

生産性向上に向けた鹿島の最新技術

－ 自動化が拓く未来の土木現場 －

2022年12月7日

鹿島建設株式会社

IoTが変える土木の現場

施工中のIoT管理

施工中のIoT管理

現場だけでなく本支店で現場状況をモニタリング

The screenshot displays the 'safie' IoT management interface. On the left, a vertical sidebar contains navigation options: 'カメラ一覧' (Camera List), 'ムービークリップ' (Video Clips), 'イベント一覧' (Event List), and 'ダウンロード' (Download). Below these is a smartphone icon showing a mobile app interface. The main area features a grid of 12 camera feeds, each with a title and a settings icon. The feeds show various construction sites, including bridges, roads, and large-scale infrastructure projects. At the top right, there is a search bar labeled 'デバイス名・シリアル' (Device Name/Serial) and a '検索' (Search) button. The interface is clean and professional, designed for easy monitoring of multiple sites.

カメラ一覧

タグ

オプション▼ デバイス名・シリアル

検索

村山上貯水池

中防内5号線橋梁

東京港臨港道路南北線

東京外環自動車道 国分

東京外環自動車道 市川中

東京外環中央JCT北側ランプ

竹芝地区開発計画港歩行者専用

江東ポンプ所

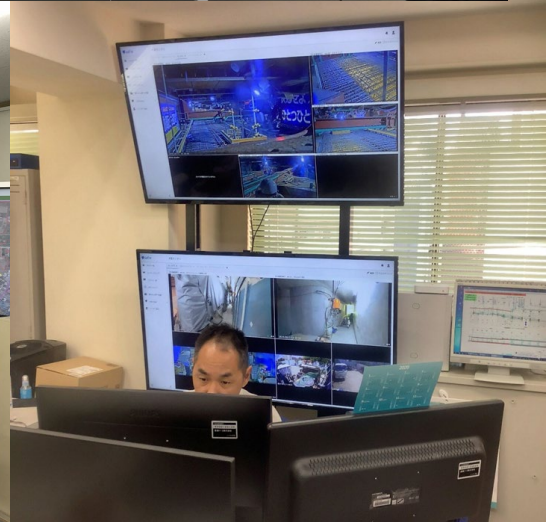
改良(北)1工事

浜松町駅北口自由通路

横浜環状南線公田空間トンネル

環状七号線知佳広域調整池

大型ディスプレイによるモニタリング&コミュニケーション



施工中のIoT管理

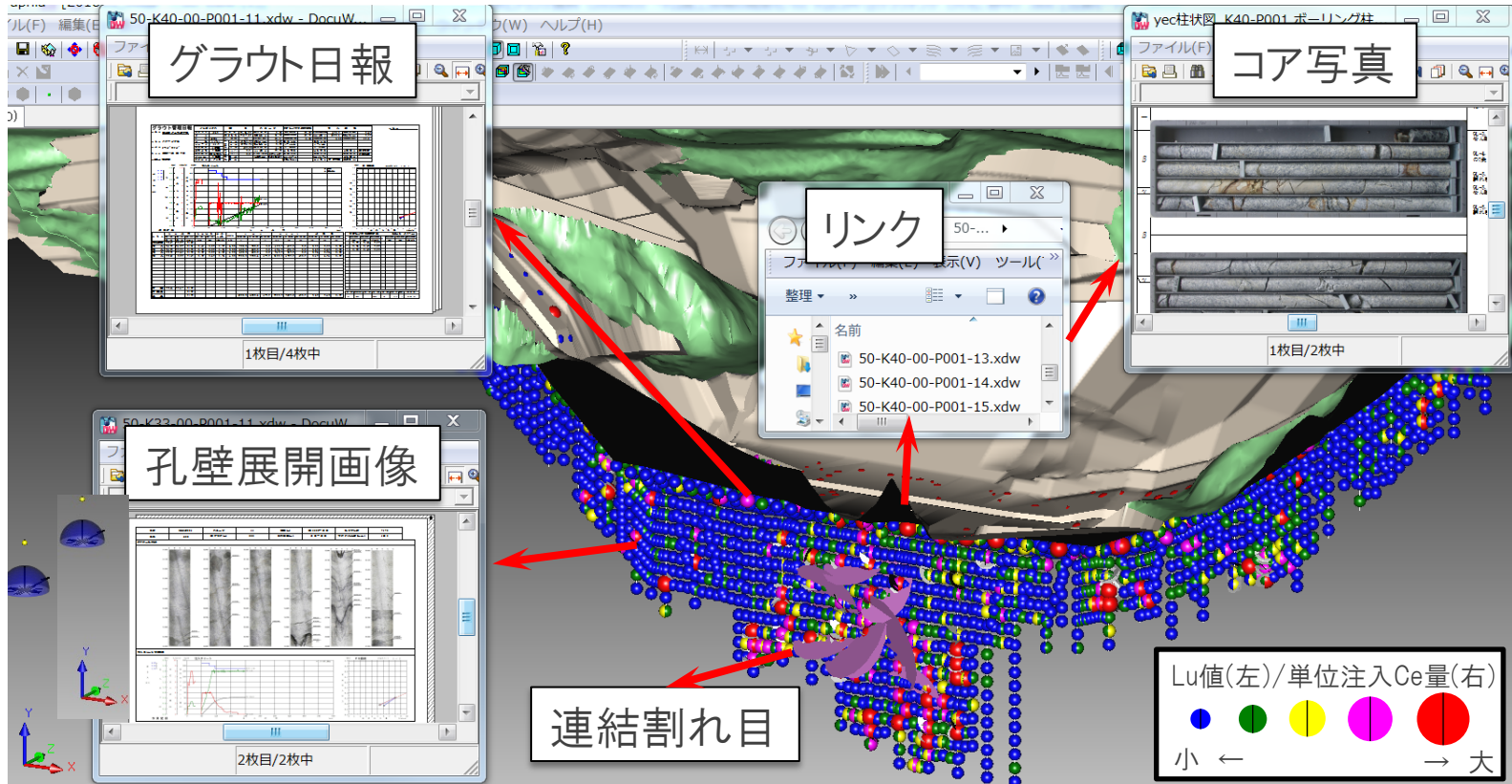
人、モノ、重機、環境の一元管理（見える化）し問題・課題をリアルタイムに把握してタイムリーに解決

