

可視分光装置MALLSを用いた恒星の化学組成調査

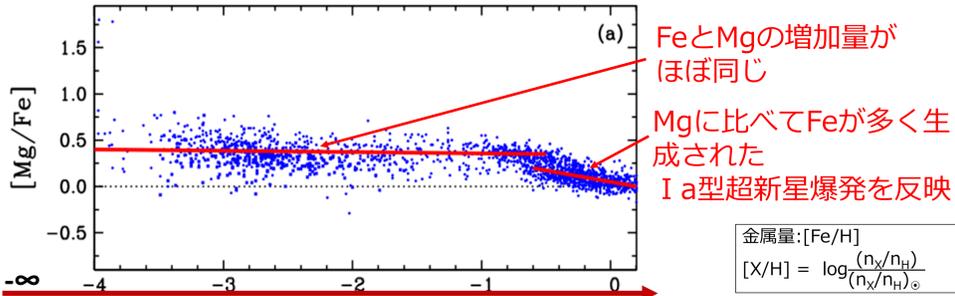
古塚 来未、本田 敏志(兵庫県立大学)

恒星大気にはその恒星が生まれた時の宇宙の化学組成が保持される。そのため、様々な金属量の恒星で元素組成を調べることが、銀河の化学進化を知るうえで重要である。

本研究では、西はりま天文台の2 mなゆた望遠鏡に搭載された可視分光装置MALLSのエシエルモード(波長分解能 ≈ 35000 , 波長域4960~6800 Å)を用いて、 $[\text{Fe}/\text{H}] \geq -2$ の星でThなどの元素組成を得ることを目的とし、観測を行った。

1. 銀河の化学進化

恒星はその大気に生まれたときの宇宙の化学組成を保持する。恒星は金属量が少ないほど宇宙の初期に誕生したと考えられ、金属量はだまかに時間の指標となる。



宇宙誕生 (約138億年前) [Fe/H] 太陽誕生 (約46億年前)

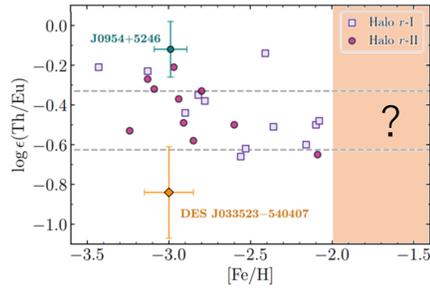
(図1) 銀河系の恒星で測定したMg組成。Cowan et al. (2021)

様々な金属量の恒星で化学組成を調べることで、宇宙で元素がどのように増加したかを知ることができる。

2. 重元素の起源

鉄より重い元素は、恒星内部の熱核融合反応では合成されず、中性子捕獲過程によって合成される。

特にThは中性子捕獲元素の約半数を作るr-過程のみで作られる。Th量が過剰なActinide Boost starは、その起源が不明である。(Holmbeck et al., 2018)



(図2) 金属量とEu存在量に対するTh存在量の関係。

$-2 \leq [\text{Fe}/\text{H}]$ では、これまでほとんど利用されていないThの5989 Åの吸収線から組成を決定できる可能性がある。

そこで、なゆた望遠鏡に搭載された可視分光装置MALLSのエシエルモードで恒星のThなどの化学組成を決定できるか調査した。

3. 観測

(表1) 観測概要

観測所	西はりま天文台
望遠鏡	なゆた望遠鏡(口径2m)
観測装置	可視光中低分散分光器(MALLS)エシエルモード
観測波長域	4960~6800 Å
波長分解能	R ~ 35000



