

光学ベンチの強度解析

4 Jun, 2001 Tokoku

解析

光学ベンチの強度解析を行いました。解析の目的は以下のふたつです。

- 1) レンズマウントの自重による変位
- 2) 光学ベンチのたわみによるレンズマウントの変位

このふたつの値は、実際にはひとつの「変位」量として出現しますが、光学ベンチの軽量化やマウントの十分な強度、軽量化の最適化を図るために、別々に算出しました。

レンズマウントの変位計算のために作成した解析モデルは図 1 のようになります。サイズはほぼ光学系の設計値通りです。レンズマウントは、コリメータ部で 3 つ、カメラ部で 2 つのマウントから成り、光軸が光学ベンチ面から同じ高さになるようにして、適当な厚みをつけました。瞳付近に大きなフィルタ・グリズムホイールを置き、これには 80mm×80mm のグリズムやフィルタが 8 枚入るホイールを 2 つ並べると想定しました。光路を覆うバツフルは厚さ 5mm とし、光路に沿って適当に径が小さくなっています。モデルの中にはレンズの重さも含まれます。光学ベンチ、レンズマウント、バツフルはすべて常温のアルミニウムを仮定しています。各部の重量は以下のようになっています。マウントやベンチはほとんど軽量化していません。

	1 光路分	全体 (2 光路)
光学ベンチ (厚さ 20mm)		18.5kg
レンズマウント	15.0kg	30.0kg
フィルタ・グリズムホイール	16.0kg	32.0kg
バツフル (厚さ 5mm)	5.5kg	11.0kg
レンズ (10 枚)	5.0kg	10.0kg
計	41.5kg	101.5kg

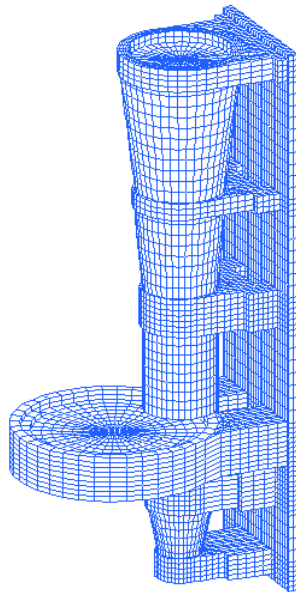


図 1 解析モデル

光学ベンチの自重も含む変位の計算には、2光路モデルをつくりました(図2左)。しかし、このままでは要素数が多すぎて、現在使っているパソコンの限界を超えてしまうので、図2の右図のようなモデルにして計算しました。

