

京都大学岡山天文台 せいめい望遠鏡/KOOLS-IFUを用いた可視面分光観測の実習報告@OISTER教育プログラム

小柳香、高山颶太、木村愛(埼玉大学) 実習先：京都大学 岡山天文台

実習の目的

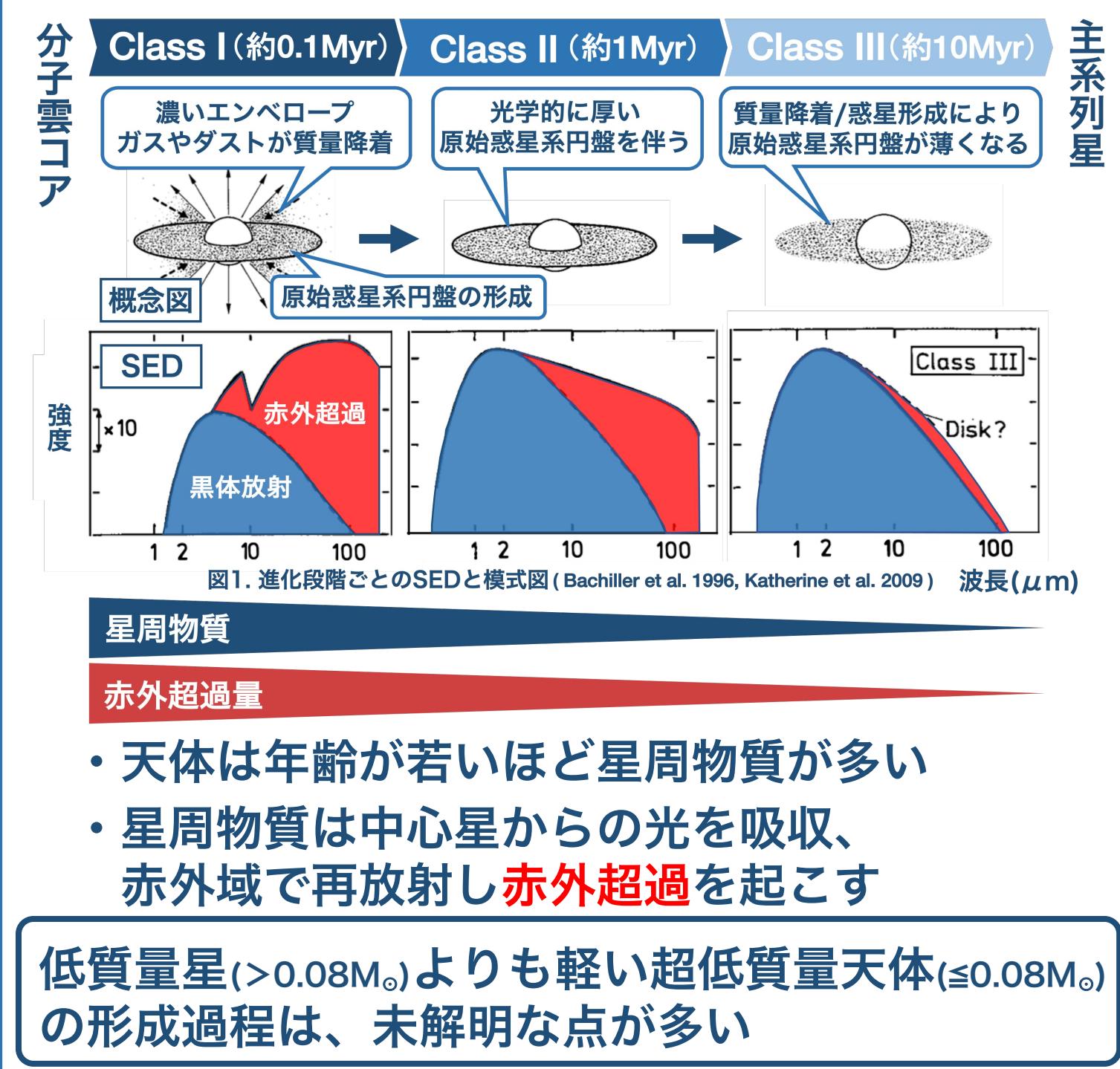
私は修士の研究で、超低質量天体などの天体の形成を探るべく、UKIRT/WFCAMの近赤外撮像観測のアーカイブデータを用いた、ペルセウス座分子雲B1領域の測光解析から、若い超低質量天体候補の同定を行なっている。一方、若い天体は年齢によって温度と光度が変化するため、正確な質量導出には分光観測が必要となる。今後、同定した超低質量天体候補に対する追分光観測からスペクトル型を決定し、年齢の仮定によらない若い超低質量天体の同定を行ないたい。加えて、面分光観測による前主系列星などの若い天体周囲に見られる構造の詳細な解析から、これらの天体の形成を探る手立てになるのではないかと考えた。そこで、本実習では京都大学岡山天文台 せいめい望遠鏡/KOOLS-IFUを用いた可視面分光観測の手法や解析を学ぶことを目的とした。

