

光ファイバセンサを利用した雪氷災害モニタリングシステムの開発

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 藤橋一彦、奥津大、小松宏至
 NTT 東日本 江幡敦司
 アイレック技建(株) 佐々木進
 (株)東電通 江田晃一

1. はじめに

日本の国土の約6割が積雪寒冷地域で、そこに全人口の約4分の1の人々が生活しており、安全な社会生活を確保する上で、雪氷災害を軽減化することは今日でも重要な課題である。NTTにおいても、雪氷災害の軽減化に貢献することを目指し、光ファイバセンシング技術を活用した雪氷災害モニタリングシステムの開発に取り組んでいる。モニタリングシステムを構成するセンサとしては、積雪計、路面温度計、雪崩検知計、吹雪検知計などがあり、これらは給電不要な光ファイバセンサで開発を行い、現在実現場での試験を実施中である。本稿では、この雪氷災害モニタリングシステムの開発概要について紹介する。

2. 光ファイバセンサの概要

光ファイバセンサにはいくつか方式があるが、ブリルアン散乱光を測定解析するBOTDR¹⁾²⁾及びレーリー散乱光を測定解析するOTDRを利用した2タイプのセンサ構造とし、積雪計と路面温度計はBOTDRタイプ、雪崩検知計及び吹雪検知計はOTDRタイプとした(写真1,2,3,4,5)。

2.1. 積雪計及び路面温度計の測定原理

ブリルアン散乱光の周波数シフト量が、光ファイバに作用する歪や温度と比例関係にあることを利用して、積雪計では雪中と大気とで温度が不連続になることにより雪面を特定し積雪量を測定する。路面温度計は、硬質ビニル材の円筒円周方向の温度伸縮による歪及び光ファイバ自体の温度変化の両者合成による周波数シフト量を測定して、温度を測定する。

2.2. 雪崩検知計及び吹雪検知計の検知原理

レーリー散乱光強度が光ファイバに作用する曲げに依存して損失量が増加することを利用して、吹雪検知計では、風速10m/s以上の風が作用した場合に光ファイバに一定の曲げが作用することにより検知する。従って、この検知計のみでは、吹雪なのかやや強い風のみが吹いているかの区別ができないので、CCTVによる映像情報や降雪情報を用いて吹雪判定をする必要がある。雪崩検知計は、雪崩により一定以上の圧力がセンサに作用した場合に光ファイバに一定の曲げが作用することにより検知する。ノック式と転倒式の2タイプを考案した。雪崩防護柵等の最上部に設置して、オーバーフローしてくる雪崩を検知する。

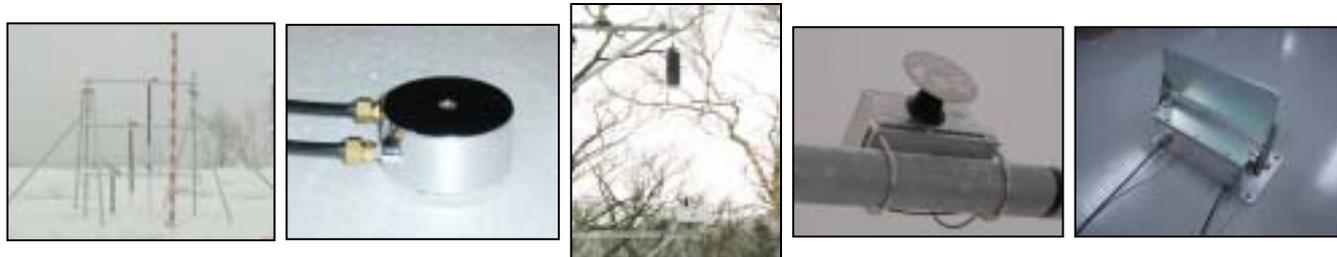


写真1 積雪計

写真2 路面温度計

写真3 吹雪検知計

写真4,5 雪崩検知計(左:ノック式、右:転倒式)

3. 実現場試験の概要

各種センサの実フィールドでの動作確認と耐久性評価及び遠隔モニタリングシステム構築を目的として、実現場での試験を実施中である。

Key Word : 光ファイバセンサ、BOTDR、積雪計、路面温度計、雪崩検知計、吹雪検知計、

連絡先 : 〒305-0805 茨城県つくば市花畑1-7-1 Tel . 029-868-6240、 Fax . 029-868-6259

3.1. 設置箇所の概要

設置箇所は、北海道積丹半島の道道 998 号線古平-神恵内線の熊見中継所付近で、冬季は厳しい寒さと吹雪が発生し積雪量は 3m を超えることもある豪雪地域である。計測現場は、南斜面に雪崩防護柵が設置されている。

