

3.8m新技術望遠鏡(せいめい望遠鏡)用装置ローテータの設計

京都大学理学研究科附属天文台 仲谷 善一

1. はじめに

2019年2月に完成した岡山天文台の「せいめい望遠鏡」は経緯台式のため天体を追尾すると視野回転が発生する。この視野回転をキャンセルするために観測装置を回転させる装置ローテータが必要となる。装置ローテータには観測目的に応じた複数の観測装置が搭載され、要求精度は点源導入精度3秒角、点源追尾精度0.25秒角、視野角設定精度0.1度、視野回転補償精度60秒角となっており、搭載される観測装置の総重量は1.5トン前後となっている。

要求精度を満たして観測装置の荷重にも十分に耐えられる剛性と望遠鏡本体に大きなストレスをかけないために軽量であることが求められたことから、製作には複数の技術を取り入れ完成させる必要があった。

この装置ローテータについて、これまでの経緯について紹介する。

2. 3.8m 新技術望遠鏡(せいめい望遠鏡)について

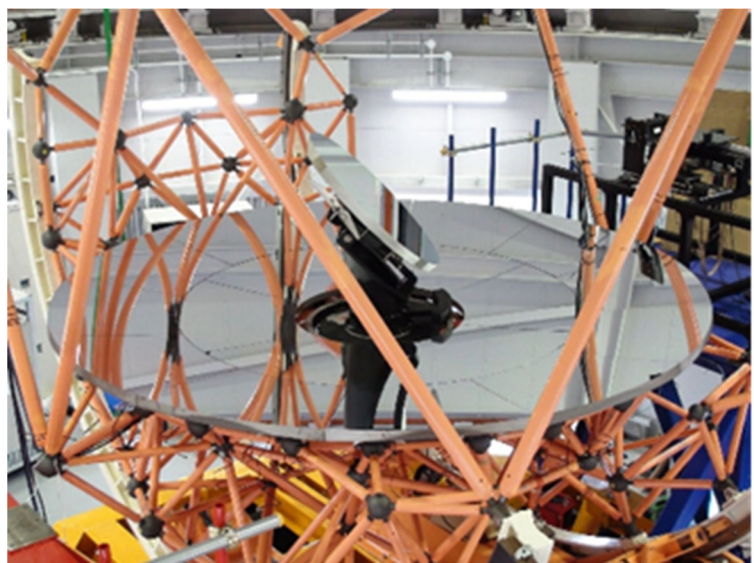
京都大学大学院理学研究科附属天文台が岡山県浅口市に設置した「せいめい望遠鏡」は口径(主鏡直径)3.8mで軽量架台と18枚の分割鏡であるという特徴を持っている。この特徴により、これまでの望遠鏡では大型の鏡を長い時間をかけてガラス材を研磨して製作していたが、せいめい望遠鏡では分割鏡を採用し、また超高精度研削加工を取り入れることにより研磨に必要な時間を大幅に短縮することという技術開発および技術の蓄積。軽量架台ということで素早く目標天体に向けてることができることから、これまで観測が難しかった天体に関しても観測を行うことが期待できる。



岡山天文台全景



せいめい望遠鏡



3.8mの主鏡

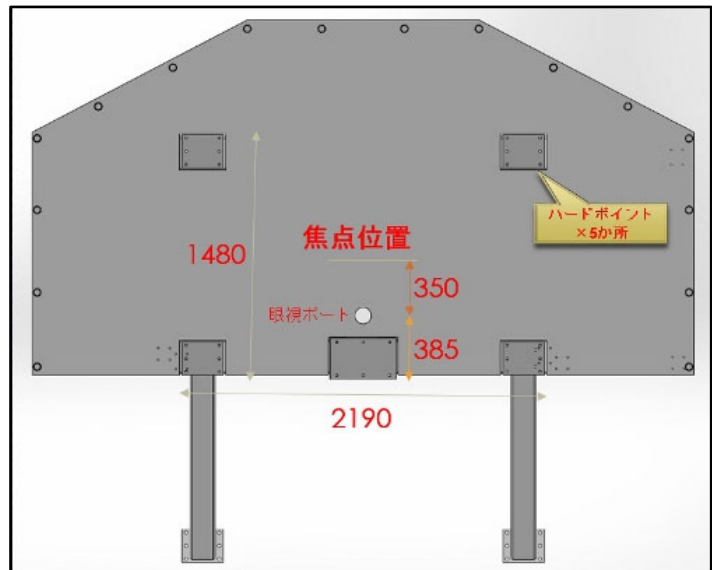
3. 装置ローテータについて

せいめい望遠鏡の架台は経緯台式と呼ばれるとてもシンプルで軽量の構造であるが、観測対象天体を追尾する場合に視野の回転が発生してしまう。経緯台式の望遠鏡の場合は視野回転をキャンセルするためのローテータが必要となる。また、せいめい望遠鏡には複数の観測装置が設置されるが、観測方法や観測対象によって頻繁に観測装置の交換を行う必要が無いよう、光路を切り替えることにより装置交換を行うことなく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行った。

