

ワイヤレス・テクノロジー・パーク WTP2017  
5G Tokyo Bay Summit

FUJITSU

shaping tomorrow with you

# 富士通の5G超高密度分散アンテナ への取り組み

富士通株式会社

- **5Gの状況**
- **5G超高密度分散アンテナシステム**
- **検討アルゴリズムの紹介**
- **フィールド実験の紹介**

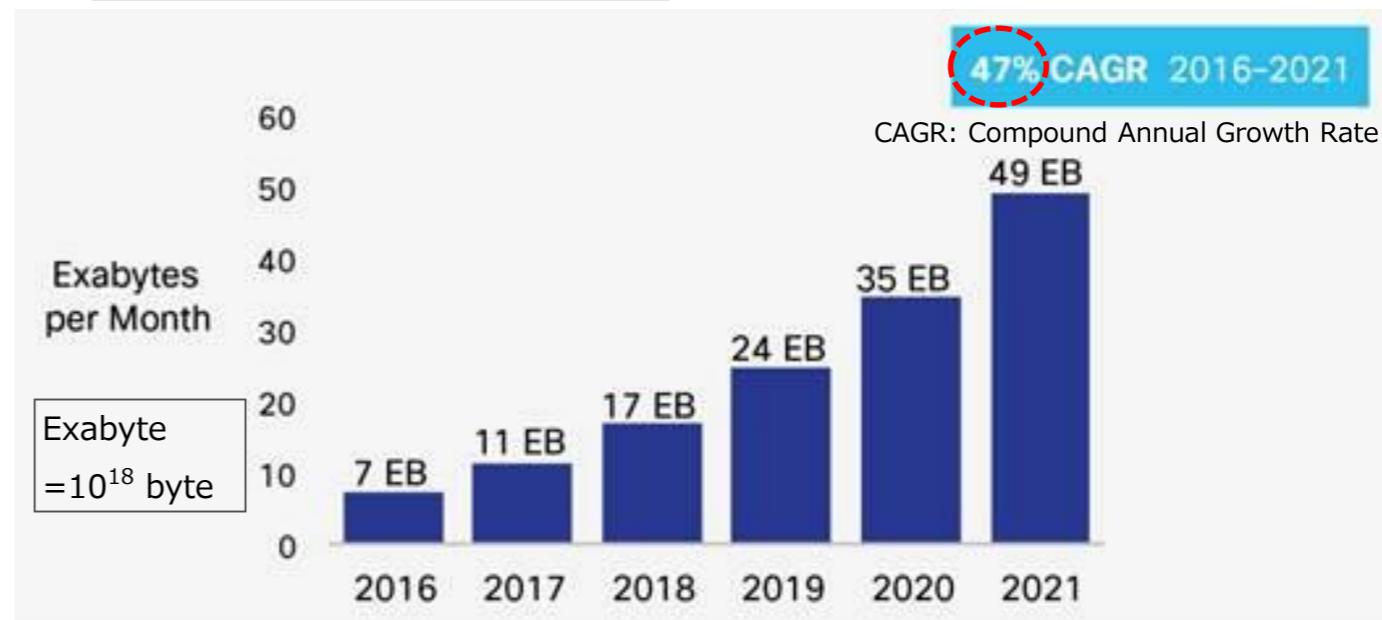
- **5Gの状況**
- 5G超高密度分散アンテナシステム
- 検討アルゴリズムの紹介
- フィールド実験の紹介

