

AP/RCS 研究会
(H21.11.26)

電波伝搬的視点に立った 基地局協調システムの物理限界

唐沢 好男 谷口哲樹 中嶋信生

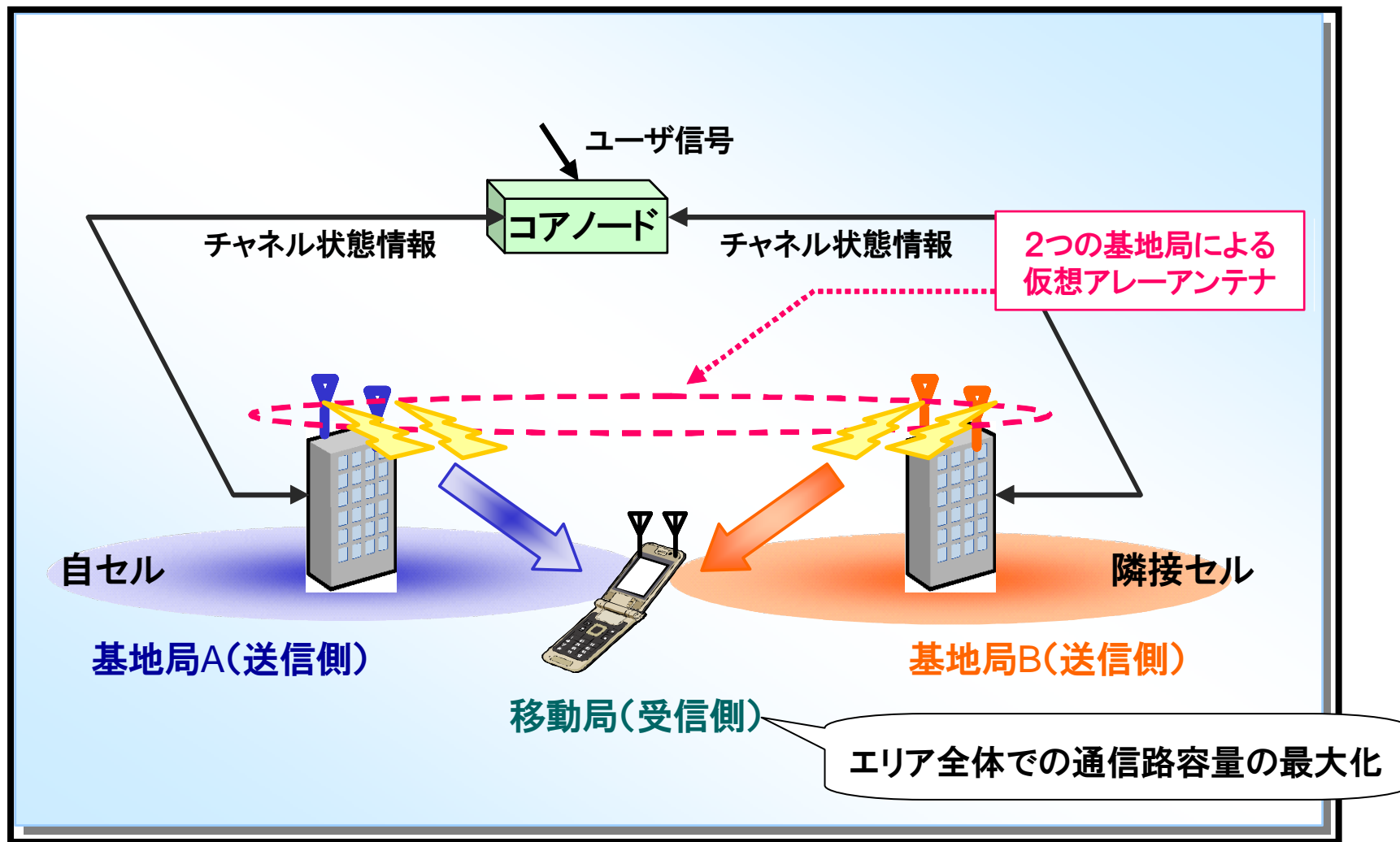
電気通信大学 (UEC Tokyo)
先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター (AWCC)



発表の内容

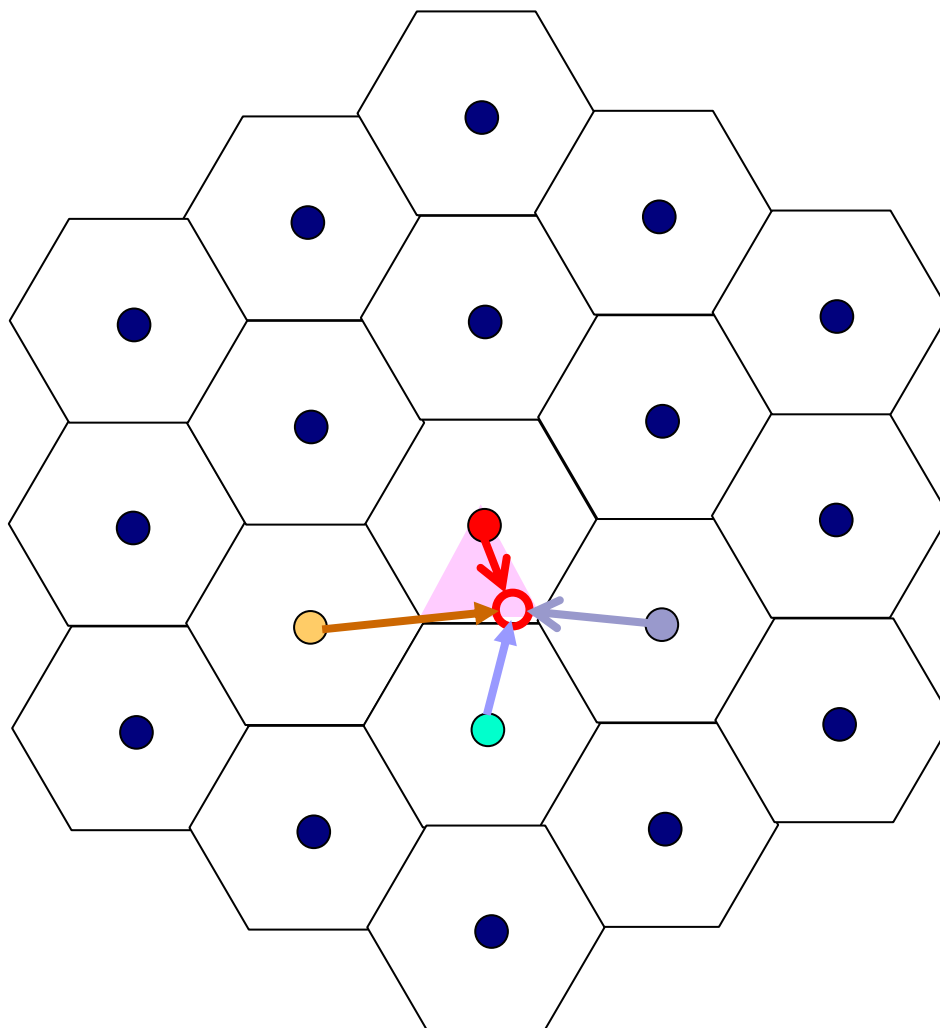
- 1) セルラーシステムにおける基地局協調: そのイメージ
- 2) どこまで強調するか? そのメリットは?
- 3) 協調効果の一例
- 4) 協調動作を制約する電波伝搬の壁:
遅延スプレッドとドップラー・スプレッド
- 5) もう一つの壁: 協調グループ間干渉

基地局協調のイメージ(1)





