

## 地質部における CIM への取り組み

*Match to a CIM in the geological feature part*

共通事業本部 地質部	中村 祐貴
共通事業本部 地質部	岩館 和真
共通事業本部 地質部	河又 久雄

CIM(Construction Information Modeling)とは、公共事業の調査、計画、設計、施工、維持管理という一連の過程において、ICT ツールと三次元データモデルを活用し、事業全体の生産性向上を図ろうとする取り組みであり、新しい建設生産システムとして注目されている。

地質部では、CIMに向けた取り組みとして、UAV や SfM、GIS を業務に活用している。本稿では、UAV や SfM、GIS 活用の有益性について、業務での活用事例を交えて紹介し、CIM 導入に向けた効果的な活用手法を検討する。

### 1 はじめに

建設土木分野における新しい建設生産システムとして、CIM(Construction Information Modeling)が注目されている。CIMとは、公共事業の調査、計画、設計、施工、維持管理という一連の過程において、ICT ツールと三次元データモデルを活用し、事業全体の生産性向上を図ろうとする取り組みである。CIMに取り組むことで、以下のような社会的効果が期待されている。

#### ①建設生産のシステム一貫性による社会インフラ整備の品質及びスピードの向上

⇒計画から設計、施工、維持管理までの全体における最適化

⇒設計、施工、維持管理の高度化と最適設計化

#### ②建設事業全体での生産性向上

⇒人材及び時間を有効かつ有益に活用し、地域社会や国家の発展及び繁栄への寄与

#### ③労務環境改善、死傷事故の解消

⇒危険を伴う作業からの解放、労働時間の短縮

#### ④少子高齢化社会への適応

⇒減少する熟練土木技術者(技能者・設計者等)に替わる生産及び管理手段の確保

CIMは、建築分野を中心とした BIM(Building Information Modeling)や、製造業分野の三次元設計、プロダクトモデルと共通する概念に基づいている。建設土木分野では、現地の地形・地質に依存または左右される要素が建築分野に比べて格段に大きく、広範囲にわたる詳細で精緻な地形・

地質の情報が最も重要であることが多い。CIMを活用する上では、これらの情報が必要となるため、弊社では UAV や SfM の活用を積極的に行っている。UAV や SfM を活用することで、CIMに必要な情報の収集、最新知識や技術の集積を可能とし、その関連業務に的確に 대응していくことができる。また、CIM の設計データモデルは、建築に比べて規模が大きく、地域特性を解析する GIS(Geographic Information System)の地理空間データモデルと共通する概念があり、位置情報による地質や地形モデルなどの活用が必要であることから、CIM と GIS の連携が重要となっている。

本稿では、UAV や SfM、GIS 活用の有益性と将来性について、業務での活用事例を交えて紹介する。

### 2 UAV の活用

UAV(Unmanned Aerial Vehicle)は、遠隔操作や自動飛行を可能とする小型無人航空機の総称である。地質部では、平成 27 年度より UAV を本格的に導入し、社内運用規定の作成、UAV 使用時の安全対策を進めながら、業務に活用している。主な活用例としては、河川堤防の変状調査や砂州変動調査、急崖斜面調査、生物環境調査等であり、迅速かつ効率的な調査を行っている。

#### 2.1 保有する UAV

地質部で保有する UAV は、(株)エンルート製の Zion QC730 という機体であり、4 枚のプロペ

ラをもつ回転翼機である（写真 2.1）。ミラーレス一眼カメラを搭載し、GPS センサーによる自動飛行が可能である。その他、三軸ジャイロや加速度センサー、気圧計、電子コンパスを搭載し、正確なフライトを可能とする。



写真 2.1 弊社保有 UAV (Zion QC730)

## 2.2 安全対策について

弊社では、「UAV 機材の社内使用規定(以下、「使用規定」)」を独自に制定し、航空法の改正や関係機関の運用方針に合わせ、適宜更新している。作業に際しては、使用規定に準拠し、各関係機関への連絡、障害物等の把握を行い、現場では気象条件の確認や人員の適正配置等、安全に配慮して作業を実施している。

### (1)国土交通省への許可申請

国土交通省では、航空法の一部改正（平成 27 年法律第 67 号）が行われており、無人航空機の飛行に関する基本的なルールが定められている。

弊社では、業務上必要となる「人口密集地での飛行」や「目視外飛行」（これらは、航空法の原則禁止事項に該当）を伴う調査を行うため、国土交通省に対して飛行申請を行い、許可を得ている。また、災害時の緊急調査を想定し、北海道全域での飛行許可を受けている（平成 28 年 8 月 30 日の台風 10 号による大雨災害の調査で稼働済み）。

