



M型矮星YZ CMiのフレアの測光・分光同時観測： 高速短時間のプロミネンス噴出

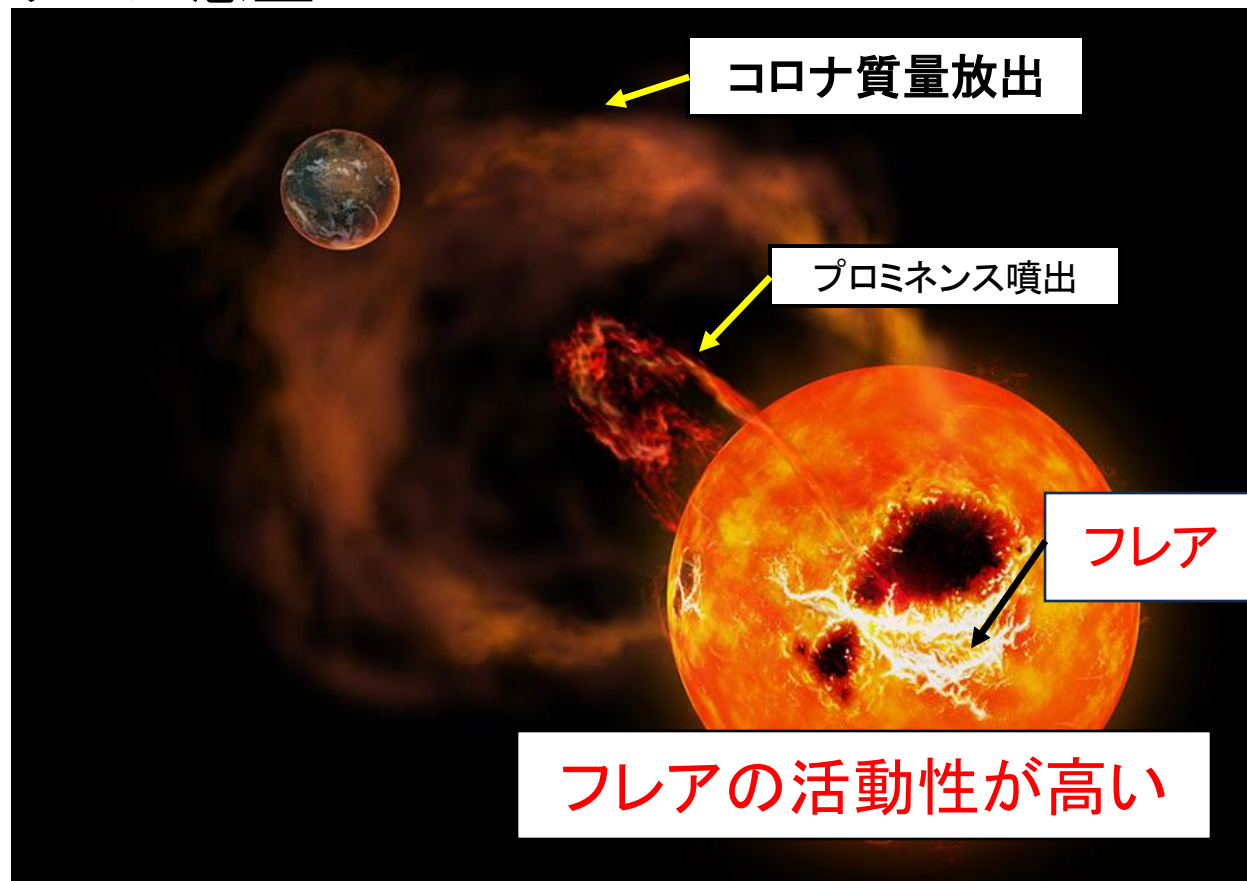
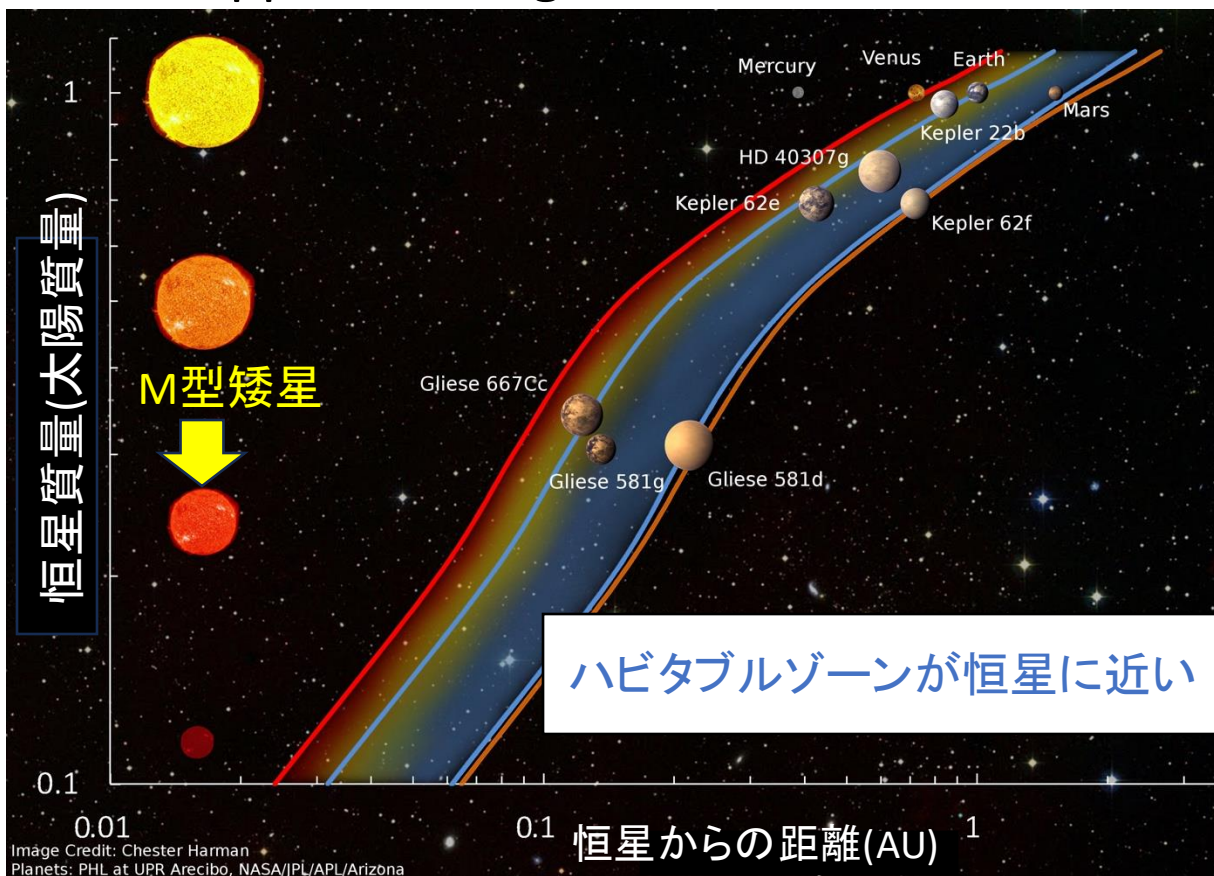
梶木屋裕斗

