



自律四足歩行ロボットを用いた三次元計測

株式会社ニコン・トリンブル ビルディングソリューション推進部

2022年2月4日

自己紹介

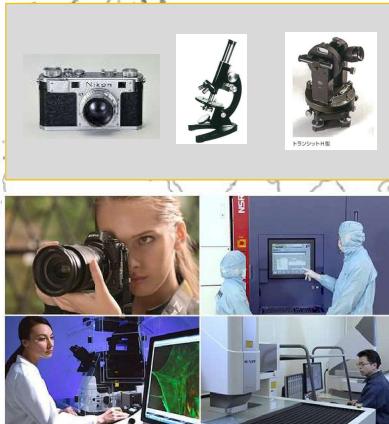
2021年 ニコントリンブル入社
以来、自律四足歩行ロボット “Spot”の市場導入、
販売に携わり、現在に至ります。

前職では、某メーカーにてドキュメントスキャナーを中心に、
事務機器の企画、販売に、国内外で携わってきました。
特にロボットについての見識が有ったわけではありません。



ニコン・トリンブルとは？

株式会社ニコン 1917年創業
光学機器・測距儀から民生光学機器
そして光学+システムへ (HPより)



2003年株式会社ニコンとTrimble Incが、
日本で設立した合弁会社

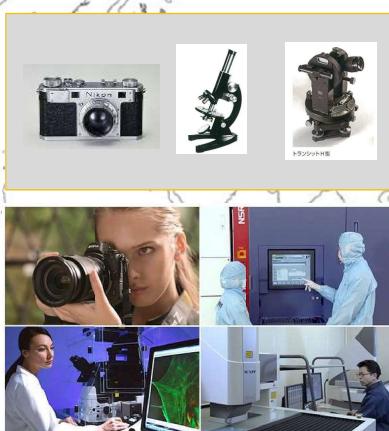
Trimble Inc.1978年創業
GNSSコア技術で測量・農業・土木
の自動化を牽引



Trimble

ニコン・トリンブルとは？

株式会社ニコン 1917年創業
光学機器・測距儀から民生光学機器
そして光学+システムへ (HPより)



2003年株式会社ニコンとTrimble Incが、
日本で設立した合弁会社

Trimble Inc.1978年創業
GNSSコア技術で測量・農業・土木
の自動化を牽引



Trimble

現在のニコン・トリンブルの事業部門

測量、調査、計測：ジオスペシャル事業部（販売店経由）



Mobile Mapping System



ひび割れ自動計測



航空測量、基準局：特販営業部 (直販)



A side-by-side comparison of two street lamp models. On the left, Model 94,95 is shown, featuring a slender, tapered pole with a single, upward-pointing light fixture. The background shows autumn foliage. On the right, Model 02 is shown, featuring a tall, thin, cylindrical pole with a single, upward-pointing light fixture. The background shows a clear sky.

スマート農業：農業システム営業部（農機メーカー）



iConstruction : サイテックジャパン (Team SITECH)



