

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

# データセンターにおけるローカル5Gを活用した 運用省人化および安定運営の実現

---

成果報告書概要版

令和5年3月

富士通株式会社

---

## 実証概要

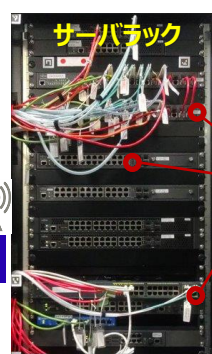
---

# データセンターにおけるローカル5Gを活用した運用省人化及び安定運営の実現

<b>実施体制</b> <small>(下線：代表機関)</small>	富士通(株)、(株)富士通総研、富士通ネットワークソリューションズ(株)、(株)ブルーストーンリンクアンドサークル	<b>実施地域</b> 神奈川県横浜市 (富士通(株) 横浜データセンター)
<b>実証概要</b>	社会のデジタル化が進展する中、社会生活を支えるデータセンターの安定稼働が求められる一方、少子高齢化を背景として、特に地方におけるオペレータ人材の確保が困難という課題が存在。 ▶ データセンターにローカル5G環境を構築し、ロボットを活用したサーバ機器等の状態を示すLED/アナログメータ自動監視や、外部給電が遮断された場合等緊急時作業の遠隔支援に関する実証を実施。 ▶ データセンター運用の自動化・省人化及び災害時の早期復旧を通じた、デジタルインフラの強靱化を実現。	
<b>主な成果</b>	▶ LEDランプ/アナログメータ自動監視は、 <b>異常の判定精度は88～100%、サーバ室(ラック300台)における監視時間の試算は224分</b> となり、自動走行ロボットの電源容量が満充電から15%へ減少する間に、全てのサーバラックを巡回できることを確認。 ▶ 緊急時作業の遠隔支援は、現場作業者と遠隔支援者が <b>スマートグラスでの空間描画や資料共有により、点検・復旧作業を円滑に行える</b> ことを確認。	
<b>技術実証</b>	▶ 一般的な建物より伝搬損失が大きいと想定されるデータセンターにおいて、建物侵入損を考慮した電波伝搬モデルの精緻化、分散アンテナシステム(DAS)を活用した階層跨ぎでの柔軟なエリア化を実施。 ▶ 周波数：4.8-4.9GHz帯 (100MHz) 構成：SA方式 利用環境：屋内	
<b>主な成果</b>	▶ 外壁の減衰によるRを44.7dB以上と推定し、 <b>電波が屋外に漏洩しない</b> ことを確認。DASにより、 <b>NLOS環境でも一定品質の通信が可能</b> であることを確認。 ▶ サーバ室のレイトレースのパラメータモデルを作成、類似の環境にて <b>事前のエリア設計時の設定指標として用いることで工数削減に寄与</b> 。	
<b>今後の展開</b>	本実証成果の実装に向けては、自動走行ロボットの改良、ソリューションに合わせた設備改修、業務運用ルールの変更が必要。令和5年度は実証環境である横浜データセンターで構築したローカル5G環境で本実証で抽出した課題への対応を実施し、 <b>令和6年度に実証拠点および自社他拠点への実装、令和7年度以降に他データセンター事業者への展開</b> を検討。	

## LED/アナログメータ自動監視

①自動走行ロボットがサーバ室/電気室を自動巡回



③撮影した動画を真正面画像に変換(射影変換)

■自動走行ロボットとAIを活用してサーバや電気設備の自動監視を実現



④検出したLEDを切り出し

⑤画像AIで点灯判定



⑥異常検出時メール通知

■自動走行ロボット  
 ②ローカル5G対応4Kカメラを2台搭載し、高精細動画を撮影。ローカル5Gでサーバへ動画伝送

## 緊急時作業の遠隔支援



遠隔支援者

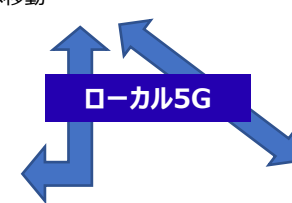
ロボットを遠隔操作して見たい場所へ移動  
 スマートグラスARで作業指示・支援

■高スキルを持つ遠隔支援者が、現場のロボットに搭載した4Kカメラやスマートグラスの視点で、現場状況を詳細に把握し、ARを活用して的確な作業指示・支援を実現



現場ロボット

ロボットの高精細映像で遠隔支援者が周囲を含めて状況把握

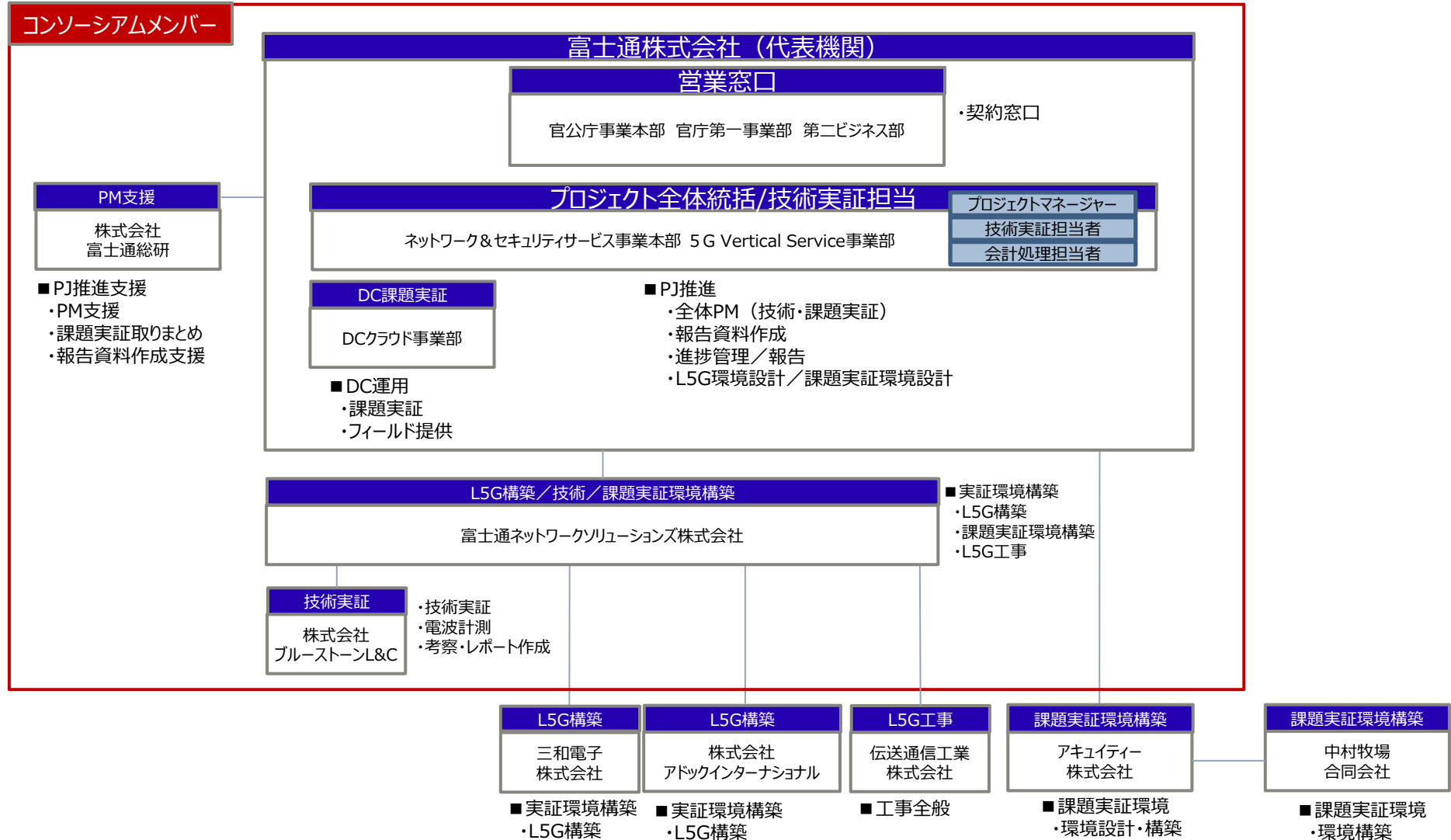


現場作業者

スマートグラスARによる指示・支援を受け正確な復旧作業を実施

# 実施体制

本ソリューションのユーザーであるデータセンター運用部門を含む体制で実施した。



---

## 実証環境

---

# 実施環境

## ■ 実証場所

富士通株式会社横浜データセンター(神奈川県横浜市)

本実証は、富士通株式会社横浜データセンターの屋内環境において1F電気室および4Fサーバ室にローカル5G分散アンテナシステム(DAS)のアンテナを配置し、技術実証の電波伝搬モデルの精緻化とエリア構築の柔軟性向上の実施ならびに、データセンターでの課題解決に向けたソリューションについて課題実証を実施した。

