

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：13903

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2023

課題番号：22K14256

研究課題名（和文）疎な近傍電界分布を用いたテラヘルツ帯用アンテナの広覆域放射性能高速測定法の確立

研究課題名（英文）An establishment of a fast measurement method for wide-coverage radiation performance of terahertz band antennas using a sparse near-field distribution

研究代表者

杉本 義喜 (Sugimoto, Yoshiki)

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：30883095

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では電磁波源近傍での平面状電界分布に対し、疎な振幅分布サンプリングによって密な振幅、位相分布の推定手法を開発した。本手法により、将来無線通信での利用が期待されるテラヘルツ帯用高利得アンテナの放射特性高速測定法が実現できる。複数面の疎な振幅分布を用いて密な複素近傍界分布を推定する手法を提案し、電磁界解析によって取得した近傍界分布に対して本手法を適用し、有効性を明らかにした。さらに、テラヘルツ帯において実測した電界分布に対して本手法を適用することで、計算手法の妥当性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

将来の無線通信ではミリ波・テラヘルツ波帯の開拓が強く推進されており、指向性を鋭く絞った利得の高いアンテナの利用が有望である。高利得アンテナの指向性測定手法として平面状近傍界測定が有効であるが、波源の近傍電界分布のサンプリングピッチを半波長未満としなくてはならず、長大な測定時間が問題であった。この課題に対して本研究では、数値処理に基づいて疎な電磁界分布から密な電磁界分布を推定することで実測定に必要な時間を削減できる。本手法によってテラヘルツ帯を中心とした、高利得アンテナの放射特性高速測定法を提供する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a method for estimating dense amplitude and phase distributions from sparse amplitude distribution in planar measurement domain near an electromagnetic sources. This method enables the fast measurement of radiation characteristics of high-gain antennas in the terahertz band, which are expected to be used in future wireless communications. We propose a method to estimate dense complex near-field distributions using sparse amplitude distributions on multiple planes. This method was applied to near-field distributions obtained through electromagnetic field analysis, demonstrating its effectiveness. Furthermore, by applying this method to the measured electric field distribution in the terahertz band, we verified the validity of the proposed method.

研究分野：電磁波工学

キーワード：アンテナ測定 近傍界測定 テラヘルツ波アンテナ 高速測定

1. 研究開始当初の背景

IoT (Internet of Things) が社会に浸透するのに伴い、膨大な数の電子機器が無線通信によってネットワークに接続するようになった。今後ますます無線技術の利用加速が確実であり、必然的にアンテナの製造数増大が推測できる。無線通信の基板となる質の良いアンテナを設計するためには、アンテナごとの性質に適した測定技術の獲得が不可欠である。近年では無線周波数利用の巨大な需要に押されて、従来の移動体通信で用いられてきたマイクロ波帯よりも周波数の高いミリ波・テラヘルツ波帯の開拓が強く推進されている。テラヘルツ波帯の電波はマイクロ波帯の電波と比較して電波の伝搬距離に対する減衰が大きいいため、放射ビームを鋭く絞ってアンテナの利得を高くし、鋭いビームを空間的にスキャンして無線端末を追尾することで通信回線を確立するのが有力な無線システム設計手法とされている。このことから、次世代無線技術獲得において世界的なイニシアチブを握るためには、テラヘルツ帯において高利得なアンテナを高速かつ効率的に測定する技術の確立することが課題となる。

2. 研究の目的

本研究は平面状の近傍界測定に着目し、サンプリング間隔が半波長以上の疎な複数面の振幅分布を用いて、サンプリング間隔が密な1面上の振幅分布と位相分布を推定する手法の確立を目的とする。測定を必要とする波源近傍電界の面数を増大させる一方で、1面当たりの測定点数を面数の増大分以上に削減し、測定時間の短縮を実現する。

3. 研究の方法

本研究では図1のように複数面の疎な振幅分布をもとに、一つの面上の密な振幅、位相分布を推定する。初めに、電界振幅の実取得点間における振幅値を線形補間によって補間する。次に、線形補間によって取得した2面の密な電界振幅分布を用いて、Phase retrieval (PR) 法によって位相分布を再構成する。このように、本手法では振幅分布と位相分布それぞれに対して異なる処理で補間点上の値を推定する。空間的な変動が位相と比較して小さい振幅分布は簡素な補間処理によって推定する。一方で位相分布についてはプローブの位置ずれ誤差に強いPR法を用いることで、振幅分布を線形補間によって推定することによる真の値との誤差を緩和して推定する。

