トンネル切羽安定度予測システム「TFS-learning」

ーAI(人工知能)が穿孔データから切羽安定度を予測ー

2017.2.16

安藤ハザマ　河邉　信之

発表概要

1．「TFS-learning」とは

2．背景

3．本システムの内容

4．本システムの効果

5．今後の展開

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

発表概要

1．「TFS-learning」とは

2．背景

3．本システムの内容

4．本システムの効果

5．今後の展開

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

１．TFS-learningとは

　トンネル切羽安定度予測システム「TFS-learning（Tunnel Face Stability calculate system by machine learning）」は、山岳トンネルの施工データを機械学習することにより、発破孔の穿孔データから切羽の安定度を自動的に予測できるシステムです。

共同開発：古河ロックドリル㈱、マック㈱

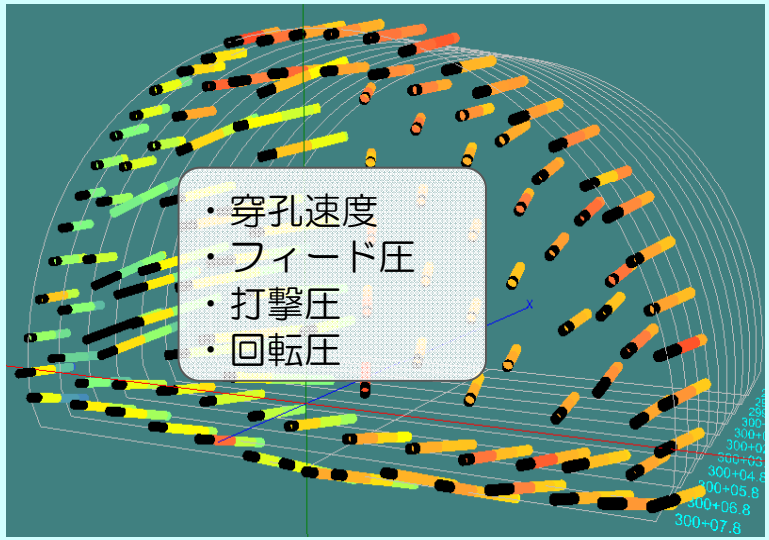
共同研究：進士正人 山口大学教授

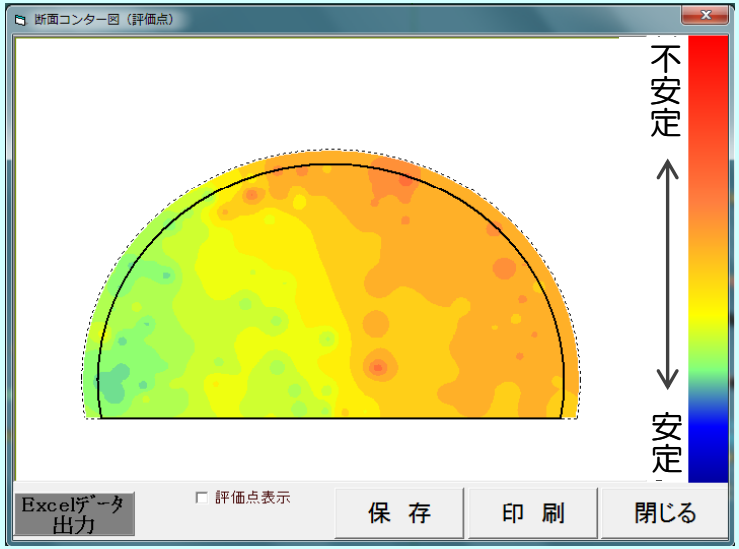
©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

