

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21240019

研究課題名（和文） 介護支援ロボットの環境適応型認知行動創成に関する基盤研究

研究課題名（英文） Basic Research on Environmental Adaptive Cognitive Behavior of Human Care Robots

## 研究代表者

羅 志偉（ZHIWEI LUO）

神戸大学・大学院システム情報学研究科・教授

研究者番号：70242914

研究成果の概要（和文）：日常生活空間で要介護者に対して介護支援を行うロボットの環境適応型認知行動生成技術を研究し、要介護者の身体姿勢、筋骨格系の冗長な動力学特性、そして本人の身体運動能力に着目して、要介護者を単にロボットによって「うごかす：動かす」よりも、本人の運動能力、運動意欲を積極的に推定し、活用しながら、身体運動の「うながす：促す」をめざしたロボットの認知行動制御方式を提唱し、実機計測と計算機による動力学シミュレーションで検証した。

研究成果の概要（英文）：This research studied human care robot's environmental adaptive cognitive behaviors, by measuring and estimating the cared person's body configurations, the redundant musculoskeletal dynamics, as well as his/her movement abilities. The robot's cognitive control approach is proposed, which promotes the cared person's motion instead of moving the person simply as a manipulated object. The effectiveness of this approach is also shown by experiments and dynamic simulations.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	16,600,000	4,980,000	21,580,000
2010年度	12,000,000	3,600,000	15,600,000
2011年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
年度			
年度			
総計	33,700,000	10,110,000	43,810,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報処理・知能ロボティクス

キーワード：介護支援ロボット、環境適応、認知行動、動力学シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

急速な少子高齢化の進展に伴い、介護福祉分野におけるロボット技術の応用への期待が一段と高まり、各種介護福祉施設から一般家庭まで、日常生活空間におけるロボットによる安心・安全な介護支援が求められるようになってきている。こうした社会的な背景で、私たちは、人間とロボットとの力学的な相互作用に着目し、実時間におけるロボットの視

覚、触覚、聴覚、力覚などの認知系と全身運動系との統合を図り、RI-MAN (for Robot Interacting with Human) というロボットを開発し、ベッドに座っている要介護者のような人形を抱き上げるという介護動作を実験的に実現できた。2006年3月に記者発表を行い、TIME誌による同年度の世界におけるBest Inventionとしても選ばれるほど社会的に大きな反響を得ることができた。

このような技術的な背景と基に、RI-MANのようなロボットによる現場でのより安心安全な介護作業の実践を目指して、それぞれの要介護者の身体特性や現場の介護者との協調、作業環境の認識などが課題として新たに提起され、特にロボットによる介護支援の度合いや要介護者への影響など、ロボットと介護者、要介護者とのかかわり方をも視野に入れて研究する必要性が、介護、看護現場から強調された。こうした問題意識や現場ニーズから、ロボット開発技術として、如何に要介護者の特性を取り入れ、様々な対象者など複雑な環境変化に適応することが重要な技術課題として残されていた。

## 2. 研究の目的

本研究は、RI-MANのような人間と接する介護支援ロボットが、多数のセンサデバイスと優れた駆動機構を駆使することで、現実の生活環境におけるそれぞれの要介護者の身体状態を統合的に把握する適応統合認知技術を確立し、人間と協力して介護動作を安全・安心に行うロボットの柔軟な行動生成技術を研究開発することを研究目的としている。

## 3. 研究の方法

以上の目的を達成するために、本研究では以下の三つのアプローチから研究開発を行った。

第一に、ロボットによる作業環境や要介護者の身体姿勢などの様々な情報を計測し、認識すること。

具体的には、カメラやレーザーレンジファインダーを用いてロボットによる作業空間の構造とベッドに寝ている要介護者の身体座標を獲得する。また、熟練介護者が要介護者に接するとき、対象に対してどのような注視行動を行っているかについて、アイマークレコーダを用いて計測する。そして、介護動作中における要介護者の意欲・動作意志を近赤外光で前頭葉における血流分布変化を計測し、識別する。

第二のアプローチとして、人間とロボットの全身骨格系の動力学モデルを構築し、ロボットによる安全な抱き上げ動作解析を行うこと。

そして、最後にロボットによる要介護者への介護の理念を追求し、対象者を単なる物体として操作するよりも、できるだけ本人の運動能力を活用する形で、ロボットによる「促す」動作支援をできるような認知行動制御方式を確立すること。

## 4. 研究成果

本基盤研究のもっとも重要な成果として、ロボットによる介護作業支援の基本理念を、単に対象者をものとして「動かす」よりも、

本人の運動能力を把握し、可能となる運動機能を「促す」ことが重要であることが認識されたところにある。

より具体的な成果として、まず、ロボットによる未知な作業環境の認識機能について、SLAMアルゴリズムを研究し、より高速かつ高精度な環境地図を得る環境認識方式を確立した（主要論文⑤）。

そして、人間とロボットの全身骨格系モデルを開発し、未知で冗長な人間モデルをロボットによる全身操作する低次元化適応制御方式（主要論文④）、および対象者の身体能力を活用するロボットの介護行動生成方式（主要論文③）を提案した。

