

Title	実世界ハプティクスに基づく人間支援理工学基盤技術の開発研究
Sub Title	Research and development on Platform of Science and Engineering for Human Support based on Real-World Haptics
Author	大西, 公平(Onishi, Kohei) 森川, 康英(Morikawa, Yasuhide) 小澤, 壮治(Ozawa, Soji) 大石, 潔(Oishi, Kiyoshi) 内村, 裕(Uchimura, Yutaka) 辻, 俊明(Tsuji, Toshiaki) 下島, 直樹(Shimojima, Naoki) 熱田, 幸司(Atsuta, Koji) 桂, 誠一郎(Katsura, Seiichiro)
Publisher	
Publication year	2013
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2012. )
JaLC DOI	
Abstract	本研究では有機的な医工連携研究を通じて「実世界ハプティクス技術」を発展させ、人間個人の身体性に基づくスキルの抽出や転写、身体機能の延伸拡張が実現可能な「人間支援理工学基盤技術」を構築した。さらに、構築した基盤技術を学術的に体系化すると共に、人間の知覚に基づく身体支援を実現する科学的方法論を外科手術へと援用しその有用性を実証した。
Notes	研究種目：基盤研究(S) 研究期間：平成20年度～平成24年度 課題番号：20226007 研究分野：工学 科研費の分科・細目：電気電子工学 電力工学・電力変換・電気機器
Genre	Research Paper
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_20226007seika">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_20226007seika</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

# 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年4月1日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：平成20年度～平成24年度

課題番号：20226007

研究課題名（和文） 実世界ハプティクスに基づく人間支援理工学基盤技術の開発研究

研究課題名（英文） Research and Development on Platform of Science and Engineering for Human Support Based on Real-World Haptics

研究代表者

大西 公平（OHNISHI KOUHEI）

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：80137984

研究成果の概要（和文）：本研究では有機的な医工連携研究を通じて「実世界ハプティクス技術」を発展させ、人間個人の身体性に基づくスキルの抽出や転写、身体機能の延伸拡張が実現可能な「人間支援理工学基盤技術」を構築した。さらに、構築した基盤技術を学術的に体系化すると共に、人間の知覚に基づく身体支援を実現する科学的方法論を外科手術へと援用しその有用性を実証した。

研究成果の概要（英文）：By propelling collaborative research between medicine and engineering, “Platform of Science and Engineering for Human Support” was created on the basis of “Real-World Haptics”. The research realized extraction, reproduction of individual skill, and enhancement of physical function. Furthermore, human support technologies on the platform were systematized into scientific methodology and its validity was established through supporting tasks in surgical operation.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
平成20年度	23,900,000	7,170,000	31,070,000
平成21年度	21,600,000	6,480,000	28,080,000
平成22年度	25,600,000	7,680,000	33,280,000
平成23年度	29,600,000	8,880,000	38,480,000
平成24年度	13,600,000	4,080,000	17,680,000
総 計	114,300,000	34,290,000	148,590,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学 電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：ハプティクス、モーションコントロール、人間支援

### 1. 研究開始当初の背景

我々人類が少子高齢化等の予想される次世代社会において真の豊かさを得る為には、人間個々人の身体性に基づく物理的支援が必要不可欠である。しかし、大量生産を目的とし、共通な物理モデルを用いた一元的価値評価に基づくこれまでの科学技術では、個人に対応した支援を行うことは極めて困難である。そのため、人間の「知覚」、「行為」に基づいた人間支援を実現する革新的な科学

技術の創出が急務とされている。

### 2. 研究の目的

本研究課題の目的は、人間個々人に適した日常生活支援やスキルの抽出・転写および身体機能の延伸拡張などを可能にする人間支援理工学基盤技術の構築である。緊密かつ有機的な医工連携を通じて本基盤技術の構築を推進すると共に、医学・工学の両観点から学術的体系化に取り組む。これにより人間本

