

論文の内容の要旨

論文題目 脳活動をもちいた映像視聴者の心的状態推定技術の研究

氏名 澤島 康仁

映像が人間に与える効果・影響を知ることは、映像コンテンツの制作ならびに映像表示システムの開発を行ううえで大変重要である。本論文では、映像視聴中の視聴者の脳活動を解析することで、映像が視聴者に与えた心的状態変化を推定する技術について述べる。また、脳活動に基づく心的状態推定が、映像内容の高次な特徴の理解に貢献しうることを示す。脳は、人間の行動や意思決定など、日常生活を送る中で必要な機能を司る最も重要な器官であり、映像に対する脳の反応を知ることは、映像が人間に与える効果・影響を知るための最も直接的なアプローチである。

映像視聴者が自らの内的な状態を、正確に答えることは簡単ではない。これまで、映像に対する人の反応の計測には、映像視聴者が自らの内観を報告する、主観評価法が最も多く用いられてきた。主観評価法は、内観報告を精度よく行うための実験方法およびデータ解析方法の枠組みを提供している。しかし、映像に対する印象や感情といったより高次な特徴を扱いたい場合には、既存の主観評価法の枠組みに適合しにくいケースが多い。たとえば、主観評価法が良く利用される画質評価では、映像を短いシーンに区切り、それぞれに対して評価・比較を行うように、映像の加工が前提となる場合が多いが、印象や感情といった観点で評価するには映像内容にも深く関与するため、ある程度長い時間の視聴が必要となり、実験用に映像を加工することがなじまない場合がある。映像が人に与える高次の効果・影響を知るためには、比較的自然に近い環境での、映像視聴者の反応を知る手段の開発が必要である。

本論文では、映像視聴者の脳活動をfunctional magnetic resonance imaging (fMRI)装置を用いて計測し、計測で得たfMRIデータを解析することで、映像の進行に伴って変化する人の心的状態変化の推定を行った。さらに、映像視聴中の脳活動と映像視聴後の視聴者の心的状態との関係を抽出するアルゴリズムの開発を行った。いずれにおいても、機械学習アルゴ

リズムで用いられている手法を応用することで、fMRIデータ（脳活動データ）の時空間的活動パターンに符号化された映像視聴者の心的状態の推定を行った。映像を自然に視聴している最中に計測したfMRIデータから、映像視聴の結果として生起させられる映像視聴者の意識・無意識を含む心的状態を推定することで、映像が持つ高次な特徴の把握が期待できる。

本論文第1章では、序論として研究の背景とそれに関連する課題について述べた。

本論文第2章では、映像を視聴する人の反応を調べるために用いられてきた取り組みの特徴について論じた。映像品質評価の方法として現在でも最も良く用いられている手法が主観評価法である。主観評価法の理論的な背景とその実践、規格化された手法を概説し、それらの課題について述べた。次に、映像の持つ効果として臨場感や没入感などの高次な印象に着目した場合など、主に主観評価法による評価が適さない場合に用いられる客観評価法について論じた。映像視聴者の行動や生体反応に基づくいくつかの実施例についてその特徴を比較した。そして、神経科学の分野で近年目覚ましい発展を見せている、脳活動から人の心的状態を推定する技術について述べた。映像の視聴により視聴者の心的状態がどのように変化するかを知ることは、映像の持つ効果・影響を把握するための最も究極的なものであると考えられる。脳活動から人の心的状態を把握するための各種手法を比較し、映像の持つ効果・影響を把握のための応用の可能性について論じた。

本論文第3章では、映像としてお笑い（漫才）番組を研究の題材として取り上げ、番組映像視聴中の脳活動から、視聴者個人の主観的なユーモア体験の推定を行った。ユーモアとそれに関する脳内機構に関する研究は、これまでも多く研究されてきたが、分単位の長い時間コンテンツを視聴するという、自然に近い視聴のなかで引き起こされたユーモアに着目した研究はなかった。映像視聴者は、fMRIの中でお笑い番組を視聴すると同時に、手元のスライダー型のデバイスを操作することで、感じているユーモアの強さを連続的に報告した。このデータをもとに、ユーモアを感じた瞬間を基準とし、ユーモアを感じた前後の各時間(6秒前から8秒後まで2秒単位) およびユーモアを感じていない通常の状態(ニュートラル) からなるラベルを定義した。映像視聴中の各時点の脳活動に対して各ラベルを付与し、脳活動とラベルの関係抽出に教師あり学習アルゴリズムを用いた。ニュートラルとユーモア前後の各時点の脳活動を判別する識別器を作成し、その性能を評価したところ、ユーモアを感じる2秒前から直前における背外側前頭前野の脳活動パターンが、ニュートラルともユーモアを感じている状態とも異なる脳活動パターンを示していることが分かった。すなわち、ユーモアを感じるよりも前に、未来のユーモアの知覚を予期するような、特別

