

2015年7月13日(月) - 14日(火) 木曾シュミット・シンポジウム2015@上松

Kiso 105+2k CCD+4度プリズムによる 対物分光データの教材化



西浦慎悟 東京学芸大学・教育・理科

三戸洋之 東京大学・理・天文センター・木曾

伊藤信成 三重大学・教育・理科教育

山縣朋彦 文教大学・教育・学校教育・理科

濱部 勝 日本女子大学・理・数物科学

中田好一 東京大学

2003年度 観測実習中田班(東大・天文・3年生)

次へ

1. はじめに ~ FITS画像データを用いた教材 ~

1980年代:

- ・ 観測データのデジタル化
- ・ 観測天文学におけるCCDカメラの普及
- ・ FITS画像データの登場

学校教材

- ・ 画像や図表を読み取る問題
- ・ データ点を打つだけの演習
- ・ 天気次第の天体撮影の実習

(受動的な教材)

1990年代:

- ・ 安価な高性能PCハードウェアの普及
- ・ 容易なPC操作を可能にするソフトウェアの発展
- ・ 観測データ・アーカイブ・システムの充実化

公開天文台ネットワーク (PAONET) による画像公開

2000年代: ~

- ・ 容易かつ無償のFITS画像解析ソフト (マカリイ) の登場
- ・ 高速ネットワークの一般普及

PAOFITS WGによる教材セットの開発

21世紀: 「誰もが容易に観測データに触れることができる時代」の到来

→ より本格的な研究体験
「自習用」教材の開発

各地で開催される
天文学研究体験
イベント

(能動的な教材)

次へ

PAOFITS WGによる教材(テーマの一部)

- ・『太陽の黒点の温度を求めよう』
- ・『地球軌道の離心率を求めよう』
 - ・『星団視差(散開星団までの距離を求めよう)』
 - ・『ハッブルの法則』(原ほか, 地学教育,)
- ・『超新星の明るさと銀河の距離』(原ほか, 地学教育)
- ・『星団のHR図を作ろう』(原ほか, 地学教育)

普通の中学・高校の
授業を対象とした教材
の金字塔

→ WEBページから画像解析済みのFITS画像データ、チューニングされた表計算ワークシート、指導者用解説書、など一式がDL可能。

FITS画像を用いた他の教材

- ・『宇宙年齢を測る』(西浦ほか, 地学教育)
- ・『銀河団銀河のサイズ分布を用いた宇宙年齢
導出教材』(西浦ほか, 東京学芸大学紀要)

天体画像の長さ測定
と、平易な四則演算
のみで実施可能

→ より本格的な研究体験用データ = 即ち、生データ!

- ・『画像解析実習用FITSデータ集』(西浦ほか, 東京学芸大学紀要,)

↳ 分光データを加えて、さらなる充実化を図る



2. 観測機器

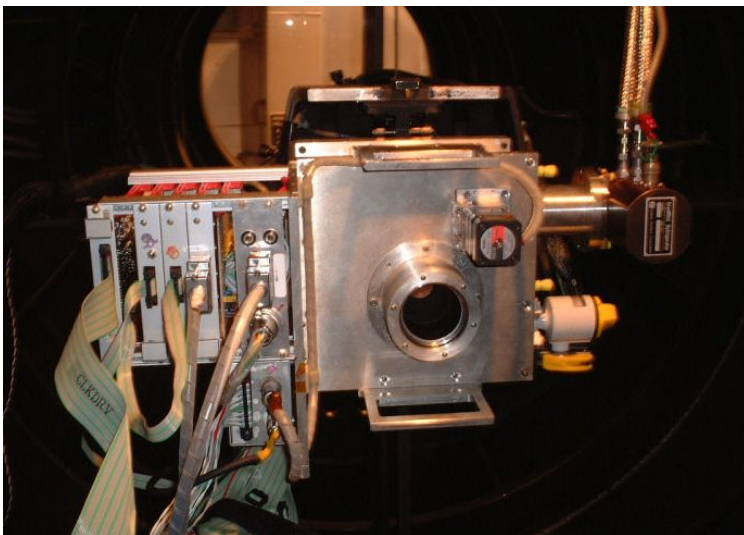
- ・ 木曾105cmシュミット望遠鏡



- ・ 4度対物プリズム



- ・ 2k CCD



有効口径: 105 cm

視野 : 50' × 50'

ピクセル分解能: 1.5" / pixel

波長分解能: 170 /mm @H

1000 /mm @A-band

→ 有効口径世界第4位の広視野
対物分光観測装置



3. サンプル天体および観測

2000年から2003年に観測された以下の天体から選出。

・比較的明るい恒星を中心に置いた28領域

2000/07/04、12/04、12/06、12/07、12/09、12/10 (三戸、青木、樽沢)、
2001/07/23(2001年度・東大B3・中田班)、2003/07/24(2003年度・東大
B3・中田班)

・惑星状星雲M57領域

2003/07/24 (2003年度・東大B3・中田班)

・楕円銀河M87領域

2002/06/12 (寿岳)

・ペア銀河M51領域

2000/12/10 (三戸)

・銀河群ステファンの五つ子(=HCG92)領域

→ Sy2がメンバー銀河に存在

2001/07/23 (2001年度・東大B3・中田班)

・キューサー3C273領域

2002/06/10 (寿岳、西浦)

フィルター : NONE (無し)
露光時間 : 1s - 300s
(典型的には 30s-60s)
ほぼ全てでフラット未取得

今回は、2003年度実習で
取得された「4領域」を実習
用データ化した。



4. 実習用データ

・ M 5 7 領域

天体分類 : PN

RA(2000) : 18h 53m 35.1s

DEC(2000) : +33d 01m 45.0s

1: M57 (PN)

2: HD175577 (M)

