

TAKENAKA

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/スマートシティに向けた空間ID／3次元空間情報基盤の研究・開発

 竹中工務店

事業背景・目的

建築現場での人手不足や安全性向上の必要性などを背景に、空間IDを活用した自律移動ロボットによる業務代替の可能性を実証することを目的としている

事業背景

建設業界では**建設現場要員の不足**が見込まれており、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く安全性が求められているため、ロボットへ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。

ロボット活用の課題として、屋内外を統一管理する座標系が無いことにより自律移動による屋内外を行き来することが困難である点や、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り、それらの課題を解決する技術が必要となっていた

実施目的

本実証では、空間IDにより施工管理とロボット動作管理の間で統一された空間管理を実施することにより、屋内外及び3次元方向での施工管理と連携した建設ロボットの自律移動制御を可能とし、ロボットによる人間の業務代替の実現可能性を高めることを目的とする。

ロボットが目的地で撮影した画像によって現場職員や施工管理者は施工管理を行うことができ、労務費削減、人手不足解消、安全性の向上の効果が期待できる。また、空間IDを活用することによる、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効果が期待できる。

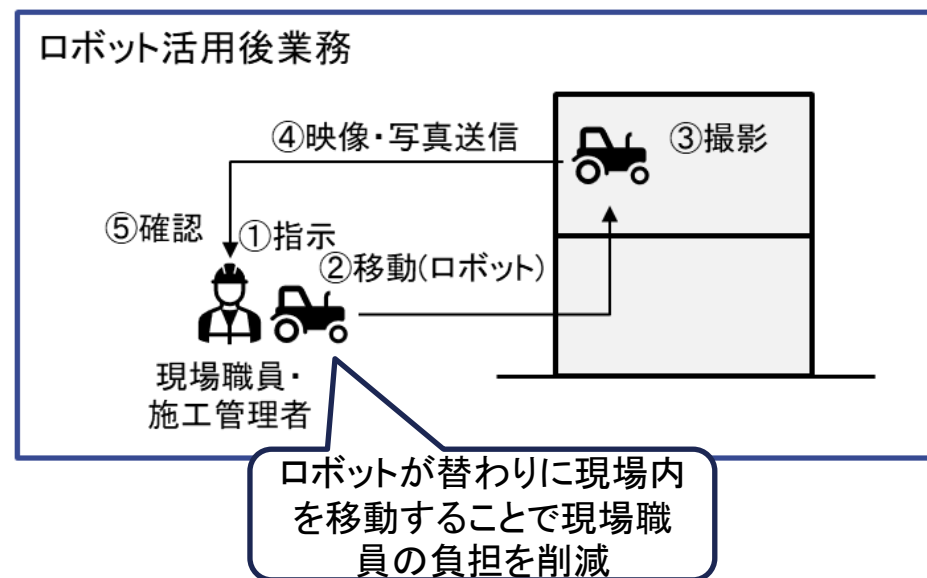
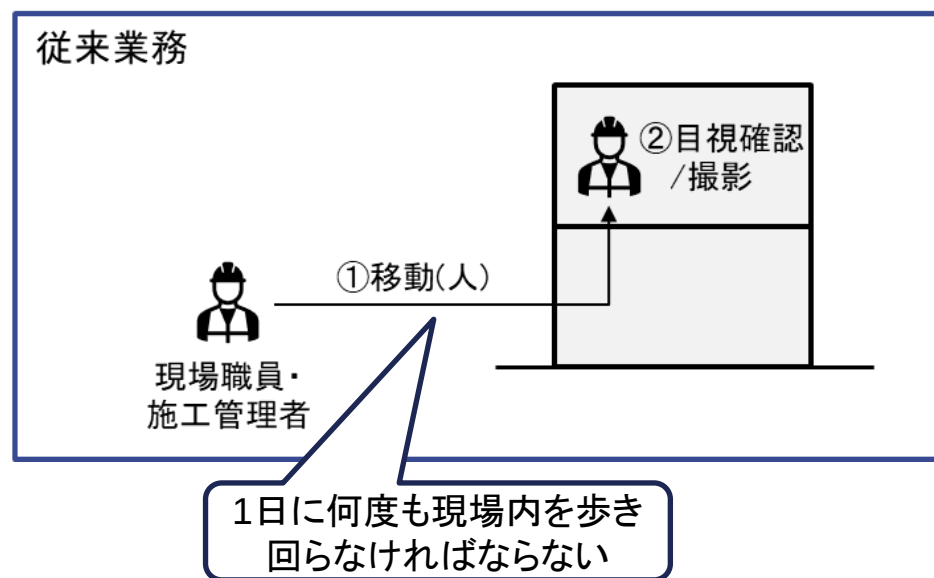
ユースケース概要

