

# 突発現象の追跡観測の意思決定を自動化する： Smart Kanata計画

植村誠 (広島大学) 28 Jul. 2022 @ 2022

# 共同研究者

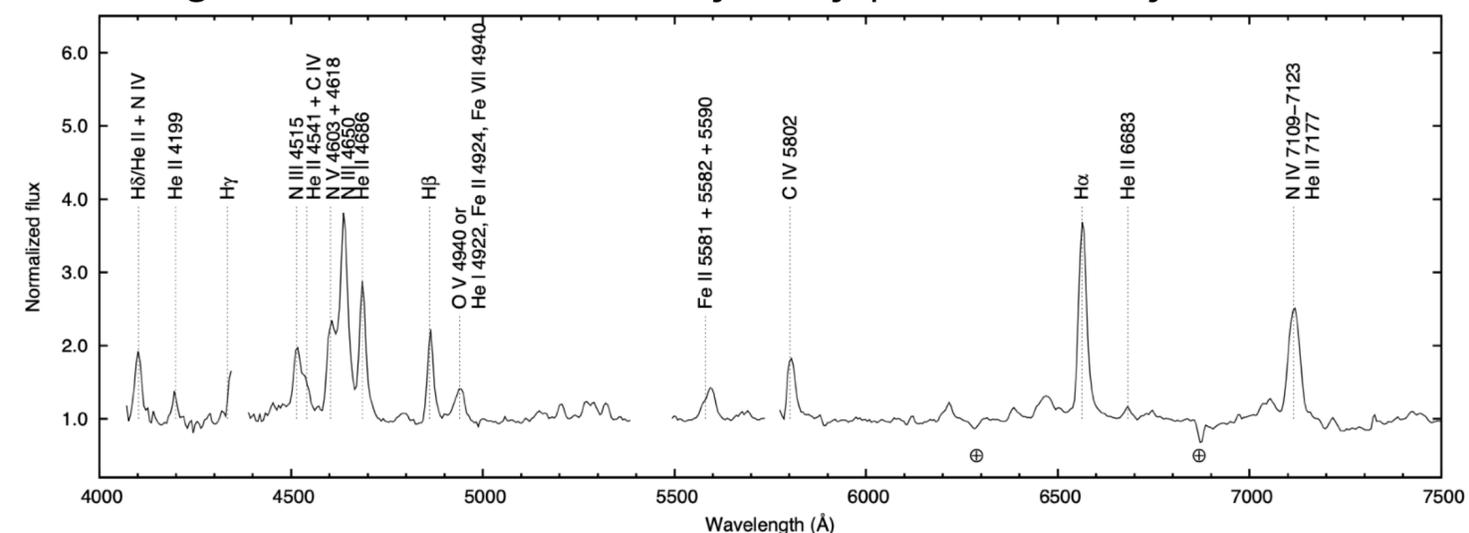
## 科研費 基盤(C) 2021—2023

- 古賀柚希・佐崎凌佑 (広島大学)
- 池田思朗 (統計数理研究所)
- 加藤太一 & VSNET team (京都大学)

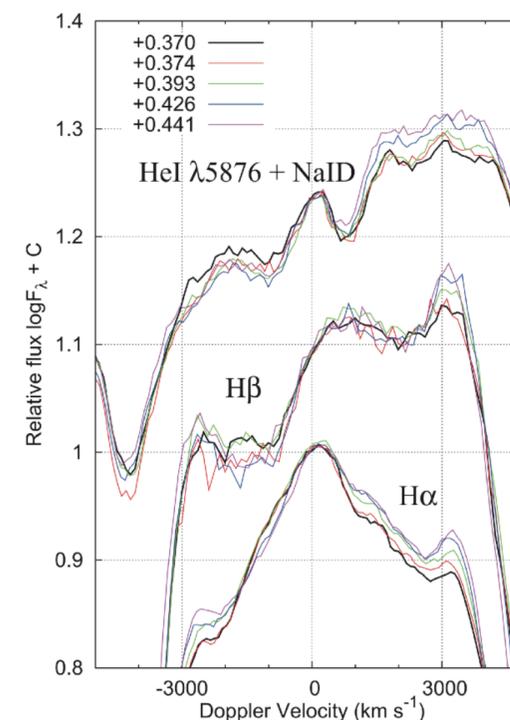
# アウトバーストの極初期を撮りたい

- 短いタイムスケールの現象
  - 新星・矮新星の急速増光期から極大
  - 降着円盤・新星風を理解するヒント
  - 物理状態が1日以内で変わってしまう
- 発見直後の「迅速」かつ「適切」な追跡観測が重要。

