

# 視覚特性に基づいた自動車用ワイパの払拭性能の評価方法の開発

北山隆<sup>†1</sup> 中野倫明<sup>†1</sup> 山本新<sup>†1</sup> 山田宗男<sup>†1</sup>  
松本浩志<sup>†2</sup> 土井祐太<sup>†2</sup>

自動車用ワイパの性能評価はこれまで官能評価や定性的な評価しか行われていなく、ワイパ性能の向上のために定量的な評価法が求められている。そこで人間の視覚特性（空間周波数ごとのコントラスト感度の特性）に基づき、画像処理を用いて自動車用ワイパの雨滴払拭性能を定量的に評価する新しい方法を開発した。そして検証実験によって人の主観評価とも相関が高くかつ定量的に評価でき、その有効性を確認した。

## Method for Evaluating Performance of Wipers Based on Visibility

TAKASHI KITAYAMA<sup>†1</sup> TOMOAKI NAKANO<sup>†1</sup> SHIN YAMAMOTO<sup>†1</sup>  
MUNEO YAMADA<sup>†1</sup> HIROSHI MATSUMOTO<sup>†2</sup> YUTA DOI<sup>†2</sup>

Quantitative evaluation method is required for performance upgrade of wiper because there are no clear criteria for evaluating wiping performance in view of visibility. The purpose of this study is to develop objective criteria and methods to evaluate wiping performance by image processing. The proposed evaluation method takes into account visibility by measuring contrast sensitivity in spatial frequency based on multi-channel model. It is concluded that the proposed method is quite effective in evaluating wiping performance because there is a good correlation between verification experiments by this method and subjective evaluation experiments.

### 1. はじめに

運転者は視界から得た情報を基に外界を認識・判断・操作して車を運転する。そのため運転中の視界視認性を確保することは、車両の安全走行には不可欠なことである。特に降雨、降雪、霧などの悪天候の走行では、前方視界の確保はとても重要となる。前方視界に代表される視界を良好に得る方法として、自動車ワイパ（ウインドシールドワイパとも呼ぶ）とウォッシュャがこの100年、種々の改良を重ねながら広く用いられている[1][2]。

自動車用ワイパは、雨滴などの払拭性能の他に、ワイパのびびり振動の低減のための各種改良[3]、騒音の低減[4]、ワイパブレードの反転挙動防止の解析[5]、さらにワイパとウォッシュャの性能開発のためのCAE導入の試み[6]が行われ、これらの研究開発の成果はフロントだけでなくリアやヘッドランプの払拭など今日の多くの車両に採用されている。しかし、良好な視界確保という観点からのワイパの雨滴払拭性能について、視認性に基づいた定量的な性能評価は行われていない。

一方、自動車運転時の視認性評価の検討対象には、道路標識や道路情報表示板などのような車外の情報機器と車載表示機器やナビゲーションシステムに代表される車内情報機器がある。前者の視認性については、道路環境の照明条件も含め早い時期から検討が進められ現在の道路環境の改

善に貢献している[7][8]。また後者の車載機器の視認性に関しては、ナビゲーションシステムの導入が検討され始めてから主に自動車メーカーを中心に機器の表示位置や表示方法（コントラスト、文字・記号サイズなど）などについて検討され、多くの研究成果が車載機器に活かされている[9][10]。

本研究は、目視による定性的な評価しか行われていない自動車用ワイパの雨滴の払拭性能を、定量的に評価できる方法の開発を目指したものである。2章では自動車用ワイパの払拭性能評価方法に関する現状と課題、3章では提案する払拭性能の評価法について説明し、4章で提案方法の有効性を示す検証実験について述べる。

### 2. ワイパ払拭性能評価方法の現状と課題

自動車運転では、運転時の視界の確保や走行環境を確認することが安全上第一に重要である。視界の見やすさ（視認性など）の要件は、図1に示すように、“運転環境”と“ドライバの視覚機能”に分けられる。一般にどのような運転環境においても、視界中の対象物を正確に把握するためには、ドライバの視覚機能のうち視力や焦点調節などの基本的な機能が大きく関係する。ただし夜間の運転環境では、通常の昼間の静止視力ではなく、夜間視力（一般に静止視力より低下し、高齢者では顕著な低下が見られる）を考慮すべきであり、逆光の運転環境では、視力に加えて「まぶしさ（グレアとよぶ）」に対する感受性を考える必要がある。また、ドライバの視覚機能は加齢による変化が起こるため、ドライバの年齢差についても検討することが必要である。

<sup>†1</sup> 名城大学  
Meijo University  
<sup>†2</sup> アスモ株式会社  
ASMO Co.,LTD.

