

MEASUREMENTS OF METALLICITY IN OPEN CLUSTERS

理学研究科 太陽系科学研究室 D1

船山日斗志

21世紀COEプログラム 成果報告会
2008年3月17日

研究の目的

散開星団とは...

ひとつの分子雲から生まれた若い恒星の集合体

ひとつの星団に属する恒星は、、、

- ・質量は異なる
- ・年齢が同じ
- ・初期組成が同じ



恒星の組成は本当に一様なのか？

分子雲中の組成の一様性

理論的: 大質量の分子雲中には乱流が発生していて、
分子雲中の物質がよく混ざっている
⇒ 形成される恒星の組成は一様 (McKee & Tan 2002)

観測的: 星形成領域 ρ Ophiuchus の、 $C^{17}O$ と $H^{13}CO^+$ の
分子輝線とダストの分布を調べた (Kamazaki et al. in prep)
⇒ 分子輝線とダストの空間分布に違いが

分子雲中は、ダストや分子ガスなど様々な形態で元素が存在
⇒ ある特定の元素の存在度を測定することは困難

散開星団の金属量の一様性

散開星団の金属量の一様性について議論した先行研究

Paulson et al. (2003)のKeck望遠鏡を用いた高分散分光観測

ヒアデス星団 (年齢 約6億年、距離 約40pc、天体数 約200天体)

に属するF,G,K型星53天体の金属量を測定

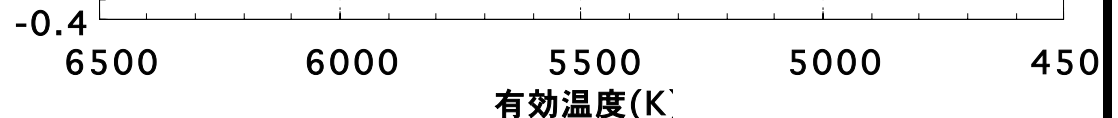
この53天体が、一様な金属量を持つ

(その他、NaやSiなどの6元素の存在度も一様)

・ヒアデス星団の近傍で、鉄などを放出する超新星爆発
が起こった形跡はない

⇒測定された金属量は初期組成を反映しているとして、

ヒアデス星団に属する恒星の金属量は一様



しかし・・・

他の星団では、この研究に匹敵するような天体数で、
金属量の一様性について議論された研究はない



他の星団でも金属量の一様性について検証することで、
星団一般の金属量の一様性を解明

分子雲から星団形成へ至る化学的進化を検証

一様であるとするならば、、、

例：Chemical Tagging法 (Da Silva et al. 2007)

