

技術紹介

5

縦置き型アンテナ AN02 の開発

Development of the Vertical-Mount Antenna AN02

松永 泰彦	Yasuhiko Matsunaga	ワイヤレス事業開発部 シニアマネージャー
内田 淳	Jun Uchida	ワイヤレス事業開発部 シニアエキスパート
宮岸 美有	Miyu Miyagishi	ワイヤレス事業開発部
小坂 圭史	Keishi Kosaka	ワイヤレス事業開発部 主任

キーワード: 板金アンテナ、表面実装部品、Wi-Fi 6E、Wi-Fi 7、UWB、無指向性、金属接近

Keywords: Stamped Metal Antenna, Surface Mount Device, Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7, UWB, Omnidirectionality, Operation near Metal

要 旨

当社では、世界中の人々が相互につながる“Connected Society”をめざし、無線通信の高性能化に貢献する小型・高性能のアンテナを提供しています。2020 年 12 月に発売開始した第 1 世代の AN01 シリーズアンテナは、約 2 mm と低背で横置き構造でしたが、この度、第 2 世代のアンテナとして、基板からの高さが約 10 mm となる縦置き型アンテナ AN02 を開発しました。AN02 は、AN01 と同様にマウンタによる自動実装に対応した板金の表面実装部品であり、縦置き構造にすることによって、さらなる放射パターンの等方性や金属接近時のロバスト性を実現しています。周波数帯は Wi-Fi 6E や Wi-Fi 7 で利用可能な 2.4 GHz 帯、5 GHz 帯および 6 GHz 帯に対応するとともに、給電位置を変更することによって 6~8.5 GHz 帯の UWB に対応することも可能です。これらの特長を生かし、高い放射パターンの等方性が必要な各種 Wi-Fi 機器、長距離での通信が求められる IoT 機器、および金属の筐体に近接して実装される車載機器などに AN02 の搭載を図っていきます。

SUMMARY

JAE is aiming for a "Connected Society" in which people around the world are interconnected, and providing compact, high-performance antennas that contribute to high quality wireless communications. The first generation AN01 series antennas, available since December 2020, had a horizontal structure and a low profile of approximately 2 mm. The newly-developed second generation AN02 is a vertical-mount type antenna with a height of approximately 10 mm above the PCB.

The AN02, like the AN01, is a stamped-metal surface-mount component compatible with automatic mounting by pick-and-place machines, and its vertical structure enables further omnidirectional radiation pattern and robustness in the proximity of metal. It supports the 2.4, 5 and 6 GHz frequency bands available in Wi-Fi 6E and Wi-Fi 7, and can also support UWB in the 6 GHz to 8.5 GHz band by changing the feeding point. Taking advantage of these features, the AN02 can be utilized in various Wi-Fi devices that require omnidirectionality, IoT devices that require long-distance communication, and automotive devices that are mounted near metal enclosures, etc.

1. はじめに

携帯情報端末への大容量のデータ伝送、各種センシングデバイスからの情報収集と分析、車のインフォテインメントや自動運転対応など、高品質な無線通信へのニーズは日々高まっています。小型で高性能なアンテナは高品質な無線通信を支えるキーデバイスであり、当社は 2020 年 12 月から機器に内蔵する板金アンテナ AN01 シリーズを提供してきました。図 1 に示す第 1 世代の AN01 シリーズアンテナは、適用する周波数帯ごとに異なる形状ですが、いずれも高さが約 2 mm 以内で低背の機器への組み込みに適しています。



図 1. AN01 シリーズアンテナ

(a) 2.4 GHz 帯、(b) 2.4 / 5 GHz 帯、(c) 2.4 / 5 / 6 GHz 帯、(d) 920 MHz 帯、(e) 860 MHz 帯

これらの AN01 シリーズアンテナを提供する中で、特に企業向け用途の機器や車載機器において、アンテナの高さを増しても良いので、非常に厳しい実装条件でも高い性能が欲しいという要望が寄せられました。第 2 世代のアンテナとなる AN02 はこういったニーズに応じて開発したもので、基板に水平な面を含む等方的な放射パターンや、基板の裏面 0 mm まで金属を接近させた場合にも十分な性能を維持するロバスト性を有しています。本稿では AN02 が対応する無線規格、AN02 の特長および応用例について紹介します。

2. Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7 および UWB

2.1 Wi-Fi 6E

2021 年 5 月に IEEE から発行された高速無線 LAN の規格 IEEE 802.11ax¹⁾では、高次の QAM 変調や OFDMA、最大 8 ストリームのマルチユーザ MIMO のサポートなど周波数利用効率を向上させる仕組みと、2.4 GHz 帯と 5 GHz 帯に加えて新たな周波数帯域として最大で 5.925~7.125 GHz が利用可能となりました。これほどの広い周波数帯域がアンライセンス帯で開放されるのは 10 年に 1 度の大きな変革であり、さらなる高速化や新しいサービスの普及が期待されます。実際に利用可能な周波数帯は各国の規制状況によって異なり²⁾、日本の場合は半分の帯域の 5.925~6.425 GHz が 2022 年 9 月から利用可能です。Wi-Fi の普及を図る業界団体 Wi-Fi Alliance が定めた IEEE 802.11ax の通称が Wi-Fi 6、その中でも新たな周波数帯域である 6 GHz をサポートするものを Wi-Fi 6E と呼んでいます。

2.2 Wi-Fi 7

IEEE では 802.11ax に続く次世代の高速無線 LAN 規格として 802.11be の標準化が進められており、320 MHz チャンネル幅のサポート、最大 16 ストリームのマルチユーザ MIMO、複数の周波数帯での同時通信によるマルチリンクオペレーション(MLO)のサポートによる高速化・高信頼化などの規格化が見込まれています。IEEE 802.11 Working Group の 2024 年 2 月時点の見通しでは、802.11be の標準化の完了は 2024 年 12 月の予定となっています³⁾。802.11be においても利用可能な周波数帯は 802.11ax と同様に 2.4 GHz 帯、5 GHz 帯および 5.925~7.125 GHz です。Wi-Fi Alliance が定めた 802.11be の通称が Wi-Fi 7 であり、今後の Wi-Fi 7 対応機器の普及が見込まれています。

2.3 Ultra-Wideband (UWB)

UWB は 500 MHz 近くかそれ以上の広帯域を用いておこなわれる無線通信を一般に呼ぶ用語です。UWB の下位レイヤの規格としては 2020 年に IEEE において 802.15.4z が定められており、現在その拡張として 802.15.ab の標準化が進められています。主な用途としては近距離での端末間高速データ転送、スマートタグやスマートキー向けの位置情報サービスとなっています。周波数帯としては、既存の Wi-Fi との干渉を避けて 5~9ch の 5.980~8.237 GHz の利用を認めている国が多く、この周波数帯をサポートする製品が多くなっています⁴⁾。

3. AN02 の仕様と基本特性

3.1 仕様

AN02 の主な仕様は以下のとおりです。

品名：AN02ML27C00 (一般用途、単品) AN02ML27C00R400 (一般用途、400 個パッケージ)

AN02ML27M00 (車載用途、単品) AN02ML27M00R400 (車載用途、400 個パッケージ)

対応周波数帯：2.4~2.5 GHz、4.6~4.9 GHz、5.15~5.85 GHz、5.925~7.125 GHz

重量：0.65 g (typical)

めっき：銀めっき

方式：スプリットリング

材料：銅合金

外観：(図 2 参照)

寸法：18.0 mm (width) × 5.15 mm (depth) × 11.3 mm^(*) (height) ^(*) PCB 上の部品高さ：10 mm

(図 3 参照)

端子配置：(図 4 参照)

基板パターン：(図 5 参照)

