

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 神崎 秀

本論文は、「ヒューマノイドの行動指標評価機構に基づく全身行動の生成と制御」と題し、人間型ロボットであるヒューマノイドにおける全身行動の生成法と制御法の問題に関して、ロボット身体のパフォーマンスによって決まる余裕度と行動目標の変更可能性の両方を行動指標として考慮する評価機構について論じ、既知環境のみならず変動する環境場面での全身行動においてその行動指標評価機構をどのように構成し、行動生成と制御を行うかを実験を通して示したものであり、8章からなる。

第1章「序論」では、等身大ヒューマノイドの全身行動生成・制御研究の現状とその問題点について述べている。ヒューマノイドに与えられるタスクが多種多様なものである以上、ハードウェア設計をある特定のタスクに最適化したものとするのは困難である。そのタスクが求める遂行精度を満たしつつ、ハードウェアの制約の範囲内で可能な限り効率的に行動を継続することが求められる。この「身体能力の限界を考慮したタスクの実行」という点を明示的に考慮し、一般化できなければ、ヒューマノイドの潜在的な運動能力は設計者の制限の範囲内でアドホックに規制されてしまい、タスクの達成精度や速度があとどの程度向上できる余地があるのかという点を定量的に評価できるようにならない。これは汎用作業を行いながら移動可能な機械であるヒューマノイドにおいては本質的な問題であると指摘している。

第2章「行動指標評価機構に基づく全身行動の生成と制御」では、1章で述べた問題点を解決するための具体的方策を示している。多くのタスクにおいて目標を本質的に変更せず、調節可能な量を持つことをタスクの「運動目標可変性」、実世界における身体的制約から決まる行動の諸制約に対して、どの程度の余裕を見るかという量を「身体能力余裕度」と定義している。ヒューマノイドの全身行動生成及び制御において、タスクの本質的な目標を保ったままヒューマノイドが運動パフォーマンスを発揮し行動を実行するには、運動目標可変性と身体能力余裕度のトレードオフを調節する仕組みが不可欠である。このトレードオフを調節する機構を「行動指標評価機構」と定義している。

第3章「行動指標評価のための分岐多リンク系運動計算」では、2章で提案した行動指標評価機構を構築するための基盤となる分岐多リンク系運動計算の詳細について記述し、動力学解析に基づいて時系列行動評価、転倒安定性評価、身体能力余裕度の定式化を行っている。

第4章「行動指標評価機構による全身行動生成・制御システム」では、構築した行動システムを検証するために用いた実験環境の詳細について述べている。転倒実験が可能な小型のヒューマノイドと等身大ヒューマノイドの両方を実験用ヒューマノイドとして用いており、両方に共通の行動生成・制御システムを構成するための実験環境を構成している。

第5章「既知環境における全身行動の生成と制御」では、タスク達成に必要な環境についての情報がすべて既知である状況下における全身行動の生成および制御手法について述べている。平地歩行、階段昇降、椅子への着座、椅子からの立ち上がり動作をとりあげ、それぞれの行動における身体能力余裕度と運動目標可変性の関係について論じ、行動指標評価機構の構成法と行動実験の詳細について述べている。

第6章「未知パラメータを含む環境における全身行動の生成と制御」では、摩擦力や操作対象物体の運動

特性と、タスク達成に必要な環境についての情報が部分的に未知である状況下における全身行動の生成と制御の手法について述べている。未知重量物体の引っ張り行動、未知形状路面の足探り移動行動について身体能力余裕度と運動目標可変性の関係を論じ、その行動指標評価機構の構成法を示している。

第7章「変動環境における全身行動の生成と制御」では、タスク遂行中に環境そのものが変動する状況において、環境の変化に適応し行動を実現するための全身行動の生成および制御手法について述べている。変化する環境への反射的対応と次の環境変化に対する予測の2つの側面からのアプローチを提案し、変動路面でのバランス維持行動、衝突時の身構え行動、転倒時の踏み換え行動について、それぞれの行動における身体能力余裕度と運動目標可変性の関係について議論し、行動指標評価機構の構成法を示している。

第8章「結論」では、各章で述べた内容をまとめつつ本研究を総括し、ヒューマノイドにおける全身行動の生成と制御研究における今後の発展方向について述べている。

以上、これを要するに本論文は、身体が異なるヒューマノイドであっても、実現したいタスクとそのタスクにおける可変なパラメータを与えることで、身体能力に応じた全身行動時系列を自動的に生成することが可能となり、人が実機実験を通して試行錯誤していたレベルから試行錯誤に必要となる時間および手順を短縮できる全身行動生成とその制御が可能であることを示した論文であり、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。