年齢・組成が同じ恒星は、同じ領域で形成されたものと考え、

それら天体が形成された領域を特定する

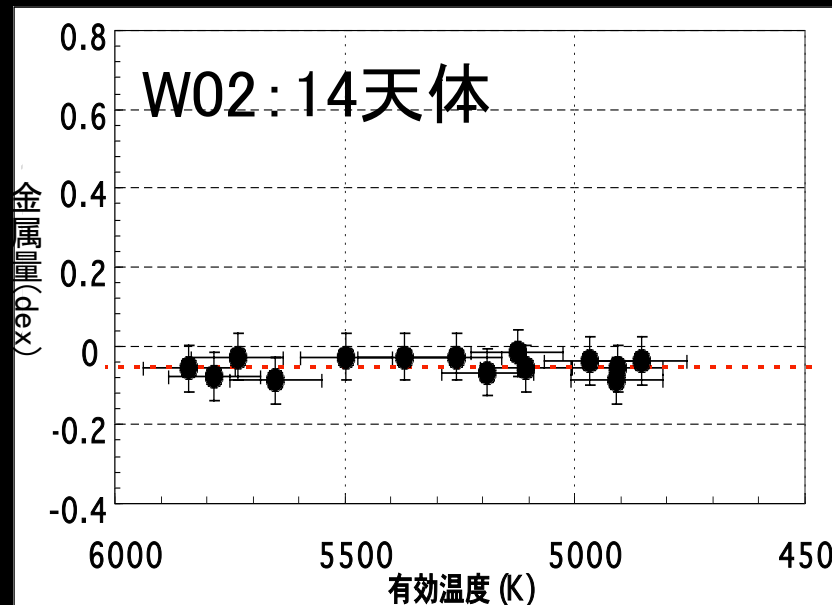
⇒例：太陽の“兄弟”を探す

プレアデス星団の金属量の測定 (先行研究)

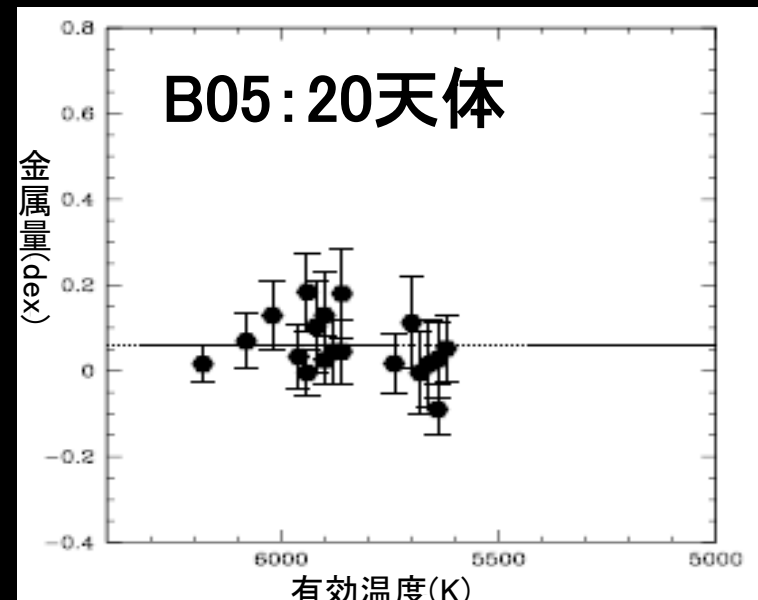
プレアデス: 年齢 約1億年、距離 約100pc、天体数 約300天体

先行研究の例: Wilden et al. (2002), Boesgaard (2005)

Keck望遠鏡を用いた観測を行い、F,G,K型星の金属量を測定



$$\langle [\text{Fe}/\text{H}] \rangle = -0.03 \pm 0.03 \text{ dex}$$



$$\langle [\text{Fe}/\text{H}] \rangle = +0.06 \pm 0.02 \text{ dex}$$

結果の不一致・単一研究の天体数(B05の20天体が最大)

金属量の一様性について、確固たる結論はついていない

観測の実施

A型晩期～G型早期の恒星27天体(過去に金属量の測定が行われていない26天体+既知1天体)の高分散分光観測

2006年

1月:岡山天体物理観測所188cm望遠鏡

高分散エシエル分光器 HIDES

1～2月:県立ぐんま天文台150cm望遠鏡

県立ぐんま天文台エシエル分光器 GAOES

12月:岡山+HIDES

計 32夜

2007年

1月:ぐんま+GAOES

波長分解能 R : ~ 40000

観測波長域: 530 ~ 660nm (HIDES)

480 ~ 670nm (GAOES)

