

3.5GHz帯導入

3.5GHz帯導入に向けた基地局アンテナの開発

2014年12月に、「第4世代移動通信システムの導入のための特定基地局の開設計画の認定」が総務省より行われ、3.5GHz帯の周波数が新たに利用可能となった。ドコモはPREMIUM 4Gのさらなる進化として3.5GHz帯を用いたTD-LTEを導入し、キャリアアグリゲーションにより既存FDD帯と組み合わせた受信最大370Mbpsの通信サービスを2016年6月に開始した。本稿では、3.5GHz帯TD-LTE導入に向け新たに開発したスモールセル用基地局アンテナ、屋内用基地局アンテナおよびマクロセル用基地局アンテナの概要をそれぞれ解説する。

無線アクセス開発部

よしはら たつひこ か かわい ひろゆき†
吉原 龍彦 川合 裕之
よしだ しょう かわむら てるお
吉田 翔 川村 輝雄

1. まえがき

2014年12月に総務省より割り当てられた、3.5GHz帯の周波数利用にあたっての技術的要件[1]に対応するため、ドコモでは①スモールセル^{*1}用、②屋内用、③マクロセル用の各基地局アンテナを新たに開発した。

①駅周辺などの通信トラフィックが多い屋外エリアでは、より高速で安定した通信を提供するため、スモールセル基地局を展開している。このようなスモールセルでのエリア展開を効果的に行うには、用途やさまざまな設

置条件（ビル壁面や屋上などへの設置）に対応する必要があることから、3種類の小型アンテナを開発した。

②大規模商業施設など屋内エリアにおいても、増大するトラフィックに対応するため3.5GHz帯の利用は重要である。このような屋内用には、天井面に設置しフロア内のエリア化が可能な小型アンテナを新たに開発した。

③駅周辺などの高トラフィックエリア以外においても高速な通信を提供するため、マクロセル基

地局により3.5GHz帯を展開する。このようなマクロセル用には、広い範囲をエリア化するため、高いアンテナ利得^{*2}をもつ基地局アンテナを開発し、既存のビル局や鉄塔局に設置してエリア展開する。

本稿では、用途や設置条件に応じて新たに開発した各基地局アンテナの特徴を解説する。

2. スモールセル用アンテナ

スモールセル用アンテナの仕様諸

©2016 NTT DOCOMO, INC.
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

† 現在、R&D戦略部

^{*1} スモールセル：送信電力が大きい基地局によりエリア化するマクロセルに対して、送信電力が小さい基地局によりエリア化する小さいセルの総称。

^{*2} アンテナ利得：電波の放射が最大となる方向（メインビーム）における電波の強さを表す。

元を表1に示す。ビル壁面や屋上など設置基盤がさまざまなことや、隣接スモールセルとの干渉を考慮し、3種類のアンテナを開発した。いずれも垂直・水平偏波*3共用アンテナである。これらのアンテナは1.5/1.7GHz帯対応のスモールセル用アンテナ[2]と比較して小型である。各アンテナの特徴は下記の通りである。

(1)ロッドアンテナ (2種類)

アンテナは鉛直方向に設置することで水平面内の放射パターンが無指向性*4となる棒状（ロッド）のアンテナで、ビル壁面や鋼管柱などに設置し周囲をエリア化する場合に用いる。電気チルトにより足元方向に最大放射方向を固定的に傾けることで、隣接スモールセルとの干渉を低減[3]可能なチルト*5有タイプと、最大放射方向は傾けないかわりに小型なチルト無タイプを開発した。

(2)平面アンテナ

単指向性を有する箱型（放射面は平面）のアンテナであり、アンテナ利得が高いため、ビル屋上などの高い場所からスポット的にエリア化する場合に用いる。機械チルトによるチルト調整によってスモールセル間の干渉低減が可能であるほか、干渉低減を考慮した低サイドローブ*6の設計となっている。

3. 屋内用アンテナ

屋内用アンテナの仕様諸元を表2に示す。新たに3.5GHz帯でエリア化する場合、屋内はすでに1.5/1.7/2GHz帯共用のアンテナ[4]が設置されているため、設置スペースが限られていることを考慮し既設アンテナとの置換えが望ましい。そのため、1.5/1.7/2/3.5GHz帯共用とし、3.5GHz帯は本アンテナ1台で4アン

テナを用いたMIMO（Multiple Input Multiple Output）の運用を可能とした。さらに、本アンテナは既設の1.5/1.7/2GHz帯共用アンテナと同一サイズとしたことで、置換えが容易であり、室内の景観を変更すること無く3.5GHz帯の導入が可能である。

3.5GHz帯用の4つのアンテナ素子を配置する際の4素子の偏波構成に関して、垂直偏波素子×4構成と、垂直偏波素子×2・水平偏波素子×2の構成を比較検討した。従来と同じアンテナサイズであることに起因して、アンテナ素子間の間隔を十分に確保できないため、垂直偏波素子のみの構成では、垂直・水平偏波素子構成の場合に比較してアンテナ間相関*7が高くなり、スループットが低下する。そのため、本アンテナでは、より高いスループット*8（低いアンテナ間相関）が得られる垂直・

