

近赤外多天体 IFU

TMT 面分光器に求めるもの、
すばる面分光器に求めるもの。

多天体IFU分光器の実際

秋山 正幸 (東北大学)

TMT vs Subaru

1. それぞれの回折限界のサンプリングで観測するとバックグラウンドリミットでは表面輝度に対して同じ検出限界。
 - 回折限界で比較すると $0.02''$ (200pc) vs. $0.06''$ (600pc)。1kpc 程度のスケールで平均してみることは 8m でも得意のはず。
2. $30\text{m} / 8\text{m} = 8\text{m} / 2\text{m}$ の対応に近い。では現状で 8m の面分光に対して 2m で面分光の強みは何か？
 - 統計的な数の銀河に対して 3D 分光データを得る。統計を稼ぐことでさまざまな相関関係の散らばりを見ることができる。
 - 2m の面分光探査の例
 - MANGA @SDSS 2.5m, 10,000 galaxies at $0.005 < z < 0.15$
 - SAURON/Atlas3D @WHT Oxford group, early-type galaxies
 - CALIFA @CalarAlto, Potsdam group
 - SAMI @AAO, 5000 galaxies

MANGA at $z=0$ から「すばる」面分光探査 at $z > \sim 1$ へ

MANGA では $z=0$ で 3,600-10,000Å をカバーする。これは赤方偏移 1.0 の銀河では 7,200-20,000Å に対応する。

MANGA では空間分解能 2" (1-3kpc 相当) で近傍銀河を観測する。これは赤方偏移 1.0 の銀河の 0.2" 分解能に対応する。

MANGA では 50-70km/s の波長分解能で近傍銀河を観測する。

ここまではマッチングさせることが可能だが、、、

MANGA では $\log M_{\text{star}} > 9$ について $1.5 R_e$ で連続光で $\text{SN}=5-10$ を目指し、3時間露出を行う。@ $z=0.1$ $DM = 38.2$ である、 $z=1.0$ では $DM = 43.0$ 。

同じ検出限界をすばる@ $z=1$ で目指すことは厳しい。輝線のみ情報に絞る？ (あるいはより近い宇宙に絞る?)。

CALIFAのデータの一例

382 fibers (2.7" core) のバンドルで $z \sim 0.02$ の銀河を面分光探査する。

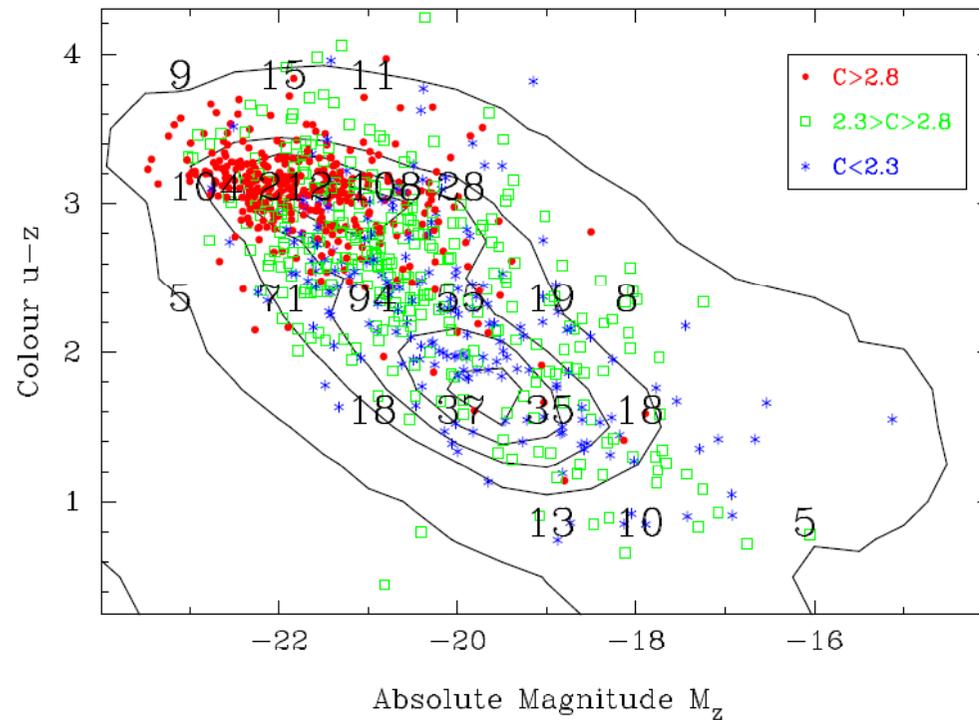


Fig. 3. Distribution of the CALIFA mother sample in the $u-z$ vs. M_z colour-magnitude diagram. The overplotted numbers indicate the number of galaxies in bins of 1 mag in M_r and 0.75 mag in $u-z$. Different colours and symbols represent a classification into bulge- and disk-dominated galaxies as well as intermediate cases, as suggested by the concentration index C . For comparison, the contours delineate the number density distribution of galaxies in the SDSS-NYU catalogue (e.g., Blanton et al. 2005).

Sanchez et al. 2012

CALIFAのデータの一例

銀河全体のスペクトルではなく銀河の中心部領域のスペクトルを取り出すことで中心部の電離メカニズムを正確に捉えることができる。

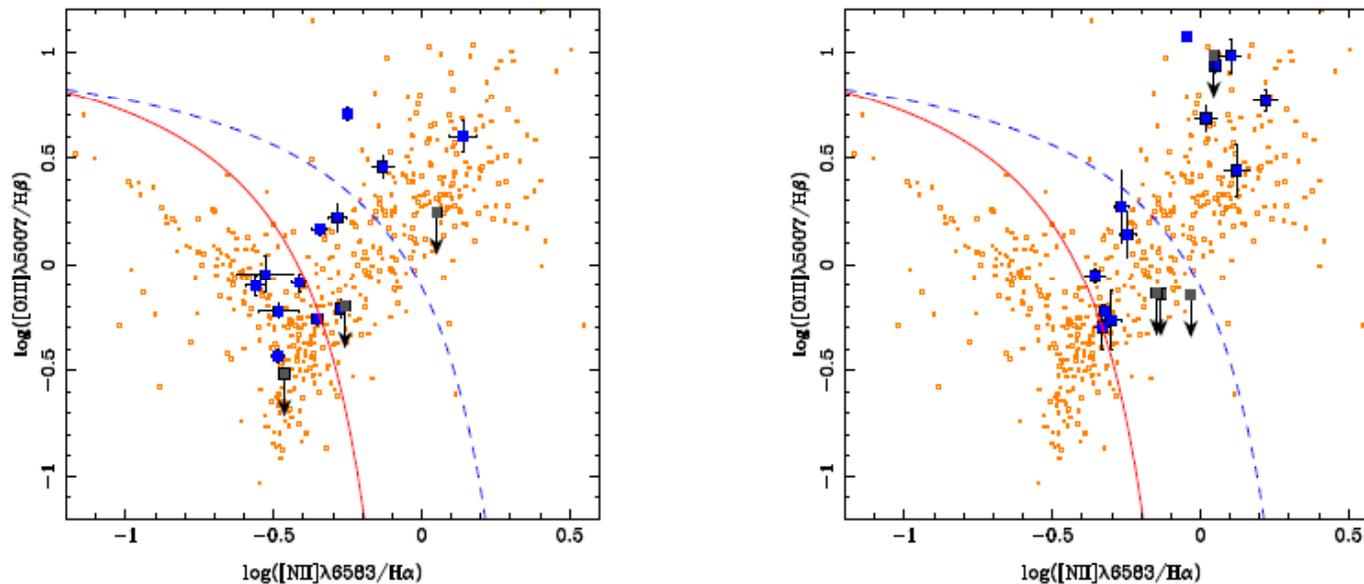


Fig. 20. $[\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta$ vs. $[\text{NII}]\lambda 6583/\text{H}\alpha$ diagnostic diagram for integrated (left panel) and central (right panel) spectra of the currently observed CALIFA sample. Upper limits are indicated with an arrow, if only one of the two ratios could be accurately determined. We also plot data derived from the SDSS spectra of the CALIFA mother sample (orange open squares). The Kauffmann et al. (2003) (blue dashed-line) and Kewley et al. (2001) (red solid-line) demarcation curves are usually invoked to distinguish between SF galaxies and AGN with an intermediate region in between.

