

22, 43, 86 GHz 帯同時観測のための光学系設計

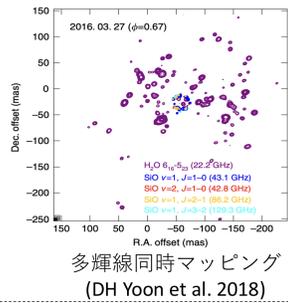
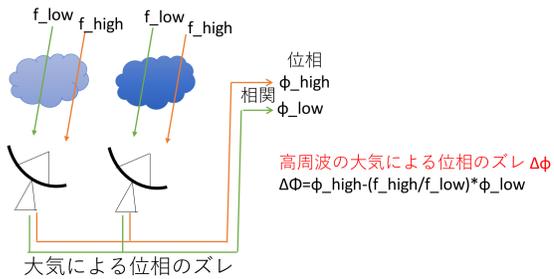
Optical system design for simultaneous observations in the 22, 43, 86 GHz bands

大阪府立大学 生命環境科学域理学類 物理科学課程 電波天文学研究室
1211305061 角越 仰 (Ko Sumikoshi)

1. 研究背景

①VLBI観測では、低周波の位相は比較的決定精度が高く、高周波の位相は大気揺らぎに深刻な影響を受ける。多周波同時観測により、低周波の位相を参照し、高周波の位相の大気によるズレの補正ができる。

②3周波同時観測から、3輝線の同時マッピングが可能



2. 設計手法

・ビームの広がり

電波の電界分布は進行方向(下中央図z方向)に垂直に広がりながら伝搬する。

電界分布の広がり <-- ビーム半径w, ビームウェスト半径w0

ビームの等位相面 <-- 曲率半径r

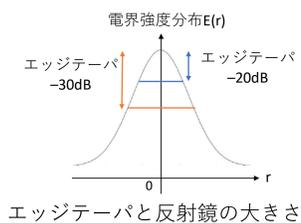
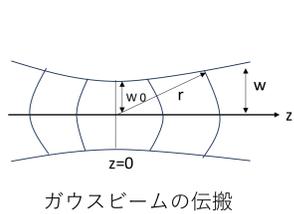
ピークからどれくらいの強度までの電波の伝搬を考えるか <-- エッジテーパT

反射の際に電界分布の切り取りが起こる。

- ・反射鏡やフィルターの位置を固定
- ・反射させるビームの太さと反射鏡のエッジテーパを変え開口能率を高める

- ・周波数 小
- ・エッジテーパ 小

- ・ビームの広がり 大
- ・反射鏡の大きさ 大



・性能評価方法

光学系の性能の評価方法として、シミュレーションソフトGRASPを用い、アンテナ開口面積のうち、有効に使われている割合を示す開口能率を求めた。計算の際、鏡面精度や副鏡のブロッキングは考えていない。

3. 設計における光学系への要求

・光学系のサイズの制約

デュワーの内径479mm以内

(同じK, Q, Wバンド同時観測のためのイタリアの望遠鏡SRTは内径640mm)

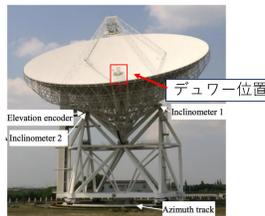
・周波数帯域

準光学フィルターを2枚用いて、3つの周波数帯に分けて同時観測する。

Kバンド 18-26GHz 特に 22GHz ←水メーザー

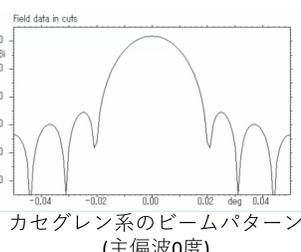
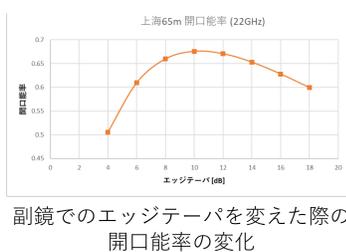
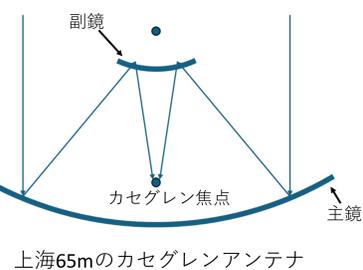
Qバンド 33-50GHz 特に 43GHz ←SiOメーザー(J=1-0)

Wバンド 80-116GHz 特に 86GHz ←SiOメーザー(J=2-1)



