

茨城32m電波望遠鏡受信機切り換え用円形導波管の開発

足立弘、米倉覚則、百瀬宗武(茨城大学)、長谷川豊、木村公洋、小川英夫(大阪府立大学)

研究目的

茨城 32m 電波望遠鏡とは、茨城県日立市と 高萩市にまたがり位置する2基の電波望遠鏡のことである。メタノールメーザーを含む6GHz-9GHz 帯、および水メーザー・アンモニア分子輝線を含む22GHz帯の受信を行うことができる。これらの観測・解析は星形成メカニズム解明のために大変重要である。しかし現在この2つの帯域の切り替えには受信機の乗せ替え作業が必要である。さらに受信機は乗せ替え後冷却させなければならない。このように受信機の乗せ替えには多くの時間がとられるためその間の観測時間を失うことになる。受信機の切り替えを行える導波管の開発が本研究の目的である。

モデル作成&解析-円形-

円形導波管内を伝わる電波の反射損失・入力損失のシミュレーションを3次元電磁界解析ソフトHFSS(High Frequency Structure Simulator) を用いて行った。茨城 32m 電波望遠鏡の受信機設置場所に2つの帯域の受信機を設置する場合、物理的な干渉を避けるために 10m 程度の長さの導波管が必要となる。また、現在使用している受信機の電波入力部の直径は、6-9GHz 帯では 32mm、22GHz 帯では 9.3mmである。そこで、6-9GHz 帯では長さ 1000mm、直径 32mm の円形導波管モデルを、22GHz 帯では、長さ 1000mm、直径 9.3mm の円形導波管モデルを作成した。

