

平成 31 年 3 月 28 日現在

機関番号：13904

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2016

課題番号：26702022

研究課題名(和文) 口腔インターフェースによる感覚運動能力の拡張と機器制御への応用

研究課題名(英文) Oral interface for extension of sensory-motor function and device control

研究代表者

三枝 亮 (Saegusa, Ryo)

豊橋技術科学大学・人間・ロボット共生リサーチセンター・特任准教授

研究者番号：80386606

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、口腔内に装着可能な入出力装置を用いて、口腔内の感覚運動能力を身体外の機器の知覚操作に対応させる方法を提案し、口腔用の入出力装置と介護医療ロボットで構成される活動支援システムを実装してその有効性を検証した。口腔内の運動機能を機器の操作指令に対応させ、口腔内の感覚機能を機器の検知情報に対応させることで、利用者のテレプレゼンスや遠隔地での機器を介した感覚運動が実現された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、口腔内の感覚運動を身体外の機器の知覚操作に対応させることで、利用者の日常活動を促進できることが示された。脊髄損傷やALSなどの疾患では首、肩、腰以下の肢体や全身の運動機能が低下するが、本研究では運動機能に不自由さがあっても残された感覚運動機能と身体外の機器を利用して、日常的な動作やコミュニケーションを活性化できることを実験的に明らかにした。口腔は手指と同等の感覚運動機能を持ち、手指と比較して体幹に近いので機能が残存しやすい。口腔の利用は有効である。本成果は、障害者の自立支援に有効なインターフェース機器を広く促進するうえで重要な成果であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This research work aims in development of a novel oral interface that projects sensory-motor function of the oral part onto sensing and operation of external devices. In this research, integrated systems composed of oral interfaces and nursing/medical robots were developed and the effectiveness was examined. The correspondence of oral sensory-motor function and external devices allows user's telepresence, perception and actions in remote places.

研究分野：情報工学

キーワード：口腔 インターフェース 感覚運動機能

1. 研究開始当初の背景

(1) ヒトの口腔内部の感覚運動機能は、医学、歯学、生理学の分野において広く研究されているが、その機能を口腔外部の感覚や運動に関連づける工学的研究は少なく、口腔内部の感覚運動機能が口腔外部に拡張された場合の適応能力や拡張能力は未知である①。これまでに舌先に接着した磁性体粒子の位置計測によるアルファベット入力や電動車椅子の移動制御、舌先の接触圧計測に基づく電動車椅子の移動制御や口腔内で操作可能なレバーによるロボットアーム制御が報告されている。また音声学では、舌の運動特徴を利用した音素識別手法が報告されている。これらの装置は口腔内部の運動計測を目的とする。一方、口腔内部への感覚提示を目的とする研究は少なく、これまでに視覚情報提示用の舌触覚刺激装置が報告されている②。

(2) これらの先行研究の特徴をまとめると、(a) 口腔内部の運動計測または感覚提示のいずれかを行う、(b) 運動計測の対象領域が舌先の一点または一部である、(c) 障害者を主利用者とする、(d) 口腔内部の感覚運動能力の身体外への拡張について看護福祉学、生体力学、神経生理学の観点からの検討が十分にされていない。このような研究動向において本研究は、(a) 運動計測と感覚提示を統合した閉ループ構造を提供する、(b) 運動計測と感覚提示が対象領域が三次元である、(c) 障害者とともに健常者を対象としたインターフェースである、(d) 口腔内部の感覚運動機能を身体外に拡張するための訓練方法や習熟過程を介護福祉学、生体力学、神経生理学、リハビリ医学、理学療法学の観点から明らかにする研究と位置づけられる。

(3) 本研究の準備にあたり、これまでにサルの体性感覚や運動認識の知見に基づいたロボットの身体像獲得や人とロボットの鏡像的な運動理解の方法を示した③。これらの研究では、サルの上腕、前腕、手に関する体性感覚野と運動野の機能をモデル化して、ロボットの統合的な知覚・運動指令のシステムを実装した。この経緯において、口腔部が腕や手に匹敵する広領域を体性感覚野や運動野で占めることに気づき、口腔部の感覚運動機能の訓練開発について検討を始めた。腕や手は道具を使用することで身体拡張できるが、口腔部は道具の使用が困難であるため、その感覚運動能力が十分に発揮されない。そこで、口腔インターフェースを導入して口腔内部の感覚運動機能を口腔外部に「第三の自由度」として外在化させて口腔部の感覚運動能力を訓練開発するという着想に至った。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、口腔内に装着可能な入出力装置（口腔インターフェースと呼称する）を用いてヒトの感覚運動能力を拡張し、

