

機関番号：12612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：平成 21 年度～平成 22 年度

課題番号：21760186

研究課題名(和文) ヒトと機械の融合を支える相互適応型・運動機能再建システムに関する研究

研究課題名(英文) A Study on Rehabilitation System based on Mutual-adaptation among Human and Machines

研究代表者

加藤 龍 (KATO RYU)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・助教

研究者番号：70516905

研究成果の概要(和文)：本研究では、ヒトと機械の融合を支える運動機能再建システムの基礎となる情報処理理論の構築と臨床応用の実施を目的とする。ヒトが適応することによって変化し不安定となる生体信号から安定的に動作意図を推定する手法と手指欠損や麻痺などによって失われた四肢の運動機能を代替する装着型の運動補助装置を提案し、それらを組み合わせた運動機能再建システムの有用性をパフォーマンス評価及び脳機能解析から明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, we proposed a new rehabilitation system based on mutual adaptation among human and machines and its realization. This system consists of two components: 1) High-stability motion-discrimination method using unstable bio-signal caused by human-adaptation and 2) Wearable motor assistive device for a person suffering from upper limb amputation and paralysis. As achievements of this research, high effectiveness of proposed system is established by performance evaluation and brain activity analysis.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：人・機械系、運動機能再建、筋電義手、パワーアシスト装置、表面電気刺激

1. 研究開始当初の背景

肢体不自由者の運動機能を再建するための基盤技術としての非侵襲型 Brain Machine Interface(BMI)研究は、今後より高い性能を実現することが求められる。

しかし、非侵襲計測された生体信号から動作意図の推定し、運動補助装置を制御する際、ヒトが装置に適応することで脳が変化(可塑性)し、信号が不安定になり、動作意図の推定が難しくなるといった問題が考えられる。また、人工触覚といった新たなバイオフィードバックが脳活動の変化を引き起こす要因となるのは先行研究から明らかであり、ヒトの適応に対して BMI における入出力の両方を考慮する必要がある。

ゆえに、新しい非侵襲 BMI として、非侵襲で計測される脳活動情報を有する生体信号から脳の可塑性を分析し、それに基づきヒトの適応に合致させる個性適応型情報処理とそのための基盤技術の構築が必須である。

2. 研究の目的

本研究では、ヒトと機械の融合を支える運動機能再建システムの実現を目的とし、非侵襲生体信号を用いた脳の可塑性のモデル化及びそれを考慮した個性適応型情報処理の開発を行う。また、本研究で機能再建の対象とする運動機能は、上肢機能(前腕・上腕切断者)及び下肢機能(下肢麻痺者)とする。さらに、本研究で対象とする脳活動情報を含む非侵

襲生体信号は、大域的に脳活動を計測できることを前提とし、筋電位、脳波、脳血中酸素量変化とする。

3. 研究の方法

非侵襲型 BMI を用いた運動機能再建システムの不安定性は下記の要因に起因する。

- 1) ヒトの随意運動系(錐体路)：適応に基づく脳の可塑性が計測信号の不安定を生む。
- 2) 感覚系・筋活動系：神経系の損傷によって引き起こされる知覚不全が神経信号に不安定性を生じさせる。
- 3) ヒトの不随意運動系(錐体外路)：神経系の損傷は神経の再組織化による反射系の変性などの不随意運動回路を発生させ、それにより神経信号に不安定性が生じる。

本研究において取り組むべき中心課題は1)に起因する問題である。また身障者の運動感覚機能の欠損状態によって2)3)の問題は人間と機械の融合を阻む原因となる。

そこで本研究では、ヒトの随意運動系における問題解決を個性適応型情報処理とそれらを支える基盤技術の構築の2つの視点から進め、これら技術を応用することで2)3)の問題解決を図る。

(1) ヒトの適応に基づく脳の可塑性への対応

ヒトの適応に基づく脳の可塑性を分析・モデル化し、これに基づく個性適応型情報処理(動作意図の推定法)の構築を行う必要がある。これら問題解決のために、本研究では下記に示す2段階で研究を進める。

