

I C T技術アンケート 結果報告

2019年3月

一般社団法人 日本建設機械施工協会

機械部会 トンネル機械技術委員会

目 次

1. はじめに	2
2. アンケートについて	2
3. アンケート結果	
3.1 (株) アクティオ	3
3.2 エピロックジャパン (株)	7
3.3 (株) 熊谷組	9
3.4 (株) 三井三池製作所	11
3.5 前田建設工業 (株)	15
3.6 大成建設 (株)	19
3.7 マック (株)	21
3.8 鹿島建設 (株)	23
3.9 新トモエ電機工業 (株)	25
3.10 菅機械工業 (株)	27
4. おわりに	29

関連資料

(1) 資料一覧表	30
(2) (株) アクティオ	31
① 情報化施工機器 TS 締固め管理	
② 情報化施工機器 GNSS マシンコントロール プルトーザ	
③ 重機旋回規制システムの開発	
④ 重機旋回規制システムの開発	
(3) エピロックジャパン (株)	47
① コンピュータジャンボ	
(4) 大成建設 (株)	58
① シールド工事システム「T-CIMR/Shield」の構築	
(5) マック (株)	65
① 統合穿孔支援システム「ドリル NAVI」の開発	
② 統合穿孔支援システムによる穿孔誘導及び地山評価について	
(6) 鹿島建設 (株)	87
① スマート切羽ウォッチャー	
② 画像処理解析による山岳トンネルの切羽剥落危険度予測システムの開発	
③ 山岳トンネルコンピュータジャンボ情報化施工論文-土木建設技術発表会	
(7) 新トモエ電機工業 (株)	99
① サーボロコ自動運転および坑内位置管理システム概要図	
② システム関連資料	
(8) 菅機械工業 (株)	118
① トンネル換気制御システム「i-Res」	

1. はじめに

トンネル機械技術委員会では、「ICT等新技術の建設生産システムへの本格導入」をH30年度のテーマに上げ活動していますが、その一環としてトンネル分野でのICT技術の状況を把握するためにアンケートを実施しました。アンケートでは各社の推進状況、現状での課題を主体に、その他に具体的になってはいないがこんなことが出来たらよいのでは、こんなことで困っているなどトンネル機械技術に関連したICT技術に広くご意見をいただきました。回答いただいたアンケートをまとめましたので、報告させていただきます。

2. アンケートについて

2.1 アンケート依頼企業

アンケート依頼企業：トンネル機械技術委員会 委員が所属する企業

2.2 アンケート実施期間

アンケート実施期間：平成30年4月19日 ～ 6月30日

2.3 アンケートに回答していただいた企業

NO	アンケート回答企業	技術名称
1-1	(株)アクティオ	自動追尾TSを使用した崩落法面の変位観測、ブルドーザーマシコンコントロール、ローラーによる締固め管理システムを使用した盛土敷き均し
1-2		バックホウ旋回規制システム
2	エピロックジャパン(株)	コンピュータージャンボ
3	(株)熊谷組	吹付けコンクリートの遠隔操作技術
4-1	(株)三井三池製作所	作業の視点共有
4-2		自由断面掘削機の運転ログデータ解析による効率的な操作支援と故障予知
5-1	前田建設工業(株)	TBMファイバーモルタル自動吹付ロボット(演算工房社製品)
5-2		鋼製支保工建込ロボット
6	大成建設(株)	シールド工事のCIMシステム「T-CIMR/Shield」
7	マック(株)	ドリルNAVI
8	鹿島建設(株)	スマート切羽ウォッチャー
9	新トモエ電機工業(株)	サーボロコ自動運転及び坑内位置管理システム
10	首機械工業(株)	トンネル換気制御システム『i-Res』及び拡張システム

3. アンケート結果

3.1.1(株)アクティオ

①アンケート回答

ICT技術アンケート_(株)アクティオ NO.1

記入会社： (株)アクティオ

記入者： 小林宏

記入日 2018年 7月 12日

■技術名称

自動追尾TSを使用した崩落法面の変位観測、ブルドーザーマシンコントロール、ローラーによる締固め管理システムを使用した盛土敷き均し

■概要

自動追尾TSを使用して、作業場上部の法面の変位を監視。変位を規定以上に観測した場合は、直ちに作業員を避難させる。また、盛土の敷き慣らし作業を迅速化する為、ブルドーザーマシンコントロールによる施工を行い、丁張りや検測作業を省力化し作業員が危険地域に留まる時間を極力短くする。

■基本情報(土木・建築)

工事名(発注者)	
活用工事分類	選択してください
工種(大項目)	造成
工種(小項目)	土工事
業務レベル	販売中

■参考図・写真



■感想・課題・要望事項

特徴・効果

変位を1mmから観測できる。TSと設置したプリズムとの間で視通が効けば、何点でも設置できる。また、同じTSを使用してブルドーザーマシンコントロールを行い、丁張り作業を極力なくし作業員を危険にさらす時間を短くした。

活用上の注意点

自動追尾TSとプリズムとの距離が遠くなると精度が保てなくなる。(200m以内)。

以下上記と切り離して考えてください

■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)

②ヒヤリング結果

1	会社名	(株)アクティオ
2	記入者	小林 宏
3	技術名称	自動追尾TSを使用した崩落法面の変位観測、ブルドーザーマシンコントロール、ローラーによる締固め管理システムを使用した盛土敷き均し
4	概要	自動追尾TSを使用して、作業場上部の法面の変位を監視。変位を規定以上に観測した場合は、直ちに作業員を避難させる。また、盛土の敷き慣らし作業を迅速化する為、ブルドーザーマシンコントロールによる施工を行い、丁張や検測作業を省力化し作業員が危険地域に留まる時間を極力短くする。
5	感想・課題・要望事項	<p>【特徴・効果】</p> <p>変位を1mmから観測できる。TSと設置したプリズムとの間で視通が効けば、何点でも設置できる。また、同じTSを使用してブルドーザーマシンコントロールを行い、丁張り作業を極力なくし作業員を危険にさらす時間を短くした。</p> <p>【活用上の注意点】</p> <p>自動追尾TSとプリズムとの距離が遠くなると精度が保てなくなる。(200m以内)。</p>
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	<p>1)「規定以上の変異が出たら・・・」とあるが、規定値はどのようになっているのか？ →特に固定値はなく、個別に現場で設定が可能</p> <p>2) 自動追尾TSとプリズムとの距離ににして「距離と精度」との関係の明確なデータはあるのか？ →通常状態では100m先で上下左右±3mm。XYZの3次元で距離を算出している。</p> <p>3)管理用モニター、危険時の警報機能などはあるのでしょうか？ →ある。</p> <p>4)"丁張や検測作業を…短くする"と記述があるが、いずれなくすることが可能な展望なのか。 →質問を削除</p> <p>5) 変位観測は常時稼働だと思いましたが、同一のTSで変位観測とマシンコントロールを行えますか？ →基本的に不可能、2台必要。</p> <p>6) ブルドーザーマシンコントロール及び締固め管理システムの普及率ほどの程度ですか？ →普及はまだ数件のレベル。メーカーとしてブルドーザーはD6タイプで5台保有、D3タイプで20台保有、稼働率は50%程度。管理システムは5台保有、稼働率は同じく50%程度</p> <p>システムはニコントリプル製</p>

3.1.2(株)アクティオ

①アンケート回答

ICT技術アンケート(株)アクティオ NO.2

記入会社： (株)アクティオ

記入者： 小林宏

記入日 2018年 7月 12日

■技術名称	
バックホウ旋回規制システム	
■概要	
<ul style="list-style-type: none"> ・GPS方位計により機体の向いている方角を検知する。 ・オペレーターが旋回禁止エリアの始点と終点をシステムに入力する。 ・旋回禁止エリアの方向へ向かって旋回動作をしようとした場合、油圧回路上に設置した電磁バルブを制御することにより、旋回動作を自動的に停止させる。 	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	
活用工事分類	選択してください
工種(大項目)	
工種(小項目)	
業務レベル	試作段階
■参考図・写真	
■感想・課題・要望事項	
特徴・効果	
<ul style="list-style-type: none"> ・機械的に旋回動作を停止させることにより、ヒューマンエラーによる事故の低減に繋がる。 ・従来の手法では、外部に設置したセンサー等で検知して警報出力していたが、自機に装置を搭載することにより、移動しながら運用することが可能となった。 ・旋回動作を停止させる前に減速帯を設定し、段階的に停止させることにより、旋回停止時の衝撃が低減される。 	
活用上の注意点	
<ul style="list-style-type: none"> ・GPS電波が受信可能なこと。 ・装置を搭載するスペースを有している機種であること。 	
以上上記と切り離して考えてください	
■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)	

JCMA 機械部会 トンネル機械技術委員会

②ヒヤリング結果

1	会社名	(株)アクティオ
2	記入者	小林 宏
3	技術名称	バックホウ旋回規制システム
4	概要	<ul style="list-style-type: none"> ・GPS方位計により機体の向いている方角を検知する。 ・オペレーターが旋回禁止エリアの始点と終点をシステムに入力する。 ・旋回禁止エリアの方向へ向かって旋回動作をしようとした場合、油圧回路上に設置した電磁バルブを制御することにより、旋回動作を自動的に停止させる。
5	感想・課題・要望事項	<p>【特徴・効果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機械的に旋回動作を停止させることにより、ヒューマンエラーによる事故の低減に繋がる。 ・従来の手法では、外部に設置したセンサー等で検知して警報出力していたが、自機に装置を搭載することにより、移動しながら運用することが可能となった。 ・旋回動作を停止させる前に減速帯を設定し、段階的に停止させることにより、旋回停止時の衝撃が低減される。 <p>【活用上の注意点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・GPS電波が受信可能なこと。 ・装置を搭載するスペースを有している機種であること。
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	<p>1) 旋回の許容範囲は？ →基本的に360° 全方向可能。第一減速、第二減速の範囲設定もできる。旋回規制は今のところ平面2次元管理。いままでは警報のみで旋回を止める機能がなかった。</p> <p>2) 旋回の停止、制御の理由は？ →架空線近接作業のある大成建設現場からの要望による</p> <p>3) 旋回規制は各社技術があると思うので、複数あると参考になるかも。 →アクティオとしては現システム展開を想定している。後付けでどのBHにも取り付けられる。難点：脚が動くとその都度オフセットしなくてはならない。</p> <p>4) GPSが受信できない場所（トンネル内など）や、荒天時は使用が制限されるのか？ →そのとおりであり、坑内ではTSを用いての利用が考えられる</p> <p>5) 移動等したことによりGPSの精度が低下した場合、旋回の範囲の精度は保てますか？ →その都度キャリブレーションを行えば、精度の低下はない</p> <p>6) 図では通常の旋回範囲が少なく見えますが、減速帯の設定も行えますか？ →設定変更はプログラム変更で可能、ただしメーカーにて変更になる</p> <p>7) トンネル内で適用可能とする方法は検討していないか？ →質問4)と同じでTSにて可能、精度は良くなる予定</p> <p>その他 ・現状平面での管理のみ、傾きがずれると精度"大"なので都度キャリブレーションが必要</p>

3.2 エピロックジャパン(株)

①アンケート回答

ICT技術アンケート_エピロックジャパン

記入会社： **エピロックジャパン** 記入者： **橋本 賢治** 記入日 2018年7月10日

■技術名称	
コンピュータージャンボ	
■概要	
<p>コンピューターがさく孔をデジタル管理し、複雑な断面でも余掘りや部品消耗を低減し精度の高いさく孔が可能。全てのブーム操作およびさく孔をコンピューターが実行する<フルオートさく孔>や、オペレーターによるブーム操作をアシストする<セミオートさく孔>を選択可能。さく孔データは、USBまたは無線LANで収集管理可能。</p>	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	
活用工事分類	選択してください
工種(大項目)	選択してください
工種(小項目)	
業務レベル	選択してください
■参考図・写真	
	
BOOMER XE3C (3ブームコンピュータージャンボ)	さく孔操作画面
■感想・課題・要望事項	
以下上記と切り離して考えてください	
■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)	

②ヒヤリング結果

1	会社名	エビロックジャパン(株)
2	記入者	橋本 賢治
3	技術名称	コンピュータジャンボ
4	概要	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータがさく孔をデジタル管理し、複雑な断面でも余掘りや部品消耗を低減し精度の高いさく孔が可能。 ・全てのブーム操作およびさく孔をコンピュータが実行する<フルオートさく孔>や、オペレーターによるブーム操作をアシストする<セミオートさく孔>を選択可能。 ・さく孔データは、USBまたは無線LANで収集管理可能。
5	感想・課題・要望事項	
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	<p>1) どのくらいの精度か？ →±10cm未満（ブームのたわみ補正もコンピュータで行っている）</p> <p>2) 従来の装置に比べてどのくらい時間短縮になっているのか？ →ハード的な短縮要素はない。システムを使うことでの余掘り低減、削孔時のデータの自動取得等のメリットあり</p> <p>3) いままでのもとのどのように違うのか少し掘り下げたい。 →BUT45の新ブームを用いることで前世代よりハード的に進歩し、トラブルの削減に寄与している</p> <p>4) 他社との差別化はどのような点があるか？ →全世界標準、選べる3種類のグレード、国内16箇所での実績</p> <p>5) 部品の消耗はどの程度低減できますか？ →前世代仕様よりビットであれば28%の消費削減を達成</p> <p>6) データの取り出しは一般の通信設備（wifi,Lan等）で可能か？ →一般通信で可能</p> <p>7) 測定器（トータルステーション等）は限定されないのか？ →Trimble等各種対応可能</p> <p>8) 国内での実績 →国内16箇所での実績</p> <p>9) 概算コストは提示可能か？ →3ブーム機オプション全取付で約4～5億/機</p>

3.3(株)熊谷組

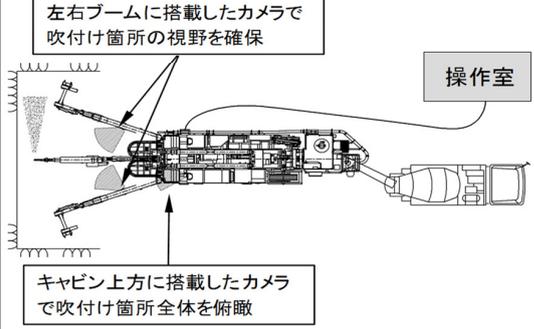
①アンケート回答

ICT技術アンケート

記入会社：株式会社熊谷組

記入者：尾畑 洋

記入日 2018年 6月10日

■技術名称	
吹付けコンクリートの遠隔操作技術	
■概要	
<p>吹付けコンクリートの遠隔操作技術は、NATMにおける吹付けコンクリート施工中の作業員の労働環境の改善と安全性の向上を目的として、「無人化施工技術」の要素技術を取り入れた技術である。</p> <p>具体的には、エレクター一体型吹付け機に搭載したモニタカメラ映像を切羽から離れた箇所（トンネル）に設置した操作室まで送信し、作業員は操作室でその映像を確認しながら吹付け機を遠隔操作する。</p> <p>吹付け中の作業員の曝露粉塵ゼロの達成が可能である。</p>	
■基本情報（土木・建築）	
工事名（発注者）	
活用工事分類	選択してください
工種（大項目）	トンネル
工種（小項目）	
業務レベル	試作段階
■参考図・写真	
 <p>吹付けコンクリートの遠隔操作技術の概要</p>	 <p>遠隔操作による吹付け状況</p>
■感想・課題・要望事項	
<ul style="list-style-type: none"> ・操作室のクリーンな環境下で吹付け作業が可能であるため、作業員の曝露粉塵ゼロが達成可能である。 ・切羽から離れた操作室で作業を行うため、切羽崩落・崩壊災害リスクの回避が可能である。 ・課題として適切なカメラ設置位置と、カメラへの粉塵対策に苦労している。 	

以下上記と切り離して考えてください

■他社製品への要望、その他（こんなのがあったら...等なんでも）

--

JCMA 機械部会 トンネル機械技術委員会

②ヒヤリング結果

1	会社名	(株)熊谷組
2	記入者	尾畑 洋
3	技術名称	吹付けコンクリートの遠隔操作技術
4	概要	吹付けコンクリートの遠隔操作技術は、NATMにおける吹付けコンクリート施工中の作業員の労働環境の改善と安全性の向上を目的として、「無人化施工技術」の要素技術を取り入れた技術である。 具体的には、エレクター一体型吹付け機に搭載したモニタカメラ映像を切羽から離れた箇所に設置した操作室まで送信し、作業員は操作室でその映像を確認しながら吹付け機を遠隔操作する。 吹付け中の作業員の曝露粉塵ゼロの達成が可能である。
5	感想・課題・要望事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 操作室のクリーンな環境下で吹付け作業が可能であるため、作業員の曝露粉塵ゼロが達成可能である。 ・ 切羽から離れた操作室で作業を行うため、切羽崩落・崩壊災害リスクの回避が可能である。 ・ 課題として適切なカメラ設置位置と、カメラへの粉塵対策に苦労している。
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	<p>1) 現場で、必要なカメラの設置数は？ →5台（吹付け機に設置）</p> <p>2) 施工環境を考慮した遠隔技術は非常によいと思います。</p> <p>3) カメラだけで実際の施工のできれば（吹付け表面の美観など）は満足できるレベルにあるか。</p> <p>4) 遠隔操作にすることにより作業効率の変化はありましたか？</p> <p>5) 吹付の精度には影響ありましたか？ →3)、4)、5)をまとめて 粉塵曝露を80%低減 仕上げ吹きはオペレータ カメラレンズはエアシャワーで清掃</p> <p>6) 遠隔操作は有線と無線のどちらですか？ →200ms程度の遅れが発生するため有線LAN 将来的には無線LAN</p> <p>7) 誰でも採用可能な技術であるのか？</p> <p>8) 概算コストは提示可能か？(坂下)</p> <p>■将来的には自動化</p>

3.4.1(株)三井三池製作所

①アンケート回答

ICT技術アンケート_三井三池製作所(1)

記入会社 : 三井三池製作所(提案1) 記入者 産機流体設計G 記入日 2018年6月21日

■技術名称	
作業の視点共有	
■概要	
作業者にその視点を撮影するカメラを装着することで、作業時の作業者の視点を共有できるようにする。 これにより作業の安全の監視、教育効率の上昇、遠隔地からの作業指示効率のアップなどが見込める。	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	
活用工事分類	選択してください
工種(大項目)	選択してください
工種(小項目)	
業務レベル	選択してください
■参考図・写真	
■感想・課題・要望事項	
以下上記と切り離して考えてください	
■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)	

JCMA 機械部会 トンネル機械技術委員会

②ヒヤリング結果

1	会社名	(株)三井三池製作所 (1)
2	記入者	産機流体設計G
3	技術名称	作業の視点共有
4	概要	<ul style="list-style-type: none"> ・作業者にその視点を撮影するカメラを装着することで、作業時の作業者の視点を共有できるようにする。 ・これにより作業の安全の監視、教育効率の上昇、遠隔地からの作業指示効率のアップなどが見込める。
5	感想・課題・要望事項	
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	<p>1) このシステムは完成しているのか？ →未完成、こうしたというレベルで実務的には何も動いていない状況</p> <p>2)システムなど具体的なものを知りたいです。 →上記理由より、現在のところなし</p> <p>3)現場の作業員に取り付けるとすると、全体で相当な数になると思うが、何を用いて (AI?)、どのように処理するのか。 →上記理由より、現在のところなし</p> <p>4) システムの具体的な内容はどのようなものですか？ →上記2)と一緒に為削除</p> <p>5)具体的な資料 (写真、図面、カタログ等) の提示は可能か？ →上記理由より、現在のところなし</p>

3.4.2(株)三井三池製作所

①アンケート回答

ICT技術アンケート_三井三池製作所(2)

記入会社 : 三井三池製作所(提案2) 記入者 産機流体設計G 記入日 2018年6月21日

■技術名称	
自由断面掘削機の運転ログデータ解析による効率的な操作支援と故障予知	
■概要	
AIシステムで、複数のトンネル掘削現場から多種センサーデータを集約し、電圧・電流値や振動、油圧制御量等の複数ログデータ間の相関関係からAIシステムに強化学習させ、より効率的な作業サイクルとなるようRH機体の走行経路へのフィードバックを図る。次の段階で機械状態と刻々と変化する掘削断面性状によって、掘削軌道、掘削力、掘削速度などを常に最適値とする自動運転を目指す。 又、長期間保存したセンサーデータの統計分析にディープラーニングを活用しセンサー値の変動から現在・将来の機械故障を推測することで、予防保全等の能動的なサービスの足掛かりとすることができる。	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	
活用工事分類	選択してください
工種(大項目)	選択してください
工種(小項目)	
業務レベル	選択してください
■参考図・写真	
■感想・課題・要望事項	
以下上記と切り離して考えてください	
■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)	

JCMA 機械部会 トンネル機械技術委員会

②ヒヤリング結果

1	会社名	(株)三井三池製作所(2)
2	記入者	産機流体設計G
3	技術名称	自由断面掘削機の運転ログデータ解析による効率的な操作支援と故障予知
4	概要	<p>AIシステムで、複数のトンネル掘削現場から多種センサーデータを集約し、電圧・電流値や振動、油圧制御量等の複数ログデータ間の相関関係からAIシステムに強化学習させ、より効率的な作業サイクルとなるようRH機体の走行経路へのフィードバックを図る。次の段階で機械状態と刻々と変化する掘削断面性状によって、掘削軌道、掘削力、掘削速度などを常に最適値とする自動運転を目指す。</p> <p>又、長期間保存したセンサーデータの統計分析にディープラーニングを活用しセンサー値の変動から現在・将来の機械故障を推測することで、予防保全等の能動的なサービスの足掛かりとすることができる。</p>
5	感想・課題・要望事項	
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	<p>1) 現場でのカメラの設置数は？最低どのくらい必要か？ →現状想定では1台あたり10数台と予想</p> <p>2) 現在進行形のように思われますが、深層学習の最終的に目指しているものおよび現況はどのような状況なのかさしあたりのない範囲で知りたいです。自己損傷診断はメーカーの工場では取り入れられ始めているとのこと。 →進行形ではないが、最終的には掘削の全自動化を目標とする</p> <p>3) データの解析処理速度としてはどの程度か。ストレスを感じるくらい遅いと採用が困難では。 →リアルタイムでの動作応答性は確保</p> <p>4) 完成した技術ですか？ →未完成のため、今後に期待</p> <p>5) 効率的な操作支援を行うためにAIシステムが強化学習するにはどの程度のデータ量が必要と考えますか？ →上記理由より現在のところ未知数</p>

3.5.1 前田建設工業(株)

①アンケート回答

ICT技術アンケート_前田建設工業(株)(1)

記入会社： 前田建設工業(株)

記入者： 篠原慶二

記入日 2018年7月3日

■技術名称																																																																	
TBMファイバーモルタル自動吹付ロボット(演算工房社製品)																																																																	
■概要																																																																	
TBM工法の支保工にはファイバーモルタル吹付が使用される。小口径のTBMでは人力による吹付が困難となる。そこでファイバーモルタルの吹付作業を機械による自動吹付とする事により、TBM盛替作業との同時作業が可能となる。吹付厚も均一にできるため作業を常時平準化し、全体作業効率も向上する。また、TBM後方の狭隘な場所での作業を無人・自動で行う事で地山露出下での作業がなくなり安全性も向上する。																																																																	
■基本情報(土木・建築)																																																																	
工事名(発注者)	広島水道用水供給事業 二期トンネル整備工事(海田～矢野工区)																																																																
活用工事分類	II型																																																																
工種(大項目)	トンネル																																																																
工種(小項目)	TBM工法																																																																
業務レベル	販売中																																																																
■参考図・写真																																																																	
<p>図⑥-1 自動吹付システム構成図</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>項目</th> <th>記号</th> <th>単位</th> <th>CH</th> <th>CM</th> <th>式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">設計条件</td> <td>モルタル能力</td> <td>Q</td> <td>m³/h</td> <td>2</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最大旋回角度</td> <td>H</td> <td>°</td> <td>280</td> <td>280</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 旋回の吹付け幅</td> <td>w</td> <td>mm</td> <td>150</td> <td>150</td> <td></td> </tr> <tr> <td>吹付け厚さ</td> <td>t</td> <td>mm</td> <td>20</td> <td>30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1ストローク長</td> <td>ST</td> <td>mm/ST</td> <td>1500</td> <td>1500</td> <td></td> </tr> <tr> <td>旋回速度</td> <td>旋回時間</td> <td>T</td> <td>s</td> <td>18.2</td> <td>27.3</td> <td>$= (t/s * w * H) / (360 * 2760 * n) / Q$</td> </tr> <tr> <td>前進速度</td> <td>前進速度</td> <td>Vf</td> <td>mm/s</td> <td>4.1</td> <td>2.7</td> <td>$= w / (2 * T)$</td> </tr> <tr> <td>吹付け時間</td> <td>吹付け時間(能力)</td> <td></td> <td>min/ST</td> <td>6.1</td> <td>9.1</td> <td>$= ST / Vf$</td> </tr> </tbody> </table>							区分	項目	記号	単位	CH	CM	式	設計条件	モルタル能力	Q	m ³ /h	2	2		最大旋回角度	H	°	280	280		1 旋回の吹付け幅	w	mm	150	150		吹付け厚さ	t	mm	20	30		1ストローク長	ST	mm/ST	1500	1500		旋回速度	旋回時間	T	s	18.2	27.3	$= (t/s * w * H) / (360 * 2760 * n) / Q$	前進速度	前進速度	Vf	mm/s	4.1	2.7	$= w / (2 * T)$	吹付け時間	吹付け時間(能力)		min/ST	6.1	9.1	$= ST / Vf$
区分	項目	記号	単位	CH	CM	式																																																											
設計条件	モルタル能力	Q	m ³ /h	2	2																																																												
	最大旋回角度	H	°	280	280																																																												
	1 旋回の吹付け幅	w	mm	150	150																																																												
	吹付け厚さ	t	mm	20	30																																																												
	1ストローク長	ST	mm/ST	1500	1500																																																												
旋回速度	旋回時間	T	s	18.2	27.3	$= (t/s * w * H) / (360 * 2760 * n) / Q$																																																											
前進速度	前進速度	Vf	mm/s	4.1	2.7	$= w / (2 * T)$																																																											
吹付け時間	吹付け時間(能力)		min/ST	6.1	9.1	$= ST / Vf$																																																											
■感想・課題・要望事項																																																																	
<p>当社ではまだTBM掘進が開始されていないが他社の過去のTBM(φ2800mm)での自動吹付を見学したがトンネル湧水が多い時などは作業員がずぶ濡れになること無くモルタル吹付が出来るため苦汁作業が発生しない。また地山に亀裂の多い掘進区間では吹付中の落石があっても作業員が被災しないなど安全面では必要な自動化機械と言える。インバート自動吹付ロボットも開発して欲しい。</p>																																																																	

以下上記と切り離して考えてください

■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)

- ①コマツ・日立建機・キャタピラーなど重ダンプメーカーにトンネルずり運搬に無人ダンプを開発してほしい。
- ②ロボットホイールローダーの開発

②ヒヤリング結果

1	会社名	前田建設工業（株）（1）
2	記入者	篠原 慶二
3	技術名称	TBMファイバーモルタル自動吹付ロボット（演算工房社製品）
4	概要	TBM工法の支保工にはファイバーモルタル吹付が使用される。小口径のTBMでは人力による吹付が困難となる。そこでファイバーモルタルの吹付作業を機械による自動吹付とする事により、TBM盛替作業との同時作業が可能となる。吹付厚も均一にできるため作業を常時平準化し、全体作業効率も向上する。また、TBM後方の狭隘な場所での作業を無人・自動で行う事で地山露出下での作業がなくなり安全性も向上する。
5	感想・課題・要望事項	当社ではまだTBM掘進が開始されていないが他社の過去のTBM（φ2800mm）での自動吹付を見学したがトンネル湧水が多い時などは作業員がずぶ濡れになること無くモルタル吹付が出来るため苦汁作業が発生しない。また地山に亀裂の多い掘進区間では吹付中の落石があっても作業員が被災しないなど安全面では必要な自動化機械と言える。インバート自動吹付ロボットも開発して欲しい。
6	他社製品への要望、その他	①コマツ・日立建機・キャタピラーなど重ダンプメーカーにトンネルずり運搬に無人ダンプを開発してほしい。 ②ロボットホイールローダーの開発
7	ヒヤリング項目	1) このシステムは完成しているのか？ →完成している技術。佐藤工業が特許を保持、戸田建設が2現場で施工 2) TBM線径に関しては予定通りに行かないこともあるが、そのような場合はどのような対処をするのでしょうか（手吹き？） →手吹き、メインーム下側90°の範囲も手吹き 3) 吹付厚の均一性はどのように確認しますか？ →測量？

3.5.2 前田建設工業(株)

① アンケート回答

ICT技術アンケート_前田建設工業(株)(2)

記入会社： 前田建設工業(株)

記入者： 水谷和彦

記入日 2018年 4月28日

■技術名称	
鋼製支保工建込ロボット	
■概要	
自動追尾型トータルステーションなどで構成する「支保工位置ナビゲーションシステム」、支保工位置の微調整が可能な「高性能エレクターマシン」、ボルトナットの締付を必要としない「自動建込用支保工」により、測量や支保工の位置合わせなど、従来は人が切羽で行っていた作業を機械化し、運転席からの操作のみで高精度な支保工の建て込みを実現します。トンネル切羽直下に人が立ち入ることなく、オペレーター1人で支保工の建て込みが可能となるので生産性と安全性が格段に向上します。	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	宮崎218号 平底トンネル新設工事 (国土交通省 九州地方整備局)
活用工事分類	活用工事以外
工種(大項目)	トンネル
工種(小項目)	鋼製支保工建込み
業務レベル	試作段階
■参考図・写真	
<p>鋼製支保工建込みロボット技術概念図</p>	<p>鋼製支保工建込みロボット全景</p>
■感想・課題・要望事項	
<p>【感想】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本技術の開発・導入により、山岳トンネルにおける切羽災害撲滅が期待できる。将来的な完全自動化により、専門技術者による技能も必要なくなり、労働者不足問題に貢献できる技術になると思う。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在は試作段階であり、現場実証試験とシステム改良の積み重ねが必要である。製品としての一般的普及は数年後になると思われる。 <p>【要望事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・支保工建込み作業だけでなく、他工種の自動化技術の開発も望まれる。 	

以下上記と切り離して考えてください

<p>■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新技術導入には、既成概念にとらわれない環境が重要である。既成概念にとらわれすぎると、新技術の導入にブレーキがかかり、新技術導入による課題解決の障害となる。法規制や設計標準なども柔軟に変更していく必要がある。 ・機械化や新規材料の導入による生産性向上により、1人当たりの生産量は上がるが、機械やメンテナンス、新材料などの費用が増える事については、発注機関などの理解が必要である。

JCMA 機械部会 トンネル機械技術委員会

②ヒヤリング結果

1	会社名	前田建設工業（株）(2)
2	記入者	水谷 和彦
3	技術名称	鋼製支保工建込ロボット
4	概要	自動追尾型トータルステーションなどで構成する「支保工位置ナビゲーションシステム」、支保工位置の微調整が可能な「高性能エレクターマシン」、ボルトナットの締付を必要としない「自動建込用支保工」により、測量や支保工の位置合わせなど、従来は人が切羽で行っていた作業を機械化し、運転席からの操作のみで高精度な支保工の建て込みを実現します。トンネル切羽直下に人が立ち入ることなく、オペレーター1人で支保工の建て込みが可能となるので生産性と安全性が格段に向上します。
5	感想・課題・要望事項	<p>【感想】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本技術の開発・導入により、山岳トンネルにおける切羽災害撲滅が期待できる。将来的な完全自動化により、専門技術者による技能も必要なくなり、労働者不足問題に貢献できる技術になると思う。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在は試作段階であり、現場実証試験とシステム改良の積み重ねが必要である。製品としての一般的普及は数年後になると思われる。 <p>【要望事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・支保工建込み作業だけでなく、他工種の自動化技術の開発も望まれる。
6	他社製品への要望、その他	<ul style="list-style-type: none"> ・新技術導入には、既成概念にとられない環境が重要である。既成概念にとられすぎると、新技術の導入にブレーキがかかり、新技術導入による課題解決の障害となる。法規制や設計標準なども柔軟に変更していくことが必要である。 ・機械化や新規材料の導入による生産性向上により、1人当たりの生産量は上がるが、機械やメンテナンス、新材料などの費用が増える事については、発注機関などの理解が必要である。
7	ヒヤリング項目	<p>1)山岳は以下に切羽に立ち入らないことがポイントであると思うのでこのような技術をどんどん展開していくことが安全対策、人員不足の対策につながっていくと思います。</p> <p>→</p> <p>2)本文中にも記述がありますが、スタンダードになりえるために、材料側での客先承認も今後必要なことではと感じます（官民、甲乙一体での積極的な採用ポリシーが必要）</p> <p>→実績を作り、客先等に承認していくよう働きかけを続けて行く必要あり</p> <p>3) 支保工建込の精度はどの程度でしょうか？</p> <p>→使用予定の為、未確認、数cm？</p>

3.6 大成建設(株)

①アンケート回答

ICT技術アンケート_大成建設

記入会社： 大成建設

記入者： 室賀 大二郎

記入日 2018年6月15日

■技術名称	
シールド工事のCIMシステム「T-CIMR/Shield」	
■概要	
シールド工事における施工管理情報の統合と見える化により、生産性・品質・安全性を向上をはかる。 (1)シールドマシン位置の把握、土層データのリアルタイム表示 (2)セグメントリング毎の組立記録、品質管理記録を一元管理 (3)セグメントのひび割れ、継手損傷、漏水など継続的モニタリングをタブレット端末により記録し、対応 (4)シールドマシンの現在位置、掘進状況をインターネット経由で場所を問わず把握することができる。	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	首都高速横浜環状北西線
活用工事分類	選択してください
工種(大項目)	シールド
工種(小項目)	シールド施工・品質管理全般
業務レベル	その他()
■参考図・写真	
・別紙参照	
■感想・課題・要望事項	
シールドデータを蓄積して類似工事に活用できると思います。 まだ導入したため今後の展開によっては様々な問題点は出てくるかと思われます。	

以下上記と切り離して考えてください

■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)

②ヒヤリング結果

1	会社名	大成建設(株)
2	記入者	室賀 大二郎
3	技術名称	シールド工のCIMシステム「T-CIMR/Shield」
4	概要	シールド工事における施工管理情報の統合と見える化により、生産性・品質・安全性を向上をはかる。 (1)シールドマシン位置の把握、土層データのリアルタイム表示 (2)セグメントリング毎の組立記録、品質管理記録を一元管理 (3)セグメントのひび割れ、継手損傷、漏水など継続的モニタリングをタブレット端末により記録し、対応 (4)シールドマシンの現在位置、掘進状況をインターネット経由で場所を問わず把握することができる。
5	感想・課題・要望事項	・シールドデータを蓄積して類似工事に活用できると思います。 ・まだ導入したため今後の展開によっては様々な問題点は出てくるかと思われます。
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	1) 予想される不具合問題点は？ 2)これは10切羽スマートウォッチャーのシールド版のようなものです。やはり同じで現場、本社間でリアルタイムに共有できるところも同じです。 → 3)私も現状での予想不具合点が気になりました。 →1)と同様なので削除 4) 組立記録、品質管理記録の具体的な内容はどのようなものでしょうか？ →添付資料参照 5)セグメントの不具合をタブレットに記録するのは、トレーサビリティの確保という考えで良いでしょうか？ →トレサビリティ確保、および2回の入力作業を1回でこなせる省力化も視野に入れた 6)一般に利用可能なシステムか？ →大成建設独自のシステムではあるが、演算工房との協業であるため、各社対応としてのカスタマイズは可能？ 7)サンプルの画面データ、帳票データなど提示可能か？ →添付資料参照

3.7 マック(株)

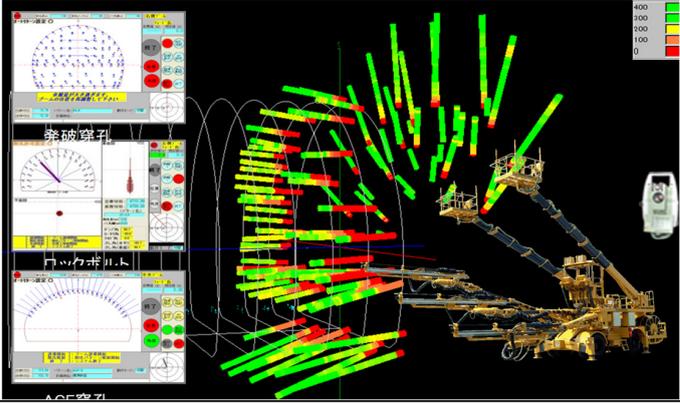
① アンケート回答

ICT技術アンケート_マック(株)

記入会社 : マック株式会社

記入者 : 宮原宏史

記入日 2018年6月26日

■技術名称	
ドリルNAVI	
■概要	
<p>山岳トンネル工事のせん孔作業において、さく岩機をモニターに従って正確な位置に誘導する事で作業効率の向上と余掘り低減を図るとともに、せん孔中に取得したせん孔エネルギーから地山評価を行う。また、せん孔データを現場事務所、本社等に自動転送する事で迅速な技術支援を得る。</p>	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	JRTT、国土交通省
活用工事分類	活用工事以外
工種(大項目)	トンネル
工種(小項目)	
業務レベル	販売中
■参考図・写真	
	
■感想・課題・要望事項	
<p>せん孔機械の関節部のガタツキの修繕頻度が従来機より増加する。</p>	
以下上記と切り離して考えてください	
■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)	
<p>ジャンボを使って火薬が装填できる機構 ・液状、ゲル状火薬など</p>	

JCMA 機械部会 トンネル機械技術委員会

②ヒヤリング結果

1	会社名	マック(株)
2	記入者	宮原 宏史
3	技術名称	ドリルNAVI
4	概要	山岳トンネル工事のせん孔作業において、さく岩機をモニターに従って正確な位置に誘導する事で作業効率の向上と余掘り低減を図るとともに、せん孔中に取得したせん孔エネルギーから地山評価を行う。また、せん孔データを現場事務所、本社等に自動転送する事で迅速な技術支援を得る。
5	感想・課題・要望事項	せん孔機械の関節部のガタツキの修繕頻度が従来機より増加する。
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	<p>1) 関節部のガタツキの修繕頻度が従来品より増加理由は？ →ジャボ[®]の通常使用では問題ないレベルであるが、計測目的が加わると特にブームスライド部の摺動部のへたりが精度に大きく影響を与えるため、その交換頻度が増えるという意味</p> <p>2) 今後の展開、次ステップは他社と差別化も含め、どのような構想か教えていただける範囲で知りたい。(岩野) →完全自動化が目標。2020年をめどに。</p>

3.8 鹿島建設(株)

① アンケート回答

ICT技術アンケート_鹿島建設(株)

記入会社： 鹿島建設

記入者： 加藤誠

記入日 2018年8月30日

■技術名称 スマート切羽ウォッチャー	
■概要 IoT技術を活用しリアルタイムに地質を評価するシステム。コンピュータジャンボによる穿孔から得た切羽前方の地質予測データ、デジタルカメラで撮影した切羽の画像データを地球統計学や画像処理技術を用いて自動解析することにより、評価結果を現場の切羽でリアルタイムに確認することができる。また、クラウドを介して現場と本社間でリアルタイムに共有できるため、専門家によるチェックも可能。	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	新区界トンネル、白井トンネル
活用工事分類	選択してください
工種(大項目)	トンネル
工種(小項目)	地質評価
業務レベル	その他()
■参考図・写真	
<p>The diagram illustrates the system's workflow: data from the tunnel face is transmitted via Wi-Fi to a computer at the site office, then to the head office via Cloud. It shows the process of data analysis, from data collection to the identification of weak areas and the generation of a risk map. Below the diagram are two photographs: one showing a tablet displaying a 3D model of the tunnel face with a predicted weak area, and another showing a smartphone displaying a risk map of the tunnel face.</p>	
スマート切羽ウォッチャーは、以下の二つの技術とその運用方法により構成されています。	
<p><技術1>発破孔の穿孔データから切羽前方の地質状況を高精度に予測 コンピュータジャンボによる穿孔データから得た破壊エネルギー係数(弾性波速度)を、地球統計学手法により解析し、わずか1分で切羽前方5mの周辺地山も含めた地質状況を高精度に予測、評価します。さらに、地球統計学手法のシミュレーション解析も自動的に実行、脆弱部が80%以上の確率で出現する箇所を切羽前方30mまで抽出します。これらの評価結果は切羽のタブレット端末に即座に転送され、切羽の作業員が安全性を迅速に判断できるとともに、施工方法の選択や補助工法適用の判断にも有効に活用できます。</p> <p><技術2>切羽の写真を画像処理して剥落危険度を評価 デジタルカメラで切羽を撮影した画像データを解析し、岩盤の風化度合や割れ目の分布などを定量的に評価、剥落の可能性のある箇所を検出します。解析結果は、切羽で作業する社員や作業員のスマートフォンに約10秒で転送され、危険箇所の見落としを防止します。</p> <p><運用>クラウドを活用した情報共有で全社的なバックアップを実現 切羽で得られたコンピュータジャンボやデジタルカメラからのデータは、坑内のWi-Fiを通じて現場の解析用コンピュータに伝送され、解析の結果は切羽の社員・作業員に即座にフィードバックされるとともに、クラウドを介して現場事務所だけでなく本社技術研究所の地質専門家によるリアルタイムなバックアップも可能となり、全施工期間を通じて適切な施工判断が行えます。</p>	
■感想・課題・要望事項 ・今後データを蓄積して精度を向上してトンネル掘削工事の自動化につなげる。	
以下上記と切り離して考えてください	
■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)	

②ヒヤリング結果

1	会社名	鹿島建設(株)
2	記入者	加藤 誠
3	技術名称	スマート切羽ウォッチャー
4	概要	IoT技術を活用しリアルタイムに地質を評価するシステム。コンピュータジャンボによる穿孔から得た切羽前方の地質予測データ、デジタルカメラで撮影した切羽の画像データを地球統計学や画像処理技術を用いて自動解析することにより、評価結果を現場の切羽でリアルタイムに確認することができる。また、クラウドを介して現場と本社間でリアルタイムに共有できるため、専門家によるチェックも可能。
5	感想・課題・要望事項	・今後データを蓄積して精度を向上してトンネル掘削工事の自動化につなげる。
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	<p>1) このシステムを使用した現場の実績は？ →今後導入予定:今年の12月から日下トンネルで使用。(他に1現場導入予定あり)</p> <p>2) 掘削工事の自動化とは、AIを導入していく方向ですか。 →まだそこまでは検討していない状況</p> <p>3) 実績と現状での課題を知りたいと思いました。 →1)と同意のため削除</p> <p>4) 自動解析と専門家によるチェックとでは相違点等はありませんか？ →専門家のアルゴリズムがベースのため、自動解析とのかい離は基本的にない</p> <p>5) 解析事例の画像データ、評価実績などの提示は可能か？ →提供は可能(別紙参照)</p> <p>6) 一般に使用可能な技術か？ →鹿島建設独自技術の為、一般使用は不可能</p>

3.9 新トモエ電機工業(株)

① アンケート回答

ICT技術アンケート_新トモエ電機工業(株)

記入会社 : 新トモエ電機工業(株)

記入者 : 秋本 裕

記入日 2018年7月31日

■技術名称	
サーボロコ自動運転及び坑内位置管理システム	
■概要	
サーボロコを自動運転するに伴い、ロコだけでなく、人の動きもモニターで確認する。 サーボロコ自動運転・・・地上とは、無線で繋がれていて、ロコ本体及び、中央から発車可能。(条件による)スピードはレール上に設置したIDタグを読み込むことにより増減する。停止は、レール間上に置かれた発磁体(磁石)を検知ることにより普通ブレーキをかける。又、ロコ本体にも障害物センサーを備える。(中央からの非常停止可能) 坑内位置管理システム・・・ロコ、作業員にIDタグを持たせ、等間隔に置いた受信機で反応させ、ロコ、作業員の位置、方向をモニターで表す。	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	
活用工事分類	活用工事以外
工種(大項目)	シールド
工種(小項目)	
業務レベル	販売中
■参考図・写真	
別途添付します。	
■感想・課題・要望事項	
上記2点は、個別には現場搬入事例はあります。その2点を融合させ現場の省力化、安全装置を提案したいと思います。	

以下上記と切り離して考えてください

■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)
長距離(5,000m~10,000m)移動車両の、無線映像装置(中央にて視聴) 安価希望 現時点で弊社でのオプションでは、出来てません。

JCMA 機械部会 トンネル機械技術委員会

②ヒヤリング結果

1	会社名	新トモエ電機工業(株)
2	記入者	秋本 裕
3	技術名称	サーボロコ自動運転及び坑内位置管理システム
4	概要	<p>サーボロコを自動運転するに伴い、ロコだけでなく、人の動きもモニターで確認する。</p> <p>・サーボロコ自動運転・・・地上とは、無線で繋がれていて、ロコ本体及び、中央から発車可能。（条件による）スピードはレール上に設置したIDタグを読み込むことにより増減する。停止は、レール間上に置かれた発磁体（磁石）を検知ることにより普通ブレーキをかける。又、ロコ本体にも障害物センサーを備える。（中央からの非常停止可能）</p> <p>・坑内位置管理システム・・・ロコ、作業員にIDタグを持たせ、等間隔に置いた受信機で反応させ、ロコ、作業員の位置、方向をモニターで表す。</p>
5	感想・課題・要望事項	上記2点は、個別には現場搬入事例はあります。その2点を融合させ現場の省力化、安全装置を提案したいと思います。
6	他社製品への要望、その他	<p>長距離（5,000m～10,000m）移動車両の、無線映像装置（中央にて視聴） 安価希望</p> <p>現時点で弊社でのオプションでは、出来てません。</p>
7	ヒヤリング項目	<p>1)バッテリーロコの自動運転化は技能者対策としてよいと思います。小口径シールドなどでは、ずり鋼車などをトラバサで入れ替える作業などがあるので切り離し、連結の自動技術などがあると更に良いです。</p> <p>→連結自動化等については、ブレーキの個別搭載、制御、情報伝達などの課題もあり、検討中ではあるが、コストが莫大になる可能性がある</p> <p>2)バッテリー自体の寿命に、本処理装置が負担をかける比率が知りたい（バッテリーの長寿命化も大きな要求事項の為）</p> <p>→現在、鉛電池からリチウムバッテリーに変遷の途中であり、寿命向上、仕様UPも望まれる為、システムでの負担という意味は無視できるレベルと思う※鉛：4年1500階充電寿命。リチウム：いまのところ10年は大丈夫。</p> <p>3) 障害物センサーのロコからの検知範囲はどの程度でしょうか？</p> <p>→新型高性能タイプの使用で最大6mまで可能</p> <p>4)システム構成図等提示できないか？</p> <p>→資料参照、注文すれば個別に詳細資料は提出可能</p>

3.10 菅機械工業(株)

① アンケート回答

ICT技術アンケート_菅機械工業

記入会社 : 菅機械工業株式会社

記入者 : 森山 恭衛

記入日 2018年7月24日

■技術名称	
トンネル換気制御システム『i-Res』及び拡張システム	
■概要	
<p>本システムは、トンネル工事の電気代の1/3を占めると言われる換気設備を工種(削孔・ズリ出し・吹付など)に最適な風量に自動制御することで不要な電力をカットし無駄な電気代を削減します。</p> <p>また、拡張システムとは『i-Res』を基本システムとして坑内環境測定、坑内照明制御、『Bluetooth』を利用した入坑管理・坑内位置管理、坑内車両の運行管理等も行う事ができ、クラウドサーバーを介する事で坑内の状況を共有する事ができます。</p>	
■基本情報(土木・建築)	
工事名(発注者)	
活用工事分類	施工者希望 I 型
工種(大項目)	トンネル
工種(小項目)	
業務レベル	販売中
■参考図・写真	
■感想・課題・要望事項	
<p>工種判定を行い送風機の風量調整をする場合は、省電力システムとなるが、坑内環境を重視した制御方法を取ると省電力になるとは限らない。</p>	

以下上記と切り離して考えてください

■他社製品への要望、その他(こんなのがあったら...等なんでも)

②ヒヤリング結果

1	会社名	菅機械工業(株)
2	記入者	森山 恭衡
3	技術名称	トンネル換気制御システム『i-Res』及び拡張システム
4	概要	本システムは、トンネル工事の電気代の1/3を占めると言われる換気設備を工種（削孔・ズリ出し・吹付など）に最適な風量に自動制御することで不要な電力をカットし無駄な電気代を削減します。
5	感想・課題・要望事項	工種判定を行い送風機の風量調整をする場合は、省電力システムとなるが、坑内環境を重視した制御方法を取ると省電力になるとは限らない。
6	他社製品への要望、その他	
7	ヒヤリング項目	<p>1)換気の電力量はおっしゃるように非常に大きなものがありますが、本件の場合、いかにセンサー部を維持管理するかということが重要と思います。 →センサーで制御ではなく、機械設備に取り付けてあるタグ管理のため、維持管理は容易</p> <p>2) 電気代の削減はどの程度できますか？ →個別によるものなので、一概にその値を示すことは困難</p> <p>3) 工種ごとの必要な風量は何を基準として制御していますか？ →大まかに”大””中””小”を設定し、そのレンジは各現場ごとに設定することが可能 基本的には坑内風速0.3m/s以上</p> <p>4)使用実績等具体的なデータ提示は可能か？ →可能、後ほど提出予定</p>

4. おわりに

今回、アンケートさせていただいた各社様にはお忙しい中、貴重な情報の提供、ならびにヒアリングにご協力いただきまして、ありがとうございました。

内容を御覧いただきてわかるように、アンケートの項目自体がまだ少なく、トンネル機械の ICT 技術展開自体が、まだ成長過程ということがもあり、このような状況は、あと数年は続くものと思われます。しかし、建設業界、機械メーカーとも、着実に開発のスピードを上げてきており、その技術が一般に公開され、より良いトンネル施工時の坑内環境、トンネル機械を用いての生産性の向上に今後寄与していくのではと思われます。

本委員会としては、引続き皆様方からの要望、要求に積極的に関わっていけるよう、アンケート等を通じまして、新しい技術の展開、よりトンネル機械自体の使いやすさ向上を目指して、協会内の専門委員会として活動してゆく所存です。引き続き、ご協力のほどよろしくお願ひします。

以上

関連資料

(1) 資料一覧表

NO	アンケート回答企業	技術名称	資料名称	ページ数
1-1	(株)アクティオ	自動追尾TSを使用した崩落法面の変位観測、ブルドーザーマシンコントロール、ローラーによる締固め管理システムを使用した盛土敷き均し	情報化施工機器TS締固め管理	2
			情報化施工機器GNSSマシンコントロール	2
			情報化施工機器GNSS締固め管理	2
1-2		バックホウ旋回規制システム	重機旋回規制システムの開発	10
2	エピロックジャパン(株)	コンピュータージャンボ	コンピュータージャンボ	11
3	(株)熊谷組	吹付けコンクリートの遠隔操作技術	-	-
4-1		作業の視点共有	-	-
4-2	(株)三井三池製作所	自由断面掘削機の運転ログデータ解析による効率的な操作支援と故障予知	-	-
5-1	前田建設工業(株)	TBMファイバーモルタル自動吹付ロボット(演算工房社製品)	-	-
5-2		鋼製支保工建込ロボット	-	-
6	大成建設(株)	シールド工事のCIMシステム「T-CIMR/Shield」	シールド工事システム「T-CIMR/Shield」	13
7	マック(株)	ドリルNAVI	統合穿孔支援システム「ドリルNAVI」の開発	9
			統合穿孔支援システムによる穿孔誘導及び地山評価について	13
8	鹿島建設(株)	スマート切羽ウォッチャー	スマート切羽ウォッチャー	3
			画像処理解析による山岳トンネルの切羽剥落危険度予測システムの開発	2
			山岳トンネルコンピュータジャンボ情報化施工論文-土木建設技術発表会	7
9	新トモエ電機工業(株)	サーボロコ自動運転及び坑内位置管理システム	システム概要図	1
			システム関連資料	18
10	菅機械工業(株)	トンネル換気制御システム『i-Res』及び拡張システム	トンネル換気制御システム『i-Res』	2

レンタルします

情報化施工機器
TS締固め管理

AKT/O
アクティオ



施工の効率化・高精度化を実現！！



自動追尾トータルステーションとID付プリズムをロックし、位置情報をキャブ内のパソコンに転送。締固め管理ソフトとの組み合わせでローラーの走行軌跡から転圧回数を取得、オペレータに提供する技術。

品質確保

施工面を面的な管理を実現

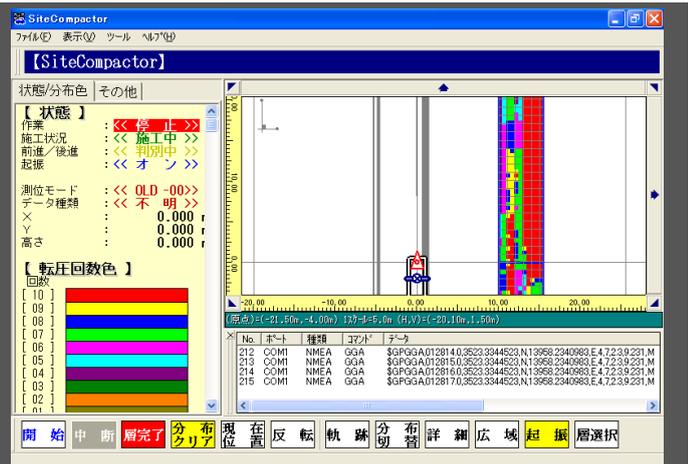
生産性の向上

短時間で正確な施工が実現

コストの削減

工程短縮・人件費の削減

■ 締固め回数を管理！



・転圧回数 ・走行軌跡管理 ・高さ管理 ・層厚管理

国土交通省【TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領】に対応！

レンタルします

情報化施工機器 GNSSマシンコントロール ブルドーザー

AKT/O
アクティオ



NETIS HK-100045-VE
グレードコントロールシステム

施工の効率化・高精度化を実現！！



ブレードに装着したGNSS受信機により、重機の位置情報を取得。センサ等との組み合わせでブルドーザのブレードの位置と標高を取得し、キャブ内のコントロールボックスに転送、設計データとの差分を算出。ブレードを自動制御またはオペレータにガイダンスする技術です。

生産性の向上

短時間で正確な施工が実現

安全性確保

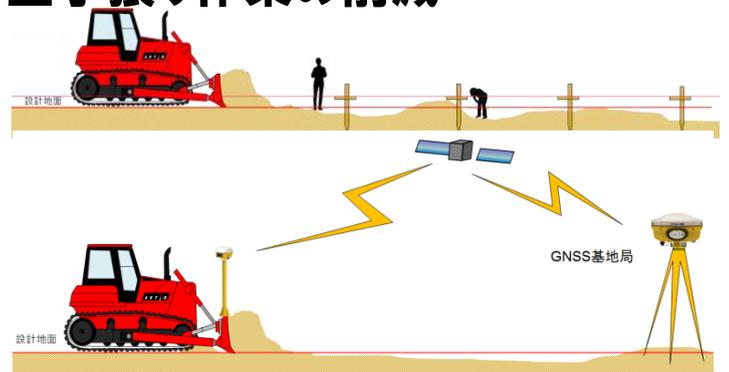
人力による高さ確認が削減

コストの削減

作業工程の短縮

人件費の削減

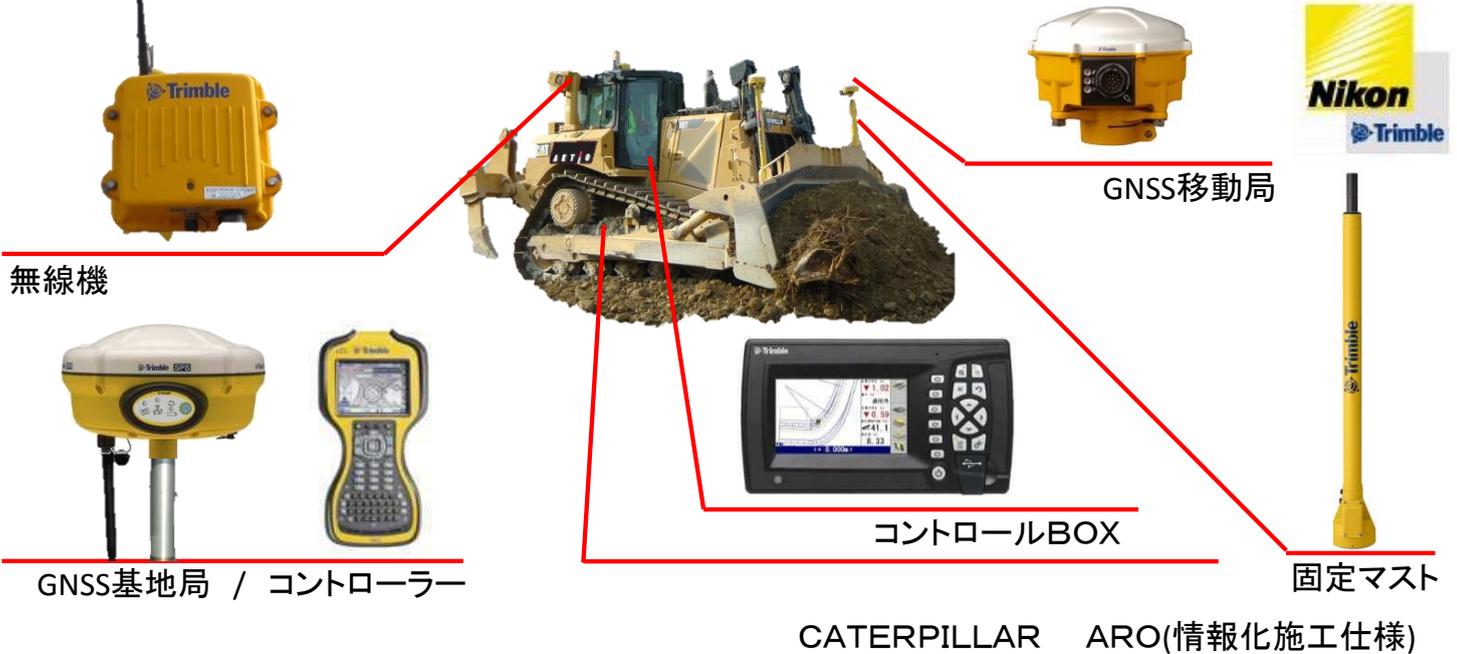
■丁張り作業の削減



敷き均しの自動化！

敷き均し土量が多い時には切土・盛土を確認しながら作業ができます。仕上げの敷き均しで自動制御で設計面に合わせた施工が可能です。

■システム構成



■「3次元マシンコントロール」

・ブレードを設計面に自動的に合わせる「自動モード」
 ・オペレーターがモニターのガイダンスを見ながら排土板を手動で操作する「手動モード」スイッチ1つで任意に切り替え「マシンガイダンス」として利用することも出来ます(走行については、いずれも手動制御になります)

「3次元マシンコントロール/マシンガイダンス」は、

「3次元設計データ」(3次元CADで作成 or コントロールボックスで面データを作成)の設計面とブレードとの差分を算出して、ブレードの高さの自動制御/ガイダンスします。



■用意して頂くデータ 平面図CADデータ(dxf/dwg) + 変化点座標(excel/sim) + 既知点座標(excel/sim)



大・中・小規模造成工事で大活躍

1つのGNSS基準局から複数の移動局に補正情報を送信できます。大規模なエリアで情報化施工を行うとき、複数の稼働重機がマシンコントロールに対応できます。



選べる二構成

排土板に装着する受信機は、シングルマスト、デュアルマストの二構成がございます。精度を要する施工の場合はデュアルマストをお勧めいたします。

レンタルします

情報化施工機器 GNSS 締固め管理

AKT/O
アクティオ

施工の効率化・高精度化を実現！！



GNSS受信機が位置情報を取得し、キャブ内のパソコンに転送。
締固め管理ソフトとの組み合わせでローラーの走行軌跡から
転圧回数を取得、オペレータに提供する技術。

品質管理

施工面を面的な管理を実現

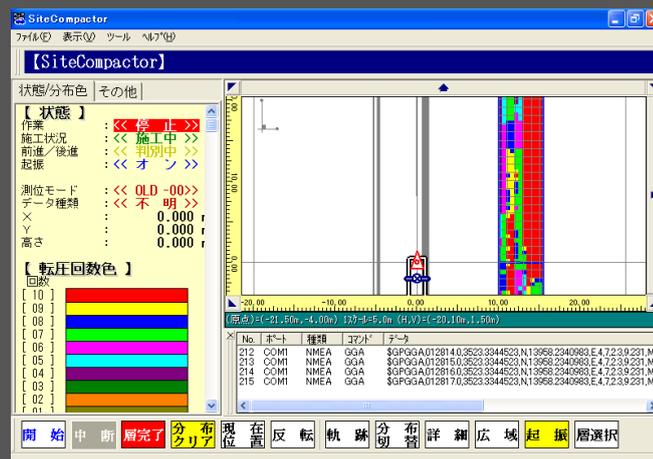
生産性の向上

短時間で正確な施工が実現

コストの削減

工程短縮・人件費の削減

■ 締固め回数を管理！



・転圧回数 ・走行軌跡管理 ・高さ管理 ・層厚管理

国土交通省【TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領】に対応！

NEXCO【土工施工管理要領】の「GNSSを利用した盛土の品質管理」および「ローラ加速度応答法を用いた盛土の品質管理(案)」に対応！

■システム構成



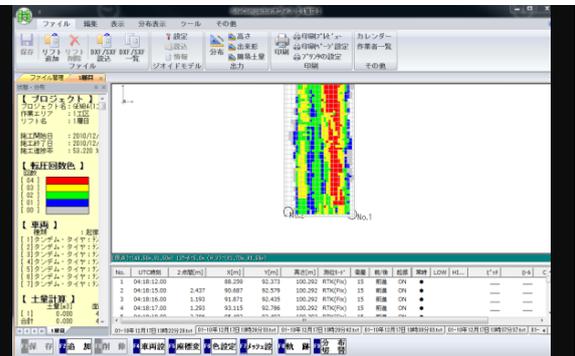
どんなローラーでも取付可能！

■「締固め管理」

- ・オペレーターに締固め範囲・回数・高さ管理をガイダンス。(走行については、手動制御になります)
- ・日々の帳票を電子データ管理

■CCV機能(オプション)

- ・締固め状態(地盤の剛性)をリアルタイムにナビゲート！



■用意して頂くデータ 転圧エリアが記載されている平面図CADデータ(dxf/dwg) + 既知点座標(excel/sim)



大・中・小規模造成工事で大活躍

1つのGNSS基準局から複数の移動局に補正情報を送信できます。大規模なエリアで情報化施工を行うとき、複数の稼働重機がマシンコントロールに対応できます。



ブルドーザー転圧も対応可能です！

ローラーはメーカーを選ばず取付可能、さらにブルドーザー転圧にも対応しています。様々な重機に付け替えることで幅広く活用できるシステムです。

■万全のサポート、トレーニング体制が充実しています！ご安心ください！
情報化セミナーを開催致します！

株式会社アクトィオ

- 本社
〒103-0027 東京都中央区日本橋3-12-2 朝日ビルディング7F
- 道路機械事業部
〒136-0075 東京都江東区新砂3-6-41東京DLセンターオフィス棟3F
Tel:03-6666-2262 Fax:03-6666-1997
URL <http://www.aktio.co.jp>

御用命は

T-Safety Support



T-Safety Support

重機旋回規制システムの開発
—バックホウの旋回による接触防止に効果を発揮—

現在の技術

鉄道沿線や重要構造物に近接する場所での工事

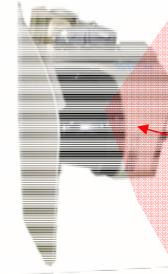
バックホウは、360度旋回出来る

レーザセンサ等による監視システム

アームやバケット等が規制エリアに侵入した場合、警報を出す

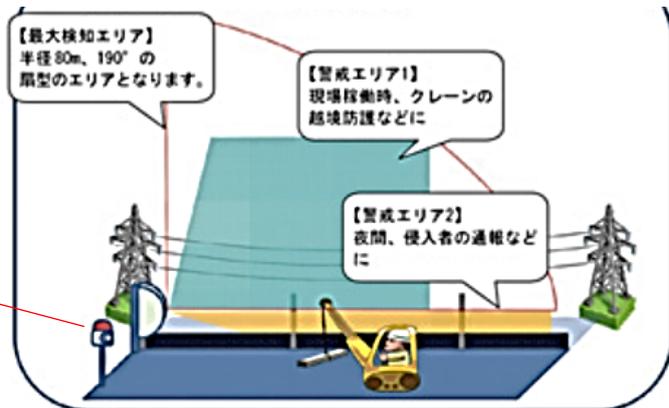
オペレーターが旋回を止める

断面上に
レーザを発射



レーザセンサー

レーザで規制範囲を監視し、接触すると警報



アクティオHPより

現在の技術

鉄道沿線や重要構造物に近接する場所での工事

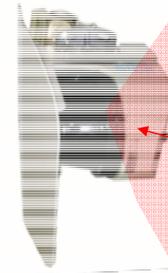
バックホウは、360度旋回出来る

レーザセンサ等による監視システム

アームやバケット等が規制エリアに侵入した場合、警報を出す

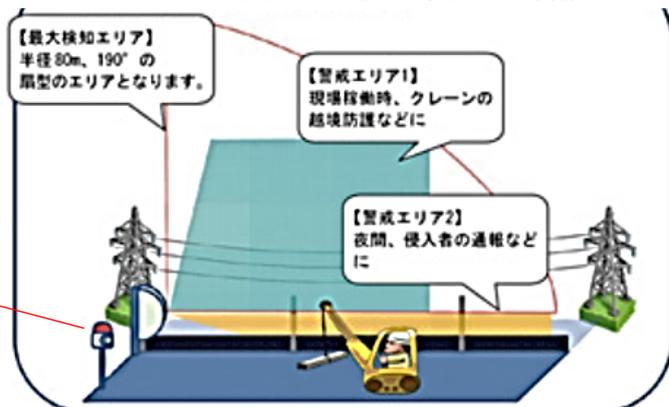
オペレーターが旋回を止める ⇒ **ヒューマンエラーによる事故**

断面上に
レーザを発射



レーザセンサー

レーザで規制範囲を監視し、接触すると警報

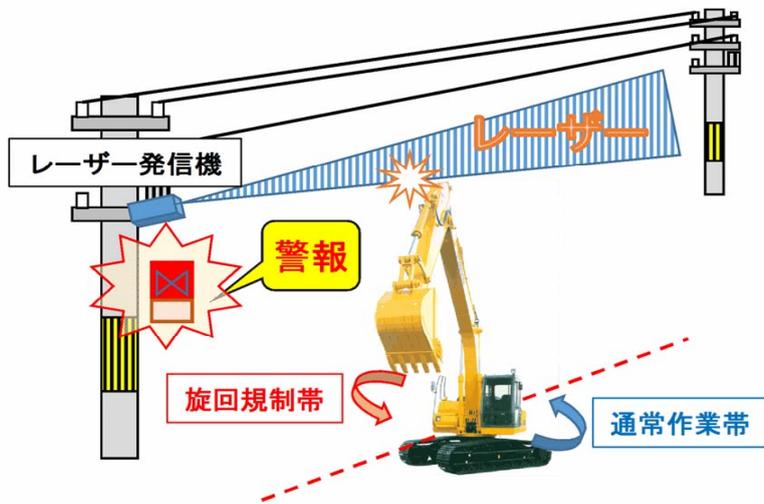


アクティオHPより

重機旋回規制システムの開発 (T-Safety Support)

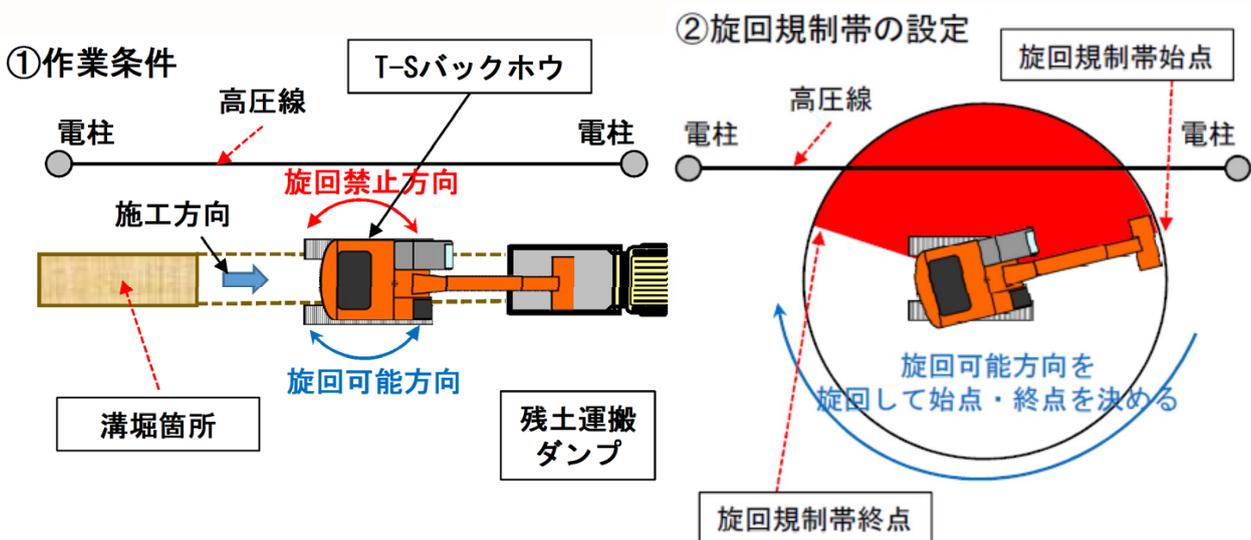
都市土木工事や掘削工事
バックホウの旋回による接触事故

- ① 架空線
- ② 重要構造物
- ③ 鉄道
- ④ 道路規制域(作業帯からはみ出し)



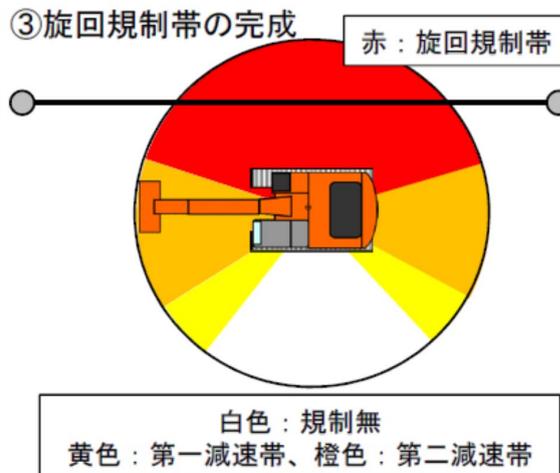
開発したシステム (T-Safety Support)