FIELD BROWSER



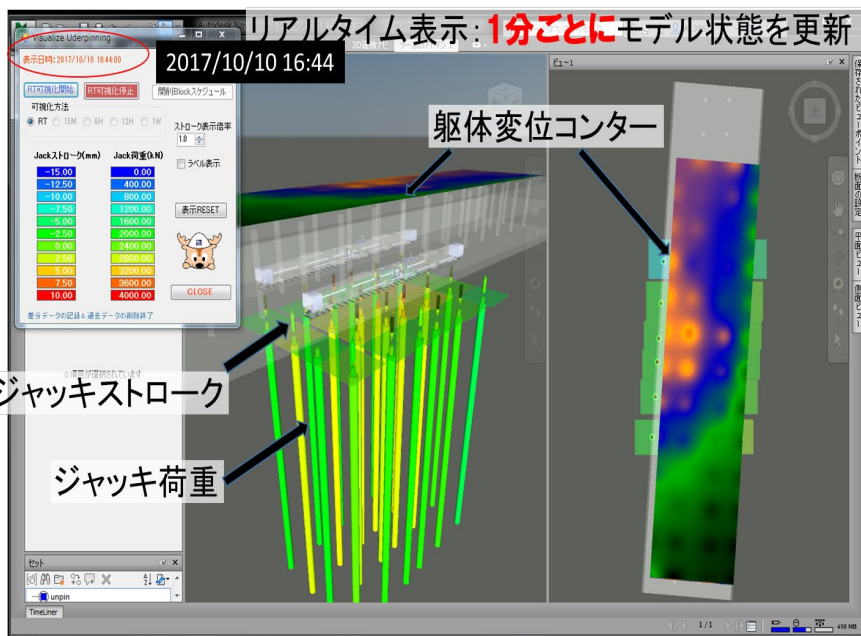
施工実績の見える化

地形・地質データ、構造部データ、施工データの三次元統合化

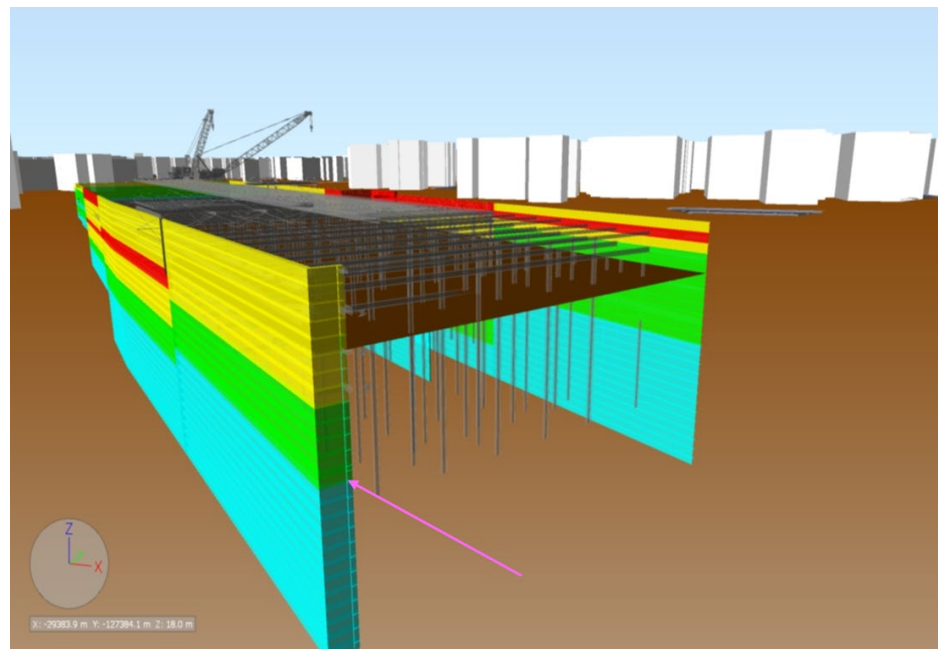


計測結果の見える化

躯体変位とアンピンジャッキ変位荷重

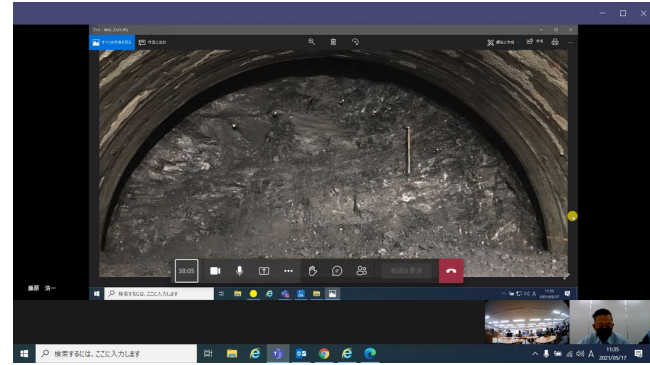


土留めの変位

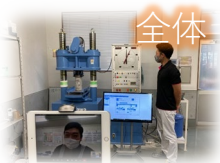


リモート検査（遠隔臨場）

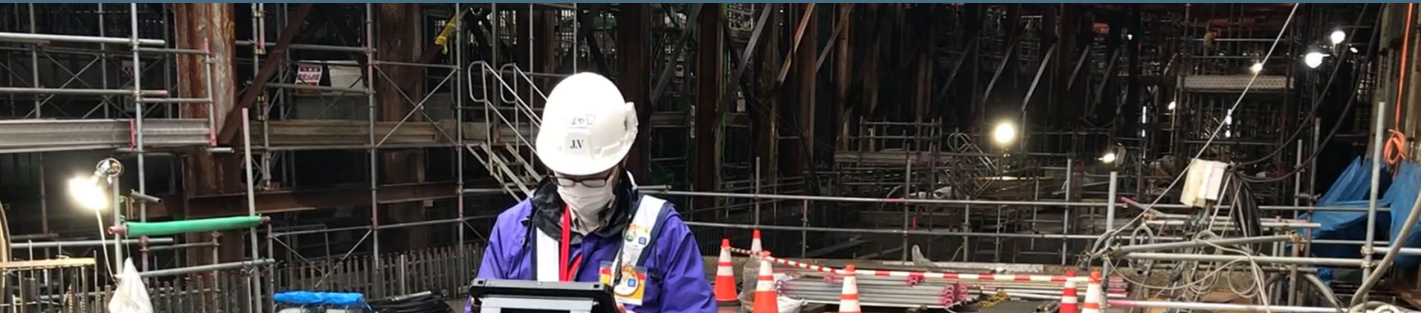
高速道路会社：トンネルインバート型枠、出来形検査、岩判定（現場～発注者事務所、スマホ+Teams利用）



機構 コンクリート圧縮強度試験（発注者工事事務所～現場工事事務所～プラント、Teams利用）



配筋検査システム 写真から配筋の径とピッチを確認



FB-100 配筋検査支援装置 mee ログアウト 68% 終了

撮影 東京外環中央JCT北側ランプ(その2)工事

黒板表示

鉄筋番号	項目	設計値	実測値
M1	鉄筋径	38	
	本数	10	
	平均...	150	
M13	鉄筋径	22	
	本数	4	
	平均...	300	



工事名 東京外環中央JCT北側ランプ(その2)工事
 工種 カルバート工 場所打商業工 鉄筋
 原点 ITB-B12
 測光工 確認
 平均範囲 本数 確認
 測光範囲 1037
 平均範囲
