

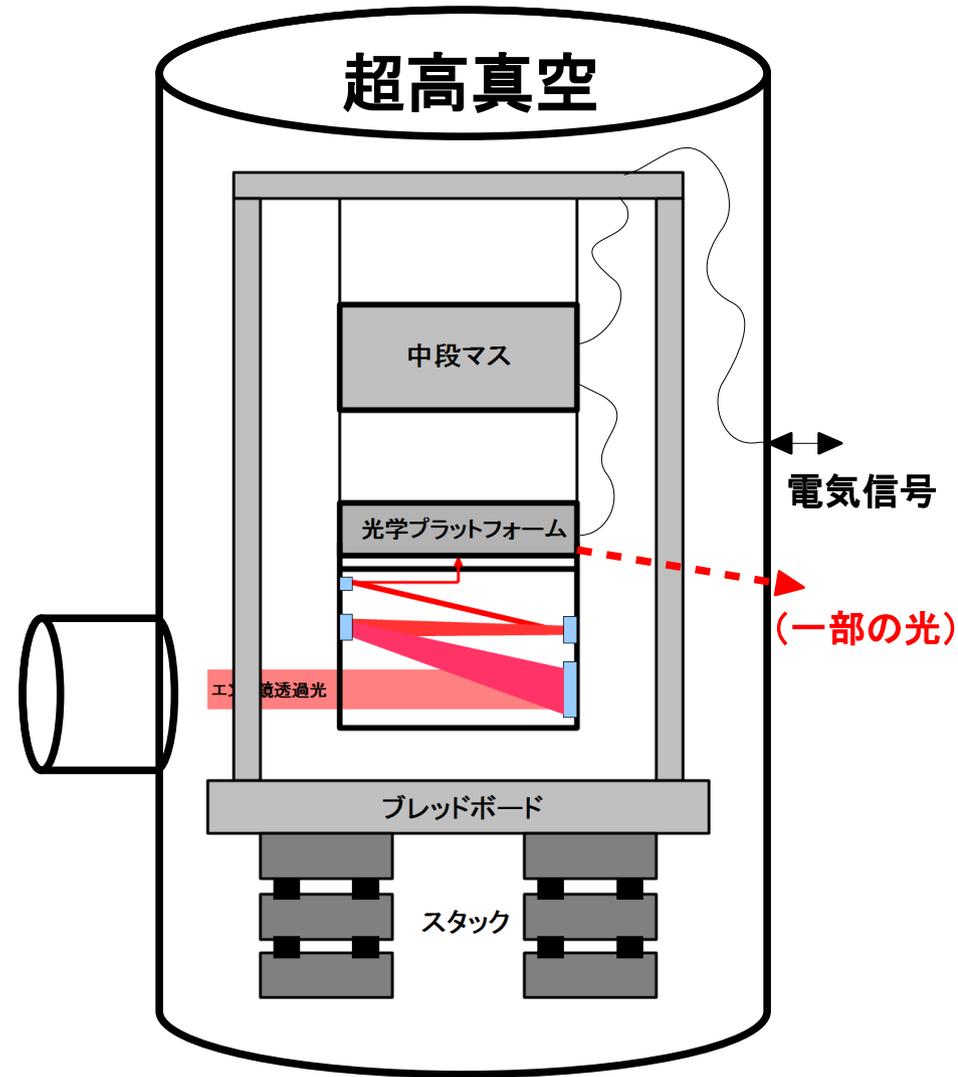
