

令和 4 年 9 月 5 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03763

研究課題名(和文) テレコピーロボットにおける群挙動の安定化制御と世界規模の実証実験

研究課題名(英文) Stabilization Control for Collective behavior and Its Global Experiments in Tele-copy Robot

研究代表者

三好 孝典 (Miyoshi, Takanori)

長岡技術科学大学・技術経営研究科・教授

研究者番号：10345952

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 28,900,000円

研究成果の概要(和文)：マスターである人間の運動や力覚を遠隔地において忠実に再現するロボットをテレコピーロボットと定義する。本研究では、インターネットなどの通信遅延を有する環境において、テレコピーロボットによって自分自身があたかも遠隔地で運動しているかのような、あるいは遠隔地に存在する他人があたかも目前で運動しているかのようなシステムを構築したとき、そこで生じる力と運動の相互作用「力学的ハウリング」の発振の問題を解決する理論を導き出し、実験においてその有効性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、コピーロボットの概念は存在していたが、一方的に運動を伝えるものに過ぎなかった。レイグジスタンスロボットにおいても、運動と力を考慮する研究はあったが、それらは人間にロボットを装着することで遠隔地のロボットを操作したり、力を知覚する仕組みとなっていた。本研究は、操作者は何も機構を身に着けることなく、対面しているコピーロボットから直接力を知覚する構造が新しく、さらに、多数のコピーロボットとの力と運動の相互作用を取り扱っている点が新しい。さらに、インターネットにおいて避けられない通信遅延の問題に取りくんでいることから、社会的な有用性も高い。

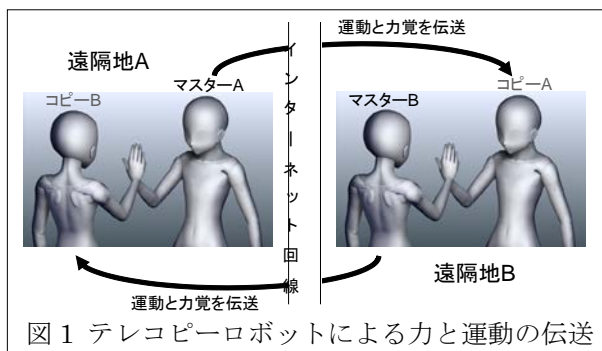
研究成果の概要(英文)：We define a tele-copy robot as a robot that faithfully reproduces the motion and force of a master human being at a remote location. In this research, a theory was derived to solve the problem of oscillation of the interaction "mechanical howling" between force and motion, and clarified its effectiveness in experiments, when a tele-copy robot constructs a system in an environment with communication delays, such as the Internet, as if it were moving itself at a remote location, or as if another person at a remote location were moving in front of it.

研究分野：制御工学

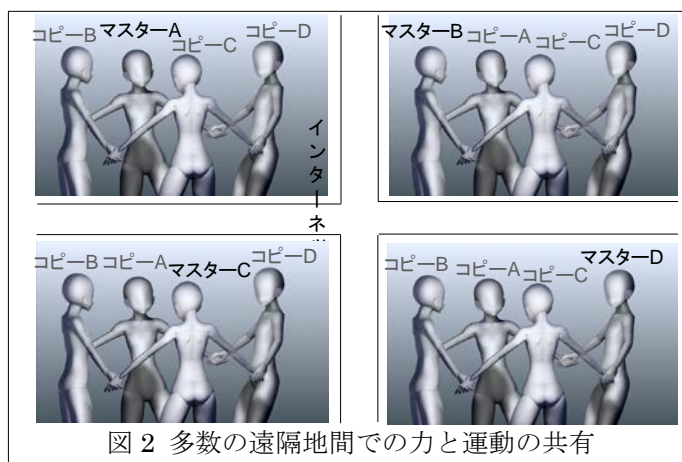
キーワード：遠隔制御 マルチラテラル遠隔制御 運動と力の相互作用 むだ時間制御

1. 研究開始当初の背景

マスターである人間の運動や力覚を遠隔地において忠実に再現しようとするロボットをテレコピーロボット (以下、コピーと呼称) と定義する。図1の遠隔地AにおいてマスターA (人間) が存在し、そのコピーA (ロボット) を遠隔地Bにおいてマスターと同一の運動・力を実現するように挙動させるとする。一方、遠隔地BにはマスターBが存在し、そのコピーBは遠隔地Aに存在してマスターBと同一の運動・力を実現するように挙動させるとする。すなわち、マスターAの目前にコピーBが存在し、マスターBの目前にコピーAが存在して互いが接触しながら運動している場合、互いのマスターは真に対面しているときと同様の力を感じ合えるのだろうか? 対面しているときと同一の運動を実現することは可能だろうか?



さらに状況が複雑化し、図2のように多数箇所で多数のマスターと多数のコピーが力の相互作用を伴っている状況を考える。遠隔地AにおいてマスターAの目前にはコピーB、コピーC、コピーDが存在し、マスターAの運動はそれぞれのコピーから受け取る力に影響されて決定される。その運動は遠隔地B,C,DのコピーAを動かす、その力の影響によりマスターB,C,Dは自身の運動を変化させ、その運動の変化は再び世界中に散らばったコピーの力と運動を変化させて、その力を受けたマスターAは... このように世界規模で力学的干渉が観測され、複雑に力と運動のループ



が絡み合った環境下で、果たして全てのマスターたちはテレコピーロボットと共存して「かごめかごめ」のような複雑な運動を安定に実現することが可能なのだろうか?

