

トレンド

共生社会を支える

5G 向けインフラシェアリング DAS

Shared Distributed Antenna System (DAS) for 5G networks Underpinning Cohesive Society

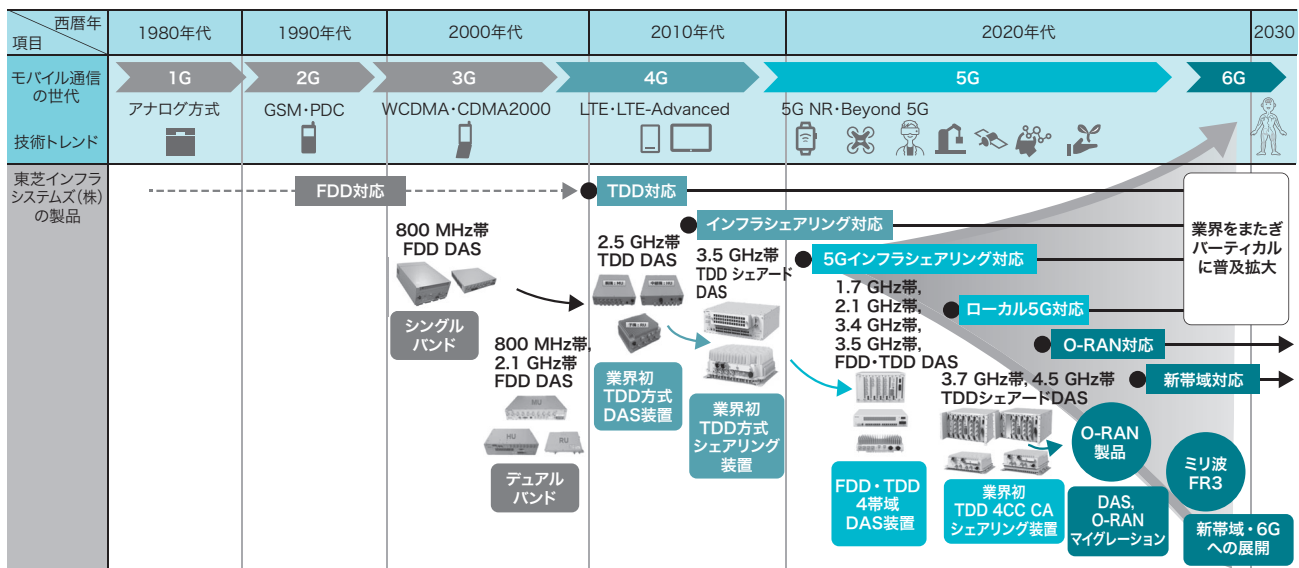
土井 敏則 DOI Toshinori 丹後 俊宏 TANGO Toshihiro

モバイル通信は、人々の生活基盤として広く浸透しており、更に5G（第5世代移動通信システム）には超高速・大容量に加え、IoT（Internet of Things）を活用した産業の効率化・自動化・付加価値創出を実現する社会基盤の一つとして、経済成長や社会課題の解決に貢献することが期待されている。一方、モバイルサービスのエリア展開には携帯電話事業者ごとに時間差があるため、サービスを受容できないユーザーが生じることがある。

東芝インフラシステムズ(株)は、Sub6帯域（5Gの周波数帯域の一つ）において国内の全帯域を網羅することで、国内の携帯電話事業者の全てが接続可能なインフラシェアリングを実現する5G向けインフラシェアリングDAS（Distributed Antenna System）を開発し、製品化した。複数の装置でアンテナ出力の送信タイミングを一致させる同期機能を実装し、最大で四つの帯域でのキャリアアグリゲーションを可能にしたことで、国内の全携帯電話事業者に同時に高速通信環境を提供できる。これにより、共生社会を支える通信インフラとして重要な役割を果たしていく。

With the widespread dissemination of mobile communications networks that have become an indispensable part of daily life, fifth-generation mobile communication system (5G) networks realizing ultrahigh-speed, large-capacity data transmission are a focus of expectations as one of a social infrastructure system not only achieving further efficiency and automation, but also providing high added value from data obtained by Internet of Things (IoT) devices in order to promote economic growth and to solve social issues in a broad range of fields. As the extension of 5G network service areas depends on the business environments of individual mobile network operators, users are not always possible to use such services in certain areas.

