

非線形マルチユーザ MIMO 技術の研究開発 ～様々な環境での高速・大容量通信の実現に向けて～

背景と目的

近年の移動通信では、動画ストリーミングに代表されるコンテンツの大容量化や高機能端末の普及などにより**トラフィックが急増**しており、多数のユーザに高い伝送速度を**同時に**提供することが求められています。これに応える技術が、複数のアンテナを利用して信号伝送を空間的に多重し、周波数の利用効率を高める**マルチユーザMIMO技術**です。すでに**LTE**や第4世代の**LTE-Advanced**でも採用されています。

従来のマルチユーザ MIMOの問題点

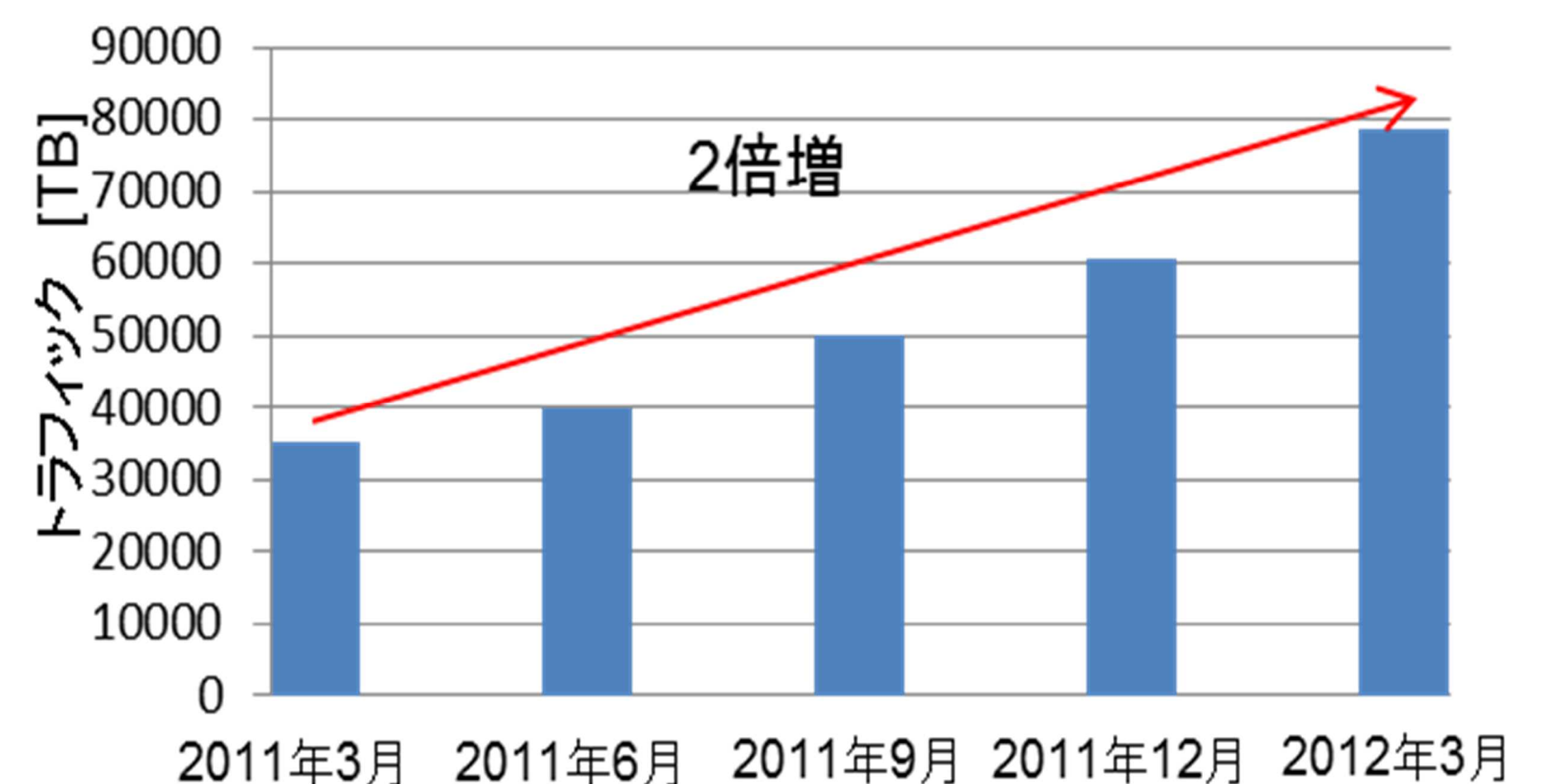
極めて高い伝送速度を提供するためには、基地局を増やしセル(一つの基地局のカバーエリア)を小さくすることが効果的です。しかし従来の線形信号処理(送信ビームフォーミング)に基づくマルチユーザ MIMOでは以下の問題により性能が低下します。

- ストリーム間の伝搬路相関が高くなり、ビームフォーミングによる利得が低下する。
- 一つのセル内のユーザ数が減り、伝搬路相関の低いストリームの組み合わせが得にくくなる。