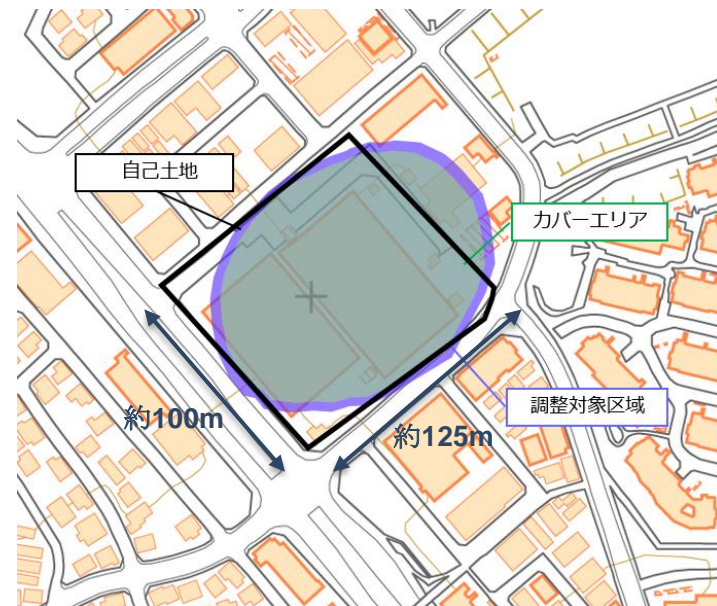
同データセンターの環境としては以下の特徴がある。

- ・ 堅牢な構造物であるため、キャリアの電波(LTE、5Gなど)が圏外もしくは弱電界である
- ・ サーバ室は、複数の背高のサーバ(ラック)や電源等の金属物が多数配置されている
- ・ 電気室は、高圧の電源システムおよび電源ケーブルが設置されている

これらの特徴から、電波の遮蔽物が多数存在、電波に影響を及ぼす可能性のある屋内環境において、電波伝搬特性およびエリア構築の柔軟性(DASによるエリア化)の実証をすることで得られる知見は、全国で日々拡張し続けているデータセンターへの横展開も大いに期待できるものになると考える。



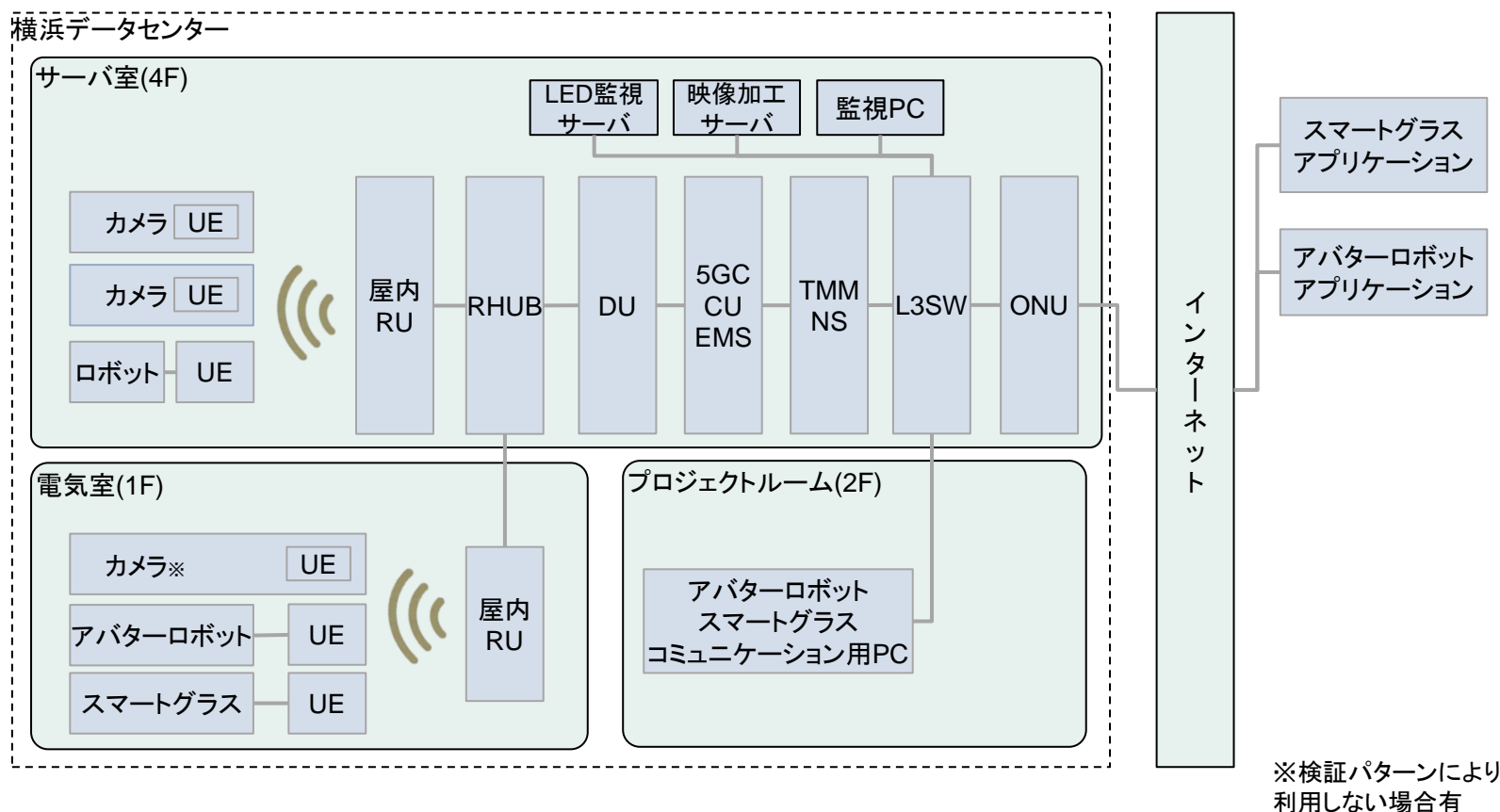
横浜データセンター建屋



カバーエリア

# ネットワーク・システム構成

- 本実証でのローカル5Gのネットワーク構成を以下に示す。  
ローカル5Gシステムはサーバ室(4F)にオンプレミスにて環境を構築した。ネットワークの機器構成は以下にて示す。



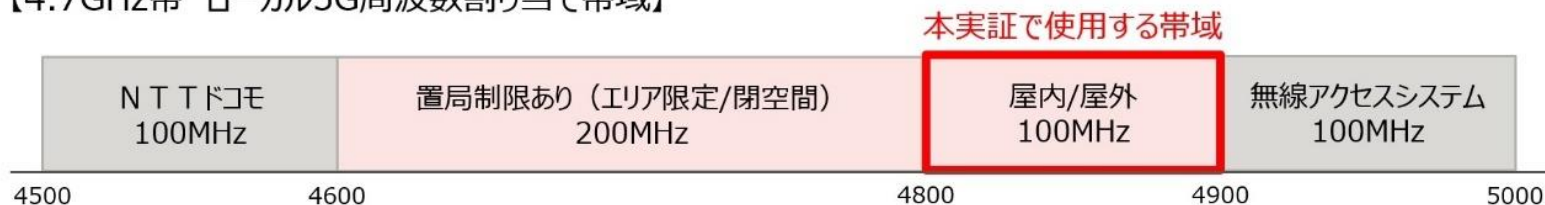
# システム機能・性能・要件・対象周波数帯

- 本実証で使用した基地局の概要を以下に示す

項目	PW-320-DU PW332-pRadio
製造ベンダ	富士通株式会社
台数	DU: 1台、RU(pRadio): 5台
設置場所(屋内/屋外)	屋内
同期/準同期	同期
UL:DL比率	1:4
周波数帯	4.7GHz帯
SA/NSA	SA
UL・DL周波数	4.8~4.9GHz
UL・DL帯域幅	100MHz
UL・DL中心周波数	4.85GHz
UL・DL変調方式	QPSK/16QAM/64QAM/256QAM
MIMO	DL 4Layer UL 2Layer

- 本実証では、4.7GHz帯(4.8GHz~4.9GHz 合計100MHz幅)の周波数帯域を使用。同周波数帯における電波伝搬特性の検証をはじめとする技術実証および映像伝送等を用いた課題実証の実施に対して、ローカル5Gシステムを活用する。

【4.7GHz帯 ローカル5G周波数割り当て帯域】





---

## ローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討(技術実証)

---

# 技術実証テーマ I \_電波伝搬モデルの精緻化 (1/2)

## ■課題解決システム利活用環境における技術的課題と実証目標

- ・(課題) 屋内でローカル5Gを活用する場合、エリア算出法による一律の $R=16.2\text{dB}$ を適用しエリア設計を行うが、本実証のデータセンターのような堅牢な構造の建物に、一律の $R$ を適用した場合、大きく屋外に電波漏洩するエリア設計の結果となるケースがある。
- ・(実証目標) データセンターが仮に鉄筋コンクリート等の強固な壁で構成されている場合、その $R$ は $16.2\text{dB}$ より大きくなることで、データセンター屋内から屋外へ大きく電波漏洩する可能性は低い。よって、本実証ではデータセンターの外壁等の減衰を確認し、その $R$ と屋外に電波が漏洩していないかを確認する。