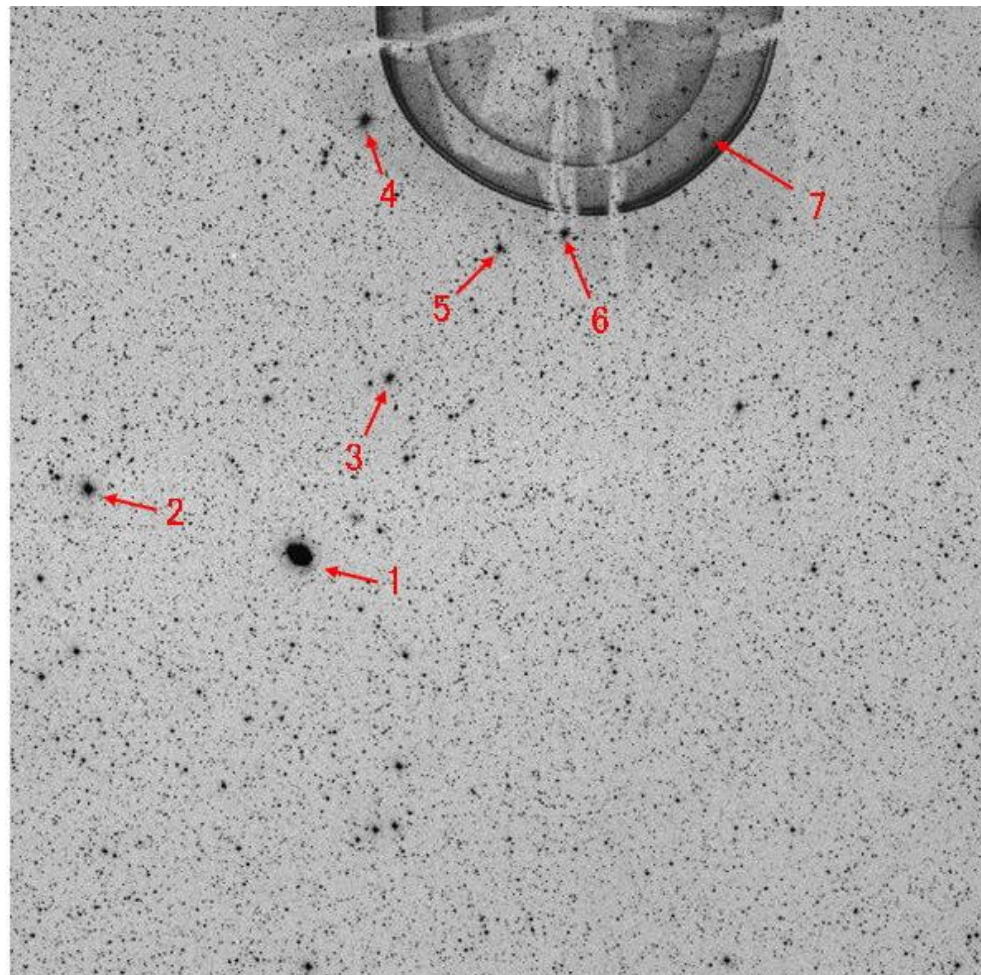
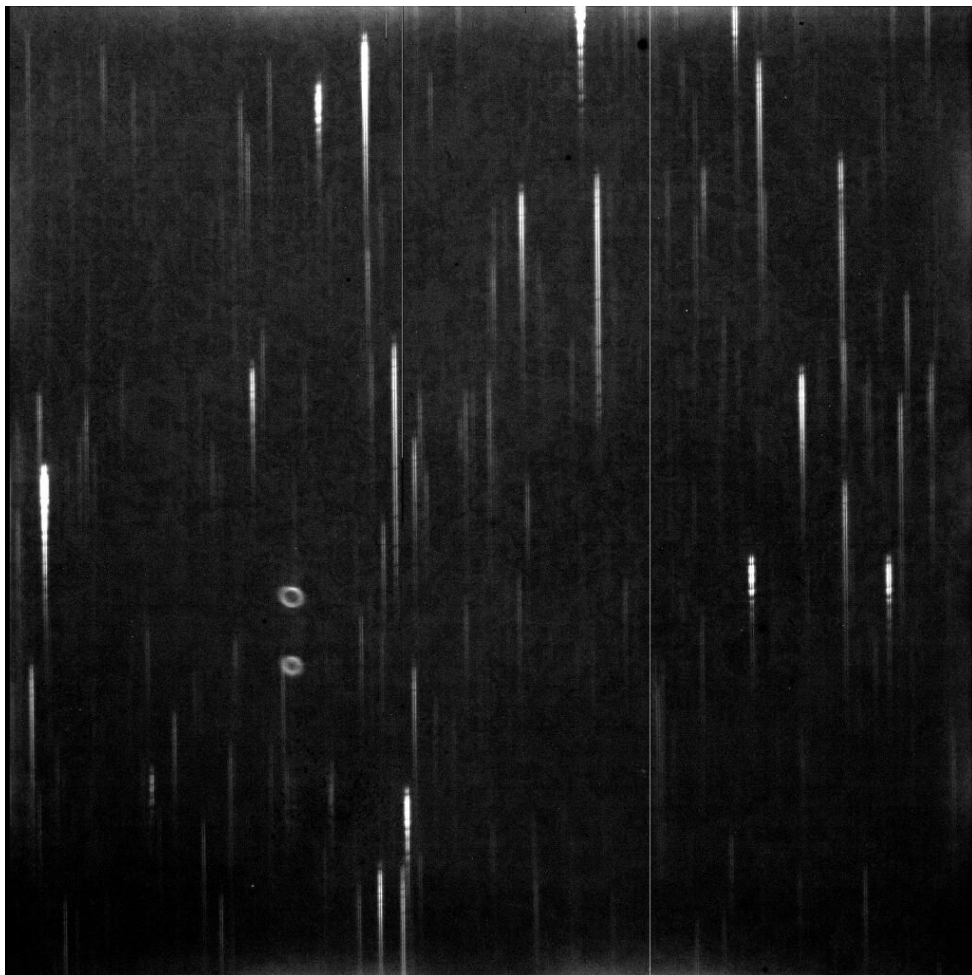
3: HD175267 (AO)

4: HD175291 (K)

5: BD+33 3243 (K2)

6: HD175082 (AO)

7: BD+33 3236 (FO)



(左) 2kCCD+4度プリズム画像、(右) DSSから作成したFinding Chart。
視野は約 $1^\circ \times 1^\circ$ 、方角は上が北、左が東。