実習の概要

京都大学岡山天文台 せいめい望遠鏡/KOOLS-IFUを用いた短期滞在実習プログラムを2025年1月29日(水)から2月4日(火)に実施した。ペルセウス座分子雲B1領域で赤外超過が見られた既知の前主系列星三天体について可視面分光観測を行ない、実際に取得した観測データについて面分光解析を行なった。

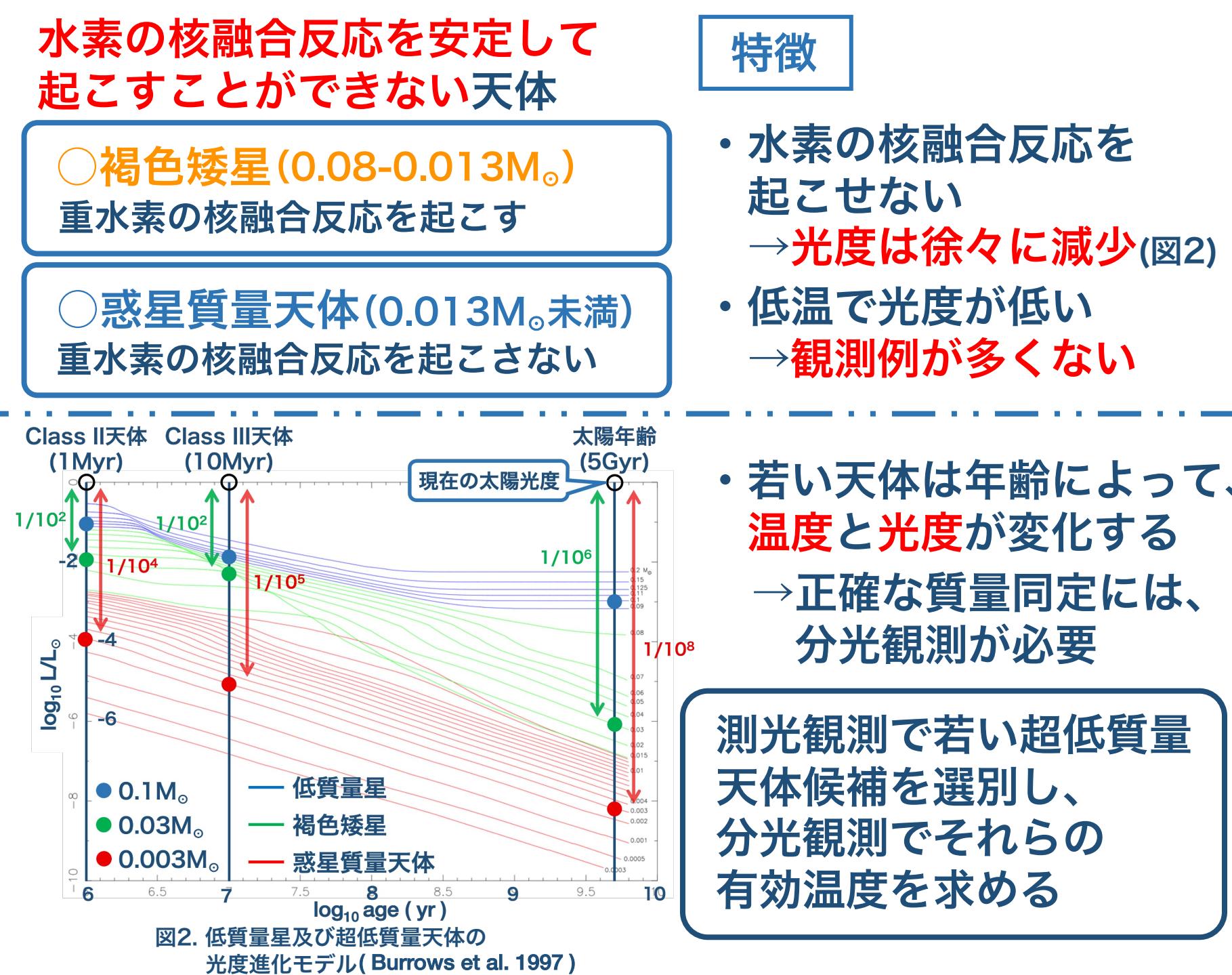
実習(背景/スケジュール)