 平均範囲 10mm
 測光範囲 14mm
 本数
 設計値 10本
 実測値 10本
 配力率 1.022
 平均範囲
 設計値 300mm
 実測値 293mm
 本数
 設計値 4本
 実測値 5本
 三菱(フィールド評価)

計測処理の
高速化
約十数秒

測光範囲
全体

明るさ調整
 明るい
 標準
 暗い

保存(計測なし)

撮影

撮影

ホーム 精度チェック 検査選択 検査対象設定 黒板設定 撮影 範囲指定 計測 戻る 進む

見える化とペーパーレスを実現するデジタル管理ツール

作業間連絡会議システムKMS

日々の作業の見える化

作業内容	担当者	作業日	作業時間	作業状況	コメント	作業完了
基礎工事	田中	2023/04/10	08:00-17:00	完了		完了
基礎工事	田中	2023/04/11	08:00-17:00	完了		完了
基礎工事	田中	2023/04/12	08:00-17:00	完了		完了
基礎工事	田中	2023/04/13	08:00-17:00	完了		完了
基礎工事	田中	2023/04/14	08:00-17:00	完了		完了
基礎工事	田中	2023/04/15	08:00-17:00	完了		完了
基礎工事	田中	2023/04/16	08:00-17:00	完了		完了
基礎工事	田中	2023/04/17	08:00-17:00	完了		完了
基礎工事	田中	2023/04/18	08:00-17:00	完了		完了
基礎工事	田中	2023/04/19	08:00-17:00	完了		完了

