

画像処理手法を用いた前方路面状況認識技術に関する研究

日大生産工（院） ○川合 真 日大生産工 景山 一郎

1 まえがき

車両走行路面の状況変化に運転者が対応できない場合、車両がドライバの意図しない挙動を示し交通事故に繋がる可能性がある。これは車両運動がタイヤ路面間の摩擦係数に依存しており、路面摩擦係数の推定が可能となれば、横すべり事故などの減少が期待できる。そこで、路面の変化に対応する高度な車両制御技術のための路面計測に関する研究が、ITS(Intelligent Transport System：高度道路交通システム)の一部として行われている¹⁾。また自車で車両前方路面の状況を認識し、能動的な車両運動制御装置の構築が可能であれば予防安全の観点から非常に有効であると考えられる。この様な背景から先行研究としてセンサフュージョンによる路面摩擦係数推定の研究が行われてきた²⁾。これより手前路面摩擦係数は推定可能だが、今後は車両制御に使用するため車両前方の路面状況認識が必要となる。

本研究では車両前方の路面認識を行う上で人の視覚特性に着目した。熟練者は安全に走行するために前方の道路環境から路面状況を認識しており、熟練度合が高いほど前方の認識力が高いといえる。人の視覚はある程度路面の状況判断が可能であると考えられる。そこで人がどのような情報を基に路面状況を判別しているか調べるため、視覚情報処理能力に関するアンケート調査を行った。結果は路面の輝度特性、

色特性、天候、時間帯などの解答が多く、中でも輝度特性の回答率が高かった³⁾。この結果をセンシング技術に応用する。人の視覚は可視光処理を行っており、これと同様の処理を行っているセンサがCCDカメラである⁴⁾。ドライバは運転中に信号、歩行者、他車両ほか各種環境情報処理を行っており、これは脳による高次な情報処理に依存する。またCCDカメラを用いる画像処理には輝度、RGB、彩度、パターン認識、形状抽出など一つのセンサに対し多くの認識を行える利点がある。つまり路面状況を判断する人間の視覚特性を画像処理手法に応用することにより、高度な路面状況認識が可能になるものと考えられる。そこで本研究ではCCDカメラを用い、アンケート結果の一つである輝度情報に着目し車両前方の路面状況認識技術の構築を行う。

2 使用計測器

本研究で用いるCCDカメラを図1に、諸元を表1に記す。



Fig.1 CCD Camera

Study on Sensing Technology for Recognition of Forward Road Conditions Using Image Processing

Makoto Kawai, Ichiro Kageyama

Table1 Specifications of CCD

Contents		Specification
Producted		SONY
Name		DXC-107
Camera		1/2inch Interlace Scan
Focal Length of Lens		12[mm]
Field Angle	Evenness	29.9[deg]
	Perpendicular	22.6[deg]
Display Image Size		768(H)×494(V)
Signaling		NTSC

計測した画像は640×480pixel, 256階調のカラー画像である. そしてこの画像の明るさに関する情報を抽出するため以下の(1)式を用いてグレースケール画像に変換した.

$$L = 0.299R + 0.587G + 0.144B \quad (1)$$

3 路面認識手法

3.1 新手法の提案

車両前方5mを中心とした領域を認識路面として, 指定領域内の平均輝度値を求めた (図2参照). さらに周辺の明るさに対応させるため, 平均輝度値を日射量で除した新輝度指標の報告をした²⁾. 日射量は感度が高いソーラーセルを用いて計測した. この解析手法を基に乾燥路, 湿潤路, 雪路, 氷路にて定置計測を行い, 代表的な計算結果を表2に示した.

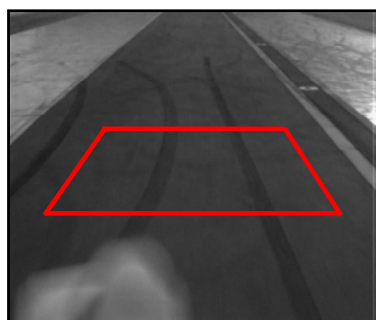


Fig.2 Setting of Domain

Table 2 Calculation of Luminance

	Average of Luminance	Solar Radiation	Indicator
Dry Surface	55.5	2.2	25.2
Wet Surface	99.3	2.3	43.8
Snow Surface	214.8	2.3	94.6
Ice Surface	149.2	2.2	67.2

これにより, 日中のように明るい時, 夜間のように暗い時でも乾燥路, 湿潤路, 雪路, 氷路の計測が可能な手法を確立した. しかし, この

手法は周辺環境の計測が車載のソーラーセルであるため, 車両付近の日射量でしかない. そこで, 前方路面を認識した際に, 認識した路面の日射量と車両付近の日射量が異なる場合が考えられ, 計測精度に影響を与える.