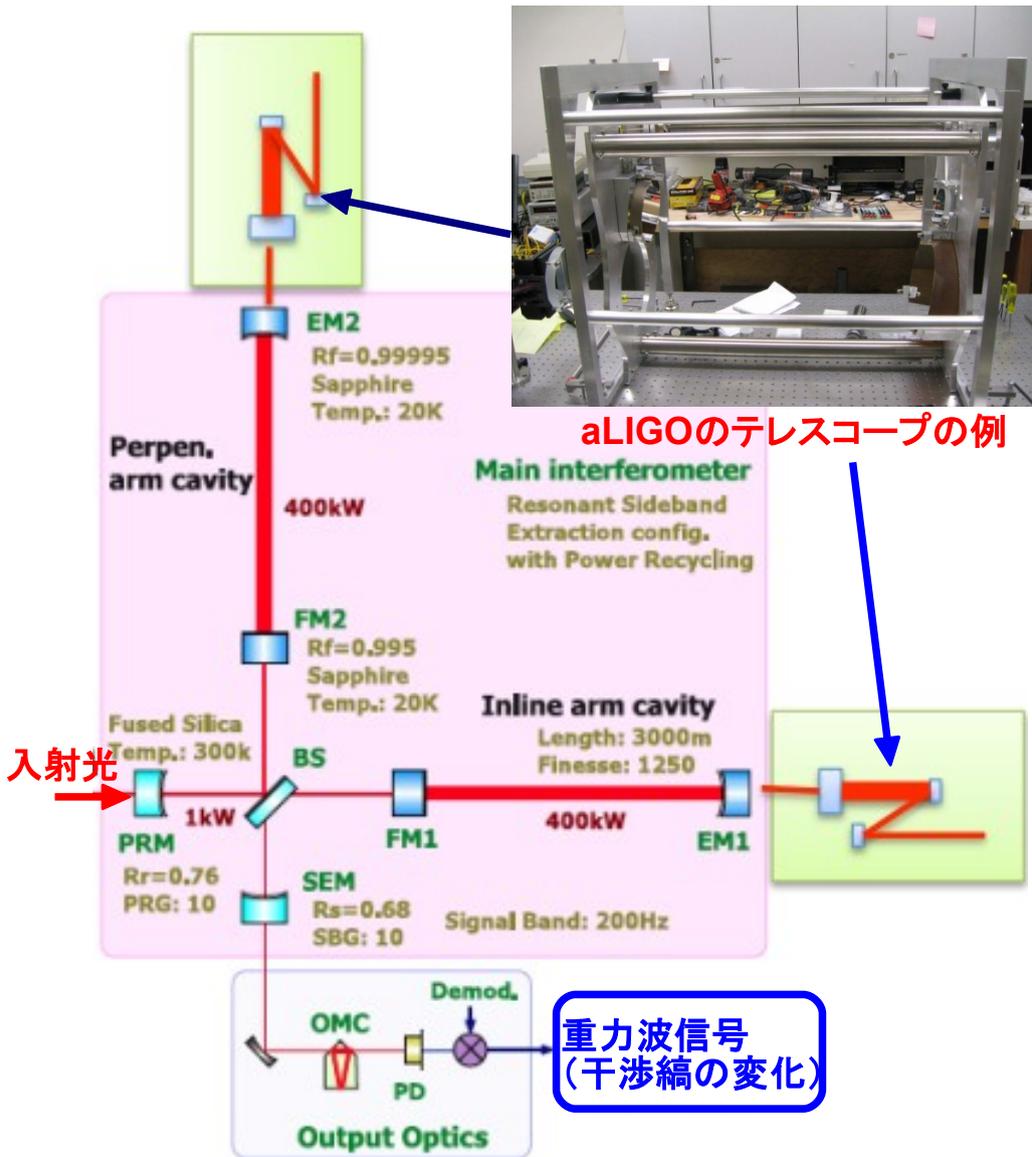