電磁界解析によって取得した電界分布に対して提案手法を提案することで本手法の有効性を確認し、さらに実際にテラヘルツ帯で測定した波源近傍の電界分布を用いて計算の妥当性を明らかにする。

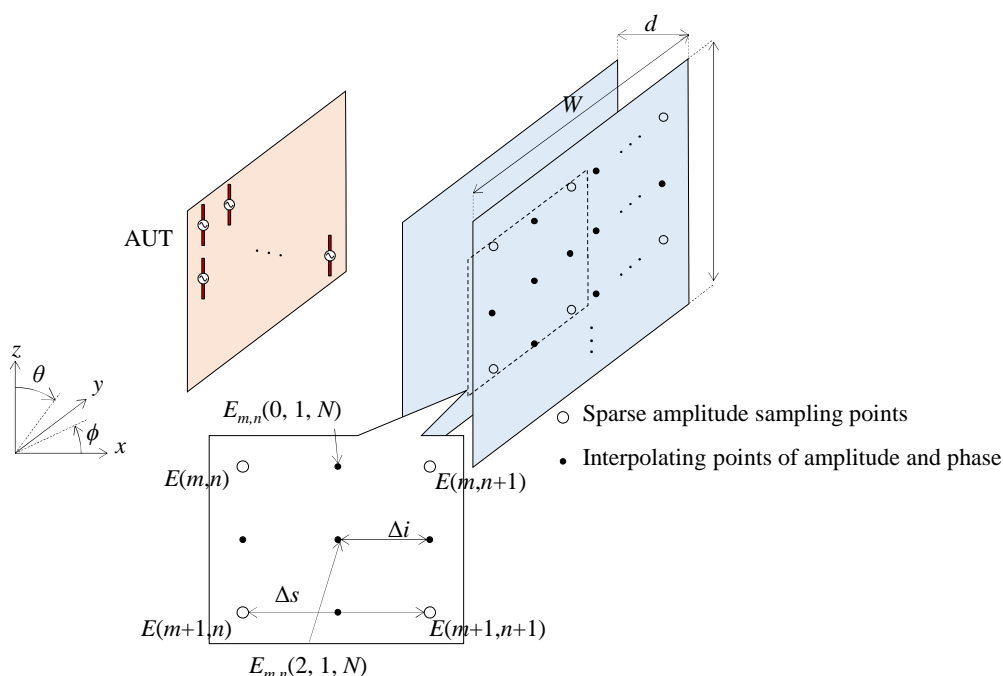


図1 疎な測定振幅を用いた密な複素電磁界の推定

4. 研究成果

4.1 電磁界解析を用いた有効性の確認

電磁界解析によって提案手法の有効性を明らかにした。図1の座標系において Antenna under test (AUT)として yz 面内にダイポールアンテナを半波長間隔で 8×8 素子配置し、等振幅同位相で給電した。波長 λ に対してサンプリング面と AUT の間隔は 5λ とし、振幅サンプリング面の間隔とサンプリングピッチは λ 、線形補間によって取得する振幅分布のピッチは 0.25λ とした。提案手法を用いて推定した近傍界分布が図2である。振幅分布は簡素な線形補間でも十分に精度よく真の分布を再現しているのに対し、位相分布は空間的な変動が大きく、線形補間では精度よく真の分布を再現しないことがわかる。それに対して提案手法によって振幅分布、位相分布ともに真の分布をよく再現しており、疎な2面の振幅分布のみから密な振幅、位相分布が推定できることがわかる。

