

# 地山状況の診断を効率化する 「切羽観察システム」

城まゆみ・本間直樹・下茂道人・谷卓也\*1・川上純\*2

Keywords: tunnel face, database, observation system, ground condition, digital images

トンネル切羽，データベース，観察システム，地山評価点，デジタル画像

## 1. はじめに

トンネル工事では日常の施工管理業務として切羽観察日報の作成が行われる。切羽観察日報は発注機関への提出が義務づけられていると同時に、地山状況に適した支保選定が行われているかの確認、および設計変更の裏付け資料として利用される。その一方で、掘削直後における切羽のスケッチには危険を伴う、各作業所で蓄積した切羽の観察情報は工事が終了すれば顧みられず、有効利用が図られない、等の問題点も生じている。

近年、高性能のデジタルカメラが安価で入手できることから、切羽の写真デジタルカメラで撮影する作業所が増加しており、デジタルカメラの利用により効率化を図れるものと考えられる。

以上をふまえ、デジタルカメラの利用による切羽観察業務の効率化、OA化による切羽観察シートの高品質化、データベース化により施工への迅速かつ適切なフィードバックを図ることを目的とし、切羽観察システムの開発をH6～7、9年に行なった。しかし、本システムを取り巻く環境（ハードウェア、およびソフトウェア）が急速に進歩したため、今まで利用していたプログラムが適用できなくなった。そこで、現状の環境に適したシステムにするため、H11～13年にかけて本システムのバージョンアップを行なった。

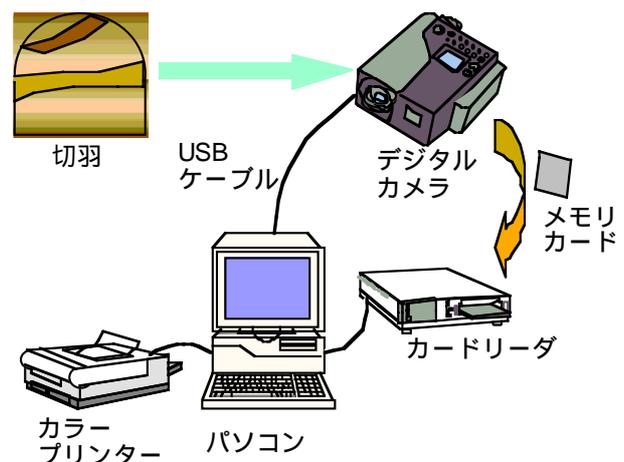
なお、本システムは、地山状況をあらゆる角度から総合的に診断するためのシステム「地山総合診断システム」を構成する機能の主軸となるシステムである。

## 2. システム概要

### 2.1 ハードウェアの構成

切羽観察システムは、カメラ関連機器およびパソコン関連機器から構成される。カメラはストロボ内蔵、または外付けのストロボを取り付けたデジタルカメラを使用し、使用するレンズは35mmフィルム換算で焦点距離が28mm以下の広角レンズを用いることが望ましい。なお、アナログカメラのフィルムに相当するCCDは200万画素程度あれば十分である。

利用可能なパソコンはマウス付きDOS/V機で、CPU：PentiumII-400MHz相当またはそれ以上、OS：Windows98以上、ハードディスクの空き容量：4GB以上が必要である。周辺機器としては、切羽画像をカメラからパソコン



- < 動作環境 >
- ・機種 : DOS / V<sup>レ</sup> ソン
  - ・OS : MS-Windows98
  - ・CPU : Pentium II 400MHz以上
  - ・ディスク容量 : 4GB以上

図-1 ハードウェア構成図  
Hardware system

\*1 名古屋支店飛騨トンネル工事作業所

\*2 技術センター土木技術開発部



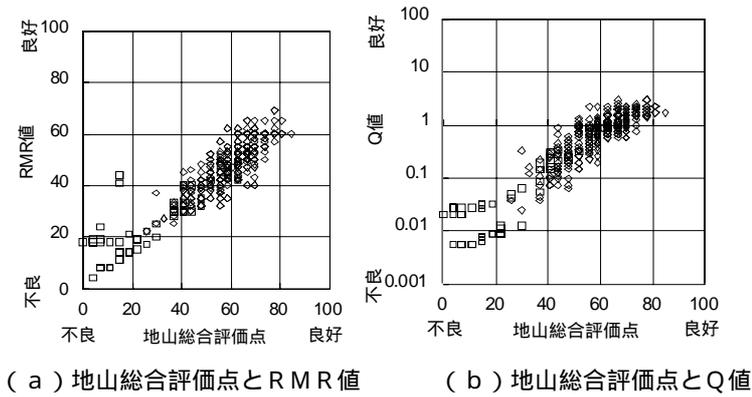


図-4 地山総合評価点とRMR値、Q値の相関図  
Correlation between RMR values and Total Evaluation Points, and Correlation between Q values and Total Evaluation Points.

