

I_050

道路標識の自動検知における照度と露出補正の利用

滝根 透† 坂井一雄†

Use of Illumination and Exposure Compensation in Automatic Detection of a Road Sign

Toru Takine † Kazuo Sakai †

1. まえがき

近年、交通事故による死者数は減ってきてはいるが、事故件数は増加傾向にあるとされており、事故の増加は渋滞や事故による経済的損失を生み、その額は年間 12 兆円になるとされている。[1]

そのため、日本では高度道路交通システム(ITS)の一環として、走行支援道路システム(AHS)の研究開発が進められている。その研究の報告として、周囲の環境情報を運転者に与えることにより、これまでの死亡者の約 37%に事故削減効果を及ぼすことができるとされている。[1]

道路標識も環境情報の 1 つと考えることができるため、道路標識を検知し、運転者にその情報を与えることにより事故の減少に繋がると考えられる。

本論文では、照明環境による画像領域の色パラメータの影響を述べ、照度と露出補正を利用した、画像領域切り出し手法、切り出し閾値の決定、検知方法について述べる。

2. 自然における照明環境及び画像領域色パラメータの変化

現在、道路標識自動検知や自動認識に関連する研究が多くなされており、[2]~[4]などが挙げられる。それぞれかなり高い抽出率、認識率が出ているが、実験に使用した画像の詳しい照明環境までは分からず、どの程度の照明環境の変化に対応できるのかという明確な記述が無かった。

本論文では、まず自然において標識はどのような照明環境に置かれるのかを述べる。

筆者が調査した結果[5]、標識に下記のような幾つかの照明環境があることが分かった。なお、本論文では画像領域を標識、空、背景(標識、空を除いた全て)と分類しており、本論文で扱う色空間として HLS 色空間を使用し、変換式は[6]のものを使用した。また、対象標識は青色標識

のみとし、調査時の天候は晴れまたは曇りとした。

順光：太陽が標識の前方に位置する状態

標識の S, L が高く鮮やかに写る

逆光：太陽が標識の後方に位置する状態

標識の S, L が低く暗く写る

斜光：太陽が標識の後方斜めに位置する状態

標識の S, L が順光の状態と比べやや低い

半逆光：太陽が標識の前方斜めに位置する状態

標識の S, L が逆光の状態と比べやや高い

環境光：太陽が雲等に隠れたときの状態

標識の S, L が順光の状態と比べやや低い

全てにおいて H に関してはほとんど顕著な差は無い。

上記の順光状態のみ標識検知実験[5]を行ったところ、次の問題が判明した。順光においては、100 個の順光の標識に対して検知率が 95.65%となったが、標識と空の S, H が似たような範囲に位置するため誤抽出が発生し、逆光においては、標識の S が低すぎるため、誤抽出が起こり、ほとんど検知が出来なかった。

3. 照明環境による影響の改善

3.1 露出補正による改善

2で述べた改善策として、画像処理などがある。例えば、コントラスト平滑化によって改善する方法があるが、本来の色パラメータが失われる恐れや、本論文では必須条件であるリアルタイム性が損なわれる可能性がある。そこで、本論文ではカメラの機能として一般的な露出補正を提案する。露出補正とはカメラが自動で算出した露出を補正し、照明環境に合った補正を行うことにより、被写体を見やすくする効果がある。この露出補正を使って逆行が改善できるのではないかと考え、以下の実験を行った。

