

運転視環境に応じた車載ディスプレイの表示輝度制御 — 視野輝度のセンシング技術と実態調査 —

竹本 雅憲^{*1}, 窪田 悟^{*2}

Luminance Control of In-vehicle Display Based on Visual Field Driving Environment
- Sensing and Survey of Visual Field Luminance during Actual Driving -

Masanori TAKEMOTO^{*1}, Satoru KUBOTA^{*2}

ABSTRACT : Visual field luminance determines the optimum display luminance necessary for adequate visibility. In this study, we developed a method that estimates the luminance level of a driver's visual field using an illuminance sensor and investigated its actual characteristics. We then simulated the visual field of a driver's seat environment under experimental conditions. In our experiments, test subjects evaluated the optimum display luminance of a car-navigation system under static conditions, with variations added to simulate time of day and weather. As a result, we obtained an equation that predicts the adequate display luminance level based on driver's visual field luminance level.

Keywords : Human Machine Interface, Visibility, Display, Luminance Control

(Received September 18, 2013)

1. はじめに

カーナビゲーションシステム(以下、カーナビと略す)のディスプレイやメーターパネルなど、ドライバが運転中に車載ディスプレイを視認する機会が多い。近年ではスマートフォンがカーナビのディスプレイとして利用されており、今後は高精細のディスプレイが車両に搭載され、提示情報の視認性に対する要求が一層高まると予想される。画質への要求が高いTVディスプレイでは、視聴者が好ましいと感じる表示輝度は、観視画角などの視聴条件、映像内容、視聴者の視覚特性だけでなく、画面照度などの視聴環境にも影響されることが示されている¹⁾。車載ディスプレイに関しても将来的な提示情報の多様化を見据え、その視認性を高めるために、運転視環境に応じた表示輝度制御が必須課題になると考えられる。

車載ディスプレイから情報を取得する際、ドライバの目は前方の車外輝度に順応していると考えられる²⁾。よ

って、視認性の観点での最適表示輝度は、ドライバの視野内の輝度(以下、視野輝度と略す)に依存すると考えられる。坂口らは、晴天時の積雪面走行のように視野輝度が著しく高い状況を想定して、目の順応特性に基づいた表示輝度制御の有効性を示している²⁾。山本らは、夜間の運転時に表示輝度を下げること、グレアおよび外界視認性低下の抑制効果があることを示している³⁾。これらの研究では、いずれもディスプレイの視認性に大きく影響する状況のみを対象としている。一方で、窪田らは視聴環境に適したTVディスプレイの最適表示輝度を求める際、家庭での視聴環境の実態を調査している⁴⁾。車載ディスプレイに関しては、このように実態を調査し、運転視環境を総合的に把握して取り組んだ事例はない。また、リアルタイムでの視野輝度の測定は困難であり、表示輝度制御の実用化に向けては視野輝度のセンシングが技術的な課題となる。

以上より、我々の研究は、ドライバの運転視環境の実態を踏まえ、動的に変化する視環境に応じた車載ディスプレイの表示輝度制御方式の開発を最終的な目標とする。本研究では、運転中の視野輝度をセンシングする技術を

*1: システムデザイン学科助教 (m-takemoto@st.seikei.ac.jp)

*2: システムデザイン学科教授

開発すること、運転視環境の実態を調査して視野輝度の分布や特性値を示すこと、および運転視環境を実験室に再現して静的状態における視野輝度と最適表示輝度の関係を解明することを目的とした。

2. 視野輝度のセンシング技術

視野輝度の測定に関して、窪田らの研究⁹⁾では、魚眼レンズで撮影したシャッタースピードの異なる画像を用いて、180度視野の平均輝度を測定する画像処理ソフトウェアを開発した。そして、180度視野の平均輝度がレンズ面照度と高い相関があることを示した。レンズ面をドライバの目の位置に置き換えると、ドライバの目への入射照度（以下、ドライバ入射照度と略す）を用いて視野輝度を予測できると考えられる。

そこで、図1に示すように、車両に設置した照度センサを用いてドライバ入射照度を予測し、上述した考え方を用いてドライバ入射照度から視野輝度を予測することで、視野輝度をセンシングする技術の開発を試みた。なお、本研究では視野輝度をドライバの視野内の平均輝度とみなした。

