

論文・解説

25

自動車の窓枠形状が感性に関わる脳活動に与える影響

Effect of the Shape of a Front Window Frame
on Brain Activity Related to Kansei

岡本 宜久 ^{*1}	笹岡 貴史 ^{*2}	吉田 敏宏 ^{*3}	岩瀬 耕二 ^{*4}	千葉 正基 ^{*5}
Yoshihisa Okamoto	Takafumi Sasaoka	Toshihiro Yoshida	Kouji Iwase	Masaki Chiba
道田 奈々江 ^{*6}	岸 篤秀 ^{*7}	西川 一男 ^{*8}	山脇 成人 ^{*9}	農沢 隆秀 ^{*10}
Nanae Michida	Atsuhide Kishi	Kazuo Nishikawa	Shigeto Yamawaki	Takahide Nouzawa

要 約

従来、フロントウィンドウ周りのAピラー、フロントヘッダー、インパネ上端などで構成される窓枠形状の違いが運転しやすさや楽しさに影響することが知られていた。例えば、Aピラーの傾きが小さく、長方形に見える窓枠（長方形窓枠）は運転しやすく、Aピラーの傾きが大きく、逆台形に見える窓枠（逆台形窓枠）は運転しにくいとフィーリング評価されていた。

そこで、MRI（Magnetic Resonance Imaging）による脳計測で、そのメカニズムの解明を試みた。実験では、それぞれの窓枠越しに見える模擬走行環境の動画上に、ランダムなタイミングでターゲットを提示し、ターゲットが提示されたら、できるだけ早くボタンを押すタスクを課して機能的MRI計測を行うとともに、ワクワク感の主観評価を取得した。

結果、逆台形窓枠は、長方形窓枠と比べて、Aピラー近くに提示されたターゲット検出において、反応時間の増大と、注意をコントロールする機能を有する脳部位における有意な活動が見られた。またこの部位の活動は、運転経験が長い被験者群において、ワクワク感と負の相関がみられた。

以上から、長方形窓枠は、逆台形窓枠と比較して、注意コントロール負担が小さいため運転しやすく、ドライバーにワクワクする良い感性状態を提供できると考えられる。

Summary

The shape of a front window frame is formed by A-pillars, a front header, an upper surface of the instrument panel, and others. It is known to affect the ease and pleasure of driving operation; however, the underlying mechanism in the brain is unknown. Hence, in this study, we conducted experiments to elucidate this mechanism using magnetic resonance imaging (MRI).

During the experiment, targets were presented at random on a driving-simulating animation of the outside of a vehicle, viewed through two types of window frames with a differently angled A-pillar. The participants pressed a button as quickly as possible when the target appeared. In addition, they performed subjective ratings on their level of excitement.

The results showed that the reaction times to detect the target presented near the A-pillar were extended when the pillar was tilted. In relation to the increase in reaction times, the brain region, which is suggested to be involved in controlling visual attention, was activated. In addition, the activity of this region was negatively correlated with the subjective ratings of excitement in the participants who had considerable driving experience.

From the above results, adopting the “rectangle-shaped front window” as a basic policy will create good Kansei conditions that will decrease the burden of attention control and eliminate the hindrance to excitement.

*1,3,4,6~8,10 技術研究所

Technical Research Center

*5 統合制御システム開発本部

Integrated Control System Development Div.

*2,9 広島大学大学院 医歯薬保健学研究科 精神神経医科学

Graduate School of Biomedical & Health Sciences, Department of Psychiatry and Neurosciences, Hiroshima University

1. はじめに

自動車のドライバーは、フロントウィンドウ周りのAピラー、フロントヘッダー、インパネ上端などで構成される窓枠を介して、外界を見て運転している。これまで、窓枠の形状の違いが運転しやすさに影響することは、フィーリング評価によって判っていたが、なぜそのような影響が生じるのか、そのメカニズムは不明であった。

そのメカニズムが解明できれば、意のままの走りにつながる運転のしやすい窓枠周りのデザインを、人間の特性に基づいて、なぜそのようなデザインになっているかという意味的価値とともに、お客様に提供することができる。

