

トポロジー最適化による装置ローテータの設計

仲谷善一(京都大学大学院理学研究科附属天文台)

概要

大型観測装置や構造物等の設計の際に初期の形状を決定するために、複数のモデルを作成し、複数回の解析を行いながら進めていると多くの時間を要する。大型観測装置や構造物などの初期形状を決める方法のひとつにトポロジー最適化が考えられる。このトポロジー最適化について、京都大学岡山天文台のせいめい望遠鏡用装置ローテータを例に紹介する。

1. せいめい望遠鏡について

京都大学大学院理学研究科附属天文台が岡山県浅口市に設置したせいめい望遠鏡は口径 3.8m で軽量架台と 18 枚の分割鏡であるという特徴を持っている。この特徴により、これまでの望遠鏡では大型の鏡を長い時間をかけてガラス材を研磨して製作していたが、せいめい望遠鏡では分割鏡を採用し、また超高精度研削加工を取り入れることにより研磨に必要な時間を大幅に短縮することという技術開発および技術の蓄積。軽量架台ということで素早く目標天体に向けることができることから、これまで観測が難しかった天体に関しても観測を行うことが期待できる。



京都大学岡山天文台



せいめい望遠鏡



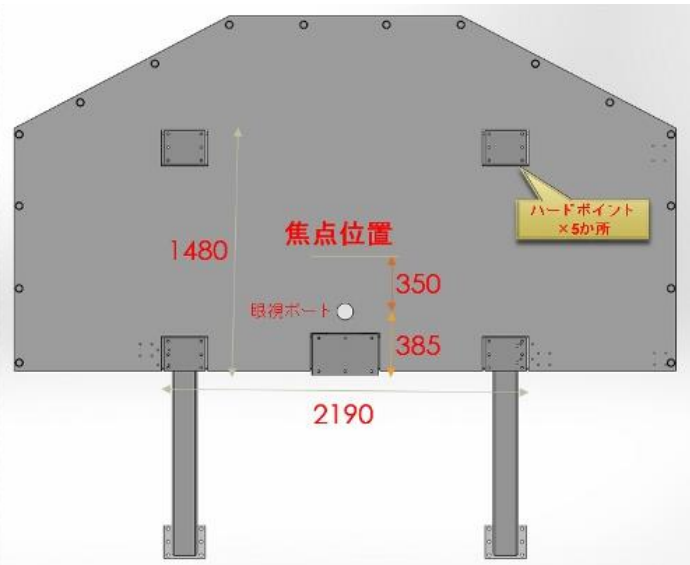
主鏡

2. 装置ローテータについて

せいめい望遠鏡には複数の観測装置が設置されることが多い。頻繁に観測装置の交換を行う必要が無いよう、多くの装置に対して光路を切り替えることにより迅速に観測装置の切り替えを行うことができる装置ローテータの設計を進めている。

この装置ローテータには小型装置フランジと大型装置フランジを設けて、小型装置フランジへは小型観測装置が最大で6台、大型装置フランジへは大型観測装置が1台設置することを想定している。小型装置フランジには各観測装置へ光路を切り替えるピックアップミラーが設置される。小型装置フランジと大型装置フランジの間にはファイバーステージが設けられる。

この装置ローテータはナスミス台に設置されるが、具体的な取付位置(ハードポイント5ヶ所)や焦点位置、眼視ポートの位置が決定しており、それらの条件を満たす形で設計を進める必要がある。



ナスミス台上面図

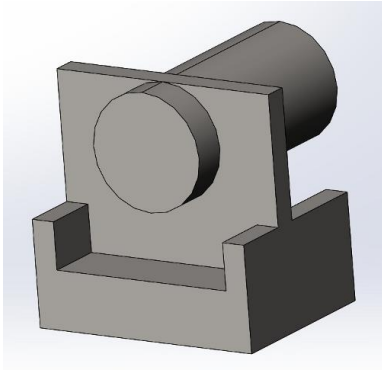
3. トポロジーについて

トポロジーとの対比で語られるユークリッド幾何学においては、全く同じ形(合同)または相似については同一とされちる。トポロジーにおいては、連続性が保たれている、ちぎれたり無限に広がっていない、オイラー数が同じなど同相写像で保たれているとされている。トポロジーの世界ではコーヒーカップとドーナツは同じということが例えに使われることが多いが、オイラー数という部分においては正四面体、正六面体、正二十面体も同じということになる。また、都市部などで目にする鉄道路線図や高速道路ネットワークも連続性が保たれており、無限に広がっていないなどトポロジーの考えが用いられている。