Sanchez et al. 2012

CALIFAのデータの一例

星で見た場合の速度構造(左)とガスで見た場合の速度構造(右)。

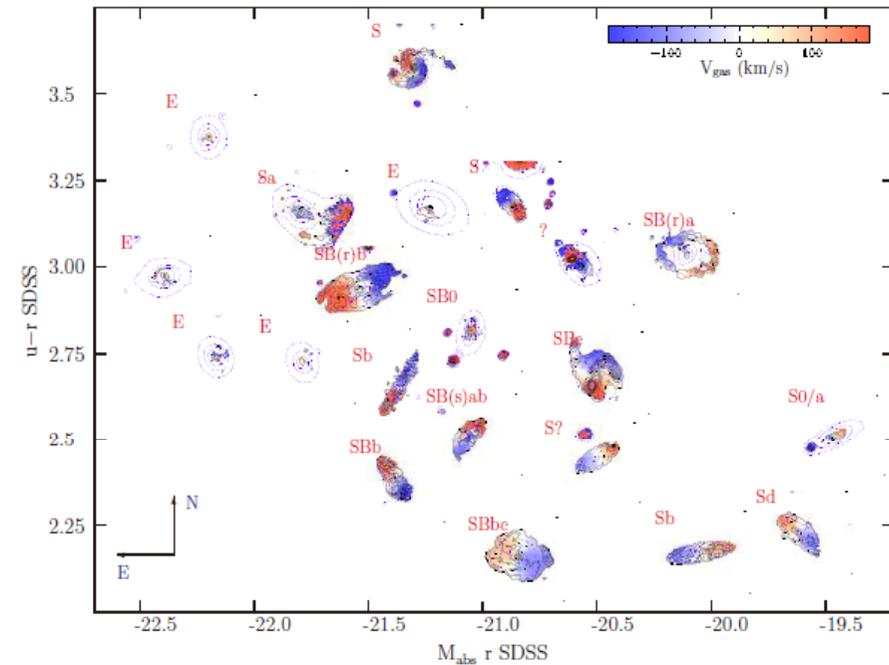
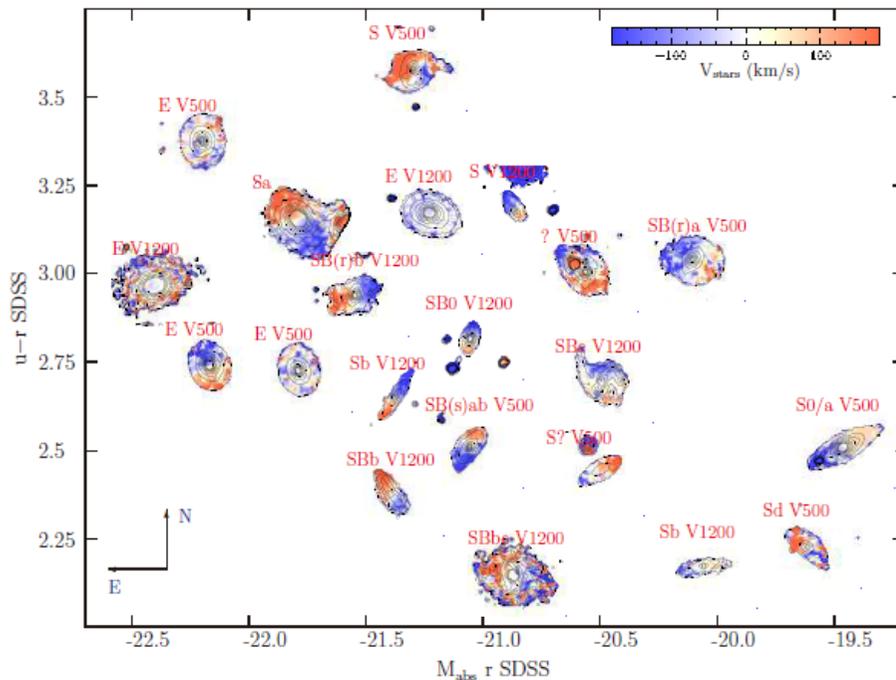


Fig. 26. Color maps showing the velocity field of the stellar component from the V1200-grating dataset in a color-magnitude diagram similar to that of Figure 21. For those galaxies for which the 3σ limiting surface brightness per spaxel was brighter than 22 mag/arcsec^2 , the velocity map was derived from V500 dataset. The contours show the intensity level of the continuum emission at $\sim 4000 \text{ \AA}$, for the same levels as in Figure 21.

Fig. 27. Color maps showing the velocity field of the ionized gas derived from the $H\alpha$ emission. The contours are similar to those shown in Figure 22.

