

掩蔽観測報告

1. 現象 小惑星 451 Patientia による恒星 GSC5631.932 の掩蔽

2. 観測者名 中村宏次郎 (Nakamura Kojiro)

3. 観測地 埼玉県越谷市蒲生

北緯 35 度 51 分 58.5 秒

東経 139 度 48' 26.8 秒, 標高 16m 国土地理院電子地図、WGS84

4. 観測日時

2020 年 5 月 2 日 13 時 47 分 00.5 秒 ~ 13 時 53 分 00.5 秒 (UT)

5. 観測機器

光学系: D = 130mm f1 = 650mm F5 ニュートン式反射望遠鏡 直焦点

カメラ: ZWO ASI224MC + Y2 フィルター (感光波長域: 470nm ~ 1000nm)

補足観測 D = 50mm f1 = 400mm F8 屈折望遠鏡 直焦点 / カメラ: QHY5LII-M

(補足観測 / 諸設定省略、EXP = 248ms 3fps Timestamp ON SharpCap 3.2)

6. 観測方法

望遠鏡の直焦点像を動画撮影: ファイル形式 AVI 形式

撮影諸設定 (主要要素) キャプチャソフト: SharpCap 3.2

EXP = 33.3ms (30fps) Gain = 600 Brightness = 240 Timestamp = ON

White Bal: B = 95 R = 95 (Temperature = 25.8) データ処理ソフト: Imovie、ステライメージ 8

観測校正: 時刻は Timestamp と GPS のズレを観測後に測定 (5 分間)

シンチレーション、薄雲は、同一視野内の恒星の明るさを測定することで確認。(観測後)

7. 気象状況

晴れ 薄雲有り、透明度が悪く裸眼で 2 等星が見えない。微風。シーイング中程度。

8. 現象分類

概要: 掩蔽前から小惑星の接近を確認。掩蔽は少し減光した後、小惑星の明るさまで低下、再び少し増光の後、元の明るさに復元。ここで便宜上、以下のように各段階を分ける。

表 1

Stage 1	掩蔽前後の明るさのレベル状態	
Stage 2	1 段暗くなった状態	Stage 1 ~ 2 の間に第 1 接触
Stage 3	最も暗くなった状態	Stage 3 の前後で第 2 ~ 第 5 接触
Stage 4	1 段明るくなった状態	Stage 4 の後端で第 6 接触
Stage 5	Stage 1 と同レベルのため以下省略	

9. 接触時刻

第 1 接触 ~ 第 6 接触の時刻。時刻は、回帰直線と平均値との交点を接触時刻としてグラフから読取った。誤差範囲は平均値 ± 1 との交点を読取った。各時刻は表 2、各 Stage の継続時間は表 3 の通り。

表 2

現象	時刻 UT	-1	+2
第 1 接触	13h50m00.028s	-0.037s	+0.086s
第 2 接触	13h50m11.860s	-0.350s	+0.345s
第 3 接触	13h50m12.495s	-0.280s	+0.283s
第 4 接触	13h50m20.521s	-0.035s	+0.035s
第 5 接触	13h50m20.588s	-0.043s	+0.042s
第 6 接触	13h50m31.661s	-0.020s	+0.028s

表 3

各 Stage の継続時間

Stage	中心継続時間	最大継続時間	最小継続時間
Stage 1			
Stage 2	11.832 s	12.547 s	11.396 s
Stage 3	8.026 s	8.341 s	7.708 s
Stage 4	11.073 s	11.144 s	11.011 s

接触時刻についての補足

概要 映像全域でノイズが大きく 1 が大きい。そのため各 Stage 間での誤差範囲の重複が起きている。

第 1 接触：一気に減光している点の前後合わせて 4 個のデータを使用、変化勾配が大きい。

第 2 接触：この部分は Stage 2 から Stage 3 へ変化し始める所で、変化勾配が小さい上、誤差範囲も広いいため減光開始の誤差も広がっている。

第 3 接触：Stage 3 へ着底（完全掩蔽状態）する部分で、1 の範囲が Stage 2 のそれと重複している。特に撮像限界に近いので、ノイズが大きくそれが誤差の大きさに影響している。

第 4 接触：Stage 3 の小惑星の明るさレベルから離れて増光開始する部分で、立ち上がりの変化勾配がやや大きいいため、その分誤差が小さくなっている。

第 5 接触：Stage 4 へ上がる部分で、第 4 接触同様の理由で誤差は小さくなっている。

第 6 接触：元の明るさに完全に戻る部分だが、ノイズと共に増光するため接触点を見つけにくい。

広い範囲を計算すると非常に勾配が小さくなり、現実的ではない時刻になってしまう。

グラフを良く見ると、Stage 4 の - 1 以下から Stage 5 (= Stage 1) の +1 を超える値まで 5 ポイントの観測値で直線的に変化している部分があり、この範囲を計算して第 6 接触の時刻とした。