来の感覚に即した、知覚ベース、アクションベースによる身体支援実現のため、理工学的方法論の確立を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、上述の目的を達成するため、「人間支援理工学研究グループ」、「複合知覚情報研究グループ」、「身体性データベース研究グループ」の3グループ体制を敷き、各グループの専門性を活かした相互連携により研究を推進した。「人間支援理工学研究グループ」は、理工学系研究者によって構成され、多自由度触覚情報結合の変換理論や人間の行為の機能分解に関する理工学的方法論の確立に取り組んだ。「複合知覚情報研究グループ」は、理工学系研究者からなり、実時間マルチラテラルハプティクス制御理論と複合知覚情報同期理論の確立に取り組んだ。「身体性データベース研究グループ」は、医学系研究者で構成され、環境情報と身体行為を保存・再現するための身体性辞書（データベース）構築とその索引・抽出原理の確立に取り組んだ。上記3グループは各々の研究計画を進めるとともに、多自由度ハプティックシステムの試作や研究成果の実装・評価・検証を共同で行った。また、グループメンバーおよび外部の大学や企業の専門家を交えた研究開発ミーティングを年4回以上開催したほか、グループ間連携会議や研究推進会議を実施した。これにより多方面の専門家からの評価や助言を受け研究を遂行した。

### 4. 研究成果

本研究は当初の計画以上に進展し、研究目的を前倒して達成した。研究の進展に伴い、実世界ハプティクスを一般化した新しい原理を発見した。これにより、研究内容を身体機能の理解という、より複雑な課題へと展開するに至った。研究成果については、数多くの原著論文、国際会議招待講演、国際会議発表および、364 ページに及ぶ英語の専門書“Motion Control Systems” (2011, John Wiley 社)などにより世界に公開し、さらに新聞記事やマスメディア発表を通じて、独創的で学術的にも価値の高い成果を広く国民に発信した。

#### (1) 運動学を考慮した多自由度バイラテラルシステムにおける触覚情報結合の変換理論の確立

様々な多自由度ハプティックシステム間における鮮明な触覚伝達実現のため、複雑な運動学計算と触覚伝達比設計を同時に実現する触覚情報の結合変換理論を確立した。また、ハプティックシステムにより人間の複雑なタスク動作を再現する統一的なモード変

換手法を提案した。タスクを写像空間で記述することでメカニズムの動特性と完全に分離でき、見通しの良いタスクの解析・設計が可能になった。さらに、すべてのモーションコントロールが理想位置（速度）制御と理想力制御、及びこの二つを機能空間に写像する一般化座標変換の三つで表現できるという基本構造を明らかにした。これらの成果を、異構造システム間でのバイラテラル制御、スケールリング、位置制限などの高機能性を有したハプティクス実験により実証した。

#### (2) 実時間マルチラテラルシステムの確立とその実装

1対1の結合により実現されるバイラテラル制御を1対Nに拡張し、実時間マルチラテラル制御（複数ハプティック実時間統合システム）の理論を確立した。また、複数台ロボット間におけるコンセンサス制御の観点、および、ロボット間の結合状態を表現するグラフ理論の観点からマルチラテラル制御の性能評価を行った。さらに、通信遅延下におけるマルチラテラル制御の解析と評価を行った。

#### (3) 実世界複合環境情報の記録と身体機能への還元

時間的環境情報（形状情報）と空間的環境情報（動特性情報）との複合環境情報記録を確立。さらに、空間的環境情報に対して離散フーリエ変換を施すことで空間的周波数情報に変換し、環境情報をモード成分として抽出しマッピングする手法を確立した。これにより、機械による人間支援システムの基礎理論が確立され、高度な未知環境認識、環境スキル抽出や人間の行為のロボット転写への道が拓けた。

#### (4) 個人の身体性データベースの構築と癖やスキルの抽出およびその索引化

環境情報と人間行為の運動情報を取得することで、非構造外部環境に対する人間の身体性データベースを構築し、動作やスキルを検索・抽出するアルゴリズムを確立した。環境情報の高精度な抽出・記録手法に基づき、データから動作を最尤推定する手法、その固有値の全成分にわたって記録する手法、データベース構築のための情報量削減手法、及び動作を主成分で分析して固有値に基づいて抽出する手法などの有用なアルゴリズムを開発した。これらの成果を異構造バイラテラル制御の設計に応用したほか、口腔外科支援における in-Vitro 実験により実証した。

