

ライトカーブから探る小惑星の表面特性

土屋 健太郎 (高2)
【那須高原海城高等学校】

1. はじめに

過去3回(2013年~2015年)のジュニアセッションにおいて、デジタル一眼レフカメラを使った小惑星の測光観測について報告した。デジタル一眼レフカメラの機種による測光結果のバラツキやノイズの多少などの課題は残るが、明るさの絶対値を求めるのでなければ(例えば自転周期を求めるなど)、デジタル一眼レフカメラでの小惑星観測は可能であることがわかった。

今年度(本研究)は、これまでに観測したライトカーブ(実測値)と小惑星の形状から推定されるライトカーブ(理論値)を比較し、小惑星の表面特性について考察した。

2. 研究方法

2.1 測光観測からライトカーブ

観測場所 大田原市ふれあいの丘天文館(栃木県大田原市福原)
使用機材 望遠鏡 65cm反射望遠鏡(f 7800mm)
カメラ Nikon D700 直焦点、露出時間 30秒
観測対象 小惑星 #129(2013年 1月10日)
測光方法 アパチャー測光(ステライメージ使用、ダーク補正あり、フラット補正なし)
比較星は、Tycho2 カタログ(色指数(B-V)が太陽とほぼ同じ(0.65)恒星)を使用

また、小惑星#25143(Itokawa)のライトカーブを、IAUMPCのライトカーブ・データベース^{*1}から引用した。

2.2 形状からライトカーブ

太陽光を反射する小惑星の明るさは、反射する光量により決まる。そこで、地球から見た小惑星の断面積(太陽光を反射している部分のみ)を3分または5分ごとに計測し、その断面積の経時変化曲線を描いた。その曲線を、ここでは「形状ライトカーブ」とよぶ。

小惑星の形状(図1)は、Adam Mickiewicz University 天文台(ポーランド)のWeb site [Interactive service for asteroid models]から引用した。小惑星表面のカウント値が20000以上の部分の断面積を表計算ソフトExcel(フリーソフトIenaraf220b)^{*3}を使って計測した。

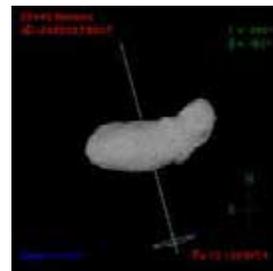


図1 小惑星の形状^{*2}

2.3 測光ライトカーブと形状ライトカーブの比較

測光ライトカーブと形状ライトカーブが一致する場合は、小惑星の表面が均質であることが予想され、両者が不一致の場合は、小惑星表面の一部の地形または表層地質などの不均質にその原因があると予想される。

はじめに、表面の詳細な観測が行われた小惑星(#25143 Itokawa)^{*4}の測光ライトカーブ(IAUMPCデータベース)と形状ライトカーブを比較し、この比較方法についての妥当性を調べた。その後、これまでに測光した小惑星(#129ほか)について、測光ライトカーブと形状ライトカーブの比較を実施した。

3. 結果

3.1 測光ライトカーブと形状ライトカーブの光度比較

小惑星の見かけ断面積から求めた形状ライトカーブは、光度変化を表していると考えられる。そこで、測光ライトカーブの等級変化を光度変化に換算してから形状ライトカーブと比較した(表1)。それぞれの光度比(最大/最小)は、概ね一致している。

表1 測光ライトカーブと形状ライトカーブの光度比較

#25143 Itokawa	最大値	最小値	差	比
測光ライトカーブ (実視等級)	3.5	2.7	0.8	2.09*
形状ライトカーブ (面積指数)	62	32	—	1.93
#129 Antigone	最大値	最小値	差	比
測光ライトカーブ (実視等級)	12.99	12.75	0.24	1.24*
形状ライトカーブ (面積指数)	132.6	106.6	—	1.24

*ボグソンの式を使い等級差を明るさの比に換算

3.2 測光ライトカーブと形状ライトカーブの曲線比較

図2に小惑星ItokawaとAntigoneのライトカーブを示した。部分的に測光ライトカーブが形状ライトカーブよりも暗かったり、明るかったりしていることがわかる。

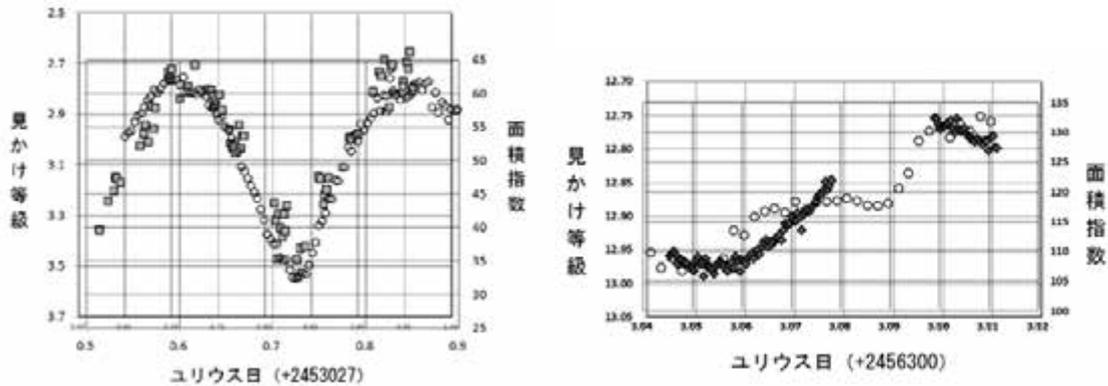


図2 測光ライトカーブ(口または■)と形状ライトカーブ(O) (左) Itokawa (右) Antigone

4. 考察・まとめ

測光ライトカーブと形状ライトカーブの光度比(表1)がほぼ一致することから、形状ライトカーブはおおむね光度変化を表していると考えられる。

図2(左)Itokawaの左の頂点は、Itokawa表面の滑らかな地形(サガミハラやMUSES-C)の一部が見えているが、大きな岩塊のある地域が広がり、太陽光が乱反射し地球に届く反射光がやや少なくなっていると考えられる。右の頂点は、岩塊が少ないMUSES-Cが地球に向いているので、地球に届く反射光が多くなっていると考えられる。

図2(右)Antigoneの左半分(測光が小)は、クレーターや岩塊による起伏の多い地形もしくは暗色の土砂・岩が多い地質であると推定される。右半分(測光が大)は、起伏の少ない平滑な地形または明色の土砂・岩が多い地質であり、表面アルベドが大きいことが推定される。

このように、測光ライトカーブと形状ライトカーブの差異は、小惑星の表面特性を表していると考えられる。

5. 参考文献

- * 1 IAU MPC Database
(http://www.minorplanetcenter.net/light_curve2/light_curve.php)
- * 2 Interactive service for asteroid models (<http://isam.astro.amu.edu.pl/>)
- * 3 lenaraf220b (<http://www.vector.co.jp/soft/dl/win95/art/se312811.html>)
- * 4 宮本英昭ほか編(2008):「惑星地質学」pp.167-172, 東京大学出版会