

IV-5

デジタルスチルカメラによる視認性評価に関する研究

北海道大学大学院○学生員 佐々木 拓
 北海道大学大学院 学生員 岡村 智明
 北海道大学大学院 正 員 萩原 亨
 北海道大学大学院 正 員 加賀屋誠一
 北海道警察本部交通部 山本 誠也

1. はじめに

視認性評価をする際、輝度の空間的分布を知ることが必要である。しかし、従来の輝度計では局所的な範囲の輝度しか測定できなかった。そこで、視認性評価においてデジタルスチルカメラ（以下 DS カメラと称す）を多様な視環境に対応できるようにすることを考えた。そして画像データによる視認性評価の実用性を示し、画像から視認性評価の相違を示すことを目的としている。

著者らの研究¹⁾で、夜間の輝度とピクセル値の関係を定式化した。しかし、DS カメラに用いられている CCD (Charge Coupled Device) の感度は、光の波長によって影響を受けるため、本研究では太陽光の下での輝度とピクセル値の関係を定式化する。

人間の視認性評価は、対象物と背景の輝度差によるコントラストの影響を受ける。画像データから視認性を評価する際、従来はピクセル値を輝度に変換しコントラストを求めていた。本研究では、画像データの持つピクセル値からのコントラストが視認性評価に実用できないかと考えた。

さらに、コントラストからの視認性評価と人間による視認性評価の差となる要因を考え、本研究では個人属性であるコントラスト感度による視認性評価の相違を検討した。

2. ピクセル値によるコントラスト

これまでの視認性評価についての研究²⁾では、輝度を用いて様々な解析がなされていた。そのため DS カメラの画像データを使用するには、測定対象のピクセル値を一度輝度に変換する必要があった。本研究では、画像データからより直接的に視認性を

評価するために「輝度からのコントラスト」と「ピクセル値からのコントラスト」の相関性を示しピクセル値からのコントラストの有意性を示した。

2.1 ピクセル値によるコントラストの定義

通常コントラストとは、対象物の輝度と背景輝度から求められる。

$$C_I = \frac{y_T - y_B}{y_B} \dots (1)$$

C_I : コントラスト

y_T : 対象物の輝度 y_B : 背景輝度

同様の式をピクセル値で考え、それをピクセル値からのコントラストとすると、

$$C_P = \frac{x_T - x_B}{x_B} \dots (2)$$

C_P : ピクセル値によるコントラスト

x_T : 対象物のピクセル値 x_B : 背景のピクセル値

となる。実験1で求められた、ピクセル値と輝度の関係式を(1)式に代入すると、

$$C_I = \frac{y_T - y_B}{y_B} = \frac{x_T^a - x_B^a}{x_B^a} \dots (3)$$

C_I : 輝度によるコントラスト a : 近似直線の傾きとなる。本研究で示したピクセル値と輝度の関係式より、輝度によるコントラストとピクセル値によるコントラストは式(2)(3)の表す関係をもつ。

また、式(3)からコントラストは近似直線の切片の影響を受けないので、EV 値に関係なくデータを使用できることになり、解析の過程が大幅に省略

Visibility evaluation of Digital Still Camera

by T.Sasaki, T.Okamura, T.Hagiwara, S.Kagaya, and S.Yamamoto

されることになる。

ピクセル値からのコントラストと輝度からのコントラストの、理論上の関係は式(2)(3)で示したが、実際の輝度からのコントラストをピクセル値からのコントラストへ変換できるのか、確認した。

2.2 実験方法

一枚の画像データからコントラストについて分析する際には、測定時に光の時間変化がないことが望ましい。そこで本実験は、ほとんど光の入らない室内において、車のヘッドライトに用いる光源を使い行った。2節の実験同様に計器を配置し、光のレベルを変え、グレイスケールを輝度計で測定し、DSカメラではシャッター速度・絞りの組み合わせを変え撮影した。