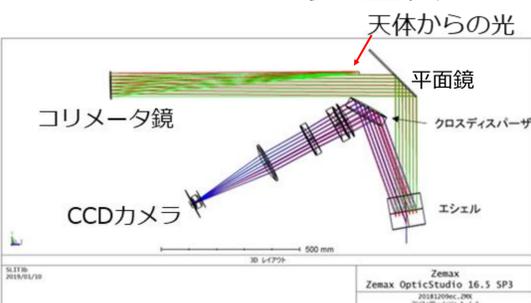
(図3) なゆた望遠鏡

(表2) 観測天体

天体名	観測日	積分時間 [s]	S/N	V等級	T_{eff} [K]	$[\text{Fe}/\text{H}]$
Arcturus	20/3/3	900	443*1	-0.05*2	4251*3	-0.57*3
	20/5/5	900				
	20/6/17	900				
	21/2/17	120				
HD117876	22/6/17	8400	150	6.1*4	4772*5	-0.44*5
HD180928	22/6/30	8100	273	6.1*2	4092*6	-0.42*6

*1: すべてのデータを足し合わせたときの値。
*2: Ducati (2002)
*3: Forsberg et al. (2019)
*4: Fabricius et al. (2002)
*5: Matroziis et al. (2013)
*6: Melendez et al. (2008)

4. MALLSエシエルモード

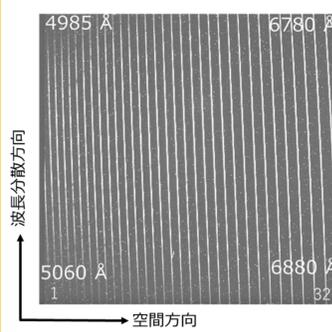


(図4) MALLSエシエルモードの光学系。

MALLSは改良され、2019年よりエシエルモードでの観測が可能になった。

クロスディパーザを入れて従来のロングスリットモードからエシエルモードに切り替えることができる。

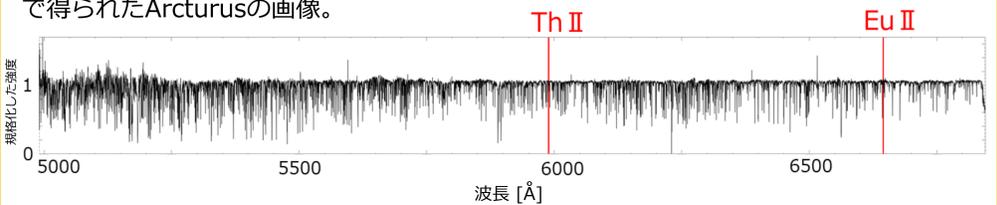
5. IRAFを用いた1次処理



(図5) MALLSエシエルモードで得られたArcturusの画像。

- ① overscan領域の処理
- ② dark補正
- ③ 1次元スペクトルの抽出(トレーズ用)
- ④ flat処理
- ⑤ 背景光の除去
- ⑥ 1次元スペクトルの抽出(各天体)
- ⑦ 波長スケールの作成
- ⑧ 天体データの波長較正
- ⑨ 連続光部分の規格化
- ⑩ スペクトルの1本化