1. 現地で旋回規制の範囲を確認
2. バックホウに取り付けたモニターにワンクリックで指定



開発したシステム（T-Safety Support）

1. 現地で旋回規制の範囲を確認
2. バックホウに取り付けたモニターにワンクリックで指定
3. アームやバケットなどが作業区域からはみ出さないよう、
4. 第一減速帯（準備ゾーン）で自動的に旋回行動をスローダウン
5. 第二減速帯（警戒ゾーン）で停止

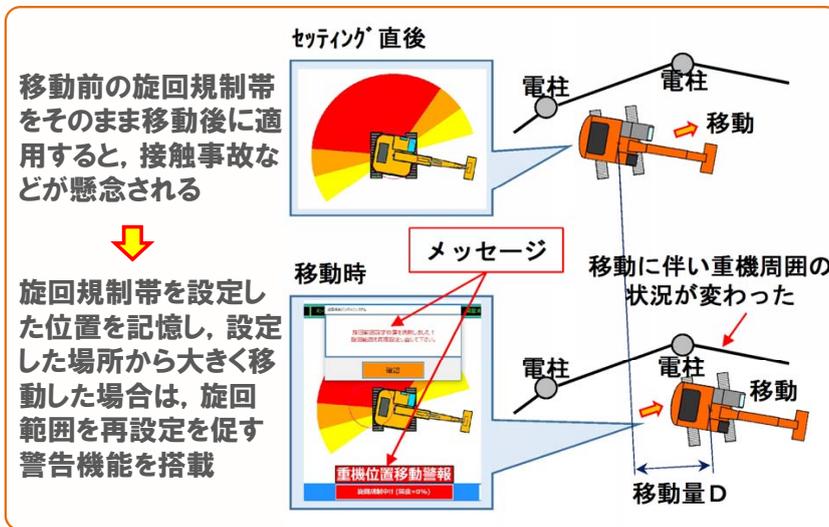
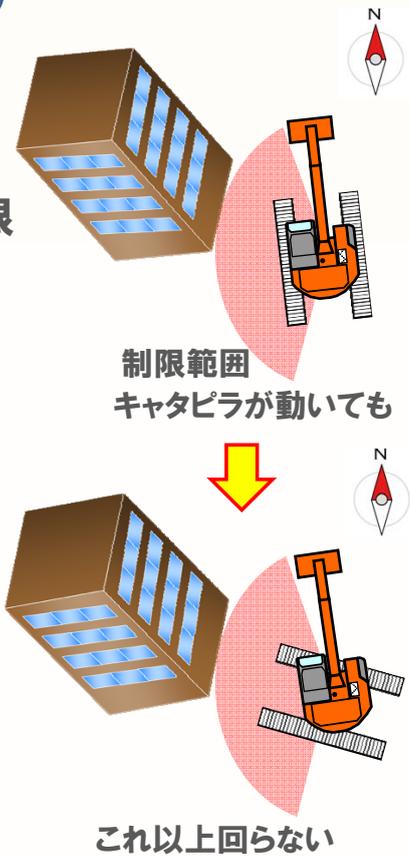


開発したシステム（T-Safety Support）

1. 現地で旋回規制の範囲を確認
 2. バックホウに取り付けたモニターにワンクリックで指定
 3. アームやバケットなどが作業区域からはみ出さないよう、
 4. 第一減速帯（準備ゾーン）で自動的に旋回行動をスローダウン
 5. 第二減速帯（警戒ゾーン）で停止
- ① 確実にバックホウの旋回を停止させ、重要構造物、車両、架線、配管などとの接触や損傷を事前に防止
 - ② 汎用重機のどの機種にも容易に取り付けが可能
 - ③ 規制範囲の設定は簡便で、初めてのオペレーターであっても15分程度で使いこなせます
 - ④ 旋回停止動作は、規制エリアに近づくと徐々に止まる機構で、オペレーターへの注意喚起に効果的
 - ⑤ 徐々に旋回を止めるので、バックホウ本体の転倒を防止

開発したシステム (T-Safety Support)

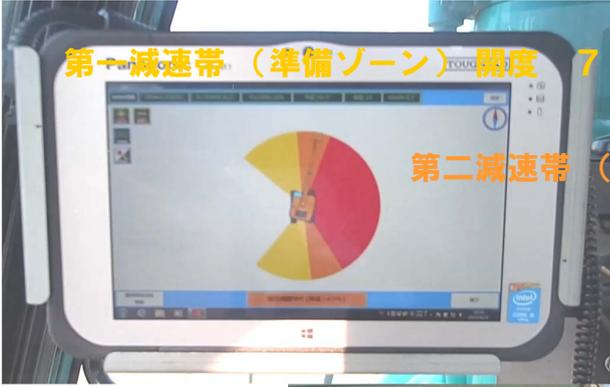
小移動の多いバックホウへの対応
 バックホウのバケットの向いている方位で制限
 近接施工における接触災害防止につながる



システム全体構成 (T-Safety Support)

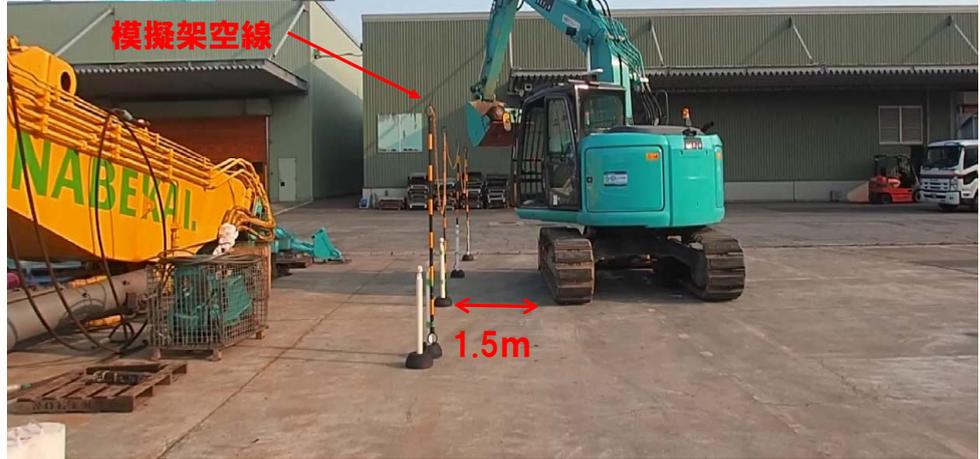


バックホウの旋回について (T-Safety Support)



第一減速帯 (準備ゾーン) 開度 75%、角度幅45度

第二減速帯 (警戒ゾーン) 開度 65%、角度幅25度



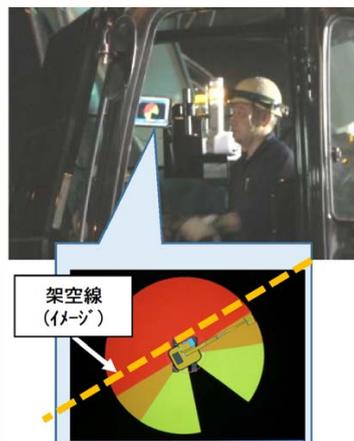
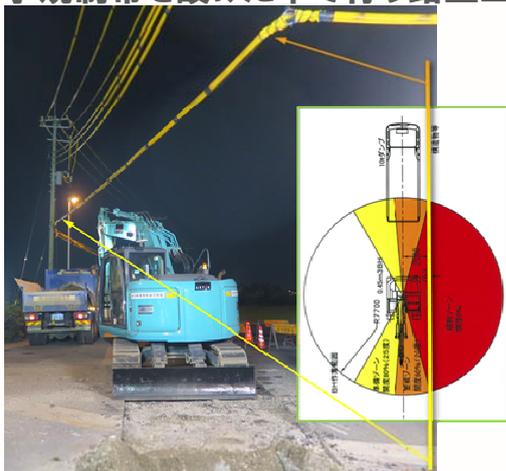
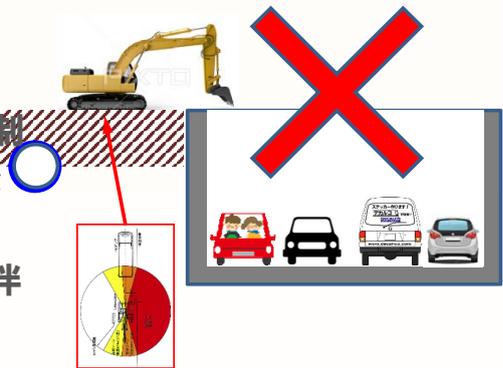
メーカー仕様では旋回動作を急に止めた場合、重機の転倒を防止するため旋回動作が一定角度流れる様に設計されている

東京都水道局発注の開削配管工事 (T-Safety Support)

開削場所に平行して

- ① 電力等の架空線が存在、旋回禁止帯を設け、架空線側に土砂掘削したバケットの旋回を規制
- ② 開削トンネルの上をバケットが旋回し、土砂などが一般車に降り掛かるのを防止

歩道側を掘削するため、夜間作業主体で作業に伴う工事規制帯を設けた中で行う路上工事



東京都水道局発注の開削配管工事（T-Safety Support）

（上部架空線に掛かる領域への旋回を規制）7/3～

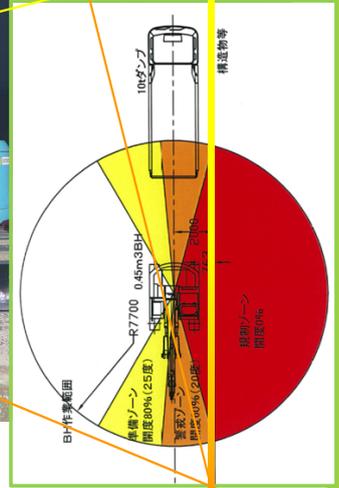
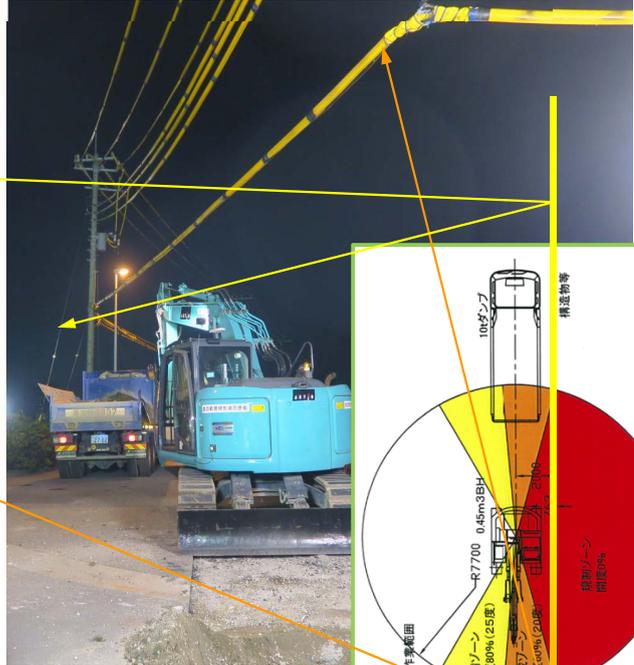


東京都水道局発注の開削配管工事（T-Safety Support）



東京都水道局発注の開削配管工事 (T-Safety Support)

(上部架空線に掛かる領域への旋回を規制) 7/3~



東京都水道局発注の開削配管工事 (T-Safety Support)

(上部架空線に掛かる領域への旋回を規制) 7/9



旋回ゾーン (規制無し) 回転灯: 青
 第一減速帯 (準備ゾーン) 回転灯: 黄
 第二減速帯 (警戒ゾーン) 回転灯: 赤

T-Safety Support (重機旋回規制システムの開発)

システムの特徴と効果

- ① 警報発信方式でなく重機の旋回動作を停止
- ② 汎用性の高いシステムでその他機種にも取付け可能
- ③ 操作は簡単でその場で規制範囲を決定
- ④ 急停止による重機転倒を防止し安全に旋回規制が可能
- ⑤ 都市部におけるガス・水道工事、重要構造物(鉄道)近接工事
架空線近接工事、道路規制帯工事などへの安全性が向上

T-Safety Support (重機旋回規制システムの開発)

広く社会に展開

近接工事、都市土木工事、工場土木工事等に貢献

謝辞

本システムを作業所に導入するに際し、東京都水道局の皆様にご指導いただきました。謹んで御礼申し上げます。

T-Safety Support

ご清聴有難うございました





コンピュータージャンボ

Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

三段階の制御方式

- ABC ベーシック
- ABC レギュラー
 - スタンダード
- ABC トータル



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

アドバンスドブームコントロール ABC ベーシック – 手動

- § ブームとフィードは手動で操作する
- § フィードの角度はスクリーンに表示される
- § さく孔パターンは表示されない
- § 記録装置は搭載されていない



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

アドバンスドブームコントロール ABC レギュラー – オペレーターガイダンス

- § さく孔パターンを事務所のコンピュータで作成し、PCMCIAカードでリグに転送する
- § さく孔の位置や差し角はディスプレイに表示される
- § フィードの位置や差し角がディスプレイに表示される
- § ブームを選択して手動で操作できる
- § さく孔データはPCMCIAカードに記録される



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

アドバンスドブームコントロール

ABC トータル – 自動



- § さく孔パターンを事務所のコンピュータで作成し、PCMCIAカードでリグに転送する
- § 選択されてブームが自動的に次の孔の位置に移動し座がり、さく孔を行う
- § さく孔データはPCMCIAカードに記録される



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

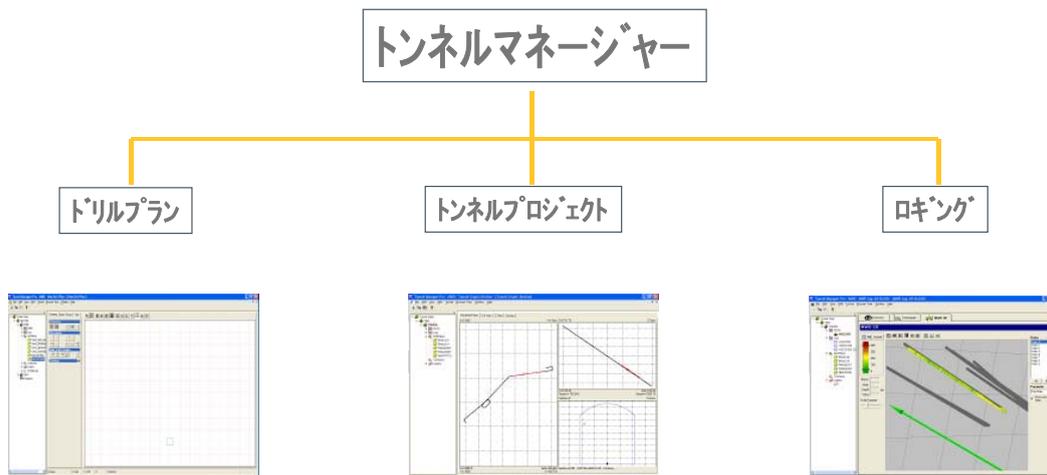


The Tunnel Manager program family



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

トンネルマネージャー What is?



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

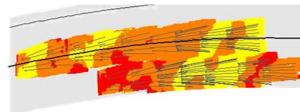
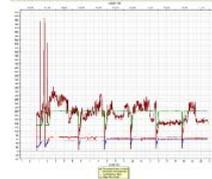
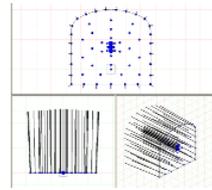
トンネルマネージャー機能比較

	トンネルマネージャー	トンネルマネージャー Pro	トンネルマネージャー MWD
トンネルライン	Yes	Yes	Yes
コンツアー	No	Yes	Yes
ドリルプラン	Yes	Yes	Yes
レーザー	Yes	Yes	Yes
フィックスポイント	No	Yes	Yes
ラウンドログ	Yes	Yes	Yes
MWD ログ	No	Yes	Yes
MWD エバリュエーション	No	No	Yes
MWD マッピング	No	No	Yes
MWD スライシング	No	No	Yes
プロファイラーログ	No	Yes	Yes

Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

トンネルマネージャー バージョン

- **トンネルマネージャー**
 - 基本機能
 - (トンネルマネージャーライト)
 - 3Dドリルプランデザイナー
 - ロード/セーブ (オプション)
- **トンネルマネージャー Pro**
 - トンネルマネージャー +
 - MWD 基本データ+
 - フィックスポイント +
 - プロファイラー +
 - ドリルプランジェネレーター +
 - マップナビゲーション
- **トンネルマネージャー MWD**
 - トンネルマネージャー Pro +
 - 地質図



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

Tunnel Manager プログラム 評価とレポート

- **Tunnel Manager Pro**
 - MWD ログの保存
 - MWD ログの表示
 - MWD ログの書類化
- **Tunnel Manager MWD**
 - Tunnel Manager Pro +
 - 岩硬度の評価
 - 断裂作用の評価
 - トンネル断面での表示
 - 地質図の表示

2a



2b



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

- 2a Tunnel Manager Pro

- MWD ㊦の保存
- MWD ㊦の表示
- MWD ㊦の書類化

- 2b Tunnel Manager MWD

1. Tunnel Manager Pro +
2. 岩硬度の評価
3. 断裂作用の評価
4. トンネル断面での表示
5. 地質図の表示

8変数の記録

1. さく孔速度
2. 打撃圧
3. フィード力
4. 回転圧
5. 回転数
6. ダンピング圧
7. フラッシング水圧
8. フラッシング水量

追加される2変数の記録

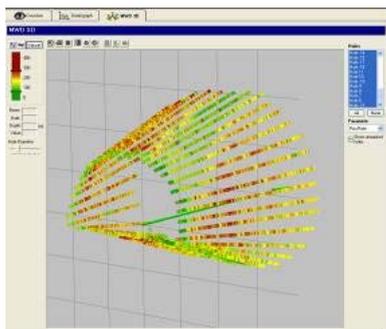
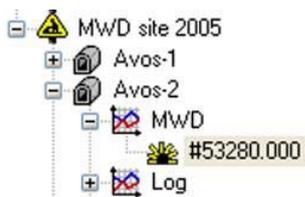
9. 岩硬度
10. 断裂作用

Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

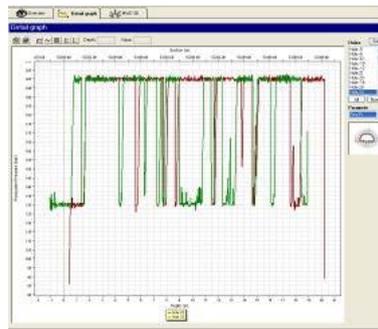
Tunnel Manager Pro

2a

さく孔のデータのみ



スクリーン表示



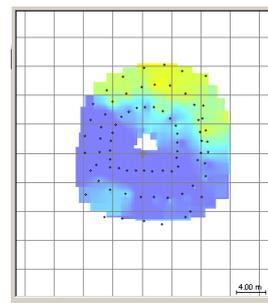
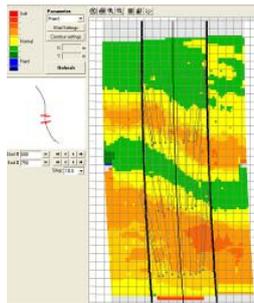
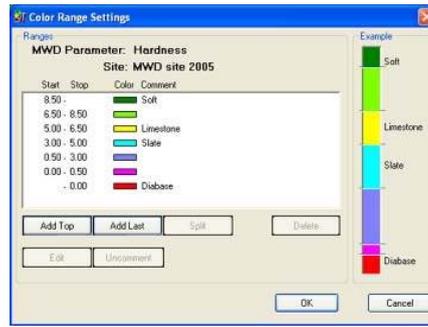
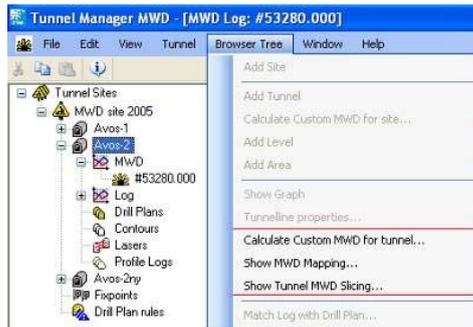
グラフ

Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

Tunnel Manager MWD

2b

地質図



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

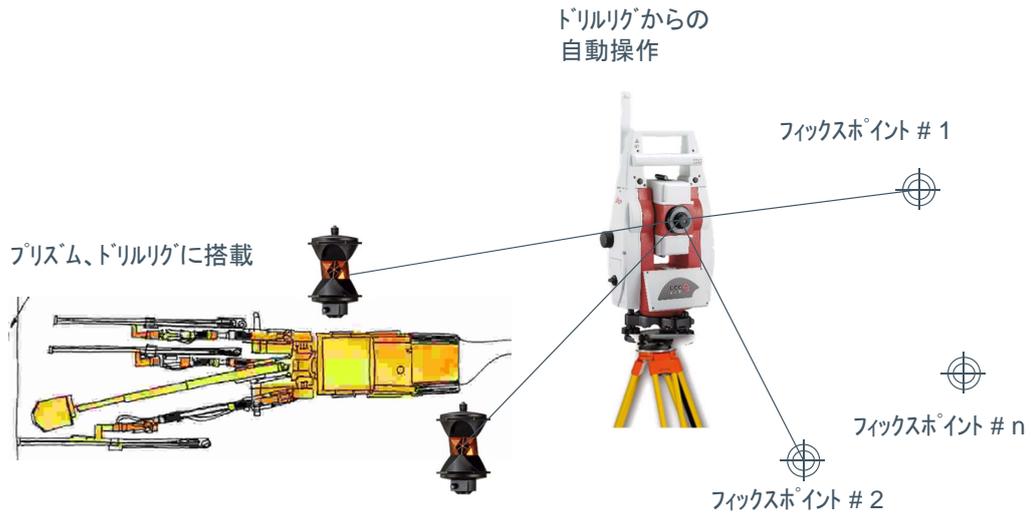
Navigation with Total Station



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

ドリルリグナビゲーション

三脚式 トータルステーション



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

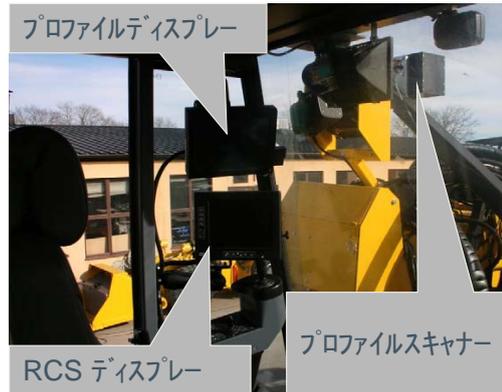


An intelligent option for Boomer rigs

Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

実際の断面形状を測定しデータとして記録

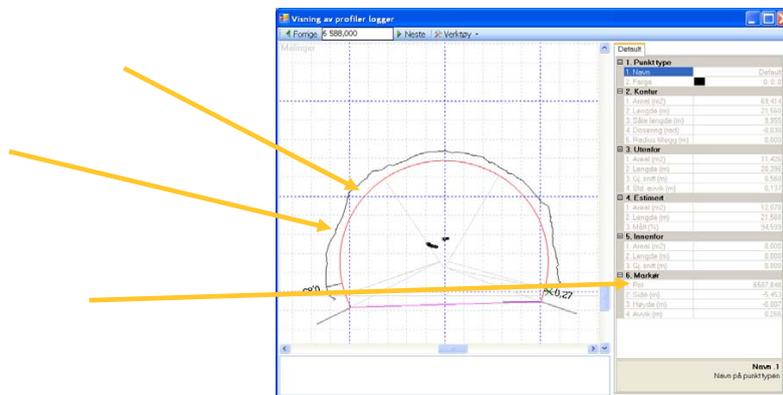
- ソフトウェア”Tunnel Manager Pro”に統合される
- プロファイルスキャナーは、3または4ブームのRCSリグに搭載される



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

プロファイルの評価

- 設計断面との比較
- 余堀とアンダーブレイクの表示
- 余堀、アンダーブレイク、設計上の断面の計算及び記録
- エクセルによるレポート



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.



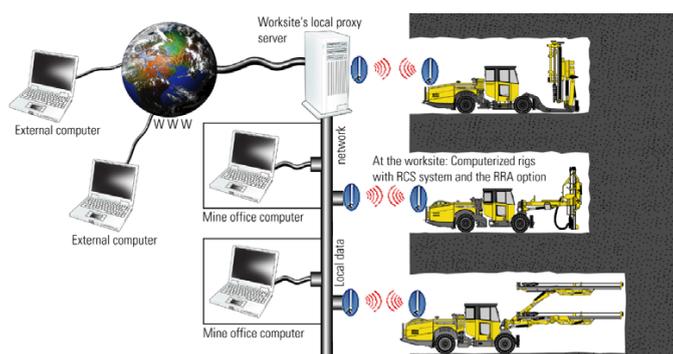
Data communication for underground drilling rigs

Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

リグリモートアクセス

アトラスコプコの解決策 – リグリモートアクセス (RRA)

- 重要な情報の安全管理
- ドリルプラン及びログファイルが素早く得ることができる
- 常に最新のデータを得ることができる
- 機器の情報を容易に把握することができる



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.

United. Inspired.

Performance unites us, innovation inspires us,
and commitment drives us to keep moving forward.
Count on Epiroc to deliver the solutions you need
to succeed today and the technology to lead tomorrow.

epiroc.com



Confidential | © 2017 by Epiroc. All rights reserved.



シールド工のCIMシステム「T-CIM®/Shield」を構築

施工管理情報の統合と見える化により、生産性・品質・安全性を向上

2017年3月27日
大成建設株式会社

大成建設株式会社（社長：村田誉之）は、当社の施工関連情報を管理、共有する「T-CIM®」システムのうち、シールド工事を対象とした「T-CIM®/Shield」を構築し、施工現場に順次導入を開始します。本システムの適用により、シールド工において必要となる様々な情報を電子化して一元管理し、見える化できるため、生産性、品質、安全性の向上を図ることが可能となります。

シールド工事は、都市部の地下を長距離に渡って掘削し、地盤を支えるセグメントを組み立ててトンネルを構築するため、常に移動するシールドマシンの位置を正確に把握することが重要です。しかし、シールドマシンの位置は、図面上にプロットしたデータなどを元に確認しており、また様々な施工管理情報を紙媒体で項目毎に記録・保管しているため、必要なデータを迅速に検索、確認できないという課題がありました。

そこで、当社では、シールド工における施工管理情報・記録を統合し、見える化したCIMシステム「T-CIM®/Shield」を構築しました。

「T-CIM®/Shield」の主な特徴は以下のとおりです。

- (1) シールドマシンの現在位置をモニター画面により自由な縮尺で表示・確認し、近接した既設交通施設やインフラ設備などの近接構造物との位置関係を正確に把握できます。併せて、刻々と変化する土層断面データもリアルタイムに表示し、現状の掘削土層と今後出現する土層の状況を正確に把握できます。
- (2) 横断面図として画面表示されるセグメント情報には、セグメントリング毎にシールドマシン掘進時の測定データや施工記録のほか、セグメント図面や組立記録、品質管理記録などが紐付けされ、パソコンで一元管理しているため、過去の施工情報や記録を容易に取り出せます。
- (3) 「シールドトンネル工事に係る安全対策ガイドライン」（平成29年3月厚生労働省発表）に記載されているセグメントのひび割れ、継手の損傷、漏水などの継続的なモニタリングについて、本システムでは各セグメント組立後の上記の状態をタブレット端末によりスケッチや写真撮影で保存し、安全対策にも適切に対応できます。
- (4) シールドマシンの現在位置と掘進状況は、インターネット経由で情報端末などにより場所を問わずリアルタイムに把握でき、工事関係者だけでなく発注者とも情報を共有できます。

今後、当社では、本システムを新規受注工事に対して積極的に導入を図り、第1弾として、首都高速道路株式会社発注の高速横浜環状北西線シールドトンネル（港北行）工事に導入します。



【図-1 T-CIM®/Shieldの構成】



【図-2 T-CIM®/Shieldの表示画面例】

› 一覧へ戻る

サービス・ソリューション

施設用途から探す

オフィス（ワークプレイス）
 医療・福祉施設
 研究施設
 レジャー・スポーツ施設
 ホテル・宿泊施設
 IT・通信施設（ICT・データセンター）
 インフラストラクチャー

生産施設（工場）
 教育・文化施設
 マンション・集合住宅（住まい・住居）
 商業施設
 物流施設
 寺院・歴史的建造物

テーマ・課題から探す

環境対策
 リニューアル
 土壌汚染対策
 ファシリティ マネジメント（FM）
 省エネルギー・新エネルギー
 地震対策
 海外進出
 物流

実績紹介

大成建設の技術

企業情報

大成建設について
 株主・投資家情報

CSR

採用情報

ニュースリリース

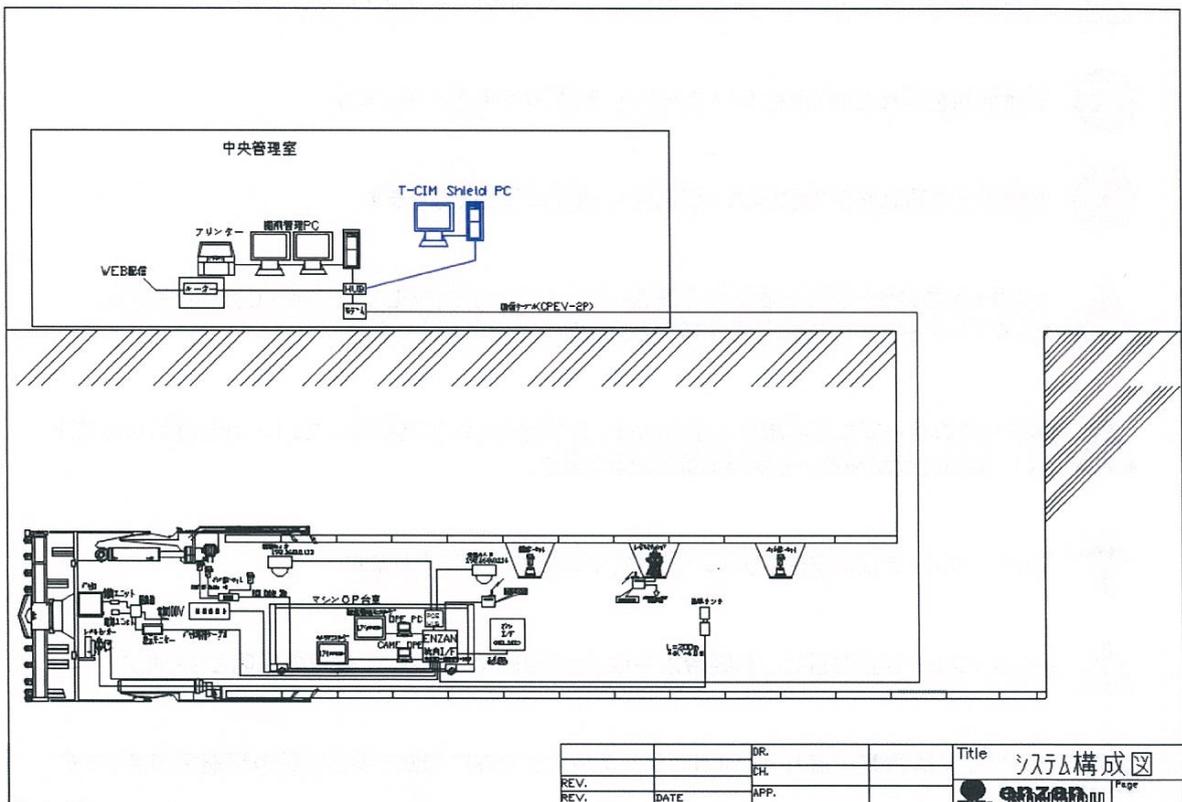
協力会社（倉友）

サイトマップ

1. はじめに

T-CIM Shield は当社シールド掘進管理システム (ARiGATAYA) と連携をしたシステムとなります。

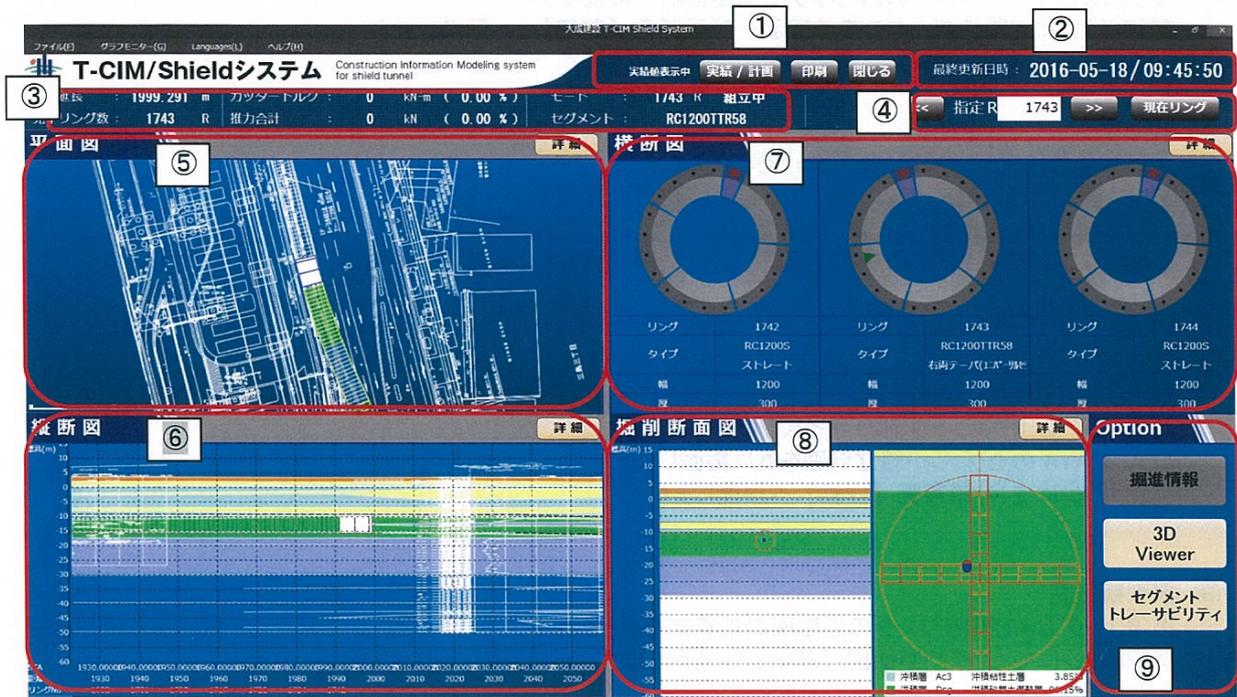
2. システム構成



事務所設置の ARiGATAYA PC (Site) と連携したシステムとなり、掘進データ及びマシンデータなどは、ARiGATAYA より受領する構成となります。

3. 機能説明

1) メイン画面



- ① 実績/計画：平面図、縦断面図のマシン位置を、実績値をもとに描画するか、計画値をもとに描画するかを変更します。

印刷：メイン画面のキャプチャを印刷します。

閉じる：T-CIM/Shieldを終了します。

- ② 最終更新日時の表示

ARIGATAYA との最終更新日時を表示します。

リアルタイムデータ及び日報・グラフなどが含まれます。

- ③ リアルタイムデータの表示

リアルタイムデータを 30 秒毎 (設定可能) に表示します。

リングの切替をしても、この値は常に現在値を表示します。

- ④ リング切替

平面図・縦断面図・横断面図・掘削断面図の過去リングの状況を表示します。

現在リングボタンを押すと最新リングを表示します。

2) 平面図 【詳細】



- ① 縦断面図 : 3)縦断面図【詳細】へ展開します。
 横断面図 : 4)横断面図【詳細】へ展開します。
 掘削断面図 : 5)掘削断面図【詳細】へ展開します。
 印刷 : 平面図【詳細】画面を印刷します。
 閉じる : 平面図【詳細】画面を終了します。

