

# KOOLS-IFU ToO観測準備と アップグレード計画

松林 和也 (京都大学)

# 目次

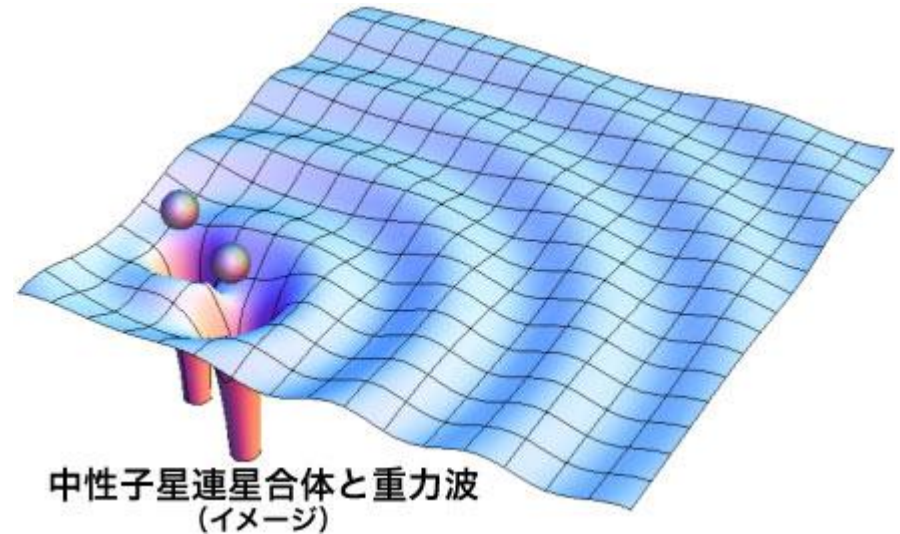
- KOOLS-IFU計画の概要
- ToO観測の準備 – 自動ToOアラートシステム
- KOOLS-IFUアップグレード計画
  - 浜ホトCCDに更新
  - 2次元MLA付きファイバー面分光ユニット
  - 京大-岡山3.8 m望遠鏡への移設

# 目的と研究計画

重力波源候補天体の即時分光データを取得し、  
天体までの距離や運動状態などを明らかにする

## 研究計画

- 光ファイバーを用いた面分光ユニットを開発
- 既存の分光器KOOLSに面分光ユニットを組み込む
- 188 cm望遠鏡、3.8 m望遠鏡で観測

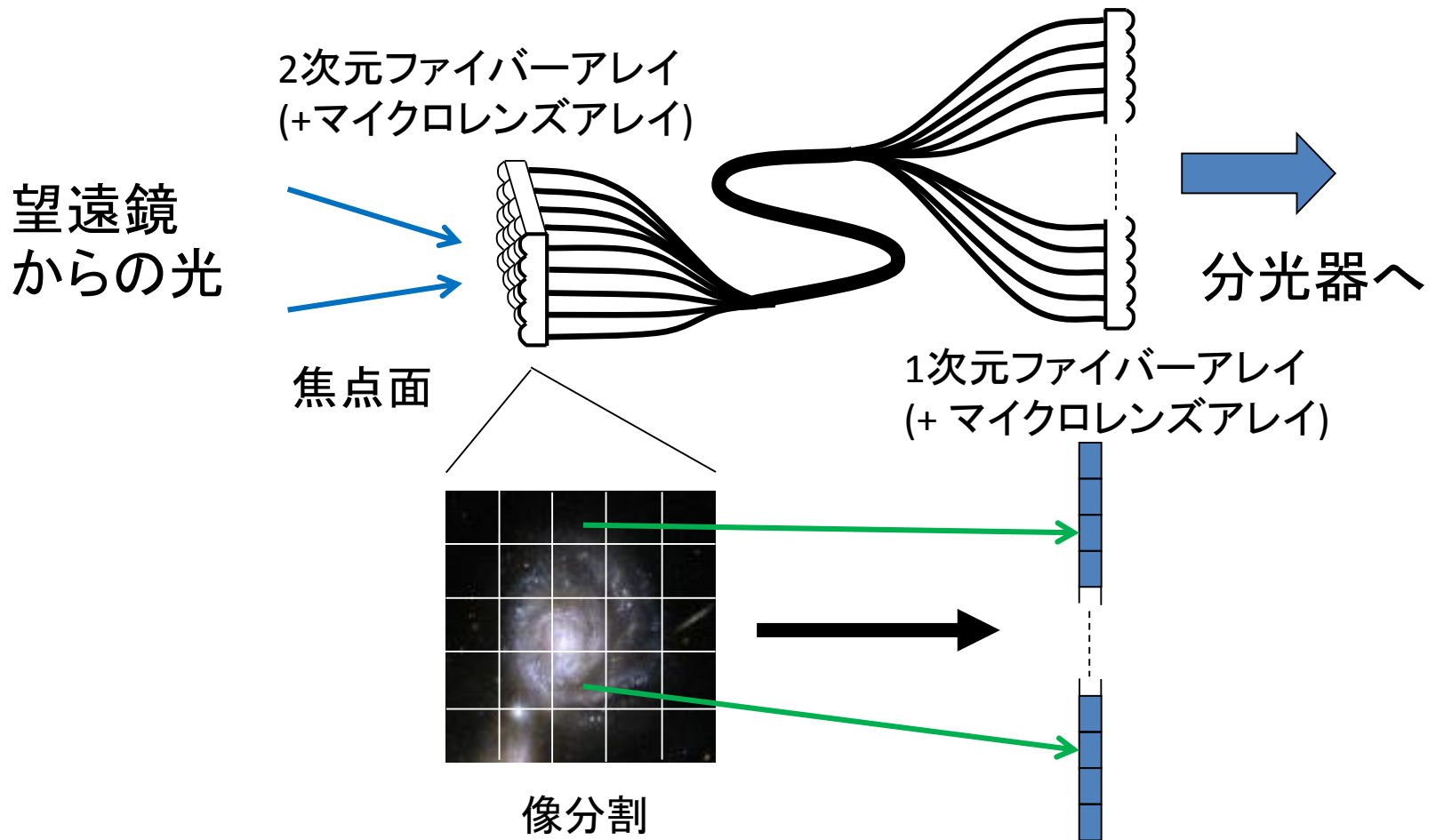


中性子星連星合体と重力波  
(イメージ)

(大阪市立大学ホームページ  
より)

