

# 電興技報

2024

No.56



巻頭言：トレンド	土澤賢明	i
グラビア		ii
論文・紹介記事		
論文		
○ 28GHz 帯ビームフォーミングアンテナシステム	佐藤啓介・三浦進	1
○ 反射角度を再構成可能なパッシブ型メタサーフェス	白澤嘉樹・佐々木隆吉・佐々木克守 佐藤啓介・大島一郎	5
技術紹介		
○ マイクロ波 WPT 機器の開発に向けた取り組み	関野昇・佐藤啓介・三浦進	9
○ 多品種汎用エンジン用クランクシャフト 高周波焼入焼戻設備	藤巻晴雄・岡田邦裕・數家啓太 小宮誠	17
製品紹介		
○ 鹿沼工場ローカル 5G システムオープンラボの開設	藤田正人・大島一郎・向井友則 藤沼肇・藤沼亮太・内澤航平 齋藤矯	22
○ 5G / LTE 対応 2 Band-indoor DAS の開発	佐々木希・間舘大泰・藪和哉 洲崎泰利・山田大輔・沖政幸	27
○ 北米市場向けストリートセル用 10 ポートオムニアンテナ	牧山真之・山哲也	30
○ 公共業務用 6.5/7.5GHz 帯パラボラアンテナの 性能改善	森本晋也・金子裕亮	33
○ 高周波誘導加熱装置におけるロボット活用事例	岩澤悠樹	37
巻末資料		
○ 産業財産権 『2023 年度に取得した産業財産権』		40
○ 論文紹介 『社外発表および論文紹介』		42

## 表紙写真・ロボット化設備に印字機と洗浄機を追加した焼入機

ライン構成において、ロボット、ワークストッカーの他に、印字工程と洗浄工程を一体化させることで、製品のトレーサビリティ向上と品質の向上を実現。

(本文 37 ページ)

## ト レ ン ド

執行役員 機器統括部長 土澤 賢明



最近、脳科学に関する様々な書籍が出ており、これまで何となく常識的に思われていたことが科学的に解ってきています。ヒトの脳には感性の周期があり、脳は「7」という数字に特別な感覚を覚えるらしく、アメリカの心理学者ジョージ・ミラーの論文のタイトルからマジカルナンバー7と称され、「認知心理学という領域を拓いた」理論として、認知心理学や教育心理学を学んでいる人にはよく知られているとのこと。

我々も「7」という数字には特別な思い入れがあると思います。ラッキーセブン、七福神、7色の虹（虹は7色なのかも人によりますが）、7つの音階（1オクターブ）、ベストセラーになった書籍にも「7つの習慣」など、数字の「7」に関するものが数多く存在します。1週間も7日であり、様々な宗教でも「7」が多く用いられており、我々が身近に感じる仏教でも初7日や、49日で故人の法要を行うなど、「7」に特別な感覚を覚えます。7日という区切りは脳が環境に慣れる1巡であり、さらに人は7年という時間で免疫の中枢司令塔である骨髄液が全て入れ替わるなど、人は「7」に特別な感覚があることが理解できます。

世の中のトレンドも7年の周期で変わっており、ファッションだけでなく車のデザインも政治も景気も7年毎に徐々に変化し、7の倍数である28年でトレンドが反転し、56年で元に戻ることを繰り返すとも言われています。この考えを我々のビジネスに応用できればと考え、当社の沿革を振り返ってみました。まずは現在とトレンドが反転する今年2024年から「28」を引いた1996年頃を見ると、携帯電話が2Gから3Gの開始を見据えた新たな基地局アンテナの開発やテレビ放送のデジタル化に向けた準備段階であったことが分かり、鹿沼工場は繁忙を極めていた時期であったことが伺えます。続いて現在と流行が一巡する2024年から「56」を引いた1968年を見てみると、厚木工場が操業を開始した年であり、工場が出来たことによる事業拡大の時期であることが伺えます。ただし、記載した内容はあくまでも一面であり、この他にも様々な出来事があったはずですが、我々のビジネスに活かすためには、より多面的に見ていく必要がありますので、別の機会に皆さんと一緒に考えていきたいと思えます。

現段階では会社として注力するセグメントに選定しているソリューション事業の拡大、防衛予算の大幅な増額を見据えた防衛製品の拡充、高周波関連では誘導加熱・熱処理加工の活用によるシェア・領域の拡大、過熱水蒸気設備を用いた新たな環境ビジネスへの展開を注力して進めていかなければなりません。

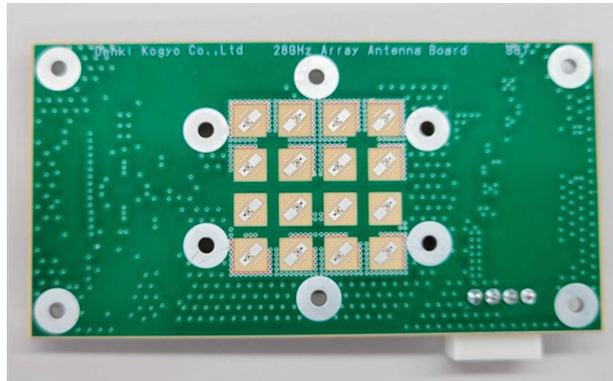
最後になりますが、奇遇にも電興技報は今回が「第56号」ということで、創刊からすればトレンドが1巡する数字となります。「未来の当たり前をつくる企業」として、当社が発展成長するために、皆さんと共に新たな領域に進んでいければと思います。

## 28GHz帯ビームフォーミングアンテナシステム (BFA)



10 mm

28GHz帯偏波共用ダイポールアンテナ試作  
(1素子)



BFA試作:アンテナ実装部

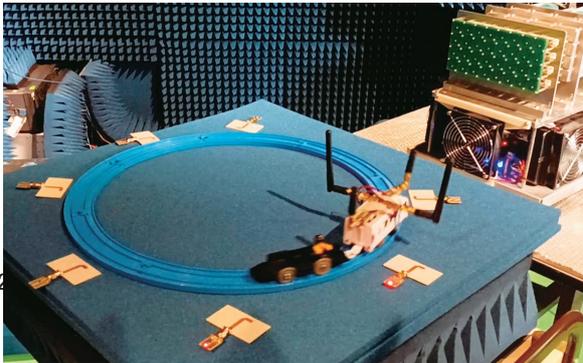
28GHz帯ビームフォーミングアンテナシステム(試作機)

偏波共用ダイポール素子部、ギャップ線路のブリッジ部、コプレーナ線路部を多層基板で構成。

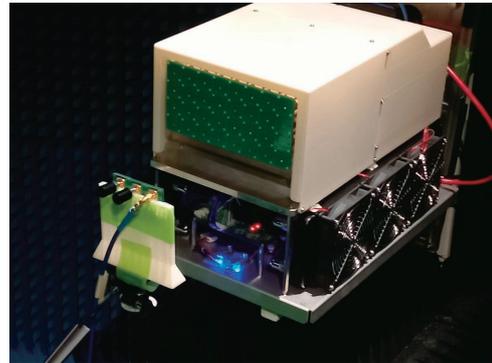
ビームフォーミングICとの組合せにより、広帯域特性を有するビームフォーミングアンテナを実現。

(本文1ページ)

## マイクロ波WPT機器の開発



鉄道模型を使用した送電試験



5.7GHz帯32素子ビームフォーミングアンテナ

マイクロ波 WPT 送電試験

5.7GHz帯32素子ビームフォーミングアンテナを使用した送電装置による送電試験。

ビームフォーミングアンテナから送信した電波が追従し、鉄道模型に取り付けたアンテナで受信した電波を整流変換して鉄道模型を駆動。

レール周辺のLED点灯によりビームフォーミングアンテナからの送信波ビーム可変を表示。(本文9ページ)

## 5G/LTE対応2 Band-indoor DAS



### 5G/LTE 対応 2Band-indoor DAS

5G NR および LTE に対応した屋内用 DAS 装置。

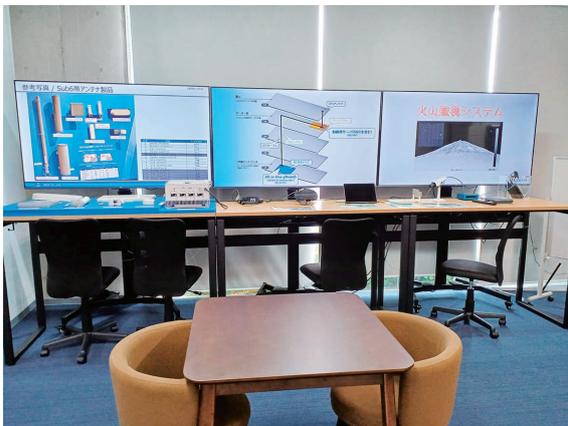
親機、中継機、子機で構成され、最大 96 台の子機を接続可能。

(本文 27 ページ)

## 鹿沼工場ローカル 5 G システムオープンラボ



オープンラボ



モニター及び展示



監視カメラシステムの映像

### 鹿沼工場ローカル 5 G システムオープンラボ

ローカル 5G システムの開発・検証・拡販を目的として当社鹿沼工場に構築。

商用免許を取得しており、ハンドオーバを含めた通信性能の実演が可能。

ローカル 5G システム、アンテナ、AI を使用したアプリケーションのデモを展示している。

(本文 22 ページ)

## クランクシャフト高周波焼入焼戻設備



### クランクシャフト高周波焼入焼戻設備

クラムシェル型コイルとガントリーローダーを組み合わせた新しいクランクシャフト型焼入焼戻設備。  
サイクルタイムや段取り時間の短縮、多品種汎用エンジン用設備への対応を可能としている。 (本文 17 ページ)

## 汎用型機DENKO-CUBO



### DENKO-CUBO

自動扉を備えておりロボットとのスムーズな連動が可能な装置。  
ロボットとの連動機能により生産ラインの効率的な構築を実現。 (本文 37 ページ)

# 28GHz 帯ビームフォーミング アンテナシステム

佐藤 啓介\* 三浦 進\*

## 28 GHz Beamforming Antenna System

Keisuke Sato and Susumu Miura

28GHz 帯ビームフォーミングアンテナシステムに適した広帯域特性を有する、偏波共用ダイポールアンテナを開発した。開発アンテナは、VSWR およびアイソレーションに関して、国内 5G 帯域(27GHz~29.5GHz)をカバーする広帯域特性を実現した。ダイポールアンテナの検討をもとに、ビームフォーミング IC とアンテナを同一基板上に実装した、28GHz 帯ビームフォーミングアンテナシステムの放射特性を評価した。ビームフォーミング IC の機能とダイポールアンテナの特性により、3dB ビーム走査角 80° の範囲にわたって良好な放射ビームを実現できた。

A dual-polarization dipole antenna with broadband characteristics suitable for 28 GHz beamforming antenna systems was developed. The developed antenna has achieved wideband characteristics covering the domestic 5G band (27 GHz - 29.5 GHz) in terms of VSWR and isolation. Based on the study of dipole antennas, the radiation characteristics of a 28 GHz band beamforming antenna system was evaluated, in which a beamforming IC and antenna are mounted on the same board. By using the beamforming IC function and the characteristics of the dipole antenna, a good radiation beam over a 3 dB beam scanning angle range of 80 degrees was realized.

### 1. はじめに

第5世代移動通信(5G)で割り当てられた28GHz帯の基地局装置は、高利得ビームフォーミングアンテナ(BFA)を用いてエリア形成している<sup>(1)-(3)</sup>。BFAではアンテナとビームフォーミングIC(BFIC)が同一多層基板内で実装される。IC実装のため、ストリップライン系への接続が容易な偏波共用パッチ素子が一般的に用いられる<sup>(2)(3)</sup>。

他方、移動通信で利用されているSub6帯以下の基地局においては、ダイポールアンテナでのアレーがよく用いられる<sup>(4)(5)</sup>。これは、パッチ素子と比較して、ダイポール素子が、広帯域性・簡易な指向性の調整など、多くの利点を有することによる。

本稿では、国内で割り当てられた28GHz帯BFAに好適な広帯域特性・ストリップライン系との接続性を有する、偏波共用ダイポールアンテナを多層基

板により実現する。また、開発したダイポールアンテナによる当社製BFAについて述べる<sup>(6)</sup>。

### 2. システム構成とアンテナ構造

図1に、28GHz帯BFAのシステム構成を示す。本

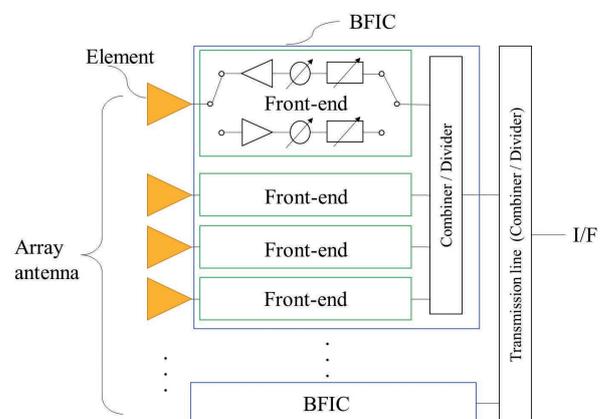


図1 28GHz帯BFAシステム構成

\* R&D 統括センター ワイヤレス研究所

システムは、複数のダイポール素子から構成されるアレーアンテナ部、伝送線路部、BFIC部、インタフェースとから構成される。BFICは、可変減衰器、可変移相器、送受信アンプ、送受信切替スイッチとから構成され、各ダイポール素子に接続する。図2に、28GHz帯偏波共用ダイポールアンテナの構造を示す。設計周波数 $f = 28\text{GHz}$  ( $\lambda_{28} = 10.7\text{mm}$ )とする。表1にパラメータを示す。本アンテナは4層(L1~L4)の多層基板で構成される。L1においては、 $\pm 45^\circ$ 偏波ダイポール素子が構成される。また、L1とL2において、偏波共用化を実現するための、ギャップ線路のブリッジ部が形成される。L3、L4で、GNDと信号線から成るグラウンド付きコプレーナ線路が構成される。層間を導通するスルーホールによるショートバランにより、各ダイポール素子を励振する。電磁界解析にはCSTを用いた<sup>(7)</sup>。

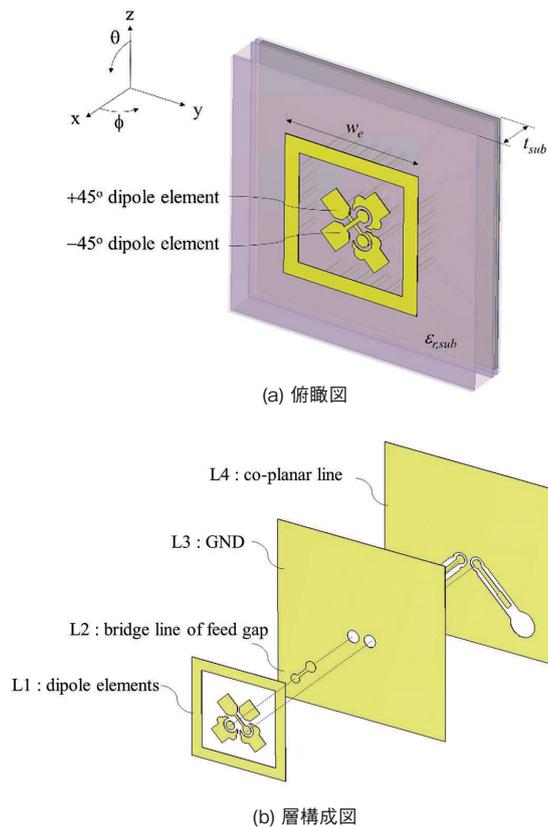


図2 28 GHz 帯偏波共用ダイポールアンテナ

表1 パラメータ

$\epsilon_{r,sub}$	2.98
$W_e$	5.3 mm
$t_{sub}$	1.8 mm

### 3. アンテナ素子の電磁界解析と実測

写真1に28GHz帯偏波共用ダイポールアンテナ素子の試作機を示す。本試作機は、2章のシミュレーションモデルをもとに製作している。

図3にVSWRの周波数特性を示す。シミュレーションにおいて、 $VSWR \leq 2$ の帯域は25GHz~31.7GHz (23.6%)と算出され、実測については、シミュレーションと概ね傾向が一致している。

図4に偏波間結合の周波数特性を示す。シミュレーションおよび実測値ともに、国内5Gの帯域(27GHz~29.5GHz)において、 $-20\text{dB}$ 以下の良好な



写真1 試作アンテナ外観

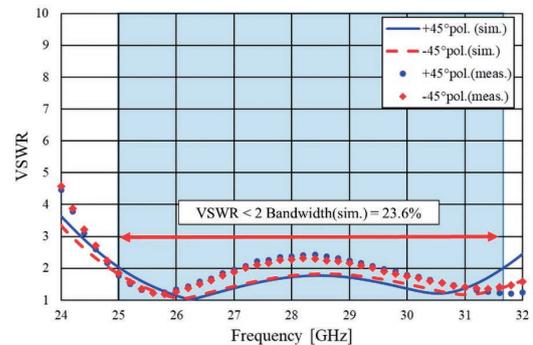


図3 VSWRの周波数特性

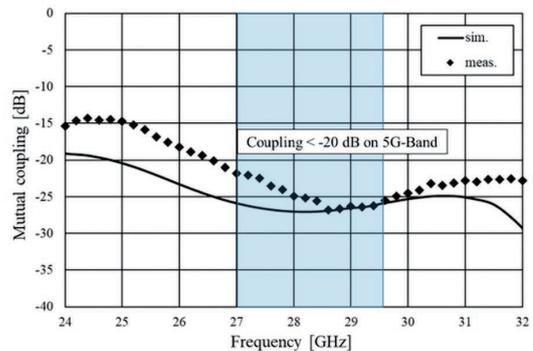
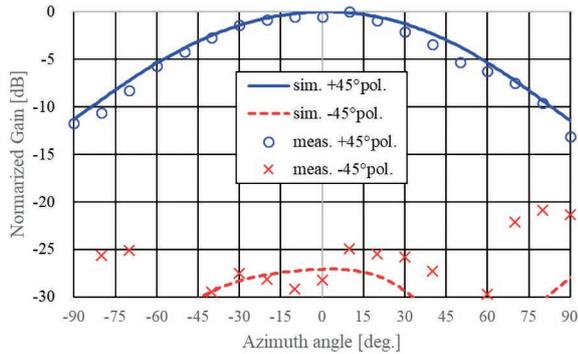
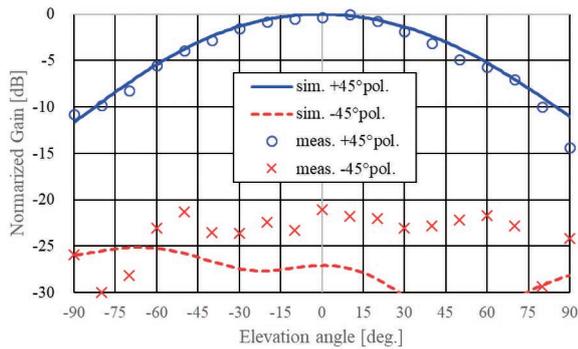