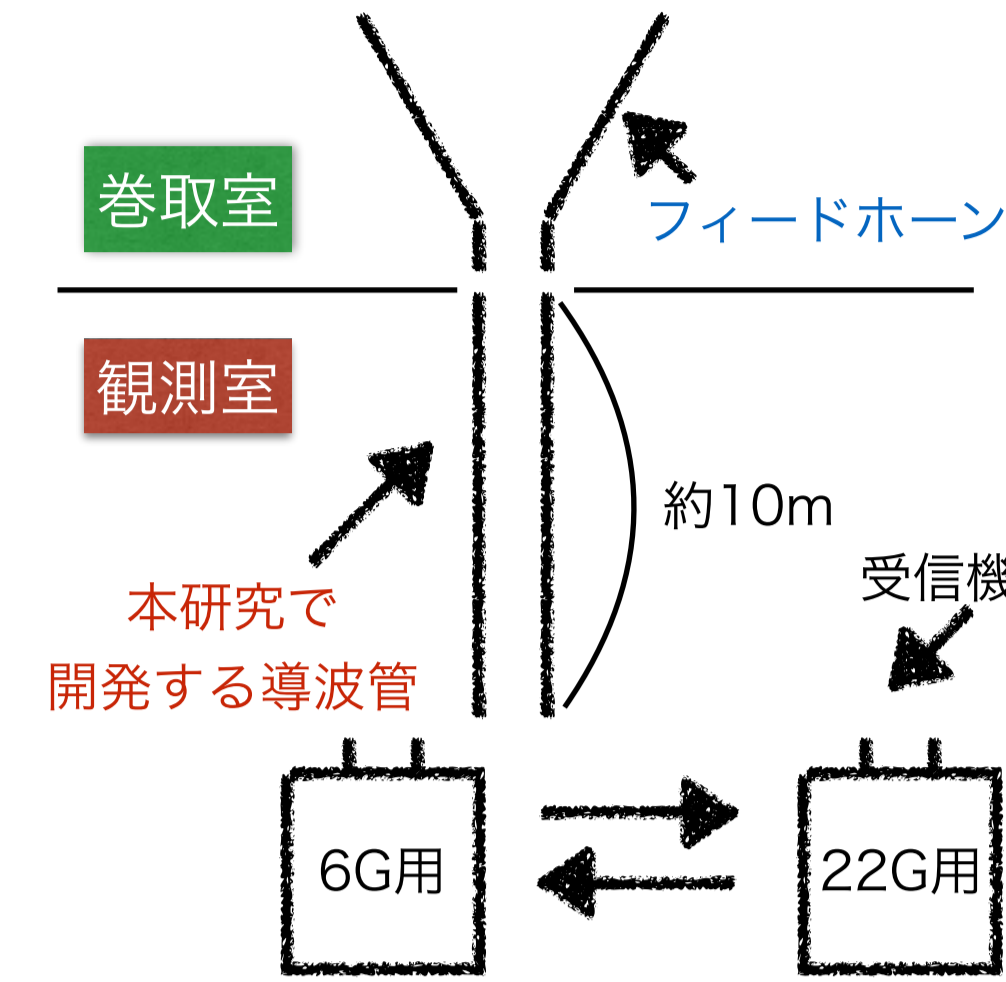


図1 導波管搭載のイメージ

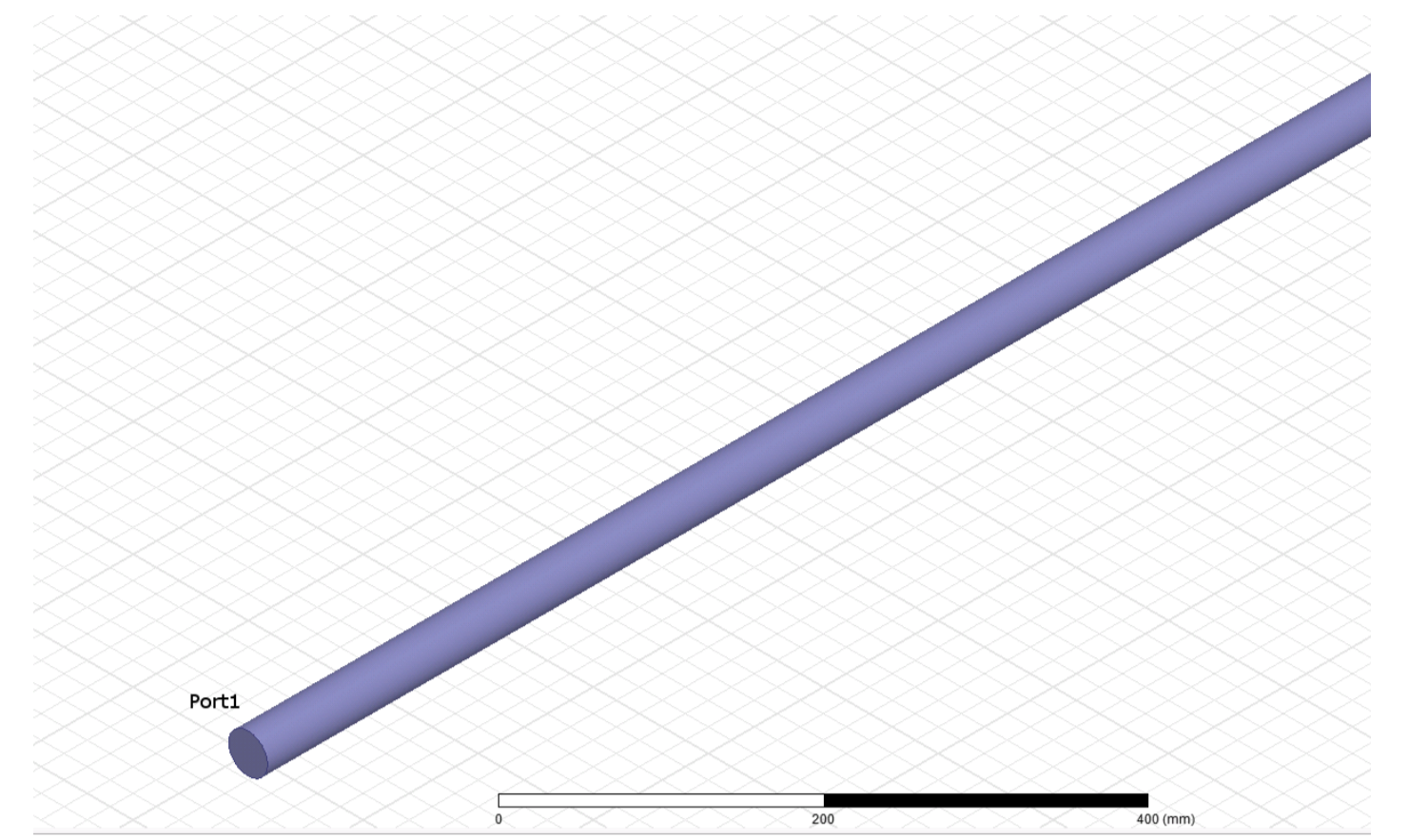


図2 円形導波管解析モデル

解析結果-円形-

6.7GHz で反射損失が約-55dB、入力損失が約-0.08dB、22GHzでの反射損失が約-47dB、入力損失が約-0.6dB の解析結果が得られた。

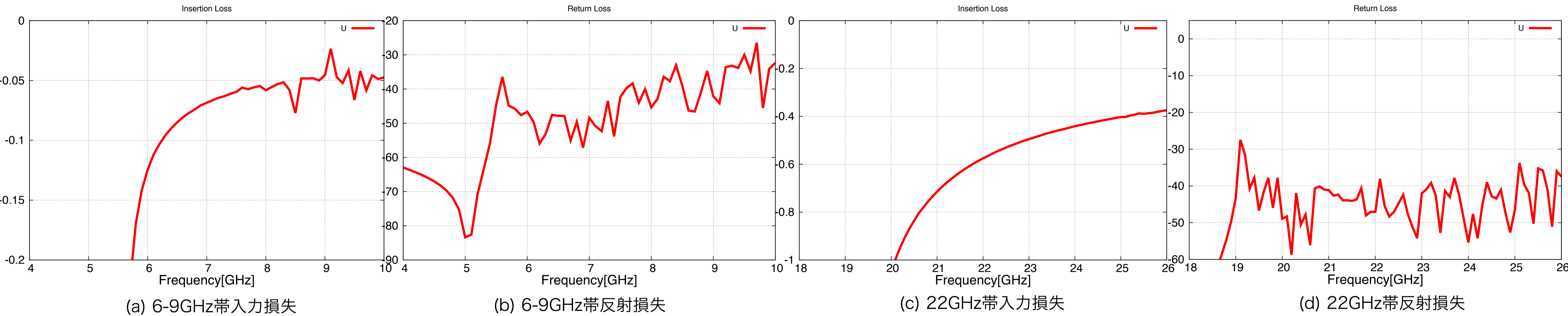


図3 円形導波管解析結果

モデル作成&解析-コルゲート-

次に円形コルゲート導波管の内を伝わる電波の反射損失・入力損失のシミュレーションを行った。円形コルゲート導波管とは円周方向に溝の掘られた導波管のことである。単純な円形導波管に比べて入力損失が抑えられることが期待される。図4はコルゲート導波管の断面図である。パラメータはそれぞれa:ガイド半径、d:溝の深さ、p:溝の間隔、w:溝の幅、t:歯の厚さ、r:動径座標、z:軸座標、 ξ :溝の座標。低損失には次の条件、 $a \gg \lambda$ (波長)、 $d \approx \lambda/4$ 、 $p \approx \lambda/3$ 、 $w < p/2$ 、 $t = p - w$ を満たす必要がある。