透過光モニター用望遠鏡について

長野 重夫¹、阿久津 智忠²、KAGRA補助光学系グループ

情報通信研究機構¹、国立天文台²

透過光モニター用テレスコープのイメージ



bKAGRA透過光モニターテレスコープの概要

1. 目的

- ・エンド透過光の取り出しと余計な光の熱への変換(波長1064nm)
- ・ロック補助用グリーン光の取り出し(532nm)
- ・ビームセンタリング信号取得

2. 設置場所

エンドマス真空槽の後ろに配置された(専用?)真空槽

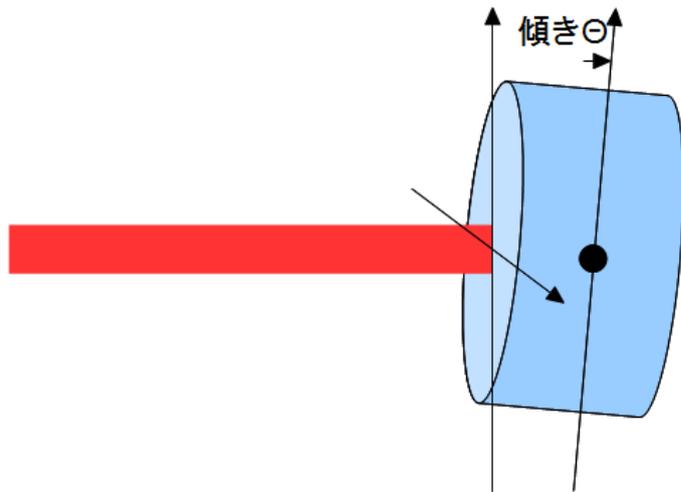
3. 数量

3台(干渉計各エンド(x2)、予備(x1))

