

2011年7月13日(水)-14日(木)

木曾シュミット・シンポジウム2011@上松

KISO-2kCCD狭帯域撮像の限界等級 とキャリブレーションの精度

～多くの人に使いこなしてもらうために～



東京学芸大学 自然科学系
宇宙地球科学分野
西浦 慎悟

1. はじめに～2kCCD用 中・狭帯域フィルター

● QSO ($z \sim 2.4-3.6$) サーベイ用 中帯域 (NB) フィルター (林野)

NB1～NB9の9枚 (林野他 1997, 木曾シュミットシンポジウム集録, p.46)

$Z \sim 2.4-3.6$ の Ly α 輝線検出用

NB3 (H γ)、NB4 (H β 、H γ -off)、NB5 (H β)、NB6 ([OIII] λ λ 4959,5007)、NB7 ([OIII]-off) として使用可能 → FWHM大きめ、平行度やや不良気味

(詳しいスペックは西浦 2005, 木曾シュミットシンポジウム集録, p.59 参照)

● 金属欠乏星サーベイ用狭帯域フィルター (官谷&寿岳)

HKバンド (官谷 1997, 木曾シュミットシンポジウム集録, p.98)

● 炭素星サーベイ用狭帯域フィルター (福士&中田)

CNバンド、TiOバンド (福士 2005, 木曾シュミットシンポジウム集録)

銀河系内や近傍銀河中の星生成領域の主な輝線成分 (H α やH β 、[OIII]、[SII]) に対応した、王道とも言える狭帯域フィルターは存在しなかった (1枚あたり50万前後と高価なため)。

2. 2kCCD用 狭帯域フィルター製作の経緯

● 2005年度

年度末:「観測所で使えるまとまった経費が100万円ある。狭帯域フィルターを作る良い機会ではないか？」(中田前所長)

→ 費用を木曾観測所が出し、西浦が仕様決定を担当。

→ 朝日分光製 Ha6417(off)、Ha6577(H α)、Ha6737([SII])

● 2006年度

夏頃: 住友財団基礎科学研究助成金(100万円)が採択される(西浦)。

→ 朝日分光製 N499([OIII])、54.6万円

大学運営交付金が大幅に残る(東京学芸大学・天文学研究室)

→ 朝日分光製 N519(off)、48万円[学芸大の資産]

