

Liの存在度に基づく若い星団の年代測定

水本 拓走、伊藤 洋一(兵庫県立大学)
mizumoto@nhao.jp

太陽と同じくらいかそれ以下の質量をもつ天体では、星周円盤が消失してから主系列星に至るまでの間に差がある。この段階にある星は**ポストTタウリ型星**という位置づけがされるが、実際に観測で見つかった数はとても少ない。本研究は、星年齢の指標としてLiの存在度を使い、ポストTタウリの段階にある星を探索することを目標に始めた。本研究では、先行研究で特定されたアソシエーションの天体について分光観測を行い、Liの存在度から年齢を推定した。

ポストTタウリ型星

星周円盤が観測されるTタウリ型星は、年齢を経ると星周円盤を失う。また、重力収縮を終えて核融合で輝き始めると、主系列星になる。星の質量が小さいほど重力収縮のタイムスケールは長くなり、Tタウリ型星の終わり主系列星の始まりの間には時間的な差ができる。この間の段階を**ポストTタウリ型星**と呼ぶ。

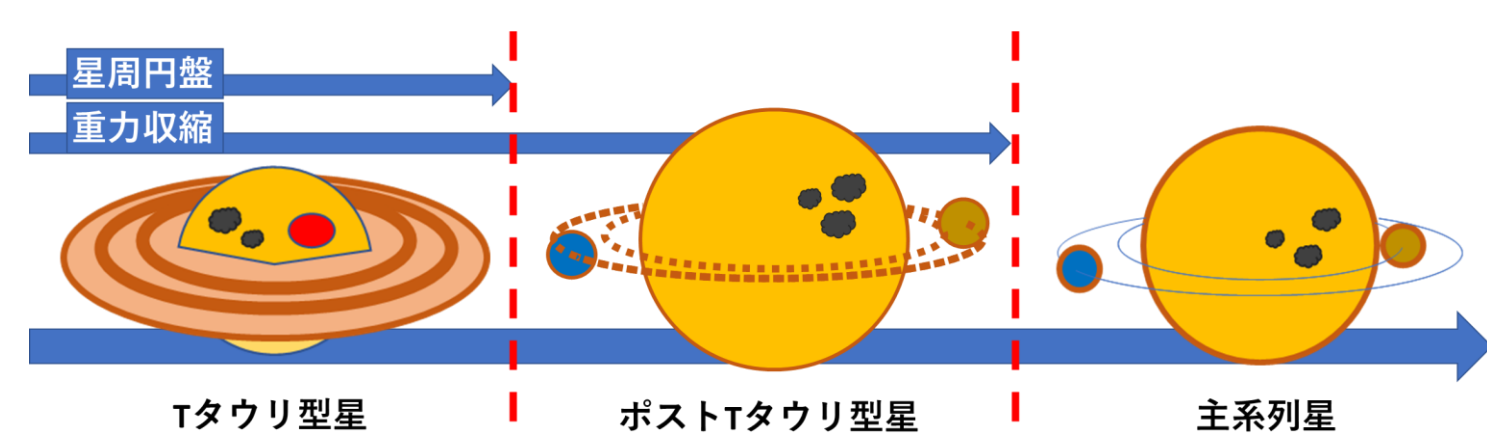


図1. ポストTタウリ型星の位置づけ

ポストTタウリ型星の段階で円盤はすでに消失している。そのため若い星として検知されにくく、発見数が少ない。

観測・解析

観測には西はりま天文台のなゆた望遠鏡と、中低分散分光器MALLSを使用した。

MUTAの候補天体から十分に明るい23天体を選びだし、分光観測を行った。そのうち18天体についてLiの吸収線を検出できた。

得られたスペクトルはモデルスペクトル作成ツールのSPTOOL (Kurucz 1993, Takeda 2002)によるモデルと比較し、有効温度とLi存在度を求めた。

