

審査の結果の要旨

氏 名 小林 一也

本論文は、「再装填機構を備えた能動緩衝外装を持つ等身大ヒューマノイドの実現に関する研究」と題し、実地の高所不整地環境では等身大ヒューマノイドの転倒落下が避けられない場面があると想定し、行動を阻害しがちな肉厚な受動緩衝外装ではなく、転倒落下時に容積と形状が膨張して衝撃を吸収し、転倒後には収縮復元し行動を継続できる能動緩衝外装を考え、その構成法と等身大ヒューマノイドへの適用評価を行ったものであり、全7章からなる。

第1章「序論」では、ロボットと人間・環境・物体接触問題から柔軟外装の議論を行い、受動的外装のみを有するヒューマノイドの問題点を議論し、本研究の目的と構成を述べている。

第2章「等身大ヒューマノイドにおける転倒緩衝のための外装と自己保護行動」では、ヒューマノイドの様々な損傷回避のために転倒しないための不整地歩行軌道生成、環境支持、転倒姿勢制御などの種々の方法論が存在する中で、能動的に変形することで転倒を可能にする緩衝外装の位置付けを説明し、提案する能動的な外装の構成法とそれを得ることによって新たに定義される自己保護行動を論じている。

第3章「能動的に形状・容積可変な緩衝外装の設計と開発」では、空気圧システムを用いた能動緩衝外装モジュールの議論と開発について述べている。小型ヒューマノイドでは柔軟素材で形状制約・収縮も行う実装方式を示し、等身大ヒューマノイドでは高圧時の破裂防止のために膨張性の低い低通気性素材を用いることで空気圧緩衝外装を構成する方法を提案している。能動外装のモジュールサイズの設計法として、一般のヒューマノイドの体幹形状と転倒時姿勢の許容角度から能動的緩衝外装サイズを概略設計する手法を提案している。またこのモジュールが膨張後に再利用するために内部の空気を完全に排出した後に身体にできるだけ密着して行動を阻害しないように弾性体で収縮させる構造を持たせる構成法を示している。

第4章「能動緩衝外装における再装填機構の設計と開発」では、まずロボットとの能動外装の空圧システムと、従来の空圧・油圧ロボット・エアバッグ等との要求性の相違を挙げ、本研究での空圧的性能について述べている。その上で、能動緩衝外装の空圧供給方法論とそのカートリッジの設計について議論している。市販されているインフレーター（ガス発生器）の諸特性を分類検討し、等身大ヒューマノイド能動外装の要求仕様からインフレータの選定方法について論じている。さらに簡易なハンドでも利用可能とするためにインフレータのカートリッジ化の重要性を説き、ヒューマノイドが自ら能動緩衝外装を有効に利用するために必須となるカートリッジ再装填機構の設計論と実装について述べている。

第5章「能動緩衝外装における排出機構の設計と開発」では、ヒューマノイド能動外装の復帰行動のための外装排出・再収縮復帰のための排出制御システムについて議論している。また能動外装内排出のための電磁バルブについて、一般の空圧機械での構造・要求の相違に触れ、大流量排出を満たす

専用ドレイン機構の設計論とドレインファンの選定について論じ、実際に排出機構を開発している。

第6章「能動緩衝外装による転倒時自己保護行動と再装填回復行動」では、ヒューマノイドロボットの転倒衝撃時における衝突時間と衝撃加速度の関係を議論し、転倒時に自己保護するための安定な着地姿勢制御と転倒からの復帰後にインフレーターを再装填して行動継続するための回復行動について述べている。実験として、直立姿勢からの瞬間的緩衝外装展開、転倒方向判定による能動緩衝外装を利用する自己保護行動、再装填・排出・収縮機構を用いた能動緩衝外装の再利用繰返動作、インフレーターカートリッジの排莢・再装填・復帰行動を示している。着地衝撃60Gを30G程度に抑えるなど能動外装の衝撃緩衝性を確認し、ヒューマノイドHRP2における転倒方向と転倒角度を計測し瞬間的に能動緩衝外装を転倒方向へ押し出す自己保護行動の評価を行っている。さらにヒューマノイドによってインフレーターカートリッジの再装填試験を行い能動緩衝外装の回復復帰性を示している。

以上、本研究では、等身大ヒューマノイドでは転倒落下が避けられない環境での応用が必須であると考え、受動的な外装ではなく、能動的に膨張と収縮を制御できる能動緩衝外装を考え、膨張後の空気の排出・再収縮機構、インフレーターカートリッジの再装填機構の構成法を示し、等身大ヒューマノイド用の能動緩衝外装の設計と実装を行い、能動外装装着部側へ転倒する自己身体保護行動の実験を通して、能動緩衝外装により転倒後にも行動を継続し続けられる等身大ヒューマノイドの構成法を示しその応用可能性を示したもので、知能機械情報学の分野へ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。