図4 偏波間結合の周波数特性



(a) +45° 偏波素子 水平面内指向性



(b) +45° 偏波素子 垂直面内指向性

図5 28GHzにおける偏波共用ダイポールアンテナの指向性

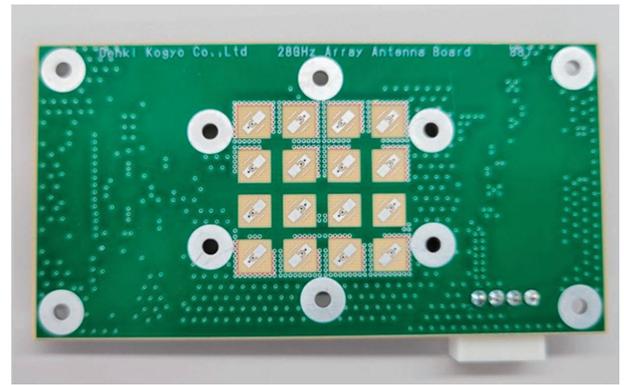
結合値が得られている。

図5に28GHzにおける指向性を示す。本図では、対称構造のため+45°偏波素子のみを記載し、-45°偏波素子の特性は省略する。遠方界測定による実測値についても同時に示す。各面内において、ビーム幅が約90°、交差偏波レベル-20dB以下の良好な指向性能が得られている。

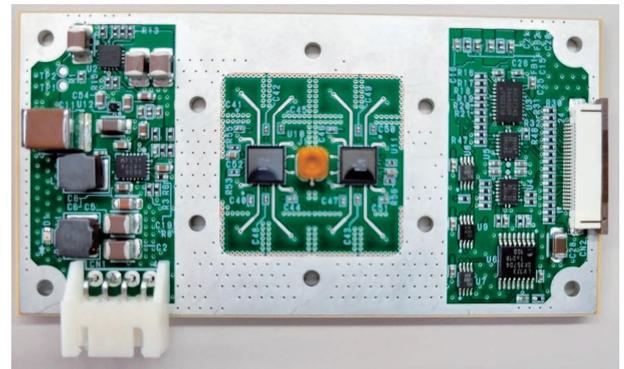
#### 4. 28GHz 帯 BFA システム

本章では、当社で開発した28GHz帯BFAの実機について述べる。装置に求められる電氣的・機械的性能に応じて、アレーアンテナの素子数や接続するBFICの性能を設定する<sup>(8)</sup>。写真2に28GHz帯BFAシステムの試作外観を示す。本機は中継装置などの小形システムに適した、4×4=16素子の小規模BFAモジュールとする。

図6に、16素子BFAモジュールの場合の、放射特性(送受信特性)を示す。本稿では7通り(C1~C7)の励振位相条件を用いて送受信特性を評価する。送信EIRPは最大+38dBmを目標に設計されている。送信・受信特性で、同等の放射特性を得ており、ビ-

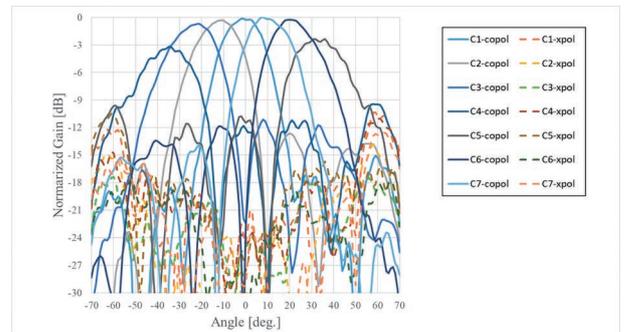


(a) アンテナ実装面

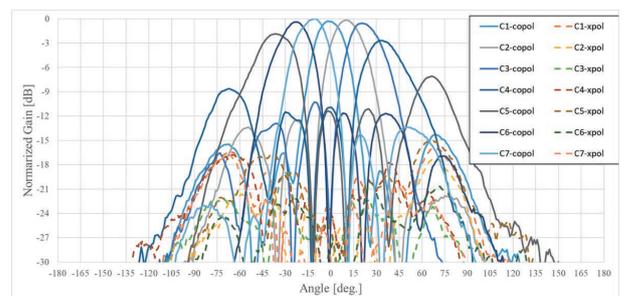


(b) BFIC実装面

写真2 28GHz 帯ビームフォーミングアンテナの試作外観



(a) 送信特性



(b) 受信特性

図6 28GHzにおけるBFAの送受信特性

ムフォーミングによる 3dB ビーム走査幅は約 80° と算出される。

## 5. む す び

28GHz 帯 BFA に適する広帯域特性を有する、偏波共用ダイポールアンテナを開発した。本アンテナは、国内 5G のミリ波帯域(27GHz~29.5GHz)において、良好な VSWR および指向特性を有している。同一多層基板上でダイポールアンテナと BFIC を実装した BFA システムを開発した。送受信特性ともに良好なビームフォーミング性能を得た。

## 参 考 文 献

- (1) 3GPP, "Study on New Radio Access Technology Physical layer aspects," 3GPP TR 38.802, Sept., 2017.
- (2) L. Jihao, "Antenna on board package for 5G millimeter wave phased array antenna," 2020 21th ICEPT, Aug. 2020.
- (3) X. Gu, D. Liu, C. Baks, O. Tageman, B. Sadhu, J. Hallin, L. Rexberg, and A. Valdes-Garcia, "A Multilayer Organic Package with 64 Dual-Polarized Antennas for 28 GHz 5G Communication," 2017 IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS), pp. 1899-1901, June. 2017.  
DOI:10.1109/MWSYM.2017.8059029
- (4) 長敬三, 山口良, 蔣恵玲, "次世代移動通信システム実現に向けた基地局・端末アンテナ技術," 信学論 (B), Vol.91-B, No.9, pp.886-900, 2008 年 9 月。
- (5) 佐藤啓介, 向井友則, 小倉大岳, 天川英二, "偏波ダイバーシチアンテナ," 特開 2011-244244, 2011 年 12 月。
- (6) 佐藤啓介, 三浦進, "28GHz 帯ビームフォーミングアンテナシステムの放射特性測定," AMT 研 -(6), 2023 年 6 月。
- (7) CST Computer Simulation Technology GmbH, Microwave Studio Darmstadt, Germany Accessed: May. 2023. [Online]. Available: <https://www.cst.com>.
- (8) 高橋徹, "フェーズドアレーアンテナの理論と実際," アンテナ・伝搬における設計・解析手法ワークショップ(第 65 回), 2021 年 3 月。

Copyright © IEICE 2023

佐藤啓介, "移動通信向けミリ波帯ビームフォーミングアンテナシステム," MWE2023, ワークショップ TH4B, 2023 年 11 月。

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆



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  
移動通信用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



三浦 進

平成 28 年入社

R&D 統括センター ワイヤレス研究所  
無線機器の開発に従事

# 反射角度を再構成可能な パッシブ型メタサーフェス

白澤 嘉樹\* 佐々木隆吉\* 佐々木克守\*  
佐藤 啓介\* 大島 一郎\*

## Passive Metasurface with Reconfigurable Reflection Angle

*Yoshiki Shirasawa, Takayoshi Sasaki, Katsumori Sasaki,  
Keisuke Sato and Ichiro Oshima*

メタサーフェス (MTS) 反射板は反射波の方向やビーム幅を自由に設計可能である。当社では MTS 反射板を用いたエリア改善の柔軟性向上と低コスト化を目的として、28GHz 帯向けに電源を必要としないパッシブ型 MTS 反射板を提案する。

本論文では、MT 反射板への入射角度を維持しながら、水平方向の反射角度を変化させる手法と電磁界解析の結果を紹介する。提案する MTS 反射板は、回折格子周期となるセル 1 周期あたり 6 つのユニットセルで構成され、垂直方向に配列されている。誘電体基板を用いた反射板であり、ユニットセル数は垂直方向と水平方向にそれぞれ 36 個配列されている。水平方向の反射角可変を実現する為に MTS 反射板を短冊状に分割し、各短冊状の MTS 反射板を垂直方向に固定量分だけスライドさせる。スライドさせることで各短冊状の MTS 反射板の隣接する素子の位置が機械的に変化し、水平方向に対して反射位相の変化を生み出している。電磁界解析による解析を行った結果、隣接する短冊状の MTS 反射板のスライド距離の差を最大 12mm とした場合に、 $\pm 11.2^\circ$  の反射角可変を実現できることを確認している。通常のパッシブ型の MTS 反射板では入射角度を維持する場合、反射角度は固定されるため、エリア改善の柔軟性向上と低コスト化が期待できる。

本論文は、2023 年 3 月に開催された電子情報通信学会総合大会にて報告した「反射角度を再構成可能なパッシブ型メタサーフェスに関する検討」を加筆・転載したものである (copyright©2023 by IEICE)。

Metasurface (MTS) reflector allows a free design of the direction and beam width of reflected waves. A passive MTS reflector that does not require a power source for the 28 GHz band is proposed for the purpose of improving flexibility and lowering costs for area improvement by using MTS reflectors.

This paper introduces a method to change the horizontal reflection angle while maintaining the incident angle to the MTS reflector, and results of electromagnetic field analysis. The proposed MTS reflector consists of six unitcells per cell period, which is the period of the diffraction grating, and is arranged in the vertical direction. This is a reflector using a dielectric substrate, and 36 unitcells are arranged vertically and horizontally. To change the reflection angle in the horizontal direction, the MTS reflector is divided into strips, and each strip of MTS reflector is slid vertically by a fixed amount. By sliding it, the positions of adjacent elements of each strip-shaped MTS reflector mechanically change and a change in the reflection phase in the horizontal direction is created. As a result of electromagnetic field analysis, we confirmed that it is possible to achieve a reflection angle variation of  $\pm 11.2$  degrees when the slide distance difference between adjacent strip-shaped MTS reflectors is set to 12 mm at most. With a normal passive MTS reflector, the reflection angle is fixed when

\* R&D 統括センター ワイヤレス研究所

maintaining the incident angle, so it can be expected to improve flexibility in area improvement and reduce costs.

This paper is a revised and reprinted version of the "Study on passive metasurface that can reconfigure the reflection angle" reported at the IEICE General Conference held in March 2023 (copyright © 2023 by IEICE).

## 1. はじめに

第6世代移動通信(6G)で電波の反射や透過を制御してエリア形成を可能とする RIS (Reconfigurable Intelligent Surface) が着目されている<sup>(1)</sup>。著者らは、エリア改善の柔軟性向上と低コスト化を目的として、ミリ波帯における反射角度を半導体等のアクティブ素子を用いずに可変するパッシブ型可変メタサーフェス(MTS)の開発に取り組んでいる<sup>(2)(3)</sup>。本稿では、MTSを短冊状に分割して、各短冊をスライドさせることで反射角度可変を実現する。

## 2. メタサーフェスの反射角可変

図1に想定するユースケースを示す。ミリ波帯の無線通信は、高速で大容量な通信ができる反面、直進性が高く伝搬損失が大きいいため、基地局から(Non-Line of Sight) NLOSとなる場所は不感地帯となる。パッシブ型の MTS による異常反射を利用した方法<sup>(2)-(4)</sup>が多く提案されている。しかし、MTS の設計入射角・反射角以外における動作は回折格子周期の理論<sup>(2)-(4)</sup>に基づき変動し、不感地帯の全てをカバーすることは困難である。不感地帯をカバーする場合、反射角が異なる MTS の設計が必要となり、コストの増大につながる。

本稿では、パッシブ型 MTS の入射角を維持して、

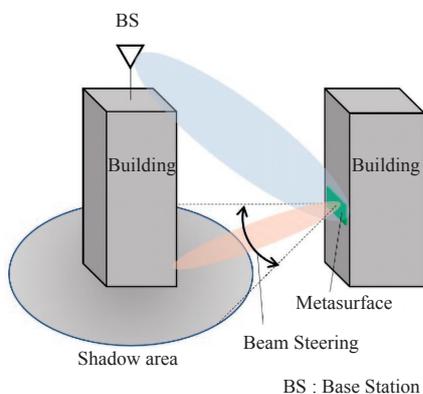


図1 MTSによる不感地帯の改善

水平方向の反射角を変化させる手法を提案する。解析は CST STUDIO SUITE<sup>(5)</sup>を用いる。図2に設計した MTS の基本構造と短冊状にスライドした場合の構造を示す。設計周波数は 28GHz で、FR-4 誘電体積層基板を使用し、大きさは 187.56×187.56mm<sup>2</sup>とした。

MTS の基本設計として、回折格子周期を生成するために1周期当たりのセル数とセルの大きさを決定する方法が紹介されている<sup>(6)(7)</sup>。回折格子周期あたりの最小セル数  $N$  及び回折格子周期  $D$  はそれぞれ式(1), (2)で計算できる。

$$N = 1 + \left\lfloor \frac{(1 - \sin \theta_i)}{|\sin \theta_r - \sin \theta_i|} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{(1 + \sin \theta_i)}{|\sin \theta_r - \sin \theta_i|} \right\rfloor \quad (1)$$

$$D = \frac{m\lambda_0}{(\sin \theta_{rm} - \sin \theta_i)} \quad (2)$$

$\theta_i$ ,  $\theta_r$  はそれぞれ MTS の入射角と反射角を表し、 $\lambda_0$  は自由空間内の設計周波数の波長、 $m$  は回折モード次数を表す。図3に MTS の垂直方向のスライドについて示す。 $\theta_{i,EL}$ ,  $\theta_{i,AZ}$  はそれぞれ MTS の垂直方向と水平方向の入射角、 $\theta_{r,EL}$ ,  $\theta_{r,AZ}$  はそれぞれ MTS の垂直方向と水平方向の反射角を表す。入射角と反射角はそれぞれ  $\theta_{i,EL} = 20^\circ$ ,  $\theta_{i,AZ} = 0^\circ$ ,  $\theta_{r,EL} = \theta_{r,AZ} = 0^\circ$  とした。

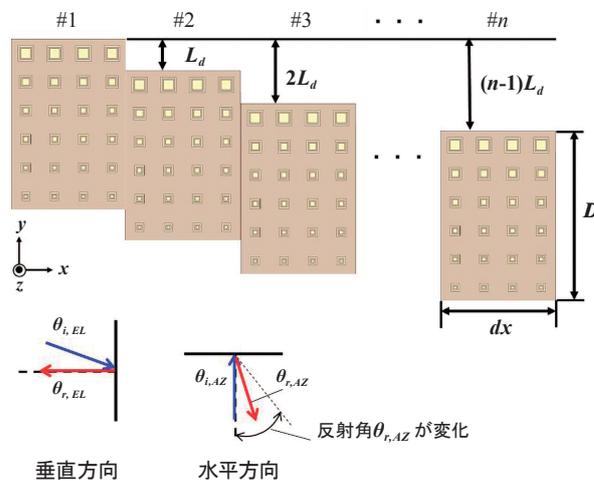


図2 設計した MTS と短冊状 MTS のスライド時の外観

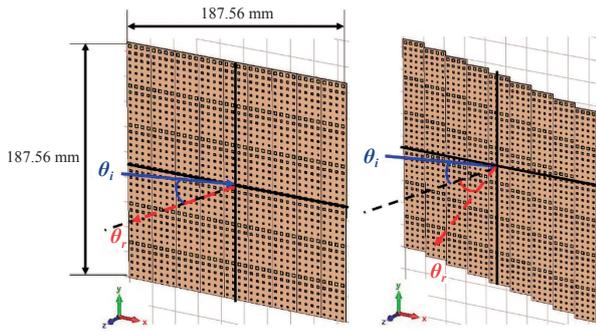


図3 短冊状 MTS の垂直方向スライド量(-y 方向)

図2や図3に示すように、MTSの回折格子周期は垂直方向に並んでいるため、式(1)及び(2)は垂直方向のパラメータに沿って計算され、 $D \approx 31.26\text{mm}$ 、 $N = 6$ となる。MTSの素子4列を1ユニットとして短冊状に分割し、 $n$ 番目の短冊状 MTS の垂直方向( $\pm y$ 方向)のスライド距離が $(n-1)L_d$ になるようにスライドさせる。 $L_d$ は隣接する各 MTS のスライド量(固定値)の差分を表す。MTSの分割数は $n = 9$ とした。スライドさせることにより、水平方向に対して反射位相の変化が生み出され、反射角 $\theta_{r,AZ}$ を変化させることが可能となる。スライドさせる量については、MTSの開口面形状による反射パターンへの影響を最小限にするために、 $n$ 番目の短冊について $(n-1)L_d \leq D$ とした。MTSのスーパーセルは回折格子周期 $D$ ごとに位相周期 $2\pi$ の繰り返しになり、あるスライド距離 $d$ の位相 $p_d$ において、 $p_d = p_{d+D}$ となるためである。

文献(8)では、反射角と入射角の関係が位相の勾配で表され、水平方向について以下の式(3)で計算できる。

$$k(\sin \theta_{i,AZ} - \sin \theta_{r,AZ}) = \frac{d\Phi}{dx} \quad (3)$$

$k$ は位相定数、 $d\Phi$ はユニット間の位相変化量、 $dx$ は1ユニットの $x$ 方向の長さを表し、 $dx = 20.84\text{mm}$ である。スライド量に対するユニット間の位相変化量 $d\Phi$ は、 $d\Phi$ (deg.) =  $360 \times (L_d/D)$ で計算でき、式(3)を $\theta_{r,AZ}$ について解くことで反射角度を求めることができる。

### 3. 電磁界解析結果

表1に $L_d = 4\text{mm}$ 、 $8\text{mm}$ 、 $12\text{mm}$ の場合のスライ

表1 反射角度の計算値と解析値の比較

スライド方向	反射角度 $\theta_{r,AZ}$ [deg.]			
	$L_{d,+y}$		$L_{d,-y}$	
スライド量の差分 $L_d$	計算値	解析値	計算値	解析値
4 mm	3.7	3.7	-3.7	-3.7
8 mm	7.5	7.4	-7.5	-7.3
12 mm	11.3	11.2	-11.3	-11.2

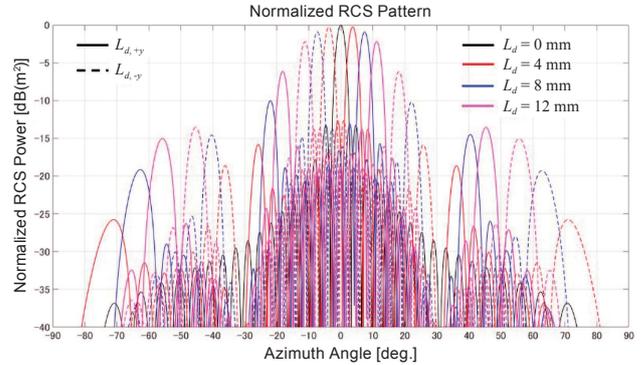


図4 電磁界解析による反射特性

ド量に対する反射角度方向を示す。計算値は式(3)より求めた。計算値と解析値を比較すると反射角度がほぼ一致していることが分かる。スライド量を増やすほど主ビーム反射方向が Azimuth = 0° 方向から変化して角度が深くなっていることが分かる。 $y$ 方向の向きに関わらず、短冊間における位相変化量は同じになるため Azimuth = 0° 方向を対称に反射角度が同じ量だけ変化している。

図4に電磁界解析による正規化した RCS (Rader Cross Section) パターンを示す。波源は平面波とし、 $L_{d,+y}$ 、 $L_{d,-y}$ はそれぞれ図3における $+y$ 方向と $-y$ 方向へのスライド量を表す。反射角度が深くなるほど所望方向以外の反射強度が高くなっている。これは、回折格子周期による所望以外の回折モードが現れているためである。反射特性の結果から垂直方向のスライド量に応じて反射角度の変化量を制御できることが確認できる。

### 4. むすび

パッシブ型 MTS において入射角を維持しつつ水平方向の反射角度を可変させる方法、ならびに反射特性について述べた。MTSを短冊状に分割し、各 MTS を垂直方向にスライドさせて水平方向に対して反射位相の変化を生み出した。その結果、MTSの主ビームの水平方向の反射角度を変化させることを



## 技術紹介

マイクロ波 WPT 機器の  
開発に向けた取り組み

関野 昇\* 佐藤 啓介\* 三浦 進\*

## Efforts Towards Developing Microwave WPT Equipment

Noboru Sekino, Keisuke Sato and Susumu Miura

マイクロ波を使用した電力送電(以下、WPT<sup>\*1</sup>)である空間伝送型 WPT システムについて、注目が集まっている。本稿では、当社が行っている空間伝送型 WPT システムの実用化に向けての取組や開発状況等について紹介する。

Space transmission type Wireless Power Transmission (WPT) systems, which use microwaves to transmit power, are attracting attention. In this article, we introduce our efforts and development status towards the practical realization of a space transmission type WPT system.