モデルの作成には、表面重力を主系列星の値、金属量を太陽の値、微小乱流速度を2.0 km/sと仮定した。

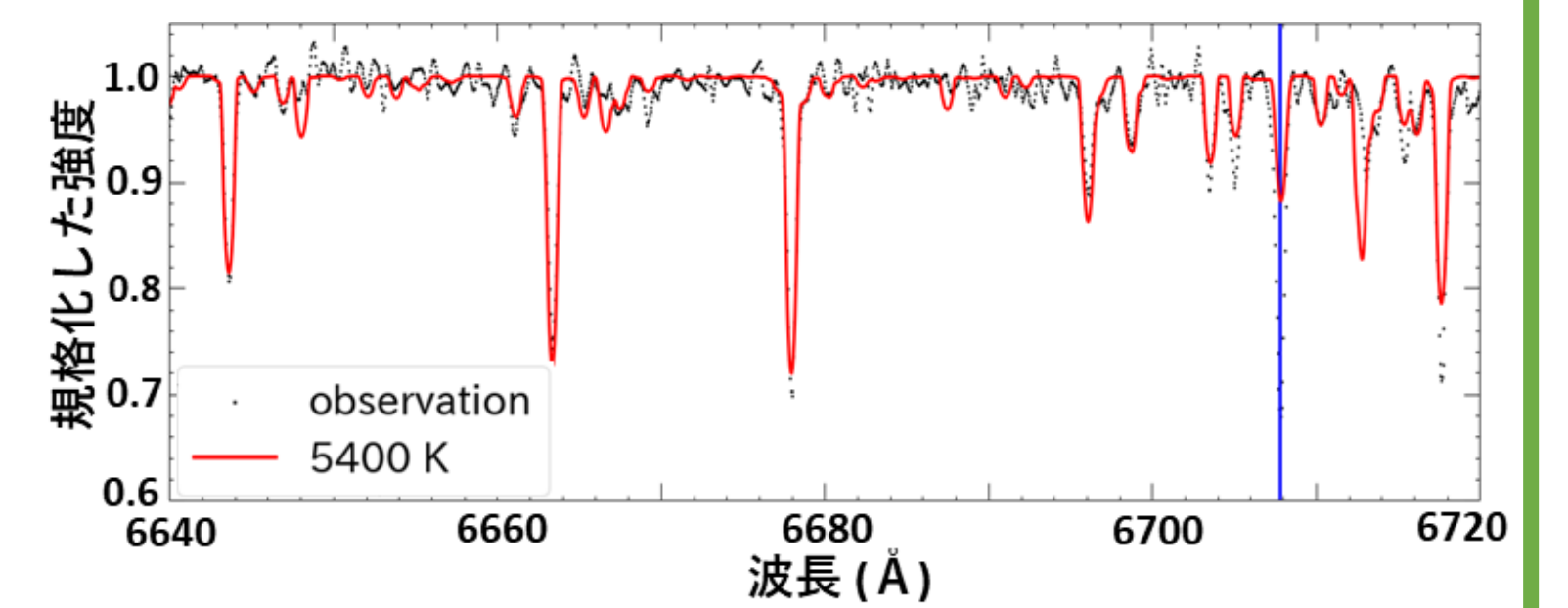


図5 ある天体の観測スペクトル(黒)と5400 Kの天体のモデルスペクトル(赤)。青の線はLiの吸収線の位置を表す。

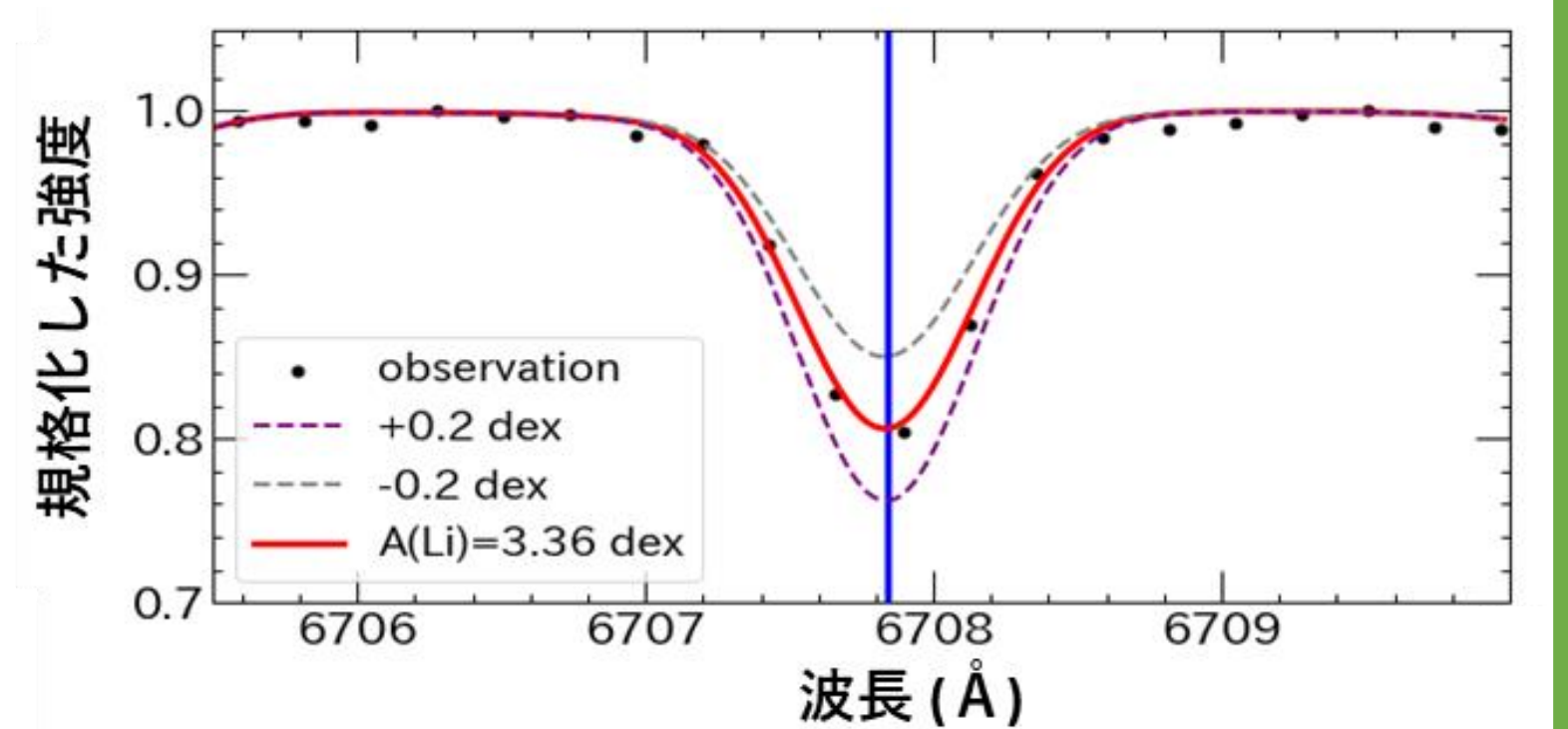


図6 観測スペクトル(黒)とモデルスペクトル(赤)の比較。破線はLi存在度を0.2 dex変えたモデル。

3600-7000 Kまで200 K刻みのモデルスペクトルを作成し、観測と最もよく合うモデルの有効温度を天体の有効温度に決定した。その後、モデルのリチウム存在度を調節し、観測を最もよく再現する存在度を天体のLi存在度に決定した。

結果①: MUTAの年齢

MUTAのA(Li)をプレアデス星団、ヒアデス星団のA(Li)と重ねた。星が誕生した当初のLi存在度の違いを補正するため、縦軸の方向に平行移動して重ねている。

右図のオレンジの点は観測によって得た点。赤の点はGagné et al. (2020)に記載された等価幅の値から、Soderblom et al.(1993)の表を使って計算した点である。

