

IV-7

冬期道路の安全走行支援システムに関する研究(第2報)
 -画像処理によるインテリジェントITVカメラの開発について-

北海道開発局	開発土木研究所	正員	千葉 隆広
同	上	正員	石本 敬志
同	上	正員	加治屋安彦

1. はじめに

現在、道路監視用(ITV)カメラは道路管理に幅広く用いられている。そのITVカメラを目視だけではなく、得られる映像を用いて計測用として活用できれば、利用価値が高まるはずである。その活用法の一部として、かねてから筆者らはビデオ画像の輝度分布に着目し、画像処理を用いることにより、ITVカメラから視程を計測する手法を開発してきた。従来の光学式視程計が点における視程値計測であるのに対し、この手法では、ビデオ画像を面的に分析し視程値を計測するため、より人間の目視に近い視程の実態を把握することができる利点がある。しかし、本手法の有効範囲は視程障害のうちの吹雪の場合に限定されており、霧の場合には適用できない問題があった。

そこで、この問題をクリアするため、今回はビデオ画像のエッジに着目した。画像処理技術の輪郭抽出手法(エッジ・フィルター)を活用し、輪郭画素総数から視程値を計測する手法の検証を行った。

本報では、当研究所が推進している冬期道路の安全走行支援システムに関する研究のうち「インテリジェントITVカメラの開発」の一環として行った、画像処理による新視程計測手法の分析結果について報告する。

2. 輝度分布の標準偏差から視程を計測する手法の概要

2.1 吹雪の場合

本計測手法の着目点は、画像の輝度分布(明るさ:256階調)である。視程が悪いときの画像は一面白色であり、輝度分布は白周辺に集中するはずである。一方、視程が良い時は、幅広い輝度分布になることが予想される。従って、それらを検証するため、実際の視程値と比較を行った。使用した視程値(中山峠)は、当研究所の観測所で常時、反射型視程計により自動観測記録している10分平均視程である。また、当観測所で記録したビデオ画像(4秒間欠録画)は40秒毎に静止画像(デジタル化)にコマ落としし、車両の影響を受けないように10分平均画像に処理を行った。

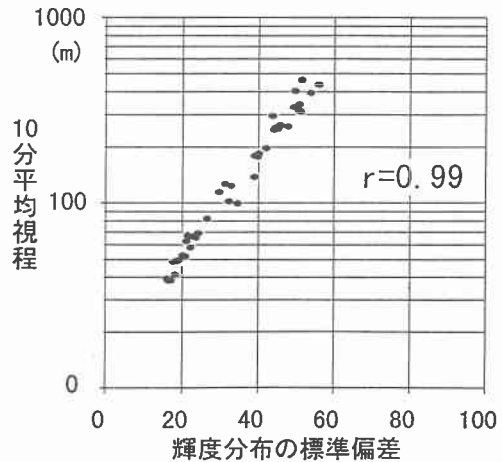


図-1 10分平均視程と輝度分布の標準偏差との関係
 <吹雪の場合>

Research on Advanced Drive Assistant Systems to Prevent Traffic Accidents on Winter Highways.(No.2) -Development of Intelligent ITV Camera using Image Processing- by Takahiro CHIBA, Keishi ISHIMOTO, Yasuhiko KAJIYA

図-1は、中山峠の10分平均視程と、10分平均したビデオ画像の輝度分布の標準偏差との関係を散布図に示したものである。サンプリングしたデータは10分平均視程が約500m以下であった、1994年11月13日7:00~14:00である。この図によると、10分平均視程値の対数と10分平均輝度標準偏差との相関係数が0.99であり、非常に相関が強いことが判明した。従って、輝度分布の標準偏差から視程値を推定することが可能であることが明らかになった。

2.2 霧の場合

図-2は、本手法を霧の場合に適用した結果を散布図に示したものである。サンプリングしたデータ（観測点：中山峠）は10分平均視程が約1000m以下であった、1995年8月9日8:00~15:00である。この図によると、10分平均視程値の対数と10分平均輝度標準偏差との相関係数が0.60であり、相関が弱いことが分かる。10分平均視程が100m未満の場合は、相関が強い傾向があるものの、100m以上の場合は特にばらつきが大きい。

