

画像情報による路面状態の判別

山田 宗 男[†] 堀 場 勇 夫[†]
杉 江 昇[†] 上 田 浩 次^{††}

路面状態に関する情報はドライバが走行上の安全を確保するために不可欠であり、運転環境の計測・理解において重要な要因の1つである。本論文では、画像より抽出した路面状態に関する特徴量と気温を基に、統計解析により5種類の路面状態を判別する手法について提案する。本方式は路面状態を表す特徴として、路面上の水分および路面上に積った降雪成分に注目し、路面上の水分に対しては偏光特性、路面上に積った降雪成分に対してはテクスチャに関する特徴量を画像より抽出し、これら特徴量と気温の情報を基に、マハラノビス汎距離最小に基づく多変量判別分析法により路面状態の判別を行うものである。また、本提案方式を実際のフィールドにおいて収集した路面画像に適用し、その有用性についての検証を行う。

Discrimination of the Road Condition Based on Image Information

MUNEO YAMADA,[†] ISAO HORIBA,[†] NOBORU SUGIE[†] and KOJI UEDA^{††}

Understanding of vehicle driving environment based on the road condition, visibility and weather, etc., is necessary to secure safe and smooth transport facilities. The road condition is one of the most important factors toward understanding of vehicle driving environments. A new algorithm for discrimination of the road condition has been described in this paper. This algorithm employs a multivariate analysis to discriminate the road condition based on temperature as well as features of the road extracted from image. We conducted field tests to verify the accuracy of this algorithm and obtained favorable results.

1. はじめに

近年、道路交通のインテリジェント化および情報化に向けて高度道路交通システム（ITS）への関心が世界的に高まっている。我が国においても、民間および学会の活発な動きとともに、官側も政府が「高度情報通信社会推進に向けた基本方針」を策定したことを背景に AHS（自動運転道路システム）、ASV（先進安全自動車）、VICS（道路交通情報通信システム）などについて、将来の ITS 技術として積極的な取組みがなされている^{1),2)}。この ITS の取組みにおいては、車両側と道路設備側の相互補完による高度情報システムの構築が不可欠であり、各々の観点からの研究開発が望まれている。道路設備側からの情報収集に関する研究状況としては、画像処理応用を中心とした新しいアプローチがなされており、交通流計測³⁾、突発事象

計測⁴⁾、駐車状況計測^{5)~7)}などに関して多くの報告がなされている。しかし、ITS 技術の最も重要な要素の1つである車両運転環境の計測・理解に関する道路設備側からの新しいアプローチについては研究報告がほとんどなされていないのが現状である。

このような背景の中、我々は安全走行の確保あるいは道路交通管理・対策のために不可欠な情報である路面状態の検出を目指し、その中の一状態である路面湿潤状態の検出方式について、画像処理を用いた新しいアプローチを行ってきた⁸⁾。しかし、検出すべき路面状態としては湿潤状態だけでは不十分であり、特に冬季においては積雪、凍結などの道路走行に支障をきたす路面状態の検出が不可欠である。従来、路面状態を判別する手法としては、光の反射特性⁹⁾および偏光特性¹⁰⁾を用いる手法が提案されている。しかし、これらはいずれも検出領域が狭く広範囲な分布を持つ実際の路面状態を反映するには複数のセンサを配置する必要がある。また、路面湿潤に対しての精度は高いが、他の路面状態の弁別については十分な精度が得られていない。

[†] 名城大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Meijo University

^{††} 名古屋電機工業株式会社

Nagoya Electric Works Co., Ltd.

そこで、本論文では道路運転環境を比較的マクロにとらえた画像から路面状態に関する多種の特徴量を抽出し、これら特徴量と気温の情報を基に5種類の路面状態を判別する新しい手法について提案するとともに、冬季寒冷地のフィールドにおいて収集した路面画像に本提案手法を適用することでその有用性について検証する。

2. 路面状態の分類と定義

年間を通して生じる路面状態は降雨、降雪、汚れなどの程度によって多種多様であり、これらの路面状態を定量的に評価分類する基準は現在のところ定義されていない。これまでに路面状態を分類定義した例としては、建設省によって凍結検知器の評価の際に行われた文献9)があるが、その分類基準はやはり現場の状況をよく知る除雪員の主観的判断によるものである。このように、路面状態の判別においては現在のところ定量的な評価・分類が困難であり、計測装置の開発において大きな問題となる。しかし、特に冬季寒冷地においては走行上の安全性の確保および道路交通管理・対策上の不可欠な情報として路面状態の判別は強く望まれており社会的なニーズが高い。そのため、厳密な路面状態の判別とはいかないまでも、判断の手助けとなるような参照情報という観点から検討することは有意義であり今後の礎となると考えられる。今回は特に冬季寒冷地において問題となる路面状態に限定し検討を行った。

