

APPENDIX-3 実証事例集（β版）

本実証事例集は、デジタル庁の「デジタルツイン構築に関する調査研究」および国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「産業 DX のためのデジタルインフラ整備事業／3次元空間情報基盤に関する研究開発／空間 ID を活用した 3次元空間情報基盤の開発」において、各採択事業者によって実施されている 4次元時空間情報基盤を活用したユースケース実証の概要をまとめたものである。

デジタル庁の実証は 2022 年度に実施完了した実証結果の概要を記載しており、詳細な内容は「デジタルツイン構築に関する調査研究 調査報告書※」に記載されている。一方、NEDO の実証は 2024 年度末まで行われる計画のため、2022 年度末時点の経過報告を記載している。

今後も本実証事例集において 4次元時空間情報基盤に関連する実証の内容を更新、追加していく予定である。

※デジタルツイン構築に関する調査研究 調査報告書

<https://www.digital.go.jp/policies/mobility/>

領域	ユースケース実証事例	開発・実証実施機関		掲載項
		デジ庁	NEDO	
1. ドローン	1.1 物資輸送ユースケース		○	2
	1.2 送電設備点検ユースケース		○	6
	1.3 橋梁点検ユースケース		○	9
	1.4 UTM 間連携に関する技術検証		○	13
	1.5 リスクアセスメントに関する技術検証		○	15
	1.6 点検・防災・有人機連携ユースケース		○	17
	1.7 空間情報基盤の有用性に関する技術検証		○	20
	1.8 点検ユースケース		○	22
	1.9 信号認証技術による Spoofing 脅威の低減に関する技術検証		○	24
2. 地下埋設物	2.1 地下埋設物管理ユースケース	○		25
3. 地図・GIS	3.1 教育ユースケース		○	31
	3.2 インフラ管理ユースケース		○	32
	3.3 建設現場アプリユースケース		○	34
	3.4 建設現場アプリに関する技術検証		○	37
	3.5 建設ロボットユースケース		○	38
	3.6 建設ロボットに関する技術検証		○	41
	3.7 空間エンタメユースケース		○	43

	3.8 空間エンタメに関する技術検証		○	46
	3.9 複雑な建物内での移動・輸送ユースケース	○		47
	3.10 時間軸を考慮した災害情報の統合・提供ユースケース	○		51
	3.11 BIM・建物データ等を連携させたCPS ユースケース(ロボット運行最適化、空間の広告価値評価)	○		55

1. ドローン領域

1.1. 物資輸送ユースケース (株式会社日立製作所)

① 実証の概要

本ユースケースでは、ドローンが自律飛行し薬局から医薬品の物資輸送を行う。従来では、人手で運搬をしていた業務をドローンに置き換え、航路上に住民居住地域を含んだ配送経路でドローンが医薬品の輸送を行う。図 1-1-1 に実証の概要イメージを示す。

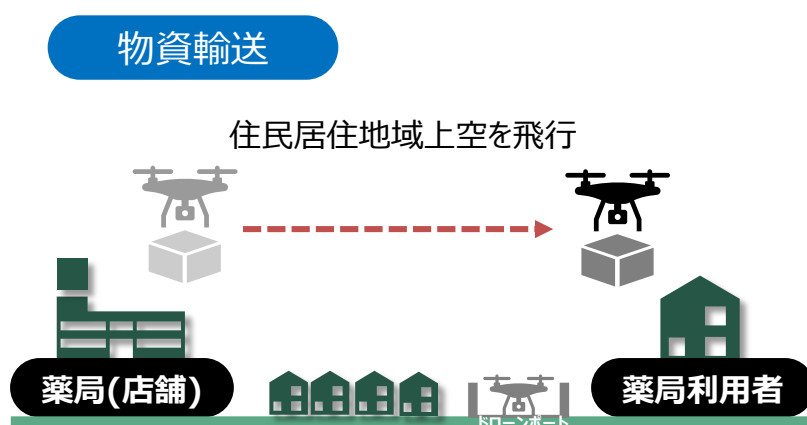


図 1-1-1 概要イメージ図

② 背景課題

薬局における薬の配送に関しては、2019 年度の薬機法改正によるオンライン診療およびオンライン服薬指導の解禁により、オンライン服薬指導の患者対応のための薬の配送が既に行われている。また、2022 年 4 月からのリフィル処方箋の導入により、医師の診察を受けずに処方箋を繰り返し利用して一定期間・複数回の処方薬の受取りが可能となった。このような背景から処方薬の定期的な配送ニーズがさらに高まる事が想定される。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 1-1-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	医薬品等配送時の感染抑制（安心安全）及び高齢者などの交通弱者への対応
経済的価値	医薬品の当日配送

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。KPI に関しては、2023 年度に詳細化を図る。

表 1-1-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
社会的価値	医薬品等の配送におけるドローン配送割合向上	<ul style="list-style-type: none"> ・利用シナリオや輸送件数の設定 ・飛行ルート（起点・終点・経路）の計画 ・飛行の安全性確認 ・制度上の制約条件の整理、見直し(案)点の検討 ・薬局・利用者の満足度
経済的価値	当日配送に切り替えた利用者の増加	<ul style="list-style-type: none"> ・利用シナリオや輸送件数の設定 ・収支モデルの設定（コスト・投資可能額・コスト削減策検討（補助金当） ・
その他（技術面等）	4次元時空間情報基盤を活用した住民居住地域でのドローンによる医薬品配送	ドローンと UTM の連携

⑤ システムアーキテクチャ

システムアーキテクチャについて図 1-1-2 に示す。

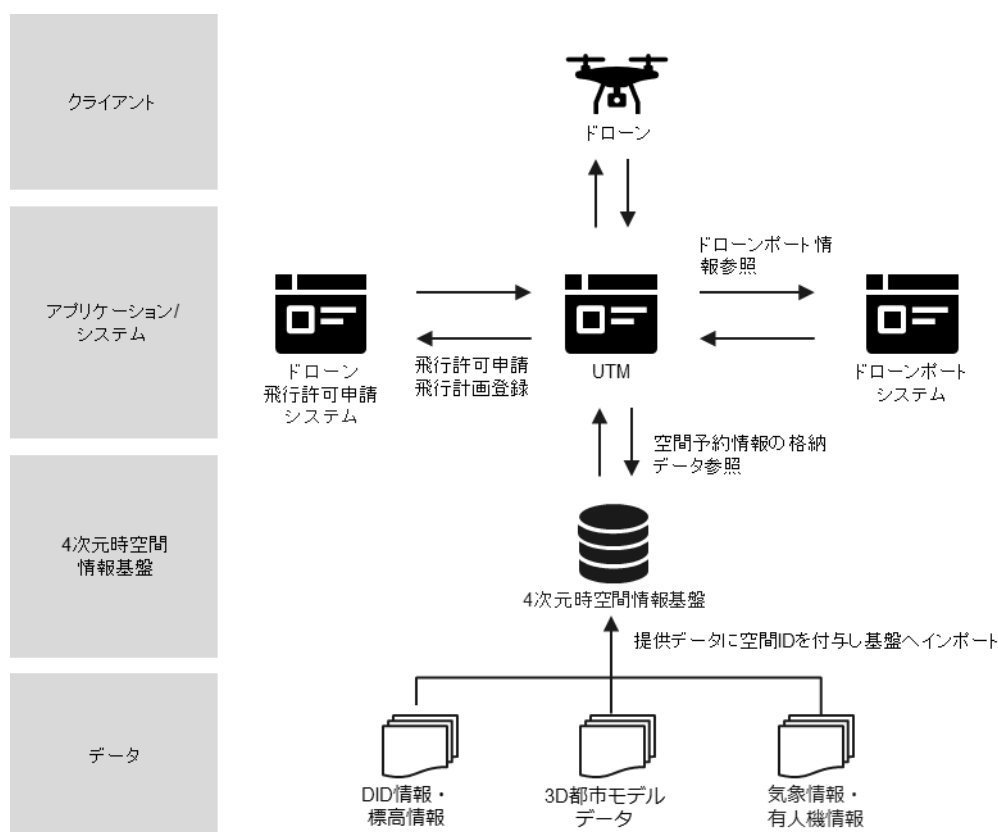


図 1-1-2 システムアーキテクチャ

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

福島県南相馬市において、ドローンを使った医薬品の配送を住民居住地域にて実施する。また、開発した4次元時空間情報基盤の有効性の検証として、3D都市モデルデータを活用したフライト計画の有効性検証を行う。

➤ 実地検証のゴール

4次元時空間情報基盤を活用したドローンを使った医薬品の配送の実現性を確認する。

➤ 測定項目・測定方法

表 1-1-3 に示す観点で検証項目を検討中。今後、検証項目の追加および具体化を図っていく。

表 1-1-3 検証観点

No.	観点	検証内容
1	配送業務シナリオ	当日配送や非接触配送の業務シナリオを検証。
2	飛行ルート	安全性や利便性を考慮した飛行ルートの設定と、3D都市モデルデータ等の4次元時空間情報基盤及びUTMを利用した飛行計画の作成及び飛行検証を実施。
3	荷物の受渡し	調剤薬という性質上、確実に患者様へ荷物を届けるため

		の方法を検証。
--	--	---------

※上記の検証の他、ユースケース共通で、UTM 間連携に関する検証、リスクアセスメントに関する検証を実施予定。各検証内容の詳細については、1.4 節、1.5 節に示す。

⑦ 実地検証結果

実地検証未実施。2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 1-1-4 に示す。

表 1-1-4 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	配送先（患者様）の調整 検証項目及びシナリオの検討 ドローン機体の選定
2023 年度	配送先（患者様）の確定 ドローン配送実証フライト実施（操縦飛行及び自律飛行） KPI 具体化 気象・有人機データ等の情報活用による 4 次元時空間情報基盤の有効性評価 既存配送手段との比較評価
2024 年度	ドローン配送実証フライト実施 (必要に応じ)KPI の見直し ドローン活用における経済性・安全性の総合評価 既存配送手段との比較評価

⑨ アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤの役割

本実証の対象となるレイヤと関連するプレイヤをマッピングしたアーキテクチャマップを図 1-1-3 に示す。

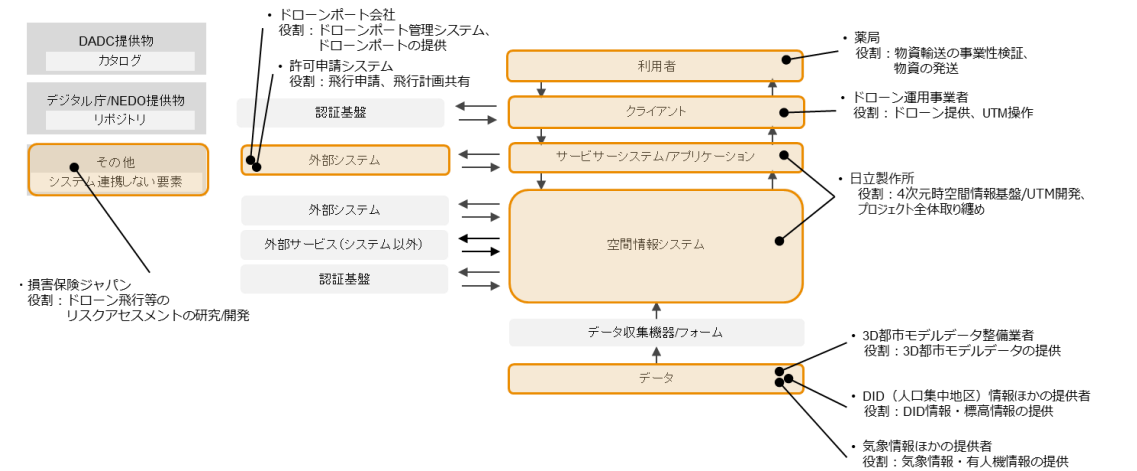


図 1-1-3 アーキテクチャマップ

1.2. 送電設備点検ユースケース（株式会社日立製作所）

① 実証の概要

本ユースケースでは、ドローンによる送電線・鉄塔の点検を行う。飛行計画作成時及び自律飛行時に 4 次元時空間情報基盤を活用し、その有効性を検証する。また、ドローンの自律飛行及び操縦飛行での撮影画像の比較を行い、効果的な撮影手法の検証もあわせて行う。図 1-2-1 に実証の概要イメージを示す。

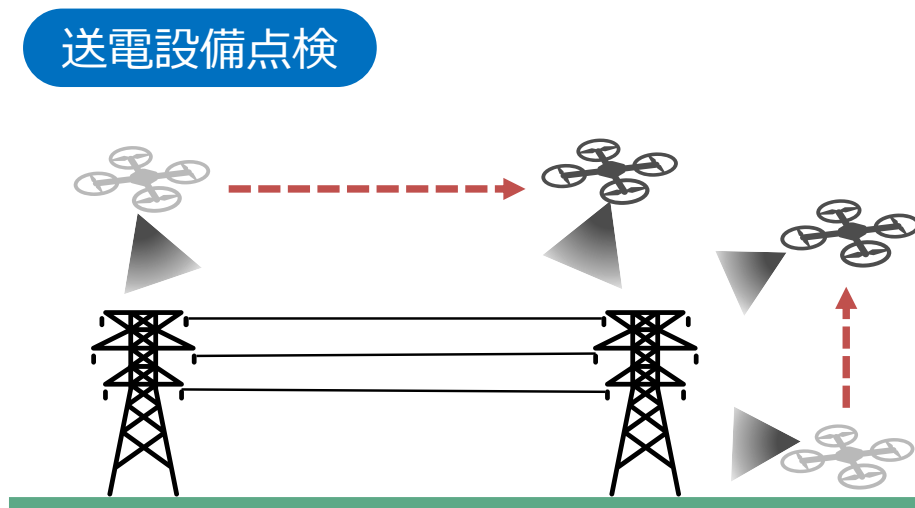


図 1-2-1 概要イメージ図

② 背景課題

送電線・鉄塔の点検は定期的に作業員が高所での目視確認を行っており、危険性と負荷が高い業務となっている。そのため、従来の有人による送電線点検は点検作業員への負担大や労災発生などの課題が顕在化している。

また、点検技術者不足による点検品質低下の課題にも直面している。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 1-2-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	点検時の事故の削減
経済的価値	点検品質の向上、低コスト化

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。KPI に関しては、2023 年度に詳細化を図る。

表 1-2-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
社会的価値	労災件数の低減	・ドローン点検で置換えることができる危険作業を伴う業務範囲の検討
経済的価値	点検技術者の作業時間削減	・ドローン点検で置換えることができる業務範囲の検討 ・ドローンによる撮影時間、画像による点検時間の評価
	点検品質の向上	・ドローン点検で置換えることができる業務範囲の検討 ・画像による点検品質の評価

⑤ システムアーキテクチャ

システムアーキテクチャについて図 1-2-2 に示す。

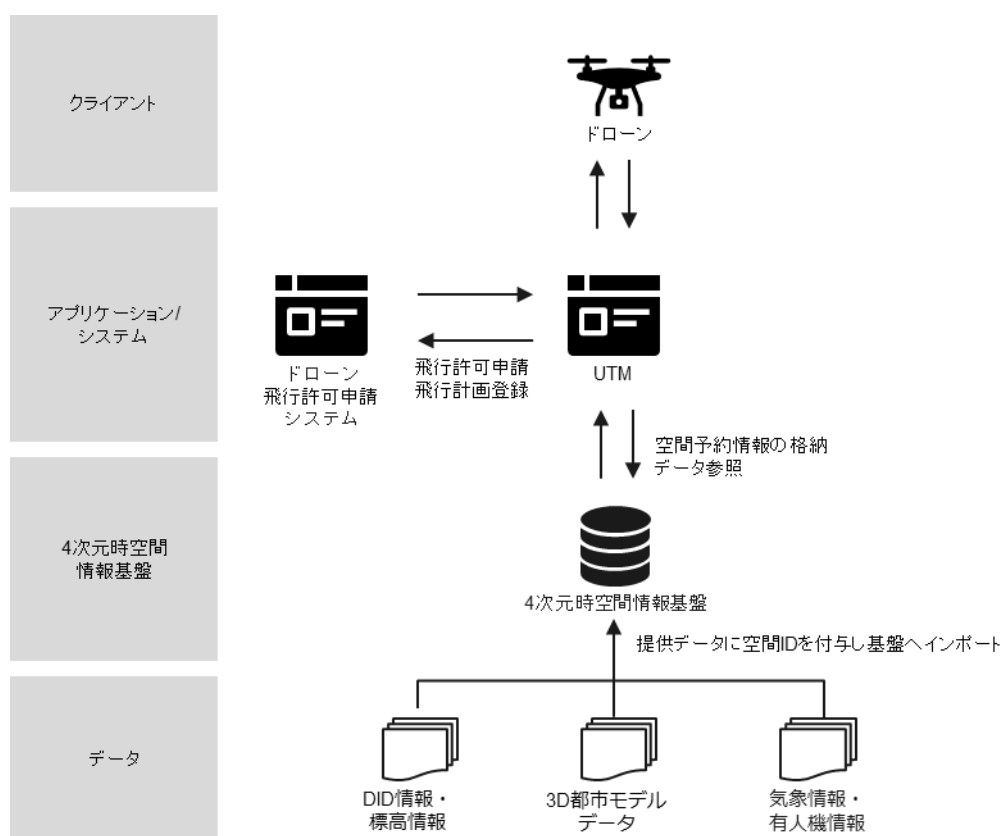


図 1-2-2 システムアーキテクチャ

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

福島県南相馬市にある風力発電関連設備（送電線、鉄塔）を、ドローンを用いて点検作業を行う。

➤ 実地検証のゴール

3D 都市モデル等をインプット情報とした 4 次元時空間情報基盤の有効性評価、操

縦・自律飛行による撮影技術に対する評価を行うこと。

➤ 測定項目・測定方法

表 1-2-3 に示す観点で検証項目を検討中。今後、検証項目の追加および具体化を図っていく。

表 1-2-3 検証観点

No.	観点	検証内容
1	4次元時空間情報基盤の有効性	4次元時空間情報基盤を活用した飛行計画作成し、飛行計画作成の有効性を検証。また、飛行中に4次元時空間情報基盤を活用する事で飛行の安全性を検証。 活用データ：3D都市モデル(LOD1)、有人機情報、気象情報
2	自律飛行における撮影精度	「自律飛行による画像撮影」と「操縦飛行による画像撮影」の比較を実施し自律飛行点検の撮影技術課題を特定。

