

土木分野における画像情報処理システムの構築と利用例

(顧問組) 〇笠博義、楠達夫、田中正、佐々木肇

1. まえがき

土木分野における画像情報の利用は、これまで空中写真や地図といったような印刷物の利用が中心であったが、最近のコンピュータによる画像処理技術の発達・普及に伴ってCADに代表されるような情報加工が容易なデジタルデータを用いた活用が盛んになっている。また、熱や水の流れるように、本来人間の目では直接観測することが困難であったものについても、赤外線やマイクロ波などの利用により可視化することが容易にできるようになった。さらに、一般にこれらの処理・解析を実施するためのハードウェア、ソフトウェアともに低価格化が進んでいる。

このような背景において、CAD以外にも、様々な画像情報を土木分野で有効に利用することができるものと考え、汎用画像処理装置を中核とした画像情報処理システムを構築したので、実際の利用例を中心にここに報告する。

2. システム構成

2.1ハードウェア構成

当システムは図-1に示すように、中核をなす画像処理装置とホストコンピュータおよびパソコンとを接続し、どちらからでも制御できるようにしてある。画像データの入力はMT、ビデオカメラ、デジタイザーを、画像出力にはカラーイメージモニタ、ハードコピー装置(カラーコピー、35mm写真、インスタント写真)を用いている。また、画像データの保存にはパソコンのフロッピーやホストコンピュータの磁気ディスクも利用できるが、画像処理の性格上、大容量の記憶媒体が必要であるため、光ディスクを利用することができる。

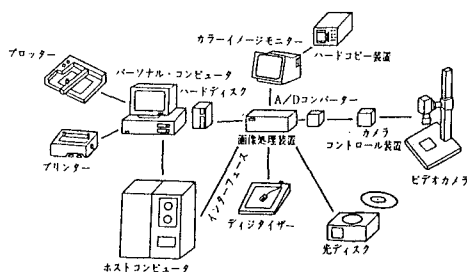


図-1 ハードウェア構成

2.2ソフトウェア構成

当システムはホストコンピュータにより画像処理装置を操作するソフトウェア「PNEXUS」および、岩盤調査解析ソフトウェア「IRIS」、リモートセンシングデータ処理解析ソフトウェア「RSPS」から構成されている。「IRIS」および「RSPS」は後に改めて説明するので、ここでは「PNEXUS」について簡単に説明する。

「PNEXUS」はホストコンピュータによって画像処理装置を起動し、ビデオカメラから画像の入力、光ディスクへの画像の書き込み、レベルスライス画像や二値化画像など基本的な画像処理を行うものである。図-2に「PNEXUS」の構成を示す。

メ ニ ュ ー ド ラ イ バ	カメラ入力 ビットマップ画像入出力 光ディスク画像入出力 バックアップ・リカバリ操作 フィルタリング イメージスライス メモリ間演算 2値化 2値画像処理 直接コマンド ・ ・	画 像 処 理 装 置 ド ラ イ バ
--------------------------------------	---	--

図-2PNEXUSの構成

3. 画像情報処理システムの利用例

3.1 リモートセンシングデータ処理への応用

リモートセンシングデータは広域を同一精度で観測できること、赤外線領域のデータから温度や、植性に関する情報を入手できること、周期的にデータを取得できることなどの特徴から、土木分野においては海洋開発、環境監視、または基礎データとなる資料が乏しい地域の開発などにおいて有効であると考えられる。また、最近では斜面崩壊の予測などに適用し、防災土木における適用へも期待が高まっている。

以上のような背景からリモートセンシングデータの汎用解析ソフトウェアとして開発したものが「RSPS」である。

「RSPS」による処理結果を写真-1、2に示した。写真-1は最尤法によって土地被覆分類を行ったもので、写真-2は主成分分析により海域の流れのパターンの可視化を試みたものである。これらの処理結果は今後開発計画における基礎資料として提供できるように検討を重ねる予定である。

3.2 岩盤調査・解析への応用¹⁾

地下発電所や地下備蓄基地のように、岩盤内に地下空洞を掘削する工法として、NATM工法の普及に伴って節理性岩盤の取扱が重要になってきている。これによって岩盤調査の結果を設計・施工に有機的に反映させることの必要性が従来以上に増してきた。そこで、これまで地質技術者がクリノメーター等を用いて人力で行ってきた調査を自動化し、その結果を解析し、施工に迅速にフィードバックする一貫システム「IRIS」を開発した。