・ HD159608領域 天体分類 : M 2 III

RA(2000) : 17h 34m 21.5s

DEC(2000) : +29d 45m 46.4s

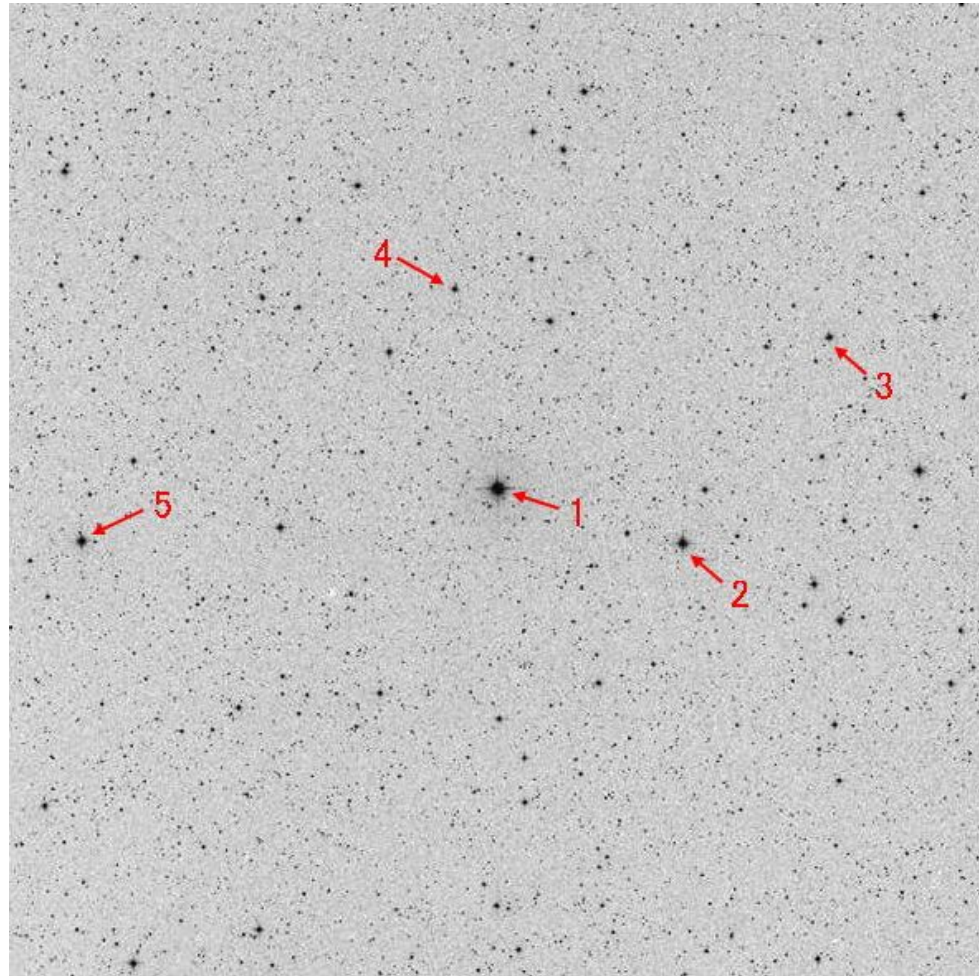
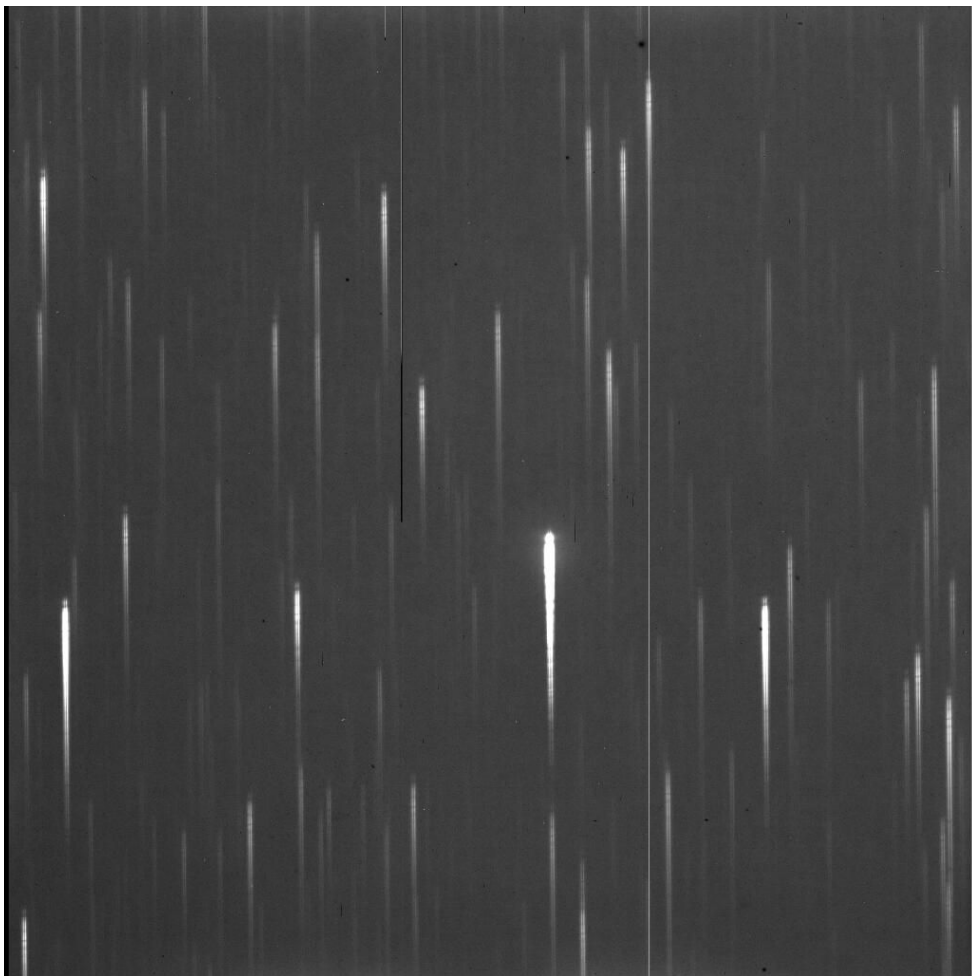
1: HD159608 (M2III)

2: BD+29 3047 (KO)

3: BD+30 3015 (A5)

4: TYC2087-255-1 (GOIV)

5: BD+29 3061 (G5)



