

# 二輪車の発見率を向上させる灯火器配置 「FACE」デザインの研究

Study of FACE Design, Lighting System Design for Enhanced Detection Rate of Motorcycles

丸 山 一 幸\*

Kazuyuki MARUYAMA

堤 陽 次 郎\*

Yojiro TSUTSUMI

村 田 裕\*\*

Yutaka MURATA

## 要 旨

四輪車ドライバから見た二輪車の発見を向上させるFACE(Facial Attention for Conspicuity Enhancement)デザインについて説明する。過去の研究で人の脳には顔画像に反応する部位があることが明らかにされており、二輪車の前面デザインに「顔」の要素を取り入れることで二輪車の発見率を向上させる手法を考案した。このFACEデザインのうちシンプルな灯火器の逆三角形三点配置について評価をおこない、その効果を確認した。また、我々はこのデザインの効果を評価するために、実交通環境を模した条件で発見率の評価が可能なシミュレーション手法を開発した。実環境での実験との比較により、このシミュレーション手法が、発見率の評価に利用可能であることがわかった。

## ABSTRACT

The FACE (Facial Attention for Conspicuity Enhancement) design, a lighting system design that enhances motorcycle conspicuity with regard to the detection rate from the view of a driver at night, is described in this paper. Past research has shown that there is part of the human brain that reacts to the image of a face and we thought of a method to enhance the detection rate of a motorcycle by incorporating the element of a face in the front design of the motorcycle. The effect of a simple FACE design, an inverted triangular arrangement of lights, is evaluated and its effectiveness is shown. Moreover, we developed a simulation method that could be used to evaluate the enhanced detection rate of a FACE design motorcycle under conditions that are close to some real traffic environments. The method is evaluated by comparing it with the results of a full-scale test and demonstrates the method could be used to evaluate the detection rate of a motorcycle.

## 1. ま え が き

著者らは日本の交通事故統計<sup>(1)</sup>から二輪車死亡事故のうち四輪車が第一当事者のものを抽出し、その原因の分析をおこなった。その結果、四輪車ドライバの二輪車の見落としが事故の主要因の一つであることがわかった(Fig. 1)。二輪車は四輪車に比べ車体が小さく、トラックなどの大型車両や乗用車と共に走行する混合交通環境下では、相対的に見落とされる可能性が高い。日本では二輪車の見落としへの対策の一つとして1998年に昼間点灯が義務化され、一定の効果を挙げている。しかし、この昼間点灯は四輪車が前照灯を点灯する夜間には効果を期待できない。また、最近では四輪車も昼間点灯を実施している場合や、Daytime Running Lightのような灯火器を装備している車両を街中で見かけることが多くなっており、これらの灯火器についてのルール

策定が各国で進められている。さまざまな形態の灯火器が多種多様の車両に装備されるようになると、相対的に二輪車の被視認性はさらに低下することが懸念される。今後はこのような複雑な混合交通環境下においても、二輪車の被視認性を向上させる施策がよりいっそう求められる。そこで著者らは、人が生まれながら「顔」のような図形に対して高い認識能力を示すことに着目し、二輪車の前面デザインに顔の要素を取り入れることで被視認性を向上させることを試みた。顔の要素を取り込んで被視認性を向上させるこれらの灯火器デザインのことをFACE(Facial Attention for Conspicuity Enhancement)デザインと呼ぶこととした。このFACEデザインのうち、最もシンプルなものを評価し、その効果を確認した。また、この研究のために開発した評価手法の詳細についても後述する。

