

ワイヤレスエミュレータの概要

2022年9月 (Ver. 0.1)

☆総務省の「電波資源拡大のための研究開発」等により令和2年度から同5年度までの期間、仮想空間上に電波伝搬環境を構築し、様々な条件下で無線システムの評価をリアルタイムに行うための電波模擬システム技術の研究開発等をNICTを含む全11機関が受託し実施しています。このシステムを「ワイヤレスエミュレータ」と呼び、本資料によりその概要を説明します。

- 意義
- 開発の背景
- ワイヤレスエミュレータ
- 期待される効果
- 海外における取組
- 基本コンセプト
- 基本構成
- 基本仕様：技術的目標
- 基本仕様：ユースケース、想定利用者
- 基本仕様：対象とするシステムと周波数帯
- これまでの研究成果
- 総務省動画チャンネル情報

- 過去・現在において取得した電波伝搬データをアーカイブ
- 産学官が協働して新しい電波利用システムに関する知財を創出する環境の整備
- 産学が提案する電波利用システムを共通の土俵で知的創造物を公平に評価することにより、才能のある人材・機関・企業の早期発掘
- 屋外実験にかかる時間、費用の低減



公共性の高いワイヤレスエミュレータを
無線通信に関する知見を有する国研が先導して整備し
産学官が連携・競争できる環境を整備することにより
Beyond 5G時代の競争力のある社会を牽引

□ 背景

- ◆ Society5.0、Beyond 5G時代は、これまで以上に多くの機器が通信を行う

- ▷ 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



様々な問題が発生

- ◆ 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実現することが困難

- ▷ 利用する周波数は現状よりも高周波数帯 → 多数の無線機の調達が困難
- ▷ 多くの機器を設置する場所の確保が困難、設置コストが増大



実無線機のみでの評価の限界

サイバー空間上で電波システムを模擬することにより
低コスト、短時間で次世代システムを評価・検証

フィジカル空間

利用シーンに応じた
電波伝搬特性

実無線機による
電波システムの実現

サイバー(仮想)空間で実時間動作できるようにモデル化

実無線機をソフトウェアにより実現

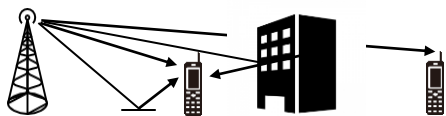
サイバー(仮想)空間

電波伝搬を仮想空間上で高精度に模擬

任意の電波システムを仮想空間上で高精度に模擬

- 様々な電波利用システムを、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
- 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

電波伝搬を仮想空間上で高精度に模擬



各種電波利用システムをソフトウェアで模擬



地図・地形データをもとに実環境を仮想空間上に再現



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

実機検証で再現性のよい試験環境を担保

複数/異種システムの運用模擬

開発/実験/検証のコストカット

ワイヤレスエミュレータ

□ 産業界

- ◆ 電波利用システムの共通の評価環境をエミュレータで用意することにより、屋外実験を行わずに研究・開発した通信方式・アルゴリズムを評価可能
- ◆ 開発した実無線機と連携させることにより、屋外実験を行わずに多数の無線機が協調するシステムのシミュレーションを行うことが可能

