

令和 3 年 5 月 11 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03276

研究課題名(和文) 身体機能を向上させるソフトエグゾスケルトンの開発とスポーツの拡張

研究課題名(英文) Development of a soft exoskeleton suit that enhances physical capability and its application to superhuman sports

研究代表者

栗田 雄一 (Kurita, Yuichi)

広島大学・先進理工系科学研究科(工)・教授

研究者番号：80403591

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ソフトかつライトな支援でも主観的・客観的な効果を出すために、身体・心理負担と運動・作業スキルの関係性の知見をベースにした支援力の設計を行うとともに、負担量を手軽かつ正確に計測する技術をソフトエグゾスケルトンスーツに活用することを目的として、ドライマイクロニードル電極の開発、アクティブコルセットの腰部補助効果の検証、アシスト力の心理的效果に関する研究、バランストレーニングスーツの開発、視覚/力覚提示による主観的アシスト力の調整に関する研究に取り組んだ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題を通じて開発したキャンドル状ドライマイクロニードル電極は、有毛部からも信号を取得できるため、脳は計測における被験者の負荷を下げることができる。アクティブコルセットは、腰部負荷の軽減による腰痛リスクの減少につながる。バランストレーニングスーツは、反動的姿勢制御の気軽なトレーニングを通じて、転倒リスクの減少につながることを期待できる。アシスト力の心理効果ならびに主観的アシスト力の調整に関する研究は、アシストスーツのユーザがその効果を適切に把握し活用していただくことに有益である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to design an assistive force based on the knowledge of the relationship between physical/psychological burden and motor/work skills in order to produce subjective and objective effects with soft and light assistance, and to utilize the technology for easy and accurate measurement of the amount of burden in a soft exoskeleton suit. The results of this research led to the development of dry microneedle electrodes, a balance training suit, a technique for verifying the lumbar assistance effect of an active corset, a technique for verifying the psychological effect of assistive force, and a technique for adjusting subjective assistive force by visual/force feedbacks.

研究分野：人間警戒システム，ハプティクス，人間拡張

キーワード：運動アシスト ソフトアクチュエータ エグゾスケルトン 身体・心理負荷計測 超人スポーツ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

重篤な症状を有する患者さんを支えるための支援機器は、人の体重を支えなければならないため、装置を重く大きくせざるを得ないが、ユーザがある程度自分の身体を制御できるとの前提をおける状況では、設計面の条件は大幅に緩和できる。ロボットの専門家がつい陥りがちな「高機能なロボットを提供して人に慣れてもらう」という考えではなく、「ユーザが必要とする機能を最低限提供する」という発想の転換が必要と考えた。しかしアシスト性能がおちることでユーザの得られるメリットが失われてしまう状況は避けなければいけない。そこで我々は、人の運動感覚特性を最大限考慮することで、機械を纏った人のパフォーマンスを高めることができないか、と考えた。たとえば、心理的な重さの感覚量は、刺激の強度の対数に比例して知覚される、受動的に力を感じるときと能動的に力を出すときでは心理的な感覚量が異なる、人は努力感 (sense of effort) から力感覚を得ていることなどが報告されている。アシスト機器を身体に装着すると身体性に变化が生じるため、高齢者やベテランほど新しい身体性に慣れるのに時間がかかり、筋負担は減少しても運動や作業のパフォーマンスは落ちてしまうことがある。また筋量が落ちると重さや外力に対する知覚機能は鈍ることが知られており、過度なアシストは人の機能性を下げてしまう恐れがあることから、ライトだが低コストなアシストを実現する上で、負担度を適切にコントロールすることが重要であるとの着想に至った。

