

デジタル画像を用いた道路上の視対象物の視認性評価に関する研究

Assessment of Detection Performance of Target on Road Using Digital Image

佐々木 拓* 岡村 智明** 萩原 亨*** 辻 信三****

Authors: S. Sasaki*, T. Okamura**, T. Hagiwara*** and S. Tsuji****

1. はじめに

道路上視対象物の視認性の良し悪しは、交通安全にとって重要である。北海道では春と秋の薄暮時における歩行者事故が多発している。運転者による横断歩行者の発見、歩行者からの車両の発見が困難となることが原因の一つと考えられている。しかし、道路上の視対象物は、複雑な道路空間に存在し、その視認性評価は難しいとされている。その理由の一つは、明るさの測定にある。成定は、輝度差分判別関数を定義し、順応輝度・視対象輝度・背景輝度が与えられると視認性評価が可能となることを示している¹⁾。一方、道路空間は様々な明るさをもつ三次元の無限空間であり、歩行者からの車両の視認性を客観的に評価しようとしても、前述の3つの測定を実施することが難しい。特に、対象物輝度と背景輝度の把握が視認性判定に欠かせない。輝度計は局部的かつ明るさが時間的に変化しない状況での輝度測定に適しており、時間的に明るさが変化する範囲の広い空間を対象とした輝度測定は苦手である。そこで、筆者らは数年前から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)による画像の適用を検討してきた。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おおよそ一定となることを見出した²⁾。

しかし、このような検討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対象について視認性調査を実施した。具体的には、道路上の車両発見を想定し、単純な視対象についての視認実験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、視対象の大きさ(視角)とコントラスト及び被験者のコントラスト感度を取り上げた。DSカメラは視対象のコントラストの測定に用いた。本研究では、2種類の実験から、DSカメラの画像から得られた情報が視認性評価に与える影響を分析し、道路上の視対象の視認性評価にデジタル画像が利用可能であるかどうかについて検討した。

Key Words: 交通情報、交通安全、ITS

*正会員 中央復権コンサルタンツ・計画環境部

学生会員, *正会員 北海道大学大学院工学研究科

(〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目、Tel: 011-706-6214、

Fax: 011-706-6214、E-mail: hagiwara@eng.hokudai.ac.jp)

****正会員、北海道警察本部交通部

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。三井らは、視力よりも年齢による視感度の違いを示す指標としてコントラスト感度が有効であることを示した³⁾。コントラスト感度は、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ころ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⁴⁾。本研究では図1に示すコントラストチャート(VCTS6500)を用いて被験者のコントラスト感度を測定した。

チャートの指標として、正弦波的に濃淡が変化する縞模様が使われる。被験者は、チャートの円に描かれている縞の方向を読み取る。図1の左側の円は縞模様の濃淡差が大きく、右側に行くに従って濃淡差が小さくなり、縞の方向の読み取りが難しくなる。また、1段目は、視角1度(円の大きさ)に入る縞が少なく、下段に行くに従って、縞が細くなる。空間周波数とは、縞の細かさを表しており、視角1度に含まれる縞の数(cycles/degree)で表される。5つの空間周波数(1.5, 3, 6, 12, 18 cycles/degree)がチャートには表示されている。5つの空間周波数にて被験者が読み取れた限界の円の番号を実験では記録した。本研究では、限界となった円のコントラスト値の逆数を合計した値をその被験者のコントラスト感度を表す指標として用いた。

図2は、1999年の6月に年齢の異なる運転者349名についてコントラスト感度を測定した結果を示している。50歳台までは300以上であり一定となっていた。しかし、50歳の後半から低下し始め80歳台には50歳前半までのコントラスト感度の1/3程度にまで低下していた。

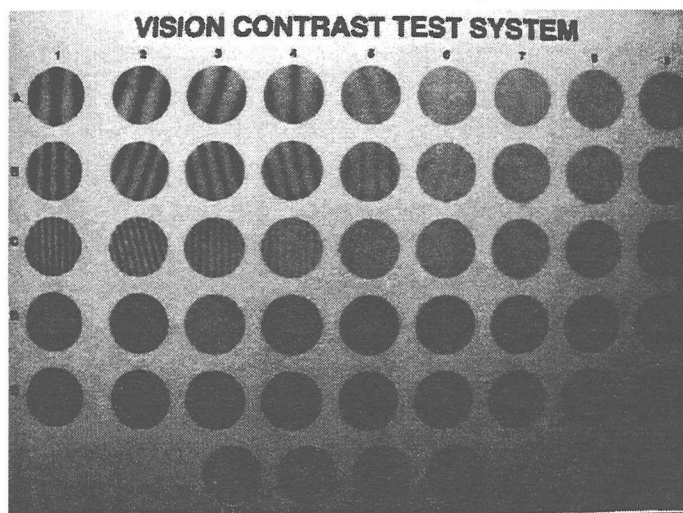


図1 コントラストチャート

3.単純な視対象に関する視認性実験

(1) 目的

道路上の単純な視対象の視認性実験を用いて行った。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た。被験者は高齢者として、その視機能としコントラスト感度を用いた。また、実験時刻として秋季の薄暮時とした。視対象の大きさ、視対象のコントラスト、周囲の明るさ、被験者の視機能が視対象の発見に与える影響について分析した。