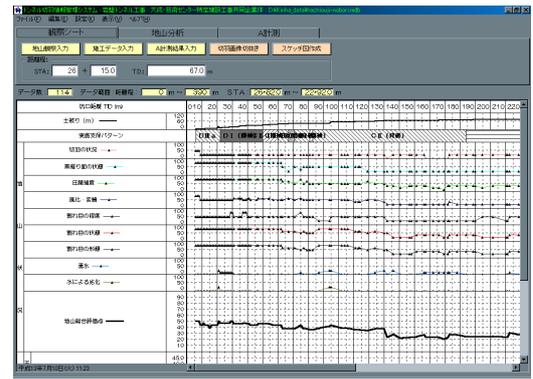


図-5 トレンドグラフ表示画面  
Trend graph of screen

での情報を得ることができる。したがって、切羽観察で得られた情報による地山評価には、地山状況の変化を敏感に捕らえることができる評価法を採用することが望ましい。また、定量化されていると分かりやすい。

これまで国内外において、切羽観察の各チェック項目を5段階程度にランク分けし、各ランクに設定した評点を集計することにより、地山状況を定量化して評価する方法（評価点法）が検討されてきている。また、評価点と支保形式との関連性についても併せて検討されている。

しかし、このような国内外の評価法には、「弾性波速度」「岩石試験結果」「ボーリングコアからのRQD」など、施工中の切羽の観察では評価しにくい項目を適用した評価手法や、評価方法自体が煩雑、あるいは難解であるなど、日常の施工管理に利用するためには、一部変更を要する評価手法もある。

本システムで採用している地山評価手法（以降、地山総合評価点法<sup>1)</sup>と呼ぶ）は、国内外における多くの地山評価方法を分析し、日本の地質や施工システムに適合するように再検討した手法である。

地山総合評価点法は「道路トンネル観察・計測指針」の切羽観察に関する指針を準拠し、さらに当社のトンネル施工実績の検討結果から得られた知見に基づいて、各地質に併せた切羽観察チェック項目を適用している。そのため、地山状況を不良化する要因をある程度絞り込み、切羽観察チェック項目を簡素化することができるため、観察者の負担を軽減することができる。また、チェック項目が簡素化されているにもかかわらず、海外の地山観察評価点法（例えば、Q値法<sup>2)</sup>、RMR法<sup>3)</sup>、等）によって算出された評価点と同等の評価結果を得ることができる。

図-4は砂岩泥岩互層に位置するAトンネルにおける、

地山総合評価点とQ値、RMR値の相関図である。この図から、地山総合評価点法と他の評価点法との相関性が確認できる。

ただし、地山総合評価点法は地山状況の変化傾向を確認するために考案された評価手法であるため、点数自体は絶対的な意味を持っていない。

2) トレンドグラフ表示機能

本システムのメイン画面は、各観察チェック項目データや計測データのトレンドグラフ表示画面である。トレンドグラフは、各地山についての情報が一覧できるため、地山状況の変化を把握する上で非常に有用である。図-5にトレンドグラフ表示画面を示す。