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の観測装置が最大で6台、大型装置フランジへは大型の観測装置が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面分光観測用の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と呼ばれる望遠鏡の焦点位置に設置されるが、具体的な取付け位置(ハードポイント5ヶ所)や焦点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った。

また、要求される精度は、天体導入精度 3 秒角、天体追尾精度 0.25 秒角、視野角設定精度 0.1 度、視野回転補償精度 60 秒角で、搭載される観測装置の総重量は 1.5 トン前後となっており、高い剛性が求められている。

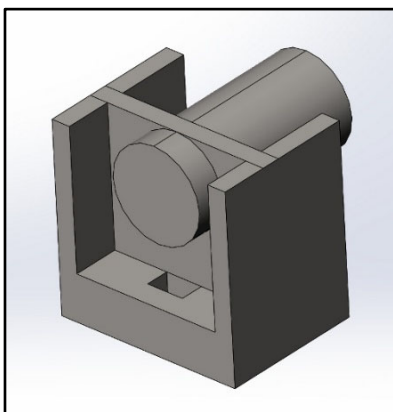


装置ローテータを設置するナスミス台

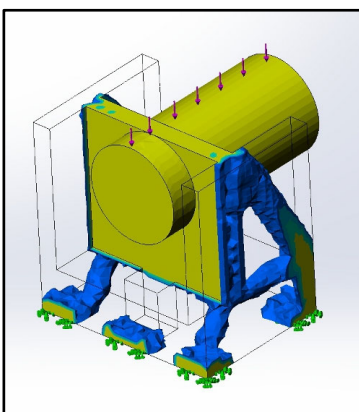
4. 装置ローテータの初期形状の導出

装置ローテータには、複数の観測装置を搭載しても要求精度を維持する高剛性と、せいめい望遠鏡の特徴である軽量で高速駆動が可能という点を崩すことがないように、できる限り軽量であるというトレードオフの関係にある要求に応える必要があった。

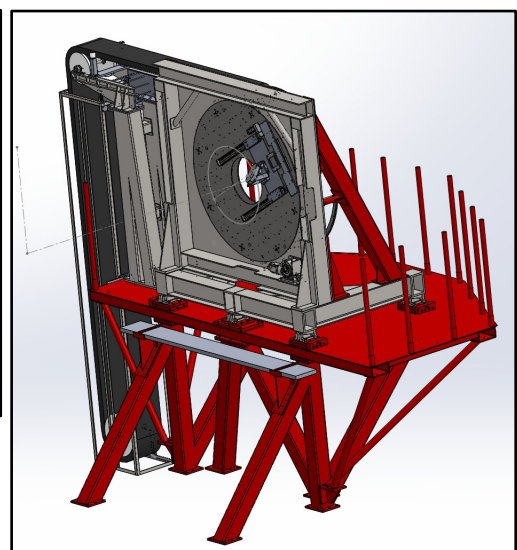
装置ローテータの構造物の設計を始めるにあたり、固定位置(ナスミス台のハードポイント)、およその観測装置の大きさや重さ、装置フランジの大きさを条件付けてトポロジー最適化により初期形状を導出した。



簡易モデル



トポロジー最適化によるモデル



最終モデル

トポロジー最適化で得られた形状を元に実用性やケーブル等の取り回し、ケーブルベアの配置など具体的な部分の検討を行い、構造解析を繰り返し行い、最終形状を決定した。

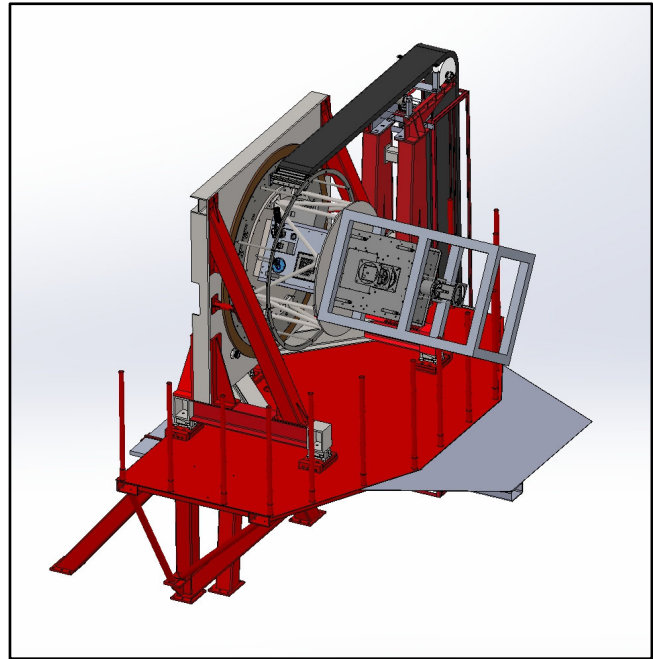
装置ローテータにはプラスマイナス 270 度回転する必要があるということも求められていたことから、ケーブルベアの配置についても十分に検討を行った。