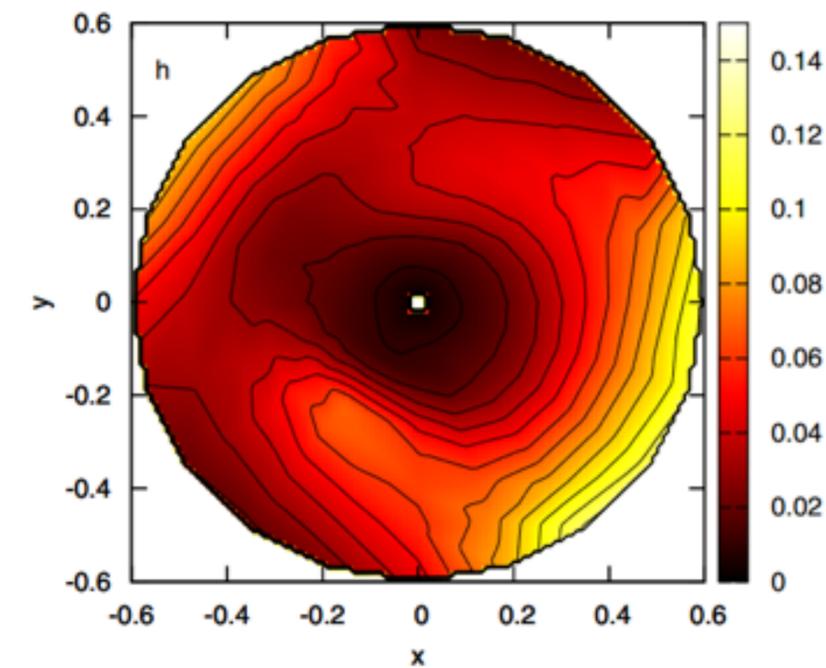
High excitation lines in very early phase of T Pyx (Arai+15)



Rapid evolution of the line profiles of U Sco (Yamanaka+10)



Disk height reconstructed from the early superhump in V455 And (Uemura+12)



# 追跡観測のための意思決定の自動化



おっ!  
新天体!



爆発振幅,  
静穏時の色, etc..

矮新星?  
WZ Sge型?



この人がいないと  
意思決定できない

連続撮像しよう!

