

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：10107

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24390337

研究課題名(和文)皮質電位と脳機能画像標準化によるヒト機能テンプレート作成と信号解読

研究課題名(英文)Signal decoding by templates of human brain function and standalization of imaging and electrophysiology

研究代表者

鎌田 恭輔 (Kamada, Kyousuke)

旭川医科大学・医学部・教授

研究者番号：80372374

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,600,000円

研究成果の概要(和文)：High gamma activity (HGA) は、脳皮質電位(ECoG)のなかでおよそ80Hz～140Hzをターゲットとし、これらは局所皮質活動を反映すると期待されている。我々はHGAマッピングと皮質-皮質誘発電位(CCEP)を併用し、覚醒下手術において最小限の患者協力により言語皮質の同定ができる“Super-passive Language Mapping”を開発した。手順は覚醒下に聴覚性音声刺激を患者に聴かせ、側頭葉言語野をHGAマッピングで同定する。次にその側頭葉言語野を電気刺激し、CCEPを前頭葉言語野に誘発する。本法は高い感度と特異度を有し、簡便かつ短時間で施行可能である。

研究成果の概要(英文)：Electrocortical stimulation (ECS) is the gold standard for functional brain mapping. High gamma activity (HGA) between 80 and 140 Hz on electrocorticogram (ECoG) is assumed to reflect localized cortical processing, while cortico-cortical evoked potential (CCEP) can reflect bidirectional responses on the language cortices. We propose the use of HGA mapping and CCEP recording during conscious resections of brain tumors. We performed functional localization for the receptive language area, using real-time HGA mapping by listening passively to linguistic sounds. Furthermore, single electric pulses were delivered to the identified receptive temporal language area to detect CCEP in the frontal lobe. Electric stimulation by linguistic HGA mapping to the identified temporal receptive language area evoked CCEP on the frontal lobe. The combination of linguistic HGA and frontal CCEP did not need any patient cooperation or effort. The sensitivity and specificity were 93.8% and 89%, respectively.

研究分野：脳神経外科学

キーワード：Electrocorticogram Decoding Template

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 神経と出力・入力デバイスを接続して失われた神経機能を補うことを目的とした Brain Machine Interface (BMI) 研究は盛んに行われている。その多くは脳波を用いているが、乏しい情報量と低い空間分解能のため、複雑なヒト脳機能を読み取りにはいたっていない。特にヒト高次脳機能は、複数箇所の脳皮質領域が軸索連絡によるネットワークで形成され、各部位が連合した活動である。特に言語・記憶機能はヒトにとって重要な機能であり、これらの機能局在、ネットワーク等の脳機能パターンの解明は臨床医学のみならず、神経科学で最も注目されている。

(2) 本申請者は 117 例の検討で侵襲的検査法 (Wada test) との比較により、語想起課題機能 MRI では約 90% の症例で前頭葉運動性言語機能の優位半球を同定が可能なことを報告した。また前頭葉言語野の電気刺激で発語停止のみならず、深部白質刺激では錯語、物品名称障害など様々な言語関連症状が出現するため言語機能ネットワーク解明の必要性を認識した。白質構造の画像化は diffusion tensor imaging (DTI)-based tractography を用いて脳深部腫瘍切除に際して、皮質脊髄路、視放線、弓状束を画像化し、術中白質電気刺激により刺激値と皮質脊髄路との距離の相関関係を導き出した。

(3) 皮質機能の詳細な局在を行うには脳皮質を直接電気することが Gold-standard である。本申請グループは、てんかん焦点同定困難な症例において両側前頭-側頭葉領域に約 100 チャンネルの電極を頭蓋内に留置している。これらの頭蓋内電極は通常言語・運動関連領域を覆っているため脳皮質電気刺激マッピングをしている。我々の脳皮質電気刺激を用いた検討では言語関連機能 MRI の感度、特異度は未だ低く、臨床では侵襲的手法の代替法としては不十分であった。