3.2 切羽観察日報作成機能

1) データ入力機能

地山状況情報の入力はマウスによる選択入力を基本とし、数値や注釈等のコメント文はキーボードで入力する。図-6にデータ入力画面を示す。

2) 画像取り込み機能

デジタルカメラからパソコンに取り込んだ画像データを、画面上に表示する。次にトンネルの設計断面形状に合わせたマスクファイルを読み込み、画面上に表示す

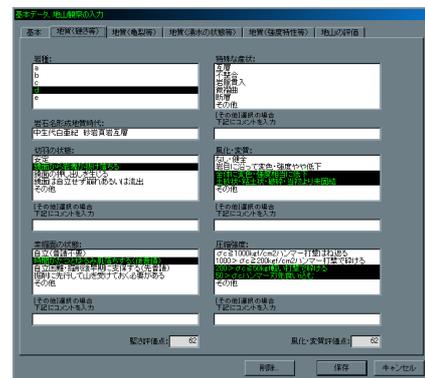


図-6 データ入力画面  
Data input screen

地山状況の診断を効率化する「切羽観察システム」

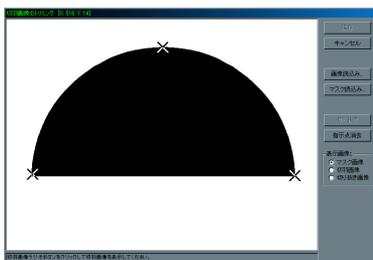


図-7 マスク画像と指示点  
The masking image and the indication points



図-8 切羽画像と指示点  
The tunnel face image and the indication points



図-9 切り抜かれた切羽画像  
The cut out image of tunnel face



図-10 切羽スケッチ画面  
The screen for sketch of tunnel face

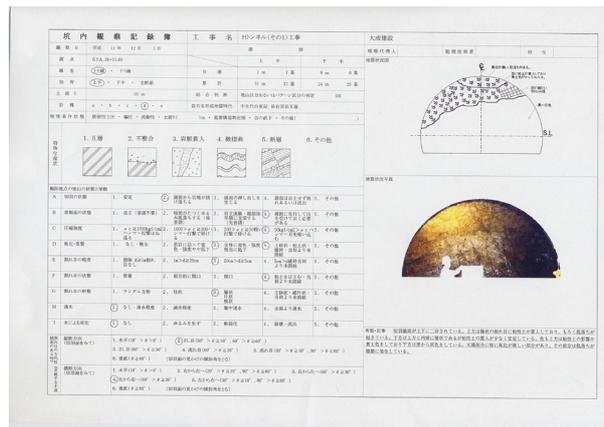


図-11 切羽観察日報の出力例  
A sample output of the daily report of tunnel face data

る。トンネルの設計断面形状と切羽画像のトンネル断面形状を一致させるため、マスク画像上に3点の指示点をとる（図-7）、次に切羽画像上でマスク画像上の指示点に相当する位置に指示点をとる（図-8）。このようにして与えた指示点をもとに、平行移動、拡大縮小、歪みに関する幾何補正が自動で行なわれ、切羽画像の切羽部分のみをトンネル設計断面形状に合致させて切り抜いた画像が作成される。図-9に切り抜いた切羽画像の例を示す。

なお、切羽画像のサイズはどのような解像度のカメラで切羽を撮影しても、最終的には640×480サイズに自動変換される。

3) 切羽スケッチ機能

切羽スケッチをパソコン上で描画するために、切羽画像データをパソコン画面に表示する。その表示画面に記号、文字、図形、あるいは色塗り等によってコメントを上書きする。基本的な操作はマウスで行ない、文字はキーボードで入力する。図-10に切羽スケッチ画面を示す。

4) 切羽観察日報の印刷機能

切羽状況情報、切羽スケッチ、切羽画像をA3用紙1枚に印刷する。図-11に切羽観察日報の出力例を示す。

3.3 データベース機能

1) 切羽画像の表示機能

・切羽画像の連続表示

切羽画像を切羽位置順に連続的に表示する。切羽画像のサイズは大中小の3種類から、また表示方向は、左右30°と60°、および90°より選択する。表示する位置は任意に決めることができる。図-12に切羽画像の連続表示画面を示す。この表示により、地質の連続的な構造を3次元的に把握することができる。

・切羽画像の一覧表示

切羽画像を切羽位置順に一覧表示する。図-13に切羽画像の一覧表示画面を示す。

2) データ分析機能

各チェック項目データや計測データ間の相関図を迅速に作成し、表示する。相関をとりたい項目、および範囲は任意に選択できる。図-14に相関図表示画面を示す。この相関図を利用することにより、地山の変形特性が依存している地山要素（地山観察チェック項目）を把握することができる。

