

2021年 3月20日 六稜同窓会プレゼンテーション(1)



# Shimz Smart Site®

次世代建築生産システム



清水建設株式会社 印藤 正裕

# 印藤 正裕

専務執行役員 建築総本部 生産技術本部長

入社後**26**年間で**30**現場を経験、**17**現場で現場代理人



## '94 小豆島大観音像建立工事

当社初の3次元CAD活用



## '08 シンガポール・チャンギ国際空港 第3ターミナル

220m/600 t の鉄骨トラスをリフトアップ  
3DCADによる干渉チェックと4D工程



## '11 福島第一原子力発電所 1号機原子炉建屋カバー工事

# 清水建設とはどんな会社？

## 創立者



棟梁 清水喜助



## Profile

売上に占める国内事業 95.9%  
売上に占める建設事業 95.3%

売上  
¥11,947億円

・売上高世界**26**位のゼネコン  
・従業員数**10,384**人

## Shimizu Vision 2030

Smart Innovation Company  
スマートイノベーションカンパニー

安全・安心で  
レジリエントな  
社会の実現

健康・快適に暮らせる  
インクルーシブな  
社会の実現

地球環境に配慮した  
サステナブルな  
社会の実現



1887年 蒔澤栄一翁を相談役としてお迎え（30年間）  
道徳と経済の合一を旨とする「論語と算盤」が「社是」

1804  
江戸にて創業

1887  
設計部設立

1944  
技術研究所設立

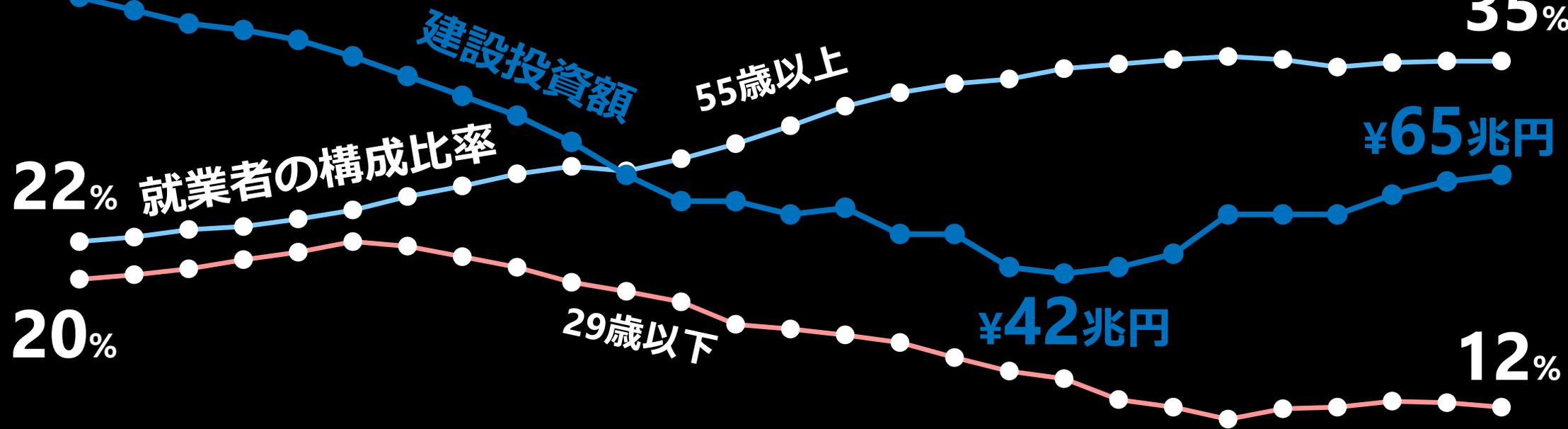


高田八幡 隨身門1849年

# 建設業を取り巻く環境

📍 バブル崩壊

¥84兆円



● 国連環境開発会議 リオ

● 環境基本法

● COP3 京都議定書

● COP21 パリ協定

● 阪神・淡路大震災 Mw 6.9

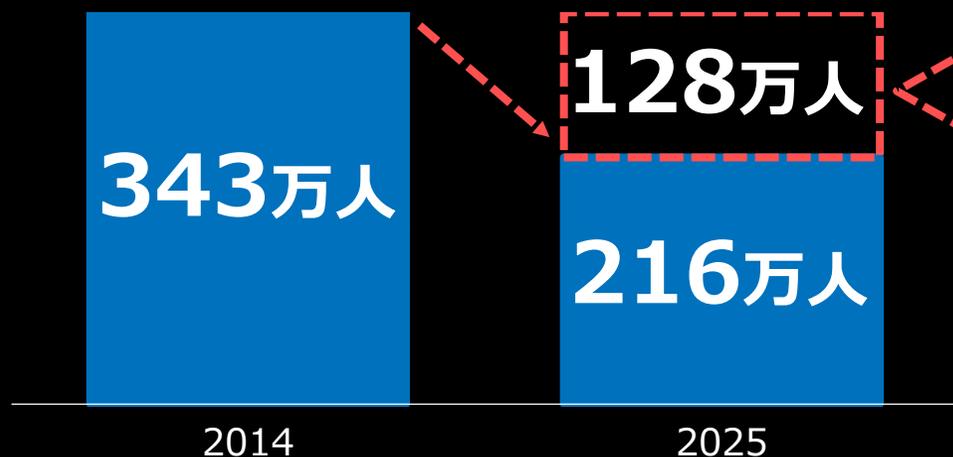
● 新潟県中越地震 Mw 6.7

● 熊本地震 EQ Mw 7.0  
● 東日本大震災 Mw 9.1

'92 '93 '94 '95 '96 '97 '98 '99 '00 '01 '02 '03 '04 '05 '06 '07 '08 '09 '10 '11 '12 '13 '14 '15 '16 '17 '18 '19

# 建設業を取り巻く環境

## 日本建設業連合会の試算



900,000人の入職

350,000人の省人化



石井国土交通大臣 (当時)  
ロボット視察  
清水建設 技術研究所

赤羽国土交通大臣  
国際ロボット展当社ブース視察  
東京ビッグサイト



## 政府の動き

安倍首相：未来投資会議

2025年までに20%の生産性向上



国土交通省 i-Construction導入開始

生産性革命“元年”

生産性革命“前進の年”

生産性革命“深化の年”

生産性革命“貫徹の年”

