

# IoT 遠隔監視システムを用いた斜面・土砂災害モニタリング

株式会社相愛 須佐美 俊和

## 1. 背景と目的

近年、日本国内において豪雨や地震に起因する斜面・土砂災害発生件数は増加傾向にあり<sup>1)</sup>、被災リスクが高い斜面では、定量的かつリアルタイムな監視が求められている。従来の斜面監視手法は、設置されたセンサのデータを人手で回収するものであり、次の課題があった。

① 安全性の確保:急傾斜地や災害直後の現場におけるデータ回収作業は高いリスクを伴い、特に異常の兆候がある場合ほど現地作業が危険となる。このため、前兆的な異常を適時に把握できないおそれがある。

② コストおよび作業効率:巡視点検には多くの人員と時間を要し、特に遠隔地や複数箇所を継続的に監視する場合、巡視頻度の増加に伴ってその負担が大きくなる。

③ リアルタイム性の不足:データ回収の間隔が数週間～数ヶ月単位となることが多く、急激な変動や前兆現象の即時把握が困難で、警戒や対応が遅れるリスクがある。

これらの課題に対し、遠隔からの常時監視や異常検知を目的に、IoT 遠隔監視システムを開発した。

本稿では、開発したシステムの概要を紹介するとともに、二つの現場事例を通じて得られた成果を報告する。

## 2. IoT 遠隔監視システムの概要

### (1) システムの全体構成

本システムは、現場に設置された各種センサで得られたデータを、IoT デバイスを介してクラウドに送信し、遠隔監視と異常通知を実現するものである。図-1に示すとおり、クラウド上ではセンサデータや気象庁アメダスデータが蓄積・可視化される。また、設定されたしきい値に基づき異常判定が行われ、管理技術者に通知される。

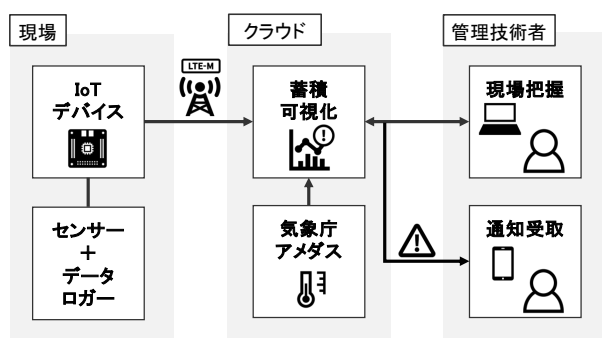


図-1 IoT 遠隔監視システムの構成図

### (2) システムの特徴

本システムの主な特徴は以下のとおりである。

① 既設センサへの後付け:本システムは、特定メーカーの伸縮計、水位計、4 ゲージひずみ計などに対応しており、対応しているセンサであれば、有線を1本接続するだけで、容易に現場設置できる。

② 電池駆動による簡易設置と長期稼働:IoT デバイスは省電力設計となっており、電波環境にもよるが、内蔵電池で1年以上の連続稼働が可能である。太陽光パネルを用いる場合、日照条件の考慮やパネル設置用の架台が必要となるが、本システムではそれらを必要とせず、商用電源を利用できない場所でも短時間で設置できる。

③ LTE-Mによる広範囲通信:通信には、LPWA(Low Power Wide Area)技術の一種であるLTE-Mを採用している。LTE-Mは携帯電話網を利用する無線通信方式であり、多くの山間部や中山間地域でも比較的安定したデータ送信が可能である。通信インフラの整備を必要とせず、電波が届く範囲であれば設置後すぐに運用できる。

④ クラウドによる演算・可視化機能:計測データはクラウド上に送信され、インターネット環境があればPCなどの端末からリアルタイムで確認できる。また、クラウド上での演算処理により、各種指標を自動的に算出し、その結果をグラフとして可視化することができる。

⑤ 異常通知機能:監視対象ごとにクラウド上でしきい値を設定でき、その値を超えた場合には異常を検知し、自動的に管理技術者へ警報が送信される。これにより、異常の兆候を遠隔で把握でき、巡視調査の必要性や緊急度を的確に判断するための材料となる。

⑥ 気象データとの連携機能:本システムでは、近傍の気象庁アメダス観測所から降雨量データなどを取得し、センサの観測値と重ねて表示することができる。これにより、変状発生時にその背景となる気象条件を即座に把握でき、異常の要因分析や判断の補助に活用できる。

## 3. 事例1:地すべり斜面の変位モニタリング

### (1) 現場概要

本事例は、地すべりが懸念される中山間地域において、既設の伸縮計にIoT デバイスを接続し、その有効性を検証したものである(図-2)。有線1本で接続できる仕様であるため、デバイスの設置作業は約30分で完了し、現場での作業負担も少なかった。



