

本校のH α フィルタの検定について*

A Test Report on the H α Filters attached to the Chromospheric Velocity Field Imager of YNCT

竹内 彰継**

Akitsugu TAKEUCHI

概要

本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡はH α フィルタを装着した3本の望遠鏡から構成されている。それらでH α 線中心、青側ウイング、赤側ウイングの画像を撮像するとH α 線のドップラーシフトの2次元分布が測定でき、太陽彩層の速度場が分かるというのが本望遠鏡の動作原理である。したがって、H α フィルタに透過波長帯のムラなどがあると精密な測定ができないことになる。そこで、京都大学大学院理学研究科附属花山天文台のシーロスタットと水平分光器を利用して本校のH α フィルタの検定を行った。その結果、本校のH α フィルタには周辺部に透過波長帯のムラはあるものの、中心部は比較的一様で太陽彩層速度場観測望遠鏡での使用においては問題がないことが示された。

1. はじめに

H α フィルタとはH α 線（水素原子から放射される波長6562.8Åの光）付近の特定の波長帯の光だけを透過するフィルタである。平成17年度、本校に太陽彩層速度場観測望遠鏡が設置されたが（図1）、この望遠鏡は半値幅0.3Å（透過率が最大値の50%となる位置での透過波長帯の幅のことでフィルタの波長純度の指標となるパラメータ）のH α フィルタを装着した3本の望遠鏡から構成されている。それらでH α 線中心（H α ±0.0Å）、青側ウイング（H α -0.5Å）、赤側ウイング（H α +0.5Å）の画像を撮像するとH α 線のドップラーシフトの2次元分布が測定できる（図2）。したがって、太陽彩層の速度場がわかるというのが本望遠鏡の動作原理である（竹内 & 山脇 2006）。

ところで、本校のH α フィルタは多層膜干渉フィルタの一種である。そして、多層膜干渉フィルタとはガラス面に光の波長程度の厚みの薄い膜を多数蒸着し、それらの膜で光を干渉させることによりある特定の波長だけを透過させる形式のフィルタである。したがって、蒸着させた膜に厚さや屈折率などのムラがあると、フィルタの透過率、透過波長帯が影響を受けることになる。しかも、本校のH α フィルタは半値幅0.3Åというきわめて狭帯域のフィルタであるため、ほんのわずかのムラが非常に大きな影響を及ぼすと考えられる。そして、H α フィルタに透過波長帯のムラなどがあると精密な測定などできないことになる。（Ueno 2007）

そこで、京都大学大学院理学研究科附属花山天文台のシーロスタット（図3、4）と水平分光器を利用して本校のH α フィルタの検定を行った。本稿ではその結果について報告する。