さらに、要介護者の作業意欲を研究するために、日常生活画面である商店街をバーチャルリアリティ技術で構築し、商店街での買い物を行う課題を想定して、課題の遂行により対象者の高次脳機能の評価を試みた（（主要論文①と②））。

以下では、開発された各成果について詳しく説明する。

図1は介護ベッドに寝ている対象者に対して介護者である人間が接近して抱き上げるときの注視を計測する実験風景で、計測された介護者の視線情報を要介護者の身体姿勢、身体構造情報と併せて解析することで、経験のある介護者がどのような環境情報に着目し、環境認識して行動を生成しているか？について研究している。ここでは、介護者が主に要介護者の腰回りの位置と腰関節に着目して自身の重心位置と合わせ、介護の動作姿勢を調整していることが判明できる。



図1 介護ベッドに寝ている対象者に対して介護者である人間がアイマークレコーダで接近し、抱き上げるときの注視計測

図2と3は、本研究で開発した人間と介護支援ロボットの全身動力学モデルである。人間モデルは54のリンクと17関節で構成され、61自由度を持つ。各部位の身長や関節粘弾性特性のパラメータを変えることで様々な対象者をモデル化できるようになっている。

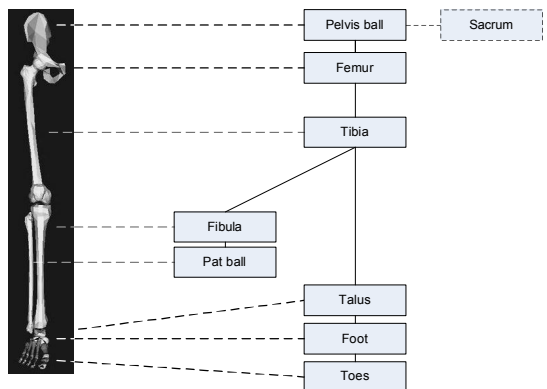
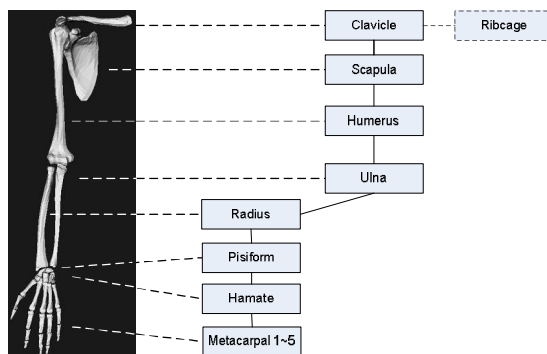
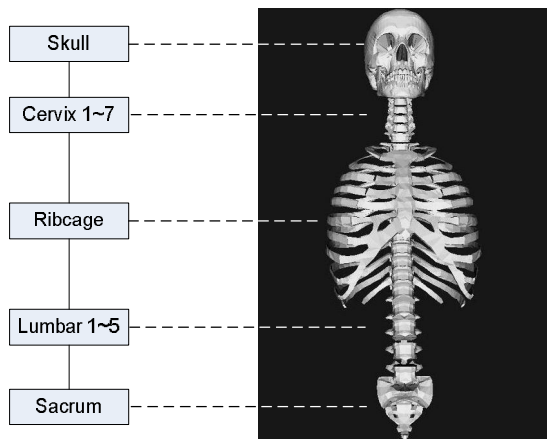


図2 VORTEX を用いて開発した人間の全身骨格系モデル。

図3では、ロボットの全身運動で多数の運動自由度を有する対象者の姿勢制御を行う様子である。ロボットの動的制御の観点から、身長や体重などがすべて未知である対象者の61自由度をすべて実時間で制御することは不可能である。本研究では、ロボットで抱き上げる時における対象者の頭、腰と膝の関節のみについて着目して制御し、その他のすべての関節については関節固有の粘弾性特性を生かすような斬新な低次元化適応制御方式を提案し、理論解析と計算機による動力学シミュレーションで本方式が有効であることを確認できた。

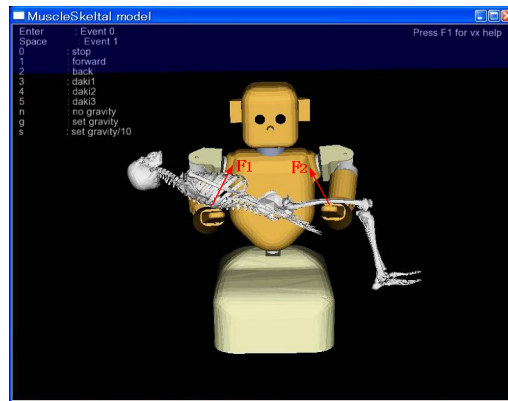


図3 ロボットの全身運動による冗長な運動自由度を有する対象者の姿勢制御

そして、図4は、介護ベッドに寝ている対象者を座らせて抱き上げる過程で対象者の腰運動能力を力覚センサーで推定して対象者自らの運動を促すようなロボットの認知行動生成の例で、対象者の発揮できる腰力できるだけ活用してロボットによる最小限の動作支援を行うようにできている。