私たちの取り組み

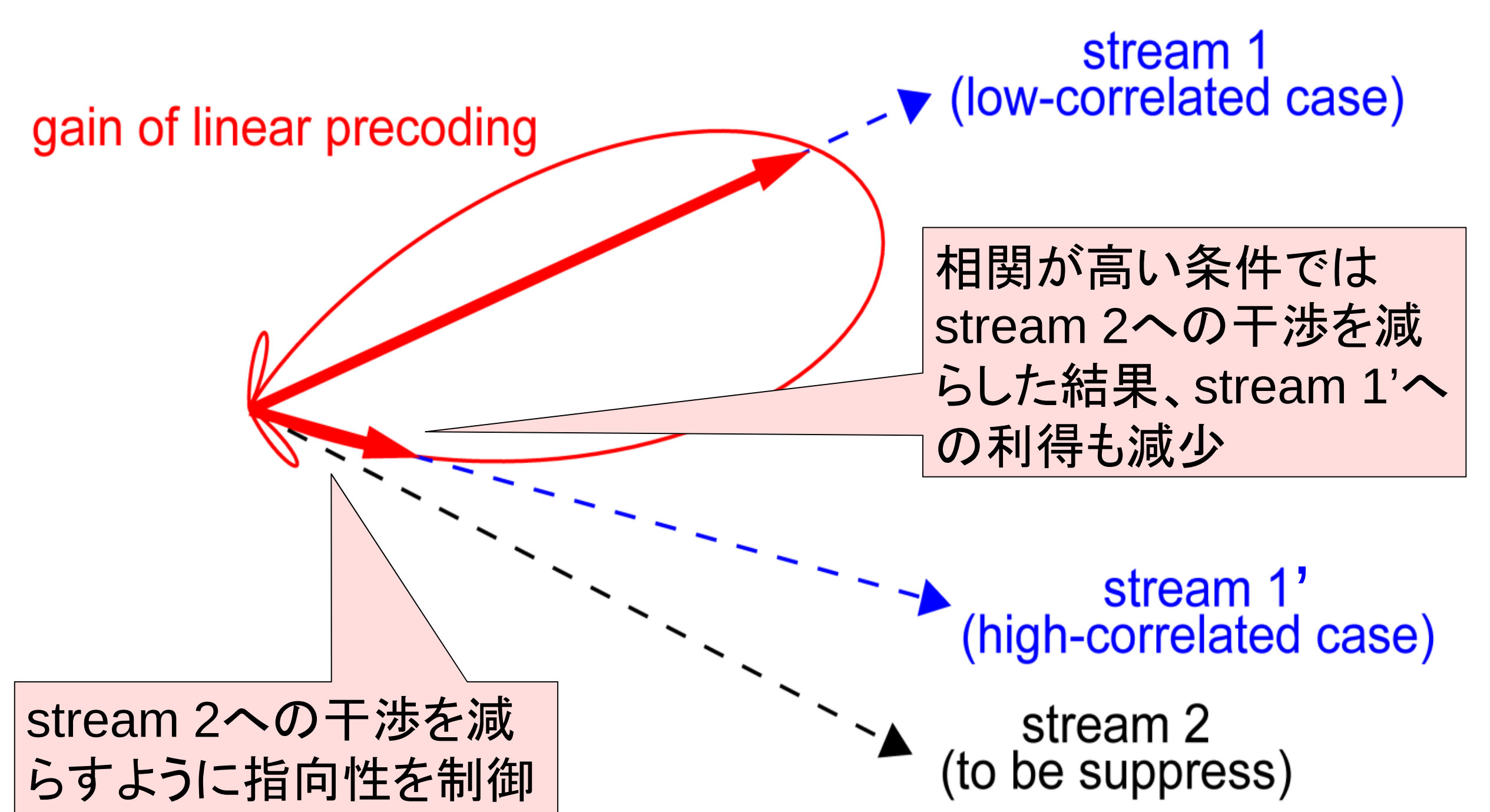
このような環境においても効果的な伝送信号の空間的な多重が可能とされている**非線形マルチユーザ MIMO伝送技術**の実用化に向け、次のような研究開発を行っています。

- シミュレーションによる実用化に適した非線形アルゴリズムの研究
 - 性能を最大に引き出すための方式検討や適用条件の精査
- LTEの物理層を参考に非線形マルチユーザMIMO技術を実装した実験機の製作
 - 非線形アルゴリズムとしてVector perturbation (VP)アルゴリズムを採用
 - 実際に利用される屋内、屋外環境を想定した実験
- 各種国際標準化会議への参加による最新技術動向の把握



