

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 26 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19514

研究課題名（和文）非侵襲的言語マッピング法の開発：刺激介入から脳情報解読へのパラダイムシフト

研究課題名（英文）Development of non-invasive language mapping methods: paradigm shift from invasive intervention to non-invasive ECoG decoding

研究代表者

松本 理器（Matsumoto, Riki）

神戸大学・医学研究科・教授

研究者番号：00378754

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：ヒト固有の高次脳機能である言語機能は、てんかんや脳腫瘍の外科手術の際に術後の生活の質の向上には温存が欠かせない。1950年代のペンフィールドらの先駆的研究以来、脳表から高頻度電気刺激を大脳皮質に加えて発語や呼称などの言語課題の遂行障害を確認する方法が言語マッピングに必須の中核検査であった。我々は、1）従来法による課題の障害様式を新手法で解析、2）より低侵襲の刺激検査によるネットワーク解析を導入、3）自然言語処理を応用した脳情報解読（デコーディング技術）を皮質脳波活動に応用、を展開し、ネットワークの観点からより低侵襲の言語マッピングの手法を考案し、論文として公表した（計5報）。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の高頻度電気刺激による言語マッピング法は精確な手法であるが、発作誘発のリスクや、検査に伴う患者の消耗などの問題がある。従来法のデータの解析から、検査課題数を減らすことで患者負担を減らせる可能性が示された。また皮質間の機能的結合の評価法である皮質皮質間誘発電位を言語関連領域に応用し、高・低頻度の刺激検査の組み合わせから低侵襲なマッピング手法を提案した。さらに刺激検査を用いずに、物品呼称中の皮質脳波に自然言語処理を応用することで言語領域間の結合動態を明らかにした。これらの成果より、言語マッピングにおける患者負担を大きく減らせる可能性があり、社会的意義があると考えられた。

研究成果の概要（英文）：For better quality of life after surgery of epilepsy or brain tumors, preservation of language function, a higher function proper to human, is essential. High frequency electrical cortical stimulation (HF-ECS) has been a gold-standard mapping method since the era of Penfield. Language function can be mapped by evaluating the task impaired during HF-ECS, though this method is labor-consuming and potentially induces seizure. It is clinically important to develop a less or non-invasive language mapping method. To this end, we have 1) applied principal component analysis to the HF-ECS mapping results to extract underlying core language functions for refinement of tasks, 2) incorporated a network analysis by applying low frequency ECS to record cortico-cortical evoked potentials, and 3) combined natural language processing and decoding method to reveal the frequency-dependent network dynamics during naming. We published 5 papers in the peer-reviewed journals to report those findings worldwide.

研究分野：神経内科学

キーワード：言語 皮質脳波 皮質皮質間誘発電位 デコーディング 神経心理 脳律動 ネットワーク

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高次脳機能は、決して単一領域のみで発現されず、複数の領域がネットワークを形成してシステムとして機能が発現され、ヒト固有の言語機能はその最たるものである。研究代表者は、硬膜下電極を用いた脳活動計測の優れた時間・空間分解能を活かし、高次脳機能にかかわる脳活動を直接脳表から局所電場電位・脳律動として計測し、同時に誘発活動が記録された領域に高頻度電気刺激で介入することにより、特定の高次機能遂行に必須な領域、すなわち中核領域を明らかにし臨床に還元してきた。加えて、低頻度刺激法による電氣的線維追跡法を開発・臨床応用し、皮質間結合強度の観点からネットワーク内に重み付けが存在することを明らかにしてきた。しかし、高頻度電気刺激法は、第一に頭蓋内電極留置が必要である上に、てんかん発作を誘発する危険もある。

- ・ 刺激介入を用いない言語マッピング法が開発できないか？
- ・ 実現すれば完全非侵襲の全脳型脳磁図や高密度脳波計測に応用できないか？

といった臨床神経科学からの問いに応える形で、

刺激介入法による言語「ネットワーク」情報を中核参照データとして、

- ・ 言語課題下のデコーディングの脳活動パターンによる誘発神経活動の重み付けの判定
- ・ 数理モデル解析を用いた領域間のネットワーク動態評価

を複合することで、ゴールドスタンダードの刺激法を用いない、非侵襲の包括的言語マッピング法を開発することに着想した。

2. 研究の目的

ヒトを人間たらしめる言語機能は、脳外科手術においてはその温存が、そして脳卒中や手術での障害時には代償機転・リハビリによる回復が強く望まれる。脳腫瘍・てんかんなどの脳外科手術では、現在においても、留置した頭蓋内電極からの皮質電気刺激が機能予後を判定できる唯一の言語機能マッピング法（中核検査）と位置づけられる。本研究計画では、デコーディングや数理モデル解析といった最新の脳情報解読技術を先駆的に導入して、