そこで新手法として単眼カメラのみで状況認識可能に出来るよう, 路面のみでなく車両走行環境の画像を用いて画像の標準化を行う標準得点を用いた手法を提案する.

3.2 路面標準得点の定置計測

前方画像から路面輝度値を標準化する手法について説明する. 図3に示すように大きく取った領域を走行環境画像とし, 平均輝度値と標準偏差を算出する. その中にある小さい領域を路面認識画像とし, 平均輝度値を算出する. これらの値から(2)式を用い標準得点を算出する.

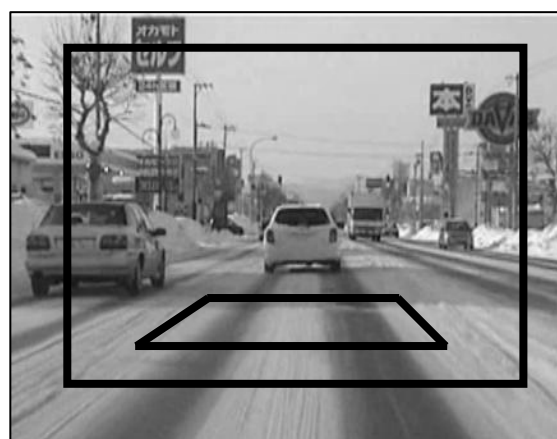


Fig.3 Setting of Domain

X : 認識路面の平均輝度値

$\overline{X}$: 走行環境画像の平均輝度値

s : 走行環境画像の標準偏差

z : 標準得点

$$z = \frac{X - \overline{X}}{s} \quad (2)$$

(2)式の算出手法を用いて, 乾燥路, 湿潤路, 水膜路, 雪路, 氷路で定置計測を行った. 各路面の代表値の結果を図4に示す.

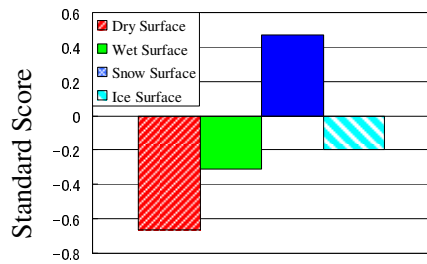


Fig.4 Result of Standard Score

結果から乾燥路は-0.66，湿潤路は-0.31，雪路は0.47，氷路は-0.2と各計測路面の標準得点で路面判別が可能であることを確認した。水膜路と氷路に近い値になったのは表面が滑らかであるため同様の鏡面反射を起こしたものと考えられる。過去確立した新輝度指標と同じ路面で定置計測を多数行い，相関を調べた。その結果を図5に記す。

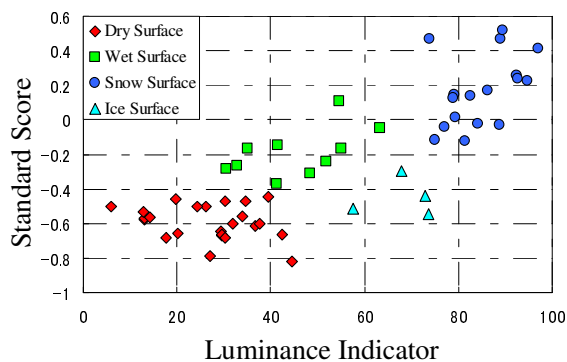


Fig.5 Result of Standard Score-

Luminance Indicator Relation

縦軸は標準得点を表しており，横軸は新輝度指標値を表している。両指標間の相関係数は0.82と高い相関を示した。このことから標準得点を用いた車両前方の路面状況認識が有効であると言える。

4 多種路面状況の認識

4.1 轍路面の定置計測

3.2節で標準得点を用いた路面認識の基礎データと算出方法を確認した。更に市街地などに多い轍路面の画像を用いて走行している路面がどのような状況になっているか計測し検討する。図6の画像は市街地のアスファルト路と