低質量星の形成過程



- 天体は年齢が若いほど星周物質が多い
- 星周物質は中心星からの光を吸収、赤外域で再放射し赤外超過を起こす

超低質量天体



特徴

- 水素の核融合反応を起こすことができない天体
- 褐色矮星 (0.08-0.013 M_{sun}) 重水素の核融合反応を起こす
- 惑星質量天体 (0.013 M_{sun}未満) 重水素の核融合反応を起こさない
- 低温で光度が低い
- 観測例が多くない
- 若い天体は年齢によって、温度と光度が変化する
- 正確な質量同定には、分光観測が必要
- 測光観測で若い超低質量天体候補を選別し、分光観測でそれらの有効温度を求める

スケジュール

滞在機関：京都大学 岡山天文台
滞在期間：2025年1月29日(水)～2月4日(火)

表3. 実習のスケジュール

日付	日中	前半夜の後半(観測)
1月29日(水)	到着 打ち合わせ/観測計画の作成	
1月30日(木)	KOOLS-IFU データ解析指導①	可視面分光観測①
1月31日(金)	KOOLS-IFU データ解析指導②	可視面分光観測②
2月1日(土)	KOOLS-IFU データ解析練習	
2月2日(日)	KOOLS-IFU データ解析練習	
2月3日(月)	望遠鏡の見学/解析練習 実習報告の資料作り	
2月4日(火)	実習報告会	

