

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) 安全評価基準、効果性能基準、実証試験基準、中間審査会およびステージゲート審査会における審査基準、ロボット介護機器開発・導入指針の作成、開発補助事業支援、ロボット介護機器に関する調査、共通基盤技術開発支援  
(英語) Development of Evaluation Standard for Safety, Standard of Effect and Performance, Standard for Verification Tests, Standard on Intermediate and Stage Gate Examination, Development and Introduction Guidelines, Assistance for Entities in the Subsidized Project of Development, Investigation about Development and Introduction for Future Robotic Care Devices and Assistance for Development of Common Fundamental Technology
- 研究開発担当者 (日本語) 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
ロボットイノベーション研究センター 研究センター長 比留川 博久
- 所属 役職 氏名： (英語) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
Robot Innovation Research Center  
Director Hirohisa HIRUKAWA
- 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) 効果性能基準の開発  
開発課題名： (英語) Development of Standard of Effect and Performance
- 研究開発分担者 (日本語) 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
ロボットイノベーション研究センター 研究センター長 比留川 博久
- 所属 役職 氏名： (英語) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Robot Innovation Research Center

Director Hirohisa HIRUKAWA

分担研究 (日本語) 人物検出アルゴリズムの精度向上・高速化 (効果性能基準の開発)  
開発課題名: (英語) Development of Accuracy and Speed Improvement of the Algorithm  
for Human Detection

研究開発分担者 (日本語) 株式会社アプライド・ビジョン・システムズ  
開発部 関西開発室 室長 藤村 恒太  
所属 役職 氏名: (英語) Applied Vision Systems Corporation  
Development Division, Kansai Development Office  
Chief of Office Kota FUJIMURA

分担研究 (日本語) 複数センサーの統合による位置検出性能の改善および人物検出サーバーシ  
ステム開発 (効果性能基準の開発)  
開発課題名: (英語) Improvement of Human Detection Performance by Integration of Multiple  
Sensors and Implementation of Server System

研究開発分担者 (日本語) 株式会社アプライド・ビジョン・システムズ  
開発部 係長 井上 美明  
所属 役職 氏名: (英語) Applied Vision Systems Corporation  
Development Division Head Yoshiaki INOUE

分担研究 (日本語) 今後のロボット介護機器開発・導入に関する調査  
開発課題名: (英語) Investigation about Development and Introduction for Future Robotic  
Care Devices

研究開発分担者 (日本語) 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
ロボットイノベーション研究センター 研究チーム長 中坊 嘉宏  
所属 役職 氏名: (英語) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
Robot Innovation Research Center  
Team Leader Yoshihiro NAKABO

分担研究 (日本語) 安全評価基準の開発  
開発課題名: (英語) Development of Evaluation Standard for Safety

研究開発分担者 (日本語) 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
ロボットイノベーション研究センター 総括研究主幹 松本 治  
所属 役職 氏名: (英語) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
Robot Innovation Research Center

