

# サイバーフィジカル融合によるB5G/6Gネットワーク 実現を目指す高度電波模擬システム

松村 武

国立研究開発法人情報通信研究機構  
ワイヤレスネットワーク総合研究センター  
ワイヤレスシステム研究室

1. 背景
2. 高度電波模擬システム(CPSエミュレータ)
  1. 概要
  2. 対象システム、周波数、環境
  3. 仕様拡張計画
3. CPSエミュレータにより実現するB5G基盤技術
4. まとめ

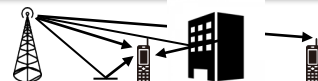
## 背景

- Society5.0時代は、これまで以上に多くの機器が通信を行い、通信量の増大による周波数逼迫、相互干渉による周波数利用効率の劣化など、様々な問題が発生する。
  - 新たな電波システム開発や既存システムとの共存技術開発には多大な時間、費用が必要。
  - 実無線機による運用試験は特定環境下で実施されることが多く、様々な環境での検証が困難。また環境変動により再現性の確保が困難。
  - 実証フィールド環境に数千台規模の実無線機を設置しての大規模システム検証が困難。
- 新しい電波システムのデザイン、評価、検証を低コストかつ短時間で可能とするためには、様々な環境やシナリオを定義でき、物理的な試作機のみでなく、仮想的な無線機による実験環境が模擬可能な、新しい概念の電波模擬システムを開発する必要がある。

## 目的

様々な電波システムを、仮想空間上で高精度かつリアルタイムにエミュレーション可能な電波模擬システムを開発し、無線通信に関わる多様な事業者が、インフラ／システム／プラットフォーム／アプリケーション／サービスなどのデザイン、評価、検証が可能となるテストベッドを提供する。