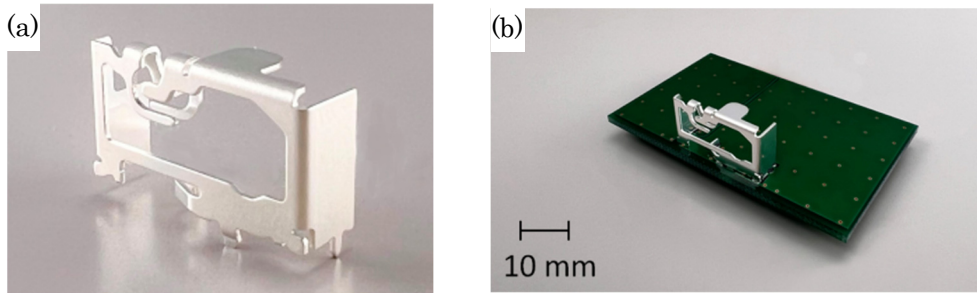


図 2. AN02 アンテナ外觀

(a) 単体、(b) 基板実装状態

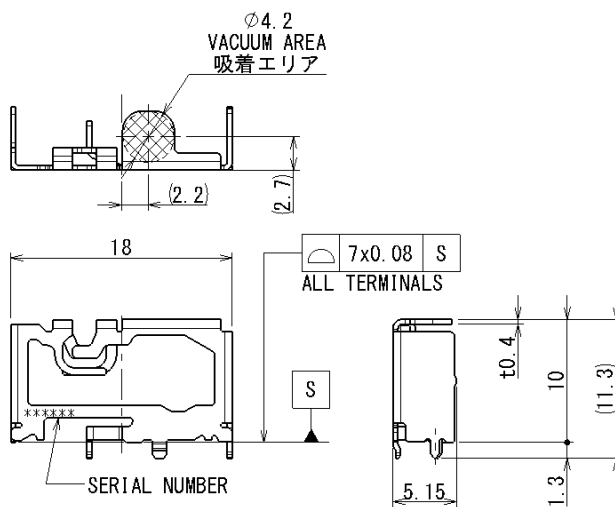


図 3. AN02 アンテナ寸法図

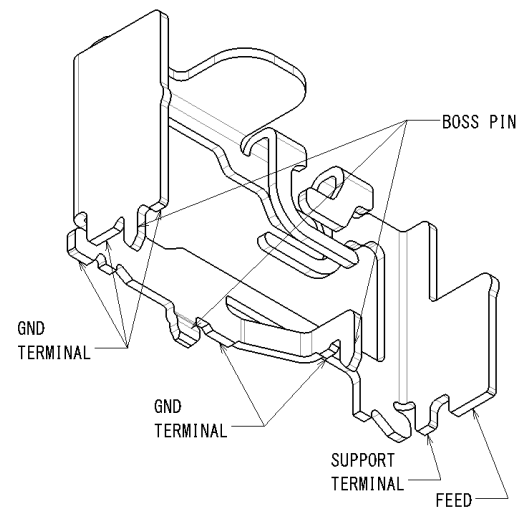


図 4. アンテナ端子の配置

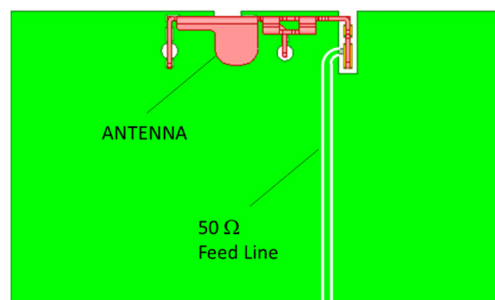


図 5. AN02 アンテナ基板パターン (標準)

3.2 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) 特性

図 6 に示す標準基板(50 mm × 30 mm)の長辺の中央に AN02 アンテナを配置したときの VSWR 特性は図 7 のとおりです。サポートする周波数帯域において、VSWR は 2.5 未満となっています。

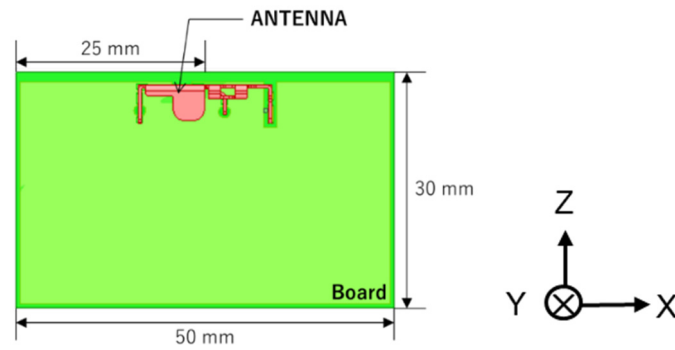


図 6. AN02 アンテナ標準基板

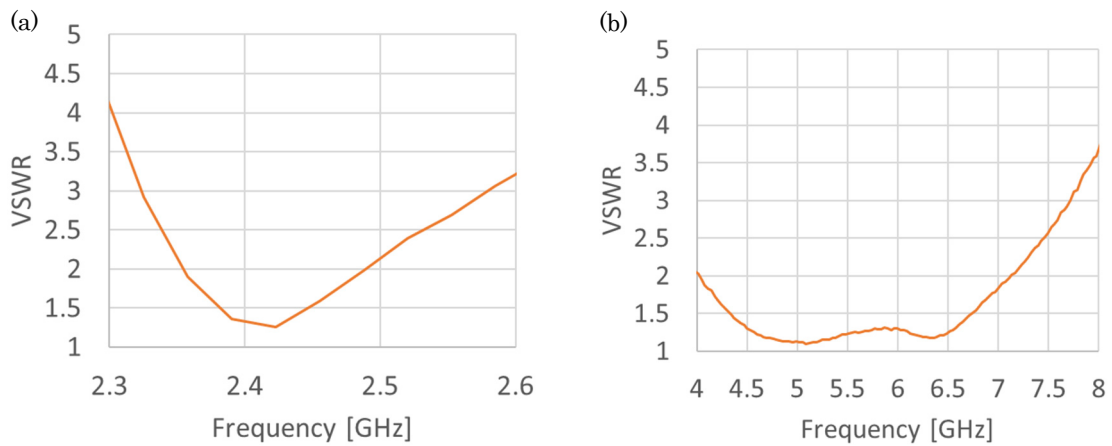


図 7. VSWR 特性

(a) 2.4 GHz 帯、(b) 5~7 GHz 帯

3.3 放射効率 (Radiation Efficiency) 特性

図 6 に示した標準基板での AN02 アンテナの放射効率特性を図 8 に示します。放射効率は 2.4/5 GHz 帯において 80% 以上、6 GHz 帯において 75% 以上と高い値になっています。

