

## 技術紹介3

画像解析AIを用いた労働生産性向上と  
材料ロス低減の取り組み

清水建設株式会社



# 背景

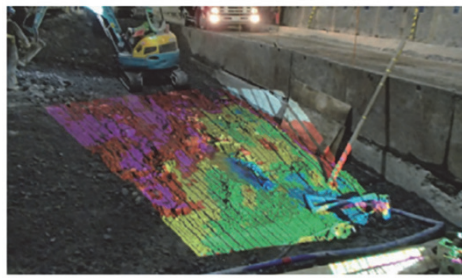
## 建設現場の労働生産性の向上

⇒ 解決に向けて、数多くの研究開発が実施されているが  
熟練技能者の不足・人口減少等により需要は高い

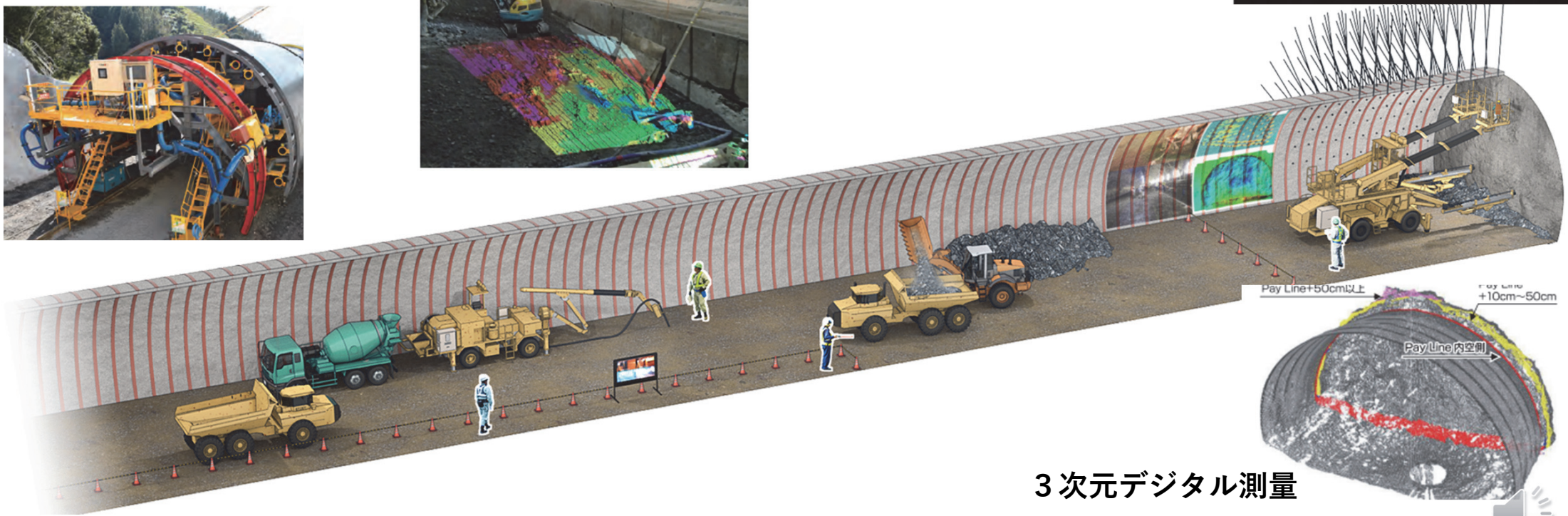
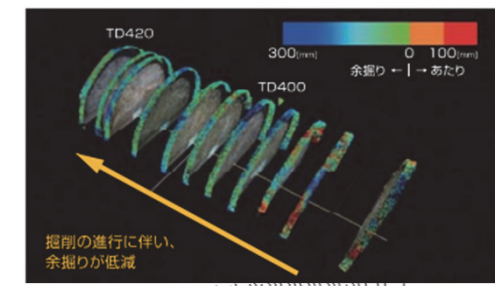
### 覆工打設自動化