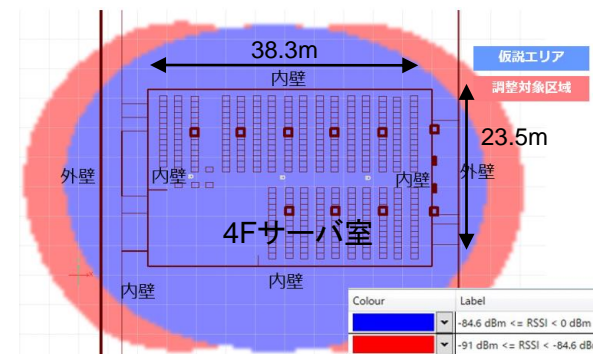
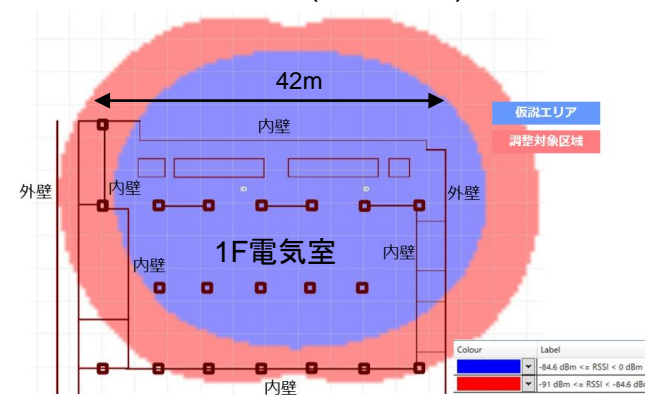
## ■実証前の仮説

- ・仮説段階として1F電気室と4Fサーバ室の壁をそれぞれ鉄筋コンクリートと仮定し、レイトレースのシミュレーションを実施。過去の実証実験の堅牢な建物での測定結果も参考に仮説 $R=35\text{dB}$ とし、大きく屋外へ電波漏洩しないと仮定した。

## ■実証内容

- ・計測指標: 1F電気室にアンテナ(DAS)を2台、4Fサーバ室に3台設置し、エリア化された屋内外にてSS-RSRPを計83か所測定。移動局の測定高は各フロア面から $1.5\text{m}$ を基準に測定。
- ・評価・検証方法: 1F電気室、4Fサーバ室の図面左右方向の外壁前後の測定値を参考に、データセンターの $R$ を定め、内壁に関しても測定した結果から、電波の減衰量を確認する。

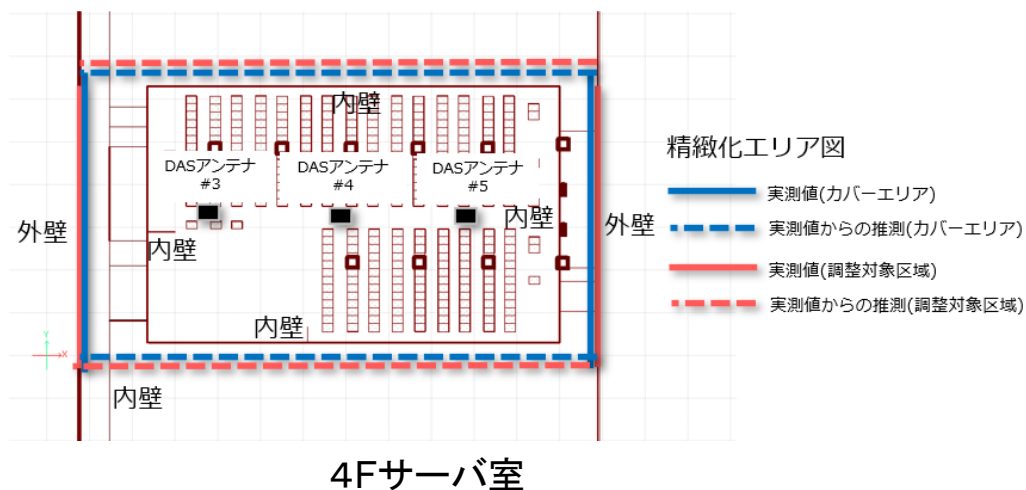
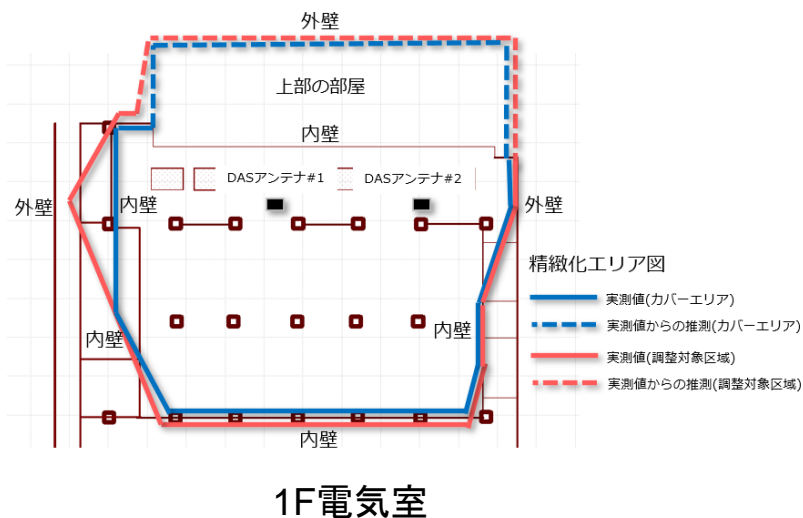
仮説エリア図( $R=35\text{dB}$ )



# 技術実証テーマ I \_電波伝搬モデルの精緻化 (2/2)

## ■実証結果と分析・考察

- 測定結果
  - ✓ 1F電気室の図面左右方向の外壁の外では、電波漏洩は確認できなかった。
  - ✓ (1F電気室を停波状態で)4Fサーバ室のみの電波を屋外(地上)にて確認も電波漏洩は確認できなかった。
- 目標達成状況・仮説検証結果(仮説と異なる場合その理由)
  - ✓ 外壁外の受信電力(SS-RSRP)を測定器の測定限界値から $-140\text{dBm}$ 以下とした。  
よって、外壁前後の測定結果から $R=44.7\text{dB}$ 以上と推定でき、仮説 $R=35\text{dB}$ より大きい減衰を確認した。外壁は鉄筋コンクリートと鉄筋枠+鋼製サンドイッチパネルを使用した構造であり、この材質が単純な鉄筋コンクリートの壁より減衰させたと考える。
  - ✓ 内壁については1F、4Fでの石膏ボード、鉄筋コンクリート、ALCの材質の内壁の前後18か所の結果を平均し、内壁の $R=8.1\text{dB}$ とした。
- 得られた技術的知見
  - ✓  $R$ は $44.7\text{dB}$ 以上となり、本実証のようなデータセンターの屋内から屋外には電波は漏洩しない。



# 技術実証テーマⅡ\_エリア構築の柔軟化 (1/2)

柔軟化の対象：■不感地対策 ■他者土地への電波漏洩軽減

解決方策 ■反射板 ■中継器 ■DAS ■LCX ■その他

エリア構築の課題 技術的課題

サーバ室のような環境は、金属の遮蔽物の陰等で部分的に弱電界となる可能性があり、その有効な構築手法の事例が少ない。また事前のエリア設計時のシミュレーションでは、サーバ室のような環境で参考となるパラメータ設定等がないことで、検討に工数がかかる。

上記課題の解決方策

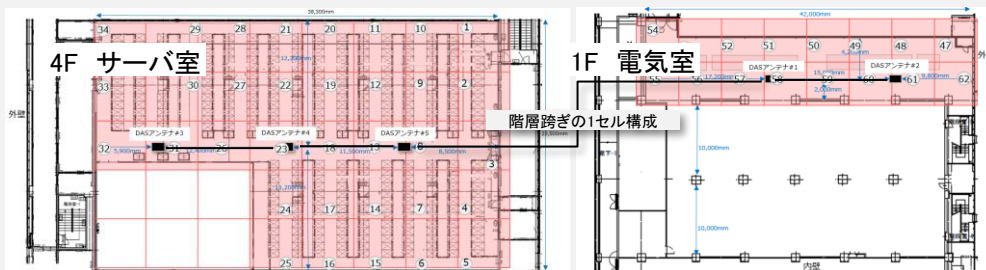
課題解決前：①サーバ室のような金属製の背高の遮蔽物が多く、天井が低い屋内において均一な無線環境の構築が難しい。  
②事前のエリア設計時のシミュレーション精度向上と検討作業の効率化  
課題解決後：①DASを活用したエリア構築を行うことでカバーエリアを均一な無線品質の環境に構築  
②レイトレースのシミュレーションにてサーバ室におけるパラメータモデルを設定することで事前エリア検討工数の削減

