

任意形状物体からの散乱電界の振幅成分による  
Diffraction Tomography実験

伊藤 孝充<sup>†</sup> (正員) 山口 芳雄<sup>†</sup> (正員)  
山田 寛喜<sup>†</sup> (正員)

Diffraction Tomography Experiment using the Amplitude of Scattered Wave From  
Arbitrary Shape Object

Takamitsu ITOH<sup>†</sup>, Yoshio YAMAGUCHI<sup>†</sup>, and Hiroyoshi YAMADA<sup>†</sup>, Members

<sup>†</sup> 新潟大学工学部情報工学科, 新潟市

Faculty of Engineering, Niigata University, Niigata-shi, 950-21 Japan

あらまし 散乱電界の振幅のみを用いたDiffraction Tomographyにおいて, 任意形状物体の再構成が可能であることを実験的に示した.

キーワード Diffraction Tomography, Born近似, フーリエ回折投影定理, 振幅成分

1. まえがき

物体内部の構造を測定する方法としてDiffraction Tomographyが提案され, 各種の理論的検討が行われてきた[1]~[4]. しかし, 実験では散乱波の振幅と位相を高精度に測定する必要があり, これまであまり検討されていない. 筆者らは, ネットワークアナライザを用いて, 軸対称な誘電体円柱に対する再構成実験について既に報告した[5], [6]が, ここでは, 散乱電界の振幅成分のみで再構成を行うことにより, 振幅と位相を併用するよりも, 本報告の条件下では, 高精度に再構成できることを実験的に確認したので報告する.

2. 再構成理論

断面の再構成はBorn近似を用いたフーリエ回折投影定理に基づいた再構成法を用いて行う. 空間全体の比透磁率を1とし, 物体関数 $f(x, y)$ は比誘電率分布とする. 図1で示す $X$ 軸を測定ラインとし,  $\phi$ 方向に平面波を入射した時の散乱電界 $u_{s, \phi}(X)$ のフーリエ変換を $U_{s, \phi}(\omega)$ , 物体関数 $f(x, y)$ の2次元フーリエ変換を $F(\omega, \sqrt{k^2 - \omega^2} - k)$ とすると, この再構成法は次のように表される[1], [2].

$$F(\omega, \sqrt{k^2 - \omega^2} - k) = \frac{2\sqrt{k^2 - \omega^2}}{jk^2 u_0} \exp(-jl\sqrt{k^2 - \omega^2}) U_{s, \phi}(\omega) \quad (1)$$

$\omega$ : 空間周波数

$k$ : 波数

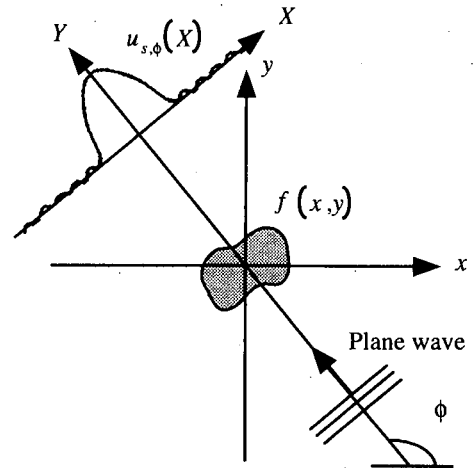


図1 測定環境の座標系  
Fig.1 Geometry of the model.

$u_0$ : 入射平面波の複素振幅

$l$ : 座標原点から測定ラインまでの距離

式(1)ではコンピュータ実行上, 測定によって得られた散乱電界 $u_{s, \phi}(X)$ のフーリエ変換を行い, 複素距離関数を掛け, これを360度全周にわたって行った後に, 2次元フーリエ逆変換を行うことにより物体関数を得る.

3. 再構成実験

Diffraction Tomographyでは散乱電界の振幅と位相を測定し, 対象物体の再構成を行う. しかし, 現実問題として高周波電界の位相を正確に測定することは極めて困難であり, しばしば位相に含まれるノイズの影響で再構成の精度が低下する. また計算機シミュレーションでは, 散乱電界の振幅成分のみを用いた再構成において, 振幅と位相の両成分を用いた再構成とはほぼ同様の結果が得られることが確認されている[7]. そこで本報告では, 位相成分を用いず振幅成分のみにより再構成を試みた.

再構成実験では, 散乱電界測定装置としてネットワークアナライザを用いた. アンテナにはホーンアンテナを用い, ステッピングモータにより走査を行った. また360度全周にわたって散乱電界を取得するために, ターンテーブル上に物体を置き, それを回転させた. 解析に必要な散乱電界を得るために, 物体がある場合の全電界とない場合の入射電界の測定を行い, 全電界から入射電界を引くことにより散乱電界を得る. 測定方法を図2と表1に示す. 物体には比誘電率1.15, 直径10.4 cm, 高さ34.5 cmの誘電体円柱を二つ置いた.

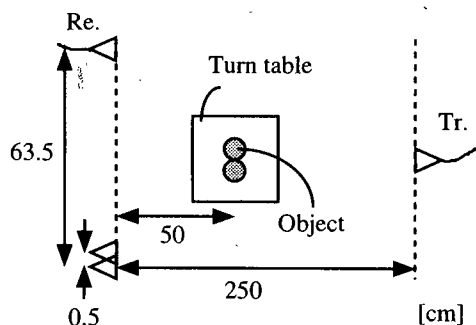


図2 測定モデル図  
Fig.2 Plan view of the measurement.

表1 測定条件  
Table 1 Measurement parameters.