表1 スモールセル用アンテナの仕様諸元

アンテナ種別	ロッドアンテナチルト有タイプ	ロッドアンテナチルト無タイプ	平面アンテナ
外 観			
対応周波数	3.5GHz帯		
ブランチ数	2		
水平面指向性	無指向性		単指向性
チルト対応	電気チルト（遠隔制御非対応）	チルト無	機械チルト
サイズ（mm）	φ49×240以下	φ49×140以下	150×150×60以下

*3 偏波：電界の振動する方向。電界が地面に対して垂直な面内で振動する場合を垂直偏波、水平な面内で振動する場合を水平偏波という。

*4 指向性：電波の強さが方向によって異なる性質を表す。よって、無指向性とはどのような

向にも同じ強さで電波を放射し、単指向性とは一方に電波を強く放射する性質をいう。

*5 チルト：アンテナから放射される電波の、最大放射方向の垂直面内における傾き角を表す。また、チルトの方向を制御する方法

として、アンテナを物理的に傾ける機械チルトと、アンテナ素子の振幅・位相を制御して電波の最大放射方向を傾ける電気チルト方式がある。

水平偏波素子構成を採用した。

4. マクロセル用アンテナ

マクロセル用アンテナの仕様諸元を表3に示す。エリア展開に応じて3セクタ用2種類（利得重視タイプ、設置性重視タイプ）および6セクタ

用1種類（設置性重視タイプ）の合計3種類のアンテナを開発した。本アンテナは700MHz、800MHz、1.5GHz、1.7GHz、2GHz帯などの基地局アンテナと併設して運用するため、都市部のビル屋上などでは新たに3.5GHz帯アンテナ用に鋼管柱を建てるスペースを確保することが

困難な場合が想定される。そこで、既設のアンテナと同一の鋼管柱に容易に設置できるよう、利得重視タイプに加えて、体積が半分程度の設置性重視タイプのアンテナも開発した。また、マクロセル用のアンテナは遠隔からの制御信号により、アンテナ内部の移相器^{*9}を駆動させることで、チルトを制御することが可能である。チルト角の遠隔制御のためのインタフェースとしては、世界標準であるAISG（Antenna Interface Standards Group）^{*10}規格を採用している。

5. あとがき

本稿では、新たに利用可能となる3.5GHz帯に対応するため開発したスモールセル用、屋内用、マクロセル用の各基地局アンテナの特徴について解説した。

基地局アンテナはセルラシステムのエリア形成に密接にかかわる重要

表2 屋内用アンテナの仕様諸元

外 観	
対応周波数	1.5/1.7/2/3.5GHz帯
ブランチ数	1.5/1.7/2GHz帯：2 3.5GHz帯：4
サイズ（mm）	150×150×40

表3 マクロセル用アンテナの仕様諸元

アンテナ種別	利得重視タイプ	設置性重視タイプ	
外 観			
セクタ数	3	3	6
対応周波数	3.5GHz帯		
ブランチ数	2		
チルト対応	電気チルト（遠隔制御対応）		
サイズ（mm）	φ125×1,400以下	φ125×600以下	φ155×500以下

*6 サイドローブ：電波の最大放射方向（メインローブ）の外側の方向に弱く放射される電波。一般にサイドローブは不要な方向に出ることが多いため、これを抑圧する必要がある。

*7 相関：異なる信号の類似性を示す指標。複

素数で表され絶対値は0～1の値をとる。1に近いほど類似性が高く、受信側の信号の分離が困難となるため、スループットが低下する。

*8 スループット：単位時間当りに、誤りなく伝送される実効的なデータ量。

*9 移相器：アンテナにおいては、各アンテナ素子に掛けられる位相を変える回路のことを指す。

な設備であり、今後もさらなる無線容量の拡大や通信速度の高速化など、ユーザにより快適なネットワークを提供していけるよう、アンテナ開発を進めていく。

文 献

- [1] 新, ほか: “3.5GHz帯TD-LTE導入に関するドコモの技術開発の取組み,” 本誌, Vol.24, No.2, pp.4-7, Jul. 2016.
- [2] 吉原, ほか: “高度化C-RANアーキテクチャを実現する無線装置およびアンテナの開発,” 本誌, Vol.23, No.2, pp.19-24, Jul. 2015.
- [3] 吉田 翔, 吉原 龍彦, 川合 裕之, 井原 泰介, 瀧口 貴啓, 柳生 健吾: “スモールセルにおけるアンテナビームチルトの容量増加効果,” 信学会技術研究報告, AP2014-47, pp.41-46, Jun. 2014.
- [4] 伊東, ほか: “マルチバンド対応RoF装置および屋内アンテナの開発実用化,” 本誌, Vol.22, No.1, pp.32-36, Apr. 2014.

*10 AISG: チルト角の遠隔制御や監視をするためのインタフェース規格標準化グループ. AISG規格は現在, 3GPPの技術仕様としても採用されている.