

無線通信機器を用いた傾斜地における水侵検知センサーの開発と適用性の検討

長崎大学大学院 学生会員 ○松永 涼介 長崎大学工学部 学生会員 境田 龍之介
長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖 長崎大学大学院 正会員 杉本 知史

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。よって本研究では、電波が届きにくい山奥や傾斜地で無線通信機器(TWELITE)・マイコン(Arduino)・電圧制御素子(MOSFET)を用いて、低コストかつ省電力である簡易水侵検知センサーの開発を行い、その適用性を検証する。

2. 無線通信機器を用いた水侵検知センサー設置例

無線通信機器(TWELITE)と簡易水侵検知センサーの設置概要図を図1に示す。無線通信機器(TWELITE)とはデジタル・アナログ各4chあり、TWELITE同士で無線通信できる。そのため電波が届かないような山奥でもWi-Fi機能を用いず容易にデータの送受信ができる。また3.3V駆動のマイコン(Arduino pro mini)は簡易土壌水分センサーの電圧を制御すること、データロガーとしての役割がある。簡易水侵検知センサーは、Arduino pro miniを用いて計測したい時だけ瞬間的に電圧をかけることにより電極が腐食しづらくなり、さらに省電力になる。よって簡易水侵検知センサーで得たデータの子機から親機へ送信し、親機に接続されたESP8266によってクラウドからPCやスマホで閲覧できる仕組みである。電源は簡易水侵検知センサー・子機(Arduino・TWELITE)側には乾電池、ESP8266・親機(TWELITE)側は常に受信できる状態にするためソーラーパネルを用いる。

3. 簡易水侵検知センサーの活用方法

3.1 土壌水分センサーについて

図2に簡易水侵検知センサーの回路図を示す。本研究では電圧制御素子を4個用いる。電圧制御素子(MOSFET)回路のゲートから負極に接続された抵抗 r は、抵抗値によって土壌水分量が判断できる。抵抗値が大きいほど土壌水分量が少なく、小さいほど土壌水分量が多くなるといった特性がある。またドレインの抵抗 R を並列接続にすれば、抵抗 R' の電圧値を計測することで回路のオン・オフが判断できる。反応しているセンサーの数が0個(水分が少ない)であれば抵抗 R' の電圧は3.3Vであり、全てのセンサー(水分が多い)が反応すると抵抗 R' は0Vであり、水侵検知センサーが反応したことになる(図3)。よって R' の電圧から大まかな地盤中の水分状態が把握できる。

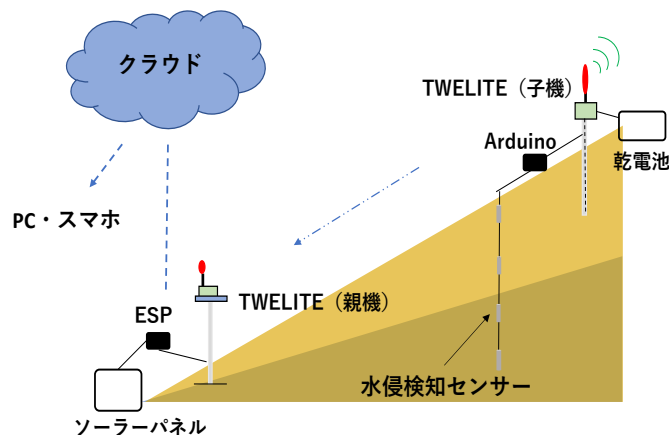


図1 無線センサーの設置概要

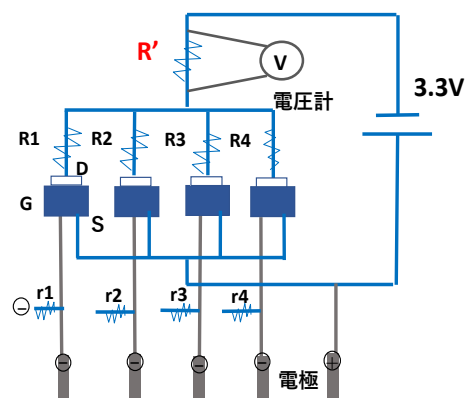


図2 簡易水侵検知センサー回路図

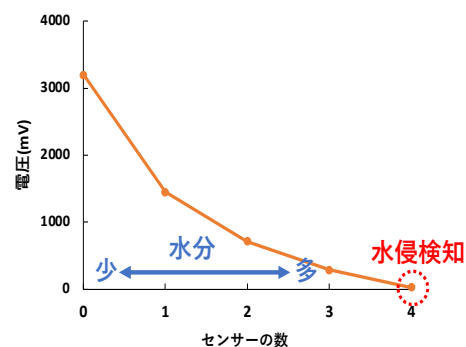
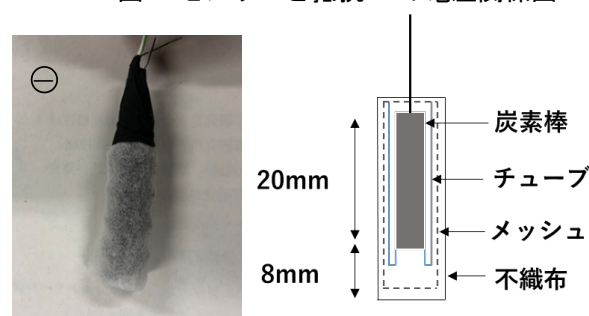
図3 センサーと抵抗 R' の電圧関係図