冬季寒冷地において道路走行に支障をきたす主要因としては、路面上の水分および降雪成分があげられる。そこでまず、路面上に降雪成分の存在しない場合および存在する場合の2種類の路面状態に大別し、さらに前者については路面上に水分が存在するか否かによって、“乾燥”、“湿潤”の2種類に分類した。この“乾燥”、“湿潤”、“降雪成分あり”の3分類は主観的な判断とはいえ、明らかに弁別が可能な路面上の水分および降雪成分に基づくものであり、ある程度客観性を持つものであると考えられる。また路面上に降雪成分が存在する場合の“降雪成分あり”については、路面上に積もった雪成分が気温の変動により凍結・融解したり、あるいは通過車両によって踏み固められたりタイヤチェーンなどによって削られることにより、その状態が異なり、道路走行上の危険度合いも異なる。そこで、文献9)の分類例と物理的な性状および道路走行上の危険度合いから“ジャム”、“ザクレ”、“圧雪”と名付けた3種類の路面状態にさらに分類した。各々の定義を表1にまとめる。

表1 路面状態の分類と定義

Table 1 The classification and definition of the road condition.

	路面状態	定義
降雪成分の存在しない場合	乾燥	路面が乾燥の状態にある場合
	湿潤	路面上に水分が存在し湿潤状態にある場合
降雪成分の存在する場合	ジャム	路面上に降雪成分と水分が混在する場合
	ザクレ	路面が凍結状態でかつ降雪成分が盛り上がり表面が荒れている場合
	圧雪	路面に積もった降雪成分が踏み固められ、アイスバーンのような状態にある場合

以上のように、路面上の水分、路面上に積った降雪成分および気温の変動にともなう融解・凍結に関する情報は路面状態の推移と密接な関係にあり、これらの特徴量を検出し合理的に統合することで路面状態の判別が可能であると考えられる。また、図1は山麓に位置する国道沿いで撮影した各路面状態のサンプル画像を示しており、今回検出対象とする画像である。この画像は路側の高さ6m地点に設置されたTVカメラで撮影したものであり、道路管理者などが用いる監視映像を想定している。TVカメラおよびレンズの仕様を表2に示す。

3. 特徴量の抽出

今回、路面状態に関する特徴量を画像から得るために、路面水分に関しては光の偏光特性、降雪成分に関しては路面テクスチャに注目した。

3.1 路面上の水分

路面上の水分に関する特徴量の抽出は、我々が先に提案した光の鏡面反射における偏光特性を画像から得る手法⁸⁾により行う。水面のような鏡面における反射光の水平偏光成分は、入射角がブリュースタ角 53.1° に等しいとき反射光強度が最低値0となり、一方、垂直偏光成分は反射光強度が入射角の増大にともなって漸増する特性を示す。したがって、偏光フィルタを通して撮影された水平および垂直偏光画像の比を求めることにより、路面上の水分の分布状態が検出できる。

図2はこの偏光成分の比をとった画像であり、路面が冠水に近い部分ほど画像の輝度値が高く表示されており、路面上の水分量および水分分布の様子が明確に得られている。この偏光成分比画像において、路面部分の輝度平均および輝度標準偏差により、路面水分量および水分分布に関する特徴量を抽出する。