# モバイルトラフィックの増加

## 日本のトラフィック推移



## 世界のトラフィック予測



Source: Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016-2021

$$1.47^5 = 6.9$$

5年で7倍

$$1.47^{10} = 47$$

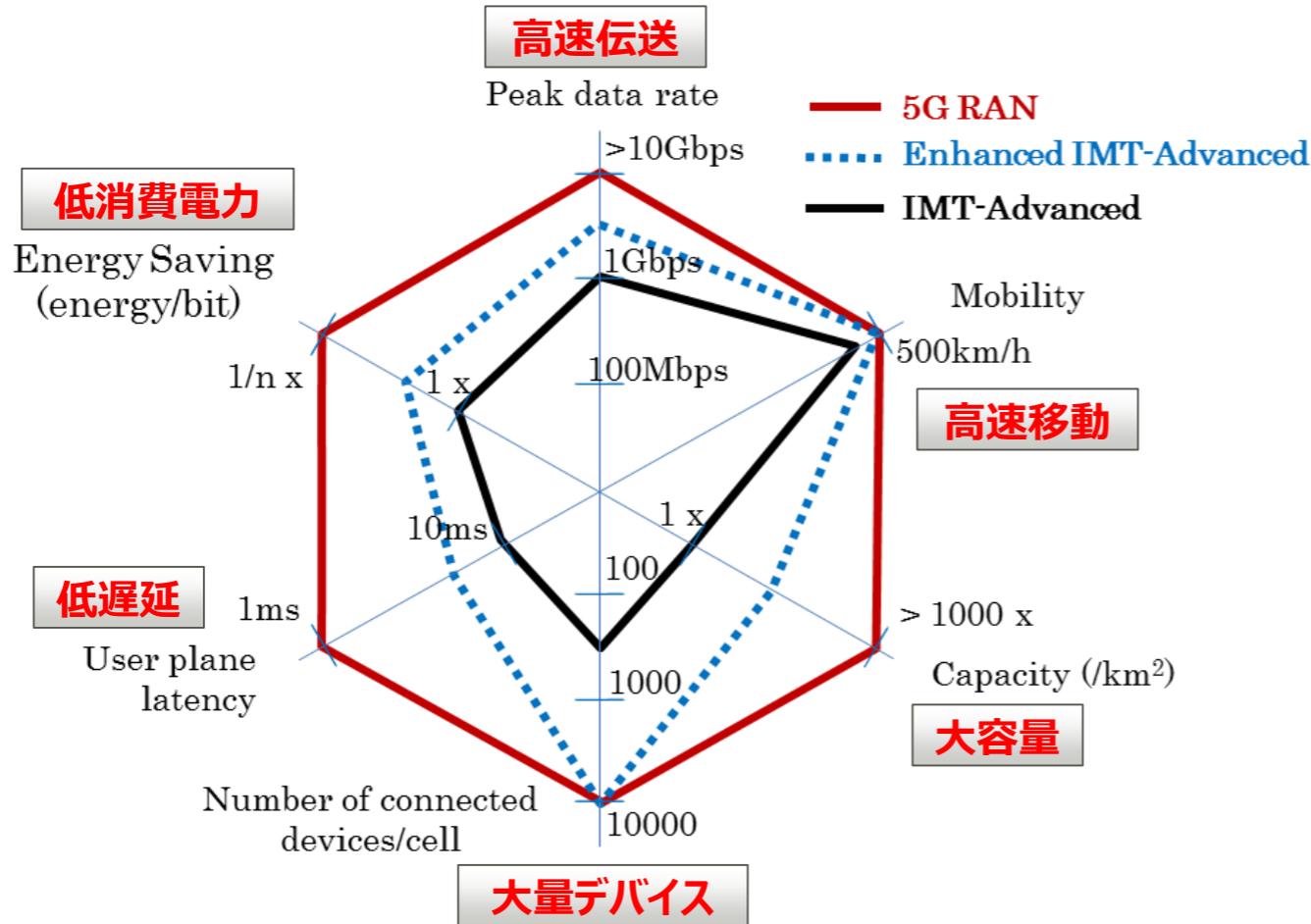
10年で50倍

$$1.47^{15} = 323$$

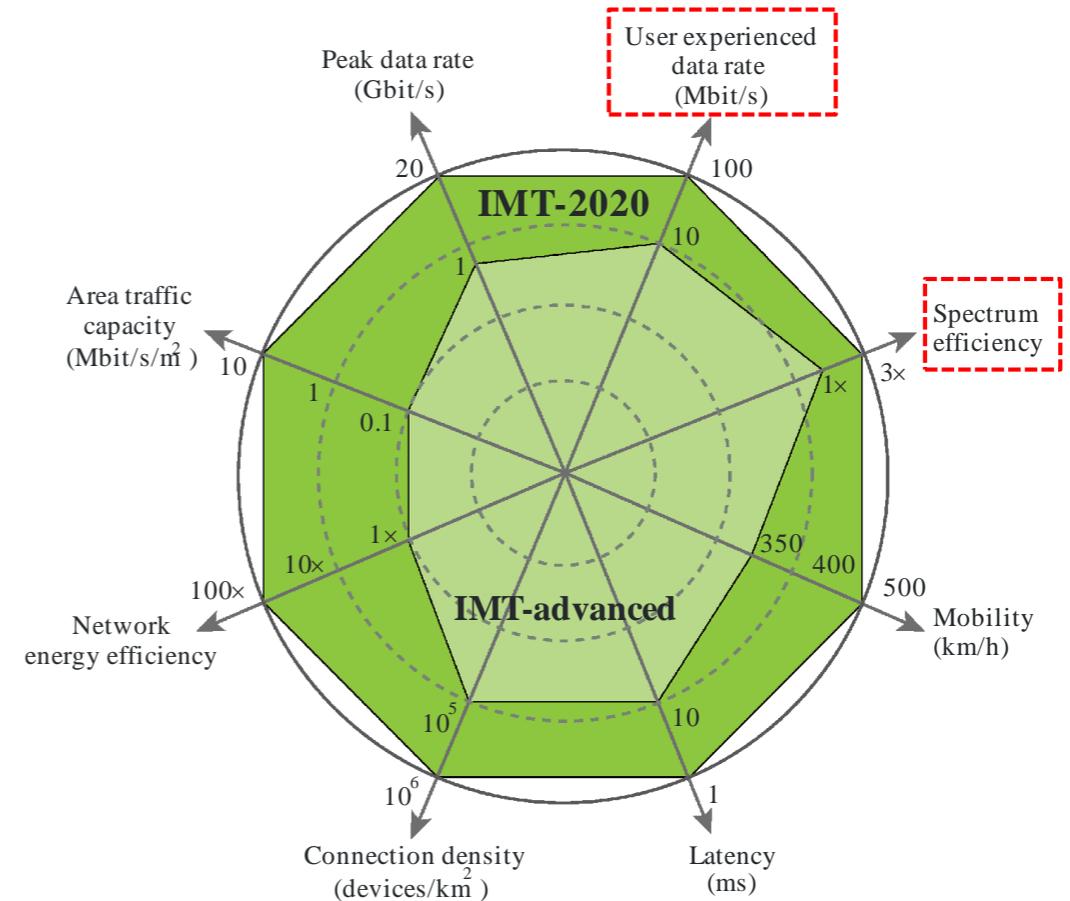
15年で300倍

# 5Gの要求条件

## Maximum system capabilities of 5G RAN (ARIB)



## Enhancement of key capabilities from IMT-Advanced to IMT-2020



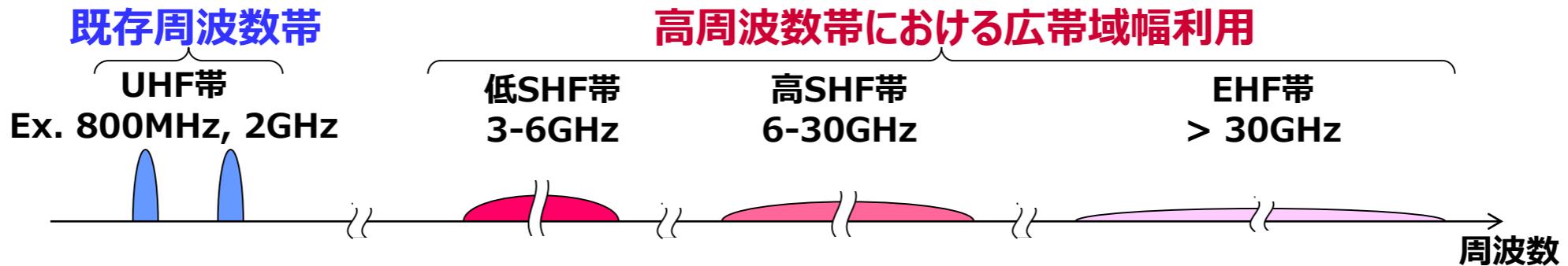
Source : ARIB 2020 and Beyond Ad Hoc Group White Paper (08/2014)

Source: Recommendation ITU-R M.2083-0 (09/2015)

# 富士通の大容量化への取り組み

## ■ 低SHF帯での超高密度基地局

- 5Gの早期実用化を目指し、低SHF帯での基地局高密度化に着目
- NTTドコモと5Gの実験協力で合意（2014年5月）



**容量1,000倍以上** (LTE比)

**周波数利用  
効率向上**

新しいテクノロジーで  
**4倍程度**

×

**帯域拡大**

高周波領域活用で  
**5倍~**

×

**小セル化**

基地局高密度化で  
**50倍~**

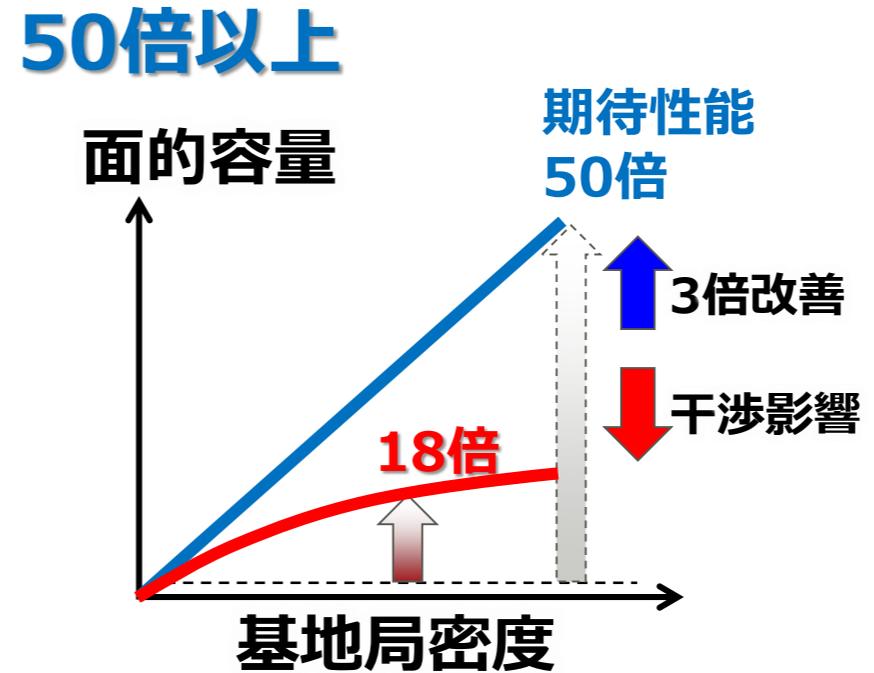
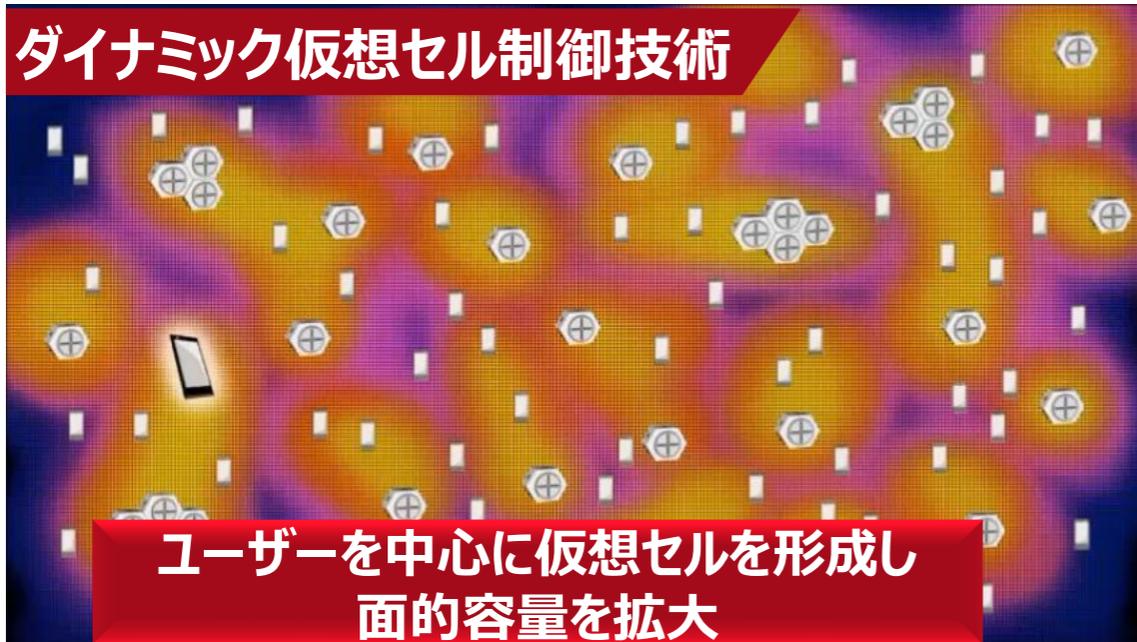
**>1000**

**小セル化**  
大容量化の  
ポテンシャル大

# 高密度化の課題と解決策

容量1,000倍以上 (LTE比)

$$\begin{matrix} \text{周波数利用} \\ \text{効率向上} \\ \text{4倍程度} \end{matrix} \times \begin{matrix} \text{帯域拡大} \\ \text{5倍~} \end{matrix} \times \begin{matrix} \text{基地局の} \\ \text{高密度化} \\ \text{18倍} \end{matrix} \times \begin{matrix} \text{ダイナミック} \\ \text{仮想セル制御} \\ \text{3倍以上} \end{matrix} > 1000$$



