

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (特設分野研究)

研究期間：2018～2020

課題番号：18KT0063

研究課題名(和文)実空間での能動的情報探索と仮想空間での高効率動作探索による適応性強化

研究課題名(英文)Adaptability-Enhancement Scheme Based on Active Information-Exploration in Real Space and Efficient Motion-Exploration in Virtual Space

研究代表者

亀崎 允啓 (KAMEZAKI, MITSUHIRO)

早稲田大学・理工学術院総合研究所(理工学研究所)・主任研究員(研究院准教授)

研究者番号：30468863

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：未知の環境であっても柔軟かつロバストに動作できる自律型ロボットには、与えられたタスクの成否を判断でき、否と判断された際の代替案を模索できる機能が必要である。また、災害対応作業には失敗が許されないことから、危険性や時間を要する実空間ではなく、仮想空間での試行錯誤に基づく動作獲得が効果的と考えられる。本研究では、実環境での試行錯誤が難しく、対象の物性が未知の環境において、実空間での能動的情報取得と仮想空間での動作学習機能を核とした「自律移動ロボットの適応性強化」システムを構築し、実機実験よりその有用性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

安全性と迅速性が求められる災害対応などに従事する自律型作業ロボットには、目前のタスクと自身の現能力を照らし合わせた「実行可能性の判断」だけでなく、タスクが遂行できるように自身の能力を向上させていく「実行可能動作の学習」を行える機能が不可欠といえる。本研究では、実空間での能動的情報取得と仮想空間での効率的動作探索を核とした可否判断の慎重性と動作調整の迅速性を両立する「適応性強化システム」のフレームワークを提案する点で学術的意義および社会的意義が大きいといえる。

研究成果の概要(英文)：Autonomous robots that can work flexibly and robustly even in unknown environments needs to be able to judge the success or failure of a given task and to seek alternative solutions when the task is judged to be unsuccessful. In addition, failure is not allowed in disaster response tasks, so it would be effective to acquire behaviors based on trial and error in a virtual space, rather than in a real space, where risks exist and time is required. In this study, we developed a system to enhance the adaptability of autonomous robots in environments where trial and error in a real environment is difficult and the physical properties of the target are unknown, on the basis of active information exploration in real space and motion exploration in virtual space.

研究分野：知能機械・システム

キーワード：能動的情報探索 効率的動作探索 災害対応ロボット 実空間 仮想空間

### 1. 研究開始当初の背景

災害現場等で利用される自律型作業ロボットには、指示されたタスク群を、安全かつ迅速に遂行することが求められるが、失敗しない・脱出不能に陥らないこと(後続のロボットや作業員の通行・作業を妨害しない)、諦めない・できる方法を模索すること(想定した環境以外でも対応できる)も求められる。現在の多くの自律システムは、取得した環境情報(主に3次元点群情報)とプリセットした動作生成アルゴリズム(主に有限状態機械)にのみ基づきタスク遂行を試みているため、想定内の比較的容易なタスクでは良好な性能を見せるが、上述の要求(慎重な可否判断と迅速な動作調整)に十分に対応できない。これは、実装されたアーキテクチャに直接的な原因があるが、根源的には、災害対応作業が有する(自律システムが苦手な)性質である「取得可能な環境情報の少なさと不確実性」・「さまざまな条件の未知環境」によるものである。近年、OCTOPUS(図1、表1)など高機能な多自由度ロボットが開発されている。これに起因した「調整パラメータの多さ(モデリングの難しさ)」も潜在的な課題となっている。災害対応ロボットの多くは十分な自律機能を有しておらず、操作者による手動操作が適用されている。未知の環境でもタスクを確実に成功させるためには、自律機能の高度化が重要となるが、それと同時に「できる部分」と「できない部分」をシステム自身が把握していることが重要である。不整地領域での走行可能性推定手法などが提案されているが、環境形状にのみ着目した簡易なタスクが想定されている。仮想空間での動作学習は提案されているが、その多くは仮想空間内での議論に終始しており実空間へ戻すところまで至っていない。個々の技術を発展させ、それらを有機的に結合した統合基盤が、災害対応ロボットの自律機能の強化に不可欠と考え、本研究課題を提案するに至った。

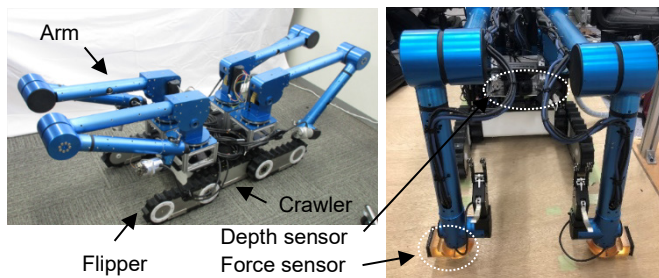


Fig. 1 Disaster response robot OCTOPUS

Table 1 Specification

Degree of freedom	Crawler x 6 / 5 DOF arm x 4
Size [mm]	1015(L) x 508(W) x 562(H)
Weight [kg]	106
Speed [m/s]	0.720
Climbing ability [deg]	45
Maximum loading capacity [N]	175.2

