

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300216

研究課題名(和文) 知的エージェント介在型運動機能再建手法の開発

研究課題名(英文) Development of an Agent Mediated Motor Rehabilitation Method

研究代表者

近藤 敏之 (Kondo, Toshiyuki)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：60323820

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は運動関連領域の損傷による下肢運動麻痺患者に対するBCIリハビリシステムの開発を目的とした。本研究の成果は以下の3つである。第1に、運動想起型BCIの特徴量である事象関連脱同期/同期(ERD/ERS)の発現には、運動想像に加え、運動計画が重要であることを実験的に検証した。第2に、健常者の運動学習をモデルとして用いて、麻痺患者の運動機能再建過程における自発的な運動企図と運動機能向上の関係を調査した。第3に、上記BCI型リハビリシステムによって随意的な下肢筋活動に回復が見られた患者等に対し、自発的な筋活動を入力として実世界の自由な移動を実現する下肢筋活動駆動型電動車椅子システムを開発した。

研究成果の概要(英文)：This study aimed at developing a BCI neuro-rehabilitation system for stroke patients with motor paralysis. The main results obtained in this study are the following three. First, we investigated an EEG feature for the motor imagery (MI) based BCI, i.e., event-related de-synchronization/synchronization (ERD/S), and found that the ERD/S are related to the kinematics of movements, but not to kinetics. It suggests that MI with kinetic change (e.g., fast repetition of hand grasping and opening) is crucial when we will use the MI-based BCI. Second, to be clear the effect of passive motor experience on the human motor learning, we investigated human visuomotor learning experiments using robotic manipulandum. As a result, we found that even the passive movements can contribute to change the body representation in our brain. Third, we developed an EMG-based powered wheelchair for the lower limb paralysis rehabilitation.

研究分野：知能情報学

キーワード：事象関連脱同期 運動想起 BCI 運動学習

1. 研究開始当初の背景

近年、我が国では急速な高齢化や生活習慣の変化等に伴う運動機能障害の増加が問題となっている。特に「脳卒中」は、損傷部位によって手足の麻痺など様々な障害が残るため、日常生活動作の低下をもたらす。さらにこのような運動機能の障害は、患者から自発的なコミュニケーションの手段や機会を奪うことから、「認知症」や「うつ病」などの社会的行動障害も同時に発症し、生活の質を低下させる。2006年度から施行された「障害者自立支援法」により、実質的に多くの麻痺患者が通院によるリハビリを余儀なくされており、在宅でも実施可能なリハビリ技法の開発が望まれている。

このような運動機能障害についての学術研究は主に医学分野で扱われてきたが、病因論の解明と治療にその主眼が置かれており、障害からの機能回復メカニズムについての知見は、臨床現場の経験によって培われてきた。このため、リハビリに関する学術的な研究は、その重要性に比して十分に取組みされてきたとは言えない。一方、我が国が先導的な立場にあるロボット工学の分野では、リハビリを支援するロボット技術の研究開発が進められている。ロボットを用いたリハビリは、訓練プロトコルをユーザの回復レベルに合わせて適切に制御することさえ可能となれば、今後、有望な産業分野となる可能性を秘めている。しかしながら、現状では関節稼働域訓練等の支援が主であり、経験豊かな医師や理学療法士の代替までには至っていない。

そもそもリハビリテーションは、失われた運動機能の回復を目的とした運動学習と考えることができる。近年、基礎科学における運動学習の研究分野では、仮想現実技術や脳機能イメージング手法を用いて、「身体・環境要因の統制」や「意識・注意などの脳内認知過程と運動技能の習熟過程の関係」に関する興味深い知見が数多く報告されており、臨床の現場では、このような認知神経科学的エビデンスに基づいたリハビリ技法の有用性が認められつつある。例えばイタリアでは、C.ペルフェティらが、単に身体を繰り返し動かすだけでなく、感覚器への注意を高め、運動イメージを保ちながら運動を生成することで脳内地図を書き換えることを陽に主張する認知神経リハビリテーションを世界に先駆けて実践し、その効果の高さが注目を集めている。米国でも、V.S.ラマチャンドランらによる幻肢痛に対するミラーセラピーのように、認知神経リハビリテーションの有効性は広く臨床に受け入れられており、脳卒中片麻痺からの回復にも応用されている。