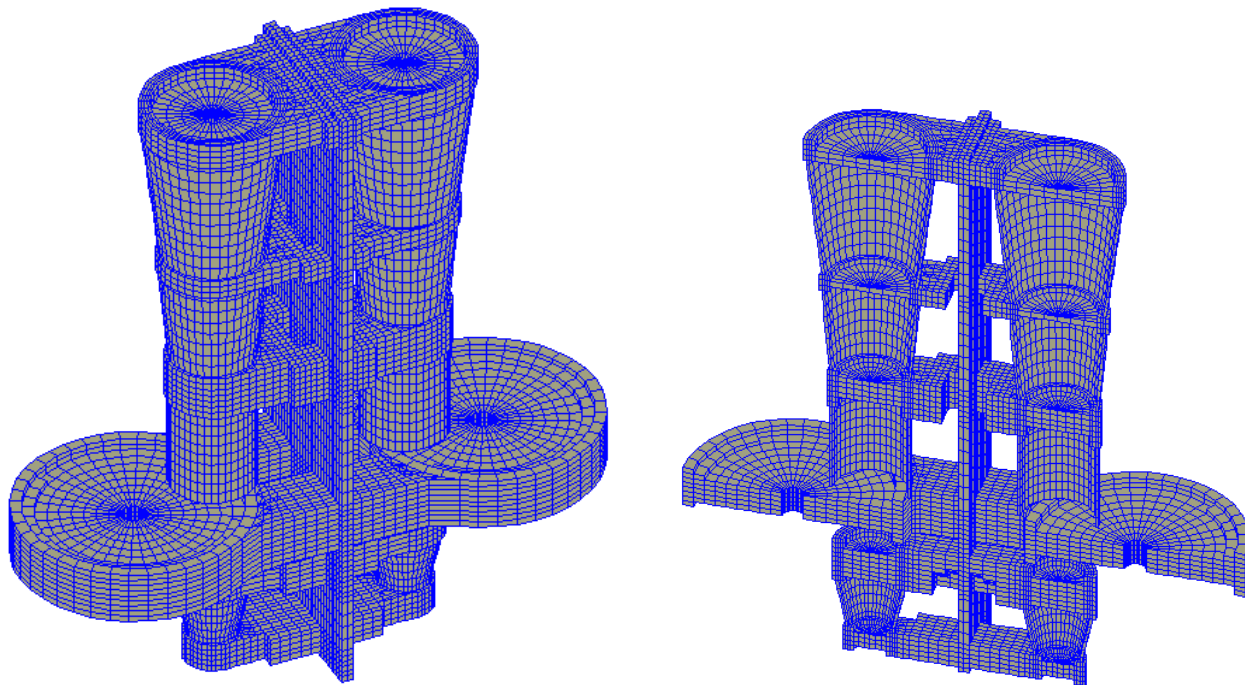


図2 2光路モデル(左)と実際の解析モデル(右)

結果

1) マウント自重によるたわみ

光学ベンチがきっちり固定されていると仮定して、望遠鏡を以下の5方向に振ったときのレンズマウントの変位量とマウントに生じる最大応力については、以下のようになりました。

変位が一番大きいのは、いずれの状態のときもフィルタ・グリズムホイールの一番外側です。このモデルでは、簡単のためにホイールを支える構造がありませんが、それでも十分な強度があると言えます。この部分はさらに軽量化できると思います。

最も応力がかかる部分は、いずれの状態のときもホイールの付け根の部分です(z方向に支える構造がないので当然ともいえます)。アルミニウムのせん断応力は338Mpaなので、この程度の応力は問題ないと思われます。

傾き	図 3	X方向変位 [um]	Y方向変位 [um]	Z方向変位 [um]	最大ミーゼス応力 [Mpa]
0°		0.087	0.005	0.702	0.031
X45°		0.066	0.004	0.497	0.023
X90°		0.011	0.003	0.001	0.003
Y45°		0.074	0.046	0.497	0.030
Y90°		0.022	0.063	0.002	0.013