2. 研究の目的

従来の運動アシストは、高機能・高価格な外骨格によるパワーアシストか、低機能・低価格なスポーツ用機能性アンダーウェアかの二択しかなかった。HAL に代表される外骨格型アシスト機器は、強い支援力が得られ細かな制御を行える一方で、アクチュエータを駆動させるエネルギー源を用意する必要があり、キャリブレーションに時間がかかったり、大がかりで着用が一人ではできなかつたりして、日常的に使うことは難しい。一方で機能性アンダーウェアは従来の服素材とバネ性を有する素材とを織り合わせることで、バネの収縮力を利用した支援力の生成が可能であるが、バネは延ばされれば常に収縮力を発生させてしまうため、運動によっては動きを阻害してしまう。したがって、バランスをとるために、バネ力は弱めに設定せざるをえず、軽微なアシスト効果にとどまる。ここで、柔軟、軽量かつバネ力の制御が可能なアクチュエータとして、空気圧ゴム人工筋がある。特に McKibben 型とよばれるものは、圧力を供給すると膨張する空気圧受容部と、非伸縮繊維を直交させながら筒状に編製したパンタグラフ構造の被覆部で構成され、加圧した際には空気圧受容部が径方向にのみ膨張することで、長手方向の収縮力を生み出す構造となっている。従来の McKibben 型人工筋は、圧受容部の特性から、高い圧力を供給しないと収縮力が発生しないため、電動コンプレッサや大型のエアタンクを別に用意する必要があったが、研究代表者は、空気圧受容部のゴムチューブ素材と被覆部の構成を改善することで、より低圧で駆動し空圧源の小型軽量化が容易になる空気圧人工筋を開発して、これを外部からの電力供給を一切必要としない歩行支援スーツに応用している。本研究では、この技術に応用することで、パワー源をふくめてすべてウェアラブルにしつつ、アクチュエータやセンサ類はすべてソフトまたはフレキシブルな構成をもった、ソフトエグゾスケルトンスーツを開発することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、おおきく (1) 身体・心理負荷のリアルタイム計測技術の開発、(2) ソフトエグゾスケルトンスーツの開発、(3) 開発したシステムの応用に取り組んだ。従来研究により、人の感じる努力感が主観的重さ感を決めることや、努力感に応じた反応をシステムが返すことでユーザの操作感を向上させることがわかっている。また心理負荷は、交感神経系を昂進して運動神経に影響を及ぼし、人の知覚感度や運動性能を高める一方で、高すぎる心理負荷は過度の緊張としてぎこちない動きにつながる。ライトな支援でも主観的・客観的な効果を出すために、身体・心理負担と運動・作業スキルの関係性の知見をベースにした支援力の設計を行うとともに、負担量を手軽かつ正確に計測できるセンサを活用したソフトエグゾスケルトンスーツに実装する。

4. 研究成果

(1) 事象関連電位計測が可能なキャンドル状のドライマイクロニードル電極の開発 [1]

独自の材料、微細加工技術、装着機構を用いて、有毛部から脳波を取得できるキャンドル状ドライマイクロニードル電極を開発した (図 1 左)。この電極の先端は毛を避けて角質層を貫通しているため、皮膚と電極の接触インピーダンスを低減することができ、また針は痛みに到達しないように設計されている。開発した電極を用いて、刺激の知覚的・認知的処理を反映した電気的生理信号である EEG 指標である ERP を測定する実験を行った。図 2 右に測定システムを示す。実験の結果、従来の湿式電極と同等の計測が可能であることを確認した [1]。

