

「脳神経回路の形成・動作原理の解明と制御技術の創出」
平成 22 年度採択研究代表者

H26 年度
実績報告書

酒井 邦嘉

東京大学大学院総合文化研究科
教授

言語の脳機能に基づく神経回路の動作原理の解明

§ 1. 研究実施体制

(1) 酒井グループ

① 研究代表者: 酒井 邦嘉 (東京大学大学院総合文化研究科、教授)

② 研究項目

- ・言語獲得の感受性期の神経回路解析
- ・言語障害後の神経回路再編成の解析
- ・神経局所回路の計算モデル構築

(2) 村垣グループ

① 主たる共同研究者: 村垣 善浩 (東京女子医科大学先端生命医科学研究所、教授)

② 研究項目

- ・言語関連線維の描出
- ・言語マッピングによる機能部位の解析
- ・文法・言語に本質的な神経線維の特定
- ・誘発電位による皮質連絡の確認

(3) 福井グループ

① 主たる共同研究者: 福井 直樹 (上智大学外国語学部、教授)

② 研究項目

- ・併合演算に関する理論化
- ・探索・内心性・カウンターの理論化

§2. 研究実施の概要

1. 「脳機能解析」グループ

文法処理は少なくとも母語であれば、意識に上らずに自動的に行われると考えられるが、これまでその可能性を支持するような神経科学からの証拠はなかった。我々は MEG (脳磁図) を用いて、^{いきか} 閾下刺激による「文法中枢」の応答性を調べた (Iijima et al., 2014)。OV (目的語・動詞) 条件では、視覚的に目的語 (例:「ゆきを」) を提示した後、意味的に関連のある動詞 (例:「おとす」) を閾下刺激として意識に上らないほどの短時間で提示し、その後に見える別のターゲット動詞 (例:「とくす」) に対する文法判断を課した (他動詞は正、自動詞は誤)。閾下刺激が意識下で自動的に処理されるなら、それがターゲット動詞と同じ他動詞・自動詞である時 (OV-Cong 条件) には、目的語が次に他動詞を要求するという予測処理が促進されて、文法中枢の活動が増大すると予想した。その結果、文法中枢である下前頭回 (L. IFG) において 140-160 ms で有意な活動の増大が観察された。また、内側の precuneus と中帯状皮質 (MCC) において、それぞれ 110-140 ms と 280-300 ms で OV-Cong 条件に選択的に活動が減少した。さらにグレンジャー因果性の解析を行って、これらの領域がいかなる神経回路を構成しているかを調べたところ、60-160 ms という早い時間帯で、OV-Cong 条件に選択的な因果性の増大が見出された。MCC は課題の構え (task set) に関係すると考えられており、文法の予測処理が下前頭回からトップ・ダウンで MCC に伝わり、予測される刺激の情報が precuneus に送られるという可能性が示唆される。以上のように、自動的な文法処理と高次の言語判断に関わる神経回路が特定されたことは興味深い。

2. 「脳外科臨床」グループ

脳外科臨床グループは、脳腫瘍の治療の向上のために、脳機能の解明を目指す研究を強く押しすすめている。手術中に患者の言語機能を検査する方法として覚醒下手術を行って、手術中および術後に言語機能への障害が最小限となるように努めた。具体的には絵や言葉を提示して患者の言語反応を的確にとらえた。また、言語に関わるとされる脳表面の 2 点を予めとらえておき、その 2 点間の電位 (皮質-皮質間電位、CCEP) を腫瘍摘出前に測定して、この測定値を術前と術中に比較し、モニターしながら腫瘍摘出を行った。これらのデータと術後言語障害の評価について論文発表した (Saito et al., 2014)。腫瘍摘出後に術中 CCEP が低下及び消失した群では、術中言語症状の出現が有意に認められ回復までの期間も有意に延長した。この結果から、CCEP 計測のモニタリングは有用で、従来行ってきた覚醒下手術による直接の言語機能検査に加え、客観的評価の一助となり術中及び術後言語障害の予後評価に有用であると結論づけた。

3. 「言語学理論」グループ

本チームの言語学理論グループは、現代言語学で構造構築および構造に作用する根本演算として提案されている併合 (Merge) の本質およびその脳内実現、そして関連する理論的実験的諸問題について本年度も継続的に研究を行った (Fukui N et al., 2014)。人間言語の文法演算を考えると、人間言語の表現 (句、文、等) が単なる音あるいは語の線的列 (音や語が左右に連なったもの) ではなく、その背後に抽象的な階層構造が存在し、その階層構造に基づき定義された構

造的關係を用いて文法演算が行なわれているという点を明確に理解することは何よりも重要である。つまり、人間の言語機能の「本質」は、思考に必要な抽象的階層構造を生成することであり、主に音声として(手話におけるように身振りのこともあります)身体の外に出てくる形態は、それ自体では言語の「本質」を表わしていない。左から右に並んでいる「語の列」としての文は、人間の感覚運動系が抽象的構造をそのままの形では身体の外に出すことが出来ないという制約からくる、いわば副次的現象にすぎないのである。今年度は、言語の根幹にあつて言語演算の核となっている併合および(「探索」等の)類似演算に関する分析を一段と進め、全ての演算を(新たな形で定式化された)併合のみに還元する可能性を実現するところまで後一步の段階まで研究を進展させることが出来た。

原著論文

1. Iijima K, Sakai KL. (2014) Subliminal enhancement of predictive effects during syntactic processing in the left inferior frontal gyrus: an MEG study. *Front Syst Neurosci* 8: 217, 1-14. (DOI: 10.3389/fnsys.2014.00217)
2. Saito T, Tamura M, Muragaki Y, Maruyama T, Kubota Y, Fukuchi S, Nitta M, Chernov M, Okamoto S, Sugiyama K, Kurisu K, Sakai KL, Okada Y, Iseki H. (2014) Intraoperative cortico-cortical evoked potentials for the evaluation of language function during brain tumor resection. initial experience with 13 cases. *J Neurosurg* 121: 827-838. (DOI: 10.3171/2014.4.JNS131195)
3. Fukui N, Narita H. (2014) Merge, labeling, and projection. In: *Routledge Handbook of Syntax* (ed. Andrew Carnie, Yosuke Sato and Dan Siddiqi), pp. 3-23, London/New York: Routledge. (DOI: 10.4324/9781315796604.ch1)