

令和 3 年 6 月 13 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03195

研究課題名(和文) 深層筋肉の運動機能・感覚機能トレーニングのための運動知覚統合アシストシステム

研究課題名(英文) Motion sensory integration assist system for training motion and sensory function of deep muscles

研究代表者

田中 孝之 (Tanaka, Takayuki)

北海道大学・情報科学研究所・教授

研究者番号：10282914

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：運動知覚が困難な深層筋肉において運動と知覚との統合を支援することで、効率的に運動機能と感覚機能をトレーニングするためのウェアラブルアシストシステムを開発した。深層筋肉として骨盤底筋群(PFM)を扱った。PFMと腹横筋の筋シナジーを活用した間接的運動教示インタフェース技術および力触覚刺激によるウェアラブル運動知覚インタフェースを開発し、ウェアラブルシステムに実装した。また、個人の骨盤アライメントに応じたトレーニングプログラムを設計した。開発した運動知覚アシストシステムを用いたPFMトレーニングの被験者実験を実施し、その有効性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運動知覚が困難なPFMの効果的トレーニングのための運動知覚アシストシステムを開発した。トレーニング対象筋肉と筋シナジー関係にある筋肉の活動を用いて間接的にバイオフィードバックトレーニングを実現した。また、個人の骨盤アライメントを反映させた筋骨格力学モデルにより、効果的なトレーニング姿勢を推定する手法を構築した。本研究成果は、特に女性に多く見られる腹圧性尿失禁患者の治療法である膣挿入型筋電を用いたPFMトレーニングに代わる画期的かつ効率的なトレーニング方法として活用が期待される。

研究成果の概要(英文)：We have developed a wearable assist system for efficiently training motor and sensory functions by supporting the integration of movement and perception in deep muscles where movement perception is difficult. The pelvic floor muscle group (PFM) was treated as the deep muscle. We have developed an indirect motion teaching interface technology that utilizes PFM and muscle synergy of the abdominal lateral muscles and a wearable motion perception interface that uses force-tactile stimuli, and implemented them in a wearable system. We also designed a training program according to the individual's pelvic alignment. We conducted a subject experiment of PFM training using the developed motion perception assist system and verified its effectiveness.

研究分野：ロボット工学, バイオメカニズム

キーワード：運動知覚アシスト バイオフィードバック 骨盤底筋トレーニング 人間拡張

## 1. 研究開発当初の背景

腹圧性尿失禁（Stress Urinary Incontinence :SUI）は女性の典型的な Quality of Life（QOL）疾患である。日本人女性の尿失禁有病者は約 30%で、そのうち 80%に SUI の症状がみられる。主な症状として咳やくしゃみをする、重いものを持った際に、尿意を伴わない尿漏れが生じるなどが挙げられる<sup>1)</sup>。患者の中には、羞恥心などから医療機関での受診をしない者が多く、女性患者の受診率は約 5%とされている。SUI の原因として肥満や加齢、出産による骨盤底筋（Pelvic Floor Muscle: PFM）の弛緩や損傷が挙げられる。PFM を強化することは SUI 予防に有効とされており、強化方法として Kegel 体操などが提案されている<sup>2,3)</sup>。しかし、PFM の収縮は認識が難しく、専門知識を持つ者による指導や補助が必要となる<sup>4,5)</sup>。また、島谷ら<sup>6)</sup>は PFM 活動量に個人差が存在することを報告している。

## 2. 研究の目的

本研究では PFM のように運動知覚が困難な深層筋肉において運動と知覚との統合を支援することで、効率的に運動機能と感覚機能をトレーニングするためのウェアラブルアシストシステムを開発することを目的として、主に次の 2 つの課題に取り組んだ。

(1) 筋シナジーに基づく骨盤底筋トレーニングのための運動知覚アシストシステムの開発

(2) 個人適合した筋骨格モデルを用いた骨盤底筋強化のための最適姿勢導出

なお、本研究は北海道大学工学系ヒトを対象とする研究倫理審査委員会の承認（海大情第 285 号）を得て実施した。

## 3. 研究の方法

(1) 筋シナジーに基づく骨盤底筋トレーニングのための運動知覚アシストシステムの開発

非侵襲的なトレーニングシステム構築のために骨盤底筋から腹横筋方向への筋シナジーに着目した。筋シナジーとは、ある目的を持つ動作をする際に複数の筋肉が同時に活動することである<sup>7)</sup>。提案するシステムは、筋シナジーを利用して腹横筋を介して間接的に骨盤底筋の筋活動を計測するシステムのため、骨盤底筋と腹横筋の筋シナジーの存在の確認とシナジーの強さを解析するための実験を行った。

