

第Ⅲ部門

ワイヤレスセンサネットワークを用いた広域斜面モニタリングシステムの開発に関する基礎的研究

立命館大学理工学部 学生会員 ○平井 一弘
 立命館大学理工学部 フェロー 深川 良一
 立命館大学情報理工学部 横田 裕介
 立命館大学 COE 推進機構 正会員 酒匂 一成
 立命館大学情報理工学部 大久保 英嗣

1.はじめに

わが国は国土に占める山林の割合が高く、また梅雨前線や台風による降雨が多いため、毎年多くの土砂災害が発生している。斜面崩壊に対する危険度をリアルタイムで予測し、住民の避難や文化財などの一時的な移動によって人的・物的被害を最小限にとどめることは非常に重要であり、そのためのシステムの確立はわが国の大きな課題であるといえる。斜面の安定度の変化には地盤内の水分挙動が大きく関連しており、水分挙動をより正確に把握するためには多地点の計測データを総合的に判断する必要がある。このような多地点の計測データを有線で収集するためには長距離の配線が必要となり、コストが大きくなる。そのため、無線によるデータ収集を行うことが望ましい。本論文では、実斜面において無線通信によってデータを取得することを最終的な目標に設定し、その第1段階としてデータの妥当性を検討するために室内土槽を用いた降雨実験を、またネットワークの現地適応性を確認するために人工盛土斜面にセンサノードを配置する実験を行った。

2.使用する無線センサノードの概要

写真-1 および 2 に本研究で使用する無線センサノードを示す。気象観測用センサノードでは湿度、温度、気圧、照度、加速度の各センサが搭載されている。外部センサ接続用センサノードは外部センサとの結線が可能であり、電位差などを計測する。また、双方のセンサノードでセンサノードの電池残量や通信経路に関する情報を同時に取得できるようになっている。計測されたデータは Zigbee 通信によって基地局となる基板に直接、または別のセンサノードを経由して間接的に送信される。これらのセンサノードは自己編成機能を持ち、適応性を備えているため、通信状態に応じて最適な通信経路をとるという特長を有している。



写真-1 気象観測用センサノード



写真-2 外部センサ接続用センサノード

3.試験概要および結果

i)降雨実験

土粒子密度 2.617 g/cm^3 のまさ土を初期含水比 5% に調整し、湿潤密度 1.6 g/cm^3 、斜面勾配 45° の斜面を形成し、降雨強度 50 mm/hr の雨を降らせた。斜面部および斜面上部にテンシオメータを 20, 40, 60 cm の深さに設置し、外部センサ接続用センサノードに接続して 2 秒ごとにデータを取得した。なお、本実験では写真-1 の気象観測用センサノードは用いていない。実験結果は図-1 に示す通りである。雨水の浸透による間隙水圧の増加現象が設置深さの浅いほうから順に見られる。しかし、出力されたデータの中には大きなノイズを含んでいるものも多くみられた。この現象は有線接続時では見られないことから、無線接続時特有の現象であると言える。この原因として、携帯電話や実験使用機器による電磁波が考えられる。

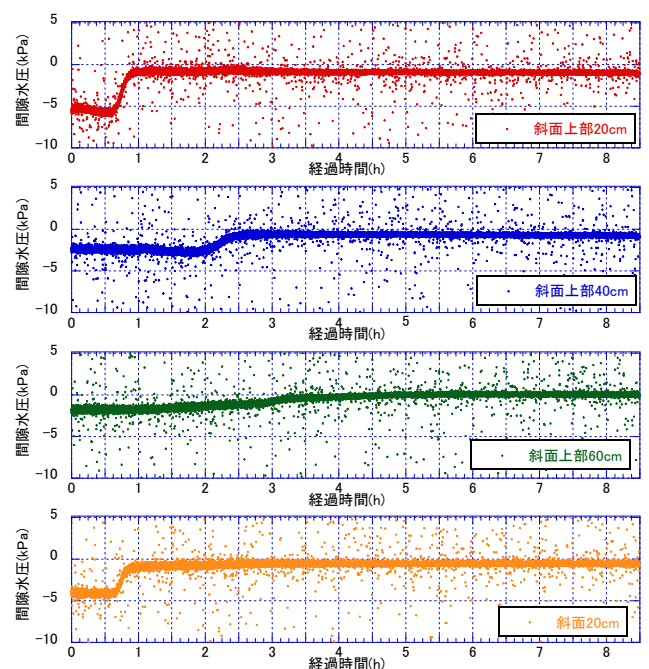


図-1 降雨実験における経過時間と間隙水圧の関係

Kazuhiro HIRAI, Kazunari SAKO, Ryoichi FUKAGAWA, Yusuke YOKOTA, Eiji OKUBO

ii)屋外実験

まず、通信距離を設定するためにセンサノードを防水BOXに入れ、草木が生い茂った場所に置き、間隔を徐々に広げていった。その結果、10m程度の間隔であれば問題なく通信できるが、15m程度では通信が不連続になることがわかった。このことから、斜面モニタリングシステムの設置を想定する山中でのセンサノードの間隔は、安定したデータ取得が必要であることや、