## 1. はじめに

マイクロ波を使用した WPT とは、電気的接触なしに他の場所に電力を伝送する WPT のうち、電波により数メートル程度の距離を有線で接続することなく電力を伝送するものであり、日本国内では「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム」とした無線局での実用化がなされたものである。

空間伝送型 WPT システムは、送電距離を長くできる反面、空間損失等により受電可能な電力は低くなる傾向がある。しかし、受電機器の設置の制限がなく、電気配線の必要性や製造工場でのライン変更による電源線の敷設変更などが不要となるメリットがある。併せてこのメリットを活かした利用方法として、近年の IoT<sup>\*2</sup> 社会を支えるセンサ機器への給電として、工場内で利用されるネットワーク向けセンサ機器、BEMS<sup>\*3</sup> などで空調管理するための環境センサなどへの給電利用が見込まれている。また、今後の利用範囲の拡大に向けた取組みとして、携帯端末やポータブル機器への充電を可能とする電力利用に向けての技術開発や制度化に向けての検討も進められている(図 1)。

本稿では、空間伝送型 WPT システムについて、現在の制度化と今後の制度化に向けた概要や、空間伝

図 1 空間伝送型 WPT システムへの期待<sup>(1)</sup>

送型 WPT 機器の開発状況など、当社が行っている取り組みについて紹介する。

## 2. 空間伝送型 WPT システムの制度化について

空間伝送型 WPT システムは、実験局での試験などは行われてきたが、長らく電波法上の区分が規定されていなかった。しかし、センサネットワークを活用したシステムの普及・拡大が進んでいる中、これらへ給電し、配線レスによる設置自由度の向上、電池交換不要になることなど、導入を希望する声の高まりから、2018年8月の「電波有効利用成長戦略

\*1 WPT : Wireless Power Transfer

\*2 IoT : Internet of Things

\*3 BEMS : Building Energy Management System

\* R&amp;D 統括センター ワイヤレス研究所

懇談会」の報告書<sup>(2)</sup>において、2030年代に実現すべき7つの次世代ワイヤレス技術の1つとして空間伝送型 WPT システムの実用化が挙げられ、その中で無線設備として規律していくことが適当との考え方が示された。

2018年12月に総務省情報通信審議会情報技術分科会にて諮問2043号「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件」により、情報通信技術分科会陸上無線通信委員会の下に、「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班」(以下、作業班)が設置され、無線局として空間伝送型 WPT システムの技術的条件についての調査・検討が開始された。

作業班では、3つの周波数帯(920MHz帯、2.4GHz帯、5.7GHz帯)を対象に検討され、屋内での限定された使用方法として、「WPT 屋内設置環境」を定義した(図2)。また、一部の無線システムへの干渉対策として、「運用調整」を前提とした調整を行うことで、共用可能とする運用条件も明記された。ただし、運用調整の具体的な方法については今後の議論を踏まえて行うとした留意事項の報告として、技術的条件の答申がなされている。

答申後、「空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの運用調整に関する検討会」として総務省内で空間伝送型 WPT システムの運用調整に関する基本的なあり方について、運用調整の具体的な方法などが整理、検討された後、2022年8月に晴れて「無線電力

伝送用構内無線局」として制度化され、検討開始から4年の議論を経て、屋内限定の構内無線局として、正式に利用が可能となった。

空間伝送型 WPT システムが使用できる環境とした「WPT 屋内設置環境」の定義を表1に示す。2.4GHz帯及び5.7GHz帯での利用については WPT 管理環境でのみ使用可能となり、最初の制度では限定的な利用になった。ただし、この制度化による技術的条件等をステップ1とし、屋外利用や大電力化など利用範囲の拡大したものをステップ2として、技術や研究の進展、商用化の時期や実用化の取組状況等を踏まえての検討事項とされている。

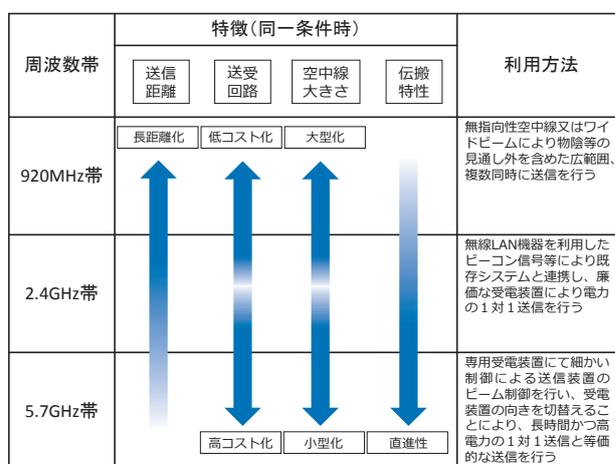


図2 利用周波数における特徴と利用方法<sup>(1)</sup>

表1 WPT 屋内設置環境の定義

	WPT 管理環境	WPT 一般環境
免許条件等	構内無線局	構内無線局
WPT の利用周波数帯	920MHz帯、2.4GHz帯、5.7GHz帯	920MHz帯
有人か無人か	無人 (無人と記載しているが、電波防護指針で定義される管理環境に対応する人は存在する可能性がある)	無人もしくは有人 (有人の意味は、電波防護指針で定義される一般環境を適用すべき一般人が存在するという意味)
環境の定義	<p>【WPT 管理環境】の定義 下記のa～dを全て満たす環境</p> <p>a. 屋内(※)、閉空間であること。</p> <p>b. 電波防護指針における管理環境の指針値を満足するものとする。 (電波防護指針における管理環境の指針値を超える範囲に人が立ち入った際には送電を停止することとする。)</p> <p>c. 屋内の管理環境に設置される空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの運用が、他の無線システム等に与える環境を回避・軽減するため、本システムの設置者、運用者、免許人等が、一元的に無線システムの利用、端末設置状況を管理できること。</p> <p>d. 当該屋内に隣接する空間(隣接室内、上下階等)においても他の無線システムとの共用条件を満たすか、当該屋内と同一の管理者により一元的に管理できること。 【2.4GHz帯、5.7GHz帯】 ※窓を含めた【WPT 屋内設置環境】の周囲にある壁損失が干渉検討に使用する壁損失以上を担保し、他の無線システム等への干渉を低減できる環境</p>	<p>【WPT 一般環境】の定義 左欄のa～dのどれかを満たさない環境</p> <p>WPT 一般環境においては、電波防護指針の一般環境の指針値を満たすものとする。</p>

また、運用調整では、運用調整の在り方を踏まえた調整団体としてワイヤレス電力伝送運用調整協議会(以下、JWPT<sup>\*4</sup>)が設立され、構内無線局として無線局免許を受けるにあたっての事前審査と運用調整支援を受ける事が可能となっており、JWPTのwebサイトを確認すれば、事前の調整支援やすでに運用が始まっている無線局のすべての情報を把握できるサービスも始まっている。

ステップ2へ向けた取り組みは、ブロードバンドワイヤレスフォーラム(以下、BWF<sup>\*5</sup>)を中心に検討が進められており、設置環境の細分化による使用環境の再定義、利用場所の拡大、新たな利用周波数として24GHz帯の追加などについて、技術面での検討や干渉先無線システムとの干渉評価など事前検討が開始されている。この検討には、後節の委託研究による検討結果、測定方法や干渉の実証評価など、技術研究にて取得したデータやその解析結果を活用して進められており、2025年度での制度化を目指して進めている。

### 3. SIP<sup>\*6</sup>委託研究での取り組み

SIP委託研究とは、内閣府の科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクト事業であり、SIP第2期として2018年から2022年の5年で実施された空間伝送型WPTシステムは、「IoE<sup>\*7</sup>社会のエネルギーシステム」<sup>(3)</sup>とした技術課題の中のテーマである。研究では、空間伝送型WPTシステムの開発として、3種類のテーマを主として、それらを補完する要素技術として6テーマについて、8つの企業と大学により実施された(図3)。

SIP研究開発のテーマは「センサネットワークおよびモバイル機器へのWPTシステム」として、2つの方式(分散アンテナ協調ビーム制御方式と高度ビームフォーミング方式)について3つのシステムで研究が行われた。

分散アンテナ協調ビーム制御方式は、920MHz帯にて多数の低出力な送電装置を配置して受電位置での位相合成により最大電力を得る方式である。この

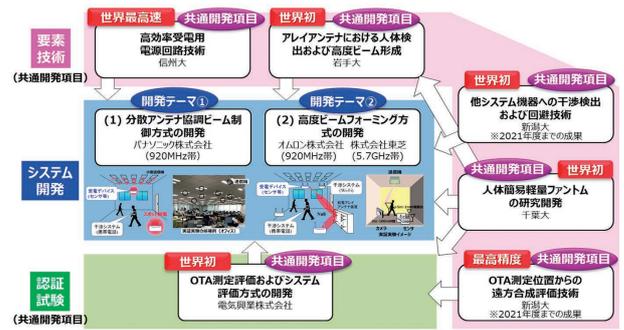


図3 SIP研究実施体制<sup>(3)</sup>

方式では送電装置が低出力であることから人体暴露影響も限定的としたものとなっている。一方の高度ビームフォーミング方式では、920MHz帯と5.7GHz帯を利用した2つのシステムにて実施し、920MHz帯では人が持つタグにより送電電力を人体暴露の許容値以下とするシステム、5.7GHz帯では反射波により検出した人体方向に指向性によるヌルを形成して許容値以下とすることで、有人環境下でも送電を可能とするシステムの開発を実施した。

当社は「OTA<sup>\*8</sup>測定評価およびシステム評価方式の開発」をテーマとした要素技術開発を実施し、OTA評価による無線特性評価と人体暴露の回避時の特性評価を可能とした評価方法について開発した。また、OTA評価を前提としたのは、ビームフォーミング方式などでは、空中線接続にコネクタを使用しない製造方法での送電装置が前提となること、空間伝送型WPTシステムでは、高いEIRP<sup>\*9</sup>で送電するが、人体暴露を回避できる低い電力までを容易に測定する必要があるためである。

実際のOTA評価では、送電装置から放射された電波の測定範囲は、+40dBmから-80dBmまで行う必要があり、併せて、小型・簡易な装置で評価できる測定装置を開発した。

OTA評価システムの構成を図4に示す。受信した電波は、RF回路を経由して、スペクトラムアナライザにて受信して測定する。RF回路は入力した電力に合わせて、RF回路の通過回路の一部を切り替え、スペクトラムアナライザの値を補正することで、広範囲での電力測定を可能としている。また、送電装置付近に設置した基準空中線からの入力と比較することで、相対位相の測定も可能としている。測定する

\*4 JWPT: Japan Coordinating Council for Wireless Power Transfer <https://jwpt.jp/>

\*5 BWF: Broadband Wireless Forum

\*6 SIP: Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

\*7 IoE: Internet of Energy

\*8 OTA: Over the Air

\*9 EIRP: Equivalent Isotropic Radiation Power: 等価等方放射電力

周波数では、スペクトラムアナライザへの出力周波数を 920MHz 帯として行い、920MHz 帯以上を測定する場合には測定周波数変換ユニットを使用して、スペクトラムアナライザへの周波数を 920MHz 帯とすることで異なる周波数帯の測定を可能としている。測定環境としては、送受信空中線の距離を 0.8m 程度、内部に電波吸収体を設置した 2m 四方の小型簡易暗室での評価を可能としている。また、評価については、920MHz 帯では、遠方界測定としてスペクトラムアナライザの値を、920MHz 帯より高い周波数帯では、測定結果を計算にて遠方界データへ変換した値で評価している。

OTA による測定精度評価では、遠方界測定となる 920MHz 帯では、EIRP 測定にて  $\pm 1.5\text{dB}$ 、TRP 測定にて  $\pm 2.0\text{dB}$  以下の誤差範囲での測定を可能とした。また、近傍界測定となる 5.7GHz 帯では EIRP 評価にて  $\pm 2\text{dB}$ 、TRP 測定にて  $\pm 5.0\text{dB}$  以下の誤差範囲で評価を可能としている。また、指向特性の取得についても一般的な遠方界測定結果と比較的相似したものが取得できている (図 5)。

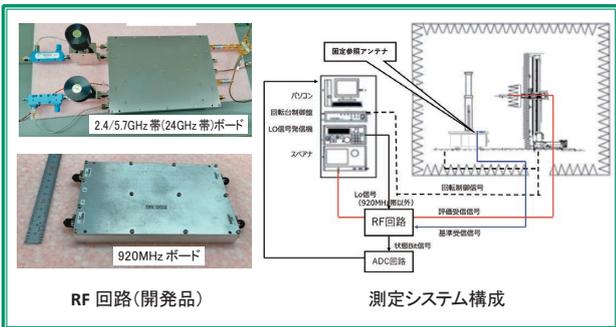


図 4 OTA 評価システム概要構成

OTA 装置の検証試験では当初、システム開発した機器を使用して評価する予定であったが、コロナ禍により人や機材の往来が厳しく制限されたことで、難しい状況となった。そのため、当社にて 5.7GHz 帯の送電装置を試作し、これを用いた実証試験をおこなった。5.7GHz 帯の送電装置の外観を図 6、装置構成を図 7 に示す。送電装置は 2 素子をサブアレー化した 32 素子でのビームフォーミング装置とし、ス

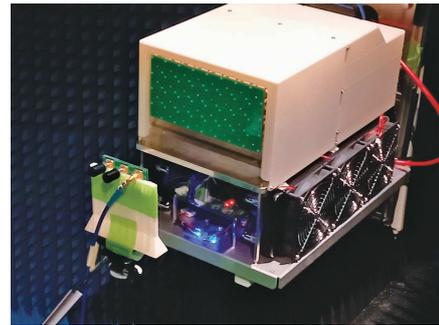


図 6 32 素子ビームフォーミング装置

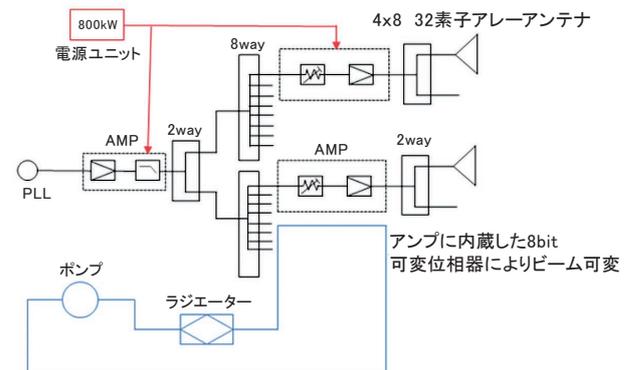
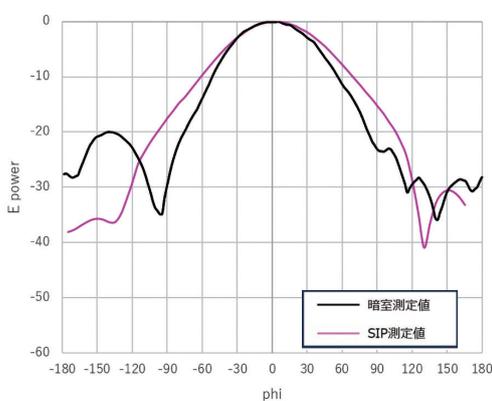
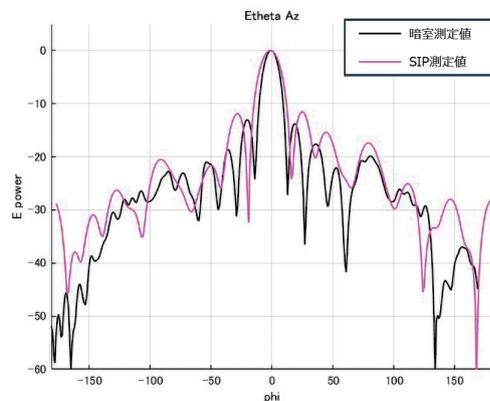