本課題は、この学術的問いに対して答えを与えることを動機として設定された。

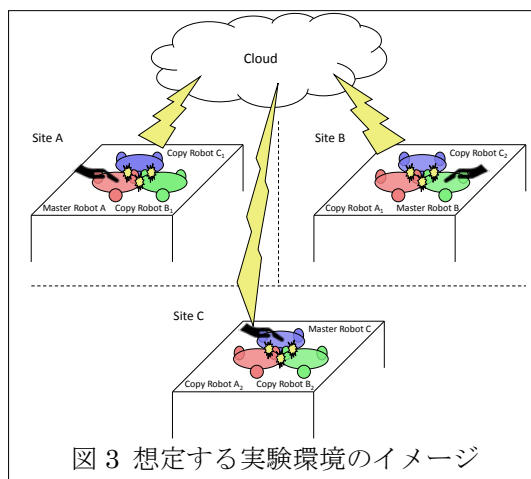
2. 研究の目的

上記背景のように、自分自身の行動が遠隔地の環境に影響を及ぼし、その影響が自分自身に戻ってくる力学的干渉のループにより生じる力と運動の不安定化・発散を「力学的ハウリング」と定義すると、多数の対象物が力学的に干渉する中で、力学的ハウリングを抑えてクローズドループを安定化しつつ、力と運動が一致する世界を遠隔地間で実現しようという試みが本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究では、まず対象とする遠隔地の環境として3ヶ所を想定し (以下、サイトと呼称)、それぞれのサイトにマスターを1台ずつ製作し配置する。マスターのコピーは他のサイト2ヶ所に存在するので、コピーの総数は6台となる。これらを製作したのち図3のように配置し、各サイト間の情報は4G/5Gのモバイル通信によってクラウドを介して通信させ合う。

サイト内のマスターとコピーの位置はサイト下部に設置された赤外線カメラによって計



測され、4章で提案されるコントローラによって移動するべき座標が指示される。コピーは全方向移動機構によって、その指令座標にホロミック移動することが可能である。

上記のようなハードウェアを構築した上で、各箇所3台、計9台のロボット群が力の干渉を受けながらも、通信遅延のある環境下で互いの位置と力を安定的に制御しあい、遠隔地間での力の一致が可能な制御則の発見を試みる。

さらに、提案する制御則の有効性をシミュレーションで確認すると共に、クラウド通信を用いた実験によって安定性と有用性を確認する。

4. 研究成果

(1) 製作したハードウェア

作成した3つのサイト（アルミフレームで構成）と、その上に配置された計9台のロボットの写真を図4に示す。さらに、コピーの拡大写真を図5に示す。図4ではすべてのサイトが近傍に存在しているが、これらの情報は公衆回線である4G/5Gによってやり取りされるため、全国各地に設置することができる。

コピーは3つのオムニホイールとモータによって、全方向にホロミックに移動することが可能である。その移動指令は下記(2)で提案のコントローラからUDP通信によって発せられ、クラウド経由の後、コピー内のマイコンボードでUDP通信を受信し、さらに図5上部に見えるサーボボードにCAN通信で情報が送られ、サーボボードがモータを駆動する。コピーの底部には図5右下のように3つの赤外線LEDが取り付けられており、この光をサイト下部の赤外線カメラで受光することにより、コピーの位置と姿勢を計測する。コピーの外周はマスターや他のコピーとの接触を位置精度よく行うため、アクリルの円環で取り囲んでいる。円環は半分に分割されており、それぞれの半円環に力覚センサを接合して、半円環に印加される接触力を力覚センサが計測する。

マスターは人が操作するためアクチュエータは持っておらず、赤外線LEDだけが底部に取り付けられている。これによりサイト下部の赤外線カメラがマスターの位置と姿勢も計測できる。



図4 製作したマスター・コピーロボット

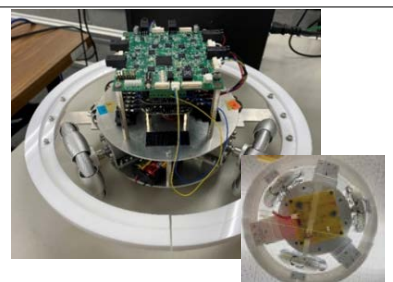


図5 製作したコピーロボット

(2) 構築した制御アルゴリズム

本研究によって提案された制御アルゴリズムのブロック図を図6に示す。図6は、2つのサイトA,B間でのマスター・コピーの制御アルゴリズムを表す。詳細は割愛するが、基本的には4chのバイラテラル遠隔制御構造にスキヤタリングマトリクスを組み合わせ、さらにその外側に位置決め指令を組み合わせた構造となっている。PmA, PmBはそれぞれのサイトに存在するマスターの位置指令を表し、GA, GBはそれぞれのサイトのコピーの運動速度の伝達関数を表す。コピーはホロミック構造であるため、この制御アルゴリズムがX座標系、Y座標系、θ座標系のそれぞれに組み込まれる。スキヤタリングマトリクスが組み込まれている理由は、通信遅延があっても力・位置の閉ループを安定させるためである。