日本の移動通信事業者5社の月間延べトラフィック量

データ出典: 総務省 <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin06.html>

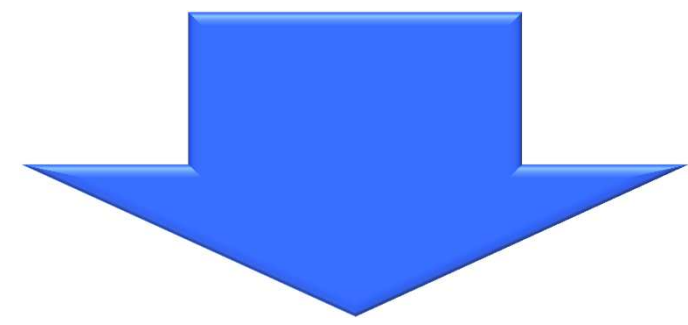


伝搬路相関が線形マルチユーザ MIMO の利得に与える影響

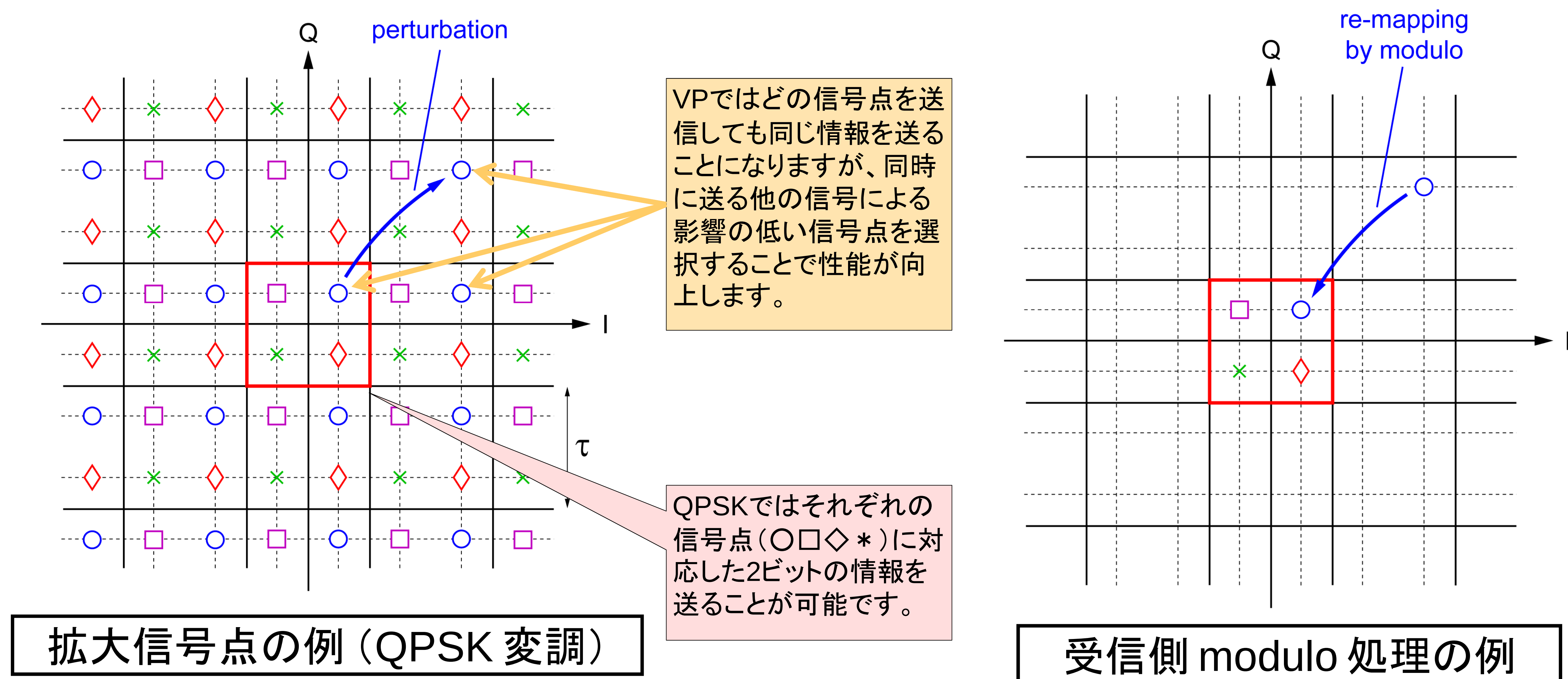
● 特長

Vector perturbation (VP) に基づく非線形マルチユーザ MIMO

- 送信シンボルの信号点を拡大
プリコーディング後の送信信号電力が最小になるように拡大信号点候補(通常の信号点を I / Q 平面上に複数回並べたもの)からひとつ選択します。
- 受信側ではモジュロ演算を用いて、拡大信号点を通常の信号点に変換して復調



