

# 周波数選択性通信路における全二重基地局のための干渉抑圧フィルタ

天野匡平 宮嶋照行 杉谷栄規

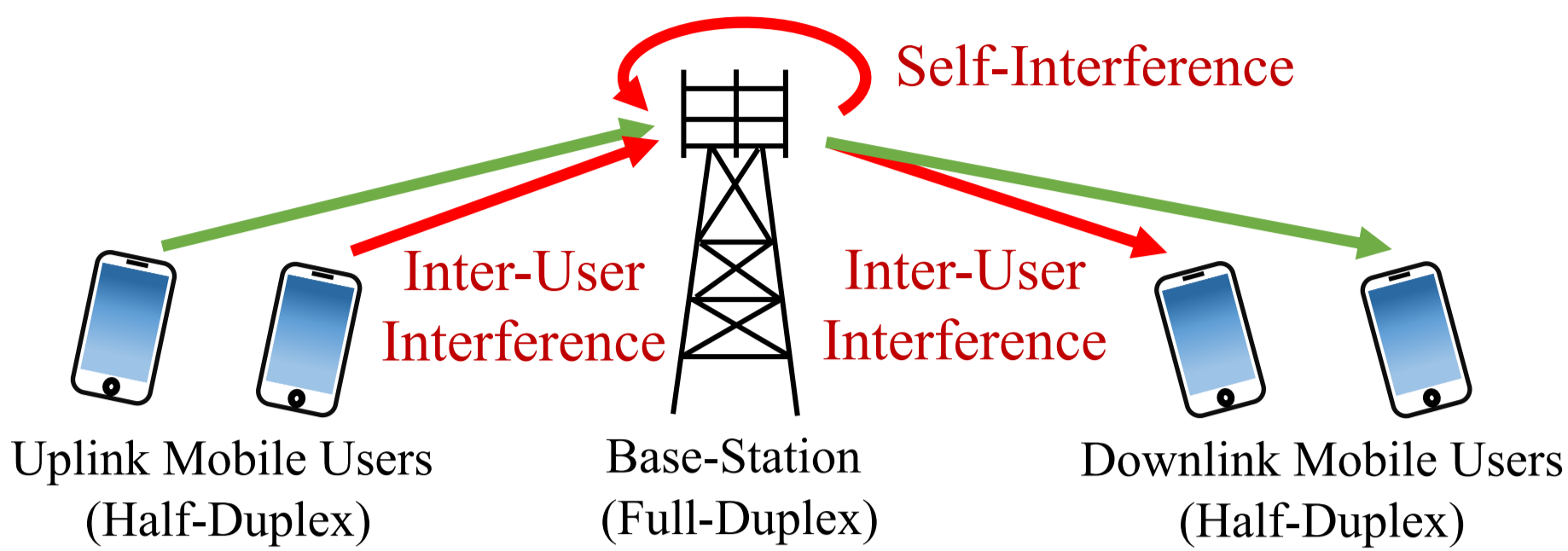
茨城大学大学院理工学研究科

## 研究背景と目的

### 研究背景

#### 全二重マルチユーザシステム

基地局が全二重通信で複数のユーザと同時に通信を行う



利点 周波数利用効率を最大2倍にまで向上できる  
欠点 SIとIUIが発生

#### 先行研究

T.-H. Chang, 他 (2017)  
ビームフォーミングによる干渉の同時抑圧  
X. Zhang, 他 (2019)  
ユーザ割当てと電力制限による干渉の低減

#### 問題点

- 周波数非選択性通信路を仮定
- 周波数選択性通信路に適用させる場合, CPを利用してISIの発生を防ぐ必要がある  
→ CPの使用により周波数利用効率が低下するユーザ間で同期処理が必要

