

機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) による 生体反応の測定

茨木 拓也, 矢野 亮, 萩原 一平

本稿では、fMRI を中心に、産業応用に関する研究について概要と課題を述べるとともに、広告宣伝分野にフォーカスし筆者らが取り組んでいる fMRI 計測と脳情報解読を活用した新技術について概略を紹介する。

キーワード：fMRI, 脳情報解読, 応用脳科学

1. はじめに

現在、脳科学関連の知見並びに測定技術は基礎研究の分野にとどまらず、産業へのインパクトを多分に持ちうる技術として進化を続けている。

特に注目されるのが製品開発や広告・宣伝の分野であり、たとえば新たに開発した商品の評価を行うとき、従来の会場調査などの言語報告データによらず、「脳」の反応を見るほうが正確に市場の動向を予測できる可能性が現実味を帯び始めていることがその背景にある。

この 20 年ほどで、脳活動を計測したり、解析する技術は飛躍的に進化してきたが、特に 1990 年ごろに登場した fMRI は、脳の深部まで 3mm 立方ほどの解像度で脳の活動 (= 血流動態) を捉えることができる画期的な非侵襲的脳機能イメージング技術である。こうした脳機能イメージングを商品や広告への好みなど、ビジネスの場面における課題解決に応用しようとする研究が全世界的に行われつつある。

2. fMRI 応用研究の流れ

2.1 fMRI の商品開発への応用可能性

米国で 2007 年、40 種類の商品 (チョコレート、カメラなどの日用品) の画像を提示し、続けて商品の価格を提示したうえで、被験者はその商品を購入するかどうか二者択一で回答させるという fMRI による脳機能イ

メージング研究が行われた [1]。結果、商品への選好と割高感それぞれに対応する脳領域を同定 (側坐核・島皮質・前頭前野内側部) し、これら脳活動を利用することにより、被験者の内観報告を用いるより優れた購買予測が可能であることを示した。側坐核など、脳の深部にある構造体は、商品への購買動機といった「価値」のエンコーディングがなされている重要な場所であり、現在、ヒトを対象とした非侵襲的な計測では fMRI が唯一これらにアプローチできる脳計測技術である。そうした利点から fMRI は産業応用上非常に優位性をもつが一方で課題もある。

前述のような商品画像を用いる研究は比較的容易に行える一方で、fMRI はスキャナーの物理的・構造的な特性から実環境に近い形で「飲む」「食べる」など食品の中身を体験しているときの反応を取得することが困難である (嚥下による頭部の動きがアーティファクトとなるため)。だが、そういった課題に対しては、特定のフラクタル図形などでラベリングしたジュースを飲ませるなど古典的な「条件付け」の手続きを踏むことで視覚実験へと落とし込むことが可能である。具体的には、図形を見せた直後にジュースを飲ませることを繰り返すことにより、そのジュースの味に対する好み「図形」へ転移され、図形を見ている際の (嚥下など運動を必要としない) 脳の反応が評価できる [2]。これはある意味、消費者がペットボトルの清涼飲料の「味」と「ブランドラベル」を学習し、美味しかったものは店頭でラベルを見て (味を想起して) 再購買をするという一般的な過程を実験環境で再現したものであり、現実に即したプロトコルといえるだろう。

このように、fMRI の測定上の制約を実験プロトコル上の工夫で乗り越えるなどして、「商品」がいかに消費者にとって魅力的なものなのかを従来の方法を超えて評価できるような試みがなされてきている。

いばらき たくや, はぎわら いっぺい
株式会社 NTT データ経営研究所 情報未来研究センター
ニューロイノベーションユニット
〒135-6025 東京都江東区豊洲 3-3-3
ibarakit@keieiken.co.jp
hagiwaraip01@keieiken.co.jp
やの りょう
株式会社 NTT データ
〒135-6033 東京都江東区豊洲 3-3-3
yanor@nttdata.co.jp