2.1 ドライバの目への入射照度の予測

2.1.1 調査概要

照度の測定には、容易に設置および測定できる照度センサ（コニカミノルタ社製照度計ユニットT-10）を用いた。この照度センサは、PCに接続してミニ受光部を用いることで、複数箇所での照度を1sec周期で記録できる。ドライバ入射照度は、図2に示すように眼鏡に照度センサを取り付けて測定した。ドライバ入射照度を予測する照度センサとしては、以下の5種類を用いた。すなわち、(a)カーナ

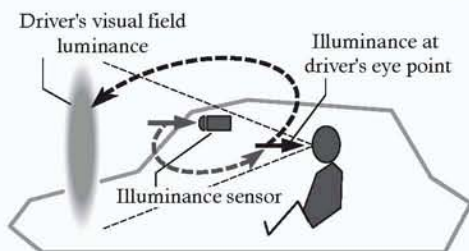


Fig.1 Sensing of driver's visual field luminance



Fig.2 Illuminance sensor attached to eyeglasses

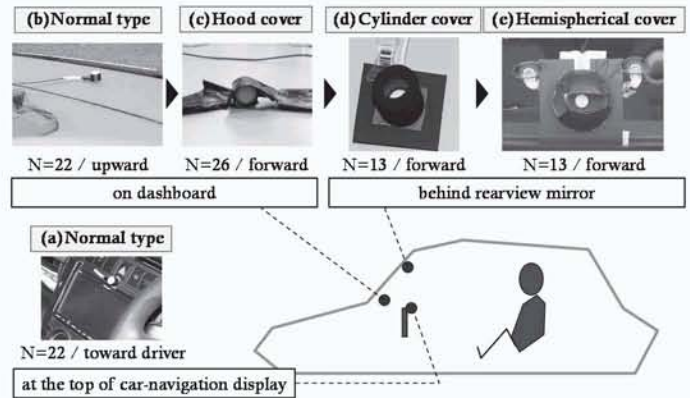


Fig.3 Pictures and positions of five sensor types

ナビ画面標準照度センサ、(b)ダッシュボード標準照度センサ、(c)フード付き照度センサ、(d)筒型カバー付き照度センサ、および(e)半球カバー付き照度センサであった。各照度センサの設置位置、受光部の向きを図3に示す。

調査期間は2011年6月13日から7月8日で、天候および時間帯の異なる条件で実施した。ドライバ入射照度を測定した実験者は、運転歴30年の成人男性1名であった。走行回数は35回で、1回あたりの測定時間は20分程度であった。

ドライバ入射照度は毎回測定した。ドライバ入射照度を予測する照度センサは、はじめに(a)カーナビ画面標準照度センサ、(b)ダッシュボード標準照度センサを用いた。その後、各照度センサの問題点を分析して改良を重ね、1回の走行で2種類もしくは3種類の照度センサを用いて測定した。ドライバ入射照度を予測する各照度センサの測定回数は、図3に示した通りである。また、測定時の状況を後で確認できるように、ドライブレコーダ(PSD社製DRIVE-ONE)を用いて前方風景および車内の映像を記録した。

2.1.2 ドライバ入射照度の予測精度

1回の走行毎に、各照度センサの入射照度とドライバ入射照度との相関係数を算出した。(b)から(e)の各照度センサについて、ドライバ入射照度との相関係数を1回の走行毎および算術平均値で示したものが図4になる。また、(b)ダッシュボード標準照度センサ、および予測精度が最も高かった(e)半球カバー付き照度センサについて、ドライバ入射照度との相関の一例を図5に示す。

はじめに用いた2種類の標準照度センサ(a)と(b)の分析より、特に晴天時に太陽光の入射が変わる状況での予測精度が低いと考えられた。(a)カーナビ画面標準照度センサはドライバ入射照度との相関係数が低かった。これは、受光部がドライバの目への入射と反対方向を向いて

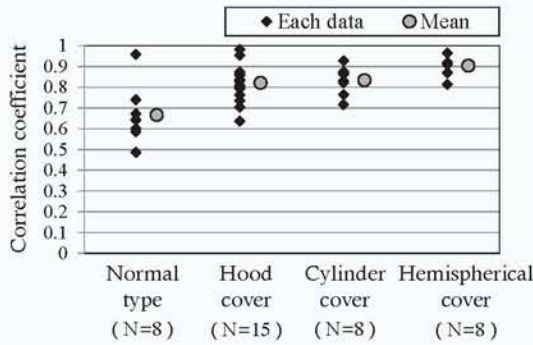


Fig. 4 Accuracy of driver's eye point illuminance level prediction by each sensor