工程管理ソフト工程's

工程の見える化



施工管理システムデキサポート

施工管理書類のペーパーレス化

業務分担見える化システム多助

社員が抱えている業務の見える化

社員名	担当業務	業務内容	業務状況
田中	基礎工事	基礎工事	完了
田中	基礎工事	基礎工事	完了
田中	基礎工事	基礎工事	完了
田中	基礎工事	基礎工事	完了
田中	基礎工事	基礎工事	完了
田中	基礎工事	基礎工事	完了
田中	基礎工事	基礎工事	完了
田中	基礎工事	基礎工事	完了
田中	基礎工事	基礎工事	完了
田中	基礎工事	基礎工事	完了

安全教育ツール

教育のペーパーレス化



機械・設備点検システム

持ち込み機器管理の見える化・ペーパーレス化



顔認証入退場

入退場の見える化



生コン打設管理システム

コンクリート打設の見える化・ペーパーレス化

打設ID	打設内容	打設日時	打設量	打設場所	打設状況
0001	1 完了	2023/04/10	100.00	基礎	完了
0002	2 完了	2023/04/11	100.00	基礎	完了
0003	3 完了	2023/04/12	100.00	基礎	完了
0004	4 完了	2023/04/13	100.00	基礎	完了
0005	5 完了	2023/04/14	100.00	基礎	完了
0006	6 完了	2023/04/15	100.00	基礎	完了
0007	7 完了	2023/04/16	100.00	基礎	完了

建設生産DXとしてのA⁴CSEL:クワッドアクセラ

ー 土工現場工場化への取組み ー

Automated / **A**utonomous / **A**dvanced / **A**ccelerated
Construction system for **S**afety and **E**fficiency and **L**iability

「汎用重機の自動化」により施工の安全性・生産性を向上

① 人間が作業を計画

② 作業を自動化重機に遠隔指示

③ 自動化重機で自動施工



- ・1人で複数の重機を操作 ⇒ 重機作業を**省人化**
- ・現場の無人化で**安全性** 作業の標準化で**生産性・品質を向上**

- ◆建設従事者、熟練技術者不足
- ◆低い建設生産性
- ◆なくならない労働災害

建設現場は変わらなければならない



**安全性・生産性の飛躍的向上を実現し、
高品質のインフラを安定的に提供する**

スローガン：建設現場を最先端の工場へ！

① 熟練オペレータ作業の定量化

- ・ 操作データ計測
- ・ データ解析、基準運転モデル開発

② 建設機械の自動化

- ・ 自動化装置、安全装置の開発、設置
- ・ 自動制御・運転プログラムの開発、搭載

③ 現場試行～実適用

- ・ 現場/実験フィールドでの試験
- ・ 現場実適用

建設機械の自動化



自動振動ローラ: 転圧作業の自動化



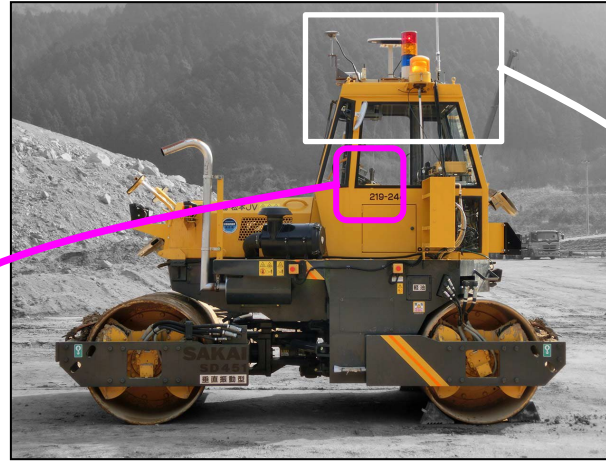
自動ブルドーザ: まき出し作業の自動化



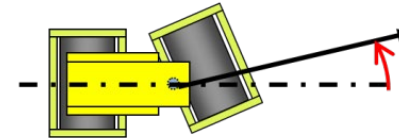
自動ダンプトラック: 搬送、荷下ろし作業の自動化

振動ローラの自動化

汎用機械改造



ジャイロセンサ
振動ローラ姿勢



アーティキュレート角
計測センサ

ブルドーザの自動化

- ・ コマツ製 ICTフルを使用
- ・ 制御PCを介してフルコントローラに制御指令 - 自動化
- ・ 位置、姿勢計測センサなどを搭載して、自律機能を追加



ダンプトラック自動化の概要

システム構成



- 経験と勘をベースに経験豊富な技術者が時間をかけて作成
- 計画の粒度は粗かった(作業レベルまでの計画ではない)
 - ⇒ 定量化された作業を組み合わせ、生産工程の作成をシステム化することによって、短時間で施工計画を立案
- 生産性が重機オペの技量に依存するため計画通りに進まない
 - ⇒ 作業時間・品質が安定する自動運転(A⁴CSEL)の施工では、立案した施工計画の良否で、生産性と安全性が決まる
 - ⇒ 生産性と安全性を上げるための施工計画が求められている

