

# 5G:MATLAB<sup>®</sup> による5Gシステム設計と検証

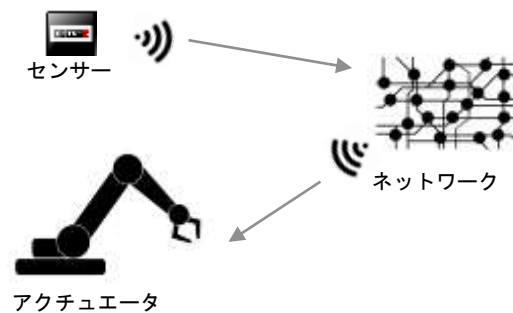
MathWorks Japan

アプリケーションエンジニアリング部

初井良治

## 5G の活用範囲

- eMBB(enhanced Mobile Broadband)
  - 高速大容量通信
- mMTC(massive Machine Type Communications)
  - 超大量端末通信
- URLLC (Ultra-Reliable and Low Latency Communications)
  - 超高信頼低遅延



## 5G Toolbox™ がリリース

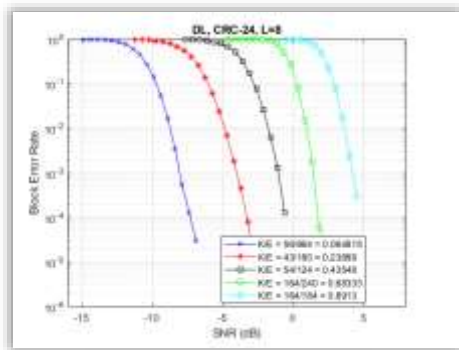
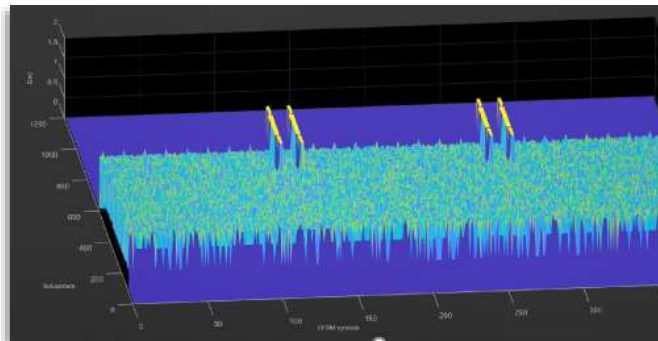
# 5G

### R2018b

3gpp Rel. 15 をサポート

バージョン 15.2.0 (2018年6月)

# 5G Toolboxの適用アプリケーション



## 波形生成と解析

- New Radio (NR) サブキャリア間隔とフレーム numerologies

## End-to-Endのリンクレベルシミュレーション

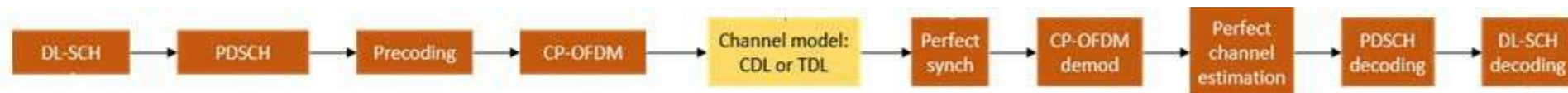
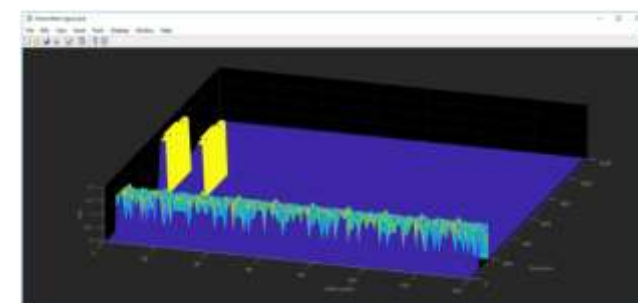
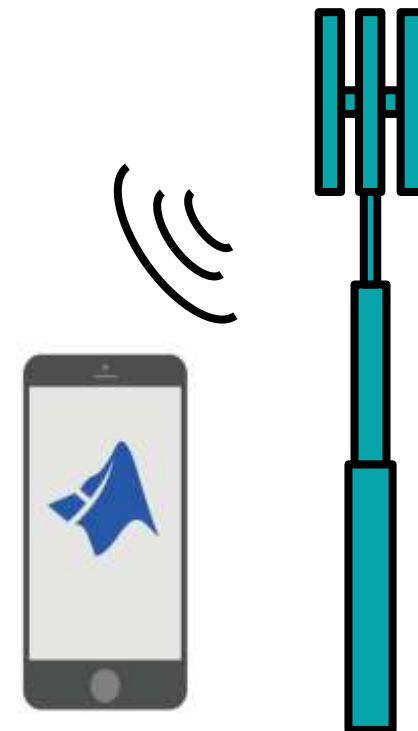
- 送信機、チャネル、受信機
- BER、Throughput解析

