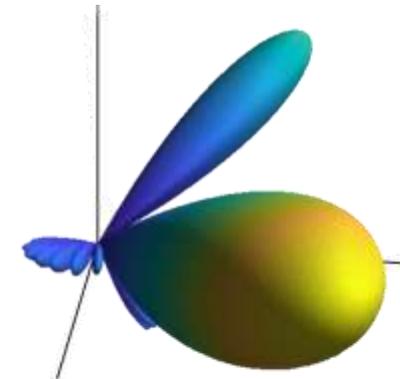


# IoT/M2M時代における無線通信

MathWorks Japan  
アプリケーションエンジニアリング部  
初井 良治

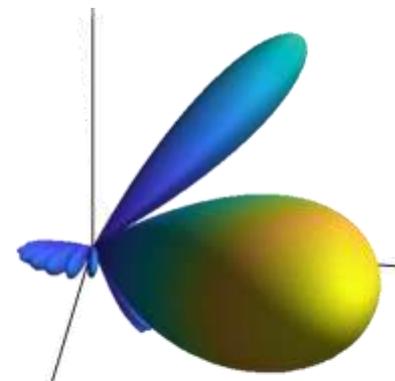
# 内容

- IoT向け無線通信規格
- IoT/M2M通信向け
  - NB-IoTシミュレーション(3GPP)
  - IEEE802.11ahシミュレーション(無線LAN)
  - ZigBee®シミュレーション(WPAN)
- 高速通信向け
  - IEEE802.11adシミュレーション
  - ハイブリット・ビームフォーミングシミュレーション

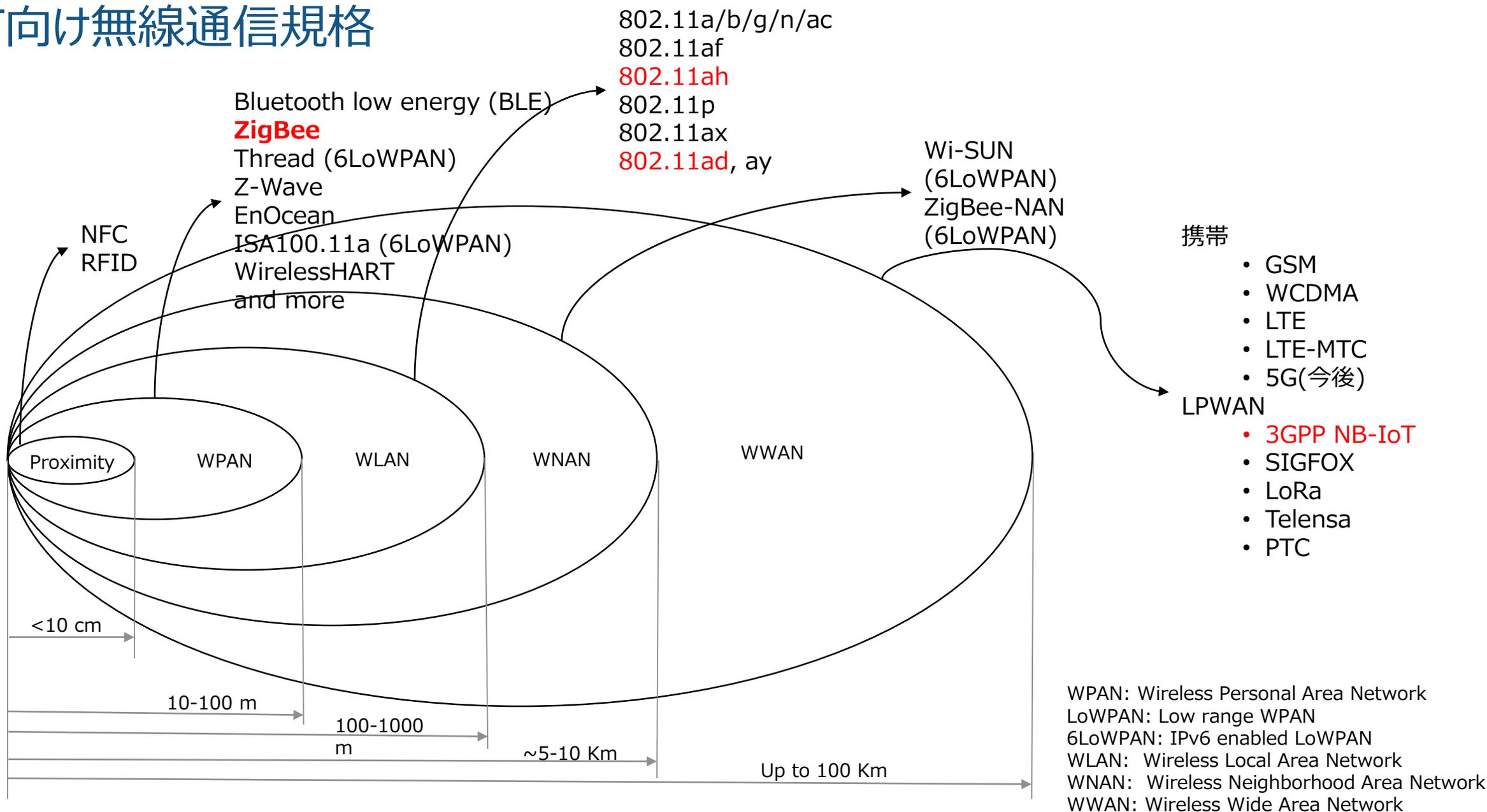


# 内容

- IoT向け無線通信規格
- IoT/M2M通信向け
  - NB-IoTシミュレーション(3GPP)
  - IEEE802.11ahシミュレーション(無線LAN)
  - ZigBee®シミュレーション(WPAN)
- 高速通信向け
  - IEEE802.11adシミュレーション
  - ハイブリット・ビームフォーミングシミュレーション