In response to this situation, Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation has developed and released shared distributed antenna systems (DAS) that cover all sub-6 bands (frequency ranges used to provide 5G wireless services) allocated to 5G networks in Japan so as to realize infrastructure sharing systems that allow every Japanese mobile network operator to share the same equipment such as antennas, connected devices, and so on. These shared DAS feature a synchronous control function that allows multiple equipment to synchronize the timing of signals delivered from each antenna in order to achieve carrier aggregation using up to four bands for 5G networks, thereby making it possible to simultaneously provide high-speed communication environments with all mobile network operators. The shared DAS will play a critical role as a communication infrastructure underpinning cohesive society.



G:2世代 GSM:Global System for Mobile Communications PDC: Personal Digital Cellular WCDMA:Wideband Code Division Multiple Access CDMA:Code Division Multiple Access LTE:Long Term Evolution NR:New Radio Beyond 5G:5Gの次の世代の移動通信システム FDD:Frequency Division Duplex TDD:Time Division Duplex FR3:Frequency Rang 3 CC:Component Carrier CA:Carrier Aggregation

特集の概要図。モバイル通信の技術トレンドと東芝インフラシステムズ(株)のDAS製品

Trends in mobile communication network technologies and history of products developed by Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation

1. はじめに

モバイル通信は、インターネットやスマートフォンの普及に伴い、アプリケーション・SNS（ソーシャルネットワークサービス）・クラウドシステムなどの新しいサービスの登場をもたらし、世界中の人々のライフスタイル・働き方・企業活動に大きなインパクトを与えてきた。特に5Gは、業界や国境をまたぐバーティカルなビジネスの創出や発展にも寄与する総合的なネットワークインフラとして期待され、活用が始まっている（特集の概要図の上段）。

一方我が国は、豪雨・台風の風水害に加え、東日本大震災のような大規模な震災を幾度となく経験している。自然災害の多い国土での生活や企業活動を余儀なくされる中で、本格的な人口減少時代を迎えており、世代や属性を問わず、つながり支え合う共生社会の実現が求められている。

東芝インフラシステムズ（株）は、国内の全ての携帯電話事業者が接続可能な、5G向けインフラシェアリングDASを開発して製品化した。インフラシェアリングDASを導入することで、ユーザーは契約中の携帯電話事業者のインフラに縛られず、高速なモバイル通信環境を使用可能になる。インフラシェアリングDASは、様々な人がモバイル通信を通して互いにつながり、情報の共有や、行政を含む各種サービスの利用などができる共生社会を支えていく。

この特集では、モバイル通信を取り巻く環境、及びインフラシェアリングDASをはじめとする東芝グループの取り組みについて述べる（特集の概要図）。

2. モバイル通信を取り巻く環境

2.1 モバイル通信の変遷

1983年に米国で提供開始された携帯電話端末が、世界初の市販ハンディタイプの携帯電話であったとされている。我が国でも2年後の1985年に、携帯電話の提供が始まった。それから既に40年が経過し、携帯電話は高機能なスマートフォンを中心に広く普及し、全世界の携帯電話契約数は、約86億台（2023年）である¹⁾。

2019年には5Gサービスが幕を開け、現在3GPP（3rd Generation Partnership Project）では、Beyond 5G（5Gの次の世代の移動通信システム）に関する標準化の議論が進むとともに、2025年3月には6G（第6世代移動通信システム）に関する検討もスタートする。また、標準化と並行して、無線通信周波数の利用に関する取り決めのために、国際電気通信連合（ITU）による世界無線通信会議（WRC）が3～4年ごとに開催され、モバイルデータトラフィックの増加に対応した追加周波数の国際的な合意が形成されている。