3．本システムの内容

【切羽安定度予測の仕組み】

発破孔の穿孔データ → 変換 → 切羽評価点 → 地山の評価 → 切羽安定度の予測





切羽評価点とは

支保パターンを選定するために、切羽に点数付けを行ったもの。切羽安定度の指標となる。

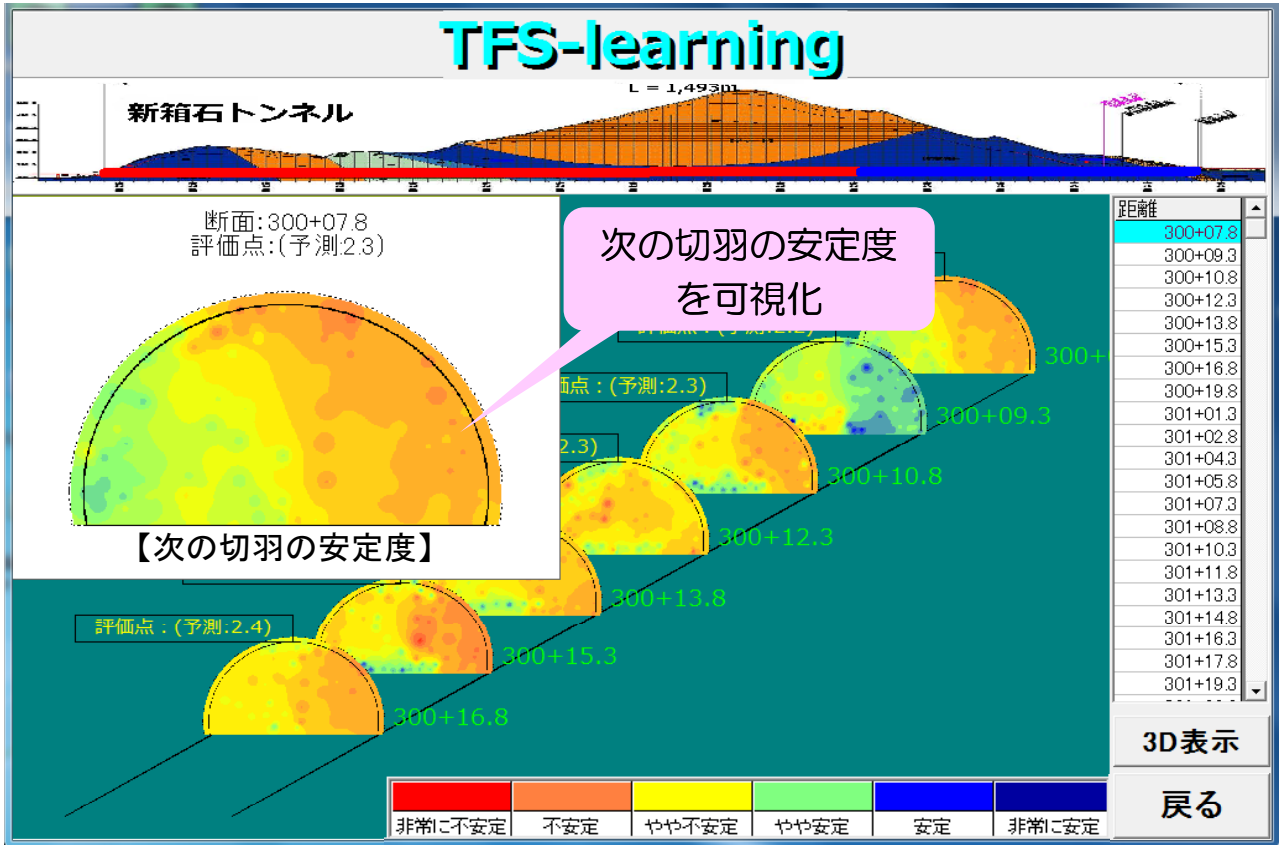
切羽評価点と地山の状態の関係

【切羽評価点】 良 ←→ 不良

【地山の状態】 安定 ←→ 不安定

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

