

顔パターンに誘発される脳活動を利用した 二輪車の被視認性向上の研究

Enhancement of Motorcycle Conspicuity Using Brain Activities Induced by the Facial Image Stimuli

菅原 卓*
Takashi SUGAWARA
櫛田 和光***
Kazumitsu KUSHIDA

松本 善行* 木村 真弘**
Yoshiyuki MATSUMOTO Masahiro KIMURA
村田 裕***
Yutaka MURATA

要 旨

人間は顔に対し特異的な認識能力を有し、複雑な環境からも瞬時に顔を探索し得る。この能力を活かして、灯体の形状、配置から有機的な顔を造形し、二輪車の被視認性を向上させるデザイン手法を提案した。

fMRIによる脳計測実験の結果、側頭葉顔認識領域に選択的な活動が見られ、本デザインがヒトの顔と同様に、脳の顔パターン処理部を強く刺激することを確認した。

ABSTRACT

Humans have a special ability for recognizing the face. We have proposed a new motorcycle design technique to enhance search performance using this ability. This technique uses shape recognition and light positioning.

Some experiments were carried out to measure brain activity while showing facial image stimuli. Results showed significant activity in the lateral fusiform gyrus (FFA). This implies that the brain analyzes our facial image stimuli as a human face.

1. まえがき

平成10年度の交通事故統計⁽¹⁾から二輪車死亡事故(四輪車が第一当事者のもの)を抽出し分析した結果、四輪車ドライバの二輪車見落としが、接近速度の誤認識とともに事故の主たる要因であることがわかった(Fig. 1)。

見落としを防止するためには二輪車の昼間点灯が被視認性を高めることに効果的である。しかし、昼間点灯がトラックやバスへ拡大したことにより、二輪車の被視認性が相対的に低下する事態が懸念されており、その対応として、昼間点灯のルール策定が各国で進められている。

一方、近年の脳研究の結果、特定のパターンに敏感に反応する脳部位(ニューロン)の存在が報告されており、サルにおいては1968年の「手ニューロン」⁽²⁾に続き、1981年には「顔ニューロン」が報告されている⁽³⁾。

本研究では、ヒトが持つ顔パターンの処理能力を活かして、二輪車の被視認性を向上させる手段を提案すると共に、

ヒトが心理的に感じ取る顔らしさの定量的比較が可能であることを脳計測実験より示す。

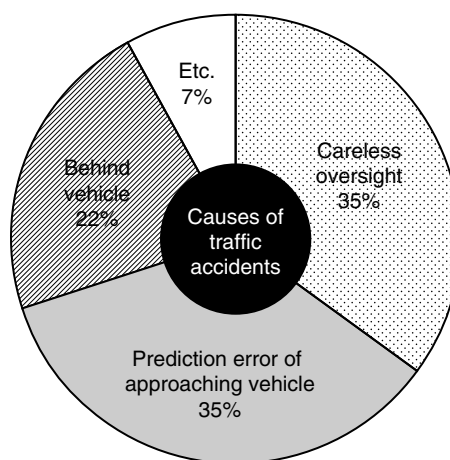


Fig. 1 Analysis of traffic accidents

* 和光基礎技術研究センター

** Honda Research Institute Japan

***朝霞研究所

2. 提案

2.1. ヒトの顔パターン処理能力

functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) による非侵襲脳計測技術の進歩から、ヒトを傷つけることなく脳活動を見ることが可能となり、サルと同様ヒトも顔パターン処理をおこなう脳部位を持つことが明らかになってきた。最新の研究では、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) が顔パターンに対して高い感受性を持つことが確認されている^{(4)・(6)}。

この脳部位は顔パターンの探索においても能力を発揮し、たとえばヒトは Fig. 2 のようなシーンから容易に顔を探し得る。また Lewis らは、ヒトの顔パターンは異なるパターンのグループからポップアウトして探索されるとの報告をおこなっている⁽⁷⁾。

