出射光学系レビュー その2

防振系

Junko Kasuya

Contents

- 前回レビューのアクションアイテムと進捗状況
- アルミブレッドボード
- 3本吊り or 4本吊り 問題
- 板バネ
- 上クランプ変更点
- 下クランプ変更点
- ブレッドボードの向き
- フレーム
- ワイヤ径
- ダンピング
- アクチュエータ
- スケジュール

- 参考文献

前回レビューのアクションアイテムと進捗状況

#	Action Items	状況	備考
1	フレームの設計(光学系を上面にするか下面にするかの検討を含む)	完了	P12
2	ダンピング方法の見直し	完了	P15
7	特殊金属エクセルにマレージング板の見積もりを依頼	完了	
11	3本吊と4本吊のどちらにするか検討する	完了	P5
12	下クランプの方法を再検討	完了	P10
14	ANSYSで板バネの機械共振を正確に見積もる	完了	P7
17	OMCのアクチュエイタの検討	一部保留	P19

アルミブレッドボード

- 第一弾としてアルミブレッドボードを使用したOMCを製作する
- 今後石英に入れ替えることを考慮して石英定盤と同じ11kgのアルミを使用
- それに伴いブレッドボードの厚さが変更となるがフレームの設計は石英に変更することを考慮する

	石英	アルミ(A6061)
比重	2.201g/cm^3	2.7g/cm^
厚さ	50mm	40mm
質量	11kg	10.8kg
熱膨張	0.6ppm	24ppm
1次共振	1138Hz	812Hz
2次共振	1691Hz	1154Hz
3次共振	2968Hz	2166Hz

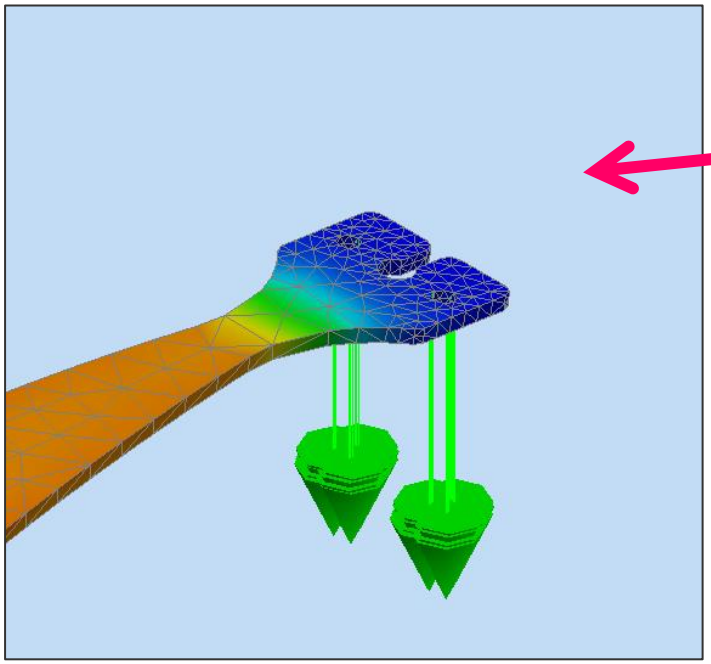
3本吊り or 4本吊り 問題

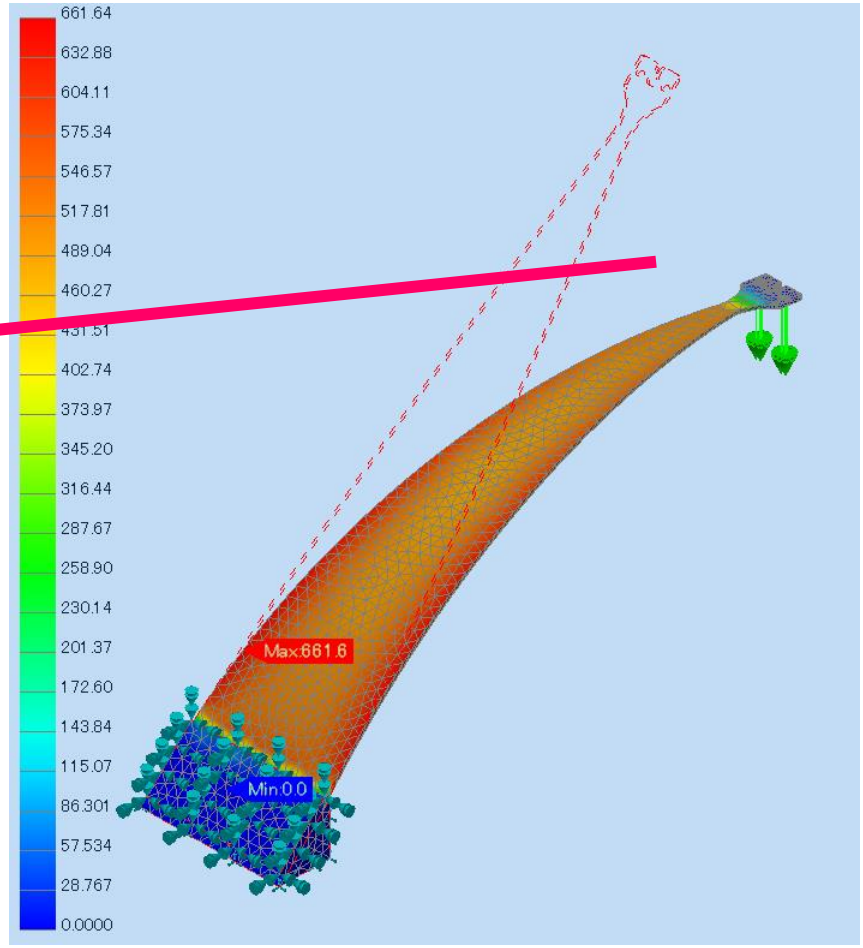
- 第一弾としてアルミブレッドボードを使用したOMCを製作する
- LIGOのVOPO等板バネ3本吊りの例も存在する(新井さん)
- 正三角形に近いなら可(新井さん)
- 正三角形ではなく三角形が大きいほど良い(John@UWA)
- クランプ位置についての議論はまだ
- 結論として最初の提案と同じ3本吊りを採用

3本の利点	4本の利点
• バランス取りやすい • 構造が少なく予測不可能なモードが出にくい	• 対称性によりカップリングが少ない

板バネ

- 1.5mmのMAS-1材が購入できないことが分かり多少の設計変更が生じた
- 1.3mmの材料を購入
- 再度マセマティカで解析計算後，Nastranで解析し補強
- 安全率 ~3