3.2. システム構成

積雪計 2 個と路面温度計 2 個を直列に 1 本の光ファイバで配線し、また雪崩検知計 2 個と吹雪検知計 1 個も直列に 1 本の光ファイバで配線して、それぞれ BOTDR、OTDR で計測を行う。測定値を比較評価するために電気式センサも設置したが、積雪計は大掛りとなるため、定期的を目視計測とした。センサの設置場所を表 1 に示す。計測データは ISDN 回線によりつくばの研究所からモニタリング可能である。システム構成図を図 1 に示す。

3.3. 計測結果（中間）

12 月に計測を開始してから、安定した計測ができている。精度等の評価の詳細は実施中であるが、ほぼ当初目標の性能は発揮できている状況である。

積雪計：計測結果を図 2 に示す。若干の誤差を含むものの、目視とほぼ同値で安定的に計測できている。誤差の原因としては、降雪直後の雪温は気温とほぼ同じであり測定するために十分な温度差が小さいこと、および雪中の温度勾配が積雪面算出過程に影響すること、が考えられる。算出過程について再検討することにより、さらなる精度向上が期待できる。

路面温度計：計測結果を図 3 に示す。すべてのデータが目標精度の ± 1 以下と、かなり高い精度で安定的な計測ができている。ただし、光ファイバ路面温度計は設置状況から路面表面の温度を計測しているわけではない。測定されたデータから精度良く路面表面の温度を算出する手法を考慮する必要があるが、今後の課題とする。

吹雪検知計：風速 10m/s 以上の風に対しては、ほぼ検知可能であるが、誤差等を含んでいる。更なる精度向上のために、センサ構造および計測手法共に再検討する必要がある。

雪崩検知計：現在のところ、雪崩は発生していないため測定データに変化はない。当初危惧されていた、センサに雪氷が付着して反応しなくなるという不具合も確認されておらず、安定的に作動している。

表 1 センサ設置場所

センサ種類	計測器	設置場所
積雪計	BOTDR	道路脇の平坦地
路面温度計	BOTDR	路肩舗装内(路面下1cm点)
雪崩検知計	OTDR	雪崩防護柵最上部
吹雪検知計	OTDR	道路脇の地上5m点

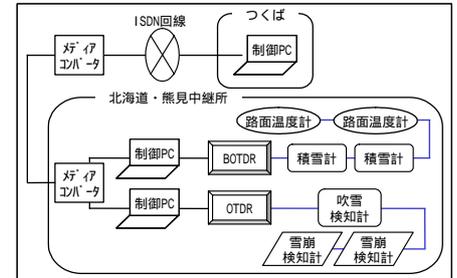


図 1 システム構成図

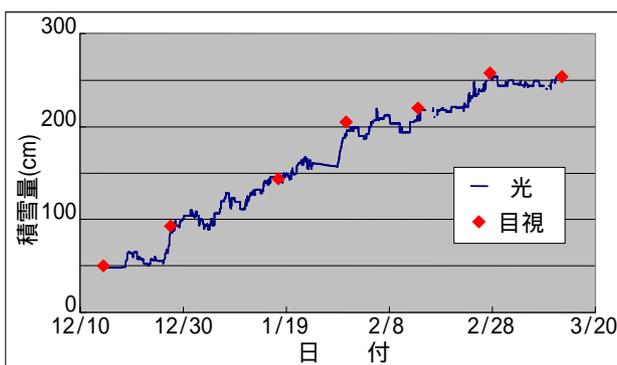


図 2 積雪計計測結果

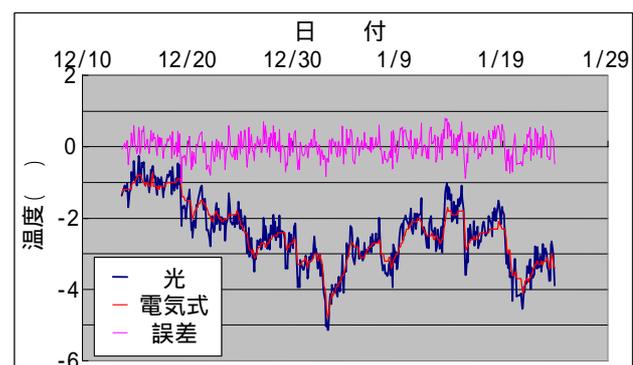


図 3 路面温度計計測結果

4. おわりに

実現現場試験は平成 15 年 5 月までの約 6 ヶ月間行い、センサの耐久性等の実用性評価を行う予定である。なお、今回の実現現場試験では、北海道庁小樽土木現業所及び同共和町出張所の方々に多大なるご理解とご協力を頂戴した。ここに記して感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 倉嶋、佐藤ら：光ファイバセンサを用いたコンクリート構造物の歪分布測定、電子情報通信学会第 19 回光通信技術講演会（pp23-29, 1997.5）
- 2) 藤橋、加藤ら：B-OTDR を利用した光ファイバ水位計の開発（その 2）、土木学会第 57 回年次学術講演会（-293, 2002.9）