## 2. 研究の目的

(1) ヒト脳機能解読に頭蓋内電極から得られる認知関連機能脳表電位 (ECoG) は、最も高い信号/雑音 (S/N) 比を有するため注目を集めている。本申請では複数の言語、記憶課題を組み合わせて、認知 ECoG を検討し、言語・記憶ネットワークを解明する。さらに計測症例の ECoG を標準脳変換することで脳全体を広範囲、かつ高密度に電極で覆うことが可能となる (標準化 ECoG)。本法により言語・記憶などの複雑な脳機能の典型ダイナミクスが明らかとなる。

(2) さらに標準化 ECoG をテンプレートとしわずかな周波数、位相等の違いを捉え、Support vector machine (SVM)、等の自動判別関数を用いて高精度の個人脳機能局在、解読に応用する。この解読結果を出力系デバイスと融合してリアルタイム処理 Brain-machine interface (BMI) 開発を目指す。

(3) また ECoG 周波数等の変化を同様の課題

機能 MRI (fMRI) と Tractography を個人・標準脳間で比較することで、fMRI の生理学的意味、臨床応用へのフィードバック、脳内ネットワークの解釈、適切な BMI 用硬膜下電極位置、数を決定することができる。

## 3. 研究の方法

刺激装置より 1, 単語、2, 図形、3, 顔、4, 5, 仮名 1 字、6, 周波数、角度の違うストライプ、7, 単音節 (音)、8, 童話 (音声) を提示する。患者は課題に対し、1, 抽象語、具象語かをクラス分け、2, 物品名称、3, 顔の認識、4, 文字音読、5, 文字黙読、6, 提示ストライプの認知、7, 音節認知、8, 無音 1 分、童話シーン想像 1 分、9, 2 で提示した図形の有無判断 (記銘課題) の計 9 種類行う。本研究では ECoG を課題毎に変化する時間-周波数-局在の 3 パターンの独立分析を高次脳機能信号解読に応用する。部位間の位相同期等から得られたネットワークは Tractography により線維間連絡を可視化する。電極留置前に ECoG 検査に類似した課題 fMRI により機能領域を比較、検討する。また、電極留置後は全例電気刺激による脳皮質マッピングを行い、ECoG の解析結果と fMRI 局在結果の検証を行う。

(1) [周波数マッピング] 認知 ECoG の時間-周波数解析により、脳各部位の特定周波数帯域に関する検討を行う。特に海馬と記憶、側頭-前頭葉の言語関連機能に関する特徴的所見を着目する (記憶関連反応: 右図)。同時に加算波形、周波数、位相変化に関する統計解析と複数の脳領域の周波数変化、電極間の相互解析 (コヒーレンス) などのパターン分類をする。本研究では異なる modality 画像を融合し、それらの結果の比較により、ECoG の解析手法の確立を行う。

(2) [機能画像] 言語・記憶 fMRI: 認知 ECoG に類似した課題を用いる。一次視覚野、聴覚野の信号をキャンセルするため、非課題時に逆再生した音圧、明るさをそろえたランダムドット等を提示する。記憶関連 fMRI の際には、撮像面を傾けることにより、頭蓋底部からの雑音を最小限にする。Tractography: 60 軸以上の拡散強調磁場パルスを印加し、計算は従来の fiber tracking のみではなく、Probability map 法も応用する。

(3) [標準化: 機能テンプレート作成] 詳細な周波数特性を用いたマッピング結果を SPM8 を用いて周波数時間積分値を有する電極位置を標準脳に変換、各電極位置を標準脳に登録して重畳する (下図)。脳領域別に電極密度分布の偏りがあるため、1 cm<sup>3</sup> 内にある電極数で周波数値を除くことで、均一な電極分布図が得られる。標準脳への変換の手順視覚刺激別認知反応 (機能テンプレート)

(4) [BMI-ECoG の接続] BMI 用アンプ (g. USBamp; 3 台+1 台 (購入予定)) は Matlab 上でユーザーが任意に入力信号選択、後処理の設定が行える。本装置を通常の運動野、頭頂部に加え、局在した言語関連機能野上の硬膜

