

## 道路上の視認性評価におけるデジタル画像の役割に関する研究

### Application of Digital Image to Evaluation of Detection Performance of Target on Road

佐々木 拓\* 岡村 智明\*\* 萩原 亨\*\*\* 辻 信三\*\*\*\*

By Taku SASAKI, Tomoaki OKAMURA, Toru HAGIWARA, Sinzo TSUJI

#### 1. 本研究の背景と目的

輝度計は、局部的かつ明るさが安定した状況での輝度測定に適しており、時間的な変化がある範囲の広い空間を対象とした輝度測定は苦手と言えた。そこで、著者らは道路空間の視覚対象物の輝度を知るための装置としてデジタルスチルカメラ（以下DSカメラと称す）を検討してきた。デジタル画像の明るさは「ピクセル値」として出力され、このピクセル値を用いて、ピクセル値と輝度の関係がEV値の関数から決定されることを見出した<sup>1)</sup>。

しかし、このような視認性評価は輝度計の代替機能のみであり、デジタル画像が道路空間の視認性評価に適用できるかどうかの議論に至っていない。そこで、DSカメラで撮影したデジタル画像を用いて歩行者の視覚対象物評価について調査を実施した。具体的には、道路上の車両発見を想定し、単純な視覚対象物についての視認性評価と車両の発見距離測定実験を実施した。視認性に影響を及ぼす要因として、順応輝度・視角・コントラスト・コントラスト感度を取り上げ、それらと視認性評価の関係について検討した。DSカメラはコントラストと順応輝度の測定に用いた。本研究では、2種類の実験から、

- 1) DSカメラの画像から得られる情報が視認性評価に与える影響
- 2) コントラスト感度が視認性評価に与える影響を明らかにし、道路の視環境評価におけるデジタル画像の意味について検討する。

#### 2. コントラスト感度

視認性評価は被験者の視機能によって個人差が生じる。本研究では個人による視認性の違いをコントラスト感度によって表した。コントラスト感度は、

キーワード：交通安全、交通情報、ITS

\*正員、中央復建コンサルタンツ・計画環境部・総合交通計画室

\*\*学生員、北海道大学大学院・都市環境工学専攻

\*\*\*正員、工博、北海道大学大学院・都市環境工学専攻、助教授

\*\*\*\* 正員、北海道警察本部交通部・交通総合対策センター、所長

(〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目、TEL/FAX 011-706-6214)

いろいろな細かさではっきりとした輪郭を持たず明るいと暗いところの明度の差が少ない模様に対する視覚の認識能力を測定するものである<sup>2)</sup>。本研究ではコントラストチャート(VCTS6500)を用いて測定した。チャートは、空間周波数が1.5、3、6、12、18周期/度となるコントラストの異なる平均輝度一定の縞模様を1枚のパネル上に並べたものである。被験者が認識でき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。本研究では、各空間周波数のコントラスト感度の合計点を指標として用いた。

#### 3. 単純な視覚対象物に関する視認性実験

##### (1) 目的

道路上の単純な視覚対象物についての視認性評価実験を行った。視覚対象物の視認性を示す指標としてデジタル画像から得られるコントラストを用い、被験者の視機能としコントラスト感度を用いた。

##### (2) 実験方法

###### (a) 場所と被験者

実験は、札幌市手稲区にある運転免許試験場走路の北向き直線路(300m)にて実施した。1998年9月から10月にかけて薄暮時間帯に実施した。被験者は年齢63~78歳計(計6グループ)であった。3日間に分けて実験を行った。1日の実験毎に10名単位の2グループが交互に実験した。

###### (b) 視覚対象物

視覚対象物は、パントーン紙を貼った横40cm縦60cmの板とした。対象物の明るさを変えるため、反射率10%・30%・50%のパントーン紙を用意した。それらは、図1のように被験者から50m・130m・210mの何れかに置かれ、見えたかどうかの判定対象となった。

###### (c) DSカメラによる板のコントラスト測定

DSカメラは、視覚対象物のコントラスト測定に用

いた。被験者の判定と前後し、周囲の明るさに合った2種類のEV値を選択し、撮影した。対象物の明るさは、板全体のピクセル値の平均とした。一方、背景の明るさは、板周囲に想定した額縁のような形状部分のピクセル値の平均とした。