- 分担研究 (日本語) 安全検証手法 (適合性評価手法) の開発 (安全評価基準の開発)  
開発課題名: (英語) Development of Conformity Assessment Procedure
- 研究開発分担者 (日本語) 一般財団法人日本品質保証機構 認証制度開発普及室 室長 浅田 純男  
所属 役職 氏名: (英語) Japan Quality Assurance Organization  
Certification Scheme Development & Promotion DEPT.  
Director Sumio ASADA
- 分担研究 (日本語) 実証試験基準の開発、中間審査会およびステージゲート審査会における審査基準、ロボット介護機器開発・導入指針の作成  
開発課題名: (英語) Development of Standard for Verification Tests, Standard on Intermediate and Stage Gate Examination, Development and Introduction Guideline for Robotic Care Devices
- 研究開発分担者 (日本語) 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
ロボットイノベーション研究センター 研究チーム長 中坊 嘉宏  
所属 役職 氏名: (英語) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
Robot Innovation Research Center  
Team Leader Yoshihiro NAKABO
- 分担研究 (日本語) 効果検証例の集積とそれに基づく実証試験方法の確立 (実証試験基準の開発) および今後開発すべきロボット介護機器に関する調査  
開発課題名: (英語) Accumulation of Examples of Effect Verification, Establishment of Verification Test Methods and Investigation about Robotic Care Devices that should be Developed
- 研究開発分担者 (日本語) 愛知医科大学 医学部 教授 木村 伸也  
所属 役職 氏名: (英語) Aichi Medical University  
Department of Rehabilitation Medicine  
Professor Shinya KIMURA
- 分担研究 (日本語) 開発補助事業支援  
開発課題名: (英語) Assistance for Entities in the Subsidized Project of Development
- 研究開発分担者 (日本語) 国立研究開発法人産業技術総合研究所  
ロボットイノベーション研究センター 主任研究員 角 保志  
所属 役職 氏名: (英語) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
Robot Innovation Research Center

## II. 成果の概要（総括研究報告）

### 【和文】

「サブテーマ①効果性能基準の開発」では、ロボット介護機器製品の3次元モデルと想定する使用者の体格を反映した人体モデルをそれぞれソフトウェア上で構築し、機器使用時の人の姿勢推定を行い、関節角度・関節トルク・接触力・静的安定性など各種評価指標を解析した。解析結果を基に、機器の幾何パラメータによる身体負担や安定性の変化、使用者の負担を軽減するための立ち上がり軌道生成等の設計に有用なデータを事業者へ提供した。

介護者の位置計測システムについては、安全検証センターの模擬介護施設で検証実験を行い、90%以上の精度で部屋の入退室時刻が推定可能であることを確認した。また、位置計測システムと介護記録システムを統合し、各部屋の入退室をトリガーとしてレコードを作成し、デフォルト値を過去の記録履歴に基づいて入力するシステムを開発した。

さらに、重点8分野のロボット介護機器のそれぞれに対して、静的安定性、静的強度、耐久性、耐衝撃性、耐水性、停止性、滑り性能、移動移乗性能、排水性能、照度性能について、参照すべき標準規格の表を作成した。

「サブテーマ②人物検出アルゴリズムの精度向上・高速化（効果性能基準の開発）」では、RGB-Dカメラ方式の検証として、位置検出性能検証・歩行速度に応じた追従性能検証・高さ方向追従性能検証を実施した。その結果、位置検出の精度は平均で誤差3%以内、最大で10.3%という結果を得た。

「サブテーマ③複数センサーの統合による位置検出性能の改善および人物検出サーバーシステム開発（効果性能基準の開発）」では、人物が特定の場所を通過することをレスポンス良く検出するため、安価な小型コンピュータと赤外線センサー、およびビーコンを組み合わせたシステムを試作した。また、複数センサー間で統一した座標系を構築するキャリブレーション方式を導入し、中間に配置されたセンサーの仲介により座標の関連付けの連鎖によって全体の統一した座標系を得ることを可能とした。

「サブテーマ④今後のロボット介護機器開発・導入に関する調査」では、AMEDの大規模実証事業として行われたコミュニケーションロボットの大規模実証試験（「ロボット介護機器開発に関する調査」に係る実証試験）で行ったデータ収集・解析結果をもとに、コミュニケーションロボットを「ロボット技術の介護利用における重点分野」にする必要性及び、その際必要な要件を明らかにした。

「サブテーマ⑤安全評価基準の開発」では、本質安全設計支援ツールの新機能として保護方策のコストについて定性的評価を行う機能などを実装するとともに、機械安全の有識者によるレビューを受けて、コンテンツ（危険源、危険事象、保護方策など）の更新を行い、充実をはかった。インシデント記録・可視化ソフトウェアを2015年4月から稼働中のシステムにより493拠点（在宅を含む）のデータ収集に成功した。これにより、サービス・製品と事故の関係分析が可能となった。

