

# **KAGRA detector characterization**

## **開発進捗状況 2**

**端山和大, 阿久津智忠, 浅野光洋, 伊藤洋介, 上野昂, 神田展行, 苔山  
圭以子, 成川達也, 間野修平, 宮川治, 宮本晃伸, 山本尚弘, 讓原浩貴,  
横澤孝章, KAGRA collaboration**

# Detector Characterization

## Data Analysis

Veto info., target veto , Data quality, calibration accu.

## Detector Characterization

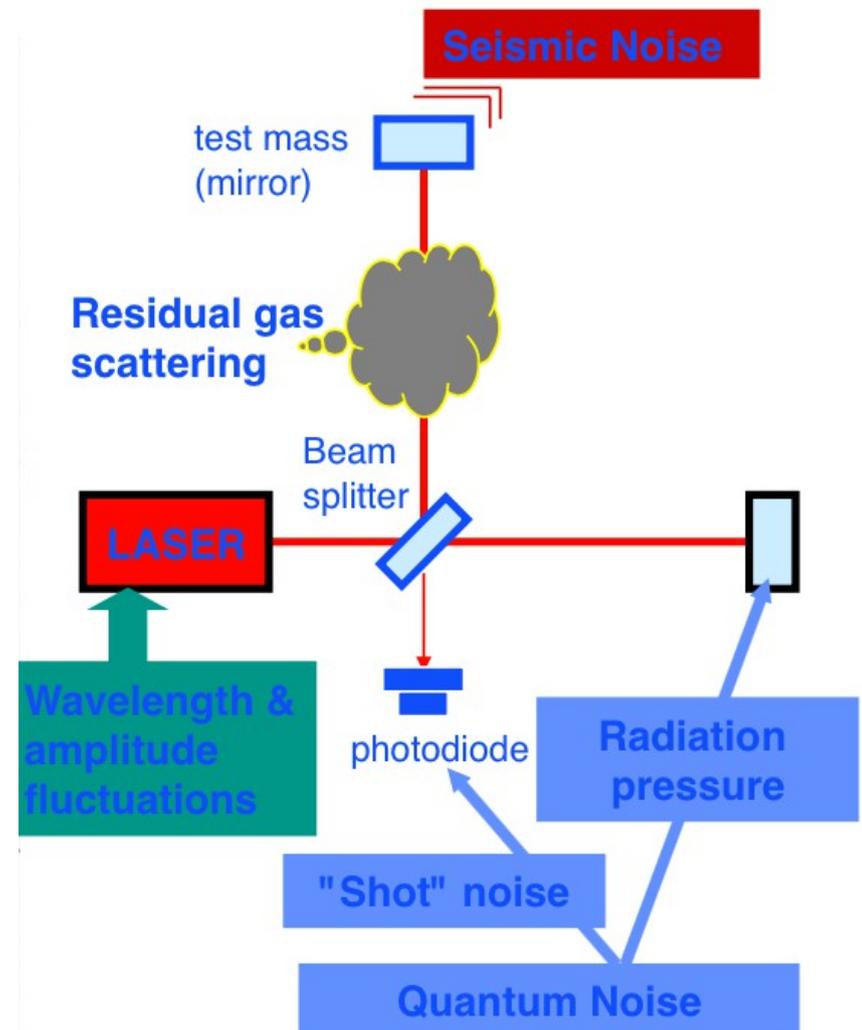
PEM, Aux. channels, Online-monitors, diagnostics

## Instruments

# 望遠鏡の感度達成にむけて

設計 → 製作 → 目標感度達成

- kmスケール望遠鏡はその大きさと装置の複雑さで全体を見渡すことが困難
- 1万に及ぶ環境・補助チャンネルの情報を用いて複雑な装置の振舞いを診断し、さらにはノイズ源の特定・除去をサポートするツールが重要。
- コミッショナーが1万の可能性から原因を見つけるのを、10の可能性までローカライズすることを目指す。



# 重力波の観測にむけて

重力波の検出を主張するには多くの質問に答えなければならない。

## データクオリティの評価

- 望遠鏡はまともに動いているのであろうか？
- データがサイエンスに耐えうるのだらうか？
- 検出した信号は重力波信号なのだらうか？それとも望遠鏡起源のものなのだらうか？