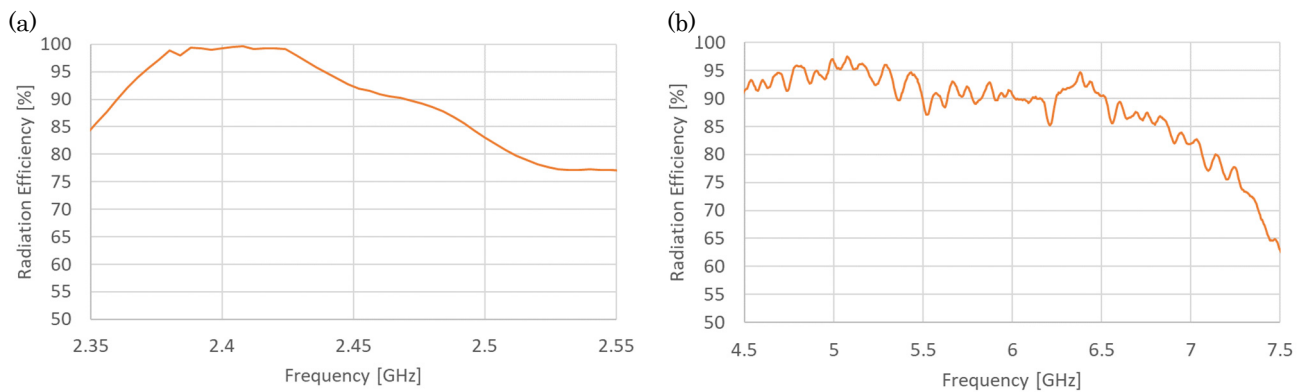


図 8. 放射効率特性

(a) 2.4 GHz 帯、(b) 5~7 GHz 帯

3.4 放射パターン (Radiation Pattern) 特性

図 6 に示した標準基板の放射パターン(合成偏波)を図 9 に示します。基板に対する X 軸、Y 軸、Z 軸の方向は図 6 の右側に示したとおりであり、いずれの周波数帯でも等方的な放射パターン特性となっています。