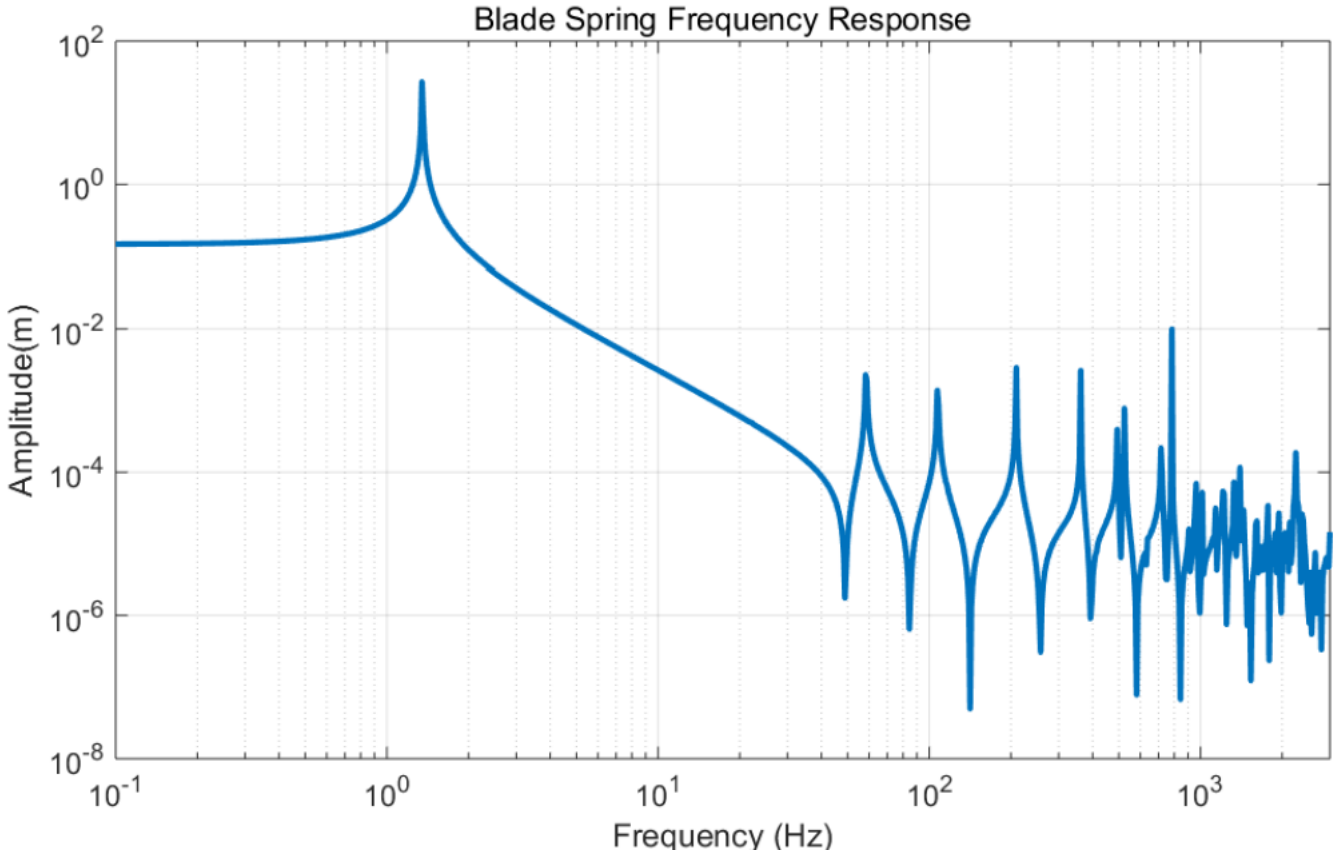




ANSYS Analysis

- ANSYSの harmonic analysis 機能を使用
- 共振周波数は

  1.35 Hz(1st), 58 Hz(2nd), 107 Hz(3rd), 209 Hz(4th), 361 Hz(5th).



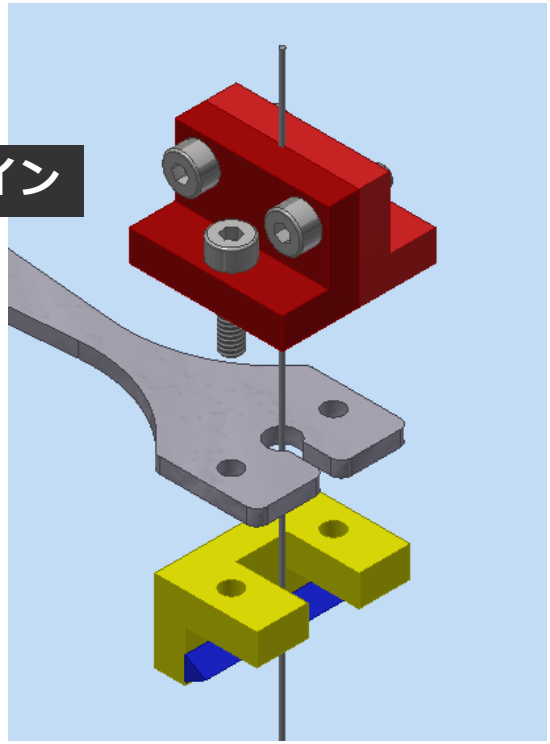
板バネ まとめ

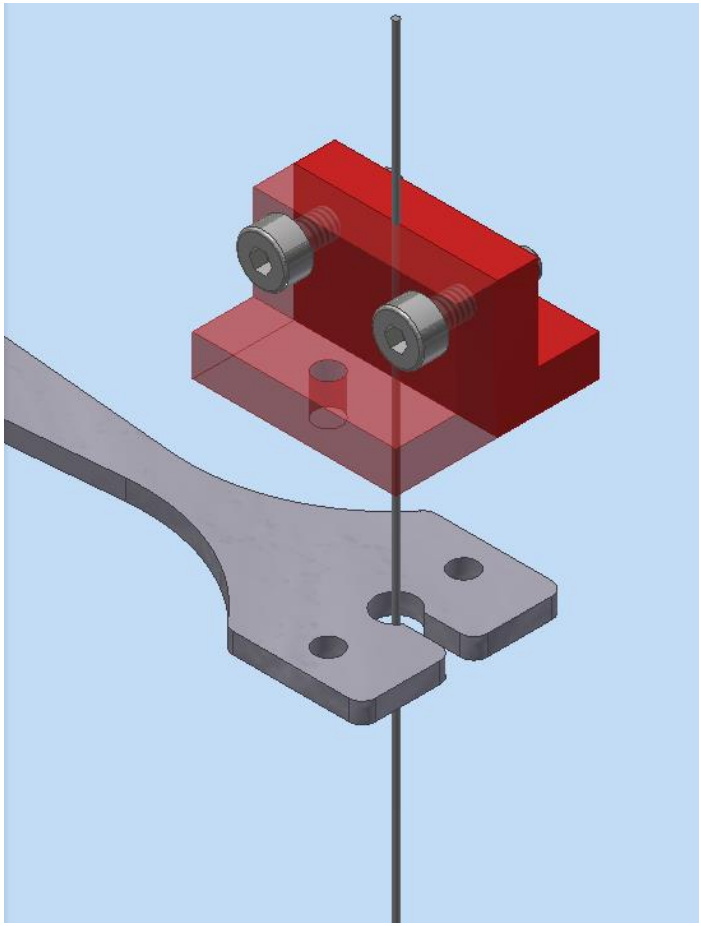
Material	MAS-1
Mass	4.3 kg
Length	220 mm
Width	~52.5 mm @bottom
Thickness	1.3 mm
Initial angle	45 deg
Radius of blade	190 mm
Number of blade	3
Working stress	661 MPa
Resonant freq.	2.23 Hz

上クランプ

- 第一回レビューでワイヤブレーカは不要との意見が出た
- 一方でUWAレビューで再度必要と言われた
- LIGO OMC SUSにもついていないので今のところ無しの予定

