

岐阜大学、5G 通信や車載レーダで用いる電波を実環境で可視化する計測技術を開発

近年、第5世代移動通信システム(5G)や自動運転のための車載ミリ波レーダなど、高周波電磁波の産業応用が進展してきています。これまで主に実験室で活用されてきた準ミリ波(20 GHz-30 GHz)・ミリ波帯(30 GHz-300 GHz)の高周波電磁波を、我々の生活空間である「実験室の外」で活用するには、実環境での電磁波の振る舞いを実測により把握することが重要となります。

岐阜大学工学部久武信太郎准教授は、シンクランド株式会社およびアークレイ株式会社と共同で、実環境で動作している波源から放射される電界の振幅と位相の空間分布を可視化する計測技術を開発しました。本技術はベクトルネットワークアナライザ(VNA)を用いる既存の計測技術を代替するもので、計測対象に計測器から基準信号を入力することも、計測対象から基準信号をケーブルなどで引き出す必要もありません。計測対象に周波数ゆらぎや周波数変調があっても位相の空間分布計測が可能です。

【技術の特長】

VNA による測定のように測定対象となる波源に信号を入力したり、測定対象から位相計測のための基準信号を引き出す必要がないため、測定対象と測定環境を選ばずに近傍界の振幅と位相の空間分布の可視化が可能。

計測システムは高周波電子回路部品を用いておらず、高い信頼性が実証されてきた光通信部品と低周波電子回路部品から構成されるため、非常に安価。

電界を検出するプローブは光ファイバケーブルや電気光学結晶などの誘電体部品で構成されており、従来技術のような金属アンテナや金属ケーブルを用いていないため、電界分布を乱さず非侵襲で計測可能。

電気光学結晶により検出された信号は光波としてフレキシブルな光ファイバ中を伝送されるため、測定点へのアクセスが容易。

光ファイバは伝送路として低損失でありまた光アンプにより光波は容易に増幅可能なため、長尺な光ファイバを利用することで遠隔からの計測が可能。

光技術に基づき高周波信号をロックイン検出が容易に可能な低周波信号に周波数変換しており、マイクロ波からテラヘルツ波までの広い周波数範囲に適用可能。

電磁界シミュレータは、電磁波を可視化し、その挙動を推定する極めて有用なツールですが、高周波数になるとシミュレーション結果と実際の振る舞いとの乖離が大きくなります。これは、周波数が高くなればなるほど（波長が短くなればなるほど）、表面状態（凹凸や歪みなど）を含む物体形状をより精密にシミュレーションモデルに反映させる必要があり、この精密・正確なモデル化が困難になるためです。従って、電界分布の実測による可視化が鍵となりますが、VNA などを用いる既存の計測手法は、位相分布を計測するために測定対象に信号を入力する(図 1(a))、あるいは参照信号を固定点において検出する(図 1(b))必要があるため、入力端子を持たない車載レーダやアンテナモジュールから放射される電磁波の電界分布を、ありのままにそれらが置かれた実環境で可視化することが困難でした。

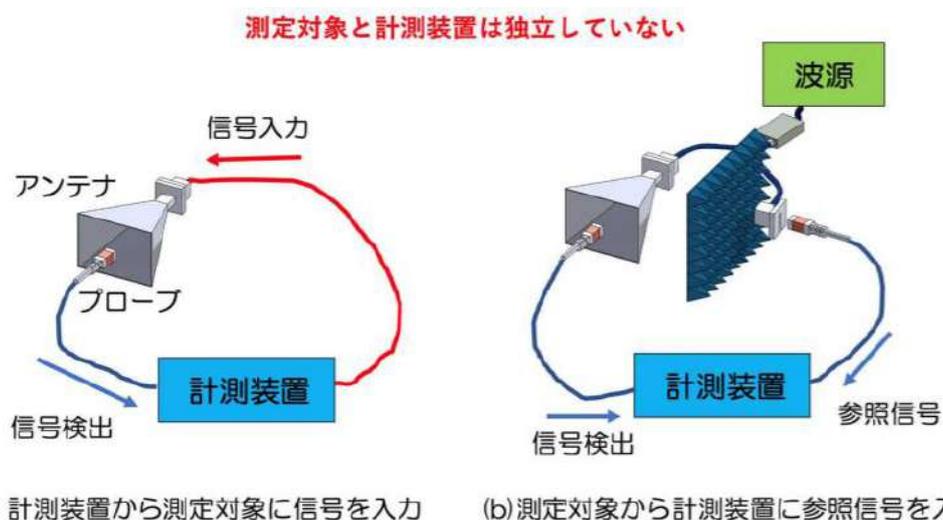


図 1. 従来技術による計測

開発した技術は図 2 に示すように、従来技術の課題を解決する構成で被測定信号の振幅と位相の空間分布の可視化を可能にするものです。電気光学プローブによりプローブ位置での電界の振幅値と位相の空間微分値を計測し、プローブを測定したい空間全域にわたって掃引することで、振幅と位相の空間分布が可視化されます。測定対象と計測装置は独立しており、計測のために測定対象を改造する必要がないため、測定したい対象が置かれた実環境においてあるが

