

LoRaWAN を用いた傾斜計測システムの電波伝搬実験と現場計測

愛媛大学 学生会員 ○大北涼介 正会員 安原英明
学生会員 Achmad Hafidz 正会員 木下尚樹

1. はじめに

日本は、地形や気候などの様々な要因から、台風や豪雨による土砂崩れや土石流、洪水といった自然災害が発生しやすく、甚大な被害を受けてきた。これらの被害を軽減するためには、傾斜地や河川の危険度をリアルタイムで評価可能なモニタリングシステムを導入する必要がある。しかし、同システムは、対象斜面への観測機の網羅的設置による地盤挙動の巨視的観測や、自然災害の前兆現象を早期に発見するための継続的な観測が必要のため、コスト抑制が課題の1つである。そこで近年注目されているのが、LPWAN (Low Power Wide Area Network) と呼ばれる技術である。本技術は、通信速度は数 kbps~数百 kbps 程度と携帯電話システムと比較して通信速度が低いものの、電池一つで数年にわたり運用可能な省電力性や、数 km~数十 km もの長い距離で通信可能な広域性などを有し、傾斜地や河川におけるモニタリングの通信ニーズに合致している。これまで、本技術を用いた斜面監視に関する研究として、これらが挙げられる。^{1),2)} 本稿では、愛媛県伊予市中山町栗田地区での実証実験のうち、電波伝搬実験と、斜面変状モニタリングの結果について述べる。

2. 電波伝搬実験

LPWAN を導入して行う傾斜地のモニタリングは、まず、各地点に設置したセンサがゲートウェイ(以下、GW と記述)に測定したデータをアップロードする。次に、GW がそのデータをサーバーに送信する。その後、専用のサイトを用いてリアルタイムで観測するといった順序で行われる。そのため、GW は観測範囲全域から電波を受信可能であり、GW の運用に必要な電源が確保できる位置に配置される必要がある。本研究では、電源確保の観点から、観測地点近隣の民家を GW の候補地として設定し、電波伝搬実験を行った。実験は次の方法で行った。候補地に設置した GW に向け 10 秒に一回の間隔で送信を行うよう設定された 2 つの送信機を、観測地点を通過するように車で移動させ、GW のデータ受信の有無を測定した。

電波伝搬実験の結果、観測地点内から送信された電波のほとんどが、設置した GW に到達しなかった。そのため、設置した GW は、栗田地区の斜面変状モニタリングには不適と判断した。そこで、電源としてソーラーパネルとサブバッテリーを利用した GW (図 1) を観測地点範囲内に設置し、栗田地区のモニタリングを開始した。栗田地区におけるセンサおよび GW の設置箇所を図 2 に示す。