- 5Gの状況
- **5G超高密度分散アンテナシステム**
- 検討アルゴリズムの紹介
- フィールド実験の紹介

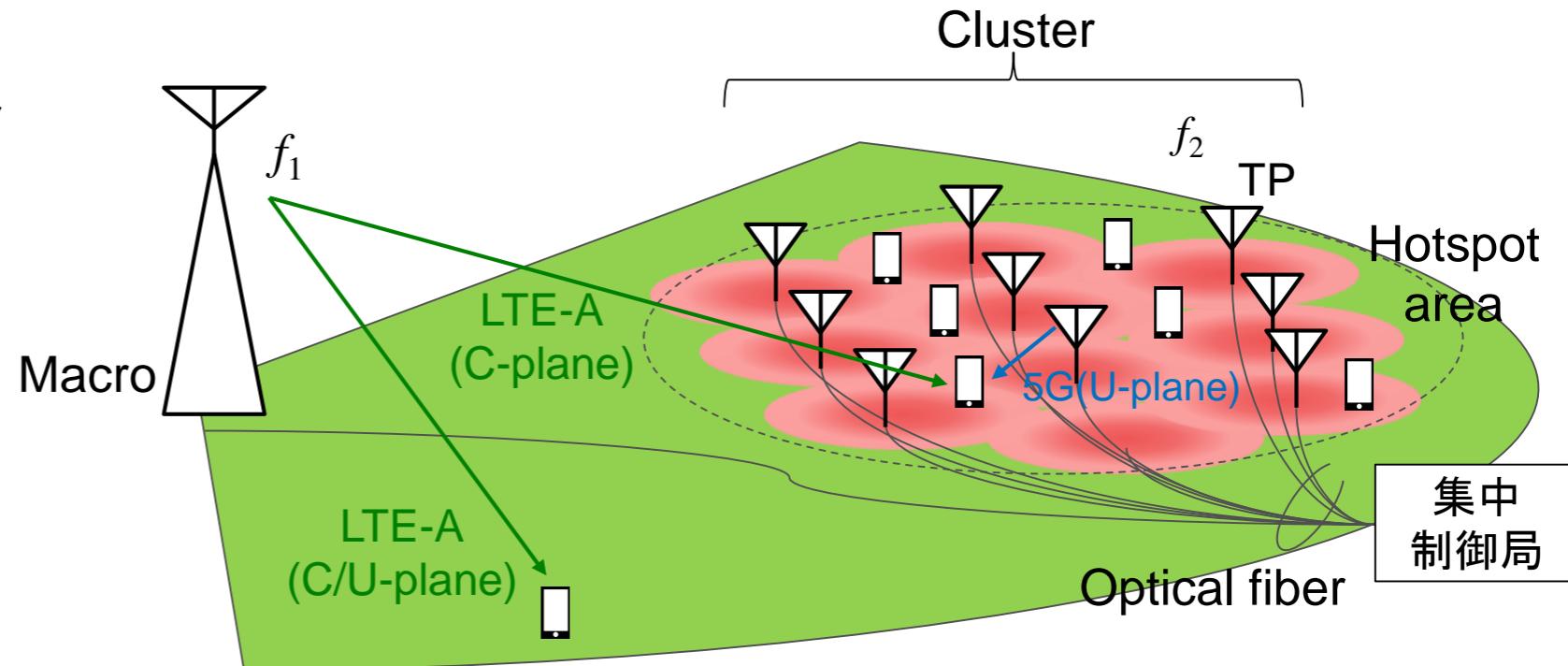
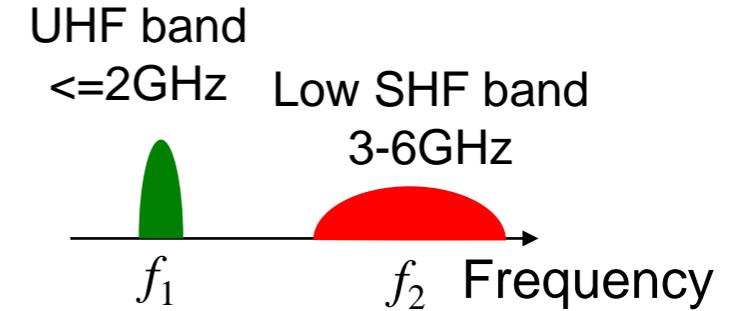
# 5G超高密度分散アンテナシステム

## ■ 超高密度配置

- TP間距離 100m以下

## ■ C-RAN構成

- TPは光張り出し無線装置
- 集中制御局によるベースバンド集中制御



(※) TP : 送信点

# ダイナミック仮想セル制御の基本アルゴリズム

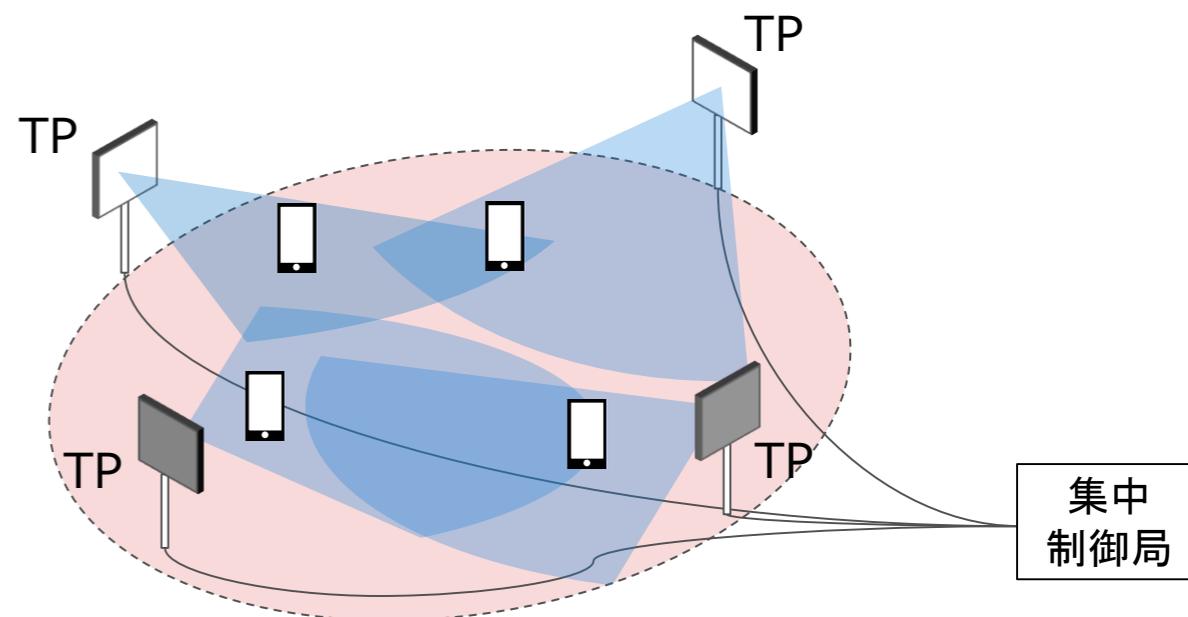
■ 超高密度配置で課題となるTP間干渉抑圧のため、協調マルチユーザ MIMOを基本アルゴリズムとして検討