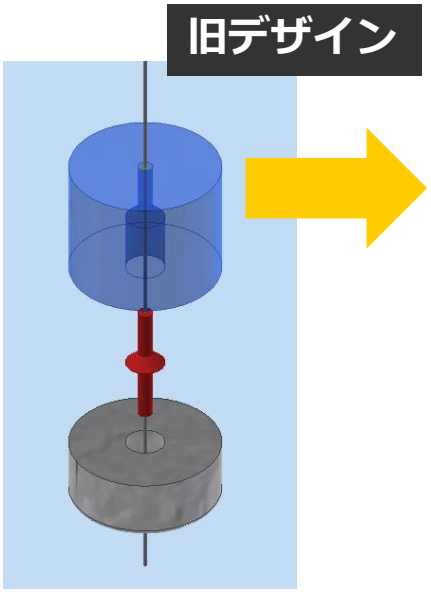
旧デザイン

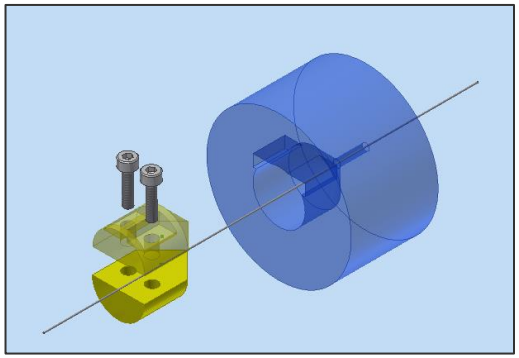


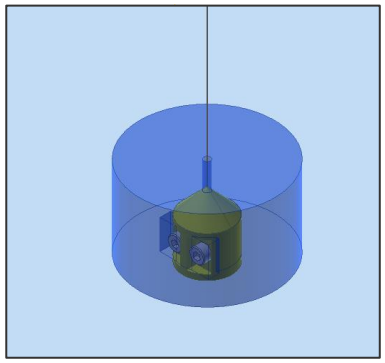


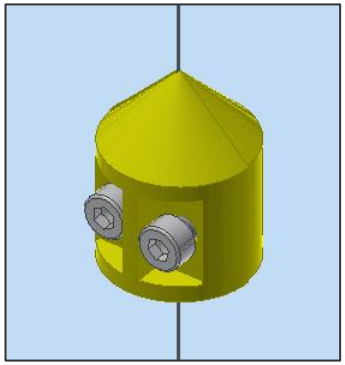
下クランプ

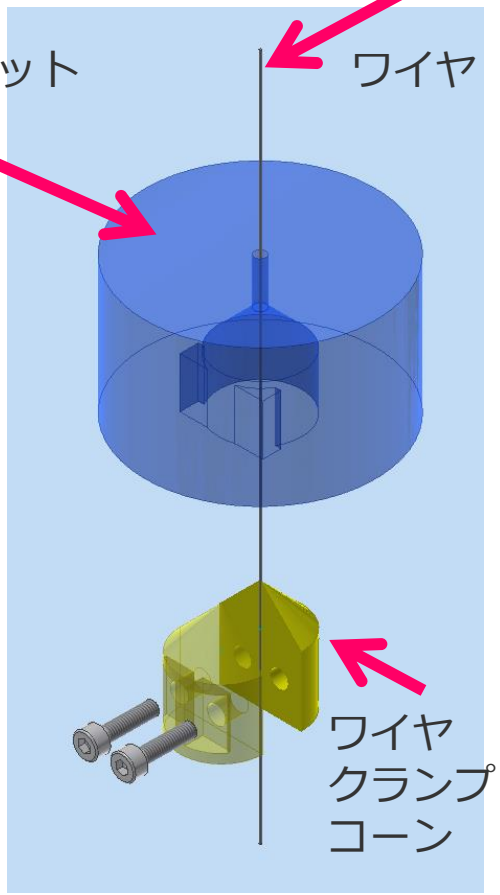
- 第一回レビューでかしめはKAGRAでの使用の例がないため不可(麻生さん)
- 板で挟んで固定する仕組みに変更
- ブラケットはアルミでブレッドボードにはエポキシ接着
- ワイヤクランプの上部には円錐形の構造がありブラケットとの位置出しができる







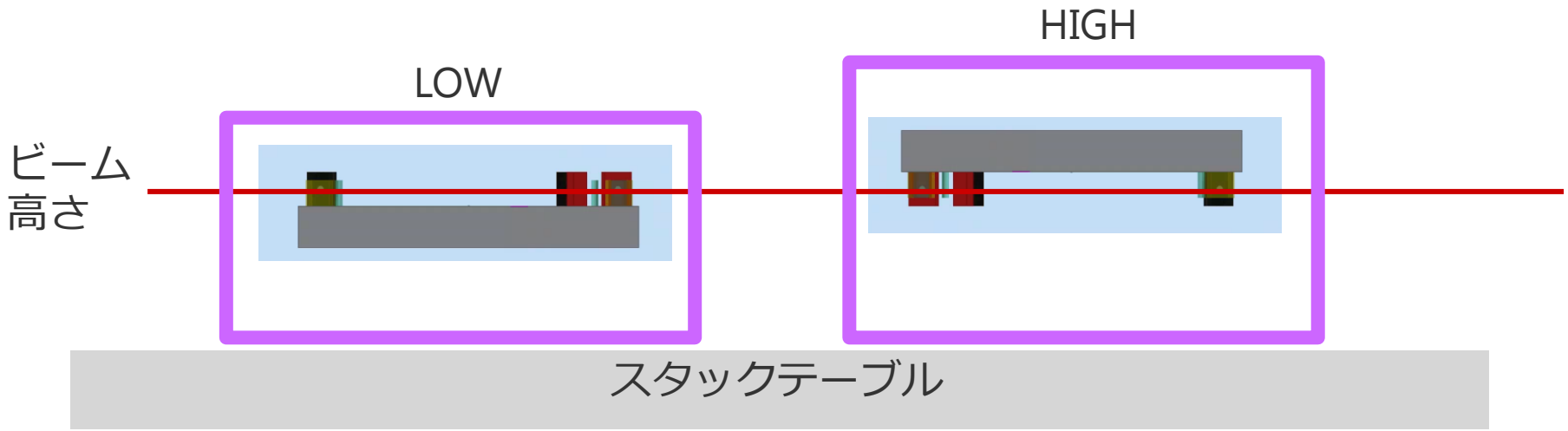




ブレッドボードの向き

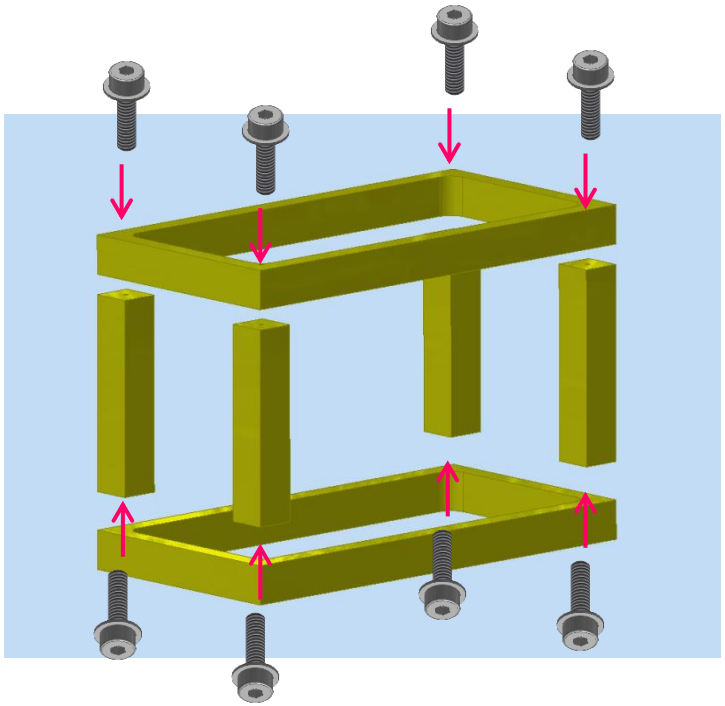
- フレームの製作難易度と共振をおさえることを重視し，共振器面が上の構造を採用

共振器面が上の利点	下の利点
• フレームがコンパクト • 下にダンピング機構が取り付けやすい • 設置が楽バランス取りやすい	• 下クランプが横から外せる • シリカに穴を開けない • 共振器面にワイヤがないのでバイオリンモードが出ない

