

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02109

研究課題名（和文）受動的力学機序と深層学習を融合したヒトに近い歩行・走行ロボットの開発

研究課題名（英文）Development of a Human-like Walking and Running Robot by Fusing Passive Dynamics Mechanism and Deep Learning

研究代表者

佐野 明人（SANO, AKIHITO）

名古屋工業大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：80196295

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、統一モデルにつながる同一脚長を有する全長約1.4[m]の歩行・走行ロボットを開発した。共通基盤として、他に類を見ない体幹部に吊り下げられた揺動慣性や筋シナジーを考慮した独自の筋・腱群を搭載した。また、能動化を最小限に留め、かつ力制御を行うことで、環境（重力）に抗わない自然な運動を上手く引き出した。さらに、深層学習により映像に基づく脚運動を生成した。受動歩行および起こし回転に由来する単純な物理現象から、よりヒトに近い運動知能へと昇華した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、継続的に等身大の歩行ロボットと走行ロボットを研究開発しているが、両方一緒に行っているところはほとんどない。身体・環境・学習（神経）の相互作用の中から新たな力学機序の発見を行い、実機実験でこれを実証したことは学術的意義がある。特に、受動的力学機序と深層学習との融合のさらなる可能性が示唆された。よりヒトに近い運動生成は、歩行支援の技術開発などと常にリンクしており社会的意義がある。この視点での研究開発は、国内外においてほとんどなく、後追いではなく真に対抗できるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed walking/running robots of approximately 1.4[m] in height that leads to a unified model. As common units, a unique muscle and tendon group that takes into account muscle synergy, and the elastically hanged wobbling mass in trunk which is unparalleled in other robots, are equipped. The robot successfully extracts natural movement that does not resist the environment (gravity) by minimizing activation and controlling the force. In addition, leg motions based on image were generated by deep learning. The simple physical phenomena derived from the passive walking and the hinged-movement have been sublimated to a more human-like locomotor intelligence.

研究分野：ロボティクス

キーワード：歩行・走行ロボット 受動的力学機序 深層学習 ヒト歩行・走行 ロボティクス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 2013年～2015年に開催された DARPA Robotics Challenge を契機に、欧米各国の有能な人材が 2 足歩行ロボットの代表格であるヒューマノイドロボットの分野に参入し、ベンチャーの Boston Dynamics (米国) を筆頭にその勢いは増すばかりである。Boston Dynamics のヒューマノイドロボット Atlas の運動性能には驚愕する。独自開発された油圧システムで圧倒的な身体能力を有し、バックフリップ等ジャンプ系は他の追従を許さない。一方でその走行は、慎重に飛び石を飛び移って行くかの如く安定性を確保している感じであり、不整地でのトレッキングに近い。

これに後追いではなく真に対抗できるのは、受動的力学機序を規範としたヒトに近い歩行・走行ロボットだと考える。究極の姿である受動歩行ロボットは、モータ、センサおよび制御を一切用いずに、緩やかな下りスロープを歩くことができる。また、エネルギー効率が高いことで知られ、ヒトの歩行に近いとも言われる。脚軌道があらかじめ決められているわけではなく、ロボットのもつダイナミクスと環境との相互作用のみによって歩容を生成する。このことは、平地歩行などにおいても活かすべきであり、能動化を最小限に留めてあくまでも受動的力学機序を規範とすることが重要となる。

(2) 研究開始当初、様々な研究分野で人工知能(機械学習・深層学習)が積極的に導入されていたが、情報工学分野に偏っているのが実状であった。本研究では、身体(ロボット)と環境との相互作用からなる受動的力学機序と深層学習を融合し、ロボティクスおよび知能機械システム関連分野においてもその重要性・有用性を示すものである。人工知能分野を牽引する Google DeepMind のグループでも、2 次元歩行の強化学習を行っている。簡単な報酬関数を使用し環境を様々な種類用意して、エピソードごとにランダムにその環境を変更して複雑な動作を獲得させている。複雑な仮想環境を 2 足で踏破しているが不自然さは否めず、ヒトの動きとは程遠い。さらに実機での実現は不明である。

