

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 23 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420354

研究課題名(和文) 力覚フィードバックを用いた遠隔ロボット制御の安定化と高品質化

研究課題名(英文) Stabilization and Quality Improvement of Remote Robot Control with Force Feedback

研究代表者

石橋 豊 (Ishibashi, Yutaka)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：40252308

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、一人の利用者が触覚インタフェース装置を用いて、ネットワークを介して産業用ロボットを遠隔操作し、ビデオを見ながら、安定で高品質な遠隔ロボット制御を実現することを目的とした。利用者は、産業用ロボットのハンドに取り付けた力覚センサーからのフィードバックによって、ロボットハンドが物体に当たったときの反力を感じながら、操作することができる。この目的を達成するため、ロボット・制御工学の分野で研究されてきている安定性を確保する制御、通信・ネットワーク工学の分野における高いサービス品質(QoS: Quality of Service)を維持するQoS制御を融合し、更に発展させた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to implement safety and high-quality remote robot control in which a user operates an industrial robot via a network by using a haptic interface device while watching a video. The user can operate while perceiving reaction force against an object when the robot hand hits the object by feedback from a haptic sensor attached to the robot hand. To achieve the purpose, we integrated the following two types of control and advanced them: Stability control which secures the stability and has been studied in the field of robot and control engineering, and QoS (Quality of Service) control which tries to keep QoS high and has been studied in the field of communication and network engineering.

研究分野：通信・ネットワーク

キーワード：遠隔ロボット制御 力覚フィードバック 臨場感通信 QoS制御 安定化制御 QoE評価

1. 研究開始当初の背景

実世界ハプティクスを利用して人間支援を行う技術が注目されている。これらの技術の研究は、国内外において、主にロボット・制御工学と通信・ネットワーク工学の二つの分野の研究者によって独立に行われてきている。本研究では、力覚フィードバックを用いた遠隔ロボット制御を対象とし、特に、ネットワーク遅延やパケット欠落の問題を解決する。ロボット・制御工学の分野では、ネットワーク遅延によってロボット動作の安定性を失う(大きくロボットハンドが振動してしまう)ことを避けるための制御技術について研究しているが、安定性の確保によってサービス品質(QoS: Quality of Service)が劣化してしまうという問題がある。一方、通信・ネットワーク工学の分野では、ネットワーク遅延やパケット欠落によって生じるQoSの劣化を避けるためのQoS制御技術の研究を行っているが、安定性を保証することまでは考えられていない。そこで、これら二つの分野の制御技術を融合し、人の知覚特性を考慮して、更に発展させることによって、安定かつ高品質な制御技術を確立することが急務であると考え、本研究の着想に至った。一方、遠隔ロボット制御のためには、力覚フィードバックだけでなく、視覚によって作業内容を見ながら行うことが必須である。本研究では、視覚として臨場感の高い自由視点ビデオを用い、遠隔で操作する利用者の視点を自由に変更可能とすることによって、操作性の向上も図り、「針の穴に糸を通す」ことができるような高精度な制御を実現する。

研究代表者と連携研究者らは、これまで、力覚と自由視点ビデオなどの伝送を研究対象とし、ネットワーク遅延とパケット欠落を考慮し、QoS制御の研究を行ってきた。また、力覚の人の知覚特性を調査、モデル化しており、力覚等のQoS制御を検討してきている。さらに、力覚の安定化技術の研究に従事してきており、安定動作を保証する新たな制御技術を提案している。本研究は、これまでの研究成果を融合し、人の知覚特性を考慮して、更に発展させることによって、力覚フィードバックを用いた遠隔ロボット制御の安定化と高品質化を目指す。

2. 研究の目的

本研究では、触覚インタフェース装置を用いて、ネットワークを介して産業用ロボットを遠隔操作し、自由視点ビデオ(多数のカメラで撮影した多視点ビデオから構成される自由な視点のビデオ)を見ながら、安定で高品質な遠隔ロボット制御を実現することを目的とする。産業用ロボットのハンドに取り付けた力覚センサーからのフィードバックによって、ロボットハンドが物体に当たったときの反力を感じながら、操作することがで