\* 二輪R&Dセンター

\*\*未来交通システム研究室

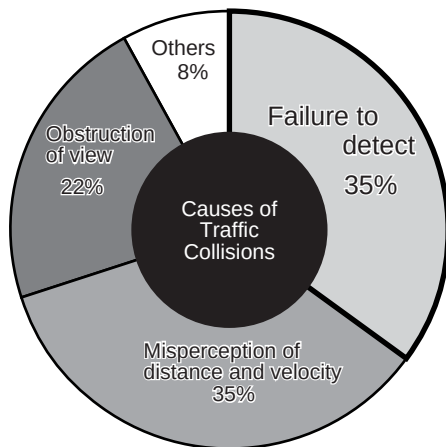


Fig. 1 Analysis of motorcycle traffic accidents in Japan

## 2. 顔の被視認性向上効果

「顔」は人にとって日常で最も頻繁に目にする刺激の一つであり、人は「顔」から視線方向や表情など非常に多くの情報を瞬時に読み取ることができるといわれている<sup>(2)</sup>。このような人を含む霊長類の高度な顔認識能力に関しては、古くから多くの研究がおこなわれており、さまざまなことが明らかにされている。たとえば、過去の研究例ではサルの下側頭葉に、顔画像に反応する部位があることを Bruce は報告している<sup>(2)</sup>。最近では人の脳にも同様の部位が存在することが fMRI を用いた実験で確認されており<sup>(3)</sup>、側頭葉にある紡錘状回の顔領域(Fusiform FACE Area: FFA)や下後頭回の顔領域(Occipital FACE Area: OFA)が顔図形に対して高い感受性を持つことが確認されている<sup>(4)</sup>。このように人の脳には顔の認識に特化した部位が存在するため、人は顔の認知を高速におこなうことができる可能性が高い。著者らはこれらの知見に着目し、人の脳が「顔」のような図形に対して敏感に反応する部位を持つのであれば、二輪車の前面デザインに「顔」の要素を取り入れることで、被視認性が向上する可能性があると考えた。まず、前面デザインに「顔」の要素を取り入れた二輪車の被視認性向上の可能性を探るため、画像を用いて、車群中に存在する二輪車が発見される確率を測定した。Fig. 2(a) は、その実験で用いた前面デザインに「顔」の要素を取り入れた二輪車である(本稿では「顔」の要素を取り入れた二輪車を以後、FACE デザインの二輪車と呼ぶ)。Fig. 2(b) は、比較対照にもちいた前照灯 1 灯の二輪車である。実験では被験者に FACE デザインの二輪車が存在する画像、前照灯 1 灯の二輪車が存在する画像、二輪車が存在しない画像のどれかをランダムに 0.5 秒間提示し、画像中に二輪が存在したかどうかを手元にあるボタンを押して回答してもらった。画像提示後は被験者が回答するまで黒い画面を提示した。被験者は日常的に自動車の運転をおこなう 5 名(20 歳代から 40 歳代の男性 4 名、20 歳代の女性 1 名)で、被験者 1 名あたり、144 回の測定をおこなった。測定の結果を、Fig. 3 に示す。

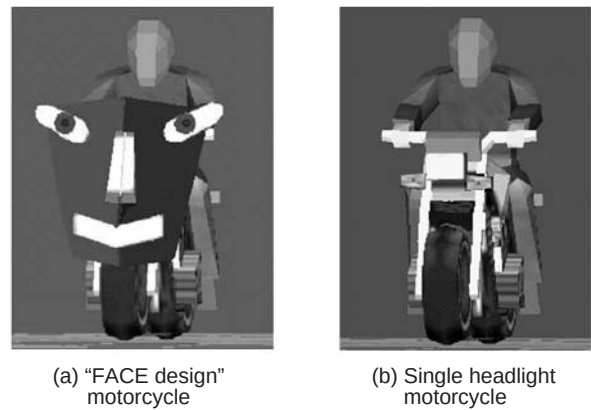


Fig. 2 Motorcycles used for providing our hypothesis that FACE design enhances conspicuity

Fig. 3(a) は、被験者が二輪車を発見できた平均確率、発見率を示している。比較対照とした前照灯 1 灯の二輪車の発見率は 47.6%であり、FACE デザインの二輪車の発見率は 91.4%という結果であった。Fig. 3(b) は、被験者に二輪車の画像が提示されてから、回答ボタンを押すまでの平均時間、反応時間を示している。前照灯 1 灯の二輪車の場合の反応時間は 910 ms であり、FACE デザインの二輪車の場合の反応時間は 706 ms という結果であった。以上の実験の結果から、前照灯 1 灯の二輪車に対し、FACE デザインの二輪車は発見に関する被視認性が向上する可能性があることが確認できた。