2.2 広告・宣伝分野における fMRI 計測研究

商品のプロトタイプを評価するのと同様に、言語報告に依らない広告の効果評価に脳計測を活用することが注目を集めている。

その背景にあるのは、企業の広告投資額が決して小さくはない中で、その投資対効果をいかに定量評価できるかという広告主にとっての長年にわたる課題感と関心であったり、広告の制作段階における現在の経験と感性に頼った選別プロセスをいかに変えられるかという点についての期待であると考えられる。

最近の海外の報告では 10 数名の動画コンテンツ視聴中の脳活動データ (fMRI と脳波) を用いて、全米の視聴率や広告評価、さらにはシーンごとのツイート数までも予測できることが報告されている [3]。

また、テンプル大学とニューヨーク大学が、“Neuro2” というプロジェクトの中で、既存の言語ベースのアンケート評価と、神経科学的手法のどちらがより動画広告の効果 (投下量に対する需要増加) を予測できるかという比較を実施したところ、fMRI で捉えることのできる脳の腹側線条体の活動 (のみ) で、従来の評価を超える精度で予測が可能だったことを報告している [4]。

このように大規模な社会集団の広告への反応を予測する手法として fMRI が従来手法を凌駕できる可能性が基礎研究の世界から日々発信されてきている。

2.3 ニューロマーケティングの発展と課題

前述のような商品開発や広告分野への脳科学の応用は“ニューロマーケティング”、あるいは“消費者神経科学 (consumer neuroscience)” と呼ばれる領域である。

そもそも日進月歩で進む脳科学研究が、消費者の意思決定プロセスの理解に応用できるとの議論が始まったのは 2004 年頃からである [5]。前節までに例示したような広告宣伝など、具体的なマーケティング活動への応用が本格的に研究され出したのは 2010 年以降で、その後、学術界では、欧米のビジネススクールなどを中心に関連の専門部署を設立するなどの投資が加速的に進んだ (消費者神経科学関連の研究部署をもつ研究機関の例: カーネギー・メロン大学, コロンビア大学, コペンハーゲン・ビジネススクール, ハーバード・ビジネススクール, ロンドン・ビジネススクール, MIT (マサチューセッツ工科大学), スタンフォード大学, UCLA, カリフォルニア大学バークレー校など)。

ビジネスの世界では、全世界のニューロマーケティング従事者や科学者をサポートするための団体として Neuromarketing Science & Business Association (NmsBa) [6] が 2012 年に設立され、欧米・中南米な

ど全世界で 100 を超えるニューロマーケティング・事業者が参加している。国内では 2010 年に「応用脳科学コンソーシアム」[7] という、広範な事業活動に脳科学技術を応用する目的で、研究機関と企業が共同で研究するプラットフォームが設立された。

一方で、このような世界的な「ニューロマーケティング」ブームの潮流の裏には、根強い批判がある。2015 年に MIT Technology Review に投稿された “Advertisers Seek Answers from Neuroscience” では、ニューロマーケティングは未だに信頼に足る「広告科学ではない」と主張され [8]、ほかにも、「ニューロマーケティング技術の純科学的妥当性の検証の不足は長年にわたり弱点である」[9] といったように、科学的妥当性に関して、研究界からもユーザーであるビジネスサイドからも指摘が多い。

問題の背景には、「脳を測れば消費者の広告に対する注意や記憶がわかる」といったような、ニューロマーケティングサービス提供者の主張が、多くの基礎科学としての脳研究者にとって信頼に足るものではなく、「怪しい」分野とされていることがある。結果として、純粋科学的アプローチを是とする研究者が、この分野と距離を置くようになったということが世界的に起きていると考えられる。

米国の広告調査関連団体の ARF (Advertising Research Foundation) は、こうした問題を受けて、「Neuro Standards」という、「注意」や「感情」「集中」「ストレス」といった「抽象的な概念の妥当性」や「実験実施者の専門性」など、ニューロマーケティングにおける科学的課題の解決について提言を試みているが、まだその実効性には課題が残る。