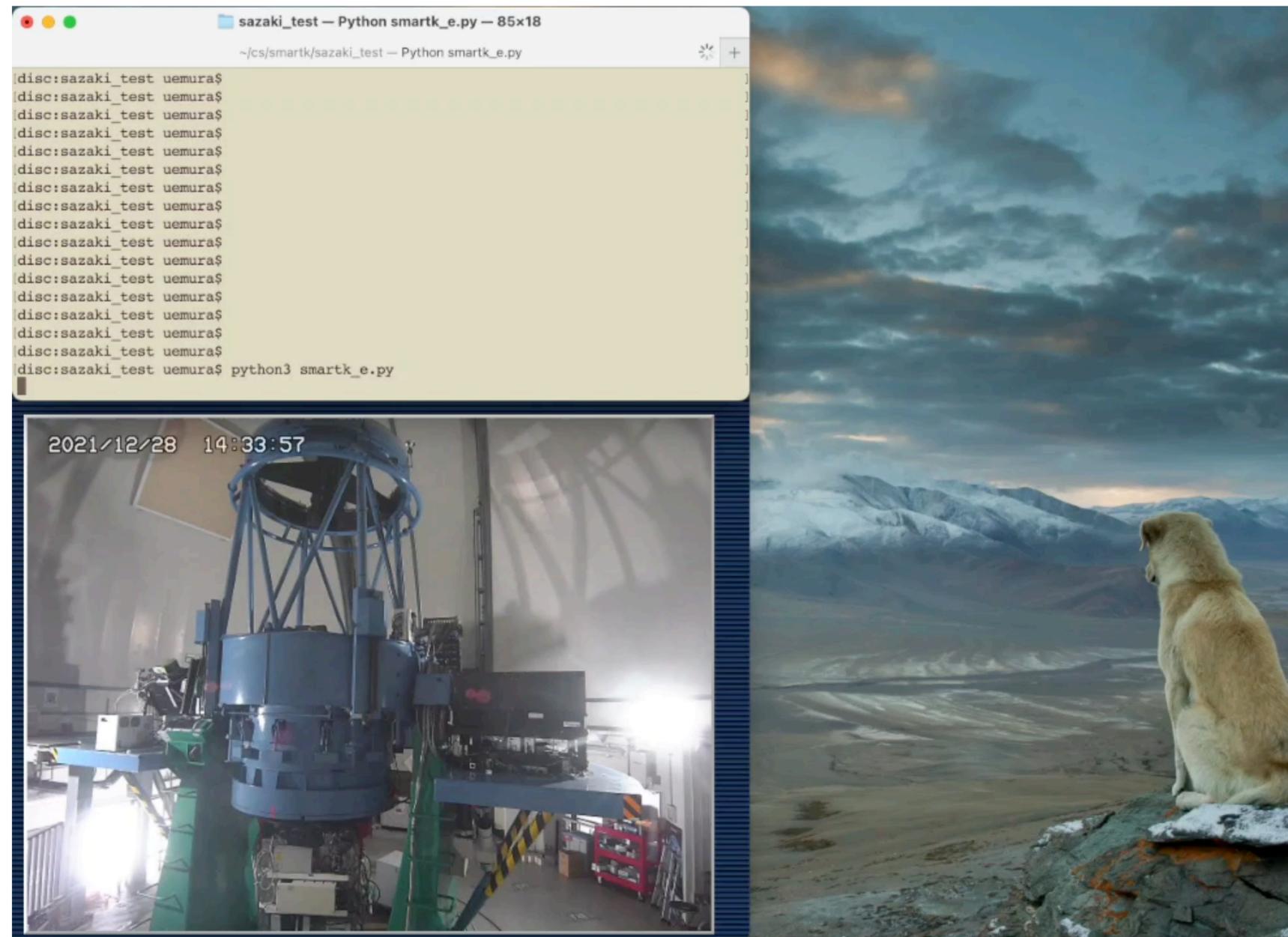


意思決定

- 新星? 矮新星? WZ-Sge型?
  - 分光? 連続撮像?
  - 従来は専門家が観測の現場で意思決定
    - 専門家がいないとデータが取れない
- 追跡観測のための自動意思決定システム