※上記の検証の他、ユースケース共通で、UTM 間連携に関する検証、リスクアセスメントに関する検証を実施予定。各検証内容の詳細については、1.4節、1.5節に示す。

⑦ 実地検証結果

実地検証未実施。2023年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 1-2-4 に示す。

表 1-2-4 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022年度	テスト環境における事前フライト実施 次年度以降に向けた検証項目の洗い出し及びシナリオの検討
2023年度	ドローン点検実証フライト実施 3D都市モデル等の情報活用による4次元時空間情報基盤の有効性評価 ドローン自律飛行及び操縦飛行による技術的検証・評価
2024年度	ドローン点検実証フライト実施 3D都市モデル等の情報活用による4次元時空間情報基盤の有効性評価 ドローン自律飛行及び操縦飛行による技術的検証・評価 ドローン活用における経済性・安全性の総合評価

⑨ アーキテクチャマップとの紐づけ

本実証で開発・使用するレイヤをマッピングしたアーキテクチャの概要を図 1-2-3 に示

す。

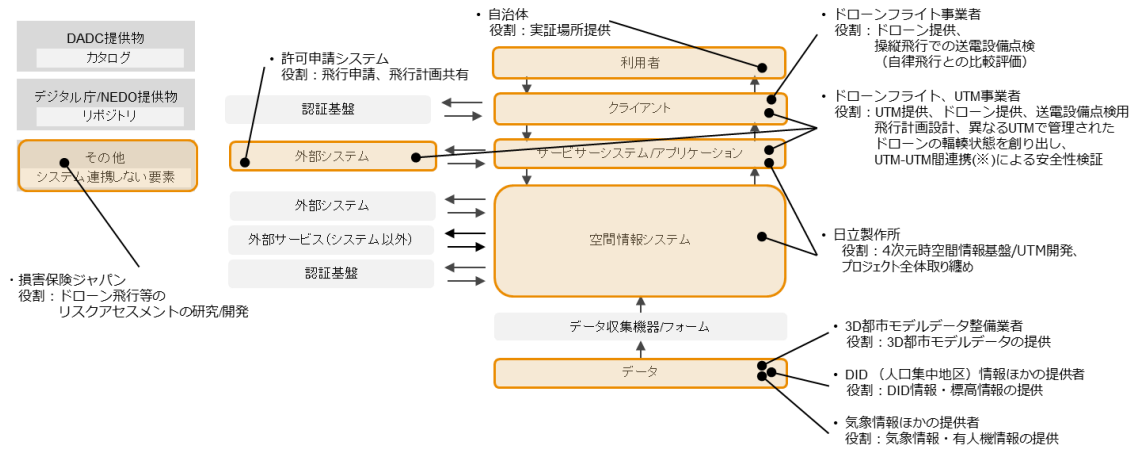


図 1-2-3 アーキテクチャマップ

1.3. 橋梁点検ユースケース（株式会社日立製作所）

① 実証の概要

本ユースケースでは、ドローンを用いた橋梁点検を行う。主に飛行計画作成時に 4 次元時空間情報基盤を活用し、その有効性を検証する。

また、災害時における橋梁の被害状況把握や周辺の状況把握を行うための自律飛行を行い、その際の 4 次元時空間情報基盤の有効性・活用方法なども検証する。本検証は、インフラ点検（送電線、橋梁）と同一機体を活用したマルチドメインユースの位置付けである。図 1-3-1 に実証の概要イメージを示す。

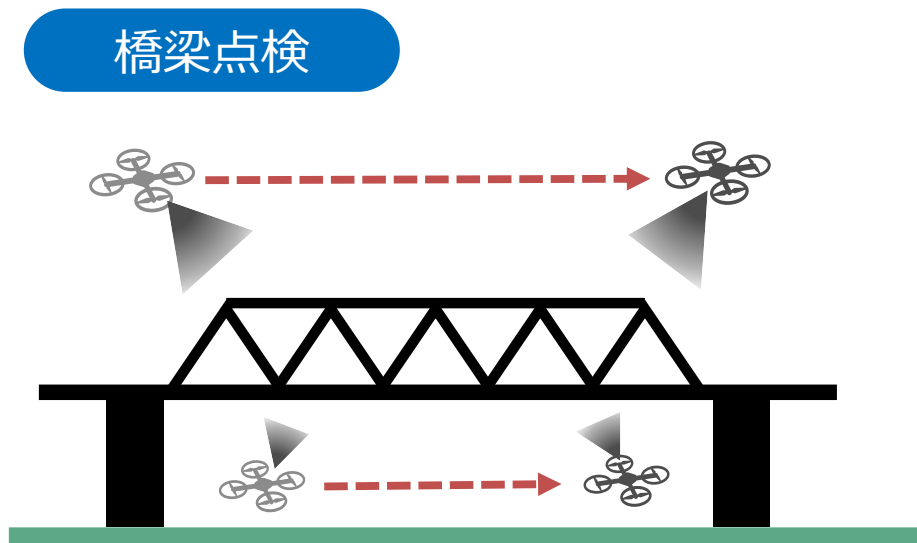


図 1-3-1 概要イメージ図

② 背景課題

作業員による橋梁の点検においては、送電設備と同様に、危険性が排除できず負荷が高い業務となっている。また、橋梁点検車両を用いる必要がある場合は、通行止めや車線規制などにより通行の妨げが発生し交通渋滞等が発生する。

さらに、災害発生時には地域内の橋梁に大きな損傷や倒壊が発生することもあり人や車の通行に影響がないかを迅速に把握することが重要視されている。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 1-3-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	<ul style="list-style-type: none"> 点検時の事故の削減 通行止め・車線規制による交通渋滞発生緩和 災害時の迅速な状況把握
経済的価値	点検品質の向上、低コスト化

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。KPI に関しては、2023 年度に詳細化を図る。

表 1-3-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
社会的価値	労災件数の低減 通行止めや車線規制時間の低減 災害時における橋梁及び周辺の被害状況把握（設備点検機体の災害時マルチドメイン活用）	ドローン点検で置き換えできる危険作業を伴う業務範囲の検討 ドローン点検で置き換えできる業務範囲の検討 <ul style="list-style-type: none"> 対象橋梁撮影のための自律飛行 ドローン撮影画像による橋梁被災状況確認 対象橋梁以外の把握可能な周辺状況の確認
	災害時状況把握に要する時間の低減	<ul style="list-style-type: none"> 既存手段とドローンを活用した場合の被害状況把握時間の比較
経済的価値	点検技術者の作業時間削減	<ul style="list-style-type: none"> ドローン点検で置き換えできる業務範囲の検討 ドローンによる撮影時間、画像による点検時間の評価 撮影画像を使った 3D モデル作成による点検報告書作成時間の削減
	点検品質の維持	<ul style="list-style-type: none"> ドローン点検で置き換えできる業務範囲の検討

⑤ システムアーキテクチャ

システムアーキテクチャについて図 1-3-2 に示す。

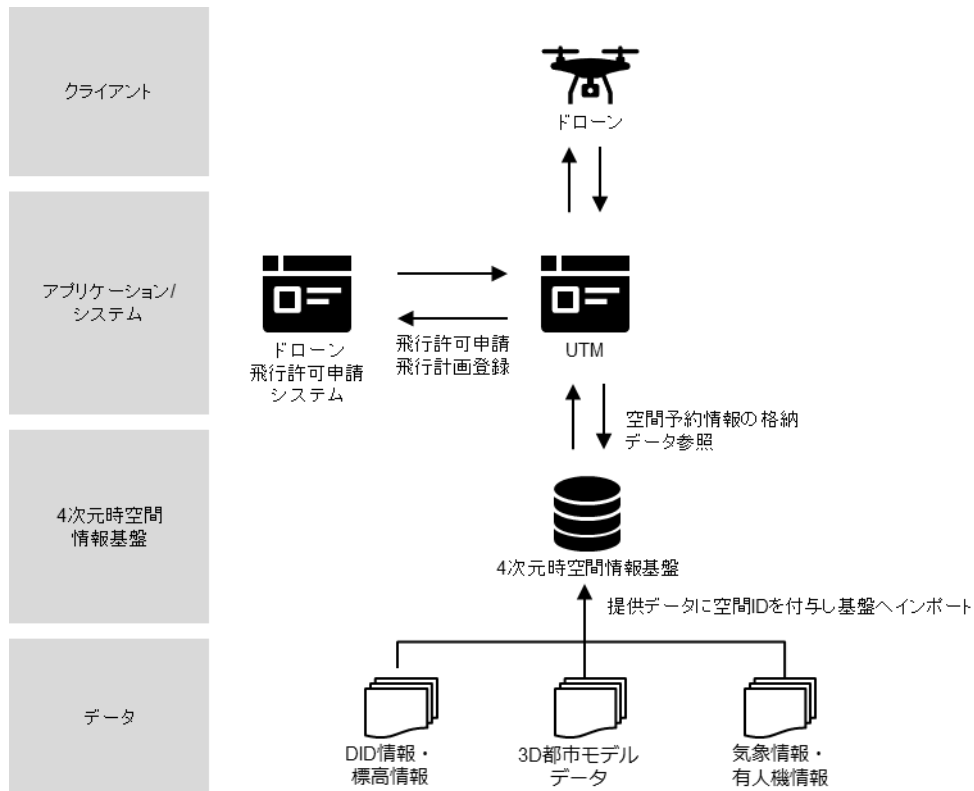


図 1-3-2 システムアーキテクチャ

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

福島県南相馬市において、ドローンによる橋梁点検(通常点検)と災害時を想定した橋梁および周辺(道路、河川、堤防等)の被災状況確認を行う。

➤ 実地検証のゴール

通常時の橋梁点検および災害時の橋梁・周辺(道路、河川、堤防等)の被災状況確認において、3D都市モデル等を活用した4次元時空間情報基盤の有効性、操縦・自律飛行等による撮影技術に対する評価及び課題の洗い出しを行うこと。

➤ 測定項目・測定方法

表 1-3-3 に示す観点で検証項目を検討中。今後、検証項目の追加および具体化を図っていく。

表 1-3-3 検証観点

No.	観点	検証内容
1	4次元時空間情報基	4次元時空間情報基盤を活用した飛行計画作成し、飛行計

	盤の有効性	画作成の有効性を検証、また、飛行中に 4 次元時空間情報基盤を活用する事で飛行の安全性を検証。 災害時を想定した被災状況把握のシナリオにおいて 4 次元時空間情報基盤の災害時の利活用モデルを検討。 活用データ：3D 都市モデル(LOD1)、有人機情報、気象情報
2	自律飛行における撮影精度	通常の橋梁点検において、「自律飛行による画像撮影」と「操縦飛行による画像撮影」の比較を実施し自律飛行点検の技術的課題を特定。
3	撮影画像の災害時活用	発災時の被災状況把握を目的とした検証。河川を航路としドローンが橋梁まで自律飛行を行いフライト中に河川周辺(堤防、道路)橋梁の撮影を行い、撮影した画像の災害時の有効性を検証。
4	同一機体の活用可能性 (マルチドメイン)	橋梁点検[通常時・災害時]および送電設備点検において、同一機体を活用して資産効率向上の可能性を検証。

※上記の検証の他、ユースケース共通で、UTM 間連携に関する検証、リスクアセスメントに関する検証を実施予定。各検証内容の詳細については、1.4 節、1.5 節に示す。

⑦ 実地検証結果

実地検証については、2022 年度から実施中。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 1-3-4 に示す。

表 1-3-4 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	ドローンによる橋梁点検検証フライト実施 従来の点検手法と比較したドローン点検の経済性評価
2023 年度	通常時の橋梁点検に関する実証フライト KPI 具体化 災害時を想定した橋梁および周辺の被災状況確認に関する実証フライト 機体のマルチドメインモデル(橋梁点検[通常時・災害時]+送電設備点検)の検証
2024 年度	通常時の橋梁点検に関する実証フライト (必要に応じ)KPI の見直し 災害時を想定した橋梁および周辺の被災状況確認に関する実証フライト 機体のマルチドメインモデル(橋梁点検[通常時・災害時]+送電設備点検)の検証 ドローン活用における経済性・安全性の総合評価

⑨ アーキテクチャマップとの紐づけ

本実証で開発・使用するレイヤをマッピングしたアーキテクチャの概要を図 1-3-3 に示す。

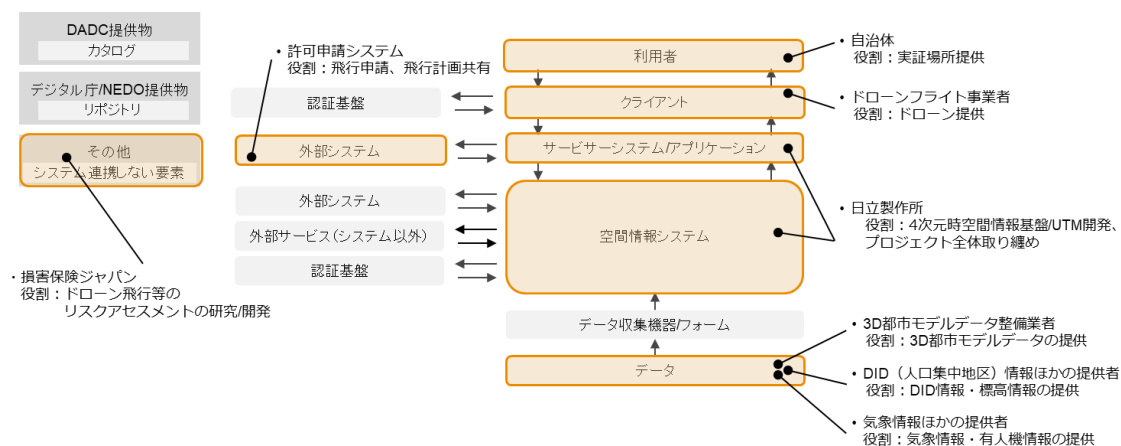


図 1-3-3 アーキテクチャマップ

1. 4. UTM 間連携に関する技術検証 (株式会社日立製作所)

※本実地検証については、1.1 節、1.2 節、1.3 節に記載の物資輸送ユースケース、送電設備点検ユースケース及び橋梁点検ユースケースにて共通で実施予定の検証である。

①実証の概要・②背景課題・③アウトカム・④KGI・KPI・⑤システムアーキテクチャ・⑥アーキテクチャマップとの紐づけの各項目については、物資輸送ユースケース、送電設備点検ユースケース、橋梁点検ユースケースの各ユースケースパートに記載。(1.1 節、1.2 節、1.3 節を参照)

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

異なる UTM に管理されたドローンによる輻輳状態を創り出し、UTM 接続の仕掛け・仕組みの検証を行う。複数の UTM が連携する際のシステムアーキテクチャについて図 1-4-1 に示す。