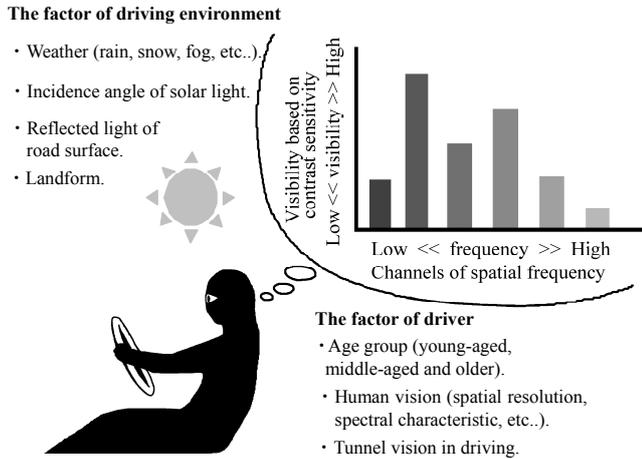


図 1 運転中の視認性に影響する主要因と多重チャンネルモデル概要

Figure 1 Main factor of visibility in driving and Outline of Multi-Channel model.

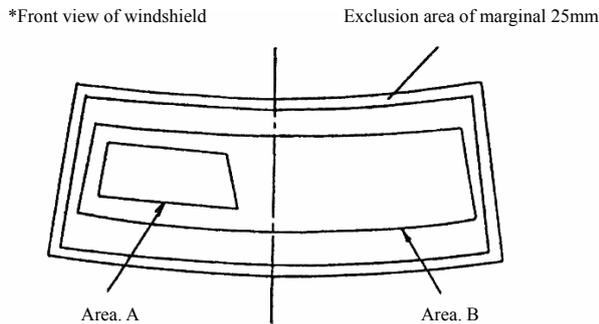


図 2 JIS R3212 ワイパ払拭範囲の確認領域

Figure 2 Area for evaluate wiping performance in JIS R 3212.

本論文で対象とする運転環境は降雨時（雨天）の視界である。この環境での視界視認性評価で考慮すべきことは、雨滴（雨量など）とワイパ（ワイパ速度など）である。この両者は、ドライバの視点から確認すべき対象までの間に介在し、視界を阻害する要因となる。

ワイパの払拭性能試験の代表例は、JIS R 3212「自動車用安全ガラス試験方法」に記載されている[11]。この試験方法は、図 2 に示すように車両前方視界を評価する場合には視界領域が A 領域、B 領域の 2 種類設定されており、それぞれの領域において性能試験内容で満たすべき払拭面積比率が規定されている。前面ガラスを汚した状態で、ワイパを最低速度で動作させ、目視で払拭されたと認められる面積を測定する。この試験方法では A 領域の 98%以上かつ B 領域の 80%以上で合格とされている。高速走行時は上記の試験とほぼ同内容の試験を行い、A 領域の 98%以上を合格としている。このように、従来のワイパの払拭性能試験では、目視で行われるため定量的な評価とはなっていない。また、この試験は払拭できる物理的な範囲を確認するにす

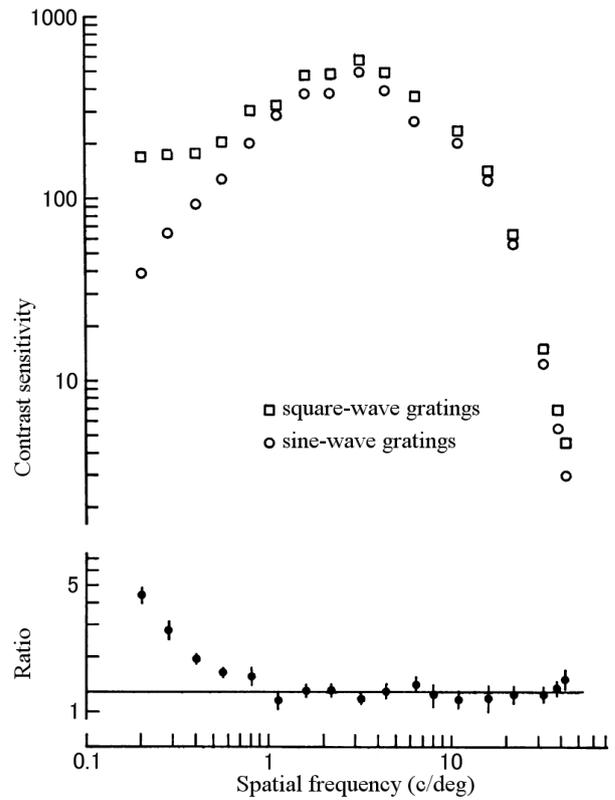


図 3 矩形波格子と正弦波格子に対するコントラスト感度特性[12]

Figure 3 Contrast sensitivity for sine-wave gratings is compared with that for square-wave gratings. (Campbell & Robson, 1968 [12])

ぎず、降雨時の雨量とワイパ動作を考慮した視界視認性の評価とは言い難い。

### 3. 提案するワイパ払拭性能評価方法

#### 3.1 基本的な考え方

提案するワイパ払拭性能評価方法は視覚特性に基づいた方法で、視覚特性としてキャンベルらにより提唱された多重チャンネルモデルの考え方に基づいたものである[12]。

図 3 は多重チャンネルモデルの基本となる実験結果である。キャンベルらは正弦波格子と矩形波格子に対するコントラスト感度特性を調査し、矩形波格子に対する感度が同じ周波数の正弦波格子に対する感度よりも高く、またその差は空間周波数が 1cycles/degree よりも低い場合により大きくなることを示した。矩形波格子には正弦波格子にはない高周波成分が含まれている。これらの結果から、人間の視覚系は広帯域の空間周波数チャンネル 1 種類ではなく、狭い帯域の空間周波数に応答するチャンネル複数を持つと考えた。すなわち、目から入る輝度刺激がそれらの周波数チャンネルごとに処理され、それぞれの出力が加算されて視認性として決定される、これを多重チャンネルモデルとして提唱した。

