

審査の結果の要旨

論文提出者 小川原 光一

本論文は、「注視点に基づく手作業の理解とそのロボットへの実装に関する研究」と題し、人間型ロボットの動作を拡張する簡便な方法として人間の行う動作の実演教示を観察に基づきロボットが自動獲得するための手法を提案するとともに、開発した人間型ロボットを用い手作業の獲得、認識、及び再現実験を行うことにより提案手法の有効性を評価した研究をまとめたものであり、6章で構成されている。

第1章「はじめに」では、研究の目的が把持物体と環境物体との連続的な相互作用によって記述可能な手作業の獲得にあることを示すとともに、ロボットへの動作教示法に関する従来の研究について紹介し、多くが設計者による作業に固有の知識の埋め込みと単一の観察結果の解析に基づき作業のモデルを生成しているため、本研究で目的とする新規の作業の獲得にはそぐわない点を論じている。そのため本研究では、事前の知識は普遍性のある最小限のプリミティブ集合に限定し、基本プリミティブにより動作の概略を抽象化して、その情報からでは一意に解釈できない作業については繰り返し観察を行い情報量を増やすことによりあいまい性を解消する手法を提案している。同時に、作業に固有のプリミティブを自動的に獲得することで認識システム自体を対象とする作業ドメインに適応させる手法の提案を行っている。

また、提案する作業獲得の手順が、(1) 作業の概略の推定、(2) 作業に固有のプリミティブの推定、(3) 動作の再観察の3段階で構成されることを述べ、ある時点においてシステムのセンサ入力のうちの部分に注視して解析するべきかを規定する注視戦略によって効率よく未知の作業を獲得する方法を提案している。

第2章は「基本プリミティブに基づく作業の概略の認識」と題し、手作業に普遍性のある基本プリミティブとして把持の分類・腕の動作の分類・物体の色及び幾何形状の分類を設計し、基本プリミティブの同定に必要となる、隠れマルコフモデルに基づく確率的な変動に強い動作のモデル化手法、3次元視覚を利用したノイズに対して頑健な対象物体の同定法について述べている。さらに、複数の入力センサの特性に応じて注視戦略を設定し、あるセンサを解析した結果を用いて他のセンサの解析範囲を拘束する段階的な解析法によって決定された各解析範囲に対応する基本プリミティブを順次同定することで、効率よく作業の概略を推定する手法について述べている。

第3章は「複数回観察に基づく作業に固有のプリミティブの推定」と題し、第2章の方法では作業の遂行に必須の物体同士の相互作用を確定することが困難であることを論じ、その原因が単一の観察

に起因するあいまい性にあることを指摘するとともに、本質的には同一の作業を表す複数の教示動作を観察し、それらを多次元 DP Matching の手法を用いて統合することにより必須の相互作用を検出する方法について述べている。また、検出された相互作用が、その作業ドメインを記述するための新たなプリミティブとなり動作に模倣と認識の双方に利用可能であることを示し、これをモデル化する方法について述べている。

第4章は「再観察に基づく失敗回避動作の生成」と題し、上述の手法に従って構築された作業のモデルに基づきロボットが教示作業の再現を行う際に作業に失敗する要因を2つ取り上げ、それぞれについて(1)人間が明示的に失敗箇所を指定し、センサのパラメータを変更して該当する動作の再教示をオフラインで行う方法と、(2)ロボットが自身の動作を注視することで、作業モデルから予想される動作と実際の動作との差をオンラインでフィードバックすることにより失敗の回避を行う方法の2種類の失敗回避手法について述べている。

第5章は「人間型ロボットプラットフォームを用いた実験例」と題し、ここまでの章で提案された手法を検証するために開発された人間型ロボットプラットフォームについて説明しており、またこれを用いて手作業の獲得、認識、再現を行った一連の実験について結果とそれに対する考察を述べている。

第6章は「結論」であり、本論文の成果を要約するとともに今後の課題が示されている。

以上これを要するに、本論文では、現在ハード面から見た場合に研究・開発の著しい人間型ロボットに対して、見まねに基づく簡便な動作生成手法を提案し実証することでソフト面からの取り組みがなされており、動作生成手法として提案された(1)基本プリミティブに基づく作業の概略の認識、(2)複数回観察に基づく作業に固有のプリミティブの推定、(3)再観察に基づく失敗回避動作の生成の手法は、今後人間型ロボットが日常生活に進出し人間を積極的に支援する際に必要となる技術の基盤となることが期待され、電子情報工学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位論文として合格と認められる。