

## 簡易型孔内レーザー測距カメラの開発

応用計測サービス株式会社 ○福田 幸一郎、平山 伸行  
 応用地質株式会社 宮崎 育三、江波戸 昌徳

### 1. はじめに

近年、地下空洞に起因する地表陥没の発生が顕在化してきている。地下空洞とは過去に掘削された資源採掘による坑道跡地等や上下水道管等の地下埋設物の老朽化により形成されたものである。一般的にこれらの空洞の存在は地表部に変状等が現れていない場合には注視されないことが多い。一方で、地表部に陥没等の変状が生じた場合には、重大な事故や被害が発生することがある。これらの空洞を調査する際には主にボーリングにより直接的に確認することはできるが、ボーリング調査のみで空洞の全容を把握することは難しくコストがかかるためボーリング孔内からの空洞計測に特化した孔内3D レーザー測距が開発され用いられるようになってきた。しかしながら、これらの機器は高価であることから簡単に所有して使用することは難しい。そこで、簡易型孔内レーザー測距カメラを開発した。このたび本機と孔内3D レーザー測距を比較し評価する機会を得た。その結果、孔内3D レーザー測距と同等な記録を得ることが確認できたのでここに紹介する。

### 2. 孔内3D レーザー測距の概要

国内においてはイギリス Carlson 社製の C-ALS と呼ばれる孔内3D レーザー測距(以後 CALS と呼ぶ)が有名である。図-1に CALS の外観および測定模式図を示す。

CALS はボーリング孔などの狭い空間から空洞内部に挿入することが可能であり、レーザーヘッドが自動で回転・屈曲することによりほぼ全方位のレーザー測距を自動的に行うことができる。さらに、得られた点群データから専用のソフトウェアを用いて3D ポリゴン画像を作成すること、点群データを3次元 CAD にエクスポートすることができる等、高機能な空洞計測システムとして提供されている。ちなみに CALS の国内販売価格は2,000万円程度である。

### 3. 簡易型孔内レーザー測距カメラの概要

今回開発した簡易型孔内レーザー測距カメラの外観を図-2に示す。本機は CALS の機能を簡略化しつつ簡便かつ安価に空洞計測が可能な機器を目指して開発した。本機のハードはプローブ、ケーブル、アルミロッドおよび回転盤より構成されている。得られたデータは1本のケーブルにより地上のコントローラーに伝送され、開発した専用のソフトウェアにより約1秒間隔でリアルタイムに傾斜角度と距離および方位が計測される。同時にカメラ画像は動画として確認・保存することができる。これ

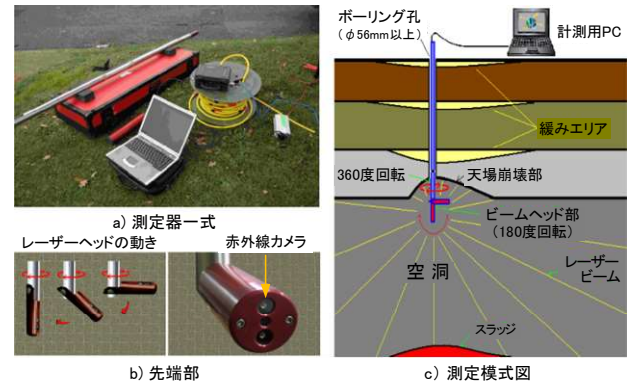


図-1 CALS の外観および測定模式図

らの保存された計測データは CSV 形式であるので測定後様々なソフトで画像化することが可能である。

以下に CALS と比較した特徴を列挙する。

- プローブは長さ540mm、外径60mm と小型である。CALS の外径50mm と比較して多少大きいVP65に挿入可能である。
- プローブの重量は約5kgであり CALS の約6kg よりも軽量である。
- 切り替え方式ではあるが水平方向に加えて鉛直方向下向きのカメラを装備する。
- 50万画素のカラーカメラを搭載し、水平方向カメラの照明は輝度調整が可能である。
- CALS には装備されていない方位計をプローブに内蔵する。
- 軽量2mのアルミロッドを継ぎ足すことにより深度70mの計測に対応する。アルミロッドはプローブと一体化して接続される。
- 地上孔口に設置した回転盤とともにロッドを回転させながら行うことにより方位を制御しながら測定する。
- カメラ画像内には傾斜角度と距離および方位を表示する機能があり、それらのデータ収録も可能である。
- レーザーポイントがカメラ画像に写るため測距計測点を確認できる。