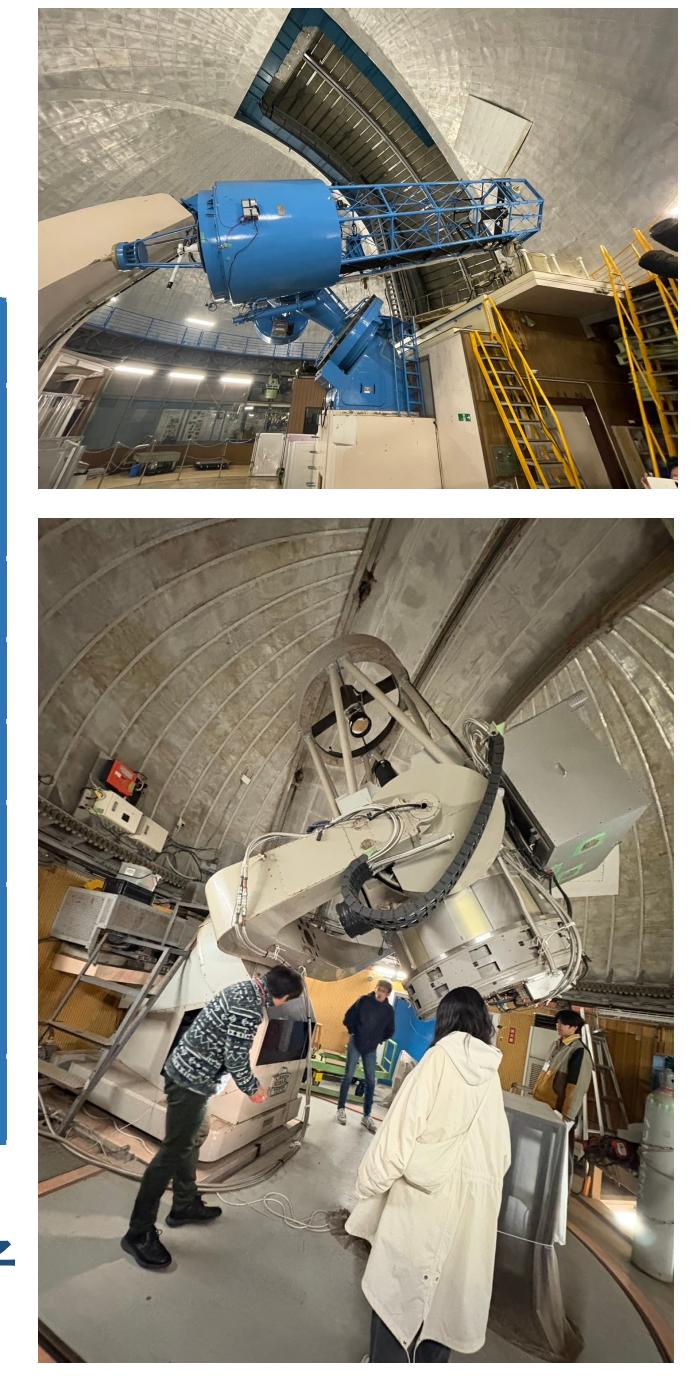


図4. (上) 国立天文台ハワイ観測所岡山分室 188cm反射望遠鏡 見学の様子
(下) 国立天文台ハワイ観測所岡山分室 91cm反射望遠鏡 見学の様子

実習(観測/解析)

観測

表5. 観測の詳細

望遠鏡	3.8m せいめい望遠鏡
観測装置	KOOLS-IFU (可視撮像低分散分光装置)
観測日	2025年1月30, 31日
観測波長	6000-10000Å
グリズム	VPH-red
波長分解能	-800
観測天体/	2025年1月30日(木) EM*LKHA 327 rバンド(ABmag) : 14.3等 60sx1枚, 600sx3枚
	2MASS J03323300+3102216 rバンド(ABmag) : 17.3等 60sx3枚, 600sx3枚
	2025年1月31日(金) 2MASS J03334129+3113410 rバンド(ABmag) : 18.2等 60sx2枚, 600sx4枚