(d) 実験内容

実験の測定値は、被験者による視認性評価とDSカメラによる板のコントラストである。それらへの影響因子として視覚対象物(板)の大きさと明るさを考えた。板の提示順序はランダムとし被験者による予測が難しくなるよう配慮した。加えて完全に制御できないが、視認性評価への影響因子とし、被験者のコントラスト感度と周囲の明るさを考えた。

(e) 実験手順

1回の実験には10名の被験者が参加した。被験者は、実験前にコントラスト感度と視力測定を行った。実験方法とその手順について説明を受けた後、2度のトライアルを行った。判定のための視認時間は、2秒とした。提示時間以外、被験者の前方は、暗幕となっていた。板が配置された後、実験者の合図により暗幕が上げられ、被験者は前方の板を視認紙し、その見やすさについて評価した。評価は、「良く見える」「ようやく見える」「見えない」の3段階とした。分析時には、各々の評価に2・1・0点を付与した。被験者は、予め配布された用紙の選択枝に○を記入した。一方、暗幕が上がると同時に、DSカメラは2回撮影を実施した。

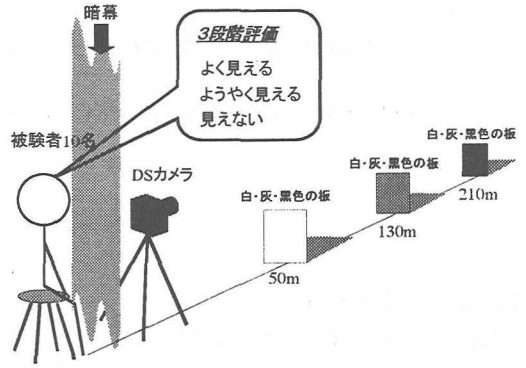


図1 試験路における被験者,暗幕,DSカメラ,板の配置

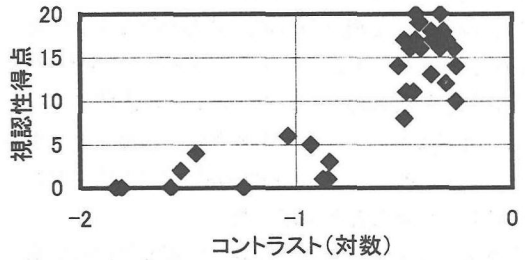


図2 視認性得点とコントラスト(210m地点の板)

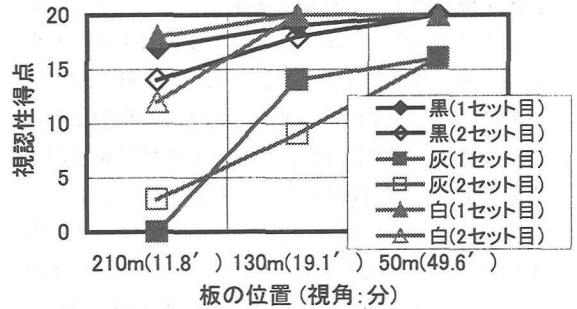


図3 視認性得点と視角(E3グループ)

(3) 評価結果

(a) コントラストと視認性評価の関係

DSカメラで撮影したデジタル画像から対象物と背景のピクセル値を測定し、コントラストを求めた。図2は、210mに設置された板の視認性得点とコントラストの関係を示した結果である。視認性得点は、1グループ(10名)の被験者における視認性評価の合計点である。コントラストが高くなると視認性得点も上昇する結果となった。

(b) 視角と視認性評価の関係

視覚対象として用いた板の対角線の長さとお測距離50・130・210mから、板の大きさを視角として表した。図3は、視認性得点と板の視角の関係を示した結果である。視認性得点は1グループ(10名)の

表1 コントラスト感度と視認性評価

板の色 (配置位置)	視認性評価	コントラスト感度										
		55	70	90	146	156	190	205	212	232	233	
白 (210m)	よく見える					1		1	1	1		
	ようやく見える			1	1		1					1
	見えない	1	1									

