

令和6年度 地域デジタル基盤活用推進事業 (実証事業)

# 高速ネットワークを活用した施設の 維持管理向けソリューションの実証 成果報告書

2025年3月14日

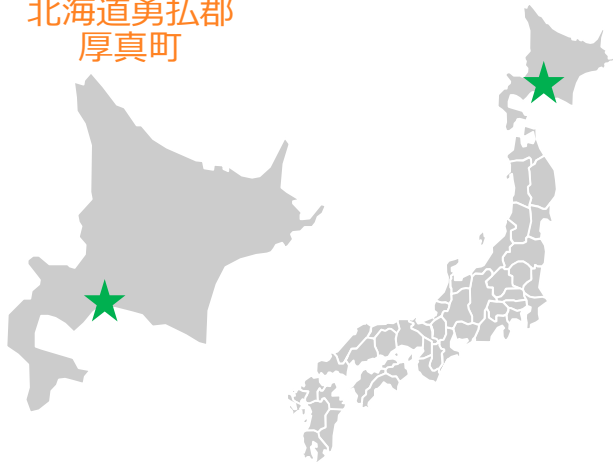
株式会社 HBA

# 成果報告書 目次

I.	地域の現状と課題認識			
1.	地域の現状	…P2		
2.	地域の抱えている課題	…P3		
3.	これまでの取組状況	…P4		
II.	目指す姿			
1.	将来的な目指す姿	…P6		
2.	目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ	…P7		
3.	成果 (アウトカム) 指標			
a.	ロジックツリー	…P9		
b.	成果 (アウトカム) 指標の設定	…P10		
III.	ソリューション			
1.	ソリューションの概要	…P13		
2.	ネットワーク・システム構成			
a.	ネットワーク・システム構成図	…P19		
b.	設置場所・基地局等	…P20		
c.	設備・機器等の概要	…P21		
d.	許認可等の状況	…P22		
3.	ソリューション等の採用理由			
a.	地域課題への有効性	…P23		
b.	ソリューションの先進性・新規性、 実装横展開のしやすさ	…P24		
c.	無線通信技術の優位性	…P27		
4.	費用対効果			
a.	ソリューションの費用対効果	…P28		
b.	導入・運用コスト引き下げの工夫	…P31		
IV.	実施計画			
1.	計画概要	…P32		
2.	検証項目・方法		実証	
a.	効果検証	…P33		
b.	技術検証	…P34		
c.	運用検証	…P35		
3.	スケジュール	…P36		
4.	リスクと対応策	…P37		
5.	PDCAの実施方法	…P39	実証・実装・ 横展開	
6.	実施体制	…P40		
V.	結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)			
1.	スケジュール (実積)	…P42		
2.	検証項目ごとの結果	…P43		
3.	実装・横展開に向けた準備状況	…P48		
4.	実装・横展開に向けた課題および対応策	…P50		
5.	(参考) 実証視察会			
a.	概要	…P52		
b.	質問事項と対応方針	…P53		
VI.	実装・横展開の計画			
1.	実装の計画			
a.	実装に向けた具体的計画	…P55		
b.	実装の体制	…P57		
c.	ソリューション(変更点)	…P58		
2.	横展開の計画			
a.	横展開に向けた具体的計画	…P63		
b.	横展開の体制	…P65		
c.	ビジネスモデル	…P66		
d.	投資の妥当性	…P67		
3.	資金計画	…P69		
VII.	指摘事項に対する反映状況			
1.	実証過程での指摘事項に対する反映状況	…P70		
2.	書面審査での指摘事項に対する反映状況	…P72		

# 1 地域の現状

北海道勇払郡  
厚真町



## 特徴

厚真町は、農業（特に米）、観光業、畜産業、水産業が盛んで、これらが相互に関連し合い地域経済を支えている。また、苫小牧東工業地帯に続く地域性を活かし、大規模施設（プラント）の建設が進められた。

## 人口

総数 4,256 (2024年7月)

構成  
0～14歳 : 567人  
15～64歳 : 2,236人  
65歳～ : 1,613人

※R02国勢調査

## 主要産業

農業（水稻、小麦、野菜など）、  
林業、水産業  
工業（石油プラント、発電所等）

## 地域の現状の詳細

### 内容

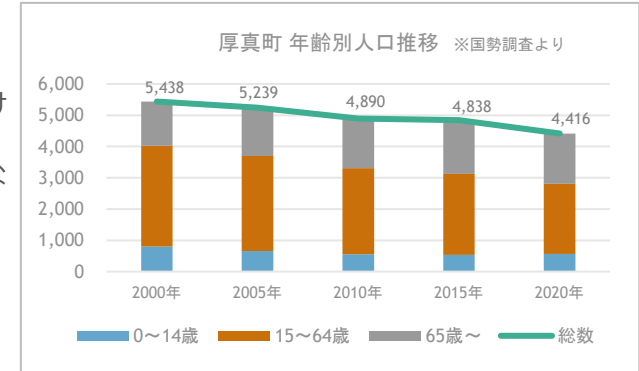
### 地域状況をイメージできるグラフ・図・表

#### A 労働人口減少と技術継承問題

北海道では他地域に先駆けて少子高齢化が進行しており、生産年齢人口が減少し、2015年から2020年にかけて8.17%減少している。さらに2030年にかけて5.34%の減少が見込まれており、労働人口の問題が地域の大きな課題となる。

このような労働環境の中で、

- 慢性的な人手不足
  - 技術を継承する担い手不足
- という課題が顕著になる。



特に、工場など**大型施設が存在する地方部**においては、大規模半導体工場等の建設が進む北海道バレーへの人口集中や地方部から札幌圏及び首都圏へ人口流出などの社会背景もあり、課題はさらに顕著となっている。

#### B 施設の老朽化

北海道では20年以上前に建設された施設が稼働し続けており、

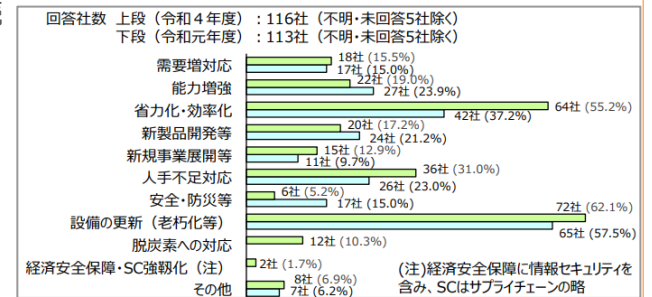
- 維持管理のコスト及び工数が増大
- 各設備の経年劣化により、災害発生時のリスクが増大

という課題が顕著になる。

本課題は、施設を維持するにあたって老朽化による設備更新が必要な中で、人手不足及び人件費高騰に備えて省力化・効率化に向けた対応も必要とされている企業が多いというアンケート結果からも明らかである。（右図参照）

※R4.11 北海道財務局

「最近の北海道経済の動向等について（全国財務局長会議報告資料）」より抜粋



## 2 地域の抱えている課題

### 課題

対象者	内容
-----	----

#### a 施設管理者

##### 【課題①：作業員不足】

労働人口の減少により作業員が不足する中で、施設の老朽化が進むことによる管理工数の増加に加えて、北海道の地域性を活かした再生可能エネルギー施設やデータセンターなど大規模プラントの建設により、さらに施設維持管理の担い手不足が深刻化すると予測される。

##### 【課題②：技術継承課題】

技術を継承する担い手の不足により、技術熟練者の人員数の確保が難しく、従来の人々の能力に依存した設備維持・管理体制に支障が生じる。

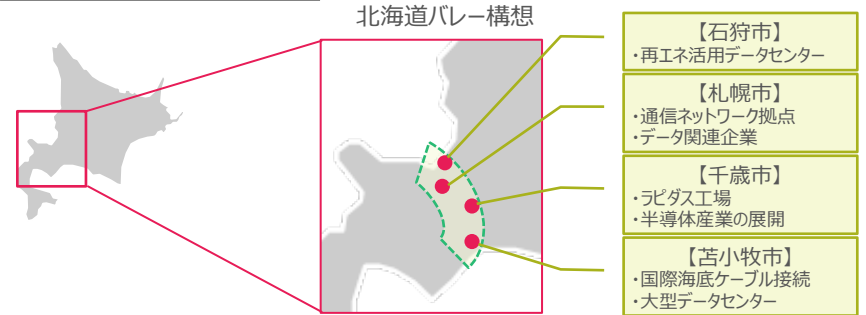
##### 【課題③：災害対応における課題】

災害発生時、設備の被害状況を把握するため迅速な行動を求められるが、現地作業員不足による復旧遅延や移動時間のロスにより被害を拡大させる可能性がある。

上記の課題は、北海道内企業数社（株）北海道熱供給公社など複数社）から相談を受けており、北海道地域の様々な大型施設において同様の課題がある。

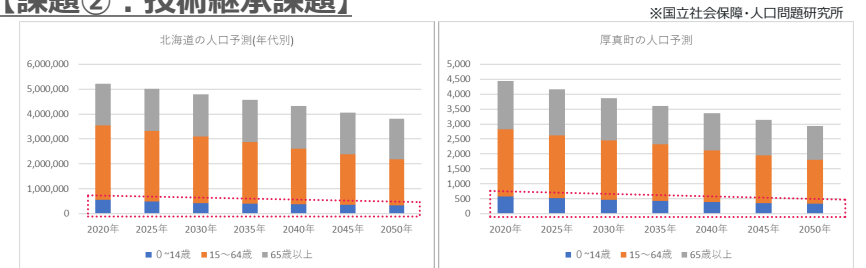
### イメージ

#### 【課題①：作業員不足】



北海道バレー構想が示す大規模プラントの建設が進むことで労働人口がバレーに集中し、発電所などが存在する地方部の労働力流出が加速する。

#### 【課題②：技術継承課題】



高齢労働者の増加に対して若年層が減少し、技術継承先が途絶える。

#### 【課題③：災害対応における課題】

No	目的地	所要時間	
①	厚真町	1.1 h	1.7 h
②	泊村	1.5 h	2.1 h
③	知内町	4.5 h	5.1 h
④	新冠町	4.0 h	4.5 h
⑤	遠軽町	3.5 h	4.5 h



※時間の左：高速あり、右：高速なし

地方で災害が発生した際に、現地確認を行うため自動車にて現場へ駆け付けする場合、時間を要する。  
※例として、発電プラントの所在地を記載

### 3 これまでの取組状況

#### 【課題①：作業者不足】【課題②：技術継承課題】【課題③：災害対応における課題】への取組み

#### 取組概要

#### 成果

#### 見えてきた課題

	2021～2023年度 (参加団体：北海道電力、北海道立総合研究機構、北海道科学大学)	2022～2023年度 (参加団体：NTTコムウェア)	
	<p><b>発電所における巡視点検に関する取組み</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>屋内点検ロボットを構築し<b>発電所における点検作業の代行が可能かを検証</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ロボットによる点検データの自動収集</li> <li>✓ 熟練者の技術・知識を反映したAIを用いたデータ分析</li> </ul> </li> <li>屋内点検ロボットにより<b>発電所での災害発生時対応として設備状況を確認できるかを検証</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Wi-Fiに接続したロボット搭載カメラからの映像とアームにより遠隔操作で現地状況を確認</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>屋外作業に関する取組み</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>発電所やデータセンター等の施設における<b>屋外作業代行向けにロボットを構築し、作業の代行を検証</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 施設内で常に実施している「草刈り」作業の代行ができるか、自動走行と遠隔操作を確認</li> <li>✓ 通信手段にはキャリアの4Gネットワークを活用</li> <li>✓ 点検作業などの他の屋外作業の代行を確認</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>データセンターのゼロタッチオペレーションに関する取組み</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>NTTグループとの連携による<b>デジタルツイン上でのゼロタッチオペレーション化の検証</b>（データセンターにて屋内点検ロボットを適用し検証） <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ デジタルツインを実装し、ロボットによりデータを自動収集</li> <li>✓ サーバールック内機器の棚卸作業の代行</li> <li>✓ フロア内温度測定作業の代行</li> <li>✓ 遠隔地からのロボット操作により状況確認及び機器の電源操作（既設のWi-Fiに接続して遠隔操作を実施）</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>1台で点検作業の15%</b>(発電所1フロア：420点検箇所中65箇所)を代行できることを確認</li> <li>熟練者の技術（形式知化）を組み込んだ<b>AIデータ分析機能の点検への有効性確認</b></li> <li>ロボットでの遠隔操作は映像と操作の遅延の課題となるが、機能が実現できることを確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>目標範囲に対して一部の刈残しが発生したが、<b>草刈り作業の代行が可能</b>であることを確認</li> <li>自動走行精度を向上させることで<b>屋外点検作業の代行も可能</b>であることを確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>デジタルツイン化したデータセンターの仮想空間からロボットへ作業指示し、<b>棚卸及び温度測定作業の代行</b>を確認</li> <li>デジタルツイン上のロボット操作による<b>現地状況把握及びサーバーの電源スイッチ押下</b>を確認</li> <li>AIデータ分析機能の開発により機器及び施設の状況把握が可能となり、維持管理を熟練者レベルで代行でき得ることを確認</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>ロボットが走行できない箇所への対応が必要</u>：IoT機器などの他デバイスの追加</li> <li><u>遠隔操作での高精細映像(4K)と操作の遅延を解決することが必要</u>：Wi-Fiより高速・低遅延なネットワークの適用</li> <li><u>作業箇所周辺の安全確保が必要</u>：デジタルツイン技術を活用し、構内環境を考慮しながら遠隔操作の実現</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>自動走行・遠隔操作時の安全対策が必要</u>：人検知・衝突検知など安全機能の追加</li> <li><u>致命的事故の原因となりうる映像遅延の抑止が必要</u>：4Gより高速・低遅延なネットワークの適用</li> <li><u>屋外作業を的確に実施することが必要</u>：ドローンで収集した障害物等環境情報（GISデータ）を基に走行マップを最新化し、走行精度を向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>デジタルツイン上のロボットを操作することによる作業代行のため、<b>操作遅延の解消が必要</b>：Wi-Fiより高速・低遅延なネットワークの適用</li> </ul>

### 3 これまでの取組状況 ※補足：参加団体について

団体名	取り組みへの参加目的
a 株式会社 HBA	・新規ビジネス創出及び、屋内・屋外ロボットの構築やIoT機器制御、AIデータ分析モデル等の技術習得のため参加。
b 北海道電力 株式会社	・労働人口減少による技術継承課題の解決に向け、点検業務を代行可能なロボットの開発において、実証フィールドや点検ノウハウを提供。また、ロボットによる点検対象範囲の拡大及び他施設への適用による課題解決を見据えて参加。
c エヌ・ティ・ティ・コムウェア 株式会社	・デジタルツインのユースケース適用事例創出のため参加。
d 地方独立行政法人 北海道立 総合研究機構	・地域産業振興への寄与のため、ロボット構築やデータ分析に関する研究開発を実施。
e 北海道科学大学	・研究テーマと学生教育(新規領域：ロボット)の題材として活用するため参加。

## ① 将来的な目指す姿

地方における労働人口不足を発端とした、施設維持管理に関する課題(作業員不足、技術継承、災害対応)をCPS※1ソリューションにより解決することで、労働人口が不足する中でもこれまで通りの施設運用を可能にする。 ※1 [P8の補足事項ページ参照](#)

- 屋内/屋外ロボット、ドローン、IoT機器をリアルタイムで遅延なく操作・データ収集するために高速ネットワークを活用して管理業務の省人化を実現する。
- 各種デバイスから収集したデータで仮想空間を構築し、AIを使用した故障予測などのシミュレーションを行う。シミュレーション結果を基に、各種デバイスを通して現実空間へフィードバックすることで施設管理の無人化を実現する。
- ロボット等のデバイスを広範囲で多数接続することや、高精細な点検データの収集及び遠隔操作映像伝送が必要であることから、ローカル5Gを使用する。

### 管理システム

- データ蓄積/AI分析
- デジタルツインで施設可視化
- シミュレーション及びデバイスを通じたフィードバック
- デバイス遠隔操作
- 災害時の現場確認・復旧

### 高速ネットワーク

各種デバイスと管理システムが通信



**Beyond5G**  
次世代  
高速NW

さらに高速・低遅延なNW活用により複数プラントの遠隔集中管理が可能となり、より効率的な管理が出来る

### 各種デバイス

屋内ロボット

屋外ロボット

IoT機器

ドローン

- 点検データ収集
- 作業代行（機器操作、草刈りなど）
- 地形データ収集（GIS）
- 遠隔操作、遠隔監視

## II 目指す姿

### ② 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ

2024年度

実証

#### 省人化



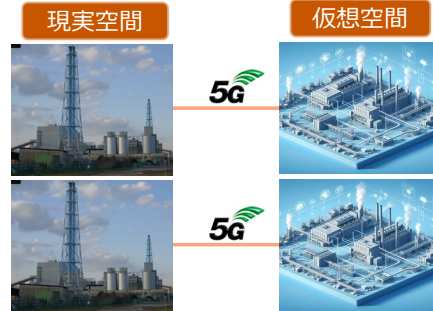
地域課題解決に向けたソリューションの実証を  
北海道電力苫東厚真発電所で実施

※既設のローカル5Gがあり、人手不足や技術継承  
の課題があるため。

2025年度～2029年度

実装・横展開

#### 省人化→無人化



2025: ソリューションの追加実装  
2026～: 施設への導入・横展開

2030年度～

最終的なゴール

#### 無人化



- ローカル5Gへ各種デバイスを接続し、これまでの取り組みで発生したネットワーク課題解決の検証を行う
- ローカル5Gにおけるデジタルツインのロボット遠隔操作の課題解決の検証を行う
- 屋外ロボットの走行性・安全性の向上に向けた実装・検証を行う

- 機能追加(故障予測を基にした現実空間へのフィードバック機能実装/ロボットによる作業代行機能実装)、及びソリューションを構築し、北海道内の施設に実装する
- 既設、新規施設※2への横展開に向け情報発信を行う

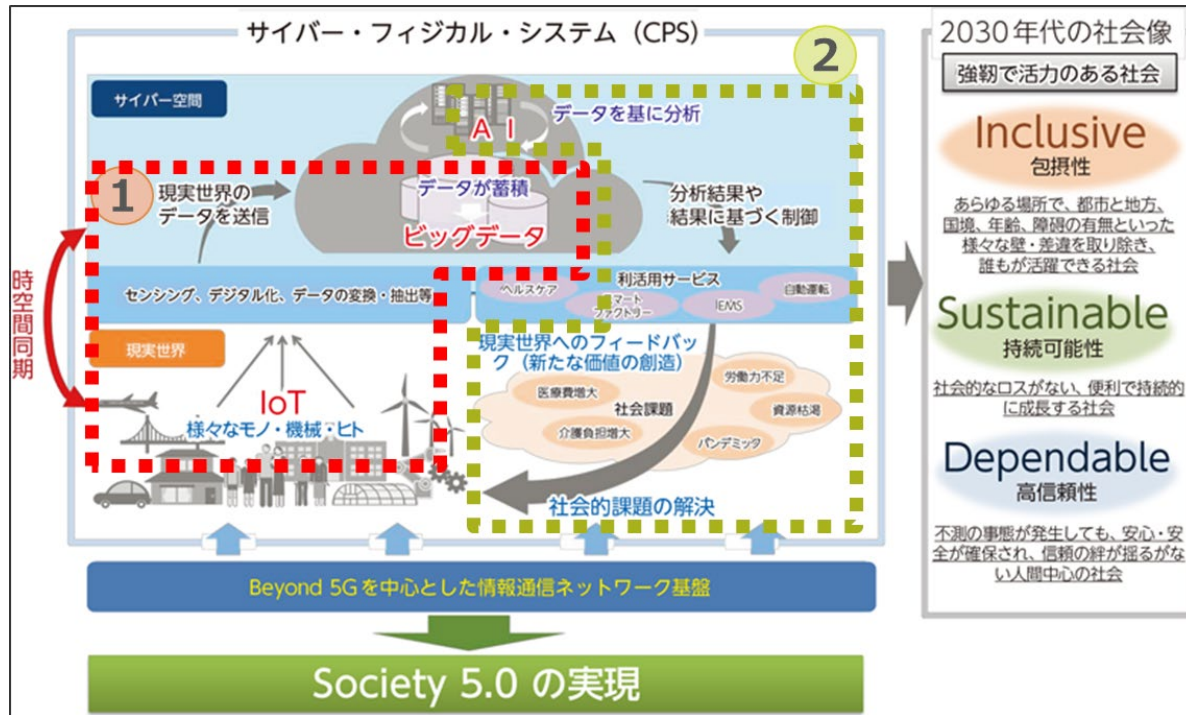
※2 既設施設はデータセンター、工場、物流倉庫、発電所などを指し、新規施設は今後建設される再エネ施設、半導体工場などを指す。