2. 研究の目的

受動歩行ロボットは歩き方を学んだわけではない。受動歩行で「なぜ歩けるのか」、機械学習で「なぜ性能が上がるのか」の説明は難しさを含んでおり、その点で両者は似ている。そこで本研究では、似た性質を持つ受動的力学機序(力学的原理)と深層学習を融合し、次世代の歩行・走行ロボットを生み出すことを目的とする。本研究では、下記の観点から開発し、実機実験によりその有用性を示す。

歩行・走行ロボットの分化・統合

両者とも受動的力学機序を規範としているが、その起点が受動歩行および起こし回転現象にあり、当初はかなり異なる機体(ロボット)で異なる開発過程を辿ってきた。一方、その後、遠隔手動ワイヤ操作、バネ付ワイヤ拘束や弾性体を複合して用いている点や身体の一部で共通化が図られるなど統合が進んでいる。そこで、歩行ロボットと走行ロボットの分化と統合の観点から開発を行う。機構的な改良で一方に進展が見られた場合、得られた知見が他方に生かせる。また、必然的に異なる機能の付与も生まれる。

深層学習によるスマート化・自律化

本研究では、深層学習を積極的に導入してスマート化を図る。たとえば、遠隔手動操作としては、単純にレバーを前後にかつ左右交互に動かしているだけであるが、人は制御ロジックを明確には示せない(暗黙知)。また、ロボットの動きに操作が引き込まれてしまう感じになる。そこで、深層学習を用いた自動操作を行い、自律化を目指す。なお、脚軌道はあらかじめ決められているわけではなく、ロボットのもつダイナミクスと環境との相互作用のみによって運動が生成される。

ロコモティブ・マニピュレーション

移動マニピュレータと言えば車輪式が一般的であるが、本研究では脚式のマニピュレーションを行う。なお、床面以外の環境に接触しながらの 2 足歩行制御は難しいとされるが、受動的力学機序を規範とすればその可能性が高まる。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、受動的な力学機序を規範とすることは普遍性があると考え、これを歩行・走行ロボットの両方の開発において実践する。力学的機序を規範とした人工的な身体(ロボット)は、グライダーやヨットの如く、自然環境と調和する美しさがあると考え。ヒトもまた然りである。バランスを崩すことで生み出される運動性に着目し、重力による不安定さを活かした運動性を最大限引き出す。必然的によりタフな実機実験を行う。そのために、ロボットの主要部品は、軽量・高強度のカーボンなどの材料で造形が可能な最新の 3D プリンタを用い、アイデアをすぐに形にして実機での検証を重ねる。さらに試作機から実機レベルに格上げするために、歩く・走ることを原理的に追求し、ムダを極力省く。

歩行ロボット、走行ロボット、受動歩行ロボットでは、それぞれ独立したトレッドミル・モーションキャプチャシステムを配した実験エリアを持っており、同時に実験可能となっている。な

お, 走行はフォースプレート内蔵の高速トレッドミルを使っている. ヒトとロボットでは床反力が異なり解析が重要となっている.

(2) これまで数年に亘り, 遠隔手動ワイヤ操作といったユニークな実験プラットフォームを構築し, 不可分に結びついた機構(身体)と制御(知)の巧みさを分離し, 歩行・走行性能を高めてきた. 実験者がロボットの運動状態を見ながらレバー操作を行っている. 見ながらの操作スキルを機械学習で獲得することは, 力学機序に内在する知の一端に迫り得るものと考えた. また, トレッドミルと床面での歩行・走行は, 力学的な相互作用が異なるので, 新たに床面を円運動可能な深層学習用の実験環境を構築する.

自動運転において開発されている Pure vision (LiDAR などを用いずカメラ映像のみ) と同様に, 高速カメラのみを用いて 2 足ロボットの脚運動を生成する. すわなち, 入力は脚の画像, 目標出力は股関節トルクである (End-to-End). 一流のスプリンターが, 走り終えた直後に自身の走行映像を見て分析することで学びを得ているのに近い 脚運動をモノクロ高速カメラ (XIMEA, MQ013MG-ON) により 500 [fps] で撮影し, 学習には, GPU ディープラーニングワークステーションを使用して学習の効率化を図り, 推論には, GPU を搭載したエッジデバイス (NVIDIA, Jetson AGX Xavier) を用い高速化を図る.