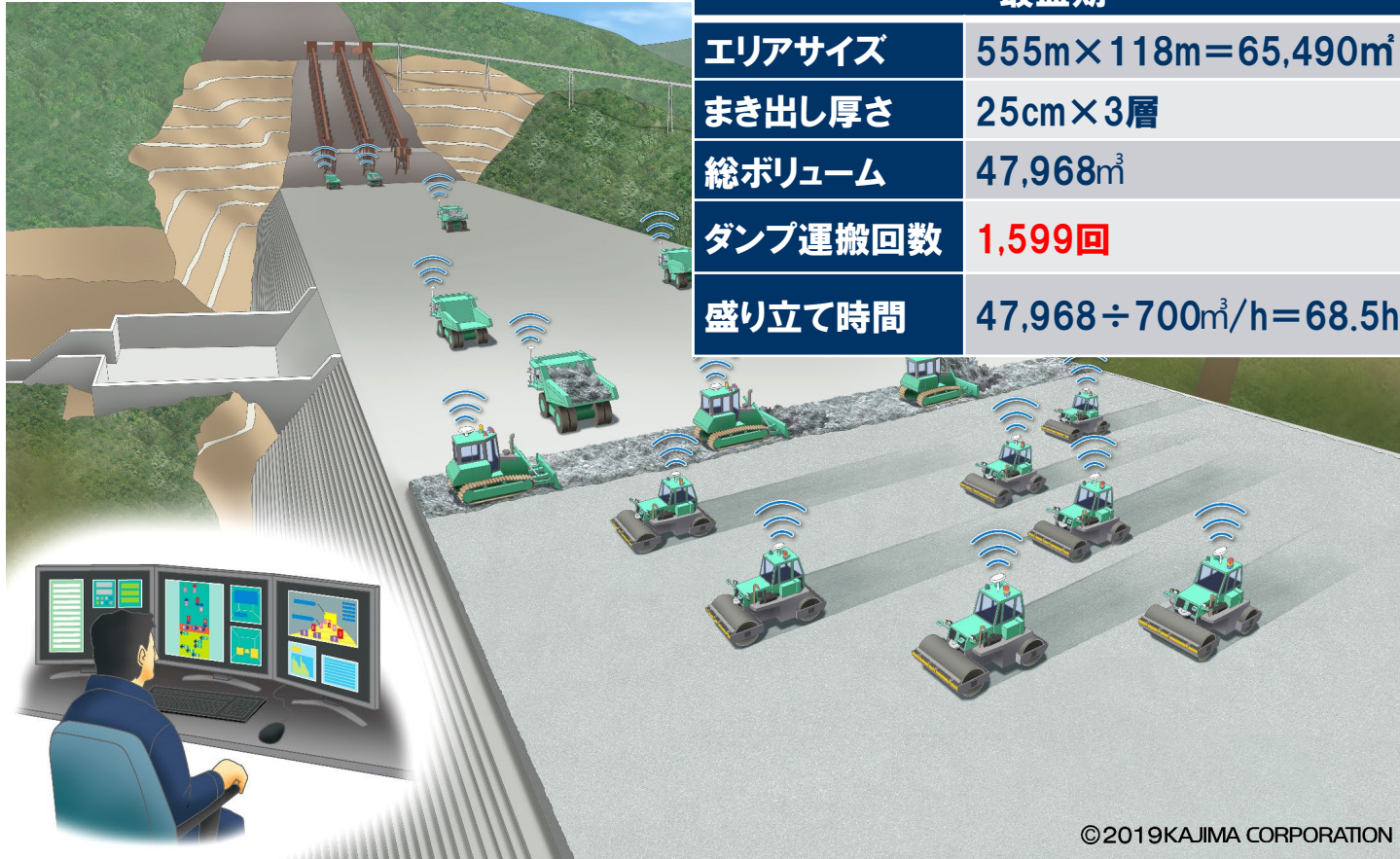
生産システムとしての基本サイクル

施工マネジメントシステム

日々の施工業務の中でPDCAを回していく



成瀬ダム工事でのA⁴CSELの適用



最盛期	
エリアサイズ	555m×118m=65,490㎡
まき出し厚さ	25cm×3層
総ボリューム	47,968m ³
ダンプ運搬回数	1,599回
盛り立て時間	47,968÷700m ³ /h=68.5h

A⁴CSELが目指すもの

建設現場を最先端の工場へ！

- 汎用建機の自動化技術 + AIを活用した機械の自動運転技術
- 建機を効率的に配置・稼働させ最大の工事量を得る最適化技術
- 稼働時のリアルタイムデータから施工進捗を見える化する技術
 - 現場作業、熟練作業を分解・標準化し、マニュアル化&情報化
 - 経験や勘で決まってきた建設作業の多くを「工学的生産」に

労働集約型である建設現場を知識 / 情報集約型の生産現場へと変革し、高い品質を確保しつつ、生産性、安全性の飛躍的な向上を図る

施工革新による生産性向上 ⇒ 建設業改革「現場のDX」

A⁴CSEL for Tunnel

— トンネル施工の自動化 —

山岳トンネル工事の現状と課題とは

- 人手不足・熟練者不足 → 作業員の高齢化・人員確保に苦慮
- 労働災害・事故の多さ → 危険な切羽(地山)に近づいた作業
- 低い建設生産性 → 作業員の経験と技量に頼る施工



抜本的な新しい建設生産体制への変革が必要

- **安全性の高い施工** →
 - ・作業員が切羽に近づかない
 - ・定型作業は機械にやらせる
- **品質の高い施工** →
 - ・熟練作業員と同等の品質を確保する
 - ・常に同じ品質を確保する
- **生産性の高い施工** →
 - ・施工の無駄をなくしていく
 - ・施工時間を短く、安く