① 非侵襲計測・脳機能解析のための基盤技術の構築

まず、非侵襲生体信号計測が可能な多チャンネル計測システムを開発する。次に、運動機能再建システムの使用時の生体信号を計測し、適応過程解析し、使用する生体信号の選定を行う。また、多チャンネルの機能的電気刺激装置及びヒトの手を模した触覚フィードバックの機能を有する5指型義手・手指リハビリ装置を開発し、非侵襲 BMI における刺激入力がある脳の可塑性にどのように影響するかを脳機能解析に基づいて明らかにする。

② 脳の可塑性のモデル化と非侵襲 BMI のための個性適応型情報処理法の開発

動作意図と信号特徴を対応付けた訓練データを大脳の局在とアナロジーをとり、可塑性を訓練データの変化として表現した可塑性モデルを構築する。その上で、パターン識別に用いる識別関数を生成する訓練データを信号特徴の変化に基づいて修正し、逐次更新する動作意図推定手法を構築する。

(2) 感覚系・筋活動系の不良及び不随意運動系発生への対応

感覚系・筋活動系の不良に対して、(1)で開発した刺激装置を適用し、機能的刺激により類似した信号を生成し、適切な部位へフィ

ードバックさせることで、擬似的な感覚入力・運動入力を再生し、外部機器や環境の状態をフィードバックする方法論の構築を行う。また、不随運動回路への対応に対して、不随運動系をも残存機能の一つとみなし、機能的刺激装置によりこれら反射系を探索し新たな運動自由度として利用可能となる方法論を構築する。

(3) 情報処理装置のモバイル化と臨床応用

① 個性適応型情報処理装置の高性能小型マイコンによるモバイル化と無線化を行う。

② 医学系研究室との連携の下、被験者 10 名において臨床試験を行い、日常生活で使用するシステム(筋電義手や片麻痺者のための機能的電気刺激による歩行補助)開発を行う。

4. 研究成果

本研究で得られた成果は以下の5点である。なお、22年度において北大医学部と連携して脳機能評価のためのMRI計測を実施予定であったが、共同利用のMRI装置の利用可能日、操作する技師及び被験者とのスケジュールが合わず、一部の臨床評価や運動補助装置の開発が遅れが生じた。そのため、やむを得ず23年度へ研究予算を繰越し、繰越承認を得た上で、遅延分の研究について実施した。

(1) 32ch 生体信号計測システムの実現

筋電、脳波、脳血中酸素量などを同時計測可能な32ch信号計測装置の開発を実施した。筋電計測は独自にアンプを製作し、脳波、脳血中酸素量の計測では、市販の計測器(日本光電・島津製作所)を用いた。その結果、運動機能再建システム使用時の生体信号の同時計測が可能となった。

(2) 脳の可塑性のモデル化と非侵襲 BMI のための個性適応型情報処理法の実現

脳の可塑性がもたらす変化のある動作における筋電特徴の変化として対応付けを試みた。その上で、動作意図に対応した筋電特徴を訓練データとしパターン識別に用いる識別関数を構成する。その際、同じ動作であっても脳の変化に伴い変化する筋電特徴に類似した訓練データを自動削除し、また、変化によって識別境界付近に存在する不安定な識別結果を生むような筋電特徴を、動作が単純反応時間以下では切り替えられないという連続性から、そのような筋電特徴を新しい訓練データとして自動追加しながら、逐次的に識別関数パラメータを変化させる新しい動作推定手法を構築した。その結果、従来法に比べ、10時間以上長く安定して動作を推定することが可能となった。

(3) 機能再建を実現する運動補助装置の開発

肢体不自由者の運動機能を再建する運動補助装置は、ヒトに装着可能な重量で欠損したヒトの運動機能に近い機能を実現しなければならない。そこで本研究では、目的と異

なる3種の運動補助装置の開発を実施した。

① 触覚フィードバックを有する5指型義手
欠損した上肢機能を代替するワイヤ駆動タイプの5指型義手を開発した。欠損部位に応じて、前腕義手(手指+手首)、上腕義手(前腕義手+肘)、肩義手(上腕義手+肩)の3種類を製作し、また、前腕義手に関しては、年齢に合わせて、乳児・幼児・小児といった小型義手の開発も実施した。手指に関しては、日常生活での使用を想定し、過大な外力がかかっても指が脱臼することで破損を防ぐ「すべり軸受を用いた脱臼・自動復元機能を有する指関節」を実現した。これは、指節をつなぐ関節として、すべり軸受を採用し、指節は弾性ワイヤで連結する。これにより、子供用の小さな義手であっても耐故障性に優れた指が実現できる。また、手首・肘・肩関節に関しては、ワイヤ駆動による干涉駆動型関節を採用し、モータと関節とをワイヤを介して多：多の関係で接合し、モータ協調駆動させることで、少ないモータでも各関節に高出力駆動が可能となった。