#### (5) 実世界ハプティクスによる身体機能のロボットへの転写

身体性データベースをハプティックデバ

イスや鉗子ロボットなど幾つかの機械に転写し、それを参照することで機能再現を可能にした。道具座標系から道具を介しない人間の身体座標系における直接動作の基本原則を確立しハプティックデバイスでの検証をおこなった。ハプティックデバイスを用いた2自由度実験において把持と直動動作の分離抽出に成功するとともに、鉗子ロボットに転写することで、人間の操作なしで、人間のよう擬似生体組織を把持し、引っ張る予備実験に成功した。人間の手の動作に関するハプティック情報を取得するため6自由度の腱駆動単指バイラテラルシステムを構築し、複雑なタスク動作の再現が可能であることを示した。また、フレキシブルアクチュエータを用いた二関節筋機構を備えた2リンクマニピュレータを開発し、ハプティクス技術を生体機構に応用することに成功した。検証実験により、リニアモータ2台を用いて二関節筋の機能が実現可能なことを示した。

#### (6) 視覚情報、聴覚情報とハプティクスの多元的複合化

人間の五感をデジタル統合することで、より鮮明で迫力のある統合感覚が得られるが、それらの統合には周期や分解能の異なる複数の信号のクロスオーバー技術が必要である。視覚同期通信の課題であったネットワーク上での視覚・触覚データの干渉を帯域調整により相当程度低減した。また、ハプティクス技術により得られる触覚信号とカメラにより得られる視覚信号を統合することで遠隔地への触覚伝達と変動環境への同期を両立することに成功し、動的に変化する環境に対して半自律的に対応した動作を行うことが可能になった。一方、不安定化の要因となる通信遅延に関しても、通信遅延モデルを必要としない遅延補償器である通信外乱オブザーバを実装することで、触覚の知覚帯域を最大で10倍程度拡張させた。

#### (7) ハプティクスに基づく人間支援のための基盤技術構築

上記の全ての成果を取り入れたデジタル統合基盤技術を手と上腕の動作を実現する16自由度32軸ハプティックデバイスに実装し、知覚ベース、アクションベースでの人間支援理工学設計論を実証し、実世界ハプティクスによる身体的な人間支援が実現可能であることを証明した。製作したハプティックデバイスを用いて、in-vivoおよびin-vitro実験を行った。その結果、空間分解能0.1μm、力分解能0.01N、時間分解能100kHz以上の性能を得ることに成功し、200Hz以上の世界最高の触覚伝送帯域特性を力検出器なしで実現した。さらに、ハプティクス技術の応用技術としてインプラント手術用歯科

ドリルを開発し、豚の顎骨を用いた実験を行った。これにより、ハプティクス技術を用いた環境情報取得技術が実際の生体においても十分な効果を発揮することを示した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文(査読有)〕(計39件)

[1] Sho Sakaino, Sato Tomoya, Kouhei Ohnishi, A Novel Motion Equation for General Task Description and Analysis of Mobile-Hapto, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 60, No. 7, pp. 2673-2680, 2013.

DOI: 10.1109/TIE.2012.2196009

[2] Dapeng Tian, Daisuke Yashiro, Kouhei Ohnishi, Improving Transparency of Bilateral Control System by Sliding Mode Assist Disturbance Observer, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 8, No. 3, pp. 177-190, 2013.

DOI: 10.1002/tee.21851

[3] Takahiro Nozaki, Takahiro Mizoguchi, Yuki Saito, Tomohiro Nakano, Kouhei Ohnishi, Bilateral Control Method Based on Transformation Matrix Relating Motion Features and Tool Coordinates, IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 2, No. 1, pp. 67-73, 2013.

DOI: 10.1541/ieejia.2.67

[4] Takahiro Nozaki, Takahiro Mizoguchi, Kouhei Ohnishi, Real-World Haptics for Motion Realization, IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 2, No. 1, pp. 1-6, 2013.