### (2)現場での安全対策

UAV を使用する現場では、作業前点検及び KY 活動を実施し、天候と作業手順の確認、飛行に影響を与える構造物や生物の確認を行っている。飛行させる際は、操縦者と機体監視員、保安員を配置し、3 名以上の体制で調査を実施している。

本機体は安全性に優れており、バッテリー残量が設定値以下に低下すると、自動で離陸地点に帰還する機能や、離陸地点からの飛行距離と高度が予め設定した範囲を超えた場合、自動で帰還する機能を有している。

さらに、弊社では機体に GPS を取り付け、機体を見失い墜落した場合でも捜索可能な体制を

取っている。この GPS はスマートフォンと連動しているため、紛失時にスマートフォンの画面で機体の位置を確認することができる。また、GPS にはバザーがついているため、音による捜索も可能である。

## 2.3 UAV の業務活用事例

UAV を利用することにより、広範囲に及ぶ調査対象を迅速かつ効率的に調査することが可能となる。この特性を生かし、弊社では河川堤防の変状調査や砂州変動調査、生物環境調査等に UAV を導入し調査を実施した。

例えば砂州変動調査では、延長が約 8km に及ぶ河川の空中写真測量を行い、撮影した写真を用いて三次元モデルやオルソ画像を作成した。UAV による現地調査は 3 日で遂行し、UAV 調査の迅速性を確認できた。

また、河川堤防の変状調査では、堤防天端に発生したクラックの分布を定量的に把握するため、空中写真測量を実施した。従来的人力によるクラック調査では、観測者によってクラック規模の把握に個人差が生じ、クラック位置の精度がやや劣る結果となっていたが、UAV を利用することで迅速かつ正確な調査を行うことができた。

## 3 SfM の活用

SfM(Structure from Motion)は、複数視点からの画像を元に、画像の撮影位置と撮影物の三次元的な関係と形状を復元する手法である。

弊社では、撮影した複数の写真を用いて、三次元モデルの作成等を行い、河川堤防の変状や岩盤の亀裂分布の把握、波浪侵食量の推定等で業務に活用している<sup>1)</sup>。

### 3.1 SfM の業務活用事例

#### (1)河川堤防におけるクラックの分布把握

河川堤防天端に発生したクラックの分布を定量的に把握することを目的として、UAV で撮影した空中写真による写真解析を実施した。解析ソフトは、高解像度オルソモザイク画像作成ソフト「Photo Scan」を使用して三次元モデルを作成し、オルソ画像として出力したものを河川堤防天端のクラック分布を把握した。オルソ画像を河川堤防平面図に重ね合せ、オルソ画像より把握したクラックをトレースしたクラック分布図（図 3.1）を作成し、クラックの位置や延長等を定量的に整理した。

なお、三次元モデル作成における標定点は、撮影範囲内の 5 箇所に配置し、トータルステーションによる測量で座標と標高を取得した。

現地作業は、1回の河川縦断飛行で堤防全体を撮影する計画とし、UAVの飛行高度は80mに設定した。

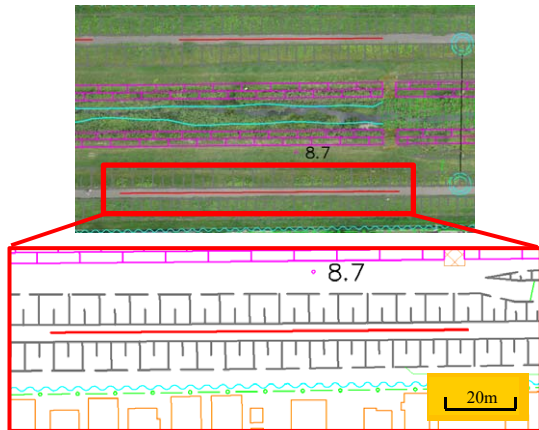


図 3.1 クラック分布図

解析の結果、クラックの位置と延長は精度よく捉えることができた。クラック幅については、1画素の地上分解能が約20mmであったが、コントラストが明瞭であれば10mm程度のクラックを認識できた。ただし、クラック幅を正確に計測することができないため、低空飛行によるUAV調査を実施する等の工夫が必要であることが分かった。