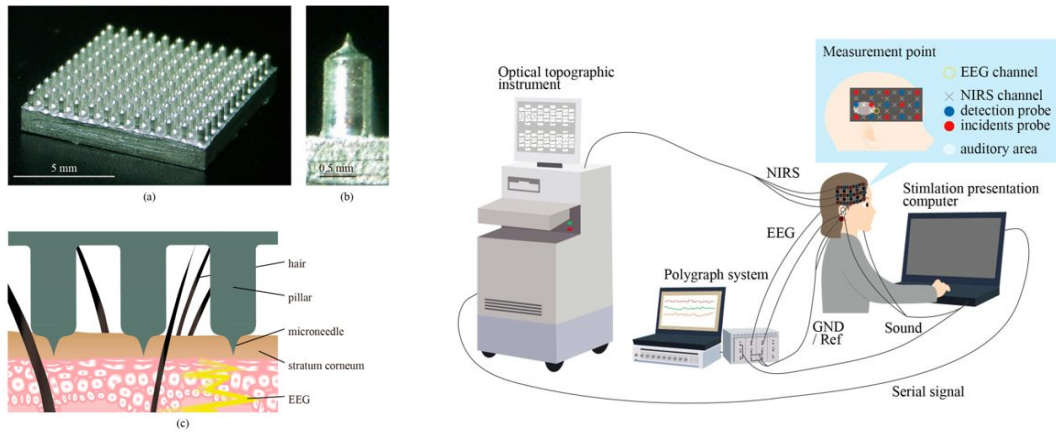


図1 キャンドル型マイクロニードル電極 (左) ERP と近赤外分光法 (NIRS) の測定システム (右)

(2) 空気圧ゴム人工筋を用いた腰部運動アシストスーツの開発とアシスト力の心理的効果に関する研究[2]

伸縮センサを用いることで着用者の腰の屈曲角度を読み取り、その角度に応じた圧力を供給し、支援力の制御が可能な空気圧ゴム人工筋スーツの開発を行った。図2左に開発した作業支援用の腰部アシストスーツを示す。このスーツはアクチュエータである合計8本の人工筋、姿勢を読み取る伸縮センサ、空気の流量を調整するコントローラ、給気用配管から構成されている。着用者の姿勢は、伸縮センサにより読み取る。本スーツではPWM制御を用い、時間当たりの電磁弁の開口面積を制御する。スーツの圧力指令の流れを図2右に示す。伸縮センサ、圧力センサ、Arduino、2つの電磁弁、空圧源であるコンプレッサから構成される。スーツの重量が約1kgと軽量でありながら、約80Nの支援力を発揮可能であることを確認した。また、ここで人工筋はその特性上、圧力供給指令を行ってから実際の収縮力が発生するまで時間遅れや、長さ・速度依存性などのダイナミクスの影響が大きく、理想的なアシスト力をタイミング良く提示することは難しい。これによって生じる支援力の時間的ずれは、負担軽減効果だけでなく、支援感などの着用者の主観的感覚にも影響する。そこで、開発した腰部運動支援スーツを用いて、スーツを着た状態で腰の伸展動作を行ってもらい、人工筋への圧力供給のタイミングを通常より早める、または遅くし、そのときの運動主体感、タイミング感、支援感についてSD法によるアンケート調査を行った。運動主体感の結果を図3左に示す。遅れが0.4s以上の場合には主体感が特に大きくなる傾向があった一方で、それよりも遅れが少ない、または先読みして支援力を与えた場合には、主体感に大きな変化はなかった。つぎに支援感の結果を図3右に示す。支援感は遅れが大きいほど評価が悪くなった。以上から、時間遅れがあると、支援感は下がるが、運動主体感はむしろ向上する、という結果が得られた。これは、時間遅れが大きいと自分自身の筋力を使って腰の伸展をしなければならないことにより、運動主体感が増したことが原因と考えられる。このことは、必ずしも身体的アシストによる負担軽減効果が高いものが主体感の向上には結びつかない可能性を示唆しており、主体感と支援感を両立させるアシスト力のデザインの重要性が示された結果といえる。

