

## [招待講演] 第5世代モバイル通信に向けて ～無線アクセス技術動向とドコモの取組～

奥村 幸彦

株式会社NTTドコモ 先進技術研究所 〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘3-6

E-mail: okumuray@nttdocomo.com

**あらまし** 本講演では、5Gの超高速・大容量移動通信システムの実現に向けた国内外の動向と、ドコモにおいて検討中の5G無線アクセスネットワークについて紹介する。同無線アクセスネットワークでは、カバレッジとモビリティを確保するマクロセルに、広帯域・超高速伝送を実現するスモールセル（マイクロ波/準ミリ波（SHF）からミリ波（EHF）に至る高周波数帯の使用を想定）をオーバーレイ配置し、Control (C)-plane と User (U)-plane に対応する無線リンクをこれらのセルへ分離接続することを特徴としたファントムセルコンセプトをベースとして、スモールセルには、高周波数帯における電波伝搬損失を補償し、ユーザ端末に対して効率良く所望の無線信号を送信することの可能な超多素子アンテナを有する Massive MIMO を適用する。さらに本講演では、Massive MIMO の適用を前提とした移動リレーセルや、スモールセルを低コストかつ柔軟に収容するモバイル光ネットワークについて述べるとともに、幅広い無線周波数を前提とした5G無線アクセス技術検証について、リアルタイムシミュレータ、伝送実験装置を用いたドコモの最新の取り組みを紹介する。

**キーワード** 第5世代移動通信システム, 5G無線アクセスネットワーク, ファントムセルコンセプト, SHF/EHF帯, Massive MIMO, モバイル光ネットワーク

## [Invited Talk] Toward Actualization of the 5<sup>th</sup> Generation Mobile Communications

- Latest Trends in Radio Access Technologies and DOCOMO's Activities -

Yukihiko OKUMURA

NTT DOCOMO, INC., 3-6 Hikari-no-oka, Yokosuka-shi, Kanagawa, 239-8536 Japan

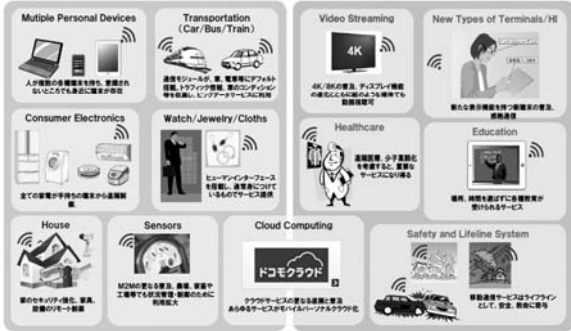
E-mail: okumuray@nttdocomo.com

**Abstract** In this talk, current global activities for realization of the fifth generation (5G) mobile communication system with super high bit rate and capacity, and a 5G radio access network which is under studying within NTT DOCOMO, are introduced. This radio access network bases on the phantom cell concept characterized by carrying out overlay arrangement of small cells which realizes wide-bandwidth and super high-speed transmission using higher frequency bands from super high frequency (SHF) to extremely high frequency (EHF), into a large cell which provides coverage and mobility, and by making separation connection of the link corresponding to (C)-plane and User (U)-plane to these cells. To compensate propagation loss on high frequency band links, and to transmit radio signal to user terminals efficiently, Massive MIMO with very large number of antenna elements is introduced in small cells. In this talk, furthermore, the moving relay cells with using Massive MIMO, and the mobile optical network which can flexibly deploy small cells under low cost, are described. In addition, DOCOMO's activities in verifying new 5G radio access technologies based on wide range radio frequencies, which are conducted by using an original real time simulator and transmission experiment prototypes, are also introduced.