図3の棒グラフは、図1に示した各路面状態に対し

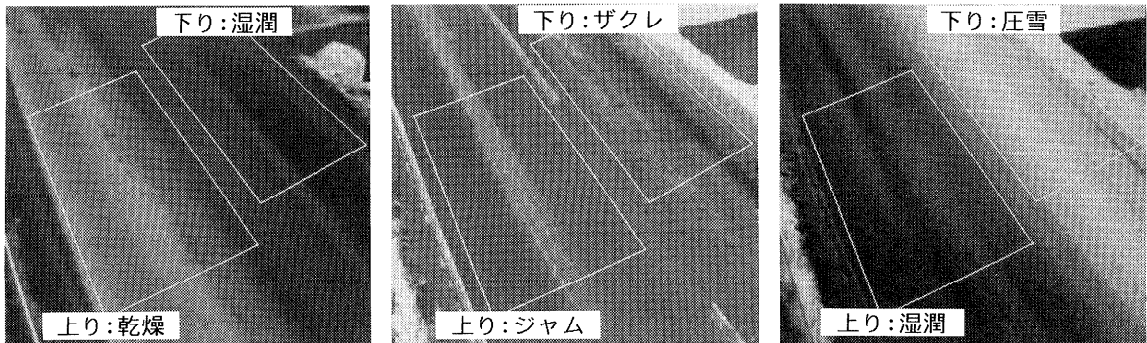


図1 路面状態の画像例

Fig. 1 Sample images of the road condition.

表2 TVカメラ, レンズ仕様
Table 2 Specification of the TV camera and lens.

項目	TVカメラ
撮像素子	1/2 インチ CCD (80 万画素)
走査方式	2 : 1 インタレース
解像度	水平 : 560 本
最低被写体照度	0.1 lux
項目	レンズ
焦点距離	8~80 mm
絞り	オートアイリス (F1.2~1200 相当)
フォーカス	手動
備考	偏光レンズ装着

て、偏光成分比画像における路面部の輝度平均および輝度標準偏差を算出した例を示している。図3(a)の輝度平均値においては、路面上に水分の存在する“湿潤”および“降雪成分あり”の中でも“ジャム”状態が他の路面状態に比べ高い値を示している。また、図3(b)の標準偏差においては、降雪成分と水分が混合して分布している“ジャム”の方が“湿潤”に比べて高い値となり、水分分布の一樣性が低い傾向にあることが確認される。これらの傾向は実際の路面状態における水分量および水分分布の傾向とよく一致するものである。

3.2 路面上に積った降雪成分

図1からも分かるように、路面上に積った降雪成分に関する特徴は画像においてはテクスチャとしてとらえることができ、各々の粒状性および通過車両のタイヤまたはタイヤチェーン痕により生ずる車両進行方向に沿った特有のテクスチャが見られる。そこで、路面テクスチャの粒状性および方向性に関する特徴量を算出することで降雪成分に関する特徴量の抽出を行う。

テクスチャの粒状性については路面部分の輝度標準偏差により抽出する。一方、テクスチャの方向性については、同時生起行列特徴量¹¹⁾により抽出する。路面テクスチャの方向性は、その傾向が車両進行方向に強

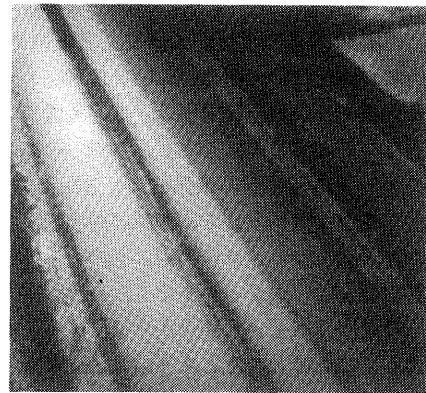


図2 偏光成分比画像

Fig. 2 Polarization ratio image.

く現れるため、前処理として、車両進行方向に沿って歪み補正処理⁷⁾により路面部分を切り出す。図4に歪み補正処理例を示す。

この歪み補正画像において同時生起行列特徴量である SECOND MOMENT, CONTRAST を 0° および 90° 方向各々について算出し、これらの比により方向性に関する特徴量を抽出する。SECOND MOMENT は、画像内の輝度 i の点から一定の変位 $\delta(r, \theta)$ だけ離れた点の輝度が j である確率を表す同時生起行列 $P_{\delta(r, \theta)}(i, j)$ ($i, j = 0, 1, \dots, d$) を用いて式(1)で表され、同時生起行列の値がどの程度密集して分布しているかを表すものであり、テクスチャの一樣性を評価できる。なお、 d は画像のダイナミックレンジである。

