

WSPL研究成果資料  
**差動時空符号化に関する研究成果**

立命館大学 工学部 電子情報工学科  
 無線信号処理研究室  
 久保 博嗣

目次

- (1) 研究の背景
- (2) 高速な伝送路変動に挑戦
- (3) 差動時空符号化
- (4) PADMとDSTBC
- (5) 高次予測と多重シングルキャリア伝送方式
- (6) 研究成果

2017年 5月 25日

PADM : per transmit antenna differential mapping  
 DSTBC : differential space-time block coding



研究の背景

無線信号処理研究室の差別化評価軸

高速移動体通信実現に注力

差動時空符号化に研究リソースを投入

DSTBCとPADMの比較

高次予測を適用した場合PADMが有利

ダブルセレクトティブ伝送路

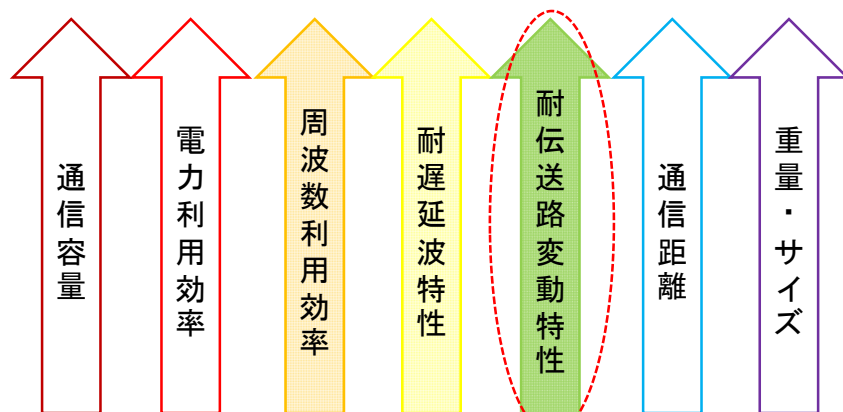
多重シングルキャリア伝送方式の導入

PADM : per transmit antenna differential mapping, DSTBC : differential space-time block coding

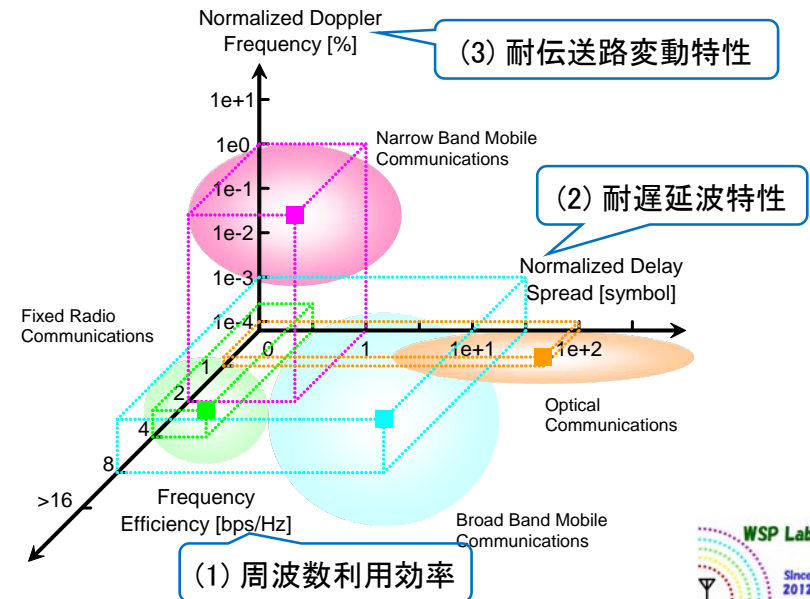


無線伝送の評価軸をどう設定するか

無線技術は、どの評価軸で評価するかで決定！  
 ★無線信号処理研究室では、「**高速移動体**」を選択



無線伝送方式に重要な3パラメータ (1)



## 無線伝送方式に重要な3パラメータ (2)



### (1) 周波数利用効率

[bps/Hz]: 主流はMIMO化や多値変調化

### (2) 耐遅延波特性

[symbol]: 主流はOFDM等の周波数領域等化

### (3) 耐伝送路変動特性

[ ]: 少し流行の外?

MIMO : multiple-input multiple-output  
OFDM : orthogonal frequency-division multiplexing



5

## 研究の主流と本資料でのターゲット



### (1) 周波数利用効率+(2) 耐遅延波特性

学会の主流

MIMO-OFDMが現在の無線通信方式の研究の主流

### (2) 耐遅延波特性+(3) 耐伝送路変動特性

ターゲット

耐ダブルセレクトィブ無線通信方式

ダブルセレクトィブ=周波数選択性+時間選択性

本資料での差動時空符号化のターゲット

MIMO : multiple-input multiple-output  
OFDM : orthogonal frequency-division multiplexing

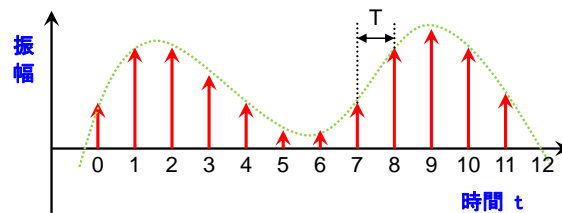


6

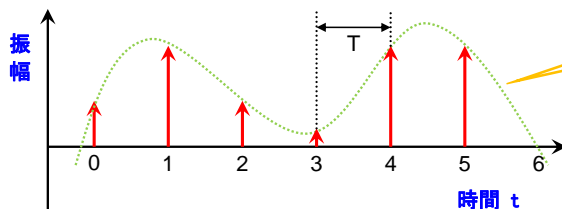
## 高速な伝送路変動とは (1)



