

# 中尾研究室研究内容紹介

東京大学工学系研究科  
中尾彰宏



# 中尾彰宏

- 東京大学 総長特任補佐
- 東京大学次世代サイバーインフラ連携研究機構 機構長
- 東京大学工学部システム創成学科 学科長
- 東京大学工学部システム創成学専攻 副専攻長
- 東京大学大学院工学系研究科 教授
  
- 電子情報通信学会 次期通信ソサエティ会長
- 電子情報通信学会N S研専顧問・RISING研専委員長
- 学術会議連携会員(2020-)
- スペースICT推進フォーラム  
5G/Beyond5G連携技術分科会委員長
- 総務省 地域情報化アドバイザー
- 総務省 総合通信基盤局 電気通信市場検証会議委員
- Broadband Association 副理事長・Local5G普及研究会 委員長



東京大学理学部物理学科卒  
東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻修士修了  
Princeton University, Computer Science, Ph.D.

「情報通信・情報科学」の学術に基づき

「未来社会を支える次世代サイバーインフラの創成」に取り組んでいます



東京大学大学院工学系研究科 教授 中尾彰宏



### ★なぜ次世代サイバーインフラは重要なのか？

最近の大規模な通信障害で我が国の社会経済活動に大きな支障が出たことは記憶に新しい  
社会経済活動や生命の維持のために情報通信を基礎とするサイバー世界を支えるインフラ「次世代サイバーインフラ」が重要  
これからの国家の命運を左右する「人類のライフライン（生命線）の研究開発」

### ★どんな技術が必要なのか？

(サイバーとは、コンピュータやそのネットワークに関するという意味)

大容量・超低遅延・超多数接続に加えて、低消費電力、安全性（量子通信）、拡張性（宇宙・海洋）、自律性（機械学習・AI）などの通信の特徴を飛躍的に進化させる次世代の情報通信技術（Beyond5G/6G、ローカル5Gなど）が必要です。

### ★例えば、どんな価値を創造するのか？



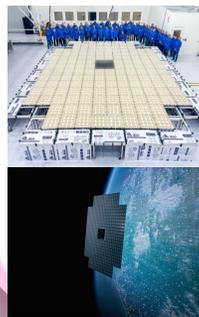
#### 超臨場感通信

物理的な移動制約を解消し  
その場にいるような臨場感を与えます



#### 国土の通信カバー率100%へ

現在の通信カバー率は70%  
残り30%の不感地帯で生命維持に支障  
端末が直接、低軌道衛星に繋がる通信を提供



#### 安全・安心な地域社会

通信が脆弱（ぜいじゃく）で遭難者続出の  
富士山地域にローカル5Gを導入し生命維持  
技術が社会に受け入れられるか確認  
地域創生から社会経済の底上げを実現



#### AIによる堅牢ライフライン

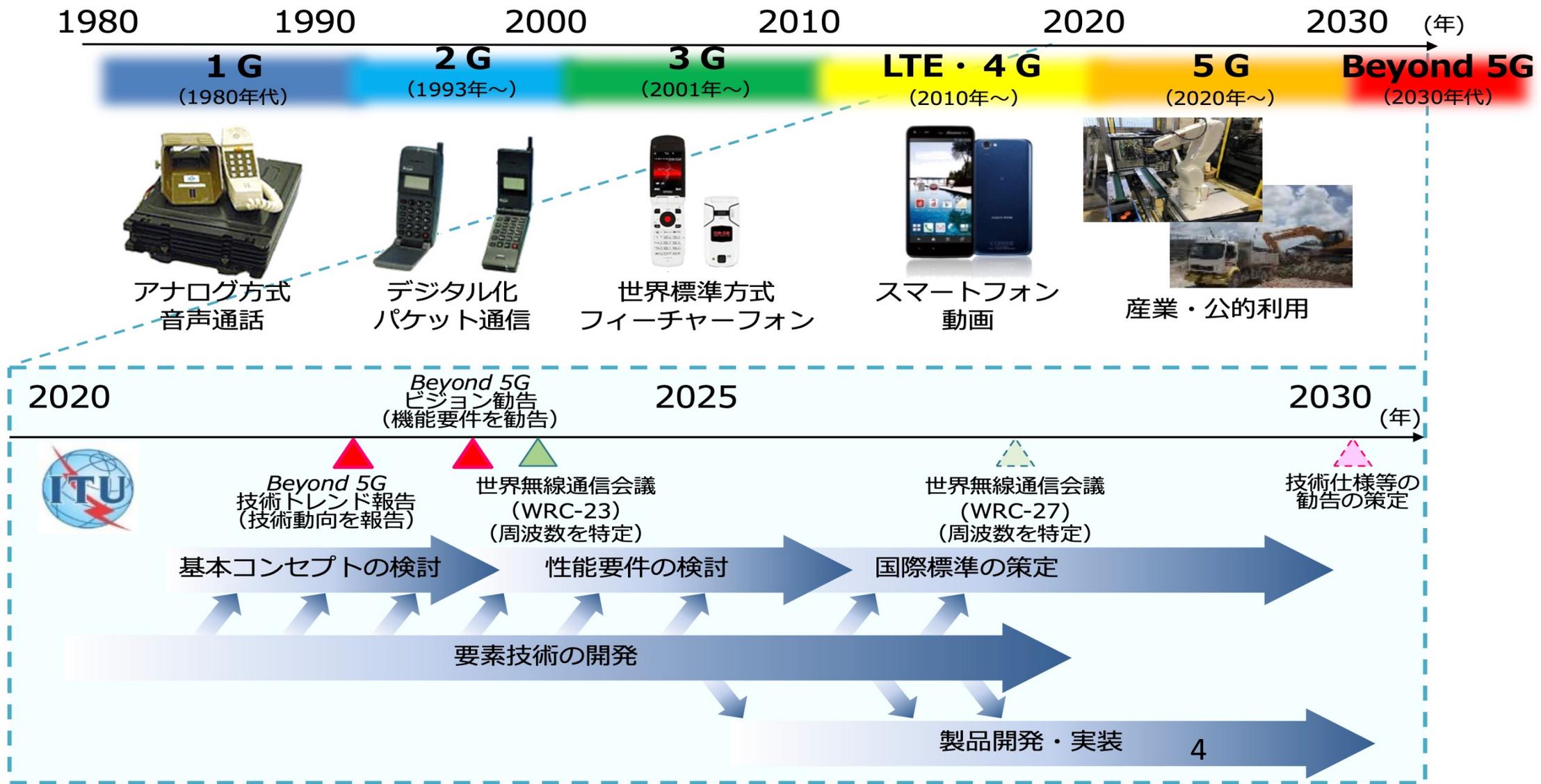
柔軟にプログラム可能な通信機器  
計算と通信を融合させて  
AIを用いて障害予測・自動回復

### ★グローバルで研究活動を推進

人類にとって情報通信がもたらす「価値」はグローバルで共通。価値を創造する知恵を得るため国際連携を積極的に進めます。 3

# 情報通信の進化

G=Generation(世代)



時空間同期  
(サイバー空間を含む。)

※ 緑字は、我が国が強みを持つ又は積極的に取り組んでいるものが含まれる分野の例

## Beyond 5G

テラヘルツ波

センシング

### 超高速・大容量

- アクセス通信速度は **5Gの10倍**
- コア通信速度は **現在の100倍**

### 超低遅延

- 5Gの **1/10の低遅延**
- CPSの高精度な同期の実現
- 補完ネットワークとの高度同期

### 超多数同時接続

- 多数同時接続数は **5Gの10倍**

オール光ネットワーク

### 超低消費電力

- 現在の **1/100の電力消費**
- 対策を講じなければ現在のIT関連消費電力が約36倍に (現在の総消費電力の1.5倍)