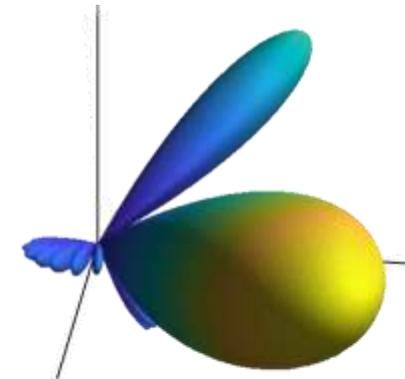


# IoT向け無線通信規格



# 内容

- IoT向け無線通信規格
- IoT/M2M通信向け
  - NB-IoTシミュレーション(3GPP)
  - IEEE802.11ahシミュレーション(無線LAN)
  - ZigBee®シミュレーション(WPAN)
- 高速通信向け
  - IEEE802.11adシミュレーション
  - ハイブリット・ビームフォーミングシミュレーション



# 3 GPP IoT

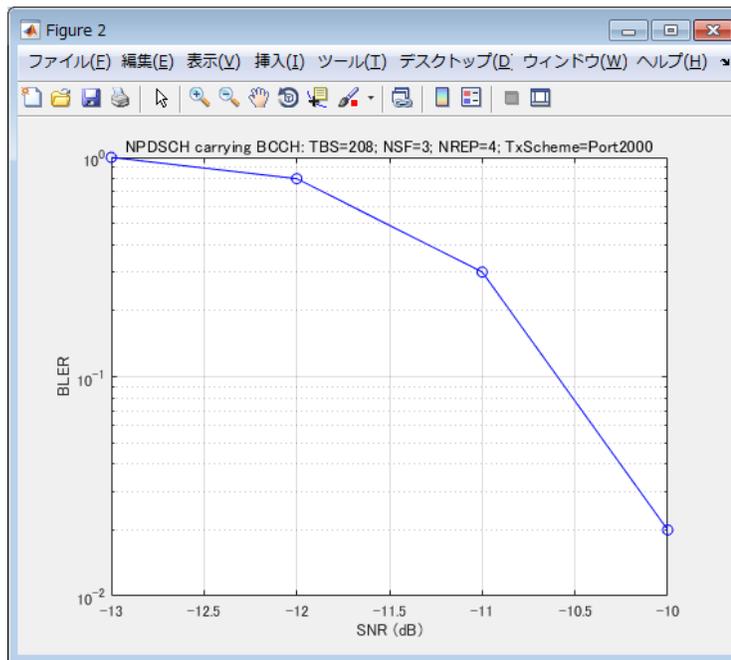
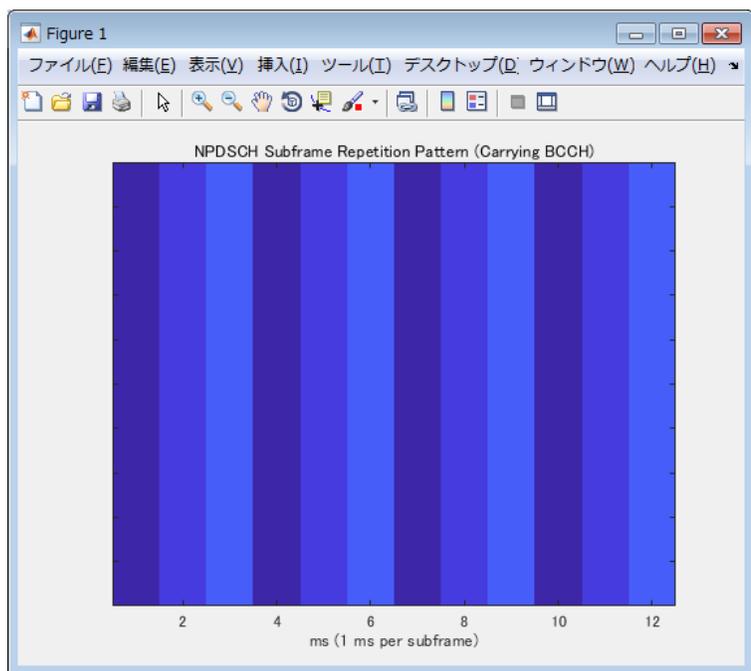

 WWAN

Features	LTE MTC Cat 0	eMTC (Cat M1)	NB-IoT (Cat M2)
3GPP リリース	Release 12	Release 13	Release 13
周波数	LTE bands		
ピークデータレート	1 Mbps	1 Mbps	DL: 50 kbps UL: 50 kbps for multi-tone, ~20 for single tone
下り	OFDMA, 64QAM	OFDMA, 16QAM, 1Rx	OFDMA, 15KHz SCS, 1Rx
上り	SC-FDMA	SC-FDMA	SC-FDMA, single tone (3.75 or 15 KHz SCS) Multi-tone: 15KHz SCS
帯域	20 MHz (15KHz SCS)	1.08 MHz (15KHz SCS)	180 KHz
UE complexity	50%	20-25%	10%


