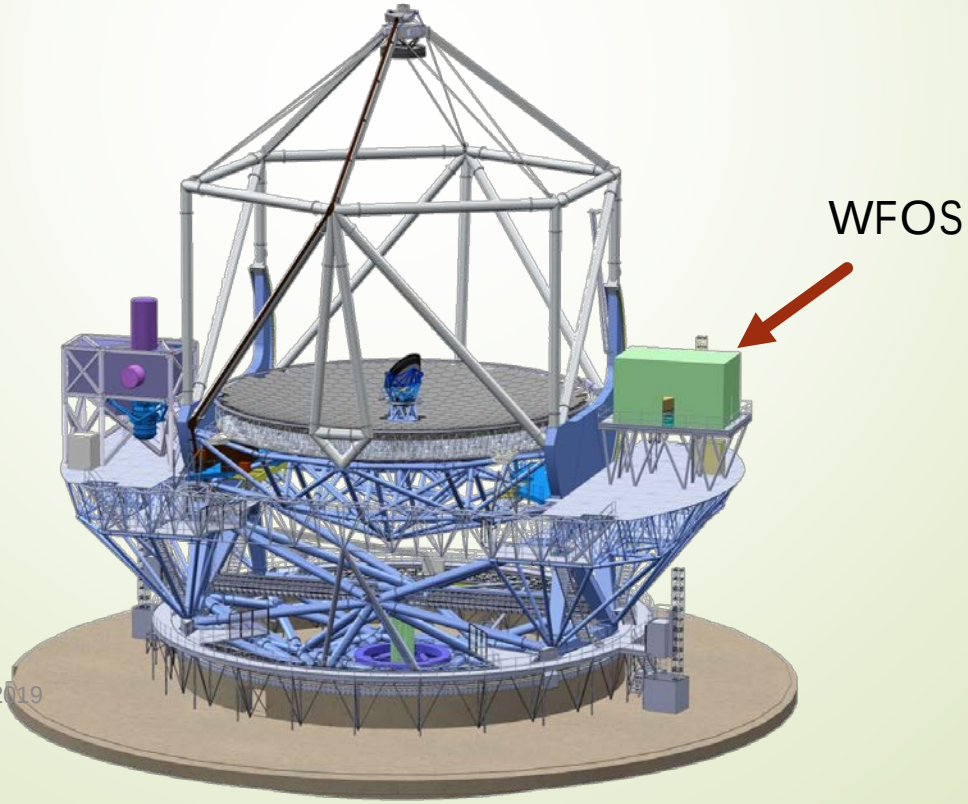
WFOS IFU

尾崎忍夫（国立天文台）

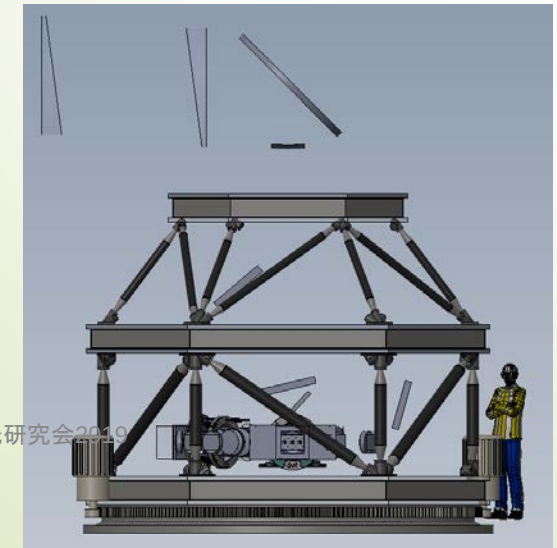
Thirty Meter Telescope (TMT)

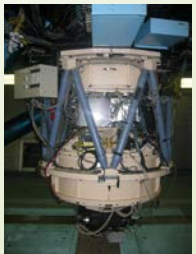
- アメリカ、カナダ、中国、インド、日本の国際プロジェクト
- 492枚のセグメント鏡を敷き詰めて、直径30mの主鏡として機能



Wide Field Optical Spectrometer (WFOS)

- 広視野可視光撮像分光装置
- 波長域：310 - 1,000nm
- 視野：8.3’ x 3’
- 波長分解能：R=λ/Δλ=5000, 3500, 1500　（0.75″ スリット幅）
- 概念設計段階
- カリフォルニア大学、カリフォルニア工科大学、南京天文光学技術研究所、インド宇宙物理学研究所、国立天文台

