

2012/12/17,18 第二回可視赤外線観測装置ワークショップ

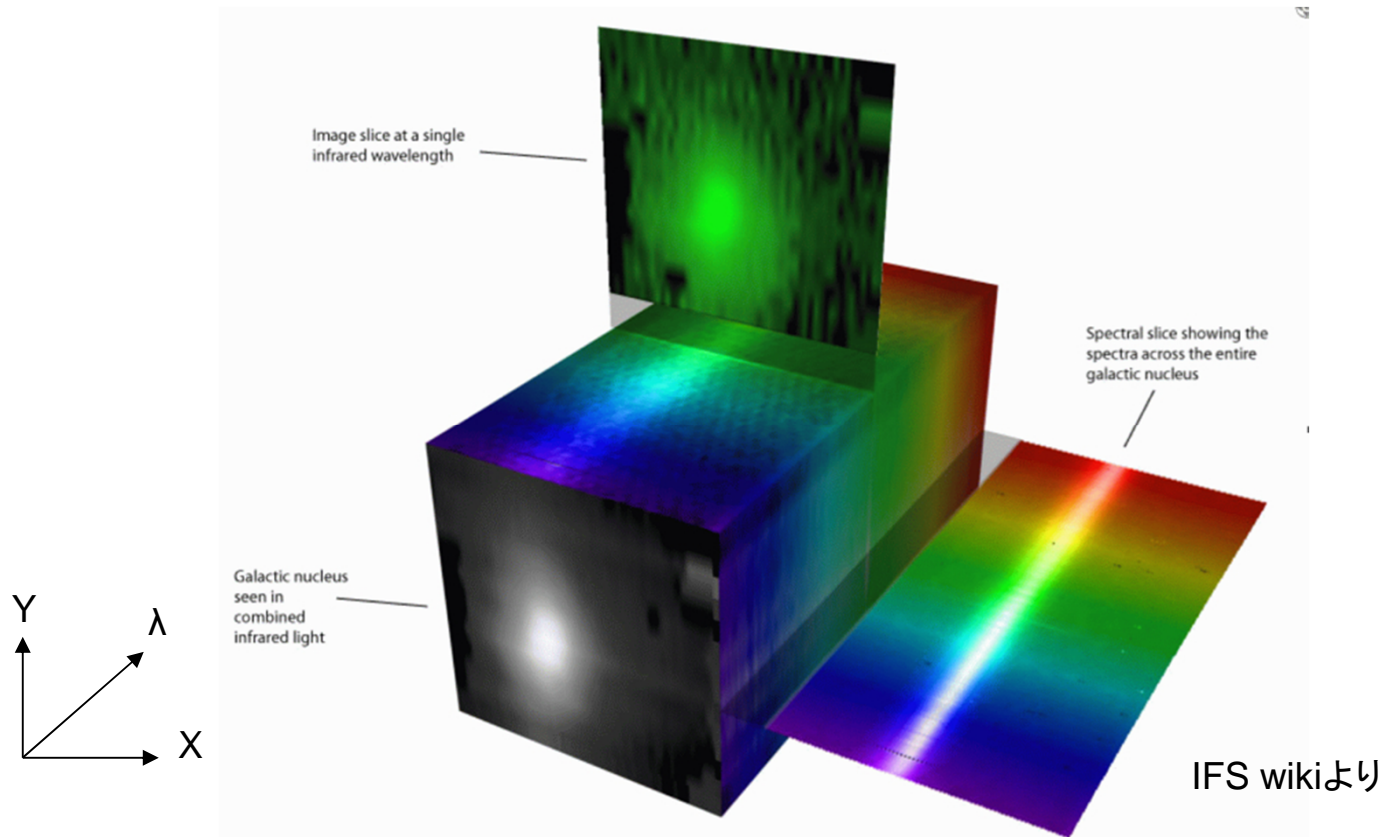
面分光に用いられる技術

国立天文台 先端技術センター

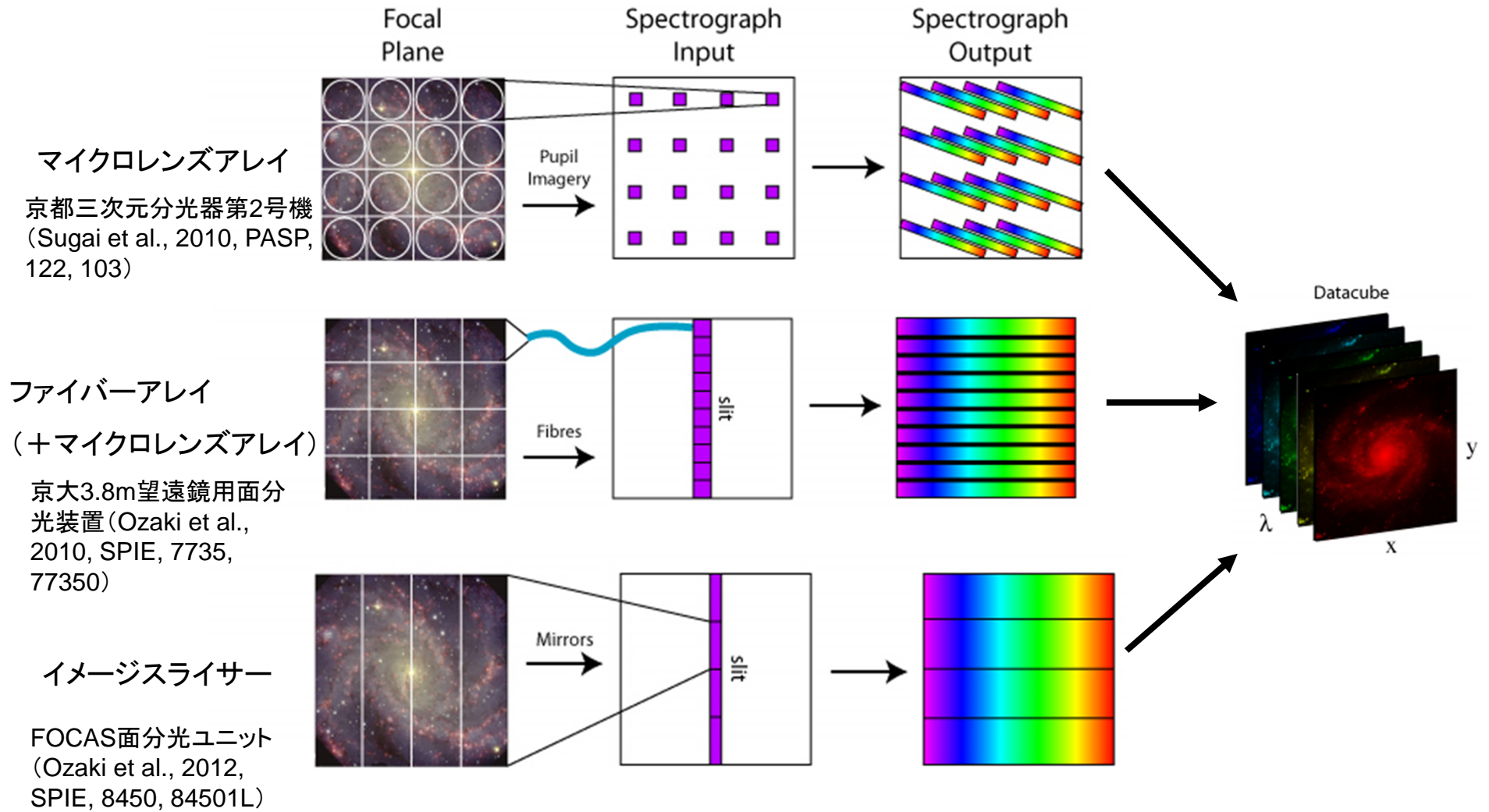