DOI: 10.1541/ieejia.2.1

[5] 兪浩洋、齊藤佑貴、笠原佑介、河奈裕正、臼田慎、大西公平、ロボット切削システムのための骨密度分類法、電気学会論文誌産業応用部門誌, Vol. 133-D, No. 3, pp. 328-334, 2013.

DOI: 10.1541/ieejias.133.328

[6] 水落麻里子、大西公平、バイラテラル遠隔操作における伝送データ適正化手法、電気学会論文誌産業応用部門誌, Vol. 133-D, No. 3, pp. 314-319, 2013.

DOI: 10.1541/ieejias.133.314

[7] 眞本慶太、谷田和貴、野崎貴裕、大西公平、腱駆動型球体関節機構による力覚伝達、電気学会論文誌産業応用部門誌, Vol. 133-D, No. 3, pp. 307-313, 2013.

DOI: 10.1541/ieejias.133.307

[8] Atsushi Suzuki, Kouhei Ohnishi, Frequency-Domain Damping Design for Time-Delayed Bilateral Teleoperation System Based on Modal Space Analysis, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 60, No. 1, pp. 177-190, 2013.

DOI: 10.1109/TIE.2012.2183832

- [9] Dapeng Tian, Daisuke Yashiro, Kouhei Ohnishi, New Nonlinear Tracking Differential-estimators: Theory and Practice, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol. 8, No. 12, pp. 8257-8271, 2012.
- [10] 野崎貴裕、溝口貴弘、鈴木祐介、矢代大祐、大西公平、マスタ・スレーブ同機構型ロボットハンドを用いた触覚情報に基づく人間の複合動作認識、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 132-D、No. 9, pp. 858-864, 2012. DOI: 10.1541/ieejias.132.858
- [11] Dapeng Tian, Daisuke Yashiro, Kouhei Ohnishi, Wireless Haptic Communication Under Varying Delay by Switching-Channel Bilateral Control With Energy Monitor, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 17, No. 3, pp. 488-498, 2012. DOI: 10.1109/TMECH.2012.2187459
- [12] Yusuke Kasahara, Hiromasa Kawana, Shin Usuda, and Kouhei Ohnishi, Telerobotic-assisted Bone-drilling System Using Bilateral Control with Feed Operation Scaling and Cutting Force Scaling, The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, Vol. 8, No. 2, pp. 221-229, 2012. DOI: 10.1002/rcs.457
- [13] 斉藤佑貴、元岡渉、野崎貴裕、矢代大祐、大西公平、フレキシブルアクチュエータを用いた二関節筋機構を備えた2リンクマニピュレータの開発、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 132-D、No. 3, pp. 397-403, 2012. DOI: 10.1541/ieejias.132.397
- [14] 中島悠、野崎貴裕、小山田雄仁、大西公平、視覚情報を用いた物体座標系におけるバイラテラル制御、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 132-D、No. 3, pp. 374-380, 2012. DOI: 10.1541/ieejias.132.374
- [15] Sho Sakaino, Tomoya Sato, Kouhei Ohnishi, Multi-DOF Micro-Macro Bilateral Controller Using Oblique Coordinate Control, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 7, No. 3, pp. 446-454, 2011. DOI: 10.1109/TII.2011.2158837
- [16] Hiroaki Kuwahara, Tomoyuki Shimono, Hiroyuki Tanaka, Daisuke Yashiro, and Kouhei Ohnishi, Abstraction of Action Components Unconstrained by Alignment of Haptic Sensing Points, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 58, No. 8, pp. 3196-3204, 2011. DOI: 10.1109/TIE.2011.2126530
- [17] Sho Sakaino, Tomoya Sato, and Kouhei Ohnishi, Precise Position/Force Hybrid Control With Modal Mass Decoupling and Bilateral Communication Between Different Structures, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 7, No. 2, pp. 266-276, 2011. DOI: 10.1109/TII.2011.2121077
- [18] 鈴木敦、大西公平、通信外乱オブザーバを用いた通信遅延下におけるバイラテラル遠隔操作の適応的性能調整法、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 131-D、No. 3, pp. 244-251, 2011. DOI: 10.1541/ieejias.131.244
- [19] 笠原佑介、大西公平、永瀬一貴、桂誠一郎、動作アセンブリシステムによる触覚データベースのための動作情報量の削減法、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 130-D、No. 9, pp. 1043-1050, 2010. DOI: 10.1541/ieejias.130.1043
- [20] 田中裕之、大西公平、離散コサイン変換を用いた力覚情報の非可逆圧縮、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 130-D、No. 8, pp. 945-952, 2010. DOI: 10.1541/ieejias.130.945
- [21] 鈴木祐介、桑原央明、佐藤正堯、見上慧、大西公平、フレキシブルアクチュエータを用いたマスタ・スレーブ同機構型ロボットハンドによる力覚伝達、精密工学会誌、Vol. 76, No. 8, pp. 938-944, 2010. DOI: 10.2493/jjspe.76.938
- [22] 笠原佑介、下野誠通、桑原央明、佐藤正堯、大西公平、モード仕事率に基づく動作認識の一手法、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 130-D、No. 4, pp. 477-484, 2010. DOI: 10.1541/ieejias.130.477
- [23] Kenji Natori, Toshiaki Tsuji, Kouhei Ohnishi, Ales Hace, Karel Jezernik, Time-Delay Compensation by Communication Disturbance Observer for Bilateral Teleoperation Under Time-Varying Delay, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 57, No. 3, pp. 1050-1062, 2010. DOI: 10.1109/TIE.2009.2028337
- [24] 境野翔、佐藤智矢、大西公平、斜交座標制御を用いた高度なハイブリッド制御の実現、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 130-D、No. 3, pp. 300-306, 2010. DOI: 10.1541/ieejias.130.300
- [25] 鈴木敦、大西公平、通信遅延下におけるモード空間の性能解析に基づいた速度差減衰によるバイラテラル遠隔操作の安定性向上手法、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 130-D、No. 2, pp. 243-250, 2010. DOI: 10.1541/ieejias.130.243
- [26] 山口朗、名取賢二、大西公平、一定通信遅延下におけるマルチラテラル制御系の操作性、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 129-D、No. 8, pp. 802-810, 2009. DOI: 10.1541/ieejias.129.802
- [27] 須佐繁、名取賢二、大西公平、大きさの異なるマスタ・スレーブのバイラテラル制御、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 129-D、No. 7, pp. 682-690, 2009. DOI: 10.1541/ieejias.129.682