さらに触覚フィードバック装置として小型表面電気刺激装置を開発し、義手の指に設置された曲げセンサの値に応じて刺激強度を変化させて体表に刺激を与えるシステムを実現した。

上記の実現により、実用的な義手としてこれまで用いられてきた手指開閉のみ義手に比べ、ヒトに近い高機能な把持が可能となった。

② 手指麻痺を改善する手指リハビリテーション装置

手指麻痺のリハビリには、患者の意図にあわせて、他動的に麻痺した指関節を駆動させることが重要である。そこで本研究では、ワイヤ駆動閉リンク機構を用いた外骨格型の手指パワーアシスト装置の開発を実施した。ワイヤ駆動閉リンク機構のリンクの開きを調整することで、指長の個人差にある程度対応可能である。これは専用設計が不要であることを意味し、急性期患者で速やかなリハビリを実施しなければならない状況下でも即座に適用可能であり、従来提案されてきた同種の装置で成し得なかった成果である。

③ 多チャンネル小型機能的電気刺激装置

機能的電気刺激を用いた麻痺リハビリは、麻痺した四肢の運動機能を回復する上で有用な手法であることは知られている。しかし、表面電気刺激であるため、筋脂肪量あるいは部位によって駆動可能なエネルギーが異なり、刺激強度や刺激波形を多様に変化させて刺激が出せる装置は医療カートのような非常に大きなサイズとなり、また、小型なものは、数種類の刺激パターンに限定される。

そこで、本研究では、キロヘルツオーダーの正負値を取る高周波な矩形交流波を低周

波な波でバースト変調した刺激波形を採用し、小型な4chの表面電気刺激装置を開発した。上記波形の採用により、身体への刺激不可が小さくなり、かつ極めて単純な波形であるため、マイコン制御を用いて小型な装置が実現できる。これにより、刺激電圧レベルが1~90V、バースト周波数1-200Hz、キャリア周波数1000-8000Hzといった多様な刺激を出力することが可能となり、筋肉の大きい大腿筋から指を駆動する小さな筋まで制御することが可能となった。

(4) マッチ箱サイズの小型情報処理装置の実現

(2)の情報処理を実装するための特殊なマイコンを協栄産業(株)と共同開発した。これは、マッチ箱サイズながら動作識別の処理を20msec以内に終了することが可能である。また、16chのAD変換ポートを持ち、多種の生体信号を同時に取り込める、また通信には、Bluetoothを用い無線化されデータロギングもPCと連動し行えるようにした。

(5) 運動機能再建システムの臨床評価

(1)~(4)で開発した運動機能再建システムの臨床評価を行うために、10名の被験者に協力の下、パフォーマンス評価及び脳機能評価を実施した。以下に運動補助装置ごとの成果を列挙する。

① 5指型義手

様々な年齢の被験者に対して、義手を用いて物体を移動させるPick and Placeタスクによりそのパフォーマンス評価を実施した。その結果、前腕義手は、従来の義手に比べ、手首の運動自由度が制御可能となったため、上肢に無理な姿勢を伴わずに把持が可能となり、パフォーマンスの向上が確認された。また、肩義手を用いた実験では、正面、左右の3方向の物体補足が80%以上の達成率で可能となり、ADLの向上が期待できる。また、子供用義手に関しては、0歳児~6歳児に対して、装着できる耐故障性に優れた義手を開発し、筋電に呼応してハンドが動き、物体の把持が可能となるまで確認できた。今後は、動作意図が明確に表現できない乳児に対して、どのように適用していくかなど検討するのが今後の課題である。

また、脳機能評価について、北大医学部の協力の下、fMRIによる義手使用時の脳活動計測を実施した。その結果、習熟に伴い、1次運動野の賦活が大きくなることや、触覚フィードバックをすることで、前頭前野の賦活が減弱し、より運動感覚野の賦活が大きくなることなどを明らかにした。

また、操作者が動かそうと思ったタイミングと実際に義手が動くまでの間には、情報処理負荷やアクチュエータの応答速度から遅延が生じる。この遅延がヒトの適応にどのように影響を与えるかを脳活動から調査を行った。その結果、遅延が200msecくらいまで