# 面分光とは？

## 光ファイバーを用いた例

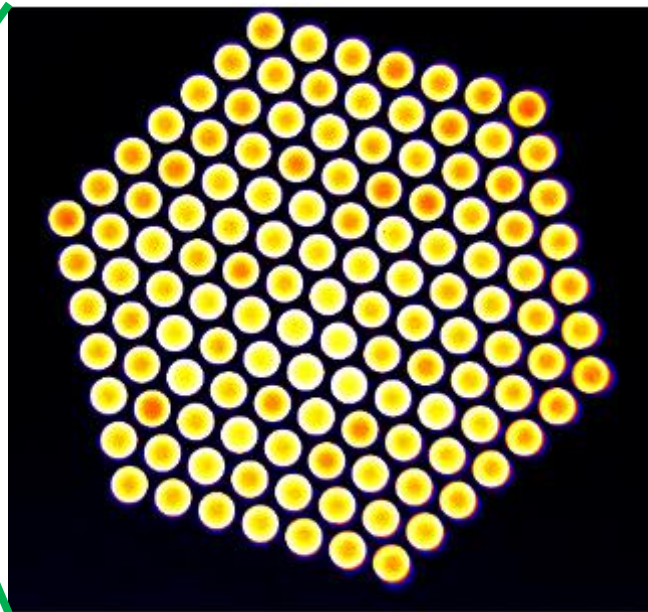
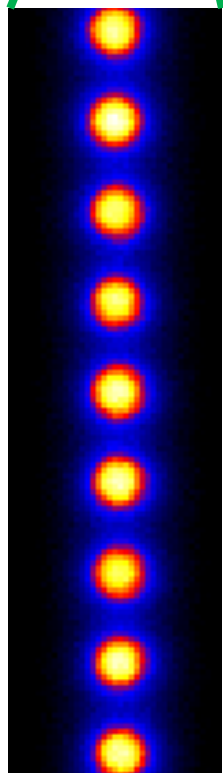
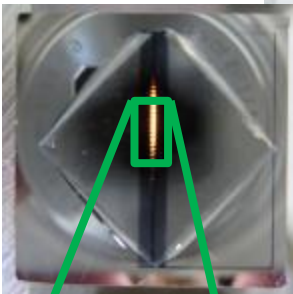
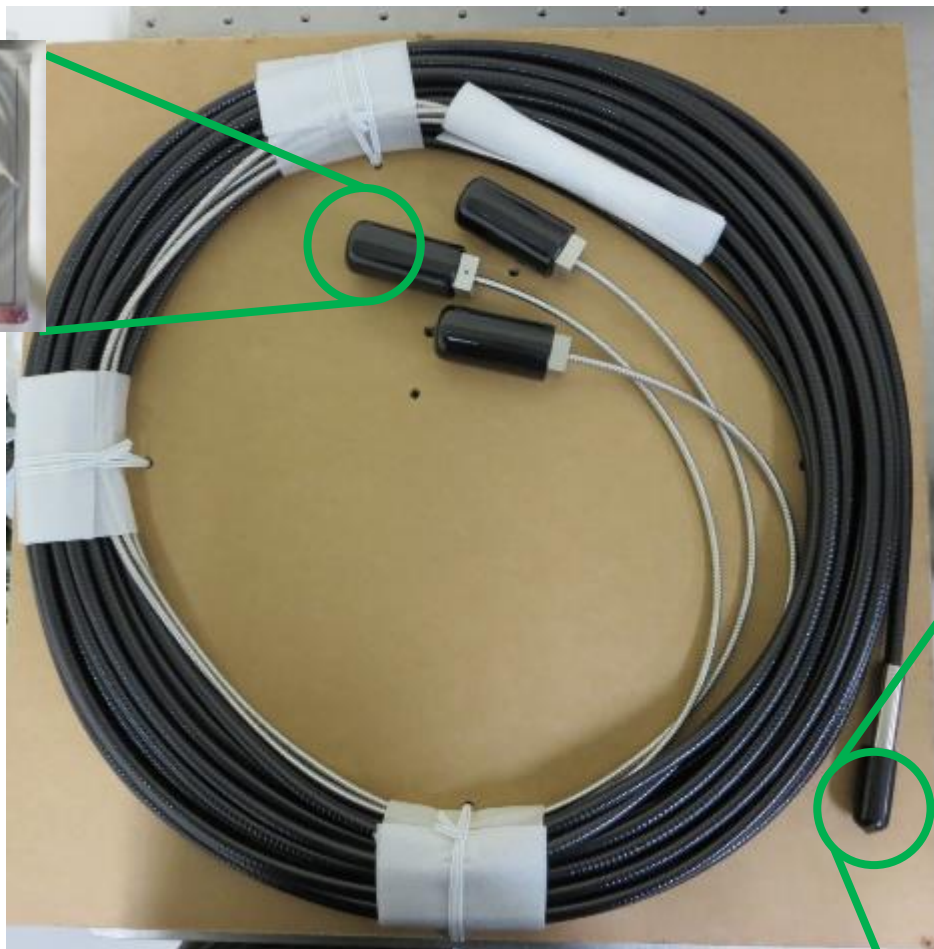


# 開発したファイバーバンドル

ファイバーの長さ: 24 m  
透過率: 80% (表面反射込)  
Filling factor: 58%

2次元アレイ  
(望遠鏡側)

1次元アレイ  
(KOOLS側)



# ファイバーバンドル設置 @188 cm

ファイバー  
バンドル

可視光  
分光装置  
KOOLS



(ファイバー  
バンドルと  
KOOLSは、実  
際は望遠鏡  
構造物の後  
ろにある)