介護機器を身体の一部のように制御するための訓練方法を介護福祉学、生体力学、神経生理学、リハビリ医学の観点から明らかにすることである。本研究では口腔内部には腕に匹敵する感覚運動能力が潜在すると仮定し、口腔インターフェースを用いて口腔内部の感覚運動能力を口腔外部の感覚運動装置で機能させることで、作業空間において両腕の代替となる「第三の腕」を実現させる。感覚運動装置として、電動ベッド・電動車椅子・移乗リフト・入浴リフト・ロボットアームなどの介護機器を利用し、被介護者の自立介護を目指す。

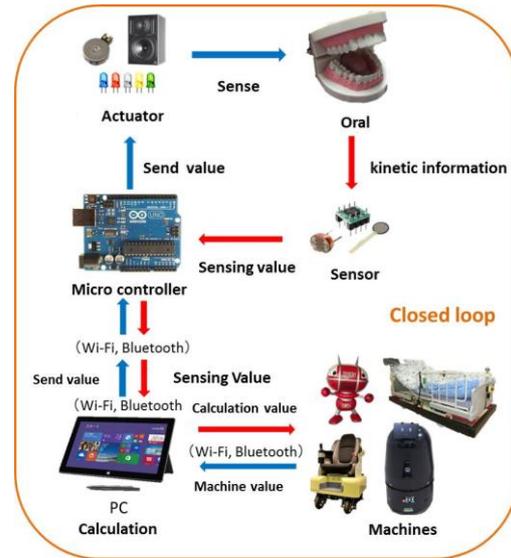


図1 口腔インターフェース及び周辺装置

3. 研究の方法

(1) 本研究ではヒトの口腔が手や腕に匹敵する高い感覚運動能力をもつことに着目し、口腔の感覚運動により機器操作を行う口腔インターフェースを開発する。日常生活で用いる多様な機器に口腔インターフェースを接続することで、四肢に障害がある状況においても各種の機器を身体の一部のように感覚し操作できる。

(2) 口腔インターフェースの操作訓練に対応した3次元訓練シミュレータを開発し、訓練に伴う習熟度を評価する。習熟度は口腔部以外の身体部位を使用する既存のインターフェースと比較を行う。訓練シミュレータは口腔インターフェースを実機体に安全に導入するうえで有効であり、効率的な機器操作の訓練にも役立つ。

(3) 口腔インターフェースの操作対象となる実機体として介護医療ロボットを開発し、実機体の操作性を評価する。被験者は口腔インターフェースを介し介護医療ロボットを操作し、ロボットの周辺環境の検知情報を口腔内で知覚する。この時の知覚操作の状態を計測して評価する。

4. 研究成果

(1) 口腔インターフェースを試作し、口腔インターフェースによって、口腔内の運動計測と口腔内への感覚刺激が可能であることを検証した。さらに、口腔インターフェースの操作を効率的に訓練するため、図2に示される3次元訓練シミュレータを開発した。3次元訓練シミュレータは仮想空間内の訓練環境であるため、実機体の操作前に口腔インターフェースの操作を練習したり、操作者に固有な癖などのパラメータの抽出にも有用である。

(2) 3次元訓練シミュレータを用いた被験者実験を行った。口腔インターフェースを介した知覚操作により3次元仮想空間内に設置したコースを被験者に走行させた。コースから外れた場合は、口腔内に刺激が提示されてコースへ戻るように促される。実験では手指によるキーボード操作、口腔による口腔インターフェース操作を行い、移動軌跡やゴール到達時間などを計測して比較した。実験結果によると、口腔インターフェースは、習熟後はキーボードに劣らない操作性があることが分かった。走行時間に関しては、習熟後の口腔インターフェースによる操作が、全試行で最短のゴール到達時間であった。実験後の聞き取り調査では、舌や首の微妙な動作による操作は慣れるとキーボードよりも容易である、また、現状では長時間把持していると口腔が疲れる、などの意見が得られた。