この中では、山間部や海上などを含めたモバイルカバレッジを拡大する非地上系ネットワーク（NTN：Non Terrestrial Network）として、衛星ダイレクト通信や高高度プラットフォーム（HAPS：High Altitude Platform Station）に関する周波数についても議論されている。

世界初の携帯電話端末の登場から40年を経て、モバイル通信は地上における2次元空間利用から、成層圏・宇宙をも含めた3次元空間によるグローバルネットワークサービスとして、普及・発展していくことが期待されている（図1）。

2.2 モバイルデータトラフィックと屋内対策状況

モバイル通信量は急激な増加傾向が継続しており、2023年の世界全体のモバイルデータトラフィック量は約105 E（エクサ： 10^{18} ）バイト/月であり、2023年から2030年までの年成長率は約23%と報告されている（図2）。我が国でも

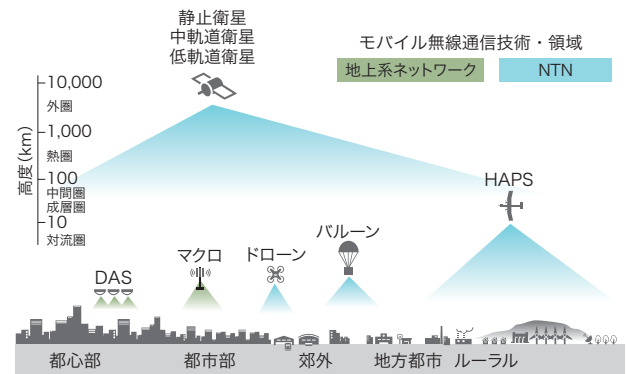


図1. グローバルネットワークの概要

従来は地上系ネットワークだけであったが、今後はNTNが融合していく。

Overview of global development of mobile communication networks integrating non-terrestrial networks (NTNs)

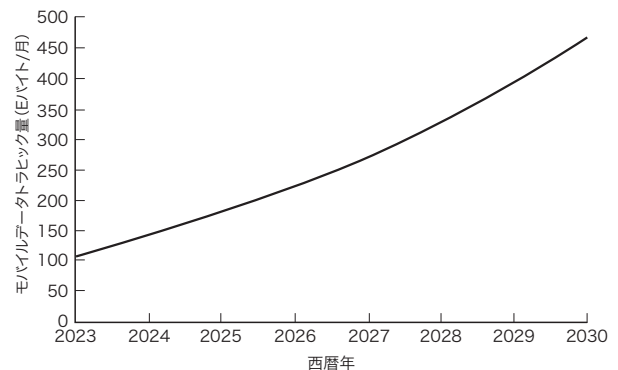


図2. モバイルデータトラフィック量の推移

モバイルデータトラフィック量は、2023年に約105 Eバイト/月であり、2030年まで約23%の年成長率が見込まれている。

Global trends in mobile communication network data traffic

年率約30%の増加²⁾が報告されているが、一方で5G通信に対する需要や期待に反し、実際の体感(ユーザーエクスペリエンス)との間に大きな差が生じているとの指摘がある³⁾。

こうした背景から、総務省では5Gのインフラ整備推進に向けて各種の施策や目標設定を計画しているものの、近い将来の“データ爆発”に対して十分な備えができていない状況にある。特に屋内環境では、携帯電話事業者がモバイル通信世代ごとに個別のDAS(以下、個社DASと略記)を導入してきた経緯がある(囲み記事参照)。既設の商業施設やビルの天井裏などには、既に多くの個社DASが設置されているため、5G用の通信設備を追加設置する場所の確保は難しい。加えて、携帯電話事業者のビジネス効率を評価する指標の一つであるARPU(Average Revenue Per User)は近年頭打ちの傾向にあり⁴⁾、投資対効果が好転しない現状では、屋内インフラへの設備投資は厳しい状況である。