Sanchez et al. 2012

面分光方式それぞれの利点・欠点

3. イメージスライサー

光学系は複雑

素子毎の分離は完全ではない

データ形式はロングスリットに近い

1. マイクロレンズアレイ

光学系はシンプル

データ形式は複雑

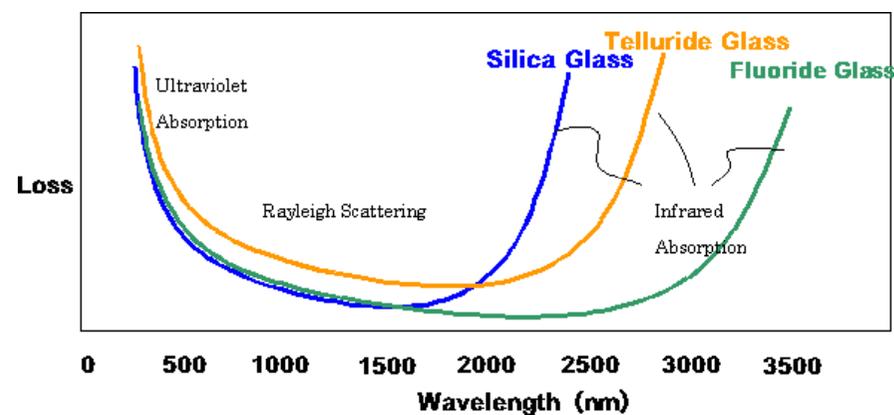
2. マイクロレンズアレイ + 光ファイバー

光学系はシンプル

データ形式はシンプル

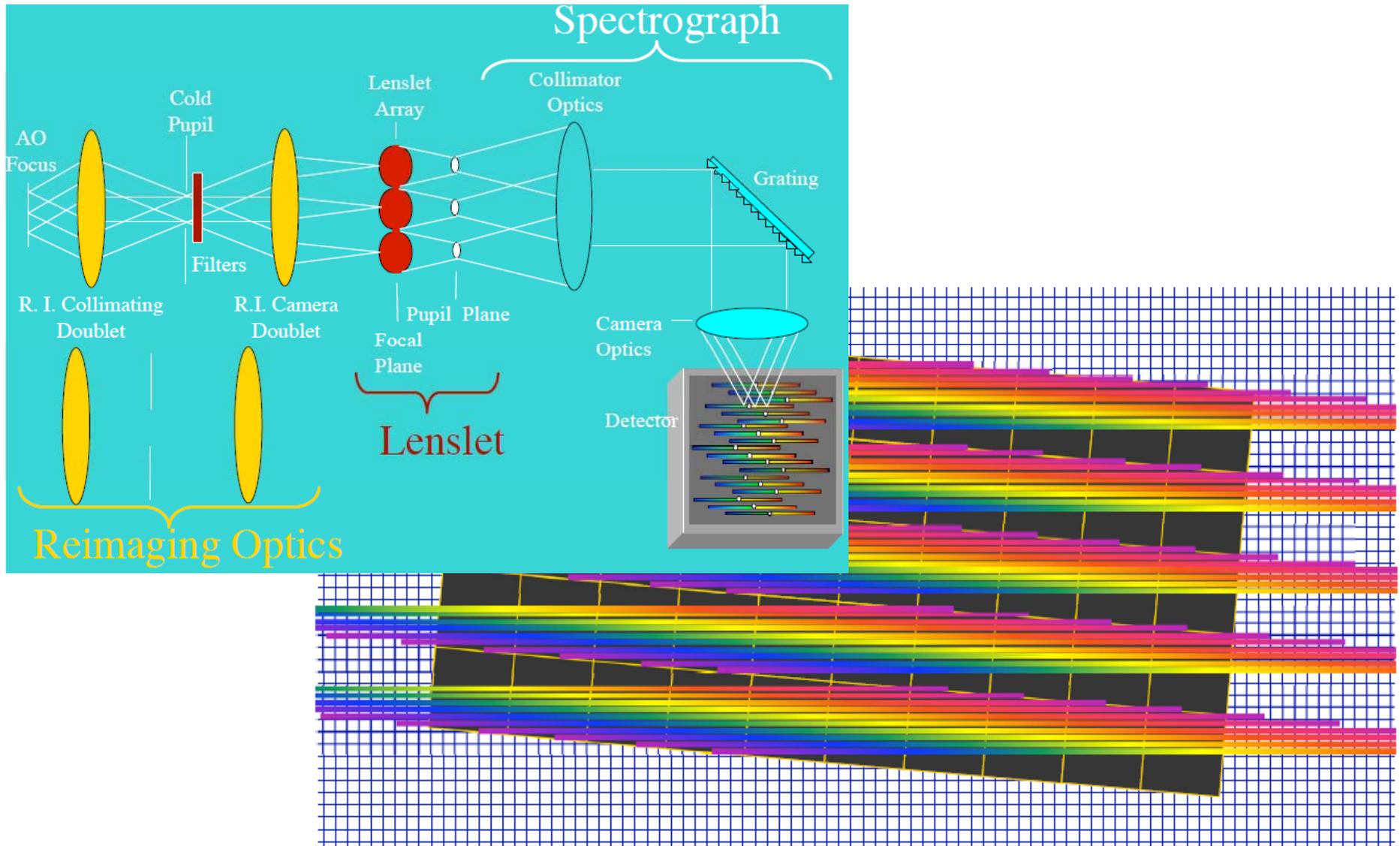
赤外で透過率の良いファイバーが不明

冷却化でのファイバー特性が不明

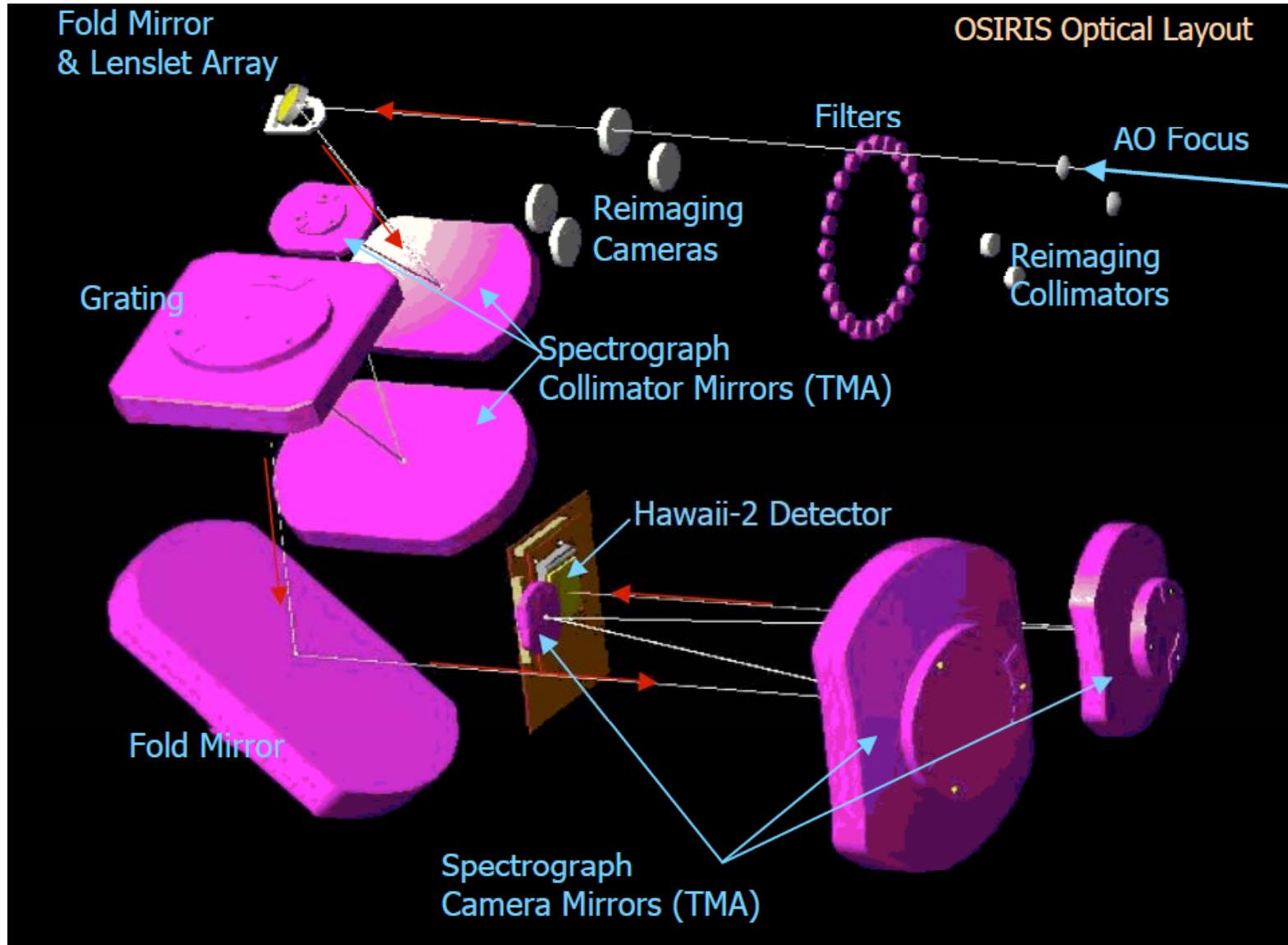


Keck OSIRIS

マイクロレンズアレイを用いて出来る瞳を分光する面分光。

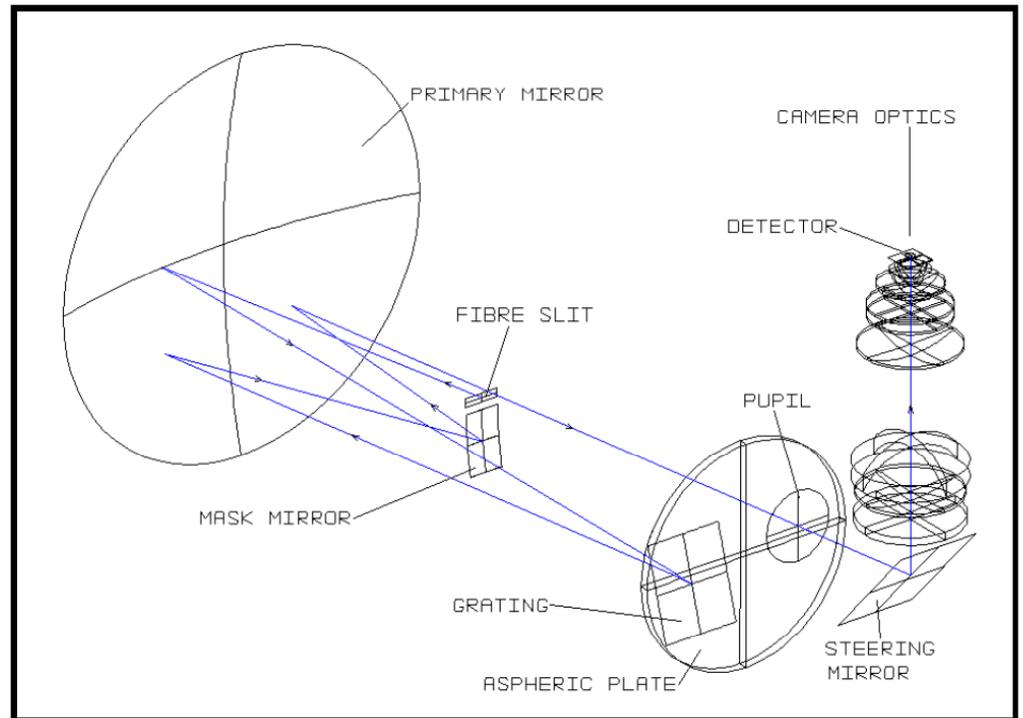
