

技術紹介

4

PCB/FPC アンテナ AP01/AP02 シリーズの開発

Development of the AP01 series PCB antennas and the AP02 series FPC antennas

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
鳥屋尾 博	Hiroshi Toyao	ワイヤレス事業開発部 マネージャー
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: アンテナ、PCB、FPC、LTE、5G、Wi-Fi、Bluetooth

Keywords: PCB, FPC, Antenna, LTE, 5G, W-Fi, Bluetooth

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、無線通信の高品質化に貢献する小型・高性能のアンテナをご提供しています。

今回開発した PCB/FPC アンテナ AP01/AP02 シリーズは細線同軸ケーブルを介してプラスチック筐体に取り付けるタイプのアンテナであり、基板に直接アンテナを実装することが難しい場合にも高いアンテナ性能を実現することができます。また、サポートする周波数帯域毎に応じて 5G/LTE Main、MIMO、Wi-Fi の 3 種類のアンテナがあり、様々な車載通信機器、IoT 機器、ICT 機器に搭載することが可能となっています。

本稿では PCB/FPC アンテナ AP01/AP02 シリーズの仕様と電気的特性、応用例として CPE (Customer Premises Equipment) 装置に取り付けた場合の特性解析例について紹介します。

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 PCB/FPC antenna AP01/AP02 series developed this time is a type of antenna that is attached to a plastic housing via a thin coaxial cable, and it can achieve high antenna performance even in cases where it is difficult to mount the antenna directly on the board. There are three types of the antennas 5G/LTE Main, MIMO, and Wi-Fi, depending on the frequency band to be supported, and they can be installed in various in-vehicle communication devices, IoT devices, and ICT devices. In this paper, we will introduce the specifications and electrical characteristics of the PCB/FPC antenna AP01/AP02 series, as well as an example of the performance analysis in a CPE (Customer Premises Equipment) device.

1. はじめに

無線を用いてあらゆるモノをネットワークに接続する IoT (Internet of Things) が進展し、小型で高性能なアンテナはそのキーデバイスとして重要性が高まっています。これまで当社では機器の基板に自動実装するタイプの AN01 シリーズ板金アンテナ(図 1¹⁾)、AN02 シリーズ板金アンテナ(図 2²⁾)を発表し、高い性能と金属接近など様々な実装環境でのロバストな動作によって車載通信機器、Wi-Fi ルータ、スマートメータなど様々な機器の高品質な無線通信の実現に貢献してきました。

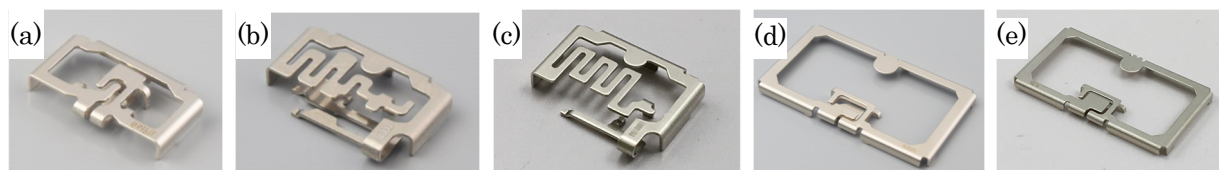


図 1. AN01 シリーズアンテナ

(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

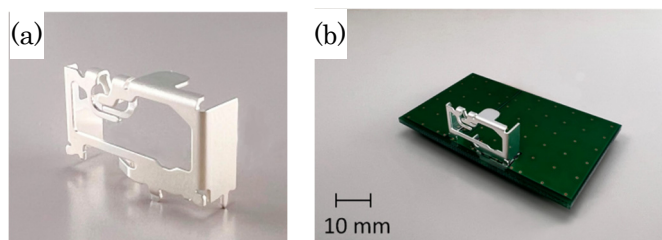


図 2. AN02 シリーズアンテナ (2.4 / 5 / 6 GHz 帯)