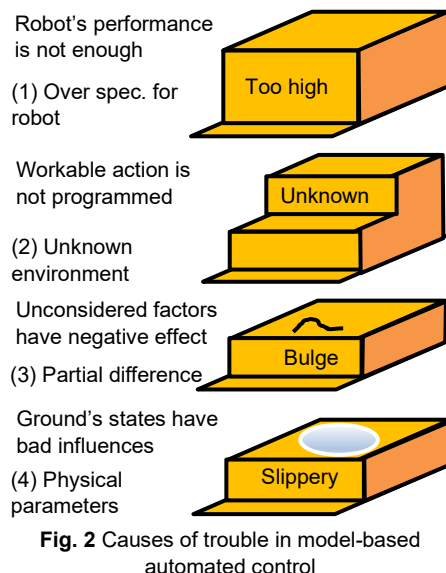


Fig. 2 Causes of trouble in model-based automated control

### 2. 研究の目的

適応性の低い制御システムでは、操作者の入力した動作をいかなる状態でも実行しようとするため、図2に示すように、(a)ロボットの性能が十分でない場合、(b)当該条件で作業可能な制御が導入されていない場合、(c)考慮されていない要因により作業不可能となる場合、(d)地面の摩擦や硬さといった地面性状が悪影響を与える場合などでは、指示に従って実行すると、事故が起きる可能性がある。そのため、動作を実行する前に作業の達成可能性をロボット自身が推定することが効果的である。作業が不可能と判断された場合は、動作を調整することによって作業可能な動作を探索する。しかしながら、災害現場では、転倒などの失敗動作が二次災害などの危険性を高めるため、試行錯誤による動作学習ができない。そこで、実空間で取得した環境情報を仮想空間上に再現し、その中で効率的動作探索を行う方策をとる。しかし、再現精度には限界があるため、より細かな調整を行うためには、摩擦や硬さといった地面性状を取得する必要がある。この場合には、実空間で環境への能動的接触に基づく情報探索を行う。以上より本研究では、実空間での能動的情報探索と仮想空間での高効率動作探索を行う多自由度災害対応ロボットのための環境適応性強化システムを開発する。

### 3. 研究の方法

環境適応性強化システムのブロック線図を図3に示す。本システムは、(1)能動的情報探索、(2)動作確認、(3)動作学習、(4)動作実行で構成されている。システムの流れと各モジュールの関係性

をロボットの移動タスクを例に説明する。まず、能動的情報探索により得られた地形情報をヒューマンインタフェースに表示し、操作者がルートを入力する。次に、地形環境を仮想空間内に再現し、その中で入力ルートの移動試行(動作確認)を行い作業の可否を判断する。動作確認で作業不可能と判断された場合、転倒やスタックした地点に移動し、その地点の物性情報を実空間で取得する。その情報を使って仮想空間を更新し、再度動作学習を行う。その結果、作業可能と判断されれば、動作を実行する。以下に各機能について説明する。

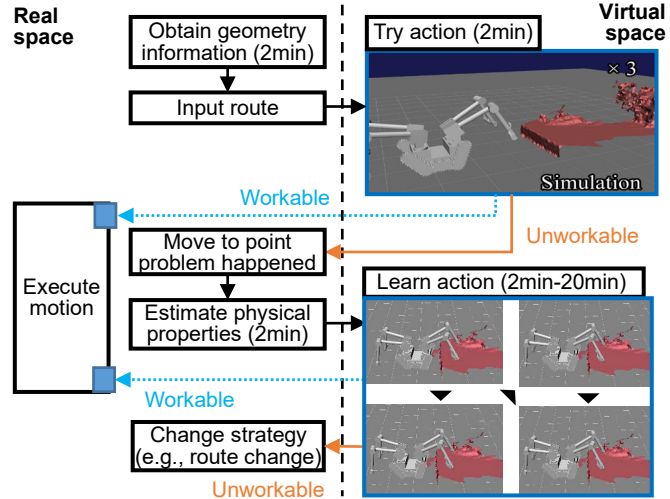


Fig. 3 Environment adaptability enhancement system

(1) 能動的情報探索

作業の可否を確かめるため、地形情報だけでなく、実際にロボットが環境に接触したときの反応を能動的接触によって取得する。この実際に接触する動作を Groping と呼ぶ。①地形情報の取得：深度センサで取得した点群情報を入力として、座標変換後、点群に含まれるノイズの除去や、増えすぎた点群の削減のため、Point cloud library を用いた精緻な面を張り、環境モデルを出力する。②地面性状の取得：災害現場では、積み重なった瓦礫や腐食した木板の上での作業が予想されるため、地面性状の取得が重要になる。地面性状はカメラなどで得られた見た目の様子からだけでは判断できない場合が多いため、環境への能動的接触により摩擦や硬さなどの性状を取得する。本システムでは、アーム手先で環境に触ることで、手先の力センサの値と押し込み変位から、地面や対象物の摩擦、硬さ、重さを推定する。ロボットに搭載した深度センサと力センサを図 1 に示す。段差登りなどの移動タスクでは、フリッパー前方の地面の摩擦と硬さを測定し、進行方向の地面性状を取得する。手先を押し付ける位置(高さ)は点群情報を基準に決定した。③仮想空間への環境再現：実空間の環境を仮想空間で再現する際、描画プラットフォームには Choreonoid、物理エンジンには AGX Dynamics をそれぞれ利用した。図 3 右に示すように、地形モデルとロボットモデルを仮想空間上に置き、ロボットと地面の摩擦係数を設定することで実空間を再現する。