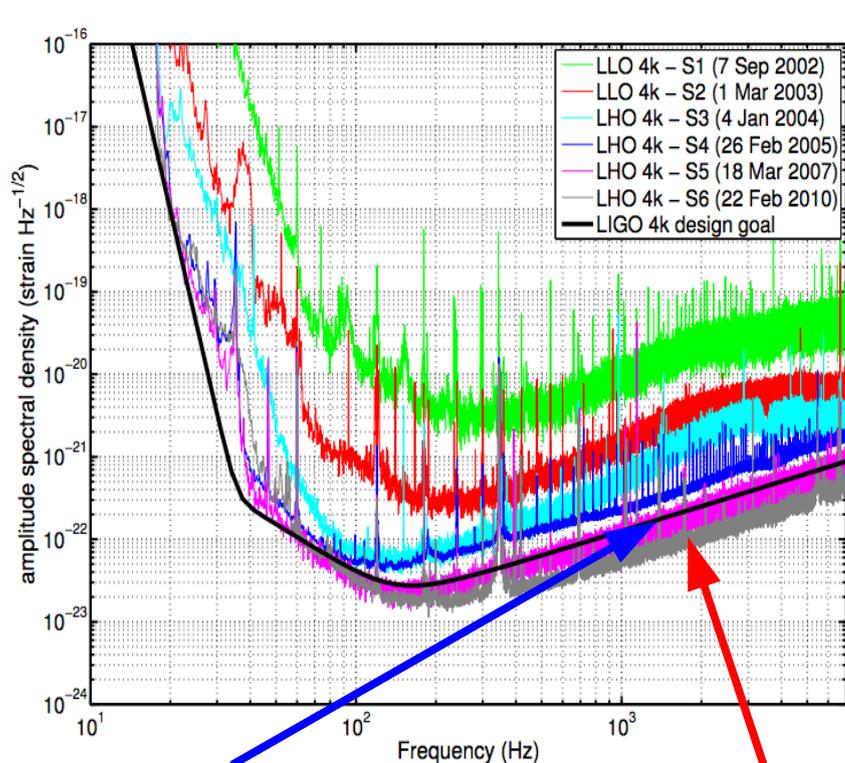
データクオリティ評価を行い、サイエンスができる状態にもっていく。

# データクオリティの影響

感度はS6の方が良いのに、探査の上限値はS5の方が良い

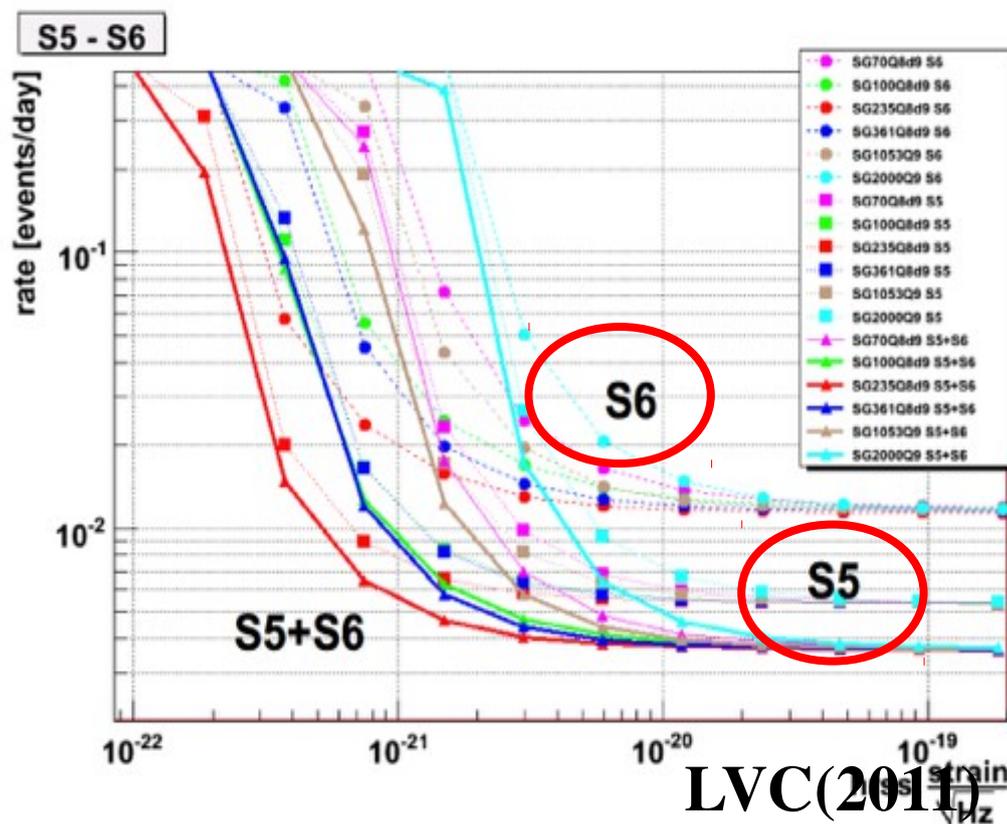
理由は、原因不明の非定常雑音の量

結局、サイエンスは、感度+データの質で決まる。



S5

S6

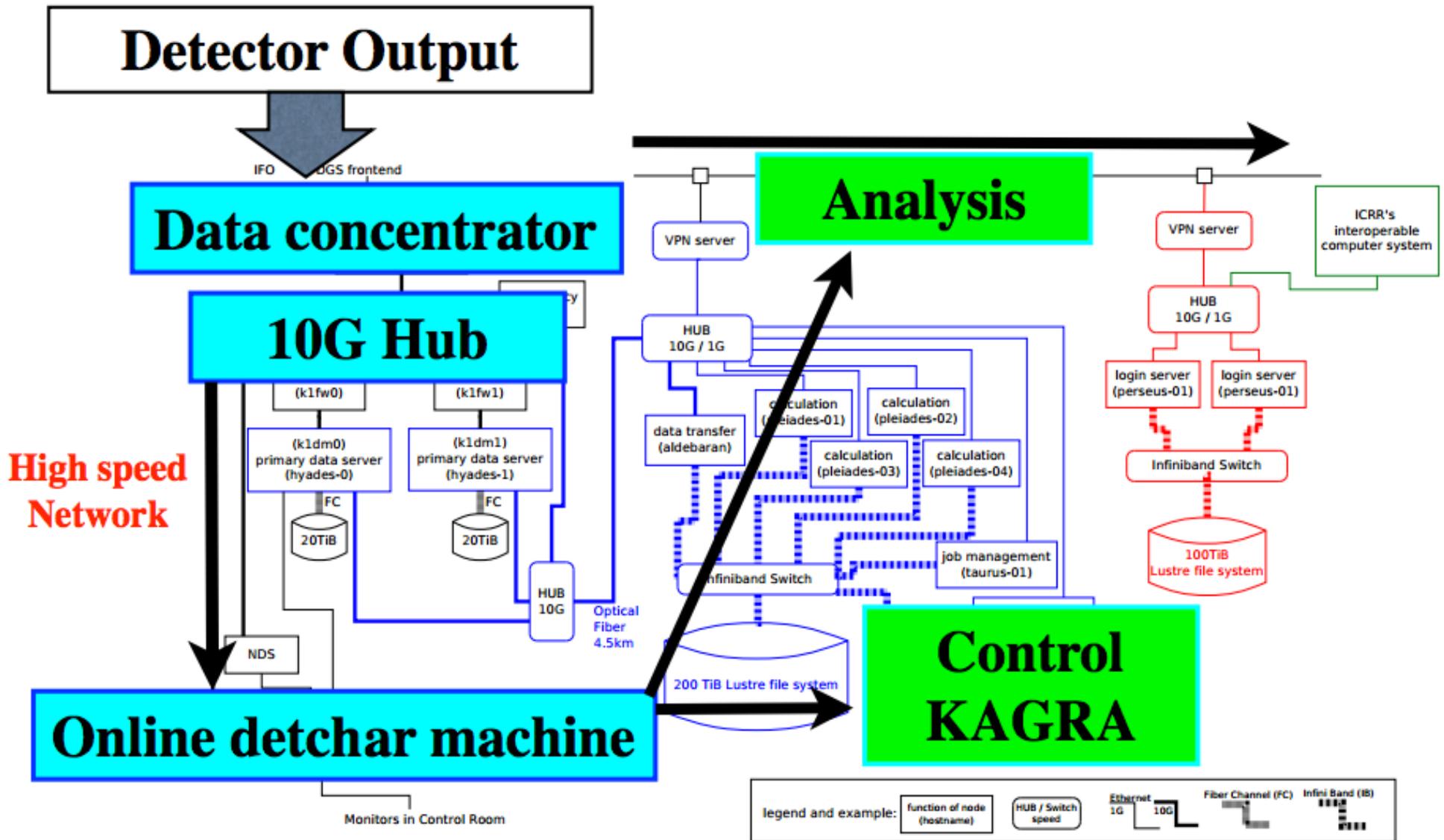


LVC(2011)

# 研究開発状況

- 干渉計診断システムの構築
  - クラスターの坑内インストール
  - 基本診断ツールの開発
  - KAGRAで予想される、観測を制限する雑音モデルと、その検出方法、対処
  - サブシステム診断の準備
- 実際の雑音環境の把握
- データクオリティ評価システムの構築

# データフローの中のdetector characterization



**Realtime Channel Monitor**

**Kanda**

# Online Detector Characterization Cluster



# DetChar Projects

## Primary Projects

- To maintain Diagnostics Test Tool
- Detchar GUI
- Glitch Monitor
- Detchar web page
- Line Monitor
- correlation finder
- Noise Modeling
- Rayleigh Monitor
- Noise Floor Monitoring
- Range Monitor  
(Inspiral, Ringdown,  
Insp-Merger-Ringdown,  
Stochastic)
- Noise Budget
- Health Monitor
- Data base
- Quality flag

## Special Projects

- Globally correlated mag noise
- Violin mode
- Multi-Channel Analysis  
(with Korea detchar, Mano)
- Detchar shift plan
- Newtonian Noise
  - in progress
  - in slowly progress

