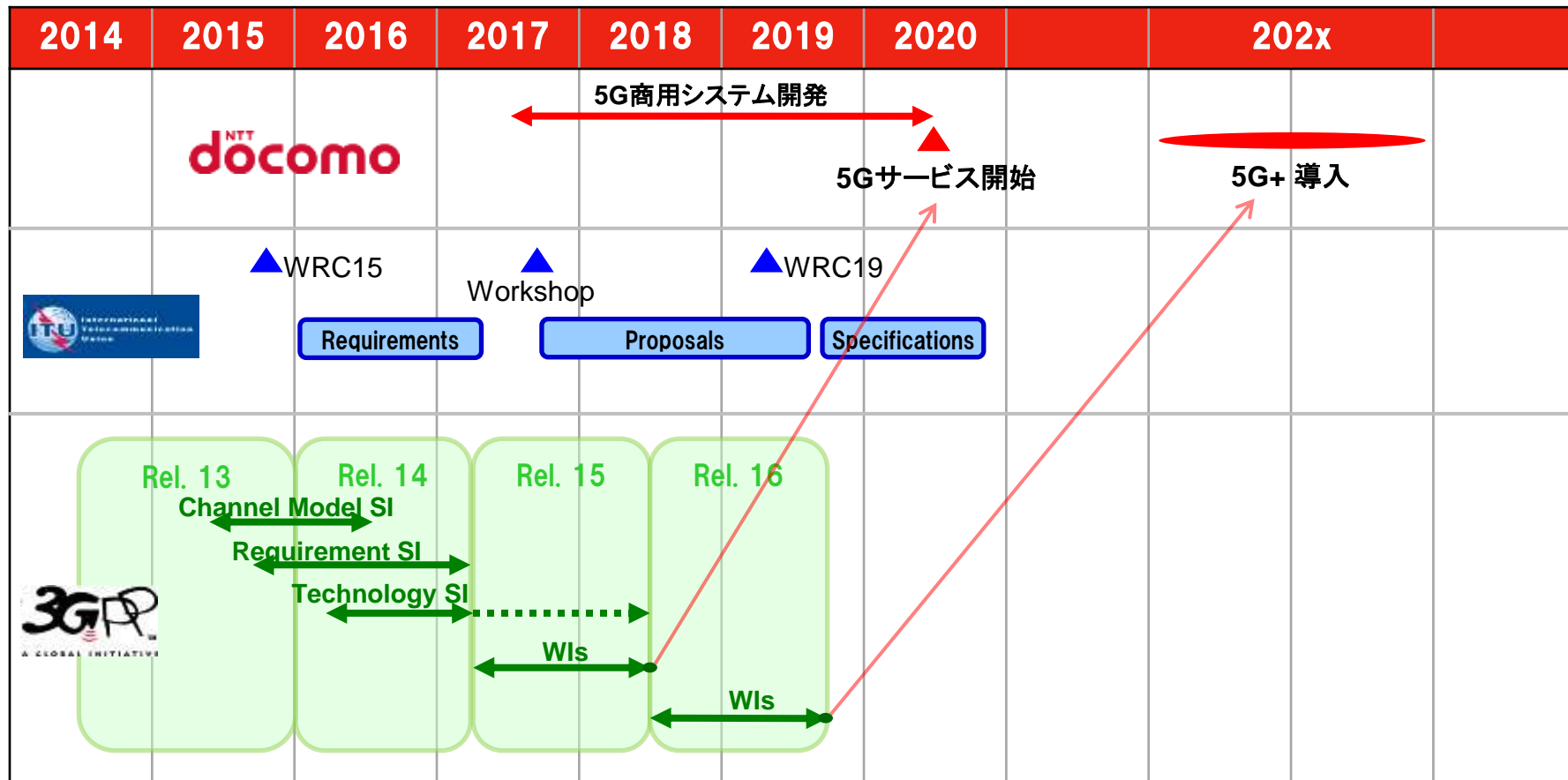


# 5G早期実現に向けたNTTドコモの活動

中村 武宏

NTTドコモ 5G推進室

# 5G想定スケジュール

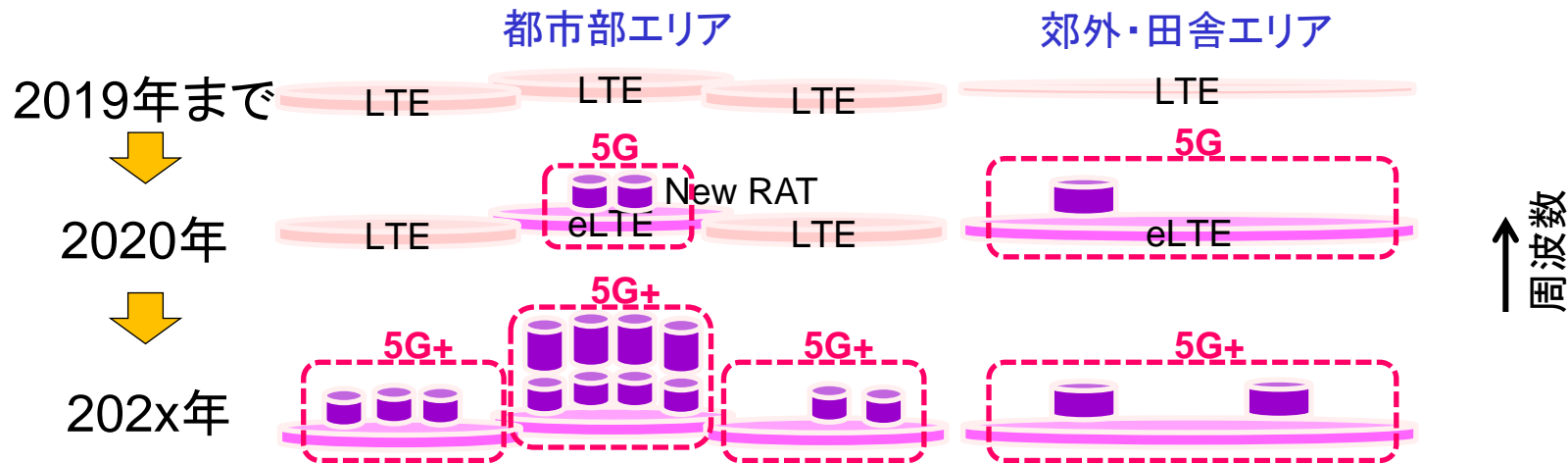


# 5Gの展開イメージ

## ① 2020年、高速・大容量化を最も必要とするエリアから5G導入

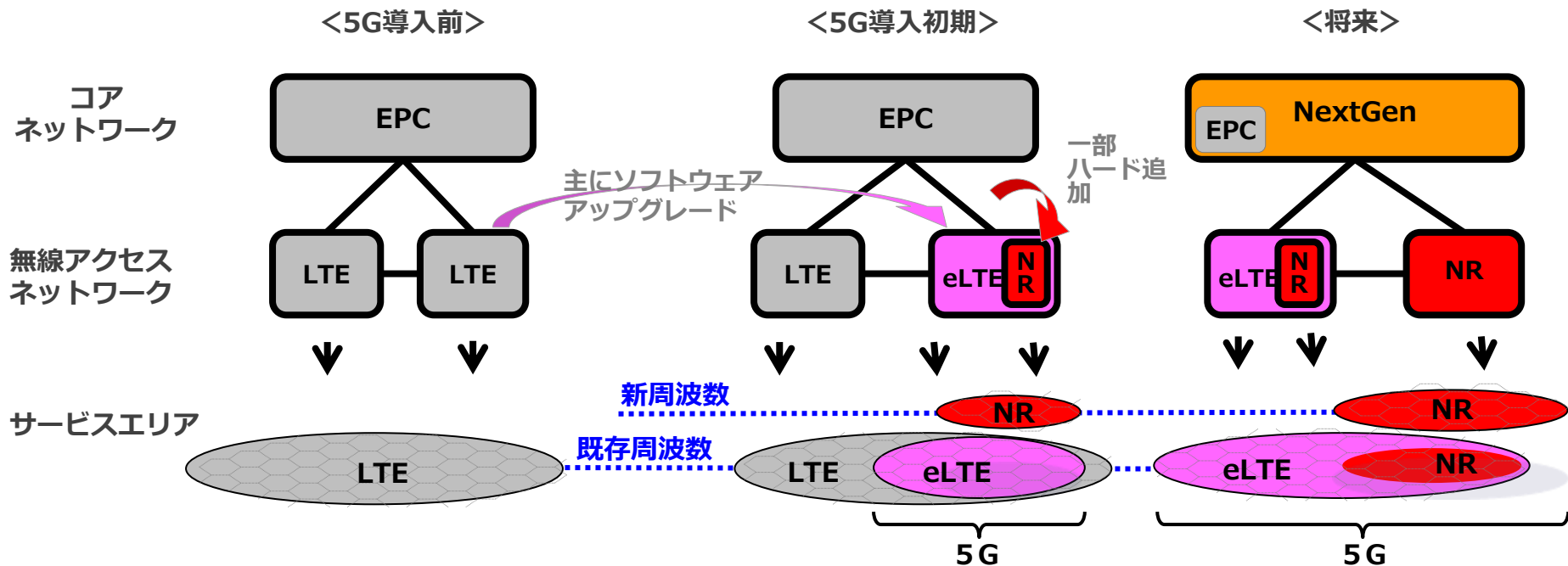
- 5Gの新たなセルを、高度化したLTE(eLTE)のセルにオーバーレイして導入
- New RATとeLTEは密に連携して運用
- オリンピック・パラリンピックの施設付近でも導入
- 地方創生に貢献するため、郊外・田舎での導入も考慮