 LTE System Toolbox

# NB-IoTシミュレーションExample

- LTE System ToolboxのNB-IoTのExample

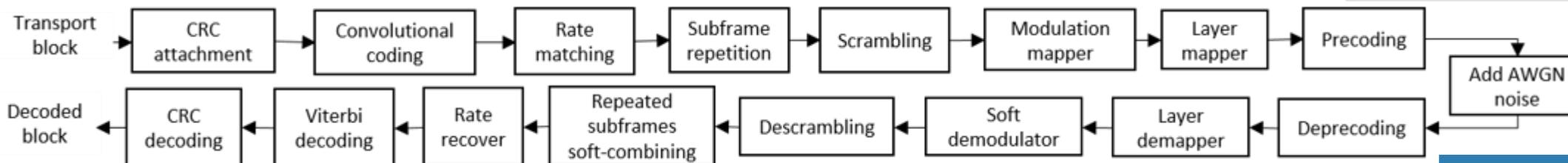


## NB-IoT Modeling

**NB-IoT NPDSCH Block Error Rate Simulation and Waveform Generation**

How LTE System Toolbox™ can be used to create a NB-IoT Narrowband Physical Downlink Shared Channel (NPDSCH) Block Error Rate (BLER)

[Open Script](#)



# 無線LAN IoT/M2M



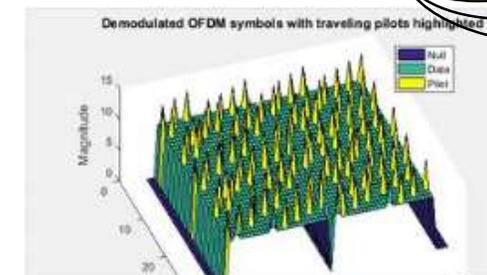
## 802.11ah (HaLow)

- WLAN System Toolboxでサポート
- レンジ拡大, ローパワー
  - サブ 1GHz(各国で周波数帯は異なる)
  - レンジは最大1Kmまで可能
- 物理層は、802.11acベース, クロック周波数を1/10

## 802.11p

- WLAN System Toolboxでサポート
- V2V , V2I 通信向け
- WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments)を参照
- 物理層は、802.11aベース

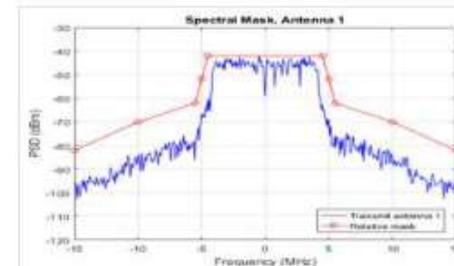
WLAN System Toolbox



### IEEE 802.11ah Support

Generate IEEE 802.11ah compliant waveforms

R2016b

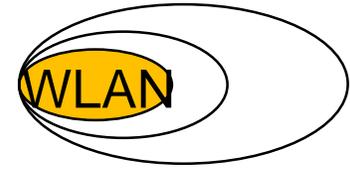


### Support for 802.11p Standard

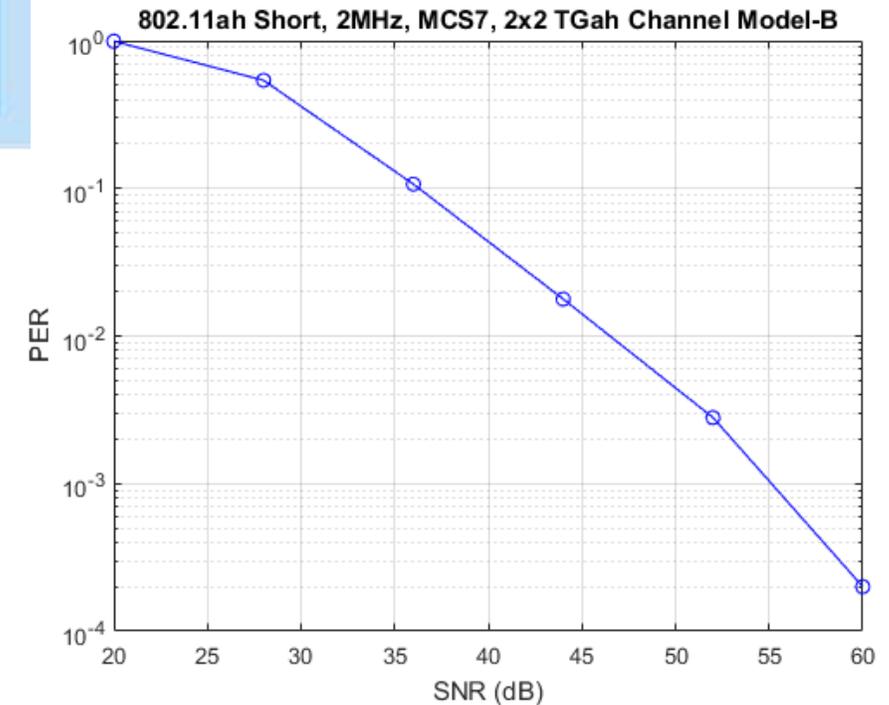
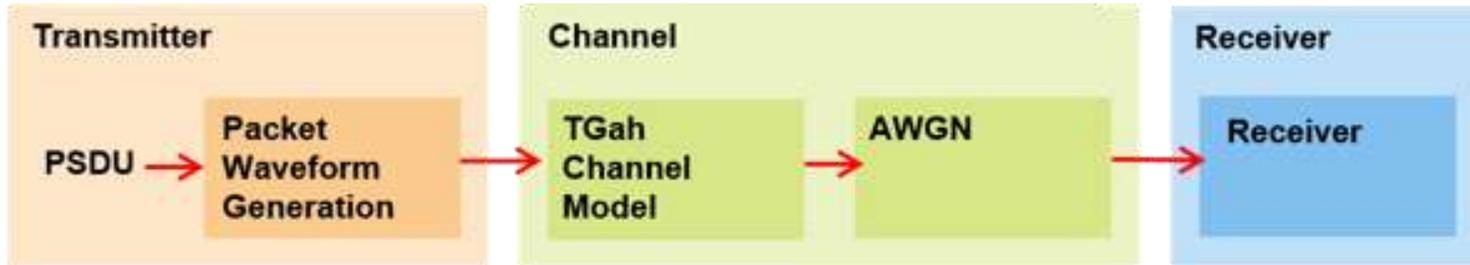
Simulate 802.11p systems to analyze Intelligent Transportation Systems (ITS) applications

