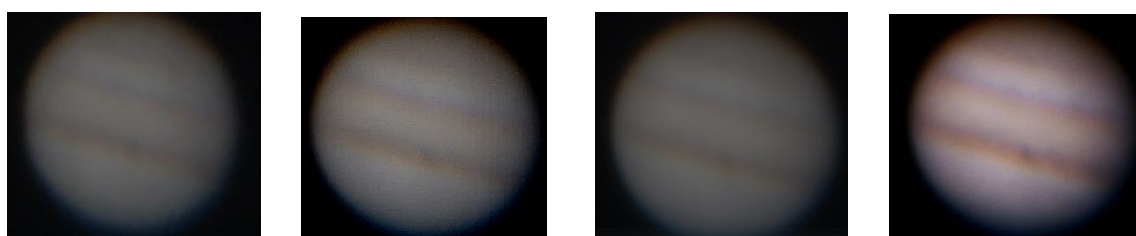
③画像復元処理

「StellaImage8」を使用。画像復元とは、シーイングの悪さや光学系の不具合なぼやけの原因がわかっている場合、推定によってある程度ぼやける前の本来の像近くまで復元する処理のことである。日本のようにシーイングの悪い場所での観測では不可欠な処理である。

5. 観測結果

画像処理したものは以下の通りである。ここでは、処理した画像のうち 4K ビデオカメラで撮影した木星、Web カメラで撮影した土星の 2 枚を示す。

2019/10/03 18:52



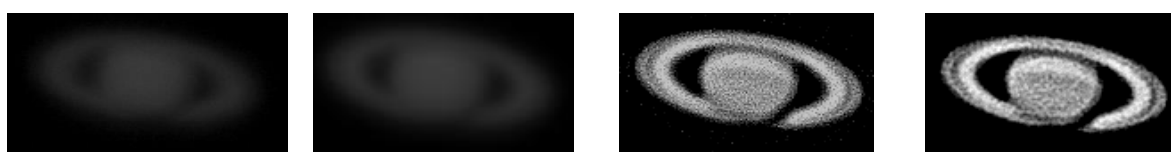
未処理

スタック後

ウェーブレット変換後

画像復元後

2019/10/10 19:15



未処理

スタック後

ウェーブレット変換後

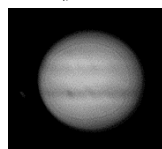
画像復元後

6. 考察

6-1 4K ビデオカメラと Web カメラの比較

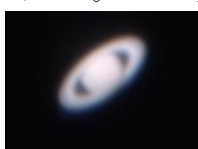


ビデオカメラ



Webカメラ

同じ観測日(2019/10/03)に撮影された木星の画像を比較すると、ビデオカメラを用いて撮影した画像の方が色の違いによって、特徴的な縞模様や渦のような模様が判別しやすくなった。しかし、どちらのカメラを用いた場合でも大赤斑を確認することができた。また、木星の特徴である縞模様に関してもどちらのカメラを用いても確認することができた。よって、木星に関しては特徴的な縞模様を確認する目的であれば、どちらのカメラでも観測は可能であった。しかし、ビデオカメラで撮影したほうが、より鮮明な画像を得ることができた。



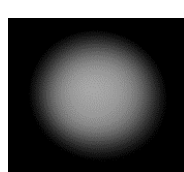
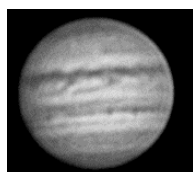
ビデオカメラ



Webカメラ

同じ観測日(2019/7/30)に撮影した土星の画像について比較すると、Webカメラで撮影した画像の方がカッシーニの間隙がより明瞭に確認することができた。これはビデオカメラで撮影した場合、手持ちで撮影したことによる動画のブレが原因であると考えられる。今回は、撮影した動画のうちブレが少ない部分を切り取って使用したが、スタック処理の際に画像を重ね合わせたためであると考えられる。また、ビデオカメラでズームして土星を撮影した場合はより画像が暗くなってしまい、画像を鮮明にすることが難しかった。よって、土星の撮影に関してはWebカメラの方が適していると考えられる。ビデオカメラとWebカメラでは観測する惑星によってそれぞれ特徴があったが、ビデオカメラは、動画内でのブレが大きかった点と、動画の形式の変換やブレの少ない部分を切り取る作業があるという点で手順が複雑であった。

6-2 時期による画像の変化



7月30日にWebカメラで撮影した画像と11月21日に撮影した画像を比較すると11月21日に撮影した画像は7月30日に撮影した画像と比較して画像が鮮明ではなく、縞模様も観察できなかった。これは、木星の高度が時期によって変化しているためだと考えられる。11月は7月と比べ木星の高度が低くなり大気の揺らぎの影響を多く受けてしまう。よって、今回のような画像の差が出てしまったと考えられる。

7. 今後の課題

今回の研究では、ビデオカメラで撮影した動画のブレによって得られた結果に、Webカメラで撮影した画像との違いが生じてしまった。そのため、ビデオカメラを用いる際には、観測した天体にピントを合わせた後カメラを固定するなど、ブレを抑える工夫が必要である。ビデオカメラとWebカメラの大きな違いは、動画に色がついているかどうかという部分にあると考えられる。よって、今後は今までの画像処理の手順を踏まえながらもビデオカメラで撮影した画像に関しては色の調整をしていく必要がある。具体的には、「Registax6」や「StellaImage8」では色のバランスを変化させることができるのでそれらの機能を用いることでより鮮明な画像を得ることができると考えられる。また、観測時期に関しては、10月、11月には天気が悪く観測が行うことができない日が多くあったので、観察する惑星の高度が低くなる前に観測日を設定しておく必要がある。