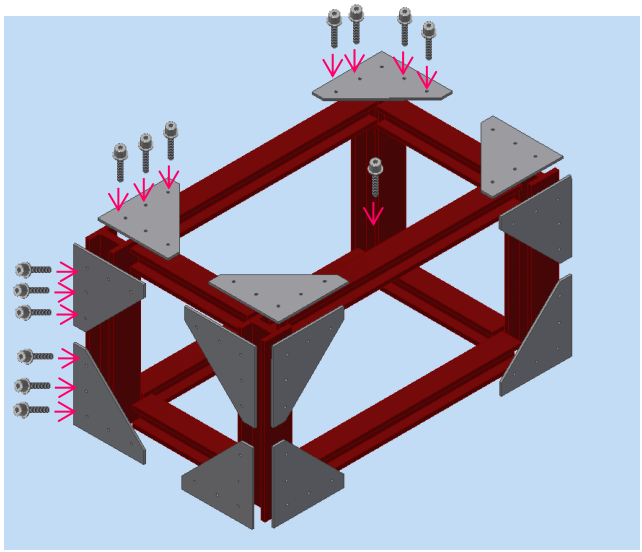


フレーム

- 古典的な天板と柱を上と下から固定する方法は剛性が悪い(新井さん)
- 溶接は精度が悪い
- コーナープレートを使用した固定が望ましい

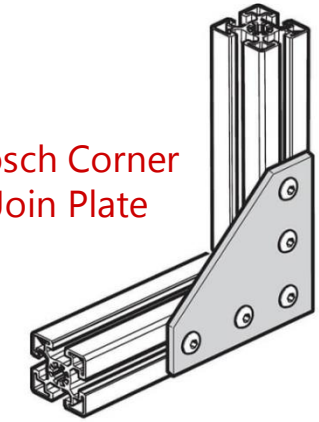


×剛性悪い



〇剛性良いい

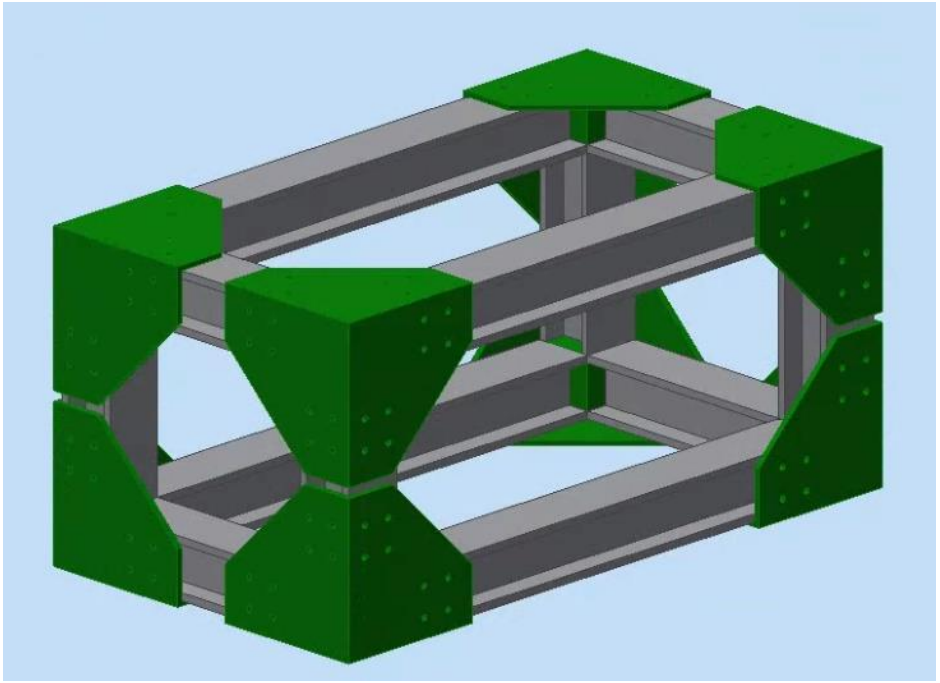
Bosch Corner
Join Plate

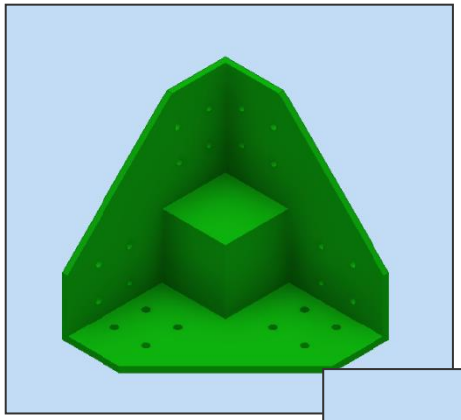


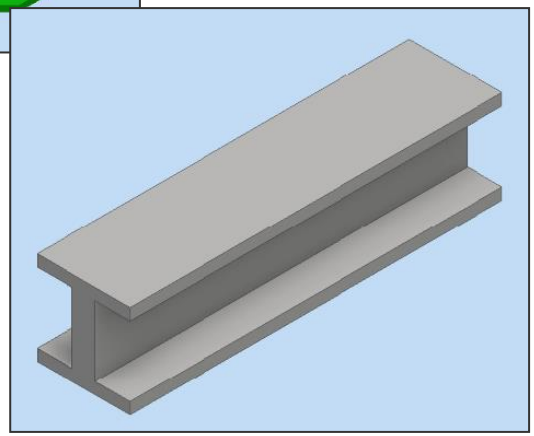
この固定方法を採用

フレーム

- I型ステンレス棒をコーナープレートで固定
- コーナープレートは合成強化のためコーナーキューブとプレートの機能を持つモノリシック構造
- 共振の要求値に合わせてプレート部分のサイズを変更
- 出来るだけ背を低く➔ ビーム高さからフレームまで40mm







ワイヤ径

- 宗宮先生の論文 “Conceptual design of an interferometer with a sub-SQL sensitivity ver. 2.0“ を参考にした
- タングステンのワイヤを使用　15.63 g/cm^3
- バイオリンモードが出現する周波数はワイヤの半径に依存し，以下の式で表される

$$\Omega \simeq \frac{1}{d_w \ell}\sqrt{\frac{\pi m g}{2\rho}},$$

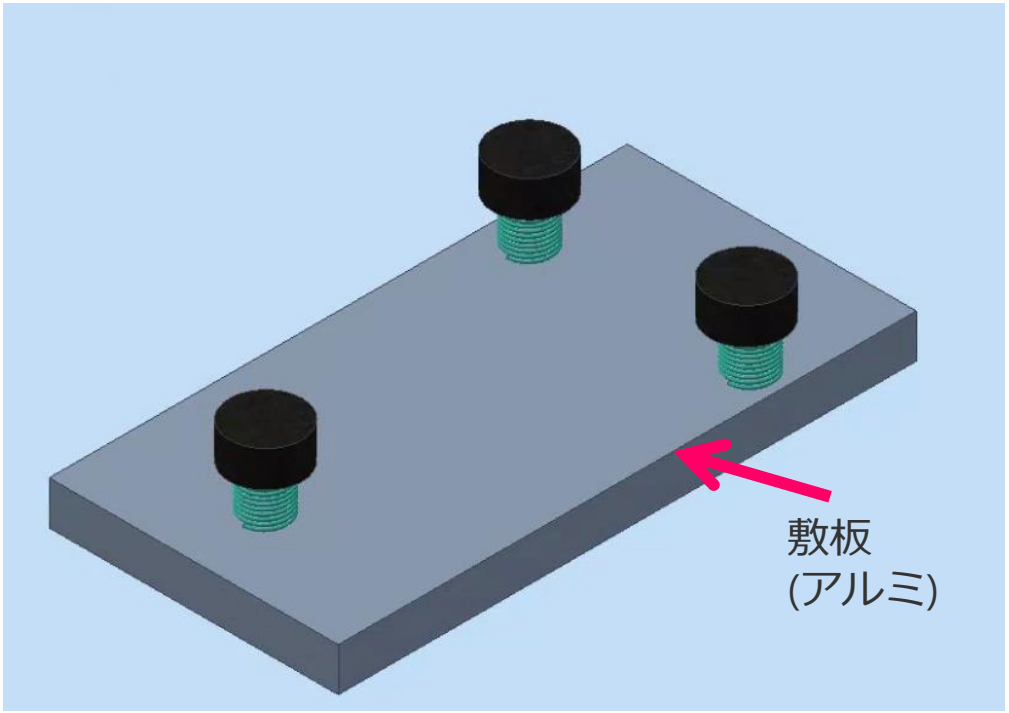
dw: ワイヤの直径
l: ワイヤの長さ 200mm
m: ワイヤにかかる重さ =4.3kg
ρ: ワイヤの密度　=15.6g/cm^3