## 課題実証方策①

### DAS活用で均一な無線品質でエリア化

DASでエリア化した各階層にて測定を実施し、NLOS環境な屋内エリアでも均一な無線品質でのエリア化がされているかを確認する。

- ✓ 4Fサーバ室：DAS3台を設置、34ポイント測定
- ✓ 1F電気室：DAS2台を設置、16ポイント測定



測定対象エリア

### 4Fサーバ室、1F電気室の目標値

項目	目標値
SS-RSRP	≥ -100dBm
DL/ULスループット	≥ 20Mbps/UE
伝送遅延	≤ 100msec

### 評価：〔実用性、優れる点、留意点等〕

DASの活用により遮蔽物の陰や部屋の隅などの場所でも一定水準(右表の目標値以上)の通信が実現できているかを確認する

## 課題実証方策②(シミュレーション)

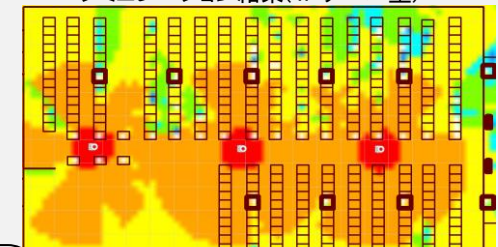
### シミュレーション内パラメータのキャリブレーション

レイトレース(シミュレータ：Ranplan)を使用し、4Fサーバ室において、シミュレーション精度向上に向けた対象パラメータ(浸透、回折、反射の最大設定回数)をSS-RSRPの実測値を元にキャリブレーションし、サーバ室のような環境においてのパラメータモデル化を作成する。

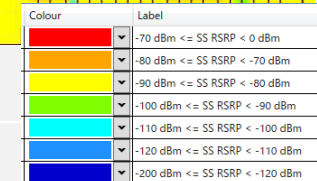
### ターゲットKPI

	SS-RSRPの標準偏差(σ)※
キャリブレーション前値(初期段階)	6.92
キャリブレーション後値(目標値)	≤ 6

### 初期段階のレイトレース SS-RSRPシミュレーション結果(4Fサーバ室)



ターゲットKPIである標準偏差の算出方法は、測定ポイントごとにシミュレーション結果の値との差を求め、それらの全体の平均値を算出し、その平均値を基準として標準偏差を求めた値。この標準偏差が小さくなることで実測値に対してシミュレーション上での再現性が高い。



### 評価：〔実用性、優れる点、留意点等〕

シミュレーション内の対象パラメータを最適化し、ターゲットKPI(目標値)までシミュレーション結果を実測値に近似できるか確認する

# 技術実証テーマⅡ\_エリア構築の柔軟化 (2/2)

柔軟化の対象： ■不感地対策 ■他者土地への電波漏洩軽減

解決策 ■反射板 ■中継器 ■DAS ■LCX ■その他

### 課題実証方策①

■結果

- ✓ 4Fサーバ室は、すべての目標値を達成。サーバラック陰などのNLOS環境でも一定水準の通信ができた。
- ✓ 1F電気室は、図面左上角のポイントのみSS-RSRPが未達(-104.5dBm)も、その他ポイントおよび項目共にすべて目標値を達成。

各項目の目標値に対する結果

項目	目標値	4Fサーバ室 測定結果	1F電気室 測定結果
SS-RSRP	≥ -100dBm	全34ポイント すべて達成	1ポイントを除き 15ポイントで達成
DL/UL スループット	≥ 20Mbps/UE	全34ポイント すべて達成	全16ポイント すべて達成
伝送遅延	≤ 100msec	全34ポイント すべて達成	全16ポイント すべて達成

### 課題実証方策②

■結果

- ✓ シミュレーション結果における標準偏差6.92に対して、パラメータのキャリブレーション後の標準偏差は3.55となり、目標である標準偏差≤6を達成。キャリブレーション前よりシミュレーション結果が実測値に近似できた。

ターゲットKPI

	SS-RSRPの 標準偏差(σ)※
キャリブレーション 前値(初期段階)	6.92
キャリブレーション 後値(結果)	3.55 目標≤6を達成

対象パラメータ(浸透・回折・反射)のキャリブレーションや建物データの最適化にて実測環境に近似

- ✓ サーバラック内の減衰の表現
- ✓ サーバ間通路上の電力表現 など

### 実証の成果

■課題解決への貢献

1F電気室の1ポイントを除き、その他すべての測定ポイントおよび測定項目にて目標値達成により、サーバ室のようなサーバラックの陰や、電気室の高圧盤の陰などのNLOS環境でもエリア化の手段としてDASの有効性を確認した。

■得られた知見

4Fと1Fのような階層跨ぎや、サーバラック等の遮蔽物によりNLOSが多い環境において、DASが屋内エリア構築手段として柔軟性に優れていることを確認できた。また、DASのアンテナ間では不要なハンドオーバーが発生しないため、DASエリア跨ぎ時も安定した通信ができることを確認した。

### 課題解決への貢献

本実証のサーバ室で、上記キャリブレーションにて実測値と近似した際の対象パラメータ設定値をレイトレースのパラメータモデルとする。サーバ室と同類の環境にて事前のエリア設計に本モデル活用にて効率的な事前設計が期待できる指標として作成。

サーバ室のレイトレース パラメータモデル

パラメータ	最大設定回数 (初期値)	最大設定回数 (キャリブレーション後)
浸透	5	4
回折	2	1
反射	5	8

■得られた知見

金属ラックが立ち並ぶような環境に対する電波伝搬シミュレーションの最適設定値

---

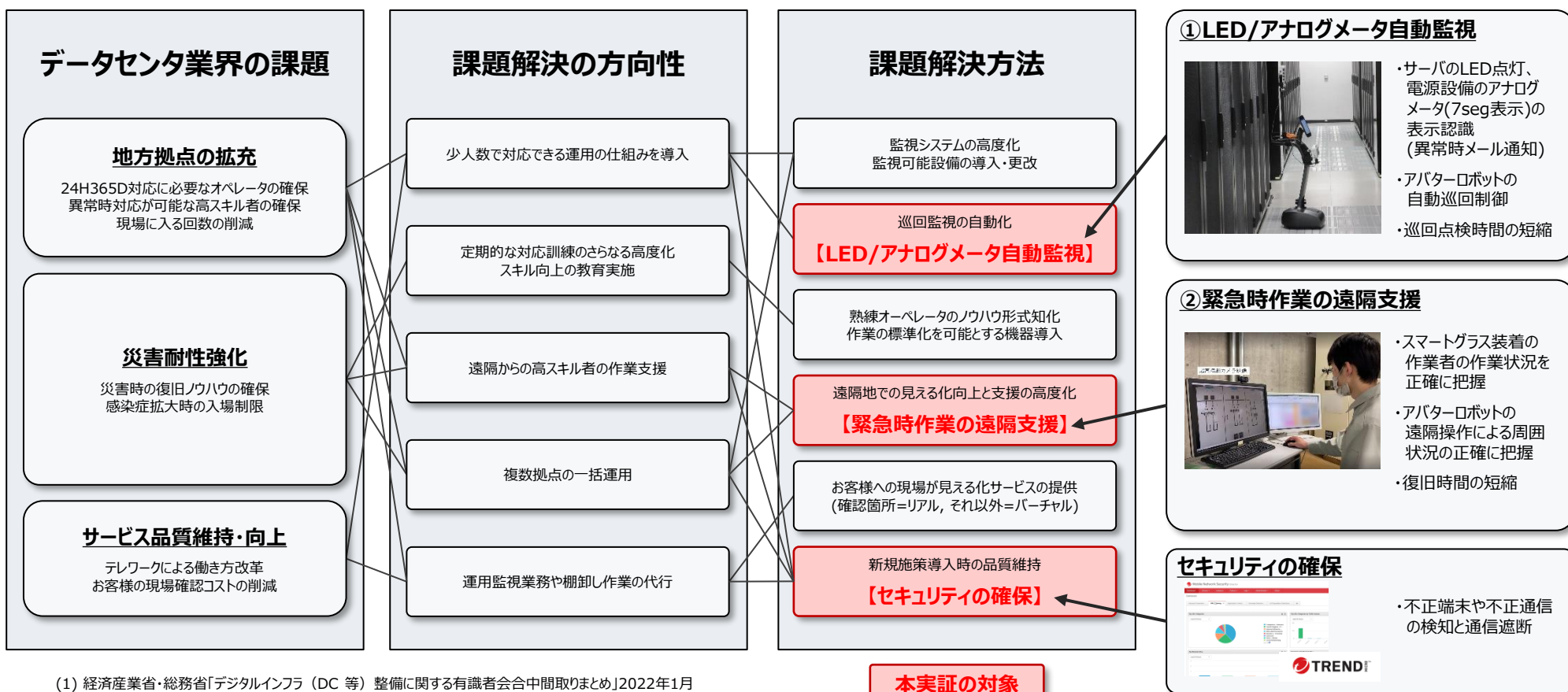
## ローカル5G活用モデルに関する検討(課題実証)

