

博士論文を要約したもの

博士論文題目

Reinforcement Learning for Formal Language Instruction-Driven Robot Autonomy
(形式言語命令によって駆動されるロボットの自律性のための強化学習)

氏 名

畠中 渉

(要約)

工場やプラントなどの社会インフラにおいて、移動を伴う人間の作業をロボットで自動化する需要が高まっている。形式言語の一つである線形時相論理 (Linear Temporal Logic, LTL) は、シンボリックイベントと時間演算子によって多様なタスクの仕様を表現でき、強化学習と組み合わせることで作業工程と達成基準を順守するロボットの学習を可能にする。しかし、多くの従来研究では真の環境状態が得られることを前提にしており、現実環境において適用できる場面が限られていた。

そこで本論文では、ロボットが移動しながら実世界アプリケーションを想定した LTL タスクに従うための学習フレームワークを提案する。提案手法は、LTL によって定義された様々なタスクの下で、1) タスク達成判断に含まれる不確実性による誤認識と不必要なクエリによる不確実性の増大、2) タスクの達成仕様の変更ごとに必要な再学習による学習コストの増加、そして 3) 部分観測環境におけるロボットの移動と知覚行動の同時学習の最適化困難性 の3つの課題に対処する。

まず、1) に対しては、判断結果によって分岐する LTL タスクに対し、不確実性によって分岐しうる LTL を信念としてモデル化することで、不確実性の違いに応じて異なる指示に従うことを可能にするための学習手法を提案する。結果として、ロボットは含まれる不確実性が低い場合にはその判断を信じ、高い場合にはより保守的で安全な行動を取る、などの信頼性の高い行動を選択することを学習することができる。2) では、LTL タスクを構成する各イベントの達成仕様空間を新たに定義し、その条件付けられた特徴抽出を学習することで、LTL とイベントの仕様空間の両方を満たすための行動を学習する手法を提案する。これにより、方策の再学習無しに多様な達成仕様に即座に対応することが可能になる。最後に3)では、カメラなどの外界センサを持ったロボットにおいて、移動行動に対する知覚行動の貢献を定量化することで内部報酬として利用し、増大した行動空間において効

率的な探索による同時学習を可能にするアルゴリズムを提案する.

提案手法は 3 次元シミュレーション環境におけるナビゲーションシナリオとロボットアームを用いた点検シナリオにおいて有効性が評価され, 本論文が LTL タスクに従うロボット学習の実世界アプリケーション適用の一端を担うことが期待される.