### (2) 亀裂分布の三次元的把握

ダムの岩盤開削部における亀裂分布の把握を目的として、複数の方向から撮影した写真を用いて三次元モデルを作成し、開削部のクラック展開図を作成した(図 3.2-左図)。また、展開図をスケッチ画のように画像変換することで、亀裂の分布状況や湧水及び岩相の把握を行った(図 3.2-右図)。

亀裂の分布状況については、三次元モデルから亀裂面の走向・傾斜を算出し、現地での計測値との差異を検証した。亀裂面の走向傾斜は、亀裂面

上の三点座標より式 3.1 を用いて求めた。

三次元モデルから得られた走向・傾斜と現地での測定値を比較した結果、十分な精度を確認することができた。

$$\tan\theta = \frac{\sqrt{p^2 + q^2}}{r} \quad (0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ)$$

$$\sin\varphi = -\frac{p}{\sqrt{p^2 + q^2}}$$

$$\cos\varphi = -\frac{q}{\sqrt{p^2 + q^2}} \quad (0^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ)$$

式 3.1 三点座標からの走向傾斜算出式

## 4 GIS の活用

GIS(Geographic Information System)は、位置や空間に関する様々な情報をコンピュータを用いて重ね合わせ、情報の分析・解析を行い、情報を視覚的に表示させるシステムで、CIM との連携も重要となっている。

### 4.1 GIS の業務活用事例

#### (1) 道路防災点検への活用

道路防災点検業務において、災害要因の分布状況を把握するため、地表踏査を行い、その結果をGIS上で一括整理した。具体的には、対象地域の地形図上に尾根線や集水域を描き、地表踏査で撮影した写真、施設管理番号ごとの台帳や危険度評価表をGISでデータベース化した。これにより、情報の一括管理を行うことができ、円滑な情報整理やデータの把握ができた。

#### (2) 地下水流動検討への活用

地すべり解析調査業務において、地すべり発生機構の把握や安定度解析を実施するための基礎資料として、現地踏査による地下水分布の把握や水質分析等の各調査を実施し、その結果をGISで整理し解析した。現地踏査では、湧水箇所の分布把握や露頭観察を行い、水質分析では簡易測定

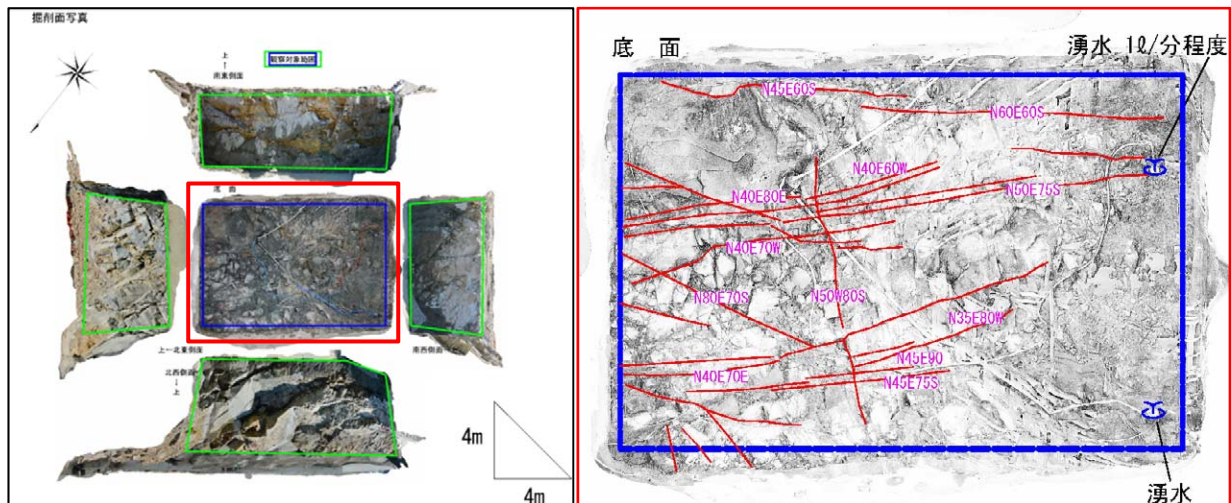


図 3.2 岩盤亀裂分布状況図

器による pH、酸化還元電位、電気伝導度、水温の測定を実施した。調査結果は GIS で一括して整理し、地形図や地質図、沢線や尾根線を反映させた。

GIS で整理した情報をもとに、地下水特性のエリア分けを実施した。沢や尾根を考慮した上で、pH、酸化還元電位、電気伝導度、水温の項目ごとに分布解析（例：対象地域で相対的に電気伝導度が高いエリアを抽出）を行い、各項目の分布域が重複する箇所を洗い出した。GIS 上での地下水特性分布図を図 4.1 に示す。解析の結果、電気伝導度が高く、酸化還元電位が低いエリアを選別でき、当該箇所と地すべり滑動の関係性について空間的な分布検討を行った。