- (1) 刺激介入から脳情報解読へのパラダイムシフトによる非侵襲の言語マッピング法の開発
- (2) 頭蓋内電極の新規手法の全脳型脳磁図計測への応用（完全な非侵襲法の確立）
- (3) デコーディング・ネットワーク解析を応用した言語機能の生理的バイオマーカーの探索を目指した。

3. 研究の方法

対象は、術前評価のために硬膜下電極を留置する難治部分てんかん患者で本研究計画に同意が得られた者とした。具体的には、以下の研究項目を推進した。

A. 中核言語ネットワークの参照データ作成：高頻度・低頻度電気刺激から、言語機能の皮質機能地図と皮質間結合地図を探索した。言語課題の障害程度（障害される課題数）と皮質皮質間誘発電位（cortico-cortical evoked potential: CCEP）測定による結合様式（言語関連領域との結合強度および数）からネットワーク内のハブとノードの同定を試みた。

B. デコーディングによるネットワーク内の重み付け評価：物品呼称、復唱、意味判断課題を課し、誘発皮質脳律動を計測した。各物品・単語の意味・音韻属性を用いた機械学習や相関（重回帰）解析から言語表出（音韻処理）と理解（意味表象）の脳内活動のデコーディングを行った。全電極の皮質脳律動パターンから、各電極の誘発神経活動の重み付けを判定した。

C. 数理モデルによるネットワーク動態解析：課題下の重回帰解析の重み付け情報を用いたネットワーク解析から、言語課題遂行中の言語領域間のネットワークの結合動態の解明を試みた。刺激介入の中核データ(A)と照合し、デコーディング・ネットワーク解析のパラメーター調整と最適化(B,C)から、非介入（非侵襲）言語ネットワークマッピング法の開発を目指した。

D. 侵襲的頭蓋内研究から非侵襲脳磁図研究への橋渡し：平成 31 年度から最適化された課題と解析を脳磁図に応用し、脳外科手術前後の言語神経心理データとの照合から、新規言語マッピング法の有用性を評価し、言語機能の生理的バイオマーカーの探索を目指した。

4. 研究成果

下記(A), (B), (C), (D)に分けて成果を示す。

A. 中核言語ネットワークの参照データ作成：

言語の皮質機能地図に関して、高頻度電気刺激による言語マッピングの結果より、側頭葉底面言語野の脳回ごとの機能分化、及びコア領域を明らかにした。またこのコア領域は研究代表者らの皮質脳波デコーディング研究 (Chen et al. Cortex 2016) の中核領域とも合致することが示唆された (国際学会発表、論文準備中)。また刺激介入による複数の言語課題を用いた言語マッピング結果の主成分分析から中核の言語機能を抽出し、前方・後方・底面言語野間及び各言語野内での機能分化を明らかにした。臨床的観点からも、主成分を意識した課題設定により、臨床的に検査侵襲を軽減できる可能性が検討された (国内学会発表)。言語ネットワーク地図のための皮質皮質間誘発電位 (CCEP) と皮質機能地図の融合に先立ち、CCEP 波形パターンの分類と解剖学的分布について明らかにした (論文準備中)。また術中の低頻度刺激介入による CCEP 計測から、背側と腹側言語ネットワークの結合様式を明らかにした。具体的には、下側頭回の前後軸で機能勾配が存在することを明らかにし、また下前頭回と側頭葉の結合勾配も各領域内の前後軸に沿っていることを CCEP 応答パターンとトポグラフィーから示した (Nakae et al. Cereb Cortex 2020、図 1)。術中麻酔下でも CCEP による結合様式が同定でき、より低侵襲な低頻度刺激による術中マッピングの可能性が示された (Yamao et al. Clin Neurophysiol 2021)。また、全留置電極への低侵襲介入による CCEP の網羅的解析から包括的に機能的結合様式を検討する手法を考案し、本手法の安全性を検証した上で (Kobayashi et al. Clin Neurophysiol 2021)、中核言語野の機能的結合の特徴を抽出し言語野特定に繋がる可能性を示した (国内学会発表)。これらの一連の CCEP 研究から、言語に関わる背側、腹側各経路の機能的結合の特徴を明らかにした。また、高頻度電気刺激に替わる低侵襲脳機能マッピング法の開発の観点から、運動関