測定点数	128点
測定間隔	0.5cm
測定距離	63.5cm
測定周波数	15GHz
測定ラインまでの距離	50cm
ターンテーブルの1回の回転角	4.5度
ターンテーブルの回転回数	80回

振幅と位相の両成分を用いた再構成結果を図3、振幅成分のみによる再構成結果を図4にそれぞれ示す。また、この二つの図の中心を通るように縦に切った断面図を図5に示す。図5において、実線は振幅成分のみによる再構成結果、破線は振幅と位相の両成分を用いた再構成結果である。実験の結果、振幅のみによる再構成結果は、振幅と位相の両成分を用いた再構成結果に比べ、物体部以外での凹凸が小さくなり、これにより二つの物体像がはっきりと確認できている。このことから、本報告で設定した条件のもとでは振幅成分のみにより再構成するほうが、より高精度に再構成できることが確認された。

#### 4. むすび

本報告で設定した条件のもとでは、散乱電界の振幅成分のみを用いて再構成を行うことによって、位相に含まれるノイズの影響を受けず、高精度に再構成できることが実験的に確かめられた。これにより振幅のみしか計測できないスペクトルアナライザを用いても再構成することが可能と思われるので、今後スペクトルアナライザへの応用が期待される。また、今回はBorn近似を用いたため、Born近似の成立するような比較的屈折率差の小さい物体に対して再構成を行ったが、今

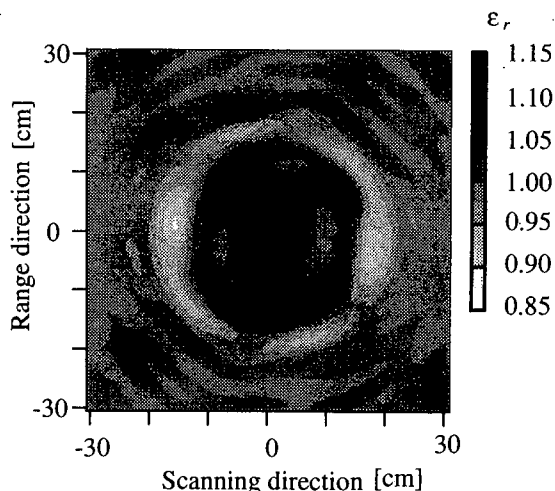


図3 再構成図  
Fig.3 Reconstructed image of relative permittivity.

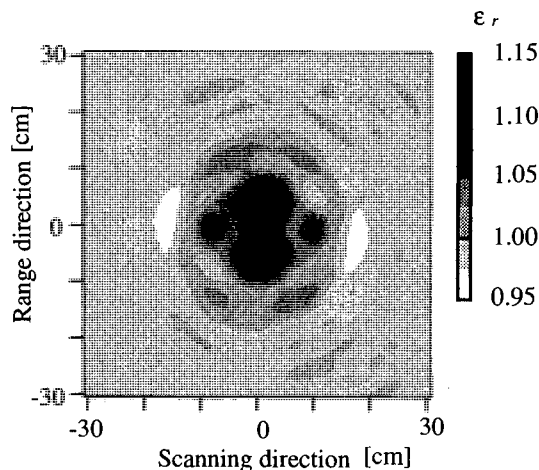


図4 振幅のみによる再構成図  
Fig.4 Reconstructed image of relative permittivity by the amplitude of scattered wave.

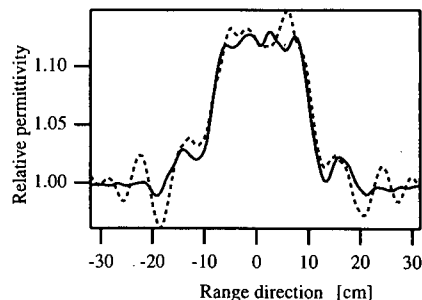


図5 図3、図4の断面図  
Fig.5 Cross-sectional cut of Figs. 3,4.

後屈折率差が大きい物体の再構成を行うには、高次散乱を考慮した再構成法の理論的検討が必要である。

## 文 献

- [1] A. J. Devaney, "A Filtered Backpropagation Algorithm For Diffraction Tomography," *Ultrason. Imaging*, vol. 4, pp. 336-350, 1982.
- [2] A. J. Devaney, "A Computer Simulation Study of Diffraction Tomography," *IEEE Trans. Biomed. Engrg.*, vol. BME-30, no. 7, 1983.
- [3] H. Harada, David J. N. Wall, T. Takenaka, and M. Tanaka, "Conjugate Gradient Method Applied to Inverse Scattering Problem," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 43, no. 8, pp. 784-792, 1995.
- [4] Y. Yamaguchi, M. Mochida, W. M. Boerner, M. Sengoku, and T. Abe, "Effect of View Angle Variation in Vector Diffraction Tomography," *J. E. W. A.*, vol. 7, no. 11, pp. 1455-1478, 1993.
- [5] 猪又憲治, 山口芳雄, 山田寛喜, "偏波を考慮したDiffraction Tomographyにおける再構成," *信学論 (B-II)*, vol. J79-B-II, no. 5, pp. 302-305, 1996-5.
- [6] 猪又憲治, 山口芳雄, 山田寛喜, "逆伝搬法を用いた物体の再構成実験について," *信学技報, SANE 95-74*, Oct. 1995.
- [7] 竹中 隆, デービッドウォール, 田中 充, 原田治行, "全電界強度のみを用いた回折トモグラフィの再構成法," 1994信学春季大, C-9.  
(平成8年12月18日受付, 9年2月7日再受付)