

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 小倉 崇

本論文は、「等身大ヒューマノイドにおける統合知能システムと家事支援行動の実現」と題し、家庭環境において等身大の人間型ロボットが家事支援を行うために必要となる知能情報処理のレベル分けとそれを統合するシステムの構成法を提案し、そのシステムを実装した等身大ヒューマノイドを用いた実験システムにより現実の家事支援行動の実現法を示した研究をまとめたものであり、8章からなる。

第1章「序論」では、研究の背景と目的について述べ、これまでのヒューマノイドロボットの研究について俯瞰し、研究の位置付けについて述べている。

第2章「家事支援行動を可能にするヒューマノイドの統合知能システム」では、ヒューマノイドの一般家庭における支援形態を分類し、家事代替支援におけるユーザ指示のレベルの違いにより5つのレベル分けを行い、それぞれの段階で必要となる機能と機能間の関係について述べている。誘導・教示・計画の層をまとめたモジュール構成とし、それらを段階的に組み合わせた多層多段多領域行動モジュールアーキテクチャとすることでより高レベルな行動記述に従った動作生成を可能にするアプローチを提案している。

第3章「道具利用行動を実現するヒューマノイドロボットハードウェア」では、家事支援行動を実現するためのハードウェアについて考察し、ハンドは環境へのなじみと位置決めやすさの相反する2つの機能が必要になるという問題があり、その問題を解決するために複数の機能を同時に実現する機能別多指ハンド設計法を提案している。ワイヤとリンク機構を使い分けるハンドを試作し、手袋状防水外装を装着することでキッチン環境での家事支援行動の評価実験を可能としている。実際に、電磁ヒーターの操作（ボタン押し、ひねり、つまみ動作）やスイッチのある道具のトリガー動作の実験を行い、試作ハンドの効果を実証している。

第4章「物理予測機能を持つロボットソフトウェア環境」では、身体記述レベル、環境ならびに捜査対象記述レベル、因果関係記述レベルを階層的に構成してゆく統合知能システムを提案しそれを構成する上で必要となる基本ソフトウェアシステムについて述べている。特に、動力学シミュレーションの数値計算機能のレベルから、力学計算だけでは困難な事象を取り扱うための一般的因果関係のシンボリックな記述レベルを統一的に扱い、必要な場面で対話的にその計算機能を適用できるシステムの構成法を示している。

第5章「環境記憶を利用した身体誘導に基づく教示計画システム」では、統合知能システムでの身体記述レベルに関して、そのシステム上での教示・計画システムの構成法と実装方式について述べている。デバイスレスでの教示機能、身体直接誘導機能、干渉回避計画機能の各機能を、腕部と体幹操作に分けながら人からの操作誘導教示機能を統合する方法を示している。人が、手を引いてロボットを誘導し、その結果を計画系への入力とし、一度教示した移動位置へ移動し、教示された手先の動きを再利用するシステムの構成法と実験例について述べている。

第6章「対象幾何モデル記述に基づく道具利用行動生成」では、ロボットが道具を取り扱うという問題に対して、道具の操作の記述を道具モデルとして与えておき、その道具操作のシンボリックな記述が呼び出されるだけで、ロボットの身体構造に依存せずにロボットの動作を生成するシステムの構成法について述べている。道具モデルとして幾何情報に加え、把持情報、作用情報、作用状態を埋め込んだモデルを提案し、掃除

機かけ動作，箸がけ動作，包丁を用いた野菜を切る動作の実験を行い，その記述と動作生成の方法について述べている。

第7章「因果関係記述に基づく作業計画・教示システム」では，物体や道具の操作などの動作手順を記述するタスクレベルでの動作計画系を構築し，生成された計画手順を実ロボットで実行するために必要になるシステムについて述べている．シンボリックな計画から幾何的な動作計画を繋ぐために，シミュレータによる予測機能とシミュレーション結果の状態関係記述の生成機能を利用している．また，目標状態の入力をいかに行うかという問題に対し，作用状態を持った道具モデルを利用した物体主導型目標状態指示を提案している．これにより調理行動などの半順序拘束を伴った家事支援行動を実現する方法を示している．

第8章「結論」において，各章で述べた内容をまとめることで本研究を総括し，今後のヒューマノイドの家事支援行動研究の発展の方向性について述べている．

以上，これを要するに本論文は，家事支援行動のために必要となるタスクレベルの半順序手順の計画系から各操作段階での操作モデルに基づく身体動作の生成系へ繋ぐシステムを構成し，そのシステムを操作対象物の目標状態を対話的に指示しながら利用し，必要に応じて人からの誘導教示を受け付けることができる対話性を備えたシステムとしてまとめるという統合知能システムの構成法を示し，現実の等身大ヒューマノイドにより後片付けや調理の準備支援行動などの家事支援行動の実現例を示すことでその有効性を示したものであり，知能機械情報学上貢献するところ少なくない．よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる．