

地中水分布のリアルタイム観測のための水浸検知センサーに関する検証実験

長崎大学工学部 学生会員 ○松尾颯太
 長崎大学大学院 正会員 大嶺聖 長崎大学工学部 学生会員 上田凱斗

1. はじめに

近年、雨による斜面崩壊等の災害が増えている。災害を防ぐためには地中水を排出させることが有効であるが、効果的に行うためには地中水の分布状況を把握する必要がある。この研究の目的は、排水対策が必要とされる斜面の地中水の分布を、作製した簡易水浸検知センサーを用いて省電力広域無線により観測することである。

2. 研究方法

斜面の地中水の分布状況の把握を目的として、水浸検知センサーを作製した。水浸検知センサーの制御にはマイコン(Arduino)を、データ送信には省電力広域無線通信規格の一つである Sigfox を用いた。従来の研究¹⁾では、Wi-Fi を使用してデータを送っていたが、省電力化のために Sigfox を用いた。また電源は、従来は太陽パネルとバッテリーを使用していたが、安定性に欠けるため、本研究では乾電池を使用した。センサー部分や制御方法の検討・改良後、現場斜面に水浸検知センサーを設置して計測を行う。送信したデータはインターネットを介して常時閲覧できる。

3. 水浸検知センサーの概要

水浸検知センサーの概要を図 1 に示す。電極に水が触れると反応するというのが基本の仕組みで、マイコンを用いて制御した。マイコンは 3.3V 駆動の Arduino pro mini を用いて、電圧制御とデータ記録を行った。水浸検知センサーは、乾電池を電源として Arduino pro mini によって一定の時間間隔で瞬間的に電圧を印加して計測することで電極が腐食しづらく、かつ省電力となった。電極については、負極先端を二重にしたチューブに挿して、不織布を 2 つのチューブの間に挟み込んだ状態で地中側に張るように取り付けた。それを塩ビパイプに穴をあけたものに挿し込んで、ステンレス線を正極として塩ビパイプの表面に沿って取り付けた。作製した水浸検知センサーを図 2 に示す。この水浸検知センサーを現場斜面の地中に挿し込んでデータ計測を行って、Sigfox を用いてデータを送信して確認できるようにした。

4. 水浸検知センサーのデータを送信するための制御プログラム

水浸検知センサーを制御するためのプログラムを Arduino のソフトウェアにより作成した。水の有無を入力された電圧の大きさを 0 と 1 で表した。データ圧縮の概要を図 3 に示す。本研究で用いた Sigfox は、1 回に 0~9、a~f の 16 進数を 24 桁、1 日 140 回まで送ることが可能である。送信回数に制限があるため、多くのデータを効率的に送信するためにデータを圧縮する必要があった。そこで、1 つのセンサーに対して水の有無(0or1)を判断するが、4 つのセンサーを 1 組として 16 通りのパターン(0000~1111)を 0~9、a~f で表すようにして、それを送信するようにし

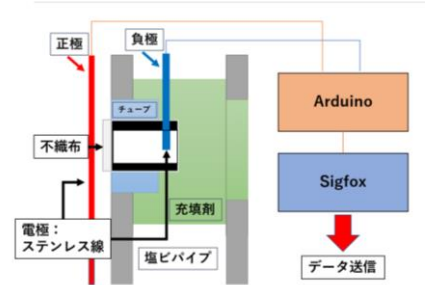


図 1 水浸検知センサーの概要

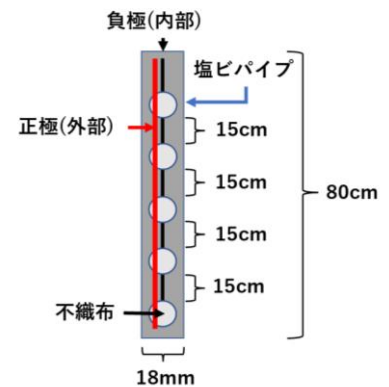


図 2 作製した水浸検知センサー

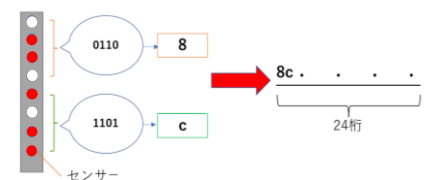


図 3 データ圧縮の概要

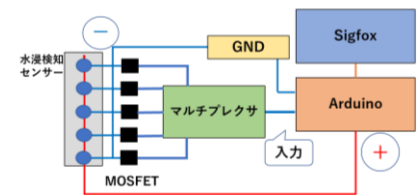


図 4 水浸検知センサーの回路概要図

た。また、Arduino pro mini には入力ピンが 8 個しかないため、入力可能な数を増やすためにマルチプレクサという 1 個の入力ピンを 16 個に拡張可能となるものを使用して、そのためのプログラムも組み込んだ。水浸検知センサーの回路概要図を図 4 に示す。水浸状態は、電圧制御素子(MOSFET)に付けた電極が水に触れると検知する仕組みとなっている。電圧を印加して、水浸検知センサーの反応をマルチプレクサを通して Arduino に入力し、そのデータを Sigfox で送信する構成となっている。