き、ビデオの視点も自由に変更可能であるので、臨場感の高い遠隔ロボット制御を可能とする。これを実現するため、ロボット・制御工学の分野で研究されてきている安定性を確保する制御、通信・ネットワーク工学の分野における高いQoSを維持するQoS制御を融合し、更に発展させる。

本研究で対象とする力覚フィードバックを用いた遠隔ロボット制御システムの構成を図1に示す。高い操作性と高精度な動きを実現可能とするため、マスタ端末の触覚インタフェース装置(Geomagic Touch)を用いて、遠隔のスレーブ端末の産業用ロボット(三菱電機RV-2SD)を遠隔制御する。産業用ロボットには、一個の力覚センサーと作業用工具を備え付ける。マスタ端末の利用者は、3次元センサー・カメラ(Kinect)から入力して合成された自由視点ビデオを見つつ、触覚インタフェース装置を操作して力覚センサーからの力のフィードバックを感じながら作業を行う。

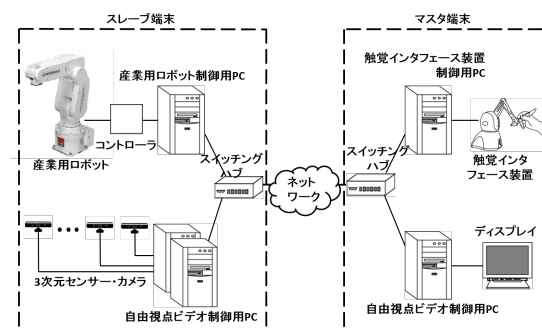


図1 力覚フィードバックを用いた遠隔ロボット制御システムの構成

3. 研究の方法

本研究では、まず、力覚の安定化制御とQoS制御について検討する。安定化制御については、連携研究者らが以前に提案した、ウェーブフィルタに位相制御フィルタを組み合わせて用いる手法を採用し、QoS制御として、研究代表者らが以前に提案した力覚の適応制御を適用する。前者の手法は、ネットワーク遅延が大きくなると、入力される力よりも出力される力の方が大きくなる場合があるシステムに対して、ウェーブフィルタと位相制御フィルタによって力の特定周波数帯域で出力される力が入力される力より大きくならないようにすることで、安定性を保証するが、力覚の出力品質が劣化する。力覚の適応型制御では、ネットワーク遅延に応じて動的に反力計算に用いる弾性係数を変更することによって、力覚出力を高品質化するが、安定性を確保できない。これらの手法と制御が両立するように、それぞれに対して拡張を行い、人の知覚特性を利用して、品質劣化に気が付かないような制御手法を考案する。

次に、自由視点ビデオのQoS制御として、これまでに提案してきた伝送方式である合

成画像伝送方式（カメラがあるサーバで自由視点ビデオを合成して伝送）と画像・奥行き画像伝送方式（画像合成に必要な画像と奥行き画像を伝送し、クライアントで自由視点ビデオを合成）をネットワーク負荷に応じて切り替えるトラフィック制御（切り替えの際、画像品質やインタラクティブ性が変わるので、円滑に切り替わるように工夫する）や、ネットワーク負荷が高くなると、視点変更の速度と距離を制限することによって、画像品質の劣化を抑制する制御を考案する。

4. 研究成果

自由視点ビデオまたはビデオを見ながら触覚インタフェース装置を用いて遠隔の産業用ロボットを操作できるように実験システムを構築した。このシステムを用いて、力覚の安定化制御や QoS 制御の検討を行うためには、単一の作業だけでなく、いくつかの特徴の異なる作業を対象にする必要がある。これは、人の知覚特性が作業内容に大きく依存するからである。そこで、本研究では、図2の三つの作業を対象とした。作業1は針の穴に糸を通すものであり、糸が針の穴に当たっても反力がほとんど発生しない。作業2は毛筆や鉛筆などのペンで小さな文字（例えば20ポイント程度の文字）を書くものであり、小さな反力が発生する。作業3は金属棒を穴に入れるものであり、大きな反力が発生する。