そこで、この人間に内在する窓枠越しの外界認知メカニズムの解明に取り組んでいる。そのためには、窓枠の違いが、脳における外界の認知や注意に関わる機能に、どのような影響を与えているのかを理解する必要があるとともに、感性に関わる脳の働きを計測する必要がある。脳の働きを計測するさまざまな技術が実用化されているなかで、認知や注意、また感情や情動と関連する感性に関わる脳活動を計測するには、脳の深部までを含めた脳全体を、高い空間分解能で計測できる、MRIを用いた計測法が適切であると考えた。

MRI計測環境では、実走行は不可能であり、走行風景と窓枠を模擬した動画を、限られた画角で提示する方法を採らざるを得ない。また、実験協力者はMRI装置内に仰臥した姿勢をとる必要がある。このように、MRIを用いた脳機能計測では、実際の走行条件と差異があることは避けられない。しかし、実験協力者に走行風景と窓枠を単純化し模擬した動画を提示し、窓枠形状のみが異なる条件間において、脳の活動状態と行動の違いについて、矛盾のない解釈ができれば、窓枠形状の違いに対して、実車で生じるフィーリングの違いを説明できると考えられる。

今回は、従来のフィーリング評価により、外界が認知しやすく運転しやすいとされている、Aピラーが垂直に見え、窓枠全体として長方形に見える窓枠の特徴に注目して、以下の実験を実施した。

2. MRI実験の方法

2.1 実験デザイン

実験装置をFig. 1に示す。実験協力者に対して相対位置の変化しない枠を窓枠に見立て、それを介して見える走行中の外界の景色を模擬した動画をディスプレイに表示し、MRIスキャナに仰臥する実験協力者に提示した。

更に中心に常時固視点（黒色の十字）を表示し、固視点と同じ垂直位置で水平位置の異なる5か所に、ランダムなタイミングと順番でターゲット（赤色の円）を1秒間表示した（Fig. 2）。

実験協力者には、運転しているつもりになって、固視点から視点を動かさないようにしながら、ターゲットが出現したら出現した位置にかかわらず、右手で把持している押しボタンスイッチを、親指でできるだけ早く押すように教示を行った。

窓枠条件は、フィーリング評価の良い、外界を認知しやすい窓枠の形として、Aピラーが垂直（垂直ピラー条件；Fig. 2(a)）と、外界を認知しにくい窓枠の形として、Aピラーが斜め（斜めピラー条件 Fig. 2(b)）の2条件を設けた。これらの窓枠に対し2種類の速度条件を設け、窓枠条件（垂直・斜め）×速度条件（60km/h・160km/h）の4条件とした。1回の実験において7分10秒のセッションを、計4セッション実施した。1セッションのターゲット提示は100回（各ターゲット位置×20回）であった。