表2 判別分析の結果

(a) 的中率

視認性評価	予測		合計 (n=972)	的中率(%)
	見えない	見える		
実測	見えない	143	25	168
	見える	174	630	804

(b) 標準化された正準判別関数計数

説明変数	判別関数係数
コントラスト	0.775
視角(分)	0.583
コントラスト感度	0.226

観測で得られた得点を合計した結果である。実験した範囲内であるが、視角と視認性得点に正の相関が見受けられた。

(c) コントラスト感度と視認性評価の関係

表1は、E3グループのコントラスト感度と視認性評価の関係である。最も反射率の高い紙を貼った板(白)が210mに置かれたときの結果である。被験者のコントラスト感度が小さくなるにつれて「見えない」といった評価が増えていた。他の被験者グループについても同様な傾向があり、コントラスト感度と視認性評価に正の相関があった。

(4) 考察

3つの要因と視認性評価は、いずれも高い相関が見られた。そこで、判別分析を適用し、3要因から視認性評価結果を推定するモデルを作成した。従属変数は、「見える」・「見えない」とした。説明変数は、板のコントラスト・板の視角・被験者のコントラスト感度とした。表2(a)は、判別分析的な中率である。データ数は972において、的中率は79.5%となった。表2(b)に標準化された正準判別関数係数を示した。コントラスト・視角・コントラスト感度の順に影響が大きくなっていた。

4. 複雑な視覚対象物に関する視認性実験

(1) 目的

日没の薄暮時において車両を見落とすことに起因する歩行者事故が多い。そこで、薄暮となる時間帯にて歩行者が車両を発見する状況を模擬し、その発見距離に与える要因分析を行った。視環境を把握するためデジタル画像を用いた。3節の実験との違いは、視覚対象物と背景が複雑な点・実物大の観測となった点である。

(2) 手法

(a) 実験日時・場所・被験者

1999年6月、車両発見実験を2日間に渡って実施した。実験は、札幌北部の通行車両が少ない約1.4kmの北東向きの直線区間で実施した。3節の実験と同様に、夕方の薄暮時間帯を選択した。被験者は年齢60~85歳の計40名(4グループ)であり、2グループ別に分けて実験した。また、実験前にはコントラ

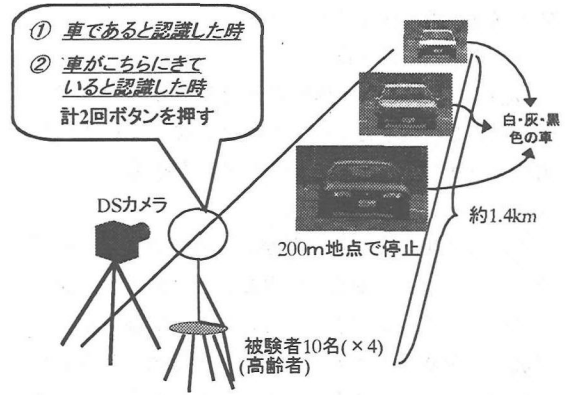


図4 視認距離測定路線の配置

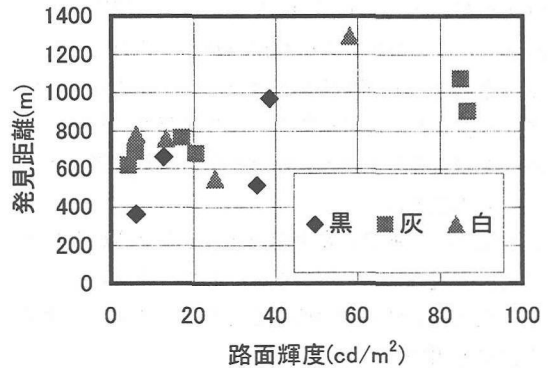


図5 発見距離と路面輝度及び車体色

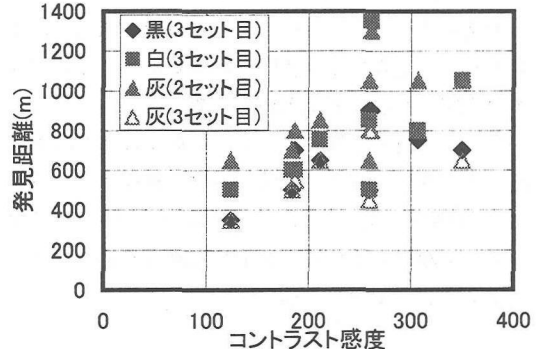


図6 発見距離とコントラスト感度 (グループ4)