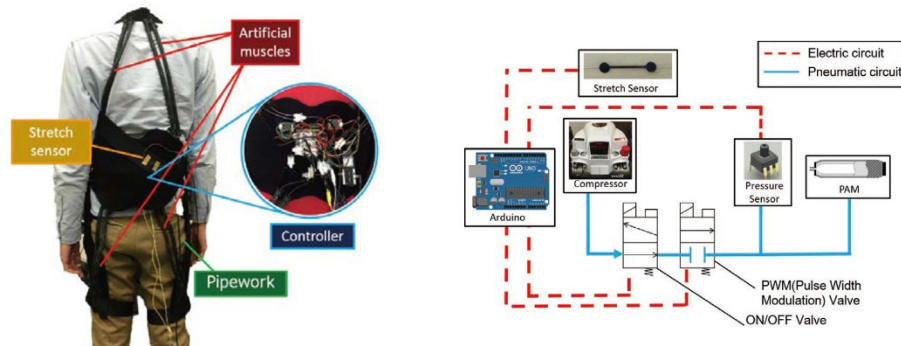


図2 作業支援用腰部アシストスーツ (左) 圧力指令のフロー(右)

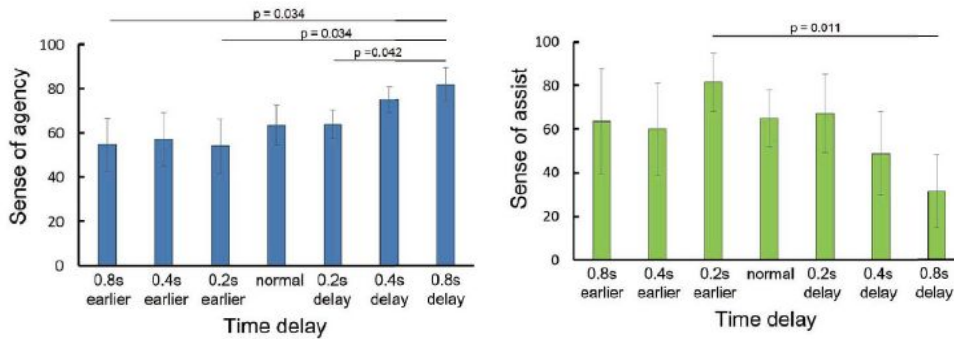


図3 運動主体感(右)と支援感(左)のVAS評価結果

(3) アクティブコルセットの動的締付力が関節剛性と腰部補助効果に及ぼす影響[3]

アクティブコルセットはコルセットと骨盤ベルトが一体化した構造であり、腰周りに着用することができる。コルセット部分で胴体に固定し、骨盤ベルト部分の締付けによりアシストを行なう。骨盤ベルトは左右で分離しており、それぞれ一端はフレキシブルシャフトを介してモータに接続されており、もう一端を着用者の正面側の腹部でバックルにより結束する。左右のベルトを結束した状態でモータの出力を制御することでベルトの張力を調整することができる。本研究では、アクティブコルセットによる動的締付力が腰椎関節および股関節の剛性を増減させる作用について検証を行なった。締付けによる効能として、運動中の腰椎屈曲を股関節により代替することで腰部負担を軽減させる作用がある。運動中の関節軌道の変化が生じた背景として、腰部の締付けが股関節剛性に対して腰椎剛性をより高める作用があると予想され、関節剛性と腰部負担軽減との関係を調べた。締付けにより腰部負担の軽減効果を得たことが確認された21名の被験者を対象とし、前屈位から立位姿勢まで上体を伸展する運動中に腰部に締付けを与えたときの関節剛性を測定した。その結果として、21名の被験者のうち15名で、関節剛性比Rの有意な増加に伴う腰部負担の軽減が認められ、アクティブコルセットの動的締付けが腰部関節剛性を変化させることで負担を軽減することを示した。一方で、ほか6名の被験者では腰部負担の減少は確認されたものの、関節剛性比Rの増加が認められなかった。これらの被験者では、腰部の締付けによる人体への影響が筋骨格への力学的な作用のみではなく、被験者の感覚機能にまで影響を与える可能性が示唆された。