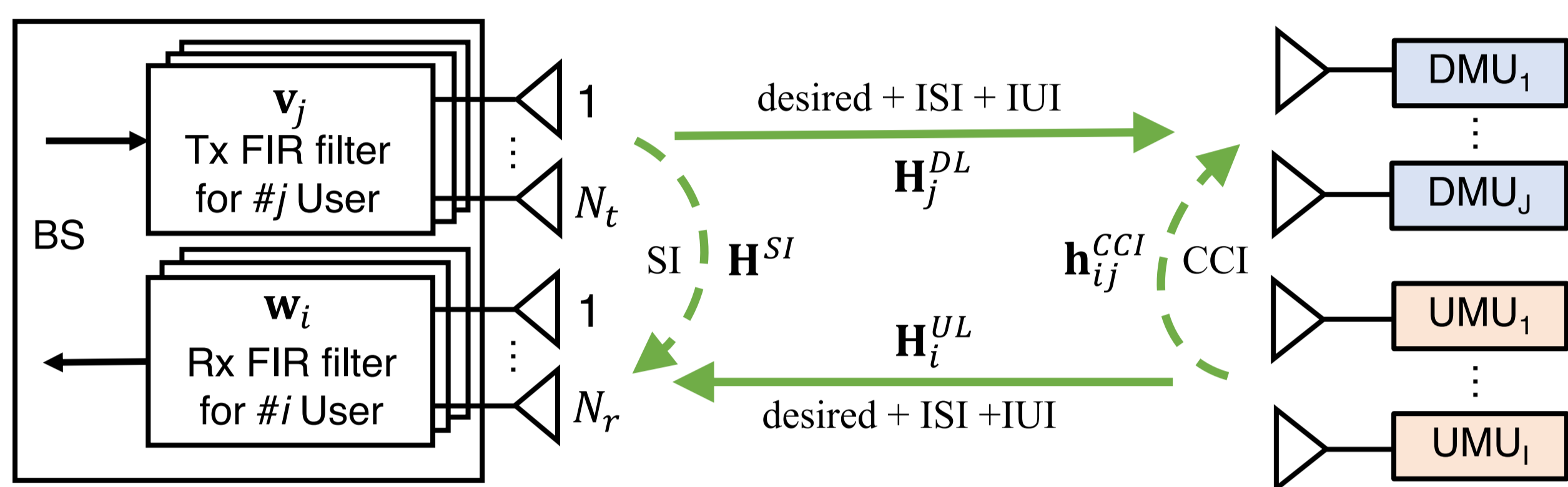
#### 本発表の目的

- シングルキャリア伝送に基づく全二重マルチユーザシステムのための基地局フィルタを設計
- SI, ISIとIUIを同時に抑圧する基地局フィルタを設計

SI : Self-Interference  
IUI : Inter-User Interference  
ISI : Inter-Symbol Interference  
CP : Cyclic Prefix

## システムモデル

### システムモデル



$N_t$ : 送信アンテナの数  $I$ : UMUの総数  $DMU$ : Downlink Mobile User  $BS$ : Base-Station  
 $N_r$ : 受信アンテナの数  $J$ : DMUの総数  $UMU$ : Uplink Mobile User  $CCI$ : Co-Channel Interference

### 信号モデル

#### DMU受信信号

$$r_j^{DL}[k] = \underbrace{\mathbf{v}_j^H \mathbf{h}_j^{DL} s_j^{DL}[k - d_j^{DL}]}_{\text{desired}} + \underbrace{\mathbf{v}_j^H \mathbf{H}_j^{DL} \mathbf{s}_j^{DL}[k]}_{\text{ISI}} + \underbrace{\sum_{l=1, l \neq j}^J \mathbf{v}_l^H \mathbf{H}_{lj}^{DL} \mathbf{s}_l^{DL}[k]}_{\text{IUI}} + \underbrace{\sum_{i=1}^I \mathbf{h}_{ij}^{CCI} \bar{\mathbf{x}}_{ij}^{CCI}[k]}_{\text{CCI}} + \underbrace{n_j^{DL}[k]}_{\text{noise}}$$

送信フィルタ  $\mathbf{v}_j$  によってISIとIUIを抑圧する

#### BS受信信号

$$\hat{r}_i^{UL}[k] = \underbrace{\mathbf{w}_i^H \mathbf{h}_i^{UL} x_i^{UL}[k - d_i^{UL}]}_{\text{desired}} + \underbrace{\mathbf{w}_i^H \mathbf{H}_i^{UL} \bar{\mathbf{x}}_i^{UL}[k]}_{\text{ISI}} + \underbrace{\mathbf{w}_i^H \sum_{l=1, l \neq i}^I \mathbf{H}_{li}^{UL} \bar{\mathbf{x}}_{li}^{UL}[k]}_{\text{IUI}} + \underbrace{\mathbf{w}_i^H \mathbf{H}_i^{SI} \sum_{j=1}^J \bar{\mathbf{x}}_{ji}^{SI}[k]}_{\text{SI}} + \underbrace{\mathbf{w}_i^H \mathbf{n}_i^{UL}[k]}_{\text{noise}}$$