4. 研究成果

(1) ヒトの歩行および走行の特徴である膝をやや屈曲したまま着地動作を迎え, その後, 適切な膝運動を行うことに成功した. 受動歩行由来の歩行および起こし回転由来の走行において, 長年に亘り膝を伸ばした歩行・走行を行ってきたが, 本研究は大きな転換点となった.

まず, 歩行ロボットでは, 膝関節カム・バネ機構および膝蓋骨付き膝伸展ワイヤ駆動機構, さらに膝伸展空圧システムを開発した. 実験の結果, ヒトのように着地前に一旦伸展した後に少し屈曲して着地する脚運動を再現し, さらにヒールロッカー機能と協調して膝伸展しながら下腿部の前方移動をスムーズにした.

一方, 走行ロボットには, 空圧アクチュエータを用いた膝関節・足関節駆動システムを新設した. 実験の結果, ヒト走行と同様に着地後に受動的な膝屈曲をし, その後, 瞬発的に膝伸展に転ずることが確認された. また, 接地時に股関節トルクを低減させる接地制御を行うことで, 後傾を抑制して走行姿勢を適切に維持することができた. さらに, 着地時の受動的な膝屈曲が促されて着地の衝撃が緩和され, 過度の跳ね返りが抑制された.

接地時に膝が真直ぐな従来の手動走行では (図 1 参照), 50 [ms] 程度で跳ね返って離床していたが, 本研究では接地時間が 150 ~ 200 [ms] 程度まで増大してヒトに近づいた. なお, 一つのチャレンジとして, 図 2 に示すような屋外走行実験を実施した.

さて, ヒトは, 重力によって倒れると言った弱みを素早く移動するために敢えて利用することで強みに変えている. このような視点は, 受動的力学機序と深層学習の融合において重要だと考えた. 図 3 は, ヒト歩行にも通ずる倒立振り子を対象に, 強化学習により重力と慣性を活かした戦略を獲得した例である. 重力や慣性の活用度合いが賢さを推察する手掛かりとなっている. また, 不安定性を活かした運動性を引き出すためには, リカバーできない倒れ以外は許容する必要があり, 報酬の与え方は安定性と運動性を共創し得るものとの知見を得た. さらに, Sim2Rea を念頭に仮想環境で機械学習を用いた受動歩行の調子評価を行い, その妥当性を検証した.

(2) ヒトが生れながらにして持っている内臓や皮膚などの柔軟組織による体幹部の動特性に着目し, 特に, ヒトの床反力は, 剛体・非剛体からなる身体の床面との相互作用から複合的に生成されたものだと考えた. そこで, これを力学原理の共通基盤とし, 体幹部に吊り下げられた揺動慣性をユニット化して一つのコア機構に据えた. 当該機構を搭載した 2 足走行ロボット (図 4 参

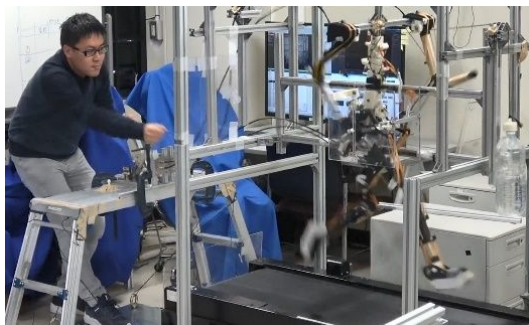


図 1 手動走行



図 2 屋外走行



図 3 安定性と運動性 (強化学習)

照)では、トップアスリートでも見られる最大 3.5[BW]程の非対称な垂直床反力 F_x の発現が、左右の接地期で確認できた(図5参照)。ロボット本体は着地後上昇に転じているが、揺動慣性が遅れて押し付ける形となっている。一方、推進力が十分に出ていない点が浮かび上がった。なお、腓腹筋バネ付ワイヤの作用で、跳ね返りがより一層抑制されている。