1．TFS-learningとは



適切な対策工を実施可能

切羽作業の安全性が飛躍的に向上します！

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

発表概要

1．「TFS-learning」とは

2．背景

3．本システムの内容

4．本システムの効果

5．今後の展開

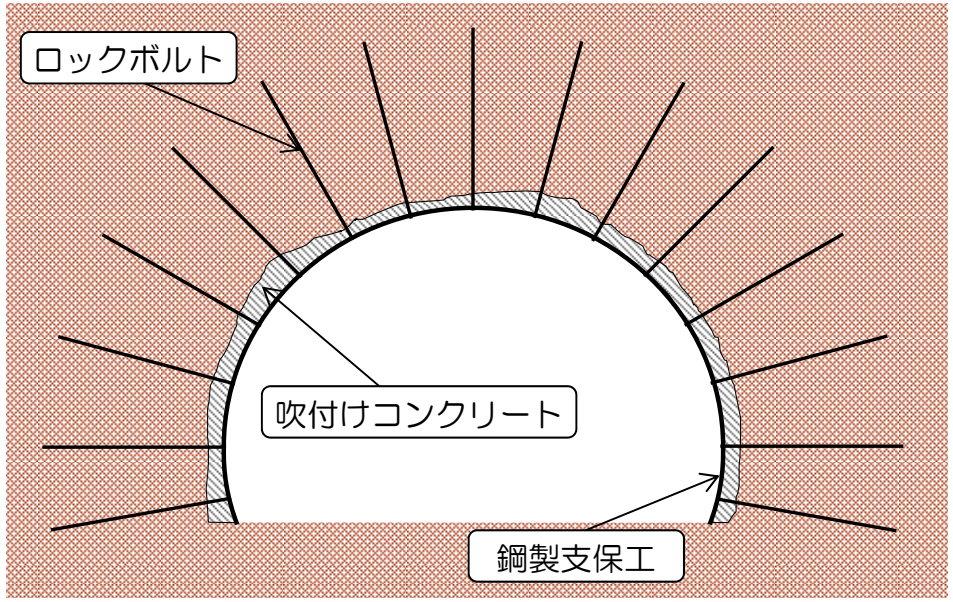
©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