受信フィルタ  $\mathbf{w}_i$  によってISIとIUI, SIを抑圧する

## フィルタ設計法

### 仮定

BSはBS-UMU間, BS-DMU間, BSループ間の通信路状態情報を持つ

### 設計指針

- 各ユーザの受信SINRを最大にするフィルタを設計
- SIは送信フィルタ係数に影響される  
→ 送信フィルタ, 受信フィルタの順に設計する

### 送信フィルタ設計法

他のDMUに与えるIUIを0にする制約

$$\max_{\mathbf{v}_j} \text{SINR}_j^{DL} \quad \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^J P_j^{BS} \leq P_{max}^{BS}, \quad (\mathbf{H}_j^{IUI})^H \mathbf{v}_j = \mathbf{0}$$

ISIのみ考慮する

$P_{max}^{BS}$ : BS最大送信電力  
 $P_j^{BS}$ : 第j DMU送信電力

- BS総送信電力をBS最大送信電力以下に抑える
- 他のDMUの通信路行列のヌル空間の射影をフィルタに利用することで, IUIを完全に抑圧する

### 受信フィルタ設計法

$$\max_{\mathbf{w}_i} \text{SINR}_i^{UL}$$

ISIとIUI, SIを考慮する

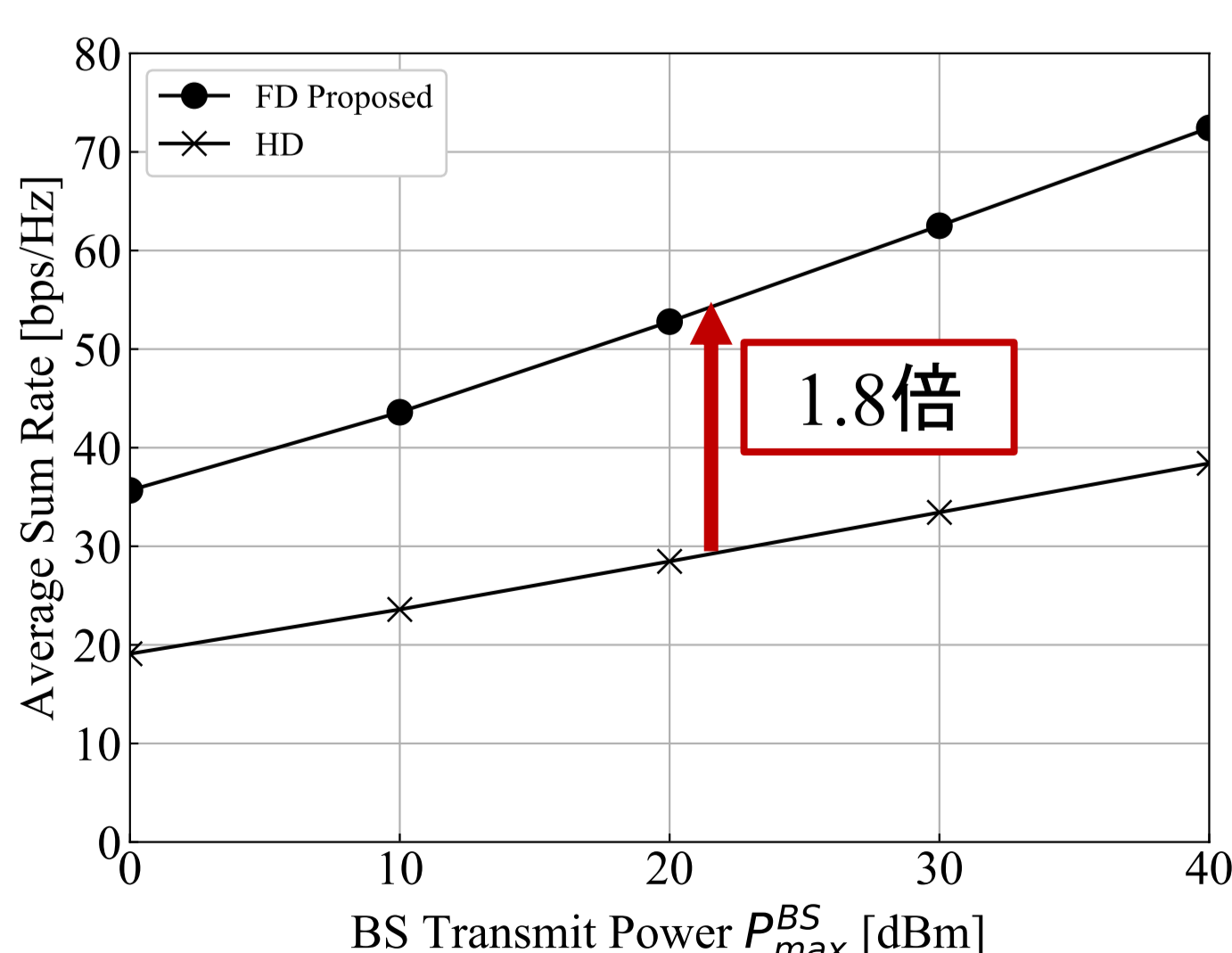
- SINRを最大にするフィルタを設計することで, ISIとIUI, SIを抑圧する