- 複数施設の運用効率（遠隔集中管理）
- 次世代NW技術への適用と多業種施設への導入

## II 目指す姿

### ② 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ ※補足

## Society 5.0の世界を実現し、労働力不足へ対応



(出典) 総務省「Beyond 5G推進戦略」(2020)

### 本ソリューションについて

①のフィジカル空間のデータ収集はロボットにより実現できており、今後はロボットに搭載するセンサーを増やすことでより多くの情報を収集することが可能である。

※[別紙：補足資料]北海道電力社プレスリリース参照  
なお、ロボットの場合、走行環境に依存してデータ収集の死角が生じるため、ロボットバリエーションを増やすことや、ドローン、IoT機器により死角を減らすことも必要である。

②のサイバー空間での分析結果を基にしたフィジカル空間へのフィードバックについては、一部はNTTコムウェア社とのIOWN®構想に関する取り組みにおいて実現した。しかし、データ分析やシミュレーションに関してはほぼ未実装であることやフィードバックの種類も少なく、人の作業代行実現に向けて強化が必要である。

※[別紙：補足資料]NTTコムウェア社プレスリリース参照

既存ソリューションの強化によりSociety 5.0の世界を実現する

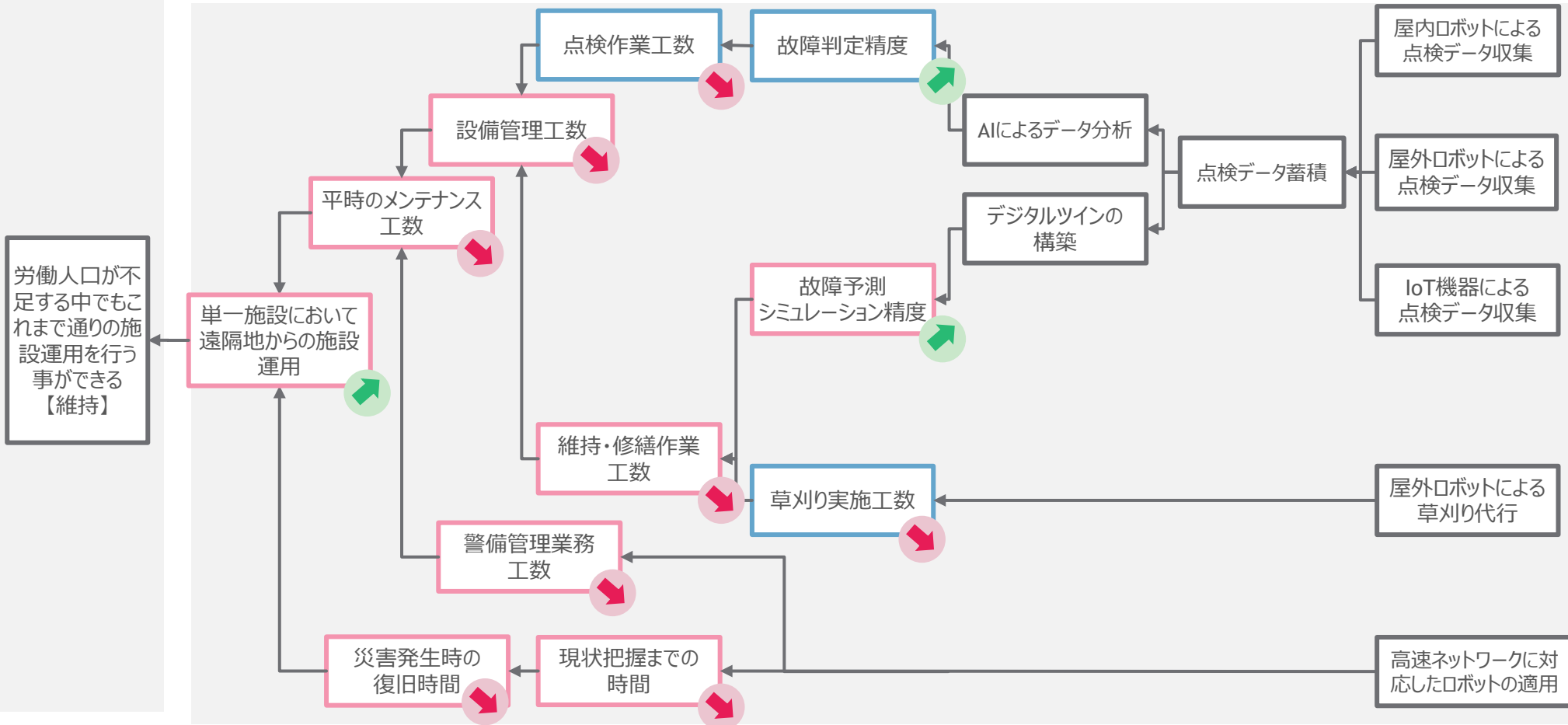
Ⅱ 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

a. ロジックツリー

最終アウトカム

中間アウトカム



II 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開 (1/3)

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
故障予測シミュレーション 精度	0%	50% (2025年)	シミュレーションによる故障予測の精度を50% (今後、蓄積した点検データから、メンテナンス基準となる 閾値を算出する)	収集した点検データ(温度、 音など)と過去データから評価
維持・修繕作業工数	576時間/年	192時間/年 (2025年)	人が実施した維持・修繕作業時間を66%削減 (維持・修繕作業工数=草刈り作業工数+メンテナンス工数) ※「草刈り作業工数の削減分」及び故障予測が可能になることで、 メンテナンス工数が短縮され、維持・修繕作業時間が削減 【現状工数】576時間/年 ・草刈り作業工数 : 192時間/年→0時間/年 ・メンテナンス工数 : 384時間/年→192時間/年 ※故障予測をすることで、設備の保全方式が定期保全(TBM)から予知保 全(CBM)になり、ダウンタイムが30%~50%見込まれる。このことにより、工数 が50%削減されると予測される。 【削減工数】384時間/年	屋外ロボットと故障予測で実 施した維持・修繕作業工数
設備管理工数	7,776時間/年	3,072時間/年 (2025年)	人が実施した設備管理作業時間を60%削減 (設備管理工数=点検作業工数+維持・修繕作業工数) ※「点検作業工数の削減分」+「維持・修繕作業工数の削減 分」の合計 【現状工数】7,776時間/年 ・点検作業工数 : 7,200時間/年→2,880時間/年 ・維持・修繕作業工数 : 576時間/年→192時間/年 【削減工数】4,704時間/年	各種デバイス(屋内/屋外ロ ボット、ドローン、IoT機器)で 実施した設備管理工数
警備管理業務工数	720時間/年	360時間/年 (2025年)	人が実施した警備管理作業時間を50%削減 ※1日2回人が巡回警備してるところ、1回分(巡回警備) をロボットが行う事により、50%の工数を削減 【現状工数】720時間/年(60時間/月×12ヶ月) ・警備(巡回)作業工数 : 60h(1人×1h×2回/日×30日) 【削減工数】360時間/年	屋外ロボットで実施した警備 (巡回) 作業工数

II 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開 (2/3)

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
平時のメンテナンス工数	8,496時間/年	3,432時間/年 (2025年)	人が実施した平時におけるメンテナンス工数60%削減 (平時のメンテナンス工数=設備管理工数+警備管理業務工数) ※「設備管理工数の削減分」と「警備管理業務工数の削減分」の合計 【現状工数】8,496時間/年 ・設備管理工数 : 7,776時間/年→3,072時間/年 ・警備管理業務工数 : 720時間/年→360時間/年 【削減工数】5,064時間/年	各種デバイス(屋内/屋外ロボット、ドローン、IoT機器)で実施した平時のメンテナンス工数
現状把握までの時間	9時間/回	0時間/回 (2025年)	現状把握するための移動時間を100%削減 札幌から厚真まで車で1.5時間(片道) 状況把握に3人を現場に向かわせると仮定 【移動工数】9h=3人×1.5h×2回(往復分)	出発地から現場までの移動時間
災害発生時の復旧時間	9時間/回	0時間/回 (2025年)	復旧作業を実施するための移動時間を100%削減 札幌から厚真まで車で1.5時間(片道) 簡易作業に3人を現場に向かわせると仮定 【移動工数】9h=3人×1.5h×2回(往復分)	出発地から現場までの移動時間
単一施設において遠隔地からの施設運用	0施設	1施設 (2027年)	遠隔地から、各種デバイス(屋内/屋外ロボット、ドローン、IoT機器)を利用し、施設管理業務を実施している場所が1か所以上	遠隔地から施設管理業務を行っている場所数

II 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
故障判定精度	0%	95%	AI分析による判定精度を95% (人が実施する判定精度よりも高い精度を保つ) 【分析内容】・アナログメータ解析 (画像からメータを認識して抜き取り抽出) ・油漏れ検知 (油の紫外光による蛍光現象を抜き取り抽出) ・音響解析 (正常音と異なる音成分を異常音として検知)	点検データに対し判定を行った結果を評価
点検作業工数	7,200時間/年	2,880時間/年	人が実施した点検作業工数を60%削減 (点検作業工数=データ収集工数+データ入力工数) ※ 1日2回実施する点検作業の内、1回をロボットが実施し、1回をロボットと人が協働で作業を行う、また点検データは自動でシステムに登録されることで点検作業工数を削減 【現状作業工数】600時間/月(7,200時間/年) ・点検データ収集工数：屋内点検240h(2人×2h×2回/日×30日) ※人手による1日の点検作業回数を2回→1回 ：屋外点検240h(2人×2h×2回/日×30日) ※人手による1日の点検作業回数を2回→1回 ・データ入力工数：：屋内60h(2人×0.5h×2回/日×30日) ：屋外60h(2人×0.5h×2回/日×30日) ※システムによる点検データの自動入力 【削減工数】360時間/月(4,320時間/年)	各種デバイス(屋内/屋外ロボット、ドローン、IoT機器)で実施した点検作業工数  ※点検内容については、別紙補足資料参照
草刈り作業工数	192時間/年	0時間/年	人が実施した草刈り作業工数を100%削減 【現状作業工数】192時間/年(32時間/月×6ヶ月(5~10月)) 草刈り工数：32h(2人×8h×2日) 【削減工数】192時間/年(32時間/月×6ヶ月)	屋外ロボットで実施した草刈り作業工数

## ①ソリューションの概要

### ソリューションの概要

【高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション】

本ソリューションは以下3機能で構成し、導入地域の労働人口不足を発端とした施設維持管理に関する課題(作業不足、技術継承、災害対応)の解決を実現する。

※ソリューションの概要イメージ図は次ページ参照

#### ①作業不足への対応

- ロボットやドローン、IoT機器により巡視点検データ収集を自動化
- 遠隔地からの各機器操作によるリモートでの点検
- ロボットにより機器操作など人が行っている作業を自動化
- ロボットにより草刈りなど人が行っている重作業の代行

#### ②技術継承課題への対応

- 仮想空間上に収集したデータの分析により故障判断を自動化
  - AIによるデータ分析
    - アナログメータ解析 (画像からメータを認識して抽出)
    - 油漏れ検知 (油の紫外光による蛍光現象を抽出)
    - 音響解析 (正常音と異なる音成分を異常音として検知)
- 仮想空間でのシミュレーションを基にした故障予測 (室内温度変化による機器への影響をシミュレーション、など)

#### ③災害対応における課題への対応

- 災害発生時の安全確認、被災状況確認、復旧作業の実施

なお、データ収集や実作業を行うデバイス (ロボットやIoT機器等) は導入箇所に応じて変化することが想定されるため、横展開を容易にすることを目的にデバイス差分を吸収する仕組みも実装する。

### 中間アウトカム (実証)

#### 定量アウトカム

- 故障判定精度 (95%)
- 点検作業工数 (2,880時間/年)
- 草刈り作業工数 (0時間/年)

#### 定性アウトカム

- 人による点検作業や判断をロボット・AI分析に代行することで人手不足及び技術継承課題を解消
- 重作業をロボットに代行することで作業者の負担軽減
- 災害発生時の安全確認、復旧作業のロボット代行による労災防止

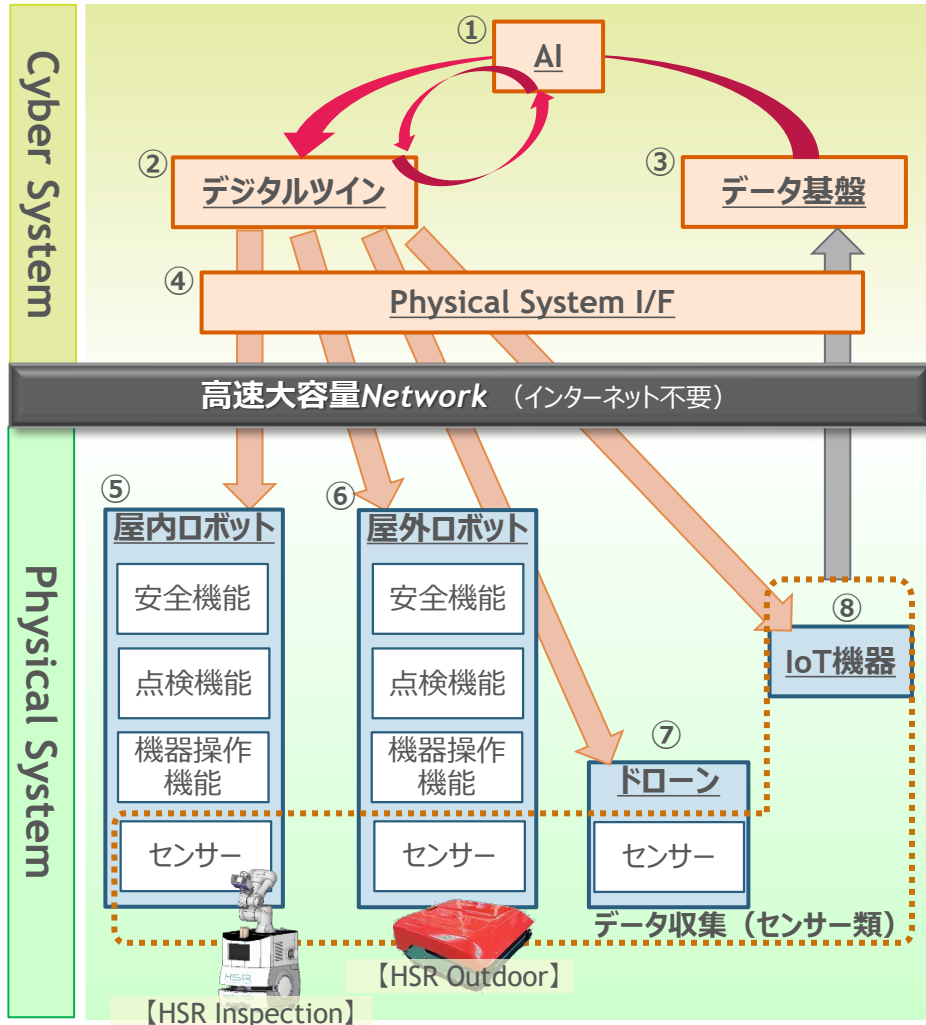
### 中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- **労働力不足の解消**
  - 人が行っていた作業をロボット・IoT機器で代行することにより施設の維持管理業務を省人化
- **災害時における安全な情報収集及び復旧作業**
  - 現場に人がいなくとも、ロボット及びIoT機器の遠隔操作にて必要な情報の収集及び復旧作業により、作業者の安全を確保しながら被害拡大を抑止
- **設備管理作業の精度向上**
  - これまで蓄積することができなかった設備データを、ロボット等で収集及びAIで分析することにより設備管理作業を効率化
- **労働安全対策の強化**
  - 高所での点検作業や酷暑・極寒での重作業を、ドローン及びロボットで代行することにより労働災害を減少

# ①ソリューションの概要 ※補足 ソリューション構成

イメージ図 (図中①～⑧は概要の機能番号を示す)

## Cyber Physical System



## 概要

これまでに開発済みのロボットを活用したシステムをベースに、各機能を展開先に合わせて組合せ・カスタマイズすることで、横展開を容易にし、コスト削減も実現

機能	機能概要	開発計画	※開発内容は次ページ参照
①AI	<ul style="list-style-type: none"> <li>収集データの分析（画像解析、時系列分析、違和感検知）</li> <li>デジタルツインのシミュレーションデータを分析（画像解析、時系列分析、故障予測）</li> </ul>	【実証】 AI分析(アナログメータ解析、油漏れ検知、音響解析)の実装と検証	【実装以降】 全機能実装
②デジタルツイン	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設設備及び収集データの可視化</li> <li>収集データを基にしたシミュレーションとPhysical Systemへのフィードバック</li> <li>デバイス遠隔操作による作業実施</li> </ul>	【実証】 デジタルツイン構築、遠隔操作の実装と検証	【実装以降】 全機能実装
※デジタルツイン及びAI(シミュレーション)は17ページ以降に詳細を記載。			
③データ基盤 HBA製【IoT基盤】	<ul style="list-style-type: none"> <li>データ収集機能からのデータを蓄積</li> <li>各デバイスの制御パラメータを管理</li> </ul>	【実証】 IoT機器への対応	【実装以降】 追加IoT機器へ対応
④Physical System I/F	<ul style="list-style-type: none"> <li>デジタルツイン⇄デバイス（遠隔操作・状態確認）及びデータ基盤⇄デバイス（データ収集）において、デバイス差分を吸収し、多様なデバイスに対応</li> </ul>	【実証】 実証用IoT機器を追加	【実装以降】 追加IoT機器へ対応
⑤屋内ロボット HBA製 【HSR Inspection】	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の自動巡視点検（データ収集）</li> <li>スイッチ操作などフィードバックの実施</li> <li>遠隔操作による作業実施</li> </ul>	【実証】 -（製品化済み）	【実装以降】 ハンドを使用した機器操作・交換
⑥屋外ロボット HBA製 【HSR Outdoor】等 ※開発中※	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の自動巡視点検（データ収集）</li> <li>草刈りなどフィードバックの実施</li> <li>遠隔操作による作業実施</li> </ul>	【実証】 走行安全機能の強化、点検用デバイスの追加	【実装以降】 他屋外作業のアクセサリ追加
⑦ドローン	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の点検データ収集（高所など）</li> <li>走行マップ連携データ収集（GIS）</li> </ul>	【実証】 -（既存製品を利用）	【実装以降】 遠隔操作
⑧IoT機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>定点の施設の点検データ収集</li> </ul>	【実証】 カメラ（静止画・動画）、サーモカメラ、振動センサ	【実装以降】 展開先に合わせて追加

