

論文内容の要旨

博士論文題目

Sample Efficient Preference-based Optimization for Industrial Automation
(産業における自動化のためのサンプル効率の良い選好ベース最適化)

氏 名

権 裕煥

(論文内容の要旨)

ロボットによる産業自動化としてルールベースや強化学習ベースによるアプローチが用いられているものの、それらの手法は環境、タスクの変更が生じた場合やパーソナライズが求められる場合に、専門家によるルールや評価関数の再設計を要する。本論文では非専門家に対し選好関係を尋ねるクエリを通じて最適化を行う選好ベースのアプローチを採用することで、専門家による調整作業を必要としない産業自動化を試みる。そのための課題として、(1) 非専門家は判断の難しいクエリに対してしばし誤った回答を返すこと、(2) 多くの産業では少ないクエリ数で最適化を実行する必要があること、の2つが挙げられる。

本論文ではこれらの問題を克服するために、選好ベースのベイズ最適化によるアプローチを検討した。ベイズ最適化では探索と活用のトレードオフを考慮しつつクエリを生成するため、少ないクエリ数での最適化が可能となる。また、非専門家の回答の不確かさに対処しつつサンプル効率を上げるため、非専門家に特定条件のもとでクエリの回答をスキップさせつつ、スキップされたクエリから新たにクエリを合成する機構を提案した。

上述の難しさを内包しつつも特性の異なる外食産業と廃棄物処理産業という二つの産業でのタスクに対し、提案したアプローチを適用した。まず、外食産業におけるタスクではパーソナライズが求められる問題設定のもとで、盛り付けの物理的実現性と専門家よりもたらされたルールを考慮しつつ好ましい盛り付けを推定する手法を提案した。さらに、廃棄物処理産業におけるタスクでは性質の異なる複数の環境が存在する問題設定の下で、ゴミクレーンのフィードフォワード制御器のパラメータを最適化する枠組みを提案した。

提案手法の有効性を検証するため、CG および物理シミュレーションを用いた

天ぷら盛り付け環境，ロボットアーム・バケットを用いた模擬ごみピット環境をそれぞれ構築した．両タスクにおいて，クエリに対し回答を返すプログラムによる実験と被験者実験により検証され，提案手法の有効性を確認した．

(論文審査結果の要旨)

本論文は、専門家による調整を必要としない産業自動化を指向し、非専門家に対し選好関係を尋ねるクエリ（2 択アンケート）を通じて最適化を行う選好ベースのアプローチを提案している。また、これを実現するための課題として、(1) 非専門家は判断の難しいクエリに対してしばし誤った回答を返す、(2) 多くの産業では少ないクエリ数で最適化を実行する必要がある、という 2 点を挙げている。これらの課題克服のために、選好ベースのベイズ最適化によるアプローチを提案している。ベイズ最適化の特徴として、探索と活用のトレードオフを考慮しつつクエリを生成可能であるため、高いクエリ効率が期待できる。さらに、特定条件のもとでクエリの回答をスキップさせつつ、スキップされたクエリから新たにクエリを合成するクエリ合成機構が導入されていることで、非専門家の回答の不確実性に対処している。

提案手法の有効性を検証するために、異なる特徴を持ちながら上記のような課題を持つ 2 つの産業領域タスク、外食産業と廃棄物処理業を対象とした実験を行った。外食産業におけるタスクでは、和食の盛り付け作業を例に、パーソナライズが求められる問題設定において、盛り付けの物理的実現性と専門家よりもたらされたルールを考慮しつつ好ましい盛り付けを推定する手法を提案した。一方、廃棄物処理産業におけるタスクでは、ゴミクレーンによるごみのばらまき作業を例に、性質の異なる複数の環境が存在する問題設定の下で、ゴミクレーンのフィードフォワード制御器のパラメータを最適化する枠組みを提案した。実験検証のために、CG および物理シミュレーションを用いた天ぷら盛り付け環境、ロボットアーム・バケットを用いた模擬ごみピット環境をそれぞれ構築した。両タスクでの有効性は、クエリに対し回答を返すプログラムによる実験と被験者実験によって確認された。

本論文は、専門家による調整作業を必要としない産業オートメーションへのアプローチとして、非専門家への選好関係の照会による選好ベース最適化手法を開発し、食品産業および廃棄物処理産業のタスクに対してその有効性を実証したことに鑑み、その新規性および有用性の観点から一定の学術的意義があるものと評価できる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。