

VO講習会2014睦月



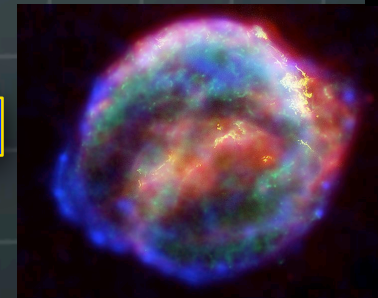
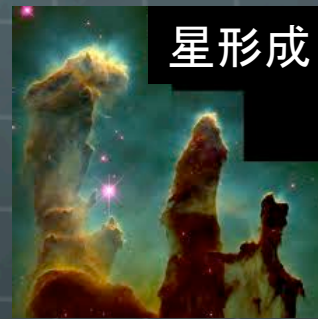
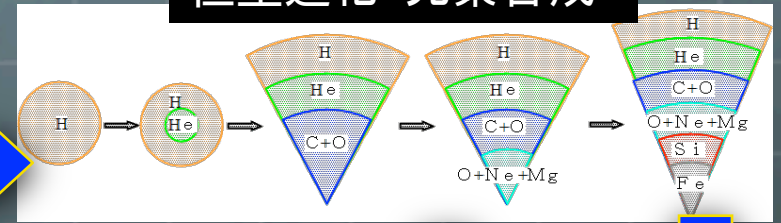
Subaru HDS data からの、 成長曲線を用いた 金属量の推定

国立天文台 天文データセンター
小宮 悠

恒星の組成

- 星形成史
- 過去の超新星の性質
- 恒星の進化
- 元素合成・核反応

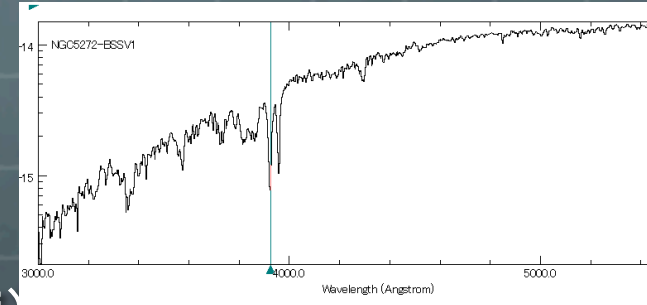
恒星進化・元素合成



恒星のスペクトル観測

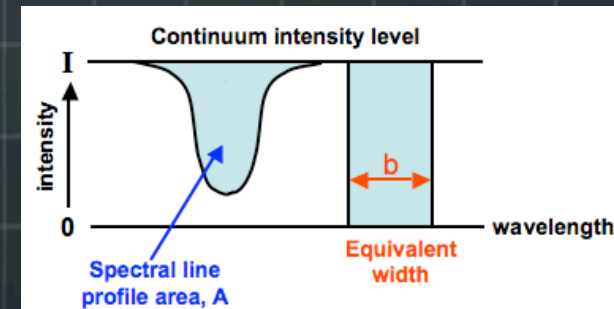
● 恒星のスペクトル

- 黒体放射＋様々な吸収線
- 視線速度測定
- 恒星の大気(温度、表面重力、乱流速度)
 - 実際の恒星大気は温度・密度勾配を持つが、この実習では、一温度で仮定
- 重元素組成を推定



● 吸収線の強さ: 等価幅

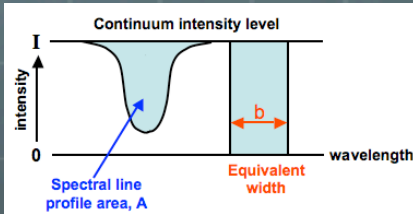
- 吸収を作る元素の組成、温度等に依存
 - 弱い吸収線では、比例関係になる



恒星大気吸収線

弱い吸収線では吸収量は、線吸収係数と連続吸収係数の比で書ける。
 (※強い吸収線では飽和して比例関係にならない)