3. 広告分野における fMRI など脳計測の意義

技術の可能性と共に課題についても指摘してきたが、それではいかにそれらの課題を乗り越えるのか。それは、脳計測を使う価値・必然性を整理し、それを最大化することだと考えられる。

時として消費者自身も気づかない「無意識の印象や選好」を明らかにできるという、脳計測の特徴を活用して脳からアプローチする価値には、大きく「定量」と「定性」の二側面が存在する。以降、特に広告分野にフォーカスしその意義を概説する。

3.1 脳計測の定量的価値

まず定量的側面に関しては、従来の広告評価手法よりも精度よく広告効果を予測できることである。古典的なアンケートやグループ・インタビューなどの言語・

主観ベースの回答は、実際の個人の行動、そして個人の集まりである市場の動きを必ずしも反映するものではないということは、多くのマーケティングの現場的感覚として認識されている。

もう一つの定量的価値としては、サンプルサイズの規模が小さくても説明力があるということである。従来のウェブ調査などの言語ベースの調査では、性年代に割り付けて、1,000 サンプル程度回収した結果を平均化することにより、狙った市場（＝対象となる母集団）の動向を分析することが多い。

これまでの研究が示してきた十数人という少数の科学的「脳」データのサンプルでも、大きな集団に対して予測力をもちうるということは、サンプリングやスクリーニングにおけるマーケティングの大きな悩みを解決する有力な手法として期待される。

3.2 脳計測の定性的価値

二つ目の価値として挙げられるのは、今まで見えなかった消費者の内的なプロセスを可視化できる、「新たな目」としての定性的な側面である。アンケートでは捉えることの困難な動画広告視聴中のリアルタイムな視聴者の反応、すなわち視聴者が無視した場面を探索したり、ある場面における無意識の反応を取得できるということである。これが実現することによって、従来、客観的に評価することが難しかった広告全体の感覚体験の可視化、広告目的に広告表現が正しく合致しているかなどが評価できるようになる。これは企業にとっては重要な利点である。

3.3 避けるべき方略

しかし、脳計測は万能ではない。また、アンケートなどに比べると被験者数は少なくともよいが、被験者1人当たりの調査コストは高い。したがって、避けるべき方略として挙げられるのは、「わざわざ脳まで見なくてもよいこと」を脳で計測することである。たとえば、「好きか嫌いかなどは、評価したい商品などに対し「強制二択課題を行わせる」、「実際に購買課題を課す」などの心理・行動的な課題によって評価することも可能であり、多くの場合、そのほうが簡便である。また、アンケート回答と脳活動データを比較し、相関を示すような研究もあるが、根本的に「主観」を超えて新たな情報が何ら増えていないため、避けるべきアプローチ手法であるといえる。

脳科学を広告分野に応用するためには、脳波計、MRI、NIRS（近赤外線分光法）など、さまざまな脳計測の手法の特徴、測定限界をしっかりと認識し、「脳を見る意味と価値」を理解したうえで進めることが望ましい。

4. 脳情報のデコーディングによる動画広告評価の試み

これまで述べてきたように、脳科学的手法を用いたマーケティング分野への応用手法（ニューロマーケティング）は、国内外でさまざまな取り組みが行われてきたが、空間解像度や得られるデータの豊富さ、実験の内容と実施者のレベル、計測・解析・結果の解釈の科学的妥当性、指標のブラックボックス化など、さまざまな問題点が指摘されてきた。

以降は、筆者らが情報通信研究機構（NICT）脳情報通信融合研究センター（CiNet）の西本伸志主任研究員らとともに、fMRI と「脳情報解読技術」を応用し、これまでの課題を抱えた従来のニューロマーケティング手法とは一線を画する「動画広告視聴中の脳活動から企業のマーケティングの活用に資する情報を得る」ための実証実験とその内容について紹介する。