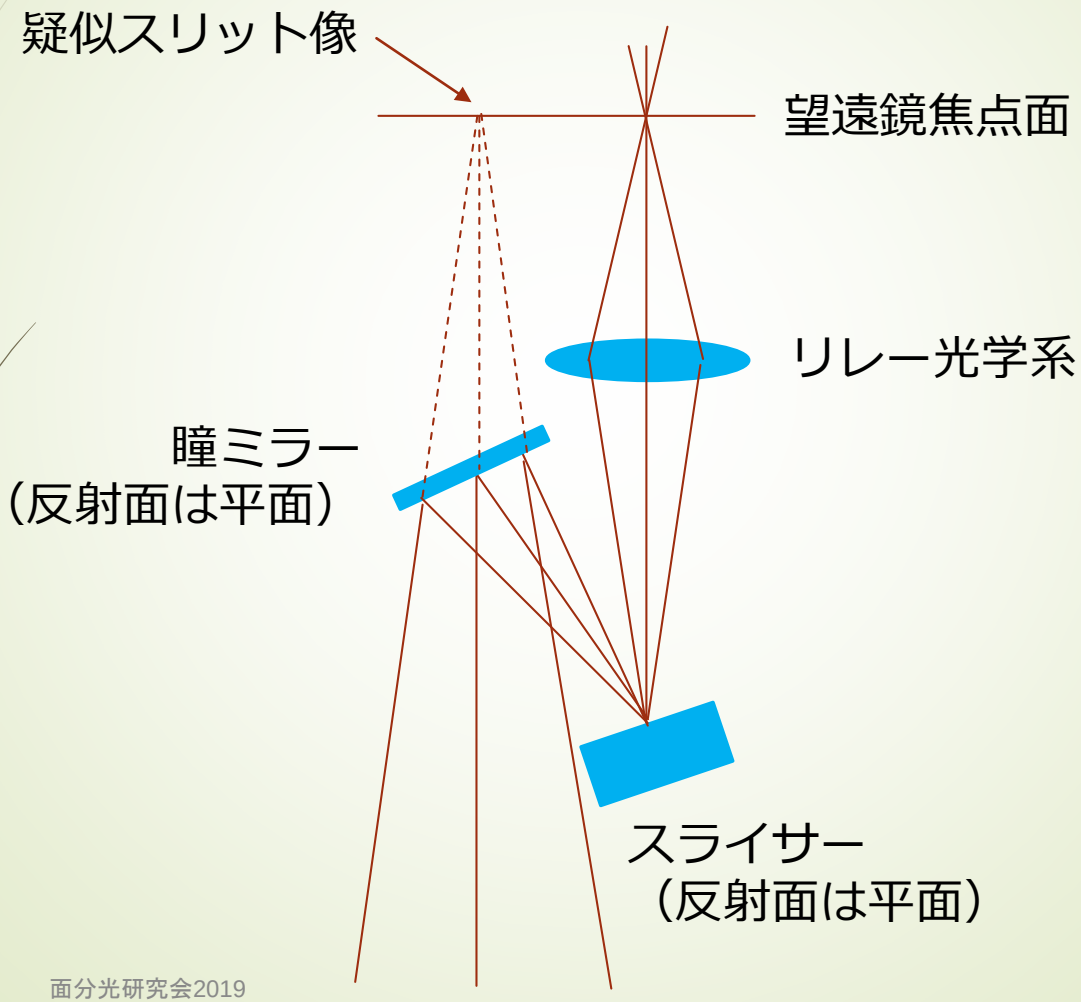




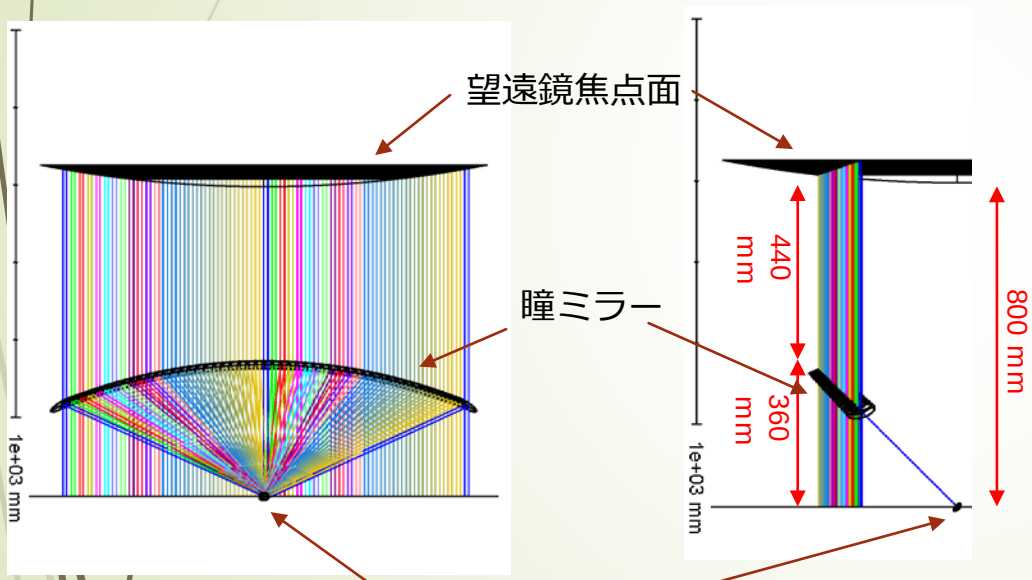
WFOS IFUの位置付け

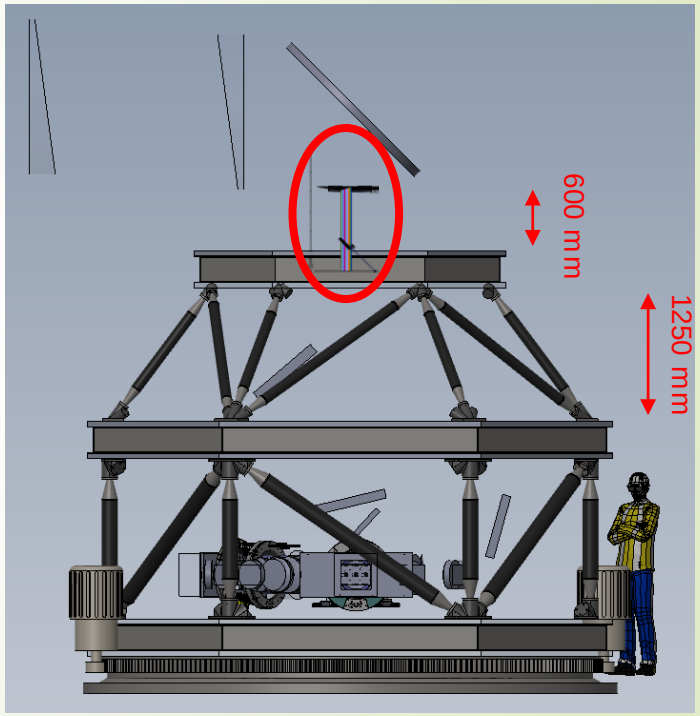
- 開発コストの制限から面分光ユニット（IFU）は必須機能ではなく、努力目標になっている。
- 開発費用はTMTプロジェクト経費で賄われない。
  - 外部資金を獲得する必要がある。