ではどうやって
実現していく？

常に作業を見直し、改善できる仕組み・体制
(建設現場の工場化)

具体的には？

工場のような**自動化やデータを基軸とした施工システム**が必須

山岳トンネル施工の将来像

トンネル施工は同じ位置(切羽)にて6ステップを順次繰返し

➡ **ステップ単位で作業のPDCAを廻す** ➡ 全体最適へつながる

①穿孔

コンピュータジャンボ



②装薬

自動爆薬装填機



③ずり出し

自動ホイールローダ



⑥ロックボルト

自動ロックボルト打設機



⑤吹付け

自動吹付け機



④アタリ取り

遠隔ブレーカ

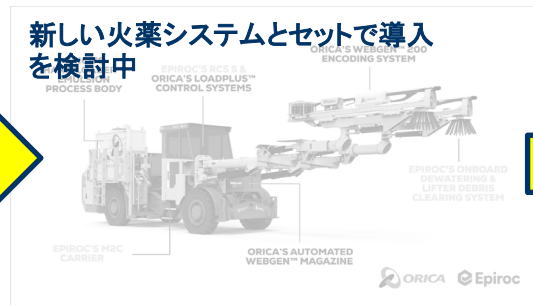


山岳トンネル自動化にむけて

①穿孔(発破最適化設計)



②装薬・発破



③ずり出し

模擬トンネルにて開発



④アタリ取り

現場で展開



⑥ロックボルト



⑤吹付け

模擬トンネルにて開発



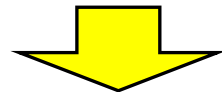
「トンネル自動化施工システム」を現場へ展開

建設現場の工場化のためには
現場で**施工のPDCA**を効率的に
廻していく仕組みの確立が必須

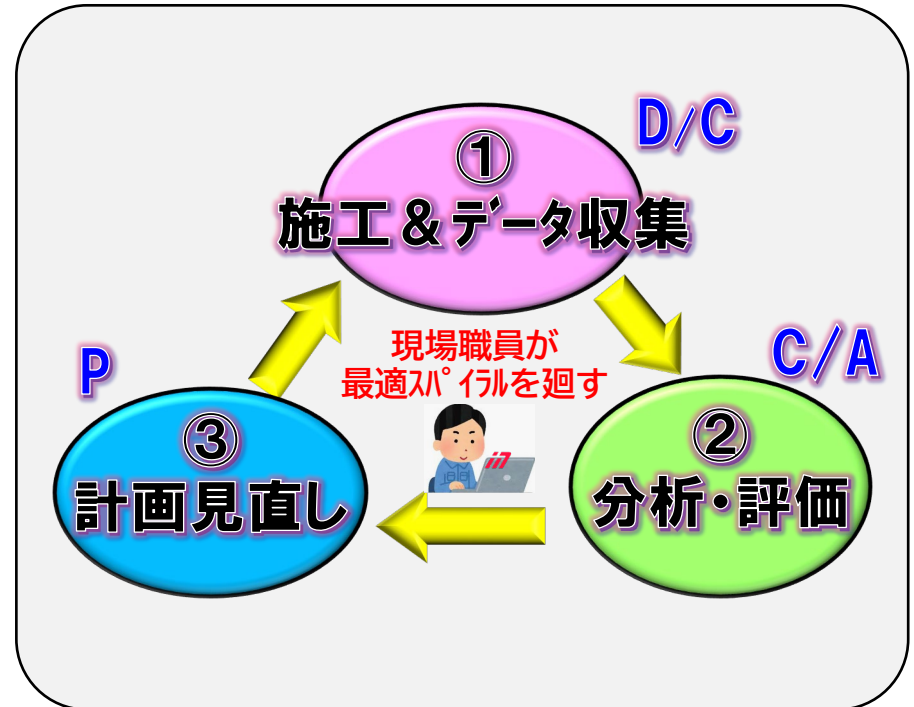


<施工のPDCAに必要な機能>

- ・施工作业をデータ化する
- ・データを分析/評価する
- ・分析/評価から計画を見直す
- ・見直し計画を実践する

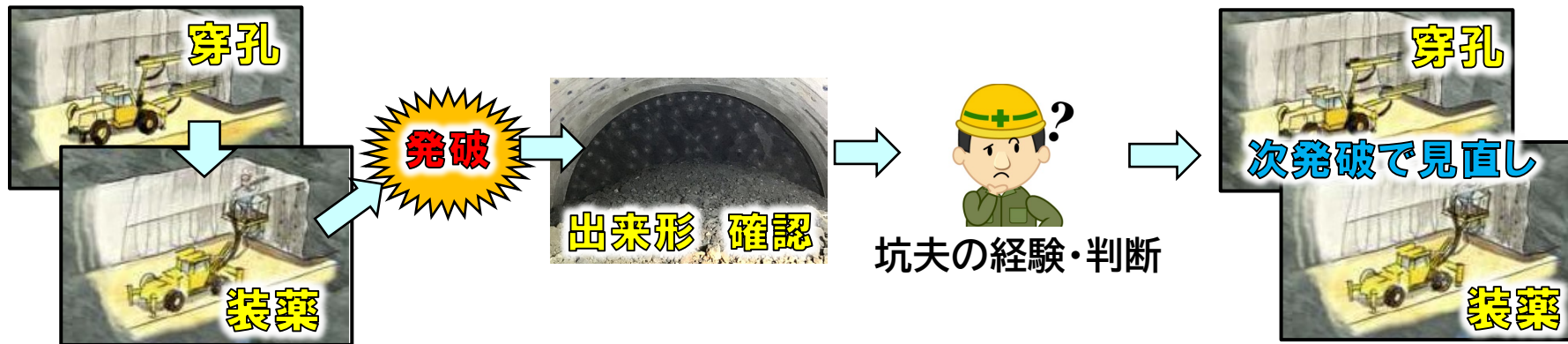


データを基軸とした
施工体制への変革が必要



発破(穿孔・装薬)

