



Title	Representation Learning with Uncertainty for Multi-Modal Data
Author(s)	濱, 健太
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/92212
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (濱 健 太)	
論文題名	Representation Learning with Uncertainty for Multi-Modal Data (マルチモーダルデータのための不確実性を考慮した表現学習)
論文内容の要旨	
深層学習などの機械学習手法は様々な分野のタスクで高い精度を達成しており、近年は表現形式の異なる画像やテキスト、音声、動画などから共通の表現を学習するマルチモーダル表現学習に関する研究が進められている。一方で、深層学習は出力結果の解釈が困難なため、モデルの出力結果の信頼性を評価するための Uncertainty Quantification (UQ) と呼ばれる研究分野が注目されている。しかし、UQ は単モーダルの手法についての研究は進んでいるが、マルチモーダル表現学習については十分な研究がされていない。本論文では、マルチモーダル表現学習における要因の異なる二種類の不確実性に関して、定量的に評価する方法について提案する。さらに、二種類の不確実性の特性をそれぞれ活用した新しい表現学習の手法を提案する。 まず、マルチモーダル表現学習において基本的な、埋め込みを介した画像テキスト間検索を対象に、検索タスクにおける信頼性評価のための適切な不確実性評価指標を提案する。また複数の不確実性評価指標の持つ特性を定性評価実験により確認し、二種類の不確実性である「データの不確実性」と「モデルの不確実性」と、入力データの間の関係性を調査する。 次に、より複雑な検索タスクと解釈される multi-modal entity alignment において、「データの不確実性」を用いて補足情報の重要性を考慮したマルチモーダル埋め込みを提案する。モーダルごとの情報をベクトルではなく多変量正規分布のパラメタに埋め込むことにより、確率分布の狭さから情報自体の重要性を評価可能であり、その値で重み付けを行うことで検索精度を大幅に改善することを示す。 最後に、生成モデルを用いた画像データの異常検知において、「モデルの不確実性」に着目することで異常検知対象の持つ構造の複雑さに対して頑健な新しい異常度のスコアを提案する。工業用部品や医療画像など様々なデータを対象に提案手法が有効に働くことを示す。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (濱 健 太)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授
	副 査	教 授
	副 査	教 授
	副 査	教 授
	副 査	准教授
		潮 俊 光
		乾 口 雅 弘
		飯 國 洋 二
		上 原 邦 昭 (大阪学院大学)
		松 原 崇

論文審査の結果の要旨

本論文では、主としてマルチモーダルデータの表現学習における不確実性の定量化について論じ、定量化手法とその応用を提案している。具体的には、不確実性として「データの不確実性」と「モデルの不確実性」という2種類の定義を紹介し、それぞれの理論的な違いと、そこから導かれる実用上の違いについて考察した上で、大きく3つの手法を提案している。1章の緒論と5章の結論を含め、以下の各章から構成されている。

第2章では、埋め込み表現ベクトルを用いた画像テキスト間検索における不確実性定量化を論じている。この場合、不確実性には「データの不確実性」と「モデルの不確実性」の両方が考えられ、検索結果の信頼性を評価する。複数の画像テキストデータセット、埋め込み手法、学習アルゴリズムを検討し、両方の不確実性がともに検索結果の信頼性を評価しうること、適切な条件下では「モデルの不確実性」の方が優れていることを示している。

第3章では、画像や数値といった複数のモーダルによる補足情報が与えられた知識グラフについて論じている。この場合、「データの不確実性」が補足情報の重要度を評価しうる。複数の知識グラフを組み合わせることで互いに不足した情報を補間する問題設定において、「データの不確実性」を定量化する方法と、不確実性が高い補足情報の重みを下げるアルゴリズムを開発し、既存手法と比較して大幅な補間精度が得られることを示している。

第4章では、工業製品の画像データから不良品を検出する問題における不確実性を論じている。深層生成モデルに対して一般的に用いられている異常度が、「データの不確実性」と「モデルの不確実性」の両方を含むことを示し、「モデルの不確実性」のみが不良品検出に貢献することを、実験的に示している。

以上のように、本論文は マルチモーダルデータの表現学習において、様々な角度から不確実性定量化の手法とその応用を提案し、マルチモーダルデータ解析分野の発展に貢献した。よって、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。