線形マルチユーザ MIMOと比べて高い電力効率(受信SNR)を実現

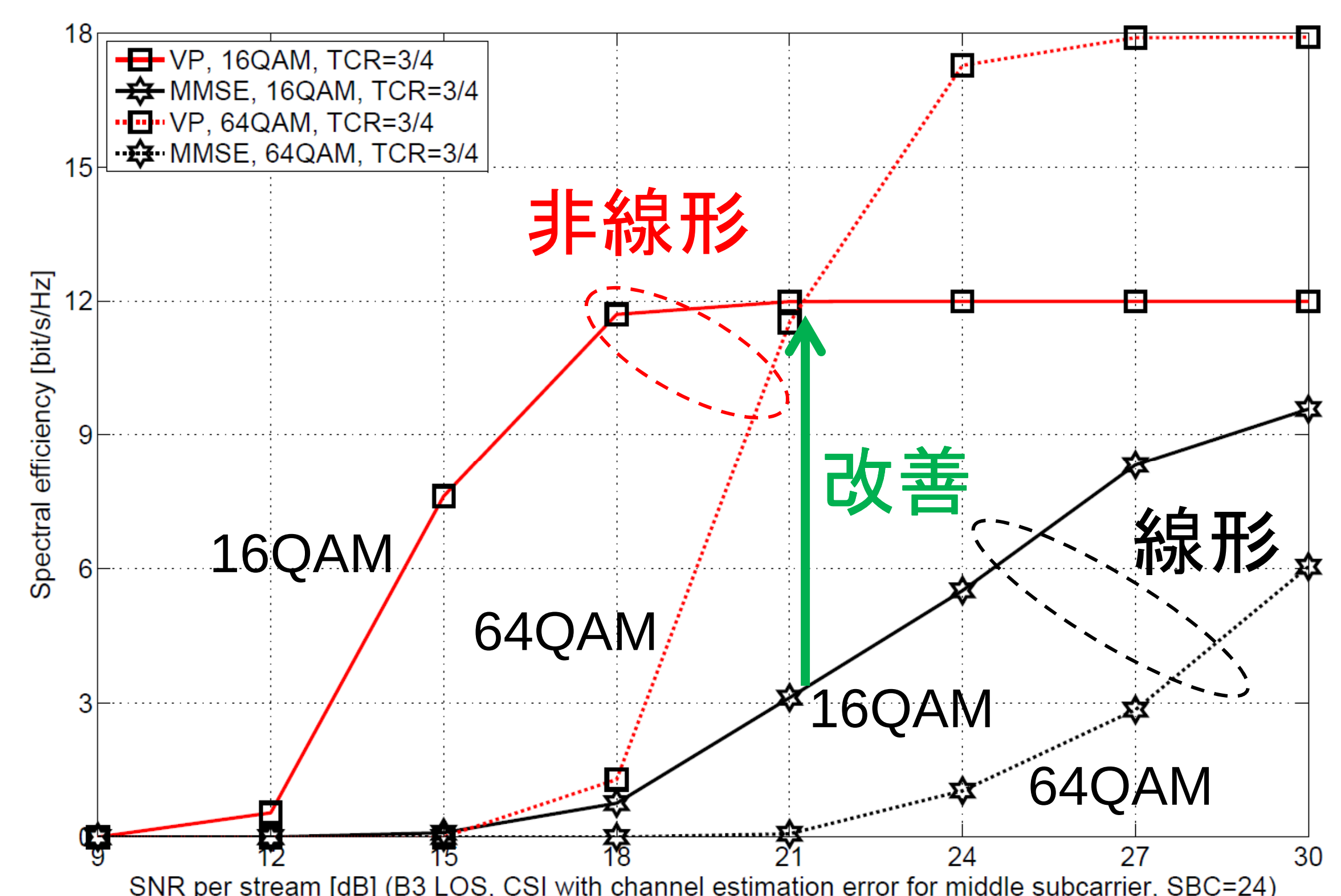


計算機シミュレーションによる性能評価

- 1 送信機・8 送信アンテナ
- 4 受信機・各 2 受信アンテナ
- 8 ストリーム伝送
- 16 QAM / 64QAM 変調
- Turbo 符号 (符号化率 : 3/4)
- 室内ホットスポットを想定した伝搬路 (K factor = 5~6 dB)

実験機による性能評価

- 特定の屋内環境で、線形 (MMSE) に対し非線形 (VP) が最大スループット30%向上を確認(次頁)