WFOS IFUコンセプトレイアウト



光学設計ソフトZemaxを用いた実現可能性チェック



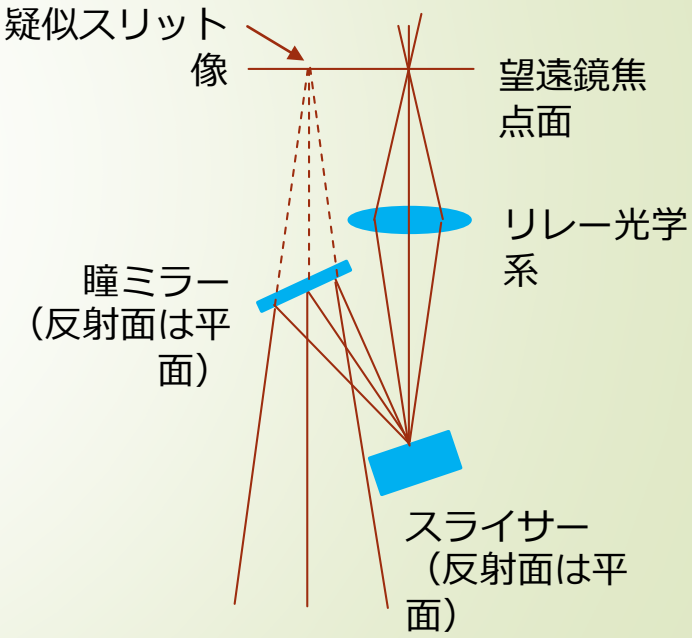


今後、光学設計の概念検討を進める。

WFOS IFU パラメーター案

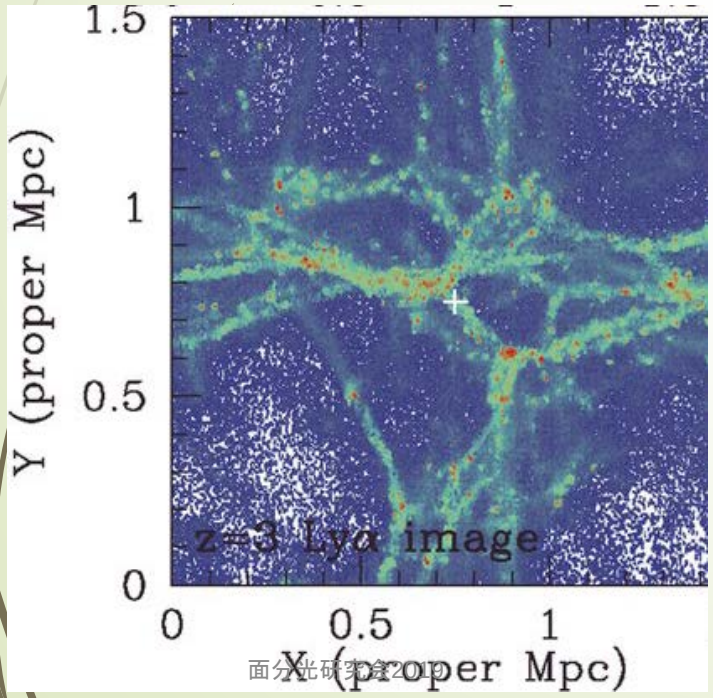
- WFOSはシーイングリミットの装置
- TMTは8mクラス望遠鏡で検出できないターゲットを狙う
- 暗くて大きなスケールに適したパラメーター設定

スライス数	20			
スライス長さ (mm)	47.982			
リレー光学系拡大率	1.1		3.75	
スライス幅 (mm)	3.60	1.80	3.60	1.80
スライス幅 (arcsec)	1.5	0.75	0.4	0.2
スライス長さ (arcsec)	20		5.87	
視野 (arcsec x arcsec)	20 x 30	20 x 15	5.87 x 8	5.87 x 4

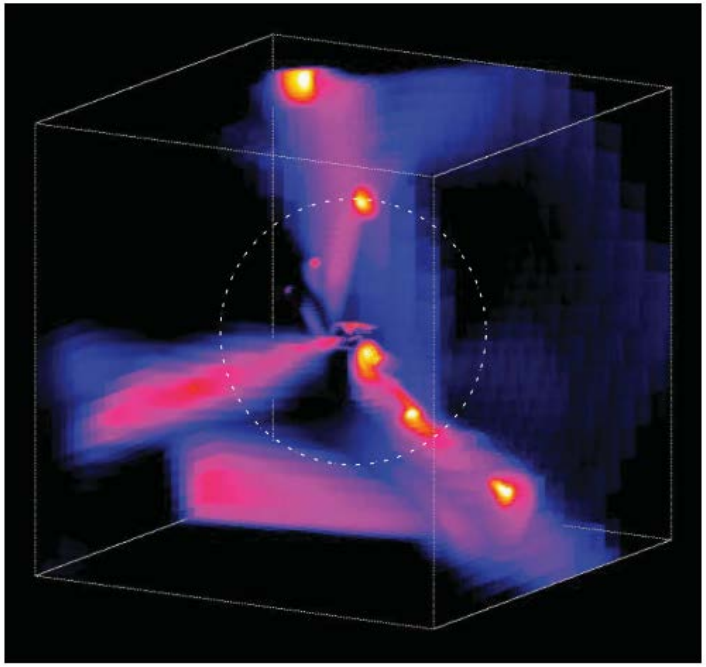


宇宙フィラメント構造 Cosmic Web

- シミュレーションの予想
  - 銀河形成期の銀河間ガスはフィラメント状に分布している。
  - その結節点では大量のガスがフィラメントに沿って銀河に流入し活発な星形成を促している。