□ 官

- ◆ 電波免許の際の干渉調整の計算を迅速に実施が可能
- ◆ 周波数割り当て、周波数共用等、今後の周波数の共存・共用時代における基礎評価を迅速に実施可能

□ 大学・高専

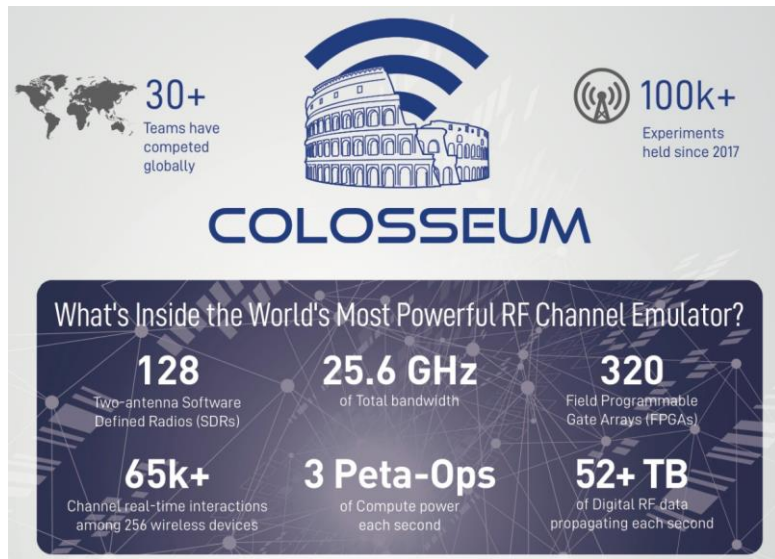
- ◆ 電波利用システムを構成する通信方式、通信システムの大規模評価を迅速に実施可能
- ◆ 産業界が開発した実無線機との連携により、産学連携が促進、新規知財創出が加速
- ◆ 特定のユースケース・電波利用のテーマに関して、各大学・高専がアイデアを持ち寄り、同一環境で評価することにより、無線通信関係の電波利用に関するコンテスト（電波版ロボコン）が実施可能

□ 米国

- ◆ DARPAでは。2017年に6GHz以下のマイクロ波帯に対応した100台程度の実機相当の計算機で構成するRFチャネルエミュレータを実現。コロッセオと称し、コンペを実施。2019年10月以降NSFに移管し研究開発をさらに推進

□ ドイツ

- ◆ Fraunhofer Instituteでは、欧州委員会の研究開発予算の支援を受けて、欧州都市圏を想定した5G向けの電波エミュレータを開発・構築



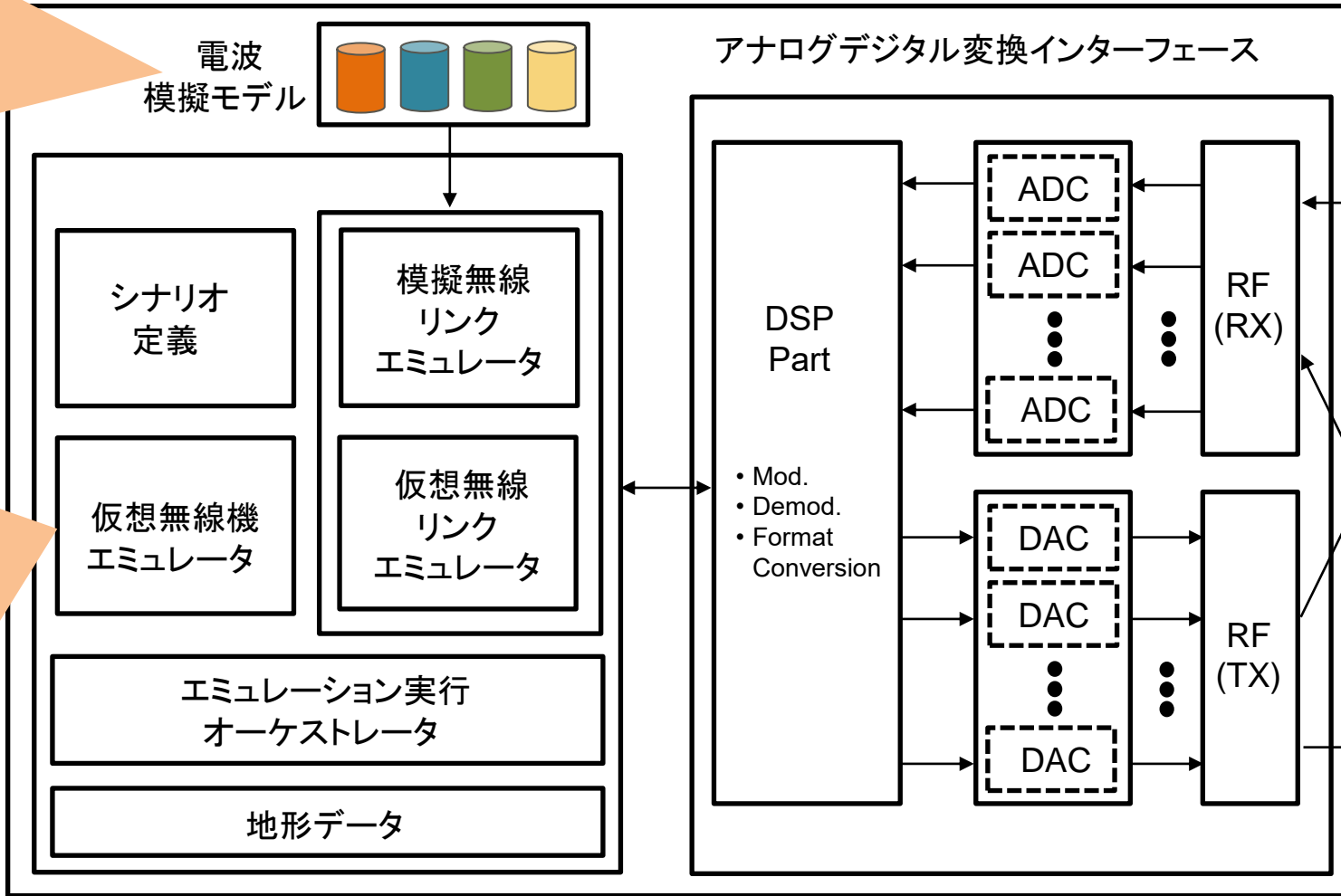
項目	DARPA SC2
エミュレーション規模	疑似無線機128台のみ
リアルタイム性	事前設定経路のみ (エミュレーション途中の移動経路変更は不可)
伝搬特性のモデリング	事前設定経路に基づき、サンプリング時間単位でレイトレースにより取得
エミュレーション環境	屋外のみ
アンテナ放射パターン	無指向性アンテナ
無線信号処理能力	80MHz帯域幅までの信号処理

