

# あられセンサーの開発について

桶野 誠\*1、竹中將雄\*1

## 1. はじめに

中日本高速道路株式会社 金沢支社（以下「NEXCO中日本」という。）が管理する北陸自動車道では、初冬期に局地的なあられが頻繁に降ることで、特にトンネル出口通過直後の明かり部において、急ブレーキ等によるスリップ事故が発生している。もちろん降雪情報を収集し、お客様に注意喚起を促し事故抑制に努めているところであるが、局地的なあられの降雪情報をリアルタイムに提供することが困難であることから、スリップ事故は減少していない。このような状況を踏まえ、更なる事故抑制を図るべくリアルタイムな情報提供等を鑑み、あられセンサーの開発を行ったものである。

## 2. 開発経緯

NEXCO中日本では、近年あられの降雪情報を収集するため、様々なセンサによる検知方式の装置を導入しており、過去の事故発生箇所を優先して装置を設置し、情報収集並びに注意喚起として運用している。しかし設置している装置は高価であり、局地的にあられが降る箇所には全箇所設置することに至っていない。また、安価なセンサを追加設置し、注意喚起を促しているが、センサの検知精度が悪いことが危惧されている。

過去には、図1に示すとおり画像処理技術による路面降雪監視システムを設置したが、これも高価であったことから、導入拡大に至らなかった経緯がある。よって、検知精度が信頼でき、安価なセンサの開発を行ったものである。



図 1 路面降雪監視システム

## 3. 検知方式の選定

これまでのあられを検知する方法として、センサ検知部に付着する雪を検知する「水分検知方式」と雪が赤外線を反射させる性質を利用する「赤外線方式」が主流となっている。また、検知精度を上げるために検知条件の組合せを行っており、主に温度と水分の組合せで検知している方式がある。

センサの設計にあたり、検知精度向上を図るため、検知条件を組み合わせることとした。表1に示す検証結果から、「水分」と「振動・音」を組み合わせることが優位であることが分かった。また、それぞれの特徴を活かし、安価で検知精度が信頼できるものを検知方式として選定した。

表 1 検知方式比較結果

検知方式	コスト	雪検知	あられ検知	メンテナンス
水分	◎	○	△	◎
赤外線	△	○	△	○
画像処理	×	◎	○	×
振動・音	○	×	◎	△

## 4. あられ検知センサの試作

あられを検知する「水分」検知センサの開発においては、技術的には既に確立されたものであり、容易に試作機を製作することができ、図2に示す検知部センサの開発及び試験検証ができた。また、もうひとつの検知条件である「振動・音」検知センサの開発においては、物体の動きの変化や振動・衝撃を計測する必要があることから、一般的に加速度センサを利用することが多いが、本開発では「振動・音」に関しては、図3に示すとおり加速度センサの代わりにスピーカーを利用することとした。



図 2 水分検知センサの検知試験・検証



図 3 振動・音検知としてスピーカを取付け

スピーカは本来、電気信号を物理振動に変えて音を生み出すものであるが、本開発においては、あられの降雪音を電気信号に変えて利用できるものと考え採用した。採用したのメリットは以下のとおりである。

- (1) 筐体に密着し取付できるため、空気中を伝搬する音（振動）ではなく、あられが筐体に当たる金属音を直に振動としてピックアップすることができる。また、空気中を伝わる外乱音が伝わりにくいことである。
- (2) あられが直接当たらないことで、裏面に設置であってもピックアップ可能である。

なお、あられの判定基準の設定は、ピックアップした音（振動）は信号処理し、あられ降雪の場合のみ出す金属音の周波数を抽出し、一定以上検知した時にあられ降雪と判定するものとした。

試作機は、現地への持運びと試験・検証が容易にできるよう、図4に示すとおりセンサ部と制御部を一体化し製作を行った。また、あられや雪が積らないようにヒータを追加した。