## Noise Characterization at the KAGRA site



開発が大部分完成したもの

- 感度モニタ  
(連星合体、リングダウン、IMBH、背景重力波)
- Rayleighモニタ：ガウス性の検査
- 定常的非ガウス性モニタ (山本氏トーク)
- ラインキャラクタリゼーション
- 非定常雑音分類 (間野氏トーク)
- 突発性非定常雑音モニタ
- ノイズフロアモニタ
- 相関解析 (韓国との共同研究)
- ニューラルネットワークを用いたVeto解析 (韓国との共同研究)
- GUIインターフェース

# HasKAL

upload MBLT items		
 <b>asano0622</b> authored 9 days ago		latest commit 9fa358144c 
..		
 <b>DetectorUtils</b>	working around injection	19 days ago
 <b>ExternalUtils</b>	Mine.hs updated	14 days ago
 <b>FrameUtils</b>	small change	11 days ago
 <b>GUI_Utils</b>	changed GUI_Utils for plot tool update	11 days ago
 <b>LineUtils/LineRemoval</b>	upload MBLT items	9 days ago
 <b>Misc</b>	move haskalOpt to Environment module	2 months ago
 <b>MonitorUtils</b>	change plot tool of RayleighMon from Chart to HROOT	14 days ago
 <b>PlotUtils</b>	modified plot tool	11 days ago
 <b>SearchUtils</b>	added SearchUtils	22 days ago
 <b>SignalProcessingUtils</b>	minor update	13 days ago
 <b>SimulationUtils</b>	add injection function which uses bang method for memory saving	18 days ago
 <b>SpectrumUtils</b>	minor change of DetectorSensitivity	11 days ago
 <b>StatisticsUtils</b>	change module name	13 days ago
 <b>TimeUtils</b>	change function fromGPS to deformatGPS	19 days ago
 <b>WaveUtils</b>	add dropWaveData, takeWaveData	13 days ago
 <b>DetectorUtils.hs</b>	added module of modules	2 months ago
 <b>TimeUtils.hs</b>	added module-setting module	19 days ago
 <b>WaveUtils.hs</b>	added a module-setting file	19 days ago

<https://github.com/gw-analysis/detector-characterization>

開発が大部分完成したもの

- 感度モニタ

(連星合体、リングダウン、IMBH、背景重力波)

- Rayl

- 定常 **LIGO、Virgo、KAGRA (予想)**

- ライ **雑音を調査し、こうしたツールを**

- 非定 **調整、追加開発していく。**

- 突発

- ノイ

- 相関解析 (韓国との共同研究)

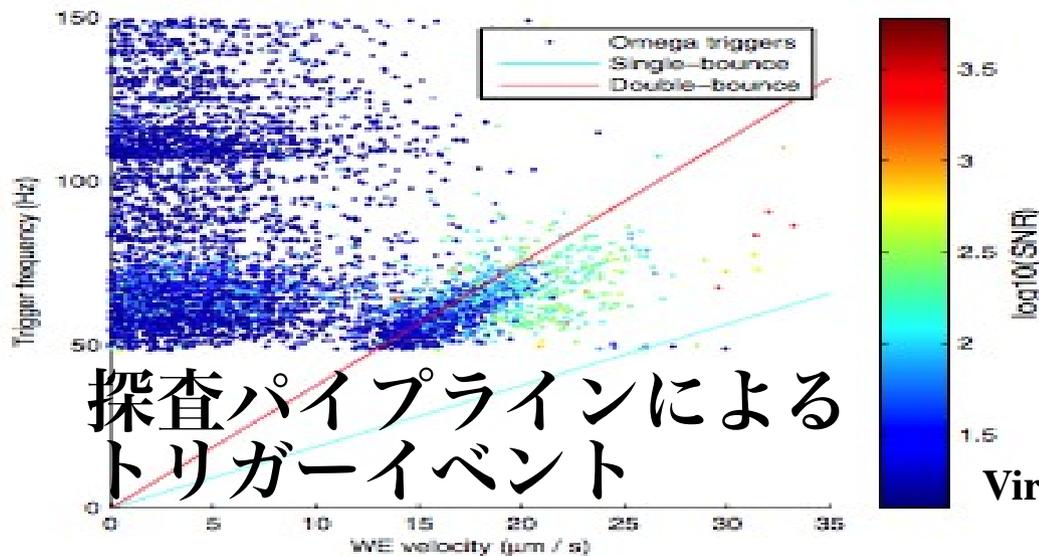
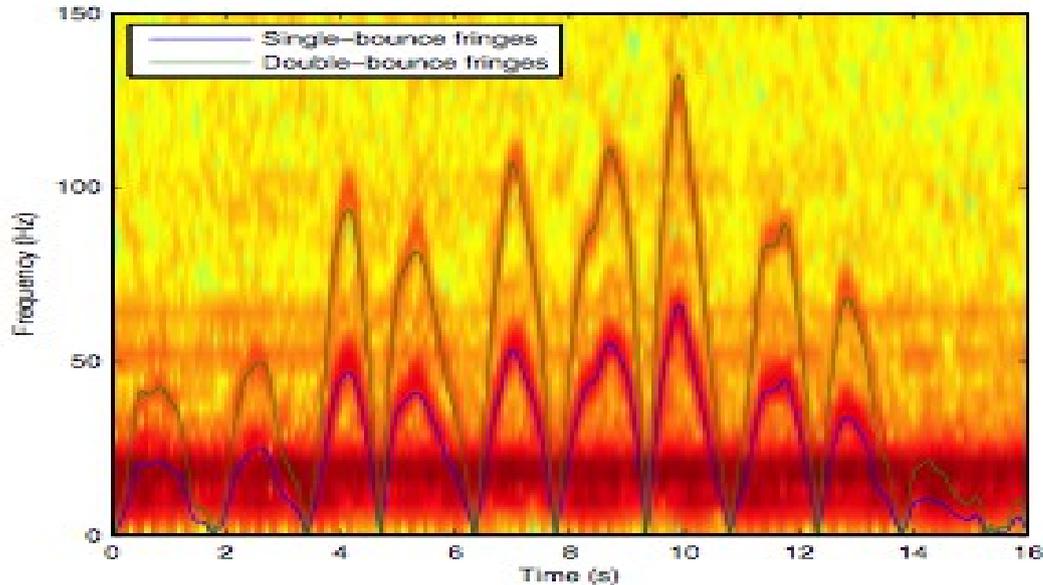
- ニューラルネットワークを用いたVeto解析 (韓国との共同研究)

