

# B5G時代のシステム・サービス創出に資する テストベッド構築・運用に関するNICTの取組み

国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) オープンイノベーション推進本部 ソーシャルイノベーションユニット総合テストベッド研究開発推進センター 児島 史秀

第20回関西オープンフォーラム (KOF2021) 令和3年11月13日

## サマリ

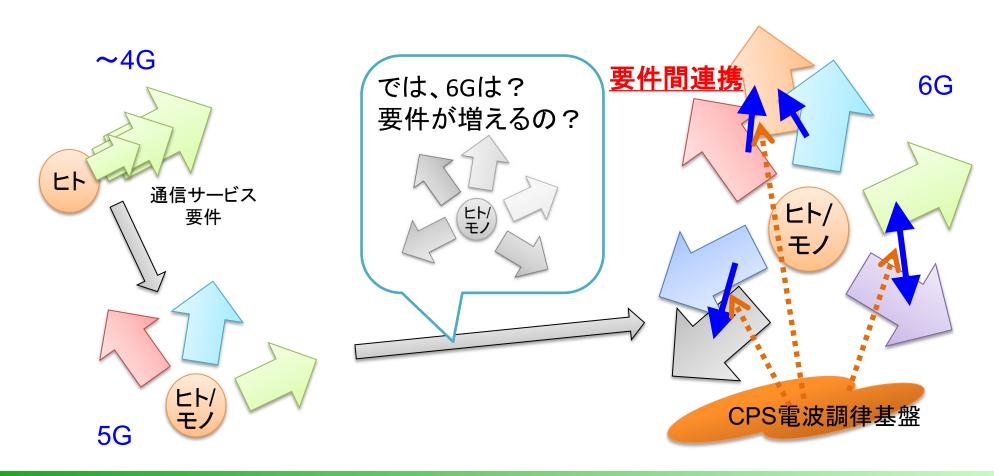


- B5G/6G時代の無線通信は、通信サービス要件の向上、多様化に加えて、サイバー・フィジカル連携を通じた要件間の連携と調和が前提
  - ▶ ヒトからモノへ、これまでにない環境へ; CPS技術を活用したさらなるサービス多様化・高度化が期待されている
- B5G/6G時代の多様化システム・サービスの検証にテストベッドは不可欠
  - ▶ 先進性・中立性・透明性を有するNICTは、これに貢献できる
- 将来のテストベッドは柔軟性を旨とし、循環進化を実現する
  - ▶ 動向・二一ズを迅速に汲み上げ、適切なビジネス化・サービス創出に寄与する
- ・ テストベッド環境を有機的に構築・運用するために、ネットワークレイヤに加えて、プラットフォームレイヤ、ミドルウエアレイヤを含めた充足が重要
  - ▶ プラットフォーム: xData、自動翻訳、AI等を含めたマルチAPI
  - ▶ ミドルウエア: ミドルウエア群となるCPS基盤、可視化・制御サーバ群
  - ▶ ネットワーク:コア、アクセス、ワイヤレスNW、エッジ・クラウド基盤

### B5G/6Gの展望



- 通信サービス要件の向上、多様化に加えて、「要件間連携・調和」を想定
  - ▶ CPS技術を活用したさらなるサービス多様化・高度化に期待



## B5G/6Gに向けた研究開発方向性



- コロナ禍に代表される新しい時代の、新しい無線通信要件にも対応
  - ▶ 地上系無線システムの研究開発を三本柱のプロジェクトにより進行

#### NICTの役割:

- ・地上系電波利用の有効な提言を行う唯一の国立研究機関
- <u>電波産業の方向性</u>に合致し、先進的研究開発を公平性ある立場で行い、標準化・認証等を経て成果の社会展開を図る



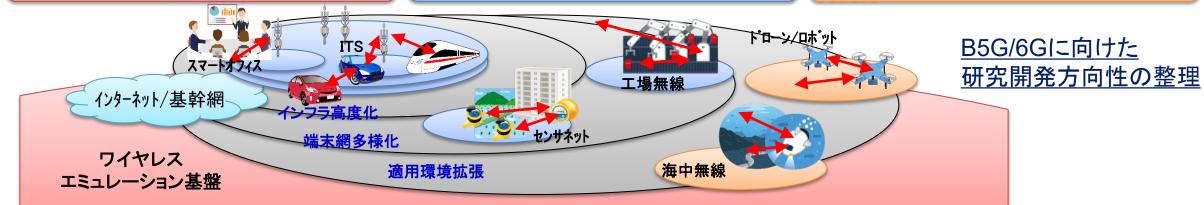
#### NICTの B5G/6Gターゲット

※ポイント:

◎標準化・認証化、◎企業・他機関連携、◎地域課題解決

新たな生活様式に準ずる電波システム の模擬・設計・評価のためのワイヤレ スエミュレーション技術 IoT等多様化無線システムを含めた高度 無線アクセス技術の研究開発

ドローン、海中無線等新たな電波利用 分野におけるシステム確立のための研 究開発



## 研究開発方向性: 5GからB5G/6Gへ



- 今中長期における5G/B5Gモノ主体システム研究開発を 整理・統合したビジョン策定
  - ▶ 5Gシステムの課題抽出とB5G/6Gへの反映を検討

出口戦略· 社会展開

周波数資源有効利用

標準化•認証

地域実証•技術移転

:ARIB規格·作業班、総務省作業班、JUTM 等での活動

:IEEE 802、3GPP、ICAO等標準化。 FFPA、Wi-SUN等認証

: 自営5G、ドローン等で地域実証。 特許・ノウハウの技術移転

#### 研究開発のブレイクダウンと進め方

5Gの特徴である、サイバー空間を介した バーチカルセクタ間サービス管理

多様化 (高速, 低遅延, 多数接続, ...)する 5G/B5Gモノ主体システムの研究開発

可用性:どこでサー ビスを受けられるか

> プライベート マイクロセル

接続性:どのような サービス品質か

> 低遅延& 多数接続

工場無線

ワイヤレス グリッド

高信頼 ワイヤレス

発展・移行

高度化 アクセス 次世代

ワイヤレス

統合 モビリティ

適用拡張

サイバーフィジカル 連携基盤

- ◆ローカル5G等を出口とする高度アク セス技術
- ◆スマート工場を含めた多様化IoT
- ◆ドローンのための無線システム設計
- ◆海中・体内外無線

◆多様化電波システムに対応したワイ ヤレスエミュレーション技術

サポートプロジェクト:

