

機関番号：14401

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007 ~ 2010

課題番号：19360118

研究課題名 (和文)

スキル支援を行うインテリジェントウェアの開発

研究課題名 (英文)

Intelligent wear that enhances skills development

研究代表者

宮崎 文夫 (MIYAZAKI FUMIO)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授

研究者番号：20133142

研究成果の概要 (和文)：

近年、虚弱高齢者および身体障害者の身体機能を支援するメカトロニクス技術に期待が寄せられている。しかし、その実用化には、対象となる身体運動の科学と厳しい実時間性・環境適応性・安全性を満足する高度なロボット技術が不可欠である。そこで、申請者らが培ってきたタイミングスキルの知見と最先端ロボット技術（(1)実時間で環境変化に適応できるタイミング制御技術、(2)次世代アクチュエータとしての人工筋肉技術）を駆使して、人との親和性に優れた運動スキル支援ロボット「スキルアシスト」の開発を行った。

研究成果の概要 (英文)：

In recent years, a robotic technology which can support the motor skills of frail elderly or physically handicapped people is expected. The implementation of that technology, however, requires the following technical components: (1) the deep knowledge of human motor control; (2) the advanced robot control to meet real-time processing, environmental adaptability, and safety requirements. Using our knowledge of human motor skill and robot technologies ((1) timing control with real-time adaptability and (2) artificial muscle as a next-generation actuator), we developed the skill-assist robots which have a high affinity with human. The developed robots are useful to enhance human-motor skill.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
2008年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：ロボット工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：人間機械システム、福祉・リハビリテーションロボット

1. 研究開始当初の背景

厚生労働省が公表する統計予測（平成 12 年当時）によれば、我が国の虚弱高齢者および要介護高齢者の人口は、平成 22 年に約 390 万人に達するとされる。今後ますます増加傾向にある、こうした生活アクティビティの低い人々の QOL(Quality Of Life)向上は、社会が解決しなければならない重大課題の 1 つであり、その解決法の確立は急務である。

近年、このような社会的ニーズを受け、虚弱高齢者および身体障害者の身体機能を支援するメカトロニクス技術に多くの期待が寄せられている。しかし、その実用化には、(1)対象となる身体運動の科学と(2)厳しい実時間性・環境適応性・安全性を満足する高度なロボット技術が不可欠である。

一方、ここ数年の動向として、(1)実用に耐え得る次世代型アクチュエータとしての人工筋肉技術、(2)動的に変動する複雑環境下において、実時間でロボストに適応可能なシステム制御技術等の革新的技術シーズが揃い始めている。これらの先端ロボット技術が福祉工学分野に適用されれば、リハビリテーションロボティクスが抱える前述問題に対して大きなブレイクスルーが期待される。

2. 研究の目的

本研究では、ユーザの身体運動機能を支援するロボットシステムの開発を目的として、申請者らが培ってきたタイミングスキル（身体運動の動作タイミングを決定する技能）の知見と最先端ロボット技術（(1)次世代アクチュエータとしての人工筋肉技術、(2)実時間で環境変化に適応できるタイミング制御技術）を駆使して、人との親和性に優れた身体運動支援ロボット「スキルアシスト」の開発を行う。特に、本研究では、患者の身体特性に適合するように制御器が学習を進め、環境変化に応じて支援する力やタイミングを自動調節するインテリジェントシステムの構築を目指す。なお、最終形では、装着型デバイスとして運動支援システムを実現し、ロボットと一体化したユーザのパフォーマンス評価を通して、提案システムの有用性を検証する。

3. 研究の方法

本研究では、人とロボットのインタラクションの観点から運動支援システムを考察し、4つの課題(1)人の運動スキル評価方法の確立、(2)人の運動スキルのロボットへの移植、(3)ロボットによる人の運動スキル支援、(4)装着型ロボットによる人の運動スキル支援)について段階的に研究を進めることで、最終目標である装着型運動支援システムの実現を行なう。