■ Joint transmission

- 協調TPから同一信号を送信することによりTP間干渉フリー

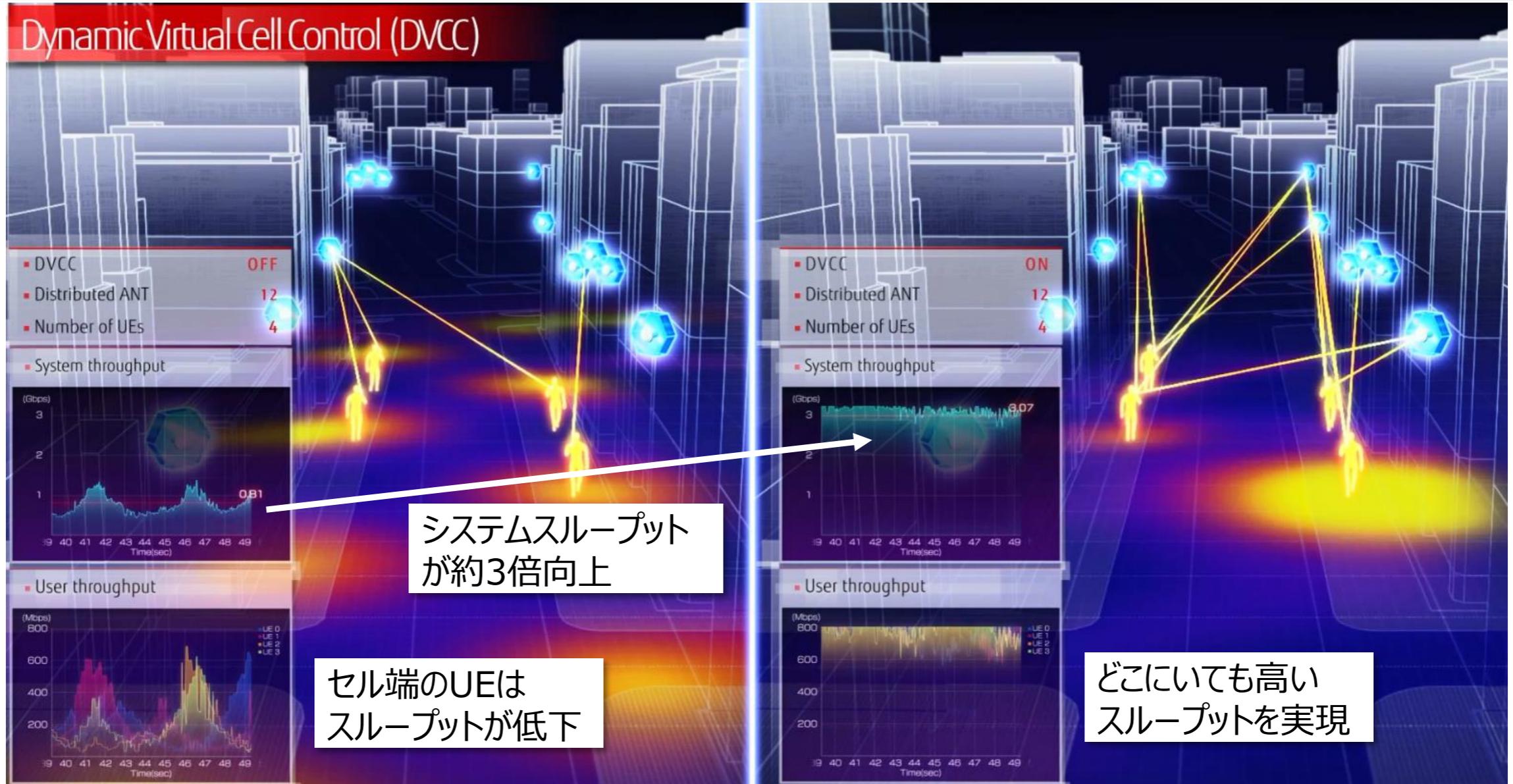
■ 低演算量UE選択アルゴリズム

■ 高精度TP間キャリブレーション



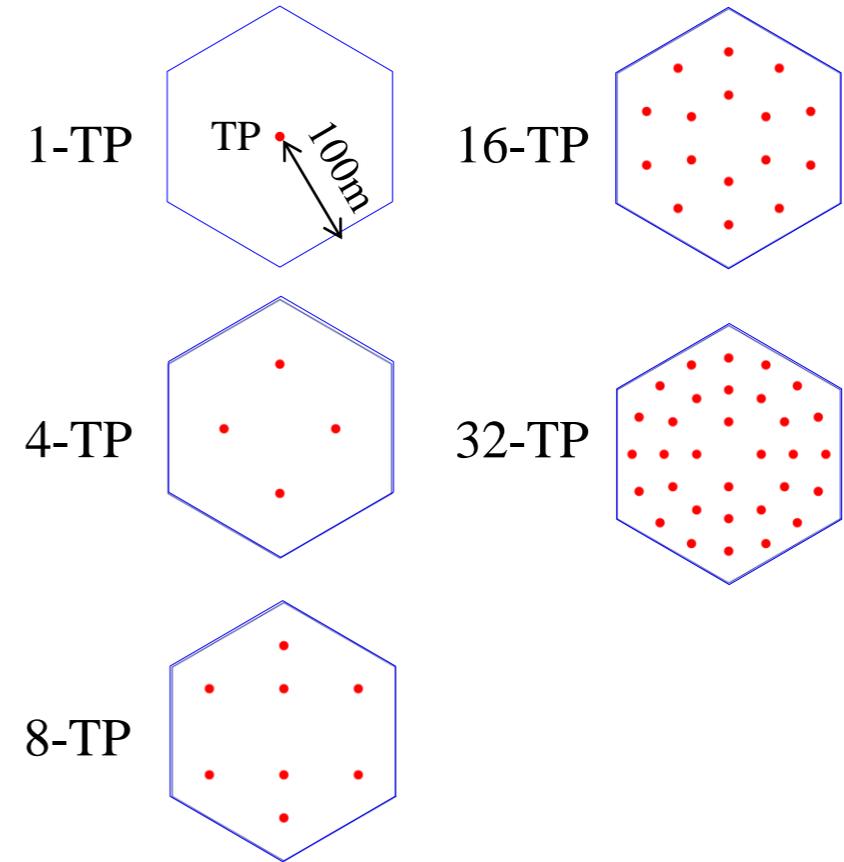
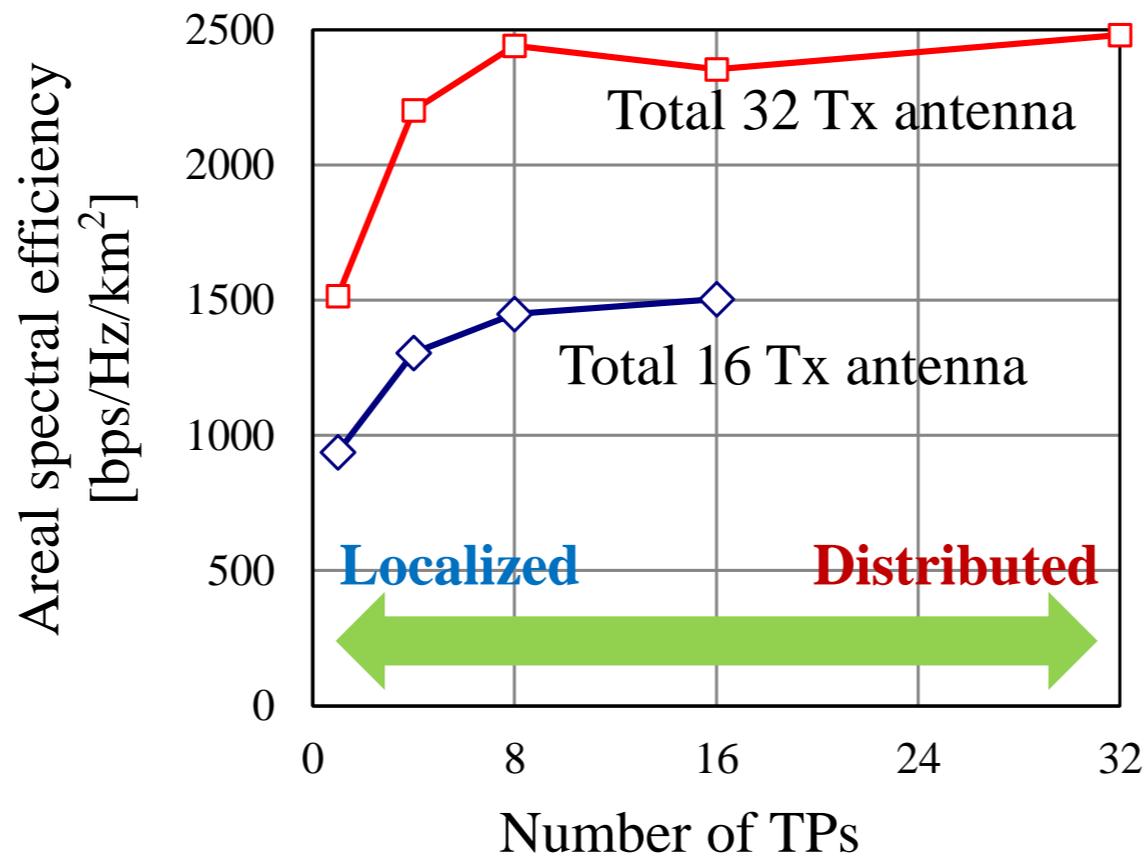
(※) TP : 送信点

# ダイナミック仮想セル制御のメリット



# 分散と集中アンテナ構成の比較シミュレーション

## ■ 集中アンテナよりも高い面的周波数利用効率

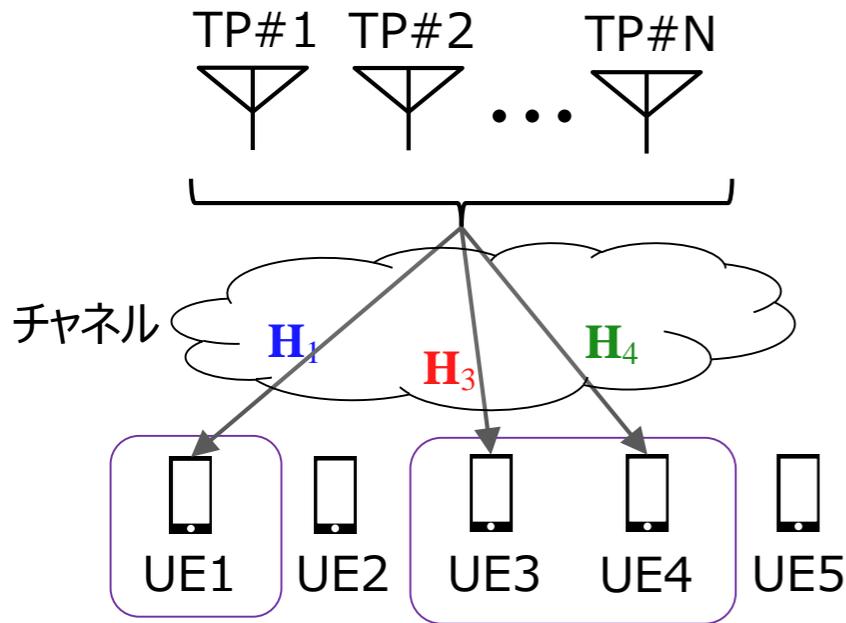


TP: 送信点

- 5Gの状況
- 5G超高密度分散アンテナシステム
- **検討アルゴリズムの紹介**
- フィールド実験の紹介

# マルチユーザMIMOにおける低演算量UE選択法

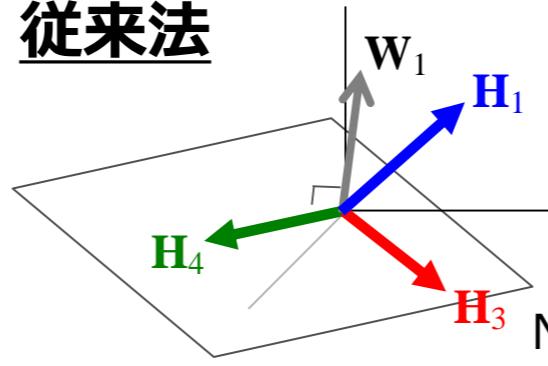
高スループット達成には、割当候補UEから適切なUE組み合わせを選択することが重要