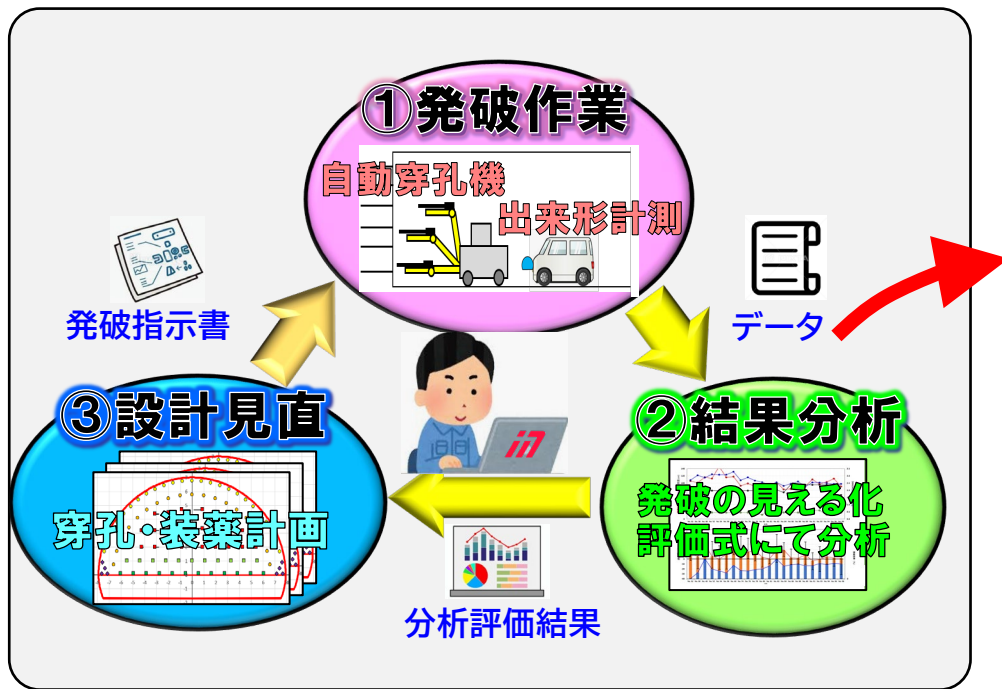
従来の発破



自動化とデータを基軸とした発破



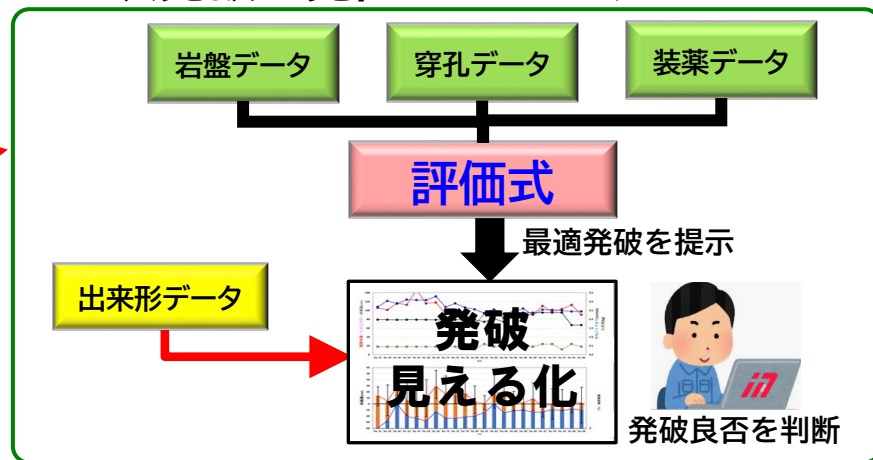
生産性の高い発破を実現するために



発破の最適化スパイラル

②結果分析 が最も重要

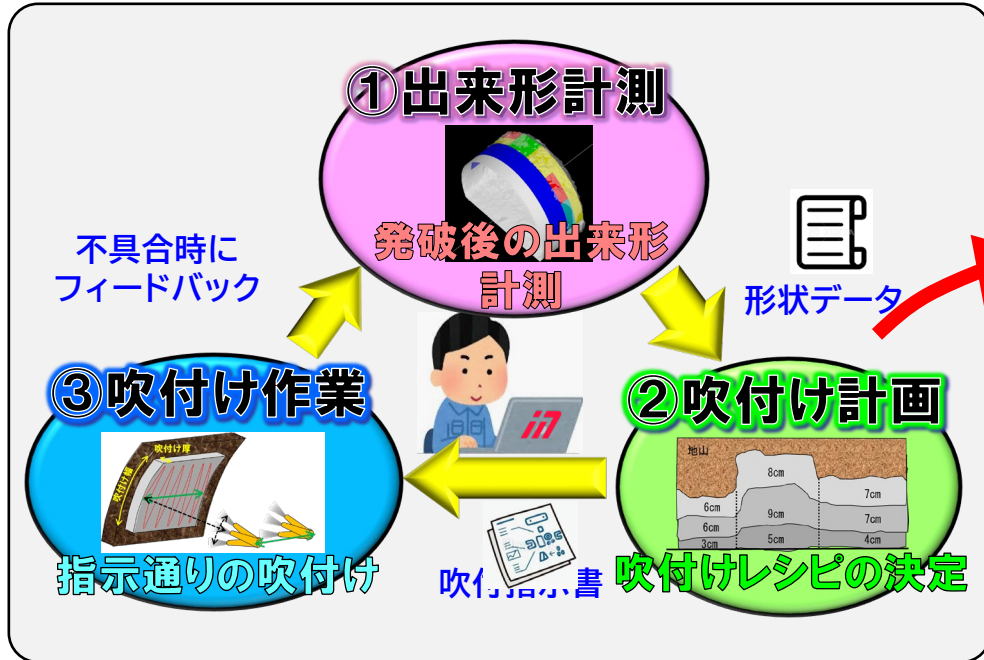
データからどのような発破良否を評価し
次発破の見直しにつなげるか？



理論解に基づく評価式と発破結果
から発破良否を判断

発破熟練者でなくても常に80点の
発破設計ができる体制

生産性の高い吹付けのために



吹付けの最適化スパイラル

②吹付け計画が最も重要

最適な吹付けとは何か？



熟練作業員の吹付けは
暗黙知であり最適ではない

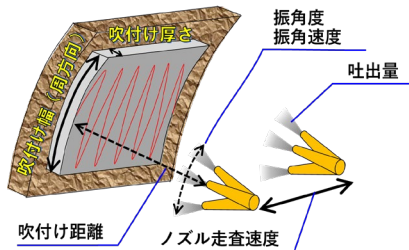


自動化の特性を生かした
最適な吹き方を実験にて
模索、確立していく

②吹付け計画 最適な吹付けとは何か

「こう吹いたら出来形がどうなるか」から
「**目標の出来形のために、どのように吹くか**」を検討

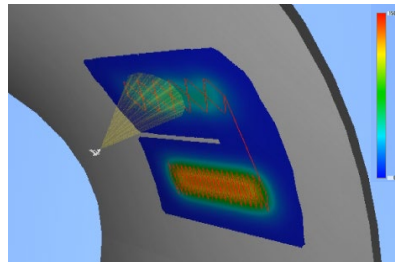
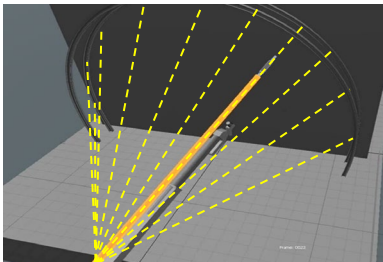
吹付け基礎データの収集



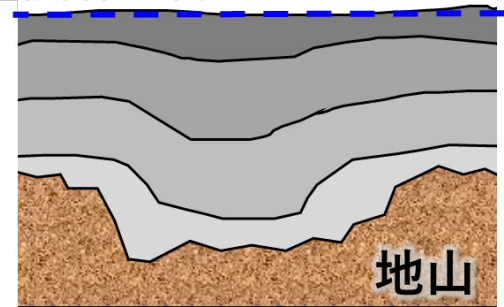