4. KAGRA内関連グループ

AOS(Auxiliary Optics)、MIF(Main Interferometer)、VIS(Vibration Isolation)、VAC(Vacuum)、AEL(Analog Electronics)、DGS(Digital System)

ビームセンタリングについて

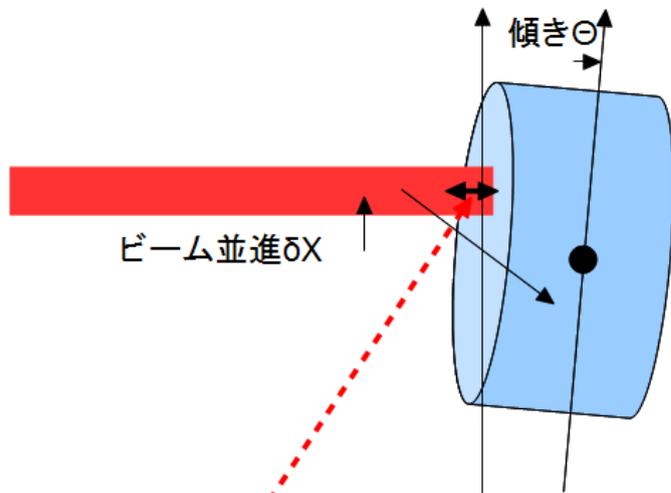


センタリングノイズなし

鏡に当たるビーム場所が、鏡の中心からずれていると、鏡の角度揺れとカップルして長さ変化になるノイズがある。

干渉計の目標感度を達成できる位まで、ビームを鏡の位置付近に制御しなければならない。

KAGRAの場合、ビームセンタリングに対する要求は1mm。



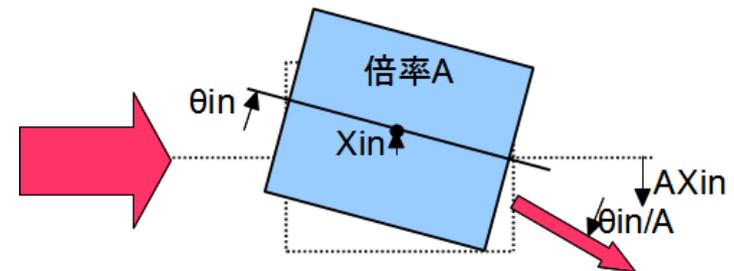
センタリングノイズ $\sim\delta X \cdot \theta$!!!

透過光モニター用テレスコープへの要求

- 倍率 = 1/20
 - ∴エンドマス透過光直径80mm → 光学プラットフォーム上直径4mm
- 波長1064nmと532nm光の取り扱い
- 干渉計の腕共振器とビームとの角度・並進ずれ(2自由度)をモニターするために、2台の4分割フォトディテクターを最適な位置に置く
- 角度揺れ $< 1.5 \times 10^{-5} \text{ rad}_{\text{rms}}$
 - ∴ビームセンタリング信号取得からの要求
- 並進揺れ $< 6.0 \times 10^{-15} \text{ m/Hz}^{1/2}$ @観測帯域10Hz~10kHz
 - ∴テレスコープからの散乱光ノイズ対策
- 真空中でのエンドマス透過光(20W)の消去
 - ∴空気中の散乱源からの散乱光ノイズ対策のため、干渉計運転時はビームを大気中に取り出さない
- 熱変形対策
 - ∴テレスコープの長さ変動を減少させる
- 重心位置の調整
- 超高真空対応

ビームセンタリング信号取得のための対策

- ビームセンタリングの要求値 $< 1\text{mm}$ R.Takahashi_KAGRA_f2f_120203
- テレスコープの倍率 $A = 1/20$
ETM透過光 $\Phi=80\text{mm}$ \rightarrow テレスコープ透過光 $\Phi=3\text{mm}$
- テレスコープの変位を X_{in} ($< 1\text{mm}$)、角度揺れを θ_{in} とする。
テレスコープ出射光の変位 X_{out} と角度揺れ θ_{out} は、
 $X_{out} = AX_{in}$, $\theta_{out} = \theta_{in}/A$ となる。
- テレスコープからQPDまでの距離を L とすると、
 $X_{out} > L \theta_{out} \Rightarrow \theta_{in} < A^2 X_{in}/L$
が要求される。
- 真空槽外で信号を取得する場合 $L \sim 10\text{m}$
このとき、 $\theta_{in} < 2.5 \times 10^{-7} \text{ rad}_{\text{rms}}$
- 真空槽内で信号を取得する場合 $L \sim 0.1\text{m}$
このとき、 $\theta_{in} < 2.5 \times 10^{-5} \text{ rad}_{\text{rms}}$
- よって、**センタリング信号は真空槽内で検出するのが吉。**