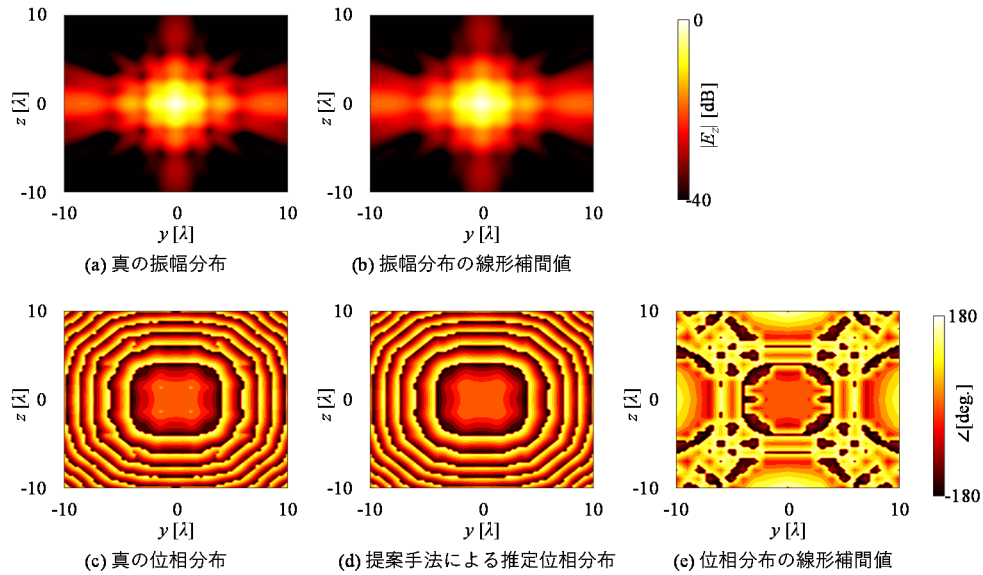


図2 8×8 素子ダイポールアレーの電磁界に対して本手法によって推定した電界分布

4.2 実測電磁界を用いた計算手法の実用可能性明確化

実測によって取得した電磁界に対して本手法を適用し、計算の妥当性を明らかにする。ホーンアンテナを AUT とし、265 GHz で測定した電界振幅分布に対して本手法を適用した。AUT の開口と電界分布測定面の距離を 16 mm とし、2 面間の距離 10 mm、0.8 mm ピッチで振幅分布をサンプリングした。振幅分布のピッチが 0.4 mm となるように補間し、その 2 面の振幅分布を用いて推定した近傍界分布を図3に示す。測定面端部で推定精度が悪いが、中央付近では位相分布をよく再現している。端部での精度劣化の要因は、測定面の有限打ち切りによる振幅分布の不連続性に起因するものと考えられる。

以上のように、疎な振幅分布を複数用いることで、密な振幅分布と位相分布をそれぞれ推定できることを明らかにした。本手法を応用し、テラヘルツ帯等での利用が期待される高利得アンテナの高速測定法の実現が期待できる。

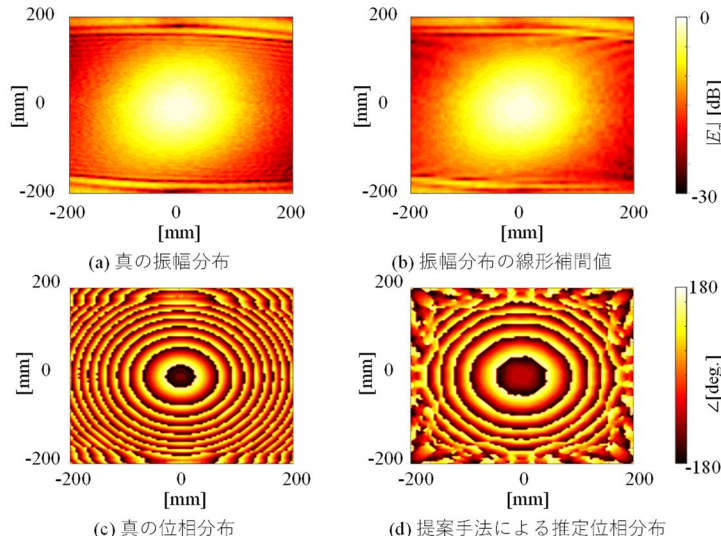


図3 実測した電界分布に提案手法を用いて推定した近傍界分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 杉山貴紀, 杉本義喜, 榊原久二男, 菊間信良
2. 発表標題 電力合成回路給電によるマルチビームレンズアンテナの高EIRP 設計
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yoshiki Sugimoto, Takaki Sugiyama, Takanori Narita, Kunio Sakakibara, and Nobuyoshi Kikuma
2. 発表標題 Multi-beam Switching Lens Antenna Fed by Power-combiner Butler-matrix Controlling Output Port by Input Phases
3. 学会等名 2024 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and ITNC-USNC-URSI Radio Science Meeting (国際学会)
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------