3次元歩行においては、上下方向に加え左右方向にも慣性揺動可能なユニットを開発し、ロボットの重心揺動の抑制効果を示した。揺動慣性は前方着地脚側に向かって斜めに下降し、遊脚側への転倒を抑制するとともに、支持脚にしっかり体重を乗せる効果があった。さらに、歩行状態と慣性揺動が密接に関係しているため、揺動慣性の受動的挙動を規範とした制御を行いその有用性を示した。また、図6は平行棒にロボット自ら手を着いてヒトアシストなく歩いている様子である。ロコモティブ・マニピュレーションとして当初予定していなかったが、新たな知見を得た。今後、リハビリの如く一瞬だけ手を離れたもの、徐々に長く手を離せるなどの自立過程を追うことができる。また、歩行の開始・停止や、歩行と走行の双方への遷移などでは、適宜手を着くなどが想定される。

(3)最終年度に、統一モデルに移行できる同一脚長を有する全長約 1.4[m]の歩行・走行ロボットを開発した(図7参照)。筋シナジーを考慮したコア筋・腱群として、膝伸展筋の広筋(膝蓋骨を模擬)を空圧駆動、これに拮抗する2関節筋である腓腹筋および足部(アーチ構造の多関節)背屈筋の前脛骨筋をバネ/ダンパ付ワイヤで実現し、脚運動における重要な共通基盤とした。また、自律化に向けて、バックドライバリティが高い低減速比(<10)のBLDCサーボモータを股関節および腕に導入し、フルボディの2足ロボットを構築した。

走行に関しては、従来浮いた走りとなり推進力の欠如が問題であったが、揺動慣性や広筋の予備緊張などにより、よりヒトに近い適切な推進力を実現し、機構的な拘束はあるものの実験者による介助なしで53歩の連続走行を達成した。一方、3次元歩行に関しては、片麻痺患者や高齢者の歩行改善にも通じる躓かないことに着目し、足部支持パターンに基づく空圧アクチュエータの制御方式を提案し、これまでにない596歩の連続歩行をヒト介助なしで達成した。なお、体幹部の揺動慣性、骨盤、さらに足部(ヒト足部から導かれた7関節・8筋)などに対して、実験を通じて洗練化を施した。

ヒトは通常の走行運動を行う際は着地位置を特に気にしないが、走り幅跳びや跳び箱運動では踏切ポイントが重要で、適応的に踏切ポイントまで脚を運ぶ。そこで、床面に図8に示すような特徴的なマーカーを5個(A~E)等間隔に配置し、教師あり学習を行った。本実験では、操作者がコントローラのスライダを操作して、マーカー中央に着地して踏み出すような1脚の脚運動を教師データとした。ここで、マーカーが指定された着地点であることを陽に示していないことに注意されたい。

深層学習モデルは、CNN(Convolutional Neural Network)と1次元のNN(Neural Network)を用いている。入力には各映像が20[ms]間隔の5フレームの時系列データ、出力は股関節モータへのトルク指令値としている(End-to-End)。なお、推論実験での通信遅れを考慮して40[ms]先のトルク指令値を学習している。推論実験の結果、教師データと比較するとトルク値は小さかったが、マーカー中央あるいはその近傍に着地できており、踏み出そうとする様子も確認できた。ここで、マーカーAおよびCを除いて実験してみた。その結果、マーカーAのあった位