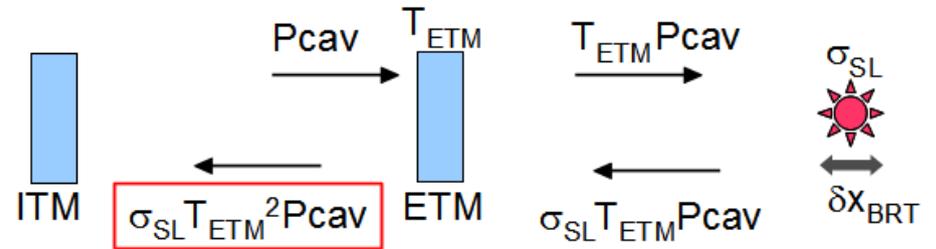
角度揺れは、KAGRA防振システムである、2段振り子とスタックの組み合わせで対応可能。

bKAGRA用テレスコープからの散乱光雑音対策

- BKAGRA用テレスコープで要求される防振性能を麻生君の計算を元に概算.

MIF Design Doc. P54, Fig.4.14

- 要求される防振性能を観測帯域で実現するためには、**2段振り子+スタックの防振系が必要.**



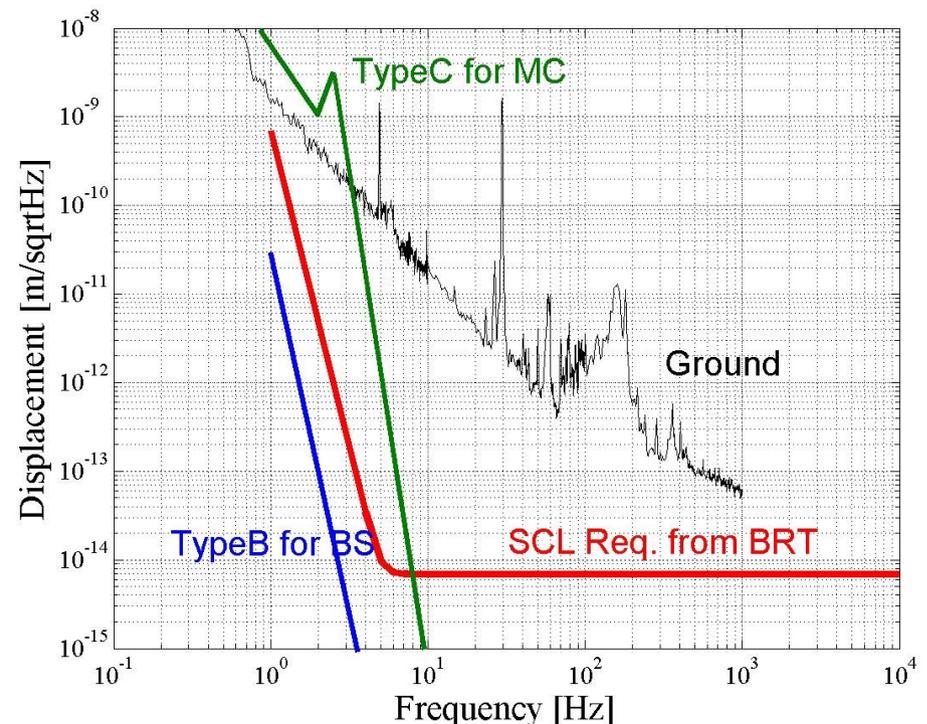
- 例@10Hz

$$6 \times 10^{-19} \text{ [W}^{1/2} \text{ m/Hz}^{1/2}\text{]}$$

$$< (400 \text{ [kW]} \times (1-0.99995)^2 \times 10^{-5})^{1/2}$$

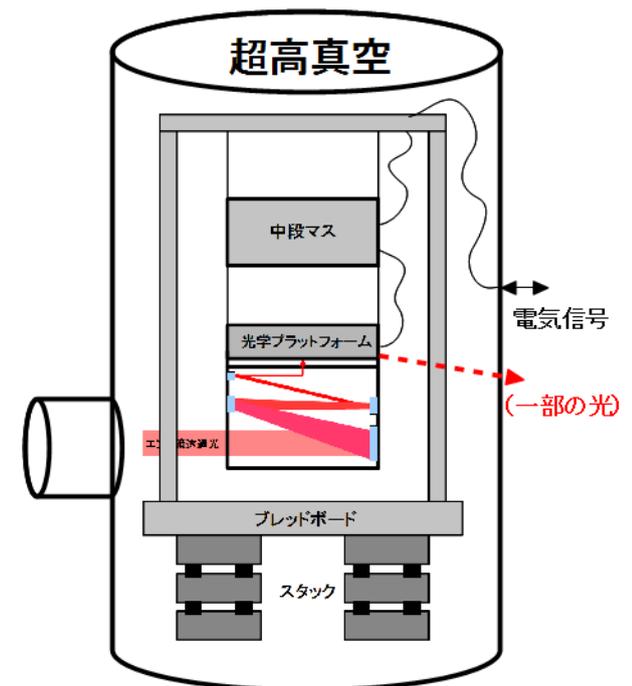
$$\times \delta X_{\text{BRT}}$$

$$\delta X_{\text{BRT}} < 6.0 \times 10^{-15} \text{ [m/Hz}^{1/2}\text{]}$$



bKAGRA透過光モニター用テレスコープの基本仕様

- 軸外し放物面鏡と折り返しミラーの組み合わせ
- 光学プラットフォームを装備
- KAGRA防振システム2段振り子とスタックの組み合わせによる受動防振
- 低熱膨張材(インバー、低膨張ガラス)での製作
- センタリング信号取得用4分割フォトディテクター2台を装備
- 真空槽内での光軸調整用可動ミラーマウント装備
- 透過光取り出し用フリッパーミラー装備
- 放熱機構の装備



透過光テレスコープの製作スケジュール

目標

2016年始めにインストール(BSとPRCの防振系アップデートと同時)