- GUIインターフェース

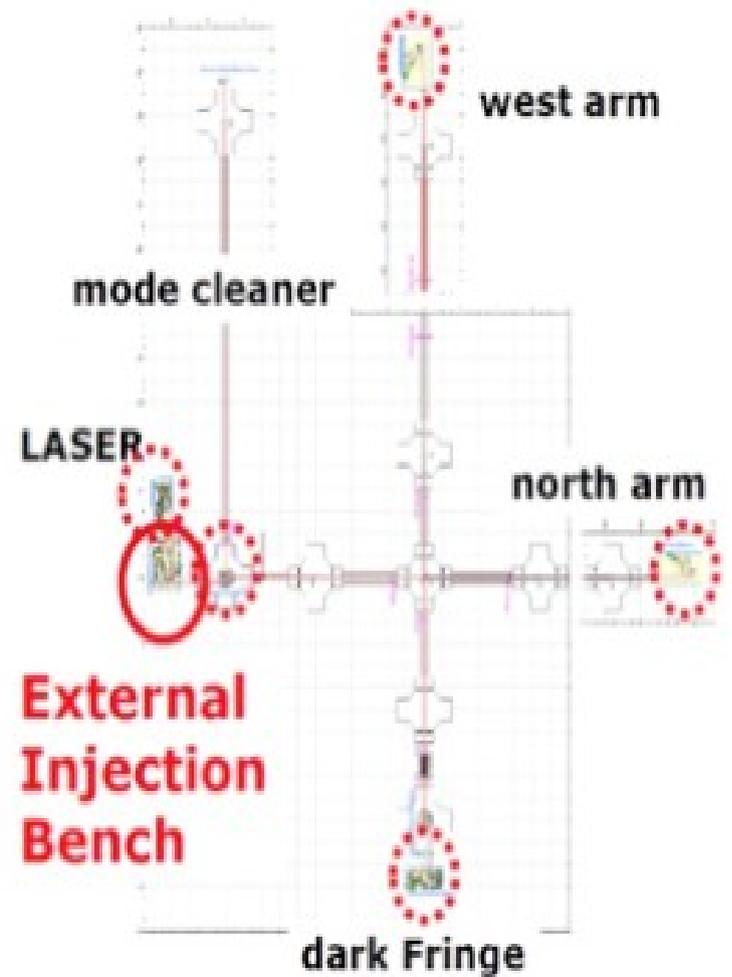
# ツール開発ハイライト

# 原因がわかっているケース： Virgoのアップコンバージョンノイズの例

## スペクトログラム

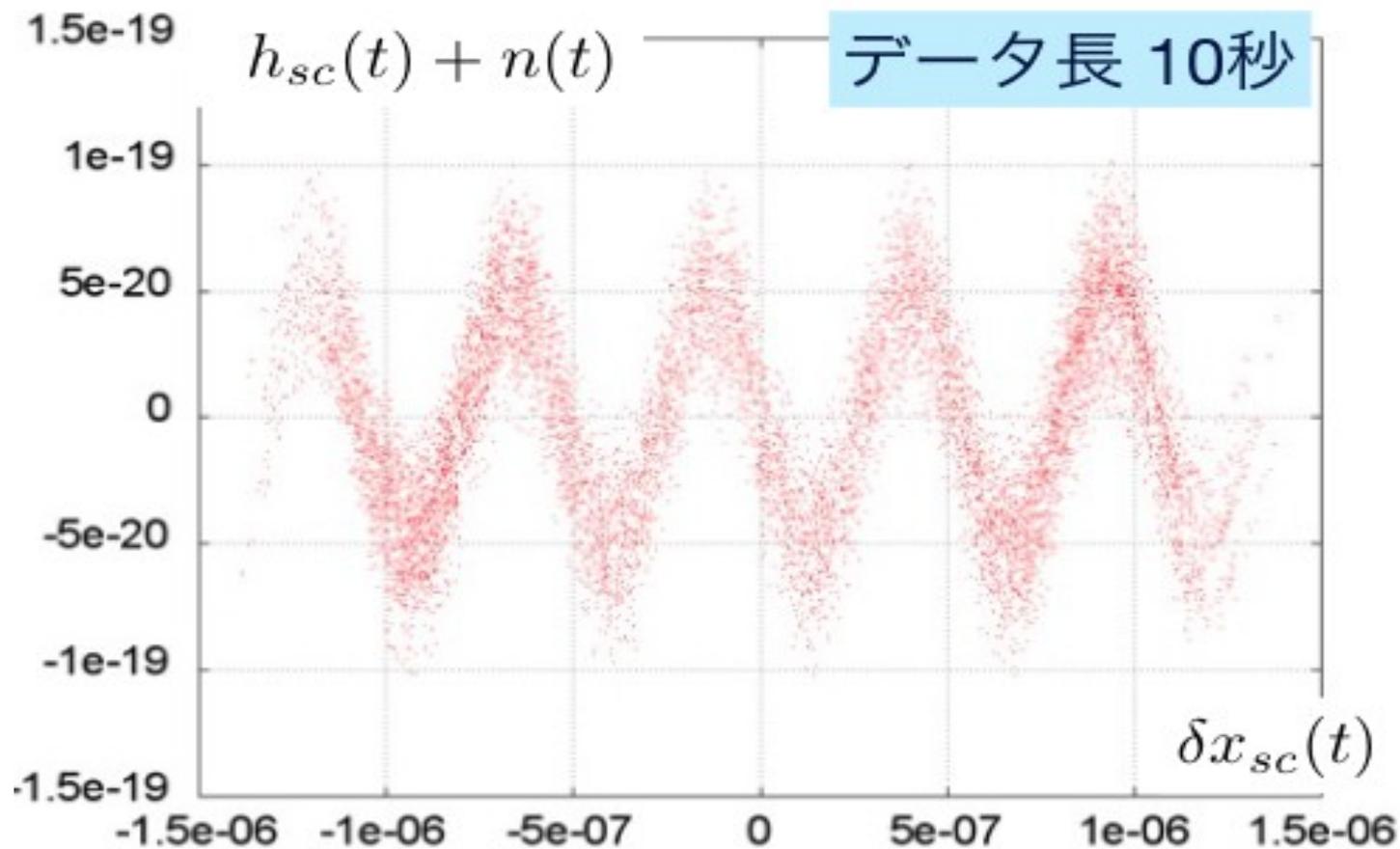


探査パイプラインによる  
トリガーイベント



# チャンネル間相関の様子

- 線形相関でないため、従来のピアソン積率相関では検出できない。



譲原

# HasKALでは検出できます。

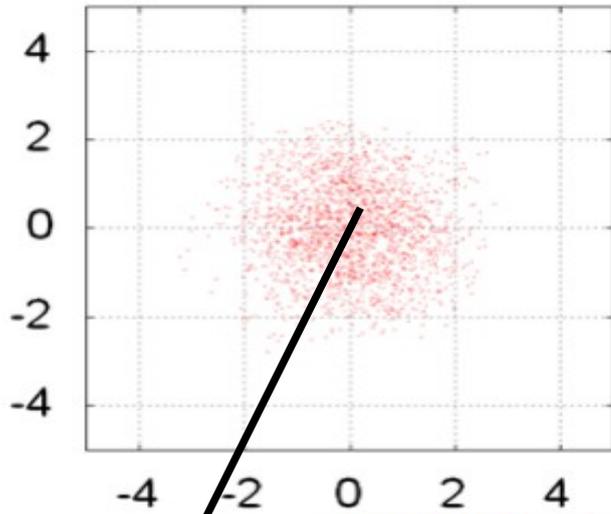


Permutation test結果も同じプロットに載せる。

譲原

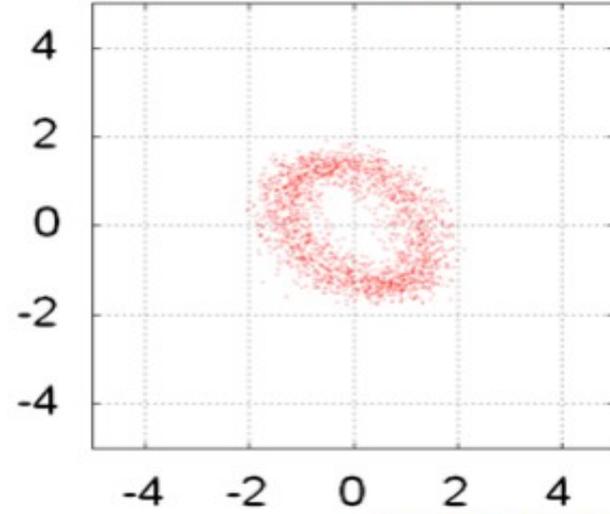
# CLIOのケース

重力波チャンネル



