

KAGRA用入射光学系の 開発

東大宇宙線研, 産総研計測標準^A, 国立天文台^B, 東大理物^C, 東工大^D, 新潟大工^E, 防衛大^F, 富山大理^G, 東大工^H, LSU^I, Korea Univ.^J

中野雅之, 大嶋新一, 上泉眞裕, 川村静児, 小仁所志栞, 宮川 治, 寺田総一^A, 阿久津智忠^B, 上田暁俊^B, 大石奈緒子^B, 麻生洋一^C, 道村唯太^C, 宗宮健太郎^D, 加藤準平^D, 桑田綾香^D, 矢野和城^D, 佐藤孝^E, 大河正志^E, 齊藤高大^E, 飯島音浩^E, 志賀和成^E, 上原知幸^F, 松島房和^G, 森脇喜紀^G, 小林かおり^G, 加川智大^G, 大前宣昭^H, 苔山圭以子^I, Tai Hyun Yoon^J, KAGRA Collaboration



目次

- ・ 背景
- ・ iKAGRA入射光学系の概要
 - ✓ Overview
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
- ・ iKAGRA入射光学系のインストール
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
 - ✓ Faraday Isolator
 - ✓ Input Mode Cleaner
- ・ 今後の予定

目次

- ・ 背景
- ・ iKAGRA入射光学系の概要
 - ✓ Overview
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
- ・ iKAGRA入射光学系のインストール
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
 - ✓ Faraday Isolator
 - ✓ Input Mode Cleaner
- ・ 今後の予定

背景

現在、大型重力波望遠鏡KAGRAはiKAGRA(initial KAGRA)と呼ばれるフェーズにある。現在我々はiKAGRA用入射光学系のインストールを行っている。

- ・ 構成

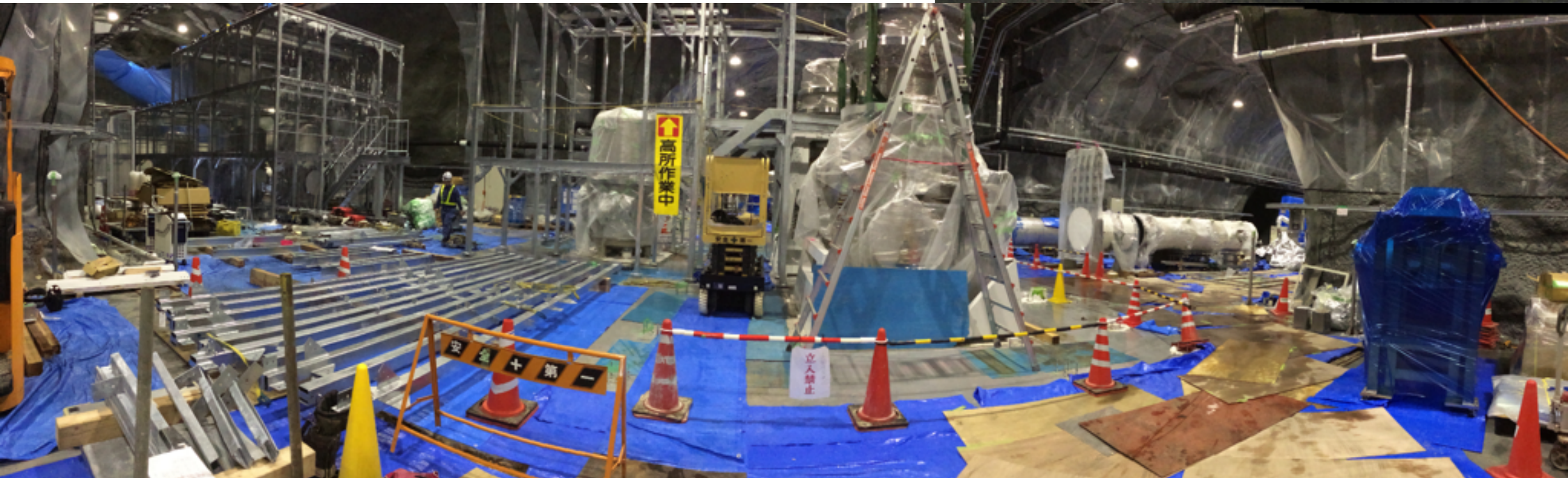
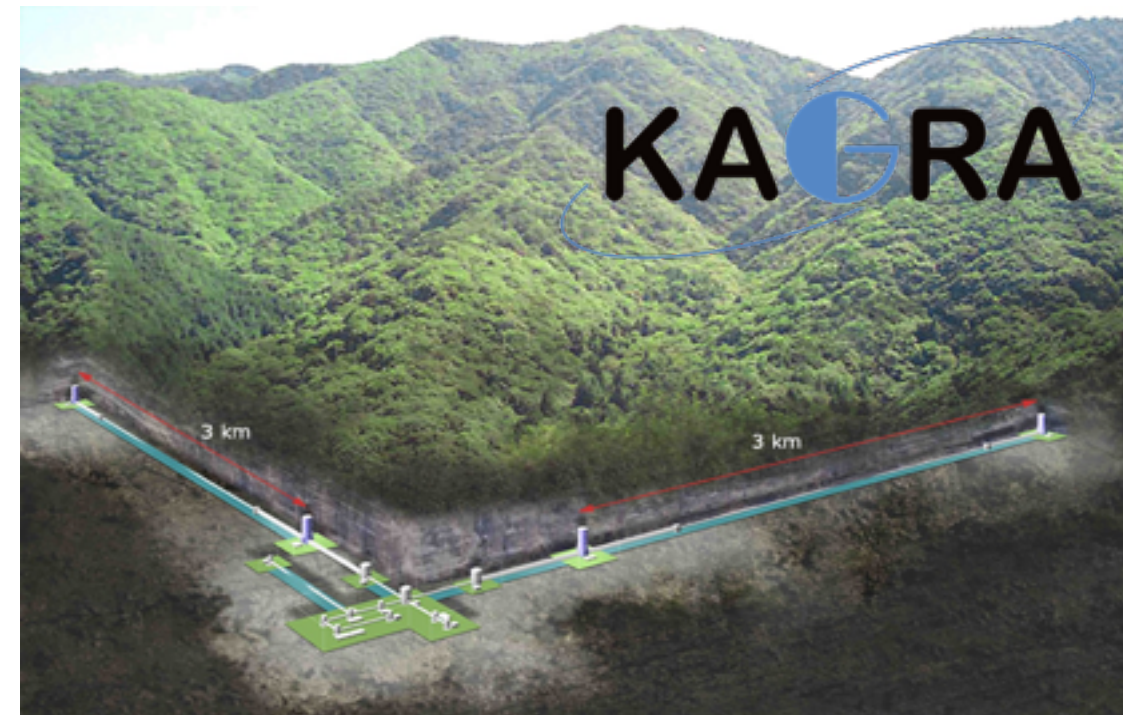
- ✓ 片腕3kmのMichelson干渉計