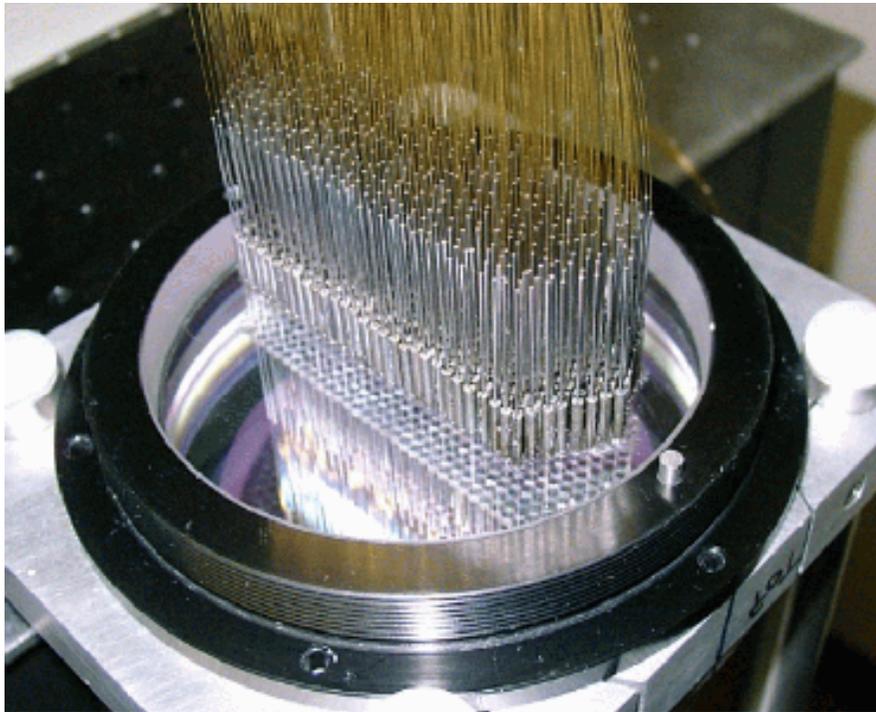
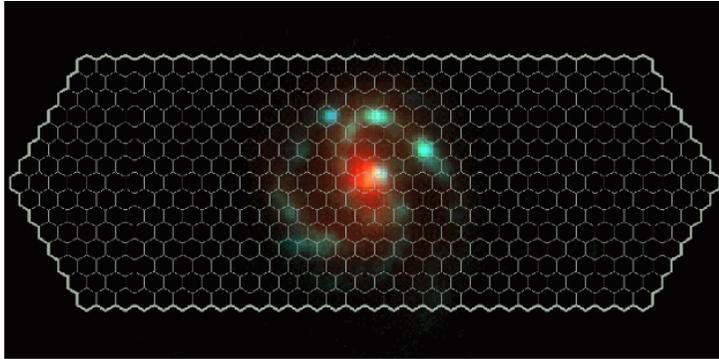


Keck OSIRIS



CIRPASS

マイクロレンズアレイを用いて出来る瞳をファイバーに導入して分光する面分光。1.0-1.67 μm の波長域。



イメージスライサー方式について

視野固定の場合の例

MUSE

Keck/CWI

多天体の場合の例

VLT/KMOS

イメージスライサー

イメージスライサーでの面分光。

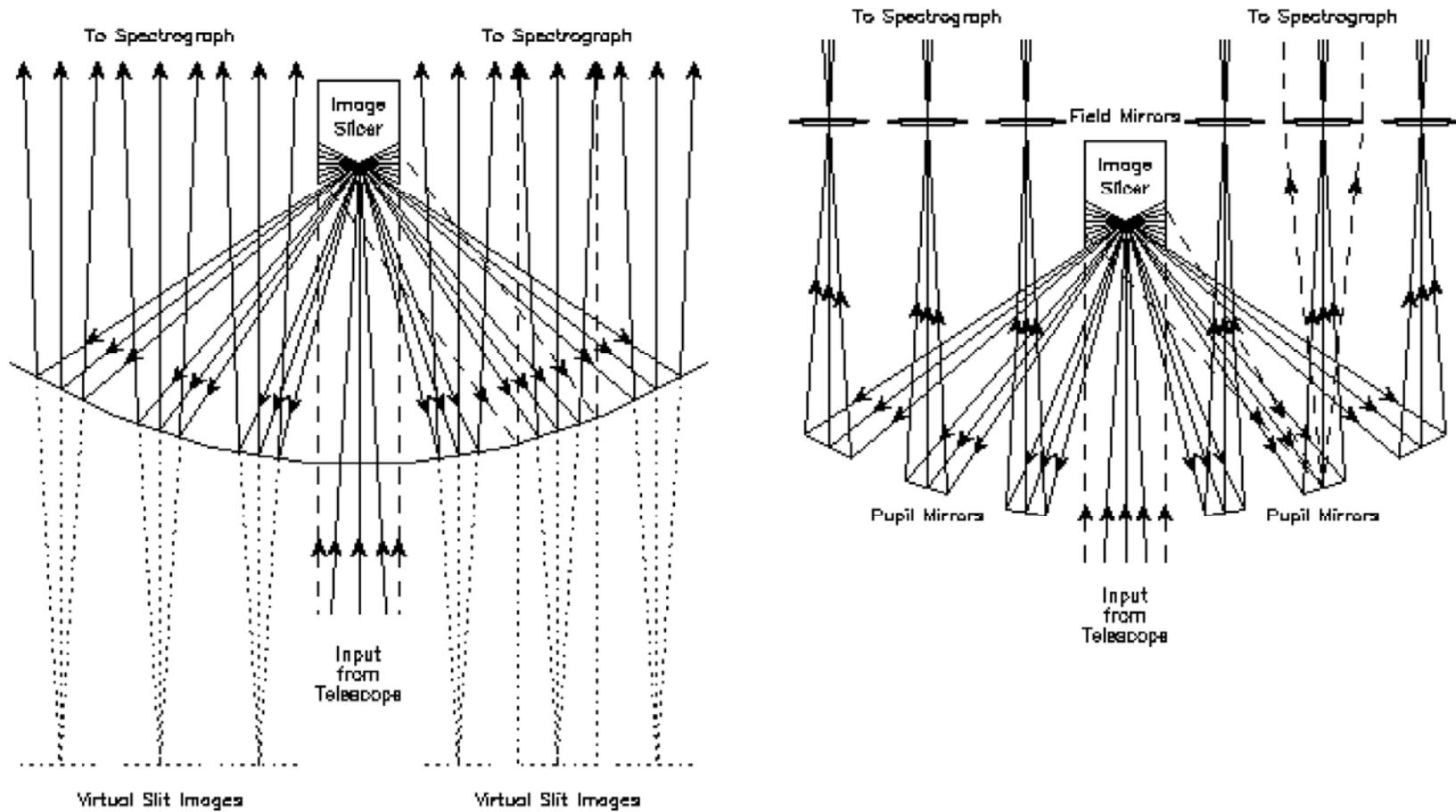


Figure 1: Schematic optical layout of the 3D IFU (left) and the Content² IFU (right).