電波伝搬を仮想空間上で高精度に模擬



疑似無線機で任意の電波システムを模擬



サーバ上に構築した仮想空間でリアルタイムにエミュレーション



1万台規模の大規模評価

複数／異種システムの運用模擬

実機検証で再現性のよい試験環境を確保

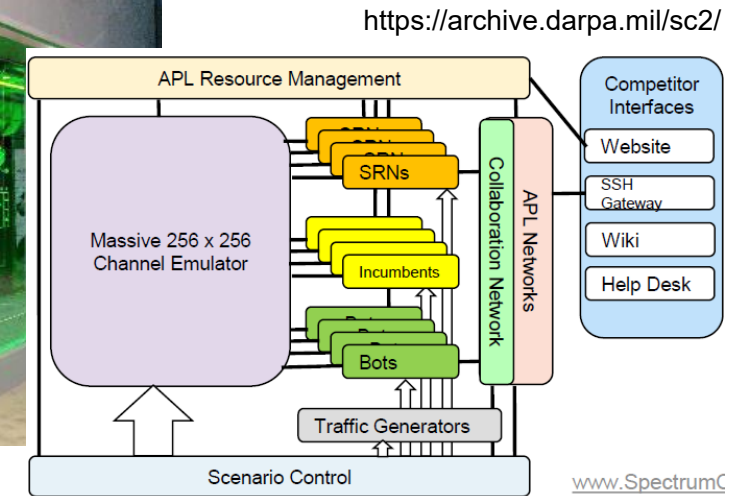
開発／実験／検証のコストカット

## ● Colosseum構成

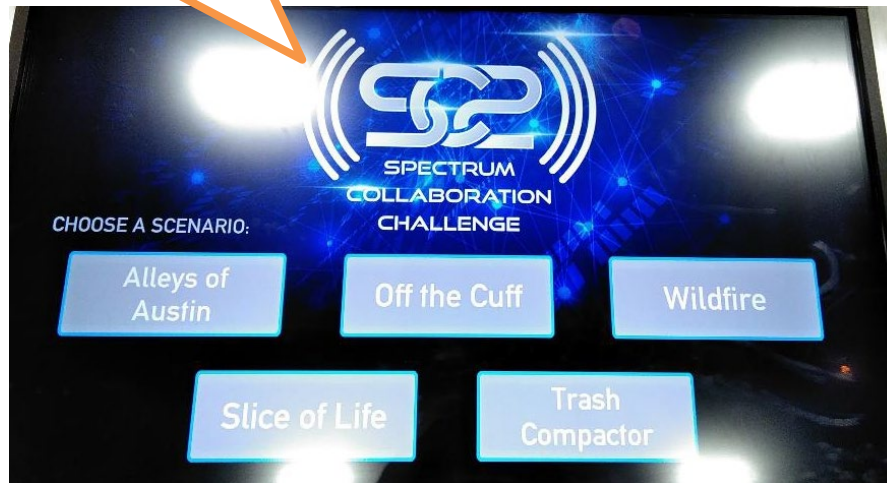
- ▶ 128台のUSRP (256 nodes)
- ▶ リンク数256 x 256のチャネルエミュレータ
- ▶ チャネル帯域幅: 80 MHz



MWC LA 2019

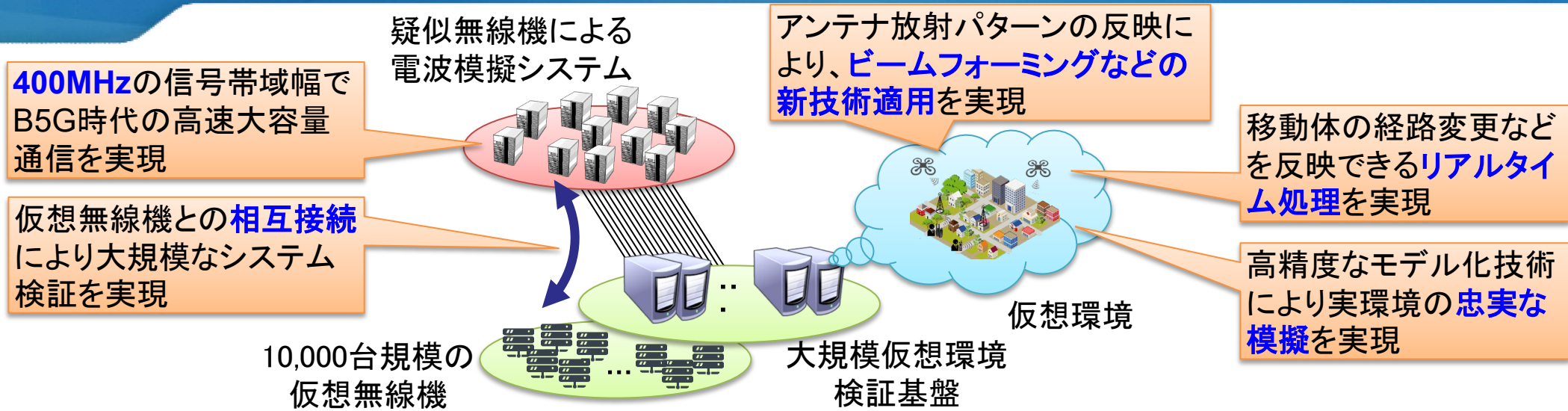


現実社会に即した複数シナリオを設定



森林火災シナリオ上のコンペティションの様様





項目	本研究開発課題	DARPA SC2
エミュレーション規模	疑似無線機128台 ( <b>実無線機も接続可</b> ) + <b>仮想無線機10,000台</b>	疑似無線機 <b>128台のみ</b>
検証項目	疑似無線機による検証の他、実無線機による <b>アプリケーション、ミリ波帯ハードウェア設計の検証</b>	疑似無線機 ( <b>Sub-6 GHzに制限</b> ) を用いた <b>システム、アルゴリズムの検証</b>
リアルタイム性	移動局の移動経路変更などを <b>リアルタイム</b> に反映	事前設定経路のみ (エミュレーション途中の <b>移動経路変更は不可</b> )
伝搬特性のモデリング	3つのレイヤに分けて、周辺環境の違いによる <b>最適なモデリング方式</b> を選択	事前設定経路に基づき、サンプリング時間単位で <b>レイトレーシング</b> により取得
エミュレーション環境	<b>屋内・屋外</b>	<b>屋外のみ</b>
アンテナ放射パターン	<b>放射パターン</b> を考慮したアンテナモデルの適用	<b>無指向性アンテナ</b>
無線信号処理能力	B5Gを想定した <b>400MHz帯域幅</b> の信号処理	<b>80MHz帯域幅</b> までの信号処理