**課題:**シンボルレート正規化した最大ドップラー周波数:  $f_D T$



シンボル周期Tが大きくなると、見かけ上の変動が増大



7

## 高速な伝送路変動とは (2)



**課題:**シンボルレート正規化最大ドップラー周波数:  $f_D T$

v: 移動速度  
c: 光速  
 $f_c$ : 搬送波周波数  
T: シンボル周期 ( $f_s$ : シンボルレート)

① 移動速度

① 搬送波周波数

$$f_D T = \frac{v}{c} \frac{f_c}{f_s}$$

② シンボルレート

③ 速度の比

光速:  $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$   
音速(陸上):  $340 \text{m/s}$   
音速(水中):  $1500 \text{m/s}$



8

## ダブルセレクトィブにおけるトレードオフ (1)



ダブルセレクトィブはシンボル周期 $T$ に関してトレードオフを有する  
 ( $f_D \tau_D$ がトレードオフを規定するパラメータ)  
 ①周波数選択性(耐遅延波特性):  $\tau_D/T$   
 ②時間選択性(耐伝送路変動特性):  $f_D T$

$$f_D \tau_D = (f_D T) \times (\tau_D / T)$$

音響通信では  
この数字が大!

移動速度

伝搬距離差

搬送波周波数

$$f_D \tau_D = \frac{v d f_c}{c^2}$$

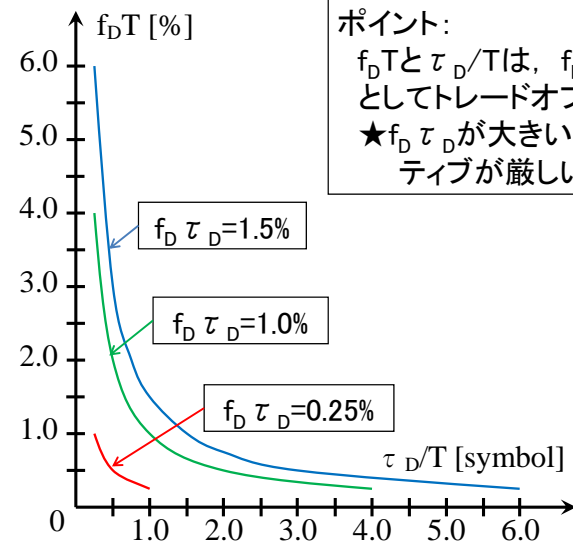
伝送媒体の速度

光速:  $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$   
 音速(陸上):  $340 \text{m/s}$   
 音速(水中):  $1500 \text{m/s}$



9

## ダブルセレクトィブにおけるトレードオフ (2)



ポイント:  
 $f_D T$ と $\tau_D/T$ は、 $f_D \tau_D$ をパラメータとしてトレードオフの関係  
 ★ $f_D \tau_D$ が大きい程、ダブルセレクトィブが厳しい



10

## 実環境を想定した数値



実環境を想定してパラメータを代入した数値  
 ・音響通信の伝送路変動速度は高速!  
 ★音響通信は差動時空符号化の適用領域として有効

パラメータ	電波伝搬	水中音響	陸上音響
$f_D \tau_D$	$1.9 \times 10^{-3}$	$3.0 \times 10^{-2}$	$2.4 \times 10^{-3}$
$f_D T^{*1}$	$1.5 \times 10^{-2}$	$2.4 \times 10^{-1}$	$1.9 \times 10^{-1}$
移動速度: $v$	150km/h =4.2m/s	3kt =1.5m/s	1km/h =0.28m/s
距離差: $d$	10km	1.5m	0.5m
搬送波周波数: $f_c$	400MHz	30kHz	20kHz

\*1: SC伝送方式を想定して、 $T/8$ 以下の遅延差条件



11

## 伝送路変動の発生原因



①最大ドップラー周波数の増大

移動体地デジ

移動速度, 搬送波周波数の増大

②正規化最大ドップラー周波数の増大

大ゾーン自営通信

シンボル(ブロック)レートの減少←遅延波の影響の抑圧

③ドップラーシフトに与える影響の増大

水中音響通信

電波から音波になると, 伝送媒体の速度が低下



12

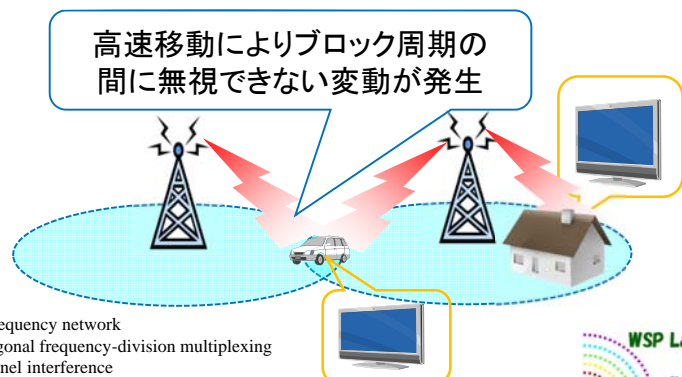
## 地上波デジタル放送の移動受信に対して R

準静止を想定していた放送波を、移動環境で受信したい！

①増大する最大ドップラー周波数への対応

同一周波数の複局同時送信システム(SFN)

