

# 多数同時接続と超低遅延を実現する 新たな通信技術 **WHISTLE**

石橋 功至

電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター 教授

Professor, Advanced Wireless & Communication Research Center (AWCC)

The University of Electro-Communications, Tokyo Japan

2021年5月13日

※ 本研究は総務省委託研究「第5世代移動通信システムの更なる高度化に向けた研究開発」の成果の一部である。

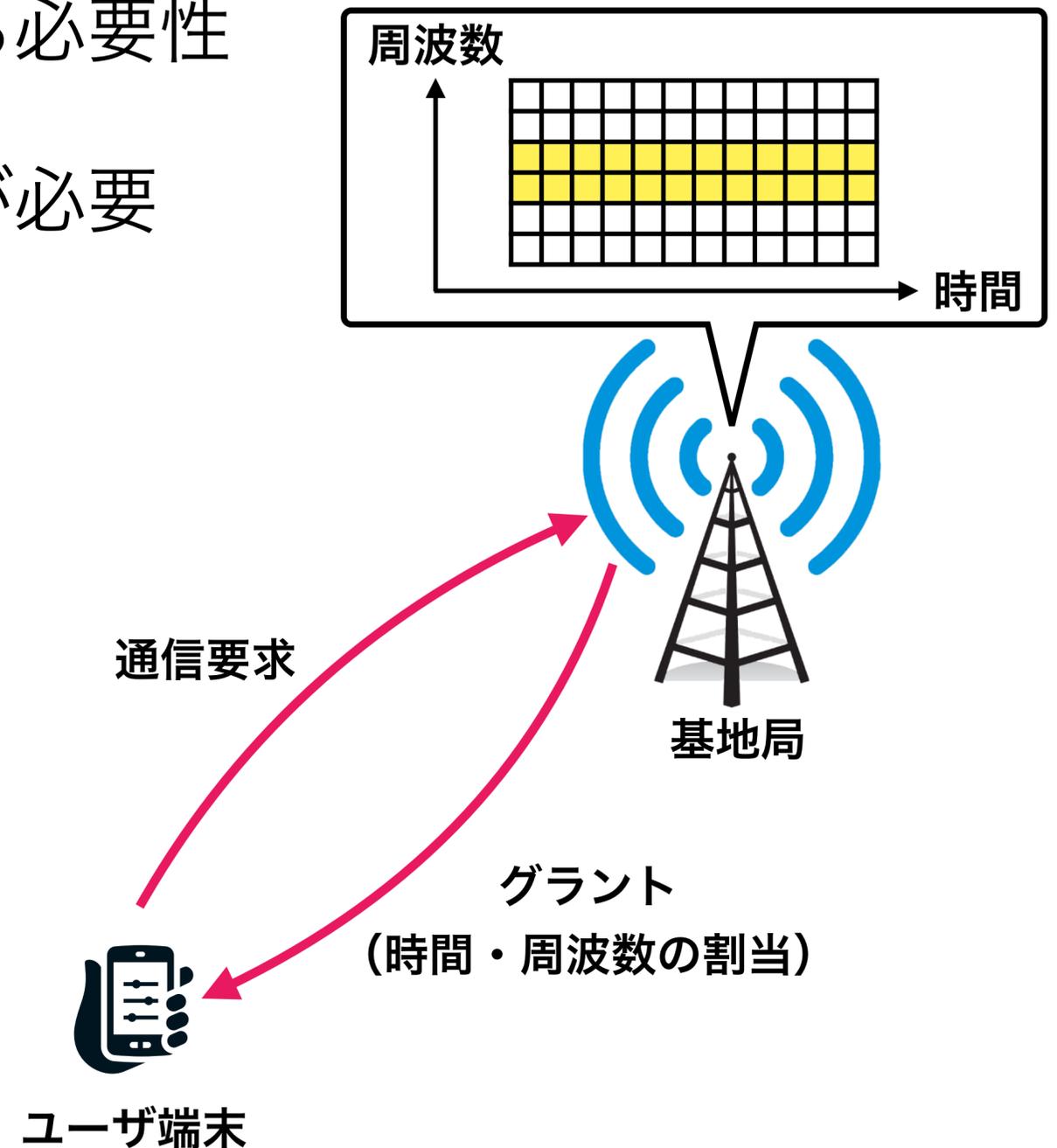
# Society 5.0 に向けて

- 全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出す
- 例えば、
  - 自動運転
  - 配送ロボット（ドローンなど）
  - 遠隔ヘルスケア、遠隔医療