建築,BIM : ビルディングソリューション推進部

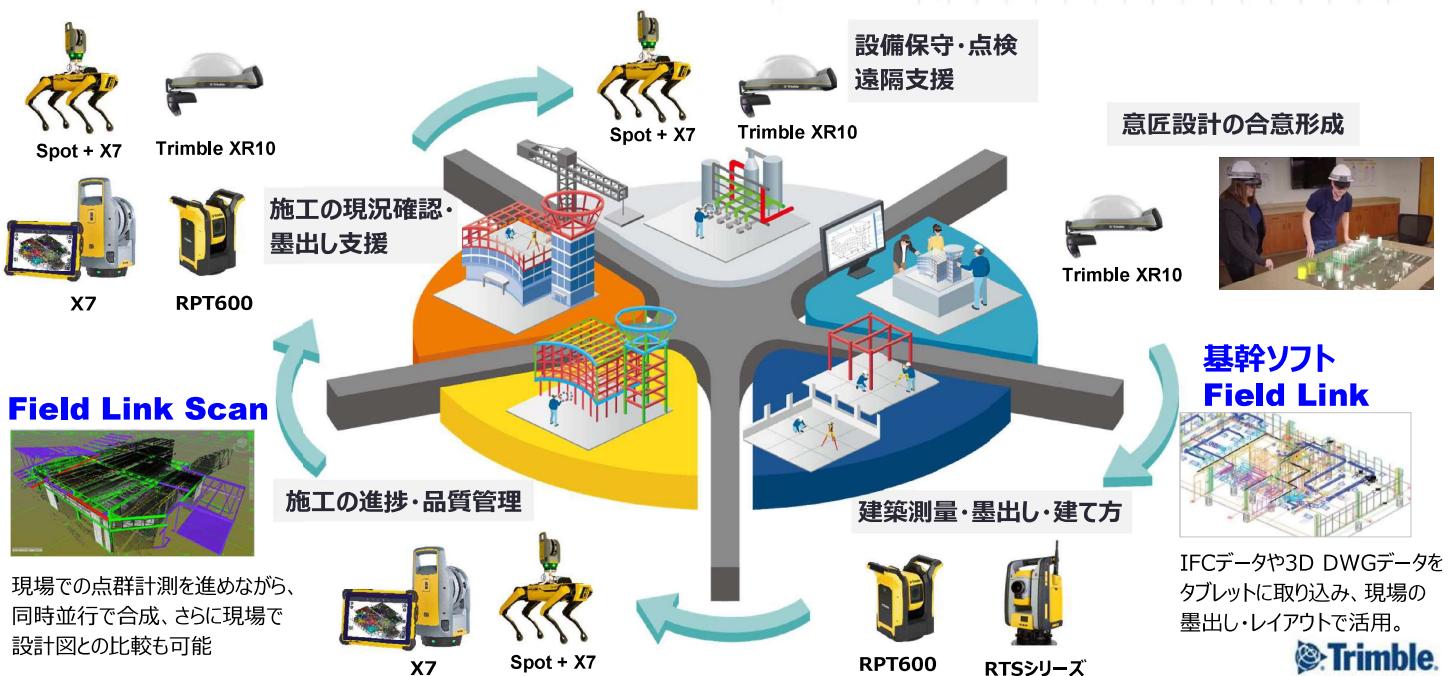


TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

 Trimble

BIMデータを運用したワークフローの効率化

写真測量学会関西支部様 資料



施工管理の自動化 Spot + X7

株式会社ニコン・トリンブルはBoston Dynamics社の自律四足歩行ロボットSpot®の正規販売店として、2021年11月1日より建設市場に向けて同製品の取り扱いを開始致しました。



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

現況調査・設計へのフィードバック

ソリューション： 現場完結型3DレーザスキャナTrimble X7

用途：現況調査から、設計へのフィードバック、プレファブ部材の事前調整まで飛躍的に効率化



自動整準機能で簡単スタート

傾き $\pm 10^\circ$ は自動整準、 $\pm 45^\circ$ の傾きはスキャン後に自動補正



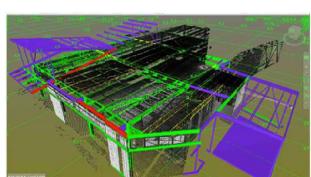
毎回自動でキャリブレーション

計測毎に機器の傾きや測距距離補正等を実施、高品質を常時再現



現場で自動合成

観測しながら直前の点群と自動で合成、手戻り無しの現場完結



現場で設計データと比較

設計データに点群を重畠して比較が可能、リアルタイムで品質管理



◆米国オハイオ州の配管工事会社での導入効果例

-埋設する衛生配管の事前調査からプレファブ作成までのスピードが3倍以上

◆国内八王子の寺社建築設計事務所での導入効果例

-複雑な形状の寺社仏閣補修の事前調査から設計までのスピードが20倍以上

-SketchUpとの親和性で点群処理が飛躍的に簡単になった



■ ユーザー（国内Early Adapters）の動き

“竹中工務店、竹中土木/ 四足歩行ロボットの自動巡回・遠隔操作の有効性確認”
【2021年9月15日 日刊建設工業新聞】

- 2019年9月から実証実験を、複数の建築現場、土木現場で開始
- 工事記録写真の撮影や工事進捗管理など、現場管理業務の負担を10%程度削減
- 搭載機器のユニット化などに取り組み、2024年の実用化を目指す
- 2020年12月から鹿島建設を加えた3社で共同研究を開始