➤ 実地検証のゴール

異なる UTM に管理されたドローンの接近時・飛行計画のバッティング時等想定される輻輳状態での UTM 接続の姿を導き出す。

➤ 測定項目・測定方法

表 1-4-1 に示す観点で検証項目を検討中。今後、検証項目の追加および具体化を図っていく。

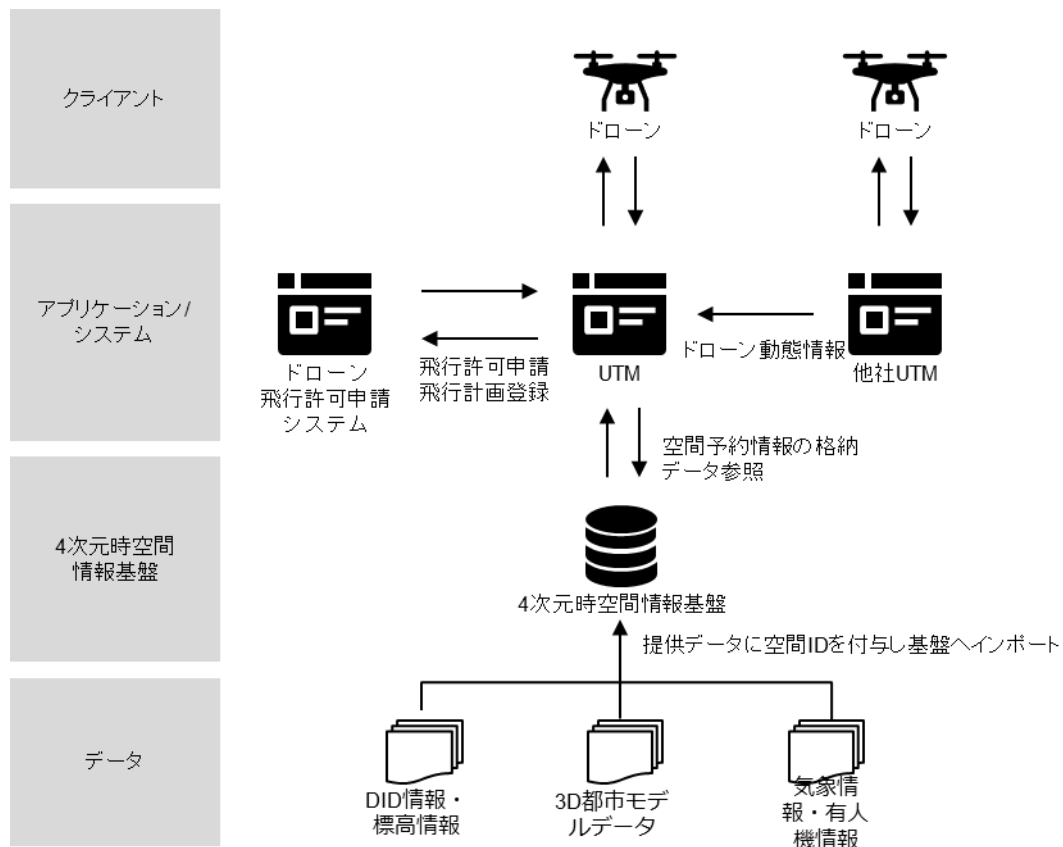


図 1-4-1 システムアーキテクチャ (UTM 間連携)

表 1-4-1 検証観点

No.	観点	検証内容
1	UTM 間連携	異なる UTM で管理されたドローンの輻輳状態を創り出し、UTM 間連携の検証を行う。

⑦ 実地検証結果

1.1 節、1.2 節、1.3 節のユースケース内で実施するため 2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 1-4-2 に示す。

表 1-4-2 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2023 年度	UTM 接続に関するシナリオ検討 UTM 接続に関する実証フライト 4 次元時空間情報基盤の有効性評価
2024 年度	(23 年度実証成果を取り込み、以下の実施。) UTM 接続に関するシナリオ検討 UTM 接続に関する実証フライト 4 次元時空間情報基盤の有効性評価

1.5. リスクアセスメントに関する技術検証（損害保険ジャパン株式会社）

※本実証については、1.1 節、1.2 節、1.3 節に記載の物資輸送ユースケース、送電設備点検ユースケース及び橋梁点検ユースケースにて共通で実施予定の検証である。

① 実証の概要

事故リスクの低減を目的に本ユースケースを活用しドローンのリスクアセスメントの研究開発を実施する。

本取組については、1.1 節、1.2 節、1.3 節の日立製作所のドローンユースケースにて、損害保険ジャパン株式会社がドローンのリスクアセスメントの研究開発及び検証を行う実証となる。

② 背景課題

ドローンの利活用社会の実現に向けて解くべき課題の1つとなる「安全への配慮」がある。事故リスクの低減や事故後の対処方法の整備等、安全性への配慮を施すことで社会受容性が高まることが期待される。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 1-5-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	<ul style="list-style-type: none">適切なリスク制御による事故発生率の極小化適切なリスク制御による社会受容性の向上（住民の心理的安全の担保）
経済的価値	<ul style="list-style-type: none">適切なリスク制御による保険料のコストダウンコストダウンおよび社会受容性向上によるドローン産業の発展

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。KPI に関しては、2023 年度に詳細化を図る。

表 1-5-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
社会的価値	<ul style="list-style-type: none">保険商品による社会受容性の向上	<ul style="list-style-type: none">運航可能なリスクスコアの達成保険料に影響を及ぼすリスク項目の洗い出し
経済的価値	<ul style="list-style-type: none">ドローンが社会実装されるうえにおいて適切な保険料の算出	<ul style="list-style-type: none">運航可能なリスクスコアの達成

⑤ システムアーキテクチャ

現時点ではシステム構築はしていない。

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

1.1 節、1.2 節、1.3 節の各ドローンユースケースにてリスクアセスメントを実施し、リスクアセスメント内容をブラッシュアップする。具体的には図 1-5-1 のフローに沿って、まずはドローンの飛行計画に対しリスクサーベイを行いリスク評価と対策を提示する。その上でリスク低減対策後に再評価し、リスクが適切に制御されたことを確認する。

➤ 実地検証のゴール

航行可能なリスクスコアの達成、地域住民がドローン運行を受容すること。

➤ 測定項目・測定方法

リスクアセスメントシートによる評価。

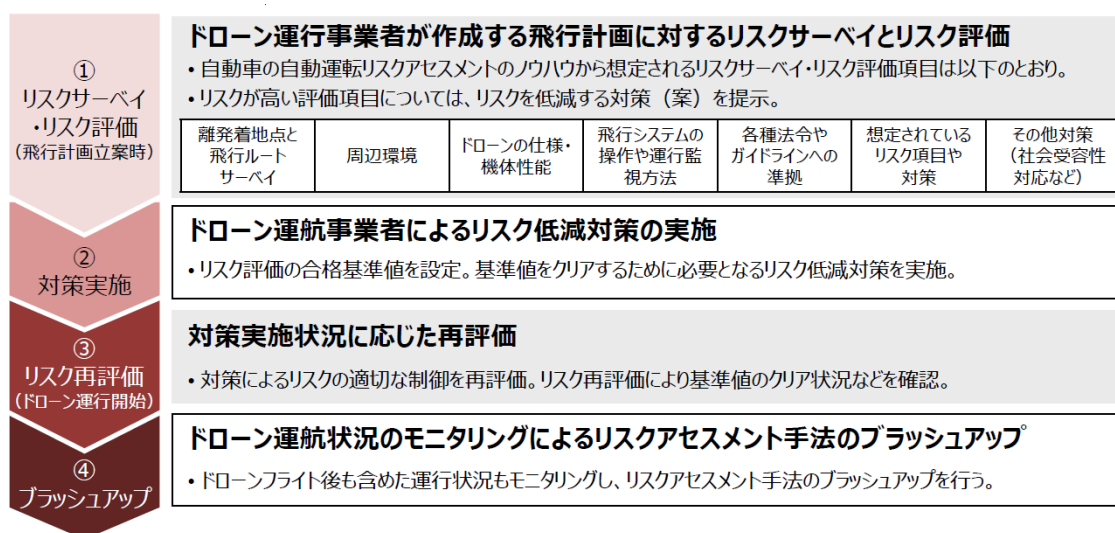


図 1-5-1 リスクアセスメント検証フロー図

⑦ 実地検証結果

1.1 節、1.2 節、1.3 節のユースケース内で実施するため 2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 1-5-3 に示す。

表 1-5-3 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	リスクアセスメント手法の開発 ・リスクアセスメント実施方法全般の検討（対象項目・リサーチ方法の

	確定) ・物資輸送・インフラ点検ユースケースでのリスクアセスメントの実施
2023年度	リスクアセスメント手法の見直し点の洗出しとその改善 ・リスクアセスメント結果の見直し（実証実験への同行、前年度アセスメント結果の検証・修正）
2024年度	リスクアセスメント手法の継続改善 ・リスクアセスメント結果の見直し（実証実験への同行、前年度アセスメント結果の検証・修正）

⑨ アーキテクチャマップとの紐づけ

物資輸送ユースケース、送電設備点検ユースケース、橋梁点検ユースケースの各ユースケースパートに記載。（1.1節、1.2節、1.3節参照）

1.6. 点検・防災・有人機連携ユースケース（株式会社トラジェクトリー）

① 実証の概要

本研究開発では、ドローン、ヘリコプター、3次元都市モデル、地形データ、施設データ等、地理空間情報の活用に必要な実空間のデータを空間IDに紐付けて関係、サービスにあった形でデータを活用するデジタルインフラの事業化を想定して開発し、企業間連携（UTM-GCS(グランドコントロールステーション)間連携)につき評価する。



図 1-6-1 取組概要

② 背景課題

システムを所有しない中小企業、自治体、住民等は空間利活用の敷居が高く、デジタル化から取り残されている状況があり、特に空間の利活用は特定層に閉ざされている。取り残されている原因として、情報連携時に必要なインターフェースの変換等の開発コスト、空間利用に係る情報のインプットにかかる多くの工数等が参加の障壁となっていることが

挙げられる。このような背景から空のインフラ活用促進に向け、空間情報の提供をより身近なものにする仕組みの構築が必要である。本取組では、安全性を担保しながらドローン等の自律移動モビリティが空間を認識する為の 4 次元時空間情報基盤の社会実装を目指す。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 1-6-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	<ul style="list-style-type: none"> ・データの品質及びドローン飛行の安全性の向上 ・法令遵守に係る懸念の解消 ・空間利活用の情報格差の解消
経済的価値	<ul style="list-style-type: none"> ・複数分野で自律移動ロボットを活用することによる自動化・効率化

④ KGI・KPI

基盤開発が主な取組なため、技術面の KPI を設定し実証に取り組む。内容については、1.7 節に記載する。

⑤ システムアーキテクチャ

システムアーキテクチャについて図 1-6-2 に示す。

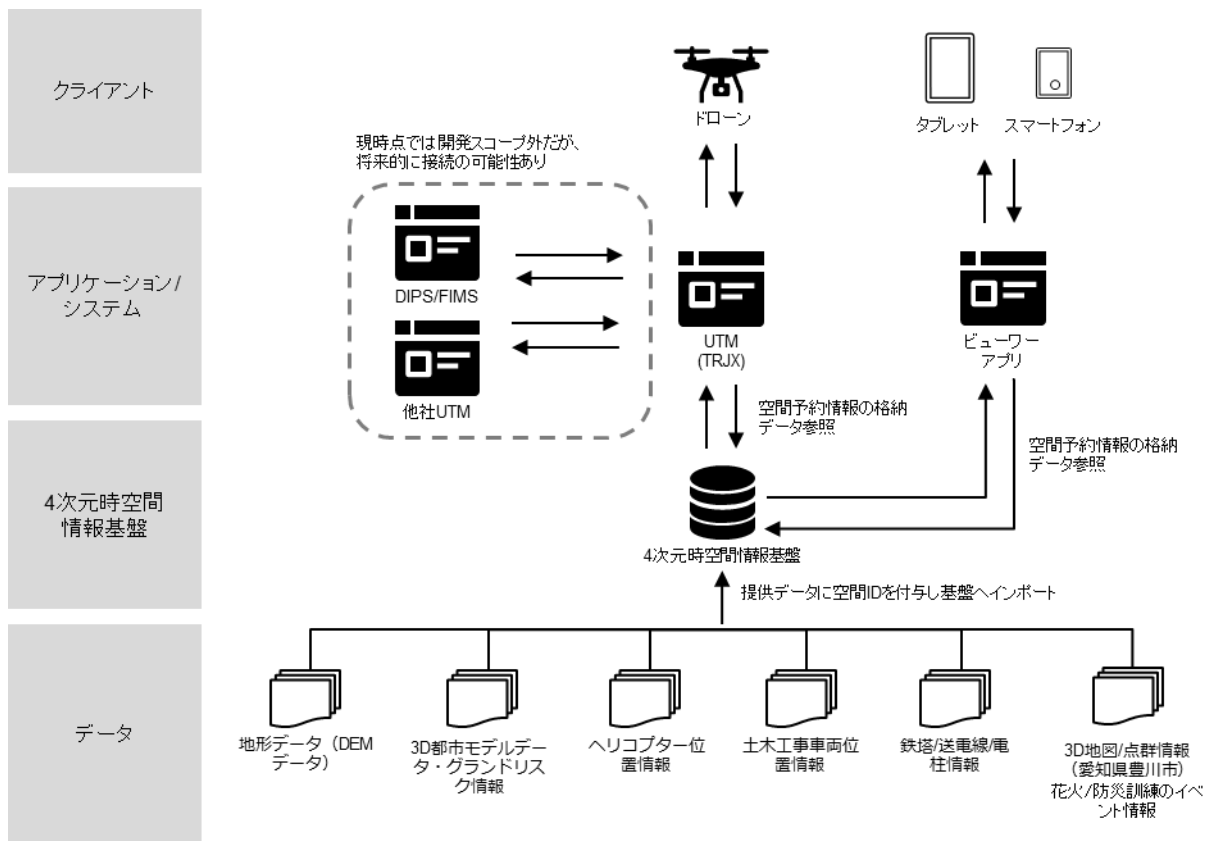


図 1-6-2 システムアーキテクチャ

⑥ 実地検証の内容、⑦実地検証結果、⑧実証スケジュール

主な取組となる基盤開発に関連する技術的な検証については、1.7 節 に記載する。

⑨ アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤの役割

本実証の対象となるレイヤと関連するプレイヤをマッピングしたアーキテクチャマップを図 1-6-3 に示す。

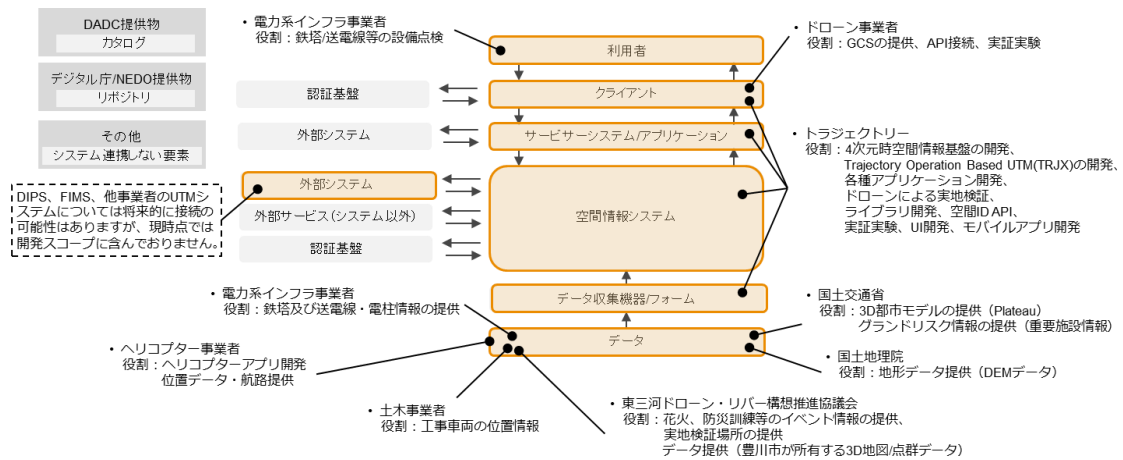


図 1-6-3 アーキテクチャマップ

1.7. 空間情報基盤の有用性に関する技術検証（株式会社トラジェクトリー）

※本実地検証については、1.6 節記載の点検ユースケースにて実施予定の検証である。

①実証の概要・②背景課題・⑤システムアーキテクチャ・⑨アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤの役割の各項目については、点検ユースケースパートに記載。（1.6 節参照）

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 1-7-1 アウトカム

観点	アウトカム
経済的価値	簡単に利活用できる空間情報量の増加

④ KGI・KPI

基盤開発が主な取組なため、技術面の KPI を設定し実証に取り組む。本実証では表 1-7-2 に示す KPI 指標の達成状況を実地検証にて測定する。

表 1-7-2 KPI

観点	KPI
経済的価値	<ul style="list-style-type: none">・空間 ID ライブラリに関して、実証エリア（1km²）の範囲の空間 ID の抽出、登録、更新時間：各 1 分以内・データ登録に関して、実証エリア（1km²）の範囲についてデータ提供者から受領した構造物情報の空間 ID 化に係る時間：1 日以下・空間 ID 参照・登録クライアントに関して、利用者がスムーズに目的を達成可能な UI となっていること。※なお、プロジェクト関係者（東三河ドローンリバー構想推進協議会様）へのアンケート調査等にて評価を行う。

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

開発段階に応じて、空間 ID 汎用ライブラリ、空間 ID 参照、登録 UI を試作、それらを用いた図 1-7-1 に記載の STEP1 から STEP7 までの実地検証を段階的に実施する。STEP1 から 5 については各種データの取込みや、情報連携の検証を行い、STEP6 でヘリコプター、複数のドローンを用いた総合的な検証を行う。STEP6 の検証では、鉄塔の点検や道路の監視を実施中のドローンが複数存在する状況下で、ヘリコプターが接近、着陸する検証を行う。第一段階として、ヘリコプターが接近した場合にそれを周辺の関係者に通知し、周囲のドローンを着陸させる実証、第二段階としてヘリコプターが接近した場合に、周囲のドローンへヘリコプターを回避する推奨航路を通知し、ドローンが回避航路空間へ計画変更する実証を行う。STEP6 までを踏まえ、STEP7 では、4

次元時空間情報基盤を活用したビジネスモデルの検証として、ドローン事業者側が 4 次元時空間情報基盤を活用した場合の費用対効果や、事業者側が 4 次元時空間情報基盤を活用した新たなビジネス構築等について、複数の用途を想定し、検証を行う予定である。