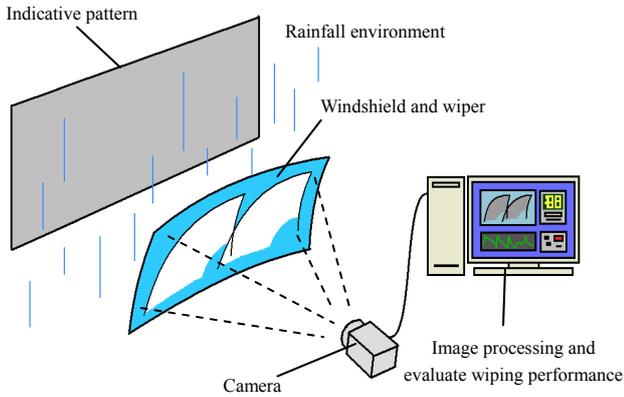


図 4 ワイパ払拭性能評価システム概要

Figure 4 Outline of system for evaluate wiping performance.

図 4 はこの考え方に基づいたワイパ払拭性能評価システムである。このシステムは一律の矩形波格子模様の指標板、カメラおよび画像処理装置で構成している。このシステムは、降雨環境を模擬可能な実験室にて指標板を試験車両前方に設置し、降雨状態でワイパを作動させる。カメラはドライバの視点位置に設置して前方視界動画を撮影し、得られた動画を画像処理により解析することで、ワイパの払拭性能を評価する。このシステムにより、降雨時の雨量とワイパの動作を変化させることで各条件における視界視認性を評価する。

**3.2 画像の処理方法**

画像処理には局所フーリエ変換を用いている。撮影した画像に対して一定範囲ごとに局所的なフーリエ変換を行って周波数ごとに評価し、これを解析範囲全域について行っている。

局所フーリエ変換を用いることにはいくつかのメリットがある。一つは、連続した単調矩形波格子の指標に対するフーリエ変換処理であれば、カメラの微細な振動などによる波形の移動すなわち位相のズレによる解析結果の変動を抑えることができることである。

また一定範囲ごとに局所的処理を行うことで、トランケーション誤差と窓関数による問題を解決できる。フーリエ変換によるトランケーション誤差を抑えるために入力画像に窓関数を適用するのだが、解析範囲全域を入力画像として窓関数を適用した場合は、画像の端に近くなるほど入力値が低下してしまう。このため波形の乱れが生じた位置が解析範囲の端に近くなるほど解析結果に与える影響も小さくなり、解析範囲内の位置ごとの視認性を窓関数に大きく依存した評価となってしまう問題がある。そこで窓関数に単純な余弦関数のハニング窓を用い、図 5 のように局所領域を半周期ずつ重ねるように動かしながら解析処理を全域で行う。これによりトランケーション誤差を抑えつつ、端部を除いた広域の入力値の低下も抑えて正確な視認性の評価が可能となる。さらにある程度の間隔で位置ごとの視認

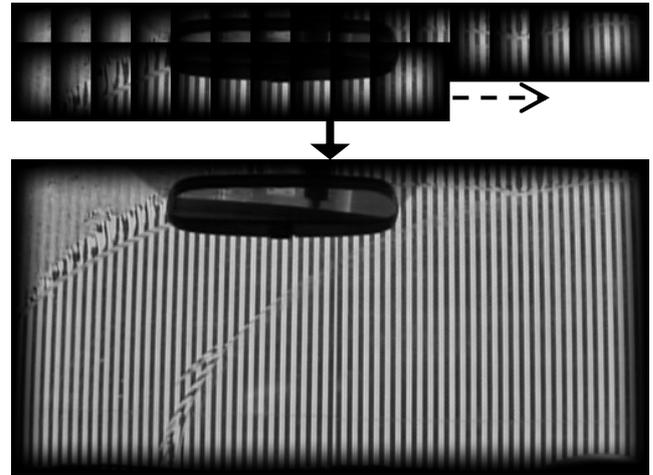


図 5 局所領域処理の概要

Figure 5 Outline of local area processing.