図1. 本校に設置した太陽彩層速度場観測望遠鏡。H α フィルタと冷却CCDカメラを搭載した屈折望遠鏡3本を単一赤道儀に同架している。

* 原稿受理 平成19年10月1日

** 一般科目

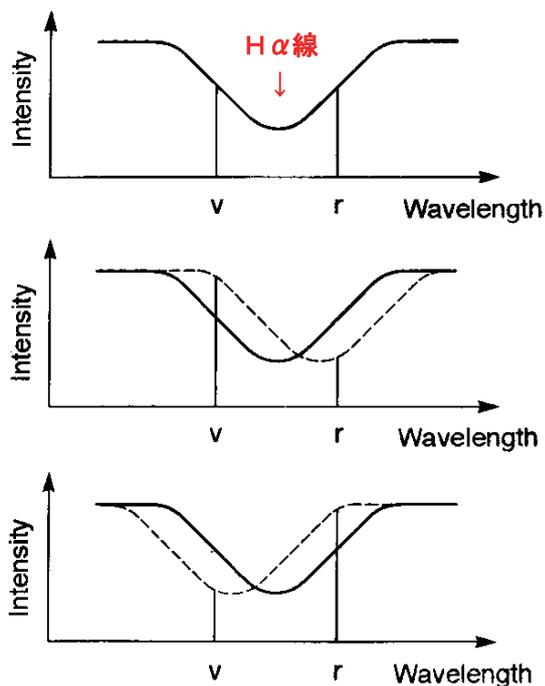


図2. 速度場測定の原理。H α 線の線中心、青側ウイング、赤側ウイングの光の強度を測定するとH α 線の視線速度、線強度、線幅が推定できる。



図3. 京都大学大学院理学研究科附属花山天文台のシーロスタット。2枚の鏡で太陽光を常に一定の方向に導く仕掛けになっている。導かれた光は水平に固定された口径50cm、焦点距離20mの反射望遠鏡に入射し、観測室内のスリット上に結像する。なお、この望遠鏡は口径比F40であるため、H α フィルタの使用条件「口径比F30以上」を満たしている。



図4. シーロスタットの観測室。シーロスタット付属の反射望遠鏡の光は左側より入射し、右側の白板上に結像して直径約20cmの太陽像を結ぶ。白板の中央部にはスリットがあり、太陽光を右側の水平分光器に導く。H α フィルタの検定はスリットの前にフィルタを固定し、フィルタを透過した光だけを分光器に入射させ、それを調べることにより行った。



図5. 水平分光器のスリット。このスリットから入射した光が水平分光器に導かれスペクトルに分解される。なお、花山天文台のスリットは短く長さは約8mmしかない。そのため、H α フィルタの検定ではフィルタの中央部と周辺部の光を同時に分光器に入射させることができず、分けて検定を行った。

2. H α フィルタの検定方法

H α フィルタの検定とはフィルタの透過率を波長の関数として求め、所定の性能が出ているか調べることである。したがって、通常以下のような手順で検定を行う。まず、フィルタ無しでH α 線付近のスペクトルを撮像し、基準フレームを作る。続いて、H α フィルタをスリットの前面に固定し、フィルタを透過した光だけのスペクトルを撮像し、透過光フレームを作る。最後に、透過光フレームを基準フレームで割算し、フィルタの透過率を波長の関数として求め、所定の性能が得られているか検定する。

ところが、花山天文台のシーロスタットのスリットの長さは約8mmしかない(図5)。一方、本校のH α フィルタの直径は32mmもあるため、検定ではフィルタの中央部と周辺部を透過した光を同時に分光器に入射させることができない。そこで、中央部と周辺部を分けて検定を行った。

花山天文台にはH α フィルタが装着できる回転装置があり、そこにフィルタを取り付けて回転させ、フィルタの異なる部分を透過した光を分光器に入射させた。まず、フィルタの中心をスリット位置に合わせ、フィルタを45°刻みで回転させて45°、90°、135°、180°の位置でデータを取り、中央部分のデータとした(図6)。続いて、フィルタの中心をスリット位置から10mmずらせ、90°刻みで回転させて0°、90°、180°、270°の位置でデータを取り、周辺部分のデータとした(図7)。

なお、本校のH α フィルタは半値幅0.3Åの極狭帯域フィルタである。したがって、フィルタの傾きが少し変わっただけで透過波長帯がずれてしまう。そこで、フィルタを回転させるたびにレーザー光線をフィルタに照射し、その反射光の位置がずれないように微調整してフィルタの傾きを一定に保った(図8)。