- ・ レーザーパワー

- ✓ 2W

- ・ 目的

- ✓ 大型干渉計制御の経験を得る



目次

- ・ 背景
- ・ iKAGRA入射光学系の概要
 - ✓ Overview
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
- ・ iKAGRA入射光学系のインストール
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
 - ✓ Faraday Isolator
 - ✓ Input Mode Cleaner
- ・ 今後の予定

iKAGRA入射光学系

干渉計制御のため、十分安定なレーザー光の供給を行う



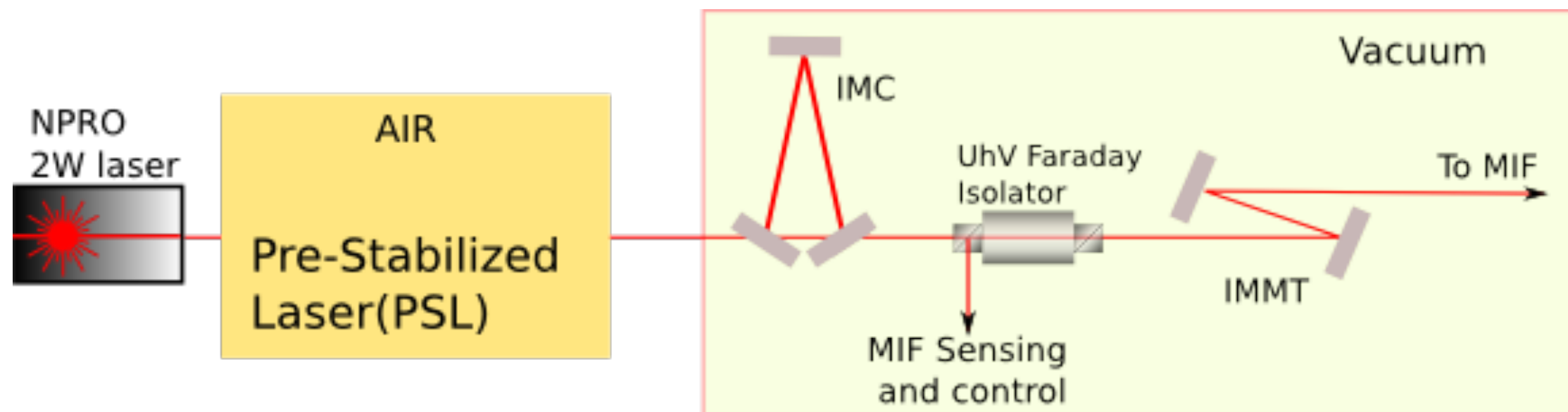
iKAGRA入射光学系

- **In-air optics**

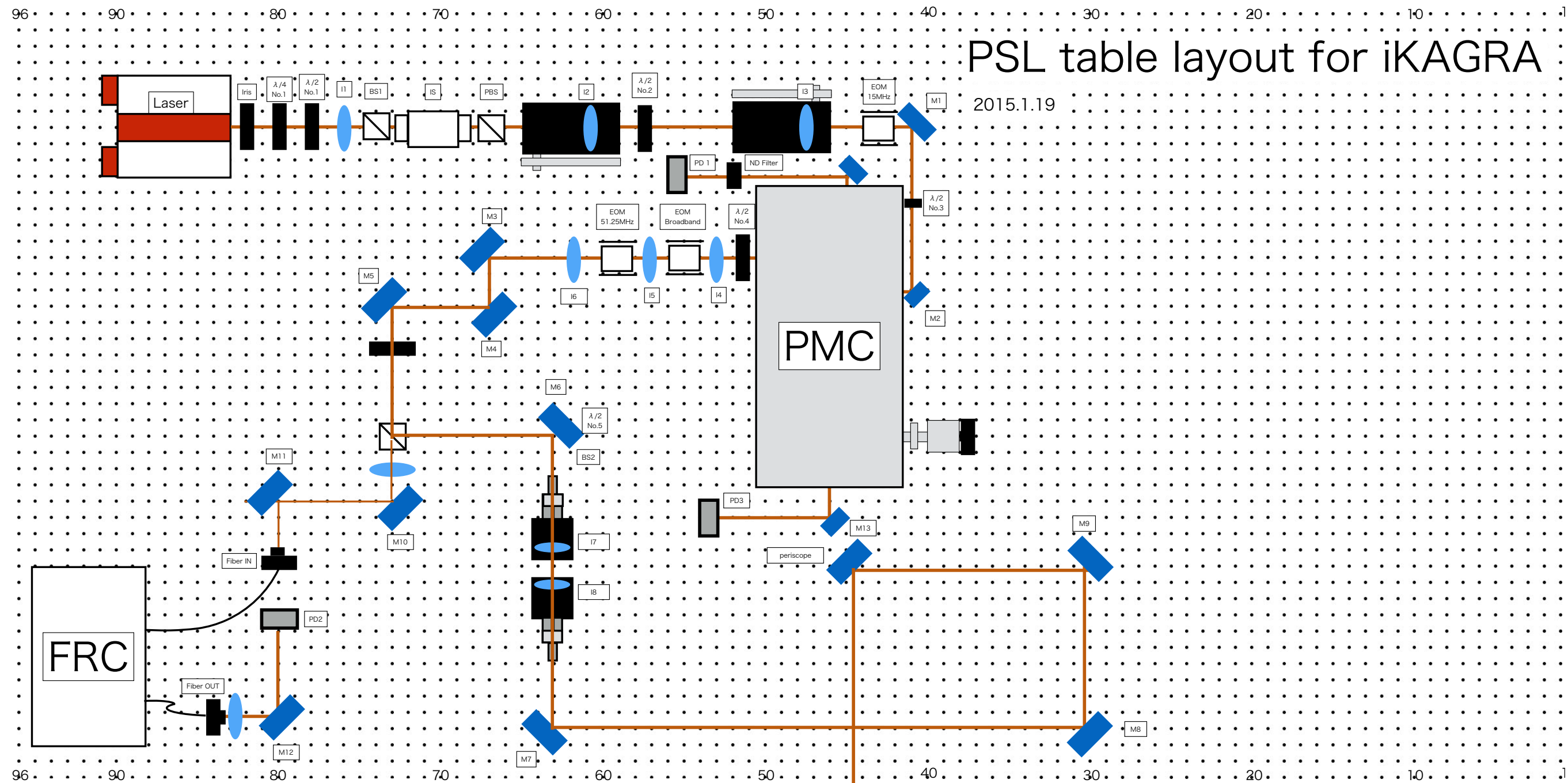
- ✓ Pre-Mode Cleaner → 空間モード整形
- ✓ Fiber Ring Cavity → 周波数安定化