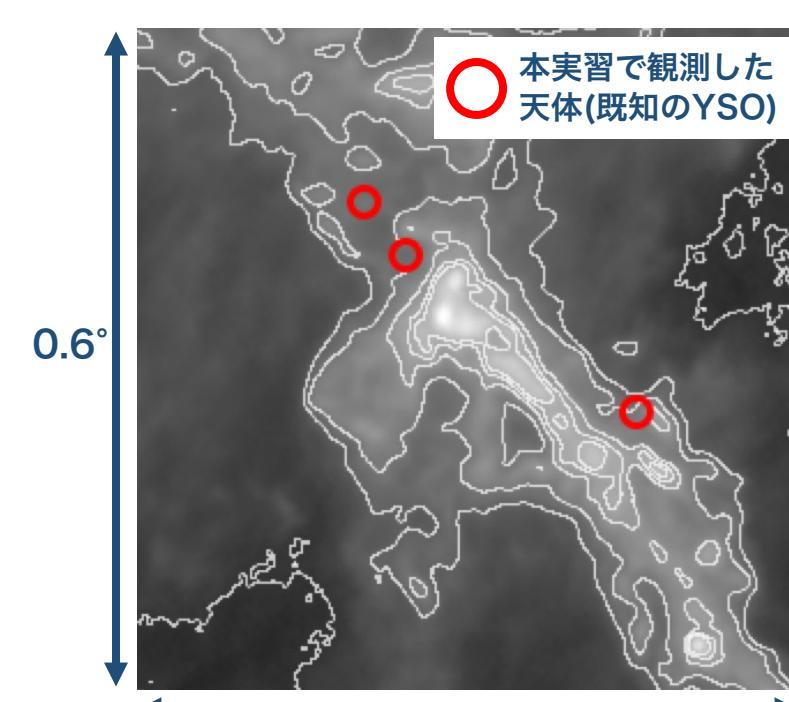


図7. 本実習で観測した天体の空間分布
+ハーシェル宇宙天文台のダスト柱密度の分布図

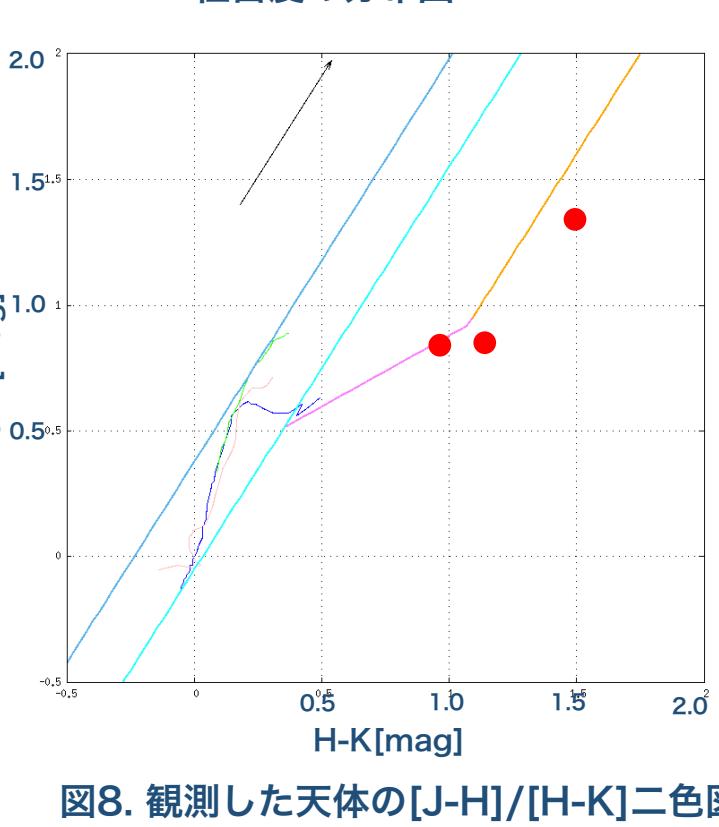


図8. 観測した天体の[J-H]/[H-K]二色図

解析

解析の流れ

- オーバースキャン領域の切り取り
- バイアス引き
- フラットフレーム作成/ゲイン補正
- アパーチャートレス用のファイル作成
- 波長方向の感度ムラの補正用ファイル作成
- 天体/較正フレームの切り出し
- 波長方向の感度ムラ補正
- 比較光源の重ね合わせ/波長較正

- 各ファイバーの波長方向には感度ムラがみられる
- フラットフレームを用いて、波長方向の感度ムラ補正するフレームを作成し、天体フレームを補正した
- 比較光源ランプ(Hg, Ne, Xe)のフレームから、一つの比較光源フレームを作成し、波長較正を行なった
- 比較光源フレームの波長情報を天体フレーム等に割り当てた

⑨ファイバー間の感度補正

- 110本のファイバー間に感度ムラがみられる
- フラットフレームを用いて、ファイバー間の感度ムラを補正するフレームを作成し、天体フレームを補正した

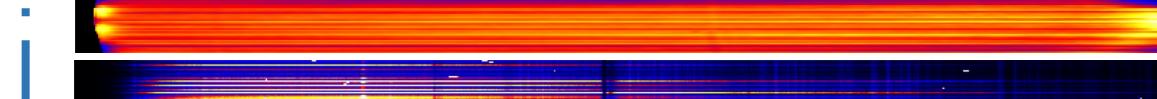


図10. (上) ファイバー間の感度ムラ補正用のフレーム
(下) 感度補正した天体フレーム

⑩背景光引き

- 背景光引きの方法は二種類学んだ
- (1) 天体フレームの二次元画像から、天体の光が届いていないファイバーを選択し重ね合わせ、全ファイバーのスペクトルから引いた
- (2) スカイフレームを重ね合わせ、天体フレーム全体から引いた