---

# 実証概要

## 課題背景

インターネット上のデータ流通量が今後10年間で30倍に増加する試算<sup>(1)</sup>もあり、国内データセンター市場は年間成長率が12.5%で伸長し、2025年時点で約2.8兆円と予測<sup>(2)</sup>されている。現在一極集中になっており、災害耐性強化や地方拠点への分散がデータセンタ業界での課題になっている。データセンタのDXを推進し、持続可能で効率的なデータセンタ運用の実現を目指す。



(1) 経済産業省・総務省「デジタルインフラ（DC等）整備に関する有識者会合中間取りまとめ」2022年1月  
 (2) IDC Japan 株式会社「国内データセンターサービス市場予測を発表」2021年10月

# 実証環境

富士通横浜データセンターのサーバ室と電気室で実証を行った。

## 実証現場

### サーバ室



←グレーチング材の床

### 電気室



←絶縁マット(緑部分)

## 実証機材

### 自動走行ロボット

(4Kカメラ端末2台搭載)



### スマートグラス



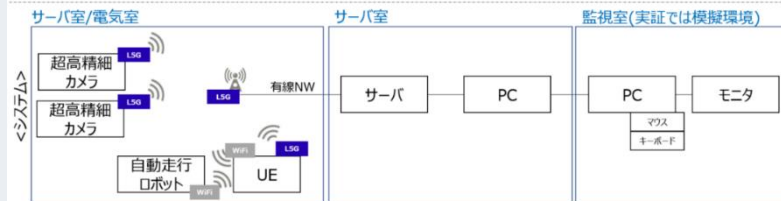
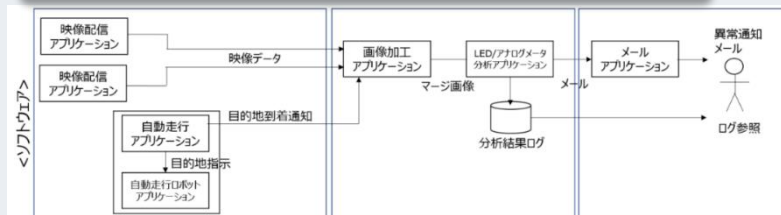
### 遠隔支援環境

### セキュリティ (TMMNS)

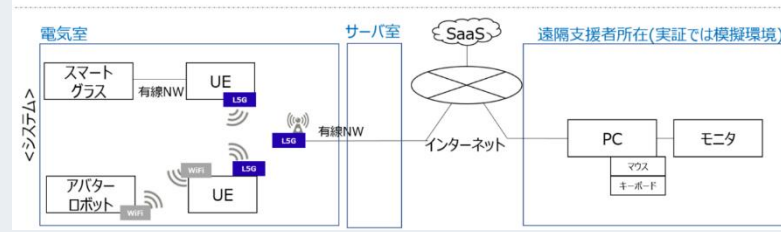
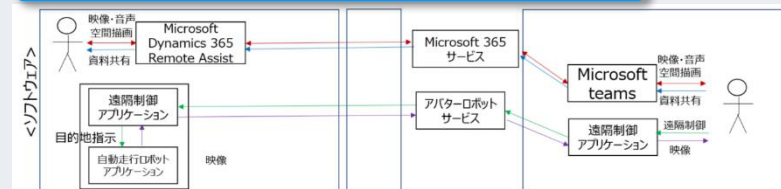


## システム・運用環境

### ① LED/アナログメータ自動監視 システム構成図



### ② 緊急時作業の遠隔支援 システム構成図





# 実証内容：ローカル5G活用モデルの有効性等に関する検証(1/2)

## ■実証シナリオ

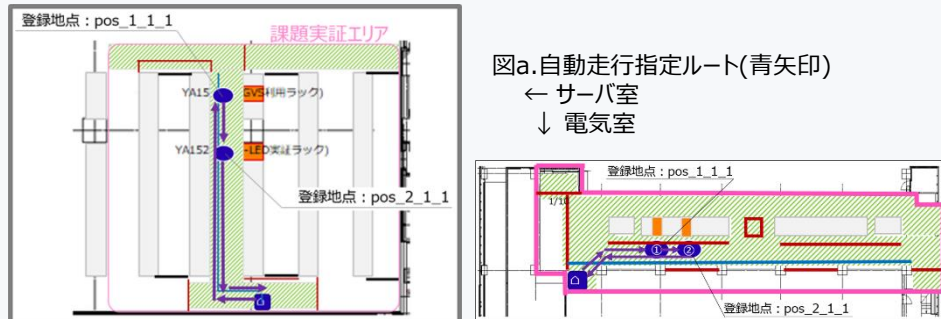
### ①LED/アナログメータ自動監視

【現在】人による巡回監視 → 【本モデル】アバターロボットを活用した自動巡回監視

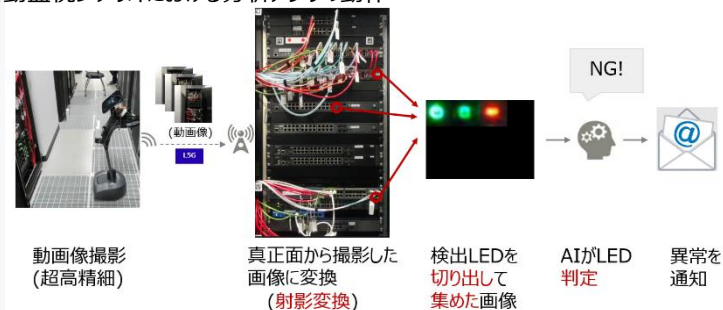
以下の自動監視シナリオの準備,実行して動作時間や認識率を測定して実装時の動作を確認することで、本活用モデルの有効性を確認した。

#### ■自動監視シナリオ

- (1) サーバ室および電気室にてアバターロボットを指定ルート(図a)を自動走行
- (2) 撮影ポイントで停止してラックや電源盤を4K動画撮影し、ローカル5Gでサーバへ伝送
- (3) 分析アプリで映像からLEDとアナログメータを切り出して表示内容を認識(図b)
- (4) 表示内容で異常を検出した場合はメール通知
- (5) アバターロボットは分析を待たずに次の撮影ポイント(ordock)へ移動



図b.自動監視シナリオにおける分析アプリの動作



### ②緊急時作業の遠隔支援

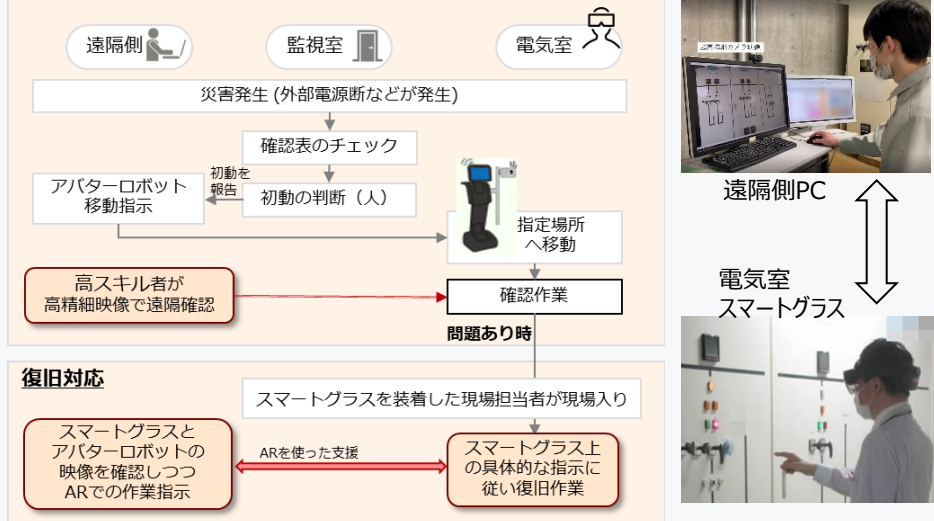
【現在】現場人員での復旧対応 → 【本モデル】アバターロボットやスマートグラスを活用し遠隔地にいる高スキル者の支援を受け現場確認および復旧対応

以下の遠隔支援シナリオで遠隔と現場(電気室)のコミュニケーションを取る実証を行い、本活用モデルの有効性を検証した。

#### ■遠隔支援シナリオ …災害発生で外部電源断が発生したと想定

- (1) 実証発生後、安全を確保して確認表のチェックして初動開始
- (2) 撮影ポイントで停止してラックや電源盤を4K動画撮影し、ローカル5Gでサーバへ伝送
- (3) 遠隔高スキル者がアバターロボットを活用して、先行で現場状況を確認
- (4) 問題ありの場合、スマートグラスを装着した作業者が現場移動
- (5) 到着と共に、スマートグラス上のコミュニケーションツールにて確認ポイントや復旧手順をドキュメントやARの矢印ツールを活用して正確に指示することで、現場人員のスキル不足を補うと共に負担軽減を行う