(2) 実験方法

(a) 実験場所と被験者

実験は、札幌市手稲区にある運転免許試験場走行路の北向き直線路(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 歳の 60 名(各グループ 10 名)であった。6グループ別のコントラスト感度の平均値±標準偏差を図3に示す。コントラスト感度は左眼・右眼を別々に測定したが、どちらか高い方をコントラスト感度とした。被験者の平均コントラスト感度は 209 であった。

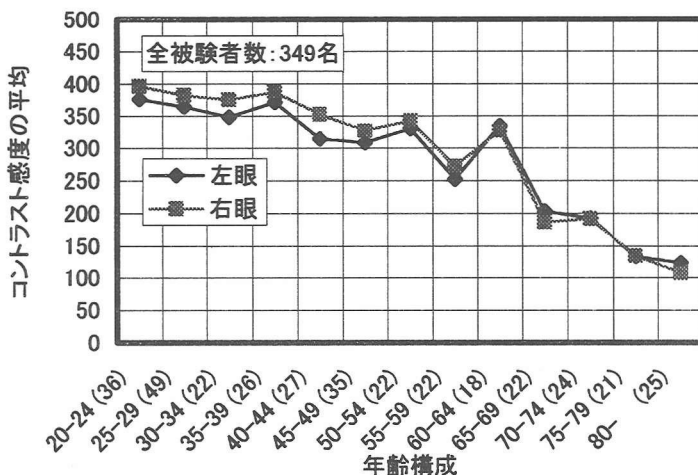
(b) 視対象

視対象は、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いた。本実験では反射率 10%を黒、30%を灰色、50%を白と称した。それらを、図4に示すように、被験者から 50m・130m・210mの何れかの位置に設置し、被験者は見えたかどうかの判定を行った。

(c) DS カメラによる板のコントラスト測定

DS カメラは、視対象のコントラスト測定に用いた。輝度計を用いて 210m 先の約 50cm の視対象輝度(視角約 4 分)を測定することはほぼ不可能といえ、DS カメラを用いる利点といえる。撮影に用いたカメラは、Canon EOS-DCS3 である。一眼レフのデジタルカメラであり、大型の CCD と明るいレンズを用いていることから、周囲が暗くても撮影可能である点と安定した画像の取得が可能である。なお、デジタル画像の明るさ(ピクセル値)を輝度に変換するモデルを図5に示す²⁾。なお、輝度そのものは視対象の視認性を表す心理物理指標であり、デジタル画像の明るさも輝度を仲介することから視認性を表すと考えられる。

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(カメラの絞りとシャッター速度から決まる値)を選択し、視対象を撮影した。対象物の輝度は、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。表1は、視対象と背景にデジタル画像のピックアップ範囲を示している。視対象が背景より明るいとき、コントラストは両者の輝度差を背景輝度で除した値として求めた。また、視対象が背景より暗いとき、コントラストは両者の輝度差の絶対値を視対象の輝度で除した値として求めた。



(注) ()内の数値は被験者数(男性と女性はほぼ半々)

図2 年齢別の平均コントラスト感度

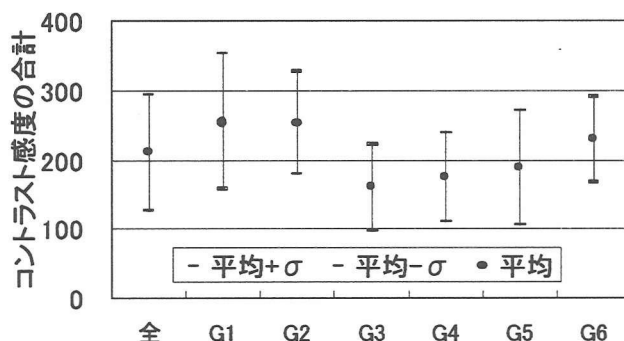


図3 単純な視対象の視認性実験における被験者のコントラスト感度(図中の G はグループを表す)

表1 板(視対象)と背景の輝度変換範囲

(1) デジタル画像における板の輝度計測範囲				
配置位置	210m	130m	50m	
高	25	44	120	
幅	18	30	80	
全ピクセル	450	1320	9600	
(pixel)				
(2) デジタル画像における背景の輝度計測範囲				
配置位置	210m	130m	50m	
内枠	33	57	155	
幅	26	44	115	
外枠	47	75	190	
幅	40	62	152	
全ピクセル	1022	2142	2831	
(pixel)				