- **In-vacuum optics**

- ✓ Input Mode Cleaner → 空間モード整形、ビームジッター低減
- ✓ ハイパワー真空対応ファラデーアイソレータ
→ 主干涉計制御のための信号取得
- ✓ Input Mode Matching Telescope → 主干涉計へのモードマッチ



Pre-Stabilized Laser (PSL) Table

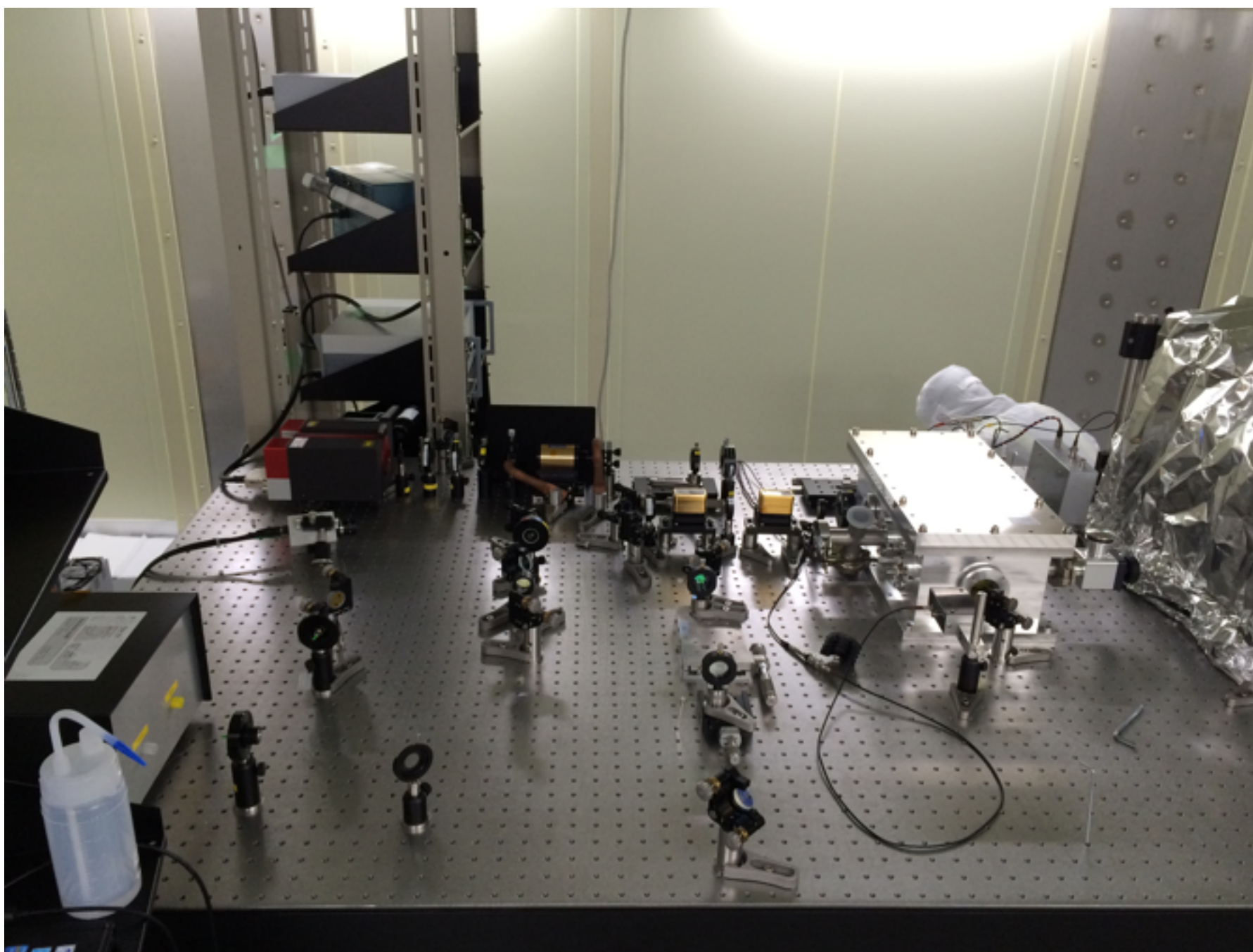


目次

- ・ 背景
- ・ iKAGRA入射光学系の概要
 - ✓ Overview
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
- ・ iKAGRA入射光学系のインストール
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
 - ✓ Faraday Isolator
 - ✓ Input Mode Cleaner
- ・ 今後の予定