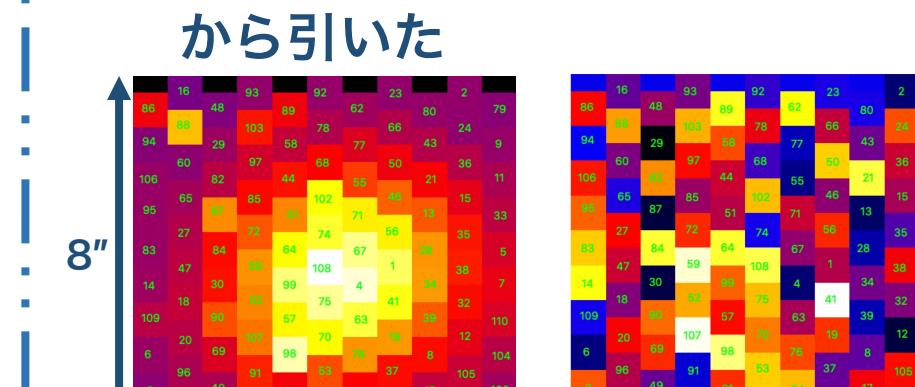


図11. (上) 波長[300-400nm]を指定した天体フレームの二次元画像
(下) 波長[495-498nm]を指定したスカイフレームの二次元画像

⑪オブジェクトファイバーの選択

- 天体フレームの二次元画像から、天体の光がみられるファイバーの選択し、その平均値を算出し、一次元化した

⑫大気減光補正/フラックス較正

- 標準星を用いて、[波長] 対 [e] 対 [フラックス密度] の感度関数を求め、天体スペクトルを割った

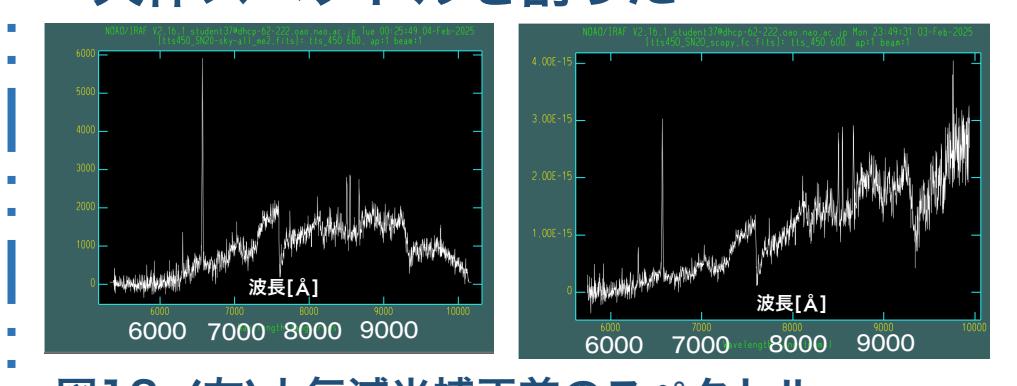


図12. (左) 大気減光補正前のスペクトル
(右) 大気減光補正後のスペクトル

⑬星間減光補正