### インバート掘削可視化



### 余掘り低減化



### 3次元デジタル測量

# 山岳トンネル現場における課題



# 課題①現場の業務効率化

## 【坑外】



職員



作業員

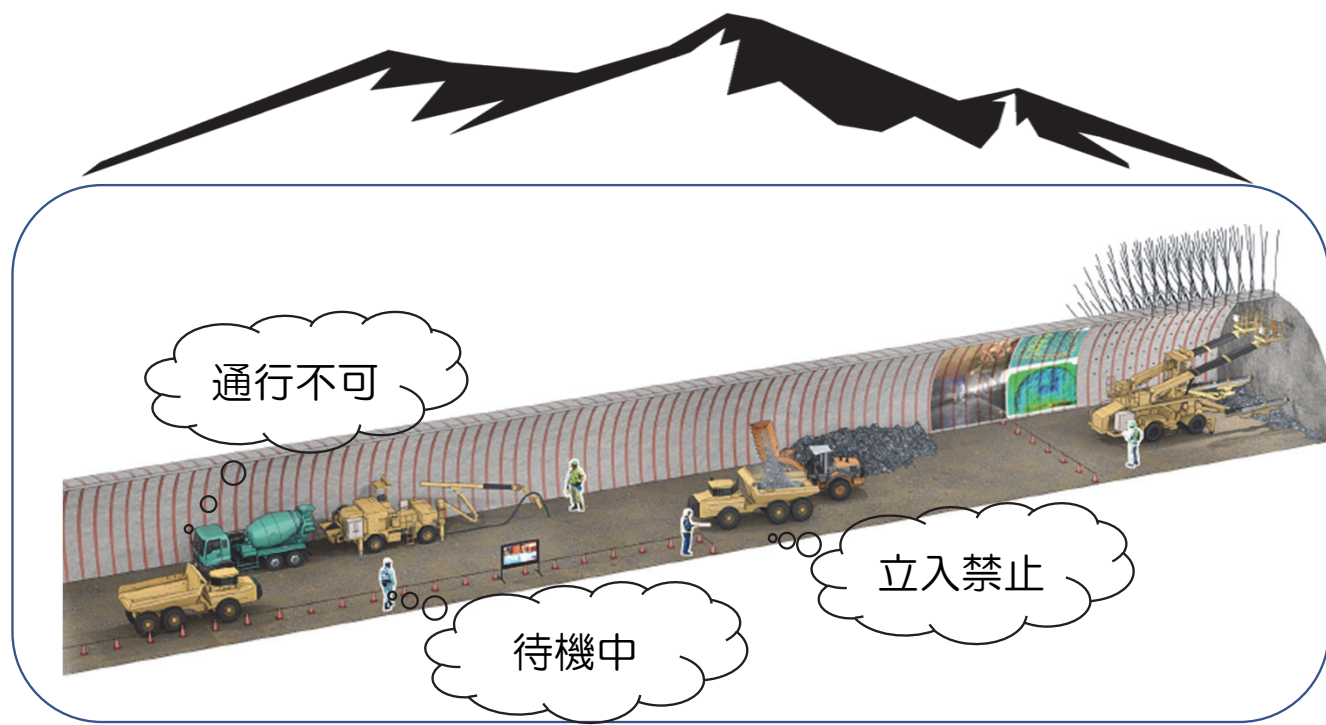
待機時間

現場での業務後  
書類作成など

無駄な時間が  
発生

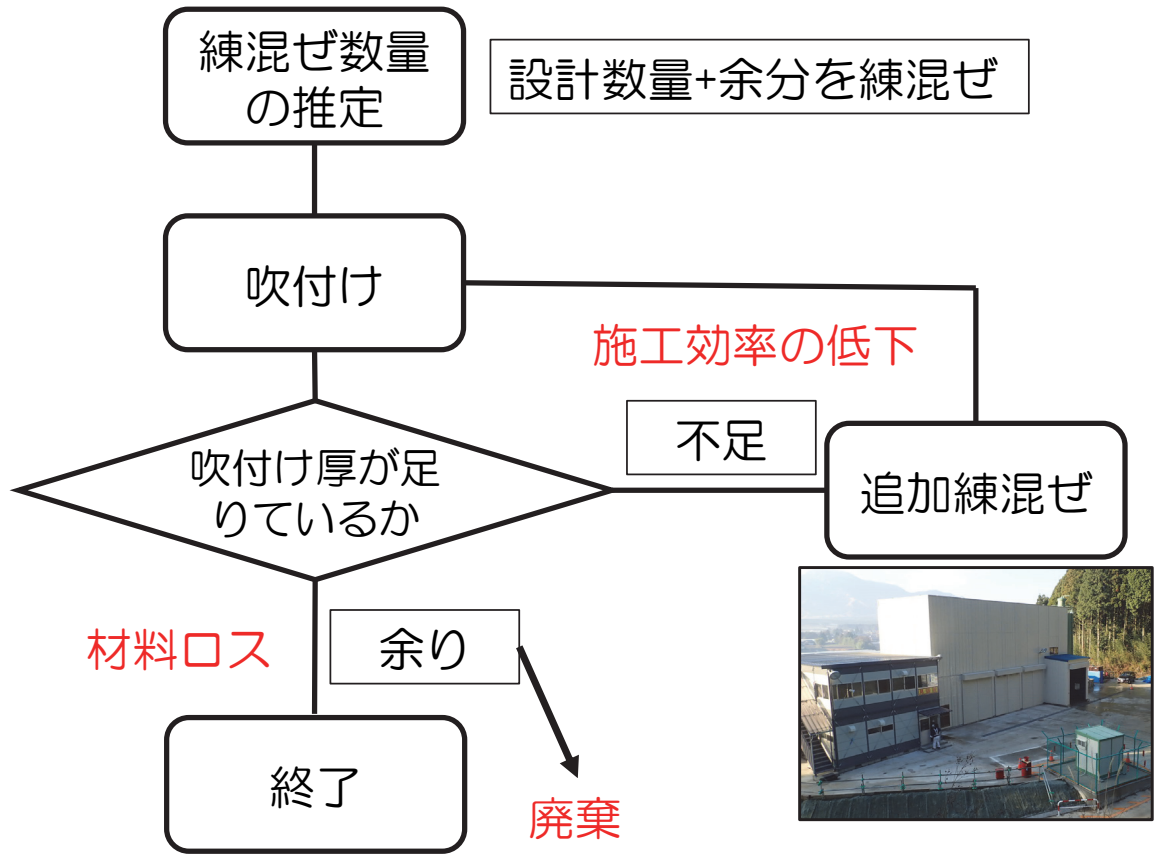
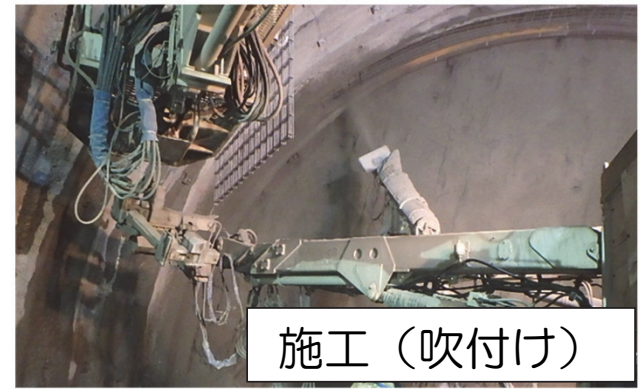
生産性の低下

## 【坑内】



- ・ 多くの車両が縦列駐車をしており、重機などの離合が難しい。（立ち往生しやすい）
- ・ 坑内作業の切り替わりの時間が把握しにくい。
- ・ 坑内の状況を把握しにくいため、元請職員の施工管理業務の遅延が生じやすい。

# 課題②吹付けコンクリートの材料ロス



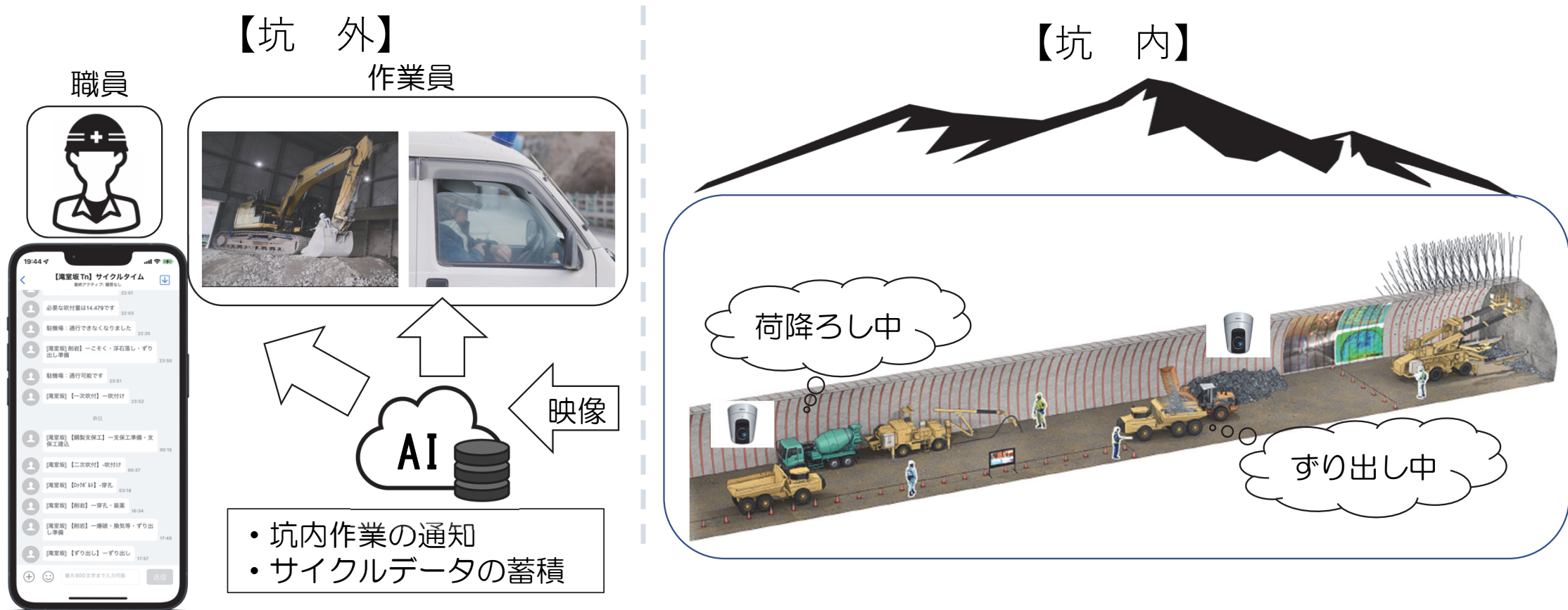
・吹付けコンクリート量は、作業員の経験と感覚で算定している。  
 ⇒ 熟練技能者の減少，定量的な数量把握方法が必要