この結果からMUTAがプレアデス星団の**100 Myrに近い年齢を持つ**ことが分かる。

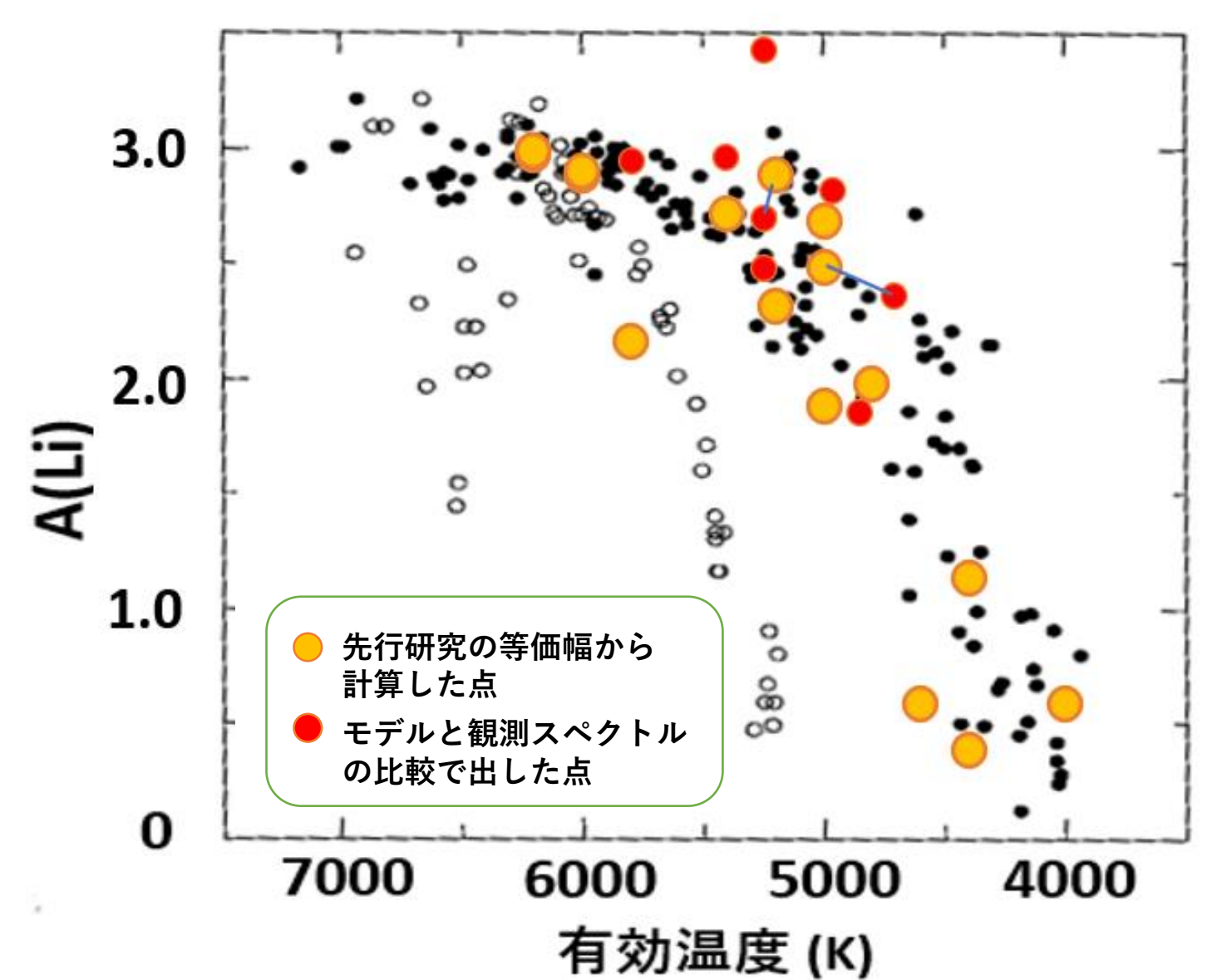
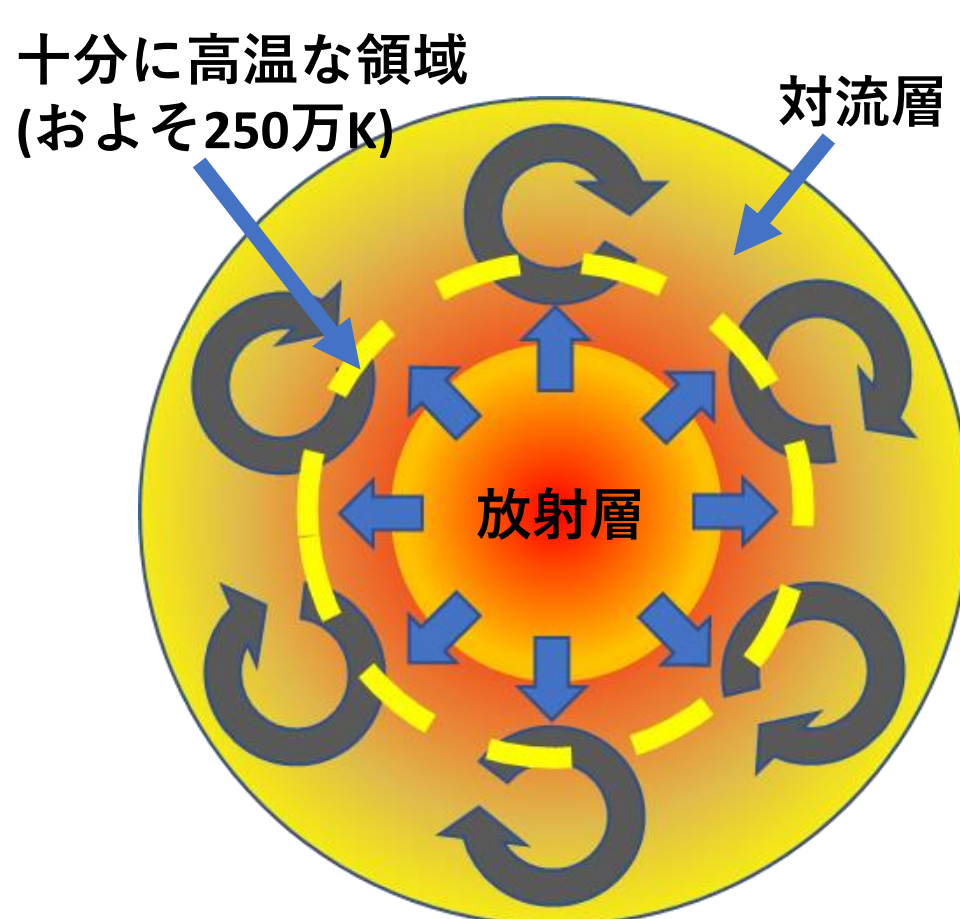