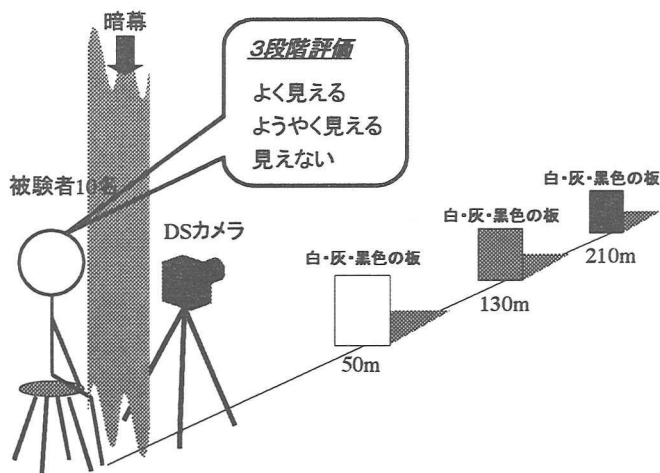


図4 試験路における被験者、暗幕、DS カメラ、板の配置

(d) 実験内容

実験の従属変数は、被験者による視認性評価とした。視認性評価は、「良く見える」・「ようやく見える」・「見えない」の3段階とした。独立変数は、視対象(板)の大きさと明るさ、周囲の明るさを考えた。視対象の大きさは、3水準(50m、130m、210m)とした。明るさも3水準(反射率 10%、30%、50%)とした。夕方と薄暮時(日没の約 10 分前)に実験することから、周囲の明るさの影響を検討した。一方、視対象(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。観測距離が3通り、板の明るさが3通りの9通りの提示となるが、被験者の予測を考慮し、提示しないケースとして2通りを加えた。よって、1回の実験にて各々の被験者は、11通りの視対象について判定した。

(e) 実験手順

1回の実験に、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。表1は、各々のグループにおけるコントラスト感度特性を示した結果である。実験地点にて10名は、2列に分かれて着席した。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。判定のための提示時間は、2秒とした。提示時間が発見性能に影響しない十分な時間時間を確保すると同時に、屋外にて制御しやすいことを考慮した。

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、暗幕が上がる同時に、DS カメラは2回撮影を実施した。

表2は、実験の日時とグループ番号を示している。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グループが交互に登場し、同様な視認性判別実験を2回繰り返した。1回目は、夕刻を想定し、2回目は薄暮時間帯とした。

(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6は、観測距離 210m・130m・50m 別に視対象のコントラストとグループ別の評価得点の合計を示した結果である。評価得点は、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。また、板の反射率別にプロットの形状を変えた。図6において、視対象のコントラストが低くなると視認性得点は低下した。一方、同一のコントラストであっても視対象の大きさが小さくなると視認性得点も低下した。210mの板のコントラストが1前後で視認得点は、10点から20点の間となっていた。コントラスト 0.1 前後にて 210mの板の視認得点は5点以下であったのに対し、50mの板は10点前後となっていた。

表2 単純な視対象実験の実施日時

月日(1998年)	グループ番号 (1グループの被験者数は、全て10名)	実験回数	
		1回目	2回目
9月26日	グループ1	17:15-17:21	17:34-17:37
	グループ2	17:25-17:30	17:40-17:45
10月17日	グループ3	16:40-16:44	16:56-16:59
	グループ4	16:49-16:54	17:01-17:04
10月24日	グループ5	16:38-16:41	16:48-16:51
	グループ6	16:43-16:46	16:52-16:55

実験回毎の判定回数:11回(距離3通りと色3通りとによる9回の提示+ダミーとして提示しない場合が2回)