「サブテーマ⑥安全検証手法（適合性評価手法）の開発（安全評価基準の開発）」では、リスクアセスメントレポートと仕様など設計書類による評価を中心とした設計段階の評価方法、設計に係る管理体制の評価方法、さらには一般的機械的試験、電氣的試験やEMC（電磁両立性）試験の他、移動支援機器（屋内型）及び移乗介助機器（非装着型）に固有なリスク低減方法を含む検証プログラムを策定した。

「サブテーマ⑦実証試験基準の開発、中間審査会およびステージゲート審査会における審査基準、ロボット介護機器開発・導入指針の作成」では、ロボット開発者を主な対象としたロボット介護機器実証試験ガイドライン第2案を作成した。今年度の中間審査会やステージゲート審査会のための審査基準を策定し、当該審査会を運営した。新規参入する開発事業者に提供すべき情報を取りまとめ、昨年度までのマニュアルと統合して倫理審査申請ガイドラインとしてまとめた。基本骨格の確立を目標とした、ロボット機器開発・導入指針第2案を作成した。その際、本指針の対象が、介護関係者（介護福祉士、介護支援専門員、介護事業者等）、介護に関係する専門職（医師、看護師等）、介護に関係する行政であることを明確化し、これらの人々をロボット介護機器使用者、実証試験協力者、ニーズ提供者の3つの観点からとらえることに留意した。

「サブテーマ⑧効果検証例の集積とそれに基づく実証試験方法の確立（実証試験基準の開発）および今後開発すべきロボット介護機器に関する調査」では、見守り支援機器の検証を通じて、中・長期的検証の必要性、および検証過程の臨床的効果（介護内容への影響等）が大きく影響していること、また屋外移動支援機器の検証では、機器使用のメリットと安全を確保するための使い方を細かく指導する必要性などが影響していることが判明した。

「サブテーマ⑨開発補助事業支援」では、重点分野支援チームを組織し、機器開発における機械としての安全設計・機能設計に関する支援、審査書類（開発コンセプトシート、リスクアセスメントシート、実証試験実施計画書）の作成支援、倫理審査申請書類作成支援などの開発事業者支援を行った。

#### 【英文】

①In 'the development of standard of effect and performance', we constructed 3-D models of commercialized robotic care devices and human models of users, estimated postures of users while using such devices and analyzed the human motions from viewpoints of evaluation indexes, e.g. joint angle, joint torque, contact force, static stability, etc. Based on the result of analysis, for the assistance of device design, we provided data of the changes of burden and stability by geometric parameters of the devices and the trajectories of stand-up motion to reduce the burden of users.

We confirmed the time estimation performance of the developed position measurement system of entering and leaving a room with more than 90 % accuracy by the verification experiments in the Robot Safety Center of AIST. Integrating the position measurement system and the care recording system, we developed the new system for record generation by the trigger of entering

and leaving a room based on recording history

Moreover, for each priority field, we prepared the table of referable performance standard about static stability, durability, water resistant, stoppage, travel and transfer, etc.

②In 'the development of accuracy and speed improvement of the algorithm for human detection', we verified the position detection performance, the following performance along walking speed and in the height direction. The verification results demonstrated the position detection performance within 3 % average accuracy and less than 10.3% accuracy.

③In 'the improvement of human detection performance by integration of multiple sensors and implementation of server system', we developed the detection system combined infrared sensors and beacon for the high-speed detection of human passing through the specified place. And, by adopting the calibration method, we also constructed the unified coordinate system among multiple sensors.

④In 'the investigation about development and introduction for future robotic care devices', we analyzed the data in the large-scale verification tests about communication robots, 'investigation research of the development of robotic care device', as a large-scale verification program, AMED. Based on the analysis, we clarified the requirements against communication robots as a priority field for robotic care devices.