適切なUE選択には、UE組み合わせにおける通信品質の推定が必要

(※) TP : 送信点

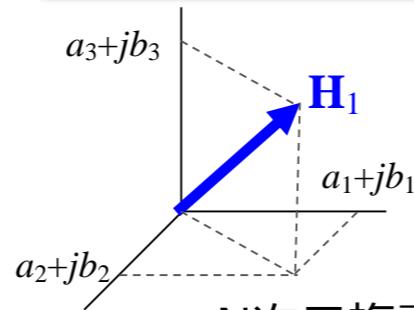
## 従来法



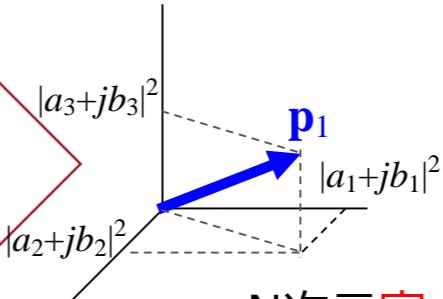
複雑な行列計算により直交する送信ウェイトを求めて、品質を計算

演算量大

N次元複素ベクトル空間



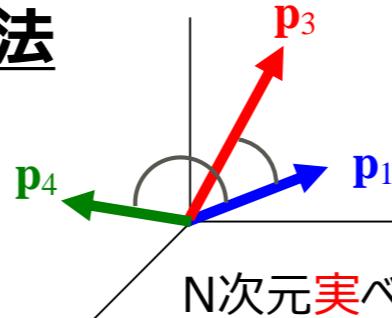
各成分(複素数)を電力化したベクトルに変換



N次元複素ベクトル空間

N次元実ベクトル空間

## 提案法

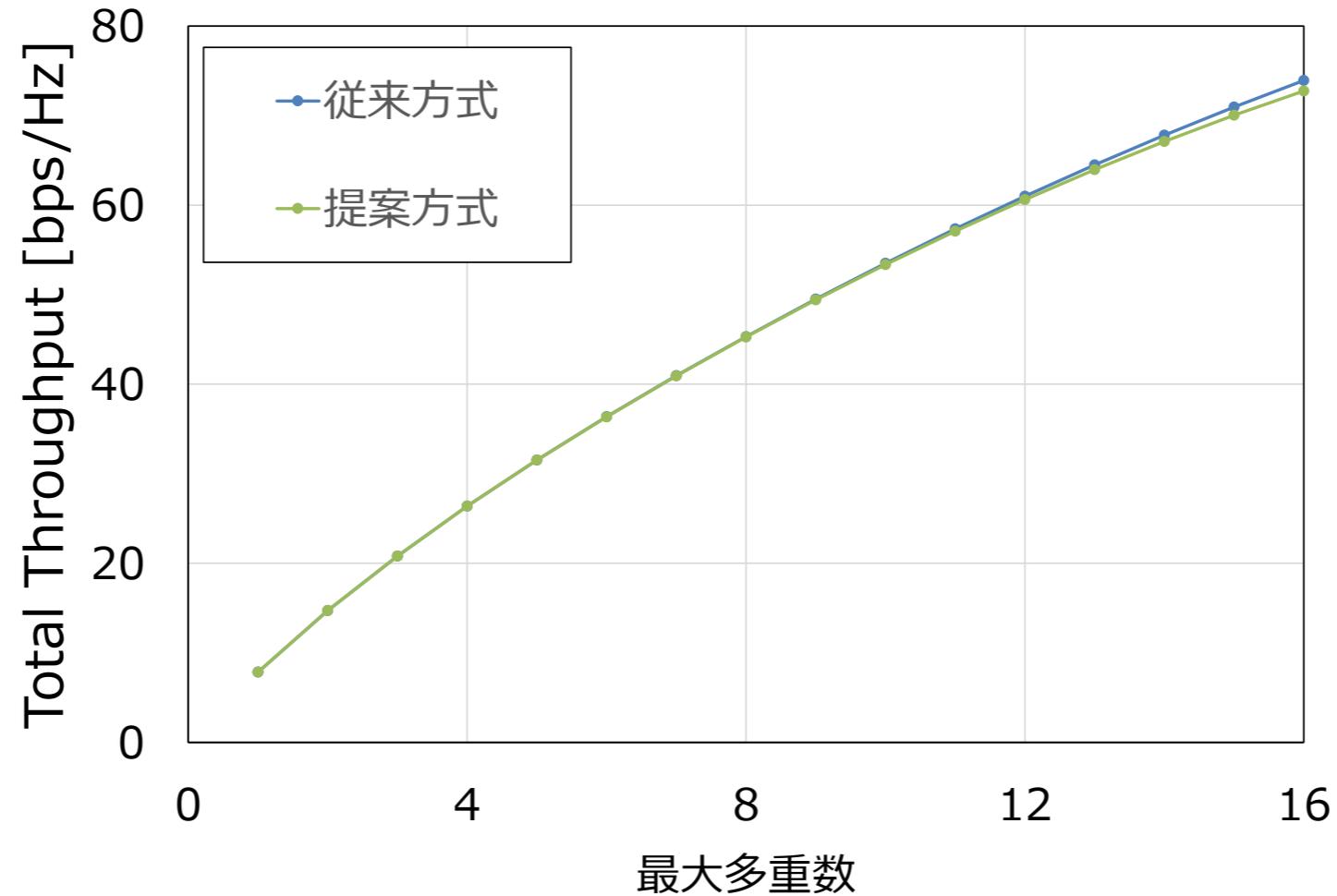


電力ベクトル間の直交度(角度)により品質を近似

演算量削減  
約1/200

N次元実ベクトル空間

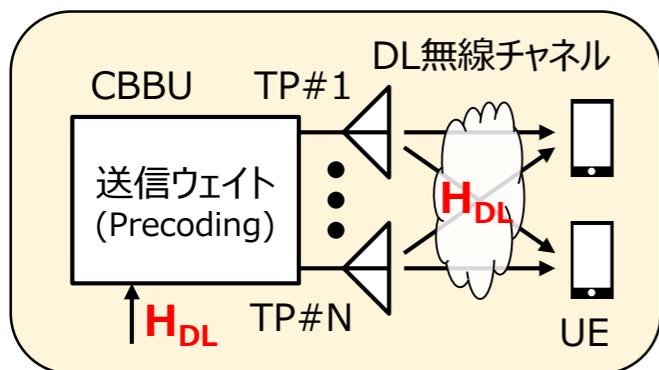
- 従来方式とほぼ同等のスループット性能を達成しつつ、約1/200の演算量



# 高精度TP間キャリブレーション

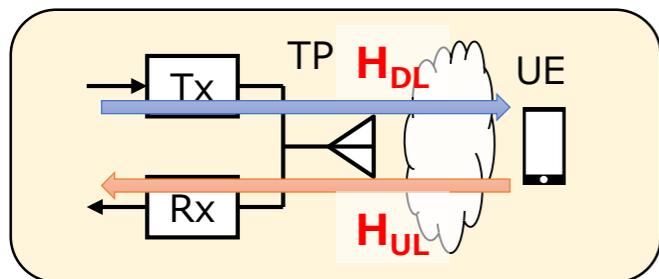
## DLマルチユーザMIMO

- 送信ウェイト算出のため、DL無線チャネルの正確な把握が重要



## TDDのDL/ULチャネル双対性の利用

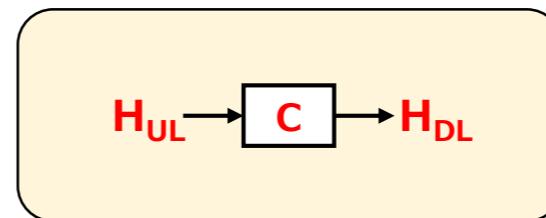
- UEからの参照信号によって推定したUL無線チャネル( $H_{UL}$ )をDL無線チャネル( $H_{DL}$ )とみなす



