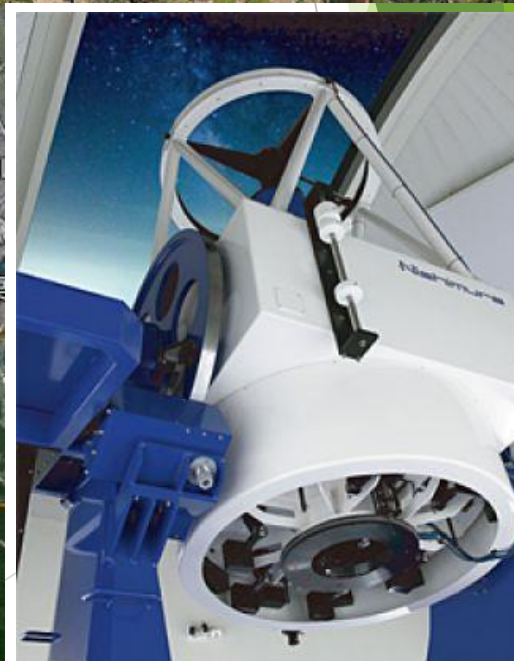
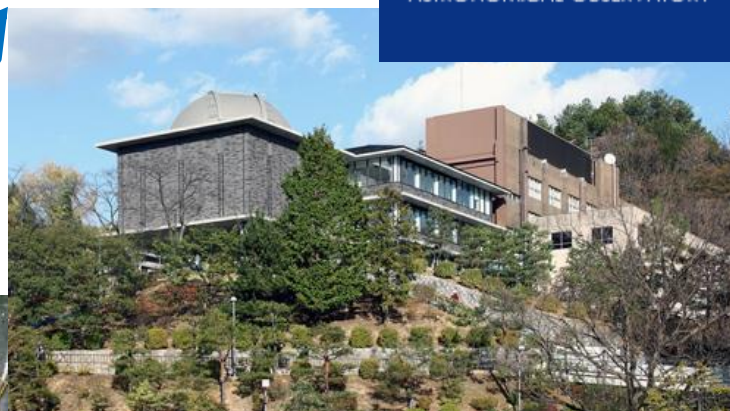
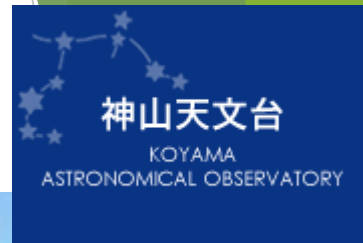


# 京都産業大学神山天文台における 装置開発の取り組み

2016年11月25日  
京都産業大学／フォトコーディング  
池田 優二

# 京都産業大学神山天文台

- ▶ 2009年12月～運用開始
- ▶ 創設者・荒木俊馬のシンボルとして
- ▶ 本学キャンパス内に1.3m望遠鏡



# 京都産業大学神山天文台－構成

- ▶ スタッフ： 3人（本学理学部と兼任）
- ▶ PD： 8人（うち、プロジェクト付きPDは4人）
- ▶ 客員研究員： 5人
- ▶ 大学院生： 7人（うち、博士課程2人）
- ▶ 学部生： 5人 +  $\alpha$
- ▶ 事務員： 4人（非常勤、兼任も含む）

2016年11月現在



# 京都産業大学神山天文台－コンセプト

- ▶ 装置開発の拠点としての天文台
  - －ポストすばる時代の**人材育成**の場(学部生、大学院生、PD)  
アクセスの良い天文台、天文界にとらわれない
  - －独自の資金調達源として(直接的/間接的)  
開発費、**人件費**



# 京都産業大学神山天文台－開発環境

エレキ/デザインショップ



仮眠室



制御室



測定室



オプトショップ



クリーンルーム



# 京都産業大学神山天文台－開発環境

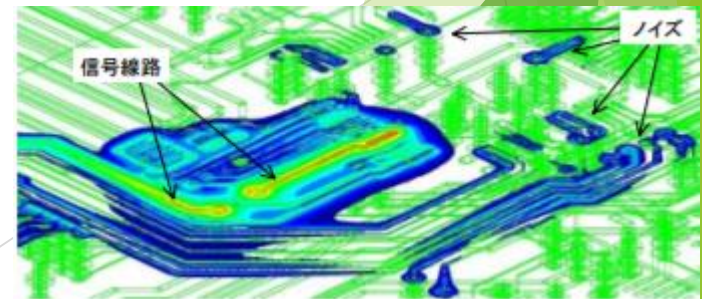
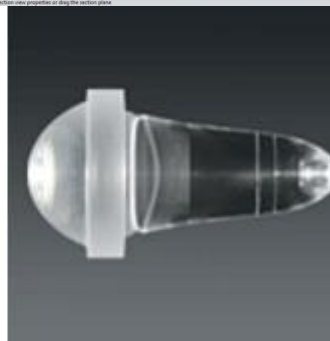
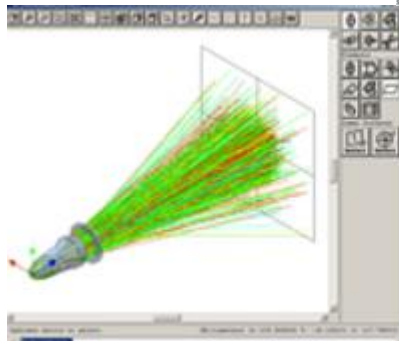
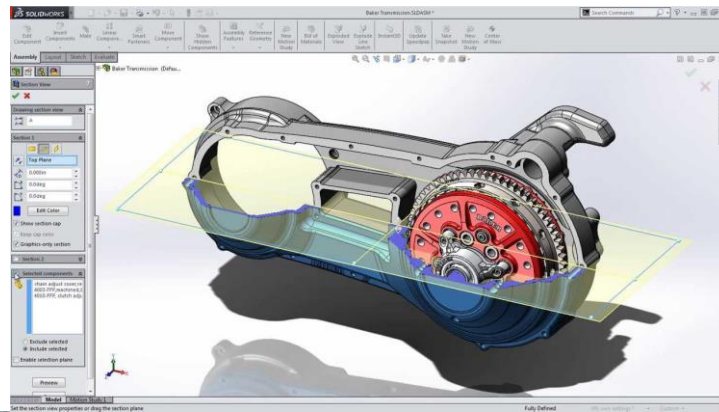
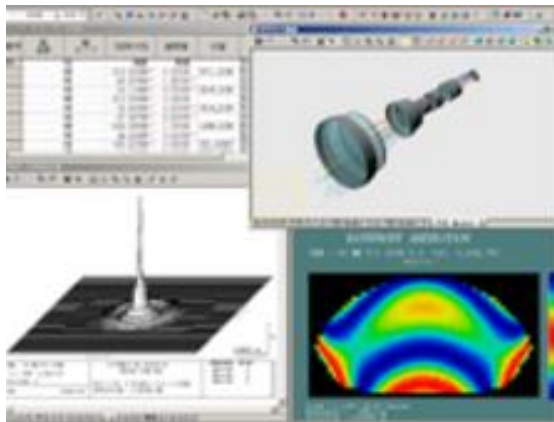
- ▶ 測定器／設備： 4インチ干渉計（Zygo製）… 球面原器あり  
UV/VIS/NIR分光器（日本分光製）  
FTIR（日本分光製）  
非接触3次元プロファイラ（三鷹光機製）  
実体顕微鏡、位相差顕微鏡  
3Dプリンタ、恒温槽、その他…
- ▶ 他機関にも開放中





# 京都産業大学神山天文台－開発環境

- ▶ エンジニアリングソフトウェア：  
光学… CodeV(5), ZEMAX, LightTools, Virtual Lab, Poynting  
機械・構造・熱… Solidworks (20)  
制御・解析… Matlab
- ▶ 一部は学部授業(実習)のカリキュラムに組み込み



# 赤外線高分散分光ラボ (LiH)

- ▶ LiH (= Laboratory of infrared High-resolution spectroscopy)
- ▶ 2015年4月より始動
- ▶ **赤外線高分散分光**に関わるサイエンス、開発に特化した組織



The screenshot displays the website for the Laboratory of Infrared High-resolution spectroscopy (LiH). At the top, there is a navigation menu with the following items: "LiH 赤外線高分散ラボ Laboratory of Infrared High-resolution spectroscopy", "ラボについて About us", "トピックス Topics", "メンバー Members", "プロジェクト Projects", and "研究成果 Research". Below the menu is a large photograph of a laboratory setting with various scientific instruments and a person working. Underneath the photo, there is a section titled "「赤外線高分散ラボ」について" (About LiH) with a brief description: "赤外線高分散分光ラボ(LiH)は、国内外の研究者が集う世界屈指の赤外線高分散分光天文学の拠点です。観測・装置開発といった手法を用いて、天文学および惑星科学における様々な研究テーマを推進しています。" (LiH is a world-class center for infrared high-resolution spectroscopy astronomy where researchers from around the world gather. We are promoting various research topics in astronomy and planetary science using observation and device development techniques.) Below the text are four small thumbnail images showing laboratory work. At the bottom of the page, there are logos for "Koyama Astronomical Observatory", "Faculty of Science, Kyoto University", "School of Science, The University of Tokyo", and "JAXA".