3) データの入出力機能

本システムで保存したデータは全てテキストファイル

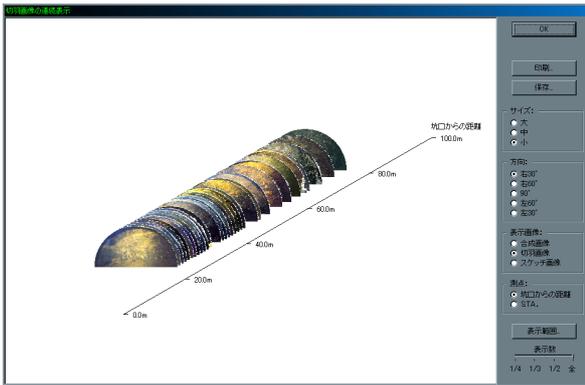


図-12 切羽画像の連続表示  
The display of a series of tunnel face images

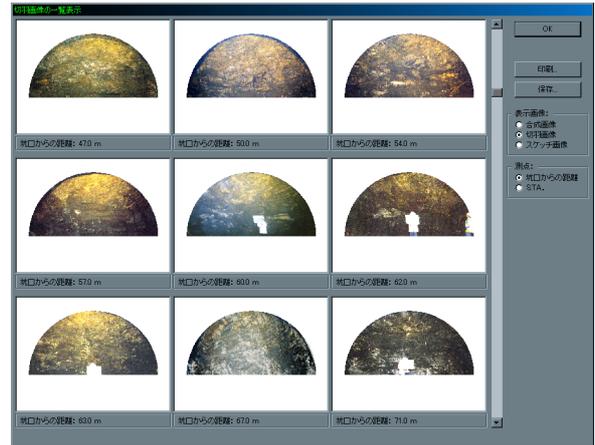


図-13 切羽画像の一覧表示  
The thumbnail display of tunnel face images

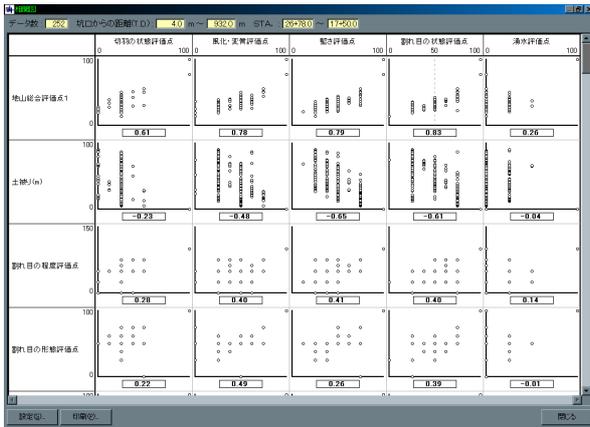


図-14 相関図一覧表示  
The display of correlation plots

に入出力可能であるため、他のシステムとのデータの受け渡しができる。

## 5. 導入効果

本システムの導入効果を次に述べる。

### 1) 安全性の向上

切羽画像を併用することにより、切羽近傍でのスケッチ作業時間が短縮し、安全性の向上につながる。

### 2) 施工管理の効率化

デジタルカメラにより写真撮影を行なうため、切羽画像をパソコンに直接取り込み、保存することができ、また、その他のデータについてもパソコンに取り込むことができるため、過去の記録が必要な時に迅速に検索できる。また、OA化により切羽観察シートの品質も向上する。

### 3) 施工管理の高度化

地山状況や計測データを入力することで、膨大なデー

タを総合的に検討（支保の規模、等）でき、施工への迅速かつ適切なフィードバックを図ることができる。また、総合的に検討した結果（時系列図、切羽画像連続表示、相関図、等）を利用することにより、発注先に設計変更のための説明資料を迅速に提供できる。

あるいは、地質・計測・施工に関するデータベースは、トンネル完成後の維持管理に利用できる。さらには、別現場の参考資料としても活用できる。

## 6. おわりに

現在、ITを活用した切羽日報作成システムが、各方面で開発、利用されている。本システムも、切羽観察日報の作成を迅速、簡便に行なうことができるシステムである。また、簡便でありながら国内外の評価法と同等の評価ができる地山評価法を採用し、地山状況を分析できる特徴も併せ持つ。

今後、安全性の向上、日常の施工管理業務の効率化のため、トンネル現場への普及を図る。

### 参考文献

- 1) 土山茂希, 早川誠, 本間直樹, 竹田直樹: 硬岩地山における地山評価方法について, 第20回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.234-238, 1988.
- 2) Barton, N., Lien, R. and Lunde, J.: Engineering Classification of Rock Mass for the Design of Tunnel Support, Rock Mechanics, Vol. 6, No.4, pp.189-236, 1974.
- 3) Bieniawski, Z.T.: Geomechanics classification of rock masses and application in tunneling, Proc. 3rd. Int. Cong. Rock Mech., Vol. 2, Part A, pp.27-32, 1974.