

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：82723

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02119

研究課題名(和文) 災害現場上空からのヒューマノイドロボットの迅速な投入

研究課題名(英文) Rapid deployment of humanoid robots from the sky over disaster sites

研究代表者

辻田 哲平 (Tsujiita, Teppei)

防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・システム工学群・准教授

研究者番号：40554473

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：災害対応を見据え、ヒューマノイドロボットを人間のように上空からパラシュートで投下することを想定し、その力学的解析を行った。柔軟関節・柔軟外装を有するロボットを開発し、動作と着地時の衝撃加速度の関係性を明らかにした。また、仮想環境内でロボットの動作生成を行うために、柔軟関節と柔軟外装の数値シミュレーションを行うことが可能なシミュレータを開発した。また、ロボットが空中を一定速度で落下する状態の模擬を水平風洞により用いて行い、姿勢を変化させた各ロボット模型に作用する流体力と後流速度を計測することで、四肢を有するロボットの空力特性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

東日本大震災等の経験を踏まえ、現在数多くの災害対応ロボットの研究開発がなされている。特に、人間の生活空間で人命救助や作業を行うには、人間の形状に似たヒューマノイドロボットが適しており開発が盛んに行われている。しかし、災害現場でのタスク実現方法については盛んに議論がなされているが、いかにロボットを災害現場に送り届けるかといった重要な問題については議論が少ない。そこで、本研究では震災後のように瓦礫等で地上からは到着できないケースでも対応可能なロボットの投入方法について検討した。

研究成果の概要(英文)：For anticipation of disaster response, a mechanical analysis was conducted with the assumption of deploying humanoid robots from the sky using a parachute, like human operations. A robot equipped with a flexible joint and a soft outer shell was developed, and the relationship between its motion and the impact acceleration at landing was analyzed. Additionally, a simulator capable of conducting numerical simulations of flexible joints and soft exteriors was developed for generating robot motion in a virtual environment. Furthermore, by using a wind tunnel to simulate the state of the robot falling at a constant speed in the air, and by measuring the fluidic forces acting on each robot model with varying postures and velocity, the aerodynamic characteristics of robots with limbs were clarified.

研究分野：ロボット工学

キーワード：ヒューマノイドロボット 運動知能 パラシュート 衝撃 空力 マルチボディダイナミクス

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災等の経験を踏まえ、現在数多くの災害対応ロボットの研究開発がなされている。特に、人間の生活空間で人命救助や作業を行うには、人間の形状に似たヒューノイドロボットが適しており開発が盛んに行われている[1]。しかし、災害現場でのタスク実現方法については盛んに議論がなされているが、いかにロボットを災害現場に送り届けるかといった重要な問題については議論が少ない。例えば、DARPA ROBOTICS CHALLENGE (DRC) では被災地までロボットによる自動車運転を想定しているが、震災後のように瓦礫等で地上からは到着できないケースも想定される。このため、災害時にも対応可能なロボットの投入方法について検討する必要がある。