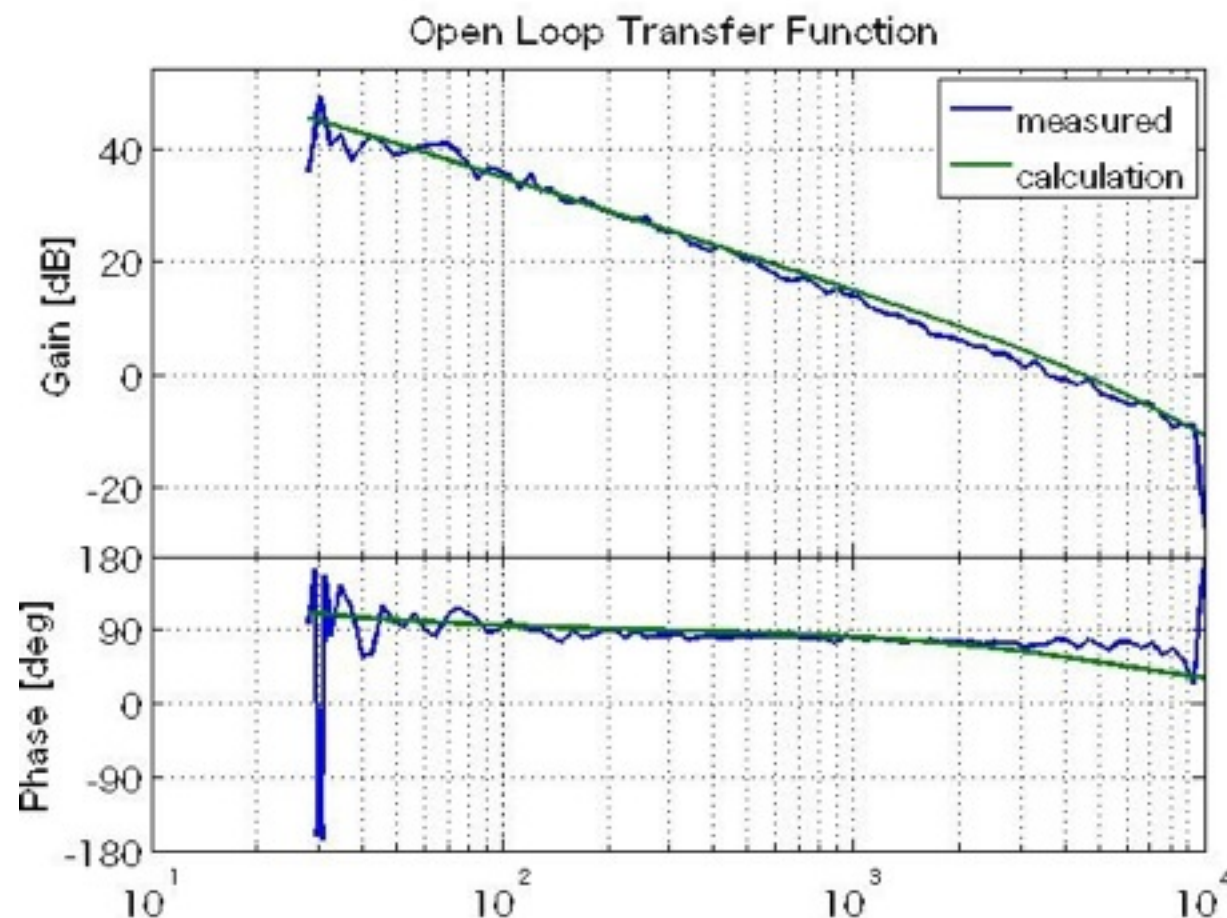
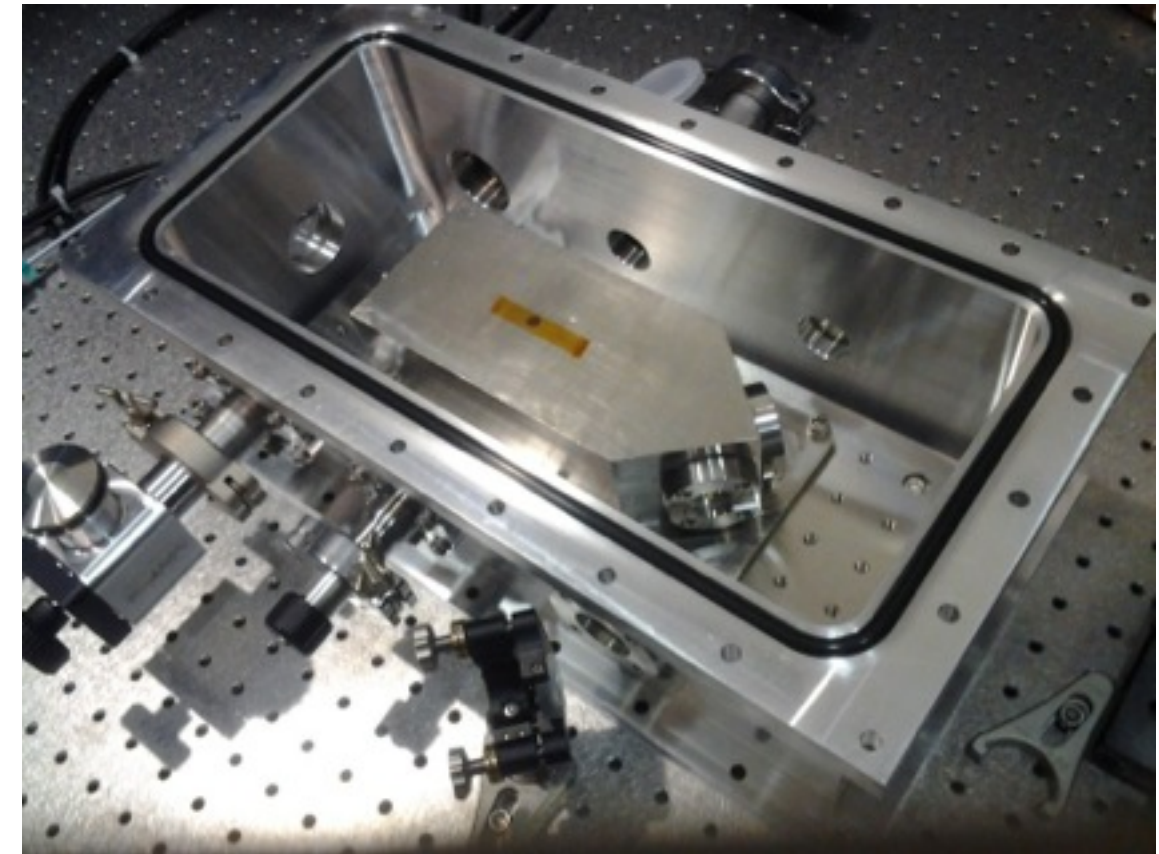
PSL table Installation

光学素子の設置はほぼ終了



Pre-Mode Cleaner

- ✓ レーザーの空間モードを整えるための三角リング共振器
- ✓ 制御: エンドミラーに装着されたPZTによるPound Drever Hall法制御でレーザーの周波数に共振器長をロックしている。