日常的に取りうる姿勢にて PFM と腹横筋との筋シナジー関係を確認するための実験を行った。PFM 活動量の実測に、男性被験者には、会陰部（睾丸と肛門の間）の前後方向に表面筋電を設置することで筋活動量の計測を行った。一方女性被験者には会陰部に十分なスペースを確保できないため、直径 20 mm、長さ 100 mm の腔挿入型筋電（Life coare Biofeedback Vagina Probe PR-11A）を腔内に設置した。その結果、PFM と腹横筋との間に強い筋シナジー関係を確認した。

この筋シナジー関係に基づいた間接的 PFM トレーニングシステムと運動知覚アシストシステムを開発した（図 1）。日常的に使用可能なシステムとするため腹横筋の筋活動計測には、筋電計ではなく筋硬さセンサを採用し、安価な圧力センサと筋肉からの反力を圧力センサに伝える機構のセンサケースを用いることで低コスト化を実現した。

間接的 PFM トレーニングを行う際には、筋硬さセンサを腰ベルトに取り付け、左右腹横筋に押し当てる。ユーザは PFM 収縮を意識し、筋シナジーで収縮する腹横筋の活動を筋硬さセンサで計測し、モニターで表示される腹横筋活動を間接的に PFM 活動として認識し、バイオフィードバックトレーニングを行う。本システムは、膣（肛門）挿入型筋電計を使わないため非侵襲的なシステムであり、ユーザフレンドリーなシステムである。さらに、この筋硬さセンサは突起物が筋肉に押し当てられるため、圧覚によって自身の筋収縮活動を知覚しやすくなることが期待できる。

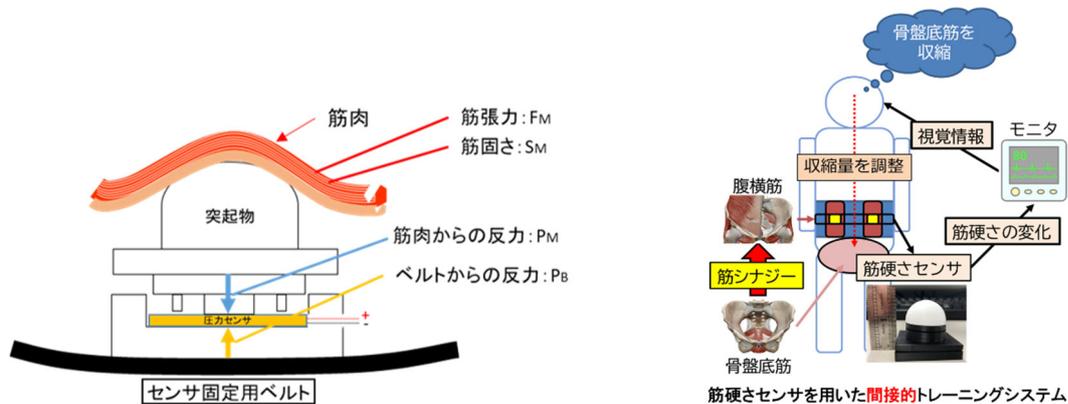


図1 筋硬さセンサを用いた間接的 PFM トレーニングのための運動知覚アシストシステム

## (2) 個人適合した筋骨格モデルを用いた骨盤底筋強化のための最適姿勢導出

トレーニングやアシスト装置の評価には、しばしば筋骨格モデルなどのデジタルヒューマンが用いられるが、平均的な成人被験者の骨格形状や機能をもとにしており、骨盤アライメントや骨盤形状の個人差は反映されていない。そこで、我々は筋骨格モデルの骨盤アライメントや骨盤形状を個人適合することで、個人差を考慮した PFM 活動量計算手法の構築を行った<sup>8,9)</sup>。個人適合された筋骨格モデルを用いて、複数の姿勢における PFM 活動量の計算を行うことで、個人差を考慮した最適なトレーニング姿勢を導出することを目指した。対象となる姿勢として、日常的にとり得る 11 種類の姿勢を定義し、被験者 6 名（男性 3 名、女性 3 名）の各姿勢における PFM 活動量の計算結果と実測値を比較することで、シミュレーションの妥当性を評価した。