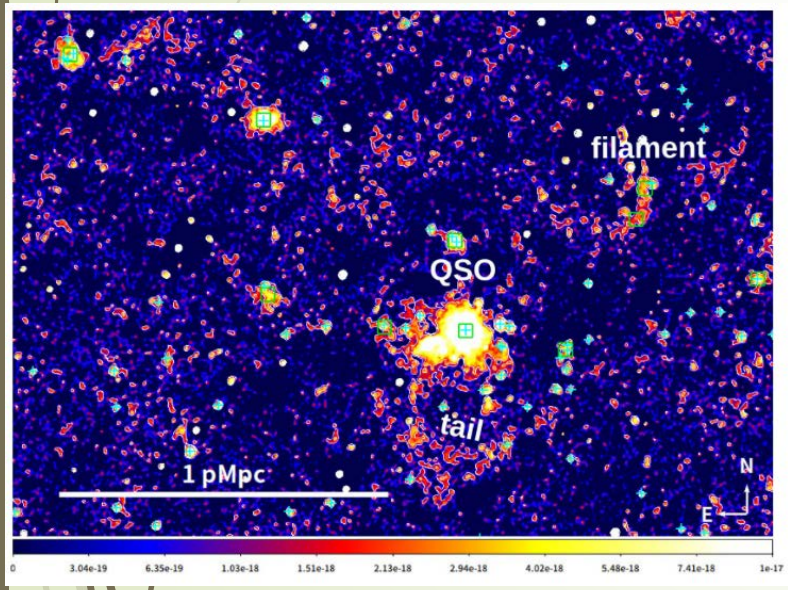


Kollmeier et al., 2010, ApJ, 708, 1048

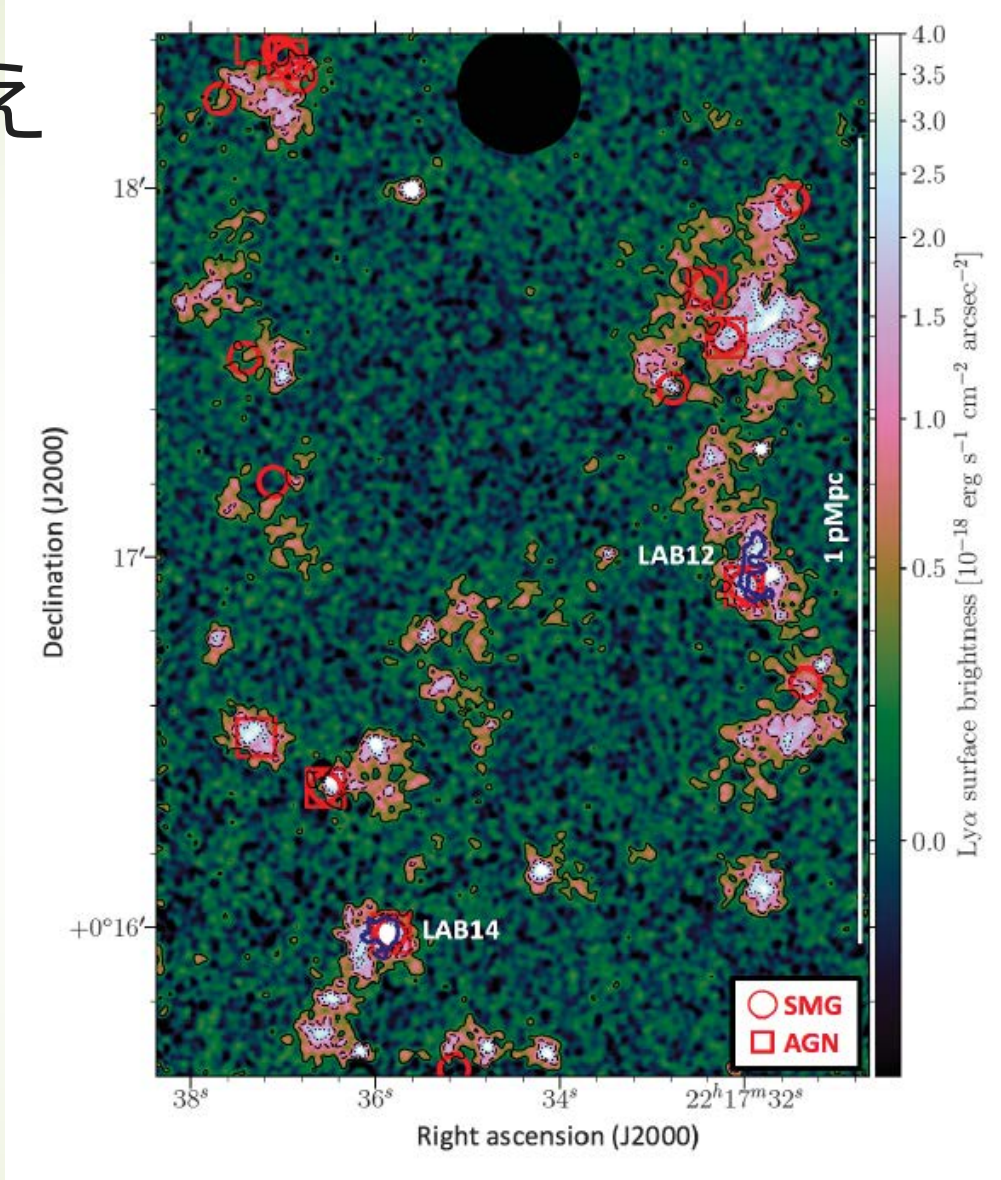


DeKel et al., 2009, Nature, 457, 451
Box size: 320kpc

観測的にも見えつつある

