

超短パルスレーダの開発*

小田 誠*¹・間瀬 淳*²・伊藤 直樹*²・肥後 一彦*¹

Development of Ultrashort Pulse Radar

Makoto ODA, Atsushi MASE, Naoki ITO 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、超短パルスレーダの開発に取り組んだ。本報告では、システムに使用する超短パルス発生器の周波数特性測定を行い、超短パルスを効率よく送受信できるアンテナの開発に取り組んだ。アンテナの評価はSパラメータ測定により行い、開発してきたアンテナの中からボウタイアンテナを選定した。また、構築したシステムの評価を行うために深さ分解能を定義し、測定を行った結果、高誘電率材料中でも深さ15mm程度までは検出できることがわかった。さらにゼラチンで作製した試料モデル内について探査、イメージングを行った結果、内部に挿入した物質の違いを判別できた。

キーワード：レーダ，反射計，非侵襲，超短パルス，アンテナ

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。本報告では、超短パルスレーダの非侵襲検査装置としての可能性を論じる。

現在、放射線や超音波を用いた非破壊・非侵襲検査が多くの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す、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。

レーダ (Radio Detection and Ranging) は、電磁波を対象物体に照射し、その反射波 (後方散乱波) を検出することにより、物標の位置を検知する装置である。レーダは、船舶用、航空用、気象用など、様々な分野で利用されているが、被測定物内部を対象とした非破壊検査への応用も可能である。マイクロ波帯域の超短パルスレーダは、パルス幅ピコ秒のインパルスを入射源とし、誘電率の不連続面からの反射波を検出する。パルスの飛行

時間から物標までの距離を算出するわけであるが、超広帯域 (Ultra-Wideband) 特性を有する超短パルスレーダは、空間分解能の優れたレーダとして働く。さらに、超短パルスレーダを用いることにより、極めて小さいエネルギーでの測定を実現できる。

本報告で提案するモデルは、生体におけるイメージング診断等、多くの非侵襲検査への応用が可能であろう。

2 実験方法

2-1 測定装置

本研究の測定システムを図1に示す。システムは、超短パルス (インパルス) 発生装置、送受信アンテナ、信号収集装置およびデータ処理装置で構成される。超短パルス発生器からのパルスはパルス幅130psecである (図2)。これをアンテナから被測定物に照射する。媒質の表面や誘電率の不連続面で反射された信号は、受信アンテナで受信され、検波され再度パルス化される。

* 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2報)

*1 機械電子部

*2 九州大学 産学連携センター

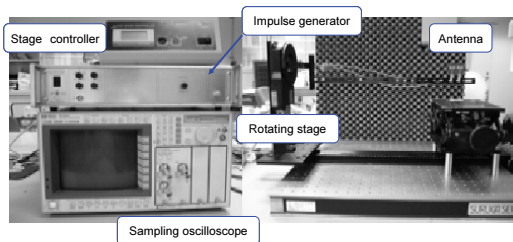


図1 測定システム

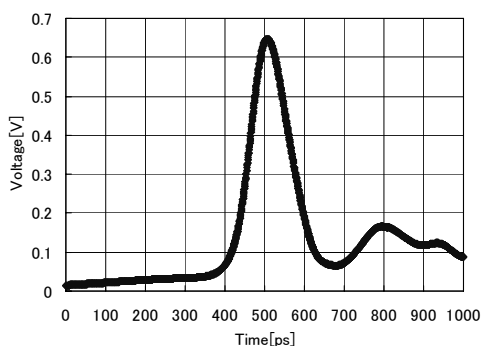


図2 パルス波形

2-2 装置特性

測定の高空間分解特性を実現するためには、インパルスの広帯域特性を効率よく放射および受信するアンテナが重要である。そこでインパルス出力のフーリエ周波数成分をスペクトラムアナライザで測定した。測定結果を基に、今までに開発してきたアンテナ（ビバルディアンテナ、ボウタイアンテナ、ログスパイラルアンテナなど）の中からシステムに適したアンテナの選定を行った。アンテナの評価はネットワークアナライザによるSパラメータ測定により行った。

2-3 深さ分解能

システムとしての深さ分解能がどの程度であるか知るために、水槽を使っての実験を行った。図3に示すように、水槽中に設置した誘電体をアンテナから0.1mmずつ離していき、どの程度の深さまで検出可能かの検証を行った。