$$S.M. = \sum_{i=0}^d \sum_{j=0}^d P_{\delta(r, \theta)}(i, j)^2 \quad (1)$$

また、CONTRAST は式(2)で表され、同時生起行列の値がその主対角線からどの程度離れて分布している

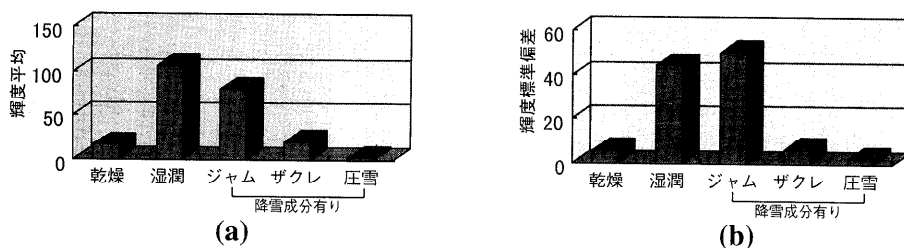


図3 路面上の水分に関する特徴量。(a)偏光成分比画像における路面部の輝度平均,(b)偏光成分比画像における路面部の輝度標準偏差

Fig. 3 Features of wet condition on the road. (a)Mean of gray level in the region of the road in polarization ratio image, (b)Standard deviation of gray level in the region of the road in polarization ratio image.

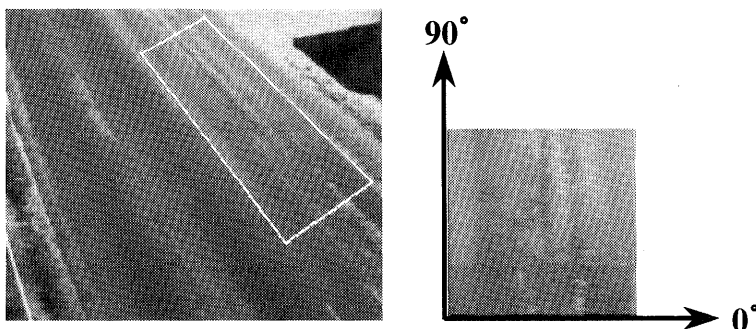


図4 歪み補正処理

Fig. 4 Correcting distortion.

かを示すものであり、テクスチャのコントラストが評価できる。

$$C.T. = \sum_{i=0}^d \sum_{j=0}^d (i-j)^2 P_{\delta(r,\theta)}(i,j) \quad (2)$$

図5の棒グラフは、図1に示した5種類の各路面状態に対して、路面部の輝度標準偏差および同時生起行列特徴量の $0^\circ \cdot 90^\circ$ 方向の比を算出した例を示している。テクスチャの粒状性を表す図5(a)の輝度標準偏差においては、路面上に降雪成分が存在し表面が荒れた状態である“ジャム”および“ザクレ”は粒状性が粗く比較的高い値を示す傾向にある。一方、方向性に関しては図5(b)のテクスチャの一様性を表すSECOND MOMENTでは、“乾燥”、“ジャム”、“ザクレ”が 0° 方向に対して 90° 方向の一様性が高い。また、図5(c)のCONTRASTでは路面上に降雪成分の存在する“ジャム”、“ザクレ”、“圧雪”が 90° 方向に対して 0° 方向のコントラストが比較的高い傾向にあることが分かる。

4. 特徴量の統合による路面状態判別手法

以上のように画像から得られた、路面水分、路面テクスチャおよび気温計により得られる気温の情報を統合することにより路面状態の判別を行う。情報統合の手法としては、路面状態の判別を、路面状態に関する多種の特徴量によるカテゴリ分類問題としてとらえ、多変量解析において一般的に用いられるマハラノビス汎距離最小に基づく多変量判別分析法^{12),13)}を適用する。

4.1 多変量判別分析法

多変量判別分析法を路面状態判別へ適用する場合、以下のように考えることができる。判別を行いたい g 種の路面状態から特徴量 $x_1, \dots, x_p$ のサンプルが表3のように得られていて、どの路面状態に属するのか分からない1つの観測ベクトル $\mathbf{x}$ が計測された場合、この観測ベクトル $\mathbf{x}$ と各路面状態群の平均ベクトルとの間のマハラノビス汎距離が最小となる路面状態に判別する。

マハラノビス汎距離は、各路面状態における平均ベクトル $\bar{\mathbf{x}}^{(k)}$ および分散共分散行列 $\mathbf{S}$ を用いて式(3)