VP に基づく非線形マルチユーザ MIMOは線形マルチユーザ MIMOより高い周波数利用効率を達成可能であることを実証しました。

● 今後の予定

次世代の各種無線通信システムへ私たちの研究を反映し、よりよい通信環境(高いスループット、ユーザ収容数の向上など)の実現を目指します。

● 試作した実験機

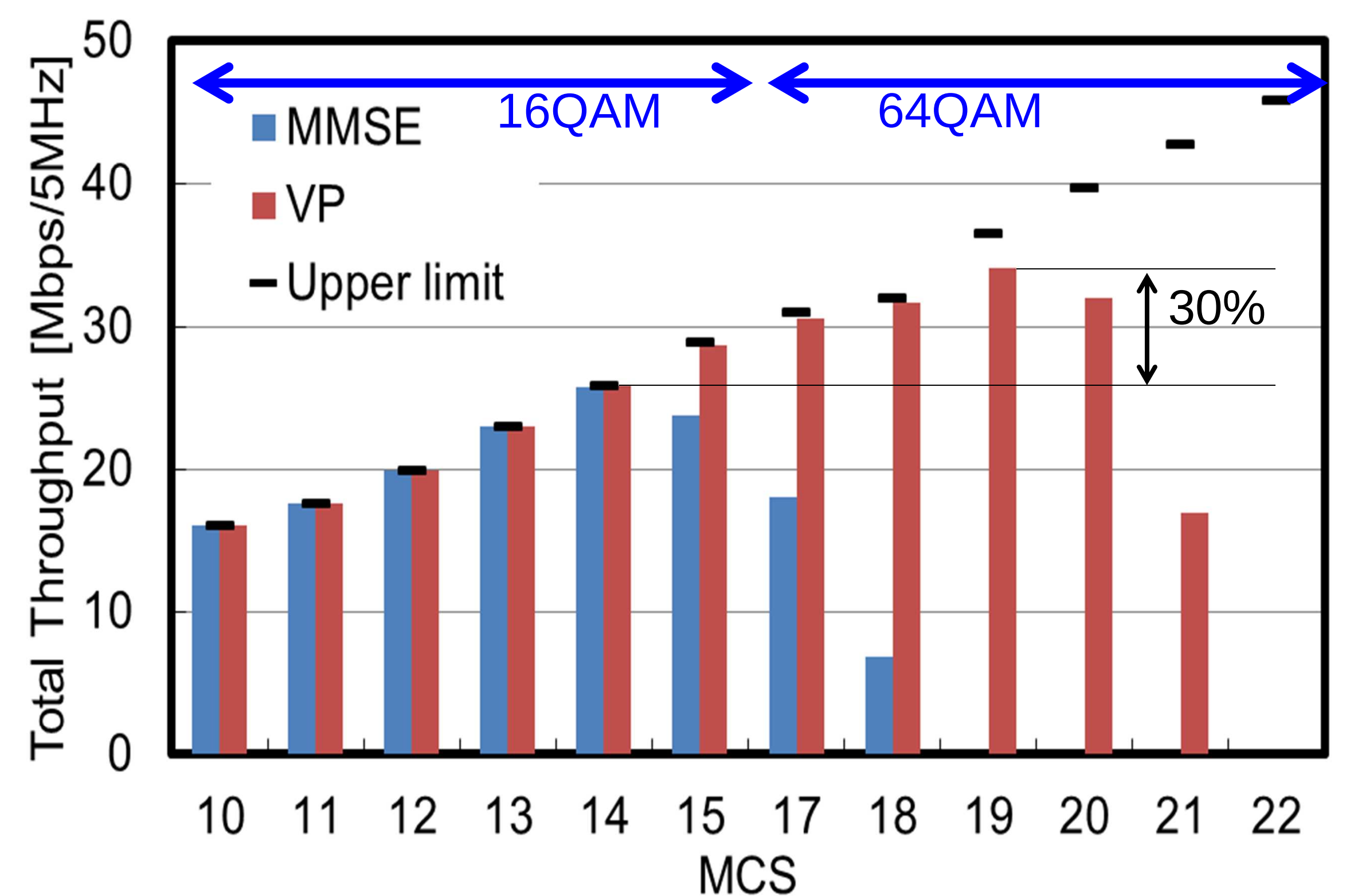
実験の目的

非線形マルチユーザ MIMO 実験機を用い、伝送実験により以下の点を確認します。

- ハードウェアの不完全性が非線形マルチユーザ MIMO の性能に与える影響
- 現実の伝搬路における線形マルチユーザ MIMO に対する性能の優位性
- 伝搬路の観測結果を通じた非線形マルチユーザ MIMO に適した伝搬路の分析

実験機の仕様

- 下りリンクマルチユーザ MIMO 伝送機能
 - Vector Perturbation (VP) に基づく非線形処理
 - 線形 (MMSE) 処理 (比較対象)
- LTE-Advanced ベースの信号形式に高精度伝搬路観測用広帯域参照信号の追加
- 最大 8×8 の MIMO 構成が可能
- 無線 (上りリンクのデータ伝送) または有線を用いた伝搬路推定値のフィードバック
- 各種性能評価・データ収集機能
 - パケット誤り率 / 伝送スループット
 - 伝搬路推定値 / 遅延プロファイル