年度末: 木曾観測所の残金+上記助成金の残金

→ フィルター設計費を西浦、制作費を木曾観測所が出す。

→ 朝日分光製 N487(H β)、63(25+38)万円

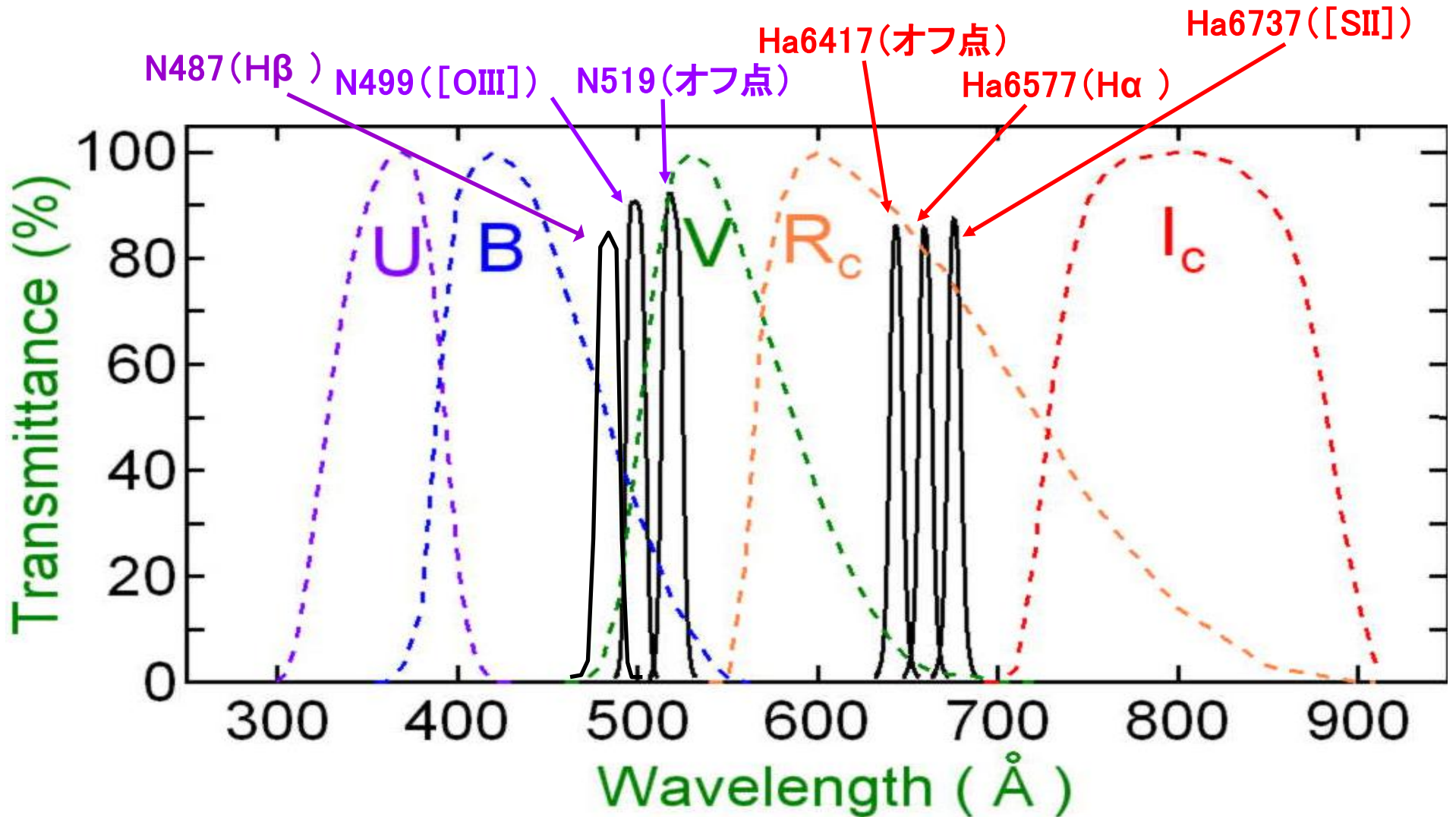
3. 2kCCD用 狭帯域フィルター

● 仕様 :

- ・ 近傍銀河の星生成領域の輝線撮像を対象に製作: $H\beta$, $[OIII]$, $H\alpha$, $[SII]$
 - 1) 星生成領域の内部運動 : 数10km/s → 無視
 - 2) 銀河回転 : 300km/s
 - 3) 後退速度 : 近傍銀河 → 3000km/s

名称	中心波長	FWHM	帯域 (幅はFWHMに相当)	透過率 (ピーク値)	備考
N487	4879 Å	86 Å	4837 Å – 4923 Å	85%	$H\beta$
N499	4993 Å	114 Å	4933 Å – 5047 Å	91%	$[OIII]\lambda\lambda$ 4959,5007
N519	5179 Å	122 Å	5131 Å – 5253 Å	92%	オフ点
Ha6417	6417 Å	79 Å	6396 Å – 6475 Å	86%	オフ点
Ha6577	6577 Å	83 Å	6555 Å – 6638 Å	86%	$H\alpha$
Ha6737	6737 Å	83 Å	6716 Å – 6799 Å	87%	$[SII]\lambda\lambda$ 6716,6731