特筆すべきは、ヒトのこれらの能力はすべてのヒトが特に訓練無しに身につける能力で、その行使にも特段の心的負荷を必要としない点である。

2.2. 二輪車デザインの提案

Bruce らは、顔および顔から目や口などの各種顔パーツを取り去った画像をサルに見せ、その際の下側頭葉のニューロン活動を記録した⁽³⁾。その結果、目や口を隠した画像では、ニューロン活動に有意な低下が見られた。また、fMRI によるヒトの脳計測では、提示した顔画像に感情(喜怒哀楽など)が含まれると FFA 領域の活動が活発化することが報告されている⁽⁸⁾。表情の違いによる顔探索効率の違いを測定した Fox らの実験⁽⁹⁾によれば、「怒り顔」の探索は、そうでない表情の探索よりも高速であった。これらの知



Fig. 2 Hidden face images

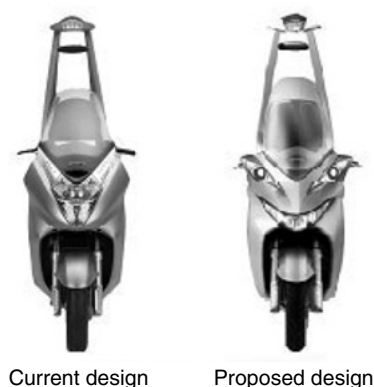


Fig. 3 Design proposal

見から、今回我々は脳をより効率良く刺激するためのデザインとして、Fig. 3 のような二輪車デザインを提案する。本デザインでは、ホンダ ASV 実験車の前面カウルに、灯体形状を工夫して顔を強調した造形を取り入れ、口部が主灯体、目部が方向指示器とポジションランプの構成とした。

このようにデザインされた二輪車は、ヒトの高度な顔パターン処理能力により複雑な交通環境の中でも容易に発見可能となり、被視認性も四輪車に対して相対的に向上することが期待できる。

3. 実験

3.1. 実験の目的

fMRI を使った脳計測実験において、

- (1) 脳活動部位の比較により、提案したデザインが、ヒトの顔と同様に脳の顔パターン処理部位を刺激していることの確認
- (2) 脳活動量の測定により、提案したデザインと、ヒトの顔や通常の二輪車デザインの顔らしさの定量的な比較をおこなう。

3.2. fMRI

fMRI (functional (機能的) MRI) は、生体構造を測定する解剖 MRI とは異なり、脳活動・機能を測定するものである。非侵襲的に測定がおこなえるため、繰り返し実験においても被験者にかかる負担が少ない。

3.3. 被験者

本実験は社内から被験者を募り、健康者の男女 6 名で測定をおこなった(男性: 5 名, 女性 1 名; 年齢層は 20 代から 40 代)。

なお、被験者に対して実験の目的や倫理・安全面の説明を十分にした上で、インフォームドコンセントを得て実験協力の同意文書に署名をもらい、実験をおこなった。

3.4. 実験概要

本実験では、被験者は MRI 装置 (Fig. 4) の中で応答用押しボタンを持った状態で仰向けになる。画像による刺激は



Fig. 4 MRI apparatus

鏡を通して装置内に設置されたスクリーンに提示される。被験者のタスクは提示された一連の画像を見ながら、直前の画像との一致／不一致をボタンによって答えることとした(1-Back task)。

刺激画像の画角は Fig. 5 のように水平 13° 、垂直 10° (650 x 500 pixel)とした。

3.5. 実験に使用した画像

実験には6種類のカテゴリを使用し(Fig. 6)、各カテゴリは異なる20枚のグレースケール画像(256階調)を用意した。

1. FBK(顔らしい二輪車)
2. BK(従来の二輪車)
3. NFBK(顔らしくない二輪車)
4. HF(ヒトの顔)
5. NHF(輪郭だけの顔)
6. OBJ(顔と無関係のオブジェクト)

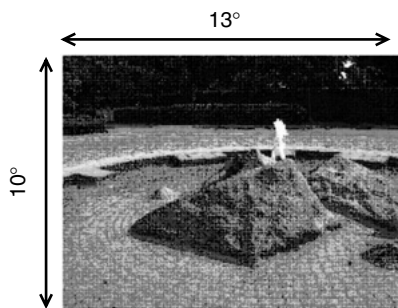


Fig. 5 Stimulation size



Fig. 6 Examples of stimuli

3.6. 実験デザイン

今回の実験デザインは、fMRIで脳活動状態を測定する基本的実験プロトコルであり、比較的少人数の被験者でも信頼性の高い結果が出やすいとされている、ブロック型の課題デザインを用いた。