2016

2017

2018

2019

2020

シミズ ロボット開発に着手

# ロボット化の歴史と作業ロボット開発着手の契機



'87 左官仕上  
ロボット



'89 天井ボード貼  
ロボット



**SMART System**  
1990年代 全天候自動施工システム

1. 可能な限りの自動化 揚重/搬送/組立/接合
2. 自動化接合を前提とする 部材の接合方法の改善
3. 全天候化による環境改善



'14 STIKプロジェクト

東京大学 Digital Fabrication ラボ x 清水建設  
Matthias Kohler ETH Zurich 教授との出会い



'82 耐火被覆吹付  
ロボット



'92 鉄骨柱溶接  
ロボット



'92 耐火被覆吹付  
ロボット



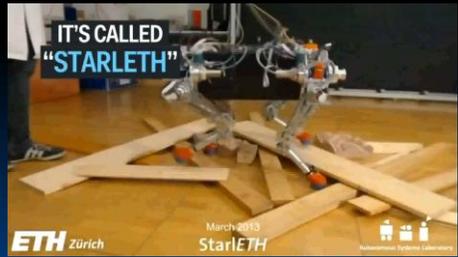
'93 中荷重バランサー  
グレーディングロボ



'94 十六銀行  
名古屋



'97 日石横浜



'15 スイス工科大学訪問



'85 外壁自動吹付装置

1980's

1990's

2000's

2010's

# ロボット開発ビジョン -開発のこだわり-

	以前の評価	あるべき姿	改善した機能
<b>Easy</b>	面倒くさい 難しい	設置が簡単 使用はiPadだけ	<b>WifiやBeaconや 床埋設ワイヤが設置不要</b>
<b>Safety</b>	人が移動 分かりにくい	安全 自律移動 分かりやすい	<b>音と光で動作状況を表現 数々の安全装備</b>
<b>Beautiful</b>	機械っぽい	格好いい 一緒に仕事したい	<b>Robotic Design 生物的/ロゴ</b>
<b>Comfortable</b>	世話が焼ける ダメが多い	意外と賢い/いい音 助かる	<b>人と同じ材料 自律移動/認識/ 複数協働作業</b>

