

# 山岳トンネルにおけるリアルタイム3次元地山評価システムの開発

瀬瀬 善孝\*                      山下 雅之\*\*  
 Yoshitaka Koketsu              Masayuki Yamashita

## 1. はじめに

山岳トンネルにおいては、施工を進めながら補助工法の要否や適切な支保パターンを判断するため、地山性状を迅速かつ詳細に評価することが重要である。近年ではコンピュータ制御のドリルジャンボの普及によって装薬孔やロックボルト孔等の施工時の削孔データの取得が可能となっており、当社では切羽前方探査（削孔検層）に加えて施工中の削孔データも活用してトンネル周辺地山を定量的かつ3次元的に評価する『DRISS-3D<sup>1),2)</sup>』を地山評価に用いてきた。しかし、『DRISS-3D』では事務所内のデータ処理を要しており、人手をかけることなく地山評価結果をリアルタイムに確認できる手法が求められていた。

そのような背景より、削孔したその場でデータが自動的に処理され、地山評価結果をドリルジャンボの運転席でリアルタイムに確認することが可能な『DRISS-3D\_Monitor』を開発した。本システムを活用することで、補助工法や支保パターンに関する迅速な判断や、データ解析人員の削減が期待される。

## 2. システムの概要

本システムは、制御ボックス、モニタ用PC、データ保存用PCにより構成されており（図-1、図-2）、リアルタイムかつ自動的に削孔データを処理することが可能である。

### (1) 制御ボックス

制御ボックスは、削孔データを取得するための装置であり、ドリルジャンボに配置される。削岩機の作動油圧が閾値以上になると、削孔中の各種作動油圧、削孔距離、削孔位置（測点、断面内の座標）、削孔角度等の削孔データが1秒間隔で記録される。

### (2) モニタ用PC

モニタ用PCはドリルジャンボの運転席に配置され、専用ソフトによる削孔データの処理や地山評価結果が表示される。まず、削孔データの中から実際に削孔が行われた時間帯のデータが抽出・分布され、各孔における深度ごとの評価値（岩盤強度、穿孔エネルギー等）が算出される。さらに、逆距離加重法による空間補間によってトンネル周辺地山全体の評価値の3次元分布が計算され、切羽面、踏前、天端から脚部までの壁面における地山評価結果が画面に表示される。これらの計算は削孔の最中に自動で行われ、画面上の表示は10秒間隔で更新される（図-3）。

### (3) データ保存用PC

データ保存用PCは、データのバックアップやクラウドへの転送を行うための装置であり、坑外の詰所等に配置される。制御ボックスやモニタ用PCで記録・処理されたデータは、坑内のアクセスポイントへ無線送信され、坑内LANを通してデータ保存用PCやクラウドに保存される。これにより、坑外の詰所等に加え、本社や支社等の遠隔地からもデータを確認して地山性状を把握することが可能となる。

