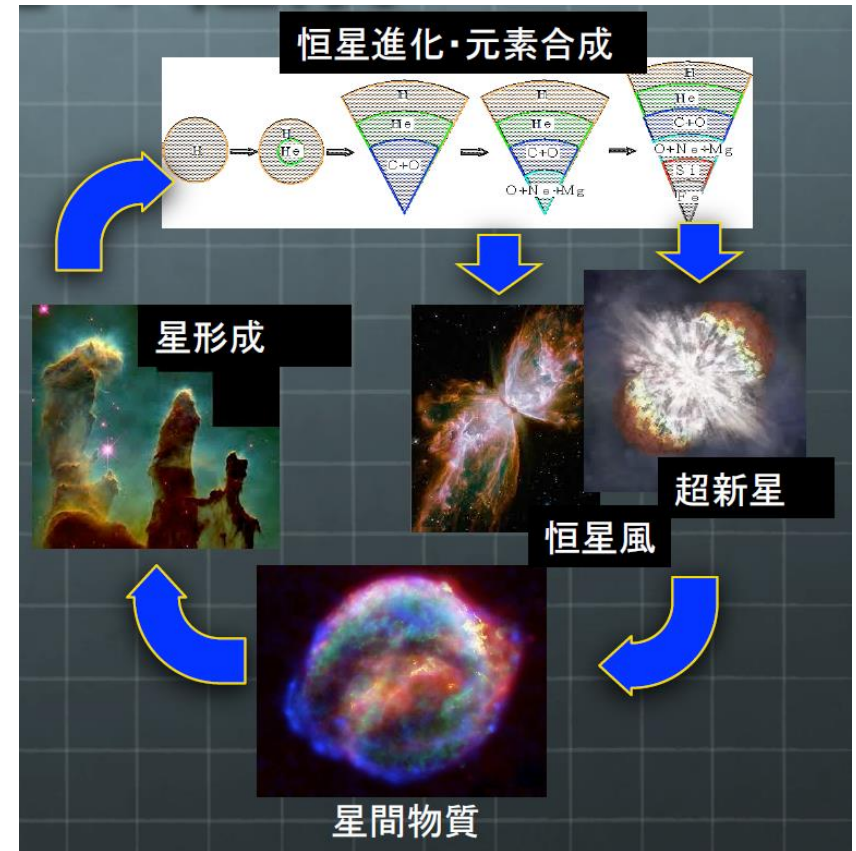


実習課題B  
金属欠乏星の視線速度・組成の推定

天文データセンター 白崎裕治

# 研究の目的

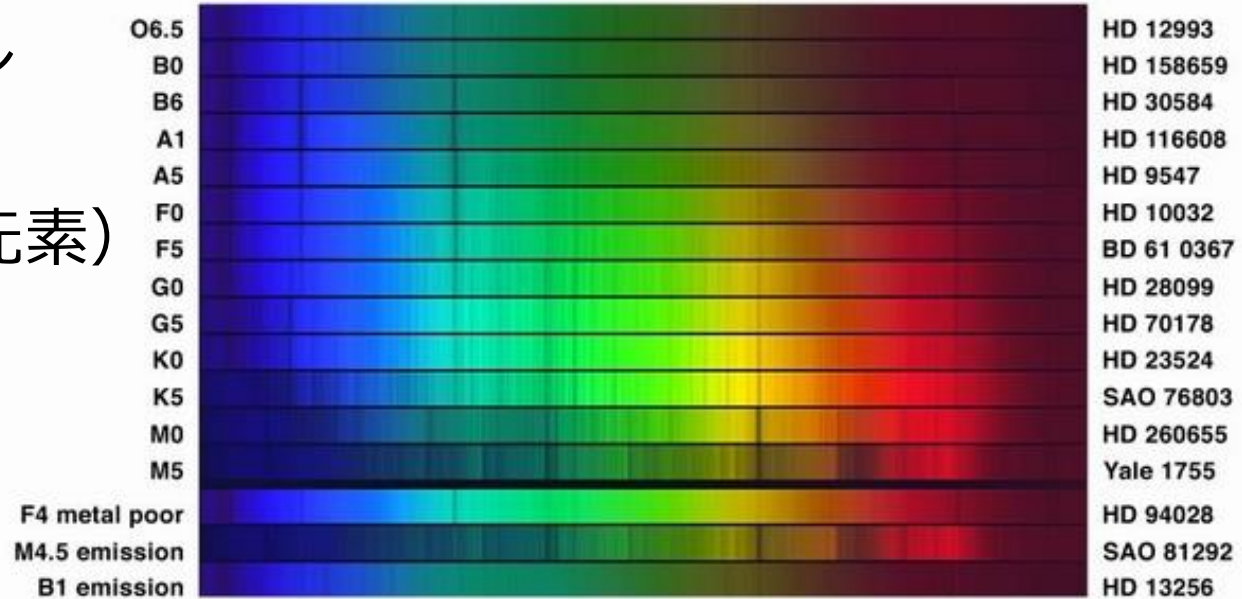
- Li より重い「重元素」の大部分は恒星内部における核反応により生成された。
- 超新星爆発や恒星風により重元素は放出され、星間物質を構成する。
- 星間物質から再び新たな星が形成され、重元素合成が星内部で行われる。
- 星表面の元素組成を調べることにより、過去の恒星進化を探ることができる。



# 恒星大気のスเปクトル

## 恒星大気のスเปクトル

- 黒体輻射（連続光）
- 吸収線（大気中の元素）

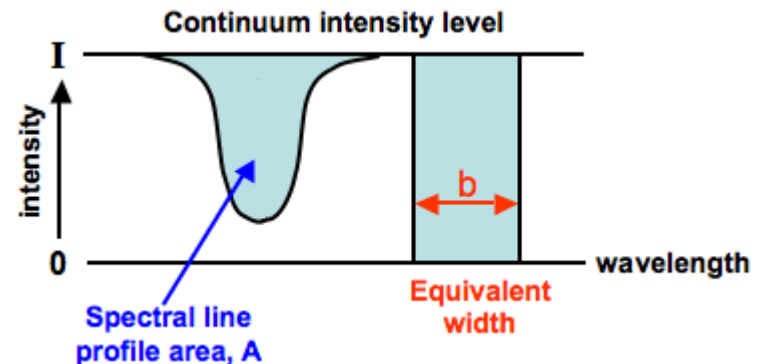


## 吸収線

- 元素組成
- 恒星の視線速度

<http://hoshizora.yokochou.com/astronomy/3-02.html>

この課題では吸収線の中心波長と等価幅を測定する。



<http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/E/Equivalent+Width>

# 吸収線の各種パラメータと元素組成との関係

$$\log \left( \frac{W}{\lambda} \right) = \underbrace{const.}_{\substack{\uparrow \\ \text{天体によらずほぼ一定(と仮定)}}} + \boxed{\log A} + \log(gf\lambda) - \underbrace{\theta_X \chi}_{\substack{\uparrow \\ \text{天体毎に決定}}}$$