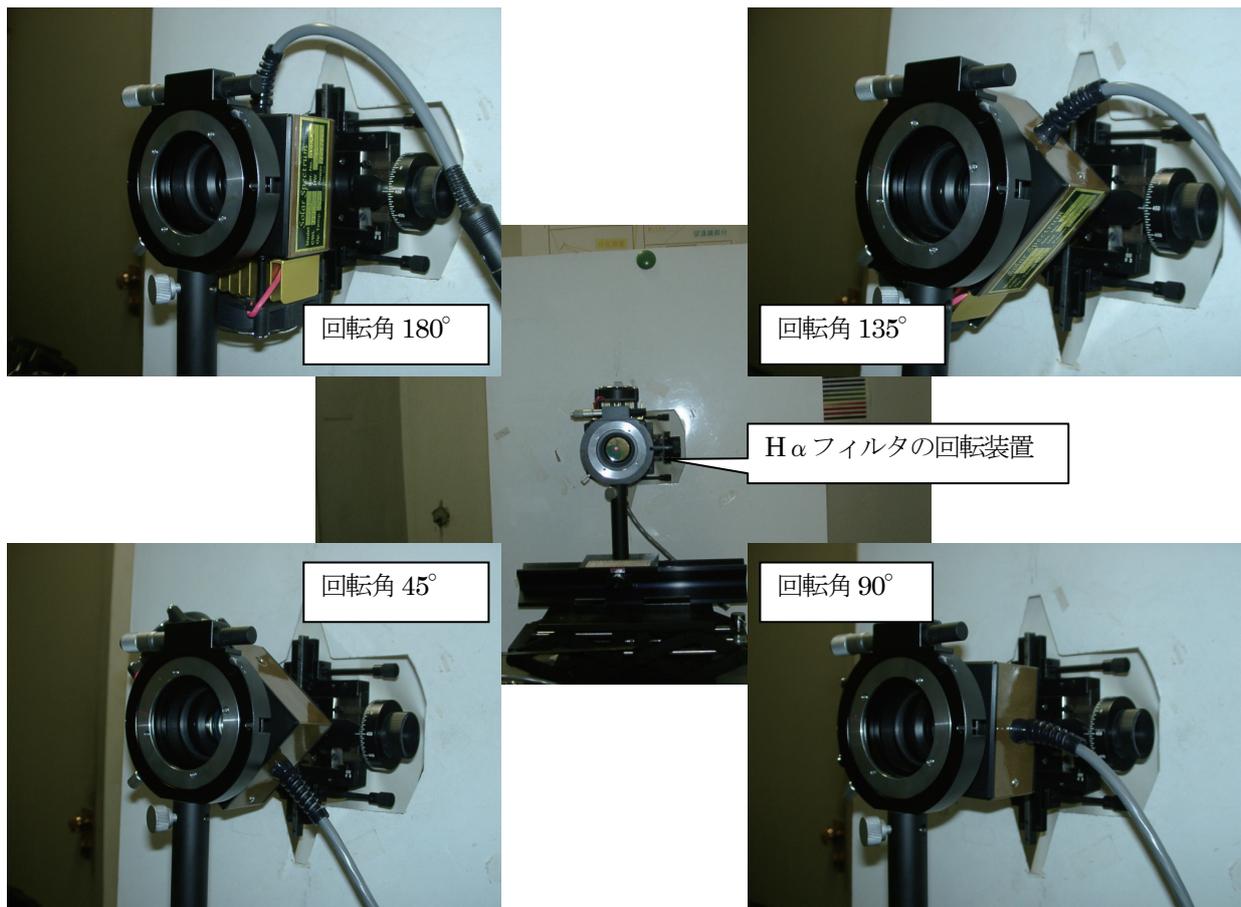


図6. フィルタの中心をスリット位置に合わせ、フィルタを45°刻みで回転させて45°、90°、135°、180°の位置でデータを取り、中央部分のデータとした。

なお、実際の撮像ではH α フィルタなし（基準フレーム）の場合の露光時間は0.5秒、フィルタあり（透過光フレーム）の場合の露光時間は4秒であった。また、ダークフレームの露光時間も4秒とした。

ところで、スリット位置を太陽面上で固定すると彩層速度場によりH α 線の形状が時間的に変化することがある。そこで、スリット位置を太陽中心付近に置き、その位置を微妙にずらしながら同じ条件の撮像を5回繰り返して、平均して時間変化の影響を減らした。

本校のH α フィルタにはH α 線中心用、青側ウイング用、赤側ウイング用の3種類があり、それぞれ設定温度が異なっている。そこで、検定においてはH α 線中心用フィルタの温度は42°Cに、青側ウイング用フィルタの温度は50°Cに、赤側ウイング用フィルタの温度は30°Cにそれぞれ固定して撮像した。ちなみに、花山天文台シーロスタットの望遠鏡の口径比はF40であるため、本校のH α フィルタの使用条件「口径比F30以上」を満たしている。