H30:技術策定、 基礎

実証、企業連携

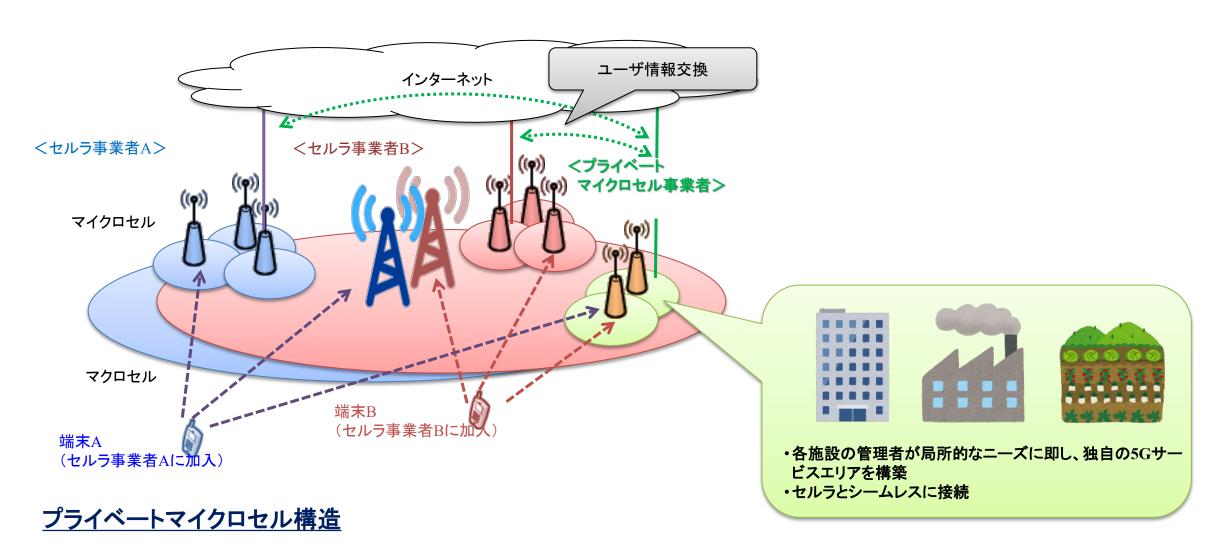
R1:標準化と 社会実証

R2:社会展開 電波規則策定 R3~: CPS時代/次々世代の B5G/6G 新たな電波利用の研究開発

## プライベートマイクロセルの概念



- 狭域大容量通信サービスエリアを必要に応じ適材適所に展開
  - ▶ 事業者間の連携による柔軟なサービスエリア形成

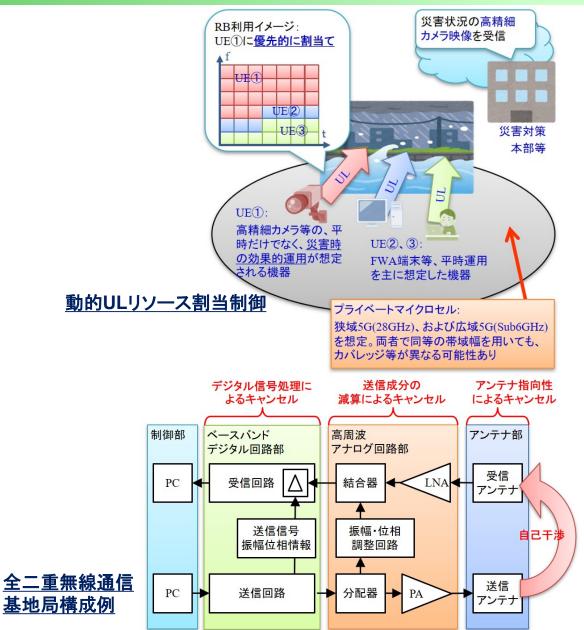


## プライベートマイクロセルによる可用性向上検討



- 社会実証を見据えた高度化検討を継続
  - ▶ アシストセルによる事前仮想接続
  - マイクロセル内リソース割当て
  - 全二重無線通信方式の適用検討





## ULリソース制御技術の検証結果



- 市街地・河川周辺エリアにおける電波伝搬特性・伝送特性を検証
- ULリソース制御方式の効用を示すデータを取得
  - ▶ スループット特性、遅延時間特性の改善効果を確認
  - ▶ 一部の地点において、スループット特性が半減する等の現象が見られ、周辺建造物等の影響による伝搬状況の悪化が原因と考えられた