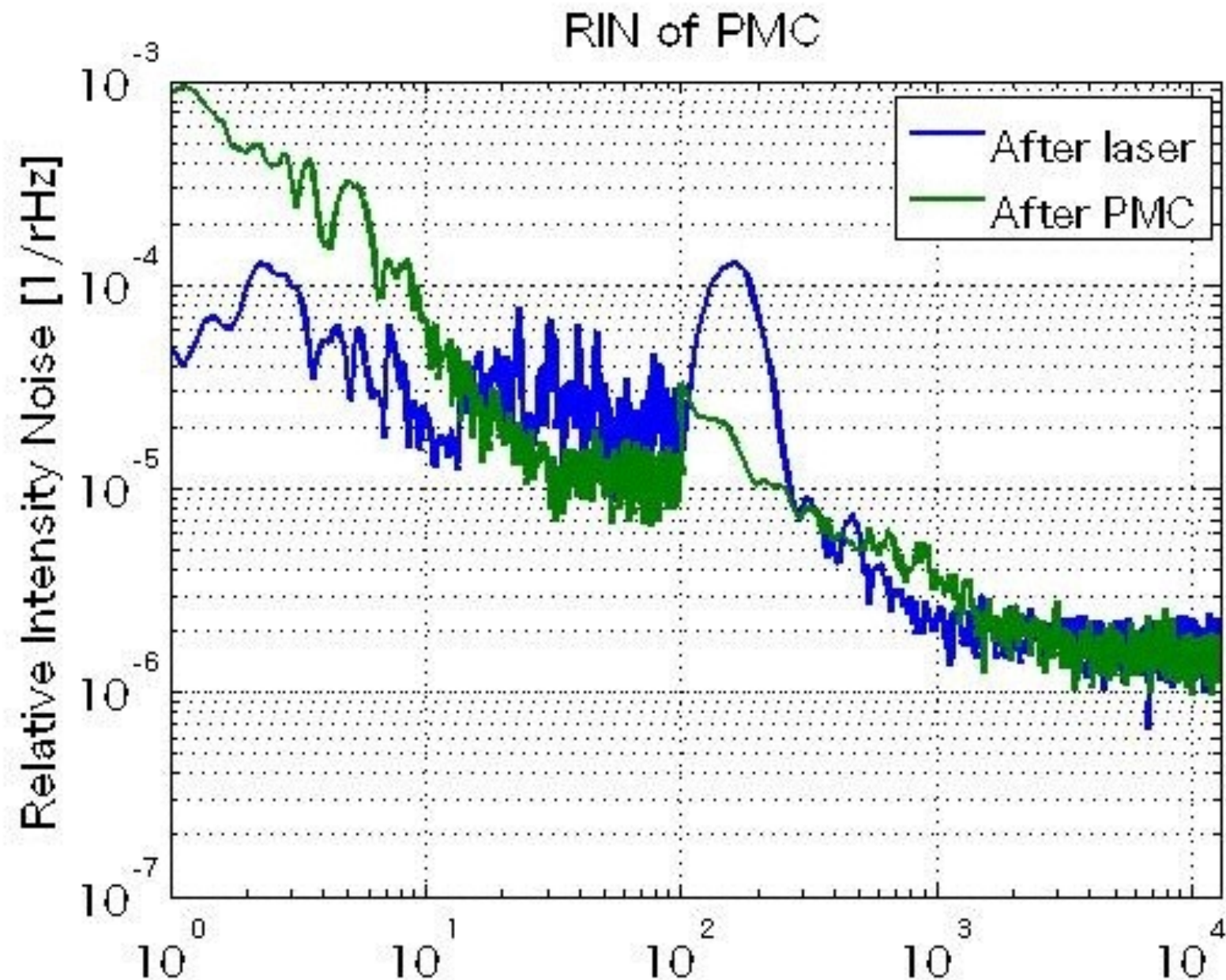


- ′ Finesse : 197
- ′ FSR : 750 MHz
- ′ 透過率 : 40%
- ′ Line width : 3.8 MHz
- ′ UGF : 4kHz
- ′ 基本的にロバストだが、レンジが小さいため、温調をインストール予定

RIN of Pre-Mode Cleaner

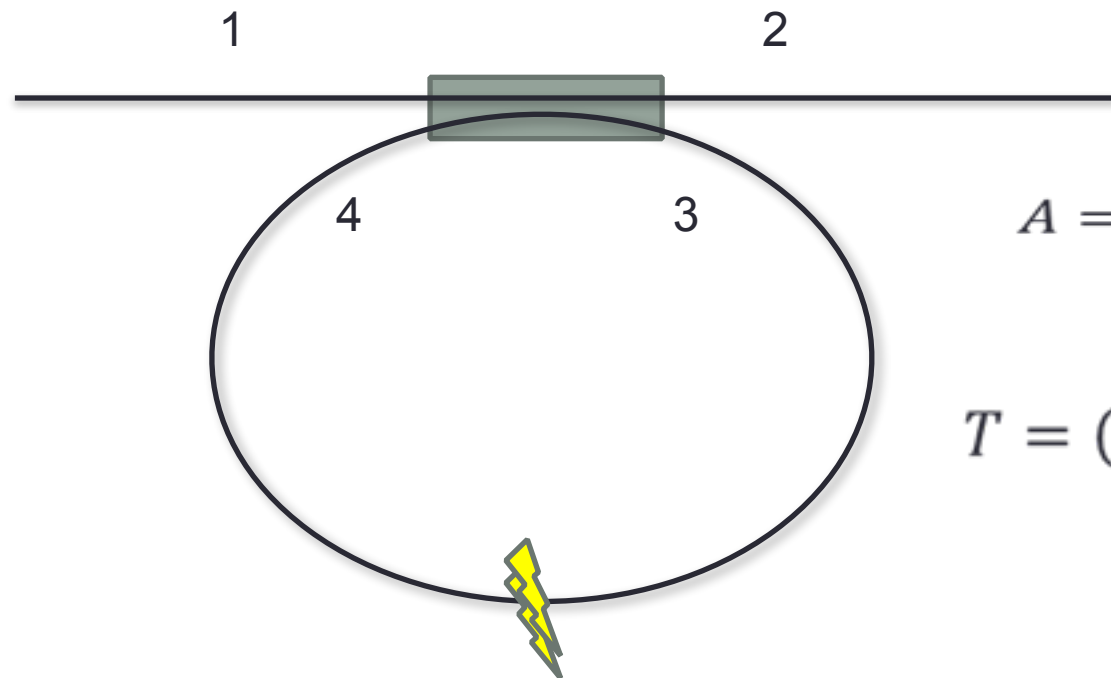
- 低周波での強度雑音が元のレーザー光より高い

→ 今後調査



Fiber Ring Cavity

周波数安定化のための参照共振器として使う



$$A = (1 - \kappa)(1 - r)(1 - a) e^{-2\alpha L}; \text{ loss factor}$$

$$T = (1 - r) \left(1 - \frac{\kappa (1 - \kappa - A)}{(1 - \kappa) (1 + A - 2A^{1/2} \cos[\beta L])} \right)$$