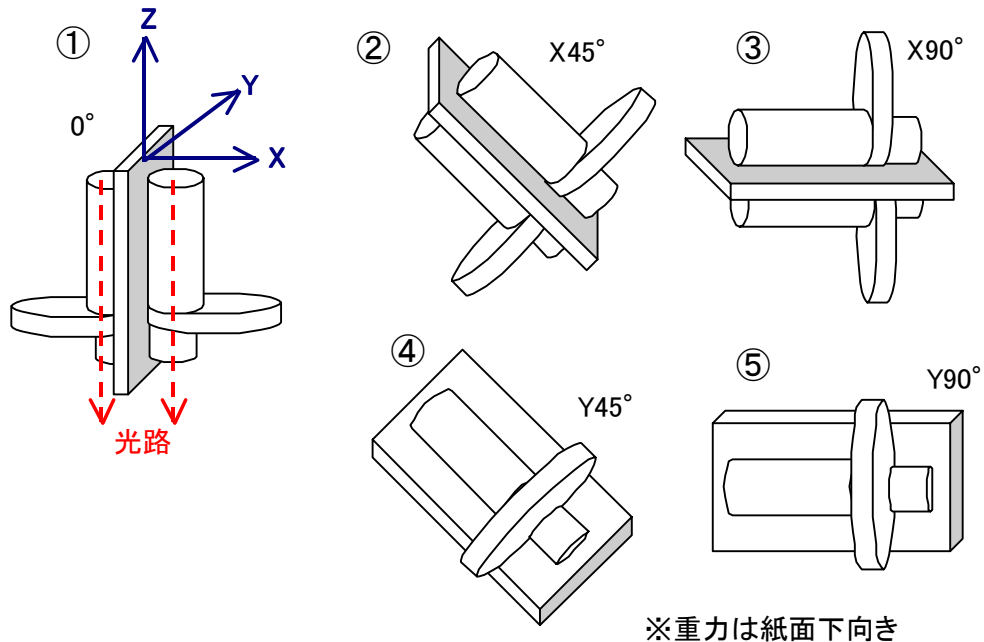


図 3 振った方向

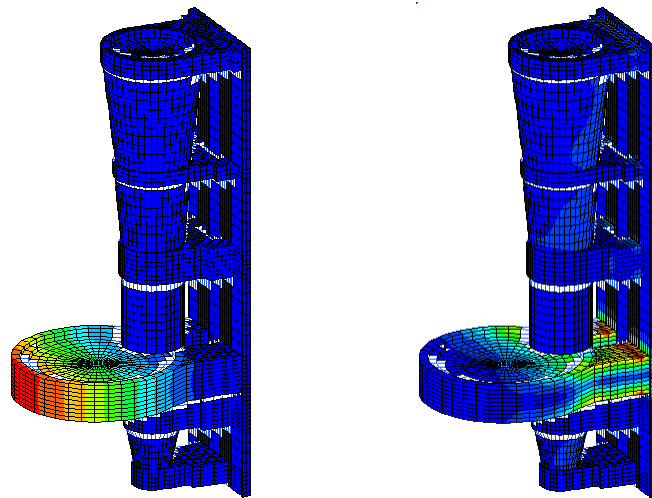


図 4 解析結果例：垂直（0°）のときの変位分布（左）と応力分布（右）の様子

2) 光学ベンチのたわみ

光学ベンチの固定方法についてはまだ勉強中なので、とりあえず図 5 のように、ベンチの上下の端 2 箇所づつをがっちりと固定すると仮定して、5 方向に角度を振ってみました。

結果は、変位が最も大きい部分は、いずれの場合もフィルタ・グリズムターレットの端でした。生じる応力にも問題はないと思います。

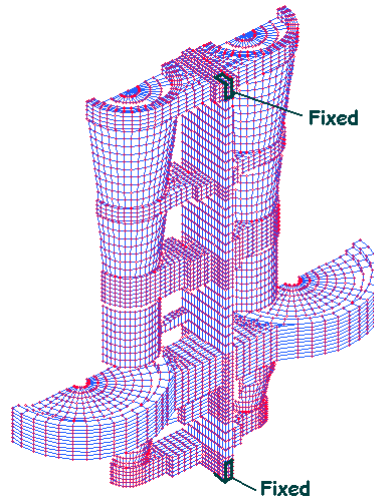


図 5 光学ベンチの固定

傾き	図 3	X 方向変位 [um]	Y 方向変位 [um]	Z 方向変位 [um]	最大ミーゼス応力 [Mpa]
0 °		0.091	0.008	0.750	0.056
X45 °		6.805	0.252	7.563	0.960
X90 °		9.625	0.357	9.975	1.321
Y45 °		0.060	0.006	0.530	0.039
Y90 °		0.012	0.008	0.002	0.001

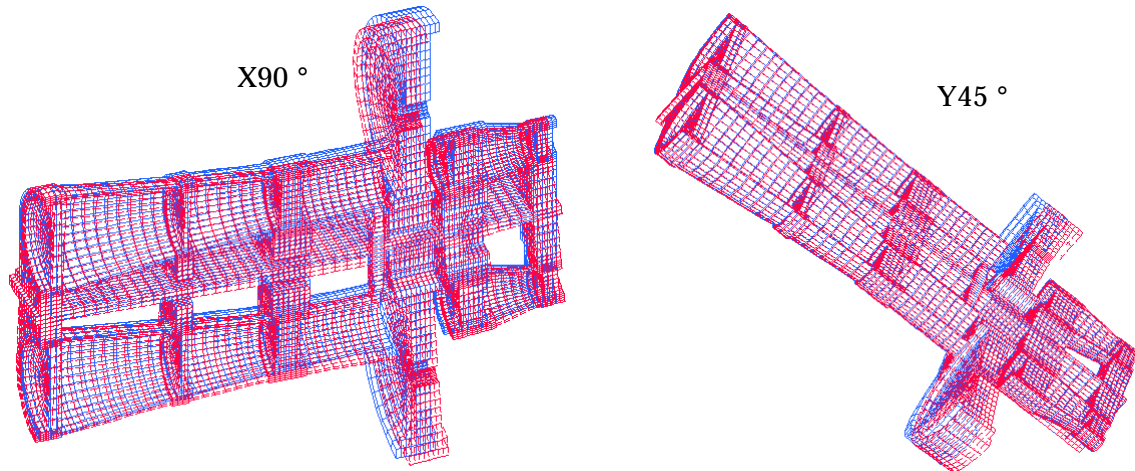


図 6 変位の様子（青はもとの形状、赤は変位の様子をおおげさに表したものの）

考察

解析の結果より、 レンズマウントはさらに軽量化できるということ、 フィルタ・グリズムホイールは z 方向に支える機構にすればさらに軽量化できること、 光学ベンチは厚さ 20mm でも可能だということが言えます。

光学ベンチの望遠鏡に対する固定方法については、 さらに勉強していく必要があります。

ちなみに、CIAO では光学ベンチの片面、COMICS では両面に光学素子が載っていて、そのベンチの厚みはどちらも 20mm です。どちらのデューワーも住友重工の設計・製作で、図面をもらってあります。