だとパフォーマンスを低下させずに、脳活動としても遅延がないものとほぼ同様な賦活状態であったが、それを超えると、前頭前野に強い賦活が見られ、違和感を生じていると考えられる。症例が少ないため、今後はより詳細に検証して必要がある。

② 手指リハビリテーション装置

開発した5指型の手指リハビリテーション装置を7名の手指麻痺患者に対して適用し、本装置が十分な駆動トルクを持って麻痺指を動かせることを明らかにした。また、重度な片手麻痺の患者に対して筋電制御を行うことが困難であったため、健側に装着したデータグローブから手指角度を計測し、それと同じ動きを患側に装着した装置に行わせるリハビリを行い、リハビリが可能であることを確かめた。今後はリハビリ効果の検証をより詳細に行う必要がある。

③ 表面電気刺激装置

福井大学医学部の協力の下、表面電気刺激装置を用いた麻痺患者の歩行改善に関する評価を実施した。急性期と慢性期の患者2名に対して、麻痺によって動かない筋肉に対して、意図するタイミングで刺激を付与した。その結果、十分な可動域で四肢を制御可能であることを明らかにした。また、通常のリハビリに比べ、麻痺の改善が早期に見られることが確認され、今後より詳細に調査することが必要である。また、電気刺激の付与の有無による脳活動の違いをPETを用いて計測を実施したところ、電気刺激を与えたリハビリはより運動感覚野の賦活が強まることを確認した。今後は、被験者数を増加させ、より詳細な解析を実施する。

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] (計 17 件)

- ① Yewguan Soo, Masao Sugi, Hiroshi Yokoi, Tamio Arai, Ryu Kato, Jun Ota, Quantitative estimation of muscle fatigue on cyclic handgrip tasks, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 査読有, Vol.42, No.1, 2012, 103-112, DOI:10.1016/j.ergon.2011.10.004
- ② 森岡昌宏, 足立悟志, 榊原伸介, 藤田真理奈, Jeffrey Too Chuan Tan, 加藤龍, 新井民夫, 生産システムにおける人間ロボット協調系の構築, *精密工学会誌*, 査読有, Vol.78, No.3, 2012, 251-258
- ③ 中村達弘, 加藤龍, 森下壮一郎, 横井浩史, 五指ハンド筋電義手のための制御システム, *日本磁気学会学会誌*, Vol.6, No.4, 206-212, 2011, 査読有
- ④ 加藤龍, 横井浩史, Brain machine interface を利用したロボット, *Journal of Clinical Rehabilitation*, 査読無, Vol.19, No.4, 2010, 308-312
- ⑤ Tamio Arai, Ryu Kato, Marina Fujita, Assessment of operator stress induced by robot collaboration in assembly, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 査読有, Vol.59, No.1, 2010, 5-8, DOI: 10.1016/S0007-8506(07)62267-7
- ⑥ Jeffrey Too Chuan Tan, Feng Duan, Ryu Kato, Tamio Arai, Safety Strategy for Human-Robot Collaboration: Design and Development in Cellular Manufacturing, *Advanced Robotics*, 査読有, Vol.24, No.5-6, 2010, 839-860, DOI: 10.1163/016918610X493633
- ⑦ Yewguan Soo, Masao Sugi, Hiroshi Yokoi, Tamio Arai, Masataka Nishino, Ryu Kato, Tatsuhiro Nakamura and Jun Ota: Estimation of handgrip force using frequency-band technique during fatiguing muscle contraction, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 査読有, Vol.20, No.5, 2010, 888-895, DOI: 10.1016/j.jelekin.2009.08.008
- ⑧ 北佳保里, 加藤龍, 横井浩史: 習熟度を考慮した自己組織的動作識別法の構築, *日本ロボット学会論文誌*, 査読有, Vol.28, No.7, 2010, 783-791
- ⑨ 横井浩史, 山村修, 小林康孝, 加藤龍, 中村達弘, 森下壮一郎, 歩行運動補助のための反射運動系の電気刺激装置開発, *BRAIN and NERVE*, 査読有, Vol.62, No.11, 2010, 1227-1238
- ⑩ Ryu Kato, Tamio Arai, Assessment of Mental Stress on Human Operators Induced by the Assembly Support in a Robot-Assisted: Cellular Manufacturing Assembly System, *International Journal of Automation Technology (IJAT)*, 査読有, Vol.3, No.5, 2009, 569-579
<http://www.fujipress.jp/finder/xslt.php?mode=present&inputfile=IJATE000300050010.xml>
- ⑪ 加藤龍, 横井浩史: 筋電義手使用による運動機能再建の評価, *日本ロボット学会論文誌*, 査読有, Vol.27, No.8, 2009, 102-108
- ⑫ Ryu Kato, Hiroshi Yokoi, Alejandro Hernandez Arieta, Wenwei Yu, Tamio Arai, Mutual adaptation among man and machine by using f-MRI analysis, *Journal of Robotics and Autonomous Systems*, 査読有, Vol.57, No.2, 2009, 161-166, DOI: 10.1016/j.robot.2008.07.005
- ⑬ Feng Duan, Jeffrey Too Chuan Tan, Ryu Kato and Tamio Arai, Operator Monitoring System for Cell Production, *Advanced Robotics*, 査読有, Vol.23, No.10, 2009, 1373-1391, DOI: 10.1163/156855309X462637
- ⑭ Jeffrey Too Chuan Tan, Feng Duan, Ryu Kato, Tamio Arai, Man-Machine Interface for Human-Robot Collaborative Cellular Manufacturing System, *International Journal of Automation Technology (IJAT)*, 査読有, 2009, Vol.3, No.6, 760-767, <http://www.fujipress.jp/finder/xslt.php?mode=present&inputfile=IJATE000300060014.xml>
- ⑮ Kahori Kita, Ryu Kato, Hiroshi Yokoi, Tamio Arai, Analysis of skill acquisition process: A case study of arm reaching task,