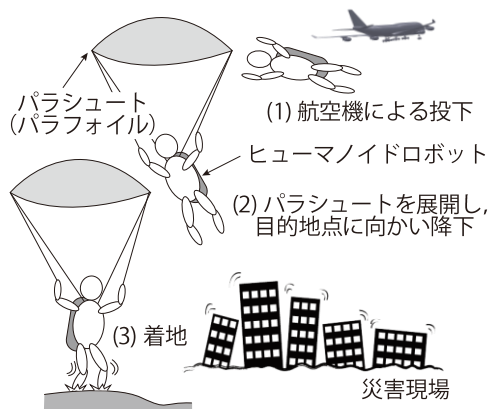


図 1 パラシュート降下の概念図

2. 研究の目的

そこで、図 1 のように、人間のように上空からヒューノイドロボットをパラシュートで投下することが可能か検討する。ヒューノイドロボット等の多関節ロボットの動作生成アルゴリズムは、近年、機械学習等の目覚ましい発展により、様々な研究がなされている。しかし、パラシュート降下のような高速運動状況下での動作生成に関しては、ロボットを用いた実験や数値計算の困難さから、研究が進んでいない。高速運動状況下における動作は、ロボットよりも柔軟な体を有した人間でも、特に訓練を積んだ限られた人間のみが実現可能である。従って、柔軟なハードウェアだけでは実現できるものではなく、柔軟なハードウェアを最大限生かすことができる高度な運動知能が熟練者には存在する。この人間ですら一部の者のみが有する高度な運動知能をロボットで実現することで、着地衝撃や空気抵抗といった大きな外力にさらされる人間の極限状態におけるしなやかさの力学的解明と制御への応用を目指す。

3. 研究の方法

(a) 着地衝撃を柔軟外装・柔軟関節で分散し損傷を防止する方法
(a-1) 動作と衝撃の関係

2 階から飛び降りた際の衝撃と同程度と言われるパラシュート着地時の衝撃[2]を緩和する手段として、ロケットエンジンの噴射やエアバッグが広く用いられているが、着陸装置の大型化に伴う輸送効率の低下が問題となる。また、ロケットエンジンに関しては引火性物体を扱う困難さ、エアバッグに関しては接地後のバウンドによりピンポイントに狭小地に着陸させることが困難といった問題もある。そこで、柔軟外装や柔軟関節を有したロボットの全身を活用した PLF (Parachute Landing Falls, パラシュート着地時の受け身) を実験的に試行した。

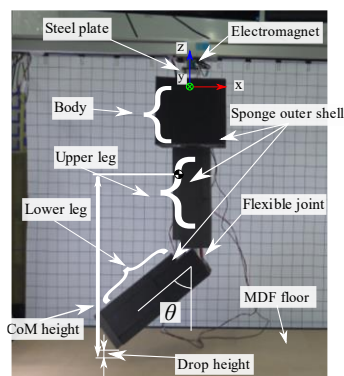


図 2 柔軟関節・柔軟外装を有する一脚ロボット

図 2 に、開発した柔軟外装・柔軟関節を有する等身大一脚ロボット (全長 1058 mm で人の脚部と同程度の大きさ) を示す。上から胴体部、上腿部、下腿部とし、上腿部、下腿部の間の膝にあたる部分に回転の 1 自由度、柔軟関節を用いている。柔軟外装には光社製低反発ウレタンフォーム KTHU-3030 を、柔軟関節には HEBI Robotics 社製の X-シリーズアクチュエータの X8-9 SEA (Series Elastic Actuator) を用いた。また衝撃を測定するために、胴体部には microstone 社製の三軸加速度センサ、MA3-100AD を搭載している。運動による衝撃の変化を確認するために 2 種類の実験を行った。一つ目は、初期角度を θ_1 を設定し、関節角度を維持するように制御し自由落下させた。初期の位置エネルギーを一定にするために、異なる初期角度においても落下前の重心の床面からの高さが一定になるようにして比較した。二つ目は運動の評価を行う実験として着地時から関節角度を変化させる。着地時の初期角度から $\Delta \theta$ 関節を 0.5 s 間で変化させる。落下高さは、 $\theta_1 = \pi/12$ rad で床から足先の高さ 50 mm のときの重心の高さを基準としている。 $\theta_1 = \pi/12$ および $5\pi/12$ rad の状態での落下と、着地時の角度 $\pi/12$ rad から $\Delta \theta = 5\pi/12$ 変化させたときを、それぞれ 5 回ずつ繰り返し落下実験を行い、加速度を計測した。

(a-2) 柔軟外装の数値シミュレーション

仮想環境内で柔軟外装を備えた一脚ロボットの動作の検証や衝撃の解析を行うために数値モデルをした。柔軟物の変形シミュレーションにおいては、有限要素法を用いた、シミュレーションを行う。柔軟物の変形シミュレーションにおいて様々な手法があるが、有限要素法は、ヤング率やポアソン比といった物性値や非線形性などを理論的に表現でき、変形、力の計算精度が高いことが知られている。ロボットのシミュレーションを目的としていることから動的有限要素法による柔軟物のモデル化を行った。