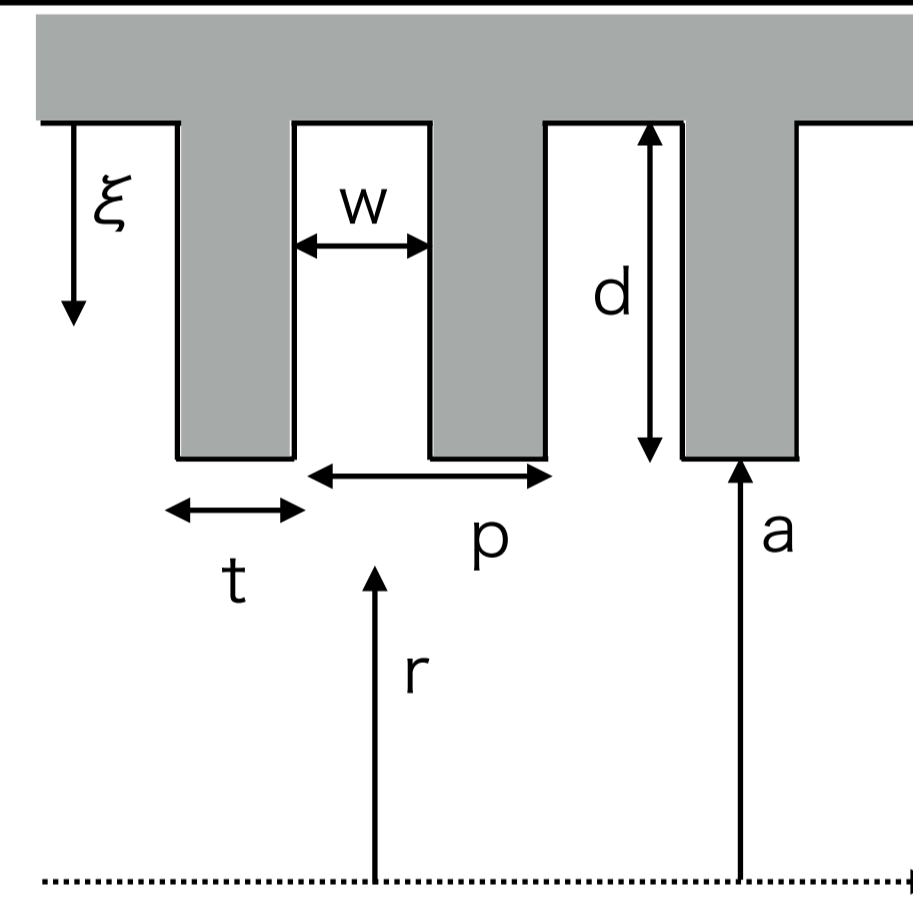


図4 コルゲート導波管の断面図

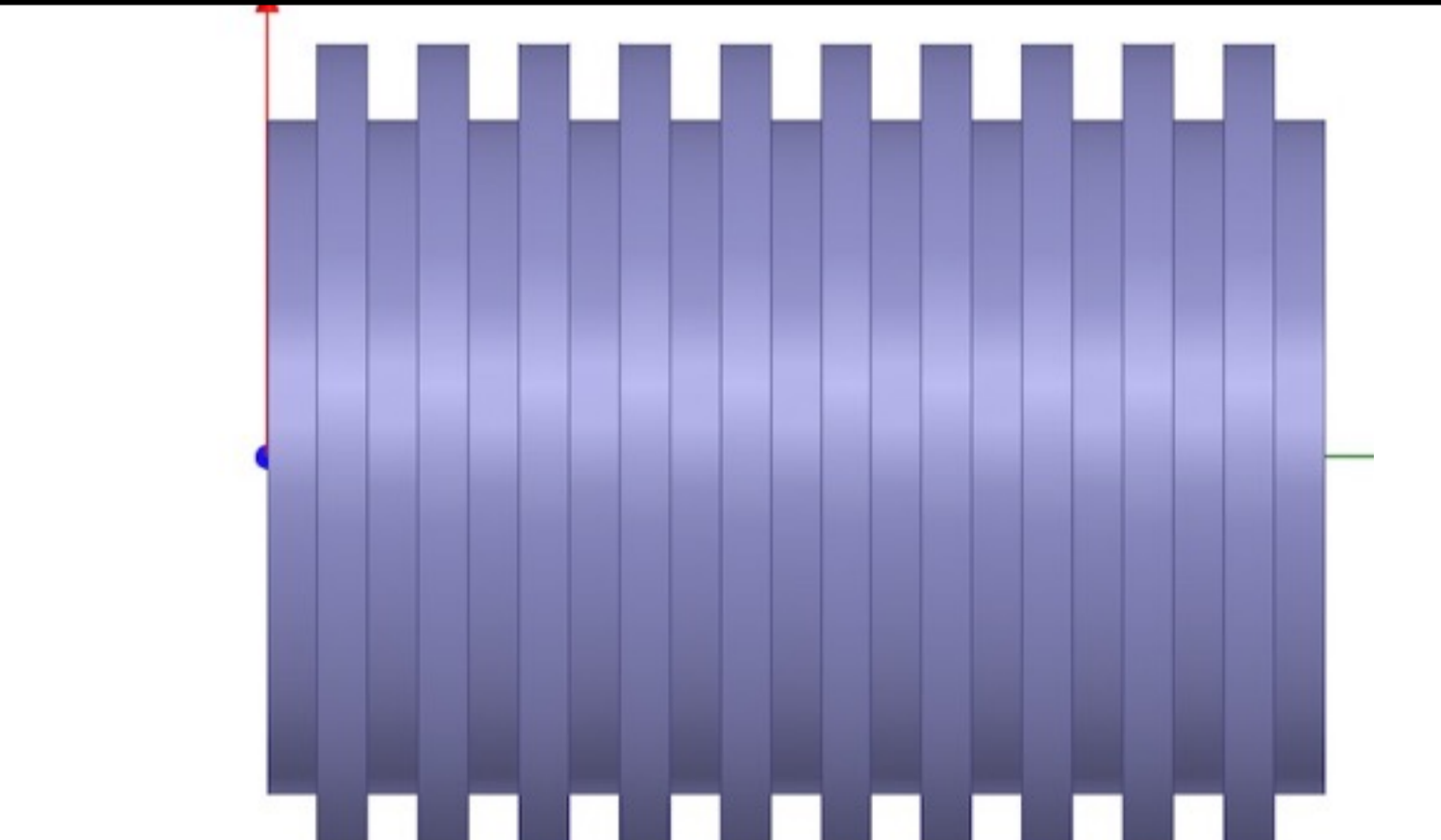


図5 コルゲート導波管解析モデル(一部)

解析結果-コルゲート-

図6は溝が22GHzで最適になるように、パラメータを $d=3.375\text{mm}$ 、 $p=4.5\text{mm}$ 、 $w=2.5\text{mm}$ 、 $t=2\text{mm}$ とした。また(a)(b)は6GHz用に $a=16\text{mm}$ とし入力を6-9GHz帯、(c)(d)は22GHz用に $a=4.65\text{mm}$ とし入力を22GHz帯とした解析結果である。円形の場合と比べて良い結果が得られなかった。