連の皮質脳波の脳律動解析の手法や CCEP を用いた補足運動野機能の術中モニタリング法を考案し (Neshige et al. Epilepsia 2019, Shibata et al. World Neurosurg 2020)、低侵襲言語機能マッピングの基盤の手法を確立した。

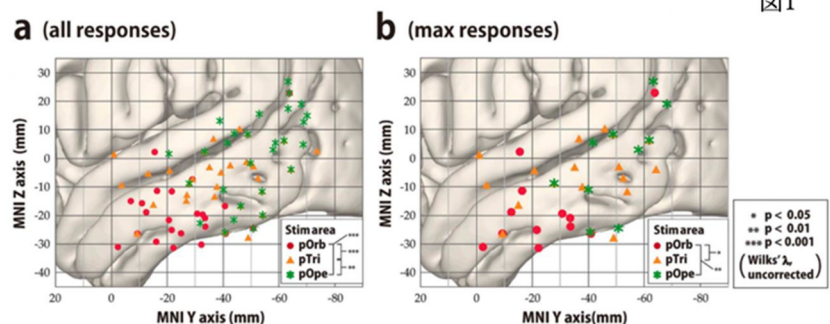


図1

Nakae et al. Cereb Cortex 2020

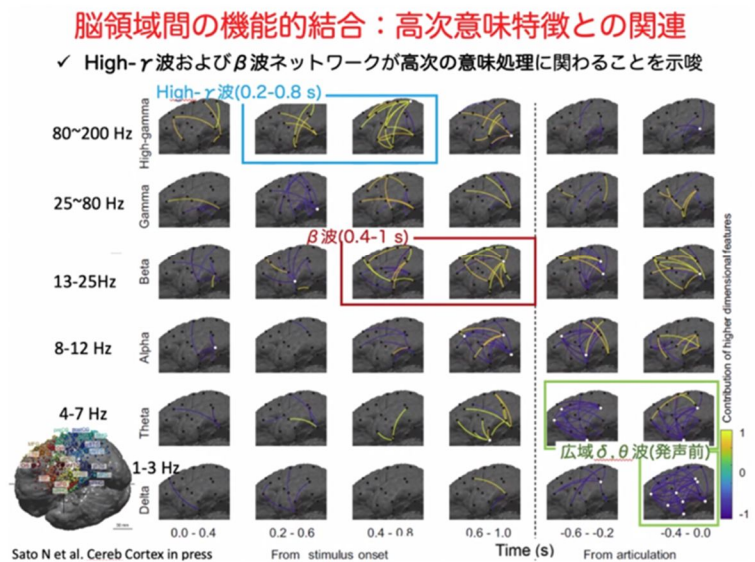
B. デコーディングによるネットワーク内の重み付け評価

刺激介入を用いない言語ネットワークの動態解析として、呼称課題下の皮質脳波に自然言語処理を応用した。言語情報と皮質脳波データの言語関連領域間のクロススペクトラム解析により、単語レベルの意味情報（単語分散表現）から脳内での結合形式を推定し、デコーディングに際して重要な領域を重みを含めて可視化した。具体的には、重回帰分析モデルを用いた結合推定式による予測の精度から、周波数選択的な機能結合（課題提示 0.2-0.8s での後部紡錘状回関連 high 波、0.4s-1s での前部下側頭回・後部中側頭回関連 波、発声前の広域 波）が意味処理のサブプロセスと関連することを示した（Sato et al. Cereb Cortex 2021）。