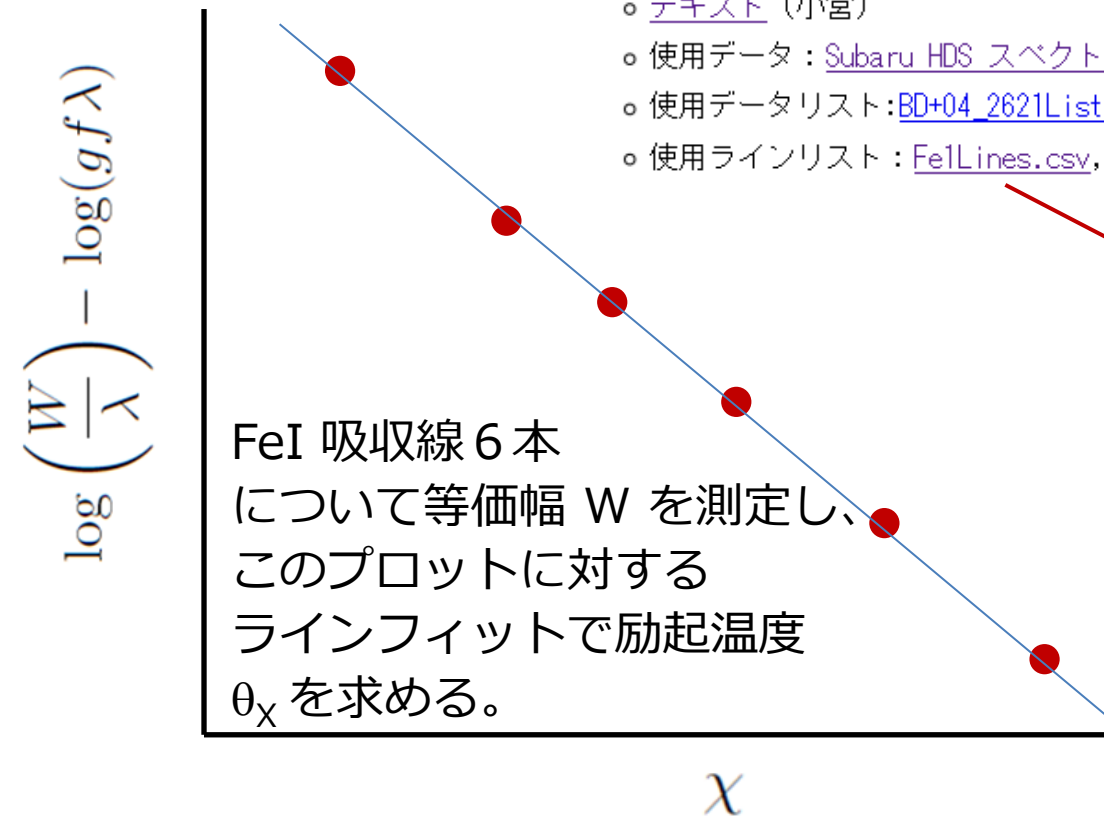
|            |                                      |                       |
|------------|--------------------------------------|-----------------------|
| $W$        | 吸収線の等価幅                              | 測定値                   |
| $\lambda$  | 吸収線の波長                               | 理論値                   |
| $A$        | 元素組成 (水素原子数密度に対する比)                  |                       |
| $g$        | 吸収前の状態の統計重率                          | } $\log gf$ 波長毎の実験値あり |
| $f$        | 吸収に関する遷移確率                           |                       |
| $\theta_X$ | 励起温度 $\frac{5040}{T(\text{K})}$ (eV) | 推定量                   |
| $\chi$     | 励起ポテンシヤル                             | 波長毎の実験値あり             |

# 励起温度の推定

$$\log\left(\frac{W}{\lambda}\right) - \log(gf\lambda) = \text{const.} + \log A - \theta_X \chi$$

## B. 金属欠乏星の視線速度・組成の推定

- 概要：Subaru HDS スペクトルデータをJVOから取得し、Specviewを用いて視線速度、吸収線等価幅を測定する。等価幅データから成長曲線を作成し、金属量の推定を行う。
- テキスト (小宮)
- 使用データ：[Subaru HDS スペクトル \(JVO HDSデータについて\)](#)
- 使用データリスト：[BD+04\\_2621List.txt](#), [HD107752List.txt](#)
- 使用ラインリスト：[Fe1Lines.csv](#), [Fe2Lines.csv](#)