性評価を行うことにより、人間の感覚に依存した位置ごとの視認性評価への応用も期待できる。

以上の局所フーリエ変換により得られる周波数ごとの輝度値から、その周波数のコントラスト感度に基づいて視認性評価値を算出することで人間の感覚に基づいたワイパ払拭性能を求める。次節でその計算方法について述べる。

**3.3 コントラスト感度に基づいた評価方法**

カメラで撮影された画像は階調値で記録されているため、これを輝度値に変換する必要がある。輝度値への変換は撮影時に計測した輝度値とカメラにより記録された階調値に基づいて作成した以下の輝度変換式(1)を用いる。

$$Lu = 0.0017 \times Px^2 + 0.0829 \times Px \dots\dots\dots(1)$$

Lu：輝度値，Px：階調値

またフーリエ変換により得られる各周波数ごとのフーリエ係数  $a_n$  (実部) と  $b_n$  (虚部) から、各周波数ごとの振幅スペクトル  $A(n)$  は以下の式(2)で計算される。

$$A(n) = \frac{\sqrt{a_n^2 + b_n^2}}{2} \dots\dots\dots(2)$$

この振幅スペクトルは、その周波数のフーリエ係数を基に逆変換した際に得られる正弦波の振幅に比例する。従ってある周波数をフーリエ逆変換した際に得られる正弦波の振幅が階調差 1 となるときの振幅スペクトルの値がわかれば、フーリエ変換で得られる全ての周波数の振幅スペクトルからそれぞれの周波数ごとの逆変換時の正弦波の振幅がわかり、さらにその振幅は上述の輝度変換式によって輝度差に変換することができる。そしてその各周波数の輝度差は、後述のコントラスト感度に基づいた視認性評価値に換算することが可能である。

フーリエ逆変換で振幅が階調差 1 の正弦波となるような振幅スペクトルの値を求めるために、まずフーリエ変換を行う局所領域と同じサイズで階調差 1 かつ 1 波長のみの矩

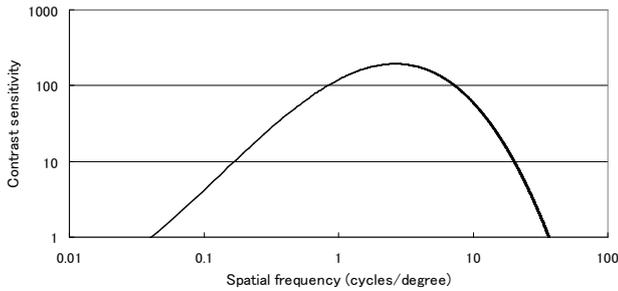


図 6 平均輝度 45cd/m2 時のコントラスト感度関数[13]

Figure 6 Contrast sensitivity function  
 of average luminance 45cd/m2.  
 (Nakamura et al., 2010 [13])

形波画像を作成する。画像は 256 階調のデジタルデータである。階調差 1 の矩形波をフーリエ変換した際に得られる 1 波長 (1.0 cycle / x size of input image) の正弦波の振幅スペクトルは、振幅 1 の矩形波の式(3)で  $K = 0$  を代入した場合からもわかるように、同じ 1 波長で階調差 1 の正弦波をフーリエ変換した場合に得られる振幅スペクトルの  $4/\pi$  倍の大きさとなる。

$$f(t) \doteq \frac{4}{\pi} \sum_{k=0}^K \frac{1}{2k+1} \sin(2k+1)t \dots\dots\dots (3)$$

従って、作成した矩形波画像のフーリエ変換により得られた 1 波長の正弦波の振幅スペクトルに対し  $\pi/4$  を掛けることによって、逆変換で得られる正弦波の階調差が 1 となる時の振幅スペクトルを正確に得ることができる。これによりフーリエ変換によって、入力画像に含まれる全ての周波数の輝度差を求めることができる。

空間周波数ごとのコントラスト感度については、中村らの実験により算出されたコントラスト感度関数から、実験環境に合せて平均輝度 45cd/m2 時のものを使用する[13]。図 6 は空間周波数ごとのコントラスト感度を示したものである。平均輝度をこのコントラスト感度で割った値が、各周波数帯の波形を知覚可能な認識限界コントラスト (輝度差閾値) である。上述の処理により局所フーリエ変換で得られる各周波数ごとの輝度差を、この輝度差閾値で割ることで閾値倍率を得ることができる。この閾値倍率を視認性評価値と定義して評価に用いることで、人間の感覚であるコントラスト感度による視覚特性に基づいた定量的なワイパ払拭性能を得ることができる。

**4. 検証実験**

提案手法の有効性を示すために、実際の車両を用いて雨量とワイパ速度を変化させた各条件下で視認性の定量評価実験を行った。



図 7 実験画像撮影風景

Figure 7 Configuration of our experiment,  
 a car and a background board in a laboratory.

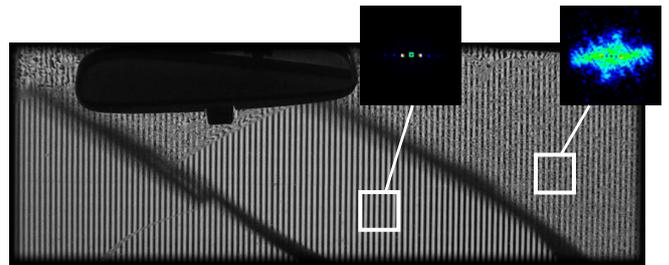


図 8 解析画像サンプル

Figure 8 Sample image of forward view from driver's seat  
 and its 2D Fourier space image of local area.