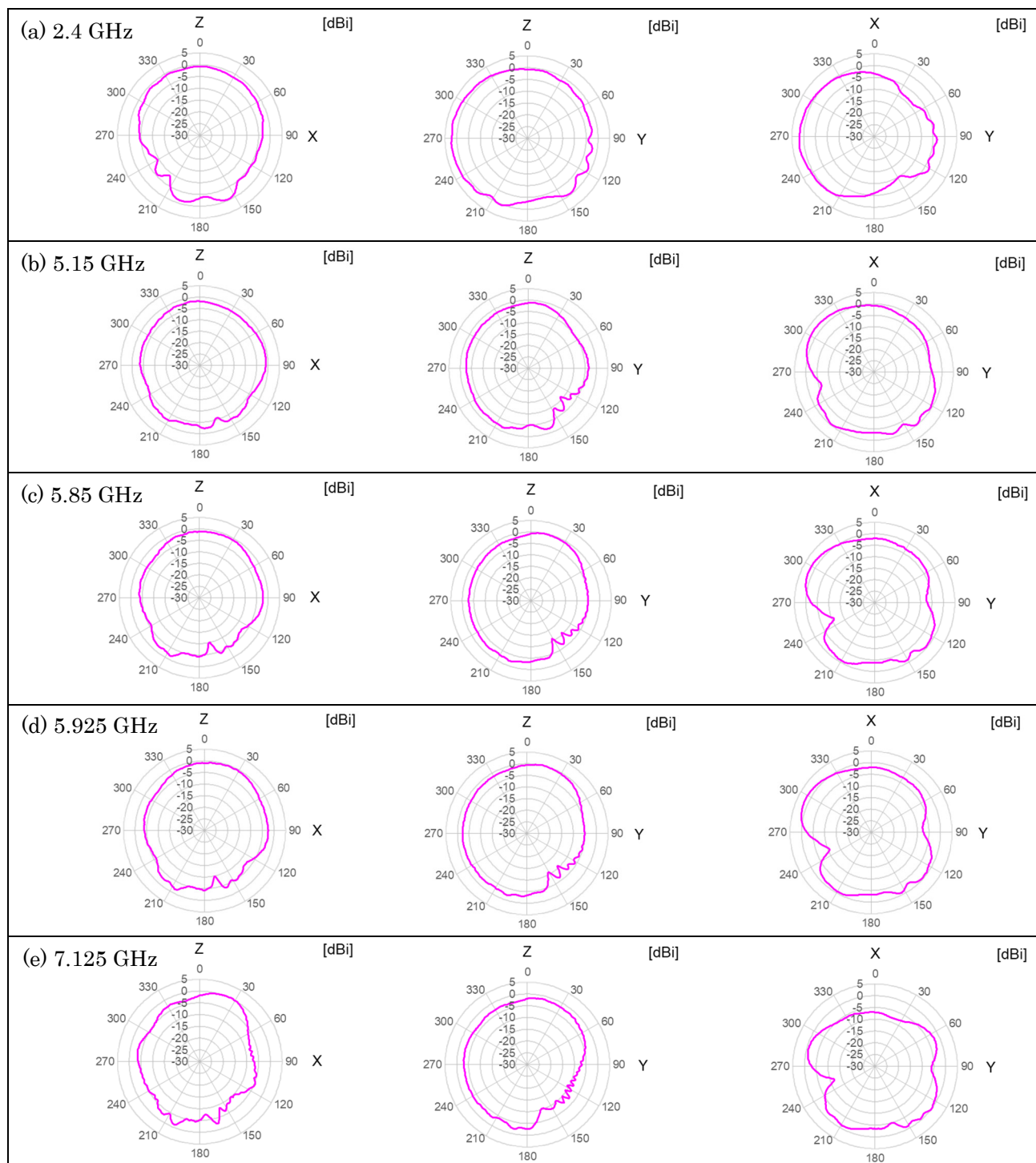


図 9. 放射パターン(合成偏波)

(a) 2.4 GHz、(b) 5.15 GHz、(c) 5.85 GHz、(d) 5.925 GHz、(e) 7.125 GHz

3.5 金属接近時の特性

図 6 に示した標準基板の背面から金属板を徐々に近づけた場合の放射効率の変化を図 12 に示します。実験に用いた標準基板と金属板の外観は図 10、側面のレイアウトは図 11 のとおりです。金属板なし、金属板とのギャップ 10 mm、5 mm、0 mm と変化させた場合、10 mm または 5 mm では金属板なしの状態とほぼ同じ放射効率が維持されています。また、金属板とのギャップを 0 mm にして直接 PCB の裏面と金属板を接触させた場合も、5～7 GHz 帯で 10～20 ポイント程度の効率低下がみられましたが、実用上は問題のない範囲の変化となりました。

