

マイクロ波ホログラフィ再構成のための波動計算の検証

Validating the wave calculation
for microwave holography reconstruction竹中亮太¹ 土屋隼人² 真鍋遼¹ 岩間尚文² 山本修史³ 山口聡一郎³ 古賀麻由子¹Ryota TAKENAKA¹, Hayato TSUCHIYA², Ryo MANABE¹, Naofumi IWAMA²,Shuji YAMAMOTO³, Soichiro YAMAGUCHI³, Mayuko KOGA¹

1 兵庫県立大 2 核融合研 3 関西大

1. Univ. of Hyogo 2. NIFS 3. Kansai Univ.

1. 概要

核融合研究におけるプラズマ観測に貢献するために、近年研究が進んできているレンズレスカメラの技術をマイクロ波計測に応用した、マイクロ波ホログラフィを提案している。光学系を使用しないマイクロ波ホログラフィの技術を開発することができれば、広い視野の3次元データが得られるため、大変有力な計測器となる。本研究では電磁界計算の結果から対象物体画像を再構成することを目的としている。

2. マイクロ波ホログラフィ

マイクロ波ホログラフィとは、発振源から対象物体へマイクロ波を入射、その散乱波をアンテナで検出し、得られたマイクロ波の強度と位相情報（複素振幅データ）から、逆問題を解くことで物体の三次元像を得る測定法である。

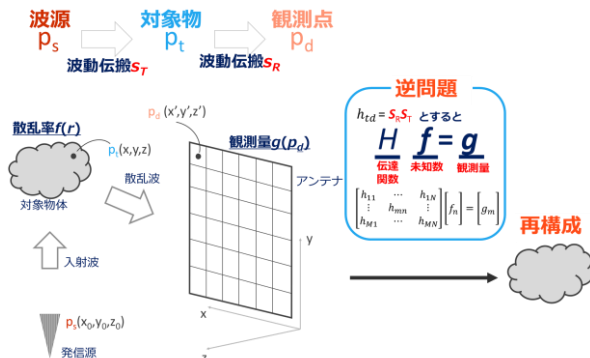


図1. マイクロ波ホログラフィ概略図

波動伝搬計算の結果 g と、モデルの座標から計算した伝達関数 H から、対象物体の反射率 f を再構成することが可能であることはすでに示されている[1]。実測データへの適用を考える上で、次のステップはより実測に近いと考えられる電磁界計算の結果から対象物体の反射率を再構成することである。しかし、電磁界計算では対象物体の表面電流も含めたマクスウェル方程式をモーメント法で計算しており、伝達関数は陽には記述されない。そこで、入射波にガウシアンビームの理論式、反射波に球面波の理論式を用いて計算した伝達関数を用いて、再構成する。

3. 再構成法

観測量 g よりも未知数 f の方が多いため、伝達関数 H は横長の行列になる。このままでは f を計算することが難しいため、Tikhonov正則化法を用いる。この正則化法では、方程式 $Hf=g$ に対して、 $\|Hf - g\|^2 + \gamma\|Cf\|^2$ が最小になる f を求める。ただし $\gamma(>0)$ は任意係数であるため、情報量評価基準の一つであるGCVを用いて適切な γ とその時の再構成像を選択する。

4. 実験方法

図2のようなモデルで電磁界計算を行い、観測量 g を得た。その後、モデルの座標から計算した H を用いて再構成計算を実行した。

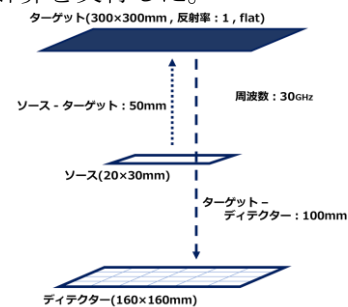


図2. 計算に用いた反射計モデル

反射率と検出面上の電界強度の結果を図3に示す。左図の橙線は対象物体の反射率、青線は再構成した反射率である。右図の青線は電磁界計算で得られた検出面上の電界強度で、橙線は左図の再構成した時の電界強度である。電界強度の再構成精度は良いが、反射率分布をみるとまだ改良の余地がある。詳細は講演にて報告する。

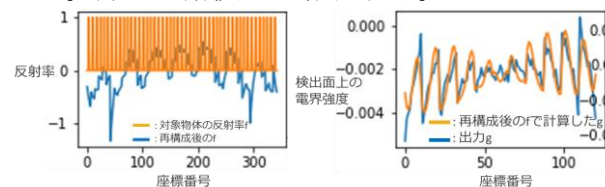


図3. 再構成結果

5. 参考文献

[1]H. Tsuchiya et al., Plasma Fusion Res. 14, 3402146 (2019).