## ゴールドンリファレンスデザインの検証

- 提供される関数はエディット可能で、編集して、5Gシステムおよびデバイスの実装のための参照モデルとして活用可能

# 5G Toolbox

- 波形生成
- ダウンリンク向け-送信と受信
- TDL と CDL のチャネルモデル
- 物理チャンネルと信号生成
- リンクレベルのシミュレーションとThroughput解析
- 同期バースト
- セルサーチの手順
- 各種例題を参照



# 内容

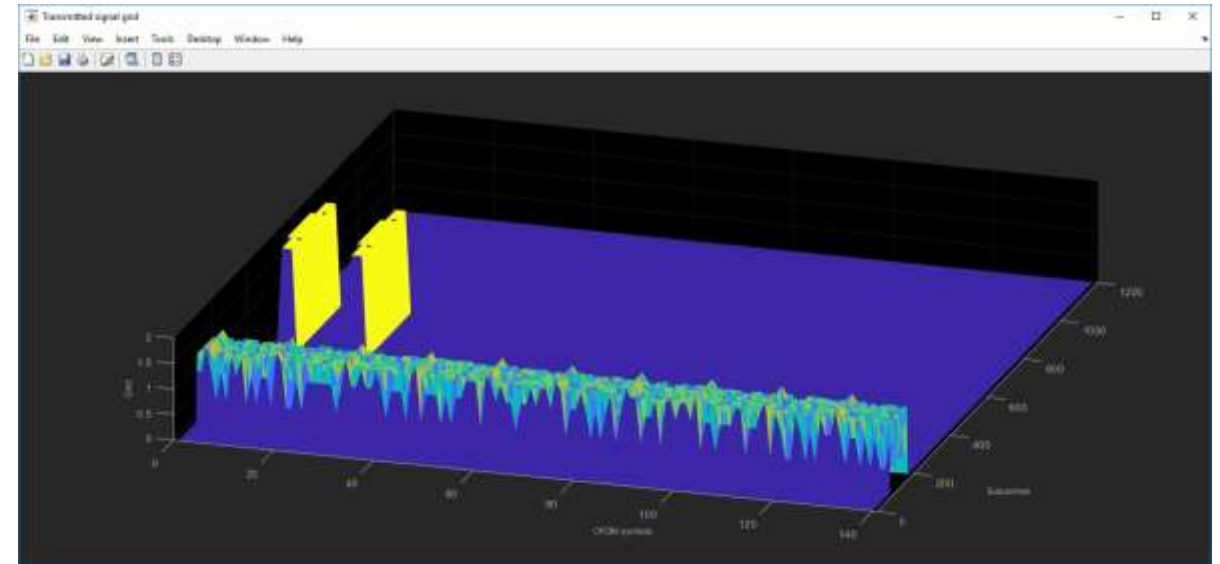
- 波形生成と解析
- End-To-Endリンクレベルシミュレーション
- リファレンス(参照)検証

# 内容

- 波形生成と解析
- End-To-Endリンクレベルシミュレーション
- リファレンス(参照)検証

## 5G 波形生成

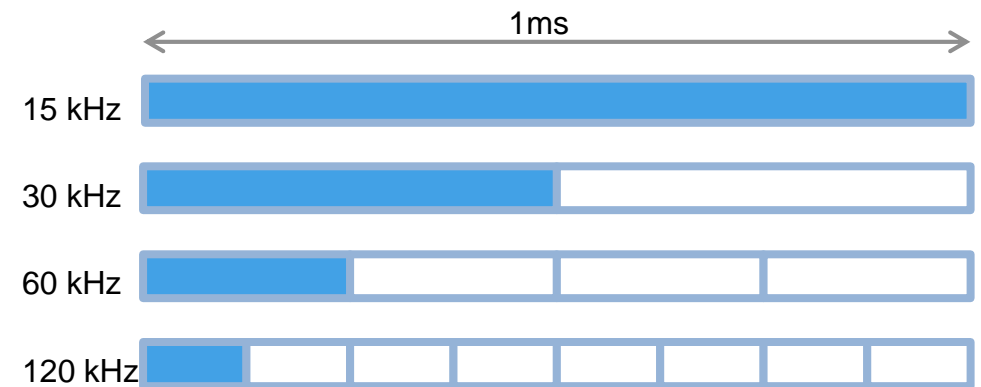
- 5G Toolboxがダウンリンク波形生成をサポート
  - CP(Cyclic Prefix)を用いた OFDM 波形: CP-OFDM
- 
- 生成波形機能:
    - 複数の Bandwidth parts
    - 複数の PDSCHs
    - パラメタライズ可能なSSバースト
    - 複数の CORESETS