(a) 単体、(b) 基板実装状態

AN01/AN02 シリーズのアンテナは、表面実装部品のため人手による組立が不要であり、大量に安定した品質を実現しやすいという特長がある一方、機器によっては金属の筐体で基板が完全に電氣的に遮蔽されるために基板上にアンテナが実装できない場合や、基板のサイズが小さく基板上にアンテナを置く場所が確保できないが、小型で高性能のアンテナが欲しいという要望がありました。AP01 シリーズ PCB アンテナ、AP02 シリーズ FPC アンテナはこういったニーズに応じて開発したものであり、小型・高性能で様々な実装条件に強いという AN01/AN02 アンテナの特長を保持しつつ、細線同軸ケーブルを介して機器の筐体の平面部(AP01・AP02)または曲面部(AP02)に直接貼り付けられるという特長を有しています。本稿では AP01 シリーズ PCB アンテナ、AP02 シリーズ FPC アンテナの特長について紹介します。

2. PCB/FPC アンテナ AP01/AP02 の仕様







2.1 サポート対象とする無線システム

AP01/AP02 アンテナシリーズがサポートする無線システムは、5G (第 5 世代無線通信)、LTE (Long Term Evolution)、および 2.4 / 5 / 6 GHz を利用する Wi-Fi, Bluetooth 等となっています。5G には 6 GHz 以下の Frequency Range 1 (FR1)と 24 GHz 以上の Frequency Range 2 (FR2)がありますが、AP01/AP02 はこのうち IoT の通信で用いられることが多い FR1 の周波数帯域をサポートしています。

2.2 AP01/AP02 アンテナシリーズの仕様

AP01/AP02 アンテナシリーズの仕様を以下の表 1 に示します。形式の違いで 2 種類、対応する周波数帯で 3 種類があり、計 6 種類となっています。

表 1. AP01/AP02 アンテナシリーズの仕様

	品名	形式	サポート 周波数	外観	W (mm)	D (mm)	T (*) (mm)
(1)	AP01ML0627490C0	PCB	698 M~6 GHz (5G/LTE MAIN)		100	20	1.1
(2)	AP01ML1627491C0	PCB	1.7 G~6 GHz (5G/LTE MIMO)		38	20	1.1
(3)	AP01ML2727492C0	PCB	2.4 / 5 / 6 GHz (Wi-Fi)		30	13	1.1
(4)	AP02ML0630410C0	FPC	698 M~6 GHz (5G/LTE MAIN)		100	20	0.12
(5)	AP02ML1630411C0	FPC	1.7 G~6 GHz (5G/LTE MIMO)		38	20	0.12
(6)	AP02ML2730412C0	FPC	2.4 / 5 / 6 GHz (Wi-Fi)		30	13	0.12

(*)剥離紙の厚みを除く

(1)、(2)、(3)は PCB アンテナで、プラスチックの筐体の平坦な側面に両面テープで貼り付けるのに適しています。また、(4)、(5)、(6)は FPC アンテナで、プラスチックの筐体の平坦または曲がった側面に

両面テープで貼り付けるのに適しています。いずれのアンテナも、標準的に $\phi 1.13$ mm で長さ 200 mm の細線同軸ケーブルと U.FL または MHF1 互換の細線同軸コネクタが付き、異なるケーブル長や違う種類のコネクタの取り付けにも対応可能です。

(1)および(4)は、一般に無線機器やモジュールが 5G/LTE MAIN と称しているポートに接続される広帯域のアンテナであり、アンテナが 1 個しかつかない場合にも単体で動作します。次に(2)と(5)は通例で無線機器やモジュールが 5G/LTE MIMO と称しているポートにつながるアンテナであり、一般的には 4 アンテナ以上で同時に送受信をおこなう無線機器において、MAIN アンテナ 2 個と組み合わせて通信スループットを高速化するために用いられます。(3)および(6)は Wi-Fi 6E / Wi-Fi 7 に対応するアンテナで、2.4 G, 5 G および 6 GHz 帯をサポートします。本アンテナは 2.4 GHz のみを利用する Wi-Fi や Bluetooth、5 GHz 帯または 6 GHz 帯のみを利用する Wi-Fi のアンテナとしても適用可能です。

2.3 AP01/AP02 アンテナシリーズの環境条件

AP01/02 アンテナシリーズの環境条件は下記のとおりです。

使用温度範囲 $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$

保存条件 IEC 60721-3-1

保存温度 $-5^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$

相対湿度 5% ~ 95%

3. PCB/FPC アンテナ AP01/AP02 の電気的特性

3.1 概要

AP01/AP02 シリーズの電気的特性を表 2 に示します。いずれも厚さ 2 mm の ABS 樹脂板に両面テープで貼り付けた場合の特性例であり、長さ 200 mm の細線同軸ケーブルの損失を含む値となっています。