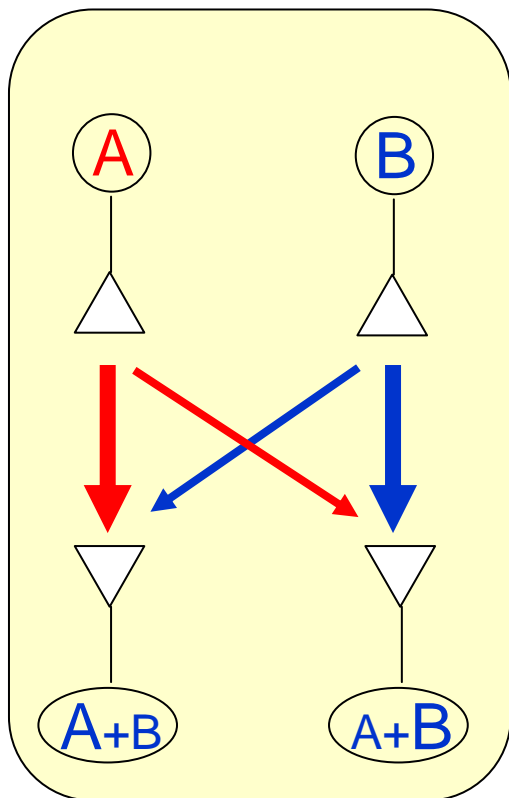
基地局協調のイメージ(2)





基地局間協調あり

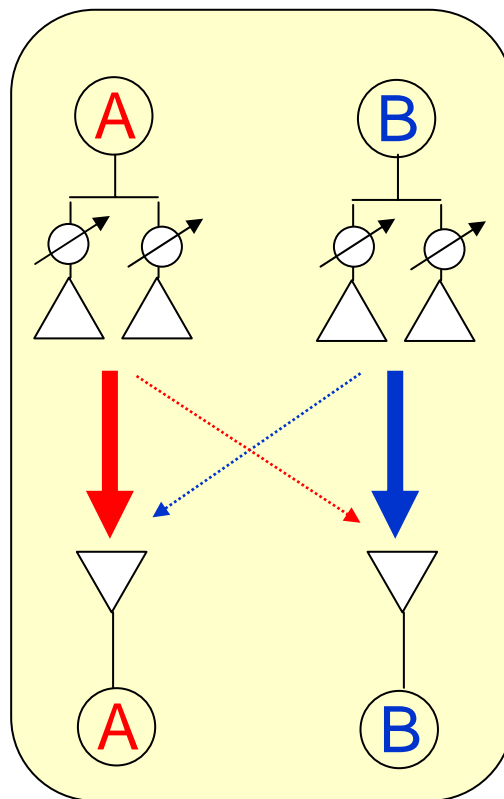
基地局間協調なし



×

Type 1: CSI共有

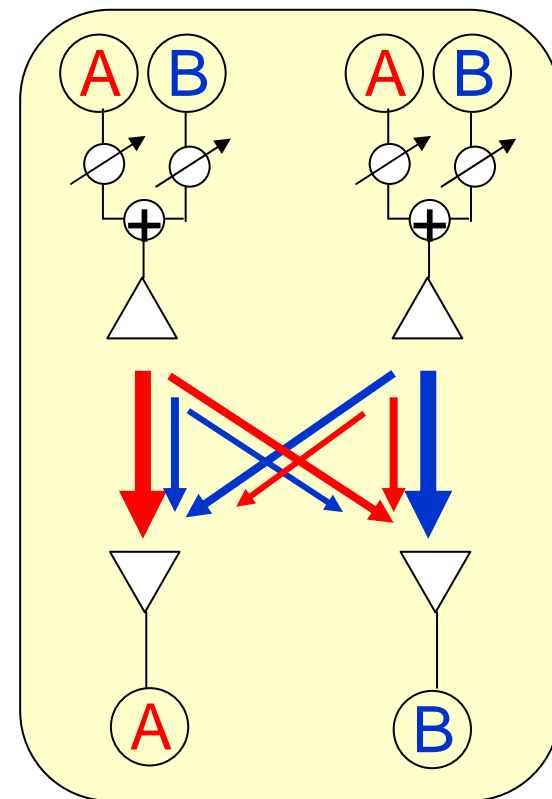
(ZF的制御)



○

Type 2:
CSI & 送信情報共有

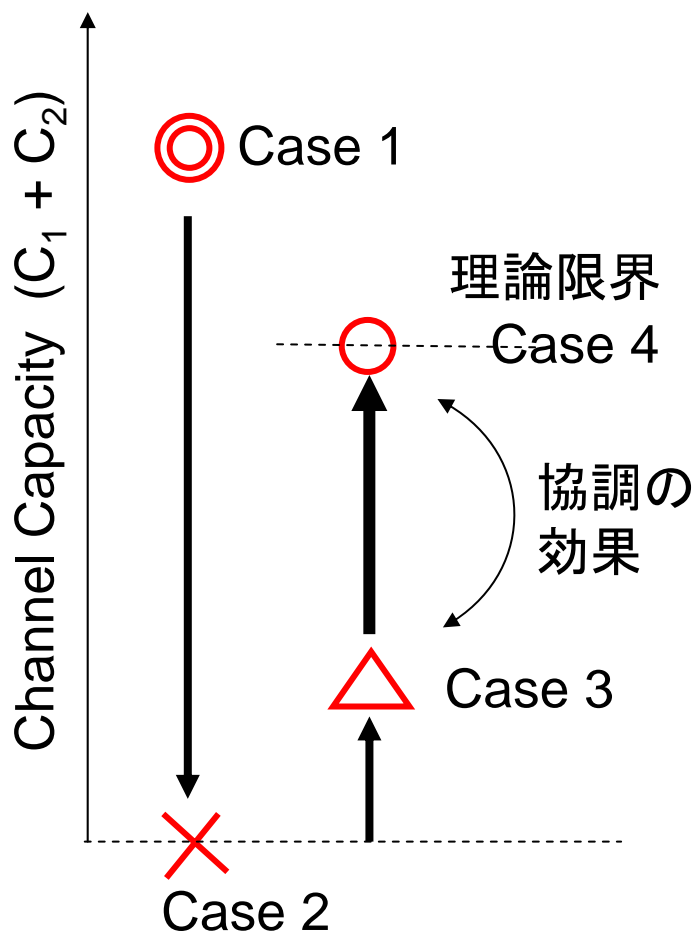
(BS間仮想大規模アレー)



