

技術紹介

ミリ波平面近傍界 / OTA
共用評価装置について

関野 昇* 佐藤 啓介* 佐々木克守**

Millimeter-Wave Planar Near-Field/OTA Shared-Use
Evaluation System

Noboru Sekino, Keisuke Sato and Katsumori Sasaki

当社では、測定距離 12m と 7m の遠方界での指向性測定システム、6GHz まで測定可能な大型近傍界測定システムが導入済みである。これに続き 2021 年度にミリ波平面近傍界測定装置と無線装置の OTA *¹ 評価装置を導入した。本稿では、その概要、仕様等について紹介する。

We have already introduced a directional measurement system with a measurement distance of 12 m and 7 m in the far field, and a large near-field measurement system for up to 6 GHz. Following this, a millimeter-wave planar near-field measurement system and an OTA evaluation system for wireless devices were introduced in FY2021. This paper introduces the outline and specifications of these systems.

1. はじめに

5G 以降では、準ミリ波帯以上の周波数を使用したビームフォーミング機能を有するアンテナ一体型無線装置の利用が進みつつある。当社としてはこの利用ニーズに素早く対応するため、3次元指向性をリアルタイムで測定、評価できるアンテナ開発環境と、その成果により、開発されるアンテナ一体型無線装置の性能評価を可能とする環境を必要としていた。この開発環境を構築するため、ミリ波帯に対応した平面近傍界測定装置と、アンテナ一体型の無線装置の性能測定を可能とする OTA 評価装置について、1つの大型電波暗室に両方の測定装置を設置するハイブリット電波暗室として導入した。本稿では、当社にて導入したミリ波近傍界測定装置と OTA 評価装置の性能などについて紹介する。

2. 近傍界測定

近傍界測定は、アンテナ近傍の電界を測定し、電磁界理論による計算にて遠方界指向性を求める測定

法である。この測定法の利点は、通常の指向性測定（遠方界測定）と比較し、伝搬距離が短く済むため、比較的小規模な電波暗室で測定できることや、屋外測定のように周囲の影響を受けることなく、安定した精度の高い測定が行える。一方、計算にて遠方界指向性を求めることから、データ取得時の位置精度が測定精度となるため、高い位置精度が必要となる。

近傍界の測定方法としては、プローブ走査の方法により図 1 に示す 3 種類の方法があり、平面走査（プレーナー型）、円筒面走査（シリンドリカル型）、球面走査（アーチ型）などがある。これらの走査方法は、表 1 に示す様に、測定するアンテナの種類や大きさ、評価を必要とする指向性角度範囲等により選択される。また、どの走査方法においても、振幅と位相のデータを適正な間隔（一般に $\lambda/2$ 以下の測定間隔）での測定精度と、走査面のアライメント誤差を抑える事が、測定（変換）誤差を抑えるために、考慮する必要がある。また、これらの精度により発生する誤差は、周波数が高くなるほど大きく影響するため、ミリ波帯以上の測定ではより高い精度が必要とされる。

* R&D 統括センター ワイヤレス研究所

** 機器統括部 移動通信技術開発部

*¹ OTA : Over The Air

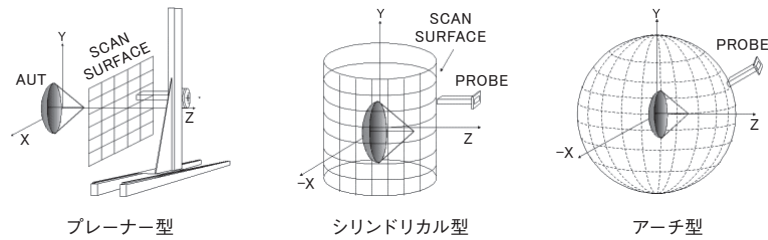


図1 近傍界測定方法

表1 近傍界走査方法の比較

	平面走査	円筒面走査	球面走査	
プローブ走査	X-Yの2次元	1次元(Az軸との平行面)	球面座標	なし
アンテナ回転	なし	Az軸回転	Az軸回転	2軸回転
要求機械的精度	スキャナーの平面度	Az回転軸と走査軸との平行度	Az軸に対する球面度	回転軸の直交度
特徴	側後方の指向性取得不可 アンテナ設置が容易 小型、省スペース	後方指向性の取得が可能 平面走査からの拡張可能	回転台方向の指向性の取得不可 電波暗室が大型化 複数プローブによる高速化が可能	回転台方向の指向性の取得不可 大型アンテナには不向き