2. 研究の目的

以上の背景に基づき、本研究では脳卒中罹患後の回復期にある運動麻痺患者の下肢のリハビリを、知的エージェント技術と運動学

習に関する認知心理・神経科学的知見を用いて効果的に支援する知的エージェント介在型ニューロリハビリテーション法の開発を試みる。具体的には、次に示す研究項目①～③に分けて、項目ごとに達成目標を設定する。

①運動企図推定のための脳波特徴量の随機的発現を促進する訓練法

運動を想起した際の脳の活動状態を、脳波時系列信号の特定の周波数帯域におけるパワーが有意に低下する現象である事象関連脱同期(Event-related desynchronization, ERD)によってリアルタイムに評価し、その状態をユーザに視覚フィードバックする運動想起訓練課題を開発する。本訓練課題を用いて、健常者・麻痺患者に対して、運動企図の抽出実験を行う。また、ERDの大きさが、どのような感覚呈示/運動想起によって修飾され得るのかについて調査する。

②BCIリハビリシステムの有効性検討

研究項目①によって随機的に発現することを訓練したERDに合わせて、機能的電気刺激(FES)やロボティクスによる他動的な運動により麻痺肢を駆動するシステムを開発する。運動感覚を適切なタイミングで脳にフィードバックさせることが随機的な運動機能の再建に及ぼす影響を運動学習のパラダイムを用いて調査する。

③実世界移動システムの開発

研究項目②によって、随機的な運動機能(筋収縮)に回復傾向が見られた患者を対象とし、自発的な筋活動を入力として実世界の自由な移動を実現する筋活動駆動型電動車椅子システムを開発する。

3. 研究の方法

研究項目①を達するべく、運動想起時の脳波計測・バイオフィードバックシステムを開発する。運動を想像した際の運動関連領域(一次運動野、運動前野、補足運動野)の活動状態は、自発的な神経活動の変化に伴って脳波(EEG)の特定の周波数帯域(β 波, 14~30Hz)のパワーの低下として観測される事象関連脱同期(ERD)から評価することができる。ERDの随機的な発現制御を訓練するため、ERDをリアルタイムに視覚フィードバックする訓練システムを構築する。

同システムの開発には、装着が容易でアーチファクトの混入に頑健なアクティブ電極を用いた多チャンネル脳波計(オーストラリア・g.tec社製)、計測・視覚刺激提示用PC(設備品)、A/D変換器、システム構築ソフトウェア(MATLAB)を組み合わせて用いる。健常者に対し、運動想起訓練システムによってERDの随機的発現制御の訓練が可能であるか否かについて定量的な評価試験を実施する。また、被験者に指示する運動想起の方法や、一人称視点からの運動映像の観察など感覚呈示の方法が、ERDのピーク値に及ぼす短期的・長期的な影響について実験的に調査

する。

研究項目②の BCI リハビリシステムでは、研究項目①の運動想起訓練システムにおいて確立される運動意図の抽出法に基づいて、単位時間（5 秒）ごとに ERD の検出を行い、それと同時に対応する部位に電気刺激(FES)を行うことで筋収縮を行わせ、運動感覚を脳の運動関連領域にフィードバックする。これにより随意的な運動機能（筋活動）の再建を試みる。

研究分担者の野澤は、人と人工物の相互作用系における行動履歴の情報量的分析からユーザの関心度を持続的に高く維持するようにふるまうエージェントの開発実績を応用し、被験者のリハビリへの取り組み履歴と機能回復の傾向から訓練課題を調節する知的エージェントの動作アルゴリズムを開発する。

研究項目③では、電動車椅子（ヤマハ発動機、JW-アクティブ、現有備品）をベースとした下肢筋活動駆動型実世界移動システムを開発する。表面筋電図を両下肢の前頸骨筋から取得し、ニューラルネットワークモデルによるパターン識別器により、背屈動作、底屈動作、旋回動作を判別する。両脚の識別結果と電動車椅子の車輪速度をマッピングする手法を様々検討し、リハビリ効果ならびに操作性の観点からユーザビリティ評価を行い操作システムを最適化する。従来から広く取り組まれている脳波を利用した BMI 型車椅子に関する研究の大半は、脳活動から車椅子の制御指令を直接推定する方式であるため、本質的に反応遅延や誤識別は避けられず実用性に乏しい。一方、本研究で提案する筋活動駆動型車椅子は、研究項目①及び②の訓練プロセスを経ることで、下肢の随意的な筋活動の再建をまず実現し、それを制御指令として用いることから、誤認識は大幅に削減できると考えられる。