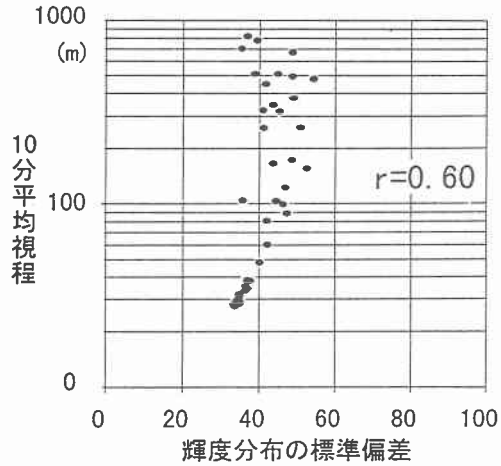


図-2 10分平均視程と輝度分布の標準偏差との関係 <霧の場合>

この要因として考えられるのは、霧の場合のダイナミックレンジ（輝度）の狭さである。図-3に示すように、霧と吹雪の視程障害時のヒストグラムを比較してみると、吹雪の輝度が狭く分布しているのに対し（標準偏差=16.95）、霧は輝度が比較的広く分布している（標準偏差=36.91）。従って、霧の場合、視程が良い時と悪い時の輝度分布の差（ダイナミックレンジ）が比較的小さくなるため、霧の濃淡によるヒストグラム特性の差が顕著に現れない分、結果的にばらつきが多くなった。特に視程が100m以上になると、視程が良い時と悪い時の輝度分布の違いが明確に現れなくなる。

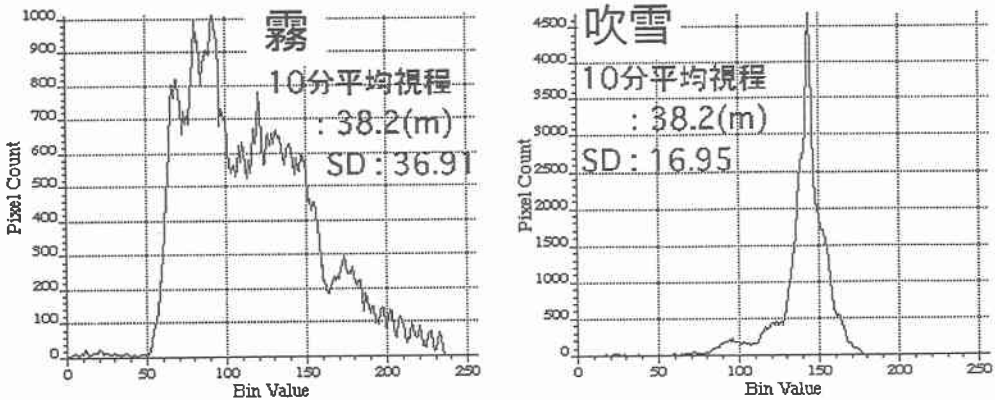


図-3 霧と吹雪における視程障害時の輝度分布の比較

3. 輪郭画素総数から視程値を計測する手法の検証

3. 1 解析方法

以上のような結果から、輝度分布のダイナミックレンジが狭い霧の場合は、輝度分布の標準偏差から視程を推定するのは、100mまでが限界であることが分かった。そこで、この結果を踏まえ、本研究においては別の観点から霧の場合の解析を行うことにした。

今回着目したのは、ビデオ画像のエッジである。通常、画像から形状を把握する際、濃淡（輝度）の情報が無くとも輪郭線（白黒2値）だけである程度の認識が可能である。この原理を応用し、画像から輪郭を抽出することにより視程の状況を把握する手法を検証してみることにした。使用した画像データは、図-2で使用した霧時の中山峠、1995年8月9日8:00～15:00である。また、ビデオ画像は10分平均画像に処理を行った。

以下に、解析手順を示す。

(1) 輪郭抽出フィルター処理

画像処理技術において、様々なエッジ・フィルターの手法があるが、今回は16近傍の差分型フィルターを用いることとした。この手法は、この画素単位でこの差分演算を行い、その解の濃度に各画素を変換することにより、局所的に濃淡が大きく変化する部分が強調され、輪郭抽出効果を得ることができるものである（図-4）。同タイプのフィルターに8近傍の画素を対象にした手法もあるが、本解析においてはエッジをより明確にするために、輪郭をある程度太めに抽出するため16近傍のタイプとした（図-5）。

