

II-11 3次元き裂分布可視化システムの開発

(株)大林組 情報システムセンター 中尾通夫

(株)大林組 技術研究所 畑 浩二

(株)大林組 情報システムセンター ○北岸秀一

1. はじめに

我が国の地質構造は非常に複雑であるため、断層、節理、き裂などの不連続面を避けてトンネルをはじめとする地下構造物を構築することは困難である。地下発電所空洞のように空洞規模が大きくなればなるほど、空洞の安定性評価に不連続面の影響を無視して考えることができなくなる。特に、き裂性岩盤では、不連続面によって囲まれた岩盤ブロックが空洞掘削によって移動可能となる場合があり、天端や側壁に生じると滑落や崩壊がおこり、施工上極めて危険であるとともに、空洞の安定性の損なわれることがある。そこで、施工時の安全性確保や、適切な対策工法選定のためには、不連続面の3次元的な幾何学的分布状況を迅速に把握することがきわめて重要になる。従来、地下発電所のように大きな掘削断面積を有する地下構造物では、地質専門家によって詳細に地質情報が抽出され展開図等で示されていた。しかし、即時性という観点からは乏しく、施工にリアルタイムでフィードバックすることは困難であった。

そこで、著者らは、従来から行われている、観察者の目視観察から作成された切羽観察記録によってき裂の方向性や広がりやを推定する方法ではなく、カメラによって撮影された切羽画像を利用する方法を考えた。そして、この切羽画像を用いて、未掘削領域での不連続面の分布状況や岩盤ブロックを予測し、3次元的に可視化するためのプロトタイプ・システムを構築したので、ここに報告する。

2. システム概要

本システムは、デジタルカードカメラを用いて撮影した切羽画像をパーソナルコンピュータ上に取り込み、この画像から、き裂の情報を抽出し、3次元的なき裂面および岩盤ブロックを推定し、3次元CAD上に表示する、というシステムである。

デジタルカードカメラによって撮影した切羽画像を利用することによって、き裂面、岩盤ブロックの推定精度ならびに速度が向上すること、さらには、得られたき裂データをデータベース化し易く、他の解析ソフト等への利用が容易になることなどが利点として挙げられる。

ハードウェア・ソフトウェア環境およびシステムの流れを以下に記す。

(1) ハードウェア環境

- (a) パーソナルコンピュータ：切羽面、岩盤ブロックの推定処理に使用する。
- (b) デジタルカードカメラ：トンネル切羽撮影に使用する。(表 2.1 参照)

表 2.1 デジタルカードカメラの性能

撮影素子	2/3インチ130万画素 (有効画素数: 1280×1000)
画像保存形式	TIFF形式、JPEG形式
記憶媒体	PCMCIA/JEIDA規格PCカード
出力	デジタル: RS-422、ビデオ: NTSC

表 2.1 に示すように、画像保存形式には、TIFF 形式と JPEG 形式の 2 種類がある。また、JPEG 形式には、圧縮率によって 3 種類の保存方法がある。各保存形式に関する情報を表 2.2 に示す。

表 2.2 画像保存形式

保存モード	画像形式	圧縮モード	容量(KB)
高精細モード(HIGH)	TIFF形式	非圧縮	約2500
精細モード(FINE)	JPEG形式	1/4圧縮	約620
標準モード(NORMAL)	JPEG形式	1/8圧縮	約320
高圧縮モード(BASIC)	JPEG形式	1/16圧縮	約160

- (c) イメージメモ리카ード：IMAGE MEMORY CARD HG-15 を使用する。
このメモ리카ードは、最大 15MB までの画像ファイルを記憶できる。したがって、標準モードで撮影した場合には、43 画像の撮影を行うことができる。
- (d) その他：カラープリンタ、テレビモニター、ビデオプリンターなど

上述した、ハードウェアの構成図を図 2.1 に示す。

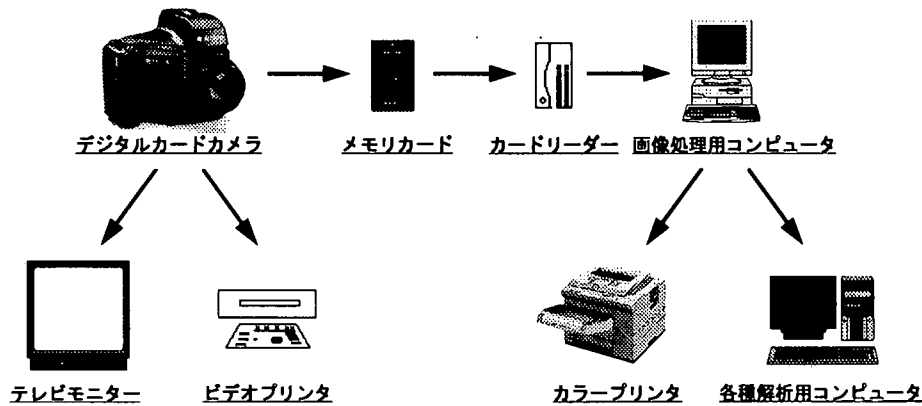


図 2.1 ハードウェア構成図

(2) ソフトウェア環境

本システムは、MS-Windows3.1 および Windows95 上で稼動する。システム開発に当たっては、ユーザインターフェイス部分およびデータ作成のための計算処理などを Visual Basic(以下、VB) で作成した。また、様々なソフトウェアの特徴を活かすために、切羽画像の読込には、PaintShopPro(フォトタッチソフト)を使用し、岩盤ブロックなどの 3 次元的な表示には、AutoCAD(3D-CAD)を使用している。