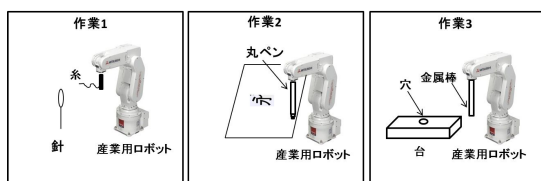


図2 作業内容

上記の三つの作業に対して得られた主な成果を以下に示す。

- (1) 触覚インタフェース装置と産業用ロボット間の作業空間と最大提示反力の違いの吸収

産業用ロボットに取り付けられた力覚センサーからの力情報を触覚インタフェース装置にどのように出力するか（最大提示反力の違いの吸収方法）また両者の作業空間の大きさの違いをどのように吸収するかについて検討した。その結果、最大反力と作業空間の大きさのマッピング比率は、作業内容に依存することが判明した。また、針の穴に糸を通す作業については、この比率の他に、カメラ角度が作業効率に及ぼす影響を明らかにした。自由視点/多視点ビデオを用いる場合には、この角度を参考に、複数のカメラを配置することができる。

- (2) 自由視点ビデオの伝送方式

伝送方式として、研究代表者がこれまでに提案してきた合成画像伝送方式と

画像・奥行き画像伝送方式に対して、ネットワーク遅延に応じて伝送方式を切り替える制御を提案した。そして、ユーザ体感品質（QoE: Quality of Experience）評価によって、その有効性を明らかにした。

- (3) ネットワーク遅延とその揺らぎ及びパケット欠落の影響

図1のネットワークをネットワークエミュレータを用いて、ネットワーク遅延やパケット欠落を擬似的に発生して、それらがシステムの安定性や操作性に与える影響を調査した。その結果、産業用ロボットの操作をある一定以上の速度で行うと、安定性が失われることが判明した。また、ネットワーク遅延の増加に伴い、操作性が大きく劣化することが明らかとなった。操作性の劣化を抑えるためのQoS制御として、研究代表者が以前に提案した反力の適応制御（ここでは、弾性の適応制御と呼ぶ）を適用し、その効果が大きいことをQoE評価によって定量的に示した。

さらに、ネットワーク遅延とパケット欠落の影響を軽減するためのQoS制御の一つとして、位置の予測を行う予測制御を実装して、その影響を調査した。その結果、その効果は小さく、バッファリング制御と併用するなどの工夫が必要であることが分かった。

- (4) 力覚の制御方式

マスタ端末とスレーブ端末間における力覚の制御方式として、Position - Position・Force制御方式（以下、P-PF方式）とPosition - Force制御方式（P-F方式）お比較を行った。ネットワークエミュレータによって固定のネットワーク遅延を擬似的に発生させて、作業時間や操作性に与える影響を調査した。その結果、P-F方式はネットワーク遅延の影響を受けにくい、P-PF方式は受けやすいことが判明した。しかし、ロボットアームの力覚センサーが付与されていない箇所が他の物に当たった場合などには、P-F方式では対応できないので、作業によってはP-PF方式が必要になることも分かった。

- (5) 産業用ロボット側の制御

ロボット側の制御の一つとして、ステイフネス制御の影響を調べた。金属棒を穴に入れる作業では、その制御を行わない方が優れていることが判明した。一方、文字を書く作業では、ネットワーク遅延が小さいときには制御を行う方が良く、大きくなると制御を行わない方が良く分かった。なお、針の穴に糸を通す作業では、ほとんど反力が発生しないため、制御の有無は影響しない。