(左)2kCCD+4度プリズム画像、(右)DSSから作成したFinding Chart。
視野は約 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 、方角は上が北、左が東。



・ HD182489領域 天体分類 : B 8 V

RA(2000) : 19h 24m 12.7s

DEC(2000) : +18d 44m 28.2s

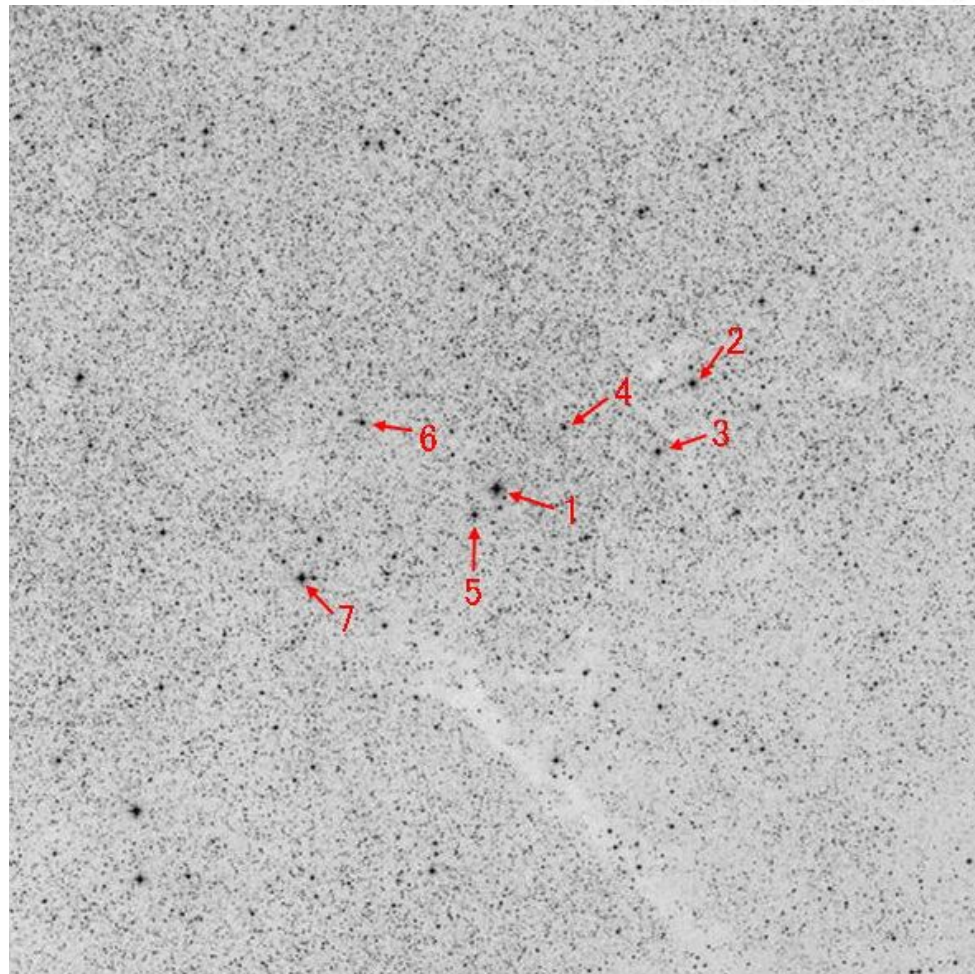
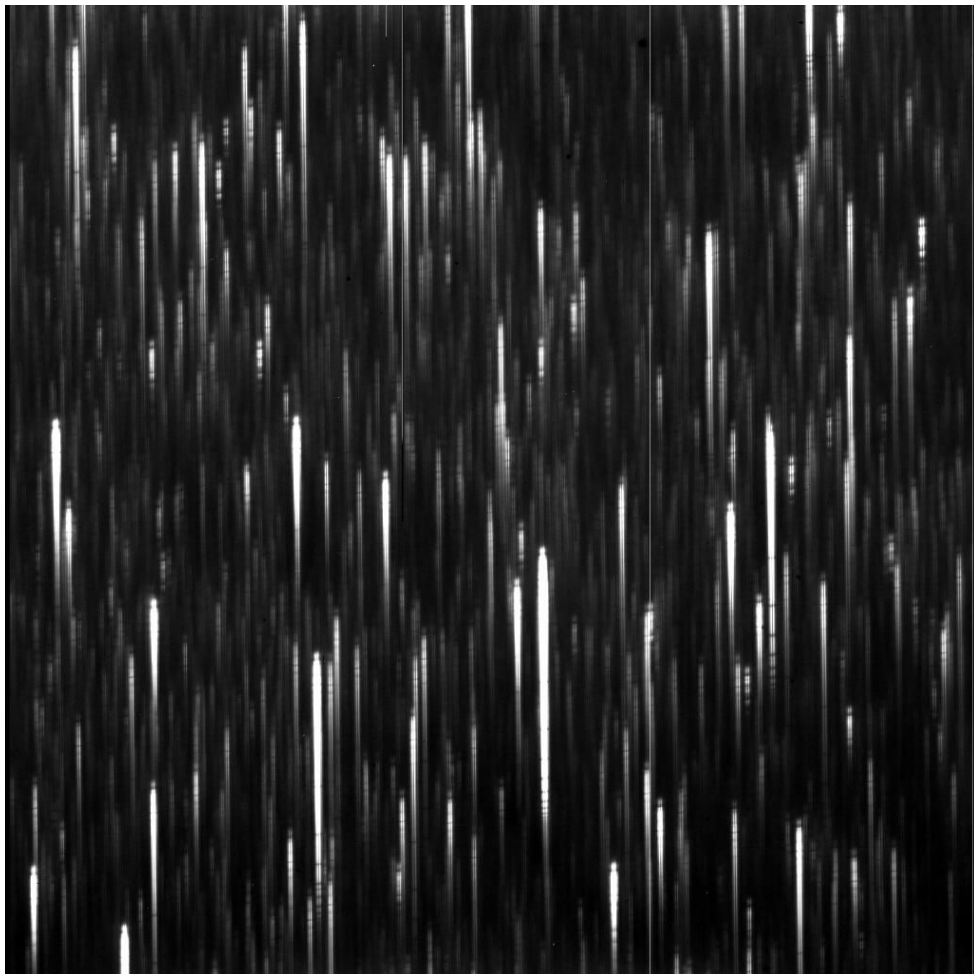
1: HD182489 (B8V)

