



国内初となるドリルジャンボの 遠隔操作技術を活用したICT施工

安藤ハザマ

天童 涼太

はじめに



山岳トンネル統合型掘削管理システム (i-NATM[®])

高度な掘削技術

- トンネル施工の自動化、遠隔化
- 施工技術の高度化



中央制御室



- 施工情報の集中管理
- 施工管理の合理化

高度な施工管理・工程管理

- ICTによる施工管理の省力化、効率化

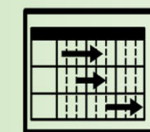
施工管理



品質・出来形



工程管理



地質情報



など

中央制御室に施工データを集約し、**穿孔作業を集中管理**するシステムを構築
⇒**国土交通省中国地方整備局発注の六条院トンネルに適用**

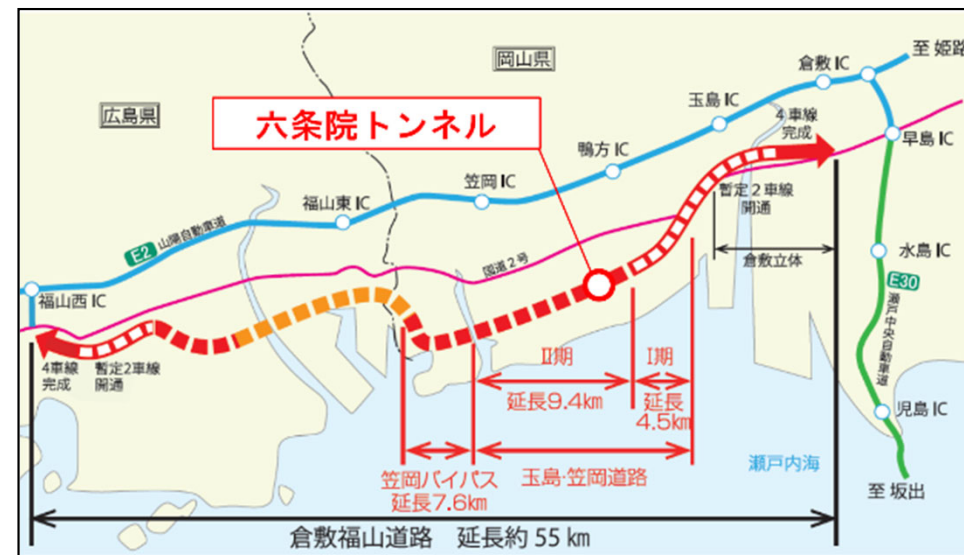
六条院トンネルの概要



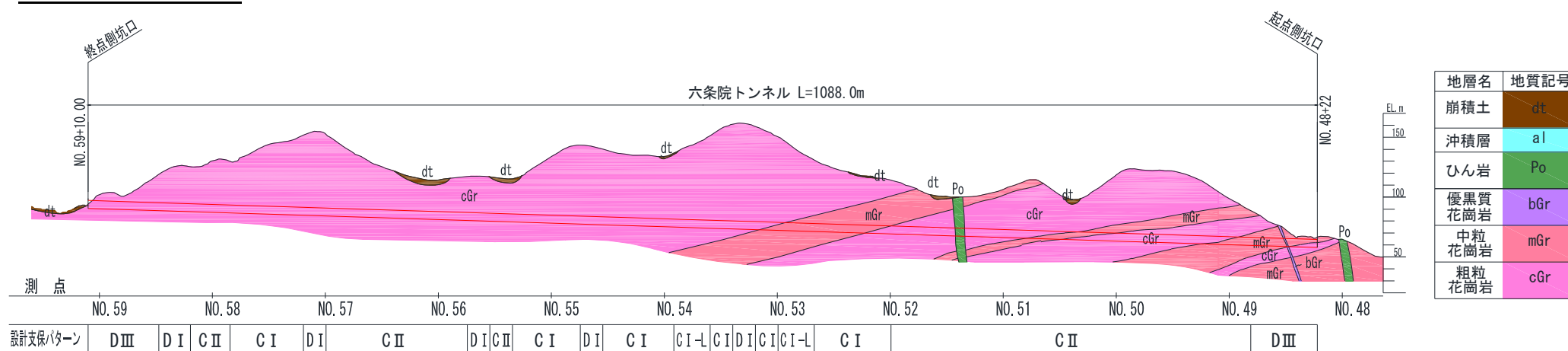
工事概要

工事名：玉島笠岡道路 六条院トンネル工事
 工事場所：岡山県浅口市鴨方町
 工期：平成31年3月12日～令和3年12月28日
 発注者：国土交通省中国地方整備局
 施工者：株式会社 安藤・間
 工事内容：