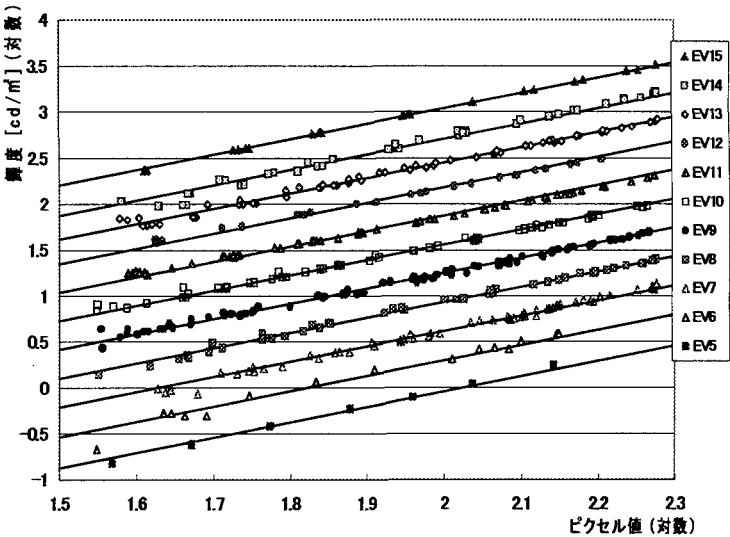


図5 太陽光下でのデジタル画像のピクセル値と輝度値

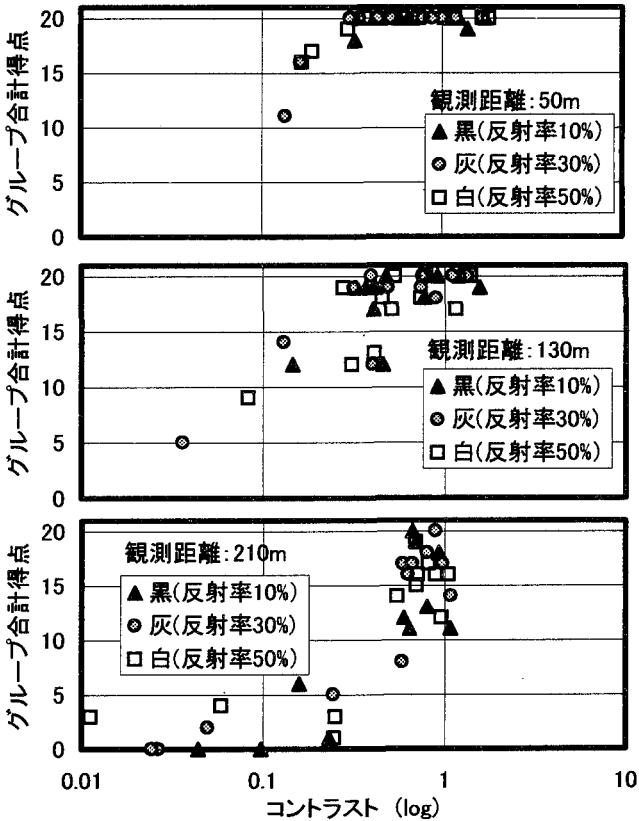


図6 視対象のコントラストとグループ別視認得点の関係

(b)コントラスト感度と視認性評価の関係

表3は、グループ3のコントラスト感度と視認性評価の関係を示している。視対象の大きさ3通りと明るさ3通りを組み合わせた9通りの結果を示している。視対象のコントラストが高い場合、コントラスト感度が低い被験者でも「良く見える」との結果となった。一方、視対象のコントラストが極端に低くなると、例えば板(灰)の210mのようにコントラスト感度の高低に無関係に「見えない」との判定となった。ところが、コントラストが見えるか見えないかの境界となると、例えば板(白)210m のとき、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」となった評価になった。

(c)判別分析

以上から、板の視認性判定は、視対象のコントラストと大きさ、被験者のコントラスト感度が影響していると言えた。そこで、判別分析を用いて、これら3つの要因から板の視認可能かどうかを判定するモデルを構築した。表4に判別結果を示す。従属変数から、「ようやく見える」を除いた。また、要因として背景輝度を加えた。その理由は、被験者のコントラスト感度が周囲の明るさの影響を受けるためである。一方、分析に用いたデータからコントラストの測定に失敗したケース等も削除した。判別分析に用いたデータ数は、841となった。その結果、「見えない」「見えた」のグループ間に、有意な差が見られた。表4(1)は判別関数の係数を示している。コントラストが最大の影響因子であり、大きさが次の因子となった。背景輝度とコントラスト感度は小さい結果となった。また、分散共分散行列の相当性を検討したところ、棄却された。そこで、表4(2)に示す判別はマハラノビスの距離から行った。

4.複雑な視対象に関する視認性実験

(1)目的

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。車両の輝度と背景輝度の測定にデジタル画像を用いた。3節の実験との違いは、視対象と背景が複雑な点である。

(2)手法

(a)実験日時・場所・被験者

1999年6月16日と28日、車両発見実験を2日間に渡って実施した。3節の実験と同様に、夕方の薄暮時間帯を選択した。実験は、札幌郊外の通行車両が少ない1.4kmの北東向きの直線区間で実施した。車両が走行する道路は、平坦な2車線であった。車両が向かって来る道路の左手は雑木林、右手は平面な空き地となっていた。車両の背景は、下から路面・雑木林・空となっていた。被験者は年齢60～85歳の計40名(4グループ)であり、平均年齢は72才であった。グループ別のコントラスト感度を図7に示す。

表3 コントラスト感度と板(視対象)の視認性評価

板の色 (配置位)	視認性評価	コントラスト感度									
		55	70	90	146	156	190	205	212	232	233
黒(50m)	よく見える	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ようやく見える										
	見えない										
黒(130m)	よく見える		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ようやく見える										
	見えない	○									
黒(210m)	よく見える	○				○		○	○	○	
	ようやく見える			○	○		○				○
	見えない		○								
灰(50m)	よく見える			○	○	○		○	○	○	○
	ようやく見える	○					○				
	見えない		○								
灰(130m)	よく見える			○		○				○	
	ようやく見える			○	○		○	○			○
	見えない	○	○						○		
灰(210m)	よく見える			○							
	ようやく見える	○									
	見えない		○		○	○	○	○	○	○	○
白(50m)	よく見える	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ようやく見える										
	見えない										
白(130m)	よく見える	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ようやく見える										
	見えない										
白(210m)	よく見える					○		○	○	○	
	ようやく見える			○	○		○				○
	見えない	○	○								