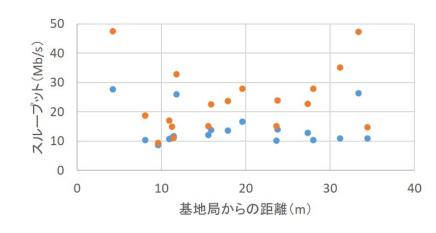


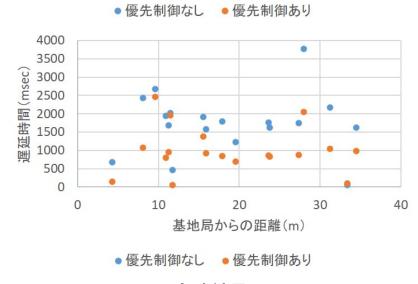






実験風景



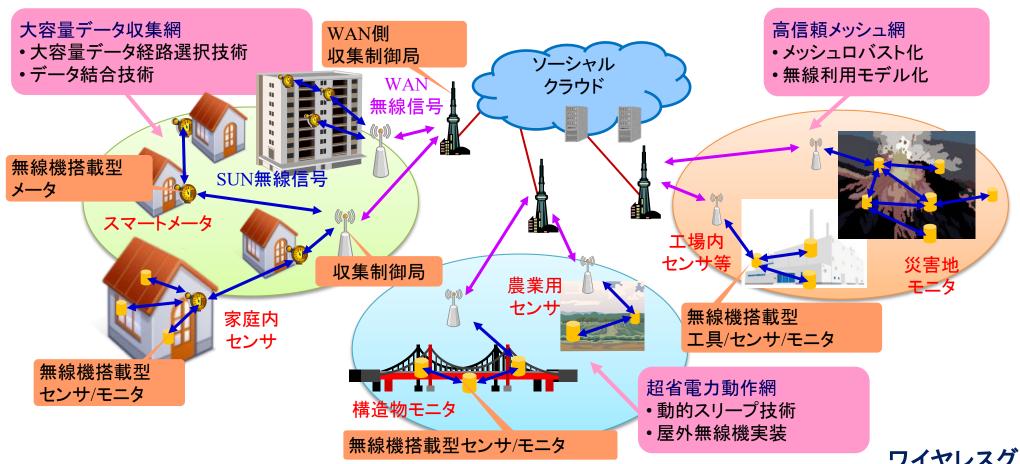


実験結果

## IoTに資するワイヤレスグリッドの研究開発



- モノ同士通信に資する無線機網構造(ワイヤレスグリッド)実現のための研究開発
  - ▶「ヒト」時代にはありえない条件:電池駆動で10年以上の動作等
  - ▶「ヒト」に囚われない大胆な多様化

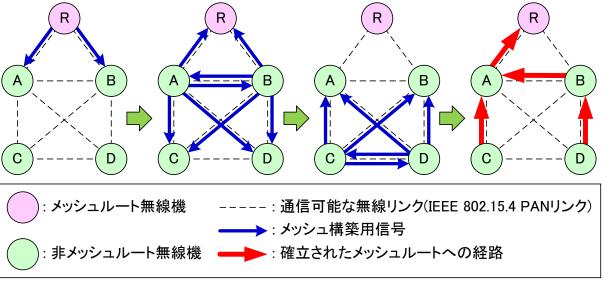


ワイヤレスグリッドの概念

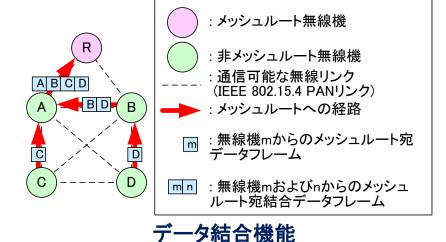
## 大規模メッシュ構築・運用のための制御技術

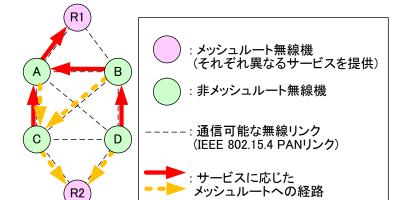


- 独自ルーティングトポロジの導入による、高効率ルーティング制御を検討
- トポロジの探索、次ホップのアドレス管理等の必要制御を、MAC層におけるIE (Information Element; 情報要素)で実現
  - ▶ IEEE 802.15.10 (L2R; Layer 2 Routing)推奨方法に反映
- 必要な経路選択制御技術を検討
  - ▶ 自律型メッシュ構築機能
  - ▶ データ結合機能
  - ▶ 複数サービス対応機能









複数サービス対応機能

## 省電力型MACの検討: スーパフレーム

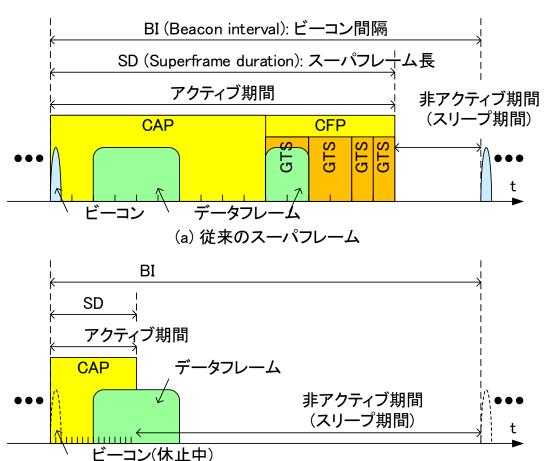


- 定期的なビーコンの送信によりTDMA制御を行う
  - BI(ビーコン間隔; TDMA周期): アクティブ期間、非アクティブ 期間から成る
    - ▷ アクティブ期間: スーパフレーム長(SD)として定義され、 CAPとCFPから成る
      - CAP: コンテンションアクセス期間
      - CFP: タイムスロット(GTS)予約型のコンテンションフリーアクセス期間
    - ▷ 非アクティブ期間: スリープ期間
- スーパフレームの変更による省電力化を検討し、IEEE 802.15.4e標準化
  - ▶ ビーコンの休止
    - ▷ BI によるTDMA制御は保持
    - ▷ ビーコンは原則オンデマンドで送信
  - ▶ アクティブ期間外までのデータ送信延長
    - ▷ 受信希望者だけが受信延長

CAP (Contention access period): 競合アクセス期間

CFP (Contention free period): 非競合期間

GTS (Guaranteed time slot): 保証タイムスロット

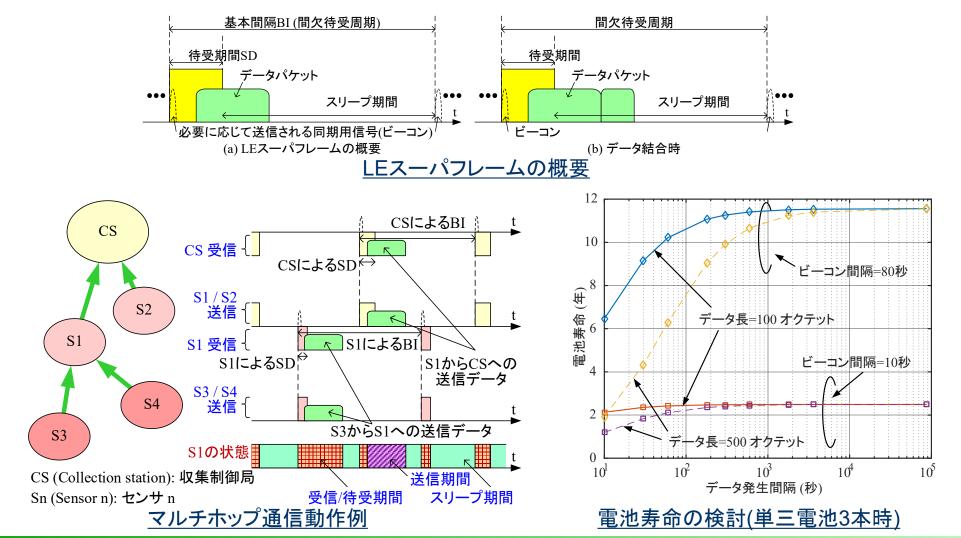


(b) 省電カスーパフレーム

## 超省電力動作網へのLEスーパフレーム適用



IEEE 802.15.4eにて規定される省電力(LE)スーパフレーム構造を用いて、乾電池でも10年以上の動作が可能な省電力動作を提案。ガス・水道メータや、農業用センサ等の電池駆動無線機への適用を想定



## SUN拡張によるワイヤレスグリッド研究開発と実証

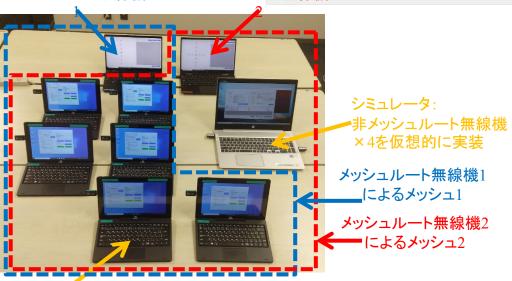


- SUNシステムの拡張により、以下の技術要件の確立を検討
  - ▶ 多数端末間の自律分散的な協調動作技術
  - ▶ 付加的制御を有する省電力動作技術

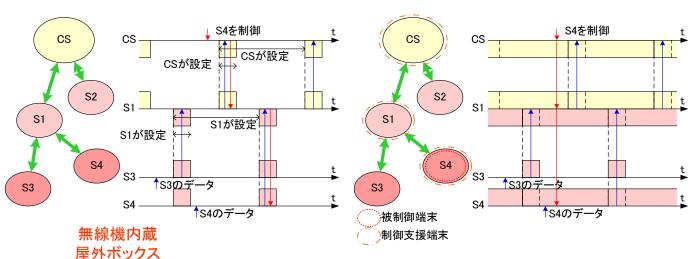
メッシュルート無線機

非メッシュルート無線機 (実機×6)



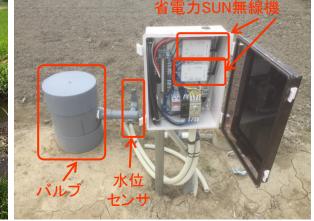


協調動作技術評価実証





水位センサ



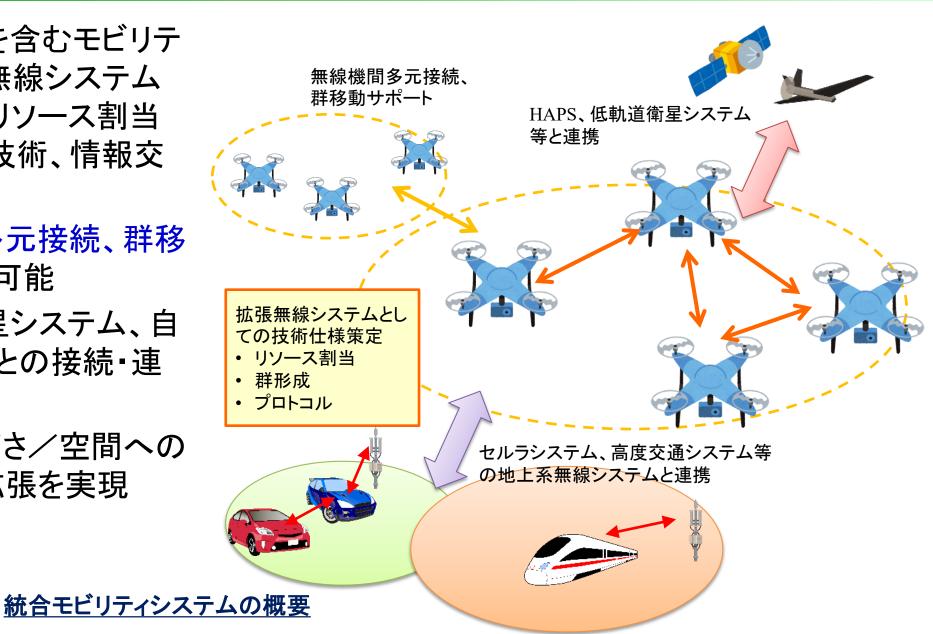
本研究(の一部)は、 内閣府戦略的イノ ベーション創造プログラム(SIP)「次世代 農林水産業創造技術」(管理法人:農 機構生物系特定産 業技術研究支援を ンター)によって実施 された。

#### 省電力動作実証

## 統合モビリティシステムの研究開発



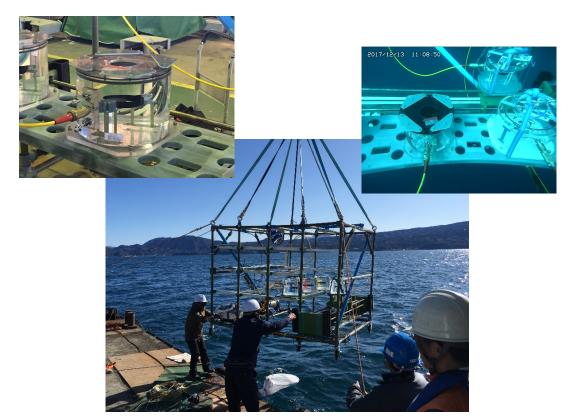
- ・ドローン/ロボット等を含むモビリティ管理のための拡張無線システムの導入に資する無線リソース割当技術、無線機群形成技術、情報交換プロトコル検討
  - ▶ 複数無線機間の多元接続、群移 動等のサポートが可能
  - ► HAPS、低軌道衛星システム、自動運転システム等との接続・連携を想定
  - ▶ 地上だけでなく、高さ/空間への 無線ネットワーク拡張を実現