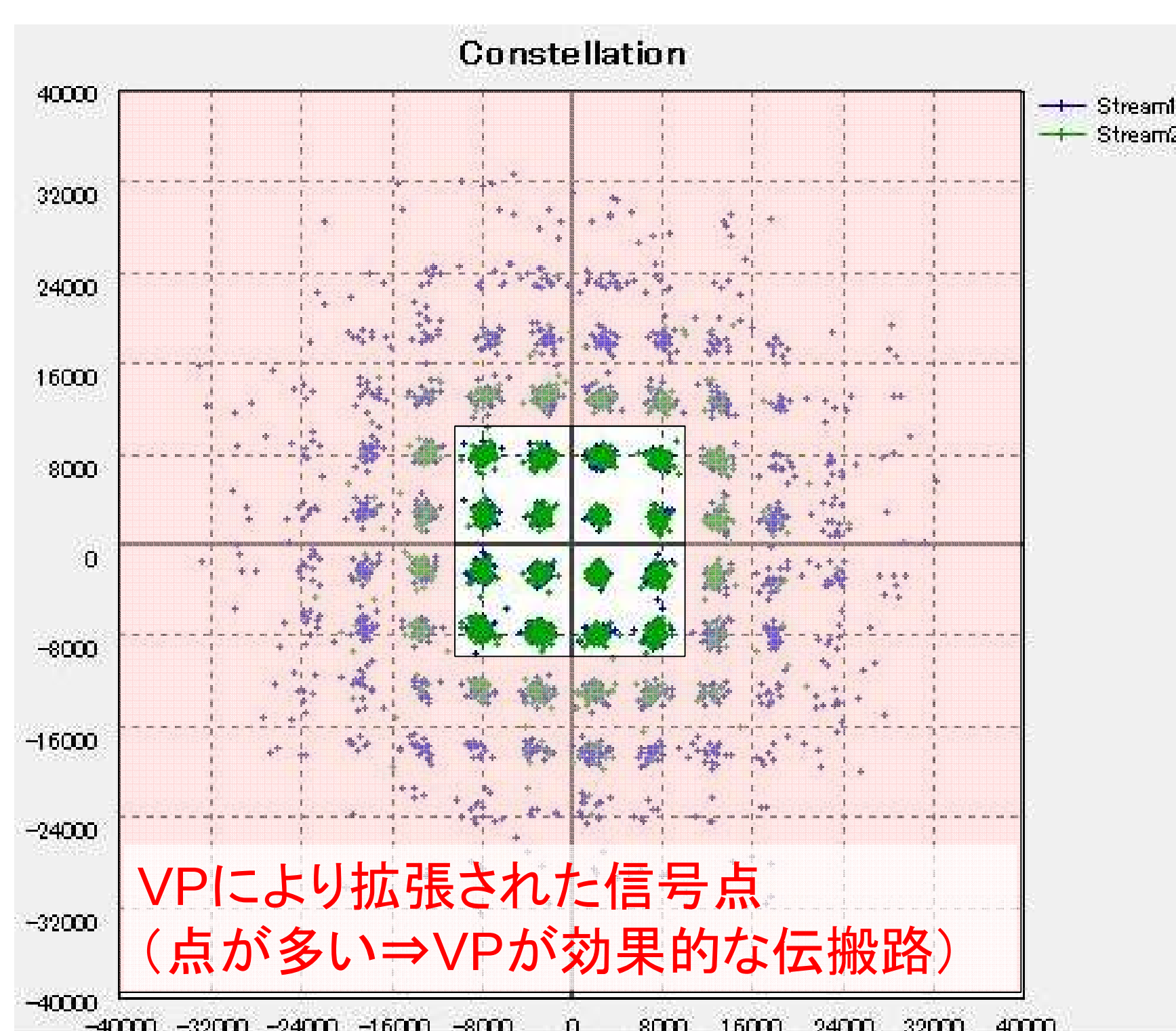
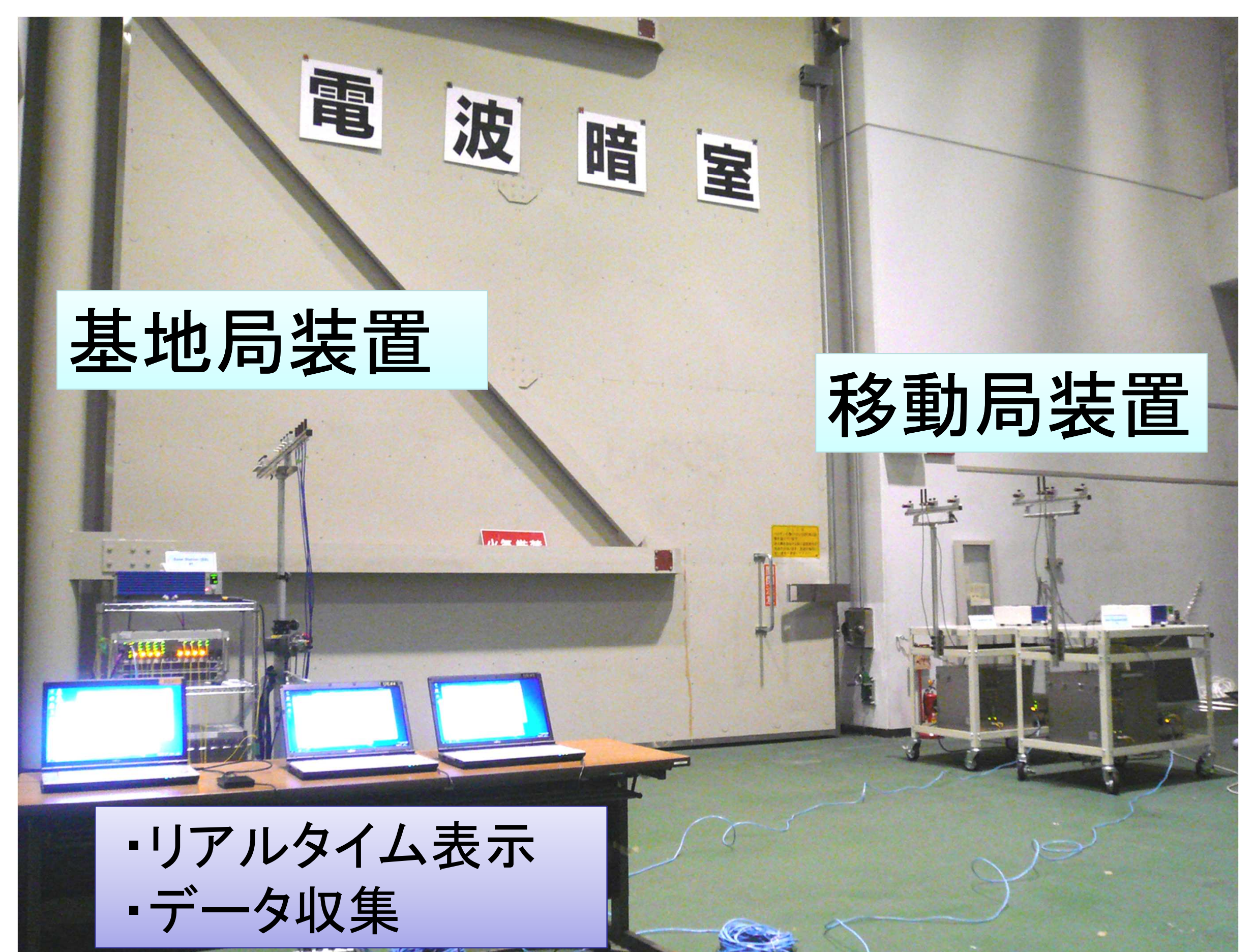
スループット特性比較