- Journal of Robotics and Autonomous Systems, 査読有, Vol.57, No.2, 2009, 167-171,
DOI: 10.1016/j.robot.2008.07.003
- ⑬ Hiroshi Yokoi, Kaori Kita, Tatsuhiro Nakamura, Ryu Kato, Alejandro Hernandez, Tamio Arai, Katsunori Ikoma, Tamaki Miyamoto, Hitoshi Makino, Takeya Ito, Mutually Adaptable EMG Devices for Prosthetic Hand, The International Journal of Factory Automation, Robotics and Soft Computing, 査読有, 2009.27-38
- ⑭ 上嶋健嗣, 藤井俊行, 加藤龍, 瀧田正寿, 横井浩史, 硬膜外電位計測によるラットの運動状態推定の基礎研究, 日本ロボット学会誌, 査読有, Vol.27, No.7, 2009, 30-36

[学会発表] (計 30 件)

- ① Akio Shizukai, Tatsuya Seki, Ryu Kato, Soichiro Morishita, Tatsuhiro Nakamura, Hiroshi Yokoi: Walking assistance by functional clothes with highly elastic fabric, 2011 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, Budapest(Hungary), 2011年7月4日
- ② Taketomo Hirata, Tatsuhiro Nakamura, Ryu Kato, Soichiro Morishita and Hiroshi Yokoi, Development of Mobile Controller for EMG prosthetic hand with Tactile Feedback, 2011 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, Budapest(Hungary), 2011年7月4日
- ③ 加藤龍, 中川慎也, 横井浩史: 手指リハビリテーションのための筋電制御型手指パワーアシスト装置の開発, 2011年度精密工学会秋季大会学術講演会, 金沢, 2011年9月21日
- ④ 酒井康行, 加藤龍, 横井浩史, 拘縮指の伸展姿勢を維持するための治具を用いた手指リハビリテーション支援装置の装着法, 2011年度精密工学会秋季大会学術講演会, 金沢(日本), 2011年9月21日
- ⑤ 鈴木美奈子, 森崇, 静井章朗, 加藤龍, 横井浩史, 機能的電気刺激を用いた麻痺肢の運動補助に関する研究, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 東京, 2011年9月8日
- ⑥ 加藤龍, 藤田真理奈, 新井民夫, 足立悟志, 森岡昌宏, 榎原伸介: 精神的負担の少ない人間・ロボット協調型組立作業システムの構築とその評価, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 東京, 2011年9月8日
- ⑦ 中川慎也, 關達也, 加藤龍, 横井浩史, 山村修: 手指リハビリテーション支援装置の随意制御のための表面筋電位を用いた動作意図の推定に関する研究, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 東京, 2011年9月8日
- ⑧ 佐藤圭太, 森下壮一郎, 西村幸男, 渡辺秀典, 加藤龍, 南部篤, 伊佐正, 横井浩史, 硬膜下電位からのサル捕食運動中の状態判別とロボットアーム動作決定, 第29回日本ロボット学会学術講演会, 東京, 2011年9月8日
- ⑨ 酒井康行, 加藤龍, 横井浩史, 自力簡易装着を実現する伸展運動支援機構の開発,