東京工業大学 理学院地球惑星科学系

共同研究者: 行方宏介(京都大学), 野津湧太(コロラド大), 前原裕之(国立天文台),
佐藤文衛(東工大), 野上大作(京都大学)

Background: Habitability of Exoplanets Around M-dwarfs

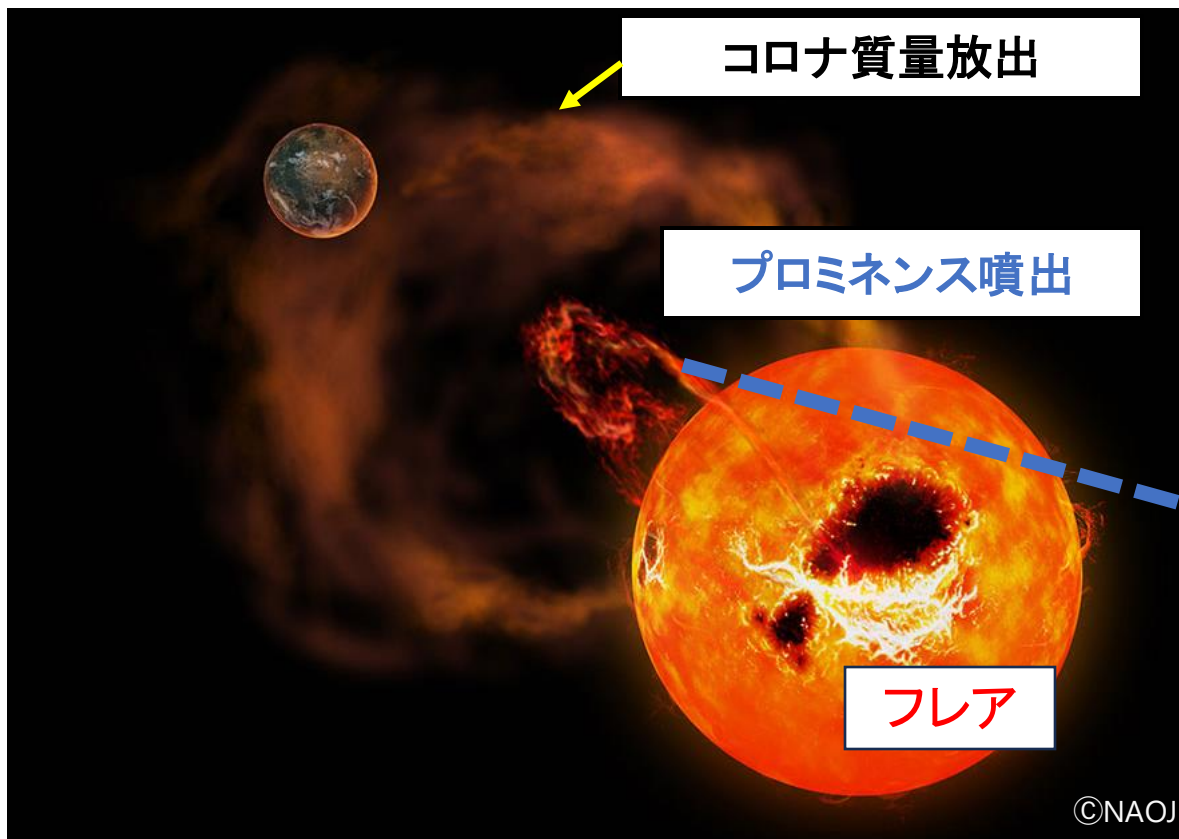
- M型矮星：表面温度約2500-3900Kの主系列星
 - Trappist-1 e, f, g, Prox Cen b・・・複数のハビタブル惑星



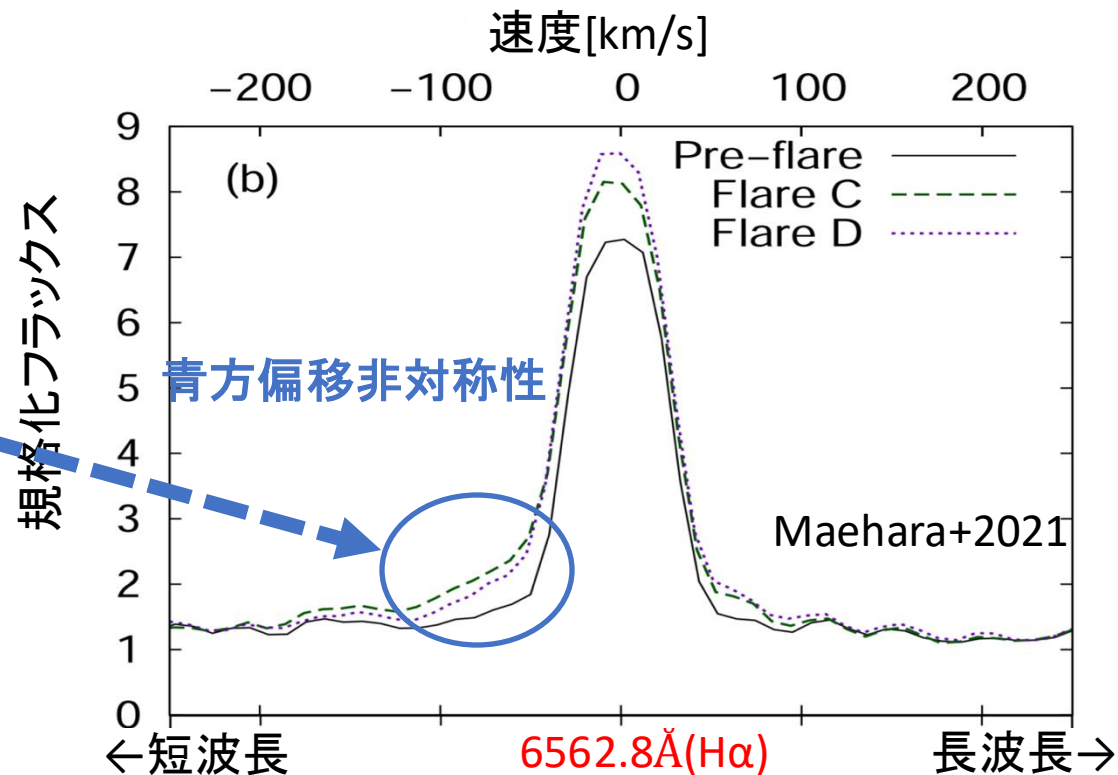
M型矮星のフレア/質量放出現象の理解が極めて重要

Motivation(1): Blue/Red Asymmetry in H α

- プロミネンス噴出(候補)は青方偏移/赤方偏移非対称性として観測



M型矮星における観測例(青方偏移)