課題は6セッションに分け、各セッションは約4分間で、刺激の順序効果を考え、6種類のカテゴリをランダムな順番で提示した。各セッションの最初と最後および、カテゴリ間には画面中央に固視対象(黒地に白の十字パターン)を提示した(Fig. 7)。

セッション内の刺激は1秒間の基本刺激画像(725msのカテゴリ画像と 275msの固視点)(Fig. 8)で構成されている。

各カテゴリの刺激は、16枚の基本刺激画像で構成され、被験者の意識、刺激画像への注意を一定に保つため、ランダムに同一画像の刺激を連続して与え、一致／不一致をボタンで答えさせるタスクを与えた(1-Back task)(Fig. 9)。

各被験者について、6セッションの実験を2回おこなった。1回(6セッション)の正味時間は約23分で(Fig. 10)、準備を含め約40分とした。

3.7. fMRI 撮像と解析方法

ATR脳活動イメージングセンター所有の島津 Marconi 社製、MAGNEX ECLIPSE 1.5T Power Drive250を使用した。

今回の実験では、まず与えた刺激画像で脳のどの部位が

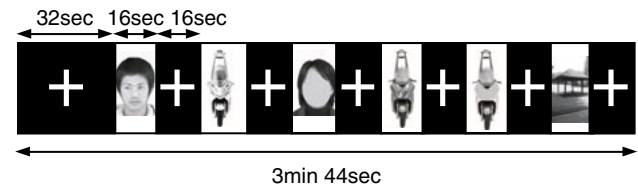


Fig. 7 Session of stimuli

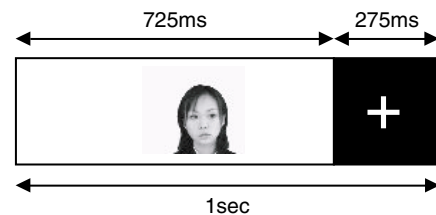


Fig. 8 Element of stimulus

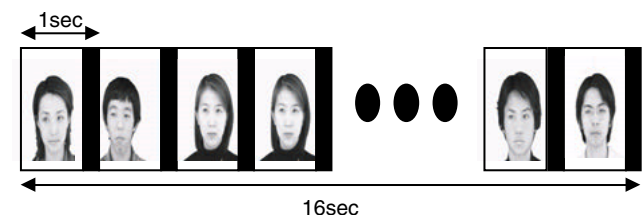


Fig. 9 Category of stimuli

活動しているかを見る必要から、ヒトの全脳の活動を捉えられる撮像パラメータを設定した(Table 1)。

今回、被験者トータルの傾向を解析するには6名では十分なので、個人毎の解析をおこなった。

解析には、fMRI データの標準的な統計処理解析ソフトウェアである SPM2(Statistical Parametric Mapping, Wellcome Institute of Cognitive Neurology, London, UK)⁽¹⁰⁾を用いた。解析処理は、fMRI データの一連の前処理部と、有意な脳活動であるか否かの統計的な仮説検定部から構成される。

前処理としては、Realignment: 頭の動きによる位置変化の補正, Normalization: 標準脳への線形, 非線形変換, Smoothing: 半値幅 10mm の Gaussian フィルター処理をおこなった。

統計的な仮説検定部における T 検定の危険度率は $P < 0.05$ (FWE 補正)とした。活動部位の確認は Voxel 座標(X, Y, Z)をタライラッハ座標(Talairach coordinates: X' , Y' , Z')に変換し, atlas of Talairach and Tournoux⁽¹¹⁾にておこなった。変換式は以下に示す。

