

立命館大学工学部	学生員	○的場洋平
立命館大学大学院理工学研究科	学生員	梅田和明
立命館大学 R-GIRO	正会員	酒匂一成
立命館大学工学部	正会員	深川良一

**1. はじめに** 著者らは、無線センサネットワーク技術を用いた斜面計測システムの構築を目指して研究を行ってきた<sup>1)</sup>。特にこの2, 3年、屋外斜面における無線センサネットワークシステムの適用性および有効性について検討を行ってきた。

本論文では、無線センサネットワークシステムで得られた計測データの信頼性について検証する。

具体的には、①室内試験、②学内斜面における現地計測を行い、広く一般的に用いられる有線計測システムと本研究で用いている無線センサネットワークシステムから得られたテンシオメータの計測結果の比較に基づき、その信頼性について考察する。

**2. 実験概要および結果**

**①室内検証試験**：本試験では、無線通信の計測値（出力電圧）に与える影響を検証した。写真-1に室内試験の状況を示す。テンシオメータからの出力値をロガー（KEYENCE社製）で計測する有線計測システムと、テンシオメータに無線ノード（Crossbow社製、MDA300）を接続し無線通信によりデータをパソコンに取り込む無線計測システムを用いた。試料には、乾燥密度 $1.52\text{g}/\text{cm}^3$ のまさ土を含水比5, 10%に調整して用いた。電源については、有線計測システムでは安定化電源によりテンシオメータの電源（12V）を供給した。無線計測システムでは、無線ノードおよびテンシオメータの電源に1.5Vのリチウム電池を6本用いて供給した。

間隙水圧の計測結果を図-1に示す。

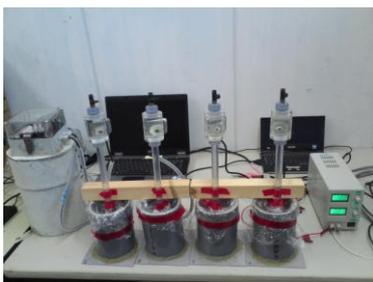


写真-1 室内試験装置

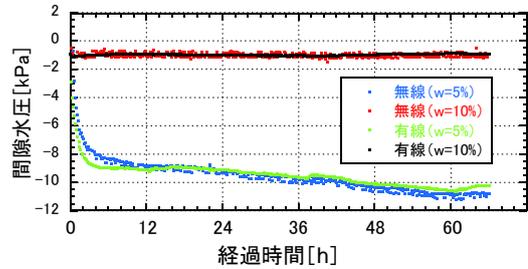


図-1 間隙水圧の時系列変化

図-1 より、有線計測と無線計測は、ほぼ同じ計測値を示しており、無線通信が出力結果に与える影響は小さいことを確認することができた。

**②学内斜面における計測**：次に、無線センサネットワークシステムの信頼性および屋外環境への適用性を確認するため、立命館大学びわこ・くさつキャンパス（滋賀県草津市）の敷地内の斜面において、無線計測システムおよび有線計測システムによるテンシオメータを用いた間隙水圧の計測を実施した。写真-2に計測機器の設置状況を示す。また、図-2に設置箇所の詳細を示す。

テンシオメータは、無線計測システムによるものを9本、有線計測システムによるものを3本設置した。無線ノードとセンサ部分の電源については、電池の種類の違いによる影響を検討するため、ニッケル水素蓄電池（中段）とアルカリ電池（上段、下段）を用いた。データは、斜面上部に設置された基地局内のパソコンに10分毎に収集した。深さ80cm地点の計測結果を図-3に、無線計測の下段100cmの間隙水圧を図-4に示す。