- 掘削延長 L=1,088m
- 掘削方式 NATM（発破掘削方式）

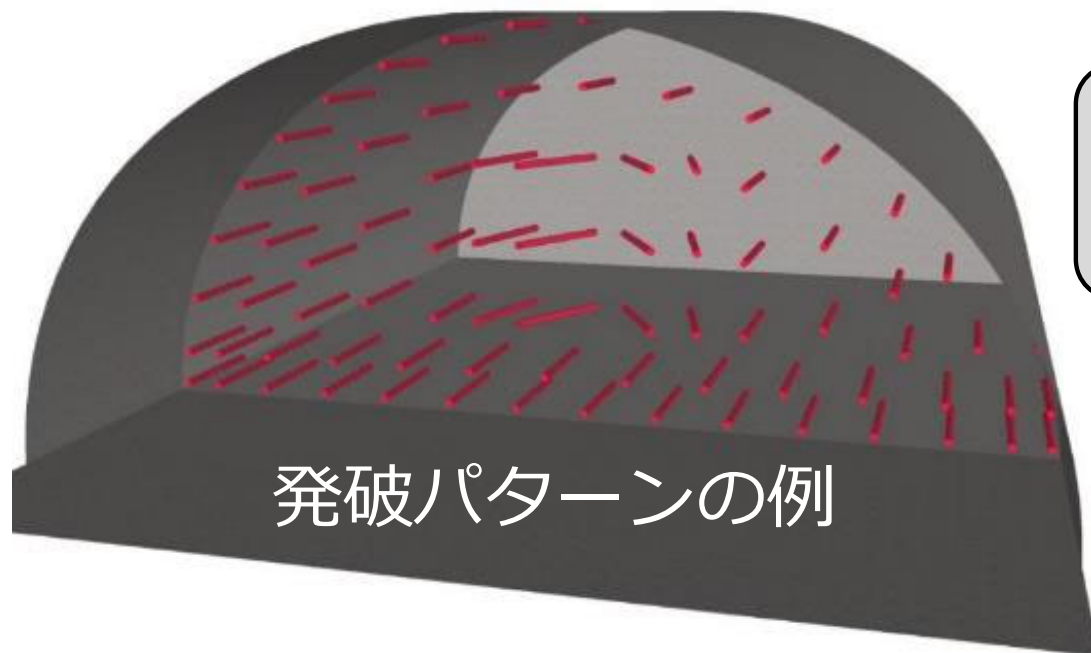


地質縦断面図



トンネルの全線で硬質な花崗岩の出現が想定 ⇒ 発破の効率化が課題

効率的な発破を行うために必要な技術

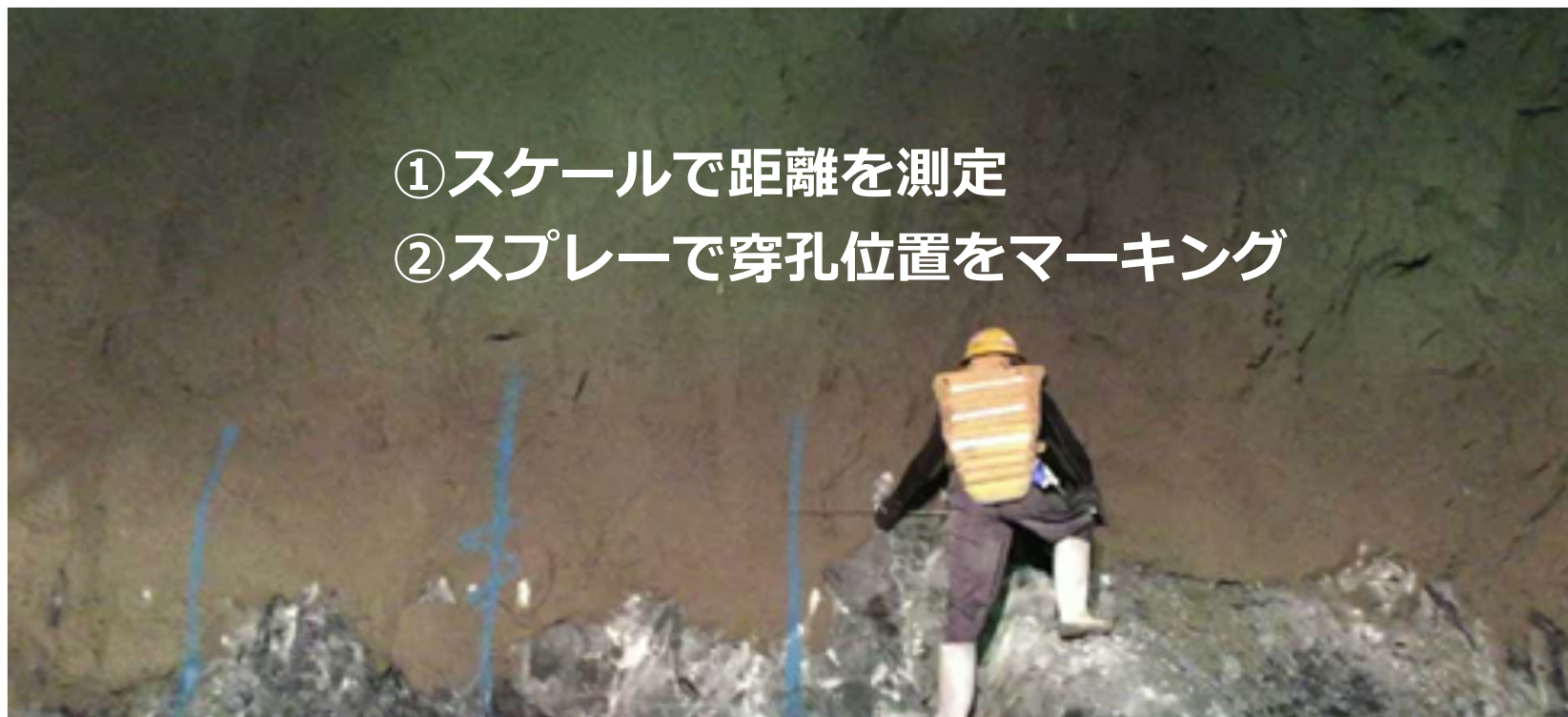


発破パターンの例

事前に**発破パターン**を作成し、
発破パターンをもとに穿孔

- 定量的な根拠にもとづいた発破パターンを作成する技術
- 発破パターン通りに正確に穿孔する技術

従来の発破作業



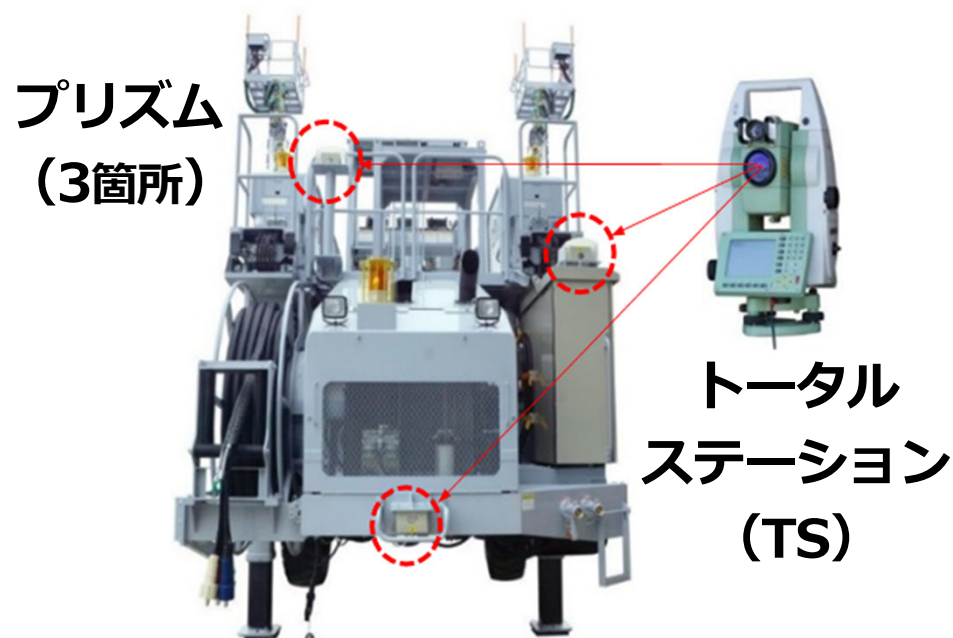
- 切羽において穿孔位置をすばやく測量する技術がない
- 穿孔位置と掘削出来形の関係を定量的に評価する技術がない