2.3 インフラシェアリング装置への期待と効果

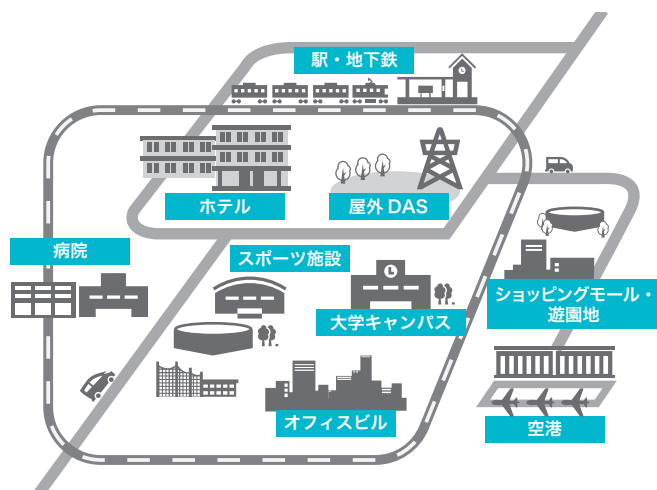
2015年9月の国連サミットにおいて、加盟国の全会一致で17の持続可能な開発目標(SDGs)が採択され、同年12月にCOP21(国連気候変動枠組条約第21回締約国会議)で、パリ協定(2020年以降の世界の平均気温上昇を産業

革命以前に比べて2℃より十分低く保ち、1.5℃以内に抑えるよう努力するという目標)が合意された。これらを前提として、モバイル通信業界でも、基地局などのインフラ設備の消費電力削減など、カーボンニュートラル実現に向けた取り組みが進められている。また、O-RAN Alliance(一層オープンでインテリジェントなRAN(Radio Access Network)の構築を目的として設立され、2024年7月現在、32事業者・291企業が参加)でも、消費電力削減の検討が行われ、RIC(RAN Intelligent Controller)やC-Plane(制御プレーン)などを用い、高度な制御による基地局の低消費電力化の議論が重ねられている。

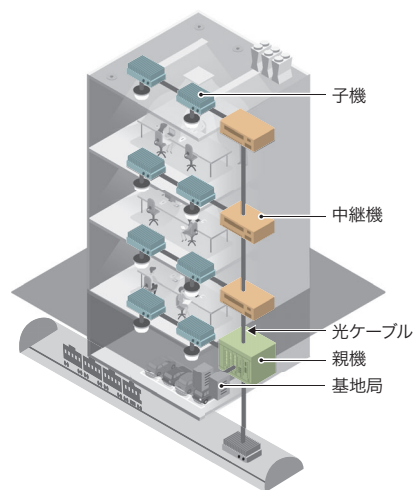
こうした背景に伴い、屋内のインフラ設備でも低消費電力化の取り組みは必須となっている。携帯電話事業者ごとにDASを使用すると全体では回路部分が重複するが、インフラシェアリング装置で共用化することにより、消費電力を削減できる。2.2節に述べた設置場所が確保しにくい現状と合わせ、接続環境改善などの社会的効果、消費電力削減などの環境への効果、及び設置費用削減といった経済的効果をもたらすインフラシェアリング装置の価値が、改めて見直されている(図3)。

DASとは

DASは、基地局からRF信号を入力して光ケーブルを用いて分配し、通信可能なエリアを拡張するシステムである。地下街や地下鉄をはじめ、空港・ショッピングモール・オフィスビルなどの電波が届きにくい屋内環境、駅ホームやスタジアムなどの半屋外環境でも利用されている。5G向けインフラシェアリングDASは、親機：中継機：子機を1：4：16の構成でスター接続し、最大64台の子機が広範なエリアで高速大容量の通信環境を提供する。



図A. DASの代表的な適用先



図B. DASの設置場所

社会的効果 インクルーシブ社会に貢献

- ・みんながつながる(均一・公平なインフラ通信環境)
- ・いつでもつながる(事業者の導入時期に依存しない)
- ・さくさくつながる(ストレスのない高速大容量通信)

環境への効果 SDGsに貢献

- ・消費電力削減(カーボンニュートラル)
- ・設備・物量の低減(シェアリングエコノミー)

