

ミリ波反射計の開発*

小田 誠*¹・肥後 一彦*¹

Development of Millimeter Wave Reflectometer

Makoto ODA and Kazuhiko HIGO

畜産・水産分野で利用可能な非侵襲計測技術の開発を目的として、ミリ波反射計の開発に取り組んだ。本報告では、システムに必要なレンズアンテナの開発を行った。まず、レンズの材料として、ミリ波帯での吸収率が小さく、誘電率が小さい高密度ポリエチレンを選定した。次に高密度ポリエチレンの誘電率を伝送線路法によって測定した。その結果を基に光線追跡法によってレンズ形状の設計を行った。レンズの形状を回転双曲面にすることにより収差を小さくすることができた。次に試作したレンズの焦点距離を実測し、設計値に近い焦点距離であることを確認した。最後に、開発したレンズアンテナを用いて反射計システムを完成させた。

キーワード：ミリ波，反射計，レンズ，アンテナ，誘電率

1 はじめに

畜産・水産分野では、牛・豚肉の霜降り具合の計測、魚の脂ののりの計測あるいは魚の鮮度計測を非侵襲で行う技術の開発が求められている。現在、放射線や超音波を用いた非破壊・非侵襲検査が多く分野で行われているが、一定量以上の放射線は生体に害を及ぼし、超音波診断には一定以上の経験と技術が測定者に必要であるなどの問題があり、普及の妨げとなっている。

マイクロ波・ミリ波帯電磁波には、誘電体を透過し誘電率の不連続面で反射するという性質があるため、この性質をうまく利用すれば、非接触・非侵襲検査システムを構築することができると考えられる。そこで、マイクロ波・ミリ波帯電磁波を利用した反射計の開発に取り組んだ。

反射計では、反射波の位相と強度を測定することができるが、反射計の位相分解能は、強度分解能よりも劣るために¹⁾²⁾、強度を測定するシステムとした³⁾。図1にブロック図を示す。

本研究では、ブロック図に示したシステムを構

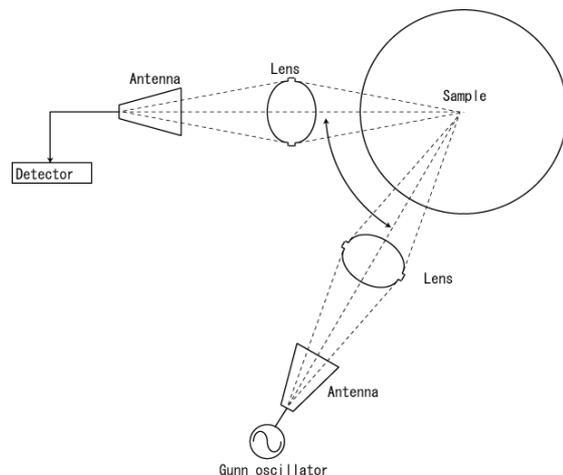


図1 ミリ波反射計

築するために必要となるレンズアンテナの開発に重点を置き、反射計を試作した。

2 実験方法

2-1 誘電率測定

レンズを設計するうえでは、その誘電率を正確に測定する必要がある。レンズの材料にはミリ波帯での吸収率が小さく、誘電率が小さい高密度ポリエチレンを選定し、誘電率を測定した。誘電率は、導波管を用い伝送線路法により、25～40GHz

* 電磁波を用いた生体等の非侵襲計測技術に関する研究 (第1報)

*1 機械電子部

における複素反射係数をネットワークアナライザで測定することにより求めた。ネットワークアナライザにはAgilent Technologies 社製8361A を、計算にはAgilent Technologies社製85071Eソフトウェアを使用した。試料（高密度ポリエチレン）が導波管断面をふさぎ、試料と導波管の壁にエア・ギャップができないように試料を加工した。また、表面が導波管の長軸に対して垂直で平坦になるように加工した。

2-2 レンズ設計

レンズ口径 200mm, 焦点距離 100mm のレンズを設計した。レンズの球面は

$$Z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)c^2h^2}}$$

K : コーニック係数

c : 面の頂点曲率

h^2 : $X^2 + Y^2$

で表される。

レンズの前方 200mm の位置から光を入れ、レンズの後方 200mm の位置で結像させた場合の収差が少なくなるように、表面形状を非球面にした。設計には光線追跡ソフト ZEMAX を使用した。