また、運転中のフィーリングの良さには、移動している感覚をポジティブに感じられるという、感性的な評価も寄与していると考えた。そこで、この感性的な評価を

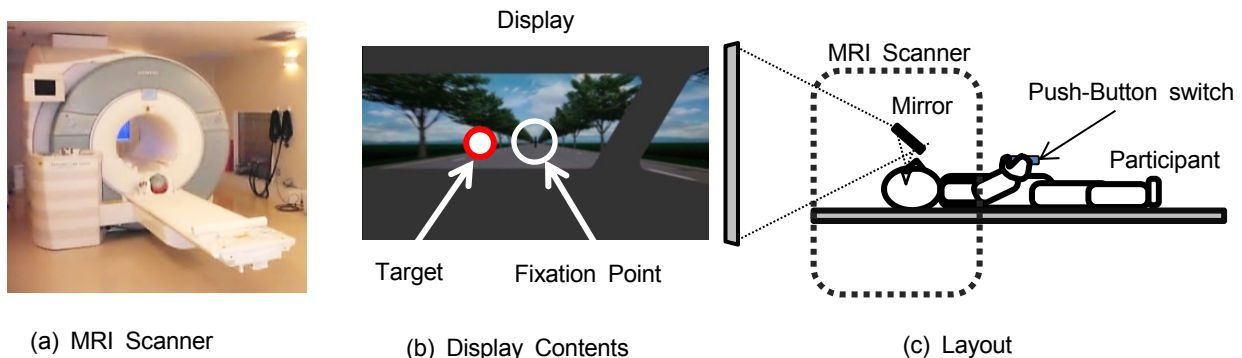


Fig. 1 Experimental Equipment

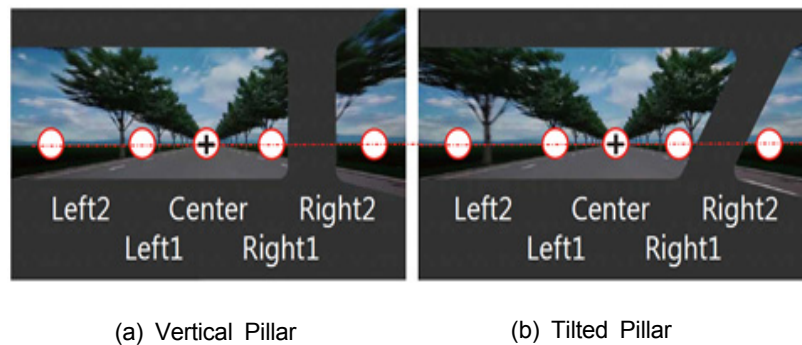


Fig. 2 Stimuli Used in the Visual Target Detection Task. Target Was a Red Circle Presented at Either of Five Different Locations (Left2, Left1, Center, Right1, and Right2). The Window Shield with a (a) Vertical or (b) Tilted A-pillar Was Superimposed on a Simulated Driving Environment

ワクワク感として計測するため、各セッションの終了後に、課題を行っている時のワクワク感の程度について、0～100で回答を求めた。

2.2 MRI計測条件

3.0T MRI装置 (Siemens MAGNETOM Verio) を用い撮像パラメータは、TR=2000ms, TE=24ms, 30slices, Slice Thickness=4mm (without gap), Voxel size=3×3×4mm, Flip angle=75°, Field of view=192mmとした。この設定によって、脳を2秒周期で水平方向に4mm厚で30スライスした画像を、セッション中連続して記録した。なお、1ボクセルの大きさ (Voxel size) は脳画像の空間分解能を示す。

2.3 実験協力者

実験協力者は年齢19～52歳、右利きの35名 (男性: 16名, 女性19名, 1名の男性を除いて右利き) であった。

大学生とマツダ社員から募集し、内訳は、大学生が18名 (男性8名, 女性10名), 平均22.3歳 (SD 2.4), 運転歴は平均0.8年 (SD 1.5) うち免許なしは4名であり、マツダ社員が17名 (男性8名, 女性9名), 平均35.9歳 (SD 6.9), 全員運転免許を保持し、運転歴は平均12.7年 (SD 8.4) であった。

なお、MRI計測精度を低下させる頭部の動きが大きかった3名 (大学生2名, マツダ社員1名, いずれも女性) を脳活動解析から除外した。

2.4 実験倫理

本実験は、広島大学及びマツダ(株)の研究倫理委員会にて承認を得て実施した。実験協力者には、インフォームドコンセントを実施し、実験参加への意志を書面にて確認した。

3. 反応時間

ターゲット検出課題の反応時間 (n=35) をFig. 3 に示す。窓枠×速度×ターゲット位置の実験協力者内3要因分散分析を行った。その結果、ターゲット位置、速度の主効果が有意 ($p < 0.005$) であり、速度60km/hは速度160km/hより反応時間が短く、ターゲット位置に関しては、修正Shaffer法による下位検定の結果、全てのターゲット位置の間に5%水準で有意な差が認められた。

また、ターゲット位置×窓枠の交互作用が有意 ($p < 0.01$) であり、ターゲット位置によって、窓枠の種類に対する反応時間の変化が異なっていることが示された。ターゲット位置Right2での窓枠の単純主効果が有意 ($p < 0.05$)、ターゲット位置Left2での窓枠の単純主効果が有意傾向 ($p = 0.066$) であった。このように、ターゲット位置Right2, Left2において、運転しやすい垂直ピラー条件では、反応時間が短くなるという行動の変化が現れた。