低消費電力半導体

### 5Gの特徴的機能の更なる高度化

高速・大容量

低遅延

多数同時接続

# 5G

### 持続可能で新たな価値の創造に資する機能の付加

### 超安全・信頼性

- セキュリティの常時確保
- 災害や障害からの瞬時復旧

量子暗号

HAPS活用

### 自律性

- ゼロタッチで機器が自律的に連携
- 有線・無線を超えた最適なネットワークの構築

完全仮想化

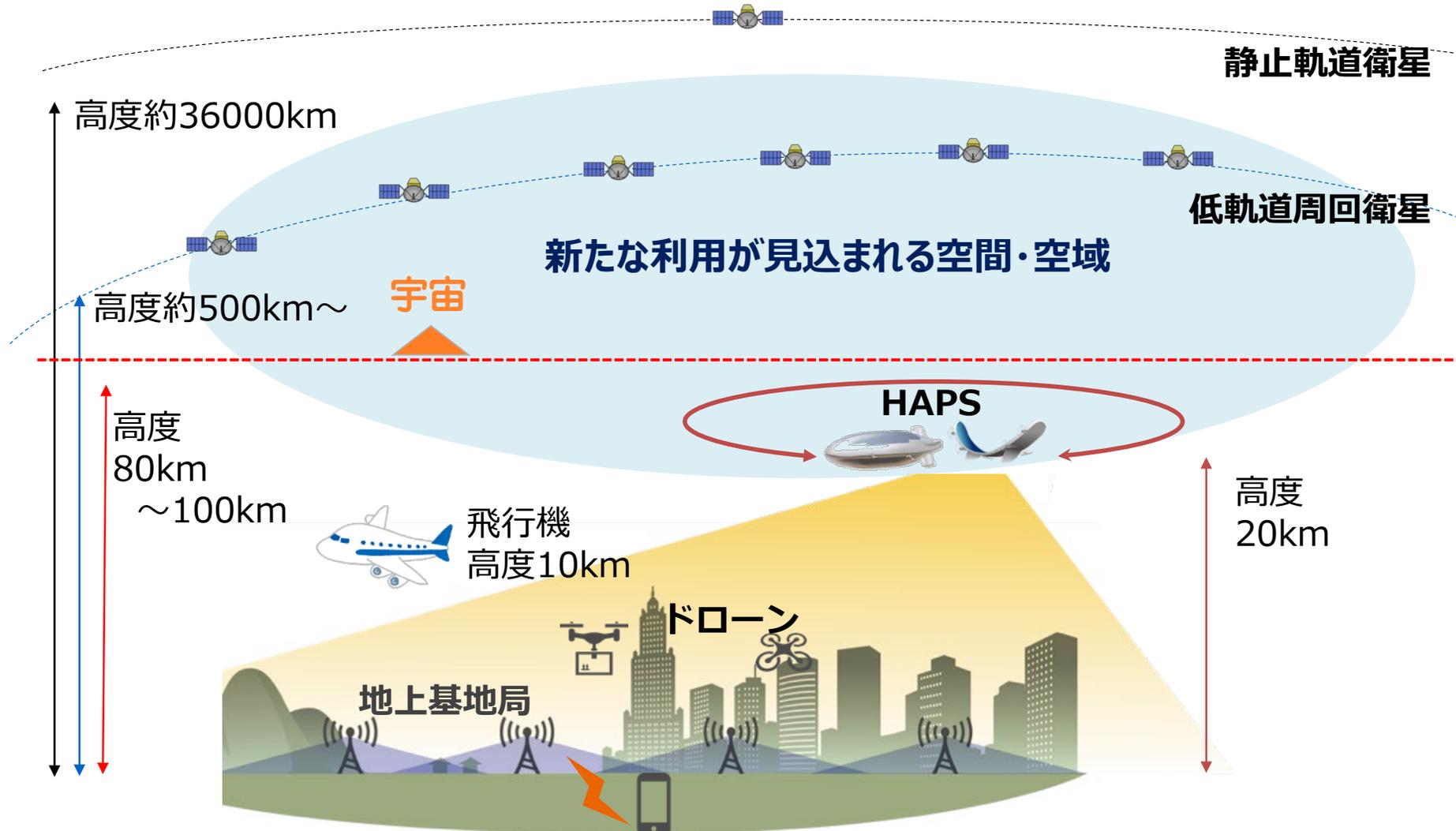
### 拡張性

- 衛星やHAPSとのシームレスな接続 (宇宙・海洋を含む)
- 端末や窓など様々なものを基地局化
- 機器の相互連携によるあらゆる場所での通信

インクルーシブインターフェース

# NTN（非地上系ネットワーク）の整備

- 携帯電話事業者等においては、安全・信頼性の確保やBeyond 5Gに向けて、衛星・HAPSによるNTN（非地上系ネットワーク）の整備に向けた検討が行われており、また、必要な研究開発等も行われている。



# 中尾研究室における学生の次世代サイバーインフラの研究プロジェクト



動画：中尾研究室のプロジェクトルーム（DevShowCase）<sup>7</sup>

# DevShowcase：産学協創スペースでの応用プロジェクトC講義風景



6回の講義（1回3時限）にて  
最新の情報通信を活用する  
アプリケーションを開発する実習



企業の方々（NEC,KDDI, 京セラより8名）

# Good Practice: MoU between U of Oulu and U of Tokyo (2023/2/2 @ Finland Embassy)



## 2/2 MoU Signing Ceremony & 2/3 Workshop

# Professor Akihiro Nakao Appointed First Guest Professor at the University of Oulu

20 SEPTEMBER 2023



# 研究室のメンバー（学生）

## 博士課程学生8名

- 趙子健 Zijian Zhao
- 古澤徹 Toru Furusawa (Toyota)
- 盧佳星 Jiaxing Lu
- 甄宇杰 YuJie Zhen
- 堀田幸暉 Koki Horita (Sony)
- 周于航 Zhou Yuhang
- Aerman Turxun
- Muhammed Iqbal

## 修士課程学生14名 学部学生 3名

- 植竹空 (M2)
- 高槻瞭大 (M2)
- 王経博 Ou Tatsuhiro (M2)
- 師宇軒 (M2)
- Fatou Secka (M2)
- Jai Agnihotri (M2)
- Menghi Xu (M2)
- 廣津和哉 (M1)
- 鈴木彩音 (M1)
- 野村真殊 (M1)
- 岡本優輝 (M1)
- 矢島隆太 (M1)
- 福間隆杜 (M1)
- 石丸達也 (M1)
- 高階未来翔 (B4)
- 下山輝 (B4)
- 帆足悠太郎 (B4)

# 研究室のメンバー（スタッフ）

## 研究スタッフ 15名

- 中尾彰宏（教授）
- 金井謙治（助教）
- Bo WEI（特任助教）
- QianQian PAN（特任研究員）
- Wei-shun Liao（特任研究員）
- 小野翔多（特任研究員）
- 新開聡（特任専門職員）
- 角舘征央（特任専門職員）
- 宮崎知行（特任専門職員）
- 竹中雅彦（特任専門職員）
- 竹澤寛（特任専門職員）
- 土肥凜（特任専門職員）
- 増山周平（特任専門職員）
- 大島庸史（特任専門職員）
- 村上智一（特任専門職員）

## 事務スタッフ（秘書） 9名

- 石山美子
- 仙石久美子
- 佐藤 希久恵
- 中富博子
- 蜂須賀あかね
- 高島香織
- 佐藤美奈
- 高橋真理
- 上野比佐子

# 中尾研で現在遂行中の大型プロジェクト

## 委託研究

- 総務省 多様なユースケースに対応するためのKa 帯衛星の制御に関する研究開発
- NICT Beyond 5Gにおける衛星-地上統合技術の研究開発
- NICT 継続的進化を可能とするB5G IoT SoC及びIoTソリューション構築プラットフォーム
- NICT 低軌道衛星を利用したIoT超カバレッジの研究
- NICT 行動変容と交通インフラの動的制御によるスマートな都市交通基盤技術の研究開発

## 国際連携

- 先端国際共同研究推進事業「トップ研究者のためのASPIRE」(2024-2029)

## 社会連携講座

- 企業 6社との大型共同研究講座 (NEC, KDDI, NTT東日本, NTT, 京セラ, 首都高速)