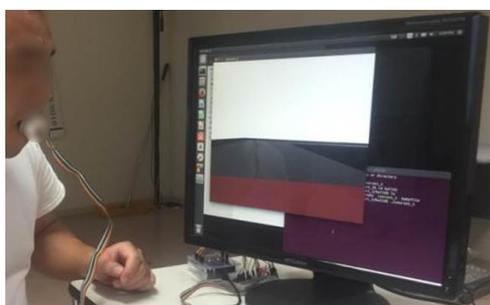


図2 3次元訓練シミュレータ

(3) 口腔インターフェースに対応した介護医療ロボットを開発し、口腔インターフェースと介護医療ロボットによる新しい自立介護の方法を提案した。まず、介護医療ロボットの知覚操作の機能を実験により検証した。実験環境に前記実験と同様なコースを設置し、介護医療ロボットにコースの内外判定機能を実装した。介護医療ロボットは、口腔インターフェースを介した無線での操作とコース内外の検知が可能である。図3に実験環境と走行軌跡の例を示す。実験では、被験者は口腔インターフェースを介して、口腔のみでロボットを走行させることができた。口腔への感覚刺激により、コースの視認が困難な状況においてコース内外を明確に知覚できた、などの意見が得られた。

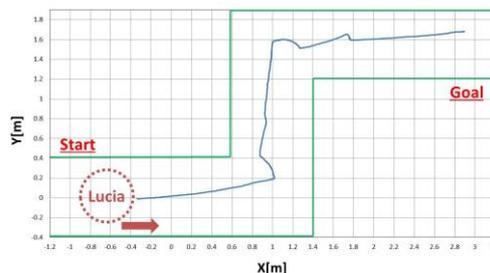
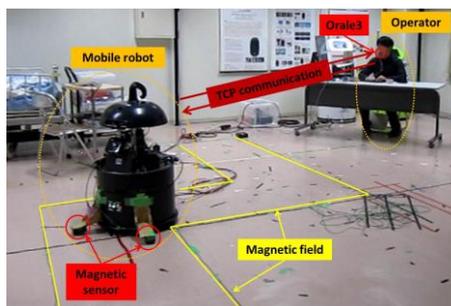


図3 ロボットの実験環境と移動軌跡の例

(4) 本研究では口腔インターフェース、3次元訓練シミュレータ、介護医療ロボットを開発し、被験者実験を通して、利用者が口腔内の感覚運動機能のみを用いて、遠隔地の介護医療ロボットが検知した環境状況を知覚したり、ロボットの移動操作が可能であることを検証した。口腔の感覚運動機能による介護医療ロボットの知覚操作は、ベッド環境から容易に移動できない患者のテレプレゼンスやベッド環境から離れた活動を実現できる点で非常に意義が深い。また、日本ALS協会の協力を得て筋萎縮側索硬化症の患者に対する臨床試験を行った。実験では、運動機能が目や口腔内に限られた患者においても、本研究の技術に高い利用性とニーズがあることが分かった。今後は医療機関での臨床試験を重ねて知見を高め、口腔インターフェースの実用化を目指す。

<引用文献>

- ① Iriki, A., Attention-induced neuronal activity in the monkey somatosensory cortex revealed by pupillometrics, Neuroscience Research, Vol.25, No.2, 1996, 173-181
- ② 一ノ瀬裕、ワイヤレス式舌圧センサを用いたヒューマンインターフェースと電動車椅子の制御への応用、電子情報通信学会論文誌、Vol. J86-D2, No.2, 2003, 364-367
- ③ Saegusa., R., Metta, G., Sandini, G., Natale, L., Developmental Perception of the Self and Action, IEEE Transaction on Neural Networks and Learning Systems, Vol.25, No.1, 2014, 183-202

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① Shimizu, T., Saegusa, R., Ikemoto, S., Ishiguro, H., Metta, G., Phase Transfer Sequence Learning for Humanoid Whole Body Motor Control in Different Contact, IEEE Transaction on Neural Networks and Learning Systems, Peer Reviewed, 2015, Vol. 26, 1035-1047

[学会発表] (計18件)

- ① Saegusa, R., Shigematsu, K., Terashima, K., Audio-Visual Feedback for Cognitive Assistance, 2014 International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2014, October 5-8, San Diego, USA
- ② Saegusa, R., Shigematsu, K., Terashima, K., Audio-Visual Feedback for Cognitive Assistance Toward Walk Training, 2014 International Conference on Robotics and Biomimetics, 2014, December 5-10, Bali, Indonesia
- ③ 三枝 亮、インタラクションによる人とロボットの運動学習、第15回計測自動制御学会システム・インテグレーション部門講演会、2014年12月14日-17日、東京ビックサイト、東京
- ④ 三枝 亮、人とロボットの共生技術、平成26年度第3回元気塾、豊橋商工会議所、2014年11月19日、豊橋技術科学大学、豊橋
- ⑤ Shigematsu, K., Terashima, K., Saegusa, R., Mobile Robot for Walk Navigation with Audio-Visual Effect, International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics, October 4-8, Toyohashi, Japan
- ⑥ Saegusa, R., Hara, K., Teshigawara, Y., Mizushima, Y., Autonomous field mapping and operation using proximity sensors, International Symposium on System, Integration, December 11-13, Nagoya, Japan
- ⑦ 三枝 亮、発達の学習によるロボットの身体認知と行動獲得、日本ロボット学会第93回ロボット工学セミナー ロボットの知能とデータ構造—身体と環境の継続的な相互作用—、2015年7月31日、中央大学、東京

