

山間部の国道におけるモニタリングのための LPWA 通信に関する考察

日本仮設（株） 正会員 ○日向 洋一

北海道大学 正会員 宮森 保紀

岩田地崎建設（株） 水口 真人

岩田地崎建設（株） 小堀 義昭

北海道開発局 札幌開発建設部 千歳道路事務所 安倍 大輔

1. はじめに

インフラの状態監視のために、センサと通信技術及びクラウドサーバを用いたモニタリングシステムが注目されている¹⁾。このうち通信技術として LoRa (Long Range) は消費電力が少なく、広範囲の通信を可能にする無線ネットワーク LPWA (Low Power Wide Area) の代表的な技術であり、インフラモニタリングに適用性が高いと期待されている。筆者らは山間部を通る国道の切土法面工事において、送受信間に電波を遮る山が存在する状態で LoRa を活用して計測管理を行った。本稿では、RSSI (電波強度) と送受信間の地形及び天候の関係について考察して報告する。

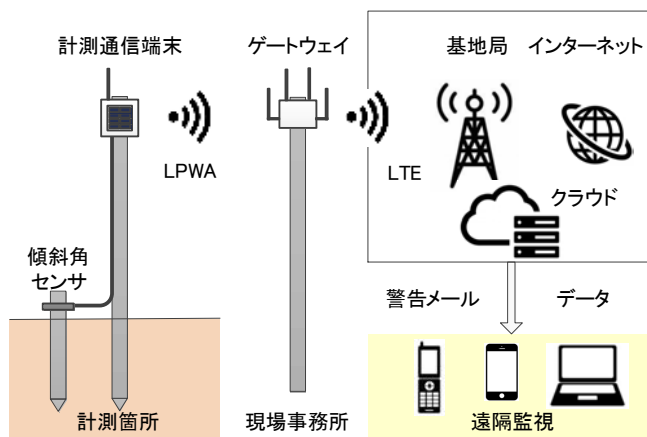


図-1 計測システム概要図

2. 計測システム概要

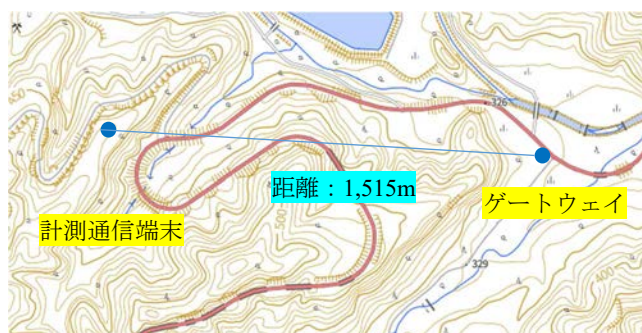
本計測で用いた熱検知式 MEMS 傾斜計と LoRa 通信を用いた計測システムの概要を図-1 と表-1 に示す。現場では切土法面の計測箇所に傾斜角センサと計測通信端末を設置して、傾斜角を計測した。傾斜角データは、傾斜計内部で A/D 変換し、温度補正及びフィルタ処理を行ってから、計測通信端末に送られる。そして統計処理を行ってから LoRa 通信によりゲートウェイを経由して LTE 通信とインターネットによりクラウドサーバに保存される。本システムの LoRa 通信は電波上の見通しが良いエリアでは、15km の通信が可能である事を確認している²⁾。

項目	仕様内容
傾斜角センサ	XY2 軸±10°,精度±0.025°
周波数	920MHz 帯 LoRa 変調
送信出力	13dBm (20mW)
受信感度	-140dBm

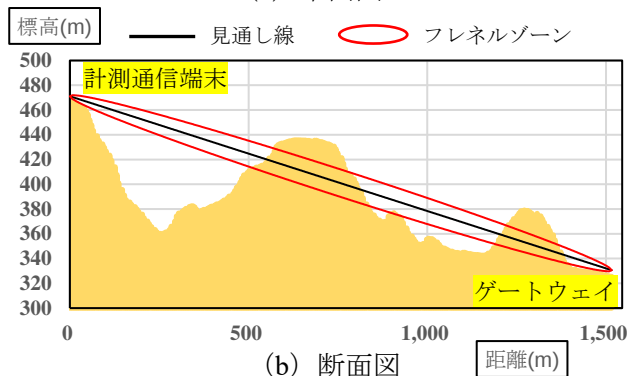
表-1 計測システムの仕様

3. 現地概要

本稿では、一般国道 276 号千歳市美笹法面対策外一連工事において、切土法面工の傾斜計測管理に用いられた計測システムで取得した各種データの内、RSSI の一部について着目した。現地は山間部を通る国道であり、計測箇所と現場事務所間には、山陰と樹木が混在するエリアである。図-2 に現地の平面図と断面図³⁾を示す。この通信距離は約 1.5km であり、標高差は約 140m であった。図-2 に示す通り見通しが効かず、フレネルゾーン内に遮蔽物である山が存在していた。



(a) 平面图



(b) 断面図

図-2 現地概要

キーワード LPWA, LoRa, モニタリング, 切土法面

連絡先 〒063-0836 札幌市西区発寒 16 条 14 丁目 6 番 50 号 日本仮設（株）TEL 011-662-6231

4. 通信結果と考察

令和4年10月6日～11月22日のRSSIと気温、降雨のデータ⁴⁾を図-3と図-4に、RSSIと気温の単相関を図-5に示す。RSSIの平均値は-121.6dBm、最大値は-113.2dBm、最小値は-129.8dBm、標準偏差は4dBmであった。無線通信における見通しを示すフレネルゾーンのフレネル半径は11.1mであり、フレネル半径の60%は6.7mであった。図-2に示すとおり通信経路上の距離560m付近と1,210m付近に山があり、見通しがなくフレネルゾーンの確保は出来ていなかったが、RSSIのレベル平均-121.6dBmで通信できた。これは山岳回折により電波が山の反対側に回り込み通信出来たものと考えられる。