4 × 4 MIMO 構成、ATR 1F 廊下にて実験

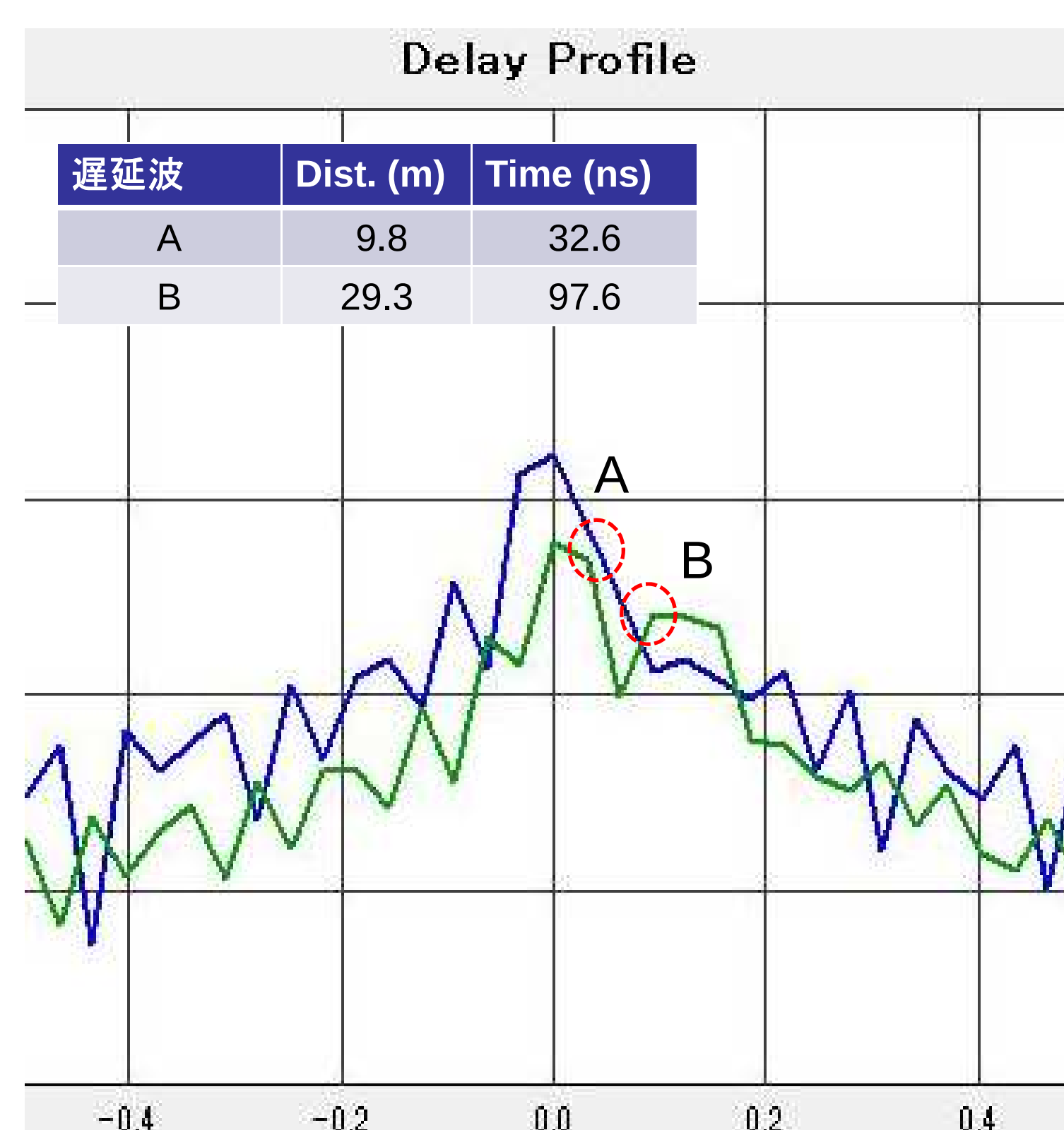
● デモンストレーション (電波暗室前)

