

ライト効果は本当か？

(第4回科学部研究報告)

An Investigation of the Wright Effect
(The 4th Report of the Science Club of Yonago National College of Technology)

大島 由也**, 角田 俊一**, 松本 卓**, 青木 良枝***, 中江 祥平**,
Yuuya OHSIMA, Shunichi TSUNODA, Taku MATSUMOTO, Yoshie AOKI, Shouhei NAKAE,

小松紀由**, 和田泰治**, 近藤直弥***, 山本耕平***, 竹内 彰継****
Motoyuki KOMATSU, Taiji WADA, Naoya KONDO, Kouhei YAMAMOTO, Akitsugu TAKEUCHI

概要

ライト効果とは近紫外線で火星を観測すると近赤外線で見ると約 6%大きく見えるという現象で、火星に大気があることを示すものといわれている (Wright 1924)。一方、約 6%の差なら本校科学部の口径 20cm の望遠鏡でも検出可能である。しかし、火星の大気は極めて希薄であり地上観測で有意な差が検出できるという報告には疑問が生ずる。そこで我々は、2005 年の火星接近時に集中観測を行い、本当にライト効果があるのか調べてみたのでその結果について報告する。

1. はじめに

火星についてライト効果という現象が知られている。これは近紫外線で火星を観測すると近赤外線で見ると約 6%大きく見えるという現象 (図 1) で、火星に大気があることを示すものといわれている (Wright 1924)。一方、約 6%の差なら本校科学部の口径 20cm の望遠鏡でも検出可能である。しかし、火星の大気は極めて希薄であり地上観測で有意な差が検出できるという報告には疑問が生ずる。そこで我々は 2005 年の火星接近時に集中観測を行い、本当にライト効果があるのか調べてみた。

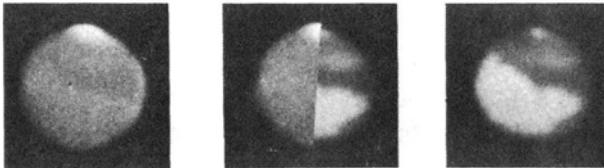


図 1 ライト効果を示す図。左は近紫外線で、右は近赤外線撮影した火星写真。中央は両者を比較したもの。近紫外線で撮影した火星のほうがわずかに大きいことがわかる (Wright 1924)。

- * 原稿受理 平成 18 年 10 月 1 日
- ** 電子制御工学科学生
- *** 物質工学科学生
- **** 一般科目

2. 2005 年火星接近時の科学部の観測体制

(1) 2005 年火星接近時の科学部の観測体制

2005 年 10 月 30 日に火星が地球に最接近した。このときの接近は 2003 年ほどの大接近ではなかったが、それでも最接近時の火星の視直径は 20" 以上となり、火星観測の好機となった (図 2)。

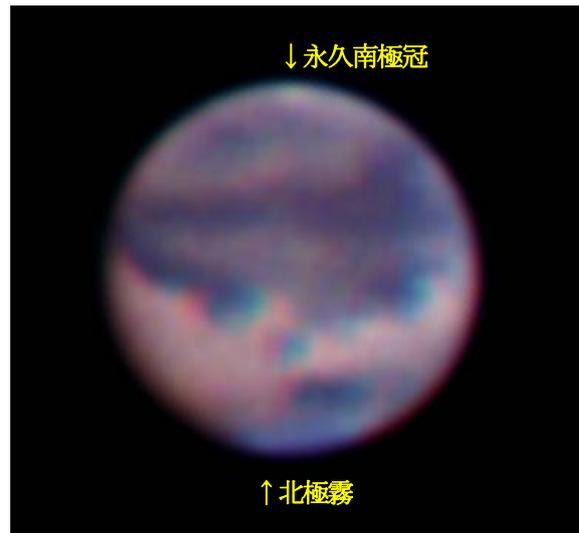


図 2 2005 年 11 月 3 日の火星。この日のシーイングは観測期間中最高で、永久南極冠と北極霧(この下で北極冠が成長している)までとらえられている。

そこで、科学部では7月中旬から火星観測を開始した。観測機材は五藤光学製 20 cm 反射望遠鏡(図 3)、ビクセン製 20 cm 反射望遠鏡(図 4)、ニコン製 8cm 屈折望遠鏡(図 5)、タカハシ製 10 cm 反射望遠鏡(図 6)、オルビウス製 10 cm 反射望遠鏡(図 7)である。前 2 者には CCD カメラをとりつけて、後 3 者は眼視観測に使用した。