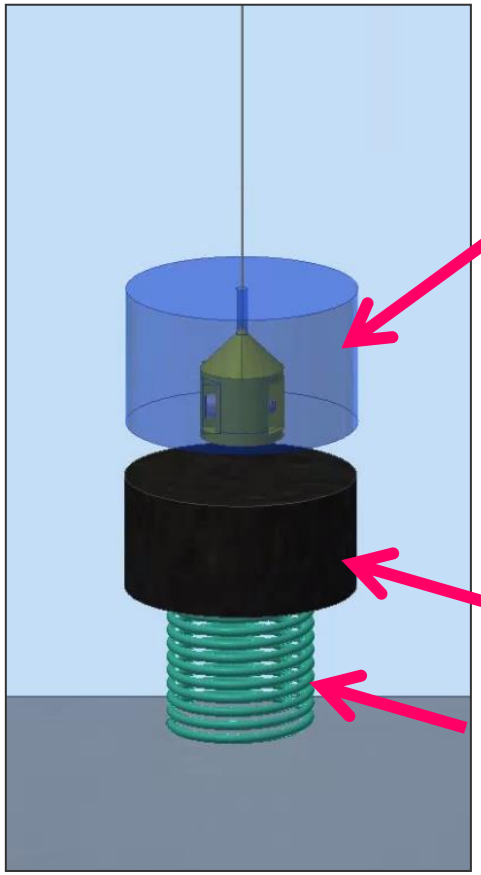
いま，最初のバイオリンモードが1kHzになるようなワイヤ径を選ぶと，

dw~300um

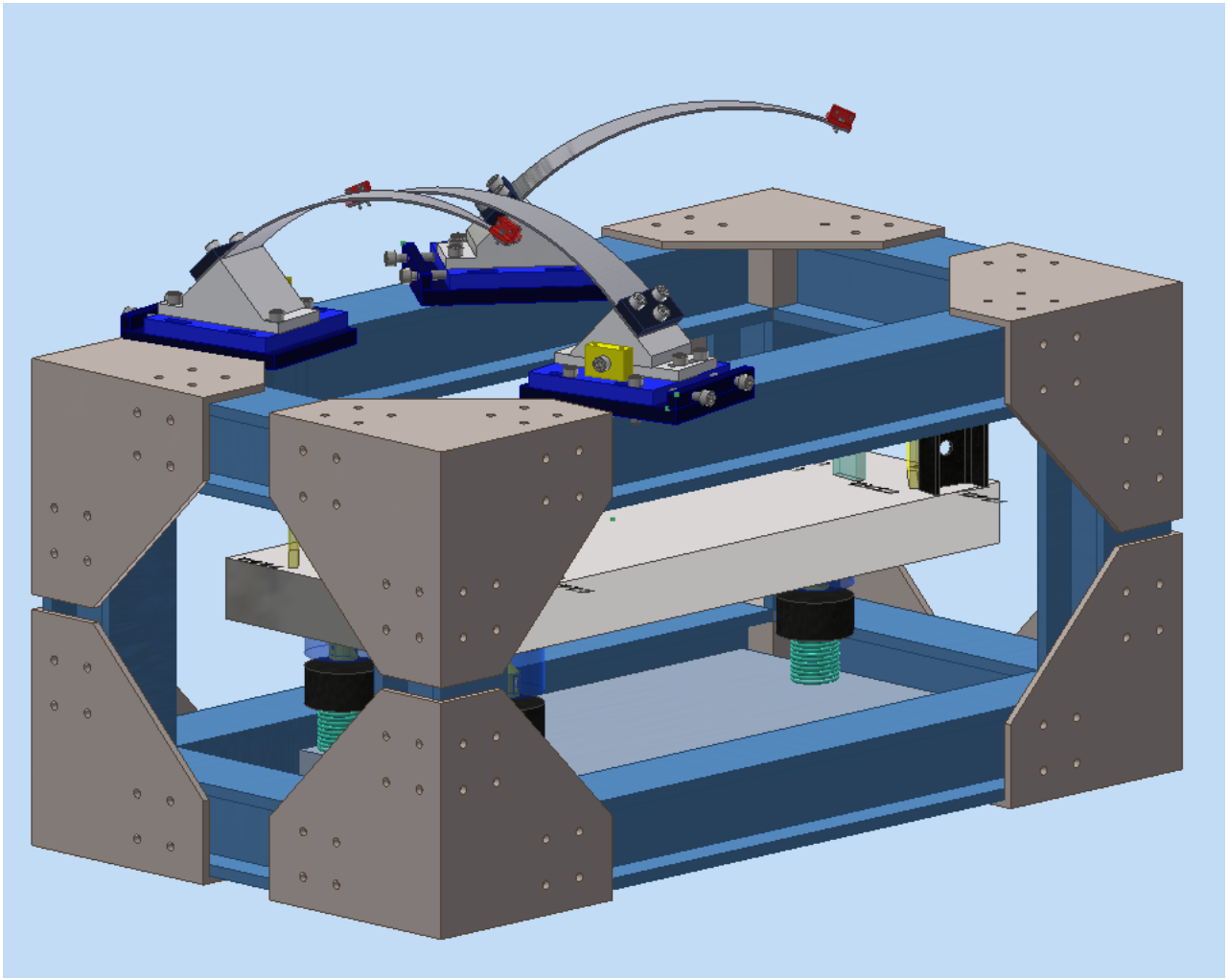
ダンピング

- 第一弾としてエディカレントダンピングを採用
- 下クランプのブラケットのアルミと下に置いた磁石でダンピング
- 磁石はコイルスプリングで防振
- 磁石の高さは敷板で調節