(2) 動作確認

①動作生成：あらかじめ設定した基本動作(学習後は学習による生成動作)を読み込み、操作者の入力作業を行うための一連の動作を生成する。動作は目標関節角度や関節角速度が設定された複数のフェーズに分かれている。移動タスクでは、平地走行・段差昇降・不整地走行の動作内容を用意し、段差登りなどでは高さの変化に対応できるように複数個用意する。その後、環境を再現した仮想空間にて一連の動作を実行し、機体の位置と姿勢、各関節の角度と角速度、各フェーズに要した時間、フリッパーのトルク、手先にかかる力を出力する。②信頼度の算出：動作試行結果から、作業の安定性・効率性・環境の再現性の3つの観点に基づき、タスクを達成できる可能性である「信頼度」を算出する。(a)安定性は動作中の機体の最大ロール角、ピッチ角から算出する。機体性能から、ロール角は  $20^\circ$ 、ピッチ角は  $45^\circ$  が許容角であるため、タスク試行中の最大角  $\theta_{max} [^\circ]$  が許容角  $\theta_{lim} [^\circ]$  以上のとき、安定性における作業が不可能である可能性  $P_s=1$  とし、最大角が  $0^\circ$  のとき  $P_s=0$  となるようにすると、 $P_s$  は、 $1 - (\theta_{lim} - |\theta_{max}|)/|\theta_{max}|$  で得られる。これを、ロール角とピッチ角それぞれで算出し、大きい値を採用する。(b)効率性は各フェーズにかかった時間から算出する。各フェーズで滞りなく動作が遂行されたときの最小時間を基準時間  $T_{min} [s]$  とし、動作時間  $t [s]$  が基準時間に近いほど効率性の観点から作業不可能である可能性  $P_e$  が 0、動作時間が無限大で  $P_e$  が 1 となるようにすると、 $P_e$  は、 $1 - T_{min}/t$  で得られる。(c)環境の再現性は、問題が起きた場所の深度センサからの位置から算出する。今回使用する深度センサは、5%の誤差を有するため、遠いほど計測誤差が大きく制御に支障をきたし作業不可能である可能性  $P_a$  が向上すると考えられる。そこで、センサからの距離を  $d [m]$  とすると、 $P_a$  は、 $0.05 \times d$  となる。以上から、信頼度  $R$  は、 $(1 - P_s)(1 - P_e)(1 - P_a)$  として得られる。 $-1 < R < 0$  のとき作業を完遂できないと判断し、 $R > 0$  のとき作業可能であると判断するが、 $R$  が 0 に近いほど安定性や効率性に問題がある。そこで、 $R > 0.5$  のとき安全に作業可能であると判断する。また、各フェーズの信頼度を算出することで、問題のあるフェーズを特定して学習の収束を早める。信頼度が 0.5 以上の場合、作業可能と判断し、信頼度と自動化機能での動作実行を操作者に提案する。一方、信頼度が 0.5 未満の場合、作業不可能と判断し、信頼度とその動作を操作者に提示し、動作調整の提案を行う。



### (3) 動作学習

シミュレーションで生成した動作を実行し、その結果から動作を評価し、より良い動作を獲得している。本システムでは、動作学習の手法として、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) を採用した。①学習パラメータ: 学習パラメータは、各関節角度・角速度(28 関節)、クローラ速度(2 自由度)、フェーズ切り替え条件(関節角・ロボット位置・姿勢・フリッパートルク・手先にかかる力)(80 パラメータ)の合計 138 パラメータとした。②初期集団の形成: 初期集団の個体は通常、無作為生成されるが、動作生成までに時間がかかってしまうため、基本動作を用いて初期集団を形成した。初期集団で生成する個体数は、学習パラメータの数が多いほど大きな個体群が必要となるため、シミュレーションの速度が極端に低下せずに動作を行うことができる最大数である 60 個とした。③個体の評価: 個体の評価は、信頼度を用いて評価する。作業できない場合も個体間で評価に差をつけるため、進行度合い 0% のとき信頼度 -1 となるように信頼度を出力する。④個体の選択: 次世代に残す個体を決める。高評価の個体を残すエリート主義と評価値に比例して選択されやすくなるルーレット方式を用いた。エリート主義は上位個体を変更せずに保存する手法で、学習を打ち切ってもその時点での最良解を出力できる利点がある。ルーレット方式は適応度に比例した割合に基づくルーレットを作成し、それに基づき無作為に選択する手法で、悪評価の個体でも部分調整で優秀な個体に変化することがあるため、その可能性を残せる利点がある。⑤交叉・突然変異: 選択個体に対して交叉・突然変異を行い、新しい個体を生成する。本システムでは、突然変異の役割も果たす交叉法 BLX- $\alpha$  を用いる。交叉を行う確率である交叉率は、一般的によいとされている 0.8 に設定した。⑥学習の終了条件: 個体上位 10 個の信頼度の平均が 0.6 を超えるか、10 世代学習を行った時点で終了する。