## Numerology (サブキャリアの間隔)

- サブキャリアの間隔は、15kHz の2のべき乗倍に設定可能
- Toolboxでサポートされる可変サブキャリア間隔
- Toolboxで生成された波形には、サブキャリア間隔の混合可能

| M        | $Df = 2^M * 15\text{kHz}$ | Slots / ms |
|----------|---------------------------|------------|
| <b>0</b> | 15                        | 1          |
| <b>1</b> | 30                        | 2          |
| <b>2</b> | 60                        | 4          |
| <b>3</b> | 120                       | 8          |
| <b>4</b> | 240                       | 16         |
| <b>5</b> | 480                       | 32         |



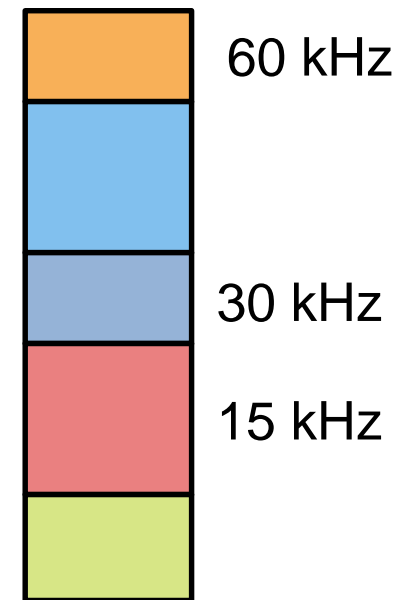


## サポートされる最大帯域幅

| M | $\Delta F = 2^{M*}$<br>15kHz | Max<br>NDLRB | nrREs | nrREs* $\Delta F$ MHz |
|---|------------------------------|--------------|-------|-----------------------|
| 0 | 15                           | 275          | 3300  | 49.50                 |
| 1 | 30                           | 275          | 3300  | 99                    |
| 2 | 60                           | 275          | 3300  | 198                   |
| 3 | 120                          | 275          | 3300  | 396                   |
| 4 | 240                          | 138          | 1656  | 397.44                |
| 5 | 480                          | 69           | 828   | 397.44                |

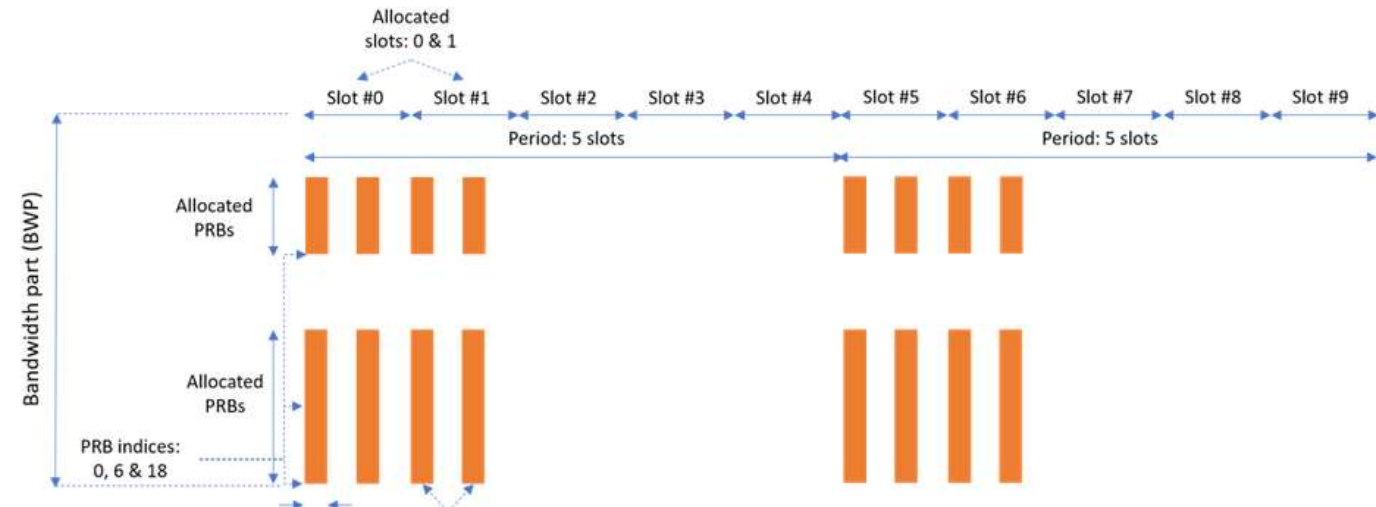
## Carrier Bandwidth Parts

- 帯域を Carrier Bandwidth Parts (CBP) に分割
  - 連続するリソースブロック
- 各 CBP は、独自のサブキャリアの間隔で設定
- 各 UE は DL で最大4つの CBPs に関連付けが可能
  