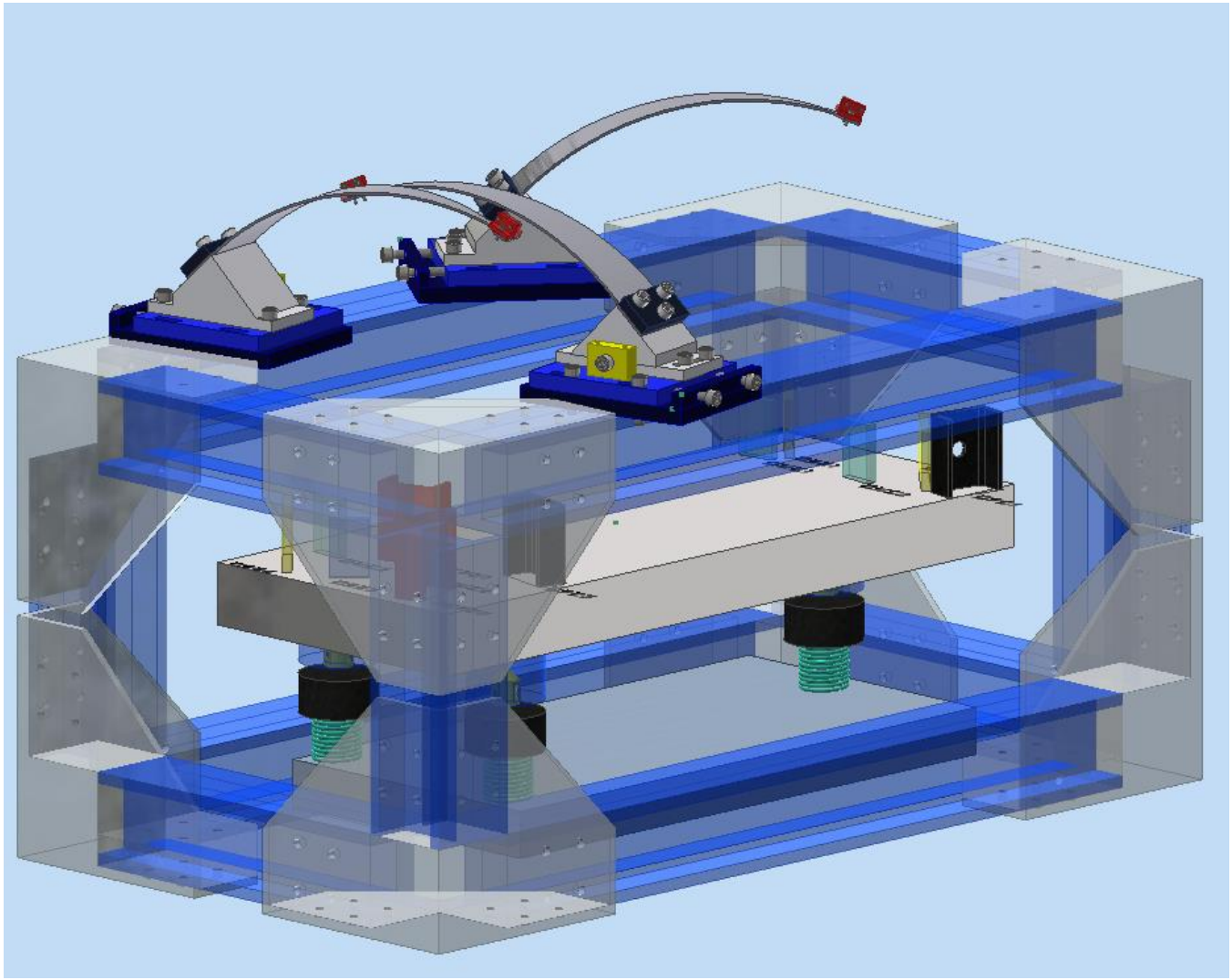




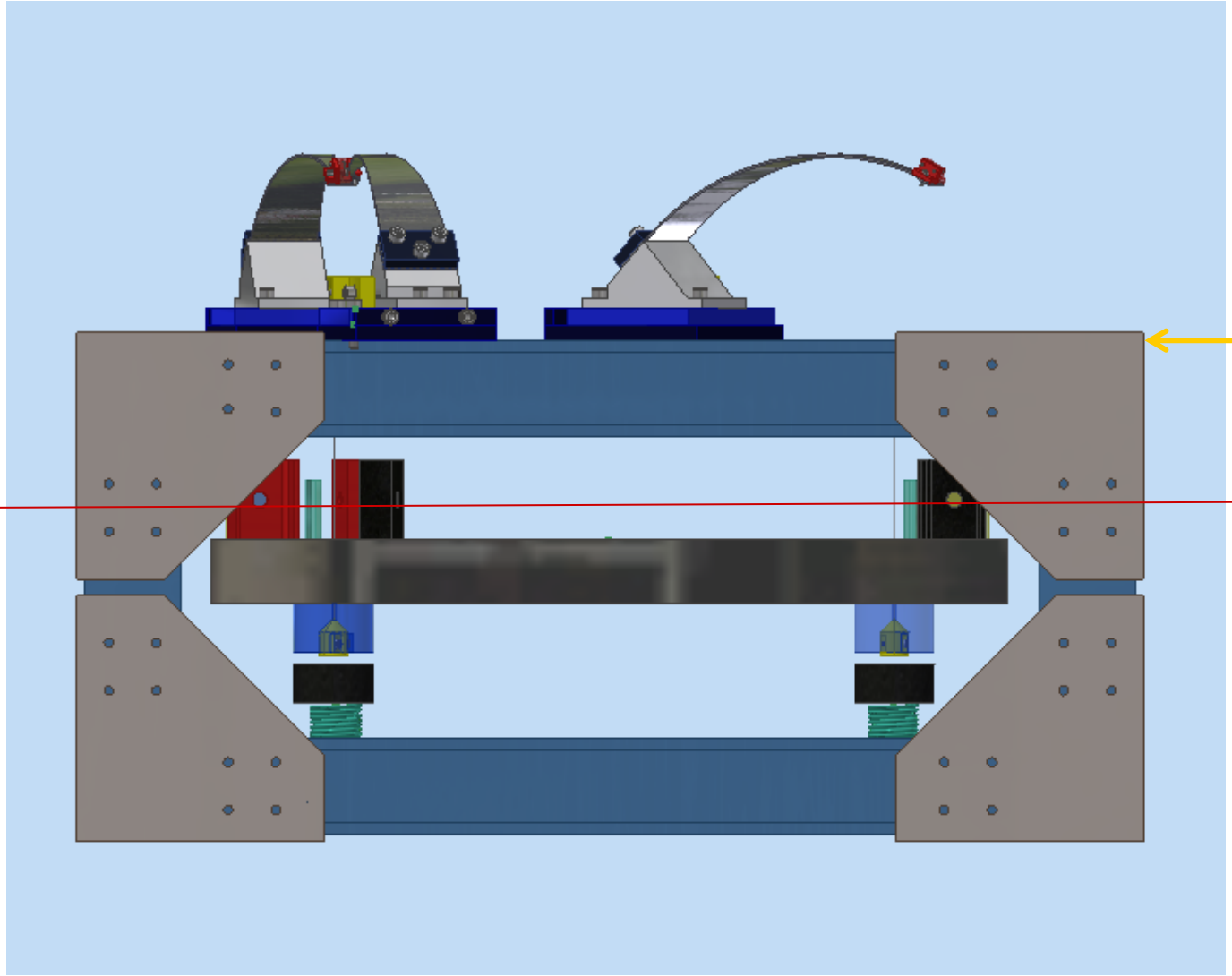
全体像



全体像



全体像横から



アクチュエータ

- アライメントを取るために必要(道村さん)
- 散乱光が問題になった際に振って変化を見るのに必要(新井さん)
- Type-Cのコイルと取り付けたらどうか(新井さん)
- 散乱光の件については携帯のバイブのようなものを取り付けて必要があればそれを揺らせばよいか(John@UWA)
- 結論として第一弾では実装しないがフレームに取り付けられる場所は残しておく

スケジュール

板バネ

- 設計 ➔ 済
- 材料入手 ➔ 済
- 東工大のマシーンショップに発注 → 8月中
- 熱処理とメッキ →9月中 (8月中に会社側と話を付ける)
- 板バネの性能測定 → 10月後半 (ダンピング含む)

フレームなどその他パーツ

- 設計➔ 大まかに済
- 材料入手 → まだだがすぐにできる
- 東工大のマシーンショップに発注 → 8月中

OMCブレッドボード全体の防振性能評価 → 11月

参考文献

LIGO BLADE SUS

[1] “Design Equations for Initially Flat Blade Springs at Arbitrary Mounting Angles” T0900324-v2