➤ 実地検証のゴール

【定量】同一エリアでヘリコプター1機、ドローン2機以上の飛行が可能であること。

【定性】ドローンの安全な飛行計画の立案が可能であること、空域の安全管理が可能であること。

➤ 測定項目・測定方法

障害物や、他機との接触がなく、リスクの低いルートとなっていることをシステム運用ログ、飛行ログより評価を行い検証する。



図 1-7-1 段階的な実証実験

⑦ 実地検証結果

実地検証については 2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 1-7-3 に示す。

表 1-7-3 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	STEP1: 地形・構造物情報の取込み検証
2023 年度	STEP2: 空間 ID を用いた UTM・GCS 間 API 連携実証 STEP3: ヘリコプターの位置情報提供実証 STEP4: 複数ドローンを用いたバリエーション検証
2024 年度	STEP5: 花火や工事車両を想定した準動的情報の登録検証 STEP6: ヘリコプター、複数ドローンを用いた総合検証

	STEP7: 複数エリア、複数事業者によるビジネスモデル検証
--	--------------------------------

※ 試作した空間 ID 汎用ライブラリ、空間 ID 参照、登録 UI を用いて実施する各段階の実証実験で得られた結果は、研究開発へフィードバックし、高速で PDCA サイクルを回し性能改善・品質向上を実施する。

1.8. 点検ユースケース（宇宙サービスイノベーションラボ事業協同組合、株式会社ゼンリン、LocationMind 株式会社、Intelligent Style 株式会社、スウィフト・エクスアイ株式会社）

① 実証の概要

本実証で開発する 4 次元時空間情報基盤を用いて、ドローンの安全飛行に係る多様な情報を空間 ID との連携により統合し、計画した飛行ルートของ安全性を定量的に評価するシステムを開発する。安全性の評価結果は、様々な地図基盤へ API を介し、空間 ID を付与して提供することを可能とする。加えて、人流ビッグデータを用いて評価システムの算出結果の精度向上技術及びドローンの飛行中のなりすましや飛行履歴の改ざん等の Spoofing 脅威への対策となる信号認証技術を開発・検証する。また、都市部・地方部の実フィールドによるドローン飛行を通じて、飛行ルートの安全性と空間 ID の有用性を評価する。

※信号認証技術による Spoofing 脅威の低減については 1.9 節に詳細記載。

② 背景課題

ドローンの飛行経路について地物や気象、他の機体の経路等、様々な要素を考慮する必要があり、人手での複数の経路設計は困難である。そのため、様々な情報をもとに複数台のドローンの経路を自動で計算する仕組みが必要である。また、ドローンの社会的実装を見据え、ドローンの飛行時において Spoofing 攻撃等のセキュリティ面の脅威が想定される。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 1-8-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	<ul style="list-style-type: none"> • 常時安全なドローン運航 • ドローンによる従来困難な場所や高頻度の運航、データ収集・蓄積
経済的価値	<ul style="list-style-type: none"> • ドローン活用のコスト低下

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。KPI に関しては、2023 年度に詳細化を図る。

表 1-8-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
社会的価値	<ul style="list-style-type: none"> 半自動化された運航計画決定 事故率の低下 精密な観測・計測の実現 取得データの蓄積によるDB化 	<ul style="list-style-type: none"> 観測・計測精度向上 点検時間・費用低減 自律飛行による範囲拡大
経済的価値	<ul style="list-style-type: none"> ドローン活用の総コスト削減 	<ul style="list-style-type: none"> 点検全体の時間（期間）短縮 自律飛行による省人化

⑤ システムアーキテクチャ

事業者の意向で外部公開できないため、記載を省略。

⑥ 実地検証の内容

実地検証場所により検証内容が異なる想定。現在、実地検証場所の選定中。

⑦ 実地検証結果

実地検証については2023年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 1-8-3 に示す。

表 1-8-3 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022年度	運航リスク評価Webシステム等とのAPI連携を想定した実証飛行の評価方法・シナリオを決定し、候補地・許認可機関との調整を行い、実現可能な実証飛行計画を具体化する。
2023年度	試作段階の運航リスク評価Webシステム等から得た飛行経路と回転翼航空機運航の知見を活かした分析・検証を実施する。機体別に多くのデータ取得を目指す。
2024年度	実証飛行データを分析し、社会実装に向けたリスク・懸念点等の洗出しを実施する。

⑨ アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤの役割

本実証の対象となるレイヤと関連するプレイヤをマッピングしたアーキテクチャマップを図 1-8-1 に示す。

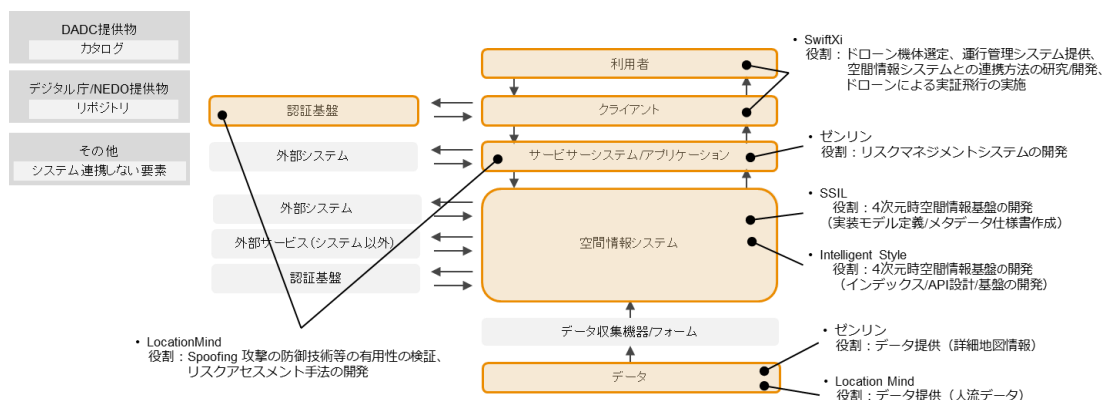


図 1-8-1 アーキテクチャマップ

1.9. 信号認証技術による Spoofing 脅威の低減に関する技術検証 (LocationMind 株式会社)

※本実地検証については、1.8 節記載の点検ユースケースにて実施予定の検証である。

①実証の概要・②背景課題・③アウトカム・④KGI・KPI・⑤システムアーキテクチャ・⑨アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤーの役割の各項目については、点検ユースケースパートに記載。(1.8 節参照)

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

ドローンに対する Spoofing 脅威を低減するために、根本的な対策の1つとなり得る信号認証の有用性を検証する。具体的には、前述のドローン地上実験や飛行実験において、Spoofing を実行 (GNSS の偽装信号を発信) し、LocationMind 社が保有する信号認証技術の導入によって Spoofing を検知できることを実証する。準天頂衛星の試験放送が間に合えば準天頂衛星からの認証信号の利用実験を行う。これによりわが国とその周辺に関して認証技術がドローンの安全飛行や社会受容性の向上に適用できることを示す。

➤ 実地検証のゴール

Spoofing の検知成功確率等により、対 Spoofing 性能を数値化することを目指す。その他のゴールについては 2023 年度以降の実地検証に向けて検討中。

➤ 測定項目・測定方法

i. 実験室・机上での検証

・ 概要：

実験室・机上で Spoofing リスクやその防御手段としての信号認証の効果、それらの活用によるリスク評価を行う。

・ 詳細：

ドローンに搭載される GNSS 受信機・慣性航法装置に対し実際に Spoofing を行い、Spoofing の実現可能性を検証すると同時に、飛行中のドローンに Spoofing が実際に起きた際のリスクシナリオの棚卸

を行う。更に、信号認証技術を実装することで、Spoofing を実際に検知できることを検証する。また、列挙したリスクシナリオに基づき、実際の飛行時の Spoofing リスクを評価する。

ii. 屋外での実機検証

・ 概要：

屋外の飛行実験場にて、実際の飛行ドローンに対して Spoofing 及び信号認証実証を行い、耐 Spoofing 性能を検証すると同時に、飛行リスクマネジメントシナリオを検討する。

・ 詳細：

Spoofing のリスクシナリオをもとに Spoofing 及び信号認証の実証を行い、Spoofing の未然防止策、また発生した際の対応策について検討する。なお、実証時点において、準天頂衛星システムを活用した信号認証が利用可能であれば、それを活用する。なお実験場は、国内のロボット試験場の活用を想定している。

今後、各検証で測定する項目について具体化を図っていく。

⑦ 実地検証結果

実地検証については 2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 1-9-1 に示す。

表 1-9-1 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	市販の GNSS 受信機や慣性航法装置等への Spoofing 攻撃実験を行い、リスクを評価する。
2023 年度	GNSS 受信機等への地上実験を通じて信号認証技術による防御可能性を実験的に評価する。同時に、防御されていないドローンの飛行リスクをリスクマネジメント手法に反映する。
2024 年度	ドローンの実験飛行により Spoofing 攻撃のリスクを評価し、リスクマネジメント手法に Spoofing リスク評価を実装する。準天頂衛星の試験放送が利用できる場合には、それも併用する。

2. 地下埋設物領域

2.1. 地下埋設物管理ユースケース（エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社、株式会社 EARTHRAIN、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ）

① 実証の概要

地下埋設物空間 ID 整備・地下埋設物照会・建設機械 MG（マシンガイダンス）の 3 つのユースケースを実証し、地下埋設物工事における 4 次元時空間情報基盤適用の有効性等を検

証する。

- 地下埋設物空間 ID 整備：各事業者の地下埋設物情報を収集し、位置基準による設備位置の統合、フォーマットの統一を行った上で、空間 ID による情報標準化における有効性等を検証する。
- 地下埋設物照会：地下埋設物空間 ID により、既存の地下埋設物照会業務プロセスに対して、どの程度の削減効果を得られるかについて有効性等を検証する。
- 建設機械 MG：地下埋設物空間 ID により、従来の MG に地下埋設物の埋設位置を表示させ、建機オペレータへの安全施工への補助について有効性・掘削範囲情報の可視化による工事計画検討における効果を検証する。

② 背景課題

地下埋設物の図面等は各埋設物事業者が独自フォーマットで管理していることや、地下埋設物の埋設位置といった秘匿性の高いデータを各埋設物事業者間で共有するデータ流通基盤がないことが、既知の課題として挙げられている。したがって、施工前の地下埋設物照会では各埋設物事業者から図面等を取り寄せるといった作業が必要となり、多大な業務時間を要する、という経済的課題になっている。

本ユースケースでは地下埋設物の統一なデータ仕様を策定し、各埋設物事業者の図面等から当該仕様に準拠するデータ（以下 地下埋設物データ）へ変換する手順を確立する。さらに、空間 ID を活用することで実現する将来ビジョンを次のように設定した。

- 空間 ID を利用して地下埋設物データと紐づいているボクセルが可視化できる機能を建設機械 MG に搭載し、技術者不足の解消を実現
- 地下埋設物データを空間 ID へ紐づけボクセル化し、埋設位置の秘匿性を確保することにより、データ共有を実現
- 空間検索の結果として得られたボクセルに紐づく地下埋設物が参照可能な機能を開発し、埋設物照会に要していた業務時間の削減を実現

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 2-1-1 アウトカム

観点	アウトカム
経済的価値	工数の削減による業務速度の向上
社会的価値	情報利用性の向上
	労働人口（技術者）不足の解消
	施工時の安全性向上

④ **KGI・KPI**

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定した。

表 2-1-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
経済的価値	工数の削減による業務速度の向上	従来の方法での業務に対する空間 ID を利用した業務時間の短縮率
		自動化率の上がったデータ整備仕様に賛同する団体数
社会的価値	情報利用性の向上	総人口に対する地下埋設物情報が空間 ID 整備された地域の人口の割合
	労働人口（技術者）不足の解消	空間 ID を利用した重機オペレータの開削作業時間の短縮率
	施工時の安全性向上	空間 ID と施工時データを利用した、作業員の動作判断行動回数の削減率

⑤ **システムアーキテクチャ**

本ユースケースのシステムアーキテクチャを以下に示す。

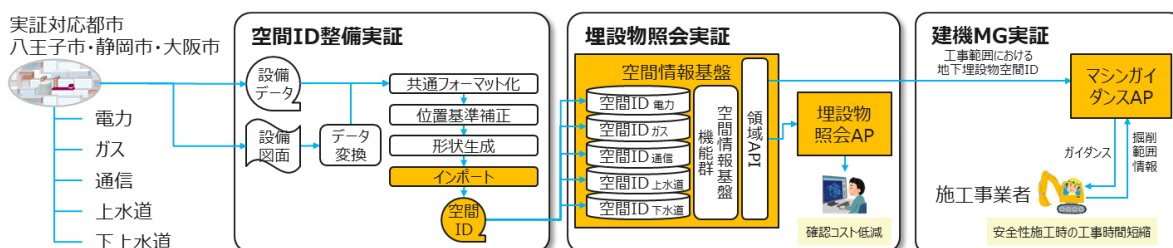


図 2-1-1 地下埋設物管理におけるシステムアーキテクチャ

⑥ **実地検証の内容**

2022 年度の実証では以下の検証項目により、空間 ID の活用可能性を評価する。なお詳細な検証内容や条件、結果の判定方法は、デジタル庁からの委託を受けて対象事業者が遂行した「デジタルツイン構築に関する調査研究事業の調査報告書」を参照。

表 2-1-3 検証内容

分類	観点	検証内容
経済	【地下埋設物】	新旧比較により地下埋設物照会に要する時間を

分類	観点	検証内容
	従来方法での業務に対する、空間 ID を利用した業務時間（分/1 工事）の短縮率	測定する。 従来方式：電話・メール・FAX・訪問（移動時間含む）による照会作業時間（ヒアリングベース） 新方式：実証アプリを用いた照会作業時間（実証アプリの操作は Web・訪問等で実施）
	【データ整備】 自動化率の上がったデータ整備仕様に賛同する団体数	地下埋設物管理事業者からデータ整備事業者へ地下埋設物データを貸与した事業者の数を測定する。なお、水道・下水道の地下埋設物管理事業者は、サービスを提供する市区町村を測定。
社会	【データ整備】 総人口に対する、地下埋設物情報が空間 ID 整備された地域の人口の割合	人口及び地域（市区町村）を行、地下埋設物管理事業者を列として、地下埋設物情報が空間 ID で整備された地域（※）の人口を集計し、地域の総人口を 100%とする割合を測定。 （※「自動化率の上がったデータ整備仕様に賛同する団体数」の対象地下埋設物事業者が社会インフラサービスを提供する市区町村）
	【建機マシンガイダンス】 空間 ID を利用した重機オペレータの開削作業時間の短縮率	ICT 建機の実機とダミー管路を用いた開削デモ工事（掘削→管底堀上）の実施に要する時間を測定。
	【建機マシンガイダンス】 空間 ID を利用した重機オペレータの開削作業時間の短縮率	動画（工事の諸条件を設定）と同程度の規模の工事に ICT 建機を導入した場合を想定した工事時間の見積りを依頼。
	【建機マシンガイダンス】 空間 ID と施工時データを利用した、作業員の動作判断行動回数の削減率	ICT 建機の既存機能に空間 ID（ボクセル及び属性情報）を追加することで実現できる機能が建機の操作判断行動の回数への程度影響を与えるか、事実の記録（定量）とヒアリング（定性）を実施。
技術	提供データ受領から空間 ID の登録までの作業や処理に必要な技術的難易度（データ整備難易度）の評価基準の策定、及び、提供データに基づく評価	地下埋設物管理事業者から提供を受けたデータに対し、データ整備事業者が空間 ID の登録データとして整備するまでに要した作業内容（技術者による技術的要素を含むデータ整備の対象量や難易度等）に基づき、定性的に評価。
	統一した提供データフォーマットによるユースケースの運用サイクル確認（フォーマットの項目過不足確認）	地下埋設物管理事業者から提供を受けたデータに対し、データ整備事業者と地下埋設物実証アプリ開発事業者兼空間 ID 共通ライブラリ評価事業者が定めた空間 ID 登録のための統一フォーマット

分類	観点	検証内容
		ットを用いて、ユースケースで想定する業務プロセス（地下埋設物照会、建機 MG）が滞りなく実施できることを確認。
	提供可能なズームレベルと、利用可能なズームレベルの確認	提供者（地下埋設物管理事業者）、及び、利用者（工事申請受付、建機 MG）からデータ提供・データ利用の観点で適切なボクセルのズームレベルをヒアリング。

⑦ 実地検証結果

各検証項目に対する結果を以下に示す。なお結果の詳細は、デジタル庁からの委託を受けて対象事業者が遂行した「デジタルツイン構築に関する調査研究事業の調査報告書」を参照。

表 2-1-4 検証結果

分類	観点	目標値・目標状態	検証結果
経済	経済①【地下埋設物】 従来方法での業務に対する、空間 ID を利用した業務時間（分／1 工事）の短縮率	20%に短縮	4.8%に短縮
	経済②【データ整備】 自動化率の上がったデータ整備仕様に賛同する団体数	0.4% (15÷3,687)	0.4%
社会	社会①【データ整備】 総人口に対する、地下埋設物情報が空間 ID 整備された地域の人口の割合	16%（キャズムの壁） （＝社会実装に足り得る）	32.7%
	社会②【建機マシンガイダンス】 空間 ID を利用した重機オペレータの開削作業時間の短縮率	90%に短縮	82%に短縮
	社会②【建機マシンガイダンス】 空間 ID を利用した重機オペレータの開削作業時間の短縮率		
	社会③【建機マシンガイダンス】 空間 ID と施工時データを利用した、作業員の動作判断行動回数の削減率	50%に削減	0%に削減
技術	提供データ受領から空間 ID の登録までの作業や処理に必要な技術的難易	左記が評価できていること	難易度のレベル定義と実証