- 5G Toolboxでは異なる CBPs をサポート



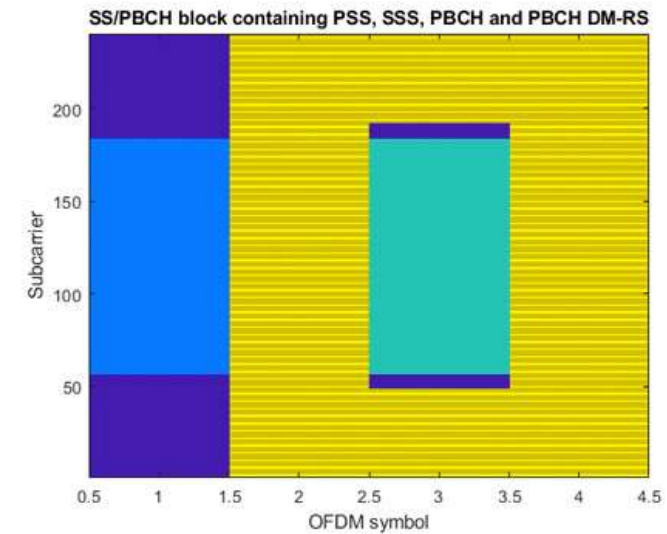
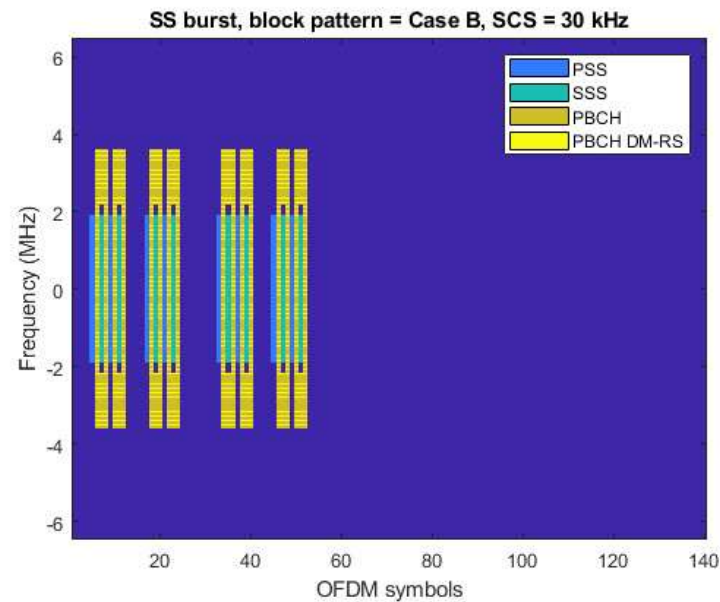
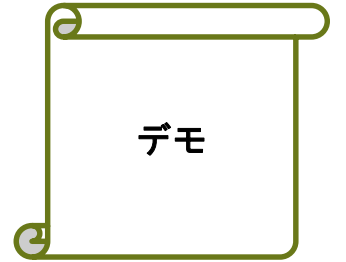
# CORESET とサーチスペースの設定

- Control Resource Set (CORESET) を指定可能
  - 与えられたNumerologyの制御チャネルの可能な場所 (時間と周波数)
  - スロットに割り当てられたOFDM シンボル
  - 期間内に割り当てられたスロット
  - CORESETの継続時間は、1,2または3で指定
  - PRBのオフセットの指定



# ダウンリンク物理層チャンネルと信号

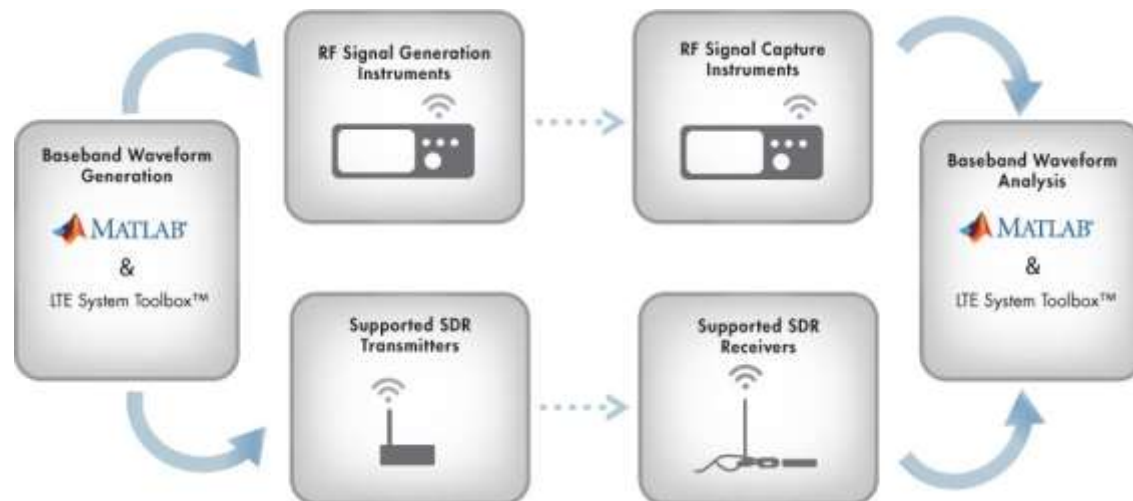
- 共有、制御、ブロードキャストチャンネル
  - PDSCH、PDCCH、PBCH
- 同期とリファレンス信号
  - PSS、SSS、DM-RS