LIGO OMC

[2] “Output Mode Cleaner Suspension (OMCS) Assembly Instructions” T080117

[3] “OMCS Installation Procedure” E070271-v2

[4] “OMC Assembly Procedure” E1300201-v1

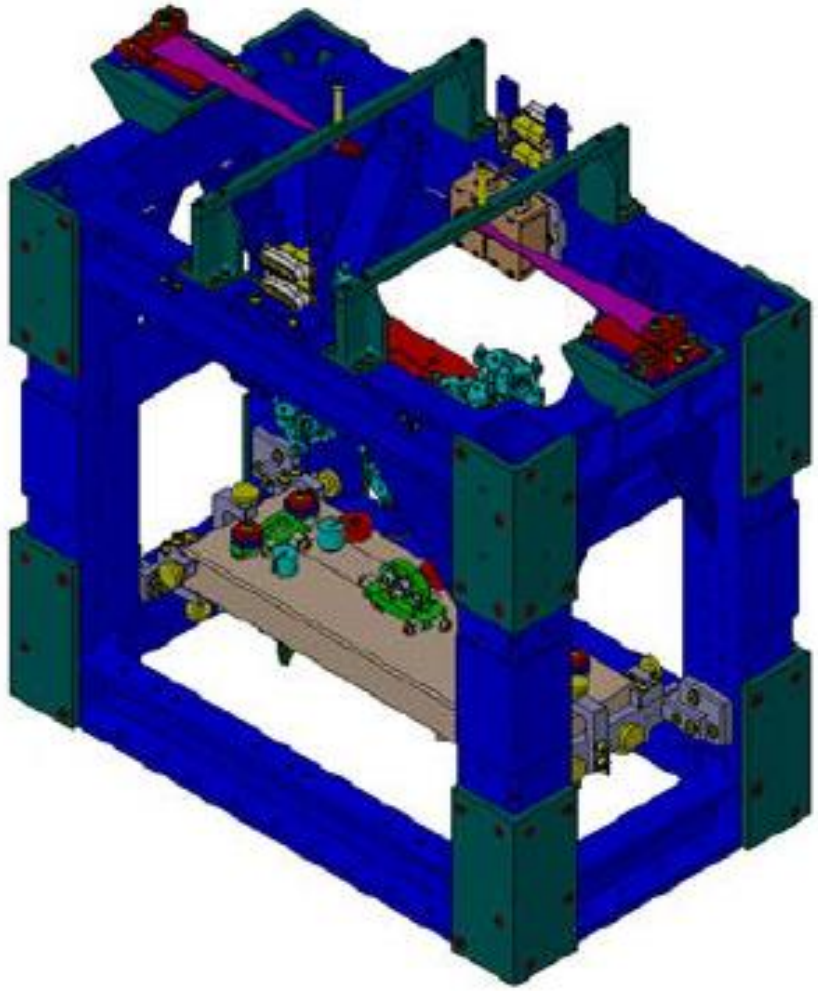
KAGRA TMS

[5] KAGRA20170314_UraguchiF_TMSVISDesignReview

[6] KAGRA20170213_UraguchiF_BladeSpringDesignNote

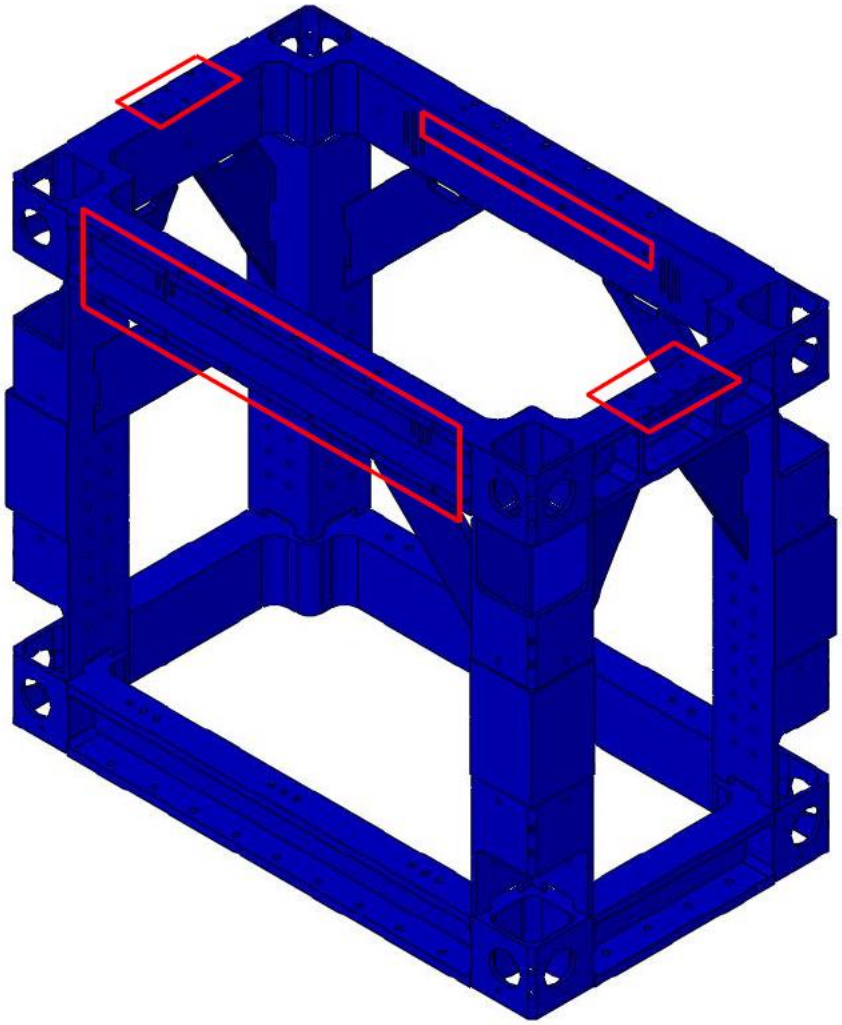
LIGO OMCSUS

全体



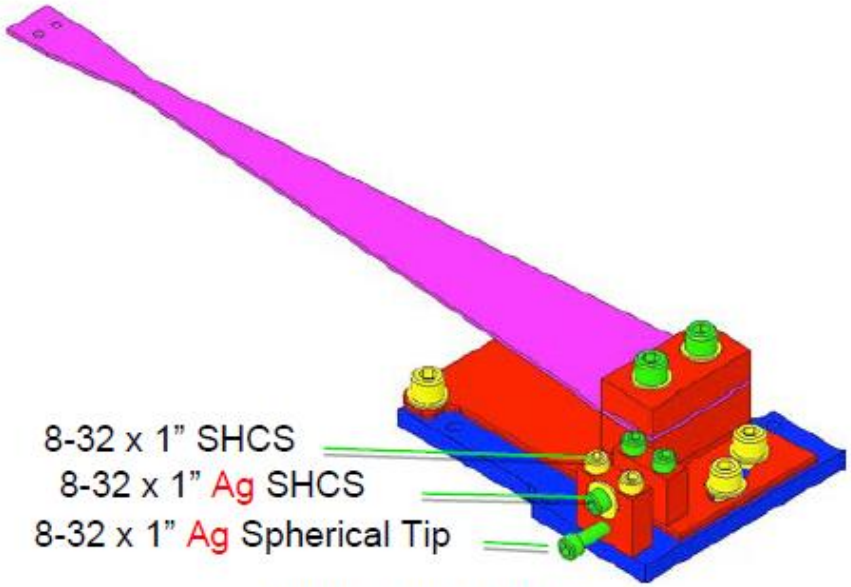
OMCS (Glass Bench)