表 2. AP01/AP02 アンテナシリーズの電気的特性

	型番	形式	周波数帯域	VSWR
(1)	AP01ML0627490C0	PCB	698 M~960 MHz 1.45 G~1.71 GHz 1.71 G~2.69 GHz 3.3 G~6.0 GHz	< 2.5 < 4.5 < 3.5 < 3.0
(2)	AP01ML1627491C0	PCB	1.71 G~2.69 GHz 3.3 G~6.0 GHz	< 3.0 < 3.0
(3)	AP01ML2727492C0	PCB	2.4 G~2.5 GHz 5.15 G~5.85 GHz 5.925 G~7.125 GHz	< 2.5 < 2.0 < 2.5
(4)	AP02ML0630410C0	FPC	698 M~960 MHz 1.45 G~1.71 GHz 1.71 G~2.69 GHz 3.3 G~6.0 GHz	< 3.0 < 5.5 < 4.0 < 4.0
(5)	AP02ML1630411C0	FPC	1.71 G~2.69 GHz 3.3 G~6.0 GHz	< 3.5 < 3.5
(6)	AP02ML2730412C0	FPC	2.4 G~2.5 GHz 5.15 G~5.85 GHz 5.925 G~7.125 GHz	< 3.0 < 3.0 < 3.0

3.2 AP01 シリーズ PCB アンテナの放射効率特性

AP01 シリーズ PCB アンテナの放射効率の特性例を図 3 に示します。

- (1) PCB 5G/LTE Main アンテナ AP01ML0627490C0 の帯域内平均放射効率は 698 MHz~960 MHz において 79%、1.45 GHz~1.71 GHz 帯において 52%、1.71 GHz~2.69 GHz 帯において 72%、3.3 GHz~6 GHz 帯において 63%です。
- (2) PCB MIMO アンテナ AP01ML1627491C0 の帯域内平均放射効率は 1.71 GHz~2.69 GHz 帯において 64%、3.3 GHz~6 GHz 帯において 59%です。
- (3) PCB Wi-Fi アンテナ AP01ML2727492C0 の帯域内平均放射効率は 2.4 GHz~2.5 GHz 帯において 80%、5.15 GHz~5.85 GHz 帯において 69%、5.925 GHz~7.125 GHz 帯において 66%です。

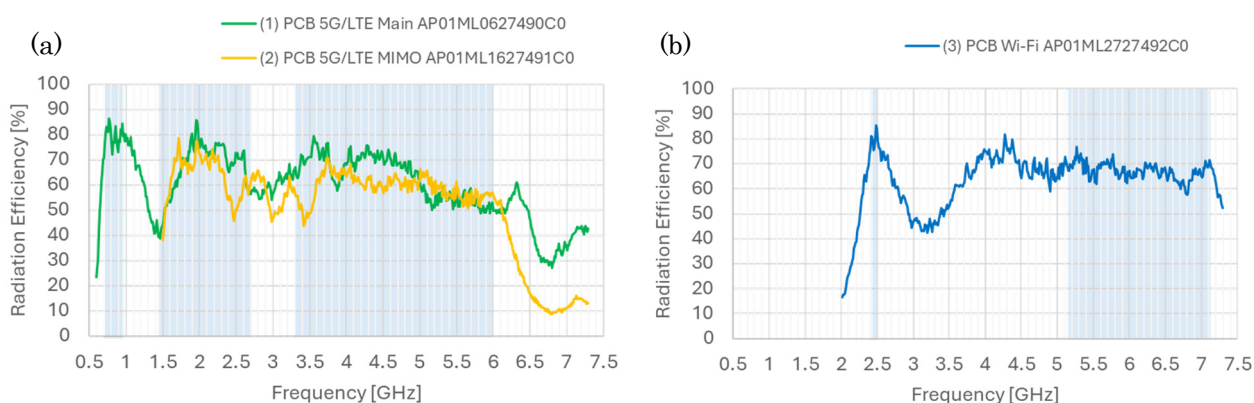


図 3. AP01 シリーズ PCB アンテナの放射効率特性

(厚さ 2 mm の ABS 樹脂板に両面テープで貼付けて測定、長さ 200 mm の同軸ケーブルの損失を含む)