### (4) 動作実行

実空間での機体位置姿勢が仮想空間と大きく異なっている場合、実空間で動作を完遂するのは難しい。そこで機体の位置姿勢をモニタリングし、作業に異常が見られた場合、安全な位置に戻り操作者へ状態を提示する。

## 4. 研究成果

### (1) 評価実験

従来システムの作業失敗原因を含む環境として、以下の 3 つを用意した。(a) 15cm 用の動作での 25cm の段差登り。図 2(2) の原因に相当し、フリッパを上げる角度が足りないなどの問題から段差を登れないことが想定される。(b) 凹凸ありの 25cm の段差登り。図 2(2) の原因に相当し、フェーズ切り替えのタイミングのずれにより、段差を登れないことが想定される。(c) 摩擦係数が低下した 25cm の段差登り。図 2(3) の原因に相当であり、摩擦係数の低下により推進力が得られなくなり、段差を登れないことが想定される(木板: 約 0.7, 鉄板: 約 0.5)。段差登りを上記のタスクについて 5 回ずつ遂行する。測定した環境情報を元にルートを入力し、動作確認を行う。動作確認で信頼度が 0.5 以上または、10 世代に達するまで動作学習を行う。評価は、信頼度による作業可否判断の正確性、GA による信頼度の変化とした。

### (2) 動作学習の結果

3 つの実験条件における、動作学習前および動作学習後の仮想空間および実空間でのロボット動作の様子を図 5 に、LOC の変化を図 6 にそれぞれ示す。①タスク (a): 基本動作ではアーム先端が段差に接触し、段差を登る際にピッチが大きくなり、不安定になっている。一方、学習後動作では前方の肩の関節角が変化し、手先が段差から離れ、アームやフリッパーの制御角を調整して機体が水平になるように段差の高さに適応させた動作が得られた。図 6(a) に示すように、5 世代目までは、世代