積分時間: 30分～7時間

S/N: 60 ~ 220

解析 - 等価幅測定法

吸収線の等価幅: 吸収線の面積。恒星大気のエレメントの存在度を反映

<原理> 例: 任意のエレメントの吸収線AとB

原子線データA + 等価幅 + 大気物理量 ⇒ エレメントの存在度

⊥

測定値

変数

||

⊥

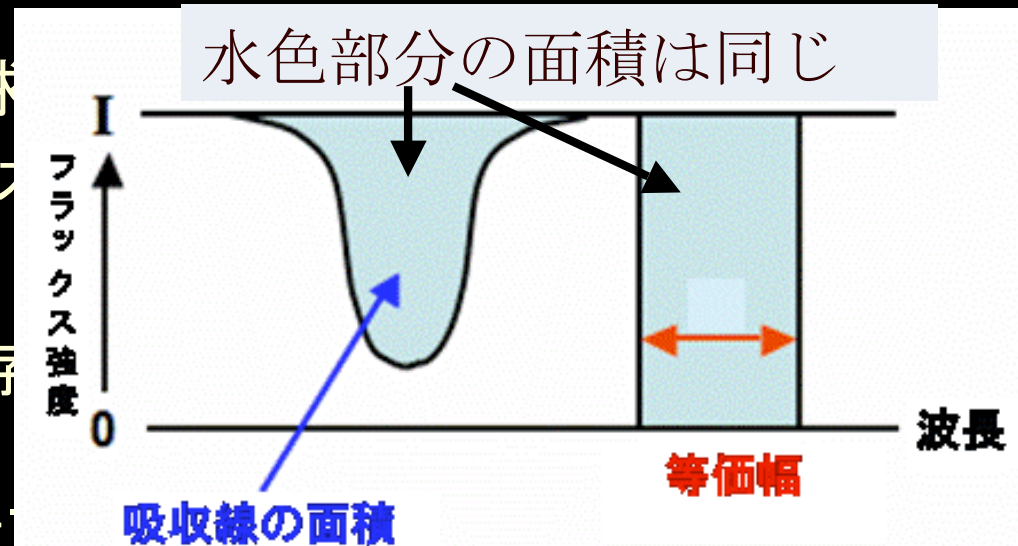
原子線データB + 等価幅 + 大気物理量 ⇒ エレメントの存在度

* 原子線データ(波長、励起ポテンシャル、遷移確率 etc)

過去に、原子線データを正確に求めた約40本、一回電離鉄(FeII)約15本

⇒ 恒星大気物理量の決定 & 存在度

解析には、国立天文台の竹田洋