筋骨格モデルには筋骨格動力学計算ソフトである OpenSim3.3 を用いて、各姿勢における PFM 活動量の計算を行った。筋骨格モデルには、既存の歩行解析用モデルである Gait2392\_Simbody をベースとして、PFM 活動を解析するために、骨盤形状と骨盤アライメントの個人適合を行い、骨盤部の分離し、PFM の追加を行った。筋活動量の計算手順は、まず骨盤部の個人適合を終えた筋骨格モデルの骨盤以外の部分のスケールリングを行う。次に、モーションキャプチャデータから逆運動学計算を行うことで、ある姿勢を再現する関節角度を計算する。最後に、得られた関節角度と床反力データを筋骨格モデルに与えることで活動量計算を行った。

## 4. 研究の成果

### (1) 筋シナジーに基づく骨盤底筋トレーニングのための運動知覚アシストシステムの開発

開発した間接的 PFM トレーニングによる運動知覚アシストシステムの有効性を検証するために健康な成人女性 11 名を対象に、PFM トレーニング実証実験を行った。比較のために、フィードバック情報

を用いない訓練、膣挿入型筋電計を用いた直接的バイオフィードバック、筋硬さセンサについた突起物からの反力の変化を知覚しながら骨盤底筋の収縮を調整する力触覚的フィードバックの計 4 パターンの訓練方法にて、PFM 収縮訓練を行った。被験者には最大収縮力の 90%、50%の PFM 収縮を指示し、指示した PFM 収縮力との誤差を評価した。

全 11 名分の収縮精度と安定性の評価を行った結果、精度と安定性において改善がみられた被験者を確認した(図 2)。フィードバックなしと提案システムによるフィードバックを比較すると、目標値の 50 %に対してパターン 3 の場合、目標値に近い部分で収縮できていることが見て取れる。このように提案システムを利用することでなにもフィードバックしない状態の訓練と比較して、被験者の半数以上で収縮精度と安定性の改善を確認した。

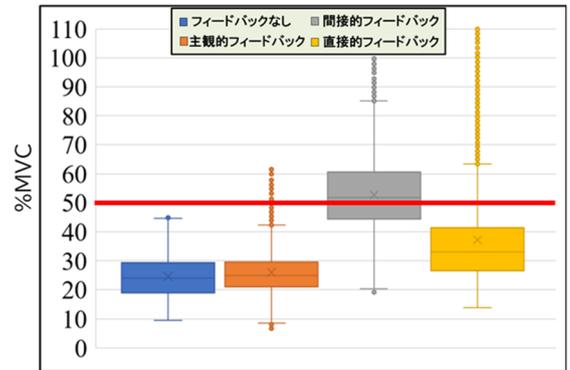


図 2 運動知覚アシスト実験結果

## (2) 個人適合した筋骨格モデルを用いた骨盤底筋強化のための最適姿勢導出

筋骨格モデルを用いた 11 姿勢における安静時相当の PFM 活動量計算結果と安静時の実測値を比較することで、提案する最適姿勢導出の妥当性を評価した。図 3 に各被験者の 11 姿勢における PFM 活動量の計算値と実測値の散布図を示す。被験者 6 名のうち male1, male3, female2 の 3 名では、計算結果と実測値の間に正の相関があることが分かる。相関係数はそれぞれ 0.41, 0.35, 0.45 である。6 名中 3 名の被験者で、個人適合した筋骨格モデルによる PFM 活動量計算によって最適姿勢かそれに近い準最適姿勢を選定できることができ、本手法の有用性が示唆された。本手法により、効果的な PFM トレーニングプログラムの設計が期待できる。