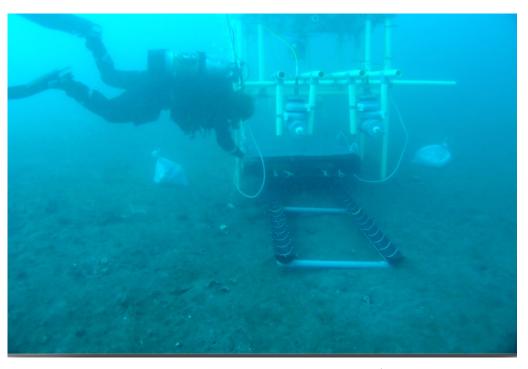
## 電波を利用した海中ワイヤレス研究開発



- 海洋資源探査に役立つ海中探査ロボットとの通信等を対象とした電波による海中ワイヤレスの研究開発を推進
  - ▶ 海中ワイヤレス通信: 広帯域通信技術と、MIMO技術を用いた通信実証
  - ▶ 海底下埋設物センシング: 1MHz帯電波による金属・誘電体埋設物検出実証
- 海洋研究開発機構(JAMSTEC)と共同で、深度500mまで利用可能な電波伝搬特性の測定装置を開発
  - ▶ 防衛装備庁安全保障技術研究推進制度による研究開発成果を活用



電波による海中通信実験



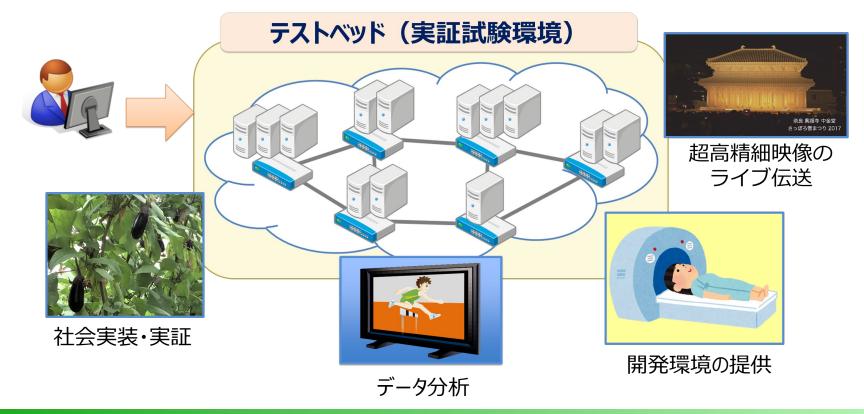
電波による海底下センシング実験

### テストベッドとは



- システム開発などで用いられる、実証試験環境の総称
- 通信ネットワークやサーバー群などから構成
- 実環境に近い状況を再現し、様々なテストが可能
- NICT では1999年よりテストベッドを提供

多様な研究開発プロジェクトが個別にテスト環境を構築するのは、高コスト・非効率 NICTが構築したテストベッドを利用することで効率化を図る



### 総合テストベッド研究開発推進センターのミッション



- Beyond 5G時代の社会的・技術的ニーズを検証可能なテストベッドを構築し、循環進化
- テストベッドを通じた価値創造、社会課題解決寄与、ICTサービスエコシステム形成

#### 我が国のICT分野の研究開発・技術実証・社会実装・国際連携に貢献

• 光・量子通信技術等の世界最先端技術の実証環境を支える

#### 新たな価値創造及び社会課題の解決に寄与

● フォーラム活動、国プロ等の機会を通じ、機構、研究機関、通信事業者、ベンダ、ベンチャーなどのテストベッド利用者の研究開発能力をテストベッドに結集

#### 国際的に魅力ある研究開発ハブの形成に向けた取組を推進

● テストベッドの利用、運用及び改善を通じたテストベッドの実証環境の循環進化

#### Beyond 5G時代の社会的・技術的ニーズを検証可能なテストベッド

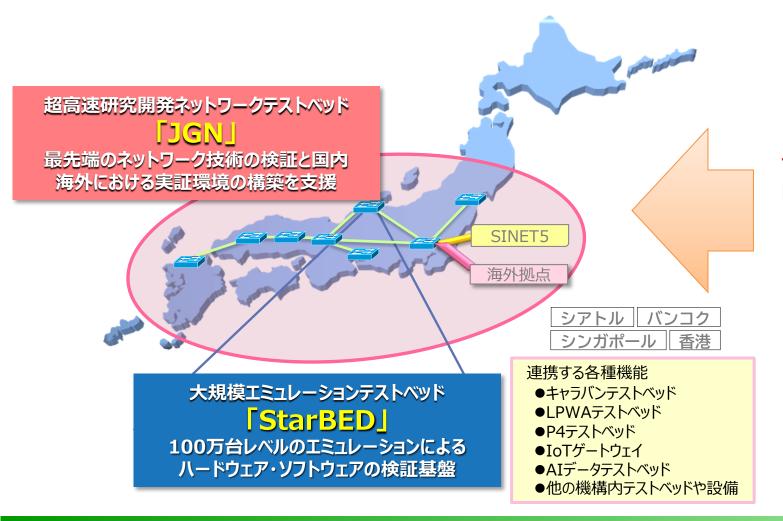
データ連携処理基盤 (DCCS: データセント リッククラウドサービス) Beyond 5G ソフトウェア化 分散広域実証環境

