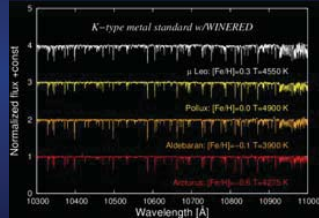


第20回天体スペクトル研究会
2015年3月7日(浅口市健康福祉センター)

WINEREDによる近赤外高分散分光



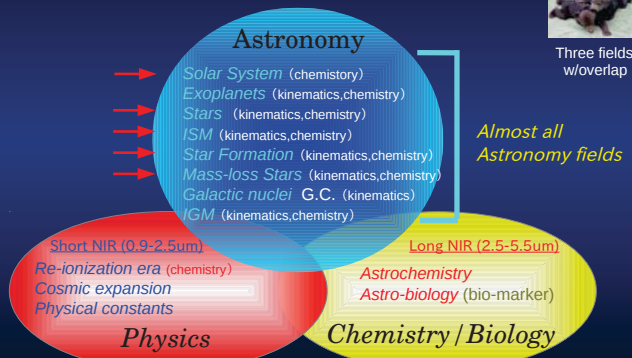
小林尚人
東京大学天文学教育研究センター

NIR High-res Spectroscopy

Powerful method for many scientific fields



Three fields w/overlap



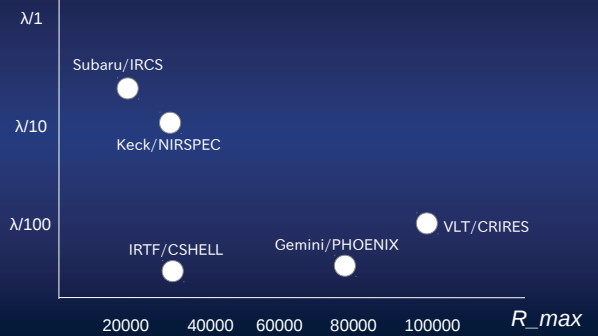
NIR High-resolution Spectrograph In the world (before 2011)

◎Only few instruments have been available for long time....

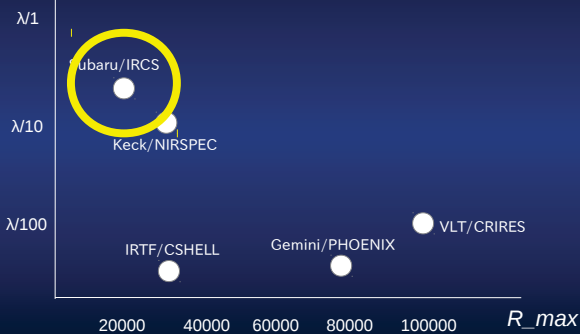
Sorted by R_max					
Instrument	Telescope	λ [μ m]	R_max	Slit w.	Coverage
CRILES	VLT 8m w/NGSAO	1-5	100,000	0".2	$\lambda/70$
PHOENIX	Gemini 8m	1-5	80,000	0".2	$\lambda/200$
NIRSPEC	Keck 10m w/LGSAO	1-5	30,000	0".3	$\lambda/10$
CSHELL	IRTF 3m	1-5	30,000	0".5	$\lambda/240$
IRCS	Subaru 8m w/LGSAO	1-5	22,000	0".15	$\lambda/6.5$