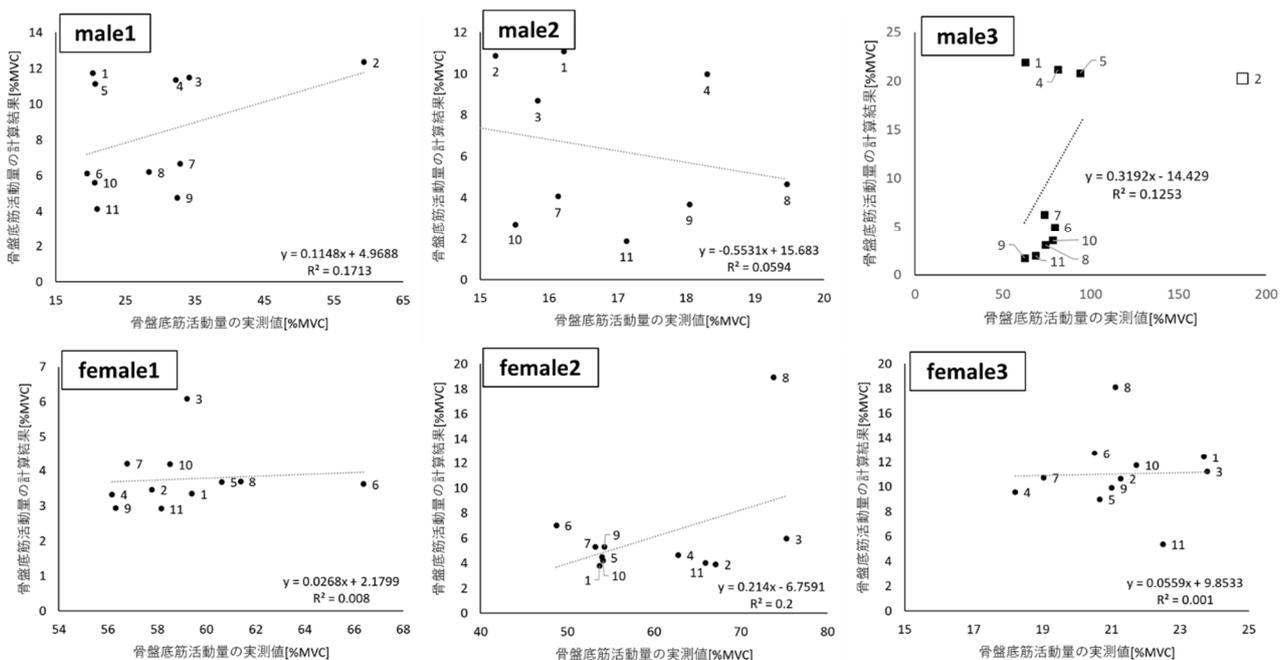


図 3 個人適合した筋骨格モデルを用いた PFM 活動量の計算値と実測値との関係

### (3) 本研究成果のまとめと今後の展望

運動知覚が困難な深層筋肉である PFM の運動と知覚との統合を支援することで、効率的に運動機能と感覚機能をトレーニングするためのウェアラブルアシストシステムを開発した。PFM と腹横筋の筋シナジーを活用した間接的運動教示インタフェース技術および力触覚刺激によるウェアラブル運動知覚インタフェースを開発し、ウェアラブルシステムに実装した。また、個人の骨盤アライメントに応じたトレーニングプログラムを設計した。開発した運動知覚アシストシステムを用いた PFM トレーニングの被験者実験を実施し、その有効性を検証した。本研究は民間企業との共同研究へと発展し、SUI 患者の PFM トレーニングでの有効性を検証していく予定である。