明るさの変化

明るさの変化は 2 通りの方法で求めた。一つは limovie の測定値から計算で求めたもの。もう一つは撮影画像の最小限の画像処理から求めた各 Stage の明るさをステライメージにて測定した。どちらも注意すべき点があり、直接一致させることはできない。

10 . 光度測定ソフト limovie による測定値から求めた相対的明るさの変化

相対的明るさの測定は、1 の小さい Stage 1 を基準に各平均値をもって評価した。

表 4

モニター星は同一視野内に
写っている恒星 GSC5631.1511
6.9 等級について掩蔽前後の合計
2200 Frame について計算した。

区分	平均値	1	平均値	1
Stage 1	928.554	203.645	100.00%	21.93%
Stage 2	672.571	194.550	72.43%	28.93%
Stage 3	314.194	158.249	33.84%	50.37%
Stage 4	615.691	191.526	66.31%	31.11%
モニター星	6225.734	951.026	—	15.28%

特徴的なのは、Stage 2 と Stage 4 のレベルが違うこと。これは対象星が二重星の場合の 2 つの星の明るさの違いを表している可能性がある。計算に用いたサンプルは、継続時間の短い Stage 3 に合わせて Stage 2 と Stage 4 とともに 220 Frame、Stage 1 は食前後について別々に計算したが、平均値の違いが 1 %程度であったため、前後合わせて 880 Frame について計算した。明るさの比較は基準を Stage 1 にした。

11 . 撮影画像から明るさ測定

測定画像は動画ファイルのため、各 Stage 毎にコンポジット処理をした後、ダークフレーム減算をして画像の明るさを調整して測定用画像とした。明るさ測定に影響する可能性のある処理は行っていない。

留意する点は、カメラの分光感度特性で、Y2 フィルターで青色はカットしたが、近赤外にも感度があり、カメラの撮像素子の RGB 部分すべてが感光する。特に 850nm 以上 1000nm を超える範囲までは RGB 共に同じレベルの感度を持っている。このことから、赤外域で明るい星はより明るく評価されてしまうと思われる。明るさ測定は、既知の星を基準にするが、カタログ毎に星の等級表示が違っている。

測定用画像の見た目の明るさと星図の表示等級には明らかに違和感があり、基準にするカタログ毎に違う結果にもなる。そこで、逆に測定対象を基準にすることにした。掩蔽後に撮影した画像のうち5回分の画像から掩蔽される星と小惑星の明るさを基準に同一視野内の星の明るさを5回測定、平均値を計算し、これを掩蔽現象中の明るさ測定の基準とする。

表 6

2020年5月2日 14h00m UT 基準

原初基準

天体	等級	備考
GSC5631.932	11.13	カタログ値
451 Patientia	11.7	予測値

5回測定平均値 - 新基準

天体	等級
GSC5631.741	11.8086
GSC5631.866	11.3694
GSC5631.1498	11.866
GSC5631.575	12.4578

測定対象となる天体を元に測定する苦肉の策となった。有効数字が不十分であり、小惑星については予測値である。写真画像を見る限り、恒星に対して小惑星が暗いことは確かだが明るさの差は推測すら難しい。ただし、S18 で新基準の恒星の明るさ 1 個ずつを基準として恒星と小惑星を測るとその差はほぼ全て 0.78 等級となった。原初の 0.57 等級差より少し大きいと諸々の事情を考えるとひどく悪い数値には見えない。(逆算してさらに逆算しているだけか? これから測定する Stage 毎の明るさの誤差の参考にはなる) 以上の新基準を元に掩蔽の各 Stage を測定すると、以下ようになる。

表 7

新基準測定値 - - - 恒星 + 小惑星

Stage	等級	備考
Stage 1	10.119	2天体合成の明るさ
Stage 2	10.500	掩蔽進行中
Stage 3	11.406	完全に隠れた状態
Stage 4	10.344	掩蔽復元中

ここで、Stage 2 と Stage 4 では明るさが違うが、先の limovie の結果と傾向は矛盾しない。両 Stage 間の差を単純に計算すると limovie と S18 の結果では「差が 2 倍」程度違う。どちらが真の値に近いかは分からないが、対象星が 2 重星で明るさの差が小さいことは確実と思われる。なお、Y2 フィルターを使用したのは青カブリを避けるためで、このカブリは撮影限界への影響が大きい。

以上のように報告します。

2020/05/12 中村宏次郎