## 地方自治体

広島県 「課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」

山梨県 「富士山地域DX 安全安心観光情報システム」

岩手県 「陸上運動部の遠隔教育連携」

愛媛県 (今治市) 「市民大学講座」

## 企業共同研究

10社以上 (NTT, NTT東日本, NTTドコモ, KDDI, NEC, トヨタ, 東芝, ソニー, ヤマハ, 住友電工, 村田製作所など。)

- **ファーストマイル・RANを含むエンドツーエンドスライシング**

- ✓ オンデマンドなQoS保証型エンドツーエンドスライスの実現に向けたファーストマイル無線と高速大容量有線の光との融合

- **ミッションクリティカルなユースケースへの対応**

- ✓ 医療・モビリティ・製造等ミッションクリティカルな分野に対し、ネットワークはこれまで言い訳してきた。そうした分野の要求にこたえられる高可用性低遅延セキュリティ等を備えるネットワークアーキテクチャ

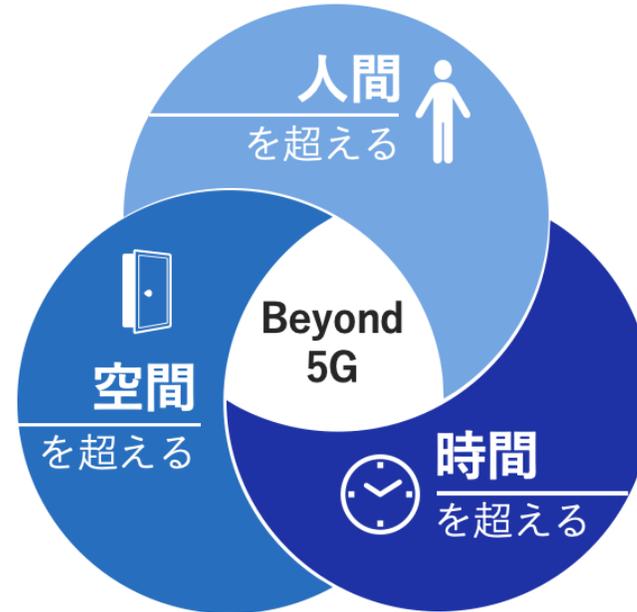
- **テクノロジーの社会受容性検証**

- ✓ 優れた技術を世の中で受け入れられるには何が必要か

- IOWN・APNとローカル無線を活用し堅牢でセキュアなプライベートネットワークスライスがダイナミックに構築されるアーキテクチャを学内に展開し、ユースケースを実証し、社会受容性を確認
- APN+Private 6GのモデルをIOWN GFで提案

## 「共創する価値」とそれを創造する「技術」

「新たなサービス・行動変容」を創造する  
リアルタイム・大容量通信技術



高周波数帯の無線通信の利用による  
大容量通信により、  
人間の能力の限界や可能性が開放され  
新たな行動変容を起こす

「安全できめ細かい通信の提供形態」を創造する  
人やモノに紐付いた超高空間分解能の情報通信技術

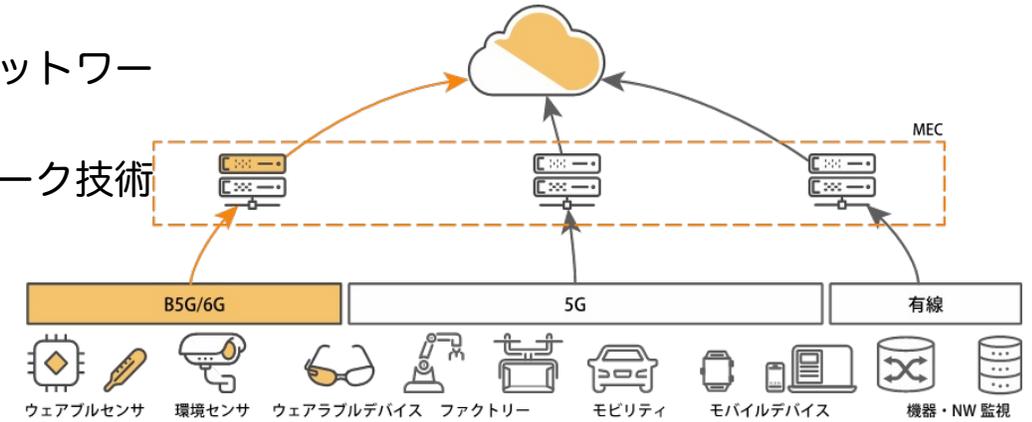
人やモノに紐付いた情報をリアルタイムに  
安全安心に取得するための通信エリアの構築

「情報通信産業の指数関数的競争力」を創造する  
情報通信の迅速展開性を追求する技術

ソフトウェア化・カスタム化ハードウェアによる  
迅速展開性(Rapid Deployability)の追求  
既存の時間枠にとらわれない競争力

• 研究内容

- フィジカル空間からサイバー空間にデータを収集するための、デバイスやネットワークのメンテナンスフリー技術
- 膨大な数のデバイスから収集したデータを効率よく保持・流通するネットワーク技術
- AI等を用いたデータ解析のためのデータの収集・処理技術
- AI等を活用してネットワーク運用を容易にする自動化技術



• 社会連携講座セミナー開催

- 東京大学本郷キャンパスDevShowcase@NakaoLabにて開催
- 関連研究の紹介のほか、今後の研究テーマの議論を実施
  - 5GC C-Planeユーザデータ転送機能のMEC向け拡張
  - IoTおよびエネルギーハーベスティング研究の動向
  - 6G IoTサービスのためのネットワークアーキテクチャ
  - レジリエントな6Gコアに向けたアーキテクチャ
  - 皮膚貼り付け型デバイス

• 2023年度実施状況・実施予定

- 東京大学社会連携講座セミナー及び次世代サイバーインフラワークショップの開催
- IoTの将来像 (2030-2040年) と想定される問題に関する検討成果の外部発表投稿
- センシングデバイスに関する研究の連携

# キャンパステストベッド構想

新たな発想をとにかく迅速に社会実装しフィードバックを早回しする戦略

- キャンパスを社会の縮図とする技術の社会受容性検証
- 総合大学として最先端の多様な学術が集約（文理融合）
- B5Gネットワークアーキテクチャ技術の苗床（Local6Gから6G）
- 若手人材育成(Project Based Learning)と中堅シニア産学人材循環

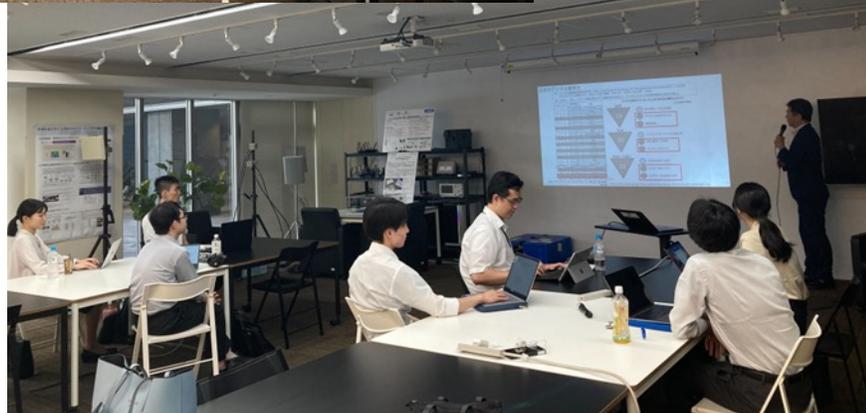


# 中尾研の「DevShowcase」におけるこれまでの活動例

NEC インターンシップ (2023年8月28日～)

NEC社会連携講座

ワークショップ (2023年3月30)





# 中尾研の共創スペースにおけるこれまでの活動例

## ビジネスフィンランド

6G Local Public Networks seminar  
(2023年 5月8日)



ローカル5G普及研究会  
第2回ローカル5G合同検証会  
(2023年4月27日)