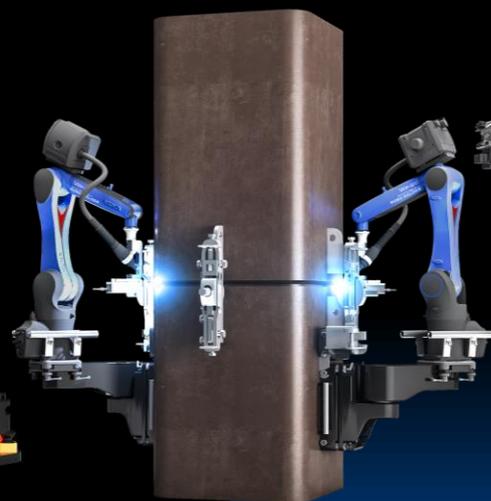


# 4種類の Robots

ロボットは自律的に

1. 移動して
2. 見て（認識して）
3. 考えて
4. 互いに連携し合って
5. 仲間のように働く（人と連携する）

開発開始  
2016



Pivot



Ring



【1】 **Robo-Carrier**  
自律運転エレベーターと  
連携する 資材搬送ロボット

【2】 **Robo-Welder**  
全工程自動溶接ロボット

【3】 **Robo-Buddy**  
多能工ロボット



# 複数ロボットの自律連携 (Robo-Master Cloud)

## iPadで誰でもできる簡単なインターフェース

係員はiPadで  
作業指示を  
複数登録し実行



作業指示  
稼働状況

動作指令  
センサー  
情報

① 資材積込 ② 垂直搬送 ③ 水平搬送 ④ 間配搬送 ⑤ 取付



iPad



Robo-Carrier



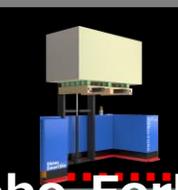
Autonomous-ELV



Robo-Carrier



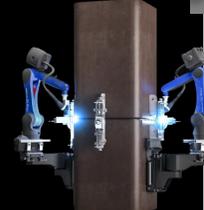
Robo-Fork



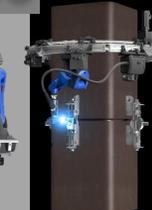
Robo-Assist



Robo-Buddy



Robo-Welder



# 【1】 Robo-Carrier

対話的インターフェースで動く搬送ロボット群

## 従来型の作業

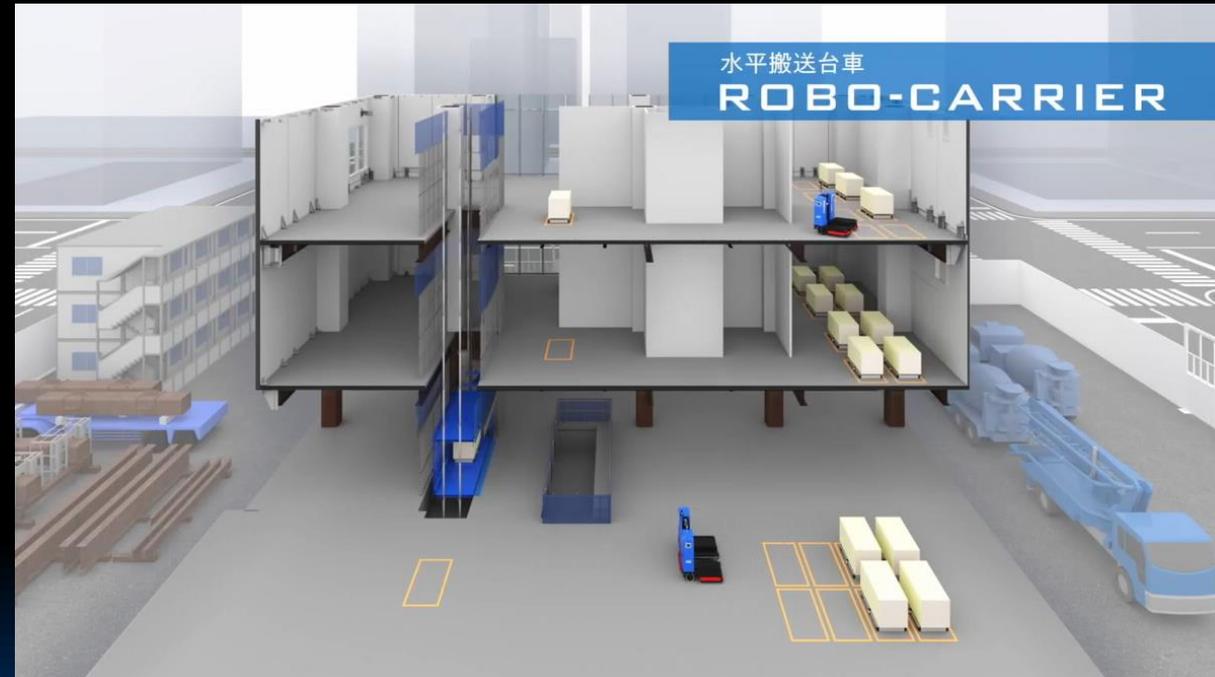
動画:16秒



6人のチームが階毎に分かれて、  
1tonずつ台車を押す

## Robo-Carrierによる作業

動画:2分51秒



Robo-Carrier 3階

Roboエレベーター 自律連携

Robo-Carrier 1階

# 【1】 Robo-Carrier 搬送実績



合計 **2,945**パレット  
(2021年2月末現在)

