

レーザによる各種路面の光学特性計測に関する研究 —第1報 画像処理による計測—

城戸 章宏

A Study on Optical Characteristics of Road Surface Conditions by Laser Measurements —The First Report: Measurements by Image Analysis—

Akihiro Kido

Abstract

The influence of road surface conditions on traffic accidents is remarkable especially in snowy countries, and an increase of the rear-end collision accident which is enhanced by the polished ice on the surface of the road is becoming a serious problem. Therefore, a remote sensing of the road surface conditions will be an effective method for the reduction of the accident. An image analysis method was applied for various road surfaces whose coefficients of friction, μ , were from 0.1 to 0.6. The results showed that the intensity ratio of red image and blue image, R/B, was related well with μ except for a snow surface, and also $R^*B/256$ and $(256-R)-B$ were related well with μ except for an ice surface.

Key Words : Optical Measurement, Image Processing, Freezing, Icy Road, Coefficient of friction

種路面の μ との関係について解析を試みた。

1. まえがき

路面状況が交通事故発生に及ぼす影響は著しく、特に寒冷地では、ブラックアイスバーンがもたらす追突事故の増加が深刻な問題となっている。従って、前方の路面ミューなどの情報をドライバーにリアルタイムで伝達できれば事故を減少しうると考えられる。

路面ミューセンサーの開発例としては、日本電子工業の宮崎らが車軸に取り付けた歪センサーとABS装置とによってリアルタイム計測を実施しているが、前方路面の情報を予知することは不可能である⁽¹⁾。また、東京国道事務所の今長らは赤外線センサを用いて排水性舗装路面状態検知システムを構築しているが、固定点観測の域を出ない⁽²⁾。

本研究は車両前方の路面のすべり摩擦係数 μ を非接触で車載測定することを最終目的としている。そのため、レーザを用いた計測手法が効果的と考えられるが、第1報としては各種路面の基本的な特性把握を主目的とし、各種路面画像を撮影しその画像処理データと各

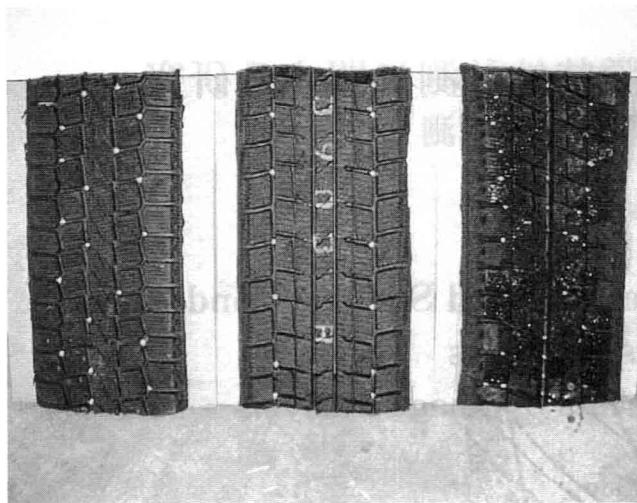
2. 実験装置および方法

2.1 接触法による μ 計測装置

ここでは物理的にタイヤと路面とのすべり摩擦係数



図1 供試タイヤ

図2 μ 計測用試験片

μ を計測する手法について説明する。図1は供試タイヤを示す。タイヤサイズは155/65R13であり、左から99年製のヨコハマガーデックスK2、06年製ダンロップデジタイヤDSX、及び06年製ブリヂストンブリザックREVO 2である。(以下、各タイヤをそれぞれK2, DSX, およびREVO 2と呼ぶ。)

μ 計測は実際のスタッドレスタイヤのトレッドゴムによるのが最も正確であるので、これを以下の作業によってタイヤから分離させた。トレッド面の切り出しはカッター及びジグソーで行った。トレッドゴムを試験片に平坦に貼り付けるため特にサイドの厚肉部をグラインダーで削った。次に図2に示すように20cm×30cmの合板製試験片に接着剤を塗り、切断したトレッド面を貼り付け、剥離防止のためにねじで固定した。またこれに牽引用のフックを取り付けた。

図3は完成した試験片に10kgの重りを二個載せ、ばね計りを設置した状態を示す。

図4は最大静止摩擦力の計測方法を示す。この場合、試験片を徐々に引く必要があるためウィンチを用いている。一定の力で引くと試験片が動き出すのでその動きが止まった時のばね計りの読みを最大値とした。重りは大体10kgずつ重くし、最大で30kgまで測定した。接触法による μ 計測とは、試験片にある質量の重りをのせ各路面の引っ張り力から摩擦係数を計算によって求める方法である。接触法による μ は $F = \mu N$ の式から求められる。なお、Fはばね計りによる引っ張り力、Nは重りの重量である。