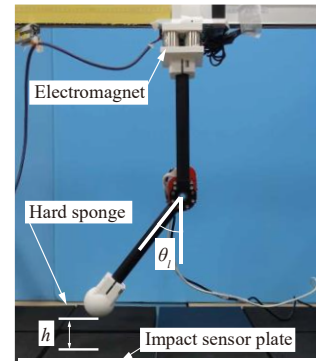


図 3 SEA を用いた試験

(a-3) 柔軟関節の数値シミュレーション

同様に仮想環境内で柔軟関節(SEA)を備えた一脚ロボットの動作の検証や衝撃の解析を行うために数値モデルをした。図 3 に、柔軟関節部に着目するために、柔軟外装を用いず SEA のみを用いた試験装置の外観を示す。柔軟関節を線形ばねダンパモデルと仮定し、同モデルのパラメータ同定および柔軟関節を搭載した一脚ロボットの落下衝撃時の挙動シミュレーションを行った。ここでは、衝撃力と柔軟関節の挙動の関係を実験により計測し、最適化計算によりモデルパラメータを導出した。その後、導出したモデルパラメータを用いた柔軟関節を搭載した一脚ロボットの動力学シミュレーションと実機の落下時の挙動を比較検証することで、開発したシミュレータの妥当性を検証した。

(b) 落下時におけるロボット四肢の姿勢と空気特性の解析

図 1 (1) に示すように、ロケットエンジン等の大がかりな装備なしに、ロボット自らが空力抵抗を活用して移動方向を制御して目標とする建物の敷地内等にピンポイントで到達するために必要な基本的な空力的特性の解析を行った。

本研究では、3D プリンタを用いて形状を簡略化した四肢を有するロボット模型を作製した。このロボット模型が一定速度で落下する状態の模擬を水平風洞により用いて行い、姿勢を図 4 の A~F のように変化させた各ロボット模型に作用する流体力と後流速度を、曲げ角度 0° と 45° でロードセルと PIV (Particle Image Velocimetry) により測定した。風洞試験の設置条件は図 5 の通りとし、流速は $0\sim 22\text{m/s}$ の範囲で行った。