尾崎忍夫

面分光

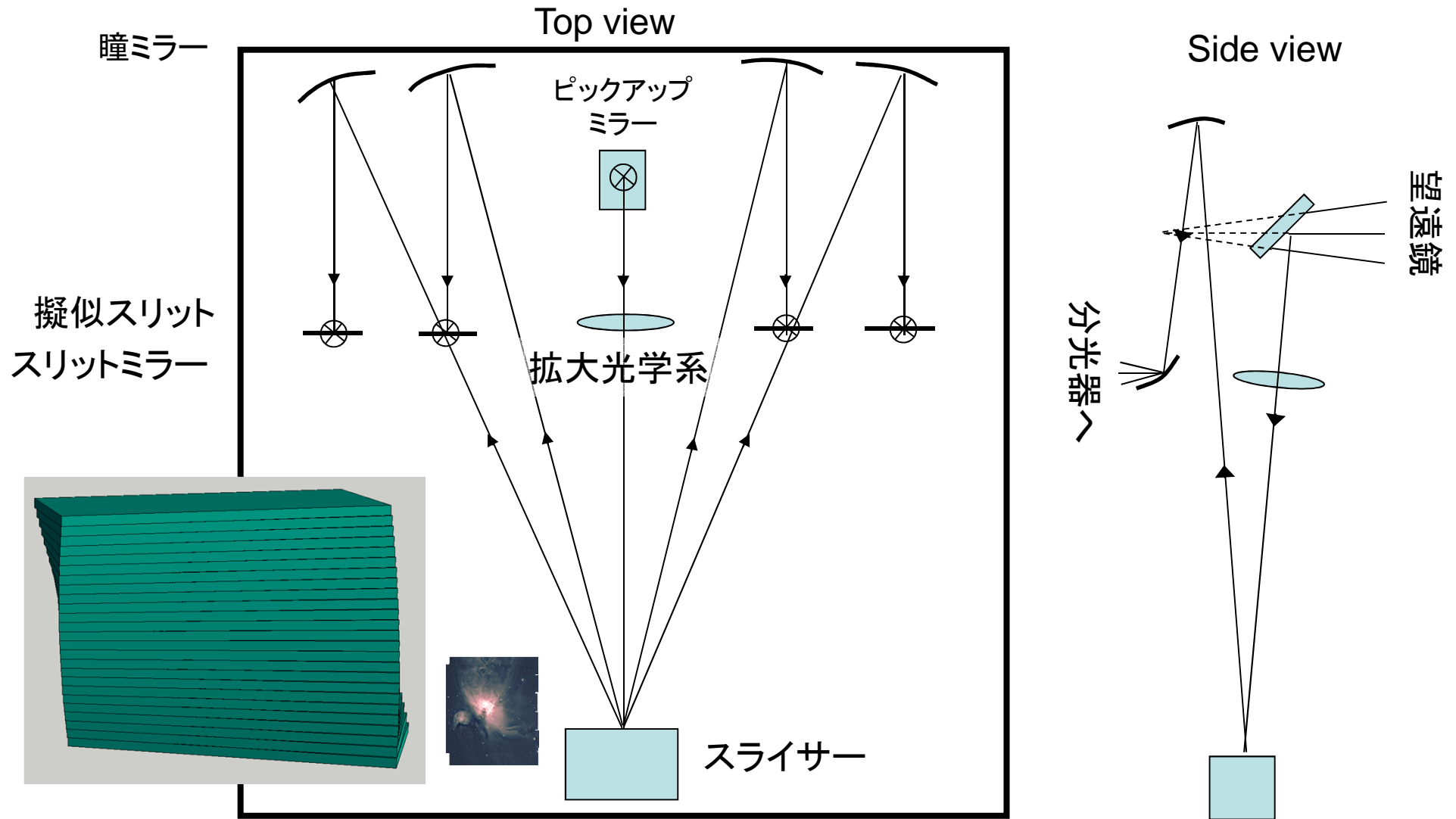
- 空間方向2次元、波長方向1次元の三次元データを一度の露出で取得する観測手法
- 広がりを持った天体の詳細研究に最適
- 最近では光赤外の重要な観測手法の一つとなってきた