$Z \geq 0$ の場合

$$X' = 0.9900 X$$

$$Y' = 0.9688 Y + 0.0460 Z$$

$$Z' = -0.0485 Y + 0.9189 Z$$

$Z < 0$ の場合

$$X' = 0.9900 X$$

$$Y' = 0.9688 Y + 0.0420 Z$$

$$Z' = -0.0485 Y + 0.8390 Z$$

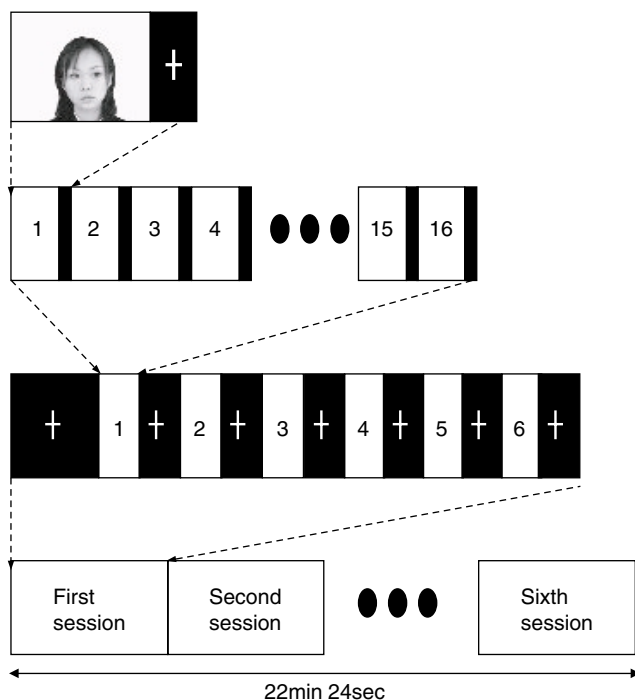


Fig. 10 Experimental design

Table 1 Parameters of fMRI

TR	4 000 ms
TE	50 ms
Flip angle	90°
FOV	192 mm
Slice thickness	3 mm (1 mm gap)
MATRIX size	64 × 64
Slice number	30

確認する脳部位は顔パターン処理部位である FFA, OFA であり、以下にその場所を示す。

Fusiform Face Area(FFA): 紡錘状回の顔領域

- The middle lateral fusiform gyrus
- ブロードマン 37 野(BA 37)

Occipital Face Area(OFA): 下後頭回の顔領域

- The inferior occipital gyrus
- ブロードマン 19 野(BA 19)

活動量の解析には、Blood Oxygen Level Dependent (BOLD) signal change に準ずる値を使用した(SPM2, Contrast estimates and 90% C.I.の値をもとに算出)。BOLD signal change は脳活動に伴う神経代謝や脳血流量の変化を間接的に捕らえている値であり、血液中の酸素消費量の変化率である⁽¹²⁾。

4. 結果と考察

4.1. 脳活動部位の確認

個人解析の代表例として、解析で得られる脳機能画像(以下コントラスト)を Fig. 11, Fig. 12 に示す。Fig. 11 が HF と OBJ のコントラスト, Fig. 12 が FBK と OBJ のコントラストであり、黒丸の場所に FFA の賦活を確認した。

Table 2に、賦活した FFA の座標(Talairach coordinates), 検定の危険度率(Voxel-level), 領域の大きさ(Cluster-level)を示す。

さらに、3名の被験者(Subject B, Subject C, Subject D)では、右側の OFA の賦活が FBK と OBJ のコントラストにおいて確認できた(Table 3)。

これらの結果から、被験者6名中4名で、FBK と HF がほぼ同じ脳活動によって処理されていることを示唆するデータを得た。残りの2名の被験者については、統計的な有意差を伴う賦活を確認することはできなかった。

なお、BK と OBJ, NFBK と OBJ のコントラストについては、すべての被験者において、FFA, OFA に統計的に有意な賦活を確認できなかった。

4.2. 活動量の解析

4.1. 節で FFA, OFA 領域に賦活を確認できた4名の被験者について、6種類のカテゴリ間の活動量解析をおこなっ

Table 2 Right fusiform face area activated (SubjectA) activated (SubjectA)

Contrast	Subject	Talairach coordinates			Voxel-level	Cluster-level
		X'	Y'	Z'	P _{FWE-CONT}	K _E
HF-OBJ	A	48	-57	-11	0.000	25
FBK-OBJ	A	50	-57	-11	0.001	15

Table 3 Right occipital face area activated (SubjectB, SubjectC, Subject D)

Contrast	Subject	Talairach coordinates			Voxel-level	Cluster-level
		X'	Y'	Z'	P _{FWE-CONT}	K _E
FBK-OBJ	B	42	-72	-11	0.023	3
	C	55	-67	-13	0.031	3
	D	44	-66	-7	0.013	6