3. OTA 測定

OTAとは、「無線で」といった意味であり、無線による測定として、アンテナと無線装置をコネクタ接続せず、直接接続する一体型無線装置を評価するための測定法である。従来の無線装置の評価としては、ケーブルを介して測定器に接続していたが、準ミリ波帯を使用する携帯基地局無線装置では、ビームフォーミングアンテナを使用しており、小型化と給電損失の低減のため、コネクタ無しでのアンテナ接続が多く用いられ、OTA測定による評価が必要とされた。

携帯基地局装置のOTA測定では、標準機関である3GPP^{*2}により、遠方界領域で測定することが、

定められている。遠方界となる測定法を図2に示す。遠方界測定法は、DUT^{*3}から放射された電磁波を受信するアンテナでの開口面位相が、平面波として見なせる距離以上に離して設置する測定法であり、一般的に受信用アンテナとの距離は、 $2D^2/\lambda$ (D:アンテナ有効開口径)以上となる。また、DUTとの測定距離、受信アンテナ開口径から上記式を逆算することで、平面波と見なせるDUTに内蔵されたアンテナの大きさは制限され、この大きさがQZ^{*4}とされる。

遠方界測定法では、送受信間距離を離す事で、大きいQZとなるが、距離が離れると伝搬損失により、受信電力低下が発生し、測定のダイナミックレンジが狭くなるといった影響が懸念される。一方、コン

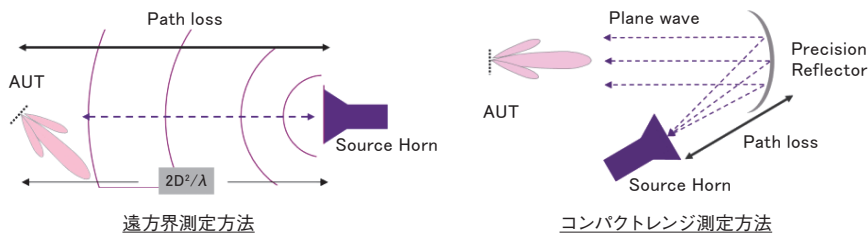


図2 遠方界でのOTA測定法

*2 3GPP : Third Generation Partnership Project
 *3 DUT : device under test 被測定物, 測定対象
 *4 QZ : Quiet Zone 測定可能領域

パクトレンジ測定法は、輻射された電波をリフレクタと呼ばれる反射鏡で作り出した平面波により、短い距離でも遠方界領域での測定と同等となる測定法であり、リフレクタの大きさにより、任意のQZとすることが可能となる。

4. ミリ波平面近傍界測定装置の概要

表2に導入したミリ波平面近傍界測定装置仕様を、写真1に装置外観を示す。ミリ波平面近傍界測定装置は、幅1.5m×高さ1.5mの範囲での平面走査が可能であり、開口1.2m□程度までのミリ波帯アンテナの測定が可能である。また、平面走査から円筒走査への拡張にも対応できるようにAzターンテーブルの設置を考慮した配置としており、拡張すればパラボラアンテナなどの測定も可能となる。

図3にミリ波近傍界測定結果例を示す。ミリ波近傍界測定装置は、測定周波数帯と送受信の測定条件によって、構成変更を必要とするが、90GHzまでのミリ波帯アンテナの3D指向性の測定が可能である。また、測定時間としては、準ミリ波帯64素子

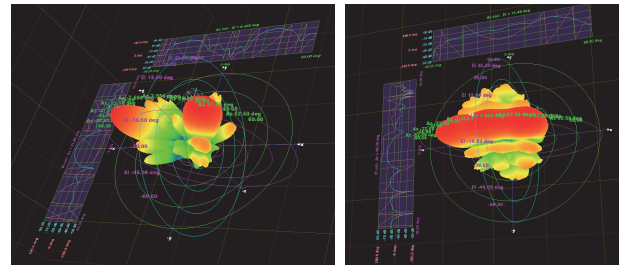


図3 ミリ波近傍界測定例

ビームフォーミングアンテナにおける複数周波数の同時測定において、10分程度で完了する。

測定誤差を少なくする仕組みとして、走査動作を行うスキャナーに取り付け可能なレーザー測量器を用いて、被測定アンテナの平面度と走査軸との平行度の測定を可能としている。また、測定補正として、Z軸(被測定アンテナとの距離)の距離を測定周波数ごとに、 $\lambda/4$ 間隔で移動し、反射波を計測することで、被測定アンテナとプローブ間で発生する多重反射波を除去するモードなども有している。

