

省電力広域無線を併用した土壤水分センサーの適用性の検証

長崎大学工学部 ○学生会員 上田 凱斗

長崎大学大学院
長崎大学工学部

正会員 大嶺 聖
学生会員 松尾 颯太

1. はじめに

近年, 気候変動に伴う集中豪雨により土砂災害が多発している. そのため, 地盤の状況を省電力・低コストで計測することができる計測手法の開発が望まれている. 本研究では, 省電力広域無線を併用した簡易センサー(土壤水分センサー, 水浸検知センサーなど) の適用性の検証を行う.

2. 省電力広域無線を併用した簡易センサーの概要

簡易(土壤水分・水浸)センサーの概要を図1に示す. 簡易センサーは, マイコン(Arduino Pro mini, 3.3V), 電子制御素子(MOSFET), マルチプレクサ, 省電力広域無線(Sigfox), 乾電池から構成される. Sigfox は, 『LPWA (Low Power Wide Area/省電力広域無線技術)』に属し, LPWA は伝送できるデータは少量(通信にかかる消費電力も少ない)だが, 数十 km 程度の遠距離に伝送可能という技術的特長がある. これらを組み合わせた回路は省電力であるため乾電池で長期間駆動可能である. Arduino で測定した電圧は Sigfox から送信され, PC やスマホで常時閲覧できる.

3. 従来のセンサーの改良

1) センサー先端の水漏れと感度低下

研究で開発しているセンサーは¹⁾長期間使用すると導線と炭素棒の接触不良が発生する可能性があった. 水漏れが発生することがある. また, 電極の炭素棒と土の間に少しの空間できると反応が悪くなる問題があった. 図2にセンサーの比較を示す. 図2左は先端でしか計測できない.

そのため, 電極を接触し易いステンレスに代え, 導線を繋ぐ部分に隙間からの水の侵入を防ぐための熱収縮チューブを用いた(図3(左)). 土壌と接触しやすくし感度を向上させるため, 図3(右)の様に電極を外に出した. 図4に改良した土壤水分センサー, 図5に市販の土壤水分センサー(EC-5)の測定結果を示す. EC-5 は地下水面上と地下水面下(水浸状態)の区別ができないのに対して, 開発した土壤水分センサーは水浸検知センサーを取り付けているため, 同じ飽和状態でも地下水面上か, 地下水面下(水浸)かどうかを把握できる. また, ステンレス線の電極でも炭素棒と同様に適切に土壤水分を測定できることを確認した.

2) 簡易的な多点の計測

従来のセンサー¹⁾は直径 5mm の炭素棒を塩ビパイプの側面に埋め込んでいたため, 深さ方向に多数のセンサーを埋め込むのが難しかった. 使用するマイコン(Arduino Pro mini)も電圧の測定可能な数が最大 8 個と限られ

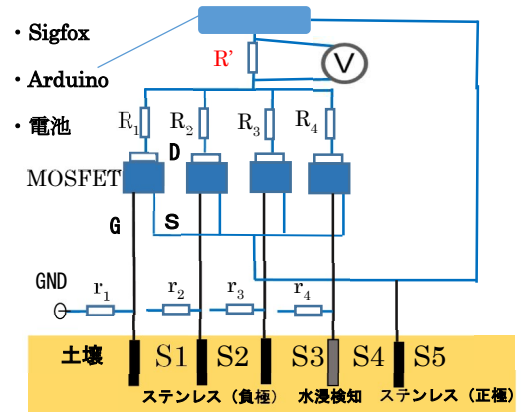


図1 簡易センサーの概要

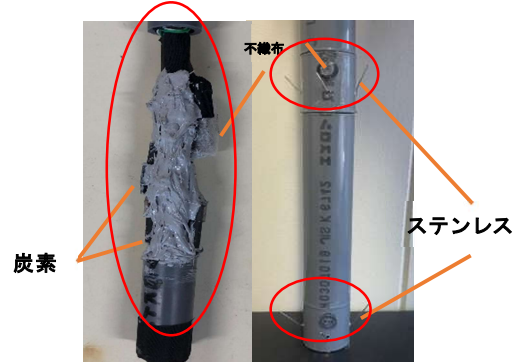


図2 従来(左)と今年度(右)のセンサーの比較

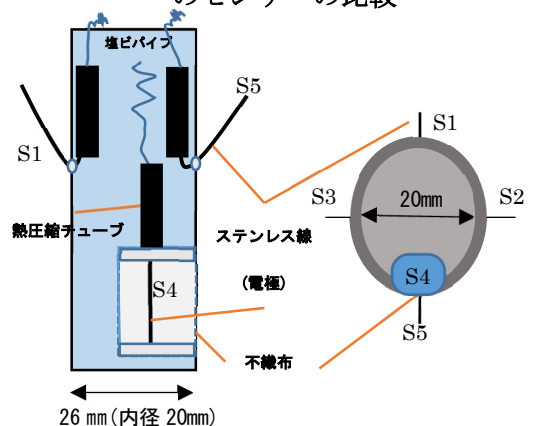


図3 センサーの鉛直断面(左)と水平断面(右)