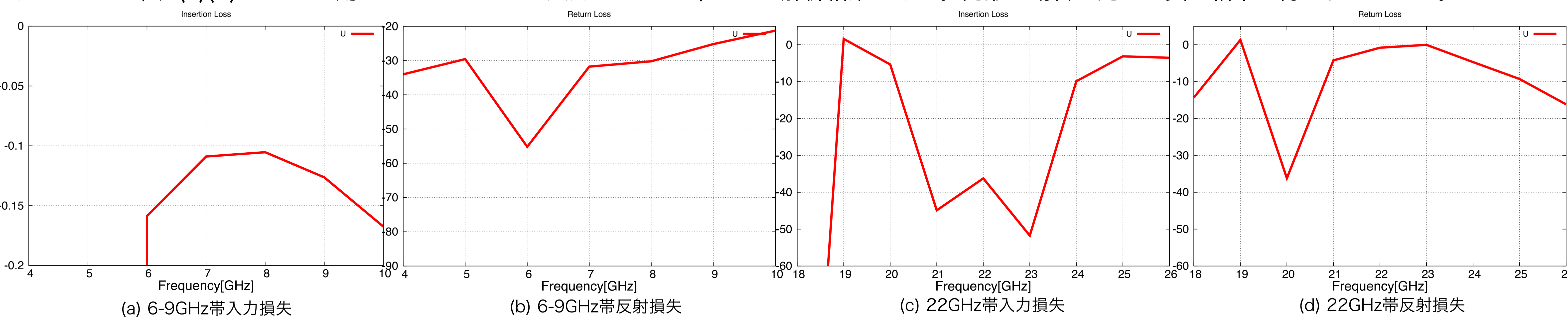


図6 コルゲート導波管の解析結果

まとめ

一般に電波天文で用いられる装置には反射損失は-20dB以下、入力損失は0dBにより近い値が求められる。今回のシミュレーションで反射損失は2つの帯域で-20dB以下となり良い結果が得られた。しかし22GHzでの入力損失が約-0.575dB(比に直すと約 88%)であり、入力されたエネルギーの約 12% が損失される結果となった。一方、低損失が期待されるコルゲート導波管の結果が円形導波管と比べて全体的に悪くなってしまった。パラメータの最適化にはMistry et al.2014 を参照したが今回解析に用いた帯域とは異なる帯域のため、帯域ごとにパラメータを最適化させる必要があると考えられる。今後はこの最適な値を探ることが課題となる。

参考文献