<http://merlot.kyoto-su.ac.jp/LiH/>



# 赤外線高分散分光ラボ (LiH) – 3つの柱

## WINERED

### 近赤外線高分散分光

- 松永(東大)
- 近藤(京産大)
- 鮫島(京産大)
- 濱野(京産大)
- 福江(京産大)
- 新井(京産大)

河北、池田 (京産大) & 小林 (東大)

## Immersion Grating 次世代高分散デバイス

- 中川(JAXA)
- 猿楽(東大)
- 加地(京産大)
- 前嶋(東大)

## VINROUGE

### 熱赤外線高分散分光

- 猿楽(東大)
- 近藤(京産大)
- 新崎(京産大)

# 赤外線高分散分光ラボ (LiH) – 3つの柱

## WINERED

### 近赤外線高分散分光

- 松永(東大)
- 近藤(京産大)
- 鮫島(京産大)
- 濱野(京産大)
- 福江(京産大)
- 新井(京産大)

## 河北、池田 (京産大) & 小林 (東大)

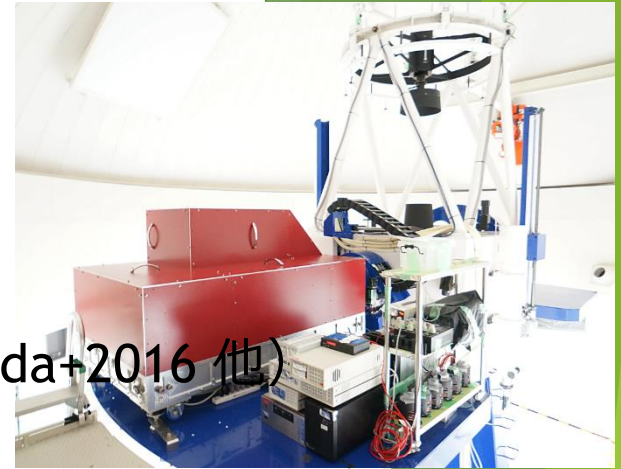
### Immersion Grating 次世代高分散デバイス

- 中川(JAXA)
- 猿楽(東大)
- 加地(京産大)
- 前嶋(東大)

### VINROUGE 熱赤外線高分散分光

- 猿楽(東大)
- 近藤(京産大)
- 新崎(京産大)

# WINERED

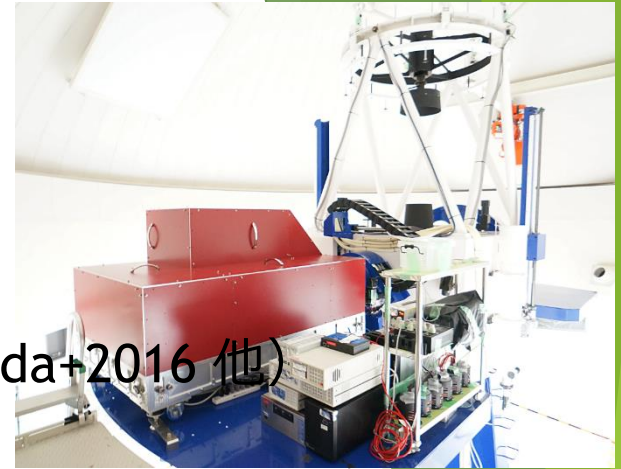


- ▶ 0.9-1.35 $\mu\text{m}$ (z,Y,J-bands)の高分散分光器
- ▶ 高分散、広帯域、**高効率** (Kondo+2015,Ikeda+2016 他)
- ▶ 2017年よりNTT (3.6m) に移設
- ▶ 詳細は、渡瀬 (P02) と大坪 (P05) のポスター参照

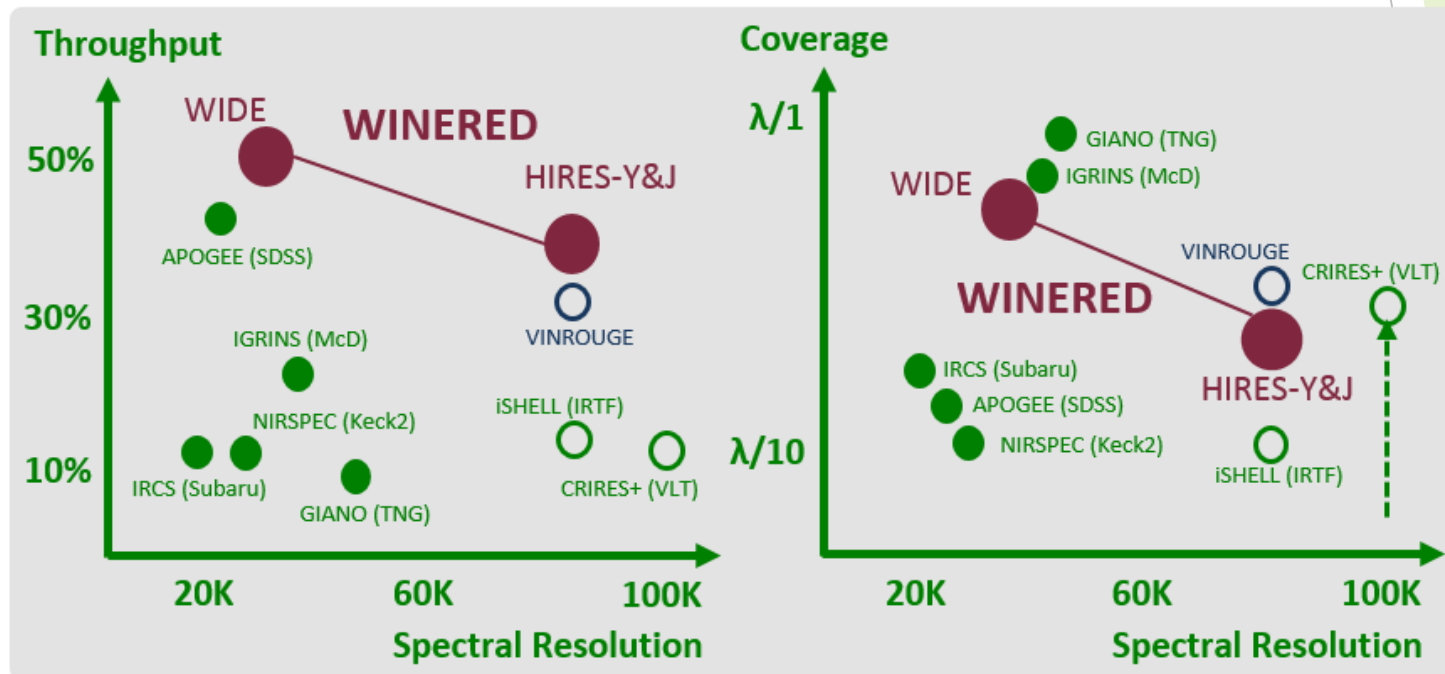
	Wide mode++	Hires-Y mode	Hires-J mode
Wavelength Coverage	0.90-1.35 $\mu\text{m}$	0.95-1.11 $\mu\text{m}$	1.14-1.35 $\mu\text{m}$
Maximum Spectral Resolution	28,000 (2pix sampling)	80,000 (2pix sampling)	
Slit Width	100 $\mu\text{m}$ (0.54")+, 200 $\mu\text{m}$ , 400 $\mu\text{m}$		
Slit Length	3.12mm (17")+		
Total Throughput	> 50%	~ 32%	~ 42%
Volume	1750mm(L) × 1070mm(W) × 500mm(H)		
Operation Temperature	270-300K (except for camera lens and IR array)		