**4.1 実験方法**

降雨環境を模擬可能な実験室にて試験車両のドライバー視点位置にカメラを設置し、指標板を図 7 のようにカメラの位置から 3m 先に設置する。指標板にはコントラスト感度の最も高い空間周波数 2.7 cycles/degree のモノクロ単調矩形波を用いた。実験は以下の各条件下で行い、その時の前方視界を撮影してそれを解析した。

- 雨量 (雨なしを含む 4 段階)  
 小雨: 17mm/h 中雨: 30mm/h 大雨: 55mm/h  
 それぞれ理科年表において、速度 40km/h で運転中の「弱い雨」「やや強い雨」「強い雨」に相当する。
- ワイパ速度 (動作なしを含む 4 段階)  
 間欠: 0.43Hz 低速動作: 0.86Hz 高速動作: 1.2Hz  
 間欠ワイパは低速ワイパと動作速度は等しいが、半分の頻度で払拭動作を行う。
- カメラ解像度: FHD (1920 : 1080 pixel)
- 実験室水平面照度: 300 lx
- 指標板の平均輝度: 45 cd/m2

得られた前方視界画像を入力として全ての空間周波数ごとの視認性評価値を算出し、その時間推移を調査した。フーリエ変換を行う局所領域のサイズは事前検討によって十分な空間周波数分解能を得られた 64×64 ピクセルとし、これを縦横に 32 ピクセルずつ動かしながら解析範囲の全域で局所フーリエ変換及び空間周波数ごとの視認性評価値の算出を行った。図 8 に解析画像の一例を示す。

表 1 視認性評価アンケート被験者

Table 1 Subject's data.

Sex/Age	20	30	40	50	60	70	Total
Male	5	5	5	5	9	2	31
Female	5	5	5	6	9	0	30
Total	10	10	10	11	18	2	61

また人間の感覚との対比を示すために、過去に行った実験において得られた視認性評価アンケートの結果を用いて、提案手法による解析結果と人間の感覚を比較した。アンケートは過去に撮影した画像の中から、小雨 (7.9mm/h) から 17 枚, 中雨 (30mm/h) から 15 枚, 大雨 (55mm/h) から 10 枚, それぞれ雨滴の付着量の異なるものを選んで評価対象とし, それらの画像に対してワイパを動かしたくなる度合いを -6 (ワイパを絶対に動かなさい) ~ +6 (ワイパを必ず動かす) の 13 段階で評価したものである。表 1 に被験者のデータを示す。

## 4.2 実験結果

### (1) 空間周波数ごとの視認性評価値

解析範囲全域で空間周波数ごとに算出した視認性評価値を, 全方位同じ周波数ごとに加算して, 周波数帯ごとの視認性の比較を行った。図 9 は雨滴付着量の多い間欠ワイパの拭払直前のタイミングで, 各雨量ごとに周波数帯ごとの視認性評価値を比較したグラフである。雨滴の無い状態では指標板の空間周波数 2.7 cycles/degree の付近に高い視認性評価値が見られ, それ以外の周波数帯の視認性評価値はとて低い。そこに雨滴が付着した場合, 雨量の増加に伴って指標板の周波数帯の視認性評価値は低下し, それ以外の周波数帯の視認性評価値が増加するという全体的な傾向が確認された。このように雨滴の付着による縞模様の視認性の低下と付着した雨滴により生じる乱れの視認性の増加を, 人間の感覚に基づいて定量化が可能となった。

注目すべきは, 指標板の空間周波数を中心とした空間周波数帯において, 大雨よりも中雨のほうがより大きな値の増加が見られることである。これは付着した雨滴により生じる乱れが, 大雨よりも中雨の方が大きかったことを示しており, 実際に撮影画像を比較すると大雨よりも中雨のほうが窓に付着した雨滴径が大きいことが確認された。図 10 はその様子を示している。雨滴径は実験室の降水装置のノズルと水量および供給圧力によって定まるが, 中雨と大雨に使用したノズルは同一である。時間当たりの降水量の多い大雨の供給圧力は高く, 小さな雨滴が大量に降る形となる。それに比べて中雨は降水量が少なく供給圧力も低めであり, その結果雨滴が大きな粒となって降る形となる。降水量だけでなく, その降り方による雨滴径の違いによって視認性に与える影響が変わることを示唆する結果といえる。

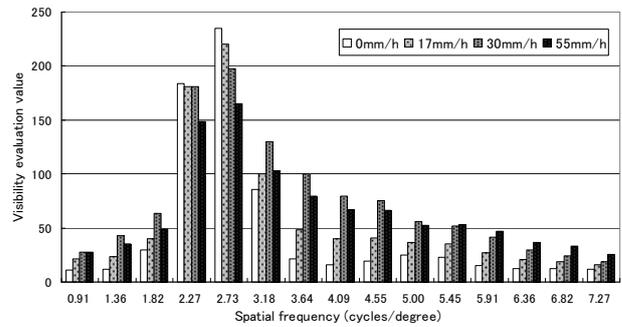


図 9 周波数帯ごとの視認性評価値

Figure 9 Visibility evaluation value of each spatial frequency.

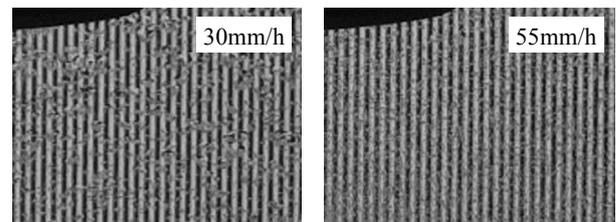


図 10 中雨と大雨の雨滴径の違い

Figure 10 Difference of size of raindrops.