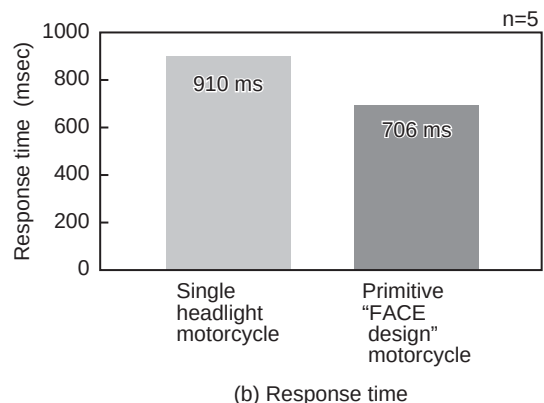
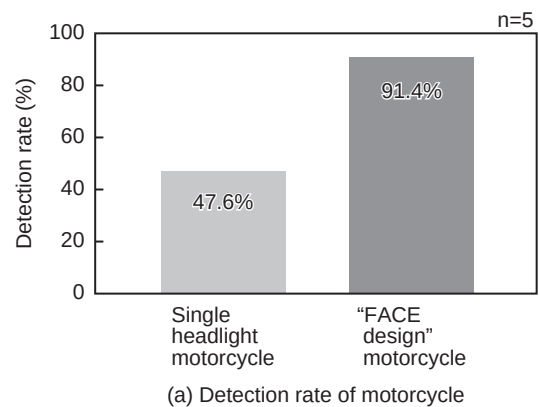


Fig. 3 Enhanced conspicuity by FACE design

### 3. 二輪車発見率評価手法

菅原らは fMRI を用いて脳の賦活を測定し、二輪車の前面デザインの顔らしさが定量評価できる可能性を確認している<sup>(5)</sup>。しかし、fMRIは装置が大掛かりで、実交通環境下での測定には使用できない。一方、トラックなどの大型車両や乗用車などの実車を用いて混合交通環境を再現し、二輪車の発見に関する被視認性を測定するのは困難である。そこで著者らは CG 画像を用いて実交通環境と同じような視認環境下で、四輪ドライバーが二輪車を発見できる確率(以後発見率)が測定できるシミュレーション手法を開発した。

夜間の発見率を測定するためには、灯火器の表現手法が重要と考えられる。前照灯など光度が高いものは、発光することで生じる視覚現象“グレア(眩惑)”で灯火器の形状を認識することは難しい。被視認性の評価には灯火器の見え方も含めた、総合的に評価できる手法が必要である。本手法では「コントラスト比」と「グレアの表現」が重要であると考え、これらに着目した。これらを実交通環境と合わせ込み、実交通環境に近い視認環境を再現した CG 画像を作成し、この CG 画像を用いて発見率を評価するシミュレーション手法を開発した。このシミュレーション手法の有効性を検証するために、実車との比較が可能なテストコースをベースとして CG 画像を作成し、実車との比較実験をおこなった。以下に CG 画像の作成手法と、実車での実験と CG 画像での実験の比較結果について説明する。

#### 3.1. コントラスト比

過去の類似の研究では、実環境と CG 画像のコントラスト比を整合させることで、短時間提示時の二輪車の発見率が測定できるとの報告がある<sup>(6)・(8)</sup>。本研究でもこの手法に倣い、CG 画像のコントラスト比を実環境と合わせ込んだ。まず、我々はテストコースの CG 画像の作成をおこなった。テストコースをベースとすることで実車でも同様のテストがおこなえ、CG 画像によるシミュレーション手法の妥当性を検証することが容易なためである。CG 画像を作成するに当たり、CG 画像を表示するディスプレイの位置やコントラスト比等の性能が重要である。ディスプレイは視野の水平方向の画角が 45 度となるように、視点から 1.3 m の距離に設置することを想定した。CG 画像の視点の高さは路面から 1.2 m である。テストコースでの実測輝度は路面暗部で 1 cd/m<sup>2</sup>、ヘッドライトが 1500 cd/m<sup>2</sup> から 3000 cd/m<sup>2</sup> であった。以上より実質コントラスト比3000以上のディスプレイが必要である。実環境にコントラスト比を整合させるには CG 画像を提示するディスプレイのコントラスト比が重要になる。我々は CG 画像の提示に我々が要求する性能を満たすプラズマディスプレイを用いた。このディスプレイのサイズは 50 インチで、輝度は暗部で 0.1 cd/m<sup>2</sup>、明部で 400 cd/m<sup>2</sup> であり、実質のコントラスト比は 4000 で要