[28] 矢代大祐、名取賢二、大西公平、変動通信遅延を伴うL2安定なバイラテラル制御系、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 129-D、No. 7、pp. 674-681、2009.  
DOI: 10.1541/ieejias.129.674

[29] 桑原央明、須佐繁、兵頭翔洋、大西公平、操作対象の周辺環境を考慮したバイラテラル制御系の一構成法、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 129-D、No. 6、pp. 649-657、2009.  
DOI: 10.1541/ieejias.129.649

[30] 武井貴義、下野誠通、大西公平、バイラテラル制御による環境剛性の動的推定法、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 129-D、No. 6、pp. 601-607、2009.  
DOI: 10.1541/ieejias.129.601

[31] 矢代大祐、名取賢二、大西公平、ネットワークを介したバイラテラル遠隔操作のための視触覚同期化手法、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 129-D、No. 6、pp. 585-592、2009.  
DOI: 10.1541/ieejias.129.585

[32] 田口圭一、大西公平、接触環境情報に基づく自律的制御を用いたバイラテラル遠隔操作手法、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 129-D、No. 6、pp. 548-554、2009.  
DOI: 10.1541/ieejias.129.548

[33] Ryogo Kubo, Kouhei Ohnishi, Mechanical Recognition of Unknown Environment Using Active/Passive Contact Motion, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 5, No. 5, pp. 1364-1374, 2009.  
DOI: 10.1109/TIE.2008.2006936