C. 数理モデルによるネットワーク動態解析

同様に、単語レベルの意味情報を呼称課題下の皮質脳波の結合推定式に適用することで、各脳律動ごとの有用性と動態を明らかにした（図 2）。(B)にて機能結合と意味処理の関連が示された時間・周波数・領域の枠組みにおいて、より高次元の意味情報を用いた推定モデルがより高精度で実際の機能連関を予測しており、high 波および 波ネットワークが特に高次の意味処理に関わることが示唆された。

図 2



上記 A-C より、刺激介入検査および非刺激の頭蓋内脳波解析を通じて、低頻度刺激法（CCEP 解析）による背側・腹側経路の機能的結合の解明、高頻度刺激法での中核領域や独立する各言語機能の分布の同定、物品呼称中（非刺激）の脳活動解読から機能結合・連関の推定を行い、低侵襲マッピングへの道筋をつけた。

これにより、引き続き非侵襲の脳磁図研究に応用可能な枠組みを確立した。

D. 侵襲的頭蓋内研究から非侵襲脳磁図研究への橋渡し

脳磁図計測に替えて、ウェアラブル対応可能なポータブル脳波計を導入し、より自然な環境下の言語関連機能の脳波計測から言語生理マーカーの開発を行う方針とし、基礎検討を始めた。研究代表者の異動による使用機器変更、新型コロナウイルス感染症蔓延の影響もあり、十分な新規症例が集まっておらず、今後症例蓄積による研究推進を予定する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yukihiro Yamao, Riki Matsumoto, Takeharu Kunieda, Takuro Nakae, Sei Nishida, Rika Inano, Sumiya Shibata, Takayuki Kikuchi, Yoshiki Arakawa, Kazumichi Yoshida, Akio Ikeda, Susumu Miyamoto.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Effect of propofol on cortico-cortical evoked potentials: findings of intraoperative dorsal language pathway monitoring.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Clin Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Naoyuki Sato, Riki Matsumoto, Akihiro Shimotake, Masao Matsuhashi, Mayumi Otani, Takayuki Kikuchi, Takeharu Kunieda, Hiroaki Mizuhara, Susumu Miyamoto, Ryosuke Takahashi, Akio Ikeda.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Frequency-dependent cortical interactions during semantic processing: an electrocorticogram cross-spectrum analysis using a semantic space model.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cereb Cortex	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Katsuya Kobayashi, Riki Matsumoto, Kiyohide Usami, Masao Matsuhashi, Akihiro Shimotake, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Susumu Miyamoto, Ryosuke Takahashi, Akio Ikeda	4. 巻 132
2. 論文標題 Cortico-cortical evoked potential by single-pulse electrical stimulation is a generally safe procedure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Clinical Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 1033 ~ 1040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.clinph.2020.12.022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takuro Nakae, Riki Matsumoto, Takeharu Kunieda, Yoshiki Arakawa, Katsuya Kobayashi, Akihiro Shimotake, Yukihiro Yamao, Takayuki Kikuchi, Toshihiko Aso, Masao Matsuhashi, Kazumichi Yoshida, Akio Ikeda, Ryosuke Takahashi, Matthew A Lambon Ralph, Susumu Miyamoto	4. 巻 30
2. 論文標題 Connectivity Gradient in the Human Left Inferior Frontal Gyrus: Intraoperative Cortico-Cortical Evoked Potential Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 4633 ~ 4650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/cercor/bhaa065	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sumiya Shibata, Yukihiro Yamao, Takeharu Kunieda, Rika Inano, Takuro Nakae, Sei Nishida, Taku Inada, Yuki Takahashi, Takayuki Kikuchi, Yoshiki Arakawa, Kazumichi Yoshida, Riki Matsumoto, Akio Ikeda, Tatsuya Mima, Susumu Miyamoto	4. 巻 138
2. 論文標題 Intraoperative Electrophysiologic Mapping of Medial Frontal Motor Areas and Functional Outcomes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 World Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 e389 ~ e404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wneu.2020.02.129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松本理器, 下竹昭寛, 山尾幸広, 菊池隆幸, 國枝武治, 池田昭夫.	4. 巻 40(3)