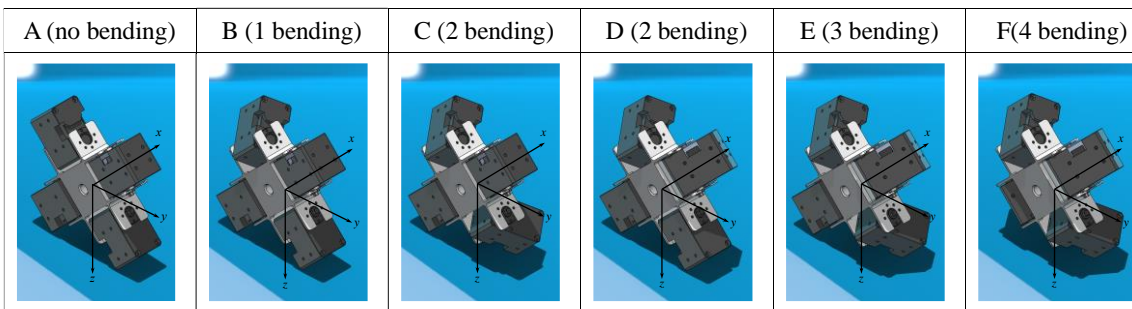


図 4 四肢を有するロボット模型の姿勢変化

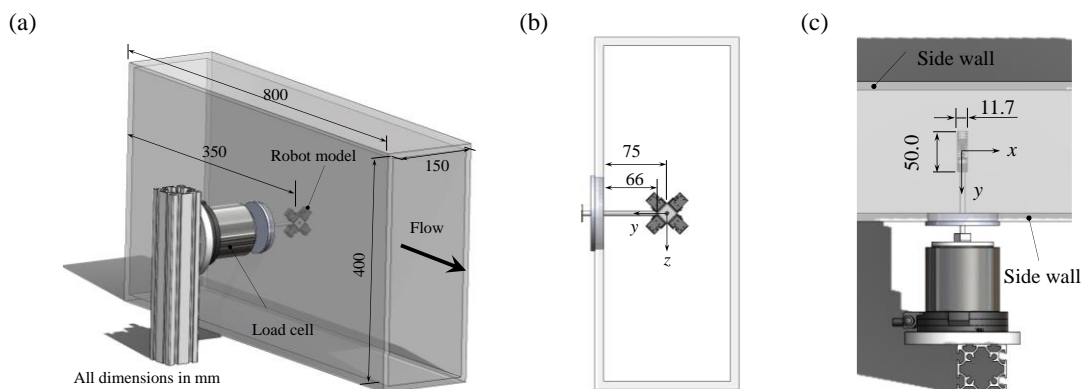


図 5 四肢を有するロボット模型の風洞試験の条件

4. 研究成果

(a) 着地衝撃を柔軟外装・柔軟関節により分散し損傷を防止する動作

(a-1) 動作と衝撃の関係

着地後に発生した床面との接触にともなう衝撃加速度を、以下の①から④までの番号で落下時の動作の特徴と関連づけて示す。

- ① 初期角度で落下し、着地直後の接触。
- ② ロボットが倒れることで起こる膝部の接触。
- ③ ②の後、胴体部の床への接触。
- ④ バウンドによる、二回目の胴体部の接触。

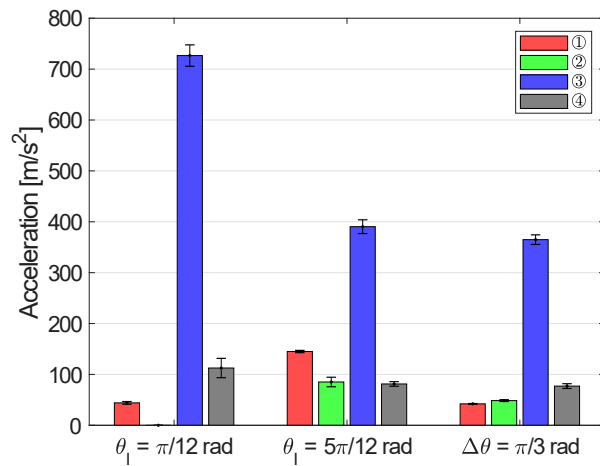
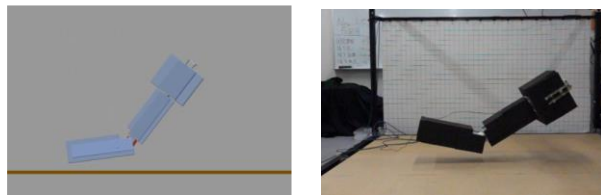