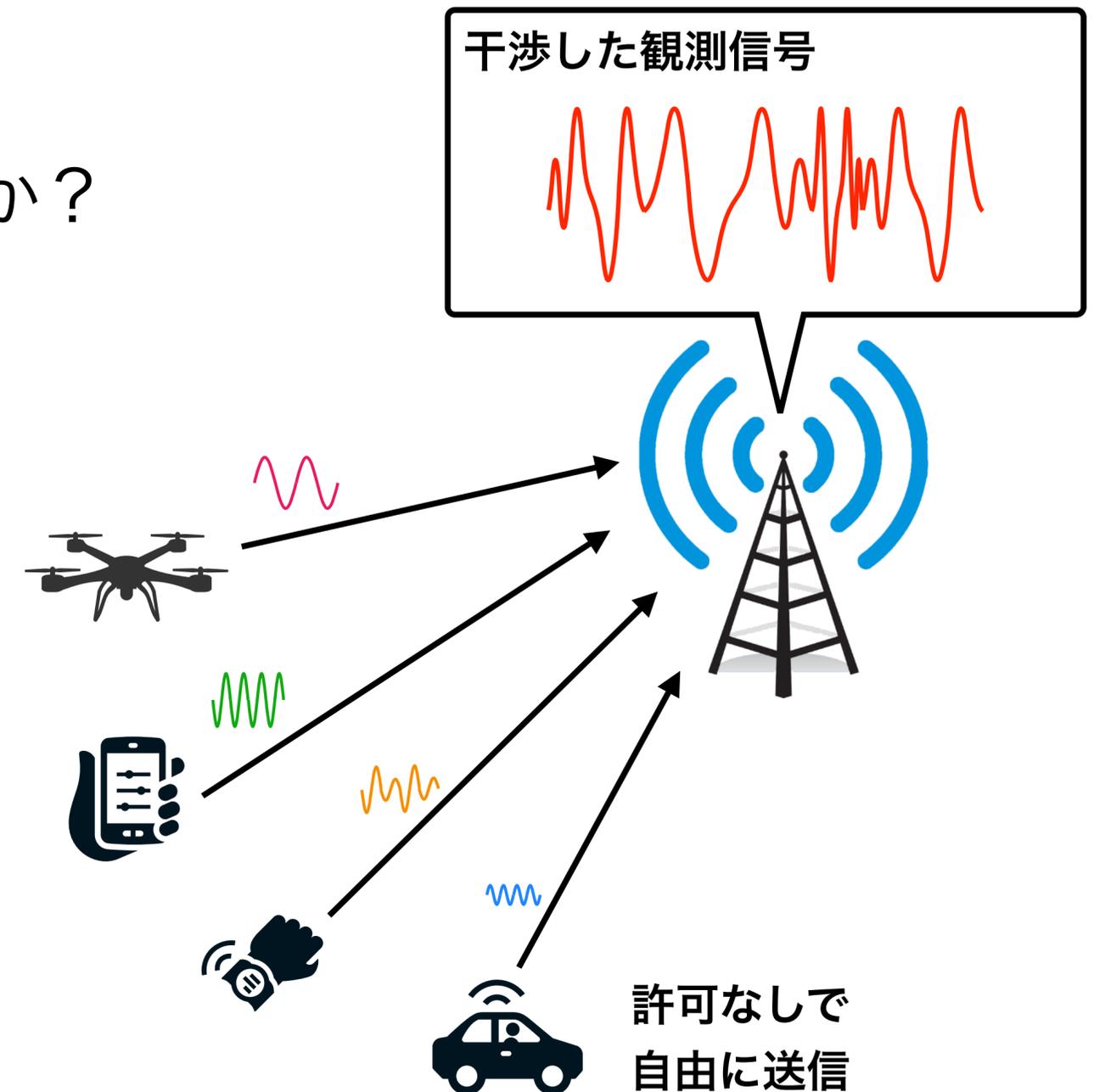
# 5Gでの低遅延 × 多数同時接続

- 普及に伴い、多数の端末が、低遅延に通信する必要性
- 通信には基地局からの**通信許可（グラント）**が必要
  - 数十ミリの遅延
  - 台数の増加に伴い、さらに遅延が大きくなる