5. 水浸検知センサーの検証実験

水浸検知センサーを取り付けた塩ビパイプを 6 本作製した。塩ビパイプの全長は 80cm で、外径 18mm、内径 13mm であり、5 個の水浸検知センサーを上端から 15cm のところから 15cm 間隔で取り付けた。また、センサーの独立性のために、センサーを取り付けた反対側を開けている穴から充填剤を注入した。このように作製した水浸検知センサーの土中水に対する反応と、反応後、土中水を排出して反応しなくなるかについて検証実験を行った。水浸検知センサーの模型実験の概要を図 5 に示す。実験には、作製した容器を用いて、容器内に水浸検知センサー 6 本と容器の下側から水を入れるための塩ビパイプと麻ひもを設置してから珪砂を全ての水浸検知センサーが十分に埋まるまで投入した。その後、容器左上部と塩ビパイプから水を流し込むと、10 分間隔で計測したデータから水の広がりに伴い、徐々にセンサーの反応が確認された。反応の様子を図 6 に示す。開始から 30 分後に図に示すように初めて反応が確認された。水の投入終了後の反応を図 7 に示す。開始から 80 分後に水の投入を終了した。このとき受信したデータは「5320002a」で(31 個目以降は本実験では使用していないので対応するデータは無視)、図に示すような反応が見られた。その後、排水用の穴から排水を行い、センサーの反応がなくなったため、センサー内の水抜けも確認できた。この結果から、実際の現場でも地中水を観測することができると思われるが、センサーの反応の様子から、水浸していると思われる箇所においても、あまり反応がないことから、珪砂の空隙の状況にもよるが、センサー内に空気が残って、水が十分に入ってきていない可能性もあるため、センサー内に水が入りやすくなるような改良を行っている。

6. おわりに

本研究では、地中水の分布を作製した水浸検知センサーによって観測することを試みた。Arduino や Sigfox などを用いて地中水分分布のリアルタイム観測を行うための水浸検知センサーを作製した。また、水浸検知センサーのプログラムを工夫して、送信データの圧縮を行った。模型実験の結果から水浸検知センサーで地中水の変化を観測できると考えられる。現在、土壌水分センサー²⁾と合わせて、実際の急傾斜地での適用を予定している。

参考文献 1) 大嶺 他：水浸状態を検知できる土壌水分センサーと無線通信を併用した斜面の現場計測,第 57 回地盤工学研究発表会,2022. 2) 上田 他：省電力広域無線を併用した土壌水分センサーの適用性の検証,令和 4 年度土木学会西部支部研究発表会,2023.(投稿中)

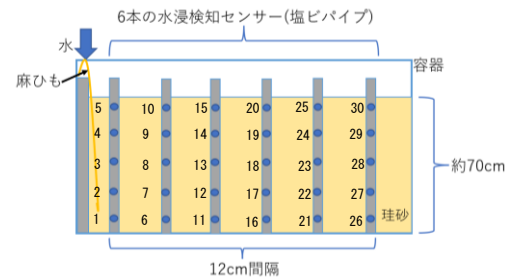


図 5 水浸検知センサーの模型実験の概要

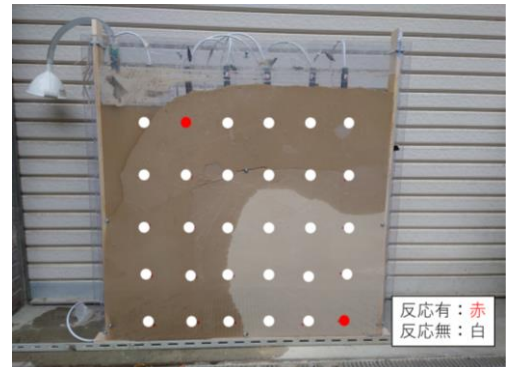


図 6 反応の様子

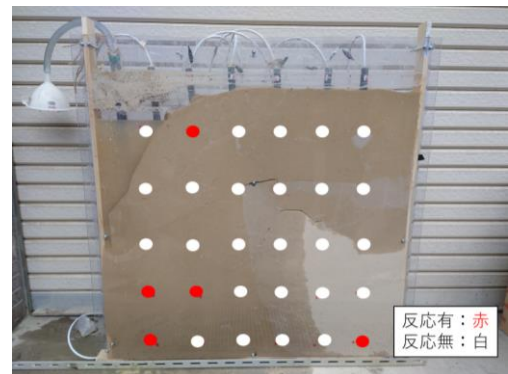


図 7 水の投入終了後の反応