

# 車載型路面凍結検知技術の開発

宮崎 俊之, 大崎 恵一

## Development of Road Ice Detection Technology for Automobiles

Toshiyuki MIYAZAKI, Keiichi OHSAKI

### 抄 録

路面凍結検知装置の車載化は、車の運転の安全性向上や積雪地における冬期間の効率的な道路管理のために重要となる技術である。本研究では路面凍結検知装置の車載化に必要な小型化、高速応答性、耐環境性を考慮した凍結検知技術の開発の可能性について検討・評価した。

キーワード：凍結検知装置、電磁波応用、センシング、マイクロ波

### 1. はじめに

北海道は1年の約3分の1が雪に覆われる積雪寒冷地であるが、都市間距離が長く鉄道輸送等の公共交通手段が少ないため、冬期においても道路交通への依存度が高く、例年冬期には凍結路面上でのスリップに起因する自動車事故が多発している。冬期の自動車事故を減らすためには、路面の凍結状態をドライバへ情報提供する事が有効であることから、車載型の路面凍結検知装置の開発が望まれている(図1)。

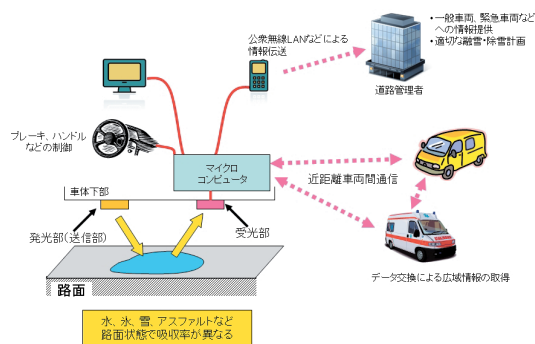


図1 車載型路面凍結検知装置とその活用(概念図)

工業試験場では従来から赤外光を用いた据置型路面凍結検知装置を開発、商品化を行ってきた<sup>1)</sup>(図2)。この装置は高感度赤外線カメラを搭載し、電柱等の高所に設置することで広い面積における凍結、積雪状況を把握できるなど高い性

事業名：経常研究

課題名：車載型路面凍結検知技術の開発



図2 従来の据置型路面凍結検知装置

能を有していたが、装置形状が大きく高コストであり、車載化には不向きであった。本研究では据置型で得た知見を基に、近赤外線方式、電磁波方式の2つの方式で車載化に必要な技術開発を行った。

### 2. 近赤外線方式

#### 2.1 システム検討

近赤外線方式は据置型での開発実績があるが、車載化にあたっては、以下の課題があった。

- (1) 面検出を行うために撮像素子を用いる必要があり、カメラやレンズが赤外線対応のため高価かつ大型であること
- (2) 光学フィルタの機械的な切替を行っているため、測定時間が長いこと
- (3) 太陽光の影響を排除するための照度センサ機構が必要なこと

そのため、車載化を検討するにあたっては、上記の問題を解決するため、以下の仕様とした。

- (1) 車載センサは「一点検出型」とし、レンズ光学系を使用せず、受光素子単体での受光とした
- (2) 各々異なる透過波長帯を持つフィルタを取り付けた光電センサを2個使用することでフィルタ切替機構を排除した
- (3) 外光の影響が少ない車体下部への搭載を想定し、照度センサを省略した

この仕様に基づき作製した計測系概念図を図3に示す。

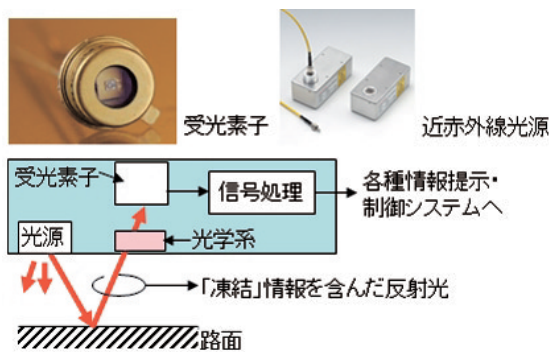


図3 近赤外線方式システム概念図

## 2.2 試験結果

使用する受光素子を決定するために、近赤外領域における反射特性を計測した(図4)。1400~1500nmで大きな反射率の変化があり、この波長帯を用いることで水、氷、雪が分離可能であることがわかった。

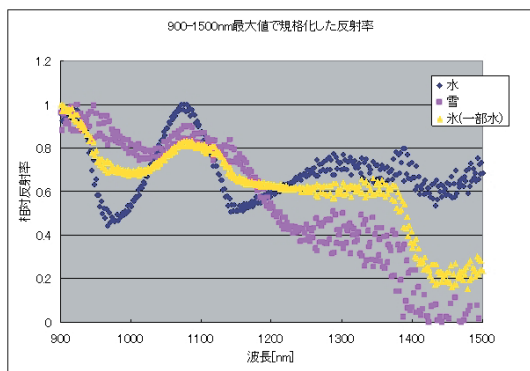


図4 規格化反射率(標準反射板=100%)