4. 研究成果

①運動想起型 BCI による訓練条件の同定

本研究で BCI の脳波特徴量として注目する事象関連同期(ERD)について、1 人称視点からの運動観察（視覚）と機能的電気刺激による体性感覚をフィードバックとして与える条件下で ERD の発現訓練を行い、健常被験者による訓練成績の評価を行った。その結果、視覚および体性感覚のフィードバックが与えられる条件下で有意な成績の向上を確認した (BioRob2012 他)。このことから、運動想像による BCI の訓練においては身体性への意識（運動主体感や身体保持感）を強化する感覚情報の適切な提示が有効である可能性が示された。

②受動的運動経験が運動記憶と脳内身体表現に及ぼす影響

運動企図と運動学習に関する基礎研究としては、ロボットマニピュランダムを用いた

視覚運動回転変換下の上肢到達運動学習において、(1) 能動的に運動を生成する場合、

(2) 受動的に運動を経験させた場合、および、(3) 運動企図に基づき受動的に運動を経験させた場合、の 3 条件で運動学習成績を評価した。その結果、受動的な運動学習は能動的な運動学習より有意に成績が低いものの、未学習時と比べて有意に向上していること、ならびに、受動的な運動学習において運動企図の有無は学習成績に影響を及ぼさないことを確認した。このことから、(1) 受動的な運動経験でも体性感覚に関する運動技能の一部は獲得される可能性があること、また、(2) 能動的学習と受動的学習の差は、運動企図の有無ではなく、運動計画・運動制御自体にある可能性が示唆された (Front Hum Neurosci 2015)。すなわち、リハビリテーションにおいては、運動を想像するだけでなく、随意的に筋を収縮させようとする事それ自体が回復に必要であることが示唆された。

③下肢筋活動駆動型電動車椅子システムの開発

本研究では、下肢運動機能の維持・増強を目的とし、表面筋電図を信号処理、パターン識別することで電動車椅子を操作する手法について研究を行った。誤操作が少なく、安定した操作が可能で、かつリハビリ効果が期待できる車椅子操作法として、両足を交互に背屈させることで直進する両足操作法の有効性を確認した。さらに、両足操作法に母子の屈曲動作を組み合わせることで識別開始トリガとして用いることで、車椅子への移乗時の誤動作が減少した。積分筋電図 (IEMG) を比較した結果、複数の動作を識別するためには長腓骨筋の働きが重要であることが示唆された。また、4 日間に渡るトレーニングを行った結果、長腓骨筋の IEMG が増強されることが示され、それに伴って被験者の識別率の向上や周回タイムの改善が認められた (SMC 2011 他)。さらに、屈曲動作を取り入れたことで、歩行の安定性において重要な要素である足指把持力の向上も確認された。

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] (計 8 件)

- (1) Takashi Sakamoto, and Toshiyuki Kondo, Visuomotor learning by passive motor experience, *Front. Human Neurosci.*, 2015 DOI: 10.3389/fnhum.2015.00279. 査読有
- (2) Toshiyuki Kondo, Midori Saeki, Yoshikatsu Hayashi, Kosei Nakayashiki, and Yohei Takata, Effect of instructive visual stimuli on neurofeedback training for motor imagery-based brain-computer interface, *Human Movement Science*, 2014, 査読有, DOI:10.1016/j.humov.2014.08.014.