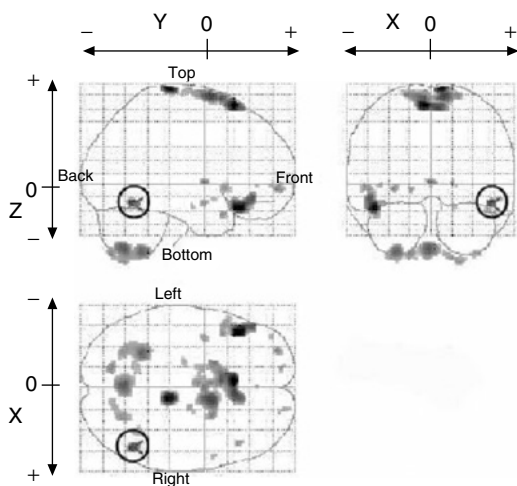


Fig. 11 Contrast image (Subject A: HF - OBJ)

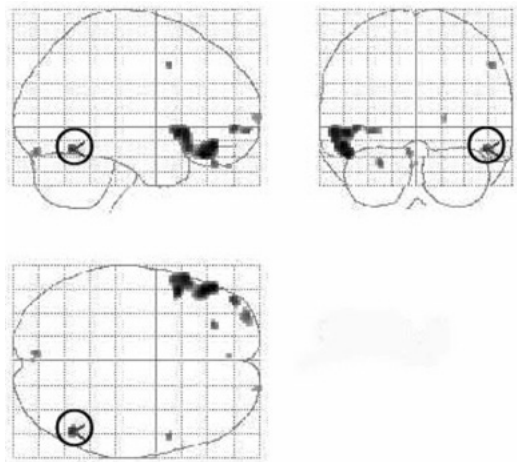


Fig. 12 Contrast image (Subject A: FBK-OBJ)

た結果を示す(Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16). 各グラフのエラーバーは標準誤差(SE)を表す。

4名ともに、FBK が HF と同程度のレベルの活動を示し、BK や NFBK は FBK に比べて活動レベルが低い傾向にあった。また、4名の被験者すべてで、カテゴリ

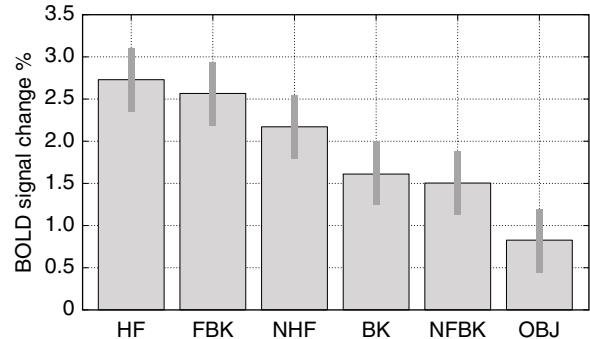


Fig. 13 BOLD signal change (Subject A)

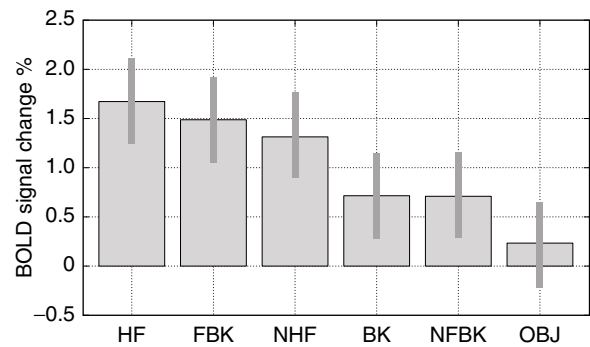


Fig. 14 BOLD signal change (Subject B)

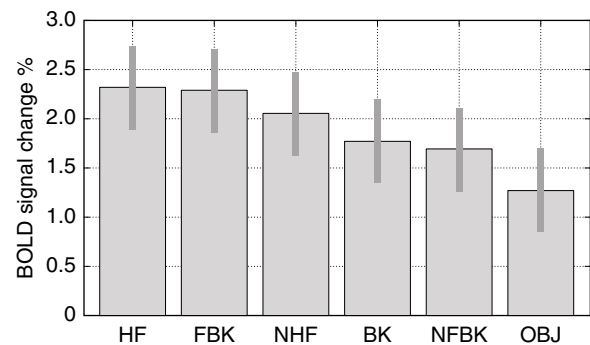


Fig. 15 BOLD signal change (Subject C)