**Keyword** Fifth generation mobile communication system, 5G radio access network, Phantom cell concept, SHF/EHF bands, Massive MIMO, Mobile optical network

## 2020年以降のサービスイメージ NTT docomo

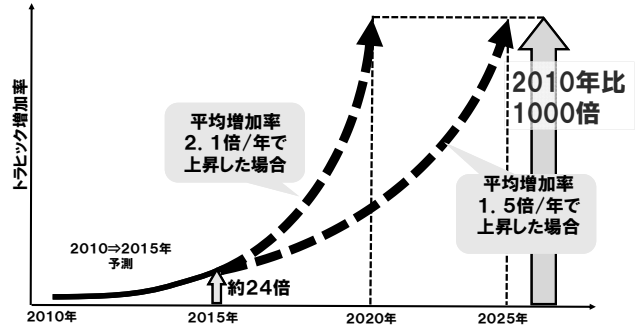
全ての「もの」が無線でつながる社会を実現し、無線サービスの高度化、拡大だけでなく、ビッグデータを活用した新たな産業創出などを期待  
全ての「もの」が無線でつながる 無線サービスの拡張・多様化



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## モバイルデータトラフィック量の予測 NTT docomo

2020年代のモバイルサービスは、2010年に比べ1000倍超えのトラフィックとなる可能性あり

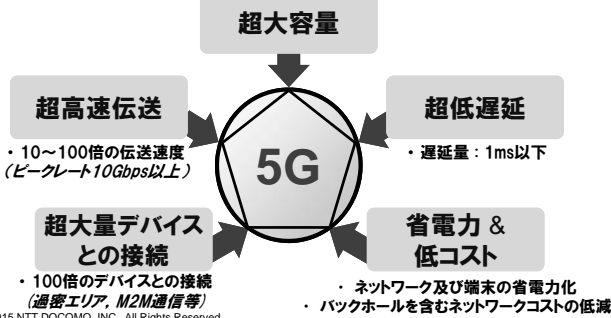


©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## 5Gが目指す世界(性能要件) NTT docomo

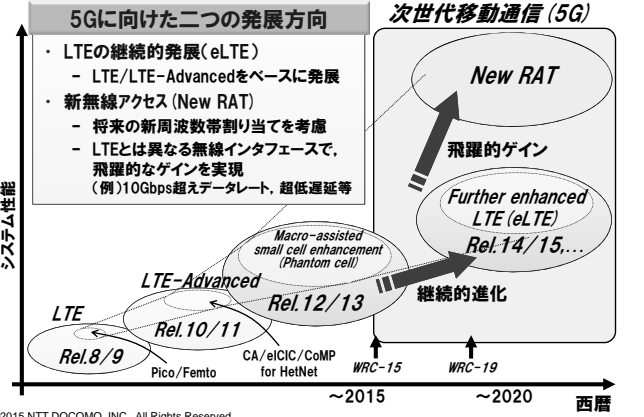
2020年代に提供される多種多様なサービス・端末をサポートするため広範かつより高い性能要求条件を満足する必要がある

・ 単位面積当たりの容量1000倍



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

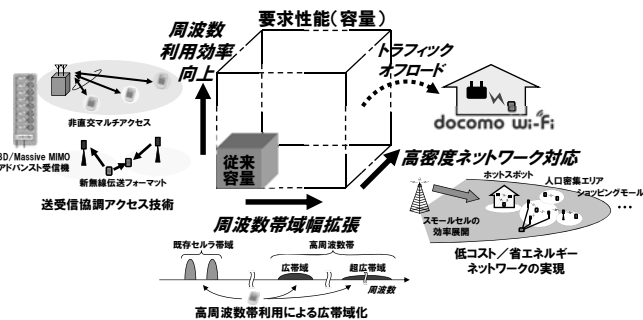
## 5Gに向けた無線アクセスの発展方向 NTT docomo



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## 5G無線アクセス性能向上手段 NTT docomo