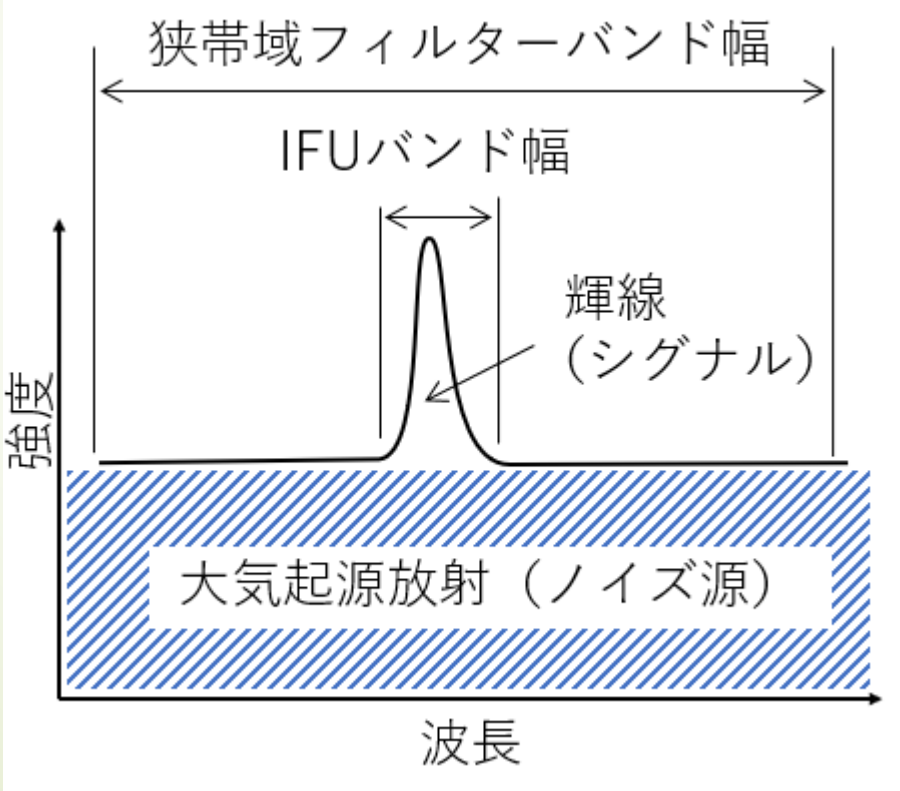


すばる望遠鏡 HSCで得られた水素Lyα画像
（Kikuta et al., 2019, PASJ, 71, L2）



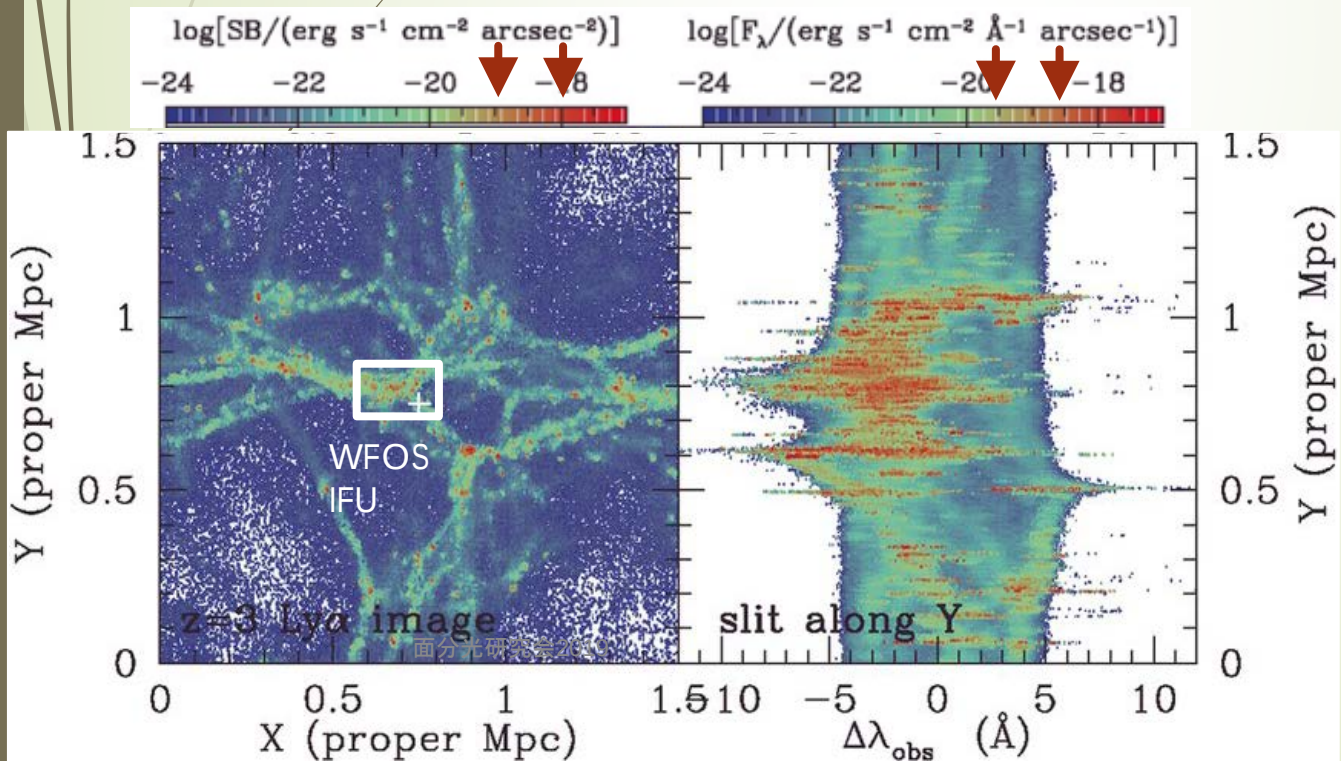
MUSE/VLTで得られた水素Lyα速度構造
（Umehata et al., 2019, Science, 366, 97）