2．背景

山岳トンネルでは、

・ロックボルト、吹付けコンクリート、鋼製支保工を用いて支保工を施工することによりトンネルを構築します

・支保工が施工されるまで<u>切羽が安定していることが前提</u>



©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

2．背景

山岳トンネルでは、切羽面直下での作業が発生します

☞落石や地山の崩落などに対して
危険が伴う作業

【爆薬の装填作業】

【鋼製支保工の建込み作業】

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

2．背景

通常、切羽の安定度は、作業員等が切羽状況を目視観察することにより確認します

☞切羽の不安定箇所の見落とし

☞切羽面からの落石や地山の崩落

【地山の崩落】

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

2．背景

落石や地山の崩落などに対して
危険が伴う切羽面直下での作業

×

切羽の不安定箇所の見落とし

×

切羽面からの落石や地山の崩落

→

切羽において
災害が発生

切羽面直下での作業前に、切羽の安定度を確実に
把握することが重要

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

本日の発表概要

1．「TFS-learning」とは

2．背景

3．本システムの内容

4．本システムの効果

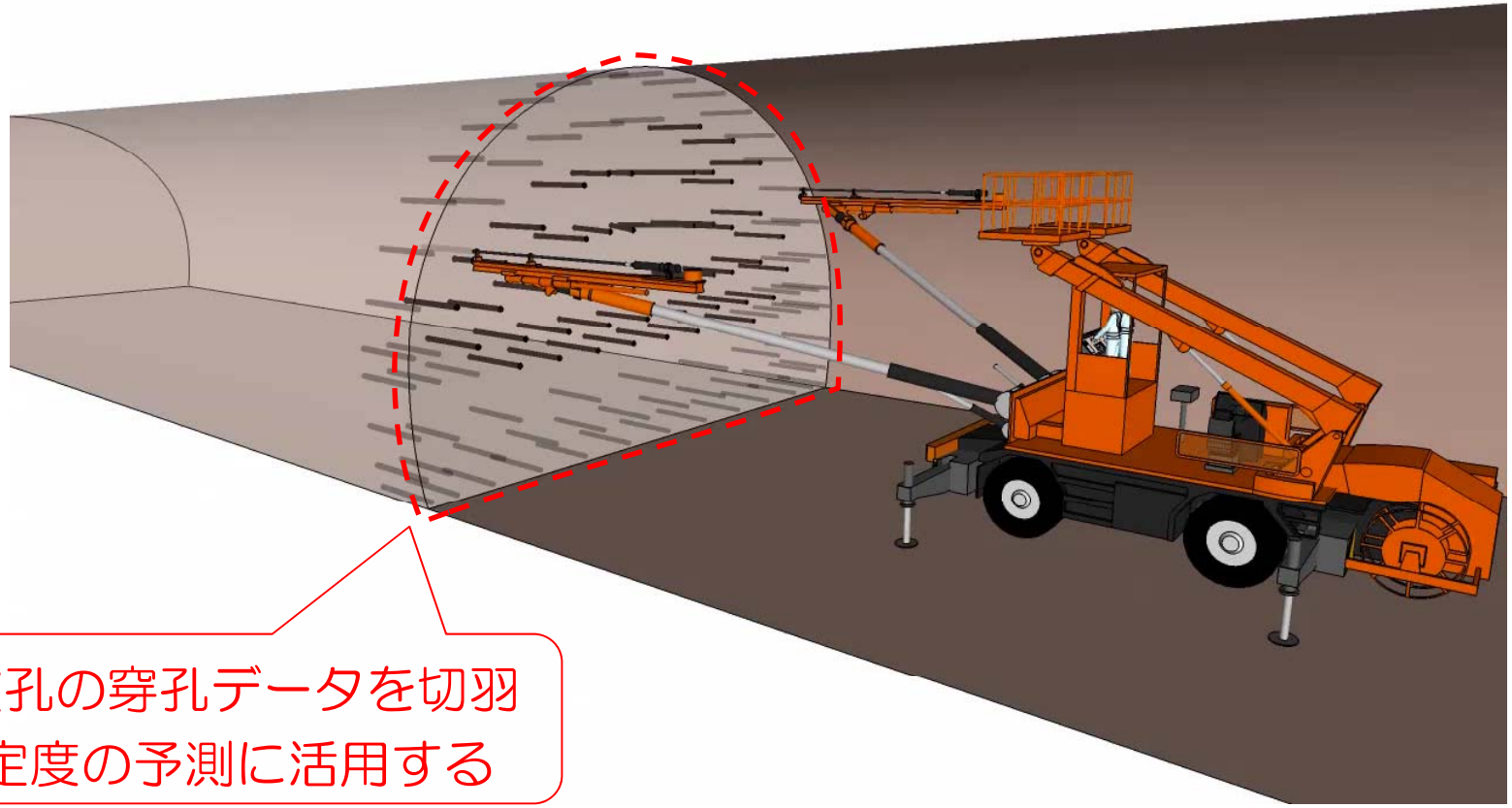
5．今後の展開

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

３．本システムの内容

【発破孔の穿孔データ】

発破掘削方式の山岳トンネルでは、油圧削岩機により発破孔（L=1～2m）を穿孔します



発破孔の穿孔データを切羽安定度の予測に活用する

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

３．本システムの内容

【穿孔データ】

油圧削岩機により岩盤を穿孔する際に得られる機械データ

穿孔データ

・穿孔速度(m/min)：単位時間あたりの穿孔長さ

・フィード圧(MPa)：穿孔ロッドを岩盤に押しつける力

・打　撃　圧(MPa)：穿孔ロッドの打撃作動油圧

・回　転　圧(MPa)：穿孔ロッドの回転作動油圧

※経験的に、地山が軟らかくなると、穿孔速度は速くなることが知られている。
また、その他のデータも地山の硬軟と相関関係がある。

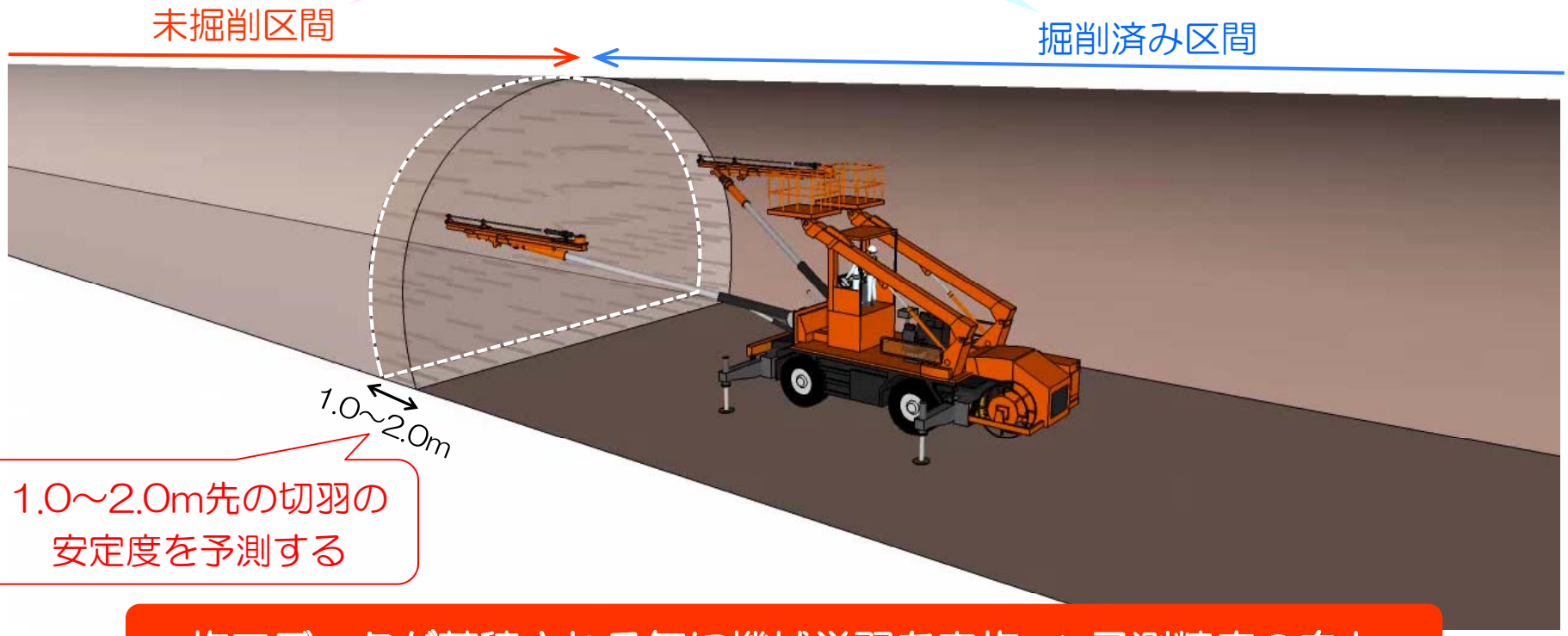
©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