解析手法の精度の確認

過去に金属量を測定されている(Boesgaard & Friel, 1990)

1天体(HD23289)の解析を行い、金属量を測定した

ぐんまと岡山いずれでもスペクトルを取得

⇒観測装置の違いが、解析結果に反映されないことを確認

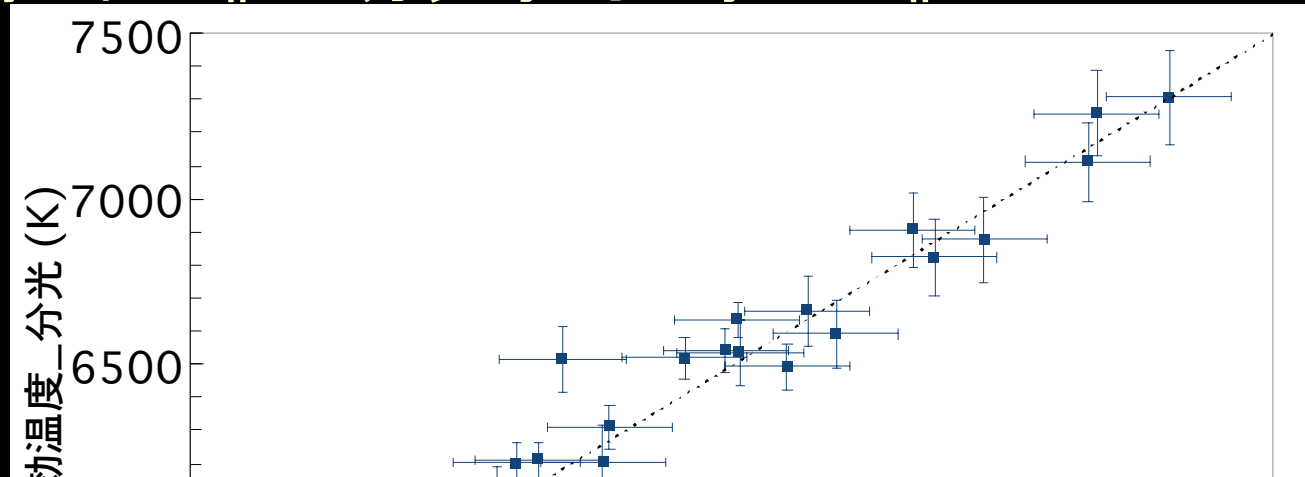
	ぐんま	岡山	先行研究
有効温度 (K)	6875±121	6823 ±114	6845
表面重力	4.49 ±0.18	4.58 ±0.17	4.38
微小乱流速度 (km/s)	2.24 ±0.29	1.98 ±0.28	1.56
金属量 (dex)	+0.08 ±0.05	+0.08 ±0.05	+0.08 ±0.09