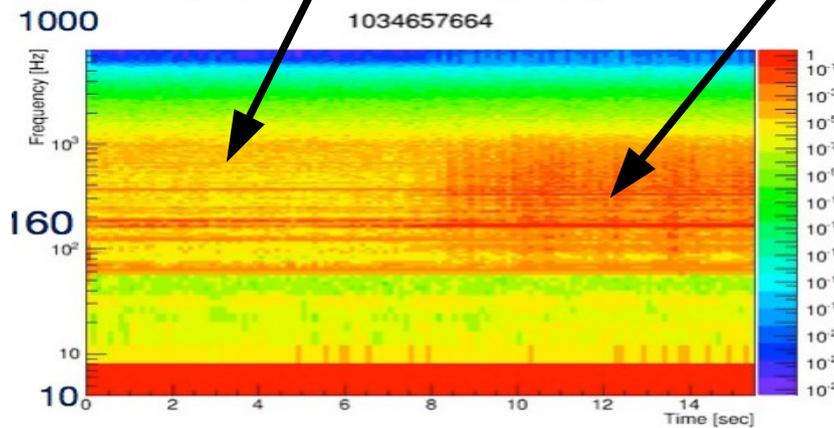
加速度計チャンネル

重力波チャンネル

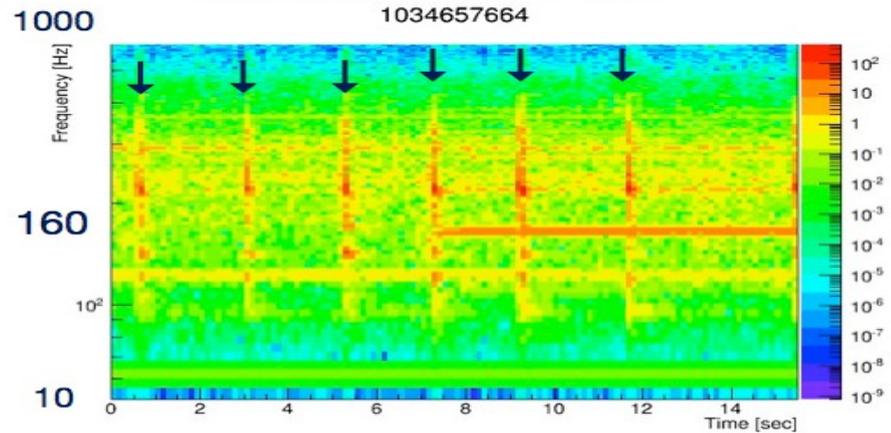


加速度計チャンネル

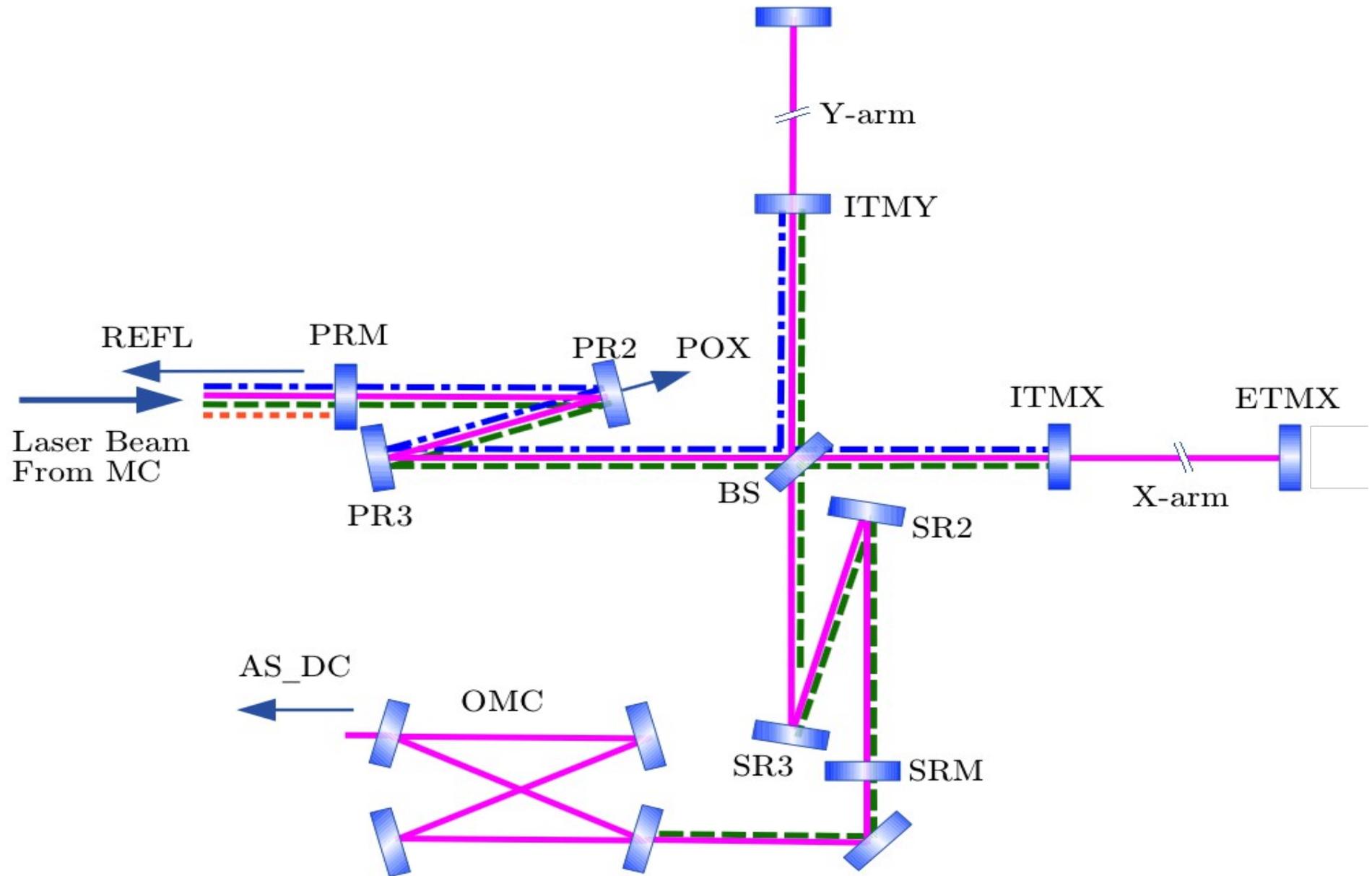
重力波チャンネル



加速度計チャンネル



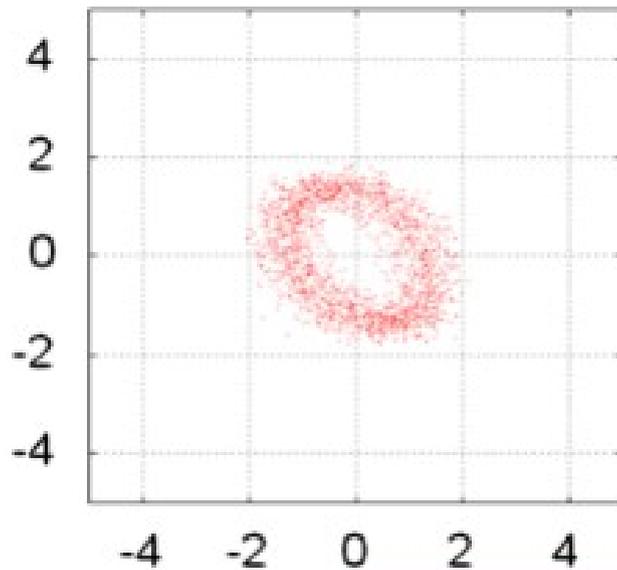
# 地面振動→散乱光雜音



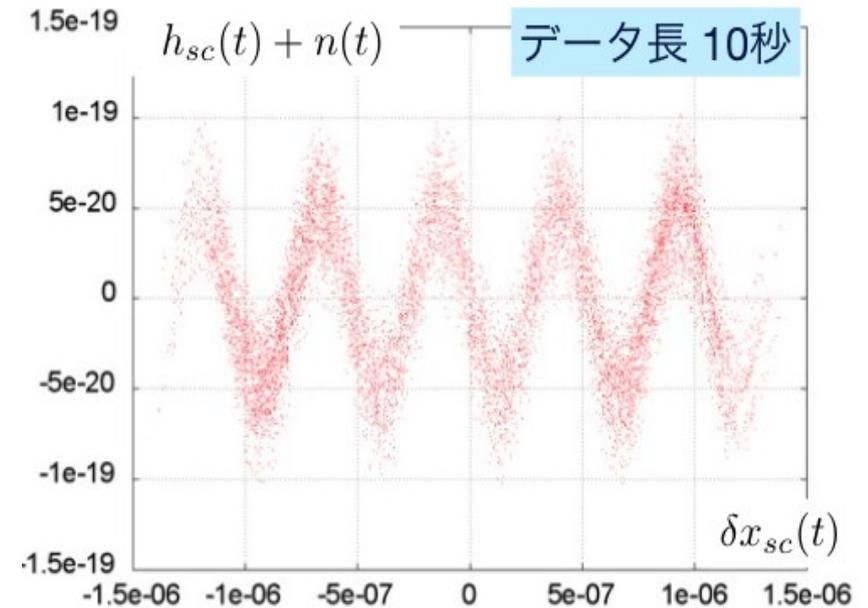
# 相関の情報をを用いる

- チャンネル間の相関の仕方の情報を得ることで、より深く雑音源のローカライズができるようになることが期待される。
- コインシデンスイベントが偶然のものなのかどうかの情報も得られる。