- 多くの非対称性は継続時間20min以上、速度100km/s程度 (時間分解能>5min)
- 太陽では、5分以下で速度変化するプロミネンス噴出がしばしば観測 (Otsu et al. 2022)
 - M型矮星の強い表面重力による速度変化を捉えられていない可能性

Observation Summary

観測対象: 活動的なM型矮星 **YZ CMi** (M4.5V)

T_{eq} : 3300K, R_{star} : $0.3R_{\odot}$, P_{rot} : 2.8 day

1日**6-7**回のフレア → 複数のフレアを検出可

測光観測

Space) TESS

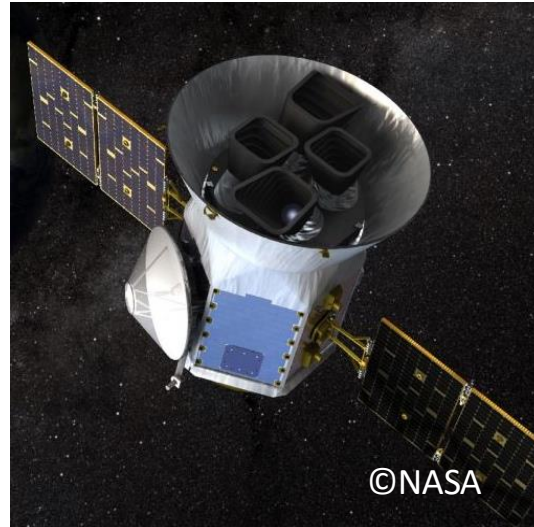
- 6000~10000Å
- 時間分解能: 20sec/2min
- January 14, 2021 - February 8, 2021

可視(H α)分光観測(12 nights)

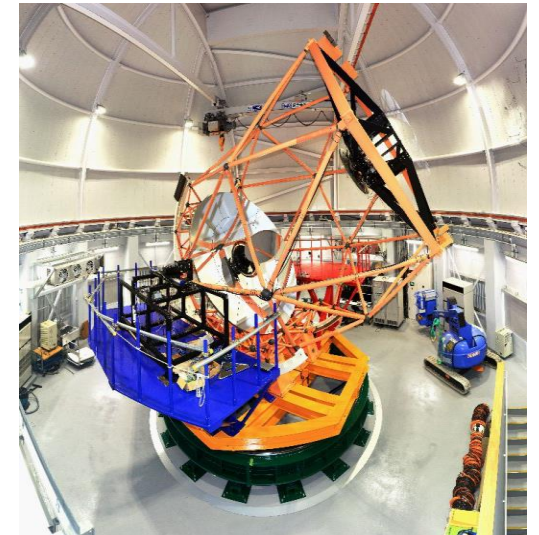
Japan) Seimei 3.8m (KOOLS-IFU)

- 5800-8000Å, $\lambda/\Delta\lambda \sim 2000$
- 時間分解能: **~1min**

<<先行研究:>5min (e.g., Notsu+2024)