図 1 栗田地区に設置した GW

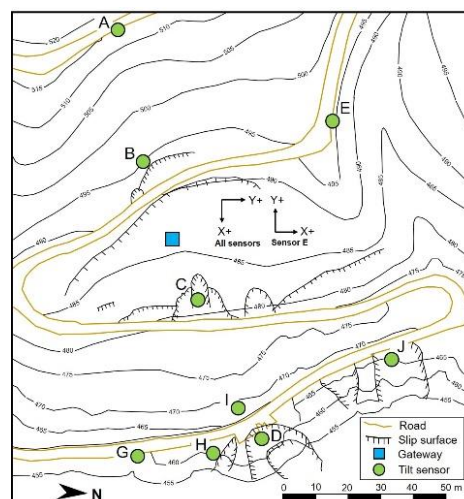


図 2 センサ設置場所

3. 斜面モニタリング

現場に取り付けているセンサボックスには、2軸傾斜センサ、温度センサ、通信基盤、電源（単3アルカリ乾電池）を内蔵している。センサの仕様として傾斜計は測定範囲： $\pm 90^\circ$ 、分解能： 0.01° 、動作温度範囲： $-40^\circ\text{C}\sim+125^\circ\text{C}$ 、温度センサは測定範囲： $-40^\circ\text{C}\sim+90^\circ\text{C}$ 、精度： $\pm 0.3^\circ\text{C}$ である。地点J（図3）におけるモニタリング結果（2021年11月12日～2022年2月26日）を図4に示す。地点Jでは、他地点にはなかった傾斜角度の継続的な変化が観測された。この変動は、地点Jにおいて地すべりが発生しているためであると考えられる。また、2021年11月25日から、GWのデータ送信が一日あたり数時間～十数時間停止するという現象が度々発生している。地点Jで確認されたデータの送信停止期間（2021年11月12日～2022年2月26日）を図5に示す。GWのデータ送信の停止は、その多くが、悪天候などにより日照時間の短かった期間の夜間に発生していた。そのため、この現象が発生した要因は、ソーラーパネルが発電しない時間帯に電源として使用されるサブバッテリーの残量低下によるものであると考えられる。

4. おわりに

愛媛県伊予市中山町栗田地区を対象に、電波伝搬実験によるGW設置地点の選定を行うことができた。また、観測地点にセンサを配置してモニタリングを開始し、斜面の変動が発生していることを確認できた。今後の展望として、モニタリングを継続し、他地点の観測データとの関連性を評価し、すべり面を特定すること、また、日照時間とデータ送信停止時間の関係性を明らかにすることが必要である。

5. 参考文献

- 1) 土田孝, 橋本涼太, 大町正和, 梅本秀二: 土石流災害を対象としたワイヤレスセンサーを用いた溪流監視システムの開発, 公益社団法人地盤工学会中国支部論文集, 地盤と建設 Vol.38, pp.77-82, 2020.
- 2) 鶴田大毅, 永山智之, 土屋光弘, 黒田卓也: 傾斜監視クラウドシステム OKIPPA®104 の導入実績と計測事例, 西松建設技報, Vol.44, pp.1-6, 2021, https://www.nishimatsu.co.jp/solution/report/pdf/vol44/g044_09.pdf



図3 地点Jの景観

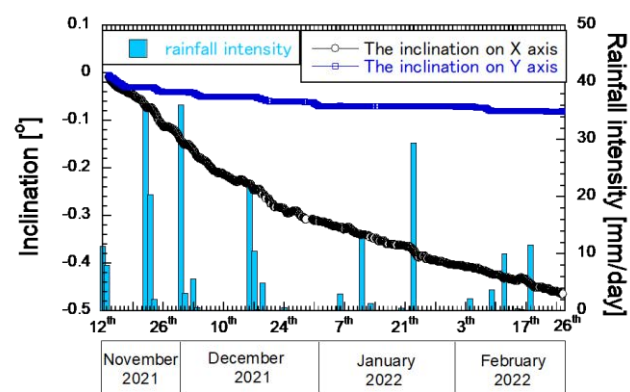


図4 モニタリング結果(地点J)

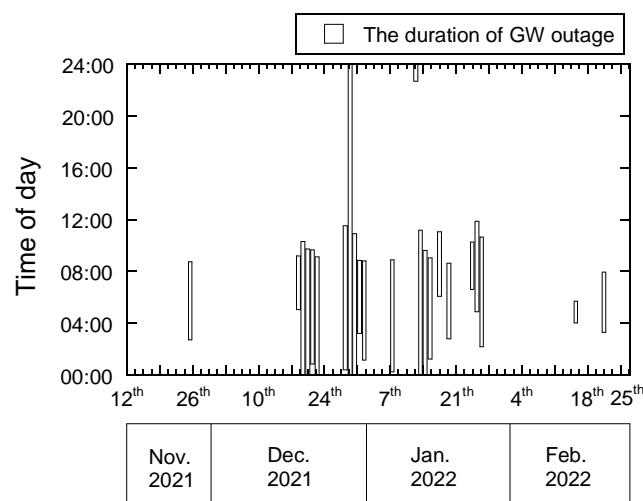


図5 データ送信停止期間(地点J)