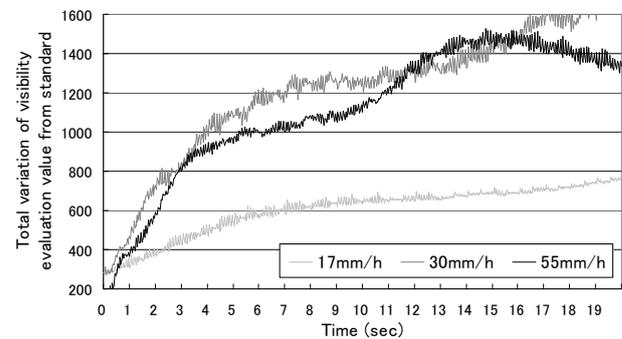


図 11 基準からの視認性評価値の合計変化量時間推移

Figure 11 Time course of total variation of visibility evaluation value from standard.

### (2) 視認性評価値の時間推移

雨滴の付着していない綺麗な状態の画像を基準として, 雨滴の付着と視界を遮るワイパの影響を受けて増減する空間周波数ごとの視認性評価値の時間推移を調査した。まず綺麗な状態の前方視界画像を解析し, 位置ごとに算出された空間周波数ごとの視認性評価値を全て記録してこれを基準とした。次に各実験条件で撮影された画像を解析し, 同様に位置ごとに空間周波数ごとの視認性評価値を算出した。そしてその視認性評価値と記録しておいた基準の視認性評価値との間で, 全ての位置で空間周波数ごとに差分をとることで, 雨滴の付着と動作するワイパによる視認性の変化を定量化した。図 11 は綺麗な状態から各雨量で雨滴を付着させ続けたときの, 全空間周波数での視認性評価値の基準からの変化を合計した値の時間推移を示したものである。雨滴の付着に伴って視認性の変化が増加し, 値が高くなるほど視認性が悪化することが確認された。

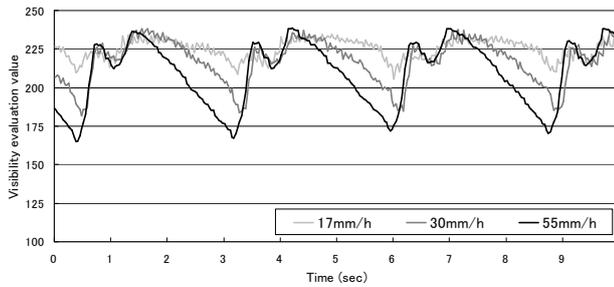


図 12 視認性評価値の時間推移 (2.73cycles/degree)  
 Figure 12 Time course of visibility evaluation value (2.73cycles/degree).

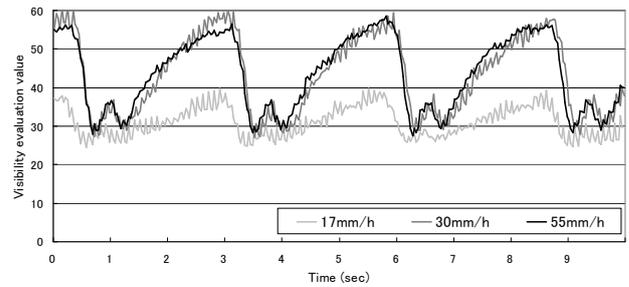


図 14 視認性評価値の時間推移 (5.00cycles/degree)  
 Figure 14 Time course of visibility evaluation value (5.00cycles/degree).

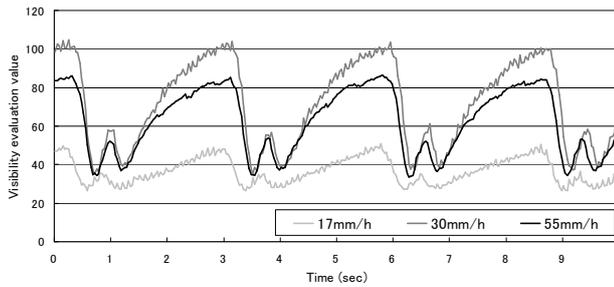


図 13 視認性評価値の時間推移 (3.64cycles/degree)  
 Figure 13 Time course of visibility evaluation value (3.64cycles/degree).

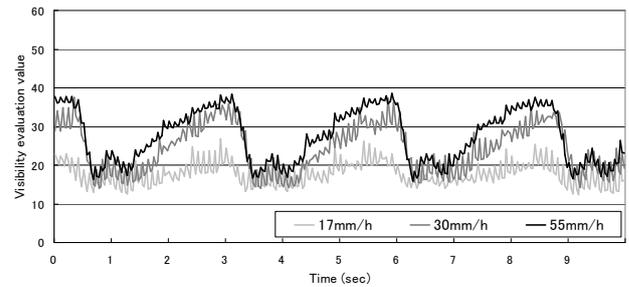


図 15 視認性評価値の時間推移 (6.36cycles/degree)  
 Figure 15 Time course of visibility evaluation value (6.36cycles/degree).