2.2 画像計測方法

デジタルカメラで撮影した画像は撮影する場所や天候などの状況によって撮影条件が異なるため、すべて

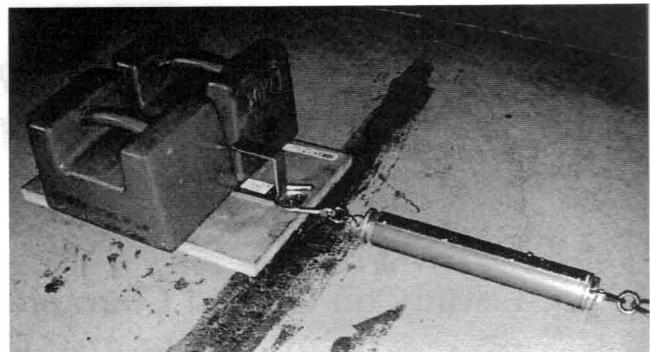
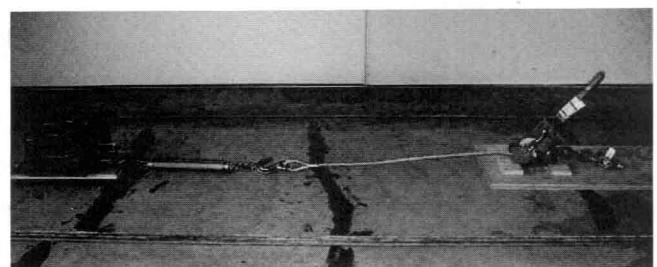
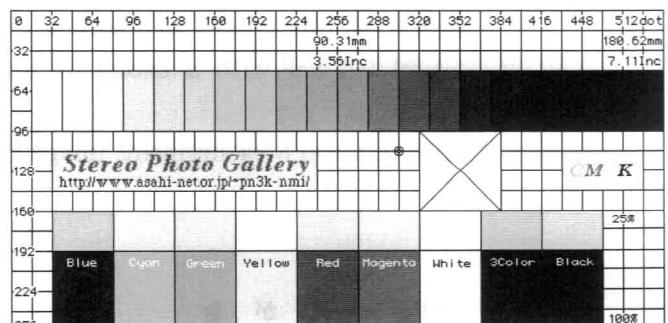
図3 μ 計測用試験片の設定図4 μ 計測装置の概観