代替する業務には、施工管理者による現場の巡回・記録を設定し、業務要件の設定およびシステムの設計開発を行った

ユースケース概要

従来の業務では施工管理者が建築現場現地へ移動し、巡回や写真撮影による記録を行っていた業務をロボットにより代替することで、人手不足の解消を目指す。
当ユースケースによりロボットの自動巡回の効果が高えられることで、施工管理者の業務効率化が期待できる。

■想定される業務の変化



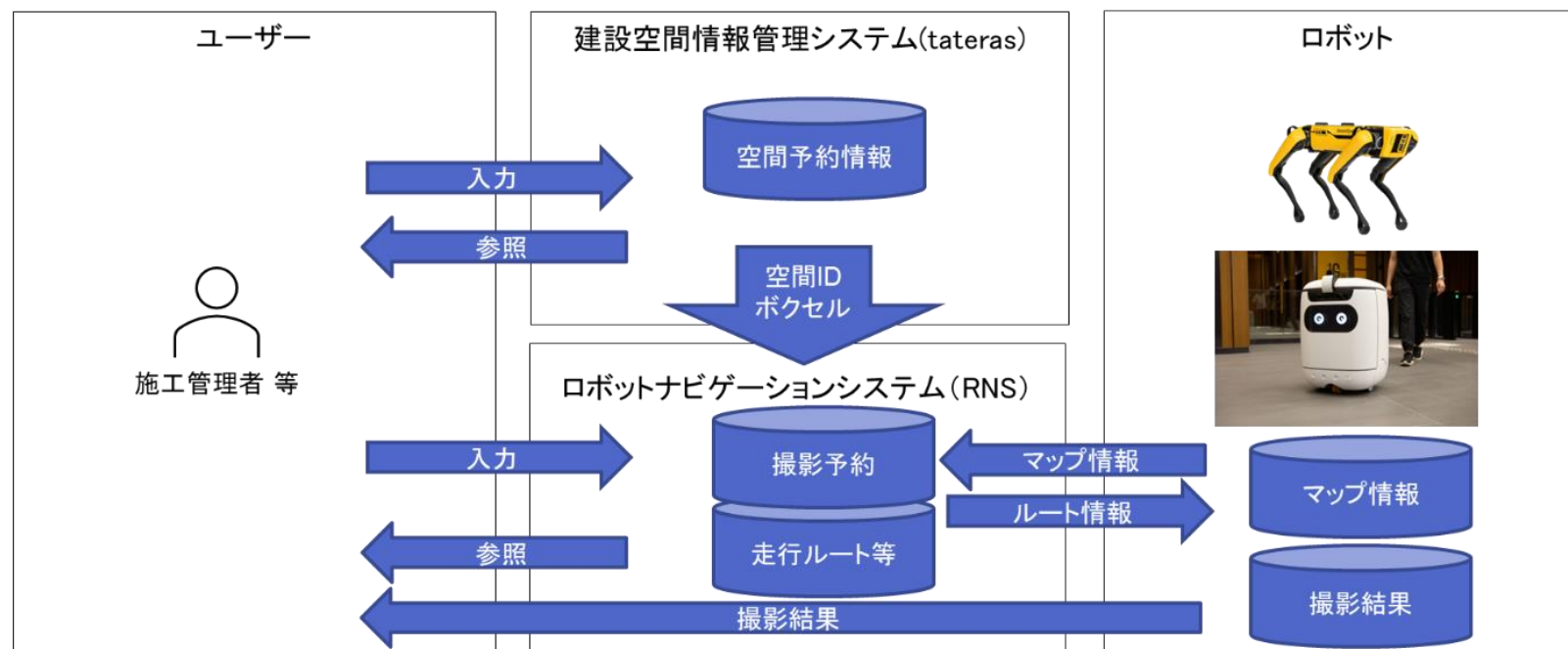
開発概要

「tateras」と「ロボットナビゲーションシステム（RNS）」を空間IDにより連携することで、ロボットが現場の情報を適切に取得し、安全な運行を行うシステムを開発した