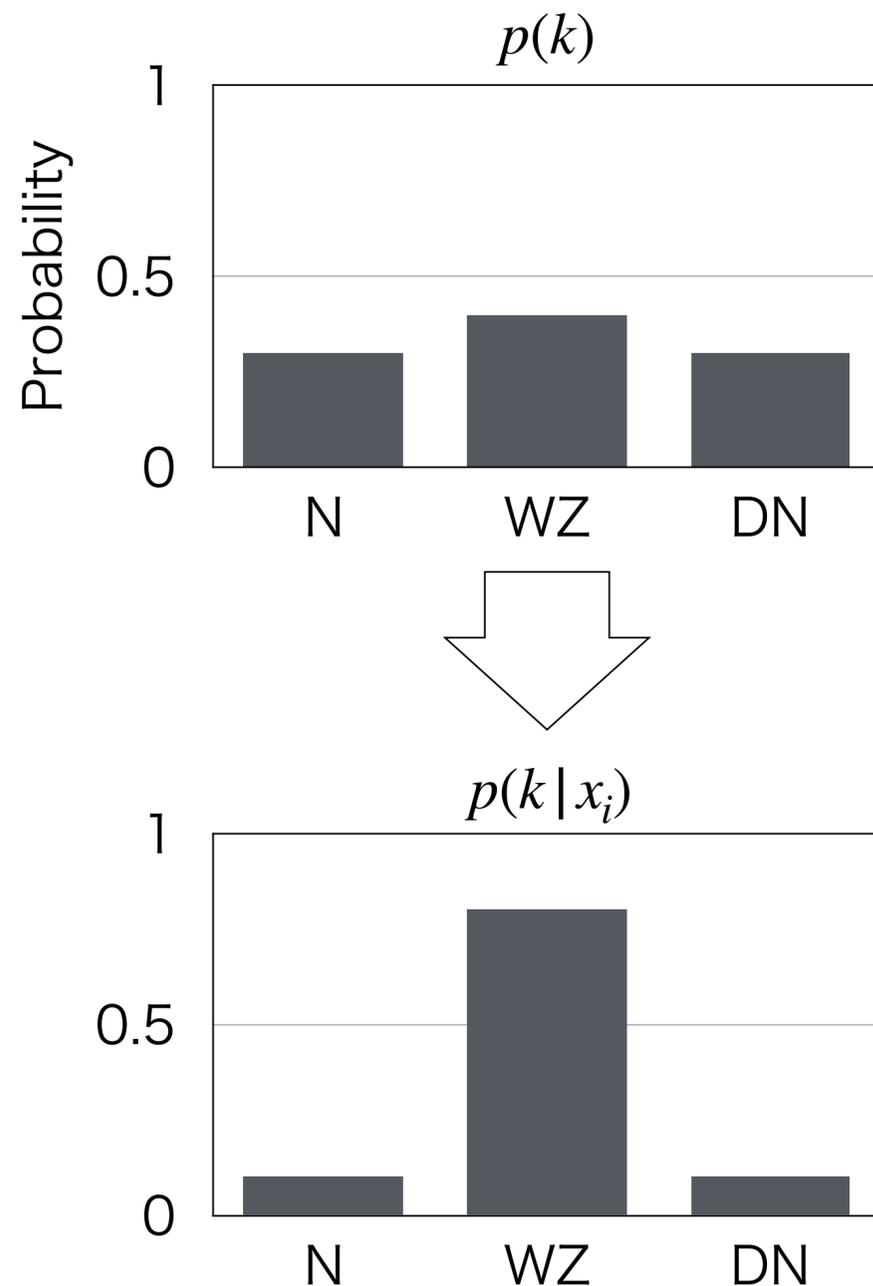
専門的知識と経験

# デモビデオ



# 相互情報量に基づく意思決定

c.f. Mahabal+08, Djorgovski+11



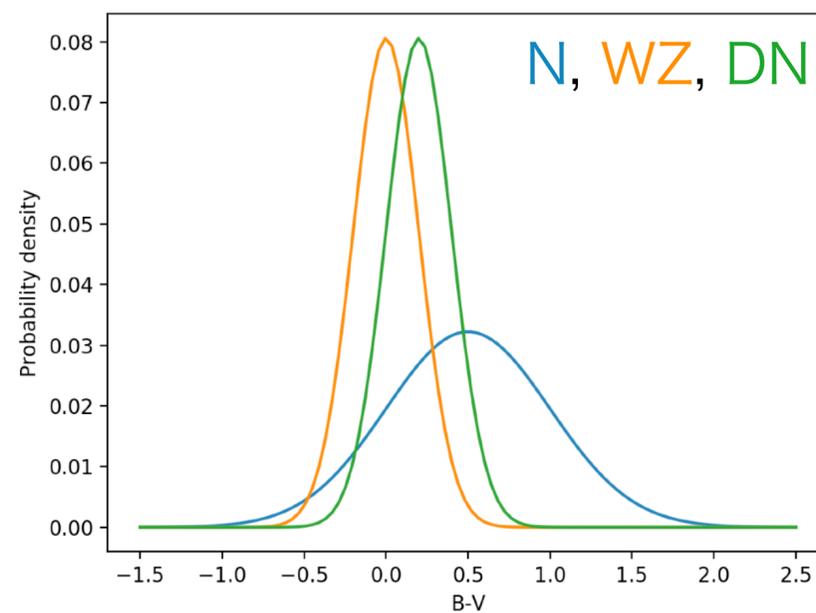
- 追跡観測前の情報エントロピー:  $S_o = - \sum_k p(k) \log_2 p(k)$
- 追跡観測の種類:  $i$ 
  - $i=0$ : 多色撮像して B-V を得る
  - $i=1$ : 分光観測して  $H\alpha$  の等価幅を得る
  - $i=2$ : 連続撮像して、変動のタイムスケールを得る
- 追跡観測で観測量  $x_i$  を得た後の情報エントロピー:  $S_{x_i} = - \sum_k p(k|x_i) \log_2 p(k|x_i)$
- $S_{x_i}$  の期待値 (= 条件付きエントロピー):
 
$$S_i = \int p(x_i) S_{x_i} dx_i = - \int \sum_k p(k|x_i) p(x_i) \log_2 p(k|x_i) dx_i = - \int \sum_k p(x_i|k) p(k) \log_2 \frac{p(x_i|k)p(k)}{p(x_i)} dx_i$$
 (ベイズの定理  $p(k|x_i) = \frac{p(x_i|k)p(k)}{p(x_i)}$ ,  $p(x_i) = \sum_k p(x_i|k)p(k)$  を用いている)
- 相互情報量  $M = S_o - S_i$  が最大となる追跡観測を実施する

