



MAKE NEW STANDARDS.

東海国立
大学機構

岐阜大学

〒501-1193 岐阜市柳戸1-1

岐阜大学管理部総務課

Tel 058-293-2009

Fax 058-293-2021

e-mail:kohositu@gifu-u.ac.jp

URL: https://www.gifu-u.ac.jp/

Press Release(R2/10/13)

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)¹⁾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。本研究成果は、日本時間 2020 年 10 月 5 日 (月) に Scientific Reports 誌のオンライン版で発表されました。

本成果は、JST 研究成果展開事業 先端計測分析技術・機器開発プログラム 開発課題「非同期計測による高周波電界の空間分布可視化技術の開発 (チームリーダー：久武信太郎)」によって得られました。

【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²⁾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³⁾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⁴⁾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。**

【背景】

近年、5G (4.5 GHz, 28 GHz)や自動運転のための車載ミリ波レーダ(24 GHz, 77 GHz)など、高周波電磁波の産業応用が進展してきています。より高い周波数の電磁波を利用すると、通信応用の場合は高速・大容量化が、レーダ応用の場合は高空間分解能化が期待されるため、今後は 100 GHz を超えるさらなる高周波数帯の活用が見込まれます。これまで無線通信などで利用されてきたマイクロ波帯と比べ、準ミリ波・ミリ波帯になると周波数が一桁から二桁程度高くなり、必然的に電磁波はビームとして活用されるようになります。高周波になればなるほど、電磁波のビーム形状 (電界の空間分布形状) がアプリケーションのパフォーマンスに大きな影響を与えるため、電界の空間分布形状を制御する技術とともに、実際の空間分布形状を計測する技術、「可視化技術」が次世代高周波産業の開拓の要となります。