3つの面分光のタイプ



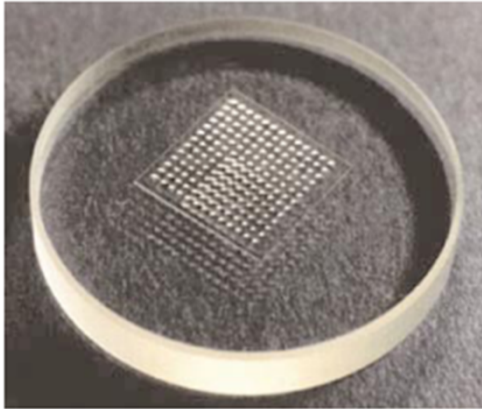
イメージスライサータイプ



各タイプの特徴

- マイクロレンズアレイ
 - 比較的シンプルな光学系
 - 検出器受光面を有効活用しにくい
 - 装置の上流で空間を分割してしまうので、高ストレール比を狙う装置で採用されている
- ファイバーアレイ(+マイクロレンズアレイ)
 - レイアウトの柔軟性
 - 分光器を望遠鏡焦点部から離れた場所に設置できる。
- イメージスライサー
 - 検出器受光面を一番有効活用できる
 - 構造が複雑

マイクロレンズアレイ



ガラス基板の上に樹脂で
レンズを成形したもの
スループットの問題

Northrop Grumman Adaptive Optics Associates (AOA)

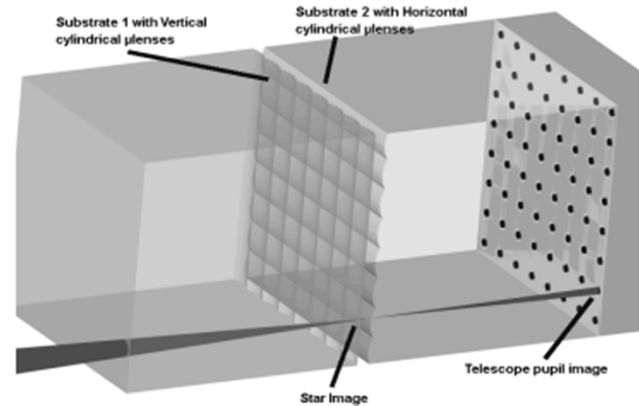
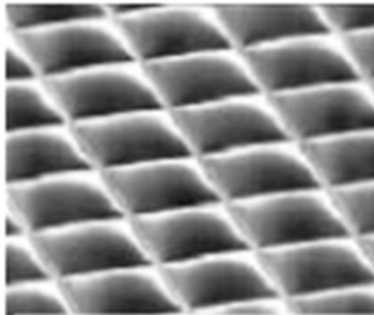