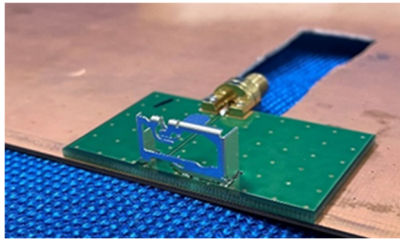


図 10. AN02 標準基板および金属板

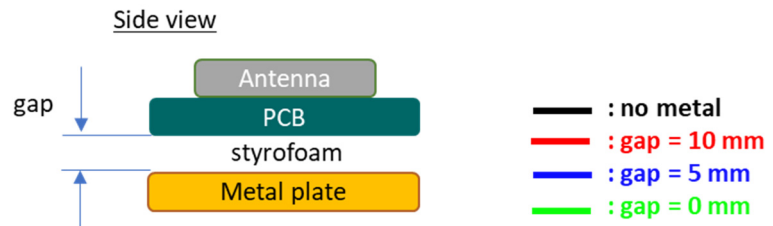


図 11. 金属接近実験における側面図

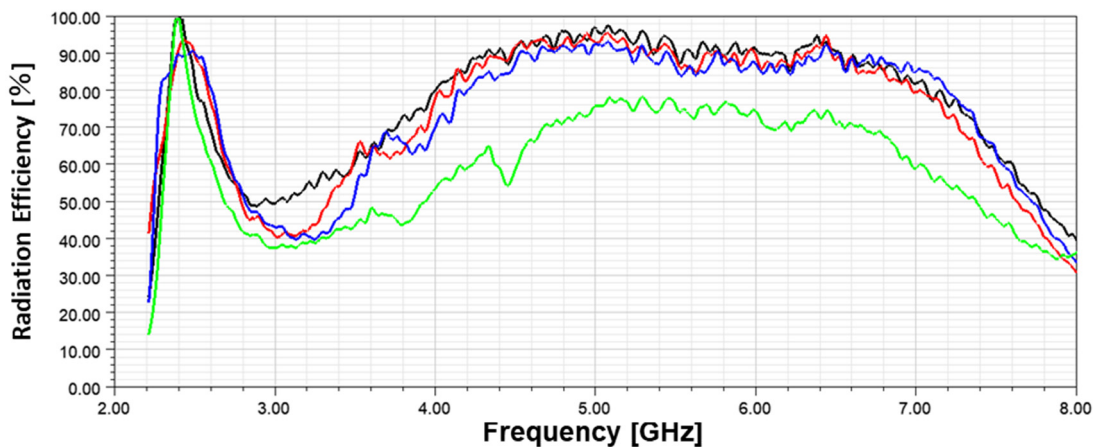


図 12. 標準基板の裏面からの金属板接近時の放射効率の変化

4. 無線装置への AN02 のレイアウト例

本章では、実際の無線装置に対する AN02 アンテナの搭載を想定したレイアウト例と、電磁界シミュレーションによる特性解析結果を紹介します。

4.1 USB ドングル

温度・湿度・気圧センサや人感センサなどの USB ドングルを想定し、22 mm × 46 mm の基板の短辺に AN02 アンテナを置いた場合のレイアウトを図 13、放射効率特性を図 14、放射パターンを図 15 に示します。2.4 GHz 帯において放射効率が-0.72 dB (85%)～-0.01 dB (99%)と高く、放射パターンの等方性が高いことがわかります。

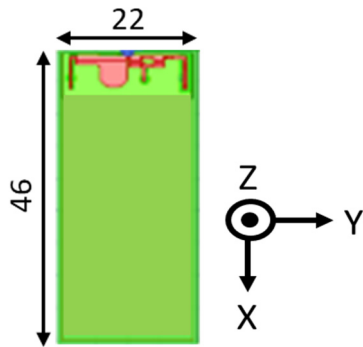


図 13. USB ドングルを想定した
46 mm × 22 mm 基板への
AN02 実装例

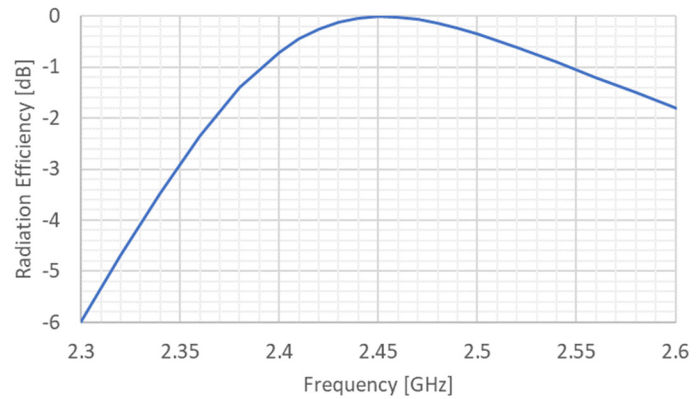


図 14. USB ドングルを想定した放射効率

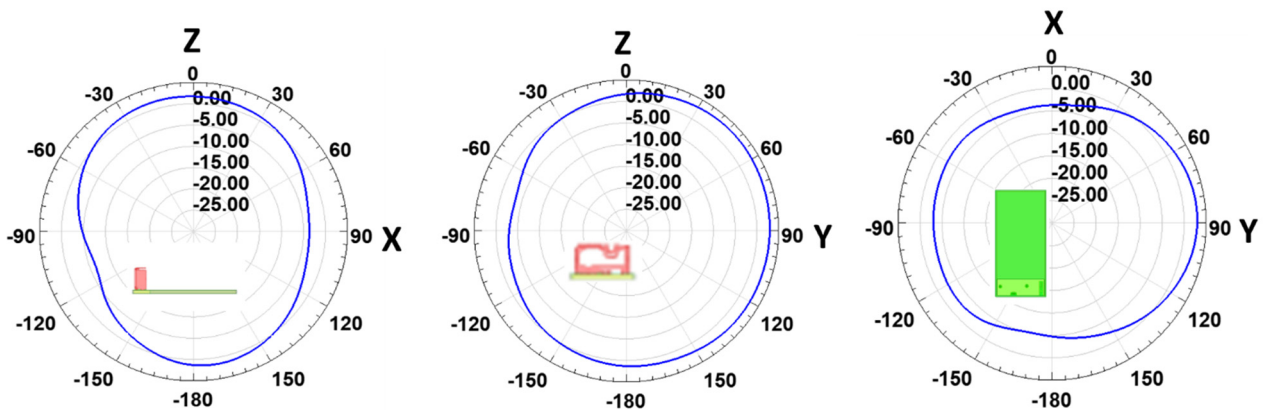


図 15. USB ドングルを想定した放射パターン

4.2 Wi-Fi アクセスポイント (Wi-Fi AP)

オフィスに設置するタイプの Wi-Fi AP を想定し、図 16 のように 250 mm × 250 mm の基板に 8 個の AN02 (Ant1~8) を配置した場合の特性解析結果を紹介します。Ant1~4 はそれぞれ基板エッジの中央に配置し、Ant5~8 はそれぞれ基板中央付近に 45°、135°、225°、315° 回転して配置して配置した場合、図 17 に示すように 2.4 GHz 帯の効率は Ant1~4 が -1.0 dB (79%) 以上、Ant5~8 が -3.6 dB (44%) 以上、5~7 GHz 帯の効率は全アンテナで -0.8 dB (83%) 以上となりました。また、アンテナ間のアイソレーションはすべて -20 dB 未満でした。