フレーム

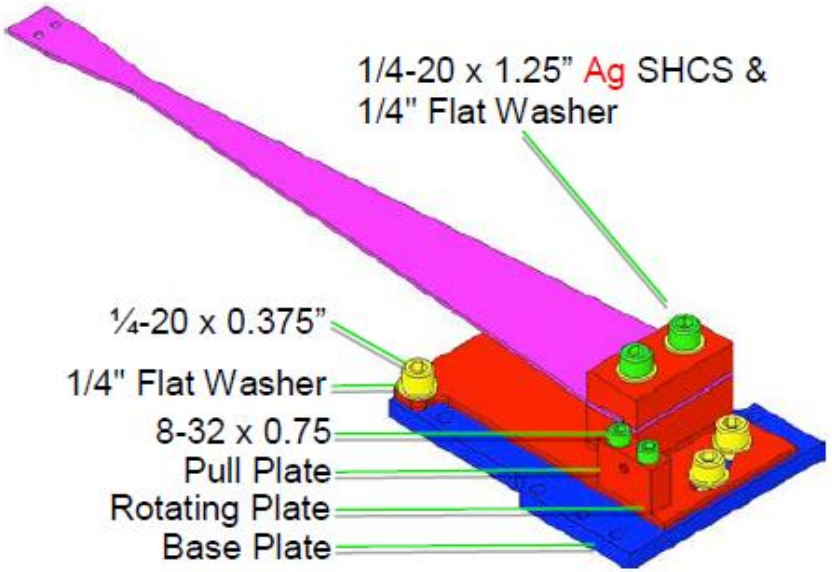


OMCS Structural Weldment with Helicoil Location

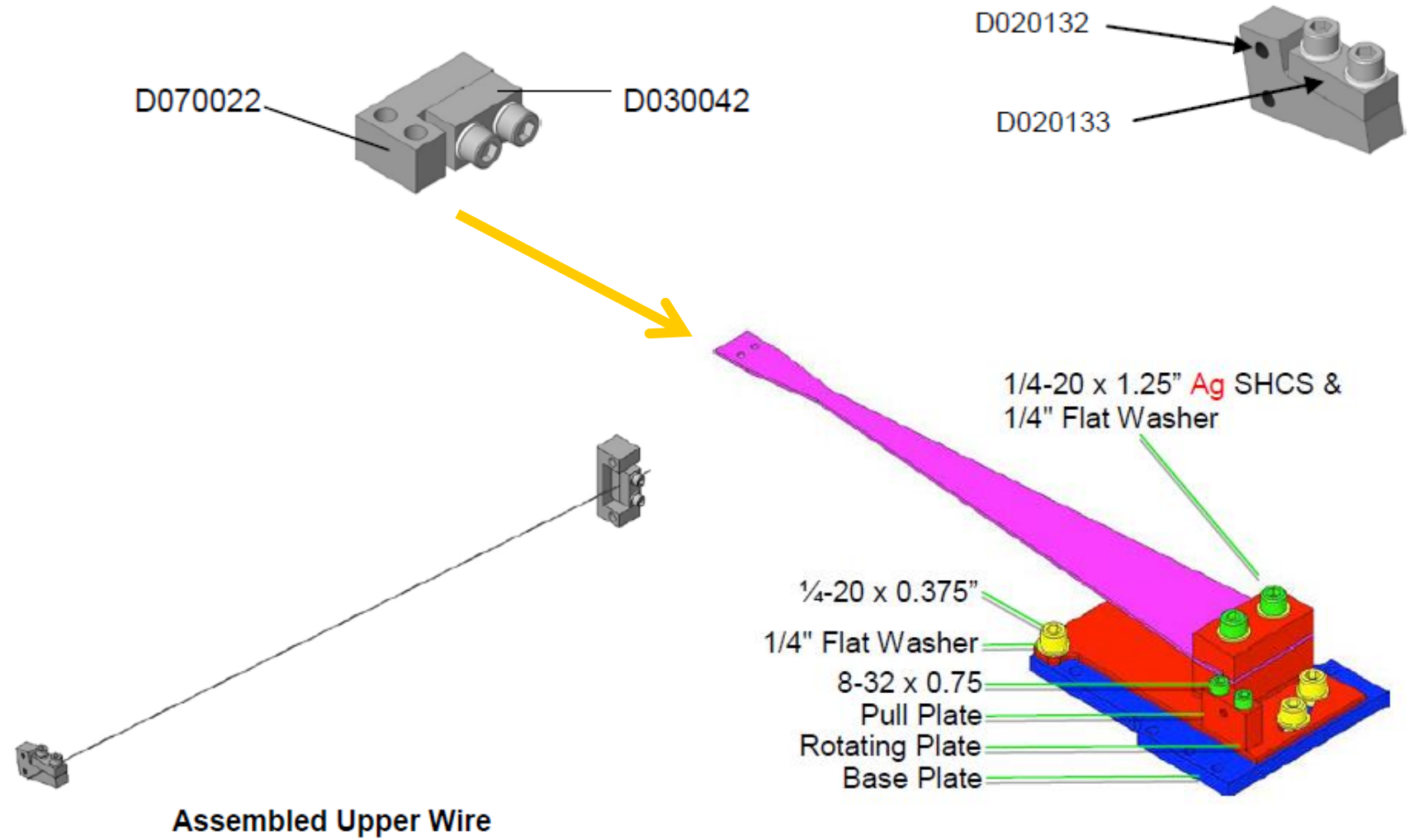
板バネ



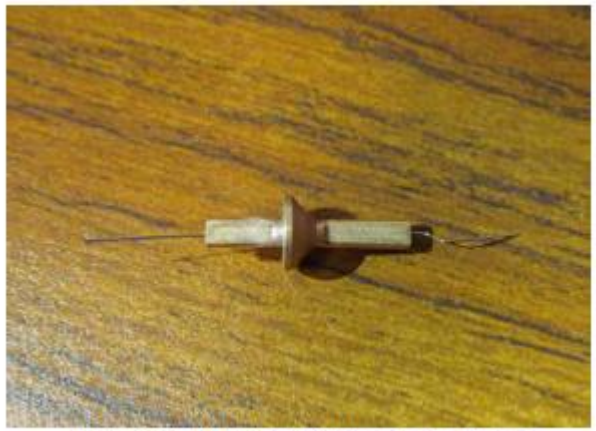
Adding Push Plate



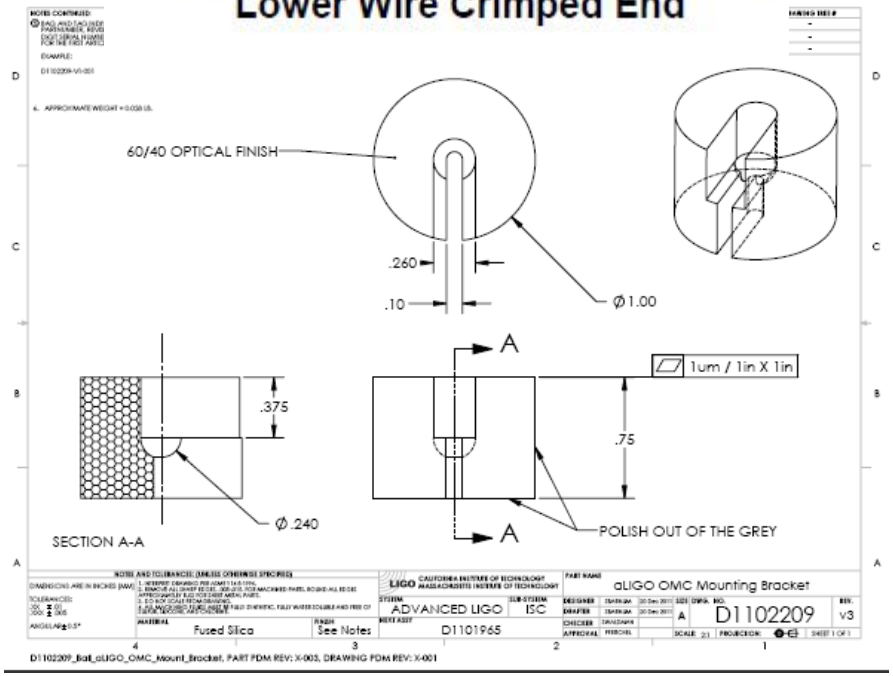
上クランプ

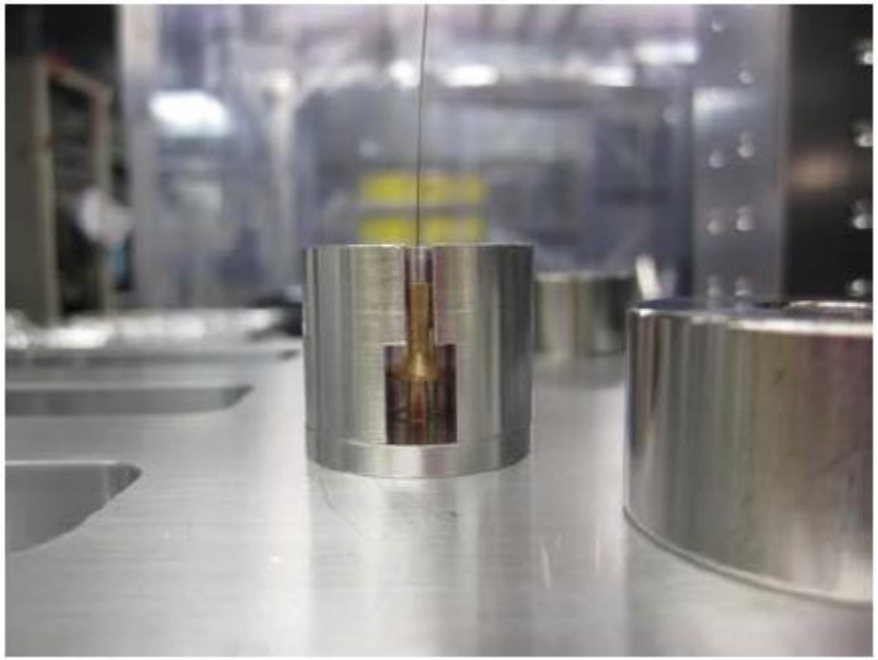

D070022
D030042
D020132
D020133
1/4-20 x 1.25" Ag SHCS &
1/4" Flat Washer
¼-20 x 0.375"
1/4" Flat Washer
8-32 x 0.75
Pull Plate
Rotating Plate
Base Plate
Assembled Upper Wire

下クランプ



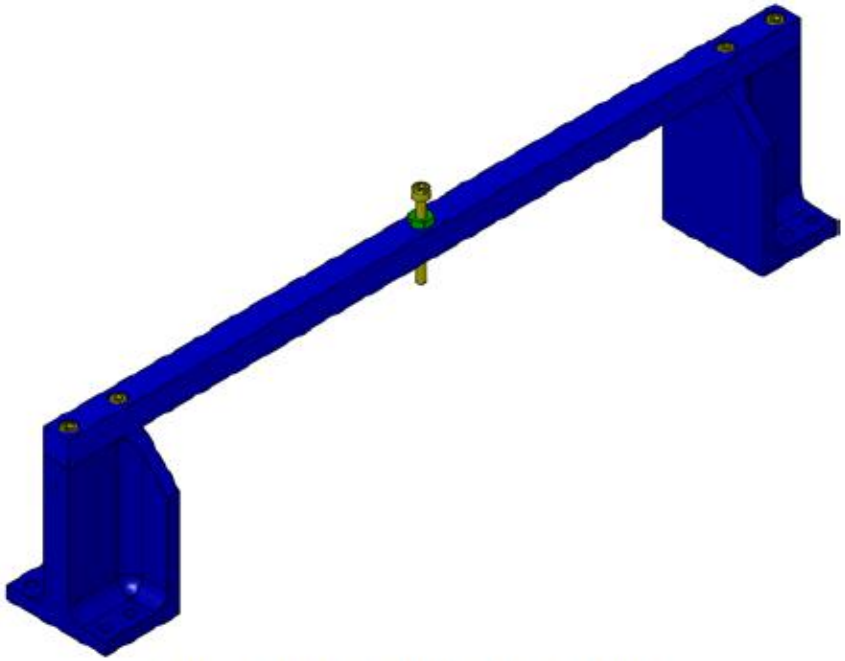
Lower Wire Crimped End



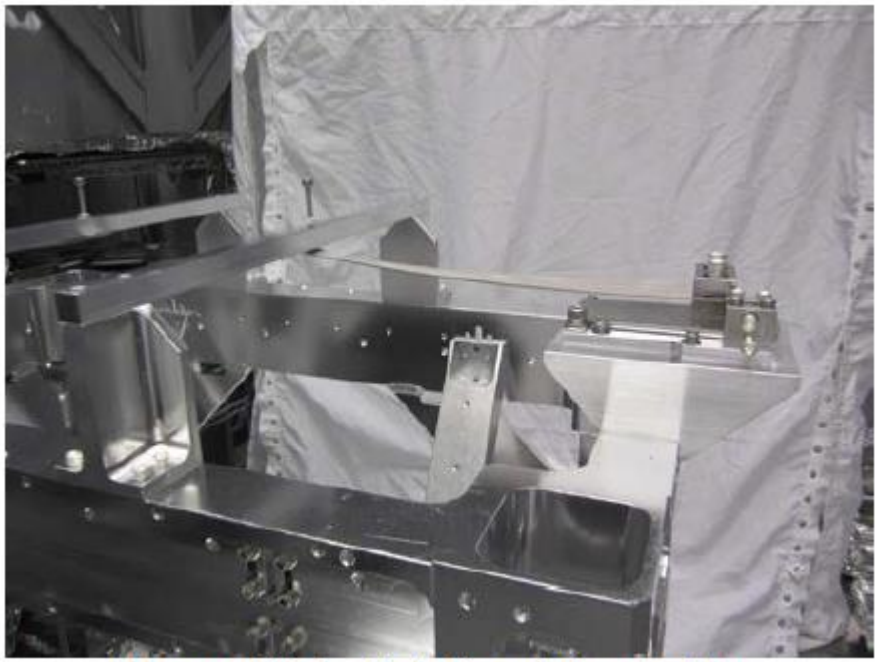


Lower Wire Clamp in Metal Mounting Bracket

セーフティバー



Top Blade Guard Assembly



Upper Blade Rotational Assembly