※Networkはソリューションに含まない（適用先にて構築）  
 ※「HSR」は「HBA Smart Robot」の略称。補足資料（製品リーフレット）を参照。

### Ⅲソリューション

## ①ソリューションの概要 ※補足 本実証でのソリューション開発内容

機能	機能概要	開発内容（本実証の範囲）	ニーズ
①AI	<ul style="list-style-type: none"> <li>収集データの分析（画像解析、時系列分析）</li> <li>デジタルツインのシミュレーションデータを分析（画像解析、時系列分析、故障予測）</li> </ul>	[機能強化]AI分析機能 <ul style="list-style-type: none"> <li>アナログメータ、デジタルメータ解析</li> <li>油漏れ検知</li> <li>音響解析</li> <li>違和感検知（26ページ参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>古い施設ではメータがNWに接続されておらず、現地確認が必須になっているものが多く、かつ点検対象としての数も多い。</li> <li>点検員は巡視しながら「いつもと違う」点がないか確認しているため、違和感を検知できると価値が高い。</li> </ul>
②デジタルツイン	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設設備及び収集データの可視化</li> <li>収集データを基にしたシミュレーションとPhysical Systemへのフィードバック</li> <li>デバイス遠隔操作による作業実施</li> </ul>	[既存システム(4DVIZ)改造] <ul style="list-style-type: none"> <li>屋内・屋外デジタルツインを、点群・GISデータ等により容易に構築可能とする。（17ページ参照）</li> <li>各デバイスにて収集したデータおよびAI分析データの可視化機能（ヒートマップは18ページ参照）</li> <li>屋内外ロボットの遠隔操作機能</li> <li>教示作業簡易化機能（19ページ参照）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存のロボットシステムのほとんどは2D図面あるいは2D点群データで制御されるため、施設に詳しい者しか安全に遠隔操作することができない。</li> <li>ヒートマップなど3次元で表現したいデータや、煙突など高さ方向の確認を行いたいケースが多々ある。</li> <li>ロボットを運用する際に現地での教示作業が非常に大きな負荷となっている。</li> </ul>
③データ基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>データ収集機能からのデータを蓄積</li> <li>各デバイスの制御パラメータを管理</li> </ul>	[既存システム改造] <ul style="list-style-type: none"> <li>IoT機器によるデータ収集に対応</li> </ul>	-（中間システムのため対象外）
④Physical System I/F	<ul style="list-style-type: none"> <li>デジタルツイン⇄デバイス（遠隔操作・状態確認）及びデータ基盤⇄デバイス（データ収集）において、デバイス差分を吸収し、多様なデバイスに対応</li> </ul>	[既存システム改造] <ul style="list-style-type: none"> <li>実証用IoT機器を追加</li> </ul>	-（中間システムのため対象外）
⑤屋内ロボット	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の自動巡視点検（データ収集）</li> <li>スイッチ操作などフィードバックの実施</li> <li>遠隔操作による作業実施</li> </ul>	-（製品化済み） ※スイッチ操作は実装・横展開にて対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設内を巡視点検している担当者に代わり、ロボットやIoT機器によりデータを集めることで省力化が期待できる。</li> </ul>
⑥屋外ロボットA	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の自動巡視点検（データ収集）</li> <li>遠隔操作による作業実施</li> </ul>	[既存ロボット改造] <ul style="list-style-type: none"> <li>既製モバイルPFへの自律走行機能追加</li> <li>走行安全機能の追加</li> <li>点検用デバイスの追加、制御</li> <li>デジタルツインとの連携機能追加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラントは屋外設備も多く、屋内ロボットのように屋外設備についても自動で点検できるとよい。</li> <li>砂利道、草地、段差など悪路が多いため、走破性の高さが求められる。</li> </ul>
⑥屋外ロボットB	<ul style="list-style-type: none"> <li>草刈りなどフィードバックの実施</li> <li>遠隔操作による作業実施</li> </ul>	[既存ロボット改造] <ul style="list-style-type: none"> <li>走行安全機能の強化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>酷暑での草刈り、厳寒での雪かきは重労働で、売手市場の昨今では特に労働者が集まらないため、全自動あるいは遠隔操作で作業代行できるとよい。</li> </ul>
⑦ドローン	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の点検データ収集（高所など）</li> <li>走行マップ連携データ収集（GIS）</li> </ul>	-（既存製品を利用）	<ul style="list-style-type: none"> <li>高所点検は労災懸念や足場等コストが高い。</li> <li>屋外デジタルツインは地上からの作成が困難である。</li> </ul>
⑧IoT機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>定点の施設の点検データ収集</li> </ul>	[新規開発] <ul style="list-style-type: none"> <li>カメラ（静止画・動画） ※既存製品利用予定</li> <li>サーモカメラ、振動センサ ※センサのみ既製。</li> </ul> →エッジPCのセンサ制御・データ授受機能を開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設内を巡視点検している担当者に代わり、ロボットやIoT機器によりデータを集めることで省力化が期待できる。</li> </ul>

# ①ソリューションの概要 ※補足 デジタルツインの活用について

サイバー空間（デジタルツイン）の構築容易化・自動更新

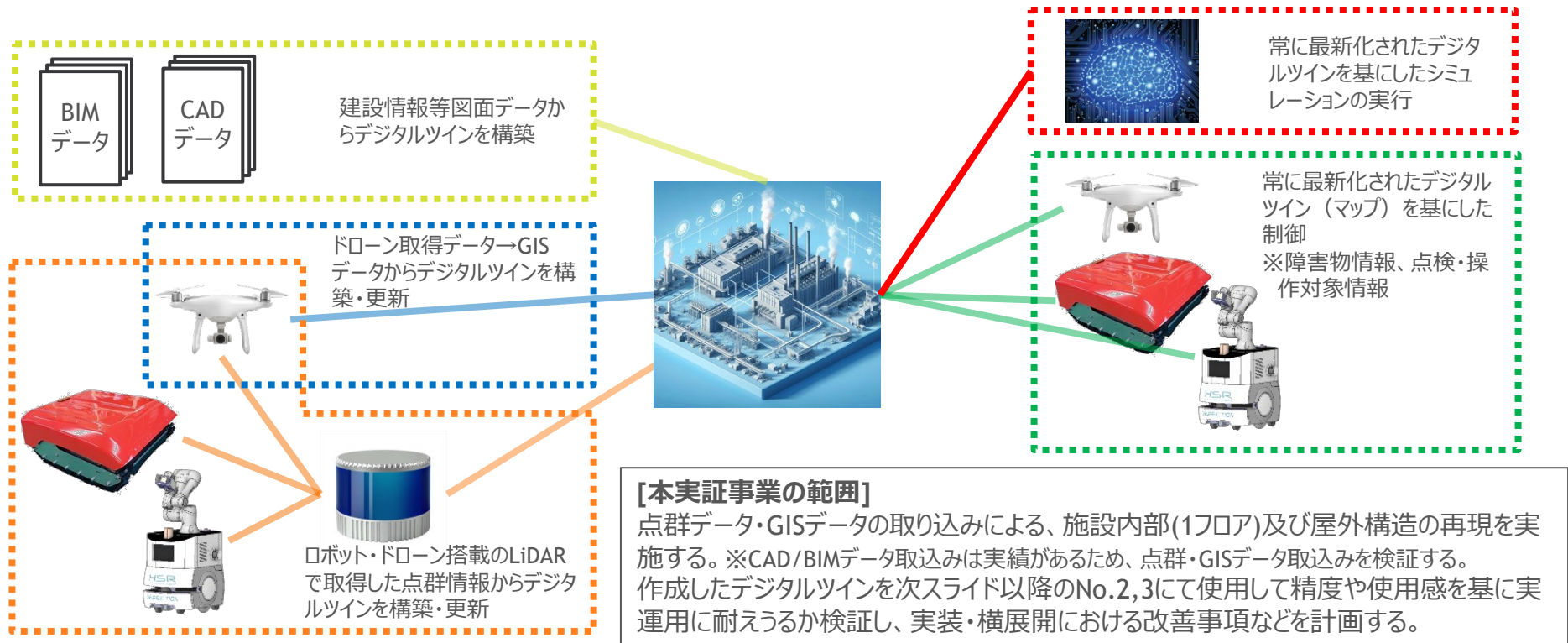
## 【デジタルツイン構築の容易化】

- ✓ BIMや3D-CADデータなど施設設計時データからのデジタルツイン構築に対応
- ✓ LiDAR等点群情報からのデジタルツイン構築に対応

## 【デジタルツインの常時最新化】

- ✓ 各デバイスに搭載したLiDAR等で取得した点群データを基にデジタルツインに反映

常に最新化された仮想環境により、シミュレーションの精度向上・最適化されたロボット制御を実現



### Ⅲソリューション

## ①ソリューションの概要 ※補足 デジタルツインの活用について

施設情報・環境情報・運用データを取り入れた高度な分析の実現

#### 【施設情報】

- ✓ BIMやCADデータから再現された空間情報
- ✓ 各デバイスで取得した点群情報による更新

#### 【環境情報】

- ✓ 各デバイスで取得した気温(室温)・湿度・気流などの情報
- ✓ 他システムから取得した天候などの情報

#### 【運用情報】

- ✓ 各デバイスで取得した点検データ
- ✓ 他システムから取得した施設の稼働に関する情報

正確かつ常時最新化されるデジタルツイン上に環境情報・運用データを取り込み、分析・シミュレーションを行うことで高度化した異常検知及び故障予測を実現する

#### 【分析・シミュレーションの例】

##### ① 室内におけるヒートマップ

- ・ 施設情報： 各設備形状・配置情報
- ・ 環境情報： 空間温度（ロボットにより取得）
- ・ 運用情報： 各機器の稼働状況

任意ポイントの空間温度をロボットで収集し、未計測空間は収集データを基にシミュレーションで導出することで、デジタルツイン上にヒートマップを作成する。

#### 【空調管理の効率化】

- ・ デジタルツイン上でのヒートマップ表示による熱だまりの可視化
- ・ 建物等構造情報を加味したシミュレーションによる空調設備配置の最適化（自走式冷風機などの開発により、さらに高度化した空調管理への進化）

#### 【機器保全の効率化】

- ・ デジタルツイン上へ機器の表面温度も取込み、機器仕様に合わせて空調制御することで故障率を減少

##### ② 配管からの水漏れ・空気漏れ

- ・ 施設情報： 配管データ(接合方法含む)
- ・ 環境情報： 室温・湿度
- ・ 運用情報： 圧力値、流量値、温度

流体シミュレーションにより、配管からの水漏れや空気漏れを予測する。データの蓄積により経年劣化情報を含めることで、より高精度な予測を実現する。

#### 【配管点検の効率化】

- ・ 高負荷箇所や腐食しやすい箇所など、重点点検箇所の可視化による点検ノウハウの継承、及びロボット・IoT機器による点検自動化

#### 【機器保全の効率化】

- ・ 環境情報・運用情報に加え、経年劣化情報を加えることで、水漏れや空気漏れを予測。重点点検箇所への指定や、故障する前に部品交換を実施することで突発的な機器停止を予防。

#### 【効果】

- ▶ 異常が予測される場所をロボット等で重点的に点検することで保守効率を向上する。  
→点検効率化、及びCBM(状態基準保全)への移行を促進する。
- ▶ 属人化しやすい点検・分析ノウハウのシステム化により技術継承課題を解決する。

#### 【本実証事業】

①におけるヒートマップの表示による効果を実証する。ロボットによる空間温度測定から作成したヒートマップを使用した温度管理への適用可能性を検証する。  
検証した効果により、空調自動制御など高度化を進めるか、②のような別の実証を実施するかなど、実装・横展開フェーズにおける計画へフィードバックする。

## ①ソリューションの概要 ※補足 デジタルツインの活用について

ロボット運用の高度化・効率化

### ● 教示作業の省略や自動化により、特別な運用知識を不要とする

#### 【これまでのソリューション】

作業に合わせて事前に以下を設定しておく必要がある。

- どのデバイスで？（ロボット、ドローン、IoT機器など）
- どのように？（ロボット停止位置・アーム位置、データ取得手段、明るさ等デバイスパラメータ・・・etc..）

ロボットやドローンに関する知識、データ取得デバイスに関する知識など、運用にあたって多くのノウハウが必要となる。

また、ロボットへの教示は現地において長期間にわたって作業することが多いうえ、作業箇所・作業内容の変更が発生した場合にも現地で作業する必要があることから運用にかかわる負荷が高く、改善が必要である。

#### 【最終目標】

デジタルツイン上の作業対象・作業内容に合わせ、システムにてデバイス制御手順を自動で生成し、デバイスを運用する。

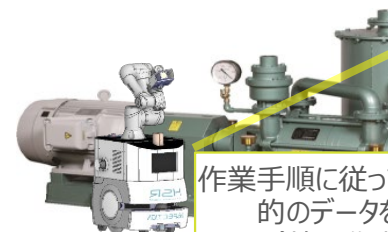
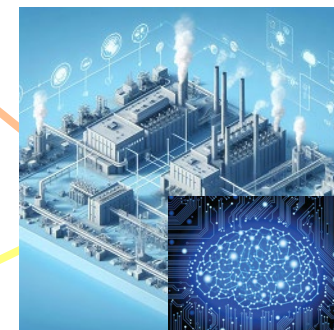
例) デジタルツインから屋内設備のアナログメータを選択する

→システムが屋内ロボットに対して走行指示（経路情報）し、目的地到着後にアーム移動座標を指示、カメラによるメータ画像撮影および数値化を指示する。

※これまでは全て人手で設定作業を行っている。

▶ 運用者に特別な知識がなくとも各デバイスを使用できるようになることで、省力化の達成と技術継承課題を解決する。

デジタルツイン上で作業対象（計器種別、座標）を判別。ロボットへ作業手順を指示。



作業手順に従って動作し、目的のデータを収集。（教示作業なし）

#### 【本実証事業】

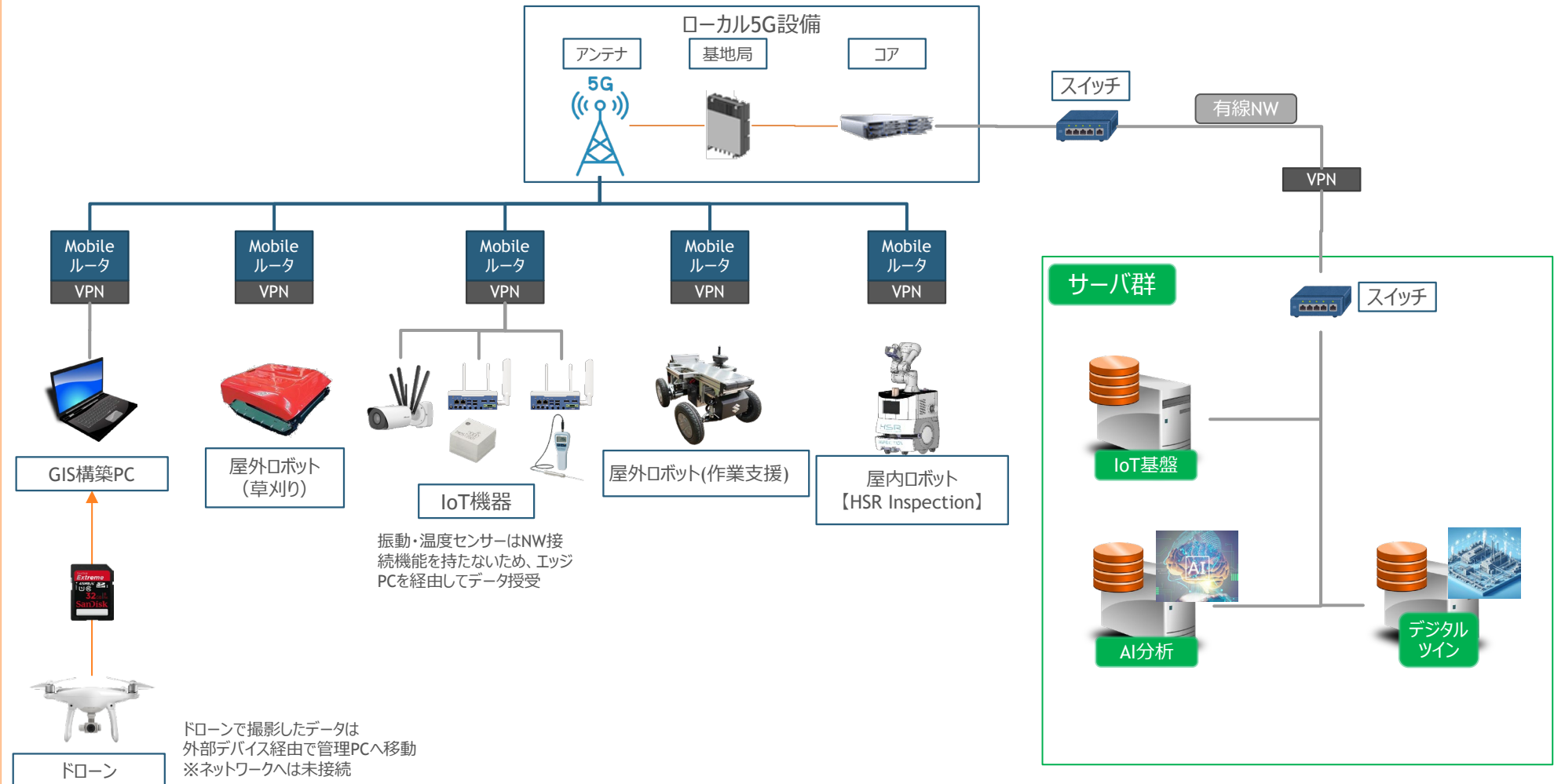
屋内設備のアナログメータ 1 か所、動画撮影 1 か所を対象とする。  
点検精度(撮影データ等)及び安全性を中心に実運用が可能であるか検証し、実装・横展開において課題対応や機能追加を計画する。

### Ⅲソリューション

## ② ネットワーク・システム構成

### a. ネットワーク・システム構成図

#### イメージ



### Ⅲソリューション

## ② ネットワーク・システム構成

### b. 設置場所・基地局等

#### イメージ

既設サービスを利用するため非公開。

#### 説明

導入済みのローカル5Gネットワークを利用するため、システム構成は情報秘匿性の観点から未記載とさせていただきます。

### Ⅲソリューション

## ② ネットワーク・システム構成

### c. 設備・機器等の概要

#### 機器リスト

別添資料 調達機器リストを参照

## ② ネットワーク・システム構成

### d. 許認可等の状況

許認可の種類	現在の状況	今後の計画/スケジュール
ローカル5G無線局	ローカル5G 免許取得済	<ul style="list-style-type: none"><li>• 実証フィールドとなる北海道電力 苫東厚真発電所のローカル5Gネットワークについては、北海道電力グループの北海道総合通信網株式会社にて免許取得済みのため、追加の許認可は不要</li><li>• 実証に使用するローカル5G端末は、北海道電力がすでに使用中の機材を使用する。ただし新規に接続端末を追加する場合、陸上移動局数の増を免許人である北海道総合通信網株式会社が北海道総合通信局に申請する。 (実証終了後、利用停止については陸上移動局数の減を連絡)</li></ul>

### Ⅲソリューション

## ③ソリューション等の採用理由

### a. 地域課題への有効性

対象の課題	課題解決への有効性
課題a-①： 作業員不足	<b>a-①（作業員不足への対応）</b> ロボットやドローン、IoT機器などのデバイスで点検データを収集し、AIで分析・判断、デジタルツインからデバイスを介して現実空間へフィードバックするソリューションを適用することで、 <u>人が巡回点検を行う必要がなくなり点検作業工数を60%削減できる見込である</u> 。また、人が行っている草刈り作業をロボットに代行することで、 <u>100%の作業工数削減と過酷な作業の代行による労働災害の減少および労働環境の改善が見込まれる</u> 。
課題a-②： 技術継承課題	<b>a-②（技術継承課題への対応）</b> 点検作業をデータの分析・判断をシステム化することにより、 <u>熟練者に依存しない施設維持管理が可能となる</u> 。また、 <u>シミュレーションを基にした故障予測を行うことで、熟練者以上の施設維持管理が可能となる</u> ことが期待される。
課題a-③： 災害対応における課題	<b>a-③（災害発生時の対応）</b> 災害発生時、 <u>低遅延ネットワークを活用した遠隔地からの各機器操作による安全確認や復旧作業を行うことで、現地移動時間ロス抑止や対応遅れによる被害拡大の防止、作業員の安全確保が可能となる</u> 。

ソリューション 高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション

### 他ソリューションに対する優位性

名称	比較
BEPサーベイランス	ロボット(AGV)による施設設備の自動点検プラットフォームは、データ収集及び分析結果の参照が可能である点において、本ソリューションでの実現範囲に含まれているものである。 しかし、左記ソリューションについては、 <u>ドローンやIoT機器に対応していないため、ロボットではデータ収集できない箇所</u> に人手を必要とすることから、省人化・無人化の実現性において本ソリューションに優位性がある。また、 <u>点検結果はOK/NGの判断のみであり、本ソリューションは故障予測まで行う点において優位性がある</u> 。 さらに、左記ソリューションは点検業務に特化したソリューションであるため施設の維持管理業務における機器操作などの業務が考慮されておらず、施設の維持管理課題を完全に解決できるものではない。

### Ⅲソリューション

## ③ ソリューション等の採用理由

### b. ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ

#### 先進性・ 新規性 の概要

データ収集デバイスを限定せず多様なデバイスから選択できる点において新規性がある。また、デジタルツインを施設の可視化やシミュレーションへの利用にとどめず、ロボットでの自動作業及び遠隔操作作業において作業精度向上や安全確保へも活用することで、施設維持管理作業のゼロタッチオペレーションを目指している点において新規性及び先進性がある。また、インターネット接続が不要なソリューションとなっているため、昨今問題となっているセキュリティが担保されている。※AI解析やロボット操作もローカルネットワークでクローズできている。

#### 基本 情報

#### 今回の応募事業

#### 比較事例A

#### 比較事例B

実証・製品名  
(実施主体)

高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション

BEPサーベイランス

概要

ロボットやドローン、IoT機器などのデバイスで点検データを収集し、AIで分析・判断、デジタルツインからデバイスを介して現実空間へフィードバックする

ロボットが定期的に自動巡回しデータの収集、更には収集したデータの管理・レポート出力が可能

領域

施設維持管理

施設維持管理

通信技術

ローカル5G、Wi-Fi

Wi-Fi

参考リンク等

—

<https://www.blue-i.co.jp/surveillance/>

比較軸①  
(データ収集  
範囲)

ドローンやIoT機器と連携することで、**高所や狭所のデータ収集**が可能である

データの収集範囲はロボットによる移動が可能  
な箇所に限られる。

比較軸②  
(作業範囲)