# 試行技術の概要



# 待機時間削減技術の概要



- 坑内作業内容をAIがリアルタイムで判定し、坑外の作業員・職員に社内SNSで通知



# クラウドサービスを活用した業務効率化の概要

## 【坑外】

現場職員

データ処理・帳票化



- ・業務効率化
- ・タイムリーな情報共有

本社・関連部署



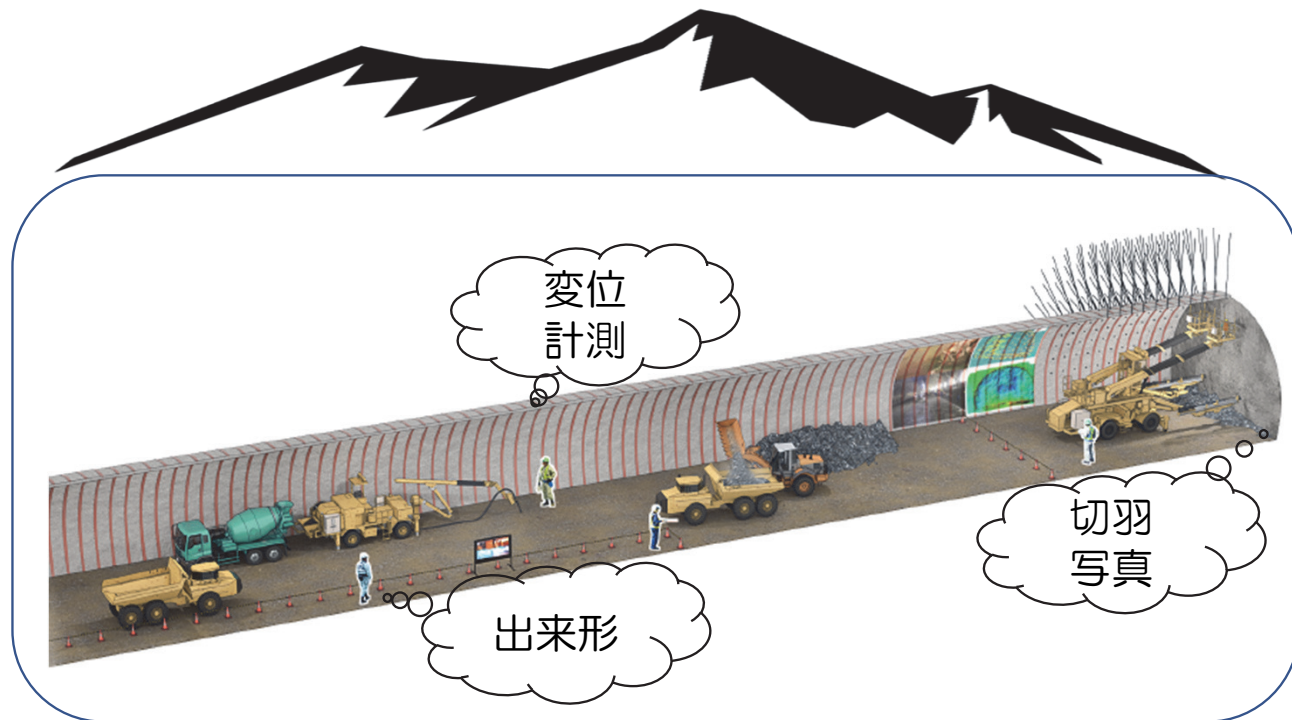
クラウド



施工データ

- ・施工データの蓄積
- ・技術支援への活用

## 【坑内】

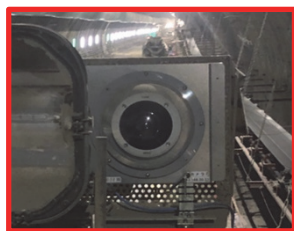
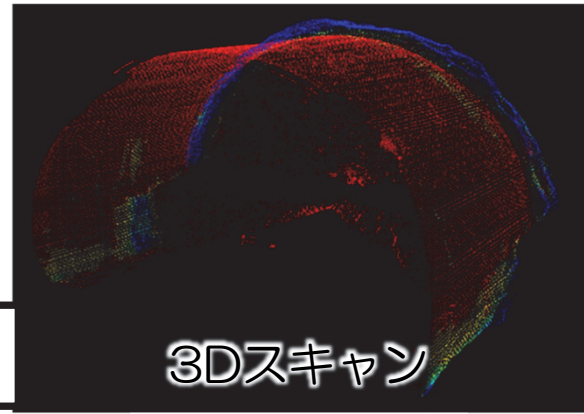
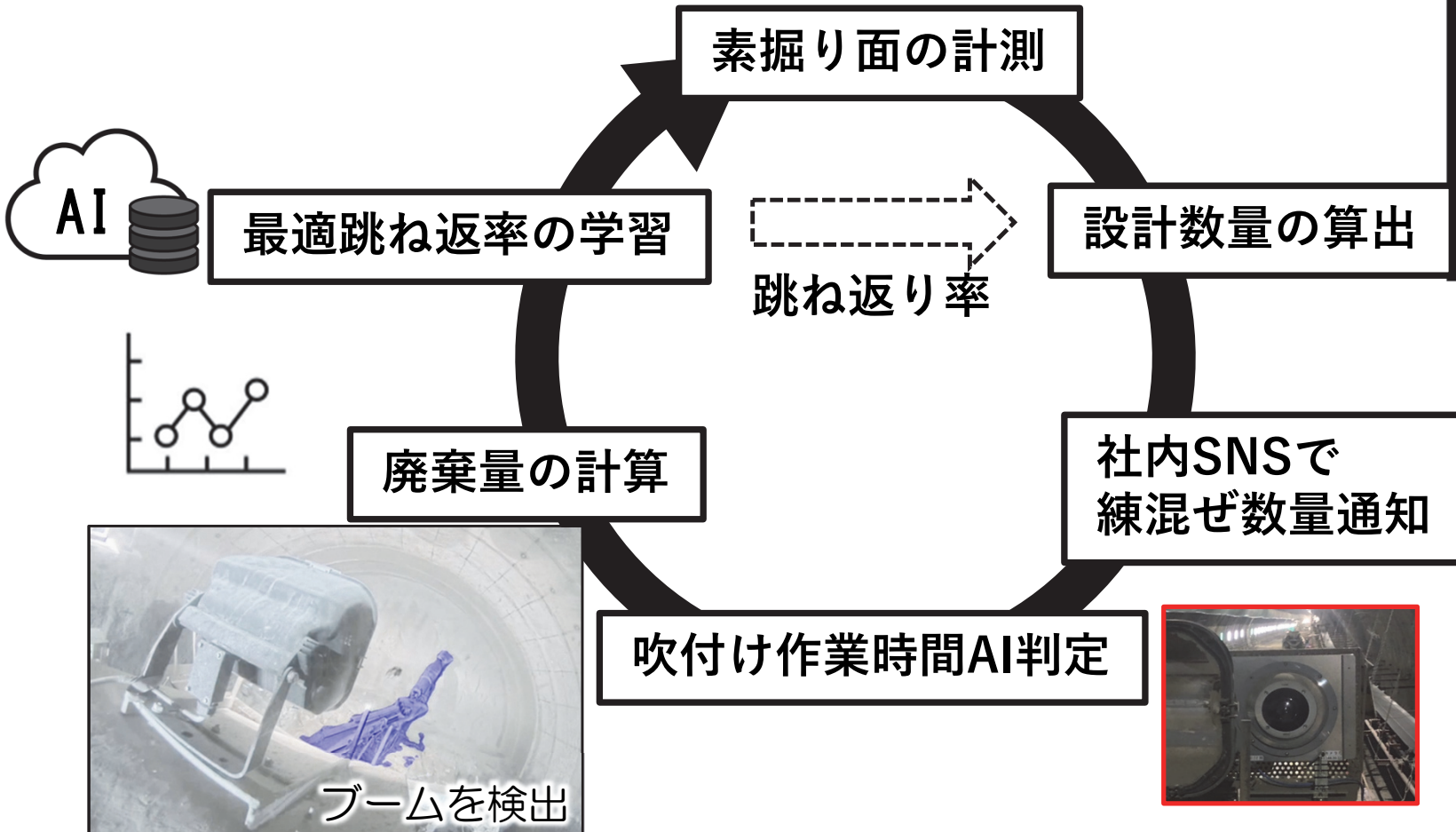