一方、本機は CALS の最大の特徴である自動計測の機能を有していない。つまり、本機ではある深度での回転軸に対する直交方向の回転面のデータのみ取得となる。したがって、空洞の形を計測するためには深度を変えて複数の計測を実施し、それらの結果を合成する必要がある。

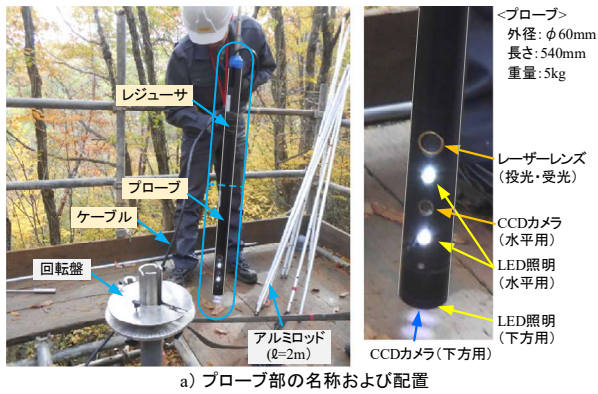


図-2 簡易型孔内レーザー測距カメラの外観

#### 4. 両機種の比較

今回、A鉱山b坑道にて、両機を用いて計測する機会を得た。b坑道は地表面下約22mに存在する直径約2mの坑道である。図-3に両機で取得した点群データを用いて作成した測距図を示す。さらに、本機で撮影したカメラ画像を図-4に示す。図-3より本機の計測点群はCALSとほぼ同等な位置にプロットされていることが分かる。これより、本機の測距性能はCALSと同等なものとする。また、坑道内を撮影したカメラ画像はCALSで撮影した映像よりも広角で鮮明である。これらより、個々の深度における計測を比較した場合にはCALSと同等なデータを取得できることが確認できた。

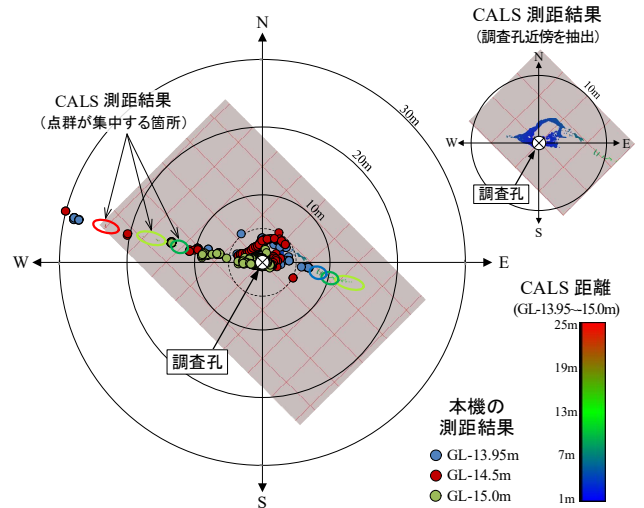


図-3 両機の測距結果比較図

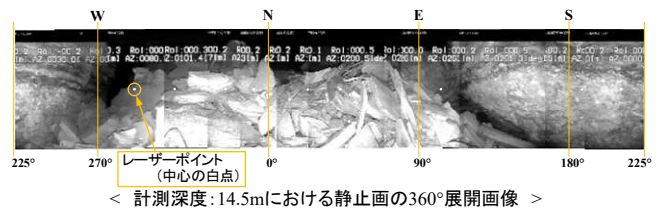


図-4 本機で撮影したカメラ画像

#### 5. まとめ

今回開発した簡易型孔内レーザー測距カメラは安価でかつ簡易に空洞内部調査を可能とすることを条件として開発した。

空洞調査では調査目的によっては最初からCALSのような専用機器での計測が必要となる場合もあるが、一方では早急に空洞内部を安価に確認したいとの要望もある。後者のような場合には、本機を用いることで特定の深度のみにはなるものの、専用機器と同等な精度で計測することが可能である。今後は、さらなる性能の向上として以下の改良を考えている。

- ・プローブの防水性の向上
- ・LEDの輝度の向上
- ・カメラ解像度の向上
- ・レーザー計測のサンプリング間隔の向上
- ・傾斜計センサーの精度の向上
- ・プローブサイズの小型化

#### 《引用・参考文献》

- 1) 「3D キャビティースキャナー”C-ALS”の空洞調査への適用 ～従来型技術との比較～」：全地連技術フォーラム2007
- 2) 「3D レーザー計測による空洞形状調査」：全地連技術フォーラム2018