

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報学)	氏名	童 松
論文題目	Informatics approaches for understanding human facial attractiveness perception and visual attention (人間の顔の魅力知覚と視覚的注意の情報学アプローチによる解明)		
(論文内容の要旨)			
<p>近年の機械学習やソーシャルメディア上の大規模なデータ解析などの情報学の知識や方法論の進展は、人間の認知メカニズムの解明にも寄与しうる段階に達しつつある。本研究は、従来、実験室における比較的少数の被験者を対象として解明されてきた心理学の概念について、情報学の方法論により新たな解明を進めようとするものである。全体は6章から構成されている。</p> <p>第1章では、従来の心理学の実験による研究方法の解説に続き、本研究で扱う情報学の方法論である深層ニューラルネットワーク (Deep Neural Network、以下DNN) についての解説、並びに、人間の行動が反映された結果として蓄積されたソーシャルメディア上の大規模データである自然発生的データセットについての解説がなされている。ついで、情報学的方法論を用いることで、従来の心理学研究が有する1つの問題点である「外的妥当性」を解決できる可能性について議論がなされている。以下の章では2つのテーマを取り上げ、情報学の方法による人間の認知メカニズムの解明に取り組んだ。</p> <p>第2章と第3章では、人間の顔の魅力知覚を取り上げた。顔が有する物理的な特徴とその魅力の評価の関係については、心理学でも様々な研究が行われている重要な研究トピックスである。第2章では、インターネットで公開されているデータベースからサンプリングした顔画像に対して、被験者による評価を行い、魅力度の高い顔画像と低い顔画像のデータセットを構築した。それらのデータセットを用いて、顔画像の性別と魅力度を判定できるようDNNを学習させた。学習済みのDNNを、学習に用いられなかった魅力度評定付きの顔画像適用したところ、高い精度で人間の評定値を予測することが示された。また、DNNの中間層での表現を、平均顔画像を入力とし、出力層のニューロンの活性化に基づく逆畳み込みによる可視化を行った。可視化された画像には、魅力度の高い顔や低い顔が有するとされる特徴が反映されていることが確認できた。</p> <p>第3章では、可視化された画像上の目や口などの特徴点を算出し、その間の距離を計測した。少なくともレオナルド・ダビンチの時代から、顔のパーツの特徴点間の距離の比が黄金比に近いほど、顔の魅力度が高いことが知られており、その後の心理学や芸術学の研究においても繰り返し報告されている。本研究では、上述の方法で高魅力ニューロンを可視化した画像では、特徴点の距離の比が黄金比に近いことが確認された。すなわち、魅力度の高低というラベルのみで学習したDNNが、人間の顔魅力の知覚と同様の黄金比に関する知識を中間層が獲得していることが示された。さらにDNNに対して、人間の心理物理実験を模した実験を行った。中間的な魅力度の顔画像を用い、目と口の間の距離を変化させた画像を作成し、DNNへの入力とした。その結果、最終層の魅力度ニューロンの出力値は、画像の特徴点間の距離に比例して低下したことから、DNNが黄金比のような顔のパーツの空間配置情報を利用して魅力度の判定を行っていることが示された。人間の視覚情報処理を模して作られたDNNが、中間層に人間と同様の黄金比を、魅力度を決定する特徴として学習するという本研究の成果は、人間の視覚情報処理のメカニズムの解明に資する重要な知見をもたらした。</p> <p>第4章と第5章では、人間の視覚的注意と情動の関係を取り上げた。特に、本論文では、「拡張-形成理論(Broad and build theory)」を、ソーシャルネットワーク上のデータを解析することで検証した。これは、ポジティブな情動状態にあるときには</p>			

注意の範囲が拡大し、ネガティブな情動状態では縮小するというもので、心理学実験や脳活動計測実験で検証されてきている。本研究では、旅行案内サイトに投稿された旅行時の写真とその場所の評価値をもとに拡張-形成理論を検証することを試みた。第4章では、旅行時の情動状態が、その場で撮影された写真の構図に現れるという仮説を立てた。その仮説を検証するために、まず、投稿されている写真について、それが近景であるか遠景であるかを、人間の知覚の様式を模した方法で判別するDNNモデルを構築した。また、このモデルが高い精度で構図を判定できることを確認した。

第5章では、旅行案内サイトから94の観光地を選び、そこに投稿されている写真の構図を前章で構築した構図判別モデルを用いて判別し、さらにその観光地の満足度との関係を調べた。その結果、遠景の写真の投稿比率と満足度の間に高い相関があることを見出した。また、観光地の場所や性質（自然か、歴史的かなど）、画像に含まれる特徴（緑、水、建築物）など、結果と交絡する可能性のある要因を考慮しても、遠景写真の比率と満足度の間に相関が認められた。観光地で写真を撮り、その中から写真を選んで投稿するという日常的な行動が反映されると考えられるソーシャルメディア上の大規模データからも拡張-形成理論を支持する結果が得られた。

第6章では、前章までの2つの研究を、特に、心理学に対する情報学の寄与という観点からまとめ、また、その限界や今後の方向性について議論を行った。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

深層ニューラルネットワーク (Deep Neural Network、以下DNN) とソーシャルメディア上の大規模データの解析という情報学の方法論を用いて、人間の認知メカニズムへアプローチをしたものである。得られた成果は以下の通りである。

(1) 顔画像と、その画像に対して人間が評定した魅力度の高低だけを教師信号として与えられたDNNが、学習の結果、その中間層で顔の魅力度に関連すると従来から考えられている顔のパーツ間の距離に関する黄金比に対応する特徴表現を獲得していることを示した。また、人間に対する心理物理実験を模した実験をDNNに対して行うことで、その妥当性を検証した。黄金比が、顔の魅力度を決める特徴の一つであることを、心理学実験とは異なる方法で明らかにしたという点で、新規性の高い成果と言える。また、この研究は、これまで限られた被験者に対して、限られた刺激セットを用いてしか行うことができなかった心理学実験の方法論を超える新しい研究の方法の可能性を示唆したものとしても評価できる。

(2) 旅行案内サイトに投稿された旅行写真の構図とサイトの満足度の評価値の間に高い相関を見出した。この結果は、従来、心理学で知られていた情動と注意との関係を、実験室実験ではなく、多くの人々の日常的な活動の中から明らかにしようとするもので、極めて独創的な着想に基づく研究として評価できる。本研究の成果は、ソーシャルメディア上の旅行写真から、観光地を推薦するようなサービスへの展開といった実用的価値もさることながら、ソーシャルメディア上の多様なデータが、人間の行動のある側面を反映しているという観点から解析・解釈することにより、心理学の理論の検証にも利用可能であることを示した点でも高く評価できる。

上記の2つの研究は、厳密な統制の元で行われた心理学実験の結果から導き出された理論を、情報学の方法論で検証することを試みたものである。それぞれ異なるテーマに対して異なるアプローチが用いられており、一連の研究というよりは、情報学の方法論の実験心理学への適用という、今後、発展が期待される研究フィールドの中の2つの事例に先駆的に取り組んだものと言える。

以上、本論文では、情報学の方法論を人間の認知メカニズムの解明に応用することを目指し、挑戦的かつ独創的な試みがなされた。実際のモデルの構築やデータの解析にあたっては、最新のDNNの方法やデータの可視化方法を用い、その精度も十分な評価に値するレベルである。実際に得られた結果も、新しい視点から従来の心理学の研究結果を支持するものとなっており、個々の研究分野での研究の発展に大きく寄与することは想像に難くない。それにもまして、情報学の新しい展開の可能性を示したという意味で、本研究成果は、情報学のみならず、心理学の研究方法へも大きなインパクトを与えうると考えられる。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として十分に価値あるものと認める。また、令和3年4月19日、論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。さらに、本論文のインターネットでの全文公表についても支障がないことを確認した。

要旨公開可能日： 年 月 日以降