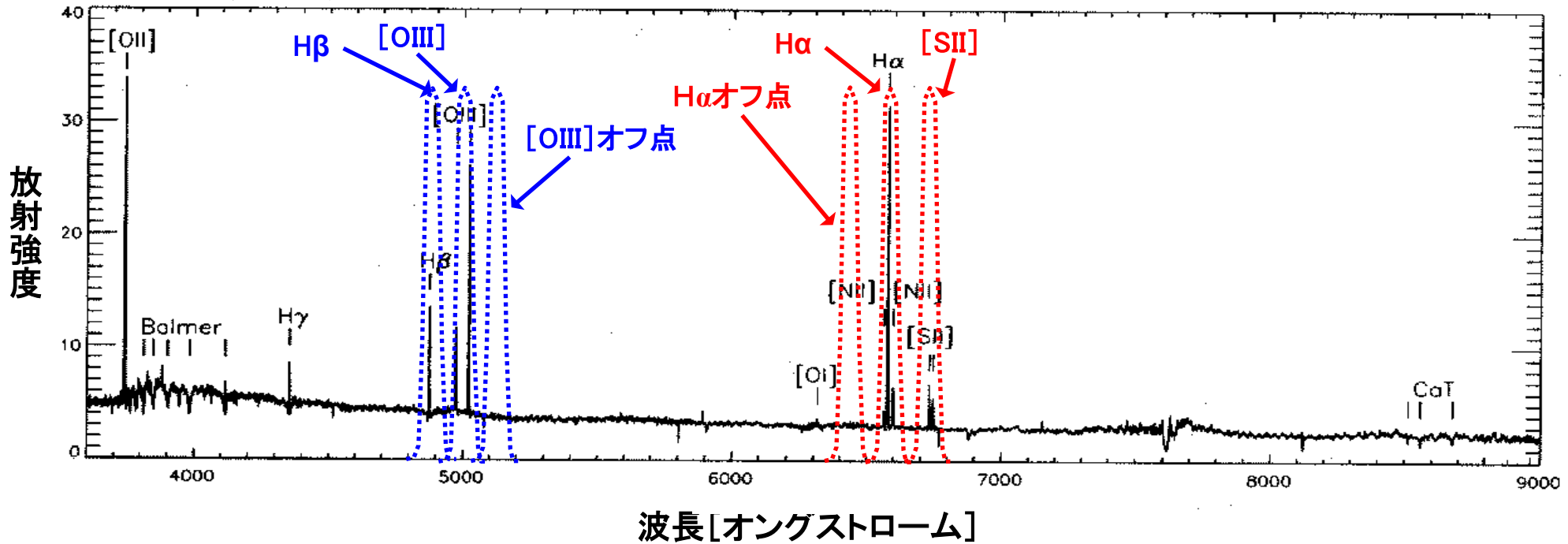
● 狭帯域フィルターと標準測光システム:



(U,B,V,Rc,Ic : Bessel 1990, PASP, 102, 1181)

● 狭帯域フィルターと近傍銀河のHII領域スペクトル:

不規則銀河NGC4449の星生成領域スペクトル (Boker et al. 2001, AJ, 121, 1473)



・ 現行システムの問題点

輝線波長帯の短・長波長側の両方にOff点を用意されている訳ではない。

4. 狭帯域撮像データのフラックスor等級較正

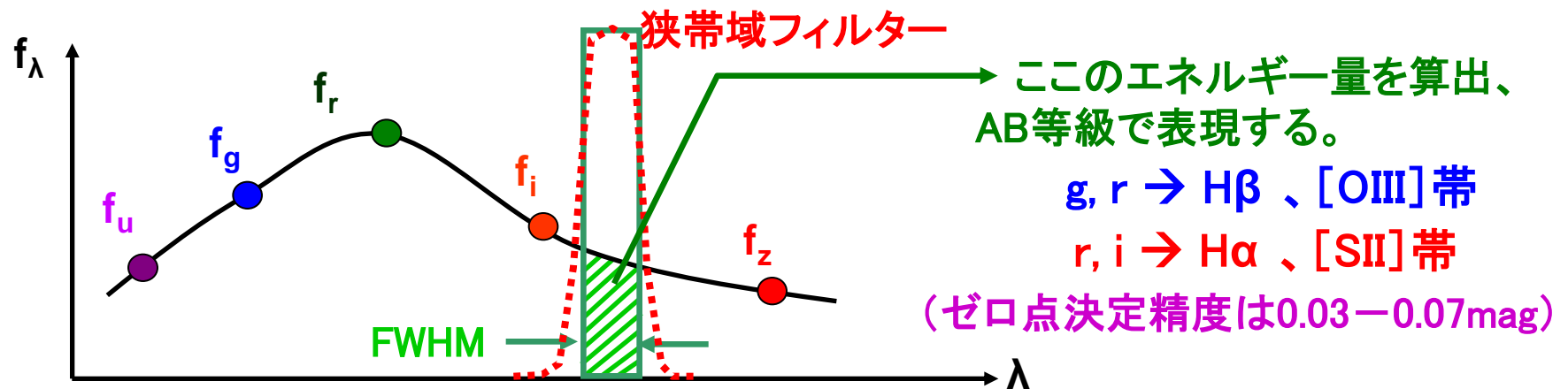
・ 基本的には分光測光標準星(狭)やLandoltの測光標準星(広)を観測する。→ 気象条件の他、諸事情で結構大変。