図 6 各区間における加速度

上記のように接触区間を設定し、そのときの区間におけるピーク加速度の平均と標準偏差を図 6 に示す。まず、 θ_1 が $\pi/12$ と $5\pi/12$ rad の場合を比較する。図 6 の①では、重心高さが一定のもと θ_1 が増加すると落下高さが増加するため、加速度が大きくなるのがわかる。②においては、膝部が接触することにより、 $5\pi/12$ rad の時のほうが加速度が発生するが、続く③では角度が大きいほうが、加速度が小さくなるのが確認できる。膝部の接触により、接触回数が増加することにより、③の加速度の減少につながった。次に着地直後に $\pi/12$ rad から $5\pi/12$ rad 角度まで関節角度の変化、つまり $\Delta\theta = \pi/3$ rad 変化させたときの加速度ピーク値を見る。結果として①において、 $\pi/12$ rad と同等の最大加速度の平均が得られ、③、④においては $\theta_1 = 5\pi/12$ rad のときのような最大加速度の平均が得られた。①では、着地時の状態は同じ状態となることから、 $\pi/12$ rad と同等となったことがわかる。②の、膝部が接触する区間では、 $\Delta\theta$ の姿勢の変化が起こることで、膝部の接触が発生し、 $\pi/12$ rad のときと比べ、接触回数が増加し、③④の加速度の減少につながった。②の状態を幾何学的に考えると、膝の関節が変化することは、膝部と地面の距離が近づくことにつながるため、 $\pi/12$ rad と比べ、早い段階で膝部の床との接触が発生する。これにより、胴体部と床の接触までにかかる時間が短くなることから、速度が大きくなる前に③の接触が発生することにつながるということが明らかになった。

(a-2) 柔軟外装の数値シミュレーション

一脚ロボットによる落下実験について述べる。水平方向の速度を持たせることができるスライダレールを備えた実験装置を用いて、落下実験を行った。またシミュレーションは、実測値に基づき、初期条件を与えた。図 8 には、加速度のノルムの平均を示しており、赤線が加速度計より得られた加速度であり、緑線がシミュレーションによって得られた加速度である。図 8 では、前半の 0.7 s 付近までは、加速度ピークの特徴が出ていることがわかる。最大加速度は約 25% の誤差であり、動作生成に十分な精度が得られた。



Numerical simulation

Experiment

図 7 柔軟外装 (スポンジ) の数値計算と実験

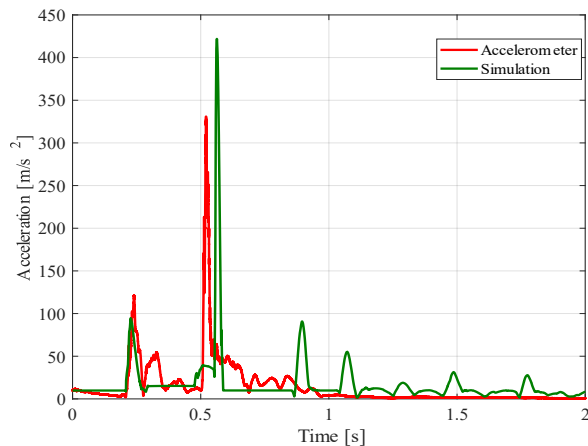


図 8 柔軟外装を考慮した加速度

(a-3) 柔軟関節の数値シミュレーション

関節角度 $\theta = \pi/4$ rad で高さ 100 mm から落下させた際の実験の様子と同じ実験条件で行ったシミュレーションの様子をエラー! 参照元が見つかりません。に示す。各写真の時間間隔は落下時の状況を示すために等間隔となっていない。また、行った実験結果とシミュレーションの結果を図 10 に示す。図 10 より、ロボットの関節に SEA を用いた際の挙動が再現できていることがわかる。しかし、立ち上がり時間などに誤差があることがわかる。