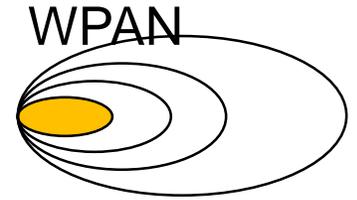
R2016a

# IEEE802.11ah PERシミュレーションExample



- WLAN System Toolboxの802.11ahのPERシミュレーションExample

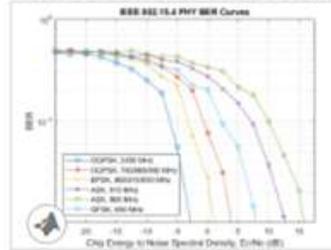




# WPAN Example

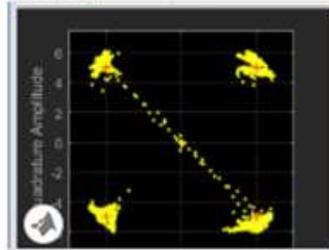
- WPANアプリケーション向けのExample

## Wireless Personal Area Networks (WPAN)



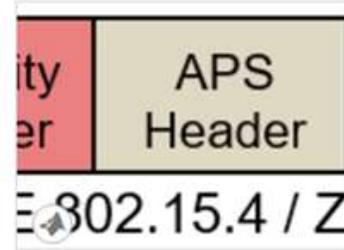
**End-to-End IEEE 802.15.4 PHY Simulation**

How to: (i) generate waveforms, (ii) decode waveforms and (iii) compute BER curves for different PHY specifications from the IEEE®



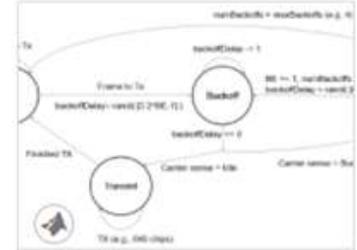
**Recovery of IEEE 802.15.4 OQPSK Signals**

Implement a practical IEEE 802.15.4 PHY receiver decoding OQPSK waveforms that may have been received from wireless radios, using



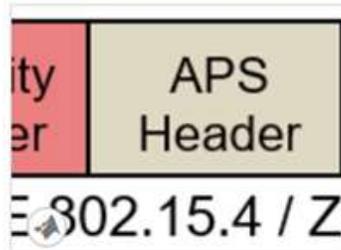
**IEEE 802.15.4 - MAC Frame Generation and Decoding**

Generate and decode MAC frames of the IEEE 802.15.4 standard [ 1 ] using the Communications System Toolbox™ Library for the ZigBee®



**IEEE 802.15.4 - Asynchronous CSMA MAC**

Simulate the IEEE® 802.15.4 asynchronous CSMA MAC [ 1 ] using the Communications System Toolbox™ Library for the ZigBee®



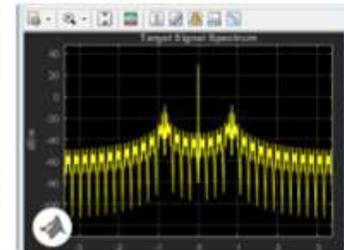
**ZigBee NET Frame Generation and Decoding**

Use the Communications System Toolbox™ Library for the ZigBee® Protocol to generate and decode NET frames of the ZigBee



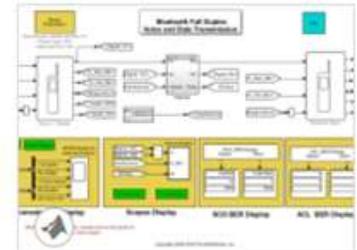
**ZigBee APP Frame Generation and Decoding for Home Automation**

Generate and decode Application-layer frames for the Home Automation application profile [ 1 ] of the ZigBee® specification [ 2 ] using



**Near Field Communication (NFC)**

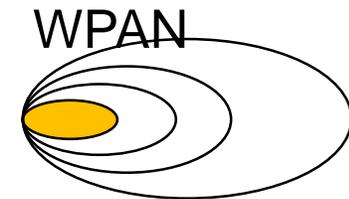
Model communication between two Near Field Communication (NFC) devices. The example requires: Communications System Toolbox



**Bluetooth Full Duplex Voice and Data Transmission**

The full duplex communication between two Bluetooth® devices. Both data packets and voice packets can be transmitted between the two

Communication System Toolbox



# Communication System Toolbox™ Library for ZigBee Protocol

- Communication System Toolboxのアドオンツール
  - ZigBee®は、センサネットワーク、ホームオートメーション、産業オートメーション、ヘルスマモニタリング、IoTなどの幅広いアプリケーションで使用
  - PHY,MAC,NET,APP層向けのライブラリを提供



Format of IEEE 802.15.4 / ZigBee Frame

```
%% Decoding NET Frames of Home Automation ZigBee Radios
% このセクションでは、ホームオートメーション向けの市販されているZigBee機器
% から送信されたNETフレームをデコードし、SDR機器のUSRP®B200とUSRP®用
% Communications System Toolboxサポートパッケージを使用して信号を
% キャプチャします。
```