「IRIS」は岩盤面を撮影したステレオ写真をビデオカメラにて画像処理装置に入力し、これを画像処理、写真測量技術を用いて節理の走向／傾斜を算出し、この結果を用いてブロック理論により解析を行い、掘削によって崩落、滑動する危険性がある岩盤ブロック（キープロック）を予測するものである。この方法により抽出された節理トレースおよびその結果をもとに自動探索された閉領域を写真-3、4に示した。現在、節理トレースの自動抽出において誤判読される場合があることがわかっており、今後は適用例を蓄積し、有効な判読技術を確認する必要がある。

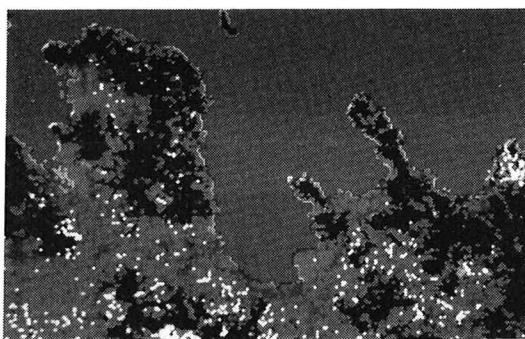


写真-1 最尤法による土地被覆分類画像

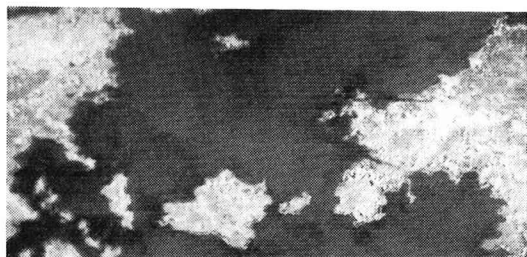


写真-2 主成分分析による海流パターンの可視化

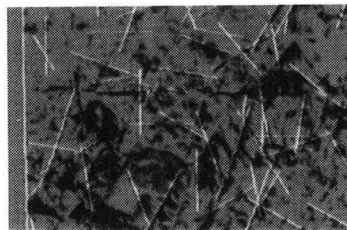


写真-3 抽出された節理トレース

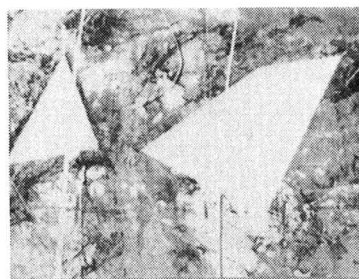


写真-4 自動探索された閉領域

3.3 水理実験への応用²⁾

大規模な海洋構造物を建設する場合は、その構造物に対する波浪や海流の影響、または構造物の環境への影響などを事前に調査するためにも実験水槽や実験水路を用いた水理実験の重要性が高まっている。

ここで紹介する実験は湧昇流発生構造物（人工海底山脈）の湧昇特性を把握するために実施されたものである。

この実験は図-3に示すように、深浅2層の流れ（深層は塩水、浅層は水道水）の存在する実験水路内に模型の湧昇流発生構造物を設置し、その影響を流速計、電導度計および写真撮影によって調査するものである。深層流はメチレンブルーによって可視化されている。この写真をビデオカメラで画像処理装置に入力し、A/D変換し、デジタル化された画像データに適当なレベルスライス処理を施すことによって深層流の拡散、浅層流との混合状態などを把握することができる。原画像を写真-5に、G (GREEN) 画像の処理結果を写真-6に示す。

本手法にて得られた画像処理結果と伝導度計から求められた塩水濃度分布結果とは必ずしも一致しないが、画像の取り込みや、撮影条件の改良によってある程度改善されるものと考えられる。また、濃度と輝度の関係をより詳細に検討することによって補正式を提案することも有効な方法であると思われる。

3.4 ベントナイト緩衝材含水比分布測定への応用

ベントナイト緩衝材は高レベル放射性廃棄物処分において廃棄物を格納したキャスクを保持し、地下水の浸透などからキャスクを保護するものとして、各方面で研究が進められている。ここではベントナイト緩衝材の浸透実験において、供試体表面の含水比の分布を実際に計測するとともに、画像処理による把握を試みたものである。ここで用いた画像処理手法は前項で紹介したものとはほぼ等しく、一度写真撮影されたものをビデオ入力し、レベルスライズを行い、さらにスムージングフィルターをかけたものである。写真-7に結果の一例を示す。実測含水比を補間し、面的な分布を把握する意味でこの画像は有効であると考えられる。