Figure 7: μ lenses description

研磨したシリンドリカルレ
ンズの組み合わせ

Prieto et al., 2000, SPIE, 4008, 510

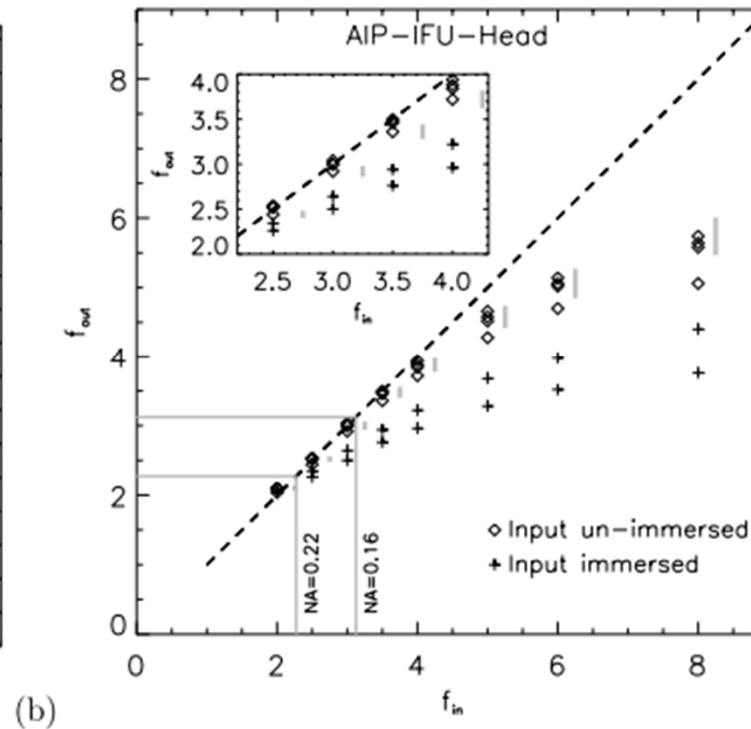
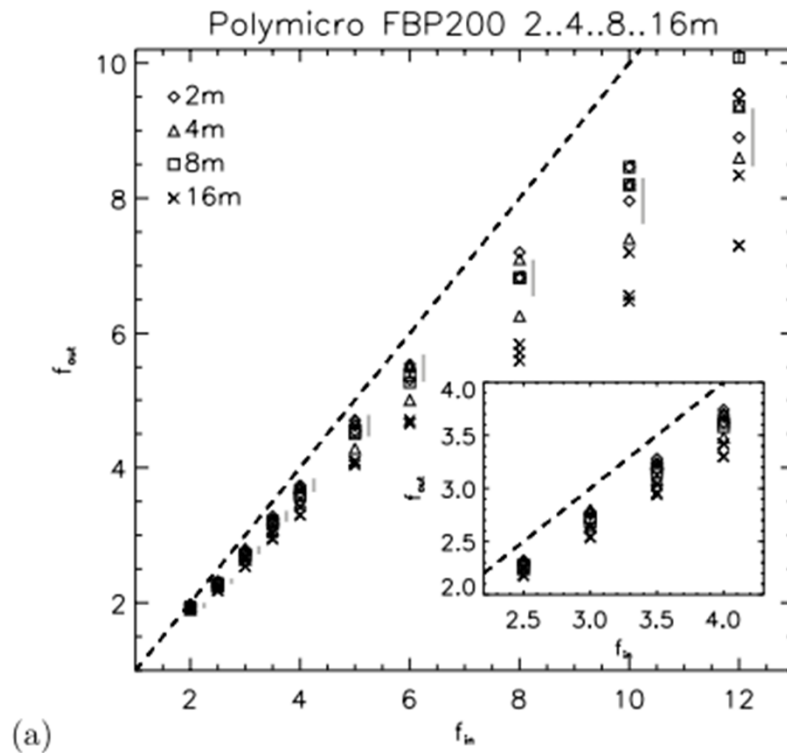


ガラスをエッチング技術で加工したもの
マスクから作ると非常に高価
掘り込み量が浅い

光ファイバー

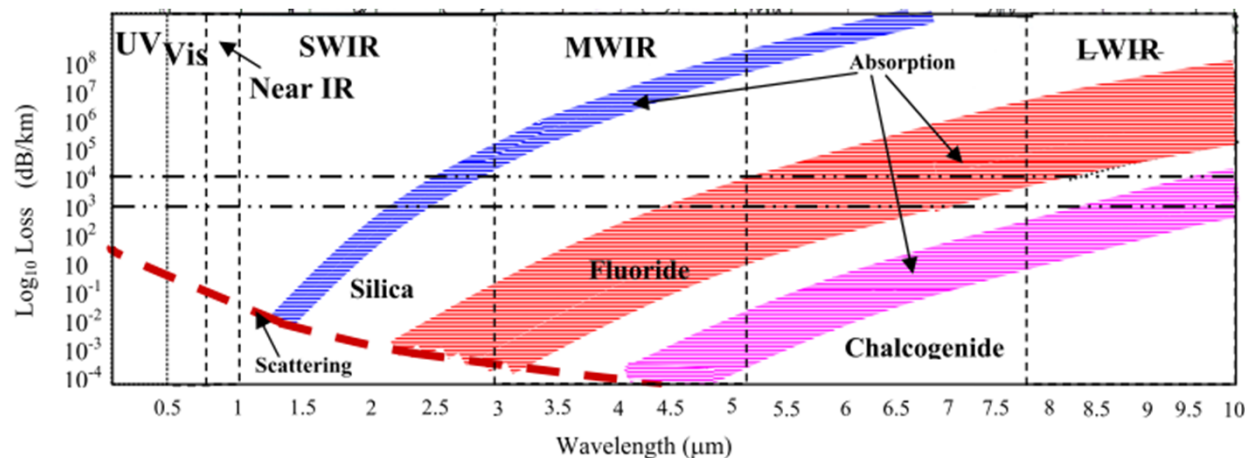
Focal Ratio Degradation

- ファイバーを通過した後の射出F比は入射F比よりも小さくなる
- メーカーのカタログには記載がない
 - 自分で確かめるしかない

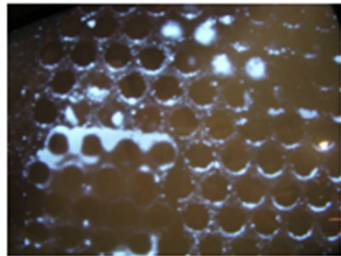


光ファイバー 材質

- 石英ファイバー
 - 天文で一般的に使われている
 - Kバンドで透過率が悪い
- フッ化物ファイバーやカルコゲナイトファイバーなら赤外でも透過率高い
 - フッ化物ファイバーを天文で使おうという試みはあった。
 - SMIRFS-II (Haynes et al., 1998, SPIE, 3354, 419)
 - GIMOS (Haynes et al., 2000, SPIE, 4008, 1203)