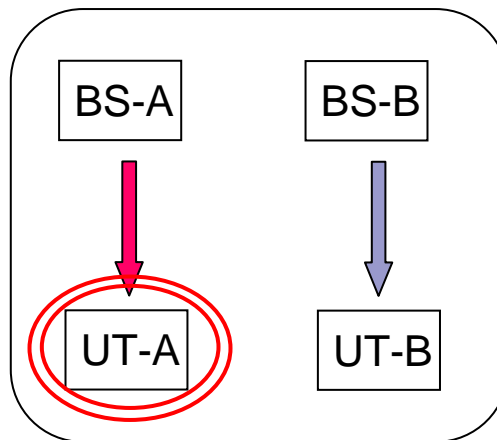
○



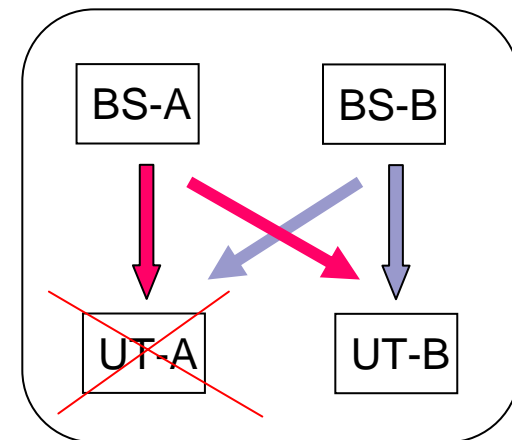
**Type 1型協調効果の評価
(2セル間での例)**



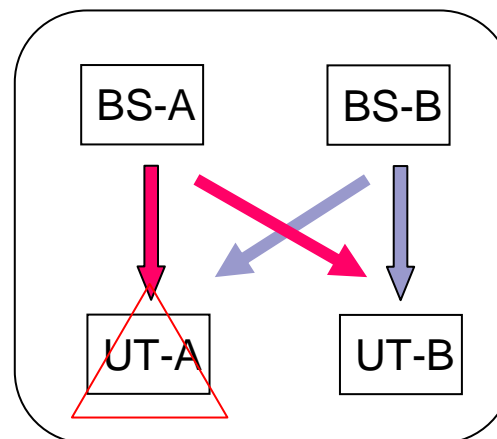
【Case 1: 干渉無し
送受ウェイト制御MRC】



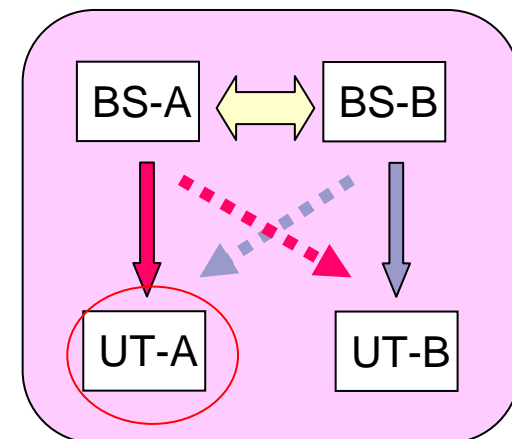
【Case 2: 干渉有り
ウェイトCase 1に同じ】



【Case 3: 干渉有り
UT局制御】

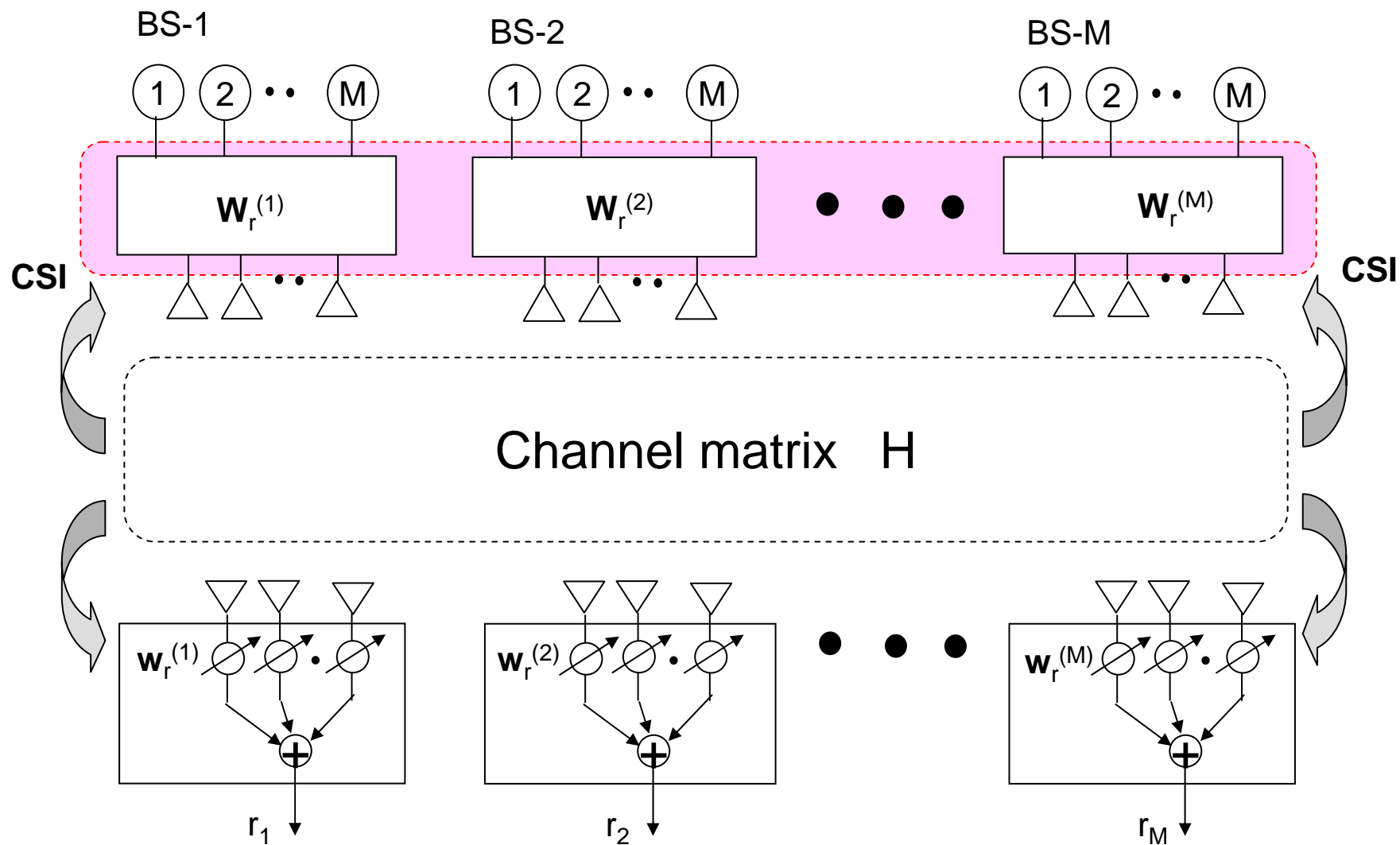


【Case 4: 干渉有り
基地局協調】





MIMO構成 (Type-2)