図 3 五藤光学製 20 cm 反射望遠鏡、CCD で撮像観測に使用。



図 4 ビクセン製 20cm 反射望遠鏡 VC200L、CCD で撮像観測に使用。

(2) 夏季休業期間中の観測

火星の様子は淡く、その識別には熟練を要する。そこで、夏季休業期間を利用して眼視による火星のスケッチ観測を行い、模様の識別能力の向上をはかった。観測機材としては 3 C 青木がオルビウス製(図 7)の、2 D 中江がタカハシ製(図 6)の、そして 1 C 山本がニコン製の望遠鏡(図 5)を使用した。その結果、29 枚のスケッチが集まったが、スケッチにははっきり南極冠がとらえられており(図 8)、予想以上に質の高いデータが得られた。



図 5 ニコン製 8cm 屈折望遠鏡、眼視観測に使用。



図 6 タカハシ製 10 cm 反射望遠鏡、眼視観測に使用。



図 7 オルビウス製 10 cm 反射望遠鏡、眼視観測に使用。

2005年の夏季休業期間はちょうど火星の南半球の夏至であり、南極冠が縮小していく時期にあたる。そこで、そのスケッチデータに基づいて南極冠の縮小曲線を描いてみた(図9)。火星の南極冠の縮小曲線とは、南極冠の北端緯度 θ の火心太陽経度 L_s についての変化を表したものである。なお、火心太陽経度とは火星の軌道上での春分点(北半球)の位置を基準として火星の軌道上の位置角を表したもので、 $L_s=270^\circ$ が火星の南半球の夏至にあたる。我々の観測期間は夏至をはさんだ L_s が 255° から 275° の範囲であり、図9より南極冠が縮小していく様子がはっきりととらえられた。図中の点線は例年の変化で、我々の観測と比較的よく一致しており、模様の特徴の向上という目的は達成されたと考えられる。

図8 今期の火星スケッチの例。火星の南極冠(上部の白い円状の領域)がはっきりととらえられている。また、極冠だけでなく、北極霧や表面の微細な模様(子午線の湾付近が見えている。)までとらえられている。

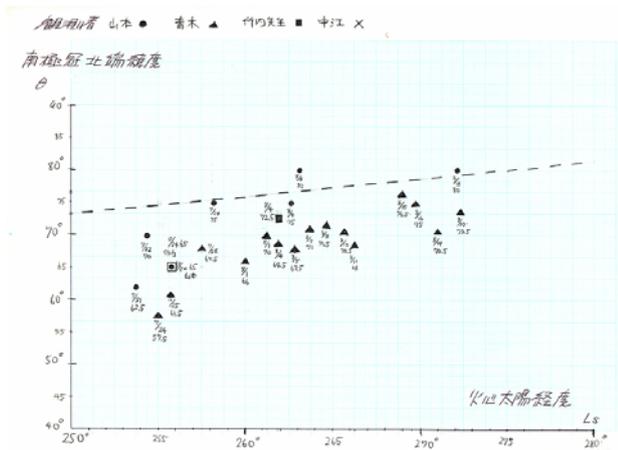


図9 火星の南極冠の縮小曲線。縦軸は南極冠の北端緯度 θ 、横軸は火心太陽経度 L_s 。点線は例年の縮小曲線であり、我々の観測結果と比較的よく一致している。

(3) 最接近付近(9~11月)の観測

火星の最接近は2005年10月30日であり、我々は再接近をはさんだ9月から11月に本観測を行った。本観測では五藤光学製(図3)とビクセン製(図4)の20cm反射望遠鏡にビットラン製のCCDカメラBJ-41Lとケンコー製の3色分解フィルタ(青: B-390、緑: G-530、赤: R-60)をとりつけ、1回の観測でそれぞれ100コマ撮像した。また、それぞれの適正露光時間は青が0.2秒、緑が0.04秒、赤が0.02秒であった。図10にCCDカメラの分光感度、図11に青、緑、赤の3色分解フィルタの分光透過率を示す。

分光感度特性例(ただし、レンズ特性および光源特性を除く)