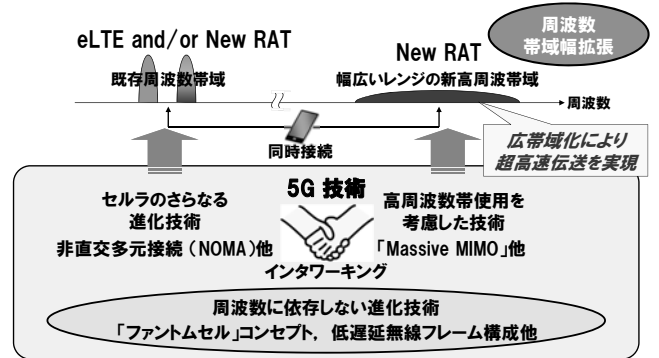
5Gの要求条件を満たすためには、複数の手段を組み合わせることで、飛躍的な無線アクセス性能向上・容量増大を目指す



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## ドコモの5G技術コンセプト NTT docomo

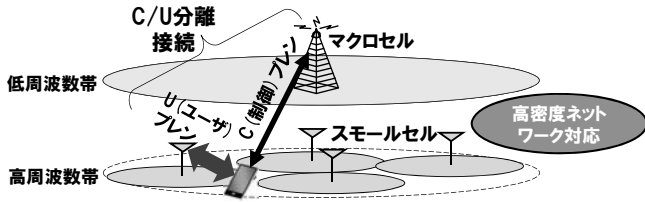
5G無線アクセス = eLTE (Enhanced LTE) + New RAT



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## ドコモ提案「ファントムセル」コンセプト <sup>NTT</sup> docomo

マクロセルにより多くのスモールセルをアドオン出来る構造



U (ユーザー) プレイン: 高速レートのユーザーデータを高周波数帯で広帯域伝送

C (制御) プレイン: 呼接続性やモビリティを確保するための制御信号を伝送

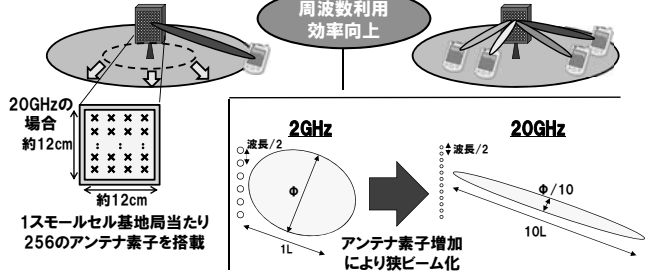
©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## Massive MIMO技術 <sup>NTT</sup> docomo

高周波数帯スモールセル基地局に、より多くのアンテナ素子を搭載するどい指向性の電波を使って端末と送受信

高周波数帯利特有の電波伝搬減衰を補償してスモールセルのエリア拡大

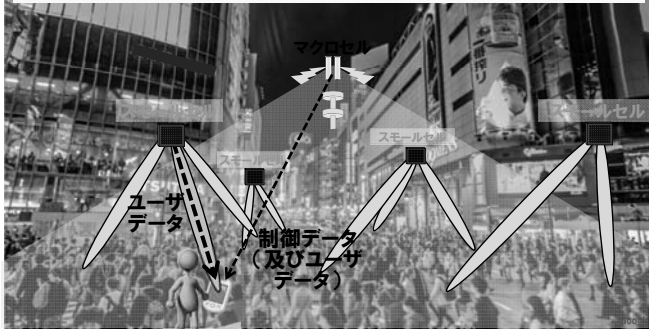
多数ユーザーの同時接続を可能とし容量不足を解消



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## 5Gの展開例【都市中心部】 <sup>NTT</sup> docomo

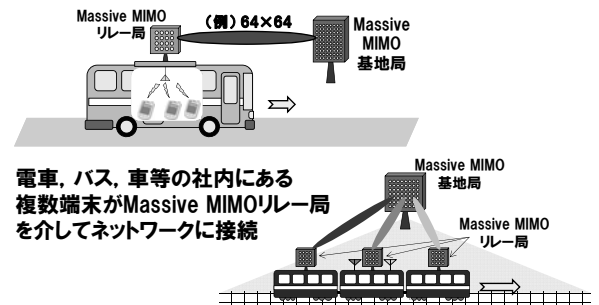
「ファントムセル」と「Massive MIMO」を組み合わせることにより容量1000倍と超高速伝送といった5Gの要求条件を達成