図 7 32 素子ビームフォーミング装置構成



(a) 920MHz 帯指向性比較



(b) 5.7GHz 帯指向性比較

図 5 OTA 測定による指向特性

トップ1での仕様に近い空中線電力約90W, EIRP 70dBmの送電装置を試作した。また、空中線に接続する終段アンプでは50Wクラスを使用したものとなり、アンプの熱対策としては水冷方式を採用し、アンプ表層での温度上昇は5度程度と安定した送電を可能としている。

#### 4. 総務省委託研究での取り組み

総務省の電波資源拡大のための研究開発として、2022年度より「空間伝送型ワイヤレス電力伝送の干渉抑制・高度化技術に関する研究開発」が4年間で実施されている。研究開発では、11の企業、大学、研究機関が参加し、3つの課題解決へ向けての研究を実施しており、当社は代表研究機関として参画している(図8)。

3つの主要課題は以下のとおりであり、各課題での目標を達成と研究全体として、空間伝送型WPTシステム全体での利用効率を現行の10倍以上を目標として実施している。また、空間伝送型WPTシステム全体での利用効率とは、空間伝送型WPTシステムの時間当たりの給電量としている。

- ①技術課題ア 新たな高周波数帯を活用した電力伝送効率化技術

課題目標 準ミリ波帯における受電装置の動作必要電力について、7.5W程度を実現

- ②技術課題イ 空間環境に応じた多数デバイス給電制御技術

課題目標 給電時間割合について、現行の20%程度から80%への向上を実現

- ③技術課題ウ 共存性評価技術

課題目標 建物内外の電波強度および共用可能な要件(出力、離隔、時間等)を解析することが可能なシミュレーションシステムを実現

当社は、技術課題アのサブテーマ「WPTシステム構成設計と全体最適化」と「5G準ミリ波との共用化技術」の2つを実施している。また、技術課題アの新たな高周波数帯とは24GHz帯の周波数としている。

サブテーマ「WPTシステム構成設計と全体最適化」は、研究全体のとりまとめと各研究機関で行っている成果をステップ2の制度化に向けて取り組んでいるBWFと連携し、制度化に向けて技術的条件や検証方法等を提供する一方で、制度化に向けての課題や干渉システム側の条件等を研究機関にフィードバックを行い、研究のマイルストーンを示す活動を実施している。併せて、研究成果をJWPTなどと連

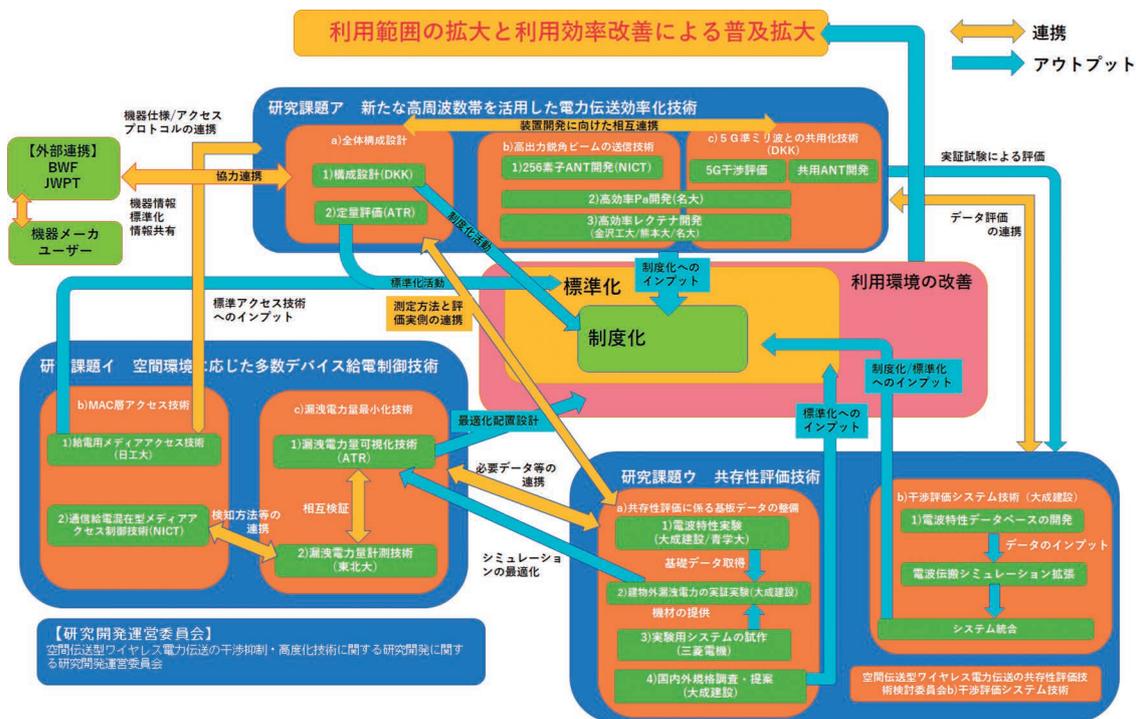


図8 総務省委託研究の研究機関連携



図9 5G/WPT 共用基地局イメージ

携した標準化への貢献として、ITU-R<sup>\*10</sup> や CISPR<sup>\*11</sup> などへ国際標準化に向けた情報提供なども実施している。

もう一方のサブテーマ「5G 準ミリ波との共用化技術」は、空間伝送型 WPT システムにおいて 24GHz 帯を使用し、5G 通信の 28GHz 帯と一つの装置として共用することで通信と送電を融合した装置開発を目的としている。周波数帯が比較的近く伝搬特性も同等であることから 5G 通信を行う機器に対して空間伝送型 WPT システムでの給電を行うユースケースを想定し、5G 通信時の干渉影響を制御し限定的と両立できる装置システムを目指している(図9)。

24GHz 帯は、空中線の大きさを小さくできることから 5.7GHz 帯などと比較し、同じ大きさで空中線利得を高くでき、高い EIRP が実現できる。一方で空間に放射された電波の減衰量は多くなるため、近距離における大電力給電に有効とされ、距離が遠くなると減衰が多くなることから他の無線システムへの干渉が軽減されることが期待できる。24GHz 帯を利用した空間伝送型 WPT システムの特性案を表2に示す。EIRP は 82.0dBm と 5.7GHz 帯の約 20 倍となるが、大きさは 5.7GHz 帯 64 素子ビームフォーミング空中線と同等で実現を可能としている。

5G との共用化では、24GHz 帯を使用した 1024 素子の空間伝送型 WPT 装置と 28GHz 帯 5G NR O-RAN 対応無線装置(以下、O-RU<sup>\*12</sup>)を一つの装置筐体に組み込んだ装置としている。28GHz 帯 O-RU は、当社が開発してきた 28GHz 帯の 5G 基地局の技

表2 24GHz 帯空間伝送型 WPT システムの特性案

項目	特性案
無線周波数帯	24.253MHz ~ 24.257MHz
中心周波数	24.255MHz (1cH)
変調方式	CW
空中線電力	合算値で 40W 以下
空中線利得	36dBi 以下 ただし、等価等方輻射電力が 82.0dBm 以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができる
空中線指向性	ビーム指向性を任意に形成・制御できること
空中線電力の許容偏差	上限 20%、下限 50%以内
受電装置からのビーコン信号	特定小電力設備等を使用した送信設備からの指示により、送信装置と同一周波数帯の電波を放射するものとする。 ただし、特定小電力無線設備等を使用した情報により、受電装置の位置を特定可能な装置については、この機能を有しないものとする。
人体検出機能	電波防護指針の指針値を超える範囲に人が立ち入ったことを検出し、送信を停止する、もしくはビーム制御する機能を有する
送信空中線	ビームフォーミングによる可変ビーム指向性空中線
設置環境	[WPT 管理環境] (閉空間・一般人有) [WPT 管理環境] (閉空間・一般人無)

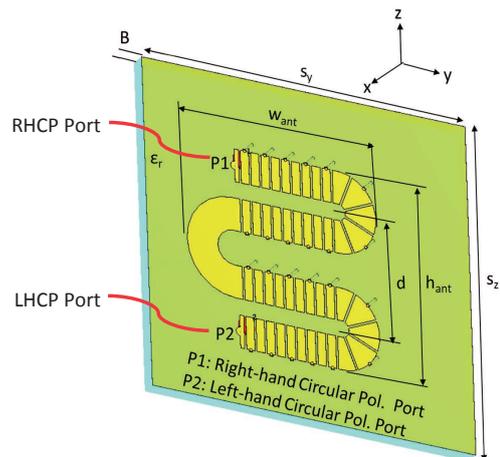


図10 円偏波共用メタラインアンテナ例(@2.65GHz)<sup>(4)</sup>

術に 24GHz 帯からの干渉抑圧効果を含めて再設計したものとなる。一方の空間伝送型 WPT システムは、空中線素子にメタマテリアル技術を応用した円偏波共用メタライン空中線<sup>(4)</sup>を用いて進めている(図10)。この円偏波共用メタライン空中線では、一方の偏波面入力では右旋(又は左旋)円偏波となり、2偏波面同時の入力では入力位相により、任意の傾きを持つ直線偏波とすることが可能なものである。また、ハイブリッド回路など給電等損失を含む周辺電回路を用いなくても円偏波を実現でき、低損失な給電にて、受電側の空中線形式や空中線の傾きに合

\*10 ITU-R : International Telecommunication Union-Radiocommunication Sector 国際電気通信連合 (ITU) 下部組織の無線通信部門

\*11 CISPR:Comite International Special des Perturbations Radioelectriques (フランス語)

\*12 O-RU : O-RAN Radio Unit

わせて、最適な偏波面とした(偏波面損失を抑えた)形で送電することが可能である。

### 5. 受電装置の取り組みについて

受電装置としては、整流素子の提供を受けての評価を主に5.7GHz帯32素子ビームフォーミング装置を使用して実施している。ビームフォーミングをしながらの評価試験では、動く鉄道模型に合わせて給電させることに成功している。この時の供給電力は、ビーム可変により鉄道模型にビームを向け続けることで0.7W程度を常時供給している。また、この時のビーム可変角度は±20度の範囲で行っている(図11)。

5.7GHz帯の送電装置を使用した基礎評価として、受電する空中線の利得を含まない空間電力を測定した例を図12に示す。6dBi程度の平面空中線を使用した場合には、送電装置から0.4mにて約8W、1mの位置にて2W程度のRF電力の供給は可能となるが、整流素子やDC変換器を経て、実際に供給出来る電力は、半分程度と想定している。また、0.4mより近づいても空間電力は頭打ちとなっている(図12の●)。これは空中線から近傍であるために空中線素子から放射された電波が同位相となっておらず、アレイ利得による効果が得られないためである。

京都大学は、近傍界領域での効率劣化の回避手法として、空中線近傍での受電装置等に対して素子位相を制御し、同相合成するフォーカスビームを提唱している。当社でも、図13に示す様な簡易的な位相制御にてフォーカスビームを構成し空間電力の測定を行っている(図12の■)。フォーカスビームを用いることで、0.2mでは5W、0.1mの位置で約10Wの空間電力が確認できた。金沢工業大学からご提供頂いたGaAs GAD(GaAs E-pHEMTのゲートとドレインを接続し構成)10W耐電力の整流素子<sup>(5)</sup>を使用したフォーカスビームでの給電試験では、距離0.1mに設置した受電空中線出力40dBmを整流した出力電力にて、約7.5Wを得ることに成功した。

今後の実用化に向けては、主には5.7GHz帯にて100mW~1W程度の電力供給を可能とする受電装置の開発を進め、電源供給する利用形態に合わせた空中線を提供する装置の製品化に取り組む予定である。また、24GHz帯では、総務省委託研究の課題目標となる受電装置の動作必要電力7.5W以上を実現した上で、これに対応する受電装置の開発を進める

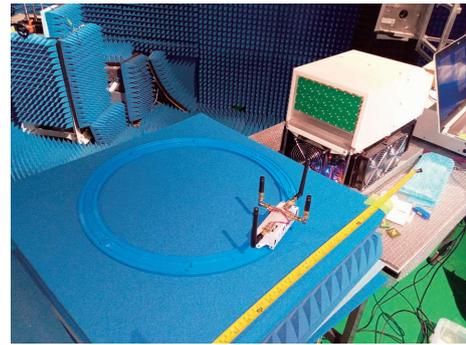


図11 鉄道模型への送電試験

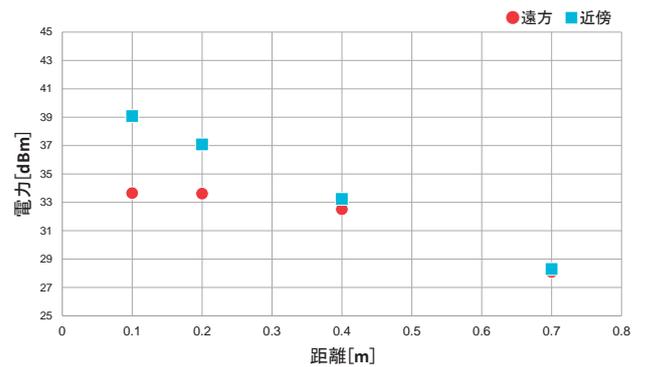


図12 5.7GHz帯での空間電力の測定例

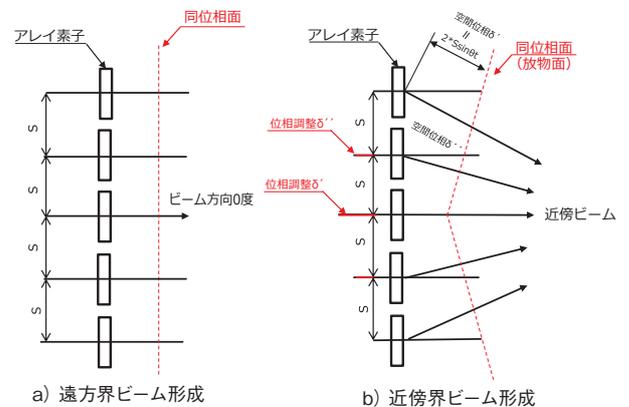


図13 アレイアンテナの近傍での指向性形成

予定である。

### 6. む す び

空間伝送型 WPT システムは、現在進行形で利用範囲や供給電力の拡大を目指したステップ2に向けて色々なことが進められている。また、国際標準化でも空間伝送型 WPT システムの利用周波数帯の勧告 (ITU-R Recommendation SM.2151-0) が成立するなど、より一層の利用が期待される分野である。今



## 技術紹介

# 多品種汎用エンジン用クランクシャフト 高周波焼入焼戻設備

藤巻 晴雄\*      岡田 邦裕\*  
 數家 啓太\*      小宮 誠\*\*

## Crankshaft Induction Hardening and Tempering Equipment for a Wide Variety of General-Purpose Engines

*Haruo Fujimaki, Knihiro Okada,  
Keita Kazuie and Makoto Komiya*

クランクシャフトの焼入焼戻設備は、クランクシャフトを回転させた際に加熱コイルの中心が、ワーク回転の軸芯であるジャーナル軸から偏芯した動きとなるピン軸に追従して加熱する追従式が主流である。汎用エンジン用クランクシャフト設備の場合には、焼入箇所は軸径と幅が小さいクランクシャフトが対象となるため、コイルの製作面、耐久性の面で課題があった。また、追従式では複雑な機構で機械動作も多くなるため、サイクルタイムの短縮が困難であり、設備が大型化する。これらの問題により、追従式は段替えが必要で多品種の加工をする汎用設備には不向きであった。

今回受注した多品種汎用エンジン用クランクシャフト高周波焼入焼戻設備では、これらの問題を解決するため、加熱コイルを上下に分割したクラムシェル型コイルを採用した。これにより、加熱コイルの形状が追従式よりシンプルになり、コイルの高効率化と高耐久性を実現した。クランクシャフトの搬送システムには、サイクルタイム短縮のため、単純な動作だが動作速度が速いガントリーローダーを採用し、高速搬送と段取自由化による生産性の高い設備を実現した。

本稿では、クラムシェル型コイルとガントリーローダーを組み合わせた新しいクランクシャフト焼入焼戻設備を紹介する。

The mainstream of crankshaft quenching and tempering equipment is the tracking type, where the center of the heating coil tracks the movement of the pin shaft when the crankshaft is rotated, and heats it. The pin shaft is eccentric to the journal axis, which is the axis of rotation of the workpiece. In the case of crankshaft equipment for general-purpose engines, the crankshafts to be hardened have small shaft diameters and widths at the parts to be hardened, which posed challenges in terms of coil manufacturing and durability. In addition, the tracking type requires a complex mechanism and many mechanical operations, making it difficult to shorten the cycle time and requiring larger equipment. Due to these problems, the tracking type required changeovers and was unsuitable for general-purpose equipment used to process a wide variety of products.

To solve these problems, the received order for induction hardening and tempering equipment for crankshafts for a wide variety of general-purpose engines uses a clamshell-type coil that divides the heating coil into upper and lower halves. This makes the shape of the heating coil simpler than the tracking type, and achieves high efficiency and durability of the coil. For the crankshaft transport system, a gantry loader with simple but fast operations is used to shorten cycle times, resulting in highly productive equipment with high speed transport and flexible setup.

This paper introduces a new crankshaft hardening and tempering system that combines a clamshell-type coil and a gantry loader.