このデータに基づき、InGaAs素子を用いた計測系を構築し、試験を行った。InGaAs素子は900~1900nmに感度を持ち、高い応答性を有するなど、車載用デバイスとして優れた特徴を持っている。InGaAs素子前面に取り付ける狭帯域フィルタとして、路面状態による反射率差が小さい波長帯(波長

帯I)と反射率差が大きい波長帯(波長帯II)を用意した。それぞれのInGaAs素子の出力比(反射率比)と路面状態の関係を見たのが図5である。適切な閾値を設定することで、雪、氷、水を分離検出可能なことがわかった。

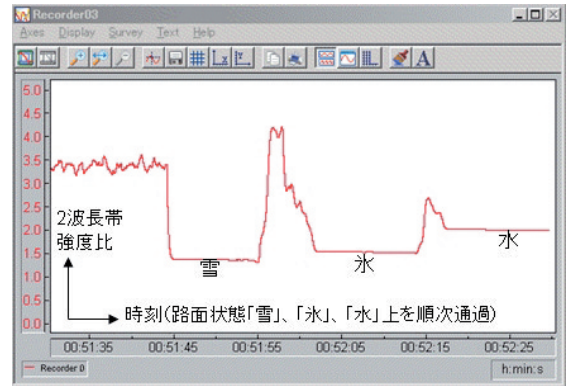


図5 各種路面状態における反射率比

## 3. 電磁波方式

近赤外線方式が持つ雪の巻き上げによる使用環境の制約や、汚れ等による性能劣化の問題を克服するため、光学を用いない計測手法として電磁波(マイクロ波)を用いたセンシング方式についても可能性検討を行った。

### 3.1 仕様検討

水の各種状態を検出するには、水分子との相互作用が大きい周波数帯を使用する必要がある。本研究では水分子の誘電緩和が強く現れるSバンド(2.3~3.3GHz)帯を用いた。道路面の鉛直方向にアンテナを配置し、ネットワークアナライザ(アジレントテクノロジー製E8362C)を用いて反射率を測定するシステムを構築した(図6)。

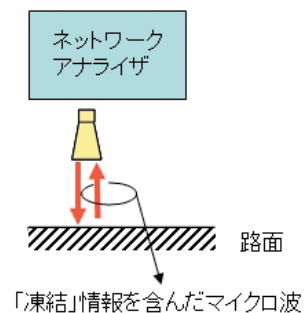


図6 マイクロ波路面凍結システム概念図

### 3.2 計測試験

電波を用いた試験を行う際には、電波法に基づき外部機器や通信への干渉を排除する必要がある。本研究では小型電波暗室(シールドルーム内)に計測系を構築し、試験を実施した(図7)。

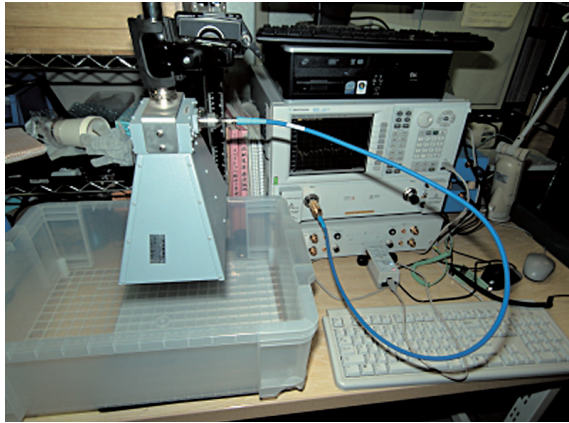


図7 構築した計測系

ネットワークアナライザで取得した、各種路面状態での反射率（ $S_{11}$ ）を図8に示す。アンテナ移動時の強度変化が非常に大きく、また横軸（周波数軸）方向の振動が激しいことから、アンテナ面と路面間で定在波が発生し、測定値に影響していることが確認できた。

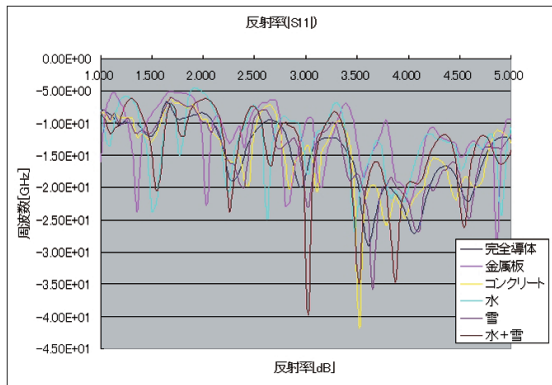


図8 垂直方向での反射波強度

### 3.4 計測系の改良

路面と垂直方向においた一つのアンテナのみの測定では、定在波が発生し測定値に影響をおよぼす。この影響を排除するため図9に示す様に斜め方向においた二つのアンテナを用いた構成へ計測系を改良した。これにより安定した反射特性を得ることが可能となった。

