

広視野, 高空間分解能, 赤外線多天体分光器の提案

秋山 正幸(東北大学)

市川 隆(東北大学)内一 由夏(東京大学)

大内 正己(カーネギー) 鈴木 竜二(ハワイ観測所)

東谷 千比呂(東北大学) 本原 顕太郎(東京大学)

山田 亨(東北大学)

2008/08/21

めざすサイエンスと装置の概略

- * 赤方偏移7を超える宇宙の「初代の銀河」を探索する、
- * 赤方偏移2－6の宇宙での「形成期の銀河」の物理を明らかにする、
ことを目指す。 （詳細は午後のセッション）
- * JWST – TMT 時代に JWST では見えないことを見ることを目指す。

そのための装置として、
ある程度広い視野（半径 2'-3'）で
AO を用いた回折限界に近い空間分解能（ $\sim 0.02''$ ）で
多天体（10-20）の
赤外線での(面)分光観測を行う装置を提案する。

どうしてそこに到ったのか？

実現するためにこれからどうすすめるのか？

スタート地点

東谷大内の広視野撮像多天体分光装置の検討会をベースに、
MOSFIRE@Keck のデッドコピーである TMT 赤外線多天体分光器 IRMS をたたき台にして検討を進める。

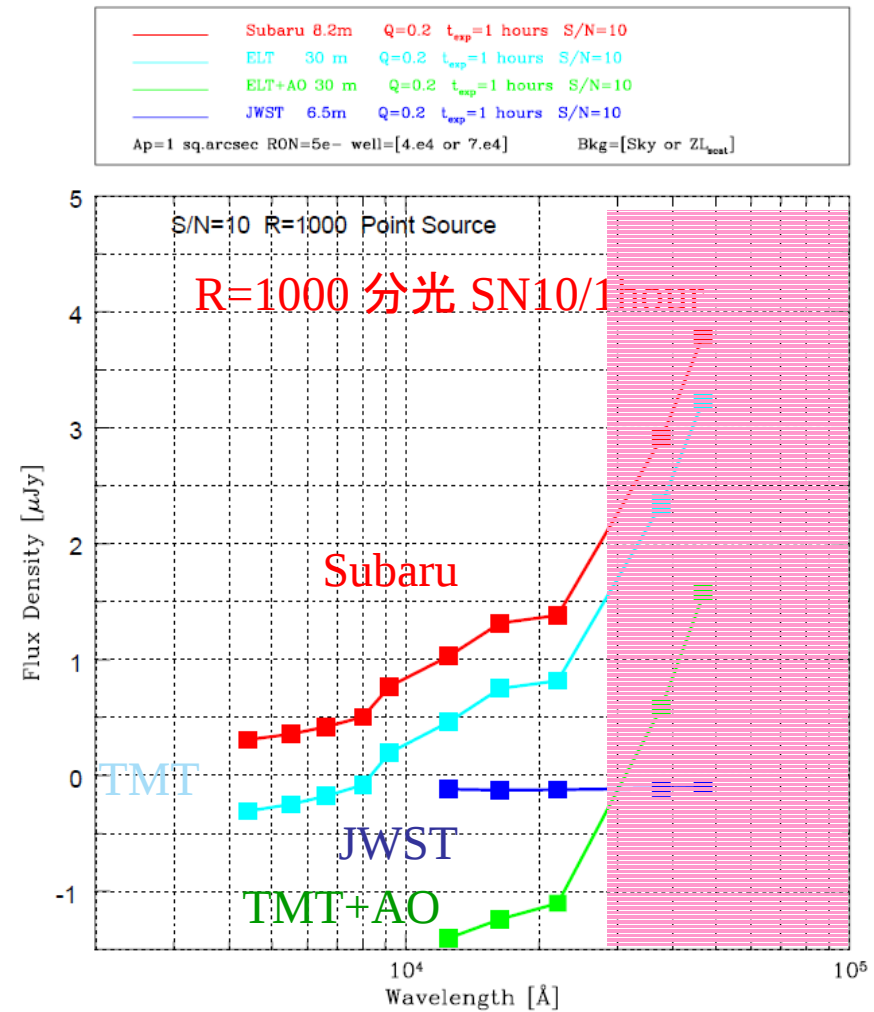
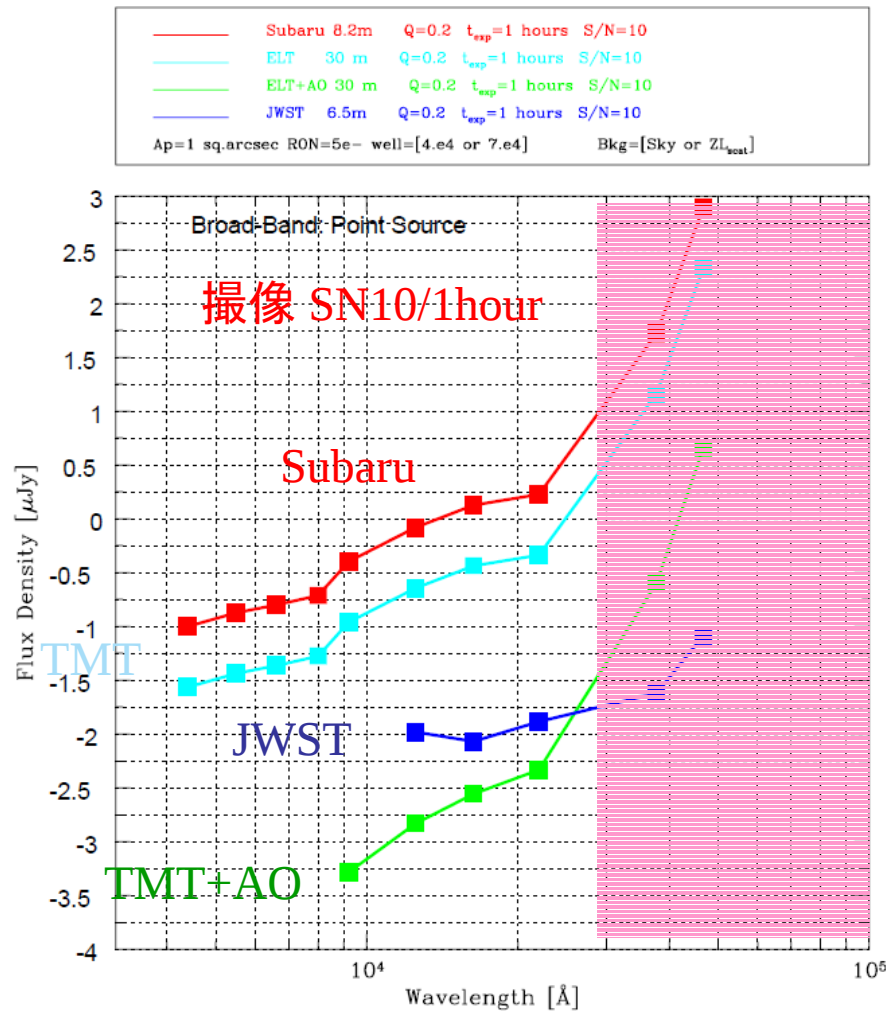
検討中に注目した2つのポイント:

1. JWST の赤外線カメラ(NIRcam)、赤外線多天体分光器(NIRspec) は非常に強力なライバルとなる。視野もかなり広く、多天体分光も可能。JWST-TMT は HST - Keck のような関係にはならないかもしれない。スケジュール的にも JWST が TMT に先行する。TMT の装置ならば JWST では実現できないことを実現しないといけない。

現在提案されているTMTファーストライトの補償光学では、2' 視野の中では回折限界に近い分解能は達成されない。

TMT vs. JWST

点源の場合：TMT: 1.0"/sample or 0.05"/sample vs. JWST 0.2"/sample @ K-band



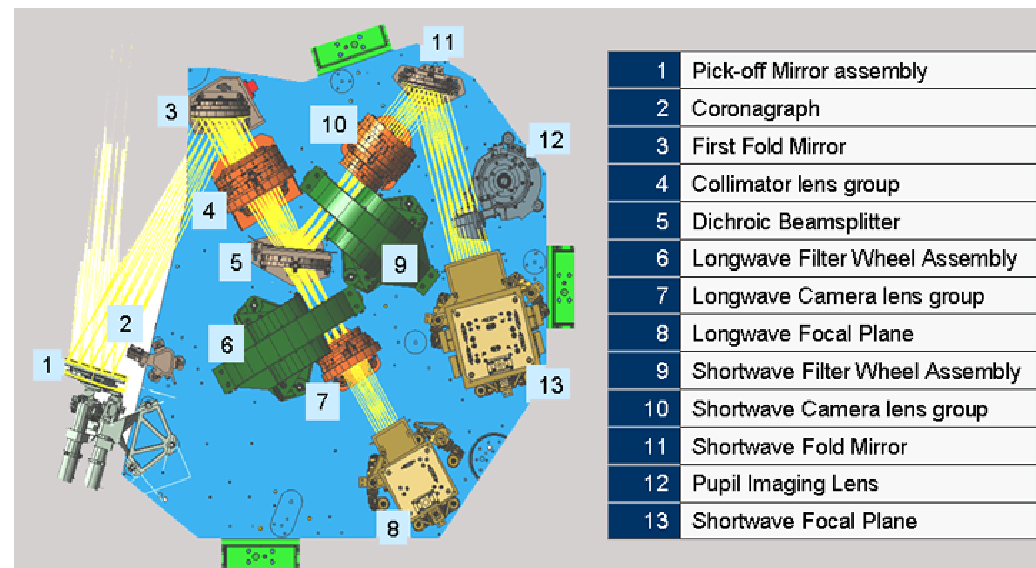
OH夜光の間を考えればさらに暗い天体の分光が可能

JWST の近赤外装置1: NIRcam

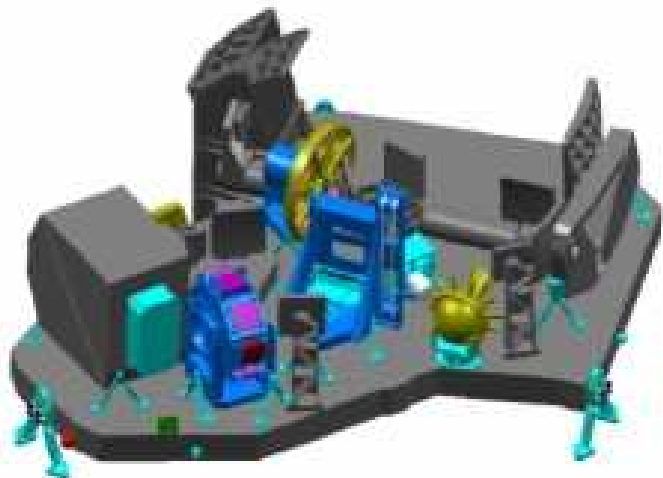
	short	long
Wavelength coverage	0.6-2.3 μm	2.4-5 μm
Pixel scale	0.0317" (Nyq@2 μm)	0.0648" (Nyq@4 μm)
FoV	2.16' x 2.16'	2.21' x 2.21' (同時)
pixels	4k x 4k	2k x 2k

The key design features are:

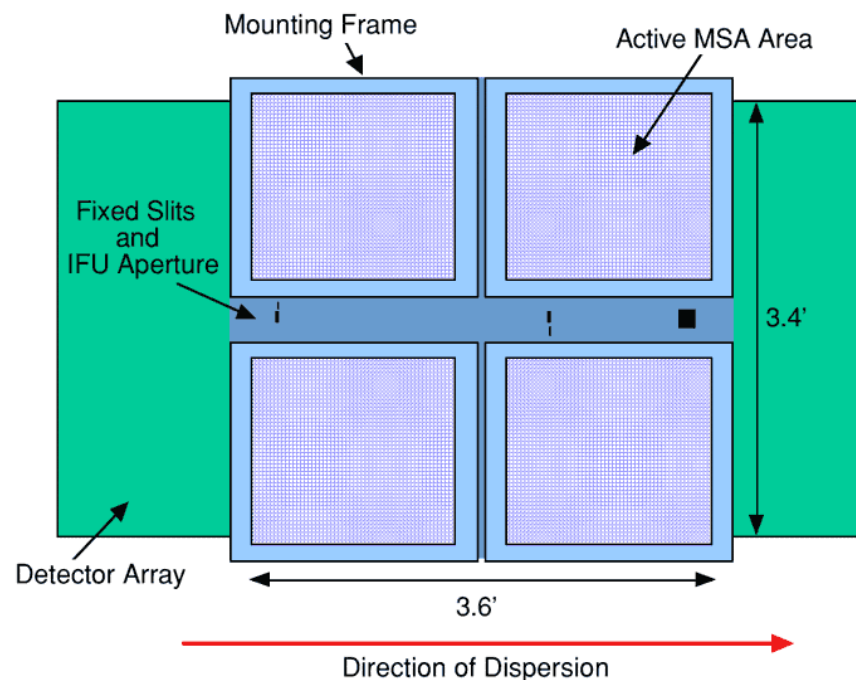
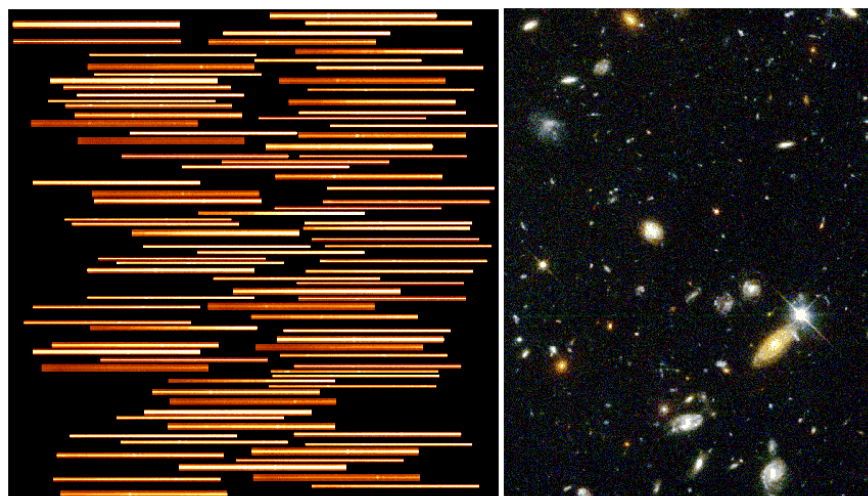
- Nyquist-sampled imaging at 2 and 4 microns -- short wavelength sampling is 0.0317"/pixel and long wavelength sampling is 0.0648"/pixel
- 2.2'x4.4' FOV for one wavelength provided by two identical imaging modules, two wavelengths observable simultaneously via dichroics
- Wavelength coverage from 0.6 to 5 microns
- Selection of broad, intermediate, and narrow band filters ([see chart below](#))
- Choice of pupil positions for imaging, coronagraphy or wavefront sensing
- All NIRCcam modules have coronagraphic spots in the telescope focal plane. The pupil wheels include coronagraphic masks.