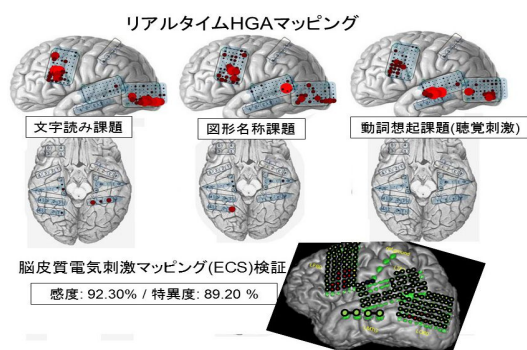
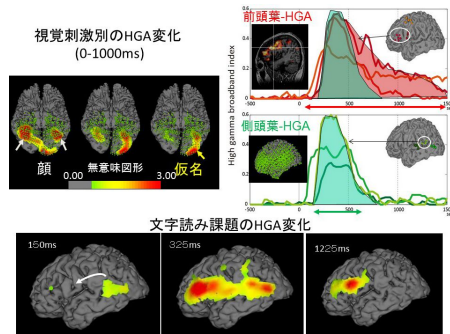
下電極と接続する。後処理設定はすでに解析・同定した機能ネットワーク情報を考慮して重み付けを行う。はじめは手の動き、位置の読み取りを行う。上肢筋電図をトリガーとして誘発される ECoG の周波数、自動判別閾数による解読を行う。次に実際に動きを伴わない運動想起のみで誘発される ECoG を解読する。

#### 4. 研究成果

(1) デコーディング要素による BMI 開発は 1, リアルタイムかつ精確な機能マッピング, 2, 効率的な機能デコーディング, 3, 読み取り結果の被験者へのフィードバック, 4, 3 により変容した機能分布へのデコーダーの修飾を統合する必要がある。我々脳神経外科医は診断のために ECoG 計測を行う必要性があり、その信号は脳表、深部の高振幅電位・周波数成分など多彩な情報を含んでいる。この ECoG を解析することは、各患者に重要な運動・言語・記憶・視覚認知関連活動ダイナミクスを把握することができる。さらに ECoG 信号は重要な機能デコーディング、フィードバックを高速で行うことが可能であるため、一連の解析システムの構築は患者の機能予後の改善のみならず、BMI 開発に貢献できる。

(2) 我々は先行研究で、視覚認知 ECoG の 80-170Hz の high gamma activity (HGA) のダイナミクスを解析し、顔・仮名・無意味図の視覚刺激で、明らかに異なる HGA パターンを報告した。さらに文字読み課題では前頭言語野 HGA は側頭葉よりも長く (1 秒以上) 持続するダイナミクスの違いを明らかにした (Clin Neurophysiol, NeuroImage, 2013, 右図)。以上より申請者は脳機能局在・解読には、高速に変化する脳機能ダイナミクスに対応するリアルタイム周波数解析の重要性に着目した。

(3) 研究協力者の Graz 工科大学-g-Tech 社の Guger C 博士のグループと課題提示・ECoG 計測・さらに高速で周波数・統計解析結果表示を行うソフトウェアを開発している。課題別 HGA の局在は、ECS マッピングに比して感度・特異度は 90% 程度であり高い信頼性を示した (右図, World Neurosurgery, 2013)。リアルタイム HGA マッピング、高速デコーディングとフィードバックを 1 つのループとした機能ダイナミクスの局在と解読は機能とその変容を可視化し、被験者が容易に操作できる BMI 装置の開発に結びついた。



#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 34 件)

Matsukawa H, Kamada K, et al. (11 名中 11 番目) Risk factors for neurological worsening and symptomatic watershed infarction in internal carotid artery aneurysm treated by extracranial-intracranial bypass using radial artery graft **J neurosurgery** 査読有 in press 2016 DOI:10.3171/2015.5.JNS142524

Tamura Y, \*Kamada K, et al. (9 名中 9 番目) Passive language mapping combining real-time oscillation analysis with cortico-cortical evoked potentials for awake craniotomy **J Neurosurg** 査読有 in press 2016 DOI:10.3171/2015.4.JNS15193

Usami K, Kamada K, et al. (11 名中 8 番目) Long-term outcome and neuroradiologic changes after multiple hippocampal transection combined with multiple subpial transection or lesionectomy for temporal lobe epilepsy **Epilepsia** 査読有 in press 2016 DOI:10.3171/2015.6.JNS15927