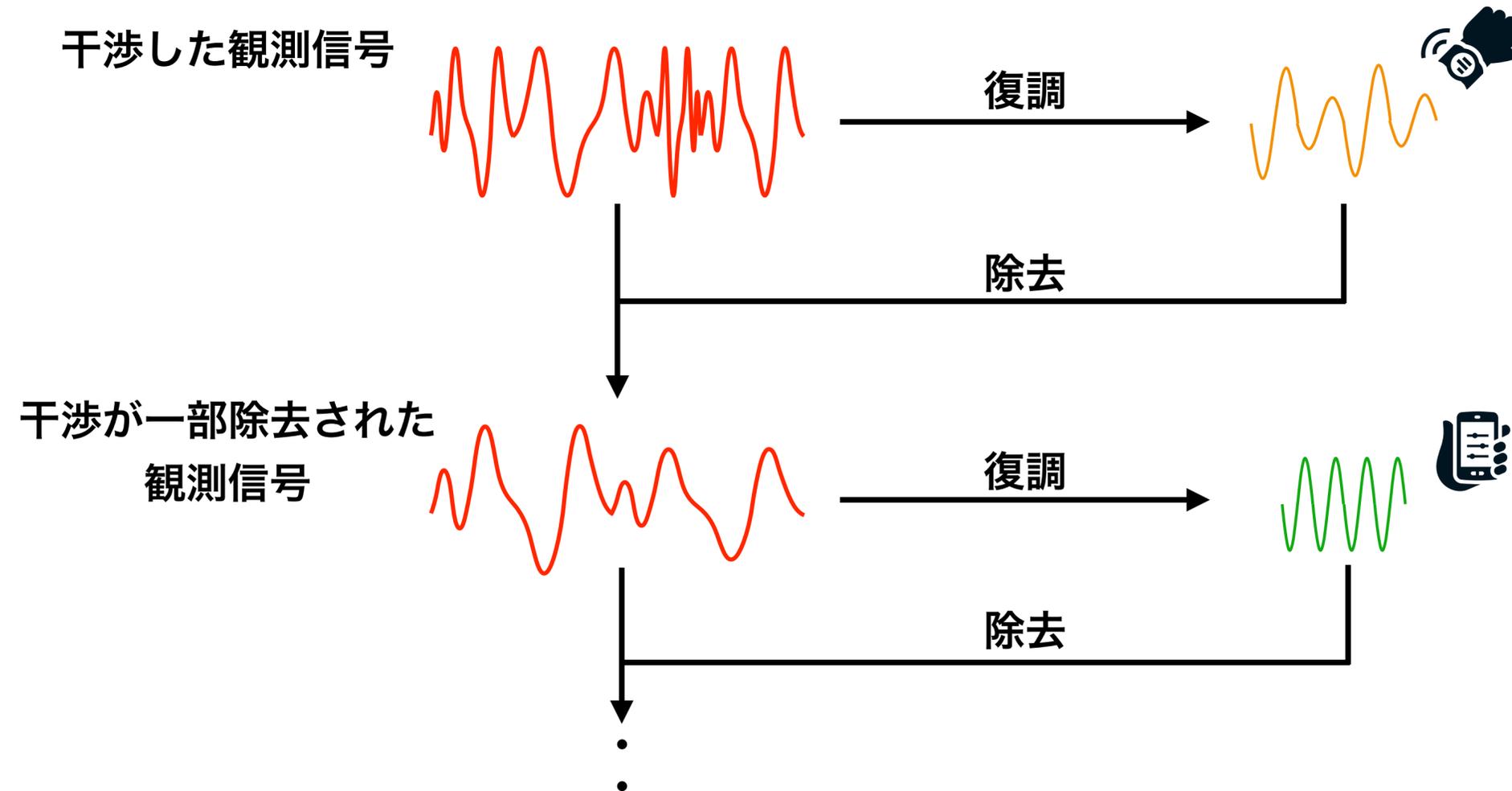
# グラントフリー非直交多元接続 (NOMA)