HIDES-F  
焦点面  
ユニット

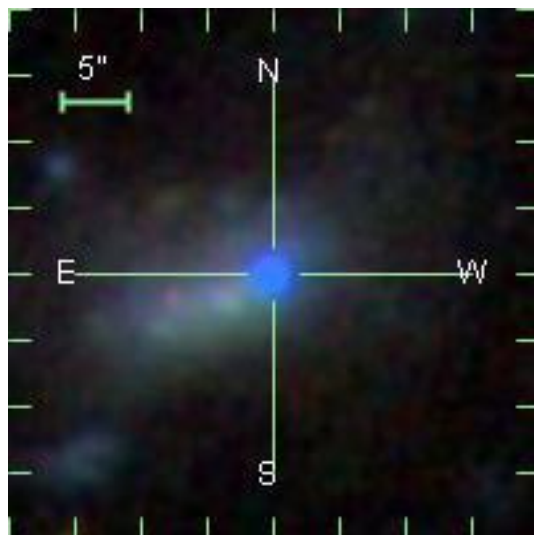
# ファイバーバンドル設置 @188 cm

ファイバー  
バンドル

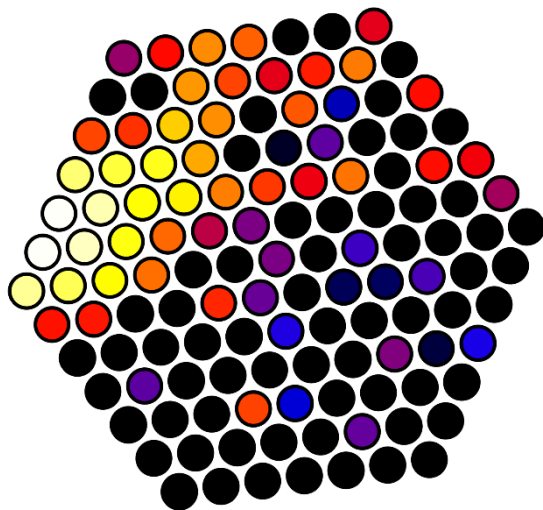


KOOLS

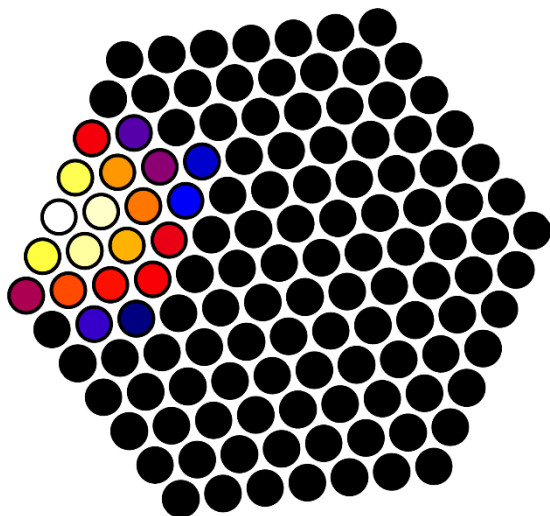
# 広がった天体(銀河)の観測例



SDSSによる3色  
合成画像



- 上図: KOOLES-IFU  
による5700 Å連続  
光画像
- 下図: [OIII]  
λ5007輝線画像
- どちらもlogscale



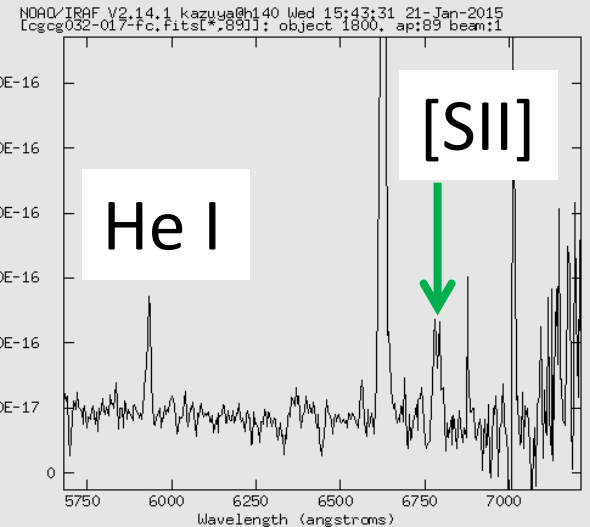
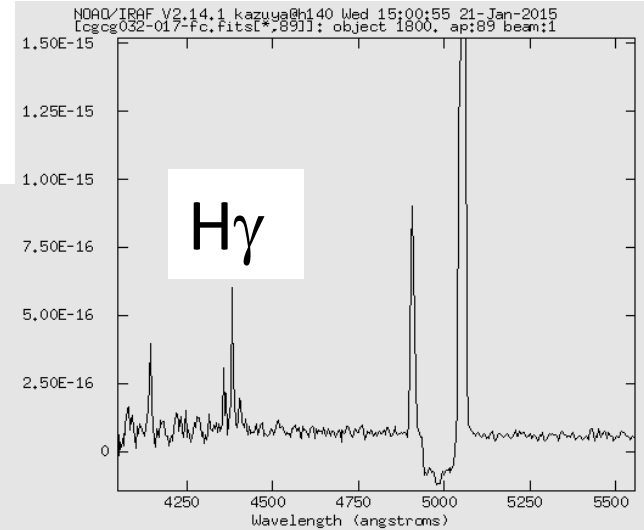
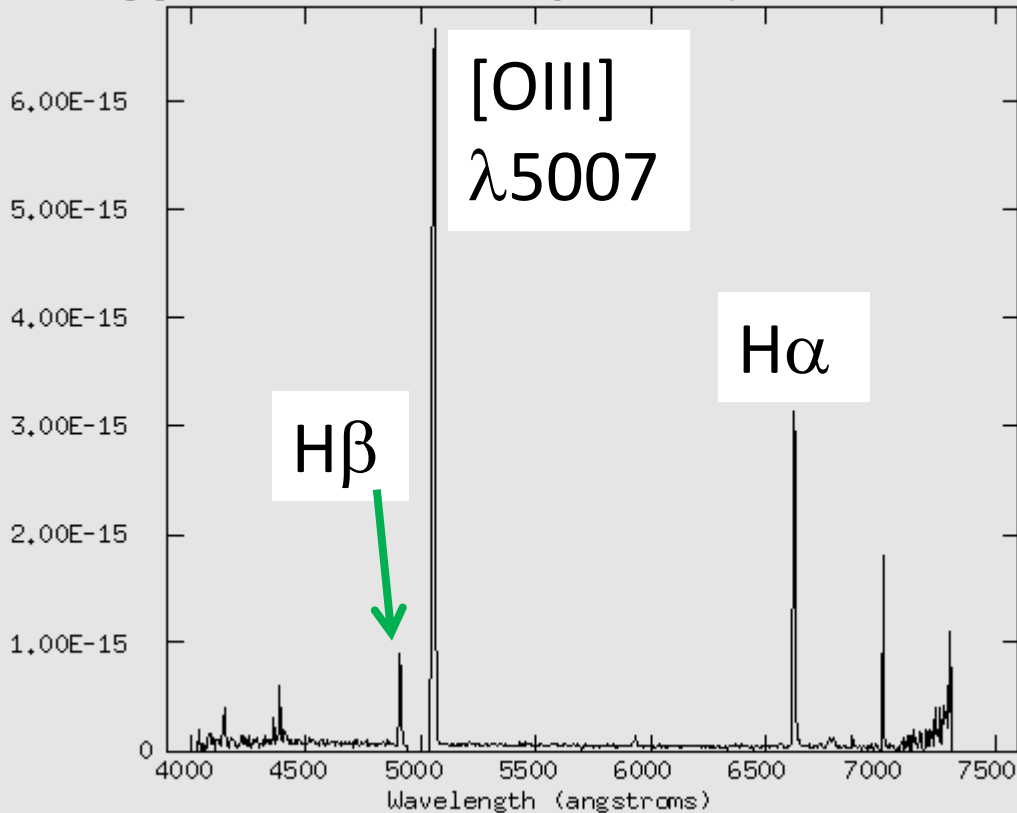
- 左端が銀河中心
- 輝線領域は銀河  
中心部に集中し  
ている



# 広がった天体(銀河)の観測例

## 最も輝線が強いファイバーのスペクトル

NOAO/IRAF V2.14.1 kazuuya@h140 Wed 14:59:08 21-Jan-2015  
[cgcg032-017-fc.fits[\*],89]]: object 1800, ap:89 beam:1