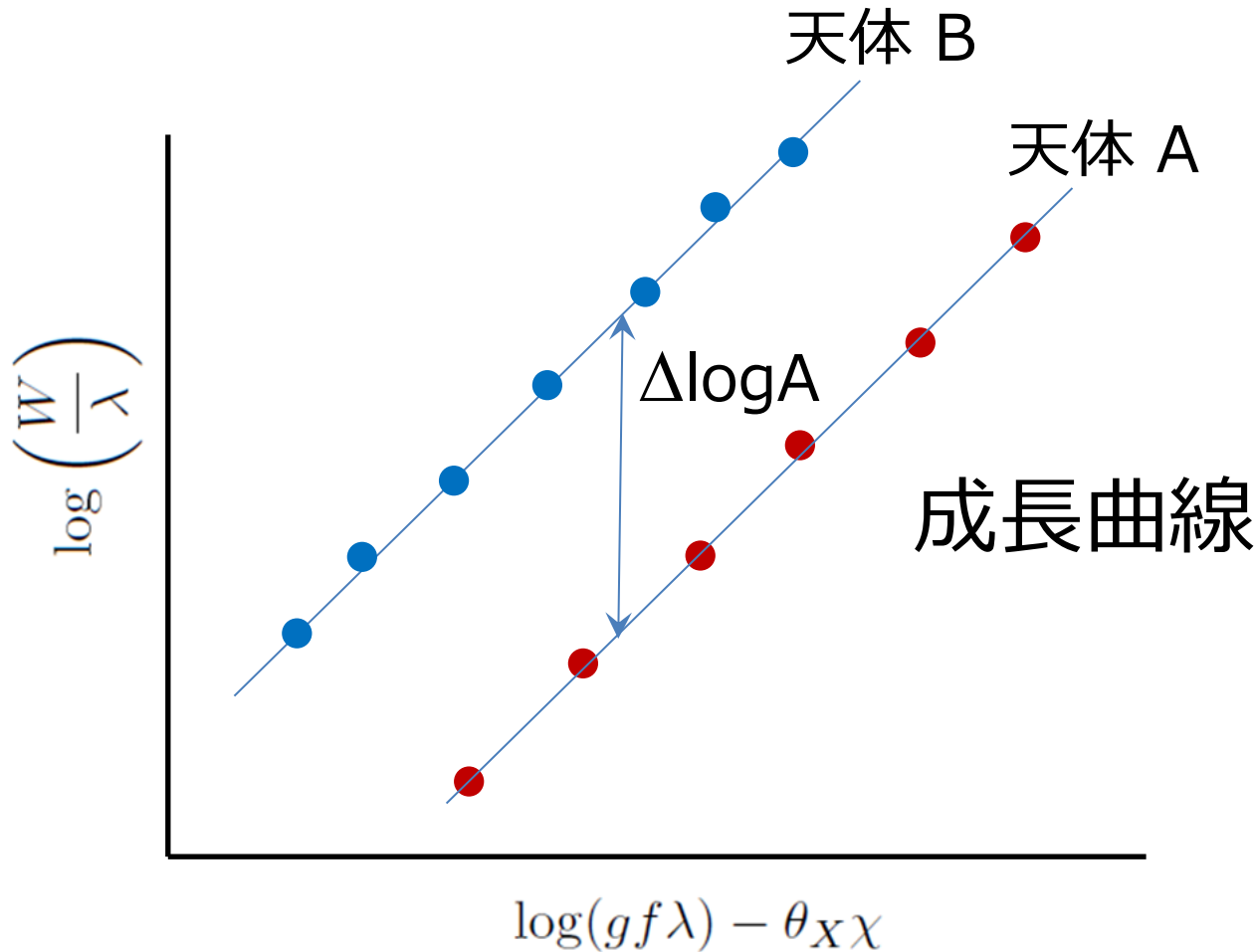


Fe1Lines.csv - メモ帳

| ファイル(E)   | 編集(E)  | 書式(O)  | 表示(V) | ヘルプ(H) |
|-----------|--------|--------|-------|--------|
| lambda,   | chi,   | loggf  |       |        |
| 5127.363, | 0.92,  | -3.31  |       |        |
| 5131.475, | 2.22,  | -2.515 |       |        |
| 5133.692, | 4.18,  | 0.14   |       |        |
| 5194.943, | 1.56,  | -2.09  |       |        |
| 5215.185, | 3.266, | -0.871 |       |        |
| 5225.533, | 0.11,  | -4.789 |       |        |