# WINERED

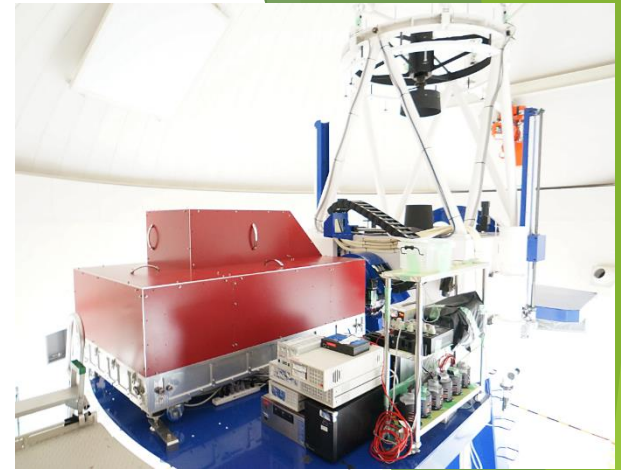


- ▶ 0.9-1.35 $\mu\text{m}$ (z,Y,J-bands)の高分散分光器
- ▶ 高分散、広帯域、**高効率** (Kondo+2015,Ikeda+2016 他)
- ▶ 2017年よりNTT (3.6m) に移設
- ▶ 詳細は、渡瀬 (P02) と大坪 (P05) のポスター参照



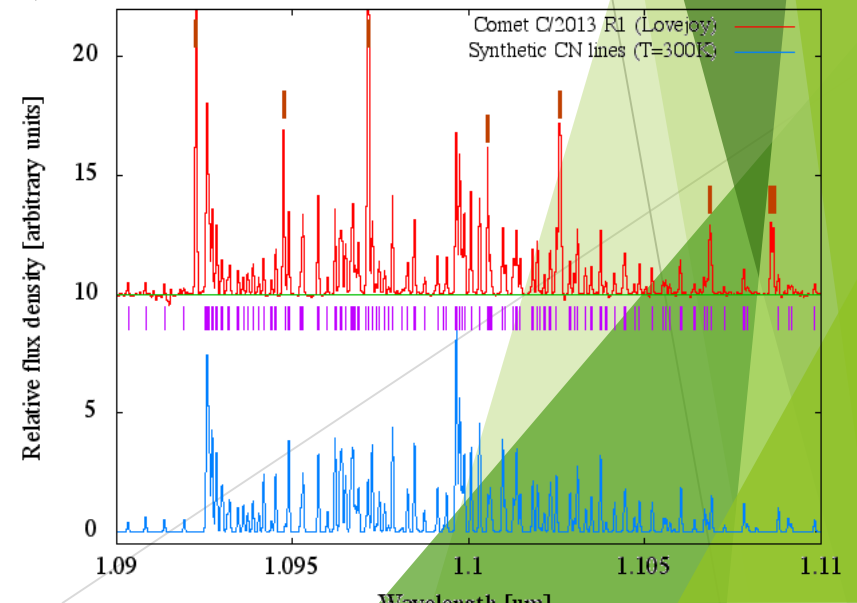
# WINERED

NIR line atlas (Sameshima+ in prep, Ikeda+ in prep)



newly discovered NIR DIBs (Hamano+2015, 2016a, 2016b)

CN abundance in comet (Kawakita+2014)



# 赤外線高分散分光ラボ (LiH) – 3つの柱

## WINERED

### 近赤外線高分散分光

- 松永(東大)
- 近藤(京産大)
- 鮫島(京産大)
- 濱野(京産大)
- 福江(京産大)
- 新井(京産大)

河北、池田 (京産大) & 小林 (東大)

## Immersion Grating 次世代高分散デバイス

- 中川(JAXA)
- 猿楽(東大)
- 加地(京産大)
- 前嶋(東大)

## VINROUGE

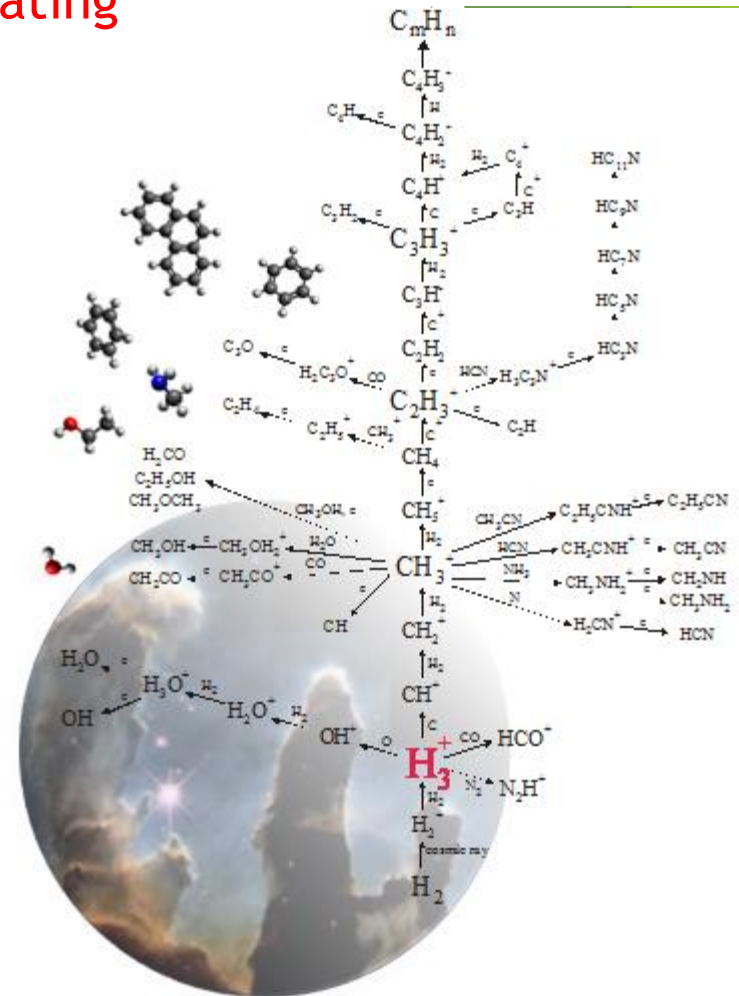
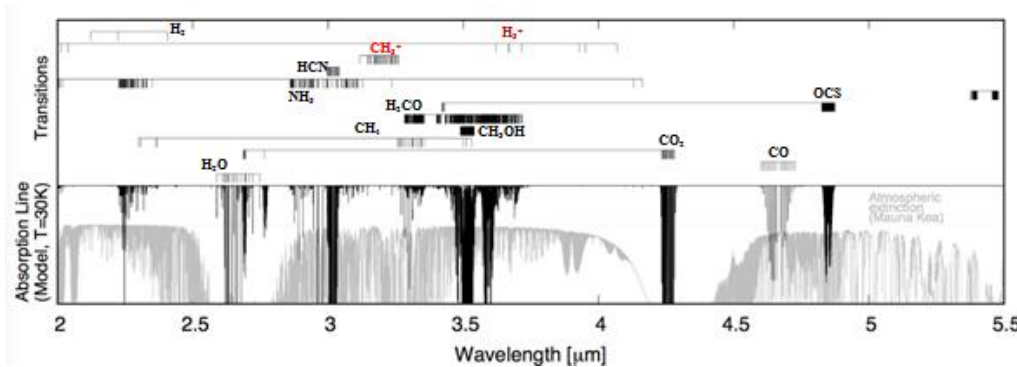
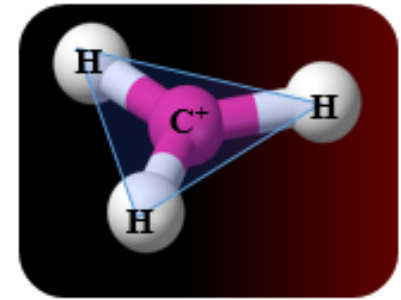
### 熱赤外線高分散分光

- 猿楽(東大)
- 近藤(京産大)
- 新崎(京産大)



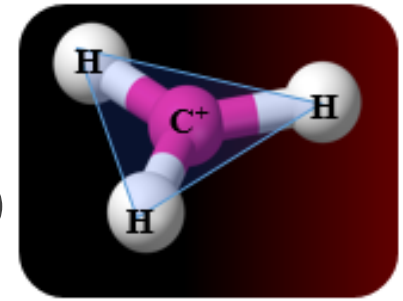
# VINROUGE

- ▶ 2-5.5um(K,L,M-bands)の高分散分光器 (Arasaki+2016)
- ▶ 高分散 : R=80,000 w/ Ge immersion grating
- ▶ 2019年ファーストライトを目指す



Key species controlling the astrochemistry for various organic molecules in astrophysical plasmas (Herbst & Klemperer 1973).  
 Rich chemistry of complex molecules; “Molecule Zoo” in ISM, that is also interesting in astrobiology, on the origin of terrestrial life (Ehrenfreund & Charnley 2001; Goesmann et al. 2015).  
 The most fundamental molecules in ISM (for the determination of thermo-kinetic properties; temperatures and gas-densities).

