

ハヤシ リナ

氏 名	林 里奈
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 記 番 号	博第1121号
学位授与の日付	平成30年3月26日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
学 位 論 文 題 目	触感に着目したストレス緩和効果を引き出すロボットの開発 (Development of Therapeutic Robots Extracting the Stress Relaxation Effect Focused on the Tactile Sensation)
論 文 審 査 委 員	主 査 教授 加藤 昇平 教授 伊藤 孝行 教授 小田 亮

## 論文内容の要旨

ストレス問題が深刻化し、メンタルヘルス対策の重要性が叫ばれる中、ロボットとのふれあいを通して癒しを与える取り組みが始まっている。例えばアザラシ型メンタルロボット「パロ」は、感性情報の授受により、認知症の予防・改善が期待できる医療機器として、アメリカ食品医薬局の承認を受けている。一方で、パロの利用現場からは、抱きしめた時に機械独特の硬さが気になるという意見や、高齢者が抱きかかえることを考慮すると重過ぎるという意見があり、開発者側の想いと利用者側の想いとに齟齬が生じている。齟齬の原因は、セラピー効果を引き出す上で必要となる要素が明らかにされておらず、開発者が手探りでセラピーロボットを開発している現状にあると筆者は考える。

本論文では、こうした現状を鑑み、触感とストレス緩和効果の関係を明らかにし、セラピーロボットの触感はどうのようなものであるべきか、一設計指針としてまとめることを目指す。また、まとめた設計指針に基づき猫型セラピーロボットを開発し、そのストレス緩和効果を評価する。ここで本論文におけるストレスを緩和する効果とは、セラピーロボットとふれあう前と比較して、ふれあった後の方が主観的気分状態 6 尺度（緊張、抑鬱、怒り、混乱、疲労、活気）と脳波含有率 2 成分（ $\alpha$  波、 $\beta$  波）の内、いずれかに改善が認められることと定義する。

第 2 章では、触感とストレス緩和効果の関係を明らかにした実験について述べる。はじめに、触感そのものの有無がストレス緩和効果に与える影響を明らかにするため、ロボットと CG エージェントとのふれあいにより得られるストレス緩和効果を比較したところ、触感を有するロボットの方が、有意水準 5%で緊張の緩和、活気の向上、及び  $\alpha$  波の増進効果が高いことを確認した。そこで、触感を構成する硬さ軸（硬い・柔らかい）がストレス緩和効果に与える影響を明らかにするため、柔らかいロボットと硬いロボットとのふれあいにより得られるストレス緩和効果を比較したところ、柔らかいロボットの方が、有意水準 1%で緊張と抑鬱の緩和、活気の向上が、有意水準 5%で  $\alpha$  波の増進効果が高いことを確認した。また、触感を構成する重さ軸（重い・軽い）は、知覚矯正仮説の同化-対比理論に基づき、実験参加者をロボットの重量が予想通りの重量と感じた同化作用群、予想外の重量と感じた対比作用群とに分け、同じロボットとのふれあいにより得られるストレス緩和効果を比較したところ、同化作用群の方が有意水準 5%で抑鬱、怒り、混乱の緩和効果が高いことを確認した。以上の結果を踏まえ、セラピーロボットの触感の一設計指針として、指針 1 に「芯まで柔らかい触感となるよう、表層の素材はもとより、内層の構造にも留意すること」、指針 2 に「外観から予想される重量を予め調査した上で、その重量前後となるよう作り込むこと」を挙げた。

第 3 章では、セラピーロボットの触感の設計指針に基づくセラピーロボットの開発について述べる。指針 1 を満たすために必要な芯まで柔らかいアクチュエータとして、状記憶合金線材を駆動力とした柔軟アクチュエータを考案した。柔軟アクチュエータを尻尾に搭載し、事前調査により判明した外観から予想される平均重量 124.9g に対して 116g と指針 2 も満たすセラピーロボット「ちょぼにゃん」を開発し、そのストレス緩和効果をぬいぐるみと比較したところ、ちょぼにゃんの方が有意水準 1%で緊張と抑鬱の緩和、活気の向上効果が高いことを確認した。

第 4 章では、開発したちょぼにゃんのストレス緩和効果向上に向けた取り組みについて述べる。セラピーロボットの音声の設計指針をまとめるための第一段階の検討として、対人コミュニケーションにおける基本周波数の同調を疑似的に引き起こす基本周波数同調システムを構築し、ちょぼにゃんに組み込み、会話により得られるストレス緩和効果を検証したところ、システムを機能させた方が、有意水準 1%で活気の向上効果が、有意水準 5%で疲労の緩和、 $\alpha$  波の増進効果が高いことを確認した。また、ユーザの状態に適したストレス緩和効果を引き出すセラピーロボットシステムの提案に向けて、脈波から算出した交感神経活動指数 CSI と副交感神経活動指数 CVI であってもユーザのストレス状態を推定できることを確認し、腕時計型ストレス状態推定デバイス「ちょぼっち」を開発した。