データの収集だけではなく、**機械操作が可能である**ため、施設管理作業の補助的役割を担うことが出来る。

点検業務に特化しているため、可能な作業は  
データ収集のみである。

比較軸③  
(AI活用)

360度カメラの映像から**正常値と異なる、箇所をリアルタイムで検知**することが可能  
※詳細は次頁

データのAI解析可能  
※詳細については不明

### Ⅲソリューション

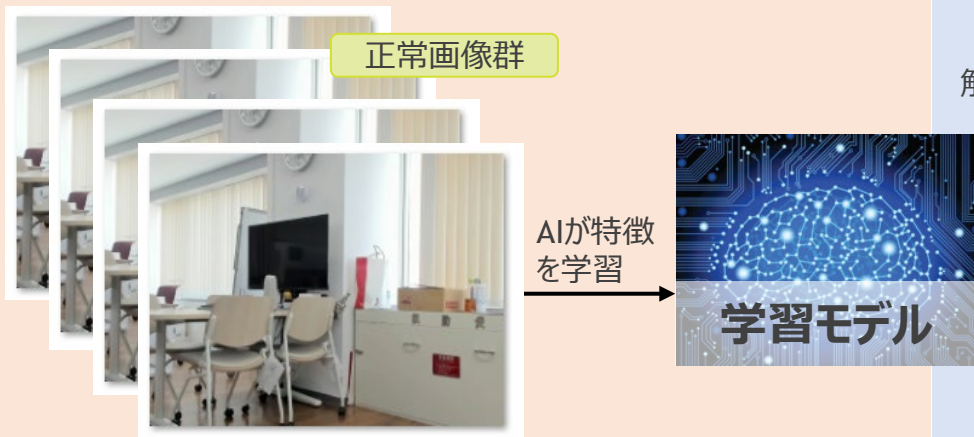
## ③ ソリューション等の採用理由 ※AI解析における新規性（違和感検出AI）

b. ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ

### 正常時と異なる箇所を検出することで、数値化が難しい点検や「ながら点検」へ適用

#### 学習：

点検箇所の正常時画像からAIが特徴を学習

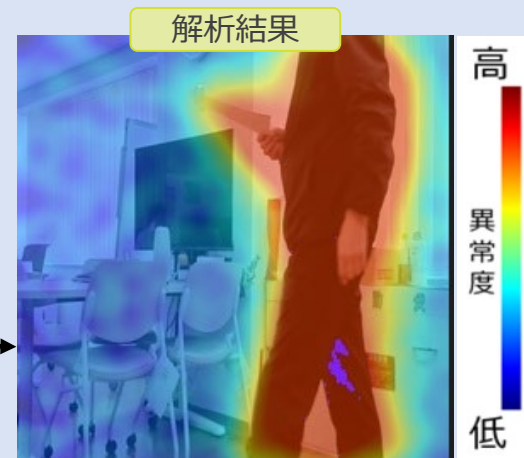


#### 点検：



検出結果

点検で取得した映像と正常画像を比較し、差異を「異常度」として検出する



#### 【現状(Wi-Fi)】

屋内点検ロボットに搭載した静止画カメラにて取得した画像の違和感検出を行っている。

※インフラ制限(AP設置条件)により屋外では使用できない。

また、屋内においても帯域制限により大容量データを使用できないことが多い。

#### 【実証(Local5G)】

屋内・屋外ロボットに360°全天球カメラを追加搭載し、ロボット走行中に常に映像収集または配信できるようにする。

ロボットから得られるリアルタイム全天球映像に対して違和感検出を行うことで、これまでは実施できなかった点検員が巡視中に周囲を見ながら異常を確認する「ながら点検」が可能となる。

※これまでの違和感検出はネットワーク制限により、静止画あるいは一定方向のみの映像を対象とするため

連続走行しながらデータ取得することができず、随時確認ポイントで停止しながらデータ取得する必要があった。

→設定作業の煩雑化、自動巡視点検の長時間化のため「ながら点検」は現実的ではないと判断していた。

### ③ ソリューション等の採用理由

#### b. ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ

ソリューション 高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション

#### 対象の課題

課題a-①：作業者不足

課題a-②：技術継承課題

課題a-③：災害対応における課題

#### 実装・横展開のしやすさ

- データ収集デバイスを施設に合わせて追加や変更できるようにしているため、幅広いデータ収集条件に対応可能であることから、導入対象施設を限定しない。
- IoT機器のみで情報収集をする場合、収集箇所が数多くあると機器設置数が増えて初期コストが膨大になるが、自走式ロボットを活用することにより機器設置を減らすことが可能になる。また、電源がない場所などIoT機器の設置ができない場所での情報収集も可能となり、導入対象施設を限定しない。
- 作業代行・災害対応においても、適用するデバイスを導入先に合わせて追加・変更を可能とするため、導入対象施設を限定しない。
- ソリューションに関して、実証場所（発電所）用に過度なカスタマイズを行う計画はなく、今回の実証結果を踏まえた横展開は容易である。

### ③ソリューション等の採用理由

#### c. 無線通信技術の優位性

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴	他無線通信技術との比較	
ローカル5G	<p>ローカル5Gの特性である以下の事項</p> <ul style="list-style-type: none"><li>低遅延性による遠隔操作時のタイムラグ抑止</li><li>高速大容量通信による巡視点検データの高精度データ収集と遠隔操作時の視界確保（ストリーミング映像）</li><li>データ収集機器（ロボット、ドローン、IoT機器）を多数同時接続可能</li><li>重要インフラ施設へも適用可能なセキュリティ性</li></ul>	名称	比較結果
		Wi-Fi (6,7)	<p>発電所等のプラントは<u>広大な敷地面積</u>のものが多く、敷地全域にWi-Fi網を網羅させるようアクセスポイントを設置するには<u>初期導入コストが肥大化</u>するため、ローカル5Gに優位性がある。</p> <p>また、ロボットを遠隔操作する際に、遅延時間及び遅延のばらつきが少ないローカル5Gに優位性がある。</p>
		LPWA/Wi-Fi HaLow	<p>本ソリューションで実現するデジタルツインからのロボット遠隔操作時や、IoT機器を通じた遠隔監視時の<u>リアルタイム映像配信のため低遅延・大容量高速通信が求められる</u>。</p> <p>ストリーミング映像伝送は30fpsのフルHD画質では約15Mbps、4K画質では約70MbpsとなるためLPWAやWi-Fi HaLowでは対応できず、ローカル5Gが必要となる。</p>

Ⅲソリューション

④ 費用対効果

a. ソリューションの費用対効果 (1/3)

導入先 施設の維持管理が必要な企業

項目	スケジュール	施設Aへ導入							施設B,Cへ導入(運用3施設)		施設Dへ導入(運用4施設)				合計
		2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度		
		実装費用	施設Aへ導入	施設B,Cへ導入(運用3施設)	施設Dへ導入(運用4施設)										
効果	定量 (収益)	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の維持管理工数削減(年)</li> </ul> 実装期間のため評価なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設A</li> <li>施設B</li> <li>施設C</li> <li>施設D</li> </ul>	2,200万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円
計 (定量 収益)	0万円	2,200万円	6,700万円	6,900万円	9,100万円	9,200万円	9,200万円	9,200万円	9,200万円	9,200万円	9,200万円	9,200万円	9,200万円	52,500万円	
効果	定量 (収益以外) + 定性	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設維持管理業務省人化</li> <li>設備データ蓄積</li> <li>過酷作業の削減</li> </ul> 実装期間のため評価なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>人手不足問題解消</li> <li>技術継承問題解消</li> <li>故障予測精度向上</li> <li>労働災害の減少</li> </ul>	※同様の定性効果が継続 											
費用	イニシャル	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット 購入費</li> <li>ドローン 購入費</li> <li>IoT機器 購入費</li> <li>ロボット 導入費</li> <li>ソフトウェア 導入費</li> <li>ソフトウェア 開発費</li> <li>役務費(開発)</li> <li>役務費(実証)</li> <li>その他(交通費)</li> </ul> 小計	0万円	2,200万円	4,400万円	0万円	4,400万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円
費用	ランニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドローン リース費</li> <li>IoT機器 リース費</li> <li>ハード保守費</li> <li>仮想空間サーバー ソフト費</li> <li>サービス 利用費</li> </ul> 小計	50万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	
計		4,370万円	3,650万円	8,000万円	2,100万円	5,750万円	2,800万円	2,800万円	2,800万円	2,800万円	2,800万円	2,800万円	2,800万円	32,270万円	

※ローカル5Gの構築・使用料は含まない。  
ソリューション導入先の環境を利用するか、新規で用意することが前提。

## 4 費用対効果

### a. ソリューションの費用対効果 (2/3)

		項目	算定の根拠
効果	定量 (収益)	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の維持管理工数削減(年)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本ソリューションを導入することにより設備の維持管理時間が4,600H/年の削減見込み</li> <li>設備管理担当者の時間単価を5,000円/Hと仮定した場合、年間2,300万円の削減が可能。</li> <li>2年目以降は「故障予測シミュレーション精度」の向上により工数削減100万円/年の収益見込み</li> </ul>
	定量 (収益以外)	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設維持管理業務省人化</li> <li>設備データ蓄積</li> <li>過酷作業の削減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>収益以外は定性的な効果として次ページに記載</li> </ul>
費用	イニシャル	<p>[導入時]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット 購入費</li> <li>ドローン 購入費</li> <li>IoT機器 購入費</li> <li>ロボット 導入費</li> <li>ソフトウェア 導入費</li> </ul> <p>[実装時]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ソフトウェア 開発費</li> </ul> <p>その他(交通費)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋内施設用の点検ロボット「【HSR Inspection】」と屋外作業支援ロボットの購入費用 ※屋内：1,700万円、屋外：500万円</li> <li>施設の高所点検データ、走行マップ連携データ収集用のドローンの1台の購入費用</li> <li>カメラなどの各種点検データ収集機器の購入費用</li> <li>該当施設に向けた、各種ロボットの導入・設定・レクチャーの費用</li> <li>該当施設に向けた、各種ソフトウェアの導入・設定・レクチャーの費用</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>実装に向けたソフトウェアの開発費用 ※①故障予測を基にした現実空間へのフィードバック機能：1,500万円 ②ロボットによる作業代行機能：1,500万円 ③上記が関連するシステムへのカスタマイズ対応：1,000万円</li> <li>現地で適応確認を行う際の交通費</li> </ul>
	ランニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドローン リース費</li> <li>IoT機器 リース費</li> <li>ハード保守費</li> <li>仮想空間サーバー リース費</li> <li>ソフトウェア 利用費</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実装時のドローン1台のリース費用</li> <li>カメラなどの各種点検データ収集機器のリース費用</li> <li>導入後のハード保守費用(屋内ロボット、屋外支援ロボット、ドローン、IoT機器、各種PC)</li> <li>仮想空間サーバーのリース費用。高スペックなPCが必要なためリース。</li> <li>ロボット制御やAI解析ソフトウェアの利用料、および仮想空間構築ソフトウェアの利用料</li> </ul>

### Ⅲソリューション

## ④ 費用対効果

### a. ソリューションの費用対効果 (3/3)

項目	実装費用	施設Aへ導入	施設B,Cへ導入(運用3施設)		施設Dへ導入(運用4施設)			
	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール	スケジュール
効果 計 (定量)	0万円	2,200万円	6,700万円	6,900万円	9,100万円	9,200万円	9,200万円	9,200万円
定性	実装期間のため評価なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>人手不足問題解消</li> <li>技術継承問題解消</li> <li>故障予測精度向上</li> <li>労働災害の減少</li> </ul>	※同様の定性効果が継続 					
費用計	4,370万円	3,650万円	8,000万円	2,100万円	5,750万円	2,800万円	2,800万円	2,800万円



### 合理性・妥当性

- 導入費イニシャル2,950万円、ランニング700万円。導入後の収益見込み2,200万円/年(初年度)、2,300万円/年(2年目以降)
  - 導入後、2年で回収可能。それ以降は収益改善が継続する。
- ※初期コスト(実証・実装)は2029年度に4施設導入で2032年度までに回収見込み

## ④ 費用対効果

### b. 導入・運用コスト引き下げの工夫

		項目	引下げの工夫内容	コスト削減効果 (見込み額)	実行タイミング	実行主体/担当者
費用	イニシャル	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット導入費</li> <li>ソフトウェア導入費</li> </ul>	導入作業を簡易化してコストを削減 ①ロボットの導入設定を簡易に行う ツールの提供 ②導入手順の動画化	40万円	25年4月~	株式会社HBA
	ランニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハード保守費</li> </ul>	保守作業の手順を標準化し、すべての施設で同一の手順とすることで保守費のコストを削減する	20万円	25年4月~	株式会社HBA
		<ul style="list-style-type: none"> <li>仮想空間サーバーリース費</li> </ul>	複数サプライヤーから見積りを取得し、コスト競争を高めることによる調達コストの削減する	10万円	25年4月~	株式会社HBA

## 1 計画概要

## 実証実施の前提

## 目的

設置済みのローカル5G環境にロボット及びドローン、IoT機器を接続し、これまでの取り組みで発生したネットワーク課題解決の検証、更には屋外ロボットの安全性の向上と、追加機能を実装・検証することで、本ソリューションによる施設の維持管理課題解決の実現性評価及び実装・横展開に向けた課題抽出・対策を行う。

- 実装に向けて、導入による作業工数の削減割合を検証
- 技術的に実装での運用が可能かどうか、点検結果の精度、自動作業の精度、遠隔操作の実用性を検証
- 実装後において維持管理要員の省人化・無人化達成に向けて、各機器の作業適用性を確認し、実運用が可能か検証

## アウトカム

故障判定精度

点検作業工数

草刈り作業工数

## 検証ポイント

## 効果

- 人に代わりロボット・ドローン・IoT機器が点検対象データの収集を行える可能性と、AIによる分析で人以上の精度で判断が可能かを検証するとともに工数削減効果を検証する。
- デジタルツイン上からロボットを遠隔操作した場合とロボット視点映像のみでの遠隔操作した場合とで、操作性及び安全性について比較検証する。

## 技術

- 屋外ロボットの自動走行中、代行作業中における走行性と安全性の向上のためのカスタマイズを行う。
- デジタルツインからロボットを遠隔操作する場合において、遅延時間等課題の抽出を行う。
- データ基盤へIoT機器の収集データ及びAI分析データの種類を追加し、拡張性を検証する。

## 運用

- 高速ネットワークで屋内・屋外ロボットの遠隔操作性能を確認し、災害時や屋外作業に耐えられるか評価する。

## ② 検証項目・方法

### a. 効果検証

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション	I 点検作業工数の削減	60%の工数削減	①すべての点検項目がロボットで代行出来ることを確認する ②点検データが人手を介さずシステムに登録できていることを確認する	60%の工数削減	60%の工数を削減できれば、施設維持管理業務の省人化・無人化のため、実装化が可能と判断する。
	II 設定情報から点検基準の抽出	抽出した点検基準で未経験の作業員でも全ての点検が可能であること	検証施設において、未経験の作業員が同システムで抽出された点検基準を基に点検作業をおこない、全ての点検作業で熟練者と同等の結果を得られることを検証する。	人から人への技術継承がなくとも、システムが出力した点検基準を基に計器の点検が可能であること (システムによる技術継承の維持)	点検基準の抽出データを基に、点検作業が標準化されることで、未経験の作業員も熟練者と同等の作業を行うことができる。

## ② 検証項目・方法

### b. 技術検証

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション	① 遠隔によるロボット操作のリアルタイム性を評価	遠隔によるロボット操作遅延が300ms以下	ロカル5Gの超高速、超低遅延の長所について、遠隔操作での点検業務が実運用可能かを遅延時間を測定し評価する。	遠隔操作による点検作業のリアルタイム性を評価 ・遠隔でのロボット操作遅延が300ms以下	遅延時間が以下であれば、施設維持管理業務の省人化・無人化のため、実装化が可能と判断する

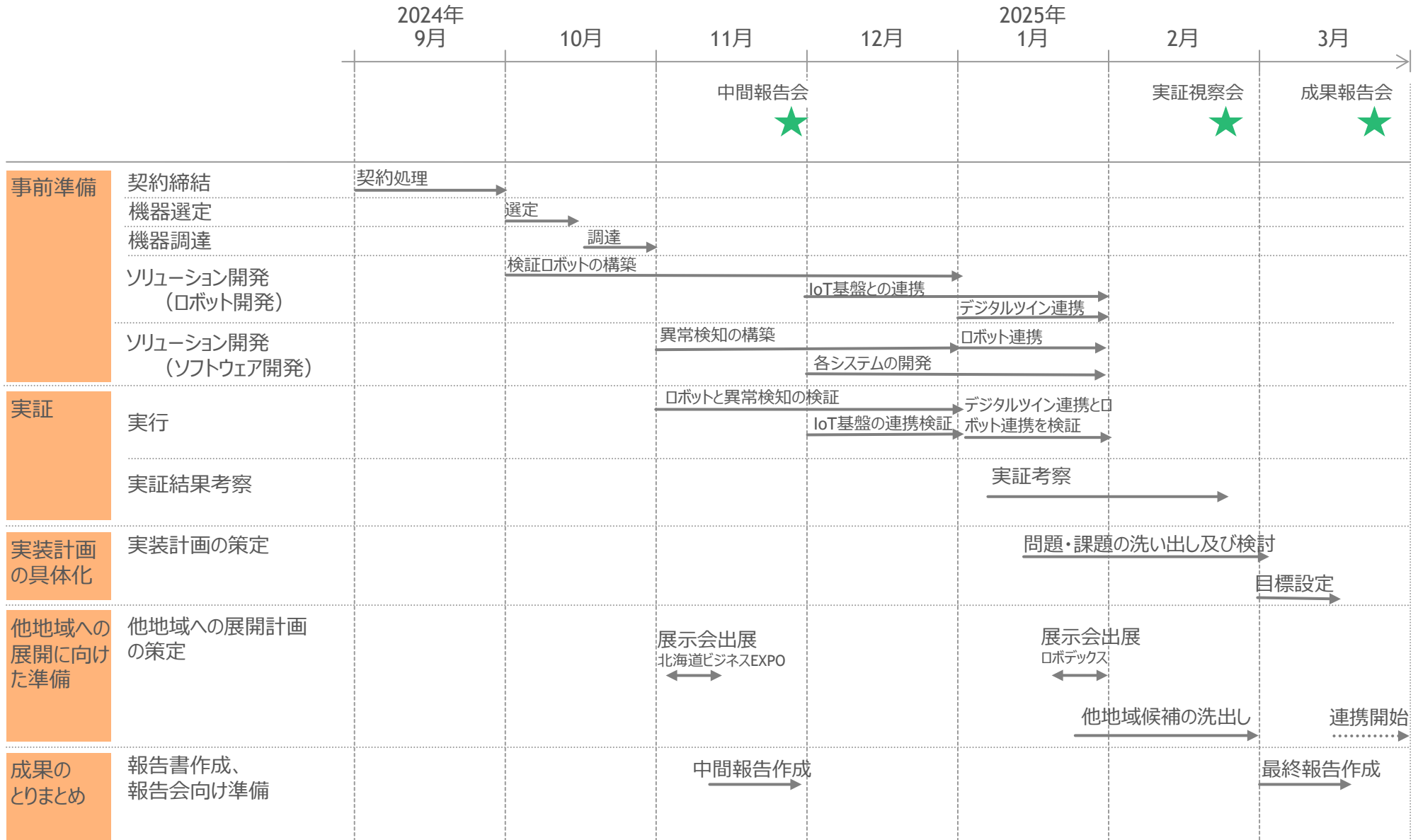
## ② 検証項目・方法

### c. 運用検証

ソリューション	検証ポイント		検証方法	実装化の要件	
	項目	目標		要件	要件の妥当性の根拠
高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション	I デジタルツインからの各デバイス(屋内/屋外ロボット)操作性	ロボットが目的の場所に移動し、指示された点検内容が実施できていること	<ul style="list-style-type: none"> <li>デジタルツインから各デバイスを操作し、点検業務に必要な画像・映像・音のデータを取得することができることを検証する</li> <li>使用者にヒアリングを実施し、問題なし判断するものがヒアリング数の6割以上であることを判断基準とする</li> </ul>	操作方法に問題がないこと	必要な点検データが取得され、遠隔での操作方法に問題なければ、施設維持管理業務の省人化・無人化のため、実装化が可能と判断する
	II デジタルツイン上での点検結果確認の実用性	点検結果がデジタルツイン上で表示されていること			