# 2023.09.05 東京大学と NEC、Beyond 5G 共同研究技術の社会実装に向けて キャンパステストベッドを活用した取り組みを開始 ～高周波の利活用を目指した未来社会創造に向けた共創活動を立上げ～

状態・場所・ニーズに応じた「今だけ・ここだけ・あなただけの通信」を実現

ユーザーがテクノロジーを意識することなく安全・安心に最適なサービスを受けられるよう、高周波数帯の特性を活かしながら、アプリケーション体感品質の確保に必要な通信環境をきめ細かく動的かつ堅牢に提供します



NEC 次世代ネットワーク戦略統括部 統括部長の新井智也氏（左）と、東京大学 教授の中尾彰宏氏

<https://businessnetwork.jp/article/16171/>

## プレスリリース

研究 2023

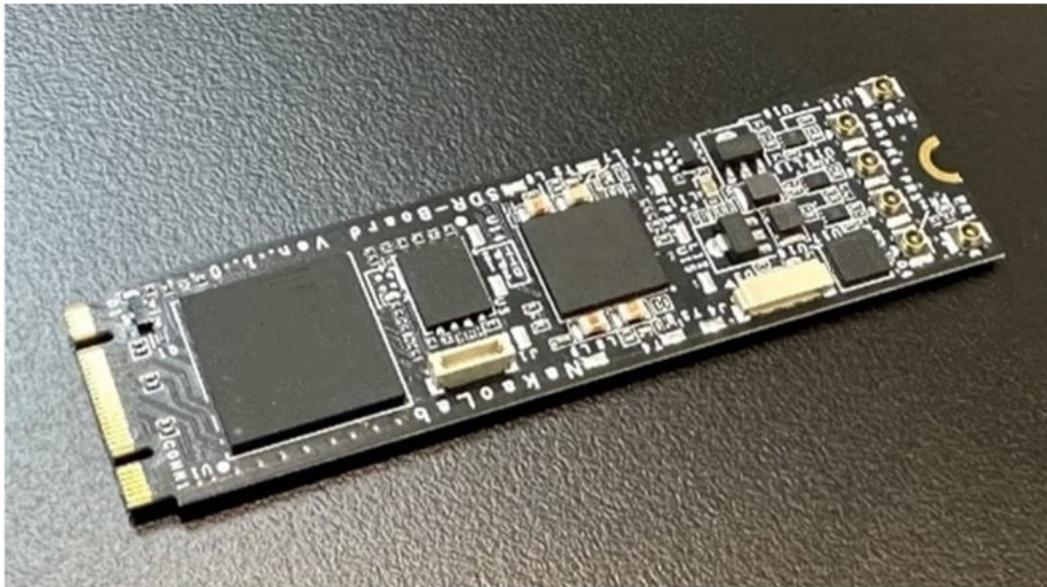
2023.03.24

### 超小型ソフトウェア無線ボードの開発

—ソフトウェア拡張により進化するプログラマブル基地局の開発を加速—

#### 発表のポイント

- ◆次世代通信規格の開発に対応する“超小型”ソフトウェア無線（SDR）ボードの開発に成功しました。
- ◆M.2の規格のインターフェース、超小型（縦80mm 横22mm 厚み 約5mm（基板厚0.8mm））に対応し、5Gや次世代の通信プロトコルをプログラム可能なボードを開発しました。
- ◆SDRを活用した5G/B5G通信機器による実証において有用性の確認、検証を通じ、社会的課題の解決、潜在ニーズの探索や価値創出を加速します。



#### ■特徴

- 超小型： M.2の規格に対応。縦80mm 横22mm 厚み 約5mm（基板厚0.8mm）
- ▷ソフトウェアによる動作周波数変更や機能追加等のカスタマイズが可能
- ▷5G基地局として動作を確認：汎用シングルボードコンピュータ（SBC）との組み合わせにより、5G基地局(Sub6)や端末として動作可能
- ▷複数枚を連携動作させて広帯域プロトコルの実装が可能

NICT（国立研究開発法人情報通信研究機構）Beyond 5G研究開発促進事業委託研究開発課題名：継続的進化を可能とするB5G IoT SoC及びIoTソリューション構築プラットフォームの研究開発（採択番号：00801）の支援により実施されました。

# プレスリリース 小型・低コスト・低消費電力・柔軟性・迅速展開性を備える ローカル5Gシステムを開発 —超小型ソフトウェア無線(SDR)ボード搭載—

研究 2023

2023.04.25

## 発表のポイント

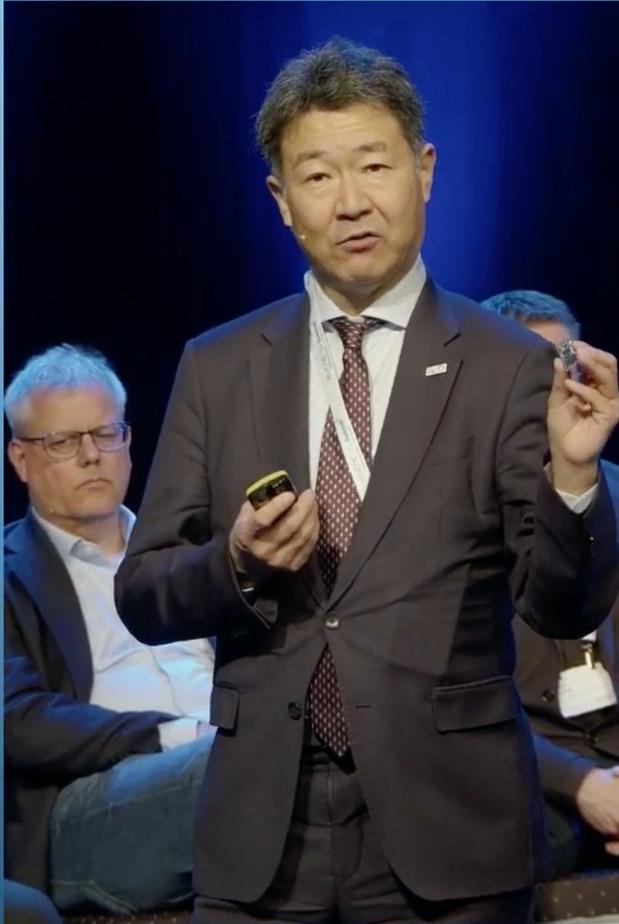
- ◆小型（幅）173.2 ×（高さ）66 ×（奥行）274.2mm（A4判書籍の約3/4のサイズ）で屋外にも迅速に設置可能な低消費電力（約75W）のコア一体型、ローカル5Gシステムを開発しました。
- ◆先般開発を発表した超小型ソフトウェア無線（SDR）ボードを市販の汎用シングルボードコンピュータに組み込み5G機能を実装することでコスト低廉化とソフトウェアによる機能追加の柔軟性を実現しています。
- ◆実証により本システムの有用性の確認・検証を行い、社会的課題の解決、産業振興の可能性の探究、未来社会における価値創出などを加速します。



## ■特徴

- 電波周波数4.7-4.9 GHz（Sub6）の内100MHz幅
- 出力1chあたり最大1W（2ch合計 最大2W）
- MIMO（注6）拡張方式 2T2R（2 layers）
- 準同期TDD（注7）方式 1、2、3を全てサポート
- IP67防水・EMIシールドにより屋外設置可能
- MEC（Multi-access Edge Computing）対応
- 電源AC100V（定格120W）
- バックホール Ethernet 1GbE x 2ポート（PoE対応予定）

NICT（国立研究開発法人情報通信研究機構）Beyond 5G研究開発促進事業委託研究  
研究開発課題名：継続的進化を可能とするB5G IoT SoC及びIoTソリューション構築プ  
ラットホームの研究開発（採択番号：00801）の支援により実施されました。



## Ultra Compact Local5G Softwarized System

2023/4/25 Press Released

NICT B5G Fund Project "Research and Development of B5G IoT SoC and IoT solution Building Platform of Continuous Evolution"  
Grant #00801

- We have developed a **low-power** (W) integrated core and local 5G system that can be **quickly installed outdoors** with its **small form factor** (W) 173.2 x (H) 66 x (D) 274.2 mm (75% of A4 Paper Size)
- The recently announced development of an ultra-compact software-defined radio (SDR) board is embedded in a commercial general-purpose single-board computer to implement 5G functions, resulting in **lower cost and flexibility** in adding functions through software.
- We will accelerate the solution of social issues, search for potential needs, and value creation through confirming and verifying the usefulness in demonstrations using 5G/B5G communication devices.