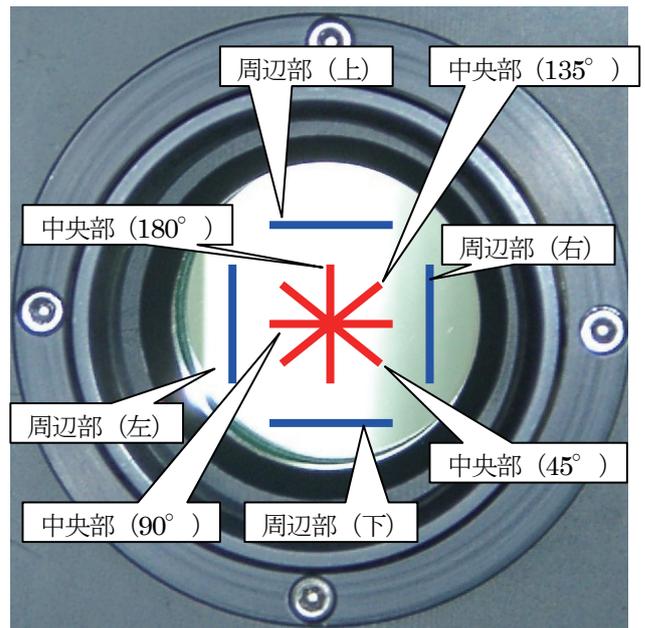


図7. フィルタのどの部分を透過した光を調べたかを表した図。フィルタの中心をスリット位置に合わせ、フィルタを45°刻みで回転させて45°、90°、135°、180°の位置でデータを取り、中央部分のデータとした(赤線)。続いて、フィルタの中心をスリット位置から10mmずらせ、90°刻みで回転させて0°、90°、180°、270°の位置でデータを取り、周辺部分のデータとした(青線)。

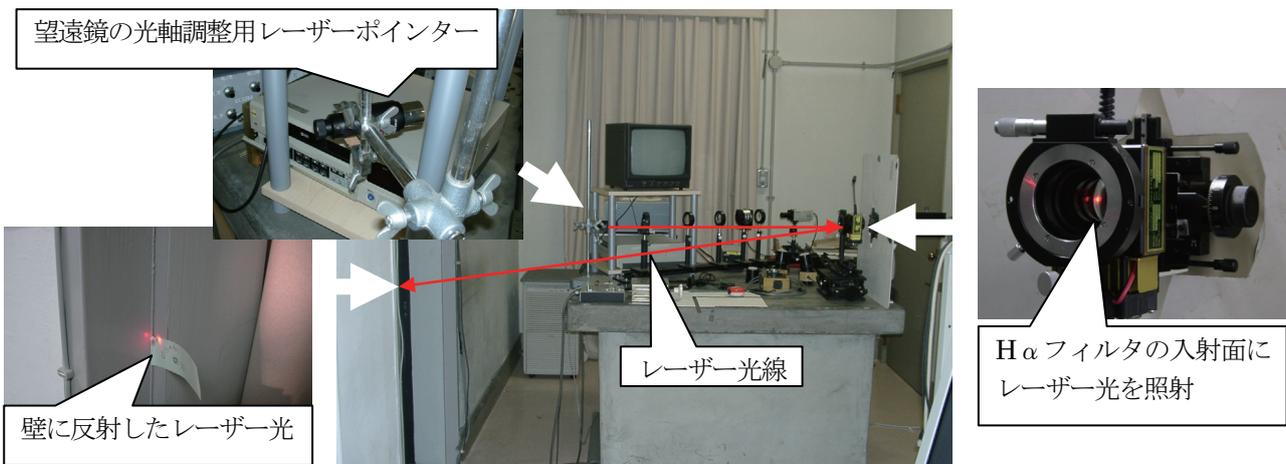
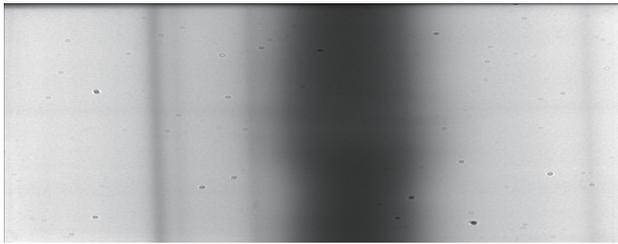