- Little coverage
- Started w/8m-class telescopes, which has a larger budget

Coverage



Coverage



As a typical example of last generation

IRCS @Subaru 8.2m

Kobayashi+2000, Tokunaga+1998

✓ NIR-HRS for adaptive optics w/wide λ -coverage

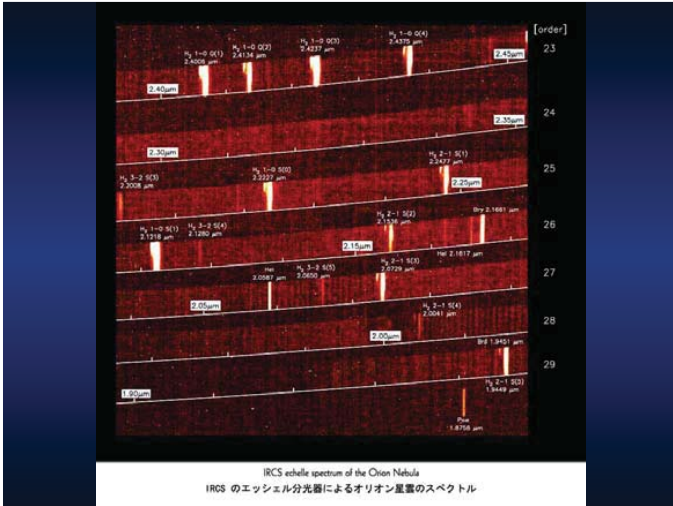
- 0.9-5.5um
- R=22,000, X-dispersed
- Small pix scale for AO: 0".075/pix
- Slit width: 0".15, length: 4-10"
- 1024x1024 InSb array (Raytheon Aladdin3)
- Size: 80x80x20cm
- 65K w/Closed-cycle cooler (SHI)



Subaru 8.2m (Mauna kea, Hawaii)



LGSAO @Subaru



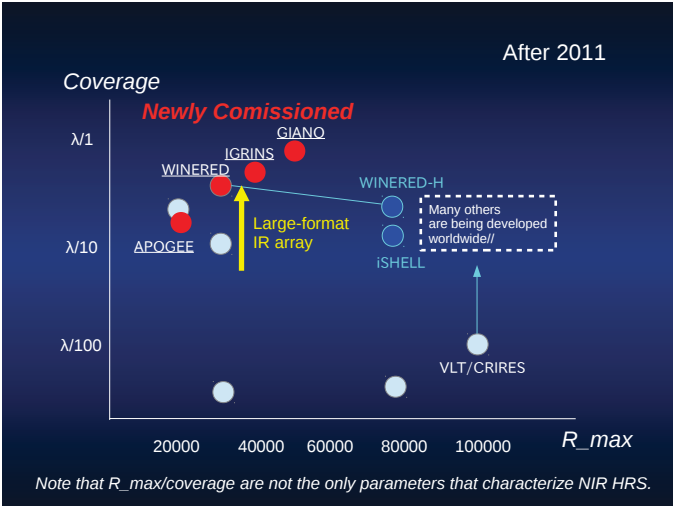
NIR High-resolution Spectrograph Newly commissioned (after 2011-)

©The number of NIR HRSs is rapidly increasing
©Clear trend of wider wavelength coverage with large format IR array

Instrument	Telescope	λ [μm]	R_max	Slit w.	Coverage
iSHELL*	IRTF 3m	1.3-5	80,000	0".25	$\lambda/10$
GIANO	TNG 3.5m	0.9-2.5	50,000	0".5	$\lambda/1.3$
IGRINS*	HJST(McD) 2.7m	1.4-2.4	40,000	0".68	$\lambda/2$
WINERED	Any 1-10m	0.9-1.4	28,000	0".2-0".6	$\lambda/3$
WINERED*	w/high-throughput		100,000		$\lambda/6$
APOGEE	SDSS 2.5m	1.5-1.7	22,500	0".5?	$\lambda/8$
	w/300 fibers				

*: w/immersion grating and/or R6-8 Echelle

●Avoiding a large telescope to use the instrument in long term



Three New Directions

Diversity?

Specific features are required for cutting-edge results//

- Extremely-wide λ coverage** GIANO@TNG
→ Radial velocity search, object classification
- Multi-objects w/fibers** SDSS-APOGEE
→ Field stars (bulge, disk), globular clusters, dSph...
- High sensitivity** WINERED
→ Highest-z objects, fainter object
or give an opportunity to smaller telescopes

3. WINERED by LiH (U.of Tokyo & Kyoto S.U.)

(First-light on May 2012, now under normal operation)
Kondo+2014 (arXiv:1501.03403)