二 ユーザー（国内Early Adapters）の動き

“BD社製四足歩行ロボット「Spot」の実用化に向けた共同研究を開始”
【2020年12月7日 鹿島建設プレスリリース】

- 建設現場という複雑かつ厳しい条件でSpotを利用するためには、より多様な環境で歩行性能検証を行い、改善していく必要がある
- Spotの効果的な利用方法の探索と機能開発にも多くの試行錯誤は必要



トンネル内点検・巡視

二 ユーザー（国内Early Adapters）の動き

“虎ノ門政策研究会企業研究／フジタ技術センター視察レポート”
【2021年8月 時評社】

- 独自開発のペイロード
- PTZ(パン・チルト・ズーム) カメラ、360°カメラ、マイク、スピーカーを搭載
- 現場の巡視点検、コミュニケーションの改善



■ ユーザー（国内Early Adapters）の動き

“電力設備におけるBD社「Spot」の活用に向けた実証実験をソフトバンクロボティクス、ソフトバンクと実施”

【2020年3月6日 中部電力ホームページ】

- 設備巡視業務における自律的な巡回による進捗管理や安全点検などの業務への「Spot」活用の可能性を検証
- 不整地な路面や階段を歩行移動し、障害物を自動回避することに加え、本体に搭載されているカメラによって、巡視・点検対象の写真撮影を行う
- 2020年夏以降の本格活用に向けて検討を進めています。

■ Boston Dynamics Spot + Trimble X7

Boston Dynamics社が販売しているSpot®はExplorer版とEnterprise版の2種類で、弊社は日本国内でEnterprise版のみを取り扱います。修理受付ならびに各種アクセサリーの販売にも対応します。

SPOT EXPLORER



SPOT ENTERPRISE



コントローラ	付属	付属
自律歩行	最長で1000mの歩行まで可能	距離制限なし
WiFi	2.4Ghz b/g/n	デュアルバンド
ペイロードの電源	常に電源ON	コントローラ上のソフトもしくはAPIで制御
電源のセルフチャージ	無し	ドッキングステーションにて実施

Boston Dynamics Spot + Trimble X7



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

 Trimble

Boston Dynamics Spot + Trimble X7

Spot Enterprise パッケージ同梱品



Boston Dynamics Spot本体（専用ケース付き）

バッテリー（2個同梱）



バッテリー充電器



タブレットコントローラー
(専用ケース、充電ケーブル付き)



Spot EAP



周囲の物体までの距離や方向を測定し、自律歩行の範囲、精度を強化するLiDAR

Spot Docking Station



自動充電用ドッキングステーション
Ethernet アダプター付き

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

 Trimble

Boston Dynamics Spot + Trimble X7

Spot 基本仕様

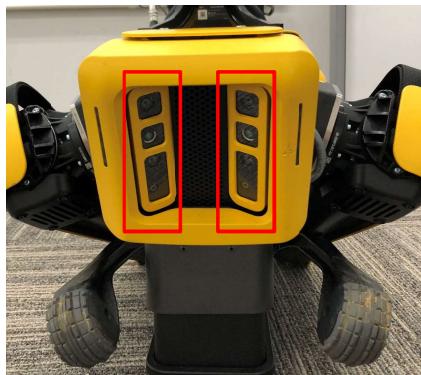
外寸		
	本体重量(バッテリー装着時)	32.7 kg
	歩行時	1100mm(L) X500mm(W) X840mm(H)
	おすわり時	1100mm(L) X500mm(W) X191mm(H)
	自由度	12
	最高歩行速度	1.6 m/s
使用環境		
	保護等級	IP54
	使用環境温度	-20C to 45C
	傾斜角	+/- 30 degrees
	階段 (米国の建築基準法に準じる)	踏面255-280mmに対して蹴上175mm
バッテリー容量		
	平均作動時間 (ペイロードなし)	90 minutes
	スタンバイ時 最長時間	180 minutes
ペイロード		
	最大積載量	14 kg
	ポートへの供給電源 (最大)	150 W