2.3 実験結果

グレイスケールの隣り合う色どうしで輝度・ピクセル値のコントラストを求めた。ピクセル値によるコントラストと輝度によるコントラストの関係を図1に示した。図1の直線は、ピクセル値から変換された輝度によって計算されたコントラスト(これを理論値と呼ぶことにする)を示した。なお、理論値を求める際の近似直線は、我々が求めた値¹⁾を使用した。相関係数は、0.99であった。

また、太陽光についてもグレイスケールからコントラストを求め比較した結果を図2に示した。なお、理論値を求める際に必要な近似曲線を求めた(表1)。相関係数は0.99であった。

これよりピクセル値のコントラストがデータとして有意性を持つことが確認できた。以後は、解析の過程で、式(2)により定義した、ピクセル値によるコントラストを使用する。

3. DSカメラを用いた視認性評価

Blackwell³⁾らの研究により、人間が対象物の存在を知覚し検出する(視認する)際には、コントラスト・背景の輝度・対象物の大きさ・対象物の提示時間などの影響を受けることが示されている。その研究の中で、一様な視野に提示されたある大きさの対象物に対する限界コントラスト(視認可能な最小のコントラスト)と背景輝度の関係が示されている。

本研究では、Blackwell³⁾らの実験を踏まえて実施された実験のデータを使い、画像データからの視認性評価を行った。

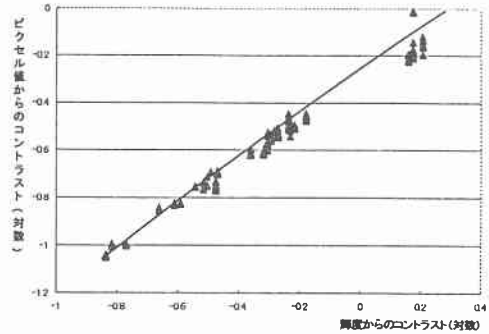


図1 輝度・ピクセル値による
コントラストの関係(室内)

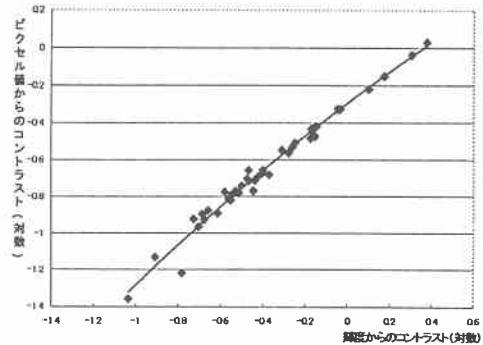


図2 輝度・ピクセル値による
コントラストの関係(太陽光)

表1 近似曲線の傾き・切片・RMS誤差

| | 傾き | 切片 | RMS誤差 |
|------|------|-------|-------|
| EV15 | 1.67 | -0.30 | 0.013 |
| EV14 | 1.67 | -0.63 | 0.049 |
| EV13 | 1.67 | -0.88 | 0.030 |
| EV12 | 1.67 | -1.16 | 0.024 |
| EV11 | 1.67 | -1.46 | 0.026 |
| EV10 | 1.67 | -1.77 | 0.025 |
| EV9 | 1.67 | -2.09 | 0.031 |
| EV8 | 1.67 | -2.40 | 0.024 |
| EV7 | 1.67 | -2.72 | 0.033 |
| EV6 | 1.67 | -3.04 | 0.070 |
| EV5 | 1.67 | -3.38 | 0.035 |

3.1 実験方法

実験は晴天の屋外で行われた。被験者の一直線上、50・130・210mの3ヵ所の対象物配置位置に白色・灰色・黒色の3種類の板を配置した。ただし一回の提示に1枚だけを1ヵ所に配置した。提示時間は2秒とし、提示時間以外は暗幕によって被験者に板の配置を知られないようにした。被験者にはおおよその視

覚対象物の配置場所を知らせておくが、板の配置の順番は知らせなかった。板と距離の全組合せ9パターンと何も置かない2回の計11パターンを1セットとし、1グループ10人で、2セットずつ実験を行った。なお、実験は被験者数60名、計6グループで行われた。

