

審査の結果の要旨

氏名 古田 悠貴

本論文は「長期経験に基づくタスク具体化機能を備えた日常生活支援ロボットシステムの構成法 (System Architecture for Home Service Robots based on Task Instantiation using Long-term Experience)」と題し、日常生活支援を行うサービスロボットにおいては、ロボット自身が各環境で決まる支援の実行法を自律的に学び取る能力が重要であるとの考えから、日常生活環境において長期間の観察と行動実行の経験を蓄積し、環境に非依存の抽象的なタスク記述を長期経験に基づいて具体化する機能を備えたロボットシステムの構成法の研究をまとめたものであり、全9章からなる。

第1章「序論」では、研究の背景として、従来の関連研究を概観し、日常生活環境におけるタスクの目的は共通であっても共生する人による影響を受ける状況は多様で、それぞれの環境に適した自律計画実行機能を備えるロボットシステムが必要であることを指摘し、本研究の目的および本論文の構成について述べている。

第2章「長期経験に基づくタスク具体化機能を備えた日常生活支援ロボットシステム」では、日常生活タスクは反復的であり、それぞれの環境における局所的な合理性に基づく知識を獲得できる必要があることを指摘し、日常生活タスクの状態記述に必要な要素として、人、スポット、アイテムを取り上げ、それぞれの要素間の長期的な相互関連性から獲得する機能を提案している。日常生活タスクの状態記述は、タスク記述とタスク記述に必要なドメイン記述からなる。環境に非依存な形でタスクを記述する必要があるため、タスク記述を階層的に分類し、具体化されるべき変数を含む状況レベルタスク記述を設けている。環境において蓄積する長期経験はドメイン記述で表される状態と時系列データとからなり、長期経験のためには、動作や目標状態を人が修正できるように、ロボットの動作中の人からの割り込み機能などの構成要素についても述べ、本研究での提案システム全体についてまとめている。

第3章「日常生活タスクを行う自律ロボットシステムの構成」では、本研究で実現した日常生活支援ロボットシステムのハードウェアとソフトウェア要素について述べ、長期経験を蓄積する機能を実現する上で、非同期並列分散モジュールを統合できる出版購読型通信アーキテクチャと、タスク要求が無いアイドル状態での基本行動について述べている。

第4章「日常生活支援ロボットにおける長期経験の蓄積機構」では、日常生活環境における長期経験の蓄積機構として、人の長期記憶の認知心理学的分類におけるエピソード記憶に着目し、センサや認識器からの時系列データとドメイン記述を用いた状態記述を関連付けて保存し、状態を指定することで求めるデータを抽出できるシステムを提案している。ロボットシステムにおいて扱われる膨大なデータの中で保存すべきデータの選択を自律的に行う手段として、プロセス間通信の遅延購読機能を用い、ロボットシステム全体の性能低下や従来の認識行動プログラムの記述変更をすることなく蓄積可能な方法についても述べている。

第5章「長期経験を用いた日常生活環境の局所合理性に基づく知識の自律獲得機構」では、長期経験から環境に固有の知識を得るために、人、アイテム、スポットの各相互作用を分類し、それらの獲得機構について述べている。人とアイテムの相互作用の知識は、ベイジアンネットワークと過去のタスク指

示経験をを用いた嗜好モデルとして獲得し、アイテムとスポットの相互作用による知識は、環境におけるアイテムの意味的な配置頻度を基に多変量混合ガウスモデルを用いた確率的物体配置地図として獲得する。人とスポットとの相互作用による知識は、人の操作から得られる環境構造物の形状・状態・操作手順を表す定位置操作モデルとして獲得されることを述べている。

第6章「環境に非依存な状況レベルタスク記述と局所合理性に基づく具体化機構」では、環境に非依存な状況レベルタスク記述を基に、環境に固有の経験的知識を用いて各環境に応じた目標状態レベルの具体的なタスク記述を自律的に導出する具体化機構として、5章で述べた知識から具体化する方法について述べ、片付けや掃除タスクの状況レベル記述を与えて、その具体化機構に基づくタスク計画実行実験について述べている。

第7章「曖昧な指示・修正を随時受け付け対応可能な日常生活タスク実行システム」では、ロボットが人と共存して作業を行う日常生活環境では、人からの指示を随時受け付け対応することが重要であり、行動記述の階層性に対応した実行中タスクの中断・修正・再開機能を備えることで、指示の意図に応じた柔軟な行動修正や失敗を防ぐ手法を提案し、環境における経験学習における誤りや、音声による自然言語の曖昧性の解消のための手法について述べている。

第8章「日常生活タスクの局所合理性に基づく具体化機能を用いたタスク計画実行システムの評価実験」では、本研究で提案するシステムを実ロボットに搭載し、異なる環境で長期経験を蓄積し、環境に非依存な状況レベルのタスク記述をもとに、それぞれの環境に適したタスク記述を具体化により獲得し、そのタスク記述から行動の計画・実行が可能であることを示し、提案システムの有効性を検証している。

第9章「結論」では、本論文を総括し、本論文における成果と貢献および今後の展望について述べている。

以上、これを要するに本論文は、ロボットが日常生活支援タスクを行う上で、長期経験を蓄え、各環境における習慣からその環境で受け入れられるタスク実行方法を後天的に獲得することの必要性を指摘し、長期経験をを用いて抽象的タスク記述から環境に固有のタスク記述へ具体化する機構により、片付け、配膳、掃除等のタスク記述から、扱われる物品・家具・家電等の環境が異なっても支援行動が可能なロボットシステムの構成法を示しており、知能ロボットに関する情報理工学における研究的意義と共に、創造的実践に関する価値が認められたものとなっている。

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。