

審査の結果の要旨

氏 名 兼平 篤志

本論文は「Generating Multimodal Explanations of Visual Categorization based on Mutual Information Maximization」と題し、視覚情報があるカテゴリに分類された理由を複数モダリティ情報により説明するアルゴリズムについて取り組み、相互情報量の最大化に基づき理由の説明を生成する汎用的な枠組みを提案するもので、全7章からなる。

複数モダリティを活用した分類理由を説明するための要求機能は 1) 人によって解釈可能であること（理解可能性）、2) 説明から説明対象が判別できること（判別性）、3) 複数のモダリティの情報がお互いの情報を補い合うことができること（相補性）、4) 教師情報の有無に関わらず適用できること（柔軟可能性）、の4点である。既存研究でこれら全ての性質を満たす手法は無く、この4つの性質を持つ新たな説明生成法を開発することが本論文の目的である。この目的に対し本論文では相互情報量の最大化に基づく説明生成フレームワークを構築した。この枠組では、相互情報量に用いる変数を人間に解釈可能なドメインに制限することによって1) 理解可能性を担保し、また2) 判別性と3) 相補性は相互情報量が大きくなる説明を選択することにより自然と満たされる。更に、説明はカテゴリを特定できるように選ばれるので教師情報は必ずしも必要ないため4) 柔軟性も満たされる。本研究では、説明を生成するタスクをA) 説明対象の違い、B) 教師情報の扱い方の違い、という2つの軸によって4つのサブタスクに分割し、それぞれのタスクに応じた具体的なアルゴリズムの構成法を示した。

第1章「Introduction」では現状の単一モダリティ情報を用いた説明生成手法の限界を説明し、本論文の目的を示している。

第2章「Related Work」で現状の説明生成手法についてより詳細に調査し、その性質と相違点を明らかにしている。

第3章「Methodology」において本研究の中心になる相互情報量に基づいた説明生成のフレームワークを提案し、それが要求機能を満たすことを定性的な議論により示した。また、タスクの分割に基づいた、アルゴリズムの構成指針について述べた。

第4章「Learning-based Multimodal Explanations for Positiveness of Prediction」において、第3章で提案した相互情報量最大化に基づく説明生成の枠組みを、未知データ

の正例性の説明タスクに適用した。具体的には、ある画像識別器の分類結果を言語情報と画像集合の組み合わせを用いて説明する設定のもとで、説明生成モデルとカテゴリ推論モデルにより相補的な説明を生成するアルゴリズムを提案し、実験により有効性を示した。

第5章「**Learning-based Multimodal Explanations for Positiveness/Negativeness of Prediction**」において、第3章で提案した相互情報量最大化に基づく説明生成の枠組みを、未知データの正例性と負例性への説明タスクに適用した。具体的には、ある動画画像識別器の分類結果を言語情報と動画内での時空間の領域情報の組み合わせを用いて説明する設定のもとで、相互情報量の下限を最適化することで得られる特定の2クラスの判別性と領域-言語の一致性を同時に推定するアルゴリズムを提案し、実験によって有効性を示した。

第6章「**Learning-free Multimodal Explanations for Positiveness/Negativeness of Prediction**」において、既知のデータに対する正例性を説明する例として、言語情報と動画画像要約を用いて動画があるグループに分けられた基準を説明する設定のもと、相互情報量の確率密度分布を多変量正規分布と仮定したときに得られる拡張したFisherの判別基準に基づく要約手法を提案し、実験によってその有効性を示した。

第8章「**Conclusion and Future Work**」において提案手法を総括した上で、相互情報量に基づく任意の分類結果の理由説明生成のフレームワークの構築と、アルゴリズム構成の方針を示したことが本研究の貢献であると結論付けている。

以上、これを要するに、本論文は複数モダリティを用いた視覚情報の分類結果の理由説明を相互情報量に基づき独自の視点から整理し纏め上げたものであり、従来研究されてこなかった領域において実用上重要かつ新しい問題を提案し、各問題において相互情報量の枠組みから新規なアルゴリズムを導くことで解決を試み、提案手法が有効であることを示した。

以上の理由から、本論文は知能機械情報学上貢献するところ大である。よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。