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

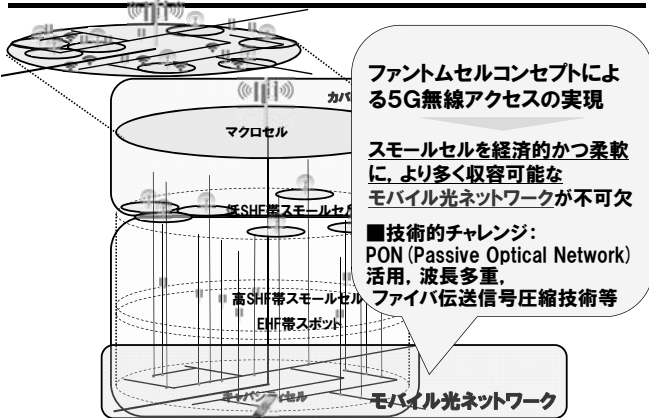
## Massive MIMOの応用「グループモビリティ」 <sup>NTT</sup> docomo

移動リレー局にもMassive MIMOアンテナを適用することにより、超高速伝送可能なワイヤレスバックホール、グループモビリティを実現



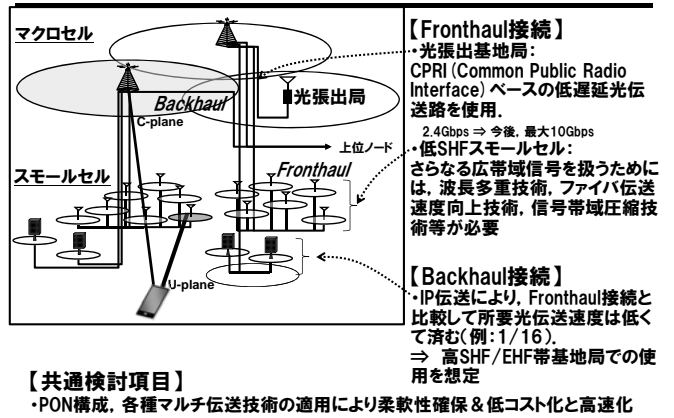
©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## 5G無線アクセスを支えるモバイル光ネットワーク



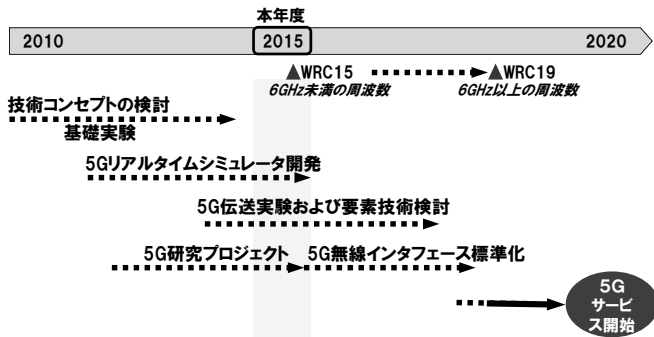
©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## モバイル光ネットワークの光伝送技術 <sup>NTT</sup> docomo



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## 5G実現に向けたドコモの取り組み NTT docomo