4. 研究成果

4年に渡る研究を通し、本課題では次の5つの成果を得ることができた。

(1) 筋協調性に基づく運動評価システムの開発

運動時における複数筋群に働く筋電位から筋協調度を測り、これを指標とする運動評価システムを開発した(図1左)。本システムにより運動支援時の状況および目標達成までの支援量を定量的かつグラフィカルに把握することが可能となった(図1右)。

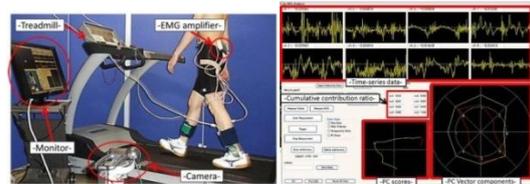


図1 筋協調性に基づく運動評価システム

(2) 身体運動の理解を目的とする筋骨格ロボットの開発

人を模した筋骨格構造を有するロボット(上肢、下肢)を開発した。いずれのロボットも駆動源となる空気圧人工筋を巧みに協調させることにより、精度良い運動制御が可能である。これらのロボットは、身体の運動支援を行う際の筋協調の意味を工学的に理解し、適切な運動支援方法を開発/評価する上で良いテストベッドとなる。



図2 筋骨格ロボット

(3) 筋骨格ロボットのマスタースレーブ制御

被験者の筋電位情報を用いて、上肢筋骨格ロボットをマスタースレーブ制御することに成功した。人と同構造を有するロボットに対し



図3 筋骨格ロボットのマスタースレーブ制御

て運動学情報のみならず、動力学情報も移植できる点が大きな特徴である。手法は(1)(2)の成果に基づくもので、その実現には実時間制御技術、人工筋肉技術等の先端ロボット技術が用いられている。

(4) マニピュレーション支援法の確立

マニピュレーション支援システムと人の協調運動について、特に動力学的作用分担の観点から考察し、クランク協調運動に関して2つの仮説((1)駆動力と位置調整の役割を分担することで円滑な協調運動が実現できること、(2)接線力と法線力が独立であるため、相手と細かくタイミングを合わせる必要がなくなることを)を実証した。また、運動支援するパターンを変え、このときの力やタイミングと実際に運動支援された動作に関するセンサ情報を入出力ペアとしてライブラリー化する手法を用いることによって、新規のパターンを瞬時に合成し得ることを実証した。



図4 マニピュレーション支援システム

(5) 筋協調性に基づく装着型運動支援システム「スキルアシストウェア」の開発

(1)の運動評価手法に基づき、歩行動作の運動スキルを支援する膝関節装具ロボットを開発した。本システムの実現には(1)(2)(3)(4)の成果が用いられており、実時間制御技術、人工筋肉技術をはじめとする先端ロボット技術が駆使されている。また本装具の使用により、患者の筋バランスが改善され、運動矯正効果があることが示された。



図5 歩行運動を支援する装着型膝関節装具ロボット

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 15 件)

① Taiki Iimura, Keita Inoue, Hang T. T. Pham, Hiroaki Hirai, and Fumio Miyazaki, Decomposition of Limb Movement based on Muscular Coordination during Human Running, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 2011. (査読有, accepted)

② 上羽亮平, Pham T. T. Hang, 平井宏明, 宮崎文夫, 人のクランク協調運動における動力学的作用分担、*日本ロボット学会誌*, 2010. (査読有・採録決定)

③ 天岡侑己, 下平順, 平井宏明, 宮崎文夫, 主成分分析を用いたヒトのスキルの再現とロボットへの移植、*日本ロボット学会*, 28(8), 75-81, 2010. (査読有)

④ 高木史朗, 坂原洋人, 田畑哲, 山岸弘幸, 鈴木貴, 宮崎文夫, 移動目標物の追尾制御に関する考察、*日本ロボット学会誌*, 26(8), 86-92, 2008. (査読有)

⑤ 平井 宏明, 宮崎 文夫, 人間から学ぶ: 巧みな運動、*日本ロボット学会誌*, 26(3), 234-237, 2008. (査読無・招待論文)