予定

2013年Q4 光学、機械、外部とのインターフェース設計完了

2014年Q1~Q2 試作機製作&光学、防振、真空性能テスト

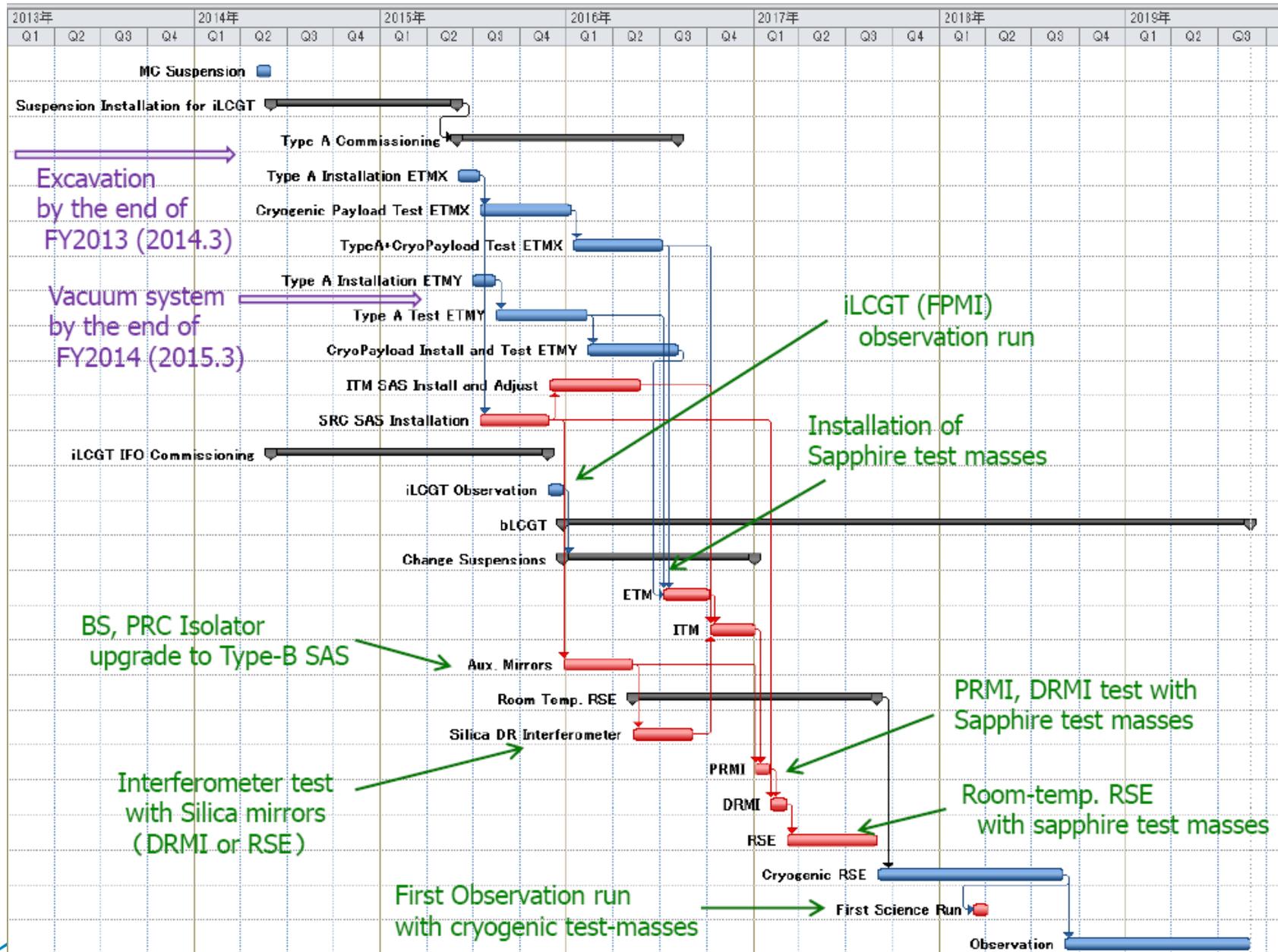
2015年Q3~Q4 実機3台製作

2016年Q1 KAGRAへインストール開始

- 要求出しとそれに基づく概念設計、および性能試験はKAGRA(AOS)主導で実施。
- 光学・機械設計、および製作を天文台ATC主導で協力していただけると大変助かります。