重力波チャンネル



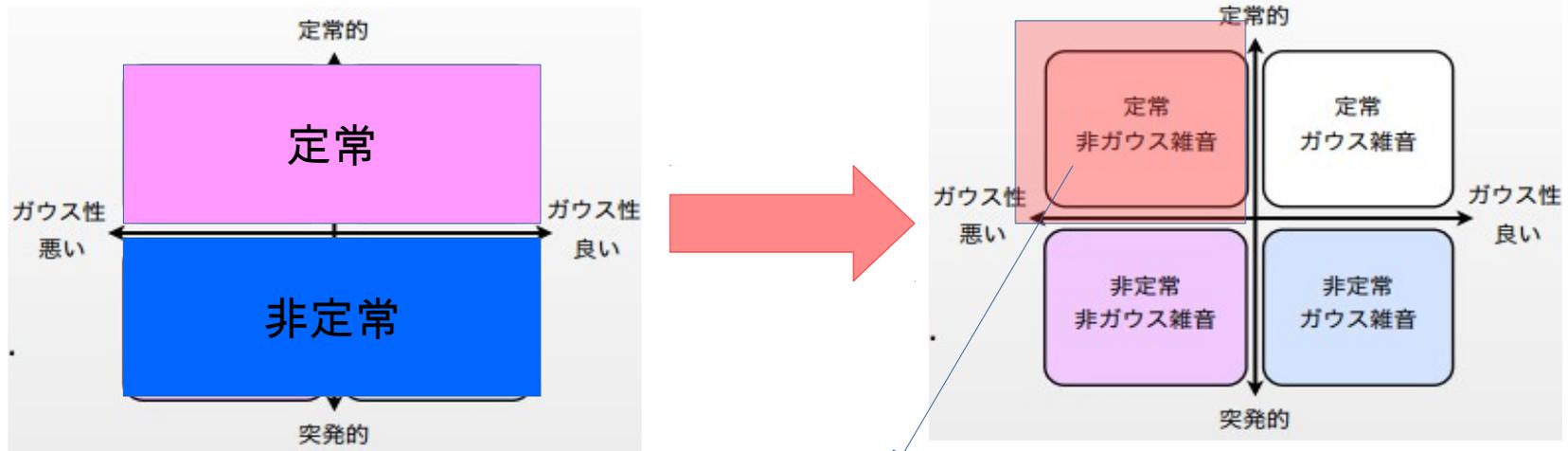
加速度計チャンネル



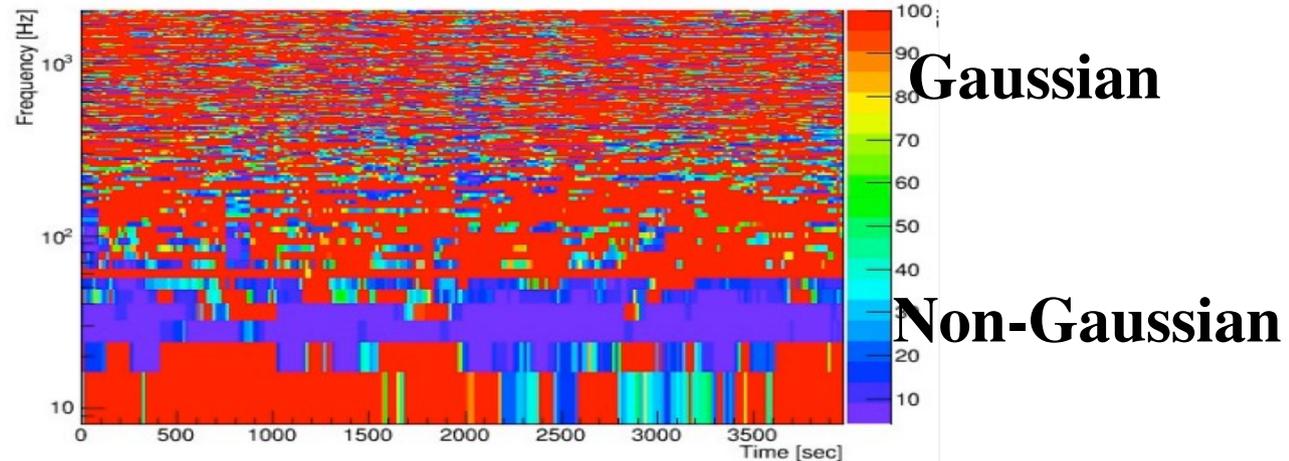
# 非ガウス性はどこから来るのか？

山本氏トーク

## 非ガウス性を1パラメータで特徴つける (Student-t分布)



GPS: 842752000

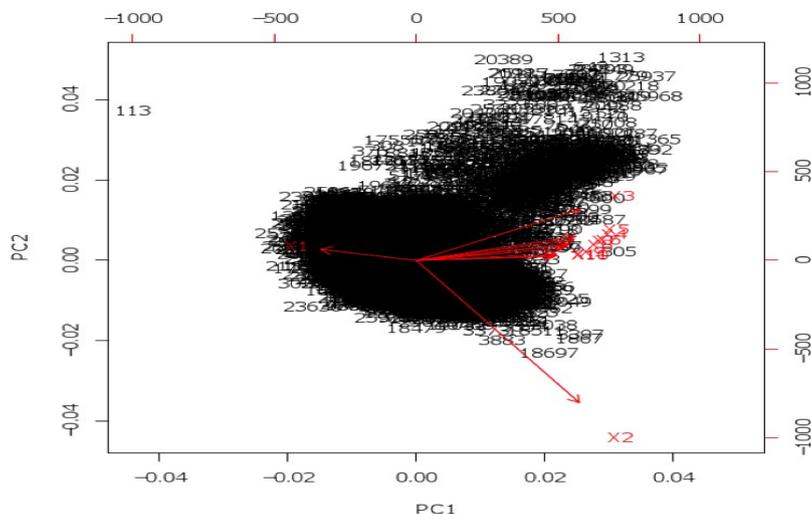


# 非定常雑音はどこから来ているのか？ — 師なし機械学習で雑音源を絞り込む —

間野(統数研)氏トーク