⑤In 'the development of evaluation standard for safety', we implemented new functions, e.g. qualitative evaluation about costs of safety measures to the assistance software for intrinsic safety design, and refined the contents, e.g. hazards, dangerous phenomena, safety measure, in the software under the advices by the specialist. And, by the recording and visualizing system for incidents, we have collected data on 493 places in nursing care facilities including homes since April, 2015. We have analyzed the relation among robotic care device, care service and accidents.

⑥In 'the development of conformity assessment procedure', we established assessment method of the design phase by mainly using design related documents such as specifications, risk assessment report, product design phase management evaluation method and assessment program specific to indoor mobility aids and non-wearable transfer aids which includes risk reduction process by using general mechanical, electrical, EMC and other testing specifications.

⑦In 'the development of standard for verification tests, standard on intermediate and stage gate examination, development and introduction guideline for robotic care devices', we prepared the second version of guideline of verification tests about robotic care devices for manufacturers of robotic care devices mainly. We prepared the standard on intermediate

and stage gate examination in this fiscal year, and managed the examination meeting. We collected up useful information for manufactures of robotic care devices, and prepared the second version of the application guideline for ethics examination. In order to establish the fundamental skeleton, we prepared the second version of development and introduction guideline for robotic care devices. In the preparation, we clarified that the target users are care stakeholders (nursing care workers, managers, employers, etc.) and understood the stakeholders from the aspect of users, partners in verification tests, providers of needs.

⑧In 'the accumulation of cases of effect verification, establishment of verification test methods and investigation about robotic care devices that should be developed', we demonstrated that the further medium- to long-term verification is required and the clinical success (the effect on care service, etc.) play important roles on the verification tests in case of the monitoring systems for nursing care homes, and the delicate instructions of the merits and safe usage of devices are necessary in case of outdoor walking assist devices.

⑨In 'the assistance for entities in the subsidized project of development', we organized the assistance teams for priority fields. We advised the entities on the safety and functionality of equipment design and assisted in preparing examination documents (development concept sheet, risk assessment sheet, verification test program and ethics examination).

### 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 8 件、国際誌 5 件）

1. 鮎澤 光, 吉田 英一, 今村由芽子, 田中孝之. New evaluation framework for human-assistive devices based on humanoid robotics. *Advanced Robotics*. 2016, vol.30, no.8, pp.519-534.
2. 中坊 嘉宏. 「ロボット介護機器開発・導入促進事業プロジェクト」特集について. *日本ロボット学会誌*. 2016, Vol. 34(2016), No. 4, p.227.
3. 比留川 博久. ロボット介護機器開発・導入促進プロジェクト. *日本ロボット学会誌*. 2016, Vol. 34(2016), No. 4, p.228-231
4. 中坊 嘉宏. ロボット. 介護機器の階層的な安全分析と設計. *日本ロボット学会誌*. 2016, Vol. 34(2016), No. 4, p.232-235
5. 角 保志. ロボット介護機器の評価基準と評価方法—見守り機器の事例から. *日本ロボット学会誌*. 2016, Vol. 34(2016), No. 4, p.240-243
6. 山田 陽滋, 工藤 直紀, 鮎澤 光, 吉安 祐介, 吉田 英一. 腰部負担評価のための基準データとシミュレータ. *日本ロボット学会誌*. 2016, Vol. 34(2016), No. 4, p.244-248
7. 浅田 純男 (JQA), 清水 雄一郎 (JQA), 櫛引 豪 (JQA). 介護現場における生活支援ロボットの安全性に関する評価・認証制度. *真・介護キャリア*, 2016, 5月・6月号