- ② 表示モード
 平面図のマシン位置を、実績値(測量データ)をもとに表示中か、計画値(設計データ)をもとに表示中かを、示します。
 変更する場合は、1) メイン画面 の ①実績/計画ボタンより、変更してください。

- ③ リング切替
 指定リングを赤色で表示します。
 現在リングボタンを押すことで最新リングを表示します。
 データ表示ウィンドウもリング切替に合わせて変更されます。
 テンキーにて、直接リング番号を入力する事でリングを変更する事が可能です。

シールドトンネルにおける
セグメントの状態管理システム

SegSKetCH

セグスケッチ

効率化

省力化

簡素化

一元管理



●業務の効率化・省力化

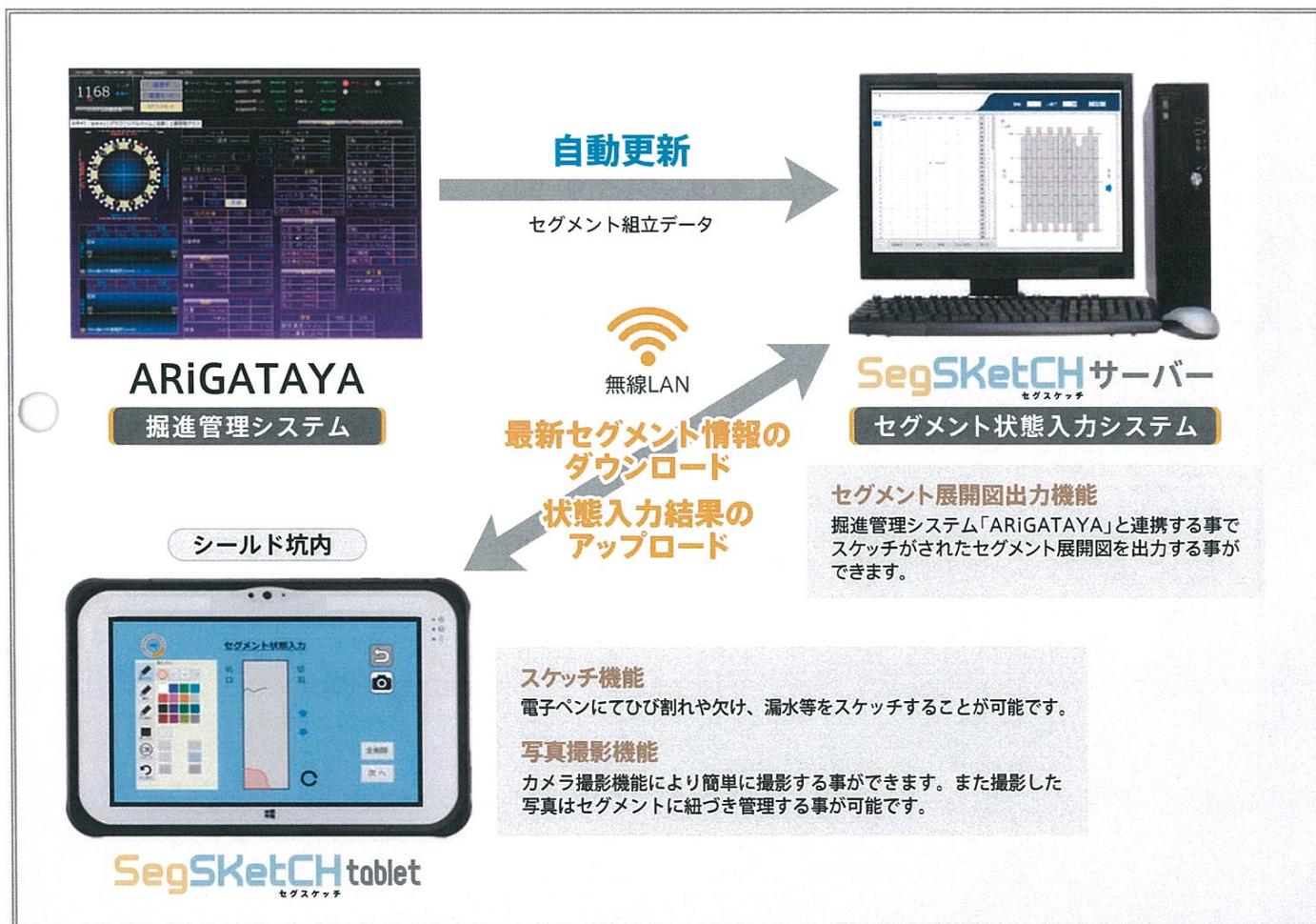
転記・照合・入力などにかかわる人的ミス・作業時間を軽減します。

●作業の簡素化

掘進管理システム「ARiGATAYA」と連携し、状態入力をしたいリング番号を選択する事で簡単にスケッチを行えます。
またスケッチされた情報は SegSKetCH サーバーに転送する事で自動的に管理されセグメント展開図が自動的に作れます。

●一元管理

入力されたデータ・写真撮影画像は SegSKetCH サーバーで一元管理されます。



【セグスケッチ】に関するお問い合わせはコチラ

TEL.075-417-0100

【電話受付時間】9:00~18:00(平日月曜日~金曜日)

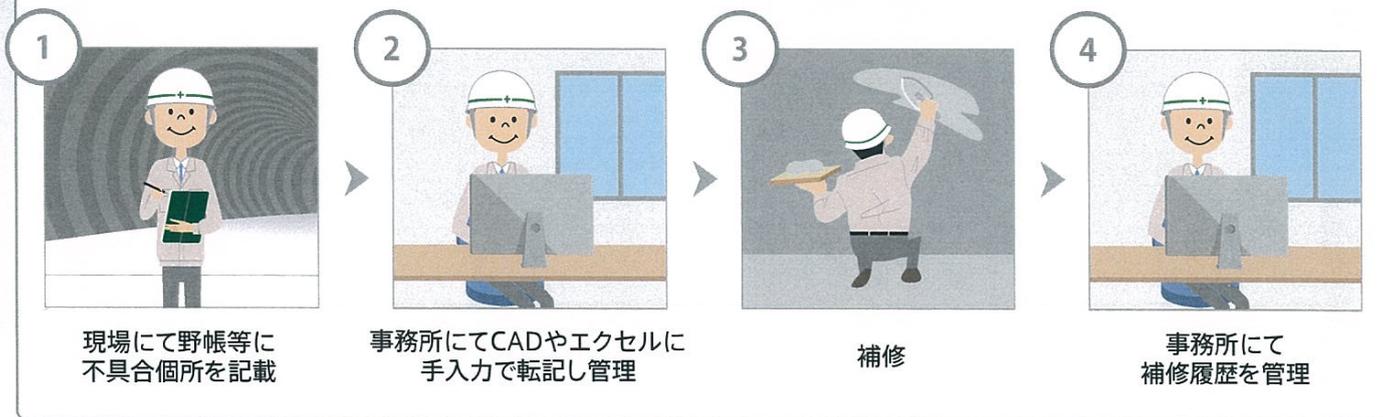
株式会社 演算工房

所在地: 〒602-8268 京都府京都市上京区山里町237-3
URL: <http://www.enzan-k.com/>

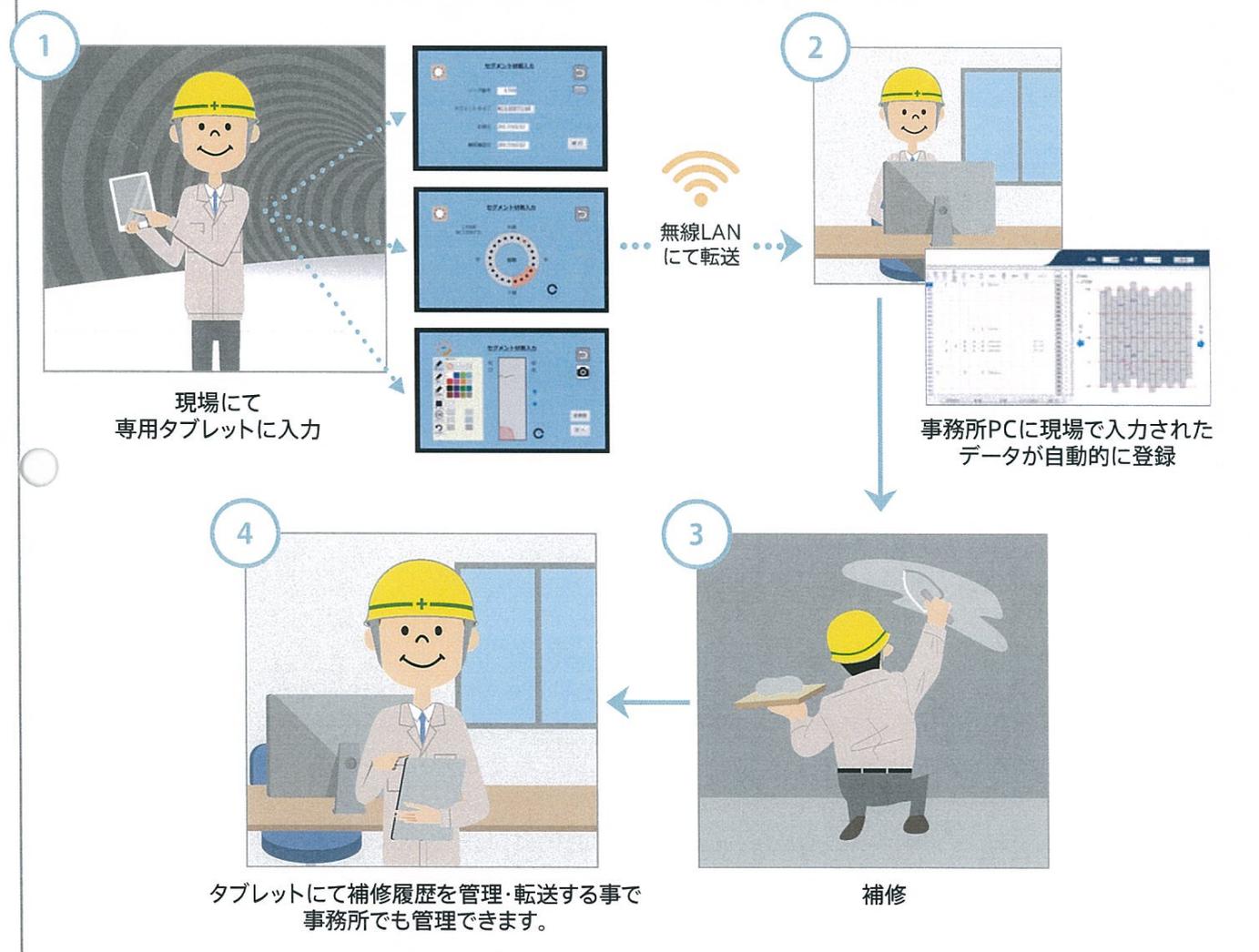
従来までのセグメント管理と「SegSketch」の比較

セグスケッチ

従来までのセグメント管理



SegSketchによるセグメント管理



【セグスケッチ】に関するお問い合わせはコチラ

TEL. 075-417-0100

【電話受付時間】9:00~18:00(平日月曜日~金曜日)

株式会社 演算工房

所在地: 〒602-8268 京都府京都市上京区山里町237-3
URL: <http://www.enzan-k.com/>

統合穿孔支援システム「ドリルNAVI」の開発

宮原宏史¹・若林宏彰²・中村聡磯³

¹賛助会員 マック㈱ (〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3)

E-mail: miyabara.h@mac-net.co.jp

²賛助会員 ㈱鴻池組 土木事業本部技術部 (〒136-8880 東京都江東区南砂2-7-5)

E-mail: wakabayashi_ha@konoike.co.jp

³賛助会員 ㈱カヤクジャパン (〒100-0000 東京都墨田区横網1-6-1)

E-mail: satoki.nakamura@kayakujapan.co.jp

リニア中央新幹線の2027年開業に向け、2015年度より大規模な山岳トンネル案件が順次着工予定であり、17年間という工期から見て急速施工は重要な課題である。筆者らは発破工法の急速施工には①正確な穿孔誘導、②積極的な地質探査、③施工実績、探査データの次サイクルへの即時反映、が重要であると考え、正確な穿孔誘導機能を備え、毎サイクルの穿孔探査データ取得を可能としたうえ、施工、探査データの現場、施工会社、火薬メーカー等のネットワーク共有により次サイクルへの即時反映を可能とした「ドリルNAVI」を開発した。

その結果、適用事業所における導入効果として余掘りを約50%、サイクルタイムを約15%低減した。本稿は「ドリルNAVI」(以下本システム)の開発内容および適用結果について述べる。

Key Words: 急速施工, 探査, 削岩機, 余掘り, サイクル

1. はじめに

わが国の大動脈である東海道新幹線はすでに開業後50年が経過し、大規模な補修工事が避けられない状況にある。また、大規模災害に対する抜本的な備えとして、東海道に代わるバイパスルートの必要性も論じられている。そのような背景から、超電導リニアによる中央新幹線の計画が発表され、2027年の開業に向け、2015年度より大規模な山岳トンネル案件が順次着工予定である。ルート上には最大土被り1000m超、数多くの断層帯が存在する長大トンネルが複数計画され、17年間という工期の制約からしても急速施工は重要な課題であり、様々な地質状況に応じた各種技術開発が行われている。多数の工区に採用予定の発破工法において、正確な穿孔位置、さし角による高効率の発破(要素1)、前方地山状況の積極的な把握(要素2)と次サイクル施工への反映(要素3)は急速施工を行う上で重要であり、既に穿孔に使用する削岩機に角度、位置、油圧等の各種センサーを取り付け、穿孔位置制御及び穿孔実績、穿孔時の岩盤破壊エネルギーの記録による前方探査を行う技術^{1), 2)}が報告されている。

しかしそれら技術には、外周孔の誘導に限定されている¹⁾ことに起因する、急速施工を目的とした長孔発破に重要な芯抜き部分の誘導の困難性(課題1)、および前方探査データに穿孔位置、角度の記録が存在しないこと²⁾に起因する、前方探査データ絶対位置の不確実性(課題2)が存在した。また、穿孔および前方探査データは削岩機上の機器に記録され³⁾、メディアにコピーされたデータを事務所に持ち帰る必要があり、施工へのフィードバックに時間を要していた(課題3)。

筆者らは、芯抜き部分を含めた全断面の誘導を可能とする「ドリルNAVIGATION」(手段1)、前方探査データにも絶対位置、角度を持たせたうえ、毎日の発破穿孔においても岩盤破壊エネルギーを記録し、切羽面全体の硬軟分布を詳細に把握する「ドリルEXPLORA」(手段2)、トンネル内に独自ネットワークを構築し、削岩機、現場事務所、施工会社、削岩機メーカー、火薬メーカー、コンピュータメーカーがリアルタイムで施工情報を把握できる「ドリルNET」(手段3)を総称する「ドリルNAVI」を開発した。本稿はその内容および成果について述べる。

2. ドリルNAVI各要素技術の説明

(1) ドリルNAVIGATION (手段1)

正確な穿孔位置、さし角による高効率の発破(要素1)のためには、各種センサ測定値を合成し、トンネル断面内での削孔位置とさし角に変換する必要がある。本システムでは図-1に示す3種の座標系と図-2に示す回転角方向を定義し、各測定値に基づく数値を合成、変換する手法を採用した。

a) 削岩機座標系 Σ_J

削岩機内における系であり、削岩機本体上の原点 O_J より、基準方向を前方のX軸、平面状に直行するY軸、X,Yと直行するZ軸により設定する。

この系内における削岩機のブームの模式図を図-3に示す。回転部と伸縮部の要素をそれぞれ θ 、 d とすると、回転部は θ_1 :ブームスイング (BS), θ_2 :ブームチルト (BT), θ_3 :ガイドチルト (GT), θ_4 :ガイドスイング (GS), θ_5 :ガイドロータリー (GR), θ_6 :ガイドダンブ (GD) の6箇所、伸縮部は d_1 :ブームスライド (BSL), d_2 :ガイドスライド (GSL), d_3 :フィード (FSL) の3箇所である。なお、斜線部分は可動部を示す。よって削孔時のブームの持つ自由度は、 $6\theta + 3d$ と表すことができる。本システムではこれら可動部に、回転角を検出する回転角計 ($\theta_1, \theta_4, \theta_5, \theta_6$)、傾斜角を検出する傾斜計 (θ_2, θ_3)、シリンダ油量に応じてスライド量を検出するギアメータ (d_1, d_2, d_3) を装備し(表-1)、各部材の寸法からブーム全体をモデル化し、 θ_1 軸からの相対ビット位置、さし角を算出する機構を採用している。また、過去の研究¹⁾により、ブームの経年劣化による誤差を補正し正確な誘導を行うには、ガイドセルを直接自動追尾トータルステーションで測量し、その座標値をリアルタイムに算出値に反映することが有効であることが明らかにされている。そのためガイドセル後端には自動追尾測量用のプリズムがセットされている。

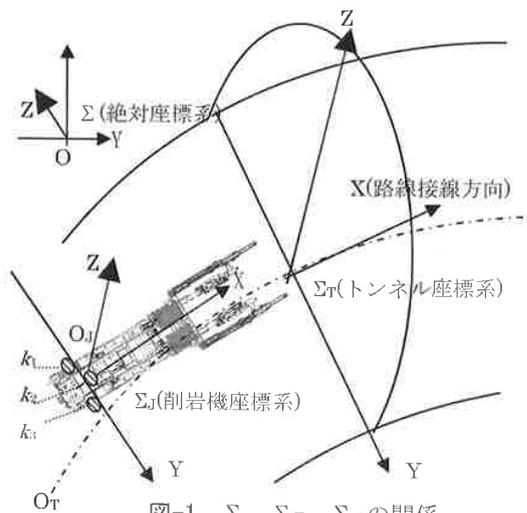


図-1 Σ 、 Σ_T 、 Σ_J の関係

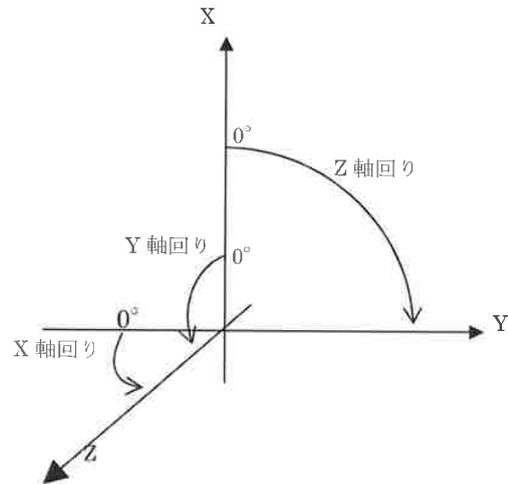


図-2 回転角の定義

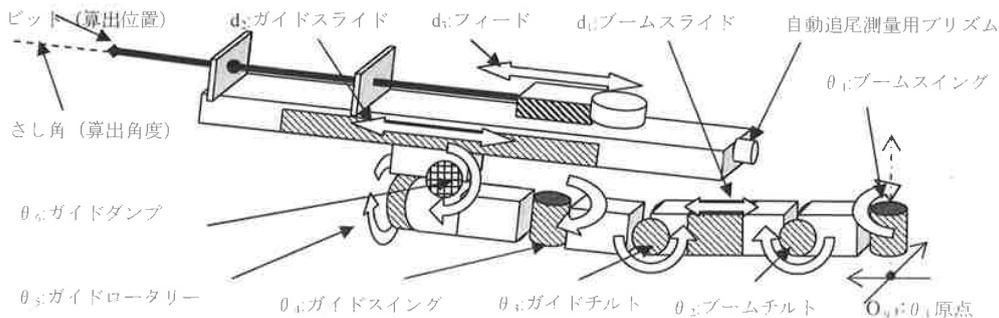


図-3 削岩機ブームの機構と検出要素

表-1 センサー一覧と主な仕様

位置	名称	検出範囲		検出精度	備考
θ_1	ブームスイング	-45	~ 45	$^{\circ}$	単独直線性 $\pm 0.1\%$ 軸回転式センサ
θ_2	ブームチルト	-30	~ 60	$^{\circ}$	0.1° 傾斜角センサ
d_1	ブームスライド	0	~ 1600	mm	0.5% 油量センサ
θ_3	ガイドチルト	-60	~ 30	$^{\circ}$	0.1° 傾斜角センサ
θ_4	ガイドスイング	-45	~ 45	$^{\circ}$	単独直線性 $\pm 0.1\%$ 軸回転式センサ
θ_5	ガイドロータリー	0	~ 360	$^{\circ}$	0.1° 傾斜角センサ
θ_6	ガイドダンブ	0	~ 90	$^{\circ}$	0.1° 非接触型回転センサ
d_2	ガイドスライド	0	~ 1600	mm	0.5% 油量センサ
d_3	フィード	0	~ 3340	mm	0.5% 油量センサ

また、削岩機車体後方には3箇所プリズムが取り付けられており(図-1)、その削岩機座標系 Σ_J 内における k_1, k_2, k_3 および、 θ_1 回転中心をZ軸とする Σ_{θ_1} の原点 O_{θ_1} の座標値を式(1)のように定数としてシステムに記憶させておく。

$$k_1 = \begin{pmatrix} x_{k1} \\ y_{k1} \\ z_{k1} \end{pmatrix} \quad k_2 = \begin{pmatrix} x_{k2} \\ y_{k2} \\ z_{k2} \end{pmatrix} \quad k_3 = \begin{pmatrix} x_{k3} \\ y_{k3} \\ z_{k3} \end{pmatrix} \quad O_{\theta_1} = \begin{pmatrix} x_{O\theta_1} \\ y_{O\theta_1} \\ z_{O\theta_1} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Σ_J 内における検出要素毎の各座標系は図-4の関係となり、事前測量による部材長、オフセット長(微小値は描画せず)を考慮した計算により、ビット算出位置 q とさし角 $\bar{\mu}$ が算出される。

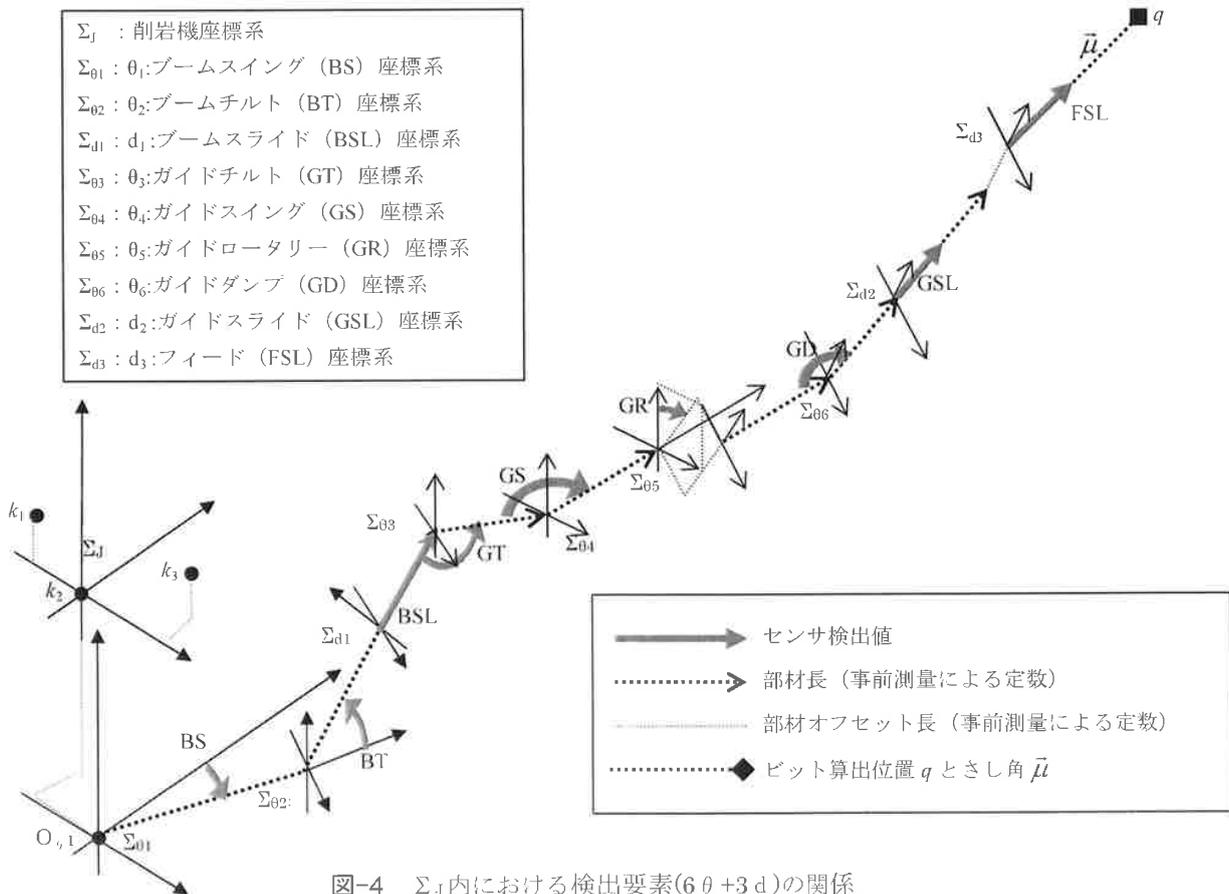


図-4 Σ_J 内における検出要素(6 θ +3 d)の関係

b) 絶対座標系 Σ

工事の際の測量を行う座標系である。原点Oを各公共基準点に置き、南北をX軸、東西をY軸、鉛直方向をZ軸として設定する。この系内では式(1)に示した削岩機後部プリズムの測量による削岩機方位角の算出およびガイドセル後部プリズムの測量が行われる。

削岩機を切羽にセットしたのち、式(2)に示す各プリズムの絶対座標系 Σ 内での座標値 K_1, K_2, K_3 を後方のトータルステーションから測量する。

$$K_1 = \begin{pmatrix} X_{k1} \\ Y_{k1} \\ Z_{k1} \end{pmatrix} \quad K_2 = \begin{pmatrix} X_{k2} \\ Y_{k2} \\ Z_{k2} \end{pmatrix} \quad K_3 = \begin{pmatrix} X_{k3} \\ Y_{k3} \\ Z_{k3} \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで Σ_T を Σ に移す変換を、 3×3 行列 S と定めると、 $n=1 \rightarrow 3$ において式(3)を満たす $S(a \sim i)$ を求めることにより Σ_T から Σ への変換を一義的に定めることができる。

$$\begin{pmatrix} X_{kn} \\ Y_{kn} \\ Z_{kn} \end{pmatrix} = S \begin{pmatrix} x_{kn} \\ y_{kn} \\ z_{kn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{kn} \\ y_{kn} \\ z_{kn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

また、ガイドセル後部のロッドの延長線上に設けたプリズムの測量もこの系で行われ、絶対座標系 Σ におけるガイドセル方向 \vec{M} およびビット先端座標 Q はそれぞれ式(4)、式(5)のように表せる。

$$\vec{M} = S \cdot \vec{\mu} \quad (4)$$

$$Q = S \cdot q \quad (5)$$

c) トンネル座標系 Σ_T

トンネル内の構造物の評価を行う座標系である。原点 O_T を路線の基点に置き、トンネル進行方向をX軸、直交するY軸、鉛直方向をZ軸として設定する。この系では、路線にカーブが存在しても、任意の切羽における路線の接線の方向をX軸方向と考える。

本システムでは目標孔尻に各孔が到達するまでのさし角を、均一な放射状に保つことを目的とし、 Σ_T 上のYZ平面に、仮想切羽面と呼ぶ基準平面を設定し、削孔位置の基準を実切羽面とビットの接点ではなく、仮想切羽面とさし角方向 \vec{M}_T の交点として管理する手法とした(図-5)。その際、実切羽面が仮想切羽面より凸な場合には Q_T が計画掘削ラインよりも内側になり、アタリが発生する。そのため、実切羽において最も凸な地点に、仮想切羽面を設定した(図-6)。穿孔は実切羽面の凹凸に影響されることなく、目標切羽面で終了し、オートリターン機能が作動する。

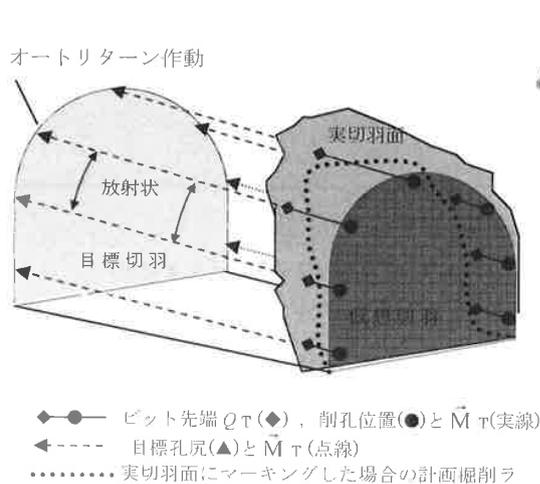


図-5 削孔位置の概念図

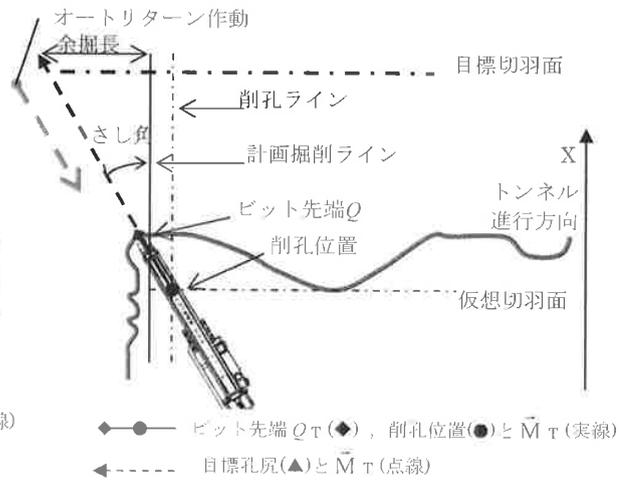


図-6 仮想切羽概念図

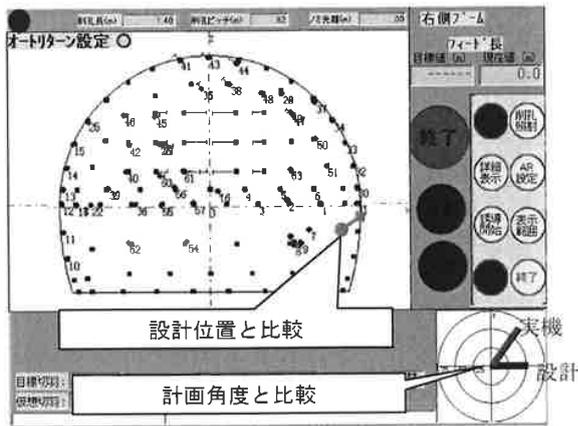


図-7 穿孔誘導画面

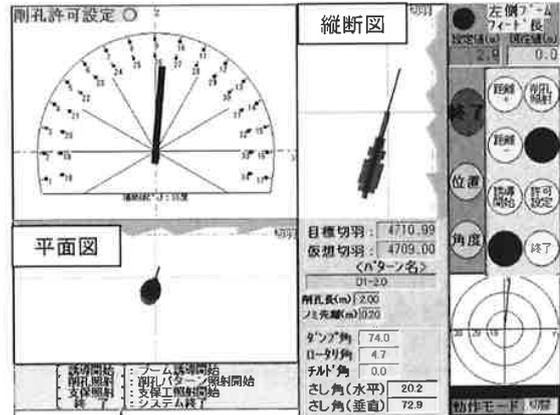


図-8 ロックボルト誘導画面

オペレータは算出された座標値と設計値を比較しながら穿孔作業を行うことにより、高精度な施工が可能となった。搭載コンピュータには各種作業に応じた設計値と実機位置の比較画面、および拡大表示機能を備えている(図-7、図-8)

(2) ドリルEXPLORA (手段2)

トンネル工事においては、切羽前方の断層破碎帯や地下水脈など、工事の進捗に支障となる脆弱な地層の出現が避けられない。すでに穿孔に使用する削岩機に油量、油圧等のセンサを取り付け、穿孔エネルギーの記録による前方探査を行う技術²⁾が報告されているが、ドリフタが出力する打撃エネルギーとビットが岩盤を破壊するエネルギーとの間には、ビットと岩盤との接触面間および、ロッドの継ぎ目から発生する伝達ロスによる誤差が発生していた。本システムはさく岩機試験データを基にした T : 伝達効率(%)を式(6)のように定めることにより、ビット着岩面、ロッドにおけるエネルギー損失分を正確に反映した E_d : 穿孔エネルギー(J/cm^3)を式(7)にて定めることができる。

$$T = Tb \times Tr \quad (6)$$

Tb : ビット着岩面伝達効率(フィード圧力依存)(%)

Tr : ロッド伝達効率(ロッド及びスリーブ継ぎ数依存)(%)

$$E_d = \frac{E_p \times N_p \times T}{V_d \times S} \quad (7)$$

E_p : 打撃エネルギー(J)

N_p : 打撃数(bpm)

V_d : 穿孔速度(cm/min)

S : 孔断面積(cm^2)

そして E_d : 穿孔エネルギーには(1)c)にて定義したトンネル座標系 Σ_T における座標値がすべて関連付けられており、切羽面全体、トンネル全体の硬軟分布を詳細に把握することが可能である。(図-9、図-10、図-11、図-12、図-13、図-14)