# ハードウェアを使用してテストで活用

## 5G信号をテストで活用

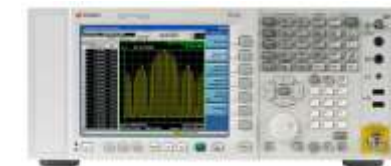
- MATLAB上で生成した信号の送受信をHW上で実現
- 中心周波数やサンプリング周波数といったHWパラメータをMATLABから調整可能
- MATLAB上の様々なツールを使って、受信したIQ信号の解析が可能
- 実際のRF信号を使った、デザインの確認及び検証



Zynq SDR



RF Signal Generator



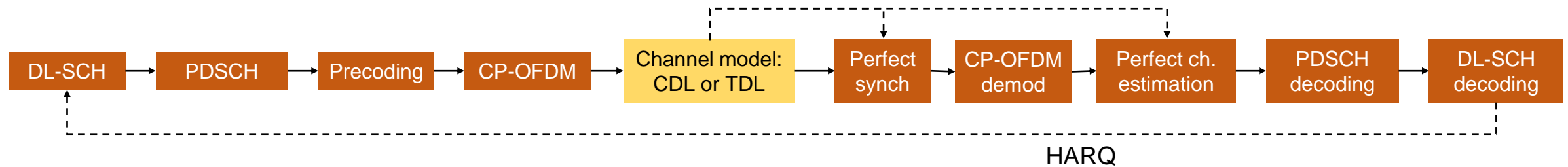
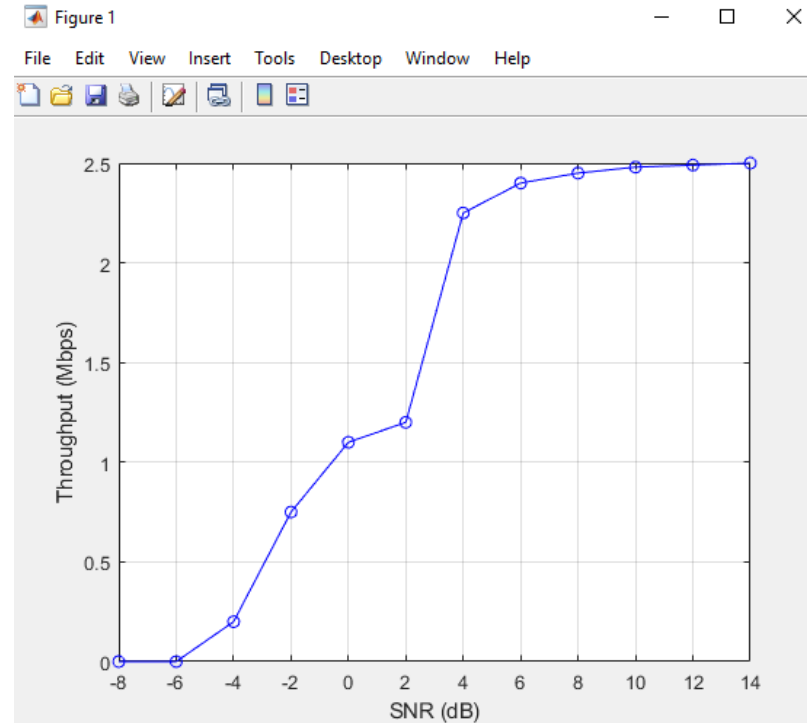
Spectrum Analyzer