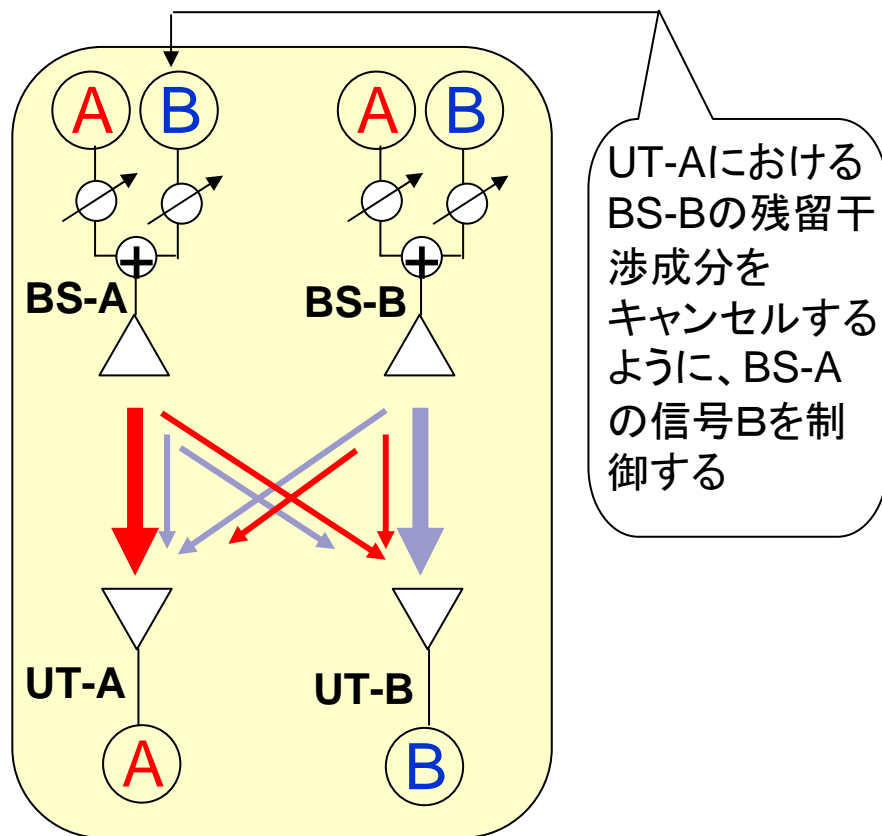




Type 2 (送信信号情報共有)の細分類

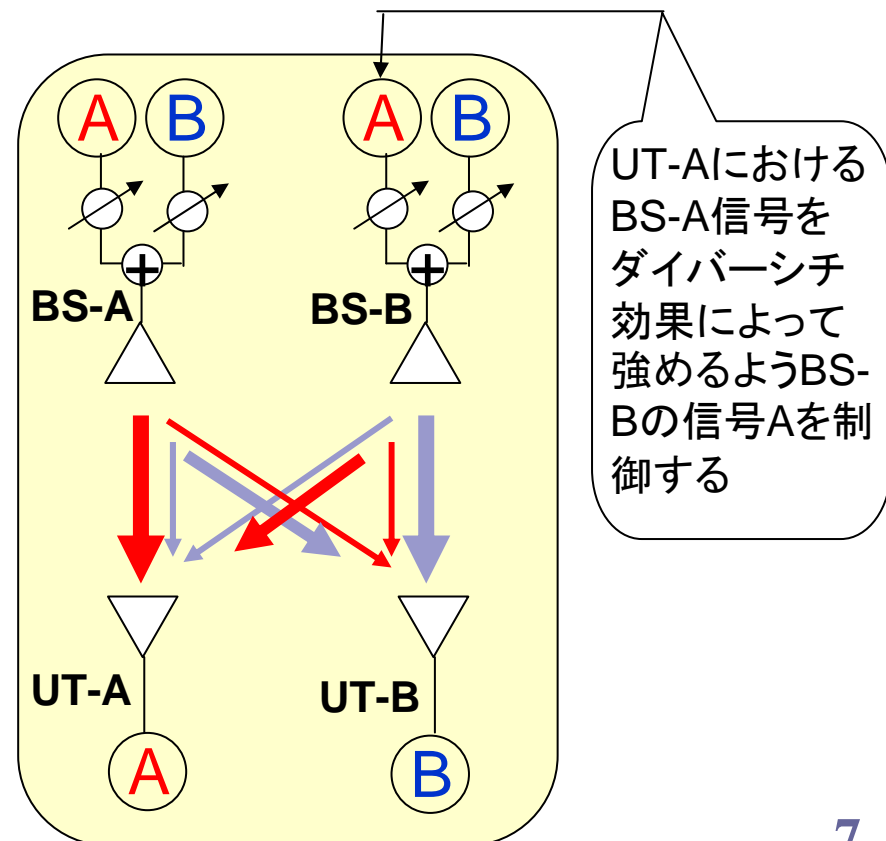
Type 2a

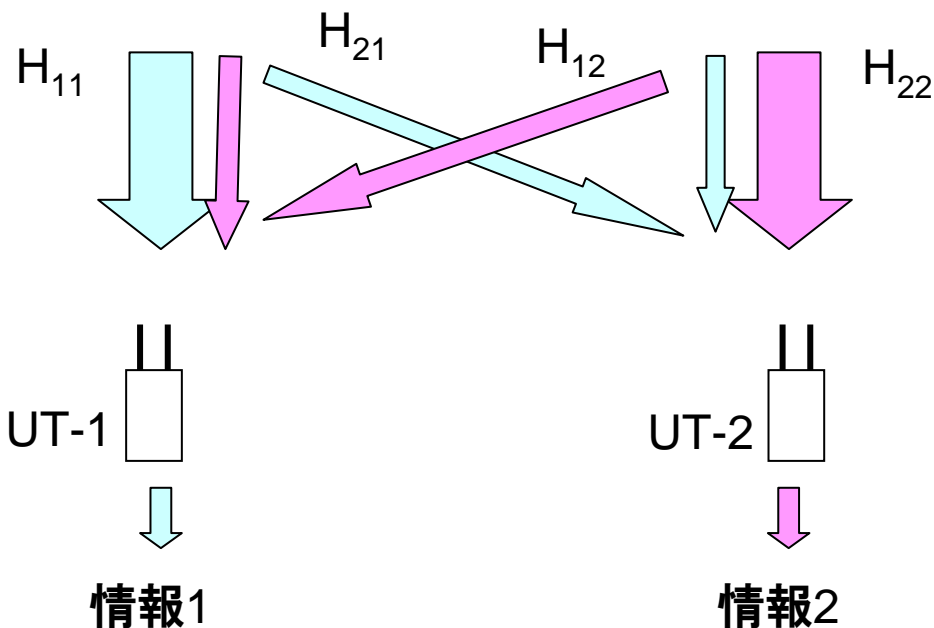
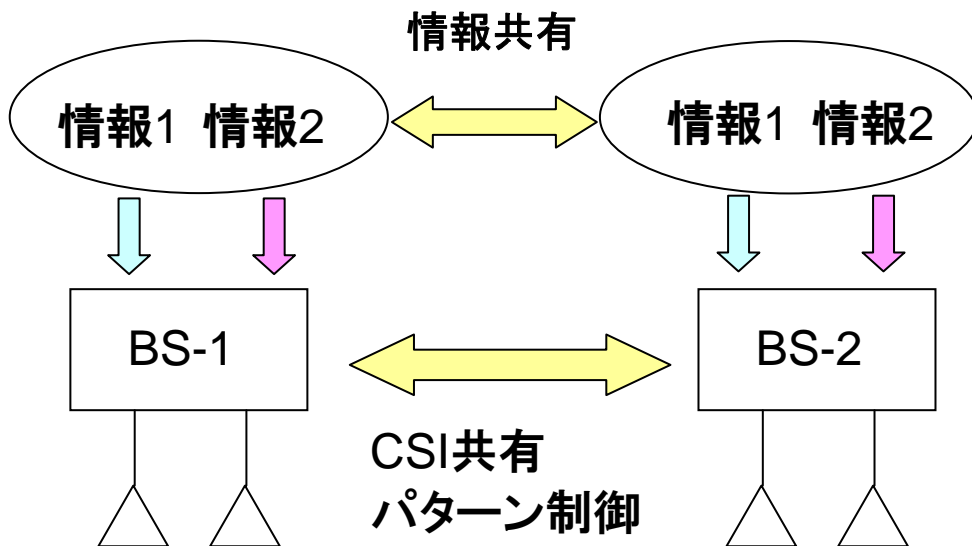
Type 1/ Case 4 の残留干渉の
 キャンセリング
 (= Type 1/Case 1の性能に近づける)



Type 2b

マクロダイバーシチの積極利用
 (= Type 1/ Case 1の性能を超える)