求を満足する。このディスプレイを用い、製作したテストコースの CG 画像のコントラスト比を、実環境と合わせ込んだ。

#### 3.2. グレア(眩惑)

本研究で着目したもう一つの視覚現象がグレアである。グレアとは人が明るい光を見た時に、その光源の回りに発生する放射状の光や白くぼやける現象のことである。しかし、CG 画像を表示するディスプレイの輝度は物理的な限界があるため、このグレアを実際に発生させることは難しい。その代替として CG 画像ではグレアを人為的に付加することにより、高輝度の光を擬似的に表現することがしばしばおこなわれている<sup>(9)・(13)</sup>。本研究でもこのような手法を参考にし、あらかじめ計算により作製されたグレアパターンを挿入する手法を用いた。このグレアパターンは、後述する実環境と CG 画像の比較実験で妥当性が示されている。以上を踏まえ、作成したテストコースの CG 画像が Fig. 4 である。

#### 3.3. CG 画像と実車による実験の比較

著者らは CG 画像によるシミュレーション手法が有効であるかを検証するため、CG 画像による実験と実車による実験をおこない、結果を比較した。Fig. 5は実車での実験状況である。



Fig. 4 CG example of test track



Fig. 5 Experiment scene at test track

実験には四輪車4台、二輪車1台を用いた。二輪車は前照灯1灯の二輪車と、前照灯1灯と上部補助灯火器(5 W 16 cd) 2灯で逆三角形三点配置を構成した仕様の二輪車を用いた(Fig. 6)。逆三角三点配置を用いたのは顔を想起させる最も単純な図形配置の一つと報告されている<sup>(14)</sup>からである。実験には Fig. 7 に示す4種の車列を用いた。それぞれの車列につき、前照灯1灯の二輪車が存在する場合、逆三角三点配置の二輪車が存在する場合、二輪車が存在しない場合を用意し、それぞれのパターンに対して2回、合計24回の測定をおこなった。被験者に提示される車列パターンはランダムである。視認時間は 0.5 秒とし、被験者にメトロノームの周期に同期して車列を観察させることで調整をおこなった。被験者には四輪車と二輪車の配置を答えてもらい、台数と配置が合っているもののみを正解とした。被験者は日常的に運転をおこなう 20 歳代から 40 歳代の男性 16 名である。Fig. 8 は CG 画像による実験と実車による実験との二輪車の発見率についての結果の比較である。結果は自動車の台数などの環境的要因の影響を少なくするために、逆三角三点配置の二輪車の発見率を前照灯1灯の二輪車の発見率で割った値で示してある。検定をおこなった結果、5

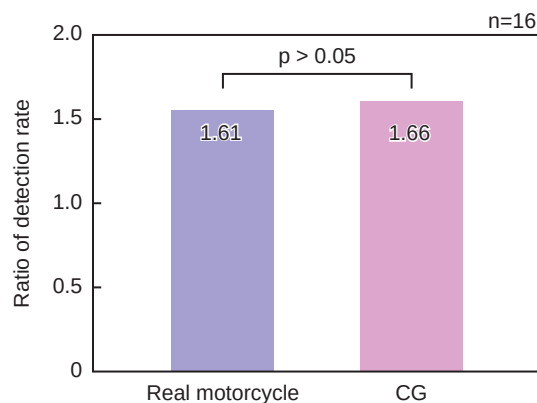


Fig. 8 Comparison of detection rate between real motorcycle and CG

%水準で有意差がない結果となった。このことからシミュレーション手法による検証手法が有効であると考えられる。

#### 4. 評価に用いた実交通環境

実交通環境での評価をおこなうために、実在する交差点をモデルとして CG 画像を作成した。片側4車線で夜間の交通量が非常に多く、二輪車も多数走行する、実在する交差点をモデルとした(Fig. 9)。Fig. 10は前述の手法に従って、製作した CG 画像の例である。CG 画像の視点位置は交差点中央で右折待ちしている四輪車ドライバの視点に合わせてある。二つのモデル交差点を用意し、各交差点ごとに四輪車の配列が異なる画像を7種類作成した。これら14枚の画像に対して、更に二輪車の配置が異なるものを1-3種作成し、合計で28枚の画像を作成した。二輪車の配置は視点から 20 - 140 m の距離に設定した。基準となる前照灯1灯の二輪車が存在する画像が 28 枚、FACE デザインの二輪車が存在する画像が 28 枚、二輪車が存在しない画像が 28 枚、合計で 84 枚の画像を作成した。