\* 高周波統括部 設計部  
 \*\* 高周波統括部 開発部

## 1. クランクシャフトの焼入焼戻とは

クランクシャフト(以下ワーク)はエンジン内のピストンの往復運動をピン部で受け、軸の回転力に変換する部品であり、軸部には焼入れによる耐摩耗性向上が求められる(図1)。

クランクシャフトには様々な形状があり、それぞれの機種が加熱条件の異なる複数の焼入箇所を有している。各焼入箇所に適した加熱コイルと加熱条件を選定することによって熱処理品質を確保する。

## 2. クランクシャフト用加熱コイル

クランクシャフトは軸芯と加熱部位の軸中心が一致するジャーナル部、テーパ部、加熱部位の軸中心が軸芯と異なる(偏芯の)ピン部で構成される。ピン部の焼入・焼戻工程ではピン部の偏芯での回転運動に合わせて、加熱コイルが偏芯軸に追従する追従式(図2)で加工し、その場合の加熱コイルは銅パイプをU字に加工し、加熱部位軸の半周を覆う形状としている。そのため、焼入箇所の幅が狭く、加熱軸

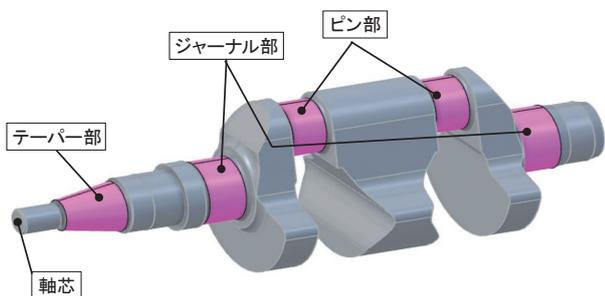


図1 クランクシャフトの焼入箇所

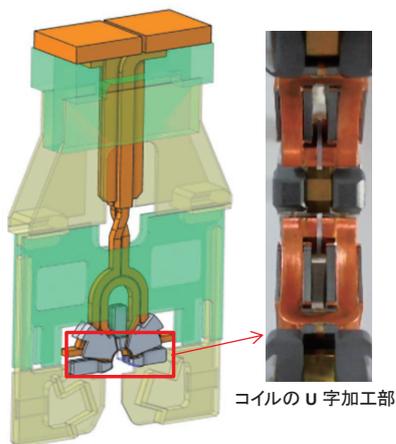


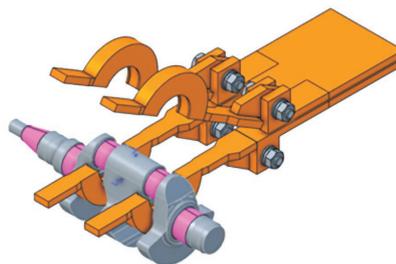
図2 追従式コイル

径が小さいワークの場合にはコイルの製作が難しくなり、加熱時の部位も半周分となるため加熱効率が低下する。また、一般的な焼入設備に比べて大型となる傾向にある。一方で、軸全周をリング状に覆うことができる上下分割の割り型コイル(図3)で焼入する設備もあるが、これまで当社では自動機の実績が無かった。

そこで、当社自動機で実績のあるクラムシェル方式(図4)を今回のクランクシャフト焼入設備に応用した。

クラムシェル型コイルは、上側のコイルと下側のコイルを2箇所の可撓性のあるコーペル板\*1で接続することでコイルを90度で開閉が可能とし、閉じた時には加工物全周をコイルで覆うことが可能な形状である。

クランクシャフト用クラムシェル型コイル(図5)はピン部とジャーナル部でリング状のコイルを形成



※当社では自動機の実績無し

図3 割り型コイル

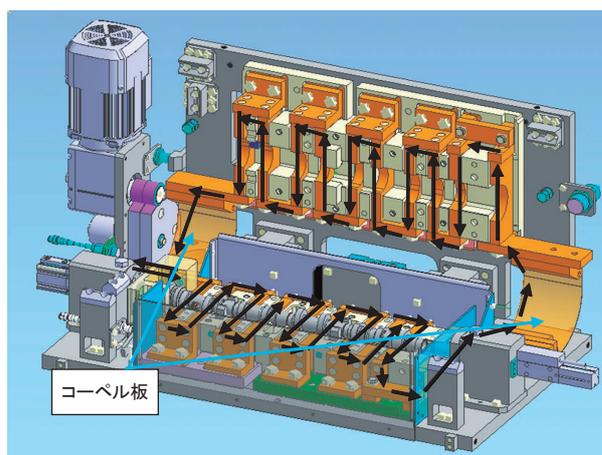


図4 クラムシェル型コイル

\*1 薄い銅条を必要数重ね合わせ、両端に端子部を設けたフレキシブルな給電用導体

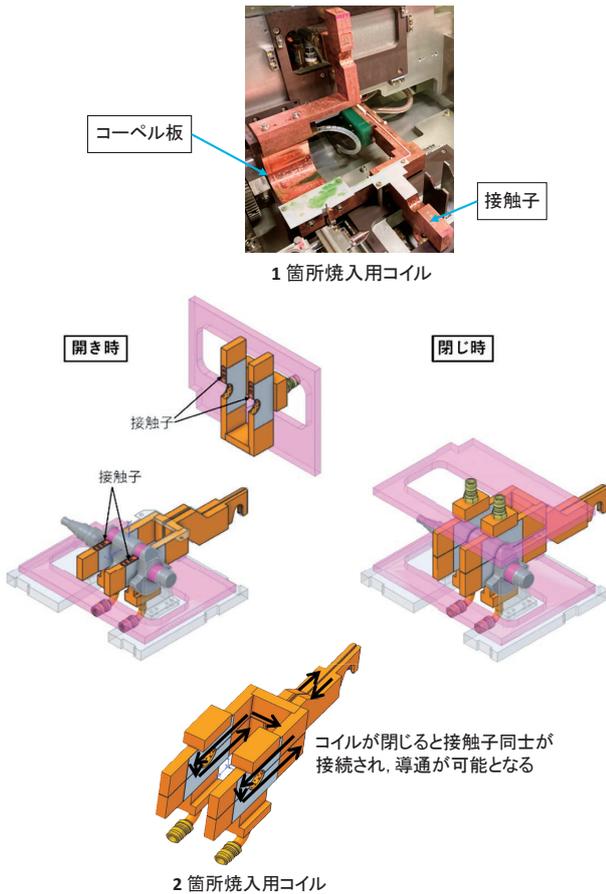


図5 クランクシャフト用クラムシェル型コイル

し、1箇所、または2箇所同時焼入れを行う。

コイル部は上リング、下リングを繋ぐ接触子を設置し、コイルが閉じた時に接触子同士が接続することで1回転のループ形状となり、1ターンの電流の導通経路が形成される。2箇所焼きコイルでは2対の接触子、1箇所焼きコイルでは1対の接触子とコーベル板を組み合わせてコイルを形成している。

### 3. クラムシェル型コイルのユニット化

クラムシェル型コイルは多品種に対応するための段替えが必要のため、ワークを支えるための仮受け台を含めた機械部品と一体となるユニット化を行った(図6)。このユニット化はコンパクトにすることで、頻繁に行われる段取り作業を容易に実施できることを考慮した設計としている。

ユニット上の仮受け台に置かれたワークを両側から設置されるセンターシャフトで固定し、ワークの回転は行わず、静止したまま加熱を行う。加熱が終わると、クラムシェル型コイルの上側コイル、下側コイルそれぞれの噴射孔より焼入水を噴出して焼入れ後の冷却を行う。冷却後、同じコイルにより再度加熱し、焼戻しを行う。ユニットを交換することで、多品種の焼入れ焼戻工程の対応が可能となる。

### 4. ワークの搬送システム

クラムシェル型コイルを使用した設備で、自動化のための搬送システム導入は初めての試みとなった。

従来の追従式ではコイルの下側でワークを受渡しする、ターンテーブル式やシャトル式の搬送システム(図7)を採用していたが、クラムシェル型コイルを用いる場合、搬送システムとコイルユニットの間でワークの受渡を行う中継ユニットが必要となることから、機械動作が増加するためサイクルタイムが長くなり、またメンテナンススペースも狭くなる。

この課題に対応するため、機内には2台のガントリローダー(図8)を並列に配置した。各ガントリローダーはステージごとに上下と左右の動作に

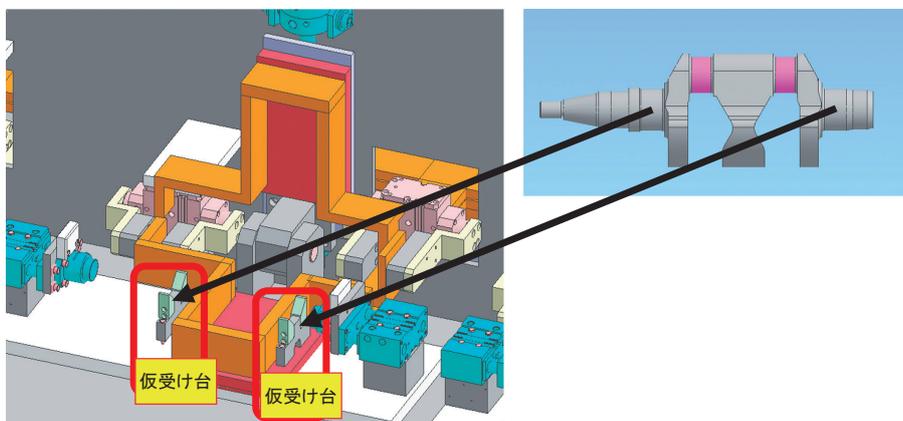


図6 クラムシェル型コイルのユニット化

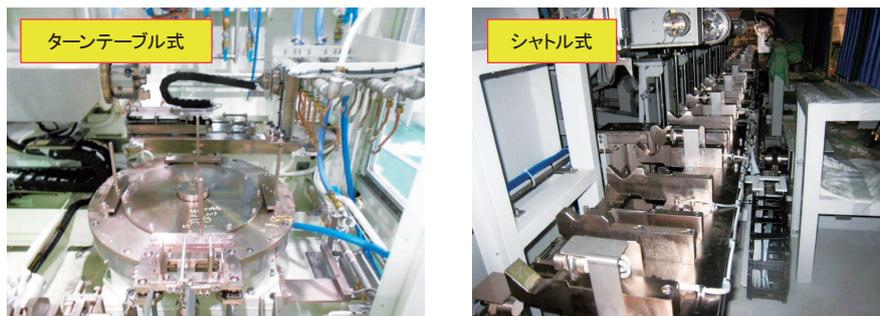


図7 従来の搬送システム(ターンテーブル方式とシャトル方式)

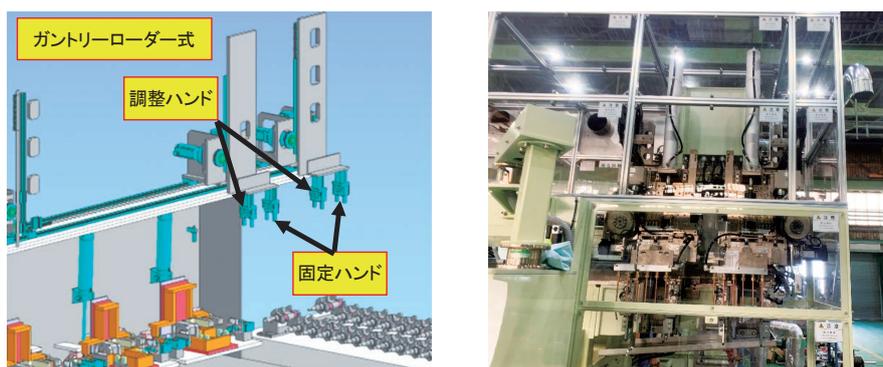


図8 ガントリーローダー搬送システム

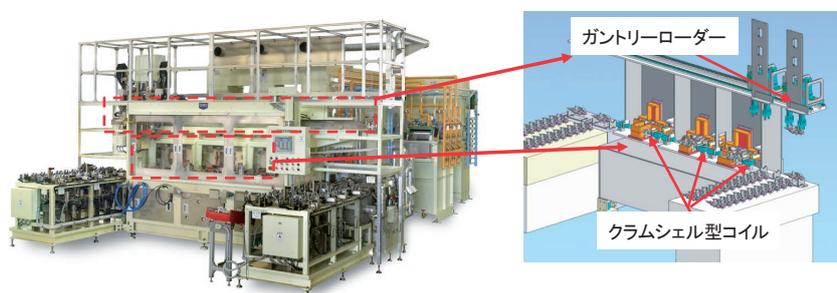


図9 設備外観, 及び, コイルとガントリーローダーの構造

よる位置決め機構(以下サーボモーター機構)を採用することで、操作盤で設定した任意の位置への動作を可能としている。

更に、各ガントリーローダーは、それぞれにワークを把持する2個のハンドを有し、一方のハンドは固定設置、他方のハンドにはハンド間の距離調整を行うためのサーボモーターを配置した可動設置とした。これにより、機種や搬送ステージによりワークを把持する位置を自動運転中に切替できる機構を実現した。

今回ガントリーローダーに用いるサーボモーターは、その性質上、当社実績設備のサーボモーターと比較して非常に高速(最大600mm/秒)に移動させて

いる。このため、移動開始時、減速停止時の振動が非常に大きくなることが予想されたが、これを抑制するため、実装テストを繰り返しパラメータの最適化を実施した。

これにより、多品種に対応する優れた汎用設備として、自動段取り化装置を実現することができた。

## 5. 完成した設備仕様

完成した設備(図9)における代表的な機種の客先仕様に対する、当設備の実現したサイクルタイムの実績値は以下となる(表1-1)。

段取り時間も客先仕様を満足するものとなっております。



## 製品紹介

鹿沼工場ローカル5Gシステム  
オープンラボの開設

藤田 正人\*      大島 一郎\*      向井 友則\*\*  
 藤沼 肇\*\*      藤沼 亮太\*\*      内澤 航平\*\*  
 齋藤 矯\*\*\*

## Opening of a Local 5G System Open Laboratory at Kanuma Factory

Masato Fujita, Ichiro Oshima, Tomonori Mukai,  
 Hajime Fujinuma, Ryota Fujinuma, Kohei Uchisawa and Isamu Saito

本紹介記事は、ローカル5Gシステムの開発・検証・拡販を目的として鹿沼工場に商用免許を取得して構築したローカル5Gシステムオープンラボの概要について記す。システムを構成する装置は、エアースパン・ジャパン株式会社(以下、Airspan社)提供のRU<sup>\*1</sup>/DU<sup>\*2</sup>/CU<sup>\*3</sup>が一体となったFull gNBタイプのRAN装置と、株式会社NTC(以下、NTC社)提供の5Gコアを採用している。RAN装置は屋内と屋外に1台ずつ設置して2つのセルを構築しており、ハンドオーバーの実演も可能である。ラボでは通信性能の実演が可能であり、Wi-Fiとの違いやローカル5Gの利点について紹介している。展示についてはローカル5Gシステムとアンテナの紹介に加えて、AIを使った部品検査や人流分析、人物検知などのアプリケーションのデモ展示を行っており、来客者に直接体感していただくことが可能な場としている。

This article introduces an overview of a local 5G system open laboratory built at the Kanuma Factory after obtaining a commercial license of the local 5G system for the purpose of developing, verifying, and expanding sales of local 5G systems. The local 5G system uses a Full gNB type RAN device that integrates RU<sup>\*1</sup>/DU<sup>\*2</sup>/CU<sup>\*3</sup> provided by Airspan Japan Co., Ltd. (hereinafter referred to as Airspan), and a 5G core provided by NTC Corporation (hereinafter referred to as NTC). Two RAN devices are installed, one indoors and one outdoors, to create two cells, and these can demonstrate handover. The open laboratory allows demonstrations of communication performance, and introduces the differences from Wi-Fi and the advantages of local 5G systems. In addition to the introductions of local 5G systems and antennas, the exhibition provides demonstrations of applications such as parts inspection, human flow analysis, and human detection using AI. The 5G open laboratory is a place where visitors can experience advantages of the local 5G systems firsthand.

## 1. はじめに

当社は、中期経営計画にて「新規事業の創出」を重点施策として掲げており、その施策の一つとしてローカル5Gを基軸としたあらゆる通信システムに付随したソリューションの提供による実現を目指している。

本稿では、そのソリューションを来客者に直接見て体感して多くの方と共創できる場として開設したローカル5Gオープンラボ(図1)の概要として、ローカル5Gシステム、エリア設計、展示デモ・アプリケーションについて紹介する。

\* R&D 統括センター ワイヤレス研究所  
 \*\* 機器統括部 通信技術部  
 \*\*\* 元電気興業

\*1 RU : Radio Unit  
 \*2 DU : Distributed Unit  
 \*3 CU : Central Unit



図1 ローカル5Gオープンラボ



図2 鹿沼工場敷地図(国土地理院地形図を加工して作成)

## 2. ロケーション

栃木県鹿沼市にある当社工場内に2基のローカル5G基地局を構築した。基地局装置は屋内と屋外に1台ずつ設置して2つのセルを構築している(図2)。

①屋内エリア：基地局を1号館の1階の屋内に設置し、主に1号館1階のローカル5Gオープンラボを中心としたエリアである

②屋外エリア：基地局を2号館の屋上に設置し、1号館の南側の屋外をエリアとしている

屋内エリアと屋外エリアは、一部において重なるように設計されており、ハンドオーバーの実演も可能である。

## 3. ローカル5Gシステム

当社で構築したローカル5Gのネットワーク・システム構成と使用している主な装置について紹介する。

### 3.1 ネットワーク・システム構成

図3に示すように、ローカル5Gのネットワークは3つの役割から構成される。

- ①端末(UE)
- ② Radio Access Network(RAN)

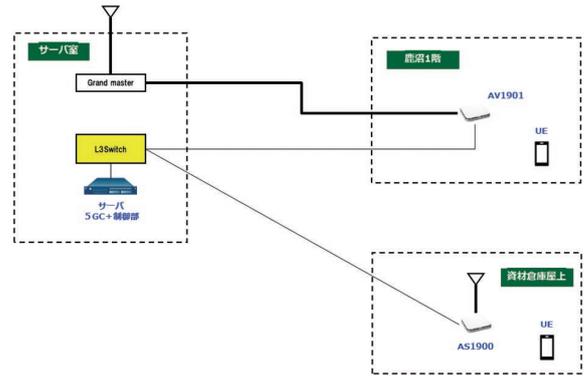


図3 システム構成図

アンテナや基地局などで構成する無線アクセスネットワーク

### ③ 5G コア

端末の認証, 通信経路の確立, データのやりとり等を司る

### 3.2 装置

ローカル5Gシステムを構成する主な装置について説明する。RAN部分はAirspan社提供のRU/DU/CUが一体となったFull gNBタイプの装置, 5Gコア部分はNTC社提供のソフトウェアで構築したサーバで構成している。

#### ① AV1901

RU/DU/CUのRAN機能を実装した屋内用の装置(図4)

#### ② AS1900

RU/DU/CUのRAN機能を実装した屋外用の装置(図5)



図4 AV1901



図5 AS1900



図6 19 インチサーバ

③ AiO 用サーバ

5G コアおよび AS1900 および AV1901 を制御するソフトウェアを実装した 19 インチサーバ (図 6)

4. エリア設計

基地局の設置前に行ったエリア設計と設置後の測定結果の一部について紹介する。

まず、免許申請にあたり、カバーエリア及び調整対象区域を算出する必要がある。受信電力を算出す

る際は定められた計算式(自由空間伝搬損失及び拡張秦式を基礎とするもの)を用い、地表高さやアンテナの指向性も考慮する。送信電力やアンテナの方向などを調整することでエリアの大きさを決定する。当社では、上記の計算式によるエリア検討だけでなく、敷地内の建物やその内部構造も含めてエリア計算を行っている。図 7 はレイトレーシング法を用いて受信電力を計算した結果を示している。屋内から屋外への電波の漏れ出しや、屋外から屋内への電波の侵入について確認することができる。