# VINROUGE

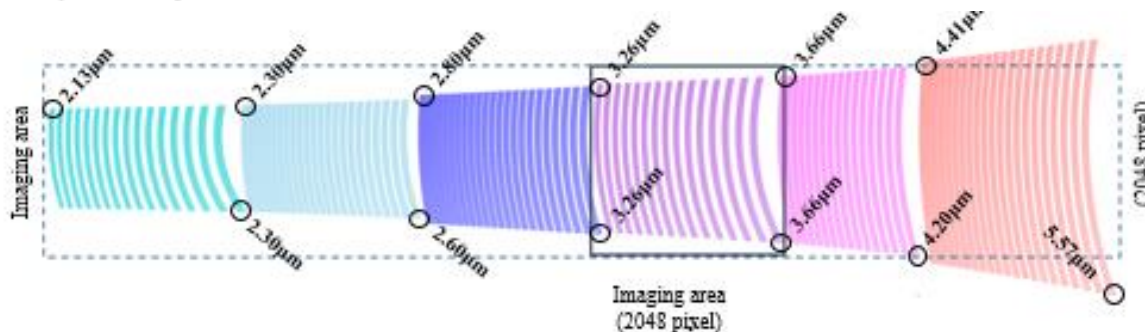
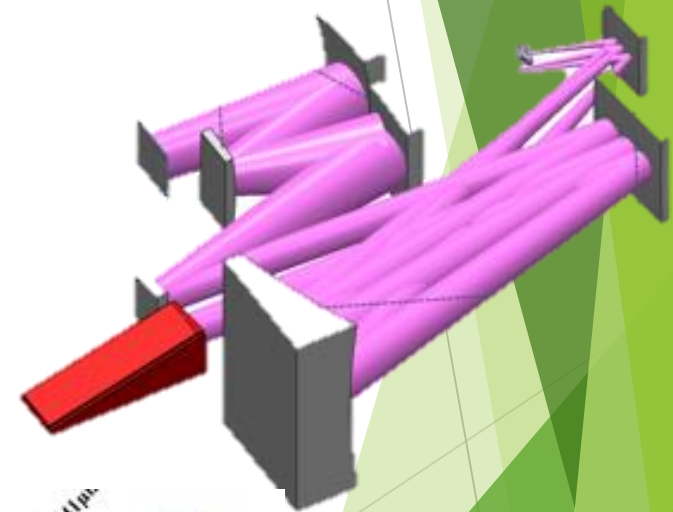


- ▶ 2-5.5 $\mu\text{m}$ (K,L,M-bands)の高分散分光器 (Arasaki+2016)
- ▶ 高分散 :  $R=80,000$  w/ Ge immersion grating
- ▶ 2019年ファーストライトを目指す (PD募集中)

Band	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>
Wavelength coverage	2.1-2.6 $\mu\text{m}$	2.8-4.1 $\mu\text{m}$	4.4-5.5 $\mu\text{m}$
Spectral resolution	80,000		
Total throughput	> 25%		
Limiting magnitude <sup>(*1,2)</sup>	(S/N=10)	13.7 mag	12.5 mag
	(S/N=100)	10.0 mag	9.0 mag
Slit width $\times$ length <sup>(*2)</sup>	0.13 mm (0.18 $''$ ) $\times$ 3.64 mm (5.0 $''$ )		
Pixel scale <sup>(*2)</sup>	0.07 [arcsec / pixel]		
Array	5.3 $\mu\text{m}$ cutoff HAWAII-2RG		

\*1 The integration time of 1 hr.

\*2 In case of 10m and  $f/15$  telescope with AO.



# 赤外線高分散分光ラボ (LiH) – 3つの柱

WINERED

近赤外線高分散分光

- 松永(東大)
- 近藤(京産大)
- 鮫島(京産大)
- 濱野(京産大)
- 福江(京産大)
- 新井(京産大)

河北、池田 (京産大) & 小林 (東大)

Immersion Grating  
次世代高分散デバイス

- 中川(JAXA)
- 猿楽(東大)
- 加地(京産大)
- 前嶋(東大)

VINROUGE

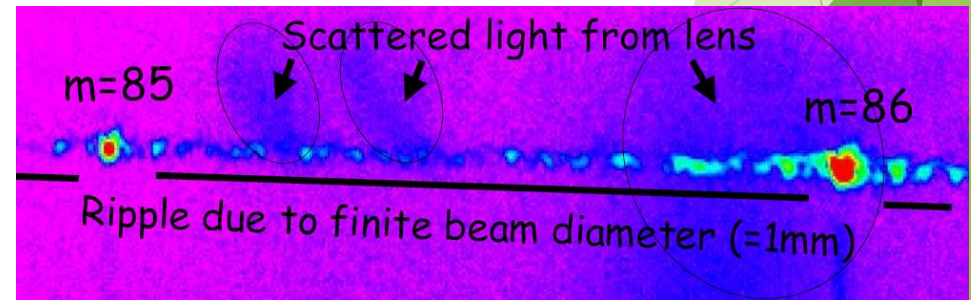
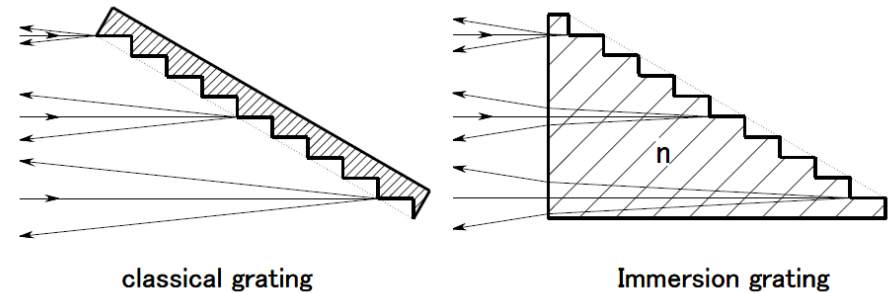
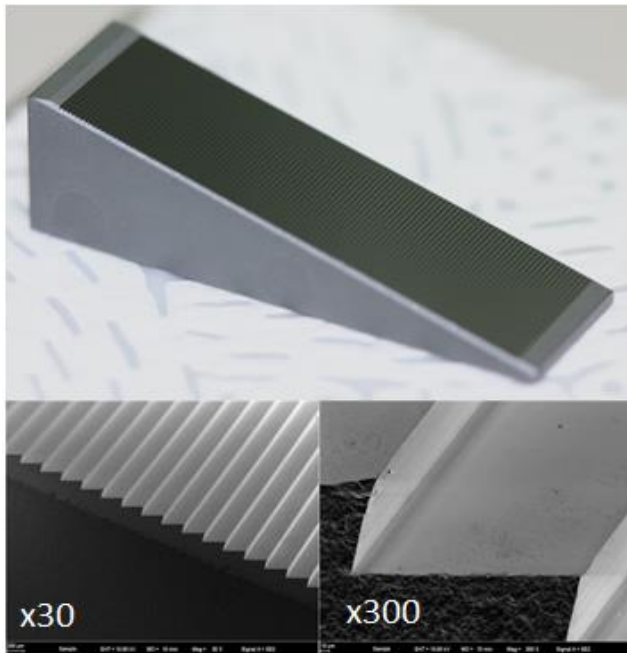
熱赤外線高分散分光

- 猿楽(東大)
- 近藤(京産大)
- 新崎(京産大)