図5 色見本の概観

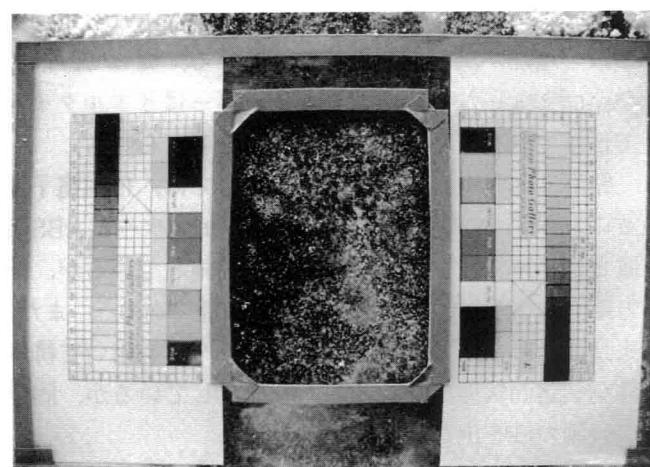


図6 画像撮影方法

の画像の条件を同一にする必要がある。そこで、図5に示した色見本シートを用いて撮影した画像のRGB

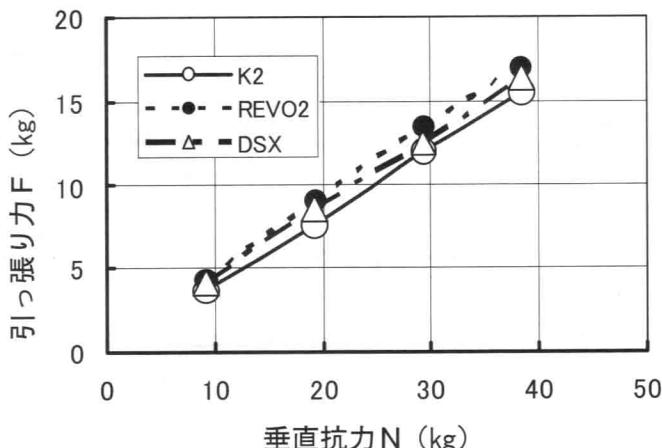


図7 コンクリート路面での滑り特性

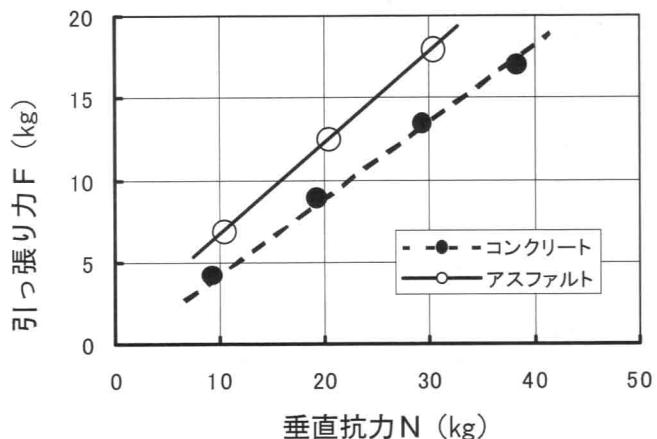


図8 各種路面での滑り特性
(タイヤ: REVO 2)

比率の調整を試みた。図6は路面画像撮影の一例を示す。図の様に路面と色見本シートを併せて画像を撮影し、パソコンにより画像処理を行ってデータの解析を試みた。

3. 実験結果および考察

3.1 接触法による μ 計測結果

図7及び図8は、垂直抗力Nと引張り力Fとの測定結果を示したものである。図7から、Nの増加に伴って直線的にFも増加し右上がりの図となる。従ってNの大きさに関係なく μ はほぼ一定となる事がわかる。測定結果を計算した結果、コンクリート路面の μ は99年製のK2が約0.4に対して、REVO2が約0.46、DSXが約0.44とREVO2が最も優れていた。

図8はREVO2を用いて、アスファルト路面のNとFとの関係を調べた結果である。ここでもFとNと

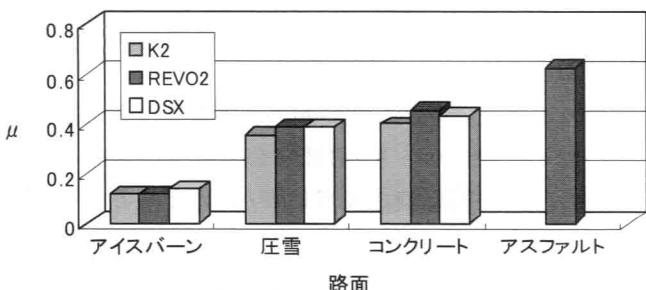
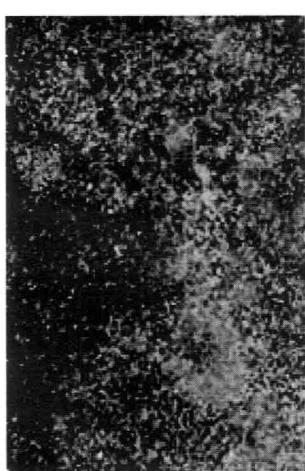


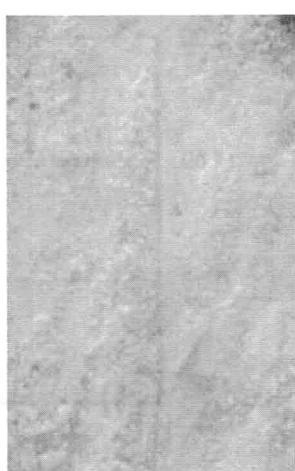
図9 各種路面の μ

は直線的な相関を示し、Nの大きさは μ にほとんど影響を及ぼさないことがわかる。従って、以降の計測においては最適な重りを用いて μ の測定を行った。

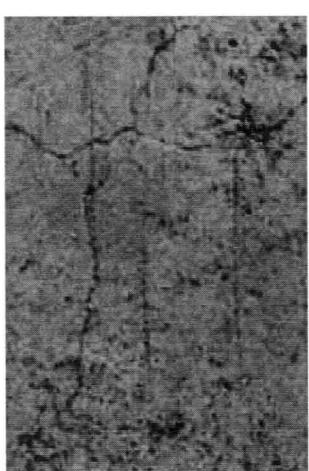
図9に各種路面の μ を各種試験片を用いて計測した結果を示す。アイスバーン路面ではK2及びREVO2



