

レーザー距離計と無線センサを用いたトンネルひび割れ計測の一検討

(株) ジェイアール総研情報システム
(公財) 鉄道総合技術研究所

正会員 ○蒲地 秀矢 非会員 大木 裕久
正会員 津野 究 正会員 藤田 輝一

1. 目的

筆者らは、無線センサを活用した鉄道トンネルの変状監視手法を実用してきた。ここで、ひび割れ幅の計測について、ひずみ式変位計を用いた接触式の変位計を用いてきた。しかし、水平方向の変位計に対し、ひび割れ面の目違いや段差等が発生した場合に正確なひび割れ幅が測定できないことや、計測可能範囲が小さいといったデメリットが存在する。

そこで、本検討では比較的安価なレーザー距離計を用いることで非接触式のセンサを試作し、無線センサと組み合わせて鉄道トンネルへの適用性の検証を行ったので報告する。

2. 無線通信子機の試作

レーザー距離計には TOF (Time of Flight) 方式を採用した。TOF 方式は発光部からパルス投光されたレーザーがターゲットで反射しセンサ内の受光部に戻ってくるまでの時間を測定し、それを距離に換算する方式である。レーザー距離センサの発光部、受光部の状況を写真 1 に、試作した無線通信子機の構成を図 1 に示す。レーザー距離計には HREED の HI50 を使用した。測定可能距離は 0.03m から 50m であり、レーザー光は波長が 635nm の Class1 である。距離センサは CPU から UART 通信で制御することで計測を行い、無線通信には消費電力が少ない ZigBee 通信モジュールを使用した。また、寒冷地での計測に対応できるよう、リチウム一次電池を採用した。

3. センサ精度の評価試験概要

適用可能な距離を検証するため、計測距離を 30mm から 700mm の範囲とした。試験は室内で実施し、照度は最高 315Lux から 0Lux、温度は 26℃から 20℃の環境であった。試験ケースは測定開始から測定値が安定するまでの時間（以下、初期ドリフト）を確認するため、表 1 の計測距離を変えた 5 ケースで 30 分間の計測を行った。また、長期間の計測による照度や温度の影響を確認するため、表 2 の 2 ケースで 18 時間連続試験を行うケースを実施した。アルミフレームで試験治具を制作し（写真 2）、距離センサを XY マイクロステージ上に固定のうえ、ターゲットとしてアルミ板を任意の距離に設定し計測した。照度と温度の測定にはサンワサプライの CHE-TPHU5 を使用した。距離センサはサンプリング周波数が

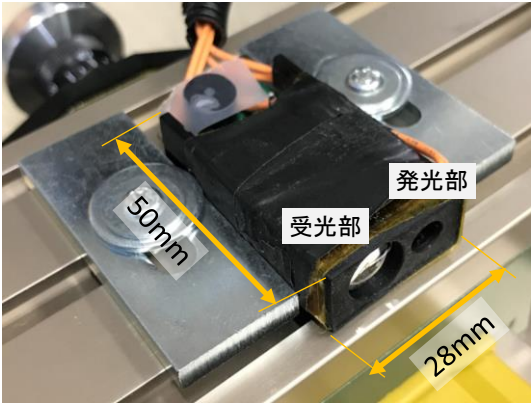


写真 1 TOF 方式 レーザー距離センサ

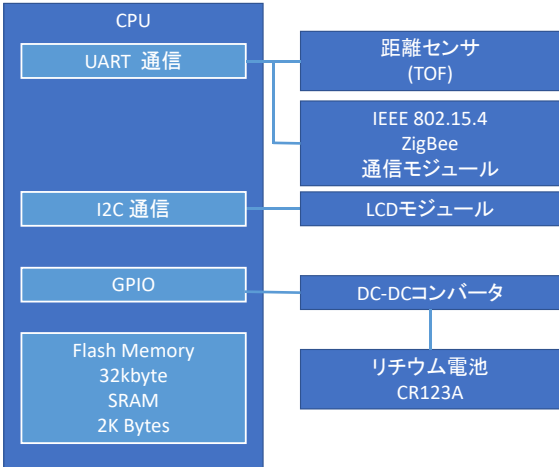


図 1 試作した無線通信子機構成

表 1 初期ドリフトの検証ケース

試験ケース	距離
1	30mm
2	200mm
3	300mm
4	500mm
5	700mm

表 2 長時間計測ケース

試験ケース	距離
1	30mm
2	700mm

3.3Hz であり, 1mm 単位の値が取得できることから, 100 個のサンプリングから平均値を算出し, 約 30 秒に一度の間隔で出力することとした. このオーバーサンプリングにより 0.1mm 単位の計測を可能としている.

4. 計測結果

4. 1 初期ドリフトの検証

図 2 に 30mm から 700mm までの計測結果を示す. 計測値は測定時間 30 分間の測定値から中央値(Median)を算出し, 実測定値との差異を相対距離として整理した.

計測結果から, 各測定距離において 900 秒程度の初期ドリフトが発生し, その後 ± 0.1 mm 程度の距離の振幅に収まり, 安定していることが確認できた. これにより, 1 つの実測データを得るために 900 秒を超える連続計測が必要であることから, 消費電力の省電力化について検証する必要があることが分かった.