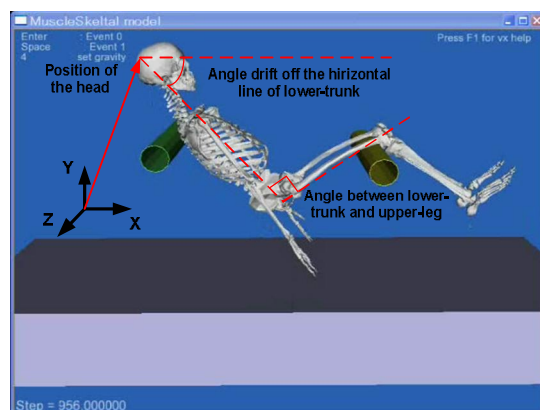


図4 介護ベッドに寝ている対象者を座らせて抱き上げる過程で対象者の運動能力を推定して自らの運動を促すようなロボットの認知行動生成

最後に、図5では、日常生活場面である商店街をバーチャルリアリティ技術で構築し、買い物を行う課題を想定して、要介護者自身の作業意欲を研究するために、課題の遂行により対象者の高次脳機能の評価を試みた。その特徴として、1)画面を直接タッチして操作することでパソコンの初心者でも簡便に取り組めること、2)日常的な日本の生活場面を再現していること、3)適切な難易度の課題を設定していること、4)結果が自動記録できることが挙げられる。



図5 バーチャル商店街における買い物課題遂行時の高次脳機能評価

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)(総計9件)

- ① 岡橋さやか, 関啓子, 長野明紀, 種村留美, 小寫麻木, 羅志偉, バーチャルリアリティ技術を用いた買い物課題による高次脳機能検査の開発、高次脳機能研究、査読有、2012、in press
- ② 小寫麻木, 岡橋さやか, 種村留美, 長野明紀, 羅志偉, 関啓子, 失語症者に対する Virtual Reality (VR) 技術を用いた高次脳機能評価の試み、言語聴覚研究、査読有、2012、in press
- ③ Haiwei Dong, Zhiwei Luo and Akinori Nagano, Application of Biomechanical Simulation in the Nursing Activity -Towards A New Adaptive Strategy of Lifting Up Human Body, バイオメカニクス研究、査読有、Vol.14 No.1, 2010, 52-60(解説)
- ④ Haiwei Dong, Zhiwei Luo and Akinori Nagano, Adaptive Attitude Control for Redundant Time-varying Complex Model of Human Body in the Nursing Activity, 査読有、Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 22, No. 4, 2010, 418-429.
- ⑤ Haiwei Dong, Jun Tang, Weidong Chen, Akinori Nagano and Zhiwei Luo, A Novel Information Matrix Sparsification Approach for Practical Implementation of SLAM, 査読有、Advanced robotics, Vol. 24, No. 5-6, 2010, 819-838.

〔学会発表〕(計5件)(総計15件)

- ① Zhiwei Luo, Development of Human Care Robots for Aging Society, 2011 IPA (International Psychogeriatric Association)

15th International Congress, 2011, Plenary Talk.

- ② 羅志偉、高齢社会を豊かにする健康工学創生成、電子情報通信学会 2011 年度ニューロコンピューティング研究会、2011 (招待講演) .
- ③ 羅志偉、動的身体運動の計測と解析、日本臨床バイオメカニクス学会第 38 回学術集会 (教育研修講演) 2011.11.
- ④ Haiwei Dong, Zhiwei Luo and Akinori Nagano, Modeling and Control of a Humanoid Robot Arm with Redundant Biarticular Muscle Torques, 2011 IASTED International Conference on Robotics, 査読有 2011.
- ⑤ Haiwei Dong, Zhiwei Luo and Akinori Nagano, Reduced Model Adaptive Control for Carrying Human Beings with Uncertain Body Dynamics in Nursing Care, IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 査読有 Jul. 2010.

〔図書〕(計3件)(総計5件)

- ① Haiwei Dong, Zhiwei Luo, INTECH 出版, Control Strategies of Human Interactive Robot Under Uncertain Environments, 2011.
- ② Zhiwei Luo, T Mitani, A Nagano, JSAEM 出版, Development of A Soft Tactile Sensor for RI-MAN based on Inverse Problem Analysis, 2009.
- ③ 羅志偉, くもん出版, 友だちロボットがやってくる, 2009.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計1件)

名称: 足首インピーダンスの測定装置

発明者: 羅志偉、林健志、吉村真一

権利者: 国立大学法人神戸大学、  
株式会社飛鳥電機製作所

種類: 特許

番号: 特願 2010-225939

出願年月日: 2010-10-05

国内外の別: 国内

〔その他〕

①ホームページ:

<http://www.research.kobe-u.ac.jp/eng-ro-man/index.html>

②2011. 10. 21 産経新聞(朝刊・神戸)記事

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

羅志偉 (ZHIWEI LUO )

神戸大学・大学院システム情報学研究科・教授

研究者番号: 70242914