

金星のシュレーター効果の研究

(第14回科学部研究報告)

Study of the Schröter's Effect of the Venus*

(The 14th Report of the Science Club of Yonago National College of Technology)

田原早央莉****	永見莉奈****	田中佐知*****	山根優香*****	永井俊一**
Saori TABARA	Rina NAGAMI	Sachi TANAKA	Yuka YAMANE	Syuniti NAGAI
堀江洗介**	尾上創***	勝部桃子*****	竹内彰継*****	
Kousuke HORIE	Tsukuru ONOUE	Momoko KATSUBE	Akitsugu TAKEUCHI	

概要

地球から見た惑星面の輝いている部分の割合を輝面比という。一方、金星の場合輝面比が0.5以上にもかかわらず三日月形に見え、その結果輝面比が0.5以下に見積もられる現象の存在が知られており、シュレーター効果と呼ばれている。2013年の日本天文学会ジュニアセッションで、前橋東高校の吉田梨奈さんから金星が宵の明星のときはシュレーター効果が検出できないとの報告があったが本当にそうか観測を行った。その結果、観測と解析を工夫すれば宵の明星のときでもシュレーター効果が検出できることがわかった。また、なぜシュレーター効果が生じるかについても考察した。以下その結果について報告する。

1.はじめに

地球から見た惑星面の輝いている部分の割合を輝面比という。金星の輝面比は、太陽、金星、地球の位置関係で決まる。しかし、金星の輝面比が0.5程度の頃、金星の両極付近が明るく飛び出して見えることがよくある。つまり輝面比は0.5以上にもかかわらず、金星が三日月形に見え、その結果輝面比が0.5以下に見積もられてしまうことになる。この現象をその発見者の名前にちなんでシュレーター効果と呼ぶ。

2013年の日本天文学会春季年会ジュニアセッションで群馬県立前橋東高等学校の吉田梨奈さんは、金星が明けの明星のときはシュレーター効果が検出できたが宵の明星のときは検出できなかったという結果を発表した。

そこで私たちは金星が宵の明星のときはシュレーター効果が検出できないのか観測を行った。その結果、観測と解析を工夫すれば宵の明星のときでもシュレーター効果が検出できることがわかった。

なお、本研究は2014年3月21日に国際基督教大学で行われた日本天文学会春季年会ジュニアセッションにて発表した研究である。

*平成26年12月1日受理

**電気情報工学科 学生

***電子制御工学科 学生

****物質工学科 学生

*****建築学科 学生

*****教養教育科

2.観測

2-1.観測装置

本研究では本校のタカハシ FS-128 を用いて観測を行った。望遠鏡の仕様を以下に示す。

望遠鏡 タカハシ FS-128 (図 1)

(D=128mm, Fl=1040mm)

タカハシ 2 倍バローレンズで拡大

(合成焦点距離 Fl=2080mm)

赤道儀 ビクセン SXW 赤道儀

フィルター R64 フィルター

CCD カメラ ビットラン製 BJ40L (図 2)



図 1 FS-128 を搭載した SXW 赤道儀



図 2 ビットラン製 CCD カメラ BJ40-L

2-2.観測方法

2013 年の秋は、金星は宵の明星となっており、観測の好期であった。そこで私たちは 9 月から 12 月にかけて金星の撮像観測を行った (図 3,4,5)。図より、日が経つにつれて、金星が欠けていくのが分かる。

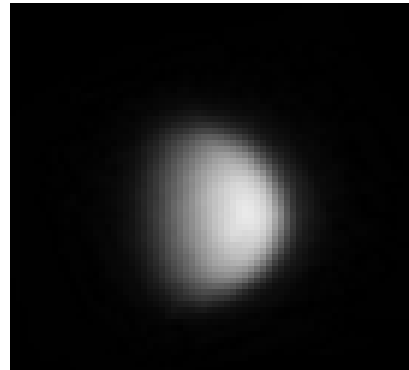


図 3 9/19 の金星 (輝面比 $k=0.67$)

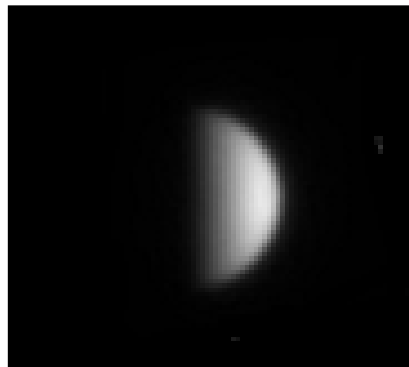


図 4 10/28 の金星 (輝面比 $k=0.51$)



図 5 12/12 の金星 (輝面比 $k=0.21$)