- **汎用的なプラットフォーム、処理エンジン**を用いて構築されていること
 - ◆ プログラミングが行いやすい、他の用途にも開発事例がある（例えばゲーム）
 - ◆ 多くの既開発の資産が利活用できる
- **3D地図、地形データを建物の材質等も含め取り込む**ことができること
 - ◆ 市販、公共データとして入手可能な3D地図データ
 - ◆ 自身が測定した3D点群データ
- **実環境に近い電波伝搬環境がエミュレーション**できること
 - ◆ 測定データをモデル化したものが搭載できること
 - ◆ 地図や地形データを基に電波伝搬特性が精度よく模擬できること
 - ◆ オブジェクトの位置、移動速度に合わせて電波伝搬環境が**研究開発者の満足できる範囲**で模擬できること
- **実無線システムで採用されている無線通信システムがエミュレーション**できること
 - ◆ 物理層、データリンク層（例：MAC層）、ネットワーク層のみならず、各種アプリケーションも利用可能
 - ◆ 各種評価（データ誤り率、伝送特性、キャパシティ、各種干渉推定）を行うことができる
 - ◆ オブジェクトの位置、移動速度に合わせて無線システムが**研究開発者の満足できる範囲**で模擬できること
- **実無線機と連携・協調動作**できること
 - ◆ 研究開発者が自身の実無線機をワイヤレスエミュレータに接続し、実環境・仮想環境協調評価を行うことが可能

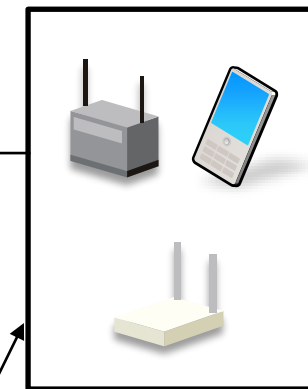
大規模仮想環境検証基盤(ワイヤレスエミュレータ)