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Boston Dynamics Spot + Trimble X7

Spotの制御には前後左右に搭載されたカメラを使用



Front



Left side



Right side



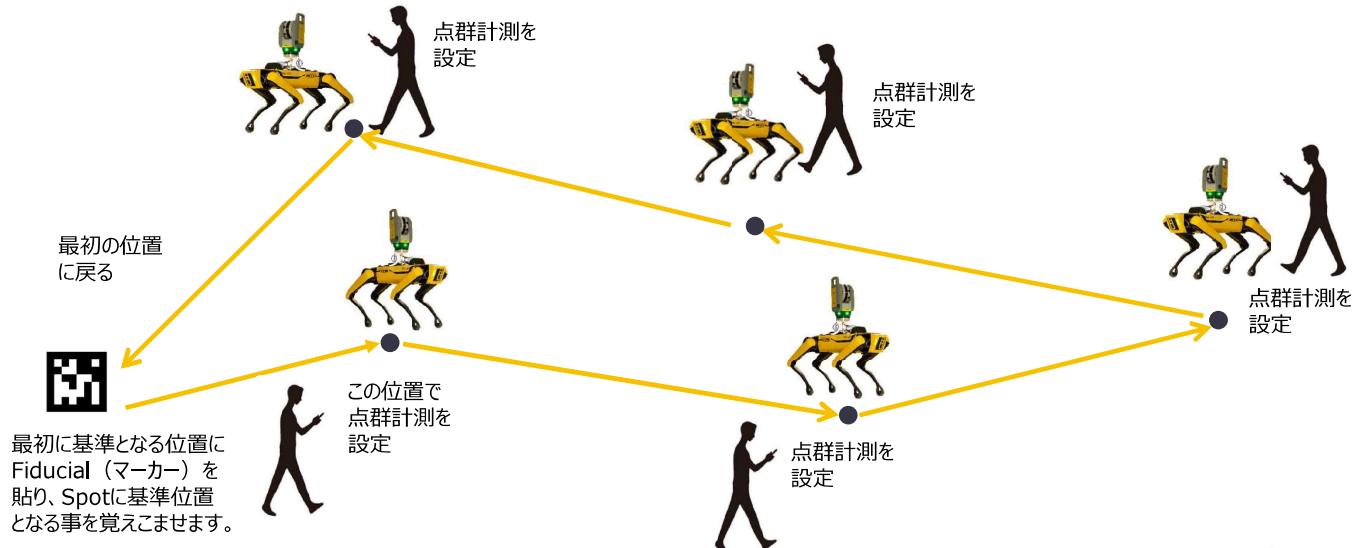
Rear

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



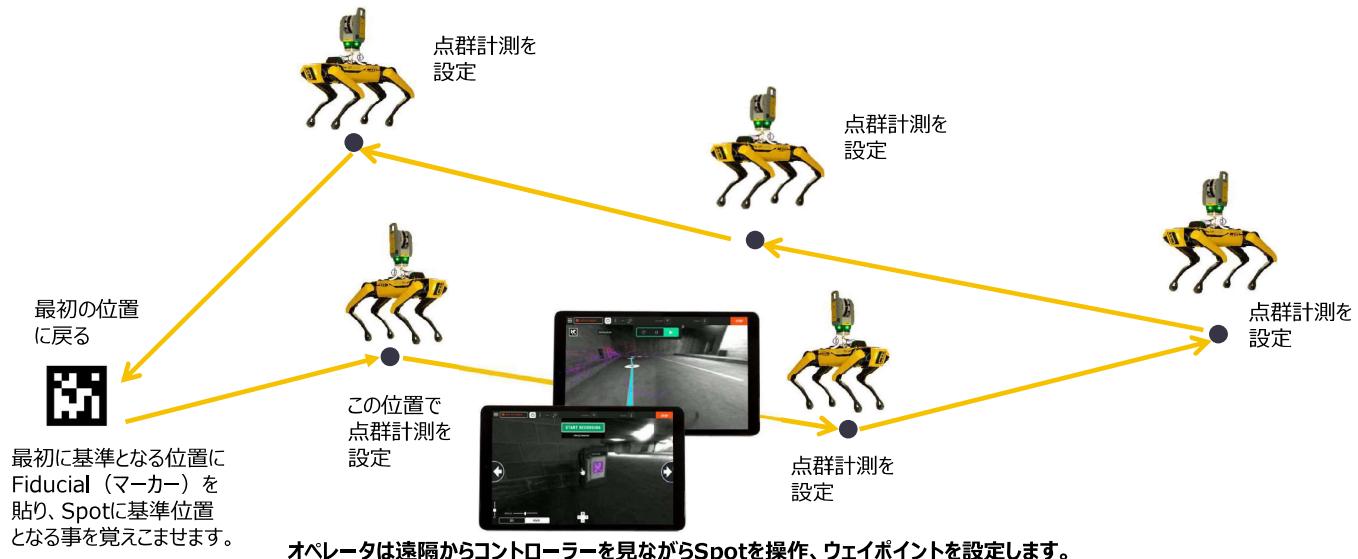
Boston Dynamics Spot + Trimble X7

Spot走行ミッションの設定方法 ①一緒に歩いてウェイポイントを設定、以降は同じルートを繰り返し歩行



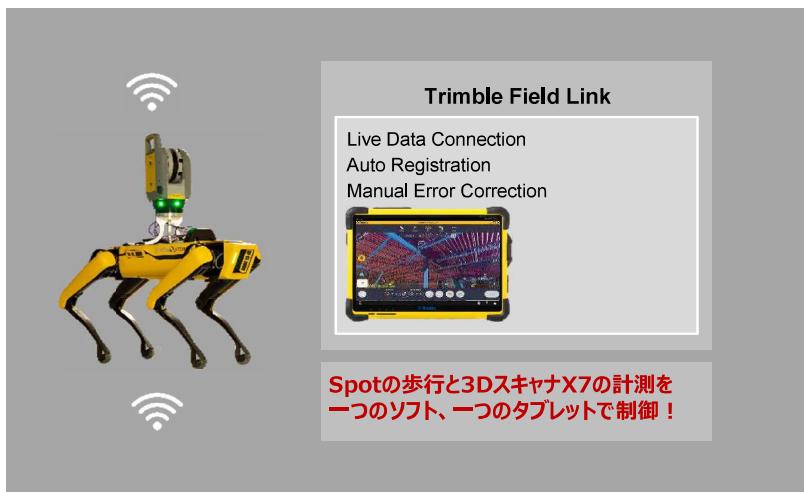
Boston Dynamics Spot + Trimble X7

Spot走行ミッションの設定方法 ②遠隔からウェイポイントを設定、以降は同じルートを繰り返し歩行



Boston Dynamics Spot + Trimble X7

SpotとX7のソフトを統合、ひとつのプラットフォームで点群取得が可能



Spot®の自律的な機動性とTrimble社のセンサーの制御をFieldLink（フィールドリンク）というソフトウェアに集約、Spot®を全自动で、あるいは遠隔からナビゲートしながら、現場の点群計測、進歩モニタリングなどの反復的なタスクを自動化します。

Boston Dynamics社と共に開発したこのターンキーソリューションは、作業者が入れない現場でも縦横無尽に歩くSpot®のユニークな能力を最大限に活用しています。

Trimble社は今後も各種測量計測センサーを統合していくますが、弊社は第一弾として3Dレーザスキャナ Trimble X7をSpot®に搭載し、国内販売を開始致します。