なおグラフが上下に変動しているのは、撮影環境の問題でカメラが振動し、得られた画像がフレームごとに2ピクセルほどの範囲で揺れ動いているためである。そこで前節の周波数帯ごとの視認性評価値の比較結果からいくつかの周波数帯に注目し、その視認性評価値の間欠ワイパ動作時の時間推移を調べた。

図 12 は指標板の持つ基本周波数を含む 2.73 cycles/degree の視認性評価値の時間推移である。雨滴の付着に伴って視認性が低下し、ワイパによる払拭で視認性が回復している。図 13 は 3.64 cycles/degree の視認性評価値の時間推移である。この空間周波数帯では特に中雨において視認性の変化が大きい。雨滴の付着により生じる乱れが値の増加という形で顕著に表れており、ワイパによる払拭で増加した値が消えて元に戻る。

図 14 と図 15 に、それぞれ 5.00 cycles/degree と 6.36 cycles/degree の視認性評価値の時間推移を示す。基本的には 3.64 cycles/degree の結果同様、雨滴の付着により値が増加し、ワイパによる払拭で元に戻る。ただし高周波になるほどカメラの振動による映像のブレの影響が結果に強く出てくるのが確認できる。しかし同時に高周波になるほど入力画像に含まれる振幅がそもそも小さく、かつ人間のコントラスト感度も低下するため平均的に視認性評価値のスケールが低下しており、他の振幅の大きな空間周波数帯と比べて視認性への影響も低い。

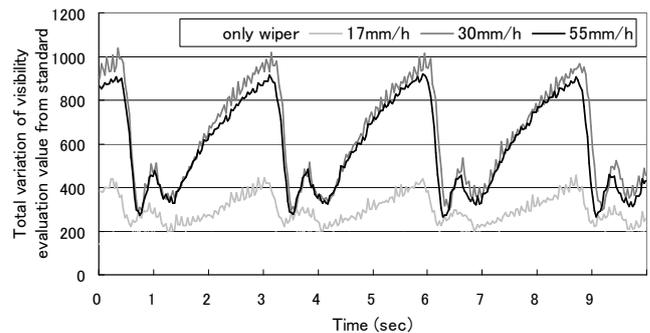


図 16 基準からの視認性評価値の合計変化量時間推移 (間欠ワイパ動作時)  
 Figure 16 Time course of total variation of visibility evaluation value from standard (intermittent wiper).

図 16 に間欠ワイパ動作時の、全空間周波数の視認性評価値の基準からの変化量合計の時間推移を示す。雨滴の付着に伴い変化量が増加し視認性が悪化する動きと、ワイパの払拭動作により変化量が少なくなり視認性が回復する動きが確認できた。

図 17 に全実験条件における視認性評価値の基準からの平均変化量を示す。この図より、大雨よりも中雨の方がわずかに基準からの視認性評価値の変化が大きく、視認性が低下することを示す結果となっている。

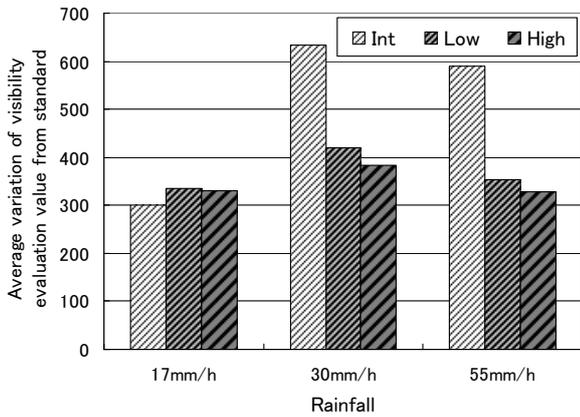


図 17 視認性評価値の基準からの平均変化量

Figure 17 Average variation of visibility evaluation value from standard.

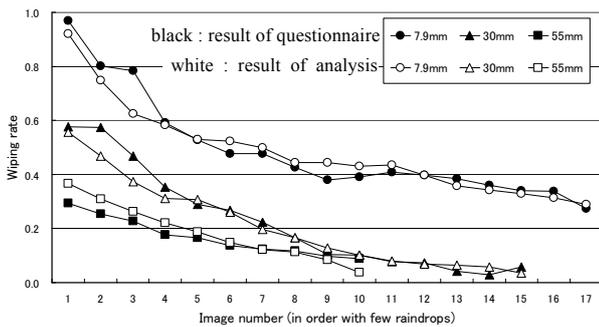


図 18 解析結果とアンケート結果の比較

Figure 18 Comparison between result of analysis and result of questionnaire.