© 2023 Akihiro NAKAO, All Rights Reserved.



4.7-4.9GHz /100MHz Sub6 5G 1W/ch total 2W  
2x2 MIMO, Low-Power (90W) TDD SemiSync 1,2,3



## プレスリリース NEC、東京大学、NECプラットフォームズ、ローカル5Gを活用した 移動・自律運用可能な通信ソリューションの実証機を開発

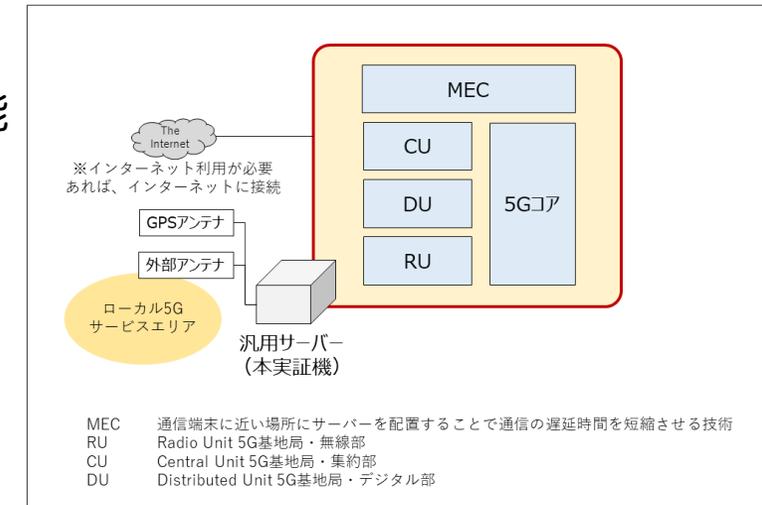
研究 2023

2023.03.31

➡ (株) FLARE SYSTEMS (東大ベンチャー) から、インターネット直結で  
すぐに使える、小型・低消費電力・高性能なインターネット直結型ローカ  
ル5Gシステムとして販売

### ■特徴

- ・ **ローカル5Gの基地局・5Gコア・MECを一体化**
- ・ ソフトウェアベース、迅速に機能アップデートが可能
- ・ 屋内利用（屋外での利用は別途ご相談）
- ・ 省スペース・低消費電力
  - 出力 : 1 W × 4 Port
  - サイズ :  
(幅) 130× (高さ) 189× (奥行) 357mm
  - 重量 : 約6.2 kg
  - 消費電力 : 約90W AC100V
- ・ 準同期方式に対応(TDD1/2/3)



小型ローカル5G実証機イメージ  
(幅) 130× (高さ) 189× (奥行) 357mm

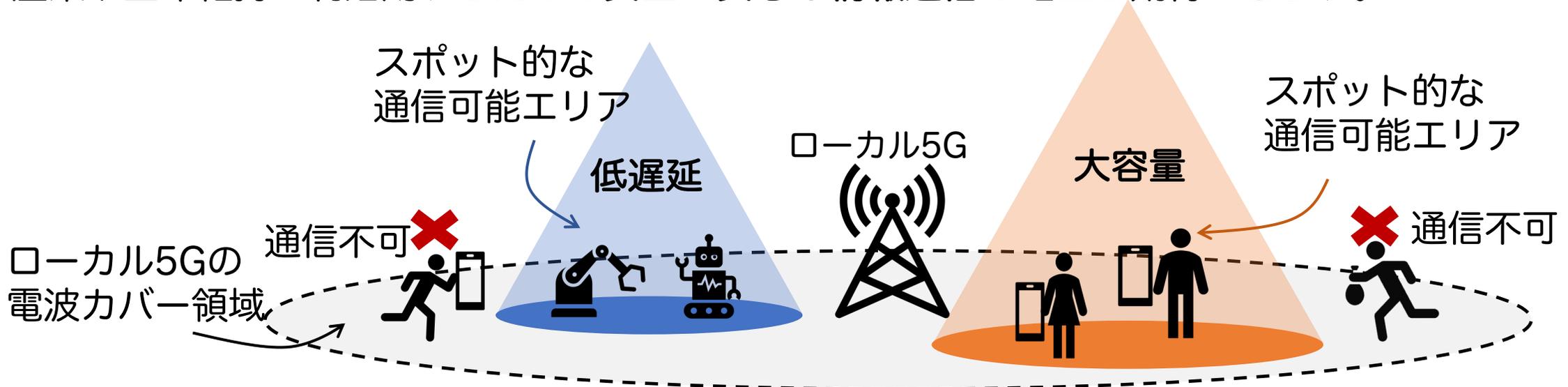
荒川下流域（岩淵地区）での国土交通省実証実験による測定結果  
高性能（高出力：1 W × 4 Port）な性能により、実際のフィールドにおいて  
本システムとローカル5G端末の間が1 kmの距離で通信ができることを実証

# ダイナミック時空間スライシング ～技術紹介～

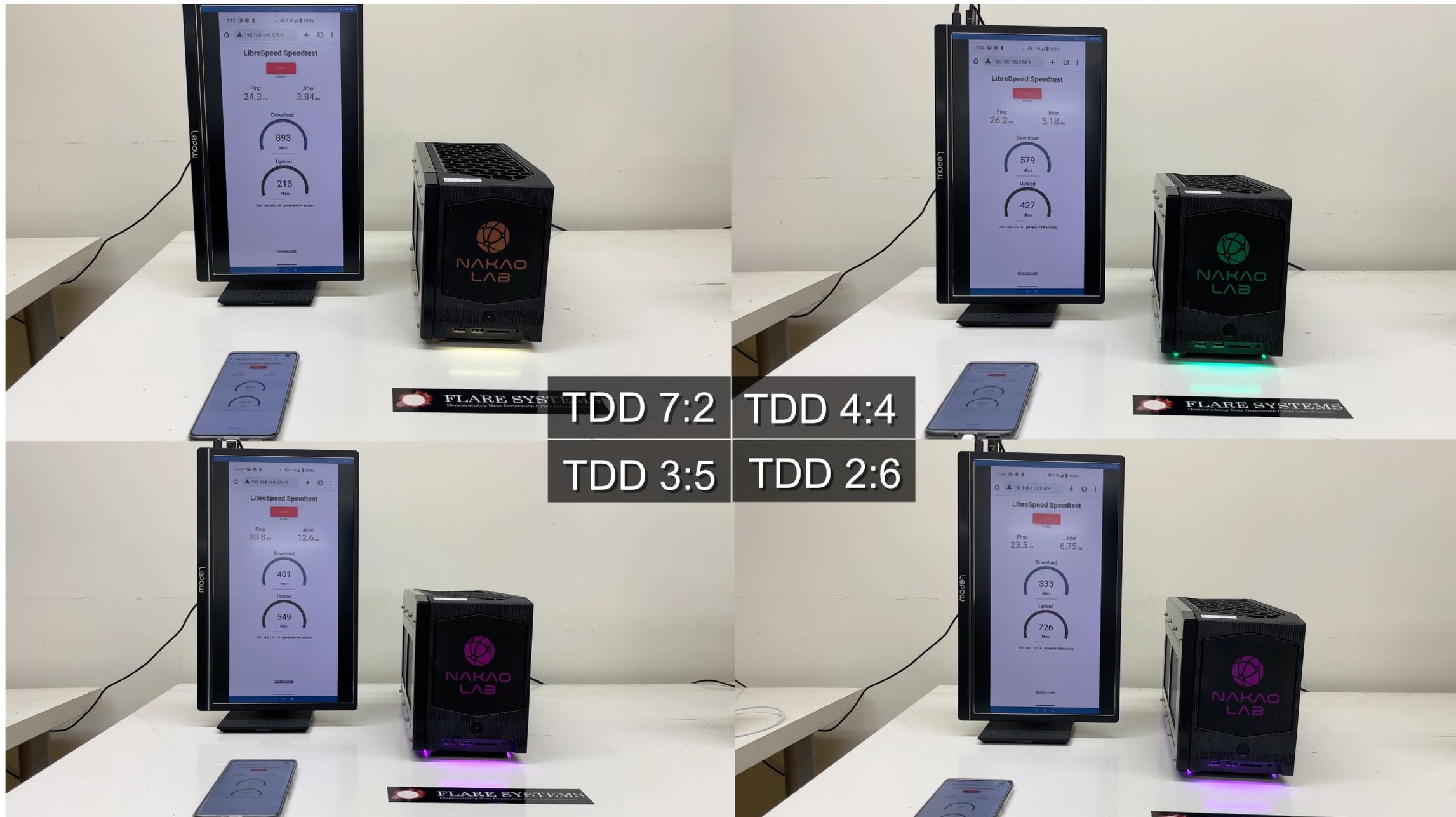
【課題】サイバーセキュリティの観点で、電波が漏れることによる情報漏洩やハッキングが社会問題となっています。空間的にきめこまかく限られた領域で通信の可否を制御することや、通信品質を制御することが求められています。