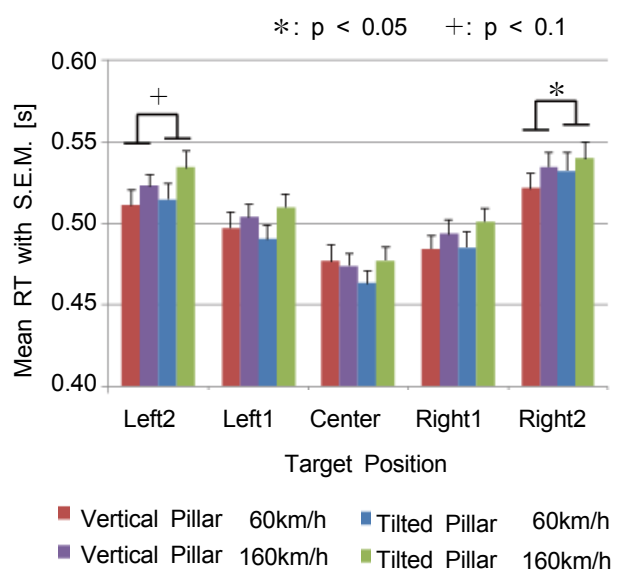


Fig. 3 Reaction Time

そこで、ターゲットの検出時に脳がどのように活動していたかを、窓枠の単純主効果が有意であった、ターゲット位置Right2に対して検討した。

4. 反応時間と脳活動

MRIにより計測したデータは、MATLAB (The MathWorks, Natick, MA) 上で動作する脳機能画像解析ソフトウェアSPM12⁽¹⁾ を用いて解析した。ターゲット位置Right2にターゲットが提示されたとき、斜めピラー条件において、垂直ピラー条件と比較して、楔前部 (precuneus) において有意に大きな活動が見られた (Fig. 4)。

Tilted Pillar > Vertical Pillar

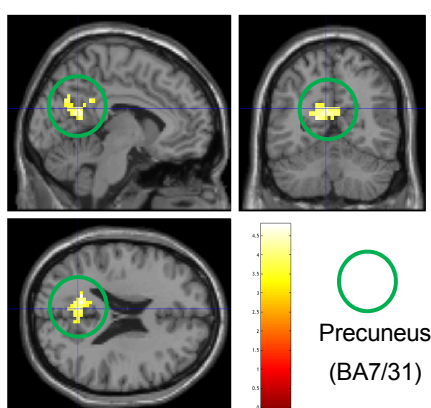


Fig. 4 Significant Brain Activities in the Tilted Pillar Condition Relative to Those in the Vertical Pillar Condition for Detection of the Target Presented at Right2 (Uncorrected $p < 0.001$ with 20 Vox. Ext.)

この楔前部は、先行研究 (例えば, Astafievら⁽²⁾ など) によると、注意のコントロールに関連する部位であることが知られている。これを考えあわせると、ターゲット位置Right2において、斜めピラー条件で反応時間が有意に長くなったことは (Fig. 3), 斜めピラー条件において、固視点からターゲットに注意を移すとともに、ボタンを押す作業に必要な注意コントロールに関わる脳活動が増大し、反応時間の増加として行動の変化に現れたと解釈できる。

以上のことから、実走場面においては、Aピラーが垂直となる、窓枠が長方形に見えるデザインでは、Aピラーを越えて注意を移動させる際に必要な認知的負荷が少ないということが考えられる。このようなメカニズムを考慮することによって、運転しやすい窓枠デザインにつながると思われる。

5. ワクワク感と脳活動

ワクワク感の主観評定値と相関のある脳活動部位の検討を行った。運転経験低群 (大学生 $n=16$) と運転経験高群 (マツダ社員 $n=16$) に群分けすると、異なった脳部位に正の相関がみられた。

運転経験低群では、左上前頭回 (BA9), 運転経験高群では、右下前頭回 (BA45), 両側前頭眼窩野 (BA10), 両側MT野 (BA19/37) にワクワク感との正の相関がみられた (Fig. 5)。この中で、前頭眼窩野 (BA10) は情動の処理に関わっており、意思決定などその他の前頭葉機能と情動を関係づける部位であることが知られている⁽³⁾。また、MT野は運動の知覚に関わる部位であることが知られている⁽⁴⁾。このことは、運転経験高群では運転を模擬した状況に対して、ワクワク感が強く