- 基地局からの**グラントなしで通信**を実現
- 干渉信号からどのようにして情報を取り出すか？
  - 逐次干渉除去
  - 拡散符号化



# 従来手法：逐次干渉除去

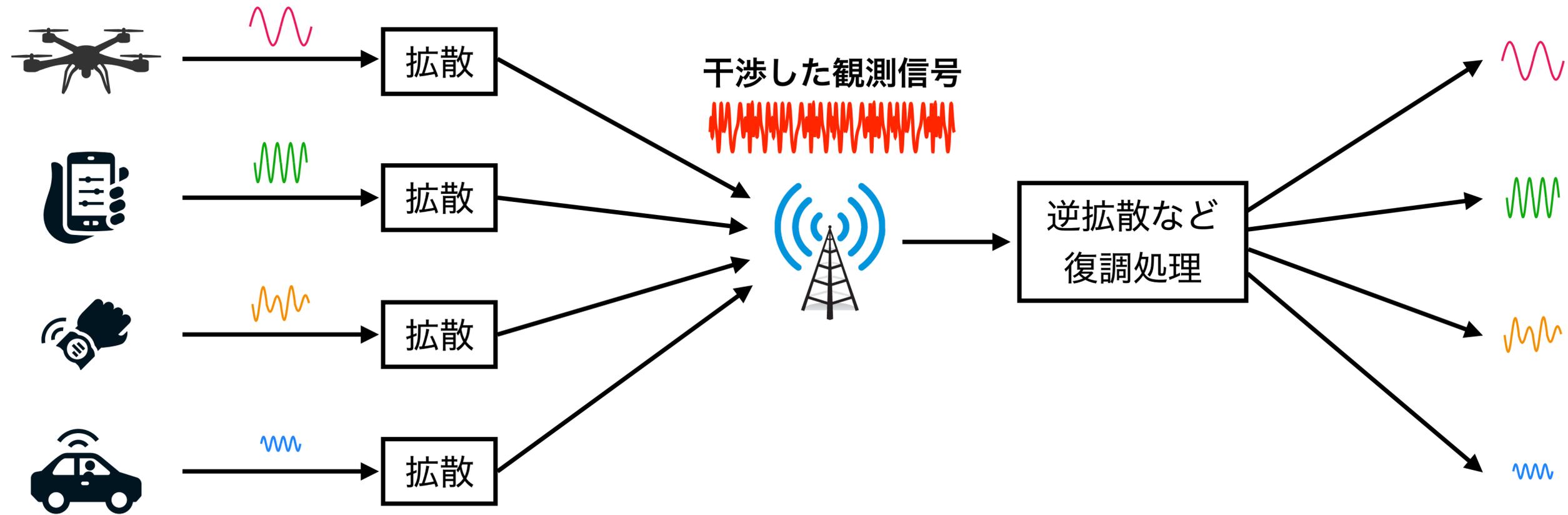
- 端末ごとの**受信電力の差を利用**して、復調・除去を繰り返す



複雑性・電力差の問題で数十台が限界

# 従来手法：拡散符号化

- 端末ごとに**固有の系列で拡散**することで復調



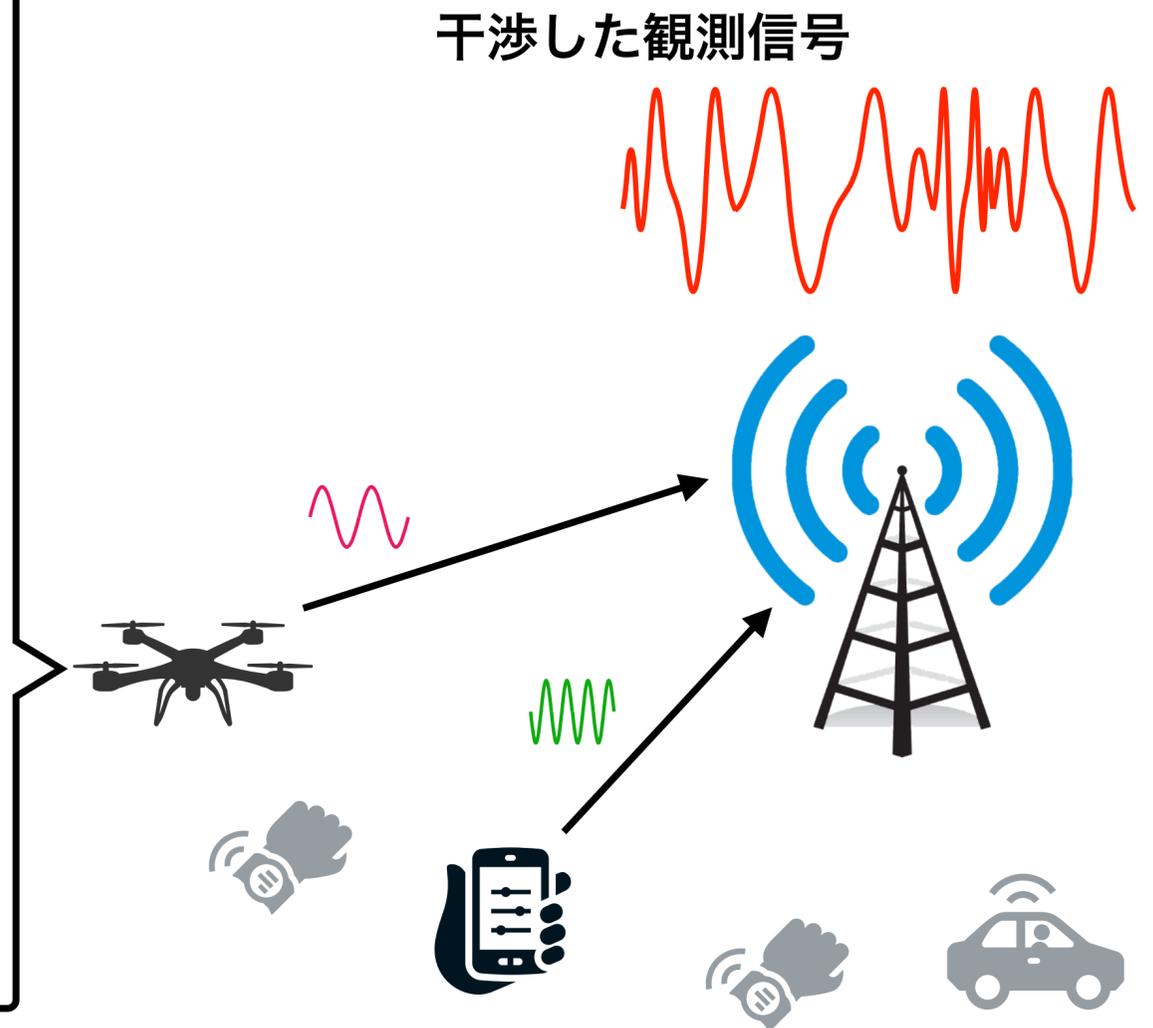