(※) TP : 送信点

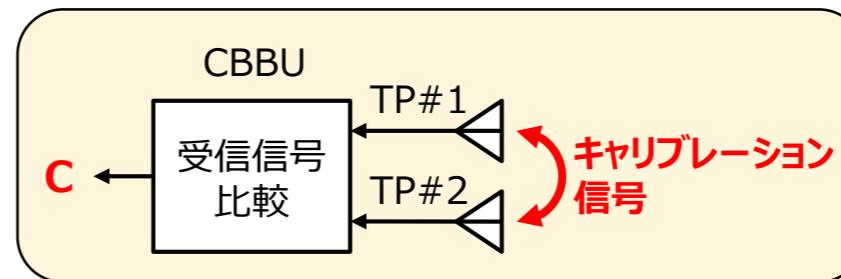
## アンテナキャリブレーション

- 厳密には $H_{UL}$ と $H_{DL}$ は異なる  
→送信回路(Tx)、受信回路(Rx)の特性差をキャリブレーション係数( $C$ )で補償



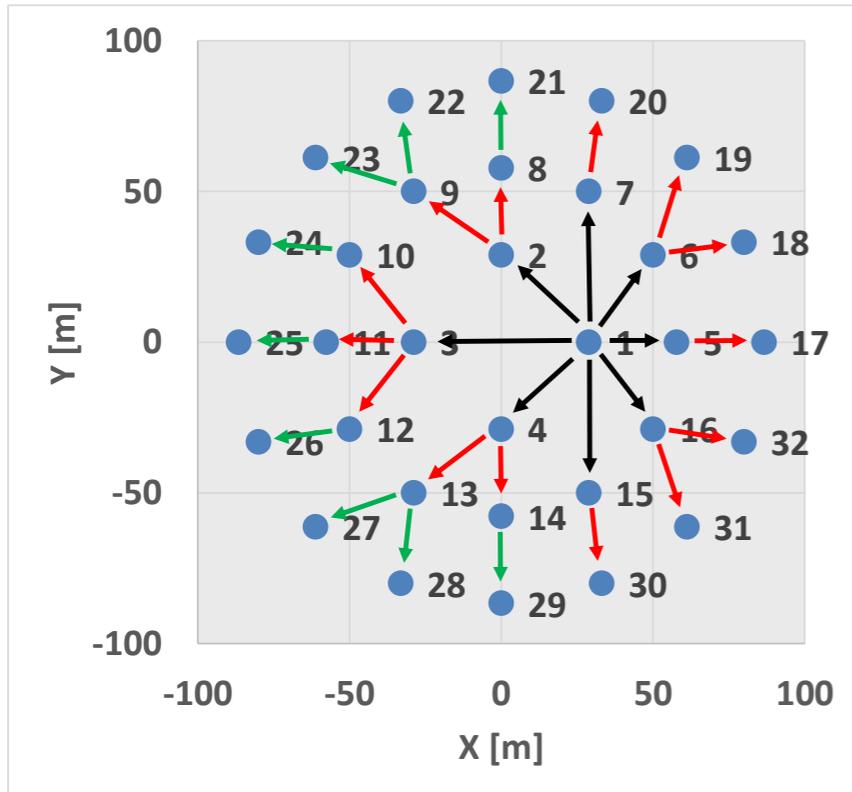
## キャリブレーション係数の算出

- TP間で相互にキャリブレーション信号を送信し、受信信号を比較して算出



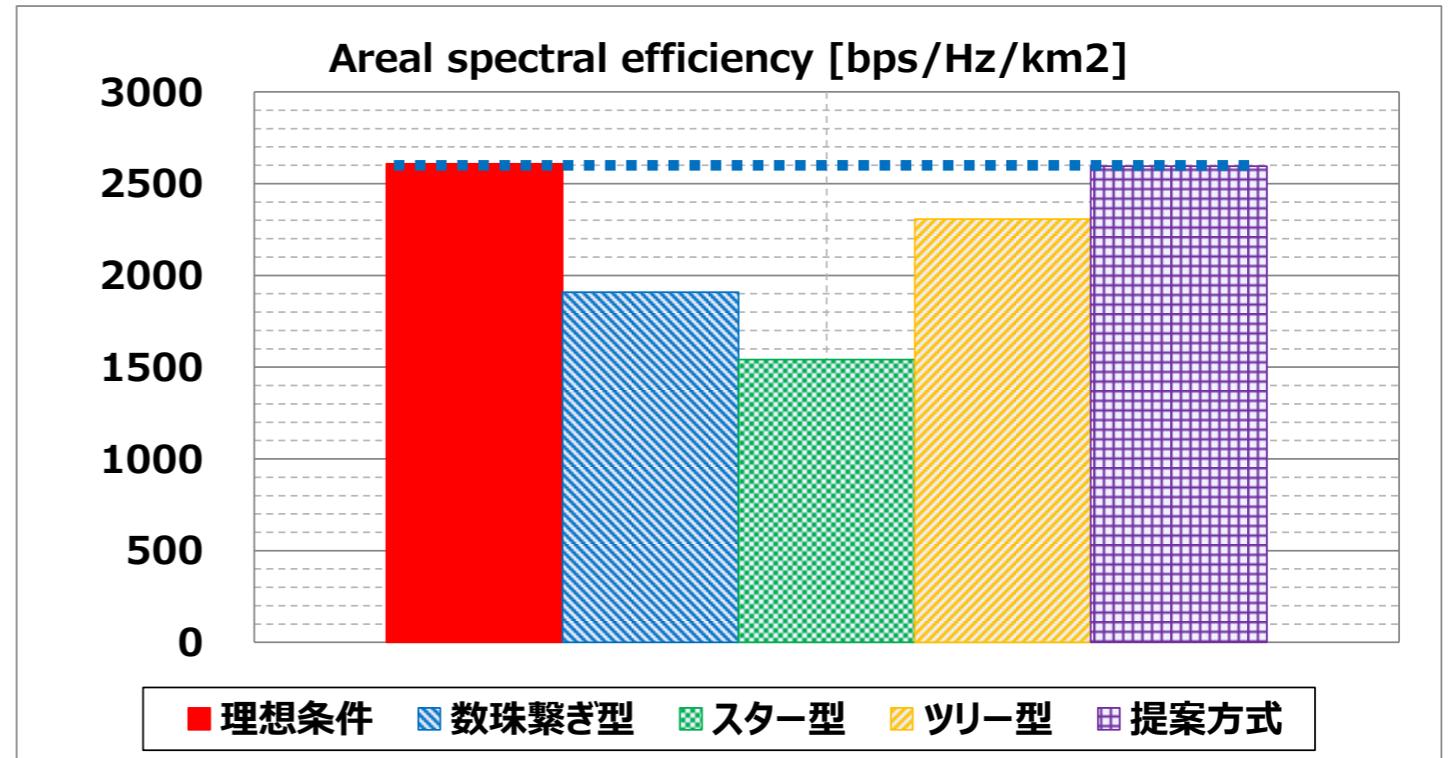
## 提案方式

- TPの分散配置を考慮
- 高品質なTP間通信経路を自動で検出  
→都市部の複雑な伝搬環境でも、  
運用管理が容易



## 面的容量特性

- 従来方式: 理想条件に対して大きな特性劣化
- 提案方式: 分散配置でも高品質なキャリブレーション信号を利用可能  
→理想条件と同等の特性を達成



- 5Gの状況
- 5G超高密度分散アンテナシステム
- 検討アルゴリズムの紹介
- **フィールド実験の紹介**

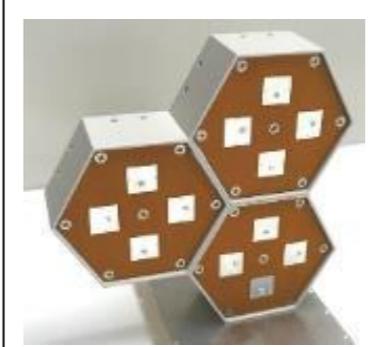
# 測定器を利用した5G実験

移動局アンテナ



中心周波数: 4.65 GHz(低SHF帯)  
システム帯域幅: 200 MHz  
アンテナ構成: 16×16(max)  
最大スループット: 16 Gbps