## ② その後、5Gのエリアを郊外、田舎まで拡大。都市部では、さらに高い周波数でかつ広い帯域幅を有する周波数帯(ミリ波)を活用してさらに高速・大容量化。5Gをさらに拡張した技術(5G+)を導入



# ドコモネットワークの進化～5G導入計画

- 導入初期：既存周波数のeLTEと新周波数のNew Radio (NR)のインターワークにより5G提供（ノンスタンドアローン）
- 将来：新世代コア(NextGen)を導入し、スライシングに適したアーキテクチャ等による柔軟なサービス提供。NRを既存周波数にも導入。5G NR単独運用も可。



# Early 5Gに向けた周波数候補

Frequency band	Bandwidth	For eMBB	Device availability	Spectrum availability				
				Europe	US	JPN	KOR	CHN
<b>Below 6 GHz</b>								
<b>3.4-3.8GHz</b>	400MHz	☺	☺	☺	☹ 3.4-3.7GHz only	☹ for 4G	☺	☹ 3.3-3.6GHz only
<b>3.8-4.2GHz</b>	400MHz	☹	☺	☹	☹	☺	?	☹
<b>4.4-4.99GHz</b>	500MHz	☹	☺	☹	☹	☺	☹	☹ 4.4-4.5, 4.8-4.99GHz only
<b>5.15-5.35GHz*</b>	200MHz	☹	☺	☹ Indoor only	☺	☹ Indoor only	☹ Indoor only in 5.10-5.25GHz	☹ Indoor only
<b>5.47-5.85GHz*</b>	380MHz	☹	☺	☹ Not available above 5.725GHz	☺	☹ Not available above 5.725GHz	☺	☹ Not available above 5.725GHz
<b>Above 6 GHz</b>								
<b>24.25-27.5GHz</b>	3,250MHz	☺	?	☺?	☺? 24.25-24.45GHz, 25.05-25.25GHz	☹	☺ Unlicensed band >25GHz is used for V2V	☹
<b>27.5-29.5GHz</b>	2,000MHz	☺	?	☹	☺ 27.5-28.35 GHz	☹	☺	☹

\*Unlicensed frequency bands, which are mainly used for Wireless LAN now.

# 5G 実証実験結果

# 5G Experimental Trials [w/ 13 vendors]

5G experimental trials are being started since Q4 of 2014

## Existing bands

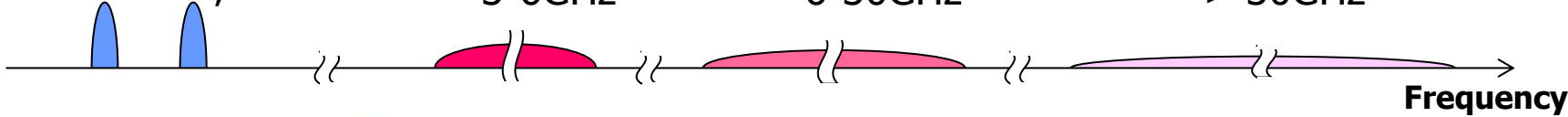
UHF bands  
Ex. 800MHz, 2GHz

## Exploitation of higher frequency bands

Low SHF bands  
3-6GHz

High SHF bands  
6-30GHz

EHF bands  
> 30GHz



## Key devices/Chip sets vendors



## System solution vendors



## Measuring instruments vendors



# 5G実証実験結果の考察

- **大容量化(高周波数利用効率)**
  - 大規模MU-MIMOにより、LTE 4x4 MIMOと比較し、5倍程度の周波数利用効率を達成することが可能
- **高速化**
  - 高速化については、無線伝送能力と移動機チップ性能向上傾向の双方から10Gbps達成可能
- **高周波数帯でのCoverage**
  - LOS環境であれば、500m程度のcoverageを確保可能
  - NLOS環境では反射物がない環境ではcoverage確保は困難
  - NLOS環境でも、反射物のある環境では、coverage確保が可能  
→都市部のような反射物の多い環境ではNLOS環境でもある程度のcoverage確保が可能
- **高周波数帯での遮蔽損失**
  - 低周波数帯と比較し、急激な劣化をおこしやすい
  - 反射物があれば、劣化の程度を軽減可能



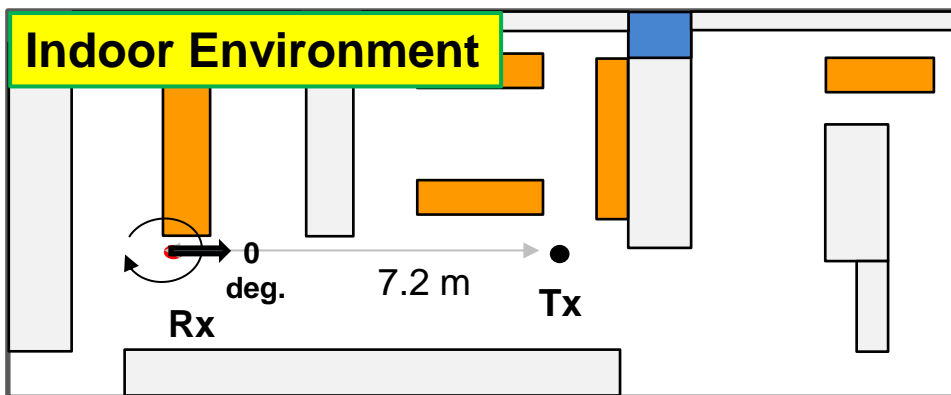


# Sub 6 GHz bands

# Above 6 GHz bands

# Channel Propagation Measurement

# Measurement of Multipath Characteristics for Indoor Environment



■ Table    □ Steel shelf    □ Concrete pillar

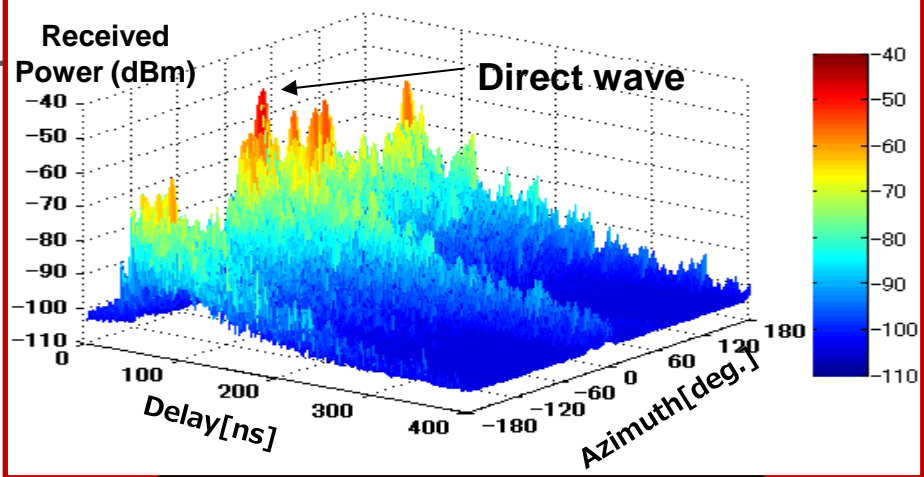
- Tx: 1.5m height, omni directional (5dBi)
- Rx: 1.5m height, horn ant. (26 dBi)

## Angle of the horn antenna

- Azimuth: 0 → 360 deg./2 deg.
- Elevation: -40 → 40 deg./8 deg.