#### <参考文献>

- 1) 二宮早苗, 岡山久代, 遠藤善裕, 内藤紀代子, 齋藤いずみ, 森川茂廣: 下着のサポート力による膀胱頸部挙上作用のメカニズム検討, 看護理工学会誌, 1(1), 21-39, (2014).
- 2) 上田朋宏: 過活動膀胱の疫学. 排尿障害プラクティス, 15, 9-12, (2007).
- 3) Kegel, Arnold H. : Progressive resistance exercise in the functional restoration of the perineal muscles, American journal of obstetrics and gynecology, 56(2), 238-248, (1948).
- 4) Talasz, H., Himmer-Perschak, G., Marth, E., Fischer-Colbrie, J., Hoefner, E. and Lech-leitner. M. : Evaluation of pelvic floor muscle function in a random group of adult women in Austria, Int Urogynecol J, 19, 131-135, (2008).
- 5) 松谷綾子, 青田絵里, 西上智彦, 辻下守弘, 服部耕治, 木村俊夫: 骨盤臓器脱術後の便失禁症状に骨盤底筋の筋電図バイオフィードバック療法が奏効した症例, バイオフィードバック研究, 43(1), 19-26, (2016).
- 6) Shimatani, K., Wakaiki, T., Tsuchiya, Y., Sugiyama, Y., Itabashi, Y., Sugihara, K., Mitani, R., Yamakawa, S., Hatono, A. and Tanaka, T. : Association between contractions of pelvic floor muscles using X-ray imaging and contractions of transversus abdominis muscles, ACPT2016.
- 7) 青井伸也, 筋シナジーに基づく生物の適応的歩行制御機序の構成論的理解, 日本神経回路学会誌, Vol.22, No.2, 53-63 (2015).
- 8) Wakaiki, T., Tanaka, T., Shimatani, K., Kurita, Y. and Iida, T. : Individualization of Musculoskeletal Model for Analyzing Pelvic Floor Muscles Activity Based on Gait Motion Features, Journal of Robotics and Mechatronics, 30(6), 991-1003, (2018).
- 9) 若生知宏, 田中孝之, 島谷康司, 栗田雄一, 杉山好美, 個人適合した筋骨格モデルを用いた骨盤底筋強化のための最適姿勢導出, バイオメカニズム 25, 113-124 (2020).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Wakaiki Tomohiro, Tanaka Takayuki, Shimatani Koji, Kurita Yuichi, Iida Tadayuki	4. 巻 30
2. 論文標題 Individualization of Musculoskeletal Model for Analyzing Pelvic Floor Muscles Activity Based on Gait Motion Features	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 991 ~ 1003
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2018.p0991	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Hasegawa Hikaru, Tanaka Takayuki, Wakaiki Tomohiro, Shimatani Koji, Kurita Yuichi	4. 巻 N/A
2. 論文標題 Biofeedback for Training Pelvic Floor Muscles with EMG Signals of Synergistic Muscles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Physical Ergonomics & Human Factors	6. 最初と最後の頁 403 ~ 410
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-319-94484-5_42	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 YOSHIDA Michihiro, TANAKA Takayuki, KANEKO Yuto, TSUCHIYA Yoshio	4. 巻 55
2. 論文標題 Effect of Dynamic Tightening Force by Active Corset on Joint Stiffness and Lumbar Assisting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers	6. 最初と最後の頁 683 ~ 691
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.9746/sicetr.55.683	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 若生知宏, 田中孝之, 島谷康司, 栗田雄一, 杉山好美	4. 巻 25
2. 論文標題 個人適合した筋骨格モデルを用いた骨盤底筋強化のための最適姿勢導出	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 バイオメカニズム	6. 最初と最後の頁 113 ~ 124
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 長谷川 耀, 田中孝之, 若生知宏, 島谷康司, 栗田雄一
2. 発表標題 相乗筋のEMG信号を用いた骨盤底筋へのバイオフィードバックトレーニング
3. 学会等名 第36回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中孝之
2. 発表標題 CareTechを支える軽労化技術
3. 学会等名 平成30年度富山県ヘルスケア産業創出事業 ヘルスケア産業研究会キックオフセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiro Wakaiki, Takayuki Tanaka, Koji Shimatani, Tadayuki Iida, Yoshio Tsuchiya, Kazuya Sugihara and Yoshimi Sugiyama
2. 発表標題 Individualization of Musculoskeletal Model to Analyze Pelvic Floor Muscles Activity
3. 学会等名 Digital Human Modeling Symposium 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Wakaiki Tomohiro, Tanaka Takayuki, Shimatani Kouji and Tsuchiya Yoshio
2. 発表標題 Pelvic deformation estimation based on analyzing gait
3. 学会等名 39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 若生知宏, 田中孝之, 島谷康司, 土谷圭央
2. 発表標題 日常生活動作での個別筋力トレーニングのための骨盤筋骨格モデルの設計
3. 学会等名 第35回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 常安孝輔, 大野歩, 福田克幸, 小川和徳, 辻敏夫, 栗田雄一
2. 発表標題 空気圧ゴム人工筋を利用した作業支援スーツのアシスト力設計
3. 学会等名 第18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
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kosuke Tsuneyasu, Ayumu Ohno, Yoshiyuki Fukuda, Kazunori Ogawa, Toshio Tsuji and Yuichi Kurita