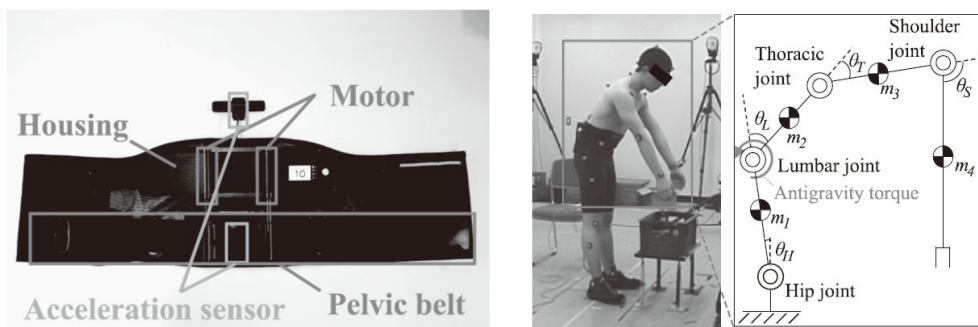


図4 アクティブコルセットとその作用モデル

(4) ウェアラブル力覚フィードバックスーツの開発と応用

(4-1) 低圧駆動型人工筋を用いたバランストレーニングスーツ[4]

反動的姿勢制御とは不意に外乱を受けても安定した姿勢を維持するための姿勢制御であり、逆に外乱後の姿勢を安定させるためにそれに先行する姿勢制御を予測的姿勢制御という。予測的姿勢制御に関して高齢者は若年者に比べて筋活動の開始タイミングが遅く、姿勢制御の反応が遅れる。外乱に対する応答が若年者に対して遅い高齢者にとって、事前予測が不可能な踏きは転倒につながりやすい。そのため、反動的姿勢制御のトレーニングは転倒予防において重要である。我々は人工筋を利用したバランストレーニングスーツを開発し、小型・軽量化し、ウェアラブル性のある機器を実現した(図5)。

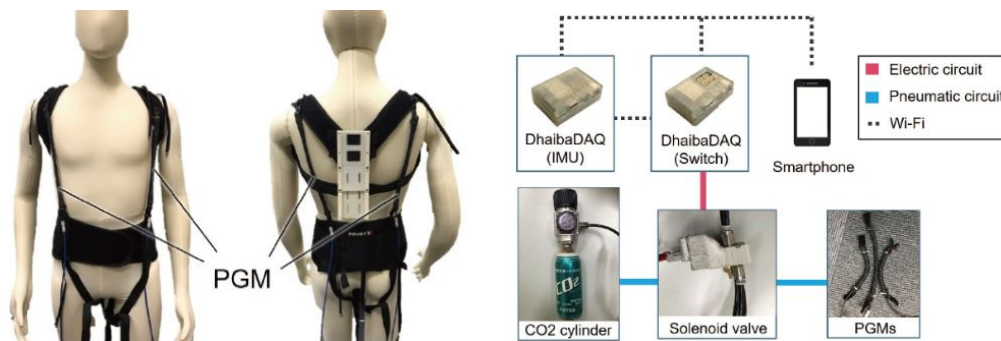


図5 開発したウェアラブルバランストレーニングスーツとその構成

(4-2) 視覚と力覚の同時フィードバックによる主観的アシスト力の調整[5]

アシストスーツからのアシスト力の感じ方には、人によって大きな違いがあることがわかっている。重さ感覚は、実際の重さよりも知覚的には過小評価がされやすいが、これによって実際には重いものを持っているにもかかわらずその違いに気づかないことで身体に過剰な負荷がかかり、けがの原因になることがある。そこで我々は、視覚効果を使うことにより、力の知覚量を修正することができる、視覚と力覚の同時フィードバックが可能なアシストスーツを開発した。開発したアシストスーツは、肘と手首にかけて空気圧ゲル人工筋が配置されており、上腕の屈曲運動を支援できるほか、LEDテープが張り付けられている。実験の結果、支援力の大きさに比例した視覚効果を与える訓練セッション後に、支援量は変化させずに視覚効果を強弱させると、それに応じて知覚される力の大きさも強弱することを確認した。この効果を活用することで意図的に視覚効果を変化させることで、知覚力を変化させ、力を過小評価する作用を減少させることができることを確認した。