- 測光解析による [J-H]/[H-K] 二色図から求めた星間減光量 Av を用いて補正した

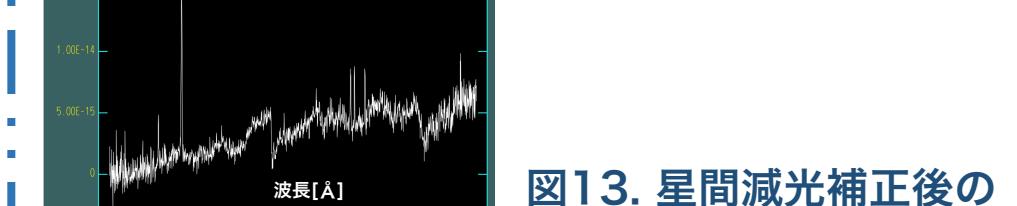


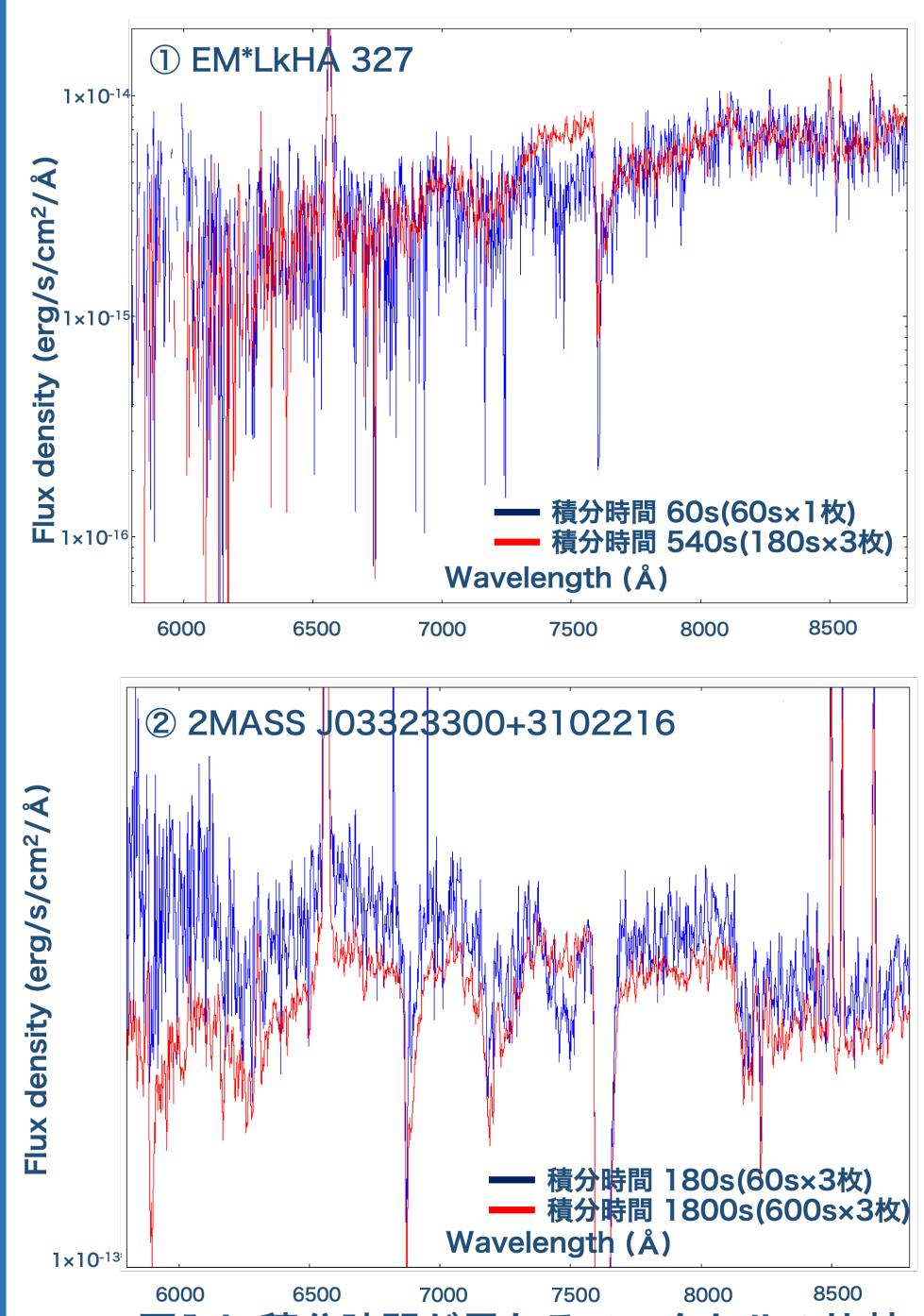
図13. 星間減光補正後のスペクトル

実習(結果/まとめ/感想/謝辞)

結果

(1) 得られたスペクトルの一例

- 積分時間を長くすると、S/Nが良くなつた
→ノイズが小さくなり、輝線がよりはっきりと検出



(2) 得られたスペクトルとスペクトルテンプレートとの比較

① EM*LKHA 327

- スペクトル型はK7-M0と推定
←先行研究(M0, Zhang et al. 2023)と一致
- Hα輝線を検出
←等価幅(-35.0±0.8 Å)から古典的Tタウリ型と考えられる