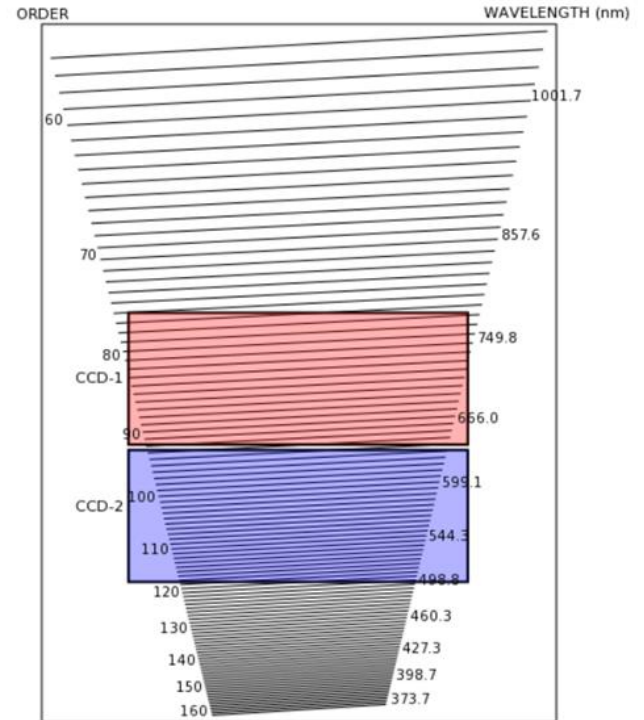
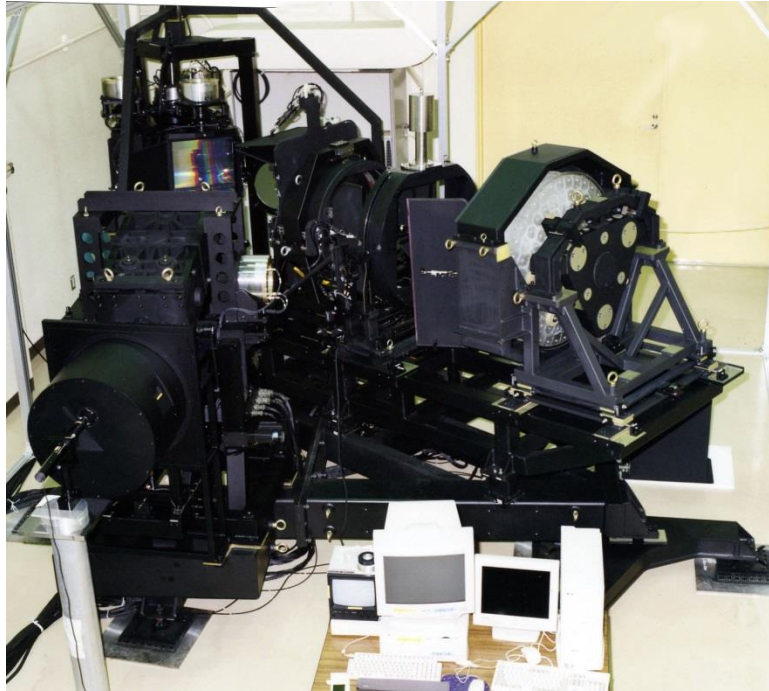
# 相對組成比

$$\log \left( \frac{W}{\lambda} \right) = \text{const.} + \log A + \log(gf\lambda) - \theta_X \chi$$