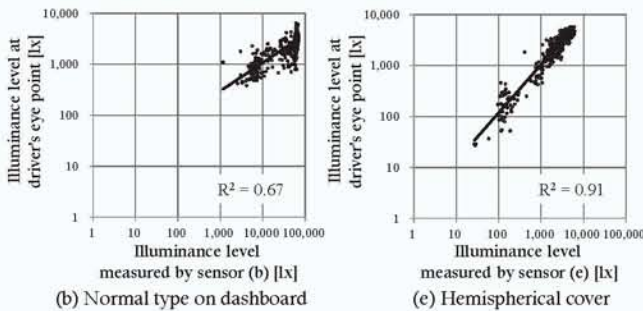


Fig. 5 Prediction of illuminance level at driver's eye point by illuminance sensor

いたためと考えられる。図4に示すように、(b)ダッシュボード標準照度センサは走行毎に相関係数のばらつきが見られた。この結果は、運転席にはルーフ部があり上方からの入射光が遮断されるのに対して、ダッシュボード上に上向きに照度センサを設置すると上方からの入射光をすべて受光することに起因すると考えられる。

そこで、受光部を前向きにしてフードカバーを付けた(c)フード付き照度センサを作製した。図4より、全体的に(b)ダッシュボード標準照度センサよりも相関係数は高くなったが、依然としてばらつきが見られた。ばらつきの原因と考えられるダッシュボードからの反射光の入射を遮断するため、円筒状のカバーを付けてルームミラーの裏に(d)筒型カバー付き照度センサを設置した。相関係数の平均値は(c)フード付き照度センサと同程度であるが、ばらつきが小さくなったことが分かる。さらに、図6に示すような運転席での入射状況を模擬した(e)半球型カバー付き照度センサを作製した。このカバーは、魚眼レンズカメラ撮影で得られたドライバの180度視野の画像から、サイドウィンドウを含め、ウィンドウの開口部を合成樹脂素材の半球に転写してくり抜いている。これにより、各走行での相関係数は0.8以上、平均値も0.9以上になり、ドライバ入射照度を高い精度で予測できたと言える。

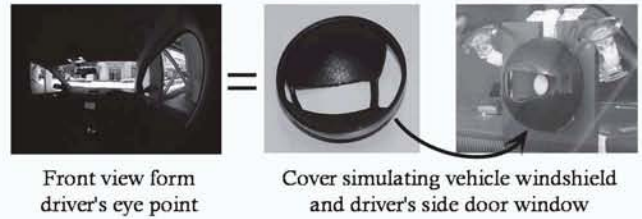


Fig. 6 Illuminance sensor with hemispherical cover

以上より、ドライバ入射照度を予測する照度センサは、運転席での入射状況を模擬することで予測精度を高めることができる。具体的には、受光面を前向きにすること、上方向からの入射を遮断すること、およびサイドウィンドウからの入射も考慮することなどが要件となる。

2. 2 視野輝度の予測

2. 2. 1 調査概要

図7に示すように、視野輝度の測定には、魚眼レンズを装着したデジタルカメラを用いてF5.6の1/2、1/60、1/2000の3段階のシャッタースピードで撮影し、これら3枚の画像から180度範囲の視野輝度を算出できる画像処理ソフトウェアを利用した⁵⁾。すなわち、停車中の車両の助手席で、ドライバのアイポイントに相当する位置から、魚眼レンズを用いて前方風景を3枚ずつ撮影した。魚眼レンズはニコン社製Fisheye NIKKOR 8 mm F2.8を使用した。デジタルカメラはコダック社製DCS Pro 14nを使用した。撮影した3枚の画像データを用いて、画像処理ソフトウェアにより視野輝度を算出した。また、デジタルカメラのレンズ面での入射照度を同じ条件で測定し、ドライバ入射照度とみなした。撮影および測定は天候および時間帯の異なる条件の42か所で行った。使用した車両は2.1.1で調査を行ったものと同じであった。