## 【2】Robo-Welder

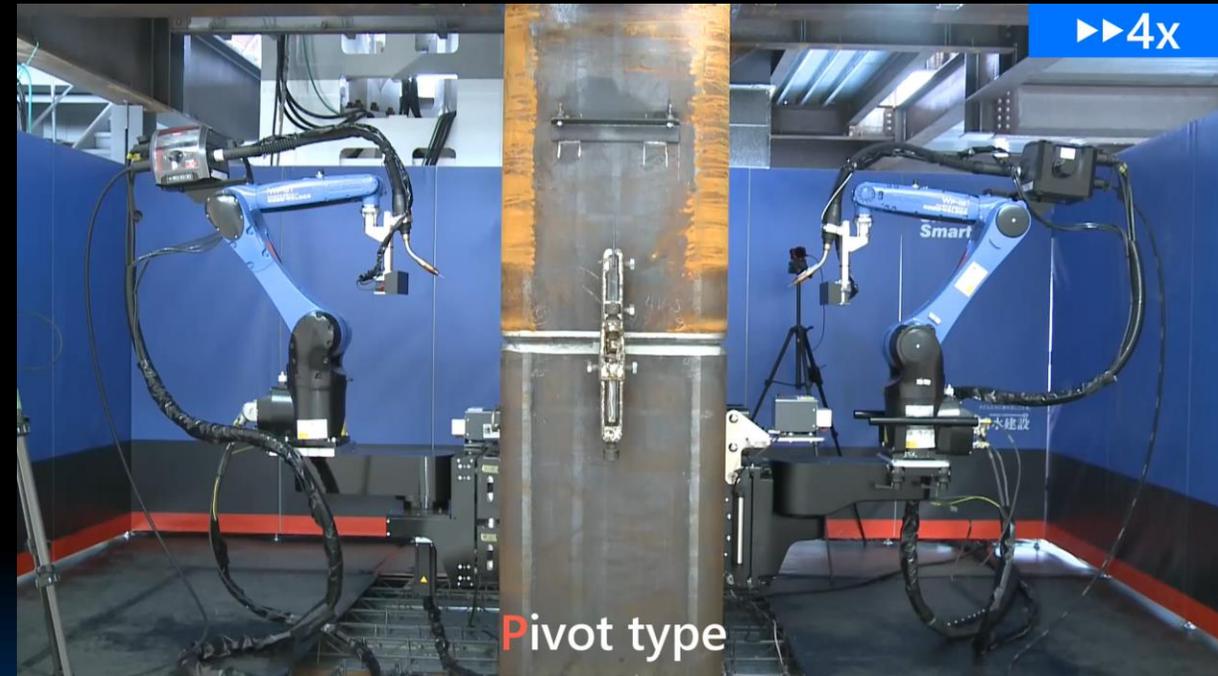
開先形状に適した溶接仕様で自律的に  
連続的に溶接するロボット

従来の作業

Robo-Welderによる作業

動画:1分30秒

▶▶4x



防具をつけて  
ミリ単位の姿勢で  
同じ速さでトーチを動かす

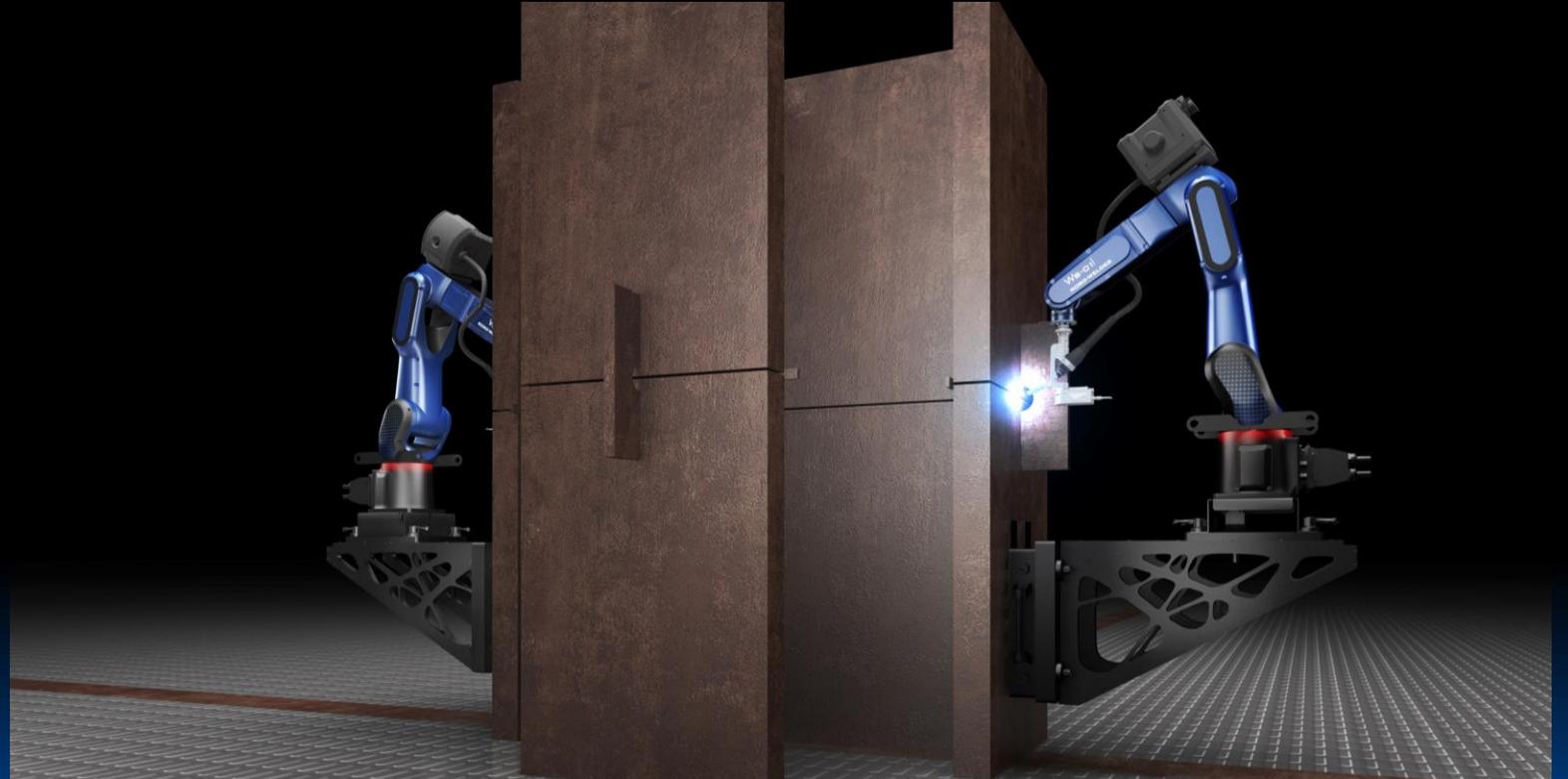
iPadでワンタッチでスタート  
開先を自分で認識してトーチを自律制御する

## 【2】 Robo-Welder

### 溶接ロボットのバリエーション

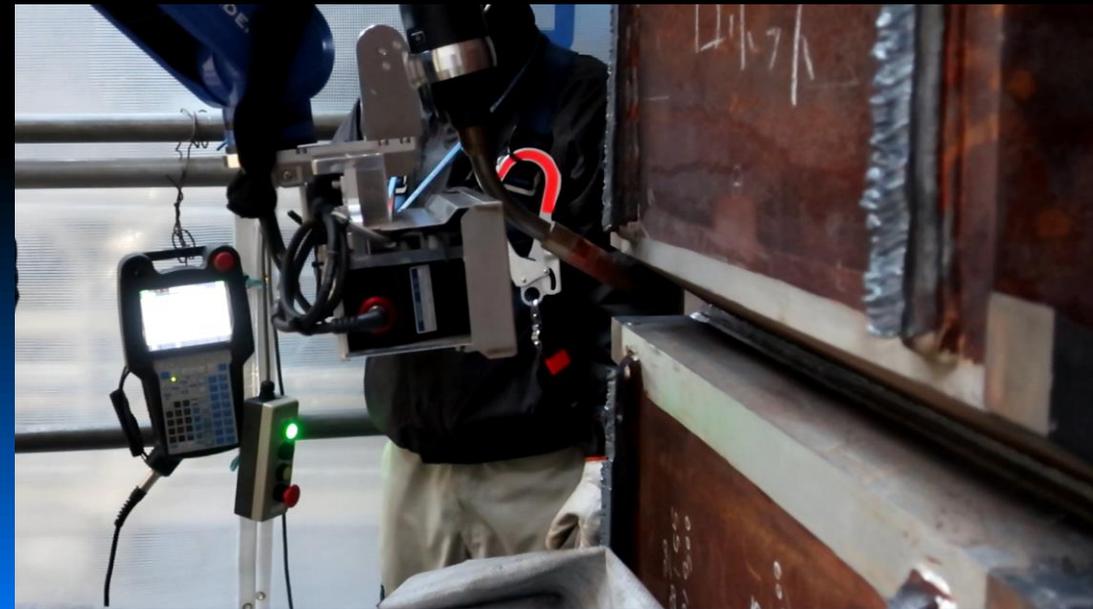
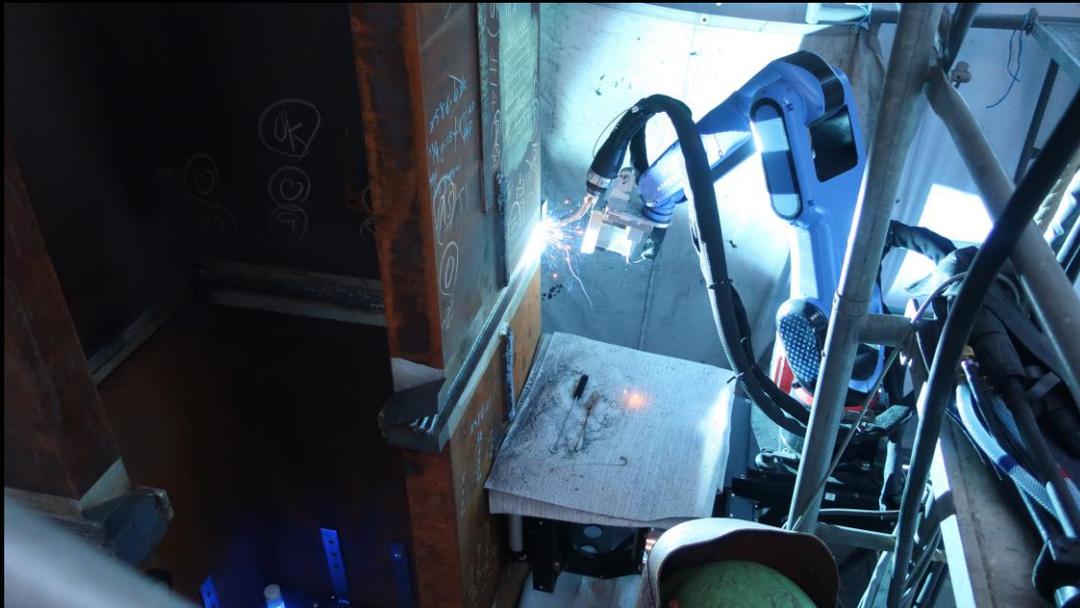