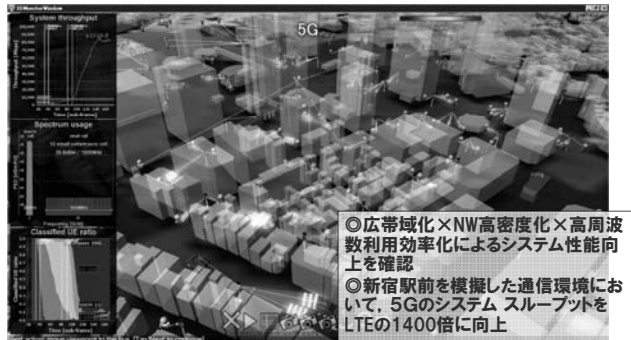


©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

13

## 5Gリアルタイムシミュレータ NTT docomo

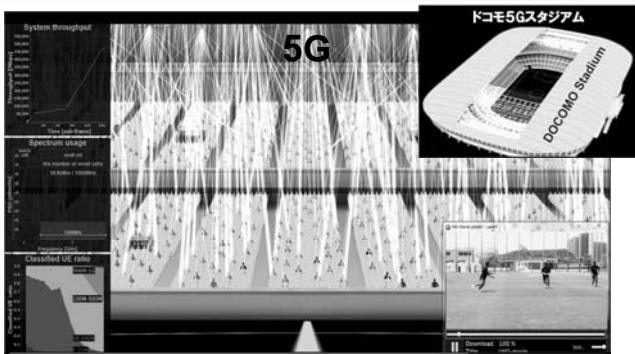
@CEATEC2013:ドコモ提案の5G(セルコンセプトおよび要素技術)適用時のシステムを実エリア環境を仮定してリアルタイムに模擬



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

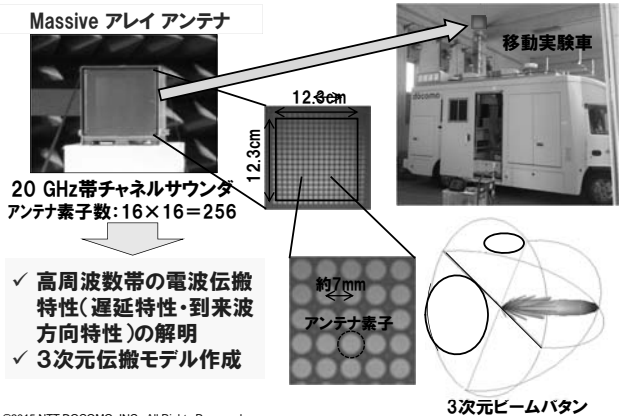
## 5Gリアルタイムシミュレータ NTT docomo

@CEATEC2014:超高密度な環境の例としてスタジアムにおける5G性能をリアルタイムに模擬 ⇒ スタジアムにおいても超高速・超低遅延を実現



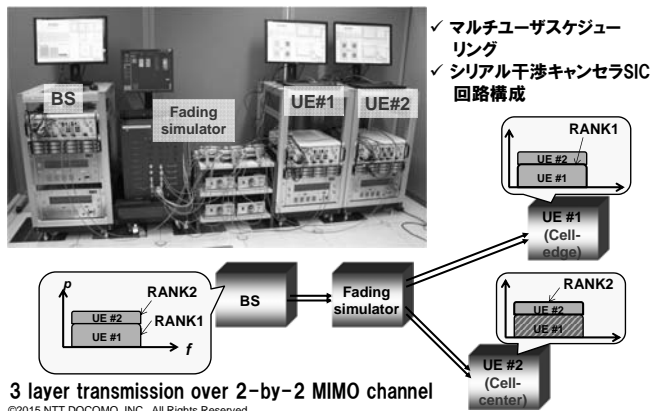
©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## 高周波数帯電波伝搬測定 NTT docomo



©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## 非直交多元接続 (NOMA) 検証実験 NTT docomo

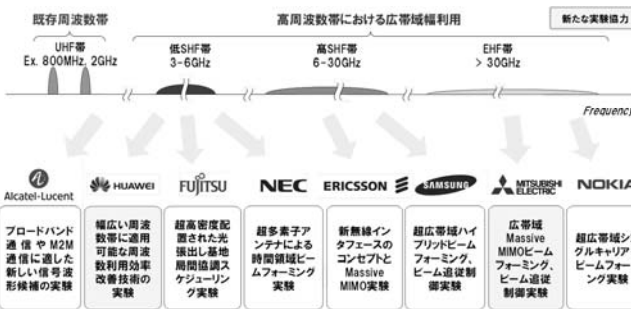


©2015 NTT DOCOMO, INC., All Rights Reserved.