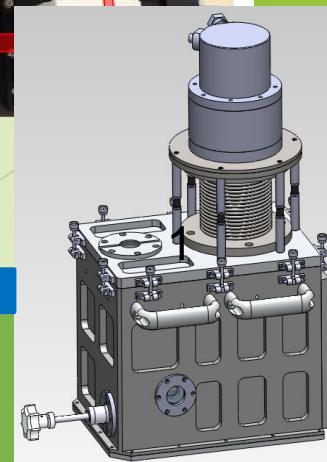
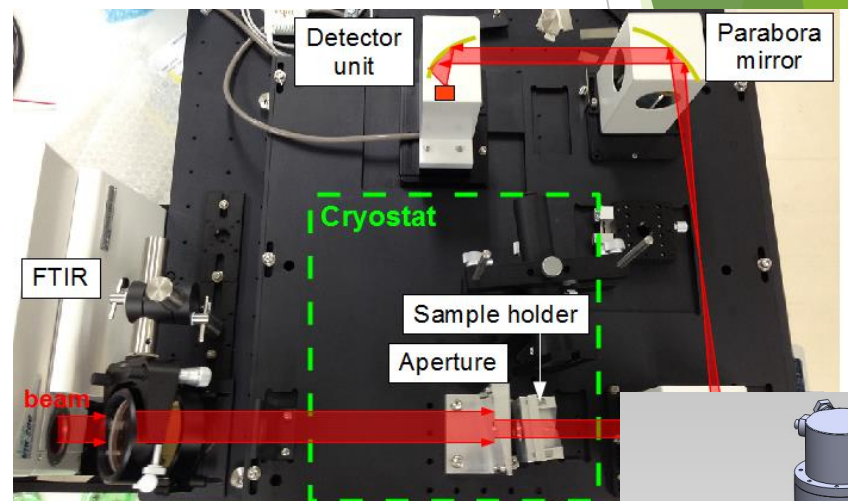
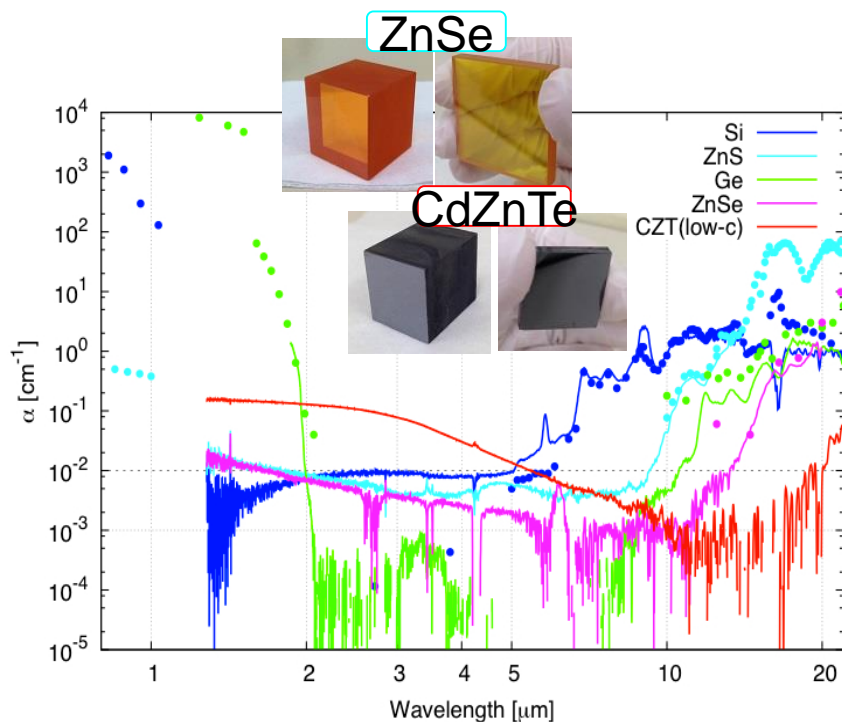
# Immersion grating

- ▶ 可視～赤外領域をカバーする **immersion grating** の開発
- ▶ 材料調査～加工～測定システムまで
- ▶ 大型望遠鏡（TMTなど）、宇宙望遠鏡への搭載を目指す
- ▶ Collaborators: 宇宙研、LLNL、キヤノン、日鉱日石など



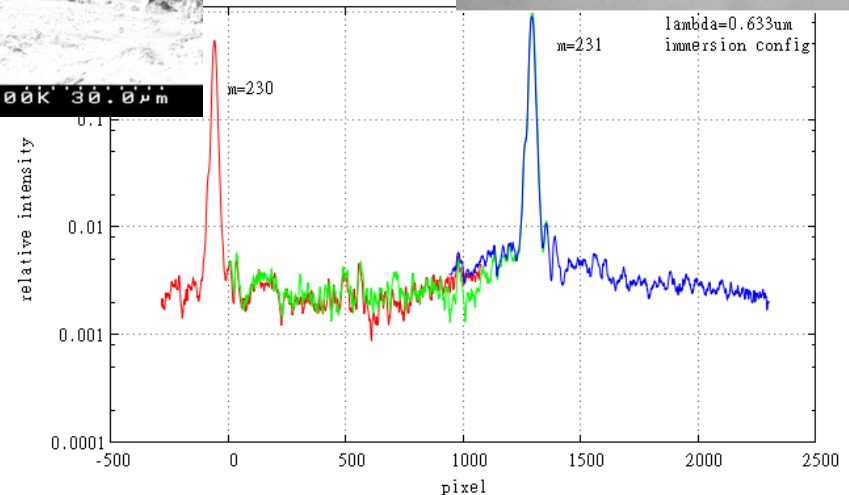
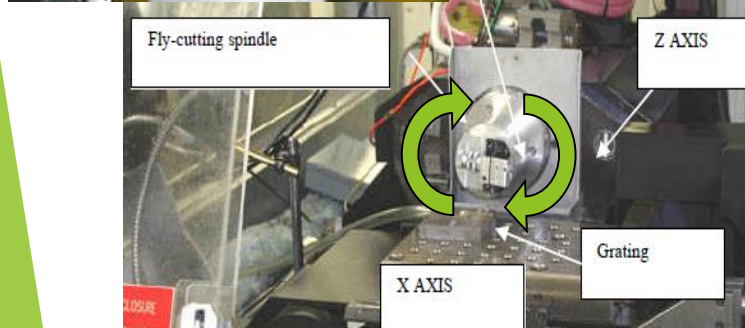
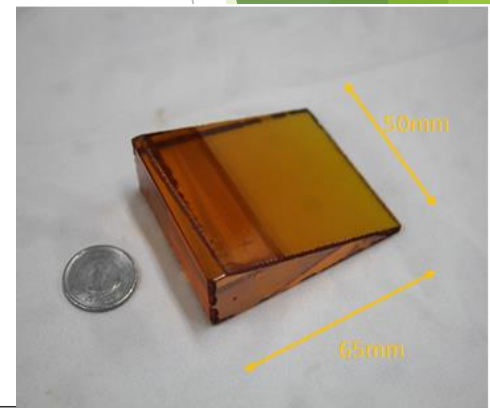
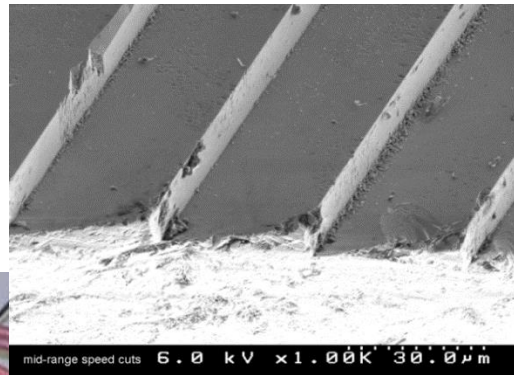
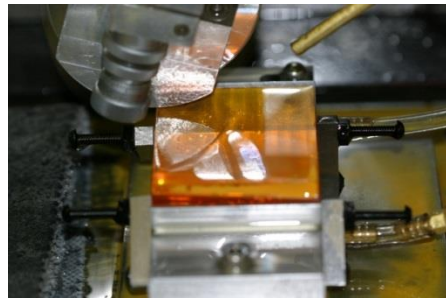
# Immersion grating: 材料特性

- ▶ IGの性能に関わる**材料特定**の独自調査 (Ikeda+2009, Kaji+2014)
- ▶ 透過率 ( $\alpha$ [ $\text{cm}^{-1}$ ])、屈折率一様性 ( $\Delta n$ )、適用可能サイズ
- ▶ **低温特性**も合わせて調査 (Kaji+2016)