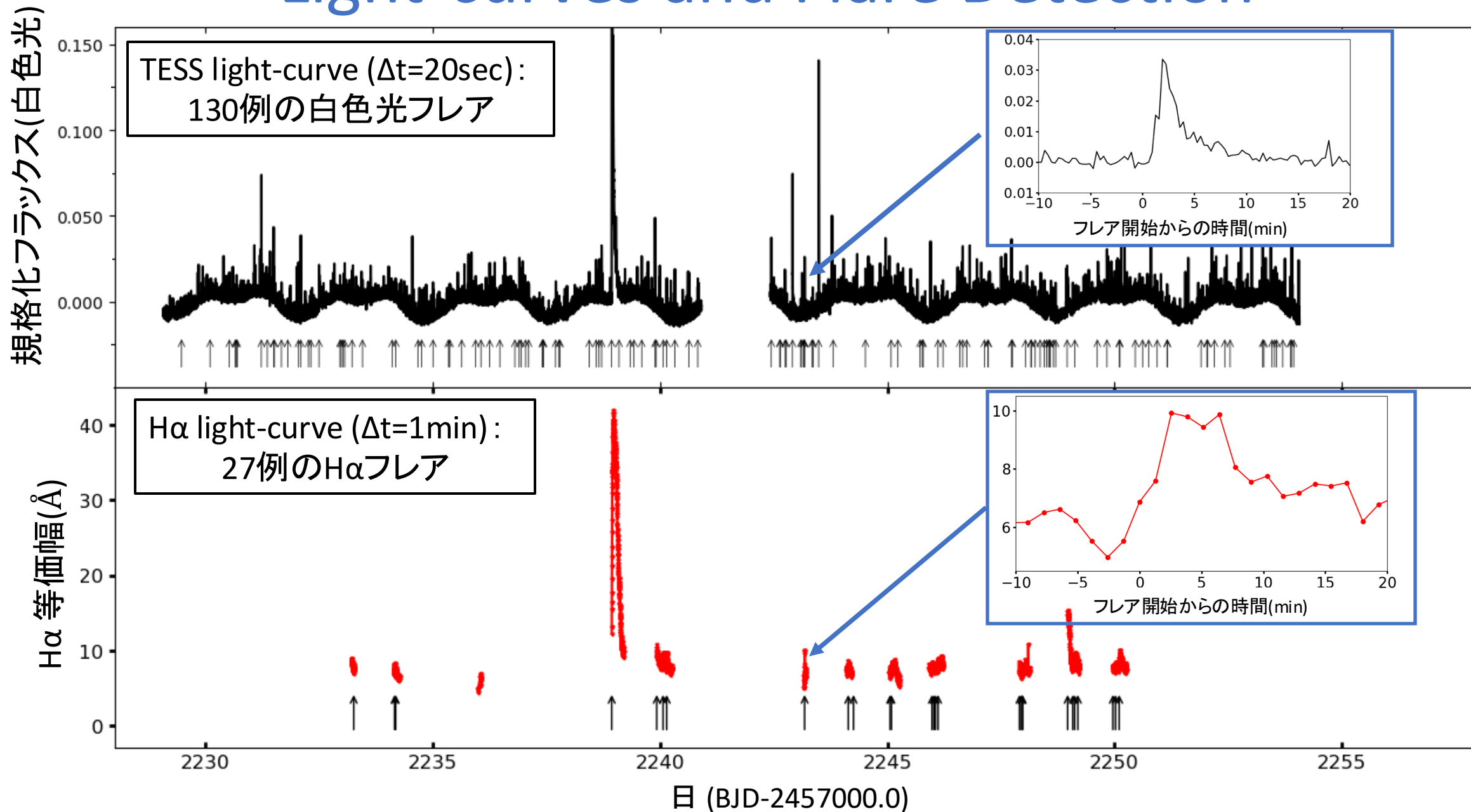


TESS

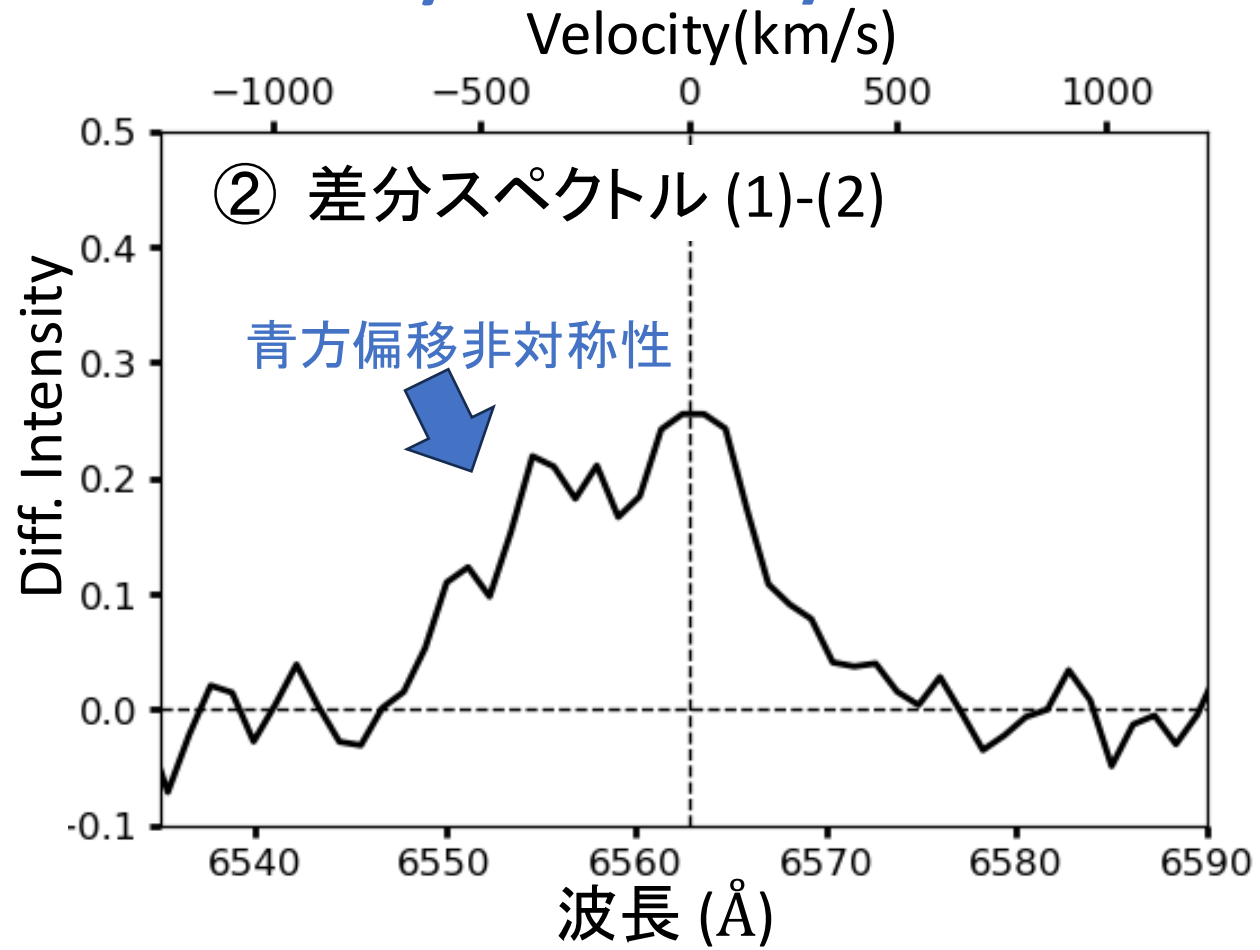
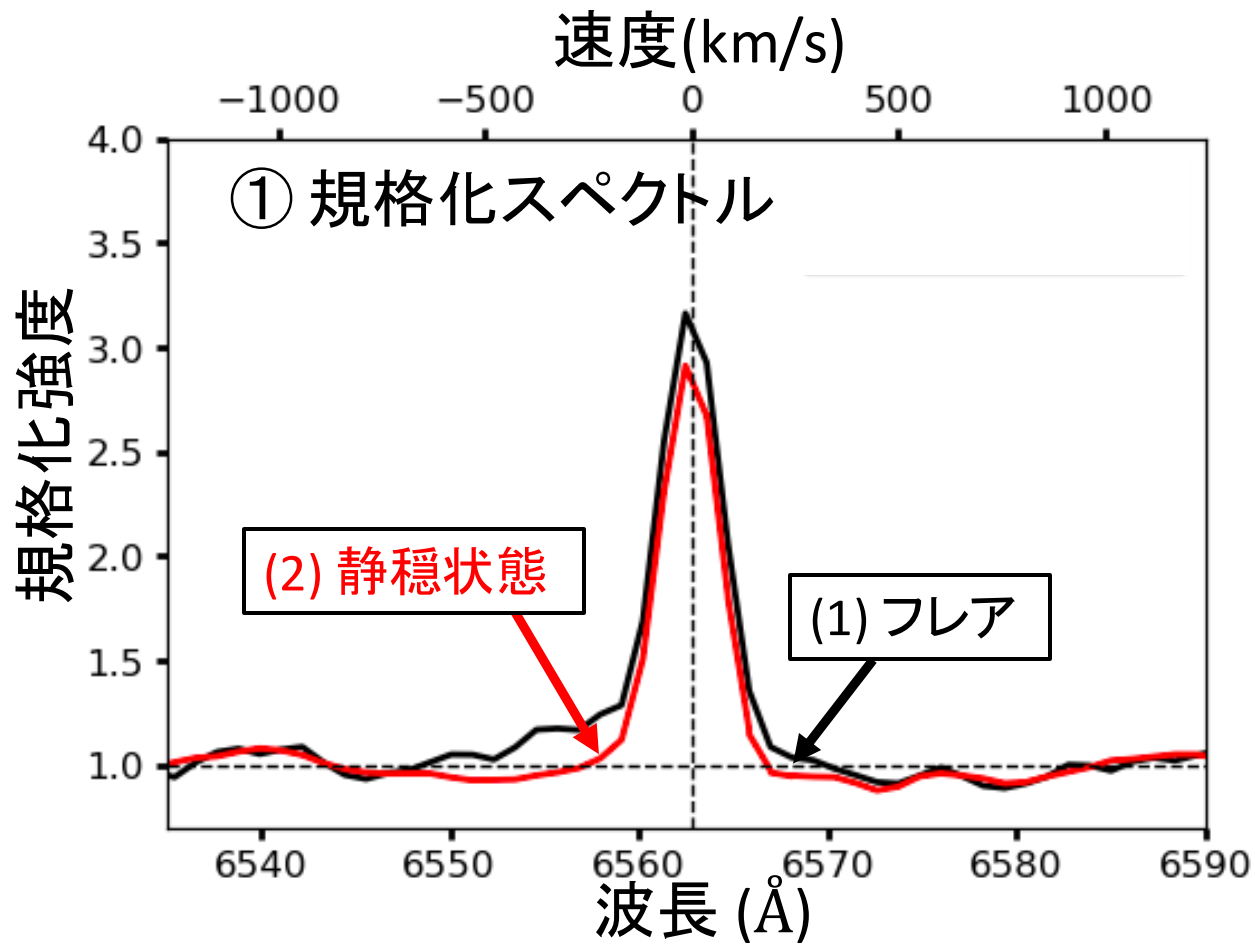