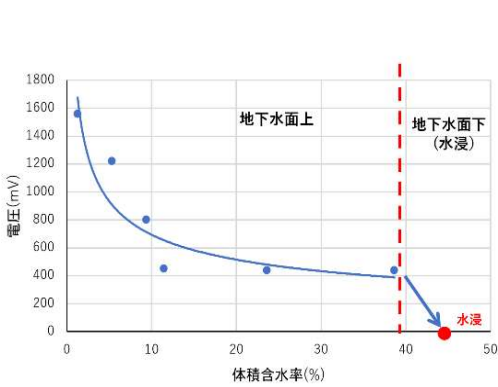


図 4 土壤水分センサーの検証

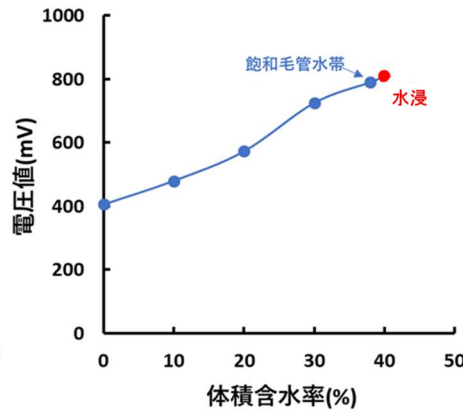


図 5 EC5 センサーの検証

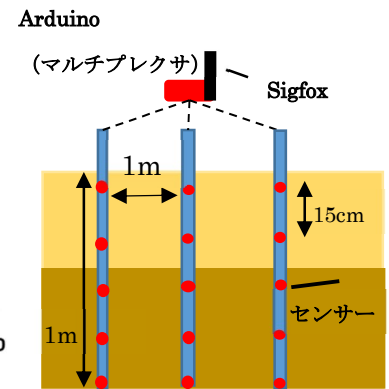


図 6 設置概要

ている. 図 2 の右の図の様に多点での計測可能なセンサーに改良した. 丸で囲った部分が 1 つのセンサーである. またマルチプレクサを用いてマイコンの電圧測定箇所×16 個で最大 128 の電圧を測定することも可能にした. マルチプレクサにより図 6 の様な現場での多点で広域の測定が可能になった.

3) データ送信の簡潔化と省電力化

従来の計測現場ではインターネットに接続不可能な場所であった為, ネットが繋がる場所までデータが無線で転送し, そこから Wi-Fi を使用しデータの送信をしていた. Wi-Fi を使用すると多くの電力を使用するためソーラーパネルやバッテリーの使用が不可欠であった.

本研究では広範囲の地域で無線通信が可能 Sigfox を使用する. 図 1 で示した電圧計の位置の電圧を測定する. Wi-Fi のように大量のデータを送れないが, 少量のデータ(12 バイト)を数十 km 離れた基地局まで低コスト・低電力で送れるメリットがある. Sigfox は本体が約 5000 円であり, 1 年間の通信料が 1000 円程度と安価である. また, 1 日最大 140 回のデータの送信が可能である. Sigfox は, 送信出来るデータが限られているため, 送信するデータは測定した電圧を 16 分割した 0~f までのデータを送信する. これにより Sigfox1 つで 6 つのセンサーのデータしか送信出来なかったのが, 最大 24 個のデータを送信することが可能になる.

4. 確認実験と現場計測

作製した土壤水分センサーの確認実験の概要図を図 7 に示す. 実際の現場に近づけるため, 簡易センサーを埋めた土に水を加えながら送信されたデータの確認を行う.

現場計測を予定している長崎市内の急傾斜地の様子を図 8 に示す. この現場に水浸検知センサーのみ²⁾を取り付けたパイプを多数設置し, 土壤水分センサーと土中水の状況の比較を行う予定である.

5. おわりに

本研究では, 無線通信機器(Sigfox)・マイコン(Arduino Pro mini)・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・水浸)センサーの作製を行った. 前年度のセンサーをもとにより感度が高く容易に製作出来るように改良した. 電波が届く場所であれば Sigfox からデータの送信が可能で地盤中の水分状態を把握できる. センサーを多数作製し, 山の斜面に等間隔で設置する事で斜面全体の水分状態が把握できると考える.

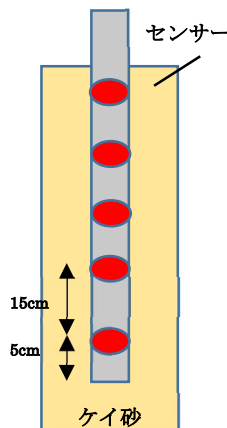


図 7 実験図

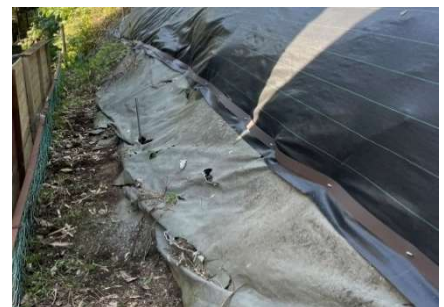


図 8 現場計測を予定している急傾斜地の様子

参考文献 1) 大嶺ほか: 水浸状態を検知できる土壤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) 松尾ほか: 地中水分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, 令和 4 年度 西部支部研究発表会(投稿中)