

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 林 摩梨花

本論文は、「対人密着反応行動する人型ロボットにおける肉としての全身被覆柔軟外装の構成論」と題し、人と物理的にも精神的にも密着する人型のロボットにおいて、「肉」としてとらえた全身被覆型の柔軟外装の構成論を述べたものであり、厚みのある外装内部に機能的構造を備えることで豊かな感覚機能を持ちつつ全身運動が可能な柔軟外装の物理的構成法と、その外装の外観が与える印象と対人接触反応行動の実現法を示しており、8章からなる。

第1章「序論」では、人と触れる人型ロボットの外装の設計という問題が、印象面、機能面の両面にかかわる多面的な問題であることを指摘し、「肉」という生物学的なキーワードが示す特長を抽出して、ロボットの設計に活かす方針の意義を論じている。

第2章「人と触れるロボットの外装」では、対人密着反応行動の分類と、従来のロボットの外観と触感による行動能力の分類を行い、生物の肉の役割や人工物の外装デザインでの議論を考察することで、厚みのある「肉」としての柔軟外装の提案をしている。柔軟外装の内部を準外装空間と呼び、その準外装空間の機能設計と、「皮膚面」や「身」の詰まり方を示す外観特徴による印象設計とを考慮することで全身柔軟外装を構成するという本研究でのアプローチを示している。

第3章「センサ分布埋込成形可能な全身柔軟肉質外装」では、外装としての「肉」の構成法を示している。機能性を持たせた柔軟外装を構築するには、設計どおりに製作でき、軽量で、複雑な形状が可能であるとともに十分な試作容易性が求められ、各種の試作を通して常温成形可能で形状復元性のある軟質発泡ウレタンを使用してモールド成形型の内部に着脱可能な突起部を設け、その先端にデバイスを付着させて一体成形後に突起部のみを取り外すという新たな成形法を採ることが、求める外装の構成法となることを示し、実際にロボットの全身を覆う肉状の柔軟外装を構築してデバイスを埋め込むことで、その実現可能性を示している。

第4章「対人密着センシングのための柔軟外装での感覚機能」では、提案するセンサとしての「肉」が対人密着状態のセンシングに有効であることを示している。従来のロボットの全身表面感覚は、薄い皮状の分布圧力センサや殻状の構造に取り付けられた力センサからなっているために、局所的せん断力分布やつかめる程度の小型の構造に収めることは難しく、せん断方向の力を含む接触やつかみといった接触状態に対応することが難しいものであったが、厚肉の全身被覆外装の構成法が得られたことから、曲面上へ薄く実装するなどの空間的制約を緩めることで、深部に分布した厚みのある三軸力トルクセンサで方向を感じ、表面付近に一体成形した衝撃センサで補完的に応力変化の小さな接触や時間変化の大きな接触状態を検知する方式を提案している。実際に人型ロボットに実装し、対人密着状態のセンシング実験を通してその効果を示している。

第5章「全身柔軟肉質外装を持つロボットの骨格部の設計と動作能力」では、外装としての「肉」が全身行動の中で十分な機能性を確保するものとなっているかについて、骨格部も含めたロボットの開発と行動実現を通して検証している。ここでは準外装空間の構築により、可動性確保や排熱のための機能を外装に持たせる具体的方法が示されており、開発したロボットにこの外装を装着して歩行、寝返り、起立、物体の運搬動作を実現することで、開発した外装の機能面での有用性を示している。

第6章「受け入れられる印象のための「肉」の外観特徴の設計とその効果」では、人に受け入れられる好ましいものとするためのデザイン対象としての「肉」の外観印象上の特徴の設計とその効果を示している。ア

ンケート実験から、人型ロボットを用いた実験の範囲では「身」が詰まっていることは不気味さの回避にプロポーションなどよりも効果的で、さらに「皮膚面」に「身」が詰まっていることが重要であると示唆されることを述べている。

第7章「全身柔軟肉質外装とその感覚機能が可能にする対人密着反応行動」では、開発したロボット上での対人密着反応行動の実現について述べ、対人密着反応行動として想定したものの妥当性と、提案する肉としての全身被覆柔軟外装の有用性を論じている。イベント会場での公開実験を通したロボットと人との接触の観察から、抱き上げてあやすなど対人的接触がみられ、また、開発したシステム全体が継続して人からの接触に反応し、密着しながら行動するものとなっていることが示されている。

第8章「結論」では、各章で述べた内容を統括し、「肉」という生物的キーワードが示す特長に関して、ロボットにおける効果、外観と機能の更なる両立の課題へ向けた展望について述べている。

以上、これを要するに本論文は、人に対する密着反応行動を行う人型ロボットにおいて、生物が持つ「肉」と同様に厚みのある柔軟外装を実現することが重要であるとの考えに基づき、「肉」を構成する準外装空間の材質選定と成型法、「肉」への多種センサの埋め込み実装法、運動を阻害しない準外装空間構成法と関節部構成法、「肉」への感覚に基づく対人密着反応行動の実現法を示し、人型ロボットの試作実験を通してその構成法を評価し人型ロボットにおける対人密着反応行動を豊かに発展させる可能性を示したものであり、学際情報学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（学際情報学）の学位請求論文として合格と認められる。