# OAO共同利用観測公募 (2015年後期)

別紙2

## 機器の状況 (2015年後期)

以下に、現在の望遠鏡・装置の状況を記載しますので、観測申し込みに際してご参照ください。

- 188cm 望遠鏡の共同利用観測装置、PI 観測装置

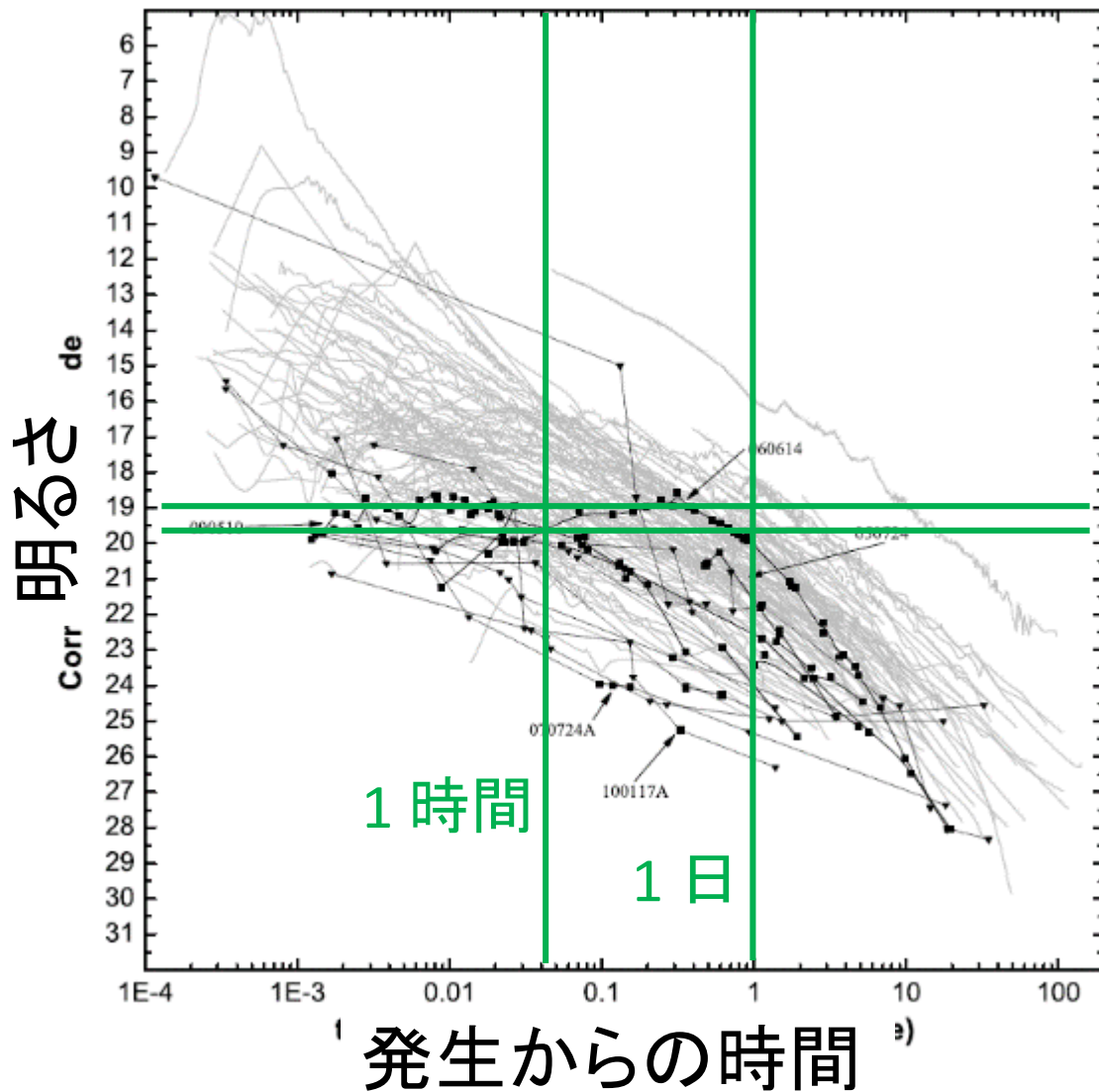
HIDESおよびISLEが、「一般共同利用観測」および「プロジェクト観測」のための観測装置として、KOOOLS及びKOOOLS-IFUは「一般共同利用観測」のためのリスクシェア型PI装置として公開されます。2015年後期より「リモート観測システム」を試験運用(リスクシェア型)します。

焦点	観測装置	検出器(読み出しノイズ)	利用タイプ	プロジェクト
クーデ	HIDES(可視高分散分光器)	3 CCD Mosaic(5e <sup>-</sup> )	Open	Open
カセグレン	ISLE(近赤外線撮像分光装置)	HAWAII(HgCdTe)(8e <sup>-</sup> )	Open	Open
カセグレン	KOOOLS(可視撮像低分散分光装置)	CCD(10e <sup>-</sup> )	PI	Closed
カセグレン	KOOOLS-IFU(可視面分光装置)	同上	PI	Closed

(# 略号で「Open」は通常の利用状況にあることを示し、「PI」はPI タイプの装置を意味します。)

## 2015年後期からPI型装置として公開

# GRBライトカーブ

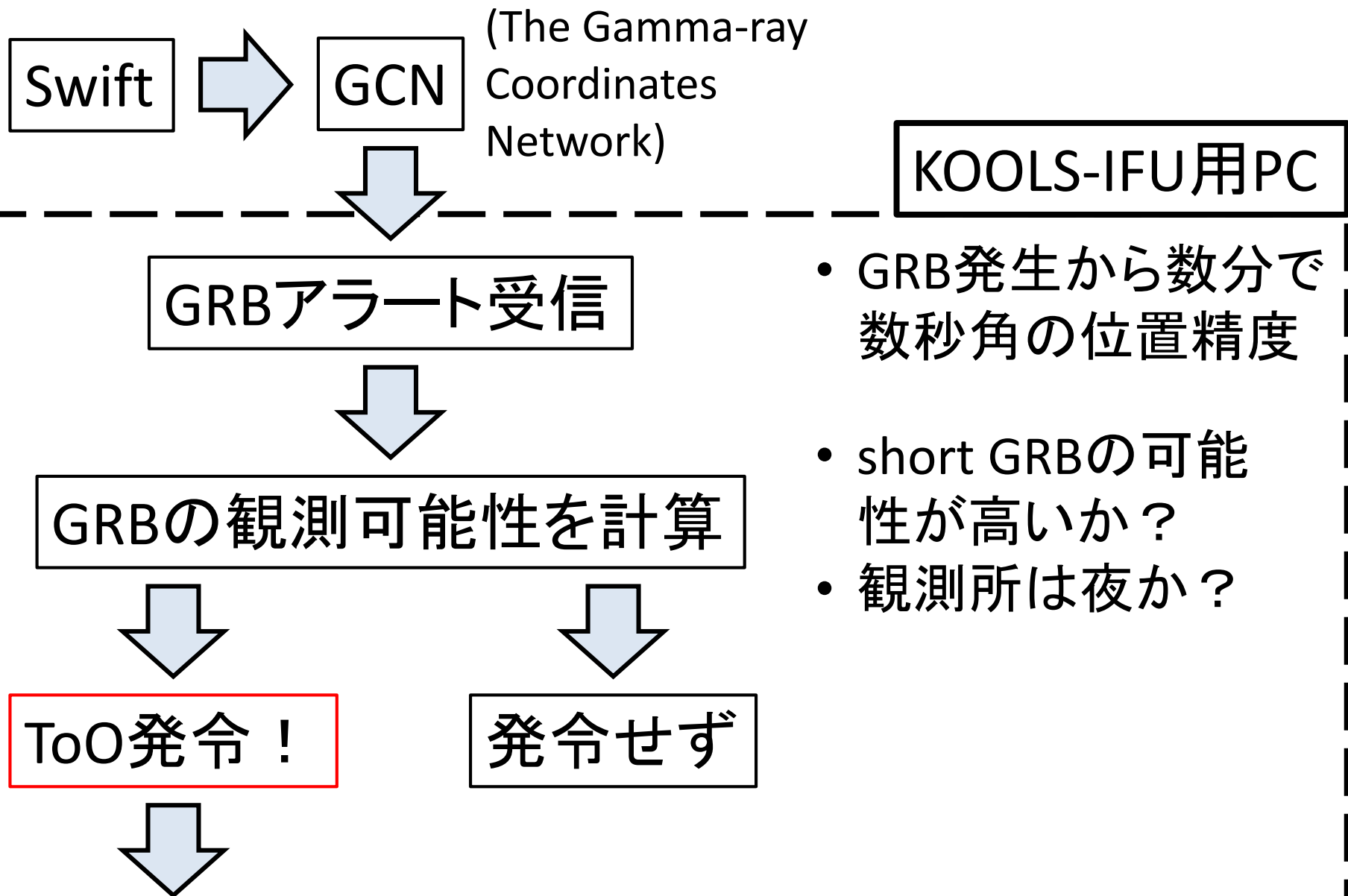


- 灰線: long-GRB
- 黒線: short-GRB (重力波源候補)

- すぐに暗くなる  
→ 即時分光観測が必要  
→ 自動ToOアラート発令システムの構築

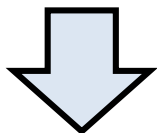
(Kann et al. 2011)

# 自動ToOアラートシステム (short-GRB)

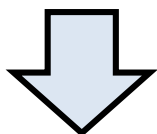




ToOアラート発令を  
観測者に通知



観測マニュアルを表示



ToO観測終了を通知

- その日の観測者に  
ToO天体の観測を  
してもらう

KOOLS-IFU用PC

# ToO発令

# 望遠鏡制御画面にToOアラートメッセージを表示

The screenshot displays a comprehensive telescope control interface. On the left, the 'Telescope' control panel includes fields for RA (13:56:10.89), DEC (+00:07:37.0), and various telescope parameters like focus and mirror covers. The central 'Star Catalog' window shows a table of star data. Below it is an 'HA-Dec PLOT' showing a star field with labeled objects. On the right, a 'Weather Information' panel displays environmental data, and a 'Controller' panel has buttons for 'Telescope', 'Dome', 'AG', 'Tel-Pad', 'ALLStop', 'Catalog', 'Dome Flat', 'Instrument', 'Err.Reset', and 'Exit'. A large pink text box with a black border is overlaid on the right side of the interface, containing the text: 'ToOアラート発令！ 観測手順は以下ページにて ボタン'.