次に気温と降雨の変化とRSSIの変動について検討した。大気中を伝搬する電波は、水蒸気と酸素による吸収が顕著であると示されている⁵⁾。本稿では気温の変化を水蒸気の変化と見なして相関を求めた。本検討の期間中は、平均気温5.8℃、最高気温18.2℃、最低気温-4.5℃であった。図-5に示すとおりRSSIと気温の相関係数は0.1671と低かった。降雨は、10月9日19時～10月11日17時までの46時間に101mmの降雨を記録した。RSSIと降雨・気温の重回帰分析の結果、重決定係数R²値は0.1672であり、相関は低かった。電波の周波数が920MHz帯であり、通信距離約1.5kmであったため、気温変化と降雨の影響は低かった。

RSSIの標準偏差は4dBmであったが、気温変化と降雨の影響が低いことから、山頂の山岳回折波の他に、斜面の回折波も到達し、フェージングが発生していたものと考えられる。

5. まとめ

本研究を踏まえて、LPWAを用いたモニタリングシステムの社会実装について検討を進めて行く所存である。

謝辞

本研究の一部は（国研）科学技術振興機構A-STEP及び（公財）北海道科学技術総合振興センター（ノーステック財団）の助成を受けて実施いたしました。ここに記して感謝申し上げます。

参考・引用文献

1)宮森他：橋梁モニタリングのためのLPWA通信実験，令和4年度土木学会全国大会 第77回年次学術講演会，CS9-38，2022。

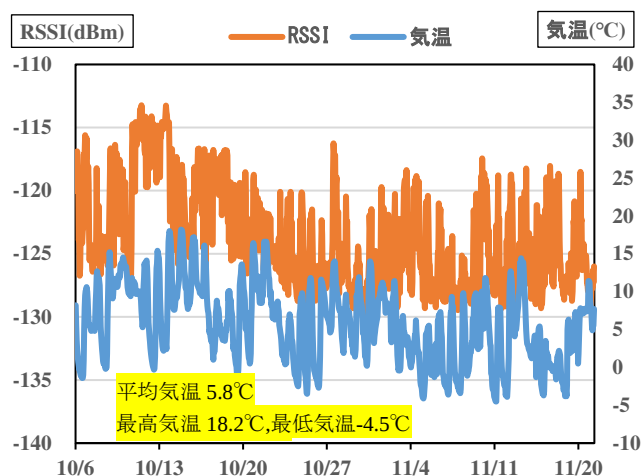


図-3 RSSIと気温の変化

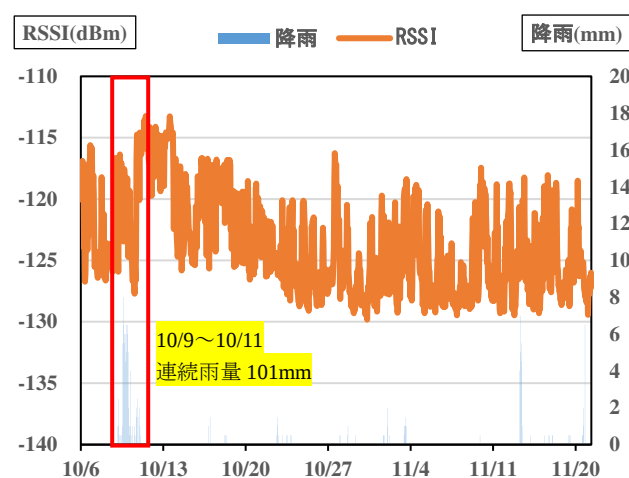


図-4 RSSI変化と降雨

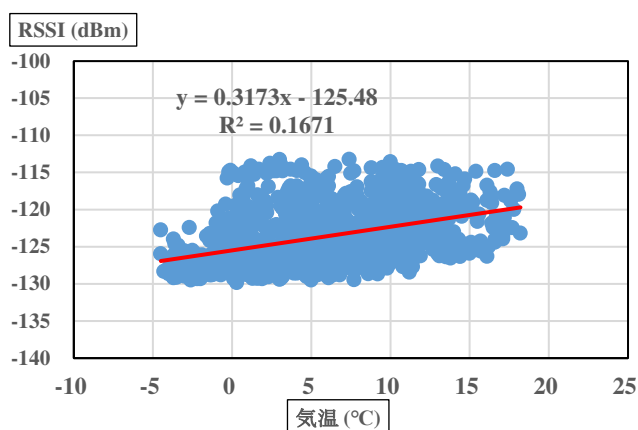


図-5 RSSIと気温の相関

2)日向他：雪寒地域の橋梁傾斜角モニタリングシステムの研究開発，令和3年度土木学会全国大会 第76回年次学術講演会，CS9-13，2021。

3)地理院地図 Vector <https://maps.gsi.go.jp/vector/>

4)気象庁 HP <https://www.jma.go.jp/>

5)高田潤一：電波伝搬の基礎理論，Technical Report，Nov.10，pp2-8，2017。