Ritaccio A, Kamada K, et al. (11 名中 4 番目) Proceedings of the Seventh International Workshop on Advances in Electroencephalography **Epilepsy & Behavior** 査読有 51 2015 312-320 DOI:10.1016/j.yebeh.2015.08.002

Yoshino M, Kamada K, et al. (12 名中 7 番目) Feasibility of diffusion tensor tractography for preoperative prediction of the location of the facial and vestibulocochlear nerves in relation to vestibular schwannoma **Acta Neurochir** 査読有 157(6) 2015 939-946 DOI:10.1007/s00701-015-2411-y

Yoshino M, Kamada K, et al. (9 名中 7 番目) Combined use of diffusion tensor tractography and multifused contrast-enhanced FIESTA for predicting facial and cochlear nerve positions in relation to vestibular schwannoma **J Neurosurg** 査読有 123(6) 2015 1480-1488 DOI:10.3171/2014.11.JNS14988

Yoshino M, Kamada K, et al. (11 名中 6 番目)

Diffusion tensor tractography of normal facial and vestibulocochlear nerves **Int J Comput Assist Radiol Surg** 査読有 10(4) 2015 383-392 DOI:10.1007/s11548-014-1129-2

Korostenskaja M, Kamada K, et.al. (15 名中 2 番目) Electrocorticography-Based Real-Time Functional Mapping for Pediatric Epilepsy Surgery **Journal of Pediatric Epilepsy** 査読有 4(4) 2015 184-206 DOI:10.1055/s-0035-1563728

Wada H, Saito M, Kamada K Evaluation of changes of intracranial blood flow after carotid artery stenting using digital subtraction angiography flow assessment **World J Radiol** 査読有 7(2) 2015 45-51 DOI:10.4329/wjr.v7.i2.45

Ogawa H, Kamada K The Road to Nonawaking Functional Mapping Combining High Gamma Activity with Corticocortical Evoked Potential **World Neurosurgery** 査読有 84(1) 2015 187-188 DOI:10.1016/j.wneu.2015.03.046

鎌田恭輔 脳外科顕微鏡の比較と使いこなすためのコツ (第二報) ~ 顕微鏡の特性を用いた操作 ~ **脳神経外科速報** 査読有 25(12) 2015 1258-1263

鎌田恭輔 脳外科顕微鏡の比較と使いこなすためのコツ (第一報) ~ 顕微鏡光学原理と光軸の確保 ~ **脳神経外科速報** 査読有 25(11) 2015 1148-1155

鎌田恭輔, 他 3 名 機能 MRI による臨床脳機能マッピング **Clinical Neuroscience** 査読有 33(10) 2015 1129-1134

鎌田恭輔 後頭蓋窩類上皮腫手術のポイント ~ 微小解剖の理解とモニタリング ~ **脳神経外科速報** 査読有 25(8) 2015 802-809

Ritaccio A, Kamada K, et.al. (14名中7番目) Proceedings of the Fifth International Workshop on Advances in Electrocorticography **Epilepsy & Behavior** 査読有 41 2014 183-192 DOI:10.1016/j.yebeh.2014.09.015

Kamada K, et.al. Novel techniques of real-time blood flow and functional mapping: technical note **Neuro Med Chir(Tokyo)** 査読有 54(10) 2014 775-785 DOI:10.2176/nmc.st.2014-0176

Kunii N, Kamada K, et.al. (5 名中 3 番目) The significance of parahippocampal high gamma activity for memory preservation in surgical treatment of atypical temporal lobe epilepsy **Epilepsia** 査読有 55(10) 2014 1594-1601 DOI:10.1111/epi.12764

Kapeller C, Kamada K, et.al. (8名中3番目) Single trial detection of hand poses in human ECoG using CSP based feature extraction **EMBC, 2014 36th Annual**

**International Conference of the IEEE** 査読有 2014 4599-4602 DOI:10.1109/EMBC.2014.6944648

Kapeller C, Kamada K, et.al. (6 名中 2 番目) An electrocorticographic BCI using code-based VEP for continuous control in video applications: a single-subject study **Frontiers in Systems Neuroscience** 査読有 8(139) 2014 DOI:10.3389/fnsys.2014.00139