現実社会と結合する エミュレーション基盤 社会受容型ICTサービス エコシステム形成のための 自律型モビリティ基盤

### 総合テストベッド:「これまで」と「これから」



- 今中長期のテストベッドは柔軟性を旨とし、循環進化を実現する
  - ▶ 動向・二一ズを迅速に汲み上げ、適切なビジネス化・サービス創出に寄与する



今中長期計画期間において、B5Gの実現に 向けた検証環境を新たに構築

- ・ 機器・環境の持込みや、ソフトウエア 改変を前提に、柔軟に拡張する
- 既存のテストベッド環境の運用も維持する

### テストベッド活用事例(1)



# 50Gbps超の大容量リアルタイムデータマルチキャスト配信実験をJGN上で検証高速ソフトウェアルーティングエンジンKamueeの実用化に向けた実績を獲得

- エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社が開発した高速ソフトウェア ルーターをNICT総合テストベッド上で稼働させることにより、機能・性能を 検証
- 毎年2月実施している"さっぽろ雪まつり"を舞台にした映像配信実証実験では、他社製品が混在する実環境を JGN上で構築し50Gbps超の大容量データ配信を実施(Kamueeは2019年、2020年と参加)

#### 令和2年2月の映像配信実証実験

フル解像度 8 K非圧縮ストリームによる立体映像 配信において、L(左) チャンネル映像の配信経路上にKamueeを組込み、一連の実験とデモンストレーションを実施実験環境はJGNの基幹ネットワークを構成する ルータ群をはじめ、数多くのネットワーク機器が混在する環境となっており、実運用環境に非常に近いものであった。また、

50Gbps超の大容量リアルタイムデータマルチキャスト配信においてパケットロスなしの伝送を確認しており、映像伝送等でのバックボーンでの利用が期待される。



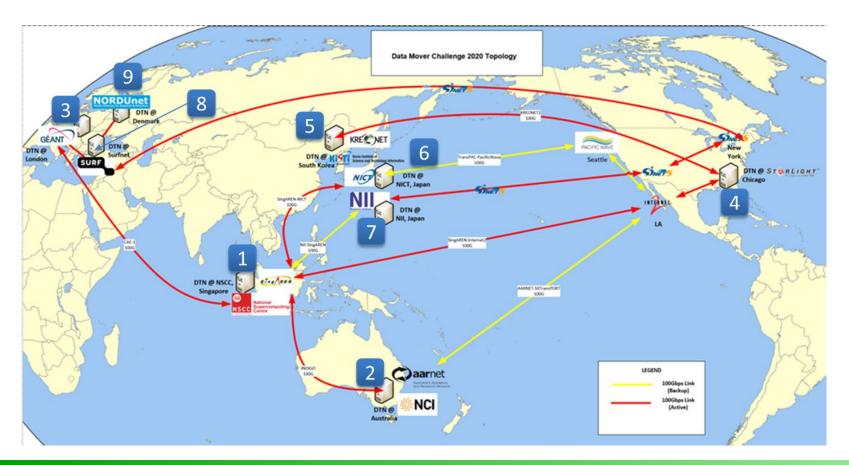
### テストベッド活用事例②



O2019年8月から2020年1月まで行われたNSCC(National Supercomputing Center)が主催する広帯域データ伝送コンテスト「Data Mover Challenge 2020 (DMC20) 」に、NICTが参画

○コンテストではNRENが提供するインフラ(回線とサーバ)を利用し、各チームが開発したデータ転送ツールとソフトウェアを実装し、データ転送技術を競う

○パートナーとしてDTNサーバならびに回線(JP-SG 100G)提供など技術協力・貢献

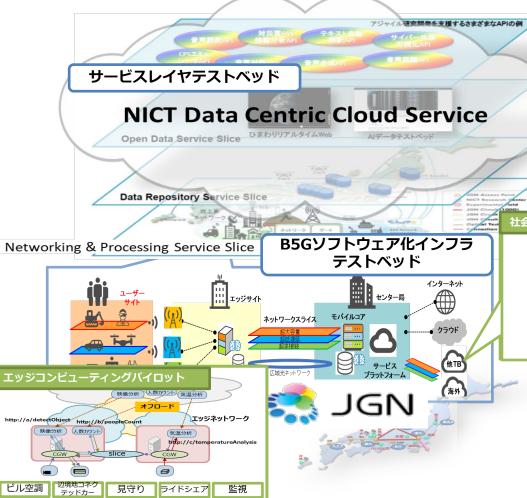




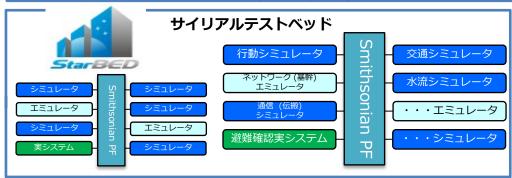
### 将来に向けたテストベッド方向性概要



サービスレイヤテストベッドと、エッジ・クラウド連携 基盤等のB5Gソフトウェア化インフラテストベッドか らなる新たなテストベッドを構築する



- API連携クラウドサービス
  - ・ データ連携による新たな価値創成
- ・ B5Gソフトウェア化インフラ
  - ・ モバイル(新規)と信頼性付与
  - ・ 産業界と連携してリアルB5Gに
- 現実とサイバー空間の融合エミュレータ
  - ・ シミュレーション連携と新規技術アドオンを容易に