Seimei 3.8m

Light-curves and Flare Detection



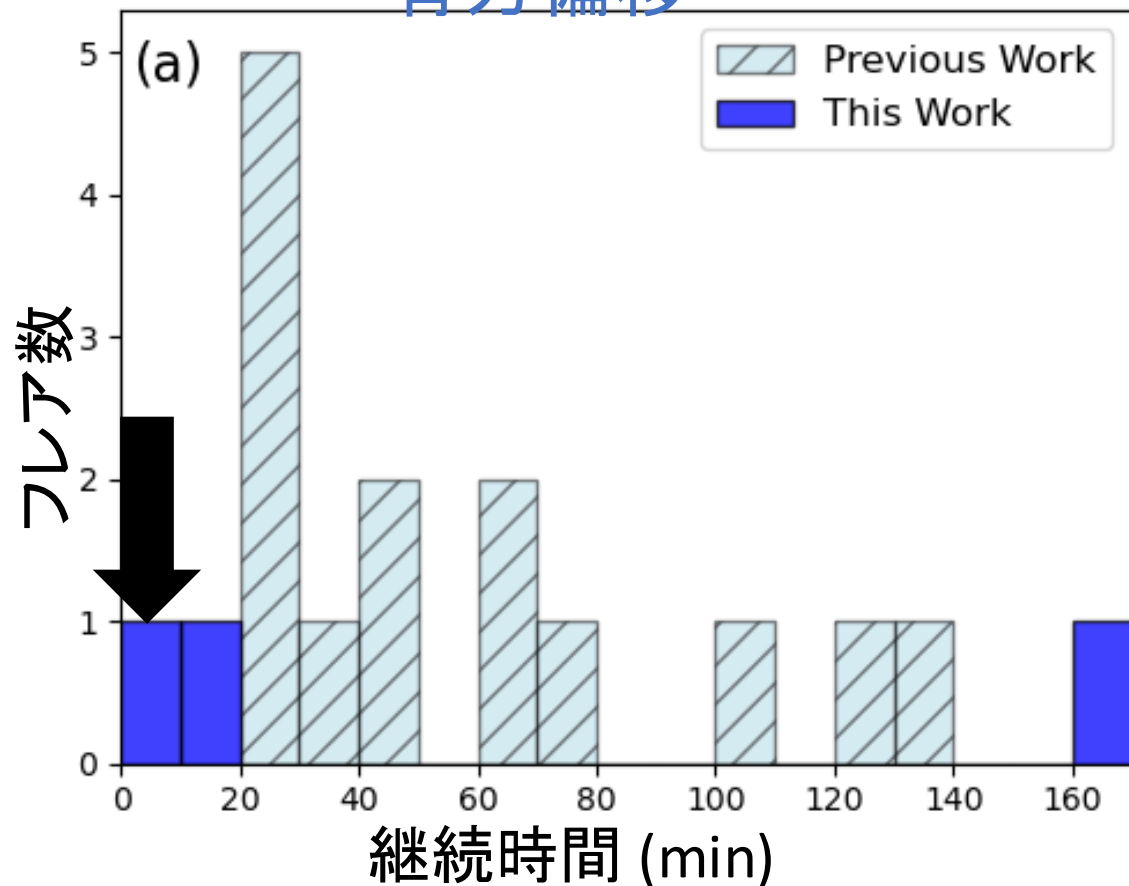
Analysis: Evaluation of Asymmetry



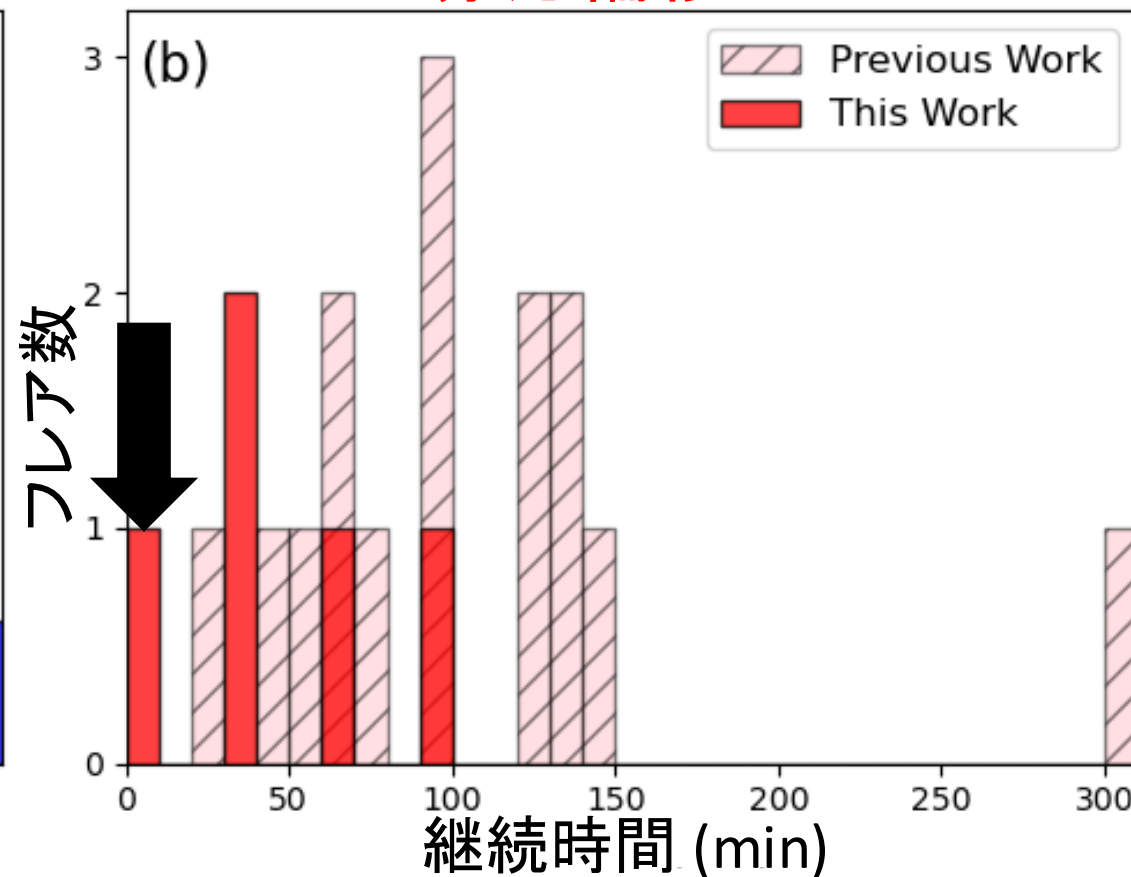
- 差分スペクトル → H α 線プロファイルの非対称性評価
- 青方偏移3例、赤方偏移5例 (27例の全H α フレア中)