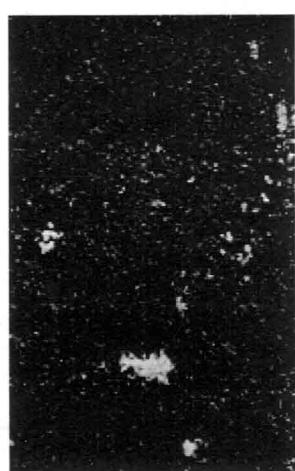
アイスバーン
 $\mu=0.12$



压雪
0.39



コンクリート
0.45



アスファルト
0.62

図10 各種路面の補正済み画像

共に約0.12なのに対し, DSXは約0.14とわずかながらも μ は高かった。圧雪路面ではK 2が約0.36, REVO2及び, DSXが共に約0.39であった。タイヤを比較するとDSXがアイスバーン路面, REVO 2がコンクリート路面に優れていること。古いスタッドレスでも著しい性能の低下は見られないこと等がわかる。今回の実験ではまっすぐ引っ張るだけだったが、冬の路面ではアンダーステアの場合の横方向の μ も考慮に入れる必要がある。今回はあくまでも直進状態の想定であり、一概にDSXが優れているとは言えない。

3.2 画像処理による μ の測定

図10は、左からアイスバーン、圧雪、コンクリート、アスファルトの各路面の補正画像を示す。ここでの補正手法としては、圧雪画像のイエローのRGB比率を基準に他の画像中のイエローのRGB比率が同一になるようにRGBの配光特性を変更することとした。これら画像の平均RGB強度を用いて各種路面 μ との相関を調べた。

図11に画像補正が各種路面のR画像強度とB画像強度との比、すなわちR/B比におよぼす影響を示す。図から、補正前と補正後ではR/B比と μ との相関に大きな差異があることがわかる。従って、補正を行わない場合では正確な結果が得られない事がわかる。

図12は補正画像による各種RGB比率と μ との関係を示す。図によれば、R/G, G/B, およびR/Bの中でR/Bは $\mu=0.39$ の圧雪を省くと実線で示したように μ との相関が最も良好であり、右肩上がりの曲線になることがわかる。