ID	Name	Epoch	RA	DEC	mu_RA	mu_Dec	H.A.	ZD
0081	M8	2000.0	18:03:48.0	-24:23:00.0	0.0	0.0	-03:18	75.4
0082	M21	2000.0	18:04:36.0	-22:30:00.0	0.0	0.0	-03:19	74.1
0083	M24	2000.0	18:16:54.0	-18:29:00.0	0.0	0.0	-03:31	73.1
0084	M16	2000.0	18:18:48.0	-13:47:00.0	0.0	0.0	-03:33	70.0
0085	M18	2000.0	18:19:54.0	-17:08:00.0	0.0	0.0	-03:34	72.6
0086	M17	2000.0	18:20:48.0	-16:11:00.0	0.0	0.0	-03:35	72.1
0087	M28	2000.0	18:24:30.0	-24:52:00.0	0.0	0.0	-03:39	78.9
0089	M25	2000.0	18:31:36.0	-19:15:00.0	0.0	0.0	-03:46	76.1
0092	M26	2000.0	18:45:12.0	-09:24:00.0	0.0	0.0	-03:59	71.7
0093	M11	2000.0	18:51:06.0	-06:16:00.0	0.0	0.0	-04:05	70.8
0094	M57	2000.0	18:53:36.0	+33:02:00.0	0.0	0.0	-04:08	50.8
0096	M56	2000.0	19:16:36.0	+30:11:00.0	0.0	0.0	-04:21	56.4
0098	M71	2000.0	19:53:48.0	+18:47:00.0	0.0	0.0	-05:08	69.1
0099	M27	2000.0	19:59:36.0	+22:43:00.0	0.0	0.0	-05:14	68.2

# 観測マニュアル

- 岡山観測所内に置いたKOOLS-IFU用PC内で、webサーバーを立ち上げて公開する (岡山観測所内からのみアクセス可能)

## KOOLS-IFU ToO観測用 操作マニュアル

### 手順一覧

### ToO観測アラートが発令されました！

以下の手順に従って、ToO観測の実施をお願いします。

天候悪化などの際は、観測所のルールに則り、主鏡カバーを閉じてドームスリットを閉じるなどを行ってください。

現在使用中の観測装置はどちらですか？ 下から選んでください。

[HIDES-F](#)

[KOOLS-IFU](#)

岡山観測所ホームページにある画像を使用しています。

Last modified: 2015/Dec./6

contact: kazuya@kusastro.kyoto-u.ac.jp

# KOOLS-IFU ToO観測用 操作マニュアル

## 手順一覧

### 0. ToOアラート前の観測装置選択

1. KOOLS制御端末にログイン

2. KOOLS GUI立ち上げ

3. KOOLSフィルタとグリズム確認とCCDセットアップ

4. HIDES-Fガイドーセットアップ

5. GRB導入星の導入

6. GRBの導入

7. ガイド星の搜索

8. ガイド星の選択

9. KOOLS-IFU積分開始

10. KOOLS-IFU積分(2回目以降)

✓ 手順3. KOOLSのフィルタとグリズムを確認します。

KOOLS GUIの下部にあるMotorステータスを見て、DisperserがNo.2、Wheel-AとWheel-BがNoneである(青色になっている)ことを確認してください。



もし違っていれば、パネルをクリックするとモーターが動いてステータスが変わります。メニューは各欄の右端に表示されます。同時に2個以上のモーターを動かさない



# 自動ToOシステム 現状と課題

## 現状

- GRBデータ受信、データ抽出部分は正常に運用できていることを確認
- 観測マニュアルはほぼ完成、自動ToOアラート発令部分は試験が必要

## 今後の課題

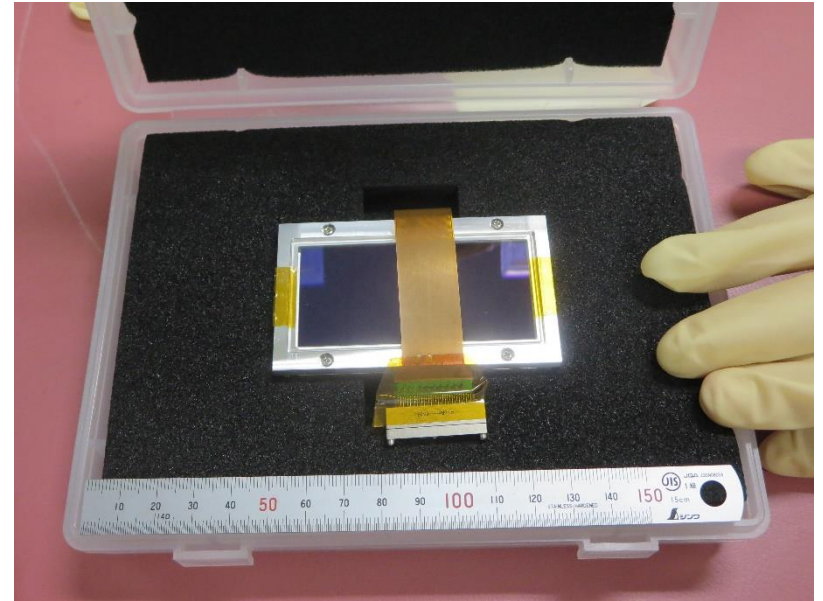
- メンテナンス性の低さの解消
  - システム全体の構造が見えにくい
  - 多数のスクリプト言語を使いすぎ
- 全自動ToO観測への発展