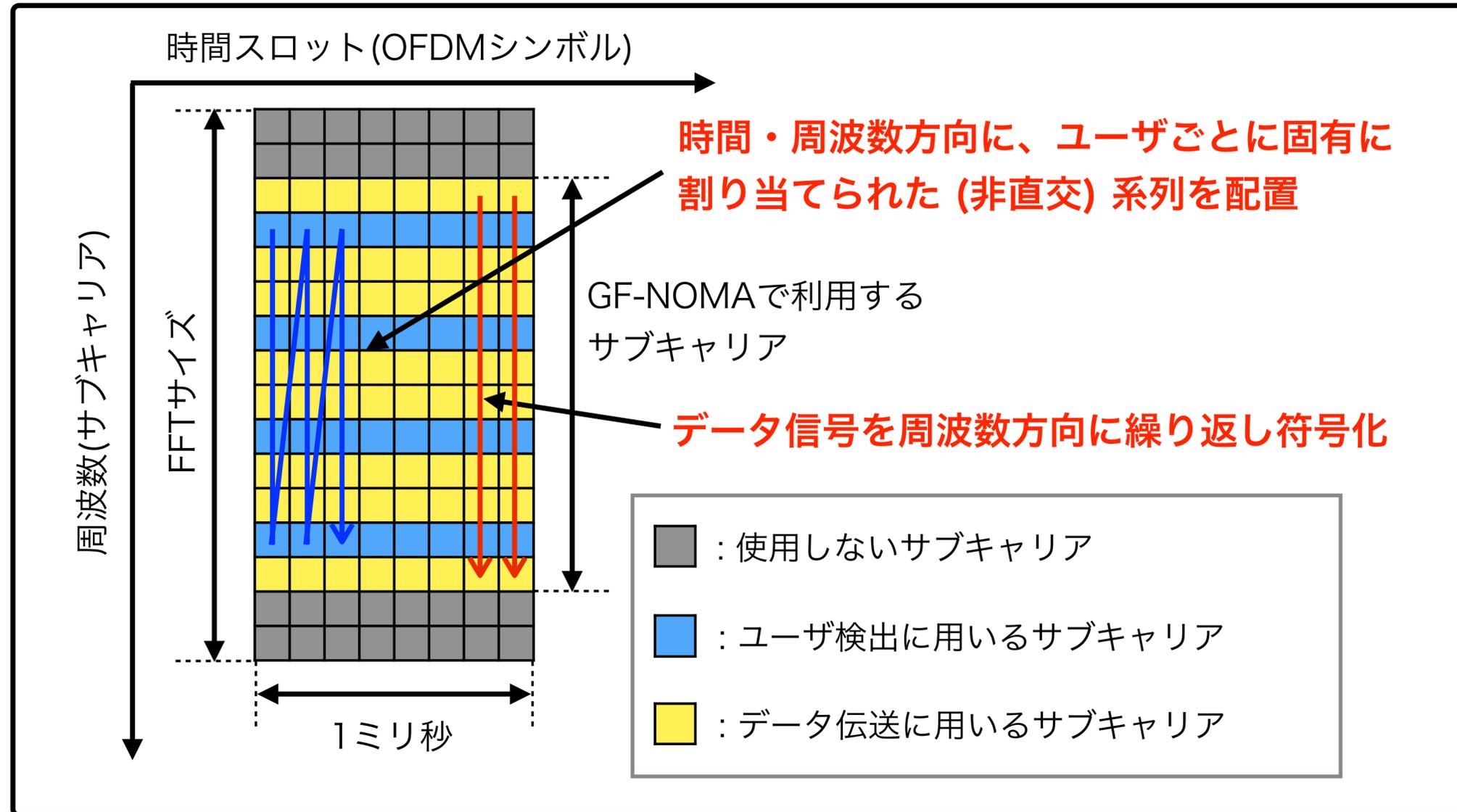
多数のユーザを収容できるが、拡散系列長分だけ伝送レートが低下

# 提案グラントフリーNOMA：WHISTLE

- 伝送レートを保ちつつ、多数のユーザを低遅延に収容可能
  - **3万台**の同時接続・**1ミリ秒**の伝送時間・ユーザあたり**100バイト**のデータ
- アイデアのポイント
  - 5G物理層との完全互換
  - 非直交系列を用いた時間・周波数方向への二次元拡散
  - パイロット部とデータ部に別の拡散パターンを用いることでデータ量増
  - 圧縮センシングと確率伝播法に基づいた効率的復調