・ 目標天体と同一視野の恒星のカatalogデータを使用。

SDSS の u 、 g 、 r 、 i 、 z (Adelman-McCarthy et al. 2009, ApJS, 182, 543)

B_T 、 V_T (Tycho), J , H , K_s (2MASS)と恒星スペクトルモデルから g , r , i , z を算出
(Ofek 2008, PASP, 120, 1128)

・ SEDを直線で補間、狭帯域フィルターの感度特性は矩形型を仮定



→ 本当にこれで大丈夫なのか？

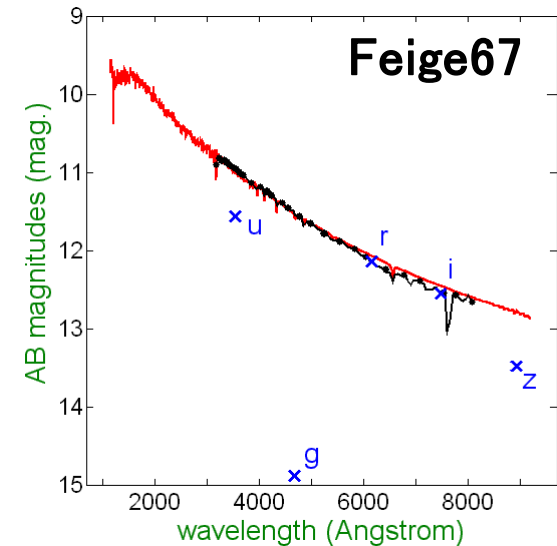
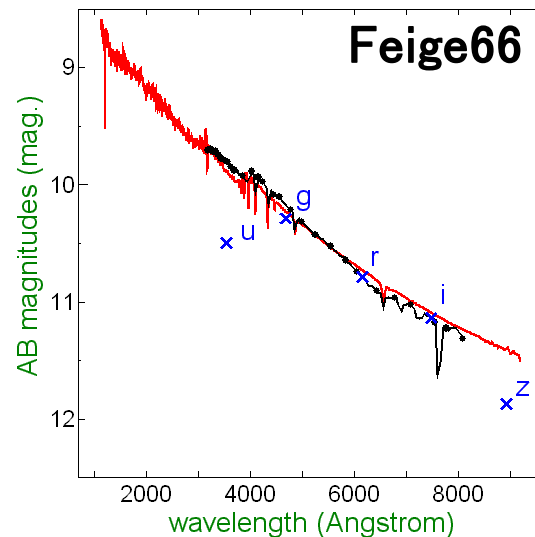
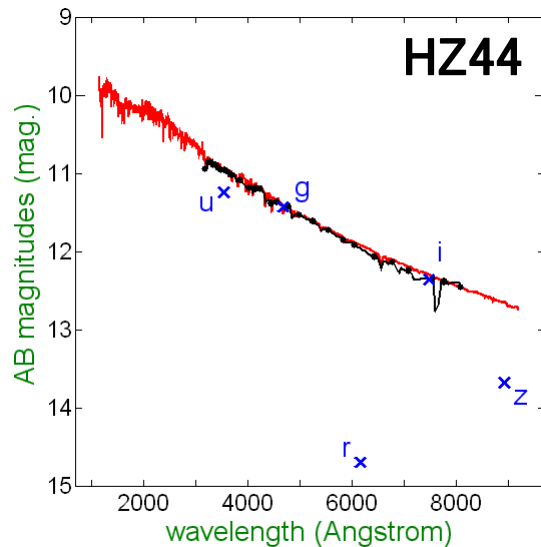
(調査1) 分光測光標準星のスペクトルとSDSSによるSEDの比較