- (6) 安定化制御

システムにおけるバイラテラル制御の安定化のために、連携研究者らが提案し

てきた、図3のウェーブフィルタに位相制御フィルタを組み合わせて用いる手法を適用し、実験によりその効果を確認した。

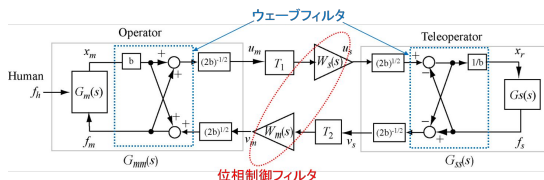
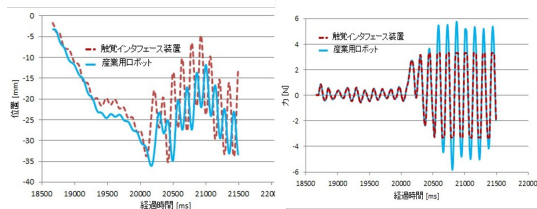
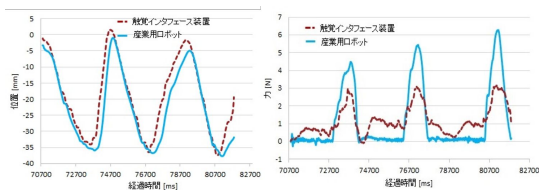


図3 安定化手法

実験では、柔らかいボールを金属棒で垂直に数回押し込む作業を扱い、固定遅延が800msまで大きくなっても安定性の劣化がほとんど現れず、安定していることが分かった。図4に安定化手法を用いない場合と用いる場合の、経過時間に対する触覚インタフェース装置と産業用ロボットの位置と力を示す。この図から、安定化手法を用いない場合には、短い周期で激しく位置と力が振動しているのに対して、安定化手法を用いることによって、触覚インタフェース装置と産業用ロボットの位置がほぼ一致していることが分かる。また、産業用ロボットの力は急速に大きくなっているのに対して、触覚インタフェース装置に出力される力は緩やかに変化している。



(a) 安定化手法を用いない場合



(b) 安定化手法を用いる場合

図4 安定化手法の効果

また、固定遅延だけでなく、パレート正規分布に従う遅延を付加する場合と、パケット欠落をランダムに発生させる場合についても実験を行った。その結果、安定化手法を用いる場合には、平均遅延が100ms、標準偏差が70ms以下では安定性の劣化がほとんど生じなかった。また、固定遅延が100msのとき、パケット欠落率が60%以下では、安定性の劣化がほとんどないことを確認した。しかし、60%のとき、触覚インタフェース装置が動かすのに大きな力が必要となり、作業がしづらくなった。なお、パケット欠落率を90%にすると、産業用ロボットをほとん

ど動かすことができなくなった。これは、ほとんどのパケットが欠落するからである。

(7) 安定化制御とQoS制御の癒合

力覚メディアのQoS制御として、研究代表者らが提案してきた Skipping 制御（受信したパケットのうち、最新のパケットのみを出力し、既に出力されたものより古いパケットを廃棄）を適用し、上記の安定化制御とQoS制御との融合を実現した。

(8) オブジェクトの重さ及び形状の知覚に関する調査

三次元仮想空間内にある重りを二人の利用者が一緒に持ち上げる、重さ知覚バランスシステムと、仮想オブジェクト識別ゲームを作成し、ネットワーク遅延の影響などを明らかにした。また、QoS制御としてローカルラグ制御を用いれば、ネットワーク遅延にほとんど関わらずに、重りを中心点に保つことが可能であることが判明した。仮想オブジェクト識別システムでは、オブジェクトとして、サウンドや香りを有するものを扱い、触力覚、聴覚、嗅覚の利用の効果と比較した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

P. Huang and Y. Ishibashi, "QoE assessment of will transmission using vision and haptics in networked virtual environment," IJCNS, vol.7, no.8, pp.265-278, Aug. 2014.

M. Sithu, Y. Ishibashi, and N. Fukushima, "Effects of dynamic local lag control on sound synchronization and interactivity in joint musical performance," ITE Trans. Media Technology and Applications, vol.2, no.4, pp.299-309, Oct. 2014.