# WHISTLE - 送信側

- 30万台のうち、任意の10%（3万台）が自由に送信可能

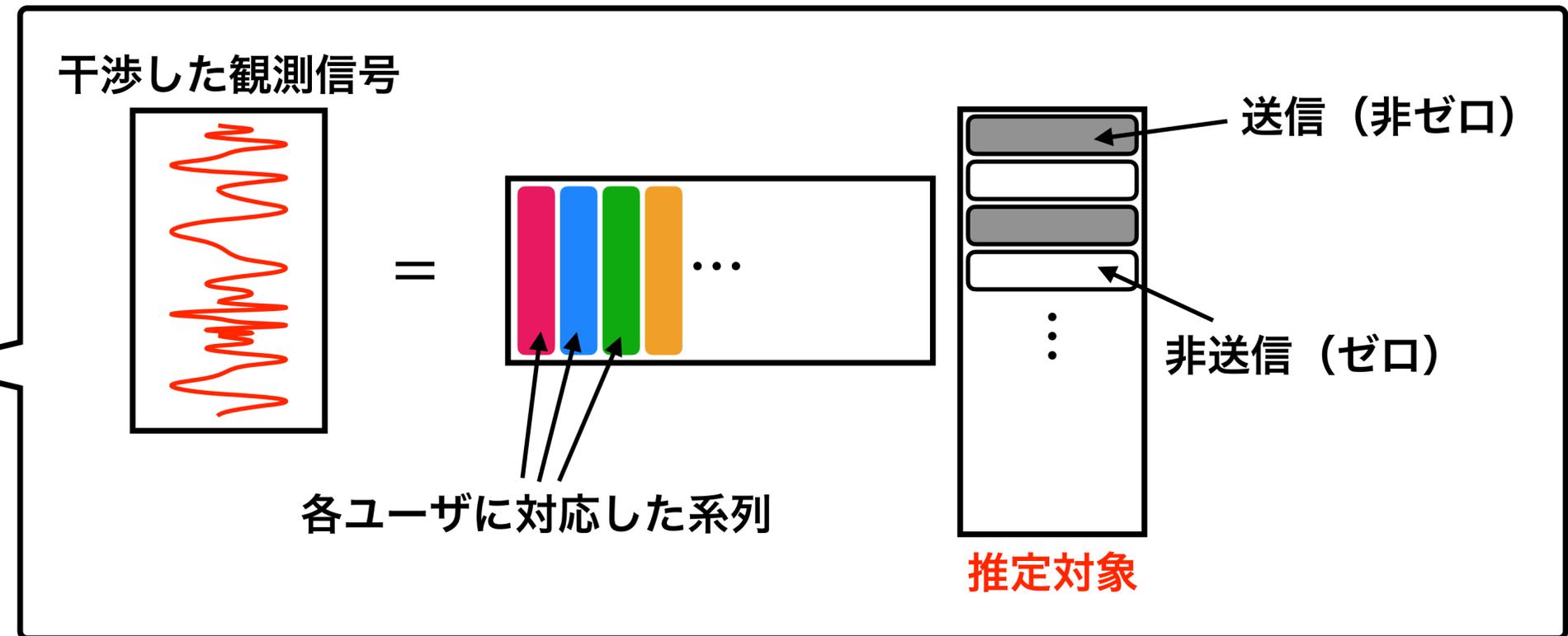
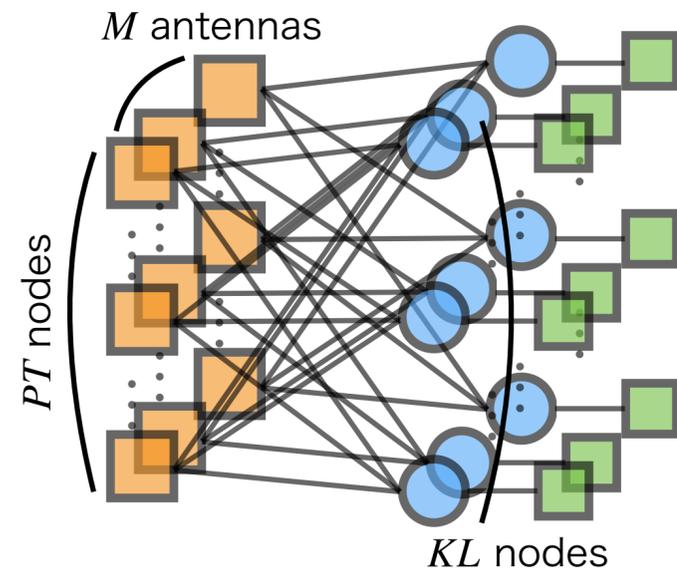


