

Title	Emotion Development and Interaction based on Multimodal Predictive Coding
Author(s)	堀井, 隆斗
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/70751
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (堀井隆斗)

論文題名

Emotion Development and Interaction based on Multimodal Predictive Coding
(多感覚情報の予測符号化に基づく情動の発達と相互作用)

論文内容の要旨

我々人間は、自身の身体的・精神的状態を喜び、怒り、悲しみなどの様々な情動として感じるとともに、他者とのコミュニケーションにおいて表出する。また情動は人間の様々な認知機能に関連することが知られている。しかしこれら人間の情動の発達メカニズムは不明瞭なことが多い。情動の発達機序やコミュニケーションにおける役割を明らかにすることは人間を理解するだけでなく人と共存するロボットへの貢献も期待できる。本論文では感情発達ロボティクスの観点から予測符号化モデルに基づいた情動知覚発達の計算論モデルを提案し、このモデルが乳児の情動発達過程を再現できることをシミュレーション実験により示した。また提案モデルをロボットに実装し人—ロボットインタラクションを行うことで、予測符号化に基づく計算論モデルが情動コミュニケーションに重要な能力を実現できることを示した。提案モデルは複数の制限付きボルツマンマシン (restricted Boltzmann machine: RBM) によって複数の感覚様式の信号を抽象化、統合することによって情動の表現を獲得する。またRBMの生成モデルとしての機能を利用してロボットの情動表出や未観測信号の予測が可能である。提案モデルが人の情動発達過程と情動コミュニケーションに重要な能力を再現できるかどうか、2つの課題で検証した。

1つ目は親子間の対面インタラクションを想定した実験である。人の情動は刺激に対する覚醒から、快/不快、そして怒りや悲しみなどのカテゴリー的な情動に段階的に分化することが心理学研究において報告されている。この現象の要因を理解するために提案モデルにおいて視覚、聴覚、触覚の情報が養育者から与えられるインタラクション場面を想定した実験を行った。人の触覚にはその他の感覚様式と比較し情動価を知覚する能力があることが知られている。我々はこの神経科学的知見を触覚優位性と呼び、提案モデルに触覚優位性と乳児の感覚様式の発達表現する機能を組み込んだ。触覚の優位性と感覚様式の発達のそれぞれの特徴の有無を条件とすることで提案モデルによる情動知覚の発達過程の再現結果を評価するとともに、情動発達に重要な要因を明らかにした。実験の結果より触覚優位性と感覚様式の発達の両機能が、提案モデルが情動知覚の発達過程を再現するために重要であることがわかった。また提案モデルにおいて触覚優位性は快/不快の初期の情動分化、感覚様式の発達は喜びや怒り、悲しみなどのより詳細な情動の分化に寄与していた。

2つ目は人—ロボットインタラクションにおいてRBMの機能を利用した情動コミュニケーション能力の実現とその評価である。RBMは観測信号の抽象化だけでなく未観測信号の予測が可能である。本研究ではRBMのこの機能を利用して他者の情動表現の獲得、ロボットの多感覚情動表出、未観測信号を予測することで他者情動推定の信念を更新するメンタルシミュレーションと予測に基づいて知覚行動を決定するアクティブパーセプションの能力を実現可能な統一モデルを提案した。シミュレーション実験においてインタラクション相手の多感覚信号を情動と他者の個性に基づいた表現として獲得し、その表現を利用してロボット自身の多感覚情動表出が可能であることが示された。またインタラクションにおいて人の多感覚情動表出の一部が欠損している状況において提案モデルの機能を利用したメンタルシミュレーションを行うことで他者情動推定の正確性が改善された。さらに複数の未観測信号があった際に提案モデルによるアクティブパーセプションを行うことで他者情動推定の改善により効果的な感覚様式の信号を自ら選択できることが示された。実験の結果より予測符号化に基づいた提案モデルが情動コミュニケーションに重要な4つの能力を実現し人とのインタラクションを改善できることを示した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (堀 井 隆 斗)			
		(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授	浅田 稔
	副 査	教授	石黒 浩
	副 査	教授	細田 耕
	副 査	教授	中谷 彰宏
	副 査	教授	平田 勝弘
	副 査	教授	南埜 宜俊

論文審査の結果の要旨

本博士論文は感情発達ロボティクスの観点から予測符号化モデルに基づいた情動知覚発達の計算論モデルを提案し、シミュレーション実験により提案モデルが乳児の情動発達過程を再現できることを示した。また人-ロボットインタラクション実験において予測符号化に基づく計算論モデルが情動コミュニケーションに重要な能力を実現できることを示した。提案モデルは情動のカテゴリ獲得、また情動コミュニケーションの機能を実現するために、確率的神経回路モデルである制限付きボルツマンマシン (restricted Boltzmann machine: RBM) を用いている。複数の RBM によって異なる感覚様式の信号を抽象化、統合することにより情動の表現を獲得する。また生成モデルの特徴を利用することでロボットの情動表出や未観測信号の予測を行う。

本論文の第一章では研究背景として人の脳における情動の処理と近年注目されている予測誤差最小化の観点から、予測符号化モデルによって情動発達過程を明らかにすることと、情動コミュニケーションにおける人の能力を検証する意義を述べた。第二章では心理学・発達科学・工学の観点からこれまでの情動研究を概説した。第三章では研究における仮説と問題設定を述べ、提案する情動知覚発達の計算論モデルを説明した。

第四章では情動発達過程を再現する実験をまとめている。親子間の対面インタラクションを想定した実験において、人の情動が刺激に対する覚醒から、快/不快、そして怒りや悲しみなどのカテゴリカルな情動に段階的に分化するという情動分化仮説を検証した。触覚の優位性と感覚様式の発達のそれぞれの特徴の有無を条件とすることで情動発達に重要な要因を明らかにした。実験結果より触覚優位性と感覚様式の発達の両機能が、情動知覚の発達過程を再現するために重要であること、また触覚優位性は快/不快の初期の情動分化、感覚様式の発達は喜びや怒り、悲しみなどのより詳細な情動の分化に寄与することを明らかにした。

第五章と第六章では人-ロボットインタラクションに関する実験をまとめている。シミュレーション実験において他者の多感覚信号を情動と個性に基づいた表現として獲得し、その表現を利用してロボット自身の多感覚情動表出が可能であることを示した。またインタラクションにおいて他者のいくつかの情動表出が未観測である際に、提案モデルによる能動的知覚を行うことで他者情動推定の改善に効果的な感覚信号を自ら選択できることを明らかにした。

以上のように、本論文は予測符号化モデルによって人の情動発達過程の再現と、人-ロボットインタラクションにおける情動コミュニケーションに重要な能力の実現可能性を明らかにした。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。