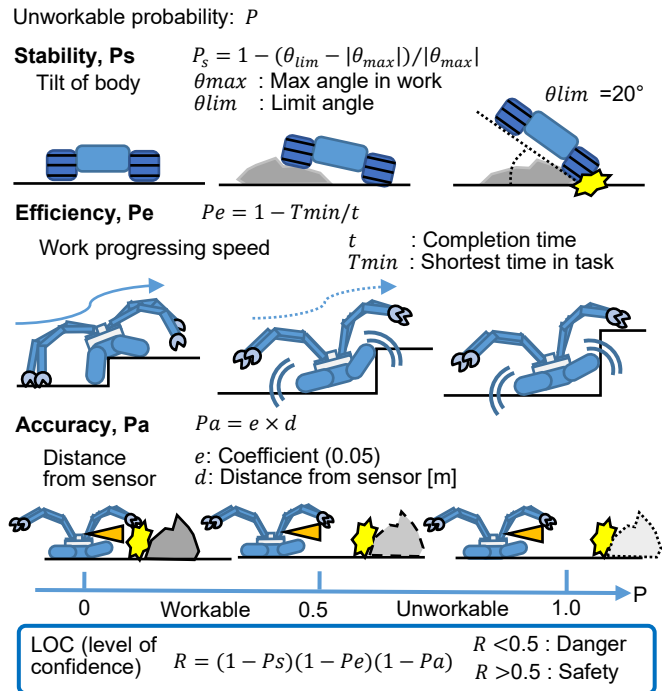


Fig. 4 Level of confidence

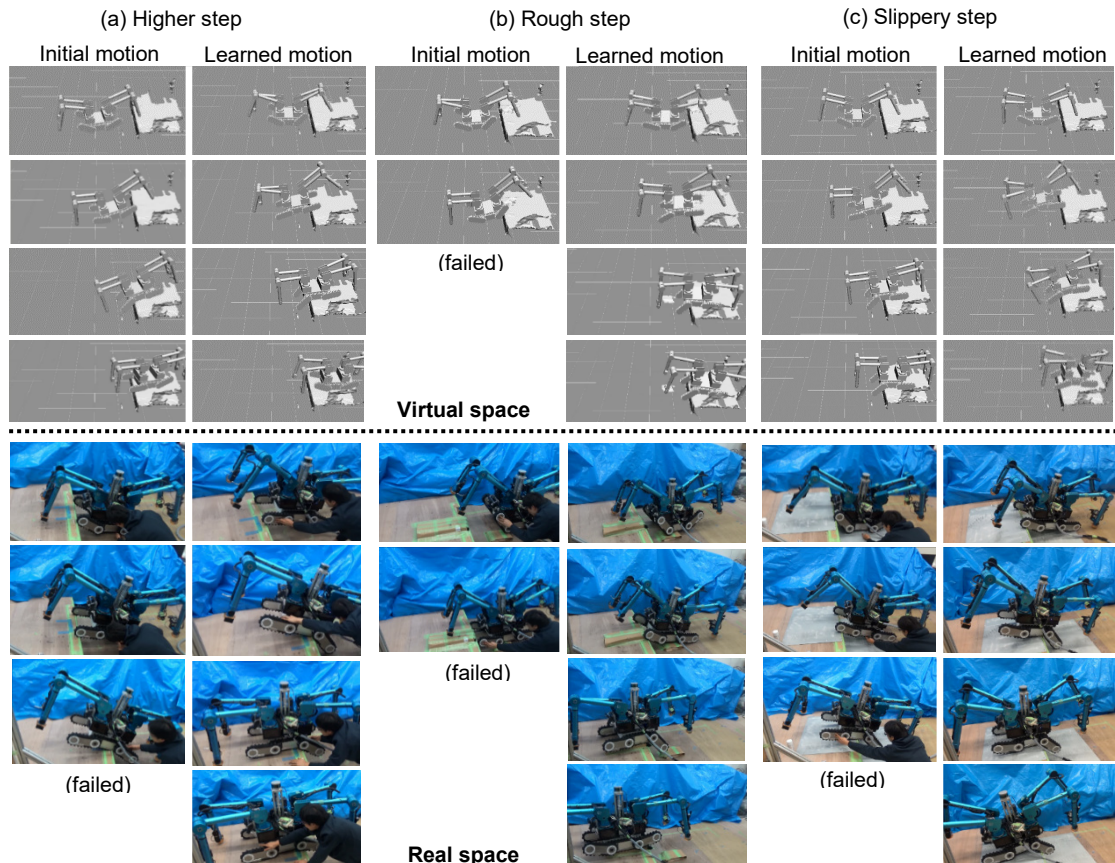


Fig. 5 Robot motion for initial and learned states in virtual and real space

が進むごとに最大信頼度と上位 10 番目までの差が縮まっている。②タスク (b) : 段差から離れている状態でフリッパを下げてスタックする個体や、ロール・ピッチ角が制限角度を越える個体が存在した。仮想空間での動作から、フリッパで凹凸による左右差を減らせた個体が成功することが分かった。実機動作において、基本動作では段差の手前の障害物によりピッチ角度が上がり、早くフェーズが切り替わってしまう一方、学習後動作ではアームを広げロール方向に車体を傾けることで、ピッチが早く上がるのを防ぐ動作が得られた。図 6 (b) から、世代が進むごとに最大信頼度と上位 10 番目までの差が縮まっている。③タスク (c) : 仮想空間では、大半の個体が滑っており、それが作業失敗や時間延長の原因となっていた。動作学習を行い、アームを使って機体を押し上げる動作を取得することで、段差を登ることに成功している。実機動作では、段差に前方フリッパがかかる際に後方フリッパが滑ってしまい、進行方向が安定しなかったが、学習後動作では、アームを地面に付くことで滑りを防ぎ、段差のぼりを成功させている。図 6 (c) に示すように、比較的第 1 世代から最大信頼度、上位 10 個の個体平均信頼度、最低信頼度が高いことがわかる。