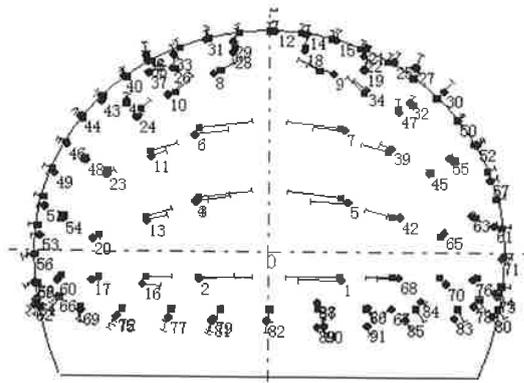


図-9 穿孔位置記録

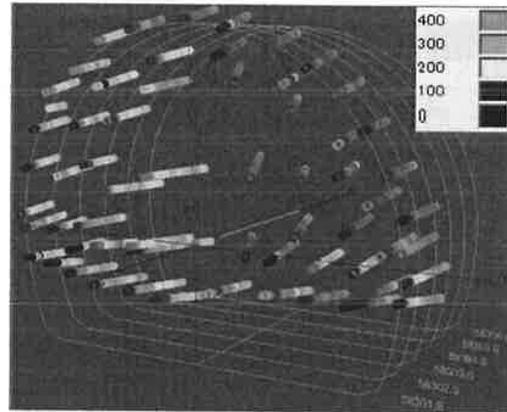


図-10 穿孔位置別穿孔エネルギー

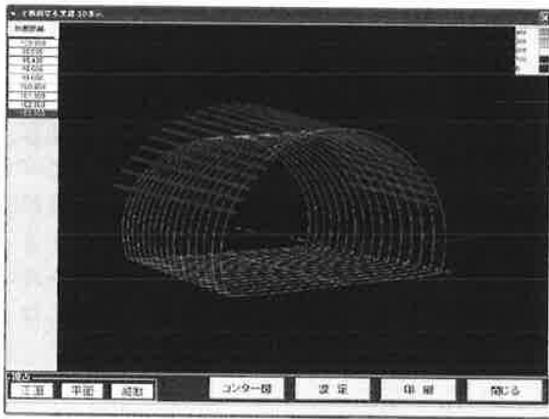


図-11 AGF 穿孔記録

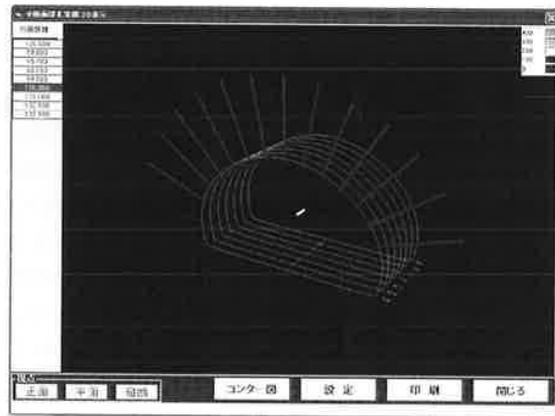


図-12 ロックボルト穿孔記録

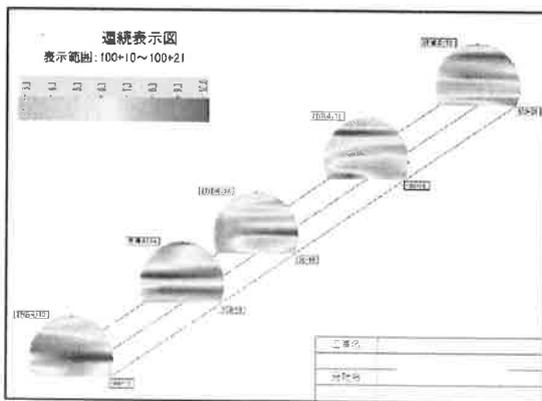


図-13 穿孔エネルギー連続図

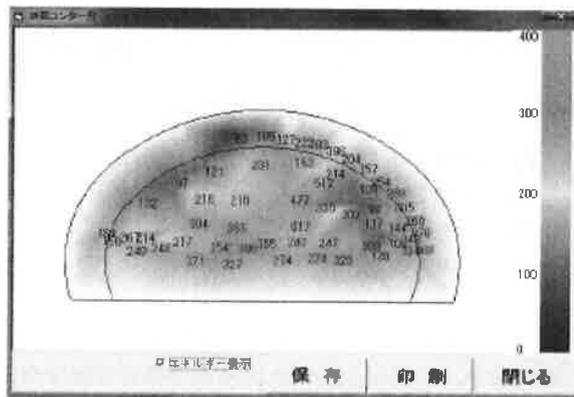


図-14 穿孔エネルギー分布詳細図

(3) ドリルNET (手段3)

ドリルNAVIGATION及びドリルEXPLORAを稼働中の現場からは図-15中、ア)～キ)のデータを得ることができる。これらデータを次サイクルの発破に反映させ、効率的な施工を行うことが急速施工のためには重要である。従来はデータをPCやメディアにコピーしたのち事務所に戻り、処理、閲覧、検討を行っていたが、施工データフィードバックの迅速性に問題があった。本システムにおいては、削岩機・現場詰所・施工会社事務所・施工会社本社等・メーカー（削岩機、コンピュータ、火薬）間でデータ共有が可能なネットワーク（図-16）を構築した。前サイクルのデータは自動的にネットワーク上に保存されており、データを現場以外（本社、メーカー）でも共有し、岩質、余掘量等に応じた修正発破パターンを作成したのち、削岩機上のデータを遠隔で更新することも可能となった。

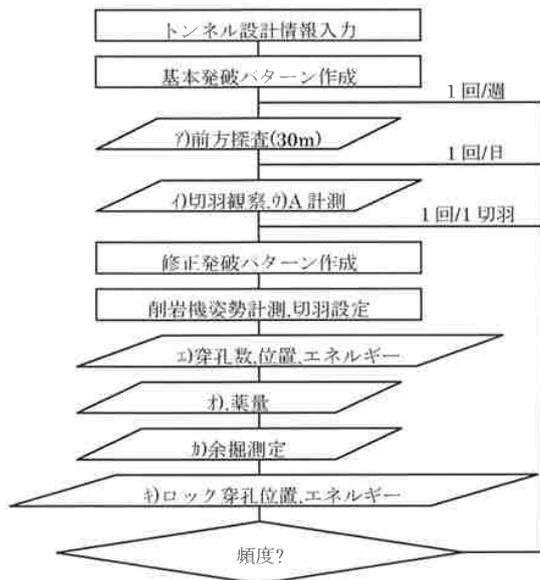


図-15 作業及びデータ取得フロー

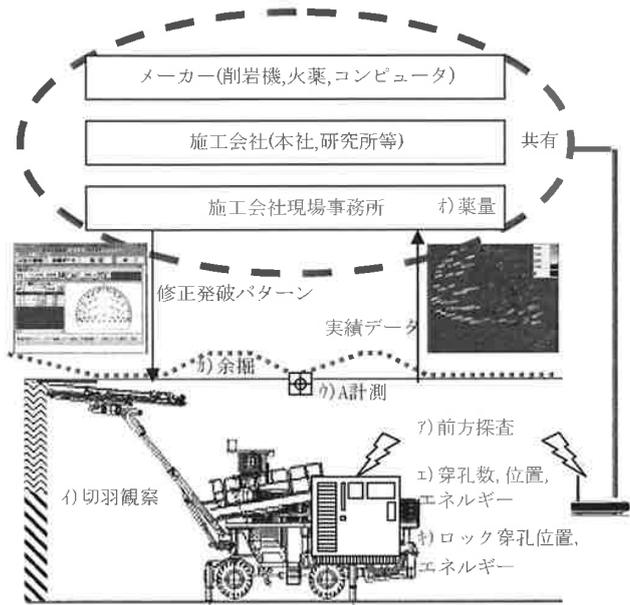


図-16 ドリル NET 概要図

3. ドリルNAVI適用結果³⁾

本システムの効果を確認するため、実現場（表-2）においてシステム未使用時、使用時における余掘り量、サイクルタイムの比較を行った。データ取得区間中、鋼製支保工のないII N パターン（352m）における平均余掘り量は、未使用時：205mm、使用時：103mmとなり、約50%の低減効果を確認した（図-18）。またサイクルタイム平均値は、未使用時：5.2h、使用時：4.4hとなり、約15%の低減効果を確認した（図-19）。ここで穿孔、装薬、発破時間のみを比較すると、未使用時：1.8h、使用時：1.4hと、約22%の低減となっており、穿孔時における穿孔パターンナビゲーションの効果が現れたものと考えられる。

また、図-20に支保パターンと1切羽平均穿孔エネルギーの関係を示す。平均穿孔エネルギーは、I N パターンで100未満～300J/cm³（平均159J/cm³）、II N パターンで100～400J/cm³（平均283J/cm³）の範囲に分布しており、地山性状を反映したデータが、特別な作業を行うことなく毎サイクルの穿孔により取得可能であった。

これらデータはドリルNET機能により、現場・本社・メーカー間で共有され、余掘り測定結果の発破パターンへの反映や、穿孔エネルギーと切羽観察結果との比較等、データの有効活用が可能であった。

表-2 適用工事概要

工事名称	九州新幹線(西九州)新長崎トンネル(東)
発注者	鉄道建設・運輸施設整備支援機構
施工者	鴻池組・日本国土開発・西武建設・竹下建設共同企業体
工事場所	長崎県長崎市現川町地内
工期	2013年3月～2018年2月
概要	延長3870m×断面積66.8m ²
データ取得区間	57km850m～58km500m (650m間)
地質	変朽安山岩, 角閃石安山岩, 輝石安山岩, 凝灰角礫岩
工法	NATM, 発破掘削, 内空断面積, 補助ベンチ付き全断面工法
穿孔機械	3ブーム2バスケットドリルジャンボ 170kg級

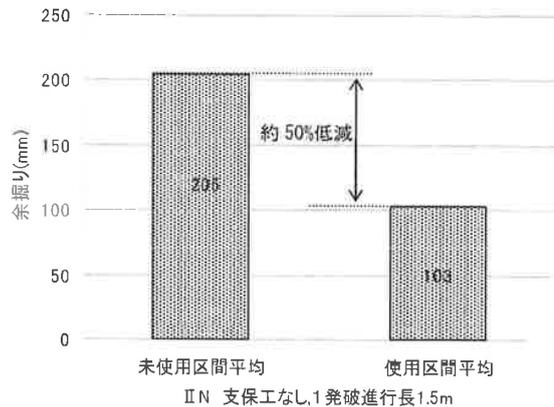


図-18 本システム使用による余掘り低減効果

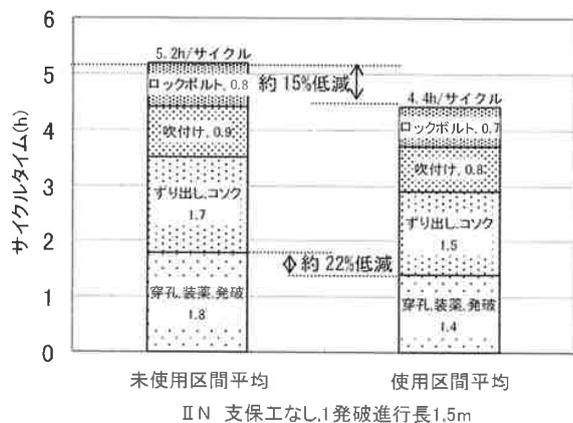


図-19 本システム使用によるサイクル低減効果

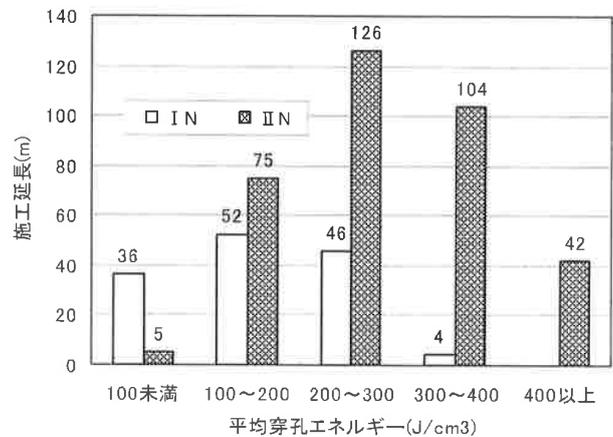


図-20 支保パターンと穿孔エネルギーの関係

4. まとめ

本稿において確認できた事項は以下の通りである。

- (1) 削岩機のブームをモデル化し, 正確な穿孔誘導機能を備え, 毎サイクルの穿孔探査データ取得を可能としたうえ, 施工, 探査データの現場, 施工会社, メーカー等のネット共有により次サイクルへの即時反映を可能とした「ドリルNAVI」を開発した。
- (2) 導入効果として余掘りを約50%, サイクルタイムを約15%低減した。

近年, 公共事業の一連の過程で, ICTツールと3次元データモデルの導入・活用により, 建設事業全体の生産性向上を図ろうとする取り組み「CIM」が図られており, 施工オペレータの経験と勘の伝承により行われてきた生産性の向上が, ICTツールの活用により大きく変わる過渡期にあると考える。山岳トンネル施工情報モデルに従来の探査, 計測で得られなかった情報が反映できるよう, さらなる開発を進める所存である。

謝辞: 本稿のデータ取得, 装置製作に際し, 共同開発者である古河ロックドリル株式会社の多大なる協力

を得た。ここに記して深く感謝する。

参考文献

- 1) 宮原宏史・坂口武・松生隆司・小笠原光雅・河野興・中川浩二：自動追尾トータルステーションの活用によるハイブリッド方式削孔誘導装置，土木学会論文集F，Vol165 No,1, pp. 32 -37, 2009.2.
- 2) 山田浩幸・原田雅也・田中英男・三木秀二：トンネル地山評価システムを用いた補助工法選定に関する一考察，土木学会第16回トンネル工学研究発表会，2006.12
- 3) 岩林宏彰：全断面追尾式削孔誘導システム「ドリルNAVI」の開発－山岳トンネル工事における削孔誘導技術及び地山診断技術－，平成27年度近畿地方整備局研究発表会，新技術・新工法部門，No.13，2015.6

統合穿孔支援システムによる穿孔誘導 及び地山評価について



マック(株) 宮原宏史

JCMA 機械部会 トンネル機会技術委員会 平成29年10月総会

開発背景

- リニア中央新幹線等、大規模な山岳トンネル案件が予定。
- 中央構造線等、大規模断層、破砕帯も予想。
- 工期の制約により急速施工が求められる。
- 多くの工区で発破工法が採用予定。



ドリルジャンボに求められる機能

- 要求1: 高効率(余掘り量減少、長孔穿孔精度)の発破
- 要求2: 前方予測、地山状況把握
- 要求3: 前サイクル施工データの迅速な反映



- 古河ロックドリル(株)との共同開発体制

3

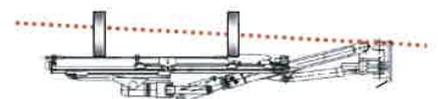
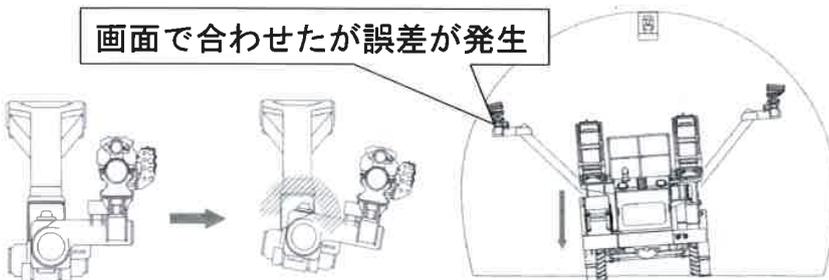
従来の余掘り低減システムの問題点

ガタ発生

アウトリガ沈下

目視誤差

画面で合わせたが誤差が発生



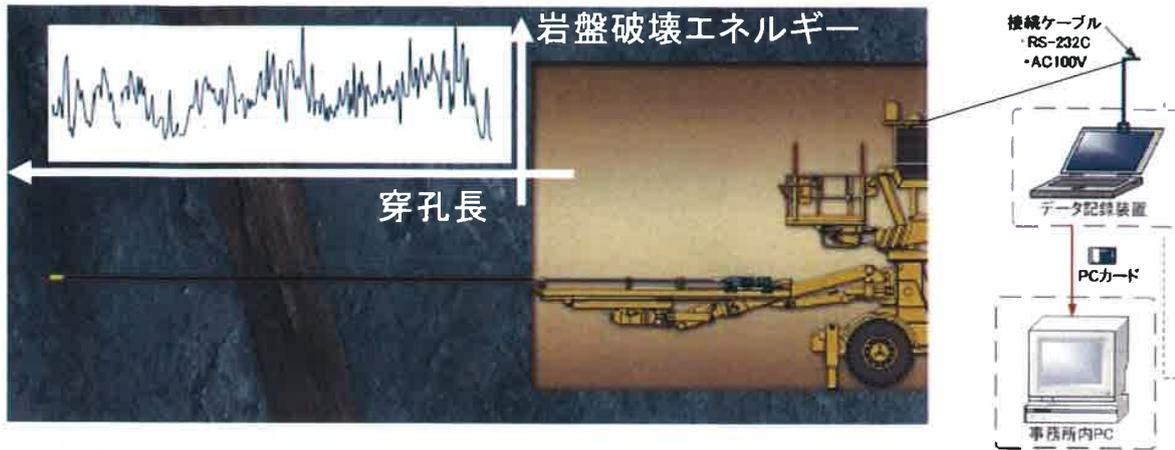
ターゲットプレート
と基準レーザー光
を平行にセット



センサー破損



前方探査システム(従来技術)



- エネルギーと穿孔長を記録→トンネル延長との相関。
- 左右等、複数個所で行った場合はあるが、さし角データは取得せず。
- データコピー、事務所解析は手動
- 脆弱部の分布、範囲等、面的な把握が困難。

5

要求、課題、手段

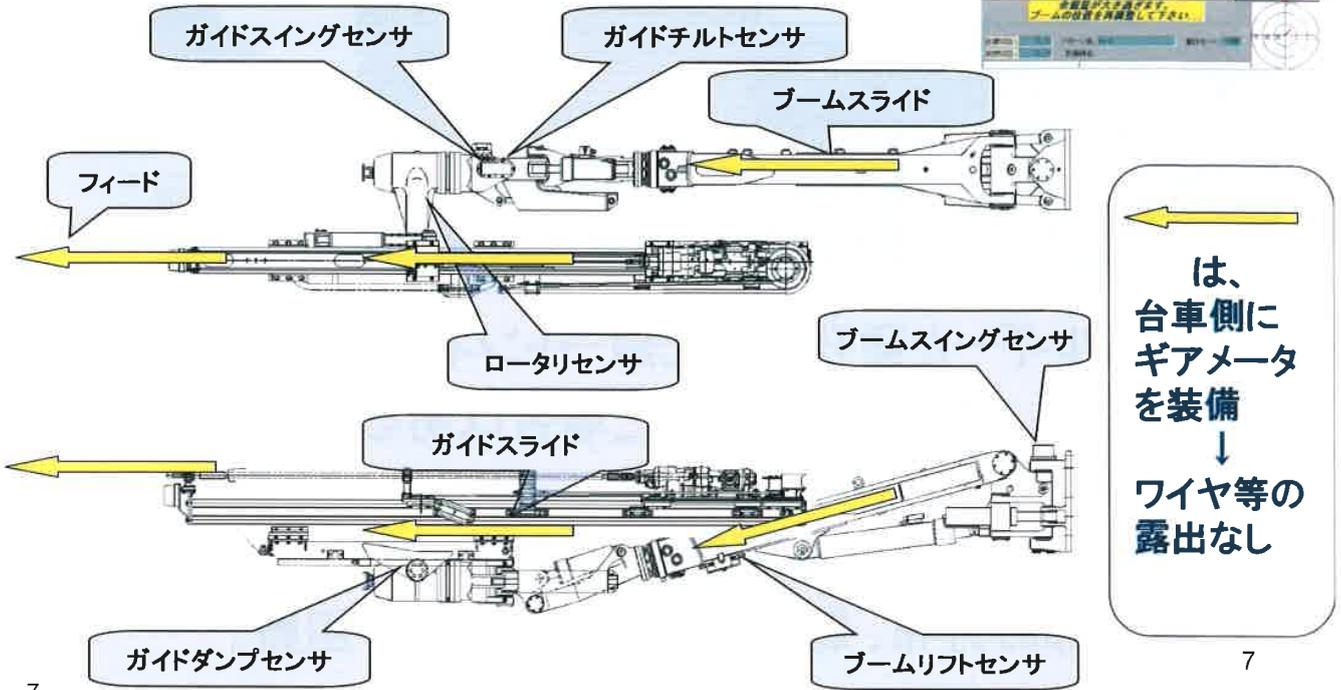
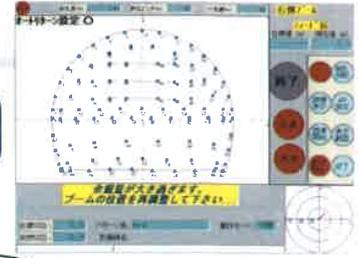
	要求	課題	手段
1	高効率(余掘量減少、長孔穿孔精度)の発破	外周孔に機能限定(余掘り低減システム)	新型ブームセンサーを備えた 「ドリルNAVIGATION」
2	前方予測、地山状況把握	穿孔エネルギーの位置角度データが無い	全穿孔において位置角度データ自動取得 「ドリルEXPLORA」
3	前サイクル施工データの迅速な反映	データ移送作業および時間	坑内-外部ネットワーク 「ドリルNET」

- 3つの技術総称: 統合穿孔支援システム

FUJILNAVI 6

ドリルNAVIGATION: 全断面穿孔誘導を実現

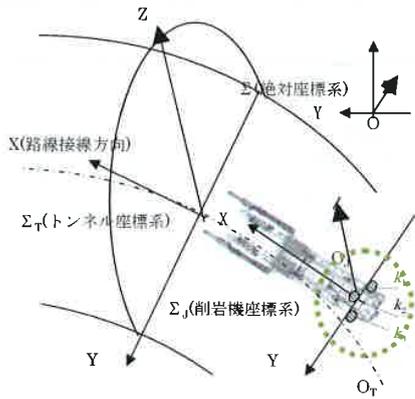
センサを増設—全穿孔範囲の位置表示可能



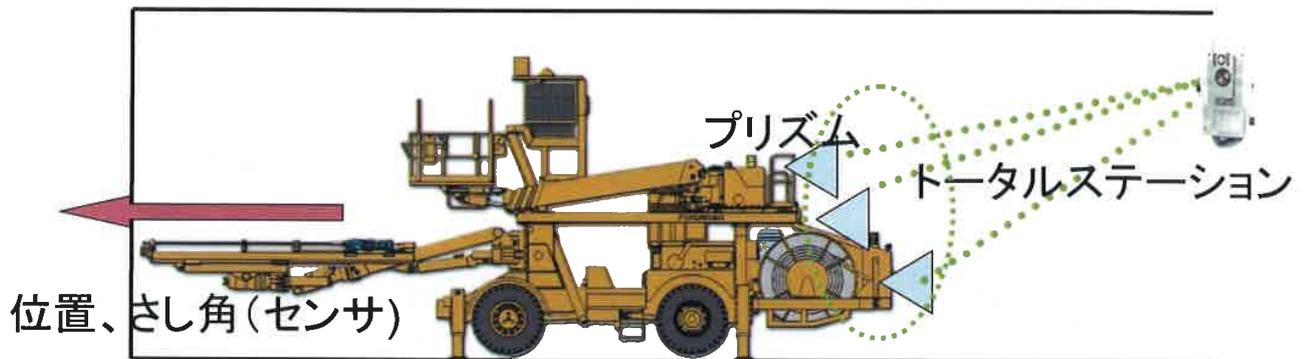
耐環境性能の高いセンサー類を装備

<p>リフト系 傾斜センサ</p>	<p>スイング系 ポテンショ</p>	<p>スライド系 ギヤメータ</p>
<p>傾斜センサ (360°)</p>	<p>ポテンショ</p>	<p>ギヤメータ</p>
<p>非接触</p>	<p>ガードで保護</p>	<p>キャリア内に格納 ワイヤ等の露出なし</p>
<p>電線はオイルホースで保護</p>		

トータルステーションによる位置把握



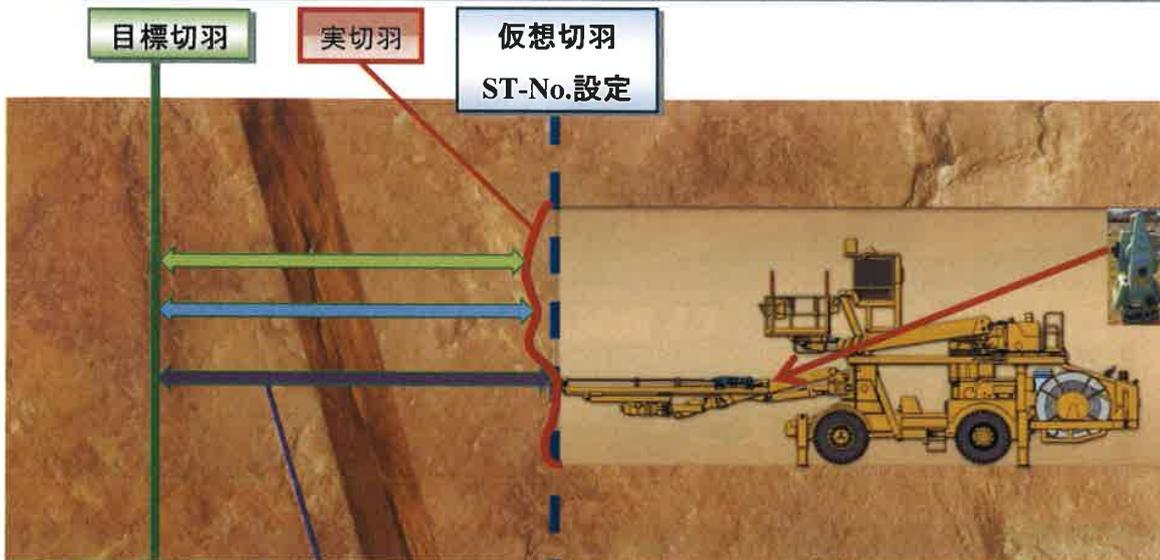
- 坑内における
ジャンボ位置、
方向をプリズム
座標測定により
把握



9

オートリターン機能

切羽に凹凸がある場合でも、切羽面と仮想切羽との距離を算出し、孔位置毎に穿孔長を変えて、孔尻面が揃うようにオートリターンします。



ナビゲーションシステムが
必要穿孔長を自動計算します

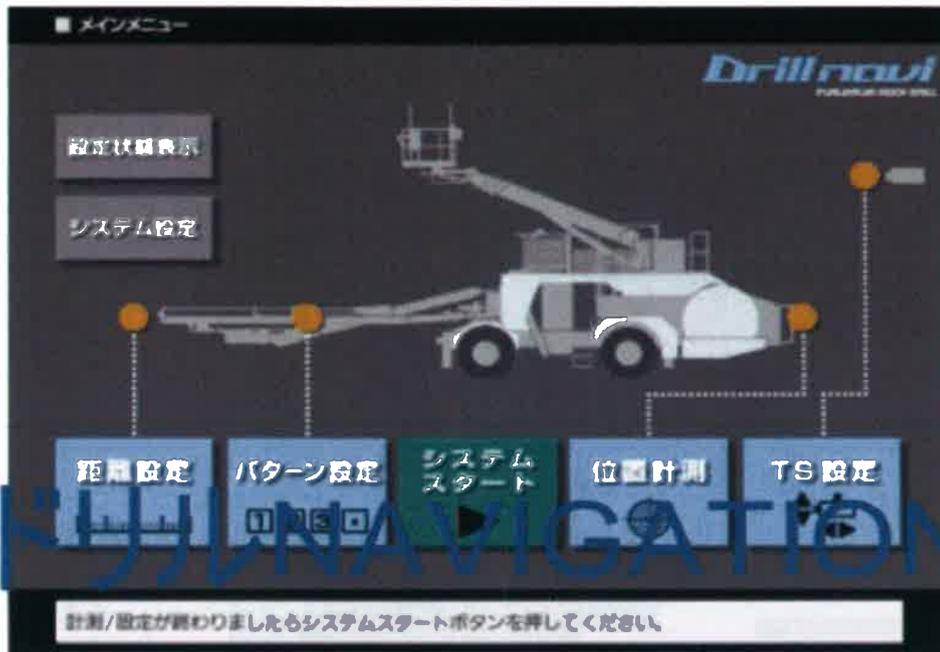
- ▶発破効率が向上します。
- ▶切羽の安全性が向上します。

10

78

10

ドリルNAVIGATION(動画)



TS自動追尾+全断面穿孔位置誘導+切羽凹凸補正

11

ドリルEXPLORA(動画)

全穿孔データ記録



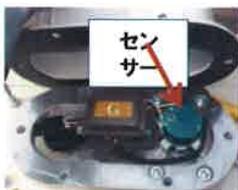
全切羽穿孔データ+前方探査データ記録+解析

12

ドリルNET(動画)



穿孔実績+前方探査+穿孔パターン+機械メンテナンスデータ共有¹³



画面例

アドレス	29294582
ブームZ	32.800
ブームY	-28.200
ブームX	0.000
ブームZ	11.800
ブームY	0.000
ブームX	27.400
ブームZ	0.000
ブームY	0.000
ブームX	0.000
ブームZ	0
ブームY	1000
ブームX	0
機械本体X	0.000
機械本体Y	0.000
油圧バック	

オートリターン設定 ○

垂直図

右側ブーム

フィード長(m) DFF

目標値 現在値

0.00

誘導開始, 削孔照射, 終了, 詳細表示, AR設定, 表示範囲, 動作停止, 終了

位置, 角度

位置比較値(num)

	左右	上下
目標切羽	-100	91
仮想切羽	10	30

角度比較値(度)

	水平	垂直
	-4.24	2.05

近接パターン番号: 82

仮想切羽: 100.00 進行距離(m): 1.50

目標切羽: 101.50 ミ先離(m): 0.18

パターン名: C II L16(150526)