図7. MUTAの天体のリチウム存在度。黒、白の点はそれぞれプレアデス、ヒアデス星団の先行研究。青い線は同じ天体の結果を結んでいる。

星の年齢とリチウム

生まれたばかりの星は、元の分子雲と同量のLiを持っている。星の進化とともにLiが破壊されて減少するため、Liの量から星の年齢を見積もることができる。



若い星は、初めは全てが対流層からなる。対流層の底が十分に高温である間はLiの減少が進む。

重力収縮が進むと、中心で発生した放射層は外側へ広がる。対流層は外側へ後退する。対流層の底が温度の低い領域に移動すると、Liの減少は止まる。

図2. 星の内部構造のイメージ

右図では、若いプレアデス星団の方がより低温の星までリチウムが多く観測されている。有効温度とLiの関係を見ることで、その星団のおおよその年代を知ることができる。

リチウムの存在度(アバンダンス)
 $A(\text{Li}) = \log(n_{\text{Li}}/n_{\text{H}}) + 12$
 n_{X} は元素Xの数密度

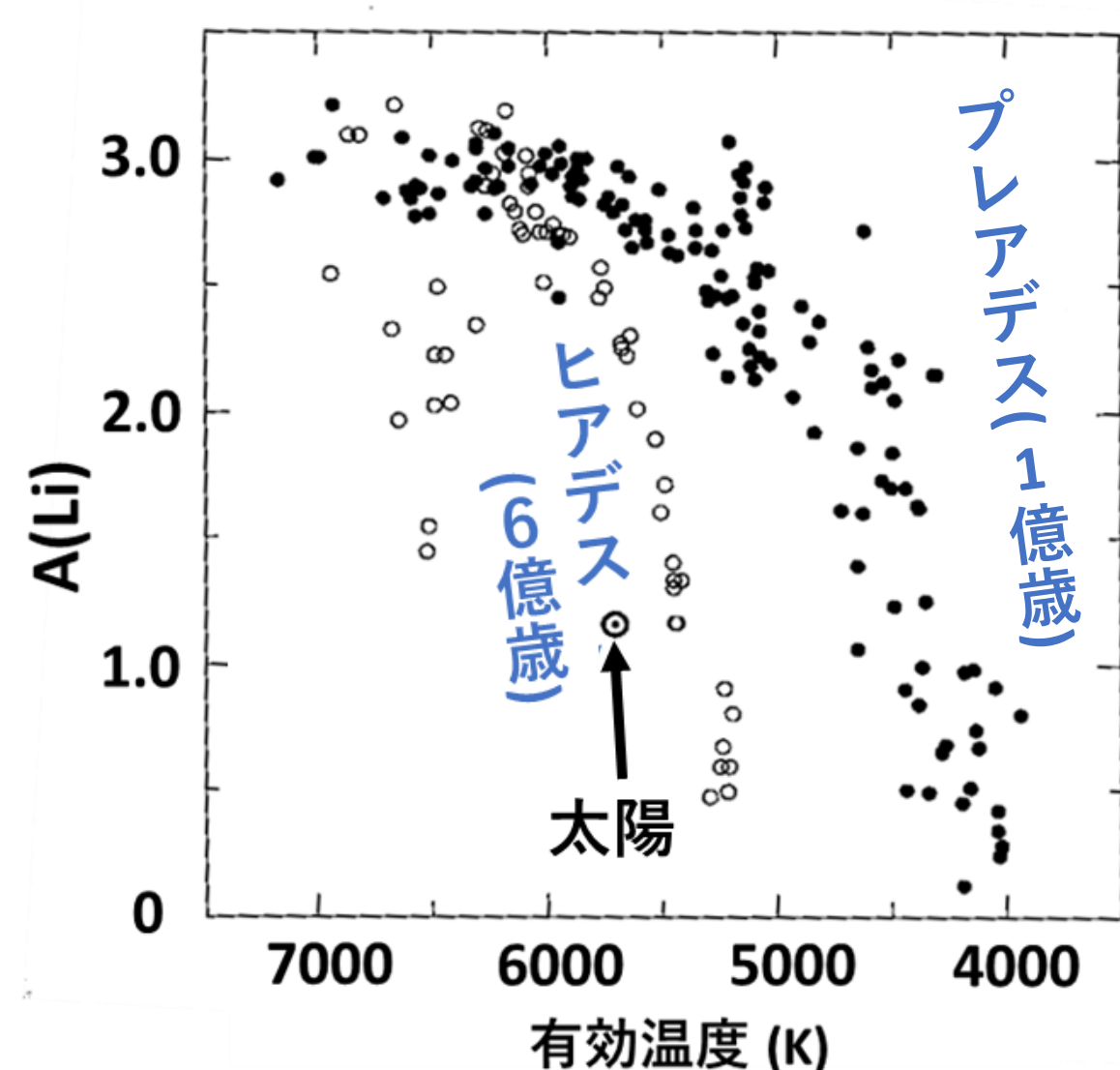


図3. プレアデス星団(約100Myr)とヒアデス星団(約600Myr)のリチウム存在度

対象天体

本研究では μ Tau association(MUTA) というアソシエーションの天体を観測対象とした。MUTAはGagné et al.(2020)によって候補天体が選出された、アソシエーション天体である。