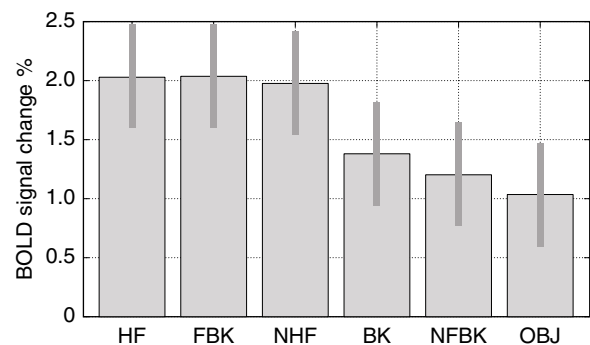


Fig. 16 BOLD signal change (Subject D)

活動量が HF > FBK > NHF > BK > NFBK > OBJ の順となった。

以上の結果から、今回我々が提示した FBK のデザインがヒトの顔と同等の脳活動を引き起こすことが、実験的に明らかになった。また、今回脳活動の定量的指標として用いた FFA, OFA 部の BOLD signal change 値が、顔らしさの評価指標としての可能性を持つことを示した。

5. まとめ

ヒトの顔パターン処理能力を活かした二輪車の被視認性向上デザイン技術を提案し、その効果を評価するため fMRI による脳活動計測をおこなった。その結果、我々の提案したデザインはヒトの顔と同様に、脳の顔パターン処理部を刺激することを確認した。これにより、新しい被視認性向上の可能性を実験的に示すことができた。さらには、ヒトが心理的に感じ取る顔らしさの定量的比較が可能であることを示すことができた。今後はさらに多くの被験者による測定に取り組み本提案の妥当性を検証していくとともに、実車、実環境による効果確認を進めていきたい。

なお、本論文で使用した顔画像データは、財団法人ソフトピアジャパン研究開発グループ地域結集型共同研究推進室から使用許諾を受けたものである。権利者に無断で複写、利用、配布等をおこなうことは禁じられている。

最後に、本研究をおこなうにあたり、適切な助言を頂いた鹿児島大学教育学部川畑秀明助教授に感謝する。

参考文献

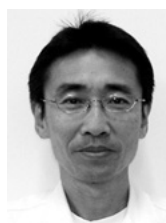
- (1) (財)交通事故分析センター：交通事故統計年報 平成10 年度版(1998)
- (2) Gross,C.G., et al.: Visual properties of neurons in inferotemporal cortex of the macaque, Journal Neurophysiology, Vol.35, p.96-111(1972)
- (3) Bruce,C., et al.: Visual properties of neurons in a polysensory area in superior temporal sulcus of the macaque, Journal Neurophysiology, Vol.46, p.369-384 (1981)
- (4) 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)
- (5) Halgren,E., et al.: Location of human face-selective cortex with respect to retinotopic areas, Hum. Brain Mapp. Vol.7, p.29-37(1999)
- (6) Haxby,J.V., et al.: The distributed human neural system for face perception, Trends in Cognitive Science, Vol.4, p.223-233(2000)
- (7) Michael,B.L., et al.: Localisation and detection of faces in

naturalistic scenes.,

<http://www.cardiff.ac.uk/psych/home/lewismb/projects/posterEVCP2.pdf>

- (8) Geday,J., et al.: Emotional valence modulates activity in the posterior fusiform gyrus and inferior medial prefrontalcortex in social perception, Neuroimage, Vol.18, p.675-684(2003)
- (9) Fox,E., et al.: Facial Expressions of Emotion: Are Angry Faces Detected More Efficiently?, Cognition & Emotion, Vol.14, p.61-92(2000)
- (10) SPM home page: <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>
- (11) Talairach , Tournoux : Co-Planar Stereotaxic, Atlas of the Human Brain, Stuttgart, Thieme, p.122(1998)
- (12) ATR BAIC (Brain Activity Imaging center): fMRI について, http://www.baic.jp/fmri_j.html/

■ 著 者 ■



菅原 卓



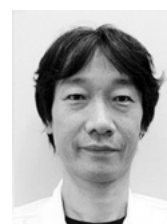
松本 善行



木村 真弘



櫛田 和光



村田 裕