表3 重回帰分析結果

説明変数	標準化係数	t値
コントラスト感度	0.453	7.04
路面輝度(cd/m <sup>2</sup> )	0.404	6.12
車の色(黒)	-0.360	-4.84
車の色(灰)	-0.265	-3.49
n	121	
重相関係数(R)	0.74	
寄与率(R <sup>2</sup> 乗)	0.54	
調整済み寄与率	0.53	

スト感度と視力測定を行った。

#### (b) 測定対象の車両

測定対象車両は、車体色の異なる図4に示す黒・灰・白の3台とした。各々の車両には、走行地点を求めるためのデジタルビデオカメラを搭載した。

#### (c) 車両発見距離の測定

歩行者を想定した被験者からの車両発見距離を測定した。測定は、車載デジタルビデオカメラと発見時の点灯システムによってなされた。実験開始前に車載デジタルビデオカメラと点灯撮影用のデジタルビデオカメラの同期を取った。車載デジタルビデオカメラは、進行方向の左側歩道を撮影した。歩道には予め50m間隔に塩ビ管を設置した。時刻同期から、ボタンを押したときの時刻が分かり、その時刻から車両走行位置を50m間隔ではあるが、求めることができた。また、時刻同期の信頼性を高めるため実験終了時に再び2台のビデオカメラの同期を取った。

#### (d) 実験内容

測定値は、被験者が車両を発見したときの距離とした。発見に与える固定要因として、車両色を、無作為要因として周囲の明るさと被験者のコントラスト感度を用いた。

#### (e) 手順

実験配置を図4に示す。車両は被験者から約1.4km先から一定速度で被験者に向かって走行する。被験者は合図があるまで南東側を見ているが、合図と同時に接近方向を注視する。車両であることを認識したときボタンを押す。実験車両は、被験者の位置から200mの前方地点で停止する。このときDSカメラを用いて車両とその周囲を治めた画像を撮影した。実験は、日没まで繰り返し行った。

### (3) 評価結果

#### (a) 路面輝度・車体色と視認性評価の関係

コントラストの代替とし、路面輝度と車体色とを影響要因として用いた。被験者の順応輝度は、路面輝度に対応していると考え、それを影響要因として用いた。路面輝度は、DSカメラで撮影された200m地点のデジタル画像から求めた。図5は、路面輝度と発見距離の関係を示した結果である。発見距離は同時に距離測定を実施した1グループ内(10名)の平均値である。図5から路面輝度が低くなるにつれて

発見距離が短くなっており、発見が遅れていくことが分かる。他のグループでも同様な傾向があり、路面輝度と発見距離に負の相関があると言えた。一方、車体色の影響は図5からは読み取り難い。しかし、測定全体の平均値とその標準偏差を求めると有意な影響が認められた。

#### (b) コントラスト感度と評価結果

図6は、グループ4のコントラスト感度と発見距離の関係を示した結果である。全体的にばらつきがあるもののコントラスト感度が低くなると発見が遅れる傾向が見受けられた。他のグループについても同様となった。

### (4) 考察

発見距離と路面輝度・車体色・コントラスト感度とに相関性がみられたことから、重回帰分析を用いて発見距離の推定モデルを構築した。車体色はダミー変数として取り入れた。表3に重相関係数、標準化係数とも値を示した。重相関係数は0.74となった。3種類の説明要因の $t$ 値は大きく、取り上げた説明変数はすべて目的変数に影響を与えたと考えた。また、コントラスト感度・路面輝度・車の色の順に影響力が大きかった。

### 5. 本研究の成果と課題

歩行者を模擬した被験者による道路上の視覚対象物に関する視認性評価に関して2種類の実験を行った。観測条件に制限がある中での結果ではあるが、デジタル画像を道路上の視認性評価に適用することは妥当と言えた。複雑な背景における視覚対象物の視認性に関する研究例は、少ない。明るさの情報があつたとしてもその処理プロセスは不明である。今後、一層、複雑な画像に映し出された視覚対象物の視認性に評価手法についての検討が必要となる。

最後になりますが、本研究の実験にご協力いただいた被験者及び実験者の方々に感謝の意を表します。  
参考文献

1. 萩原ら：道路交通の視認性評価におけるデジタルスチルカメラの導入可能性に関する研究、第18回交通工学研究発表会論文報告集、1998
2. 三井：運転者のコントラストについて、月間交通、1999年2月号