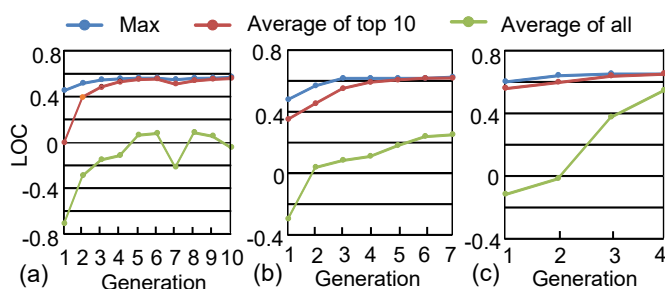


Fig. 6 Updating LOC by genetic algorithm

### (3) まとめ

本研究では、実空間での能動的情報探索と仮想空間での高効率動作探索を行う災害対応ロボットのための環境適応性強化システムを開発した。災害現場を模した環境において、作業可否の判断の正確性、学習の前後での信頼度の変化を評価項目として、未知の条件を含む段差登りの実験を行った。その結果、仮想空間上での動作確認により作業可否の判断が可能であり、実空間での能動的情報探索と仮想空間での動作探索により効率的に動作が学習され、作業が可能となることが示された。以上から、提案システムを用いて環境に適応した動作を探索できることが示された。「環境適応性強化」のための基礎システムが構築できたため、今後は、現実空間での情報取得の効率性強化、仮想環境での学習効率向上、既学習制御ロジックの再利用・応用手法について検討する。また、より複雑な環境での移動作業やマニピュレーション作業へ応用展開していく予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10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 Wen Zhao, Mitsuhiro Kamezaki, Kaoru Yamaguchi, Minoru Konno, Akihiko Onuki, Shigeki Sugano	4. 巻 PP
2. 論文標題 A Wheeled Robot Chain Control System for Underground Facilities Inspection using Visible Light Communication and Solar Panel Receivers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transaction on Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TMECH.2021.3060189	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 Wen Zhao, Mitsuhiro Kamezaki, Kaoru Yamaguchi, Minoru Konno, Akihiko Onuki, Shigeki Sugano	4. 巻 29
2. 論文標題 An Investigation on Image Signal Receiving Performance of Photodiode and Solar Panel Detector in Underground Facilities Visible Light Communication System	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 692-705
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OE.413026	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 Hiroaki Hayashi, Naoki Oka, Mitsuhiro Kamezaki, Shigeki Sugano	4. 巻 19
2. 論文標題 Development of a Situational Awareness Estimation Model Considering Traffic Environment for Unscheduled Takeover Situations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Intelligent Transportation Systems Research	6. 最初と最後の頁 167-181
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s13177-020-00231-4	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 Ryuya Sato, Mitsuhiro Kamezaki, Shigeki Sugano, Hiroyasu Iwata	4. 巻 27
2. 論文標題 A Basic Framework of View Systems Allowing Teleoperators to Pre-Acquire Spatial Knowledge from Survey and Route Perspectives	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Presence: Teleoperators and Virtual Environments	6. 最初と最後の頁 309-332
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1162/pres_a_00333	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 Ryuya Sato, Mitsuhiro Kamezaki, Mitsuru Yamada, Takeshi Hashimoto, Shigeki Sugano, Hiroyasu Iwata	4. 巻 119
2. 論文標題 Environmental camera placements for skilled operators in unmanned construction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Automation in Construction	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.autcon.2020.103294	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 Mitsuhiro Kamezaki, Takahiro Katano, Kui Chen, Tatsuzo Ishida, Shigeki Sugano	4. 巻 34
2. 論文標題 Preliminary Study of a Separative Shared Control Scheme Focusing on Control-Authority and Attention Allocation for Multi-Limb Disaster Response Robots	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 575-591
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2020.1730238	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 Mitsuhiro Kamezaki, Horyaki Hayashi, Udara Eshen Manawadu, Shigeki Sugano	4. 巻 18
2. 論文標題 Human-Centered Intervention Based on Tactical-Level Input in Unscheduled Takeover Scenarios for Highly-Automated Vehicles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Intelligent Transportatin Systems Research	6. 最初と最後の頁 451-460
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13177-019-00217-x	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 Ryuya Sato, Mitsuhiro Kamezaki, Satoshi Niuchi, Shigeki Sugano, Hiroyasu Iwata	4. 巻 110
2. 論文標題 Cognitive Untunneling Multi-View System for Teleoperators of Heavy Machines Based on Visual Momentum and Saliency	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Automation in Construction	6. 最初と最後の頁 575-591
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.autcon.2019.103047	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 佐藤隆哉, 亀崎允啓, 山田充, 橋本毅, 菅野重樹, 岩田浩康	4. 巻 85
2. 論文標題 無人化施工の掘削・リリース作業における側面カメラの最適および好適配置の実験的導出	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.19-00066	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 亀崎允啓, マナワドゥ ウダーラ, 河野陽大, 石川雅晃, 菅野重樹	4. 巻 84
2. 論文標題 高度自動運転車における半自動制御のための相互作用型力触覚インタフェースの提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/transjsme.18-00008	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56件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 多自由度災害対応ロボットの環境適応性強化に関する研究～タスク判別と学習済み制御則の再利用に基づく動作学習の効率化～
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論文集(Robomech ' 21)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 角田龍一郎
2. 発表標題 MRFロボットアームのための力学的・幾何的順応性を高める基本制御システムの試作
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2021論文集(Robomech ' 21)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 葛西優介
2. 発表標題 歩行者を考慮した通行容易性推定に基づくパーソナルモビリティの自動速度調整システムの提案