※ ただし、30万台は理論最大値

# WHISTLE - 受信側

- 全系列の一部が送信されるという構造を利用し、**圧縮センシング**技術を利用

ユーザ検出・通信路推定アルゴリズム



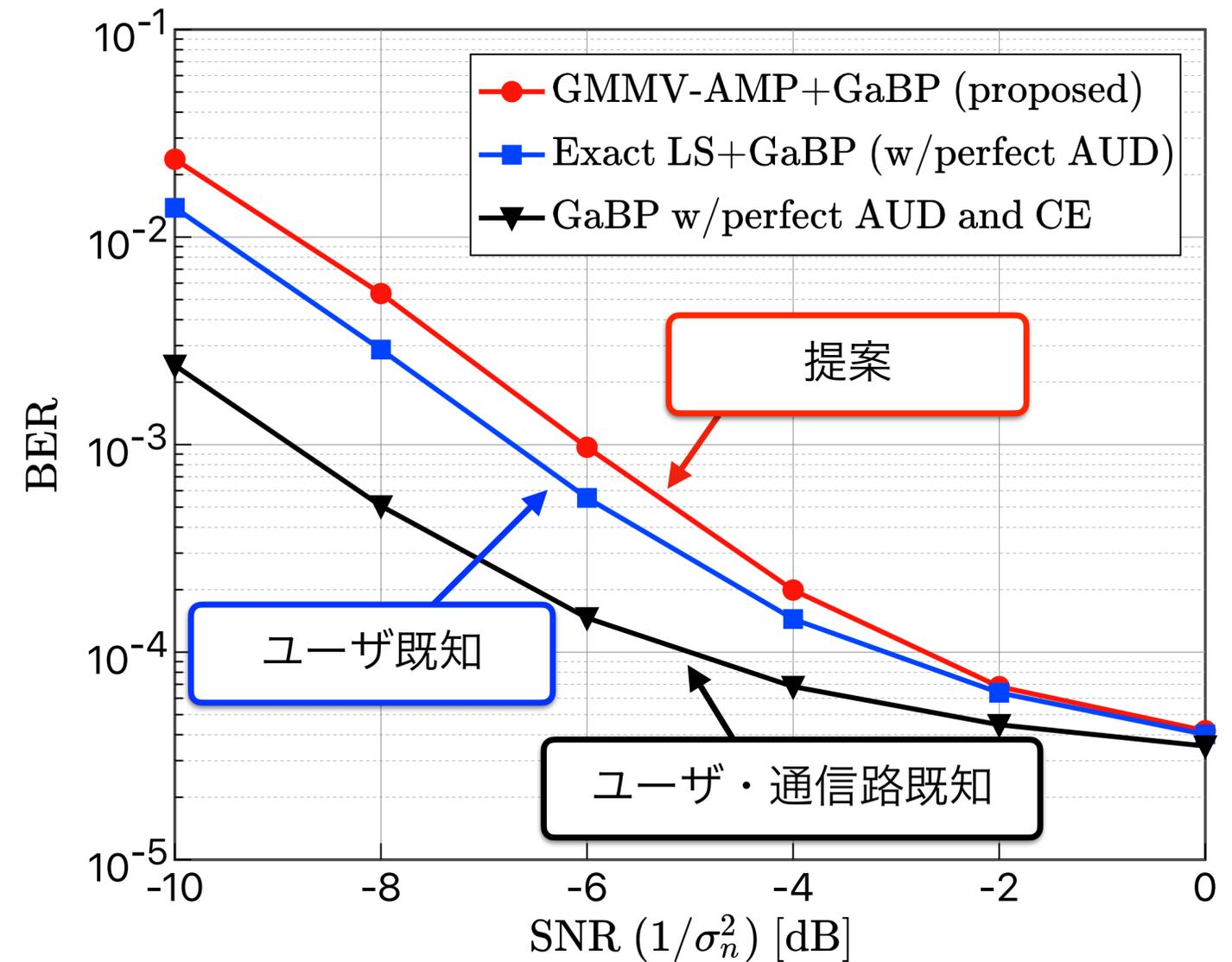
※ 実際には時間・周波数領域を時間・遅延時間領域に変換して計算

- ユーザ検出・通信路推定後、データ部を確率伝播法を用いて復調

# 数値結果 - ビット誤り率特性 (データ部)

全ユーザ数	500
アクティブユーザ数	50
BSのアンテナ数	8
全サブキャリア数	4096
パイロットサブキャリア数	36
データサブキャリア数	18
使用OFDMシンボル数	28
CIRのタップ長	25
パス数	6
サブキャリア間隔	30 kHz
システム帯域幅	10 MHz
GMMV-AMPの最大繰り返し回数	200
GaBPの繰り返し回数	16