2. 論文標題 言語と意味記憶: Cognitive Neurophysiologyの立場から.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 高次脳機能研究	6. 最初と最後の頁 250-260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yukihiro Yamao, Riki Matsumoto, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Susumu Miyamoto	4. 巻 15
2. 論文標題 Intraoperative Brain Mapping by Cortico-Cortical Evoked Potential	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2021.635453	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松本理器, 下竹昭寛, 山尾幸広, 菊池隆幸, 國枝武治, 池田昭夫.	4. 巻 in press
2. 論文標題 てんかん病態から垣間見る高次脳機能とその変容.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 神経心理学	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松本理器, 下竹昭寛, 中江卓郎, 山尾幸広, 菊池隆幸, 國枝武治, 池田昭夫.	4. 巻 30
2. 論文標題 脳機能局在の知 (特別企画 脳科学の知)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 脳経外科ジャーナル	6. 最初と最後の頁 106 ~ 114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7887/jcns.30.106	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山尾幸広, 松本理器, 菊池隆幸, 吉田和道, 宮本 享.	4. 巻 29
2. 論文標題 術中電気生理モニタリング	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 脳神経外科ジャーナル	6. 最初と最後の頁 486 ~ 494
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7887/jcns.29.486	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kiyohide Usami, Anna Korzeniewska, Riki Matsumoto, Katsuya Kobayashi, Takefumi Hitomi, Masao Matsushashi, Takeharu Kunieda, Nobuhiro Mikuni, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Susumu Miyamoto, Ryosuke Takahashi, Akio Ikeda, Nathan E Crone	4. 巻 42
2. 論文標題 The neural tides of sleep and consciousness revealed by single-pulse electrical brain stimulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sleep	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/sleep/zsz050	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Shuichiro Neshige, Katsuya Kobayashi, Masao Matsushashi, Masaya Togo, Mitsuhiro Sakamoto, Akihiro Shimotake, Takefumi Hitomi, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Riki Matsumoto, Hirofumi Maruyama, Ryosuke Takahashi, Susumu Miyamoto, Akio Ikeda	4. 巻 60
2. 論文標題 A score to map the lateral non-primary motor area: multi-spectrum intrinsic brain activity vs. cortical stimulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Epilepsia	6. 最初と最後の頁 2294-2305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/epi.16367	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirofumi Takeyama, Riki Matsumoto, Kiyohide Usami, Takuro Nakae, Katsuya Kobayashi, Akihiro Shimotake, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Susumu Miyamoto, Ryosuke Takahashi, Akio Ikeda	4. 巻 9
2. 論文標題 Human entorhinal cortex electrical stimulation evoked short-latency potentials in the broad neocortical regions: Evidence from cortico-cortical evoked potential recordings	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Brain and Behavior	6. 最初と最後の頁 e01366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/brb3.1366. Epub 2019 Jul 30	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Takeshi Inoue, Katusya Kobayashi, Riki Matsumoto, Morito Inouchi, Masaya Togo, Junpei Togawa, Kiyohide Usami, Akihiro Shimotake, Masao Matsushashi, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Hisashi Kawawaki, Nobukatsu Sawamoto N, Takeharu Kunieda, Susumu Miyamoto, Ryosuke Takahashi, Akio Ikeda	4. 巻 0