- ・ぐんまと岡山の解析結果は、誤差の範囲で全て一致
- ・先行研究と、微小乱流速度の値が一致しない
⇒測光の値から決定 (0.5 km/sの違い⇒ Δ 金属量: ~0.03dex)
- ・**金属量の値は一致** ⇒ 解析の精度はOK

測光・有効温度 vs. 分光・有効温度

初期値＝測光から求めた値(Alonso et al. 1996の式)

解析で得られた値＝分光学的に求めた値



その1天体: BY Dra型の変光星(F型晩期と考えられている)

*uvby*等級を用いて T_{eff} を求めた(Philip et al. 1980) = 6380K

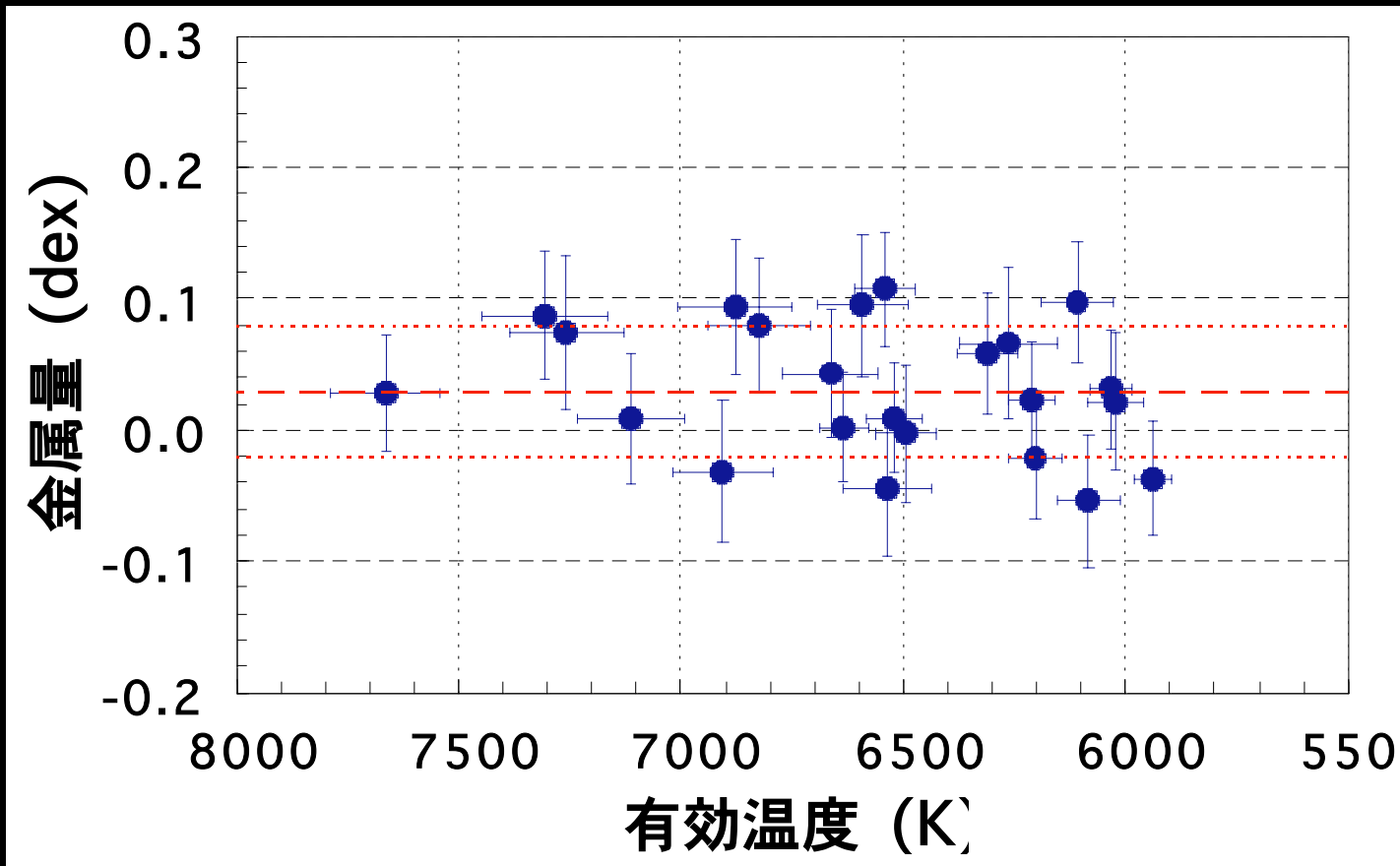
⇒ 誤差の範囲で一致

∴ 今回用いた測光値に誤差がある？

天体によって、約100K違う ⇒ 金属量: ~ 0.05 dexの違いが生じる ⇒ 今後もこの手法で求めていく

結果

24天体の金属量を導出(金属量の測定誤差: ~ 0.05 dex)
金属量の平均値: $\langle [\text{Fe}/\text{H}] \rangle = +0.03 \pm 0.05 \text{ dex}$



一様? or ばらついている?