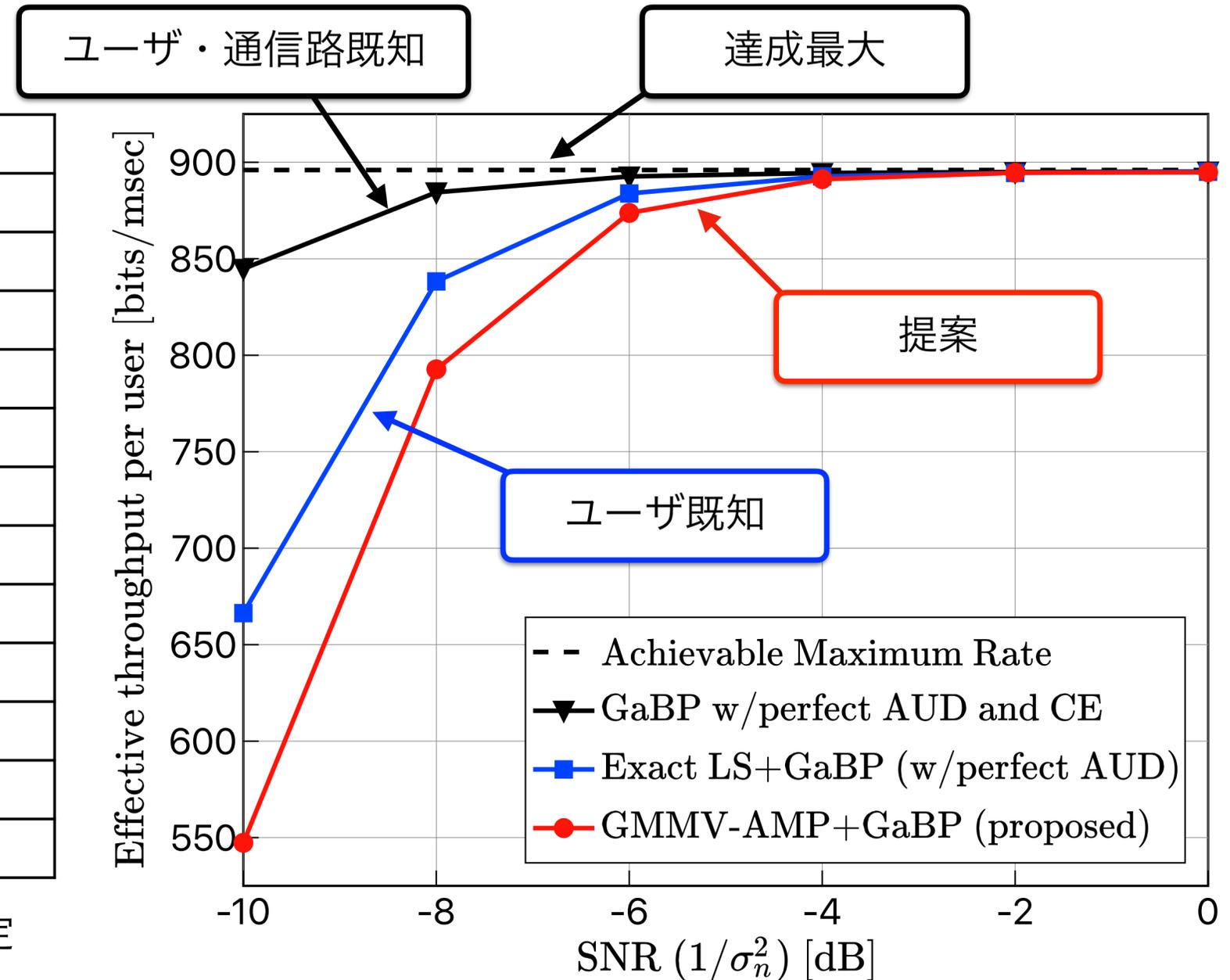
✓ 5Gの規格上で1ミリ秒に送れるOFDMシンボル数を想定



# 数値結果 - 実効スループット

全ユーザ数	500
アクティブユーザ数	50
BSのアンテナ数	8
全サブキャリア数	4096
パイロットサブキャリア数	36
データサブキャリア数	18
使用OFDMシンボル数	28
CIRのタップ長	25
パス数	6
サブキャリア間隔	30 kHz
システム帯域幅	10 MHz
GMMV-AMPの最大繰り返し回数	200
GaBPの繰り返し回数	16

✓ 5Gの規格上で1ミリ秒に送れるOFDMシンボル数を想定



# 企業への期待

- 本技術により、5Gの規格上で低遅延・同時多数接続が実現可能
- ハードウェア実装、時間・周波数同期、解決すべき問題も多数残っている
- 世界的に低遅延・同時多数接続には大きな注目が集まっており、インパクトの大きい研究
  - 送受信系のハードウェア実装での協力
  - 自動運転・リアルタイム医療など、様々なユースケースでのテスト
  - Beyond 5G・6G標準化への展開

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：通信プログラム、基地局および通信システム
- 出願番号：特願2021-029542
- 出願人：国立大学法人電気通信大学
- 発明者：原 郁紀（本学博士3年生）、石橋 功至

# お問い合わせ先

- 国立大学法人電気通信大学 産学官連携センター  
産学官連携ワンストップサービス
- TEL : 042-443-5871
- Fax : 042-443-5725
- E-mail : [onestop@sangaku.uec.ac.jp](mailto:onestop@sangaku.uec.ac.jp)