最適化問題は一般化固有値問題として解く

## シミュレーション結果

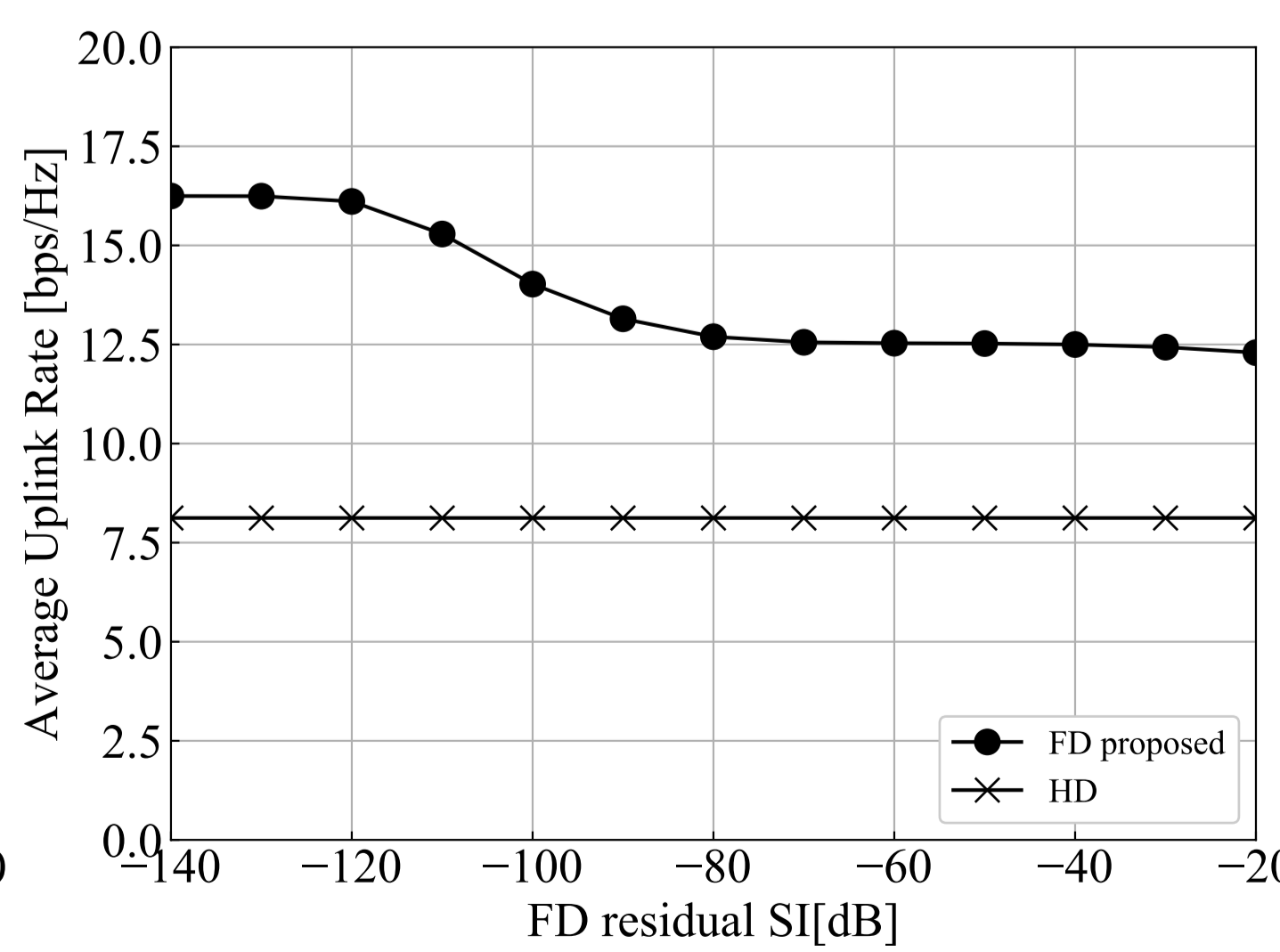
UMU送信電力 [dBm]	20
セル半径 [m]	100
UMU総数	3
DMU総数	3
フィルタ長	30
BS-UMU・BS-DMU通信路長	5
BSループ通信路長	4
UMU-DMU通信路長	2
BS雑音電力 [dBm]	-88
DMU雑音電力 [dBm]	-92
残留SI量 [dB]	-80