経済的効果 オーナーのメリット

- ・4事業者を包含するシステム(3.5 GHz帯, 3.7 GHz帯, 4.5 GHz帯)
- ・CAPEX(設備投資)・OPEX(運用費用)の削減
- ・集客力への効果(人・企業に快適で利便性のある空間)

図3. インフラシェアリング DAS がもたらす効果

インフラシェアリング DAS の導入により、ストレスなく接続できるようになる社会的効果だけでなく、環境面や経済面の課題も解決できる。

Effects obtained by shared DAS for 5G networks

3. 東芝グループの取り組み

東芝グループは、3GPPにおける標準化や、モバイルデータトラフィックの屋内対策状況などを踏まえ、時代のニーズを先取りして DAS を開発してきた。今後も、インフラシェアリングや、O-RAN Alliance, ローカル 5G などに対応した DAS を製品化し、提供していく(特集の概要図)。

ここでは、近年の DAS 関連技術開発の取り組みについて述べる。

(1) 5G 向けインフラシェアリング DAS 下りの最大ス

ループット(通信速度)の向上やトラフィックの増加に対応するため、Sub6 帯域・ミリ波帯域(ともに、5G の帯域)における TDD (Time Division Duplex) 方式の規格化が、5G の実用化に向けて協議されてきた。

東芝インフラシステムズ(株)は、比較的安価に製品化が可能な Sub6 帯域において、国内の全 Sub6 帯域を網羅する 5G 向けインフラシェアリング DAS を開発した⁽⁵⁾。広帯域に対応するため、3.5 GHz 帯, 3.7 GHz 帯, 4.5 GHz 帯の三つのシステムに装置を分割し、モジュール化思想を取り入れ、親機の RF (高周波無線) ポートをスロット構造とした。これにより携帯電話事業者・帯域を柔軟に選択可能な構成を実現した(図4)。また、複数の装置でアンテナ出力の送信タイミングを一致させる同期機能を実装することで、最大で四つの帯域でキャリアアグリゲーションを実現した。各携帯電話事業者が高速通信環境を実現可能になり、全携帯電話事業者が同時に運用可能な下りの合計スループットは、13.7 Gビット/s である(図5)。

(2) 5G TDD タイミング検出技術 TDD 対応の DAS を開発するにあたり、上り信号と下り信号を基地局のタイミングに同期して切り替えることが重要である。5G では 4G と同じ方式を用いることはできないため、基地局の下り信号に周期的に送信される同期信号ブロックを復調することで、携帯基地局と同期する必要があった。そこで、データ復調におけるシンボル同期の高精度

- ・5G のメインバンドである Sub6 帯域: 3.4~5.0 GHz をカバーする製品をラインアップ(ART シリーズ)
- ・国内の携帯電話事業者が保有する全ての Sub6 帯域を接続可能(未割り当て 4.9~5.0 GHz を含む)
- ・LTE-NR に対応