3．本システムの内容

【切羽安定度予測までの流れ】

② 未掘削区間での切羽安定度予測
・新たな穿孔データから切羽評価点を算出し、それをもとに次の切羽の安定度を予測する

① 掘削済み区間での機械学習
・遺伝的プログラミングにより穿孔データと切羽評価点の相関関係を学習



1.0～2.0m先の切羽の安定度を予測する

施工データが蓄積される毎に機械学習を実施 ⇒ 予測精度の向上

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

３．本システムの内容

【遺伝的プログラミング（genetic programming）】

　生物の進化を模倣してデータ構造を変形、合成、選択することで、最適化問題の解法や有益なデータ構造の生成に利用する工学的手法です

・ロボットの制御プログラム作成

・電子回路の設計

・株価予測

など、さまざまな分野で応用されている

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

３．本システムの内容

【掘削済み区間での機械学習】

【発破孔の穿孔データ】

【切羽評価点】

↓

【遺伝的プログラミングによる機械学習】
穿孔データと切羽評価点の相関関係を学習

↓

【数理モデルの構築】
F（X_i）＝切羽評価点　，X_i：穿孔データ

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

３．本システムの内容

【未掘削区間での切羽安定度予測】

【新たな発破孔の穿孔データ】

↓

数理モデル

↓

【切羽評価点】

↓

安定度の目安となる参考値

↓

【発破後に露出する切羽の安定度を予測】
・カラーコンターによる可視化

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

本日の発表概要

1．「TFS-learning」とは

2．背景

3．本システムの内容

4．本システムの効果

5．今後の展開

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

４．本システムの効果

「TFS-learning」の効果は以下の通りです。

- 切羽全面を網羅的に評価できるため、不安定箇所を確実に把握できます。
- 発破孔穿孔時に、リアルタイムに次の切羽の不安定箇所を把握できます
- 不安定箇所に対して、鏡吹付けコンクリート等の最適な対策工を実施できます

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

4．本システムの効果

【適用現場の概要】

工 事 名 ：国道106号新箱石地区道路工事（新箱石トンネル）

発 注 者 ：国土交通省 東北地方整備局

工事場所：岩手県宮古市

地　　質 ：粘板岩、チャート

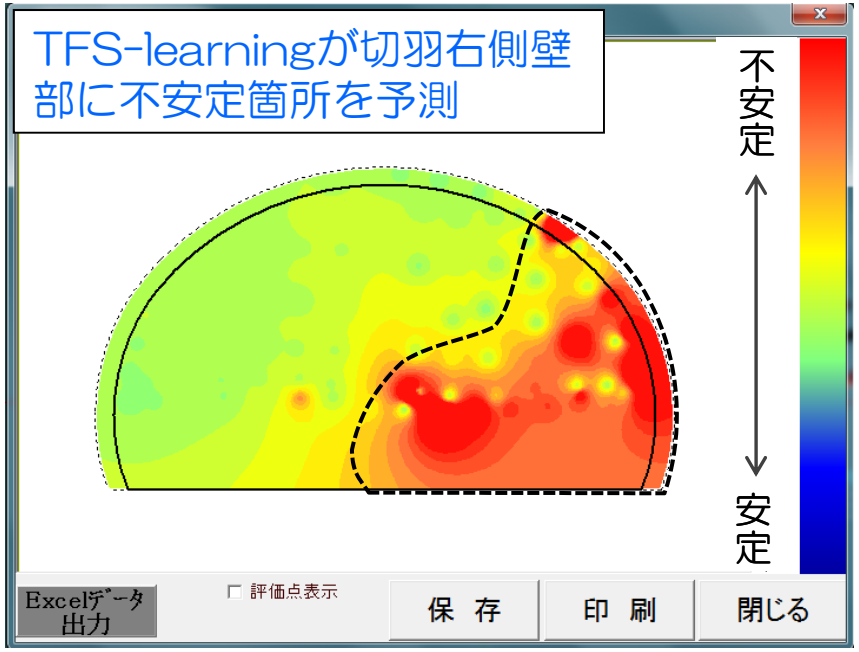
トンネル延長：1,493 m

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

4．本システムの効果

【新箱石トンネルでの適用状況】

効果の一例を示します。切羽の不安定箇所を確実に捉え、施工にフィードバックしています。



【発破前の予測結果（No.307+14.8）】

【発破後の切羽状況（No.307+14.8）】

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

本日の発表概要

1．「TFS-learning」とは

2．背景

3．本システムの内容

4．本システムの効果

5．今後の展開

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

６．今後の展開

- 当社が施工している山岳トンネル現場への展開を考えています
- 主に、長大トンネルにおいて、断層破砕帯等の地山脆弱部が存在する工事を中心に展開予定

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.

ご清聴ありがとうございました

©2013 HAZAMA ANDO CORPORATION. All Rights Reserved.