2: HD182312 (A2V)

3: HD350016 (G5V)

4: HD350015 (FOV) 6: HD350011 (K2V)

5: HD350014 (K5V) 7: HD231357 (FOV)



(左)2kCCD+4度プリズム画像、(右)DSSから作成したFinding Chart。
視野は約 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 、方角は上が北、左が東。

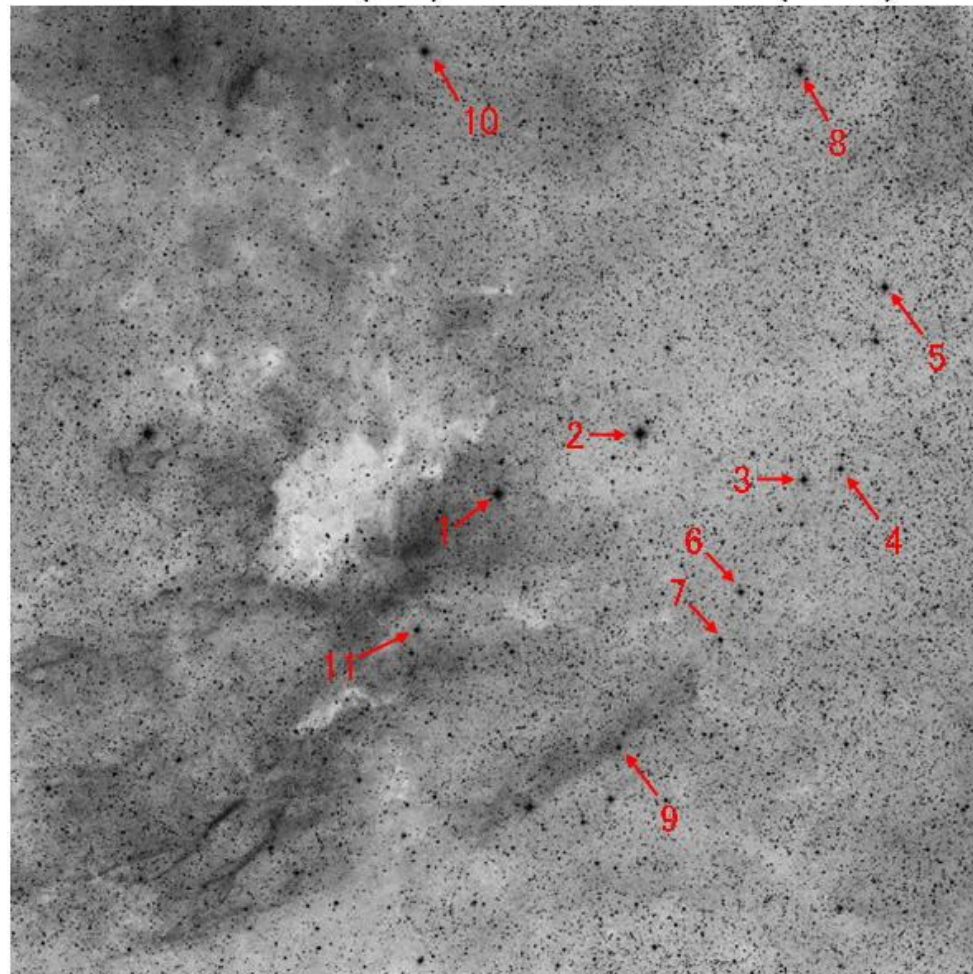
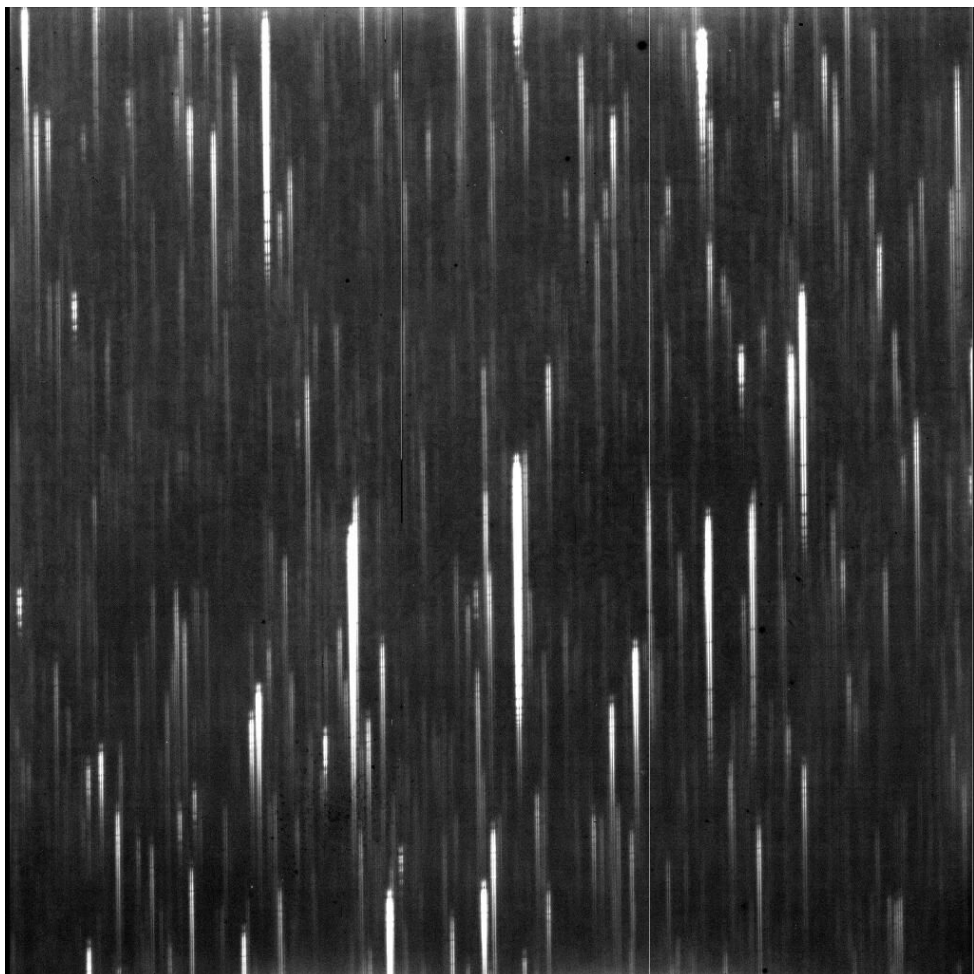