Specifications

- * Limiting the λ -coverage to shorter NIR (0.9-1.4 μm) "niche"
- * Non-cryogenic optics except for the camera. "unusual"
- Very high optical throughput (>50% w/Q.E.) "double"

High res-mode
R-80,000-90,000
Being developed
w/R6-8 echelle
(and/or immersion grating)

Wide-mode
R-30,000
Comissioned
w/R2 echelle

京都産業大学神山天文台

1.3m荒木望遠鏡

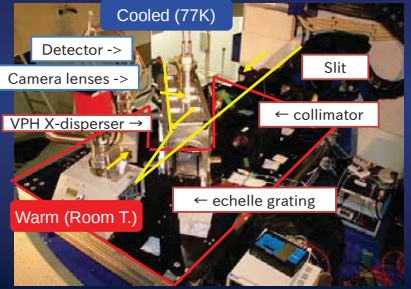
- ✓ 口径: 1.3m
- ✓ 口径比: F/10
- ✓ 形式: リッチークレチアン式
- ✓ 焦点: カセグレン×1
ナスミス×2
- ✓ 架台: 経緯台



Kyoto Sangyo U. 1.3 m telescope
(in the middle of the city)



WINERED



Inside WINERED

2D Spectra

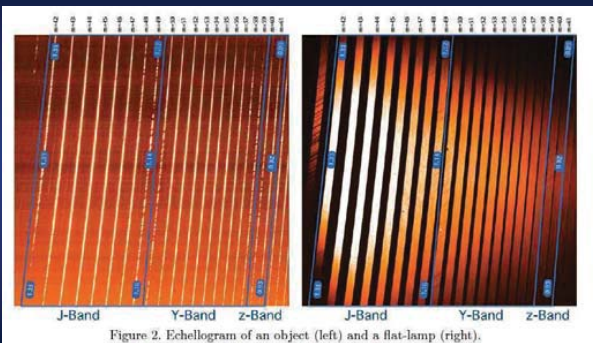
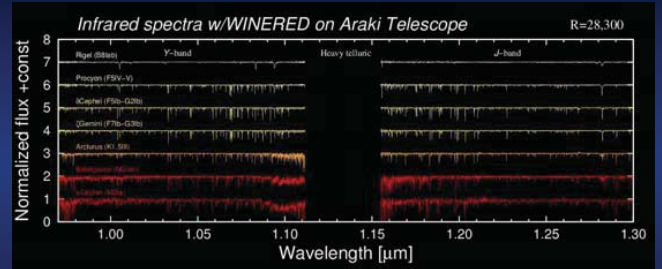
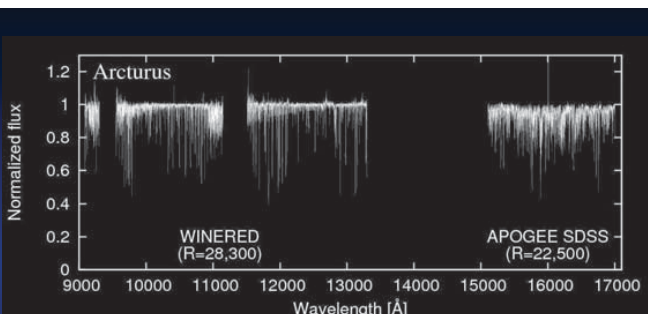


Figure 2. Echellogram of an object (left) and a flat-lamp (right).