#### 緊急駆けつけ



# 実証内容：ローカル5G活用モデルの有効性等に関する検証(2/2)

## ■ 検証結果サマリ

ソリューション名	評価・検証項目	目標	検証結果	目標達成状況	考察および対応策	
ソリューション共通	機能	UL通信速度	40Mbps以上(映像伝送)	40Mbps(映像伝送)	達成	実力は100Mbps超を確認済(技術実証テーマ2)
		ロボット動作(ルート走行)	停止位置の誤差5cm以内	平均=縦3.3cm,横8.6cm	未達成	床素材(グレーチング床)と特徴点の少ない周囲環境の影響の低減要
		ロボット動作(回避)	100%回避	低い障害物の回避困難	未達成	運用変更(仮想壁の設定・仮置きルールへの条件追加)で確実性担保
		セキュリティ	不正端末,不正通信を遮断	不正検知で遮断	達成	
	運用	習得時間：ロボットルート設定	120min以内	70min	達成	
		走行中の注意喚起(音通知)	5m以内で確認できる	5.5m以上でも確認可	達成	
①LED/アナログメータ自動監視ソリューション	機能	監視対象物の映像切り出し	規定位置に撮影のこと	92%~14%	未達成	床素材(グレーチング床)の影響によるアバターロボットの停止位置/回転精度劣化の低減が必要
		LED判定	目視同等レベルであること	100%~88%	未達成	オートフォーカスの迷いによる影響であり、カメラアプリを見直し
		アナログメータ判定	目視同等レベルであること	100%	達成	
	運用	習得時間：ロボットルート設定	120min以内	135min	未達成	登録地点を決める際のカメラ条件設定作業の手順が煩雑であり要改善
		習得時間：分析設定	作業習熟できること	習得には至らず	未達成	設定手順は26分で理解されたが、「自ら考えての対応は難しい」の声
		走行中の注意喚起(音通知)	5m以内で検出できる	5m以上でも確認可	達成	
	効果	走行時間	12sec以内/撮影ポイント間	19sec(2倍距離での結果)	達成	サーバ室全域の監視時間も満足した
		連続動作時の異常通知	異常検出時から2min以内	50秒	達成	
②緊急時作業の遠隔支援ソリューション	運用	習得時間：スマートグラス操作	60min以内	40min	達成	
	効果	スマートグラス/遠隔支援PC操作性、映像・音声品質	通話,資料共有が可能 1080p,30fpsのビデオ通話	ハンズフリーで作業可能 空間描画で指示	達成	描画機能の場所指示で近くにいるかのようなスムーズな点検・復旧作業
		アバターロボット/遠隔支援PC操作性、映像品質	遠隔制御が可能 遠隔から文字を読み点検可	遠隔制御可能 点検作業可能	達成	支障なく点検作業可能は超高精細カメラを導入した場合。画質の悪いロボット内蔵カメラに対して26%の作業時間達成

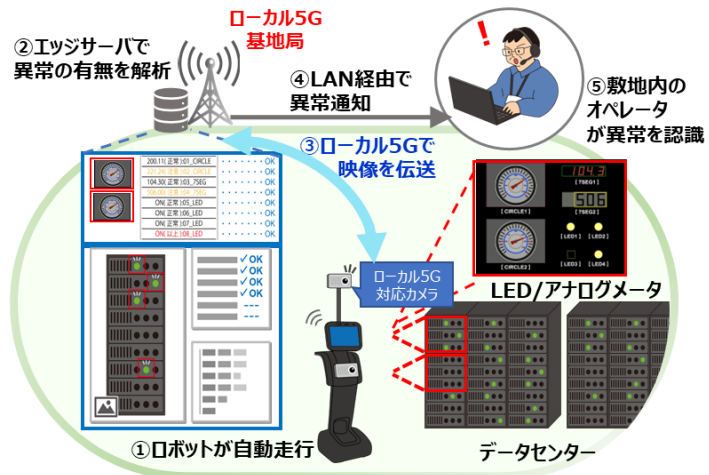
- LED/アナログメータ自動監視の判定精度は88~100%、サーバ室(ラック300台)における監視時間の試算は224分であり、自動走行ロボットが満充電から15%まで電源容量が減るまでの間にすべてのサーバラックを巡回できることを確認した。
- 緊急時の遠隔作業支援は、現場作業者と遠隔支援者がスマートグラスでの空間描画や資料共有により、点検・復旧作業を円滑に行えることを確認。4K映像による現地状況の共有が非常に有用であることが確認できた。
- 目標未達の項目は「自動走行ロボットの走行性能」と「カメラ動作」に起因しており、実装に向けて見直しが必要。

# 実証内容：ローカル5G活用モデルの実装性等に関する検証(1/2)

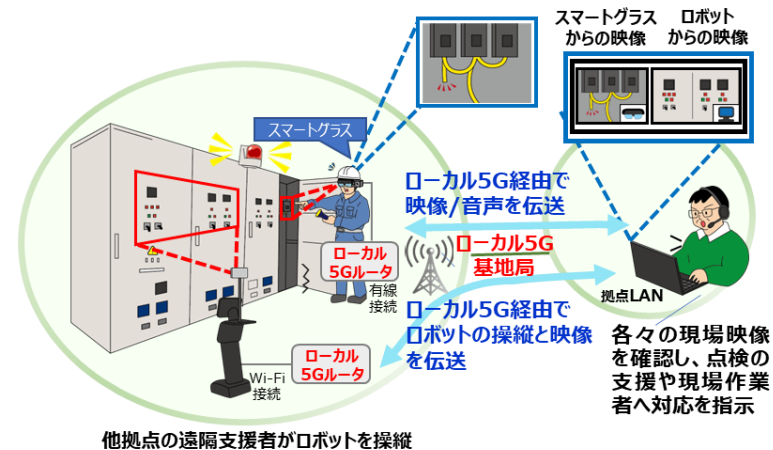
## ローカル5G活用モデルの全体像

以下の2つのソリューションで構成。

### LED/アナログメータの自動監視



### 緊急時作業の遠隔支援



## 各ソリューションの期待効果

ソリューション	期待効果
LED/アナログメータ自動監視	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業者の単純作業の負担軽減</li> <li>LED/アナログメータの確認ミスの低減</li> <li>障害認知頻度の向上によるシステム停止期間の短縮</li> <li>サーバ室LED監視作業の時間短縮</li> </ul>
緊急時作業の遠隔支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔支援者による現場の状況の正確な把握と指示</li> <li>現場作業者の緊急時対応の心理的負担軽減</li> <li>現場作業者の作業円滑化</li> <li>通話音声遅延による作業者のストレス解消</li> <li>災害時における設備の復旧作業の時間短縮</li> </ul>

## ソリューションの要件

要素	要件
自動走行ロボット アバターロボット	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動走行（連続走行時間400min）</li> <li>侵入禁止区域に入らない</li> <li>走行中の通知音、人・物の回避</li> </ul>
LED/アナログメータ 分析AI	<ul style="list-style-type: none"> <li>LEDの点灯有無の判定ができる</li> <li>アナログメータの数値の判定ができる</li> </ul>
スマートグラス	<ul style="list-style-type: none"> <li>映像品質 1080p/30fps</li> </ul>

# 実証内容：ローカル5G活用モデルの実装性等に関する検証(2/2)

## ■ ローカル5G活用モデルの全体像（続き）

### ● ターゲット

段階	対象
STEP1	大規模データセンター（ハウジング・コロケーション）
STEP2	中小規模データセンター（ハウジング・コロケーション）

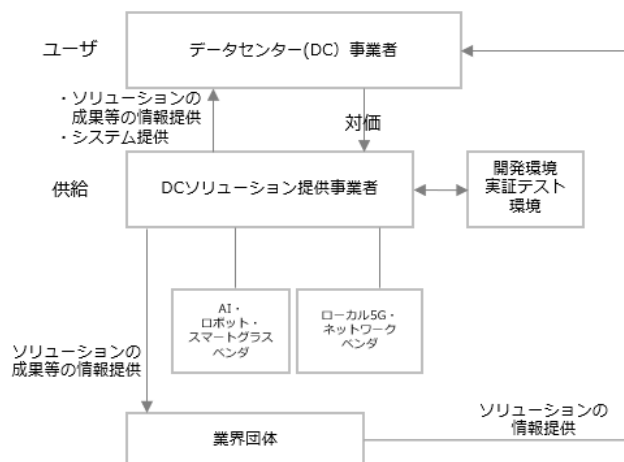
#### ・ハウジングやコロケーション型のデータセンター

ユーザにサーバ設置スペースを貸し出すサービスを行うデータセンターである。設置されたユーザのサーバを、系統的に状況監視することが難しく、目視の点検で監視を行う傾向がある。LED/アナログメータ自動監視は、目視での巡回点検、状況記録、異常時発報等の作業の省人化の需要が期待できる。

STEP1:データセンター事業者へのヒアリングから、ソリューション導入時の費用対効果が比較的高く、本ソリューションの導入障壁が低いと想定される大規模データセンターをターゲットとした。

STEP2:システム最適化を行いつつ中小規模データセンターへの普及・横展開を図っていく。

### ● ビジネスモデル



## ■ 実装性を高める手法の検討

### ● セキュリティ

セキュリティ対策ツールの機能性を踏まえ、実装時の運用にあたり考慮すべき要素は以下の通り。

- ①ロボットの搭載カメラで入室者を認識しない撮影工夫
- ②ローカル5G電波を検知しないような秘匿機能の具備
- ③異常検知した場合の影響範囲の特定方法の策定
- ④蓄積データにアクセスされた場合の対策方法の策定
- ⑤USB、LAN等のポートを物理的にロックする