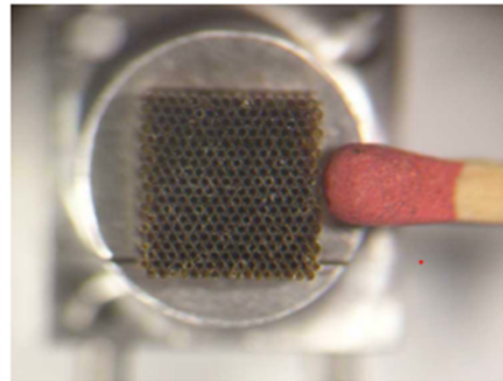


ファイバーアレイ

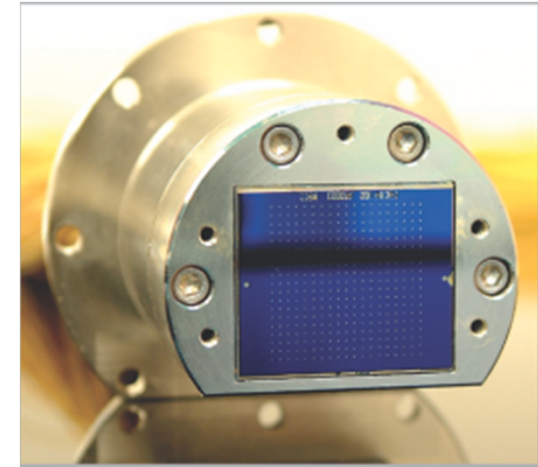


ドリルで空けた穴に
ファイバーを通す

Kelz et al., 2006, SPIE, 6273, 6273W



中空のチューブを並べておいて
その中にファイバーを通す



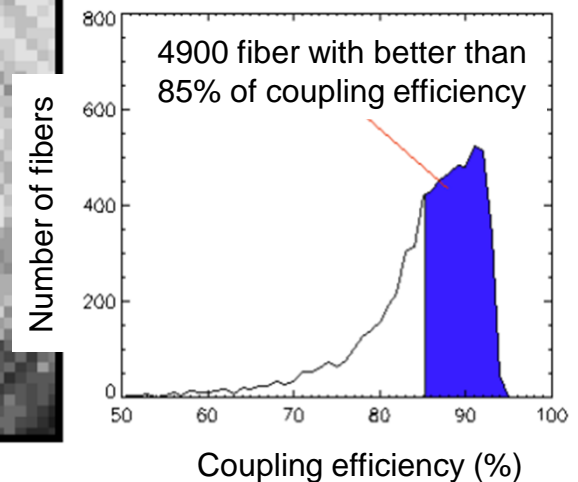
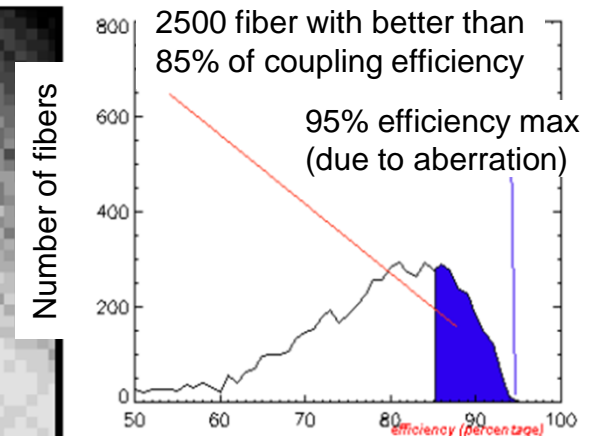
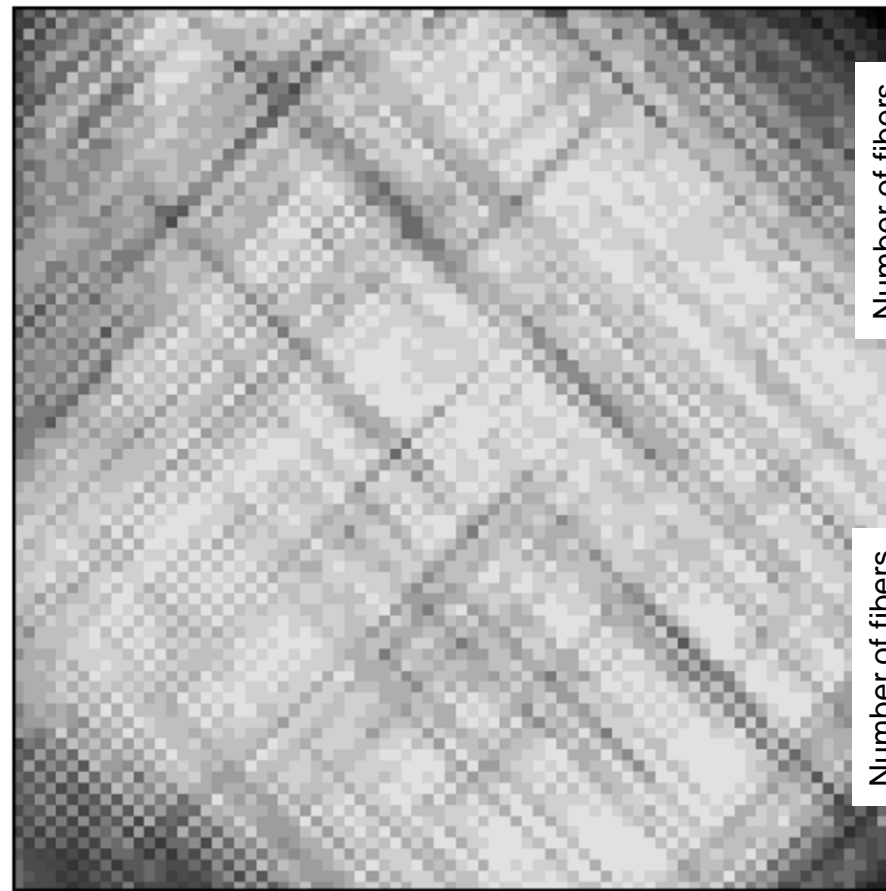
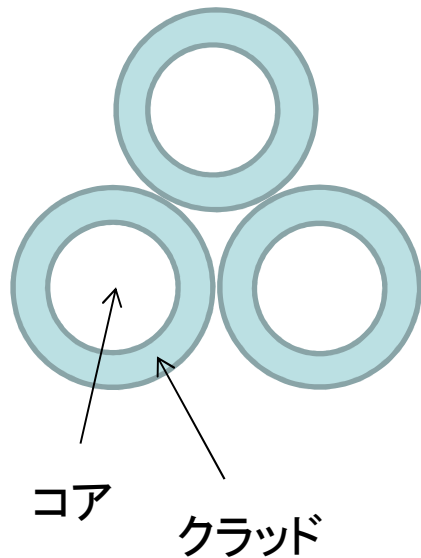
受注生産品もある。

