

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 植田 亮平

本論文は、「認識計画実行機能の評価制御機構を備えた等身大ヒューマノイド統合システムの研究」と題し、等身大ヒューマノイド統合するシステムの構成法として、認識、計画、実行の各機能処理の統合を固定的にするのではなく、システムへの要求に合わせて適切に評価し制御するための機構を付与したシステムとして統合する方法を提案し、要求に応じてそれらの要素機能のスケジューリングが可能なシステムの構成法を示したもので、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、これまでのロボットシステム研究、ロボットシステムにおける一連のタスク実行プロジェクトのスケジューリングに関する研究について論じ、本研究の位置づけと本論文の構成について述べている。

第2章「認識計画実行機能の評価制御機構に基づくプロジェクトスケジューリング」では、ロボットシステムが、認識・動作計画・動作実行を実行しながら一連の目標タスクからなるプロジェクトを達成するためのスケジューリングについて述べている。ヒューマノイドのシステムでは、移動、環境認識、操作対象認識、対象物操作などの機能が必要となるが、それらの間の依存関係、それぞれの必要時間と品質の関係に基づいて各要素機能の実行を評価し制御してゆく機構をもてば、プロジェクトスケジューリングが可能となるとし、スケジューリングモデルとして、移動に対する認識処理の関係と認識処理と動作計画との関係の違いにより分類したモデルを示しそれぞれを比較し特徴を説明している。

第3章「遠隔操縦ロボットシステムのためのソフトウェア環境」では、認識計画実行システムへ人が指令を出す遠隔操縦部も備えたシステム全体のソフトウェア環境について述べている。オペレータとロボットとの通信制約には米国災害対応ロボット競技会の制約条件を与え、自律機能と手動操縦を統合可能な構成法、遠隔操縦・ロボットセンサ情報監視のためのユーザインタフェースについて述べ、競技会での利用状況での時間配分を分析評価している。変動する通信制約が入る遠隔操縦システムでは、転倒による致命的破損などへの危惧から慎重なオペレータ操作となり、ロボットが実際に動作をしている総時間よりも、人からの指令を待ってロボットが止まっている総時間数の方が長いなどの結果となりがちであり、システムが適した必要時間とタスク完成への要求品質に従ってロボットを動かす得るシステムが必要であることを説いている。

第4章「認識器と動作計画器の協調的サブスケジューリングによる足配置計画法」では、足配置計画法を題材に、認識処理と動作計画を協調的に動作させ、動作計画の進捗を利用して認識の注視領域を制御することで高速に動作計画を行うスケジューリングモデルを示している。このモデルは、通常は行動計画を立てるためには環境全体を認識してから計画を立てるが、ここでは移動の方向が決まれば足配置はその方向での足を配置するところだけを認識しながら歩行動作を実行してゆくことが可能となり、環境全体を認識することを常に行いながらの動作生成である必要はなくなる。環境が平面であることを想定できる場合には認識処理の削減と探索の拘束かが可能となり、移動時の認識計画実行機能の評価制御機能として高速化が可能な行動実験を示している。

第5章「継続的認識機能のための3次元点群追跡による物体認識器」では、3次元点群の利用したパーティ

クルフィルタによる実時間物体追跡手法について述べ、継続的認識機能により移動中に認識を行いながら認識処理や動作計画の時間を短縮するモデルの重要な手法となることを示している。3次元点群の処理は計算量が大きく並列計算が可能なパーティクルフィルタにより実時間で物体追跡を可能とするための最適化を行う方法も示し、制度と計算時間、高速化のためのパラメータの関係について実験と通して論じている。

第6章「環境およびロボットの状態監視のための常時稼働型ソフトウェア」では、高次のタスク計画器を利用した実行時の状態監視機能について実験とともに論じている。ロボットがマニピュレーションを行っている最中に人などからの割込みに対応可能とするためには上位の手順を管理する大局的レベルと動作軌道を生成実行する局所的レベルのそれぞれにおいて状態監視の処理が必要となり、それぞれのレベルをどのように実現するかについて常時稼働型ソフトウェアの構成法を示している。

第7章「評価制御機構に基づくプロジェクトスケジューリングの実装と評価」では、認識計画実行機能の評価制御機構における品質と時間の関係を示すテーブルの構築法について述べ、品質時間テーブルを利用するスケジューリング手法について述べている。ここでは認識処理での3次元点群の解像度、動作計画での衝突計算および動作軌道の詳細度、実行処理での動作速度に依存する安定性などの影響パラメータを考慮し、品質時間テーブルを構築して論じている。構築した品質時間テーブルを利用することで必要時間に応じたパラメータ調整が可能であることの実験を行い、認識計画動作機能の評価制御機構として利用可能であることを示している。また、ヒューマノイドでは移動による品質低下を考慮する必要があり、移動に対する適切な認識処理の実行モデルを要求品質に応じて適切に選択可能な実験を示している。

第8章「結論」において、各章で述べた内容をまとめ、本研究を総括している。ヒューマノイドは、災害対応環境や生活支援環境では、移動と物体操作を伴う多様なタスクに対して、その達成時間と要求品質などの要求度合いの違いに答えることが必要となるものである。そのためのシステムの構成法として認識計画実行機能の各要素機能の依存関係の分析とそれらの実行モデルの分類からそれぞれの性能を可変とするパラメータを明確化し、品質と時間の関係をシステムが獲得できるシステムとして実現することで制約時間を守る要求や、ゆっくりだが安全確実に実行するなど異なる要求品質への対応が同一のシステムで行えるようにするシステム構成法を論じ、認識計画実行機能の評価制御機構をもつシステムとして実際に等身大ヒューマノイドシステムを実現し評価実験を示し、将来そのパラメータ制御をシステム自体が自動的に変化させることで多様な要求へ適合させてゆくための基盤となるシステムの構成法を示したものと結論づけている。

以上、これを要するに本論文は、災害対応や生活支援環境など求められるタスクとその要求内容が異なる実社会の応用環境で多様なタスクを実現することが期待されているヒューマノイドロボットを題材に、そのシステムの認識計画動作の各機能の実行を評価し各処理のパラメータを制御可能なシステムとして実現することでシステムとしての多様性を発揮でき実社会で求められるヒューマノイドシステムに対する多様性を備えたシステム構成法を実装評価とともに示したものである。本研究は情報理工学に関する研究的意義と共に、情報理工学における創造的実践に関する価値が認められる。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。