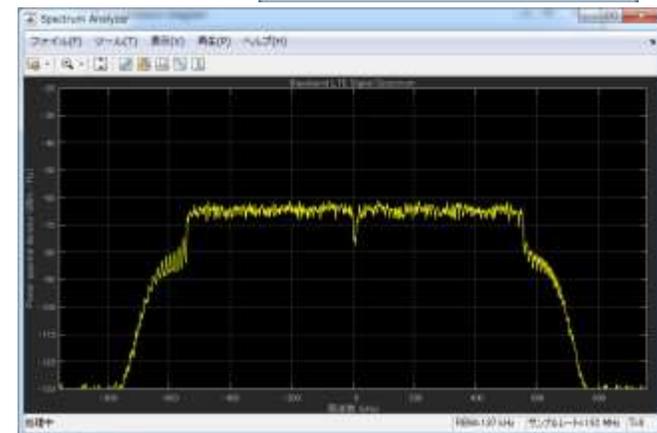
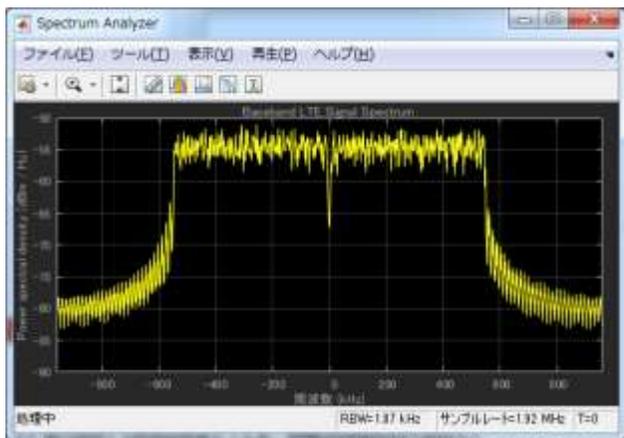
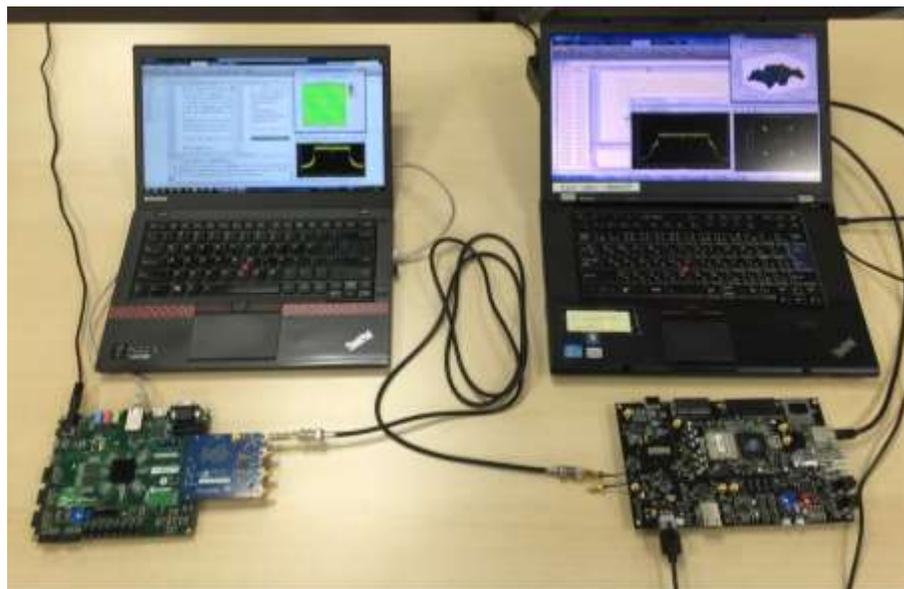
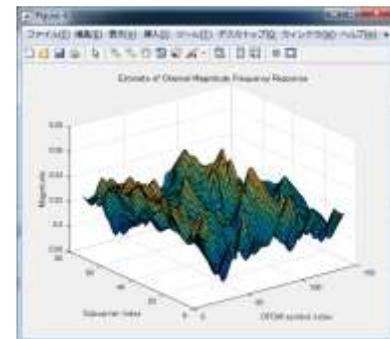
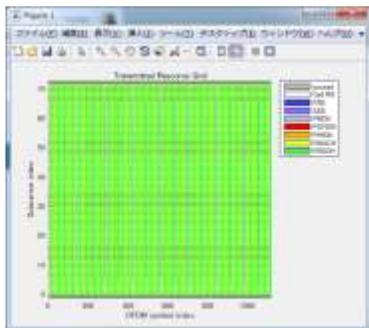
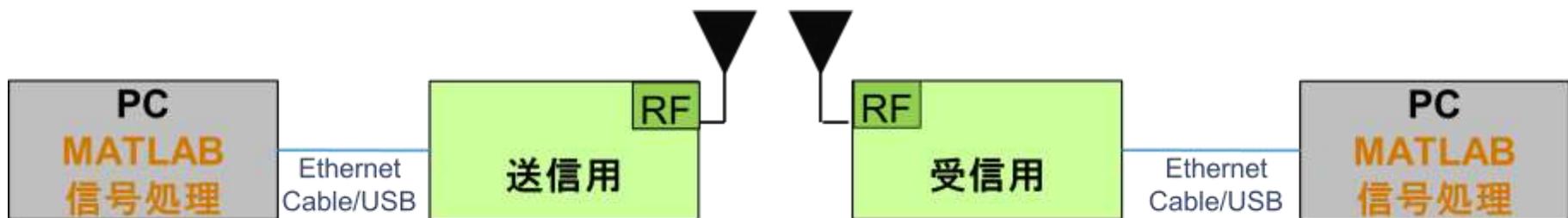
```
% zigbee.NETFrameDecoder関数は、NET層ZigBeeデータフレームと
% ネットコマンドフレームタイプのヘッダをデコードできます。
```

```
load zigbeeNETCaptures % netFrame
```

```
[netConfig, netPayload] = zigbee.NETFrameDecoder(netFrame);
netConfig %#ok<NOPTS>
```