測定条件と結果

- 伝搬路の空間相関が高い基地局、移動局配置
- 遅延プロファイルを測定
- 拡張信号点のコンスタレーションにより、VP の動作を確認
- VP によるスループットの向上を確認
- 人が移動することによる伝搬路の変動を、コンスタレーションやスループットの変動から確認

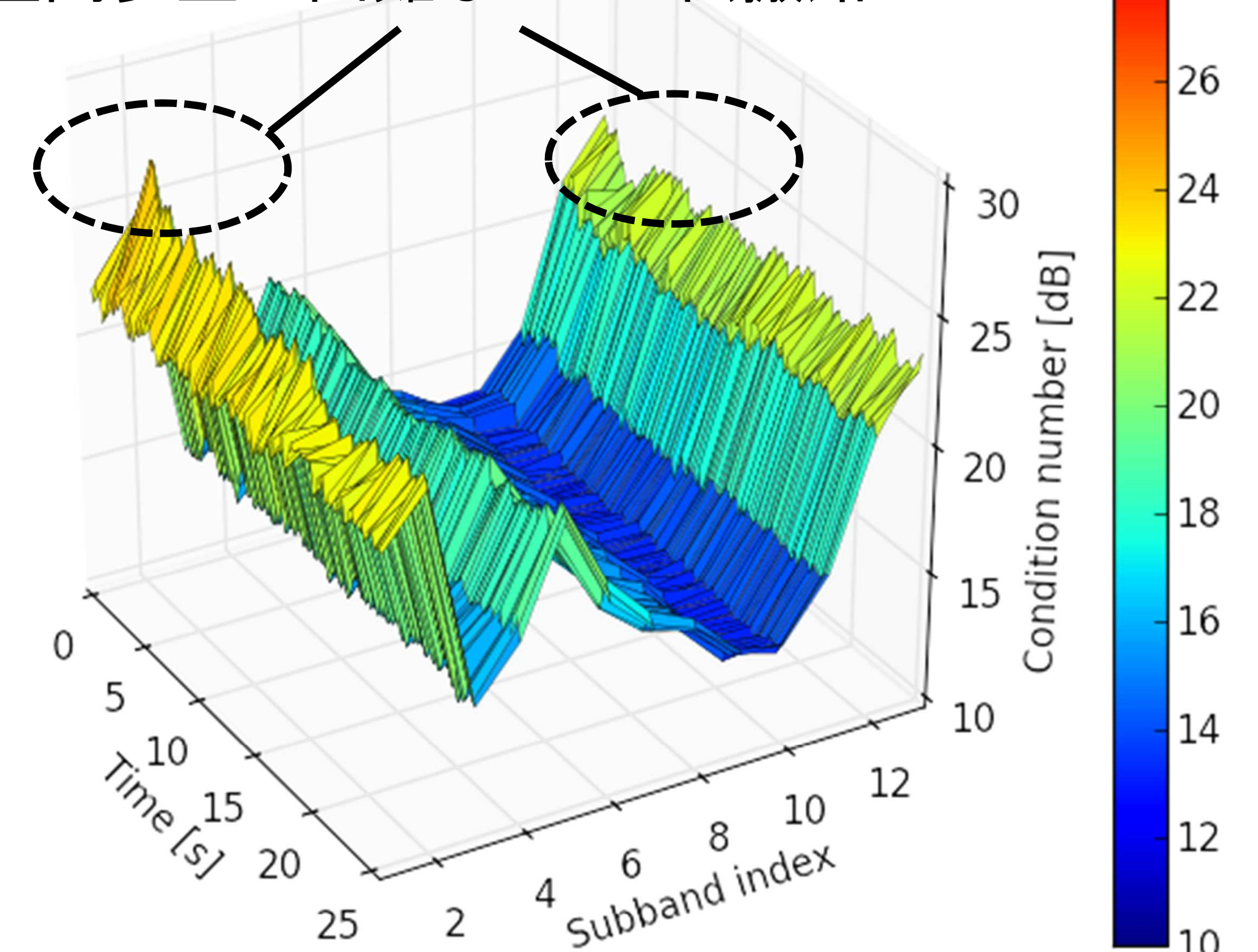


VP のコンスタレーション



遅延プロファイル

空間多重が困難な MIMO 伝搬路



上図の環境での伝搬路相関の大きさ

連絡先: 波動工学研究所 担当 藺部聡司 E-Mail: wel-contact@atr.jp

本研究は総務省の委託研究開発「非線形マルチユーザ MIMO 技術の研究開発」により実施したものです。