一様性の検証

3. ばらつきは最大で~0.15dex

F型星 ($T_{\text{eff}} \geq 6000\text{K}$) の場合、
対流層の厚さを考慮すると
鉄原子・約2地球質量分
に相当

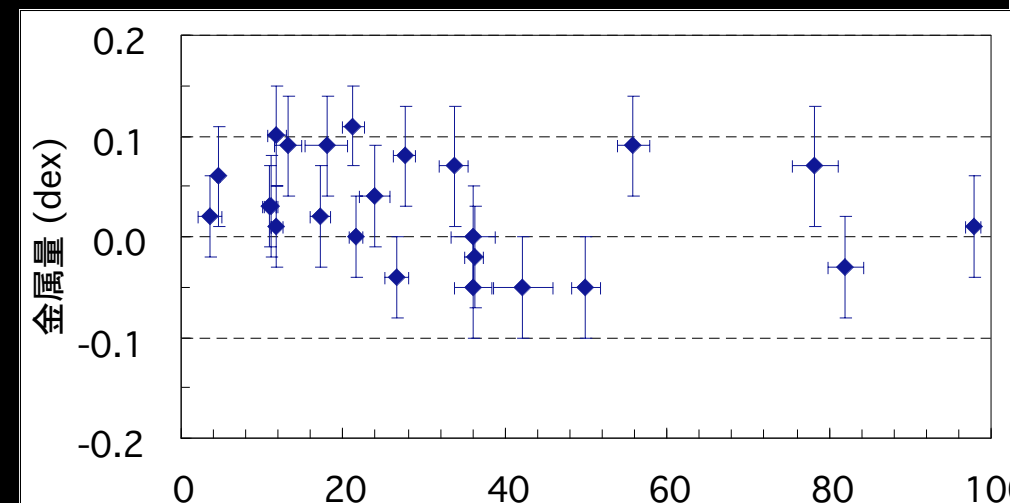
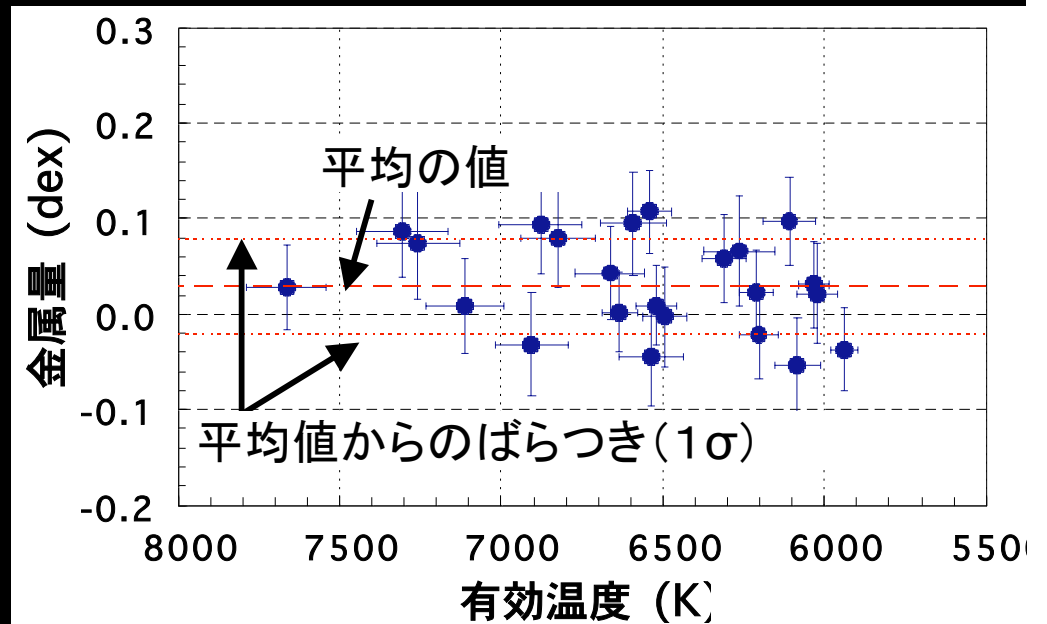
(Pinsonneault et al. 2001)