本アルゴリズムの意図は、各サイトにおけるマスター・コピー間での干渉力の値を

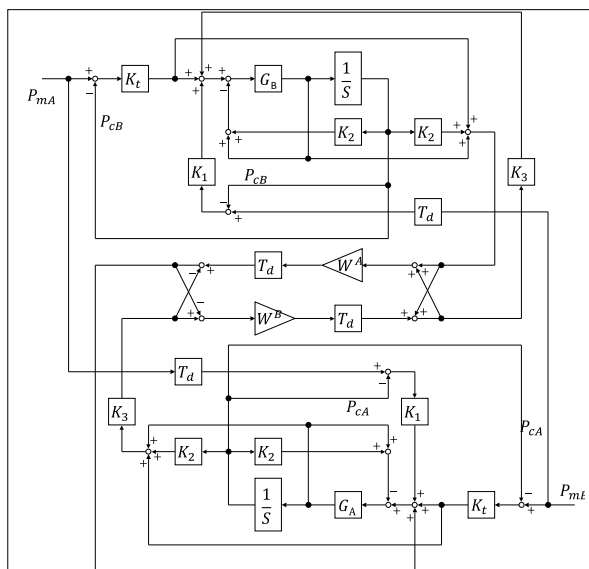


図6 構築した制御アルゴリズムブロック図

安定的に一致させるよう、各コピーの位置を調整することにある。その際、コピーは「できる限り」そのマスターの位置に合うように位置を調整する。「できる限り」というのは、サイト間で位置と力の双方を完全に一致させることが困難なためである。それは下記の理由による。

(a) サイト間でマスター・コピー間のバネ定数が異なっていると、同じ位置間隔でも反力は異なる。したがって位置と力の双方を一致させることはできない。

(b) 仮にバネ定数が同じであったとしても、本研究の最終目的は人（マスター）とロボット（コピー）の相互干渉であり、空間座標において人の位置を mm 単位の精度で計測することは高額なコストがかかる。したがって、位置情報を過度に合致させることは妥当ではない。

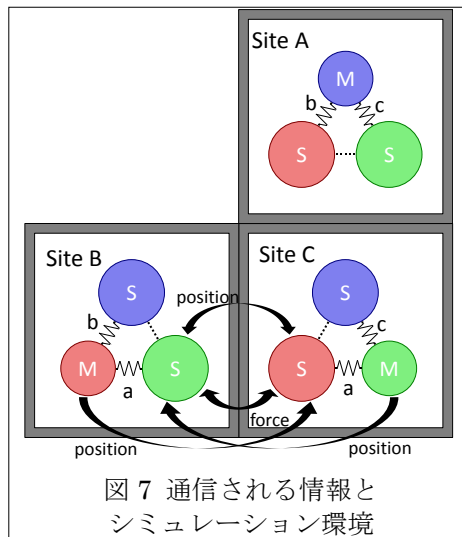


図7 通信される情報とシミュレーション環境

この制御目的を達成するために、提案するアルゴリズムは、例えば図7に示すように、SiteBのマスターBの位置情報をSiteCにあるコピーBに伝送する。また、SiteCのマスターCの位置情報をSiteBにあるコピーCに伝送する。さらに、SiteB,CのコピーB,コピーC間では、コピーの感じる力情報(図中aの力の干渉)とコピー自身の位置情報をやり取りして、力と位置を整合させる制御構造となっている。

(3) 3 サイト間のシミュレーション結果

上記で構築した制御アルゴリズムの妥当性・有効性を、図7で示されたシミュレーション環境によって確認した。本シミュレーションでは、サイトAに存在するマスターA(青)を初期位置からYの負方向に動かすと共に、サイトBに存在するマスターB(赤)をXの正方向に動かした。サイトCのマスターC(緑)は停止したままとする。この時、各サイトの各コピーもマスターの運動に合わせて移動するため、それぞれ以下の現象が起きることになる。

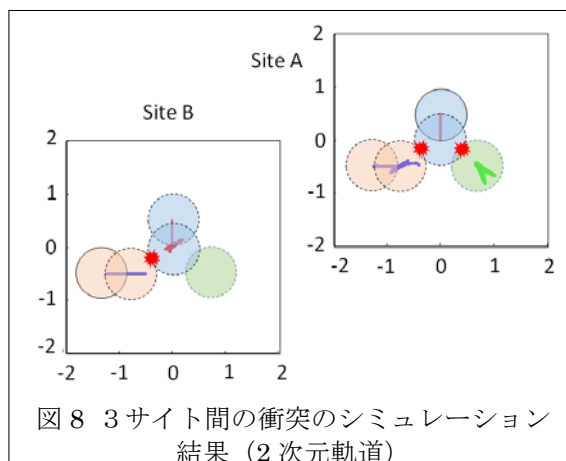


図8 3サイト間の衝突のシミュレーション結果(2次元軌道)

1. サイトAではマスターA(青)がコピーC(緑)に衝突し(図中cの力の干渉)、その後コピーB(赤)に衝突(図中bの力の干渉)する。
2. サイトBではマスターB(赤)がコピーA(青)に衝突(図中bの力の干渉)する。
3. サイトCではマスターC(緑)がコピーA(青)に衝突(図中cの力の干渉)する。

上記現象のシミュレーション結果において、そのマスター・コピーの位置遷移の軌跡を2次元図面で表したものを図8に、時間グラフで表したものを図9に示す。図8は図7のSiteAとSiteBに相当する場所を記載しており、そのロボットの中心位置の軌跡が赤・青・緑の実線で示されている。SiteAの緑線がV字状に見えるのは、マスターAとの衝突によってコピーCの軌道が乱れるためである。同様にSiteAのコピーAの軌道が斜めになっている部分においては、マスターBがコピーAに衝突している。いずれにおいても、衝突によってシステムが不安定化することなくバランスポイン