平面図

本体の傾きが大きく変わりました
再度姿勢計測を行って下さい。

先端と仮想切羽の距離差: -0.25m

目標切羽

仮想切羽

誘導開始: ブーム誘導開始
削孔照射: 削孔パターン照射開始
終了: システム終了

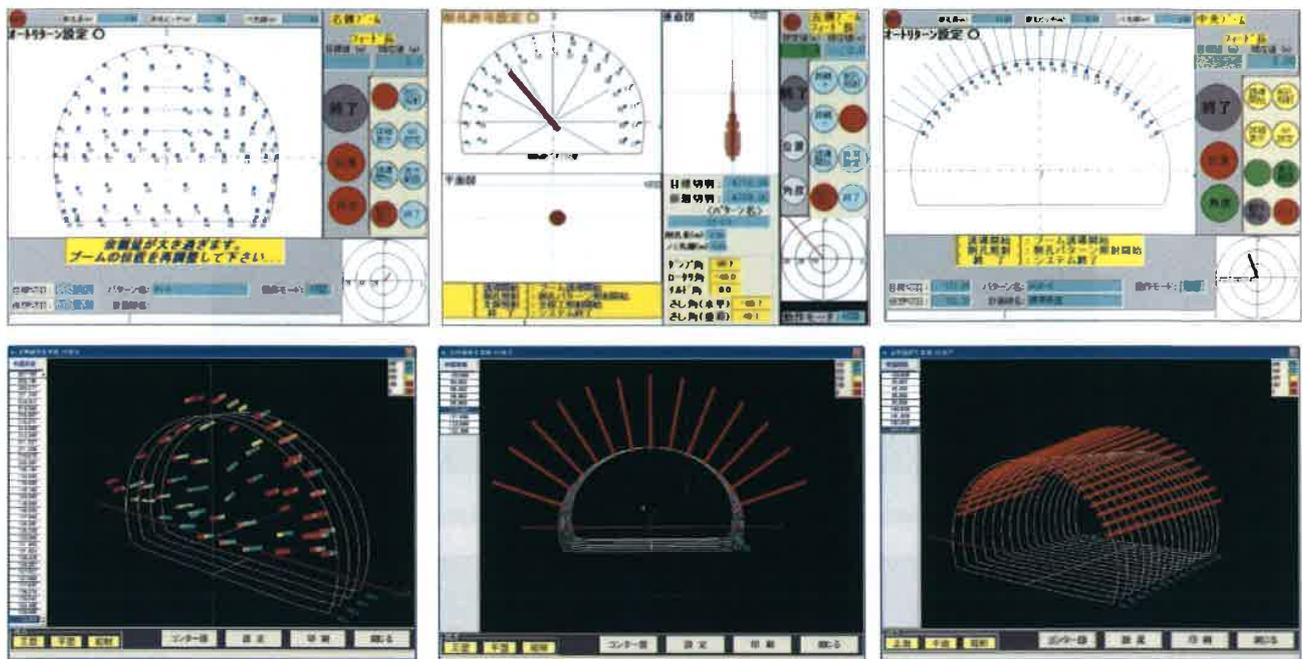
• 慣れていないオペレータにも操作可能

各種施工誘導画面及び実績データ

発破穿孔

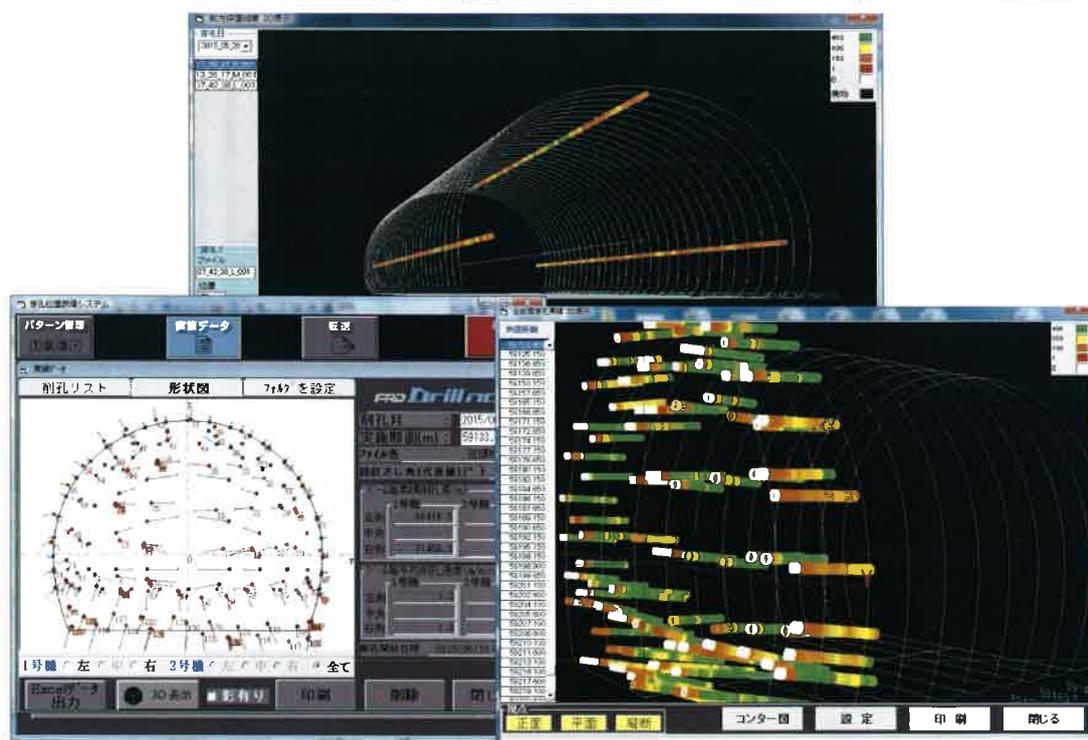
ロックボルト

AGF



15

穿孔、探査データ例

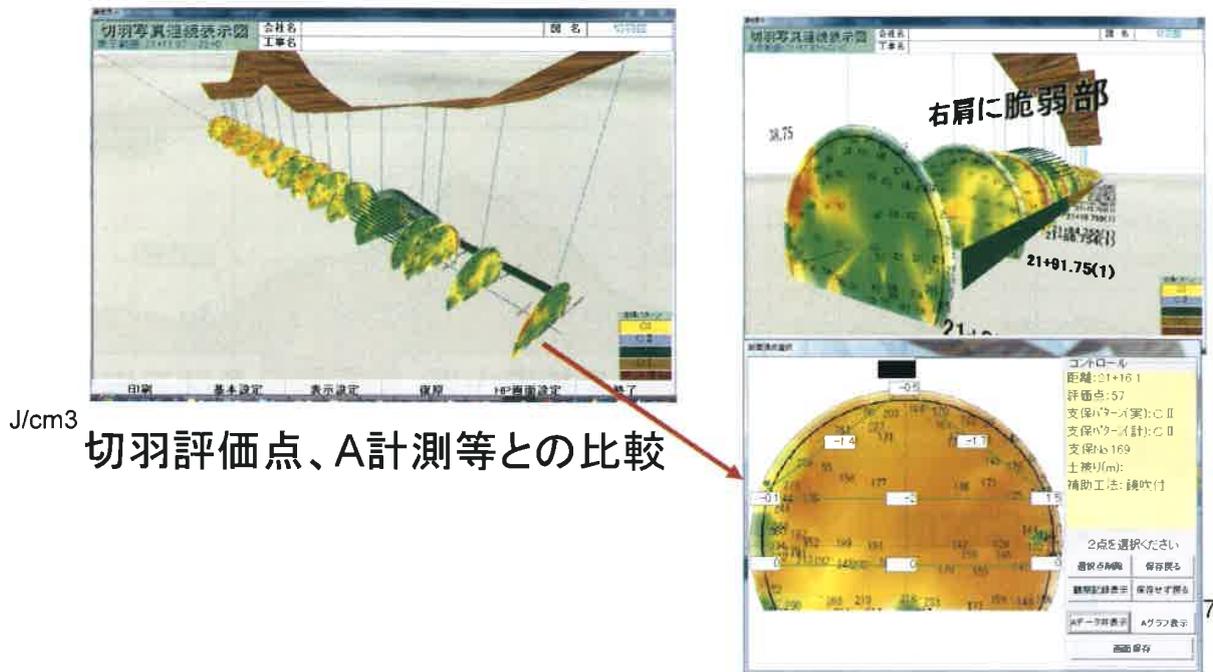


- 従来の前方探査データに加え、毎切羽の穿孔データも地山評価に利用可能。

16

穿孔エネルギーデータ例

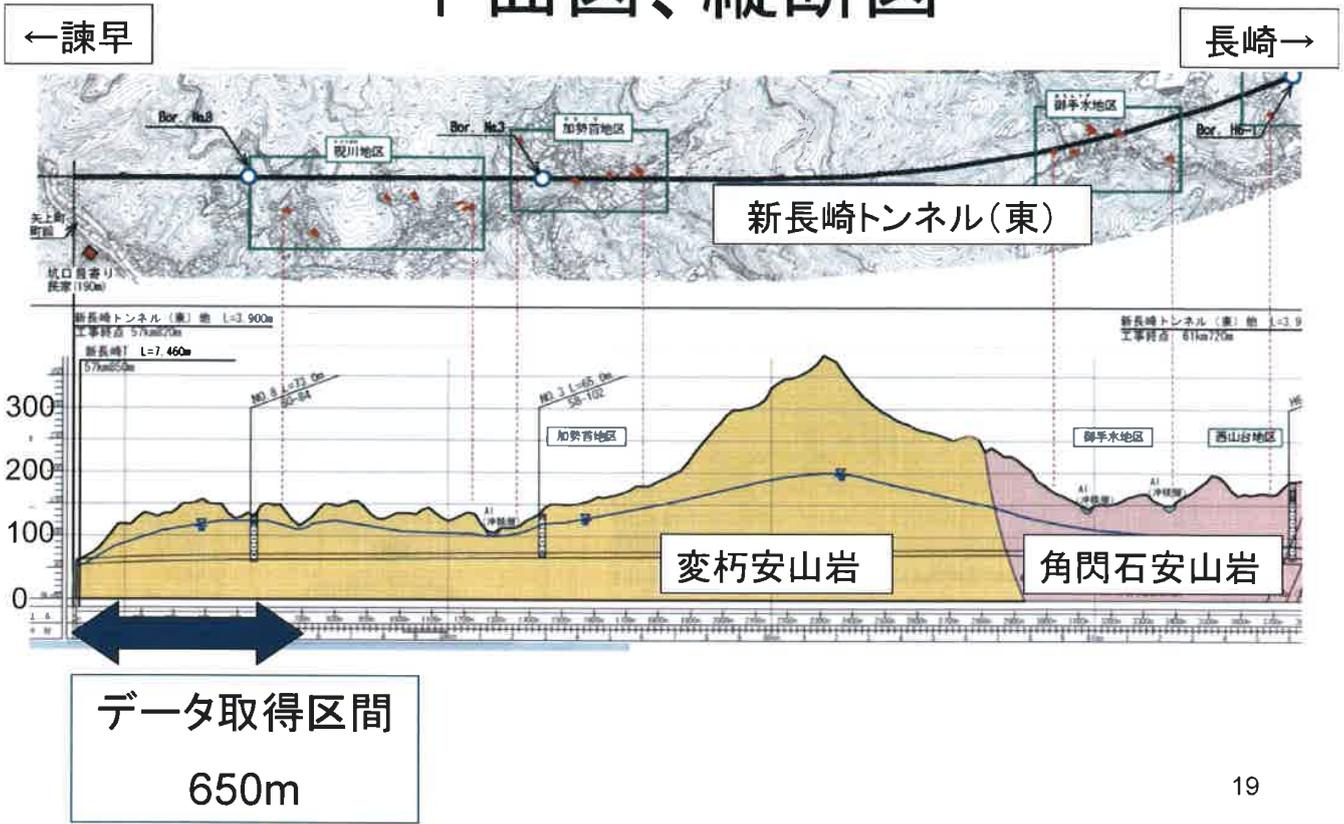
- 脆弱部の出現、分布が可視化。



適用現場

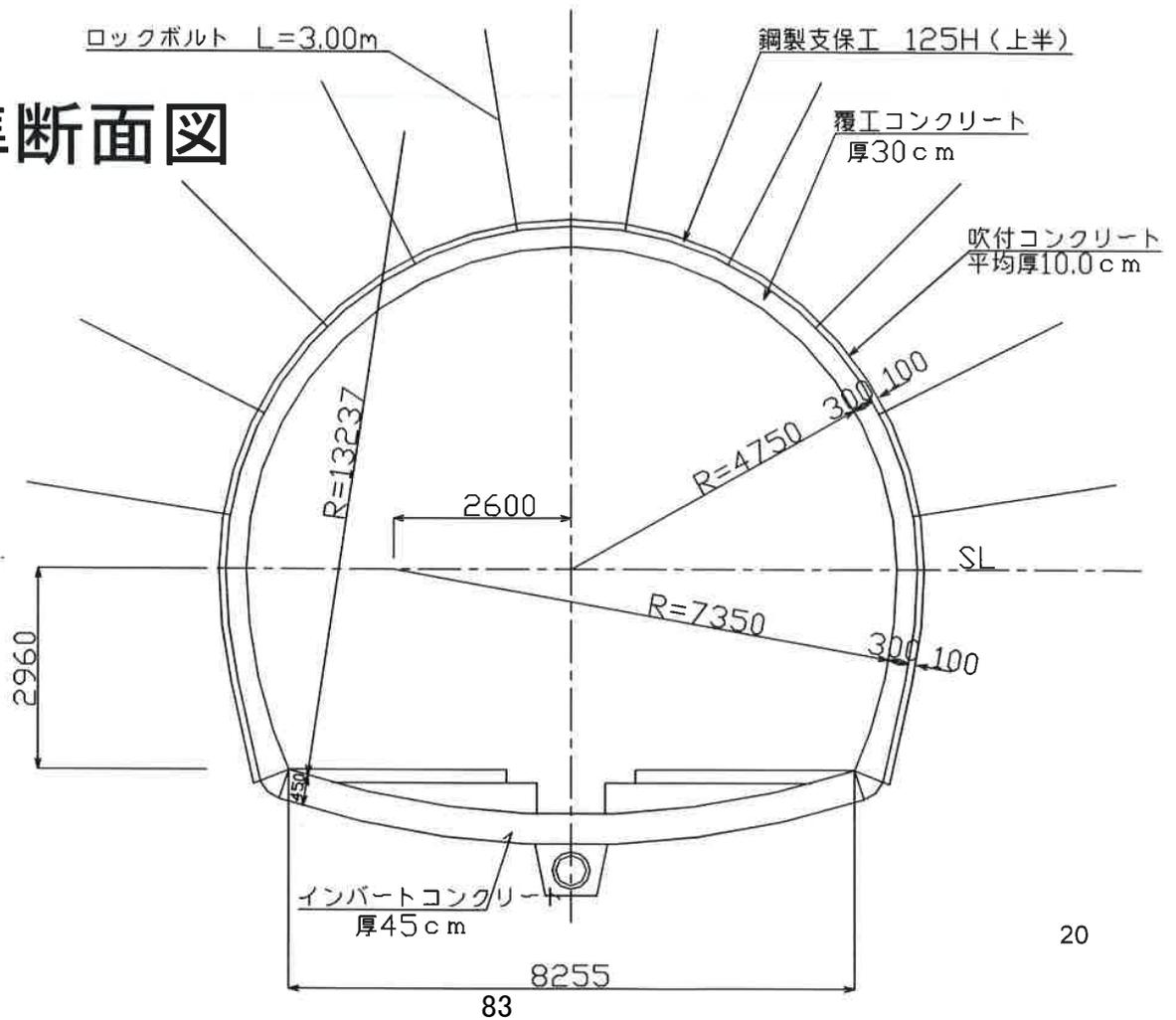
工事名称	九州新幹線(西九州)新長崎トンネル(東)
発注者	鉄道建設・運輸施設整備支援機構
施工者	鴻池組・日本国土開発・西武建設・竹下建設共同企業体
工事場所	長崎県長崎市現川町地内
工期	2013年3月～2018年2月
概要	延長3870m×断面積66.8m ²
施工区間(延長)	57km820m～61km720m(3900m)
データ取得区間	57km850m～58km500m(650m)
地質	変朽安山岩, 角閃石安山岩, 輝石安山岩, 凝灰角礫岩
工法	NATM, 発破掘削, 補助ベンチ付き全断面工法
穿孔機械	3ブーム2バスケットドリルジャンボ170kg級

平面図、縦断図



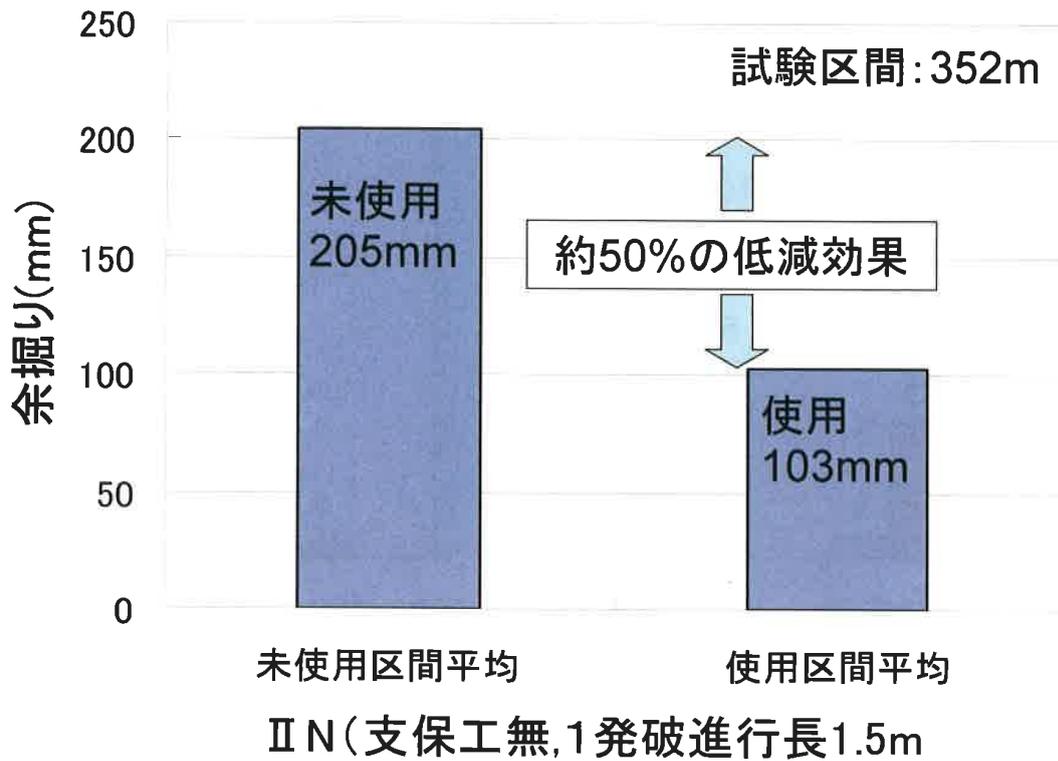
19

標準断面図



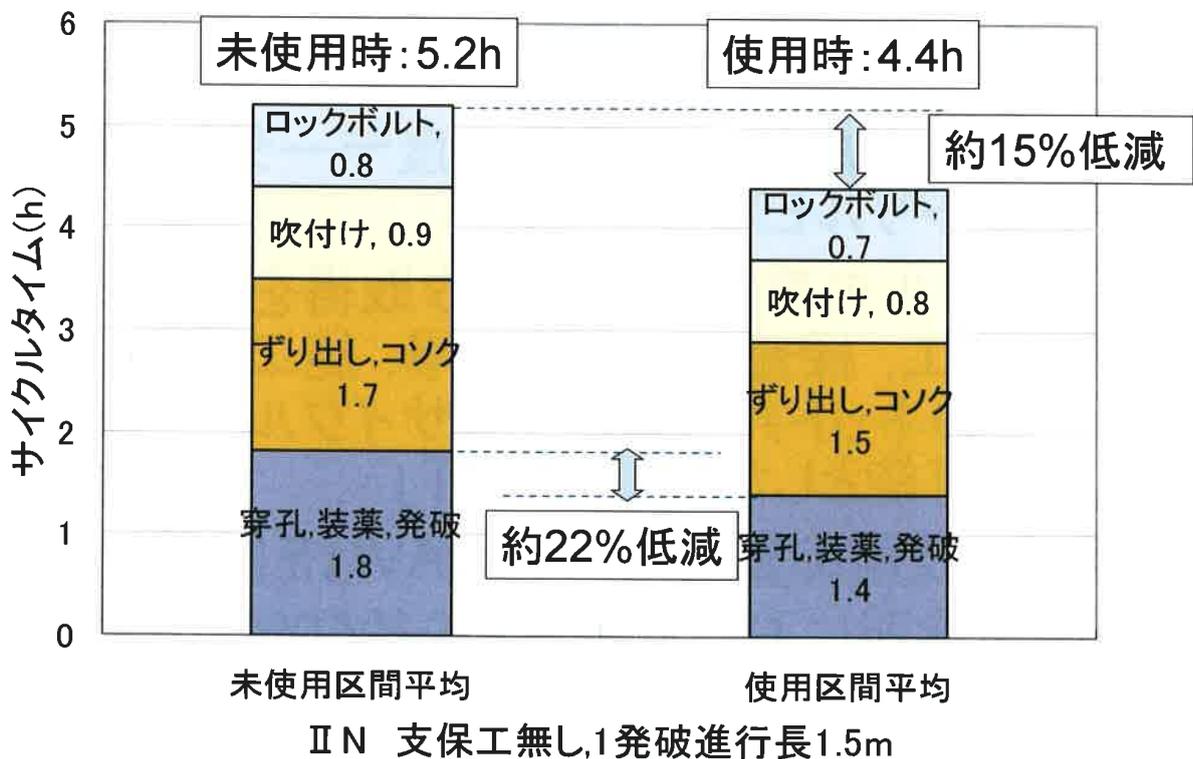
20

余掘り実績データ

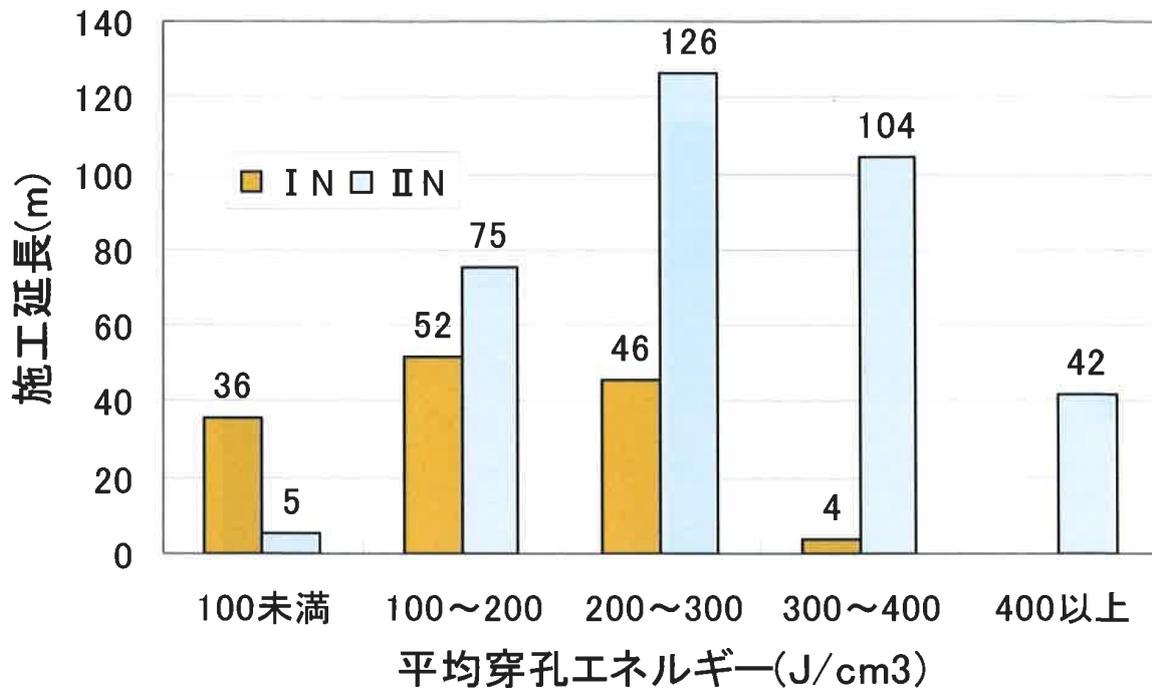


21

サイクルタイムデータ



切羽平均穿孔エネルギー



地山性状データが、発破穿孔毎に取得可能

23

まとめ

- 新型ブームセンサーにより正確な全断面穿孔誘導機能を備えた、「ドリルNAVIGATION」
- 全穿孔エネルギーの位置角度データを自動取得する「ドリルEXPLORA」
- 毎サイクルの穿孔探査データ取得を可能としたうえ、施工、探査データの現場、施工会社、メーカー等のネット共有により次サイクルへの即時反映を可能とした「ドリルNET」
- これら3技術の総称「ドリルNAVI」を開発した。
- 適用事業所において余掘りを約50%、サイクルタイムを約15%低減し、その効果を確認した。

24

リニアドリルジャンボ JTH3200R-III PLUS

リニア中央新幹線工事の急速施工をサポートします。



『安心して、速くて確実に、安全に!』

新開発油圧ドリフタ HD220搭載!



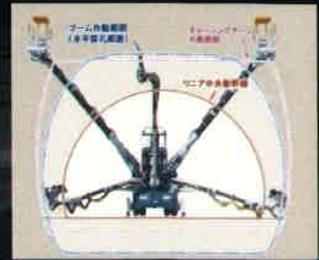
新開発「ドリルNAVI」標準搭載!
「統合穿孔支援システム」**DRILNAVI**



「全穿孔データ記録システム」
標準搭載!



大断面掘削に対応するロングブーム、ロングチャージングブーム
NETIS登録番号:KK-160012-A



ご清聴有難うございました

統合穿孔支援システムによる穿孔誘導 及び地山評価について

マック(株)宮原宏史

[2018年5月14日]

より速く、より高精度に地質を評価、切羽崩落事故ゼロへ！

統計解析技術と画像処理技術をIoTの活用でリアルタイムに統合

鹿島(社長:押味至一)は、山岳トンネル工事において、IoT技術を活用しリアルタイムに地質を評価するシステム「スマート切羽ウォッチャー」を開発、岩手県で施工中のトンネル工事に適用し、その効果を確認しました。コンピュータジャンボによる穿孔から得た切羽前方の地質予測データ、デジタルカメラで撮影した切羽の画像データを地球統計学や画像処理技術を用いて自動解析することにより、評価結果を現場の切羽でリアルタイムに確認することができるようになりました。また、クラウドを介して現場と本社間でリアルタイムに共有できるため、専門家によるチェックも可能です。

鹿島は、より速く、より高精度に地質を評価できる本システムの活用で、補助工法など安全対策の要否を迅速・的確に判断し、切羽崩落などに起因する事故ゼロを目指します。



リアルタイム統合地質評価システム「スマート切羽ウォッチャー」の概念図

【開発の背景】

山岳トンネル工事の掘削は、事前の地質調査から得られた情報を基に、切羽で地山状況を直接確認しながら慎重に進めますが、予期せぬ断層の出現や急激な地質変化などのリスクも伴います。

鹿島は、ロックボルトの穿孔時に得られる地質データから、地球統計学手法を用いて周辺の地質状況を高精度に予測、評価する技術を開発^{※1}していますが、近年はコンピュータジャンボの導入^{※2}により、穿孔データも自動で収集することが可能になりました。

また一方で、切羽の風化や割れ目の分布から危険箇所を定量的に予測することで、目視観察をサポートする画像処理プログラムも開発しており、これらのデータを活用して迅速・的確に地質を評価する、先進的なシステムの確立を目指しました。

【システムの概要】

スマート切羽ウォッチャーは、以下の二つの技術とその運用方法により構成されています。

＜技術 1＞ 発破孔の穿孔データから切羽前方の地質状況を高精度に予測

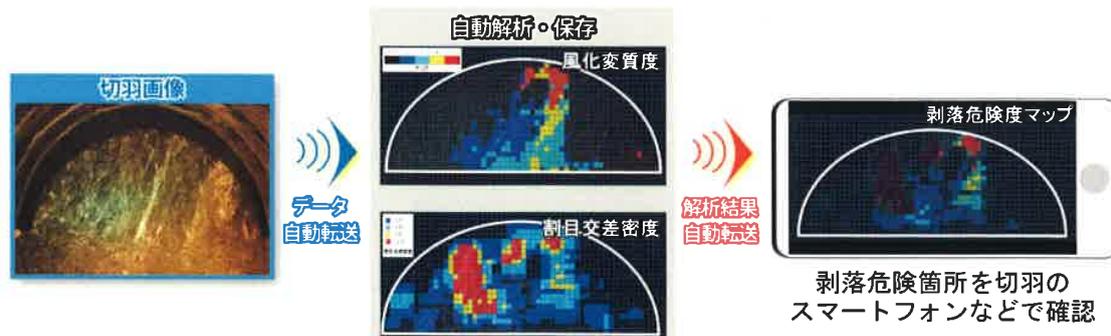
コンピュータジャンボによる発破孔やロックボルトの穿孔データから得た破壊エネルギー係数(弾性波速度)を、地球統計学手法により解析し、わずか 1 分で切羽前方 5m の周辺地山も含めた地質状況を高精度に予測、評価します。さらに、地球統計学手法のひとつであるシミュレーション解析も自動的に実行、脆弱部が 80%以上の確率で出現する箇所を切羽前方 30mまで抽出します。これらの評価結果は切羽のタブレット端末に即座に転送され、切羽の作業員が安全性を迅速に判断できるとともに、施工方法の選択や補助工法適用の判断にも有効に活用できます。



穿孔データの解析による地質状況の予測結果

＜技術 2＞ 切羽の写真画像処理して剥落危険度を評価

デジタルカメラで切羽を撮影した画像データを解析し、岩盤の風化具合や割れ目の分布などを定量的に評価、剥落の可能性がある箇所を検出します。解析結果は、切羽で作業する社員や作業員のスマートフォンに約 10 秒で転送され、危険箇所の見落としを防止します。なお開発にあたっては、全国のトンネル現場における切羽の写真と剥落記録データを収集し、危険箇所を検出するアルゴリズムを確立しました。



画像解析による剥落危険箇所の検出

<運用> クラウドを活用した情報共有で全社的なバックアップを実現

切羽で得られたコンピュータジャンボやデジタルカメラからのデータは、坑内の Wi-Fi を通じて現場の解析用コンピュータに伝送され、自動的に解析が始まります。解析の結果は切羽の社員・作業員に即座にフィードバックされるとともに、クラウドを介して現場事務所だけでなく本社技術研究所でも確認できます。これにより、技術研究所の地質専門家によるリアルタイムなバックアップも可能となり、全施工期間を通じて適切な施工判断が行えます。また、掘削期間中の全てのデータは技術研究所のサーバーに自動的に転送、蓄積されるため、全国のトンネル現場の施工データベースが構築できます。

【現場への適用】

まずコンピュータジャンボを導入して施工中の新区界トンネルにおいて、発破孔やロックボルトの穿孔データから切羽前方の地質状況を高精度に予測した結果、特に断層部における安全・確実な施工につながりました。また白井トンネルではこれに加え、切羽の安全性を写真データの画像処理技術によって評価しました。鏡吹付けコンクリートを重点的に行う箇所や装薬時の危険箇所が的確に判断でき、本社、現場事務所、切羽各所での情報共有にも有効でした。

【今後の展開】

今後、コンピュータジャンボを導入する全てのトンネル現場で本システムを適用し、安全なトンネル掘削工事を実現して切羽崩落に起因する事故ゼロを目指すとともに、蓄積した施工データの活用でシステムのさらなる精度向上を図り、トンネル掘削工事の自動化に向けた技術開発につなげていきます。

※1 ロックボルトの削孔データによってトンネル周辺の地質状況を三次元的に評価

(2015年4月7日プレスリリース) <https://www.kajima.co.jp/news/press/201504/7c1-j.htm>

※2 日本初！新区界トンネルに4 ブームフルオートジャンボを導入

(2016年6月9日プレスリリース) <https://www.kajima.co.jp/news/press/201606/9c1-j.htm>

【工事概要】

工事名：宮古盛岡横断道路 新区界トンネル工事

発注者：国土交通省 東北地方整備局

工事場所：岩手県宮古市区界～盛岡市築川地内

工期：2014年2月～2019年3月

施工者：鹿島・東急特定建設工事共同企業体

工事諸元：本坑全長 4,998m、内空断面積 94.9 m²、避難坑 5,045m、内空断面積 15.5 m²

工事名：国道45号 白井地区道路工事 白井トンネル

発注者：国土交通省 東北地方整備局

工事場所：岩手県下閉伊郡普代村

工期：2014年12月～2018年8月

施工者：鹿島建設株式会社

工事諸元：延長 2,058m、内空断面積 93 m²

画像解析による山岳トンネルの切羽剥落危険度予測システムの開発

鹿島建設（株） 正会員 ○戸邊勇人 宮嶋保幸 白鷺 卓 山本拓治 川端淳一

1. はじめに

山岳トンネル工事では、掘削直後の不安定な切羽に作業が集中するため、切羽の状態を確認して安全を確保することが重要である。現状における切羽の安全性確認は、熟練の作業員や地質技術者による目視判断に依存しているため、その判断結果には個人差が発生しやすい。切羽の安全性を向上させるには、このような判断の個人差を低減することが重要である。

切羽の安全性確認において着目する項目としては、主として、風化変質程度や割目の方向・連続性などの岩盤性状が挙げられる。切羽の岩盤性状を定量的に評価するための技術が確立されれば、安全性に対する判断の個人差は低減できるものと期待される。

筆者らは、これまで画像解析技術を応用し、切羽の岩盤性状を定量評価する技術を開発し、現場に適用してきた^{1),2)}。今回、これらの技術を発展させ、切羽の風化・割目性状の定量的判定結果と切羽の剥落実績とを関連付けることにより、切羽の剥落の発生確率を数値的に予測可能なシステムとしたので、その概要について説明する。

2. 風化変質程度の定量評価方法

岩盤の一般的な性質として、剥落は未風化部分より風化の進んだ部分において発生しやすい。そのため、切羽の風化部分が広いほど、剥落の発生率が高くなると考えられる。

岩盤の風化（化学的風化）は、岩石中のイオンの溶脱と、残留物質からの粘土鉱物生成の過程を経る。粘土鉱物の生成の定量評価にはX線回折分析が最適であるが、この分析は数日間を要するため、迅速性を必要とする切羽の判定には実用的でない。

そのため筆者らは、風化を受けた岩盤が、粘土鉱物の生成とイオンの溶脱により風化前と異なる色調を示す点に着目し、切羽画像の色調をタブレット PC で画像解析することにより風化程度を定量評価する手法を開発した（図-1）¹⁾。この手法を用いて切羽に占める風化部の面積率を算出することにより、剥落の発生の可能性を定量的に見積もることができる。

3. 割目交差箇所の定量評価方法

岩盤の内部には力学的な弱面となる割目が内在しており、トンネル掘削時にはこの割目に沿って岩盤が剥落しやすい。そのため、割目の集中する箇所ほど、剥落が生じやすいと考えられる。また割目は、切羽では凹凸を有する筋として現れやすく、凹部と凸部では照明の反射率に差が生じやすい。そのため、割目は写真上では輝度の差の大きい部分として発現しやすい。この性質を利用し、切羽写真の中で大きく輝度の変化する部分を白点、それ以外を黒点として描画すると、

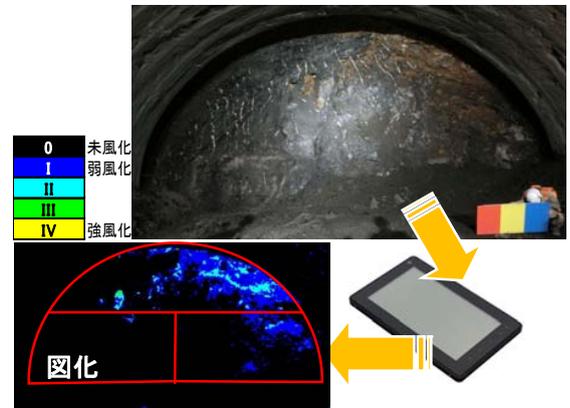


図-1 風化変質判定システムの概念図

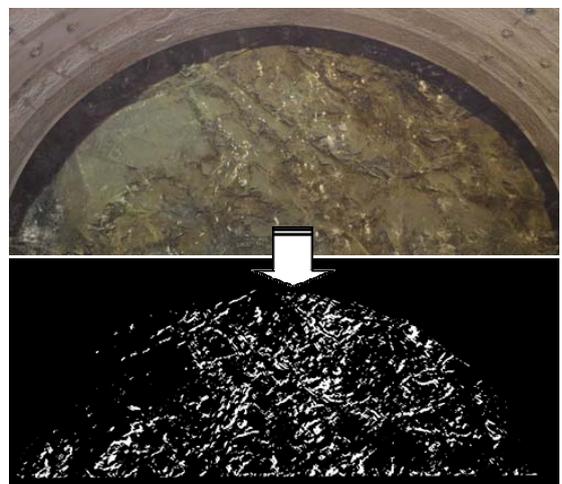


図-2 切羽写真(上)から割目を検出(下)

キーワード 切羽の剥離, 画像解析, 割目評価, 風化変質

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設（株）技術研究所 TEL 042-489-6594

切羽の割目を白い画素として検出することができる(図-2)。

前述のように、割目の集中箇所は剥落しやすい性質をもつが、同一方向の割目だけが集中しても剥落には至りにくいいため、異なる方向の割目が交差する箇所を定量的に判定することが重要である。そのため、割目の画像を適切なメッシュに分割し、メッシュ内の主要な2方向の割目(第1, 第2成分)を検出して(図-3)、隣接メッシュ同士でその方向を比較した。そして割目方向が類似するメッシュ同士を線で連結し(図-4の緑線)、この連結線が交差する箇所(割目交差箇所)を剥離しやすい箇所として検出した(図-4)。この割目交差箇所の密集域を面積で比較することにより、剥落の発生の可能性を切羽間で定量的に比較できる。

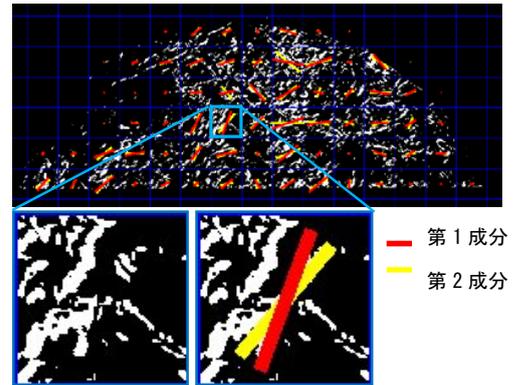


図-3 主要割目2方向の検出

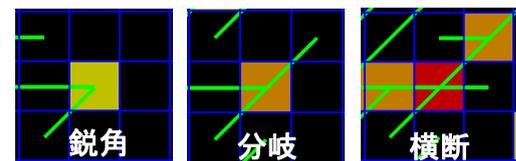


図-4 割目交差箇所の検出

4. 風化・割目の特徴のカテゴリ分け

切羽における風化と割目の発達程度を比較するため、下記に示すようにカテゴリ分けを行った。まず、切羽全体に占める風化部分の割合を前述の方法によって算出しW1~W4の4つのカテゴリに分類した。すなわち、風化部分が切羽全体の60%以上を占め、強く風化した切羽はW1とし、風化部10%以下の弱風化の切羽はW4とした。10~60%の中程度の風化を示す切羽の場合には、風化部分が一部に集中している(偏りのある)ものをW2、切羽内に散在している(偏りのない)ものをW3とした(表-1上)。割目交差箇所についても、同様の方法によりC1~C4のカテゴリに分類した(表-1下)。この4x4=16のカテゴリに基づき、195箇所の切羽(そのうち剥落が発生した切羽:91箇所)を分類した。

表-1 カテゴリの区分

風化性状のカテゴリ	風化部の面積	風化部の偏り
W1	60%以上	---
W2	10~60%	あり
W3		なし
W4	10%以下	---

割目性状のカテゴリ	割目交差密集域の面積	割目交差密集域の偏り
C1	40%以上	---
C2	10~40%	あり
C3		なし
C4	10%以下	---

5. カテゴリ別の切羽剥落発生確率

前述のカテゴリごとに、切羽で剥離が発生する確率を算出した(表-2)。確率は、各カテゴリ内に分類された切羽数を分母、同カテゴリ内で剥落の発生した切羽数を分子として算出した。この表によると、数字の小さい左上のカテゴリほど剥離発生確率が高く(領域1:約75%以上)、逆に右下ほど低い結果となった。

この結果を換言すれば、切羽の風化・割目性状を画像解析で定量評価することにより、剥落の発生を予測することが可能になったといえる。すなわち、表-2の領域1に当てはまる切羽であれば、約75%程度の確率で剥落が発生すると予測できる。

表-2 カテゴリ別の剥落発生確率

		割目性状 Crack			
		C1	C2	C3	C4
風化性状 Wea the ring	W1	領域1		86%	82%
	W2		77%	31%	56%
	W3		領域2	25%	54%
	W4	100%	56%	50%	領域3 0%

6. まとめ

以上のことから、195箇所の切羽写真を画像解析することにより、剥落を約75%程度の確率で予測できることがわかった。今後は、剥落の予測精度を高めるため、さらに多くの切羽で解析を行う予定である。

参考文献

- 戸邊勇人, 宮嶋保幸, 白鷺卓, 山本拓治, 白松久茂, 岩村武史, 中村祐, 岩熊真一: 山岳トンネル切羽の風化変質判定システムの開発-切羽観察での適用例-, 土木学会第69回年次学術講演会, 2014.
- 戸邊勇人, 宮嶋保幸, 山本拓治: 切羽写真の画像解析による亀裂分布の定量的解析と現場への適用: 土木学会第72回年次学術講演会, 2017.