- ・クラウドサービスや帳票化サービスを活用し、業務効率化





# 材料ロス削減技術の概要

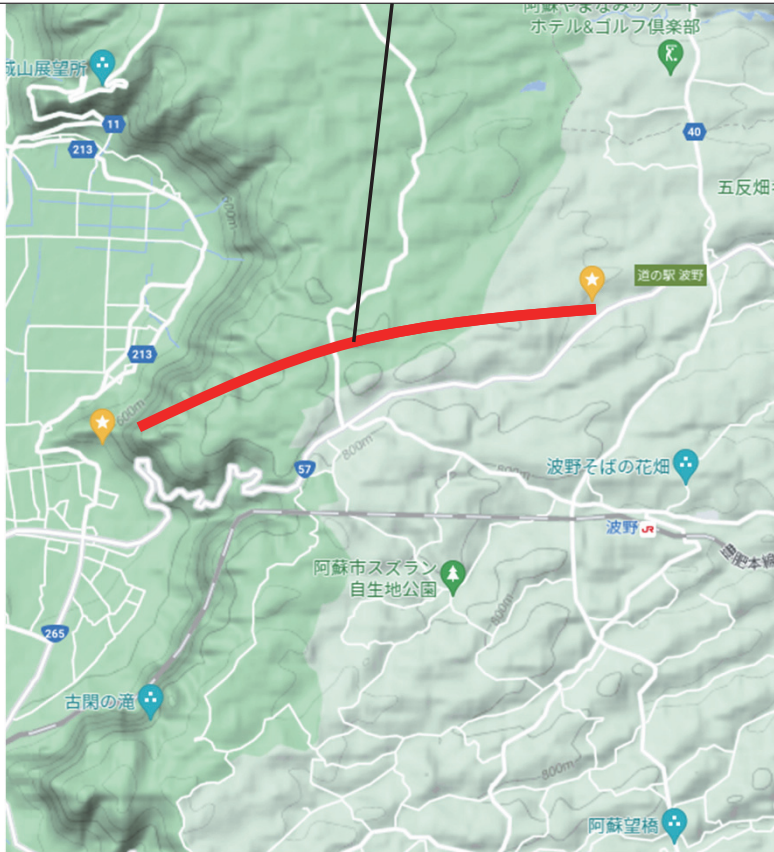


# 試行環境



# 試行現場概要

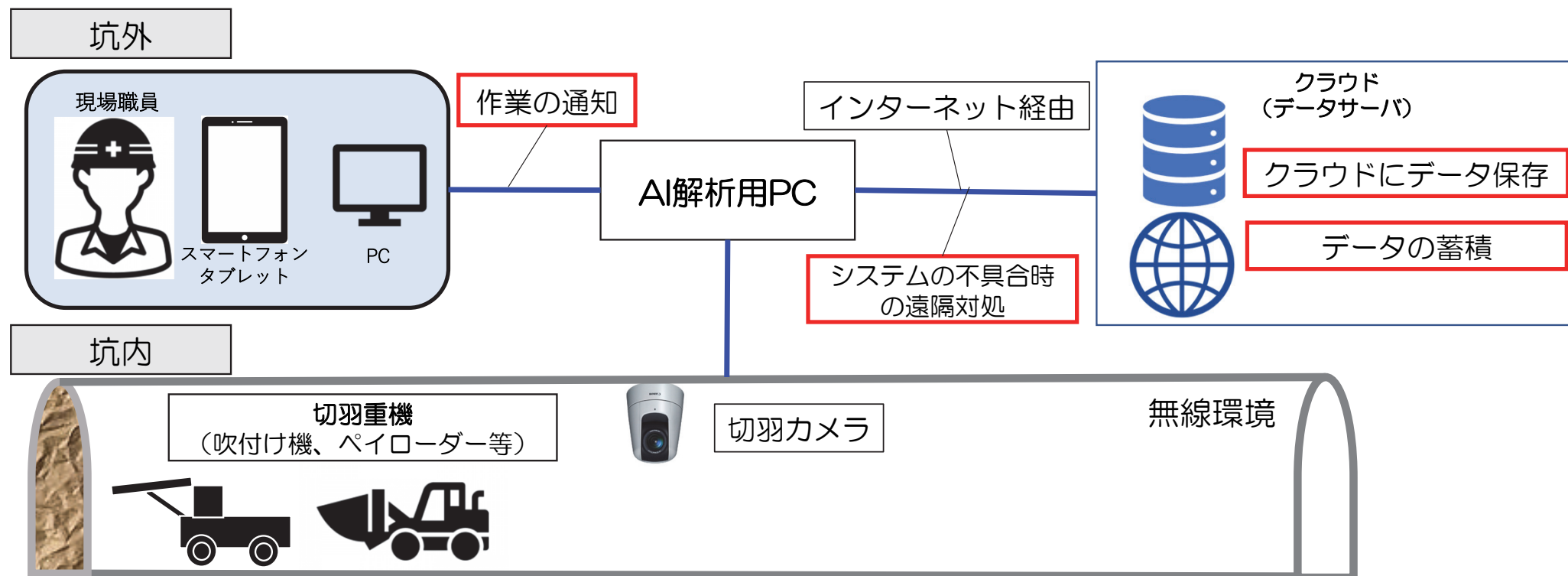
試行現場  
熊本57号滝室坂トンネル西新設（二期）工事



工事名称	熊本57号 滝室坂トンネル西新設（二期）工事
工事場所	熊本県阿蘇市一の宮町北坂梨～坂梨
工期	令和2年12月19日～令和6年3月31日
発注者	国土交通省 九州地方整備局 (熊本河川国道事務所)
施工者	清水・東急・森特定建設工事共同企業体
工事内容	延長 本坑総延長 L 2,679m (一期：1,030m 二期：1,649m) 避難坑総延長 L 3,069m (一期：1,752m 二期：1,317m)
	断面 本坑 掘削面積107m <sup>2</sup> 避難坑 掘削面積19m <sup>2</sup>
	施工法 NATM
	掘削方式 発破掘削方式
	ずり 運搬方式 タイヤ式+ベルコン方式



# 試行環境（通信環境・データフロー）

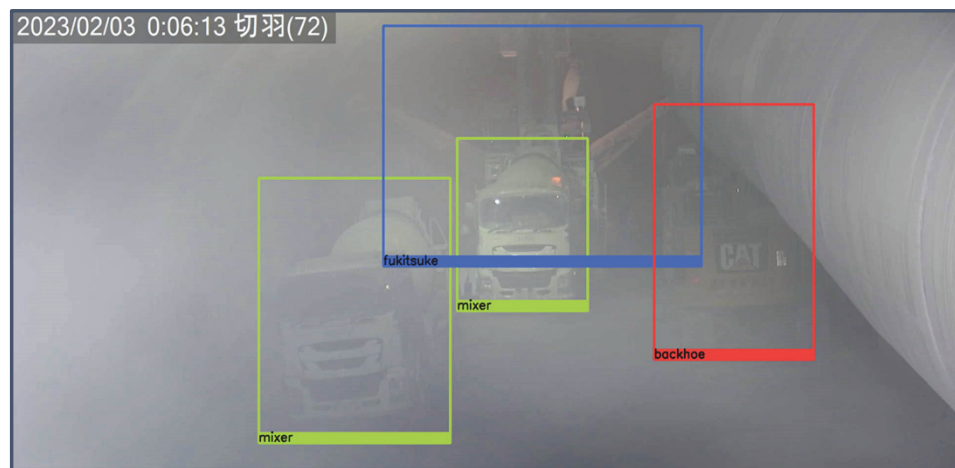


- エッジPC (AI) が坑内作業を判定
- 判定結果は社内SNSを通して、現場関係者に通知
- 判定結果・映像はインターネットのクラウドサーバーに保存・集計
- インターネットにエッジPCを接続することで、遠隔でのトラブル・システム改良可能