⇒ 有意な違いではない

ない

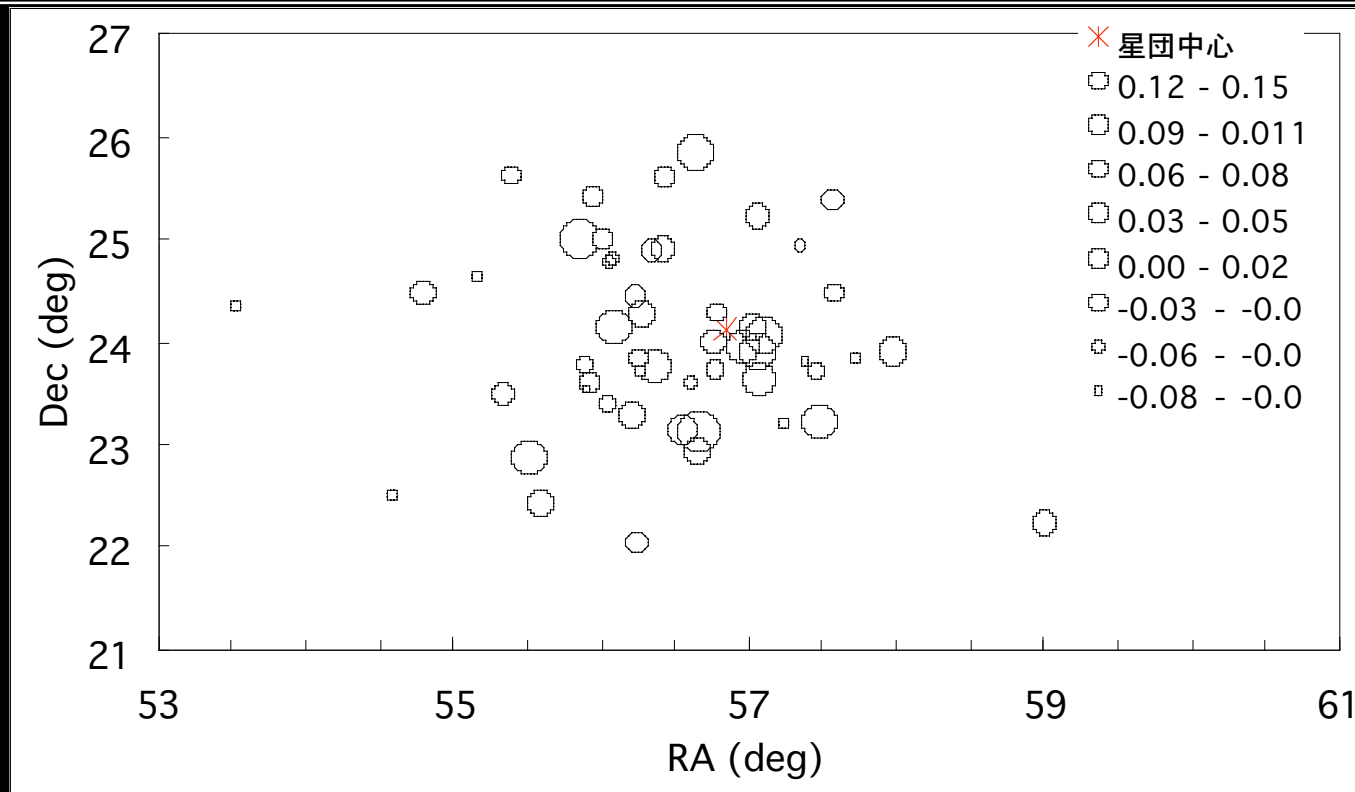
例: 自転速度 vs 金属量

⇒ 解析的な問題は見られない



以上に3点から、24天体は一様な金属量を持つ

天体の分布 vs. 金属量



先行研究(28天体)の金属量の測定結果を合わせて...

“この方角に金属量が高い(低い)天体が集中している!” “金属量の勾配が見える!” と断言できる結果は見られない

⇒ 星団が形成された分子雲中の元素の分布に関して、議論することはできないだろう

散開星団の金属量の一様性の検証に向けて

プレアデスに続く観測対象として、プレセペやIC2602の観測を行った。

・2007年1月・2008年2月:

県立ぐんま天文台にて、プレセペ星団に属する12天体
(解析中)

・2007年12月:

南アフリカ天文台にて、南天の散開星団(3天体)で各5天体
(解析手法の検討)

☆観測天体数を増やすために、今後もプロポーザルの提出を行っていく(プレセペを含めた北天にある星団については、岡山・すばるや海外の天文台へ、南天の星団は南半球で

まとめ

- ☆ 2006年・2007年にプレアデスに属するA型晩期 ~ G型早期の恒星 27天体の高分散分光観測を行った。
- ☆ 過去最大数の24天体の金属量を導出した。金属量の平均値は $+0.02 \pm 0.05$ dex。24天体が一様な金属量を持つことが分かった。
- ☆ プレアデス星団に続く観測対象として、プレセペ星団や南天の散開星団の観測を行った。

今後は...

- ・ 取得した波長域の中で、鉄以外の元素の存在度を測る (Si、Na、Caなど、鉄以外の金属)
- ・ プレアデスに続く観測対象とした星団の追観測を、継続的に行っていく