8. 浅田 純男 (JQA) . 医療・介護で活躍するロボット技術 日本発 ISO 13482 の意義と役割. 医療機器学. 2016, 第 86 巻第 4 号
9. 中坊嘉宏. ロボットシステム実用化のための 7 人の侍フレームワーク. 日本ロボット学会誌. 2016, vol.34(2016), No.6, p.370-373
10. 尾形邦裕, 田中秀幸, 松本吉央. Estimating Zero Moment Point and Floor Reaction Force Using Visual Markers. Proceedings of IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS), 2016/12
11. 田中秀幸, 尾形邦裕, 松本吉央, Improving the Accuracy of Visual Markers by Four Dots and Image Interpolation. Proceedings of IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS), 2016/12, 国外
12. ITO T, AYUSAWA K, YOSHIDA E, KOBAYASHI H . Stationary Torque Replacement for Evaluation of Active Assistive Devices using Humanoid. Proceedings of 2016 IEEE-RAS 16th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids).
13. Kunihiro Ogata, Hideyuki Tanaka, Yoshio Matsumoto. Estimating Zero Moment Point and Floor Reaction Force Using Visual Markers. Proceedings of IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS), 2016 年 12 月 査読付き国際学会 (Best Paper Award 受賞)

## (2) 学会・シンポジウム等における口頭・ポスター発表

1. “移乗介助におけるロボット介護機器による身体的効果の評価”, 口頭. 三輪 洋靖, 西村 拓一, 第 60 回システム, 制御情報学会研究発表講演会講演論文集 225-1, 2016/5, 国内
2. ヒューマノイドロボットを用いた人間動作再現による能動的支援機器の静的評価手法, 口頭, 伊藤 孝浩, 吉田 英一, 鮎澤光, 小林宏, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会, 2016/9, 国内
3. Reproducing human movements by humanoid robot for product evaluation , 口頭, 鮎澤光, 吉田 英一, Workshop at IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems - Human Movement Understanding and Robotics, 2016/10, 国外
4. Estimating Zero Moment Point and Floor Reaction Force Using Visual Markers, 口頭, 尾形邦裕, 田中秀幸, 松本吉央, 2016 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS), 2016/12, 国外
5. Improving the Accuracy of Visual Markers by Four Dots and Image Interpolation, 口頭, 田中秀幸, 尾形邦裕, 松本吉央, 2016 IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS), 2016/12, 国外
6. ロボット介護機器の安全な運用, 訓練開発手法の検討, 中坊嘉宏, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会 (RSJ2016), 1Z3-02, 2016/9/7, 国内
7. 人・ヒューマノイド間の双方向動作リターゲットィング, 口頭, 鮎澤光, 吉田英一, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会, 2016/9/7, 国内.
8. ロボット介護機器のための本質安全設計支援ツールの開発 (第 2 報), 口頭, 本間敬子, 松本治, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会, 2016/9/7, 国内.
9. ロボット介護機器開発 -機械から見た開発の課題と解決策, 口頭, 比留川 博久. LIFE2016



第 32 回ライフサポート学会大会, 第 16 回日本生活支援工学会大会, 日本機械学会 福祉工学シンポジウム 2016. 2016/9/5, 国内

10. ロボット移動支援機器普及の課題と解決策, 口頭, 松本 治, LIFE2016

第 32 回ライフサポート学会大会、第 16 回日本生活支援工学会大会、日本機械学会 福祉工学シンポジウム 2016. 2016/9/5, 国内

11. ロボット介護機器開発: 「人」から見た開発の課題と解決策, 大川 弥生, LIFE2016

第 32 回ライフサポート学会大会、第 16 回日本生活支援工学会大会、日本機械学会 福祉工学シンポジウム 2016, 2016/9/5, 国内

12. ヒューマノイドロボットによる筋力補助装具スマートスーツ・ライトの複合動作時の効果検証, 口頭, 今村由芽子, 鮎澤光, 吉田英一, 田中孝之, LIFE2016. 2016, 国内

13. 人・ヒューマノイド間の双方向動作リターゲットィング, 鮎澤 光, 吉田 英一, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集. 2016, 国内