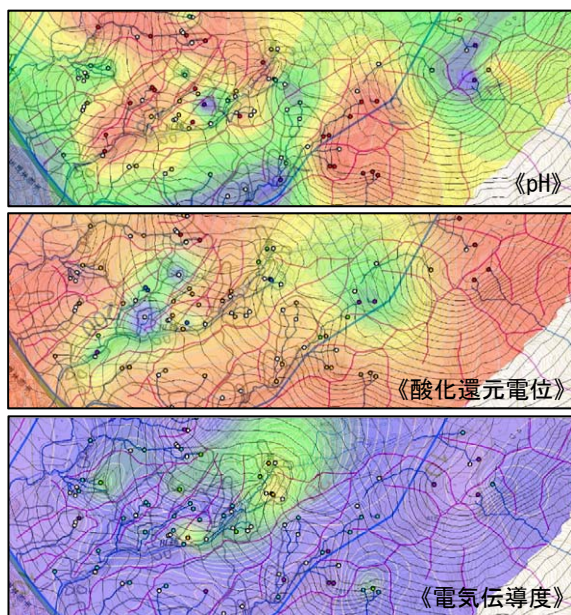


図 4.1 地下水特性分布図

## 5 今後の展望

今後導入される CIM を将来的に活用するにあたり、UAV や SfM、GIS を含めたその最新知識や技術の集積を図ること、また、その関連業務に的確に答えていくため、弊社では以下の展望を見据えている。

### 5.1 UAV の展望

UAV 活用における最大のメリットは、広範囲に及ぶ調査対象を迅速かつ安全に調査できるところにある。平成 28 年 8 月 30 日に北海道で発生した台風 10 号による大雨災害の調査では、地質部で保有する UAV を用いて被災箇所の状況把握を安全かつ効率的に遂行した。今後も自然災害現場等の危険箇所の状況把握で運用が期待されるとともに、災害時の新たな活用方法の模索が求められる。

### 5.2 SfM の展望

#### (1)調査目的に応じた最適な空中写真測量

UAV を用いた空中写真測量は、カメラやレンズの設定、基準点の適正配置により精度よく調査を行える。河川堤防の三次元モデル解析では、築堤の横断面を作成し、従来の横断測量と比較検討を行った。その結果、横断測量との誤差は 10～15cm 程度と、一定の精度が確保されていることが確認できた。UAV の活用にあたっては、目的とする精度と作業効率を考慮し、効果的な活用や点検業務等への利用等を検討していきたい。

#### (2)オルソ画像の解析精度と最適条件の把握

解析精度は、撮影画像や写真のラップ率に依存することから、今後は必要とされる精度に応じた最適な撮影条件の検証を行っていく予定である。

#### (3)三次元モデル活用による現場作業の簡易化

SfM を用いることで簡易かつ迅速に三次元モデルが構築できるため、様々な地質解析における現場作業の簡易化が可能と考えられる。地質調査における活用範囲を広げ、効率的かつ的確な調査を進めていきたいと考えている。

### 5.3 GIS の展望

GIS を活用することによって、地質解析の分野における解析の効率化・高度化が望まれる。そのためには以下の点が重要と考える。

#### (1)データの管理・引き継ぎ

既往資料や調査結果を随時入力することにより、データレイヤの充実を図ることが必要と考える。そのためには、GIS によるデータの一元管理やデータの引き継ぎが重要と考える。

#### (2)データの見せ方

利用目的に合った見せ方の工夫が必要である。利用者が「見たい」ものを「容易に検索」し、「見られる」には、どのデータがどこにあり、どのようなデータレイヤに区分されているかを利用者の目線で考える必要がある。

#### (3)データの蓄積

近年の環境に対する意識の高まりにより地域環境・地球環境に関する定量的事実の把握が求められている。今後 GIS を用いた中立的なデータの集積が重要な情報源となり得ると思われる。

#### [参考文献]

- 1) 岩館和真:SfM を活用した地質解析,平成 28 年度 全地連技術フォーラム 発表論文