Boston Dynamics Spot + Trimble X7

SpotとX7のデータ連携を可能にするX7の基本機能



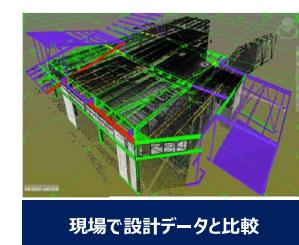
自動整準機能で簡単スタート



毎回自動でキャリブレーション



現場で自動合成



現場で設計データと比較

傾き $\pm 10^\circ$ は自動整準、 $\pm 45^\circ$ の傾きはスキャン後に自動補正

計測毎に機器の傾きや測距補正等を実施、高品質を常時再現

観測しながら直前の点群と自動で合成、手戻り無しの現場完結

設計データに点群を重畠して比較が可能、リアルタイムで品質管理が可能

Spotを複数回停止させ点群計測させるにあたり、1回ごとの整準作業や補正が不要、また遠隔から点群合成の状況をモニタリングしながら計測を進行できるので手戻りなく、文字通り自動化・現場の無人化を推進可能！

Boston Dynamics Spot + Trimble X7

Spot Enterprise 3D計測パッケージ 標準構成品



Trimble X7本体 + 専用コントローラーT100

専用ケース
(バックパック)

バッテリー	
バッテリー充電器	
ターゲット	
クイックリリースアダプター	
カーボン製三脚	

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

Boston Dynamics Spot + Trimble X7

Trimble X7 基本仕様

システム概要		
Trimble X7	サーボドライブ、内蔵カメラ、自動キャリブレーション、自動レジストレーション、自動整準を組み合わせた高速3Dレーザキャナ	
FieldLink	X7コントロール、3D点群データの視覚化・処理に適した使いやすいソフトウェア 現場での自動レジストレーション、2D/3Dモデルの表示、後方交会法での器械設置、レイアウト、計測機能、Trimble Connectとの連携機能を搭載	
スキャン仕様		
一般	レーザークラス	レーザークラス1 (IEC規格 EN60825-1 に準拠)
	レーザー波長	1,550 nm、不可視光レーザー
	スキャン範囲	水平 360° × 鉛直 282°
	スキャン時間	最短 1分34秒 (写真撮影を除く)
	スキャンスピード	最大 500,000 点/秒
精度	測距方式	高速デジタル タイム・オフ・フライト (TOF) 方式
	距離ノイズ ^{※1}	< 3 mm @ 60 m (アルベド 80 %) ^{※2}
	計測距離 ^{※2}	0.6 m ~ 80 m
	高感度モード (High Sensitivity Mode)	アスファルトなどの黒色の対象物や、ステンレスなどの高反射面のスキャニングに対応
	機器校正 ^{※1}	自動キャリブレーション機能によりスキャン毎に校正
	測距精度 ^{※1,※3}	2 mm
	測角精度 ^{※1,※3}	21"
	点群距離精度	2.4 mm @ 10 m 3.5 mm @ 20 m 6.0 mm @ 40 m

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

写真測量学会関西支部様 資料



写真測量学会関西支部様 資料



米国での事例



Trimble

デンバー国際空港の改修・拡張工事で活躍する Spot + Trimble X7

写真測量学会関西支部様 資料



現場の要件

- ①着工現場において図面の無い場所の潜在的な危険性を洗い出す必要あり
- ②施工中も現況と設計図面の不一致をリアルタイムに把握、手戻りを最小化にしたい
- ③現場で自動合成して確認、取り漏れがないスキャナが必須

課題

- ①大規模な建造物の現況計測には、多数回のスキャンが必要
- ②スキャナ本体と重くてかさばる三脚を計測エリアの端から端まで運ぶ負担が大きい
- ③また施工中の現場の変化に合わせて計測の反復作業も人的に負担になる