基地局設置後において、測定によるエリアの確認を行っている。測定においては、測定ルートを決め、エリアスキャナや 5G 端末を用いて測定ルートを歩行しながら受信電力やスループットなどの各測定値を取得する。図 8 に屋内基地局 AV1901 の SS-RSRP (基準信号受信電力) の計算結果と測定結果を示す。計算結果と測定結果は、ほぼ同様な傾向を示してお

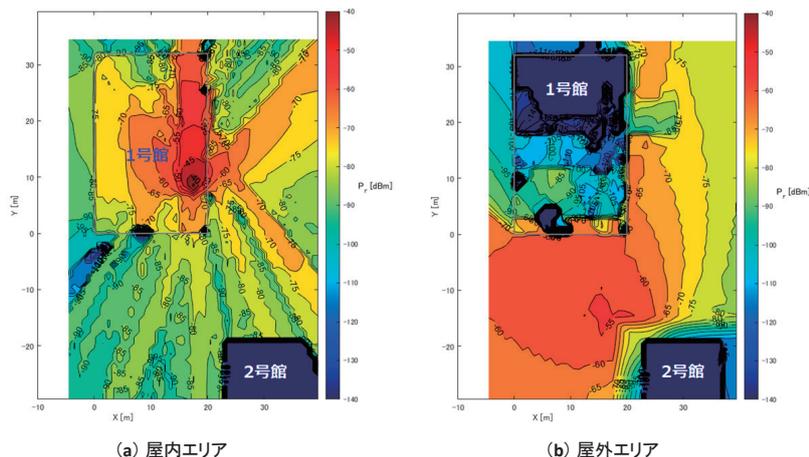


図7 レイトレーシング法によるエリア計算結果

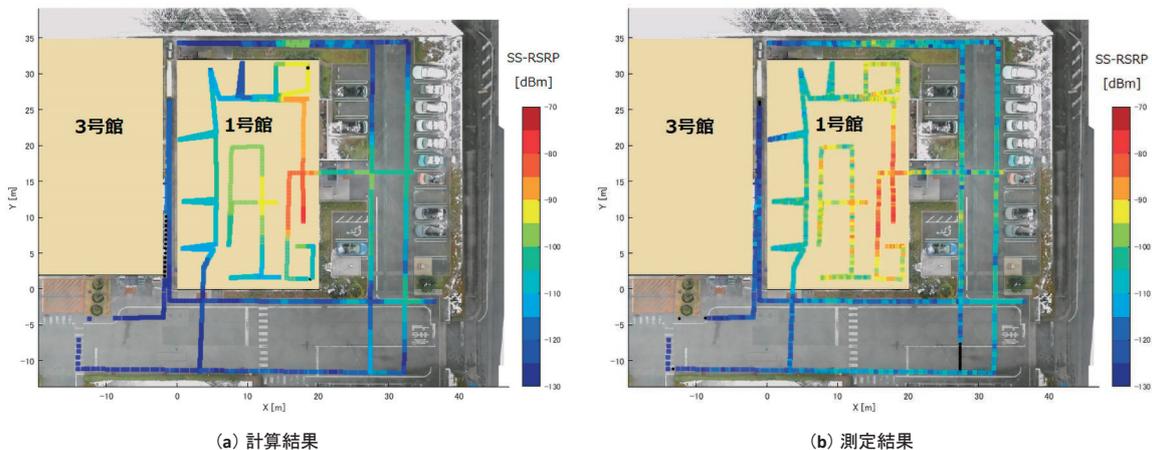


図8 SS-RSRP の計算結果と測定結果の比較(屋内基地局)

り、計算結果の妥当性が確かめられた。計算結果と測定結果を比較し、その差分の原因を解析することでエリア設計のさらなる高精度化に取り組んでいる。

## 5. 展示デモ・アプリケーション

オープンラボでの実演ではWi-Fiとローカル5Gで4K映像伝送による通信性能の比較試験を行い、Wi-Fiとの違いやローカル5Gの利点について紹介している。Wi-Fiでは電波干渉により通信が不安定になりデータ量の変動が大きく映像のカクツキが起こるが、ローカル5Gでは電波を占有しているため一定のデータ量で安定した通信によりコマ落ちがない映像が確認できる(図9)。

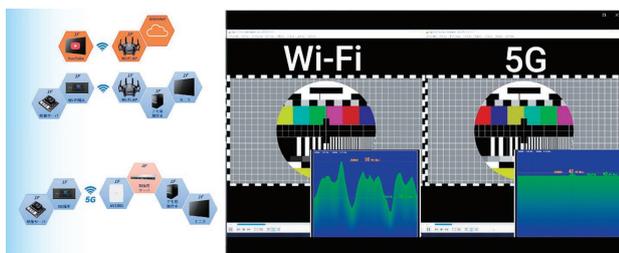


図9 Wi-Fiとローカル5Gの通信安定性比較



図10 部品検査アプリケーション(はんだ良否判定)



図11 人物検知カメラシステム

展示では、ローカル5Gシステムと各種アンテナの紹介に加え、工場向けソリューションとして部品検査やチェックシート電子化アプリケーション、AIカメラソリューションとして人流分析、人物検知システム、エリアシミュレーション用として構造物作成のLiDARツールなどのデモ展示を行っており、来客者に当社の技術力やサービスを直接体感いただける場としている。部品検査アプリケーション(図10)や人物検知システム(図11)はローカル5Gの無線通信にてAIサーバに映像を送り、即時判定・検知を行うことが確認できる。

また、他社との協業による新たなソリューションの創出も期待できるため、ローカル5Gと協業社のアプリケーションの接続検証の場として提供可能なオープンラボとしている。

## 6. むすび

ローカル5Gシステムオープンラボの開設を通じて、当社の技術力やサービスを社外へPRすると同時に充実した実証環境を得ることができた。

当社は、各種アンテナをはじめ無線技術を活かした通信事業や、カメラソリューション事業を手掛けており、今後はAI技術を取り入れた「無線×カメラ×AI」のソリューション事業を加速して参ります。このラボで、当社の技術力やサービスを体感いただき、皆様との共創を通して新たな事業を展開して参ります。皆様のご来場をお待ちしております。

## 7. 営業担当窓口

本ローカル5Gオープンラボに関するお問い合わせは、下記にて承ります。

〒100-0005

東京都千代田区丸の内三丁目3番1号 新東京ビル  
電気興業株式会社 営業統括部

ソリューション営業部

TEL：03-3216-9435 FAX：03-3216-1669



## 製品紹介

## 5G / LTE 対応 2 Band-indoor DAS の開発

佐々木 希\* 間舘 大泰\* 藪 和哉\*  
 洲崎 泰利\* 山田 大輔\* 沖 政幸\*

## Development of 2-Bands indoor-DAS for 5G and LTE

Nozomu Sasaki, Hiroyasu Madate, Kazuya Yabu, Yasutoshi Suzuki,  
 Daisuke Yamada and Masayuki Oki

日本国内の移動体通信市場では 5G 対応基地局の整備が進んでいるが、さらにサービス範囲を拡充するために、屋外基地局だけではなく大規模商業施設などの屋内環境への対応も急がれている。

当社では、2021 年度に開発した 3Band 対応の屋内向け DAS 装置<sup>(1)</sup>に続いて、新たに小型かつ低消費電力の 2Band 対応の屋内向け DAS 装置を開発したので報告する。

The deployment of 5G base stations is progressing in Japan's mobile communications market, but in order to further expand the service area, it is urgent to support not only outdoor base stations but also indoor environments such as large-scale commercial facilities.

Following the 3-Band indoor DAS<sup>(1)</sup> we developed in 2021, we would like to report that we have developed a new compact and low power 2-Band indoor DAS.

## 1. はじめに

2020 年春から第 5 世代移動通信システム (5G) のサービスが開始され、2023 年 3 月の時点での人口カバー率は 96.6% に達している。しかし、ユーザが多数存在している場所にも関わらず屋外基地局からの電波が届きにくく、商業施設や複合施設そしてホテルやオフィスビルや病院などの屋内環境へのサービス品質向上には、DAS<sup>\*1</sup> の展開をさらに加速させていく必要がある。

今後の DAS 装置には、4G の LTE だけでなく、5G NR の Stand Alone および Non Stand Alone への対応が求められるほか、小型軽量、低消費電力などの機能を搭載していく必要がある。

また、将来の機能拡張を見据えて、ファームウェアのアップグレードのみで新たな機能を追加することができるようフレキシビリティに富んだ拡張性を持っている事が求められている。

このようなニーズに応えるため、新たに 5G NR および LTE に対応した 2Band 対応の屋内向け DAS 装

置を開発した。

## 2. 装置概要

新たに開発した DAS 装置は、親機、中継機、子機で構成され、親機 1 台の配下には、最大 96 台の子機を接続することができる。図 1 に DAS 装置の接続構成を示す。

親機は、2Band の基地局からの信号を 1 台で受信

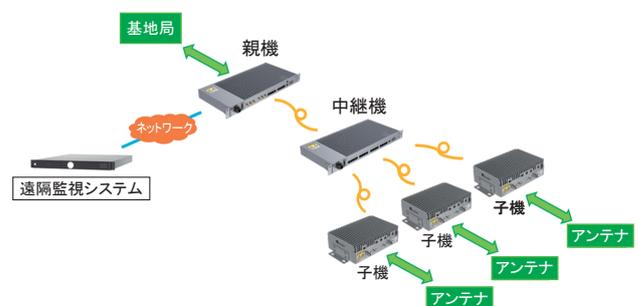


図 1 DAS 装置の接続構成

\* 1 DAS : Distributed Antenna System

\* 2 MIMO : Multi Input Multi Output

\* R&D 統括センター ワイヤレス研究所



図2 子機の外観

することが可能で、さらに各 Band において MIMO \*2 に対応可能となっている。親機で受けた基地局からの無線信号は、光信号に変換され、最大 5 系統に分配して、中継機、子機へ伝えられる。

中継機は、親機からの光信号を、最大 14 系統の光信号に分配して子機に伝えることができる光中継機である。また、複数台の中継機をデージーチェーン接続が可能であり、さらに分配数を増やすことができる。

子機は、親機からの光信号を無線信号に復調して、アンテナポートから無線信号を発射する。そして、ユーザ端末から受信した無線信号を光信号に変換して、親機や中継機経由で基地局へ届ける役目も果たす。さらに、子機から子機へのデージーチェーン接続も可能であり、中継機が無くても子機の接続台数を増やすことが可能である。図 2 に子機の外観を示す。

### 3. 装置仕様

本装置は、2Band のいずれも、LTE \*3 と 5G-NR \*4 に対応可能であり、SISO \*5 および MIMO 構成に対応可能である。SISO と MIMO 設定の切替時には、エリア設定に影響が出ないように、最大出力電力値を切替えに連動して最適な値に変更する。

表 1 に各周波数帯の無線信号種別と主な無線特性を示す。

代表的な無線特性として、コンスタレーションの特性例を図 3 に、スペクトラムマスクの特性例を図 4 に示す。

\*3 LTE : Long Term Evolution  
 \*4 5G-NR : 5th Generation New Radio  
 \*5 SISO : Single Input Single Output

表 1 装置仕様

項目	装置仕様	備考
無線信号種別	LTE および 5G-NR	
信号帯域幅	10MHz / 15MHz / 20MHz	
変調精度	3.5% 以下	256QAM
NF	6dB / 7dB	Band による



図3 コンスタレーション特性例

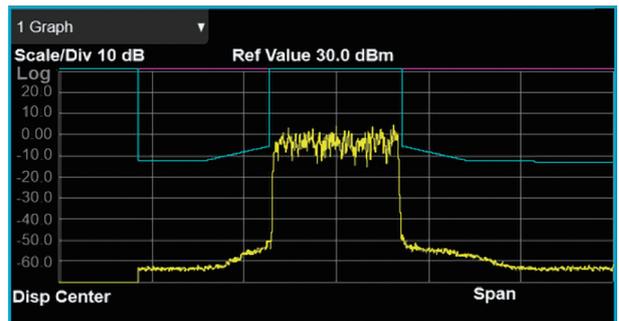


図4 スペクトラムマスク特性例

表 2 設置・電源仕様

	親機・中継機	子機
設置	19 インチラックマウント、 壁面、床面	壁面、床面
電源仕様	DC -48V	AC100V

表 2 に装置の設置および電源仕様を示す。

各装置は自然空冷でメンテナンスフリーとなっており、屋内環境で使用可能である。

そして、壁面設置と床面などへの水平設置が可能である。また、親機と中継機は金具の取り付け方向を変更することにより、19 インチラックにも搭載できる構造となっている。

親機の最大許容入力電力は 1W で、基地局の出力が 1W 以下であれば外部のアッテネータを必要とせずに RF ケーブルを直接接続することが可能であ



製品紹介

# 北米市場向けストリートセル用 10 ポートオムニアンテナ

牧山 真之\* 山 哲也\*

## 10 Port Omni Antenna for Street Cell for North American Market

Sadayuki Makiyama and Tetsuya Yama

北米においては日本国内では使用していない 600MHz 帯 (Band71) を移動通信に使用しており, 2021 年には 5G 用周波数として 3.7-4.2GHz 帯 (C-band) が新たに追加された。また, MIMO<sup>\*1</sup> による通信速度向上のため多ブランチであることが求められる。本稿ではこれらに対応するアンテナとして開発した, 600MHz 帯 (Band71) を 2 ブランチ, 1.7-2.6GHz 帯および 3.7-4.2GHz 帯 (C-band) をそれぞれ 4 ブランチ構成としたストリートセル用 10 ポートアンテナについて紹介する。

In North America, the 600 MHz band (Band 71), which is not used in Japan, is used for mobile communications, and in 2021, the 3.7-4.2 GHz band (C-band) was newly added as 5G frequency. Additionally, multiple branches are required to improve communication speed with MIMO<sup>\*1</sup>. This paper introduces a developed 10-port antenna for street cells with two branches in the 600 MHz band (Band 71) and four branches each in the 1.7-2.6 GHz band and 3.7-4.2 GHz band (C-band).

### 1. はじめに

北米の移動通信市場では, 通信速度向上を図るため 600-800MHz 帯, 1.7-2.6GHz 帯の既存周波数帯のエリア構築が進められてきた。更に 2020 年には CBRS<sup>\*2</sup>, 2021 年には主に第 5 世代移動通信システムで使用される C-Band<sup>\*3</sup> が周波数オークションにより新たに事業者に割り当てられている。また, 既存周波数においては, MIMO のブランチ数の追加による更なる通信速度向上が求められる。そこで, ストリートセル用アンテナに C-band を追加すると共に, 既存周波数の 600-800MHz 帯に 2 ブランチ, 1.7-2.6GHz 帯には 4 ブランチを用いた MIMO 通信に対応した 10 ポートオムニアンテナの開発・製品化を行った。

配置概要, 系統図を示す。

600-800MHz 帯 : 2 ポート, 1.7-2.6GHz 帯 : 4 ポー

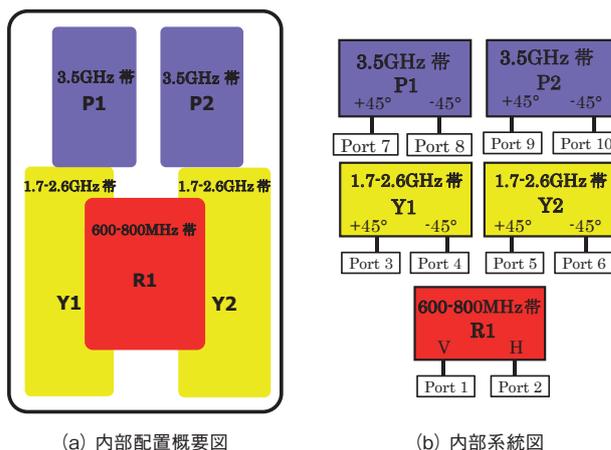


図 1 内部配置概要, 系統図

### 2. 基本性能

表 1 に開発したアンテナの基本性能, 図 1 に内部

\*1 Multi Input Multi Output : 送受信双方に複数アンテナを用いて, 高速・大容量な情報伝送を行う技術  
\*2 Citizens Broadband Radio Service : 3.55-3.7GHz  
\*3 北米で従来 CATV や地上波放送の番組伝送などに使用されていた 3.7-4.2GHz

\* 機器統括部 通信技術部

表 1 10 ポートオムニアンテナ 基本性能

型名	DKZORWDKD-576F								
使用周波数	600-800MHz 帯 (617 - 894MHz)			1.7-2.6GHz 帯 (1695 - 2690MHz)			3.5GHz 帯 (3450 - 4200MHz)		
ポート数	2port			4port			4port		
偏波面	VH			± 45°×2			±45°×2		
利得	4.5dBi	5dBi	5.5dBi	7dBi	8dBi	8.5dBi	8.5dBi	6.5dBi	6.5dBi
水平面内ビーム幅	約 360°								
垂直面内ビーム幅	45°	45°	40°	22°	19°	17°	16°	40°	35°
チルト角	0°			5°			0°		
V.S.W.R.	1.5 以下								
Isolation	20dB 以上								
IM	-153dBc 以下			-153dBc 以下			N/A		
アンテナ寸法	φ305×600mm								
質量	12kg 以下								

表 2 AISG スタンドアード カラーコーディング

Upper Band Edge Range	RAL Code of the Colour	Band Colour	Band Character
380 MHz - 1000 MHz	RAL 3020	Red	R
1001 MHz - 1700 MHz	RAL 6029	Green	G
1701 MHz - 2300 MHz	RAL 5015	Blue	B
2301 MHz - 3000 MHz	RAL 1023	Yellow	Y
3001 MHz - 5000 MHz	RAL 4006	Purple	P
5001 MHz - 6000 MHz	RAL 2009	Orange	O

引用先：AISG Standard Antenna Port Colour Coding V3.2.1



写真1 アンテナ外観

ト、3.5GHz帯:4ポートの合計10ポートで構成されている。600-800MHzと1.7-2.6GHz帯はスペース共用した場合、放射方向に他周波数の放射素子が配置されることから、指向性の歪み等の影響を与える。そこで、600-800MHz帯は垂直/水平(VH)偏波共用放射素子とすることで、他周波数帯の指向性に与える影響を軽減するとともに、水平偏波素子を反射板側に折り曲げる形状とすることで、アンテナの小型化を図っている。1.7-2.6GHz帯とC-bandを含む3.5GHz帯は2系統の偏波共用アンテナを内蔵していることから4ブランチのMIMO通信が可能である。

系統図の色は、周波数帯の上限周波数で識別する表2のAISG<sup>\*4</sup>スタンダードのカラーコーディングに準じた色となっており、アンテナ底面にある入出力端子のカラー表示等に使用される。外観は写真1のとおり、北米のストリートセル用アンテナで最も一般的なキャニスタータイプを採用している。