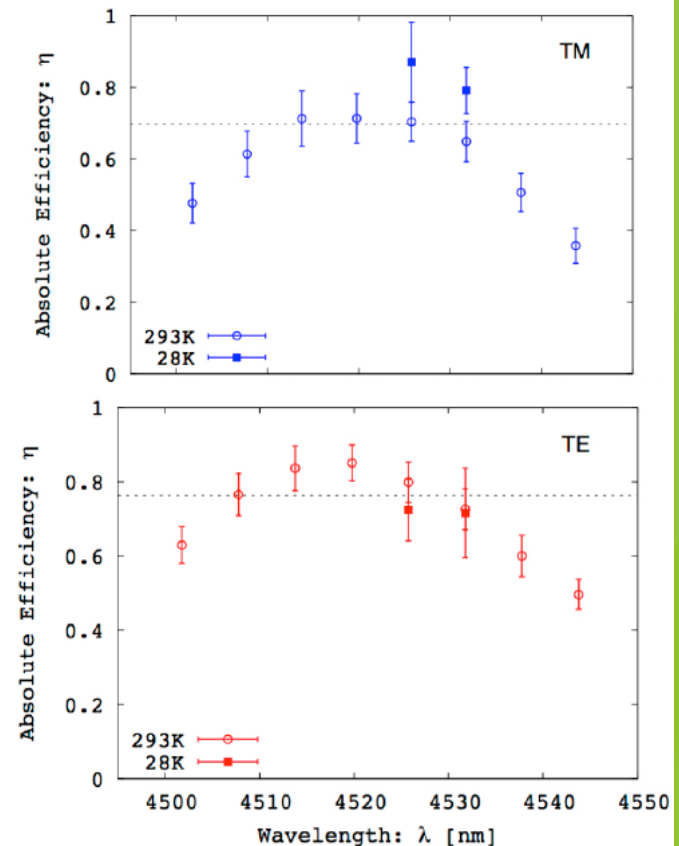
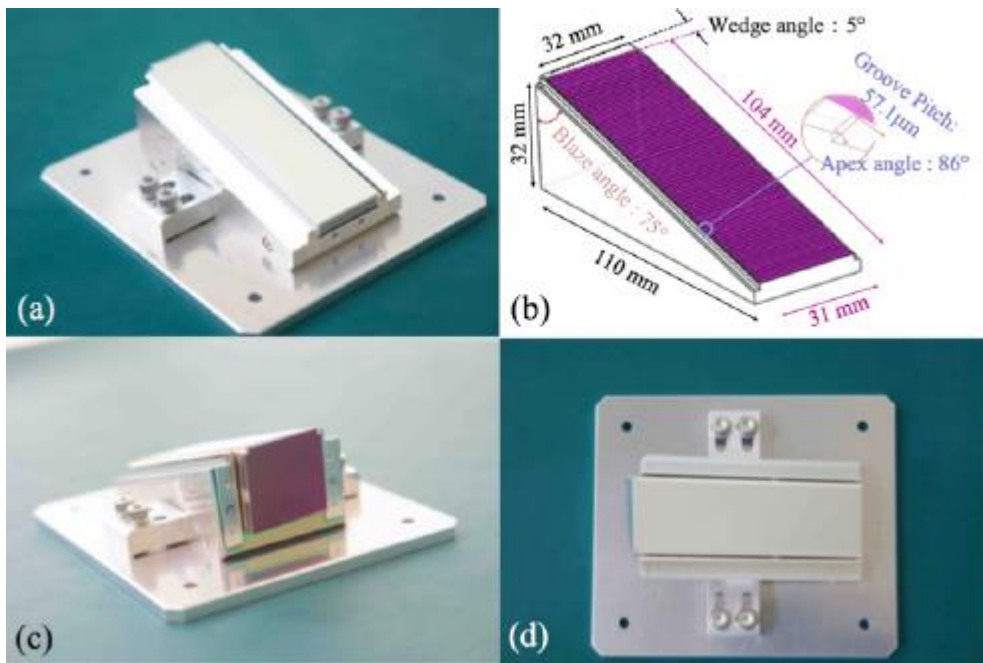
# Immersion grating: ZnSe/ZnS

- ▶ ZnSe ( $n=2.4$ )/ZnS ( $n=2.2$ ):  $0.8 \sim 10\mu\text{m}$
- ▶ w/ fly-cutting method @LLNL (Kuzmenko+2006)
- ▶ 最大クラスのIG:  $70\text{mm} \times 50\text{mm}$  (Ikeda+, 2008,2010,2014)
- ▶ 回折効率: **72.8% @1 $\mu\text{m}$**



# Immersion grating: Ge

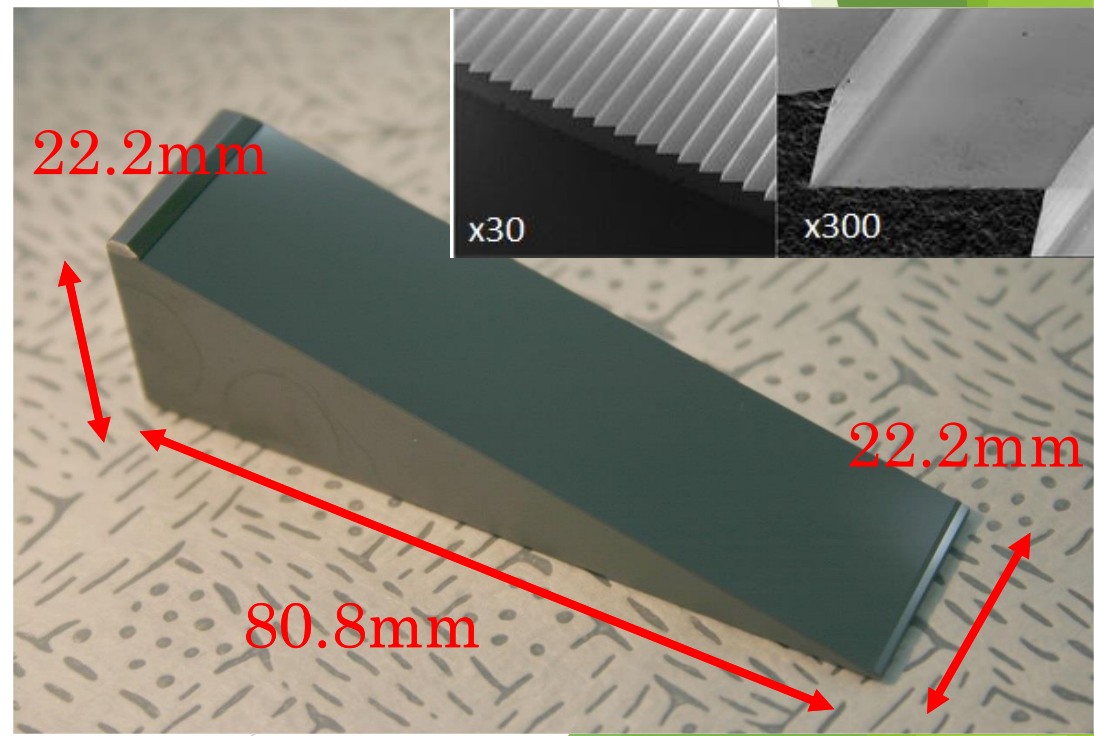
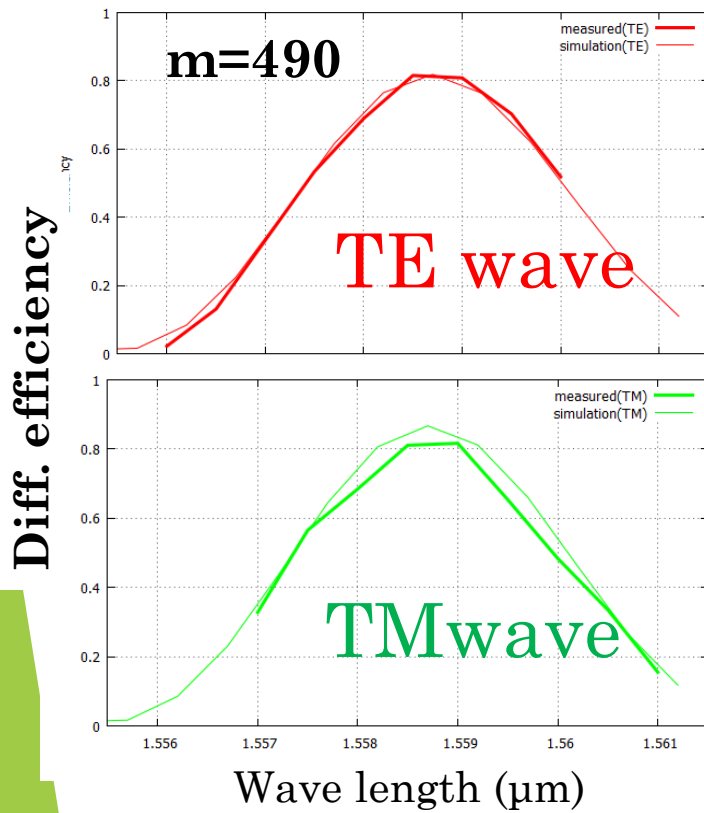
- ▶ Ge ( $n=4.0$ ) : 2.0~12 $\mu\text{m}$
- ▶ w/ planning method @CANON
- ▶ VINROUGE用 : 110mm x 32mm (Sarugaku+ 2016)
- ▶ 回折効率: >80% @4.5 $\mu\text{m}$