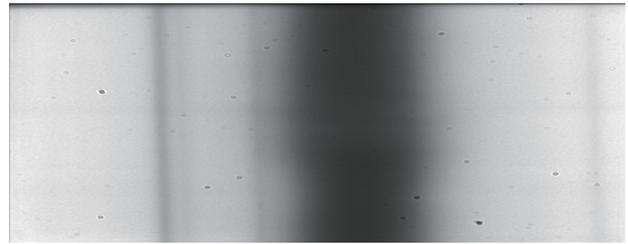
図8. フィルタを回転させるたびにレーザー光線をフィルタに照射し、その反射光の位置がずれないように微調整してフィルタの傾きを一定に保った。

H α 線スペクトル



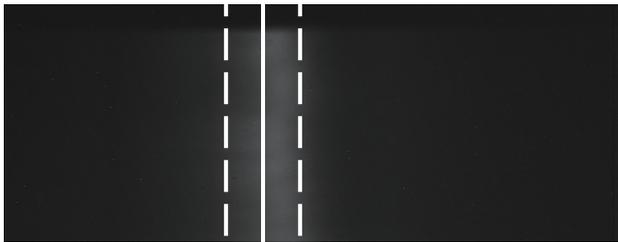
↑ 6564.2 Å ↑ 6562.8 Å ↑ 6561.1 Å

H α 線スペクトル

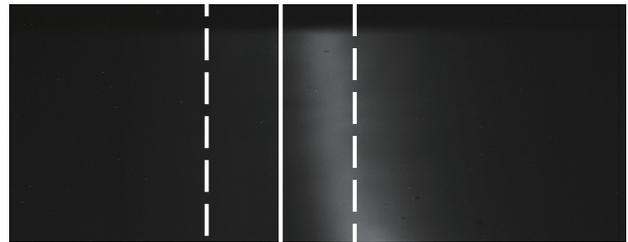


↑ 6564.2 Å ↑ 6562.8 Å ↑ 6561.1 Å

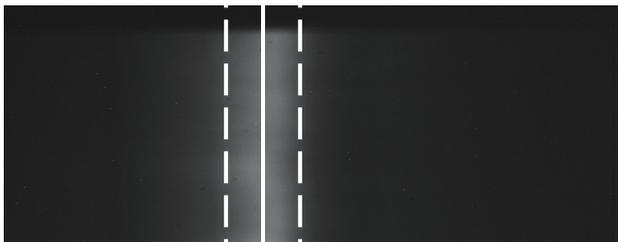
中央部 (45°)



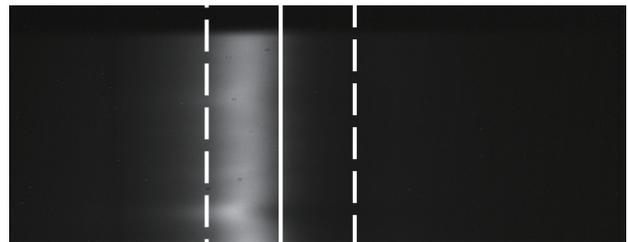
周辺部 (右)



中央部 (90°)



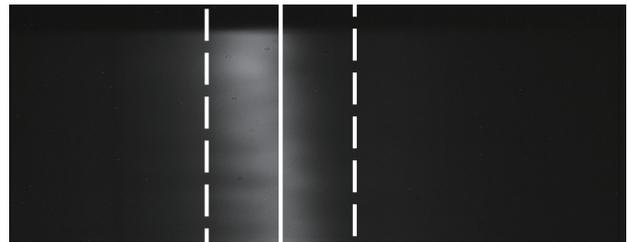
周辺部 (左)