$$f_{\text{FSR}} = \frac{c}{nL},$$

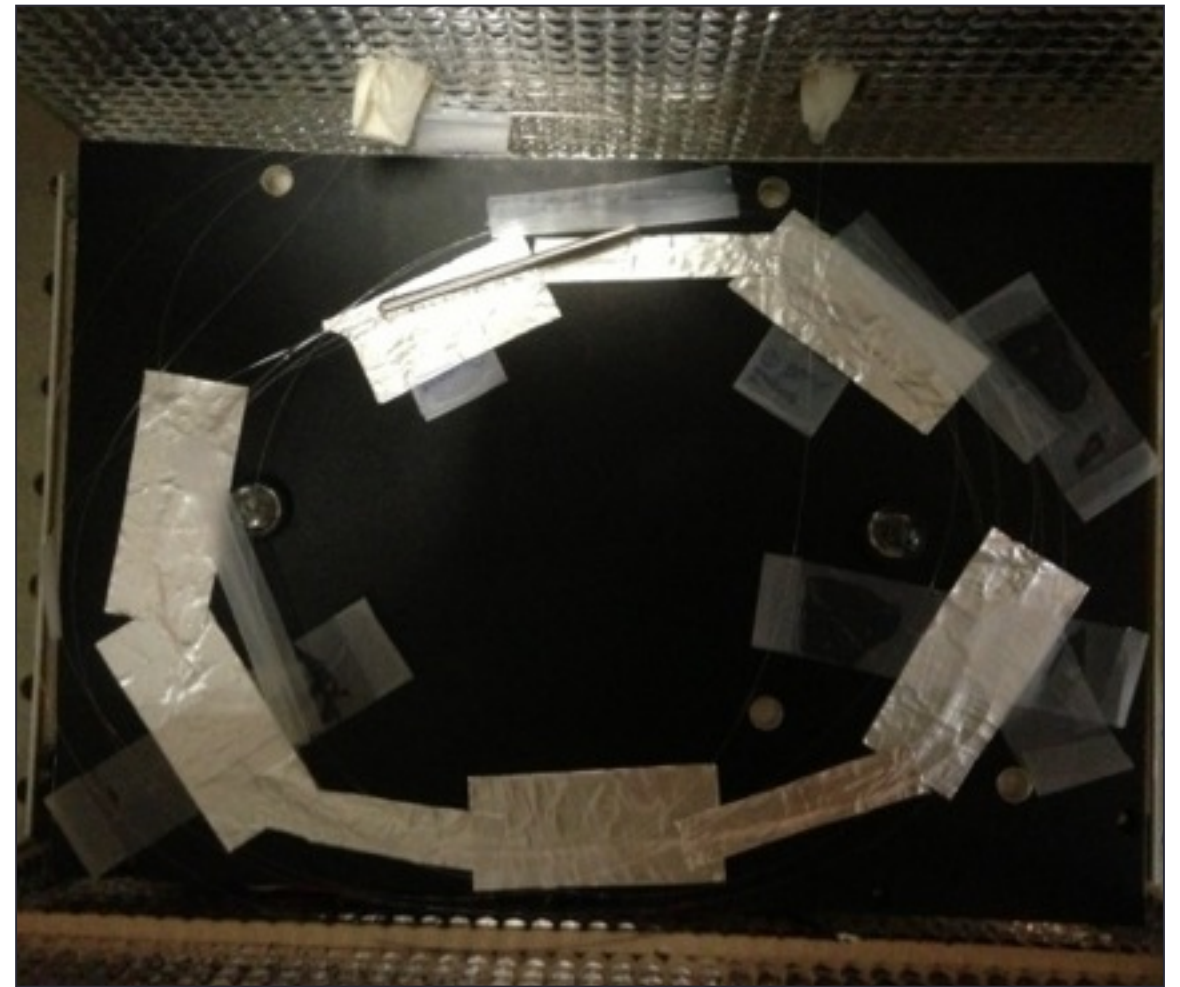
$$\Delta\nu = \frac{c}{L n \pi} \sqrt{\frac{(1 - \sqrt{A})^2}{\sqrt{A}}}$$

$$\mathcal{F} = \frac{\pi}{\sqrt{\frac{(1 - \sqrt{A})^2}{\sqrt{A}}}}$$

κ : Coupling Ratio
 r : Insertion Loss
 a : Splicing Loss
 α : Fiber Loss
 L : Cavity Length
 β : Wave number

Fiber Ring Cavity

- ・ 制御：Laser の周波数にフィードバック信号を返すことで、FRCの共振周波数にレーザー周波数をロックする。
- ・ 現在は光は通っているが、制御はかかっていない。
- ・ アクチュエータはレーザー
温調、レーザーPZT、
Broadband EOMの3つ



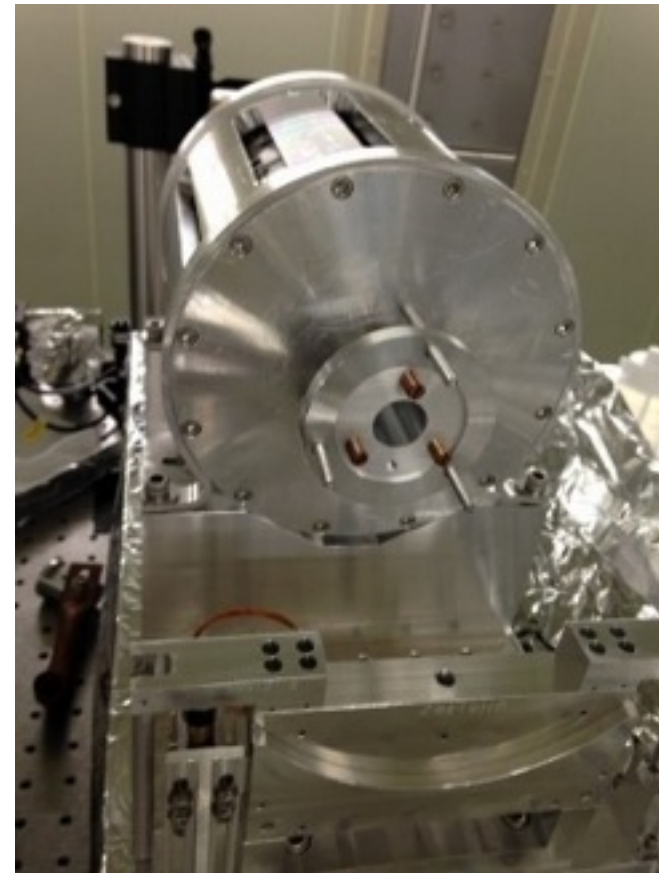
共振器長：5.8m

FSR：35.4 MHz

Line width：78.4 kHz

Faraday Isolator

- ・ フロリダ大の協力によりアセンブリが完了した。
- ・ 現在はPSL tableの上に乗っており、後日真空容器内にインストール予定
- ・ 詳しくは片岡氏の発表にて