2. 論文標題 Engagement of cortico-cortical and cortico-subcortical networks in a patient with epileptic spasms: An integrated neurophysiological study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Clinical Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sumiya Shibata, Yukihiro Yamao, Takeharu Kunieda, Rika Inano, Takuro Nakae, Sei Nishida, Taku Inada, Yuki Takahashi, Takayuki Kikuchi, Yoshiki Arakawa, Kazumichi Yoshida, Riki Matsumoto, Akio Ikeda, Tatsuya Mima, Susumu Miyamoto	4. 巻 4
2. 論文標題 Intraoperative electrophysiological mapping of medial frontal motor areas and functional outcomes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 World Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wneu.2020.02.129.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松本 理器, 下竹 昭寛, 山尾 幸広, 菊池 隆幸, 國枝 武治, 池田 昭夫	4. 巻 40
2. 論文標題 言語と意味記憶: Cognitive Neurophysiologyの立場から	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 高次脳機能研究	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shuichiro Neshige, Katsuya Kobayashi, Masao Matsushashi, Takefumi Hitomi, Akihiro Shimotake, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Riki Matsumoto, Susumu Miyamoto, Ryosuke Takahashi, Hirofumi Maruyama, Akio Ikeda	4. 巻 60
2. 論文標題 A rational, multispectral mapping algorithm for primary motor cortex: A primary step before cortical stimulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Epilepsia	6. 最初と最後の頁 547 ~ 559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/epi.14669	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shuichiro Neshige, Masao Matsushashi, Katsuya Kobayashi, Takeyo Sakurai, Akihiro Shimotake, Takefumi Hitomi, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Riki Matsumoto, Ryosuke Takahashi, Susumu Miyamoto, Hieofumi Maruyama, Masayasu Matsumoto, Akio Ikeda	4. 巻 129
2. 論文標題 Multi-component intrinsic brain activities as a safe alternative to cortical stimulation for sensori-motor mapping in neurosurgery	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Clinical Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 2038 ~ 2048
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.clinph.2018.06.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Aya Kanno, Rei Enatsu, Satoshi Ookawa, Shouhei Noshiro, Shunya Ohtaki, Kengo Suzuki, Yuto Suzuki, Rintaro Yokoyama, Satoko Ochi, Yukinori Akiyama, Takeshi Mikami, Takuro Nakae, Takayuki Kikuchi, Takeharu Kunieda, Susumu Miyamoto, Riki Matsumoto, Nobuhiro Mikuni	4. 巻 120
2. 論文標題 Interhemispheric Asymmetry of Network Connecting Between Frontal and Temporoparietal Cortices: A Corticocortical-Evoked Potential Study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 World Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 e628 ~ e636
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.wneu.2018.08.137	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 稲田 拓, 菊池 隆幸, 小林 勝哉, 中江 卓郎, 下竹 昭寛, 西田 誠, 高橋 由紀, 小林 環, 永井 靖識, 松本 直樹, 山尾 幸広, 吉田 和道, 國枝 武治, 松本 理器, 池田 昭夫, 宮本 享	4. 巻 46
2. 論文標題 アンカーボルトを用いた定位的深部電極挿入術(stereotactic EEG insertion)の初期経験-課題の抽出と挿入精度向上の検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neurological Surgery 脳神経外科	6. 最初と最後の頁 917 ~ 924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11477/mf.1436203839	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松本 理器, 下竹 昭寛, 山尾 幸広, 菊池 隆幸, 國枝 武治	4. 巻 34
2. 論文標題 てんかんの治療戦略: てんかん外科における言語機能温存へ向けた試み	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 神経心理学	6. 最初と最後の頁 124 ~ 134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20584/neuropsychology.17027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 下竹 昭寛, 松本 理器, 坂本 光弘, 菊池 隆幸, 吉田 和道, 松橋 眞生, 國枝 武治, 宮本 享, 高橋 良輔, 池田 昭夫
2. 発表標題 類義語判断課題による言語機能マッピングの有用性