# 尤度 $p(x_i | k)$

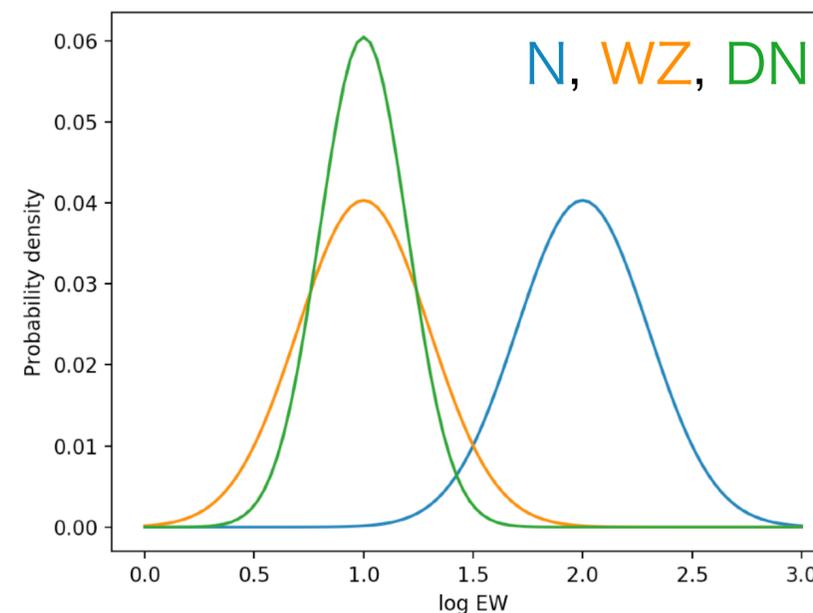
## 変光星型が与えられたときの、追跡観測で得られる量の条件付き確率

- 既存のデータから推定できる (はず)
- 現在の当システムでは、適当な正規分布で代用

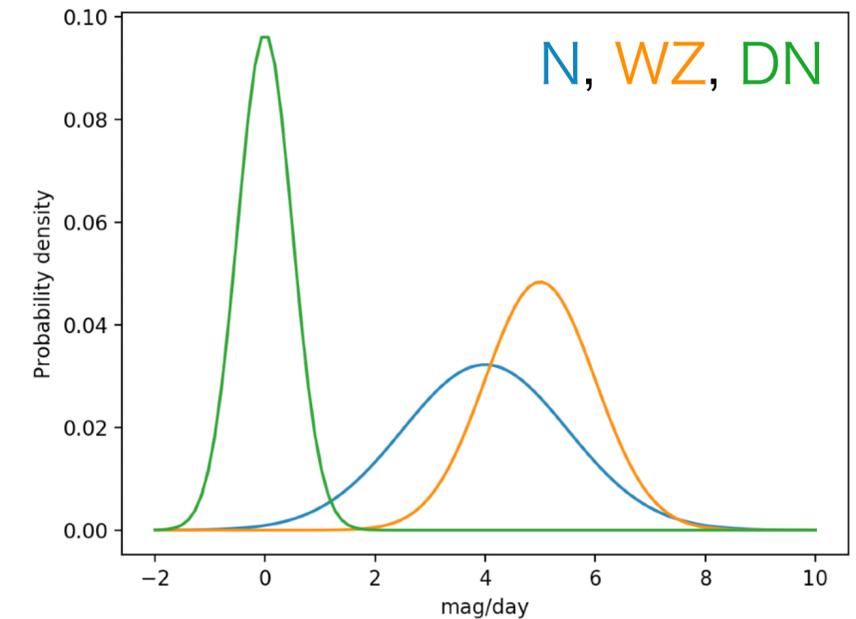
k=0 (color, B-V)



k=1 (EW of H $\alpha$ )



k=2 (rising rate, mag/day)