測定結果の解析では、3次元指向性の測定結果解析の他に、バックプロジェクション解析と呼ばれるアンテナ素子近傍の電界分布を推定する解析機能も有し、この解析結果からアンテナ設計にフィードバックする事や素子診断が可能である。

表2 ミリ波近傍界測定装置仕様概要

項目	仕様性能
測定周波数範囲	2.6GHz～90GHz
X-Y スキャン範囲	1.5m × 1.5m 【4軸駆動：X/Y/Z/POL】
走査精度	0.075mm RMS
走査分解能	0.06mm RMS
走査スピード	X：0.38m/sec Y：0.76m/sec
ダイナミックレンジ	101dB (IFバンド幅10kHz)

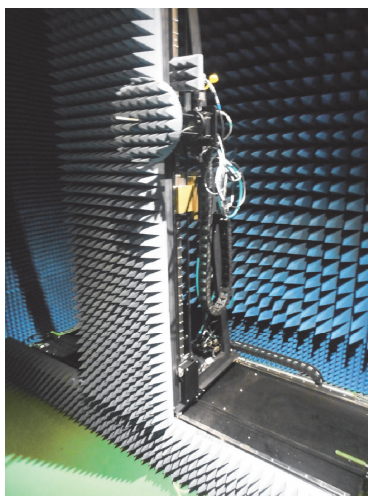


写真1 ミリ波近傍界測定装置

5. OTA 測定装置の概要

表3に導入したOTA測定装置概要を、写真2に装置外観を示す。OTA測定装置は、30MHz～60GHzまでの周波数を遠方界測定法により測定可能である。また、装置仕様として、500mmのQZサイズを

表3 OTA測定装置 仕様概要

項目	仕様性能
測定周波数範囲	30MHz～60GHz
QZ寸法	28GHz：Φ100mm 37GHz：Φ90mm
スキャン角度範囲	AZ/EL ±200度
最小ステップ角度	0.001度
走査スピード	7rpm (Manual時)
対応測定法	EIRP/TRP
測定モード	<ul style="list-style-type: none"> □ 周波数の許容偏差 □ スプリアス領域における不要発射の強度 □ 隣接チャネル漏えい電力 □ スペクトラムマスク □ 占有周波数帯域幅 □ 最大空中線電力及び空中線電力の偏差 □ 送信相互変調特性

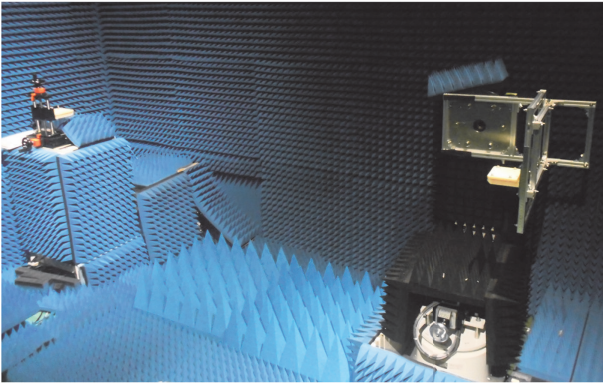


写真2 OTA 測定装置

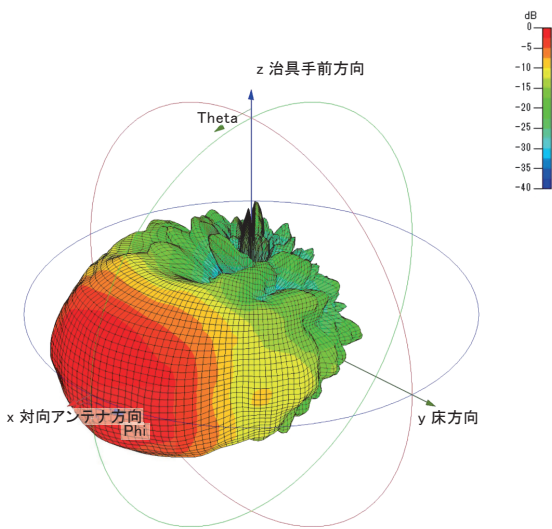


図4 OTA 測定による3次元指向性結果例

有するリフレクタの設置が可能な構成としている。

DUTは、回転台に取付治具を介して取付け、光学レーザーと輻射電力の最大値測定により、最大輻射方向となる測定軸を正対させ、全方向のTRP^{*5}測定を可能としている。