リング式



固定式（虎ノ門麻布台プロジェクト適用）

# 【2】 Robo-Welder 虎ノ門麻布台プロジェクト 極厚100mm 118パス



# 【3】 Robo-Buddy

双腕で対象物を認識し手作業する自律多能工ロボット

天井吊ボルト取付



天井ボード貼

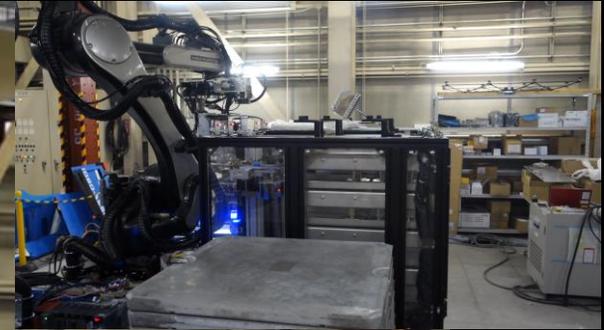
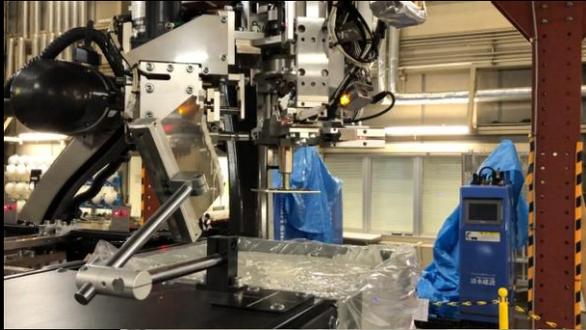


システム天井パネル取付



# 【3】Robo-Buddy OAフロア施工ロボット

動画:2分51秒



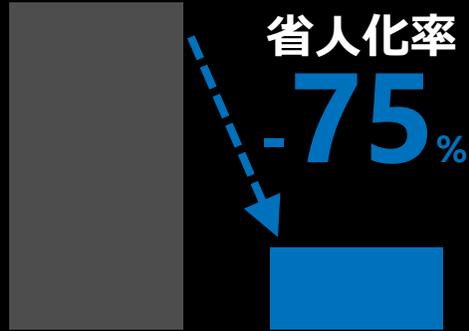
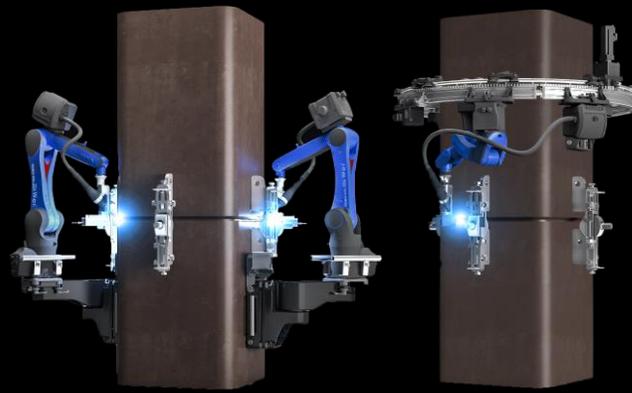


# 省人化効果 -人口ボ協働-

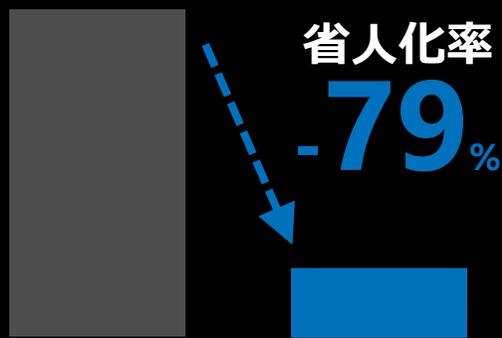
## 【1】 Robo-Carrier

## 【2】 Robo-Welder

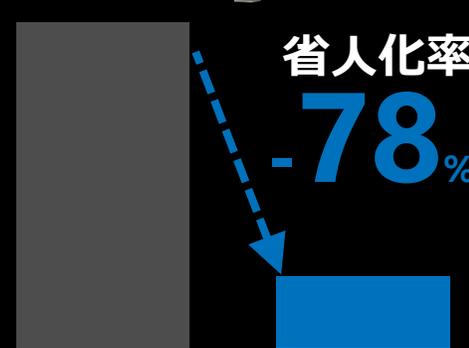
## 【3】 Robo-Buddy



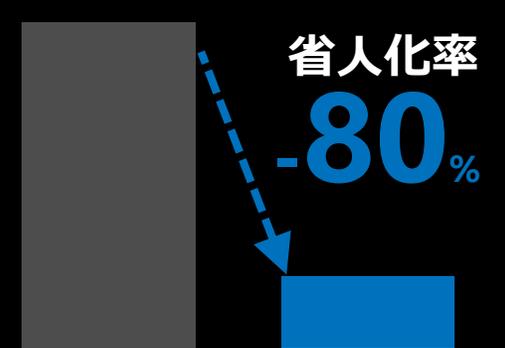
資材搬送



鉄骨柱の溶接



天井仕上施工



OAフロア施工

工事全体での省人化 **▲2.0%**



# 展開スケジュール

	2018	2019			2020				2021				2022							
	10 11 12	1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12			
 <p>EXTER 2/2</p>	1基	現場S 関西			1基				現場K 東京											
 <p>ROBO-CARRIER 16/16</p>	2台	現場T4 東京							2台				現場ST 東京 07/20-							
	2台	現場S 関西			現場K2期棟 東北 07/29-				2台				1台				現場TM 12/14-			
		2台			現場M 横浜				現場P 関西 01/04-				2台				現場N 北陸 2台			
					現場KA 東京 2台				現場C 千葉 1台				現場M 05/01- 2台				現場S 東京 2台			
									現場TA 東京 06/01-				5台				現場R 九州 2台			
									現場D 九州 07/01-				2台							
													増産				主要7支店へ各2台配備			
 <p>ROBO-WELDER Pivot式 Ring式 2/10 1/10</p>	2台	現場S 関西							1台				現場H 関西							
													4台				現場TA 東京 10/20-			
 <p>ROBO-BUDDY 2/2</p>		1基			現場S 関西								1基				現場P 関西 OAフロア 05/06-			
					1基				現場KA 東京				現場SO OAフロア 関西 08/01-				1基			
													現場TA 東京 OAフロア 01/07-				1基			