な情報が前頭前野の一部の脳活動に見られたことを意味する。スライダー操作、顔表情変化、体動などに起因するアーチファクトの可能性を検証するコントロール実験と解析を行ったが、ユーモアを感じる前の特別な脳活動をアーチファクトとして説明することはできなかった。したがって、ユーモアを感じる前の、これから起こりうる面白いイベントをあたかも期待するような心的状態の存在を示唆する結果を得たといえる。以上の結果から、お笑い番組視聴中の脳活動解析の結果、ユーモアを引き起こすための映像コンテンツの特徴を、映像視聴者の反応（脳活動）の解析によって抽出できることが分かった。すなわち、お笑い芸人らが経験的に培ってきたユーモア生成のための技術を、それを見ている人の反応に基づく客観的なデータをもとに説明可能であるといえる。ユーモアの期待のような心的状態は通常無意識であるため、主観評価に関連する方法で把握することは困難である。脳活動をもちいることで、従来方法では把握が困難であったような映像特徴の抽出が、原理的に可能であることを示す結果を得た。

本論文第4章では、映像としてニュース解説番組を研究の題材として取り上げ、番組視聴中の脳活動と映像視聴後の内容理解度との関係抽出を行った。映像内容の理解度は、映像視聴後に行った、映像内容を問う理解度テストで把握を行った。ここでの本質的な課題は、時系列的に変化する脳活動データと、映像視聴後に得られる時間情報を持たない理解度データという、性質の異なるデータから、その関連性をいかにして抽出するかであった。本研究では、類似した理解度を示す被験者は、脳活動も類似しているという仮説を設定することで、両者の関係抽出が可能であると考えた。具体的には、理解度テスト結果の類似性と、脳部位ごとの時系列的脳活動の類似性をもとに、被験者間類似度行列（被験者数次元の対象行列）をそれぞれ作成し、それぞれの類似度行列間の相関を評価することにより、理解度と脳活動の関連性抽出を行った。これにより、脳部位ごとに脳活動と理解度の関連性を定量的に表すことができ、関連性の高い部位の同定が可能となった。なお、本手法は、多数の被験者から同一映像に対する脳活動データが取得できることを前提としている。本章は、理解に関わる脳活動データ解析手法の開発と検証、そして実際のニュース解説番組視聴中の脳活動データへの開発手法の適用という2つのトピックにより構成されている。本手法の開発と検証においては、映像視聴中の脳活動ではなく、視覚刺激を用いて人工的に生成したシミュレーションデータを用いて、性能評価を行った。映像視聴では、同定される部位が確定的ではない（明確な“答え”が不明である）ため、結果の正当性の検証に課題があったが、シミュレーションデータではあらかじめ答えを設定することが出できるため、結果の定量評価が可能である。その結果、多くの被験者を用いた方が同定精度は高いが、10名から20名程度の現実的に実験が可能な規模の被験者数でも十分な精度で関連脳部

位の同定が可能であることが分かった。実際のニュース解説番組視聴中の脳活動データへの開発手法の適用では、脳活動と理解度の間に関連性が認められる脳部位の抽出を行い、従来からの文章理解研究で関連性が示唆されている結果と相同性のある結果を得た。従来研究は、映像刺激ではなく、実験用に細かくデザインされた実験から理解に関する知見を導いていたのに対し、本研究は、日常生活の中でテレビを見る場面と同様な形式の映像刺激を用いて従来研究と比較検討が可能な結果を導出できることが特徴である。以上より、制約がより少ない視聴条件においても、本提案手法が、脳活動と理解度との関係を知るためのツールとして有効に機能することが確認された。これより、映像に対する人の脳の反応を見るだけで、その映像が理解されやすいか、そうでないかを評価できる可能性が示された。

本論文第5章では、本博士論文を構成する研究の成果をまとめるとともに、今回研究の題材として取り上げたもの以外の映像への適用の可能性について述べた。

本研究は、脳活動をもちいて映像視聴者の心的状態を推定することが、映像の高次元特徴抽出に寄与するという概念の実証を示したものである。したがって、本手法は従来からの映像評価手法を置き換えるものではなく、従来手法が適用しにくい課題への新しいアプローチを提供するものである。映像視聴者の心の状態を含めた反応を知る手段を洗練していくことは、今後ますます高度化していく映像メディアの理解に大きな貢献を残すことになるかと予想する。