システム	検討シナリオ
ドローン／ロボット	■ 橋梁等のインフラ点検、森林等の救護活動支援での中継不具合など、 <b>見通し外遠隔操作時の課題検証</b>
ITS	■ 他車、歩行者等の模擬による自動走行システムとセルラやIoTを統合した <b>リアルタイムな統合システム検証</b>
スマートオフィス	■ オフィス家具配置や人の移動も含めた無線通信最適配置と効率的運用のための <b>電波可視化技術の実現</b>
スマート工場	■ 人・AGVが移動する環境でのモデル単純化による <b>機密性を維持した電波システム最適運用検証基盤の構築</b>
次世代スマートメータ	■ 多数のメータ、センサから計測データ等を収集する数百台規模の <b>大規模システム検証手法の確立</b>
5G/B5Gセルラシステム	■ 帯域内全二重通信技術やダイナミック周波数共用技術など <b>B5Gに向けた新規技術の検証</b> ■ <b>準ミリ波帯・ミリ波帯を用いた無線通信システム</b> の実用化に向けた検証環境の整備

具体的な6つのシステムを選定し、実用的なシナリオを設定

ドローン／ロボット	無人移動体画像伝送システム (169MHz帯)	ARIB STD-T108 (920MHz帯)	無人移動体画像伝送システム (2.4GHz帯)	無人移動体画像伝送システム (5.7GHz帯)		
ITS		高度交通システム (760MHz帯)		DSRC (ARIB STD-T75) (5.8GHz帯)		車載レーダ (70GHz帯)
スマートオフィス		IoT, Wi-SUN (920MHz帯)	Wi-Fi (2.4GHz帯)	Wi-Fi (5.2/5.3/5.6GHz帯)	ローカル5G (28GHz帯)	
スマート工場		IoT, Wi-SUN (920MHz帯)	Wi-Fi (2.4GHz帯)	Wi-Fi (5.2/5.3/5.6GHz帯)	ローカル5G (28GHz帯)	IEEE 802.11ad (60GHz帯)
次世代スマートメータ		Wi-SUN (920MHz帯)	Wi-Fi (2.4GHz帯)			
5G/B5Gセルラシステム			5G (3.7, 4.5GHz等)		5G/B5G (28GHz帯)	B5G (~100GHz)