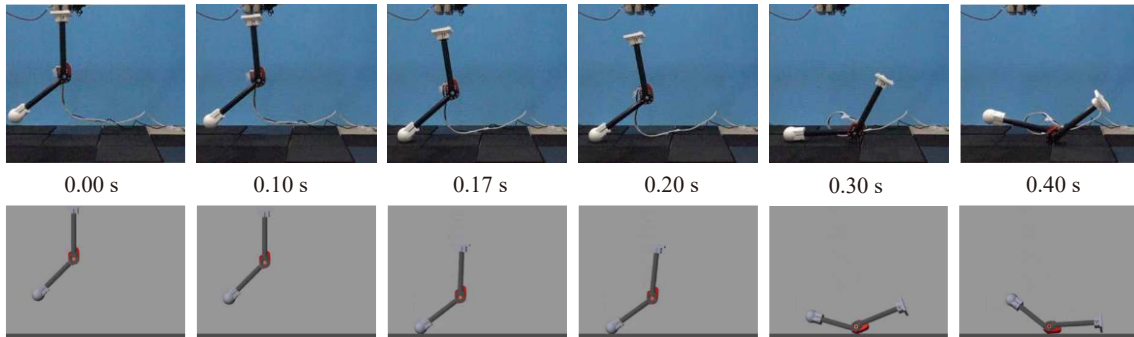
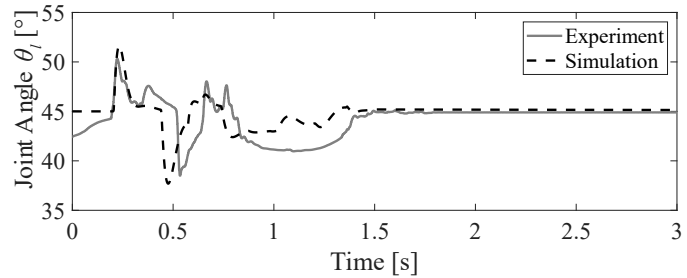


図 9 柔軟関節 (SEA) を用いた一脚ロボットの落下実験と数値シミュレーション

これは、モデル自体の誤差や、接触部の接触力学を線形ばねモデルと仮定していることが原因であると考えられる。また実機では 0 s 時点で指令値である $\theta = \pi/4$ rad を下回る値となっているが、これは重力による影響であると考えられる。



(b) 落下時におけるロボット四肢の姿勢と空気特性の解析

図 10 関節角度の実験結果と推定値の比較

姿勢 B~F の流体力および空力係数は、投影面積が小さくなるにつれて減少することがわかった。また、姿勢 F では、渦対が他のロボットより大きいため、後流領域が小さくなった。姿勢 B と姿勢 C では重力方向に負の流体力が発生することがわかった。一方、姿勢 D ロボットは流速 22m/s で 0.035 N の正の力が発生し、その絶対値が最も大きかったが、これはこの方向の流れが後流領域の屈曲肢側の渦によって誘起されたためである。姿勢 D のロボットの屈曲肢の影響を評価するため、 0° から 60° までの流体力と後流速度を測定した。流れ方向と重力方向の空力係数の最小値と最大値は曲げ角度 45° で現れ、重力方向に対する法線力は曲げ角度と曲げる四肢の本数で制御できることが明らかになった。

(c) 国内外における位置づけとインパクト

研究開始後に、本研究グループの論文を引用する形で後続の研究[3]が生まれた。本研究によってヒューマノイドロボットがパラシュート降下するという問題領域を設定したことで、新しい研究分野が生まれた。一方で当該研究[3]は、取り扱いやすい転倒と伴わない動作の最適化をしており、着地・転倒一連の流れについて考察をしていない。また、四肢を持つロボットの空力特性の解析は、類をみない。これらのことから、本研究は引き続き当該分野をリードしている。

参考文献

- [1] L. Kugler, "Robots Compete in Disaster Scenarios," *Technology*, vol. 58, pp.16–18, 2014.
- [2] 日本パラグライダー協会, “パラグライダー最新テクニックブック”, イカロス出版, 2010.
- [3] D. Liu, et al. "DDP-based Parachute Landing Optimization for a Humanoid," in Proc. Of the 2020 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics, pp. 122–128, 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Bilesan Alireza, Komizunai Shunsuke, Tsujita Teppei, Konno Atsushi	4. 巻 33
2. 論文標題 Improved 3D Human Motion Capture Using Kinect Skeleton and Depth Sensor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1408 ~ 1422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2021.p1408	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 佐野秀隼, 山田俊輔, 船見祐揮, 中村元	4. 巻 86
2. 論文標題 円筒リングを設置した円柱からの空力騒音低減に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 20-00081
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 YAMADA Shunsuke, TSUJITA Teppei	4. 巻 18
2. 論文標題 Fluidic force and wake velocity of 3D body with four limbs in uniform flow	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Fluid Science and Technology	6. 最初と最後の頁 JFST0007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jfst.2023jfst0007	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32件（うち招待講演 0件/うち国際学会 9件）

