

73. 路面上に発生する氷膜及び氷板の検出器

日本道路公団：武田 正利

㈱拓 和：奥田 政仁・*榊田 堯一

はじめに

近來の冬期における路面管理業務は、社会経済の発展に伴なって、道路利用者のニーズは高度化、多様化し、夏期と同様な定時性、高速性ならびに快適性の確保が求められている。これらの課題に対応するため、路面状況のなかでも難解とされている路面上の水膜形成過程の早期検知を実現し、迅速な対応を可能にすることで路面状況管理の質的な面の向上をはかることと、円滑な冬期交通の確保や地域経済の維持に向けての支援体制確立に寄与することを目的として、以下に述べる検出器（以下装置という）を開発し、検証を行なった。

2. 原理についての実験と利用可能性の確認

光には偏光特性があり、この特性のうちP偏光の場合にのみ発生する特異な現象として「ブルースタ角における完全透過」が一般に知られている。

この特性を利用して路面の乾燥・湿潤の状態の正確な判別が可能か否かについて検討を行なった。

実験では、偏光特性をもつ光を路面（アスファルト）に照射し、その散乱光あるいは反射光を一定の距離を隔てたところに設置した受光器で検出する方式とした。

受光器には、直行した2つの偏光成分それぞれを分離独立して検出できるようにし、各々の出力比率により、路面の湿潤状態の検知を求めることとした。

実験では、1/19の縮尺スケールのモデルの配置された系で実施した。（図-1 参照）HeNeレーザー光を偏光板を利用して、P波又はS波に偏光し、試料（アスファルト板）面にむけて照射した。その反射光（散乱光）を偏光板付PD（フォトダイオード）で検出しさらにフォトダイオードを90度回転することにより各々の偏光の出力値が得られた。

以下に記したのが実験結果である。

図-2のaは、入射偏光S波を試料（アスファルト）にむけて照射された結果をS波とP波のみの変化分として乾燥面と湿潤面のそれぞれでとらえたデータであり、フォトダイオードで得られた出力電流の比率である。

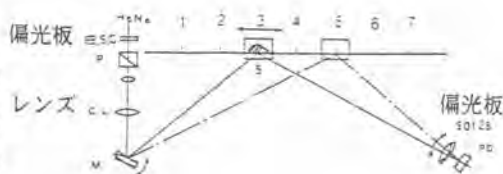


図-1 湿潤状態測定実験系

また図-2のbは、入射偏光がP波のみとした時の結果が示されており、乾燥と湿潤の検知時において、その差が明確でない部分が見られる。

以上の実験結果より、入射の偏光がS波の時の方が、乾燥時と湿潤時における光電流比 (i_P / i_S) が大きく明瞭にひらいていることがわかった。

この結果から、我々は目的を達成するために、S波の利用が有効であると考えた。

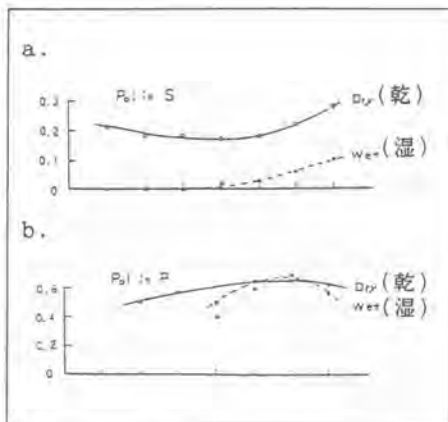


図-2 入射光による光電流比

3. 本装置の概要

偏光特性を有する光であるS波 (senkrecht:垂直) を路側から路面に照射し、その散乱光あるいは反射光を道路反対側路側に設けた受光器で検出する。受光器は直交した2つの偏光成分であるS波とP波 (Parallel:平行) を夫々独立して受光できる。その時の検出値と比率により路面の乾燥、湿潤、凍結等の路面状況を検知するものである。ここでいうS波は路面に対し垂直で、P波は路面に対し平行の光をさしている。(図-3 参照)

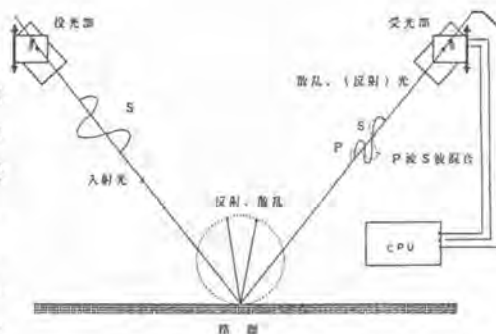


図-3 装置配置ブロック図

投光器は投光にパルスレーザーダイオード (PLD) を使用し、PLDの射出光として赤外パルスレーザー (波長880nm、パルス幅50nsec) を偏光板で偏光しS波のみを取り出し路面に照射する。照射されたS波は路面にあたりと反射し散乱し、S波とその時の路面状況に応じて発生するP波がS波 (反射した) と一緒に受光器に到達する。

受光器は、波長選択フィルター (Band pass Filter)、偏光フィルター、フォトダイオード (PD) および信号処理回路より成る処理系がS波用とP波用の合計2セット組みこまれている。

路面で反射及び散乱したS波P波の混在波が受光器に到達すると、レンズを通過後にハーフミラーのところで2方路に分光され、2つの処理系において別々にP波とS波夫々の受光レベルが検出される。以上のようにして検出されたS波とP波の夫々の受光レベルは、さらにA/D変換後シリアル伝送 (RS422) により処理装置へと送られる。処理装置 (コントローラー側) では、このRS422信号を受信入力し、S波P波の受光レベル相関から路面状況を判断することができる。

