

無給電傾斜センサの開発



神谷 弘志*1



中村 大輔*2



秋山 保行*3

Development of the battery powered tilt sensor

Hiroshi KAMIYA*1, Daisuke NAKAMURA*2, and Yasuyuki AKIYAMA*3

*1 Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR East Group

*2 Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR East Group

(Chief Researcher, Disaster Prevention Research Laboratory of Research and Development Center of JR East Group)

*3 Principal Chief Researcher, Frontier Service Development Laboratory of Research and Development Center of JR East Group

Abstract

In order to avoid a train colliding with fallen rocks from slopes along railway lines, we inspect regularly slopes by climbing. But climbing is a laborious and dangerous task. We developed the battery powered tilt sensor for monitoring the movement of rocks for reducing climbing tasks. In order to enable long-term monitoring with only battery, we examined, prototyped and verified the configuration of measuring equipment and measurement frequency, communication standards, etc.

●**Keywords:** Rockfall slope, Monitoring, IoT Sensor, Tilt sensor, Battery powered, Low Power Wide Area

*1 JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 主幹研究員
*2 JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 主幹研究員 (現 防災研究所 主幹研究員)
*3 JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 上席研究員

1. はじめに

鉄道沿線斜面からの落石と列車との衝撃を回避するために、地表踏査を基本とした落石に関する斜面検査、および防護設備の強化、落石検知装置の整備を実施している。しかし、地表踏査は多大な労力がかかる上に危険な作業である。そこで、IoTセンサを活用した監視手法、およびドローンを活用して上空から取得した画像・点群によって地表面の変状を確認する検査手法の検討を進めている。今回、IoTセンサのひとつとして、無給電傾斜センサを開発した。バッテリーだけで長期間の稼働を可能とするため、計測機器の構成や計測頻度、通信規格等を検討、試作・検証した。現在、実斜面への整備・運用に取り組む一方、活用の拡大について検討を進めている。

2. 落石に関する検査等のこれまでの取組みと課題

2・1 落石に関する検査等のこれまでの取組み

鉄道沿線斜面からの落石に関する維持管理については、国鉄時代の1977年3月に上越線津久田・岩本間の大規模落石による列車脱線災害が発生したことを契機に、防護設備の強化等が継続的に進められてきた。また、JR東日本では、1996年から3年間「落石災害の予知に関する研究委員会(委員長:元中央大学鈴木隆介教授)」において、落石に関する維持管理をよりの確に行うために、調査・検査方法、評価手法および対策工法を整理した「落石検査マニュアル」を整備、マニュアルに基づいた定期的な検査および検査結果に応じて防護設備の強化を進めている。

また、落石が発生した場合に、列車を緊急停止させ落石との衝撃を回避するために「落石検知装置」を開発、必要な箇所を整備する取組みを進めている¹⁾。

2・2 落石に関する検査の具体的な内容

鉄道沿線斜面のうち、落石のおそれのある斜面について「落石検査区間」、その中で特に継続的に監視が必要と判断された箇所を「落石重点監視箇所」と定め、2年毎の通常全般検査ならびに10年毎の特別全般検査では地表踏査を実施して、斜面の変状もしくは既変状の進行の有無および線路周辺の環境変化を確認している(図1)。専門技術者が地表踏査を実施した上で落石重点監視箇所や監視の方法等を示した「カルテ」を作成、全般検査ではこの「カルテ」を活用する。具体的な監視の方法としては、転石等の下部侵食の有無や転石自体の動きの有無、岩盤の開口割れ目の拡大の有無を目視および測定によって行っている。

落石重点監視箇所は、急傾斜かつ線路から高い位置にあることが多く、かつ数も多いため、検査や監視のための地表踏査が多大な労力がかかる上に危険な作業となっていることが課題である。



図1 地表踏査

一方、特に注意を要する岩盤や斜面に対して、変位計や伸縮計、傾斜計等の計測機器を設置して監視することもある²⁾が、通信や電源のための配線工事が必要であることから費用を要していることも課題であった。