中央部 (135°)



周辺部 (上)



中央部 (180°)

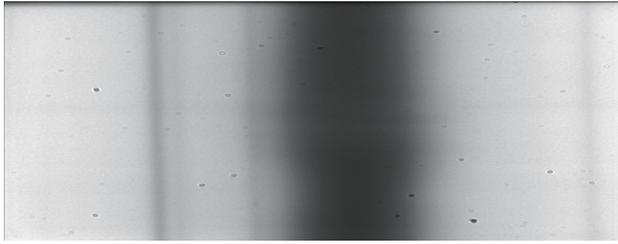


周辺部 (下)



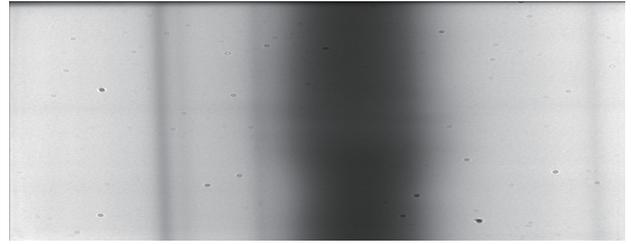
図9. H α 線中心用フィルタの検定結果。最上段のH α 線スペクトルが波長のスケールを、図中の実線が透過波長帯の中心を、点線が透過波長帯の幅を示している。フィルタの中央部分では半値幅は約0.3Åでカタログ値どおりであることがわかった。しかし、周辺部では約0.6Åとなりカタログどおりの性能を示さなかった。

H α 線スペクトル



↑ 6564.2Å ↑ 6562.8Å ↑ 6561.1Å

H α 線スペクトル



↑ 6564.2Å ↑ 6562.8Å ↑ 6561.1Å

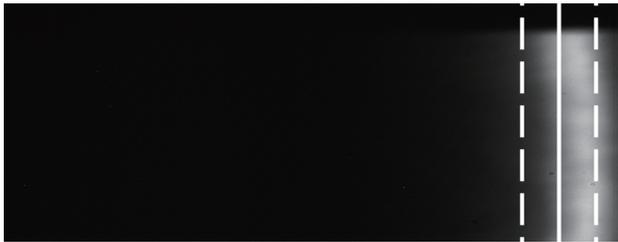
中央部 (45°)



周辺部 (右)



中央部 (90°)



周辺部 (左)



中央部 (135°)



周辺部 (上)



中央部 (180°)

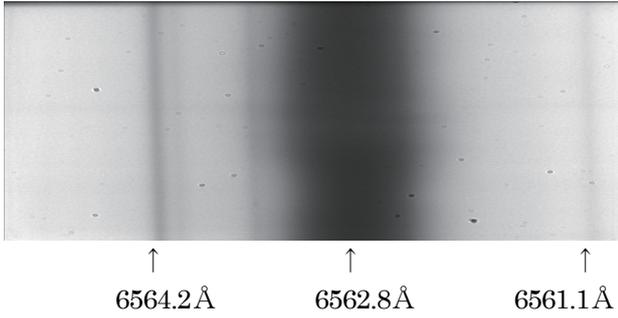


周辺部 (下)

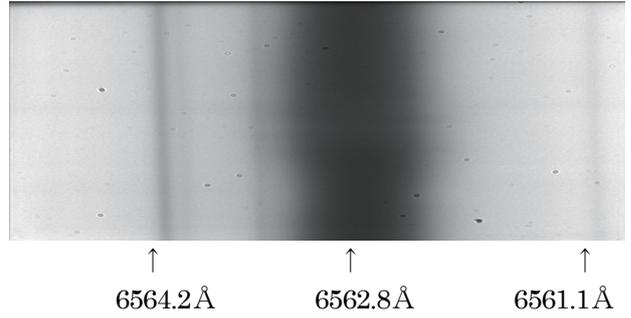


図10. H α 線青側ウイング用フィルタの検定結果。最上段のH α 線スペクトルが波長のスケールを、図中の実線が透過波長帯の中心を、点線が透過波長帯の幅を示している。フィルタの中央部分では半値幅は約0.3Åでカタログ値どおりであることがわかった。しかし、周辺部では約0.5Åとなりカタログどおりの性能を示さなかった。