ままの電磁波の振る舞いが可視化されます。

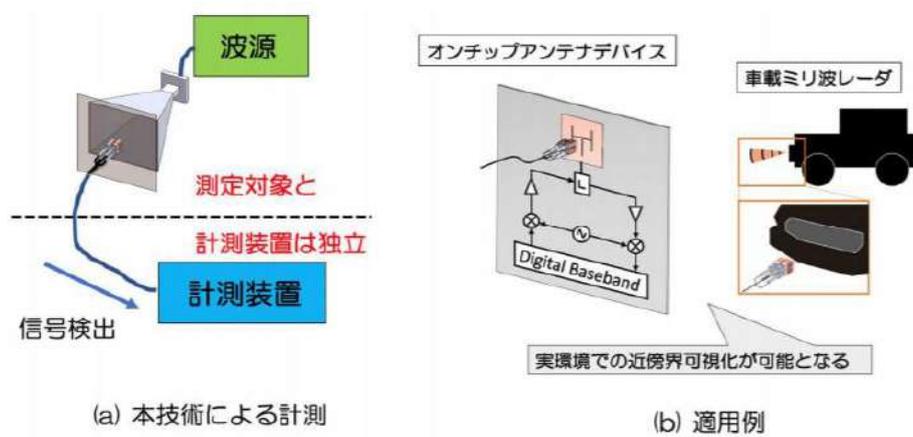
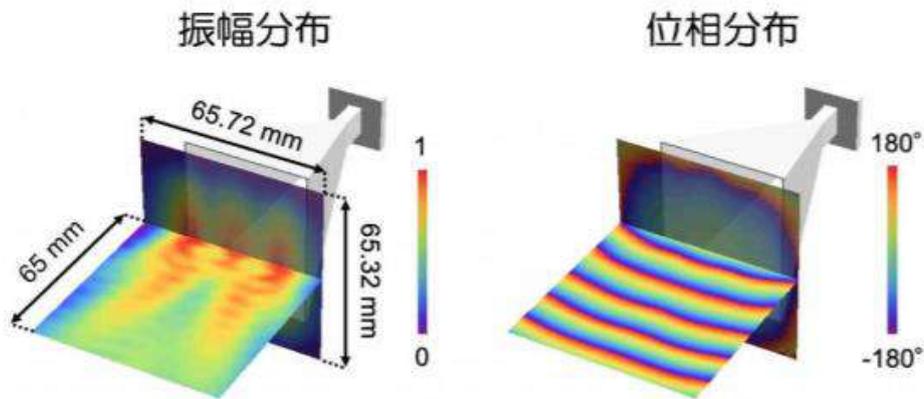


図 2. 本技術による計測とその適用例

例えば図 2(b)に示すように、アンテナ端子を持たないデバイスや、実車に搭載されたミリ波レーダの可視化への適用が考えられます。近傍界の振幅と位相の空間分布が可視化されれば、このデータから放射パターン⁵⁾を計算により求めることができるので、従来のような放射パターンを計測するための大きな電波暗室は不要となります。また、放射パターンの乱れの原因を、近傍界分布の乱れから類推可能にもなり、これはシステム設計や最適化に重要な情報となります。

図 3 にホーンアンテナから放射される FMCW 信号⁶⁾(24 GHz±40 MHz)の振幅分布と位相分布を本技術により可視化した例を示します。周波数変調された信号であっても位相の空間分布の可視化に成功しました。

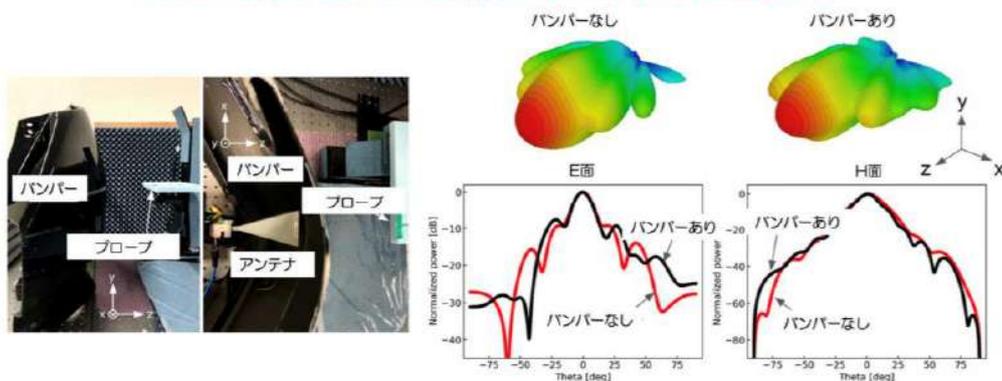


実測によるFMCW信号 (24 GHz ± 40 MHz)の可視化

図 3. 本技術による FMCW レーダーの可視化例

図 4 は、実車に搭載されたミリ波レーダを想定して、放射パターンがバンパールの配置によりどのような影響を受けるのかを本技術を用いてテストした一例です。ホーンアンテナの前面に、車のバンパーを配置した場合と配置していない場合(図 3 の状況)での近傍界を計測し、その近傍界分布から放射パターンを計算により求め比較しています。バンパーの配置により放射パターンの特に E 面に変化が現れていることが分かります。ミリ波レーダは先進運転支援システム(ADAS)や自動運転の要であり、放射パターンの乱れは重大事故の原因となりえます。本技術は、レーダの最適設置のみならず、ミリ波レーダを搭載したトラックやバスなどの始業前テストや車検などへの適用が考えられ、将来の自動運転社会を支える基盤計測技術となることが期待されます。

バンパーの設置によりレーダの放射パターンが乱れることを実証



(a) バンパー透過後の近傍界分布計測の様子

(b) 近傍界から計算された放射パターン

図 4. バンパー配置による FMCW レーダ(24 GHz ± 40 MHz)の放射パターン

の変化

【論文情報】

タイトル : Asynchronous electric field visualization using an integrated
multichannel electro-opticprobe

雑誌 : Scientific Reports

DOI : 10.1038/s41598-020-73538-7

URL : <http://www.nature.com/articles/s41598-020-73538-7>

研究成果発表資料

<https://www.gifu-u.ac.jp/about/publication/press/20201013.pdf>

編訳 JST 客観日本編集部