被験者は1パターン毎に、板の視認性を「良く見える」「ようやく見える」「見えない」の3段階で評価した。板の提示とともにDSカメラでは、周辺光量に適したEV値で撮影を行った。

3.2 実験結果

被験者による視認性評価「良く見える」「ようやく見える」「見えない」をそれぞれ2・1・0点として扱った。1グループの合計点数を視認性得点とした。画像データからは、対象物のピクセル値・背景のピクセル値を求め、ピクセル値によるコントラストを測定した。図3にコントラストと視認性得点の関係を示した。この図より、低いコントラストを持つ対象物の視認性得点は低く、人間の視認が困難であったといえた。

またBlackwell³⁾の研究により、視認性はコントラストと対象物の背景輝度に影響されることが示されている。そこで背景輝度を考慮した、Blackwell³⁾の実験結果と本研究によるデータを比較した。なお、本研究のためにBlackwellの限界コントラスト³⁾は、図2の関係をを用いて、ピクセル値における限界コントラストへと変換した。図5に限界コントラストと実験のデータを比較示した。視認性得点20~15点を高得点、15~5点を中得点、5~0点を低得点とした。なお、この実験は主に高齢者を対象とした実験であったため、高齢者に対しての限界コントラストは通常よりも高く必要となってくることが考えられた。

その理由の一つとして高齢者のコントラスト感度の低下があげられる。年齢別のコントラスト感度(空間周波数別)と視力を図5に示す。なお、被験者総数は、男性203名、女性142名、計345名である。加齢に伴ってコントラスト感度が低下していることが分かる。そこで、この実験の被験者のコントラスト感度と視認性得点を比較した。表2は実験の1パターン(板：白色、配置位置：210m)における空間周波数12周期/度のコントラスト感度に対する視認

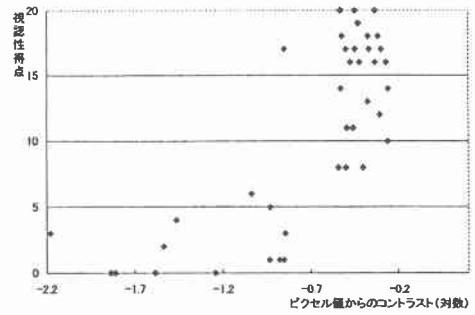


図3 視認性得点とコントラストの関係(210m)

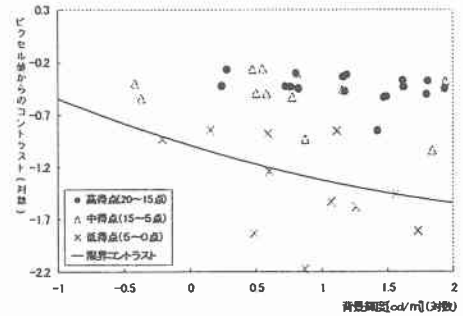


図4 限界コントラストとの比較

表2 コントラスト感度と視認性得点

| 白(210m) 視認性得点 | コントラスト感度(空間周波数12周期/度) | | | | | |
|------------------|-----------------------|---|---|----|----|----|
| | 0 | 5 | 8 | 15 | 32 | 55 |
| 2 | | | | 1 | 1 | 2 |
| 1 | | | 1 | 3 | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | |

(人)

性得点の人数を示している。コントラスト感度が低くなると、視認性得点が低くなっていることがわかった。

この点を考慮すると、ピクセル値による視認性に妥当性があることを示しており、人間の視認性評価の相関性を示すことができた。

4. 人間による視認性の相違

表2から限界コントラスト以上コントラストがある対象物に対して、高齢者は発見することができない原因の一つとして、コントラスト感度であることを示した。そこで、個人属性である視機能による視認性の相違を検討した。

4.1 視機能

視機能に最も一般的に用いられているのは視力である。しかし、視力は濃淡なコントラストがはっきりとした視標を使ってどの程度の細かさまで区別

できるか（最小分離閾）を測るものであって、形態覚の機能の一部分を表現しているに過ぎないといわれている。実際、眼にする景色は視力測定の視標のような白い背景の上の小さい黒い図形ではなく、形や大きさ、明るさ等が異なる様々な模様を組み合わせたものである。そのため、視機能を表すには、形状、大きさ、コントラスト等が異なる様々な対象物の見え方を総合的に評価できる指標を用いることが望ましい。本研究では、その指標の候補の1つであるコントラスト感度を用いる。