## Measurement Results



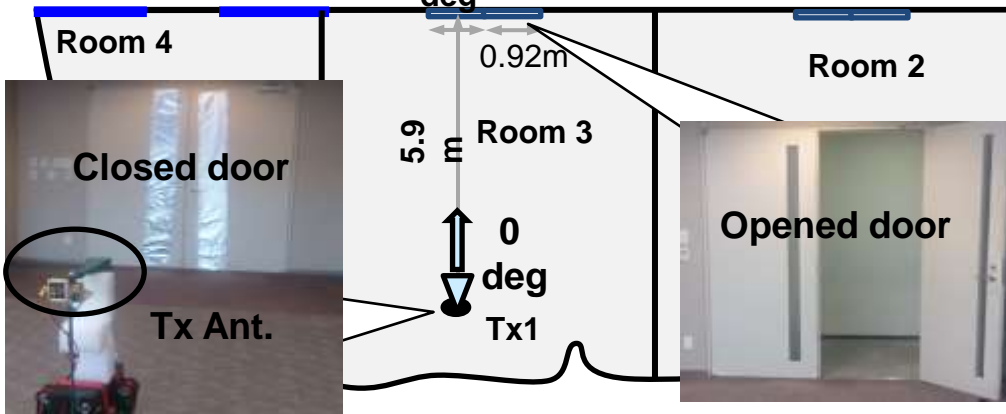
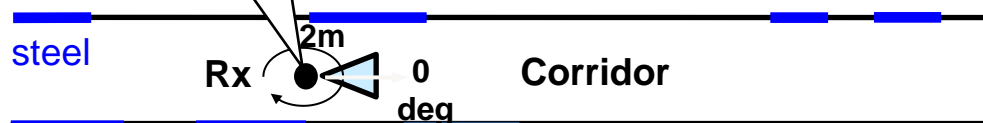
**Lots of paths exist**

# Measurement for Propagation from Room to Corridor

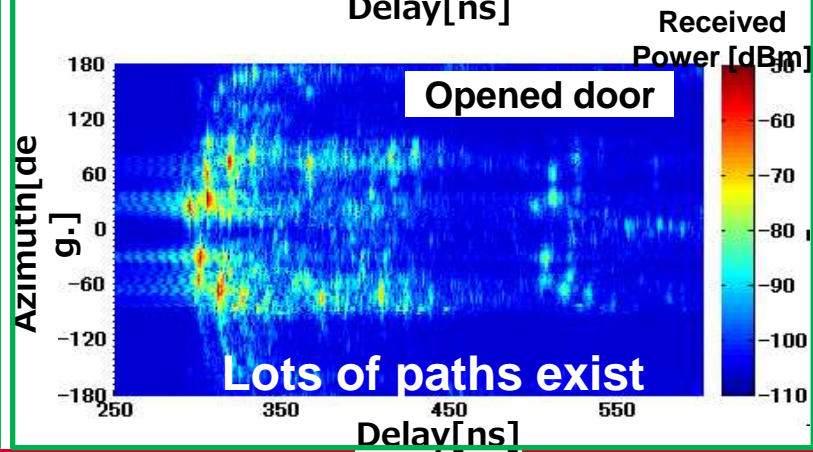
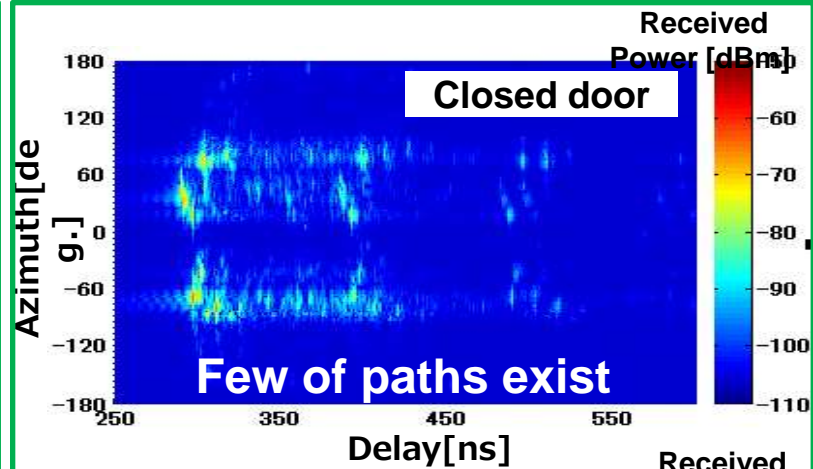
## Environment



- Tx: 1.5m height, horn ant. (26 dBi)
  - Rx: 1.5m height, horn ant. (26 dBi)
- Angle of the horn antenna  
-Azimuth (0→360 deg./ 2 deg.)  
-Elevation: 0 deg.



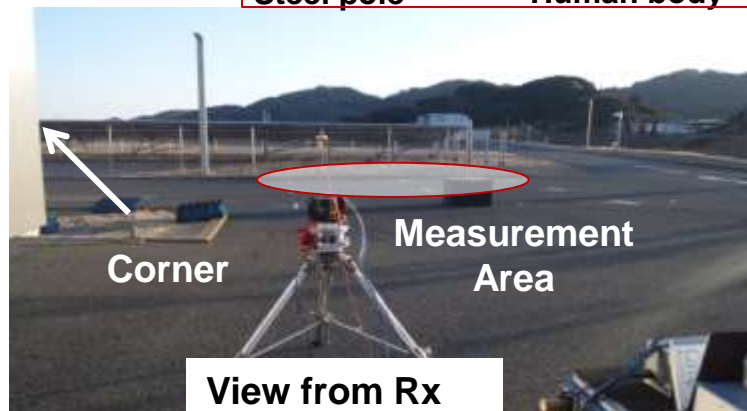
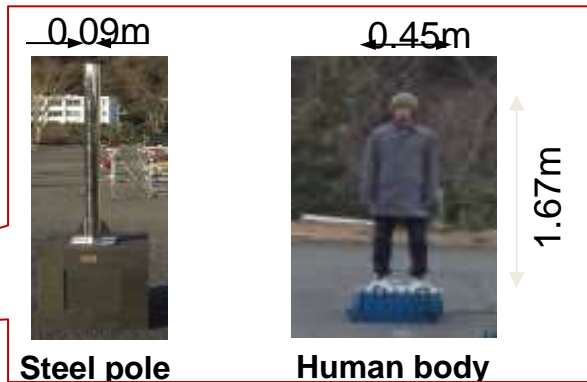
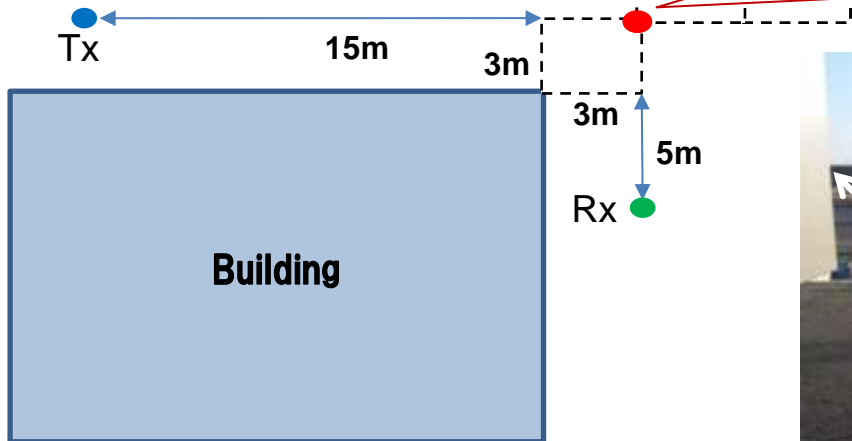
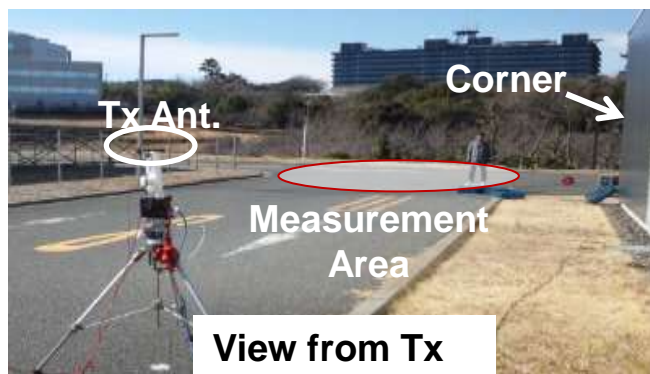
## Measurement Results