・ HD192281領域 天体分類 : O5V

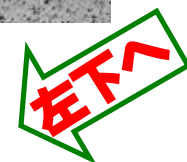
RA(2000) : 20h 12m 33.1s

DEC(2000) : +40d 16m 05.4s

- | | |
|-------------------|----------------------|
| 1: HD192281 (O5V) | 6: HD228197 (B8) |
| 2: HD192143 (B9) | 7: HD228227 (G5) |
| 3: HD228160 (F0) | 8: HD191964 (M) |
| 4: HD228134 (B8) | 9: HD228256 (Beq) |
| 5: HD191874 (A0) | 10: HD192381 (A0) |
| | 11: HD228353 (A7Iab) |



(左)2kCCD+4度プリズム画像、(右)DSSから作成したFinding Chart。
視野は約 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 、方角は上が北、左が東。



5. データ公開HP

暫定版なので、URLを直接入力してアクセス・DLして下さい。

<http://astro.u-gakugei.ac.jp/~nishiura/edu/edu-fits.html>

天体・観測情報

簡易観測ログ

Kcd番号、データ種別、天体名、フィルター、露光時間、天気などをメモ

バイアスをDL
1枚 or 10枚

=====
対物分光データ
=====
画像情報
HD159608領域
• RA(2000): 17h 34m 21.5s
• DEC(2000): +29d 45m 46.4s
• Sp. Type: M2III
• Date: 2003/07/24
• FILTER: NONE
• T_exp: 30s
• Condition: Cloudy
• FileSize: 5.80MB -> 8.00MB
観測画像 (縮小画像)
ファインディング・チャート (縮小画像)
観測日: 2003/07/24
1: HD159608 (M2III)
2: BD+29 3047 (KO)
3: BD+29 3015 (AS)
4: TYC2097-256-1 (GOV9)
5: BD+29 2061 (GS)
共通簡易観測ログ:
[観測ログ閲覧]
共通ハイレゾ画像 (全10枚):
• 1枚のみ (3.46MB -> 8.00MB) [Download]
• 10枚全部 (34.7MB -> 800MBx10) [Download]
共通ドームフラット画像 (全10枚):
• 1枚のみ (56.6MB -> 8.00MB) [Download]
• 10枚全部 (56.6MB -> 800MBx10) [Download]
西浦クンの研究室ページへ
西浦クンのお部屋トップページへ
東京学芸大学天文学研究室ホームページへ
astro.u-gakugei.ac.jp/~nishiura/edu/pics/M57-PC.jpg

観測画像
(拡大画像あり)

ファインディング・チャート
(拡大画像あり)

視野内の明るい
恒星名とスペクトル型情報あり!

分光画像をDL

フラットをDL
1枚 or 10枚



簡易観測ログ(テキスト形式：一部抜粋)

```
# Observation Log : 2003/07/24
#
# kcd  Objects Filter Exp.Time Comments
#
51303 HD159608  NONE  30s  Z.D.=???.?d, M2III, V=7.5 mag
51309 HD182489  NONE  60s  Z.D.=29.8d, B8V, V=7.92mag
51311 Bias      -      -      Sorry, an object Name was "HD182489".
51314 HD192281  NONE  60s  Z.D.=24.1d, O5V, V=7.55mag
51317 M57       NONE  60s  Z.D.=08.1d, Planetary Nebula
51318 Bias      -      -      Sorry, an object Name was "M57".
51319 Bias      -      -      Sorry, an object Name was "M57".
51323 DomeFlat  NONE  5s   -
51324 DomeFlat  NONE  5s   -
51325 DomeFlat  NONE  5s   -
51326 DomeFlat  NONE  5s   -
51327 DomeFlat  NONE  5s   -
51333 Bias      -      -      -
51334 Bias      -      -      -
#
```

→ 必要最低限の情報は記載。

次へ

ファインディング・チャート

SkyviewによるDSS (Digitized Sky Survey1) の画像とSIMBADを使用して、ターゲット天体のみならず、**視野内の明るい恒星** (スペクトルが得られる程度のもの) の**名称とスペクトル型**を記載。