# Immersion grating: CZT

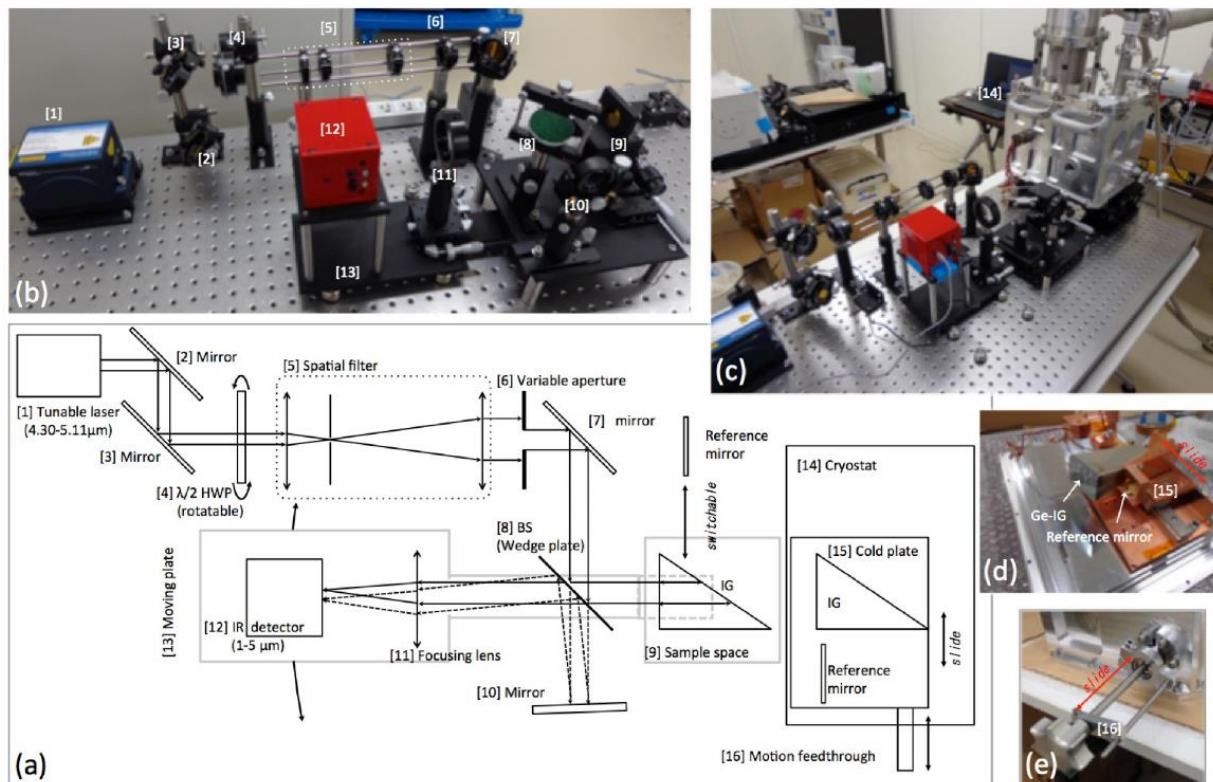
- ▶ CZT ( $n=2.65$ ) : 5~20 $\mu\text{m}$  (for space application)
- ▶ w/ planning method @CANON (Sukegawa+2012)
- ▶ First machined-ideal grating: 22mm x 80.8mm (Ikeda+ 2015)
- ▶ 回折効率: >80% @1.5 $\mu\text{m}$ , 4.5 $\mu\text{m}$





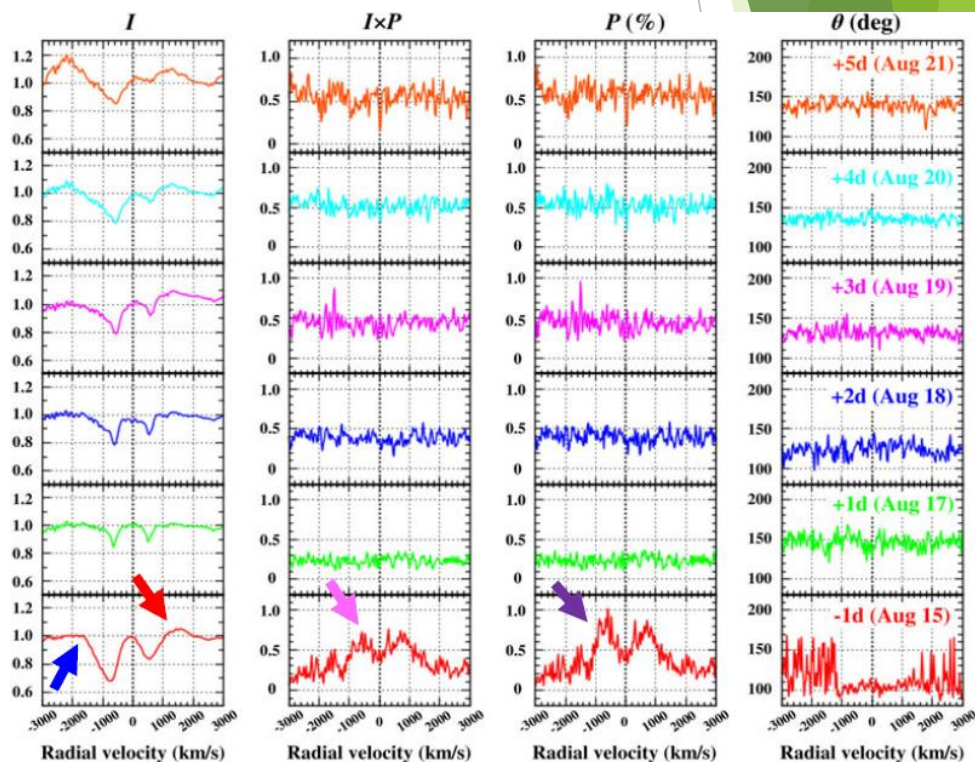
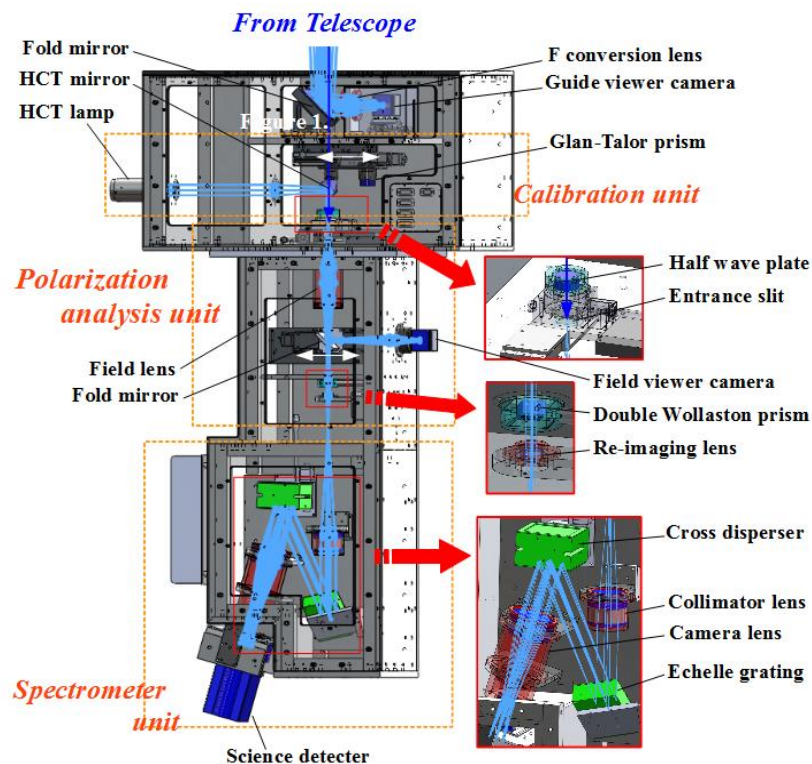
# Immersion grating: 効率測定システム

- ▶ 独自開発した回折格子効率測定システム (Ikeda+2008, Sarugaku+2016)
- ▶ 素子を冷却しての測定も可能 (Kaji+2016)
- ▶ 測定波長： 1.5 $\mu\text{m}$ 帯、4.5 $\mu\text{m}$ 帯



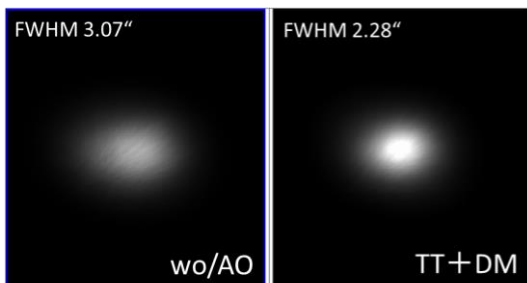
# LiH以外の開発テーマ

- ▶ 可視高分散偏光分光観測装置 **VESPoLA** (Arasaki +2015)
- ▶  $R=7,000$ , 偏光測定精度  $\Delta P < 0.1\%$
- ▶  $R=20,000$ モード、円偏光モードの追加