[学会発表] (計 59 件)

① Hang Pham, Mariko Kimura, Hiroaki Hirai, and Fumio Miyazaki, Extraction and Implementation of Muscle Synergies in Hand-Force Control, 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2011), 2011. (査読有, accepted)

② Yuki Honda, Atsushi Nishikawa, and Fumio Miyazaki, Angle control of pneumatically-driven musculoskeletal model using antagonistic muscle ratio and antagonistic muscle activity, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 1722-1727, December 17, 2010, Tianjin, China. (査読有)

③ Hang T. T. Pham, Ryohei Ueha, Hiroaki Hirai, and Fumio Miyazaki, A Study on Dynamical Role Division in a Crank-rotation Task from the Viewpoint of Kinetics and Muscle Activity Analysis, The 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2188-2193, October 20, 2010, Taipei, Taiwan. (査読有)

④ Hiroaki Hirai, Kazuhiro Matsui, Taiki Iimura, Keigo Mitsumori, and Fumio Miyazaki, Modular

Control of Limb Kinematics During Human Walking, The 3rd IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, September 29, 2010, Tokyo, Japan. (査読有)

⑤ Yuki Honda, Atsushi Nishikawa, and Fumio Miyazaki, Control of pneumatic five-fingered robot hand using antagonistic muscle ratio and antagonistic muscle activity, The 3rd IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, 337-342, September 28, 2010, Tokyo, Japan. (査読有)

⑥ Ryohei Ueha, Pham T. T. Hang, Hiroaki Hirai, and Fumio Miyazaki, A Simple Control Design for Human-Robot Coordination Based on the Knowledge of Dynamical Role Division, Proc. of the 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 3051-3056, 11-15 October, 2009, St. Louis, USA. (査読有)

⑦ Ryohei Ueha, Pham T. T. Hang, Hiroaki Hirai, and Fumio Miyazaki, Dynamical Role Division between Two Subjects in a Crank-Rotation Task, Proc. of 2009 IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics, 701-706, 23-26 June, 2009, Kyoto, Japan. (査読有)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 5 件)

名称：筋シナジー解析方法、筋シナジー解析装置、及び筋シナジーインターフェース
発明者：宮崎文夫、平井宏明、河越祥平、松居和寛、中野貴之
権利者：国立大学法人大阪大学
種類：特許権
番号：PCT/JP2010/65395
出願年月日：平成 22 年 9 月 8 日
国内外の別：国外

名称：インターフェース
発明者：宮崎文夫、平井宏明、河越祥平、松居和寛、中野貴之
権利者：国立大学法人大阪大学
種類：特許権
番号：特願 2010-029194
出願年月日：平成 22 年 2 月 12 日
国内外の別：国内

名称：入力デバイス、ウェアラブルコンピュータ、及び入力方法
発明者：谷口和弘、西川敦、宮崎文夫、小久保亜早子
権利者：国立大学法人大阪大学

種類：特許権
番号：PCT/JP2010/051397
出願年月日：平成 22 年 2 月 2 日
国内外の別：国外

名称：筋シナジー評価及びその装置
発明者：宮崎文夫、平井宏明、河越祥平、松居和寛
権利者：国立大学法人大阪大学
種類：特許権
番号：特願 2009-212149
出願年月日：平成 21 年 9 月 14 日
国内外の別：国内

名称：入力デバイス
発明者：谷口和弘、西川敦、宮崎文夫、小久保亜早子
権利者：国立大学法人大阪大学
種類：特許権
番号：特願 2009-024889
出願年月日：平成 20 年 2 月 5 日
国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ
<http://robotics.me.es.osaka-u.ac.jp/MiyazakiLab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮崎 文夫 (MIYAZAKI FUMIO)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授
研究者番号：20133142

(2) 研究分担者

西川 敦 (NISHIKAWA ATSUSHI)
信州大学・繊維学部・教授
研究者番号：20283731

平井 宏明 (HIRAI HIROAKI)
大阪大学・大学院基礎工学研究科・講師
研究者番号：60388147