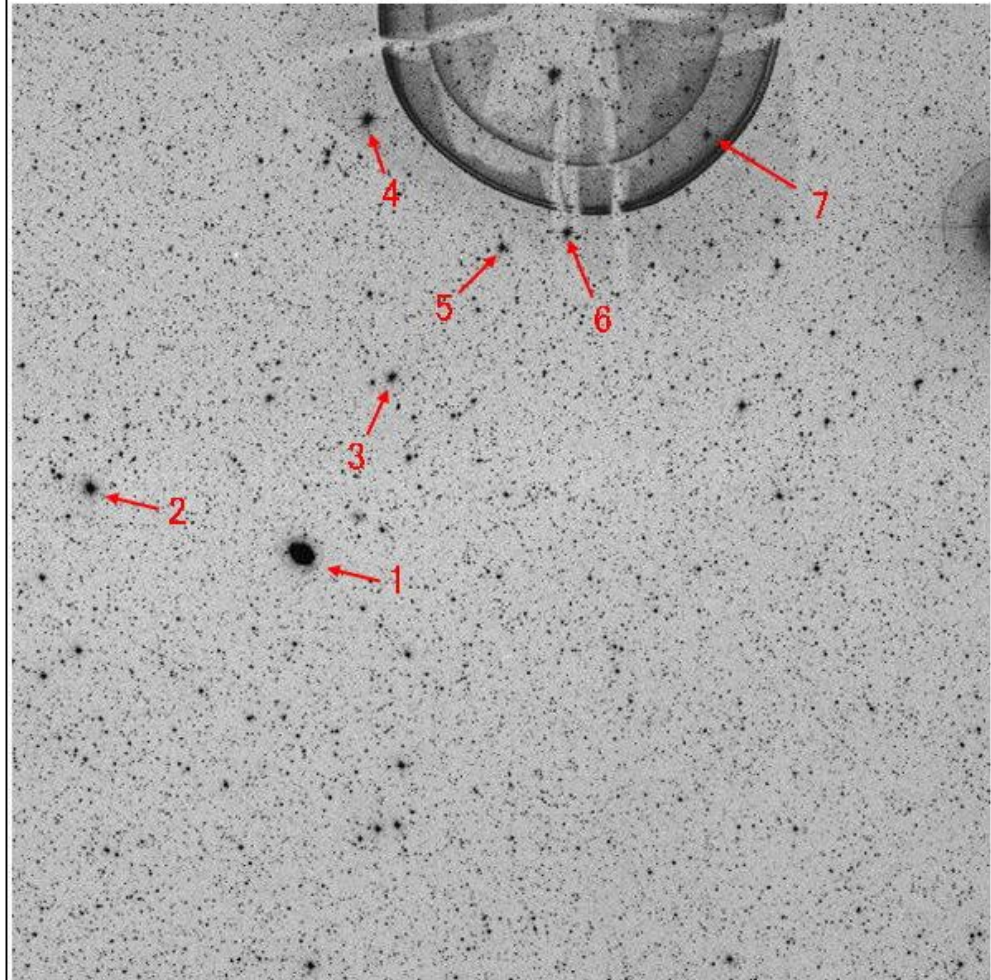
わざわざデータベースにアクセスして調べる手間を省く。

実習内容や実習の規模に合わせて観測領域を選ぶことが可能。

結構明るいにも関わらず、スペクトル型不明の恒星は意外と多い。

観測日: 2001/07/23, 2002/06/09, 2003/07/24

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1: M57 (PN) | 6: HD175082 (AO) |
| 2: HD175577 (M) | 7: BD+33 3236 (FO) |
| 3: HD175267 (AO) | |
| 4: HD175291 (K) | |
| 5: BD+33 3243 (K2) | |



左下へ

6. 実習投入に向けて

想定する実習環境：

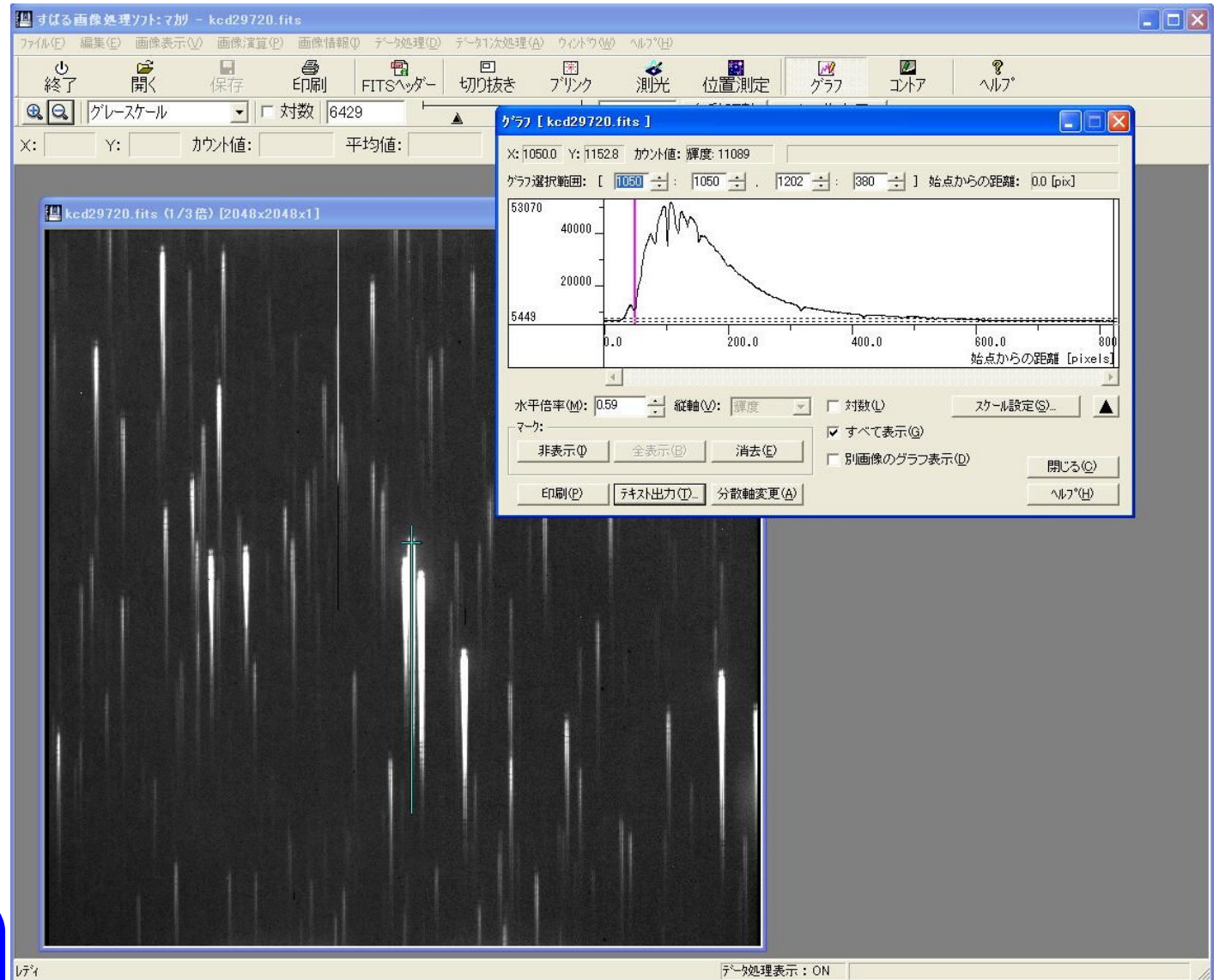
- ・MS-Windows
- ・マカリイ

普通に整約

バイアス引き
フラット・フィールディング
背景光(スカイ)除去

↓
「テキスト出力」で、画像の縦軸・横軸・カウント数をテキスト・ファイル(表計算ワークシート: 拡張子csv)に保存する。

↓
スペクトル・データの保存後は、表計算ソフトウェアで分析を行う。



現状では、この段階までOK

次へ

今後の検討事項

波長較正

A型星やF型星のスペクトルから、A線を座標・波長の原点とし、バルマー線を用いてピクセル座標zと波長間の関係式を導出。

フィッティングには下式のいずれかを使用。

$$z = a \times (1 / \lambda^n) + b$$

(a, b, n = 定数で、n ~ 2-3)