# KOOLS-IFUアップグレード計画

- CCDを浜ホト完全空乏型CCDに交換
- 2次元アレイ側にマイクロレンズ付きのファイバー面分光ユニットに交換
- 京大-岡山3.8 m望遠鏡に移設

# CCD交換

- 現状は SITe ST-002A +  
Messia5
- 浜ホト 完全空乏型  
CCD + Messia6 に交換  
したい



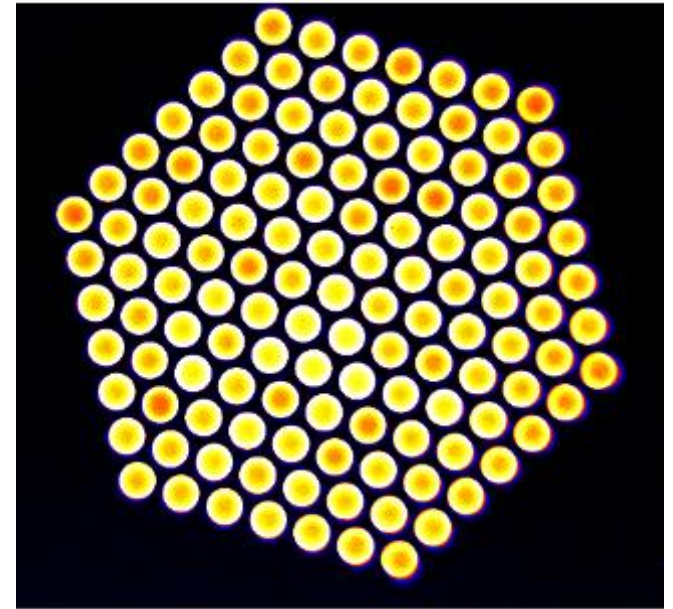
## メリット

- 量子効率の向上 (特に長波長側)
- 読み出しノイズの低減
- 読み出し速度向上

# 2次元MLA付き面分光ユニット

- 現状の入射側のファイバーコア filling factorは58%しかない

→ 入射側に2次元マイクロレンズアレイが付いたものに交換して、filling factorをほぼ100%にしたい

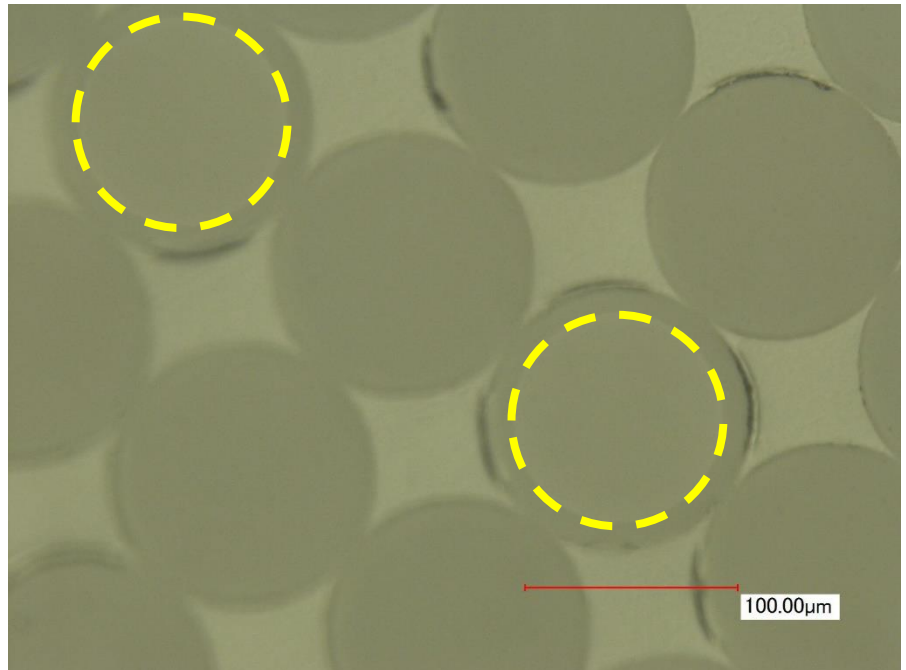


- 課題: ファイバー位置誤差を $10\ \mu\text{m}$ 以下に  
(ファイバーコア直径:  $100\ \mu\text{m}$ )

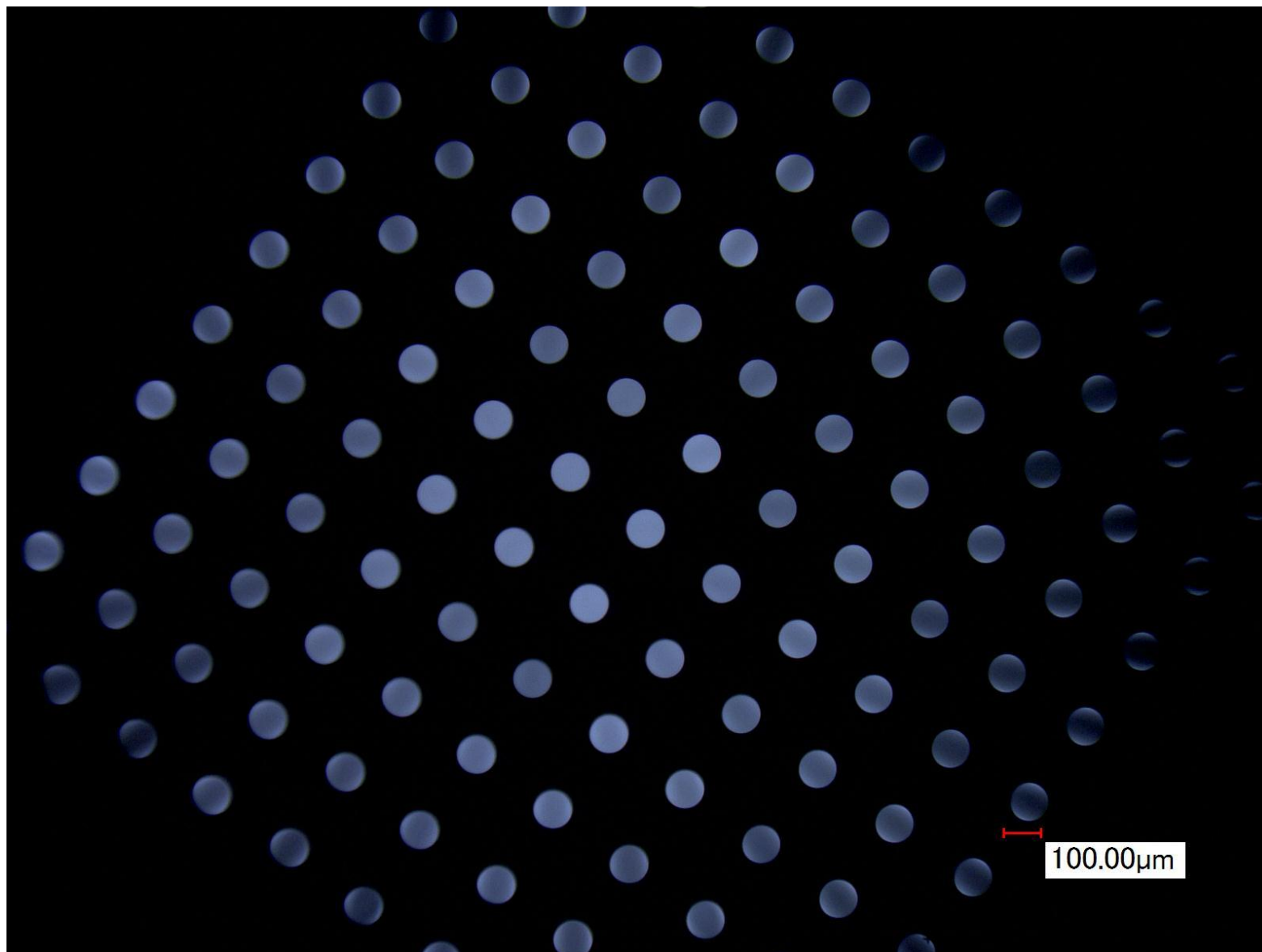
# 2次元ファイバーアレイ試作品

- 三菱電線工業で試作品を製作
  - ファイバーコア/クラッド直径:  $100\ \mu\text{m}$  /  $125\ \mu\text{m}$
  - ファイバー本数: 121本 (=  $11 \times 11$  本)
  - ファイバーピッチ:  $250\ \mu\text{m}$
  - ファイバー配列方法: ファイバー間にダミーファイバーを並べる