4.1 脳情報解読技術について

脳情報解読技術は「ブレイン・デコーディング」とも呼ばれ、脳活動情報から、その人の運動意図や知覚内容を推定する技術で [10]、特に fMRI 計測により多様な複雑な人間の知覚体験を再構成するようなものは“科学的な mind reading” [11] 技術として近年注目を集めている。基礎科学としては、麻痺患者などのコミュニケーションや運動支援を行うブレイン・マシン・インターフェース（BMI）の基礎技術として研究が進んでいる。筆者らはこれら fMRI と脳情報解読技術の組み合わせにより、動画広告視聴中の視聴者の認知内容の推定など、マーケティング・コミュニケーションの分野にも適用可能と考え、技術開発を行った。

4.2 実証実験の概要

- ・基礎技術提供：情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター
- ・実施主体：NTT データ
- ・企画・実験支援：NTT データ経営研究所
- ・メタデータなど提供：テムズ

動画広告視聴時の 20～30 歳代の男女 4 名の脳活動データを、fMRI にて取得した。1 人当たり約 3 時間に及ぶ脳活動データ（2 秒ごとに全脳を撮像）からデコーディングモデル（脳活動から認知内容などを推定する数理モデル）を作成し、評価対象の動画広告の印象などの解読を行った。

モデルの作成にあたっては、まず訓練動画として多様な動画広告に対する脳活動データを記録するとともに、訓練動画のシーンごとに定量的なラベリング（そ

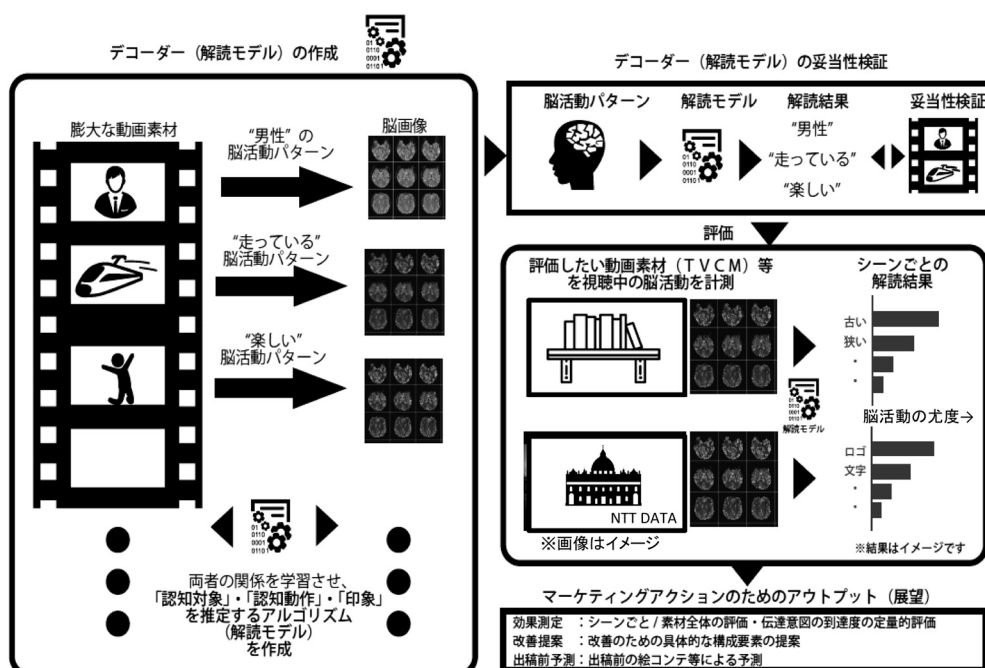


図1 fMRIによる脳計測と脳情報解読技術を組み合わせた広告評価の方法

のシーンが「女性」なのか「可愛い」のかなど）を行っている。これらの組み合わせを大量に用意することにより、機械学習によって「こういう脳活動パターン」のときは「こういう知覚・認知内容」というのを対応させることができる数理モデルが作成される。今回、認知内容は「名詞」「動詞」「形容詞」の3次元で、数万に及ぶ候補単語の中から対象となる動画広告シーンが誘発した脳活動から可能性が高い単語が推定されるという仕組みである。方法の概念図を図1に示した。