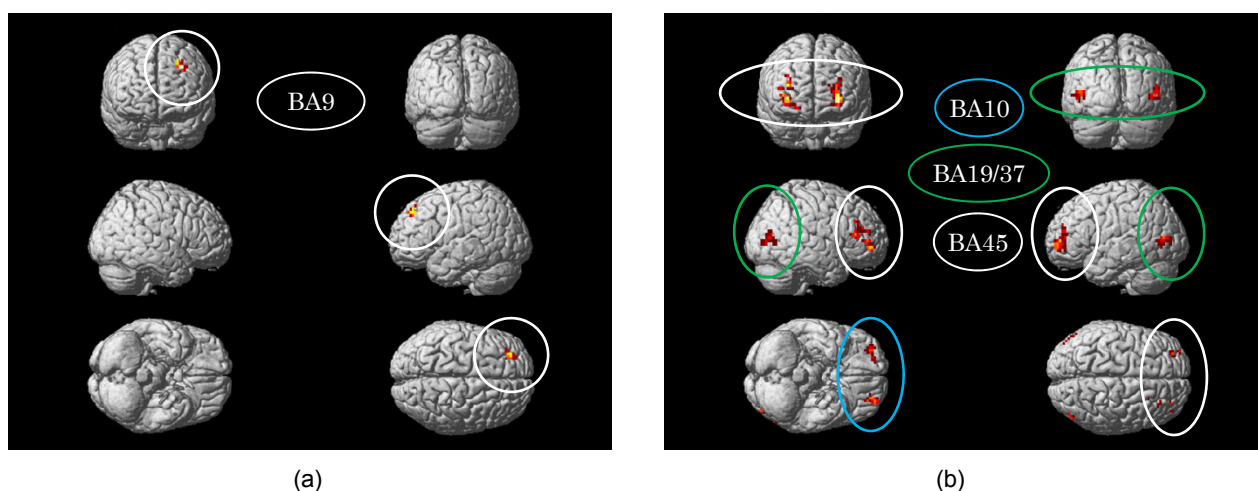


Fig. 5 Brain Activities Positively Correlated with the Subjective Ratings of a Feeling of Excitement. (Uncorrected $p < 0.001$ with 20 Vox. Ext.) (a) The Activation in the Left Superior Frontal Gyrus (BA9) Observed in the Low Driving Experience Group (University Students; $n=16$). (b) The Activation in the Inferior Frontal Gyrus (BA45), Orbitofrontal Cortex (BA10), and Middle Temporal Gyrus (BA19/37) Observed in the High Driving Experience Group (Mazda Employees; $n=16$)

感じられた実験協力者において運動知覚や情動処理の機能が働いたことが示唆される。そのため、運転経験が長いことで、実際の運転場面が想起され、ワクワク感の生起に関連していたと推定される。

一方、ワクワク感との負の相関は、運転経験低群には見られず、運転経験高群の左角回 (BA39) と楔前部 (BA7/31) に見られた (Fig. 6)。このうち楔前部は、ターゲット位置Right2において、脳が活動が、斜めピラー条件において 垂直ピラー条件よりも有意に大きくなった部位と良い一致を示す (Fig. 7)。

これらのことを考えあわせると、運転経験高群では、模擬走行場面においても運動知覚と感情に関わる脳部位がワクワク感と関連して活動し、斜めピラー条件における注意コントロールのための楔前部活動の増大が、ワクワク感を減少させていると解釈することができる。

本研究では模擬環境において運転場面のイメージの想起が比較的小さいと考えられる被験者群において、斜めピラー条件に関連した楔前部の活動とワクワク感に関連が見られなかったが、実際の運転場面では、運転経験高群と同様の現象が起こることは十分考えられる。このため、注意コントロールのための楔前部活動を増大させない垂直ピラー条件に近い長方形に見える窓枠は、全てのユーザーに対して、ワクワクするフィーリングも提供できると考えられる。

6. まとめ

これまで、窓枠形状の違いが運転しやすさに影響することが知られていたが、本研究ではこの現象に関連した人間に内在するメカニズムに迫るため、MRIによって脳活動を計測する手段で取り組んだ。

ピラーの傾きの違いに着目したところ、運転しにくい窓枠では注意コントロールに関わる脳部位 (楔前部) の活動が増加し、運転経験の長い群では、ワクワク感の減少と相関がみられた。