度（データ整備難易度）の評価基準の策定、及び、提供データに基づく評価		地域における評価を実施済み
統一した提供データフォーマットによるユースケースの運用サイクル確認（フォーマットの項目過不足確認）		統一フォーマットの定義と実証における運用評価を実施済み
提供可能なズームレベルと、利用可能なズームレベルの確認		利用側・提供側の許容ズームレベルを確認済み

（出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究」調査報告書より引用）

⑧ 実証スケジュール

2022年度の実証スケジュールを以下に示す。

表 2-1-5 実証スケジュール

タスク	2022年度						
	9	10	11	12	1	2	3
システム要件定義							
実証用システムの設計・開発							
データ・メタデータ仕様検討							
ユースケース実証							
実証成果の取りまとめ							

⑨ 本実証のステークホルダーと役割

本実証に係るステークホルダーと連携し、実証・開発を実施した。

表 2-1-6 ステークホルダー一覧

ステークホルダー	実証における役割
エヌ・ティ・ティ・インフラネット株式会社	地下埋設物照会の実証、地下埋設物空間 ID 整備
株式会社 EARTHRAIN	建設機械マシンガイダンス実証アプリの開発・実証
株式会社エヌ・ティ・ティデータ	地下埋設空間情報基盤の構築、埋設物照会実証アプリの開発・実証

3. 地図・GIS 領域

3.1. 教育ユースケース（宇宙サービスイノベーションラボ事業協同組合、株式会社ゼンリン、Intelligent Style 株式会社）

① 実証の概要

法政大学の「デジタルツインを用いた都市調査・解析に係わるデータサイエンティスト育成事業」と連携し、3D 都市モデル PLATEAU に空間 ID に基づく点群データや人流ビッグデータを重畳・空間解析・可視化できる演習用のシステムを開発する。また開発した教材システムについては、同大学デザイン工学部の都市データサイエンスに係わる学科目に導入する。

② 背景課題

昨今の教学分野においては、産業 DX をけん引する高度専門人材育成が鋭意推進されている。空間 ID により多くのデータがリアルタイム連携できる環境を利用して様々な利活用を拡げるためには、人材育成についても大学での教育プログラムと一体となって展開する必要がある。

③ アウトカム、④ KGI・KPI

2023 年度より検討予定。

④ システムアーキテクチャ

事業者の意向で外部公開できないため、記載を省略。

⑤ 実地検証の内容

➤ 概要

法政大学市ヶ谷キャンパスをコアエリアとしたデータサイエンスの演習教材を作成し、同大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科の学科目にて試行する。試行の上で本格導入し、導入後も継続して受講学生の声や要望を基に教材のブラッシュアップや 4 次元時空間情報基盤のアップデートを行い、教育環境をより充実させる予定である。

➤ 実地検証のゴール

2023 年度より検討予定。

➤ 測定項目・測定方法

2023 年度より検討予定。

⑦ 実地検証結果

実地検証については 2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについては表 3-1-1 に示す。

表 3-1-1 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	実証項目なし（2023 年度より実証開始）
2023 年度	法政大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科の学科目にて試行
2024 年度	同大学デザイン工学部都市環境デザイン工学科の学科目にて本格導入

⑨ アーキテクチャマップとの紐づけ

本実証の対象となるレイヤと関連するプレイヤをマッピングしたアーキテクチャマップを図 3-1-1 に示す。

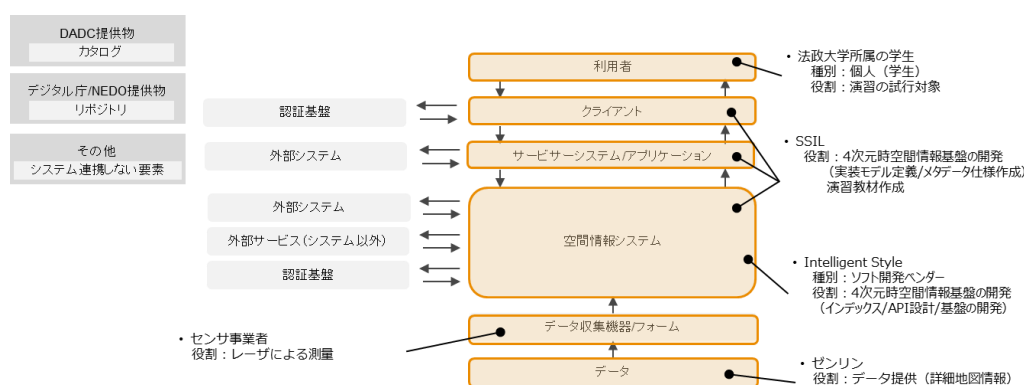


図 3-1-1 アーキテクチャマップ

3.2. インフラ管理ユースケース（宇宙サービスイノベーションラボ事業協同組合、株式会社ゼンリン、Intelligent Style 株式会社）

① 実証の概要

静岡県の点群データに空間 ID を付与したデジタルツインを構築し、平常時・災害時の利用シーンの実証実験を実施して有用性を検証する。平常時は、点検時に計測した点群データをデジタルツインに反映し、変状を解析するインフラモニタリングを試行する。異常時は、前項のドローンの飛行実験の調査結果をデジタルツインに反映し、かつ点群データの空間解析による災害査定を試行する。

② 背景課題

道路や河川など公共構造物の管理の高度化を図るために、航空機や車両に搭載したレーザで測量した点群データが活用されている。具体例として、静岡県では、県内全域を対象に航空レーザ測量を実施し、点群データに基づくデジタルツイン環境を構築されている。現在は、デジタルツインの平常時（インフラモニタリング）や異常時（災害査定等）への活用方策が検討されている。このデジタルツインに空間 ID を適用することにより、各活用方策に加えて、点群データの更新サイクルに応じたデータ管理の効率化等が期待できる

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-2-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	地域インフラの網羅的点検による社会的安全安心
経済的価値	省人システムによる時間短縮・効率化の達成

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。

表 3-2-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
社会的価値	・点検ができないことで閉鎖されてしまうインフラ設備数の低減 ・適切な補修、更新による安心感	・インフラ閉鎖、非活用度 ・充実したインフラ利用率
経済的価値	・従来の方法（人手）に係る時間の短縮	・人手による作業時間の短縮率 ・データ収集時間の短縮率

⑤ システムアーキテクチャ

事業者の意向で外部公開できないため、記載を省略。

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

平常時は、点検時に計測した点群データをデジタルツインに反映し、差分・変状を解析するインフラモニタリングのシーンを主候補とする。異常時は、本事業で開発する 4 次元時空間情報基盤を用いたドローンの飛行実験による有用性の検証の飛行実験で得られた調査結果をデジタルツインに重畳し、被害状況を確認するシーンを実験する。さらに、被害状況を模して計測した点群データをデジタルツインに重畳し、災害査定を実施するシーンも実験する。これらの実験により、従前の手動を基本とした作業から、空間 ID に基づくデータ処理による工数削減効果を明らかにする。

➤ 実地検証のゴール

2023 年度より検討予定。

➤ 測定項目・測定方法

2023 年度より検討予定。

⑦ 実地検証結果

実地検証については 2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 3-2-3 に示す。

表 3-2-3 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	実証項目なし（2023 年度より実証開始）
2023 年度	静岡県の点群データに空間 ID を付与したデジタルツインの構築
2024 年度	平常時・災害時における利用シーンの実証実験を実施し有用性を検証

⑨ アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤの役割

本実証の対象となるレイヤと関連するプレイヤをマッピングしたアーキテクチャマップを図 3-2-1 に示す。

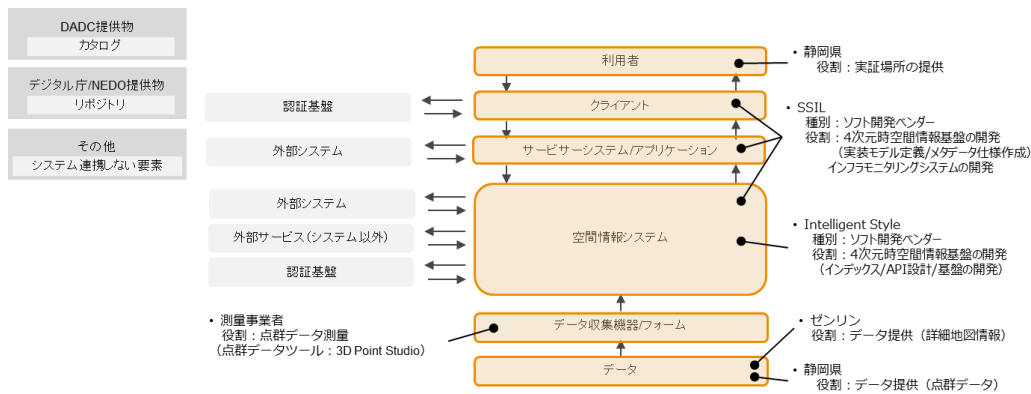


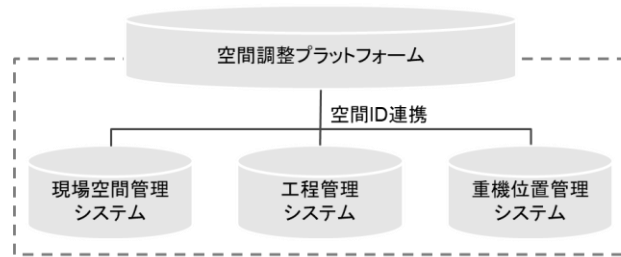
図 3-2-1 アーキテクチャマップ

3.3. 建設現場アプリユースケース（株式会社竹中工務店、NTT コミュニケーションズ株式会社）

① 実証の概要

空間 ID を軸として、人・設備・機材・資材の調達計画を効率化し、その結果を施工管理者・作業員・ロボット等に連携できる空間調整プラットフォームの構築と、その効果検証を実施する。効果検証では、実際の建設現場及び建築物に導入することで、作業員・管理者からアンケート等による効果測定と改善に向けたフィードバックを得る。空間を軸とした工程管理システムの導入により、品質向上、コスト削減、安全性向上を見込む。また、外部システムとの容易な連携や、空間情報の判定、応用による業務効率化を見込む。図 3-3-1 に実証の概要イメージを示す。

概要イメージ



アプリ連携の実装例



図 3-3-1 概要イメージ図

② 背景課題

人手不足やコロナ禍の影響に伴う人流減、物流・情報流増が進む中において、Society5.0の実現に向け、機械（モビリティ等）やシステムが自律制御を行うための、高速処理に適したデジタルインフラの必要性が高まっている。建設業界においては相互にデータやシステムを連携するためのルールや標準が存在しないことから、横串でのデジタル市場のインフラ整備が遅れ、新しいデジタル活用やサービスの開発が困難な状況に陥っている。特に大規模な建設現場では、多様な工事工程や資材の管理、関連会社同士の連携等が煩雑であることが大きな課題となっている。この課題を解決するために、複数の管理システム間の連携が求められるが、複数のシステムを連携するにあたり、空間情報を表す上での標準の概念がないため、システム間連携には個々のシステム同士で調整が必要であり、複数のシステムが連携するには容易性・正確性に課題がある。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-3-1 アウトカム

観点	アウトカム
経済的価値	<u>ツール導入・デジタル化による効率化</u> ・現場の作業調整・段取り手配効率化 ・現場の手戻り作業削減
	<u>現場データ統合による効率化</u> ・統合された現場データによる業務効率化 空間効率評価による生産効率の可視化・改善 リソース稼働効率の可視化・最適配置による稼働効率化

※外部連携の観点でのアウトカムについては表 3-5-1 参照。（連携対象としてロボットを想定したアウトカムを記載）

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。

表 3-3-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
経済的価値	<ul style="list-style-type: none"> ・人件費の削減 ・追加発生工数の削減 ・空間効率の可視化 ・リソース稼働効率の可視化 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場の作業調整・段取り手配工数、削減率 ・現場の手戻り作業工数、削減率 ・新しい生産効率指標の導入件数

⑤ システムアーキテクチャ

システムアーキテクチャについて図 3-3-2 に示す。

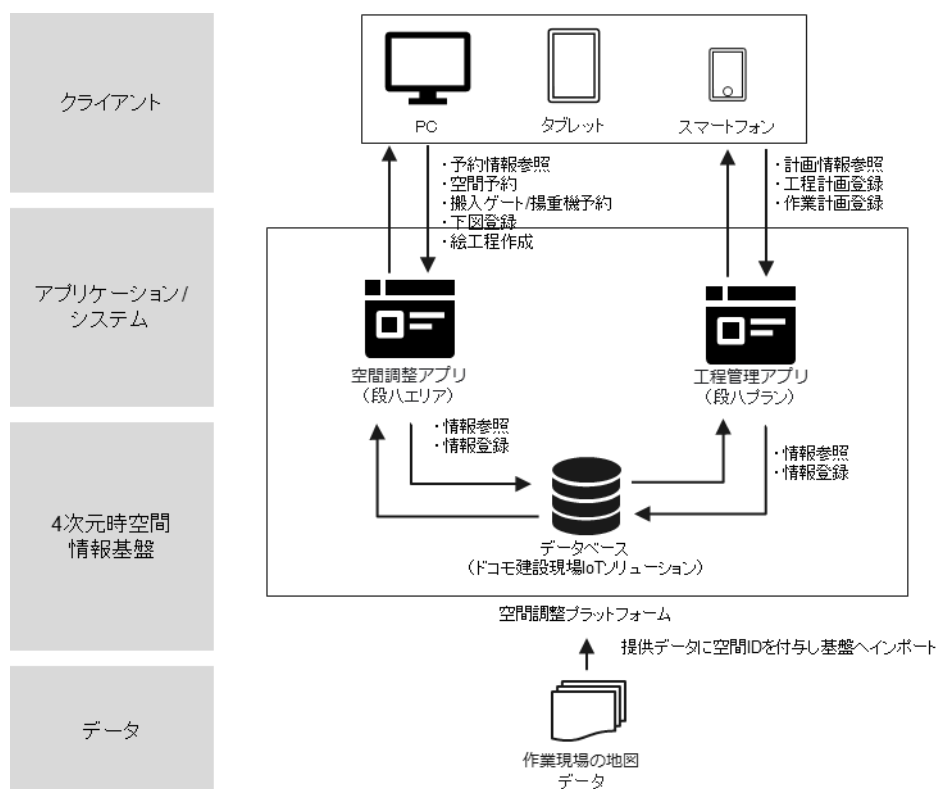


図 3-3-2 システムアーキテクチャ

⑥ 実地検証の内容、⑦実地検証結果、⑧実証スケジュール

初年度の主な取組となる技術的な検証については、3.4 節 に記載する。

⑨ アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤの役割

本実証の対象となるレイヤと関連するプレイヤをマッピングしたアーキテクチャマップを 図 3-3-3 に示す。

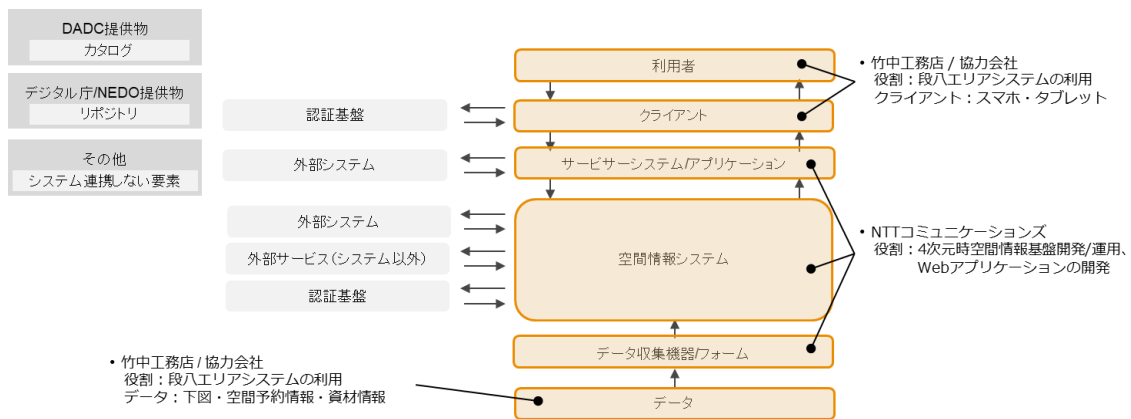


図 3-3-3 アーキテクチャマップ

3.4. 建設現場アプリに関する技術検証（株式会社竹中工務店、NTT コミュニケーションズ株式会社）

※本実地検証については、3.3 節記載の建設現場アプリユースケースにて実施予定の検証である。

①実証の概要・②背景課題・⑤システムアーキテクチャ・⑨アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤーの役割の各項目については、建設現場アプリユースケースパートに記載。（3.3 節参照）