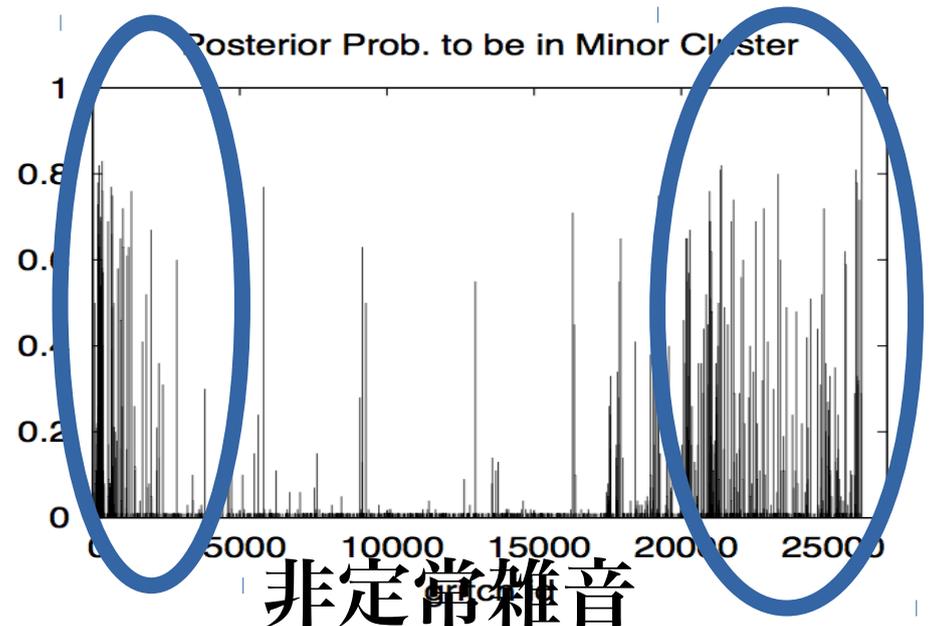
- マイナークラスタに属するものは集中して出てくることを突き止めた。(望遠鏡の状態悪化時)
- 非定常雑音の特徴付けに、新しく時間(状態)の要素を加えた研究!

TAMA300のデータから採集した  
2万6000の非定常雑音カタログを  
クラスタリング



干渉計の状態の悪化で普通でない雑音群が生じる

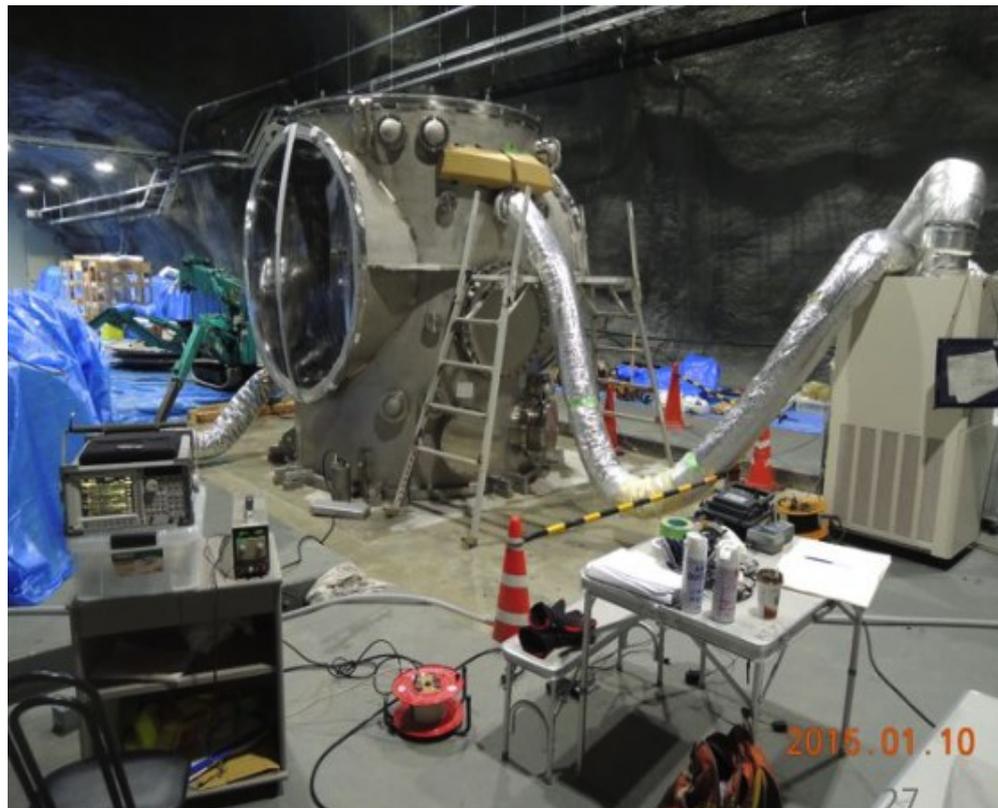
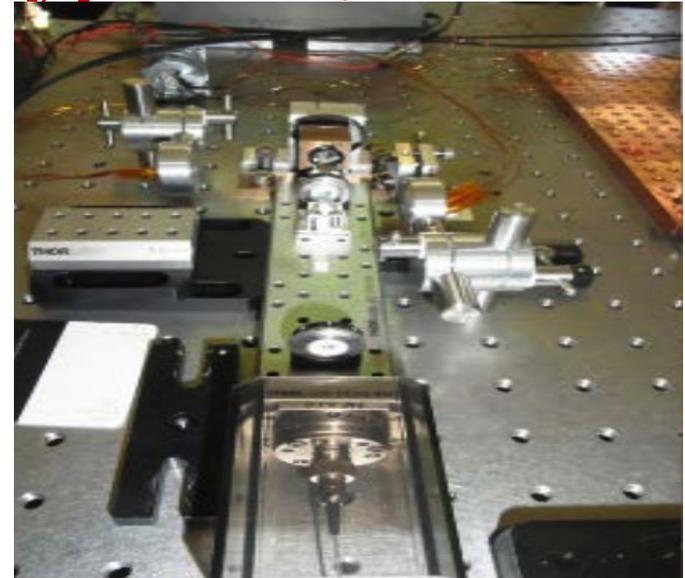
普通でない度