Hiroshima S, \*Kamada K, et.al. (4 名中 4 番目) Functional Localization of the Supplementary Motor Area **Neuro Med Chir(Tokyo)** 査読有 54(7) 2014 511-520 DOI:10.2176/nmc.oa.2012-0321

⑲ Ogawa H, \*Kamada K, et.al. (6 名中 2 番目) Rapid and Minimum Invasive Functional Brain Mapping by Realtime Visualization of High Gamma Activity during Awake Craniotomy **World Neurosurg** 査読有 82(5) 2014 912.e1-912.e10 DOI:10.1016/j.wneu.2014.08.009

⑳ 鎌田恭輔, 他 5 名 リアルタイム高周波脳律動解析による脳機能マッピング **脳神経外科ジャーナル** 査読有 23(11) 2014 862-870

㉑ 鎌田恭輔, 他 6 名 脳腫瘍手術における術前・術中脳機能マッピング・モニタリング **脳神経外科ジャーナル** 査読有 23(4) 2014 296-305

㉒ Kunii N, \*Kamada K, et.al. (5 名中 2 番目) Characteristic profiles of high gamma activity and blood oxygenation level dependent responses in various language areas **NeuroImage** 査読有 65 2013 242-249 DOI:10.1016/n.j.euroimage.2012.09.059

㉓ Kunii N, \*Kamada K, et.al. (6 名中 2 番目) Dynamics of language-related high-gamma activity assessed on a spatially -normalized brain **Clin Neurophysiol** 査読有 124(1) 2013 91-100 DOI:10.1016/j.clinph.2012.06.006

㉔ 鎌田恭輔, 他 4 名 皮質脳波による視覚認知ネットワークの解明 **脳神経外科ジャーナル** 査読有 22(3) 2013 178-184

㉕ 鎌田恭輔 術中モニタリング **Clinical Neuroscience** 査読有 31(10) 2013 1161-1162

㉖ 鎌田恭輔, 他 11 名 脳磁図の臨床応用に関する文献レビュー (第 5 報) : 脳腫瘍 **臨床神経生理学** 査読有 41(1) 2013 46-53

㉗ Koga T, Kamada K, et.al. (13 名中 4 番目) Integration of Corticospinal Tractography Reduces Motor Complications After Radiosurgery **Int J Radiat Oncol Biol Phys** 査読有 83(1) 2012 129-133 DOI:10.1016/j.ijrobp.2011.05.036.

㉘ Koga T, Kamada K, et.al. (12 名中 3 番目) Outcomes of Diffusion Tensor

Tractography-Integrated Stereotactic Radiosurgery *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 査読有 82(2) 2012 799-802  
DOI:10.1016/j.ijrobp.2010.11.046

- ③① Wada H, Kamada K, et.al. (5名中5番目)  
Ruptured aneurysm with delayed distal coil migration requiring surgical treatment *Neuro Med Chir(Tokyo)* 査読有 52(6) 2012 439-42
- ③② Kayama T, Kamada K, et.al. (27名中11番目)  
The guidelines for Awake Craniotomy *Neuro Med Chir(Tokyo)* 査読有 52(3) 2012 119-141
- ③③ Ozaki I, Kamada K, et.al. (13名中3番目)  
Publication criteria for evoked magnetic fields of the human brain:A proposal *Clin Neurophysiol* 査読有 123 2012 2116-2121  
DOI:10.1016/j.clinph.2012.06.008
- ③④ 鎌田恭輔, 他5名 脳皮質電位と機能的MRIによる言語・記憶機能ダイナミクス *Brain and Nerve* 査読有 64(9) 2012 1001-1012

[学会発表](計36件)

鎌田恭輔(招待講演) エロクエントエリア付近のグリオーマ摘出の最新技術 **第8回グリオーマ手術手技インターネットライブセミナー** 2016/2/3 東京

鎌田恭輔(招待講演) リアルタイムHGA/CCEP処理による脳機能ネットワークの解明 **第39回日本てんかん外科学会** 2016/1/21 仙台

Kamada K(招待講演) Passive Intraoperative ECoG Mapping **9th International Workshop on Advances in Electrocorticography** 2015/12/3 Philadelphia

