

## 無線通信と簡易土壌水分センサーを活用した地盤変状検知システム ～小型模型実験による検証～

長崎大学 学生会員 ○松永 涼介  
長崎大学 正会員 大嶺 聖

### 1. はじめに

近年、集中豪雨の増加により斜面崩壊等の災害の発生回数が増加している。災害は社会に悪影響を与えるだけでなく、人命に関わる事故を引き起こす可能性が非常に高い。災害を起こさないため斜面安定技術の向上が求められる。そのため、地盤の危険度を低コストで視覚的に分かりやすい計測手法の開発が望まれている。本研究では、電圧制御素子と LED ライトを用いて地盤の危険度を可視化できる地盤変状検知センサーの開発を行い、その適用性を検証する。

### 2. 電圧制御素子 (MOSFET) について

電圧制御素子 (MOSFET) はトランジスタの 1 種であり、N チャンネル型、P チャンネル型の 2 種類がある。また駆動電力が小さく、動作速度が速い特徴がある。水分が増えて電極が繋がると N チャンネルはスイッチがオンになり、P チャンネルはスイッチがオフになる (図 1)。接続される抵抗が大きいほど、反応する体積含水率は小さくなる。そのため抵抗  $1M\Omega$  の抵抗は体積含水率が 1% 以上でスイッチがオフになる。通常の地盤ではこれを維持するため地盤変状が生じて電極が外れるとスイッチがオンになる (図 2)。

### 3. 簡易センサーとしての活用方法

#### 3.1 地盤変状検知センサー

地盤変状検知センサーは P チャンネルを用いる。図 3 に地盤変状検知センサーの設置例を示す。電圧制御素子回路のセンサー部分を接続させた状態で、斜面の地盤変状を観測したい箇所に設置する。そして斜面が崩れワイヤーが断線するとスイッチオンになり、LED ライトが点灯する。そして接続されたマイコンやデータロガーで地盤の欠損を検知できる仕組みとなる。

### 4. 地盤の変状検知システムの考え方

#### 4.1 無線通信機器を用いた地盤変状検知システム

本研究では、電圧制御素子を活用した計測機器で得たデータを無線送信するために、モノワイヤレス (株) の無線通信機器 (TWELITE DIP) を用いる。無線通信機器 (TWELITE DIP) と電圧制御素子を用いた簡易センサーは 3V の電源で動き、デジタル通信・アナログ通信が各 4 チャンネル利用可能である。無線通信機器と簡易センサーとの併用を行う。無線通信機器 (子機) に接続された簡易センサーの値を読み取り、無線通信機器 (親機) へと送信される。見通しの良いところでは 1km 程度の通信が可能である。

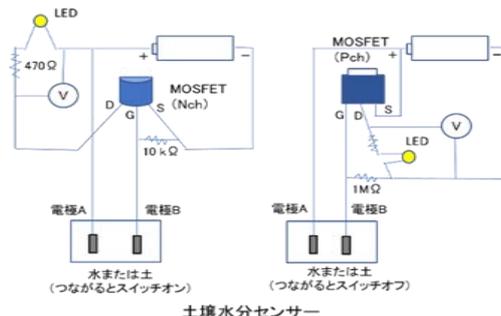


図 1 センサーにおける MOSFET 回路図

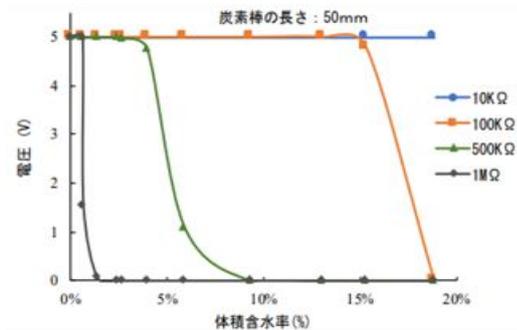


図 2 電圧と体積含水率との関係 (Pch)

#### <地盤変状検知センサーの設置例>

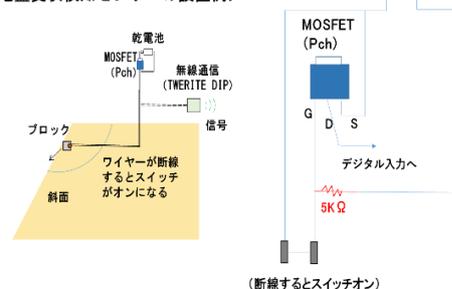


図 3 地盤変状検知センサー

#### <地盤変状検知センサーの考え方>

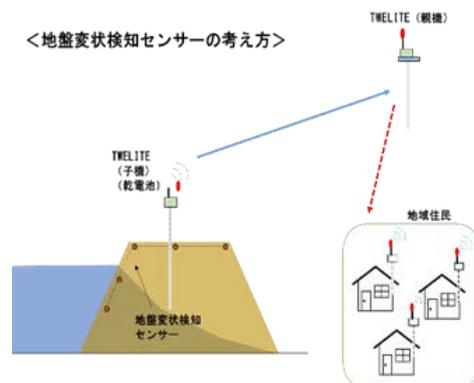


図 4 無線通信機器と簡易センサーの併用

キーワード 電圧制御素子, 無線通信, 地盤変状

連絡先〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会環境デザイン工学コース TEL: 095-819-2626