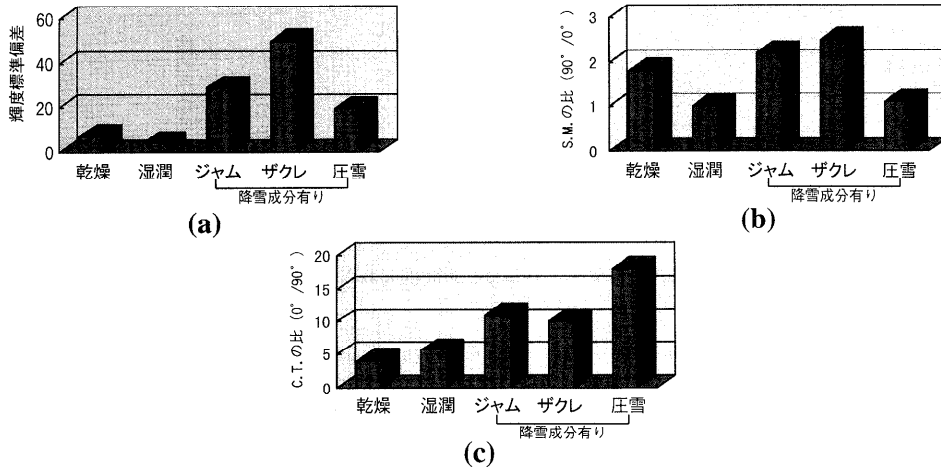


図5 路面上に堆積した降雪成分に関する特徴量。(a) 路面部の輝度標準偏差, (b) SECOND MOMENT の $0^\circ \cdot 90^\circ$ 方向の比, (c) CONTRAST の $0^\circ \cdot 90^\circ$ 方向の比

Fig. 5 Features of snow on the road. (a) Mean of gray level in the region of the road, (b) Ratio of SECOND MOMENT at 90 degree to that at 0 degree, (c) Ratio of CONTRAST at 0 degree to that at 90 degree.

表3 g 群の p 変量観測値
Table 3 p -variables at g -groups.

路面状態 1 群					路面状態 g 群				
サンプル	特徴量				サンプル	特徴量			
	x_1	x_2	$\dots$	x_p		$x_1^{(g)}$	$x_2^{(g)}$	$\dots$	$x_p^{(g)}$
1	$x_{11}^{(1)}$	$x_{21}^{(1)}$	$\dots$	$x_{p1}^{(1)}$	1	$x_{11}^{(g)}$	$x_{21}^{(g)}$	$\dots$	$x_{p1}^{(g)}$
2	$x_{12}^{(1)}$	$x_{22}^{(1)}$	$\dots$	$x_{p2}^{(1)}$	2	$x_{12}^{(g)}$	$x_{22}^{(g)}$	$\dots$	$x_{p2}^{(g)}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$
n_1	$x_{1n_1}^{(1)}$	$x_{2n_1}^{(1)}$	$\dots$	$x_{pn_1}^{(1)}$	n_g	$x_{1n_1}^{(g)}$	$x_{2n_1}^{(g)}$	$\dots$	$x_{pn_1}^{(g)}$

で表される.

$$D_{(k)}^2 = (x - \bar{x}^{(k)})' S^{-1} (x - \bar{x}^{(k)}) \quad (3)$$

$$\bar{x}^{(k)} = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} x_i^{(k)}$$

$$S = \frac{1}{n-g} \sum_{k=1}^g \sum_{i=1}^{n_k} (x_i^{(k)} - \bar{x}^{(k)})(x_i^{(k)} - \bar{x}^{(k)})'$$

ここに $x_i^{(k)}$ は k 群の i 番目の観測ベクトル, n は総サンプル数である. 式 (3) において x の 2 次の項は k によらず一定であるので式 (3) を最小にする k を求めることは, 式 (4) に示す線形判別関数 $u_k(x)$ を最大にする k を求めることに等価になる¹³⁾.

$$u_k(x) = x' S^{-1} \bar{x}^{(k)} - \frac{1}{2} \bar{x}^{(k)'} S^{-1} \bar{x}^{(k)} \quad (4)$$

したがって判別則としては, 式 (4) の $u_k(x)$ を各路面状態について算出し, 最大値 $u_k(x)$ を与える路面状態 k に判別すればよい.

5. フィールドデータによる検証

1995 年 12 月～1996 年 3 月にわたり山麓に位置する国道沿いで収集した路面画像データに本提案手法を適用することで, その有用性について検証する.