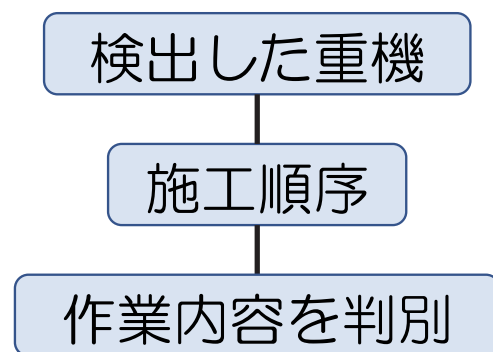
# AI判定技術の概要と精度について



# AIによるサイクル判定技術の概要



## AIサイクル判定のフロー



種別	画像数	出現回数	平均適合率
バックホウ	1,170	889	0.967
吹付け機	1,170	253	0.974
ミキサー車	1,170	311	0.987
ドリルジャンボ	1,170	739	0.992
火薬運搬車	1,170	342	0.987
ホイールローダ	1,170	107	0.870
トラック	1,170	352	0.954
クラッシャー	1,170	360	0.941
マイポンプ車	1,170	273	0.987

### 【物体検出モデル】

- 映像内の重機の種別を判定（9種類の重機を検出）
- 重機の種別判定の平均正答率 約96%



# AIサイクル判定

2023/02/03 16:45:27 切羽(72)

【削岩】一穿孔・装薬

判定結果



# AIサイクルタイム判定の精度

実際の作業

AIによる判定

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	90	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
B	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	80	0	0	0	0	0	20	0	0
D	0	0	0	90	0	0	0	0	10	0	0
E	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
F	10	0	0	0	0	10	0	70	0	0	0
G	0	0	50	0	0	0	50	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	60

## 判定サイクル項目

- A：穿孔・装薬
- B：爆破・換気等・ずり出し準備
- C：ずり出し
- D：こそく
- E：一次吹付け
- F：支保工建込み
- G：二次吹付け
- H：ケレン・片付け
- I：ロックボルト準備
- J：ロックボルト穿孔
- K：停止

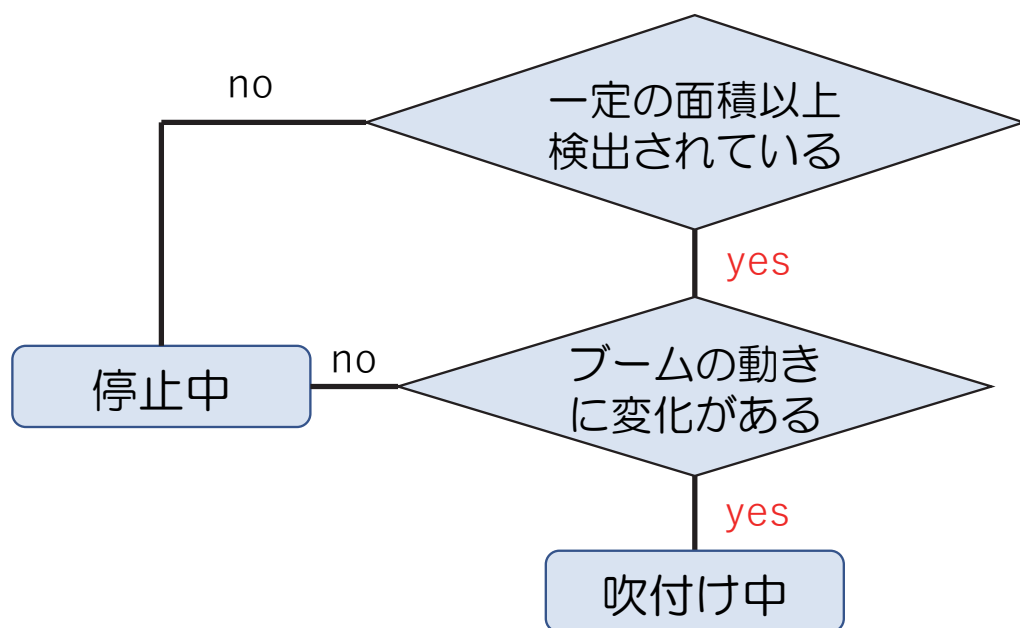
- ✓ AIによる正解率は80%以上である。
- ✓ この判定結果は施工管理に支障をきたさない良好な結果である。





# AIによる吹付け判定技術の概要

## 吹付け作業判定のフロー



# AIによる吹付け作業判定

2023/01/20 13:09:07 吹付口ボ1 (73)

stop

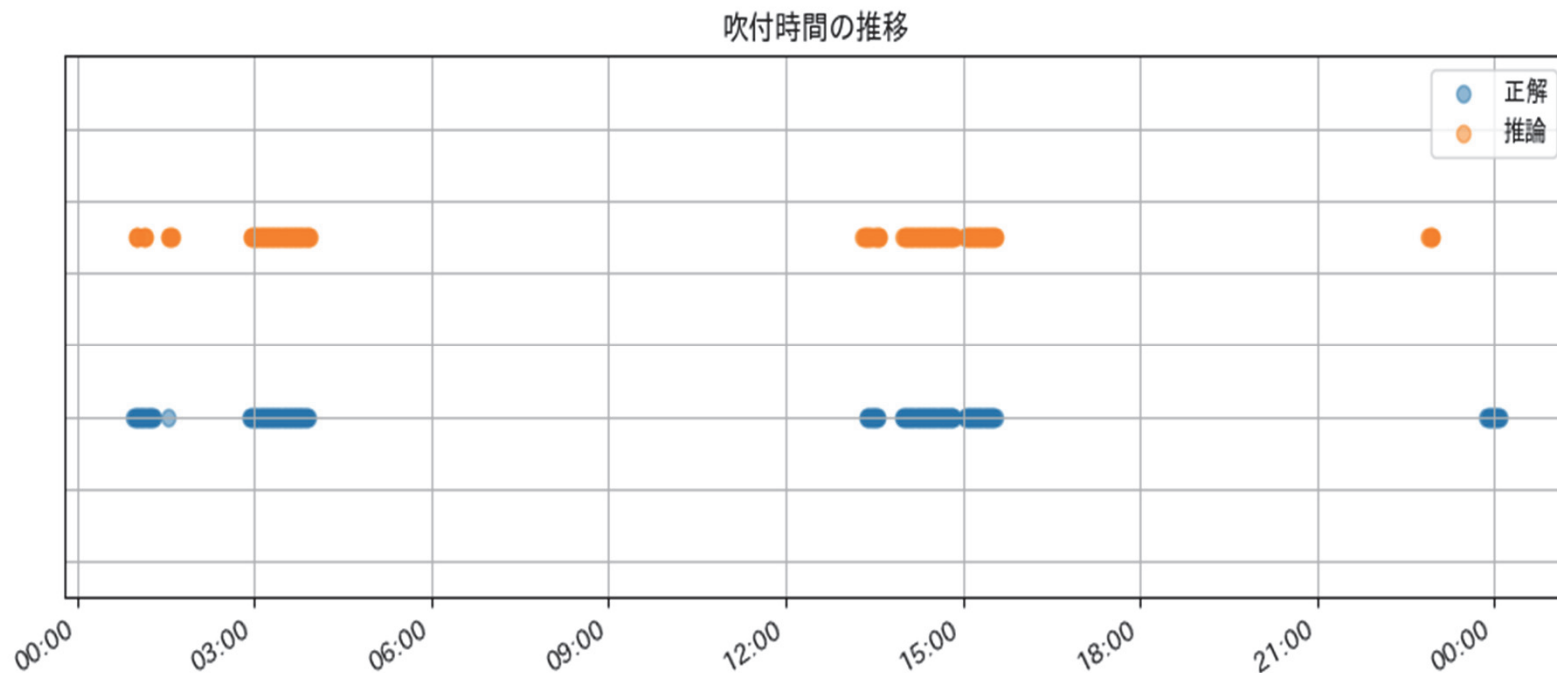
2023/01/20 13:09:07 吹付口ボ2 (74)