4.3 これまでに得られている脳情報の可視化

上述の方法により行った実証実験とその後の解析により、以下の技術開発に成功している。

4.3.1 動画広告に対するシーンごとの認知・印象の解読

動画広告を見ているときの脳活動のパターンから、視聴者の認知内容を解読するためのモデルを構築した結果、評価したい動画広告のシーン（2秒）ごとに、その視聴中の脳活動から「認知対象（名詞）」「認知対象動作（動詞）」「印象（形容詞）」について、尤度（確率）の高いものをアウトプットすることが可能となった。図2に「NTTデータ企業広告 data for: the future（パチカン教皇庁図書館編）」の実際の結果を示した。ここでは、動画広告終盤の2秒間（図2左）の脳活動情報を基に、3カテゴリの解読結果が、マイナス1からプラス1までに正規化された尤度と共に提供されて

いる（図2右）。

今回、動画広告の型式（ブランド型、商品訴求型など）や手法（実写、アニメーション）についても、それらを問わず幅広く評価することが可能であることもわかった。

4.3.2 数万単語レベルでの認知内容の定量評価・比較

まず、動画広告のシーンごと（時系列）に、視聴者の「認知している対象（例：女性、子供）」「認知している動き（例：食べる、飲む）」「感じている印象（例：怖い、可愛い）」を定量的に解読することが可能となった。今回評価した20素材における「可愛い」の解読例（縦軸は尤度の相対スコア）を図3に示す。これらは、さまざまな広告主の動画広告をランダムに並べ、それを4回繰り返して提示し、その脳活動を平均化することによって得られたものである。ここから、NTTデータの企業広告が、他素材に比べて「可愛い」のスコアが低いことが見て取れる。また、S1～S4の折れ線は4人の被験者を示すが、個人間の時系列変化が共通（高い相関）していることも見て取れる。個人差・文化差はありうるものの、こうした印象の脳内表象もある程度被験者間で共通しているということを反映したものであると解釈している。