表4 板の判別分析結果

				コントラスト
				感度
標準化された正準判別関数係数				
背景輝度	コントラスト	大きさ		
0.212	0.736	0.618		0.143
(2)判別結果				
				判別結果
				見えない 見える 合計
観測データ度数	見えない	111	16	127
	見える	168	546	714
観測データ構成率(%)	見えない	87.4	12.6	100
	見える	23.5	76.5	100
(注1)観測データのうち78.1%が正しく判別された。				
(注2)判別分析に用いた総データ数は、841件であった。				

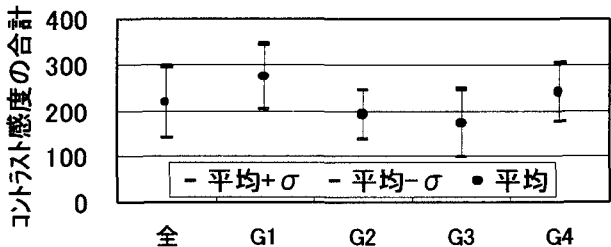


図7 車両発見実験における被験者のコントラスト感度

表5 車両発見実験の実験実施日時			
月日	実験回数		
1999年	グループ番号	1回目	2回目 3回目
6月16日	グループ1	18:28-18:43	19:05-19:12
	グループ2	18:49-18:57	19:21-19:31
6月28日	グループ3	18:38-18:39	18:59-19:04 19:13-19:19
	グループ4	18:33-18:39	18:59-19:04 19:23-19:32

(b) 車両発見距離の測定手法

被験者が車両を発見したときの位置を測定する簡易な装置を作成した。被験者の車両発見時刻から車両走行位置を求めた。先に、被験者の車両発見時刻測定装置について説明する。各々の被験者はボタンを持っており、車両発見時にボタンを押す。ボタンは、少し離れたところに置かれたランプにつながっている。ランプは、ボタンが押されたとき点灯するようセットした。デジタルビデオカメラが、10個のランプを撮影し、点灯時の時刻を記録した。実験後にビデオを再生することから、各被験者のランプ点灯時の時刻を求めた。

次に、車両の位置測定システムについて示す。実験後にビデオを再生することから50m 間隔となるが任意の時刻における距離を求めうるシステムを考案した。視対象の車両は、車体色の異なる図8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。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できそうな向きに固定した。一方、歩道には予め50m 間隔に塩ビ管を設置した。

実験後にビデオ再生し、車両発見時の時刻に何本目の塩ビ管の箇所であったかを求めた。本測定手法では、複数台のデジタルビデオカメラを用いており、時刻同期(精度:1/30 秒)が必要不可欠である。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。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した。また、時刻同期の信頼性を高めるため実験終了時に再びビデオカメラの同期をチェックした。

(c) 車両輝度と路面輝度の測定

200m地点に停止したときの車両と路面の輝度をデジタルカメラの画像から求めた。図9に車両輝度としたボンネット領域を示す。車両全体を平均化することを最初検討したが、車体色と無関係なバンパーのような部分が含まれ、車体の特徴とコントラストが合致しない結果となった。このため、ボンネット部を車両輝度として採用した。また、路面は、200m 地点の路面をボンネットと同じ形状とし輝度に変換した。本来は、被験者が車両を発見したときの輝度を測定すべきであるが、被験者によって発見位置が異なり、発見時に対応した撮影システムの開発が難しく、一定地点の測定で代替した。

ところで、以上のような検討は DS カメラを用いて初めて可能となる。測定地点を実験時に決めてしまう輝度計を使ったとき、このような議論は不可能である。どこの明るさをどのように分析するかを実験後にできるメリットは大きい。

(d) 実験内容

被験者は、道路上に何かを発見したときと車両がこちらに向かっていると認知したときの2回ボタンを押した。前者を車両発見距離、後者を車両走行認知距離とした。発見と認知に与える要因として、車両色、周囲の明るさ、被験者のコントラスト感度を用いた。なお、3台の車両の走行順

