

# 小望遠鏡を用いた太陽黒点のウィルソン効果の検出\*

(第8回科学部研究報告)

Detection of the Wilson effect of sunspots using a small telescope

(The 8th Report of the Science Club of Yonago National College of Technology)

大脇 秀捷\*\*\*, 加川 庸一\*\*\*, 川上 優太\*\*\*, 久古 貴将\*\*\*, 笹谷 航\*\*\*,  
Hidehaya OWAKI, Yoichi KAGAWA, Yuta KAWAKAMI, Takamasa KUGO, Wataru SASATANI,

富田 拓也\*\*\*, 波多野 瑤\*\*\*, 林原 真史\*\*, 竹内 彰継\*\*\*\*  
Takuya TOMITA, Yo HATANO, Masashi HAYASHIBARA, Akitsugu TAKEUCHI

## 概要

ウィルソン効果とは、太陽の周縁部では黒点がへこんでみえる現象である。これは、太陽黒点内の磁気圧によりそこでのガス圧が低くなり、そのため吸収係数が下がり、周囲より深いところまで見通せるからである。文献によればウィルソン効果は約600kmで、本校の小望遠鏡でもなんとか検出可能な値である。そこで2010年8~9月に太陽面を横切った単極黒点 NOAA11101等を観測し、ウィルソン効果の検出を試みた。その結果ほぼ文献値と一致する結果が得られた。さらに、同一黒点で、しかも太陽の東西のリムで検出できたことから、相当信頼度の高い結果といえる。本研究における観測・解析手法は非常に手軽であり、短期間に複数回行う事が出来ることが強みである。

## 1. はじめに

ウィルソン効果とは、太陽の周縁部では黒点がへこんでみえる現象のことである(図1)。

太陽黒点内には強力な磁界があるため、そこでは磁気圧が非常に強い。すると、周囲との圧力バランスから黒点内のガス圧が低くなり、黒点内の吸収係数が下がる。結果的に、黒点内はその周囲より深いところまで見通せるようになり、黒点がへこんで見えるのである。

図1のように、太陽黒点には中心に「暗部」とそれを囲む同心円状の「半暗部」が存在する。この半暗部は太陽黒点のへこみの斜面となる部分である。したがって、暗部の中心位置と半暗部の中心位置の差を測定すれば、それからウィルソン効果を求めることができる。

文献によればウィルソン効果は約600kmである。これは、測定回数さえ増やせば本校の小口径望遠鏡でも検出可能な量である。また、我々の過去の観測データを調べると、測定するまでもなく明らかにウィルソン効果が見えている例もある(図2)。そこで、2010年8~9月に太陽面を東西に横切った単極黒点 NOAA11101を中心に観測し、ウィルソン効果の検出を試みたので、その結果について報告する。

なお、本研究は2011年日本天文学会春季会ジュニアセッションにて発表する予定であったが、東北関東大震災のため学会が中止となったため、学会発表できなかった研究である。

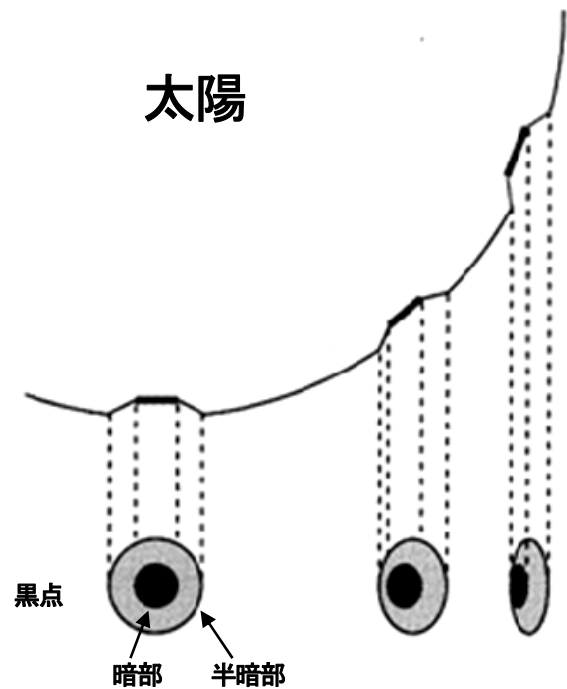


図1. ウィルソン効果の模式図。太陽周縁部では黒点がへこんでみえる。

\* 原稿受理 平成23年10月3日

\*\* 電気情報工学科学生

\*\*\* 物質工学科学生

\*\*\*\* 一般科目



図2. 9月5日の黒点 NOAA11101 の写真。黒点の暗部が半暗部に対してへこんでおり、明らかにウィルソン効果が見えている。

## 2. 観測

### 2. 1. 観測装置

本研究では本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡 (図 3) を用いて観測を行った。本望遠鏡の仕様は以下のとおりである。