Result(1): Short-Duration Blue/Red Asymmetries

青方偏移



赤方偏移

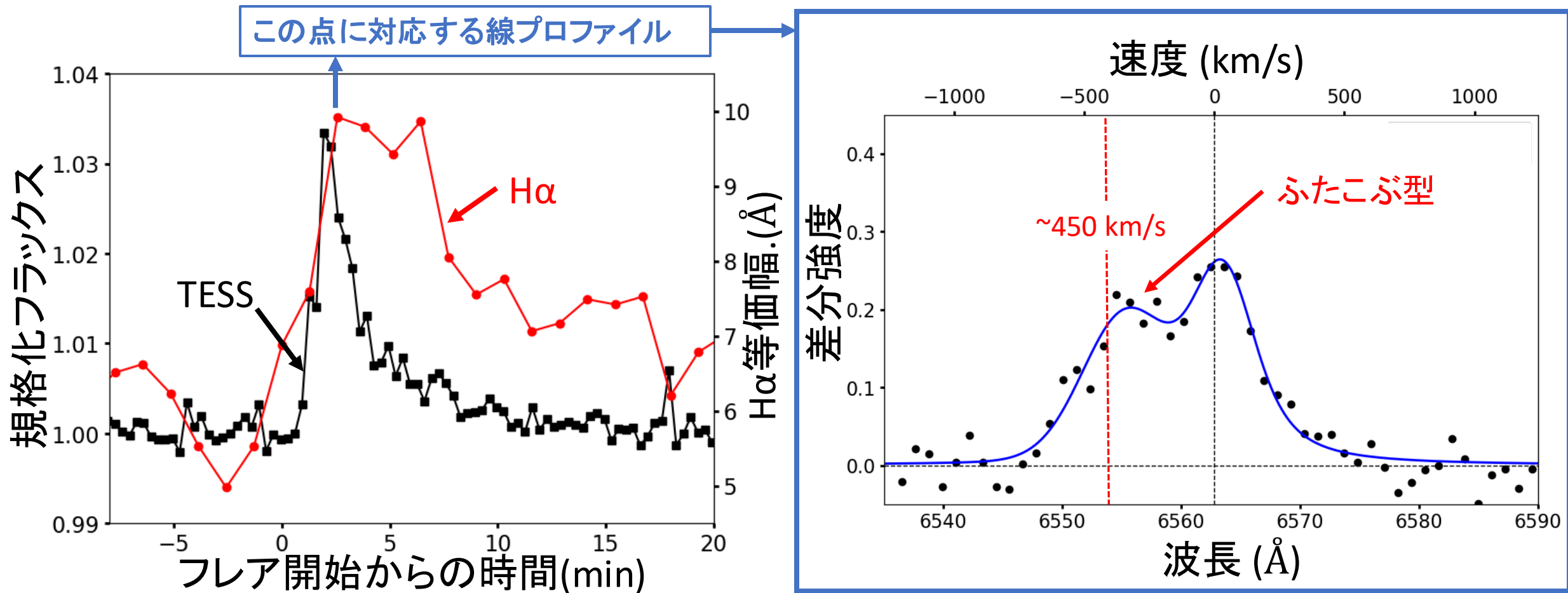


● 短時間(<10min)の非対称性を検出

● これらは先行研究は時間分解能不足で見逃されていた?