開発概要

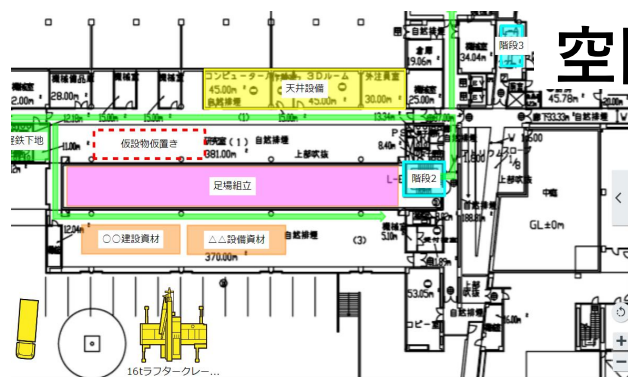
建設現場の建設空間管理システムである「tateras」と、新規に開発したロボットナビゲーションシステム（RNS）間において空間IDに基づく空間情報のインターフェース仕様の策定、及びロボットの運行に必要な機能の策定と開発を行い、その技術的な実現性及び経済的・社会的価値を検証する。

■想定アーキテクチャ

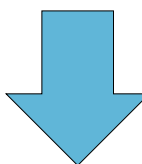


空間IDを介してtateras情報をロボットが活用

taterasの作業エリア情報を空間ID化してロボットと共有することで、作業状況に合わせたロボットのルート作成が可能



空間管理データ



ロボットで現場写真撮影



現場を歩き回らず施工管理

実施体制

本事業の委託を受け、竹中工務店とNTTコミュニケーションズが中心に実証を実施。
空間IDによるシステム間連携にはGeoloniaが開発した空間IDライブラリを利用。