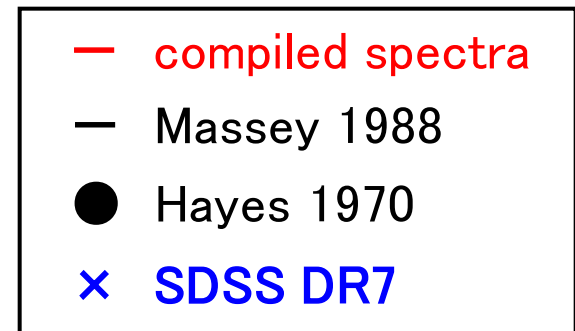
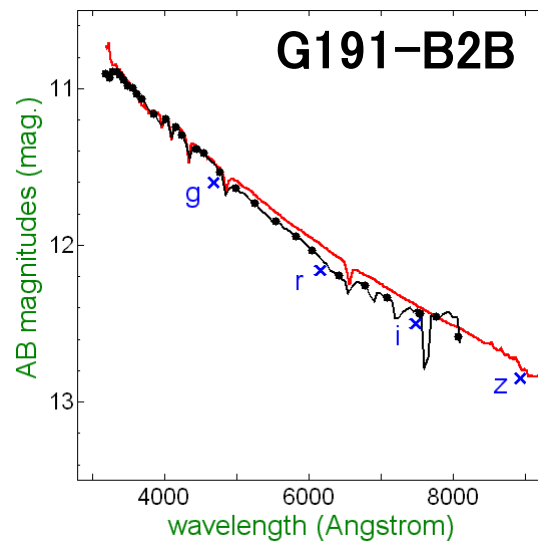
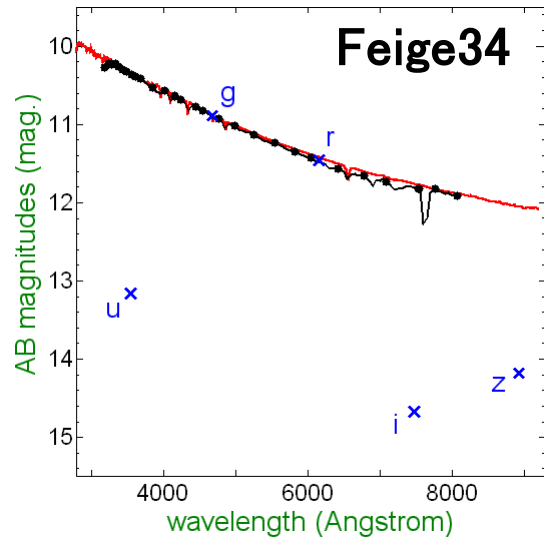
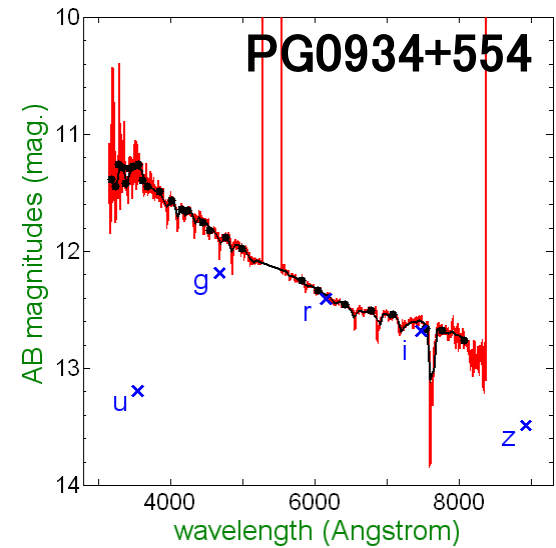
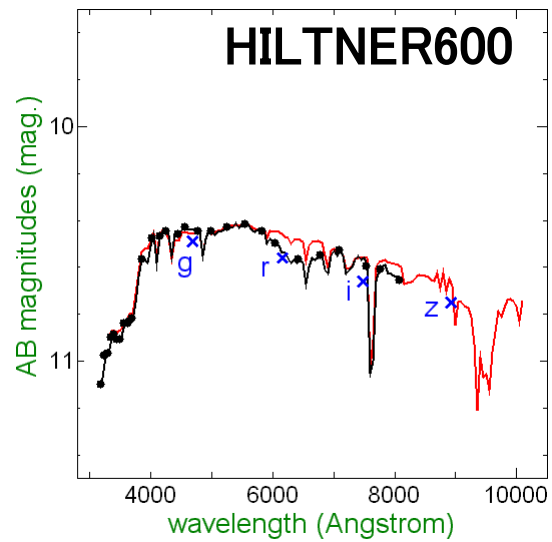
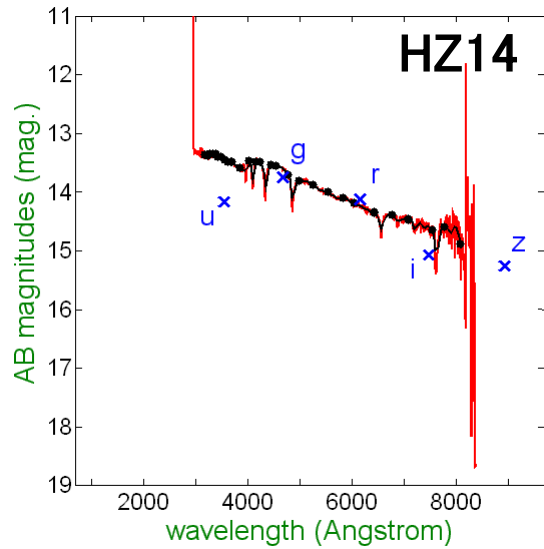
● 分光測光標準星サンプル :