4. 2 長時間計測の結果

図 3 に 18 時間連続計測でのケース 2 の試験結果を示す. 試験は夕方 19 時から翌 12 時までの 18 時間で実施した. 結果から, 距離誤差と温度の逆相関性を確認できた. さらなる測定精度を向上するため, 温度による校正係数の検討が必要であることが分かった.

5. 大型覆工模型実験での計測

写真 3 に鉄道総研内で実施した大型覆工模型実験での計測状況を示す. これにより, 無線センサ子機とターゲットの取り付け等に問題が無いことを確認した.

6. まとめ

本検討では TOF 方式のレーザー距離センサを用いて, 初期ドリフトの検証と長時間計測による鉄道トンネルでの適用性について確認した. 今後は, 消費電力の省電力化の検証および温度による校正係数等の検討を行い, 実トンネルでの試験計測に依る検証を実施していく.

参考文献

1) 津野究, 蒲地秀矢, 中西祐介, 仲山貴司: 無線センサを活用したトンネル変状システム開発, トンネル工学報告集, Vol.19, pp.245-249, 2009

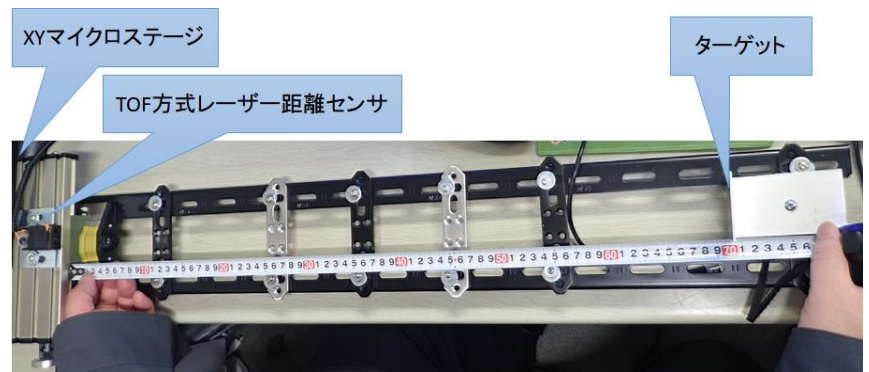


写真2 TOF方式レーザー距離センサ 計測状況

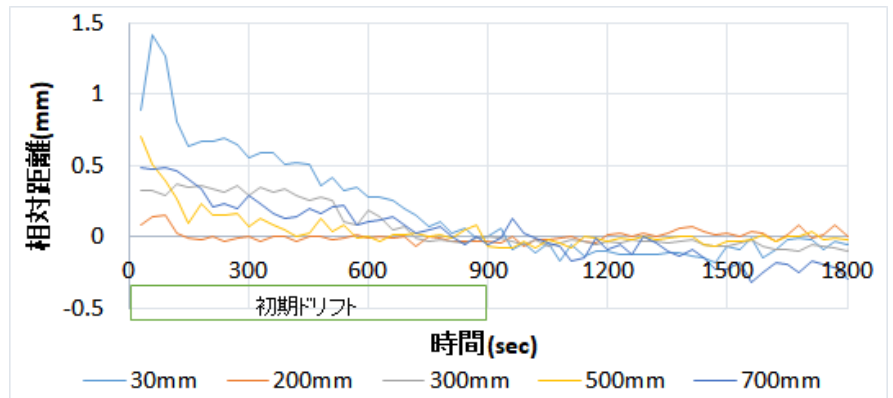


図2 測定に伴う初期ドリフトの傾向

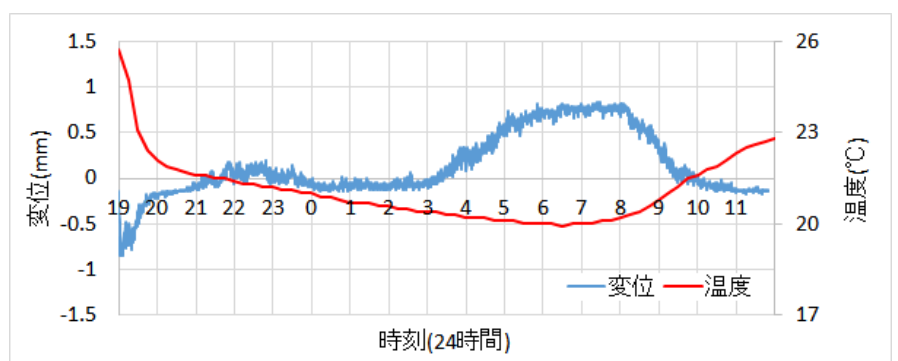


図3 18時間連続計測による変位(mm)と温度(℃)の関係

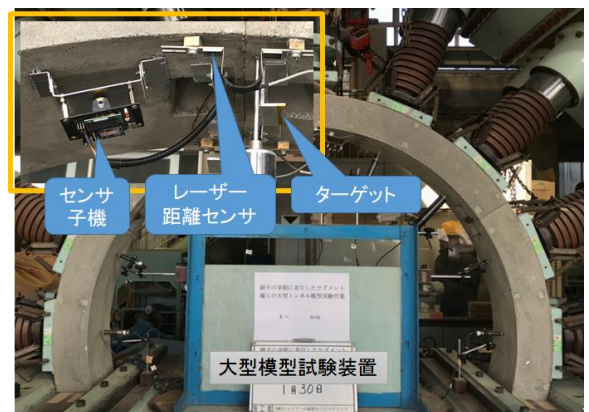


写真3 大型模型試験装置