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-4-1 アウトカム

観点	アウトカム
技術面	多様なアプリケーションのデータ集約・統合管理による建設現場データの高付加価値化

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。

表 3-4-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
技術面	現場で扱う様々なデータのうち統合可能な種類の増加（データの種類例：空間予約、作業計画、安全管理）	外部アプリとの連携数（連携数を増やすことで取り扱うことができるデータ種類の増加に寄与）

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

実際の建設現場にて、本実証で開発した空間調整プラットフォームを試験導入する。初回の実地検証では、開発した UI や機能の技術的な検証と使用感の確認を目的に、現場の施工管理者、職長にヒアリングをすることで効果測定を実施する。

➤ 実証時期（初回）

2023 年 8 月～2023 年 9 月頃(仮)

➤ 実証場所

施工中の竹中工務店管轄の建設現場

➤ 測定項目・測定方法

初回の実地検証では、本実証で開発した空間調整プラットフォームを試験導入し、使用者にヒアリングを行う。表 3-4-3 に示す観点で検証項目を検討中。今後、検証項目の追加および具体化を図っていく。初回の実地検証については、技術的検証点の検証を中心に実施予定である。初回の実地検証結果を踏まえ、社会的・経済的観点での実証を検討する。

表 3-4-3 検証観点

観点	検証内容	詳細
技術的検証点（情報の登録・管理）	空間 ID と紐づけた情報登録・管理	空間の予約情報を空間 ID と紐づけて登録・管理可能か検証する。 ※円、扇、三角形、四角形、多角形、スタンプ形状、揚重機、搬入ゲート情報など。
技術的検証点（UI・UX）	UI・UX の検証	開発した空間調整プラットフォームの UI・UX を実際に建設現場の方に使用して頂き使用感をヒアリングする。

⑦ 実地検証結果

実地検証については 2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 3-4-4 に示す。

表 3-4-4 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	UI 設計、ヒアリング UI 改善、開発
2023 年度	UI 改善、開発 実証①(プロトタイプでの実証) 実証②(改善版システムでの実証)
2024 年度	実証③(改善版システムでの実証) 実証④(統合開発・実証)

3.5. 建設ロボットユースケース（株式会社竹中工務店）

① 実証の概要

本ユースケースでは、特定の敷地における施設内部（資材倉庫を想定）とその周辺の一定範囲に空間 ID を付与し、当該施設内外及び 3 次元方向での建設ロボットの移動制御を行う。施工管理において、従来では、現場職員や施工管理者が直接移動し、資材倉庫等で資材の目視確認及び撮影をしていた。本実証のロボットを活用することで、現場職員や施工管理者が直接移動することなく、ロボットが代わりに目的地まで移動し資材を撮影する。撮影した映像及び写真は現場職員や施工管理者に送信される。これにより、従来人手で実施していた業務をロボットで代替することで、労務費削減、人手不足解消、安全性の向上を見込む。また、空間 ID を活用することにより、ルート設計の精度向上やシステム整備に係るコストの削減を見込む。図 3-5-1 に実証の概要イメージを示す。

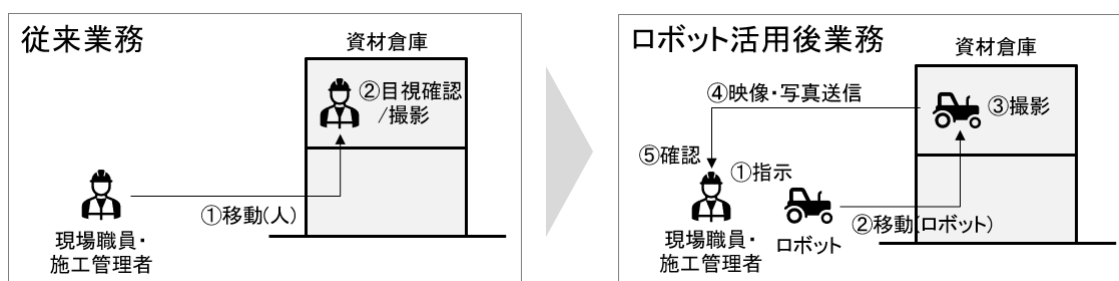


図 3-5-1 概要イメージ図

② 背景課題

建設業界では、将来的に建設現場要員の不足が見込まれている。また、人間が建設現場に出入りすることによる事故リスクが高いため、安全性が求められている。そういった背景から、人間の業務で代替可能な業務についてはロボットの活用が進められている。ロボットを活用する際の課題として、屋内外を統一管理する座標系が無いことにより屋内外を行き来する自律移動が困難である点や、建設現場において重要となる高さ方向の座標指定が難しい点が挙げられる。また、自律移動には、事前に建物全体の精緻な MAP の取得が必要であり、整備コストが高い点においても課題がある。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-5-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	<ul style="list-style-type: none"> 建設作業時のヒューマンエラー抑制による安全性向上 建設現場への人の立ち入りを削減することによる安全性向上 現場職人の安全性意識向上 (長期的に)人口減による人手不足解消
経済的価値	<ul style="list-style-type: none"> 現場管理者・現場作業員の労務費削減

	<ul style="list-style-type: none"> ・現場作業効率増大 ・現場作業量の増大
--	--

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。

表 3-5-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
社会的価値	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボットへの業務代替割合 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場滞在の時間・移動距離、歩数・業務種類の削減率 ・ロボットの稼働時間・稼働率 ・ロボットへの代替業務種別数
経済的価値	<ul style="list-style-type: none"> ・現場作業員の労働生産性 	<ul style="list-style-type: none"> ・時間当たり作業量の増加率 ・工程進捗の短縮率

⑤ システムアーキテクチャ

システムアーキテクチャについて図 3-5-2 に示す。

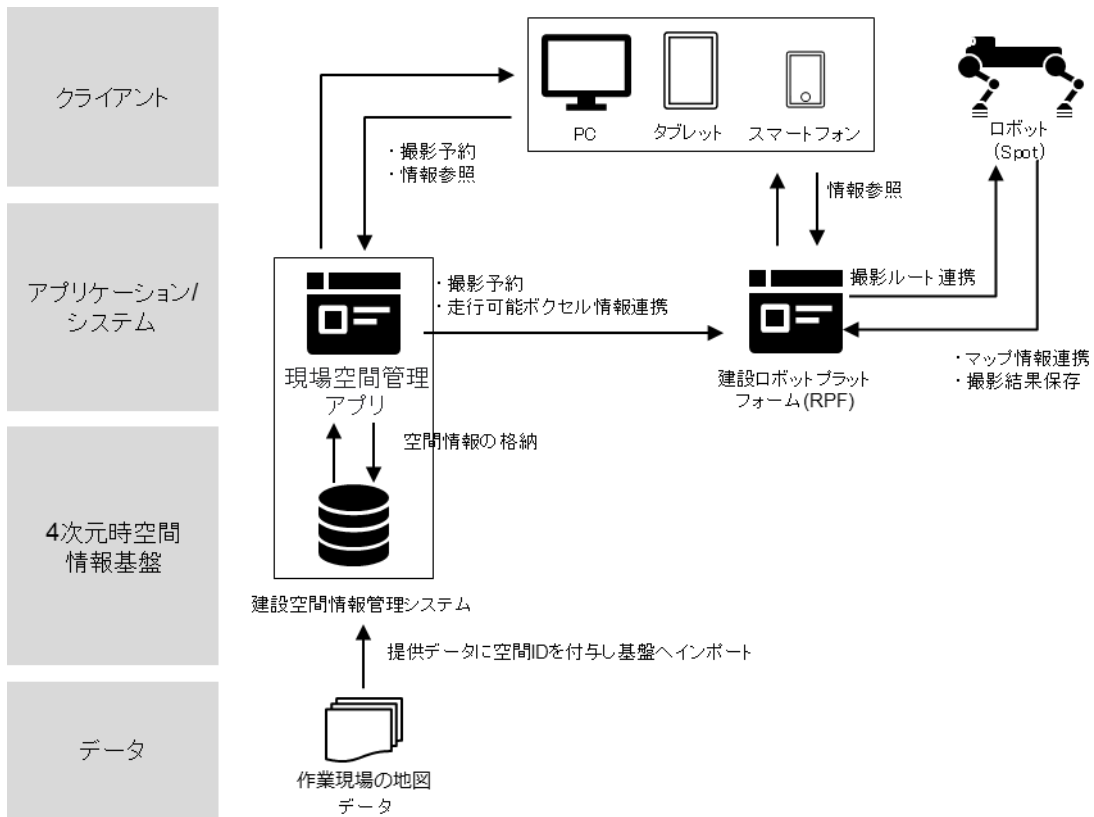


図 3-5-2 システムアーキテクチャ

⑥ 実地検証の内容、⑦ 実地検証結果、⑧ 実証証スケジュール

初年度の主な取組となる技術的な検証については、3.6節に記載。

⑨ アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤの役割

本実証の対象となるレイヤと関連するプレイヤをマッピングしたアーキテクチャマップを図3-5-3に示す。

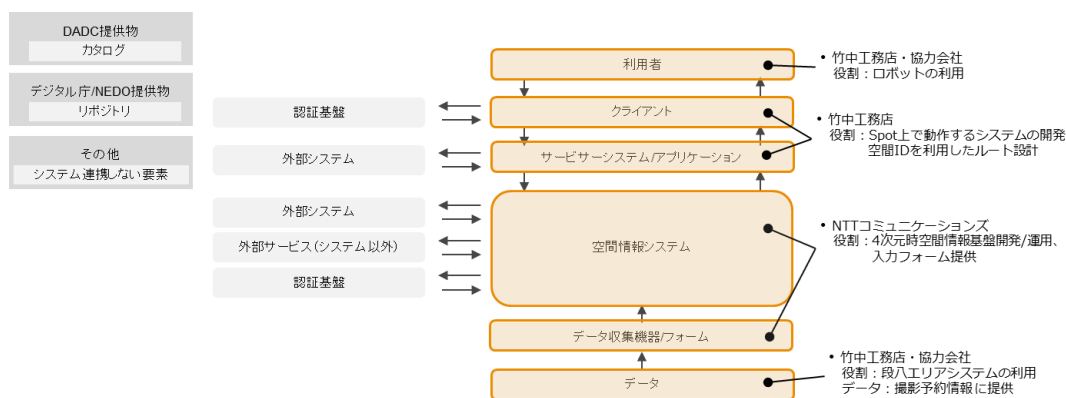


図 3-5-3 アーキテクチャマップ

3.6. 建設ロボットに関する技術検証（株式会社竹中工務店）

※本実地検証は、3.5節記載の建設ロボットユースケースにて実施予定。

①実証の概要・②背景課題・⑤システムアーキテクチャ・⑨アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤそれぞれの役割項目については、建設ロボットユースケースパートに記載。（3.5節参照）

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-6-1 アウトカム

観点	アウトカム
技術面	<ul style="list-style-type: none"> 3次元的な屋内・屋外での移動 処理負荷軽減による様々なロボット端末での利用 ロボットのルート設計処理簡略化 インターフェースの統一による連携システム毎の個別開発からの脱却

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定する。

表 3-6-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
技術面	<ul style="list-style-type: none"> ・ルート設計処理の短縮率 ・システム開発時の工数削減率 ※空間 ID を利用しなかった場合の概算との比較となる想定	<ul style="list-style-type: none"> ・ルート設計時の処理負荷軽減率 ・ルート設計機能開発の工数削減率 ・対応可能ロボット数 ・MAP 作成機能の開発工数削減率 ・外部システム連携の開発工数削減率 ・対応可能な外部システム、ロボット数

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

開発したシステムを建設現場に実導入し、機能が正常に動作することを検証する。また、業務上・運用上の課題を発見することを目的に実施する。竹中工務店管轄の建設現場にて、本実証にて開発したロボット管理システムを試験導入し、その使用感をヒアリングする。

➤ 実証時期（初回）

2023 年 10 月～2024 年 1 月頃(仮)

➤ 実証場所

- ・屋内・屋外移動の検証：協力会社保有の工場の建屋及び周辺エリア
- ・現場空間管理アプリとの連携検証：施工中の竹中工務店管轄の建設現場

➤ 測定項目と測定方法

初回の実地検証では、竹中工務店管轄の現場にて建設実証用ロボットを配置し、機能のテスト、業務プロセスの代替検証を行う。屋内・屋外移動の検証と、現場空間管理アプリとの連携検証は別々の現場にて実施予定。表 3-6-3 に示す観点で検証項目を検討しており、今後は項目の追加及び具体化を図る。初回については、技術的検証点の検証を中心に実施予定である。初回の実地検証結果を踏まえ、社会的・経済的観点での実証を検討する。

表 3-6-3 検証観点

観点	検証内容	詳細
技術的検証点（ルート設計）	建設ロボットプラットフォーム (RPF) でのルート設計	Spot に取り扱える形でルート的设计ができるか、データ形式、ロジック、実用性を検証する。
	グローバル空間 ID→ローカル座標系への変換	緯度・経度・標高をベースとしたグローバル空間 ID からローカルの座標系へ変換可能か、変換精度を検証する。
技術的検証点（屋内外の移動）	屋内移動	下記の条件で屋内空間を指定したルート通りにロボットが移動可能か検証する。併せてズームレベルの適切さを検証する。 移動時の条件

		<ul style="list-style-type: none"> 指定したルートを走行すること。 走行ルート以外のエリアに立ち入らないこと。
	屋外移動	<p>下記の条件で屋外空間を指定したルート通りにロボットが移動可能か検証する。併せてズームレベルの適切さを検証する。</p> <p><u>移動時の条件</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 指定したルートを走行すること。 走行ルート以外のエリアに立ち入らないこと。
技術的検証点（写真撮影）	Spot 実機による工事写真の撮影	施工管理に扱える水準での写真撮影が可能か検証する。

⑦ 実地検証結果

実地検証については 2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 3-6-4 に示す。

表 3-6-4 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	要件定義 ロボット選定
2023 年度	実証① 空間 ID でロボットのルート設定を行うシステムに関する開発・実装・実証、現場空間管理アプリとロボットの空間 ID を使った連携・実証
2024 年度	実証② 現場空間管理アプリとロボットの空間 ID を使った連携・実証、複数異種ロボットの空間 ID を使った制御

3.7. 空間エンタメユースケース（株式会社竹中工務店、東京大学生産技術研究所 豊田啓介研究室）

① 実証の概要

本ユースケースでは、多種センサのリアルタイム空間情報を活用した新しいエンタメ体験の創出のためのシステムを構築する。本システムでは、アニメ制作会社の 3D アバターやバーチャルキャラクターを用いたエンタメ経験をローカルなサブプラットフォームの構築によって実装し、空間 ID との接続・連携の可能性を検証する。図 3-7-1 に実証の概要イメージを示す。

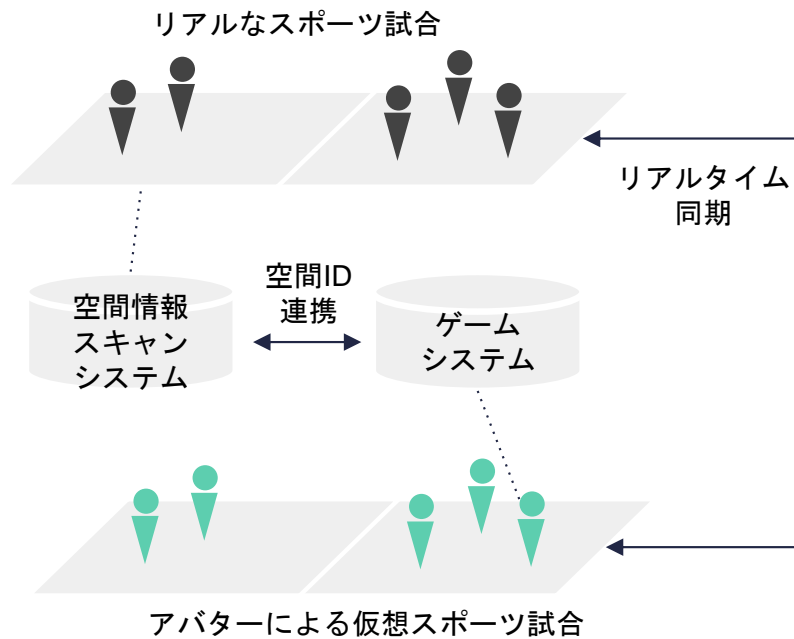


図 3-7-1 概要イメージ図

② 背景課題

エンタメ領域では、システムを繋ぐ統一基準がなく、システム間・データ間の連携が進んでいない。そこで本実証では空間情報を活かしたエンタメプラットフォームを構築する。本プラットフォームにより空間 ID を介して現実空間とデジタル空間を連携することで、様々な地点で空間を活用したエンタメ事業の展開を可能とする。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-7-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	<ul style="list-style-type: none"> • まちの魅力向上
経済的価値	<ul style="list-style-type: none"> • 建築物やまちの集客力向上 • 新しいエンタメビジネスの創出