★OFDMのサブキャリアにおいて、ICIが発生



13

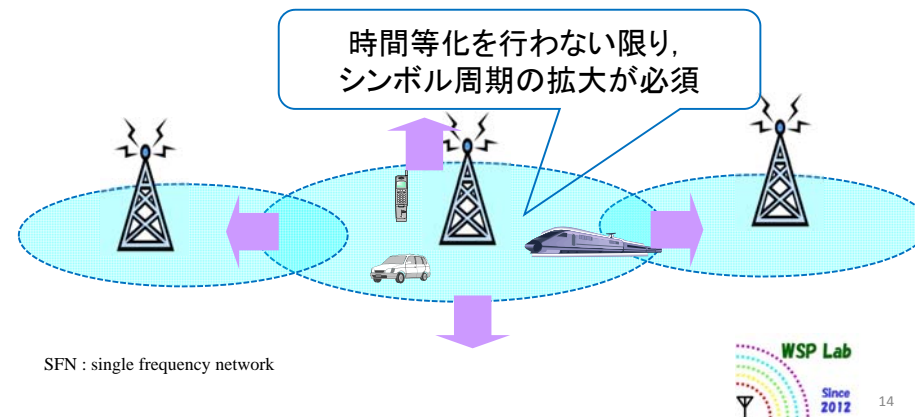
## 同報自営通信に関して R

大ゾーン化により、基地局数を削減したい！

②シンボルレート正規化最大ドップラー周波数の増加に対応

同一周波数の複局同時送信システム(SFN)

★大ゾーン化により、遅延時間広がりが増大



14

## 水中音響通信に対して R

音波にて、安定したデジタル無線通信を実現したい！

③ドップラーシフトに与える影響の増大への対応

水中音響通信への期待(海中では電波が伝わりにくい)

★音波により相対的に大きなドップラーシフトが発生



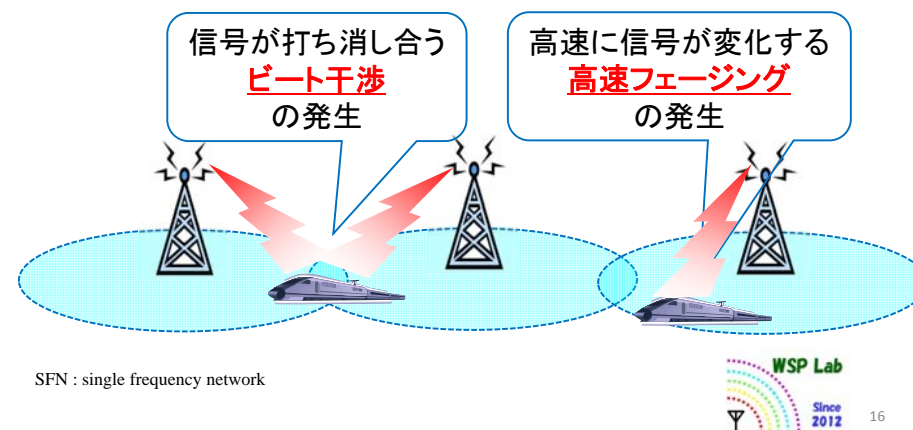
15

## どんな技術で差別化を図るのか？ R

同一周波数複局同時送信(SFN)による広域無線通信システム:

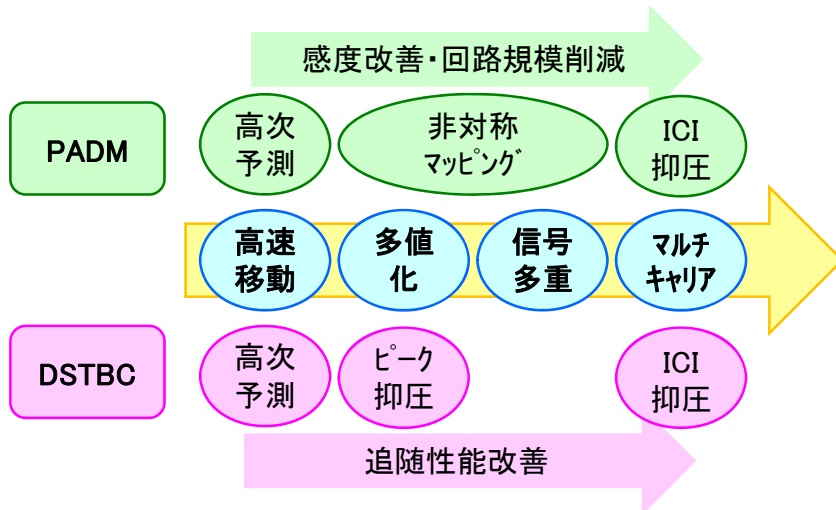
次の課題を、差動時空符号化による送信ダイバーシチで解決

- ①ビート干渉
- ②高速フェージング



16

# 差動時空符号化の研究戦略



PADM : per transmit antenna differential mapping  
 ICI : inter channel interference  
 DSTBC : differential space-time block coding

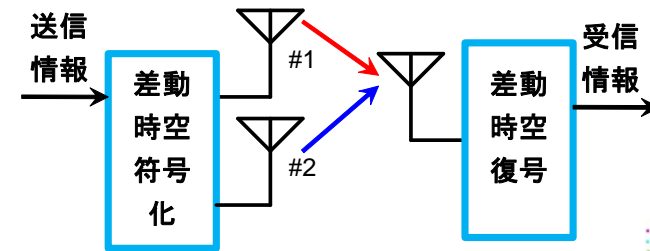


# 差動時空符号化って何？



## 差動時空符号化の特徴

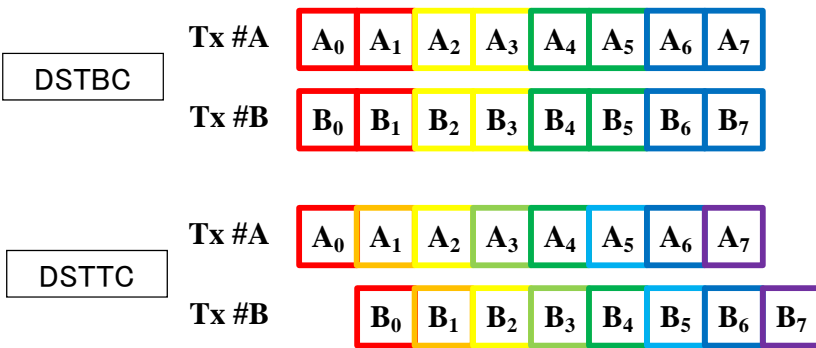
- ①送信側
  - ・複数の異なるアンテナから同一情報を送信
  - ・送信アンテナ毎に異なる信号形状の信号を送信
- ②受信側
  - ・時間的に近い信号のみを使用して送信情報を再生  
 ⇒予測を導入すると、更に追従性が改善



# 差動時空符号化の分類



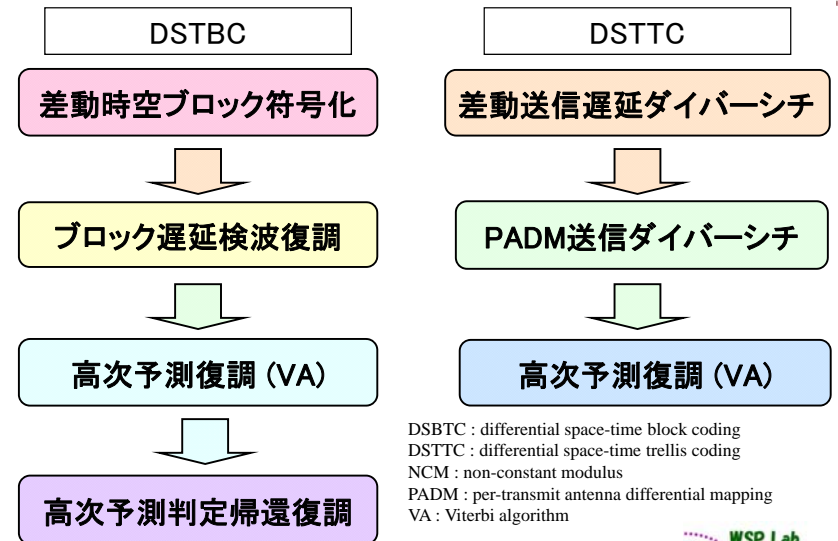
差動時空符号化 = 時空符号化 + 差動符号化 (高速時変伝送路用)  
 ①ブロック符号化のDSTBC ②トレリス符号化のDSTTC(PADM)



DSTBC : differential space-time block coding  
 DSTTC : differential space-time trellis coding  
 PADM : per transmit antenna differential mapping



# 高速移動用差動時空符号化の流れ



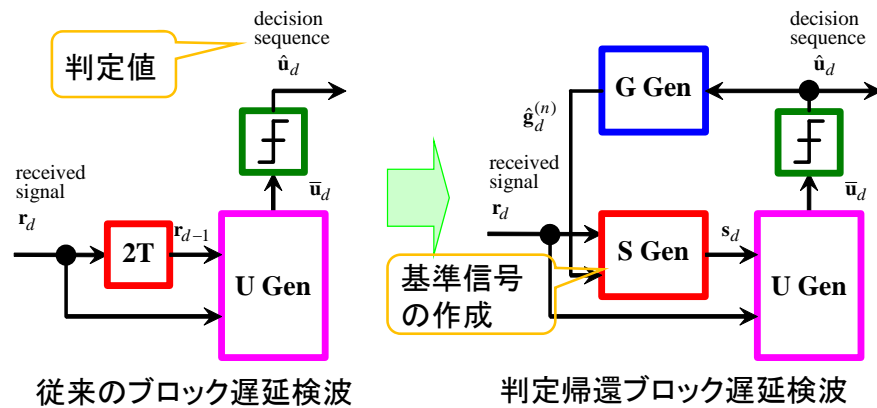
DSBTC : differential space-time block coding  
 DSTTC : differential space-time trellis coding  
 NCM : non-constant modulus  
 PADM : per-transmit antenna differential mapping  
 VA : Viterbi algorithm



## 独自DSTBC復調方式



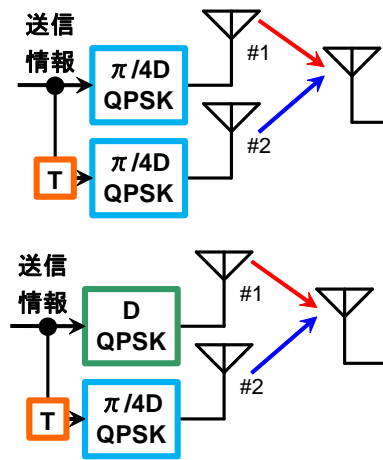
従来手法: ブロック遅延検波 (BDD)  
 提案手法: 判定帰還ブロック遅延検波 (DFBDD)



従来のブロック遅延検波

判定帰還ブロック遅延検波

## 独自PADM伝送方式

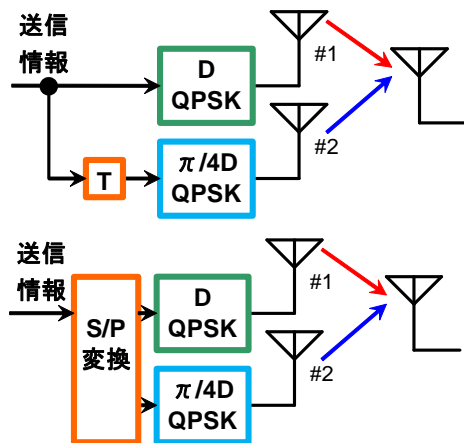


① 差動送信遅延ダイバーシティ (DTDD)  
 送信遅延ダイバーシティに差動符号化を導入

② 独自PADM送信ダイバーシティ  
 DTDDに関して、片方の差動マッピングを変更  
 ・メトリック計算が簡単  
 ・タイミング同期が確実

DTDD : differential transit delay diversity  
 PADM : per transmit antenna differential mapping