山岳トンネルのコンピュータジャンボの穿孔データに基づく情報化施工

— 国道 106 号 宮古盛岡横断道路 新区界トンネル工事 —

鹿島建設（株）	正会員	○宮嶋 保幸	正会員	岩野 圭太
	正会員	白鷺 卓	正会員	犬塚 隆明
	正会員	川野 広道	正会員	栗山 和之
	正会員	池田 廉	正会員	井上 勇太

1. 目的

近年、山岳トンネルの施工の合理化を図ることを目的として、コンピュータジャンボの導入事例が増えている。コンピュータジャンボは、発破の装薬孔の位置や方向、孔尻を計画通り正確に穿孔し、余掘りの少ない効率的な発破を迅速に行うことを目的として、穿孔の誘導や自動穿孔の機能を有しているものである。また、装薬孔とロックボルトの穿孔といった施工の副産物として、トンネル前方と周辺の穿孔データを自動的に取得することができるため、これらのデータを有効に利用すれば、掘削箇所の地山状況を高密度に取得することが可能となる。そこで筆者らは、これらのデータから施工ヘフィードバックを行うことができるように、施工サイクルの中で迅速にトンネル周辺の地山状況を評価することができるシステムを開発している。このシステムにより、地山状況に応じた適切な支保選定の判断を迅速に行うことが可能となる。さらに、当社で開発した一体型簡易 3D スキャナによる発破形状の測定結果とコンピュータジャンボの穿孔誘導を合わせて利用することで、地山状況に応じた適切な発破を行うことが可能となる。本稿では、これらの新しい情報化機械やシステムを最大限に利用することで、施工の合理化を図った事例について報告する。

2. 適用現場の概要

今回、コンピュータジャンボを導入した現場は、宮古盛岡横断道路 新区界トンネル工事である。掘削断面積約 110m²、全長 4,998m の避難坑を有する道路トンネルであり、掘削を早期に完了させることを目的として、両坑口からの掘削に加えて、途中、避難坑を本坑への作業坑として利用することで、4箇所での本坑同時掘削を行っている（図-1）。コンピュータジャンボは、これらの切羽に対し、フルオートジャンボとセミオートジャンボ、従来のマニュアルジャンボを導入した。

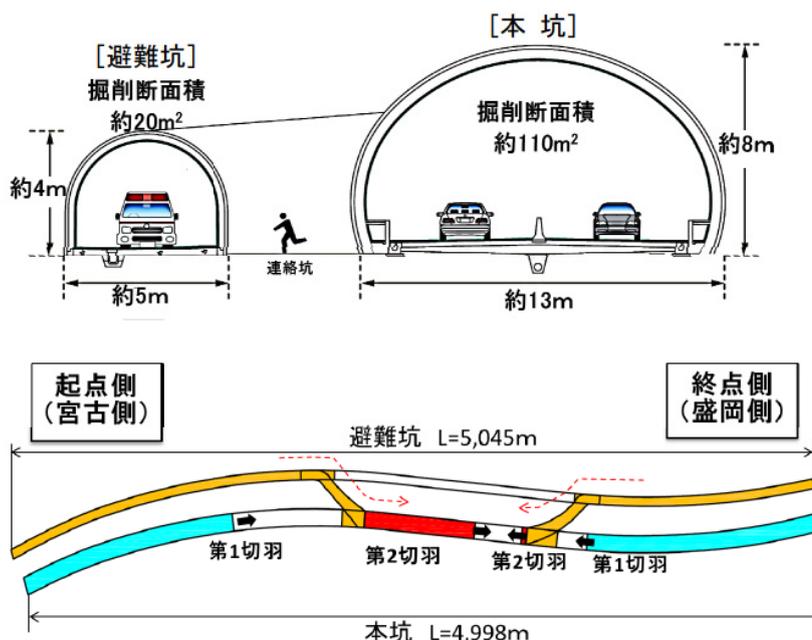


図-1 新区界トンネル工事の概要

キーワード コンピュータジャンボ, 地山評価, ICT, 情報化施工, 地球統計学, 余掘り低減
 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社 技術研究所 TEL042-489-8109

3. 4 ブームフルオートジャンボの自動穿孔機能とその活用

新区界トンネルのように掘削断面積が大きなトンネルの穿孔機械は、通常、2ブームや3ブームのジャンボを2台組み合わせた編成とすることが多い。それに対し、新区界トンネルの終点側では、穿孔能力が高く、4ブームを有するフルオートジャンボを導入した。

フルオートジャンボは、事前に穿孔パターンと各ブームの穿孔順序を登録することで、ジャンボを切羽に据え付け後は、正確な位置と角度、深さの発破孔を全自動で穿孔することができる。この機能によって、当現場の穿孔作業は専任のオペレータ1名のみで行っており、ブーム操作もほとんど不要となっている。また、コンピュータジャンボでは、穿孔データを自動的に取得しており、地山評価への活用が可能となった。

新区界トンネルでは、これらのコンピュータジャンボの機能を活用し、以下の効果を確認することができた。

①穿孔精度の向上による余掘りやアタリを低減した効率的な発破、②発破孔の孔尻位置が揃うことで切羽形状が平滑となるため切羽の安定性が向上、③穿孔データによる地山評価、④施工人員の削減。

また、ロックボルト孔の穿孔の誘導機能を追加することで、ロックボルトのマーキング作業が不要となり、正確な穿孔を効率良く行うことができるようになった。

写真-1にフルオートジャンボの穿孔状況を示し、写真-2にロックボルトの打設状況を示す。



写真-1 4ブームフルオートジャンボ（専任オペレータによる自動穿孔）



写真-2 フルオートジャンボによるロックボルト打設（マーキング不要）

4. コンピュータジャンボと発破形状の測定による効率的な発破

前述の通り、コンピュータジャンボによって穿孔精度を格段に向上することが可能となった。しかしながら、設計した通りに穿孔ができて、実際の地山条件で発破パターンや装薬量の適不適の判定は、発破の結果として掘削形状を測定することが必要となる。掘削形状の測定は発破の適不適を日々判定し、迅速に発破パターンを見直すことが重要である。そのため、日常の掘削サイクルで適用が可能な軽量・迅速（計測時間：5分以内）に掘削形状を測定し、余掘りを可視化、数値化できる一体型簡易3Dスキャナを開発し¹⁾、発破パターンの見直しに活用した。写真-3に発破ずり出し後の測定状況を示す。



写真-3 掘削形状の測定

図-2には、発破形状の測定結果を踏まえ、発破パターンを見直しながら、発破の効率を向上させた事例を示した。左側に示す当初の発破パターンでは、青い点線で囲んでいる芯抜き最下段部を下向きにすることで、自由面が下に凸となって広くなり、発破効率が高くなることを期待した。しかしながら、発破形状を測定した結果、当該箇所が十分に起砕されずに残っていることが分かった。これは、先ほどの芯抜き最下段部を下向きにした結果、1段上部の孔との孔尻の離隔が大きくなり過ぎた結果だと考えられた。そこで、右図に示すように下向きの角度を小さくした発破パターンとした。その結果、当該箇所の起砕を改

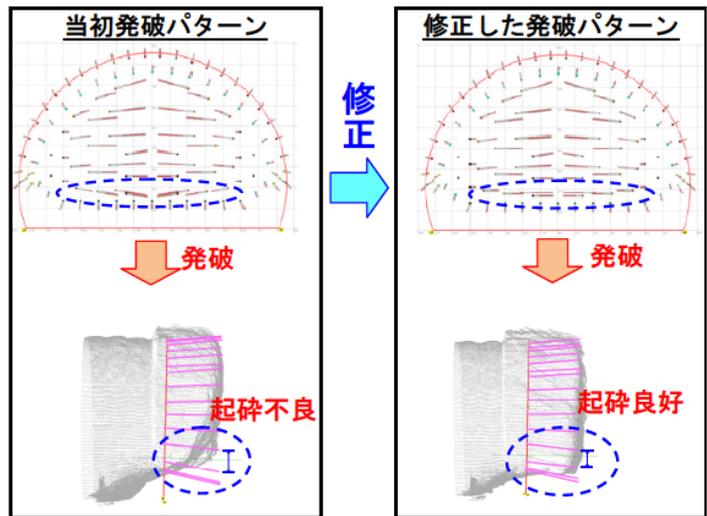


図-2 発破形状測定結果に基づく
発破パターンの修正結果

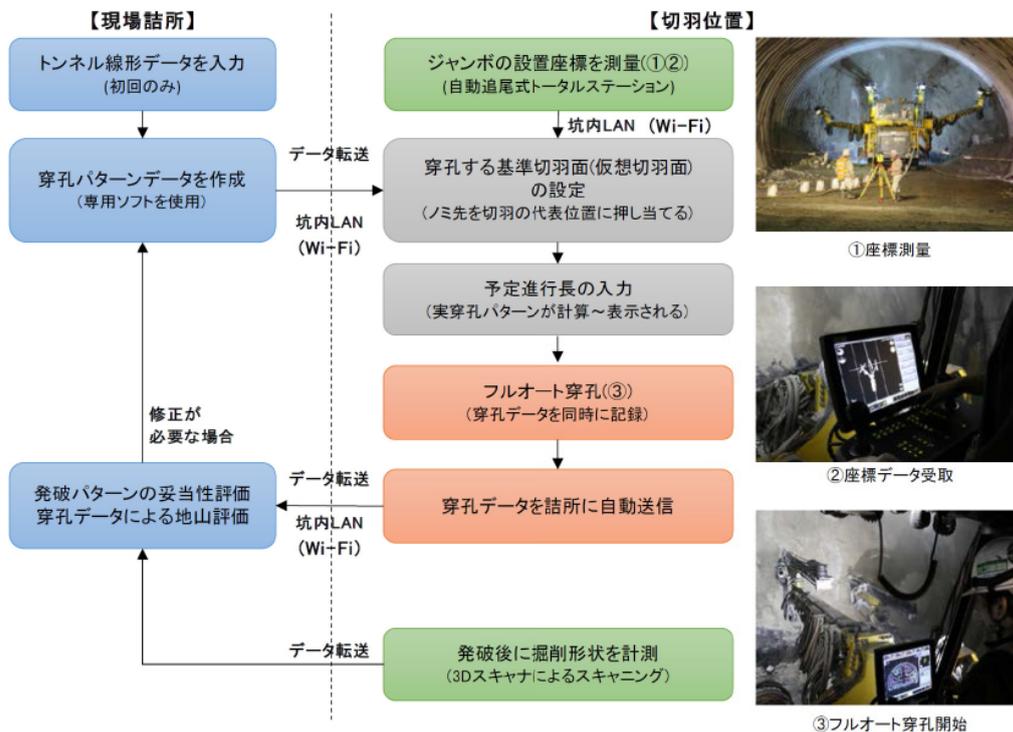


図-3 フルオートジャンボのICT活用による効率的な掘削

善することができた。

このように、正確に穿孔できるというコンピュータジャンボの機能を最大限に活用するためには、発破形状を日常的にフィードバックすることが重要である。また、これらのコンピュータジャンボと発破形状の情報を統合して評価する技術は、トンネル掘削における ICT の構築が不可欠である。図-3にフルオートジャンボの場合の ICT 活用による効率的な掘削フローを示す。

5. 穿孔データを利用した地山評価

コンピュータジャンボでは、フルオートとセミオートのいずれについても発破孔やロックボルトの穿孔データの自動収集機能により、地山情報を高密度に取得できるようになった。また、取得したデータは即座に詰所のパソコンに転送されて、図-4に示すような出力図で、地山の硬軟分布を確認することができる。ここでは、穿孔データから地山状況を予測する技術の開発と施工に活用した事例を紹介する。

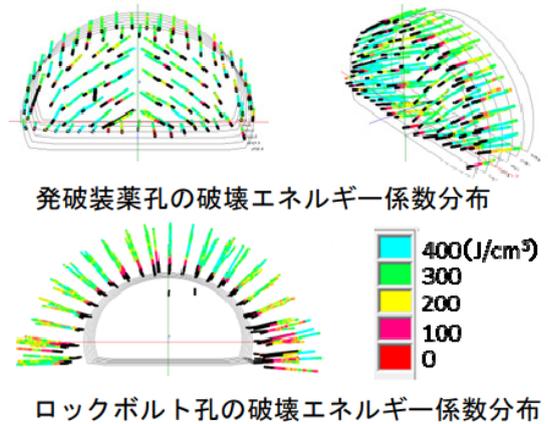


図-4 取得する穿孔データの出力例

(1) 地山状況を考慮した適切な発破パターンの設計

前述の4.では、適切で効率的な発破パターンを見出すために、コンピュータジャンボと掘削形状の情報を総合的に評価した事例を紹介した。しかしながら、地山状況が複雑な場合には、部分的に軟弱な箇所や硬質な箇所で、結果的に余掘りが増大することやアタリが発生することがある。これを改善するためには、地山状況に応じた詳細な微調整が必要となるが、コンピュータジャンボによって穿孔データから切羽の硬軟分布を詳細に把握し、地山状況に応じた発破パターンを検討することが可能となった。

図-5は、切羽の左側が比較的脆弱であったために、左肩部に顕著な余掘りが発生した箇所において、穿孔データを確認して左肩部の発破孔を省略することで余掘りの低減を図った事例を示した。

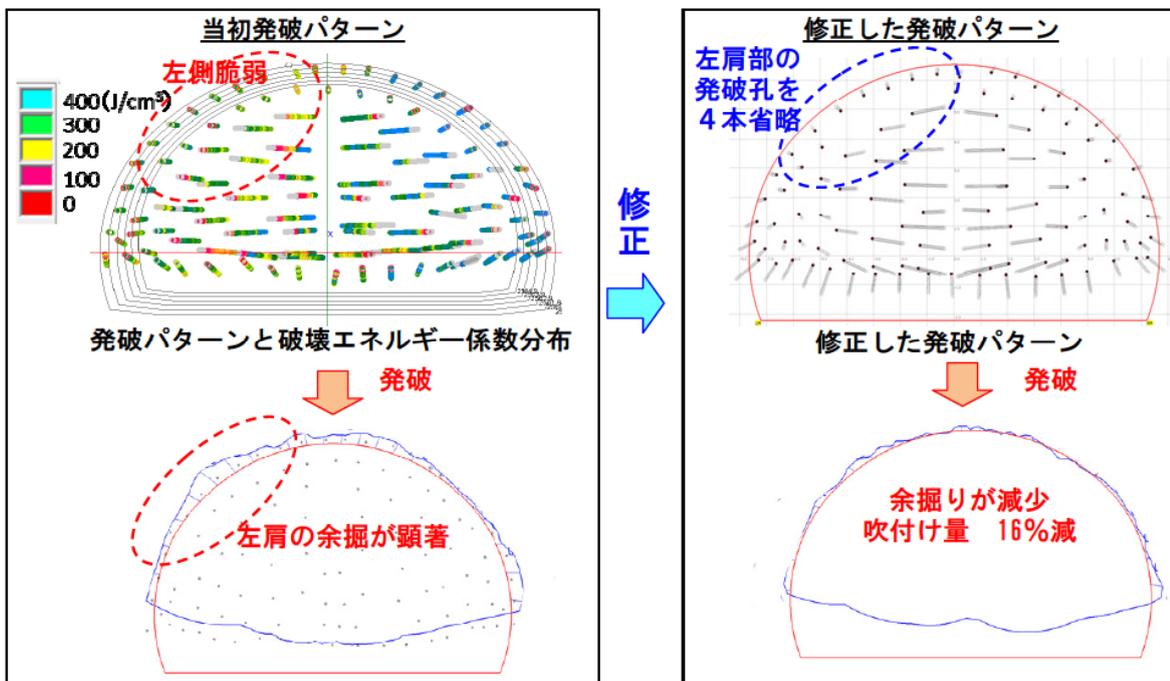


図-5 地山状況に応じて発破パターンを修正した事例

(2) ロックボルト穿孔データによるトンネル断面外の地質状況の評価

起点側において脆弱な蛇紋岩が出現し、内空変位が 70mm を越える区間に遭遇した。その対策としてD IIパターンを適用した（鋼製支保工 H-200, 厚さ 25cm の吹付けコンクリート, 長さ 6m のロックボルト）。蛇紋岩が主にトンネル左側に分布し、当パターン適用範囲を判断するためには、切羽観察だけでは確認できないトンネル周辺の蛇紋岩の分布を把握することが求められた。

そこで、図-6 に示すように、切羽観察に加えてロックボルトの穿孔データを利用してトンネル周辺の脆弱部を把握しながら、掘削管理を行った。断面 2 と 3 の変位計測の結果を比べると、断面 3 では切羽で確認できる蛇紋岩の分布の割合が減っているが、変位は大きく、適切に支保パターンを選定するためには、左側の穿孔データを加味した地山評価が必要であることがわかる。

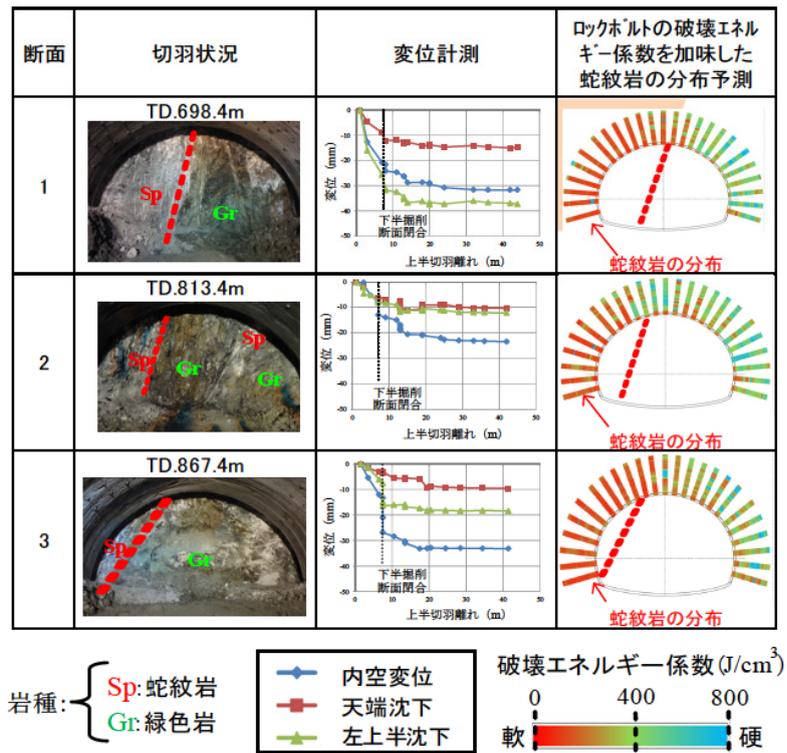


図-6 ロックボルトによるトンネル断面外の地山評価

(3) 地球統計学を利用した前方地山予測システムの開発

(1)では、1 サイクル毎に穿孔データを参照し、発破パターンの最適化を検討した事例について示し、(2)では、ロックボルトの穿孔データから切羽より外側の地質状況の評価した事例を示した。一方、地山状況に応じた適切な支保パターンの選定を行うためには、断層などの脆弱部の連続的な分布状況を把握し、切羽前方やトンネル周辺の地質の分布状況を予測することが必要となる。

今回開発した前方地山予測システムは、コンピュータジャンボから得られるサイクル毎の穿孔データ（破壊エネルギー係数）を自動的に統合して解析評価するシステムである。解析には、3次元的に分布する数値データから空間をバリオグラムという統計的指標によってモデル化し、その周辺を予測することができる地球統計学のクリギングという手法を利用した。これにより、切羽前方やトンネル周辺の破壊エネルギー係数の分布を予測することができる。

図-7 は、起点側（宮古側）において脆弱な蛇紋岩がトンネルの左側に連続的に出現した延長 50m 区間について、施工時に取得した破壊エネルギー係数を統合し、3次元分布図で示したものである。このような3次元の出力図は、地質のおおよその分布状況について工事関係者が共有するために非常に有効であった。しかしながら、具体的な対策や施工判断を行うには、場所や程度、分布状況が不明確であり、平面図や断面図のように具体的な出力が求められる。そこで、図-7 のデータを用いてクリギングにより解析した結果を図-8 に示

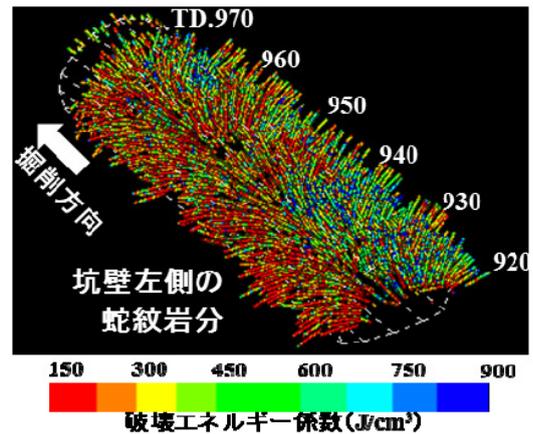
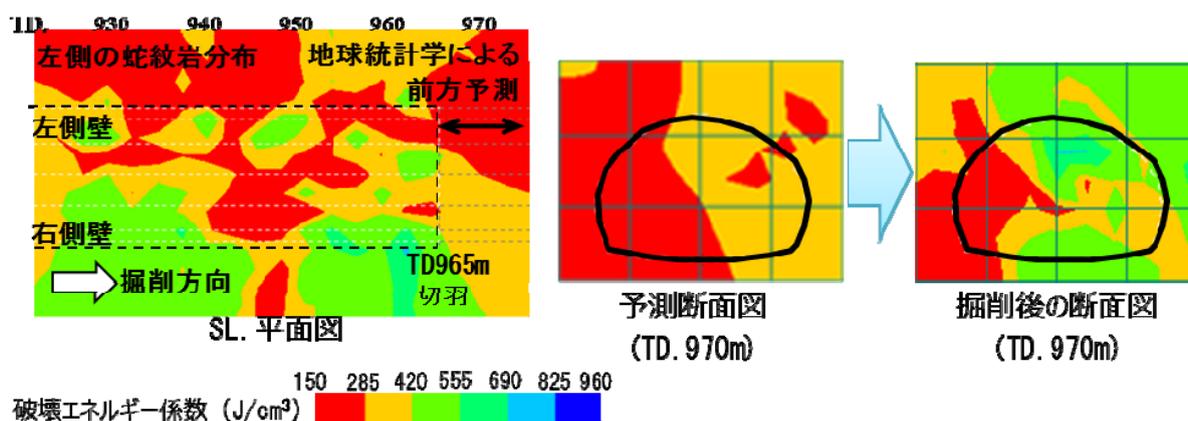


図-7 穿孔データの可視化

す。ここでは、翌日までに掘削する範囲の地質状況をオンタイムに把握することを目的として、TD. 965mまで掘削した時点の穿孔データを利用して、5m前方まで予測した結果をスプリングラインの高さの平面図と、予測精度を検証するため、切羽から5m前方のTD. 970mの予測断面図と掘削後の断面図を示した。これらの断面図を比較すると、左側の脆弱部の連続性を予測できていることが分かる。一方、右側が実際の地山状況の方がやや良好な結果となっており、今後、さらなる精度向上の検討が必要と考えている。

また、クリギングは切羽前方予測に有効な手法ではあるが、解析範囲を設定すれば予測精度が十分でない遠方まで解析できるので、予測結果からの確な施工判断を行うためには、予測結果の精度や脆弱部の出現確率などを定量的に把握することが重要となる。そこで、今後、シミュレーション解析手法を利用して脆弱部の出現確率も評価することで、的確な施工判断を行うことができるシステムの高度化を図る予定である。

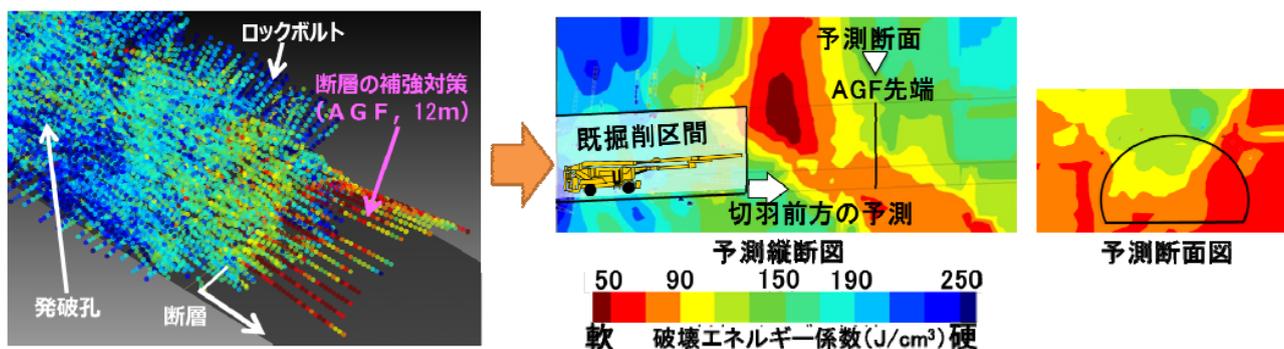


図－8 地球統計学による地山状況の予測

(4) 断層部における補助工法の要否判定事例

終点側（盛岡側）において粘板岩区間で断層が出現し、補助工法として長尺先受け工（AGF工法）を適用した事例を図－9に示す。ここでは、AGF 1シフト目の穿孔データを加味して切羽前方の地質状況をクリギングによって予測した。穿孔データの3次元分布図を見ると前方にも断層が連続していることが分かるが、詳細な分布状況を把握することができない。一方、トンネルセンターにおける縦断面図では、断層の傾斜が切羽に対して差目方向に分布していることがわかる。また、任意の箇所の断面図を出力することが可能であり、AGF先端部における予測断面図を示した。予測断面図からは、掘削が進むに従って天端部の地質状況は比較的良くなるが、左右側壁側には断層部が続くことがわかる。

現在、掘削を進めている段階であり、今後、地球統計学を利用した予測と断面図によって詳細な地質状況の分布を評価し、次のAGFの要否や断面内での適用範囲など詳細な検討を行いながら、安全で合理的な施工判断を行うことを目指している。



図－9 断層部における切羽前方地山予測（AGF適用区間）

6. おわりに

近年導入が進められているコンピュータジャンボで得られる施工の穿孔データを利用した、効率的な発破設計事例と安全で合理的な支保，補助工法の適用を行うために必要となる地山評価システムについて紹介した。

今回導入したジャンボのうちフルオートジャンボについては，地山状況に応じた最適な穿孔方法で自動穿孔することが可能となるなど，穿孔性能が向上しており，C I パターンのように穿孔数が多くなる地山に対しては，従来のジャンボに比べて穿孔に要する時間が2分の1程度に短縮することができた。しかしながら，効率的な掘削を実現するためには，従来は穿孔精度に依存していたため積極的な管理が困難であった起砕不良（アタリ）や余掘を合理的に管理することが不可欠である。今後，今回紹介したコンピュータジャンボやスキャナ技術を活用し，データを収集して分析を続けることで，さらに効率的な掘削を確立したいと考えている。

また，コンピュータジャンボによって，これまで取得することが難しかった穿孔データを簡単に取得できるようになり，これを利用した地質評価システムを開発した。これらの高密度で大量なデータを施工に利用するためには，次の施工判断を行うことができる迅速性が必要であり，今回，現場でオンタイムに運用ができるシステムを構築した。

今後，掘削サイクル内で合理的な意思決定を行うための情報化施工を確立するため，施工情報を有効に活用したトンネル掘削の ICT 活用技術の確立を図る予定である。

7. 参考文献

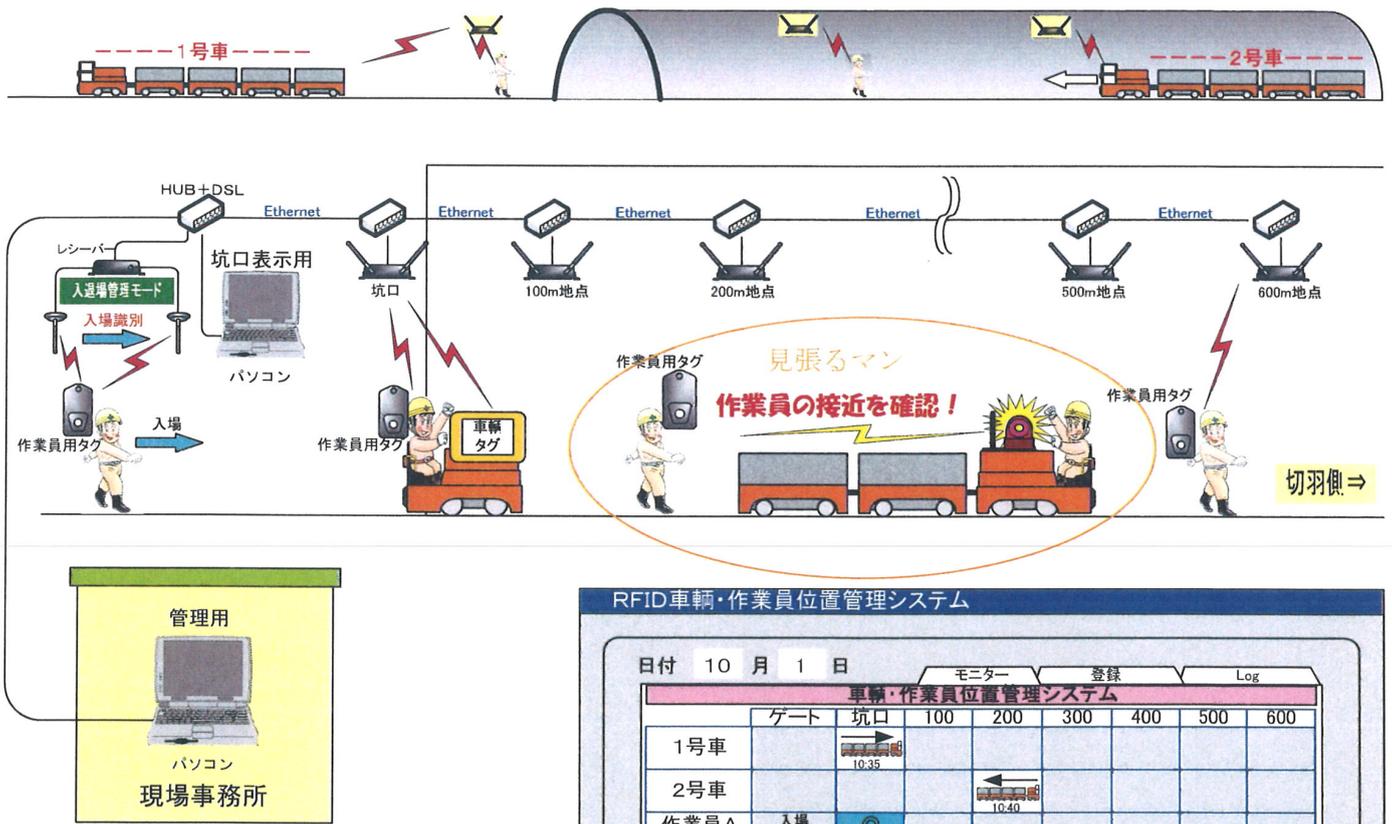
- 1) 犬塚隆明，手塚康成，岩野圭太，浜本研一，白坂紀彦：一体型簡易 3D スキャナと余掘り評価ソフトの開発，第 72 回土木学会年次学術講演会 講演概要集，2017（投稿中）。

坑内作業の安全向上

口コ車・作業員 坑内位置確認システム

◆ システム概要

アクティブRFIDタグを活用した作業員、車輛等の現場内位置確認システムです。
パソコン画面にレーザー位置の通過確認と時間表示をします。
作業員や車輛が何処に居るかが一目で分かり行動の安全喚起ができます。



RFID車輛・作業員位置管理システム

日付	10月1日	モニター	登録	Log				
車輦・作業員位置管理システム								
	ゲート	坑口	100	200	300	400	500	600
1号車		→ 10:35						
2号車				← 10:40				
作業員A	入場 10:38	●						
作業員B	入場 9:38							●
作業員C	退場 10:27							
作業員D	入場 9:45		●					
作業員E	入場 8:00					●		
作業員F	入場 10:29						●	

画面イメージ

- ◆ 車輛と作業員のポイント通過を表示
- ◆ 車輛の進行方向を表示
- ◆ 作業員の進行方向を簡易表示
- ◆ 入退場管理モードで現場への出入管理
就労管理にも利用出来ます。

自動運転システム機器



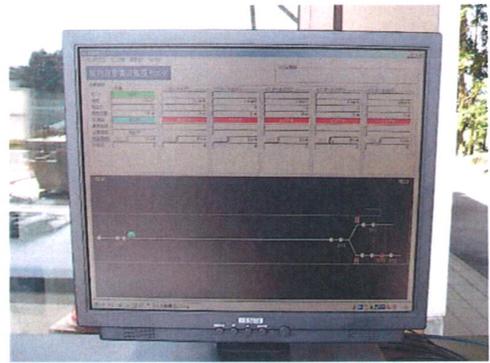
サーボ側操作パネル



ハイウェイ灯(自動運転時点灯)



障害物センサー及びバンパー



中央モニタ



ID タグ (加速、減速用)



中央制御盤



坑内中継ボックス

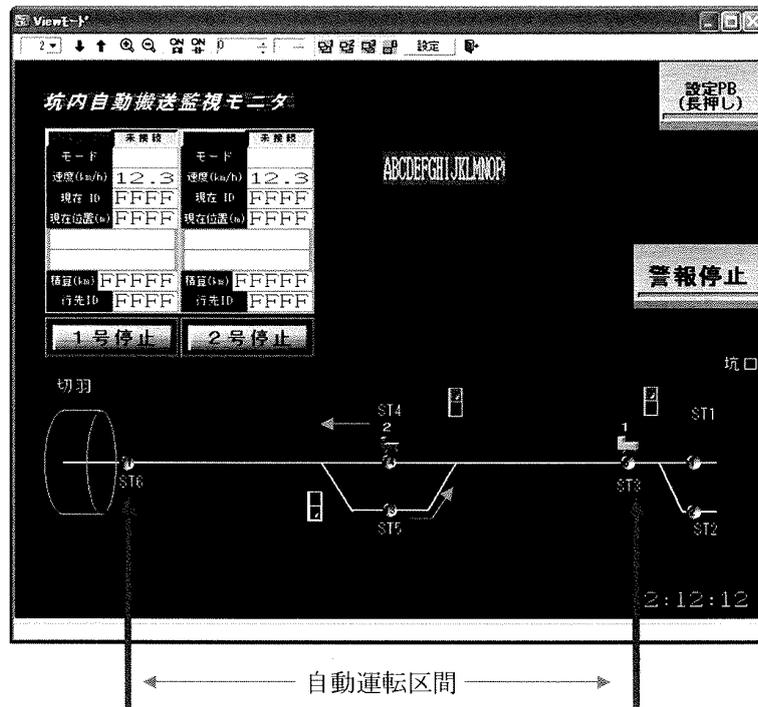


立坑および切羽表示モニタ（現在位置確認用）

自動運転操作説明

1. 坑内レイアウト

単線軌条に複数の車両を運行させるため、坑内に待避線を設けて上下線のすれ違いを行います。尚、自動運転区間は、ST3 から ST6 までとします。



2. IDタグ

各ステーション(ST)及び、速度変更地点、分岐認識に下記のデータ①～④を書き込んだIDタグを設置して、車両に搭載したIDアンテナにて読み取ることによって、現在位置、走行速度の増減を行います。