② 2MASS J03323300+3102216

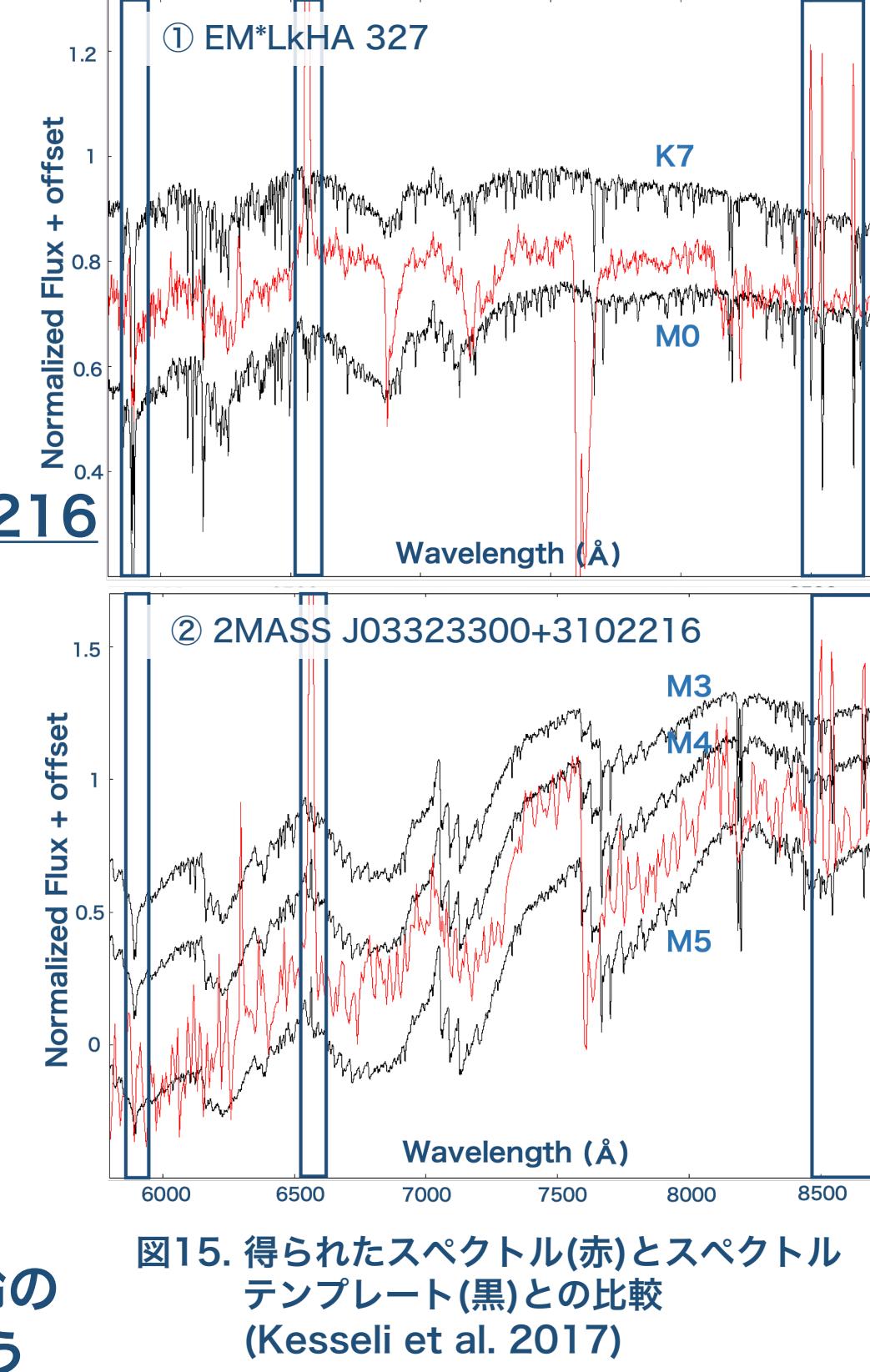
- スペクトル型はM3-M5と推定
←先行研究(M3, Birkby et al. 2020)と一致
- Hα輝線を検出
←等価幅(-81.1±1.8 Å)から古典的Tタウリ型と考えられる

今後、

- ①得られたスペクトルからスペクトル型を決定し、天体の有効温度を算出
- ②HR図と進化トラックから、年齢の仮定によらない質量導出を行なう

(2) 得られたスペクトルとスペクトルテンプレートとの比較

Kesseli et al. 2017



まとめ

- 可視面分光観測の手法や解析方法を学ぶことを目的に京都大学岡山天文台せいめい望遠鏡/KOOLS-IFUを用いた短期滞在実習を行なった。
- 0.25夜×2で、rバンド等級が14-18等の3天体の分光観測を行なった。観測した天体は、ペルセウス座分子雲中で近赤外JHKで赤外超過が見られた既知の前主系列星である。
- 観測データを解析しスペクトル型を求めた結果、サブクラス±1以内で先行研究と一致した。検出されたHα輝線の等価幅から、古典的Tタウリ型星と考えられる。

今後の展望

- 得られたスペクトルからスペクトル型を決定し、天体の有効温度を求める。
HR図と進化トラックから年齢の仮定によらない質量導出を行なう。
- 本実習での経験を活かし、今後は自分で同定した候補天体を、せいめい望遠鏡/KOOLS-IFUを用いた可視面分光観測/解析し、若い超低質量天体の同定を行ないたいと考えている。

感想

(高山) 面分光の経験がなかったため、実習を通して学んだことの全てが新鮮なものでした。この実習を踏まえてKOOLS-IFUの共同利用観測に応募し、自身の研究に生かせたらと思います。

(木村) 講義や解析を丁寧にご指導いただき、大学3年生で分光について学び始めた段階だった私にとってもわかりやすく、多くの知識を得られました。実習で得た知識を私自身の研究に活用していきます。

謝辞

高橋隼様、大朝由美子先生を始めとするOISTER関係者の皆様、可視面分光観測/解析の経験がない私たちに、可視面分光観測/解析を学ぶ機会をくださった、受入担当の村田勝寛様、教育担当の大塚雅昭様、磯貝桂介様を始めとする京都大学 岡山天文台の皆様、国立天文台 ハワイ観測所岡山分室の皆様へ、心より深く感謝申し上げます。誠にありがとうございました。