## PADM送信ダイバーシティと空間多重



① 送信ダイバーシティ  
 同一情報を、片側を遅延させて送信 (高信頼化)

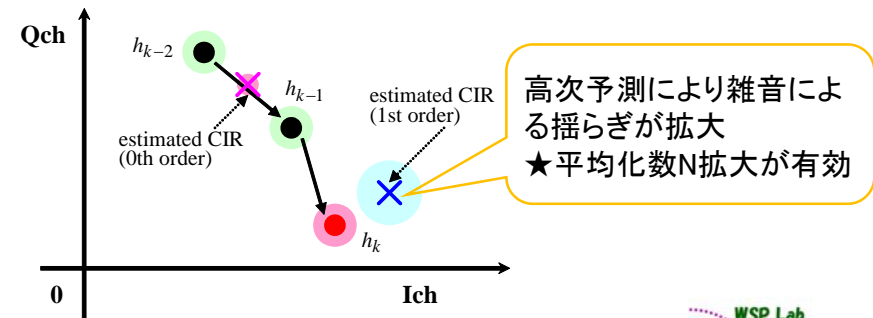
② 空間多重  
 情報を、直列/並列変換して、送信情報を倍増させて送信 (大容量化)

PADM : per transmit antenna differential mapping

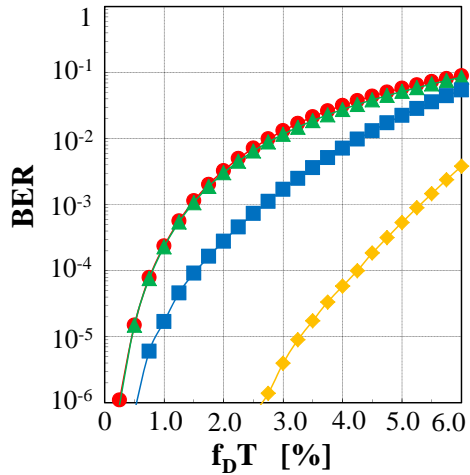
## 高次伝送路予測



【0次推定】 **平均化**. 過去の伝送路特性の検出値を**平均**して、現在の伝送路特性を推定  
 【1次推定】 **高次予測**. 過去の伝送路特性の検出値をもとに、伝送路の変化を推定し、現在の伝送路特性を**予測**



## フロア特性 (DSTBC vs PADM)



【BERフロア特性】  
ノイズのない環境で $f_D T$ を変化させた場合のBERフロア

- : DSTBC(予測無)
- ▲ : PADM(予測無)
- : DSTBC(高次予測)
- ◆ : PADM(高次予測)

PADMの高次予測の追従性は良好



25

## 差動時空符号化の比較



2bit/symbol時, 各種差動時空符号化方式の得失を比較  
追従性はP-PADM 処理量・受信感度はP-DSTBC

	PADM	DSTBC	P-PADM	P-DSTBC
耐高速変動	△	△	◎	○
処理量	○	◎	△→○	◎
受信感度	△	○	△	○
送信電力効率	○	△	○	△
タイミング同期	○	△	○	△
SM拡張性	○	×	○→◎	×
多値化適性	○	◎	×	◎

PADM : per transmit antenna differential mapping  
P : prediction SM : spatial multiplexing

→○は今後の検討の方向性



26

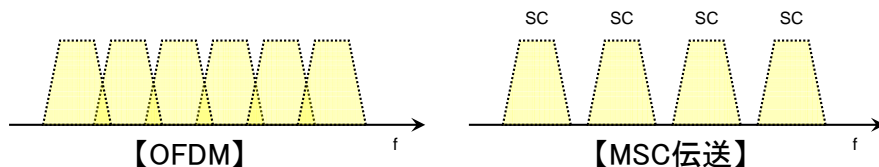
## 多重シングルキャリア伝送方式



OFDMのみでなく, MSC伝送方式の検討も必要

【OFDM】 最近の無線通信方式の主流方式. 低速な伝送路変動時に実績有. 高い周波数利用効率を達成. 他方, 高速な伝送路変動が課題

【MSC伝送】 多重シングルキャリア伝送方式. 従来技術をマイグレーション可能. 周波数利用効率は比較的. キャリア間隔を任意に設定できるため, 非常に高速な伝送路変動時, 比帯域が大きい条件に有効



OFDM : orthogonal frequency-division multiplexing  
MSC : multiple single carrier

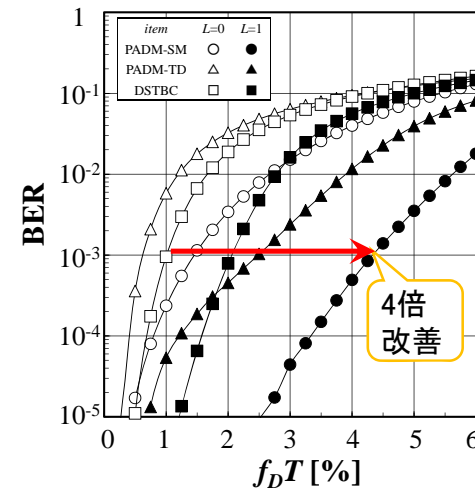


27

## 科研費(2013年度-2015年度)の研究成果(1)



現行の**2倍の伝送効率**で, **約4倍高速な伝送路変動**に対応可能



【BERフロア特性】

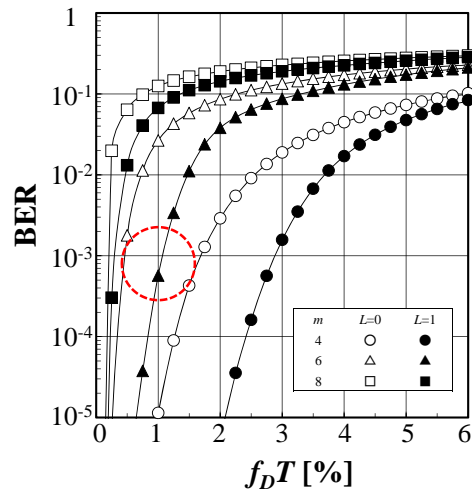
PADM空間多重に高次伝送路予測(L=1)(図中●)を適用すると, 現行の**伝送効率<sub>m</sub>**を2bps/Hzから4bps/Hzと**2倍に拡大**, 対応可能な正規化最大ドップラー周波数 $f_D T$ を現行の1%から4%と**4倍に拡大**