Gemini NIFS

イメージスライサーでの面分光器。

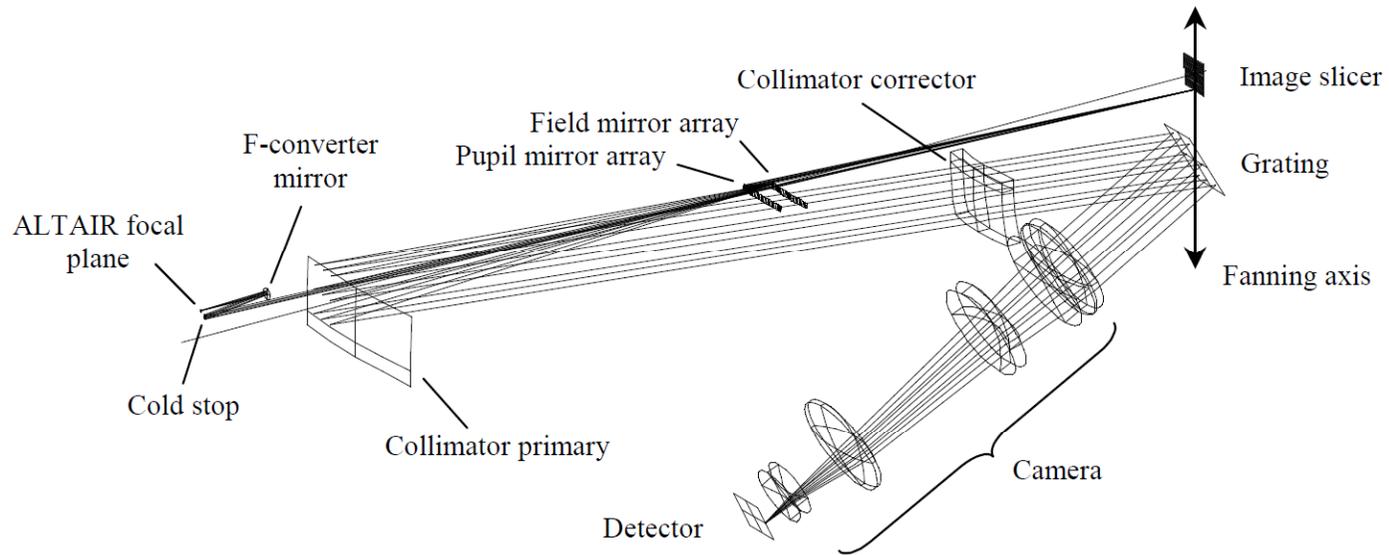


Figure 2: NIFS optical layout showing the concentric IFU at top with fold mirrors omitted. Rays are shown for the far channel of the IFU. Optical components are labeled.

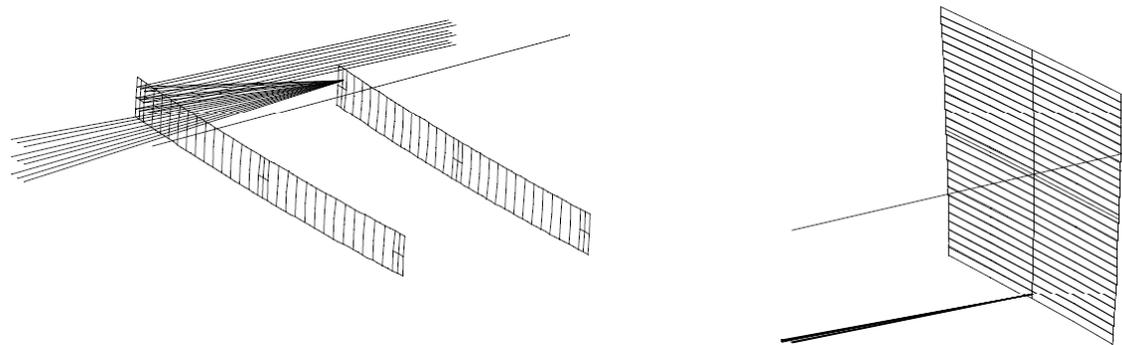
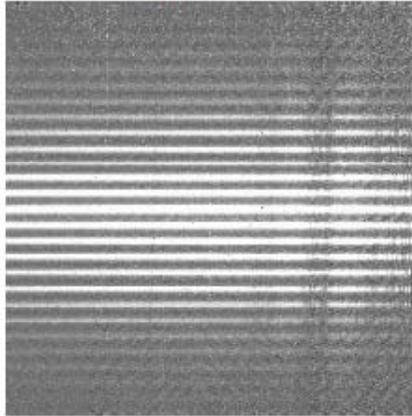


Figure 3: Image slicer (*right*) showing 29 slitlet mirrors each fanned by 0.127°, and pupil and field mirror arrays (*left*) showing rays for the far IFU channel. The orientation is the same as in Figure 1.

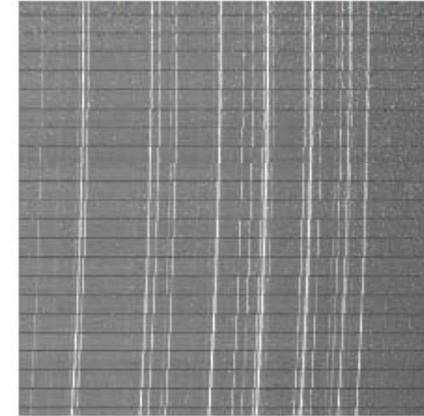
Gemini NIFS 実際のデータ例

Telluric
波長感度補正のための
標準星

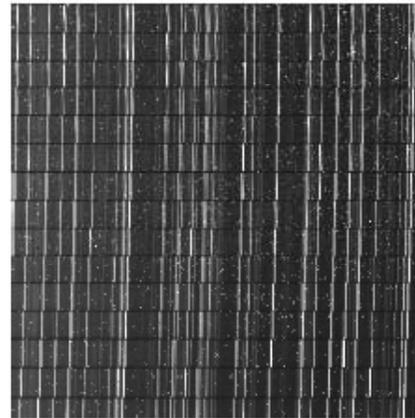


面分光のData

Arc Ar,Xe Lamp
波長校正に使用



Object
夜光だらけ



Flat
感度補正



Ronchi
空間的な歪みの補正

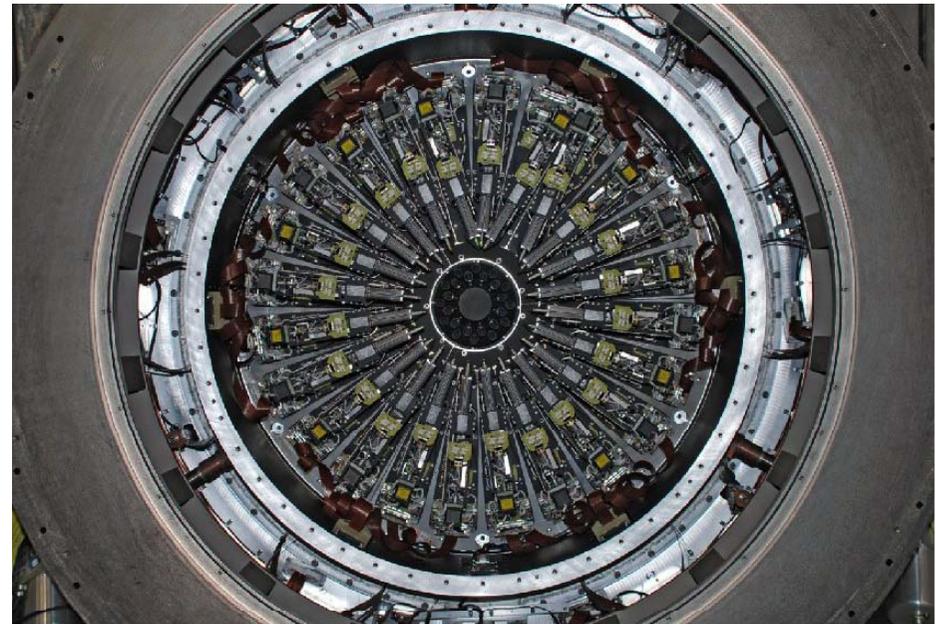
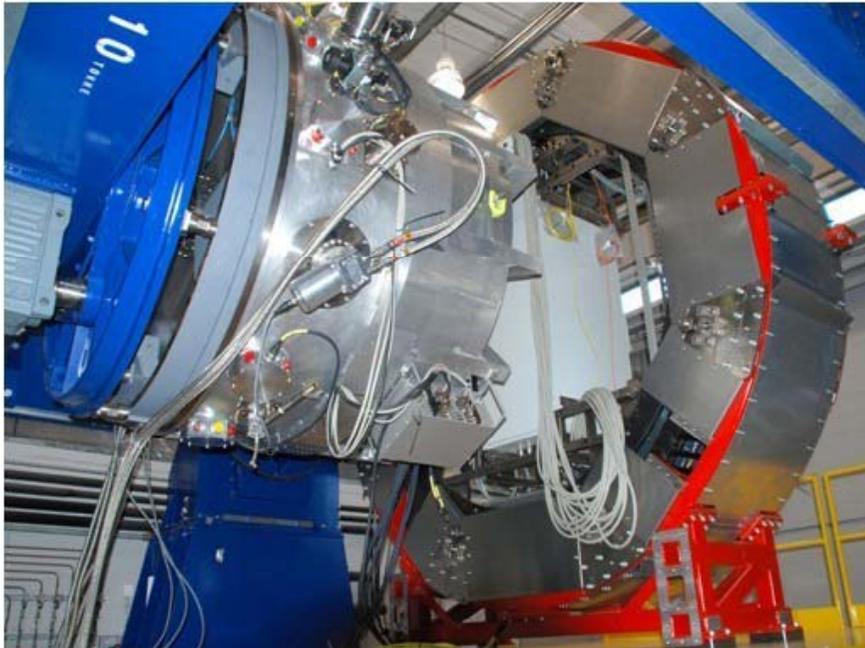