### 3. 指向性

図2に水平面内指向性を、図3に垂直面内指向性を示す。オムニアンテナは水平面において無指向性であるため全方向をエリア化するのに適しており、ヌルが発生している角度は同一周波数帯の他のポートで補完することから、不感地帯を生じない特性となる。

\*4 Antenna Interface Standards Group:アンテナのデジタルリモートコントロールとモニタリングの規格を維持および開発することを目的として形成された国際コンソーシアム

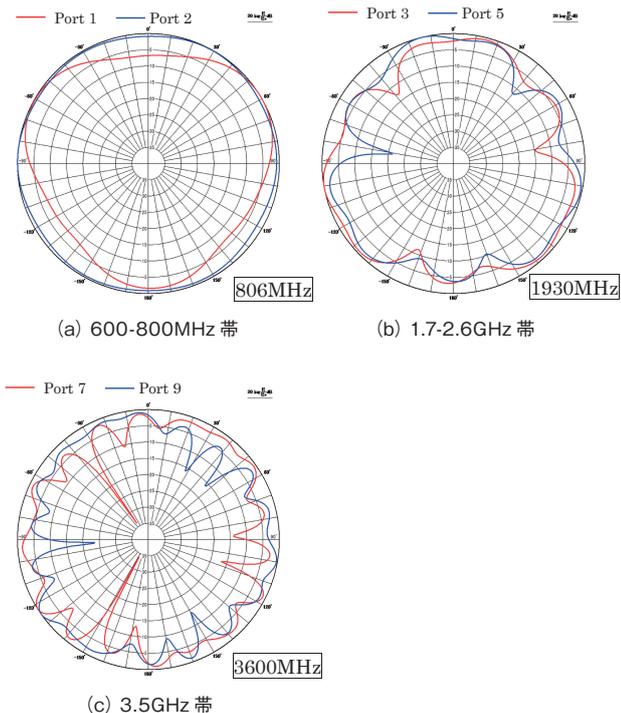


図2 水平面内指向性

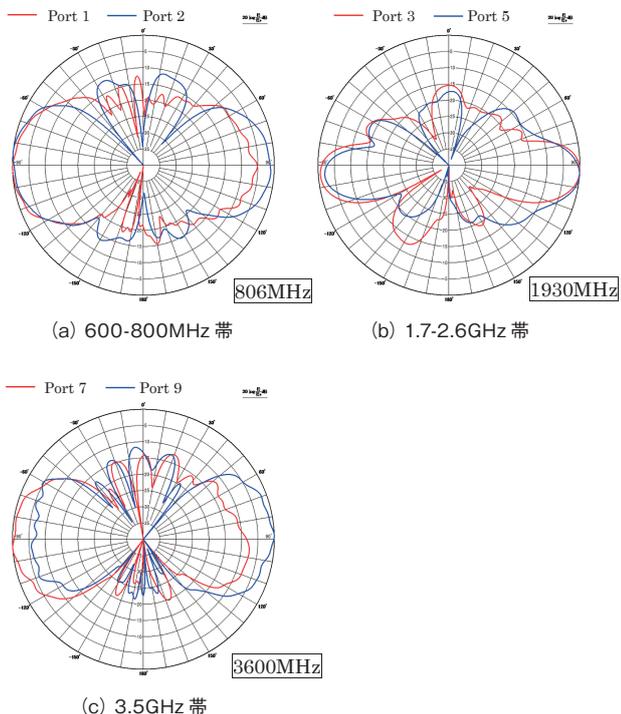


図3 垂直面内指向性

#### 4. む す び

北米市場向けに開発を行ったストリートセル用 10 ポートオムニアンテナを紹介した。本アンテナは、600-800MHz 帯は 2 ブランチ、1.7-2.6GHz 帯および C-band を追加した 3.5GHz 帯では 4 ブランチの MIMO 通信が可能である。今後、C-Band については 5G 通信用としての基地局展開が期待されていることから、客先需要に合わせた柔軟な製品開発によりラインナップの拡充に取り組む。

#### 5. 営業担当窓口

本アンテナに関するお問合せは、下記にて承ります。

〒 100-0005

東京都千代田区丸の内三丁目 3 番 1 号 新東京ビル  
 電気興業株式会社 営業統括部 通信事業営業部  
 営業二課

TEL : 03-3216-9476 FAX : 03-3216-1669

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆



**牧山 真之**  
 平成 14 年入社  
 機器統括部 通信技術部  
 移动通信基地局アンテナの開発に従事



**山 哲也**  
 令和 4 年入社  
 機器統括部 通信技術部  
 移动通信基地局アンテナの開発に従事

## 製品紹介

# 公共業務用6.5/7.5GHz帯 パラボラアンテナの性能改善

森本 晋也\* 金子 裕亮\*

## Improving The Performance of 6.5/7.5 GHz Parabolic Antennas for Public Business Use

*Shinya Morimoto and Yusuke Kaneko*

公共業務向け(防災行政, 電力・ガス・鉄道事業用等の固定局無線)のアンテナとして, 6.5GHz, 7.5GHz, 12GHz 帯のパラボラアンテナをラインアップしている。当社では伝送容量別に2種類のアンテナタイプで対応しているが, その1つである大容量伝送用パラボラアンテナについては, 開口能率が低く, 客先が要求する利得の仕様によっては対応できない問題があったため, 構造変更の実施による利得性能向上を図った。

本稿では, 客先からの引き合いが多い機種である 6.5GHz/7.5GHz 帯大容量伝送用パラボラアンテナについて, 利得向上を図った主な仕様, 構造について概要を紹介する。

We have a lineup of parabolic antennas in the 6.5 GHz, 7.5 GHz, and 12 GHz bands as antennas for public business use (disaster prevention administration, fixed station radio for electric power, gas, railway business, etc.). We offer two types of antennas for each transmission capacity, a parabolic antenna for large-capacity transmission has low aperture efficiency and cannot be accommodated depending on the gain specifications requested by a customer. Therefore, we improved gain performance by implementing structural changes.

This article provides an overview of the main specifications and structure of the parabolic antenna for high-capacity transmission in the 6.5 GHz/7.5 GHz band, which is the model that receives many inquiries from customers.

### 1. はじめに

従来の公共業務向け大容量伝送用パラボラアンテナはグレゴリアンアンテナ\*<sup>1</sup>であり, 高指向性ではあるが開口能率が低いアンテナであった。一方, 小中容量伝送用パラボラアンテナに採用しているカセグレンアンテナ\*<sup>2</sup>は, 指向性は劣るものの開口能率は高く(当社比), 放射器構造がシンプルであることから, コストメリットも出せる特徴がある。

今回, カセグレンアンテナの放射器構造を改良することにより, 開口能率を維持しつつ, 大容量向けアンテナに要求される指向性規格を満足できることを確認できた。

### 2. 目標性能

目標性能としては, 従来品のアンテナ絶対利得を 1dB 向上させることを目標とし, その他の仕様値は従来品と同等の性能とした。大容量伝送用パラボラアンテナの目標性能を表 1 に示す。

### 3. 大容量向けパラボラアンテナ基本構造(従来品)

従来品の大容量伝送用パラボラアンテナの外観一例を図 1 に示す。基本構造は主反射鏡, コニカルレ

\*<sup>1</sup> グレゴリアンアンテナ: 主反射鏡, 副反射鏡で構成され, 副反射鏡の形状が楕円面凹型であるパラボラアンテナ

\*<sup>2</sup> カセグレンアンテナ: 主反射鏡, 副反射鏡で構成され, 副反射鏡の形状が双曲面凸型であるパラボラアンテナ

\* 機器統括部 通信技術部

表 1 目標性能

項目	大容量伝送用パラボラアンテナラインナップ					
	6570 ~ 6870MHz (6.5GHz 帯)			7425 ~ 7750MHz (7.5GHz 帯)		
周波数帯域	6570 ~ 6870MHz (6.5GHz 帯)			7425 ~ 7750MHz (7.5GHz 帯)		
開口径	2.0mΦ	3.0mΦ	4.0mΦ	2.0mΦ	3.0mΦ	4.0mΦ
VSWR	1.10 以下					
絶対利得	40.2dBi (39.2dBi)	43.5dBi (42.5dBi)	46.0dBi (45.0dBi)	41.0dBi (40.0dBi)	44.5dBi (43.5dBi)	46.8dBi (45.8dBi)
指向性	空中線の方射角 ( $\theta^\circ$ ) $0^\circ \leq \theta < 4^\circ$ $4^\circ \leq \theta < 40^\circ$ $40^\circ \leq \theta < 90^\circ$ $90^\circ \leq \theta < 110^\circ$ $110^\circ \leq \theta$			絶対利得の最大値 (dBi) $48.0 - 1.28\theta^2$ $44.0 - 27.5\log\theta$ 0 $67.5 - 0.75\theta$ -15		
F/B	65dB 以上					
XPD	38dB 以上					

※ 絶対利得欄の ( ) 内の数字は従来品の仕様値を示す。

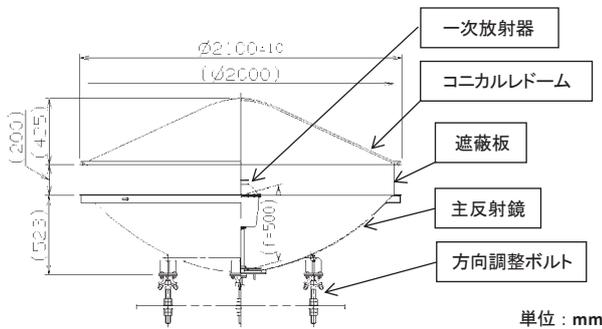


図 1 大容量伝送用パラボラアンテナ(従来品一例)

ドーム (6.5GHz 又は 7.5GHz 帯用), グレゴリアンアンテナ用一次放射器, 方向調整ボルトで構成されており, 2.0mΦ パラボラアンテナのみ F/B=65dB の仕様を満足させる目的で遮蔽板付の構造となっている。今回の構造変更では, 従来品の基本構造を流用することとし, 一次放射器のみ改良することで特性改善を図った。

#### 4. 伝送容量別の一次放射器構造比較

当社製品の伝送容量別一次放射器構造を図 2 に示す。小中容量伝送用にはカセグレン型を採用し, 大容量伝送用にはグレゴリアン型を採用している。いずれの構造もアルミニウム製の副反射鏡とホーンが最適な位置に配置され, 互いの位置関係を保持する目的でポリカーボネート製のフードで支持した構造となっている。カセグレン型はグレゴリアン型に比べて放射器外形が小さく(当社比), ホーンの構造も簡素であることから, 材料費・加工費ともにメリットがある構造となっている。

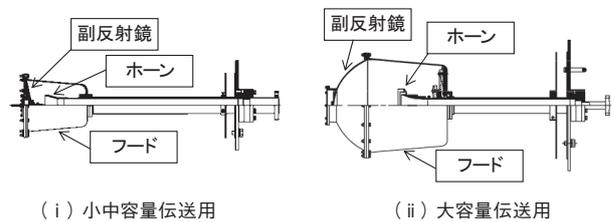


図 2 伝送容量別の一次放射器構造

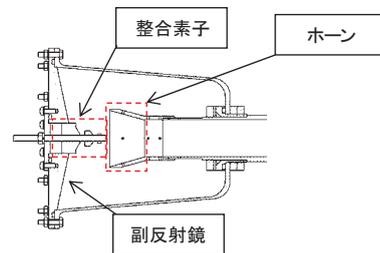


図 3 一次放射器内部構造

#### 5. 改良型の一次放射器構造

カセグレン型の一次放射器先端部の断面図を図 3 に示す。副反射鏡外形を見直すように検討した場合, 必然的にフードの新規設計が必要となる。フードを成型するためには型の新規製作やフード成型品の検証に膨大な時間が必要となる懸念があったことから, 短期間で開発が完了するよう整合素子及びホーンの構造に絞って最適化を進めた。

検討には電磁界解析ソフト WIPL-D を用いて 6.5GHz/7.5GHz 帯の各開口径 (2.0mΦ, 3.0mΦ, 4.0mΦ) に対してそれぞれ最適化を試み, 整合素子の形状変更, ホーン開口径変更, ホーン~副反射鏡間の配置距離の見直しにより, 指向性, 利得ともに良

好な特性を得ることを確認した。

## 6. 改良型のアンテナ特性 (実測値)

一次放射器を改良したアンテナの各周波数、各開口径における実測指向性を図4～図9に、絶対利得の実測値を表2、3に示す。

従来構造では大容量伝送用に求められる指向性規格を満足できていなかったが、改良型の構造で指向性規格を満足することを確認した。また、絶対利得は従来品から1～1.3dB程度改善しており、当初の目標であった1dB以上の向上を達成することができた。

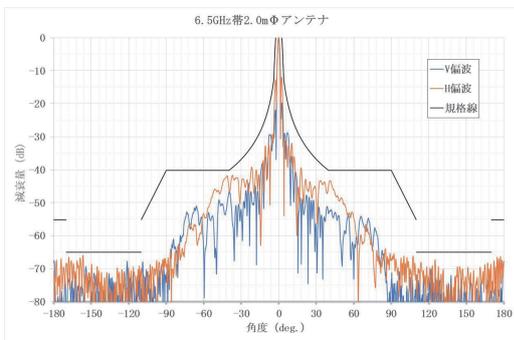


図4 6.5GHz帯 2.0mΦアンテナ

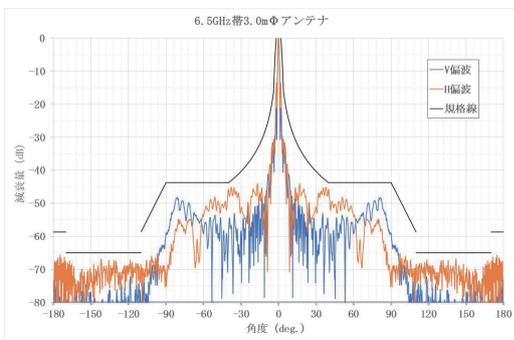


図5 6.5GHz帯 3.0mΦアンテナ

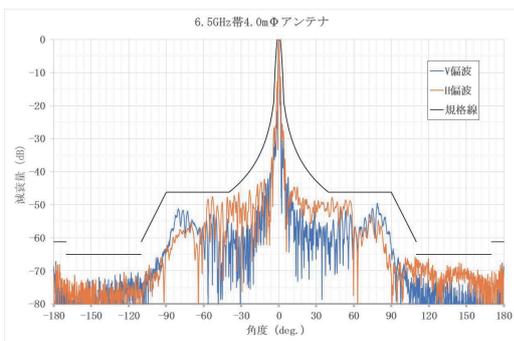


図6 6.5GHz帯 4.0mΦアンテナ

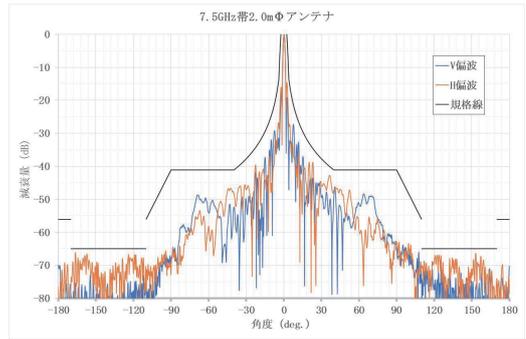


図7 7.5GHz帯 2.0mΦアンテナ

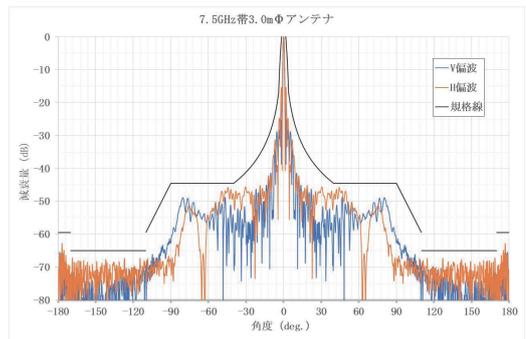


図8 7.5GHz帯 3.0mΦアンテナ

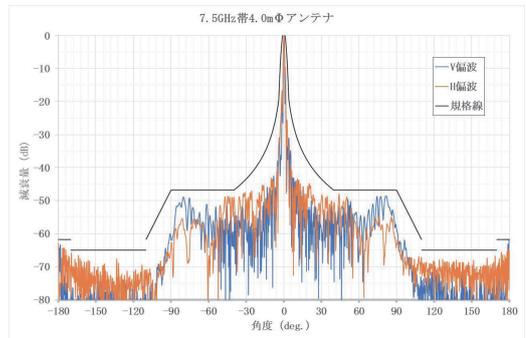


図9 7.5GHz帯 4.0mΦアンテナ

表2 6.5GHz帯 絶対利得 実測値比較

アンテナタイプ	アンテナ開口径		
	2.0mΦ	3.0mΦ	4.0mΦ
従来品 グレゴリアンアンテナ	39.4dBi	42.7dBi	45.2dBi
改良品 カセグレンアンテナ	40.4dBi	44.0dBi	46.4dBi

表3 7.5GHz帯 絶対利得 実測値比較

アンテナタイプ	アンテナ開口径		
	2.0mΦ	3.0mΦ	4.0mΦ
従来品 グレゴリアンアンテナ	40.2dBi	43.7dBi	46.0dBi
改良品 カセグレンアンテナ	41.3dBi	44.7dBi	47.1dBi



## 製品紹介

高周波誘導加熱装置における  
ロボット活用事例

岩澤 悠樹\*

Case Study on Robot Use in High-Frequency  
Induction Heating Equipment

Yuki Iwasawa

当社の高周波誘導加熱装置は、顧客の要望に合わせて仕様を決定し製作している。生産ラインの構築方式は顧客により様々であり、機械への加工対象物（以下ワークとする）のロード（投入）／アンロード（排出）作業を人手で行うライン方式や、専用機による自動ライン方式など多種多様な方式が用いられる。近年の生産現場においては、省人化を見据えてロボットを活用するパターンが増えており、ロード／アンロード作業をロボットで行わせているラインも多い。

本稿では、当社で実施したロボットを活用したライン構築についてのメリット・デメリットと弊社におけるロボット活用の事例、及び、トレーサビリティの向上を目的とした印字（刻印）工程と、ワークの外観品質を安定化するための洗浄工程を組み合わせた事例などについて紹介する。

Our high-frequency induction heating equipment is manufactured with specifications determined according to customer requests. Production line construction methods vary depending on the customer requests and a wide variety of methods are used. There are line methods in which a work to be processed is manually loaded and unloaded into the machine and automated line methods using specialized machines. In recent years, the use of robots at production sites for saving labor is increased, and there are many cases where robots perform loading and unloading works.