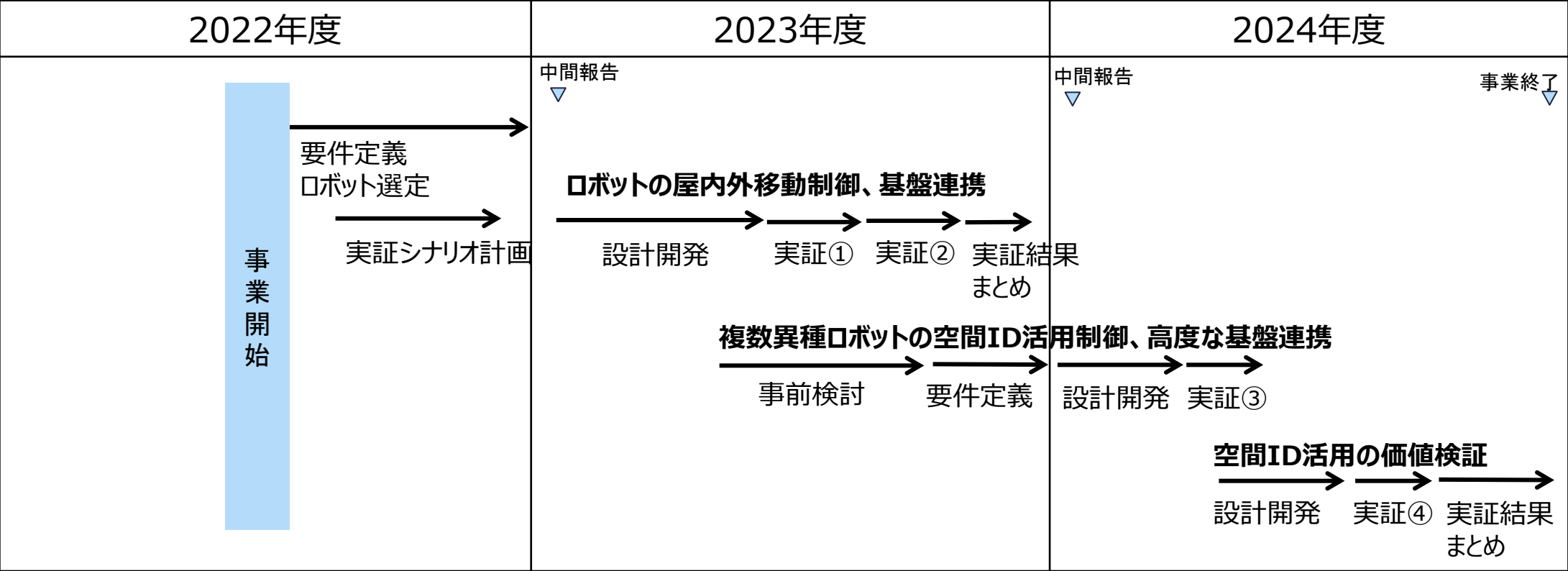
実証項目ごとの目標と根拠

ロボットと空間IDを連携させたルート設定・自律移動の実証に加え、tateras連携、複数種類のロボットとtaterasの連携の3つの実証を行った

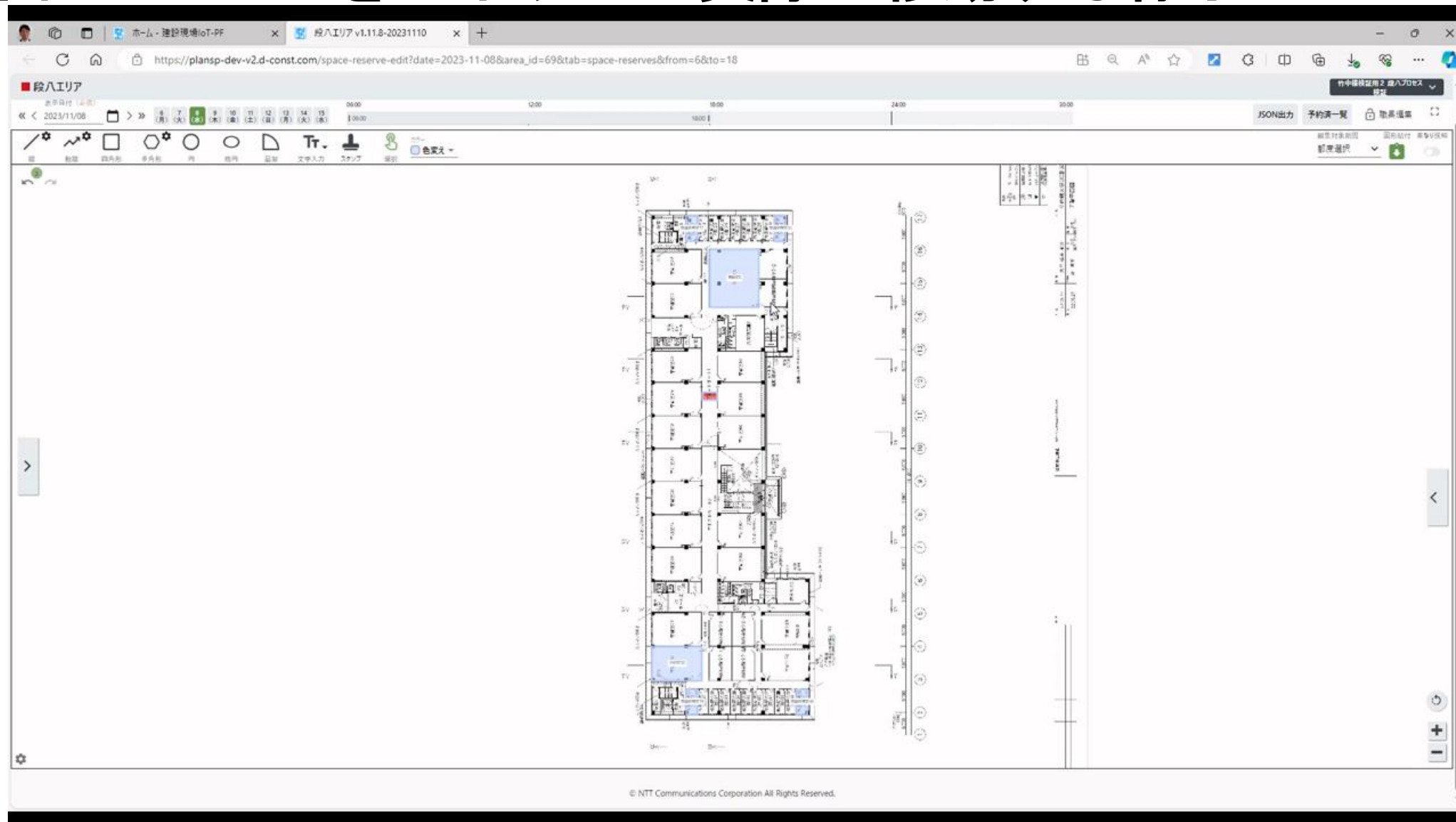
実証項目	概要	目標	設定根拠
①空間ID でロボットのルート設定を行うシステムに関する開発・実装・実証	4次元時空間情報基盤に位置する「tateras」から、現場図面と地理座標情報を連携し、「ロボットナビゲーションシステム（RNS）」側で統合マップとして管理を行う。建設現場にて、作成したルート（階移動、及び屋内外移動を含む）に基づく自律走行を実施する。	- 空間IDをルート設計へ活用する仕様の確立 - 空間IDからロボットの座標系へ変換と、変換精度の検証 - 屋内外空間ロボットが移動可能か検証	建物内のルート設定には3次元の精密なマッピングが必要なのが現状であり、空間IDによりマッピングが不要となることを期待したため
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	「tateras」に登録された空間予約情報を、空間IDに紐付けてロボットナビゲーションシステムへ連携し、ロボットの走行ルートの設計を行う。 自律走行ロボットを活用することにより、作業現場における安全性向上や、業務効率化による経済効果等を計測する。また導入に際しての課題を抽出する。 自律走行ロボットの活用にあたり、空間IDを利用して空間情報を活用することの利点や課題を抽出する。	空間IDを活用した「tateras」とロボットナビゲーションシステムの連携方法を検証	ロボットが建築現場を安全かつ中断をせずに移動するために、現場の最新の情報を適切に取得できる情報源が必要。 これまで、taterasとロボットのシステムを連携するためには座標変換を行うための開発が必要であったが、空間IDによりそれらを簡略化可能と期待したため
③複数異種ロボットの空間IDを使った制御・実証	複数の異なる種類のロボットにおいて、tateras作業間調整で管理される空間情報を、空間IDを利用することで連携・処理し、自律走行を実施する。	複数異種ロボットが共通して空間IDを利用することで連携・処理し、自律走行が可能か検証	業務ごとに適切なロボットを導入するため、空間IDとtaterasの連携は複数種のロボットで簡易にできる必要があるため