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。

測定対象と計測装置は独立していない

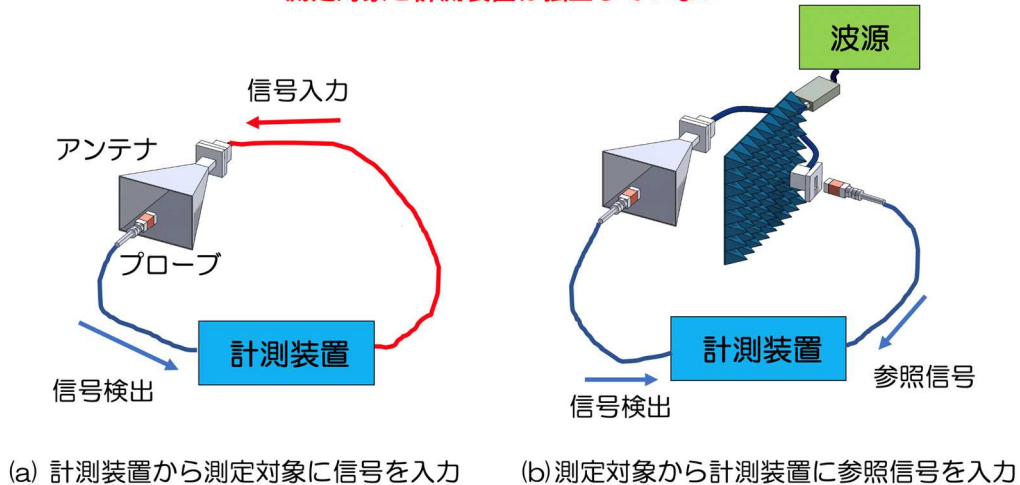


図 1. 従来技術による計測

【技術の概要】

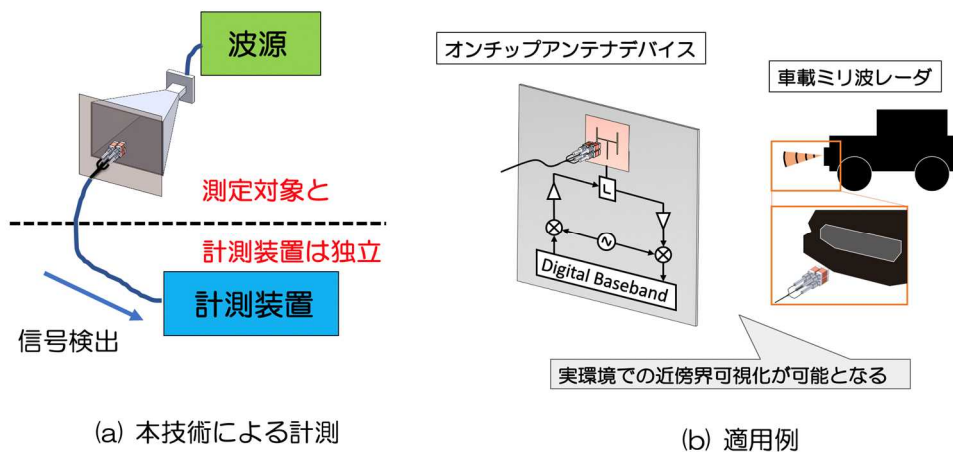
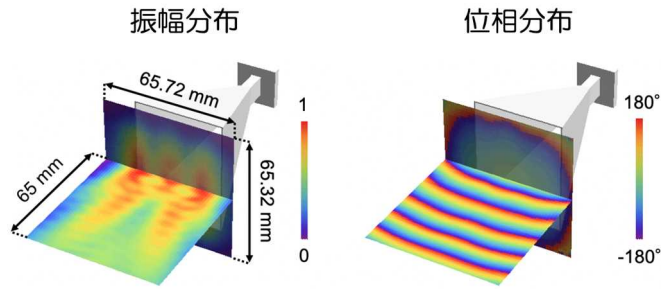


図 2. 本技術による計測とその適用例

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。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出来るので、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

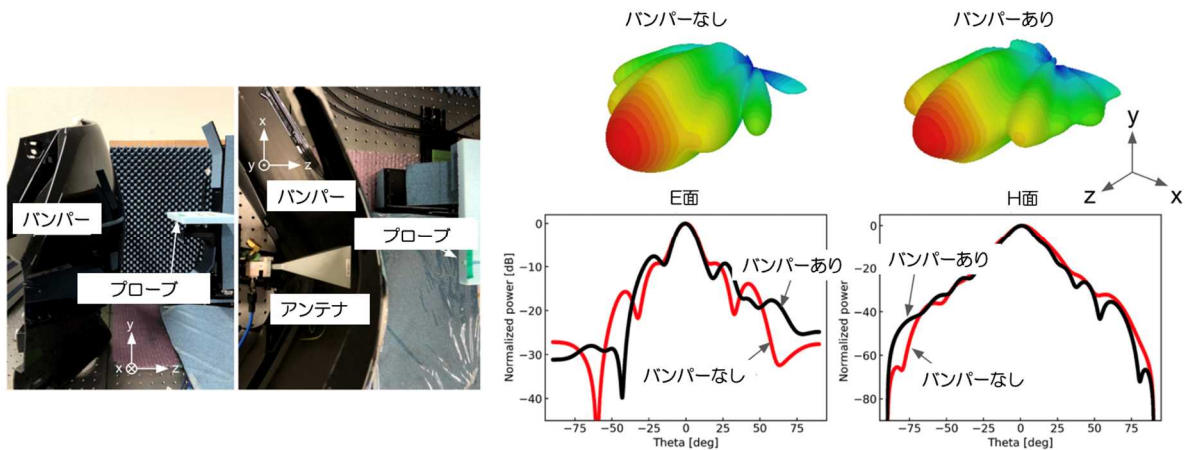
図3. 本技術によるFMCW レーダーの可視化例

【技術の適用例】

本技術の適用範囲は広範に渡りますが、例えば以下の例が考えられます。

- 車両に搭載され実際に運用される状況でのミリ波レーダーの近傍界分布計測と放射パターン推定
 - バンパーの配置や塗料、凹みや傷などが近傍界分布と放射パターンへ与える影響の計測
 - 近傍界計測によるミリ波レーダーのエイミング
- 波源に信号を入力できないデバイスの近傍界分布計測と放射パターン推定
 - アンテナと回路が集積化されたオンチップアンテナデバイスの評価
 - アンテナ端子を持たない5G 基地局からの放射パターン計測