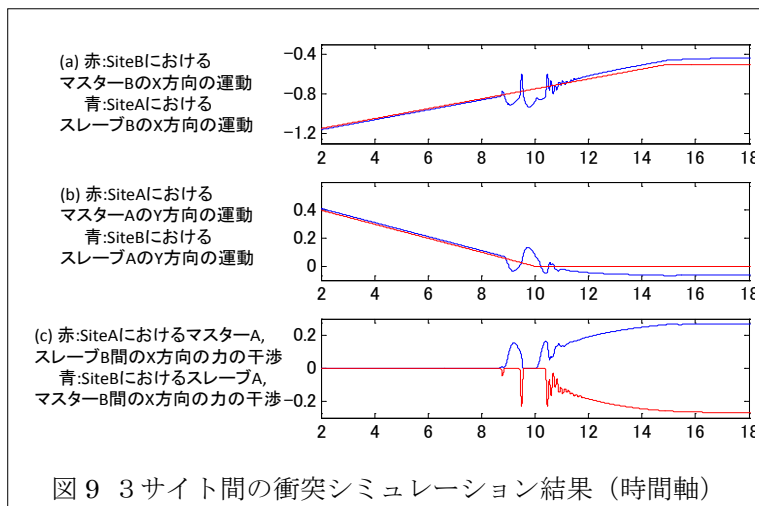


図9 3サイト間の衝突シミュレーション結果(時間軸)

トで運動が収束していることが観測された。また、図9(a)は、SiteA,Bにおける対応するマスター・コピーの X 方向の運動を表しており、8.5s の衝突までは、コピーの運動がスレーブの運動に追従していることが確認できる。衝突後、スレーブの軌道は乱れるが、その後振動が収束し、概ねマスターの運動に追従することが確認できた。ただし、(2)で述べたように、力を整合させるためにマスターの位置とは一致しない位置で安定している。(c)は SiteA, SiteB で計測されるマスター・コピー間の力の干渉であるが、制御系設計の意図通りにサイト間で力の大きさが等しく(方向は作用・反作用のため反対)、安定的に収束していることが確認できた。

(4) クラウドを使用した2サイト間の実験結果

(1)で製作したハードウェア、および(2)で構築し(3)で有効性が確認された制御アルゴリズムを用いて、実機実験を行った。本実験においてはシミュレーション条件におけるサイト A およびサイト B を模し、かつサイト間の通信は4Gモバイルルータを用いた。また、干渉力の発生源としては仮想的なバネを用いた。図10, 11にその実験結果の抜粋を示す。図10(a)はサイトA,BにおけるマスターAとコピーAのX軸方向の運動、(b)は同一条件におけるY軸方向の運動、(c)はサイトA,BにおけるマスターとコピーのX軸方向の力の干渉、(d)はサイトA,B間の通信遅延(Round Trip Time)を表す。

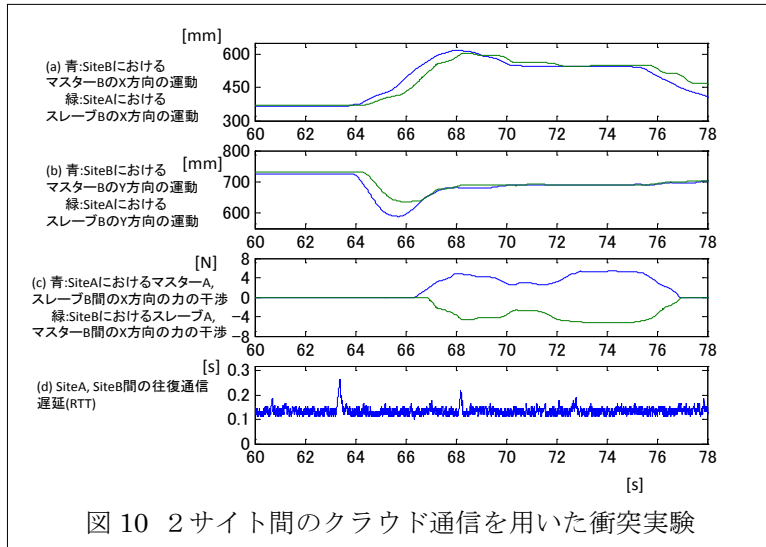


図10 2サイト間のクラウド通信を用いた衝突実験

図10において、時刻64[s]から双方のマスターが衝突する方向に運動を開始し、時刻66.5[s]にマスターとコピーが衝突しているが、コピーの運動が不安定になることなく、力を一致させるように安定的にスレーブが反応している様子が確認できた。実験の間、RTTは平均で120[ms]もあり、通常制御ループであればむだ時間によって不安定化する懸念もあったが、スキャタリングマトリクスを用いたアルゴリズムによって、安定性が確保されていることは狙い通りである。また、図11において、コピーの追従性はY方向が悪いものの、X方向はおおむね良好な結果が観測された。