# Measurement for Scattering characteristics

## Measurement environment

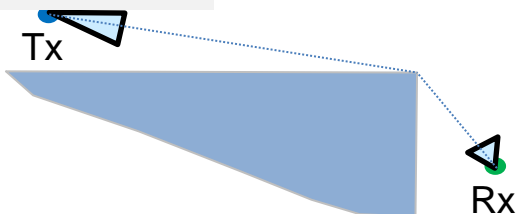
- Tx: 1.5m height, horn ant. (26 dBi)
- Rx: 1.5m height, horn ant. (16.4 dBi)



# Measurement for Scattering characteristics

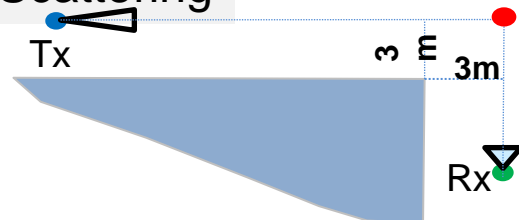
## Comparison of Diffraction and Scattering

### Diffraction

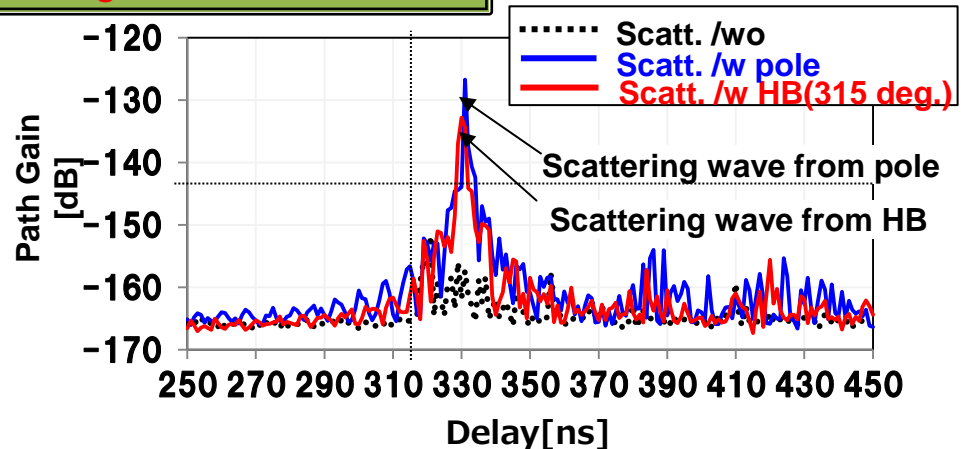
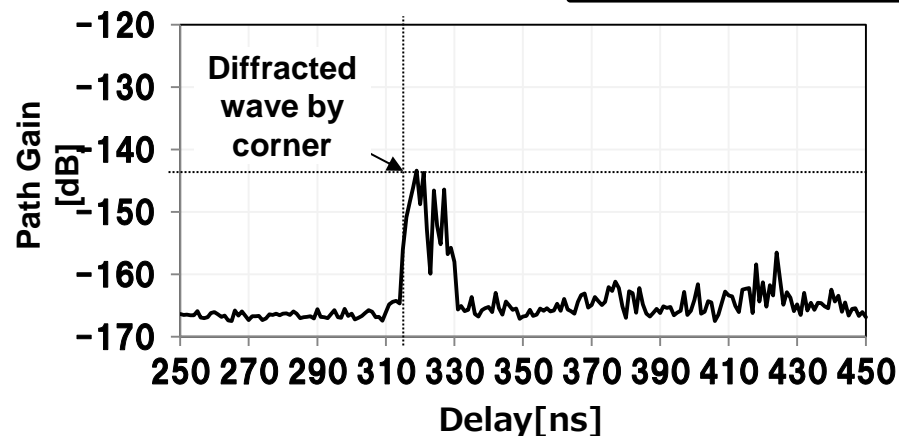
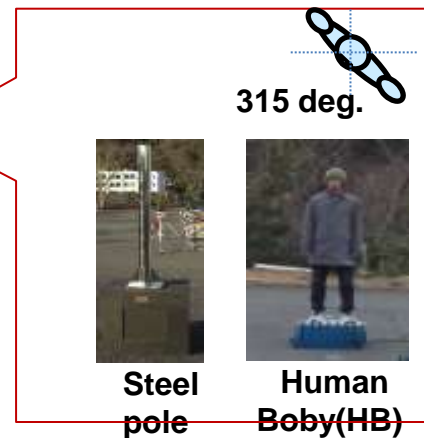


- Tx: Horn (26 dBi)
- Rx: Horn (16.4 dBi)

### Scattering



- Scatt. by pole > Scatt. by HB > Diff.
- Scatt. by HB is stronger than Diff.

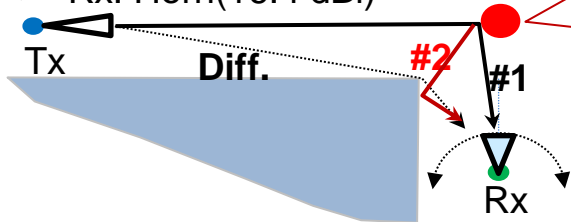




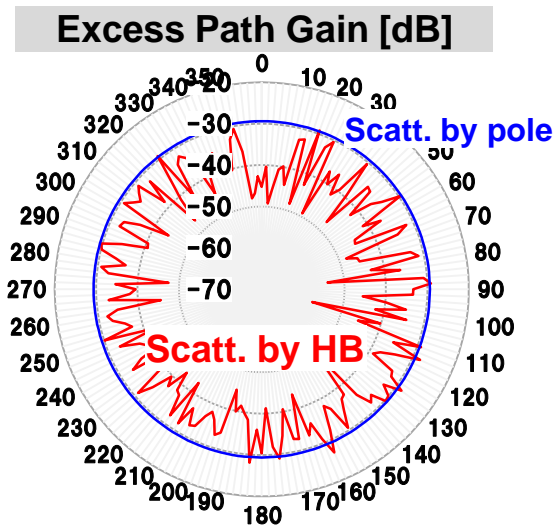
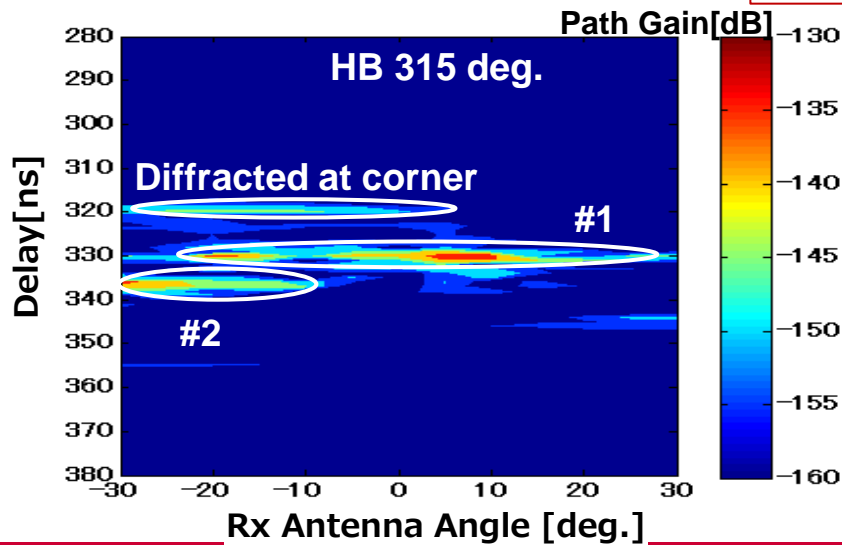
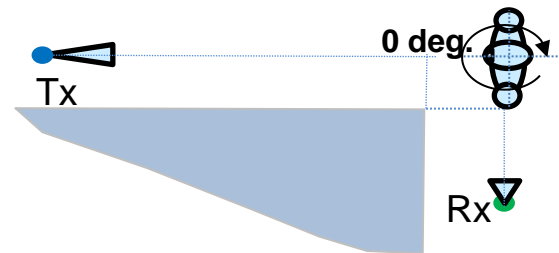
# Measurement for Scattering characteristics