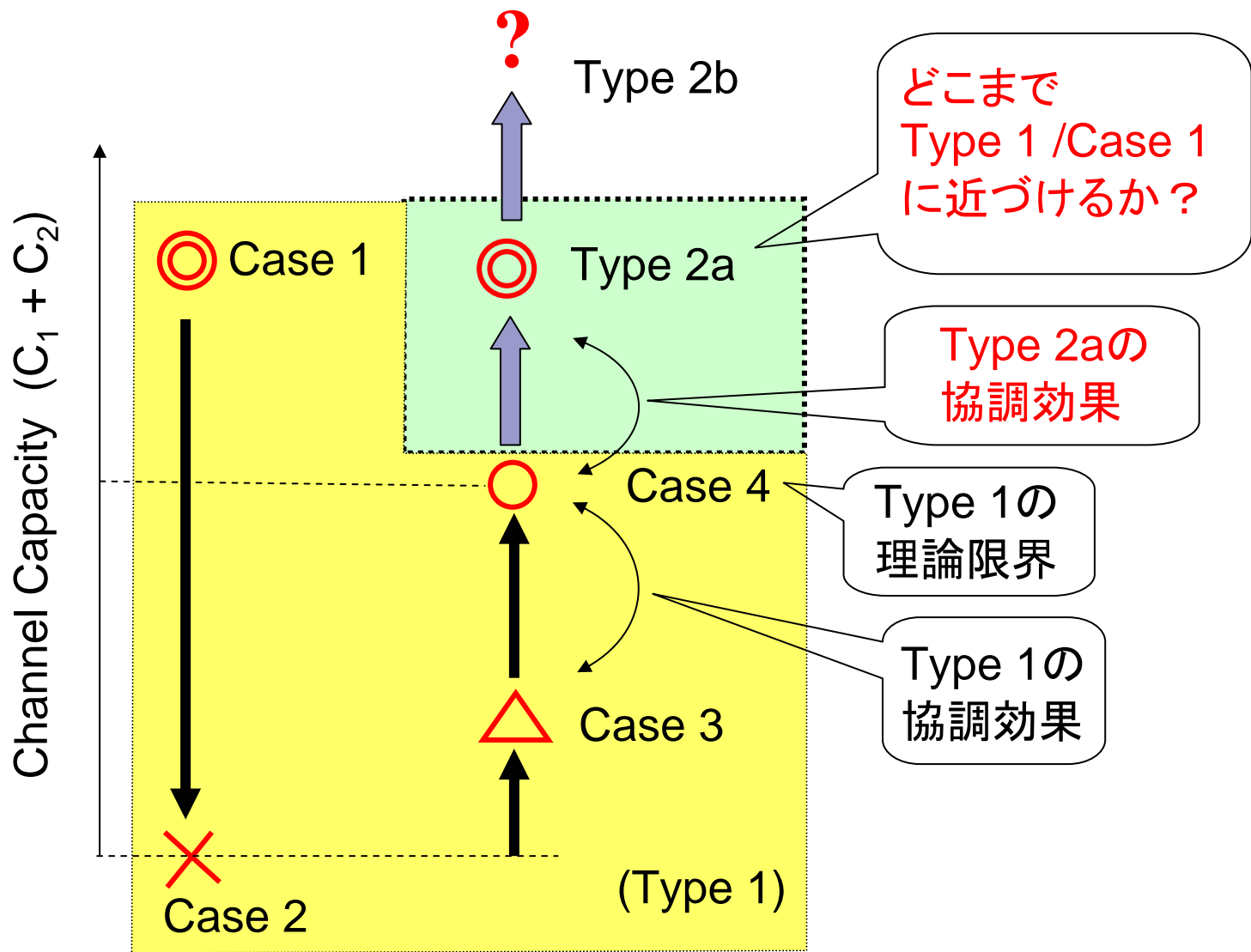
CSI

$$H = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{bmatrix}$$

- ・距離特性(3.5乗側)
- ・シャドーイング
- ・レイリーフェージングを考慮



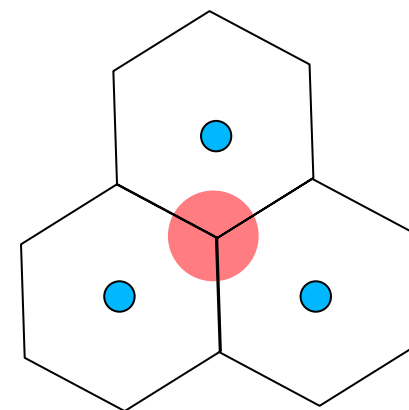
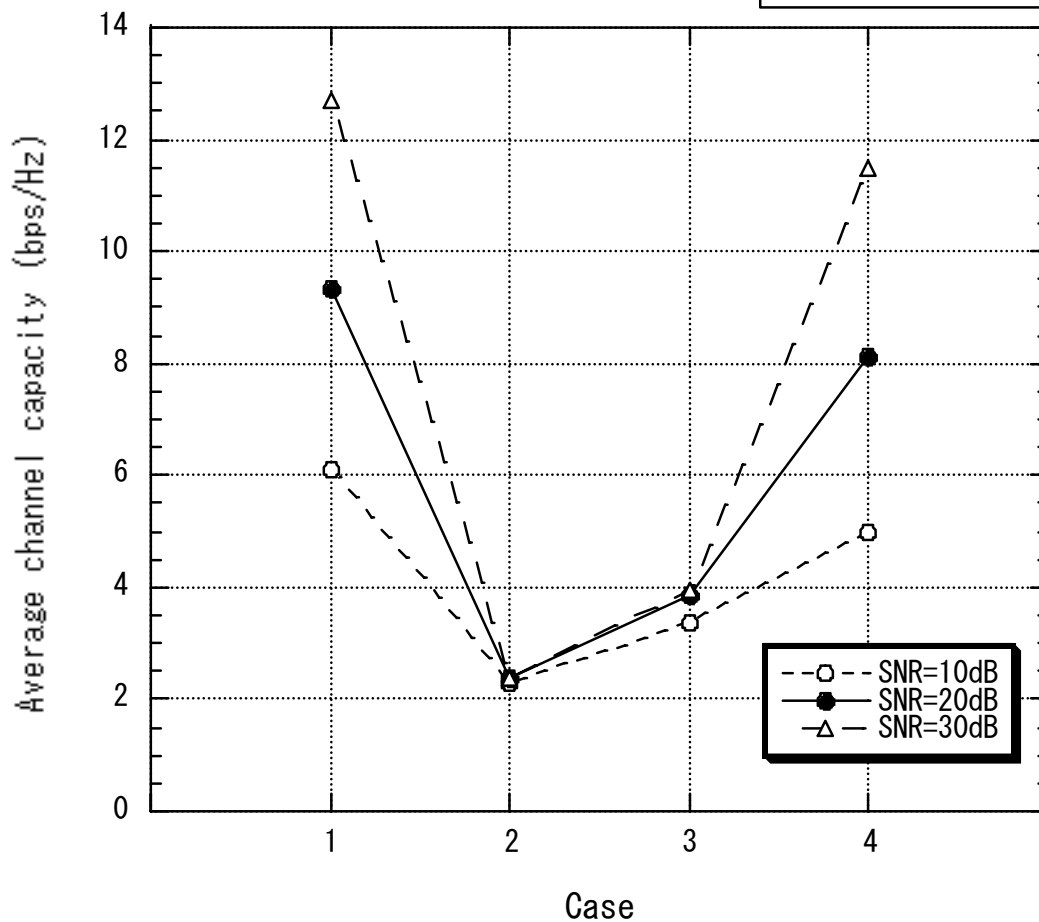
Type 2a 型協調効果の評価





基地局協調効果の一例 (3セルの場合)