# サブシステム診断に向けて

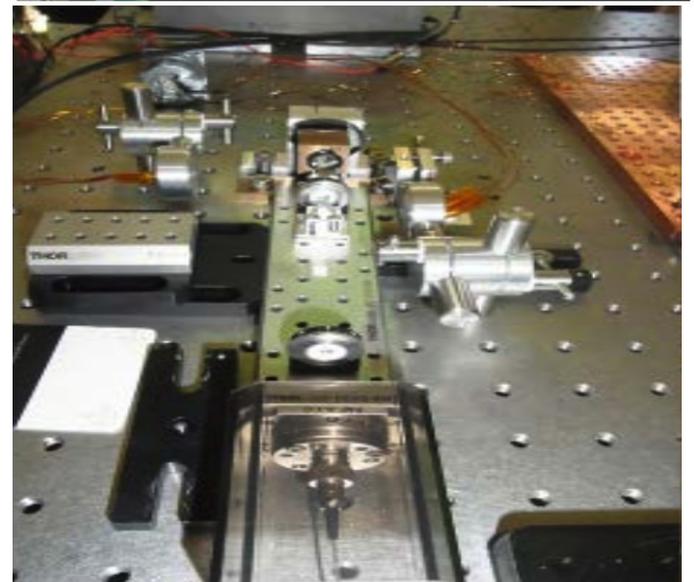
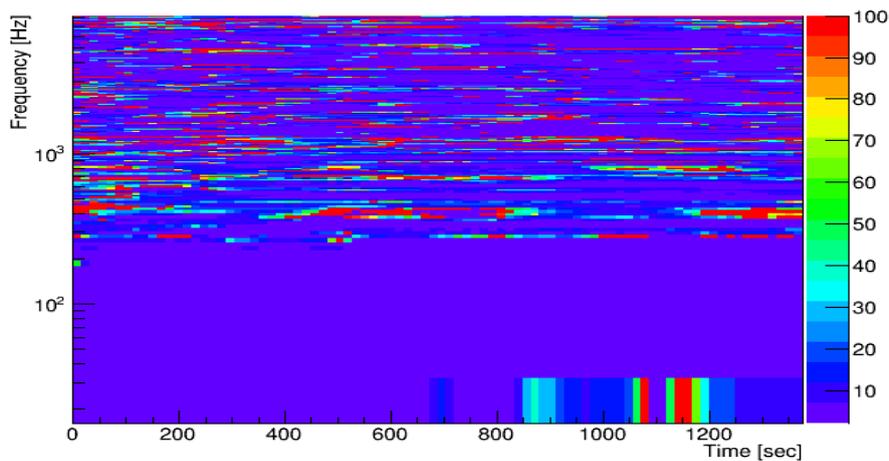
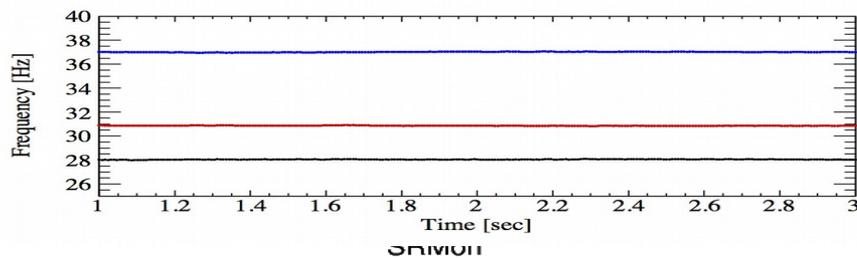
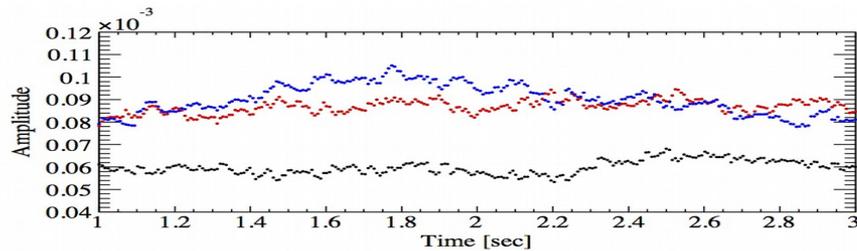
# サブシステム診断に向けて 低温干渉計の雑音解析のために

クライオスタットの内部の振  
動環境を干渉計型センサを置  
いて調べる。  
辰巳 (NAOJ)



# 低温干渉計の雑音解析に向けて

- センサをTAMAに置き、テスト運転を行い、データをモニタ。



# サブシステム診断に向けて 防振系プロトタイプ実験

- デジタルシステムを用いて制御実験
- 



# KAGRAサイトでの環境把握（例：磁場測定）

Atsuta, Somiya, Yano(TITECH)

Yamaguchi, Oda, Hayama, Kanda

(U. Osaka City)

Ogawa, Araya, Ueshima (ERI U. Tokyo)

Uchiyama, Miyakawa, Miyoki, Saito (U. Tokyo)

Nishizawa (Caltech)



- 熱田氏のトーク

# 早期の地面振動長期モニタ

# 今後の予定

- 4月以降順々に始まる環境モニタの試験運転に参加し、DetCharシステムの問題点の洗い出し、改善。
- サブシステム診断ツールとしてセットアップ。実際の使用で得られるフィードバック。
- オンラインDetector characterization クラスタにインストール。
- 12月iKAGRA観測とともにモニタ。

# **iKAGRAターゲット**

**Operation and test of detector characterization system for detector diagnostics and environmental monitor for more than two weeks, processing 50 channels of monitor signals and 360 TByte/hour data.**