(a) PCB 5G/LTE Main および PCB 5G/LTE MIMO、(b) PCB Wi-Fi

3.3 AP02 シリーズ FPC アンテナの放射効率特性

AP02 シリーズ FPC アンテナの放射効率の特性例を図 4 に示します。いずれも概ね AP01 シリーズ PCB アンテナに近い特性となっていることがわかります。

- (4) FPC 5G/LTE Main アンテナ AP02ML0630410C0 の帯域内平均放射効率は 698~960 MHz において 74%、1.45~1.71GHz 帯において 48%、1.71~2.69 GHz 帯において 71%、3.3 GHz~6 GHz 帯において 65%です。
- (5) FPC MIMO アンテナ AP02ML1630411C0 の帯域内平均放射効率は 1.71~2.69 GHz 帯において 69%、3.3 GHz~6 GHz 帯において 60%です。
- (6) FPC Wi-Fi アンテナ AP02ML2730412C0 の帯域内平均放射効率は 2.4~2.5 GHz 帯において 78%、5.15~5.85 GHz 帯において 72%、5.925~7.125 GHz 帯において 68%です。

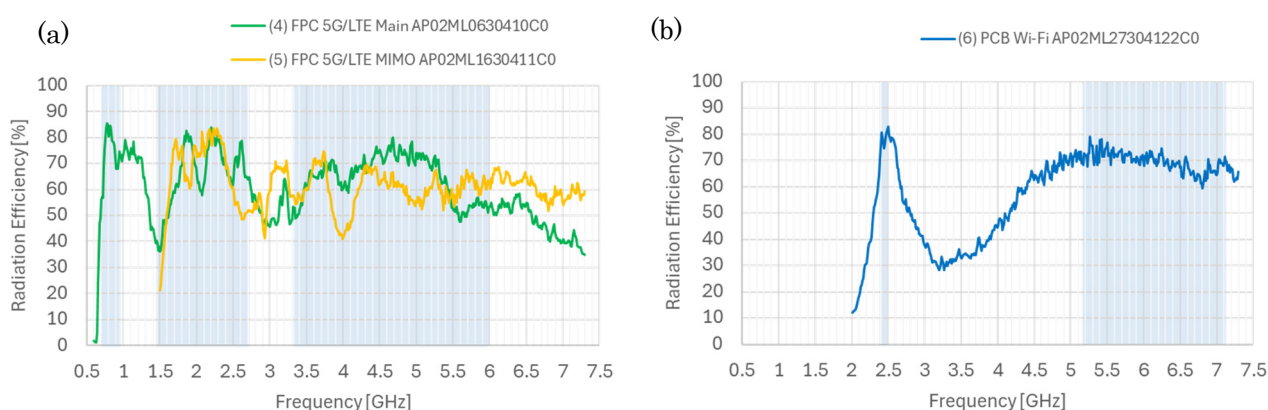


図 4. AP02 シリーズ FPC アンテナの放射効率特性

(厚さ 2 mm の ABS 樹脂板に両面テープで貼付け、長さ 200 mm の同軸ケーブルの損失を含む)

(a) PCB 5G/LTE Main および PCB 5G/LTE MIMO、(b) PCB Wi-Fi

4. CPE (Customer Premises Equipment) への応用例

4.1 AP01/AP02 シリーズアンテナの応用例

AP01/AP02 シリーズアンテナの応用例としては、ドライブレコーダやTCU (Telematics Control Unit) などの車載機器、ロボットやスマートメータ等の IoT 機器、Wi-Fi ルータや CPE などの ICT 機器が挙げられます。以下では建物内に固定的に設置され、通信キャリアの 5G/LTE 回線と建物内の Wi-Fi 回線のゲートウェイ機能を持つ CPE 装置を例として、AP01 シリーズ PCB アンテナ 3 種類を用いた構成例と電磁界シミュレーション結果を紹介します。