# Robotの今後の取り組み

- 1) 建築現場では **何千何万の作業** (プロセス) で工事が進む  
開発中のロボットは **4つの作業** (溶接、天井、床、搬送)  
多くの作業の **「プラットフォーム」** となる
- 2) 各ロボットから得られる情報を、  
**データベース**に集積し、**学習**を繰返し、**進化**させたい
- 3) **オープンイノベーション**による開発と現場適用  
完成度を高めて **社外にも技術を展開** してゆく
- 4) ロボットは、**人を幸せにしてくれるもの**  
**人と協働**して作業は完成する (ロボット8割/ヒト2割)  
(より高い賃金、休日の増加、快適で安全な現場、ダイバーシティ)

## 2025年の現場 (想定)

【現状】 清水建設の現場では、毎日 **30,000**人の作業員が働く

【目標】 生産性 **20%** 向上 (**6,000**人の省人化)

半分をロボットとすると **3,000**人分の作業

**70%**の省人化率

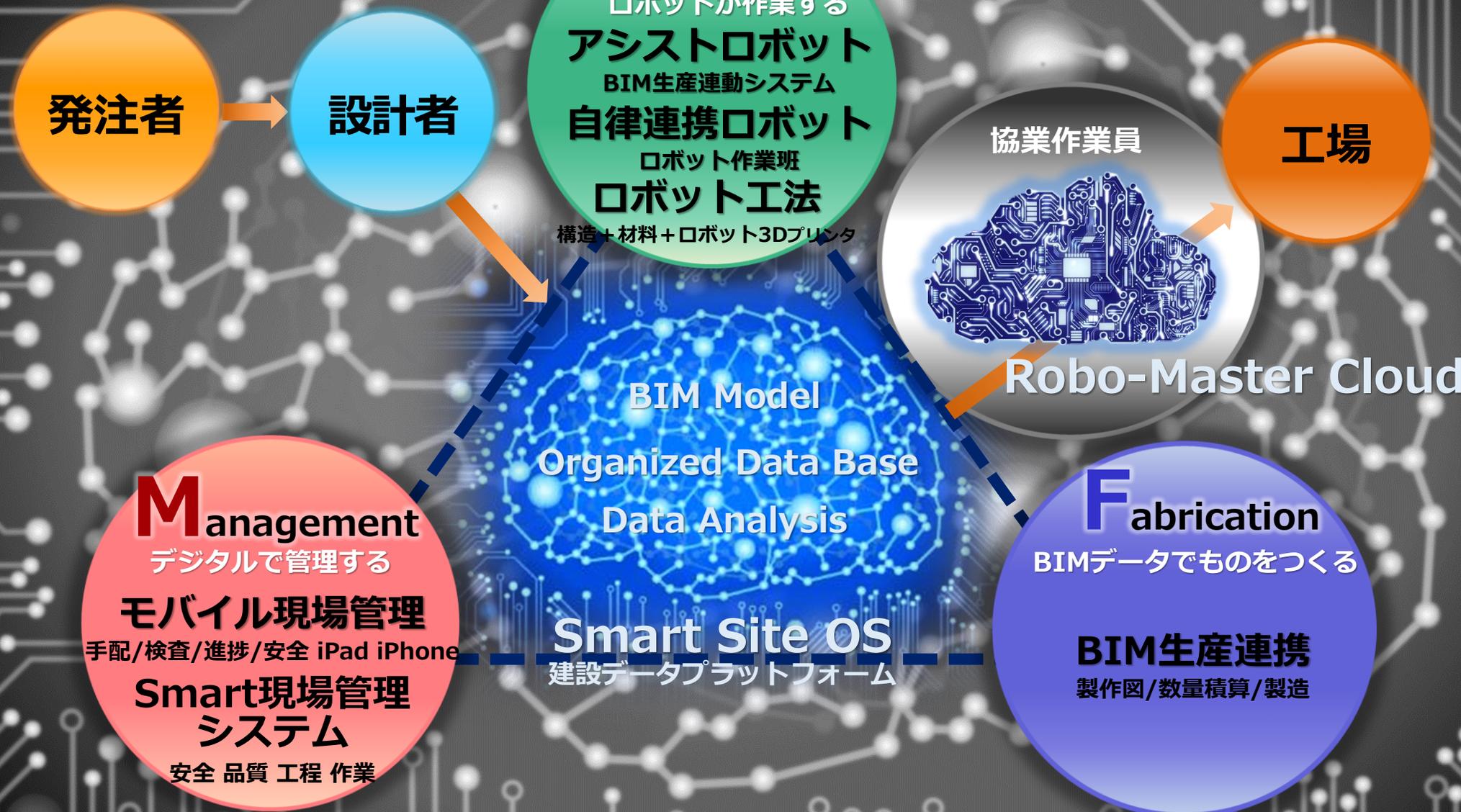
全国で **1,000**台のロボット + ロボ職長 **1,000**人が稼働している

全国に約400作業所 ⇒ 1作業所あたり 2~10台が稼働

# Shimz Smart Site®

これからの建設現場をデザインする

2025年までに 20%の省人化  
(未来投資会議)



# Robot Work ① Board-Splitter ボードカッター

【東京支店】K建設所

12.5mm厚のボードを100mm幅に切断中

(参考) デッキスラブ形の切断も対応可能

動画：1分30秒

動画：2分30秒



約 600枚/階必要 7階で切断後各階へ搬送

## 操作画面

横斜めカット寸法設定

設定範囲 200-910mm  
X軸現在値 1234.56 mm  
Z軸現在値 1234.56 mm  
設定範囲 300-1820mm  
Y軸現在値 234.56 mm  
設定範囲 21mm 12.5mm  
材料厚さ 21mm 12.5mm

凹形カット寸法設定

設定範囲 10-1400mm 200-1500mm  
設定範囲 50-700mm  
X軸現在値 1234.56 mm  
Z軸現在値 1234.56 mm  
設定範囲 200-900mm  
Y軸現在値 234.56 mm  
設定範囲 300-1820mm  
材料厚さ 21mm 12.5mm

長方形カット寸法設定

材料厚さ 456 456  
設定範囲 200-910mm  
X軸現在値 1234.56 mm  
Z軸現在値 1234.56 mm  
設定範囲 300-1820mm  
Y軸現在値 234.56 mm  
設定範囲 21mm 12.5mm  
材料厚さ 21mm 12.5mm