- (3) Kosei Nakayashiki, Midori Saeki, Yohei Takata, Yoshikatsu Hayashi and Toshiyuki Kondo, Modulation of event-related desynchronization during kinematic and kinetic hand movements, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2014, 11:9, DOI: 10.1186/1743-0003-11-90. 査読有
- (4) Takashi Sakamoto, Toshiyuki Kondo, Can Passive Arm Movement Affect Adaptation to Visuomotor Rotation? Proceedings of the IEEE International Conference on Development and Learning Epigenetic Robotics 2012, pp.1-6, 2012, 査読有, DOI:10.1109/DevLrn.2012.6400824
- (5) Yohei Takata, Midori Saeki, Jun Izawa, Kotaro Takeda, Yohei Otaka, Koji Ito, Toshiyuki Kondo, Analysis of Key Factors on ERD production for BCI Neuro-robotic rehabilitation, Proceedings of the Fourth IEEE RAS/EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, (BioRob2012), pp.240-245, 2012. 査読有, DOI: 10.1109/BioRob.2012.6290883
- (6) Jun Ota, Hajime Asama, Kaoru Takakusaki, Akira Murata, Toshiyuki Kondo, The Concept of Mobiligence and Its Future, Proceedings of the 2012 ICME International Conference on Complex Medical Engineering (IEEE ICME2012), pp.561-564, 2012. 査読有, DOI: 10.1109/ICME.2012.6275711
- (7) Yohei Takata, Toshiyuki Kondo, Midori Saeki, Jun Izawa, Kotaro Takeda, Yohei Otaka, Koji Ito, Analysis of Extrinsic and Intrinsic Factors Affecting Event Related Desynchronization Production, Proceedings of the 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, (EMBC2012), pp.4619-4622, 2012. 査読有, DOI: 10.1109/EMBC.2012.6346996
- (8) Yuma Sasaki, Toshiyuki Kondo, A Proposal of EMG-based Teleoperation Interface for Distance Mobility, Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (IEEE SMC 2011), pp.2904-2909, 2011, 査読有, DOI: 10.1109/ICSMC.2011.608410
- [学会発表] (計 37 件)
- (1) 近藤敏之, 北原康佑, 林 叔克, 佐伯 碧, 運動想起型 BCI のためのニューロフィードバック訓練における受動的感覚呈示の影響, 第 27 回自律分散システム・シンポジウム, pp.191-194, 東京理科大学 神楽坂キャンパス, 森戸記念館, (1/22-23, 2015)
- (2) 近藤敏之, NIRS による身体錯覚時の機能結合の解析, 第 54 回日本生体医工学学会大会, 名古屋国際会議場, (5/9, 2015)
- (3) Vu Ngoc Thanh Sang, Truong Quang Dang Khoa, Toshiyuki Kondo, Human Activity Recognition in Walking Downstairs and Upstairs Using Embedded Sensors in Smartphone, The 2015 Fourth ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC 2015), TUAT, Japan (5/23, 2015)
- (4) Quang N. Nguyen, Truong Q. D. Khoa, Toshiyuki Kondo, Linear Trends for Event-Related Desynchronization/Synchronization Quantification, The 2015 Fourth ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC 2015), TUAT, Japan (5/23, 2015)
- (5) Naoki Arizono, Toshiyuki Kondo, A development of visuo-tactile stimulator for rubber hand illusion, The 2015 Fourth ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC 2015), TUAT, Japan (5/23, 2015)
- (6) Akira Ishii, Toshiyuki Kondo, A Proposal of Posture-dependent Components Elimination Method for EMG Pattern Recognition, The 2015 Fourth ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC 2015), TUAT, Japan (5/23, 2015)
- (7) Naoki Arizono, Toshiyuki Kondo, Functional connectivity analysis of brain hemodynamics concerning embodied cognition, The SICE Annual Conference 2015, International Conference on Instrumentation, Control, Information Technology and System Integration, Hangzhou, China (7/28, 2015)
- (8) Kosuke Kitahara, Toshiyuki Kondo, The effects of foot and leg motor imageries on sensorimotor rhythms in EEG, The SICE Annual Conference 2015, International Conference on Instrumentation, Control, Information Technology and System Integration, Hangzhou, China (7/28, 2015)
- (9) 坂本貴史, 近藤敏之, 受動的な運動経験が内部モデルの獲得に及ぼす影響, 第 26 回自律分散システム・シンポジウム, 東京大学山上会館, 東京, (1/23-24, 2014)
- (10) Toshiyuki Kondo, Takashi Sakamoto, Effect of passive motor experience on adaptation of body schema, Proc. of Life Engineering Symposium 2014, pp. 434-436, Kanazawa University, Kanazawa, (9/17-19, 2014)
- (11) Ipei Kataoka, Toshiyuki Kondo, Truong Quang Dang Khoa, A myoelectric control interface compensating for electrode displacements, The 2014 Third ICT International Student Project Conference hosted by the Faculty of ICT, Mahidol University, Salaya Campus, Nakhon Pathom, Thailand (3/27, 2014)
- (12) 亀田瑞樹, 近藤敏之, ERD 検出にフリッ