判定結果



# AIカメラの判定精度（吹付け作業）



推論結果（オレンジ）と正解データ（青）の吹付け時間の推移

## 【適用結果】

- ✓ 吹付け作業中に吹付中と判定した時間 正解率：83.3%
- ✓ 上記+吹付けノズルの停止時間を、停止と判定した時間 正解率：96.1%



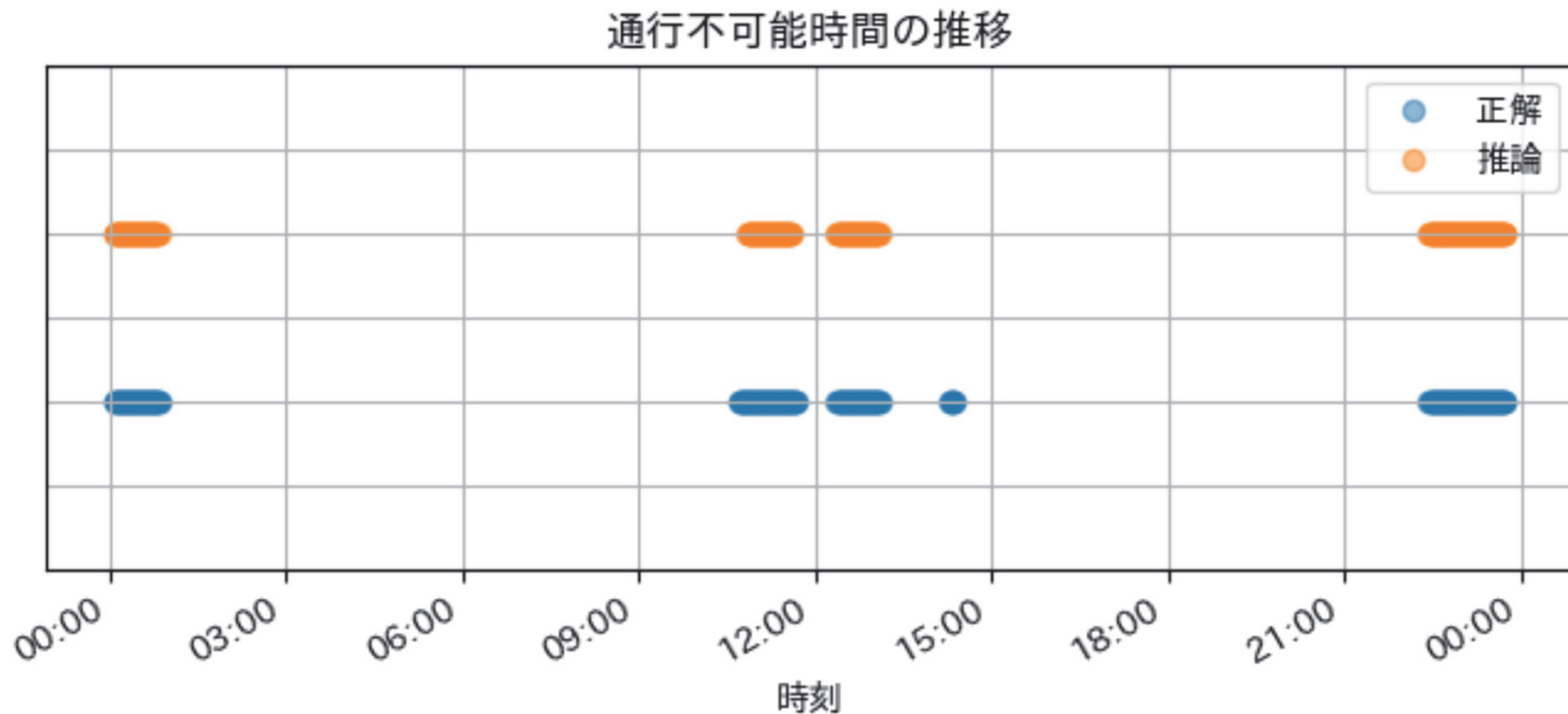
# AIによる駐機場判定

2023/02/03 18:18:57 駐機場(71)

DSS



# AIカメラの判定精度（駐機場）



推論結果（オレンジ）と正解データ（青）の通行不可能時間の推移

## 【適用結果】

✓ 通行不可能な場合における判定時間 正解率：90%



# 試行結果と効果



# 【試行結果】待機時間の削減効果

## 社内SNS通知画面



## 待機時間の削減結果

対象者	該当作業	試行前	試行後
		待機時間(分)	待機時間(分)
作業員	資材搬入, 荷降ろし	12	0
作業員	ずり出し作業	37	15
職員	切羽観察業務	40	18
職員	品質管理業務	23	13