4.2 アンテナのレイアウト

アンテナを内蔵する CPE 装置は、直径 94 mm、高さ 150 mm の円柱型を想定します。アウターケースもインナーケースもプラスチック樹脂で構成し、インナーケースの天面と側面に合計 8 個のアンテナを貼り付けます。図 5 に示すように、インナーケースの天面に 2 個の Wi-Fi アンテナ(Wi-Fi3、Wi-Fi4)、インナーケースの側面に 2 個の 5G/LTE Main アンテナ(5G/LTE Main1、5G/LTE Main2)、2 個の MIMO アンテナ(MIMO1、MIMO2)と 2 個の Wi-Fi アンテナを貼り付けます。この構成では、5G/LTE 回線の Low band (698~960 MHz)では 2 アンテナ、Mid band (1.71 GHz~2.69 GHz)および High band (3.3 GHz~6 GHz)および Wi-Fi 回線(2.4 / 5 / 6 GHz)では最大 4 アンテナを用いた通信が行えます。

(注) なお、AP02 シリーズ FPC アンテナは AP01 シリーズと同等の特性を有し、平面にも曲面にも貼付け可能なため、AP01 シリーズの代わりに AP02 シリーズを用いて構成することも可能です。

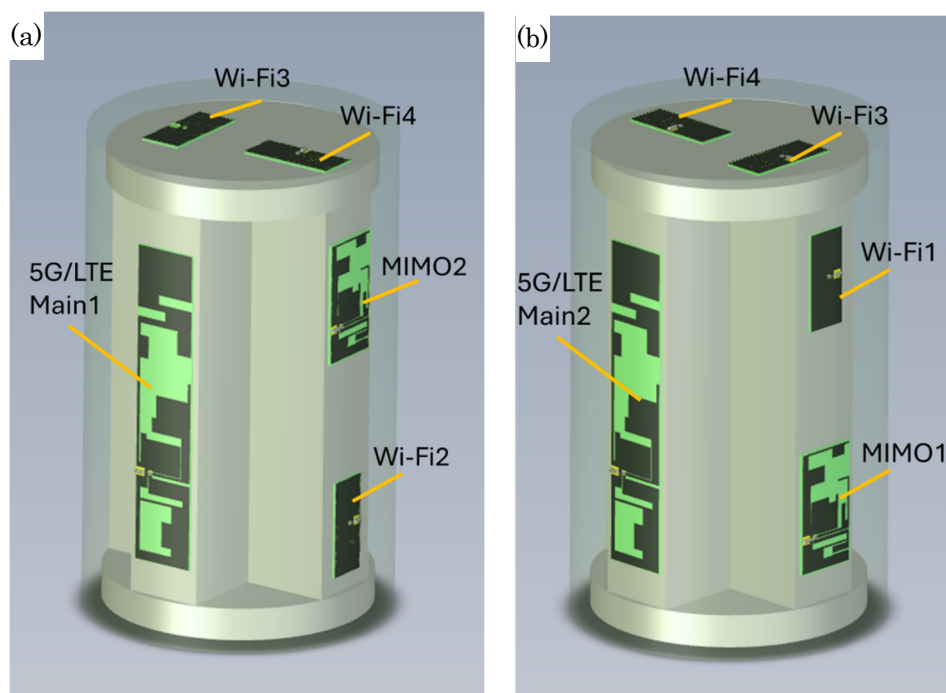


図 5. CPE 装置への AP01 シリーズアンテナレイアウト例.

(a) 前面、(b)背面

4.3 CPE 装置のアンテナ特性例

図 5 に示したレイアウトにおける AP01 シリーズアンテナの放射効率特性を電磁界シミュレーションにて解析した結果を図 6、図 7 に示します。図 6 は 2 個の 5G/LTE Main アンテナおよび 2 個の MIMO アンテナの放射効率であり、システム帯域内において 50%~90%の高い放射効率となりました。図 7 は 4 個の Wi-Fi アンテナの特性であり、こちらも全帯域において 60%~90%の放射効率となり、単体のアンテナで評価した場合に近い特性になりました。これらの高い特性から、AP01 シリーズは 4x4 で MIMO の送受信をおこなう 5G/LTE および Wi-Fi の CPE 装置に内蔵するアンテナとして好適であることがわかります。