吸収線の等価幅 W



$$\frac{F_c - F_v}{F_c} \propto \frac{l_v}{\kappa_v}$$

$$W \equiv \int \frac{F_c - F_v}{F_c} d\lambda \quad \text{は、}$$

F_c : 連続波のflux
 F_v : 吸収を受けたflux
 κ_v : 連続吸収係数
 l_v : 線吸収係数

$$W = const. \frac{1}{\kappa} \int_0^\infty l_v d\lambda = const. \lambda^2 f_{ij} \frac{N_i}{\kappa}$$

ボルツマン分布を仮定すると、

f_{ij} : 遷移確率、 λ : 波長
 N_i : 状態 i にある粒子の個数密度、

$$N_i = N_H A \frac{N_r}{N_e} \frac{N_i}{N_r} = N_H A \frac{N_r}{N_e} \frac{g_i}{u(T)} \exp\left(-\frac{\chi}{kT}\right)$$

N_H : 水素の数密度、 N_e : 元素 e の数密度、 T : 温度、 χ : 励起ポテンシャル
 N_r : 該当するイオン化状態にある元素の数密度、
 $A = N_e / N_H$: 元素組成、 g_i : 状態 i の統計重率、 $u(T)$: 分配関数)

(※実際の恒星大気は温度構造を持つが、それを1つの励起温度で代表させている。
 また実際には、必ずしもボルツマン分布にはなっていない。)

(3)(4)式から

$$\log\left(\frac{W}{\lambda}\right) = \log\left(\text{const.} \cdot \frac{N_r/N_e}{u(T)} N_H\right) + \log A + \log(gf\lambda) - \theta_X \chi - \log \kappa$$