## Scattering from HB w/ Rx ant. rotation

- Tx: Horn (26 dBi)
- Rx: Horn(16.4 dBi)



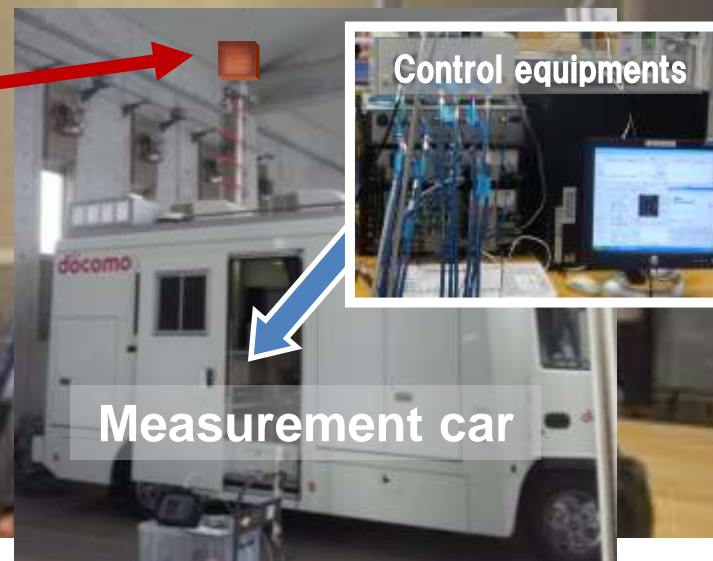
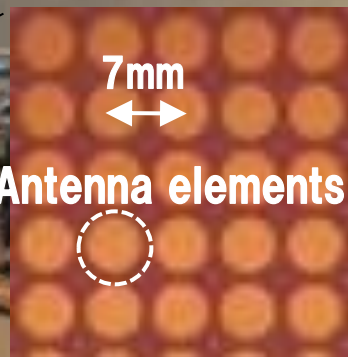
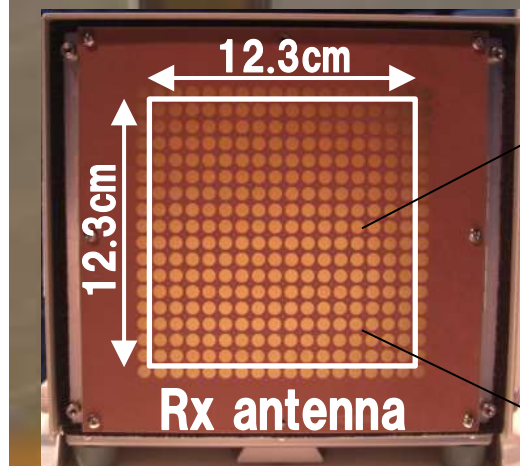
## Scattering from HB (scatt. pattern)



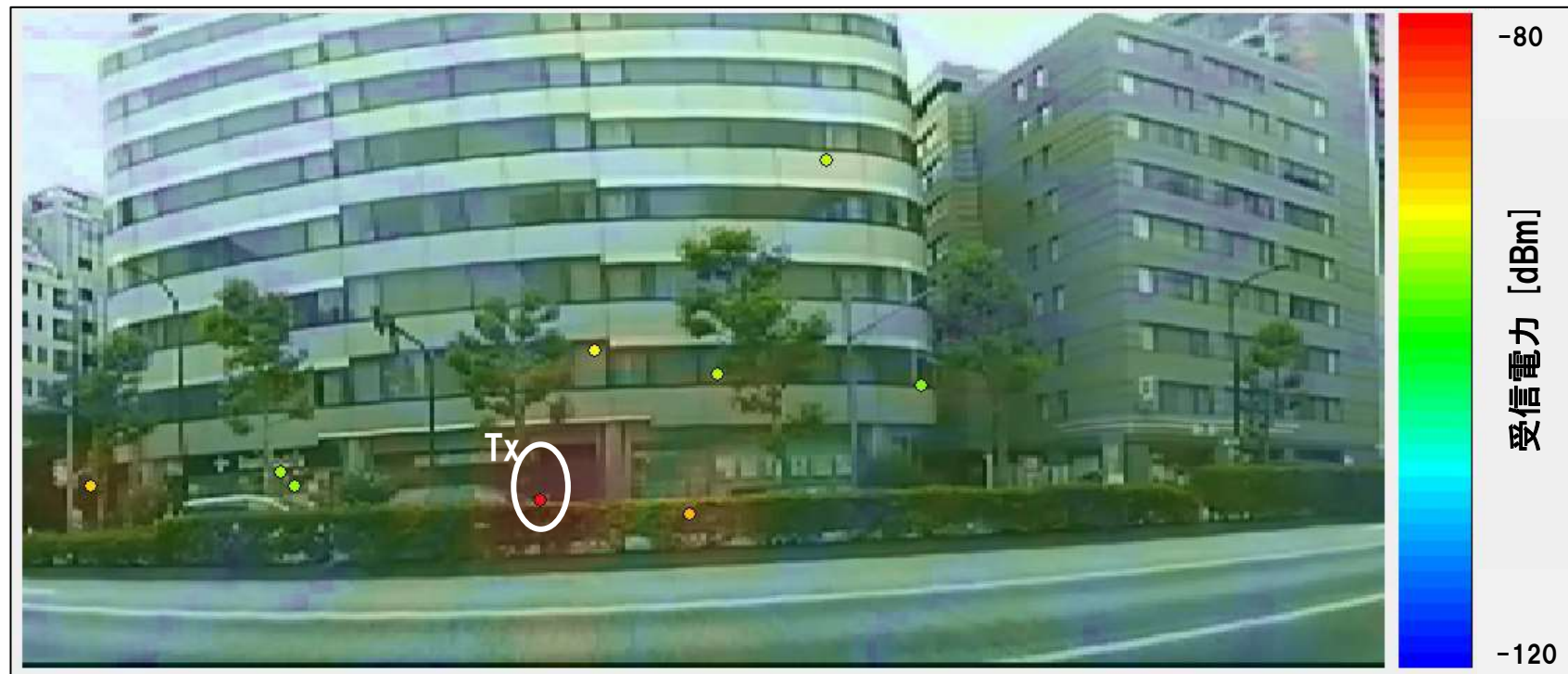
# Development of Channel Sounder

## Study for channel property at 20 GHz band

- High-resolution measurements with massive antenna (256 antenna elements)