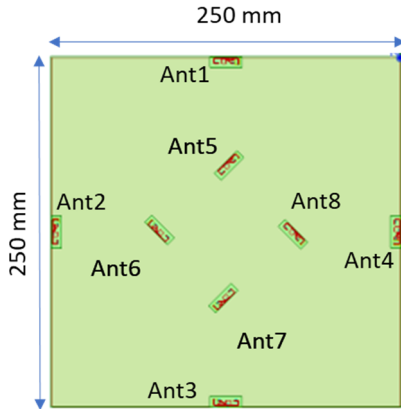


図 16. Wi-Fi AP を想定したアンテナレイアウト例

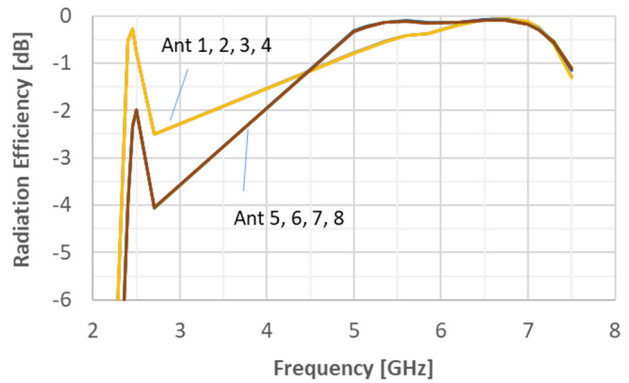


図 17. Wi-Fi AP を想定した放射効率

4.3 車載 Vehicle-to-X (V2X)

自動運転に向けた車車間・路車間通信に、5.9 GHz 帯の無線通信が用いられることが増えてきています。シャークフィン、ウィンドシールド、リアスポイラー等への搭載を想定し、50 mm × 30 mm 基板の中央に AN02 を配置した場合のレイアウトを図 18、放射パターンを図 19 に示します。車体(基板)に対して水平な方向(XY 面)で等方的な放射パターンとなり、ピーク利得は+2.6 dBi 程度となりました。

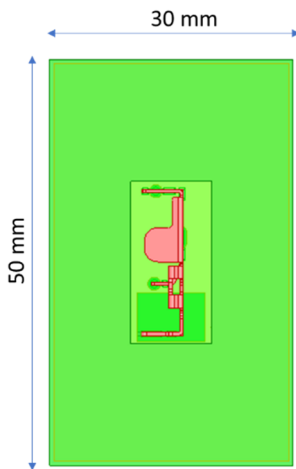


図 18. レイアウト

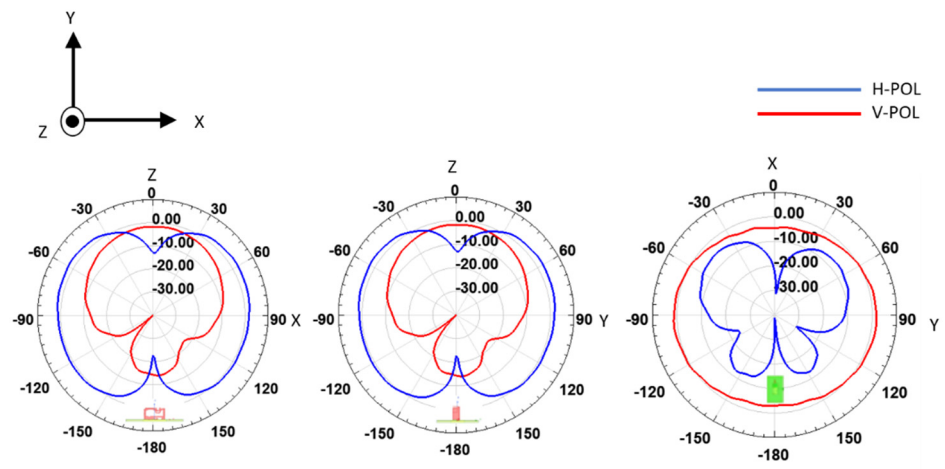


図 19. 車載 V2X を想定したアンテナ放射パターン

4.4 車載 UWB 端末

リレーアタックを防止するキーレスエントリー、自動運転や自動駐車のためのセンチメートル級の測位において、UWB を活用する検討が進められています。AN02 を UWB の 5～9ch の周波数で用いる場合、図 20 に示すように、標準の基板パターン(図 5)から給電部付近のグラウンド領域を抜く必要があります。図 6 に示した標準基板と同じ基板サイズ、同じ位置に AN02 を配置し、図 20 の基板パターンとした場合の放射効率を図 21、放射パターンを図 22 に示します。5.9～8.5 GHz まで放射効率は-1.0 dB (80%)以上と高い値を示し、いずれの周波数帯においても等方的な放射パターンとなりました。