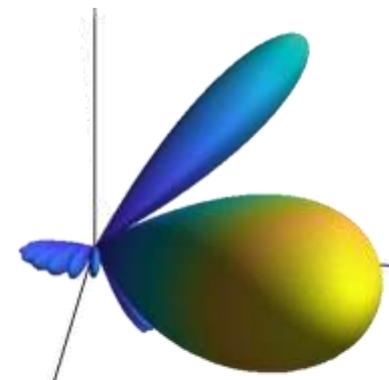
```
NETFrameConfig のプロパティ:
    FrameType: 'Data'
    ProtocolVersion: 'ZigBee.2007'
    SequenceNumber: 212
Addressing:
    SourceAddress: '0000'
    DestinationAddress: '35EA'
    IEEEAddressing: 'None'
Security:
    Security: 1
    DataEncryption: 0
    MICLength: 0
    KeyIdentifier: 'Network'
    ExtendedNonce: 1
    FrameCounter: 193458
    SecuritySourceAddress: '24FD5B00000014B6'
```

# SDR機器で手軽にIoT機器の送信・受信の試験



# 内容

- IoT向け無線通信規格
- IoT/M2M通信向け
  - NB-IoTシミュレーション(3GPP)
  - IEEE802.11ahシミュレーション(無線LAN)
  - ZigBee®シミュレーション(WPAN)
- 高速通信向け
  - IEEE802.11adシミュレーション
  - ハイブリット・ビームフォーミングシミュレーション



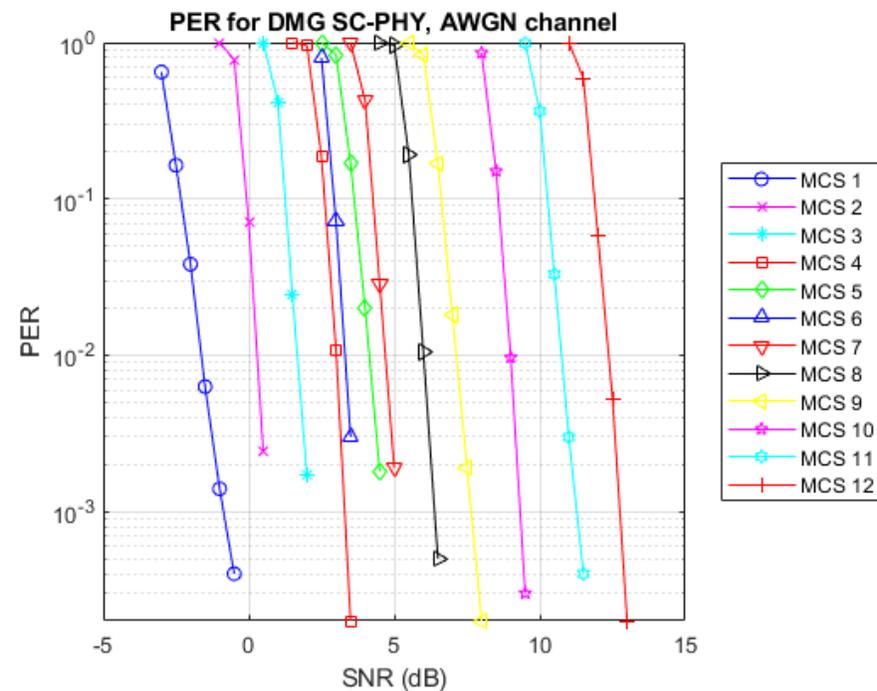
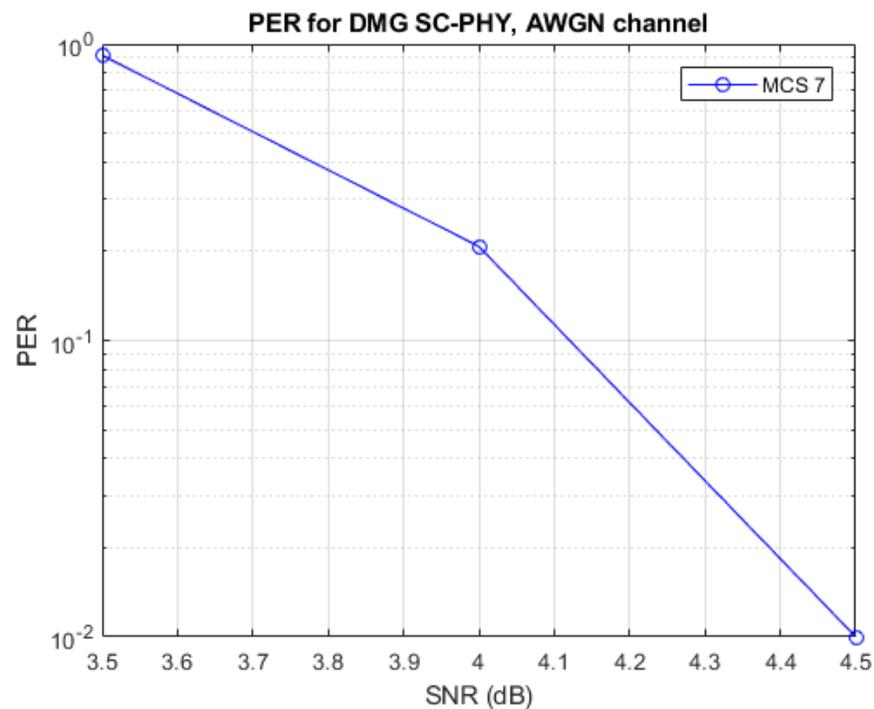
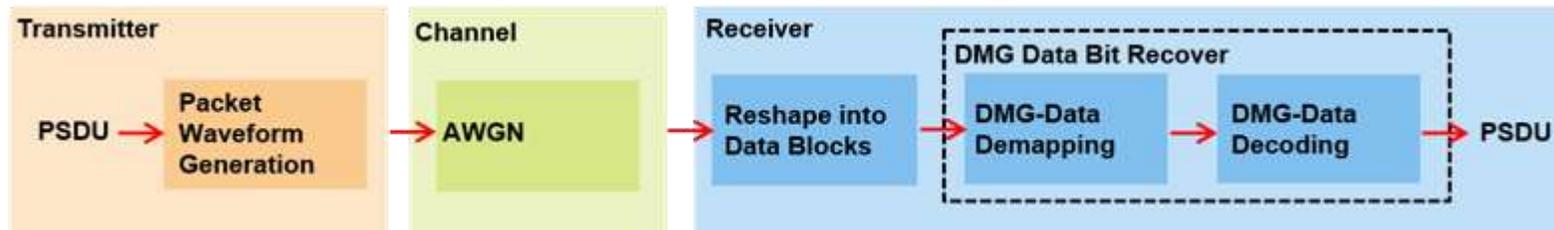
# 高速通信の技術