3. 学会等名 第60回日本神経学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Riki Matsumoto
2. 発表標題 Role of the CCEPs from SDG to Stereo-EEGs.
3. 学会等名 The Down-under Stereo-EEG Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本 理器
2. 発表標題 てんかん学とシステム神経科学の接点. 教育講演 19-3
3. 学会等名 第49回日本臨床神経生理学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本 理器
2. 発表標題 言語と意味記憶：Cognitive Neurophysiology の立場から
3. 学会等名 第43回日本高次脳機能障害学会学術総会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇佐美 清英, 松本 理器, Anna Korzeniewska, 下竹 昭寛, 中江 卓郎, 松橋 眞生, 菊池 隆幸, 吉田 和道, 國枝 武治, 高橋 良輔, Nathan Crone, Matthew Lambon-Ralph, 池田 昭夫
2. 発表標題 視覚性物品呼称課題時の側頭葉底面と後頭葉の相互作用 硬膜下電極の高周波活動を用いた有向ネットワーク解析
3. 学会等名 第53回日本てんかん学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mayumi Otani, Riki Matsumoto, Akihiro Shimotake, Mitsuhiro Sakamoto, Takuro Nakae, Masao Matsuhashi, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Susumu Miyamoto, Ryosuke Takahashi, Akio Ikeda
2. 発表標題 Assessment of language tasks in electrical cortical stimulations (ECS) for efficient functional mapping in epilepsy surgery
3. 学会等名 第53回日本てんかん学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山尾 幸広, 松本 理器, 荒川 芳輝, 溝田 敏幸, 峰晴 陽平, 菊池 隆幸, 吉田 和道, 宮本 享
2. 発表標題 言語白質モニタリングにおける皮質-皮質間誘発電位(CCEP)の有効性 覚醒不良例に有効か?
3. 学会等名 第17回日本Awake Surgery学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Naoyuki Sato, Riki Matsumoto, Akihiro Shimotake, Masao Matsuhashi, Mayumi Otani, Takayuki Kikuchi, Takeharu Kunieda, Hiroaki Mizuhara, Ryosuke Takahashi, Akio Ikeda
2 . 発表標題 Predictability of electrocorticogram coherence using distributed semantic representation
3 . 学会等名 Annual meeting of Society for Neuroscience 2019
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shuichiro Neshige, Katsuya Kobayashi, Masao Matsuhashi, Akihiro Shimotake, Takehumi Hitomi, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Riki Matsumoto, Ryosuke Takahashi, Susumu Miyamoto, Hirofumi Maruyama, Akio Ikeda.
2 . 発表標題 Rational cortical mapping algorithm for epilepsy surgery: non-stimuli, multi-intrinsic brain activities without cortical stimulation
3 . 学会等名 the 12th Asian&Oseanian Epilepsy Congress (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Shuichiro Neshige, Katsuya Kobayashi, Masao Matsuhashi, Akihiro Shimotake, Takehumi Hitomi, Takayuki Kikuchi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Riki Matsumoto, Ryosuke Takahashi, Susumu Miyamoto, Hirofumi Maruyama, Akio Ikeda
2 . 発表標題 Electrocorticography-based non-primary motor area mapping comparable with cortical stimulation
3 . 学会等名 第59回日本神経学会学術大会
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Akihiro Shimotake, Riki Matsumoto, Katsuya Kobayashi, Takayuki Kikuchi, Takeharu Kunieda, Susumu Miyamoto, Ryosuke Takahashi, Matthew Lambon-Ralph, Akio Ikeda
2 . 発表標題 Visual and auditory semantic processing converges in the anterior temporal lobe
3 . 学会等名 The 41th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihiro Shimotake, Riki Matsumoto, Katsuya Kobayashi, Takayuki Kikuchi, Masao Matsuhashi, Kazumichi Yoshida, Takeharu Kunieda, Susumu Miyamoto, Ryosuke Takahashi, Akio IKEDA
2. 発表標題 Functional mapping of visual and auditory semantic processing in the anterior temporal lobe
3. 学会等名 第52回日本てんかん学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂本光弘, 松本理器, 下竹昭寛, 太田真紀子, 中谷光良, 中江卓郎, 菊池隆幸, 吉田和道, 國枝武治, 高橋良輔, 池田昭夫
2. 発表標題 発語失行の病態：機能マッピング, 電氣的線維追跡からの症例の考察