④ KGI・KPI

現在、実証内容と併せて検討中。

⑤ システムアーキテクチャ

現在想定しているシステムアーキテクチャについて図 3-7-2 に示す。

※実証内容やシナリオを現在検討中のため、現状の想定を記載しており今後内容に変更の可能性あり。

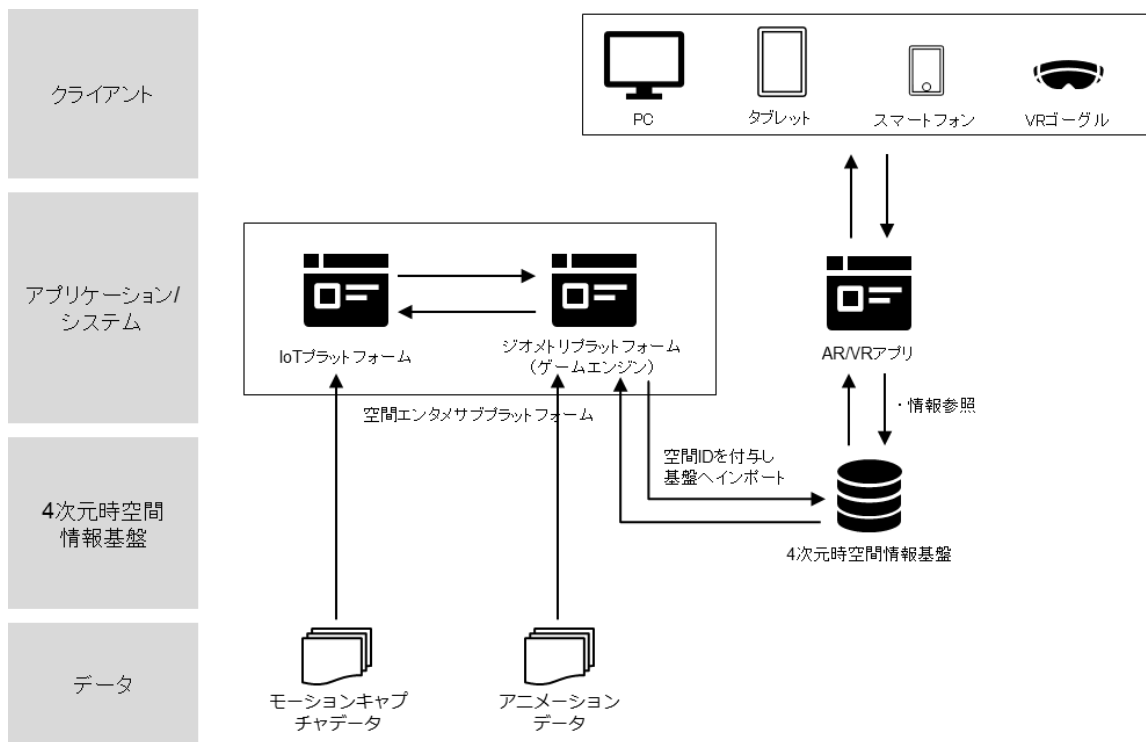


図 3-7-2 システムアーキテクチャ

⑥ 実地検証の内容、⑦ 実地検証結果、⑧ 実証スケジュール

初年度の主な取組となる技術的な検証については、3.8節 に記載する。

⑨ アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤの役割

本実証の対象となるレイヤと関連するプレイヤをマッピングしたアーキテクチャマップを図 3-7-3 に示す。

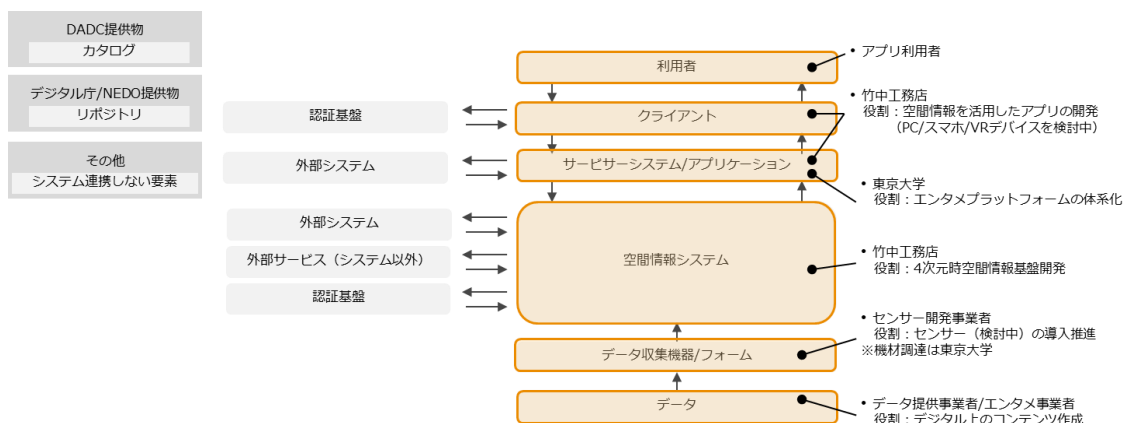


図 3-7-3 アーキテクチャマップ

3.8. 空間エンタメに関する技術検証（株式会社竹中工務店、東京大学生産技術研究所 豊田啓介研究室）

※本実地検証については、3.7 節記載の空間エンタメユースケースにて実施予定の検証である。

①実証の概要・②背景課題・④KGI・KPI・⑤システムアーキテクチャ・⑨アーキテクチャにおける本実証の対象レイヤとプレイヤーの役割の各項目については、空間エンタメユースケースパートに記載。（3.7 節参照）

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-8-1 アウトカム

観点	アウトカム
技術面	<ul style="list-style-type: none">公開仕様である空間 ID を活用することで、他の場所への横展開が容易センサ類の ID 識別だけでなく、位置・移動に関する情報を取得可能サブプラットフォームを構築することで、狭域かつ更新性が必要なエンタメ体験と接続・連携できる可能性

⑥ 実地検証の内容

➤ 概要

アニメ制作会社の 3D アバターやバーチャルキャラクターを用いたエンタメ経験を、ローカルなサブプラットフォームを構築することで実装し、空間 ID との接続・連携の可能性を検証する。

➤ 実地検証のゴール

現在検討中。

➤ 測定項目・測定方法

現在検討中。

⑦ 実地検証結果

実地検証については 2023 年度以降実施予定。

⑧ 実証スケジュール

実証スケジュールについて表 3-8-2 に示す。

表 3-8-2 実証スケジュール

実施時期	実証項目
2022 年度	<ul style="list-style-type: none">4 次元時空間情報基盤システム要件検証機器選定

	・実施計画策定
2023 年度	・実証①（サブプラットフォームの構築、空間 ID への提言とりまとめ）
2024 年度	・実証②（スプリント 2 の提言を反映した空間 ID との接続・連携の検証）

3.9. 複雑な建物内での移動・輸送 ユースケース（ダイナミックマッププラットフォーム株式会社、ソフトバンク株式会社、ビーブリッジ株式会社）

① 実証の概要

空間 ID を用いた屋内外の座標系の共通化・空間データの共有を実現するために、空間 ID を活用した自律移動ロボットによる配送可否、および空間 ID に紐づくデータの連携による AR ナビゲーションを検証する。

- ・ 配送ロボットが初期位置を特定する際に、基盤システムから位置情報として空間 ID を取得する
- ・ 配送ロボットが配送場所までのルート計算を行う際に、必要なジオメトリ情報と基準点情報を空間 ID から変換する

② 背景課題

自律走行ロボットによる配送ニーズは少子高齢化や地方の空洞化などを背景として、高齢者や過疎地域住民等の買い物弱者対策や人手不足対策ならびに災害時の物資輸送等として想定されている。

一方、技術面・ビジネス面では、屋内外移動では座標系が異なるため、シームレスな移動ができず、開発にかかる工数が膨らみ、配送サービスアプリ開発者の開発コスト増加に繋がっている。また、自動走行に活用する地図は走行前に取得する必要があるため、個別の事業者が保有しているため、他事業者で地図を作成した場合であっても、別の事業者が自律走行ロボットを導入する際は、地図生成・開発を新たに行う必要がある。

この地図生成が施設管理者をはじめとした配送サービスの潜在顧客たちの導入コストにつながり、自律走行ロボットの普及の障害となっている。

本ユースケースでは、空間 ID の活用により上記課題が解決した将来ビジョンを次のように設定した。

- ・ 屋内外・ビル間の共有座標系として、屋内外シームレス移動支援の実現
- ・ 関連する空間データの空間 ID との紐付けによる企業間でのデータ共有の実現

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-9-1 アウトカム

観点	アウトカム
経済的価値	・ロボットの普及に伴う業務効率化・ユーザー利便性向上

	・ 配送の利便性向上に伴う業務効率化・ユーザー利便性の向上
社会的価値	・ 空間データの普及（公開化）に伴う情報のオープン化 ・ 空間 ID 活用関連の新規アプリ創出に伴う情報のオープン化

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定した。

表 3-9-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI
経済的価値	ロボットの普及に伴う業務効率化・ユーザー利便性の向上	空間 ID 活用時におけるロボット用地図生成コストの削減率
		空間 ID 活用時におけるロボット用建物情報整備コストの削減率
	配送の利便性向上に伴う業務効率化・ユーザー利便性の向上	空間 ID 活用時におけるロボット開発の対応工数の減少率
		空間 ID 活用時の配送リードタイムの削減率
社会的価値	空間データの普及（公開化）に伴う情報のオープン化	空間データの公開件数、閲覧数
	空間 ID 活用関連の新規アプリ創出に伴う情報のオープン化	新規アプリの創出件数

⑤ システムアーキテクチャ

本ユースケースのシステムアーキテクチャを以下に示す。

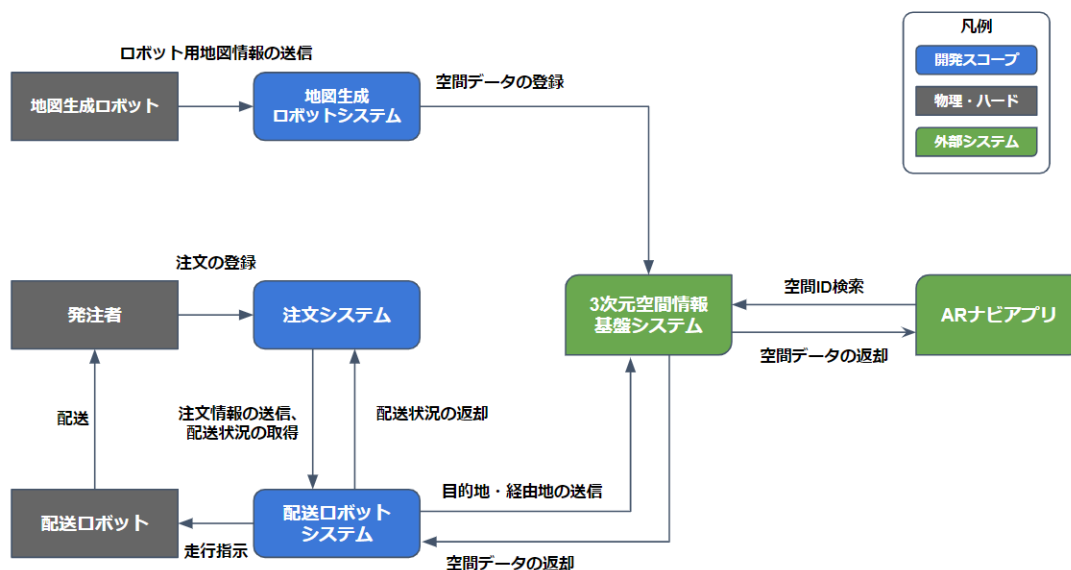


図 3-9-1 複雑な建物内での移動・輸送の問題解決のシステムアーキテクチャ
(出典：デジタル庁「デジタルツイン構築に関する調査研究」調査報告書より引用)

⑥ 実地検証の内容

2022年度の実証では以下の検証項目により、空間IDの活用可能性を評価した。

表 3-9-3 検証内容

分類	観点	検証内容
経済	地図生成コスト	ロボット走行に必要なロボット用地図の作成にかかるコスト (工数) ※現地視察の工数も含む
	建物情報整備コスト	ロボット走行およびルート設計に必要な建物情報の整備にかかるコスト (工数) ※現地視察の工数も含む
技術	空間 ID からロボット用地図における座標値の導出処理の実装	空間 ID の座標系 (グローバル座標) からロボット用地図の座標系 (ローカル座標) に座標変換を行うライブラリの開発・実装
	空間 ID を活用したルーティング及びロボット走行の実現	空間 ID をキーとして、地図・建物データ及び経由地・配送先の座標情報、エレベーターに設定される立入禁止情報を取得し、ロボットによる自律走行を実施
	適切なボクセルサイズの評価	地図・建物情報の登録、座標指定に適したボクセルサイズの評価・考察
	企業間でのデータ	空間 ID および基盤システムを用い、建物情報を他社に共有

	連携	し、有効活用が可能か検証
--	----	--------------

⑦ 実地検証結果

各検証項目に対する結果を以下に示す。なお結果の詳細は、デジタル庁からの委託を受けて対象事業者が遂行した「デジタルツイン構築に関する調査研究事業」に関する調査報告書を参照。

表 3-9-4 検証結果

分類	観点	目標値・目標状態	検証結果
経済	地図生成コスト	現状より削減	86%削減
	建物情報整備コスト	現状より削減	67%削減
技術	空間 ID からロボット用地図における座標値の導出処理の実装	技術的に実現可能	可能
	空間 ID を活用したルーティング及びロボット走行の実現		可能
	適切なボクセルサイズの評価	適切なボクセルサイズの導出	以下ボクセルサイズが適切と評価を行った。 建物 ID、フロア ID : zoom level22 建物 POI、KeepOut : zoom level26
	企業間でのデータ連携	技術的に実現可能	可能

(出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究」調査報告書より引用)

⑧ 実証スケジュール

2022 年度の実証スケジュールを以下に示す。

表 3-9-5 実証スケジュール

タスク	2022 年度						
	9	10	11	12	1	2	3
システム要件定義							
実証用システムの設計・開発							
データ・メタデータ仕様検討							
ユースケース実証							

実証成果の取りまとめ							
------------	--	--	--	--	--	--	--

⑨ **本実証のステークホルダーと役割**

本実証に係るステークホルダーと連携し、実証・開発を実施した。

表 3-9-6 実証ステークホルダー一覧

ステークホルダー	実証における役割
ソフトバンク株式会社	本実証の取りまとめ及び実施 配送ロボットシステムの提供 データ・メタデータの整備
株式会社ビーブリッジ	AR ナビゲーションアプリの提供
東急不動産株式会社	実証場所及びBIMデータの提供
アストラック株式会社	空間 ID 活用に関する工数削減及び有効性のヒアリング先
ダイナミックマッププラットフォーム株式会社	地図・GIS 基盤システムの提供

3.10. 時間軸を考慮した災害情報の統合・提供 ユースケース（ダイナミックマッププラットフォーム株式会社、一般財団法人リモート・センシング技術センター）

① **実証の概要**

空間 ID を用いて、衛星観測データ、SNS データを使った河川氾濫情報の管理と情報可視化に関する実証を行い、災害への備えと災害状況の把握の高度化等へ向けた検討を行う。実証対象は佐賀県六角川で過去発生した河川氾濫とし、佐賀県庁、六角川流域市町と連携して検証する。

② **背景課題**

気候変動の影響などにより各地で気象災害が激甚化している中で、河川氾濫などの被害が繰り返し起こっており、各自治体など行政の対策としてより高度な情報管理と過去情報を用いた備えが重要視されている。

現状、衛星データや SNS 情報から推定された浸水域及び浸水深の情報は 2 次元データとして提供され、取り扱われることが主流である。同様に、ハザードマップ等の防災情報も 2 次元情報として主に利用されている。また、SNS などを用いた情報の収集・選択や、各情報ソースからの浸水想定箇所の特定、その時間推移、平時との比較など取り扱いが極めて煩雑になることが課題である。

本ユースケースでは、空間 ID の活用により上記課題が解決した将来ビジョンを次のように設定した。

- ・ 空間 ID を用いて 2 次元情報を 3 次元情報として標準的に取り扱えるようになることで、行政が判断の際に用いる情報の選択肢を増やし、適切かつ迅速な対応ができるようになる。
- ・ 任意の空間・時間で分析することができるようになる。

- ・ 災害対策のための分析や防災教育等による防災能力向上が効果的・効率的に行えるようになる。

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-10-1 アウトカム

観点	アウトカム
社会的価値	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高精度な浸水ハザードマップ利活用の普及 ・ より安全性の高い防災マップ・避難計画の策定 ・ ユーザー利便性の向上

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定した。

表 3-10-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI (経済的・社会的検証項目)
社会	高精度な浸水ハザードマップ利活用の普及	ハザードマップ：自治体保有の実績データとの整合性 ハザードマップ・防災マップ：既存システムとの互換性
	より安全性の高い防災マップ・避難計画の策定	防災マップ：既存データとの互換性
	ユーザー利便性の向上	3次元情報可視化とインタラクティブ性のユーザー評価