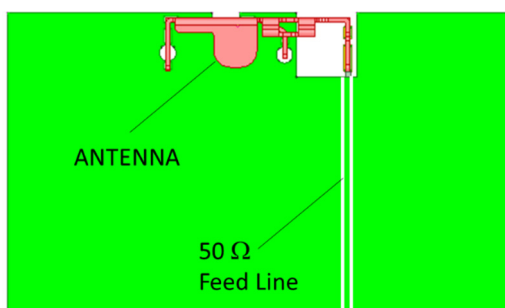


図 20. UWB 用の基板パターン

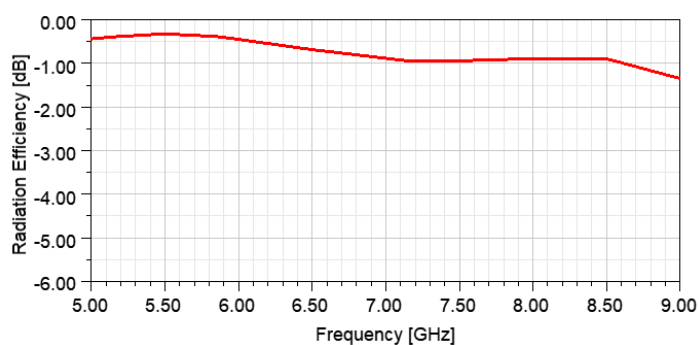


図 21. 車載 UWB 端末を想定した放射効率

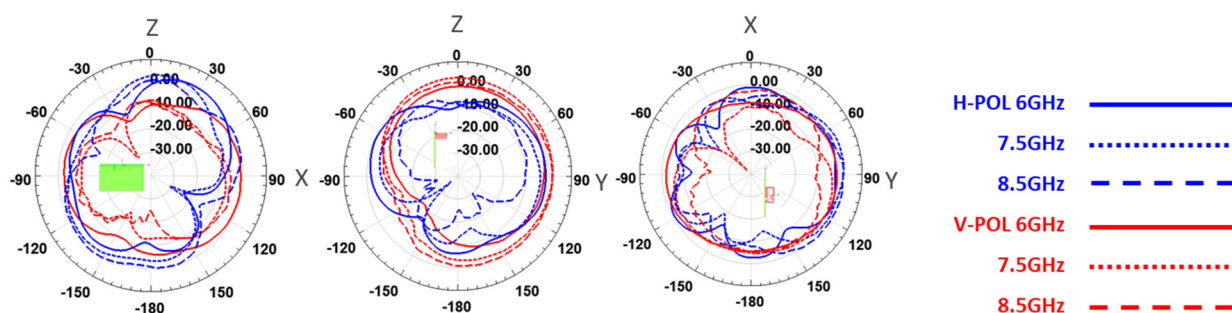


図 22. 車載 UWB 端末を想定した放射パターン

5. まとめと今後の展望

本稿では、縦置き型アンテナ AN02 の仕様、対応する無線規格、基本特性および実際の装置に搭載した場合の特性例について紹介しました。AN02 は縦置き型にすることによって、特に金属接近に対する性能のロバスト性、基板面内での放射パターンの等方性に優れる特長があり、企業向け用途の機器や車載機器に適したアンテナとなっています。当社では今後もさらなる高品質無線通信の要求に応えるために、各種バリエーションの拡充を進め、各市場向けに提案を進めてまいります。

[参考文献]

- 1) IEEE, “IEEE Standard for Information Technology--Telecommunications and Information Exchange between Systems Local and Metropolitan Area Networks--Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 1: Enhancements for High-Efficiency WLAN”,
<https://standards.ieee.org/ieee/802.11ax/7180/> (2021)
- 2) Wi-Fi Alliance, “Countries enabling Wi-Fi in 6 GHz (Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7)”,
<https://www.wi-fi.org/countries-enabling-wi-fi-in-6-ghz-wi-fi-6e>
- 3) IEEE 802.11 Working Group, “OFFICIAL IEEE 802.11 WORKING GROUP PROJECT TIMELINES - 2024-03-16”, https://www.ieee802.org/11/Reports/802.11_Timelines.htm
- 4) D. Coppens, A. Shahid, S. Lemey, B. V. Herbruggen, C. Marshall, and E. D. Poorter, “An Overview of UWB Standards and Organizations (IEEE 802.15.4, FiRa, Apple): Interoperability Aspects and Future Research Directions”, IEEE Access, Vol. 10, pp. 70219 - 70241,
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9810941> (2022).