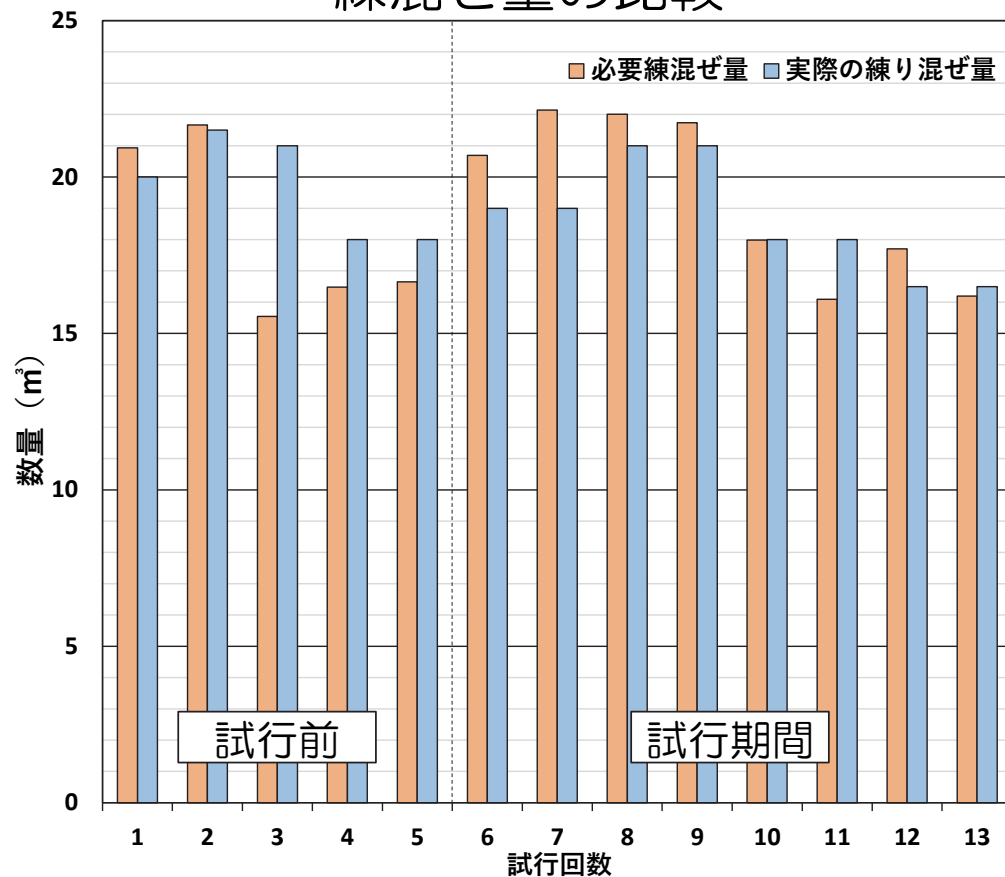
## 【効果】

- ・ 現場職員および作業員の待機時間を最大22分（40～60%）削減可能
- ・ タイムリーに坑内状況を把握可能

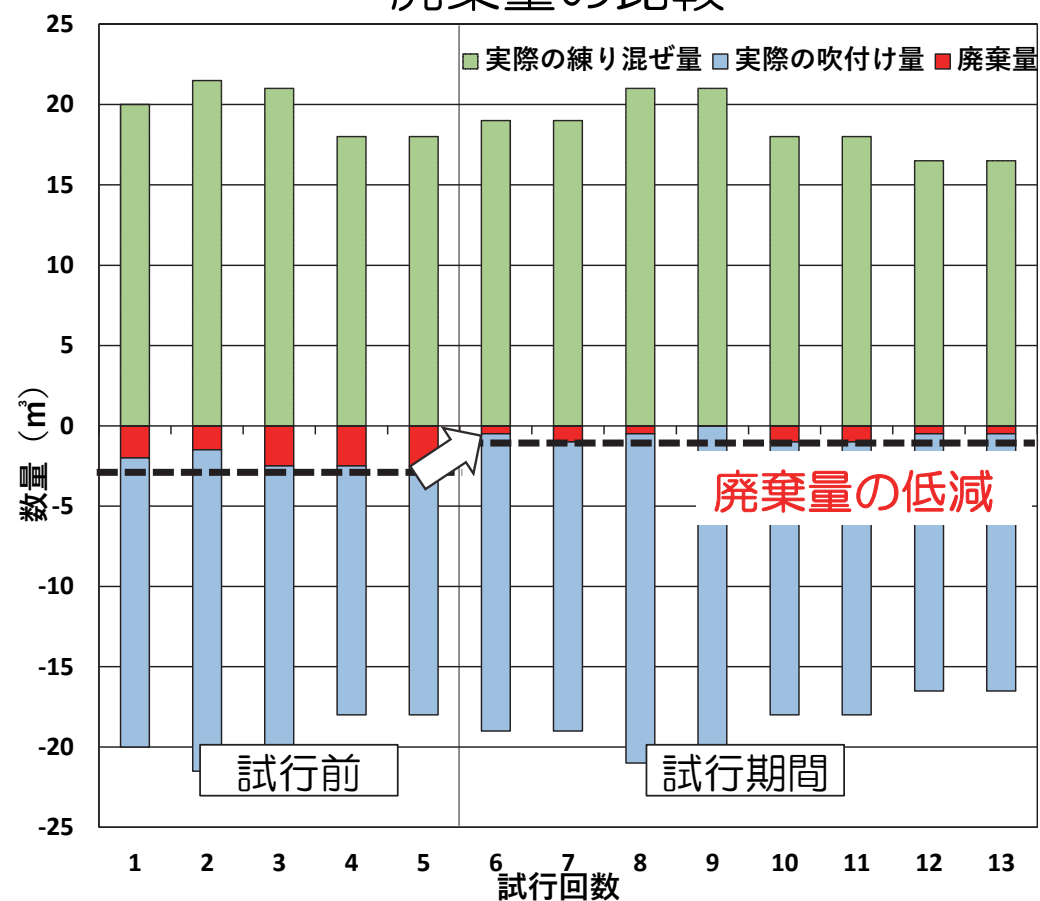


# 【試行結果】 材料ロスの低減効果

## 練混ぜ量の比較



## 廃棄量の比較



## 【効果】

- ✓ 試行を重ねることで算出精度が向上し、廃棄量が低減 (平均70%/1サイクル削減)

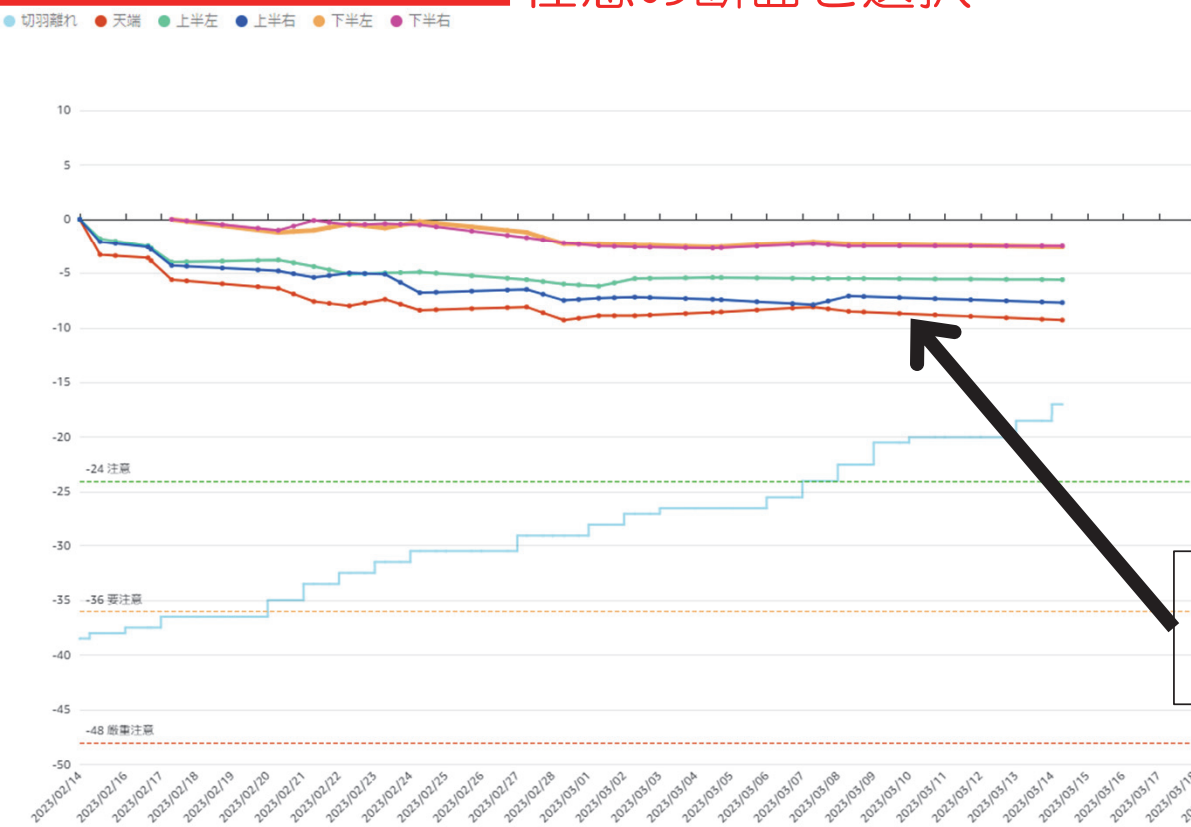




# 【試行結果】現場管理業務の効率化

STA. 151+14.000\_TD2553.0\_DIL-M (L) (2464.0) 沈下量 (mm)