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論文集(Robomech ' 21)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 多自由度災害対応ロボットの環境適応性に関する研究～実空間での能動的情報探索と仮想空間での高効率動作探索～
3. 学会等名 第26回ロボティクスシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 災害対応ロボティクス研究所のこれまでの取り組みと今後の展開
3. 学会等名 第6回次世代ロボット研究機構シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松繁怜
2. 発表標題 操作入力と動作出力の差分に着目したパーソナルモビリティの不整地運転支援システムの開発と評価
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論文集(S12020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 角田龍一朗
2. 発表標題 ファジィPIDとクラス分類手法を用いた慣性・粘弾性可変機構を有するMRFアクチュエータ制御手法の提案
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論文集(SI2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 濱田太郎
2. 発表標題 深層強化学習シミュレータを用いた人混み環境における移動ロボットの能動的働きかけ効果の検証
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論文集(SI2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林弘昭
2. 発表標題 タクティカルレベル入力を用いた自動運転時の予定外権限移譲における制御介入手法の提案
3. 学会等名 第18回ITSシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mitsuhiro Kamezaki
2. 発表標題 Human Sensing and Interaction in Automated Vehicles
3. 学会等名 The Future of In-Cabin Human-Sensing in Intelligent Mobility: Challenges and Opportunities (HSIM), 2020 IEEE Intelligent Vehicle Symposium (IV 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sahil Shembekar
2. 発表標題 Preliminary Development of a Powerful and Backdrivable Robot Gripper Using Magnetorheological Fluids
3. 学会等名 Proceedings of 2020 International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhuoyi He
2. 発表標題 A Prototype Power Transmission System with Backdrivability and Responsiveness using Magnetorheological Fluid Direction Converter and Clutch
3. 学会等名 Proceedings of 2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水嶋清也
2. 発表標題 鉦山シヨベルの掘削効率化に関する研究(第一報) - 掘削抵抗解析に基づく個別要素法パラメータ同定システムの設計 -
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会論文集(RSJ2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 角田龍一朗
2. 発表標題 磁気粘性流体を作動流体とした逆可動性と高出力性を有するロボットアームの開発
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会論文集(RSJ2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 何卓頤
2. 発表標題 ギア・クラッチ・ブレーキを組み合わせた逆可動性と高応答性を有する動力伝達機構の試作
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会論文集 (RSJ2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平山三千昭
2. 発表標題 Iterative Dynamic Waypoint Navigationによる複数移動障害物の回避軌道計画とその計算効率化
3. 学会等名 日本機械学会 2020年度年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wen Zhao
2. 発表標題 An Experimental Analysis of Pipe Inspection using Solar Panel Receiver for Visible Light Communication and Energy Harvesting
3. 学会等名 Proceedings of 2020 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Peizhi Zhang
2. 発表標題 Development of a Vacuum Suction Cup by Applying Magnetorheological Elastomers for Objects with Flat Surfaces
3. 学会等名 Proceedings of 2020 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 人との協調を考慮した自律移動ロボットの制御および時系列データ分析
3. 学会等名 ワークショップ「自律ロボットシステム開発に向けた MATLAB, Simulink 活用」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020(Robomech ' 20) (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板野峻也
2. 発表標題 遠隔ロボット操作者個人に適した映像タイプを診断する基本フレームワークの開発
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2020論文集(Robomech ' 20)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松繁怜
2. 発表標題 パーソナルモビリティのためのPassability Indexに基づくプロアクティブ操作支援の提案
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論文集(Robomech ' 20)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡直樹
2. 発表標題 認知行動の基準モデルに基づくテイクオーバー時の状況認識不足推定手法の開発
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2020論文集(Robomech ' 20)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuichi Mizukoshi
2. 発表標題 A Low Cognitive Load and Less Motion Sickness Zoom Method Based on Typical Gaze Movement for Master Slave Teleoperation System with HMD
3. 学会等名 Proceedings of IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2020),
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松繁伶
2. 発表標題 主観評価を取り入れた基本入出力ゲイン調整に関する研究～使いやすさと作業効率性の関連性分析～
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論文集(SI2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板野峻也
2. 発表標題 操作型作業機械の知能化に関する研究～第13報：重回帰分析を用いた操作支援～
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論文集(SI2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡直樹
2. 発表標題 交通負荷情報と運転者の生体・行動・主観指標を用いた再帰型深層学習による運転負担推定に関する研究
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論文集(SI2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上原悠嗣
2. 発表標題 多自由度災害対応ロボットにおける人と自動化機能との協調に関する研究～人の動作目的入力に着目した操作権限の動的配分手法～
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論文集(SI2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤隆哉
2. 発表標題 2重課題を用いた無人化施工におけるCognitive Tunnelingを低減可能な視覚提示手法における認知負荷改善検証～
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論文集(SI2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 タクティカルレベル入力を用いた自動運転時の予定外権限移譲における制御介入手法の提案
3. 学会等名 第17回ITSシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤隆哉
2. 発表標題 無人化施工における奥行感の把握が必要な手先作業時における外部カメラの最適・好適配置の実験的導出
3. 学会等名 第19回建設ロボットシンポジウム論文集(SCR2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 いろいろなロボットアプリケーションにおけるマニピュレーション