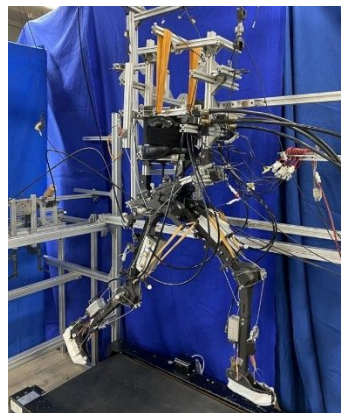


図4 体幹部の揺動慣性

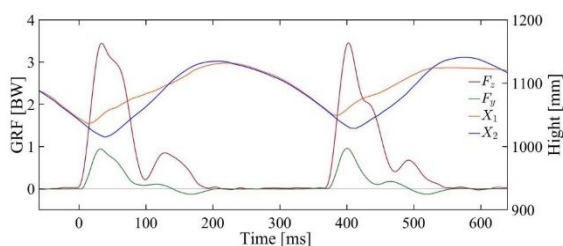


図5 走行中の床反力



図6 手を着いた自律歩行

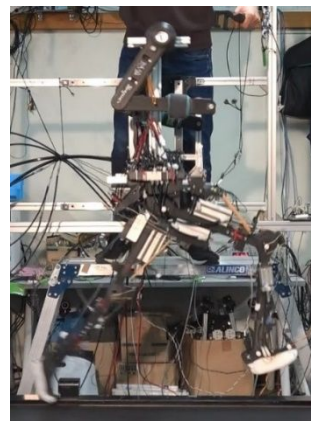


図7 統一された2足歩行・走行ロボット

置では着地動作は見られなかったが、マーカーCのあった位置では着地動作が見られた。そこで、Grad-CAM を用いて入力画像において注目している特徴の可視化を行った。マーカーA(図9左)では主にマーカーとロボットシステムに注目し壁などの背景はあまり注目していないのに対して、マーカーC(図9右)では背後のPCや台などにもヒートマップが点在しており、これが影響していると見ている。

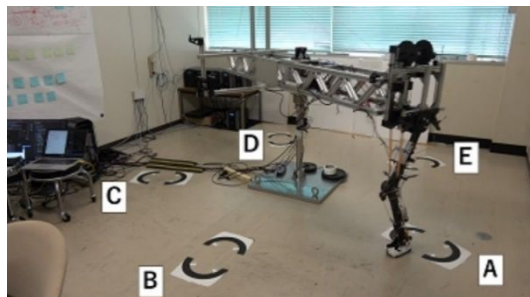


図8 マーカーに着地する1脚ロボット

次に、図10に示すようにロボットを2脚に拡張し、脚運動生成の実験を行った。本実験で用いた畳み込みニューラルネットワークの基本構造は、図11に示すように、畳み込み2層、プーリング2層、全結合3層から成っている。また、入力画像は8[ms]間隔の5フレームで、出力は左右の股関節モータへのトルク指令値になる。支持アームを回転させた状態で推論を開始した結果、逆位相でしっかり振り出し・振り戻しを行う安定した脚運動を実現した。なお、マーカー実験で問題となった背景に対してもロバストであった。本学習では、特にハイパーパラメータの調整が重要であった。具体的には、全結合層のDropout率は大きな値が良く、さらに学習を長く行う必要がある。また、Activation functionは、PReLUが良く、同じく学習を長く行う必要があることがわかった。

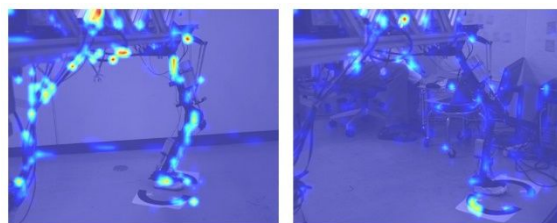


図9 入力画像における注目ポイント

さて、しっかり乗り込んで脚にプレスを掛けることと、それを受け止められるだけの脚力があることの両方が重要となることがわかってきた。今後、この乗り込み動作を強化学習で獲得するなどの今後の展望も拓けてきた。

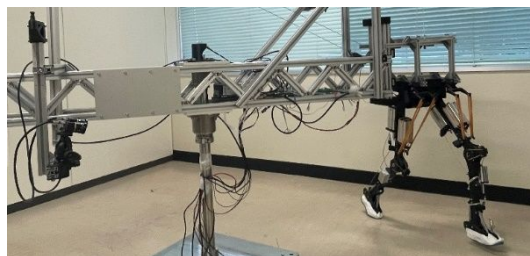


図10 教師あり学習による脚運動生成

(4) 身体・環境・学習(神経)の相互作用の中から新たな力学機序の発見を行い、実機実験でこれを実証した。特に、受動的力学機序と深層学習との融合のさらなる可能性が示唆された。能動化を最小限に留め、かつ力制御を行うことで、環境(重力)に抗わない自然な運動を上手く引き出した。受動歩行および起こし回転に由来する単純な物理現象から、よりヒトに近い運動知能へと昇華した。