Fiberguide Industries

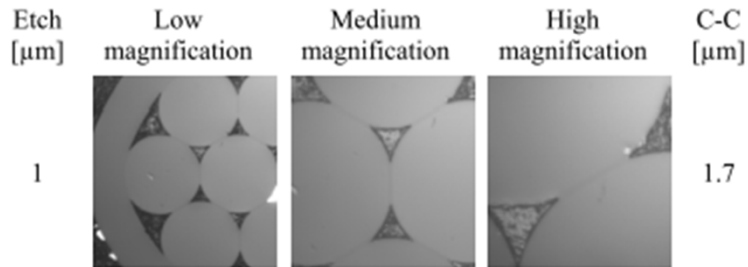
マイクロレンズアレイとファイバーアレイの組み合わせ

- ファイバーアレイの先端にマイクロレンズアレイを付けて充填率を上げる
- アライメントが難しい

VIMOS IFU (6400本のファイバーアレイ) の例



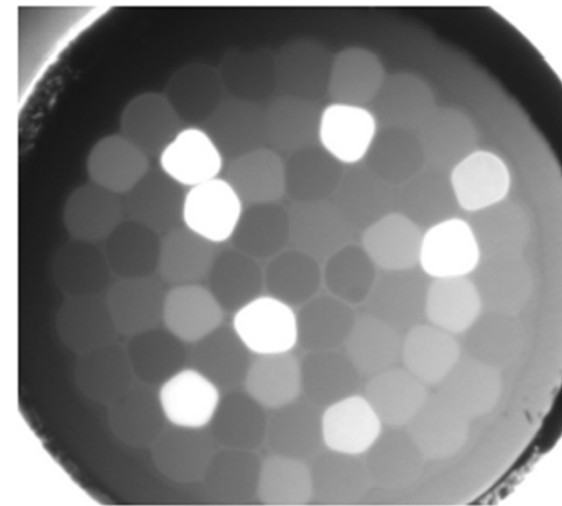
ファイバーアレイ 高充填率化



Cladding thickness (microns)	fill fraction	cross-talk % (dB in brackets)	
		<i>B</i> -band (0.45 μ m)	<i>R</i> -band (0.65 μ m)
1	0.87	1.4 (0.06)	4.76 (0.21)
2	0.84	0.25 (0.011)	0.39 (0.017)
4	0.78	< 0.01 (< 0.003)	< 0.01 (< 0.003)
6	0.72	< 0.01 (< 0.003)	< 0.01 (< 0.003)
8	0.67	< 0.01 (< 0.003)	< 0.01 (< 0.003)