Massey et al. 1988, ApJ, 328, 315 から、ランダムにHZ44、Feige66、Feige67、HZ14、Hiltner600、PG0934+554、Feige34、G191-B2Bの8個を選出。

- 波長範囲 3200–8100 Å、波長分解能 50 Å のスペクトルデータ
- Hayes 1970, ApJ, 159, 165 の低波長分解能のスペクトルも掲載
- Subaru/FOCAS ページに文献データのコンパイル・スペクトル有り

→ これらに対して、VizieRからSDSS-DR7の測光データを収集、スペクトルとSDSSのSEDから狭帯域フィルターによって切り出されるエネルギーを計算・比較した。





● (調査1) の結果 :

- ・ SDSS u 、 z はスペクトルよりも暗い値が出ている。

→ 狭帯域フィルターのキャリブレーションとは直接関係無い

- ・ 時々 g 、 r 、 i でもスペクトルから大きく外れる値が出ている。

→ キャリブレーションのミス？ 多波長間の位置合わせミス？

→ キャリブレーションに使う恒星のSDSSのSEDに注意する必要がある？

- ・ g 、 r 、 i でスペクトルとSDSSによるSEDに大きな差がない5天体 (Feige66、HZ14、Hiltner600、PG0934+554、G191-B2B) に対して、狭帯域フィルターによってスペクトルから切り出されるエネルギー AB_{λ} (spec) とSEDから切り出されるエネルギー AB_{λ} (SDSS) をフィルター毎に比較した (詳細な表は省略)。

→ 6つの狭帯域フィルター全てで AB_{λ} (spec) $>$ AB_{λ} (SDSS) という傾向

- ・ ズレの最大値は 0.27 ABmag@N487, Ha6577
- ・ フィルター毎のズレの平均値

N487 : 0.155 mag	Ha6417 : 0.081 mag
N499 : 0.096 mag	Ha6577 : 0.145 mag
N519 : 0.070 mag	Ha6737 : 0.056 mag