5. まとめ

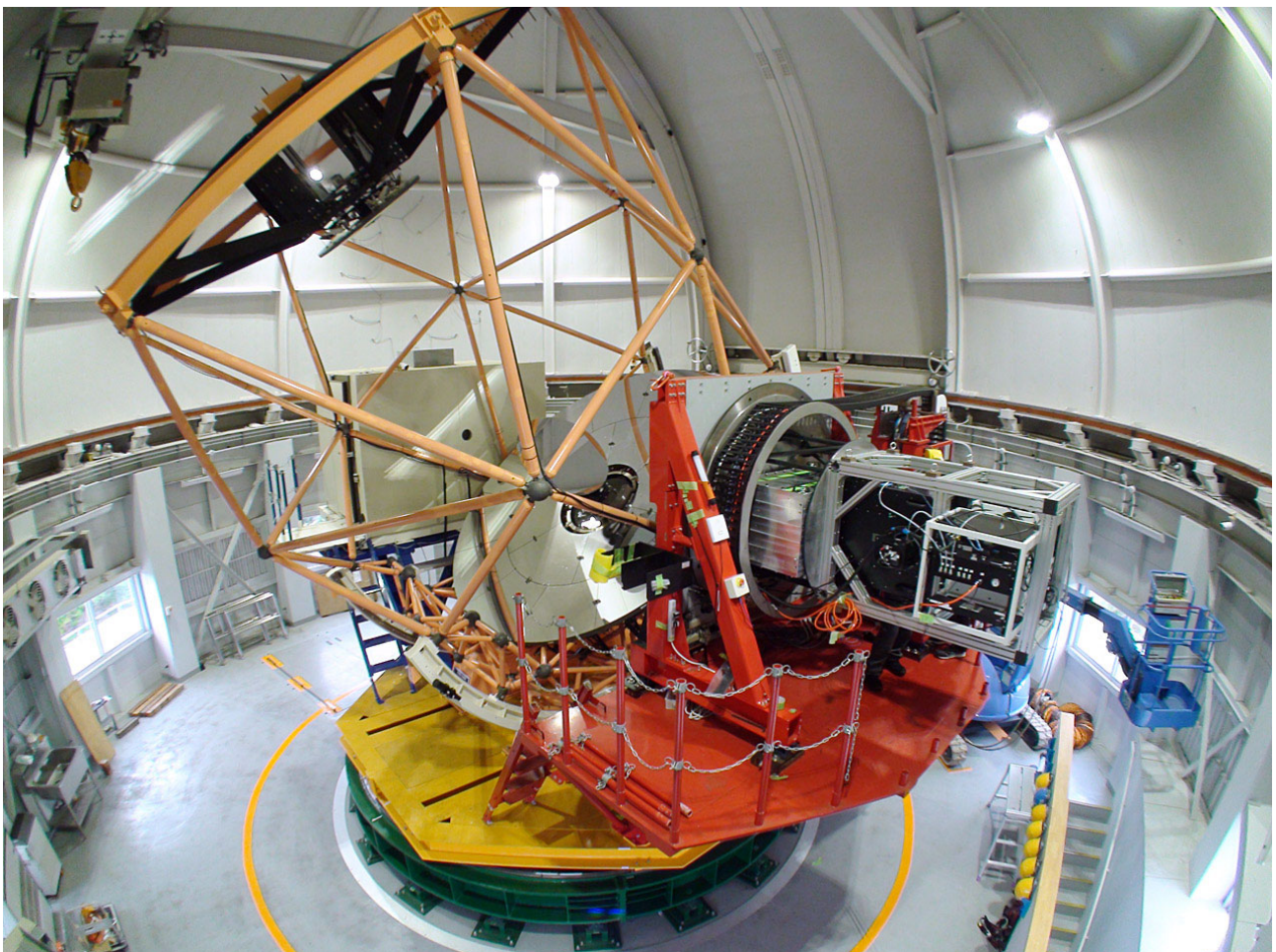
装置ローテータが完成して間もなく大型装置である TriCCS と呼ばれる可視三色高速撮像分光装置が搭載され、2020 年 12 月に小惑星探査機「はやぶさ 2」と「帰還カプセル」をせいめい望遠鏡と装置ローテータを用いて、帰還カプセルの速度に合わせて追尾し観測を行い、高速に飛行する帰還カプセルを正確に追尾できる速度を確認した。

現在装置ローテータには更に天体を正確に追尾するためのオートガイダ、KOOLS-IFU(可視面分光装置)、GAOES-RV(視線速度精密測定用可視高分散分光器)、TriCCS と直列に接続する形で新規開発装置である赤外偏光撮像装置の調整を進めている。

装置ローテータに関して、取り付け位置や望遠鏡本体にとっても近い焦点位置、重量等多くの制約がある中で要求される精度や性能を十分に満たす形で完成させることができた。



装置ローテータに観測装置を搭載したモデル



せいめい望遠鏡と装置ローテータ