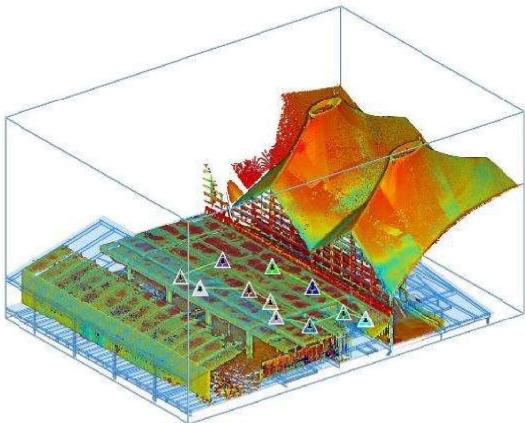
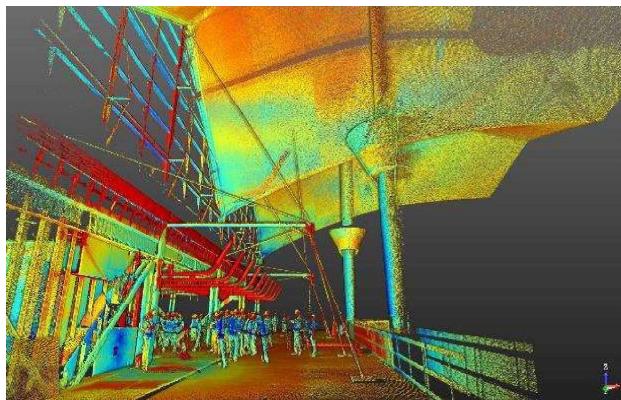
ソリューション

ヘンゼル・フェルプス社は、データ収集の効率と現場チームの安全性を向上させるために、自動整準・自動キャリブレーション機能で操作性の高いTrimble X7 3Dレーザスキャナに着目、当スキャナを搭載してデータ連携が可能なボストン・ダイナミック社のSpotをシステムで導入、短時間で現場の360度点群データと画像を短期間で計測しました。

米国での事例



© NIKON-TRIMBLE CO., LTD.



Boston Dynamics Spot + Trimble X7

モニタリング用オプション

Boston Dynamics 純正オプション



Spot CAM+



Spot CAM+IR

pan-tilt-zoom (PTZ) 機能
付きの純正カメラ

pan-tilt-zoom (PTZ)機能
と熱センサー付き純正カメラ

Third Party

市販のアクションカメラ
+
SDKによるソフト開発
(ソフト開発必要ない
製品もあります)

センサーメーカーによる
用途に合わせて設計
されたセンサー
(放射能など)

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

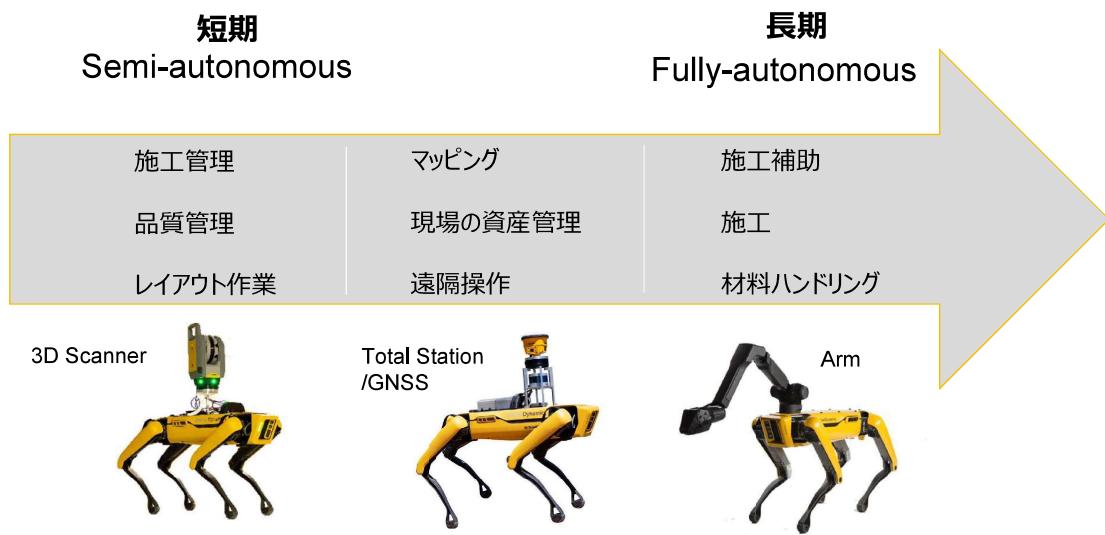
Trimble

写真測量学会関西支部様 資料



Boston Dynamics Spot + Trimble X7

ペイロードの国内展開ロードマップ°



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

 Trimble