それぞれのdarkも

2012/4/20

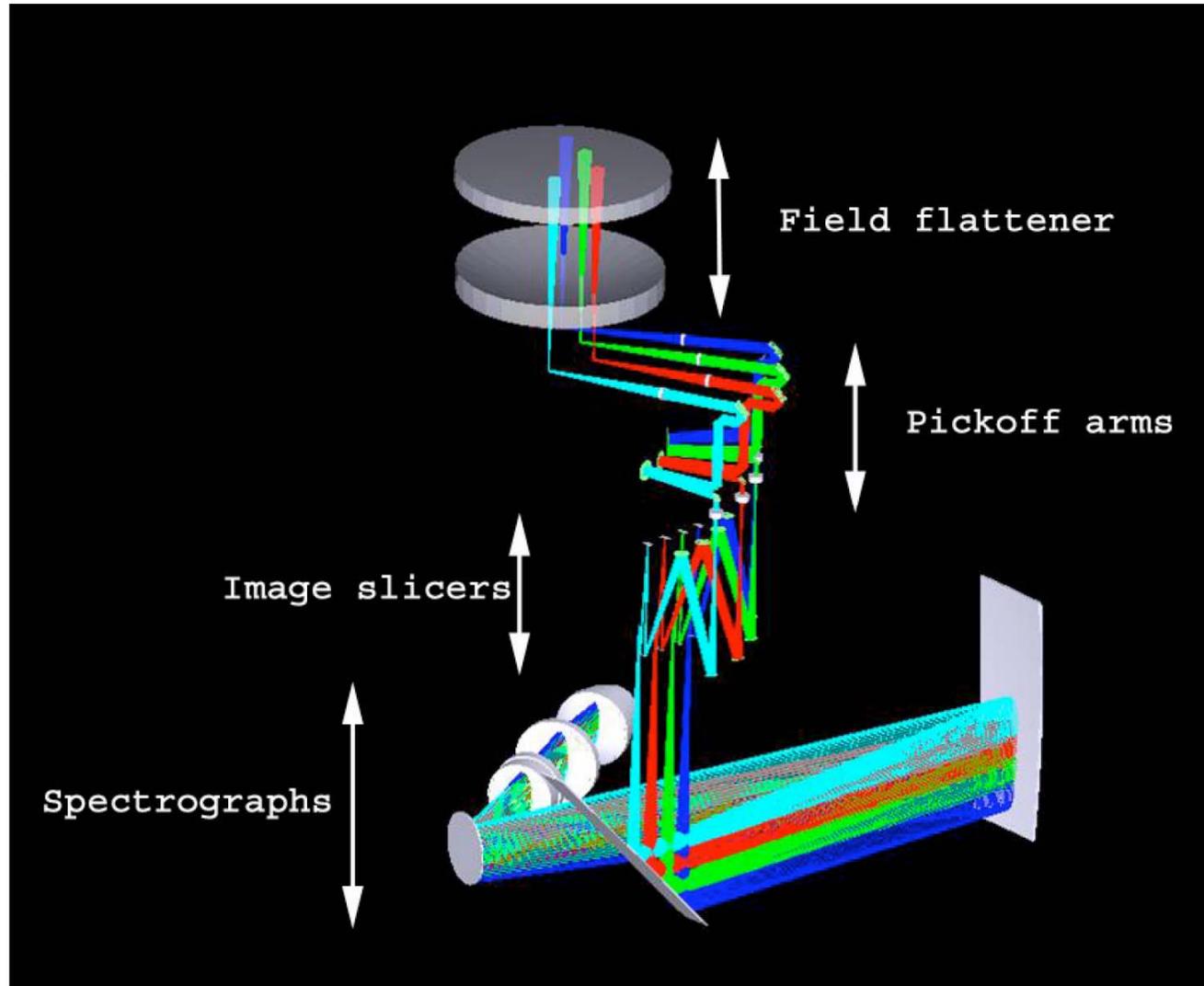
VLT : KMOS (F.L. late 2012)

1.0-2.5 μm IFU で 7.2' 直径の 24 天体を面分光観測する。それぞれの IFU は 2.8" x 2.8" の視野を 0.2" サンプルングでカバーする。光学系は pick-off 部分 24 台、IFU 部分 24 台、スリット分光器部分 3 台、で構成される。Pick-off 部分以降は光学ベンチに固定されている。



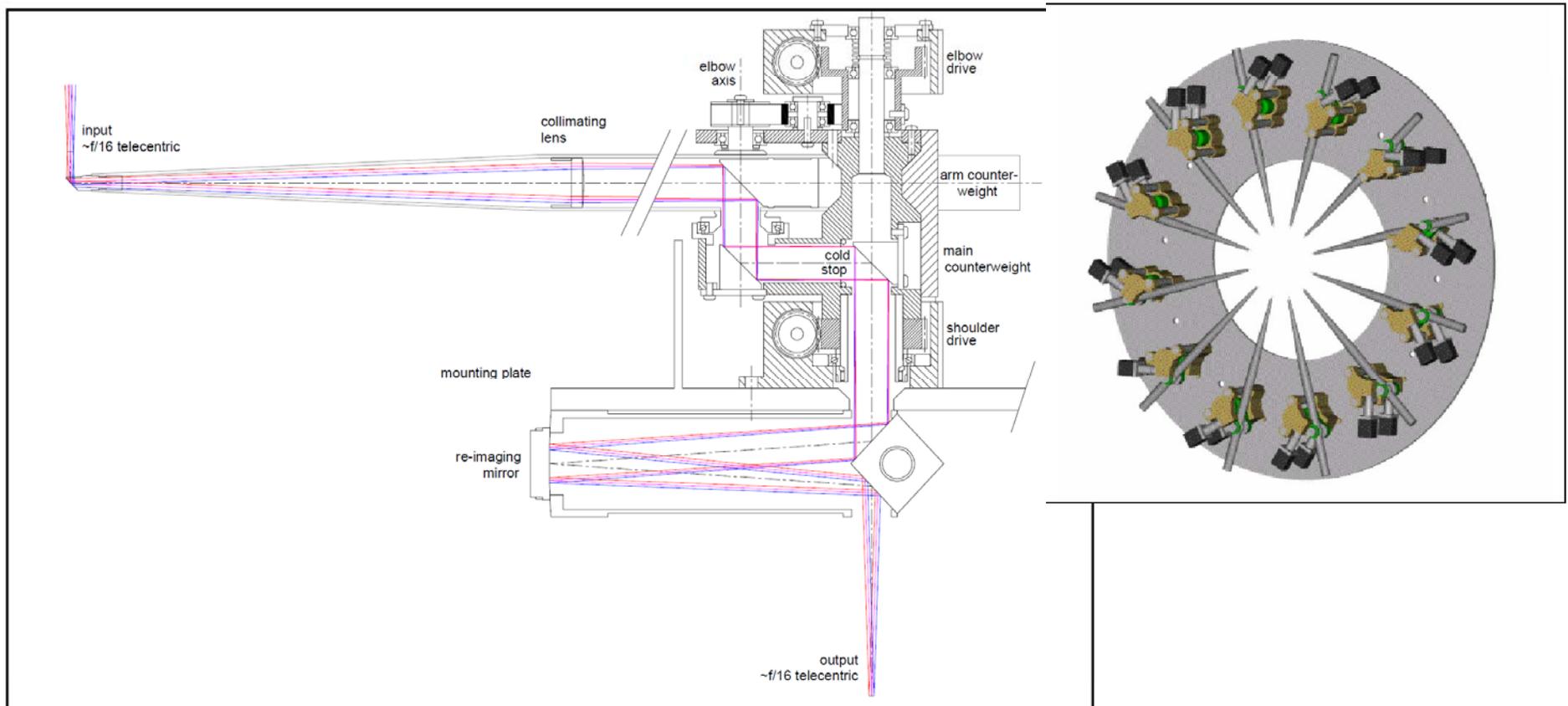
VLT : KMOS (F.L. late 2012)