- ①IDタグ番号
- ②切羽行き指定走行速度
- ③坑口行き指定走行速度
- ④障害物センサーの有効/無効
- ⑤一時停止指定

※切羽に設置してあるIDタグ(3個)は、掘進が進むにつれて移動して下さい。

設置方法は、項目7「切羽タグと発磁体の設置方法」を参照下さい。

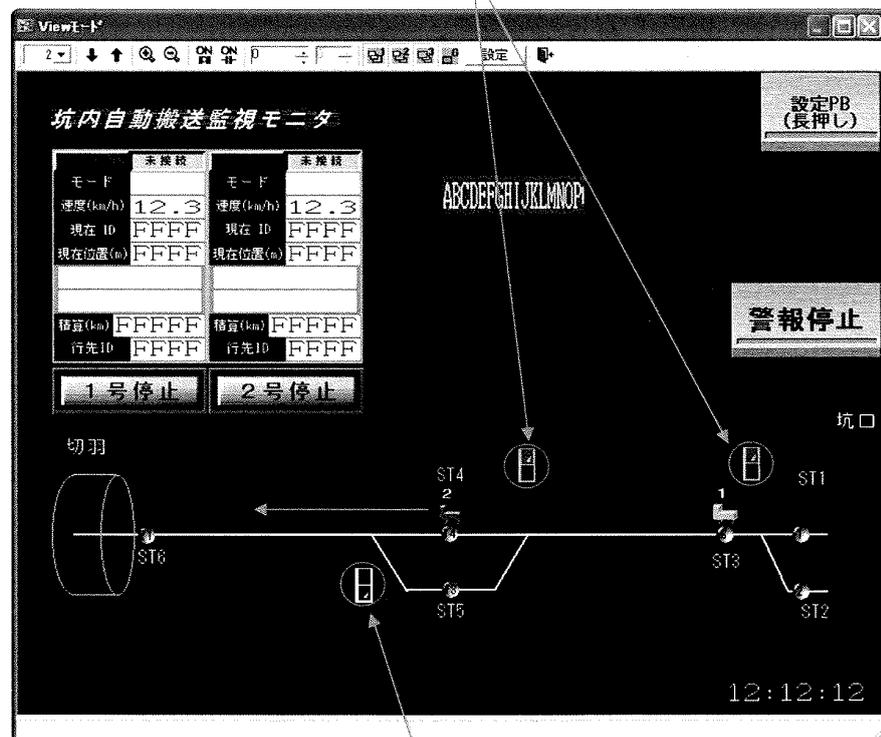
- 1、増減速
- 2、ST6 (発車/停止)
- 3、後続台車進入

3. 運行規則

- (ア) 同一区間内に2編成以上が進入しないように運行する。
- (イ) 切羽行き車両と坑口行き車両は、離合部にてすれ違う。
- (ウ) 各車両は、前方1区間に他車両が無い場合に次の区間に進入できる。
- (エ) 自動運転を行っている区間に、手動運転車両が進入した場合は自動運転車両を停止させる。※手動運転にて後追い進入した場合は停止しません。

坑口側に車両があるので信号機が「赤」

(ST1・ST2に車両がいるときは「青」となります)



切羽側に他車がない為、信号機が「青」

4. 減速押釦スイッチ（坑内無線BOX）

坑内に設置している各無線BOXに押釦スイッチが設けてあります。

この釦を押すと、各無線BOXごとに設定した区間を減速走行します。

※減速区間は、設定距離の±50mです。

解除方法は、再度この釦を押してください。

5. 選択スイッチ（バッテリーロコ本体）

① 手動／自動(無線)スイッチ

運転席で操作する時は「手動」を選択して下さい。

自動又は、ハンディ無線で操作する時は「自動」を選択して下さい。

※セレクトスイッチを自動にしてハンディ無線の電源を入れるとハンディ無線モードになります。

② アラームリセット釦（速度制限強制解除）

アラームリセット釦を押しながら制御電源キースイッチを投入すると、IDタグによる手動運転時の速度制限が無効となります。

6. 表示（バッテリーロコ本体）

①各モードは、車両の屋根に設置してあります3色標示灯で確認できます。

黄・・・手動

青・・・無線

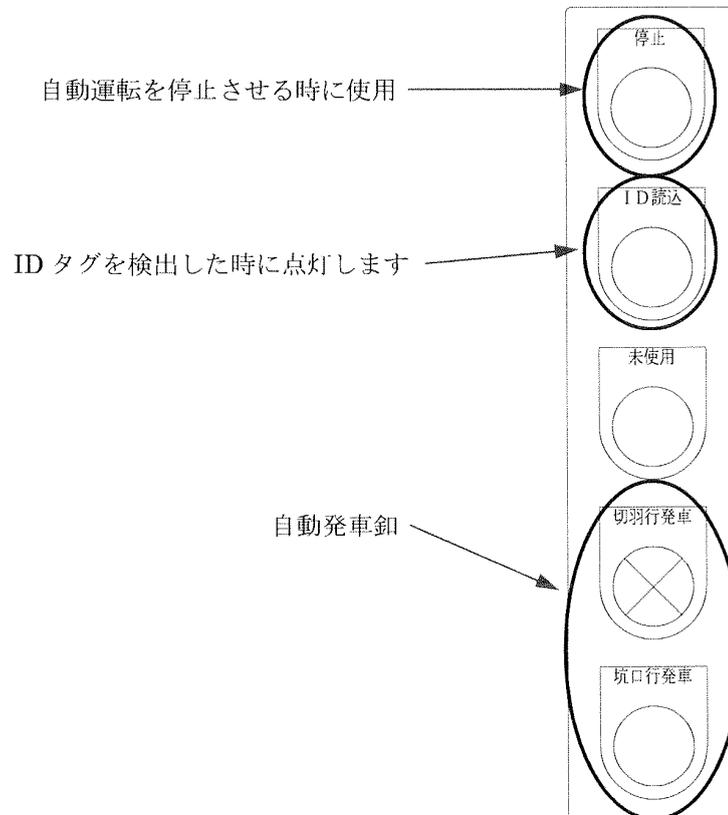
緑・・・自動（通信状態によっては点滅します）

②自動運転待機中の時は、回転灯が点灯します。

※走行中は、回転灯及び進行方向の前照灯と進行標示灯が点灯／点滅します。

7. 自動操作説明 (バッテリーロコ本体)

- ① 手動又は、ハンディ無線にて車両を自動運転区間 (ST3～ST6) まで移動させます。
 ※自動運転区間の ID タグを通過させると、自動モードにした時に発車が有効な進行方向の押釦ランプが点灯します。
- ② 「切羽行」又は、「坑口行」発車釦を 1 秒以上長押しすると点滅に変わり発車要求中となります。
- ③ 「停止」釦が点灯に変わると自動待機中となります。
 尚、他車両が進行方向の区間に居ない場合は、停止釦が点灯と同時に発進します。
 ※「停止」釦が点灯に変わらず「切羽行」坑口行」釦の表示が元に戻ってしまった時は、無線機本体の通信状態を確認の上、車両を手動又は、ハンディ無線機で通信の良い場所に移動して再度発車操作を行って下さい。
- ④ 自動走行中又は、自動待機中の車両は「停止」釦で自動を停止できます。
 ※「停止」釦以外では、ハンディ無線機の電源を入れる又は、セレクトスイッチを手動にすると自動が停止します。



8. 切羽タグと発磁体の設置方法

① タグの設置間隔

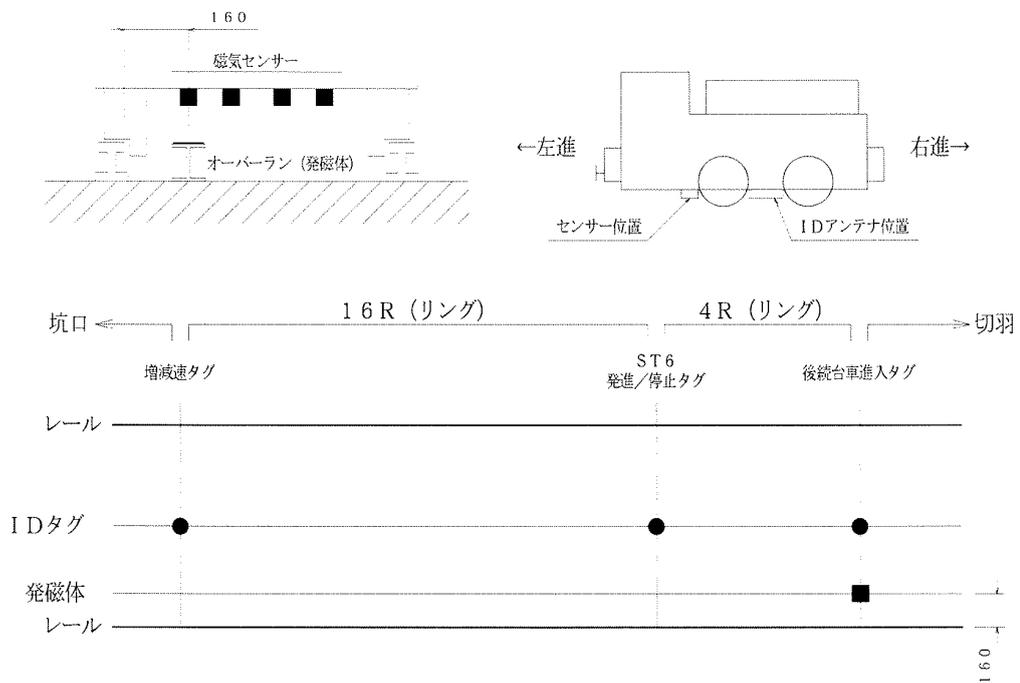
増減速タグ ←16R(リング)→ ST6 発進/停止タグ ←4R(リング)→ 後続台車進入タグ

② オーバーラン発磁体

後続台車進入タグと同じリングの切羽に向かって右側レールから 160mm の位置に設置。

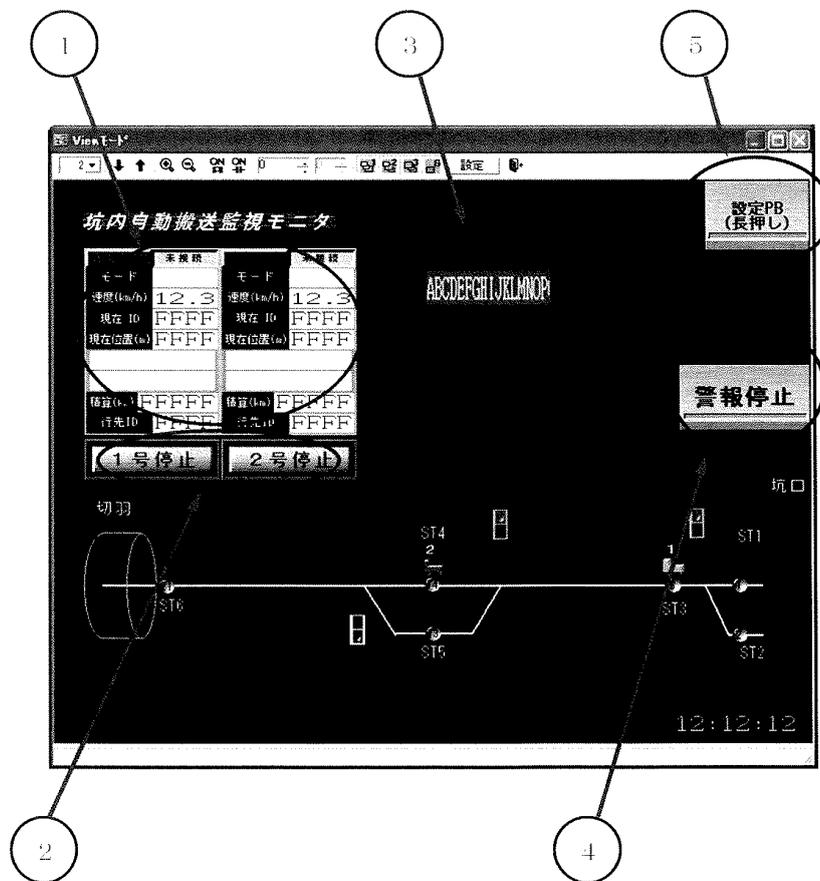
③ 設置場所は、減速停止に十分な距離を確保して下さい。

ID タグのアンテナと磁気センサーは、車体の下部に装備している為、連結している台車分の距離を考慮に入れて、十分な減速停止距離を確保して下さい。



9. 運行表示画面

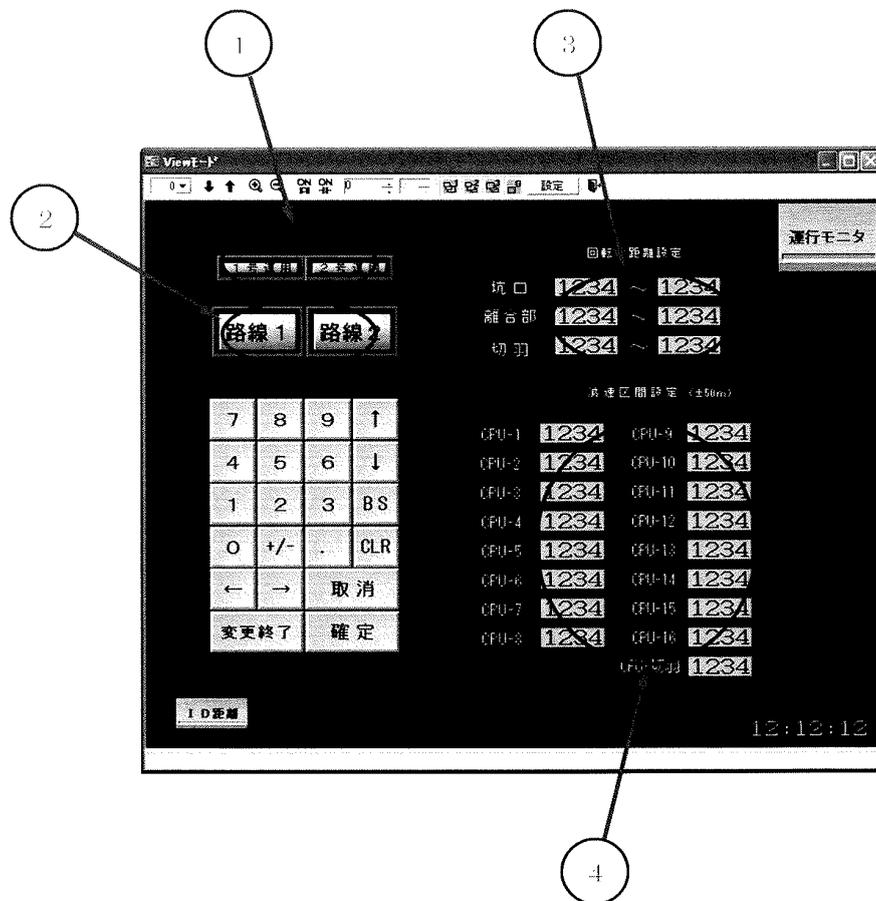
- ① 各車両の情報
- ② 各車両の停止釦
 - ※起動中は、赤く点灯しています。
- ③ システムアラーム表示
 - ネットワーク異常が発生している時に表示します。
- ④ 自動モードの時に車両がアラームを検出すると警報（ピー）が鳴ります。
 - 警報を停止させる時は「警報停止」釦を押してください。
 - 尚、車両のアラームリセットを押して解除しても警報音は「警報停止」釦で解除してください。
- ⑤ 設定 PB
 - 自動運行に必要な設定を行う画面に切替わります。



10. 設定

- ① バッテリーロコの運用設定をおこないます。
1号車又は、2号車を運行管理に登録します。
- ② 路線 1・2
坑内に離合部を設置した時に「路線 2」を選択し登録します。
- ③ 回転灯距離設定
設定した距離の範囲内にバッテリーロコが進出した時、回転灯が点灯します。
- ④ 坑内の各無線 BOX に設けている押釦スイッチで、バッテリーロコが減速する区間の距離設定をします。
※減速区間は、設定距離の±50m です。

注: 設定距離は実際のバッテリーロコの現在位置表示「m」をもとに設定して下さい。



11. アラーム検出と表示

アラームを検出すると集合表示灯の「アラーム」ランプが点灯し、警報音が鳴ります。各アラーム内容を確認後、レバースハンドルを中立の位置で配電盤パネル上の「アラームリセット」釦で解除して下さい。

a. バッテリーロコ

(1) 非常停止（点灯）

非常停止釦が押された。

車体四隅と配電盤パネル上に装備している非常停止釦を確認して下さい。

非常停止釦を時計方向に回してリセット後、アラームリセット釦で解除して下さい。

(2) 非常停止（点滅）

台車接続ケーブルの断線、距離パルス検出不良、通信異常の何れかが発生した時に表示します。

※距離パルス検出不良と通信異常については、自動走行中のみ検出します。

(3) 過速度（点灯）

走行速度が最高速度より 1 km/h を越えた。

(4) 過速度（点滅）

逆走/速度超過を検出した。

指令方向と反対にモータが回転した。又は、指令速度より速い回転数でモータが回転した。

(5) サーボアラーム（点灯）

サーボモータ、サーボドライバのエラーです。

項目 13 の「保護機能」を参照の上、エラー内容を確認して下さい。

(6) サーボアラーム（点滅）

トルクコントロールボックス、回生ユニットのエラーです。

項目 13 の「保護機能」を参照の上、エラー内容を確認して下さい。

(7) オーバーラン

自動走行中にオーバーラン発磁体を検出した。

坑口又は、切羽の停止用 ID タグを確認して下さい。

(8) 油圧低下（標準設定値 4.3~5.2MPa）

油圧ブレーキ用圧力が規定時間（30 秒）内に上昇しなかった。

油量、圧力ゲージ、椅子内のヒューズを確認して下さい。

- (9) バッテリー電圧低下 (標準設定値 DC120V)
バッテリーの電圧が規定値以下となった。
バッテリーの交換又は、充電を行って下さい。
※ 警告表示です。停止はしません。
- (10) 障害物センサー作動
進行方向のセンサーが障害物を検出した。
障害物センサー作動の原因を確認して下さい。
※ 徐行検出・・・点滅
※ 停止検出・・・点灯
※ 停止検出は、自動走行中の時のみアラームとして停止します。
- (11) バンパー作動
進行方向のバンパーが作動した。
バンパー作動の原因を確認して下さい。
- (12) ID アラーム
坑口、離合部の停止用 ID タグを認識できなかった。(読み飛ばし)
進行方向の速度指令データが 0km/h を認識した。(読み違い)
ID タグと車体下部のリードライトアンテナを確認して下さい。
※ ID アラームは、坑内を自動走行中の車両に対して非常停止を行います。
- (13) 運転 (点滅)
PLC アラームを検出した。
PLC バックアップ電池電圧低下を検出した。
※バックアップ電池電圧低下は警告です。停止はしません。
- (14) ブレーキ (点滅)
電磁ブレーキ強制解放スイッチが「解放」となっている。
「通常」位置にスイッチを戻して下さい。

b. 運行管理モニタ

① 各号車アラーム表示

各号車ごとに発生しているアラームを表示します。

車両本体にて原因を確認後、車両のアラームリセット釦にて解除して下さい。

アラーム内容については、次ページ (1) ~ (20) を参照下さい。

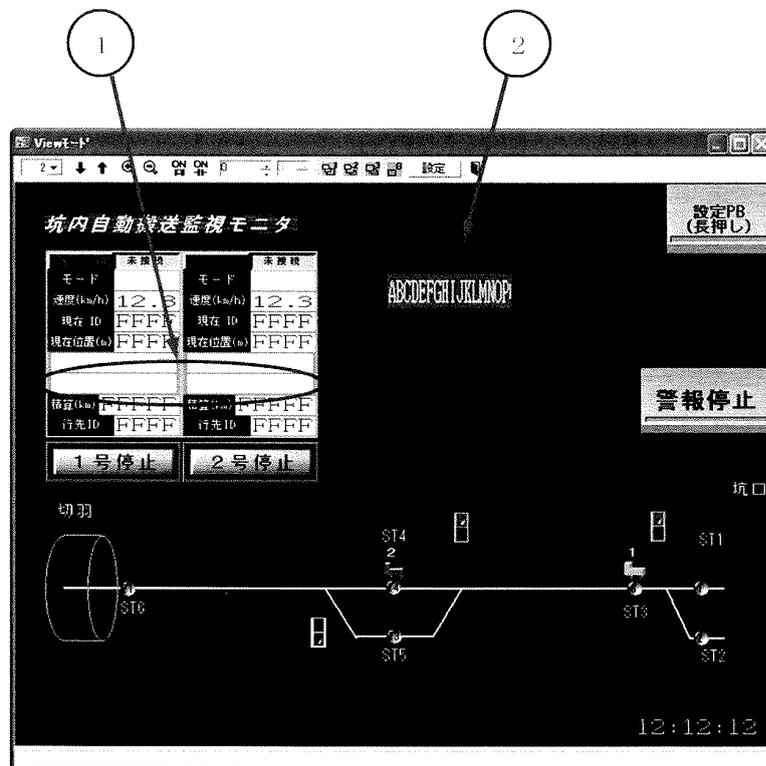
② システムアラーム表示

C-Link 異常が発生した時に表示します。

坑内無線 BOX の電源とリンクケーブルを確認して下さい。

確認後は、各車両のアラームリセットを行い、自動運転を再開して下さい。

※ システムアラームは、坑内を自動走行中の車両に対して非常停止をかけます。



- (1) 非常停止
ロコ本体又は、台車の非常停止釦が作動した。
配電盤か車体四隅、又は先頭台車側面の非常停止釦を確認して下さい。
- (2) 過速度
走行速度が、**12km/h** 以上となった。
各部の点検を行って下さい。
- (3) 油圧低下
ディスクブレーキの油圧が時間(30 秒)内に規定圧力まで上昇しなかった。
椅子内の解放バルブが緩んでいないか、又は油洩れ箇所がないか点検して下さい
- (4) PLC アラーム
ロコ本体の制御(PLC)機器にエラーを検出した。
右側配電盤(NFB 側)のフタを開けて PLC(シーケンサー)の各ユニットを点検して下さい。
ERR ランプが点灯又は、点滅していれば電源(キースイッチ)の再投入をして下さい。
- (5) サーボアラーム(Dr1)
1 号モーターの制御ドライバーにてエラーを検出した。
配電盤裏側のフタを開けて、項目 13 の「保護機能①」を参照の上、エラー内容を確認して下さい。
- (6) サーボアラーム(Dr2)
2 号モーターの制御ドライバーにてエラーを検出した。
配電盤裏側のフタを開けて、項目 13 の「保護機能①」を参照の上、エラー内容を確認して下さい。
- (7) サーボアラーム(TCS)
トルクコントロールボックスにてエラーを検出した。
右側配電盤裏のフタを開けて、項目 13 の「保護機能②」を参照の上、エラー内容を確認して下さい。
- (8) サーボアラーム(EM)
モーターが逆回転したことを検出した。
各部の点検を行って下さい。
- (9) サーボアラーム(OS)
指令速度以上の回転を検出した。
各部の点検を行って下さい。

- (10) 回生アラーム(1)
1号回生ユニットにてエラーを検出した。
ロコ乗込み口側の前方側面を開けて、項目13の「保護機能③」を参照の上、エラー内容を確認して下さい。
- (11) 回生アラーム(2)
2号回生ユニットにてエラーを検出した。
ロコ乗込み口側の前方側面を開けて、項目13の「保護機能③」を参照の上、エラー内容を確認して下さい。
- (12) ブレーキ強制解放
駐車用電磁ブレーキを強制解放した。
右側配電盤裏のブレーキを強制スイッチを通常に戻して下さい。
- (13) 障害物検知
自動走行中に進行方向の障害物センサーが作動した。
原因を除去後、再起動して下さい。
- (14) バンパー作動
進行方向のバンパーが作動した。
原因を除去後、再起動して下さい。
- (15) オーバーラン
自動走行中にオーバーランセンサーが発磁体を検出した。
IDタグの設置状況と、ロコ底面のRFIDアンテナを点検して下さい。
又は、IDタグの交換が必要です。
- (16) 距離検出パルス
自動走行中に距離カウントセンサーがカウント出来なかった。
ロコの油圧ディスク板付近(1号モーター)に装備している、近接センサーを点検して下さい。
- (17) 断線検知
台車間接続コネクタが外れた。
- (18) ID 読飛
自動走行中に行先IDを読み飛ばした。
IDタグの設置状況と、ロコ底面のRFIDアンテナを点検して下さい。
又は、IDタグの交換が必要です。
- (19) ID 読違
自動走行中に進行方向と逆のIDを読込んだ。
IDタグの設置位置を確認して下さい
- (20) 通信アラーム
自動走行中に通信が途切れた。地上局とロコの無線機を点検して下さい。

12. 故障時のブレーキ強制解放について

電磁ブレーキと油圧ブレーキは、負作動ブレーキを採用している為、故障等で制御電源が遮断されるとブレーキがかかります。アラーム時等で機関車を移動する場合には、以下の方法で強制的にブレーキを解放して下さい。

① 電磁ブレーキ

電池電圧が正常であれば、配電盤内(側面裏)に取付けてあります電磁ブレーキ解放用スイッチを「解放」にする事により解放出来ます。

解放用スイッチにてブレーキが解放されたままでは、アラームとなり通常の走行は出来ません。

② 油圧ブレーキ

運転席の椅子の下にある油圧制御 BOX 内の解放コックを反時計方向に廻して下さい。

油圧制御 BOX 側面の油圧計が「0」となる事を確認して下さい。

- ・ 電磁ブレーキは、負作動式を使用している為、バッテリープラグは接続したままで行って下さい。
- ・ 必ず輪止め等をして行って下さい。
- ・ 再度元に戻す時は、電磁ブレーキ解放スイッチを「通常」にし、解放コックを時計方向に回して油圧計が上昇する事を確認して下さい。

13. 保護機能

- ① サーボドライバには、アラーム時にサーボドライバ、サーボモータを守る為に各種の保護回路を装備しています。アラーム状態になった場合、アラーム内容をサーボドライバに数字表示すると同時に外部に、サーボアラーム信号を出力します。

アラーム検出内容

名 称	内 容	記号	LED ランプ(表示)
不 足 電 圧	主回路電源が規定以下になった	LV	LD1(2)
過 電 圧	負荷イナーシャルによる回生エネルギーの為に、モータ電源電圧が規定値以上になった。	HV	LD2(4)
過 熱	サーボドライバの放熱フィンが規定値以上の温度になった。	OH	LD3(8)
過 負 荷	過負荷によりモータ焼損の危険が生じた。	OL	LD4(16)
トランジスタアラーム	トランジスタの保護回路が動作した。	TE	LD5(32)
エンコーダアラーム	モータに搭載しているオプティカルエンコーダ(PG)の信号にアラームが発生した。	EE	LD6(64)
過 速 度	モータの回転速度が規定値以上になった。	OS	LD7(128)

- ② TCS には、アラーム時にサーボモータ及び相手機械を守る為に各種の保護回路を装備しています。アラームになった場合、アラーム内容を赤色 LED で表示すると同時に外部アラーム信号を出力します。

アラーム検出内容

名 称	内 容	記号	LED ランプ(表示)
エンコーダアラーム	サーボモータからエンコーダ信号に異常が起きた。	EE	LD1(64)
過速度	モータの回転速度が規定値以上になった。	OS	LD2(128)
パラメータアラーム	起動時にパラメータを EEPROM からコピー後に RAM 上のパラメータが設定範囲以上になった。	PE	LD3(256)
サムチェックアラーム	パラメータを EEPROM からコピー後に RAM 上のパラメータが設定範囲以上になった。	SE	LD3(512)

注) 表中の(表示)は、設定器の表示です。

- ③ 回生ユニットには、アラーム時にサーボモータ及び相手機械を守る為に各種の保護回路を装備しています。アラームになった場合、アラーム内容を赤色 LED で表示し、外部アラーム信号を出力します

アラーム検出内容

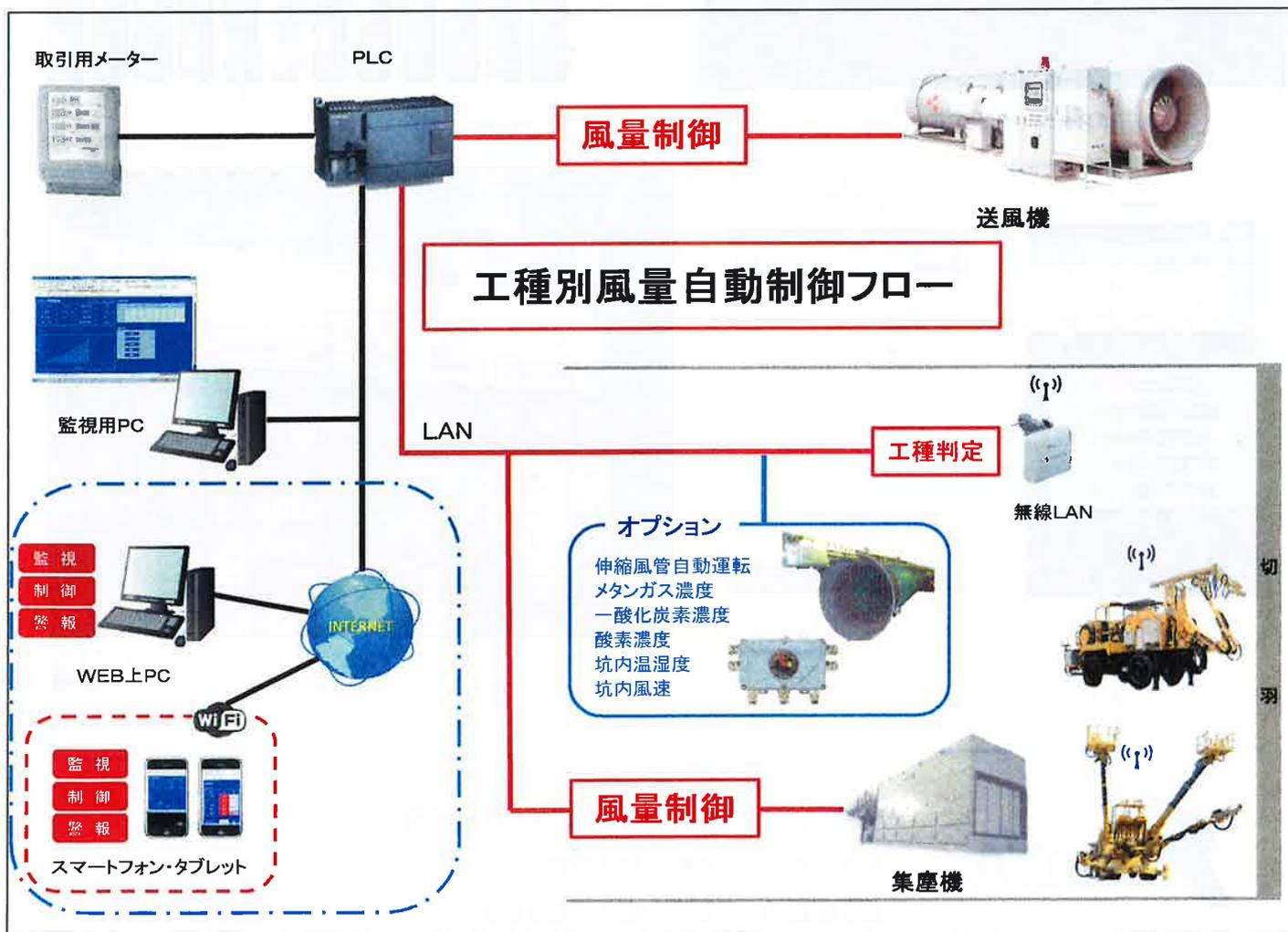
名 称	内 容	記号
トランジスタアラーム	トランジスタの保護回路が動作した。	TE
過熱	主放熱板が規定以上の温度になった。	OH
過電圧	主回路電圧が規定値以上になった。	HV
不足電圧	主回路電圧が規定値以下になった。	LV

トンネル換気制御システム i-Res

by sugakikai

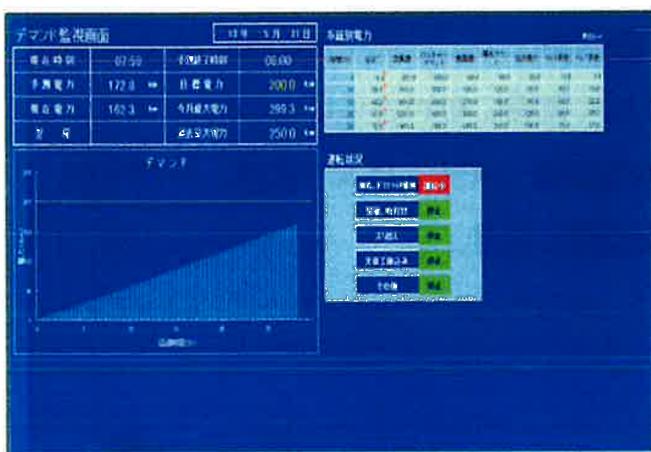
ムダな電気代を払っていませんか？

- 本システムは、トンネル工事の電気代の1 / 3を占めると言われる**換気設備**を工種（削孔・ズリ出し・吹付など）に最適な風量に**自動制御**することで不要な電力をカットし**無駄な電気代を削減**します。また経済的なだけでなく環境にもやさしいシステムです。
- 吸引捕集方式採用時に伸縮風管の**自動運転**、**坑内環境**（メタンガス・酸素・一酸化炭素・坑内温湿度・坑内風速など）に連動した**運転管理**も可能。
お客様の**ご要望に応じて拡張**致します。

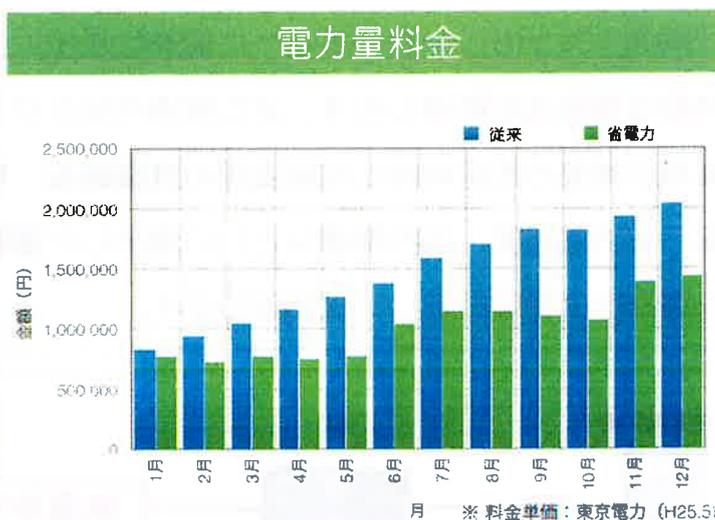


= 特徴 =

- ◆ 電力会社と同じ方式で30分のデマンドを予測し抑制させる対応が可能なので、不必要に基本料が上がらない
- ◆ 坑内環境を常時適正な環境に保ち安心・安全な作業ができる
- ◆ 使用電力を削減することでCO2排出量の削減もでき環境にやさしい
(1kwを24時間×1ヶ月使用すると約388Kg-CO2/月排出します)
- ◆ デマンド超過予測をメールで配信 (イメージ参照)
- ◆ PC・スマホ・タブレットから監視・遠隔操作が可能



イメージ：PC画面



イメージ：スマートフォン



ビッグログ：2000m³/min



- ・東京支店 東京都千代田区神田東松下町13 03-5296-0551
- ・大阪支店 大阪市西区南堀江3-9-27 06-6541-7931
- ・福岡営業所 福岡市博多区博多駅東1-16-8 092-431-7181

比較

	総電力量(kwh)	最大デマンド(kw)	BIGLOG	ジャンボ & 吹付け機	集塵機	備考
通常モード	9,931	618	3,766	1,028	1,489	(10/21) 13:00～(10/22) 12:00 23時間データ
節電モード	8,167	549	2,355	1,110	1,191	(10/22) 13:00～(10/23) 12:00 23時間データ
差	-1,764	-69	-1,411	82	-298	節電モード→通常モード
電力量料金	-21,608	-844	-17,285	1,005	-3,651	

電力量料金単価 12.25 円

通常モードの進捗は、○基
 節電モードの進捗は、○基
 一日の比較で、約20,000円の効果がある。
 施工サイクルが同じであれば、集塵機の削減量はもっと大きくなったと思われる。
 総電力の削減分 1,764kWhのうち 1,709kWh は、BIGLOGと集塵機の削減分であることから、全体の差は、ほぼこの2台分であると言える。
 ジャンボ & 吹付け機の電力量は、通常、節電モードによる効果はなし。