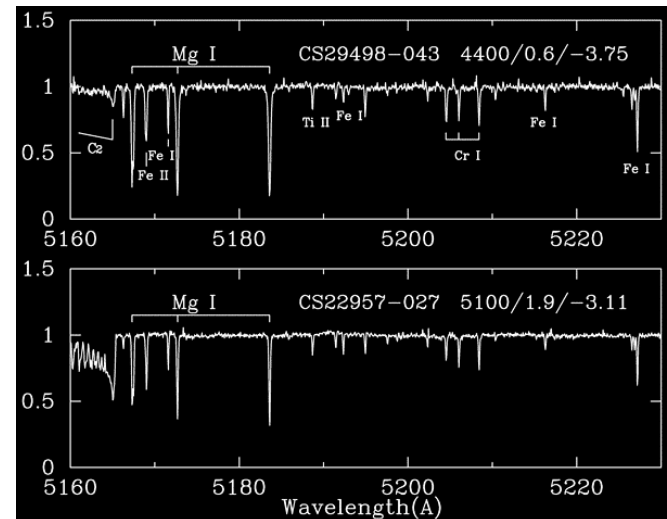


# Subaru 望遠鏡 HDS

## High Dispersion Spectrograph



weight 6 トン  
detector 2k x 4k CCD 2枚  
wavelength 3,000 ~ 9,000 Å  
spectral resolution  $R \sim 165,000$  (max)



# HDS データのクイックルック (1/2)

Object Name | Date | Coord. | Reduction | Job Status

Alphabetic: **A** B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z 0-9

20 | Update

**B**

Total Number 93 | Back | Next

| #  | ObjectName        | count of exposures | and link to the processed dataset |
|----|-------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 1  | B1152+199         | 8                  | P                                 |
| 2  | BA289             | 11                 |                                   |
| 3  | BA379             | 7                  |                                   |
| 4  | BD+01 3070        | 1                  | P                                 |
| 5  | BD+02 3375        | 4                  |                                   |
| 6  | BD+03 2782        | 1                  |                                   |
| 7  | BD+03 740         | 11                 | P                                 |
| 8  | BD+04 2466        | 1                  |                                   |
| 9  | <b>BD+04 2621</b> | 3                  | <b>P</b>                          |
| 10 | BD+06 648         | 2                  | P                                 |
| 11 | BD+06.648         | 1                  | P                                 |
| 12 | BD+09 2870        | 2                  | P                                 |
| 13 | BD+1 2916         | 2                  | P                                 |
| 14 | BD+10 2495        | 1                  | P                                 |
| 15 | BD+12 2547        | 2                  | P                                 |
| 16 | BD-03 5215        | 2                  | P                                 |
| 17 | BD-04 3208        | 6                  |                                   |
| 18 | BD-10 388         | 1                  |                                   |
| 19 | BD-10 548         | 2                  | P                                 |
| 20 | BD-12 2669        | 3                  | P                                 |

Reduced 1D Spectra for BD+04 2621

| Proc ID                   | Version     | Date of Obs.           | Count |
|---------------------------|-------------|------------------------|-------|
| 111130_MI_00051511        | 0.100000001 | 2008-07-27 06:05:55.77 | 47    |
| <b>111130_MI_00051512</b> | 0.100000001 | 2008-07-27 06:05:55.77 | 77    |

長波長側データ (548~666nm)

短波長側データ (403~530nm)