JWST の近赤外装置2: NIRspec



- Multi-object dispersive spectrograph (MOS) for 1-5 μm
- $R \sim 1000$ or $R \sim 100$ for MOS
- MOS pixels $\sim 0.2''$, and cover a $\sim 3' \times 3'$ field
- Capable of observing > 100 objects simultaneously.
- Several fixed slits and an IFU ($3'' \times 3''$) are also available with R as high as 3000.
- Being built by the European Space Agency



スタート地点

もう一つのポイント:

2. TMT (JWST) で分光可能な明るさの遠方の銀河の数密度はそれほど高くない。よって多天体の観測を有効に行う(>10 天体)には比較的広い視野で回折限界に近い観測を実現することが重要になる。

視野内のターゲット天体の数

- 1時間 (10時間) S/N=10で検出可能(+可能性有)な天体の「平均」個数
 - FoV=10 arcmin²とした場合 : point source AO無し (括弧内はAO有でextended-point source)

Object	撮像モード	分光モード
All obj (K band)	600 (300-2000)	60 (8-1000)
DRG	40 (>20-40)	3 (>1-40)
BzK	>30 (>30)	4 (0-30)
z~7 dropout (by J continuum)	0 (0-500)	0 (0-17)
z~9 dropout (by J continuum)	<0 (0-300)	<0 (0-8)
z~7 dropout (by Ly α) down to JWST limit (~30mag)	N/A	80
z~9 dropout (by Ly α) down to JWST limit (~30mag)	N/A	<40
z~7 LAE (by Ly α)	N/A	~5 (0-7000) x field variance by 2-10
Submm galaxies down to ALMA limit (~0.1mJy)	>10	>10

Refs: Minowa+05,Thompson+05, Foucaud+07,Kajisawa+06, Kong+06,Hartley+,Bouwens+08,Kashikawa+06,Coppin+06

スタート地点

あと一つのポイント:

3. かなり高い波長分解能で観測しても TMT の集光力のおかげで background limit で観測できる。

波長分解能 vs. background-limit

MaunaKea background :

<http://www.gemini.edu/sciops/telescopes-and-sites/observing-condition-constraints?q=node/10787#Near-IR-short>

3 photons / s / nm / arcsec² / m² @ 1.0micron

2 photons / s / nm / arcsec² / m² @ 1.5micron

1 photons / s / nm / arcsec² / m² @ 2.0micron

X **R~3,000** with 5 pixel sampling = 0.06nm @1mic, 0.13nm @2min

X TMT (700m²)

X 0.02" x 0.02" = 0.0004 arcsec²

X 100% efficiency

= 0.04 photons/pixel/s with TMT

vs. dark current of the detector.