- カ刺激が及ぼす影響, システム・情報部門学術講演会 (SSI2014), pp.871, 岡山大学, 岡山, (11/21-23, 2014)
- (13) 片岡一平, 近藤敏之, Truong Quang Dang Khoa, 電極の位置ずれによる EMG 変化を考慮した筋電制御, システム・情報部門学術講演会 (SSI2014), pp.872-876, 岡山大学, 岡山, (11/21-23, 2014)
- (14) 中屋敷弘晟, 近藤敏之, BCI ニューロリハビリテーションに向けた運動負荷時事象関連脱同期の分析, システム・情報部門学術講演会 (SSI2014), pp.877-878, 岡山大学, 岡山, (11/21-23, 2014)
- (15) 近藤敏之, 坂本貴史, 受動的運動が手先位置知覚に及ぼす影響, 第 15 回システムインテグレーション部門学術講演会, 東京ビックサイト, pp.775-778, (12/15, 2014)
- (16) Kosei Nakayashiki, Yohei Takata, Midori Saeki, Toshiyuki Kondo, Development of an Online ERD Evaluation Software for Brain-Computer Interface System, Proc. the 2013 Second ICT International Student Project Conference, pp.47-50, Mahidol University, Salaya Campus, Nakhon Pathom, Thailand (3/29, 2013)
- (17) Midori Saeki, Yohei Takata, Toshiyuki Kondo, Effect of Visual Stimuli on Training of Spontaneous ERD, Proc. 16th International Graphonomics Society Conference (IGS2013), Nara, Japan (6/10-13, 2013), 東大寺金鐘ホール
- (18) Takashi Sakamoto, Toshiyuki Kondo, Effects of Passive Arm Movement on Adaptation to Visuomotor Rotation, Proc. 16th International Graphonomics Society Conference (IGS2013), Nara, Japan (6/10-13, 2013), 東大寺金鐘ホール
- (19) Takashi Sakamoto, Toshiyuki Kondo, The Role of Motor Intention during Passive Motor Learning, Proc. 5th International Symposium on Measurement, Analysis and Modeling of Human Functions (ISHF2013), pp.14-21, Vancouver, Canada (6/27-29, 2013)
- (20) Toshiyuki Kondo, and Ayaha Monjaku, Independence of internal models for dynamic and kinematic transformations obtained through simultaneous motor learning, Proc. the 2013 SICE annual conference, pp.1024-1029, Nagoya, Japan (9/14-17, 2013), 名古屋大学
- (21) Takayuki Nozawa, Yukako Sasaki, Ryoichi Yokoyama, Yoritaka Akimoto, Rui Nouchi, Motoaki Sugiura, Toshiyuki Kondo, Ryuta Kawashima, Neural basis of cognitive and motivational dynamics relevant to sustainable human-agent interaction: An fMRI study, Society For Neuroscience 2013, San Diego, USA (11/10, 2013)
- (22) 坂本貴史, 近藤敏之, 運動企図のある受動的運動が視覚運動回轉變換学習におよぼす影響, 第 25 回自律分散システム・シンポジウム, pp.47-52, 東北大学さくらホール, 仙台, (01/25-26, 2013)
- (23) 中屋敷弘晟, 近藤敏之, 把持運動の負荷と事象関連脱同期の関係, 第 31 回日本ロボット学会学術講演会, 首都大学東京南大沢キャンパス, 東京, (09/4-6, 2013)
- (24) 福田博章, 近藤敏之, 回転粘性力場下の到達運動学習に反対側の把持状態が及ぼす影響, SICE ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2013, 慶応大学日吉キャンパス, 東京, (09/12-14, 2013)
- (25) 中屋敷弘晟, 高田洋平, 佐伯 碧, 近藤敏之, 運動実行中の ERD と運動負荷の関係, SICE ライフエンジニアリング部門シンポジウム 2013, 慶応大学日吉キャンパス, 東京, (09/12-14, 2013)
- (26) 近藤敏之, 坂本貴史, ロボットによる受動的運動経験が視覚運動回轉變換学習に及ぼす影響, システム・情報部門学術講演会 (SSI2013), ピアザ淡海, 大津, (11/18-20, 2013)
- (27) Satoshi Ohishi, Toshiyuki Kondo, A Proposal of EMG-based Wheelchair for Preventing Disuse of Lower Motor Function, SICE Annual Conference 2012, pp.236-239, Akita, Japan, 秋田大学, (8/20-23, 2012).
- (28) 高田洋平, 井澤淳, 武田湖太郎, 大高洋平, 近藤敏之, 伊藤宏司, 視覚刺激と運動意図が事象関連脱同期に及ぼす影響, 第 24 回自律分散システム・シンポジウム, pp.95-98, ファッションマート神戸, 兵庫, (1/27-28, 2012)
- (29) 高田洋平, 佐伯 碧, 井澤淳, 武田湖太郎, 大高洋平, 伊藤宏司, 近藤敏之, 視覚・体性感覚刺激と運動意図が事象関連脱同期に与える影響, ME とバイオサイバネティクス研究会 (MBE) 信学技報, vol. 111, no. 482, MBE2011-121, pp. 71-76, 玉川大学, (3/14, 2012)
- (30) 坂本貴史, 近藤敏之, 受動的な身体運動が運動学習におよぼす影響, 日本ロボット学会第 30 回記念学術講演会, 札幌コンベンションセンター, 札幌, (9/17-20, 2012)
- (31) Midori Saeki, Yohei Takata, Toshiyuki Kondo, Effect of Visual Stimuli on Training of Spontaneous ERD, The 27th Symposium on Biological and Physiological Engineering (BPES 2012), 北海道大学, 札幌, (9/19-21, 2012)
- (32) Takashi Sakamoto, Toshiyuki Kondo, Effect of Passive Movement on Visuomotor Rotation Learning, The 27th Symposium on Biological and Physiological Engineering (BPES 2012), 北海道大学, 札幌, (9/19-21, 2012)
- (33) Hiroshi Yamaguchi, Toshiyuki Kondo, Analysis of Motor Skill for Throwing Darts:

Measurement of Release Timing, SICE Annual Conference 2011, Waseda University, Tokyo, (9/16, 2011)

- (34) Yuma Sasaki, Toshiyuki Kondo, A Proposal of EMG-based Operation Interface for Personal Mobility, The 26th Symposium on Biological and Physiological Engineering (BPES 2011), 立命館大学 BKC, 滋賀, (9/22, 2011)
- (35) Yohei Takata, Kotaro Takeda, Rieko Osu, Yohei Otaka, Toshiyuki Kondo, Koji Ito, A Proposal of EEG-FES based Rehabilitation System for Lower Limbs, The 26th Symposium on Biological and Physiological Engineering (BPES 2011), 立命館大学 BKC, 滋賀, (9/22, 2011)
- (36) Chiharu Arakawa, Toshiyuki Kondo, A Study on Foot Gesture Recognition for Portable Device Operation, The 26th Symposium on Biological and Physiological Engineering (BPES 2011), 立命館大学 BKC, 滋賀, (9/22, 2011)
- (37) 近藤敏之, 高田洋平, 伊藤宏司, 身体スキーマに基づく下肢運動リハビリテーションの提案, 第12回システムインテグレーション部門講演会, 京都大学, 京都, (12/23, 2011)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.livingsys.lab.tuat.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

近藤 敏之 (KONDO Toshiyuki)
東京農工大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：60323820

(2) 研究分担者

野澤 孝之 (NOZAWA Takayuki)
東北大学・加齢医学研究所・助教
研究者番号：60370110

伊藤 宏司 (ITO Koji)
立命館大学・理工学部・教授
研究者番号：30023310