M=3
Nt=4, Nr=2
SNR: 10,20,30dB
Edge/Edge
Sd: 6dB



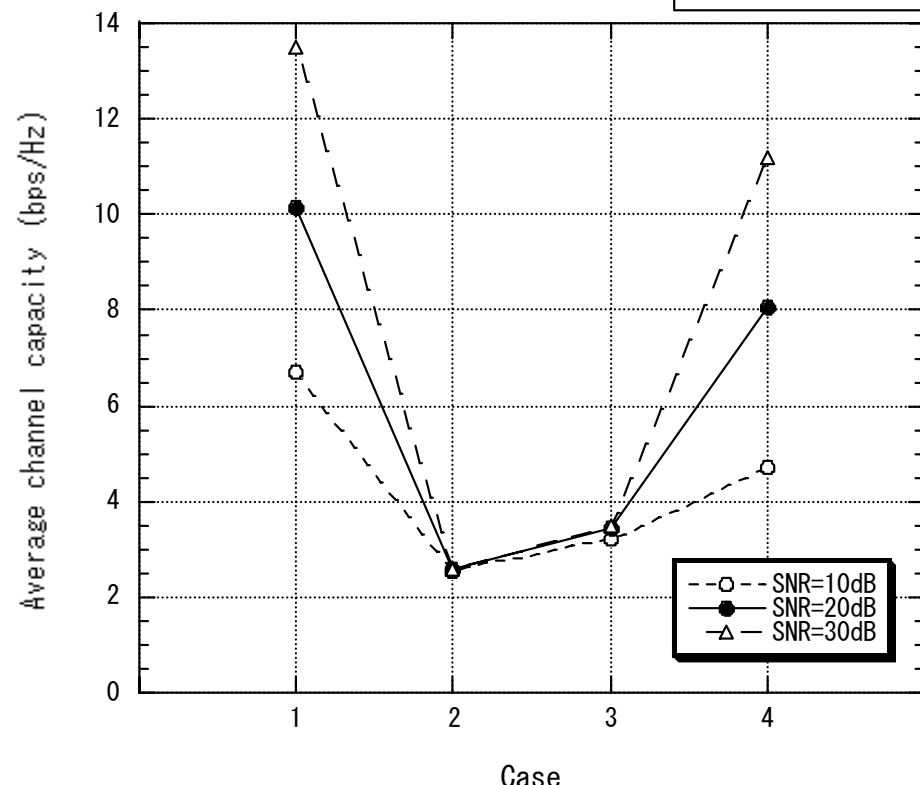
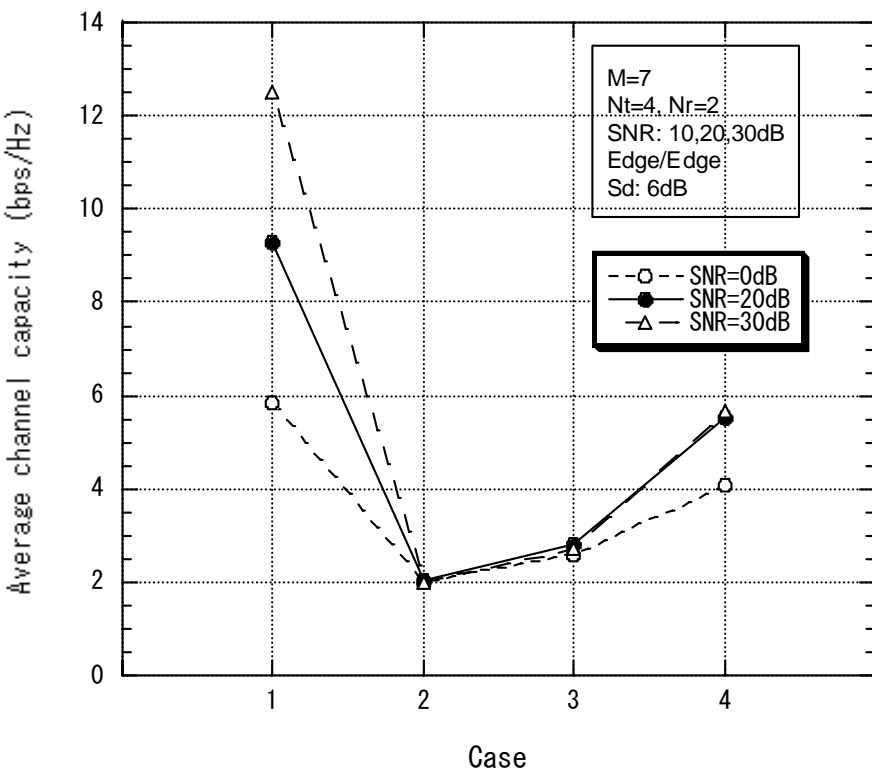


基地局協調効果の一例 (7セルの場合)

$N_t = 4$

$N_t = 8$

M=7
 $N_t=8, N_r=2$
 SNR: 10,20,30dB
 Edge/Edge
 Sd: 6dB



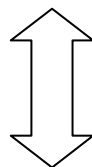
電波伝搬的視点に立った基地局協調の物理限界(理想と現実)

限界を定める電波伝搬的要因

- 絶対遅延(距離依存): 信号到着の同時性を失う

- **遅延スプレッド**

広帯域伝送の制限(ブロック長を短くすることに制約が生じる)



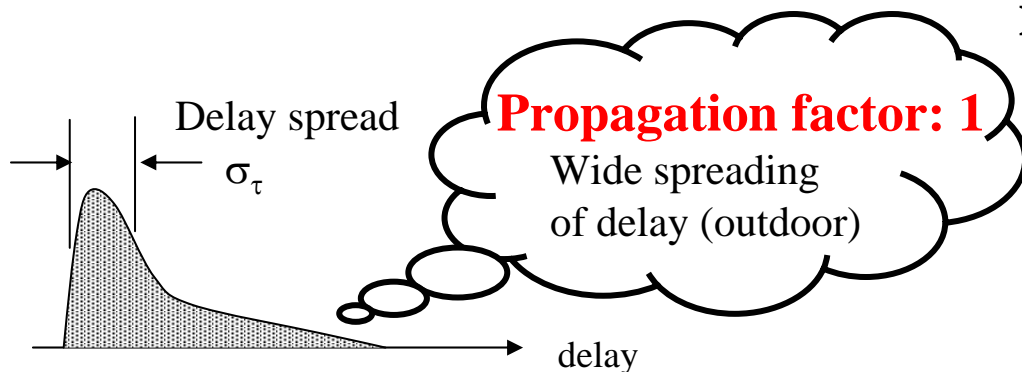
対立要因(2つの壁)

- **ドップラースプレッド**

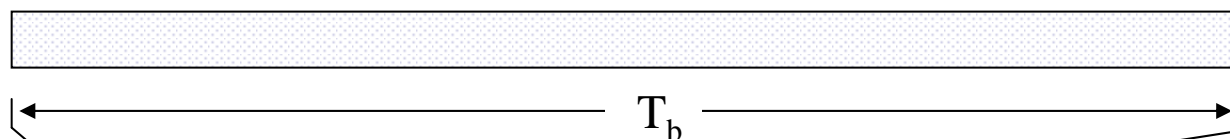
ブロック長を長くすることに制約が生じる



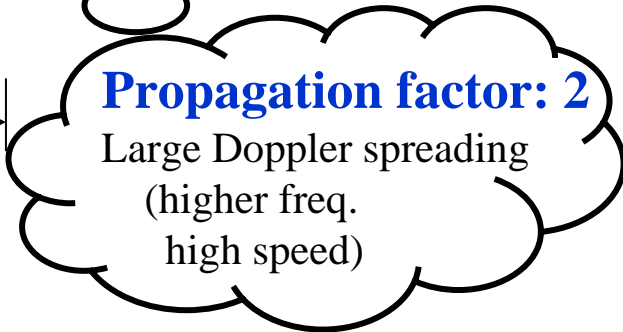
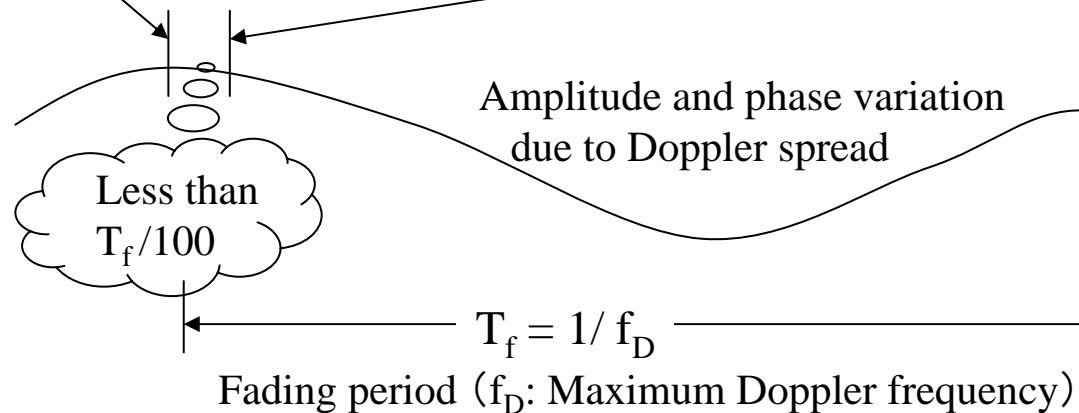
Two Propagation Factors in Block Signal Transmission