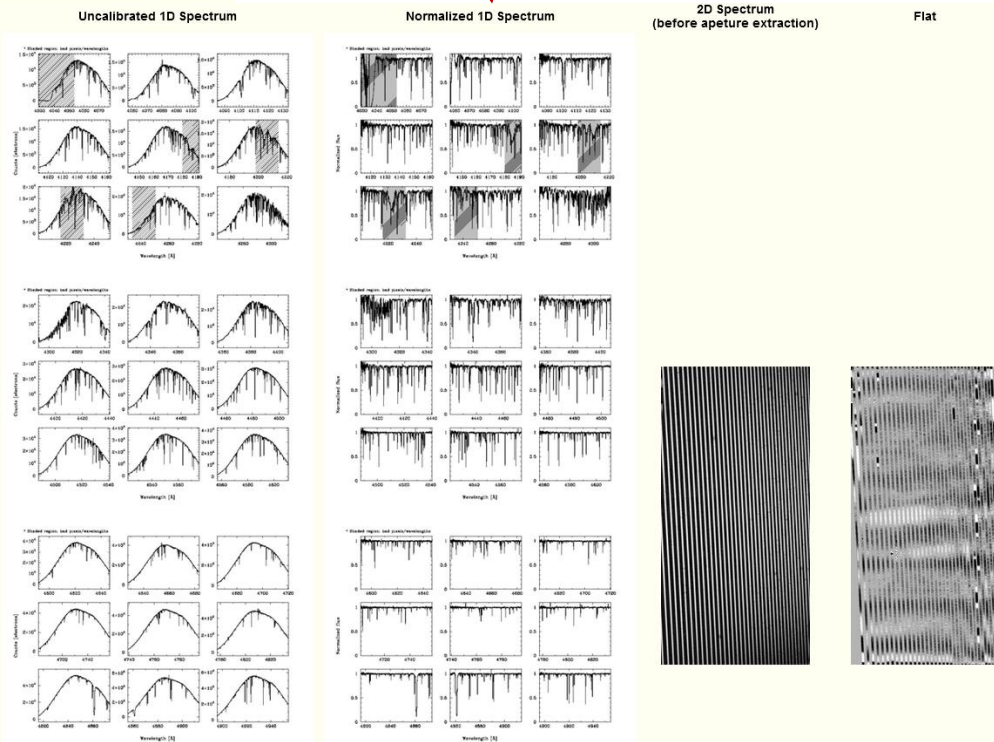
BD+04 2621 (111130\_MI\_00051512)

Summary | Proc Info | **Download**

- Process ID: 111130\_MI\_00051512
- OBJECT: BD+04 2621
- OBS data/time (start): 2008-07-27 06:05:55.77
- Filter in turret 1 / 2: FREE / FREE
- Slit Width / Length (mm): 0.35 / 2.0
- Minimum wavelength (nm): 402.54
- Processed Date: 2011/11/30
- Creator: Ishigaki, M.

- Frame ID: HDSA00051512
- Coordinate: 12h28m45.2 +04d01m30.9 (187.1887 4.0253)
- Local sidereal time (start): 16:05:11.212
- Collimator / Cross Disperser: RED / RED
- Binning (XxY): 2x2
- Maximum wavelength (nm): 530.15
- Version: 0.100000001
- # of apertures: 37