Bland-Hawthorn et al., 2010, SPIE, 7735, 773541

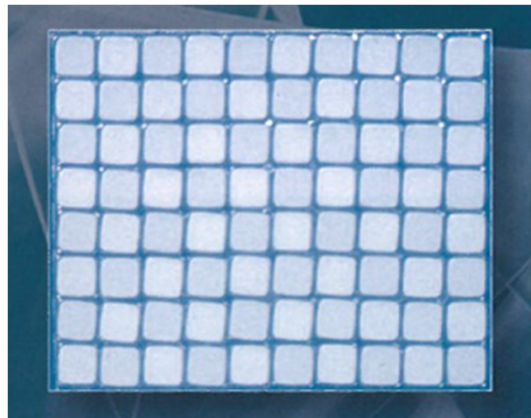
Bryant et al., 2010, SPIE, 7735, 773500



充填率 90%以上

クロストーク 0.11 – 1.2 %

コアの形状が円形から崩れるほど FRDの影響が大きくなるようである。



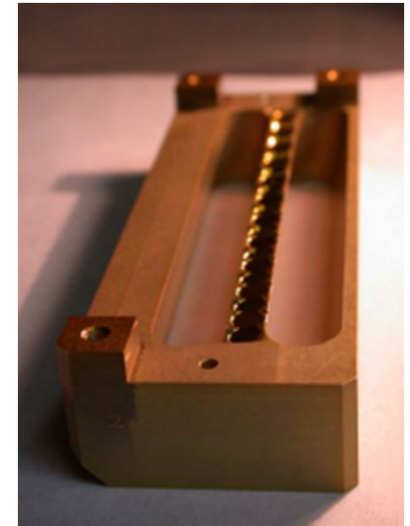
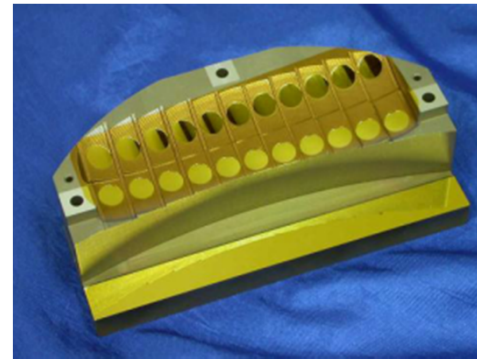
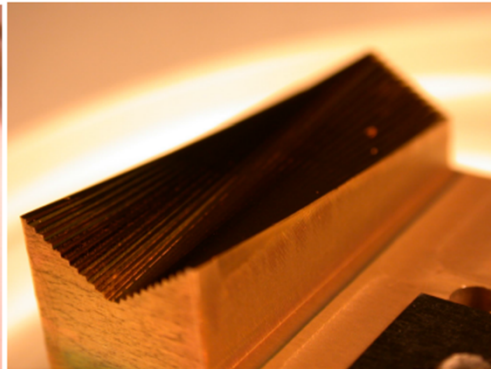
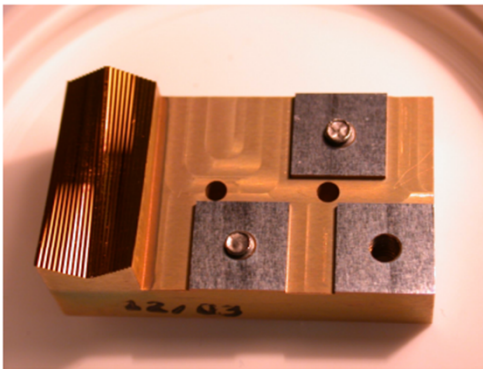
四角いコアのファイバーを並べている。

グリッド状に並んでいるので解析が楽

CeramOpticのチラシより

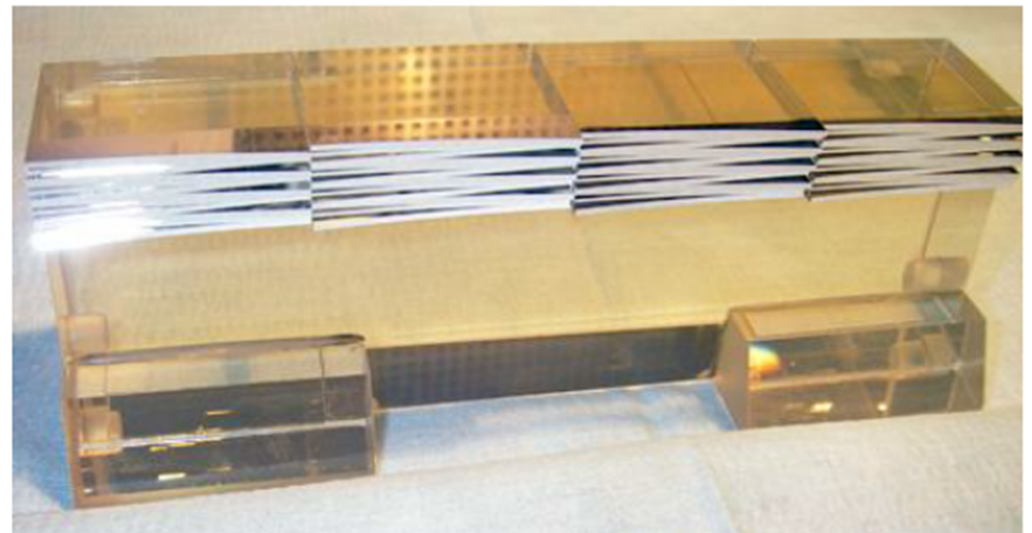
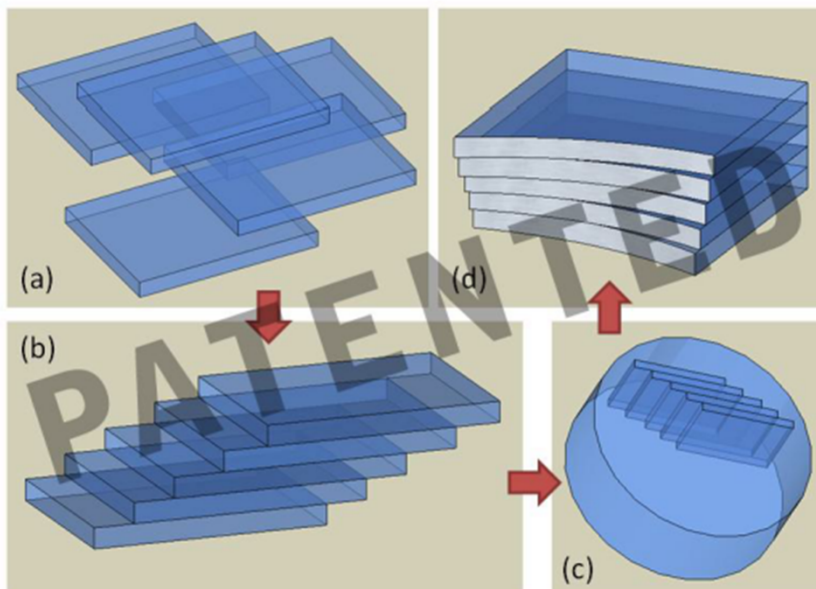
イメージスライサー 金属製