$$(\theta_X \equiv \frac{\log e}{kT} = \frac{5040}{T(\text{K})} (\text{eV}))$$

右辺第1項は、似たような星なら同ほぼ同じと思ってよい。
第4項も一定と仮定（※厳密には温度、周波数などに依存する。）

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

Wは観測量。

λ , gf , χ は、line 毎に決まった値であり、実験値or理論値がある。

未知の量は組成A と励起温度 $\theta_X(T)$

大雑把に言えば、

吸収の強さは、組成と温度で決まる。

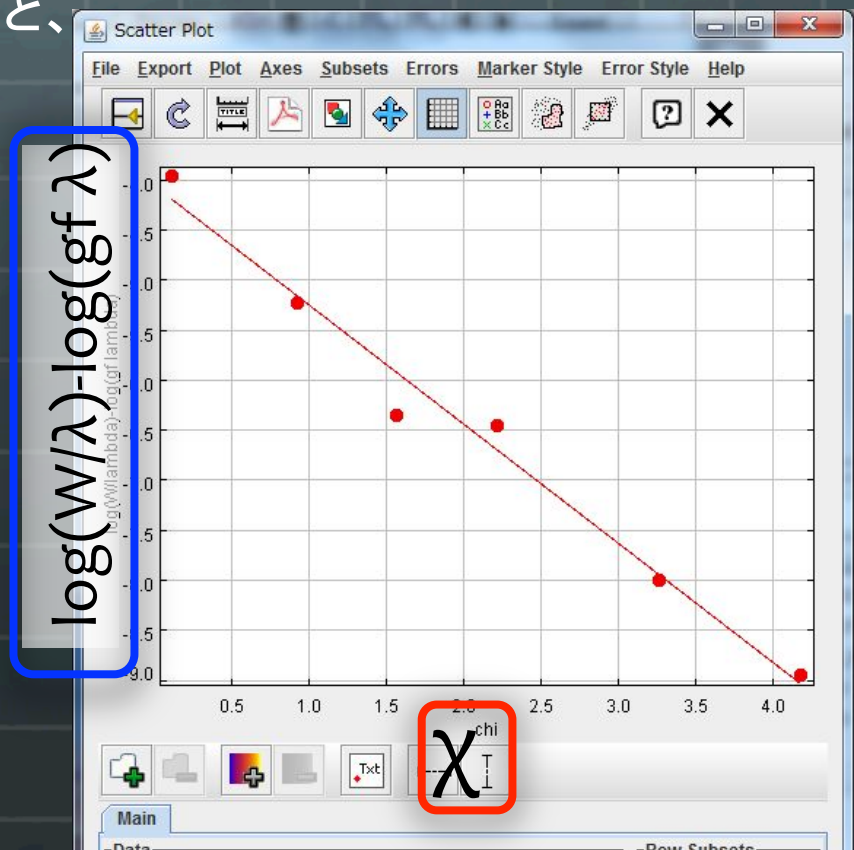
たくさんのlineを測って、上の式にあてはめれば、温度と組成を決められる。

励起温度の見積もり

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

同じ元素・電離状態の多数の吸収線について、 $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda)$ を χ の関数として書くと、一次関数になり、その傾きが θ_X となる。

$$(\theta_X \equiv \frac{\log e}{kT} = \frac{5040}{T(\text{K})} (\text{eV}))$$



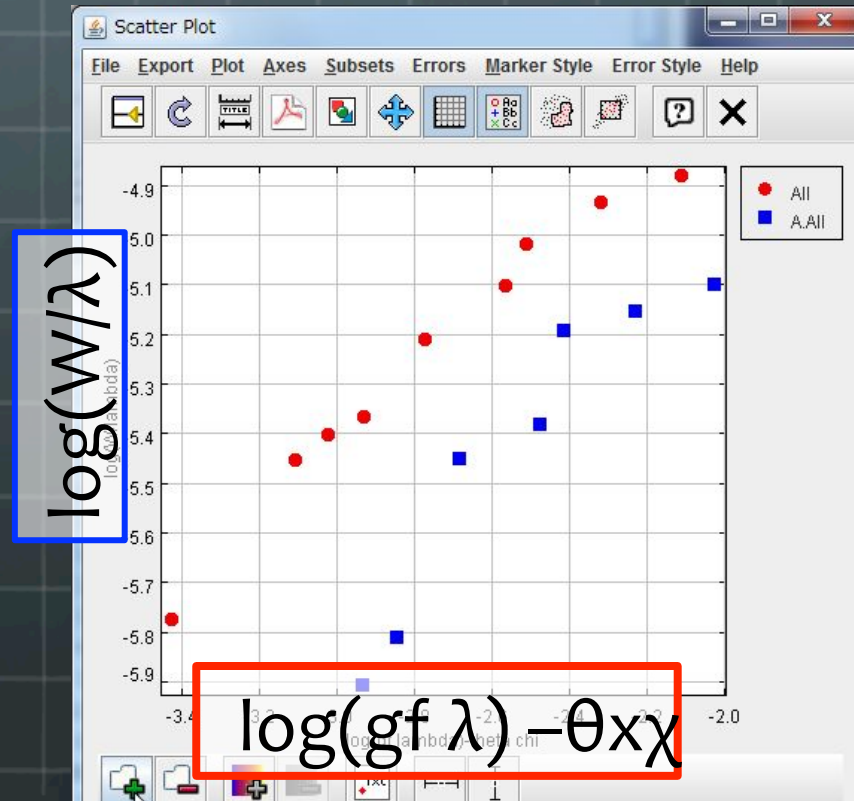
組成比の見積もり

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

$\log(W/\lambda)$ を $\log(gf\lambda) - \theta_x\chi$ の関数として書いたものを、成長曲線と呼ぶ。

弱いlineについては、傾き1の直線に乗るはず。強いlineでは飽和してなだらかに。

様々な星について、成長曲線を書くと、組成比の分だけ平行にずれるはず。



実習

● 準備

● TOPCAT インストール

● <http://www.star.bristol.ac.uk/~mbt/topcat/#install>

● Specview インストール

● http://www.stsci.edu/institute/software_hardware/specview/download

● Line list: specview_lines.jar

● 使用するファイルリスト、ラインリスト

● 講習会ページ: <http://jvo.nao.ac.jp/vos2013a>

● ファイルリスト: [BD+04_2621List.txt](#), [HD107752List.txt](#),
ラインリスト: [Fe1Lines.csv](#), [Fe2Lines.csv](#)