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス部門第1地区技術委員会・特別講演会，2019年9月20日，東北大学，仙台。（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森大河
2. 発表標題 操作特徴量のみを用いた機械学習に基づく電動車いす操作者の基本操作技能レベル判定手法の提案
3. 学会等名 日本機械学会福祉工学シンポジウム2019 (LIFE2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松繁怜
2. 発表標題 パーソナルモビリティの不整地移動に関する研究～操作主体感を考慮した半自律制御システムの提案～
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会論文集 (RSJ2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 作業傾向に基づく支援提供のための適応的作業状態分類～目的特徴量の変動幅を最大化する特徴量空間の抽出～
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会論文集 (RSJ2019)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 佐藤隆哉
2. 発表標題 災害対応人型ロボット遠隔マニピュレーション作業 における操作者の疲労軽減および精度向上可能な スケール・ゲイン調整手法の実機適応性検証
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会論文集 (RSJ2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤隆哉
2. 発表標題 重機の遠隔操作性向上のための マルチカメラ最適配置に関する研究 - 第三報 搭乗操作熟練者における掘削・配置作業でのパン・チルト角が及ぼす作業効率への影響の実験的検証 -
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会論文集 (RSJ2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤隆哉
2. 発表標題 低疲労空間内で人型ロボットの精密遠隔作業を可能とするマスタスレーブ相対手先位置調整手法の提案
3. 学会等名 第26回バイオメカニズム・シンポジウム論文集 (SOBIM2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 操作型作業機械の知能化に関する研究～重回帰分析を用いた作業効率に係る要因解析～
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2019論文集 (Robomech ' 19)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 平面可動型力覚グリップと入出力状態提示モニタを用いた車両制御インタフェース
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論文集(Robomech ' 19)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 多自由度災害対応ロボットの環境適応性に関する研究～実空間での能動的情報探索と仮想空間での高効率動作探索～
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論文集(Robomech ' 19)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水越勇一
2. 発表標題 巧緻作業を伴う遠隔作業における低認知負荷Zooming手法の提案
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論文集(Robomech ' 19)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤隆哉
2. 発表標題 重機の遠隔操作における作業状態の変化に適応可能な拡張現実技術を用いた低認知負荷リマインド手法の構築
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2019論文集(Robomech ' 19)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤隆哉
2. 発表標題 重機の遠隔操作性向上のためのマルチカメラ最適配置に関する研究 - 第二報 掘削・配置作業におけるパン・チルト角が及ぼす作業効率への影響の実験的検証 -
3. 学会等名 第24回ロボティクスシンポジウム予稿集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuya Sato
2. 発表標題 Experimental Investigation of Optimum and Allowable Range of Side Views for Teleoperated Digging and Release Works by Using Actual Construction Machinery
3. 学会等名 2019 IEEE/SICE International Conference on System Integration (SII 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryuya Sato
2. 発表標題 Derivation of an Optimum and Allowable Range of Pan and Tilt Angles in External Sideway Views for Grasping and Placing Tasks in Unmanned Construction Based on Human Object Recognition
3. 学会等名 2019 IEEE/SICE International Conference on System Integration (SII 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤隆哉
2. 発表標題 無人化施工における認知的視野狭窄を低減する映像提示手法の構築
3. 学会等名 第19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論文集(SI2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上原悠嗣
2. 発表標題 災害対応ロボットの能動的環境接触による相互作用パラメータの推定
3. 学会等名 第19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論文集(SI2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 地球をいじるロボット
3. 学会等名 早稲田地球再生塾第2回勉強会「ロボットは地球を救えるか？」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yifan Huang
2. 発表標題 Machine Learning Based Skill-level Classification for Personal Mobility Devices Using Only Operational Characteristics
3. 学会等名 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下真司
2. 発表標題 ダンプトラックの燃費向上・長寿命化に向けた状態抽出に関する基礎検討
3. 学会等名 第18回建設ロボットシンポジウム論文集(SCR2018)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 森大河
2. 発表標題 機械学習を用いたパーソナルモビリティの運転技能判別～操作量のみに基づく運転技能分類モデルの構築と評価～
3. 学会等名 第36回日本ロボット学会学術講演会論文集 (RSJ2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上原悠嗣
2. 発表標題 多自由度災害対応ロボットのための移動機構を利用した複合マニピュレーション手法の提案
3. 学会等名 第36回日本ロボット学会学術講演会論文集 (RSJ2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 江藤孝紘
2. 発表標題 マスタ・スレーブシステムにおける提示映像スケーリングの有効性検証
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2018論文集 (Robomech ' 18)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 亀崎允啓
2. 発表標題 災害対応作業の複雑・連続・時限性を考慮したマスタ・スレーブシステムのスケール・ゲイン調整手法の開発
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2018論文集 (Robomech ' 18)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 東宏河
2. 発表標題 アームとフリッパーの協調制御に基づく多自由度災害対応ロボットの半自律不整地移動手法の提案
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2018論文集(Robomech ' 18)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上原悠嗣
2. 発表標題 グローピング動作に基づく災害対応ロボットの近接環境理解に関する基礎検討
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2018論文集(Robomech ' 18)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 自律型作業支援ロボットの環境適応性強化システム、動作シミュレーション装置およびプログラム	発明者 亀崎允啓, 片野貴裕, 菅野重樹, 石田健蔵	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-173076	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

早稲田大学 研究者データベース <a href="https://w-rdb.waseda.jp/html/100000964_ja.html">https://w-rdb.waseda.jp/html/100000964_ja.html</a>
--

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

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