分散アンテナユニット

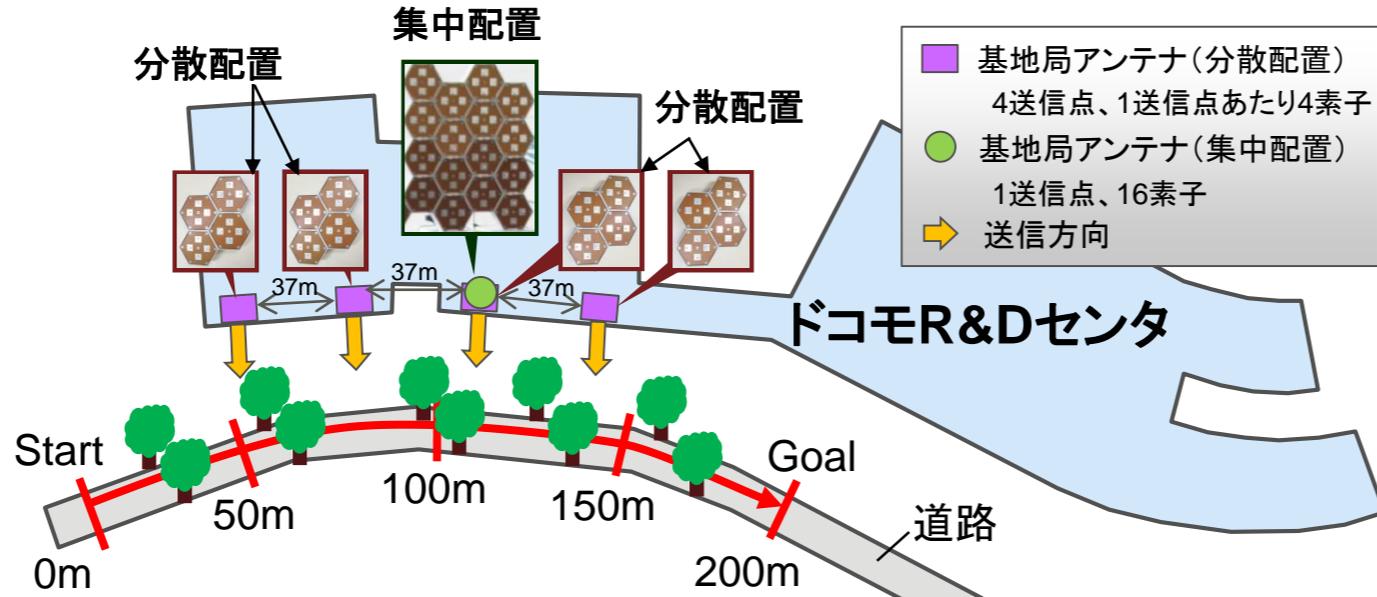


送信装置

受信装置

送信装置

# 屋外実験の測定環境

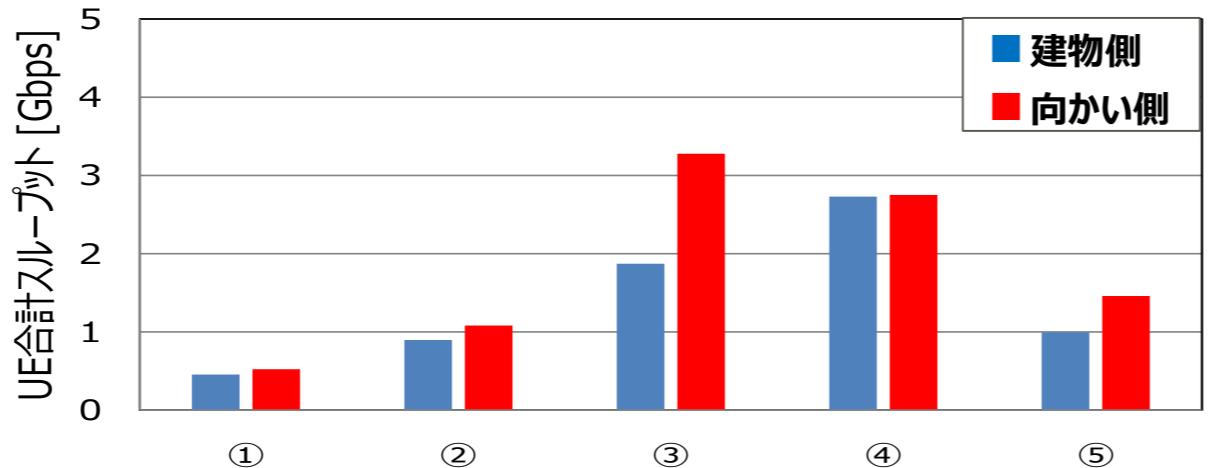
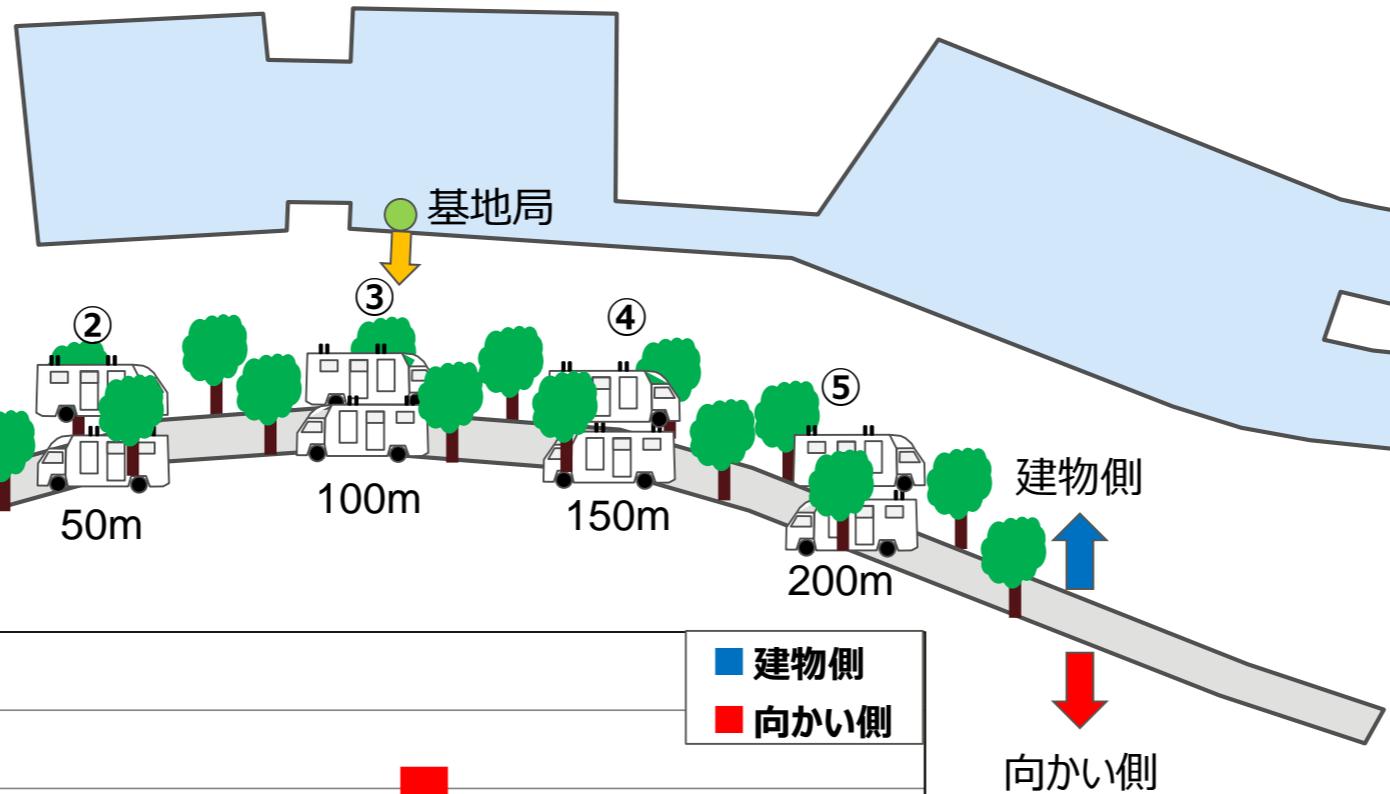