## ○3次元到来角度分布



# Nokia + Beam Visualizer

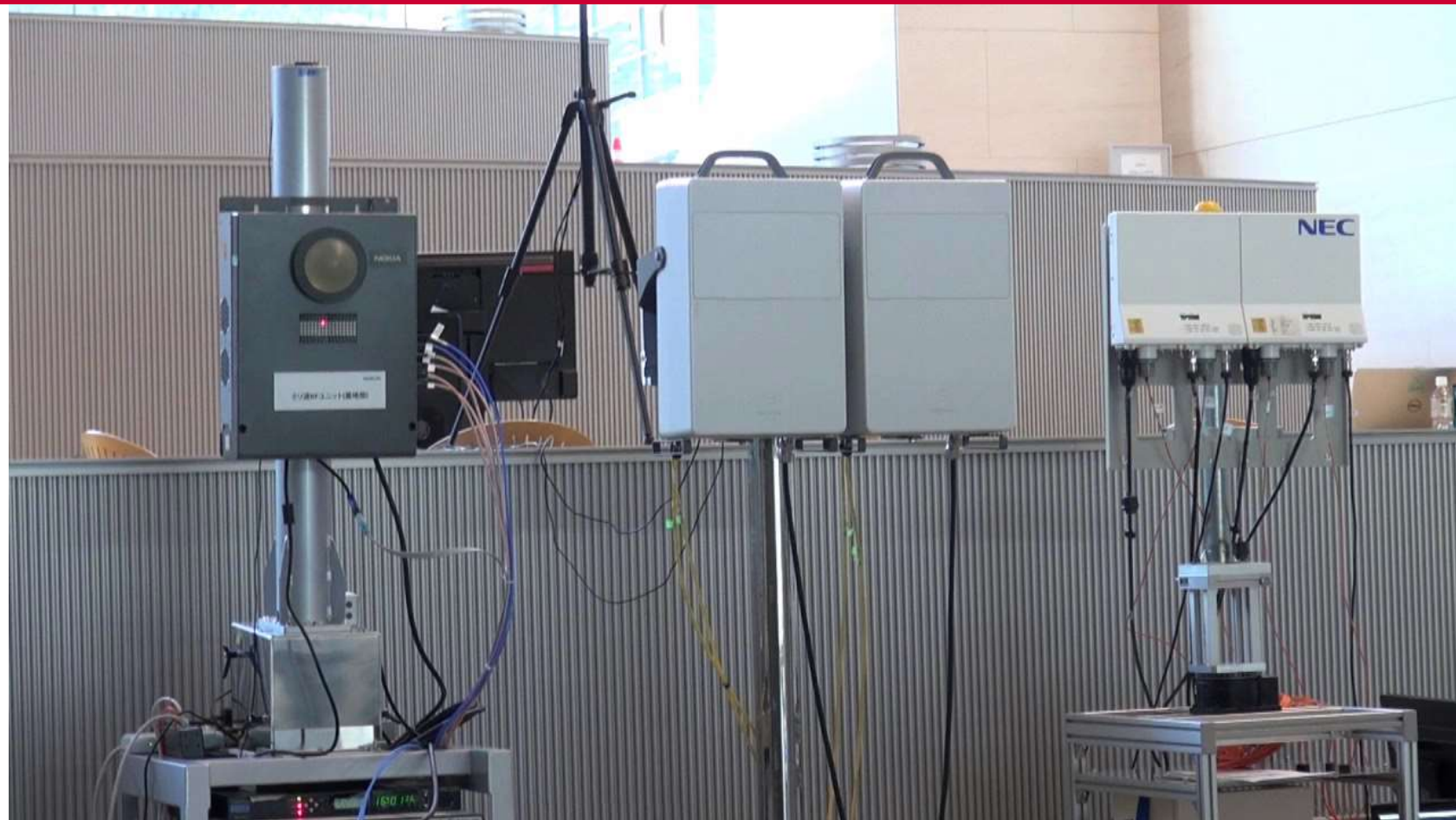




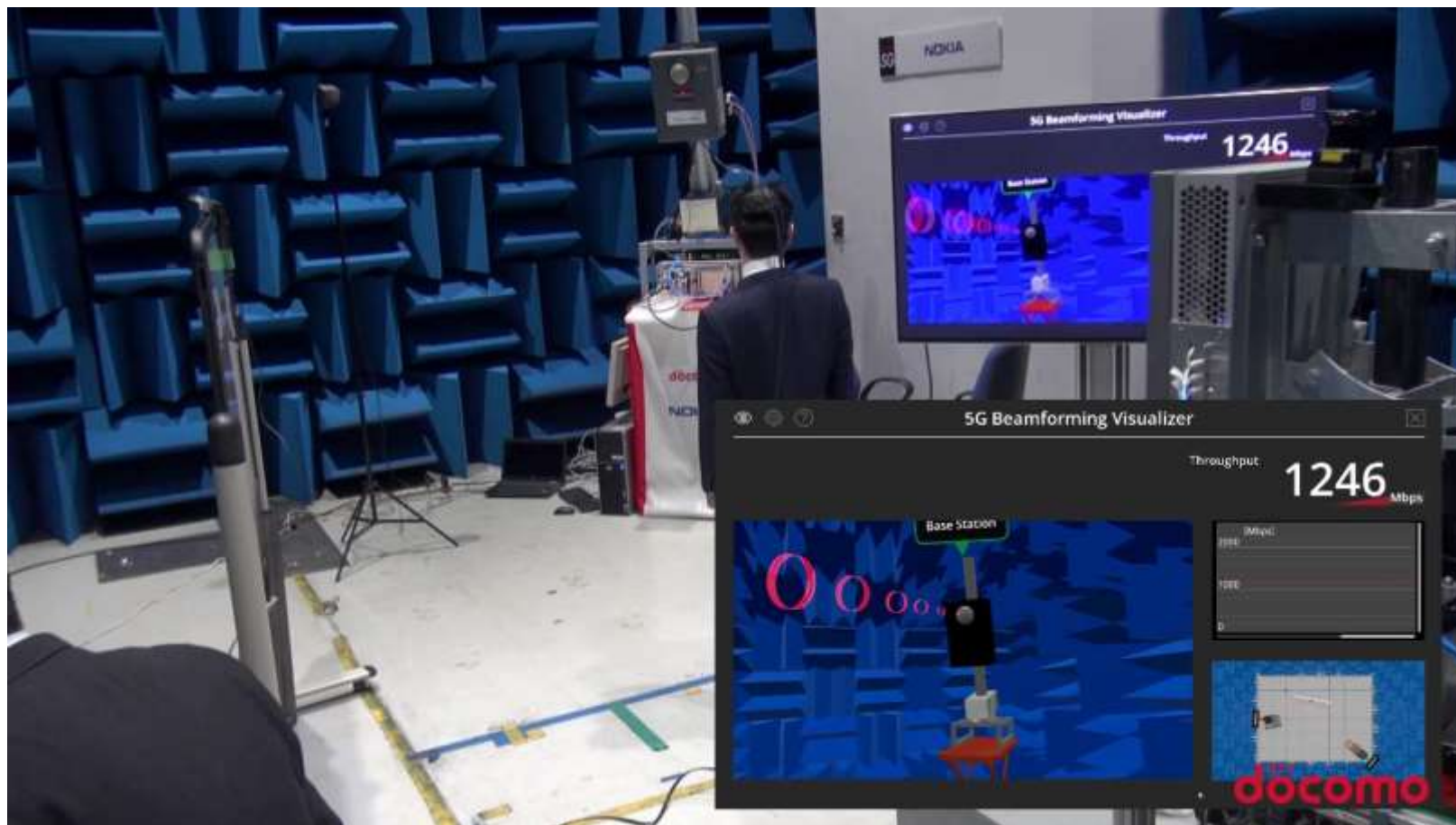
# Multi user beam visualizer



# Multi-user & multi-vendor beam visualizer



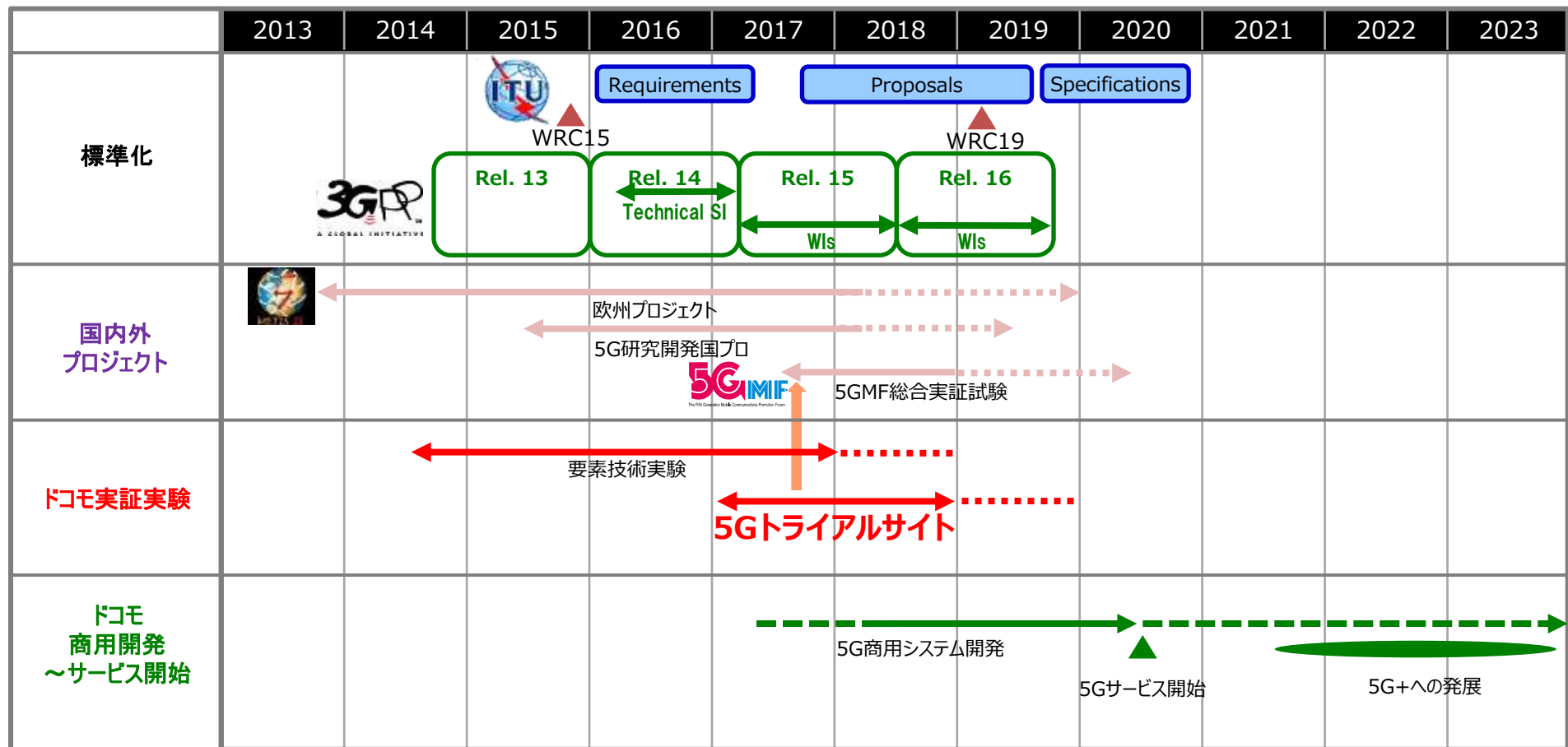
# Beam visualiser for reflection



# 5Gトライアルサイト

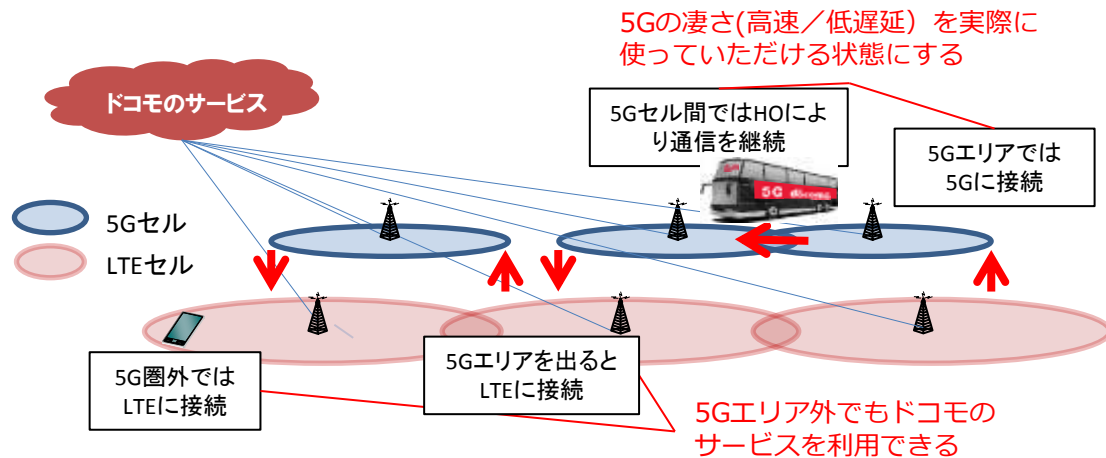


# 2020年5G実現に向けたロードマップ



# ドコモ 5Gトライアルサイト

東京臨海副都心地区(お台場・青海地区)および東京スカイツリータウン®周辺等で、2017年5月より開始予定



商用LTEネットワークとのモビリティをサポート  
使用周波数は28 GHz帯および4.5 GHz帯

# 5Gトライアルサイトオープンセレモニー



## 「5Gトライアルサイト」開始について

-東武鉄道とドコモが5Gサービス創出に向けた技術協力を開始-

<2017年5月22日>

東武鉄道株式会社  
株式会社NTTドコモ

東武鉄道株式会社（本社：東京都墨田区、社長：根津 嘉澄、以下東武鉄道）と株式会社NTTドコモ（本社：東京都千代田区、社長：吉澤 和弘、以下ドコモ）は、2020年に商用サービス開始を目指している第5世代移動通信方式（以下5G）において、2016年11月に合意した5Gサービス創出に向けた協力関係のもと、本日より東京スカイツリータウン®にご来場のお客様向けに、5Gを使ったサービスが体感できる「5Gトライアルサイト」を開始します。

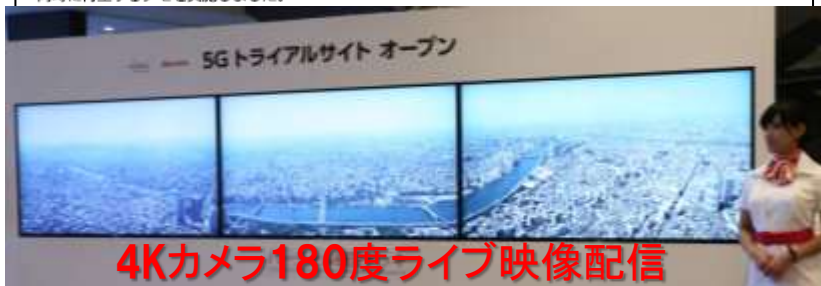