● ダウンロードして保存

Subaru HDS data

<http://jvo.nao.ac.jp/portal/subaru/hds.do>

Using the data for publication

All papers which make use of data taken with Subaru Telescope facilities should include the following acknowledgment: "Based [in part] on data collected at Subaru Telescope, which is operated by the National Astronomical Observatories of Japan. More information on publication can be found at the Subaru web site Publishing Results from Subaru. Please also include the following sentence on the title page as a footnote to the title or in the acknowledgment: "[Part of] the data are retrieved from the JVO portal (<http://jvo.nao.ac.jp/portal>) operated by the NAOJ."

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

Alphabetic: ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ0-9

20 | Update

a

Total Number 8 | Back | Next

#	ObjectName	count of exposures	and link to the processed dataset
1	AA Aql	1	P
2	AF Vir	1	P
3	AD Peg	2	P
4	APM08279+5255	10	P
5	Alpha Boo	3	P
6	Alpha Peg	2	P
7	Altair	3	P
8	Arcturus	5	P

Links to spectrum data

- HDSA00051512 (BD+04 2621 [402.54:530.15])

Goto TOP
HDSA00051512 (BD+04 2621 [402.54:530.15])

Uncalibrated 1D Spectrum

Normalized 1D Spectrum

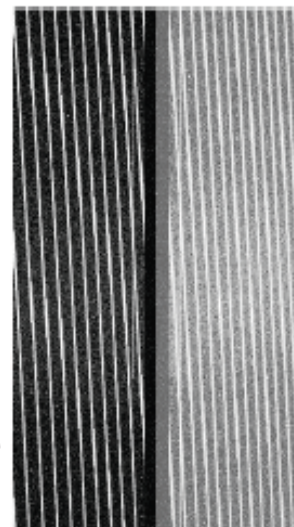
2D Spectru (before apet extraction)

Overview of the reduction

- ◆ 処理過程はHDSのクイック解析ツール("hdsq")とほぼ同様に以下の工程で行われる。

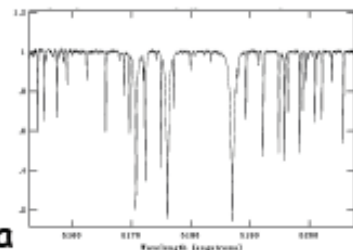
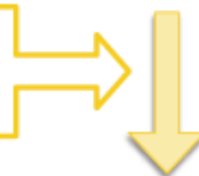
- ◆ 1. Overscan correction
- ◆ 2. Cosmic ray removal
- ◆ 3. Making aperture trace template
- ◆ 4. Flat fielding
- ◆ 5. Line identification
- ◆ 6. Extraction of 1D spectra
- ◆ 7. Continuum normalization

- ◆ 各工程ではIRAFの標準タスクの他、hdsqに含まれるIRAFタスクとPythonスクリプトを組み合わせたコードにより、同じ日に同じ設定で取得されたデータに対しては一様に処理が施される



Raw HDS data

Calibration frames
(FLAT, COMPARISON)

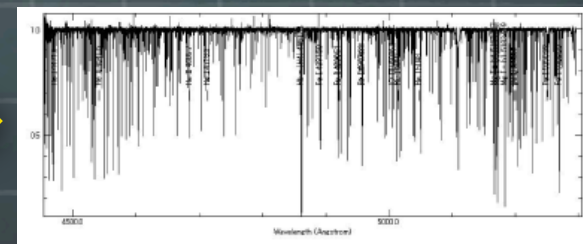
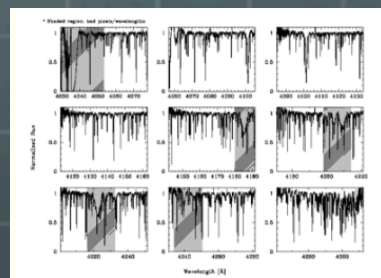