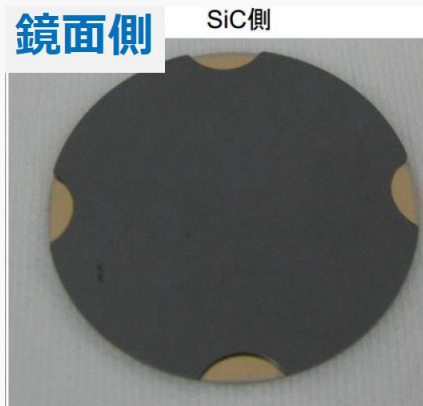
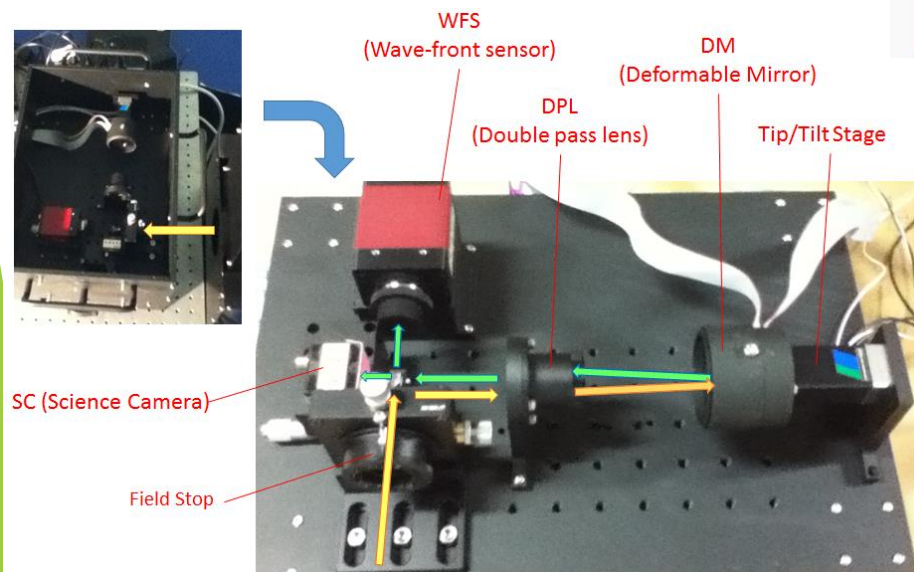
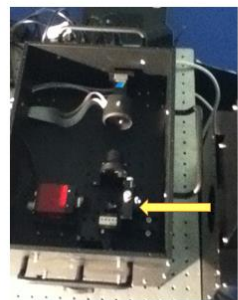
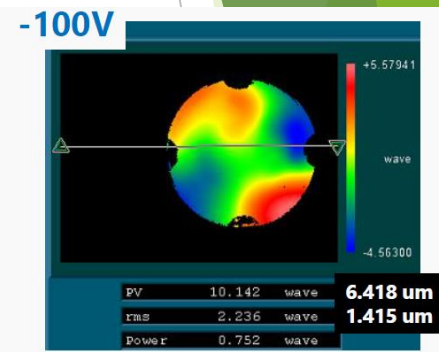
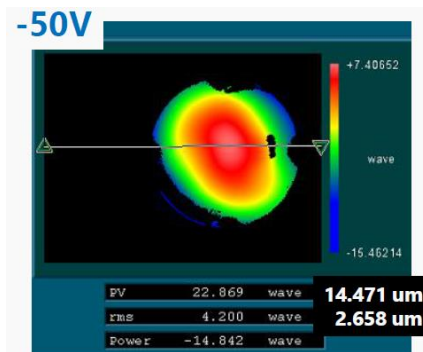


# LiH以外の開発テーマ

- ▶ 可視小型AO CRAO (Fujishiro +2014)
- ▶ 冷却モノモルフDMの開発 w/国立天文台, 京セラ (株)



北尾+2014



25mm $\Phi$



# まとめ

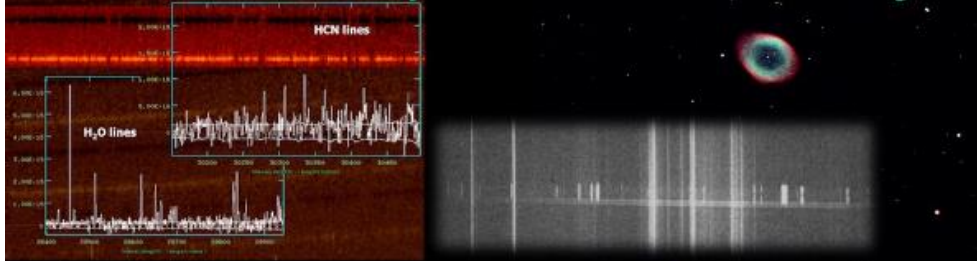
- ▶ 京都産業大学神山天文台  
1.3m望遠鏡、装置開発を一つの柱にした  
私大ならではの独自の取り組み
- ▶ 赤外線高分散ラボ (LiH)  
赤外線高分散分光器のサイエンス／開発に特化した組織
  - WINERED : 近赤外、R-80,000、高感度
  - VINROUGE : 熱赤外、Ge IR
  - Immersion Grating : ZnSe/ZnS, Ge, CZTなど
- ▶ ただいま、7年目...



お問合せ TEL:075-748-1491 FAX:075-748-

Home Philosophy Information Products Contact

## Scientific data reduction and analysis



### 京都虹光房とは

京都虹光房は、天文学を専門とする研究者による事業組合です。個々の研究を背景に、天文学や光に関わる技術・製品や教育サービスを提供する事業を展開しております。

### STAFF



#### 池田優二

光学機器の筐体・設計、製造、販売。光学技術のコンサルティング



#### 別所泰輝

一般向け天体観測・撮影システムの販売およびコンサルティング

#### 中道晶香

天文学の寺子屋アストロアカデミア、プラネタリウムへ出前講座



#### 小林仁美

天文観測、各種測定データの解析。研究者のトータルサポート

#### 吉川隆裕

科学計測システムの構築、コンサルティング

### 組合員の公募

京都虹光房では組合員を随時募集しています。

詳細は[こちら](#)をご覧ください

### What's new

-2016年9月13日 webページをリニューアルしました。

#### Edechs

- 2015年01月03日 [護国新年 2015](#)
- 2014年10月07日 [ISAAC NEWTONのページからObject Visibilityのグラフを取得する](#)
- 2014年07月08日 [PyCon JP 2014に参加します！](#)

#### Estrista

- 2015年07月09日 [Estristaのページを公開しました。](#)

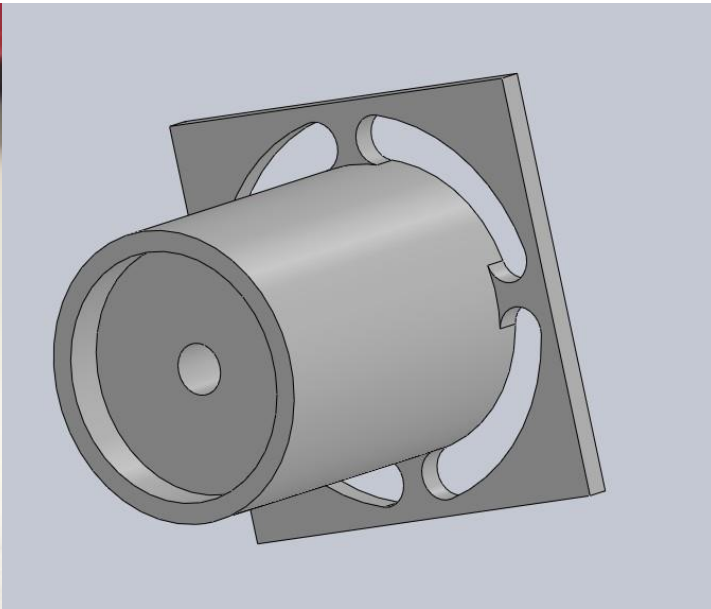
#### Photocoding

- 2015年01月21日 [代表者経歴\(論文\)を追加しました。](#)

お問い合わせ

TEL:075-748-1491 FAX:075-748-1492





## で、どうなったのか... (所感も含む)

- ▶ 開発研究について
  - ちょっと手を広げすぎた感もある... (5つの装置)
  - WINREDやIGのような尖がった成果もあり
- ▶ 資金について
  - 自己資金+外部資金 (私大助成、科研費など)
  - 人件費については、上記に頼らないルートも... (例: LLP京都虹光房)
- ▶ 教育について
  - 学位取得者 3名
  - 開発については、学部時代からの教育が重要
  - 真似事でなく、本物のサイエンス/開発が必要 (プロを育てるにはプロのレベルを知るところから)
  - 必ずしも天文関係に職を求める必要もない (それが結局すそ野を広げ、人材の流動性につながる)