2. 2. 2 ドライバ入射照度を用いた視野輝度の予測式

上述したソフトウェアを用いてドライバの視野角を変えて視野輝度を算出し、ドライバ入射照度との相関係数を求めた。視野角と相関係数の関係を図8に示す。図8より、視野角が大きくなるほどドライバ入射照度と視野輝度の相関係数は高くなり、60度付近で飽和している。ここで、ドライバの視野角は、フロントウィンドウの垂直方向の視野角を考慮して30度と考えた。ドライバ入射照度と30度の視野輝度との相関図を図9に示す。相関係数は0.94であり、十分な予測精度と考えられる。以上より、ドライバ入射照度をx [lx]、30度の視野輝度をy [cd/m²]とすると、両者の関係式は式(1)で与えられる。

$$y = 1.39x^{0.92} \quad (1)$$

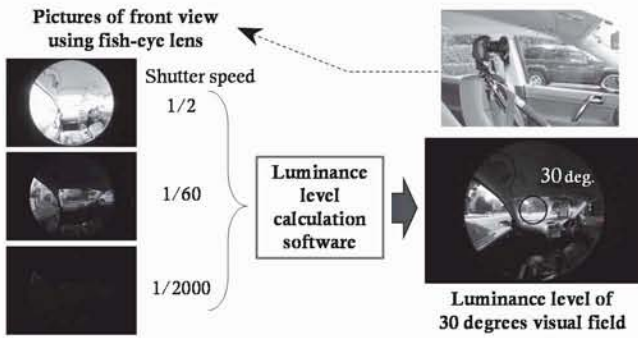


Fig.7 Method for calculating visual field luminance level

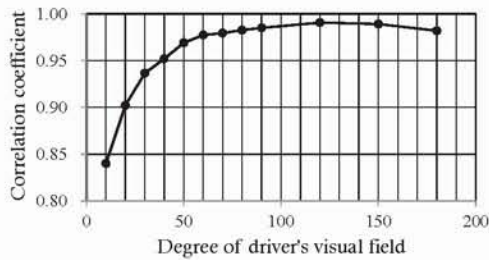


Fig.8 Correlation coefficient between illuminance level at eye point and visual field luminance level

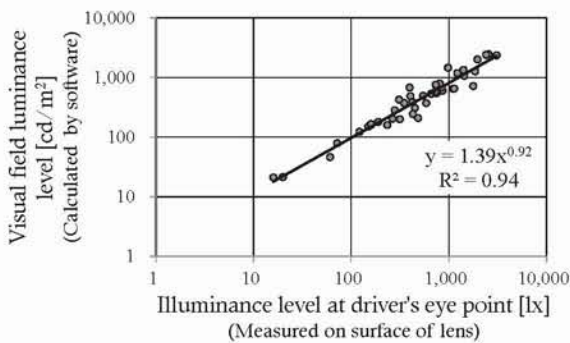


Fig.9 Correlation between illuminance level at eye point and luminance level at visual field of 30 degrees

3. 視野輝度の実態調査

運転視環境に応じた表示輝度制御のためには、運転中の視野輝度の実態に合った環境条件で評価実験を行い、設計する必要があると考えられる。そこで、視野輝度のダイナミックレンジや分布の特性値を明らかにするために、実際に車両を運転して走行中の視野輝度を調査した。

3.1 調査概要

視野輝度は、2章の調査と同様にドライバ入射照度を測定し、ドライバ入射照度と視野輝度の関係式を用いて算出した。2章で調査した35データに加えて、別の実験者について同様にドライバ入射照度を測定して視野輝度を算出し、合計で85データを得た。この実験者は運転歴15年の成人男性であった。追加で調査したデータに関しても、ドライバ入射照度の計測環境と調査期間は2章の調査と同じであった。

3.2 天候および時間帯による分類

2名の実験者について視野輝度のデータを比較したが、大きな違いは見られなかったため、2名のデータを合わせて分析した。はじめに、ドライバの視野輝度は太陽光による入射が最も影響すると考え、天候および時間帯で測定データを分類した。すなわち、日没前のデータについては、天候により「晴天時」、「曇天時」および「雨天時」で分類した。日没後のデータについては、天候による違いが見られなかったため、「夜間」として分類した。天候および日没前後の判定はドライビングレコーダの映像により行った。

3.3 視野輝度の度数分布と特性値

85データを天候・時間帯で分類した結果、晴天時が42データ、曇天時が17データ、雨天時が4データ、夜間が22データとなった。各データについて1sec周期で測定したドライバ入射照度を(1)式を用いて視野輝度に変換し、天候・時間帯別に視野輝度の度数分布を図10に示した。ここで、天候・時間帯の分類ごとにデータ数が異なる