光学系は 4 段構成。単体の面分光器と比較すると、field-flattener と pickoff arms が加わる。



VLT : KMOS (F.L. late 2012)

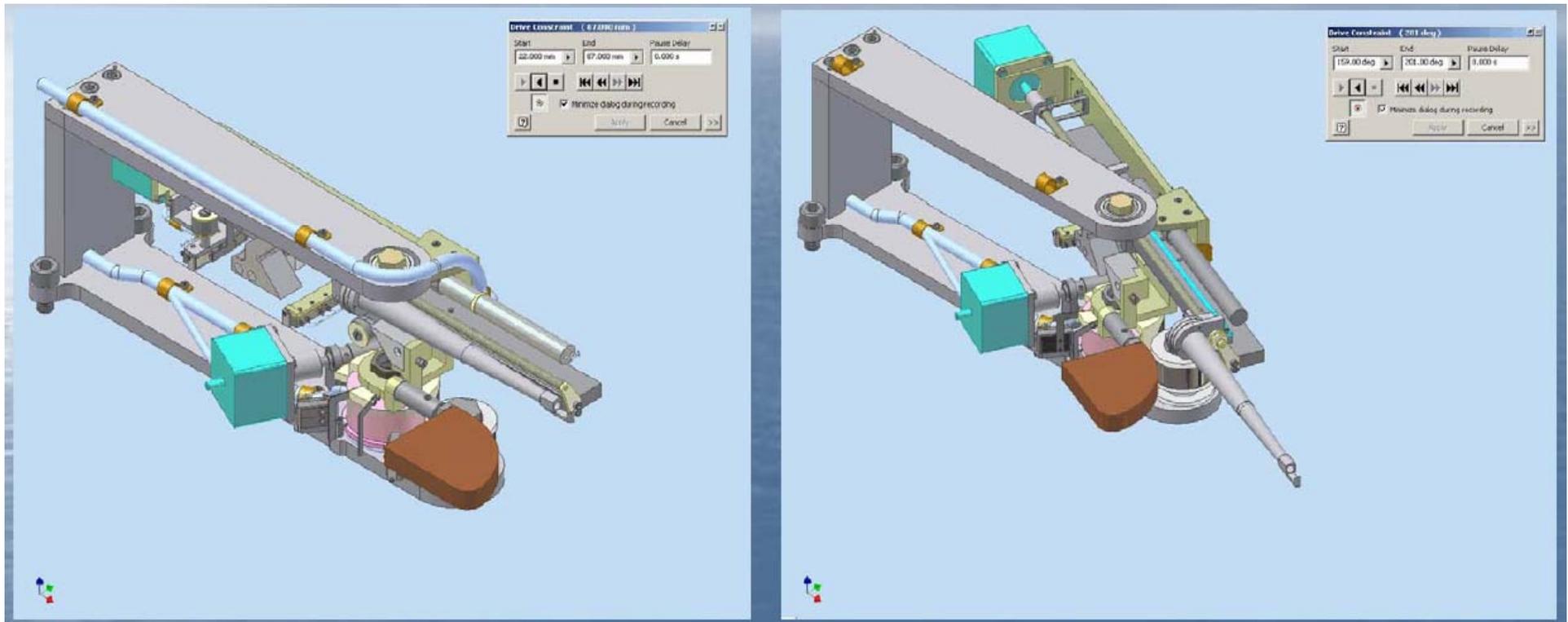
天体の pick-off 部分は 2 軸の回転機構で光学的には再結像系で cold-stop を持つ。



VLT : KMOS (F.L. late 2012)