面分光による輝線に対する感度向上



検出限界

- KCWIを用いて２時間露出で10^{-18} erg s^{-1} cm^{-2} $arcsec^{-2}$を１σで検出。
- WFOS IFUを用いて10時間露出すると、1.2×10^{-19} erg s^{-1} cm^{-2} $arcsec^{-2}$を１σで検出できる。

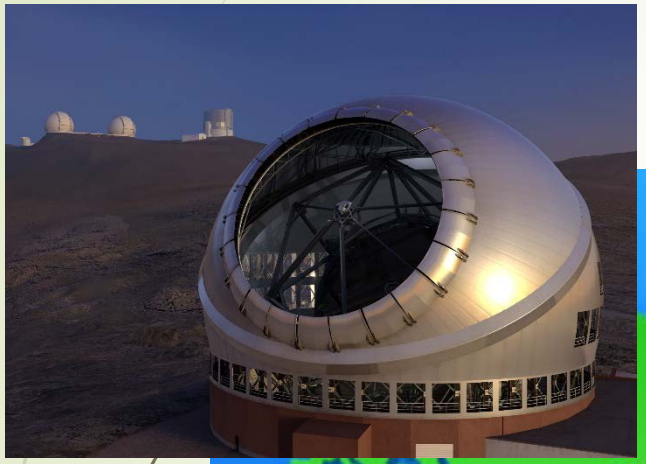


近くに明るいクエーサーがあった場合の予想。

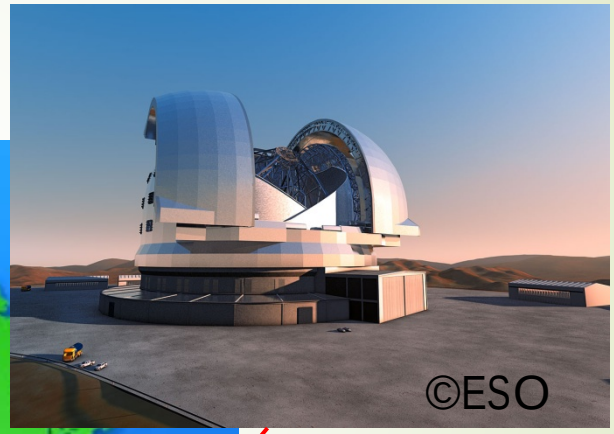
Kollmeier et al., 2010, ApJ, 708, 1048

次世代超巨大望遠鏡計画

TMT(口径30m)



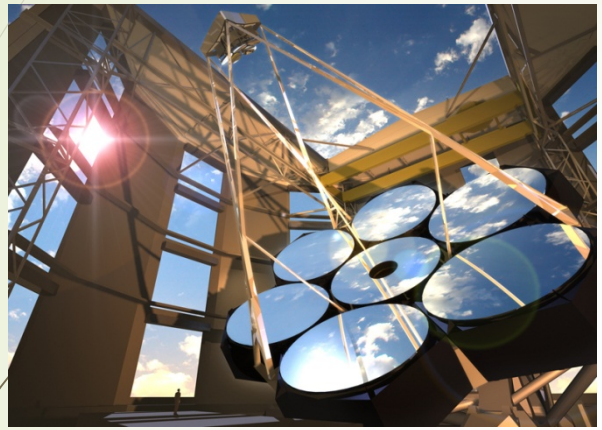
ELT（口径39m)



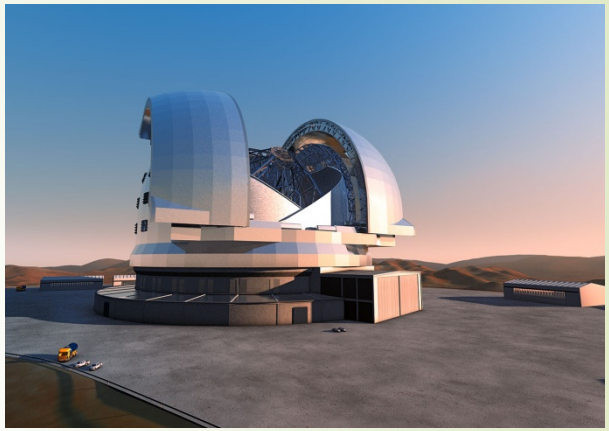
GMT(口径24m)