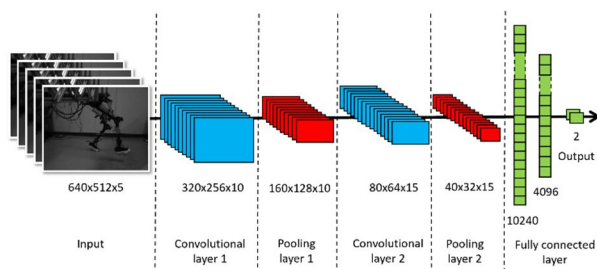


図11 畳み込みニューラルネットワークの基本構造

よりヒトに近い運動知能へと昇華した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計41件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tomoya KAMIMURA, Koudai SATO, Daiki MURAYAMA, Nanako KAWASE, Akihito SAN0
2. 発表標題 Dynamical effect of elastically supported wobbling mass on biped running
3. 学会等名 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古川黎, 村山大騎, 土方祥平, BuyanUrnuKh Munkhtogtokh, 佐藤滉大, 坂本湧基, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 高速カメラを用いた深層学習による脚運動の発現 - 実験システムと多様な教え -
3. 学会等名 第22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 2021年

1. 発表者名 村山大騎, 古川黎, 土方祥平, BuyanUrnuKh Munkhtogtokh, 佐藤滉大, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 高速カメラを用いた深層学習による脚運動の発現 - 駆動システムと学習法の改良 -
3. 学会等名 第22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 2021年

1. 発表者名 坂本湧基, 櫻井祐輔, 鈴木勁, 川瀬菜々子, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 足部支持パターンと身構えを考慮した2足歩行ロボット
3. 学会等名 第22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 2021年

1. 発表者名 鈴木勤, 坂本湧基, 川瀬菜々子, 日下昂大, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 外部の揺動慣性が2足歩行に与える影響
3. 学会等名 第22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 2021年

1. 発表者名 松井大岳, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 二つの揺動慣性を持つ一脚モデルにおいてヒト走行に類似した2種類のリミットサイクルが存在するメカニズム
3. 学会等名 第22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 2021年

1. 発表者名 坂本湧基, 鈴木勤, 川瀬菜々子, 上村知也, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 遊脚の受動的ダイナミクスを利用した躓かない2足歩行ロボットの開発
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂本湧基, 川瀬菜々子, 鈴木勤, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 体幹部の揺動慣性と骨盤の改良による2足歩行ロボットの upper body posture improvement
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木勤, 坂本湧基, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 膝関節の遠隔操作によるヒトに近いダブルニーアクション
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂本湧基, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 ヒト足部から導かれた7関節・8筋を有するロボット足部
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤滉大, 村山大騎, 上村知也, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 体幹部に吊り下げられた揺動慣性による2足走行の床反力
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2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松井大岳, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 二つの揺動慣性を持つシンプルモデルによる2足走行の動力学解析
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2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤原祐太, 坂本湧基, 古川黎, 佐藤滉大, 村山大騎, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 ヒトの足部・脚構造に着目した2足走行ロボット
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2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 品川拓己, 村山大騎, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 高速カメラを用いた深層学習による2足走行の実現
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2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川瀬菜々子, 坂本湧基, 黒宮大樹, 真田拓弥, 鈴木勲, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 体幹部の揺動慣性の受動的挙動を規範とした2足歩行
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2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野明人, 黒宮大樹, 真田拓弥, 日下昂大, 上村知也
2. 発表標題 受動的力学機序を規範とした歩行ロボットの異常歩行と歩行支援
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2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒宮大樹, 真田拓弥, 坂本湧基, 鈴木勤, 上村知也, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 走行との統一性を志向した2足歩行ロボットの開発
3. 学会等名 第21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 2020年

1. 発表者名 真田拓弥, 黒宮大樹, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 受動脚・能動体幹を有する2足歩行ロボットの開発
3. 学会等名 第21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 2020年