### BS送信電力に対する特性



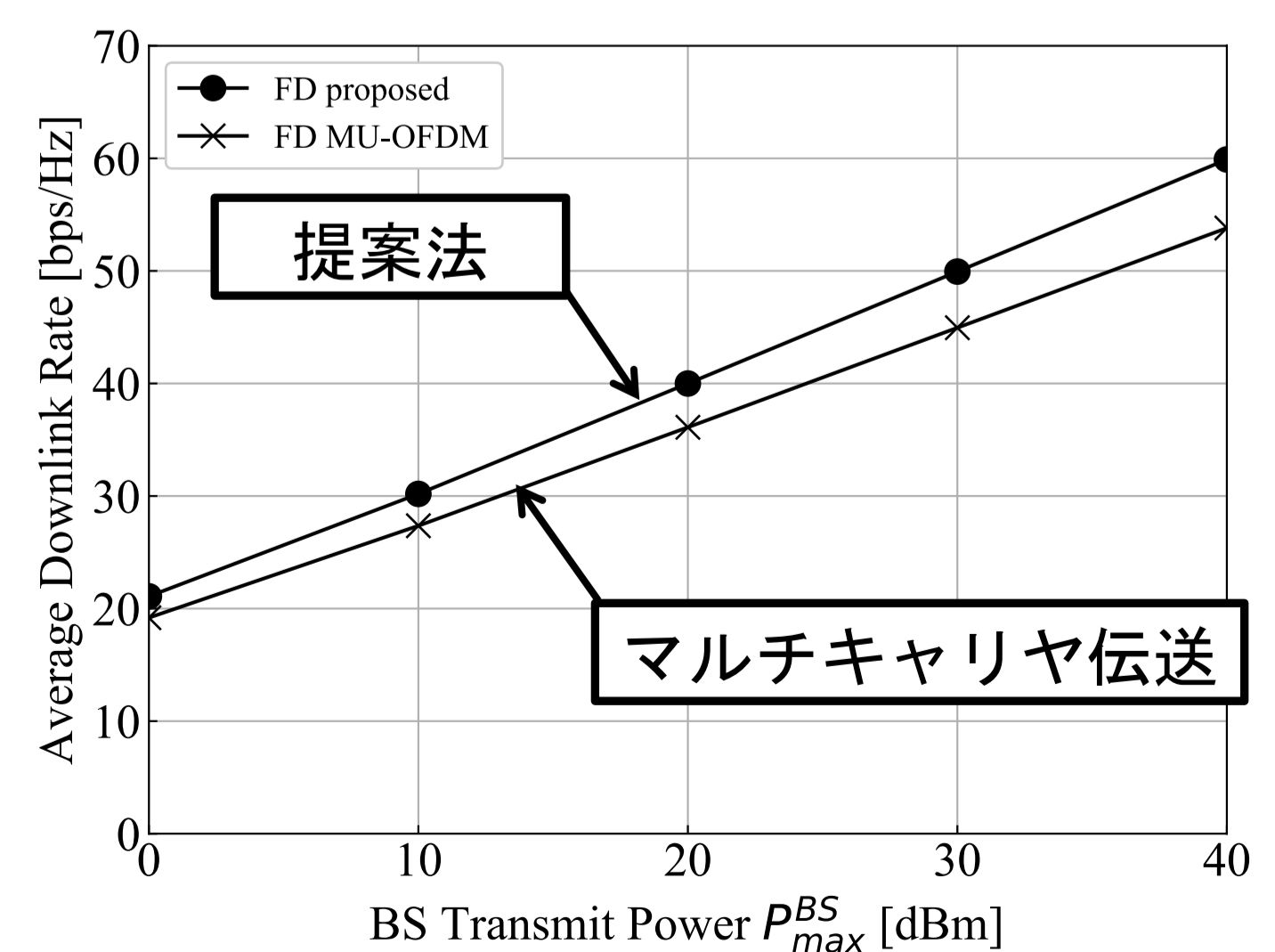
- アンテナ数  $N_t = N_r = 10$
- HDと比べてレートが約1.8倍向上

### 残留SIに対する特性



- BS送信電力  $P_{max}^{BS} = 23$  dBm
- 残留SIが大きい場合でも十分にSIが抑圧できている

### マルチキャリア伝送との比較



- アンテナ数  $N_t = N_r = 15$
- サブキャリア数64, CP長8
- FD MU-OFDMはCPの利用によりレートが減少する