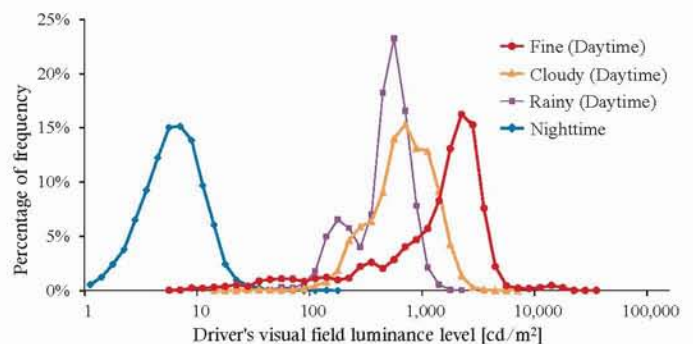


Fig.10 Distribution of visual field luminance

Table 1 Characteristic values of visual field luminance distribution

| Weather & time | Geometric mean | Arithmetic mean | Median | Min | Max | 5%ile | 95%ile |
|------------------|----------------|-----------------|--------|-----|-------|-------|--------|
| Fine (Daytime) | 929 | 1500 | 1424 | 4 | 25293 | 50 | 3002 |
| Cloudy (Daytime) | 523 | 627 | 553 | 11 | 6032 | 171 | 1319 |
| Nighttime | 5 | 6 | 5 | 0 | 133 | 2 | 12 |

[cd/m²]

るため、図 10 の縦軸は度数のパーセンテージとした。表 1 には天候・時間帯ごとの度数分布の特性値を示した。雨天時はデータ数が少なかったため、参考として度数分布のみを図 10 に示した。

3. 3. 1 晴天時の特徴

晴天時の度数分布を見ると、対数正規分布よりも視野輝度の低い側に裾が広がった形状をとる。晴天時は基本的に運転席のルーフ部によって太陽光の直射が遮断され、そのような状況では視野輝度は対数正規分布になると予想される。ただし、晴天時でも建物や雲によって太陽光が遮断される場合があり、視野輝度の低い側の分布が多くなったと考えられる。累積パーセンテージで見ると、20%程度がそのような状況に該当していた。その際の視野輝度は曇天時の分布の範囲内にあり、最小値は夜間の分布の範囲内となった。

一方で、視野輝度の高い側にもデータが少し分布している。太陽が低い時間帯に太陽光に面して運転するような状況では、ルーフ部で遮断されない直射光により対数正規分布に対して高い値をとったと考えられる。そのような状況は全体の 5%にも満たないが、最大値は 25000 cd/m^2 を超え、晴天時のダイナミックレンジを広くする要因になると考えられる。

3. 3. 2 晴天時以外の特徴

曇天時の度数分布を見ると、晴天時よりも対数正規分布に近い形状をとる。曇天時は太陽光の直射や遮断による影響が小さいことに起因すると考えられる。また、雨天時はデータ数が少ないため不確かではあるが、曇天時の分布と同程度の範囲にあり、同じ分類として扱えると思われる。

夜間の度数分布を見ると、対数正規分布に非常に近い形状をとる。夜間には対向車のヘッドライト、道路照明や店舗照明などの入射による影響が考えられるが、頻度は非常に低かった。ただし、そのような状況では 100 cd/m^2 前後となり、夜間のダイナミックレンジを広める要因となっている。

以上より、視野輝度は天候・時間帯によって異なる分布特性を持つことが分かり、分布の特徴や特性値を明らかにした。また、晴天時に太陽光が隠れる状況、朝方や夕方に太陽光の直射を浴びる状況、夜間に道路照明や店舗照明が入射する状況は、分布特性を変える要因となることも分かった。視野輝度の動的変化の特徴分析については、今後の課題とする。