- ⑧ 三枝 亮、看護とロボットのやさしい関係、第41回一般社団法人日本看護研究学会学術集会、2015年8月22日-8月23日、広島国際会議場、広島
- ⑨ 三枝 亮、人間の生活を支えるロボット、豊橋技術科学大学一般公開講座、2015年11月6日、豊橋技術科学大学、豊橋
- ⑩ 三枝 亮、医療介護支援ロボット Lucia の開発、第2回 MERRO 次世代医・理・工連携研究会、2015年7月20日-21日、豊橋商工会議所、豊橋
- ⑪ 三枝 亮、医療介護支援ロボット Lucia (ルチア) を用いた運動支援、高品位介護シンポジウム、2015年10月30日、京都繊維大学、京都
- ⑫ 三枝 亮、Lucia (ルチア) を使ったパーキンソン病、片マヒ患者歩行回復支援、平成27年度第1回高品位介護シンポジウム、2016年4月28日、京都工芸繊維大学、京都
- ⑬ 三枝 亮、医療介護支援ロボットの開発、社団法人日本粉体工業技術協会「粉体技術」水曜会、2016年6月22日、名鉄ニューグランドホテル、名古屋
- ⑭ 三枝 亮、介護医療コンシェルジュロボットの研究開発、あいちロボット産業クラスター推進協議会、2016年7月11日、栄ガスホール、名古屋
- ⑮ 三枝 亮、介護医療コンシェルジュロボットの研究開発、知の拠点あいち重点研究プロジェクト (II 期) キックオフセミナー、2016年10月12日、あいち産業科学技術総合センター、豊田
- ⑯ 三枝 亮、介護医療コンシェルジュロボットの研究開発、平成27年度第2回高品位介護シンポジウム、2016年10月31日、京都工芸繊維大学、京都
- ⑰ 三枝 亮、認知発達ロボットの歴史と現状、および将来、豊橋技術科学大学一般公開講座、2016年11月18日、豊橋技術科学大学、豊橋
- ⑱ 三枝 亮、富貴原 信、介護医療コンシェルジュロボットの研究開発、知の拠点あいち重点研究プロジェクト (II 期) 公開セミナー、2017年3月15日、あいち産業科学技術総合センター、豊田

〔図書〕(計2件)

- ① 三枝 亮、他、情報機構、今後の高齢化社会に求められる生活支援(福祉・介護・リハビリ)ロボット技術、2016、352-362
- ② 三枝 亮、他、NTS、人と協働するロボット 革命最前線、人とロボットの協調学習に基づく医療福祉支援、2016年、97-106

〔産業財産権〕

○出願状況(計6件)

名称：移動訓練支援装置
発明者：三枝 亮、重松 圭祐、嶋 一彦
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2015-197255
出願年月日：2015年10月03日
国内外の別：国内

名称：自律移動ロボットシステム
発明者：三枝 亮、原 一隆、勅使瓦 康、水島 侑華
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2015-241649
出願年月日：2015年12月10日
国内外の別：国内

名称：自律走行装置及びその開始位置判定プログラム
発明者：三枝 亮、河合 泰二、高山 裕介、長田 翔一
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2016-064089
出願年月日：2016年3月28日
国内外の別：国内

名称：自律走行装置
発明者：三枝 亮、河合 泰二、高山 裕介、長田 翔一
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2016-145517
出願年月日：2016年7月25日
国内外の別：国内

名称：自律走行作業装置およびデータ管理方法
発明者：三枝 亮、高山 裕介、河合 泰二、長田 翔一
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2017-003183
出願年月日：2017年1月12日
国内外の別：国内

名称：自律走行作業装置
発明者：三枝 亮、長田 翔一、高山 裕介、大野 広視

権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2017-034701
出願年月日：2017年2月27日
国内外の別：国内

○取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.ryolab.com>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三枝 亮 (SAEGUSA Ryo)
豊橋技術科学大学・人間・ロボット共生リサーチセンター・特任准教授
研究者番号：80386606