### ● 普及活動

- ・今回、会場でソリューション紹介とヒアリングを実施したFCA(富士通系情報処理サービスグループ)において定期的な意見交換の場があり、災害時におけるデータセンターの事業継続性に関する検討が行われている。今回の実証成果や、実証後の実装に向けた取り組みを情報展開することで、継続的に普及促進に取り組む。
- ・完全オフラインの環境でソリューションの動作確認ができる環境を設け、ソリューションへのフィードバックを受ける取り組みも検討する。

[ユーザ] データセンター（DC）事業者であり、供給者や業界団体からの本ローカル5G活用モデルの機能性・メリットに関する実証成果から有用なソリューションであることを理解頂き、導入頂くSTEP1では大規模、STEP2では中小規模のデータセンターである。初期実装は富士通横浜データセンターである。

[供給者] 本データセンター（DC）向けソリューションの提供者であり、富士通株式会社である。ソリューションを構築するためのローカル5G基地局やネットワークおよび、LED/アナログメータ自動監視に必要なAIやロボット、スマートグラスを提供するベンダと協働体制を持ってデータセンターでのシステム構築をする。また、ユーザにおける無線局免許申請作業等の支援も行う。開発環境(FUJITSUコラボレーションラボ)や実証テスト環境(横浜データセンター)も保有し、実装性を高める開発を行っていく。

[業界団体] データセンター事業者を含む業界団体であり、本ソリューションの成果等に関して業界内への情報共有に協力頂く。

# 実証内容：ローカル5G活用モデルの実装に係る課題の抽出および解決策の検討

該当ソリューション	カテゴリ	課題 (背景：白=実証にて抽出された課題、淡黄色=実装を考慮した際の追加課題)		解決策
①LED/アナログメータ 自動監視	運用	事前準備 (サーバック)	LED/アナログメータの位置認識のためのサーバックへのARマーカの貼り付けが指定どおり(ラックに対して垂直)に貼れない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業のコツも取り込んだマニュアルの充実と訓練実施</li> <li>サーバックへのARマーカの貼り付け作業の標準化</li> <li>巡回動作や回避動作を安定化させる仮想壁の設定</li> <li>ツールの作成やアプリUIの改善</li> <li>ARマーカ貼付用型枠を作成して作業を標準化</li> <li>画像加工、分析アプリの設定操作の簡易化とUIの統一</li> </ul>
		事前準備 (巡回ルート)	自動走行ロボットの登録地点設定やカメラ位置設定の習得に時間がかかる。画像加工アプリ設定は「自ら考えての設定対応するのは難しい」との声もあり。 自動走行ロボットの巡回動作や回避動作が正しく行えない場合がある。	
		運用環境	室内照明が消灯時、LED/アナログメータが自動監視で読み取れない。	
	技術	ロボット	床素材(グレーチング床)の影響によりアバターロボットの停止位置/回転精度が低下する。周囲に特徴点が少ない場所の場合、巡回ルートの移動精度が低下する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証に使った自動走行ロボットは車輪が小さく床素材(グレーチング)の影響を受けやすい。ロボット側の改良により、走行性能や位置認識精度を向上させる。</li> </ul>
		4Kカメラ	ラック陰などで周囲暗い場合にオートフォーカスの迷い、ARマーカが認識できない(→対象LED/アナログメータの切り出しに失敗する)	<ul style="list-style-type: none"> <li>低照度に対応可能なオートフォーカスカメラへの置き換え or 撮影距離に対応した固定フォーカス可能なカメラアプリの採用</li> </ul>
		画像加工 アプリ	LANケーブル背後のサーバのLEDの読み取り精度が低い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>複数角度からLEDを撮影して判定するアルゴリズムの開発 or LEDが見える角度を登録できるカメラ位置設定との連携する。</li> </ul>
			ハニカム格子ドア内サーバのLEDの読み取り精度が低い。	
		LED/アナログメータ 分析アプリ	画像加工アプリケーションにて切り出し画像が欠落する。 ユーザサーバのため、LED/アナログメータの異常時パターンを事前に作り出せず異常の設定ができない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>画像加工アプリケーションを修正する。</li> <li>異常時パターンの自動作成ツール or 正常時以外の事象を判別できるAIアルゴリズムを開発する。</li> </ul>
②緊急時作業の遠隔 支援	運用	スマートグラス	AR空間のカーソル操作が複雑で遠隔指示ができない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>操作のコツも取り込んだマニュアルの充実および、訓練の実施。</li> <li>実証結果を踏まえて、現場監督者・作業者との議論を行い詳細な作業フローを策定する。</li> </ul>
	運用フロー	ソリューション導入後の現場作業者の作業フローが実行上不明確な部分がある。		
共通	技術/ 運用	ロボット	工事作業中の床のフロアパネル取り外し箇所や、ロボットのセンサーより低い位置の障害物を回避できない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全策で包囲するなど運用ルールを策定、周知する。</li> <li>自動走行ロボットの改良</li> </ul>
	技術	システム監視	本システムにて発生した不具合(自動監視不可や遠隔支援不可など)発生時、作業員が異常箇所を把握できない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット、スマートグラス、画像アプリなどの動作状況を監視するシステム監視ツールを構築する。</li> </ul>
	普及	セキュリティ	1)利用するハードウェア(ロボット、端末等)への不正接続の対策 2)インターネット経由の通信に関する盗聴への対策 3)インターネットサービスへの不正ログインへの対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>1)ハードウェアポートへの物理的なロック</li> <li>2)インターネットVPNの構築</li> <li>3)多段階認証による強化</li> </ul>

➤ ソリューションの実装性を高めるため、自動走行ロボットの走行性能向上や停止位置精度の向上、4Kカメラの低照度時の撮影性能の向上といった技術面の改善を行うと共に、安定運用に向けたマニュアルの充実化やルール策定、ツール開発など環境作りが必要である。これらについては、来年度以降の実装フェーズにて順次対応を行っていく