1. 発表者名 関根知晴, 安孫子聡子, 辻田哲平
2. 発表標題 落下衝撃緩和動作生成のための柔軟関節を有する一脚ロボットの動力学シミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田俊輔, 辻田哲平
2. 発表標題 一様流中に設置した三次元物体に働く流体力と後流速度の計測について
3. 学会等名 日本機械学会2021年度年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂爪竣哉, 安孫子聡子, 吉原匠, 辻田哲平, 山田俊輔
2. 発表標題 壁面近傍におけるプロペラ回りの気流の数値流体力学解析
3. 学会等名 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉原匠, 安孫子聡子, 坂爪竣哉, 國本瑛大, 辻田哲平
2. 発表標題 壁面近傍におけるマルチコプタの安定飛行に向けた単一ロータ周りの気流の可視化
3. 学会等名 第22回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 Shunsuke Yamada, Teppei Tsujita
2. 発表標題 Fluidic force and wake velocity of 3D body with movable 4 limbs in uniform flow
3. 学会等名 International Conference on Jets, Wakes and Separated Flow (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryo Iizuka, Dragomir N. Nenchev, Daisuke Sato
2. 発表標題 Motion Generation and Control of Acrobatic Motion Synergies Emerging from the Momentum Equilibrium Principle
3. 学会等名 International Conference on Humanoid Robots (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 蜂谷雄太, 鈴木俊輝, 野村耕暉, 佐藤大祐
2. 発表標題 相対角加速度に基づく人型ロボットの前方跳躍動作の運動生成と制御における腕振り動作の有効性の検証
3. 学会等名 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 服部賢太郎, 小水内俊介, 辻田哲平, 近野敦
2. 発表標題 ヒューマノイドロボットの泥状地面二足歩行のシミュレーションと実験の比較
3. 学会等名 第13回 RSJ-HRT 学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高島由行, 安孫子聡子, 辻田哲平, 北原理匡, 佐藤大祐
2. 発表標題 遠隔操作マニピュレータによる橋梁添接板の膜厚検査方法の検討
3. 学会等名 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北原理匡, 辻田哲平, 安孫子聡子, 佐藤大祐
2. 発表標題 非接触危険物探知のための遠隔操作マニピュレータを用いたボディチェックの技術的課題
3. 学会等名 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Alireza Bilesan, Saeed Behzadipour, Teppei Tsujita, Shunsuke Komizunai, Atsushi Konno
2. 発表標題 Human Motion Tracking Using Microsoft Kinect SDK and Inverse Kinematics
3. 学会等名 Asian Control Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 JaeSung Yang, Teppei Tsujita, Shunsuke Komizunai, Atsushi Konno
2. 発表標題 Cooperative Massive Object Transportation by Two Humanoid Robots
3. 学会等名 Asian Control Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Alireza Bilesan, Shunsuke Komizunai, Teppei Tsujita and Atsushi Konno
2. 発表標題 Accurate Human Body Motion Capture Using a Single Eye IR Camera
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日高優紀, 辻田哲平, 安孫子聡子
2. 発表標題 柔軟外装・関節を備えた一脚ロボットを用いた落下衝撃の解析
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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松島駿介, 辻田哲平, 安孫子聡子
2. 発表標題 ヒューマノイドロボットの遠隔操作による金属探知機を用いたボディチェック
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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐瀬一弥, 辻田哲平, 陳曉帥, 近野敦
2. 発表標題 剛性変動物体に対する安定な力覚インタラクションのためのオンラインメッシュ切り替え
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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Matsushima, Teppei Tsujita and Satoko Abiko
2. 発表標題 Detecting Suspicious Objects With a Humanoid Robot Having a Metal Detector
3. 学会等名 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日高優紀, 辻田哲平, 安孫子聡子