さらに、特定の素材間で多様な項目からスコアを比較することも可能となった。

図4に示すのは、ある広告主のA～Gまでの7素材

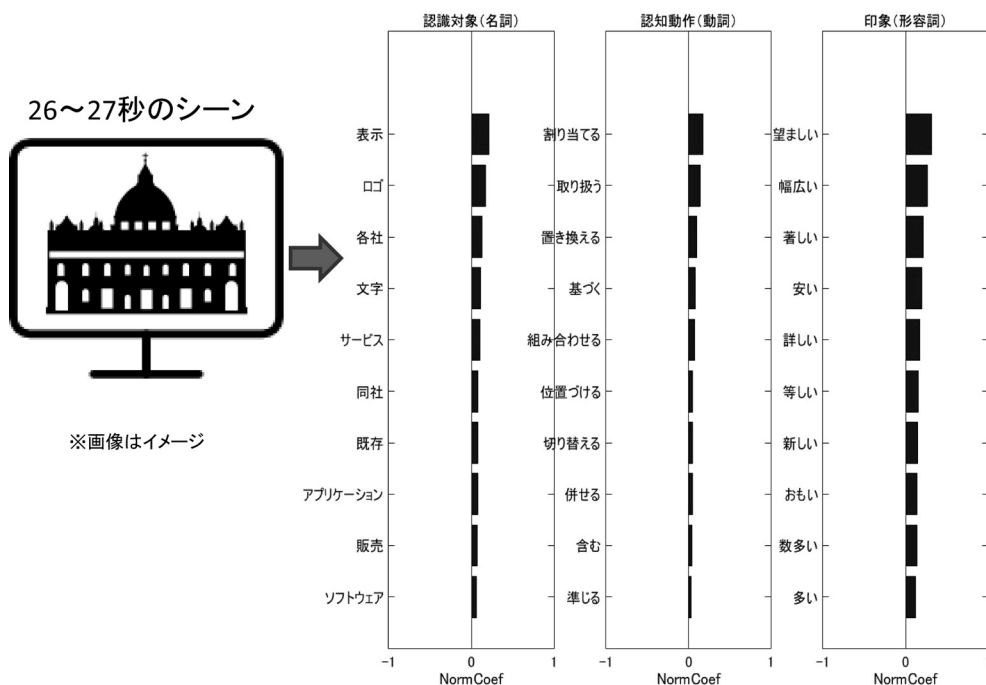


図2 CM視聴時のfMRIの脳活動パターンから解読された被験者の脳内表象の例

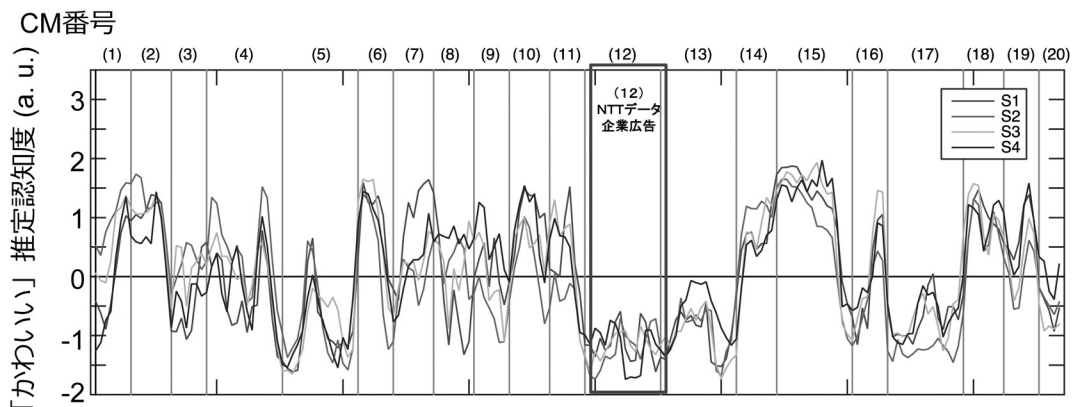


図3 「可愛い」を対象とした時の脳活動の尤度（図中は認知度と表記）の例

間で「可愛い」と「家族」という項目を比較した例である。縦軸で意味しているのは、脳活動から推定されたそれぞれの単語の「尤度（もっともらしさ）」を標準化したものである。有名女優を起用した「動画広告C」では「可愛い」のスコアが高く出ている。「家族」というコンセプトで制作された「動画広告E」では、脳活動パターンとして「家族らしさ」が実現され、D、E以外の動画広告では「家族」らしい脳活動は観察されなかったことを意味する。

こうした従来の調査項目に絞られることなく、豊富な選択肢の中から、タレントの効果や「家族」といったコンセプトが、どれだけ視聴者の脳に伝達されたか

が定量的に評価可能となった。

4.3.3 広告主の広告意図と実際の視聴者の脳活動とのギャップ分析

個々のキーワードレベルでの脳内表象の定量的理解の技術を応用して、広告主がその素材に込めた「狙い・意図」がどの程度視聴者に伝えることができたのかを定量的に評価することも可能となる。手続きとして、広告主から広告素材のシーンごとに伝えたかった意図を簡単に記述してもらい、その記述に含まれている単語がどの程度、脳活動の解読結果と一致していたかを分析する。図5は実際の素材での解析例であるが、ここで縦軸は「意図（の単語の集合体）」と「脳の活動」の

間の類似度を示す。横の軸線が基準であり、上にいけば意図に近い脳活動、下にいけば意図とは離れた（＝意図とは逆の）脳活動であったことを意味する。左右それぞれの意図の文章が該当する広告内の範囲をグレーで表示している。この例では動画広告中盤ではそれなりの伝達がなされているが、動画広告最後のシーンでは狙いと実際の脳活動にギャップがあることがわかる（一本の線は図3と同様被験者を表す）。

こうしたクリエイティブに込めた「広告意図」と、「実際の視聴者の認知」のギャップを定量的に把握する技術はこれまでありえないものであり、新たな広告効果指標（KPI: Key Performance Indicator）として活用されることが期待される。