写真-2 計測機器の設置状況

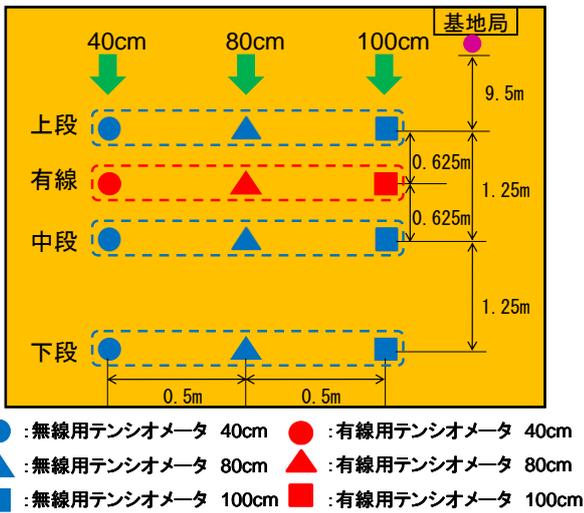


図-2 テンシオメータ配置図

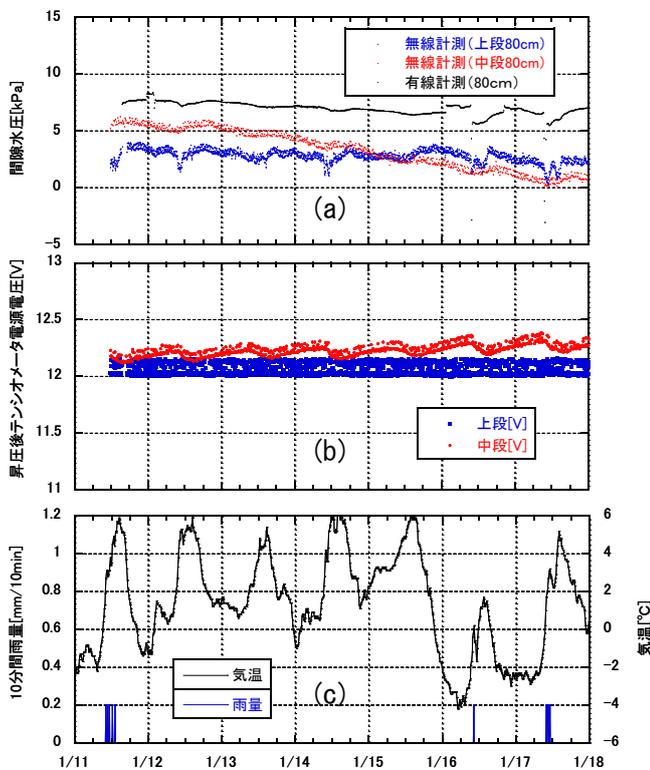


図-3 80cm 地点の計測結果

- (a) 間隙水圧
- (b) 昇圧後のテンシオメータ電源電圧
- (c) 計測期間の雨量・気温

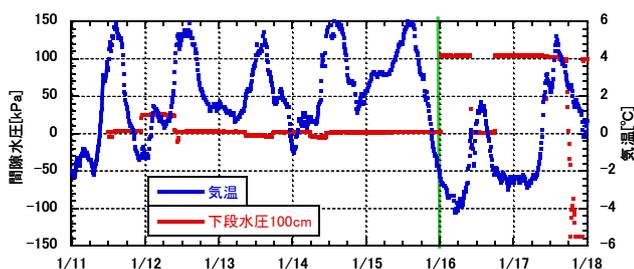


図-4 無線計測 (下段 100cm) の間隙水圧

3. 考察 図-3(a)より、有線と無線計測システムによる計測値は、いずれも現地斜面内の間隙水圧(含水量)が高いことを示している。実際に斜面を掘削し、試料を採取した際、深さ 60cm 以下で多くの水が見られたため、計測結果が正圧を示すのは妥当だと考えられる。また、徐々に間隙水圧が低下していく傾向も各センサで計測されている。無線計測システムの計測値において、ブレが大きく生じていることが分かる。

テンシオメータの電源において、有線計測では安定化電源を使用しているため、計測期間はほぼ12Vで安定している。しかし、無線計測において、図-3(b)より、センサ用電圧値は上段(アルカリ電池)、中段(ニッケル水素蓄電池)のいずれも12Vに安定しておらず、気温の影響による日変動が見られる。テンシオメータの電源電圧は、間隙水圧の計測値に大きく影響することから、図-3(a)で見られた無線計測システムで得られたテンシオメータの値は、電池電圧の変動が影響している可能性が考えられる。

また、図-3(a)、(c)より、1月16日頃に気温が0°Cを下回った。雨量はほぼ観測されていないが、実際は夕方から大雪であった。それにより有線計測の間隙水圧の値が途切れ、計測が不安定になった。無線計測(下段100cm)についても、同日の-2°C付近で間隙水圧の値が急上昇している。その後、気温の上昇に伴い、水圧値も一時的に正常な値を記録している。このことから、無線ノードや有線計測システム用ロガーなど機器類の低温時における動作性を検証する必要があることが分かる。

4. おわりに 本論文では、室内試験と屋外斜面での有線および無線計測システムによる計測結果より、無線計測システムの信頼性について検討した。無線計測システムは、有線計測システムと同様に計測が可能であるが、計測値のブレが比較的大きいことが分かった。これは電源の供給方法が影響しているものと考えられる。また、低温時では、有線、無線計測システムのいずれも動作性に問題が生じることが分かった。

#### 参考文献

- 1) 深川ら: ワイヤレスセンサネットワークを用いた斜面モニタリングシステムに関する一考察, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2009, pp.19-24, 2009.