28

## 科研費(2013年度-2015年度)の研究成果(2)

現行の**3倍の伝送効率**で、**現行と同程度の伝送路変動**に対応可能

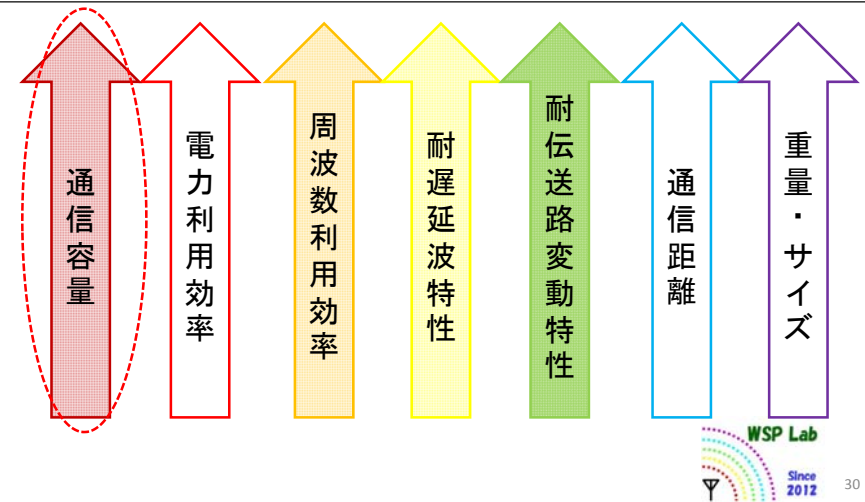


### 【BERフロア特性】

DSTBCに高次伝送路予測(L=1)を適用すると、 $f_D T=1\%$ 環境で、**伝送効率** $m$ を現行の2bps/Hzから6bps/Hzと**3倍に拡大**

## 無線伝送の評価軸に対する本音

大容量通信という用語はやはり魅力的  
★無線信号処理研究室でも、「**大容量通信**」が大きな課題



## 研究成果(1)

### 【著作】

- (1) 村瀬 淳 監修(村瀬淳・大野公士・府川和彦・須田博人・富里繁・市坪信一・諏訪敬祐・大鐘武雄・久保田周治・大槻知明・久保博嗣・岡崎彰浩・石川義裕・檜橋祥一・垂澤芳明・伊東健治・内野政治・山尾泰・相河聡・塚本勝俊・豊田一彦), “無線通信の基礎技術—デジタル化からブロードバンド化へ—,” オーム社, Nov. 2014.

## 研究成果(2)

### 【査読付論文】

- (1) 久保博嗣, 岡崎彰浩, 棚田一夫, 村上圭司, “送信ダイバーシティと適応等化器によるビート干渉抑圧方式に関する一検討,” 電子情報通信学会論文誌(B), vol. J86-B, no. 3, pp. 468-476, March 2003.
- (2) 中畝祐輔, 棚田一夫, 武田政弘, 岡崎彰浩, 久保博嗣, 村上圭司, “PADM送信ダイバーシティの再生系に関する一検討,” 電子情報通信学会論文誌(B), vol. J88-B, no. 4, pp. 832-836, April 2005.
- (3) H. Kubo, A. Okazaki, K. Tanada, B. Penther and K. Murakami, “A multiple-symbol differential detection based on channel prediction for fast time-varying fading,” IEICE Transactions on Communications, vol. E88-B, no. 8, pp. 3393-3400, Aug. 2005.
- (4) H. Kubo, M. Higashinaka and A. Okazaki, “Non-coherent MIMO communication systems employing per transmit antenna differential mapping (PADM),” IEICE Transactions on Communications, vol. E95-B, no. 10, pp. 3242-3251, Oct. 2012.



## 研究成果 (2)



### 【査読付論文】

- (5) 宮崎律子, 湯本菜々瀬, 久保博嗣, “簡易な1次伝送路予測による判定帰還多重遅延検波とその音響通信への応用,” Journal of Signal Processing, vol. 20, no. 5, pp. 225–233, Sept. 2016.
- (6) T. Mori, T. Yamagishi, A. Murayama and H. Kubo, “Differential MIMO spatial multiplexing employing PADM based on channel prediction for fast time-varying channels,” Journal of Signal Processing, vol. 21, no. 2, pp. 53–62, March 2017.
- (7) H. Kubo, T. Yamagishi and T. Mori, “Non-coherent MIMO of per transmit antenna differential mapping (PADM) employing asymmetric space-time mapping and channel prediction,” IEICE Transactions on Communications, vol. E100–B, no. 5, pp. 808–817, May 2017.