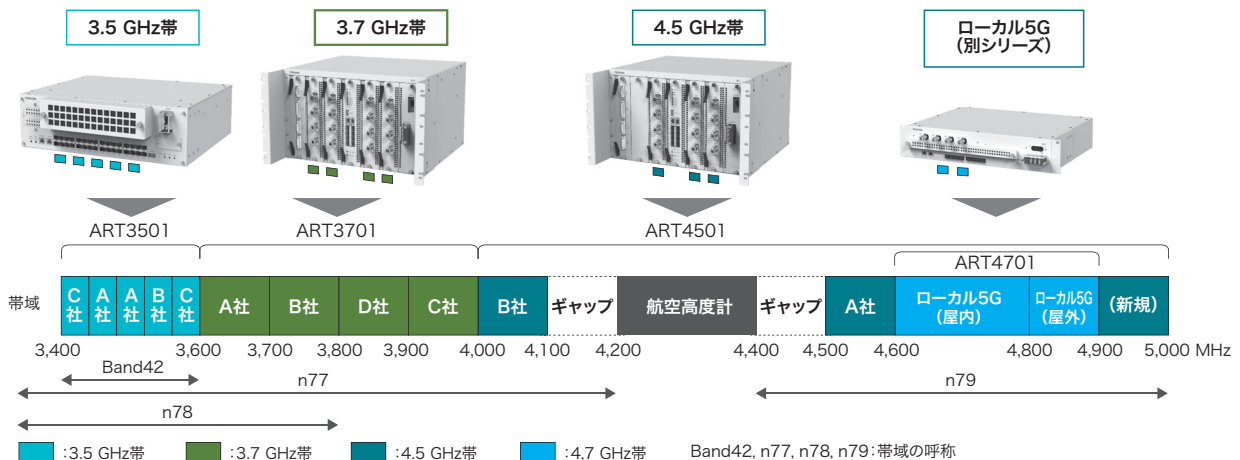


図4. インフラシェアリング DAS の帯域

5G の帯域向け DAS のラインアップ(3.5 GHz 帯, 3.7 GHz 帯, 4.5 GHz 帯, 4.7 GHz 帯)は、各周波数帯で国内の全ての携帯電話事業者との接続が可能(ローカル 5G 含む)である。

Frequency bands for 5G networks supported by each shared DAS

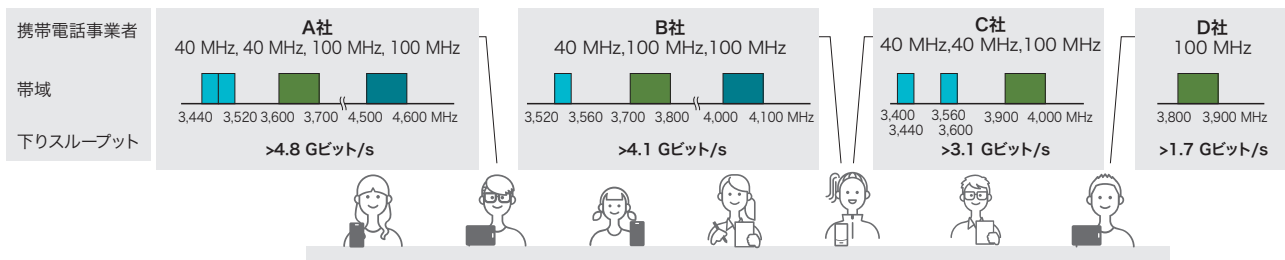


図5. 携帯電話事業者ごとの最大下りスループット

各携帯電話事業者の帯域にキャリアアグリゲーションを適用した際の合計下りスループットは、13.7 Gビット/sである。

Maximum downlink throughput applying carrier aggregation to frequency bands assigned to each mobile network operator

化と、データ判定における位相回転への耐性を向上することで、クロック再生・伝送路推定・波形等化など演算量の多い処理を用いずに、同期信号ブロックを復調し、TDDタイミングを検出する手法を開発した。また、一連の信号処理を独自の回路アーキテクチャーで実装することで小規模・低消費電力化を実現し、5G向けインフラシェアリングDASに搭載してリリースした（この特集のp.8-11参照）。

(3) インフラシェアリングに向けたOpen RAN対応

携帯電話事業者は、高度な基地局ネットワークの構築に向けて、積極的にOpen RANへの対応を進めている。インフラシェアリングDASでもO-RANインターフェースへの対応が必要となる可能性が高く、5G向けインフラシェアリングDASのOpen RAN対応の検討を進めている。

従来のRFインターフェースとO-RANインターフェースを混在させる構成や、コンパクトな無線信号処理回路技術、異なるインターフェース間のタイミング同期技術、オープンな遠隔監視機能、誤設定を防止する携帯電話事業者間リソースマネジメント技術など、Open RAN化対応の課題を整理し、実現にめどを得た（同p.12-16参照）。