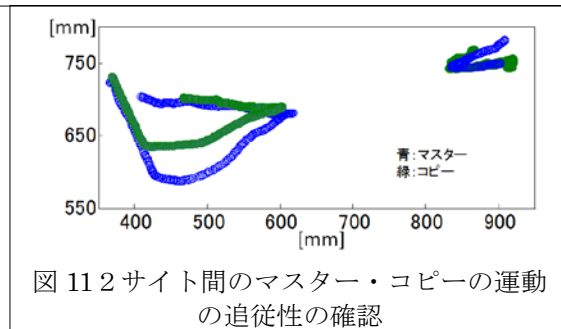


図11 2サイト間のマスター・コピーの運動の追従性の確認

(5) 成果のまとめ

本研究では、下記の成果が得られた。

- (U) これまでにない、マスターロボット、コピーロボットという概念を提案した。従来のテレグジスタンスは人が機構を装着し、そこから力覚を感じるものであるが、本概念は人が対面するコピーロボットから直接力覚を感じるものである。
- (V) 全方向移動可能で力覚を知覚できるコピーロボットを6台、人が操作するマスタロボットを3台製作した。
- (W) 通信遅延が合っても安定で、かつ、マスター・コピー間の力覚を一致させ、かつ、マスター・コピー間でできるだけ位置関係を維持する制御アルゴリズムを提案した。
- (d) マスター・コピー間の衝突を含むシミュレーションによって、安定性・有効性を確認した。
- (e) 4Gモバイル通信を用いた衝突実験によって、本提案手法の有効性を確認した。
- (f) 本課題の当初の目的は海外に装置を持ち込んで世界実装することであったが、残念ながらコロナ禍によってそれは実現できなかった。しかしながら、120msの通信遅延によっても安定であることから、日本と韓国・台湾(RTT 50ms~100ms)、北米西岸(RTT 150ms程度)との間で本システムを運用し得ることが確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Takanori Miyoshi, Satoru Ishikawa, Kazuya Kanaishi, Pingguo Huang, Yutaka Ishibashi	4. 巻 10 12
2. 論文標題 Improvement of Haptic QoE on Ball-hitting Task for Bilateral Teleoperation System	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 660-667
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.10.12.660-667	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 N. A. Hameedha, Y. Ishibashi	4. 巻 10 1
2. 論文標題 Effects of local and global adaptive -causality control on cooperative work between remote robot systems with force feedback	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ITE Transactions on Media Technology and Applications	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3169/mta.10.1	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 H.Sasatake, R.Tasaki, T.Yamashita, N.Uchiyama	4. 巻 15 5
2. 論文標題 Imitation Learning System Design with Small Training Data for Flexible Tool Manipulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 669-677
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/ijat.2021.p0669	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 S. Ishikawa, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa	4. 巻 14
2. 論文標題 Robot position control using force information in remote robot systems with force feedback	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Communications, Network and System Sciences (IJCNS)	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) 10.4236/ijcns.2021.141001	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 N. Hameedha, Y. Ishibashi, K. E. Psannis	4. 巻 10 2
2. 論文標題 Effects of QoS control in remote master-slave robot systems with force feedback	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research (IJMERR)	6. 最初と最後の頁 49-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.10.2.49-53	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 該当する

1. 著者名 Y. Toyoda, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa, H. Watanabe	4. 巻 9 6
2. 論文標題 Efficiency of cooperation between remote robot systems with force feedback: Comparison with cooperation between user and remote robot system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research (IJMERR)	6. 最初と最後の頁 900-905
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.9.6.900-905	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 Takanori Miyoshi, Takahiro Kanno, and Kenji Kawashima	4. 巻 9 4
2. 論文標題 Position-Force Telecontrol with Wave-filter Using Teleoperation Support Robot IBIS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 496-501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.9.4.496-501	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 阿部拓哉, 大西仁, 石橋豊	4. 巻 J103-B
2. 論文標題 力覚を用いた遠隔制御システムにおける粘弾性の適応制御	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌(B)	6. 最初と最後の頁 38-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2019JBP3020	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 E. Taguchi, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa, and T. Miyosh	4. 巻 9 1
2. 論文標題 Comparison of stabilization control in cooperation between remote robot systems with force feedback	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research (IJMERR)	6. 最初と最後の頁 87-92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.9.1.87-92	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 P. Huang, T. Miyoshi, and Y. Ishibashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Enhancement of stabilization control in remote robot system with force feedback	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Communications, Network and System Sciences (IJCNS)	6. 最初と最後の頁 99-111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/ijcns.2019.127008	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 G. Minopoulos, G. Kokkonis, K. E. Psannis, and Y. Ishibashi	4. 巻 12 2
2. 論文標題 A survey of haptic data over 5G networks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Future Generation Communication and Networking	6. 最初と最後の頁 37-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.33832/ijfgcn.2019.12.2.04	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 該当する

1. 著者名 P. Huang and Y. Ishibashi	4. 巻 14 6
2. 論文標題 Human perception of weight in networked virtual environment with haptic sense: Influence of network delay	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Communications (JCM)	6. 最初と最後の頁 478-483
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12720/jcm.14.6.478-483	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 黄平国, 石橋豊	4. 巻 138巻 8号
2. 論文標題 嗅覚・力覚を用いたネットワーク型風船割ゲームにおける公平性の評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会論文誌E	6. 最初と最後の頁 pp. 356-357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejsmas.138.356	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87件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 61件)

1. 発表者名 Takanori Miyoshi and Ho Duc Tho
2. 発表標題 Simulation of Tele-Force-Position Sharing System with 1000 Clients Considering MMOG
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Computer Communication and the Internet (ICCCI) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasunori Kawai, Futoshi Sugimoto, Kenshin Fujie, Hiroyuki Kawai, Takanori Miyoshi
2. 発表標題 Fatigue Estimation using Nonlinear Disturbance Observer for Tele-Rehabilitation System with Electrical Stimulation
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ho Duc Tho and Takanori Miyoshi
2. 発表標題 Passivity of a Dynamic Environment in Telecontrol Systems
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Y. Ishibashi
2 . 発表標題 Enhanced abilities of humans and robots with force feedback
3 . 学会等名 The 2nd International Conference on Electronics, Communications and Information Technology (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 J. Ma, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa, K. E. Psannis
2 . 発表標題 QoE assessment of angle perception with haptics for networked virtual environments
3 . 学会等名 The 2nd International Conference on Electronics, Communications and Information Technology (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 R. Ye, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Comparison of collaboration methods between users in remote robot systems with force feedback
3 . 学会等名 The 7th International Conference on Computer and Communications (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Y. Zhang, P. Huang, Y. Ishibashi, T. Okuda, K. E. Psannis
2 . 発表標題 Effect of neural network on robot position control using force information
3 . 学会等名 IEEE 9th International Conference on Information, Communication and Networks (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Y. Ishibashi, P. Huang, K. E. Psannis
2 . 発表標題 Enhanced robot position control using force information for mobile robots: Influences of obstacles on cooperative work
3 . 学会等名 IEEE 9th International Conference on Information, Communication and Networks (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Watanabe, Y. Sato, T. Hirano, P. Huang, Y. Ishibashi
2 . 発表標題 Toward the optimal control of haptic communication: Introduction of force prediction to collaborative work
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 L. Chen, L. Wen, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Switching scheme between adaptive viscosity control and stabilization control by viscosity in remote control system with haptics
3 . 学会等名 The 3rd International Conference on Computer Communication and the Internet (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 R. Ye, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Comparison of stabilization control for writing characters in remote robot system with force feedback
3 . 学会等名 The 3rd International Conference on Computer Communication and the Internet (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 山岸守央, 安部隆, 今村孝, 寒川雅之
2. 発表標題 内視鏡操作のデータ化に向けた超小型触覚センサによる把持状態の検出
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講演会 (ROBOMECH2021) (2021.06.06-08 オンライン開催)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部央学, 大場謙
2. 発表標題 ロボットの大きさに依らないバイラテラル制御器の提案
3. 学会等名 令和3年東北・北海道地区高等専門学校専攻科 産学連携シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takanori Miyoshi
2. 発表標題 Fault Detection for Sensor Redundant Robots and Its Application to Omni-Directional Vehicle and Serial Link Robot
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 Yasunori Kawai, Koudai Houga, Hiroyuki Kawai, Takanori Miyoshi
2. 発表標題 Bilateral Tele-Rehabilitation System with Electrical Stimulation by Using Cloud Service
3. 学会等名 the 10th International Workshop on Computer Science and Engineering (WCSE 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 H. C. Kwan, T. Miyoshi, Y. Ishibashi, and P. Huang
2 . 発表標題 Remote control of haptic-enabled robotic manipulator
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 K. Kanaishi, Y. Ishibashi, P. Huang, and T. Miyoshi
2 . 発表標題 Effects of stabilization control and QoS control for cooperation between remote robot systems with force feedback
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yasunori Kawai, hiroyuki Kawai, Takanori Miyoshi
2 . 発表標題 Bilateral Tele-Rehabilitation Control System Using Electrical Stimulation for Therapist and Patient
3 . 学会等名 Proc. of 3rd IFAC Conference on Cyber-Physical & Human-Systems(CPHS2020) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 X. Wang, P. Huang, Y. Ishibashi, T. Okuda
2 . 発表標題 Robot position control using force information by neural network in remote robot systems
3 . 学会等名 2021 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 L. Li, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa
2. 発表標題 Effect of position follow-up on control for hand delivery between remote robot systems with force feedback
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Ito, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa
2. 発表標題 Effect of robot position control using force information: Human versus robot with force sensor
3. 学会等名 The 9th International Conference on Information and Education Technology (ICIET) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 X. Wang, P. Huang, Y. Ishibashi, T. Okuda, H. Watanabe
2. 発表標題 Influence of network delay on QoS control using neural network in remote robot systems with force feedback
3. 学会等名 2020 The 9th International Conference on Networks, Communication and Computing (ICNCC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Ishikawa, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa
2. 発表標題 Influences of network delay on cooperative work between remote robots with force feedback
3. 学会等名 2020 IEEE The 6th International Conference on Computer and Communications (ICCC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 K. Kanaishi, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Effect of QoS control for cooperative work between remote robot systems with force feedback
3 . 学会等名 The 4th International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Y. Ishibashi
2 . 発表標題 Supports to remote robots by humans with force feedback
3 . 学会等名 The 4th International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 L. Chen, L. Wen, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Comparison of stabilization control in remote control system with haptics
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 F. Papa, P. Huang, Y. Ishibashi, Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Effects of QoE assessment of adaptive viscoelasticity control in remote penmanship system
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Ishikawa, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa
2. 発表標題 Effects of robot position control using force information in remote robot systems with force feedback: Comparison between human-robot and robot-robot cases
3. 学会等名 The 2nd International Conference on Computer Communication and the Internet (ICCCI) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部央学, 大場謙
2. 発表標題 ロボットの切替を可能とする力覚伝達制御器の設計
3. 学会等名 2020年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Abdallah Farrage, Naoki Uchiyama
2. 発表標題 Enhancement of Energy Saving and Precision Motion for Industrial Machines by Adaptive Sliding Mode Control and Friction Compensation
3. 学会等名 2020 European Control Conference (ECC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Q. Qian, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2. 発表標題 Cooperative work among humans and robots in remote robot systems with force feedback: Comparison between human-robot and robot-robot cases
3. 学会等名 The 8th International Conference on Information and Education Technology (ICIET) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 K. Kanaishi, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Effect of stabilization control for cooperation between remote robot systems with force feedback by using master-slave relation
3 . 学会等名 The 18th International Conference on Computer Applications (ICCA) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 H. Watanabe, P. Huang, and Y. Ishibashi
2 . 発表標題 An investigation on stability and operability in haptic communication systems
3 . 学会等名 The 12th International Conference on Future Computer and Communication (ICFCC) (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 H. Watanabe, Y. Ishibashi, and P. Huang
2 . 発表標題 A stability analysis of haptic systems by using difference differential equation
3 . 学会等名 The 2nd World Symposium on Communication Engineering (WSCE) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 L. Wen, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa, and H. Ohnishi
2 . 発表標題 QoE assessment of weight perception in remote robot system with force feedback
3 . 学会等名 The 2nd World Symposium on Communication Engineering (WSCE) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 S. Ishikawa, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Effect of robot position control with force information for cooperative work between remote robot systems
3 . 学会等名 The 2nd World Symposium on Communication Engineering (WSCE) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 K. Kanaishi, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Effects of adaptive -causality control for cooperation between remote robot systems with force feedback by using master-slave relation
3 . 学会等名 The 3rd International Conference on Telecommunications and Communication Engineering (ICTCE) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Q. Qian, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Position follow-up control for hand delivery of object between moving robot arms of remote robot systems with force feedback
3 . 学会等名 The 22nd International Conference on Network-Based Information Systems (NBiS) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 P. Huang and Y. Ishibashi
2 . 発表標題 Future directions and challenges in multi-modal communications with olfactory and haptic senses
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Watanabe, K. Kuroyanagi, Z. Sato, H. Hirado, P. Huang and Y. Ishibashi