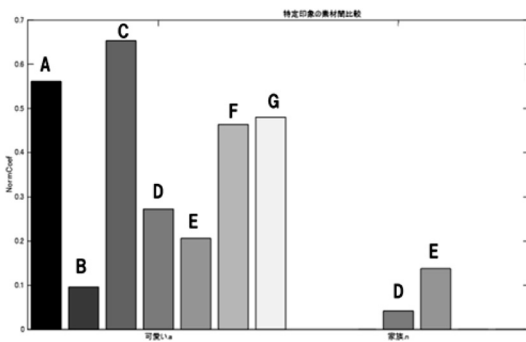


図4 CM 素材間の比較

5. 評価技術を超えてクリエイティブ支援ツールへ

これまで述べたプロセスは、あくまで出稿した動画広告を定量的に分析・評価し、その投資の妥当性や今後のマーケティング戦略の改善を支援するものである。これまでの広告分野における脳科学技術は、このように「広告評価」にフォーカスされることが多かった。もちろん、そのような評価は大変意義深く、きちんとした効果検証があって初めて次回以降より精度の高い広告活動を行うことができる。本稿ではその概要を示した。

しかし、それ以上に重要で、今後求められることは、「次にどんな手を打つか」に関するプランニングの高精度化である。いかに着弾観測が精緻になろうと、狙ったところに届かせるためにコミュニケーションを修正するための技術がないと、少なからず改善が難しい場合があると考えられる。すなわち、出稿前、次期広告制作の企画段階で広告主に消費者の無意識な印象や選好などの情報を提供し、広告などの完成度向上に資する技術を実現する必要がある。

そこでわれわれは、広告主が「伝えなかったけれど伝えられなかった印象」などを次の制作において実現させるために、一体どんな構成要素を動画広告に入れ込んで制作すればよいのかを提案する技術開発を行っ

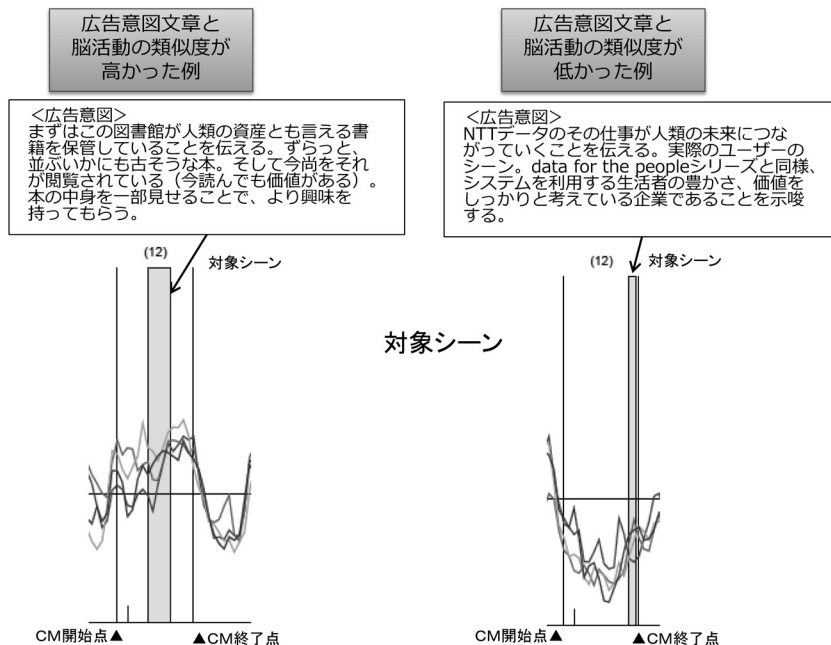


図5 広告主の意図と脳活動表象との定量的な差分の評価

ている。その原理は、広告主の狙いに近い理想的な脳活動を予測する技術を基に、その脳活動を惹き起こすための具体的なクリエイティブの構成要素や、イメージ画像を提示するというものである（例：「可愛い」印象を与えたいとき、最も脳活動に「可愛い」印象を与える動画広告の構成要素、犬、女の子などを提案する）。