- 金属を超精密加工で一体加工
 - 各ミラーアレイ内での個別ミラーのアライメントは機械精度で達成できる。
- 表面粗さを低く抑えるのが困難だった
 - 最新の加工機を用いれば、表面粗さを低く($< 5 \text{ nm RMS}$)抑えられる可能性が出てきた。



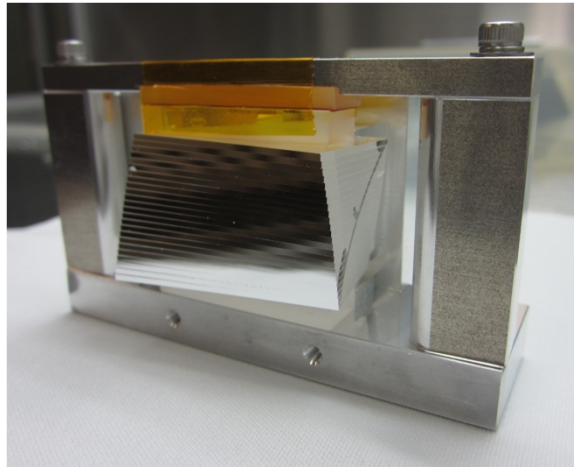
イメージスライサー ガラス製

- 個別のミラーを研磨加工するので表面粗さが低い
- 個別のミラーを精度良く並べる必要がある



Vives et al., 2008, SPIE, 7018, 70182N

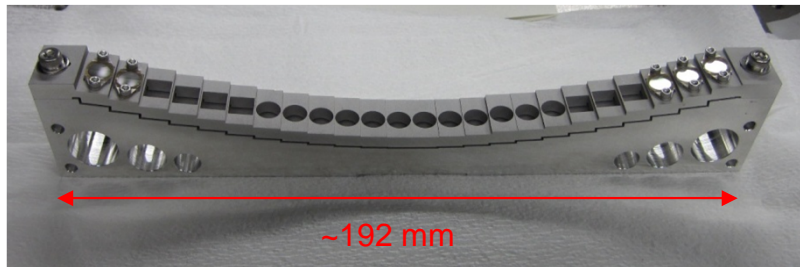
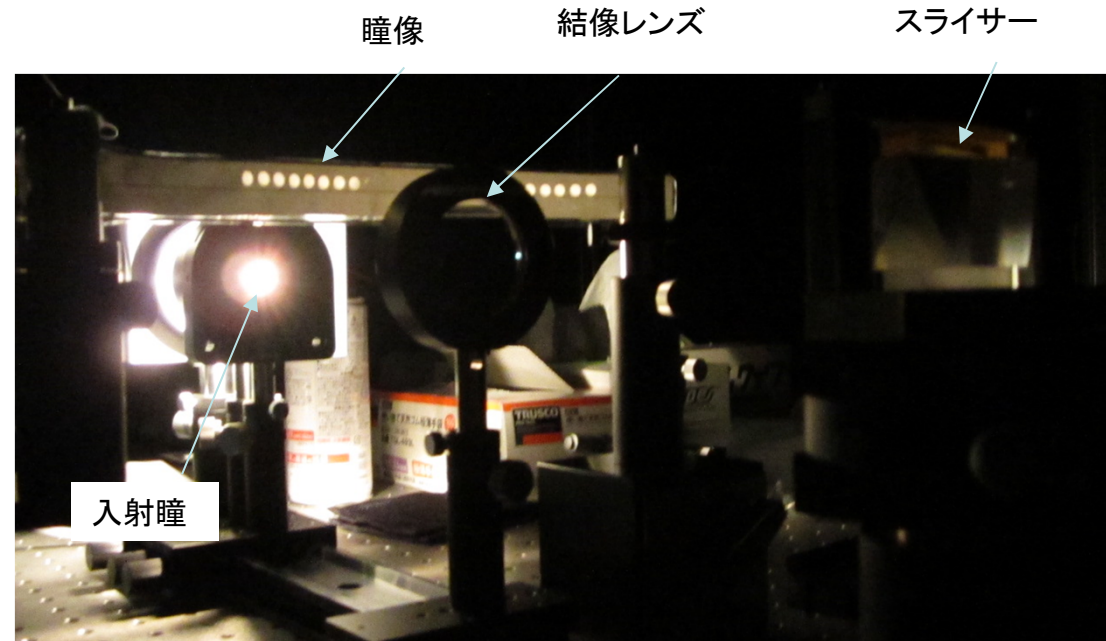
FOCAS用面分光ユニット



試作スライサー

アライメント治具は先端技術センター超精密加工機で加工

目標角度精度 0.005度



瞳ミラーホルダー試作

先端技術センターのワイヤー放電加工機で加工
角度精度 0.03度以下を実現

終りに

- 面分光に用いられる技術
 - マイクロレンズアレイ
 - ファイバー
 - ファイバーアレイ
 - ミラーアレイ
- 技術の進歩とともに、より優れたシステムが登場してきた。
 - 超精密加工機の進歩
 - ファイバーアレイの充填率向上
 - マイクロレンズアレイ製造手法
- もし有効な技術があればお知らせください。
- ガラスを超精密加工してミラーアレイを一体加工できないか？