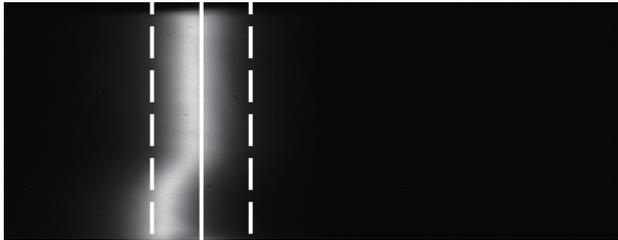
H α 線スペクトル



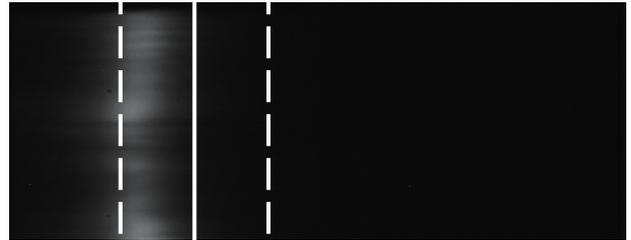
H α 線スペクトル



中央部 (45°)



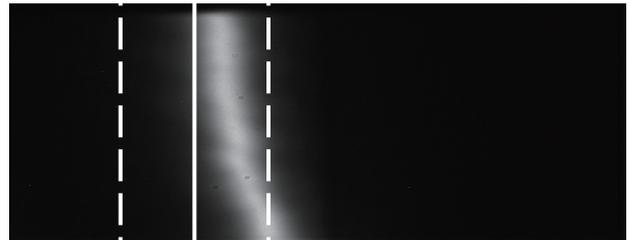
周辺部 (右)



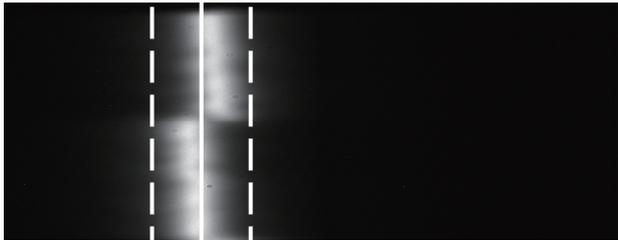
中央部 (90°)



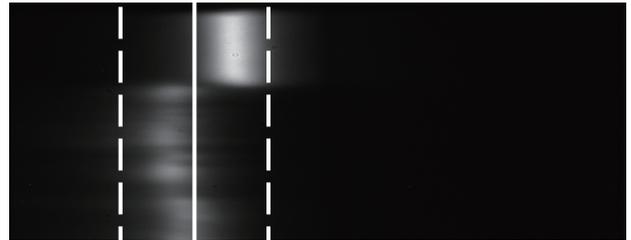
周辺部 (左)



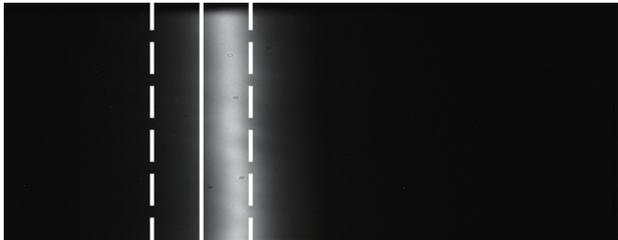
中央部 (135°)



周辺部 (上)



中央部 (180°)



周辺部 (下)