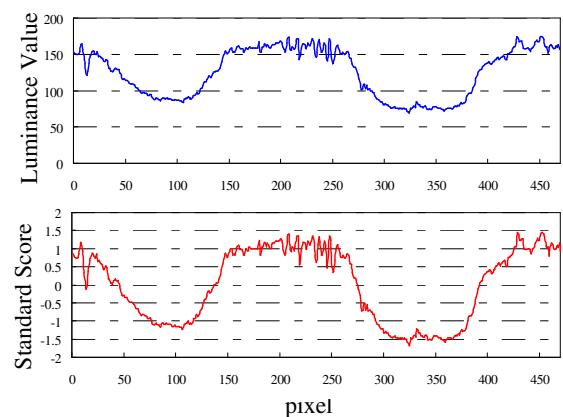


Fig.6 Result of Fixed Measurement

雪路の轍路である。横方向に延びたライン上1～470pixelを1pixelおきに輝度値を算出，平均輝度値と標準偏差から標準得点を求めた。上の図は縦軸が輝度値，下の図は縦軸が標準得点を表し，横軸は共に画素位置を示している。

雪路部は輝度値と標準得点が共に高い値となっており，アスファルト路部は輝度値と標準得点が共に低下している。轍路などのいくつかの路面状況が混ざった路面でも標準得点は車両走行前方の路面状況の認識が可能であることを確認した。

4.2 移動計測実験概要

自車両が走行時に路面変化を認識が可能か検討するため，CCDカメラを車両ダッシュボードの上に搭載し車両前方5m～10mを計測した。計測対象路面はアスファルト路と雪路のような轍状況の車線から雪路車線へ車線変更した。

北海道の高速道路を90km/h一定で走行し、10秒間の車両前方の路面状況の変化を計測する。認識領域は車両制御システムへ還元するため、より詳細な情報を得られるよう図7のように横方向に10分割する。その10分割した各領域の路面平均輝度値を算出する。また3.1節で述べた定置計測と同様、図7の大きな認識領域は車両前方の環境画像の平均輝度値を算出する。(2)式を用いて各認識領域の標準得点を連続して求める。



Fig.7 Setting of Domain

4.3 実験結果

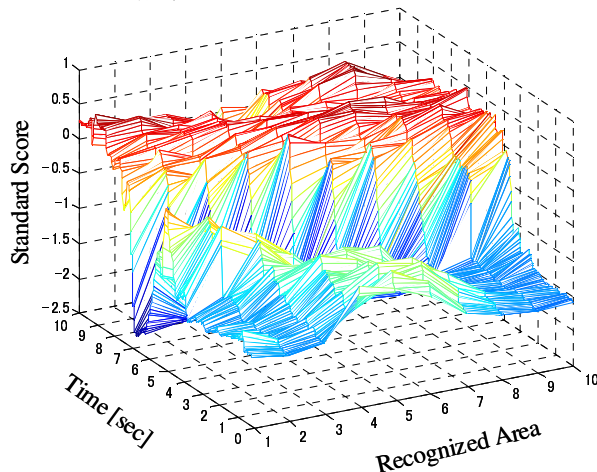


Fig.8 Standard Score and Road Conditions of Active Sensing

車両走行時の路面状況を時系列で計測した結果を図8に示す。x軸は10箇所ある認識領域、y軸は時間、z軸は標準得点を示す。図の中で標準得点が低い部分はアスファルト路面、高い部分は雪路となっている。滑る危険性がある路面

になるほど赤色になる。計測開始直後は路面中央に若干融けかけた雪が積もっている。右方向へ車線変更しているため、右の認識領域から標準得点が高くなる傾向も計測可能であることが確認出来た。これにより予防安全技術として数秒後に車両が通過する位置、更にはタイヤが踏む路面の状況などを詳細に認識し、車両制御システムへの情報提供が期待できる。

5 結論

本研究では車両前方の路面状況を計測する手法を検討したものであり、次の結果を得た。

- ① 車両走行時の前方環境画像の平均輝度値、標準偏差、車両前方の路面平均輝度値を計測し、算出した認識路面の標準得点が路面状況評価に有効であることを示した。
- ② 標準得点を道路幅分算出することにより走行路面の状況変化を計測可能とした。

今後は多様な路面状況計測を行い、より汎用性のある前方路面計測手法構築を検討する必要がある。

本研究を実施するにあたり、ご指導頂いた交通科学総合研究所 今田美明先生、北海道自動車短期大学 茄子川捷久先生に感謝の意を表する次第である。

「参考文献」

- 1)山田宗男ほか、車載型路面状況検出センサ、自動車技術会、学術講演会前刷集No.54-04, 2004, pp.1-4
- 2) 渡辺賢一ほか、路面状態推定アルゴリズム構築に関する研究、日本機械学会、第11回交通・物流部門大会講演論文集、2002, pp.71-74
- 3)川合真ほか、画像処理手法を用いた前方路面状況認識技術に関する研究、寒地技術シンポジウム、2007, pp. 318-321
- 4)青木正喜、ITSにおける画像計測と画像処理、ロボット学会誌、Vol.17 No.3, 1999, pp.321-327