2. 発表標題 A proposal of the method for analyzing the stability of virtual distributed systems using haptic communication
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Q. Qian, Y. Toyoda, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2. 発表標題 Effect of stabilization control on cooperative work between remote robot systems with force feedback
3. 学会等名 The 2nd International Conference on Communication Engineering and Technology (ICCET) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黄平国, 三好孝典, 石橋豊
2. 発表標題 力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステム間の協調作業における安定化制御
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金石和也, 石橋豊, 黄平国, 三好孝典
2. 発表標題 力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステムにおける安定化制御とQoS制御の効果
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ (CQ) 研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石橋豊, 黄平国
2. 発表標題 力覚フィードバックを用いた人とロボット間の遠隔協調の高品質化
3. 学会等名 第10回横幹連合コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Q. Qian, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2. 発表標題 Effect of QoS control for hand delivery of object between remote robot systems with force feedback
3. 学会等名 IEICE Technical Committee on Communication Quality
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金石和也, 石橋豊, 黄平国, 立岩佑一郎
2. 発表標題 力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステム間の協調作業における適応型 因果順序制御の効果: ロボットが対等な関係にある場合
3. 学会等名 電子情報通信学会ネットワークシステム(NS)研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Q. Qian, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2. 発表標題 Experiment on cooperative work between moving robot arms with force feedback: Effect of position follow-up control
3. 学会等名 IEICE Society Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 F. Papa, P. Huang, Y. Ishibashi, and Y. Tateiwa
2. 発表標題 QoE assessment of adaptive viscoelasticity control in remote penmanship system
3. 学会等名 2019 Tokai-Section Joint Conference on Electrical, Electronics, Information, and Related Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L. Wen, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa, H. Watanabe, and H. Ohnishi
2. 発表標題 Effect of stabilization control by viscosity in remote control system with haptics
3. 学会等名 2019 Tokai-Section Joint Conference on Electrical, Electronics, Information, and Related Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L. Wen, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa, and H. Ohnishi
2. 発表標題 Human perception of weight in remote robot system with force feedback
3. 学会等名 IEICE Technical Committee on Communication Quality (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川哲, 石橋豊, 黄平国, 立岩佑一郎
2. 発表標題 力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステムにおける力情報を用いたロボット位置制御
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ(CQ)研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasunori Kawai, Kenya Honda, and Makoto Koshino
2. 発表標題 Bilateral Tele-Rehabilitation System with Electrical Stimulation through Cloud Server
3. 学会等名 Proc. 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田孝明 大場謙 三好孝典
2. 発表標題 重み付け多視点画像を用いた三次元位置推定システムの検討
3. 学会等名 電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横田陸矢 大場謙
2. 発表標題 バイラテラル制御系における通信遅延補償法の調査
3. 学会等名 電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsubasa Inoue, Takanori Miyoshi
2. 発表標題 Operating characteristics of Mouse Type Haptic Device with Slant Wheel System for Haptic Communication
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawai Y., Shibano K., Kawai H., Miyoshi T., Fujita M
2. 発表標題 Bilateral tele-rehabilitation system using electrical stimulation applying modulated time-domain passivity control
3. 学会等名 8th IFAC Symposium on Mechatronic Systems, MECHATRONICS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wong Hong Jen, Takanori Miyoshi, Spasena Pavlinova Dakova, Janik Meier
2. 発表標題 Construction of Small Gain Theorem-based Bilateral Teleoperation Control System for Telerobots
3. 学会等名 2019 The 2nd World Symposium on Communication Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 . Ishibashi, E. Taguchi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2. 発表標題 Robot position control with force information in cooperation between remote robot systems
3. 学会等名 The 5th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Toyoda, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa, and H. Watanabe
2. 発表標題 Efficiency of cooperation between remote robot systems with force feedback
3. 学会等名 IEEE International Conference on Electronics and Communication Engineering (ICECE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Q. Qian, D. Osada, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Human perception of force in cooperation between remote robot systems with force feedback
3 . 学会等名 The 4th IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Q. Qian, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa, H. Watanabe, and K. E. Psannis
2 . 発表標題 Softness comparison of stabilization control in remote robot system with force feedback
3 . 学会等名 IEEE TENCON (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Watanabe, P. Huang, and Y. Ishibashi
2 . 発表標題 An investigation of the stabilization of bilateral robot systems under communication delay
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Toyoda, P. Huang, Y. Ishibashi, Y. Tateiwa, and H. Watanabe
2 . 発表標題 Efficiency of cooperation between human and remote robot system with force feedback
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Watanabe, P. Huang, and Y. Ishibashi
2 . 発表標題 Issues of network reliability design toward IoT society
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 T. Abe, Y. Komatsu, H. Onishi, and Y. Ishibashi
2 . 発表標題 QoE assessment of adaptive viscoelasticity control in remote control system with haptic and visual senses
3 . 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 D. Osada, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2 . 発表標題 Assessment of weight perception with haptics in networked virtual environment
3 . 学会等名 IEEE The 3rd International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Watanabe, Y. Ishibashi, and P. Huang
2 . 発表標題 A formulation of remote robot system by using difference differential equation
3 . 学会等名 IEEE The 3rd International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 田口英次郎, 石橋豊, 黄平国, 立岩佑一郎
2. 発表標題 遠隔ロボットシステム間の協調作業における力情報を用いたロボット位置制御の効果
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黄平国, 石橋豊
2. 発表標題 力覚フィードバックを用いた人とロボット間の遠隔協調の安定化と高品質化
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Q. Qian, Y. Toyoda, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2. 発表標題 Effect of stabilization control on hand delivery of object between remote robot systems with force feedback
3. 学会等名 IEICE Global Conference
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 豊田裕一, 石橋豊, 黄平国, 立岩佑一郎, 渡邊均
2. 発表標題 力覚を用いた遠隔ロボットシステム間における物体を手渡す作業に対するロボット位置の追従制御
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ (CQ) 研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿部拓哉, 大西仁, 石橋豊
2. 発表標題 力覚を用いた遠隔制御システムにおける粘弾性の適応制御のQoE評価: ネットワーク遅延の変化に対する効果
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ (CQ) 研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 豊田裕一, 石橋豊, 黄平国, 立岩佑一郎, 渡邊均
2. 発表標題 ネットワーク遅延が力覚を用いた遠隔ロボットシステム間の協調作業に及ぼす影響
3. 学会等名 革新的無線通信技術に関する横断型研究会 (MIKA)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Q. Qian, Y. Ishibashi, P. Huang, and Y. Tateiwa
2. 発表標題 Assessment of force perception in remote robot system with haptics
3. 学会等名 IEICE Society Conference
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田口英次郎, 石橋豊, 黄平国, 立岩佑一郎
2. 発表標題 力覚を用いた遠隔ロボットシステム間の協調作業における安定化制御の比較
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部拓哉, 石橋豊, 大西仁
2. 発表標題 力覚を用いた遠隔制御システムにおける粘弾性の適応制御のQoE評価: 運筆速度の変化に対する効果
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ (CQ) 研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長田大輝, 石橋豊, 黄平国, 立岩佑一郎
2. 発表標題 力覚を用いた遠隔ロボットシステムにおける力の方向の知覚特性
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ (CQ) 研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Q. Qian, Y. Ishibashi, P. Huang, Y. Tateiwa, H. Watanabe, and K. E. Psannis
2. 発表標題 QoE assessment of object softness in remote robot system with haptics: Comparison of stabilization control
3. 学会等名 IEICE Technical Report of Technical Committee on Communication Quality
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊田裕一, 石橋豊, 黄平国, 立岩佑一郎, 渡邊均
2. 発表標題 力覚を用いた遠隔ロボットシステムにおけるネットワーク遅延が人との協調作業の効率に及ぼす影響
3. 学会等名 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ (CQ) 研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 横田陸矢 大場謙
2. 発表標題 パイラテラル制御系への通信遅延が及ぼす影響の調査
3. 学会等名 平成31年電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 來栖 悠悟, 小山 慎哉
2. 発表標題 力覚提示機能を有する高齢者向け運転訓練システムの開発
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 (SI2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasunori Kawai and Takanori Miyoshi
2. 発表標題 Written Communication System based on Multilateral Teleoperation using Scattering Matrix with Gains
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (ISR) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasunori Kawai, Kenya Honda, Hiroyuki Kawai, and Takanori Miyoshi
2. 発表標題 Bilateral Tele-Rehabilitation System for Human Lower Limb based on Scattering Matrix with New Gains
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takanori Miyoshi and Shogo Hamada
2. 発表標題 Experiment of Handwritten Tele-communication System between Hawaii and Toyohash
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp.2018年5月 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takanori Miyoshi, Minh Duc Duong
2. 発表標題 Bilateral teleoperation control of Kagome dancing robot
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics(ISR2018), pp.128-133, 2018年9月 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yohei Manabe, Takashi Imamura
2. 発表標題 Construction of a Voice Direction Database for the Destination Input Interface of Autonomous Vehicles
3. 学会等名 The 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和藤哲史, 今村孝
2. 発表標題 鉄棒競技の触覚・視覚提示による体験システムの提案
3. 学会等名 電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