# 内容

- 波形生成と解析
- End-To-Endリンクレベルシミュレーション
- リファレンス(参照)検証

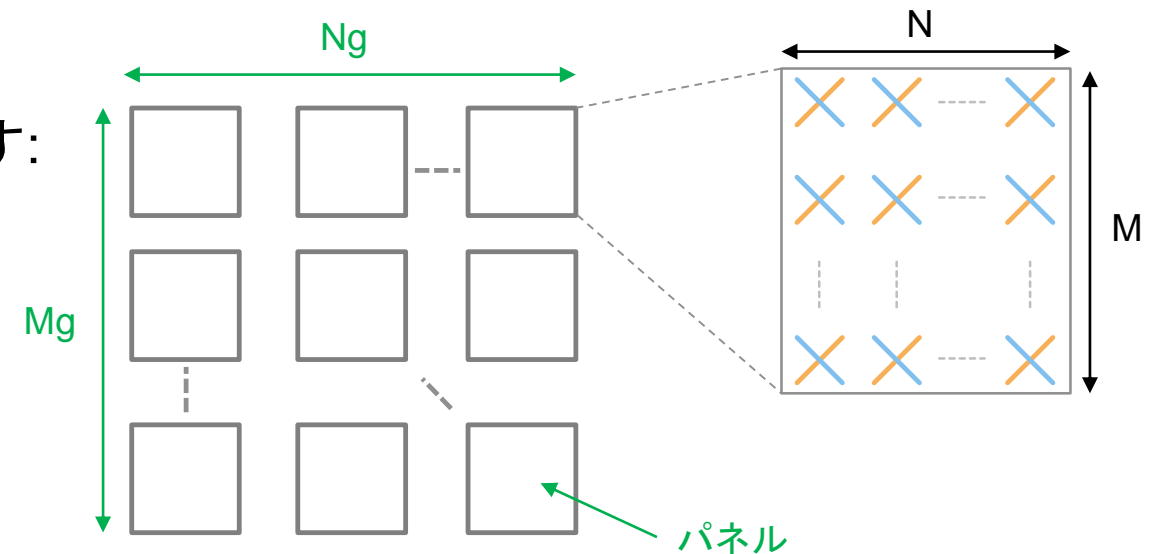
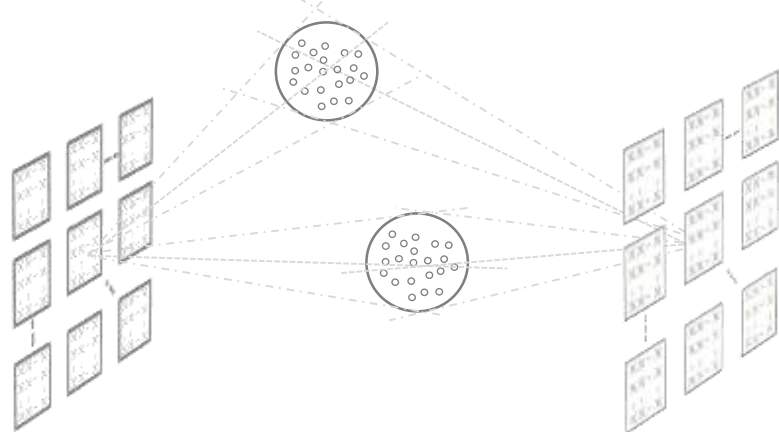
# 5G 処理フロー (End-to-End)

## リンクレベルのシミュレーション



# 5G チャンネルモデル

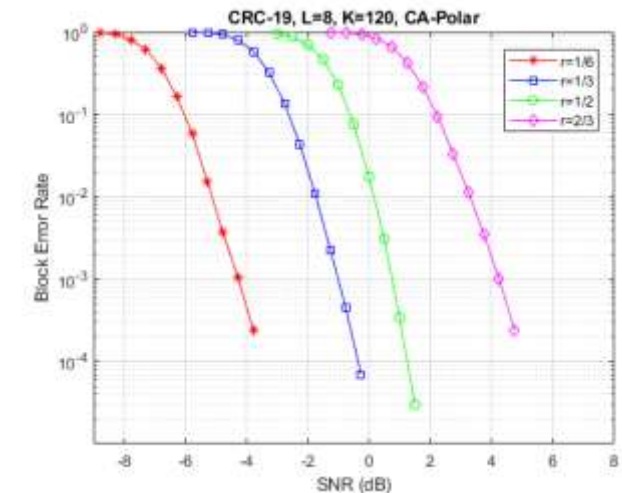
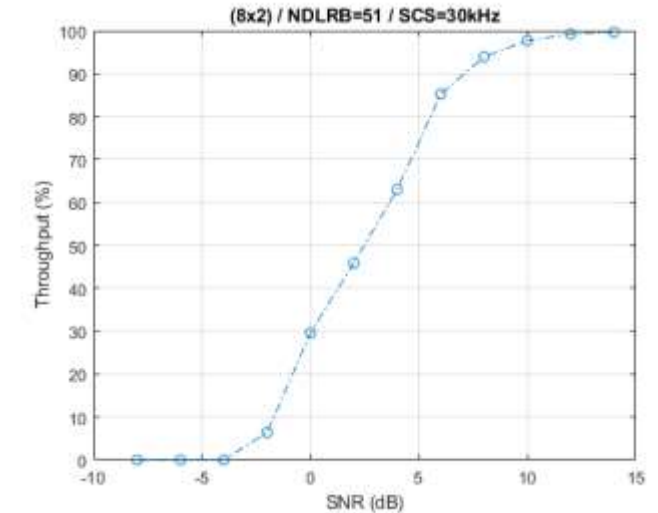
- 5G チャンネルモデル TR 38.901 の実装
- 以下のコントロールが含まれます。
  - 遅延プロファイル: TDL および CDL プロファイル: A、B、C、D、E、またはカスタム
  - チャンネル遅延スプレッド
  - ドップラー偏移
  - MIMO 相関
  - CDL: 空間チャンネルモデル, も含まれています:
    - アンテナレイ形状 [M, N, P, Mg, Ng]