おわり

KAGRAスケジュール



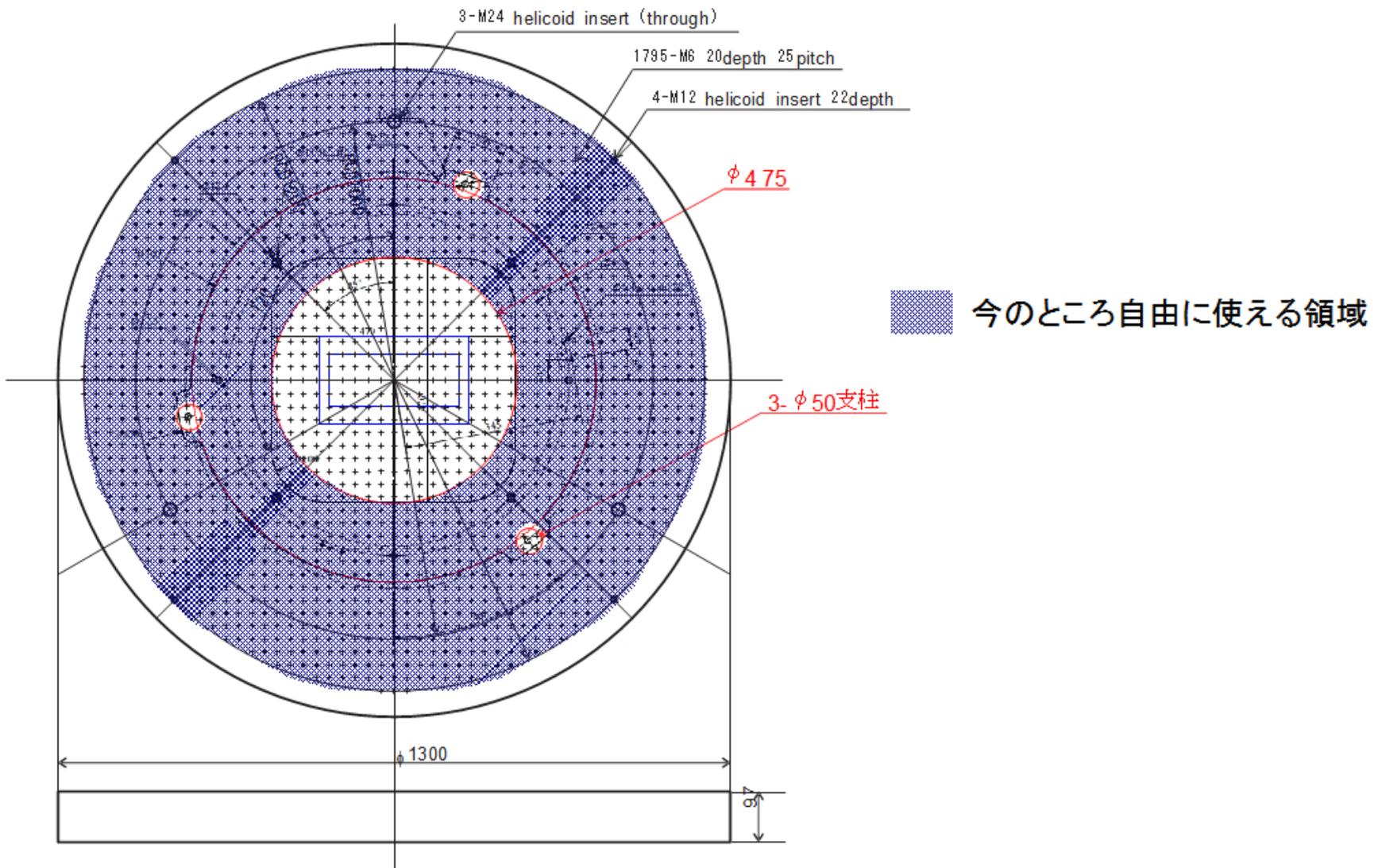
iKAGRA用テレスコープ

- 2014年夏頃から開始されるiKAGRA(FPM)のコミッショニングに必要。
→ 2014年始めまでに準備
- 2台必要。
- 設置場所はエンドマス真空槽内。
- iKAGRA観測(2015年12月～2016年1月)の重要性を考えると、散乱光雑音対策はそこそこでも良い。
→ 懸架の必要性なし
- グリーンロック光の取り出し、1064nm光取り出しができれば、iKAGRAではOKのはず。
(テレスコープは、直径80mmのビームを4mm程度まで絞る。倍率1/20倍)
- iKAGRA用エンドマス真空槽のビューポートの3次元位置が決定したら、ブレッドボード上の空き領域を考慮して、設計を開始。ただし、光テコとの干渉について摺合せが必要。
- 設計はAOSで実施。
- 製作は外注。
- 必要なら、天文台ATC(先端技術センター)にコメントなどを頂くようにする。