協働ロボット研究室HP
<https://whs.nagaokaut.ac.jp/miyoshiken/>

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	内山 直樹 (Uchiyama Naoki) (10273327)	豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (13904)	
研究分担者	今村 孝 (Imamura Takashi) (10422809)	新潟大学・自然科学系・准教授 (13101)	
研究分担者	上 泰 (Kami Yasushi) (20413809)	明石工業高等専門学校・電気情報工学科・准教授 (54501)	
研究分担者	石橋 豊 (Ishibashi Yutaka) (40252308)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (13903)	
研究分担者	小山 慎哉 (Oyama Shinya) (50435385)	函館工業高等専門学校・生産システム工学科・准教授 (50101)	

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	兼重 明宏 (Kaneshige Akihiro) (70224615)	豊田工業高等専門学校・機械工学科・教授 (53901)	
研究分担者	大場 譲 (Ohba Yuzuru) (80455104)	仙台高等専門学校・総合工学科・准教授 (51303)	
研究分担者	河合 康典 (Kawai Yasunori) (90413765)	石川工業高等専門学校・電気工学科・准教授 (53301)	
研究分担者	上木 諭 (Ueki Satoshi) (50467213)	豊田工業高等専門学校・機械工学科・准教授 (53901)	
研究分担者	田崎 良佑 (Tasaki Ryouzuke) (70644467)	豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・助教 (13904)	

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