第 5 章では全体を統括し、今後の課題についてまとめた。

## 論文審査結果の要旨

申請者の論文には、現代のストレス社会が有する諸問題に資するためのペット型ロボットの開発、ならびに、同ロボットを用いたインタラクショナルデザインの研究が、コンセプト、デザインからハードウェア設計・制作、ソフトウェア開発に至るまで一貫して展開されている。ストレス問題が深刻化し、メンタルヘルス対策の重要性が叫ばれる中、ロボットとのふれあいを通して癒しを与える取り組みが始まっている。例えばアザラシ型メンタルロボット「パロ」は、感性情報の授受により、認知症の予防・改善が期待できる医療機器として、アメリカ食品医薬局の承認を受けている。一方で、パロの利用現場からは、抱きしめた時に機械独特の硬さが気になるという意見や、高齢者が抱きかかえることを考慮すると重過ぎるという意見があり、開発者側の想いと利用者側の想いととの間に齟齬が生じている。齟齬の原因は、セラピー効果を引き出す上で必要となる要素が明らかにされておらず、開発者が手探りでセラピーロボットを開発している現状にあると申請者は考えている。

本論文では、こうした現状を鑑み、触感とストレス緩和効果の関係を明らかにし、セラピーロボットの触感はどのようなものであるべきか、一設計指針としてまとめることを目指している。また、まとめた設計指針に基づき猫型セラピーロボットを開発し、そのストレス緩和効果を評価している。

第2章では、触感とストレス緩和効果の関係を明らかにした実験について述べる。はじめに、触感そのものの有無がストレス緩和効果に与える影響を明らかにするため、ロボットとCGエージェントとのふれあいにより得られるストレス緩和効果を比較したところ、触感を有するロボットの方が、有意水準5%で緊張の緩和、活気の向上、及び $\alpha$ 波の増進効果が高いことを確認した。そこで、触感を構成する硬さ軸（硬い・柔らかい）がストレス緩和効果に与える影響を明らかにするため、柔らかいロボットと硬いロボットとのふれあいにより得られるストレス緩和効果を比較したところ、柔らかいロボットの方が、有意水準1%で緊張と抑鬱の緩和、活気の向上が、有意水準5%で $\alpha$ 波の増進効果が高いことを確認した。また、触感を構成する重さ軸（重い・軽い）は、知覚矯正仮説の同化・対比理論に基づき、実験参加者をロボットの重量が予想通りの重量と感じた同化作用群、予想外の重量と感じた対比作用群とに分け、同じロボットとのふれあいにより得られるストレス緩和効果を比較したところ、同化作用群の方が有意水準5%で抑鬱、怒り、混乱の緩和効果が高いことを確認した。以上の結果を踏まえ、セラピーロボットの触感の一設計指針として、指針1に「芯まで柔らかい触感となるよう、表層の素材はもとより、内層の構造にも留意すること」、指針2に「外観から予想される重量を予め調査した上で、その重量前後となるよう作り込むこと」を挙げている。

第3章では、セラピーロボットの触感の設計指針に基づくセラピーロボットの開発について述べる。指針1を満たすために必要な芯まで柔らかいアクチュエータとして、状記憶合金線材を駆動力とした柔軟アクチュエータを考案した。柔軟アクチュエータを尻尾に搭載し、事前調査により判明した外観から予想される平均重量124.9gに対して116gと指針2も満たすセラピーロボット「ちょぼにゃん」を開発し、そのストレス緩和効果をぬいぐるみと比較したところ、ちょぼにゃんの方が有意水準1%で緊張と抑鬱の緩和、活気の向上効果が高いことを確認している。

第4章では、開発したちょぼにゃんのストレス緩和効果向上に向けた取り組みについて述べる。セラピーロボットの音声の設計指針をまとめるための第一段階の検討として、対人コミュニケーションにおける基本周波数の同調を疑似的に引き起こす基本周波数同調システムを構築し、ちょぼにゃんに組み込み、会話により得られるストレス緩和効果を検証したところ、システムを機能させた方が、有意水準1%で活気の向上効果が、有意水準5%で疲労の緩和、 $\alpha$ 波の増進効果が高いことを確認した。また、ユーザの状態に適したストレス緩和効果を引き出すセラピーロボットシステムの提案に向けて、脈波から算出した交感神経活動指数CSIと副交感神経活動指数CVIであってもユーザのストレス状態を推定できることを確認し、腕時計型ストレス状態推定デバイス「ちょぼっち」を開発している。第5章では全体を統括し、今後の課題についてまとめられている。

本研究の成果は、3編の学術雑誌論文および2編の国際会議論文（いずれも審査あり）として発表されており、人間共生ロボティクスならびにヒューマンロボットインタラクションの学術・技術的な発展に貢献することが期待される。以上を総合して十分に審査した結果、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるとの結論に至った。