IKAGRAエンドマス用ブレッドボード

AL bread-board for type-C system

Material : AL5052
EL processing



aLIGOテレスコープの概観

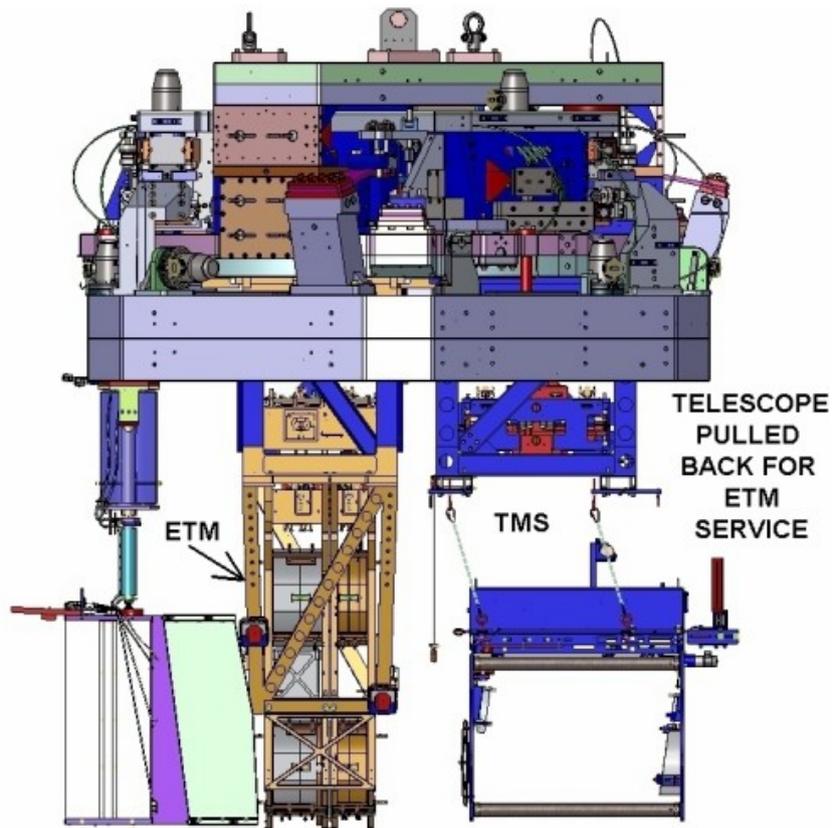


Figure 1 Transmission Monitor Suspension (TMS) BSC6

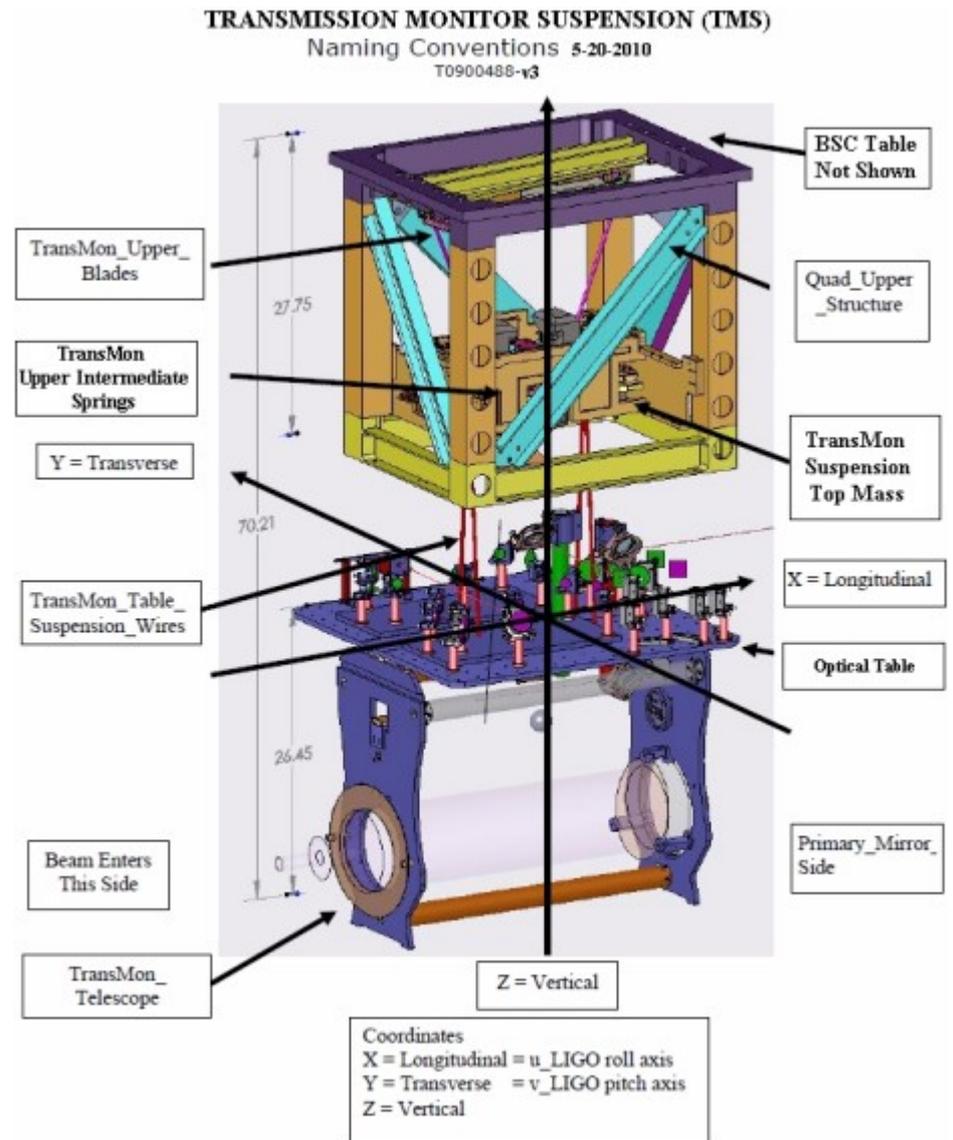


Figure 2 Naming Conventions

KAGRAとaLIGOのテレスコープの比較

	KAGRA	aLIGO
目的	1. 干渉計センシングと制御(1064nm) 2. グリーンロック光取り出し(532nm)	1. 干渉計センシングと制御(1064nm) 2. グリーンロック光導入(532nm) 3. エンドマス曲率モニター(635nm) (4. アライメント信号取得?)
設置場所	エンドマスの後ろ(x2)	1. エンドマスの後ろ(x2) 2. BSチャンバー内?(x2)
構成	1. テレスコープ 2. 光学プラットフォーム 3. 防振システム 4. 電気回路(QPD等)	1. テレスコープ 2. 光学プラットフォーム 3. 防振システム 4. 電気回路(QPD等)
その他	倍率 = 1/27	・プラットフォーム寸法 70cm x 85cm ・倍率 = 1/20