3. 学会等名 第59回日本神経学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尾谷-山田真弓, 松本理器, 下竹昭寛, 坂本光弘, 十河正弥, 中江卓郎, 武山博文, 小林勝哉, 宇佐美清英, 松橋眞生, 山尾幸弘, 菊池隆幸, 吉田和道, 高橋良輔, 池田昭夫
2. 発表標題 言語ネットワーク内における中核言語野の結合様式の検討
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 音成秀一郎, 松橋眞夫, 松本理器, 池田昭夫
2. 発表標題 広帯域皮質脳波を用いた運動関連皮質の脳機能マッピングのアルゴリズム：てんかん外科の皮質電気刺激検査からの合理的発展の試み
3. 学会等名 第52回日本てんかん学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下竹昭寛, 松本理器, 太田真紀子, 坂本光弘, 中江卓郎, 菊池隆幸, 荒川芳輝, 國枝武治, 宮本享, 高橋良輔, 池田昭夫
2. 発表標題 側頭葉腫瘍切除症例における意味認知機能の検討
3. 学会等名 第42回 日本神経心理学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下竹 昭寛, 松本 理器, 坂本 光弘, 中谷 光良, 太田 真紀子, 小林 勝哉, 菊池 隆幸, 吉田 和道, 國枝 武治, 宮本 享, 高橋 良輔, 池田 昭夫
2. 発表標題 低い刺激強度の皮質電気刺激と呼称課題の組み合わせによる言語機能マッピングの有用性
3. 学会等名 第59回日本神経学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本理器, 下竹昭寛, 十河正弥, 菊池隆幸, 國枝武治, 池田昭夫
2. 発表標題 皮質電気刺激による脳機能マッピング
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会学術大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中江卓郎, 松本理器, 十河正弥, 武山博文, 小林勝哉, 下竹昭寛, 松橋眞生, 山尾幸広, 菊池隆幸, 吉田和道, 國枝武治, 池田昭夫, 宮本享
2. 発表標題 皮質刺激皮質誘発電位(CCEP)における律動反応~機能ネットワークから見た反応特性の多様性~
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 迎伸孝, 松本理器, 小林勝哉, 十河正弥, 松橋眞生, 中江卓郎, 武山博文, 下竹昭寛, 山尾幸広, 菊池隆幸, 吉田和道, 飯原弘二, 高橋良輔, 池田昭夫
2. 発表標題 皮質皮質間誘発電位 (CCEP) の分類と分布の検討
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下竹昭寛, 松本理器, 小林勝哉, 菊池隆幸, 松橋眞生, 吉田和道, 國枝武治, 宮本享, 高橋良輔, 池田昭夫
2. 発表標題 Functional mapping of visual and auditory semantic processing in the anterior temporal lobe
3. 学会等名 第52回日本てんかん学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山尾幸広, 松本理器, 國枝武治, 荒川芳輝, 中江卓郎, 菊池隆幸, 吉田和道, 池田昭夫, 宮本享
2. 発表標題 術中言語白質路モニタリングにおける皮質-皮質間誘発電位の麻酔の影響 - 言語機能保護を目指して -
3. 学会等名 日本脳神経外科学会 第77回学術総会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山尾幸広, 松本理器, 國枝武治, 荒川芳輝, 中江卓郎, 菊池隆幸, 吉田和道, 池田昭夫, 宮本享
2. 発表標題 術中脳機能モニタリング
3. 学会等名 第48回日本臨床神経生理学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoyuki Sato, Riki Matsumoto, Akihiro Shimotake, Masao Matsuhashi, Takayuki Kikuchi, Takeharu Kunieda, Hiroaki Mizuhara, Ryosuke Takahashi, Akio Ikeda
2. 発表標題 An electrocorticogram analysis based on the theoretical coupling between subpopulation network structure and cross-spectral power
3. 学会等名 Annual meeting of Society for Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 Riki Matsumoto, Sasha Dionisio, Martin Staudt, Juan Bulacio, Dileep R Nair.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Lippincott Williams&Wilkins	5. 総ページ数 1096
3. 書名 Functional Mapping with Neurophysiologic Techniques In: Wyllie E, Gidal B, Goodkin H, Luddenkemper T, Jehi L. Wyllie 's Treatment of Epilepsy 7th edition	

1. 著者名 十河 正弥, 菊池 隆幸, 松本 理器	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本医師会雑誌	5. 総ページ数 1720
3. 書名 硬膜下電極記録. (特集: てんかん診療の最前線)	

1. 著者名 Riki Matsumoto, Takeharu Kunieda	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Oxford University Press	5. 総ページ数 23(p431-453)
3. 書名 Chapter 32, Cortico-cortical evoked potential mapping (Section 4: Human Brain Mapping). /In: Lhatoo S, Kahane P, Luders H, eds. Invasive Studies of the Human Epileptic Brain: Principles and Practice of Invasive Brain Recordings and Stimulation in Epilepsy.	

〔産業財産権〕

〔その他〕

神戸大学大学院医学研究科脳神経内科学分野研究紹介HP
<https://www.med.kobe-u.ac.jp/sinkei/research.html>
 京都大学大学院医学研究科てんかん・運動異常生理学講座
<http://epilepsy.med.kyoto-u.ac.jp/research>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	下竹 昭寛 (Shimotake Akihiro) (80726000)	京都大学・医学研究科・助教 (14301)	
研究分担者	山尾 幸広 (Yamao Yukihiro) (90736810)	京都大学・医学研究科・助教 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関