逆光の標識、空、背景に対して、13段階で露出補正を施し、色パラメータの変化を調べた。撮影機器は MINOLTA Dimage

† 山梨大学大学院医学工学総合教育部修士課程,
コンピュータ・メディア工学専攻, 甲府市
E-mail:g05mk025@yamanashi.ccn.ac.jp

Xt 300 万画素の物を使用し、撮影環境は、昼、晴れ、照明環境は逆行とし、被写体までの距離は約 30m、ズームは等倍とした。図 1, 2 に結果を示す。

まり変化しなかったが、標識の S がかなり増加し、空との差が大きくなった。よって、逆光以外であっても露出補正は有効であると考えられる。

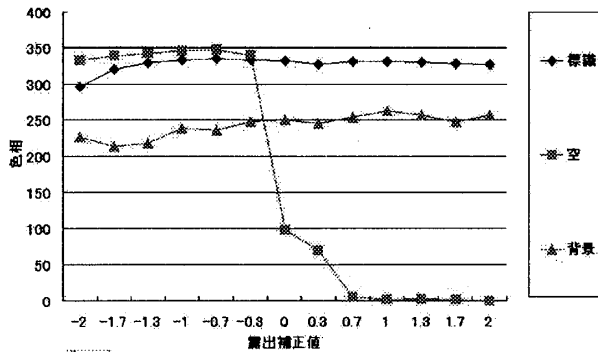


図 1 露出補正による色相の変化

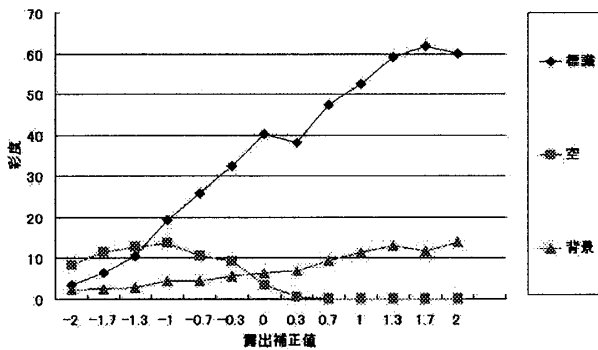


図 2 露出補正による彩度の変化

図 1, 2 から、補正値を上げると標識は S が増加していき、H はあまり変化しなかった。空は H, S 共に減少する傾向が見られた。背景に関しては際立った変化は見られなかった。また、空がある補正値に達した後、H, S が急激に減少した理由として、露出オーバーが考えられる。露出オーバーとは、被写体の適正露出を超えてしまい白っぽくなってしまいう現象で、空に対する適正露出を超えてしまったことにより空が白っぽくなり、H, S が減少したと考えられる。

上記の結果から、逆光でも露出補正を行うことにより、検知可能であるということが考えられる。また、露出オーバーにより空の H, S が減少するため、誤抽出を防ぐことができ、逆光以外でも露出補正が有効であることが考えられる。実際に、順光で同様に実験を行ったところ、標識と空の H はあ

3.2 照度による照明環境の判別

3.1 から露出補正により、逆光状態であっても検知可能である事は分かったが、照明環境がわからなければどの程度の補正にするか分からず、露出オーバーが起これば検知できなくなる問題が起これ得る。そこで、本論文では照度を用い照明環境を分類し、照度によって適正な露出補正を決定することによりこの問題を改善できると考えている。照度とは、光が当たっている表面単位面積あたりの光束量のこと、照度計で容易に計測可能である。上記に述べた方法を使うことで様々な照明環境下でも標識を検知できるのではないかと考えている。その方法として、標識に対して前方と後方の照度を計測することにより、照明環境がおおよそ判別できると考え、本論文では照度の前方値から後方値を引いた照度差を用い、[2]で述べた照明環境と対応付けを行う事とした。

3.3 適正露出補正値の決定

3.2 で述べた適正露出補正値を照度から決定するに当たり、学習段階として、「標識の S が最も高い際の露出補正値が適正露出補正値である」ということを定義とした。

上記を定義とした動機として、調査した結果標識よりも空の方が露出オーバーを低い補正値で起こす傾向にあった。よって、標識の S が一番高い状態、言い換えるなら露出オーバーを起こす手前の補正値を選ぶことにより、標識が良好な状態で、空が露出オーバーを起こしている可能性が高いため、標識領域が切り出し易くなるのではないかとということが挙げられる。この定義の信頼性については 5 で述べる。

4 適正露出画像に対する検知方法

4.1 検知アルゴリズム

本論文の検知アルゴリズムの概要を図 3 に示す。

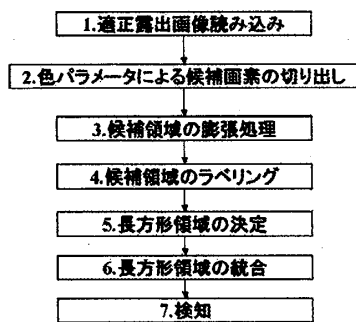


図3 検知アルゴリズムの概要

図3における2に対しては4.2で述べる。

3は障害物や、陰影などで、領域に亀裂や孔が生じた場合、それらを膨張処理により改善する処理、5は領域を全て囲むような長方形領域を決定し、そして6において長方形領域同士の距離が領域統合距離閾値 t_d 以下のとき統合処理を行う。この際、小さすぎる長方形領域は破棄する。6を行うことにより、横断歩道などの複雑なシンボルを持つ領域などが分割せずに一つの領域として得ることが出来る。