$$z = a \times (1 / \lambda^2) + b \times (1 / \lambda) + c$$

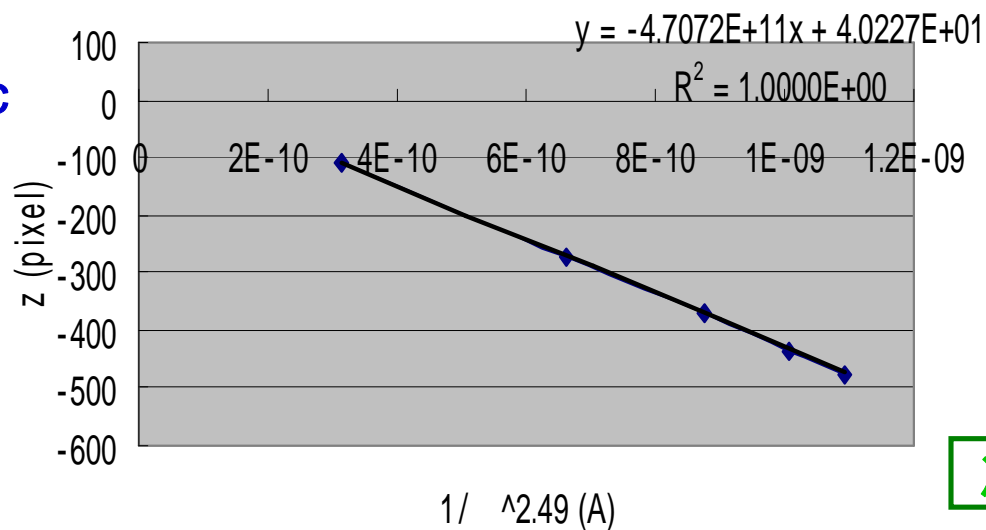
(a, b, c = 定数)

- ・ パラメータは不変か？
- ・ 長波長側での大きな波長のズレ
- ・ マクロ化できるか？

マカリィによるピクセル座標の原点と吸収線の同定

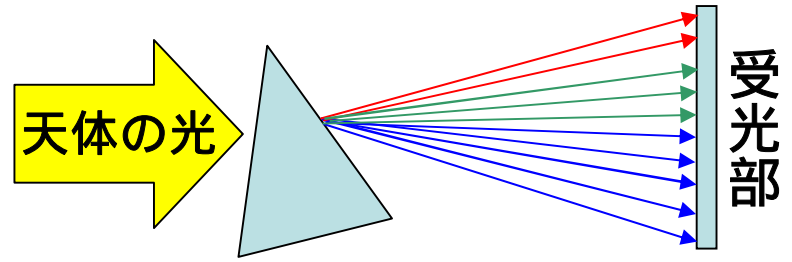


分散方向のピクセル座標 z と $\lambda^{-2.49}$



フラックス較正

対物分光では、長波長側で分散が低く、
 反対に短波長側で分散が高くなるため、あ
 らゆる天体で、一見、長波長側の強度が強
 くなっているように見える。フラックス較正に
 先立って、この補正が必要。



対物分光の分散のイメージ

$$I = \frac{dI}{d} = \frac{dI}{dz} \frac{dz}{d} = I_z \left(\frac{dz}{d} \right)$$

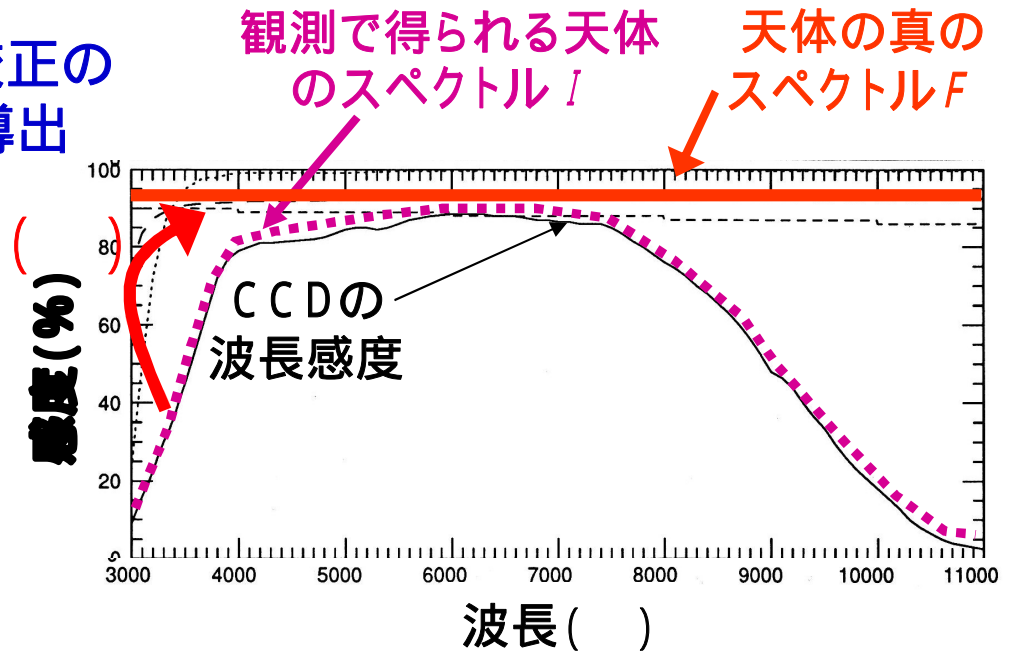
波長較正の式から導出

単位波長あたりの光の強度 単位ピクセルあたりの光の強度 (I_z)

真のスペクトル F が既知である天体に
 対して、観測で得られるスペクトル I との
 比 () を用いて、検出器 (CCD) の波長
 感度を補正する係数を求め、フラックス較
 正を行う。

$$F = () I$$

→ 原理的にはOKだが、問題多し。



フラックス較正のイメージ

- ・ 既知のスペクトルの用意
- ・ パラメータは不変か？
- ・ マクロ化できるか？