In this article, we will discuss pros and cons of line construction with robots performed in our company, case studies of robot use, and the combinations of printing (engraving) process for improving traceability and cleaning process for stabilizing the appearance quality of the work.

## 1. 製品写真



写真1 汎用型機 DENKO-CUBO

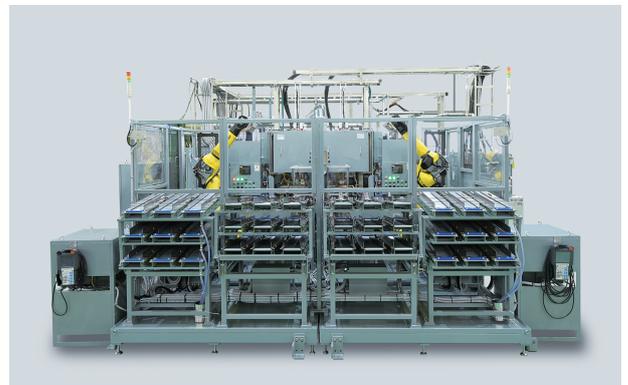


写真2 ロボット化設備に印字機と洗浄機を追加した汎用焼入機

\* 高周波統括部 開発部

## 2. ロボットを活用したライン構築についてのメリット・デメリット

製造現場においてロボットを導入することで、生産ラインの効率向上や生産性の向上が期待される。しかしこの手法には様々なメリットとデメリットが存在する。

メリットとしては、①省人化、②連続稼働が可能、③安全性の向上、④高付加価値化、などが挙げられる。

以下にその各詳細を記す。

### ①省人化

誘導加熱においてはワークのロード／アンロード作業が主な導入箇所となる。これにより、労働者は設備の複数工程の担当化や設備の稼働管理に専念できるようになり、全体の生産性が向上する。

### ②連続稼働が可能

24時間連続での作業が可能のため、生産ラインの停止を最小限に抑え、生産量を最大化できる。

### ③安全性の向上

危険な作業をロボットが担当することで、労働災害のリスクを低減できる。人が持てない大型ワークのロード／アンロード作業や誘導加熱後の高温状態のままのワーク搬送などが可能となる。

### ④高付加価値化

誘導加熱装置の工程の他に、ワークに対する印字工程や検査工程、洗浄工程などを追加してシステム構築を行うことにより製品の品質向上、工程管理向上が期待できる。これにより不良品の削減やトレーサビリティの向上に寄与する。

デメリットとしては、⑤導入コストの高さ、⑥プログラミングとメンテナンスの専門知識が必須、⑦一部の作業には適さない、⑧人間のような柔軟性や判断能力の不足、などが挙げられる。

以下にその各詳細を記す。

### ⑤導入コストの高さ

ロボットを導入するには、ロボット化に適合した機械の購入や導入に伴うシステム変更、安全対策が必要である。これには相応の初期投資がかかる。

⑥プログラミングとメンテナンスの専門知識が必要  
ロボットのプログラミングや定期的なメンテナンスには、特定の技術、知識、資格が必要である。これに対応するためには従業員のスキルアップ、教育が必要となる。

### ⑦一部の作業には適さない

ワークとコイルの位置出し調整や焼入水の濃度調整、品質確認など、まだまだ人間の手が必要な場合がある。現状ではロボットの適用範囲には限界がある。

### ⑧人間のような柔軟性や判断能力不足

最近だと AI 技術の発展、画像解析技術の向上により、決められた外観検査などは行えるようになってきたが、焼入れの条件出しなどの作業をできるまでには至っていない。人間の感性や柔軟な判断が求められる場面では、ロボットの活用には至っていない。

ロボットを活用したライン構築は、慎重な検討と計画が必要である。当社においては、顧客要望を把握した上で、メリットとデメリットをバランスよく考慮し、最適な導入方法をアドバイスしている。

## 3. 高周波誘導加熱装置におけるロボット活用事例

### 3.1 汎用型機 DENKO-CUBO のロード／アンロード事例

当社の主力製品である汎用型機DENKO-CUBO(写真1)は、自動扉を備えておりロボットとのスムーズな連動が可能な装置となっている。顧客では導入初期投資を抑えるため、ロード／アンロード作業を人手で行うライン方式として活用することが多く、将来的に省人化としてロボットを追加する導入形態が多い。ロボットを追加する場合は、作業担当者の複数台の担当を実現するために、ワークを一時的にため込むためのワークストッカーを投入用と排出用に追加し、30分から1時間あたりに一度にワーク供給を行う設備とする場合が多い。ロボットとの連動機能により、生産ラインをより効果的、かつ、経済的に構築できることから、顧客のライン構成の自由度が高まり、競争力向上を実現する。

### 3.2 汎用焼入機と印字機、洗浄機追加事例

ライン構成において、ロボット、ワークストッカーの他に、印字工程と洗浄工程を一体化させることで、製品のトレーサビリティ向上と品質の向上を実現することができる(写真2)。

#### ①トレーサビリティ向上

ワークへの印字を実施することで、製品に独自の識別情報やシリアル番号を追加し、生産ライン上



## 2023 年度に取得した産業財産権

## 特 許

登録番号 / 登録日	出願番号 / 出願日	発 明 の 名 称	発 明 者
特許 7331163 2023.8.14	特願 2022-007806 2022.1.21	偏波共用折り返しダイポール素子及びアンテナ	牧山 真之 小倉 大岳
特許 7330774 2023.8.14	特願 2019-115556 2019.6.21	高周波誘導加熱装置	久保 啓一 和田 進
特許 7366609 2023.10.13	特願 2019-125258 2019.7.4	航空障害灯システムの故障検出装置	富岡 孝弘 穂坂 嘉久 高橋 亮 田井 裕通
特許 7277112 2023.5.10	特願 2018-219724 2018.11.22	可視光通信システム(信号重畳化)	角田 博一 藤田 正人 木本 颯 高橋 博 浦邊 秀樹
特許 7266994 2023.4.21	特願 2018-212976 2018.11.13	可視光通信システム(天候対応)	角田 博一 木本 颯 藤田 正人 高橋 博 浦邊 秀樹
特許 7266993 2023.4.21	特願 2018-212970 2018.11.13	可視光通信システム(方向調整)	高橋 博 木本 颯 角田 博一 藤田 正人 浦邊 秀樹
特許 7311262 2023.7.10	特願 2018-212979 2018.11.13	可視光通信システム(レンズ小型化)	角田 博一 藤田 正人 木本 颯 高橋 博 浦邊 秀樹
10-2544903 (KR) 2023.06.14	2019-7037083 2018.7.2	誘導加熱装置, および, 該誘導加熱装置を備えた放射性廃棄物の熔融処理装置, 放射性廃棄物の熔融固化処理装置	栗田 洋平 久保 啓一 林 光典 富里 哲夫
11848490 (US) 2023.12.19	16.926,120 2020.7.10	カバー組立体	高橋 成佳

## 商 標

登録番号 / 登録日	出願番号 / 出願日	商 標	発 案 者
商標登録 第 6693629 号 2023.4.26	商願 2022-122813 2022.10.26	DK-icam-Cloud	藤沼 肇 藤沼 亮太 斎藤 矯 北條 義勝 佐々木勇輔
商標登録 第 6693630 号 2023.4.26	商願 2022-122816 2022.10.26		藤沼 肇 藤沼 亮太 斎藤 矯 北條 義勝 佐々木勇輔

○ 2023 年度に新たに登録となった実用新案権・意匠権はありません。

## 社外発表および論文紹介

(2023年度の社外発表)

### ●銅合金粉末を用いたEOS社製金属3Dプリンタによる部品造形技術・事例及び今後の展開

濱地敏之, 3D造形性に優れた銅合金粉末の開発動向と金属3Dプリンタによる部品造形技術・事例及び今後の展開, (株)日本技術情報センター, 2023年4月20日

金属3Dプリンタ製コイルの紹介を行った。

### ●TE01モード円形ホーンアンテナを一次放射器としたサブテラヘルツ波帯水平偏波反射鏡オムニアンテナ

市川舜太・佐藤啓介・佐々木克守・大島一郎, アンテナ・伝搬研究会/信学技報, 一般社団法人電子情報通信学会, 2024年2月15~16日

6Gに向けてサブテラヘルツ波帯の伝搬を把握すべく, 伝搬実験が進められている。伝搬特性の把握には, 垂直偏波, 水平偏波それぞれのアンテナで測定することが望ましい。アンテナにはオムニ指向性かつ広帯域を有することが求められる。筆者らは既に300GHz帯においてTM01モードで励振させた円形ホーンアンテナと反射鏡による垂直偏波のオムニアンテナを開発した。本報告では, 水平偏波のオムニアンテナの開発を目的として, TE01モードで励振させた円形ホーンアンテナと反射鏡によって構成したアンテナについて述べる。電磁界計算によって, 283.8GHz~330.0GHzの範囲でVSWR $\leq$ 2.0となる広帯域特性が得られた。

### ●ナシ花粉採取適期の推定

藤沼亮太, 電子情報通信学会, コミュニケーションクオリティ研究会(CQ), 2024年1月26日

本研究では, AIを用いたナシ花粉量推定手法を提案した。具体的には, 深層学習ベースの物体検出アルゴリズムであるYOLOを用いて, 撮影した枝に咲いているナシの花を蕾から開花までの5ステージに分類し, 検出。検出した各開花ステージの花数と1花あたりの平均花粉量から枝ごとの花粉量を算出。本稿では, YOLOによる開花ステージの分類精度と検出精度から開発したAIナシ花粉量推定の推定精度について報告を行った。

### ●5.7GHz帯パケットベースWPT

関野昇, 総合大会2024, 電子情報通信学会, 2024年3月5~8日

東京理科大丸田准教授と当社が開発した5.7GHz帯WPT機器を使用した総務省R&Dの研究の一環での累積電力を評価する方法とその成果について共著として発表した。

### ●400MHz帯LPWA技術のご紹介

中田幸男, 四国の地域課題解決に期待の集まる最新通信技術を体験するセミナー, 四国情報通信懇談会, 2024年2月22日

中山間地域でも長距離通信が可能な400MHz帯LPWAの紹介(高知農業事例等)

### ●300GHz帯水平偏波反射鏡オムニアンテナ

市川舜太・佐藤啓介・佐々木克守・大島一郎, 2024年電子情報通信学会総合大会, 一般社団法人電子情報通信学会, 2024年3月5~8日

6Gに向けてサブテラヘルツ帯の伝搬を把握すべく, 伝搬実験が進められている。伝搬特性の把握には, 垂直偏波, 水平偏波それぞれのアンテナで測定することが望ましい。アンテナにはオムニ指向性かつ広帯域を有することが求められる。筆者らは既に300GHz帯においてTM01モードで励振させた円形ホーンアンテナと反射鏡による垂直偏波のオムニアンテナを開発した。本報告では, 水平偏波のオムニアンテナの開発を目的として, TE01モードで励振させた円形ホーンアンテナと反射鏡によって構成したアンテナについて述べる。電磁界計算によって, 283.8GHz~330.0GHzの範囲でVSWR $\leq$ 2.0となる広帯域特性が得られた。

### ●24GHz帯円偏波共用メタラインアンテナ

佐藤啓介・大島一郎, 電子情報通信学会総合大会2024, 電子情報通信学会, 2024年3月6日

WPT用フェーズドアレーアンテナのアンテナ素子として研究開発中のタイトルにある技術について発表。本件は法政大学 中野久松名誉教授との共同研究である。

### ●AIによる梨の花粉量推定システム

藤沼亮太・日本工業大学 平栗教授, コミュニケーションクオリティ研究会, 2023年7月12日

花粉採取最適判定システムの開発成果として, カラーカメラの画像にうつる梨の花の蕾から, AI解析で花粉量を推定するしくみについて, 発表を行った。

### ●28GHz帯ビームフォーミングアンテナに関する取組み

佐藤啓介, 電子情報通信学会 AMT研, 電子情報通信学会 AP研, 2023年6月1日

95期に開発・特許出願した, 多層基板を用いた28GHz帯ダイポールアンテナについて提案。開発したダイポール素子を用いた28GHz帯ビームフォーミングアンテナシステムの放射特性測定の結果より, 設計通りの良好なビームステアリング性能が得られることを示した。

### ●平面近傍界及び遠方界指向性測定による38GHz帯SIWスロットアレーアンテナの試作評価

市川舜太・清水優也・佐々木克守・佐藤啓介, AMT研究会, 電子情報通信学会/アンテナ・伝播研究会, 2023年6月1日

ミリ波帯における低損失で高利得なアンテナとして, SIW (Substrate Integrated Waveguide) 上に形成した16×16素子のスロットアレーアンテナの試作を行った。ミリ波帯においても線路損失の小さいSIWで給電線路及びアンテナを構成することで, ミリ波帯のアンテナにおいても低損失な特性が得られる。さらに, 試作品を平面近傍界測定装置及び遠方界指向性測定装置により放射パターンを測定し, 設計値と同等な放射パターンを確認した。

### ●INSTITUTIONALIZATION OF BEAM-WPT IN JAPAN

関野昇, AWG-31 会合 TG-WPT, APT (ASIA-PACIFIC TELECOMMUNITY), 2023年5月22～26日

国内の空間伝送型WPTの制度化についての報告を行った。

### ●高周波熱処理

岩永淳, 2023年度熱処理大学, (一社)日本熱処理技術協会, 2023年7月25日

書籍「熱処理技術入門」の4.1高周波熱処理作業項の講演を行った。

### ●移動通信向けミリ波帯ビームフォーミングアンテナシステム

佐藤啓介, マイクロウェーブ展, 電子情報通信学会, 11月29日～12月1日

5GならびにBeyond5Gに向けた, 当社での準ミリ波/ミリ波帯ビームフォーミングアンテナ(BFA)システムに関する取組について示す。ミリ波帯アレーアンテナに好適な, 広帯域特性を有する偏波共用ダイポールアンテナについて述べる。開発したダイポールアンテナを用いた, 当社製BFAシステムを紹介した。

### ●空間伝送型WPTシステムによる送電能力と干渉影響に関する一考察

関野昇, MIKA2023, 電子情報通信学会通信ソサイエティ, 2023年10月10～12日

2022年度から実施している総務省R&D(「電波資源拡大のための研究開発」のうち「空間伝送型ワイヤレス電力伝送の干渉抑制・高度化技術に関する研究開発」)にて実施したWPTの評価概要とYRPにて実施した実証実験による干渉影響の概要についてポスターセッションで概要を報告した。

### ●DKKのWPT関連の紹介

関野昇, 2023 Microwave Workshops & Exhibition (MWE 2023)展, 電子情報通信学会, 11月29日～12月1日

SIP成果となる「OTA評価」「水冷式5.7GHz帯BFA(実物展示)および, 総務省R&Dによる「24GHz帯のBFA」の概要をポスター展示等で紹介した。

### ●金属3Dプリンタを活用した加熱コイルの開発

岩永淳, 2023年度第4回熱処理技術セミナー 熱処理応用講座 金属3D積層造形によるものづくり最前線, (一社)日本熱処理技術協会, 2024年1月30日

金属3Dプリンタを使用した当社の造形事例や応用について解説した。

## 事業所所在地

本社 〒100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目3番1号（新東京ビル7階） 電話（03）3216-1671（大代表）

ホームページ <https://www.denkikogyo.co.jp/>

### R&Dセンター ワイヤレス研究所

〒221-0052 神奈川県横浜市神奈川区栄町3丁目4号（パシフィックマークス横浜イースト）  
電話（045）441-5582（代表）

### R&Dセンター 未来研究所

〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4052 番地の1  
電話（046）285-1411（代表）

### 川越事業所

〒356-0044 埼玉県ふじみ野市西鶴ヶ岡一丁目1番1号  
電話（049）261-1511（代表）

### 川越工場

〒350-0833 埼玉県川越市芳野台二丁目8番76号  
電話（049）225-5100（代表）

### 鹿沼工場

〒322-0014 栃木県鹿沼市さつき町13番地4  
電話（0289）76-2275（代表）

### 福岡事業所

〒814-0001 福岡県福岡市早良区百道浜二丁目3番26号（福岡タワーセンタービル）  
電話（092）832-1321（代表）

### えびのテクノセンター

〒889-4311 宮崎県えびの市大字大明司字六本原  
電話（0984）33-5709（代表）

### 厚木工場

〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4052 番地の1  
電話（046）285-1411（代表）

### 北海道営業所

〒060-0806 北海道札幌市北区北六条西六丁目2番地（福德ビル）  
電話（011）716-3266（代表）

### 仙台営業所

〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町14番15号（アミ・グランデ二日町）  
電話（022）722-1205（代表）

### 埼玉営業所

〒356-0044 埼玉県ふじみ野市西鶴ヶ岡一丁目1番1号  
電話（049）261-1514（代表）

### 名古屋営業所

〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄二丁目3番16号（アーク栄広小路ビル）  
電話（052）228-2630（代表）

### 福岡営業オフィス（西日本営業部）

〒810-0802 福岡県福岡市博多区中洲中島町2番3号（福岡フジランドビル）  
TEL：（092）292-1140（代表）

### 大阪営業所

〒564-0051 大阪府吹田市豊津町2番30号（江坂ナックビル）  
電話（06）6386-6201（代表）

### 広島営業所

〒730-0806 広島県広島市中区西十日市町10番9号（吉國838ビル）  
電話（082）294-4611（代表）

### 四国営業所

〒791-8013 愛媛県松山市山越五丁目8番3号  
電話（089）922-7230（代表）

### 沖縄営業所

〒901-2102 沖縄県浦添市前田二丁目1番11号  
電話（098）877-9002（代表）

## 電興技報編集委員会

委員長：河原 敏朗

副委員長：高尾 英久

委員：庄子 朋彦・石出 琢郎・北條 義勝・上木 慶三・楠山 能史・向井 敬・大島 一郎

甲斐 浩之・富山 徹・長谷川祐一・天川 英二・阿久津光典・秋元 宏巳・前田 幸哉

中村 彰宏・山口 俊夫・市川 一志

事務局：星野 誠一・大畑 遥奈

## 電興技報

2024 No. 56

2024年7月1日発行（非売品）

発行人：近藤 忠登史

発行所：電気興業株式会社

〒100 東京都千代田区丸の内三丁目3番1号  
-0005（新東京ビル7階）

電話（03）3216-1671（大代表）

製作：株式会社 洋文社

お問合せ：電気興業株式会社 R&Dセンター

電話（045）441-5582

©2024 電気興業

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

 電 気 興 業 株 式 会 社