図3. 本校屋上にある太陽彩層速度場観測望遠鏡

望遠鏡	ビクセン製 アクロマート屈折望遠鏡 (D=80mm, F1=910mm) 3本
赤道儀	タカハシ製 J P型赤道儀 (駆動装置 PD5-XV)
H $\alpha$ フィルタ	ソーラーспекトラム社製 (半値幅 0.3Å)
冷却 CCD カメラ	ビットラン製 BJ-40L

### 2. 2. 観測方法

我々は2010年の8月25日 (10h24m), 26日 (10h15m), 9月4日 (8h20m), 5日 (8h26m), 17日 (11h14m) の5日間に本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡で太陽黒点の H $\alpha$  撮像を行った。

このとき、9月17日を除く4日間は同一の単極黒点 NOAA11101 を観測した。つまり、8月25, 26日では東のリムで、9月4, 5日では西のリムで NOAA11101 を観測した。なお、光球を観測するため、H $\alpha$  フィルタの中心波長を 6560Å に設定した。

各観測日に黒点画像を 20 コマずつ撮像し、合計 100 コマの画像を得た。また、ダーク、フラット、フラットダークを各観測日にそれぞれ 10 コマずつ撮像した。なお、太陽画像とダークの露光時間は 0.01~0.02 秒、フラットとフラットダークの露光時間は 3.0~4.0 秒とした。

## 3. 解析

解析では画像処理言語 IDL を使用した。黒点画像は各 20 コマのうち最もシーイングが良いものをその解析用画像に選び、ダーク、フラット、フラットダークはそれぞれ 10 コマを平均して解析用画像のダーク、フラット処理を行った。

図4は9月5日の太陽画像を黒点の場所だけ切り取った画像である。まず、太陽のリムの曲線に円をフィッティングして太陽中心の座標を求めた。続いて、黒点の中心と太陽中心を通る直線を描き、その直線と暗部および半暗部の輪郭の交点の座標を測定した。このとき、暗部の外側及び内側の交点座標をそれぞれ  $(x_{uo}, y_{uo}), (x_{ui}, y_{ui})$ 、半暗部の外側及び内側の交点座標をそれぞれ  $(x_{po}, y_{po}), (x_{pi}, y_{pi})$  とした。

この座標を用いて(1)(2)式で暗部及び半暗部の中心座標それぞれ  $(x_{uc}, y_{uc}), (x_{pc}, y_{pc})$  を求めた (図5)。

$$x_{uc} = \frac{x_{uo} + x_{ui}}{2}, \quad y_{uc} = \frac{y_{uo} + y_{ui}}{2} \dots(1)$$

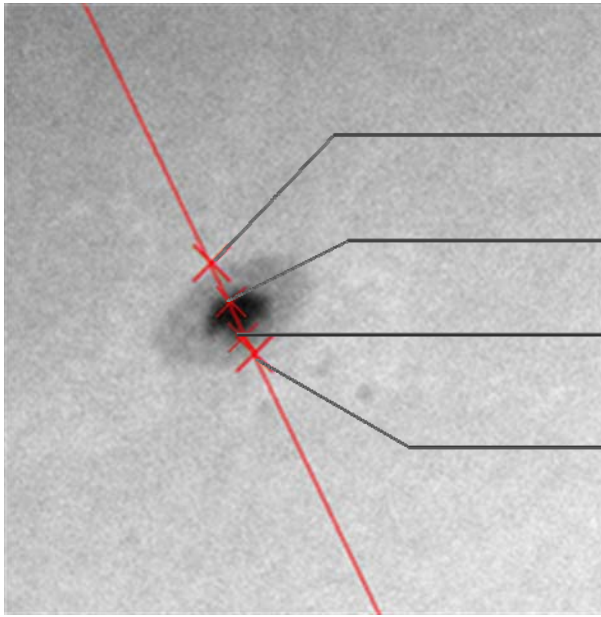


図4. 黒点の中心と太陽中心を通る直線を描き、暗部および半暗部の輪郭の座標それぞれ $(x_{uo}, y_{uo})$ ,  $(x_{ui}, y_{ui})$ ,  $(x_{po}, y_{po})$ ,  $(x_{pi}, y_{pi})$ を測定した。

$$x_{pc} = \frac{x_{po} + x_{pi}}{2}, \quad y_{pc} = \frac{y_{po} + y_{pi}}{2} \dots(2)$$