Reduced data

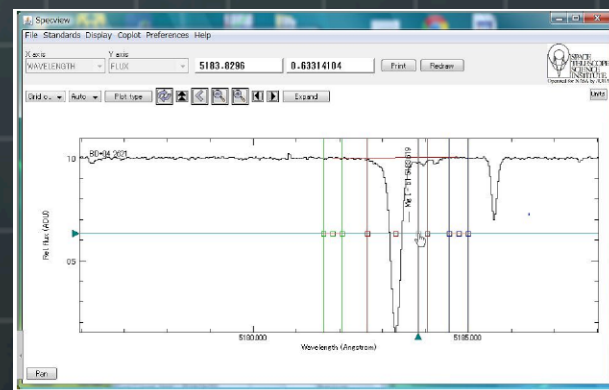
実習

- HDSスペクトルデータのダウンロード
 - 講習会ページにあるデータリストファイルを使用して、読み込み

- データの連結
 - Coadd



- 視線速度の測定
 - 星のline listの取得
 - Mg II 吸収線位置の測定



励起温度の測定

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

W = 等価幅は、理論的に上記の式で表される。

λ (周波数)

gf (遷移確率 * 多重度)

χ (励起ポテンシャル)

は、line 毎に決まった値であり、実験値 or 理論値がある。

未知の量は、組成 A と励起温度 $\theta_x(T)$

同じ元素の作る複数のlineについて、等価幅の測定を行い、

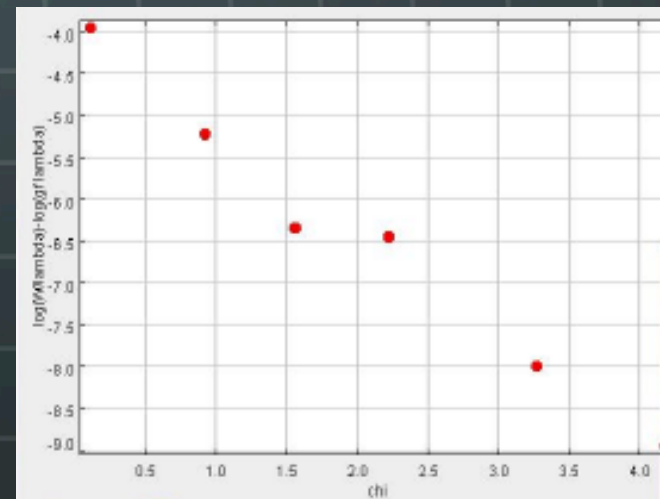
X座標: χ

Y座標: $\log(W/\lambda) - \log(gf\lambda)$

のグラフを作ると、

$$Y = -\theta_x \chi + (\text{const} + \log A)$$

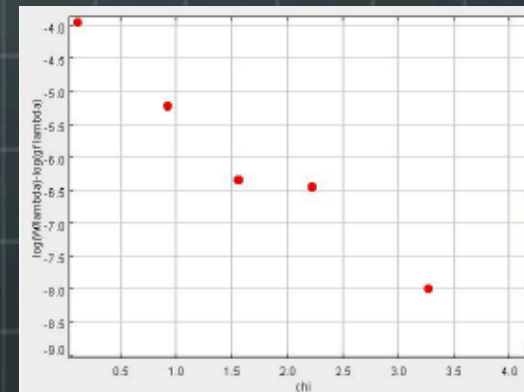
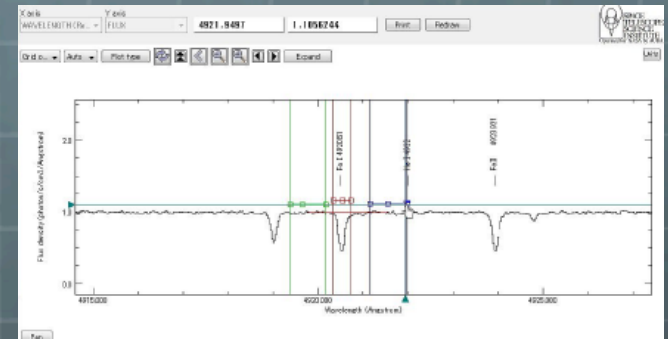
なので、データ点は直線上に乗り、傾きが $-\theta_x$ になるはず。