これらの結果から、自動車の窓枠が長方形に見える窓枠デザインは、注意コントロール負担を軽減し、ワクワク感阻害要因を排除するため、運転しやすく、楽しさにつながるというメカニズムがあると考えられる。

以上より、MRIを用いた脳活動の計測は、自動車運転に関わる認知や注意のみならず、マツダの目指すワクワク感のような感情や情動と関連する感性のメカニズム解明に有用であると考えられ、今後更に適用対象を拡大していきたい。

本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション (COI) プログラム」の支援によって行った。

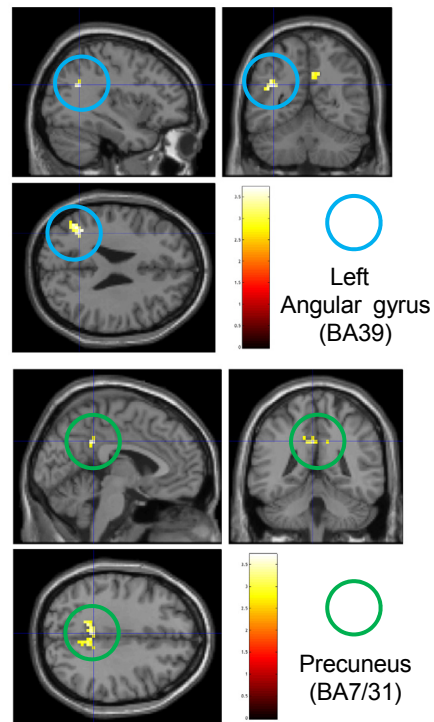


Fig. 6 Brain Activities Negatively Correlated with the Subjective Ratings of a Feeling of Excitement in the High Driving Experience Group (Mazda Employees; n=16) (Uncorrected $p < 0.005$ with 20 Vox. Ext.)

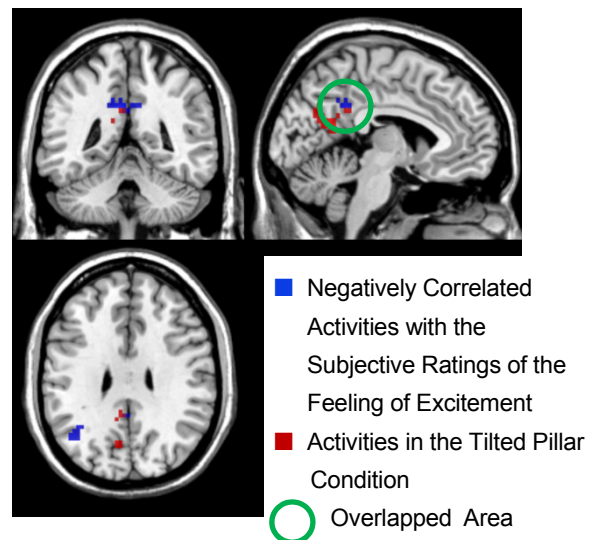


Fig. 7 The Overlapped Brain Regions between Those Negatively Correlated with the Subjective Ratings of a Feeling of Excitement and those Activated in the Tilted Pillar Condition Relative to the Vertical Pillar Condition

参考文献

- (1) Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK. [Online]. Available: www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm. Accessed on: October 21, 2014
- (2) Astafiev, V., et al. "Functional Organization of Human Intraparietal and Frontal Cortex for Attending, Looking, and Pointing." *Journal of Neuroscience* 23,11,4689-4699(2003)
- (3) 例えば, Bechara, A., et al. "Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex." *Cerebral Cortex* 10,3,295-307(2000)
- (4) 例えば, Newsome, W.T., et al. "A Selective Impairment of Motion Perception Following Lesions of the Middle Temporal Visual Area (MT)." *Journal of Neuroscience*, 8,6,2201-2211(1988)

■ 著 者 ■



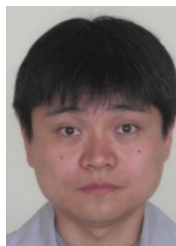
岡本 宜久



笹岡 貴史



吉田 敏宏



岩瀬 耕二



千葉 正基



道田 奈々江



岸 篤秀



西川 一男



山脇 成人



農沢 隆秀