図13は μ と $R \times B / 256$ との関係を示す。図から $\mu=0.12$ のアイスバーン以外で右肩上がりの特性を示す事

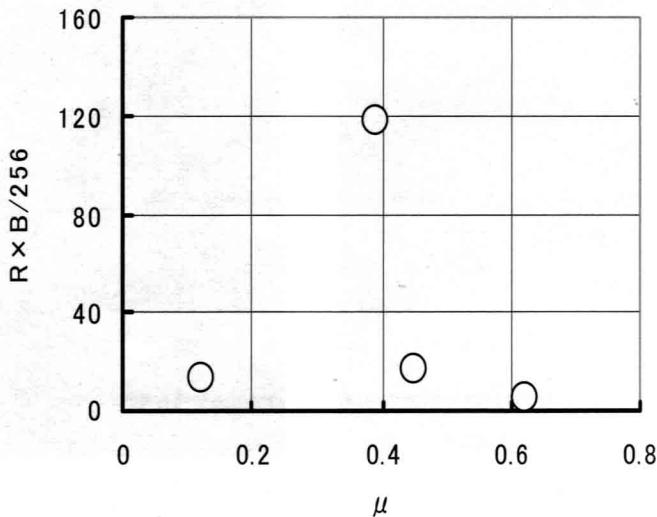


図13 μ と $R \times B / 256$ との関係

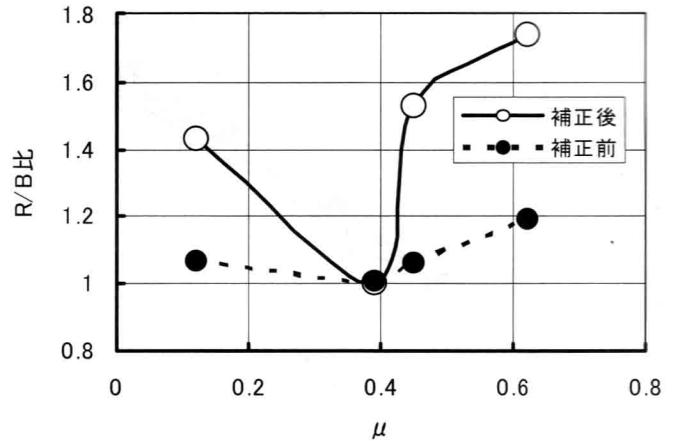


図11 画像補正がR/B比に及ぼす影響

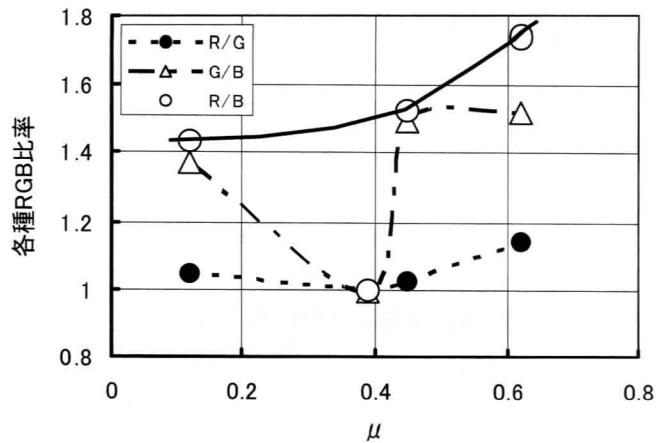


図12 各種RGB比率と μ との関係

がわかる。

一方、R反転画像強度とB画像強度の差の絶対値 $|256-R-B|$ と μ との関係を図14に示す。図によれば、アイスバーン以外では右肩上がりの特性を示すこ

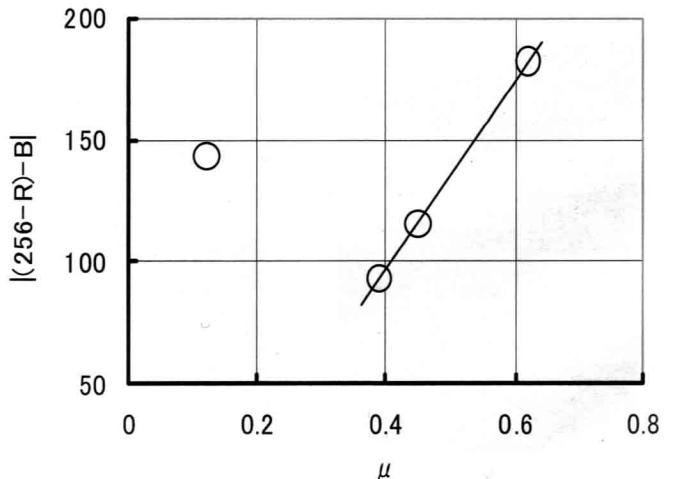


図14 R反転画像とB画像強度の差の絶対値と μ との関係

とから、このグラフを用いることによって圧雪画像からの μ 判定が可能となる事がわかる。

4. 結 論

各種路面における摩擦係数 μ の接触および非接触計測を試みた。非接触計測は各種路面のデジタル画像を画像処理することによって行った。本研究によって得られた結果を要約するとおよそ以下の通りである。

1. スタッドレスタイヤを用いた供試 μ 計測装置によって路面 μ の接触計測が可能となった。
2. 古いスタッドレスタイヤでも雪氷路面におけるすべり摩擦の著しい低下は見られなかった。
3. 画像計測の際には色見本などの基準画像の撮影が必要であり、これに基づく画像補正によって天候などの撮影条件によるエラーを軽減できる。
4. 圧雪路面以外の路面画像のR/B比は μ と良好な正の相関を示す。この場合、圧雪路面のR/B比は他の路面に比べて極めて小さくなる。
5. アイスバーン以外の路面画像のR×B/256および|(256-R)-B|と μ とは強い相関を示す。従って、圧雪路面に対してはこれらの値を用いることで μ の推定が可能となる。

謝 辞

本研究は平成18年度交通科学総合研究所研究助成を受けたものである。本研究の遂行にあたり、トヨタカローラ札幌(株)月岡大輔君、トヨタカローラ旭川(株)齊田亘平君(いずれも当時北海道自動車短期大学学生)の協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 宮崎長正、永井功、鈴木義彦、堀井仙松：リアルタイムで直接的に路面摩擦係数を測定できる新規センサの開発とこれを用いた高性能なタイヤ・路面評価試験装置の製作に関する研究、NEDO平成11年度成果報告会予稿集、98Y29016, 1999, pp.1-7.
- (2) 後藤彰彦、加世田将光、北川和男、島村哲郎、大道賢、土屋忠寛、石丸修、白石哲也：画像処理を用いた排水性舗装路面の排水状況評価、2005年自動車技術会秋季大会学術講演会前刷集、No.104-05, 2005, pp. 13-16.