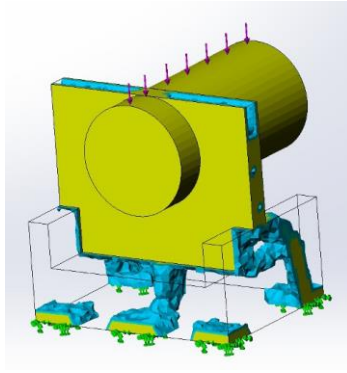
4. トポロジー最適化による装置ローテータの設計

今回の装置ローテータの構造物の設計を始めるにあたり、固定位置、およその装置の大きさ、およその装置の重さ、各装置フランジの大きさを条件付けて設計を行った。

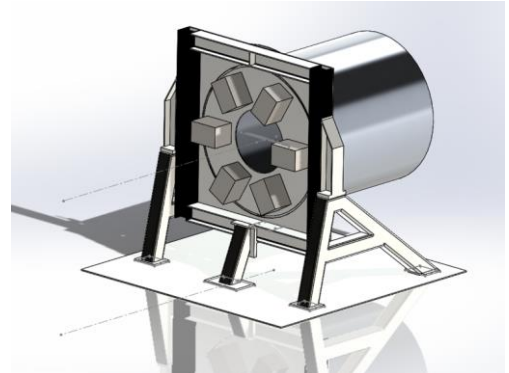
小型装置は1台あたり50キログラムを6台、大型観測装置は1トンと仮定。観測装置と装置フランジの形状を変えない。固定部はナスミス台の5ヶ所のハードポイントとした。初期の簡易モデルから重量を90パーセントまで削ることを許すという条件において算出を行った。



簡易モデル

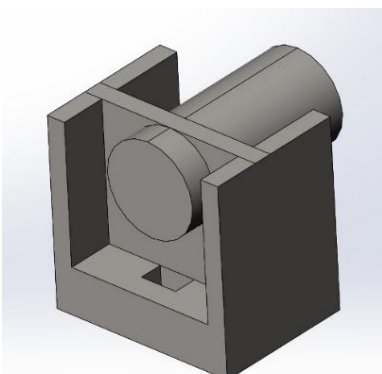


トポロジー最適化

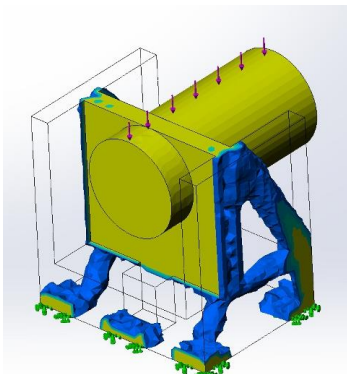


初期モデル

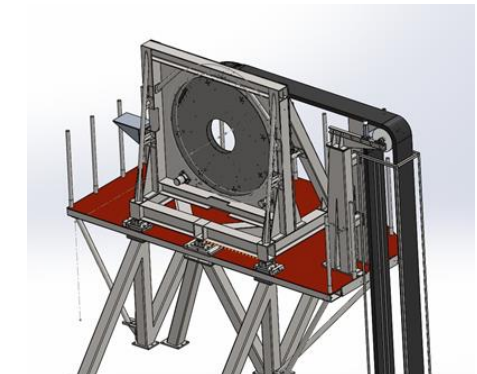
初期モデルを元に実用性やケーブルなどの取り回し、ケーブルベアの配置など具体的な部分の検討を行った。特に、プラスマイナス 270 度回転する必要があることから、ケーブルベアの配置について十分に検討を行い、最終モデルの構造を決定した。



簡易モデル



トポロジー最適化



最終モデル

5. まとめ

設計経験が長く多くの経験をつんでいる設計者においては最適と思われる形状をある程度導くことは可能だと考えられるが、トポロジー最適化により経験の浅い設計者でも比較的短時間で構造物などの初期形状を導くことが期待できる。初期段階での制約や条件(大きさ、重量、強度、固定位置等)を盛り込んだ状態で設計を進めることができる。ということが考えられる。

また近年、汎用三次元 CAD にトポロジー解析が実装されたことにより、手軽にトポロジー解析を行うことが可能となった。