実習

励起温度の測定

- 中性の鉄 (FeI) のlineから求める
 - 鉄の多くは一階電離だが、FeIの方がlineが多く測定しやすいため、こちらを用いる
- FeI 吸収線等価幅の測定 => テーブルを作成
 - 講習会ページにあるLineリスト (Fe1lines.csv) を使う
- TOPCATでテーブルを読み込んで、Fe1lines.csvとクロスマッチ
- $\log(W/\lambda) - \log(gf \lambda)$ を計算
- χ v.s. $\log(W/\lambda) - \log(gf \lambda)$ のグラフ作成
 - => グラフの傾きから温度推定



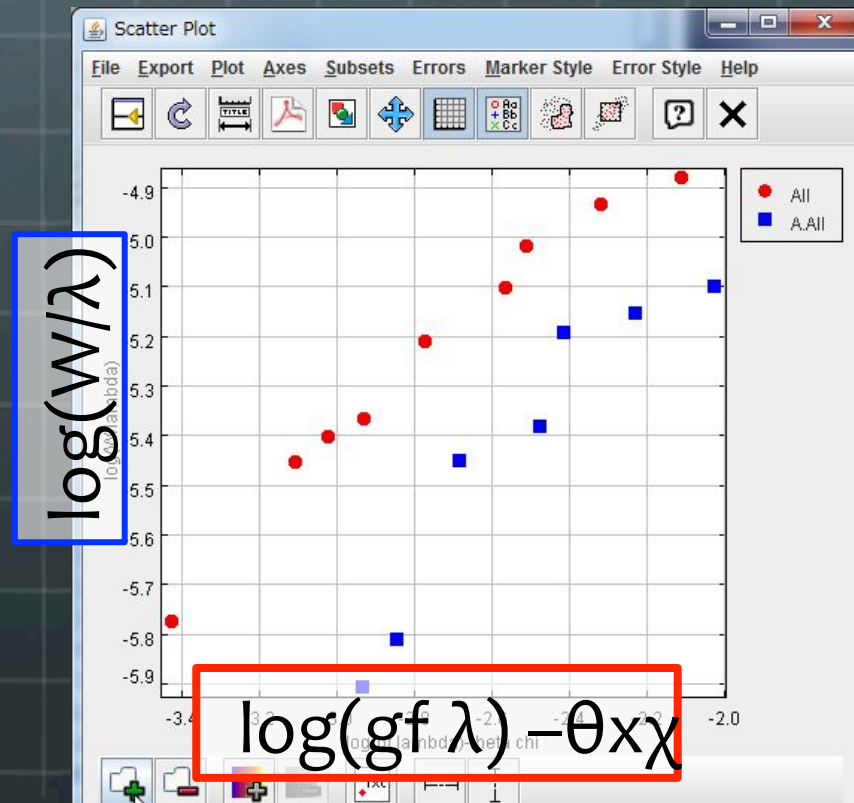
組成比の見積もり

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

$\log(W/\lambda)$ を $\log(gf\lambda) - \theta_x\chi$ の関数として書いたものを、成長曲線と呼ぶ。

弱いlineについては、傾き1の直線に乗るはず。強いlineでは飽和してなだらかに。

様々な星について、成長曲線を書くと、組成比の分だけ平行にずれるはず。



実習

成長曲線の作成

一階電離の鉄(FeII)のlineを用いる

Fe II 吸収線等価幅の測定
(Fe2lines.csvにあるライン)

=> テーブルを作成

TOPCATで読み込んでクロスマッチ

$\log(W/\lambda)$ 、 $\log(gf \lambda) - \theta x \chi$ を計算

成長曲線

$\log(W/\lambda)$ v.s. $\log(gf \lambda) - \theta x \chi$
をプロット

2天体について同様の解析を行い、成長曲線の差から鉄の組成差を推定