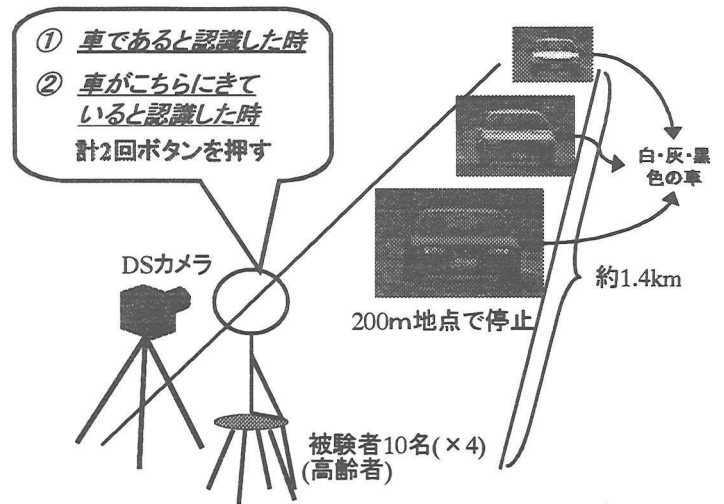


図8 車両発見実験において配置

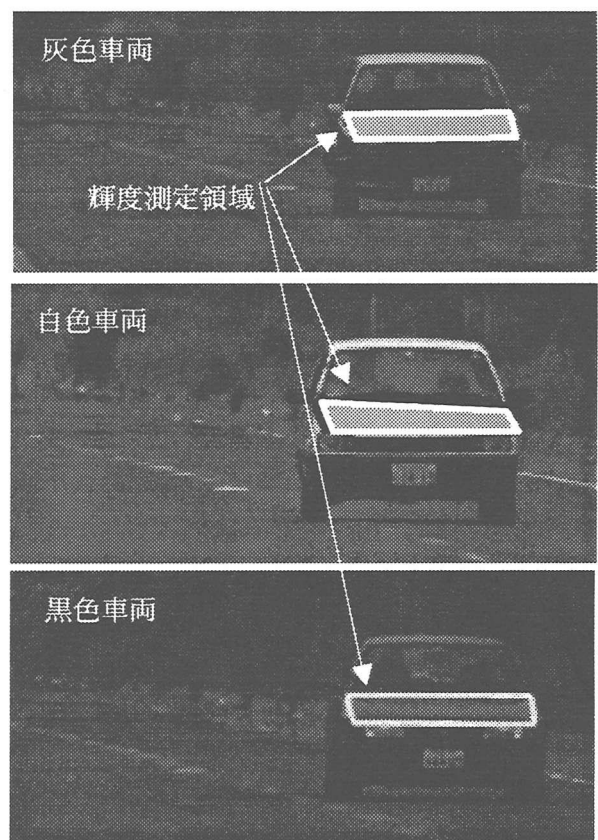


図9 車両輝度に変換したデジタル画像の領域

序は実験毎にランダムとなるようにした。

(e) 手順

1日の実験において表5の2グループごとに実験した。また、表5は、実験時刻を示している。薄暮前と薄暮時に2回から3回の実験を各々のグループにおいて実施した。被験者のコントラスト感度と視力測定を実験前に行った。また、実験前に数回の予備実験を行いボタン押しと2回の判定基準の違いについて説明した。

本実験にて、被験者は合図があるまで南東側を見ており、合図と同時に接近方向を注視した。車両は被験者から約1.4km 先から50km/h 前後の一定速度で被験者に向か

って走行した。道路上に何かあることを認識したときボタンを押し、こちらに向かっていることを認知できたとき再度ボタンを押した。なお、コントラストの測定のため実験車両は、被験者の位置から 200m の前方地点で停止した。

(3) 評価結果

(a) 車両のコントラストと発見距離・走行認知距離の関係

図 10 は、車両のコントラストと発見距離の関係、及び車両のコントラストと走行認知距離の関係を示している。発見距離と走行認知距離は、グループ毎の平均値とした。視対象が背景より明るいとき、コントラストは両者の輝度差を背景輝度で除した値として求めた。一方、視対象が背景より暗いとき、コントラストは両者の輝度差の絶対値を視対象の輝度で除した値として求めた。図 10 から、発見距離は、走行認知距離より 200m 前後長くなっていたことが判る。また、コントラスト感度の高い被験者グループが長い発見距離となっていることが分かる。

(b) コントラスト感度と発見距離の関係

表 6 は、被験者のコントラスト感度と発見距離についてクロス集計を行った結果を示している。コントラスト感度を 5 つのグループに分類した。また、発見距離は 250m 毎に 4 つのグループに分類した。測定データを 3 種類の車両別にコントラスト感度と発見距離別にクロス集計した。3 つの表から、コントラスト感度が高くなると発見距離が長くなることが明らかに読み取れる。コントラスト感度別の最頻度となった発見距離を網掛けで示しているが、コントラスト感度のランクが一つ高くなると発見距離のも一つ長いランクとなることが読み取れる。さらに、車両の色と発見距離について分析する。白い車両はコントラスト感度比較的低いランクであっても長い発見距離となった。灰色から黒色となるに従って同一のコントラスト感度であっても発見距離が短いランクの頻度が高くなった。また、走行認知距離の結果はここでは示していないが、発見距離とほぼ同様な関係となった。

(c) 発見距離の推定モデル

発見距離と車両コントラスト、被験者のコントラスト感度に相関性がみられた。よって、路面輝度を順応輝度とし、視対象のコントラスト・被験者のコントラスト感度の 3 要因から発見距離を推定する重回帰モデルを作成した。表 9 (1) は、車両のコントラストを用いた結果であり、表 9 (2) は車両の色を用いた結果である。車体色はダミー変数として取り入れた。重相関係数、標準化係数とも値を示している。どちらも重相関係数は約 0.6 となった。コントラストを用いたとき、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と言えた。特に、コン