5.1 検証 1

まずここでは, 2 章で述べたように比較的客観性の高い分類である“乾燥”, “湿潤”, “降雪成分あり”の 3 分類に関して検証を行う.

表 4 は, 95/12/21, 95/12/22 の画像データから抽出した特徴量と気温を基に多変量判別分析を行った結果を示している. また, 表 5 は判別分析により導出した式 (4) の判別関数を用いて, 判別分析に用いたデータサンプルと異なる日時のデータに対して検証を行った結果を示している. なお正解率とは, 目視により確認した実際の路面状態と判別結果との一致度合いをデータサンプル数に対する割合で示したものである.

表 5 の検証結果 1 においては, “降雪成分あり”と“湿潤”との間で多少の誤判別が見られるものの, い

表4 判別分析結果1

Table 4 Results of discriminant analysis - 1.

路面状態	サンプル数	正解数	正解率
乾燥	51	51	100
湿潤	82	80	97.6
降雪成分あり	204	189	92.6

表5 検証結果1

Table 5 Results of discrimination - 1.

路面状態	サンプル数	正解数	正解率
乾燥	7	7	100
湿潤	69	66	95.6
降雪成分あり	152	140	92.1

表6 判別分析結果2

Table 6 Results of discriminant analysis - 2.

路面状態	サンプル数	正解数	正解率
乾燥	51	51	100
湿潤	82	77	93.9
ジャム	75	65	86.7
ザクレ	85	85	100
圧雪	44	44	100

表7 検証結果2

Table 7 Results of discrimination - 2.

路面状態	サンプル数	正解数	正解率
乾燥	7	7	100
湿潤	69	65	94.2
ジャム	99	97	98.0
ザクレ	15	15	100
圧雪	38	38	100

ずれの路面状態においても90%以上の正解率が得られた。この誤判別は水分と降雪成分が混在する状態と湿潤状態に関するものであり、両者の状態とも水分が存在するという点で共通の特徴を有することに起因すると考察される。

5.2 検証 2

ここでは、2章で述べたように“降雪成分あり”をさらに3分類した“乾燥”、“湿潤”、“ジャム”、“ザクレ”、“圧雪”の5分類に関して検証を行う。

表6は、表4の判別分析1で用いたものと同じデータサンプルを基に判別分析を行った結果を示している。また、表7は判別分析により導出した式(4)の判別関数を用いて、表5の検証結果1と同じデータに対して検証を行った結果を示している。図6～8は検証結果の詳細を示しており、図中の棒グラフは、目視により確認した実際の路面状態と本提案手法による判別結果を示している。図6は判別分析に用いたサンプルデータより2日前の95/12/19のデータについての検証結

果、図7はサンプルデータと同じ日で時間帯が異なるデータについての検証結果、図8はサンプルデータより2カ月後のデータについての検証結果をそれぞれ示している。

表7の検証結果2においては、検証結果1と同様に“ジャム”と“湿潤”に関する誤判別が見られるものの良好な結果が得られており、主観的な評価ではあるがいずれの路面状態とも90%以上の高い正解率が得られた。さらに、図6～8の詳細をみると時間方向にも比較的安定した判別がなされており、判別分析に用いたデータサンプルと異なる日時のデータに対しても高い正解率が得られ本提案手法の汎化性の高さが検証された。

6. おわりに

本論文では、道路走行上の安全性の確保および道路交通管理・対策上の参照情報としての路面状態の判別に際し、道路運転環境を比較的マクロにとらえた画像から路面状態に関する特徴量を抽出し、この特徴量と気温を基に路面状態を判別する手法について提案した。さらに、本提案手法を冬季寒冷地のフィールドにおいて収集した路面画像に適用することで、路面状態の判別能力に関する検証を行った。検証に際してはまず、比較的客観性の高い“乾燥”、“湿潤”、“降雪成分あり”の3分類に関して行い、さらに主観的ではあるが“降雪成分あり”を“ジャム”、“ザクレ”、“圧雪”に分類した5分類に関しても検討を行った。その結果、両検証において良好な結果が得られ、目視結果との一致度合いはいずれも90%以上であった。しかし、“湿潤”と“ジャム”間で誤判別する傾向が見られ、今後、より多くのフィールドデータを基に路面状態に関する特徴量の検討を行う必要があると考える。