ソフトウェア間の関連を図 2.2 に示す。

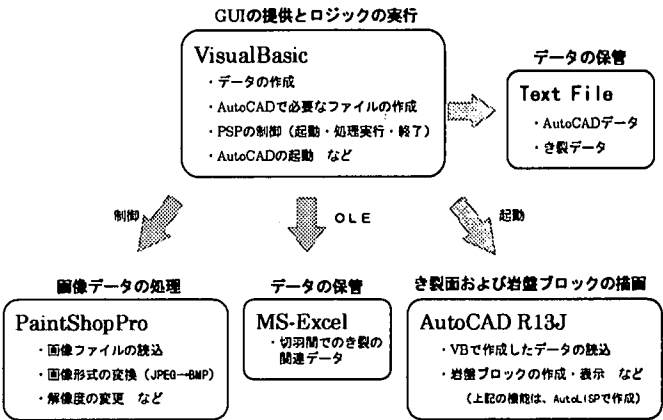


図 2.2 ソフトウェア

(3) システムの流れ

本システムの概略フローを図 2.3 に示す。図中①～⑦についての説明を以下に記す。

①デジタルカードカメラによる切羽の撮影

施工現場において、デジタルカードカメラを使用して、切羽の写真撮影を行う。撮影の際には、切羽面の全面が 1 枚の写真に入るように注意して撮影する必要がある。

②パソコンへの切羽画像の取り込み

切羽撮影後、メモリカードをパソコンに装着し、切羽画像をパソコン内に取り込む。

③基準点およびスケールの抽出

パソコン内に取り込んだ切羽画像をディスプレイ上に表示する。そして、この画像を見ながら、マウス操作により、座標基準点およびスケールを決定する。

④き裂の抽出

操作③と同様に、マウス操作により、き裂を抽出する。各切羽画像に対して操作①～④を行う。き裂データ抽出時の画面イメージを図 2.4 に示す。

⑤切羽間におけるき裂の同定

ここでは、切羽間のき裂の連続性を関連付ける。関連付けは、連続した2つの切羽間で行う。この操作時の画面イメージを図 2.5 に示す。

⑥き裂面データの生成

操作①～⑤完了後、き裂面のデータ生成を行う。

⑦き裂面・岩盤ブロックの表示

ここでは、対象トンネルモデルのファイルを開き、操作⑥で生成したデータから、3次元的なき裂面および岩盤ブロックの描画を行う。

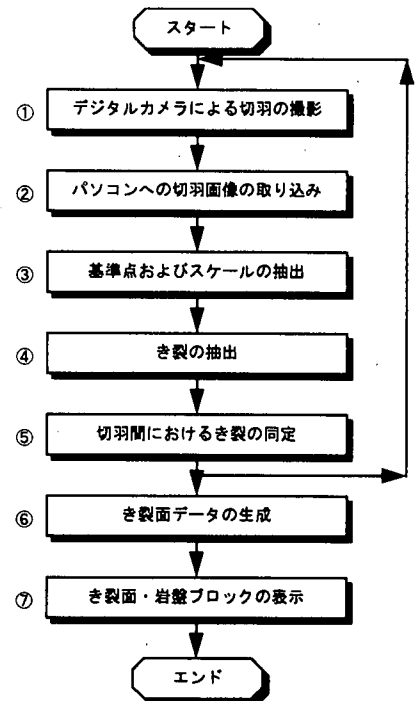


図 2.3 システム・フロー

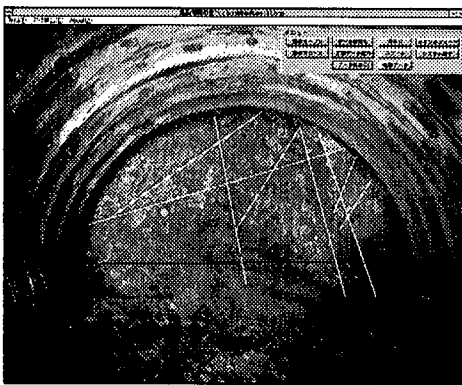


図 2.4 き裂データ抽出例

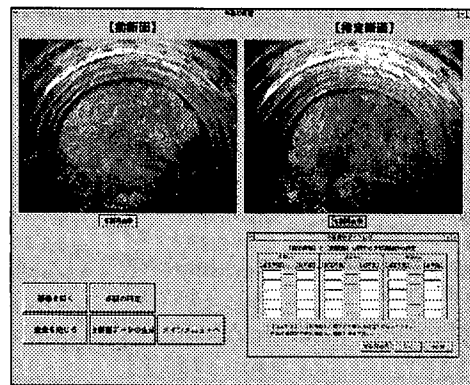


図 2.5 き裂の同定例

3. システムの適用

(1) 適用事例

某山岳トンネルでの撮影画像を利用して、本システムの適用性を検討した。切羽撮影地点の岩盤は頁岩を主体として砂岩、チャートが介在していた。き裂間隔は 20cm 程度であり、き裂の形態は方向性を呈していた。また、き裂は全体的に開口していた。