X 600s

= 60 photons/pixel with TMT

vs. RON of the detector.

With TMT if dark<0.01e-/pixel/s and RON<3e-rms, then background-limited upto **R~3,000**

スタート地点

JWST に対抗するには、

「回折限界に近い高い空間分解能 ($\sim 0.02''$)」

「比較的広い視野 ($> 2-3'$) での多天体分光」

「高い波長分解能 ($R \sim 3000$)」

の観測を行う必要がある。

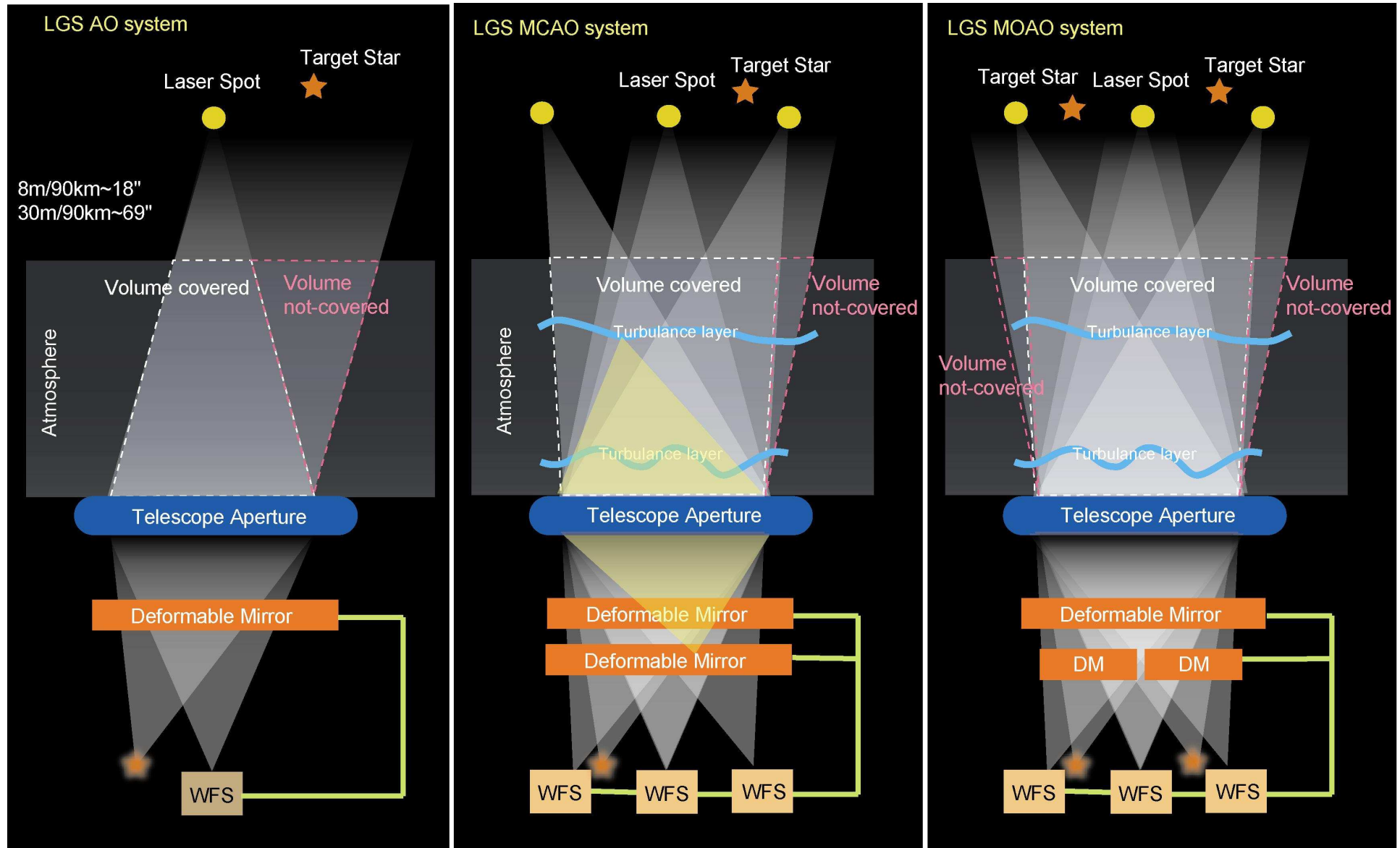
「高空間分解能」「広視野」 近赤外多天体 IFU 分光器

すでに TMT の IRMOS として提案されていたが、開発要素が多すぎるので第1期 (early-light) 装置からは外された。

2 件の実現可能性検討が存在する、IRMOS-Tipi (Caltech+)、IRMOS-UFHIA (UFlorida + Canada HIA)。

いずれも Multi-Laser Guide Star の MOAO (Open-loop AO) で回折限界「近い」分解能での IFU 観測を目指す。サイエンス用光学経路は Ground-layer の1DM (piezo: large stroke) と上層の1DM (MEM: small stroke) の 2DMs の構成。