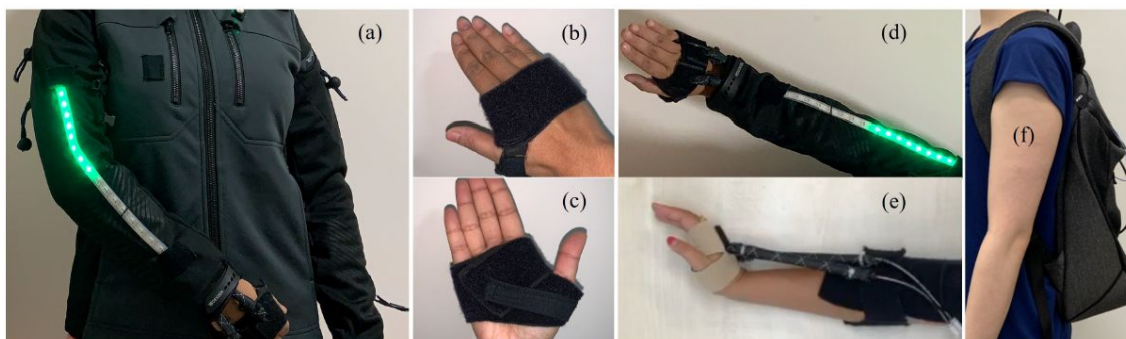


図6 視覚と力覚の同時フィードバックが可能な SmartAidView Jacket[5]

[主な研究業績]

- [1] Y. Yoshida, T. Kawana, E. Hoshino, Y. Minagawa, N. Miki, Capturing human perceptual and cognitive activities via event-related potentials measured with candle-like dry microneedle electrodes, *Micromachines*, 11(6):556, 2020
- [2] 栗田雄一, 常安孝輔, 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, 第37回日本ロボット学会学術講演会, 1E2-05, 2019
- [3] 吉田道拓, 田中孝之, 金子勇斗, 土谷圭央, アクティブコルセットの動的締付力が関節剛性と腰部補助効果に及ぼす影響, 計測自動制御学会論文集, 55(11):683-691, 2019
- [4] 浜田雅人, 山本征孝, 栗田雄一, 低圧駆動型人工筋を用いたバランストレーニングスーツの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020, 2A1-I03, 2020
- [5] S. Das, V. Wongchadukul, Y. Kurita, SmartAidView Jacket: Providing visual aid to lower the underestimation of assistive forces, *Augmented Humans Conference 2021*, February 22-24, 2021