Wide coverage (0.9-1.35um) w/2kx2k HAWAII 2RG array



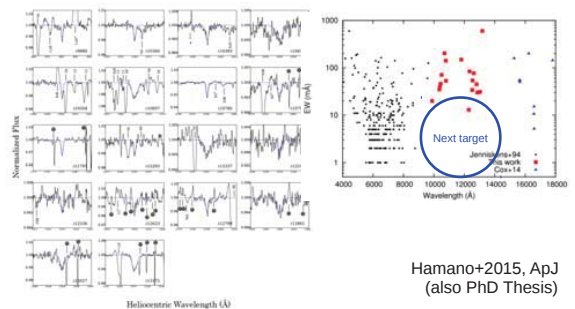
Kondo+



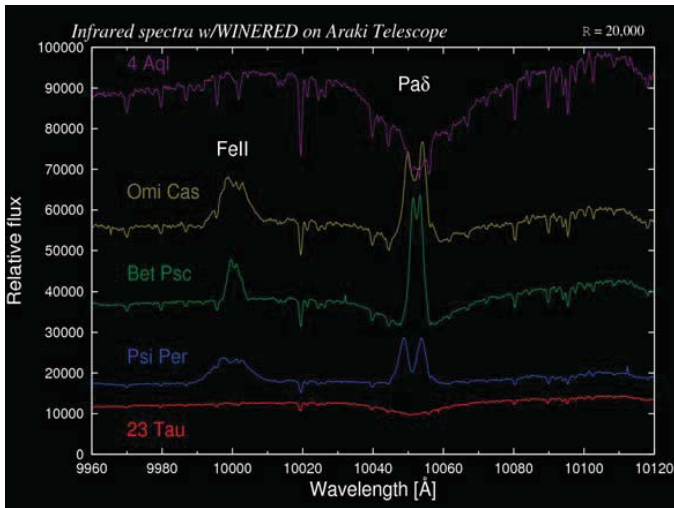
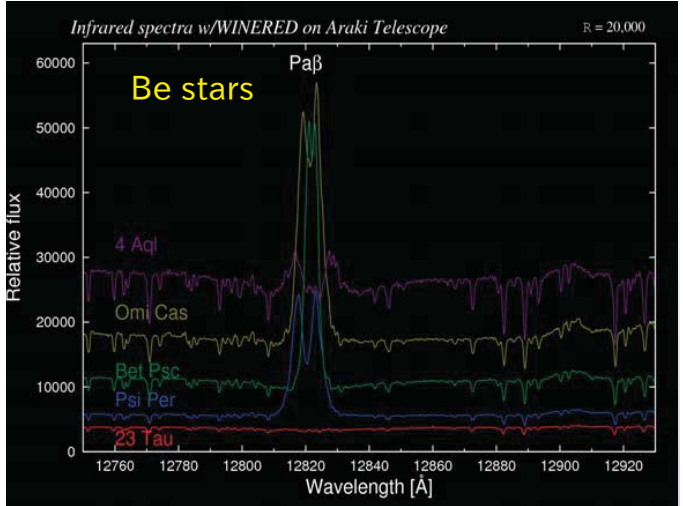
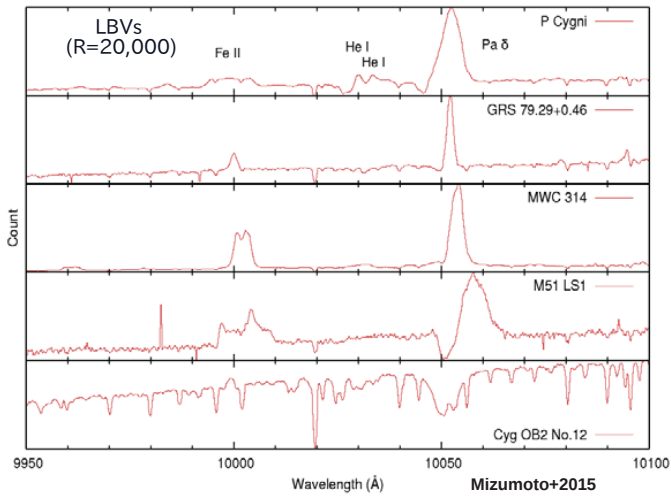
- Establishment of z', Y, J-band HRS library (at Kyoto SU 1.3 m)
 - Complementary to SDSS/APOGEE H-band HRS library
- Base for future chemo-dynamical study of distant stars w/4-10m telescopes
(refer to Sohei Kondo's talk)



- ★NEW DIBs in NIR w/ high sensitivity and wide wavelength coverage of WINERED
- ★Accurate profiles of NIR DIBs obtained w/ R=28,300