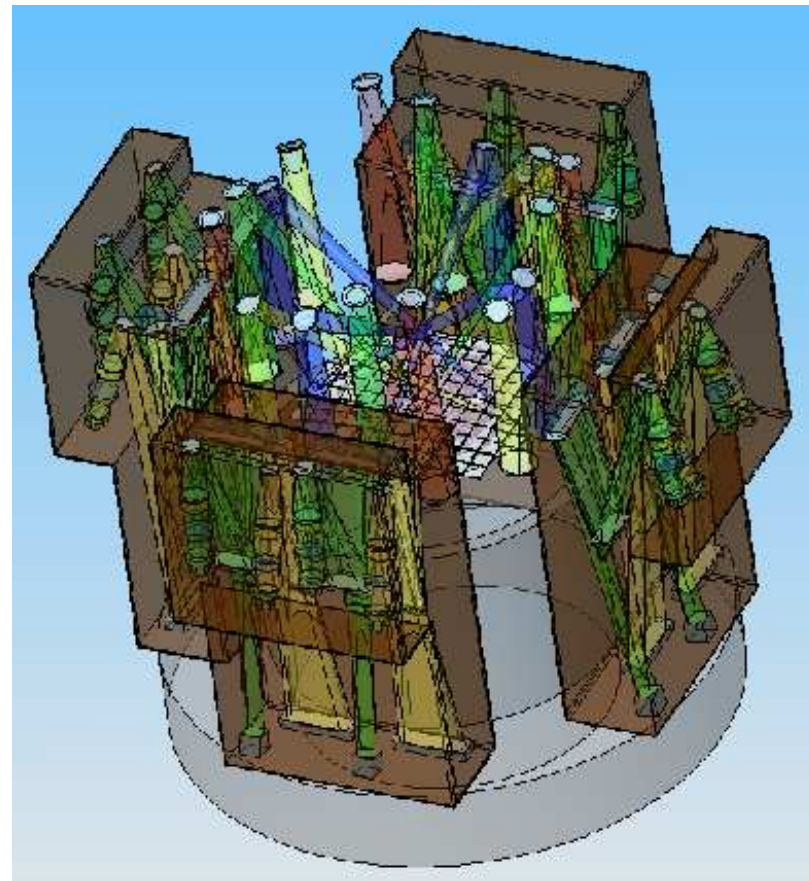
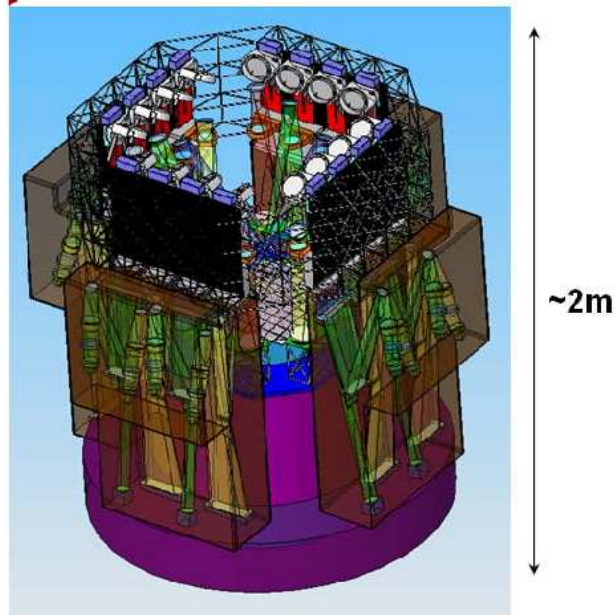
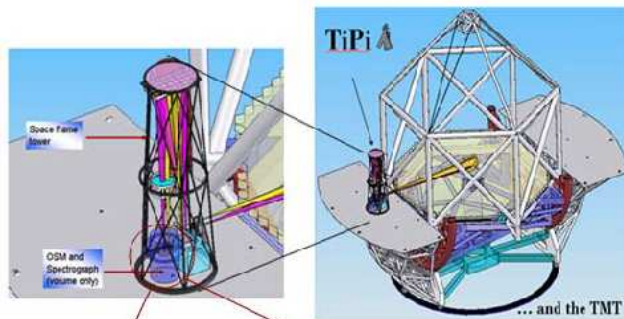
広い視野、多天体、の次世代AO