- 第29回日本ロボット学会学術講演会, 東京, 2011年9月8日
- ⑩ 森下 壮一郎, 佐藤 圭太, 中村 達弘, 梅田 達也, 渡辺 秀典, 加藤 龍, 伊佐 正, 横井 浩史, サルの脳神経活動パターンからの動作識別と上腕電動義手の制御に関する研究, 第12回日本電気生理運動学会, 神奈川, 2011年3月11日
- ⑪ 加藤龍, 中川 慎也, 横井 浩史, 山村 修: 筋電制御型手指パワーアシスト装置による手指リハビリテーション, 第12回日本電気生理運動学会, 神奈川, 2011年3月11日
- ⑫ Ryu Kato, Marina Fujita, Tamio Arai, Development of Advanced Cellular Manufacturing System with Human-Robot Collaboration -Assessment of Mental Strain on Human Operators Induced by the Assembly Support, 19th IEEE International Symposium in Robot and Human Interactive Communication, Viareggio(Italy), 2010年9月14日
- ⑬ Marina Fujita, Ryu Kato, Kei Watanabe, Jeffrey Too Chuan Tan and Tamio Arai, Operators' mental strain induced by information support in cell production, 19th IEEE Intl. Symposium on Assembly and Manufacturing, Viareggio(Italy), 2010年9月14日
- ⑭ Genta Kondo, Ryu Kato, Hiroshi Yokoi, Tamio Arai, Classification of Individual FingerMotions Hybridizing Electromyogram in Transient and Converged States, IEEE International Conference on Robotics and Automation, Anchorage(Alaska), 2010年5月4日
- ⑮ 佐藤圭太, 中村達弘, 森下壮一郎, 梅田達也, 渡辺秀典, 加藤龍, 伊佐正, 横井浩史, 硬膜下電位を用いたサルの捕食運動の識別, 第28回日本ロボット学会学術講演会, 名古屋, 2010年9月23日
- ⑯ 關達也, 加藤龍, 横井浩史: 五指型筋電義手のためのワイヤ干渉駆動メカニズム-多指を跨ぐ二関節筋構造の提案-, 第28回日本ロボット学会学術講演会, 名古屋, 2010年9月23日
- ⑰ 山岸大亮, 關達也, 加藤龍, 横井浩史: 日常生活を想定した五指型筋電義手の開発-五指による把持動作の違いが操作性に与える影響-, 第28回日本ロボット学会学術講演会, 名古屋, 2010年9月23日
- ⑱ 静井章朗, 森崇, 加藤龍, 森下壮一郎, 横井浩史, 高弾性生地を用いた機能性衣料による歩行補助" 第28回日本ロボット学会学術講演会, 名古屋, 2010年9月23日
- ⑲ 中川慎也, 酒井康行, 關達也, 加藤龍, 横井浩史, 手指リハビリテーションのための筋電制御型手指パワーアシスト装置の開発, 第31回バイオメカニズム学術講演会, 静岡, 2010年11月6日
- ⑳ 森崇, 關達也, 加藤龍, 森下壮一郎, 横井浩史, 表面電気刺激を用いた下肢麻痺者の歩行補助に関する研究-補助とリハビリテーションを目的とした小型刺激装置の開発-, 第31回バイオメカニズム学術講演会, 静岡, 2010年11月6日
- 21 近藤玄大, 加藤龍, 横井浩史, 新井民夫, 動作の「過渡」及び「定常」状態の筋電