G	F	E	D	C
H				B
I		X		A
J				P
K	L	M	N	O

$$\psi(X) = (A+B+C+D+E+F+G+H+I+J+K+L+M+N+O+P) - 16X$$

図-4 輪郭抽出フィルター
(16近傍の差分型)

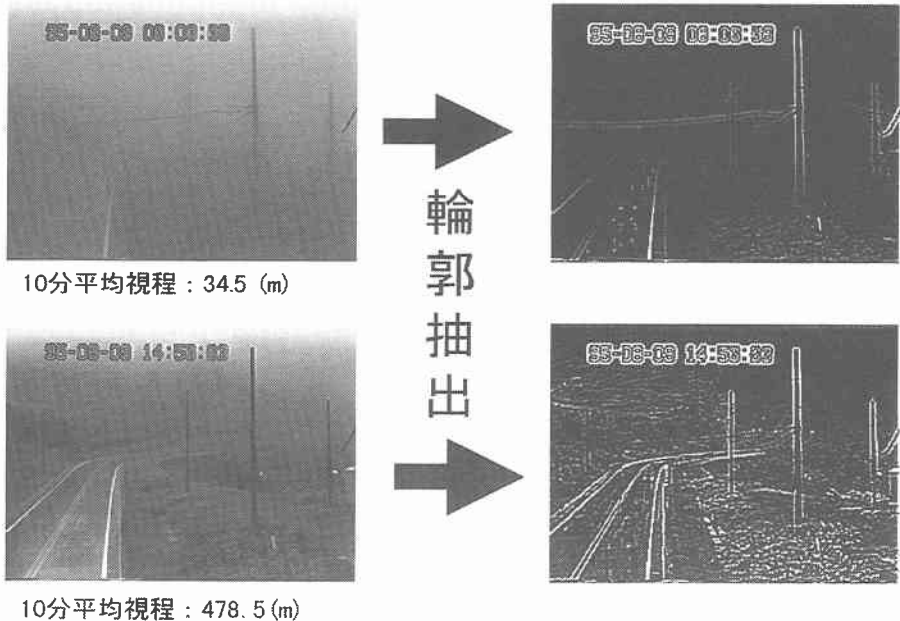


図-5 輪郭抽出フィルター処理の実行

(2) 白黒2値化処理と輪郭画素総数の算出

上記フィルター処理後の画像は、輪郭抽出はされたものの依然256階調のグレースケールの画像であり、輪郭部分を定量的に把握するのは困難を極める。そこで、白黒2値化処理(しきい値155)を行い、輪郭をより明確にした上で、輪郭画素総数(白色画素の総数)を算出することとした(図-6)。これにより、輪郭抽出部分を定量的に把握することができる。