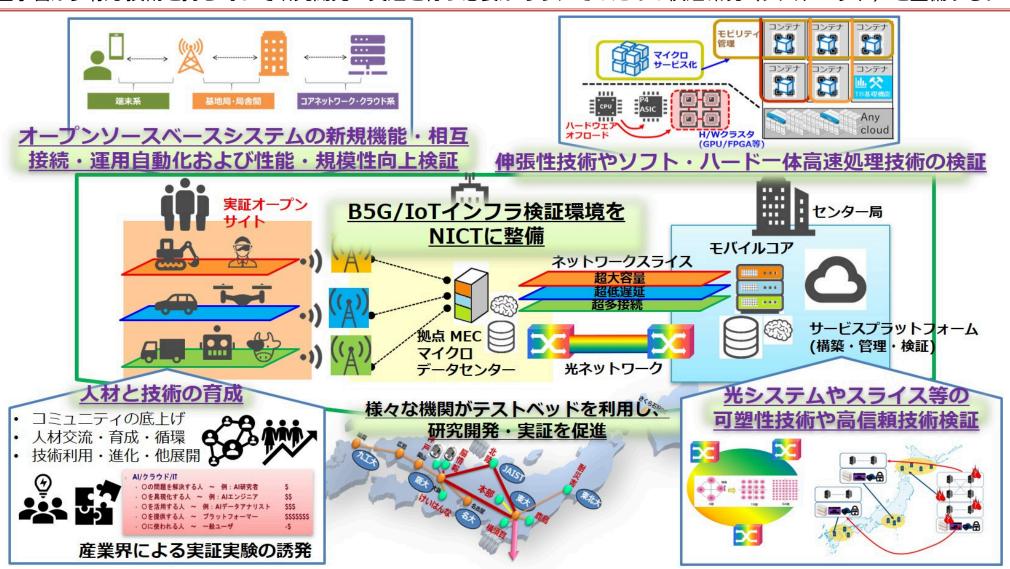
#### 研究概要

- テストベッド関連技術の開発
- エッジコンピューティングのパイロット
- ・ 社会受容型ICTサービスのB5Gパイロット
- サイリアル連携パイロット
- ・ (電波伝搬エミュレーションへの貢献)

## 高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドの構築



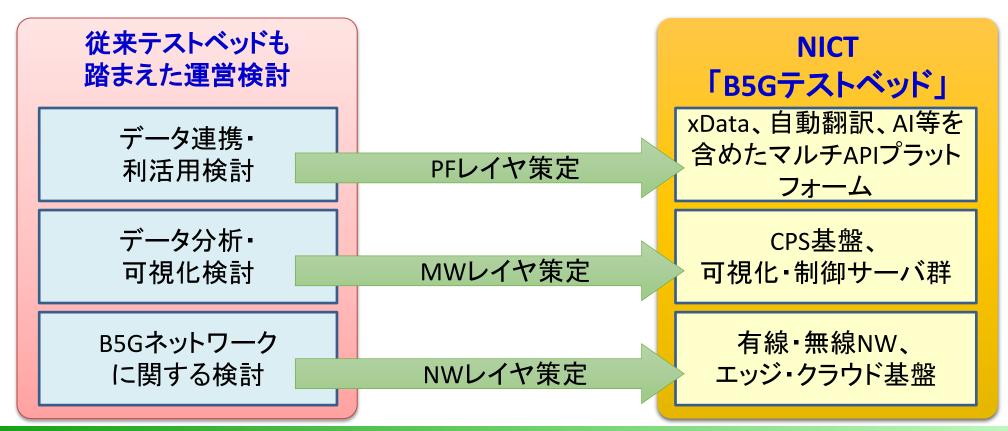
■ Beyond 5Gにより実現される通信ネットワークシステムにおいて安定かつ大容量・低遅延などのサービス品質を限られた設備で満たすためには、従来のシステムと比較して、高信頼性と高い可塑性が求められる。こうしたBeyond 5Gネットワークの高い信頼性・可塑性確保には、産学官が多様な技術を持ち寄って研究開発・実証を行う必要があり、そのための検証環境(テストベッド)を整備する。



## 高信頼・高可塑B5G/IoTテストベッドに関する「レイヤ」構想



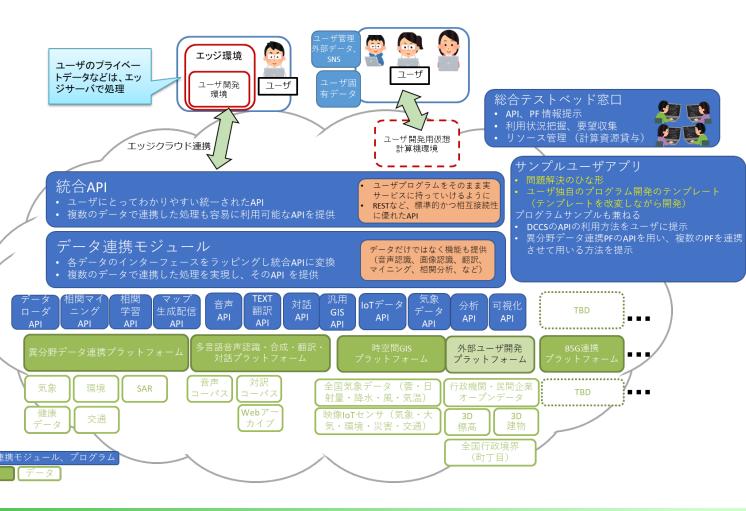
- 3つのレイヤを意識したNICT「B5Gテストベッド」の拡充について:
  - ▶ プラットフォーム・レイヤ:xData、自動翻訳、AI等を含めたマルチAPIプラットフォーム
  - ▶ ミドルウエア・レイヤ:ミドルウエア群となるCPS基盤、可視化・制御サーバ群
  - ▶ ネットワーク・レイヤ:コア、アクセス、ワイヤレスNW、エッジ・クラウド基盤



## サービスレイヤテストベッド(Data Centric Cloud Service)



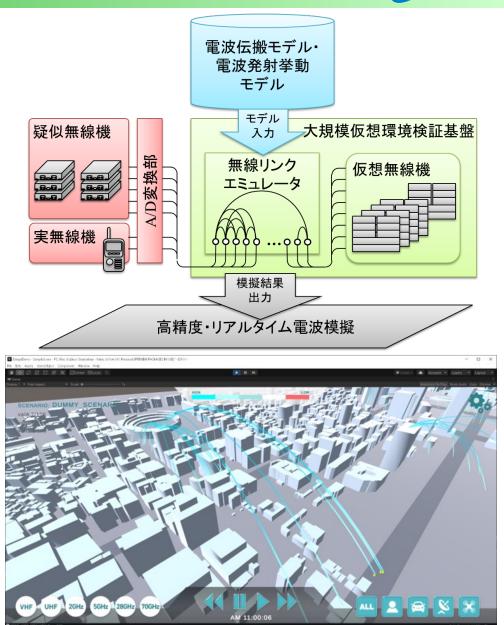
- 多様なデータとその分析機構、さらにB5G を組み合わせたサービス創成のためのテ ストベッド
  - ▶ NICT保有のデータや先進的技術など NICTの強みを活かした価値を提供
  - ▶ B5Gネットワークを用いた新サービス の開発環境
  - アプリケーションのサンプルや活用事例を蓄積しユーザと共有することで、 新サービスの萌芽を促し、いち早い検証と実用投入を可能とする
  - ▶ 外部とも協力しながらデータや機能を 開発(テストベッド分科会とも連携)