➡ 発破作業は、熟練作業員の経験や勘を頼りに行われている

マシンガイダンス機の導入

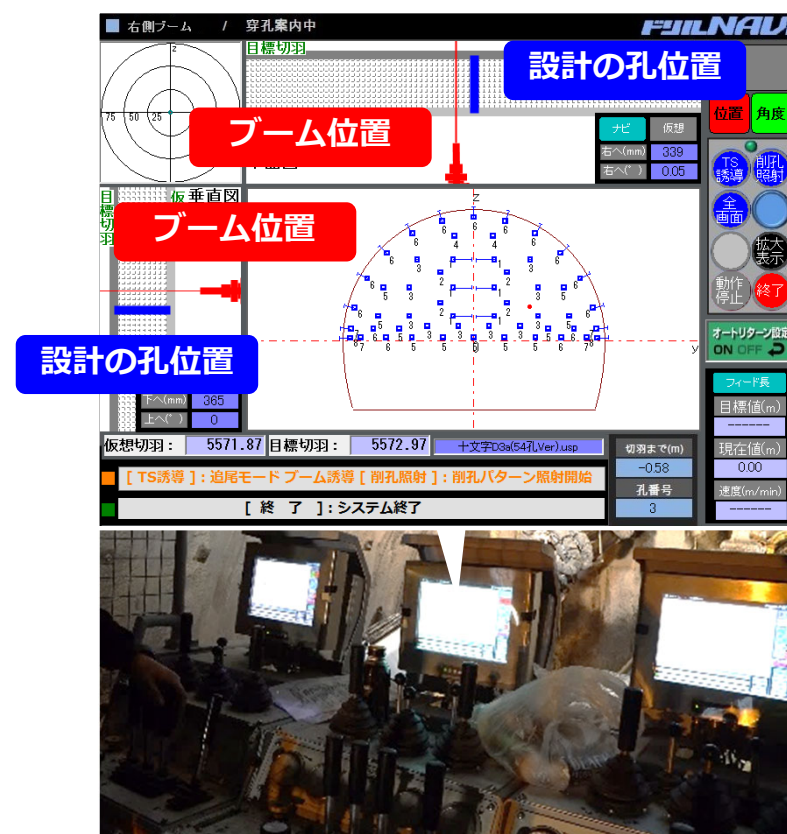


MGジャンボの位置測量



TSでMGジャンボのプリズムを計測し、各ブーム内のセンサー情報からブーム位置を特定

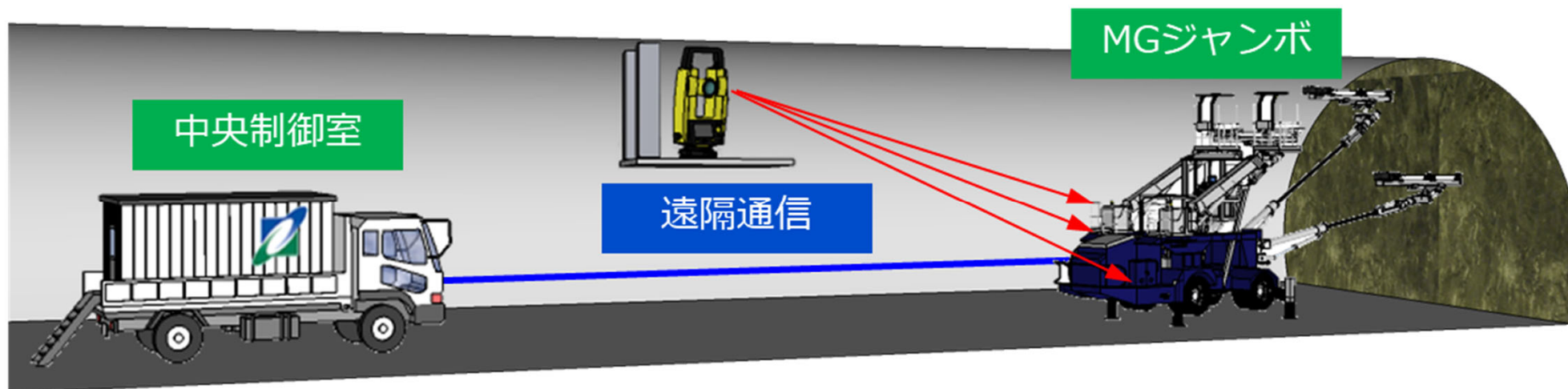
マシンガイダンス画面



穿孔作業の集中管理



ドリルジャンボの遠隔操作技術

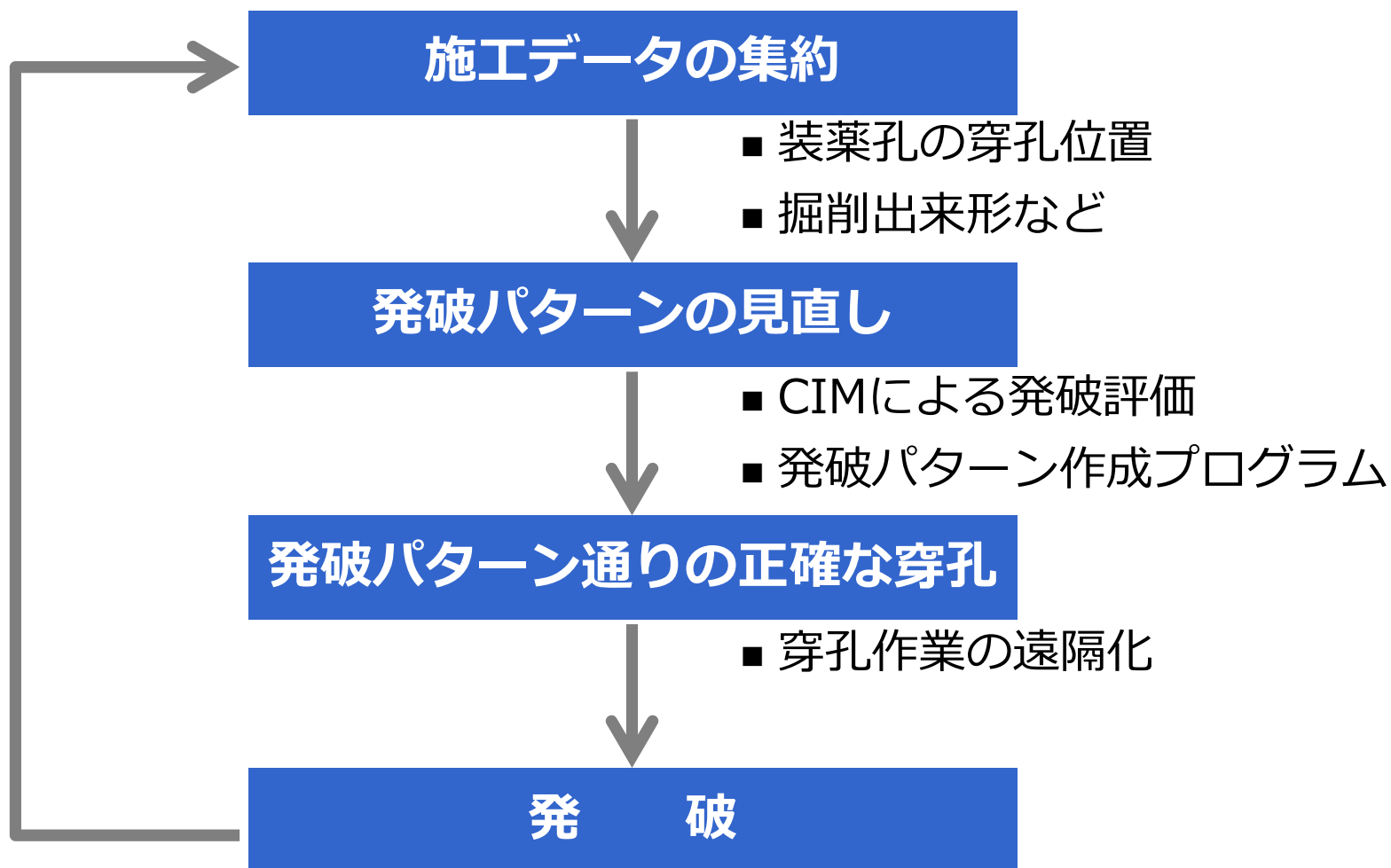


- トンネル坑内に**中央制御室**を設置
- 施工データ（装薬孔の穿孔位置、掘削出来形、地質情報）の集約から穿孔作業の一連の作業を**集中管理**



発破の改善サイクルを繰り返すことで発破作業を最適化

発破の改善サイクル



発破の改善サイクルを繰り返すことで発破作業を最適化

中央制御室の設置



外装



内装



- 集じん機、エアシャワールーム等を一体で架装
 - 防じん仕様とし、室内にはエアコンを設置
- 快適な環境下での作業が可能**

施工データの取得



切羽情報取得システム

ステレオカメラ (3台)