[34] Hiroyuki Tanaka, Kouhei Ohnishi, Hiroaki Nishi, Toshikazu Kawai, Yasuhide Morikawa, Soji Ozawa, and Toshiharu Furukawa, Implementation of Bilateral Control System Based on Acceleration Control Using FPGA for Multi-DOF Haptic Endoscopic Surgery Robot, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 56, No. 3, pp. 618-627, 2009.  
DOI: 10.1109/TIE.2008.2005710

[35] Tomoyuki Shimono, Seiichiro Katsura, Kouhei Ohnishi, Haptic Motion Control for Physical Human Support, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 4, No. 2, pp. 166-175, 2009.  
DOI: 10.1002/tee.20394

[36] Kouhei Ohnishi, Tomoyuki Shimono, and Kenji Natori, Haptics for Medical Applications, Journal of Artificial Life and Robotics, Vol. 13, No. 2, pp. 383-389, 2009.  
DOI: 10.1007/s10015-008-0624-3

[37] 須佐繁、下野誠通、大西公平、制御ゲインスケールリングを考慮したマイクロマクロバイラテラル制御、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 129-D、No. 2、pp. 150-157、2009.

DOI: 10.1541/ieejias.129.150

[38] 兵頭翔洋、大西公平、作用力の方向性に基づいたハプティック動作の抽出および提示の一手法、電気学会論文誌産業応用部門誌、Vol. 129-D、No. 1、pp. 59-66、2009.  
DOI: 10.1541/ieejias.129.59

[39] Kenji Natori, Roberto Oboe, and Kouhei Ohnishi, Stability Analysis and Practical Design Procedure of Time Delayed Control Systems With Communication Disturbance Observer, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 4, No. 3, pp. 185-197, 2008.  
DOI: 10.1109/TII.2008.2002705

〔学会発表〕(計 16 件)

[1] 大西公平: "触覚を伝える手術支援ロボットの開発", 第5回日本ロボット外科学会学術集会, 名古屋国際会議場, 2013年1月19日. <市民公開シンポジウム>

[2] Kouhei Ohnishi: "Real-world Haptics for Future Society," The 2nd International Symposium for Sustainability by Engineering at MIU, Mie, Japan, November 1-2, 2012. <Invited Session>

[3] Kouhei Ohnishi: "Real World Haptics as a Basis of Motion Control," The 5th International Conference on Human System Interaction, HSI 2012, Australia, June 6-8, 2012. <Keynote Speech>

[4] Kouhei Ohnishi: "Real-World Haptics," The 21st IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2012, China, May 28-31, 2012. <Plenary speech>

[5] Kouhei Ohnishi: "Force Transmission and Haptic Forceps," The 13th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM 2012, Romania, May 24-26, 2012. <Plenary Session>

[6] Kouhei Ohnishi: "Real World Haptics -A Door to New Multimedia-," The 17th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, RTCSA 2011, Toyama, Japan, August 28-31, 2011. <Keynote Speech>

[7] Kouhei Ohnishi et al.: "Haptic Forceps for Surgical Robot," IEEE-World Haptics Conference 2011, Turkey, June 21-24, 2011. <Invited Talk>

[8] Kouhei Ohnishi: "Robotic Surgery Based on Real World Haptics," IEEE International Conference on Mechatronics, Turkey, April 13-15, 2011. <Keynote Speech>

[9] Kouhei Ohnishi et al.: "Real World Haptics Applied to Forceps for Robot Surgery," 5th International Conference on Information and Automation for Sustainability, ICIAFs, SriLanka, December 17-19, 2010. <Keynote Speech>