## 5G無線アクセス技術の検証実験 NTT docomo

✓ ドコモでは5G技術確立に向け世界主要ベンダと実験協力体制構築  
【2015年3月2日報道発表】従来6社 ⇒ 8社へ拡大

✓ 複数ベンダとの協力により広範な周波数帯と技術項目の実験推進中



## 関連 Web ページ情報

「ドコモ 5G ホワイトペーパー」

掲載ページ(URL):

[https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/whitepaper\\_5g/index.html](https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/whitepaper_5g/index.html)

## 関連文献情報

- [1] 中村 武宏, 他, “LTE の発展と将来無線技術の展望,” 信学技報, RCS2011-334, 2012 年 3 月.
- [2] 岸山 祥久, 他, “LTE スモールセルの高度化とファントムセルの概要,” 信学技報, RCS2012-332, 2013 年 2 月.
- [3] 奥村 幸彦, 他, “将来無線アクセス・モバイル光ネットワーク ～その 1 ～/～その 2 ～,” 信学技報, RCS2013-231/232, 2013 年 12 月.
- [4] 寺田 純, 他, “将来無線アクセス・モバイル光ネットワークにおける光アクセスシステムの検討課題,” 信学技報, CS2013-49, 2013 年 11 月.
- [5] 久保 尊広, 他, “将来無線アクセス・モバイル光ネットワークにおける光伝送帯域削減に関する検討,” 信学技報, CS2013-51, 2013 年 11 月.
- [6] 今井 哲朗, 他, “将来無線アクセス・モバイル光ネットワークにおける電波伝搬技術 ～6 GHz を超える高周波数帯の開拓に向けて～,” 信学技報, AP2013-174, 2014 年 2 月.
- [7] Takehiro Nakamura, 他, “Concept of Experimental Trial for 5G Cellular Radio Access,” 信学総大, B-5-58, 2014 年 9 月.
- [8] トラン ゴクハオ, 他, “20GHz 帯における超多素子 MIMO チャンネルサウンダの開発,” 信学総大, B-1-28, 2014 年 9 月.
- [9] 須山 聡, 他, “高周波数帯を用いた超高速 Massive MIMO 伝送の基本特性,” 信学技報, RCS2013-348, 2014 年 3 月.
- [10] 安田 浩人, 他, “5G 将来無線アクセスネットワークにおけるムービングセルの実現法,” 信学技報, RCS2014-3, 2014 年 4 月.
- [11] 今井 哲朗, 他, “第 5 世代移動通信システム設計に向けた伝搬特性の検討,” 信学技報, AP2014-149, 2014 年 11 月.
- [12] 奥村 幸彦, 他, “5G 無線アクセス技術,” 信学総大, BP-1-3, 2015 年 3 月.
- [13] 齋藤 祐也, 他, “下りリンク MIMO 非直交多元接続におけるマルチユーザスケジューリングメトリックに関する検討,” 信学総大, B-5-41, 2015 年 3 月.
- [14] 齋藤 敬祐, 他, “SIC 受信機における A/D 変換器の量子化ビット数の影響を考慮した下りリンク非直交多元接続 (NOMA)～,” 信学総大, B-5-44, 2015 年 3 月.
- [15] シン キュン, 他, “5 GHz 帯超多素子アンテナを用いた 5G 基礎伝送実験,” 信学総大, B-5-93, 2015 年 3 月.
- [16] Tatsunori Obara, 他, “28 GHz Band Experimental Trial for 5G Cellular Systems,” 信学総大, B-5-95, 2015 年 3 月.