決められたユースケース、無線パラメータにおいて、各位置における電波伝搬特性がモデル化

仮想無線機、実無線機、地形データ、電波模擬モデルを用いて無線通信システムの評価を実施



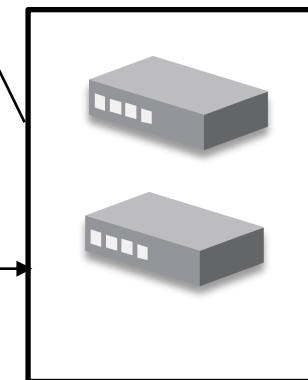
実無線機



利用者が開発した実無線機

エミュレータ上の仮想無線機と連携・協調動作可能

疑似無線機



通信方式・無線パラメータを変更可能な無線機

研究成果を実無線機開発前に反映可能

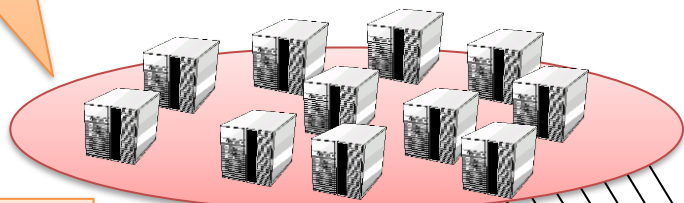
400MHzの信号帯域幅でB5G時代の高速大容量通信に対応

アンテナ放射パターンの反映により、**ビームフォーミング**などの**新技術適用**を実現

高精度なモデル化技術により実環境の**忠実な模擬**を実現

移動体の経路変更などを反映できる**リアルタイム処理**を実現

実無線機、疑似無線機



仮想環境



仮想無線機との**相互接続**により大規模なシステム検証を実現



10,000台規模の仮想無線機



電波システムエミュレーション環境

項目	目標仕様
実無線機台数	最大128台 (送受信256ポート)
仮想無線ノード数	10,000台
物理リンク数	最大256 × 256 ≥10 × 10(準ミリ波帯)
対象周波数	Sub-6 GHz帯 28 GHz帯含む準ミリ波帯 60 GHz帯含むミリ波帯
信号帯域幅	最大400 MHz
接続形態	多対多通信 中継機能対応
伝送形態	4 × 4 MIMO (5G/B5G)

大規模仮想環境検証基盤：ワイヤレスエミュレータ

ユースケース

システム	環境	想定シナリオ
5G/B5Gシステム	屋内 屋外	B5G実現のための 新規要素技術検証
ドローン/ ロボット	屋内 屋外	遠隔インフラ点検 防災・減災・救護活動支援
ITS	屋外	無線通信とセンサを融合した 自動運転等を志向した統合型ITS
スマート オフィス	屋内	スマートオフィス高度化のための無線通信 の利活用
スマート 工場	屋内	人・センサ・機械混在環境での電波環境最 適モデリング
次世代 スマートメータ	屋内 屋外	スマートシティ、スマートメータ実現のための 新規要素技術検証