IV実施計画

3 スケジュール



## 4 リスクと対応策(1/2)

リスク		対応策	
項目	概要		
事前準備	契約締結 - 契約遅延	提出資料の不備などにより、契約締結が出来ず、作業開始日が遅れ計画全体に影響を及ぼす可能性がある。	前もって重要項目のチェックリストを作成し、契約担当者によるチェックリストの確認とレビューを実施する。 また関係者と明確なコミュニケーションにより意思疎通をはかることで、遅延を防止する。
	機器選定 - 選定漏れ	開発・実証が進行するにあたり、必要機器が追加になる可能性がある。また使用を予定していた機器が条件を満たさない場合も考えらる。	条件不適合を防ぐために事前に広範な評価基準(同程度の価格の機器の範囲)を設定し、異なる仕様やブランドの機器を検討し、その候補から使用機器を選択する。
	機器調達 - 機器納期遅れ	外部環境の影響により機器納期が遅れる可能性がある。	機器の供給を複数ベンダーから調達できるように準備することで納期遅延のリスクを分散させる。
	ソリューション開発 - 開発遅延	実証に向けたソリューションおよびロボット開発の遅れが発生する可能性がある。	アジャイル的な開発手法を適応し、短期間でのサイクルで進捗を評価し、問題点を早期に発見するプロセスでソリューション開発を進める。これにより、各工程完了時のフィードバックにより柔軟に対応することができるため、開発をスムーズに進めることが可能と考える。

## 4 リスクと対応策(2/2)

リスク		対応策	
項目	概要		
実証	開発遅延	開発の遅延により実証計画が遅れる可能性がある。	開発側の進捗状況を、定期的に確認し問題を早期に抽出して対応策を迅速に講じる。その結果、戻り作業を最小限にすることで開発遅延の影響を少なくする。
	気象条件	屋外環境での実証において、気象状況(雨・風・雪など)で遅延や実施が不可となる場合がある。	天気予報や気象アプリを活用し、リアルタイムな気象情報に従った柔軟な作業計画の見直しを行う。さらに気象条件に応じて作業のスケジュールを調整できるよう、柔軟な作業体制も構築しておく。
	実証場所の調整	アクシデントにより予定していた実証場所が使用できない可能性がある。	代替え(予備)の試験場所を事前に確保するよう調整する。これによりアクシデントが発生した際にもスムーズに対応することが可能となる。
	感染症の蔓延	新型コロナウイルスなどの感染症の蔓延により実証活動の停止の可能性がある。	一般的な予防策になるが、体調不良時のルールを明確に定義する。これにより、感染者を早期に特定し、拡大を防ぐことが可能となる。 ※少しでも体調不良と感じた関係者には実証参加は控えてもらうことで、感染症の拡大リスクを大幅に低減できる。

## 5 PDCAの実施方法

### 課題把握を実施する体制

#### 通常時

##### 週次進捗報告

- 開催時期: 週次
- 方法: メール（必要に応じてWeb会議）  
※月次報告週は週次報告は行わず、月次報告に含める
- 体制: 実施体制に記載の各組織現場リーダー
- アジェンダ
  - 準備・実証・報告書の状況確認
  - 実証事業進行における課題の共有と役割分担
  - 実装・横展開に向けた課題抽出

##### 月次進捗報告

- 開催時期: 月次
- 方法: Web/対面会議
- 体制: 実施リーダー HBA  
参加者 実施体制に記載の各組織から  
議題に合わせて適任者が出席
- アジェンダ
  - 準備・実証・報告書の状況確認
  - 実証事業進行における課題の共有
  - 実装・横展開に向けた課題の共有と役割分担

### 対策を立案・実行する体制

##### 課題対策の議論・決定

- 実施条件: 進捗が予定よりも1週間遅れた場合  
週次進捗にて解決見込みのない課題がある場合
- 頻度: 不定期（実施条件に当てはまる場合、進捗会議後  
3営業日以内に開催）
- 方法: Web/対面会議
- 体制: 実施リーダー HBA  
参加者 各組織現場リーダー

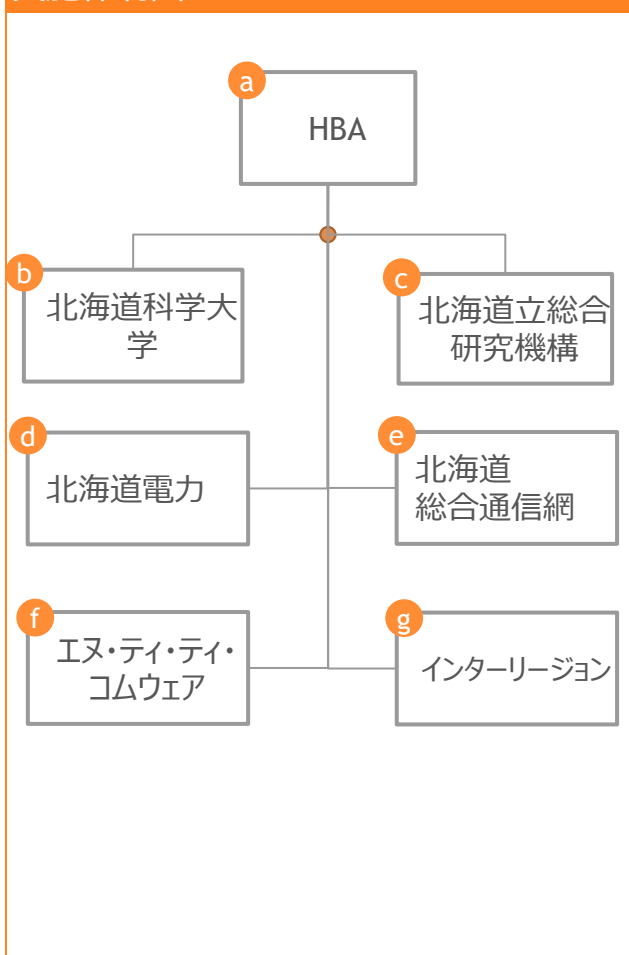
#### 緊急時

##### 課題発生時の情報共有

- 実施条件: 全体進捗に影響を及ぼす問題が発生した場合
- 頻度: 問題発生当日中
- 方法: Web/対面会議
- 体制: 実施リーダー HBA  
参加者 各組織現場リーダー

## 6 実施体制 (1/2)

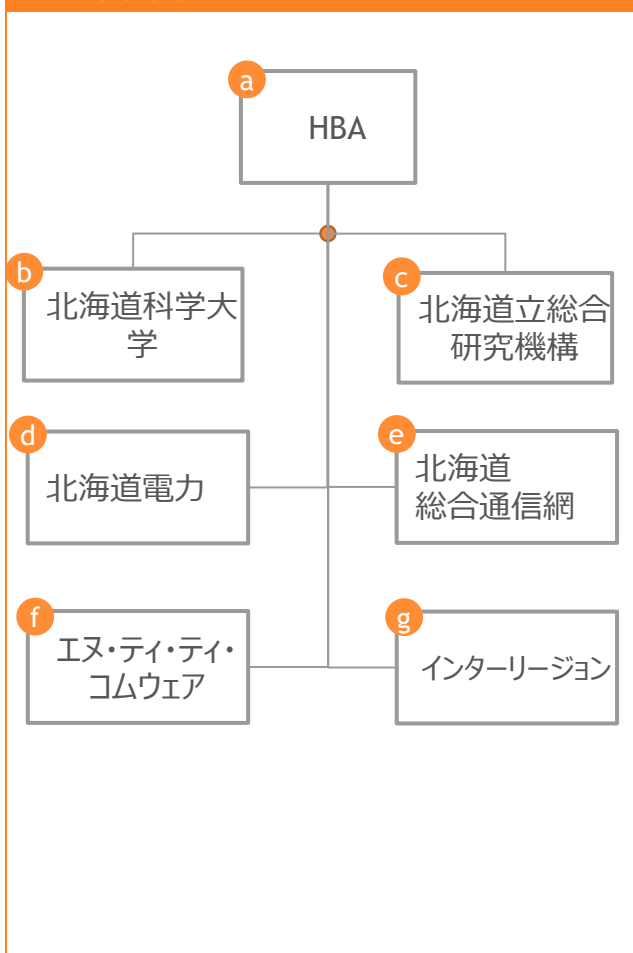
実施体制図



団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
a 株式会社 HBA	・総責任者		取締役執行役員常務 山野孝則
	・プロジェクト全体管理	1名	プロセス統括本部 本部長 小野 美津幸
	・屋内/屋外ロボット 開発担当 ・AIデータ分析 開発担当 ・IoT 機器制御開発担当 ・デジタルツイン 開発担当	10名	プロセス統括本部 ロボティクス開発部 部長 大山 晃一 次長 森田 佳宏、藤原 真 他7名
b 北海道科学大学	・責任者	1名	工学部 情報工学科 副学長 真田 博文
	・AI画像解析	4名	工学部 情報工学科 教授 竹沢 恵、助教 松本 拓 他2名
c 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構	・責任者	1名	産業技術環境研究本部 工業試験場 産業システム部長 中西 洋介
	・プロジェクト課題解決担当 ・IoT 機器制御研究担当	3名	工業試験場 産業システム部 高橋 裕之 他2名
	d 北海道電力 株式会社	・責任者	1名
・屋外ロボット 開発担当		4名	総合研究所 デジタル化推進グループ GL 小本 健、副主幹 伊藤 雅彦 他2名
・責任者		1名	火力部 部長 長尾 圭祐
・実証場所ノウハウ提供		6名	火力部火力情報技術グループ GL 天野 隆史、主任 岡嶋 謙治 他4名

## 6 実施体制 (2/2)

実施体制図



団体名	役割	リソース	担当部局/担当者
e 北海道総合通信網株式会社	・責任者	1名	技術営業部営業開発グループ 上級スペシャリスト 池野 桂司
	・通信ネットワーク担当	5名	技術営業部営業開発グループ GL 宮澤 英司、他4名
f エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社	・責任者	1名	ネットワーククラウド事業本部IOWN推進部担当課長 稲垣 麻美
	・デジタルツイン 開発担当	4名	ネットワーククラウド事業本部IOWN推進部担当課長 祖田 心平、都筑 佳紀、他2名
g 株式会社 インターリージョン	・責任者	1名	代表取締役COO 小野 貴司
	・ドローン/GIS 担当	3名	取締役CTO 齋藤 健一、他2名

※スタートアップ 本実証で検討対象項目(ドローン/GIS)の知識を保有していることに加え、地域課題の解決にも取り組んでいる企業のため参加

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

① スケジュール(実績)

赤字: 当初の計画から変更になった箇所



V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

a. 効果検証

課題の凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)

クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション	点検作業工数の削減	60%の工数削減	<p>実証施設において、想定する導入対象施設で実施されている点検についてソリューションによる代行が可能であるかを検証した。</p> <p>結果、本実証で対象とした点検項目の多くが代行可能であると判断できた。それにより、アウトカムに設定した日常点検：2回/日の1回をソリューションに置き換えることが可能で、約60%の作業削減が達成できる見込みである。</p>	<p>点検作業の多くを代行可能であると判断している。</p> <p>※ただし、普及活動の結果を含め、判明したニーズや導入候補施設の条件から、<b>実装に向けて費用対効果向上が必要である。</b>(実証先の施設条件下で得られた考察) 導入対象施設における屋外点検作業工数が想定約半分であったことから、当初計画(※)の導入先収益と比較し、屋外点検の収益(2,200万円/年の工数削減)が1,750万円/年(-450万円/年)となってしまう。  <small>※VI 実装・横展開の計画 ①実装の計画                      c. ソリューション(変更点) -ソリューションの概要</small></p> <p>当初計画では「2年でイニシャルコスト(2,950万円)回収」を前提としていることから、実現に向けて900万円(450万円×2年)のコストダウンが必要となる。                      コストダウンの取組みと同時に、導入先候補を含め回収モデルの再検討や屋外点検作業が多い施設の調査などが必要である。</p>
	対象アウトカム:	<div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 2px; display: inline-block;">故障判定精度</div> <div style="border: 1px solid #0070c0; padding: 2px; display: inline-block;">点検作業工数</div>		
	設定情報から点検基準の抽出	抽出した点検基準で未経験の作業員でも全ての点検が可能であること	<p>抽出した点検基準で未経験の作業員でも全ての点検が可能であることを検証したが、経験不十分な作業員では点検作業を実施することができず、目標未達となった。</p> <p>点検対象及び点検基準を明確にすることはできたが、作業員ヒアリングの結果、「システムから出力した情報のみの場合、点検作業に不慣れな者では指定の機器をどのように点検してよいか分からない」という指摘があった。</p>	<p>本実証の結果として、「未経験の作業員でも全ての点検が可能」とする目標に対して未達成であると判断する。</p> <p><b>実装にあたっては、温度や音の確認を代表例として「どの部分をどのように確認し、何を基に異常判断するのか？」という点検手法の見える化が求められることがヒアリングにより判明したため対策が必要と考える。</b></p>
	対象アウトカム:対象無	※有識者指摘で追加した項目		

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

## ② 検証項目ごとの結果

### b. 技術検証

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション	遠隔によるロボット操作のリアルタイム性を評価	遠隔によるロボット操作遅延が300ms以下	ローカル5G経由での映像遅延が測定の結果、300ms以下であることから、実運用に実装可能と判断する。	ローカル5Gネットワークにより屋内/屋外作業において遠隔操作での点検業務が可能である。また、災害時における現状把握にも活用することが出来る。
	対象アウトカム: <span style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">点検作業工数</span>			

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

② 検証項目ごとの結果

c. 運用検証 1/3

課題の凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)

クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション	デジタルツインからの各デバイス(屋内/屋外ロボット)操作性	ロボットが目的の場所に移動し、指示された点検内容が実施できていること	以下のように、デジタルツインからロボットを操作し、現場に人が立ち入らずに現地状況を確認可能であることを検証できた。この結果により点検作業工数は削減できると判断する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>デジタルツイン上の施設において任意箇所を指定することで、現実空間の屋内ロボット及び屋外ロボットが指定位置へ走行・停止する。走行中はロボット搭載カメラのリアルタイム映像を確認することで、安全運行及び周辺状況の確認が可能である。</li> <li>デジタルツインの操作パネルから屋内及び屋外ロボットのラジコン走行が可能である。(前後進・左右旋回)</li> <li>屋内ロボットは、デジタルツインの操作パネルからアーム姿勢を変更し、点検対象をデジタルツイン画面上で視認可能である。また、デジタルツイン上で指定した対象について事前設定がなくともアナログメータの点検(数値化)を行えることが確認できた。</li> <li>屋外ロボットは、デジタルツインの操作パネルから指示することで、ロボットに搭載した全天球カメラで撮影した画像を確認することで、周辺状況を視認できた。</li> </ul>	検証結果から、デジタルツインを活用することでロボットを安全に操作することが可能となり、現場に立ち入らず状況確認することができることから、省人化・無人化に向け寄与できるソリューションとなっているものと考え。ただし、以下については検討課題となる。                     【検討課題】 <ul style="list-style-type: none"> <li>デジタルツインの構築に労力・費用を要したため、3Dデータ作成を容易にする必要がある。 ※点群/フォトグラメトリデータの作成簡易化</li> <li>デジタルツイン上から点検設定(教示)作業を実施する仕組み構築することで、システム導入に向けての時間が短縮できる。</li> </ul>
	対象アウトカム: <span style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">点検作業工数</span>			

## ② 検証項目ごとの結果

### c. 運用検証 2/3

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション	デジタルツイン上での点検結果確認の実用性	点検結果がデジタルツイン上で表示されていること	以下のように、デジタルツイン上で点検結果を確認可能であることを検証できた。この結果により点検作業工数は削減できると判断する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 屋外・屋内デジタルツインともに、点検対象の設備上に点検結果の有無を表すマークが表示されることで、熟練者でなくとも点検結果の参照が容易に可能である。</li> <li>• 正常以外の点検結果が強調表示されることで、確認対象を容易に把握することが可能である。</li> <li>• 各種点検結果について、過去データとの比較が容易にできることで、異常発生の契機を推測可能である。</li> <li>• 音声、静止画、動画などメディアデータの蓄積により、担当者がシステムに頼らず点検することが可能である。</li> </ul>	検証結果から、デジタルツインを活用することでシステムによる点検結果を容易に行えらる。特に、機器の形状と名称の紐づけができるため、現場に不慣れな者でも点検経験者であれば点検内容を把握することができ、遠隔地からの管理を容易にできるものとする。
	対象アウトカム: <span style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">点検作業工数</span>			

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

## ② 検証項目ごとの結果

c. 運用検証 3/3

### 課題の凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)

クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション	人が実施した草刈り作業工数を100%削減	人が実施している草刈り作業をすべてロボットで代行	草刈り作業を屋外ロボットで代行し、作業工数を100%削減できると判断する。	屋外ロボットに搭載したカメラをローカル5Gに接続することで、遅延が少ない映像でロボット周辺を確認することができた。 低遅延リアルタイム映像を活かし、自動草刈り後の刈残した草について、ロボットを直接視認できない場所から遠隔操作により刈り取ることができた(猛暑対策にもつながる)。 また、安全走行の機能強化により自動草刈り中における人の同行も不要となり人の作業工数を削減できた。  ただし、以下については検討課題となる。 【検討課題】 プラントや工場内の平地でのロボットによる草刈り代行は可能だが、法面や段差が多い場所では自動走行による草刈りに関しては、まだ検証が必要である。
対象アウトカム:		草刈り作業工数		

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

3 実装・横展開に向けた準備状況

課題の凡例

クリティカルな課題 (解決しないと実装・横展開できない)

クリティカルではないが、解決が望まれる課題 (解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

アクション	結果	得られた示唆・考察
ネットワーク遅延によるデータ収集、遠隔操作の改善を検証	ロボット操作に対するローカル5Gの適用により、映像遅延はなく、データ収集や操作の改善を確認した。	作業支援ロボット導入の際はローカル5Gなどの高速ネットワークの適応は有人的である。
屋外ロボットの安全性向上及びデータ収集・草刈り機能の実用性を検証	遠隔操作や自動走行を屋外ロボットに導入することで人に代わり作業が可能であることを確認した。	労働災害や労働環境の改善は可能と考える。
デジタルツインからのロボット自動作業・遠隔操作における実用性を検証	各ロボットへ移動およびデータ取得指示が簡略化され、遠隔操作により現地に人が立ち入らずとも機器の点検が可能であることを確認した。	ロボット操作にデジタルツインを適応することで操作性が向上した。
GISデータ/デジタルツインと屋外ロボットのマップ連携による自律走行の実用性を検証	異なる2つの自律走行方式にて検証を行った結果、施設や環境状態に応じて使い分ける必要が判明した。両方方式とも屋外での走行性は良く、段差(10cm程度)も自律走行にて乗り越え可能である。	屋外作業にもロボットを適応でき、作業の効率化は可能である。
IoT機器を施設点検に適用した際の精度及び効果を検証	ロボットが走行不能な点検エリアに設置したIoT機器によりデータ取得・解析を行った結果、ロボットと同レベルの効果を得られた。	状況によりIoT機器も使用することにより広範囲の作業が可能となる。またより効率的な作業を行うことができる。
実装に向けて、導入による作業工数の削減割合を検証	①ロボット教示や3Dデータ作成の費用が大きくなり、工数削減効果が低くなることが想定される。	①ロボット教示はデジタルツイン上で教示作業を可能とすることで費用削減可能な見込み。デジタルツイン用3Dデータ作成を容易にする方法を検討する。
実装後において維持管理要員の省人化及び技術継承課題解決に向けて、各機器の適用性を確認し、実運用が可能か検証	本実証にて検出した課題を実装にて解決することで実運用に向けてより効果的な利用が可能と考える。	特に技術継承の観点では温度や音などの「どの部分をどのように確認し、何を基に異常判断するのか？」という点検手法の見える化の対応も必要となったため、実装にて解決を目指す。

実装に向けて

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

3 実装・横展開に向けた準備状況

課題の凡例

クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)

クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

アクション	結果	得られた示唆・考察	
<p>【施設A】 既設エネルギーセンターにロボットを導入して、新エネルギーセンターの無人化に於ける課題を抽出する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2024年度中はショールーム所有企業とのPR内容検討までとなり、2025年度より具体的な設置案検討を進める。</li> </ul>	<p>既設施設には段差が多く、また防火扉によりロボットの走行が困難。 今後、小型・安価なロボット構築及び施設側でロボットフレンドリー対応を行う必要がある。</p>	
<p>【施設E】 営業所緑化部分について状況確認を行い、遠隔制御によるロボットでの草刈り、及び無人化に向けた検討を進める。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地にて衛星測位自律走行による自動草刈り検証を実施。</li> <li>公園において遠隔制御によるロボット草刈り検証を実施。</li> </ul>	<p>施設緑化地における自動草刈りは実用性が高い。公園等一般開放された場所での草刈りは、ゴミ等により草刈り刃が痛む懸念があり、完全自動化に課題がある。</p>	
<p>【施設F】 デジタルツインと屋内点検ロボットを活用したソリューションによる遠隔施設管理を、国内データセンターにて検証する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2024年度中はロボットによる遠隔からの機器電源Off/On機能実装まで実施。</li> <li>2025年度より通信局舎や倉庫管理にて実証実験を実施予定。</li> </ul>	<p>—</p>	
<p>横展開に向けて</p>	<p>横展開に向けて、導入による作業工数の削減割合を検証</p>	<p>実装候補先での試算においては、屋外点検箇所が少なく、ロボット等のデバイスで点検を代行する場合、その投資に対する点検員の作業工数削減効果が低いと、コメントあり。</p>	<p>対象企業を選定する際は、屋外点検箇所が多い施設を保有している企業を選択する必要がある。</p>
	<p>ロボットの開発・活用及び新技術を紹介する展示会(札幌・東京)に出展 ①北海道ビジネスEXPO ②ロボデックス</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>北海道ビジネスEXPOに出展。</li> <li>ロボデックス2025東京に出展。</li> <li>HBA主催のフォーラムに展示。</li> </ul>	<p>施設維持管理(点検)作業の省人化・無人化に対する関心は高く、多くの企業様で労働人口不足への対策検討が本格化している。本ソリューションは、初期費用が課題となる感触を得た。</p>
<p>通信事業者のショールームやイベントなどに出展</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2024年度中はショールーム所有企業とのPR内容検討までとなり、2025年度より具体的な設置案検討を進める。</li> </ul>	<p>—</p>	
<p>【2025年度以降】 ロボットの開発・活用及び新技術を紹介する展示会に出展</p>	<p>今後出展予定の展示会 ①北海道ビジネスEXPO ②国際ロボット展</p>	<p>—</p>	

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

4 実装・横展開に向けた課題および対応策

課題の凡例

クリティカルな課題 (解決しないと実装・横展開できない)

クリティカルではないが、解決が望まれる課題 (解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

	課題	対応策	実現可能性 <sup>1</sup>	対応する団体名	対応時期
実装に 向けて	システムダウンに備えた点検項目の出力において、「どの部分をどのように評価する」といった点検手順も出力しないと熟練者以外は点検できず機能として不完全。	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検項目へマニュアルを付与可能なシステムに改修する。</li> <li>オフライン稼働可能なタブレット端末などにより、システムダウン時においても人の判断無しで点検を可能とする。</li> </ul>	高	(株)HBA	2025/12
	a 現時点での実証先の条件を鑑みると費用対効果が合わないため、b~cのソフトや運用コストの検討だけでなく、ロボット自体のコスト削減が必要。	費用対効果を出せるように、屋内・屋外ロボットについて、既存仕様からの機能削減や廉価版の開発を実施することで、コストを抑えた形での提供を実現する。	中	(株)HBA	2025/8
	b デジタルツイン用3Dモデル作成に費用がかかり販売側の収益悪化が深刻化。 ※ビジネスが成立しなくなることが見込まれる	スマートフォンによる3Dモデル生成機能やAIを活用し、デジタルツイン構築を容易化する。生成した3Dデータの品質を分析し、次回の作業に反映させプロセスを改善することで作成効率を上げる。	低	(株)HBA	2026/2
	c ロボットの簡易教示機能未対応。 ※教示に多くの時間・工数を要することで、初期導入費が想定より増加し導入障壁となる	デジタルツイン上から点検設定(教示)作業を実施する仕組み構築する。ロボットの動作をデジタル空間上でを行い、フィジカル空間へ適応させる。	中	(株)HBA エヌ・ティ・ティ・コムウェア(株)	2025/12
	法面や段差が多い場所において自律走行が未実装。 ※草刈り品質(刈り残し)、安全性に課題残る。	本実証で使用した2種類の自律走行方式(GNSS/LiDAR)を併用したハイブリッド方式を確立し、地形情報を考慮した自律走行を可能とする。	—	(株)HBA	2025/12

1. 高: 実現可能性80%以上: ほぼ確実に実現できる状況であり、大きな障害が発生しない限り、現在想定している対応策で問題なく達成可能。  
 中: 実現可能性50%程度: 想定外の課題が発生する可能性があり、対応策の有効性も未知数な部分があるため、成功と失敗の確率が拮抗している。  
 低: 実現可能性20%程度: 対応策の具体化が進んでおらず、課題も多いため、現時点では実現に向けた道筋が明確でない状態

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

4 実装・横展開に向けた課題および対応策

**課題の凡例**  
 クリティカルな課題(解決しないと実装・横展開できない)  
 クリティカルではないが、解決が望まれる課題(解決しなくても実装・横展開可能だが、解決した方が効果は高まる/コストが下がる 等)

課題	対応策	実現可能性 <sup>1</sup>	対応する団体名	対応時期	
横展開に向けて	費用対効果の低下が深刻。導入先において、単年で得ることができず、横展開の障壁となる。	①サービスを分割して段階導入できるようなソリューション構成を検討及び開発(改造)する。 ②Wi-Fi 6E/7の技術検証を行い、ソリューションへの適用性を評価、導入先で費用対効果が最も高くなる構成を提案できるよう検討する。また、ネットワーク提供企業が開始した初期投資を削減したローカル5Gサービスへの適用性を確認し、横展開先候補へ提案できるよう検討する。	中	(株)HBA	①2026/12 ②2026/2
	屋外点検箇所が少ないと費用対効果が出せず製品化できない懸念。	<ul style="list-style-type: none"> <li>横展開候補となり得る企業のリストアップやニーズの再整理を実施する。</li> <li>費用対効果を高めるようソリューションの構成及び運用方法について、横展開候補と検討する。</li> </ul>	中	(株)HBA	2026/8
	段差や防火扉などロボットの走行が困難な施設への導入検討が必要であるが未検討。	小型・安価なロボットを構築することで、ロボットを複数台導入できるようにする。また、導入先候補と施設のロボットフレンドリー化を検討する。(扉のロボット連携など)	—	(株)HBA	2026/10
	ゴミ等により草刈り刃が痛む懸念があり、完全自動化に向けて運用方法または障害物除去の仕組みが未検討。	草刈り部へのガード及び接触検知機構を追加し、障害物を除去するとともに危険がある場合には停止及びアラートを発することができるよう対策する。	—	(株)HBA	2026/10

※実装課題「b」の対応が完了した場合の実現可能性。未完了の場合は「低」。

1. 高: 実現可能性80%以上: ほぼ確実に実現できる状況であり、大きな障害が発生しない限り、現在想定している対応策で問題なく達成可能。  
 中: 実現可能性50%程度: 想定外の課題が発生する可能性があり、対応策の有効性も未知数な部分があるため、成功と失敗の確率が拮抗している。  
 低: 実現可能性20%程度: 対応策の具体化が進んでおらず、課題も多いため、現時点では実現に向けた道筋が明確でない状態

## 5 (参考) 実証視察会

### a. 概要

開催場所: 北海道電力株式会社 火力部火力技術研修センター

開催日時: 2025/02/28 13:00~15:00

デモ項目	内容	備考
屋内設備自動点検デモ	ソリューションにて設備の自動点検を行う様子をデモする。 (ロボット)・アナログ/デジタルメータの読取り ・異常音の検知 ・油漏れの検知 ・制御盤ランプの読取り ・違和感(レバー位置)の検知 ・ヒートマップの作成 (IoT機器)・振動/温度による異常検知 ・カメラによるアナログ/デジタルメータ読取り (デジタルツイン)・点検結果の表示	橙文字色は成果指標に 挙げているもの
屋外設備自動点検デモ	ソリューションにて設備の自動点検を行う様子をデモする。 (ロボット)・アナログメータの読取り (デジタルツイン)・点検結果の表示	
デジタルツインからのロボット操作デモ	デジタルツインにてロボットを操作することで、現実空間のロボットが指示通りに動作する様子をデモする。 →サイバー空間とフィジカル空間の連動を体験する。	
屋外ロボット(草刈)デモ	ロボット操縦用システムから、草刈り対応ロボットの遠隔操作が行えること、どのような仕組みで草刈りが行われるかをデモする。	

V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

5 (参考) 実証視察会

b. 質問事項と対応方針

質問事項	回答内容	アクション	
		内容	期限
<p>ローカル5G/デジタルツインの横展開の利点はなにか。 デジタルツインについて、デモ時に障害物がリアルタイムに反映されてないという話もあった。</p>	<p>ローカル5Gについては、センサー単体の場合はオーバースペックとなるが、ロボットとデジタルツインを融合させるCPSを前提とすると高速大容量・低遅延性が必要となるためローカル5Gは適している。また、高セキュリティであることも重要であると考えている。 デジタルツインについて、即時に現実空間の障害物を反映すると、運用時に煩雑さが発生する要因になる。リアルタイム反映よりも、遠隔監視で使用できるように視認性が高まるという点が重要と考えている。</p>	-	-
<p>横展開時にローカル5Gを含めWi-Fi等の無線通信をどのように活用していくか。</p>	<p>セキュリティの担保という点において、ローカル5Gを前提としたい。現状は導入費用が高額になっているが、社会全体として導入が進んで費用が下がってくるとで、導入ハードルも低くなると考えている。</p>	-	-
<p>実証視察会で通信障害が起きていたが、他のローカル5Gを用いた実証視察会では通信障害は起きていなかったため原因を知りたい。原因については状況共有したいため、後ほど展開してほしい。</p>	<p>※実証視察会での回答なし 【視察会後確認結果】 ローカル5G-GWの発するWi-Fiチャンネル(6ch)と視察会参加者のスマートフォンテザリングのWi-Fiチャンネル(6ch)が干渉することで、屋内・屋外ロボットともにサーバ群との接続が阻害されていた。テザリングをOFFにすることで問題なくWi-Fi接続(サーバとの通信)可能であることを確認した。</p>	<p>ローカル5G電波が届かない場所で利用するWi-Fi通信には、混線に強いメッシュ構成の採用やWi-Fi 6E/7の採用を横展開にて検討する。 ※対策不可能な場合、スマートフォンの使用方法について制限を行うなど運用面での回避策を検討する。</p>	2026/1
<p>屋外アナログメーター検知、数値化において課題があるように感じた(針がずれて検知していた)。精度向上も課題だが、課題解決に時間・費用がかかることで実装が遅れるよりは、読み取りできなかったものを人が確認するような運用ができるようになると良いのではないか。</p>	<p>※実証視察会での回答なし</p>	<p>屋外データ収集時の外乱対応 以下のステップで実装へ向かう。 ①アナログメータ以外の計器点検実証 ②エラーパターンの整理・対策検討 ③-1 分析プログラム改善対応 ③-2 運用者向けシステム改善対応</p>	<p>① 2025/10 ② 2025/11 ③ 2026/3</p>

## V 実証結果・考察 (実証結果と実装・横展開に向けた準備)

### 5 (参考) 実証視察会

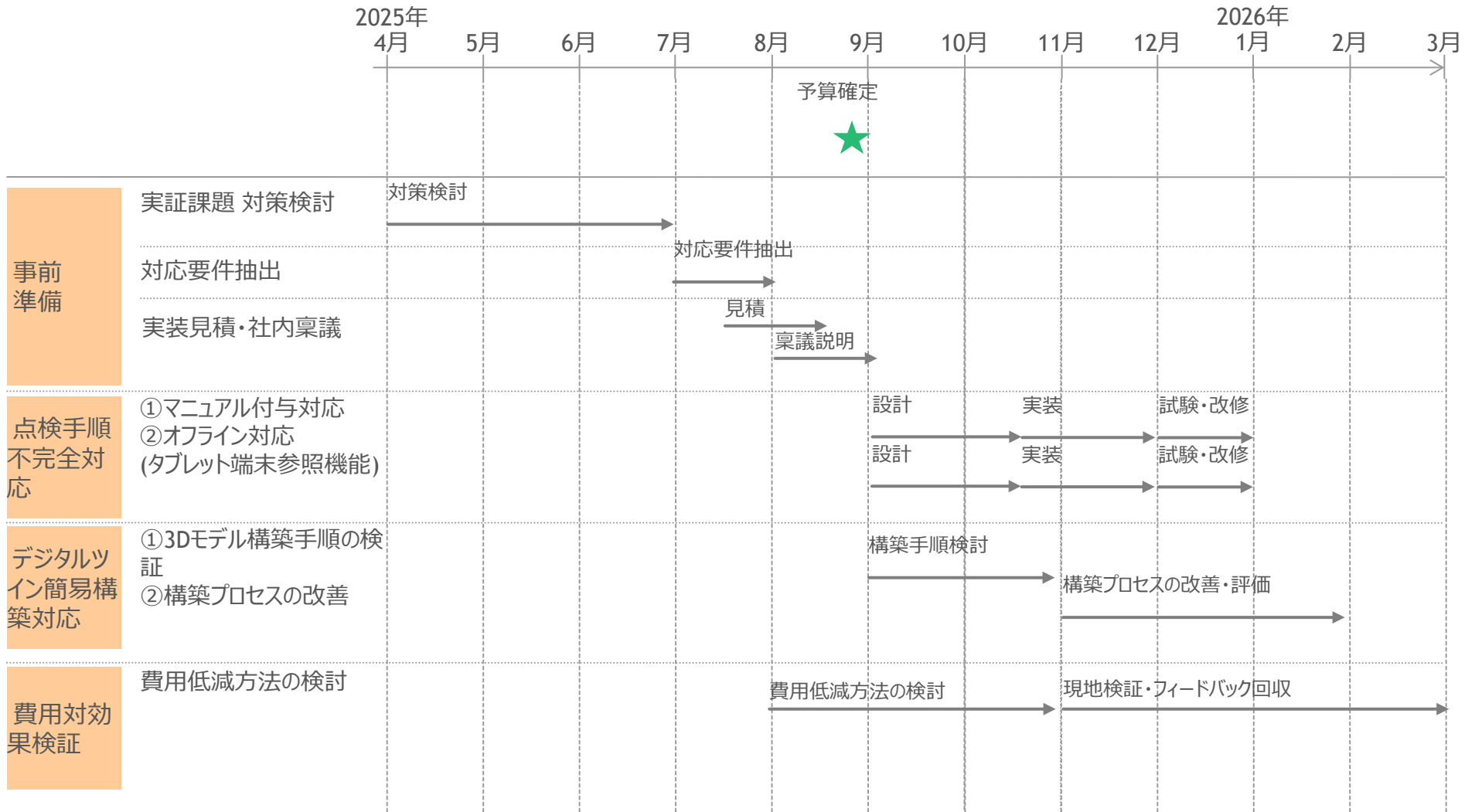
#### b. 質問事項と対応方針

質問事項	回答内容	アクション	
		内容	期限
デジタルツインはシミュレーションが強みと認識していたが、この実証ではその強みを活かしていないのではないかと。遠隔監視は定点カメラの設置で十分ではないかと。	デジタルツイン+ロボットによる遠隔確認が強み。現場に不慣れな者でも容易に現地確認できる視認性・ユーザビリティがメリットであると考えている。 また、固定カメラは確認ポイントが多くなることで初期・維持コストが非常に大きくなるため、様々なセンサーを搭載したロボットを適用することでコストメリットを出そうとしている。	-	-
デジタルツインを活用したシミュレーションについて、今後の方向性を伺いたい。	ヒートマップの可視化に取り組んだが、シミュレーションとしては高温箇所への最適な冷却機の導入などを例として考えている。ただし、最優先は遠隔点検におけるユーザビリティにあるため、シミュレーションはその次のステップと考えている。	シミュレーションのニーズを調査し、横展開時に広く求められるものについて実装方法を検討する。 ※実装は2026年度以降	2026/2

VI 実装・横展開の計画

① 実装の計画

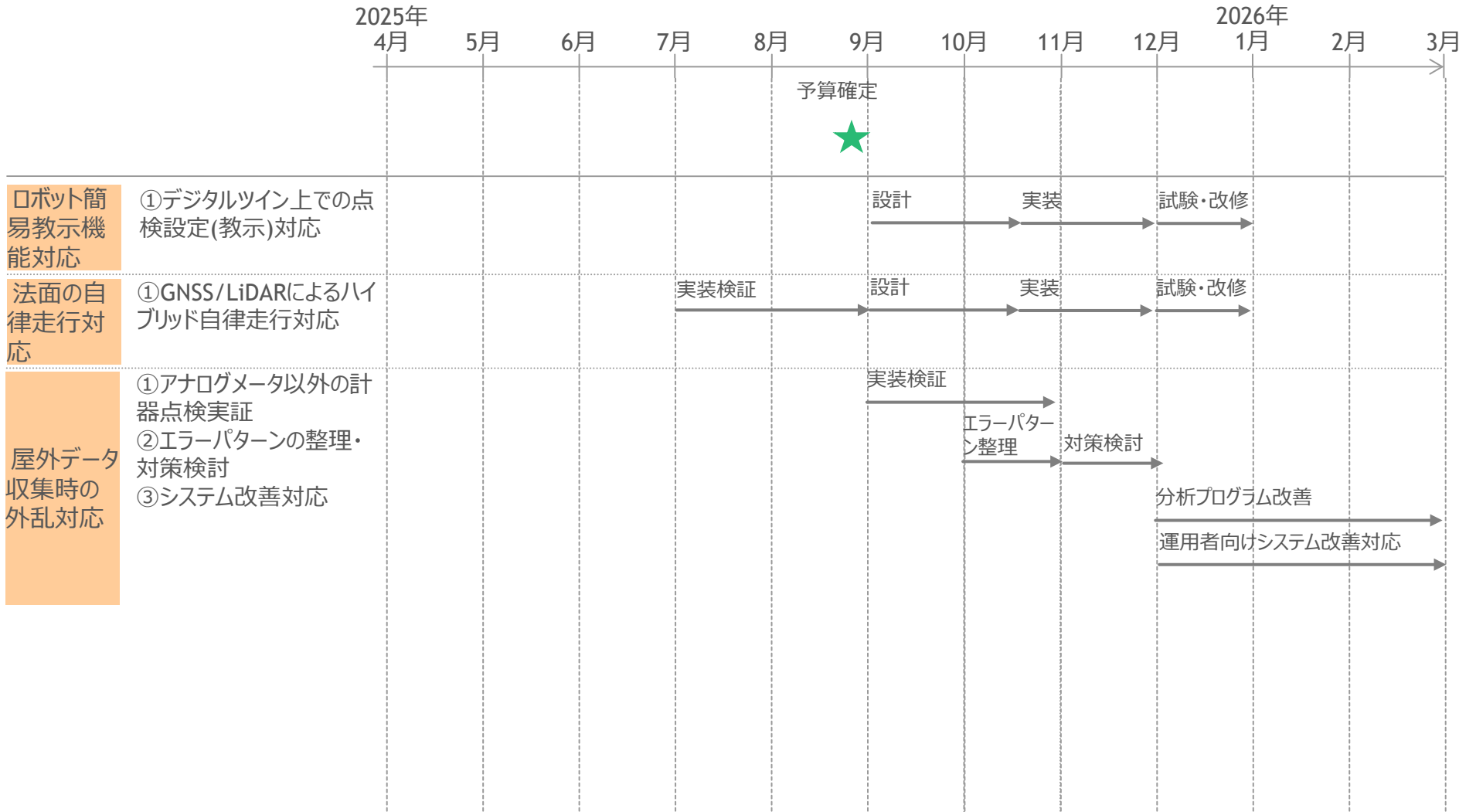
a. 実装に向けた具体的計画 1/2



VI 実装・横展開の計画

① 実装の計画

a. 実装に向けた具体的計画 2/2



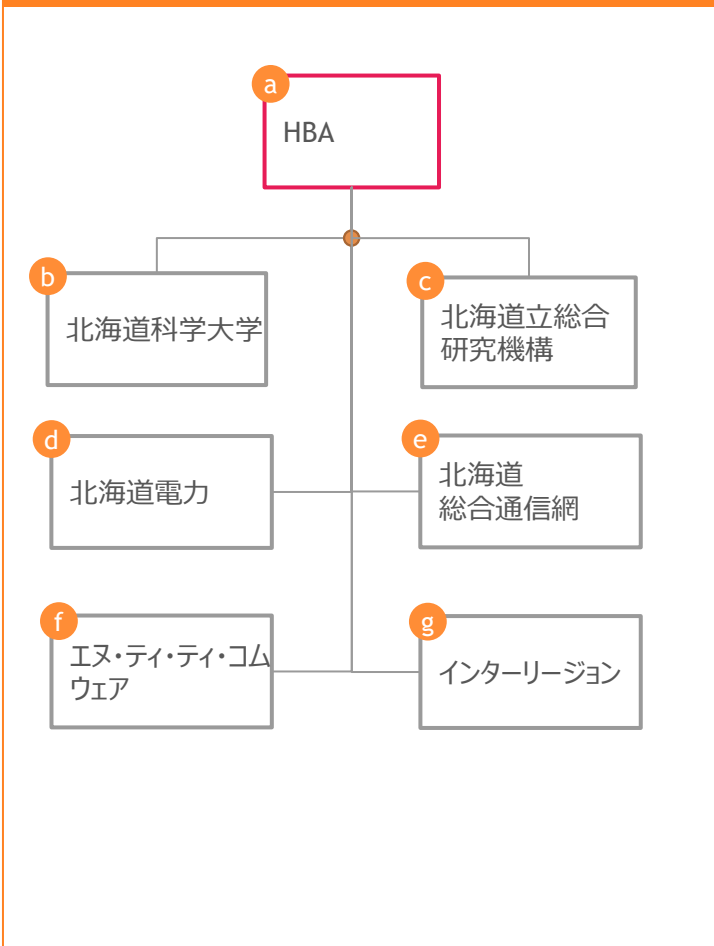
VI 実装・横展開の計画

1 実装の計画

b. 実装の体制

□ :実装の取組全体の責任団体

実施体制図



団体名	役割	リソース
a 株式会社 HBA	・プロジェクト全体管理 ・屋内/屋外ロボット 開発 ・AIデータ分析 開発 ・IoT 機器 開発 ・デジタルツイン 開発	8名
b 北海道科学大学	・AI画像解析 サポート	作業委託
c 地方独立行政 法人 北海道立 総合研究機構	・IoT 機器制御 サポート	
d 北海道電力 株式会社	・施設点検ノウハウ サポート	
e 北海道総合通 信網 株式会 社	・通信ネットワーク導入	
f エヌ・ティ・ティ・ コムウェア株式 会社	・デジタルツイン 開発	
g 株式会社 イン ターリージョン	・ドローン/GIS データ取得	