ＧMTとELTの可視面分光装置

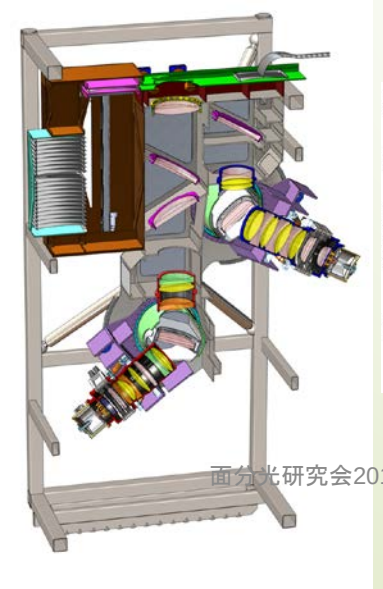
GMT



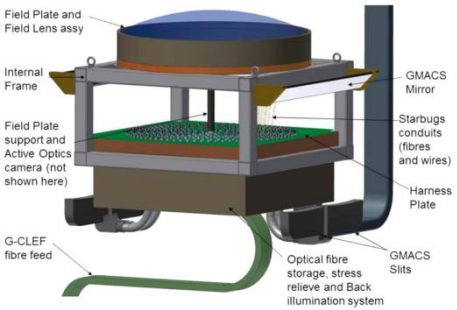
ELT



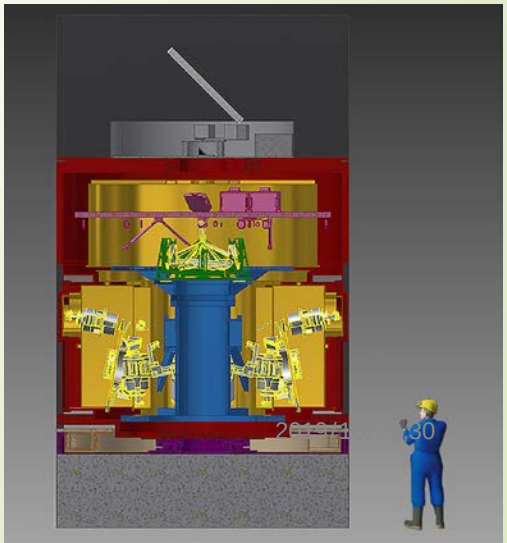
GMACS



MANIFEST



HARMONI

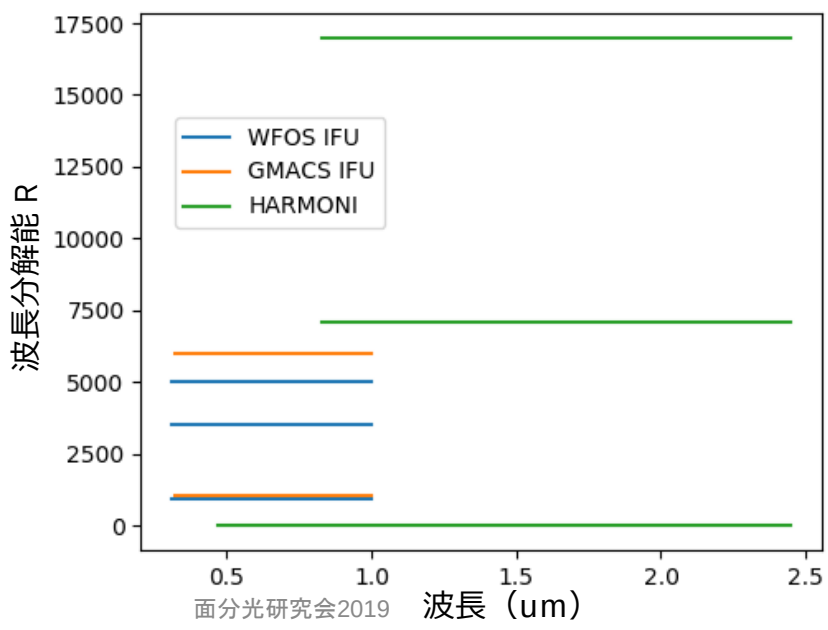


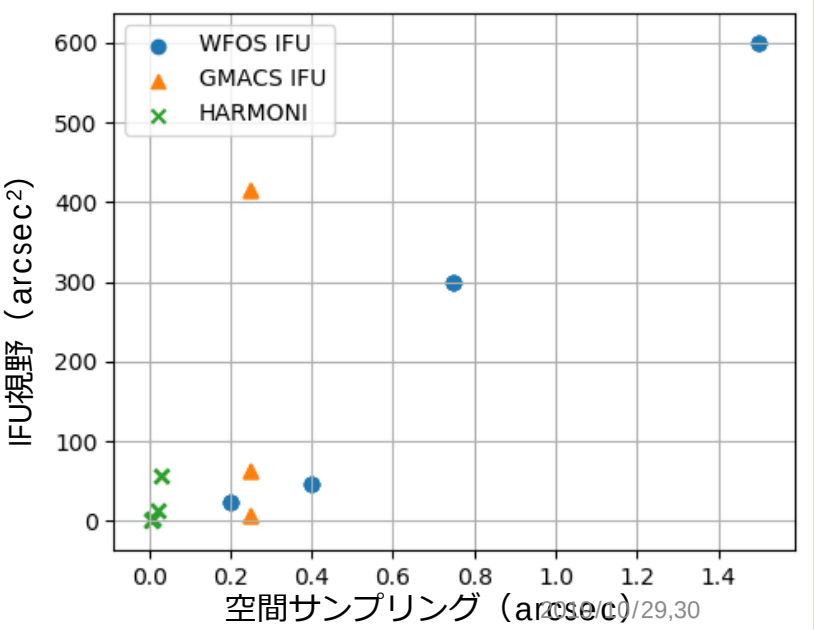
次世代超巨大望遠鏡の可視光IFU

	WFOS IFU	GMACS+MANIFEST	HRMONI
Telescope	TMT	GMT	ELT
Telescope M1 aperture	696 m^2 (D30m)	370 m^2 (D8.2m×7)	1195 m^2 (D39m)
IFU type	Slicer	Fiber bundle	Slicer
Wavelength coverage	0.31 μm – 1 μm	0.32 μm – 1 μm	0.47 μm – 2.45 μm
R	1000, 3500 (, 5000)	1000 - 6000	3200 (0.47 – 2.45 um) 7100, 170000 (0.83 – 2.45 um)