鎌田恭輔(招待講演) 覚醒下手術における高周波律動による超受動的脳機能マッピング **第45回日本臨床神経生理学会学術大会** 2015/11/7 大阪

鎌田恭輔(招待講演) リアルタイム蛍光画像処理技術搭載顕微鏡による組織・血流分布画像 **第36回日本レーザー医学会総会** 2015/10/25 宇都宮

Kamada K(招待講演) Acute and Chronic Functional Reorganization on Electrococtrogram for Application of BCI **EMBC Workshop & Tutorials** 2015/8/25 Milano

鎌田恭輔(招待講演) リアルタイム蛍光画像処理技術搭載顕微鏡による動・静脈流量ダイナミクス **第18回日本臨床脳神経外科学会** 2015/7/19 神戸

鎌田恭輔(招待講演) リアルタイム電気生理-蛍光画像搭載顕微鏡による脳機能ダイナミクス **第17回日本ヒト脳機能マッピング学会大会** 2015/7/3 大阪

Kamada K(招待講演) Super-passive

language mapping combining real-time oscillation analysis with cortico-cortical evoked potentials for awake craniotomy **神経オシレーションカンファレンス** 2015/6/25 京都

Kamada K(招待講演) Functional dynamics of language and memory processing on ECoG **ISACM 2015** 2015/6/23 Helsinki  
鎌田恭輔(招待講演) てんかん外科レビュー **第35回日本脳神経外科コンgres** 2015/5/8 横浜

Kamada K(招待講演) Novel Techniques of Real-time Blood Flow and Functional Mapping for Brain Surgery **83rd AANS** 2015/5/6 Washington D.C.

鎌田恭輔(招待講演) 脳腫瘍手術に求められる画像アップデート 術前画像:機能的MRI(fMRI) **第44回日本神経放射線学会** 2015/3/6 名古屋

Kamada K(招待講演) Rapid and Low-invasive Functional Brain Mapping by Realtime Visualization of High Gamma Activity For Neurosurgery **2015 BIOMAGNETICS KOREA** 2015/2/26 Seoul

Kamada K(招待講演) Rapid and Minimally-Invasive Functional Cortical and White Matter Mapping by Intraoperative Real-time ECoG Analysis **7th International Workshop on Advances in Electrococtography** 2014/11/14 Washington

Kamada K(招待講演) Rapid and Low-invasive Functional Brain Mapping by Realtime Signal Analysis with Subdural Electrodes **AESC2014** 2014/10/5 Tokyo

鎌田恭輔(招待講演) リアルタイム腫瘍蛍光画像処理技術搭載顕微鏡による組織・血流マッピング **第19回日本脳腫瘍の外科学会** 2014/9/12 東京

Kamada K(招待講演) Rapid and Low-Invasive Functional Brain Mapping by Realtime Visualization of High Gamma Activity for Awake Craniotomy **EMBC2014** 2014/8/30 Chicago

Kamada K(招待講演) Rapid and Low-Invasive Functional Brain Mapping by Realtime Visualization of High Gamma Activity for Awake Craniotomy **EMBC2014 Pre-Conference Workshop** 2014/8/26 Chicago

鎌田恭輔(招待講演) 機能を可視化する神経科学 **第34回日本脳神経外科コンgres** 2014/5/16 大阪

②① Kamada K, 他7名 MEP threshold evaluated by deterministic tractography and subcortical stimulation **30th ICCN** 2014/3/21 Berlin