そこで、IoTセンサを活用した監視手法およびドローンを活用して上空から取得した画像・点群によって地表面の変状を確認する検査手法の検討を進めており、そのひとつとして、外部供給電源不要で無線伝送で効率的に計測データを収集することが可能な無給電傾斜センサを開発した。

3. 無給電傾斜センサの開発

3・1 無給電傾斜センサの設計

バッテリーだけで長期間(概ね10年間)稼働可能であることを目標として以下のような仕様とした(図2)。

- ・斜面上の転石自体の動きの有無や岩盤の開口割れ目の拡大の有無を、内蔵した「加速度計」から算出した「傾斜角」で計測・監視する。
- ・計測結果を伝送する通信規格としてLPWA (Low Power Wide Area)を採用し、定期的にクラウドに伝送する。
- ・傾斜角の計測頻度と計測結果の伝送頻度は必要最小限とする。(30分間隔)
- ・加速度計とは別に、一定の傾斜を感知する「傾斜感知センサ」も採用し、感知した作動信号を緊急情報としてクラウドに伝送する。一定の傾斜は20度および30度とする。

今回、通信規格としてLPWAの一種である「Sigfox」を採用した。

3・2 Sigfoxの概要

Sigfoxは、フランスの通信事業者Sigfox社が提供する通信規格で、日本でも基地局が整備され2017年からサービスが開始されている。以下の特徴を有してかつ利用料金が年間数百円であることから、センサ等IoTの分野で活用が広がっている。

- ・長距離通信・低通信速度 (100bpsと低速度である一方、基地局と最大数十km程度まで通信可能)
- ・低消費電力 (数十mA、LTE通信の1/10以下)
- ・少量データ伝送・通信回数制限 (1回最大12バイト、1日通信回数最大140回)

Sigfoxを含むLPWAを採用した傾斜センサは各社が製品やサービスとして提供をしているが、今回開発した無給電傾斜センサは、他社と比較して機能等を限定することで、長期間の稼働を可能とした。