※1 開発技術は実証フェーズでHBAに引き継ぐ  
 ※2 HBA以外は要件確定後に必要に応じてアサイン

## 1 実装の計画

### c. ソリューション(変更点) -ソリューションの概要

#### ソリューションの概要

【高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション】

本ソリューションは以下 3 機能で構成し、導入地域の労働人口不足を発端とした施設維持管理に関する課題(作業不足、技術継承、災害対応)の解決を実現する。

※ソリューションの概要イメージ図は次ページ参照

#### ① 作業不足への対応

- ロボットやドローン、IoT機器により巡視点検データ収集を自動化
- 遠隔地からの各機器操作によるリモートでの点検
- ロボットにより機器操作など人が行っている作業を自動化
- ロボットにより草刈りなど人が行っている重作業の代行

#### ② 技術継承課題への対応

- 仮想空間上に収集したデータの分析により故障判断を自動化
  - AIによるデータ分析
    - アナログメータ解析 (画像からメータを認識して抽出)
    - 油漏れ検知 (油の紫外光による蛍光現象を抽出)
    - 音響解析 (正常音と異なる音成分を異常音として検知)
- 仮想空間でのシミュレーションを基にした故障予測 (室内温度変化による機器への影響をシミュレーション、など)

#### ③ 災害対応における課題への対応

- 災害発生時の安全確認、被災状況確認、復旧作業の実施

なお、データ収集や実作業を行うデバイス (ロボットやIoT機器等) は導入箇所に応じて変化することが想定されるため、横展開を容易にすることを目的にデバイス差分を吸収する仕組みも実装する。

#### 中間アウトカム (実証)

##### 定量アウトカム

- 故障判定精度 (95%)
- 点検作業工数 (2,880時間/年)
- 草刈り作業工数 (0時間/年)

##### 定性アウトカム

- 人による点検作業や判断をロボット・AI分析に代行することで人手不足及び技術継承課題を解消
- 重作業をロボットに代行することで作業者の負担軽減
- 災害発生時の安全確認、復旧作業のロボット代行による労災防止

#### 中間アウトカムの実現に繋がるソリューションの価値

- **労働力不足の解消**
  - 人が行っていた作業をロボット・IoT機器で代行することにより施設の維持管理業務を省人化
- **災害時における安全な情報収集及び復旧作業**
  - 現場に人がいなくとも、ロボット及びIoT機器の遠隔操作にて必要な情報の収集及び復旧作業により、作業者の安全を確保しながら被害拡大を抑止
- **設備管理作業の精度向上**
  - これまで蓄積することができなかった設備データを、ロボット等で収集及びAIで分析することにより設備管理作業を効率化
- **労働安全対策の強化**
  - 高所での点検作業や酷暑・極寒での重作業を、ドローン及びロボットで代行することにより労働災害を減少

VI 実装・横展開の計画

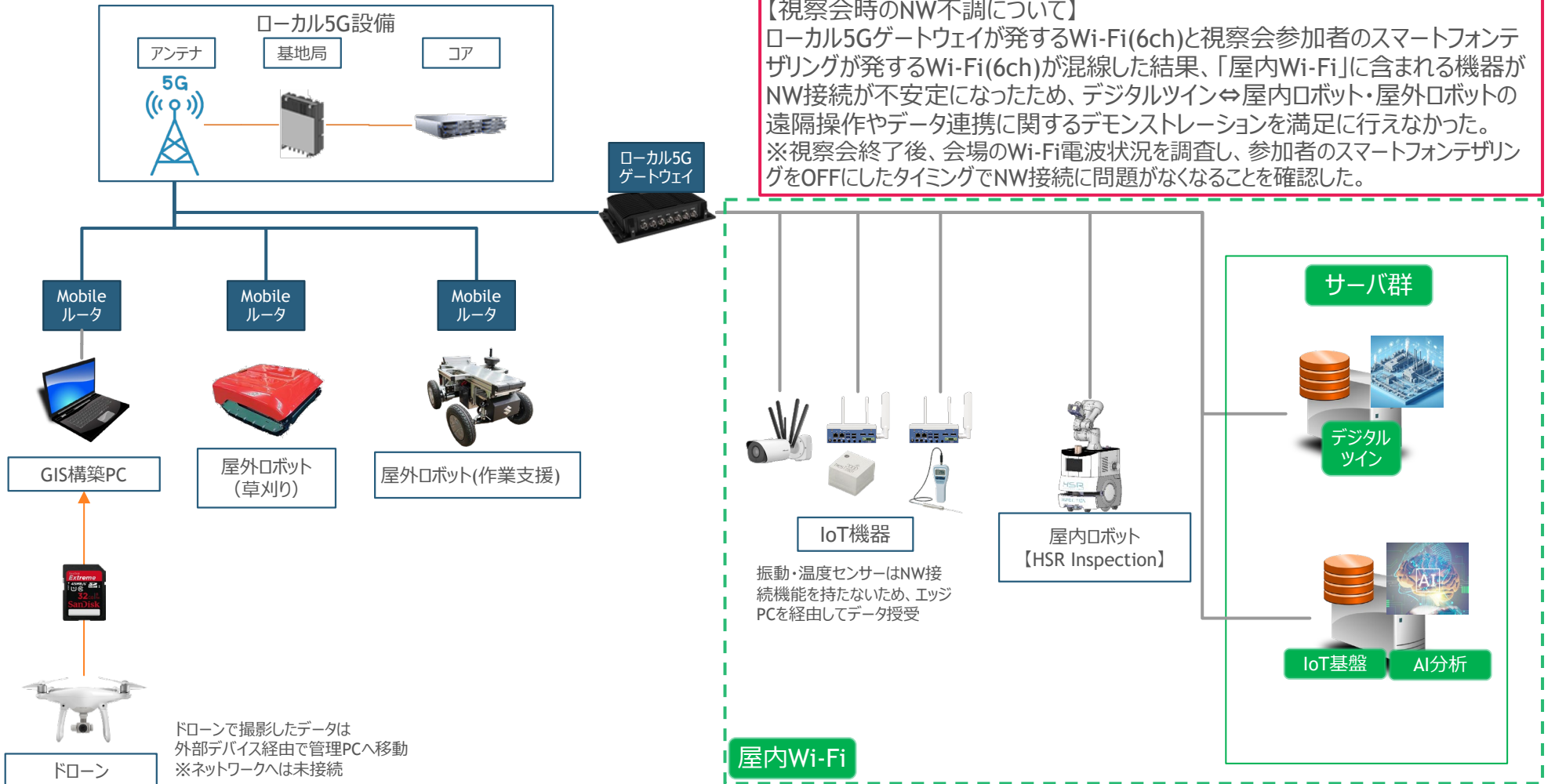
1 実装の計画

c. ソリューション(変更点) - ネットワーク・システム構成図

【計画からの変更点】

- ・VPNは使用しない(ポート転送にて検証)
- ・サーバ群、及び屋内ロボット・IoT機器は5G-GW装置によるWi-Fiに接続  
※実証施設室内でのローカル5G受信が困難であったため、施設屋外に5G-GW装置のアンテナを設置し、ローカル5GのNWを室内へWi-Fiにて伝送。
- ・サーバ設置スペースの制限により、IoT基盤とAI分析サーバは同一機に集約

イメージ



## ① 実装の計画

### c. ソリューション(変更点) -ソリューションの概要

ソリューション

高速ネットワークを活用して施設の維持管理業務を省人化・無人化するソリューション

#### 対象の課題

課題a-①：作業者不足

課題a-②：技術継承課題

課題a-③：災害対応における課題

#### 実装・横展開のしやすさ

- データ収集デバイスを施設に合わせて追加や変更できるようにしているため、幅広いデータ収集条件に対応可能であることから、導入対象施設を限定しない。
- IoT機器のみで情報収集をする場合、収集箇所が数多くあると機器設置数が増えて初期コストが膨大になるが、自走式ロボットを活用することにより機器設置を減らすことが可能になる。また、電源がない場所などIoT機器の設置ができない場所での情報収集も可能となり、導入対象施設を限定しない。
- 作業代行・災害対応においても、適用するデバイスを導入先に合わせて追加・変更を可能とするため、導入対象施設を限定しない。
- ソリューションに関して、実証場所（発電所）用に過度なカスタマイズを行う計画はなく、今回の実証結果を踏まえた横展開は容易である。

## 1 実装の計画

### c. ソリューション(変更点) -ソリューションの概要

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴	他無線通信技術との比較							
ローカル5G	<p>ローカル5Gの特性である以下の事項</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>低遅延性による遠隔操作時のタイムラグ抑止</li> <li>高速大容量通信による巡視点検データの高精度データ収集と遠隔操作時の視界確保（ストリーミング映像）</li> <li>データ収集機器（ロボット、ドローン、IoT機器）を多数同時接続可能</li> <li>重要インフラ施設へも適用可能なセキュリティ性</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="936 402 1263 458">名称</th> <th data-bbox="1268 402 2018 458">比較結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="936 461 1263 802">Wi-Fi (6,7)</td> <td data-bbox="1268 461 2018 802"> <p>発電所等のプラントは<u>広大な敷地面積</u>のものが多く、敷地全域にWi-Fi網を網羅させるようアクセスポイントを設置するには<u>初期導入コストが肥大化</u>するため、ローカル5Gに優位性がある。</p> <p>また、ロボットを遠隔操作する際に、<u>遅延時間及び遅延のばらつきが</u>少ないローカル5Gに優位性がある。</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="936 805 1263 1342">LPWA/Wi-Fi HaLow</td> <td data-bbox="1268 805 2018 1342"> <p>本ソリューションで実現するデジタルツインからのロボット遠隔操作時や、IoT機器を通じた遠隔監視時の<u>リアルタイム映像配信のため低遅延・大容量高速通信が求められる</u>。</p> <p>ストリーミング映像伝送は30fpsのフルHD画質では約15Mbps、4K画質では約70MbpsとなるためLPWAやWi-Fi HaLowでは対応できず、ローカル5Gが必要となる。</p> </td> </tr> </tbody> </table>	名称	比較結果	Wi-Fi (6,7)	<p>発電所等のプラントは<u>広大な敷地面積</u>のものが多く、敷地全域にWi-Fi網を網羅させるようアクセスポイントを設置するには<u>初期導入コストが肥大化</u>するため、ローカル5Gに優位性がある。</p> <p>また、ロボットを遠隔操作する際に、<u>遅延時間及び遅延のばらつきが</u>少ないローカル5Gに優位性がある。</p>	LPWA/Wi-Fi HaLow	<p>本ソリューションで実現するデジタルツインからのロボット遠隔操作時や、IoT機器を通じた遠隔監視時の<u>リアルタイム映像配信のため低遅延・大容量高速通信が求められる</u>。</p> <p>ストリーミング映像伝送は30fpsのフルHD画質では約15Mbps、4K画質では約70MbpsとなるためLPWAやWi-Fi HaLowでは対応できず、ローカル5Gが必要となる。</p>	
名称	比較結果								
Wi-Fi (6,7)	<p>発電所等のプラントは<u>広大な敷地面積</u>のものが多く、敷地全域にWi-Fi網を網羅させるようアクセスポイントを設置するには<u>初期導入コストが肥大化</u>するため、ローカル5Gに優位性がある。</p> <p>また、ロボットを遠隔操作する際に、<u>遅延時間及び遅延のばらつきが</u>少ないローカル5Gに優位性がある。</p>								
LPWA/Wi-Fi HaLow	<p>本ソリューションで実現するデジタルツインからのロボット遠隔操作時や、IoT機器を通じた遠隔監視時の<u>リアルタイム映像配信のため低遅延・大容量高速通信が求められる</u>。</p> <p>ストリーミング映像伝送は30fpsのフルHD画質では約15Mbps、4K画質では約70MbpsとなるためLPWAやWi-Fi HaLowでは対応できず、ローカル5Gが必要となる。</p>								

VI 実装・横展開の計画

① 実装の計画

c. ソリューション(変更点) -ソリューションの概要

導入先 施設の維持管理が必要な企業

効果	項目	実装費用	施設Aへ導入	施設B,Cへ導入(運用3施設)				施設Dへ導入(運用4施設)				合計
		スケジュール										
		2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度			
効果	定量 (収益)	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設の維持管理工数削減(年)</li> </ul> 実装期間のため評価なし										
	施設A		2,200万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	
	施設B			2,200万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	
	施設C			2,200万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	
	施設D					2,200万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	2,300万円	
計 (定量 収益)		0万円	2,200万円	6,700万円	6,900万円	9,100万円	9,200万円	9,200万円	9,200万円	9,200万円	52,500万円	
効果	定量 (収益以外) + 定性	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設維持管理業務省人化</li> <li>設備データ蓄積</li> <li>過酷作業の削減</li> </ul> 実装期間のため評価なし		<ul style="list-style-type: none"> <li>人手不足問題解消</li> <li>技術継承問題解消</li> <li>故障予測精度向上</li> <li>労働災害の減少</li> </ul>	※同様の定性効果が継続 							
	費用	イニシャル	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット 購入費</li> <li>IoT機器 購入費</li> <li>ロボット 導入費</li> <li>ソフトウェア 導入費</li> <li>ソフトウェア 開発費</li> <li>3Dデータ取得・加工費</li> <li>役務費(開発)</li> <li>役務費(実証)</li> <li>その他(交通費)</li> </ul> 小計	0万円 0万円 0万円 0万円 4,000万円 0万円 0万円 0万円 100万円	2,200万円 50万円 200万円 200万円 0万円 300万円 0万円 0万円 0万円	4,400万円 100万円 400万円 400万円 0万円 600万円 0万円 0万円 0万円	0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円	2,200万円 50万円 200万円 200万円 0万円 300万円 0万円 0万円 0万円	0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円	0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円	0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円 0万円	
費用	ランニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>IoT機器 リース費</li> <li>ハード保守費</li> <li>仮想空間サーバー ソフト費</li> <li>サービス 利用費</li> </ul> 小計	20万円 0万円 100万円 100万円	0万円 200万円 100万円 400万円	0万円 600万円 300万円 1,200万円	0万円 600万円 300万円 1,200万円	0万円 800万円 400万円 1,600万円	0万円 800万円 400万円 1,600万円	0万円 800万円 400万円 1,600万円	0万円 800万円 400万円 1,600万円	0万円 800万円 400万円 1,600万円	0万円 800万円 400万円 1,600万円
計		4,270万円	3,650万円	8,000万円	2,100万円	5,750万円	2,800万円	2,800万円	2,800万円	2,800万円	32,220万円	

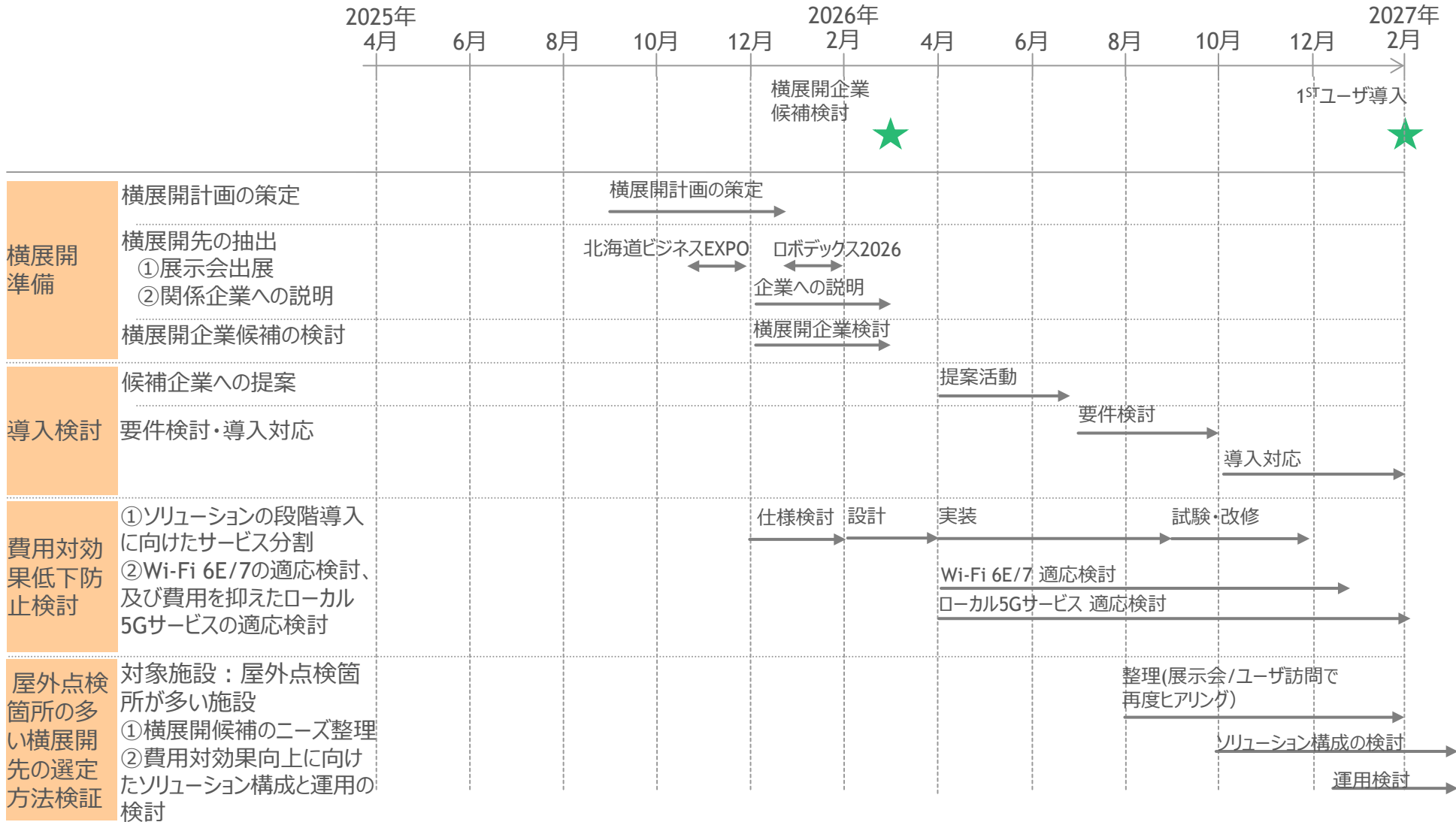
※1 ローカル5Gの構築・使用料は含まない。ソリューション導入先の環境を利用するか、新規で用意することが前提。

