

平成 28 年度 委託研究開発成果報告書

I. 基本情報

- 事業名 : (日本語) ロボット介護機器開発・導入促進事業
(英語) Project to Promote the Development and Introduction of Robotic Devices for Nursing Care
- 研究開発課題名 : (日本語) リスクアセスメント手法、安全検証手法および安全性評価試験手法・装置
(英語) Risk Assessment Method, Safety Verification Method, and Safety Evaluation Testing Technique and Equipment
- 研究開発担当者 (日本語) 独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
労働災害調査分析センター センター長 池田 博康
- 所属 役職 氏名 : (英語) National Institute of Occupational Safety and Health, Japan
Center for Occupational Accident Investigation
Director Hiroyasu Ikeda
- 実施期間 : 平成28年 4月 1日 ~ 平成29年 3月31日
- 分担研究 (日本語) リスク要素の見積もり判断指標とリスク評価方法の開発
開発課題名 : (英語) Development of estimate judgment indexes for risk element and risk evaluation method
- 研究開発分担者 (日本語) 労働災害調査分析センター センター長 池田 博康
- 所属 役職 氏名 : (英語) Center for Occupational Accident Investigation
Director Hiroyasu Ikeda
(日本語) 機械システム安全研究グループ 上席研究員 齋藤 剛
(英語) Mechanical System Safety Research Group
Senior Researcher Tsuyoshi Saito
(日本語) 機械システム安全研究グループ 主任研究員 岡部 康平
(英語) Mechanical System Safety Research Group
Senior Researcher Kohei Okabe
- 分担研究 (日本語) 安全検証手法の開発(介護者特性を含む総合停止性能)
開発課題名 : (英語) Development of safety verification method (overall stopping

- performance including the characteristics of caregivers)
- 分担研究 (日本語) 安全評価試験方法・装置の開発(介護者特性を含む総合停止性能)
- 開発課題名: (英語) Development of safety evaluation testing technique and equipment (overall stopping performance including the characteristics of caregivers)
- 分担研究 (日本語) 安全検証手法の開発(電気安全、EMC)
- 開発課題名: (英語) Development of safety verification method (electrical safety, EMC)
- 分担研究 (日本語) 安全評価試験方法・装置の開発(電気安全、EMC)
- 開発課題名: (英語) Development of safety evaluation testing technique and equipment (electrical safety, EMC)
- 分担研究 (日本語) 安全検証手法の開発(機械・電気安全関連の追加)
- 開発課題名: (英語) Development of safety verification method (mechanical and electrical safety related field)
- 研究開発分担者 (日本語) 労働災害調査分析センター センター長 池田 博康
- 所属 役職 氏名: (英語) Center for Occupational Accident Investigation
Director Hiroyasu Ikeda
- 分担研究 (日本語) 安全検証手法の開発(機械安全分野における人体接触後の機械的刺激対象)
- 開発課題名: (英語) Development of safety verification method (mechanical stimulation target after contact with human body in the mechanical safety field)
- 研究開発分担者 (日本語) 機械システム安全研究グループ 上席研究員 齋藤 剛
- 所属 役職 氏名: (英語) Mechanical System Safety Research Group
Senior Researcher Tsuyoshi Saito
- (日本語) 機械システム安全研究グループ 主任研究員 岡部 康平
- (英語) Mechanical System Safety Research Group
Senior Researcher Kohei Okabe
- (日本語) 機械システム安全研究グループ 主任研究員 山口 篤志
- (英語) Mechanical System Safety Research Group
Senior Researcher Atsushi Yamaguchi
- 分担研究 (日本語) 安全評価試験方法・装置の開発(機械安全分野における人体接触後の機械的刺激の再現性検証・力学解析)
- 開発課題名: (英語) Development of safety evaluation testing technique and equipment (verification of reproducibility and mechanical analysis of mechanical stimulation after contact with human body in the mechanical safety field)
- 研究開発分担者 (日本語) 機械システム安全研究グループ 主任研究員 岡部 康平
- 所属 役職 氏名: (英語) Mechanical System Safety Research Group

Senior Researcher Kohei Okabe

(日本語) 機械システム安全研究グループ 主任研究員 山口 篤志

(英語) Mechanical System Safety Research Group

Senior Researcher Atsushi Yamaguchi

II. 成果の概要（総括研究報告）

リスク要素の見積もり判断指標とリスク評価方法の開発については、メーカーとユーザのリスク分担及びユーザの運用時を含めたリスクの分配ルールを提案した。また、運用時のリスク低減効果の検証と安全性と有用性の観点から、リスクのトレードオフについて検証を行った。

安全検証手法の開発については、文献調査、既存規格内容の精査、類似機器に対する試験方法の分析などを行うとともに、実際の機器を用いて基礎データの蓄積を図って検証手法の妥当性を確認した。機械安全分野における人体接触後の機械的刺激対象については、上肢が挟圧された場合の簡易な安全性判定のために、人工骨モデルと等価な試験モデル形状を検討して、FEM 解析によりモデルの妥当性を確認できた。さらに、上肢による挟圧脱出限界を推定できる方法を提案した。介護者特性を含む総合停止性能については、非常停止過程の分析を進めて完全停止判定条件の検証を進めるとともに、非常停止装置の最適配置条件を検証した。EMC に関しては、近傍電磁界の評価方法を開発するために、ファントムを用いた評価方法を検証するとともに、電磁界の無線通信妨害に対する評価方法についても検討した。また、機械・電気安全関連分野で新たな安全性検証方法として、環境ストレスに対する機器の安全機能の確認方法、人体に接触可能性のある機器の表面温度計測方法、装着あるいは近傍で動作する機器から暴露される騒音の評価方法についても提案した。これらの方法は、既存・類似手法の比較調査と有効性の検証を進めている。