- [10] Kouhei Ohnishi: "Haptic Forceps for Computer Assisted Surgery," 8th France-Japan/6th Europe-Asia Congress on Mechatronics, MECHATRONICS 2010, Yokohama, Japan, November 22-24, 2010. <Plenary Session>
- [11] Kouhei Ohnishi: "A Consideration for Push-pull Motion," International Symposium on application of Biomechanical Control Systems to Precision Engineering, ISAB 2010, Fukushima, Japan, July 22-24, 2010. <Plenary Session>
- [12] Kouhei Ohnishi: "Real World Haptics and Telehaptics for Medical Applications," IEEE International Symposium on Industrial Electronics, ISIE 2010, Italy, July 4-7, 2010. <Keynote Speech>
- [13] Kouhei Ohnishi: "Real World Haptics and Telehaptics," Symposium on Dynamics Modeling and Interaction Control in Virtual and Real Environments, IUTAM, Hungary, June 7-11, 2010. <Keynote Speech>
- [14] Kouhei Ohnishi: "Haptics for Medical Welfare," IEEE International Conference on Industrial Technology, ICIT 2009, Australia, February 10-13, 2009. <Keynote Speech>
- [15] Kouhei Ohnishi: "Telehaptics," International Conference on Instrumentation, Control and Information Technology, SICE Annual Conference 2008, Tokyo, Japan, August 20-22, 2008. <Invited Speech>
- [16] Kouhei Ohnishi: "Transmitting Real Force Sensation," 1st International Conference on Human System Interaction, HSI 2009, Poland, May 25-27, 2008. <Invited Talk>

〔図書〕(計1件)

- [1] Asif Sabanovic and Kouhei Ohnishi, John Wiley Co. "Motion Control Systems", 2011, 364pages

〔産業財産権〕

取得状況(計2件)

名称: Position/Force Control Device  
 発明者: Kouhei Ohnishi et al.  
 権利者: Keio University  
 種類: Patent  
 番号: No:US7672741 B2  
 出願年月日: March 2, 2010  
 国内外の別: United States

名称: 位置・力制御装置  
 発明者: 大西公平 他  
 権利者: 学校法人慶應義塾  
 種類: 特許  
 番号: 特許第 4696307 号  
 出願年月日: 平成 23 年 3 月 11 日  
 国内外の別: 国内

〔その他〕

- [1] 大西公平 他: "平成 24 年度日本学術会議会長賞", 産学官連携推進会議, 2012 年  
 [2] 大西公平 他: "平成 23 年度産業応用部門論文賞", 一般社団法人電気学会, 2011 年  
 [3] Kouhei Ohnishi et al.: "The Best Paper Award", the 4th Conference on Human System Interaction 2011, 2011.  
 [4] 大西公平: "平成 20 年度業績賞", 一般社団法人電気学会, 2008 年

6. 研究組織

(1)研究代表者

大西 公平 (OHNISHI KOUHEI)  
 慶應義塾大学・理工学部・教授  
 研究者番号: 8 0 1 3 7 9 8 4

(2)研究分担者

森川 康英 (MORIKAWA YASUhide)  
 慶應義塾大学・医学部・講師  
 研究者番号: 9 0 1 2 4 9 5 8  
 小澤 壯治 (OZAWA SOUJI)  
 東海大学・医学部・教授  
 研究者番号: 1 0 1 6 9 2 8 7  
 大石 潔 (OHISHI KIYOSHI)  
 長岡技術科学大学・工学部・教授  
 研究者番号: 4 0 1 8 5 1 8 7

(3)連携研究者

内村 裕 (YUTAKA UCHIMURA)  
 芝浦工業大学・工学部・教授  
 研究者番号: 0 0 4 1 6 7 1 0  
 辻 俊明 (TOSHIAKI TSUJI)  
 埼玉大学・工学部・准教授  
 研究者番号: 6 0 4 3 4 0 3 1  
 下島 直樹 (NAOKI SHIMOJIMA)  
 東京都立小児総合医療センター・外科・医員  
 研究者番号: 3 0 3 1 7 1 5 1  
 熱田 幸司 (KOJI ATSUTA)  
 日本赤十字社静岡赤十字病院・外科・医師  
 研究者番号: 9 0 4 4 9 4 6 3  
 桂 誠一郎 (SEIICHIRO KATSURA)  
 慶應義塾大学・理工学部・准教授  
 研究者番号: 0 0 4 0 1 7 7 9