2. 発表標題 A soft exoskeleton suit to reduce muscle fatigue with pneumatic artificial muscles
3. 学会等名 Augmented Human 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中孝之
2. 発表標題 腰部の負荷を軽減するスマートスーツの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会ライフエンジニアリング部門シンポジウム2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中孝之
2. 発表標題 人の生活と仕事を支えるロボット~ 軽労化アシスト技術開発から見る未来 ~
3. 学会等名 KRIクライアントコンファレンス&ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中孝之
2. 発表標題 軽労化技術で創り出す軽労化社会
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuichi Kurita
2. 発表標題 Soft exoskeleton to augment sports activity and support healthcare
3. 学会等名 Italy-Japan Workshop 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuichi Kurita
2. 発表標題 Design of Human Machine Interface based on Understanding of Human's Motor and Sensory Capacitys
3. 学会等名 28th 2017 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 筋肉を着るスーツによるスポ体験の拡張
3. 学会等名 繊維機械学会セミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 力覚/触覚パワードスーツによる人の感覚運動機能の拡張とスポーツへの展開
3. 学会等名 システム制御情報学会セミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 持続的な成長を促すための運動アシスト技術
3. 学会等名 広島キワニスクラブ例会講演（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 身体性を考慮したヒューマンインタフェースの評価と設計への応用
3. 学会等名 ImPACTプログラム合同ワークショップ ロボットイノベーションのためのヒューマン・インタフェース（招待講演）
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Wataru Sakoda, Yuichi Kurita
2 . 発表標題 Coaching system of motion timing for a baseball batter using force stimulus
3 . 学会等名 World Haptics 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kazuya Sugihara, Koji Shimatani, Naohisa Hirata, Takahiro Taniyama, Miki Hirata, Tomoko Shimono, Midori Takagi, Yukari Syouda, Hiroko Takahashi, Masako Kido, Yasuji Tabé
2 . 発表標題 Collaborative approach to medicine reduces anxiety in the wife of person with severe COPD
3 . 学会等名 International Society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Sugihara K, Shimatani K, Ikaruga Y, Kanbara S, Itabashi Y, Okita K, Shima K, Tabé Y, Tanaka T
2 . 発表標題 Influence of posture on respiratory metabolism in women with simulated pregnancy using the pregnancy external-diagnosis prosthesis
3 . 学会等名 World Confederation for Physical Therapy CONGRESS 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Michihiro Yoshida, Takayuki Tanaka, Yoshio Tsuchiya, Yuto Kaneko
2 . 発表標題 Modeling the Joint Stiffness Change by Pelvic Tightening Based on Alignment of Lumbar and Pelvis
3 . 学会等名 Advances in Intelligent Systems and Computing ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 若生知宏, 田中孝之, 島谷康司, 栗田雄一, 杉山好美
2. 発表標題 個人適合した筋骨格モデルを用いた骨盤底筋強化のための最適姿勢導出
3. 学会等名 第26回バイオメカニズムシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木星斗, 田中孝之, 島谷康司, 杉山好美
2. 発表標題 間接的骨盤底筋トレーニングのための筋シナジー解析
3. 学会等名 第20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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中孝之
2. 発表標題 アシスト技術のユニバーサルデザイン
3. 学会等名 第20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 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田雄一, 常安孝輔
2. 発表標題 空気圧ゴム人工筋を用いた腰部運動アシストにおける支援力の時間遅れが運動主体感に与える影響
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石橋侑也, 栗田雄一
2. 発表標題 筋の信号強度依存ノイズによる運動のばらつきを考慮したジェスチャ識別 第20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 間接的骨盤底筋トレーニングのための筋シナジー解析 (4/)
3. 学会等名 第27回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸下優介, 栗田雄一
2. 発表標題 人工筋肉による力のアシスト・レジストを用いた主観的重さ感を変化させるハプティックスーツの開発
3. 学会等名 第20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
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 若生知宏, 田中孝之, 島谷康司, 栗田雄一, 杉山好美 (分担)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 慶應義塾大学出版会	5. 総ページ数 216
3. 書名 バイオメカニズム 2 5 (「個人適合した筋骨格モデルを用いた骨盤底筋強化のための最適姿勢導出」を分担)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

本研究成果の一部(骨盤底筋群の間接的バイオフィードバックトレーニング)が民間企業との産学共同研究へと発展した。
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	島谷 康司  (Shimatani Koji)  (00433384)	県立広島大学・保健福祉学部(三原キャンパス)・教授    (25406)	
研究分担者	栗田 雄一  (Kurita Yuichi)  (80403591)	広島大学・工学研究科・教授    (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関