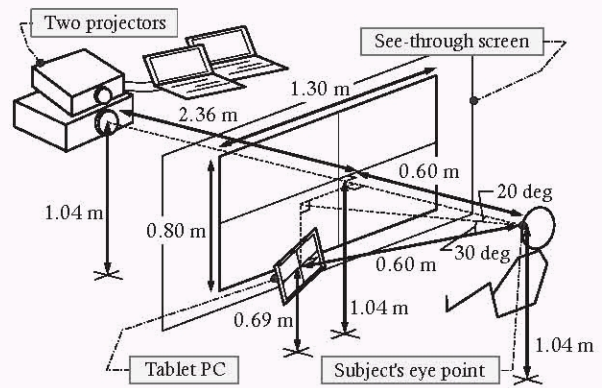


Fig.11 Experimental setup

4. 視野輝度に応じた最適表示輝度の評価実験

実態調査から、視野輝度は天候・時間帯によって分布が決まることが分かった。運転中の視野輝度は基本的にはその分布の範囲内である程度の静的状態にあり、太陽光の入射状況などによって動的に変化すると考えられる。そこで、運転視環境に応じた表示輝度制御の第一段階として、静的状態における視野輝度に対する車載ディスプレイの最適表示輝度を求める評価実験を行った。

4. 1 調査概要

図 11 に示すように、運転中の視環境を実験室に再現した。2 台のプロジェクターを用いて透過型スクリーンに画像を重畳させて投影し、視野輝度を再現した。プロジェクターは三菱電機社製 LVT-XD8000LP と LVP-XD600 を用いた。透過型スクリーンはシアターハウス社製 WDR2800TK を用いた。この方法では晴天時の視野輝度の最大値までは再現できない。プロジェクターをスクリーンに近づけると視野輝度は高くなるが、投影される画像の面積が小さくなって被験者の視野角を十分に確保できない。実験では両者のバランスを考えて、プロジェクター、透過型スクリーンおよび被験者の距離を設定した。図 11 の位置関係で全画面白色の画像を投影した場合、視野輝度は最大で 4700 cd/m^2 まで再現できる。表 1 に示した晴天時の視野輝度分布の特性値を見ると、最大値 25293 cd/m^2 に対しては不十分であるが、95%ile である 3002 cd/m^2 よりも高く、運転時の視環境を概ね再現できていると考えられる。

車載ディスプレイは、カーナビゲーションシステムのディスプレイ（以下、カーナビ画面と略す）を想定した。カーナビ画面の設置位置は、2 章の調査で用いた車両を模擬し、水平方向に左 20 度、垂直方向に下 30 度とした。これは、日本自動車工業会が定める画像表示装置の取り

付け位置に関する要件⁹⁾を満たす。カーナビ画面は、高い表示輝度まで調整できるタブレット型PC (apple社製 iPad2) を用いた。タブレット型PCの表示輝度調整範囲は 11~383 cd/m²であった。また、カーナビ画面には、平均輝度レベル (Average Luminance Level: ALL) が一般的と考えられる画像を提示した。ここでは、高速道路走行時の分岐点付近における画像を用い、画面を二分した。左半分には車両周辺の道路の鳥瞰図を提示した。右半分には分岐点をイメージさせる立体図を提示し、分岐する各方向の地名と直進を指示する矢印を提示した。

4. 2 実験方法

実験では、高速道路を走行中にカーナビ画面を視認して、指定された目的地への道路情報を取得する状況を想定した。ここで、ドライバの視線移動について調査した研究⁷⁾から、走行中のカーナビ画面の平均視認時間 0.78 secを参考にして、カーナビ画面の視認時間を 1 secとした。

被験者のタスクを以下に説明する。実験の開始とともに音楽が流れ、被験者は音楽が流れている間は前方のスクリーンを注視した。15 sec後に音楽が停止し、それを合図にカーナビ画面を視認した。1 sec後に再び音楽が流れ、それを合図に被験者は前方のスクリーンへ視線を移動した。最後に、前方のスクリーン上に提示された評価尺度に従い、カーナビ画面の表示輝度についての主観評価を口頭で回答した。主観評価では、地図情報が見やすい明るさであったかを評価基準とした。図 12 に示す評価尺度に従って、最も見やすい場合を 4.0 点として、1.0 点から 7.0 点で 0.5 点刻みの 13 段階で評価した。

4. 3 実験条件

視野輝度に関しては、起動するプロジェクターの台数と表示する画像 (無彩色で全画面均一) を変えて、以下の 4 水準を用いた。「夜間」、「曇天時」および「晴天時」として、各分類の視野輝度分布に基づき、水準間に差を持たせるために算術平均値に近い条件を設定して、それぞれ 11, 750, 1750 cd/m²とした。また、晴天時はダイナミックレンジが広いので、この実験環境で再現できる最大輝度 4700 cd/m²を実験条件に加えて「快晴時」とした。カーナビ画面の表示輝度は、タブレット型PCのディスプレイについて、明るさ設定の数値を最低輝度から最高輝度まで 5 等分に定め、11, 59, 162, 267, 383 cd/m²の 5 水準とした。ここで、TVディスプレイの見やすさに関しては、部屋の照度が低くても画像のネガポジを変えずに最適表示輝度が得られる¹⁾。よって、従来のカーナビ画像ではネガポジを反転させるが、夜間を想定した視野輝