研究開発スケジュール

3か年を通して、空間IDを活用した空間管理アプリとロボットの連携システム構築により、建設現場において従来人手で実施される業務のロボット代替が可能か検証を行った。



実証動画：tateras予約からロボットルート設定し、設定されたルートをロボットが実際に移動する様子



実証項目ごとの目標達成状況

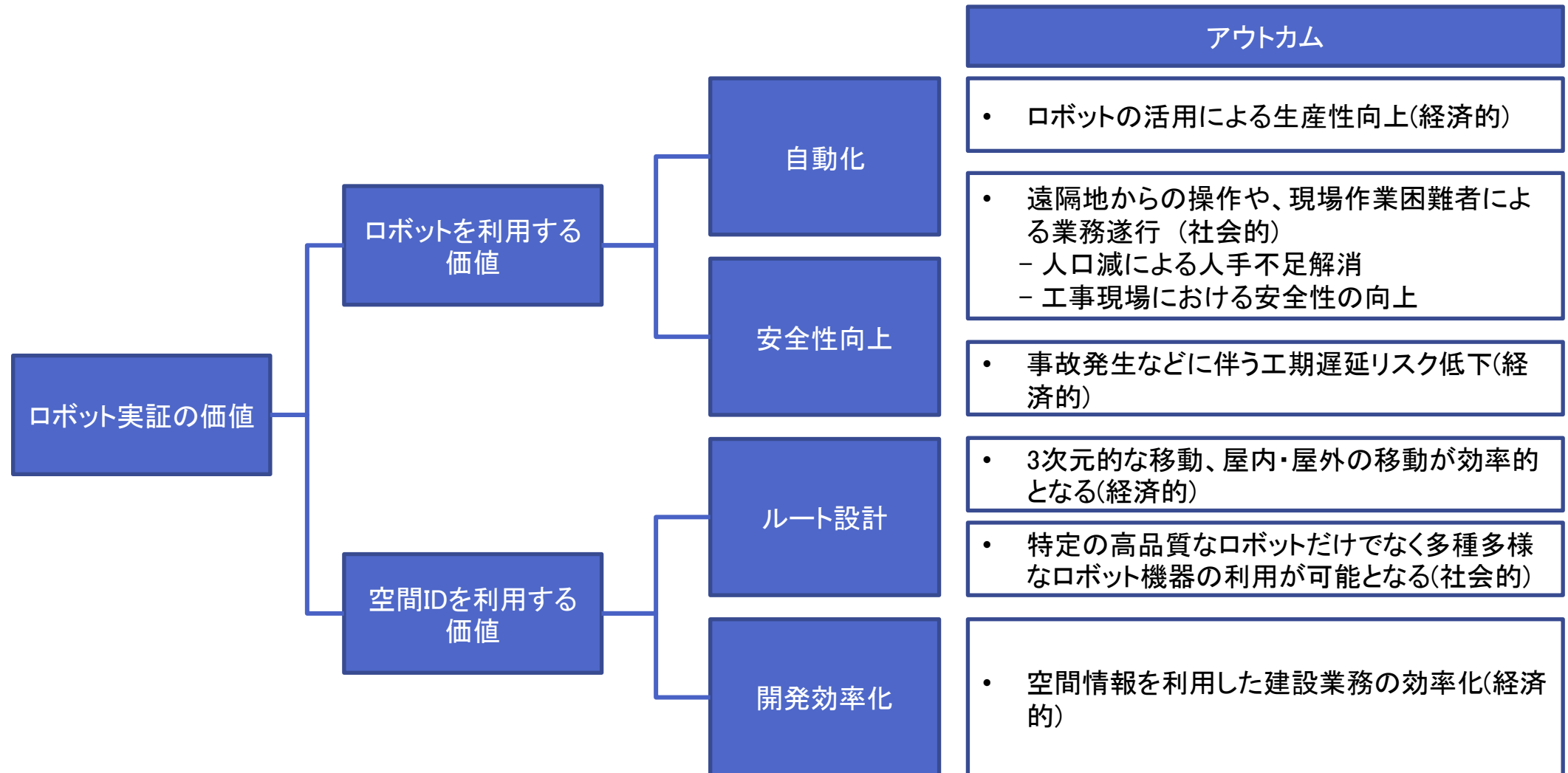
本実証における目標は全て想定通りに達成

達成度凡例
 ○：計画通り
 ◎：計画以上
 △：目標一部未達成

実証項目	目標	成果	達成度（※）
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	- 空間IDをルート設計へ活用する仕様の確立 - 空間IDからロボットの座標系へ変換と、変換精度の検証 - 屋内外空間ロボットが移動可能か検証	- 指定したルートをロボットが自律移動出来ることを確認。 - 空間IDの高さ情報を用いて複数フロアを跨いだ自律移動ができることを確認。	達成度：○ 空間IDにより指定したルートの移動を実現 複数フロア、屋内外の移動を実現
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	空間IDを活用した「tateras」とRNSの連携方法を検証	taterasの情報をRNSに取り込み可能なことの確認	達成度：○ 空間IDによる、「tateras」と「RNS」の情報連携を実現
③複数異種ロボットの空間ID を使った制御・実証	複数異種ロボットが共通して空間IDを利用することで連携・処理し、自律走行が可能か検証	tateras'情報、複数種ロボットのルート情報をRNSに取り込み、自律移動の実施を確認	達成度：○ 本実証では、「Spot」と「RICE」の二種のロボットの自律移動を実施

建設ロボットユースの目指すアウトカム

本実証においては、ロボットを利用すること自体と、ロボットの活用において空間IDを活用することの2軸に整理して価値創出を見込む



建設ロボットユースの価値(ロボットを利用する価値)

ロボットを活用することによって創出されるアウトカム/KGI/KPIを以下のように整理

	アウトカム	KGI (アウトカム達成を評価する指標)	KPI(本実証中に効果検証:★) (直接計測を行う指標)
自動化	ロボットの活用による生産性向上(経済的)	- 成果量の増大 - 人件費/労務費削減	- 作業員の単位期間当たりの工数 - ロボットの単位時間当たりの工数
	- 遠隔地からの操作や、現場作業困難者による業務遂行(社会的) - 人口減による人手不足解消 - 工事現場における安全性の向上	- 人間による現場業務削減 - ロボットへの業務代替	- 作業員の現場滞在時間/移動距離 - ロボットの現場滞在時間/移動距離
安全性向上	事故発生などに伴う工期遅延リスク低下(経済的)	ヒューマンエラーによるリスク削減	現場作業員の安全性に関するアンケート結果