②② Kamada K(招待講演) Intraoperative Functional Mapping and Spatial and



- Temporal Dynamics of ECoG Related to Visual Stimuli **6th International Workshop on Advances in Electroencephalography** 2014/3/19 Berlin
- ②③ Kamada K(招待講演) Spatial and Temporal Dynamics of ECoG Related to Visual Stimuli **5th International Workshop on Advances in Electroencephalography** 2013/11/8 San Diego
- ②④ 鎌田恭輔(招待講演) Corticogramを用いたヒト脳機能の研究 **第43回日本臨床神経生理学会学術大会** 2013/11/7 高知
- ②⑤ 鎌田恭輔(招待講演) リアルタイム脳信号処理を用いたMR機能画像の臨床応用 **第72回日本脳神経外科学会** 2013/10/16 横浜
- ②⑥ Kamada K(招待講演) Spatial and Temporal Dynamics of Visual Cognitive Processing on ECoG, fMRI and MEG **ISACM2013** 2013/8/29 Sapporo
- ②⑦ 鎌田恭輔(招待講演) 多チャンネルECoGによる脳機能局在と解読法の臨床応用 **第15回日本ヒト脳機能マッピング学会** 2013/7/5 東京
- ②⑧ Kamada K(招待講演) Visualization and Decoding of Electroencephalogram Related to Visual Stimuli **IEEE EMBC 2013 ワークショップ** 2013/7/3 Osaka
- ②⑨ 鎌田恭輔(招待講演) 脳腫瘍手術における術前・術中脳機能マッピング, モニタリング **第33回日本脳神経外科コンgres** 2013/5/13 大阪
- ③⑩ 鎌田恭輔(招待講演) 手術支援機能融合脳神経外科顕微鏡の現状と展望 **第22回CNTT** 2013/4/12 松本
- ③⑪ Kamada K(招待講演) Characteristics of vessel walls and blood flow by multi-modality imaging for vascular surgery **Joint Neurosurgical Convention 2013** 2013/2/2 Hawaii
- ③⑫ Kamada K(招待講演) Imaging and Decoding of Semantic Responses related to Visual Stimuli by Electroencephalogram **BMI Osaka 2012** 2012/10/20 Osaka
- ③⑬ 鎌田恭輔(招待講演) 知識・技術・経験の共有による機能モニタリング脳神経外科手術 **第15回日本病院脳神経外科** 2012/7/14 函館
- ③⑭ Kamada K(招待講演) BMI and ECoG BCI Workshop **CME2012** 2012/7/1 Kobe
- ③⑮ 鎌田恭輔(招待講演) 皮質脳波による視覚認知ネットワークの解明 **第32回日本脳神経外科コンgres** 2012/05/12 横浜
- ③⑯ Kamada K(招待講演) Spatial and Temporal Dynamics of Language-Related and Face Recognition Brain Functions by Electroencephalogram and MEG **The 8th Asia Pacific Symposium on Neural Regeneration** 2012/04/14 Taipei

[産業財産権]

出願状況(計4件)  
 名称: 手術顕微鏡搭載式蛍光分光装置による腫瘍性病変部診断システム  
 発明者: 鎌田恭輔  
 権利者: 旭川医科大学  
 種類: 特許  
 番号: 特願 2015-112179 2015/6/2  
 出願年月日: 2015年6月2日  
 国内外の別: 国内

名称: 血管内血流動態の画像処理方法及びシステム  
 発明者: 鎌田恭輔  
 権利者: 旭川医科大学・インフォコム  
 種類: 特許  
 番号: PCT/JP2014/074801  
 出願年月日: 2014年9月19日  
 国内外の別: 国外

名称: 血管内血流動態の画像処理方法及びシステム  
 発明者: 鎌田恭輔  
 権利者: 旭川医科大学・インフォコム  
 種類: 特許  
 番号: 特願 2013-194898  
 出願年月日: 2013年9月20日  
 国内外の別: 国内

名称: 電極付きフェンスポスト  
 発明者: 鎌田恭輔  
 権利者: 旭川医科大学  
 種類: 特許  
 番号: 第5327685号  
 出願年月日: 2012年5月9日  
 国内外の別: 国内

取得状況(計1件)  
 名称: 電極付きフェンスポスト  
 発明者: 鎌田恭輔  
 権利者: 旭川医科大学  
 種類: 特許  
 番号: 第5327685号  
 取得年月日: 2013年8月2日  
 国内外の別: 国内

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者  
 鎌田 恭輔 (KAMADA Kyousuke)  
 旭川医科大学・医学部・教授  
 研究者番号: 80372374

(2) 研究分担者  
 竹内 文也 (TAKEUCHI, Fumiya)  
 旭川医科大学・医学部・准教授  
 研究者番号: 30281835

川合 謙介 (KAWAI, Kensuke)  
 東京医療保健大学・医療保健学部・教授  
 研究者番号: 70260924