撮影画像には測量用のレーザー照射ポイントが左右2点写り込んでいたことから、この左点を基準点に、レーザー照射ポイントの間隔をスケールにそれぞれ設定した。

適用に際しては、2つの切羽を対象とした。

(2) 適用結果

デジタルカードカメラで撮影した、2つの切羽画像を用いて、本システムに適用した結果を図 3.1～3.4 に示す。

き裂面の推測結果を下図に示す。図 3.1 はワイヤーフレーム表示した結果であり、図 3.2 はレンダリング表示した結果である。

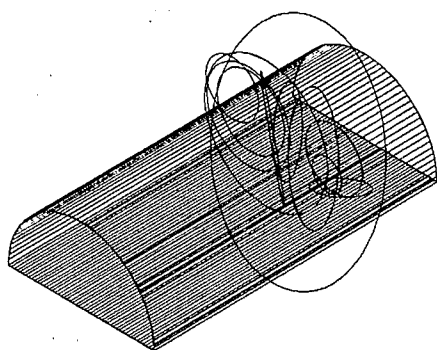


図 3.1 き裂面の描画【ワイヤーフレーム・モデル】

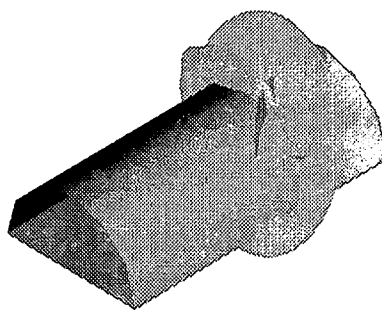


図 3.2 き裂面の描画【レンダリング・モデル】

また、岩盤ブロックの推測結果を下図に示す。図 3.3 はワイヤーフレーム表示した結果であり、図 3.4 はレンダリング表示した結果である。

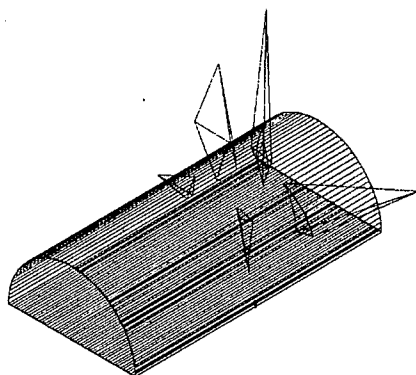


図 3.3 岩盤ブロックの描画【ワイヤーフレーム・モデル】

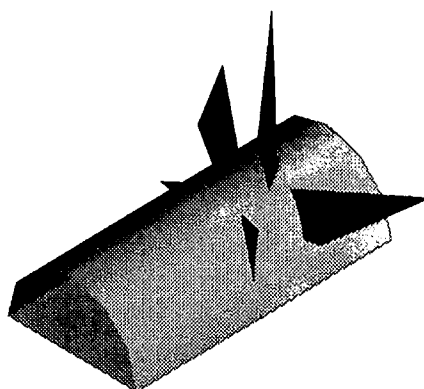


図 3.4 岩盤ブロックの描画【レンダリング・モデル】

4. 考察

図 3.3、3.4 から分かるように、本システムにより 5 つの多角形ブロックが生成されている。その内、特に、左側壁に生成されているブロックを除いた 4 つのブロックは先細の形態をしているため移動（滑落や崩落）可能であると考えられる。実施工において、天端および右肩部では掘削直後から逐次小規模崩落が生じており自立性の乏しい地山であったことから、この解析結果はある程度の実現象と整合性があると考えられる。

5. おわりに

著者らは、デジタルカードカメラを用いて撮影した切羽画像から、2 次元的なき裂データを抽出し、このデータから 3 次元的なき裂面および岩盤ブロックを推定し、可視化する、というシステムを開発した。そして、本システムを施工中のトンネル現場に適用した。その結果、ある程度、実現象との整合性が得られた。

今後、適用事例を増やし、本システムの妥当性を検討していく予定である。また、機能の追加（既存の解析システムとのリンクなど）についても検討していく予定である。

参考文献

- 1) 谷本親伯・吉岡尚也・藤原紀夫・畑浩二・木梨秀雄・中尾通夫：トンネル切羽評価の意義について、第 8 回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，pp.249-254，1990。