## 5. 地盤変状検知センサーを用いた小型模型実験

### 5.1 無線通信機器 (TWERITE DIP) の配線

図5に1チャンネルのときの無線通信機器 (TWERITE DIP) の配線図を示す。親機のデジタル入力に簡易センサーを接続し、子機のデジタル出力に接続されたLEDライトを制御している。この動作は親機のデジタル入力1のオン・オフの値が子機のデジタル出力1から出力される機能であり、デジタルのチャンネルは全部で4チャンネルある。子機は乾電池で作動し、間欠モードで長期間使用できるが、親機は常に作動させておかなければならないため乾電池の消耗が激しい。

### 5.2 小型模型実験 (地盤変状検知システム)

地盤変状検知センサーの性能を検証するために室内で小型模型実験を行う (図6・図7)。地盤変状検知センサーを4箇所設置する。水位の上昇・降雨に伴い斜面が崩れたときにセンサーが反応し、子機から親機へと無線通信されLEDライトが点灯する仕組みを構築した。

地盤変状検知センサー小型模型実験の結果より、時間経過とともに斜面の一部が欠損し、センサーである炭素棒周辺の水分がなくなると無線通信機器の子機から親機へと通信されLEDライトが点灯することが確認された (図8・図9)。斜面上部まで全箇所欠損した場合でも、4ch分無線送信されLEDライトが点灯することが確認できた (図10)。

電圧制御素子を組み合わせることによって図2の電圧制御素子が1つのときと比較すると、LEDライトのオン・オフの切り替えがスムーズになり安定した回路になった。しかし、電極が外れても別の地表面に接触した状態では斜面崩壊を検知できない場合もあったため、電極の設置方法をさらに改善する必要がある。

本研究で用いた無線通信機器 (TWERITE DIP) はWi-Fi通信などのネットワークを使用しておらず、Arduinoなどのマイコンを用いずに容易に接続することが可能である。子機に接続された簡易センサーで観測されたデータより親機が地盤の変状・欠損を察知すると無線通信機器を設置している地域住民に危険を警告できる仕組みとなっている。

## 6. まとめ

本研究では、無線通信機器 (TWERITE DIP) と電圧制御素子を併用した簡易センサーで、斜面の欠損が検知できるかどうか検証を行った。無線通信機器の子機に取り付けたセンサーが地盤の変状を検知し親機へ送信され4チャンネルすべてのLEDライトが点灯することが確認された。Wi-Fi通信などのネットワーク機能を持ったマイコンを用いずに、無線通信機器 (TWERITE DIP) を利用すればセンサーが接続されている子機と親機の通信が容易にできることが検証された。

参考文献 1) 小山倫史ほか：山間地域における住民参加型斜面監視・モニタリングシステムの構築，第61回地盤工学シンポジウム，pp.151-158，2018

2) 松永涼介ほか：地盤の変状システムのための簡易土壌センサーの適用，令和2年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.345-346，2021

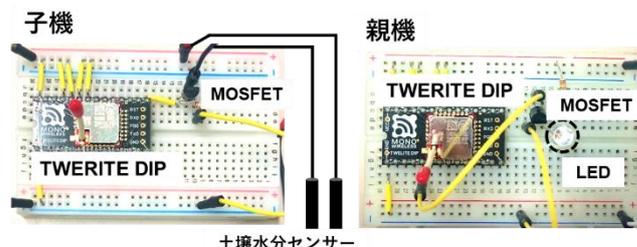


図5 無線通信機器の配線図の例

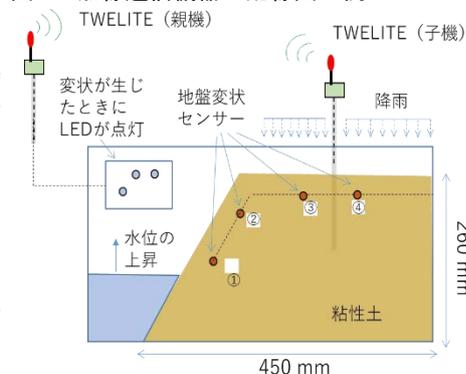


図6 小型模型実験概要図



図7 小型模型実験 (初期)



図8 LEDライト1個点灯 (初期)



図9 LED3個点灯 (中盤)

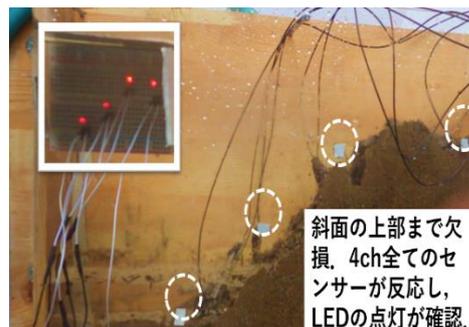


図10 LEDライト4個点灯 (終盤)