実際には: IRMOS/Tipi の場合

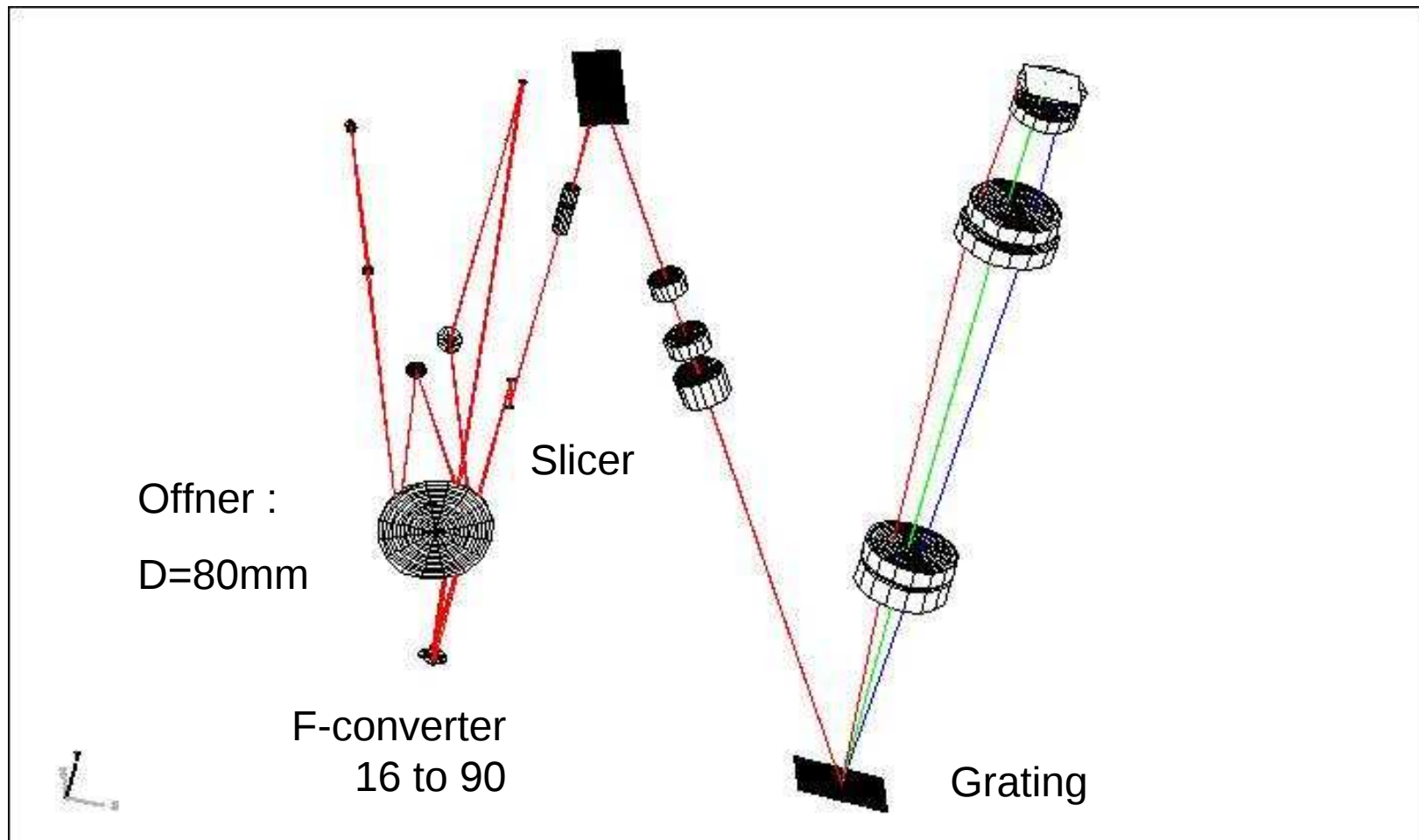
Ground-layer 用の DM は始めの Offner-relay の中で視野全体で共通。