## Massive MIMOとハイブリッドビームフォーミング？

- 高データレート/スループットの要求
  - **5G , IEEE 802.11ay**
  - 2019にスタート (?)
- 高周波数化 (>6GHz)
  - 5Gでは、マイクロ波帯、mm波帯の周波数を検討
  - 高周波では、伝播損失の補償の為にアレイゲインが不可欠
  - BSのアンテナ数 >> ユーザー数
  - ハイブリッドの送受信機はコスト低減に寄与
    - RF部をより少なく構成する

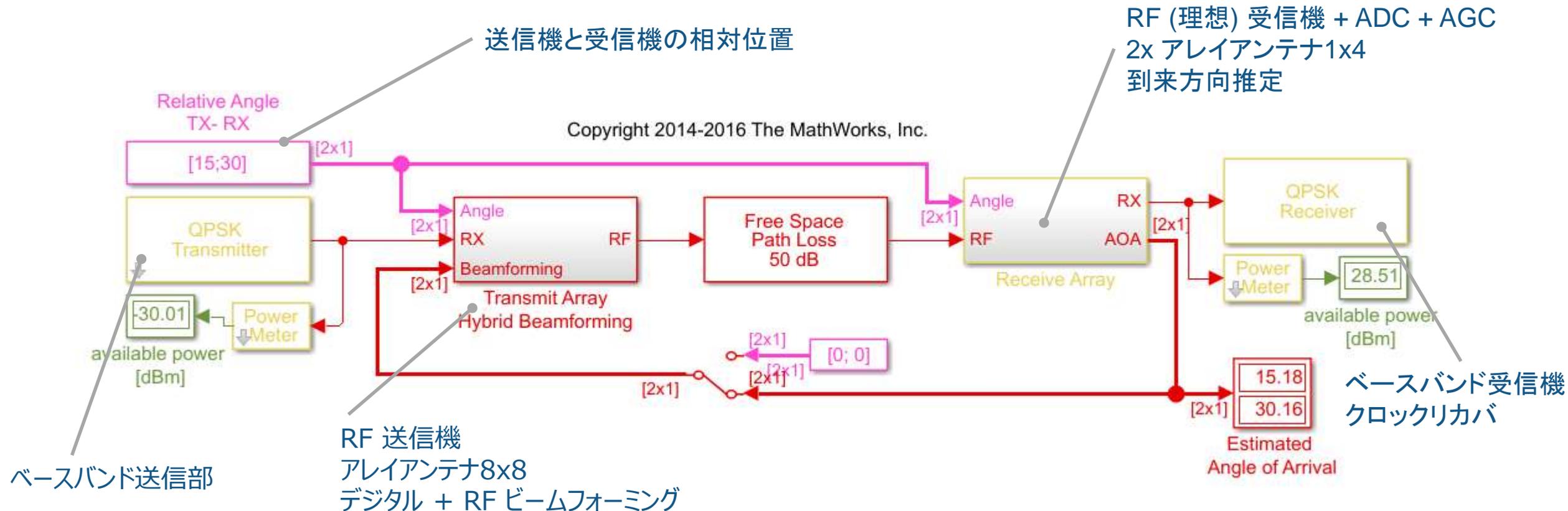
# IEEE802.11ad シングルキャリアExample

- IEEE802.11ad パケットエラーレート(PER)シミュレーション



# ハイブリッドビームフォーミングExample

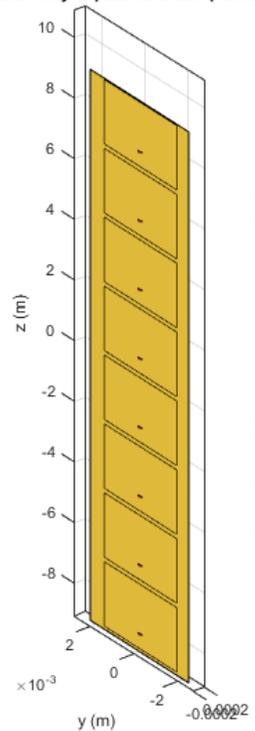
- 送信機は、大きなアレイを使用して、受信機に向けてビームフォーミングを実行する
- 受信機は、小さなアレイによる到来方向を推定し、送信機に伝送する