三好孝典, 前田慶博, 森田陽介, 石橋豊, 寺嶋一彦, "マルチラテラル遠隔制御理論に基づくハプティックネットワークゲームの作成と通信遅延がQoEに及ぼす影響の調査," VRSJ 論文誌, vol.19, no.4, pp.559-569, Dec. 2014.

G. Kokkonis, K. E. Psannis, M. Roumeliotis, and Y. Ishibashi, "Efficient algorithm for transferring a real-time HEVC stream with haptic data through the Internet," Springer Journal of Real-Time Image Processing, vol.10, pp.1-13, May 2015.

M. Sithu, Y. Ishibashi, P. Huang, and N. Fukushima, "Influences of network delay on quality of experience for soft objects in networked real-time game with haptic sense," IJCNS, vol.8, no.11, pp.440-455, Nov. 2015.

石橋豊, 黄平国, "触力覚通信の高品質化とその未来," 信学論(B), vol.J99-B,

no.10, pp.911-925, Oct. 2016.

(学会発表)(計 44件)

S. Suzuki, K. Matsunaga, H. Ohnishi, and Y. Ishibashi, "Influences of network delay variation on haptic perception under adaptive reaction force control," Proc. IEEE GCCE, pp.669-673, Oct. 2014.

H. Yu, S. Nakano, P. Huang, Y. Ishibashi, and N. Fukushima, "Influences of network delay on will transmission with haptic sensation in collaborative work," Proc. IEEE GCCE, pp.664-668, Oct. 2014.

H. Sannomiya, N. Fukushima, and Y. Ishibashi, "Influence of network delay on fairness between game players in remote control system with free-viewpoint video and haptic media," Proc. NetGames, Dec. 2014.

N. Fukushima, N. Kodera, Y. Ishibashi, and M. Tanimoto, "Comparison between blur transfer and blur re-generation in depth image based rendering," Proc. 3DTV Conference, July 2014.

T. Inoue, N. Fukushima, and Y. Ishibashi, "Non-essentiality of correlation between image and depth map in free viewpoint image coding: Accurate depth map case," Proc. 3DTV Conference, July 2014.

H. Sannomiya, N. Fukushima, and Y. Ishibashi, "Improving image quality and interactivity in free-viewpoint video transmission," Proc. IEEE CQR, May 2014.

Y. Ishibashi, "Quality of service in multisensory communication," (keynote speech), ICGEC, Aug. 2015.

M. Sithu, Y. Ishibashi, P. Huang, and N. Fukushima, "Trade-off relationship between operability and fairness in networked balloon bursting game using haptic interface devices," Proc. ICGEC, pp.127-138, Aug. 2015.

M. Sithu, Y. Ishibashi, P. Huang, and N. Fukushima, "QoE assessment of operability and fairness for soft objects in networked real-time game with haptic sense," Proc. APCC, pp.570-574, Oct. 2015.

K. Suzuki, Y. Maeda, Y. Ishibashi, and N. Fukushima, "Improvement of operability in remote robot control with force feedback," Proc. IEEE GCCE, pp.16-20, Oct. 2015.

R. Arima, M. Sithu, and Y. Ishibashi, "Influence of olfactory and auditory senses on fairness between players in networked virtual 3D object identification game with haptics," Proc.

IEEE GCCE, pp.148-152, Oct. 2016.

P. Huang, Y. Ishibashi, and M. Sithu, "Enhancement of simultaneous output-timing control with human perception of synchronization errors among multiple destinations," Proc. IEEE ICC, pp.2099-2103, Oct. 2016.

Y. Ishibashi, "Effects of olfaction in multisensory communications," (invited talk), World Congress of Digital Olfaction Society (DOS), Dec. 2016.

Y. Ishibashi, "Ultra-realistic communications: Five senses over networks," (keynote speech), ICCA, Feb. 2017.

P. Huang, T. Miyoshi, and Y. Ishibashi, "Stability control in remote bilateral robot control system with force feedback," Proc. IEEE ICCAR, Apr. 2017.