今回の検討は、晴天あるいは曇天の昼間であつ車両や歩行者の存在しない理想的なデータに対して行ったものである。しかし、実際は降雨、降雪、霧などの気象変化や通過車両、歩行者などの影響を受けると考えられる。この問題に対しては時間方向の性質に着目すると、降雨雪成分や通過車両などは路面状態の推移に比べ圧倒的に速い速度で推移する移動体としてとらえることができ、この性質の違いから両者の弁別が可能であると考えられ引き続き検討を行っていく予定である¹⁴⁾。また今回は、ある時点における路面状態の判別に関する検討に留まったが、情報の受け手である道路利用者あるいは道路管理者の立場から考えると、路面状態の推移予測に関する情報も重要である。この問題に対しては、路面状態推移の時間的連続性の考慮およ

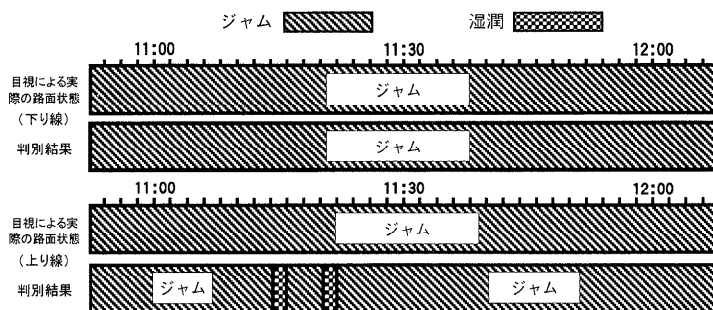


図6 路面状態判別検証結果 (95/12/19)

Fig. 6 Results of discrimination of the road condition (95/12/19).

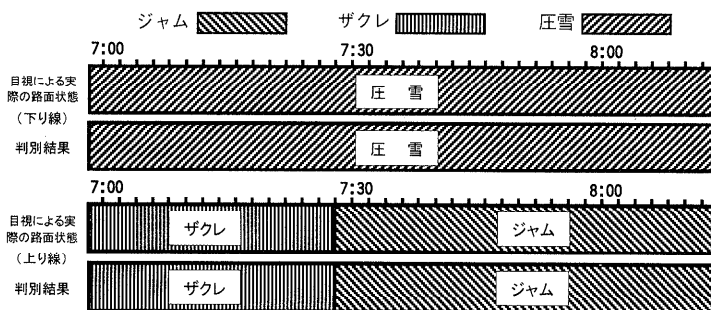


図7 路面状態判別検証結果 (95/12/22)

Fig. 7 Results of discrimination of the road condition (95/12/22).

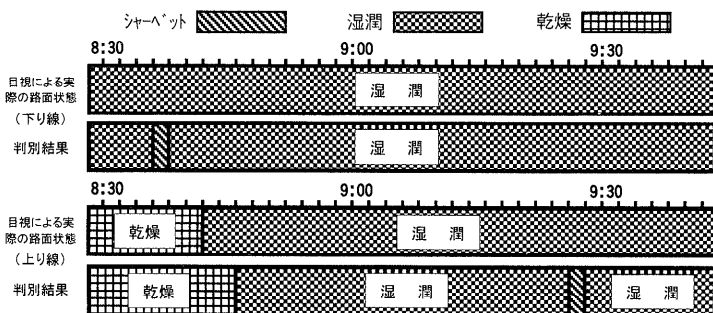


図8 路面状態判別検証結果 (96/2/21)

Fig. 8 Results of discrimination of the road condition (96/2/21).

び気象情報などの関連情報との統合にかかわる検討が必要不可欠であり、合わせて検討していく予定である。さらに、路面状態の定量的な評価・分類については、たとえば走行上の安全性の観点からブレーキ制動などに置き換えて検討できる可能性があると考えており、今後、実験および検証していきたいと考えている。このほかにも、実用化に向けては夜間における検証や道路舗装材料の違いによる影響など多くの問題点が残されており、順次検討していく予定である。

謝辞 本研究を進めるにあたり、データ収集に関し

てご協力いただきました長野県中野建設事務所に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) イメージ工学研究所 (編): ITSのすべて, 日本経済新聞社 (1995).
- 2) 日産自動車株式会社社会・商品研究所 (編): 自動車交通, 日産自動車 (1996).
- 3) 谷口博康, 関明伸, 古澤春樹, 黒田伸一, 池端重樹: 時空間画像を用いた動画画像処理手法の提案—DTT法, 電子情報通信学会論文誌 (D-II),

Vol.J77-D-II, No.10, pp.2019-2026 (1994).