33

## 研究成果 (3)



### 【国際会議】

- (1) H. Kubo and M. Miyake, “Beat interference suppression techniques by means of transmission time diversity and adaptive equalization,” IEEE Vehicular Technology Conference 2000–Spring (VTC2000–Spring), Tokyo, Japan, vol. 3, pp.1874–1877, May 2000.
- (2) H. Kubo, A. Okazaki, K. Tanada and K. Murakami, “A generalization of multiple-symbol differential detection and its application to fast time-varying fading channel,” IEEE Vehicular Technology Conference 2003–Spring (VTC2003–Spring), Jeju, Korea, vol. 4, pp. 2353–2357, April 2003.
- (3) H. Kubo, M. Higashinaka, A. Okazaki, B. Penther and K. Murakami, “MIMO communication systems employing per transmit antenna differential mapping (PADM),” IEEE Vehicular Technology Conference 2004–Spring (VTC2004–Spring), Milan, Italy, vol. 2, pp. 613–617, May 2004.



34

## 研究成果 (4)



### 【国際会議】

- (4) H. Kubo, M. Higashinaka, A. Okazaki and K. Murakami, “Performance improvement for MIMO communication systems employing per transmit antenna differential encoding (PADE),” IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications 2005 (PIMRC2005), Berlin, Germany, vol. 1, pp. 42–46, Sept. 2005.
- (5) H. Kubo, “A Simple Decision-Feedback Block Differential Detection Scheme for DSTBC,” IEEE Vehicular Technology Conference 2014–Spring (VTC2014–Spring), Seoul, Korea, May 2014.
- (6) R. Miyazaki, N. Yumoto, and H. Kubo, “Simple decision-feedback multiple differential detection employing first-order channel prediction and its applications to underwater acoustic communications,” RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing 2016 (NCSP’ 16), Honolulu, Hawaii, US, pp.439–442, March 2016.



35

## 研究成果 (4)



### 【国際会議】

- (7) T. Yamagishi, T. Mori and H. Kubo, “Differential space-time coding for P-MP communications in the presence of fast time-varying beat interference,” International Symposium on Information Theory and its Applications 2016 (ISITA2016), Monterey, California, US, pp. 380–384, Oct. 2016.
- (8) T. Mori, T. Yamagishi and H. Kubo, “Differential MIMO spatial multiplexing employing PADM based on channel prediction for fast time-varying Rayleigh fading,” International Symposium on Information Theory and its Applications 2016 (ISITA2016), Monterey, California, US, pp. 550, Oct. 2016.
- (9) N. Yumoto, S. Morita, A. Murayama and H. Kubo, “An off-line software MODEM for underwater acoustic communications and its field evaluation results,” International Symposium on Information Theory and its Applications 2016 (ISITA2016), Monterey, California, US, pp. 603–607, Oct. 2016.



36

## 研究成果 (5)



### 【研究会他】

- (1) 久保博嗣, 三宅 真: “適応等化器による同一周波数複局同時送信の特性改善効果,” 1999年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS99-5, pp. 25-30, April 1999.
- (2) 久保博嗣, 三宅 真: “同一周波数複局同時送信時の高速フェージング下でのBER特性に関する検討,” 1999年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS99-40, pp. 7-12, July 1999.
- (3) 久保博嗣, 三宅 真: “時間ダイバーシチと適応等化によるビート干渉抑圧効果,” 1999年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-5-71, Sept. 1999.
- (4) 久保博嗣, 岡崎彰浩, 棚田一夫, 三宅 真: “業務用移動無線における適応形最尤系列推定の応用に関する一検討,” 2000年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2000-36, pp. 49-54, June 2000.
- (5) 久保博嗣, 三宅 真: “業務用移動無線における適応形最尤系列推定の応用,” 2000年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-5-5, Sept. 2000.



37

## 研究成果 (6)



### 【研究会他】

- (6) 久保博嗣, 三宅 真: “適応等化器による同一周波数複局同時送信の特性改善効果,” 1999年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS99-5, pp. 25-30, April 1999.
- (7) 久保博嗣, 三宅 真: “多重遅延検波の一般化と高速時変伝送路への応用,” 2000年第23回情報理論とその応用シンポジウム, pp. 299-302, Oct. 2000.
- (8) 久保博嗣, 三宅 真: “多重遅延検波の一般化とその追従特性に関する検討,” 2001年電子情報通信学会総合大会, B-5-130, March 2001.
- (9) 久保博嗣, 谷口 順: “一般化した多重遅延検波における追従特性と複雑さの関係に関する検討,” 2001年第24回情報理論とその応用シンポジウム, pp. 419-422, Dec. 2001.
- (10) 久保博嗣, 岡崎彰浩, 村上圭司: “一般化した差動符号化送信時間ダイバーシチとそのブラインド復調方式に関する検討,” 2002年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2002-155, pp. 101-106, Jan. 2003.



38

## 研究成果 (7)



### 【研究会他】

- (11) 久保博嗣, 東中雅嗣, 岡崎彰浩, 村上圭司: “送信アンテナ毎に異なった差動マッピングを行うMIMO伝送方式に関する検討,” 2002年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2003-205, pp. 145-150, Nov. 2003.
- (12) 久保博嗣, 東中雅嗣, 岡崎彰浩, 村上圭司: “PADEを用いたMIMO伝送方式の特性改善と演算量削減に関する検討,” 2005年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2005-10, pp. 19-24, April 2005.
- (13) 久保博嗣, 岡崎彰浩, 富塚浩志: “高次伝送路推定を適用したPADM (per transmit antenna differential mapping) によるMIMO伝送方式,” 2011年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2011-45, pp. 61-66, June 2011.
- (14) 久保博嗣: “[招待講演]無線通信における適応等化技術とその応用 ~ 無線信号処理技術: 対立・独立から協調・融合へ ~,” 2011年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2011-283, pp. 97-97, Jan. 2012.