4.2 コントラスト感度

コントラスト感度とは、いろいろな細かさの模様に対する視覚の認識能力を測定するものである。コントラスト感度の測定は、できるだけ実際に近い状態での見え方を調べるために、輪郭があいまいな図形を用いて、どれくらい低いコントラストまで見えるかを測ることになる。このような模様として正弦波形的に濃淡を変化させた縞模様が使われる。本研究では、視認性評価するという観点から視機能を表すものとしてコントラスト感度を用いることにした。

4.3 コントラスト感度の測り方

コントラスト感度の測定法には種々のものがあるが、本研究ではコントラストチャート VCTS を用いた。コントラストチャートは所定の視認距離で空間周波数が 1.5、3、6、12、18 周期/度となる 5 種類の縞模様を、平均輝度を一定値に保ちながら明暗のコントラストを変化させて 1 枚のパネル上に並べたものである。図 6 で同じ行は同一の空間周波数を示し、右へ行くほどコントラストが低下する。縞模様の方向は、傾斜なし、左傾斜、右傾斜の 3 方向であり、被験者には、縞の方向をパネル左上から順番に答えさせ、正答を得た最小のコントラスト値の逆数をその被験者のその空間周波数におけるコントラスト感度とする。これらの数値を用いることよってコントラスト感度の定量的評価が可能となる。

5. おわりに

本研究ではまず視認性評価において、太陽光のもとでも DS カメラが輝度計に変わる実用性を持つことを示した。

次に、ピクセル値によるコントラストを定義したことにより、画像データの持つ明るさの情報は視認性を評価するのに有効であり、DS カメラではマニ

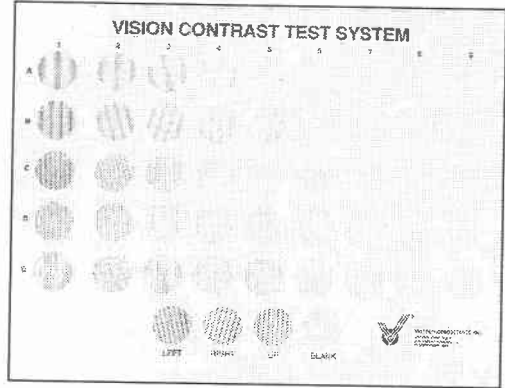


図5 コントラストチャート

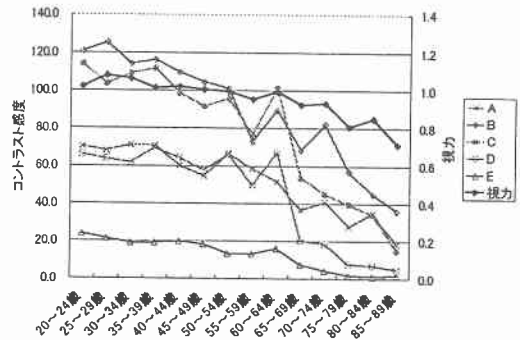


図6 年齢別のコントラスト感度(右目)

ユアル操作によりその場面に適切なEV値での撮影が不必要になり、視認性評価における解析を簡便化することができた。

さらに、コントラスト感度の相違を示すことは高齢者の視認性を把握する意味において意義があると言えた。

【参考文献】

- 1) 佐々木拓：視認性評価におけるデジタルカメラの導入可能性に関する研究：北海道大学交通システム計画学研究室 平成9年度卒業論文
- 2) 色彩科学ハンドブック（第2版）：第一章、3節、視知覚と視認：1998、日本色彩学会
- 3) JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA : VOLUME36,NUMBER,11 : Contrast Thresholds of the Human Eye : NOVEMBER,1946
- 4) 三井達郎：運転者のコントラストについて：月刊交通 1999年2月号