$$\sigma_{\tau} \ll T_b \ll \frac{1}{f_D}$$

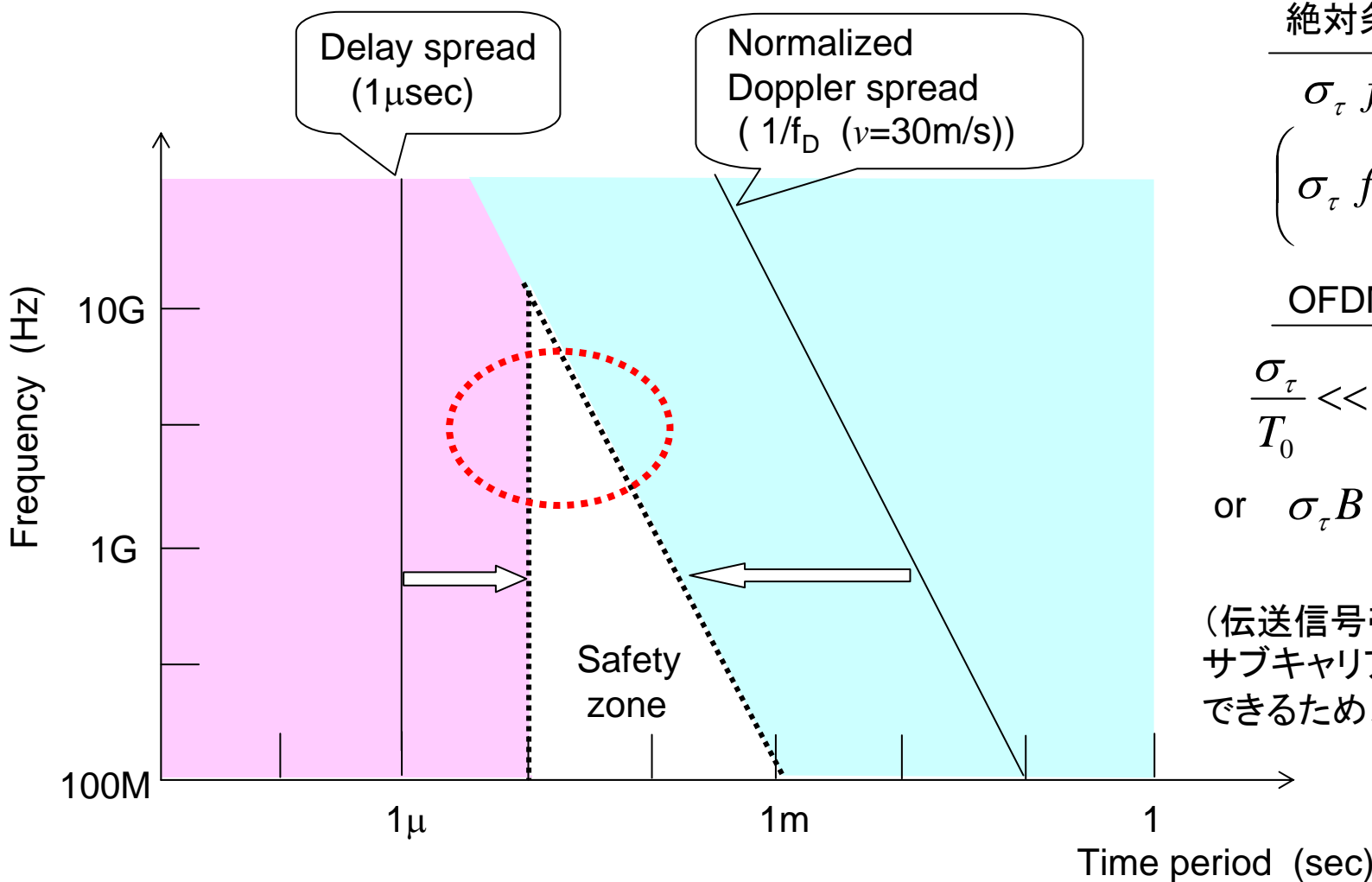


T_b : Period of block length





移動通信環境における伝搬制約条件の安全地帯
(遅延広がりの壁とドップラー広がりの壁の狭間)



必要条件

$$\sigma_\tau \ll T_b \ll \frac{1}{f_D}$$

絶対条件

$$\sigma_\tau f_D \ll 1$$

$$\left(\sigma_\tau f_D < \frac{1}{1,000} \right)$$

OFDMでは

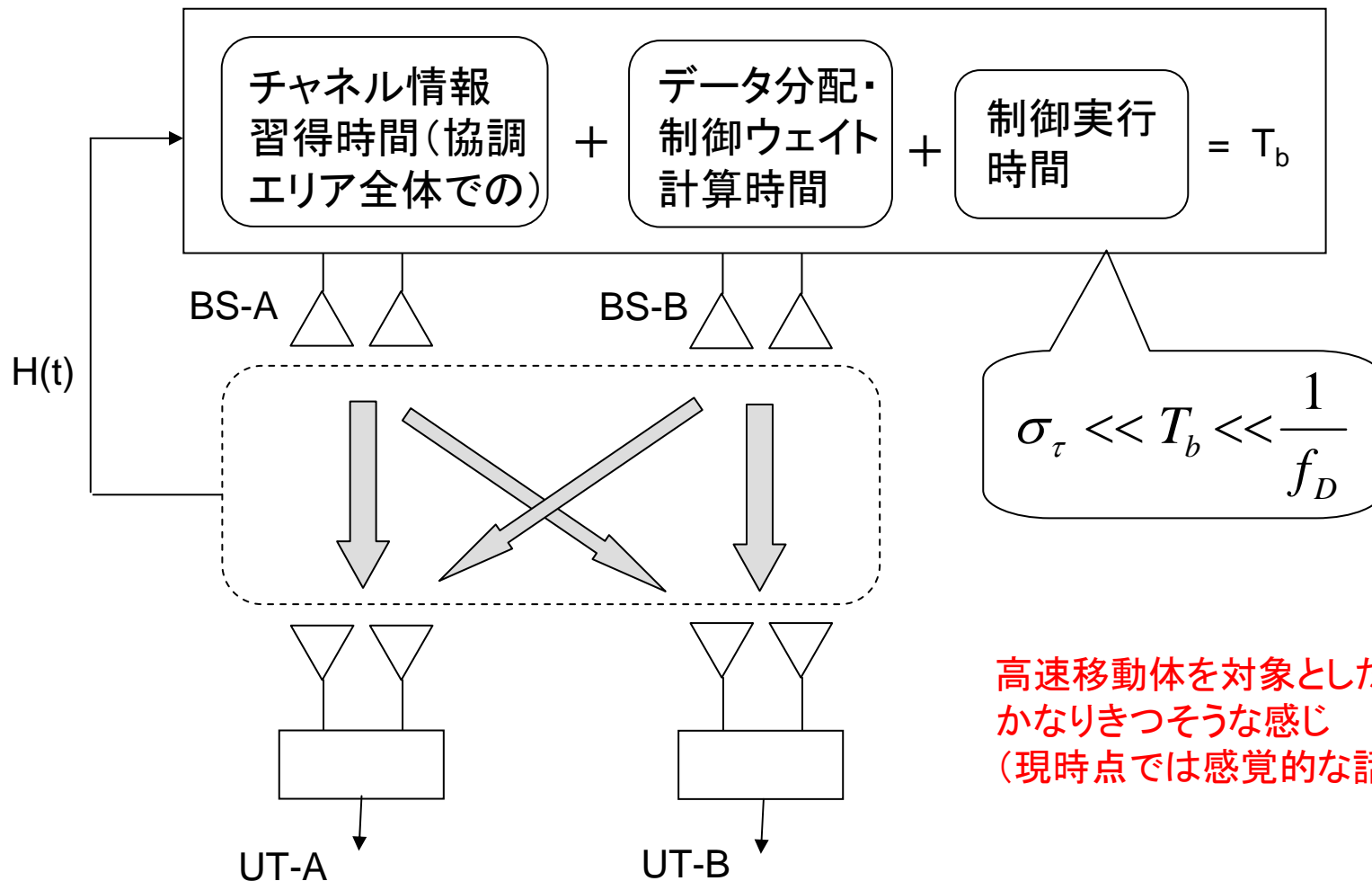
$$\frac{\sigma_\tau}{T_0} \ll N \ll \frac{1}{f_D T_0}$$

$$\text{or } \sigma_\tau B \ll N \ll \frac{B}{f_D}$$

(伝送信号帯域の制約はサブキャリア数Nで調整できるため、なくなっている)