4. 設計の指標

主鏡と副鏡のみを反射鏡とし、今回の光学系の開口能率の上限値の指標を67.1%と求めた。



5. 準光学フィルター

2枚の準光学フィルターは同研究室の河本さんが開発中である。

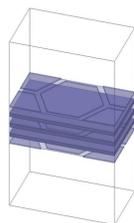
f1, f2はそれぞれWバンド帯、Qバンド帯のフィルターである。

開発中のf1フィルターのシミュレーション結果と実測結果を以下に示す。

f1フィルターには右図のような六角形の繰り返し構造の層とそれと相補的な層を交互に重ねたようなフィルターを考えている。

以下にシミュレーション結果と透過帯域のみの測定結果を示す。

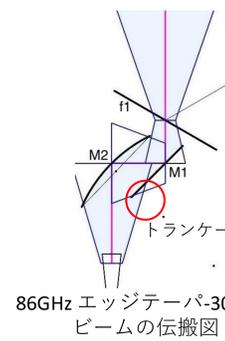
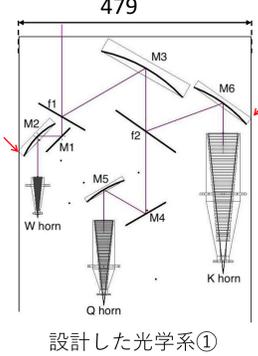
反射率は22GHzで98.9%、43GHzで94.4%、透過率は86GHzで89.1%(実測)となっている。



6. 設計した光学系

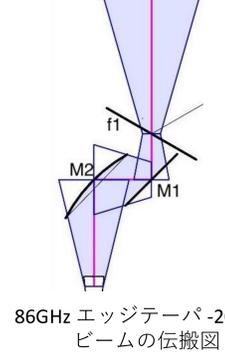
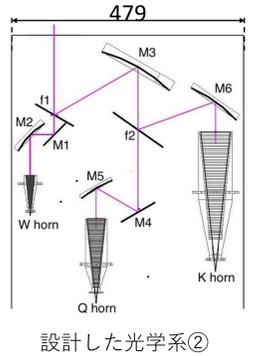
下の図の3パターンの光学系を考えた。

① 22, 43, 86GHz エッジテーパ-30dBが反射する光学系



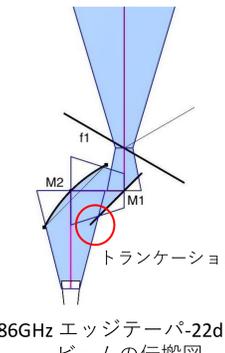
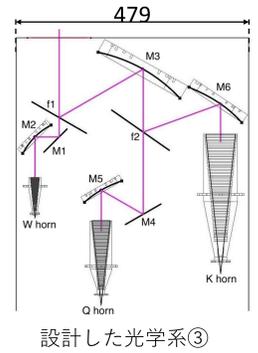
- ・光学系がデュワー内に収まらない
- ・ビームと反射鏡のトランケーションあり (86GHz エッジテーパ-30dB)
- ・86GHzの開口能率 60.3%

② 22, 43, 86GHz エッジテーパ-20dBが反射する光学系



- ・デュワー内に収まる
- ・ビームと反射鏡のトランケーションなし
- ・86GHzで開口能率 58.7%

③ 各バンド最低周波数(18, 33, 80GHz) エッジテーパ-20dB が反射する光学系



- ・86GHzではエッジテーパ-22dBが反射
- ・デュワー内に収まる
- ・ビームと反射鏡のトランケーションあり (86GHz エッジテーパ-22dB)
- ・86GHzの開口能率 61.1%

7. 結果

・光学系の開口能率

主鏡副鏡と設計した反射鏡を含めた以下の3パターンの光学系での開口能率を求めた。

① 22, 43, 86GHz エッジテーパ-30dB

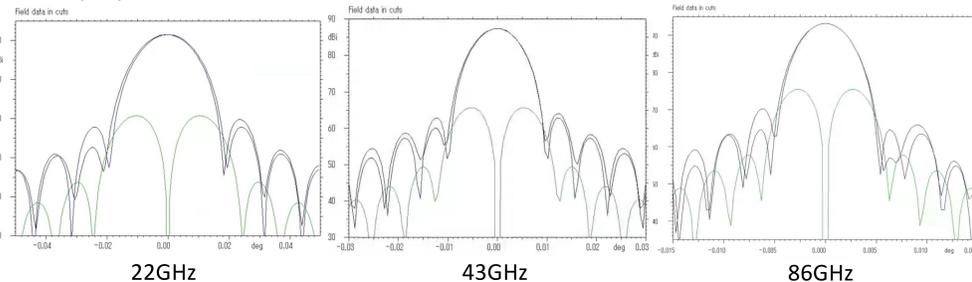
② 22, 43, 86GHz エッジテーパ-20dB

③ 18, 33, 80GHz エッジテーパ-20dB (86GHz エッジテーパ-22dB)

パターン	22GHz	43GHz	86GHz
①	63.9	65.0	60.3
②	59.6	62.9	58.7
③	63.0	64.7	61.1

各パターンの22, 43, 86GHzの開口能率[%]

・③の22, 43, 86GHzのアンテナビームパターン (黒: 主偏波0度、青: 主偏波90度、緑: 交差偏波90度)



8. まとめ

周波数とエッジテーパを変えた3パターンの光学系を設計した。

③の光学系はデュワー内径479mm内に収まり、86GHzでの開口能率が最も高い。

I designed 3 optical systems changing frequencies and edge tapers.

The optical system of No.3 is within the Dewar, and its aperture efficiency at 86GHz is the highest of the three.

9. 今後

反射鏡やフィルターの位置を変えて設計する。

光学系のアライメントの誤差を踏まえた開口能率等について検討する。