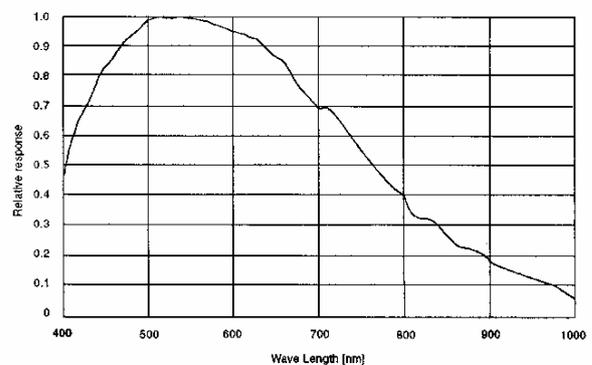


図10 CCDカメラBJ-41Lの分光感度。

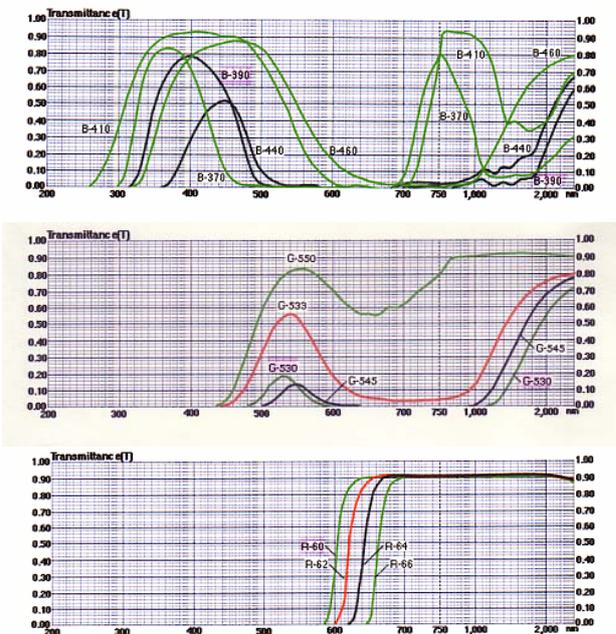


図11 3色分解フィルタの青B-390(上)、緑G-530(中)、赤R-60(下)の分光透過率。



図12 2005年11月3日の火星。左から、青、緑、赤フィルタをつけて撮像したもの。この日は観測期間を通して最高のシーイングであった。

3. 解析

今回使用したのはシーイングが一番良かった2005年11月3日のデータである(図12)。このときの望遠鏡はビクセン製20cm反射望遠鏡VC200L(図4)で、タカハシ製の接眼鏡K-25mmを拡大レンズとして使用した。その結果、合成焦点距離は4300mm、合成F値21.5、ピクセルサイズは0.31"となった。ちなみに口径20cmの望遠鏡の分解能は約0.6"であり、このピクセルサイズは妥当なものと考えられる。一方、火星の視直径は最接近時で20"であり、Wright(1924)が主張する視直径の差6%は1.2"となり、我々の望遠鏡でも十分検出可能な量であることがわかる。

解析ではまず、各色の画像の中からシーイングが良いものを選び出した。その結果、赤100枚、緑82枚、青32枚の画像をIDLで解析することができた。続いて、目測で火星の輪郭に円をフィッティングしてその半径を求めた。この作業を科学部員全員で行い、火星半径の光の波長による変化をグラフにしてライト効果の有無を調べた。

このとき、青フィルタB-390は $390 \pm 100\text{nm}$ の光を、緑フィルタG-530は $530 \pm 50\text{nm}$ の光を透過することから波長の代表値をそれぞれ390nm、530nmとした。また、赤フィルタR-60は600nmより長波長側の光を透過させることからCCDカメラの分光感度との加重平均をとり、波長の代表値を730nmとした。なお、Wright(1924)の近紫外線は360nm、近赤外線は740nmであり、ほぼ同じ波長帯を観測したといえる。

測定結果を図13に示す。横軸は光の波長、縦軸は火星の半径であり単位はわかりやすいようにkmとした。また、比較のためにWright(1924)の結果を赤い実線で示した。

図より、ライト効果が出ている部員と出していない部員に分かれていることがわかる。

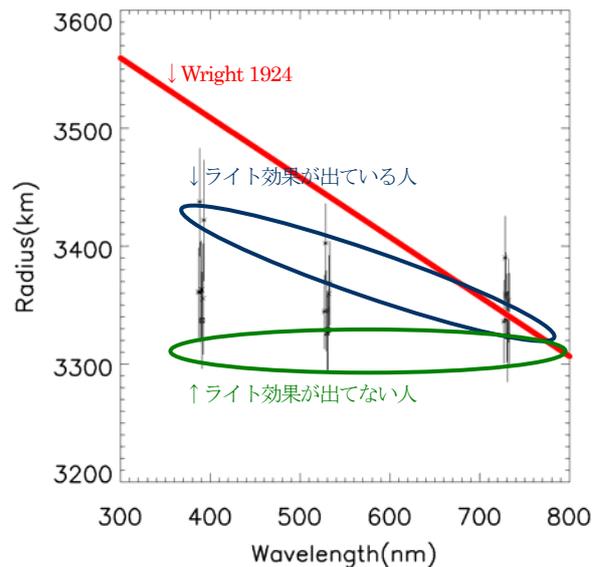


図13 火星像の輪郭に円をフィッティングし、火星の半径の波長変化を調べたグラフ。赤い実線がWright(1924)の結果。ライト効果が出ている部員と出していない部員に分かれた。