FoV	5.87” x 4” 5.87” x 8” 20” x 15” 20” x 30”	φ2.75” φ9” Φ23”	0.61” x 0.82” 1.52” x 2.04” 3.04“ x 4.08” 6.12” x 9.12”
Spatial sampling	0.2”, 0.4”, 0.75”, 1.5”	0.25”	0.004” 0.01” 0.02” 0.03”

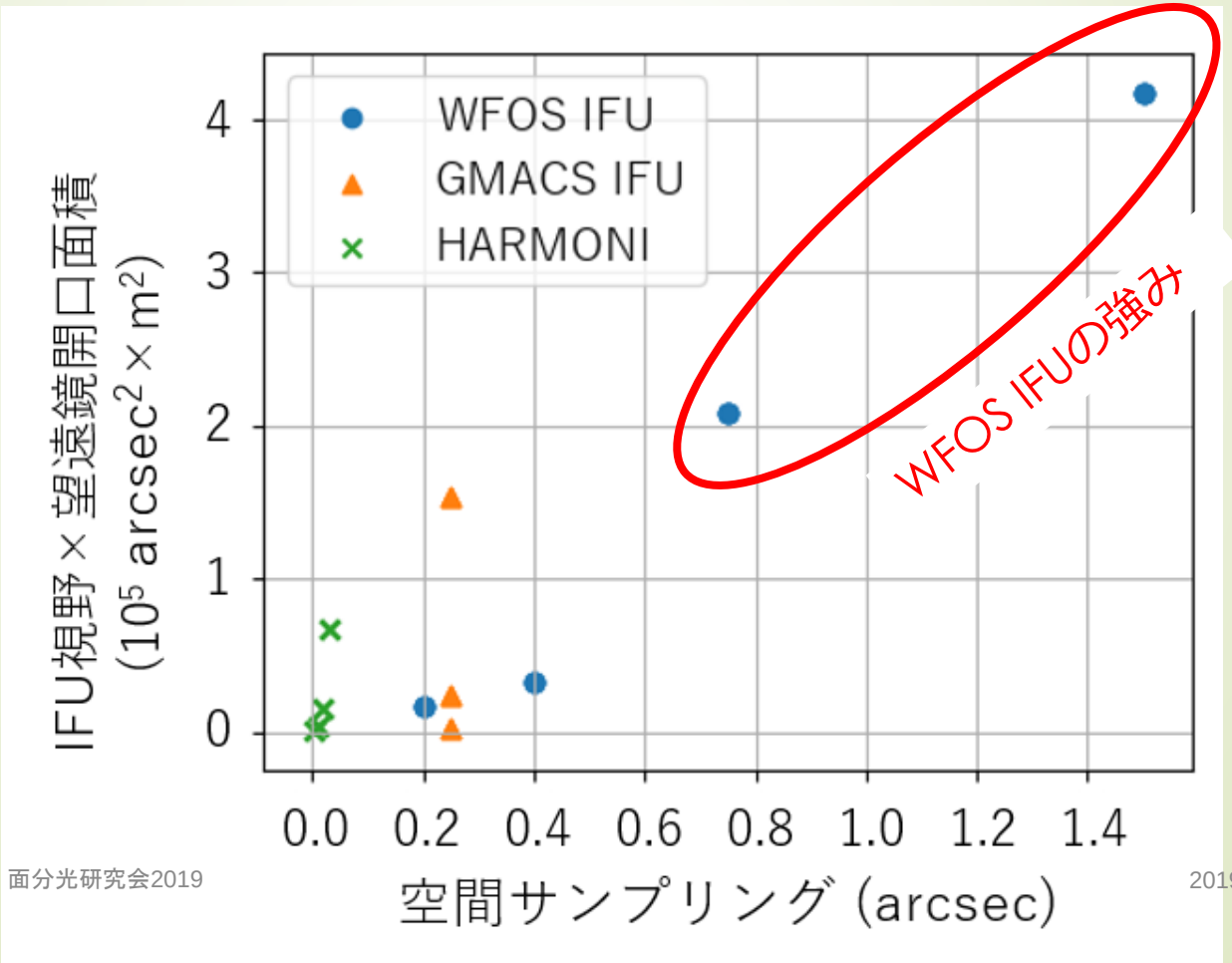
パラメーター比較

- HARMONIは近赤外線重視で細かい構造の観測に適している。
- GMACS IFUはWFOS IFUと似たパラメータースペース
  - GMACSは2016年にデスコープ
  - ここで示しているパラメーターは古いかもしれない。





暗くて大きなスケールに対してはWFOS IFUが一番



まとめ

- 次世代超巨大望遠鏡の時代に、 WFOS IFUは暗くて大きなスケールに対して最高の感度を持つ。
- 宇宙フィラメント構造を直接検出できる可能性がある。
- WFOSアップグレードとしてTMT国際天文台に認めてもらうには魅力的なサイエンスケースが重要
  - サイエンスケースをお持ちの方はご協力ください。