任意の断面を選択



## クラウド上の各種データ

名前	所有者	最終更新日時
09-kyusyu-takimurozaka_concat_image	SPICE 自分	4時間前
04-dobokutokyo-shin-kobotoke_yamanashi_start_and_end_bin	SPICE 自分	4時間前
04-dobokutokyo-shin-kobotoke_measurements_A	SPICE 自分	4時間前
04-dobokutokyo-shin-kobotoke_main_tokyo_distance_day	SPICE 自分	4時間前
04-dobokutokyo-shin-kobotoke_yamanashi_latest_three_week	SPICE 自分	4時間前
04-dobokutokyo-shin-kobotoke_main_tokyo_start_end_bin	SPICE 自分	4時間前
09-kyusyu-takimurozaka-start_and_end	SPICE 自分	4時間前
09-kyusyu-takimurozaka-evac-measurements_A	SPICE 自分	4時間前

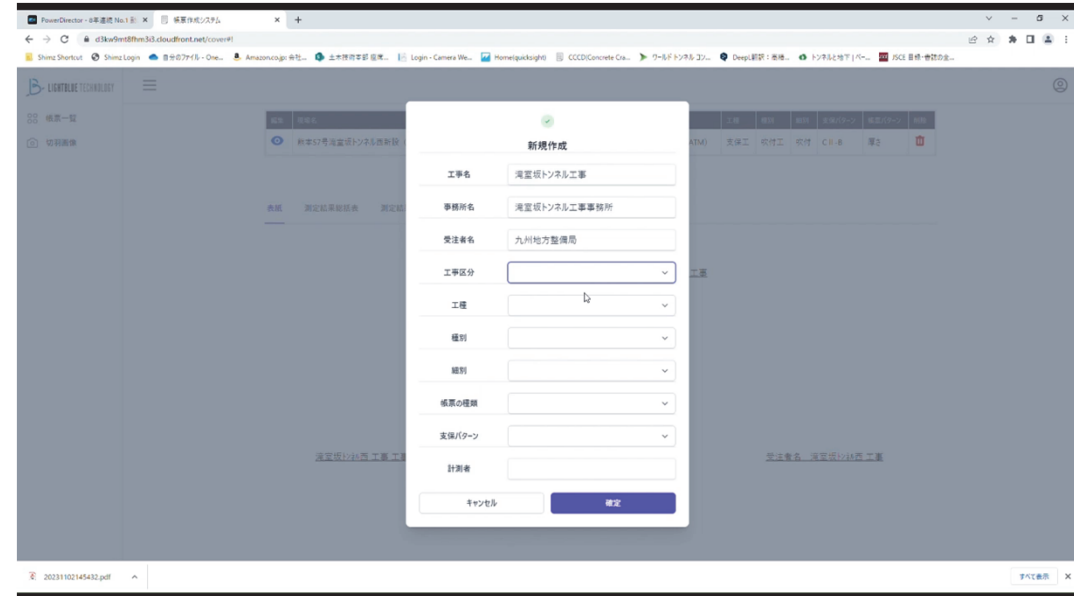
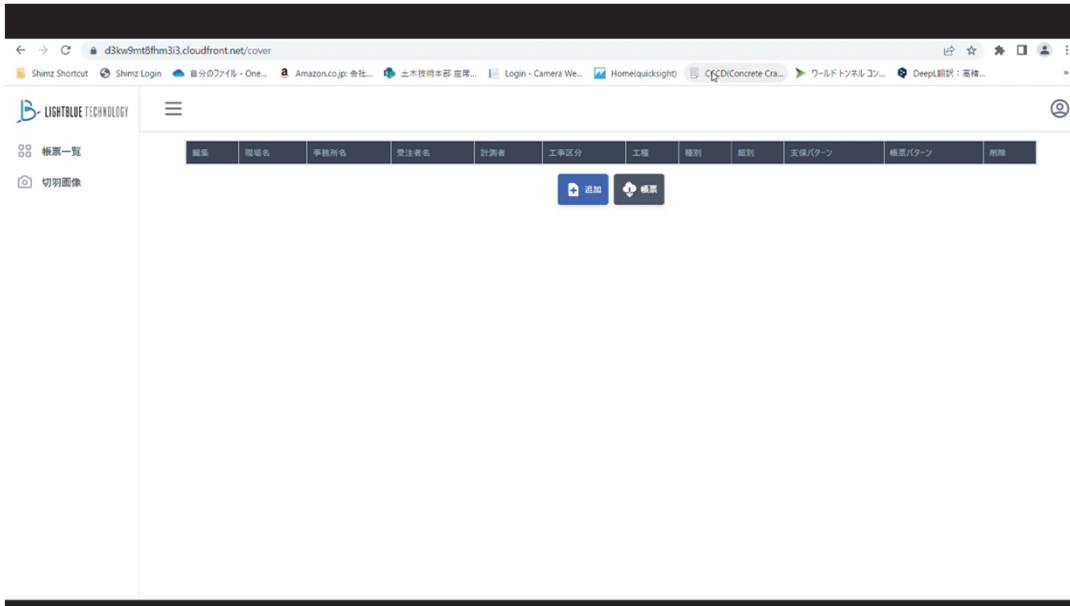
沈下量の計測結果が自動更新され沈下量の推移がグラフ化



# 【試行結果】現場管理業務の効率化

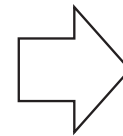
## 切羽管理業務の効率化

## 出来形管理業務の効率化



### 【結果】

- ✓ 切羽写真のとりまとめ業務の効率化
- ✓ 出来形管理業務の効率化
- ✓ 計測結果のとりまとめ業務の効率化



最大150分/日の業務時間短縮



# まとめ

試行技術	目的	効果	実績
AIサイクル判定	生産性の向上	待機時間の削減 情報共有の効率化	最大22分の 待機時間削減
吹付けAI判定	施工技術の定量化 材料ロスの削減	廃棄量の削減	約70%の 廃棄量低減
駐機場AI判定	生産性の向上	待機時間の削減	待機時間を ゼロに削減
クラウドサービスの活用	生産性の向上	業務時間の削減 情報共有の効率化	最大150分/ 日の業務時間 削減
帳票化システム	生産性の向上	業務時間の削減 情報共有の効率化	

## 【今後の課題】

- ✓ AIの判定精度向上
- ✓ 試行期間を延長し、効果を定量的に評価することが必要



# 技術紹介 HP

**PRISM**  
Public/Private R&D Investment  
Strategic Expansion Program



**山岳トンネルICT施工管理**  
熊本57号滝室坂トンネル(坂梨工区)



— About PRISM —  
**PRISM**  
とは?

官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM) は、600兆円経済の実現に向けた最大のエンジンである科学技術イノベーションの創出に向け、官民の研究開発投資の拡大等を目指して、平成30年度に創設された内閣府の制度です。この制度を受け、国土交通省では、「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」を実施しています。これは、公共土木工事において、デジタルデータをリアルタイムに取得し、これを活用したIoT、AIをはじめとする新技術を試行するものです。

## 2022年度

今回のPRISMでは主にAI・IoTと言われる新技術を活用。環境に優しい施工、労働時間を削減する技術を開発した。私たちは、材料ロスの低減、JV職員と作業員の労働時間を削減することをテーマとして4つの技術を推進した。AI・IoT技術を支えるために、トンネル内の環境にも耐えられるような車両搭載型の3Dスキャナーの設計、特殊な環境下でも高画質に撮影できるカメラ、高画質なカメラ映像を通信するための光ケーブルを導入した。そして、トンネル内に設置された無数のカメラで撮影した映像をAIが自動的に判断してトンネル内の工事の状況、混雑状況を把握し、リアルタイムで作業員が持っているスマートフォンに通知するなど、無駄な待機時間を減らし勤や経験に頼らない生産性を向上させる成果を生み出した。



<https://takimurozaka.com/prism/>





ご清聴ありがとうございました