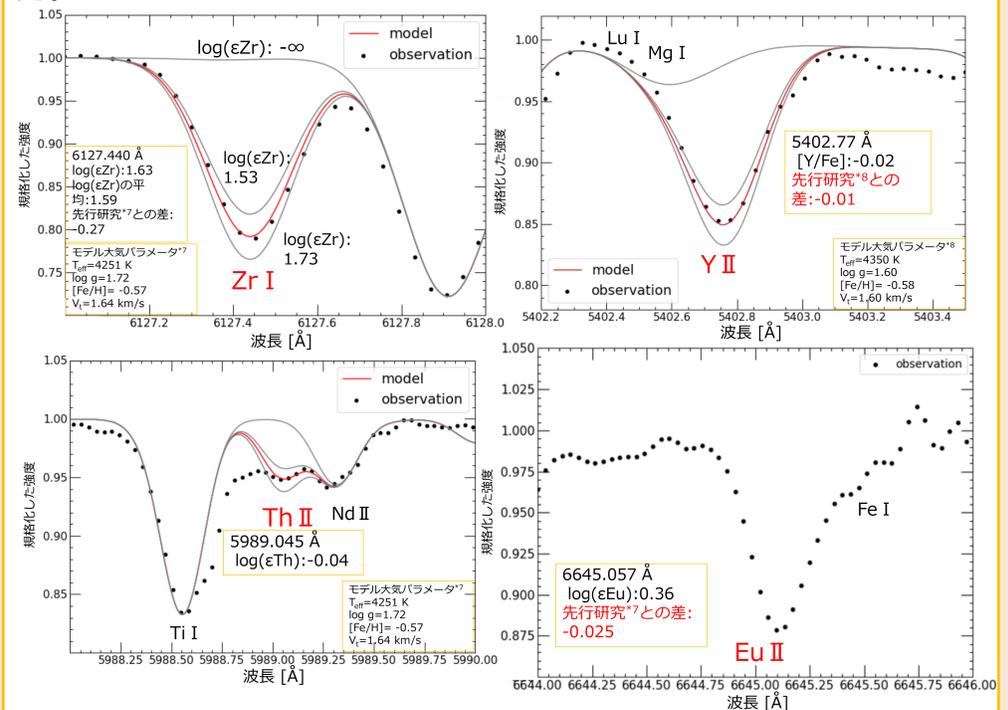
積分時間が1200 sのデータは④の前に宇宙線の除去を行った。



(図6) ①~⑩の操作を行い、1本化されたArcturusのスペクトル。

6. 化学組成の決定

Arcturusのスペクトルから、重元素であるY, Zr, Ba, La, Eu, Thの存在量を決定した。Y, Zr, ThはSPTOOL (Kurucz 1993, Takeda 2002)を用いて合成スペクトルを作成した。Ba, La, Euは超微細分裂が吸収線に現れるため、SPTOOLを用いて、等価幅の値から存在量を計算した。



(図7) Zr, Y, Th, Euの吸収線。黒色の点は観測値。赤色の実線はそれぞれの元素の存在量が図中の値のときの合成スペクトル。灰色の実線は上から元素の存在量が無し、図中の値-0.1dex, 図中の値+0.1dexのときの合成スペクトル。

Zr以外は先行研究と0.1dex以内で一致した。

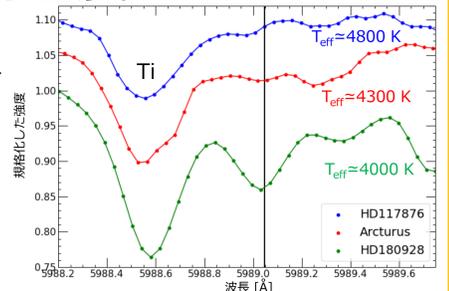
$$\log \epsilon X = \log (n_X/n_H) + 12.00$$

*7: Forsberg et al. (2019)
*8: Mishenina & Kovtyukh et al. (2001)

7. Thの検出と星の有効温度

$[\text{Fe}/\text{H}] \sim -0.5$ の星では金属量が多く、温度が高いとTiの吸収線とブレンドするため、Thの存在量を正確に測定することが難しい。

$[\text{Fe}/\text{H}] \sim -0.5$ では、 $4000 \text{ K} \leq T_{\text{eff}} \leq 4800 \text{ K}$ がThの検出に有効である。



(図8) 天体の有効温度によるThの吸収線の見え方の違い。

8. まとめと展望

MALLSエシエルモードでArcturusを観測し、重元素の組成を得た。結果はZr以外は先行研究とほぼ一致し、恒星の重元素組成を決定できることを確認した。また、天体の有効温度は $[\text{Fe}/\text{H}] \sim -0.5$ で $4000 \text{ K} \leq T_{\text{eff}} \leq 4800 \text{ K}$ のときThの吸収線の測定に適していると分かった。

今後は、上記の温度で $[\text{Fe}/\text{H}] \geq -2$ の恒星を観測し、Thを検出したいと考えている。