基地局アンテナは  
建屋の7階に設置  
高さ:50m

基地局アンテナ

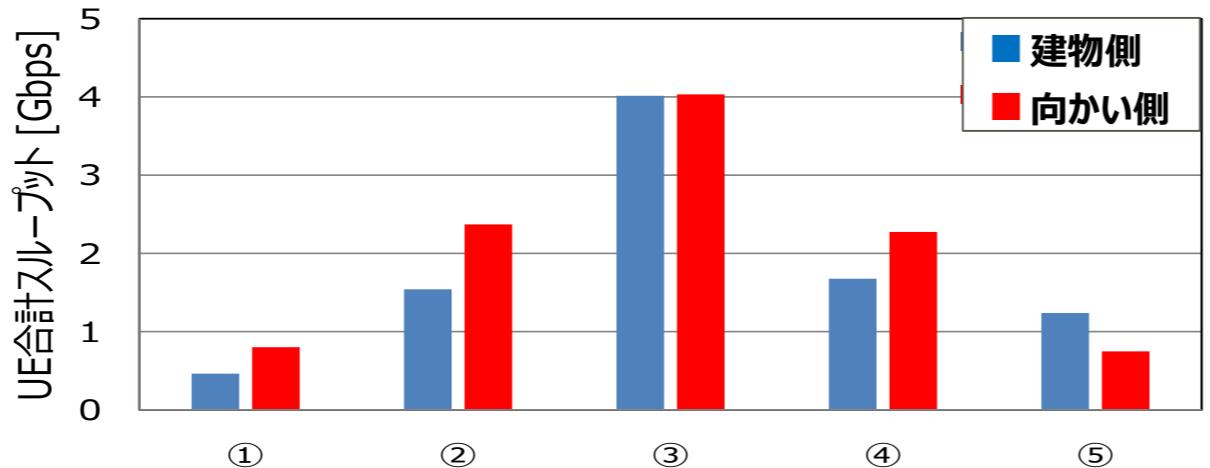
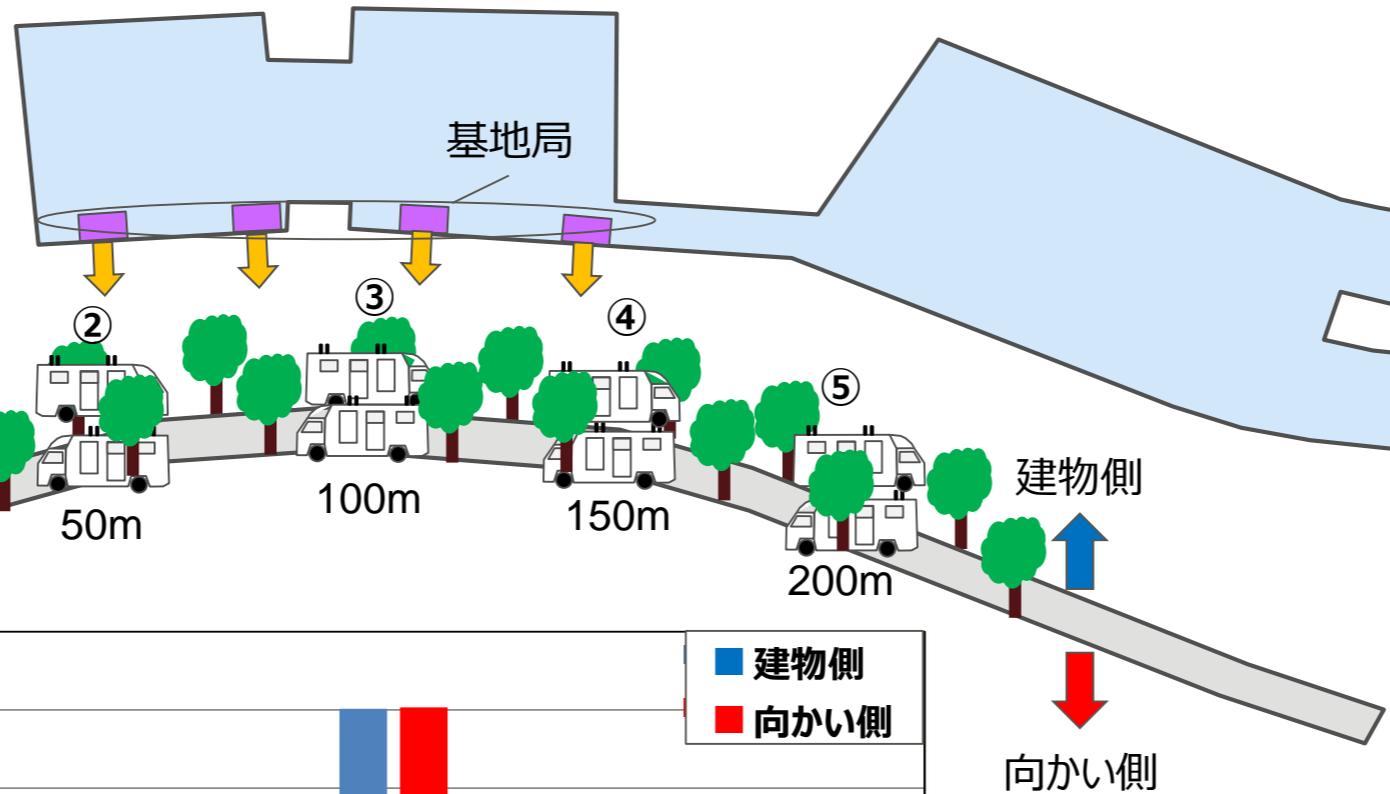


# 静止時スループット (集中アンテナ構成)



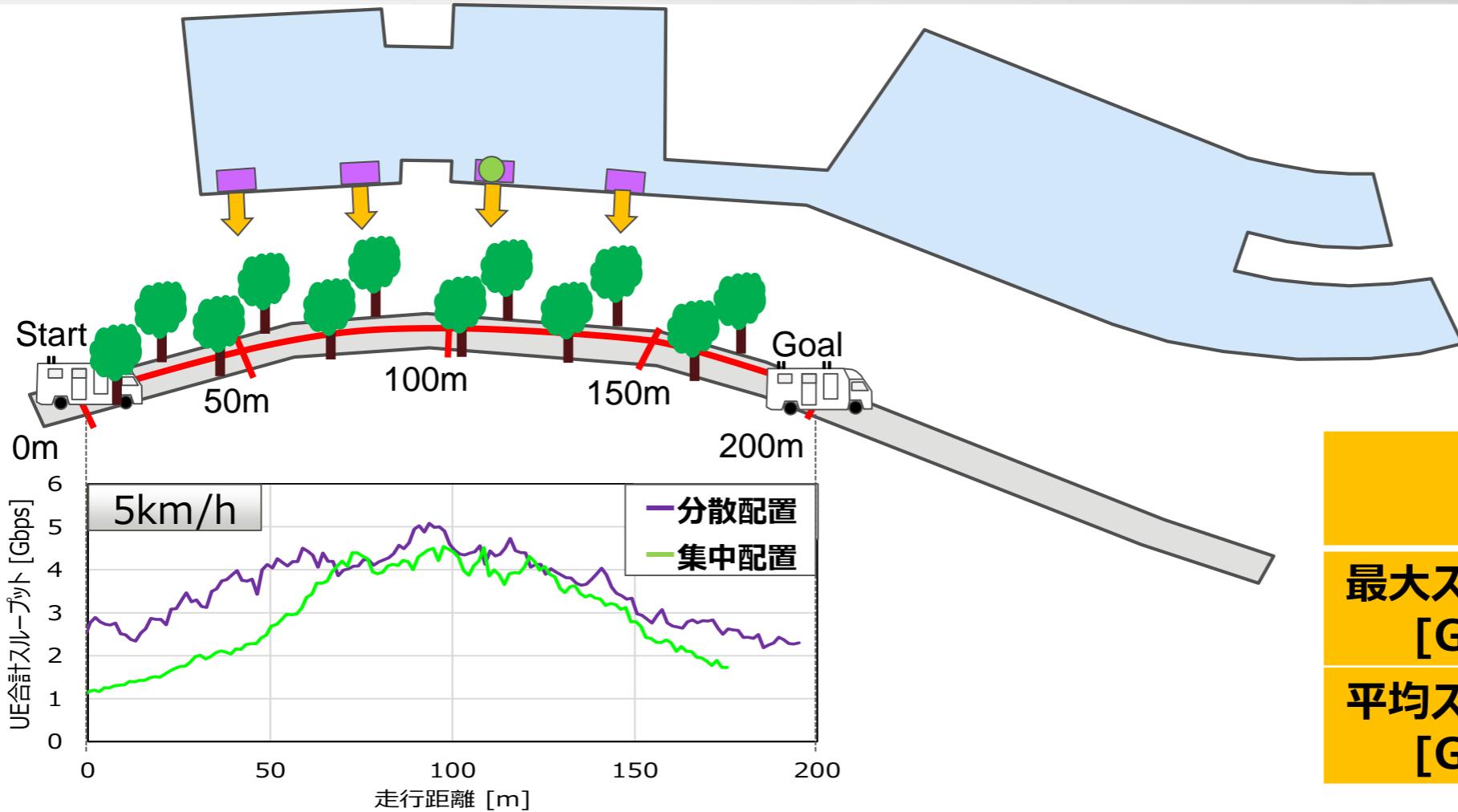
街路樹のシャドウイングの影響の少ない向かい側の特性が良い

# 静止時スループット (分散アンテナ構成)



③において、建物側のスループット劣化が小さい (シャドウイングの影響軽減)

# 移動時スループット



	分散配置	集中配置
最大スループット [Gbps]	5.1	4.5
平均スループット [Gbps]	3.7	3.0

**分散配置の方が最大、平均ともに高いチャネル容量**

- T. Seyama, M. Tsutsui, T. Oyama, T. Kobayashi, T. Dateki, H. Seki, M. Minowa, T. Okuyama, S. Suyama and Y. Okumura, "Study of coordinated radio resource scheduling algorithm for 5G ultra high-density distributed antenna systems," IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS) 2016, pp. 306–310, Aug. 2016.
- 小林, 熊谷, 実川, 瀬山, 伊達木, 関, 箕輪, "5G超高密度分散アンテナシステムにおける大容量化技術のアルゴリズム検討 – 協調MU-MIMOにおける低演算量UE選択方式 –, " 2017年信学総大, B-5-23, pp.359, Mar. 2017.
- 実川, 瀬山, 小林, 大山, 伊達木, 関, 箕輪, "5G超高密度分散アンテナシステムにおける送信点間キャリブレーション方式の検討," 信学技報, RCS2016-142, pp.71-76, Jul. 2016.
- 椎崎, 秋山, 筒井, 伊達木, 関, 箕輪, 奥山, 増野, 須山, 奥村, "5G 超高密度分散アンテナシステムにおける大容量化技術の実験的検証～ 広帯域マルチユーザMIMO 伝送実験における屋外端末移動時の性能検証～ ," 信学技報, RCS2016-312, pp.139-144, Mar. 2017.

本資料には、総務省からの委託を受けて実施した「第5世代移動通信システム実現に向けた研究開発」の成果の一部が含まれています。



FUJITSU

shaping tomorrow with you