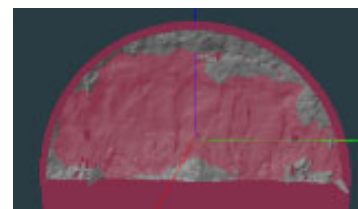
3Dスキャナ

スペクトル
カメラ

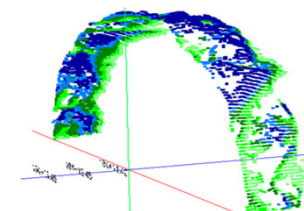


掘削出来形

掘削形状



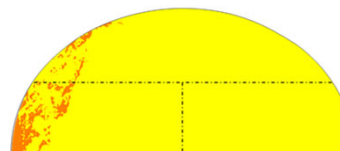
余掘り量



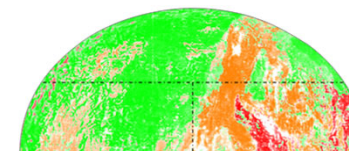
3Dスキャナで取得し、計画断面と比較

地質情報

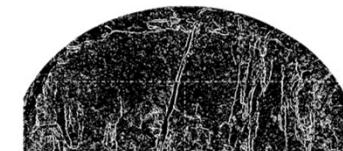
圧縮強度



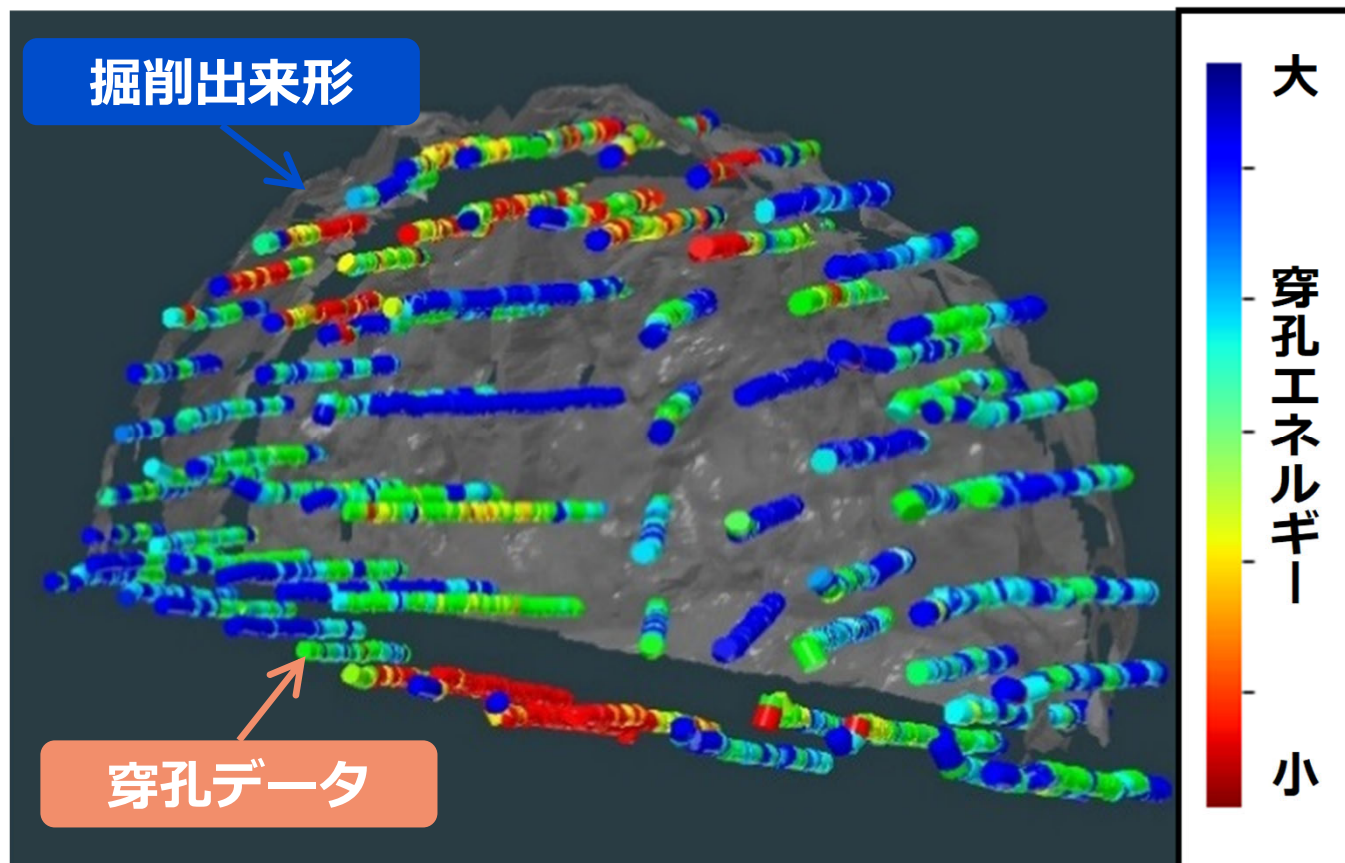
風化度



割れ目間隔



ステレオカメラ、スペクトルカメラの取得画像をAIで自動評価

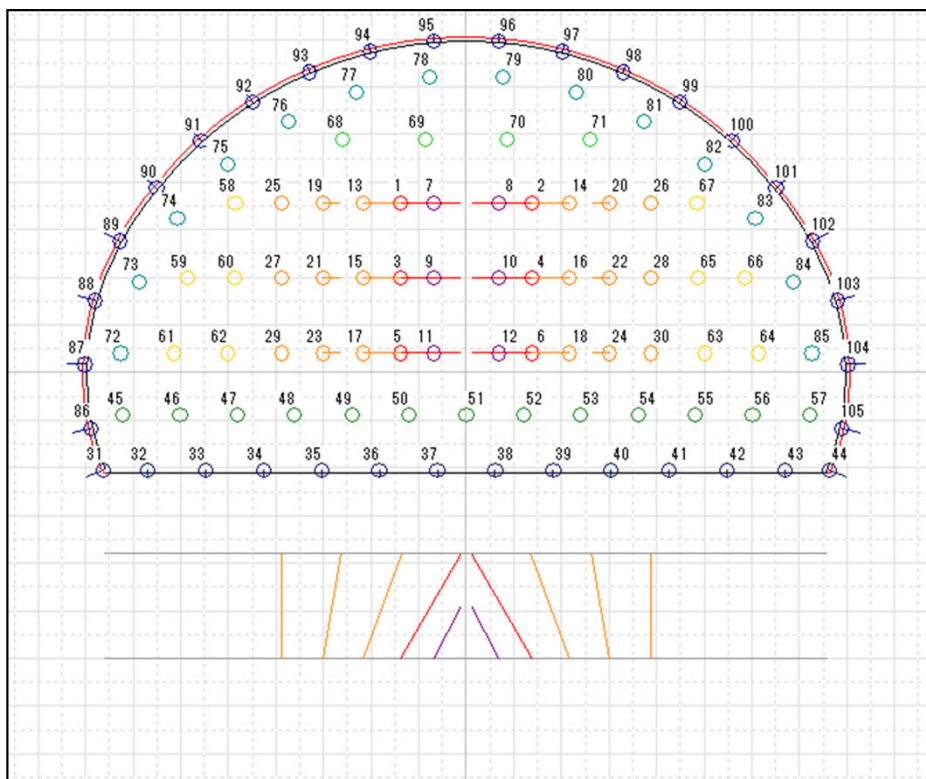


装薬孔の穿孔位置と掘削出来形を**CIM**に統合表示
⇒装薬孔の間隔や外周孔の差し角を検討

発破パターンの作成



発破パターン



装薬孔の位置座標

孔番号	Y座標 (mm)	Z座標 (mm)
1	-1370	3566
2	1370	3566
3	-1370	1987
4	1370	1987
5	-1370	408
6	1370	408
7	-685	3566
8	685	3566
9	-685	1987
10	685	1987
11	-685	408
12	685	408
13	-2164	3566
14	2164	3566
15	-2164	1987

安藤ハザマ

描 画 | 終 了

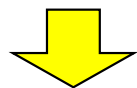
検討した装薬孔の間隔や外周孔の差し角、岩盤の硬さなどを入力
⇒修正発破パターンを短時間に自動で作成

ドリルジャンボの遠隔化



遠隔改造

レバー操作の入力に対して、油圧バルブを
作動することで、ブームなどの装置を操作



油圧回路に**電磁バルブ**を追加

⇒遠隔からの**電気信号の入力**により操作



映像取得

MGジャンボに**5台のカメラ**を設置
(各ブーム用、全体用、下半用)