L直線カット寸法設定

設定範囲 200-910mm  
X軸現在値 1234.56 mm  
Z軸現在値 1234.56 mm  
設定範囲 300-1820mm  
Y軸現在値 234.56 mm  
設定範囲 21mm 12.5mm  
材料厚さ 21mm 12.5mm

エフデッキ専用カット

1段カット寸法 227.5 mm  
材料厚さ 21mm 12.5mm  
X軸現在値 1234.56 mm  
Z軸現在値 1234.56 mm  
設定範囲 200-910mm  
Y軸現在値 234.56 mm  
設定範囲 300-1820mm  
材料厚さ 21mm 12.5mm

# Robot Work ② Robo-Slab Fastener CLT連続ビス打ち機

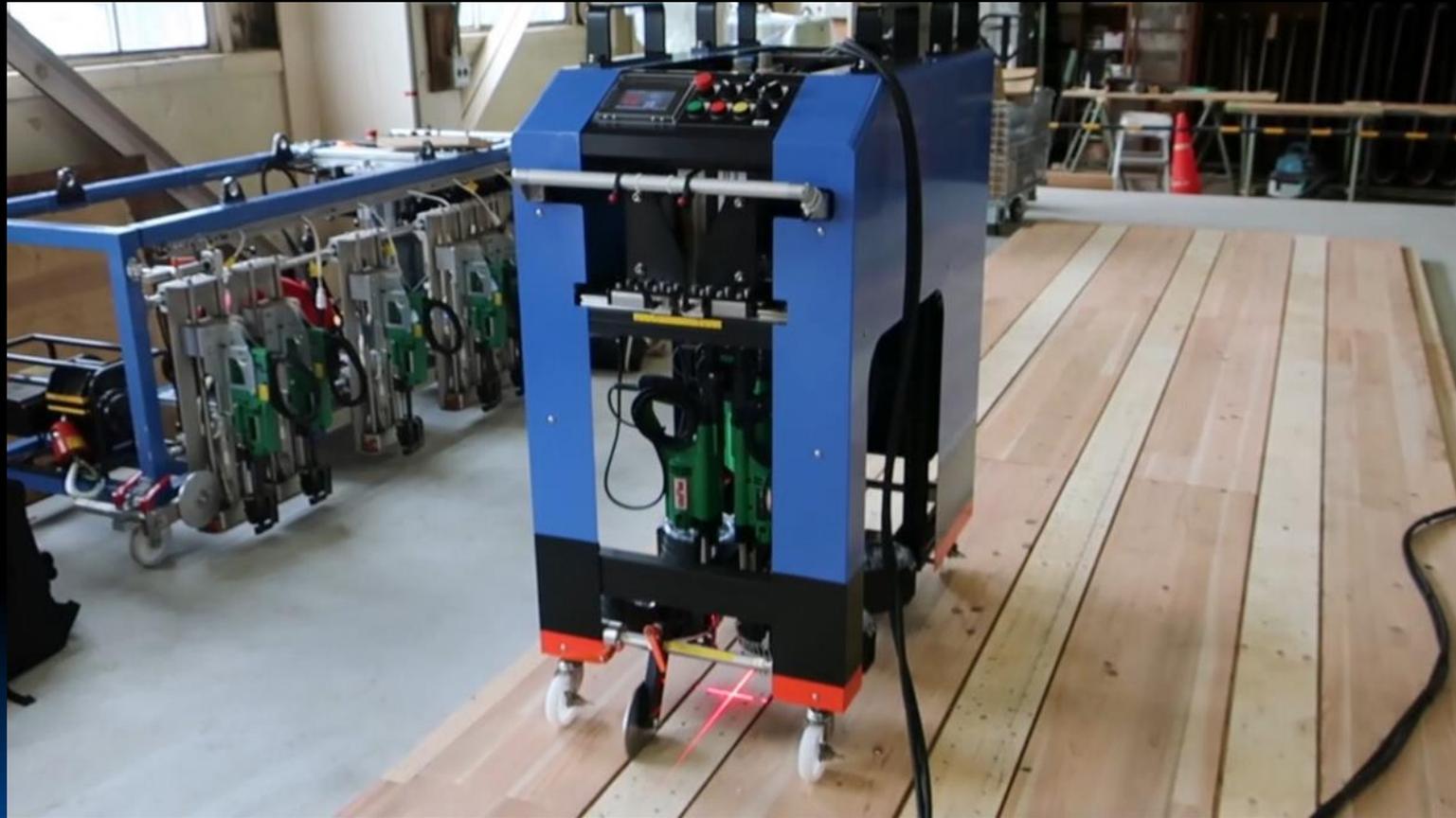
動画16秒

ボタンを押すだけの自動連続モード施工

動画43秒



使用する  
ネダノットビス



1,200 本/日

12,000 本/日 **10倍**の作業効率

# Robot Work ⑤ Wall Dr. ウォールドクター 2号機

## Wall Dr. 1号機



## Wall Dr. 2号機

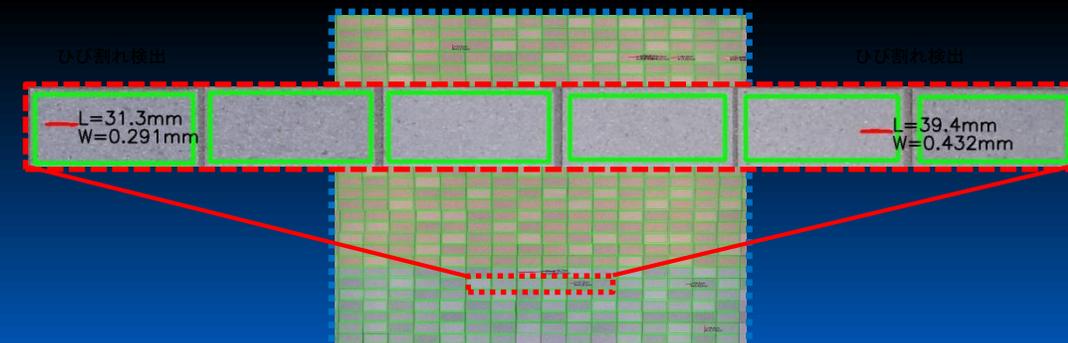


### Wall Dr. 1号機

年月	支店	建物・工事名
2013年09月	東京	
2014年06月	関東	
2014年11月	関東	
2015年08月	関東	
2015年09月	東京	
2015年11月	関東	
2016年10月	名古屋	