バンパーの設置によりレーダー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 レーダー(24 GHz±40 MHz)の放射パターンの変化

図4は、実車に搭載されたミリ波レーダーを想定して、放射パターンがバンパー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。ミリ波レーダー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、レーダーの最適設置のみならず、ミリ波レーダー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。

【今後の展開】

今回は 5G(28 GHz)の周波数に近く車載レーダに利用されている 24 GHz での原理検証を行いました。すでに 77 GHz 帯 (車載ミリ波レーダ応用)、300 GHz 帯(Beyond5G/6G 応用⁷⁾)においても基本原理の実証が完了しており、測定精度と確度の向上に取り組んでいます。また、大学発ベンチャー企業である Photonic Edge Inc. (<https://www.photonic-edge.com/>) とシンクランド株式会社 (<https://thinklands.co.jp/>) が本技術の社会実装に取り組んでいます。

【論文情報】

雑誌名：Scientific Reports

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

著者：Shintaro Hisatake, Junpei Kamada, Yuya Asano, Hirohisa Uchida, Makoto Tojo, Yoichi Oikawa, and Kunio Miyaji

DOI 番号：10.1038/s41598-020-73538-7

論文公開URL：http://www.nature.com/articles/s41598-020-73538-7

【用語解説】

- 1) ベクトルネットワークアナライザ(VNA)：計測器内で生成される基準信号を用いて測定対象物の S パラメータなどを計測する装置で、直流付近からテラヘルツ波帯に至るまで広い周波数帯で利用されている。
- 2) 近傍界：アンテナからの距離が $2D^2/\lambda$ よりも近い領域を近傍界、遠い領域を遠方界とみなすことが多い。ここで D はアンテナの最大寸法、 λ は波長である。
- 3) 電気光学結晶：電界が印加されると屈折率が変化する結晶。この結晶中を光が伝搬していると光の位相が印加電界に応じて変調される。
- 4) ロックイン検出：雑音に埋もれた信号を高感度に検出する技術。
- 5) 放射パターン：アンテナからの放射角度に応じてパワーをプロットしたグラフ。どの方向にどれくらい電波が放射されるかを知ることができる。遠方界領域で直接測定するか、測定された近傍界から計算により求めることができる。
- 6) FMCW 信号：周波数を時間に応じて線形に上下させたレーダなどで利用される変調信号。
- 7) Beyond5G/6G：第 5 世代移動通信システム (5G) の次の無線アクセスシステム。G は Generation (世代) を表す。5G の特長 (超高速、超低遅延、多数同時接続) の更なる高度化が期待されており、300 GHz 帯の利用が検討されている。

【研究者プロフィール】

久武 信太郎 (ひさたけ しんたろう)

岐阜大学工学部 電気電子・情報工学科

<略歴>

1976 年 4 月 12 日生まれ。

2003 年同志社大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程終了。博士 (工学)

2003 年大阪大学大学院基礎工学研究科助手、同助教

2017 年 4 月岐阜大学工学部電気電子・情報工学科准教授



【本件に関する問い合わせ先】

<研究に関すること>

岐阜大学工学部 准教授 久武 信太郎

電話：058-293-2732

E-mail：hisatake@gifu-u.ac.jp

<報道担当>

岐阜大学管理部総務課広報係

電話 : 058-293-3377

E-mail : kohositu@gifu-u.ac.jp