金星の観測は地球大気によるシーイングの影響を受けやすい。そこで本研究では以下の4つの工夫を施した。まず屈折望遠鏡を用いることで、筒内気流によるシーイングの悪化を防いだ。続いて自動導入赤道儀を利用し、日没前に金星の高度が比較的高いうちに観測を行った。さらに赤フィルターを用いることで、シーイングと色収差の影響を減らした。そしてレジスタックスを使用して100コマ以上の画像をスタックし、画像を改善した。

3. 解析

私たちはIDLで金星の輝面比 k を測定するプログラムを作成した。

まず、金星の画像の欠けていない周上の3点をクリックし(図6の $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$)金星の半径と中心座標を求めた(図6の (x_0, y_0) と R)。次に、金星のかけぎわで中心に一番近い地点をクリックし(図6の (x_4, y_4))、 $k = (a + R) / 2R$ から輝面比 k を求めた。測定は部員8人全員で行い、そのばらつきから誤差範囲も推測した。

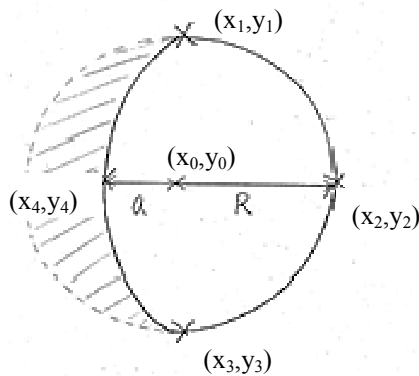


図6 輝面比の解析

4. 結果

図7は金星の輝面比 k の時間変化を表している。青線は天文年鑑に載っている理論値を表しており、四角は部員一人ずつが求めた輝面比の観測値の平均を表している。またエラーバーは観測値のばらつきから推測した測定誤差である。輝面比が0.5あたりで観測値が理論値を有意に下回り、シュレーター効果が検出できていることがわかる。したがって観測と解析を工夫すれば金星が宵の明星のときもシュレーター効果が検出できることが示された。