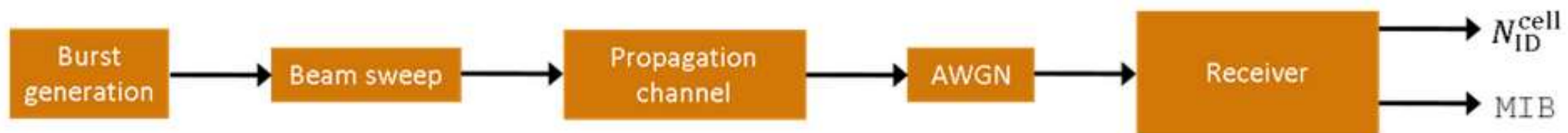
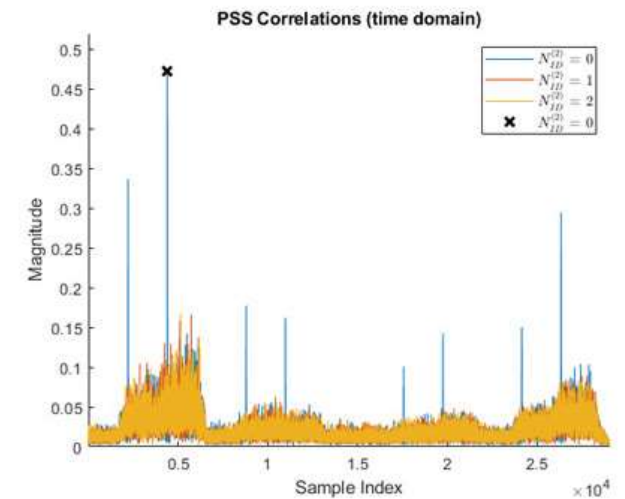
# トランスポートチャンネル

- 巡回冗長検査 (CRC) 符号化と復号
- DL-SCH: LDPC (符号化)、デコード、レートマッチング、およびレトリカバ。
- LDPC符号: セグメンテーション、デセグメンテーション
- DCIとBCH: ポーラ符号/復号、レートマッチングおよびレトリカバ。

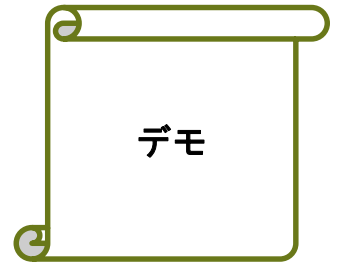


# セルサーチ

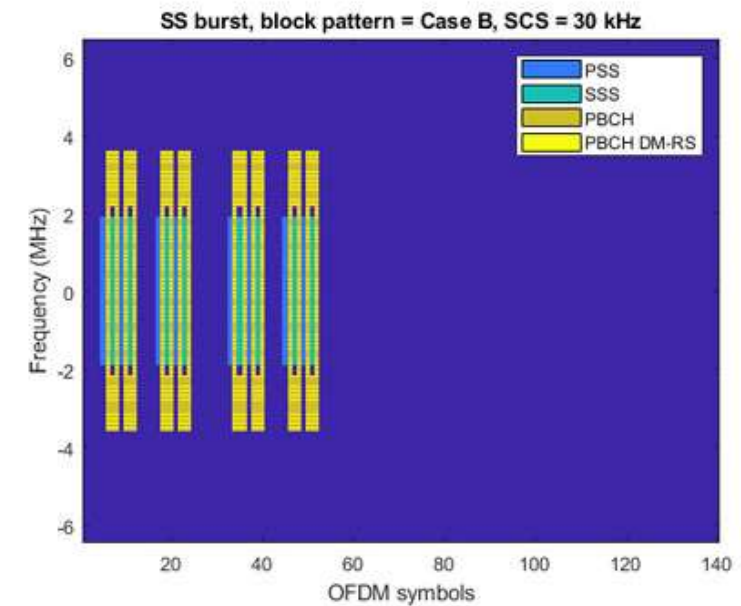
- マスター情報ブロック (MIB) を含むセル ID と初期システム情報を取得する
- 次の手順を実行します。
  - バースト生成
  - ビーム掃引
  - TDL 伝播チャネルモデルと AWGN
  - 受信機の同期と復調



# 同期



- 同期信号 (SS) バーストの構築
- フェージングチャネルを介して波形を渡す
- 同期を使用して波形を受信する
  - プライマリ同期信号 (PSS)
  - セカンダリ同期信号 (SSS)
  - PBCH 復調基準信号 (PBCH DM-RS)
- PBCH のデコードと解析を実行する