図4 水侵検知センサー構造図

3.2 水侵検知センサーについて

図4に水侵検知センサーの構造図を示す。水侵検知センサーは約20mmの炭素棒、チューブ、メッシュ、不織布の構造になっており、全体の長さとしては約30mmである。飽和しているかどうかの判定を行うため炭素棒の上には不織布を巻いている。また不織布についた水が炭素棒から離れない可能性があるため不織布と炭素棒の間にはメッシュを巻いている。炭素棒の底面にのみ水が当たるように、炭素棒全体をチューブで覆う。炭素棒底面と不織布までは約8mmある。

3.3 簡易水侵検知センサーの設置概要

図5に簡易水侵検知センサーの設置例を示す。土壌中に挿入するため下段に約20mmの土壤水分センサー(負極)を3本接続する。上段には水位センサー(負極)1本と正極1本を接続する。簡易土壤水分センサーは動的コーンで開けた貫入孔と同等の大きさの外径約30mmの塩ビパイプごと挿入する。簡易水侵検知センサーは土との空間をつくらなくするために、貫入孔の側面と炭素棒が密接するように塩ビパイプの外径と同じ大きさになるように配置する。

4. 抵抗値と体積含水率の関係

ゲートから負極に接続された土壤水分抵抗 r と体積含水率との関係図を図6に示す。ケイ砂と矢の平川の土の2種類の試料を用いた。体積含水率を変化させていき、センサーが3Vから0Vとなるとき抵抗値を記録していく。その結果、どちらの試料も大きい抵抗値では体積含水率の感度は良いが、抵抗値が小さくなるにつれて反応する体積含水率の変化が緩やかになっていくことが分かる。ケイ砂と比べて矢の平川の土の方が同じ体積含水率でも大きい抵抗値で反応することが確認された。この関係図から、センサーの抵抗値でおおよその体積含水率が把握できる。

5. 現場計測

長崎県長崎市における矢の平川の斜面を対象に簡易水侵検知センサーを設置した(図7)。子機側(TWELITE・Arduino)は地表面から約80cm,60cm,40cm,20cmの深さで4本センサーを接続する。子機周辺には木がありソーラーパネルを用いることができないため、乾電池を使用している。また子機から約100m離れた箇所に親機を設置している。親機は電源としてソーラーパネルを用いており、土壤水分を計測中である。

6. おわりに

本研究では、無線通信機器(TWELITE)・マイコン(Arduino/ESP8266)・電圧制御素子(MOSFET)を用いて低コストで省電力である簡易土壤水分・水侵検知センサーの作製を行った。電波が届かないような山奥でもTWELITEを用いることでWi-Fi機能を必要とせずに子機と親機の通信で地盤中の水分状態を把握できる。また抵抗値によって反応する体積含水率が異なり、大きい抵抗値ほど体積含水率が低くなる。また同じ抵抗値でも矢の平とケイ砂では体積含水率が異なることが確認できた。

参考文献 1)地盤工学的電子工作, <https://ameblo.jp/geotechlab-workshop/> (2021年9月1日閲覧)

2)松永涼介ほか:簡易水分センサーと無線通信を組み合わせた土壤水分の現地観測手法の開発,第56回地盤工学研究発表会講演概要集,13-2-2-07,2021

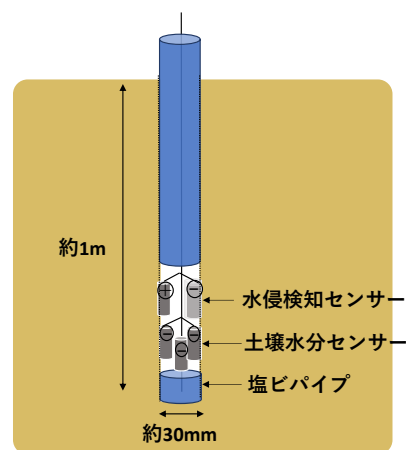


図5 簡易水侵検知センサー設置例

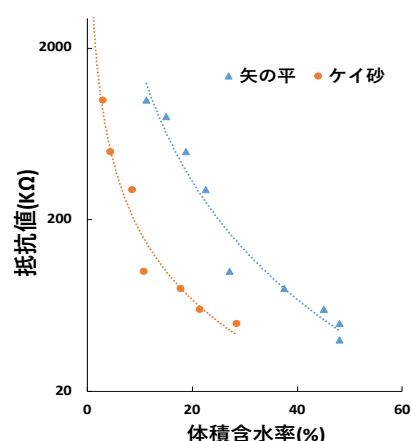


図6 抵抗値と体積含水率の関係



図7 矢の平川設置の様子(左:親機 右:子機)