さらに、絵コンテの段階でも、同様にその絵コンテがどのような脳活動パターンを視聴者の脳に惹起させ、それぞれの絵コンテ候補のうちどれが最も広告意図と近い脳活動を実現するかを定量的に予測する技術開発も行っている。

このように脳科学研究の知見と成果を上手に活用することによって、単なる精度の高い「評価」技術から、より具体的にクリエイターを支援するツールを実現するイノベティブな技術を開発できると考えている。

6. おわりに

本稿では、fMRIに関する脳科学の応用について概要を述べるとともに、筆者らが取り組む脳情報解読技術を活用したニューロマーケティングの次のステージの展望を行った。

このように多様化した動画広告の世界でも、魅力的なタレント選定や、面白いストーリーメイクなど、人間ならではの創造性が強く求められることに変わりはない。脳科学が多くの広告主・クリエイターにとって、その創造性を支援できる一般的なツールとなる時期はそんなに遠くはないであろう。脳科学を活用した本当のニューロマーケティングは、揺籃期から成長期に入る段階にきており、脳科学の貢献が成果として結実するのはこれからである。

謝辞 本稿の執筆にあたり、情報通信研究機構の西本伸志先生ならびに西田知史先生には、データの解析、作図など多大なご支援をいただいた。

参考文献

- [1] B. Knutson, S. Rick, G. E. Wimmer, D. Prelec and G. Loewenstein, “Neural predictors of purchases,” *Neuron*, **53**, pp. 147–156, 2007.
- [2] J. P. O’Doherty, T. W. Buchanan, B. Seymour and R. J. Dolan, “Predictive neural coding of reward preference involves dissociable responses in human ventral midbrain and ventral striatum,” *Neuron*, **49**, pp. 157–166, 2006.
- [3] J. P. Dmochowski, M. A. Bezdek, B. P. Abelson, J. S. Johnson, E. H. Schumacher and L. C. Parra, “Audience preferences are predicted by temporal reliability of neural processing,” *Nature Communications*, **5**, 2014, doi: 10.1038/ncomms5567
- [4] V. Venkatraman, A. Dimoka, P. A. Pavlou, K. Vo, W. Hampton, B. Bollinger, H. A. L. E. Hershfield, M. Ishihara and R. S. Winer, “Predicting advertising success beyond traditional measures: New insights from neurophysiological methods and market response modeling,” *Journal of Marketing Research*, **52**, pp. 436–452, 2015.
- [5] A. Smidts, M. Hsu, A. G. Sanfey, M. A. S. Boksem, R. B. Ebbstein, S. A. Huettel, J. W. Kable, U. R. Karmarkar, S. Kitayama, B. Knutson, I. Liberzon, T. Lohrenz, M. Stallen and C. Yoon, “Advancing consumer neuroscience,” *Marketing Letters*, **25**, pp. 257–267, 2014.
- [6] Neuromarketing Science & Business Association ホームページ, <http://www.nmsba.com/> (2016 年 4 月 6 日閲覧)
- [7] 応用脳科学コンソーシアムホームページ, <https://www.keieiken.co.jp/can/> (2016 年 4 月 6 日閲覧)
- [8] A. Regalado, “Advertisers seek answers from neuroscience,” MIT Technology Review, <http://www.technologyreview.com/news/535931/advertisers-seek-answers-from-neuroscience/> (2016 年 4 月 6 日閲覧)
- [9] R. Dooley, “Neuromarketing Bats 1 for 6, Still Wins,” neuromarketing, <http://www.neurosciencemarketing.com/blog/articles/neuromarketing-temple.htm> (2016 年 4 月 6 日閲覧)
- [10] S. Nishimoto, A. T. Vu, T. Naselaris, Y. Benjamini, B. Yu and J. L. Gallant, “Reconstructing visual experiences from brain activity evoked by natural movies,” *Current Biology*, **21**, pp. 1641–1646, 2011.
- [11] K. Smith, “Reading minds,” *Nature*, **502**, pp. 428–430, 2013.