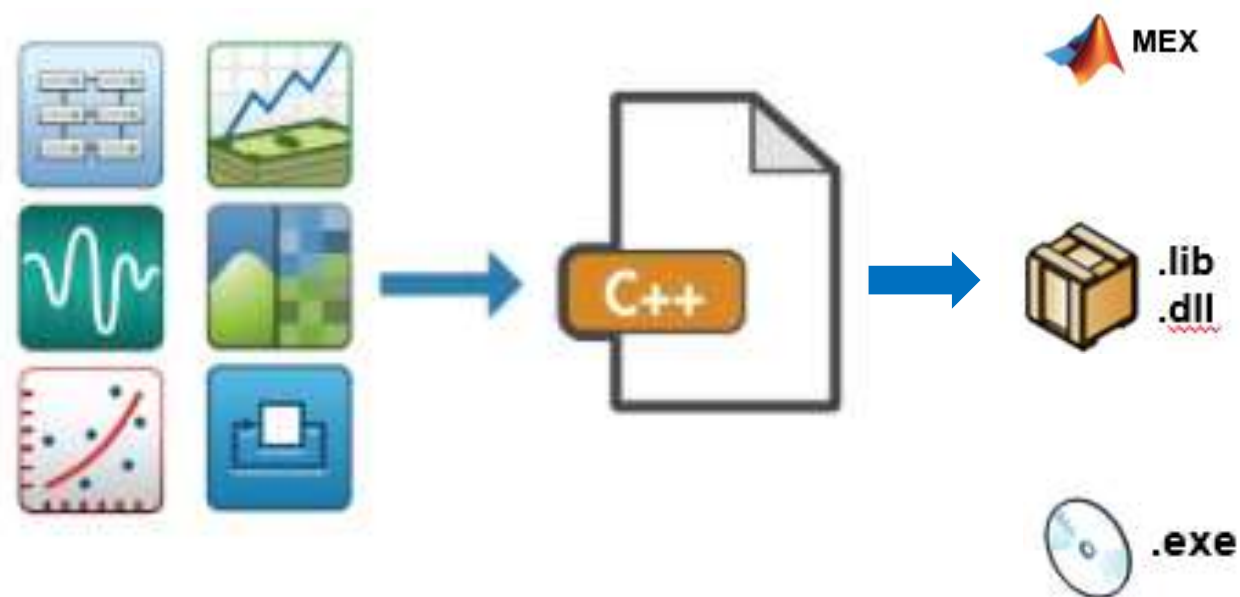
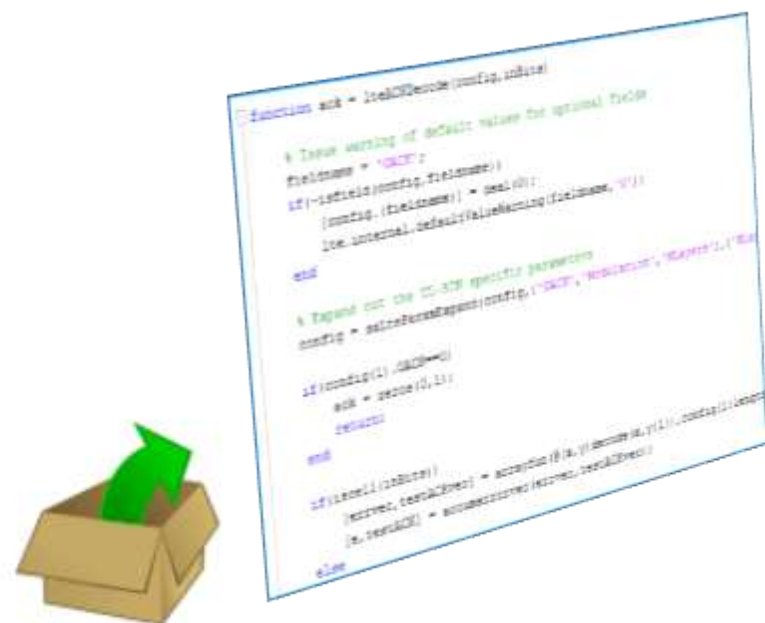


# 内容

- 波形生成と解析
- End-To-Endリンクレベルシミュレーション
- リファレンス(参照)検証

## 5G Toolboxは、カスタマイズ可能なアルゴリズムを提供

- すべての関数は、編集、カスタマイズ可能なMATLAB コード
- C/C++コード生成:  
MATLAB Coder™で対応



## まとめ

- 5G Toolbox がリリースされました。
- 5G システムのシミュレーション・テストに活用
  - 波形生成
  - PDSCH スループットシミュレーションを含むリンクレベルシミュレーション
  - リファレンスになる、関数、例題を活用した検証