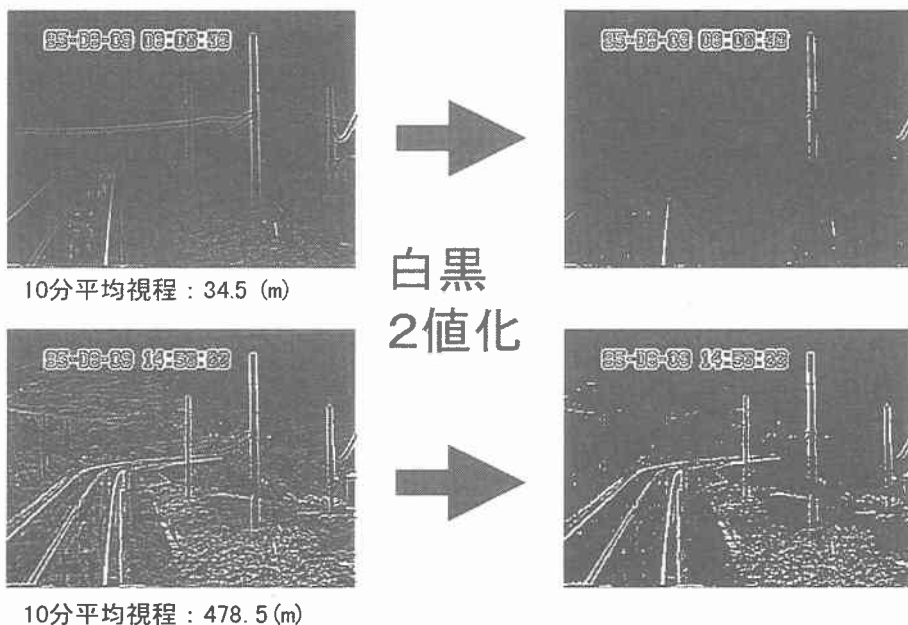


図-6 白黒2値化処理(しきい値155)と輪郭画素総数の算出

3.2 解析結果

図-7は、反射型視程計で計測した10分平均視程と、10分平均画像から上記解析方法で算出した輪郭画素総数との関係を散布図に示したものである。この図によると、10分平均視程値の対数と10分平均輪郭画素総数との相関係数が0.93であり、相関が強いことが分かる。従って、画像の輪郭画素総数を算出することで、霧の場合は視程値を推定することが可能であることが明らかになった。

また、この図の特徴として、本解析においても霧の場合の輝度分布解析(図-2)と呼応したように、10分平均視程が100m以上の場合のばらつきが大きい傾向が現れている。この傾向に関して追跡調査を行ったところ、以下の事例が発覚し

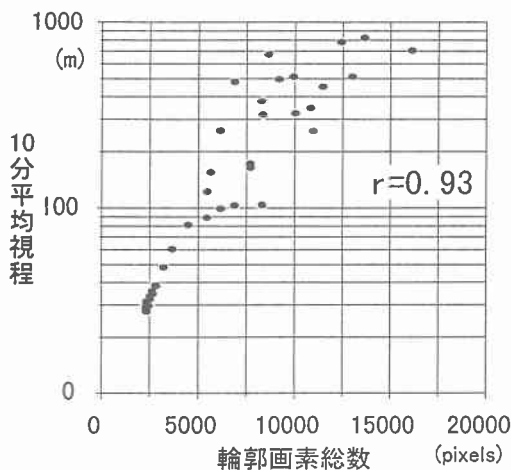


図-7 10分平均視程と輪郭画素総数との関係



10分平均視程 = 103.9 (m)

10分平均視程 = 670.5 (m)

図-8 反射型視程計データと目視による実態視程との相違

た。図-8はいずれも輪郭画素総数が8000画素の画像である。両画像の反射型視程計の値は一方が約104m、他方が約670mと大幅に異なっているが、目視の感覚としての視程はどう見ても両画像ともに同程度である。むしろ、反射型視程計は、前述したように至近距離を照準にした一点での視程値にすぎず、本解析のように面的に捕らえた場合の視程の実態とは、必ずしもイコールにならないと考えられる。従って、このような反射型視程計データと目視による実態視程とのズレが、10分平均視程が100m以上の場合にはばらつく要因の一つと推定できる。

4. おわりに

本研究の結果をまとめると以下のようになる。

- (1) 霧の場合の様に、輝度分布のダイナミックレンジが狭い場合、輝度分布の標準偏差から視程を推定するのは100mまでが限界である。
- (2) ビデオ画像の輪郭画素総数を算出することで、霧の場合の視程値を推定することが可能である。

これまで検証してきた視程計測手法は、ITVカメラが捕らえたビデオ画像を面的に分析し視程値を計測するため、人間の目測と同様に、視野内に写った背景全体が視程値に反映される。このことは、人間の目に近い視程計測手法であることその他、従来には無かった、視線誘導樹やデリニューターの視線誘導効果を定量化するための支援手法ともなり得る可能性がある。

今後は、輪郭画素総数から視程を計測する手法の信頼度をより高めていくため、画像視野内に視程距離の目安となる目標物を設け、その画像内の目標物を目視することで算出した視程値との比較を行ったり、反射型視程計の照準と近似した視野方向に据え付けたITVカメラの画像データとの比較などにより検証していきたい。また、吹雪の場合に関しても本手法が適用するかの解析を行っていきたい。

<参考文献>

- 1) 石本敬志、千葉隆広：一般ビデオ画像を用いた視程の推定、第38回北海道開発局技術研究発表会概要集
- 2) 千葉隆広、石本敬志、加治屋安彦：一般のTVカメラから視程を計測する手法について、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集、1995年
- 3) 千葉隆広、石本敬志、加治屋安彦：道路監視用カメラによる視程計測手法を用いた視程の空間的変動分析、第13回寒地技術シンポジウム論文・報告集、1996年
- 4) 江尻正員 他：画像処理産業応用総覧[上巻]—基礎・システム技術編—
- 5) 鳥谷明男：Paint Shop Pro 活用ハンドブック