図-2 IoT デバイスの現場設置状況

## (2) モニタリング結果

本事例では、取得した累積変位量に加え、24時間前のデータとの差分から算出した日変位量を、クラウド上で可視化した。得られたデータは、クラウド上からCSV形式でダウンロード可能であり、Excel 等による加工や解析、傾向把握も迅速に行える（図-3）。

また、日変位量にしきい値を設け、その値を超える変位が確認された際には、クラウド側で異常を検知し、警報メールを自動送信する仕様とすることで、現地に赴かずとも異常兆候の早期把握を実現した。

本現場では、1時間ごとにセンサデータをクラウドへ送信したが、1年間にわたる試行期間中、電池交換を行うことなく安定して稼働した。

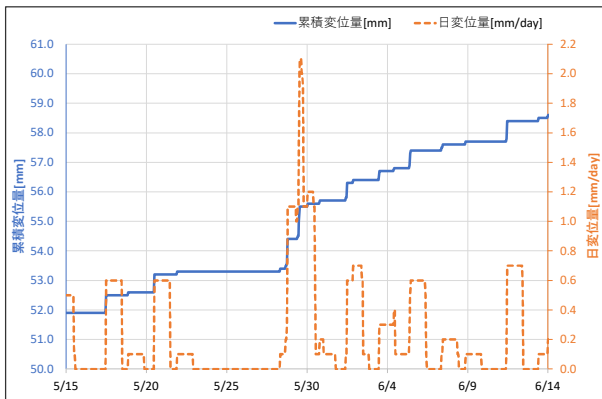


図-3 累積変位量・日変位量のモニタリング例

## 4. 事例 2: グラウンドアンカーの緊張力モニタリング

### (1) 現場概要

本事例は、グラウンドアンカーの健全性を評価するために既設されていた荷重計および温度計を対象に、それらのデータを遠隔モニタリングするため、IoT デバイスを後付けしたものである。

本現場はアクセスに時間と労力を要する遠隔地に位置しており、頻繁な現地巡視が難しいことから、遠隔でのモニタリングが強く望まれていた。

計測された荷重値および温度は既設のデータロガーに保存されており、データロガーにIoT デバイスを後付けすることで、遠隔モニタリングを可能とした（図-4）。のり面での作業であったため、機器の簡便な設置性は大きな利点となった。



図-4 IoT デバイスの現場設置状況

## (2) モニタリング結果

本事例では、荷重計によるグラウンドアンカーの緊張力と、温度を1時間ごとに取得し、それらの関係性をクラウド上で可視化した。

安定したのり面では、アンカー荷重値と温度の間に高い相関が見られる一方、変状が生じるとその相関が大きく低下することが知られている<sup>2)</sup>。この知見を踏まえ、クラウド側では荷重と温度の相関をもとに、決定係数 $R^2$ を算出・表示する機能を実装した（図-5）。

さらに、近傍の気象庁アメダス観測所の降雨量などを同一画面上にグラフとして重ねて表示することで、相関の変化と背景要因との関連を視覚的に把握しやすくなり、のり面の状態変化を早期に察知するうえで有効であることが確認された。

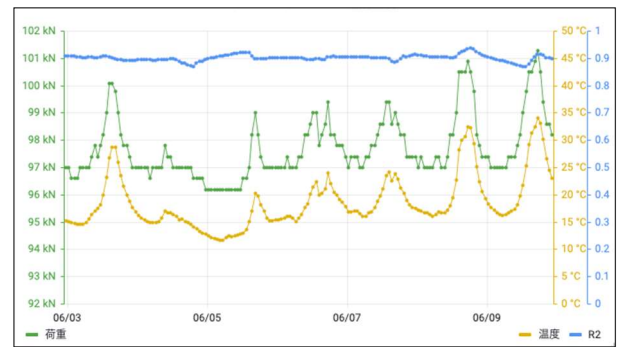


図-5 荷重・温度・決定係数のモニタリング例

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、開発したIoT 遠隔監視システムの構成と特徴を示し、二つの現場事例を通じて設置の容易さ、長期間の稼働、および異常検知機能の有効性を確認した。

また、クラウド上での自動演算および可視化機能により、伸縮計データから算出した日変位量や、荷重と温度の相関を表す決定係数 $R^2$ などを、視覚的に把握できるようになった。さらに、近傍の気象庁アメダス観測所の降雨量などを重ねて表示することで、変状の兆候と背景要因を直感的に捉えることが可能となった。

これらの機能により、異常の兆候を迅速に把握し、巡視調査の必要性や緊急度を判断するための体制を構築することができた。

今後は、より多様な計測対象に対応し、過酷な環境下でも安定して運用できるよう設計を改良するとともに、状況に応じて通信頻度を柔軟に制御することで、省電力性と応答性を両立させた、より実用的な監視体制の構築を目指す。

### 《引用・参考文献》

- 1) 国土交通省砂防部：令和6年の土砂災害，p. 1.
- 2) アンカーアセットマネジメント研究会（2018）：SAAMシステムを用いた既設アンカーののり面の面的評価マニュアル（案），p. 5-3.