⑤ システムアーキテクチャ

本ユースケースのシステムアーキテクチャを以下に示す。

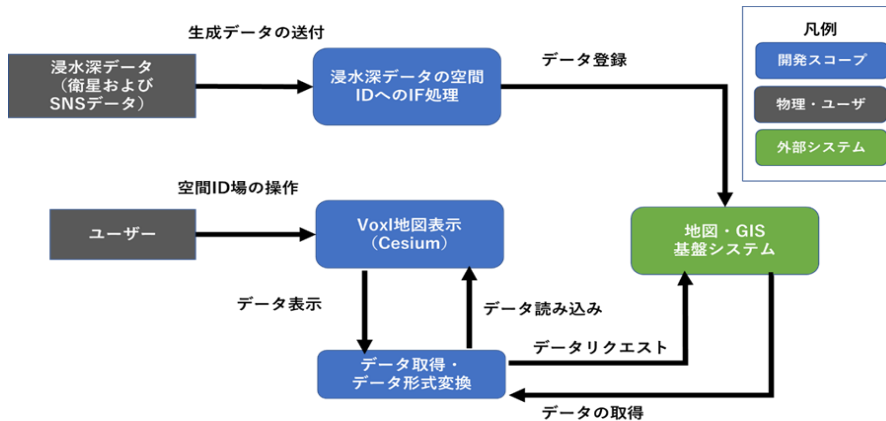


図 3-10-1 統合災害情報の提供におけるシステムアーキテクチャ

(出典：デジタル庁「デジタルツイン構築に関する調査研究」調査報告書より引用)

⑥ 実地検証の内容

2022年度の実証では以下の検証項目により、空間IDの活用可能性を評価する。

表 3-10-3 検証観点

分類	観点	検証内容
社会	【ハザードマップ】 自治体保有の実績データとの整合性	自治体が所有している被災情報及び自治体が参照している国土地理院などの情報と、本実証での浸水深マップ結果について、浸水域、浸水深に関する比較評価を実施
	【ハザードマップ・防災マップ】既存システムとの互換性	将来的な想定ユーザーである自治体（佐賀県庁、六角川流域市町）の担当部局の既存運用状況と実証システムの想定運用を比較して、互換性高い利用が可能かヒアリング、アンケートを実施
	【防災マップ】 既存データとの互換性	将来的な想定ユーザーである自治体（佐賀県庁、六角川流域市町）の担当部局が現在利用しているデータと実証システムの想定運用を比較して、互換性高い利用が可能かヒアリング、アンケートを実施
	3次元情報可視化とインタラクティブ性のユーザー評価	将来的な想定ユーザーである自治体（佐賀県庁、六角川流域市町）の担当部局に実証システムのデモを行い、その結果についてヒアリング、アンケートを実施
技術	データ変換工数：異なるフォーマットの変換処理	空間IDを起点として、ラスターフォーマットなどの効率的に変換が可能か検証
	データ整備工数：座標系などの変換処理	各2次元座標と3次元座標および時間情報を効率的に持たせることは可能か検証

⑦ 実地検証結果

各検証項目に対する結果を以下に示す。なお結果の詳細は、デジタル庁からの委託を受けて対象事業者が遂行した「デジタルツイン構築に関する調査研究事業の調査報告書」を参照。

表 3-10-4 検証結果

分類	観点	目標値・目標状態	検証結果
社会	【ハザードマップ】 自治体保有の実績データとの整合性	SNSと衛星画像の統合による高度なハザードマップの作成	既存情報と比較し、使用に耐えうる（暫定）
	【ハザードマップ・防災マップ】既存システム	アンケートの対応する設問において、実現可能な件が	100%

	ムとの互換性	半数以上	
	【防災マップ】 既存データとの互換性	アンケートの対応する設問 において、実現可能な件が 半数以上	67%
	3次元情報可視化とイン タラクティブ性のユー ザー評価	アンケートの対応する設問 において、実現可能な件が 半数以上	75%
技術	データ変換工数：異なる フォーマットの変換 処理	技術的に実現可能	可能
	データ整備工数：座標 系などの変換処理		空間 ID で管理が可能。時 間情報は UI 側で切替え表 示させることを実現した

(出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究」調査報告書より引用)

⑧ 実証スケジュール

2022年度の実証スケジュールを以下に示す。

表 3-10-5 実証スケジュール

タスク	2022年度						
	9	10	11	12	1	2	3
システム要件定義							
実証用システムの設計・開発							
データ・メタデータ仕様検討							
ユースケース実証							
実証成果の取りまとめ							

⑨ 本実証のステークホルダーと役割

本実証に関するステークホルダーと連携し、実証・開発を実施した。

表 3-10-6 実証ステークホルダー一覧

ステークホルダー	実証における役割
一般財団法人リモート・センシング技術センター	・空間 ID を活用した防災ユースケースの開発、実証遂行 ・衛星データの解析および空間 ID への対応付
株式会社 Spectee	・SNS データの解析および空間 ID への対応付 ・UI の開発
佐賀県庁	実証場所の提供および実証関係者取り纏め
ダイナミックマッププラットフォーム株式会社	地図・GIS 基盤システムの提供

3.11. BIM・建物データ等を連携させた CPS ユースケース ロボット運行最適化、空間の広告価値評価）（ダイナミックマッププラットフォーム株式会社、株式会社竹中工務店）

① 実証の概要

建物内の空間情報を分析し、建物の形状と人流データ等のセンサのデータから空間ごとの特性を算出することで、スマートビルのユースケースへの適用を調査する。スマートビル全体としては複数のユースケースが考えられるが本実証においてはロボットの最適化運転と広告価値の分析、評価をスコープとして実証を行う。

② 背景課題

建物に関するデータを活用することで、「省人化」「省エネルギー」「健康増進」等これまでになかったような高度な機能を持つスマートビルへの取組が進んでおり、スマートビルをはじめとする建物におけるデータ活用を加速させるための「ビル OS」といったデータプラットフォームの構築が普及しつつある。

一方、アプリケーション開発においては建物ごとに収集するデータが標準化されていないことから、建物ごとの個別開発・カスタマイズが発生し、アプリケーションひとつひとつの導入コストが大きくなる傾向にある。

現状では各データの記述方法が異なることから、インデックス化されていないシステムごとのデータを取得・管理しており、それに紐付く機器や位置の記述方法についてもシステムごとで異なる為、統計的手法を用いたデータ利活用が難しいという課題がある。空間 ID を用いることで、機械学習等の AI 技術を用いた活用、システム間の連携を促進し、それにより実現を目指す将来像を次のように設定した。

- ・ 多くの施設内データが地図・GIS 基盤上に存在し、サードパーティベンダーが建物用アプリ（APP）を外販している状態（地図・GIS 基盤=iOS や Android にあたり、様々なベンダーがカスタマイズの必要ないアプリを販売）
- ・ ロボットの運転において、地図・GIS 基盤システム上から目的地までの経路情報を取得することで混雑回避や最短経路選択等に対応し、高品質のサービスをユーザーに提供している状態
- ・ 地図・GIS 基盤システム上から空間のもつ広告価値を取得することで、適正価格によって広告の売買がされ、デジタル空間・現実空間において壁面広告以外の 3 次元広告がユーザーに提供されている状態

③ アウトカム

本ユースケースが社会実装された際に創出されるアウトカムは以下の想定である。

表 3-11-1 アウトカム

観点	アウトカム
経済的価値	<ul style="list-style-type: none"> ・サービスの高品質化・標準化に伴うユーザー（ビルオーナー・エンドユーザー）の利便性・満足度向上 ・【ロボット】運転の効率化に伴うサービス向上 ・【広告】3D デジタル空間における広告提供手段の確立による、実空間におけるユーザーの体験向上

④ KGI・KPI

本実証では下記に示す KGI の達成を目標に、実地検証にて KPI 指標の達成状況を測定した。

表 3-11-2 KGI・KPI

観点	KGI	KPI (経済的・社会的検証項目)
経済	サービスの高品質化・標準に伴うユーザー（ビルオーナー・エンドユーザー）の利便性・満足度向上	<ul style="list-style-type: none"> ・データ収集可能なスマートビルの棟数（導入数、契約数）、棟あたりのデータの多様化（増加率） ・設備データを基にした混雑度予測精度
		<ul style="list-style-type: none"> ・1人APPあたりのコスト ・1人あたりの開発期間・リードタイム
	【ロボット】運転の効率化に伴うサービス向上	<ul style="list-style-type: none"> ・人手オペレーションによる人的コスト・リトライ時間の削減率（到着時間低減率）
	【広告】3D デジタル空間における広告提供手段の確立による、実空間におけるユーザーの体験向上	<ul style="list-style-type: none"> ・広告オーナーに適切な FB を与えるための「有効投資率（広告価値・広告費用）」の導入 ・広告の有無による消費者の行動変容の分析 ・空間 ID を用いた AR コンテンツ数

(出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究」調査報告書より引用)

⑤ システムアーキテクチャ

本ユースケースのシステムアーキテクチャを以下に示す。

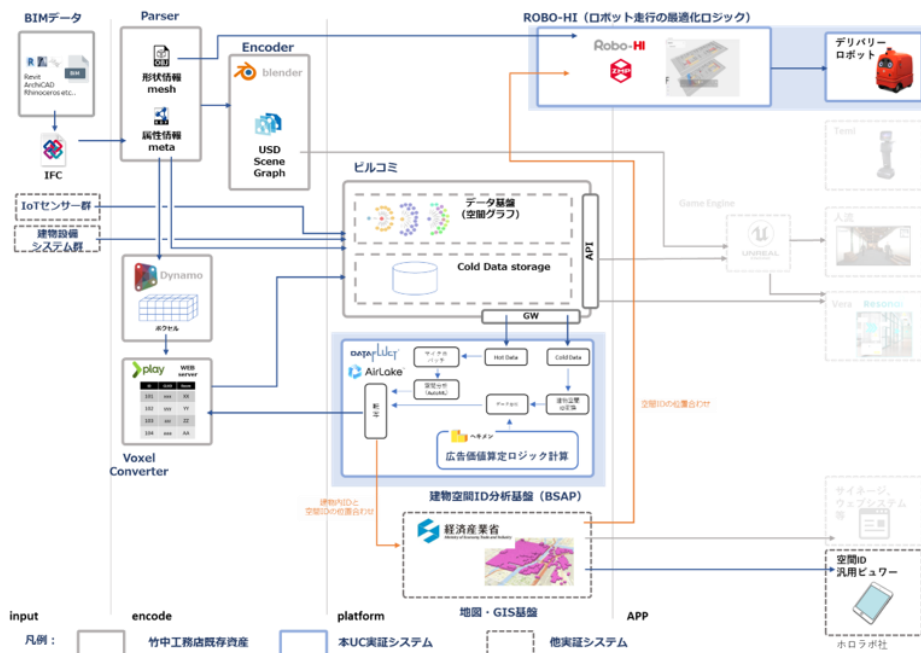


図 3-11-1 BIM・建物データ等を連携させた CPS におけるシステムアーキテクチャ
 (出典：デジタル庁「デジタルツイン構築に関する調査研究」調査報告書より引用)

⑥ 実地検証の内容

2022 年度の実証では以下の検証項目により、空間 ID の活用可能性を評価する。

表 3-11-3 検証内容

分類	観点	検証内容
経済	【CPS】混雑度予測手法	人流データを用いたボクセル単位の N 分後の混雑度の予測手法の検証・確立を行う
	【ロボット】適用ユースケース拡張のための人手のオペレーション低減の試行	混雑回避や最短経路選択による人手のオペレーションや走行時間の短縮による導入コスト削減により、ロボット・モビリティの実装を促進する
	【広告】広告価値算定手法	広告による人流データの変化（行動変容）の分析、屋内広告における広告価値算定手法の検証
技術	想定するシーケンス全体の完遂可否	(i) 建物内空間の空間 ID による分析 主として検証プロセス図「データ提供者層（建物空間 ID 分析基盤：BSAP）」にて処理されるボクセル単位の分析。詳細は同表内技術検証項目「BIM データのボクセル化」、「ボクセル単位での混雑度予測」に記載 (ii) 建物情報を用いたロボットの最適化運転 詳細は同表内技術検証項目「ロボット走行最適化」に記載 (iii) 広告価値の分析

		<p>詳細は同表内技術検証項目「ボクセル単位での視認性スコア算定」に記載</p> <p>以上 3 つのスコープにおいて実証し、空間 ID を用いたサイバーフィジカルシステム構築の妥当性を検証する</p>
BIM データのボクセル化		CGLL の BIM データを変換し、50cm サイズのボクセルへ変換を行い、メタデータを含めてローカルサーバに格納する。すべてのデータが正しく変換されているか、データの確認を行うとともに、ローカル環境の簡易ビューワーによって形状や LOD の確からしさについて検証する
ボクセル単位での混雑度予測		人流データを予測するモデルを構築し、実証実験場の混雑度の N 分後の予測を行う。タイムスパンは実証実験場のサイズを加味し、1 分後程度を想定するが、モデルからの出力結果によって流動的に検証を行う可能性がある。予測データを実情に照らし、空間ボクセル単位の予測にどの程度の整合性が確認できるか検証する。
ボクセル単位での視認性スコア算定		ToF (Time of Flight : 飛行時間) センサ・LiDAR から取得した人流データを用いて、本実証における広告価値の指標である注目度 (視認性スコア) をボクセルごとに算出する。ボクセルごとに算出した視認性スコアをもとに、空間ごとの持つ広告価値を分析し、通常屋外広告物といったマクロな視点で行われている広告価値をボクセル単位というマイクロな範囲に適応できるか検証を行う
ローカルボクセル座標と空間 ID の変換		BIM データは通常ローカルの座標系を持っており、共通ライブラリを用いることで空間 ID への変換を行う。ToF や LiDAR については、BIM の座標系に基づいて、座標値の変換が行われる。BIM 座標原点は、緯度経度との対応が取れているために、行列計算によって容易に変換することができる。
ロボット走行最適化		建物形状 (物理的な障害物) と人流データ (論理的な障害物) を元にロボット走行の最適化が可能か検証を行う

⑦ 実地検証結果

各検証項目に対する結果を以下に示す。なお詳細は、デジタル庁からの委託を受けて対象事業者が遂行した「デジタルツイン構築に関する調査研究事業の調査報告書」を参照。

表 3-11-4 検証結果

分類	観点	目標値・目標状態	検証結果
経済	【CPS】 混雑度予測手法	妥当性の高い整合性算出方法の検証・確立	混雑度予測モデルの予測精度 (F1 スコア) は 0.519、

			決定係数 (R2 スコア) は 0.534。妥当性は高いと判定。
	【広告】 広告価値算定手法	屋内広告における広告価値算定手法の検証・確立 (広告価値の導出・行動変容の割合)	ひとつの広告価値算定手法を確立し、広告有無による行動変容差異も確認。
	【広告】 行動変容の割合	広告価値の導出	空間ごとの広告価値の変化が見られ、屋内広告にボクセル単位での広告価値算出の手法は妥当。
技術	想定するシーケンス全体の完遂可否	技術的に実現可能	表 3-11-3 中の技術観点 (i) ~ (iii) の範囲に対して実証が完了し、シーケンス全体を完遂した。空間 ID を用いたビルにおけるサイバーフィジカルシステム構築は妥当。
	BIM データのボクセル化		変換処理及び粒度には問題なく、形状もデータ分析等の 2 次利用に十分使用に耐えうる。
	ボクセル単位での混雑度予測		混雑度予測モデルの予測精度 (F1 スコア) は 0.519、決定係数 (R2 スコア) は 0.534 妥当性は高いと判定。
	ボクセル単位での視認性スコア算定		建物 3D データと人流データを組み合わせて使う事で、定量的な視認スコアを計算する手法を開発し、00H を置いたことによる利用者の行動変を定量的に分析可能。
	ローカルボクセル座標と空間 ID の変換		全ての座標変換処理は問題なく実行完了。
	ロボット走行最適化		建物形状 (BIM データ・ロボットセンサーデータ) と混雑度データ (4 次元時空間情報基盤システムより取得) を用いて人手のオペレーションを

			介さないロボットの混雑地点回避走行が可能。
--	--	--	-----------------------

(出典：「デジタルツイン構築に関する調査研究」調査報告書より引用)

⑧ 実証スケジュール

2022年度の実証スケジュールを以下に示す。

表 3-11-5 実証スケジュール

タスク	2022年度						
	9	10	11	12	1	2	3
システム要件定義							
データ・メタデータ仕様検討							
システム詳細設計・実装							
・建物空間分析基盤							
・広告価値算定							
・ロボット走行の最適化							
ユースケース実証							
実証成果の取りまとめ							

⑨ 本実証のステークホルダーと役割

本実証に関するステークホルダーと連携し、実証・開発を実施した。

表 3-11-6 実証ステークホルダー一覧

ステークホルダー	実証における役割
株式会社竹中工務店	<ul style="list-style-type: none"> ・本実証の取りまとめ及び実施 ・ユースケース、コンセプト及び本実証システム全体のマネジメント・エンジニアリング
株式会社 DATAFLUCT	<ul style="list-style-type: none"> ・建物空間 ID 分析基盤 (BSAP) の構築 ・人流データの予測モデル ・モーションオーダーのボクセル座標系の空間 ID への変換
株式会社 ZMP	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボット及びロボット制御プラットフォームの提供 ・空間 ID を利用した走行ロジックの検討
株式会社ヘキメン	<ul style="list-style-type: none"> ・広告価値算定アルゴリズムの提供及び実装サポート
コモングラウンド・リビングラボ 運営委員会	<ul style="list-style-type: none"> ・実証場所の提供
株式会社ホロラボ	<ul style="list-style-type: none"> ・汎用 AR ビュワーの提供
ダイナミックマッププラットフォーム株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・地図・GIS 基盤システムの提供