【確立した技術】上記課題解決のため、通信路上を流れるデータに対して、新たに「情報」を付与し、その付与情報に基づいた柔軟な通信制御を可能とする技術を、ローカル5G上に確立しました。具体的には、測距情報を付与することで、スポット的な通信可能エリアの構築や、端末認証情報を付与することで認可された端末のみが通信できる安全な通信エリアの構築が実現できます。このような通信エリアに対して、通信品質を制御することで、さらに柔軟な通信エリアの構築につながられます。

【創出される価値】多様なアプリケーションがその場所で必要な通信品質や安全性を確保可能となり、産業や生命維持へ利活用するための安全・安心な情報通信の確立が期待できます。



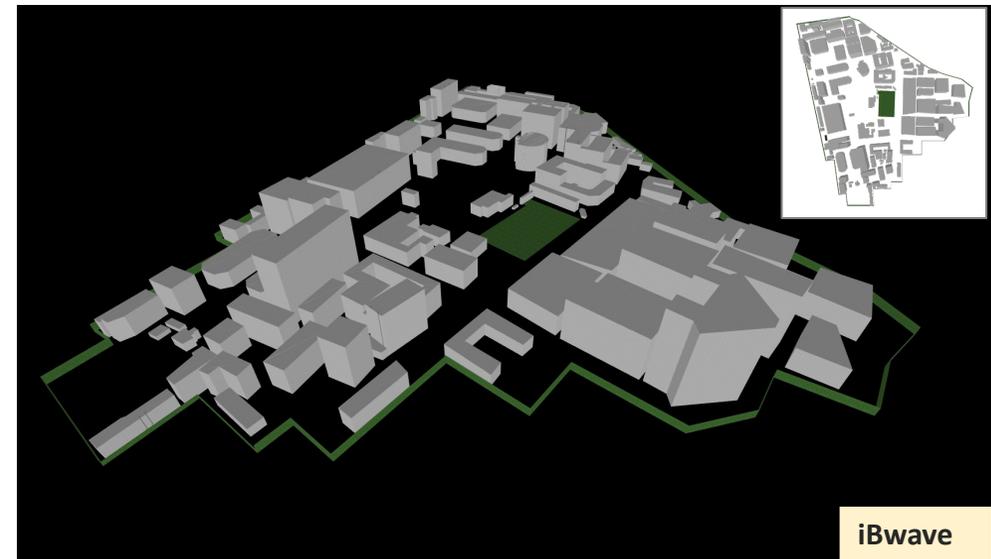
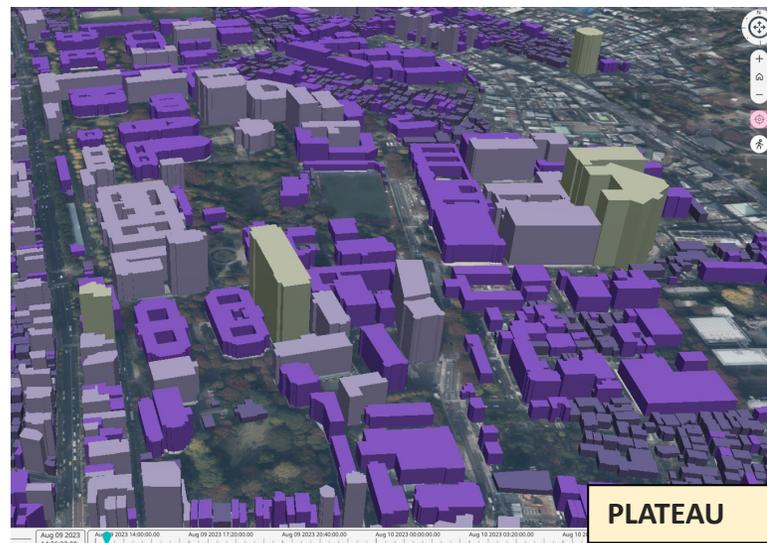
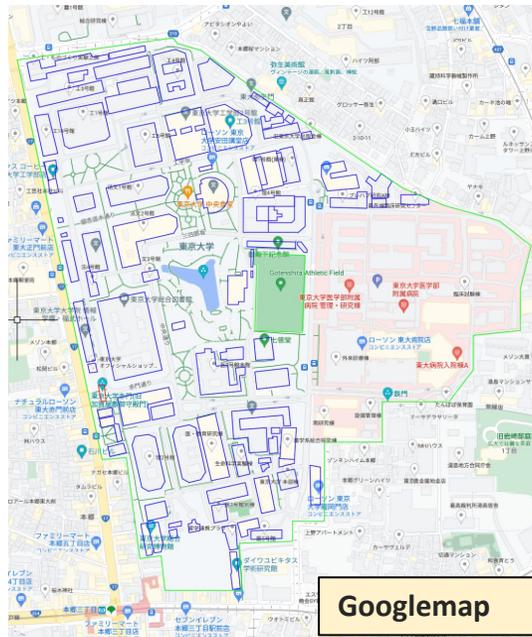
# (参考) カスタム可能性によりアップリンクの最適化 (スループットの向上) 実現



# シミュレーションモデルについて

下記のとおり、東京大学 本郷キャンパスエリアのシミュレーションモデルを作成

1. Googlemapの地図情報よりCAD図面を作成
2. PLATEAU VIEW 2.0<sup>\*1</sup>を使用して建物の高さ情報を取得して5mごとに分別
3. iBwaveの設計情報に2の建物の高さを情報反映して、3Dモデルを作成