測定は、EIRP^{*6}とTRPのいずれについても可能であり、使用する機器は、較正された測定器を使用し、校正データ(DUT輻射位置からの空間損失、ケーブル損失等の補正値をまとめて、取得する測定データ)を測定することにより、トレーサビリティを確保したDUTからの輻射特性を得る事が可能である。また、測定モードには携帯基地局装置で求められる評価項目の他に、図4に示すアンテナの3次元指向性の取得も可能としている。

*5 TRP: Total Radiated Power 総合放射電力

*6 EIRP: Equivalent Isotropic Radiated Power 実行輻射電力

6. ハイブリット電波暗室の概要

設置スペースの有効活用と導入期間の短縮を目的として、1つの電波暗室内にミリ波平面近傍界測定装置とOTA装置を図5に示す配置として設置した。電波暗室は、幅約5m×奥行約3.5m×高さ約4mとなる5面電波暗室であり、電波暗室のみで耐震性を有するものである。電波暗室の外観を写真3に示す。

電波暗室内の測定機器配置と電波吸収体構成は、ミリ波平面近傍界測定装置とOTA測定装置の互いへの影響を抑える構成として設計されている。また、床面の吸収体は、測定時の作業スペースや被測定機器の設置位置や取付治具を考慮して、測定時のみ床面に吸収体を配置して測定する仕様とし、リフレクタやAzターンテーブルの追加設備に考慮したものである。

電波暗室内の環境は、無線装置からの放熱や外気

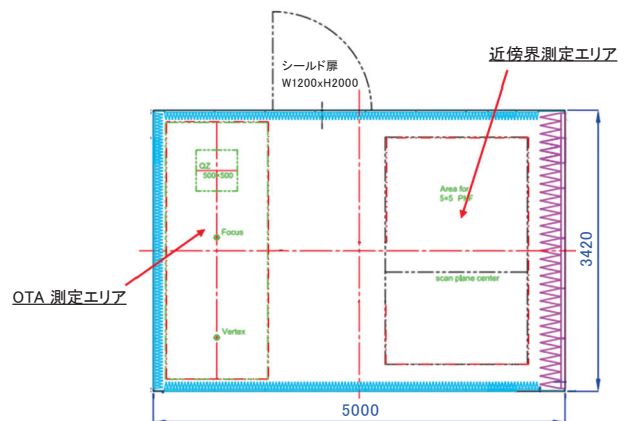


図5 ハイブリット電波暗室内配置図



写真3 ハイブリット電波暗室外観

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆

温からの測定影響を抑えるために、電波暗室内全体を一定の温度とする大型空調設備を有している。また、設置機器は、すべてネットワーク経由で接続され、測定室から制御できるとともに、180度カメラにてリアルタイム監視を可能としている。

7. む す び

新たに導入したミリ波平面近傍界測定装置と無線装置のOTA測定装置について紹介した。本測定システムを導入したことにより、これまでよりもビームフォーミングアンテナなど、3次元指向性での評価を必要とするアンテナ開発スピードは向上し、アンテナ一体型の無線装置の総合評価も可能となった。当社では、今後増加するビームフォーミングなどの3次元指向性の評価を必要とするアンテナおよび、アンテナ一体型無線装置の開発を通じて、IoT社会で期待されている社会インフラの実現に向け、これまで以上に高性能化と開発速度を向上することで、より多くの社会貢献に繋げていきたい。



関野 昇
昭和62年入社
R&D 統括センター ワイヤレス研究所
マイクロ波帯アンテナおよび周辺装置の研究・開発に従事
電子情報通信学会会員



佐藤 啓介
平成18年入社
R&D 統括センター ワイヤレス研究所
移动通信アンテナ及び電波伝搬の研究・開発に従事
電子情報通信学会・IEEE 会員



佐々木克守
平成10年入社
機器統括部 移动通信技術開発部
移动通信アンテナ及び電波伝搬の研究・開発に従事
電子情報通信学会会員