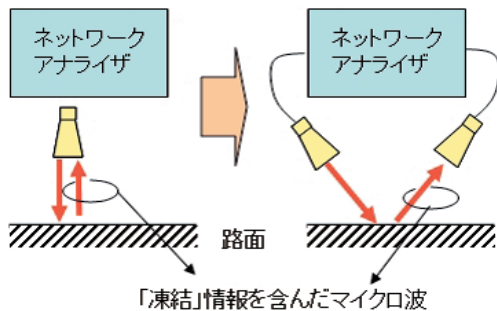


図9 改良した計測系

改良した計測系で取得した、マイクロ波帯反射率特性の一例を図10に示す。Sバンド帯において、乾燥路面（コンクリート）と雪、氷状態で反射率に差異があることがわかる。この反射率特性と路面状態の関係を二つの周波数帯で見たのが図11である。路面状態により変化の大きい周波数帯、小さい周波数帯が存在することがわかり、2周波数法による分離検出の可能性が示された。

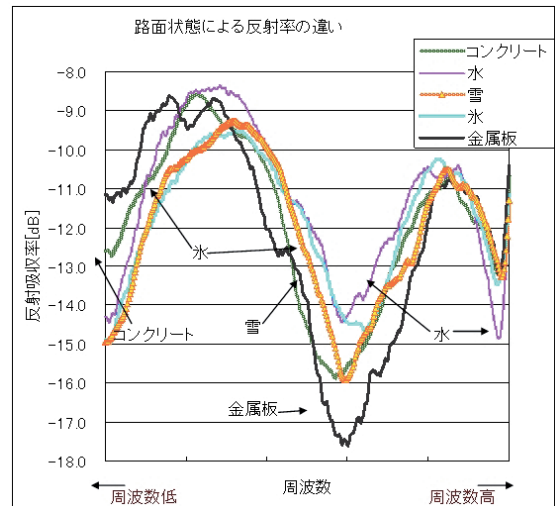


図10 マイクロ波反射率特性

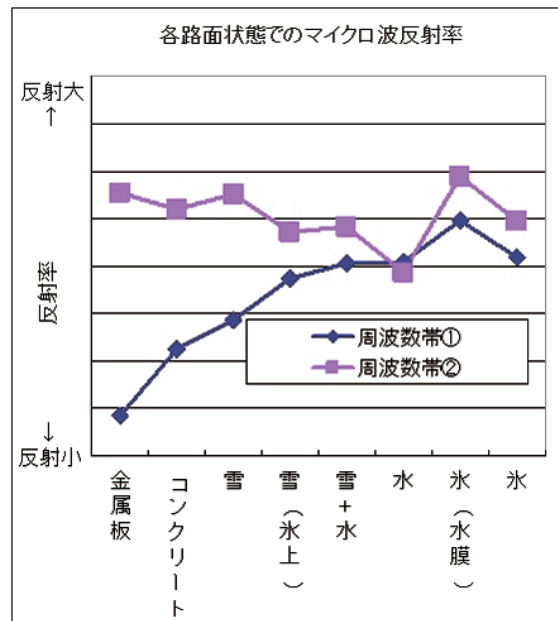


図11 路面状態とマイクロ波反射率

#### 4. まとめ

本研究では、車載型路面凍結検知装置開発に必要となる基礎技術について検討した。近赤外線方式については小型化、低価格化が可能であることがわかった。一方、電磁波方式ではネットワークアナライザを用いたマイクロ波反射率計測により、水、氷、雪が分離検知できる可能性を見いだした。

車載型装置の実用化を目的とした場合、メンテナンス性や耐環境性において電磁波方式は近赤外線方式よりも有利であり、本研究で可能性を見いだせたことから、今後は計測精度の向上や信号処理技術の開発、得られた路面凍結情報の活用方法の検討など、実用化に向けた継続的な取り組みを行う予定である。

#### 謝辞

本研究では平成20年度地域イノベーション創出共同体形成事業研究開発環境支援事業で導入したミリ波ネットワークアナライザシステムを使用しました。記して感謝いたします。

#### 引用文献

- 1) 波通隆・本間稔規・宮崎俊之・他：赤外光を利用した路面凍結検知装置の開発，北海道立工業試験場報告，No. 300，pp.111-118，(2001)