39

## 研究成果 (8)



### 【研究会他】

- (15) 久保博嗣: “差動時空ブロック符号化のための判定帰還伝送路予測による復調方式,” 2012年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2012-163, pp. 13-18, Nov. 2012.
- (16) 久保博嗣: “[招待講演]高速時変伝送路に有効な差動時空符号化に関する一検討,” 2012年電子情報通信学会技術研究報告(ワイドバンドシステム), WBS2012-75 (IT2012-89), pp. 169-174, March 2013.
- (17) 久保博嗣: “差動時空ブロック符号化のための判定帰還ブロック遅延検波の特性,” 2013年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2013-160, pp. 103-108, Oct. 2013.
- (18) 久保博嗣: “[招待講演]高速時変伝送路に適した差動時空符号化とその無線通信システムへの応用,” 2013年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2013-193, pp. 87-92, Nov. 2013.
- (19) 久保博嗣: “高次伝送路予測を適用したPADM (Per transmit Antenna Differential Mapping) 送信ダイバーシチの特性,” 2013年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2013-340, pp. 205-210, March 2014.



40

## 研究成果 (9)



### 【研究会他】

- (20) 宮崎律子, 久保博嗣, : “高速フェージングのためのマルチキャリア高次予測判定帰還遅延検波,” 2014年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2014-35, pp. 19-24, June 2014.
- (21) 道尾 涼, 久保博嗣, : “ネットワーク符号化位相変調とそのPer-Survivor Processingによるブラインドスタートアップが可能な復調方式,” 2014年電子情報通信学会技術研究報告(ワイドバンドシステム), WBS2014-65, pp. 69-74, March 2015.
- (22) 中村洗貴, 宮崎律子, 久保博嗣, : “マルチキャリア差動時空ブロック符号化のための高次予測判定帰還ブロック遅延検波,” 2014年電子情報通信学会技術研究報告(ワイドバンドシステム), WBS2014-66, pp. 75-80, March 2015.
- (23) 湯本 菜々瀬, 森田 宗一郎, 村山 陽寛, 久保 博嗣, : “シングルキャリア差動符号化QPSK/遅延検波による実環境水中音響通信でのビット誤り率評価結果,” 2015年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2015-232, pp. 251-256, Nov. 2015.



41

## 研究成果 (9)



### 【研究会他】

- (24) 長野 翔太, 河合 渉平, 久保 博嗣, : “アナログネットワーク符号化に基づく2重ループ適応雑音除去による水中環境音信号抽出法,” 2015年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2015-233, pp. 257-256, Nov. 2015.
- (25) 山岸 拓真, 森 俊樹, 久保 博嗣, : “高次伝送路予測によるPADM (per transmit antenna differential mapping) 送信ダイバーシチの多値変調特性,” 2015年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2015-241, pp. 305-310, Nov. 2015.
- (26) 森 俊樹, 山岸 拓真, 久保 博嗣, : “高次伝送路予測によるPADM (per transmit antenna differential mapping) 空間多重の多値変調特性,” 2015年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2015-242, pp. 311-316, Nov. 2015.
- (27) 森 俊樹, 山岸 拓真, 久保 博嗣, : “高次伝送路予測によるPADM (per transmit antenna differential mapping) 空間多重の多値変調特性,” 2015年第38回情報理論とその応用シンポジウム, 8.2.2, Nov. 2015.



42

## 研究成果 (9)



### 【研究会他】

- (28) 山岸 拓真, 森 俊樹, 久保 博嗣, : “高次伝送路予測によるPADM (per transmit antenna differential mapping) 送信ダイバーシチの多値変調特性,” 2015年第38回情報理論とその応用シンポジウム, 8.2.3, Nov. 2015.
- (29) 中村 洗貴, 久保 博嗣, : “多重シングルキャリア伝送方式による差動時空ブロック符号化のピーク抑圧特性に関する検討,” 2015年電子情報通信学会技術研究報告(ワイドバンドシステム), WBS2015-67, pp. 157-162, Dec. 2015.
- (30) 森 俊樹, 山岸 拓真, 久保 博嗣, : “高速時変伝送路変動に有効な伝送路予測に基づくPADMIによる差動MIMO空間多重方式,” 2016年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2016-100, pp. 35-40, July 2016.
- (31) 山岸 拓真, 森 俊樹, 久保 博嗣, : “同報通信における高速時変ビート干渉に有効なPADM差動MIMO送信ダイバーシチ,” 2016年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2016-101, pp. 41-46, July 2016.



43

## 研究成果 (10)



### 【研究会他】

- (32) 湯本 菜々瀬, 村山 陽寛, 久保 博嗣, : “高速時変伝送路に有効なPer-Survivor Processingに基づく1次予測多重遅延検波,” 2016年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2016-149, pp. 113-117, Aug. 2016.
- (33) 村山 陽寛, 湯本 菜々瀬, 久保 博嗣, : “多値PSKを用いたDSTBCのための判定帰還ブロック遅延検波,” 2016年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2016-150, pp. 119-124, Aug. 2016.
- (34) 山岸 拓真, 森 俊樹, 久保 博嗣, : “同報通信における高速時変ビート干渉に有効なマルチキャリア差動MIMO送信ダイバーシチ,” 2016年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2016-151, pp. 125-130, Aug. 2016.
- (35) 森 俊樹, 山岸 拓真, 久保 博嗣, : “厳しいダブルセレクトティブフェージングに有効なマルチキャリア差動MIMO空間多重,” 2016年電子情報通信学会技術研究報告(無線通信システム), RCS2016-152, pp. 131-136, Aug. 2016.

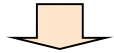


44

# まとめと今後の予定

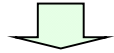


無線信号処理研究室の差別化評価軸



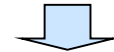
高速移動体通信実現に注力

高次伝送路予測による差動時空符号化



良好な追随特性を確認

差動時空符号化の展開領域拡大を推進



音響通信は期待の領域

水中・陸上音響通信のフィールド試験を実施中