4. 結果と考察

同じデータを解析したにもかかわらず、このような結果が出たのは、火星の輪郭の認識に個人差があるためと考えられる。そこで、個人差の出ない解析方法を考えることにした。

火星の輪郭付近では光の強度が急激に変化することから、光の強度を距離で微分するとその値は輪郭上で最大となる。そこで、(1)式を利用して各画像をピクセルごとに微分し、値の大小を白から黒の色で表示し(図14)、それに円をフィッティングして再測定した。なお、 I はもと画像の光の強度であり、 D は微係数の大きさである。

$$D = \sqrt{\left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

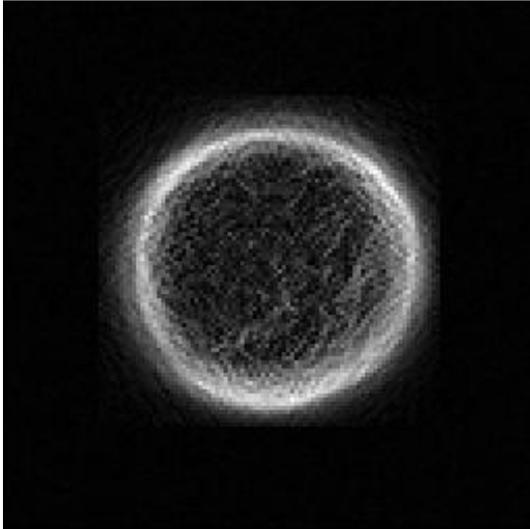


図14 (1)式で微分した火星像。図12の火星像より輪郭が分かりやすくなった。

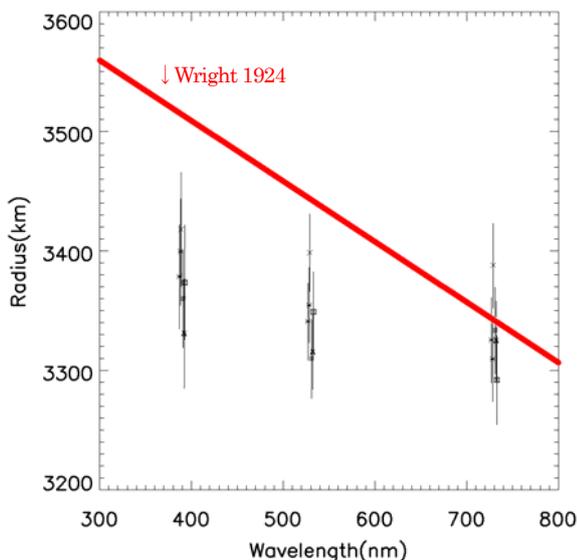


図15 微分画像に円をフィッティングし、火星の半径の波長変化を調べたグラフ。赤い実線がWright(1924)の結果。図13と異なり、ライト効果が出ている部員がいなくなった。

その結果、各々の結果に多少バラツキがあるものの以前の結果のようにライト効果を示す部員はいなくなった(図15)。ほんのわずかだけ近紫外線での半径のほうが大きく見えるが、近紫外線と近赤外線での半径の平均値の差は約50kmであり、エラーバーと同程度(望遠鏡の分解能以下の0.17")なので有意な差であるとは考えにくい。したがってWright(1924)が主張したほどの半径の差は存在しないことがわかった。

以下Wright(1924)と異なる結果となった理由について考察する。まず、火星は赤いため青色画像は露出時間が長くなりシーイングの影響を受けやすく、したがって大きめに写ることがあげられる。本研究では高感度CCDカメラを使用したため露出時間は0.2秒ですんだが、Wright(1924)は写真を用いたため数秒以上の露出時間となったと想像される。続いて、青色画像はレイリー散乱の影響を受けやすく、ぼやけやすいこともあげられる。これらの理由よりWrightの近紫外線火星像は近赤外線画像より大きくなったと思われる。

5. まとめ

火星にはライト効果と呼ばれる現象があることが知られている。それは近紫外線で火星を観測すると近赤外線で見ると約6%大きく見えるという現象で、火星に大気があることを示すものといわれている(Wright 1924)。一方、約6%の差なら本校科学部の口径20cmの望遠鏡でも検出可能である。しかし、火星の大気は極めて希薄であり地上観測で有意な差が検出できるという報告には疑問が生ずる。そこで我々は2005年の火星接近時に集中観測を行い、本当にライト効果があるのか調べてみた。その結果Wright(1924)が主張したほどの差は存在しないことがわかった。

参考文献

- ・岩崎恭輔著、アストラルシリーズ6巻、惑星II、恒星社厚生閣、1988年出版
- ・W.H. Wright, 1924, PASP, 36, 23
- ・ケンコーのホームページ：
<http://www.kenko-tokina.co.jp/filter/index.html>
- ・ビットランのホームページ：<http://www.bitran.co.jp/>