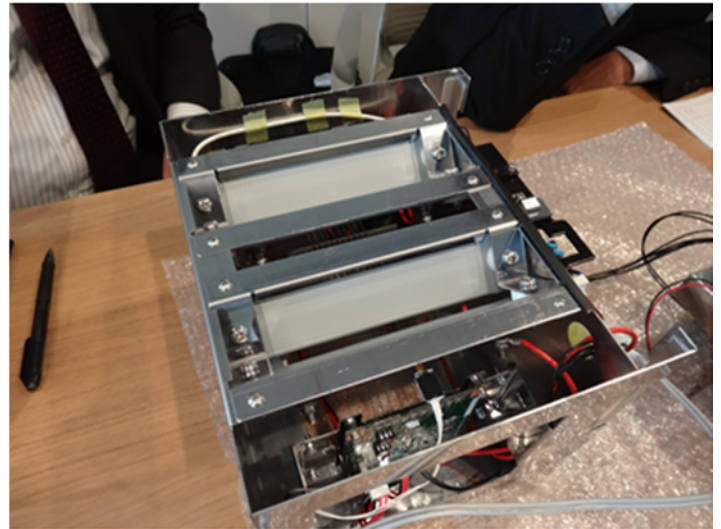


図 4 あられセンサ試作機

#### 5. あられセンサ試作機の試験・検証

試作機の試験・検証では、早々にあられを検知することができたが、以下のとおり不具合点が確認できた。

＝不具合点＝

- (1) 一定以上の雪が降った際は、センサ本体上に積もった雪がセンサの開口部に入り込み誤動作した。
- (2) センサの開口部が狭く、あられが入り込みにくい。
- (3) センサ本体が大きく設置困難。



図 5 試作機のフィールド試験状況

試験・検証の結果を踏まえ、次のとおり改良を行った。

- ・改良①：センサ上部への積雪防止ヒータの出力向上し能力アップを図った。
- ・改良②：センサ開口部の拡大及び形状の変更し、センサを



露出させた。

- ・改良③：センサ部と制御部を個別化することで、コンパクト化した。

試作機は、センサ部と制御部を一体化したことで、容易に改良ができない形状となっていたため、図6に示すとおり改めてセンサ部を単独で設置できるよう設計することとした。

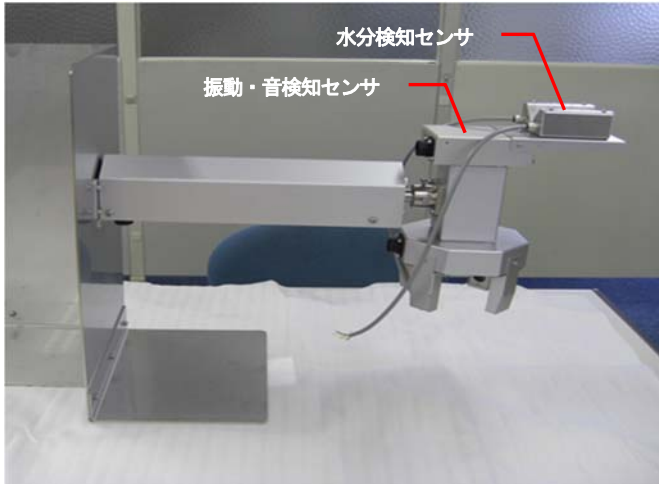


図 6 あられセンサ全体写真

#### ■あられセンサ仕様

入力電源	AC100V
消費電力	100VA
センサモジュール	144×585×300 (mm)
あられセンサ	94×130×81 (mm)
制御BOX	350×250×151 (mm)

あられセンサの検知信号を既存設備で使用している情報板と連動させることで、リアルタイムに注意喚起できるシステムとした。また、トンネル坑口付近にあられセンサを設置し、その検知信号を特定小電力無線でトンネル内に設置されている情報板に信号を送信、道路を走行するお客様に対しトンネル出口の路面情報をリアルタイムに提供することで注意喚起を行い、事故抑制が図れるものとして期待できる。

#### 6. あられセンサのフィールド試験・検証

フィールド試験は、NEXCO中日本 敦賀保全・サービスセンター管内の北陸自動車道 今庄トンネル下り出口付近にて、平成27年11月中旬～平成28年1月中旬で試験・検証を実施した。試験・検証においては、表2に示すとおり最寄りの気象観測局のデータとあられセンサのログを比較し、検知精度を検証することとし、センサの動作確認は監視カメラを設置し確認することとした。

表 2 気象観測局との検証比較

検証内容	あられセンサ ログデータ	比較対象設備
水分検知の検証	水分検知出力	気象観測局 (雨量データ)
あられ検知の検証	音検知出力	監視カメラ映像 LED灯
	監視カメラ映像	気象観測局 (降雪量データ)