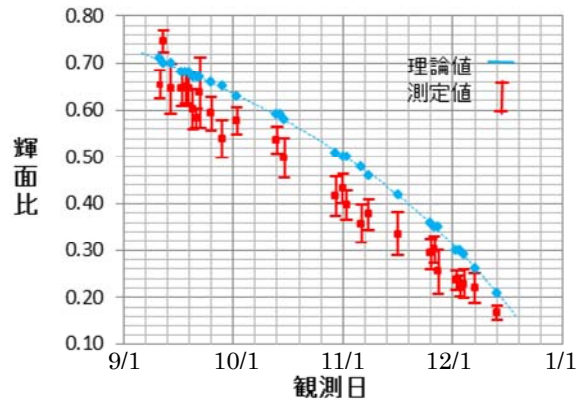


図7 輝面比の理論値と観測値の比較

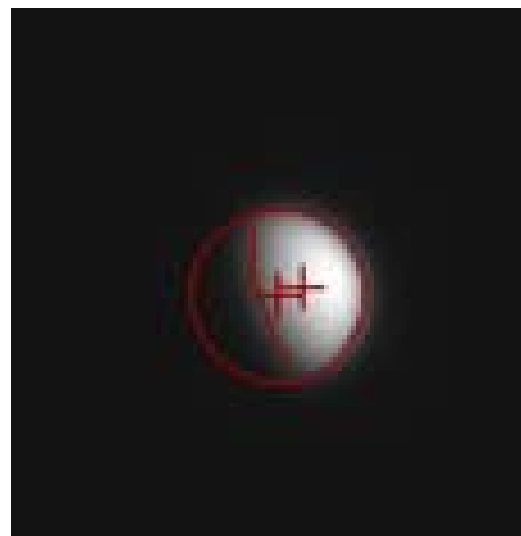


図8 欠けぎわに沿った線が金星面上で太陽高度が 10° となる場所

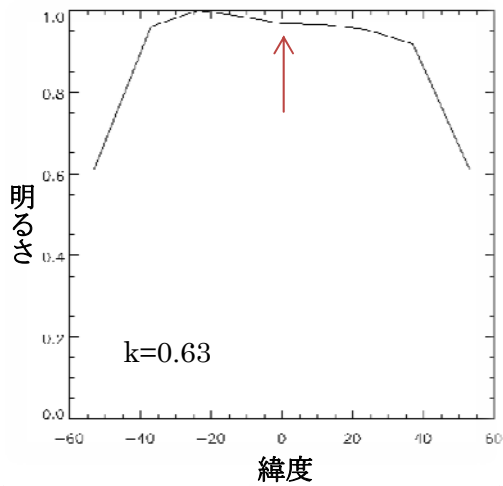


図9 10/01の明るさ分布

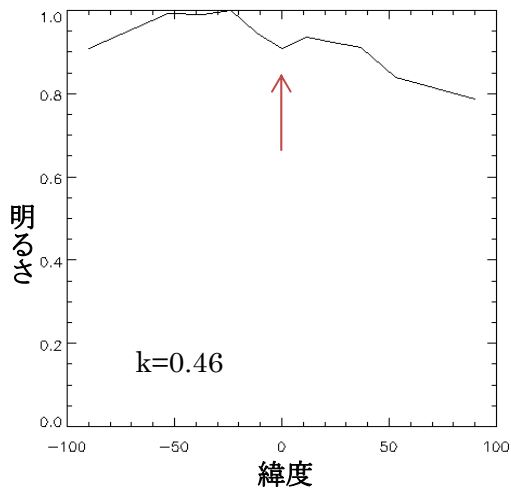


図10 11/7の明るさ分布

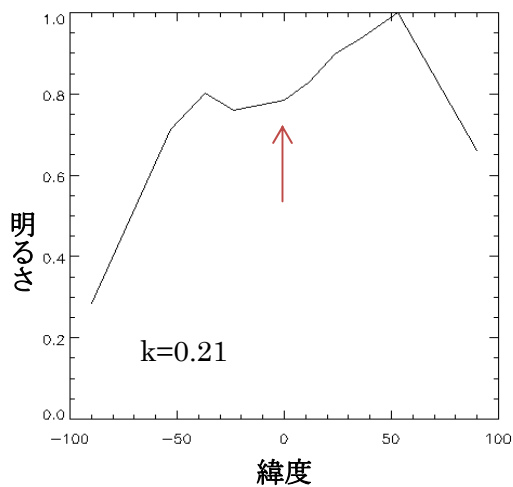


図11 12/12の明るさ分布

5.考察

シュレーター効果が起こる原因は金星を覆っている雲の反射特性にある。そこで私たちは金星面上での太陽高度が 10° となる線(図8の欠けぎわの赤い線)に沿って明るさ分布測定を行い、その各線に沿っての明るさを図9,10,11のようなグラフに表した。

その結果、金星面上の赤道では明るさが暗くなっており、逆に中緯度部分では明るさが明るくなっていった。これらのことより間違いなくシュレーター効果が存在していることが示された。ではなぜシュレーター効果が起こるのであろうか。本研究では2種類のモデルを考えた。

① Cloud 説

金星の雲が地球の積乱雲のように上層大気に貫入しているとすると金星の欠けぎわでは太陽光の入射角が大きいため夕暮れ時の積乱雲のように雲の太陽側(すなわち半分)しか光っていない(図12)。したがって、赤道付近ではこれらの雲を真上から見下ろすことになるので、光っている面積が狭くなり、相対的に暗くなる。一方、緯度が高くなるにつれ、積乱雲を斜めから見ることになるので、光っている面積が広くなり、相対的に明るくなる。この効果でシュレーター効果が生じている可能性がある。

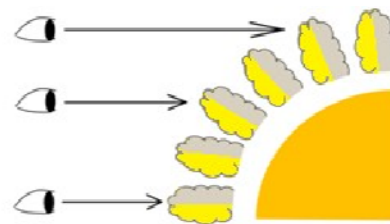


図12 Cloud 説

② Mist 説

金星大気の最上部は霧状になっているという報告がある。したがって、欠けぎわのように太陽光の入射角が大きい時は、ほとんどの反射光はこの霧で生じている可能性がある(図 13)。その場合、赤道付近では霧を真上から見下ろすことになるので視線方向の霧の厚みが薄くなり相対的に暗くなる。一方、緯度が高くなるにつれ、霧を斜めから見ることになるので、視線方向の厚みが厚くなり相対的に明るくなる。この効果でシュレーター効果が生じているのではないだろうか。

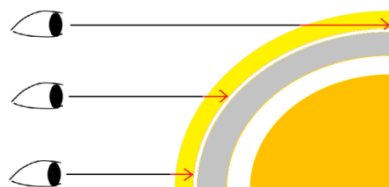


図 13 Mist 説

以上のモデルは推測にすぎず今後は実験などでその妥当性を調べてみたい。

6.まとめ

今回、金星の撮像観測を行い、宵の明星でもシュレーター効果が生じることを示した。そしてシュレーター効果が生じる原因を説明するために2種類のモデルを考えた。今後は実験などでそのモデルの妥当性を調べてみたい。

<参考文献>

2013年日本天文学会春季年会 ジュニアセッション講演予稿集(埼玉大学)

天文ガイド(誠文堂新光社) 2007年11月号
惑星サロン

2013年天文年鑑(誠文堂新光社)

Mallama A., 'Schröter's Effect and the twilight model for Venus', J. Br. Astron. Assoc.

106,1,1996

岩崎恭輔 惑星II(恒星社厚生閣) 1988年3月 19~35頁