M. Sithu and Y. Ishibashi, "Identification of 3D objects with haptic, olfactory, and auditory senses in virtual environment," Proc. IEEE ICCE-TW, June 2017.

Y. Komatsu, H. Ohnishi, and Y. Ishibashi, "Adaptive control of viscosity in remote control system with force feedback," Proc. IEEE ICCE-TW, June 2017.

鈴木一弥, 福嶋慶繁, 石橋豊, "自由視点映像及び力覚メディアを用いた遠隔制御システムにおけるカメラ角度が作業効率に及ぼす影響," 信学技報, CQ2014-24, July 2014.

鈴木翔太, 太西仁, 石橋豊, "反力の適応制御を用いた分散仮想環境におけるネットワーク遅延の変化が反力の知覚に及ぼす影響," 平 26 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, P3-6, Sep. 2014.

于航, 黄平国, 石橋豊, 福嶋慶繁, "遠隔制御システムを用いた協調作業におけるネットワーク遅延が力覚による意思伝達に及ぼす影響," 平 26 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, P3-7, Sep. 2014.

⑳ 三宮大弥, 福嶋慶繁, 石橋豊, "自由視点映像伝送における視点移動距離制御の効果," 信学ソ大, B-11-19, Sep. 2014.

㉑ 于航, 黄平国, 石橋豊, 福嶋慶繁, "ネットワーク遅延が力覚による意思伝達の精度に及ぼす影響," 映情学冬大, 6-4, Dec. 2014.

㉒ 鈴木翔太, 太西仁, 石橋豊, "仮想環境における粘性の変化が人の粘性知覚に及ぼす影響," 信学技報, CQ2014-95, Jan. 2015.

㉓ 前田慶博, 鈴木一弥, 石橋豊, 福嶋慶繁, "力覚フィードバックを用いた遠隔ロボット制御におけるネットワーク遅延が作業効率に及ぼす影響," 信学技報, CQ2014-96, Jan. 2015.

㉔ 鈴木一弥, 三宮大弥, 福嶋慶繁, 石橋豊, "自由視点映像伝送における伝送方式の切り替え制御の効果," 信学総大, B-11-32, Mar. 2015.