図 7 あられセンサ監視状況



図 8 あられセンサ検知状況

※みぞれ・あられの降雪時に水分検知と音検知出力 (黄色と緑色 LED 点灯確認)



図 9 あられセンサ水分検知状況

※雪の降雪時は雪が降積り、センサー内蔵ヒータにより雪が融解され水分検知（黄色 LED 点灯確認）

気象観測局との比較検証結果データは、図 10 に示すとおりである。

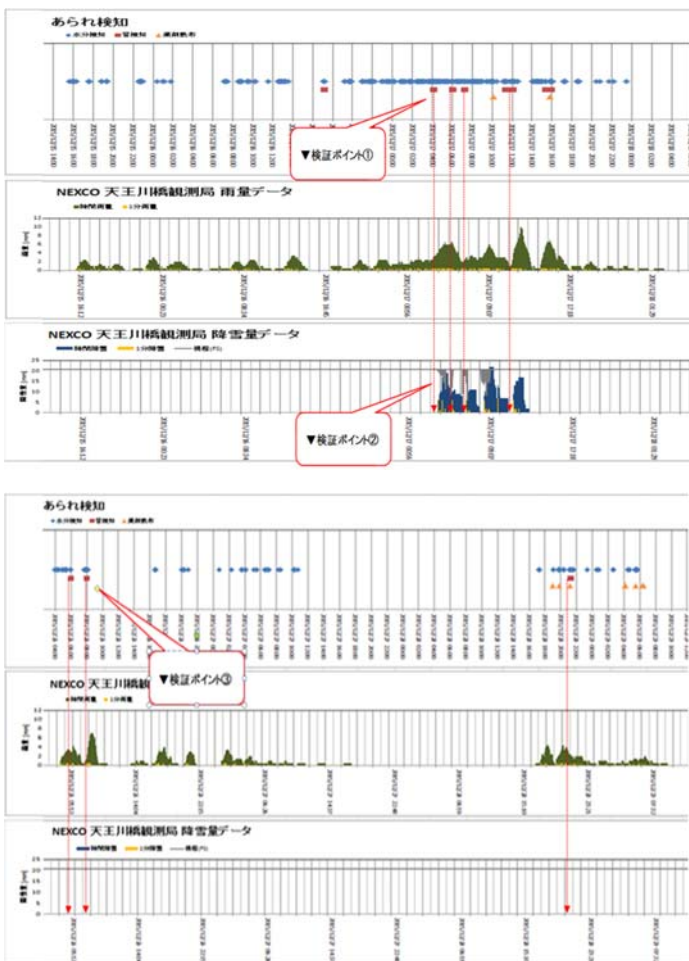


図 10 気象観測局との検証結果

検証の考察は以下のとおりである。

検証ポイント①：あられセンサーの水分検知と気象観測局の雨量データが一致。

検証ポイント②：あられは雪の降り始めに降る傾向通り、あられを検知している。

検証ポイント③：降雪量に満たない、みぞれまじりの雨も検知している。

フィールド試験では、気象観測局とのログデータとの乖離は見受けられず、あられセンサーのが正常に検知したこと、信頼性を確認できた。

雨量1mm程度での検知は、みぞれ交じりの雨が検知でき、雪では検知しない結果を得ることができた。

フィールド試験の結果から、検知速度が安定しない傾向も見受けられたことから、検知精度を向上させる必要がある。また、あられが降った場合にあられを集める導入板を大きくし、多くのあられが収集することで検知速度を安定させられると考えている。また、あられセンサーの暴露試験を実施した結果、センサーと筐体を絶縁する樹脂の劣化による絶縁低下も確認できた。これらの課題については、既に改良を行っている。

## 7. まとめ

あられセンサーの開発においては、平成 26 年度の冬期から試験と検証を行い、今季 3 年目となった。今年度は昨年のフィールド試験を踏まえ、NEXCO 中日本 敦賀保全・サービスセンターへの本格導入が決まり、現地に設置することとなった。

昨年のフィールド試験による課題は対策済みであるが、今後も引き続き、あられセンサーの検知精度向上のために検証及び改良を行っていきたい。更に正確で確実な情報提供ができる装置を開発することで、スリップ事故の抑制に寄与できるものと考えている。