Input Mode Cleaner

- ・ 国立天文台で鏡を吊るするためのサスペンションのアセンブリが行われた。
- ・ 順次真空容器内へインストール予定



目次

- ・ 背景
- ・ iKAGRA入射光学系の概要
 - ✓ Overview
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
- ・ iKAGRA入射光学系のインストール
 - ✓ Pre-Stabilized Laser(PSL) Table
 - ✓ Faraday Isolator
 - ✓ Input Mode Cleaner
- ・ 今後の予定

今後の予定

入射光学系作業予定

2015 Apr.

PSL tableインストール完了
IMCサスペンションインストール

2015 May.

IMC鏡インストール
初期アライメント

2015 Jun.

IMC制御光学系のインストール
IMMT, IFIのインストール

2015 Jul.

IMC長さ制御完了
出射光学系セットアップ

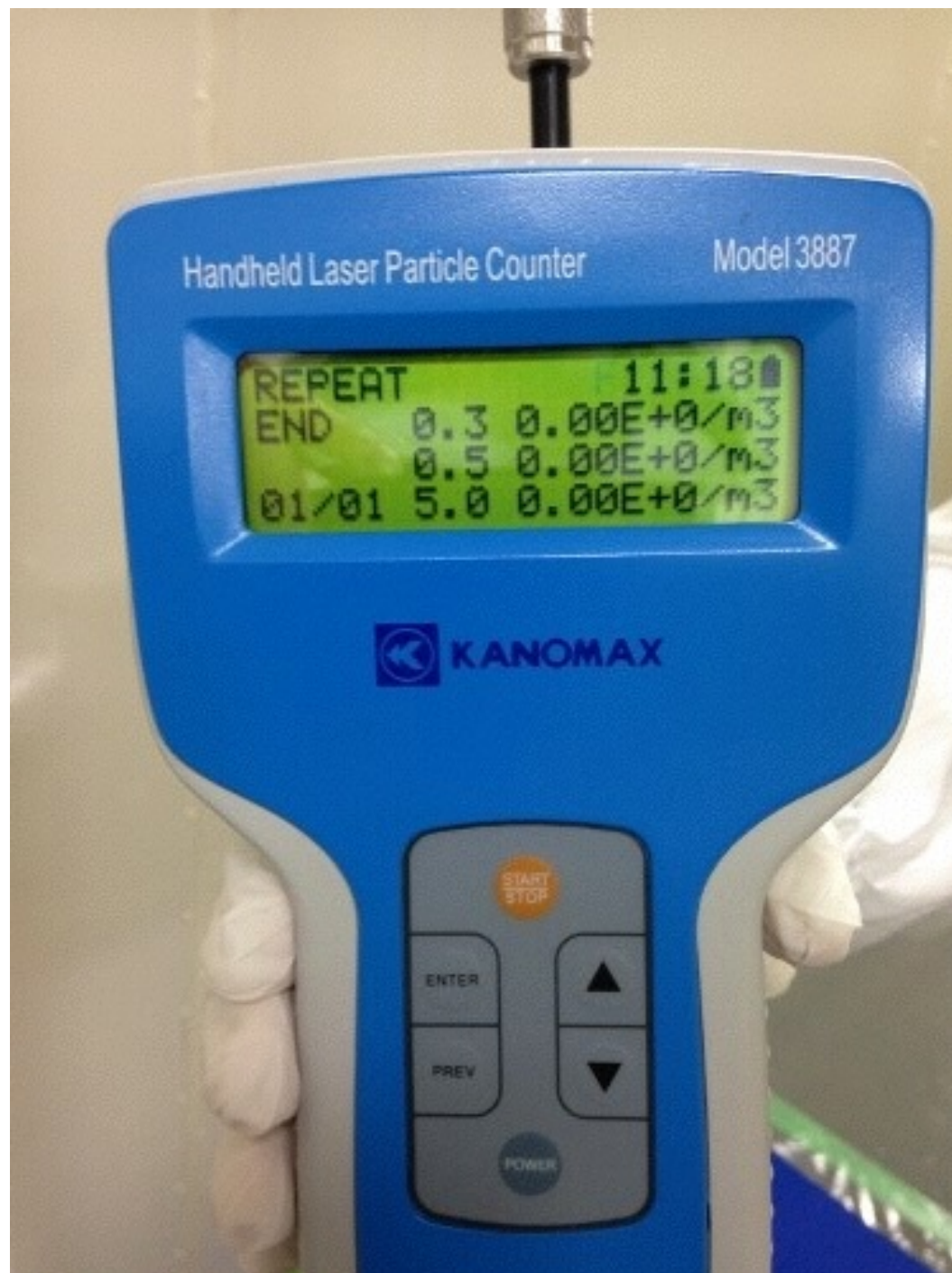
2015 Aug.