→ この程度の差は有り得る？

5. 狭帯域撮像データの限界等級

(調査2) 狭帯域撮像の限界等級はどの程度か？

● 観測データ：

- ・ 2007年1月と2009年4月に観測した系外銀河M63の画像データを使用。

N487(H β) --- 300s \times 12 = 60 min

N499([OIII]) --- 300s \times 12 = 60 min

N519(off点) --- 300s \times 12 = 60 min

Ha6417(off点) --- 300s \times 11 = 55 min

Ha6577(H α) --- 300s \times 11 = 55 min

Ha6737([SII]) --- 300s \times 11 = 55 min

天候：晴れ～快晴

Seeing \sim 2.7"–4.2"

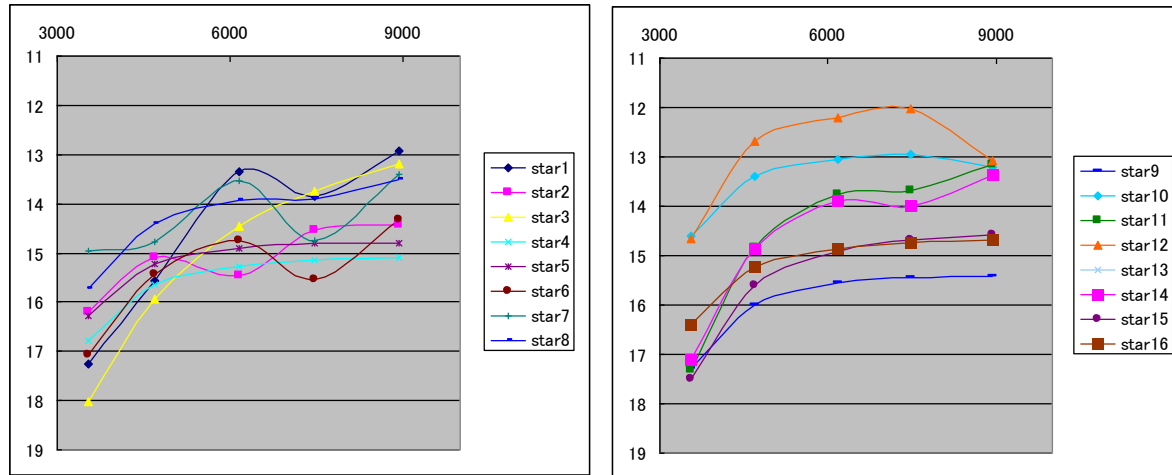


● 画像解析：

- ・ IRAF、SPIRALを使用
- ・ Bias引きは、overscan領域を用いてレベル合わせた後に実行
(木曾2kCCD解析合宿, 2009年)
- ・ Sky引きはSPIRAL/skysubを使用
- ・ H α 、[SII]帯についてはSPIRAL/imregist で回転補正を施した

● 等級較正 :

- M63と同一視野内にあり、SDSS測光データがavailableな恒星を用いた。
- ただし、SDSSによるSEDが起伏に富む場合は、その恒星は用いなかった。



(↑ M63の等級較正に用いた恒星のSDSSによるSED)

▪ Star番号は便宜的に付けたもの。

▪ 16個のうちstar1, 2, 6, 7, 13の5個の恒星は使用しなかった(SEDの乱れ?とコンタミのため)。

● (調査2)の結果 :

- IRAF/imstat で各狭帯域画像における sky 揺らぎの 1σ を測定し、それに相当する表面輝度(AB等級/□”)を算出した。積分時間~60min対して、

N487: 24.93 AB mag/□”	Ha6417: 24.61 AB mag/□”
N499: 25.20 AB mag/□”	Ha6577: 24.92 AB mag/□”
N519: 25.14 AB mag/□”	Ha6737: 25.08 AB mag/□”

という値が得られた。H α 、[SII]帯については回転補正によるノイズ増加の可能性があり得る。