4.2 候補画素の切り出し手順、閾値の決定

ここで、図3における2の切り出しについて述べる。

適正露出画像は露出補正を行わない画像に比べて、標識のSが高く、空が露出オーバーを起こしている可能性が高い。従って、Sによる切り出しを行うことにより、標識画素が切り出されると考えられる。本論文では、さらに精度を上げるためにHで標識の色である青色画素を切り出した後、Hで切り出されてしまった、標識ではない画素をSによって破棄する事とした。

ここで、切り出しに必要な閾値を求める必要があるので、3.2の定義を元に、照度差により分類した画像ごとに撮影した全ての補正值において、標識領域のSの平均を算出し、適正露出画像を決定した。

定めた適正露出画像から、標識領域の画素を照度差による分類ごとに抽出し、統計値を算出した。なお、全てにおいて抽出画素数は約2000である。

算出した統計値から、(1)式により照明環境ごとに閾値を例として信頼係数95%で算出した。結果を表1に示す。

なお、 th_{min} はH閾値の下限、 th_{max} はH閾値の上限tsはSの閾値、 $\bar{x}_H, \bar{x}_S, \sigma_H, \sigma_S$ はH,Sの平均、標準偏差、 $z(\alpha)$ は標準正規分布に対応する値である。また、標識領域のH,Sの分布は正規分布といえないが、標本数が100以上のため中心極限定理[7]により正規分布でなくても、正規分布とみなすことができる。

$$\begin{aligned} th_{min} &= \bar{x}_H - z(\alpha) \times \sigma_H \\ th_{max} &= \bar{x}_H + z(\alpha) \times \sigma_H \\ ts &= \bar{x}_S - z(2\alpha) \times \sigma_S \quad \dots(1) \end{aligned}$$

表1 切り出し閾値(信頼係数95%)

信頼係数95%	H	S
順光	304~336	111
斜光	307~340	81
環境光	308~339	85
半逆光	312~344	75
逆光	309~348	40

閾値を算出した結果、順光のSが高く、逆光のSが低いという結果になった。Hに関しては際立った変化は見られ無かった。

5 検知実験

4.2で標本にした適正露出画像以外の計58枚の適正露出画像を照度差から照明環境を分類した。結果、順光は11枚、斜光は11枚、環境光は12枚、半逆光は11枚、逆光は13枚と分類された。

ここで、最も標識を取りこぼし無く検知できること、つまり適合率を優先し、最適な信頼係数、 t_d を求めるために、信頼係数85%,90%,95%、 t_d を0,5,10として計9種の検知実験を行った。なお、扱った画像はサイズ640×480,24bitカラーのjpegファイルを使用した。撮影機器は3.1で述べた物を使用し、撮影環境は時間帯が9時~16時、天候は晴れ、曇り、撮影距離は約30m、ズームは等倍程度とし、主に市街地で撮影を行った。また、照度計測は撮影地点とほぼ同地点とした。

ここで、照明環境全体の結果を表2に示す。なお、検知成功は標識の主なシンボルが十分含むような長方形領域が決

定されたときを指し、誤検知は検知対象外の領域が決定されたときを指す。

表2から分かることは、全体的に非常に良い適合率であるといえる。順光状態以外の適合率は全て100%であった。順光状態での検知失敗は主に t_d が低い時に領域が分割してしまったことが原因と考えられる。また、再現率に関しては、全体的にあまり高くなく、特に逆光状態が低い傾向にあった。これは、逆光状態のSの閾値が低いために、標識以外の画素が切り出されたことが原因であると考えられる。