6つのシステムで用いる電波システムと周波数をサポート

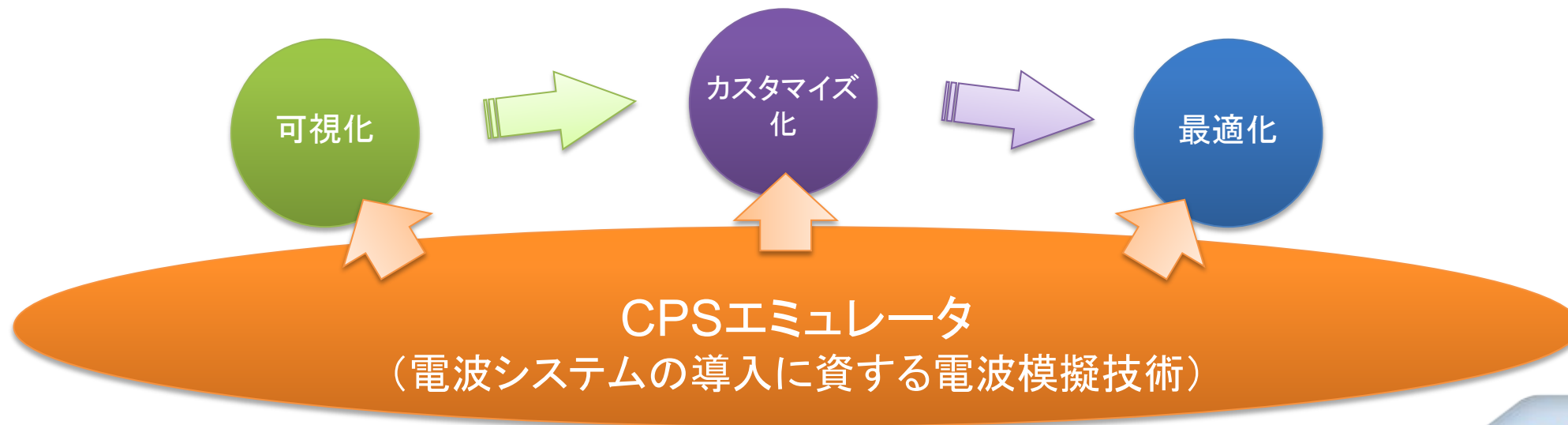
## 4年間で段階的に整備する計画

	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度
疑似無線機台数	最大32台 ↑↓ 相互接続無	最大64台 ↑↓ 相互接続無	最大96台 ↑↓ 一部相互接続有	100台以上 ↑↓ 相互接続有
仮想無線機ノード数	200-300 nodes	2,000 nodes	5,000 nodes	10,000 nodes
想定リンク数	16 × 16	32 × 32	96 × 96 (Sub6GHz帯) 10 × 10 (28GHz帯)	最大256 × 256 ≥ 10 × 10 (28GHz帯)
対象周波数	Sub6GHz帯の一部	Sub6GHz帯の一部 28GHz帯拡張検討	Sub6GHz帯 28GHz帯含む準ミリ波帯、 ミリ波帯	Sub6GHz帯 28GHz帯含む準ミリ波帯、 ミリ波帯
信号帯域幅	> 20MHz	100MHz 400MHz検討	100MHz (最大400MHz)	100MHz (最大400MHz)
接続形態	1対1 片方向	1対多 一部双方向 一部中継機能対応	一部多対多 一部双方向 一部中継機能対応	多対多 双方向 中継機能対応
伝送形態	SISO	SISO	SISO 4 × 4 MIMO検討	SISO 4 × 4 MIMO
性能評価項目	基本通信性能 干渉特性	基本通信性能 干渉特性	基本通信性能 スループット特性 干渉特性	基本通信性能 スループット特性 干渉特性