カメラは**防水・防じんケース**に収納し、
免振装置を設置



六条院トンネルへの適用



六条院トンネルへの適用



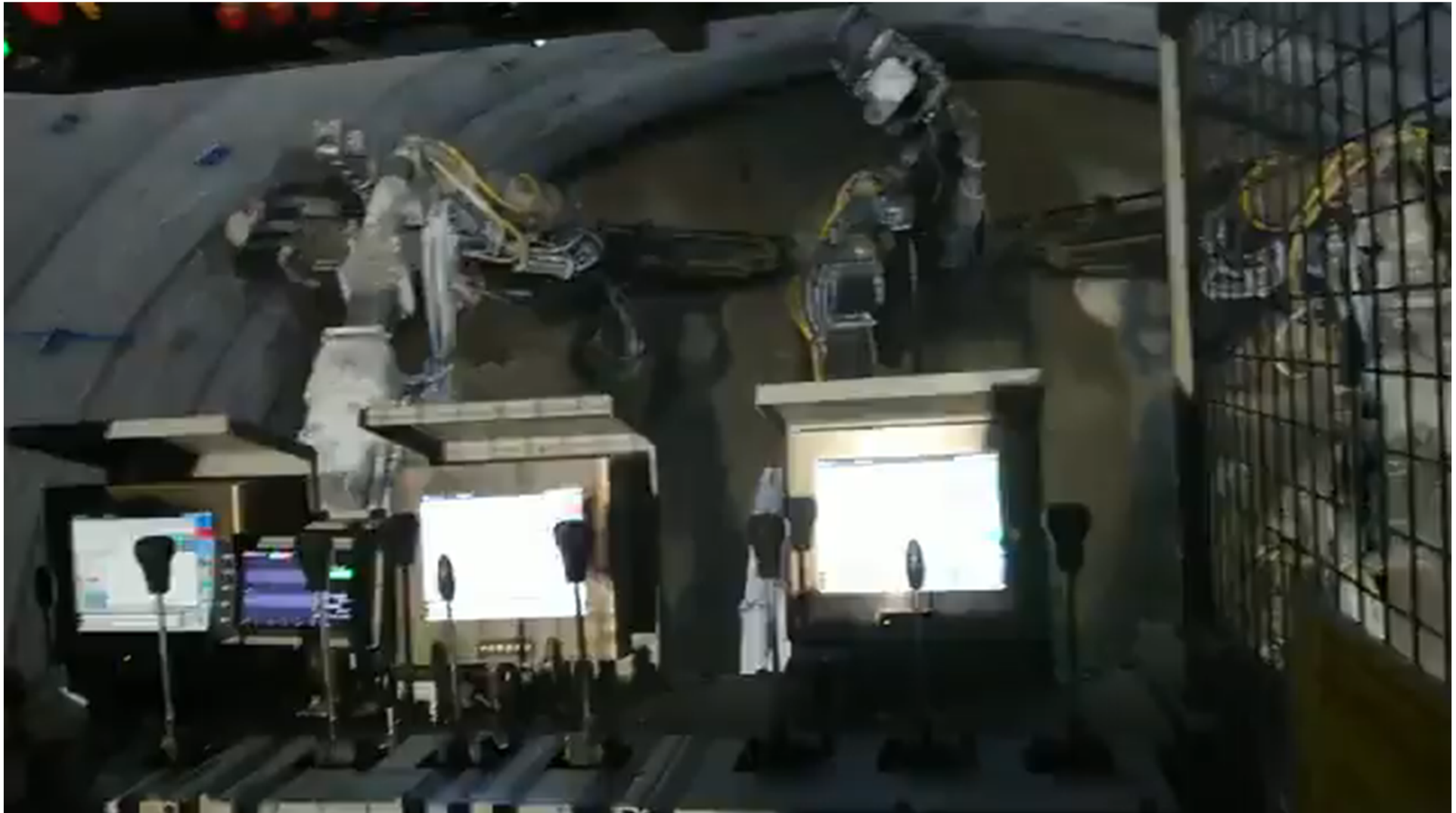
中央制御室



六条院トンネルへの適用



切羽に設置したドリルジャンボ

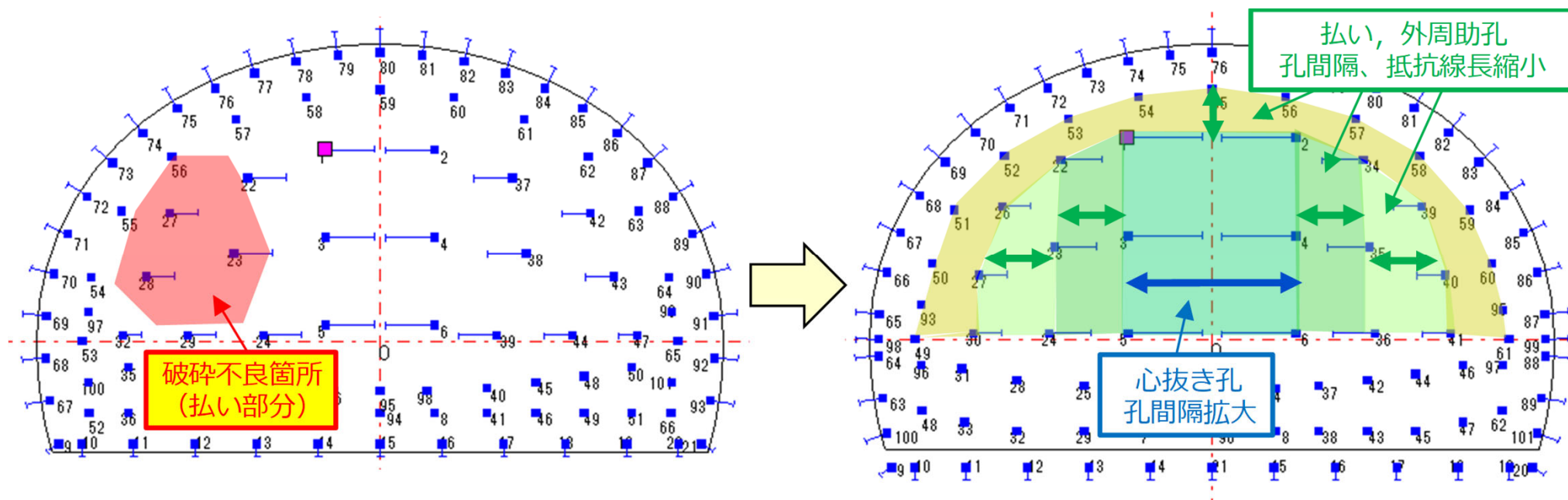


発破の改善サイクルの運用例



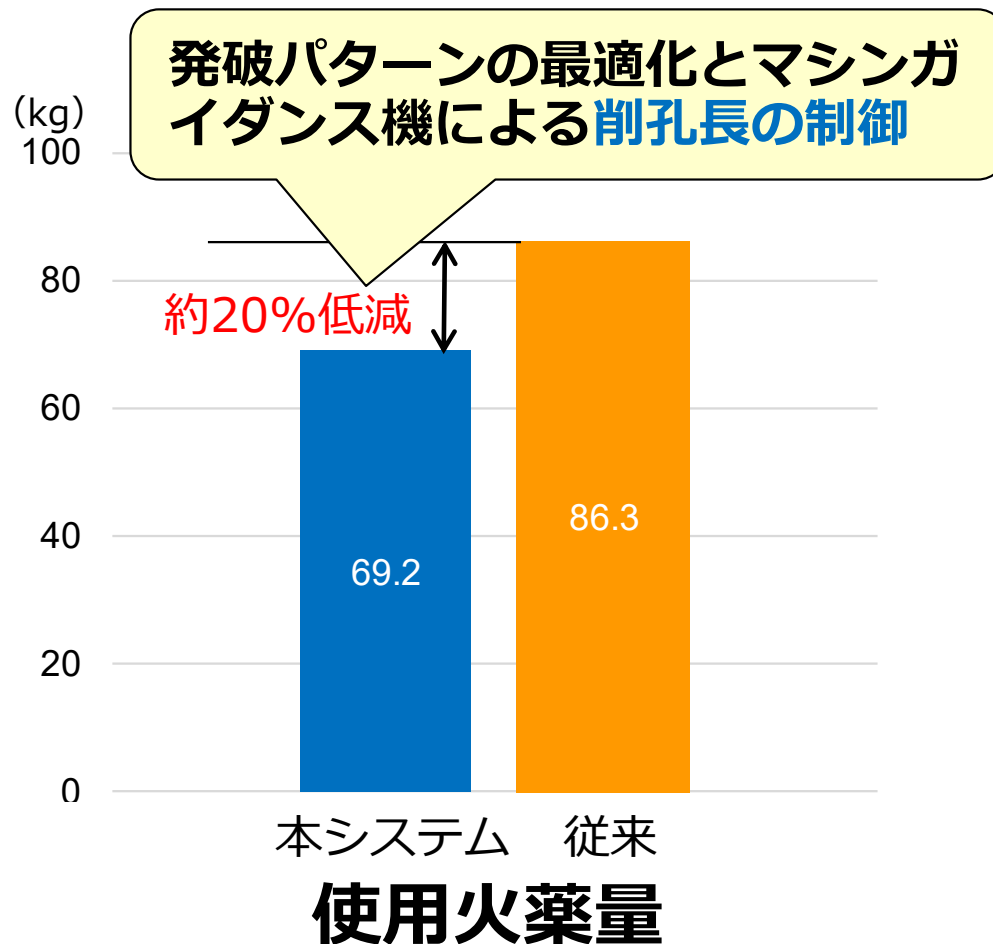
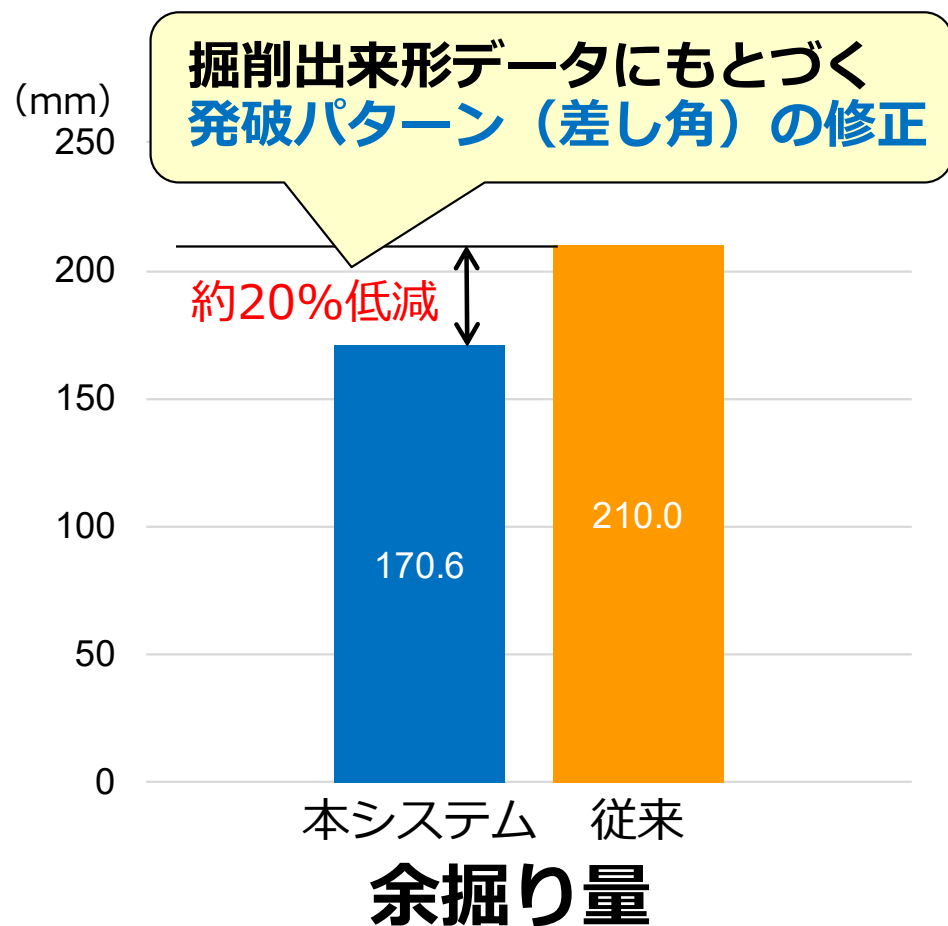
発破パターンの修正

- ・ 孔間隔、抵抗線長の調整
- ・ 孔数の見直し



局所的な地山の変化に対して柔軟に対応

穿孔精度の確保





切羽作業員コメント

- エアコンのある環境で作業できるため、熱中症のリスクが大幅に低減する。
- 中央制御室内では、防じんマスクやヘルメットを外すことができるため、快適である。
- 穿孔中に大声でなくても会話できる。
- 吹付けや鋼製支保工の建込み作業も中央制御室からできるようにしてほしい。



高温多湿、騒音、粉じん環境下から解放
⇒安全性、作業環境が従来よりも大幅に向上

まとめ



- これまで発破パターンの修正には多くの労力と時間が必要だったが、本システムにより**取得したデータにもとづいて迅速にパターンの修正**を行うことが可能となった。
- 本システムにより、**余掘り量や使用火薬量の低減**による生産性向上効果が確認された。
- 本システムにより、**安全性向上および作業環境の大幅な改善効果**が確認された。
- ドリルジャンボの遠隔化に続き、**他作業の自動化、遠隔化技術の開発**を推進していく。



ご清聴ありがとうございました。