「5Gトライアルサイト」の第1弾として本日、東京スカイツリー®において、世界で初めて5Gの試験電波を使った8Kライブ映像配信を実施し、天望デッキ（地上350m）からのライブ映像を再生することに成功しました。

また、本日から2017年5月28日（日曜）まで、東京ソラマチ®イーストヤード1Fに、東京スカイツリー天望デッキからの6つの4Kカメラを利用し180度ライブ映像配信を、リアルタイムで大型液晶ビジョン3面によりご覧いただくスペースを設けており、5Gの特性である「高速・大容量」通信を体感できる大迫力の映像をご体験いただくことができます。

また本日、2017年4月21日（金曜）より運行を開始した新型特急車両「リバティ」の車内では、5Gの特長の一つである「多数端末接続」の一例として、「リバティ」運転席から事前に撮影した4K映像を8台のタブレットに同時に再生するデモを実施しました。



8Kライブ映像配信



4Kカメラ180度ライブ映像配信



列車内4K映像多数端末配信

# 5Gサービス創出に向けたパートナー企業との連携拡張

- よりよい5Gサービス創出を効率的に進めていくために、他業界含む多くの会社様と5Gサービス創出に向けた協力をさせて頂いています。
- 今後も多様な業界との協力を積極的に進めてまいります。

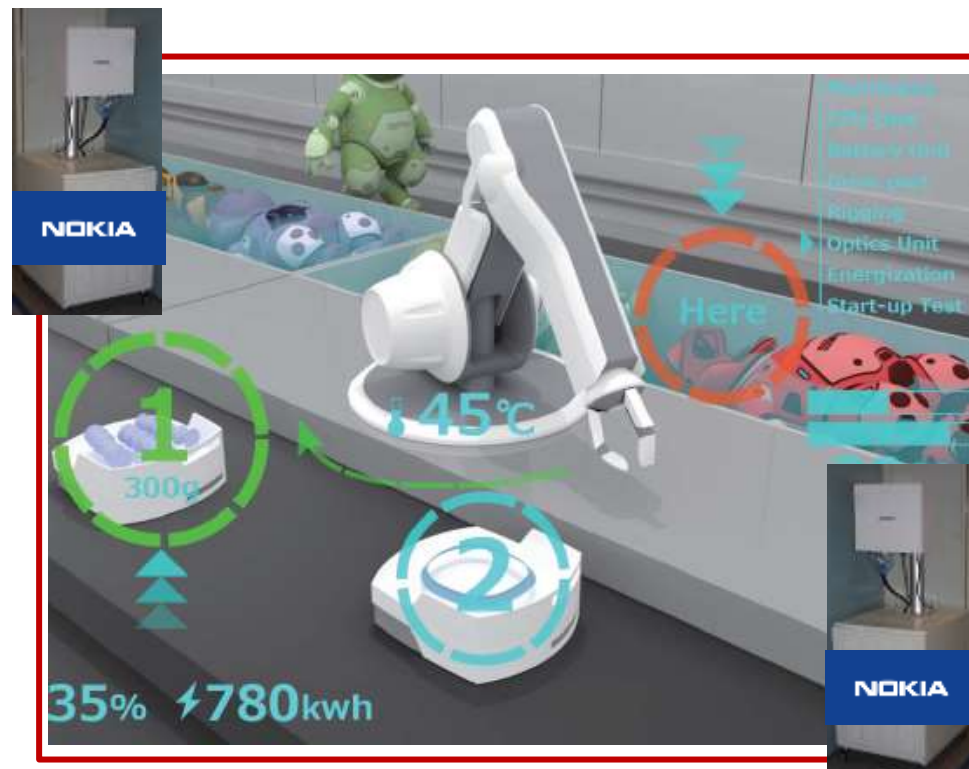
業界	企業名	検討概要
自動車		セルラー通信の遅延踏まえた車両制御の検討
		自動運転の緊急時の遠隔制御の検討
		セルラーV2X共同デモおよび共同研究計画
鉄道		スカイツリーのライブ配信、鉄道への動画配信検討
放送		8Kスーパーハイビジョン映像伝送
		放送関連業務における技術分野での共同実験、デモコンテンツ開発
建機		建設機械遠隔制御
その他		高臨場、高精細映像伝送
		高解像度カメラを用いた安全システムへの適用検討
		高品質なVRコンテンツの配信検討
		ディスプレイ技術を活用した将来サービス検討
		自由視点映像のリアルタイム処理検討
		低遅延の遠隔作業検討