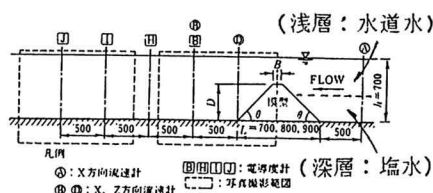


図-3 実験概要



写真-5 実験結果（原画像）

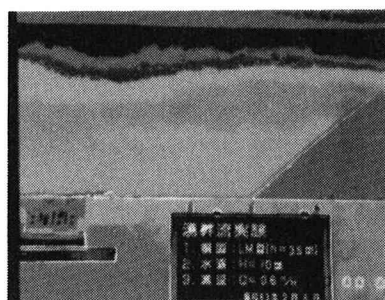


写真-6 画像処理結果 (レベルスライズ)

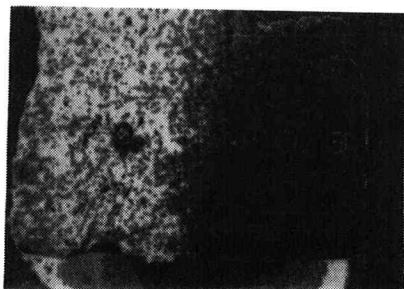


写真-7 ベントナイト緩衝材の表面含水比分布

3.5化学分析への応用

X線マイクロアナライザー（以下、EPMA）は、マイクロオーダーの元素分析に有効な分析方法で建設分野での利用も増加している。この例は、コンクリート中のクラック（約 $1\mu\text{m}$ ）に析出した硫黄化合物の硫黄が外部から浸透したものかセメント中に含まれていたものを判定する目的で分析したものである。写真-8に画像処理によってクラックを抽出した一例を示す。また、写真-9には硫黄の分布を測定した結果を示す。この結果、硫黄はクラックだけでなく全体に分布していることから、セメント中に含まれていたものと推定される。

なお、この分析には、EPMA本体に組み込まれたスタンドアロンの画像処理装置を用いているが、将来的にはより高度な画像解析を実施するためにも本システムへの接続を検討している。

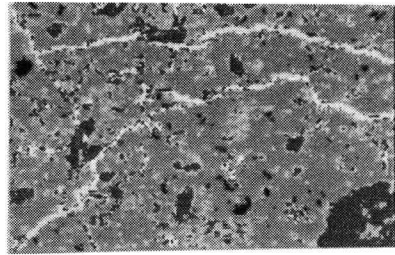


写真-8 画像処理によるクラック抽出

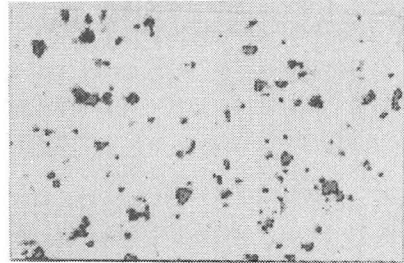


写真-9 硫黄の分布

4. 今後の課題—あとがきにかえて—

以上、画像情報処理システムの構築とその利用例について述べてきたが、今後さらにこのシステムを有効に活用するためには、次に示すような課題についてさらに検討を加え、システム全体の充実を図っていく必要があるものと考えられる。

- ①画像入力系の整備：現場にて簡易に画像情報を得るために、現在はアナログデータである写真を用いているが、撮影、現像、焼付け、ビデオカメラでの入力といくつかのステップで画像情報が変形されることになる。このため同一の状況を画像情報として入力したにもかかわらず、出力結果が異なる場合が想定される。このようなことを避けるためにも、最初からデジタルデータとして画像を取り込む工夫が必要である。
- ②画像情報から他の情報への変換精度の検討：ある特定条件下における、画像情報から得られる波長帯ごとの輝度分布と、水分や塩分濃度といった他の情報への変換精度を基礎実験にて確認するとともに、補正式の提案を行い、より定量的な判断が画像情報から行えるようにする。
- ③画像情報の適用分野の拡大：リモートセンシングデータのように、新しいデータとしての画像情報の利用法を検討し、様々な場合における画像処理技術の適用性を試み、土木の分野で実際に使えるデータとしての可能性を追求する。

参考文献

- 1) 大橋敏行、西村毅、草深守人：画像処理を用いた節理性岩盤の調査・解析システム，間組研究年報 1988年版，PP.257～262
- 2) 鈴木達夫、木下献一、草深守人、沖政和、大橋敏行：湧昇流発生構造物（人工海底山脈）の湧昇特性に関する研究，間組研究年報1988年版，PP.249～256