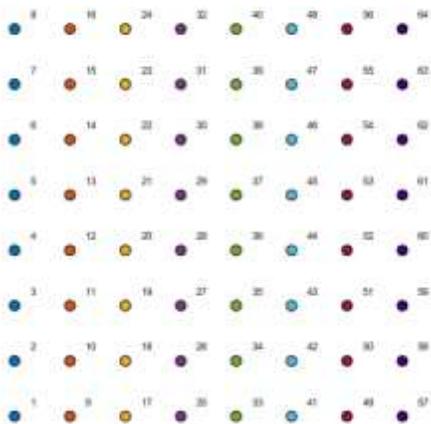
# ハイブリッドビームフォーミングExample

- 8個のパッチアンテナで8サブアレイ (周波数66GHz) →  $8 \times 8 = 64$  アンテナ
- デジタルビームフォーミング 8 サブアレイに適用 (水平方向 steering)
- RF ビームフォーミング (位相器) 8 アンテナに適用 (垂直方向 steering)

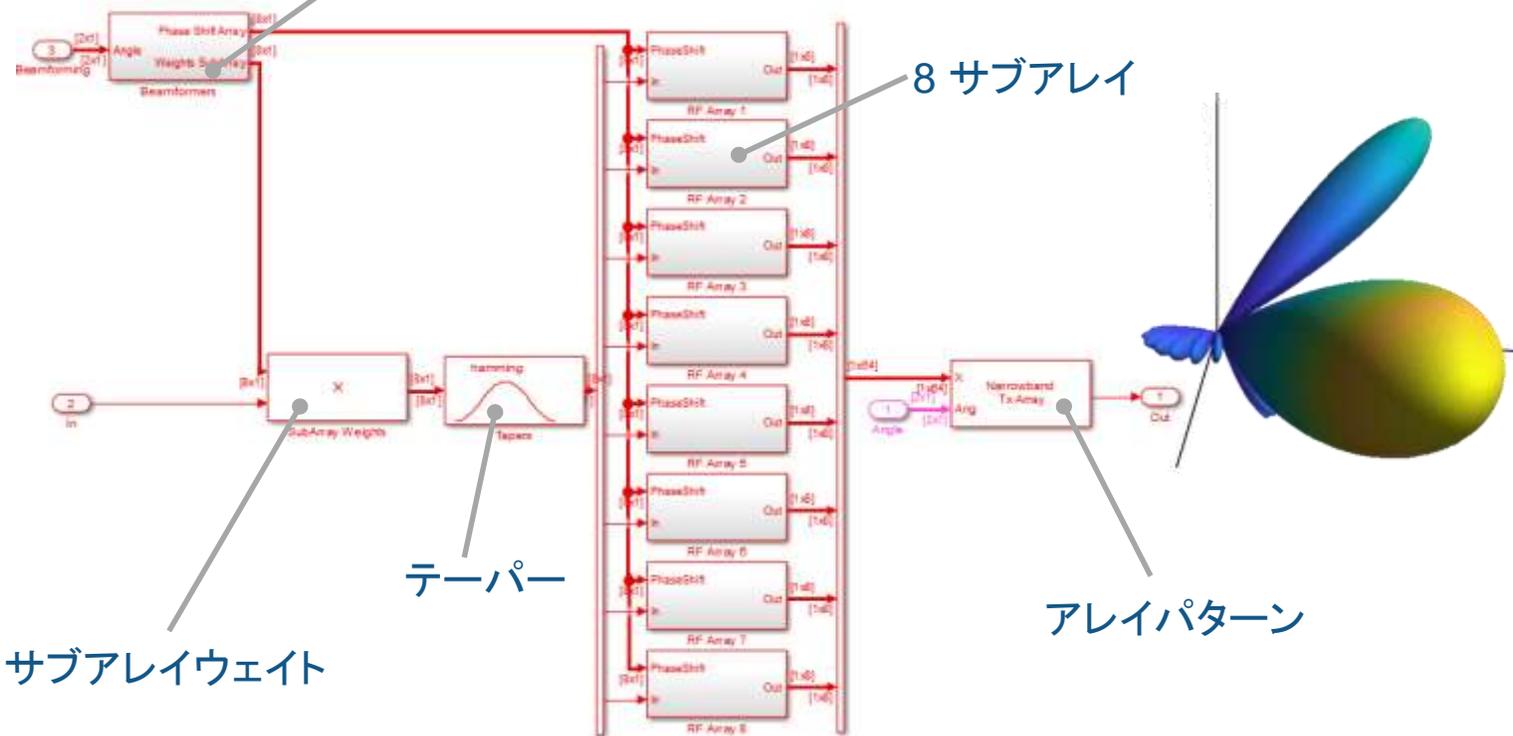
$\times 10^{-3}$   
linearArray of patchMicrostrip antennas



Array Geometry



ビームフォーマー (アレイ・サブアレイ)



## まとめ

- MATLAB/Simulink環境では今後のIoT/M2Mに向けた無線通信の開発に向けて、リファレンスになる例題等が活用いただけます。
- 検討中のアルゴリズムをSDR機器を通して、実機検証も実施いただけます。
- 5G等の高速通信向けの機能を利用して、今後の開発のベースとして活用いただけます。

# Thank You for Attending!