(3) アンケート結果と視認性評価値の比較

図 18 に視認性評価アンケート結果と提案手法による解析結果との比較結果を示す。解析結果の比較は以下の式(4)で定義した雨滴払拭率に変換したものをを用いている。

$$W(t) = \frac{V_{\max} - V(t)}{V_{\max} - V_{\min}} \dots\dots\dots (4)$$

W(t): 雨滴払拭率, V(t): 基準からの視認性変化値

Vmax, Vmin: 基準からの視認性変化の最大・最小値

これは前節の解析結果について、雨滴を払拭した綺麗な状態が 1.0、雨滴に覆われた視界の最も悪い状態が 0.0 となるように正規化したものである。またアンケート結果は -6 (ワイパを絶対に動かさない) を 1.0, +6 (ワイパを必ず動かす) を 0.0 として正規化して比較に用いた。グラフは各雨量ごとに、アンケートに用いた実験画像に含まれる雨滴の少ない順に結果を並べたものである。黒色で示されたアンケート結果から、雨滴の付着が増えるほどワイパを動かしたくなる、つまり視認性が低下していることが示されている。白色で示された雨滴払拭率はアンケート結果に非常に近い形で推移しており、本提案手法が人間の感覚に近い評価が可能であることを確認できた。

4.3 結果の考察とまとめ

これらの結果を要約すると以下ようになる。

- a) 雨滴とワイパの影響による前方視界の周波数帯ごとの視認性評価値を比較した結果、各条件における違いを確認することができた。特に雨滴径の大きな中雨において視界を乱す変化が大きく、それらも含めて提案手法により視認性の観点で定量的な評価が可能である。
- b) 周波数帯ごとの視認性評価値の時間推移から、雨滴の付着による視認性の低下とワイパの払拭動作による視認性の回復を評価可能であることを確認した。またカメラの振動による映像のブレに対しても十分実用的な結果が得られた。実際のワイパ払拭性能評価は今回の実験環境よりも振動の少ない状態で行われるため、本提案手法の実用性が確かめられたといえる。
- c) アンケート結果との比較から、提案手法による解析結果は人間の感覚に近いことが確認された。ただし雨滴の少ない、付着し始めの段階においては、アンケート結果との間にまだ差がみられた。これは雨滴の付着する位置やそのばらつき加減が人間の感覚に影響を与えるためと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本論文では、降雨環境下におけるワイパの払拭性能を視認性に基づいて定量評価する手法を提案した。提案手法は、多重チャンネルモデルの考え方に基いて空間周波数ごとに異なるコントラスト感度を考慮して解析したものである。カメラと指標板を用いた検証実験を行い、雨量とワイパ速度に応じて変化する視認性の定量評価が可能であることを示し、その時間推移から提案手法の有効性と実用性を確認した。また視認性評価アンケート結果との比較から、この提案手法は人間の感覚に基づいた評価方法であることを確認できた。

今後の課題として、位置に依存した視認性に基づくワイパ払拭性能の評価方法の改善や、ドライバの加齢により低下するコントラスト感度を考慮したワイパ動作の評価方法の開発などが挙げられる。これらの研究開発を通して、ワイパ払拭性能の評価システムとして確立する予定である。

参考文献

- 1) (社)自動車技術会刊: 自動車技術ハンドブック, 設計(デザイン, ボディ) 編, pp.157-161 (2004).
- 2) 矢野輝昭, 桜井篤実: 視界性能の試験・計測方法, 自動車技術会誌, Vol.48, No.3, pp.37-42 (1994).
- 3) 鈴木亮介, 安田仁彦: 自動車用ワイパのびびり振動 (第1報, 一本式のワイパの一自由度系によるモデル化と振動特性), 日本機械学会論文集(C編), Vol.66, No.641, pp.31-37 (2000).
- 4) 村田行帆, 大橋弥寿夫, 石川優, 手代木功, 榎原峰夫, 青木浩司: 自動車用ワイパモータの騒音低減, 自動車技術会誌, Vol.51, No.2, pp.24-29 (1997).

- 5) 大倉重喜, 大矢多喜雄: ブレードの反転挙動を考慮した自動車用ワイパの3次元動力学解析, 自動車技術会論文集, Vol.34, No.4, pp.131-138 (2003).
- 6) 神長和宏, 古郡由紀夫, 小森谷徹, 高田公義: ワイパー&ウォッシュ性能開発へのCAE導入研究, スバル技報, No.30, pp.205-209 (2003).
- 7) 長町三生: 車の運転と視認性, 自動車技術, Vol.30, No.12, pp.990-995 (1976).
- 8) 萩原亨: 悪天候下での安全走行に向けての人間工学的な考察, 照明学会誌, Vol.89, No.9, pp.657-661 (2005).
- 9) 岸浩司, 杉浦精一, 木村賢治: 自動車用ナビゲーション画面の視認性検討, 自動車技術, Vol.46, No.9, pp.61-67 (1992).
- 10) 坂口靖雄, 中野倫明, 山本新: 自動車用ディスプレイにおける視認性評価とその応用, テレビジョン学会誌, Vol.50, No.11, pp.1760-1767 (1996).
- 11) JIS R 3212: 自動車用安全ガラス試験方法, (1998).
- 12) Campbell, F.W., and Robson, J.G.: Application of Fourier analysis to the visibility of gratings, Journal of Physiology, vol.197, pp.551-566 (1968).
- 13) 中村芳樹, 島崎航, 岩本朋子: 輝度画像を用いた視認性評価法, 照明学会誌, Vol.94, No.2, pp.100-107 (2010).