右図では、赤で基準の天体、灰色で候補天体を表しており、円は天体の位置、線は固有運動の向きと大きさを表す。

また、Gagné et al.(2020)では、HR図上の等時曲線と比較する方法でMUTAの年齢を 62 ± 7 Myrと見積もっている。

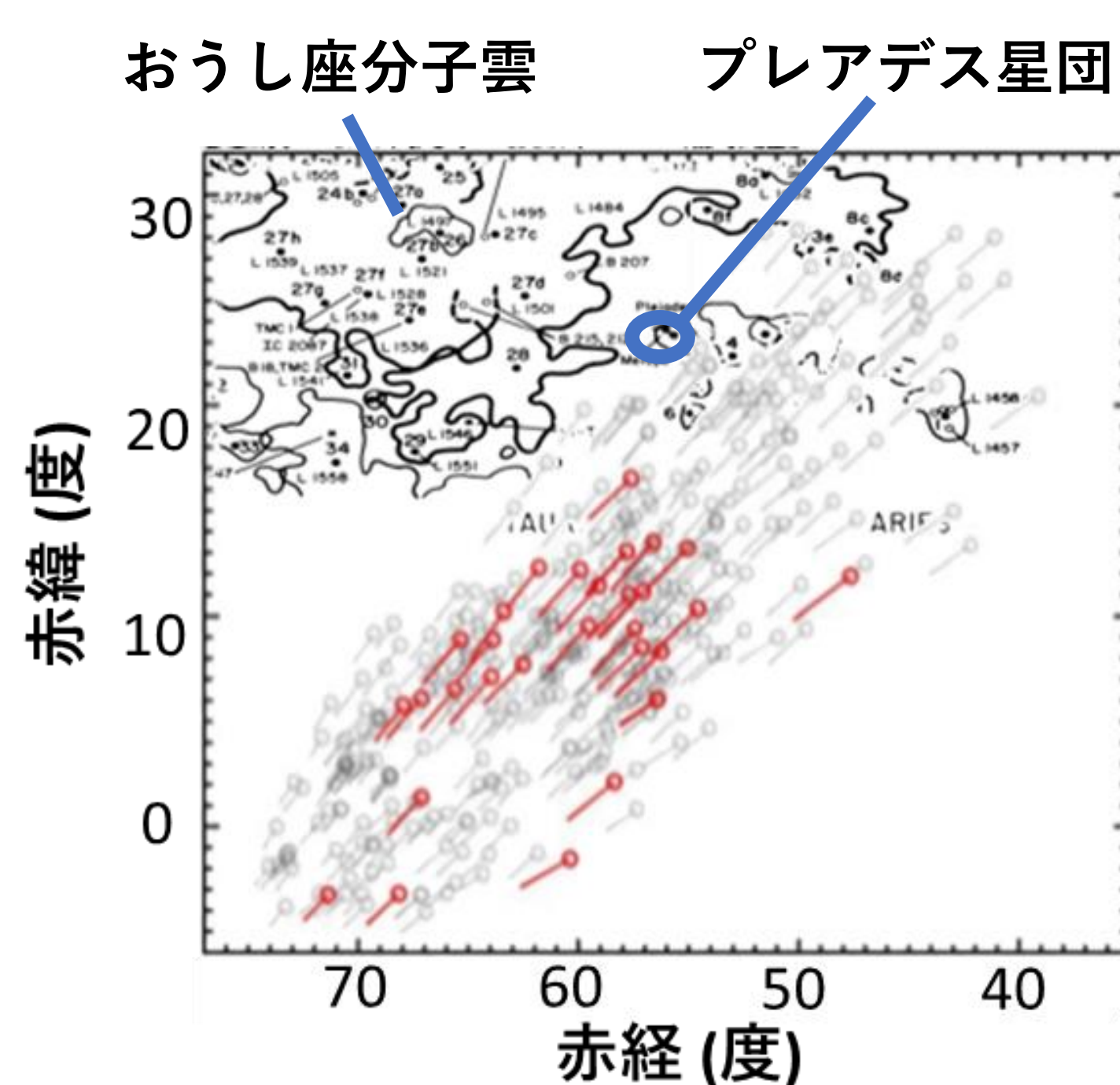


図4. 星図上でのMUTAの位置

結果②: 自転の効果