- ①壁面とノズルの距離
- ②吐出量
- ③ノズル移動速度
- ④ノズル振り角
振り角速度



シミュレータによるノズル動作・吹付け基礎データの再現



設計仕上面



基礎データに基づき
地山凹凸に対応した
吹付けレシピの自動計画
(管制プログラム)

ずり出し自動化実現のための3要素

ずり出し方法



- ①ずり出し方法の定式化
- ・最適なずり出し方法とは？
(掬い上げ方法/走行経路)

計測/検知



- ③非GPS下での自己位置
リアルタイム計測・把握

自動運転制御



- ②自律/自動ずり出し機
の開発

ホイールローダの自動化制御システムの構成



オペレータ

- ・PCから車両への自動運転指示
- ・作業状況の監視

作業内容(走行, 積込, 排土)
作業目標点, 目標速度



車両信号(車速, 作業機状態等)
センサ信号(自己位置等)

ホイールローダ車両



- ・経路(座標, 目標速度)
- ・走行制御
- ・作業機制御
- ・車両状況のセンシング

位置計測システム

- ・坑内GPS (iGPS)



鹿島建設とNEC、重機による自動化施工システムの普及・展開を目的とした合併会社を設立

9月8日発表



多方面への提供を含めて、自動化施工システムを広く普及・展開することを目的として、事業の成立性を検討。また、新事業に賛同頂けるパートナーを広く募り、課題解決に貢献できるスキームを早期に整えていきます。