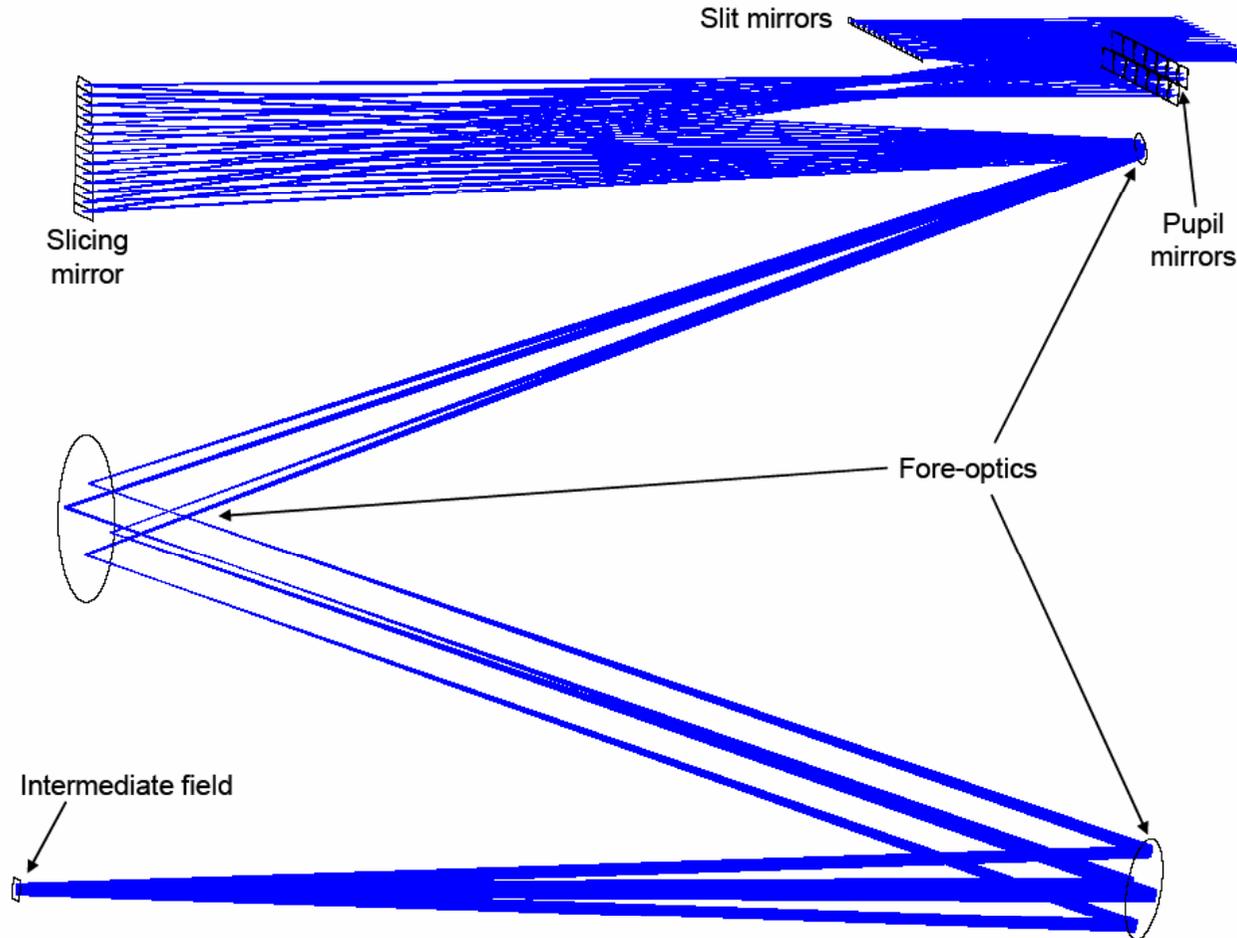
古いデザイン？

アームの長さが変わるのを下の段の光学系で補償。



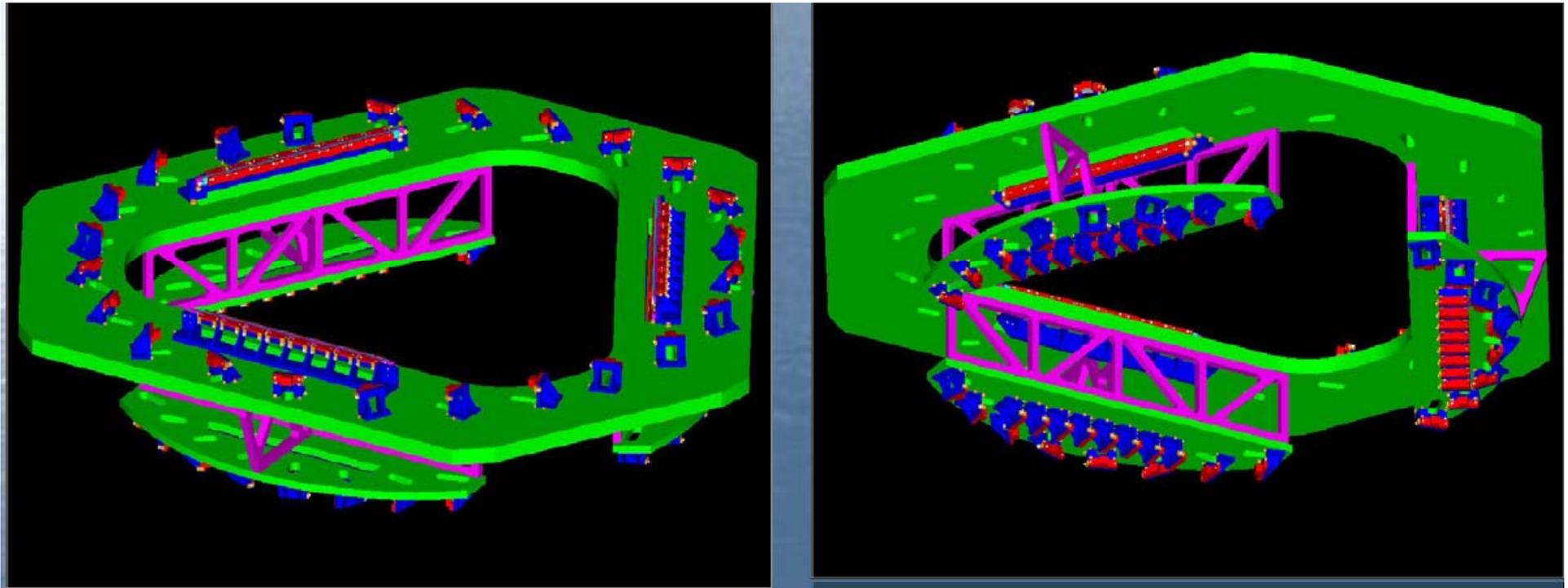
VLT : KMOS (F.L. late 2012)

IFU 部分は全反射系のイメージスライサー。



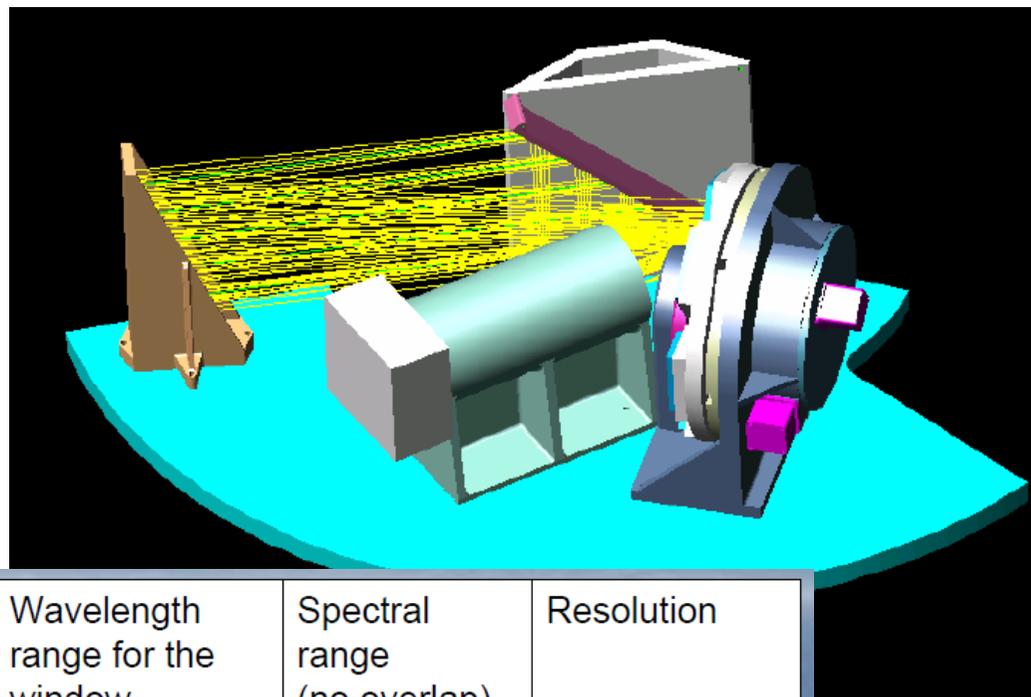
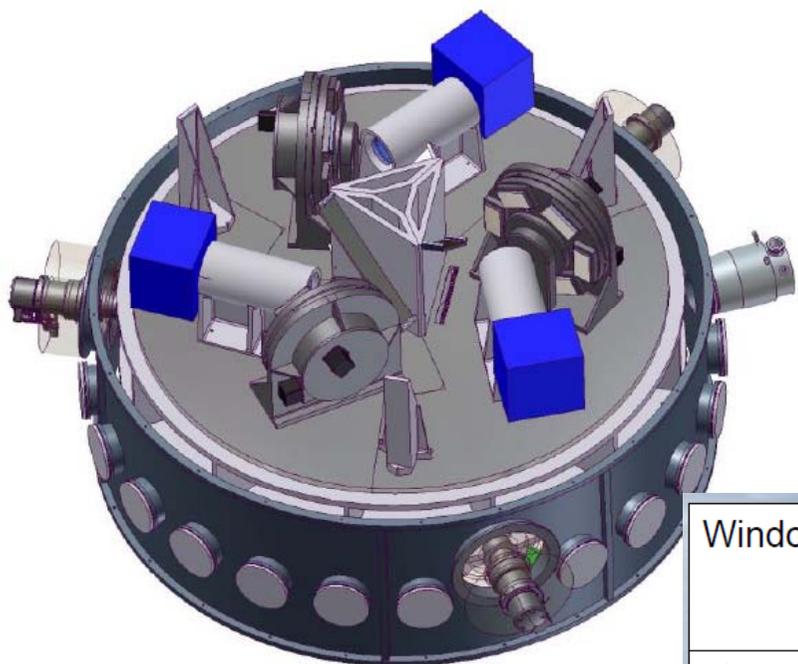
VLT : KMOS (F.L. late 2012)

IFU 部分は全反射系のイメージスライサー。



VLT : KMOS (F.L. late 2012)

反射系のグレーティング分光器が 3 台で構成される。どちらの図も下面がスリット側。15面の反射+1枚レンズ+グレーティング+カメラ光学系。



Window	Wavelength range for the window	Spectral range (no overlap)	Resolution
z†	0.80-1.05um	0.25um	3380
J	1.05um-1.37um	0.32um	3380
H	1.45um-1.85um	0.4um	3800
K	1.95um-2.5um	0.55um	3750
JH	1.05um-1.85um	0.80um	1500
HK	1.45um-2.55um	1.10um	1500