- [17] 栗田 大輔, 他, “15GHz 帯における 5G 伝送実験装置による屋内伝搬測定,” 信学総大, B-5-96, 2015 年 3 月.
- [18] 立石 貴一, 他, “15GHz 帯における 5G 伝送実験装置を用いた屋内伝送特性,” 信学総大, B-5-97, 2015 年 3 月.
- [19] 馬 妍妍, 他, “ミリ波帯 5G 無線アクセス伝送実験に関するシールドルーム環境におけるレンズアンテナを用いた下りビームフォーミングおよびスループット特性評価,” 信学総大, B-5-98, 2015 年 3 月.
- [20] Anass Benjebbour, 他, “Study on Candidate Waveform Designs for 5G,” 信学総大, B-5-99, 2015 年 3 月.
- [21] 鈴木 恭宜, 他, “Massive-MIMO 装置におけるアンテナフィルタの一体化,” 信学総大, B-5-104, 2015 年 3 月.
- [22] 須山 聡, 他, “高周波数帯ハイブリッドビームフォーミングを用いた超高速 Massive MIMO におけるアナログビームフォーマ構成の検討,” 信学総大, B-5-105, 2015 年 3 月.
- [23] 奥山 達樹, 他, “高周波数帯を用いる超高速マルチユーザ Massive MIMO の特性評価,” 信学総大, B-5-106, 2015 年 3 月.
- [24] 武田 大樹, 他, “ヘテロジニアスネットワークを想定した平面アレーアンテナにおけるビーム選択手法～,” 信学総大, B-5-107, 2015 年 3 月.
- [25] 北尾光司郎, 他, “高 SHF-EHF 帯におけるマイクロセル用伝搬損失推定式,” 信学総大, B-1-24, 2015 年 3 月.
- [26] 北尾光司郎, 他, “レイトレーシング法の高周波伝搬推定精度向上に関する一検討,” 信学総大, B-1-27, 2015 年 3 月.
- [27] 須山 聡, 他, “高周波数帯ハイブリッドビームフォーミングを用いた Massive MIMO におけるアナログビームフォーミング構成の影響,” 信学技報, RCS2014-337, 2015 年 3 月.
- [28] 小原 辰徳, 他, “ハイブリッドビームフォーミングを用いる超高速 Massive MIMO における CSI 誤差の影響とチャネル推定に関する検討,” 信学技報, RCS2014-338, 2015 年 3 月.
- [29] シン キュン, 他, “ハイブリッドビームフォーミングを用いた超高速 Massive MIMO OFDM 伝送における PAPR 低減,” 信学技報, RCS2014-339, 2015 年 3 月.
- [30] 奥山 達樹, 他, “高周波数帯超高速 Massive MIMO 伝送におけるマルチユーザ環境での特性評価,” 信学技報, RCS2014-340, 2015 年 3 月.
- [31] 大巻 信貴, 他, “見通し外ストリートセル環境における Rounded-Shape (RS) モデルを用いたレイトレーシング法の精度評価,” 信学技報, AP2014-222, 2015 年 3 月.
- [32] 小林 崇春, 他, “5G 超高密度セルにおける協調ビームフォーミングの検討と屋内実験,” 信学技報, RCS2015-18, 2015 年 4 月.
- [33] 立石 貴一, 他, “15GHz 帯を用いた 5G 無線アクセスにおける屋内スモールセル環境の下りリンク伝送実験結果,” 信学技報, RCS2015-19, 2015 年 4 月.
- [34] Tatsunori Obara, 他, “Experimental Trial for 5G Systems Using 28 GHz Band -Part I-/Part II-,” RCS2015-20/21, 2015 年 4 月.
- [35] 岡崎 彰浩, 他, “5G 超大容量 Massive MIMO 伝送におけるマルチビーム多重化技術と 44GHz 帯を用いた屋外基礎実験に基づいた評価,” 信学技報, RCS2015-22, 2015 年 4 月.