同じ星団で同じ有効温度の星でも、リチウムの存在度にはある程度のばらつきが存在する。また、自転が速い星ほどLiの減少が進んでおらず、Li存在度が大きい。

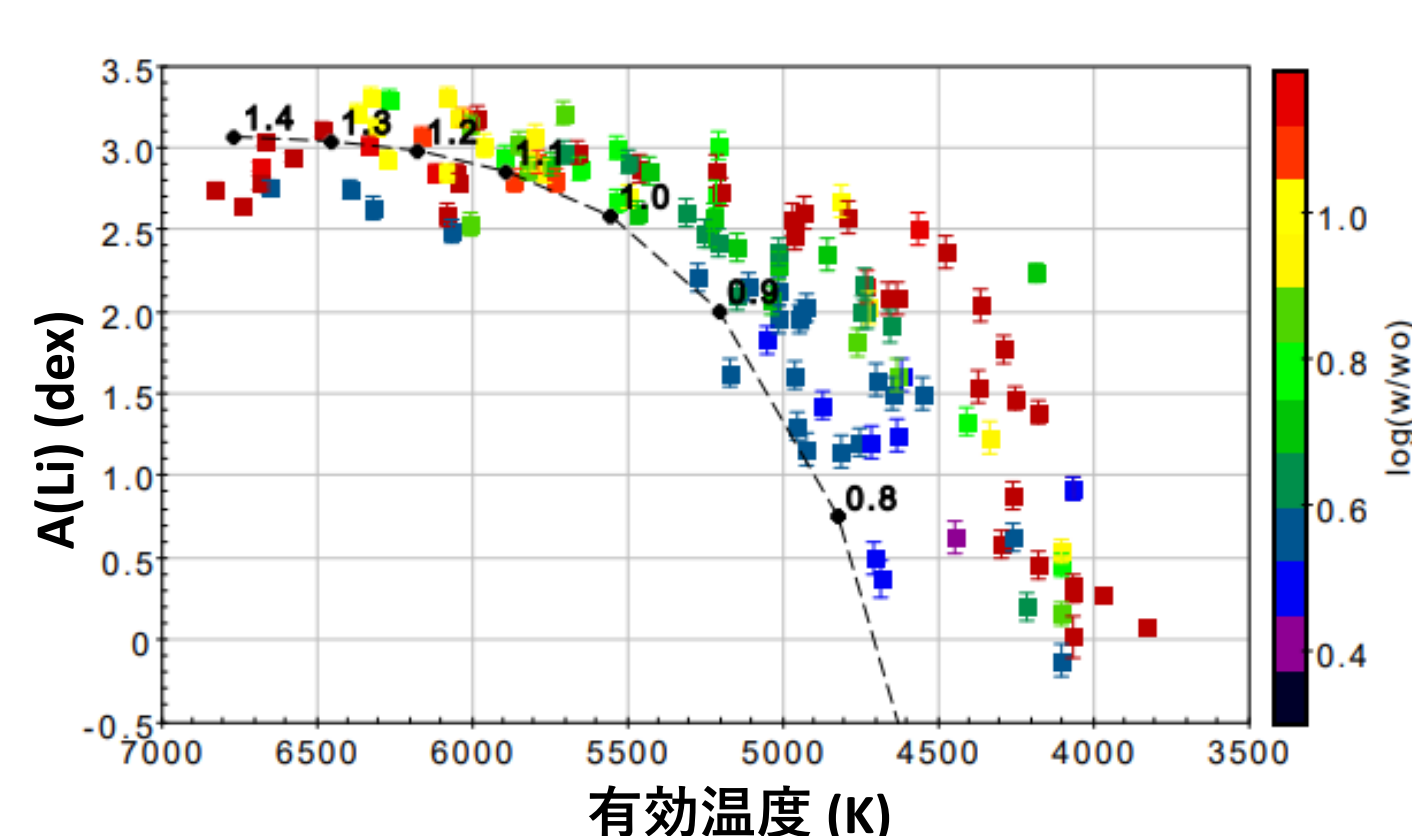


図. プレアデス星団の天体のLi存在度と自転速度 (Bouvier et al. 2014)。赤い点ほど自転が速い。点線はBaraffe et al.(2015)による、125 Myrのモデル線。