安全評価試験手法については、試験・測定装置の開発、改良を進めて、類似機器やロボット介護機器タイプ別に試験条件の整理と試験手順を構築した。機械安全分野における人体接触後の機械的刺激の再現性検証については、人体模擬モデルに代わる試験モデルを開発して簡易かつ安価な標準試験片を製作するとともに、挟圧脱出限界を測定する試験装置を開発した。介護者特性を含む総合停止性能については、停止特性測定方法の簡易化と高精度化を諮り、所望の空間分解能を確保できた。EMC に関しては、電磁界によるペースメーカーの誤動作可能性を評価する試験装置の改良を図り、有効性の検証と実用化の向上を図った。

Regarding the development of risk element estimate judgment indexes and a risk evaluation method, a proposal was made on risk distribution rules, including manufacturer-user risk sharing and application to operation by users. Furthermore, the risk reduction effect during operation was verified, and, from the viewpoint of safety and effectiveness, the trade-off of risk was also verified.

As to the development of a safety verification technique, the relevant literature was surveyed, the existent standard contents were scrutinized, and the testing methods applicable to similar equipment were analyzed. On the other hand, the basal data was accumulated by using actual equipment, and thereby the validation of the verification technique was confirmed. Concerning the mechanical stimulation target after contact with a human body in the mechanical safety field, in order to enable safety judgment in case that an upper limb was clamped, the geometry

of a test model equivalent to the artificial bone model was studied, and the validity of the model was confirmed through FEM analysis. Then, a proposal was made on an estimating method for the escapable clamping pressure threshold limit for an upper limb. Referring to overall stopping performance, including the characteristics of caregivers, complete stop judgment conditions were verified by analyzing the emergency stopping process, and, on the other hand, the optimum layout conditions of the emergency stopping equipment was verified. As concerns EMC (electromagnetic compatibility), in order to develop an evaluation method for the adjacent electromagnetic field, an evaluation method using a phantom was verified, and an evaluation method for radio communication jamming in the electromagnetic field was also studied. In regard to a new safety evaluation method for use in the mechanical and electrical safety related field, proposals were made on a safety function confirming method for devices placed under the influence of environmental stress, a surface temperature measurement method for those devices which may contact human bodies, and an evaluation method for noise emitted from those devices which are in operation in the carried-on-a-human-body state or in an adjacent place. These methods are now under comparative survey with existent or similar techniques and also under the verification of effectiveness.

As regards the safety evaluation testing technique, the development and improvement of testing and measuring equipment were promoted, and thereby the test conditions were sorted out and put in order, and the test procedure was established for each type of similar devices and robotic devices for nursing care. Concerning the verification of the reproducibility of mechanical stimulation after contact with a human body in the mechanical safety field, a test model was developed as an alternative to the existent human body simulated model, and thereby a simple and low-cost standard test specimen was fabricated, and, on the other hand, testing equipment for measuring the escapable clamping pressure threshold limit was developed. In terms of the overall stopping performance, including the characteristics of caregivers, the stopping characteristic measurement method was simplified in usage and enhanced in precision, and, as a result, the intended space resolution was ensured. When it comes to EMC, the testing equipment for evaluating the possibility of causing malfunction to pacemakers in the electromagnetic field was improved, and thereby the effectiveness of the testing equipment was verified and the practical realization of the same was facilitated.

III. 成果の外部への発表

(1) 学会誌・雑誌等における論文一覧（国内誌 0件、国際誌 0件）

(2) 学会・シンポジウム等における口頭・ポスター発表

1. 入浴介護機器の感電リスクに関する考察、ポスター、風間智、岡部康平、浅野陽一、本間敬子、池田博康、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016、2016/6/9、国内
2. 人工骨を用いた前腕骨の曲げ強度特性、ポスター、山口篤志、岡部康平、池田博康、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016、2016/6/9、国内
3. 迅速性と確実性を考慮した非常停止ボタンの最適配置の検討、ポスター、鈴木俊智、池田博康、中村英夫、高橋聖、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016、2016/6/9、国内

4. 介護機器の非常停止操作によるリスク低減効果の検証、口頭、池田博康、鈴木俊智、安全工学シンポジウム 2016, 2016/7/7、国内
5. ロボット介護機器の電磁雑音がペースメーカー動作に与える影響の評価方法、口頭、風間智、池田博康、第 34 回日本ロボット学会学術講演会、2016/9/7、国内
6. ロボット介護機器使用時のリスク低減効果の評価、口頭、池田博康、鈴木俊智、第 34 回日本ロボット学会学術講演会、2016/9/7、国内
7. 女性上肢模擬モデルを用いた骨折耐性の検討、口頭、岡部康平、山口篤志、池田博康、第 34 回日本ロボット学会学術講演会、2016/9/9、国内
8. 電磁的雑音による心臓ペースメーカー誤動作リスク評価、口頭、風間智、池田博康、電子情報通信学会環境電磁工学研究会、2017/9/16、国内
9. 人間共存型ロボットの残留リスク低減方策と効果評価、口頭、池田博康、職業大フォーラム 2016, 2016/11/12、国内
10. 低周波電磁界による心臓ペースメーカー誤動作リスク評価、口頭、風間智、池田博康、2017 年電子情報通信学会総合大会、2017/3/22、国内

(3) 「国民との科学・技術対話社会」に対する取り組み

なし

(4) 特許出願

なし