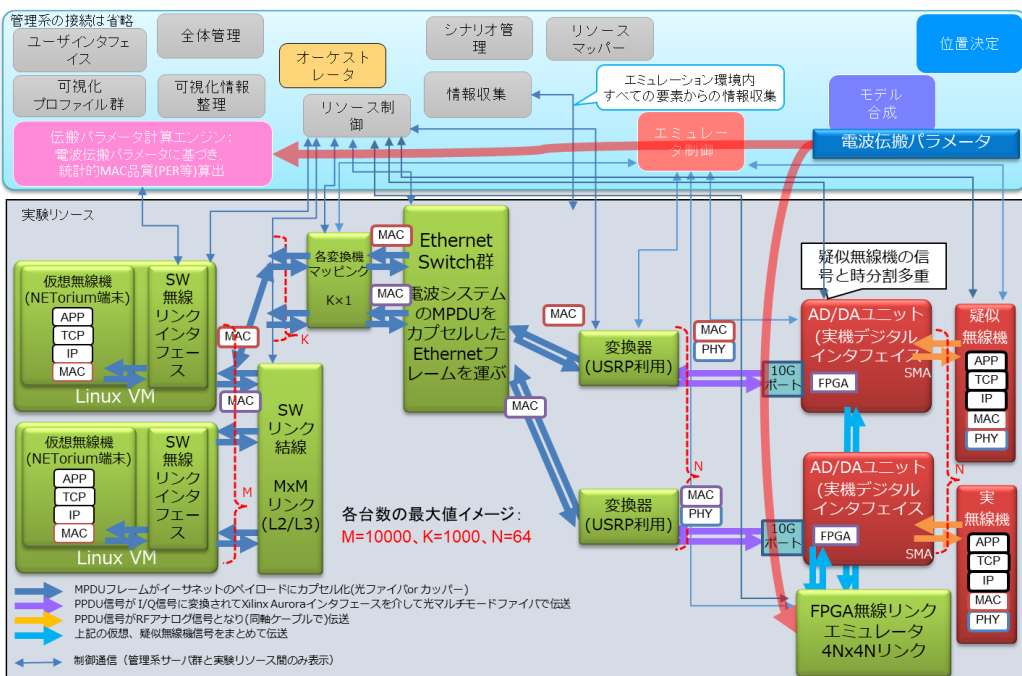
想定する利用者

通信 キャリア	<ul style="list-style-type: none"> Society5.0時代の社会基盤を支えるB5Gを実現する通信方式及び通信ネットワークの設計・評価・検証 実運用が想定される環境を再現し、電波伝搬の見える化による最適な基地局配置等の検証
サービス プロバイダ	<ul style="list-style-type: none"> サービス拡大に伴うインフラ側のスケーラビリティテスト、サービス継続の限界条件などの技術的検証
装置 ベンダ	<ul style="list-style-type: none"> 自社の無線機器を用いた新規システム設計、新規サービス導入のための大規模検証
行政	<ul style="list-style-type: none"> 電波免許取得のための電波干渉検討等の計算 干渉回避・共存のためのシミュレーション 国際標準化のためのデータ取得、通信方式比較

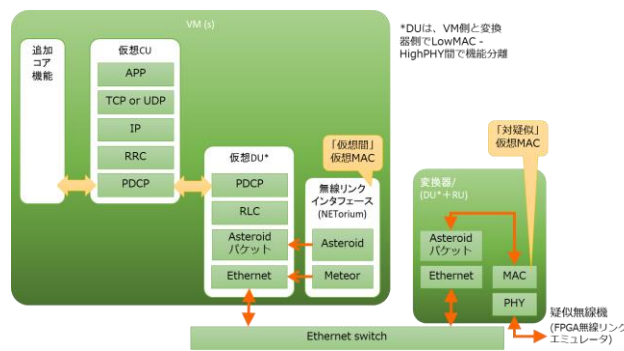
システム	対象電波システム及び周波数帯					
ドローン／ ロボット	無人移動体画像 伝送システム (169MHz帯)	ARIB STD-T108 (920MHz帯)	無人移動体画像 伝送システム (2.4GHz帯)	無人移動体画像 伝送システム (5.7GHz帯)		
ITS		高度交通 システム (760MHz帯)		DSRC (ARIB STD-T75) (5.8GHz帯)		車載レーダ (70GHz帯)
スマートオフィス		IoT, Wi-SUN (920MHz帯)	Wi-Fi (2.4GHz帯)	Wi-Fi (5.2/5.3/5.6GHz帯)	ローカル5G (28GHz帯)	
スマート工場		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)			
B5G含むセルラ システム			5G (3.7, 4.5GHz等)		5G/B5G (28GHz帯)	B5G (~100GHz)

これまでの主な研究成果 (1/2)

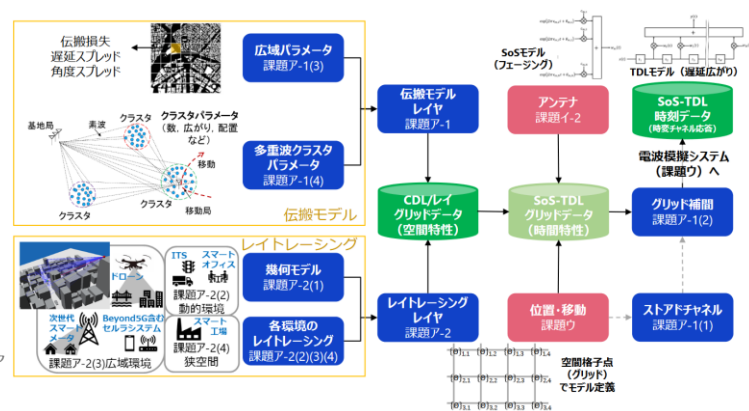
- ① 大規模仮想環境検証基盤上で、電波相互作用を模擬する無線リンクエミュレータとそれに接続される仮想無線機および疑似無線機とのインタフェースをそれぞれ実装中
- ② OSSによる5G NR仮想無線機、IEEE 802.11 ax、IEEE 802.15.4 (Wi-SUN)の仮想無線機を実装中
- ③ 電波伝搬特性の取得データから空間上の各格子点における電波伝搬モデルを構築するパラメータを補間することにより連続的な時変チャネル応答を実現する方法を開発
- ④ 伝搬データを参照した無線機の状況変化に応じて地理座標とローカル座標を対応づけ、無線機等の移動経路定義を経たエミュレーションシナリオを実現できる機能を実装中