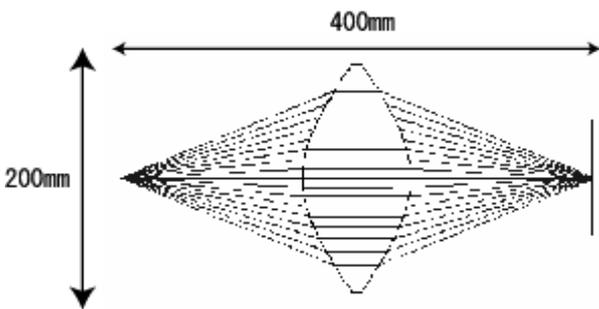


図2 設計レンズ

2-3 焦点距離測定

ミリ波光学系の構成を図3に示す。測定には

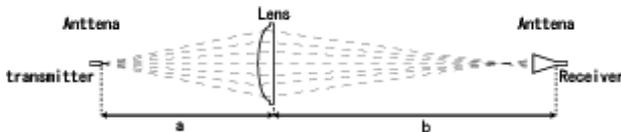


図3 ミリ波光学系

ネットワークアナライザを使用した。

送信アンテナをレンズの前方 200mm の位置に置き、受信アンテナをレンズ後方で移動させたときに受信強度が最大となる位置を調べた。

3 結果および考察

3-1 誘電率測定結果

図4に誘電率測定結果を示す。測定の結果、高密度ポリエチレンの誘電率は35GHzにおいて2.46であることがわかった。なお、誘電率の算出はNISTモデルとして行った。試料の厚みを管内波長の4分の1以下にすることがポイントである。

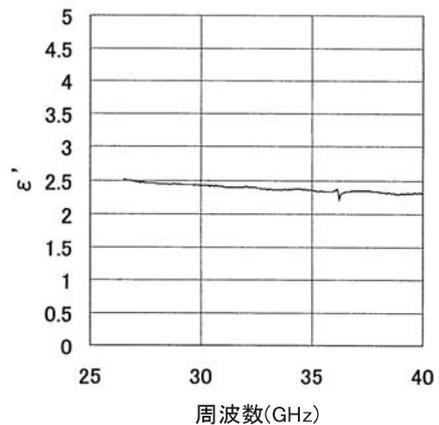


図4 誘電率測定結果

3-2 レンズの形状

解析の結果、レンズの表面形状は回転双曲面となり、頂点曲率 0.011494, 曲率半径 87, コーニック係数 -2.50186 とすることが最適であった。解析結果を基にレンズの試作を行った。図5に試作したレンズを示す。



図5 試作レンズ

3-3 焦点距離測定

測定結果を図6に示す。焦点距離は、

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

により求めることができ、測定結果から焦点距離は104mmであった。設計値と測定値はほぼ同じになった。誤差の原因としては、誘電率の測定誤差であると考えられる。

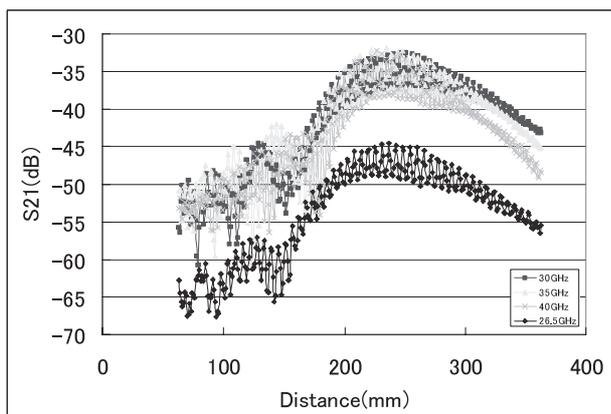


図6 焦点距離測定結果

3-4 反射計の試作

図7に試作した反射計を示す。自動回転ステージを使い、送受信アンテナの角度を可変できるようにした。また、レンズと試料の位置を可変できるように自動ステージを使用している。

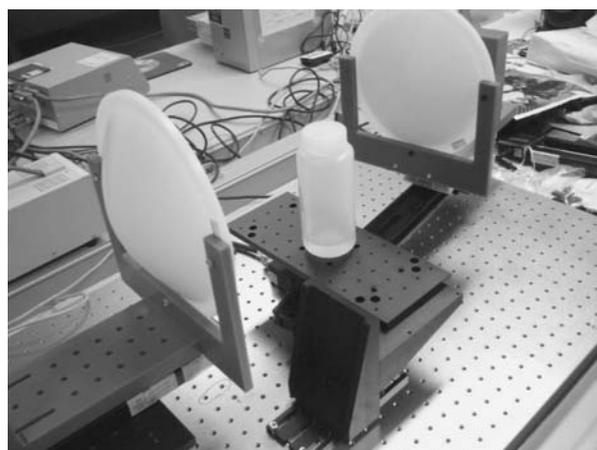


図7 反射計

4 まとめ

畜産・水産分野で利用可能な非侵襲検査装置の開発を目的に、反射計の開発に取り組んだ。本報告では、反射計に必要なレンズアンテナの開発に取り組んだ。評価の結果、設計とほぼ同じ焦点距離をもつレンズを試作することができた。さらに、試作したレンズを使い反射計を試作した。今後、試料と送受信レンズの距離や角度の最適条件を調査していく予定である。

5 参考文献

- 1) D. Nagae, A. Mase, Proc. Asia Pacific Microwave Conference, **TU3P-13**, 1292 (2009).
- 2) N. Tateishi, A. Mase, L. Bruskin, Y. Kogi, N. Ito, T. Shirakata, and S. Yoshida, Proc. Asia Pacific Microwave Conference, 2151(2009).
- 3) E. Akira, J. Plasma Fusion Res. **79-9**, 921 (2003).