14. 人体シミュレーションを用いたロボット介護機器の設計支援, 今村 由芽子, 鮎澤 光, 遠藤 維, 吉田 英一, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2016, 国内

15. ロボット介護機器についてのニーズ, 大川 弥生, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2016, 国内

16. ロボット介護機器の安全な運用、訓練開発手法の検討, 中坊 嘉宏, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集. 2016, 国内

17. ロボット介護機器のための本質安全設計支援ツールの開発 (第 2 報), 本間 敬子, 松本 治, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2016, 国内

18. ロボット介護機器の効果・安全検証方法の開発 - 実証試験に関する課題 - . 木村 伸也 (愛知医大), 橋詰 玉枝子 (愛知医大), 林 博教 (愛知医大). 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2016, 国内

19. ロボット介護機器の効果・安全検証方法の開発 - 屋外移動支援機器の活用に向けて -. 橋詰 玉枝子 (愛知医大), 木村 伸也 (愛知医大), 林 博教 (愛知医大), 第 34 回日本ロボット学会学術講演会 (山形), 2016, 国内

20. Analysis of Robotic Care Devices using Human Dynamics Simulator, 今村由芽子, Workshop on The use of dynamics in the field of humanoid robotics: identification, planning, perception and control in Humanoids2016, 2016/11/15, 国外.

21. Stationary Torque Replacement for Evaluation of Active Assistive Devices using Humanoid, 口頭, ITO T, AYUSAWA K, YOSHIDA E, KOBAYASHI H, IEEE Int. conf. on Humanoid Robots. 2016/11/17, 国外.

22. Estimating Zero Moment Point and Floor Reaction Force Using Visual Markers, 口頭, Kunihiro Ogata, Hideyuki Tanaka, Yoshio Matsumoto, 2016 IEEE 4th International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors, 2016 年 12 月, 査読付き国際学会 (Best Paper Award 受賞). 国外

### (3) 「国民との科学・技術対話社会」に対する取り組み

1. 生活支援ロボットの安全規格 ISO13482 の概要および JIS 規格との関わりについて, 浅田 純男, あいちロボット産業クラスター推進協議会 主催 第 4 回 ロボット実用化ワーキンググループ,

2016/6, 国内

2. パーソナルケアロボット（生活支援ロボット）の国際規格 ISO 13482 と評価・認証の活用について，浅田 純男，神戸市、兵庫県、公益財団法人 先端医療振興財団 主催 第5回 介護リハビリロボットセミナー， 2016/7, 国内

3. 生活支援ロボットの安全規格 ISO 13482:2014 と評価・認証の活用について，浅田 純男，福岡県ロボット・システム産業振興会議 平成 28 年度 定期総会・講演会， 2016/8, 国内

4. 【適合性評価の基礎】生活支援ロボットの安全規格 ISO 13482:2014 と評価・認証の活用について，浅田 純男，愛知県ロボット産業クラスター推進協議会主催 サービスロボット国際安全規格取得支援セミナー， 2016/9, 国内

5. 生活支援ロボットの安全規格 ISO 13482:2014 と評価・認証の活用について，浅田 純男，公益財団法人 京都産業 21 主催 生活を豊かにするロボットビジネス研究会， 2016/9, 国内

6. 国際安全規格 ISO13482:2014 と JQA の評価・認証の活用（サポート），口頭，浅田 純男，FAIS 第 152 回産学交流サロン「ひびきのサロン」， 2017/1/20, 国内

7. ビーコンによる位置計測の展示会出展（デモおよび展示説明）， 井上美明，五十嵐達也，野崎俊輔，Japan Robot Week 2016， 2016/10/19-21, 国内.

8. ビーコンによる位置計測の展示会出展（デモおよび展示説明）， 藤村恒太，五十嵐達也，大熊範久，HOSPEX Japan 2016， 2016/10/26-28, 国内.

#### (4) 特許出願

なし