- 4) Momozawa, M., Nomura, M., Namai, T. and Morisaki, K.: Accident Vehicle Automatic Recognition System by Image Processing Technology, IEEE International Conference on Image Processing, pp.566-570 (1992).
- 5) 前田英作, 高橋裕子, 石井健一郎: 環境変動にロバストな物体有無判定法, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol.J74-D-II, No.12, pp.1731-1740 (1991).
- 6) 長谷川為春, 小沢慎治: 移動物体追跡を利用した屋外駐車場における車両計数, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol.J76-D-II, No.7, pp.1390-1398 (1993).
- 7) 上田浩次, 堀場勇夫, 池谷和夫, 小野寺浩: 画像処理を用いた駐車車両検出アルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol.J74-D-II, No.10, pp.1379-1389 (1991).
- 8) 上田浩次, 堀場勇夫, 池谷和夫, 大井史倫: 画像処理を用いた路面湿潤状況検出方式, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.6, pp.1072-1080 (1994).
- 9) 建設省: 路面積雪計および凍結検知器の開発, 評価書, 建技評第 79104 号, pp.10-12 (1980).
- 10) 板倉安生, 堤 捨男, 竹鼻俊夫: 反射の偏光特性を利用する車両搭載用路面湿潤状態検出センサ, 照明学会論文誌, Vol.66, No.10, pp.20-24 (1982).
- 11) 田村秀行 (監修): コンピュータ画像処理入門, 総研出版, pp.133-140 (1985).
- 12) 塩谷 實: 多変量解析概論, 朝倉書店 (1990).
- 13) 田中 豊, 垂水共之, 脇本和昌: パソコン統計解析ハンドブック II 多変量解析編, 共立出版 (1984).
- 14) 谷寄徹也, 上田浩次, 池谷和夫, 堀場勇夫: 背景画像更新処理を用いた自然環境下における路面湿潤状況の検出, 電子情報通信学会, TECHNICAL REPORT OF IEICE, PRMU97-9 (1997-05), pp.65-72 (1997).

(平成 8 年 11 月 27 日受付)

(平成 9 年 9 月 10 日採録)



山田 宗男 (正会員)

平成元年名城大学理工学部電気工学科卒業。平成 2 年名古屋電機工業 (株) 入社。システム開発部。交通系における画像処理の応用に関する研究に従事。平成 7 年名城大学大学院修士課程出向, 電子情報通信学会, 日本神経回路学会, 応用物理学会各会員。



堀場 勇夫 (正会員)

昭和 49 年名古屋大学工学部電気工学科卒業。同年 (株) 日立メディコ入社。昭和 62 年名城大学理工学部電気電子工学科講師。平成 3 年同助教授。工学博士。交通系における画像処理応用。生体情報の計測および医用画像処理に関する研究に従事。電子情報通信学会, 日本エム・イー学会, 日本放射線技術学会, 日本超音波医学会, 日本医用画像工学会, 日本循環器学会等各会員。



杉江 昇 (正会員)

昭和 32 年名古屋大学工学部電気工学科卒業。同年通商産業省電子技術総合研究所入所。昭和 37~39 年カナダ・マギル大学各員研究員。昭和 45 年バイオニクス研究室長。昭和 53 年視覚情報研究室長。昭和 54 年名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻教授。昭和 60 年同大学工学部電気工学第二学科教授。平成 2 年同大学工学部情報工学科教授および同大学大型計算機センター長併任。平成 6 年名城大学理工学部電気電子工学科教授, 現在に至る。バイオニクス, 医用工学, コンピュータビジョン, 自然言語処理などの研究に従事。工学博士。電気学会, 電子情報通信学会, 計測自動制御学会, ロボット学会, エム・イー学会, テレビジョン学会, バイオメカニズム学会, 日本神経回路学会, IEEE 等各会員。



上田 浩次 (正会員)

昭和 56 年名城大学理工学部電気工学科卒業。同年名古屋電機工業 (株) 入社。昭和 63 年名城大学大学院修士課程修了。工学博士。現在, 名古屋電機工業 (株) システム開発部。交通系における画像処理応用に関する研究に従事。電子情報通信学会, 日本音響学会各会員。