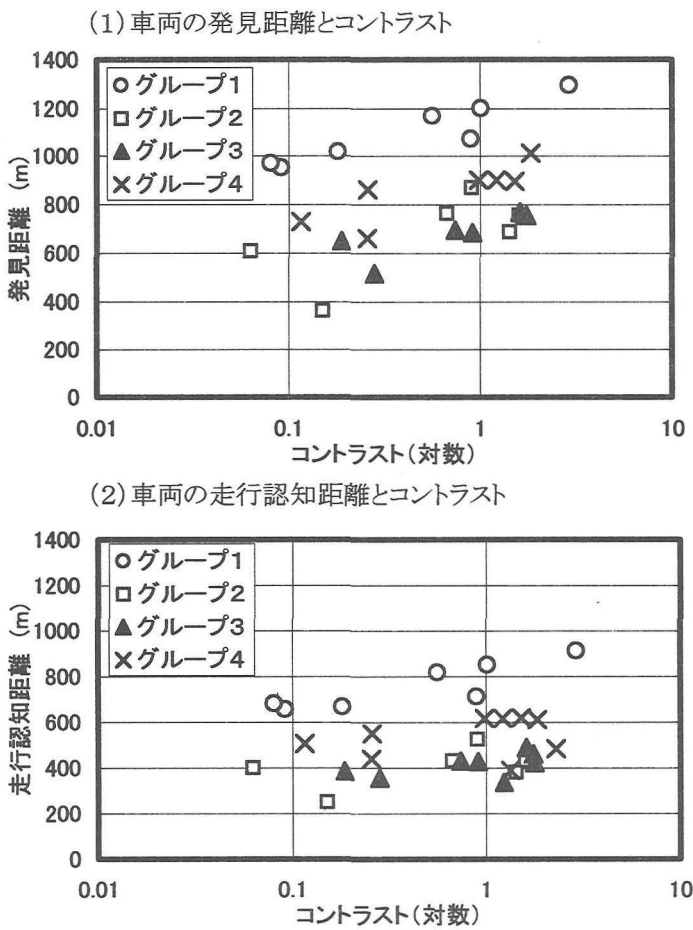


図 10 車両コントラストと発見及び走行認知距離

白色の車両		コントラスト感度					合計
		100未満	100-199	200-299	300-399	400以上	
発見距離 (m)	200-450	3	2	1	0	0	6
	450-700	3	16	10	4	0	33
	700-950	1	8	12	2	0	23
	950-1350	2	3	13	7	2	27
	合計	9	29	36	13	2	89
		表中の数字は、度数を示す。					
灰色の車両		コントラスト感度					合計
		100未満	100-199	200-299	300-399	400以上	
発見距離 (m)	200-450	6	9	3	0	0	18
	450-700	1	13	8	4	0	26
	700-950	1	7	12	4	0	24
	950-1350	1	5	12	6	2	26
	合計	9	34	35	14	2	94
		表中の数字は、度数を示す。					
黒色の車両		コントラスト感度					合計
		100未満	100-199	200-299	300-399	400以上	
発見距離 (m)	200-450	6	9	1	1	0	17
	450-700	1	12	12	1	0	26
	700-950	0	8	18	8	0	34
	950-1350	2	2	11	3	2	20
	合計	9	31	42	13	2	97
		表中の数字は、度数を示す。					

トラスト感度の t 値が高くなった。また、車体色は、 t 値が小さく有意とならなかった。コントラストの測定が発見時でなかったこと、ボンネットを用いた単純なものとして考えたことが影響していたと考えられるが、車体色よりもコントラストを用いる方がモデルとして有効なものとなると言えた。

5.まとめと課題

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。高齢者を被験者とし、薄暮時に実験を行った。両実験とも、デジタルカメラの画像から視対象のコントラストを求めた。最初の実験では、視対象として反射率の異なる板を用いた。次に、車両を視対象とした実験を行った。板を視対象としたとき、板のコントラストが視認に与える影響が大きく、被験者のコントラスト感度による影響は小さかった。一方、車両を視対象としたとき、車両のコントラストに加え、被験者のコントラスト感度も視認に大きく影響する結果となった。

板の実験と車両の実験にてコントラスト感度の違いが視認性評価に与える影響に違いがあった原因を考察する。視対象が発見できるかどうかは、視対象のコントラストと視角によって決まる。図6と図10から視対象のコントラストと視角を比較する。210mの板の視角は、大まかではあるが車両が600m地点付近にあるときと同等と言える。また、130mの板は同様に400m地点付近の車両、50mの板は150m地点付近の車両と同等な視角となる。最初にコントラストが1.0前後のときの視認性を比較する。視対象が210mの板のとき、板の視認得点は10点から20点となっていた。約半数の被験者が「見えない」あるいは「ようやく見えた」と判定していた。車両の発見距離はコントラスト感度の違いによって600mから1200mであった。次に、コントラストが0.1前後のときを比較する。130mの板でのデータは少ないが10点から15点程度となっており、210mは5点以下であった。車両の発見距離は、コントラスト感度の違いによって400mから1000mとなった。データから、コントラスト1.0付近のとき、210mの板と車両を較べると、板は低コントラストの被験者であっても発見できる領域であったことが判る。コントラスト0.1のとき、210mの板はコントラスト感度のよい被験者にとっても発見しづらいものとなっていた。加えて、板の実験ではコントラストが0.1と1.0の間の条件が少ない。以上から、板の実験にて被験者のコントラスト感度の違いが視認性評価に影響する実験条件が少なかったと言える。さらに、2秒とした提示時間がコントラスト感度の差を縮める要因として働いたかもしれない。一方、車両実験のコントラストが発見時となっていないことが、コントラスト感度の影響を