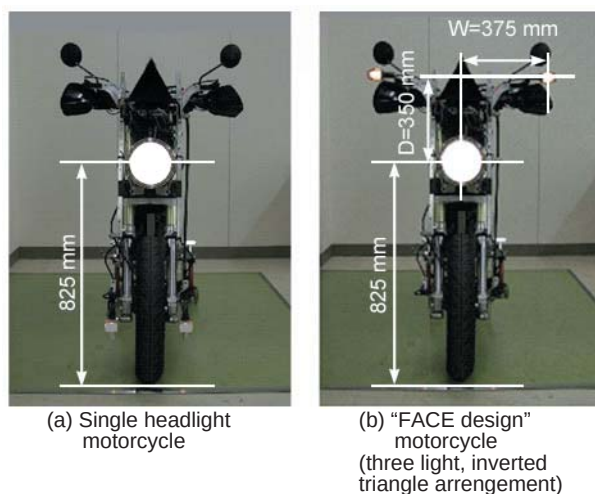


Fig. 6 Motorcycles used for experiment

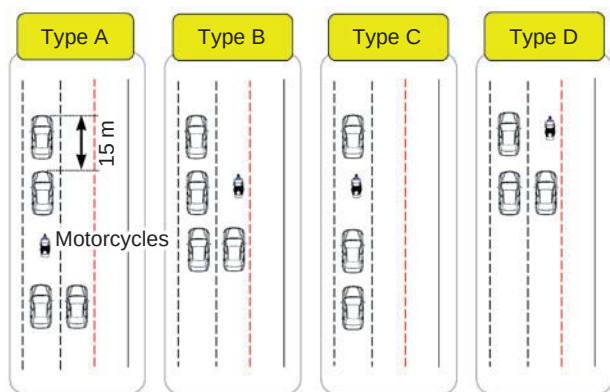


Fig. 7 Arrangements of vehicles used for tests



Fig. 9 View of intersection



(a) Example A



(b) Example B

Fig. 10 Examples of CG simulations

## 5. 顔要素の効果

実在する交差点をモデルとしたCG画像を使用し、FACEデザインの発見率測定をおこなった。測定したFACEデザインは逆三角三点配置である。前照灯から補助灯火器までの水平方向の距離  $W$  を 375 mm、垂直方向の距離  $D$  を 350 mm とした。また、灯火器の個数による発見率への影響と配置による影響を区別するため、対照条件として  $W$  を 375 mm、 $D$  を 0 mm とした配置の二輪車も測定した。補助灯火器 (Additional light) の光度は両者とも 16 cd であり、色は白色である。補助灯火器はモデルとしたポジションランプの配光特性を反映し輝度調整をおこなってある。また、基準として前照灯 1 灯の二輪車を同時に測定した。測定装置の構成は Fig. 11 である。

被験者にはこの 84 枚の画像をランダムに 0.5 秒間提示し、二輪車の存在の有無を回答させた。ハンドルには回答用のスイッチが二つあり、二輪車の存在が確認できた場合は一方のスイッチを可能な限り早く押し、二輪車の不在が確認できた場合はもう一方のスイッチを押すことで回答させた。画像提示後は被験者が回答するまでの間は黒い画面を提示した。被験者 1 名あたり、各画像につき 2 回、合計 168 回の測定をおこなった。被験者は日常的に運転をおこなう 20 歳代から 40 歳代の男性 12 名である。

評価の対象は二輪車までの距離が 80 m 以上のものとした。我々の過去の研究で、右折時のドライバの右折判断が変

化する平均距離が 80 m であり<sup>(15)</sup>、それまでに発見されることが重要だと考えたためである。

測定結果を Fig. 12 に示す。グラフでは前照灯 1 灯の二輪車に対する発見率倍率で示してある。FACE デザインである逆三角三点配置 ( $W=375$  mm,  $D=350$  mm) の発見率倍率は 2.4 倍であった。また、対照条件の配置 ( $W=375$  mm,  $D=0$  mm) の発見率倍率は 1.6 倍であった。以上の結果から前照灯と補助灯の逆三角三点配置により発見率が向上する可能性が示された。