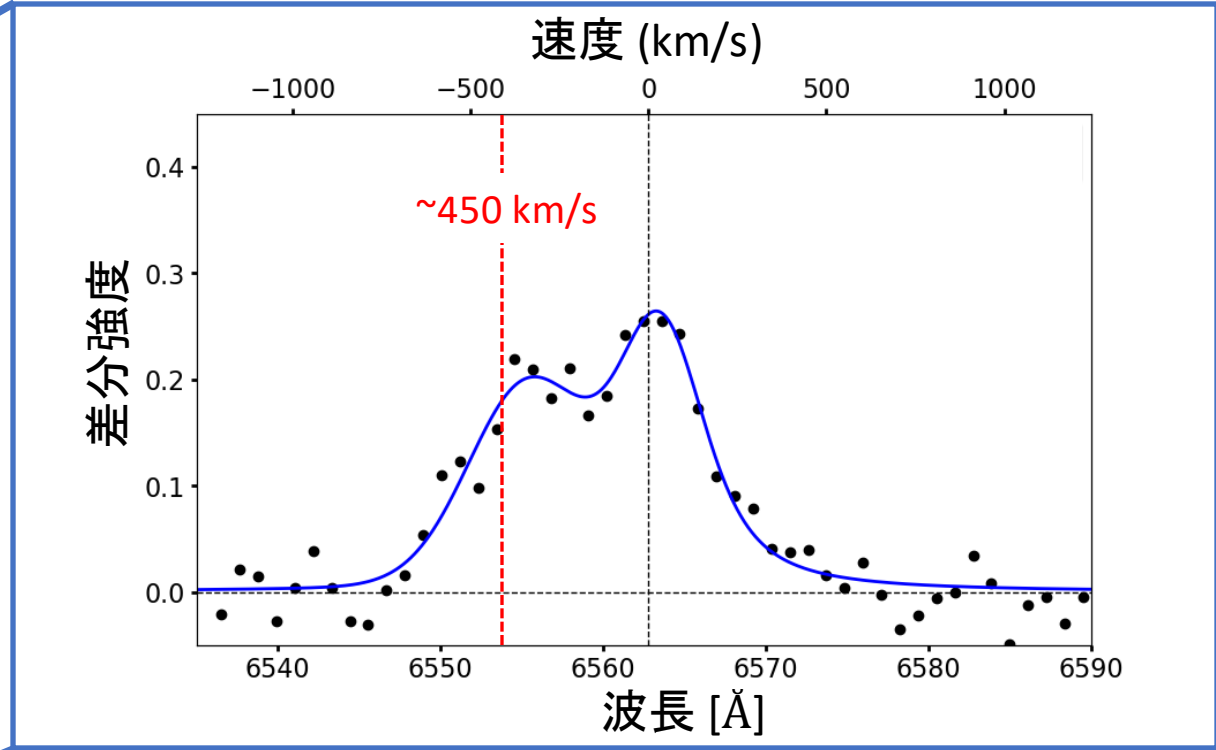
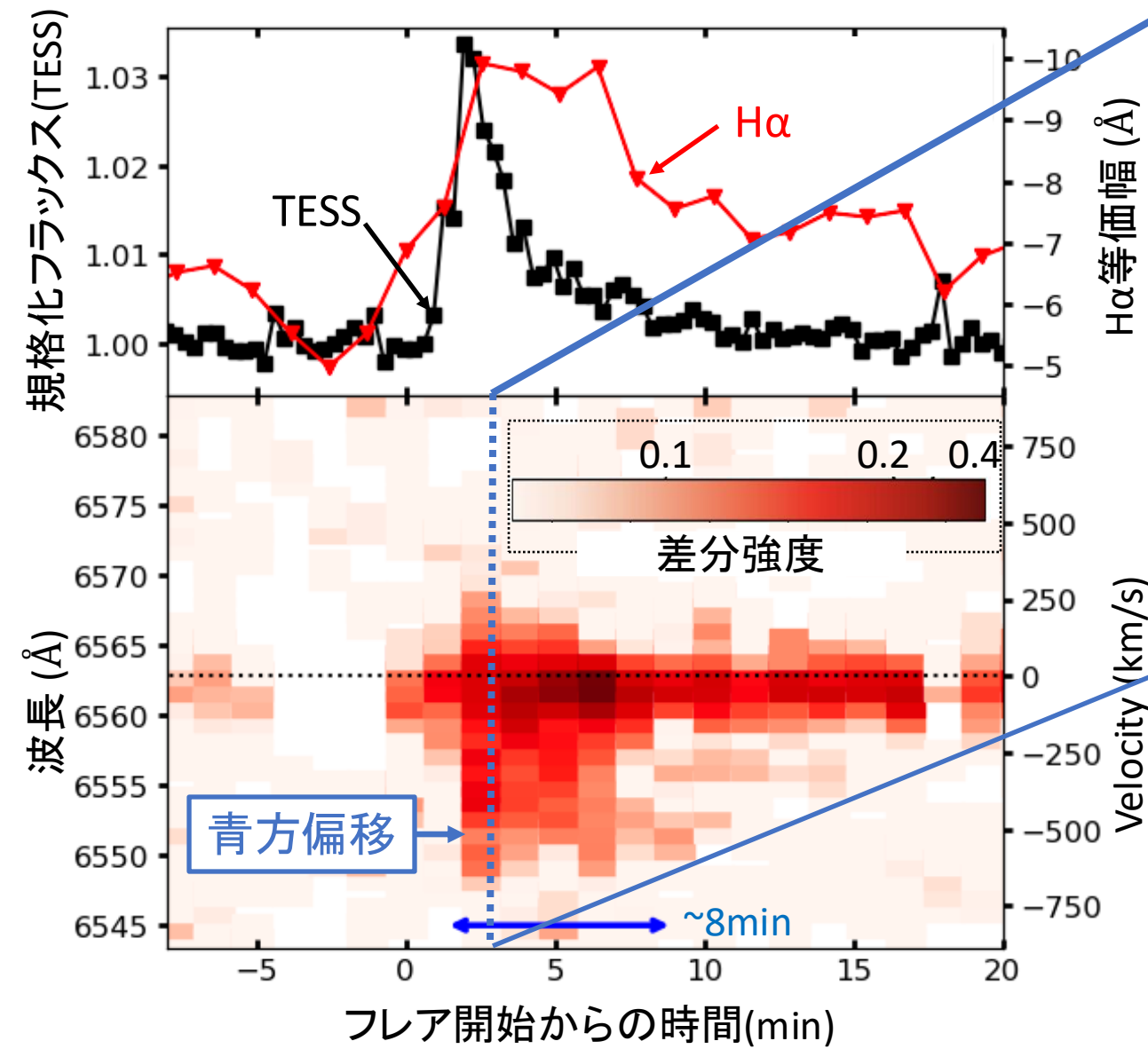
(Vida+2018, Honda+2018, Maehara+2021, Notsu+2024)

Result(2) : Rapid, Short-Duration Blue Asymmetry



- 放射エネルギー: $E_{\text{bol}} \sim 8 \times 10^{31} \text{ erg}$ (~ 最大級の太陽フレア)
- $V \sim 450 \text{ km/s} \gg \sim 100 \text{ km/s}$ (e.g., Maehara+2021, Inoue+2024, Notsu+2024)