2-4 モデル実験

ゼラチン中に誘電率の異なる物質を挿入し、本システムにより測定した結果に違いが生じるかの検証を行った。

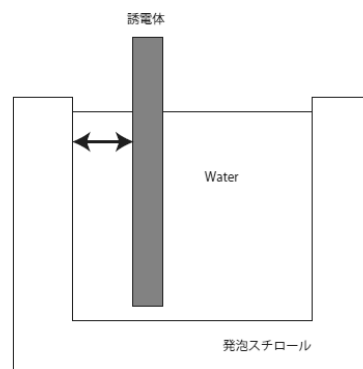


図3 深さ分解能評価方法

3 結果

3-1 パルスの周波数特性

図4に示すように、パルス出力のフーリエ周波数成分は1-8 GHz であることが確認できた。

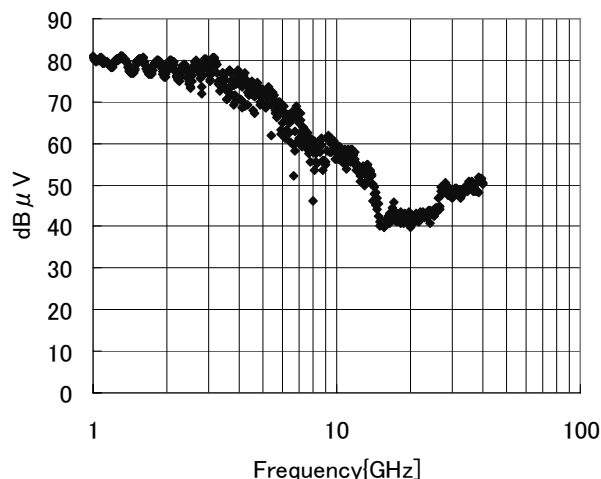


図4 周波数成分

3-2 アンテナ特性

S_{11} は、送信側アンテナ単独で接続した同軸ケーブルにおける入射波と反射波のパワー比である。これは、周波数2ないし3 GHz から8 GHz にわたって-10dB 以下が維持されていることが望ましい。 S_{21} は、同一アンテナを対向させて送信アンテナから放射されるマイクロ波パワーを受信アンテナで受け測定するもので、上記周波数領域で平坦なピークをもつことが期待される。ゲインは、 S_{21} と同様な該当周波数帯域で平坦なピークを有することが望ましい。

測定の結果，これらの条件をボウタイアンテナがほぼ満足していることがわかったため，システムに使用することにした．ボウタイアンテナのSパラメータの測定結果を図5に示す．

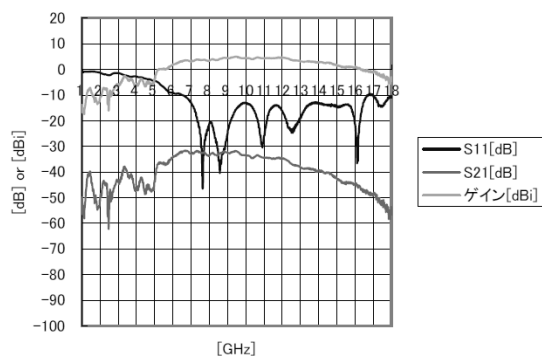


図5 アンテナ特性

3-3 深さ分解能

測定結果より容器壁面と誘電体との距離が15mmになった時に受信強度が変わらなくなっているのので，誘電体からの反射波を受信しなくなったと考えられる．これより，水に対する深さ分解能は15mmである．水より誘電正接が小さい物質であれば，15mm以上の深さまで読み取ることが可能であると考えられる．

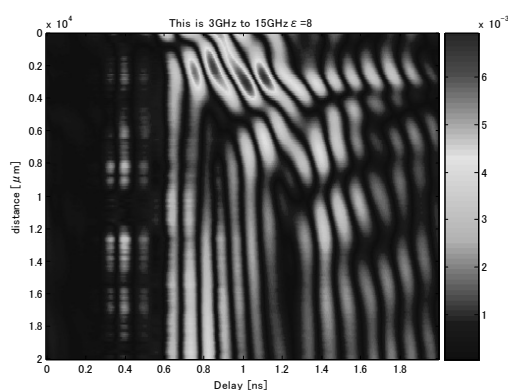


図6 深さ分解能

3-4 モデル実験

測定結果を図7に示す．

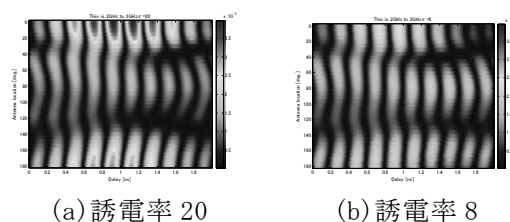


図7 測定結果

測定結果から，本システムにより，高誘電率材料中の誘電率12の違いを識別できることがわかった．

4 考察

以上の実験結果より，本システムにより非侵襲計測の可能性を示唆できた．アンテナの改良やデータ処理方法の改良により，高い信頼性を得られることになると考えられる．

5 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，超短パルスレーダの開発に取り組んだ．モデル実験により高誘電率材料中の誘電率の異なる物質を識別できることが確認できた．今後は，実試料を用いて非破壊検査装置の実用化に向けた検証実験を行っていく．

6 参考文献

- 1) 竹村素直，間瀬淳，近木祐一郎：電子情報通信学会大会講演論文集，2006，C-2-97(2006)．
- 2) 高市信也，近木祐一郎，間瀬淳：電気関係学会九州支部連合大会講演論文集，60，08-2P-07(2007)
- 3) 高市信也，間瀬淳，近木祐一郎，北條仁士，KIM Kang Wook：電子情報通信学会大会講演論文集，2009-エレクトロニクス1，146(2009)
- 4) 高市信也，間瀬淳，近木祐一郎：電気学会全国大会講演論文集，2008-1，153(2008)