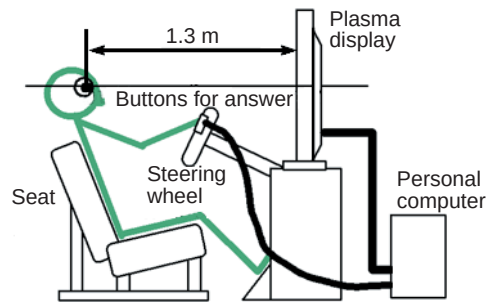


Fig. 11 Composition of experiment system

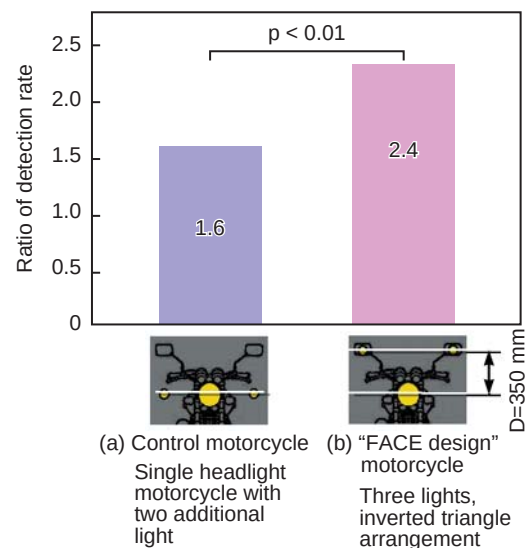


Fig. 12 Comparison of detection rate between FACE design and control motorcycle

## 6. まとめ

顔を想起させる最も単純な図形の一つである逆三角三点配置のFACEデザインは、四輪車ドライバから見た二輪車の発見率を向上させることができる可能性が示された。FACEデザインを評価するために開発した実交通環境を表現したシミュレーション手法を用いた実験で、逆三角三点配置のFACEデザインの発見率は、前照灯 1 灯の二輪車に対して 2.4 倍となった。今後は多種多様な交通環境下で、二輪車の発見率を向上させるFACEデザインについて取り組んで行きたい。

## 参考文献

- (1) (財)交通事故分析センター：交通事故統計年報平成15年度版(2003)
- (2) Bruce, C. et al.: Visual properties of neurons in a polysensory area in superior temporal sulcus of the macaque, *Journal Neurophysiology*, Vol.46, p.369-384 (1981)
- (3) Kanwisher, N. et al.: The fusiform face area : A module in human extrastriate cortex specialized for face perception, *Journal Neuroscience*, Vol.17, p.4302-4311(1997)
- (4) Haxby, J. V. et al.: The distributed human neural system for face perception, *Trends in Cognitive Science*, Vol.4, p.223-233(2000)
- (5) Sugawara, T. et al.: Enhancement of Motorcycle Conspicuity Using Brain Activities, *Review of Automotive Engineering*, Vol.27, No.3(2006)
- (6) Blackwell, H.: Contrast thresholds of the human eye, *Journal of the Optical Society of America*, 36, 624-643 (1946)
- (7) Witus, G., Gerhart, G. Ellis, R.: Contrast model for three-dimensional vehicles in natural lighting and search performance analysis, *Optical Engineering*, 40., 1858-1868
- (8) Arnow, T., Geisler, W.: Visual detection following retinal damage, Predictions of an inhomogeneous retino-cortical model, *Proceedings of SPIE*, 2674, p.119-130
- (9) Shinya, M., Saito, T., Takahashi, T.: Rendering techniques for transparent objects, *Proc. Graphics Interface*, 89 p.173-182(1989)
- (10) Nakamae, E., Kaneda, K., Okamoto, T., Nishita, T.: A lighting model aiming at drive simulators, *Proc. SIGGRAPH 1990*, Vol. 24, August, p.395-404(1990)
- (11) Spencer, G., Shirley, P., Zimmerman, K., Greenberg, D. P.: Physically-based glare effects for digital images, *Proc. SIGGRAPH*, August, p.325-334(1995)
- (12) Rokita, P.: A model for rendering high intensity lights, *Computers & Graphics*, Vol. 17, No. 4, p.431-437(1993)
- (13) Debevec, P. E., Malik, J.: Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs, *Proc. SIGGRAPH*, August, p.369-378(1997)
- (14) Yamane, S.: Population of neurons discriminate human faces, *Information Processing in Brain*, p.665-671(1994)
- (15) Tsutsumi, Y., Maruyama, K.: Long lighting system for enhanced conspicuity of motorcycles, *ESV2007*, 07-0182 (2007)

## ■ 著 者 ■



丸 山 一 幸



堤 陽次郎



村 田 裕