(4) ローカル5GにおけるDASソリューション

特定のエリア・用途に限定して、携帯電話事業者以外が独自に構築・運営できるローカル5Gが注目を集めている。ローカル5Gは免許に基づき無線の周波数を独占的に利用できるため、安定したシステムを構築可能で、工場や、プラント、研究施設、社会インフラ設備など、通信停止が重大な影響を及ぼす領域で、新たな通信ネットワークとしての利用・拡大が見込まれている。

東芝インフラシステムズ(株)は、ローカル5Gに対応したDASを開発・リリースした。ローカル5Gにおける

DASは、柔軟なエリア構築を可能とし、広帯域・高セキュリティな無線環境を必要とするアプリケーションを、より安定的に実現できる。また、道路や、鉄道、河川などの線状に広がる社会インフラシステムの安定的運用に資する対応技術にも取り組んでいる（同p.17-20参照）。

(5) 海外におけるOpen RANの実証 Open RANは、インターフェース仕様がオープンなので参入障壁が低く、機器の調達先が多様化するので、装置の低コスト化も期待される。設備コストの削減が課題となることが多いローカル5GでもOpen RANは注目されており、O-RANフレームワークを基に、エンドツーエンドのローカル5Gシステムの実現性確認が望まれている。

東芝は、様々なベンダーから機器やソフトウェアを調達し、マルチベンダー構成でローカル5Gシステムの構築に成功した。このシステムにはネットワークスライシングや、エッジAI、リアルタイム統合管理などの機能を搭載している。同研究所での評価及びスマートシティのユースケースを想定したフィールド実証を通して、これらの機能・性能を実験的に明らかにした（同p.21-24参照）。

4. 今後の展望

モバイル通信は、この40年間で世界中の誰もが利用可能なツールとして、飛躍的な発展・普及を遂げた。一方で、基地局の設置が行き届いていない地域や、人々の生活動線・トラヒックの集中する都心部のインドア閉空間など、十分なモバイル通信環境が提供できていない箇所が散在している。大きな災害が発生した際の通信手段として、人々の生命維持にも関わることがあるので、特に公共性の高い空間において、高品質の通信環境を誰もが使えるように提供する必要があります。

東芝グループは、半世紀にわたり公共インフラ分野で培ってきた、無線通信と光伝送通信の技術を融合し、かつ最新の技術を開発・実装することにより、新たな機能を搭載した5G向けインフラシェアリングDASを製品化した。DASの活用により、共生社会を支え、人々の安全で快適な生活に貢献していく。また、産業領域での適用に向けた活動が、労働力不足の改善や、カーボンニュートラル・サーキュラーエコノミーの実現にも寄与する。

東芝グループは、「人と、地球の、明日のために。」の理念の下、これからも新しい技術開発と新しい価値の創造を継続していく。

文 献

- (1) GSMA. The Mobile Economy 2024. <<https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/wp-content/uploads/2024/02/260224-The-Mobile-Economy-2024.pdf>>, (accessed 2024-08-07).
- (2) Beyond 5G推進コンソーシアム 白書分科会. Beyond 5G ホワイトペーパー ～2030年代へのメッセージ～ 3.0版. 2024, 319p. <https://b5g.jp/w/wp-content/uploads/2024/03/whitepaper_3-0.pdf>, (参照 2024-08-07).
- (3) Ericsson. "5G : The next wave". <<https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/consumerlab/reports/5g-next-wave>>, (accessed 2024-08-07).
- (4) 総務省 電気通信市場検証会議 競争ルールの検証に関するWG事務局. 資料55-1 通信市場の動向について. 2024, 95p. <https://www.soumu.go.jp/main_content/000944045.pdf>, (参照 2024-08-07).
- (5) 東芝インフラシステムズ. “インフラシェアリング向け5G対応分散型アンテナシステム「ART3711」の販売開始について”. ニュースリリース. <<https://www.global.toshiba/jp/news/infrastructure/2024/01/news-20240130-01.html>>, (参照 2024-08-07).



土井 敏則 DOI Toshinori
東芝インフラシステムズ(株) 社会システム事業部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



丹後 俊宏 TANGO Toshihiro
東芝インフラシステムズ(株) 社会システム事業部
通信システムソリューション営業部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.