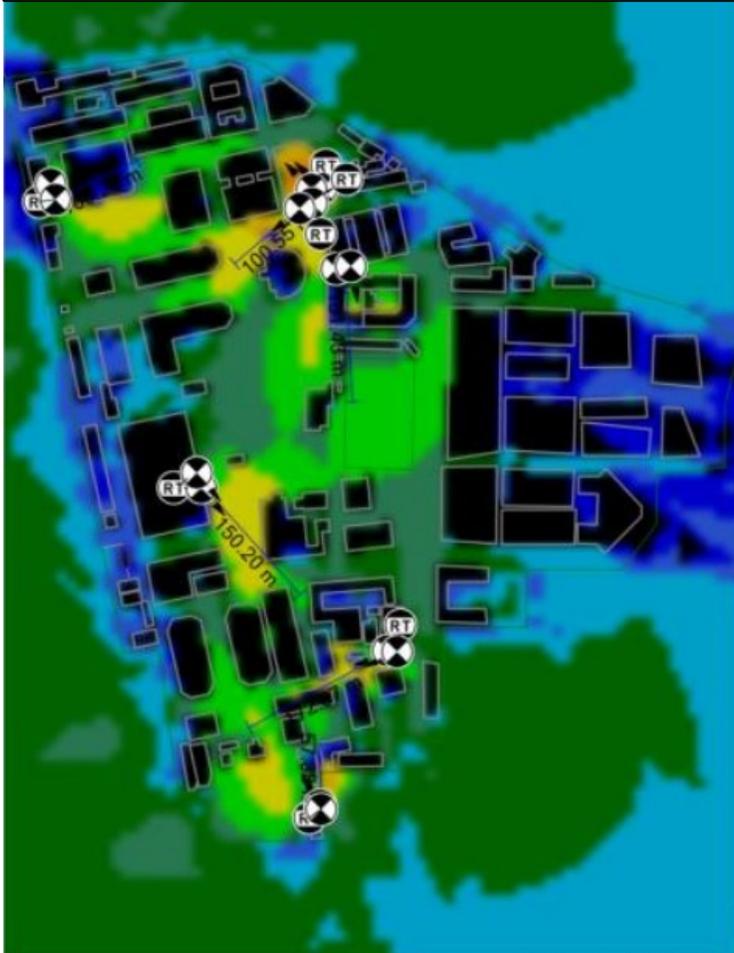


※1 国土交通省が主導する、日本全国の3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクト <https://plateauview.mlit.go.jp/> (2023/08/07閲覧)

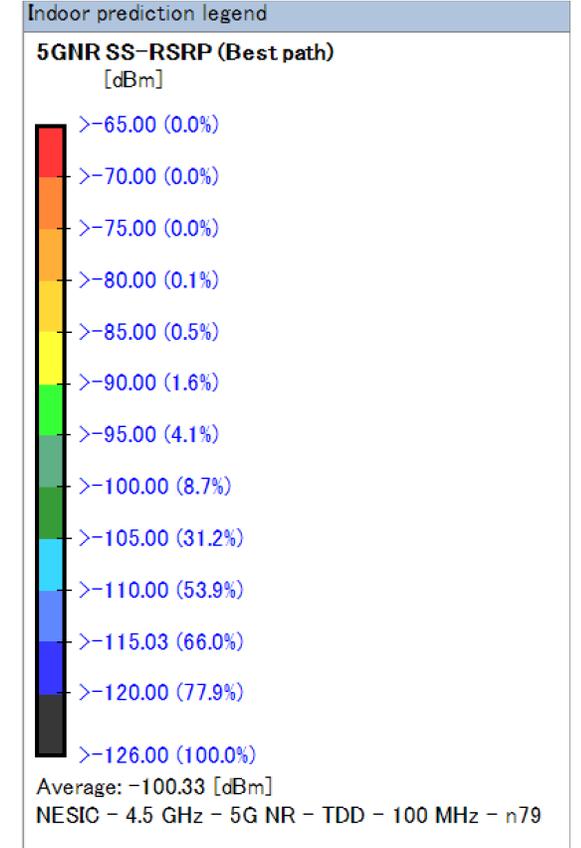
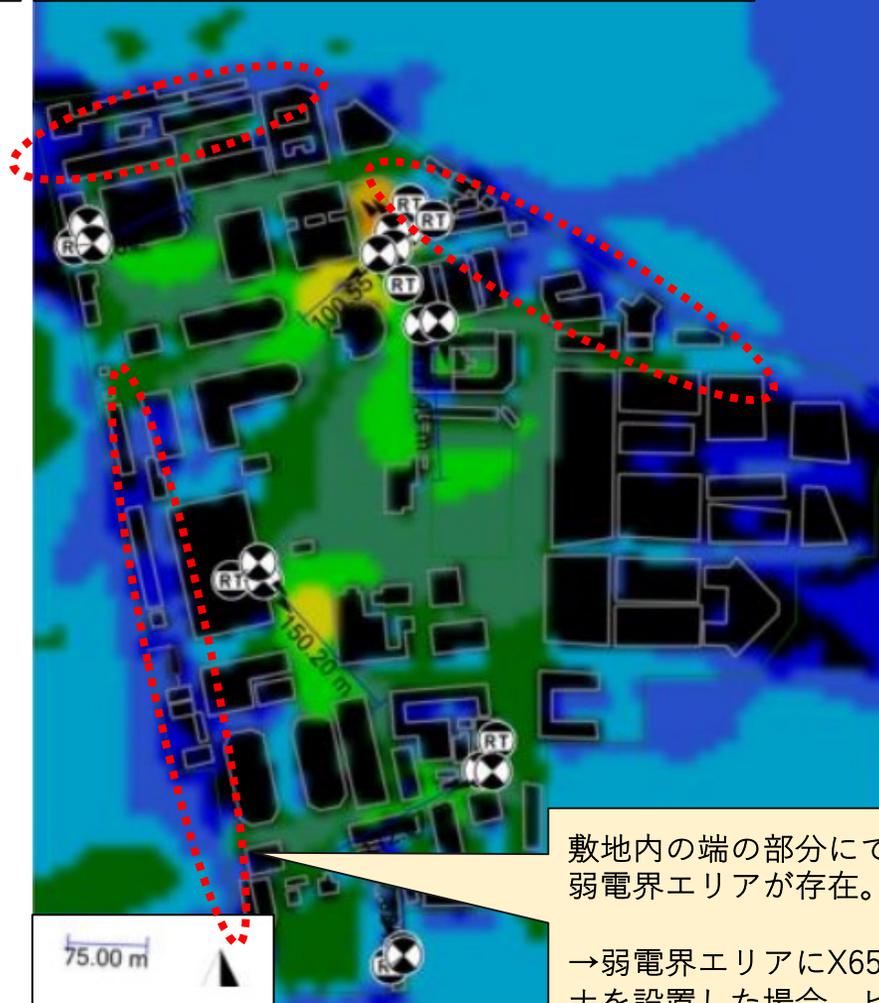
# 本郷キャンパス シミュレーション結果

申請済み基地局数:3局  
新規設置基地局数:4局  
合計:7局

D:[参考]本郷キャンパス全域-全局4W(36dBm)



C:本郷キャンパス全域-出力調整後



敷地内の端の部分にてシミュレーション上弱電界エリアが存在。

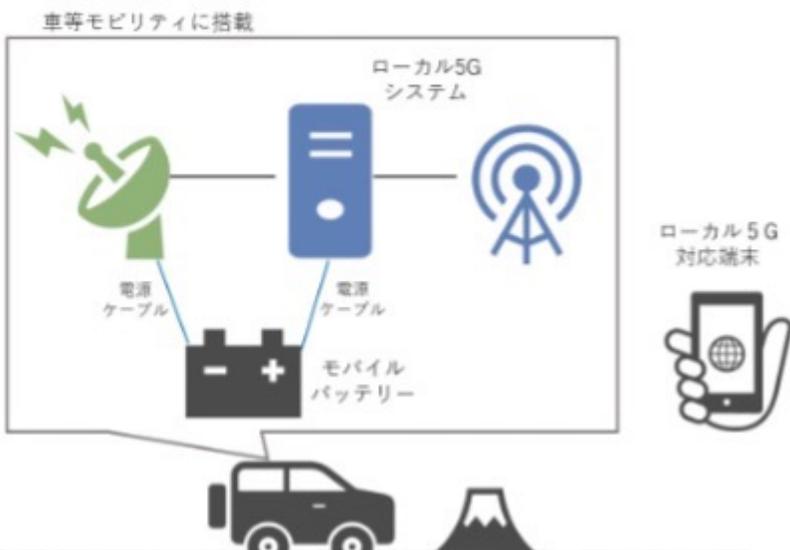
→弱電界エリアにX65-3545FTDのアンテナを設置した場合、ビーム幅が60° のため敷地外へ漏洩の可能性あり。