- ②⑥ 鈴木一弥, 前田慶博, 石橋豊, 福嶋慶繁, "力覚フィードバックを用いた遠隔ロボット制御における操作性のユーザ体感品質評価," 信学技報, IN2015-3, May 2015.
- ②⑦ 鈴木一弥, 前田慶博, 石橋豊, 福嶋慶繁, "力覚を用いたバイラテラルロボット制御におけるネットワーク遅延が運筆に及ぼす影響," 信学技報, CQ2015-42, Sep. 2015.
- ②⑧ S. Nakano, Y. Zheng, Y. Ishibashi, N. Fukushima, P. Huang, and K. Psannis, "QoE assessment of fairness between players in networked balloon bursting game with olfactory and haptic senses," in Record of 2015 Tokai-Section Joint Conference on Electrical, Electronics, Information, and Related Engineering, K4-4, Sep. 2015.
- ②⑨ M. Sithu, Y. Ishibashi, and N. Fukushima, "Effects of olfactory and audio senses on object recognition in virtual environment with haptic sense," in Record of 2015 Tokai-Section Joint Conference on Electrical, Electronics, Information, and Related Engineering, K4-3, Sep. 2015.
- ③⑩ 鈴木一弥, 文力敏, 福嶋慶繁, 石橋豊, "自由視点映像伝送方式の切り替えがユーザ体感品質に及ぼす影響," 平 27 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, K3-6, Sep. 2015.
- ③⑪ 鈴木翔太, 大西史哉, 太西仁, 石橋豊, 福嶋慶繁, "仮想環境における弾性と粘性の変化が人の知覚に及ぼす影響の心理物理学的評価," 平 27 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, K3-5, Sep. 2015.
- ③⑫ 酒井拓哉, Mya Sithu, 石橋豊, 福嶋慶繁, "3次元仮想環境における力覚によるオブジェクト認識実験," 平 27 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, Po1-40, Sep. 2015.
- ③⑬ 前田慶博, 石橋豊, 福嶋慶繁, 鈴木一弥, "遠隔ロボット制御における力覚の制御方式の比較," 平 27 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, Po1-39, Sep. 2015.
- ③⑭ 黄平国, 于航, 石橋豊, "反力の計算方法の違いが力覚による意思伝達に及ぼす影響," 平 27 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, Po1-38, Sep. 2015.
- ③⑮ M. Sithu, R. Arima, and Y. Ishibashi, "Experiment on object recognition with haptic, olfactory, and audio senses in virtual environment," IEICE Technical Report, CQ2015-144, Mar. 2016.
- ③⑯ M. Sithu and Y. Ishibashi, "Experiment on recognition of 3D objects in virtual environment with haptic sense," IEICE General Conference, B-11-13, Mar. 2016.
- ③⑰ 有馬僚, Mya Sithu, 石橋豊, "触覚を用いたネットワーク型仮想オブジェクト識別ゲームにおける公平性の QoE 評価: 嗅覚及び聴覚の効果," 信学技報, CQ2016-21, May 2016.
- ③⑱ 小松佑輔, 太西仁, 石橋豊, "仮想環境における粘弾性の変化が人の反力知覚に及ぼす影響," 信学技報, CQ2016-35, July 2016.
- ③⑲ 有馬僚, 石橋豊, 黄平国, "仮想環境におけるネットワーク遅延が重さ知覚に及ぼす影響," 映情学年大, 31D-2, Aug./Sep. 2016.
- ④⑰ 力石貴文, 石橋豊, 黄平国, "力覚を用いたバイラテラル遠隔ロボット制御における作業効率の評価: カメラ角度の影響," 平 28 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, A1-6, Sep. 2016.
- ④⑱ 小松佑輔, 太西仁, 石橋豊, "遠隔制御システムにおける粘性の適応制御," 信学技報, CQ2016-101, Jan. 2017.
- ④⑲ 黄平国, 三好孝典, 石橋豊, "遠隔ロボットシステムにおけるバイラテラル制御の安定化," 信学技報, CQ2016-125, Mar. 2017.
- ④⑳ 力石貴文, 黄平国, 石橋豊, "力覚を用いた遠隔ロボット制御における作業効率の評価: 作業空間のマッピング比率とネットワーク遅延の影響," 信学総大, B-11-9, Mar. 2017.
- ④㉑ 有馬僚, 石橋豊, 直江敏行, "触覚を用いたネットワーク型仮想オブジェクト識別ゲームにおける嗅覚と聴覚が公平性に及ぼす影響," 信学総大, B-11-7, Mar. 2017.
- [図書](計 1件)
M. Sithu and Y. Ishibashi, "Media synchronization control in multimedia communication," IGI Global, Emerging Research on Networked Multimedia Communication Systems, Chapter 2, pp. 25-61, 2015.
- [産業財産権]
出願状況(計 0件)
取得状況(計 0件)
[その他]
ホームページ等
<http://nma.web.nitech.ac.jp>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
石橋 豊 (ISHIBASHI, Yutaka)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 40252308
- (2) 連携研究者
・大西 仁 (OHNISHI, Hitoshi)
放送大学・教養学部・准教授
研究者番号: 40280549
・三好 孝典 (MIYOSHI, Takanori)
豊橋技術科学大学・機械工学系・准教授
研究者番号: 10345952
・黄 平国 (KOU, Heikoku)
東京理科大学・工学部・助教
研究者番号: 60713154
・福嶋 慶繁 (Fukushima, Norishige)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号: 80550508
- (3) 研究協力者
Kostas E. Psannis (Psannis, Kostas)
ギリシャ・マケドニア大学・講師