生産現場の様々な機器の遠隔操作を支援するシステムを開発しました。

## 特長

自由視点映像技術により、次の事が可能です。

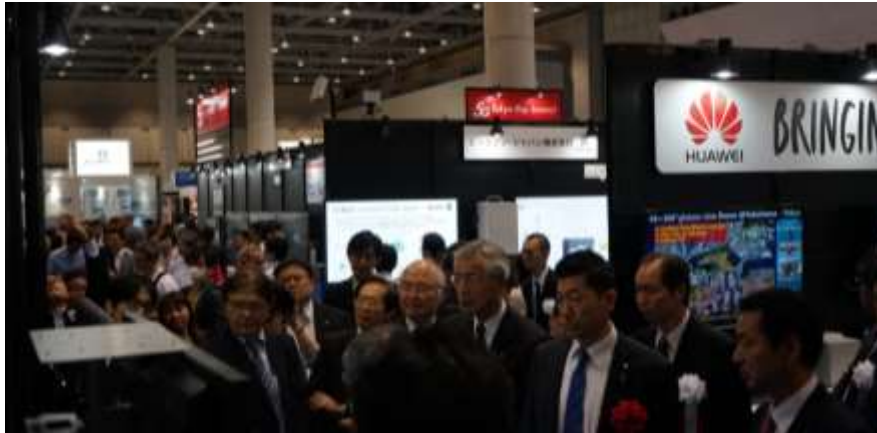
- 仮想現実内に現実映像を融合
- 3Dリアルタイム表示
- 360度の角度から被写体を可視化
- 5Gとの組み合わせでロケーションフリー







# 5G Tokyo Bay Summit on May 24-26, 2017 @ Tokyo Big Sight



# 5G Tokyo Bay Summit on May 24-26, 2017





# 5G FACTORY II

～ウェアラブル型ロボット遠隔操作システム～

- 次世代移動通信5Gのネットワークを用いて、今後サービス提供されていく低遅延で動くウェアラブル型ロボット遠隔操作システム(ロボットハンド)について紹介します



## 特長

- 低遅延化・高信頼性により、安全・確実であることが必要なサービスの提供
- システム容量の大容量化・高速通信によりPC、スマホ、スマートグラスといった様々な複数デバイスで、動画やメッセージ共有することを実現
- ウェアラブル装置を使って、遠隔地に設置したロボットハンドを自在に操作

## Industry4.0, Cyber Physical System, Teleexistence



ウェアラブルコントローラー

5G  
Network



遠隔操縦ロボット

# 4KマルチストリームLive配信

～ 東京スカイツリー® ～

- 東京スカイツリー天望デッキ フロア340にソニー4K IPカメラSNC-VB770を6台を設置し、次世代移動通信方式5Gを使用してリアルタイムな映像を配信。  
人間の視野を超える視界の映像をパノラマ表示する事により、天望デッキにいるような臨場感を実現します。



## 特長

- 超高感度カメラを使用し、ノイズの少ないクリアな動画を撮像します。
- 5Gの特長である高速・大容量・低遅延なデータ伝送により、離れた地域にいてもその場にいる様な臨場感のあるLive配信を実現します。



Exmor  
CMOS Sensor



SNC-  
VB770\*



ドコモの5G技術

※超高感度35mmフルサイズCMOSイメージセンサー搭載カメラ

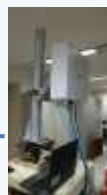
東京スカイツリー  
天望デッキ フロア340



カメラ6台で360°カバー



4K 30fps



5G伝送装置  
(基地局)



5G伝送装置  
(移動局)

東京ソラマチ®・ビッグサイト  
ト  
双方にリアルタイム配信



協力：ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社

\* 東京スカイツリーは東武鉄道株式会社・東武タワースカイツリー株式会社の登録商標です。

\* 東京ソラマチは東武鉄道株式会社の登録商標です。

# 4KマルチストリームLive配信

～ 東京スカイツリー® ～

au docomo 5G トライアルサイト オープン



バーチャル展望デッキ

東京スカイツリータウン そらまち1F

# 8K Live and Multi-Video Streaming

## “8Kライブ映像”の5G無線伝送

- NHKとNTTドコモによる、5G技術を用いた8K映像伝送の実証実験
- 8Kカメラで撮影した超高精細ライブ映像を5Gで伝送し、8Kテレビで再生

### 特長

- 8K映像システム（カメラで撮影したライブ映像と、受信機と映像）を5G無線伝送システムで接続
- ハイビジョン映像と比較し、約16倍の解像度を有する8K映像伝送システムは、約16倍のデータ量に接続可能

NHK 8Kカメラ

5G無線伝送システム

8Kテレビ



5G

NHK + docomo

537m



# 5Gで目指す建設現場の未来

～未来のICT建設現場の実現の為に～

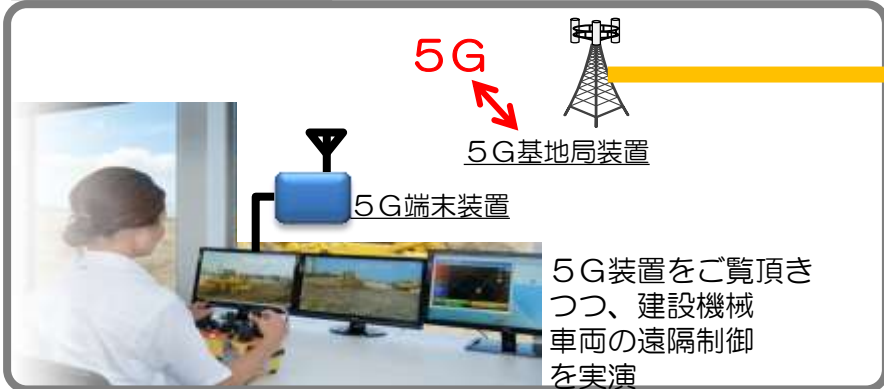
docomo  
KOMATSU

- 高速・低遅延な次世代移動通信5G無線技術を用いた建設・鉱山機械の遠隔制御システムの実現を目指します。
- 災害被災地・原発・鉱山など危険を伴う現場に車両重機を単独で投入可能となります。

## 特長

- 5G無線技術（高速通信）を利用した高精細な映像伝搬により、現場の細かな状況把握が可能。
- 5G無線技術（低遅延）を利用し、熟練のオペレータによる高精度な操縦が可能。

### 東京ビッグサイト



### 千葉市美浜区実験エリア



- 美浜エリアの建設機械車両を、Wi-Fiと5Gを介して遠隔操縦しています。
- 東京ビッグサイト内に5G装置を用意、通信を行っている5G装置をご覧いただけます。
- 建設機械車両との接続はWi-Fiを利用、ブース内の遠隔制御系を5Gで接続しており、オペレータによる建設機械車両の遠隔制御の実演を行います。

# 5Gを用いたコネクテッドカー

～5Gによる大容量通信が切り開く将来のコネクテッドカーサービス～

- 次世代移動通信5GをセルラーV2Xとして活用したコネクテッドカーサービスの実現に向け、コンチネンタルと共同でデモンストレーションを実施
- ドコモR&Dセンタ内を走行中の実験車両と東京ビックサイトとパシフィコ横浜を、ドコモの5Gネットワークにより接続するビデオチャットシステム

## 特長

- 将来のコネクテッドサービスの検証として、4K映像によるビデオチャットシステムを、大容量伝送可能な5G装置を用いて実証

NTTドコモR&Dセンタ(YRP)

YRPの走行車両を5Gにより接続

車両走行ルート



5G基地局

5G回線



5G端末局

# Thank you!