高層用の DM は各天体の分光器の光学系の中。



IFU分光器部分

Gemini/NIFS の光学系などを参考に考え始める。これを必要なだけ並べる。



これからのタイムスケール

フィージビリティ調査： 年度内

広視野、多天体、補償光学系のシミュレーションによる評価

どのようなレーザー数？配置？

どのようなフィードバック方法？

必要となる機械的 (DM stroke、素子数)

多天体 IFU 光学系の概念設計

分光器光学系の概念設計

実験開発項目のリストアップ、スケジュールリング

概念設計： さらに2年程度？ここまでは何とかこぎつけたい。。。

AO テストベッドを作成して実験室でのフィージビリティ確認。

IFU 光学系の試作、「すばる」での実地試験？

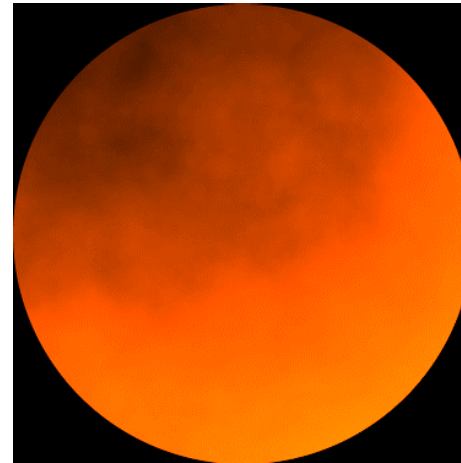
AO シミュレーション

Arroyo (AO simulation C++ library) を用いた単純な LGS のシミュレーション。
30m circular @ MK with one LGS@90km

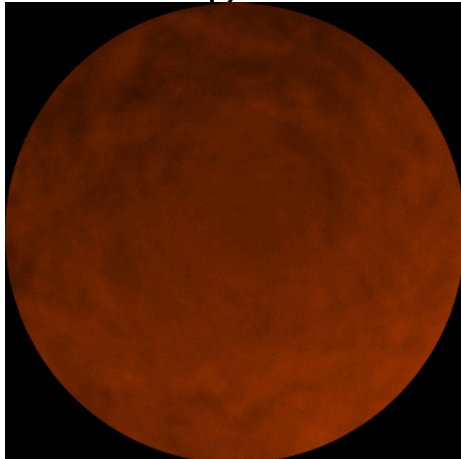
Target wave front



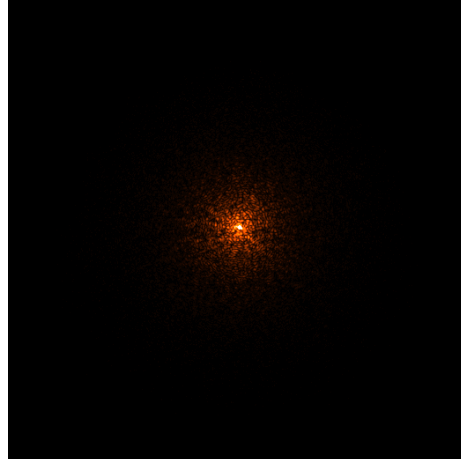
LGS wave front



Corrected target wave front



Corrected PSF



広範な協力体制が必要。。

フィージビリティ調査： 年度内

広視野、多天体、補償光学系のシミュレーションによる評価

東北大で、ハワイ観測所：大屋さん他のアドバイスを元に進めていく

IFU 光学系の概念設計

3次元分光に興味のあるグループを巻き込む

分光器光学系の概念設計

これまでの赤外カメラなどもとにして

概念設計： さらに2年程度以上？

AO テストベッドを作成して実験室でのフィージビリティ確認

大学での AO 基礎実験

工学部 MEM DM の開発？

IFU 光学系の試作

興味のある方は是非一緒にやりましょう！

(質疑応答 — Q:質問, A:回答, C:コメント — 氏名無しは発表者の発言, 敬称略)

(Q) TMT と JWST の感度比較は同じ波長分解能でのものなのか？ R ~ 3000 だと薄まってしまうのではないか？ また銀河は点源ではないので、感度比較はかなり異なるのでは？ (吉田み)

(A) R ~ 3000 くらいまでは大丈夫という意味。広がった天体の構造をみるのは TMT の方が良い。ただし広がった暗い天体を発見するのは JWST が先行するだろう。

(Q) early-light instrument から外された観測装置を日本で開発しようとする理由は？ (斉藤)

(A) 開発要素については今後検討してチャレンジしていきたい。

(Q) 開発のタイムスケールは早くないか？ (斉藤)

(A) 早くはない。まずは 2009 年末までに机上で十分に検討したい。