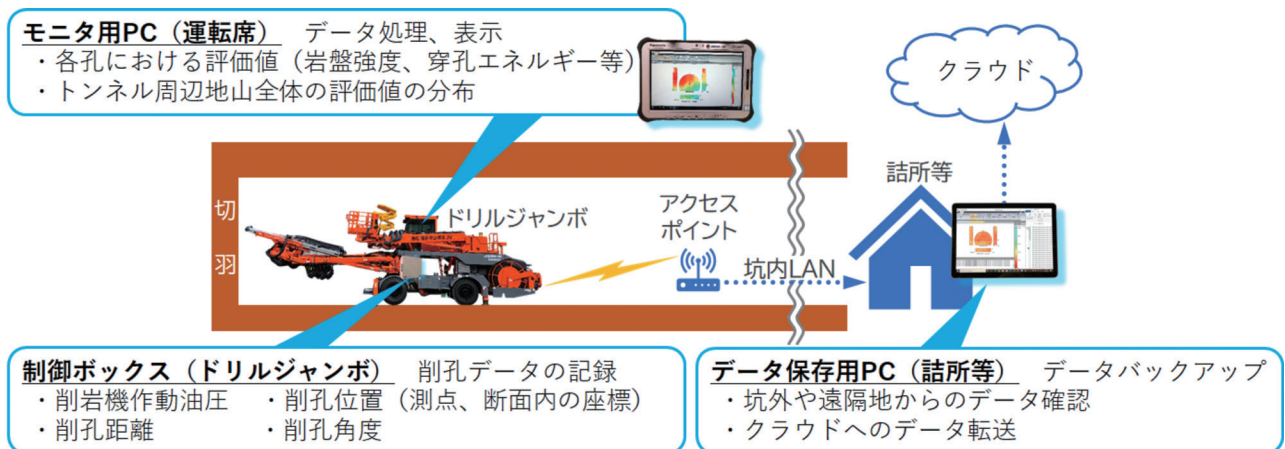


図-1 『DRISS-3D\_Monitor』のシステム構成

\* 技術研究所土木技術グループ

\*\* 技術研究所



図-2 ドリルジャンボに搭載した制御ボックスとモニタ用PC

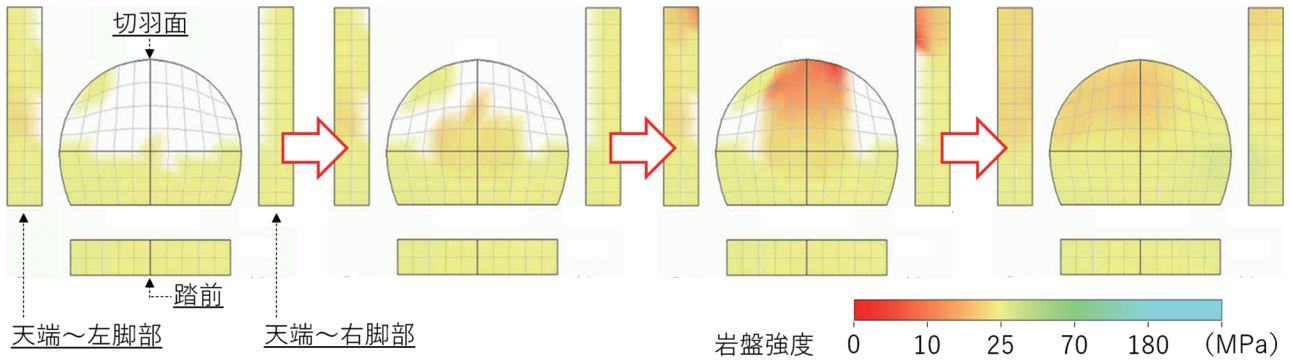


図-3 モニタ用PC上の地山評価結果の更新例

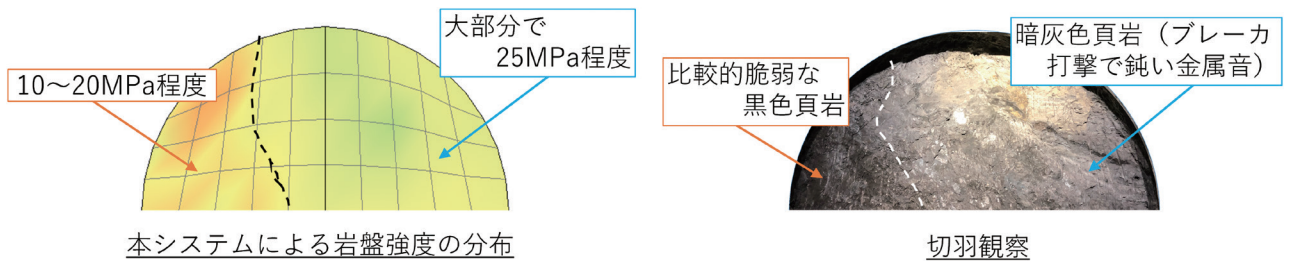


図-4 本システムによる地山評価結果と切羽観察の比較

### 3. 現場適用の結果

本システムを当社施工中の山岳トンネル現場へ適用し、有用性の確認を行った。事前調査においては、適用トンネルでは硬質頁岩や凝灰角礫岩を主体とする層が分布しており、岩盤強度が10~20 MPa程度であることが予想されていた。

装薬孔やロックボルト孔の削孔データから本システムで算出した岩盤強度の分布と、切羽観察の比較例を図-4に示す。強度分布の図によると、岩盤強度は切羽面の大部分で25 MPa程度であるが(図中の緑色や黄色の領域)、左肩付近では10~20 MPa程度と局所的に低い(図中の橙色の領域)。一方、切羽観察においても同様に、切羽面の中央~右側の地山はプレーカ打撃時に鈍い金属音が発生しており比較的硬質であるが、左肩の地山は比較的脆弱であることが示されている。両者の結果が概ね一致していることから、本システムによる地山評価結果は実際の地山性状をよく表現できており、支保パターンや補助工法の判断の一助として有用であると考えられる。

### 4. おわりに

今回、ドリルジャンボの削孔データを活用して、削孔したその場でリアルタイムに地山性状を3次元評価可能なシステムを開発した。今後は現場適用を続けて、地山評価の精度に関する検証や精度向上に取り組んでいくとともに、切羽前方探査のようにロッドの継ぎ足しが生じる場合の削孔データも自動処理できるようなシステムの改良を進める。

### 参考文献

- 1) 山下雅之, 三井善孝, 塚田純一: ドリルジャンボの削孔データを使用した3次元地山評価システムの開発, 第72回土木学会年次学術講演会, VI-208, 2017.
- 2) 山下雅之, 山本悟, 三井善孝: トンネル掘削時の削孔データを使用した3次元地山評価システムの開発, 土木学会トンネル工学研究発表会, 報告I-32, 2018.