- 位信号を用いたハイブリッド指動作識別, 第16回創発システム・シンポジウム, 富山, 2010年8月6日
- 22 Ryu Kato, Kei Watanabe, Tamio Arai, Evaluation of Mental Stress for Human-Robot Collaboration in Cell Production System, 3rd International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology, Kokura (Japan), 2009年11月12日
- 23 J. T. C. Tan, F. Duan, Y. Zhang, R. Kato, and T. Arai, Safety Design and Development of Human-Robot Collaboration in Cellular Manufacturing, 2009 IEEE intl. conf. on Automation Science and Engineering, Bangalore(India), 2009年8月23日
- 24 Takeshi Uejima, Kahori Kita, Toshiyuki Fujii, Ryu Kato, Masatoshi Takita, Hiroshi Yokoi, Motion Classification using Epidural Electrodes for Low-Invasive Brain-Machine Interface, 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Minneapolis(USA), 2009年9月4日
- 25 Hiroshi Yamaura, Kojiro Matsushita, Ryu Kato, Hiroshi Yokoi, Development of Hand Rehabilitation System for Paralysis Patient, 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Minneapolis(USA), 2009年9月4日
- 26 Kahori Kita, Ryu Kato, Hiroshi Yokoi: Self-Organized Clustering Approach for Motion Discrimination Using EMG Signal, 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Minneapolis(USA), 2009年9月4日
- 27 Tatsuhiro Nakamura, Kahori Kita, Ryu Kato, Kojiro Matsushita, Hiroshi Yokoi: Control Strategy for a Myoelectric Hand: Measuring Acceptable Time Delay in Human Intention Discrimination, 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Minneapolis(USA), 2009年9月4日
- 28 北佳保里, 加藤龍, 横井浩史: 習熟度を考慮した自己組織的動作識別法の構築, 第27回日本ロボット学会学術講演会(RSJ2009), 横浜, 2009年9月13日
- 29 Hyun-chul Souk, 加藤龍, 中村達弘, 北佳保里, 横井浩史, 新井民夫, Tactile-Feedback with Surface Electrical Stimulation by Phantom-sensation, 第30回バイオメカニズム学術講演会(SOBIM2009), 187-190, 札幌, 2009年11月14日
- 30 加藤龍, 上嶋健嗣, 横井浩史, 瀧田正寿: 硬膜外神経活動計測を用いた低侵襲BMIの実現可能性の検討, 生理学研究所 第3回 Motor Control 研究会, 岡崎, 2009年5月15日

[図書] (計2件)

- ① 横井浩史, 山浦博志, 岡崎達朗, 加藤龍: パワースーツ, シーエムシー出版, 身体の運動機能補助に関する研究動向調査, ヘルスケアとバイオ医療のための先端デ

バイス機器, 363-376, 2009

- ② Jeffrey Too Chuan Tan, Feng Duan, Ryu Kato and Tamio Arai, INTECH, Collaboration Planning by Task Analysis in Human-Robot Collaborative Manufacturing System, Advances in Robot Manipulators, 113-132, 2010

[産業財産権]

○出願状況 (計3件)

名称: 手指伸展運動支援装置

発明者: 酒井康行, 加藤龍, 横井浩史

権利者: 電気通信大学

種類: 特許

番号: 特願 2011-122384

出願年月日: 2011年5月31日

国内外の別: 国内

名称: 持続型筋活動を誘発する神経刺激装置

発明者: 横井浩史, 加藤龍, 中村達弘, 森下壮一郎, 山村修

権利者: 電気通信大学, 東京大学, 福井大学

種類: 特許

番号: 特願 2010-231881

出願年月日: 2010年10月14日

国内外の別: 国内

名称: ロボットハンド及びロボットシステム

発明者: 横井浩史, 加藤龍, 中村達弘

権利者: 東京大学

種類: 特許

番号: 特願 2010-119237

出願年月日: 2010年5月25日

国内外の別: 国内

[その他]

- ① 平成23年度研究成果の社会還元・普及授業 (ひらめき・ときめきサイエンス「サイボーグを作ろう~世界最先端の人と機械の融合マシン技術(電気通信大学)」※高校生対象) の実施(2011年8月5-6日)
- ② 平成24年度研究成果の社会還元・普及授業 (ひらめき・ときめきサイエンス「サイボーグを作ろう~世界最先端の人と機械の融合マシン技術(電気通信大学)」※高校生対象) を実施予定(2012年8月3-4日)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 龍(KATO RYU)

電気通信大学・大学院情報理工学研究所・助教

研究者番号: 70516905