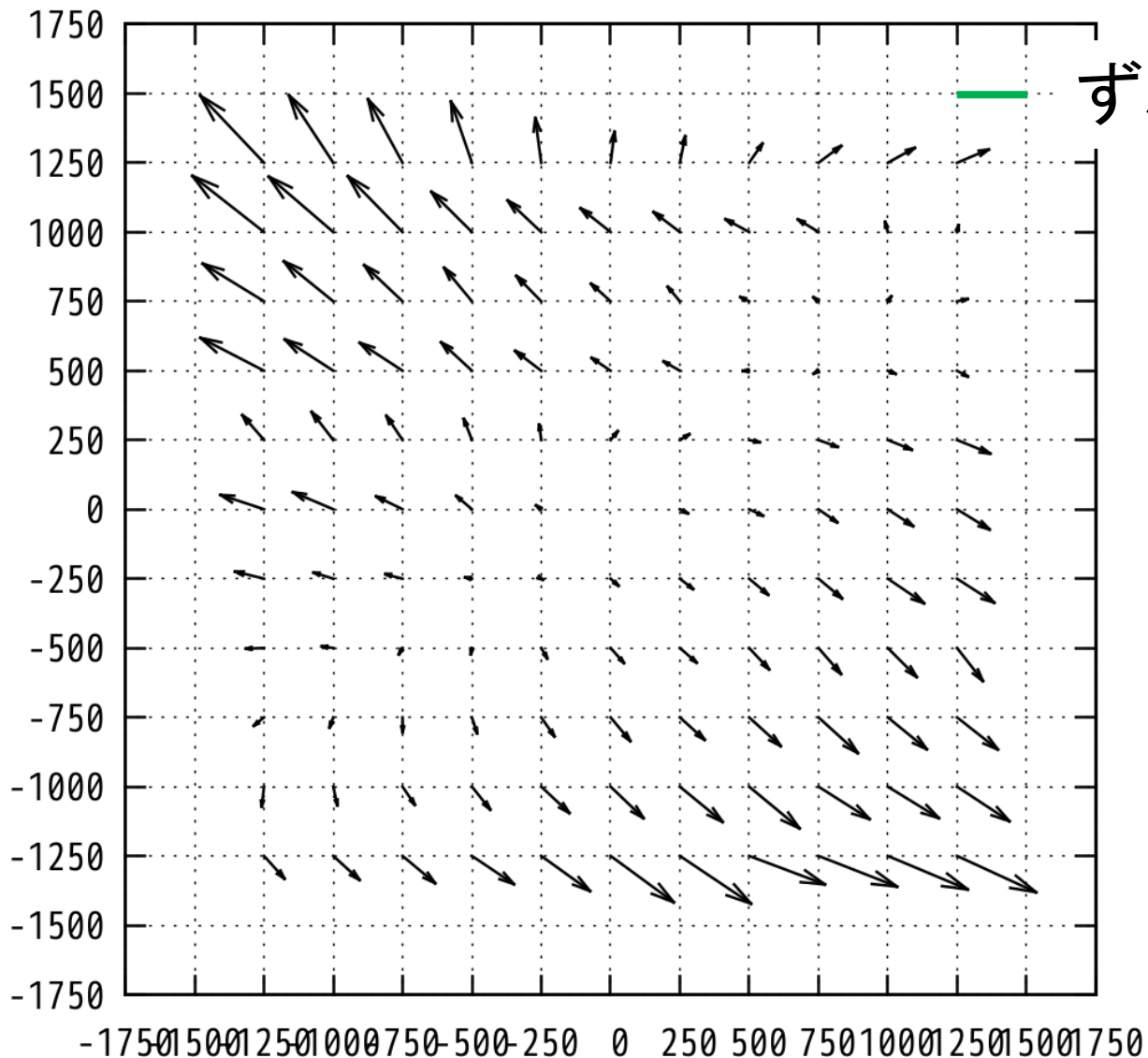
黄点線で示したファイバーのみ光が通る



# 2次元ファイバーアレイ端面画像



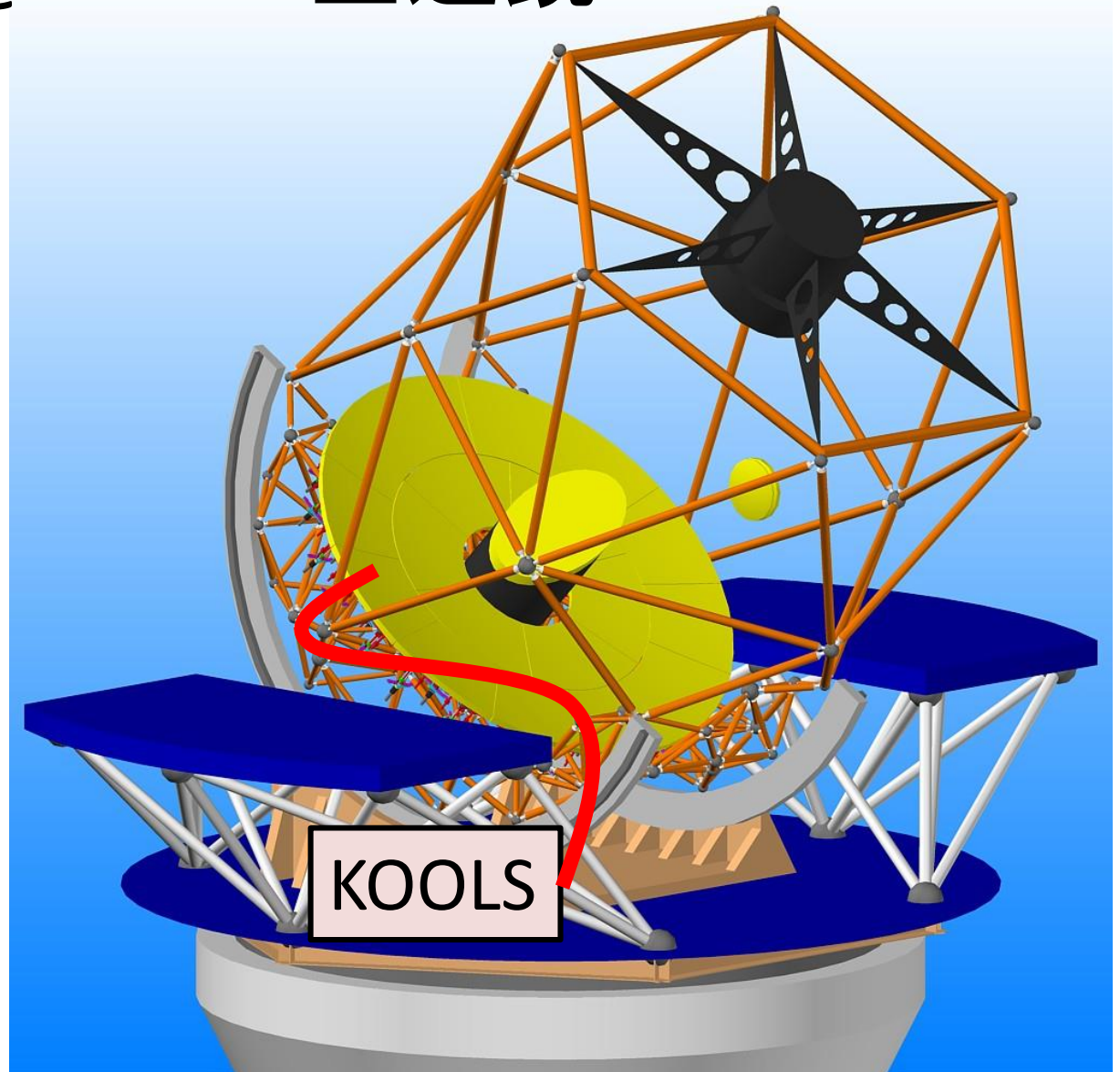
# 各ファイバーの位置ずれ



- 各ファイバーの仮想グリッドからの位置ずれを矢印で表示
- 10  $\mu\text{m}$ 以上のずれのファイバーが何本もある
- 別方式のバンドルを試作中