4. フィールドテストによる検知機能の確認

4-1 フィールドテストの実施場所

前項2の項で記したとおり、本装置の原理実験では乾燥・湿潤状態の検証は容易に行なえるものの、人工氷板を使ったテストでは、状況が急変して氷板を検知する結果となるので氷結の検知はできても、湿潤から氷結に至る過程における連続検知は、不可能と判断したため、自然界の気象条件下での検証が可能となるよう、実験場所を栃木県那須地域に移動して、現地検証を行うこととした。



写真-1 フィールド実験場付近と装置外観
(日本道路公団 那須インター)

4-2 フィールドテストにおける検証・調査期間等について

調査場所：日本道路公団 那須インターチェンジ

調査期間：調査時期は1月、2月の厳冬期間とした。

調査項目：自然気象条件のもとで、乾燥・湿潤・凍結（アイスフィルムと氷板含む）の検知能力の確認を行う。また気温・湿度のデータについては、那須管理事務所の提供によった。

調査方法：道路を挟んで送信・受信装置を柱上に取付、受信側の出力信号（232C）を室内に設置したパソコンに入力し、図-4のようにモニターに表示すると同時に同パソコンのメモリーに記憶させた。また路面状況の計測は、30秒に1回の間かくに設定した。気象変化の確認のために異なる方式の路面状況検知装置を併設し、気象変化を別途観測記録した。

4-3 フィールドテスト時のデータの検証

以下に示すデータは、調査期間中のデータの1部であるが、この抜すいたデータにもとづいて路面状況の判別結果について説明する。

図-4は、本装置のモニター画面であり、路面状況の変化について、前述のS波、P波及びその比率をグラフ表示した内容となっている。またグラフ右端には、判定条件状態図を記した。この状態図のなかで点線枠で囲んだところにW(湿)、D(乾)、if(アイスフィルム氷膜)及びF(凍結、氷板)と判定レベルを決定するS・P波の出力値の関係を図化している。

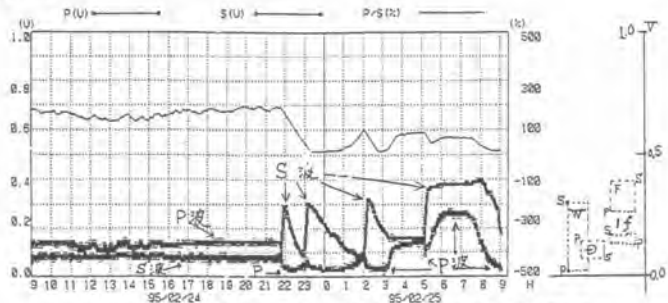


図-4 モニター表示例と判定条件状態図

このデータグラフから読みとれる路面状況の判定については、以下のとおりである。

即ち 2月24日 午前9時～2月24日 21時50分：この間 路面状態は乾燥。
〔 天候は晴 〕
2月24日 22時～2月25日 午前3時：この間は、人為的に撒水することで湿潤状態
〔 天候は晴 〕 を作り3回に亘り水分を補給した。
2月25日 午前3時～2月25日 午前5時：気温の降下によりi・f-（アイスフィルム
・氷膜）状態が発生した。
2月25日 午前5時10分～：i・f状態の所に更に水分を補給したところ、一旦P波の
下降現象がみえたが、ただちに上昇に移り、S・P波共に
路面状態は氷板を示す値となった。

以上についての自動検知データは、人力検証結果とも一致していることを確認できた。

つまり、アスファルト路面状態を判定するS・Pの両波の関係をデータの出力値で整理したのが下記左側の表-1であり、判定条件の状態図として図示したのが、右側の判定条件の状態図として整理できる。

表-1 路面状態に応じた出力値

路面状態	P波		S波	P / S比
	乾燥	0.14 ~ 0.15	0.06 ~ 0.07	2.23 ^a
湿潤	0.02 ~ 0.04	0.30 ~ 0.33	9.5	
凍結	薄氷	0.12 ~ 0.16	0.16 ~ 0.16	8.8
	厚氷	0.26 ~ 0.26	0.38 ~ 0.40	6.7

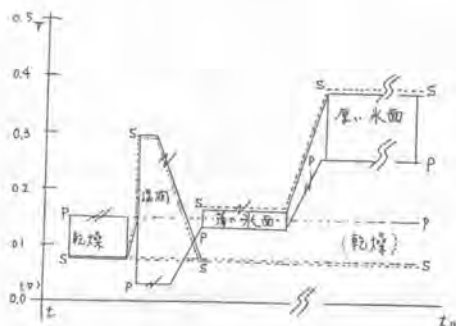


図-5 判定条件の状態図

5. あとがき

本装置は、固定点にかぎった路面状況を検知するものであるが、乾燥・湿潤の認識精度も高く、路面凍結予測手法（例：2重回帰式）の構築にむけて、信頼のおける検知能力を備えているといえる。

また、本装置の応用型として、更に小型化した車載型検知装置の実用化も考えられ、走行しながら路面状況の計測・検知が可能になると、現状の路面管理手法の上でも、点と線の検知データの合成による路面状況の把握が可能となり、面的な状況把握の精度が向上すると考えられることから、冬期路面管理の作業効率の向上に役立つことと大いに期待されている。

最後に、本装置の開発及び現場への適用に際し、ご協力いただいた関係各位に深く感謝申し上げます。