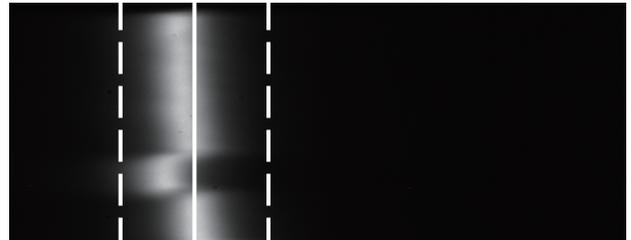


図11. H α 線赤側ウイング用フィルタの検定結果。最上段のH α 線スペクトルが波長のスケールを、図中の実線が透過波長帯の中心を、点線が透過波長帯の幅を示している。フィルタの中央部分では多少のムラはあるものの半値幅は約0.4Åでカタログ値に近い値であった。しかし、周辺部では約0.6Åとなりカタログどおりの性能を示さなかった。

3. 検定の結果

H α 線中心用、青側ウイング用、赤側ウイング用フィルタの検定結果をそれぞれ図9、10、11に示す。図中の最上段はH α 線スペクトルで波長のスケールを表している。また、左側の図はフィルタの中央部分の、右側は周辺部分の検定結果であり、図中の実線が透過波長帯の中心を、点線が透過波長帯の幅を示している。

一見して、フィルタは3種類とも周辺部分には透過波長帯のムラがあるものの、中心部分は比較的一様であることがわかる。具体的にはH α 中心用フィルタでは中央部分の透過波長帯は非常に一様で半値幅はカタログ値どおり0.3Åだったが、周辺部分にはムラがありそれらを単純平均した半値幅は0.6Åだった。同様に、青側ウイング用フィルタも中央部分の透過波長帯は比較的一様で半値幅は0.3Åだったが、周辺部分にはムラがあり平均的半値幅は0.5Åだった。ところが、赤側ウイング用フィルタでは中央部分の透過波長帯にもムラがあった。ただし、その平均的半値幅は0.4Åであり、カタログ値の0.3Åを大幅に超えるものではなかった。なお、周辺部分ではそのムラはさらに強くなり平均的半値幅は0.6Åだった。

ところで、本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡に取り付けてある冷却CCDカメラの撮像素子の大きさは6.4 mm × 4.8 mmである。そのため、撮像素子上に結像する光はH α フィルタの中央部分を通過した光だけということになる。したがって、本校のH α フィルタには周辺部分に透過波長帯のムラはあるものの、本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡での使用においては中央部分を透過した光しか使わないため影響がないことが示された。

4. まとめ

H α フィルタとはH α 線（水素原子から放射される波長6562.8Åの光）付近の特定の波長帯の光だけを透過するフィルタである。本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡は半値幅0.3ÅのH α フィルタを装着した3本の望遠鏡から構成されている。それらでH α 線中心、青側ウイング、赤側ウイングの画像を撮像するとH α 線のドップラーシフトの2次元分布が測定でき、太陽彩層の速度場が分かるというのが本望遠鏡の動作原理である。

したがって、H α フィルタに透過波長帯のムラなどがあると精密な測定ができないことになる。そこで、京都大学大学院理学研究科附属花山天文台のシーロスタットと水平分光器を利用して本校のH α フィルタの検定を行った。

その結果、本校のH α フィルタには周辺部分に透過波長帯のムラがあり、そこでは平均的半値幅が0.5~0.6Åとなっていることがわかった。ただ、中心部分は比較的一様で半値幅は0.3~0.4Åとカタログ値に近い値になっていることもわかった。

ところで、本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡に取り付けてある冷却CCDカメラの撮像素子の大きさは6.4 mm × 4.8 mmである。そのため、撮像素子上に結像する光はフィルタの中央部分を通過した光だけということになる。したがって、太陽彩層速度場観測望遠鏡での使用においては問題がないことが示された。

参考文献

竹内彰継 & 山脇貴士, 2006, 米子高専研究報告, **42**, 6
Ueno, S., 2007, Kwasan & Hida Obs. Report