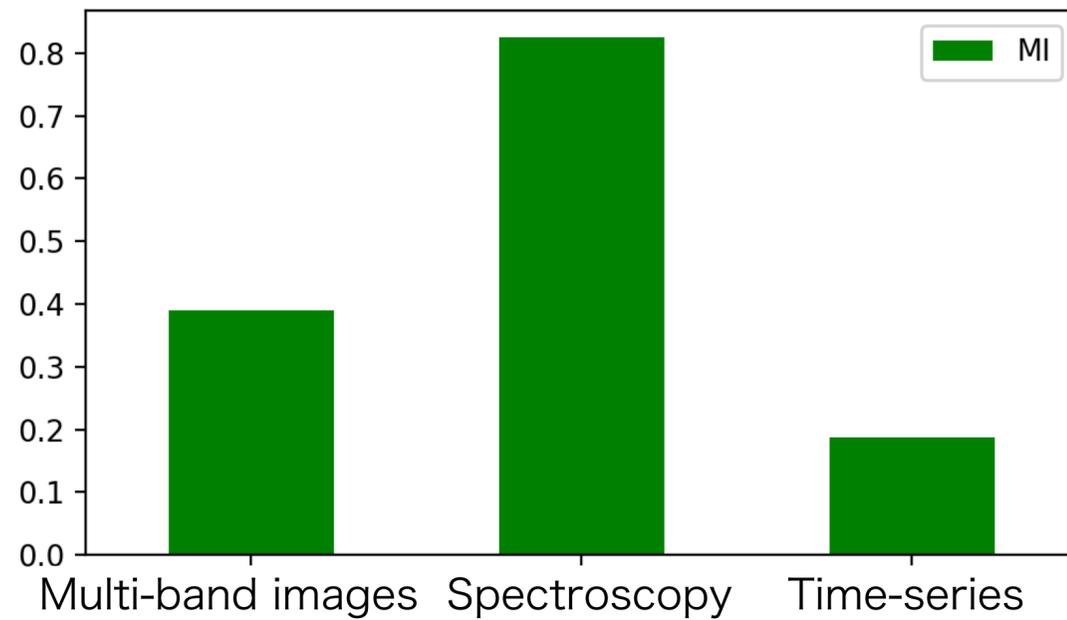
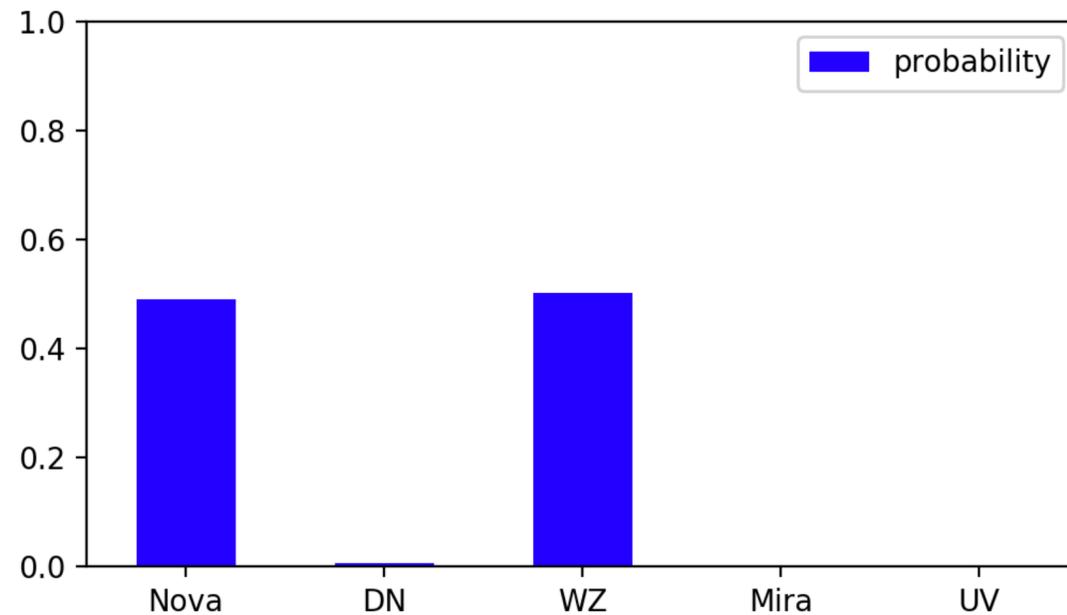