IMCアライメント制御完了

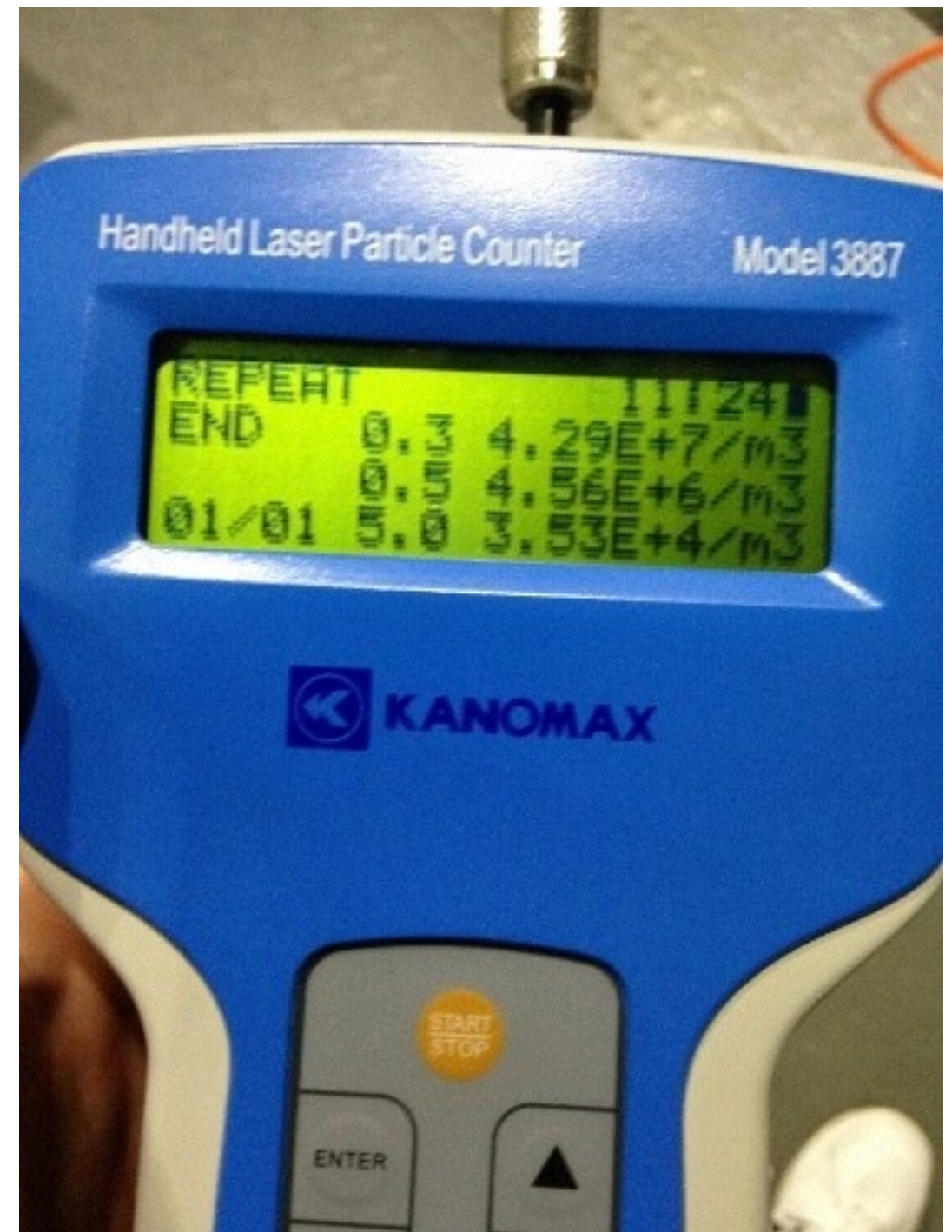
Appendix

The Particle Number

Inside



Outside

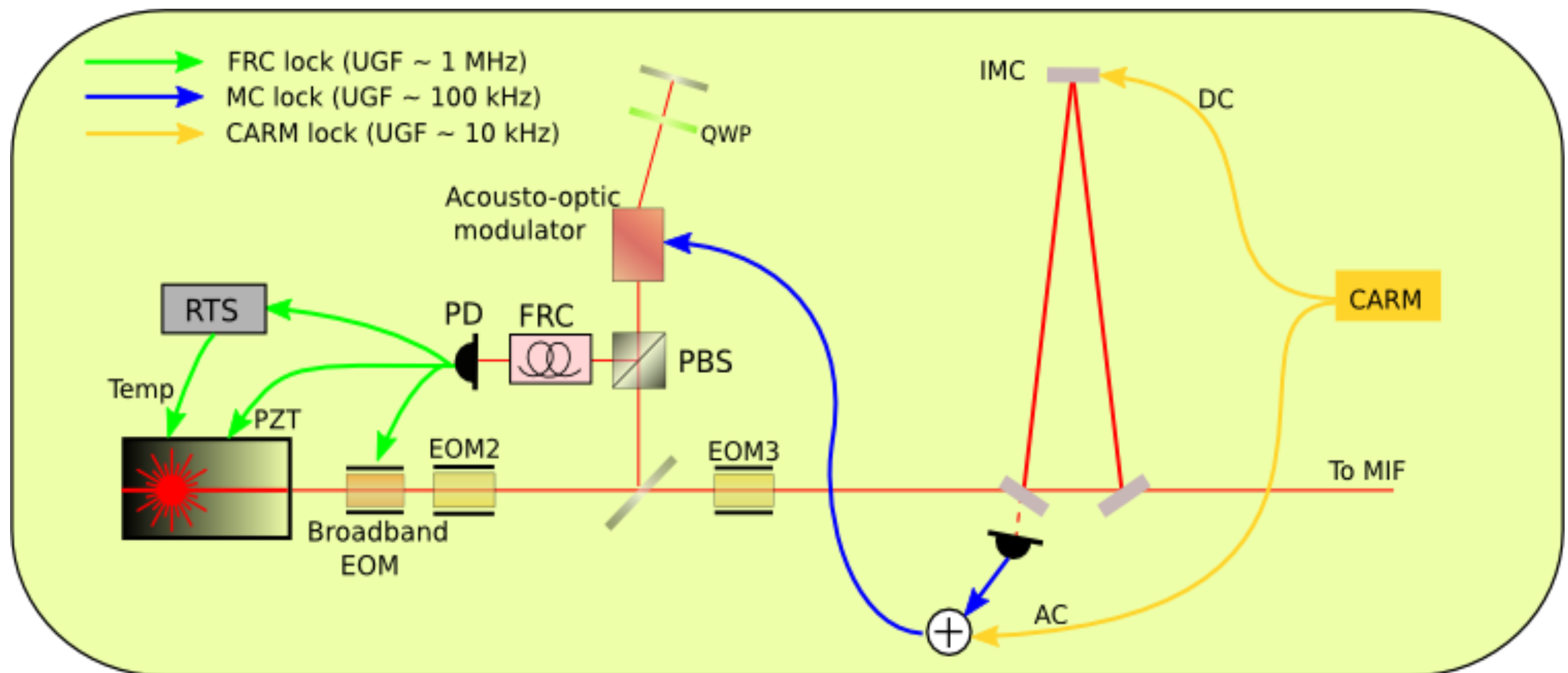


dirty water inside the room



Frequency Stabilization

- Using the Fiber Ring Cavity as a reference cavity
 - ✓ FRC is easy to use and the alignment is stable.
- This system will be tested at ICRR.
- The frequency noise stabilization servo will be a multiple loop system.



Frequency Stabilization Servo Topology