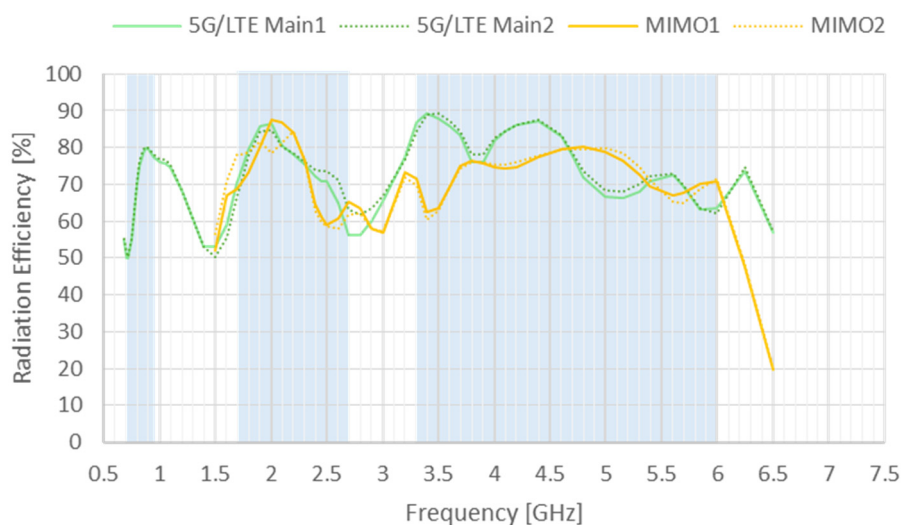


図 6. CPE 装置を想定した AP01 アンテナの放射効率の解析例 (5G/LTE Main, MIMO)

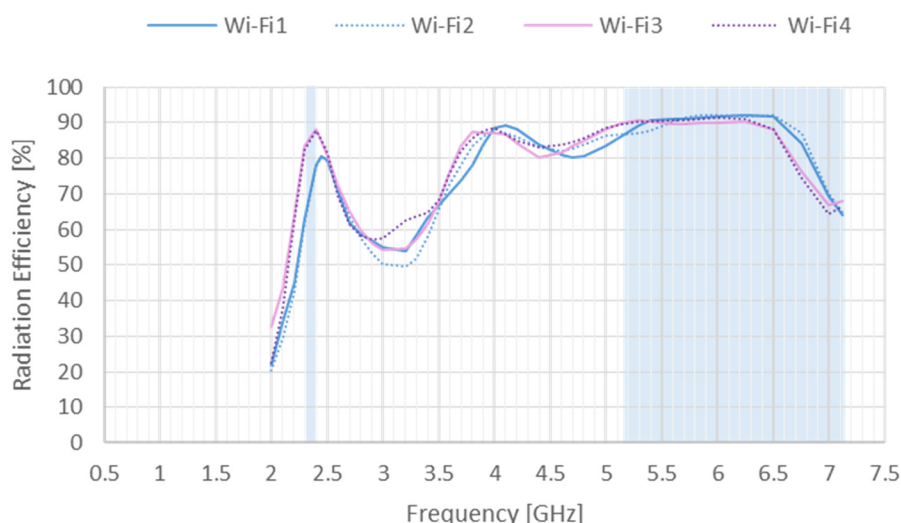


図 7. CPE 装置を想定した AP01 アンテナの放射効率の解析例 (Wi-Fi)

5. まとめと今後の展望

本稿では、PCB/FPC アンテナ AP01/AP02 シリーズの仕様、基本特性および CPE 装置を想定して搭載した場合の特性例について紹介しました。PCB アンテナ AP01 シリーズは平面のプラスチック筐体に貼り付けて用いることができ、基板上にアンテナを取り付けることができない場合にも高いアンテナ性能を実現できます。また FPC アンテナ AP02 シリーズは AP01 シリーズと同等の特性を持ち、曲面のプラスチック筐体にも貼り付けることができるので様々な意匠の機器で活用可能です。

今回紹介した AP01/AP02 シリーズの 6 種類のアンテナはグローバルで使われることが多い標準のラインアップとなっていますが、これ以外にも周波数帯域を限定してサイズを小型化したアンテナや、アンテナの縦横比の修正、細線同軸ケーブルの長さや取り出し位置の変更など様々なニーズに応じたカスタマイズも検討可能です。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、“Smart Connectivity with WaveConnect™”をコンセプトとしてバリエーションの拡充を進め、身近で便利な生活や、社会を支えるアンテナ製品をお届けしてまいります。

【参考文献】

- 1) JAE, “White paper: Antennas for Wi-Fi 6E”.
https://www.jae.com/antenna/products/#white_paper_WiFi6E
- 2) JAE, “White paper: Vertical antennas for Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7 and UWB”.
https://www.jae.com/antenna/products/#white_paper_Vertical