$p(x_i | k)$

# 事例

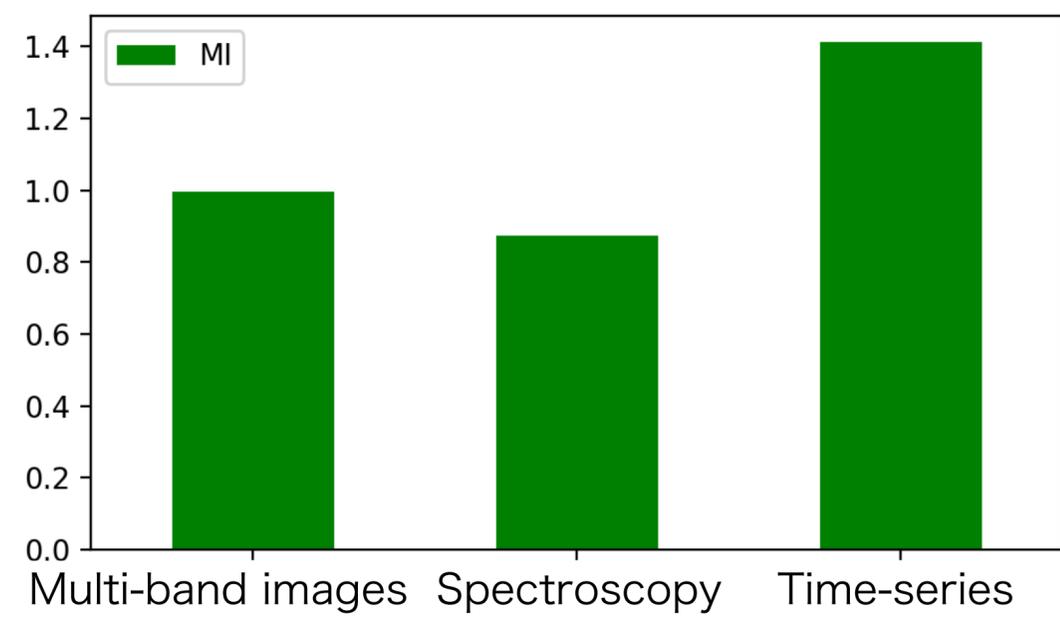
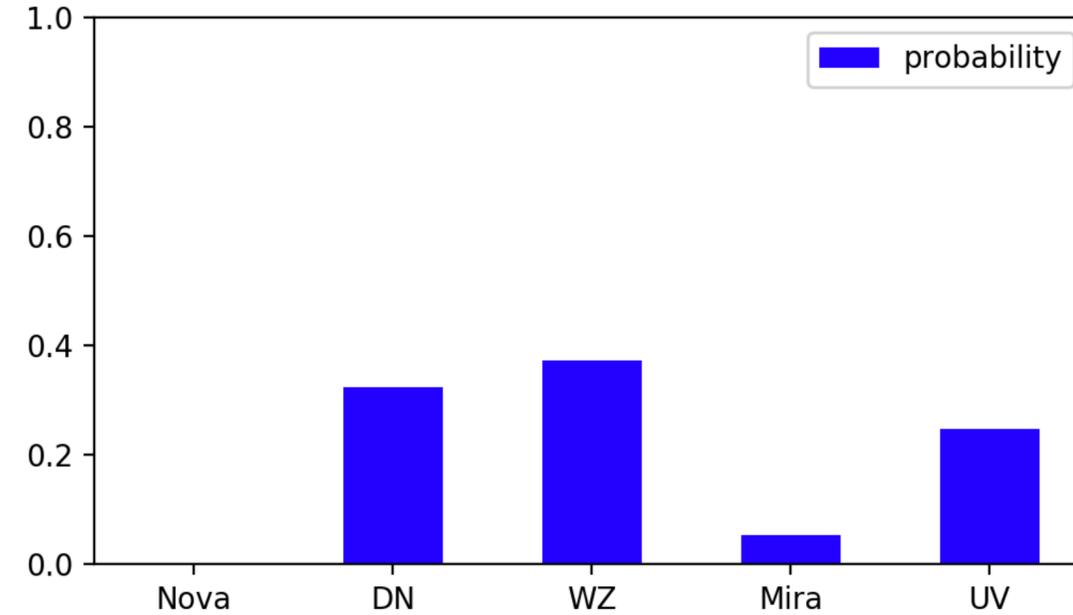
## TCP J20034647+1335125