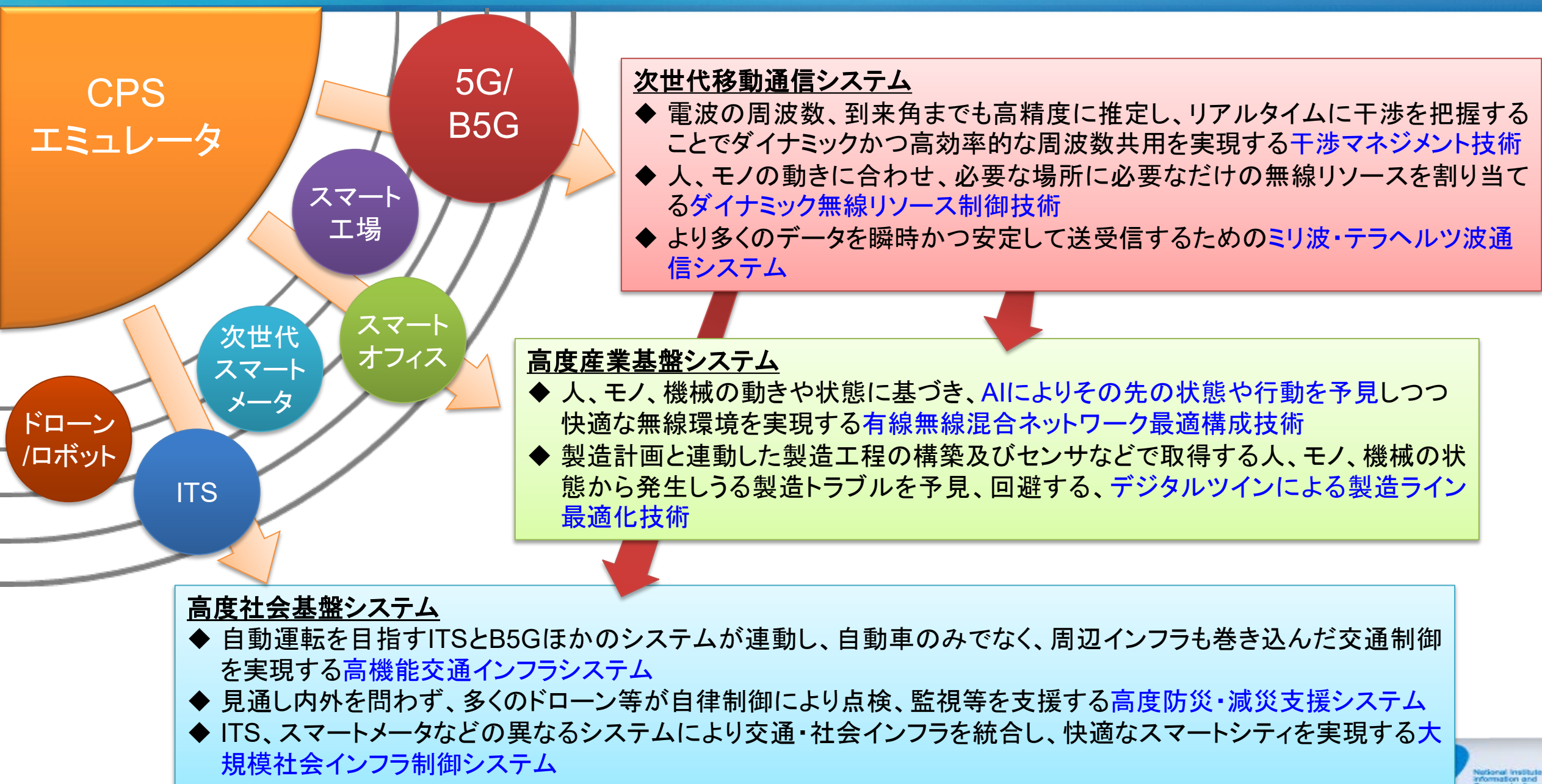
※リンク数と帯域幅はトレードオフの関係にあり、評価対象の周波数にも依存

## Beyond5G/6G時代の電波利用社会に資する次世代ワイヤレス技術

電波が「みえる」社会	電波が「わかる」社会	電波が「いきる」社会
電界強度や干渉電力等の専門性の高い情報が、一般ユーザにも享受可能な社会	一般ユーザが原理・性質を解し、設定の変更や拡張ができるまでに電波システムのリテラシが向上した社会	システム内／システム間の連携により、ネットワーク環境がオンデマンドで最適に構成される社会
電波の可視化	電波のカスタマイズ化	電波の最適化







- 高度電波模擬システム(CPSエミュレータ)開発に取り組む背景及び目的を紹介した。
- CPSエミュレータの目標スペックについて述べ、対象とするシステム、周波数、また整備拡張計画について紹介した。
- B5G時代のネットワークを支える基盤技術としてのCPSエミュレータに期待される役割について述べた。

ご清聴ありがとうございました。

国立研究開発法人情報通信研究機構  
ワイヤレスネットワーク総合研究センター  
ワイヤレスシステム研究室

松村 ([matsumura@nict.go.jp](mailto:matsumura@nict.go.jp))

本研究開発は、総務省の「仮想空間における電波模擬システム技術の高度化に向けた研究開発(JPJ000254)」によって実施した成果を含みます。