# KOOLS-IFU @ 3.8 m 望遠鏡

- 観測時はファイバー入射部を望遠鏡光路に挿入する
- 分光器は他の装置の邪魔にならない場所に置く





# KOOLS本体置き場検討



候補地  
• 望遠鏡後ろ

→ KOOLSダミーを置いて検討

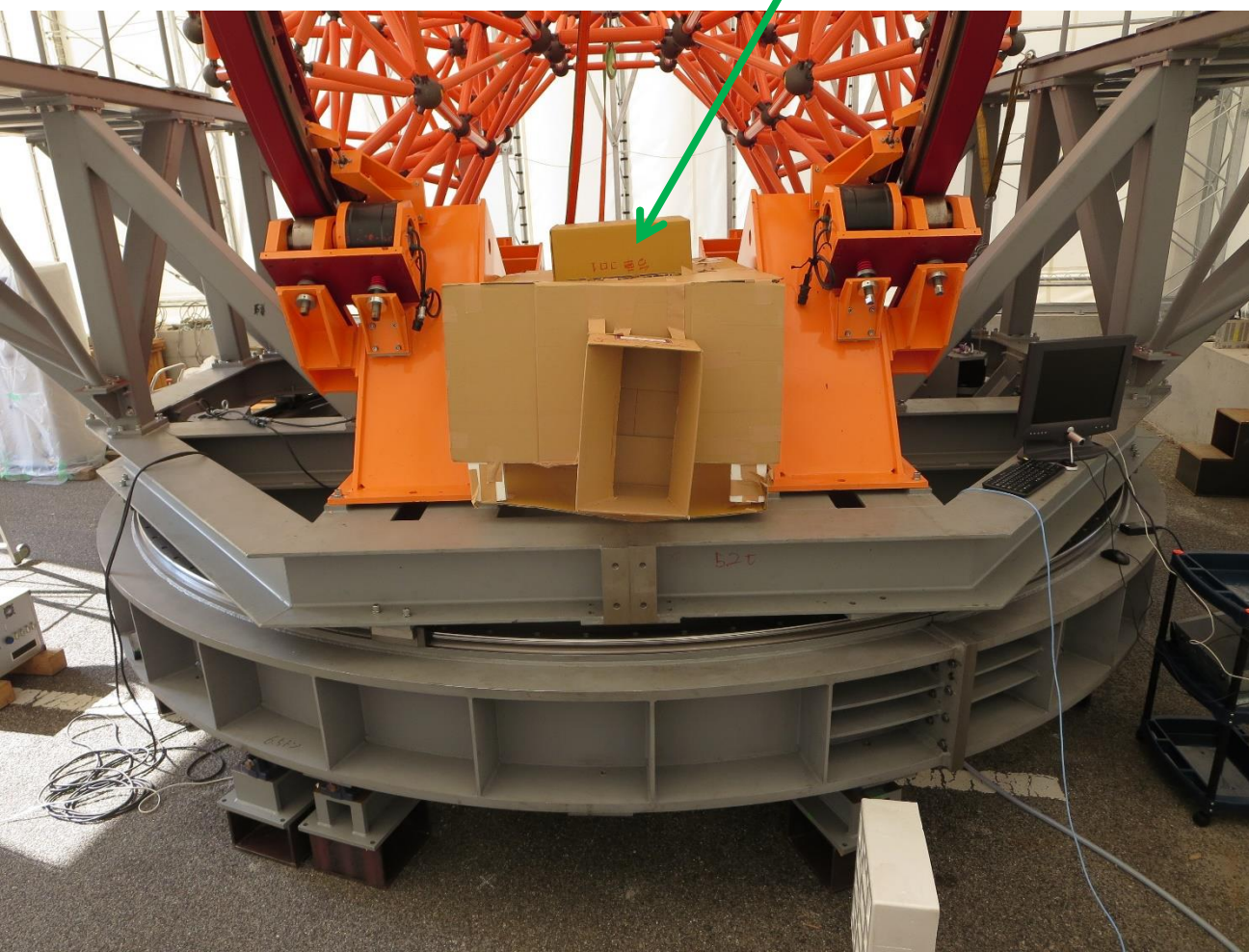
# KOOLSダミー (車輪なし)



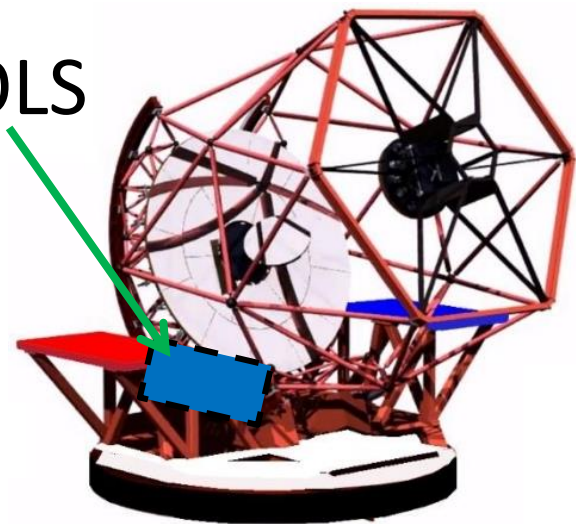
- サイズ:  
1680 x 920 x  
(690 + 車輪  
144) mm

望遠鏡 後ろ

車輪ダミー



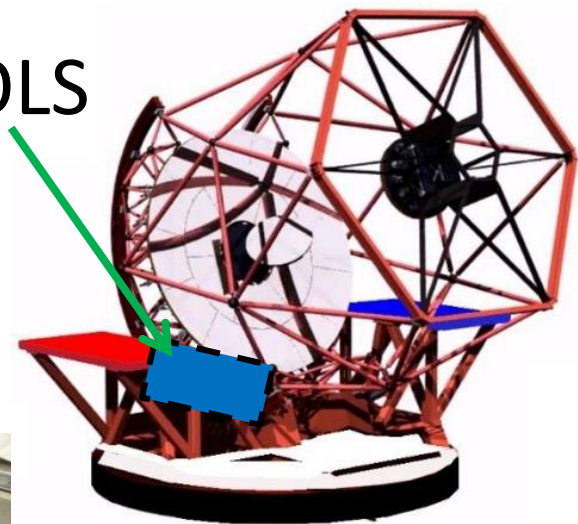
KOOLS



# 望遠鏡 後ろ



KOOLS



- 幅に余裕がない (光学系の確認・調整ができない)
- 現状では最有力候補

# まとめ

- KOOLS-IFU計画: 重力波源天体 (short-GRB) の可視光スペクトル取得のための面分光装置
- short GRB観測のための自動ToOアラートシステムを開発・試験中
  - 2016年より観測開始予定
- KOOLS-IFUアップグレード計画
  - 浜ホトCCDに更新
  - 2次元MLA付きファイバー面分光ユニット
  - 京大-岡山3.8 m望遠鏡への移設