基地局協調では？

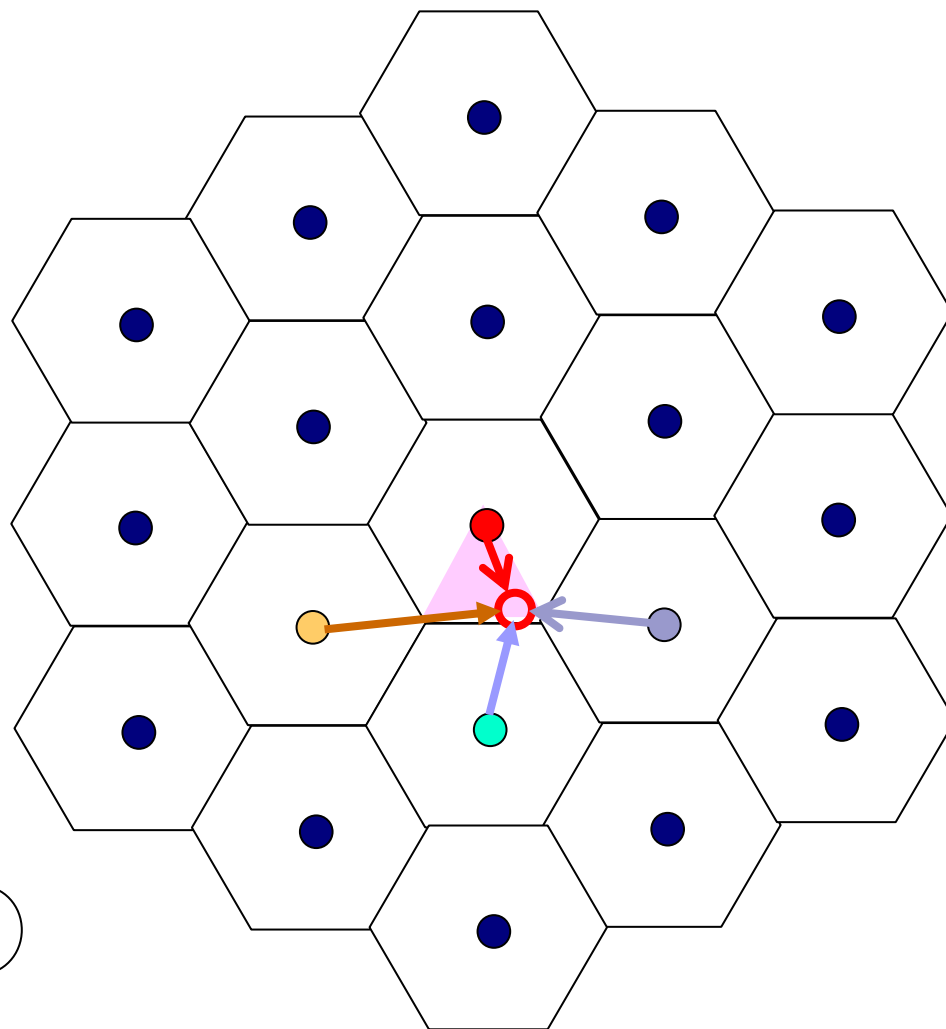
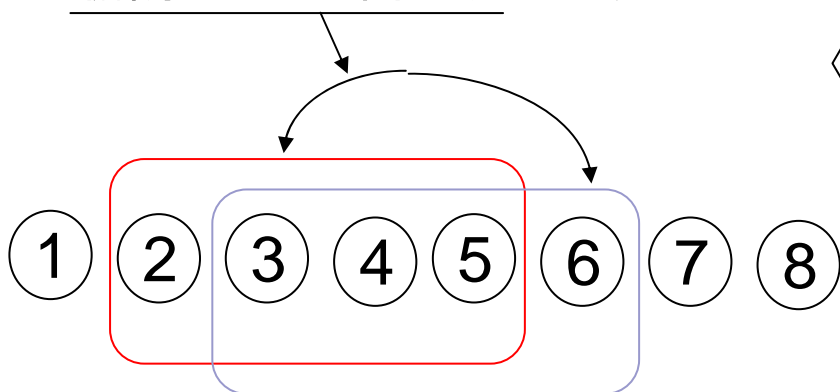




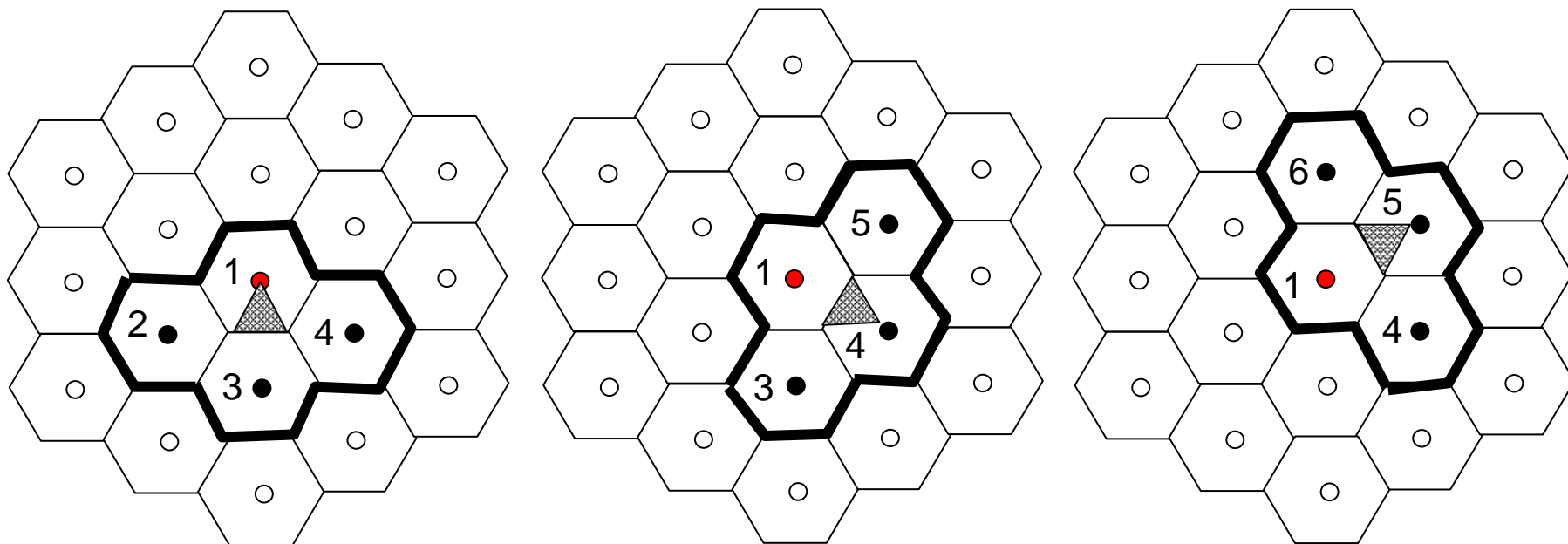
協調の範囲(グループ分け)をどうするか？ 協調グループ間干渉問題は？

これらは、非常に難しい問題？

- 一つのユーザに対する
協調範囲は必要最小限
- 各ユーザに対して、協調範囲は
それぞれ異なる
- 協調範囲内で制御が完全でも
個々のBSは複数グループの
メンバーになるので
協調グループ間干渉は必ず残る



4基地局間協調の場合の端末位置(△の内部)と協調基地局(●)との関係





まとめ： 基地局協調システムの検討課題

- 1) 理想的に動作したときの理論限界
 - ・ チャネル情報 (CSI) 共有
 - ・ 送信情報共有

- 2) 理想制御を阻む電波伝搬の壁
 - ・ 遅延スプレッド
 - ・ ドップラースプレッド

- 3) 協調グループ間干渉