低い銀緯 & 大振幅



## TCP J21130799-6242222

近傍 & 低光度



# システムの概要 (かなた望遠鏡で試験運用中)

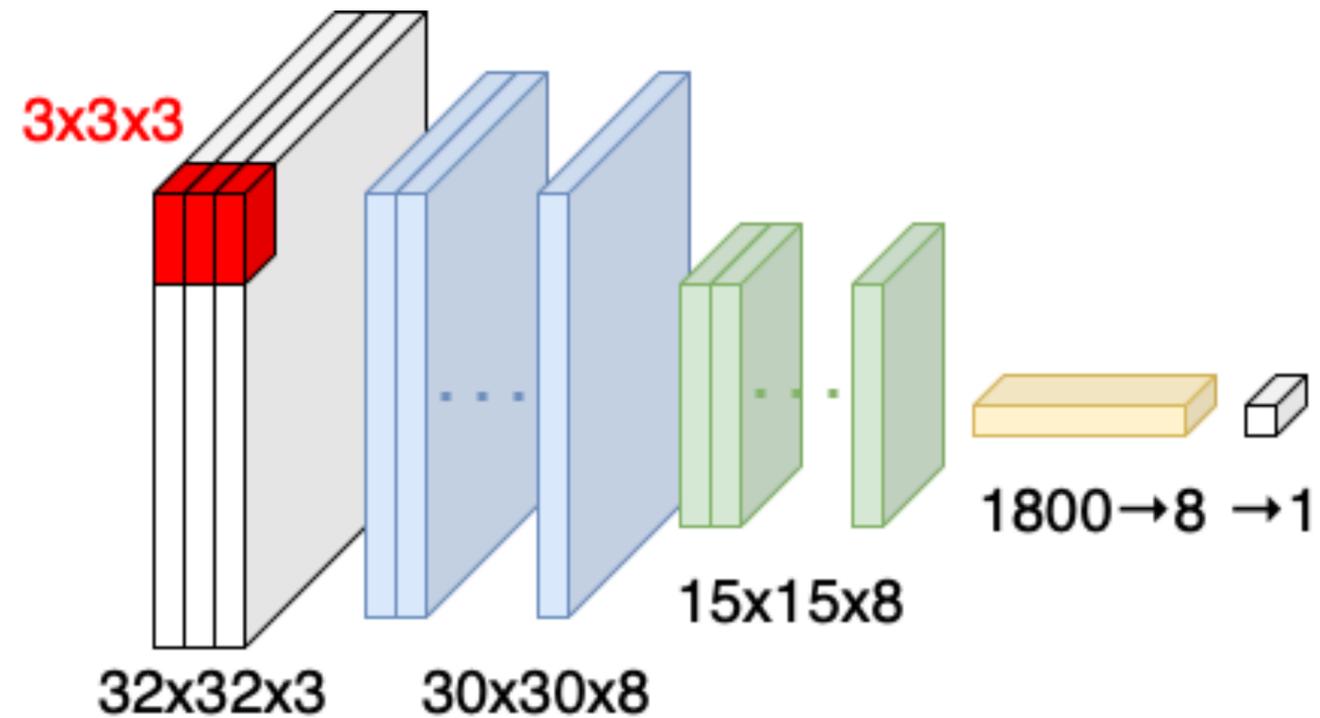
1. 突発現象の速報サイト (TNSなど) を10分に1回モニター
2. 報告された現象を既知天体とマッチング (既知天体ならスルー)
  - AAVSO VSX, 銀河, AGN, etc...
3. オンラインデータベース Vizier から新現象の情報 (特徴量) を取得
  - 距離 (Gaia), 静穏時対応天体 (Pan-Starrs & 2MASS & ROSAT), etc...
4. 機械判別して、変光星型の確率  $p(k)$  を得る。
  - 詳細は古賀くんのトーク
5.  $p(k)$  と  $p(x_i|k)$  から相互情報量を計算し、追跡観測のモードを決める。
6. 観測所ステータスのチェック
  - 時刻 (昼か夜か), 天体位置 (高度 >10度?), 天気 (晴れ?曇り?), 望遠鏡 (駆動可能?)
7. 望遠鏡とカメラを動かして観測開始
  - 詳細は佐崎くんのトーク

# 畳み込みニューラルネットを使ったお天気判定

- 東広島天文台屋上のスカイモニターカメラの画像を使用
- 天気はころころ変わる
- 望遠鏡を向けるべきか、向けるだけ無駄か、自動判定するシステムが必要



# 畳み込みニューラルネットを使ったお天気判定



- モデルパラメータ ~20,000, 50%ドロップアウト
- データ~20,000, 80%を訓練に、残り20%を検証に。
- 最適化：検証誤差で早期終了

# まとめと今後

- Smart Kanata の試験運用を継続中。既に早期スーパーハンプの可視&近赤外同時観測を数例成功。
- 今後の予定
  - 機械判別を改良 (古賀くんトーク)
  - 連続撮像の自動観測を確立 (佐崎くんトーク)
  - 分光観測の自動化を開発
  - お天気判定システムの性能評価