### Wall Dr. 2号機

年月	支店	建物・工事名
2020年04月	九州	
調整中	北陸	



ひび割れ自動検出機能の追加



# 入退場管理システム



**顔認証+検温**  
なりすまし不可  
カード忘れなし

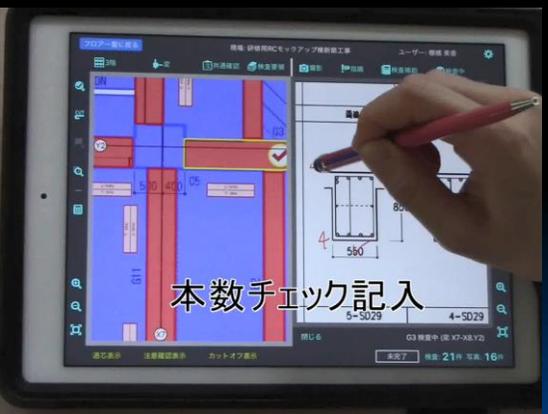
## 構成



協力会社  
入職者情報登録、QRコード発行と顔の登録

## モバイル検査システム 教わる検査システム

### <配筋検査システム>



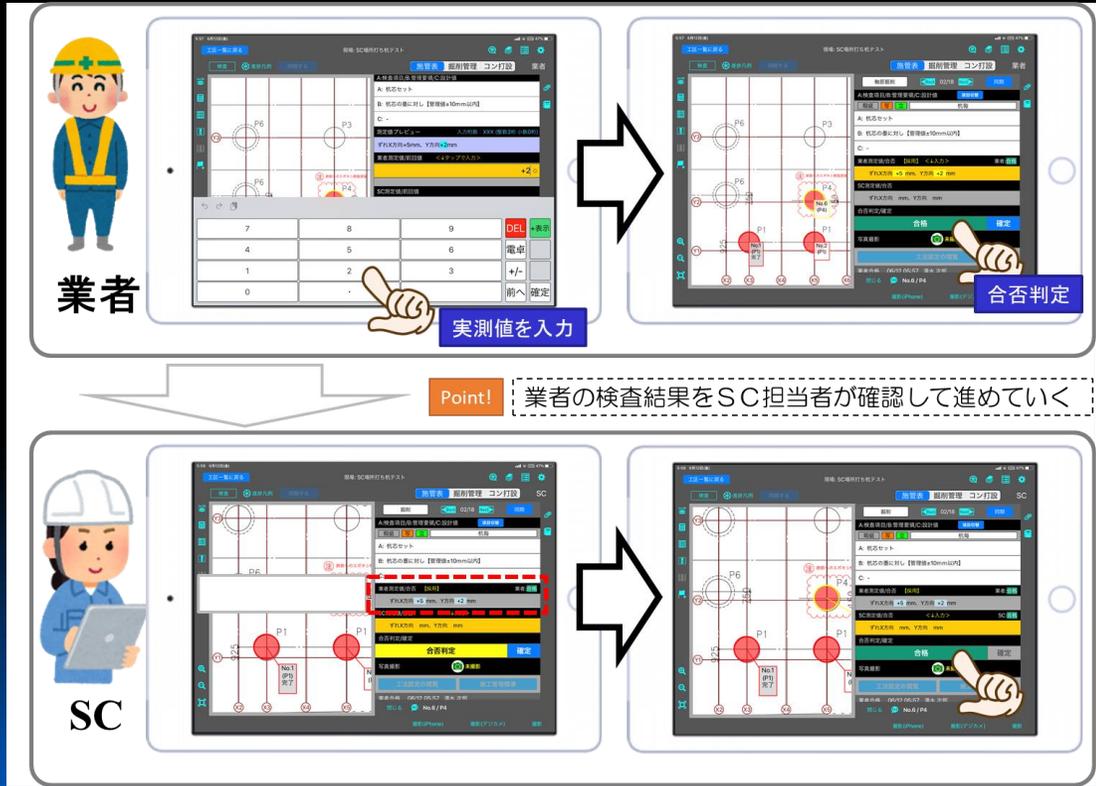
### <杭検査システム> 本年4月より活用開始

- ①プロセス型の施工管理フォロー
- ②清水と施工業者で施工情報リアルタイム共有
- ③帳票作成フォロー



- ・クラウドで検査情報を共有 (突合せ作業がなくなる)
- ・現場で検査を終わらせる (確認し、システムで提出)

- 施工管理標準が直ぐに参照
- 設計値 (管理値) と実測値を簡単に比較
- 記録結果の同期で施工・検査状況の把握が容易
- 進捗表示機能で立会・立会写真が必要なタイミングがわかる
- iPadで記録すれば提出用の施工管理表が出力できる



4工種(Con/鉄骨/屋上防水/タイル)の検査システム 12月より運用テスト、3月展開開始



揚重モニタリングサーバー  
(クラウドサーバー)

タワークレーン  
揚重データ



仮設エレベータ  
揚重データ



クローラークレーン  
揚重データ

- ・オペレータがタブレットの揚重資材名ボタンを選択
- ・サーバーにデータを送信



クレーン ・稼働率集計グラフ (日別)  
ELV →週間工程の見直し→類似案件への参考データ



クレーン ・日別揚重実績グラフ  
ELV →揚重の山崩し、空時間削減  
→取付P数の見直し



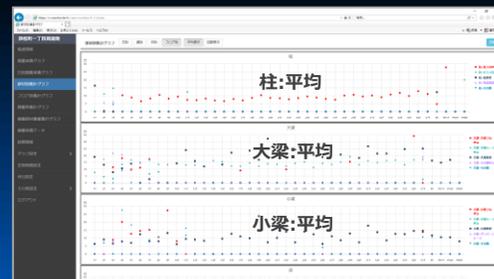
クレーン ・クレーンオペレータiPadへの予定伝達  
→揚重予定の紙での予定伝達手間の削減



クレーン ・リアルタイムTC風速グラフ  
→作業の中止/再開の早期判断



クレーン ・稼働率集計グラフ (月別)  
ELV →工事期間全体での稼働率評価  
→類似案件への参考データ



クレーン ・フロア別/部材別平均揚重時間グラフ  
→揚重シミュレーションの精度向上  
→類似案件への参考データ