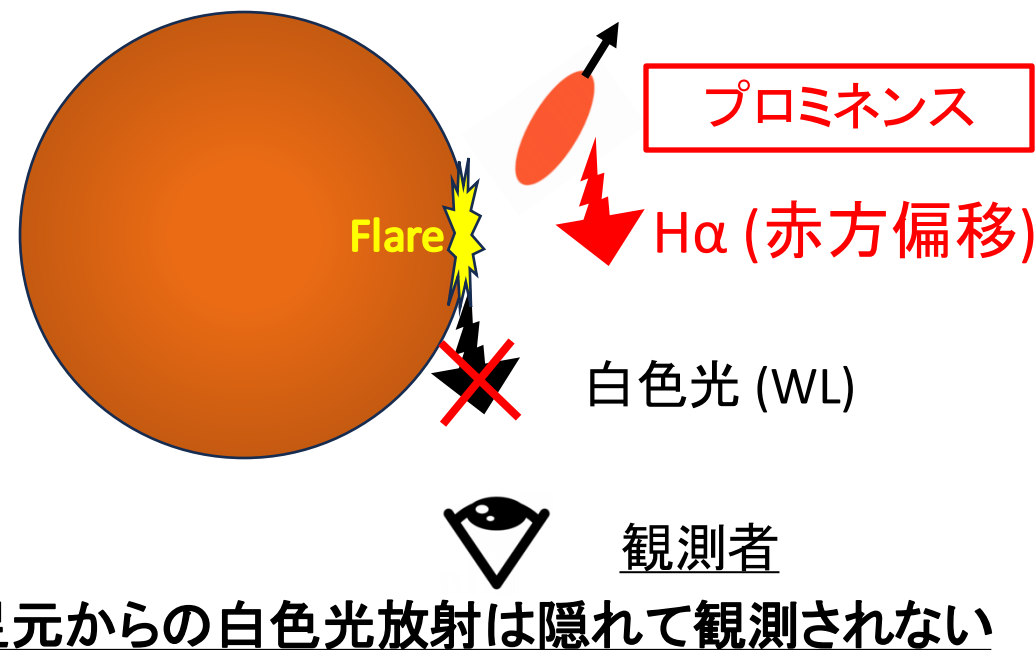
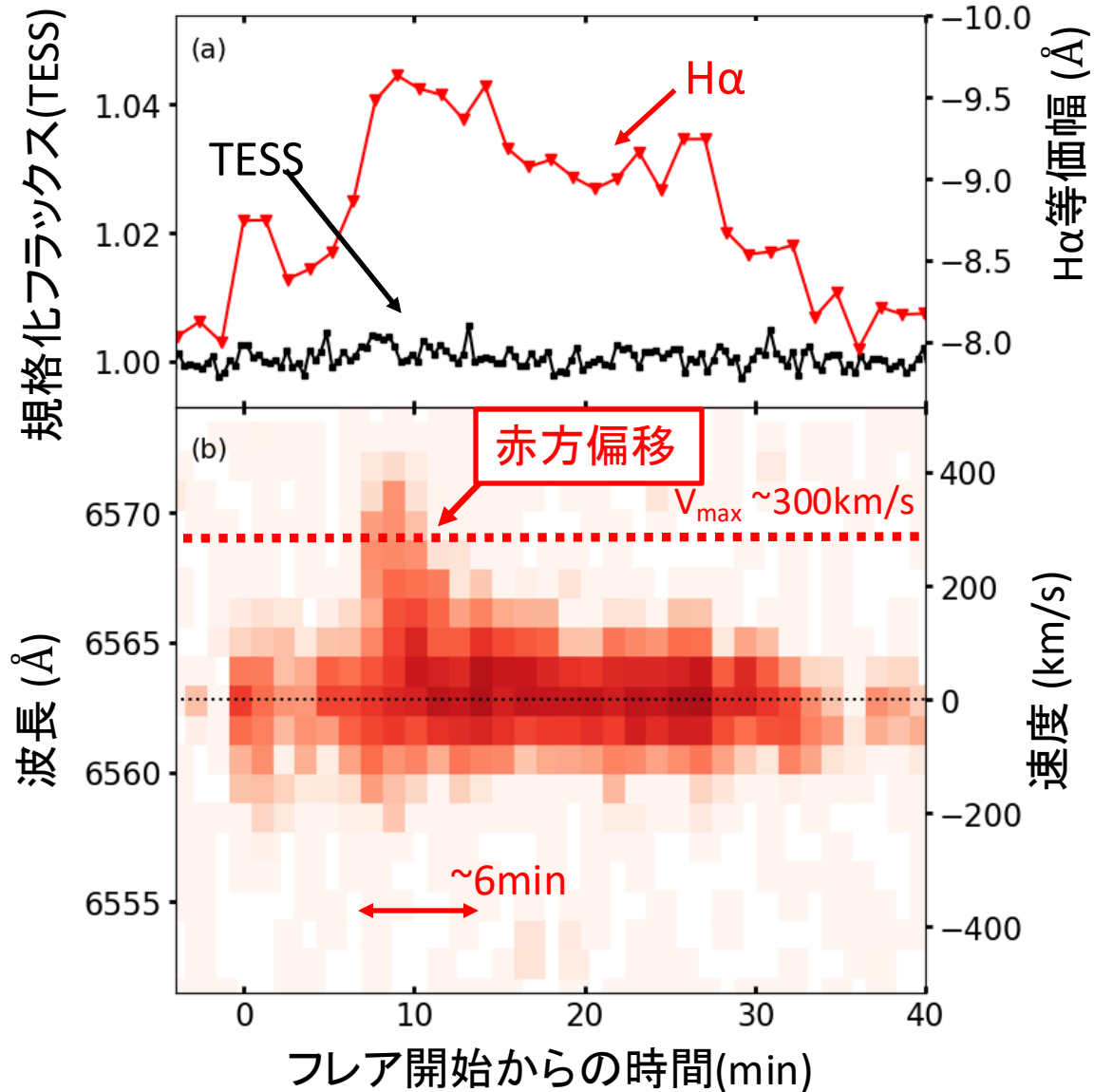
Result(2) : Rapid, Short-Duration Blue Asymmetry



- ### 青方偏移の特性
- ふたこぶ型のプロファイル
 - $V \sim 450 \text{ km/s} \gg \sim 100 \text{ km/s}$ (先行研究)
 - 継続時間 $\sim 8 \text{ min}$ (過去最短)
- プロミネンス噴出

Result(3) : Rapid, Short-Duration Red Asymmetry

Backward prominence eruption



赤方偏移の特性

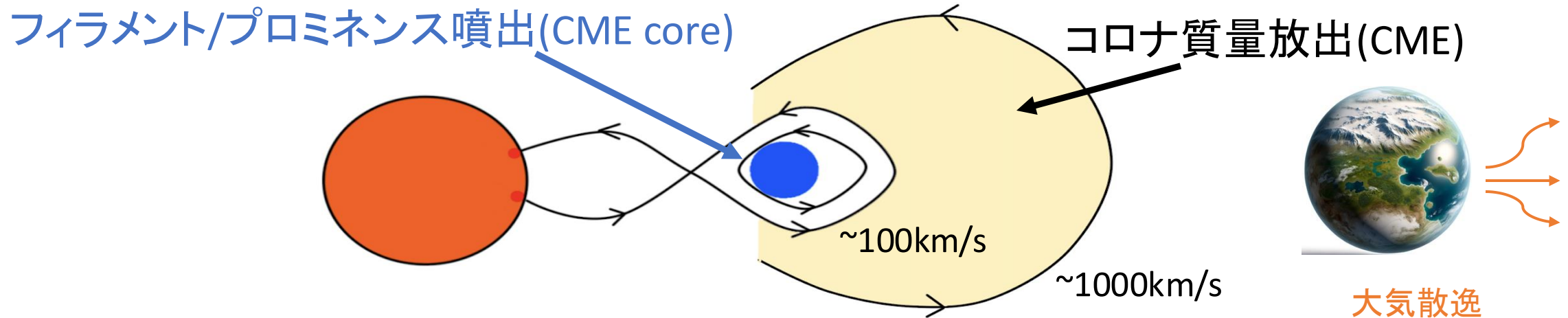
- $V_{\max} \sim 300$ km/s
 - 継続時間 ~ 6 min (過去最短)
 - TESS光度曲線の顕著な増光なし
- Backward prominence eruption?

Implication for Exoplanets

短時間のプロミネンス噴出はCMEに発展する?

- $V_{\max} \sim 450\text{km/s}$, $\sim 300\text{km/s}$ (observed) $< V_{\text{esc}} \sim 600\text{km/s}$
 - 太陽では $V_{\text{CME}} \sim 10 \times V_{\text{prominence}}$

太陽CMEの模式図



- 上層の高温プラズマは 1000km/s 以上に加速されCMEに発展した可能性

Summary & Future Work

M型矮星YZ CMi: TESS(WL)+ Seimei(H α) 高時間分解能同時観測

- ✓ 27例のH α フレア検出:
 - ✓ 青方偏移3例、赤方偏移5例
 - ✓ 高速短時間(~5 min) 青方/赤方偏移非対称性→プロミネンス噴出
 - ✓ 先行研究がプロミネンス噴出の頻度を過小評価していた可能性を示唆

Future Work

- ✓ 青方/赤方偏移非対称性の統計性調査:
 - ✓ エネルギー、継続時間、白色光フレアの有無
 - ✓ 自転位相(黒点分布)
- ✓ 他波長同時観測: TESS (白色光), HST (紫外線), NICER (X線), Seimei (H α)
- ✓ 惑星を持つ活動的な恒星でのフレア/CME観測 (Seimei, 24BNCN02)