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ai Higuchi, Junichiro Shiraishi, Yuichi Kurita, and Tomohiro Shibata	4. 巻 Vol.32, No.4
2. 論文標題 Effects of Gait Inducing Assist for Patients with Parkinson's Disease on Double Support Phase During Gait	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 pp.798-811
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2020.p0798	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 Y. Yoshida, T. Kawana, E. Hoshino, Y. Minagawa, N. Miki	4. 巻 Vol.11, No.6
2. 論文標題 Capturing human perceptual and cognitive activities via event-related potentials measured with candle-like dry microneedle electrodes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi11060556	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 T. Kawana, Y. Yoshida, Y. Kudo, C. Iwatani, N. Miki	4. 巻 Vol.11, No.7
2. 論文標題 Design and characterization of an EEG-hat for reliable EEG measurements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi11070635	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 Yoshio TSUCHIYA, Takayuki TANAKA, Tamotsu KAMISHIMA	4. 巻 Vol.9
2. 論文標題 Relationship between Upper Body Posture Angle and Vertebral Body Posture Angle in Lateral Flexion and Rotation Posture	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 pp.181-188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.9.181	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 栗田雄一	4. 巻 Vol.70, No.10
2. 論文標題 運動支援機器のデザインと体育の拡張	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 pp.737-740
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 無
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 栗田雄一	4. 巻 Vol.70, No.8
2. 論文標題 テクノロジーによるスポーツの拡張	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 pp.587-591
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 無
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 栗田雄一, 稲見昌彦	4. 巻 Vol.38, No.4
2. 論文標題 超人スポーツ協会とその活動	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 pp.345-349
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 無
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 栗田雄一	4. 巻 Vol.23, No.2
2. 論文標題 ソフトエグゾスケルトンスーツによる運動能力拡張	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオメカニクス研究	6. 最初と最後の頁 pp.89-94
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 無
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 栗田雄一	4. 巻 Vol.63, No.8
2. 論文標題 ソフトアシスト技術による感覚・運動能力の拡張	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 システム制御情報学会誌	6. 最初と最後の頁 pp.346-351
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 無
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 R. Horiuchi, T. Ogasawara, N. Miki	4. 巻 9(6)
2. 論文標題 Fatigue assessment by blink detected with attachable optical sensors of dye-sensitized photovoltaic cells	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi9060310	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 T. Nagatomo, N. Miki	4. 巻 9(11)
2. 論文標題 Reduction of parasitic capacitance of a PDMS capacitive force sensor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi9110570	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 -

〔学会発表〕 計34件(うち招待講演 18件/うち国際学会 14件)