- Exposure time [s]: 900.0
- SN at the center of aperture: 0.0

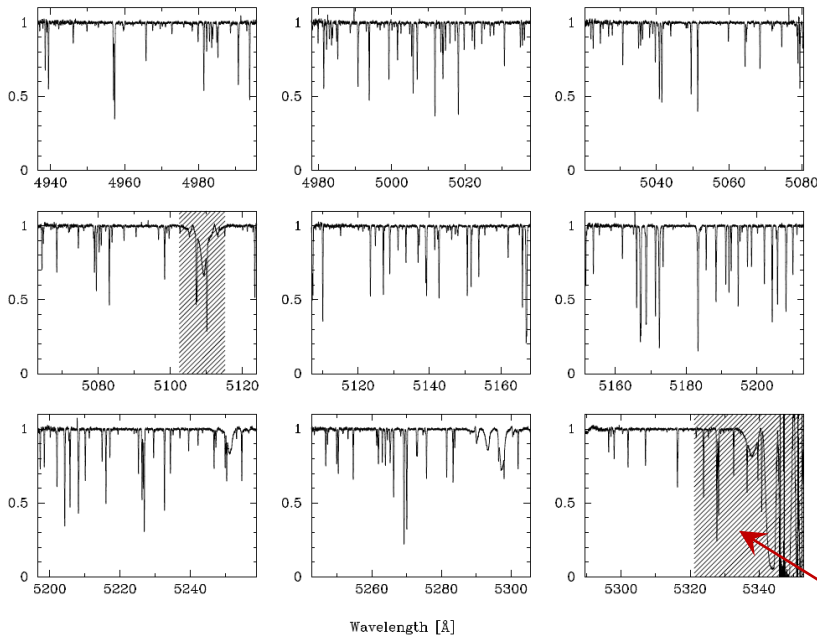


解析する天体名

- BD+04 2621
- HD107752



# HDS データのクイックルック (2/2)



Download options for the right-hand plot:

- PDF
- FITS (FITS 2D) 328320 Byte
- TAR (FITS 1D) 1198080 Byte
- TAR (TEXT 1D) 2969600 Byte

網掛けの領域は使わないこと。 `dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0001`

## B. 金属欠乏星の視線速度・組成の推定

○ 概要：Subaru HDS スペクトルデータをJVOから取得し、Specviewを用いて視線速度、吸収線等価幅を測定する。等価幅データから成長曲線を作成し、金属量の推定を行う。

○ [テキスト](#) (小宮)

○ 使用データ：[Subaru HDS スペクトル \(JVO HDSデータについて\)](#)

○ 使用データリスト：[BD+04\\_2621List.txt](#), [HD107752List.txt](#)

○ 使用ラインリスト：[FeILines.csv](#), [FeIILines.csv](#)

HD107752のデータも確認

[http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc\\_HDSA00051512.0001](http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0001)  
[http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc\\_HDSA00051512.0002](http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0002)  
[http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc\\_HDSA00051512.0003](http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0003)  
[http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc\\_HDSA00051512.0004](http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0004)  
[http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc\\_HDSA00051512.0005](http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0005)  
[http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc\\_HDSA00051512.0006](http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0006)  
[http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc\\_HDSA00051512.0007](http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0007)  
[http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc\\_HDSA00051512.0008](http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0008)  
[http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc\\_HDSA00051512.0009](http://jvo.nao.ac.jp/skynode/requestSpectrum.do?db=hds&table=SPECTRUM&dataId=ctdabgfc_HDSA00051512.0009)

# 1. Specview にデータをロード

以下のいずれかの方法でデータを読み込む

1. VO講習会ページにある URL リストファイルをダウンロードしてそれを読み込む。
2. Specview から直接 HDS データを検索して読み込む。

# 2. 読み込んだデータをつなぎ合わせる

上記の方法で読み込んだデータは周波数範囲毎に分割されているので、これを一つのスペクトルデータとしてまとめる。

### 3. 視線速度の測定

Mgの吸収線 (5183.619Å) の中心波長を測定し、視線速度をもとめ、スペクトルデータを静止系波長で表示する。

### 4. 励起温度の推定

- VO 講習会ページにある FeI ラインリストの各ラインについて等価幅を測定する。
- 縦軸を  $\log\left(\frac{W}{\lambda}\right) - \log(gf\lambda)$ 、横軸を  $\chi$  とするプロットを作成。
- 直線フィットで傾きから励起温度を推定。
- $\log(gf)$ ,  $\chi$  の値は上記で取得した FeI ラインリストにある。

# 5. 成長曲線の作成

- 縦軸を  $\log\left(\frac{W}{\lambda}\right)$  横軸を  $\log(gf\lambda) - \theta_{X\lambda}$  とする成長曲線をプロット
- もう一つの天体についても同様の解析により成長曲線をプロット。
- 直線にのる範囲のデータを使って  $\log\left(\frac{W}{\lambda}\right) - \log(gf\lambda) + \theta_{X\lambda}$  の平均値をそれぞれ求める。
- その平均値の差が金属量比の対数 ( $[\text{Fe}/\text{H}]$  の差) となる。