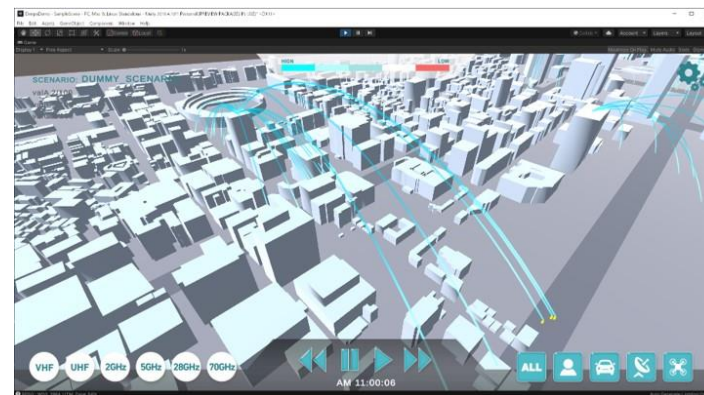
①: 大規模仮想環境検証基盤の構成図



②: 5G NR対応仮想無線機スタック



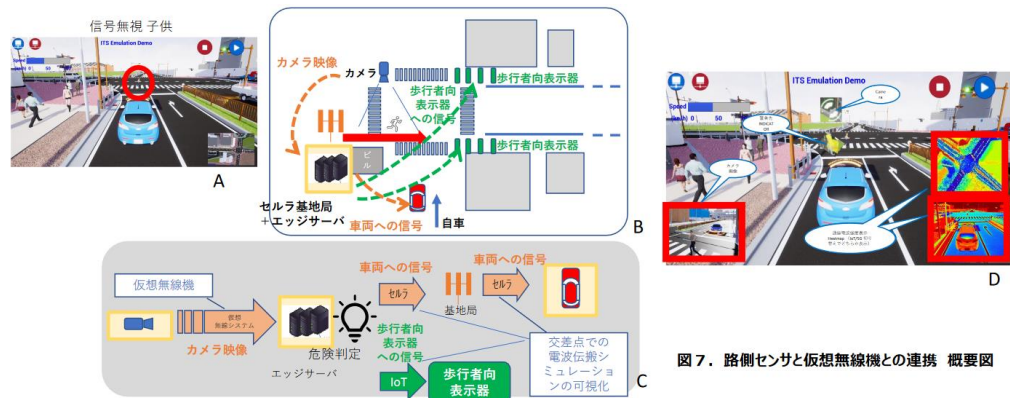
③: ワイヤレスエミュレータにおけるチャネル応答の生成



④: エミュレーション実行画面の例

これまでの主な研究成果 (2/2)

- ① 仮想空間における評価結果を、自動運転を含むITS環境、スマートオフィス、ドローン環境を想定し、可視化する技術の開発を実施
- ② 64台の疑似無線機が仮想環境の無線機と連動動作する模擬無線システムの開発を実施



①-1: 自動運転を含むITS環境を想定したエミュレータでの評価結果の可視化環境の実装



①-2: オフィス環境を想定したエミュレータでの評価結果の可視化環境の実装



②: 疑似無線システム (複数の疑似無線機により構成)

◆総務省動画チャンネル

(日) 電波エミュレータとは? – 電波エミュレータでSociety5.0の実現を –

<https://www.youtube.com/watch?v=Fh0XP28x36A>

(英) What is the wireless emulator? – Society 5.0 is realized by the wireless emulator. –

<https://www.youtube.com/watch?v=MnN1f3CIYk8>

ぜひYouTubeチャンネルをご御覧ください。