1. 発表者名 Swagata Das, Velika Wongchadukul, and Yuichi Kurita
2. 発表標題 SmartAidView Jacket: Providing visual aid to lower the underestimation of assistive forces
3. 学会等名 Augmented Humans Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Swagata Das, Velika Wongchadaku, Ramin Tadayon, Yuichi Kurita
2. 発表標題 Creating Illusive Perceived Assistive Force Using Visual Feedback
3. 学会等名 IEEE International Conference on Systems, Man, And Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Swagata Das, Yuya Ishibashi, Mayuko Minakata, and Yuichi Kurita
2. 発表標題 Gesture recognition considering the estimation of signal-dependent noise (SDN)-based motion variation
3. 学会等名 第26回ロボティクスシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Das Swagata, Wongchadaku Velika, 栗田雄一
2. 発表標題 Changing perceived assistive force using visual feedback
3. 学会等名 第25回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浜田雅人, 山本征孝, 栗田雄一
2. 発表標題 低圧駆動型人工筋を用いたバランストレーニングスーツの開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshio Tsuchiya, Takayuki Tanaka, Michihiro Yoshida
2. 発表標題 Subjective evaluation of lumbar load and tightening force using a pelvic belt
3. 学会等名 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shunsuke Torigai, Takayuki Tanaka
2. 発表標題 The effect of passive lower limb assist device on muscle synergy in standing-up motion
3. 学会等名 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hongyuan REN, Takayuki TANAKA, Kotaro HASHIMOTO, Akihiko MURAI
2. 発表標題 Analysis of Running Expansion with Trunk and Pelvic Rotation Assist Suit by using SLIP model
3. 学会等名 23rd CISM IFToMM Symposium on Robot Design, Dynamics and Control (国際学会)
4. 発表年 2020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 栗田雄一
2. 発表標題 主観 / 客観パフォーマンスを両立させるヒューマンセントリックインタフェース
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会CCS専門委員会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 サイバーとフィジカルをつなぐ次世代運動・感覚アシスト技術
3. 学会等名 日本歯科理工学会 近畿・中四国地方会冬期セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 サイバーフィジカル技術による身体支援と人間拡張
3. 学会等名 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 人の力覚特性の理解と活用
3. 学会等名 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触覚講習会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 触力感の評価技術とコンピューティショナル・デザインへの展開
3. 学会等名 日本機械学会2020年度年次大会先端技術フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 身体拡張とスポーツ拡張
3. 学会等名 LSIとシステムのワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Swagata Das, Chetan Thakur, Yuichi Kurita
2. 発表標題 Force-feedback in Virtual Reality through PGM-based ForceHand glove
3. 学会等名 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Swagata Das, Yuichi Kurita
2. 発表標題 Providing navigation assistance through ForceHand: a wearable force-feedback glove
3. 学会等名 2019 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ganesh Roy, Chetan Thakur, Ramin Tadayon, Yuichi Kurita, Subhasis Bhaumik
2. 発表標題 Characterisation and Application of PGM in Ankle Joint Exoskeleton
3. 学会等名 International Conference on Advances in Robotics 2019 (国際学会)
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
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 浜田雅人, 岸下優介, 山本征孝, 栗田雄一
2. 発表標題 人工筋を用いたON-OFFパターン制御による歩行アシスト機器の開発
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2019講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 テクノロジーによる能力と体験の拡張
3. 学会等名 ふれあいラボ・日本ロボット学会研究専門委員会共催講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 工学技術による身体機能の拡張
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会大会教育講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 身体性変化とスマートコーチングによる人間改造計画
3. 学会等名 人間改造計画シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 人の力感覚の理解とデザインへの活用
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門触覚部会主催触覚講習会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 VRとロボティクスの融合による体験の拡張
3. 学会等名 「映像のまち・かわさき」推進フォーラム講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 創造が想像に追いついた．感じるスポーツ
3. 学会等名 日本学術振興会カイロ研究連絡センター定例講話会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Kurita
2. 発表標題 Soft exoskeleton technology helps people living in hyper aged society
3. 学会等名 Liberal Arts & Culture Center (LACC) Public Lecture in Egypt-Japan University of Science and Technology (E-JUST) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Kurita
2. 発表標題 Soft exoskeleton technology for hyper-aged society
3. 学会等名 Symposium on Novel Technology for Treatment of Knee Degenerative Disorders (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Kurita
2. 発表標題 Soft Exoskeleton Technology to Support People Living in Ageing Society
3. 学会等名 Global Forum for Higher Education and Scientific Research: Present and Future : Science, Technology and Society session (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Kishishita, Swagata Das, Antonio Vega Ramirez, Chetan Thakur, Ramin Tadayon, Yuichi Kurita
2. 発表標題 Muscleblazer: Force-Feedback Suit for Immersive Experience
3. 学会等名 International Workshop on Superhuman Sports, IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Kurita
2. 発表標題 Soft exoskeleton to augment sports activity
3. 学会等名 Superhuman Sports Workshop in Taiwan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 補助具によるスポーツ体験の拡張
3. 学会等名 日本繊維機械学会スポーツ用補助具の現状と未来講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田雄一
2. 発表標題 超人スポーツは健康長寿にどのように貢献できるか
3. 学会等名 岩手県文化スポーツ部文化振興課超人スポーツオープンセミナー2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Yuichi Kurita	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 20
3. 書名 Wearable Sensors, In E. Sazonov (ed.) Wearable Haptics, 2nd Edition, Chapter 2.7	

1. 著者名 Yuichi Kurita, Chetan Thakur, Swagata Das	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 25
3. 書名 Assistive Soft Exoskeletons with Pneumatic Artificial Muscles, In: McDaniel T., Panchanathan S. (eds) Haptic Interfaces for Accessibility, Health, and Enhanced Quality of Life	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	田中 孝之 (Tanaka Takayuki) (10282914)	北海道大学・情報科学研究院・准教授 (10101)	

6. 研究組織（つづき）

	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	三木 則尚 (Miki Norihisa) (70383982)	慶應義塾大学・理工学部（矢上）・教授 (32612)	

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			
インド	I IEST, Shibpur			