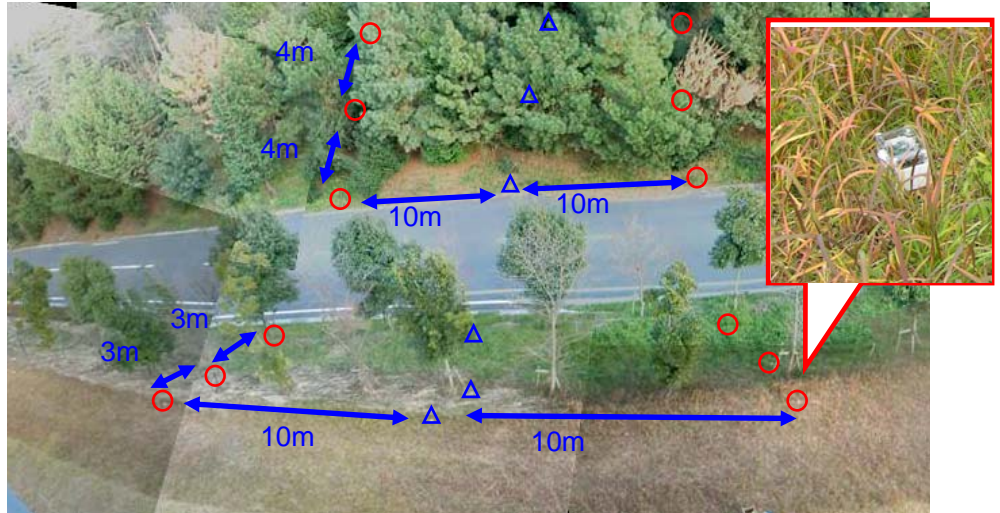


写真-3 センサノードの配置状況

○：気象観測用センサノード
△：外部センサ用センサノード

降雨時などに通信性能が低下するおそれがあることから 10m程度が妥当であると判断できる。

次に、本研究では気象観測用センサノードと外部センサ用センサノードの2種の基板を用いたシステムを想定していることから、2種類以上の基板を1つのネットワークの中に混在させても両者とも正常に稼動するかどうかを調べた。また、ノード数が増加すると、通信が混み合うことでデータの取りこぼしが増加するのではないかと考え、多数のセンサノードからのデータを同時に取得できるかを確認した。実験は写真-3のように道路を挟んだ斜面にセンサノードを1つのノードに中継が集中しないように格子状に配置した。なお、各センサノードから転送されてくるデータを受け取る基地局は写真撮影位置付近に設置し、最も近いセンサノードからの距離は15m程度である。また、計測間隔3分で、約24時間データ取得をおこなった。この実験でも様々な通信経路をとった。主な通信経路を図-2に示す。本実験でも特に大きな不具合は見られず、データの転送も問題なくできていた。

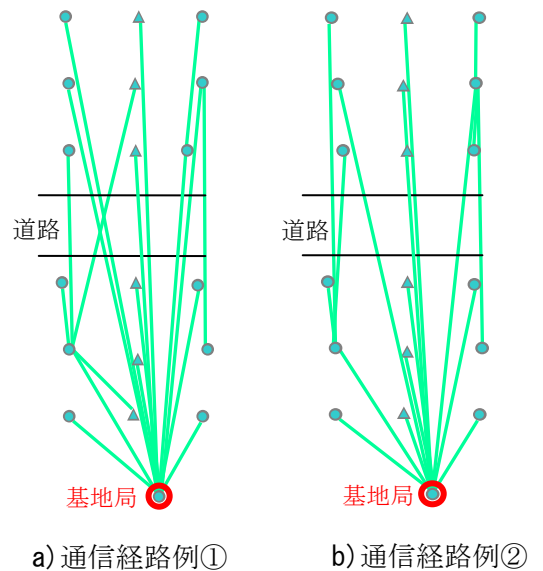


図-2 主な通信経路の状況

4.まとめ

降雨実験ではセンサネットワークを用いてテンシオメータの計測データ収集がおこなえることが分かったが、一方でノイズが多く含まれることが分かった。また、屋外実験では現場レベルでのノード間距離は10m程度が妥当であり、多種のセンサ基板を混在させたネットワークも正常に動作することが分かり、現地適応性が確認されたといえる。また、実際にシステムを崩壊危険斜面で運用するに当たって、データ取得間隔は10分を想定していることから、今回の実験よりもデータ通信が混み合うことはないと考えられ、今回の実験よりもはるかに多くのノードをひとつのネットワーク内に構築することが可能となる。

[謝辞]

本研究を遂行するにあたり、立命館大学情報理工学部基本ソフトウェア研究室 眞鍋 透氏、富森 英生氏には大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。