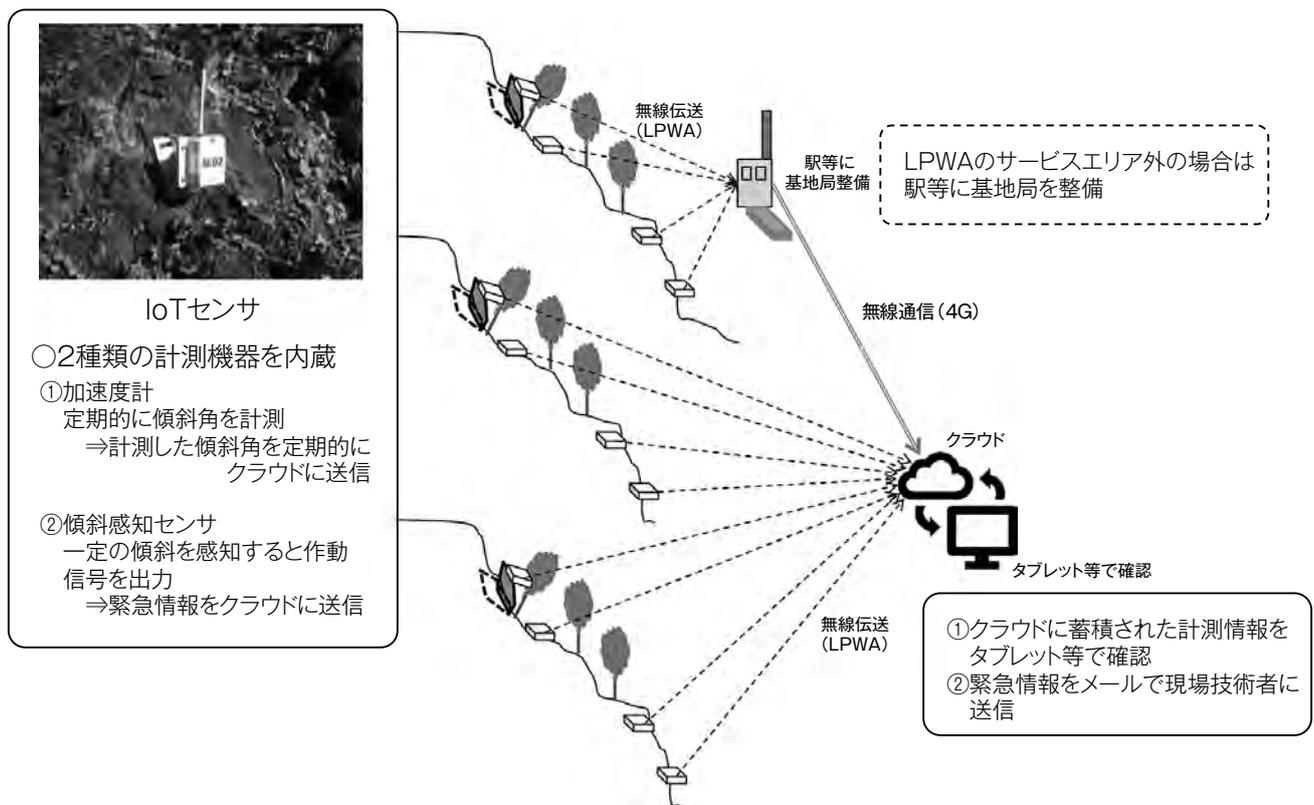


図2 無給電傾斜センサの概要

3・3 無給電傾斜センサの試作・検証

設計に基づき無給電傾斜センサを試作、磐越西線沿線斜面の岩盤に数ヶ月間設置して、計測および伝送ができるかを検証した。センサを設置した斜面はsigfoxのサービスエリア外であったため、隣接する駅に基地局を整備した。駅と斜面との間は5km程度離れていたが、安定して伝送できていることを確認した。

4. 無給電傾斜センサの整備

無給電傾斜センサは2019年度から複数の線区・斜面の岩盤や転石に整備している (図3)。

Sigfoxのサービスエリアは順次拡大されているが、山間部にある鉄道沿線斜面ではサービスエリア外である場合がある。そのような場合は、基地局を駅等に独自に整備した。基地局の電源として、駅にある電源を使用したり、ソーラーパネルを使用したりしている (図4)。センサと基地局が数km離れることもあるが、特に問題なく傾斜角を送信できている。



図3 無給電傾斜センサの整備状況

クラウドに送信された傾斜角はPCだけでなくタブレットでも閲覧できるようにした。さらに、緊急情報については、あらかじめ登録されたスマホ等に伝送される仕組みを構築している。

落石の恐れがある斜面への整備の他に、降雨等による土砂崩壊の恐れがある斜面に対して、支柱に無給電傾斜センサを設置して監視するといった活用もされている(図5)。



図4 基地局の整備



図5 斜面への設置

5. おわりに

線路沿線斜面を監視するための取組みのひとつとして無給電傾斜センサの開発および整備について述べた。これによって地表踏査の頻度軽減が見込まれているが、引き続き、ドローンを活用して上空から取得した画像・点群によって地表面の変状を確認する検査手法の検討と、両者を併用した検査の検討に取り組んでいる。

また、線路沿線においてもLPWAが活用できることが確認できたため、橋りょうやトンネルの監視等を目的としたIoTセンサについても、LPWAを活用した開発に取り組んでいる。

参考文献

- 1) 岸 滋、鈴木 修、島村 誠、長大延長を一括監視可能な落石検視システムの開発、JR EAST Technical Review No.21、2007年秋
- 2) 湯浅 啓司、鴨志田 祥子、関口 湧斗、浅川 浩隆、上越線巨大岩塊の落石対策工法検討とその対策、日本鉄道施設協会誌2019年9月号