### CPS電波エミュレーション



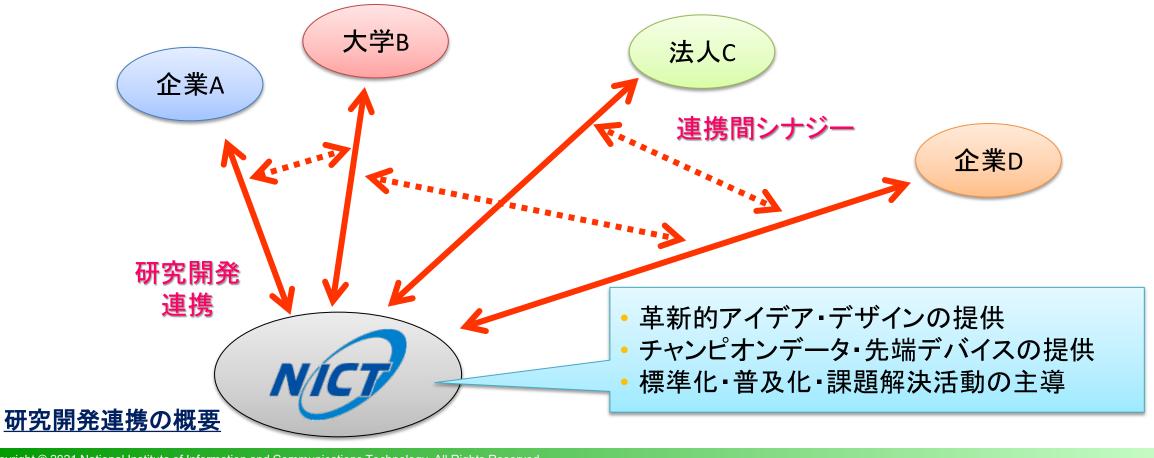
- 高精度、リアルタイム性を特徴とする高度ワイヤレス エミュレーション技術の検討
  - 大規模仮想環境検証基盤:
    - ▷無線リンクエミュレータにおいて外部無線機の動作を相互作用させ、現実の動作を出力
    - ▷ 内蔵する仮想無線機により、仮想的な多数の 無線機動作を適用可能
  - ▶ 電波伝搬モデル・電波発射挙動モデル
    - □ 電磁界解析、レイトレーシング、伝搬モデルを 適切に参照しモデル化
  - ▶ 外部無線機
    - ▷ ソフトウエア無線機等の疑似無線機、商用機 器を含む実無線機を想定



## 研究開発連携の重視



- 国内企業等との研究開発連携を重視する
  - ▶ 国研、中立的組織として、連携、連携間シナジーを推進し、社会展開の効率化と国際競争力の向上を目指す
  - ▶ 研究志向を発揮し、他連携体制(例えば国外アライアンス)に対し差別化・圧倒を図る
- 連携においては、オープンソース化/知財化を適切に選択し、NICT技術の着実な社会展開を進める

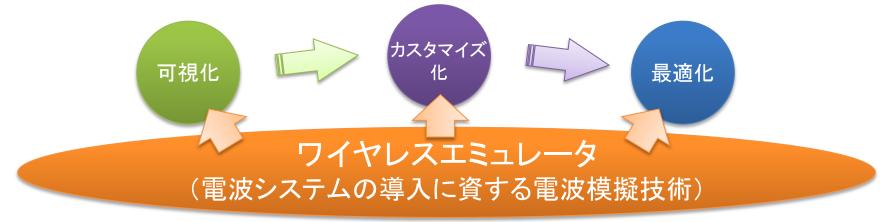


### B5G/6Gに向けた電波利用社会



- ハイレベルなゴール: B5G/6G時代の電波利用リテラシの向上と、電波有効利用による安心・安全社会の確立
  - ▶ 電波利用の多様性と透明性を段階的に進行
  - ▶ サイバーフィジカル連携を具現化するワイヤレスエミュレータ技術の適用を前提

電波が「みえる」社会	電波が「わかる」社会	電波が「いきる」社会
		間の連携により、ネット
電波の可視化	電波のカスタマイズ化	電波の最適化



## 結論



- B5G/6G時代の無線通信は、通信サービス要件の向上、多様化に加えて、サイバー・フィジカル連携を通じて要件間の連携と調和が前提
  - ▶ ヒトからモノへ、これまでにない環境へ; CPS技術を活用したさらなるサービス多様化・高度化が期待されている
- B5G/6G時代の多様化システム・サービスの検証にテストベッドは不可欠
  - ▶ 先進性・中立性・透明性を有するNICTは、これに貢献できる
- 将来のテストベッドは柔軟性を旨とし、循環進化を実現する
  - ▶ 動向・二一ズを迅速に汲み上げ、適切なビジネス化・サービス創出に寄与する
- テストベッド環境を有機的に構築・運用するために、ネットワークレイヤに加えて、プラットフォームレイヤ、ミドルウエアレイヤを含めた充足が重要
  - ▶ プラットフォーム:xData、自動翻訳、AI等を含めたマルチAPI
  - ▶ ミドルウエア: ミドルウエア群となるCPS基盤、可視化・制御サーバ群
  - ▶ ネットワーク:コア、アクセス、ワイヤレスNW、エッジ・クラウド基盤

## 循環進化のための連携、連携のための発信!