Hamano+2015, ApJ
(also PhD Thesis)



WINEREDを用いたサイエンス

- LBV, BSG: mass loss, eruption (PI: 水本)
- 大質量星での元素合成 (PI: 近藤)
- Cepheid variables 銀河系の化学進化 (PI: 松永, 福江)
- Carbon star: isotope ratio (PI: 池田)
- PPN: mol formation (PI: 濱野)
- H AeBe/TTS: disk evolution (PI: 安井)
- フレア星: 磁場変動 (PI: 前原)
- DIB (PI: 濱野)
- Nova (PI: 新井)
- 彗星: 太陽系の化学進化 (PI: 河北)

Limiting mag.

R=30,000, S/N=30, 8hr int. (1800sec x16)

	Araki (1.3m)	WHT (4.2m)	Magellan (6.5m)	Keck (10m) *w/AO
Location	KAO Kyoto, Japan	Roque de los Muchachos La Palma, Spain	Las Campanas Chile	Mauna Kea Hawaii
Seeing	3".0	0".8	0".6	0".4 (0".2")
Pixel scale	0".82	0".23	0".15	0".098
Slit width	1".65	0".47	0".30	0".20
Ambient Temperature [K]	290	273	273	273
Ambient thermal Background [e-/sec/pix]	0.1	0.01	0.01	0.01
m_J	13.0	16.6	17.4	18.3(18.9*)

▲ Current performance of Subaru IRCS
- 1-2 mag better sensitivity than other NIR-HRSs
- "Extreme" sensitivity at 10m-class telescope

超高分散モード (大坪, 池田)

✓ High-blaze echelle (or immersion gr) を用いた R=80,000 のモードをインストール予定

項目	スペック値	
	R _{max} = 28,300	R _{max} = 800,000
分解能	反射型エシェルグレーティング	ハイブレード or イマージョン
回折格子	λ = 0.90 - 1.35 μm (z,Y,J,Iバンド)	λ = 1.00-1.35 μm (Y,J,Iバンド)
観測可能波長域	> 40%	> 30%
装置スループット	0.90 - 1.35 μm	1.00-1.08 μm or 1.15-1.35 μm
一度の積分で得られる波長域		
限界等級	J~12等	—
体積	1.8m(L) x 1.1m(W) x 1.0m(H)	1.8m(L) x 1.1m(W) x 1.0m(H)

LIH
赤外線高分散ラボ
Laboratory of Infrared High-resolution spectroscopy

[ラボについて](#) | [トピックス](#) | [メンバー](#) | [プロジェクト](#) | [研究結果](#)
 About us | Topics | Members | Projects | Research



「赤外線高分散ラボ」について
 赤外線高分散ラボ(LIH)は、国内外の研究者が集う世界最高の赤外線高分散天文学の拠点です。
 観測・装置開発といった事業を用いて、天文学および恒星科学における様々な研究テーマを推進しています。


神山天文台
 KOMAMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

京都府立大学 理学部
 Faculty of Science

東京大学 大学院
 理学系研究科 理学部
 THE UNIVERSITY OF TOKYO Graduate School of Science

News & Topics <http://merlot.kyoto-su.ac.jp/LIH/>

WINERED
NEXT



1. 可視光と同レベルの高精度スペクトルを得られる装置として完成。
これから1年は荒木1.3mでのサイエンスデータ取得を継続。
多くの方のご提案を歓迎します。
WINERED共同研究者として論文等にご貢献いただける方はぜひとも…
2. その後、海外適地の4-10mクラスの望遠鏡に移設。
4mクラスでの長期サーベイ観測、8-10mクラスでの超高感度観測
が、実り多い結果を出すと思われる。
3. 天文学としては：
高感度・広波長域の *Wide-mode (R=30,000)* が最も実り
多いサイエンスをもたらすと思われる。
高感度・高分解能の *High res-mode (R=80,000)* は、この
波長域特有の元素ライン(s-process/r-process元素など)
や星の精密パラメータ導出、kinematicsで活躍すると思われる。