表7 発見距離の重回帰分析結果

(1)説明変数として、車両のコントラストを用いた場合
重相関係数:0.603

	係数	標準誤差	t
切片	208.78	48.75	4.28
コントラスト感度	1.91	0.18	10.75
コントラスト	101.32	19.65	5.16
路面輝度	0.54	0.11	4.86

(2)説明変数として、車両の色を用いた場合
重相関係数:0.556

	係数	標準誤差	t
切片	306.80	48.21	6.36
コントラスト感度	1.92	0.19	10.36
路面輝度	81.04	24.38	3.32
灰色の車両	3.03	35.94	0.08
白色の車両	2.84	42.65	0.07

過大としているかもしれない。明確なコントラストが与えられることから、コントラストによる影響が要因内で大きくなり相対的にコントラスト感度の影響が小さくなる可能性がある。

両実験の結果は、デジタルカメラの画像によって歩行者から見た車両の視認性を評価できる可能性を示している。デジタルカメラの画像が、歩行者の視認性を評価する物差しとして利用可能となるメリットは大きい。歩行者の車両発見に関連する事故が多い箇所と時間帯にて撮影を行い、視認性低下の原因を明らかにし、その改善効果を示すことが可能となる。しかし、このような試みは始まったばかりであり、情報の蓄積が不足している。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も少ない。今後、複雑な背景を持った画像に映し出された車両の視認性評価手法についての検討が必要となる。なお、デジタルカメラの性能の違いについて本研究では検討していない。広くデジタルカメラが、このような研究に活用されるようになるため、カメラ性能が、視認性評価に与える影響について検討する必要がある。

最後になりますが、本研究の実験にご協力いただいた多数の被験者及び実験実施にご協力いただいた方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本色彩学会(1998): 色彩科学ハンドブック(第2版)
- 2) 萩原・佐々木: 加賀屋: 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、交通工学研究発表会論文報告集、No18、pp.113-116、1998.
- 3) 三井: 運転者のコントラストについて、月間交通、Vol.30、pp.90-97、1999.
- 4) Ginsburg, A.P.: Contrast Sensitivity, Driver's Visibility, and Vision Standards., Transportation Research Record 1149, pp:32-39, 1987.

本研究では、デジタル画像が道路上にある視対象の視認性評価に有効な情報を提供しうるかどうかについて検討した。デジタル画像を用いて道路上の視対象を評価する2つの実験を行った。一つは、単純な視対象（板）の発見について調べた。60名の高齢の被験者が薄暮時に板を発見できるかどうかについて測定した。板のコントラストと大きさの影響が発見に大きく影響し、被験者のコントラスト感度の影響は有意ではあったが、小さかった。次に、直線道路でこちらに向かってくる車両の発見距離について調べた。事故の実態を踏まえ、40名の被験者は高齢者、実験時間帯は薄暮時とした。被験者のコントラスト感度が最大の要因となり、車両のコントラストは次点となった。以上から、デジタル画像は、道路上の視対象の視認性評価に有効な指標を提供するものと言えた。しかし、複雑な視環境を表現するには至っていない、あるいはデジタルカメラの違いによる検討等の課題も多く、デジタル画像をより生かす手法を今後更に検討する必要がある。

Assessment of Detection Performance of Target on Road Using Digital Image

By S. Sasaki, T. Okamura, T. Hagiwara and S. Tsuji

This study conducted to determine whether a digital still image can be used to evaluated the visibility of targets on road. Two experiments were performed in 1998 and 1999. The digital still camera used to record the image of the targets on the road. On the first experiment, the 60 senior subjects evaluated the visibility of the simple targets in the twilight on a test site for the driver's license in Sapporo. The contrast of the targets using the digital images had the largest effect on the detection performance. The contrast sensitivity of the subjects shown the significant effect, however, its effect is not so large. The second experiment measured the detection distance of the vehicle on the long straight road. The three vehicles run straight with constant speed towards to the subjects. The 40 senior subjects were participated in this experiment. The detection distance and the contrast of the vehicle were measured. The contrast sensitivity had the largest effect on the detection performance. Based on the results, it is concluded that a digital still image can be used to evaluate visibility of targets on a road. However, we should develop the procedure to represent the visibility of targets on the road.