ここで、適合率を優先的に見て適合率、再現率が最も高い信頼係数、 t_d を照明環境ごとに決定し、表3にそれらを使った検知結果を示す。

表2 全体の検知結果

順光	recall	precision	斜光	recall	precision
85X-0	0.643	0.818	85X-0	0.846	1.000
85X-5	0.625	0.909	85X-5	0.793	1.000
85X-10	0.688	1.000	85X-10	0.647	1.000
90X-0	0.714	0.909	90X-0	0.793	1.000
90X-5	0.688	1.000	90X-5	0.611	1.000
90X-10	0.647	1.000	90X-10	0.647	1.000
95X-0	0.714	0.909	95X-0	0.550	1.000
95X-5	0.679	1.000	95X-5	0.500	1.000
95X-10	0.579	1.000	95X-10	0.550	1.000
環境光	recall	precision	半逆光	recall	precision
85X-0	0.917	1.000	85X-0	0.786	1.000
85X-5	0.917	1.000	85X-5	0.688	1.000
85X-10	0.917	1.000	85X-10	0.688	1.000
90X-0	0.917	1.000	90X-0	0.786	1.000
90X-5	0.917	1.000	90X-5	0.688	1.000
90X-10	0.917	1.000	90X-10	0.688	1.000
95X-0	0.917	1.000	95X-0	0.786	1.000
95X-5	0.917	1.000	95X-5	0.688	1.000
95X-10	0.917	1.000	95X-10	0.688	1.000
逆光	recall	precision	全体	recall	precision
85X-0	0.448	1.000	85X-0	0.682	0.966
85X-5	0.910	1.000	85X-5	0.514	0.983
85X-10	0.289	1.000	85X-10	0.500	1.000
90X-0	0.351	1.000	90X-0	0.620	0.983
90X-5	0.277	1.000	90X-5	0.532	1.000
90X-10	0.250	1.000	90X-10	0.509	1.000
95X-0	0.271	1.000	95X-0	0.523	0.983
95X-5	0.197	1.000	95X-5	0.430	1.000
95X-10	0.197	1.000	95X-10	0.439	1.000

表3 改善された検知結果

	recall	precision
順光	0.688	1.000
斜光	0.846	1.000
環境光	0.917	1.000
半逆光	0.786	1.000
逆光	0.448	1.000
全体	0.682	1.000

表3の結果、信頼係数と t_d を設定することで結果がかな

り向上できることが分かった。

6. まとめと今後の課題

本論文で、道路標識検知において照度によって照明環境を分類することにより、高い適合率が得ることが出来た。また、露出補正が照明環境による影響を良好にする事がわかった。今後の課題として、露出補正無しのデータで同様に検知実験を行い、結果を比較し露出補正の有効性を示す必要がある。また、現段階では学習段階として標識領域のSにより適正露出補正值を決めていたが、将来的には照度から適正露出補正值を決定出来る手法の考案が挙げられる。今回の実験で、3.3で述べた定義が信頼できると検知結果から考えられるので、これを元に考案中である。

また、検知実験で扱ったデータ数が各照明環境に約10枚程度なので、データ数を増やすことによりさらに結果の信頼性の向上が考えられる。

また、誤検知において本論文では検知対象外である案内標識が多く見られた、これは検知対象の標識と色パターンが全く同じなため、別に破棄するアルゴリズムを導入する必要があると考えられる。

参考文献

[1] 技術研究組合 走行支援道路システム開発機構, " <http://www.ahsra.or.jp/index.html> ", 1998

[2] 松浦大祐, 山内仁, 高橋浩光, " 特定色判別と領域限定を用いた円形道路標識の抽出 ", 電子情報通信学会論文誌 Vol. J85-D-II No. 6 2002/6

[3] 内村圭一, 中村国章, " 道路情報整備のための案内標識の位置特定 ", 電子情報通信学会論文誌 Vol. J88-A No. 2 pp. 122-130 2005

[4] 莫炯舸, 青木由直, " カラー画像における道路標識の認識 ", 電子情報通信学会論文誌 Vol. J87- D- II No. 12 pp2124-2135 2004/12

[5] 滝根透, " 道路標識の自動検知及び自動認識 " 山梨大学工学部コンピュータ・メディア科, 卒業論文, 2005/3

[6] 酒井幸市, " デジタル画像処理入門 " CQ 出版社, 2002

[7] 和田秀三, " 統計入門 " サイエンス社, 2000