2. 発表標題 柔軟外装・関節を備えた一脚ロボットによる落下衝撃緩和動作
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
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松島駿介, 辻田哲平, 安孫子聡子
2. 発表標題 遠隔操作ヒューマノイドロボットによる非接触倣い作業のための対象-手先間距離制御
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
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoko Abiko, Tetsuya Kimura, Yusuke Noda, Teppei Tsujita, Daisuke Sato, Dragomir Nenchev
2. 発表標題 Hardware-In-the-Loop-Simulation of a Planar Manipulator with an Elastic Joint
3. 学会等名 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke Noda, Teppei Tsujita, Satoko Abiko, Daisuke Sato, Dragomir Nenchev
2. 発表標題 HILS Using a Minimum Number of Joint Module Testbeds for Analyzing a Multi-DoF Manipulator
3. 学会等名 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shunsuke Matsushima, Teppei Tsujita, Satoko Abiko
2. 発表標題 Distance Control Between an Object and an End Effector for Contactless Surface Tracking Work by a Humanoid Robot
3. 学会等名 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Hidaka, Teppei Tsujita, Satoko Abiko
2. 発表標題 Drop Impact Analysis and Shock Absorbing Motion of a Life-Sized One-Legged Robot with Soft Outer Shells and a Flexible Joint
3. 学会等名 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西澤佳隼, 金宮好和, 佐藤大祐
2. 発表標題 相対角加速度を用いた角運動量ダンパによる人型ロボットの連続前方跳躍
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅景正光, 金宮好和, 佐藤大祐
2. 発表標題 人型ロボットのバランス制御のための CRB レンチコーンを考慮した擬似逆行列による CRB レンチの分配
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯塚諒, 佐藤大祐, 金宮好和
2. 発表標題 運動量平衡原理と角運動量の分配に基づく人型ロボットのダイナミックな全身運動の生成と制御
3. 学会等名 ロボティクスシンポジア
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 遠藤之弥, 坂口慎悟, 飯塚諒, 佐藤大祐, 金宮好和
2. 発表標題 相対角加速度に基づいた人型ロボットの立ち幅跳びおよび宙返り運動の生成と制御
3. 学会等名 ロボティクスシンポジア
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松宮正太, 佐藤大祐
2. 発表標題 VRP-G1に基づくレンチ分配を用いた人型ロボットによる広範囲清掃作業シミュレーション
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
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 遠藤之弥, 飯塚諒, 佐藤大祐, 金宮好和
2. 発表標題 角運動量の分配に基づいた運動生成と制御による立ち幅跳びの解析
3. 学会等名 バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂口慎悟, 飯塚諒, 佐藤大祐, 金宮好和
2. 発表標題 角運動量の分配に基づいた運動生成と制御による垂直跳躍および宙返りの解析
3. 学会等名 バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 飯塚諒, 坂口慎悟, 佐藤大祐, 金宮好和
2. 発表標題 角運動量の分配に基づいた運動生成と制御による後方宙返りの解析
3. 学会等名 スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐野秀隼, 山田俊輔, 中村元, 船見祐揮
2. 発表標題 円柱からの空力騒音低減に及ぼす円筒リング形状の影響
3. 学会等名 日本機械学会2019年度年次大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔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	佐藤 大祐 (Sato Daisuke) (40344692)	東京都市大学・理工学部・准教授 (32678)	

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	安孫子 聡子 (Abiko Satoko) (40560660)	芝浦工業大学・工学部・教授 (32619)	
研究分担者	近野 敦 (Konno Atsushi) (90250688)	北海道大学・情報科学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	山田 俊輔 (Yamada Shunsuke) (90516220)	防衛大学校（総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群）・システム工学群・准教授 (82723)	

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