そして両者から、暗部の中心に対する半暗部の中心のずれを求め、ウィルソン効果を測定した。

なお、このとき本望遠鏡の分解能から $\pm 1.5 \times 10^3 \text{ km}$ の測定誤差が生じると考えられる。

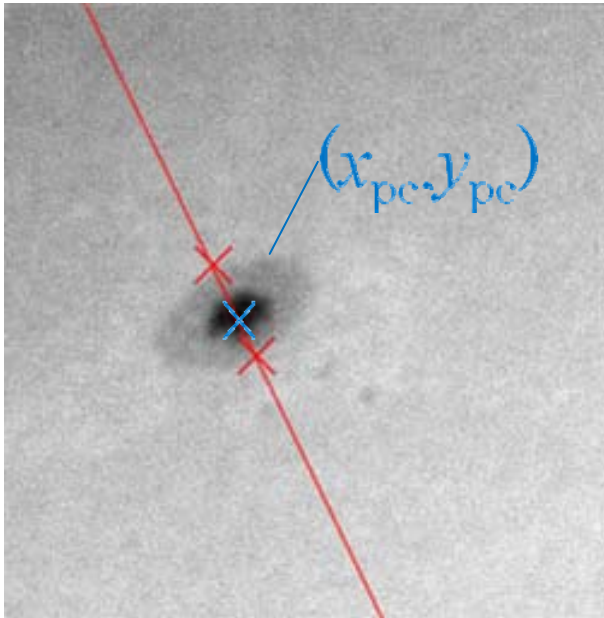


図5a. 黒点の暗部の輪郭の座標 $(x_{uo}, y_{uo})$ ,  $(x_{ui}, y_{ui})$ から暗部の中心座標 $(x_{uc}, y_{uc})$ を求めた。

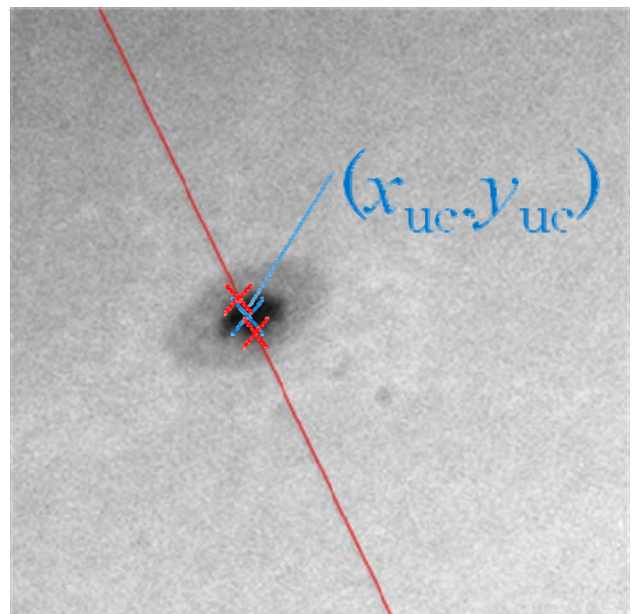


図5b. 黒点の半暗部の輪郭の座標 $(x_{po}, y_{po})$ ,  $(x_{pi}, y_{pi})$ から半暗部の中心座標 $(x_{pc}, y_{pc})$ を求めた。

表1. ウィルソン効果の測定結果

観測日	A	B	C	D	E	F	G	平均
8/25	342	309	143	373	997	847	499	501
8/26	358	936	916	422	723	209	986	650
9/4	996	120	607	804	269	338	253	484
9/5	394	909	717	408	418	205	781	547
9/17	104	118	658	952	773	882	947	633

#### 4. 結果と考察

上述の方法で、観測したすべての黒点のウィルソン効果を測定した。この時、測定誤差を減らすため部員7人（A～G）全員で独立に測定を行い、その値を平均してウィルソン効果を求めた。その結果を表1に示す。

文献値では、ウィルソン効果は約400～900kmで今回の結果約600kmと良く一致している。また8/25, 26と9/4, 5は同じ黒点NOAA11101であり、東西のリムで、ウィルソン効果を見ることが出来たため黒点の形状による影響は少ないと考えられる。

ところで、我々の望遠鏡の口径は80mmである。したがって、光の回折理論によれば我々の望遠鏡の分解能は2.06"となる。これは、太陽表面上の $1.50 \times 10^3$  (km)に相当し、ウィルソン効果そのものより大きいことになる。

しかし、統計理論によれば7回測定して平均したものの誤差は

$$\text{誤差} = \pm \frac{1.50 \times 10^3}{\sqrt{7}} = \pm 570(\text{km})$$

となる。これらのことからウィルソン効果が検出できている可能性が高いと考えられる。

#### 5. まとめ

我々が測定した結果は文献値とよく一致しており、しかもひとつの黒点で東西両方のリムで見られた。このことからウィルソン効果が検出できている可能性が高い。

今後はサンプル数と測定回数をふやし、同様の結果が出るか調べてみたい。さらには、ウィルソン効果は黒点のサイズで変わるのか、また、太陽のサイクルで変わるのかなども調べてみたい。

#### 参考文献

平山淳 編 現代天文学講座 5 太陽  
柴田一成, 大山真満著 写真集 太陽  
Peter V.Foukal, 1990, SOLAR ASTROPHYSICS