1. 発表者名 佐野明人, 上村知也
2. 発表標題 体幹部に弾性支持された揺動慣性を有する2足ロボット - 基本コンセプト -
3. 学会等名 第21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 2020年

1. 発表者名 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 体幹部に弾性支持された揺動慣性を有する2足ロボット - シンプルモデルを用いた解析 -
3. 学会等名 第21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 2020年

1. 発表者名 佐藤滉大, 川瀬菜々子, 村山大騎, 上村知也, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 体幹部に弾性支持された揺動慣性を有する2足ロボット - 走行実験 -
3. 学会等名 第21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 2020年

1. 発表者名 川瀬菜々子, 佐藤滉大, 村山大騎, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 体幹部に弾性支持された揺動慣性を有する2足ロボット - 左右バランス -
3. 学会等名 第21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 2020年

1. 発表者名 村山大騎, 真田拓弥, 佐藤滉大, 川瀬菜々子, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 体幹部に弾性支持された揺動慣性を有する2足ロボット - 内力駆動 -
3. 学会等名 第21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 2020年

1. 発表者名 鈴木涼平, 古川黎, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 2足走行ロボットの空圧システムとパワーポジション
3. 学会等名 第21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 2020年

1. 発表者名 品川拓己, 上村知也, 佐野明人
2. 発表標題 2足走行ロボットの深層学習における脚運動の発現
3. 学会等名 第21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 2020年

1. 発表者名 坂本湧基, 鈴木勤, 野々下絢斗, 黒宮大樹, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 2足歩行ロボットにおけるヒトに近い足部運動
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2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木勤, 坂本湧基, 野々下絢斗, 黒宮大樹, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 2足歩行ロボットにおける人体を考慮した膝機構
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2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古川黎, 小林和真, 鈴木幹久, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 e-Sportsを志向した2足走行ロボットのオンラインパラメータ調整
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2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤大智, 岡本一将, 真田拓弥, 佐野明人
2. 発表標題 ランニング・アバターへのジャックイン・システムの構築
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2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野々下絢斗, 黒宮大樹, 真田拓弥, 伊藤栄哉, 坂本湧基, 村岡佑哉, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 グランドさせた腕による歩行ロボットの自律化アプローチ
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 黒宮大樹, 野々下絢斗, 佐野明人
2. 発表標題 歩行ロボットにおけるバイオ・テンセグリティ
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 小林和真, 鈴木幹久, 棚橋亮太, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 ヒト操作由来の自動2足走行ロボットと接地制御
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 鈴木幹久, 小林和真, 鈴木涼平, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 身体特性を考慮したヒトに近い膝動作を有する走行
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 棚橋亮太, 服部誠司, 小林和真, 鈴木幹久, 岡本一将, 佐野明人
2. 発表標題 グランドさせた腕による走行ロボットの自律化アプローチ - 屋外走行に向けて -
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 岡本一将, 伊藤栄哉, 佐野明人
2. 発表標題 トポロジー最適化による走行ロボットの足部設計
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 品川拓己, 鈴木涼平, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 Sim2Realに向けた機械学習を用いた受動歩行の調子評価
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 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 アスリートの走行における支持脚運動の解析
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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本湧基, 村岡佑哉, 品川拓己, 鈴木涼平, 佐野明人
2. 発表標題 ダイナミクスベースド強化学習 - 重力による不安定性を活かした運動性 -
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 村岡佑哉, 坂本湧基, 品川拓己, 鈴木涼平, 佐野明人
2. 発表標題 ダイナミクスベースド強化学習 - 重力を活かした運動の始動 -
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 品川拓己, 鈴木涼平, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 Sim2Realに向けた受動歩行の仮想環境の構築
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 伊藤栄哉, 池俣吉人, 佐野明人
2. 発表標題 トポロジー最適化による受動歩行機の足部設計
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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究室ホームページ http://rah.web.nitech.ac.jp/
--

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	池俣 吉人 (IKEMATA YOSHITO) (70467356)	帝京大学・理工学部・准教授 (32643)	

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
---------	---------