# 実証内容：ローカル5G活用モデルの実装・普及展開(1/3)

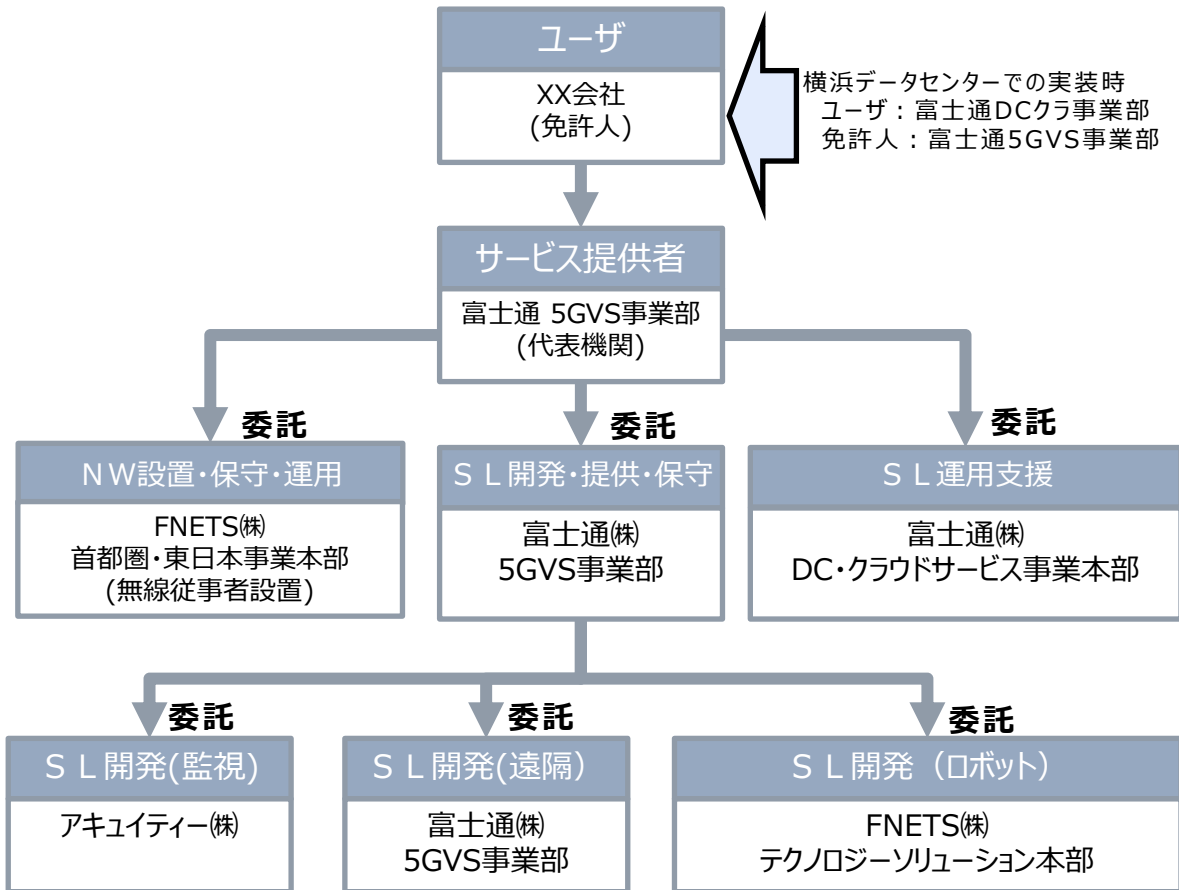
## ■実装・普及展開シナリオ

項目	実装・普及展開シナリオ	
目指すべき姿	<p>社会のデジタル化が進展しデータ流通量が急激に増加する中データセンターの一極集中による災害等のリスク低減の観点から地方での拠点整備が急速に進められている。安定したデータセンター運用には高品質な保守・点検作業と、災害時の迅速な復旧作業が必要だが、労働人口の減少や高齢化などにより、特に地方では人材確保が困難となっている。限られた人員で運用品質を維持向上させることや業務負担の軽減をすることで、データセンター事業者のDXを支援しレジリエントな社会インフラづくりを目指す。</p>	
現時点の課題 (ミッシングピース)	提供コスト低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>床素材に影響を受けず移動可能な走行性能の高い自動走行ロボットを現状コストレベルで調達する。</li> <li>低照度にも対応できる4Kカメラ もしくは 撮影時の照度を確保するための照明システムのコスト増を抑えて提供する。</li> <li>サーバラックへのARマーカの貼り付けや、巡回ルート設定における進入禁止区域(仮想壁)の設定作業の標準化やツールによる簡易化を行い初期導入コストを低減する。</li> </ul>
	ソリューション追加開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>令和6年度までに、LEDやメータの認識種別の拡充、機器種別による判定設定や走行準備の簡易化、遠隔でのロボットのシステム監視等の機能を含めた統合運用管理システムを開発する。</li> <li>令和7年度までに、他データセンター事業者への展開に向けた自動走行ロボットの回避不可ケースの撲滅による安全機能や、施設内設備への不正接続や遠隔支援時の盗聴を防止するさらなるセキュリティ機能を取り込む。</li> </ul>
	顧客開拓	<ul style="list-style-type: none"> <li>令和6年度にデータセンターでの顧客向けソリューション資料を作成し、ユースケース・提供価値を盛り込み、他データセンター事業者へ拡販活動を行う。</li> </ul>
	運用面の改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>当社データセンターでの複数拠点での展開を実施し、令和8年度までに本ソリューションを活用した緊急時における運用指針、少数の高スキル者で複数のデータセンターを集中的に保安できる体制の明確化を行う。</li> </ul>
	ルールメイキング	<ul style="list-style-type: none"> <li>該当事項なし</li> </ul>
将来像の実現に向けたシナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回実証したローカル5G活用モデルの実装・普及に向けては、まずは本実証を行った大規模データセンターと位置付けられる横浜データセンターでの検証の継続を行い、本実証で抽出された上記のミッシングピースを含む課題の解決に着手する。その後、横浜データセンター全域の実装を行い、全体導入による差分課題の抽出、対策を行う。</li> <li>横浜データセンター内の一部のサーバ室や電気室に拡大し、運用者であるデータセンター・クラウドサービス事業本部がソリューションに合わせた設備改修や業務運用ルールの変更を行い、データセンターの要求水準を満足する運用を実現するサービス品質と、これを効果的に運用する体制を検討する。</li> <li>普及展開に向けては、大規模データセンターと中小規模データセンターの運用体制などにて発生する差分課題の抽出し、必要機能を追加開発することにより事業規模の大小問わず展開ができる対策を実施し、自社の他データセンターへの普及展開を進める。</li> <li>他データセンター事業者向けの展開は、自社データセンターとの運用方法の違いなどで発生する課題に対して個別対応することで、本実証の目的であるデータセンター事業における人材不足の解決、設備の安定稼働の実現を達成し貢献する。</li> </ul>	

# 実証内容：ローカル5G活用モデルの実装・普及展開(2/3)

## ■実装計画の実施にあたっての実施体制

ユーザでもあるデータセンター部門を含む体制を構築する。



名称（部門名・会社名）	役割分担
富士通株式会社 DC・クラウドサービス事業本部 (DCクラ事業部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ユーザ、ソリューション運用者</li> <li>●データセンターの運用およびクラウドサービスを提供</li> </ul>
富士通株式会社 5G Vertical Service事業部 (5GVS事業部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>●実証主体事業者</li> <li>●サービス提供者、ソリューション開発・提供・保守</li> </ul>
富士通ネットワークソリューションズ株式会社(FNETS) 首都圏・東日本事業本部 テクノロジーソリューション本部	首都圏・東日本事業本部 <ul style="list-style-type: none"> <li>●免許申請支援（基地局、移動局）</li> <li>●無線機器、ネットワーク機器の設置調査/設計/工事</li> </ul> テクノロジーソリューション本部 <ul style="list-style-type: none"> <li>●ソリューション開発(ロボット)</li> </ul>
アキュイティー株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ソリューション開発(監視) 映像分析システムの設計/構築</li> </ul>

# 実証内容：ローカル5G活用モデルの実装・普及展開(3/3)

## ■実装計画、収支計画

令和6年度に実証拠点に実装、令和7年度以降に自社他拠点、他データセンター事業者への展開を予定

		令和4年度 (2022)	令和5年度 (2023)	令和6年度 (2024)	令和7年度 (2025)	令和8年度 (2026)	令和9年度 (2027)
実装計画	自動監視ソリューション	開発実証	課題対応	実証拠点での実装	自社内への横展開/他データセンター事業者		
	緊急時遠隔ソリューション	開発実証	課題対応	実証拠点での実装	自社内への横展開/他データセンター事業者		
	ローカル5Gシステム	開発実証	実装				
収支計画(千円)	(1)ユーザから得る対価	-	86,880	158,906	421,245	975,279	1,986,304
	(2)補助金・交付金	-	0	0	0	0	0
	(3)収入((1)+(2))	-	86,880	158,906	421,245	975,279	1,986,304
	(4)ネットワーク設置費	-	34,196	53,284	125,658	251,316	457,312
	(5)ネットワーク運用費	-	2,609	5,219	10,029	21,850	45,492
	(6)ソリューション購入費	-	26,098	44,744	108,134	216,268	410,180
	(7)ソリューション開発費	-	8,890	17,781	32,187	66,514	135,169
	(8)ソリューション開発費	-	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
	(9)支出 ((4)+(5)+(6)+(7)+(8))	-	121,794	171,029	326,008	605,949	1,098,154
	(10)収支((3)-(9))	-	-34,914	-12,122	95,236	369,329	888,149
収入、支出の算定根拠	令和5年度と6年度の一部は本実証場所である横浜データセンターへの実装となるため、仮想収入を示している。						



---

## まとめ

---

# まとめ

## ■技術実証

### • 検証結果

(テーマⅠ)データセンター(外壁)はR=44.7dB以上であり、屋外へ電波漏洩は確認されなかった。

(テーマⅡ)①NLOSが多い環境のエリア化、エリア拡張や階跨ぎなどの柔軟なエリア化でDAS活用の有効性を確認した。

②金属ラックが立ち並ぶ場所のエリア設計における電波伝搬シミュレーションのパラメータモデル化を行った。

### • 今後の対応

堅牢な建物屋内のエリア化における干渉調整の簡易化、DASによる屋内の柔軟なエリア化 を実事業にて活用する。

## ■課題実証

### • 検証結果

✓ LED/アナログメータ自動監視の判定精度は88~100%、サーバ室(ラック300台)における監視時間の試算は224分であり、自動走行ロボットが満充電から15%まで電源容量が減るまでの間にすべてのサーバラックを巡回できることを確認した。

✓ 緊急時作業の遠隔支援は、現場作業者と遠隔支援者がスマートグラスでの空間描画や資料共有により、点検・復旧作業を円滑に行えることを確認。4K映像による現地状況の共有が非常に有用であることが確認できた。

### • 今後の改善事項

自動走行ロボットの走行性能向上や停止位置精度の向上、4Kカメラの低照度時の撮影性能の向上等の技術面の改善、安定運用に向けたマニュアルの充実化やルール策定、ツール開発等の環境面や運用面を改善する。

## ■実装・普及展開

• 本実証を行った大規模データセンターに位置付けられる富士通 横浜データセンターでの検証を継続し、本実証で抽出された課題の解決を推進する。令和6年度に掛けて当該データセンター全域への展開を図り、施設全体への導入時の課題を抽出、継続して対策を行う。

• 普及展開については、令和6年度に小規模データセンターに位置付けられる自社地域データセンター拠点に導入し、大規模データセンターとの運用・必要機能の差分を抽出し、データセンターの事業規模の大小を問わずソリューション展開可能なソリューションに発展させる。令和7年度以降は他地域の自社データセンター、更に他データセンター事業者へ展開を行う。