# 山梨県との連携：富士山で災害対策・減災活用を想定したローカル5Gシステムと衛星インターネットアクセスサービスを接続する技術実証に成功

報道発表 東京大学、山梨県富士山科学研究所が連携！

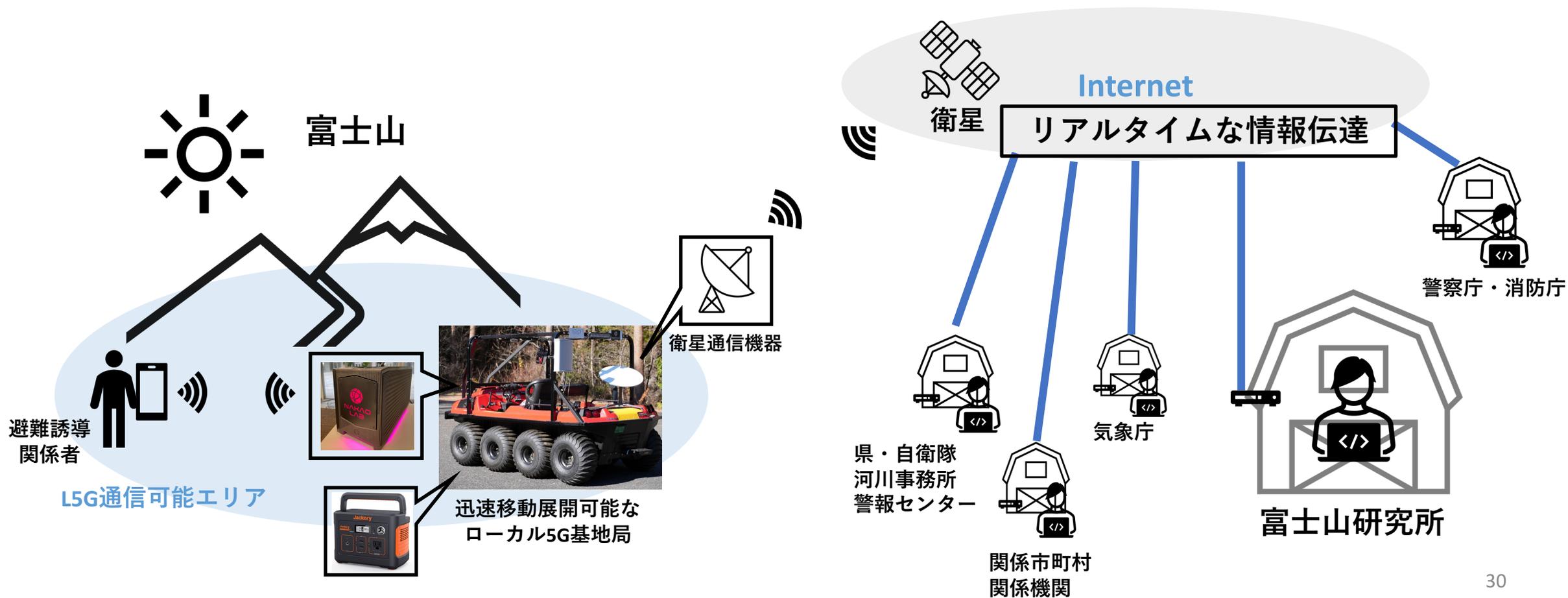
<https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/pr2022-11-25-002>

<https://businessnetwork.jp/article/11789/>



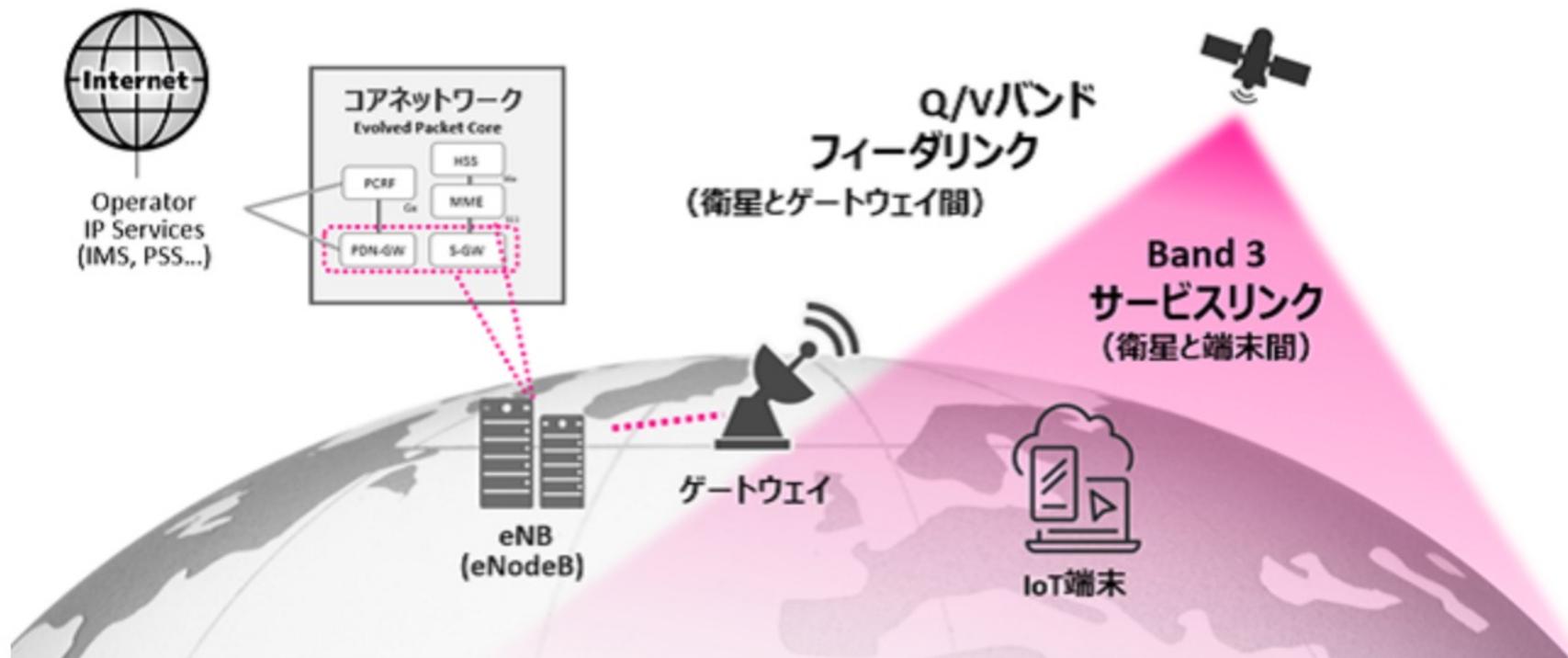
# 迅速移動展開可能なローカル5Gと衛星通信を利用した富士山におけるリアルタイム情報伝達システム

- 富士山の斜面を走行可能なバギーにシステムを実装し、迅速移動展開可能な通信インフラを実現
- 被災時における、ローカル5Gの広域通信を活かした救出活動、避難誘導に繋げる仕組みの確立



# 楽天モバイルと東大、低軌道衛星を利用した「IoT超カバレッジ」共同研究を開始

文©business network.jp編集部 2021.11.29



低軌道衛星を利用したモバイルネットワークアーキテクチャのイメージ

### RISING2023の概要 - 10月研究会-



機械学習などのAI（人工知能）関連技術を活用したネットワーキングに関する研究開発が活発化しており、国内外で様々な研究成果が発表されています。

そこで、より高度な「Super-Intelligent Networking」を目指した研究について、有線／無線、上位／下位の枠を超えて議論する場の提供を目的に、通信ソサイエティの第三種研究会として2020年9月に「超知性ネットワーキングに関する分野横断型研究会」を設立しました。

本研究会では通信ソサイエティの様々な通信技術分野を横断した活動に加えて、ITU主催の全世界対象イベント5G AI/ML Global Challenge日本開催分の運営を担当するなど電子情報通信学会の枠を超えた活動も行っております。

2023年10月30日(月)～10月31日(火)に、第三種研究会になって3回目の研究会としてRISING2023を開催致します。さまざま企画を実施いたしますので、多数の皆様の参加をお待ちしております。