度でも最適表示輝度が得られると考え、表示輝度のみを変えた画像を用いた。

このように、視野輝度を 4 水準、表示輝度を 5 水準の 20 条件として各条件を 2 回ずつ実施した。実験順序は、目の順応特性を考慮して視野輝度の条件を暗い方から明るい方へ変え、視野輝度の条件を変えるごとに表示輝度の 5 条件をランダムに 2 回ずつ行った。はじめに夜間の条件で行うときは、暗順応を考慮して 5 分間の順応時間を設けた。それ以降、視野輝度の条件を変えるときは、明順応を考慮して 2 分間の順応時間を設けた。被験者はインフォームドコンセントを得た視力正常な成人男女 20 名 (男性 18 名、女性 2 名) で、年齢は 20 歳から 23 歳の平均 21.1 歳であった。

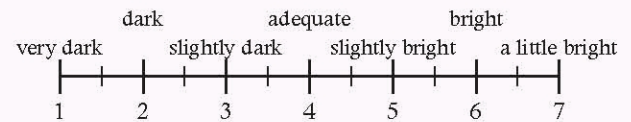


Fig. 12 Criterion for subjective evaluation

4. 4 実験結果

4. 4. 1 天候・時間帯別の最適表示輝度

被験者ごとに視野輝度の各条件における最適表示輝度を以下のように求めた。一例として、ある被験者の晴天時の評価について、カーナビ画面の表示輝度と評価値との関係を図 13 に示す。ここで、評価値は各条件で 2 回ずつ実施した平均値とした。はじめに、図 13 に示す 5 点から近似曲線を求めた。相関係数はいずれも高く、視野輝度に応じてカーナビ画面の表示輝度と評価値との関係が予測できたと考えられる。次に、近似曲線を用いて評価値が 4.0 点となる場合の表示輝度を計算し、その視野輝度における最適表示輝度を求めた。最後に、視野輝度の各条件について、全被験者の最適表示輝度の算術平均値および標準誤差を求めた。結果を図 14 に示す。全被験者の最適表示輝度の分布は対数正規分布とみなせるため、対数変換した上で分散分析を行った。その結果、視野輝度の要因は有意であった ($F(3, 57)=32.043, p<0.001$)。

4. 4. 2 視野輝度と最適表示輝度の関係式

視野輝度と最適表示輝度の関係を図 15 に示す。近似曲線の相関係数は 0.90 であった。走行中における平均的な視認時間に近い 1 sec では、静的状態における視野輝度 y [cd/m²] に対する最適表示輝度 z [cd/m²] は式(2)により求められる。