建設ロボットの価値(空間IDを利用する価値)

空間IDを活用することによって創出されるアウトカム/KGI/KPIを以下のように整理

	アウトカム	KGI (アウトカム達成を評価する指標)	KPI(本実証中に効果検証:★) (直接計測を行う指標)
ルート設計	3次元的な移動、屋内・屋外の移動が効率的となる(経済的)	空間IDによるロボット運行の効率化	空間IDを用いたルート設計業務に係る工数(業務工数・習得工数) ※ロボット単体で用いた場合との比較
	特定の高品質なロボットだけでなく、多種多様なロボット機器の利用が可能となる(社会的)	ロボットへの業務代替	- ロボットへの代替業務種別数 - 空間ID対応ロボット種別数
システム効率化	空間情報を利用した建設業務の効率化(経済的)	空間情報の活用範囲の増大	MAP作成、現場写真管理などの空間情報を活用した業務に係る工数(業務工数・習得工数) ※空間IDを用いない場合との比較

KPIの達成状況

KPIの達成状況を評価するために、検証した自動化率を用いて業務時間の削減量、それに伴う人工の削減量を算出

■KPIの計測（前提）

算出の条件

- 1周60分の巡回を1日3回実施する現場職員が3人
- 3回の巡回のうち2回の巡回をロボットが実施
- 3人それぞれ巡回の代わりに10分の撮影画像確認時間を要する

自動化率から現場職員の削減時間を算出し、更に職員の時間当たりの単価を5,000円とし、月当たり20日間の業務があるとする、1ヵ月あたりでの削減量は以下の表となるとして、業務削減時間などを算出した。

tateras連携の有無	手動介入割合(自動化率)(*)	業務時間削減量	人工削減量
tateras連携なし	54.6%	136分	65,000円
tateras連携あり	22.1%	233分	90,800円

(*)ロボットの自律移動中、ルート上の障害物検知や作業員作業との重複などにより自律移動を中断し、手動での移動を行った割合

■ロボットを利用する価値のKPI達成状況の概要

巡回業務削減時間：136/360分
現場の危険リスク：1/3

■空間IDを利用する価値のKPI達成状況の概要

巡回業務削減時間：100分程度（ロボット導入のみと比較）
tateras連携開発工数：28%（単一ロボットシステムのみとの開発と比較）

ロボットを導入したのみでは活発に動いている現場では自動化率は想定より低い、tateras連携することで自動化率が向上し、ロボットを使った巡回業務の補助による労務費削減や生産性向上が見込まれることが分かった

まとめ：実証の成果と意義

本実証で得られた成果を建築現場全体に波及させたと仮定した場合には、業務効率化による人手不足解消や労務費削減のほか、現場の安全性向上の効果も想定される

成果

- 指定したルートをロボットが自律移動出来ることを確認。
- 空間IDの高さ情報を用いて複数フロアを跨いだ自律移動ができることを確認。
- tateras情報、をRNSに取り込み可能なことの確認
- tateras情報、複数種ロボットのルート情報をRNSに取り込み、自立移動の実施を確認

意義

- 日々変化する現場の状況を、taterasを介してロボットへ連携しておくことでロボットにとって想定外の変化による自律移動の中断率を減らせることができ、巡回作業をロボットにより代替することで大きな効果を得られる期待が持てた
- 現場に立ち入る職員が増えれば事故発生の確率も累乗で高くなっていくが、これらをロボットに代替することで現場への立ち入り人数を減らすことができ、現場の安全性向上につなげられる

今後更に他システムとも空間IDを介して連携することにより、資機材管理や資材搬入出の効率化が期待できる

事業化の戦略・具体的取組

ロボットを活用した施工管理手法の事業化をめざす。
 アプリに関しては「tateras」の活用と、「RNS」を改善および事業化し、
 ロボットは市販の機体を活用する

	2025 年度	2026 年度	～2030年度
建設現場 空間・工程管理システム 「tateras」	▲ NTTコミュニケーションズより販売中 現場要望に応じた機能改善		→ ロボット等を活用した現場管理手法の提案
ロボットナビゲーションシステム 「RNS」	販売スキームの検討 商用化に向けたUI改善		▲ 販売開始（販売元未定） 対応できる走行型ロボットの拡大 飛行型ロボットへの対応

ご清聴ありがとうございました