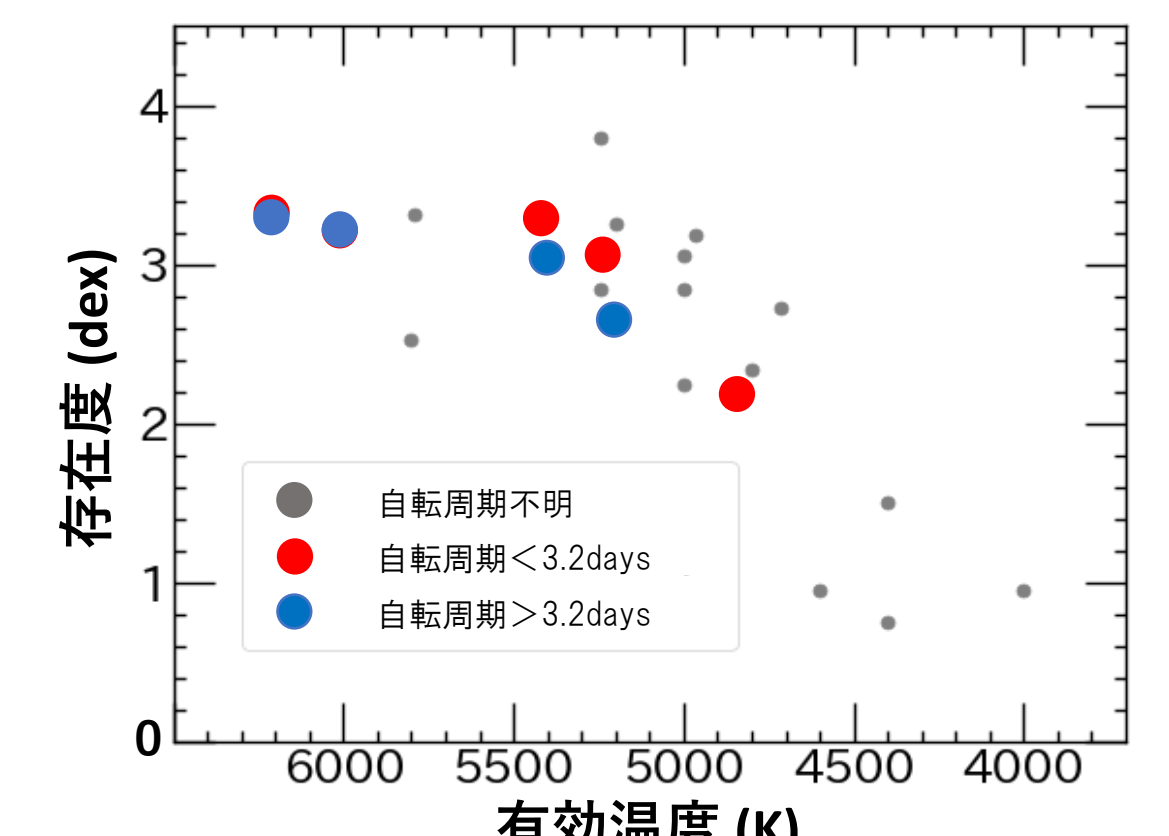


図. MUTAの天体のLi存在度と自転速度。自転周期が3.2日より長いものと短いものと、色を分けてプロットした。自転が速いほどLiが残っており、プレアデスと一致する結果である。

Gagné et al.(2020)では、MUTAの星の一部についてはTESS衛星のデータから自転周期が計算されている。自転の速い天体ほど上側にプロットされる関係が見え、プレアデス星団の先行研究と一致する結果となった。

研究目的

MUTAの天体のLi存在度を決定する。
Liの存在度をもとにして、MUTAの年齢を測定する。

まとめ

本研究では、先行研究で特定されたアソシエーションの天体について分光観測を行い、Liの存在度から年齢を推定した。他の星団の結果と重ねた結果、MUTAがプレアデス星団の**100 Myrに近い年齢を持つ**ことが確認された。また、自転周期が得られた天体についても、自転が速い天体ほどLiが多いという、先行研究に一致する結果が得られた。