※2 ドローン作業はアウトソーシングすることにより、ドローン購入費・リース費を削減

VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

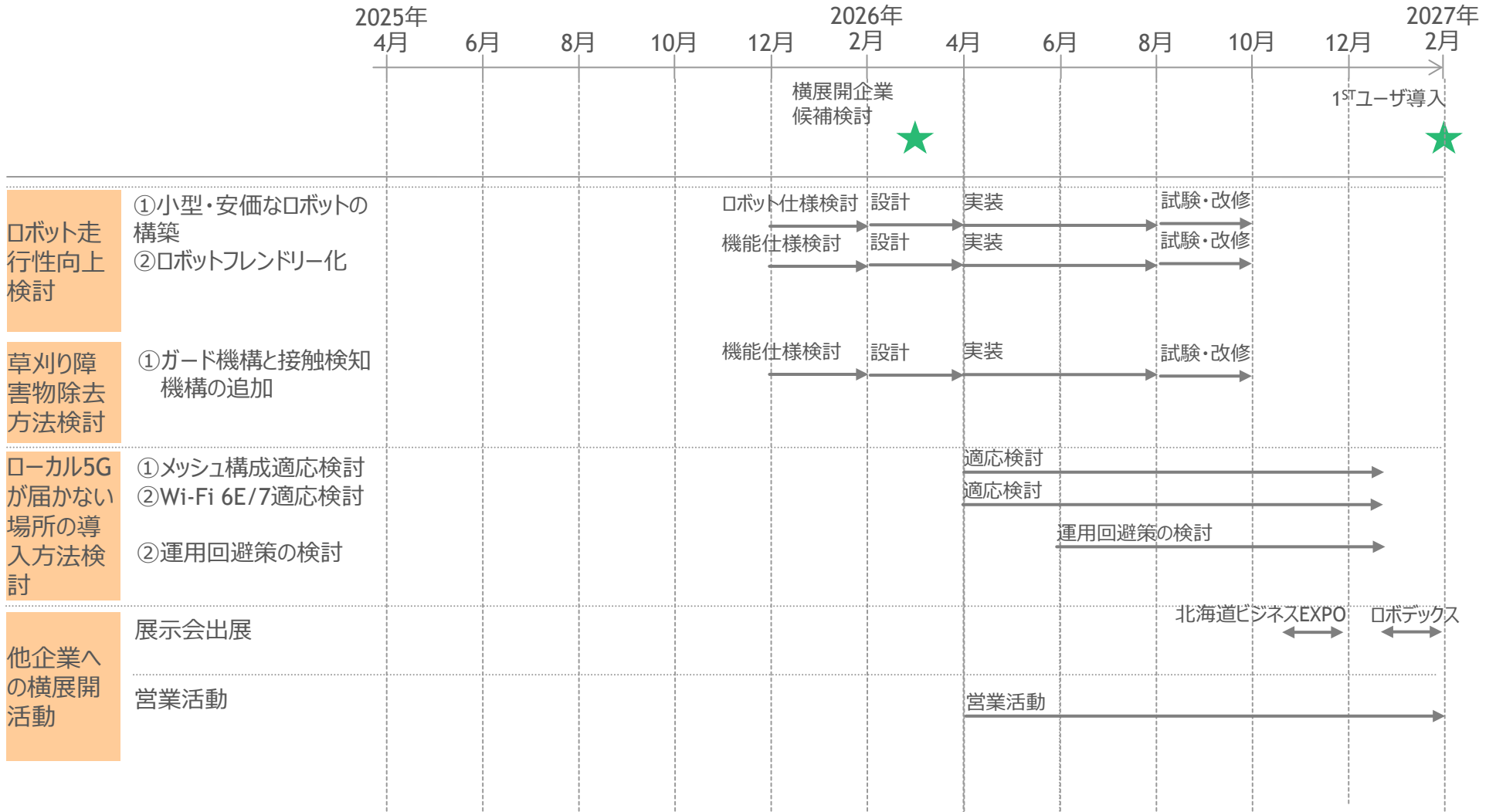
a. 横展開に向けた具体的計画 1/2



VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

a. 横展開に向けた具体的計画 2/2



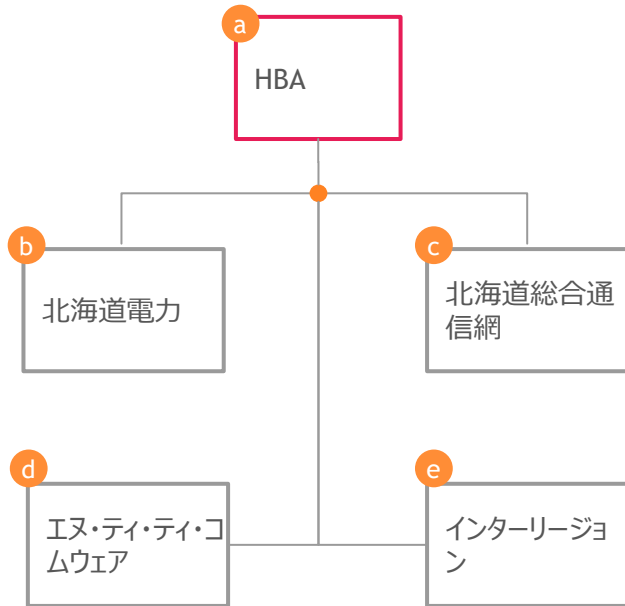
VI 実装・横展開の計画

2 横展開の計画

b. 横展開の体制

□ :横展開の取組全体の責任団体

実施体制図

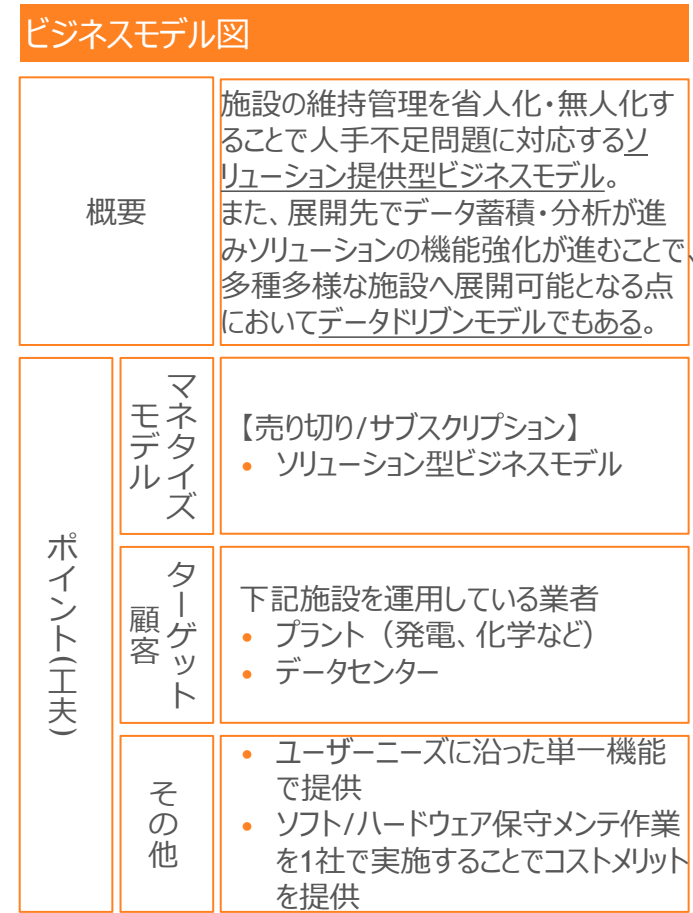
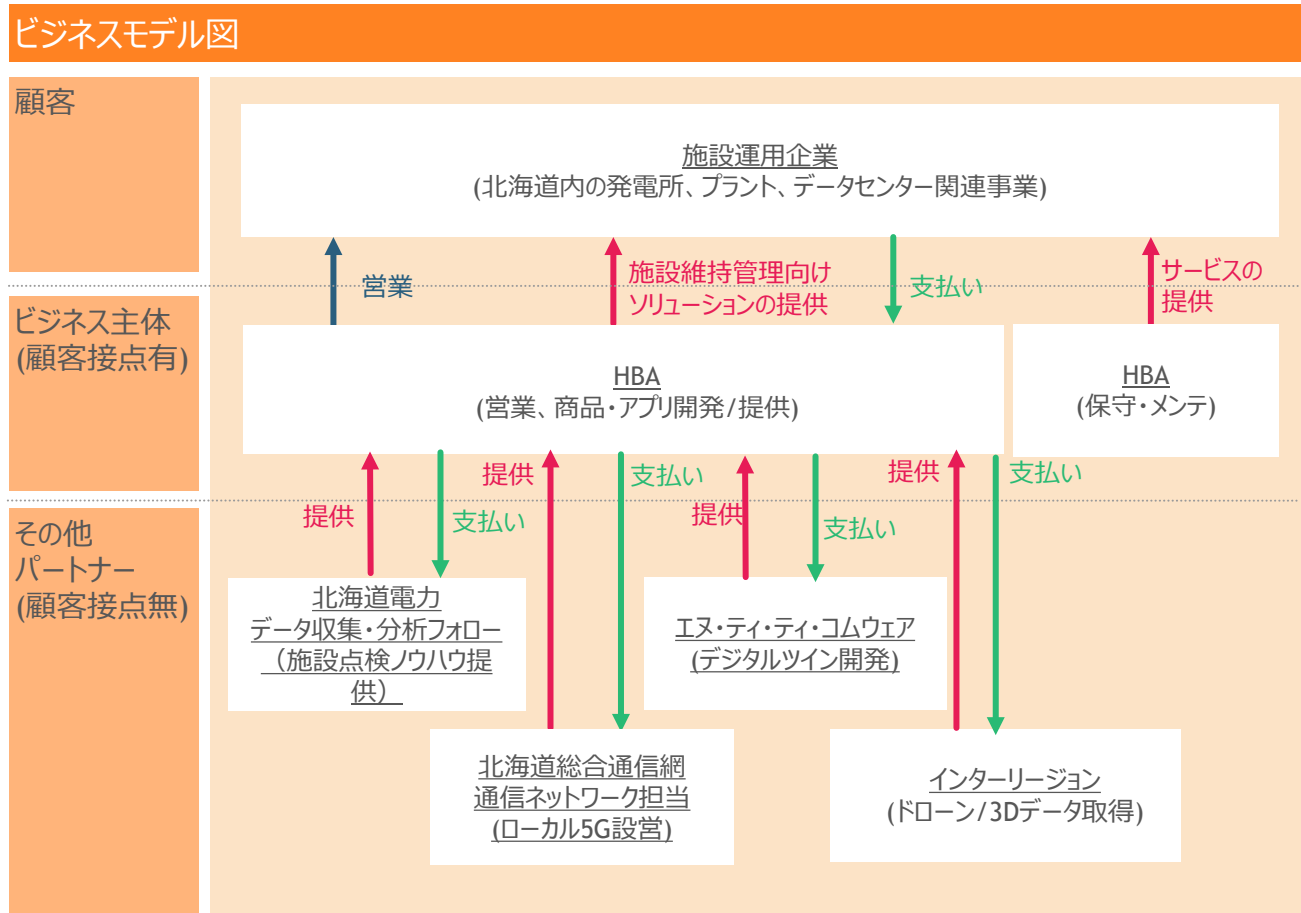
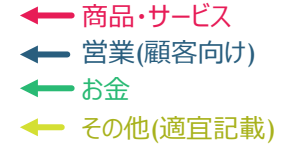


団体名	役割	リソース
a 株式会社 HBA	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規ユーザ開拓、営業担当</li> <li>・システム導入担当</li> <li>・屋内/屋外ロボット 開発担当</li> <li>・AIデータ分析 開発担当</li> <li>・IoT 機器制御開発担当</li> <li>・デジタルツイン 開発担当</li> </ul>	5名
b 北海道電力 株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データ収集・分析フォロー (施設点検ノウハウ)</li> </ul>	作業委託
c 北海道総合通信網 株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通信ネットワーク担当(ローカル5G設営)</li> </ul>	
d エヌ・ティ・ティ・コムウェア 株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタルツイン 開発担当</li> </ul>	
e 株式会社 インターリージョン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローン/GIS データ取得</li> </ul>	

VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

c. ビジネスモデル



VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

d. 投資の妥当性(顧客視点)

顧客 施設の維持管理が必要な企業

		項目	金額	数量	計(金額)
効果	定量	• 施設の維持管理工数削減 (初年度)	2,200万円/年	1年	2,200万円
		• 施設の維持管理工数削減 (2年目以降)	2,300万円/年	4年	9,200万円
	定性	• 人手不足問題解消 • 技術継承問題解消 • 故障予測精度向上 • 労働災害の減少	-	-	-
費用	イニシャル	• ロボット 購入費 • IoT機器 購入費 • ロボット 導入費 • ソフトウェア 導入費 • 3Dデータ取得・加工費	2,200万円/式 50万円/式 200万円/式 200万円/式 300万円/式	1式 1式 1式 1式 1式	2,200万円 50万円 200万円 200万円 300万円
	ランニング	• ハード保守費 ※1 • 仮想空間サーバーソフト費 • サービス 利用費	200万円/年 100万円/年 400万円/年	5年 5年 5年	1,000万円 500万円 2,000万円
					小計: 11,400万円
					小計: 2,950万円
					小計: 3,500万円
実装経費 計					6,450万円

投資の妥当性  
(現時点見立て)

導入先  
(支払元)

ソリューションを導入することで人手不足や技術継承に対して効果があると捉えている。また導入コストは高額だが2年目にはイニシャルコストが回収できると見込んでおり、さらに収益以外にも定性的な効果も期待できるなど、関心も高い。

妥当性を高めるための目標

目標

労働人口の減少により施設維持や技術継承する担い手の不足が予測されるため高速ネットワークやロボットなど新規技術を活用し、既存事業を継続する必要がある。

アクション

人が行っていた作業をロボット・IoT機器で代行することにより施設の維持管理業務を省人化する。またこれまで蓄積することができなかった設備データを、ロボット等で収集及びAIで分析することにより設備管理作業を効率化を行う。

VI 実装・横展開の計画

② 横展開の計画

d. 投資の妥当性(ビジネス主体視点)

ビジネス主体 株式会社 HBA

		項目	金額	数量	計(金額)
効果	定量	<ul style="list-style-type: none"> <li>販売費</li> <li>利用料・保守費</li> </ul>	2,950万円/年 700万円/年	1式 5年	2,950万円 3,500万円 小計：6,450万円
	定性	-	-	-	-
費用	イニシャル	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット 仕入れ</li> <li>IoT機器 仕入れ</li> <li>システム構築・現調費</li> <li>3Dデータ取得・加工費</li> </ul>	1,500万円/式 40万円/式 100万円/式 240万円/式	1式 1式 1式 1式	1,500万円 40万円 100万円 240万円 小計：1,880万円
	ランニング	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハード保守費 ※1</li> </ul>	200万円/年	5年	1,000万円 小計：1,000万円
実装経費 計					2,880万円

投資の妥当性  
(現時点見立て)

導入先  
(支払元)

ソリューション実装までの初期投資が高額となっているが、4施設に導入することで初期投資含めて回収が可能と考えている。見込みでは2032年度まで10施設に導入していく計画である。そのため、施設導入に向けて普及啓発活動を重点的に行う。

妥当性を高めるための目標

目標

展開先を増やすことで初期投資コストの回収の確実性が向上するため、営業活動が可能な会社を5社増やす。

アクション

北海道で開催される展示会への出展や、各団体のホームページやイベントでの情報発信を行う。

VI 実装・横展開の計画

3 資金計画

		実装	販売・導入						
		2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度	2031年度	2032年度
費用	イニシャル	4,100万円	1,880万円	3,760万円	0万円	1,880万円	0万円	0万円	0万円
	ランニング	270万円	200万円	600万円	600万円	800万円	800万円	800万円	800万円
	小計	4,370万円	2,080万円	4,360万円	600万円	2,680万円	800万円	800万円	800万円
資金調達方法	株式会社HBA 投資計画	4,370万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円	0万円
	導入予定先自己資金 施設A		3,650万円	700万円	700万円	700万円	700万円	700万円	700万円
	導入予定先自己資金 施設B			3,650万円	700万円	700万円	700万円	700万円	700万円
	導入予定先自己資金 施設C			3,650万円	700万円	700万円	700万円	700万円	700万円
	導入予定先自己資金 施設D					3,650万円	700万円	700万円	700万円
	※企業名は暫定 ユーザ開拓・営業を進める								
普及啓発活動	株式会社HBA	1,000万円	1,000万円	1,000万円	1,000万円	1,000万円	1,000万円	1,000万円	1,000万円
	※普及啓発活動の活動費 北海道と関東(or関西)での展示会に参加する費用								

## VII 指摘事項に対する反映状況

### ① 実証過程での指摘事項に対する反映状況 1/2

#### 指摘事項

今回の実装先は既にL5Gが導入されているがゆえに、L5Gの高額な投資分を計上しない形で費用対効果/投資対効果を見込める設計になっている。横展開でL5G導入費用が必要になった際、本当に投資対効果を見込めるのか

#### 反映状況

##### 内容

実装・展開計画に付きましては、本実証事業で得られる効果（アウトカム）を基準に算出しております。

本ソリューションは、展開先企業様に於かれましても、高速ネットワークの必要性を感じられており、導入先プラントへの導入を検討されている状況です。その中で、ローカル5Gの導入となっても、プラントの規模にもよりますが、費用対効果は出るものと考えております。

具体的には、ローカル5Gの導入経費が5年間で20,000千円程度の増額となる見込みであるものの、それ以上の効果が見込めるため、ビジネスとしては成り立っていると考えております。

また、今後の横展開先については、ネットワークの整備されていないプラントなどへの導入であれば、ローカル5Gの導入前提で進めることは可能と考えておりますが、お客様で整備されたネットワークがある場合には、本ソリューションの導入を行って頂いてからネットワーク更新の機会に高速ネットワークへの切り替えを検討して頂くように考えております。

本ソリューションの今後の展開に付きましては、プラントを所有されている企業様に於かれましても非常に関心を持たれている方が多く、導入機会は非常にあると感じております。特に、展示会などに出席した際にも問合せが非常に多い状況です。

来場されて関心を持たれた企業様は、今回のテーマと同様に省人化や人手不足の課題を抱えており、課題解決に向けて真剣に取り組んでおられる状況です。

##### 反映 ページ

—  
(資料反映無し)

## VII 指摘事項に対する反映状況

### ① 実証過程での指摘事項に対する反映状況 2/2

#### 指摘事項

平時のメンテナンス、災害発生時の状況把握のためのソリューションであり、L5Gを用いるほどのリアルタイム性は求められていないと推察するが、横展開先によっては他の通信手段で代替する形を可能なのか

#### 反映状況

##### 内容

映像を確認しながらの遠隔操作では、映像遅延による事故を回避するため、高速ネットワークによるリアルタイム性が求められます。但し、本ソリューションでは、高速ネットワークを準備できない企業様向けに使用条件を制限したソリューションの提供も可能となっているため、さまざまな企業様に適用することができ、横展開の可能性が広がります。

##### 反映 ページ

—  
(資料反映無し)

## VII 指摘事項に対する反映状況

### 2 書面審査での指摘事項に対する反映状況

#### 指摘事項

#### 反映状況

	内容	反映 ページ
課題があるだけでなく、解決策について書いて欲しい。実現する困難度についても明記願う。	課題及び解決策（解決方針）に関して記載しました。	P.54,55
点検作業は自動化されている中、発電所での自動化はどれくらい技術的に他分野に横展開できるのかも目安数値があれば明記願う。	発電所点検の応用数値は数値化されていませんが、発電以外に地域熱供給プラント点検項目を確認したところ共通点は7-8割あり、高い割合で共有可能な認識もっています。ただし、施設特有の点検項目も多数あることや、データセンターなど分野が異なると共通項目が大きく減るため、点検先のグループ分けが必要であると認識しています。	－ (資料反映無し)
デジタルツインが高コストはわかっている、コスト削減にあたって、点検ロボットに点検手順を覚えさせるなどの検討有無を回答いただきたい。 →3Dモデルは粒度の違いがあり、コスト動向も見ながらポジションを考えてほしい。	ロボット教示は現場でロボットを指定位置でタスクを教え込んでいますが、点検箇所が複数化すると設定に時間がかかるとロボット導入先から相談されています。デジタルツインを活用すると、仮想空間からオブジェクトを指定することで、ある程度の設定ができるため工数を効率化できると考えています。 デジタルツイン作成に関する課題及び対策について、検討課題として記載しました。	P.52,54
ローカル5Gならではの良さは確認できたか。横展開をするとローカル5Gは高コストになるため、ローカル5Gの良さをご教示願う。	セキュリティの良さだと考えています。また、視察会でのネットワークの不調がありましたが、原因はローカル5Gゲートウェイから発する屋内Wi-Fiと見学者のスマートフォンテザリングのWi-Fiのチャネル競合によるもので、ローカル5Gには全く問題はなかったことから、ローカル5Gの強みを垣間見ることができたと考えています。また、Wi-Fiの場合、電波が届く距離が限定的な中、ローカル5Gは到達距離的な強みを屋外で発揮するところがメリットになると考えています。 また、ローカル5G費用削減の課題については、課題及び対策を記載しました。	P.55,67