$$z=69.17 y^{0.19} \quad (2)$$

式(2)より、夜間においても、タブレット型PCで調整可

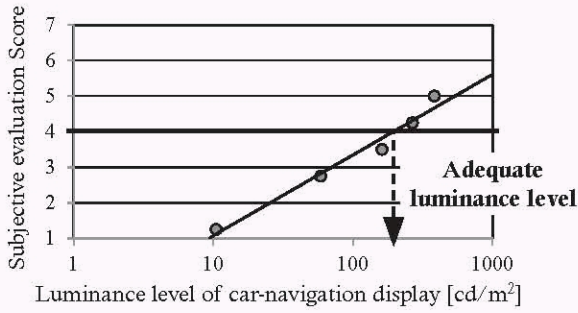


Fig. 13 Calculation of adequate luminance level

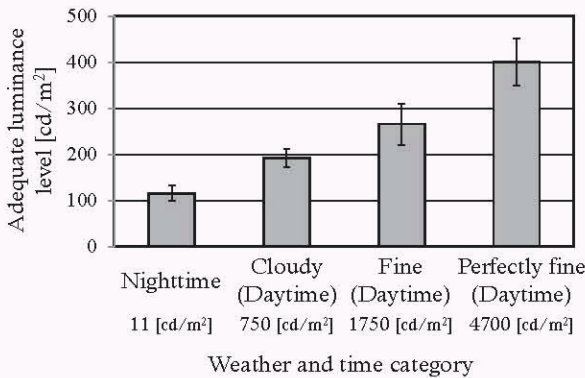


Fig. 14 Adequate display luminance level for each weather and time category

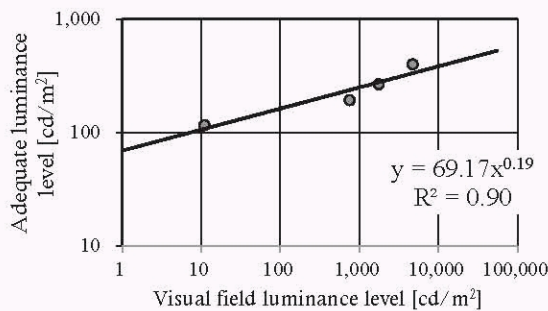


Fig. 15 Correlation between visual field luminance level and adequate display luminance level

能な範囲で最適な表示輝度が存在することも確認できた。ここで、停車中はカーナビ画面の視認時間が長いなど、ディスプレイの視認時間は運転状況により異なると考えられる。上述した関係式への視認時間の影響に関しては今後の課題とする。

5. まとめ

本研究では、運転席のフロントウィンドウおよびサイドウィンドウを模擬した半球型のカバーを照度センサに装着することで、ドライバの目への入射照度を高精度で予測可能にし、運転中の視野輝度を予測する技術を確立

した。ドライバの目への入射照度 x [cd/m^2] と視野輝度 y [cd/m^2] には、 $y=1.39x^{0.92}$ が成立した。次に、運転中の視野輝度の実態を調査し、天候・時間帯別の分布および特性値を明らかにした。視野輝度の分布は、基本的には天候・時間帯に応じた対数正規分布に従うことが分かった。ただし、建物等による太陽光の遮断、太陽光の直射、および夜間照明などの影響により、高輝度側もしくは低輝度側に偏りを持つ分布になった。最後に、運転時の視野輝度分布に基づく運転視環境を実験室に再現し、静的状態における視野輝度と車載ディスプレイの最適表示輝度との関係式を導出した。すなわち、視野輝度 y [cd/m^2] と最適表示輝度 z [cd/m^2] には、 $z=69.17y^{0.19}$ が成立した。今後は実態調査のデータを用いて視野輝度の動的変化の特徴を分析し、動的変化に応じた表示輝度制御の方式を考案していく予定である。

本論文は、自動車技術会論文集 Vol.44, No.3 (公益社団法人自動車技術会発行) の掲載論文を転載したものである。

参考文献

- 1) 岸本和之, 窪田悟, 鈴木将高, 久保田雄大, 三澤優貴, 山根康邦, 合志清一, 今井繁規, 五十嵐陽一, 松本達彦, 芳賀秀一, 中枝武弘, 「家庭の視聴環境に即した液晶テレビの最適表示輝度」, 映像情報メディア学会誌, Vol. 64, No. 6, pp. 881-890, 2010年
- 2) 坂口靖雄, 樋口和則, 中野倫明, 山本新, 「目の順応特性に基づいた車載ディスプレイの表示方式」, 映像情報メディア学会誌, Vol. 52, No. 4, pp. 520-527, 1998年
- 3) 山本直樹, 内海章, 藤本清, 安部伸治, 松尾典義, 「視覚特性を考慮した車載表示装置の視線連動輝度制御」, 映像情報メディア学会誌, Vol. 35, No. 16, pp. 125-128, 2011年
- 4) 窪田悟, 嶋田淳, 岡田想, 中村芳知, 城戸恵美子, 「家庭におけるテレビの観視条件」, 映像情報メディア学会誌, Vol. 60, No. 4, pp. 597-603, 2006年
- 5) atoru Kubota, Sou Okada, Eiji Sakai, Takayuki Fujioka, "Measurement of light incident on mobile displays in various environments", Journal of Society for Information Display, Vol. 14, No.11, pp. 999-1002, 2006
- 6) 自動車工業会, 「画像表示装置の取り扱いについて改訂第3.0版」, http://www.jama.or.jp/safe/guideline/pdf/jama_guidelines_v30_jp.pdf, 2004年

- 7) 戸自動車安全運転センター,「カーナビゲーション装置による交通情報提供の在り方に関する調査研究(平成12年度調査研究報告書)」, 2001年