

平成 27 年度 全体研究開発報告書

1. 研究開発領域：「脳神経回路の形成・動作原理の解明と制御技術の創出」研究領域
2. 研究開発課題名：言語の脳機能に基づく神経回路の動作原理の解明
3. 研究開発代表者： 酒井 邦嘉（国立大学法人東京大学 大学院総合文化研究科）
4. 研究開発の成果

本研究チームは、「脳機能解析グループ」・「脳外科臨床グループ」・「言語学理論グループ」より成る。研究目的は、言語の機能分化と機能局在から機能モジュールの計算原理を明らかにして、モジュール間相互の神経結合から神経回路の動作原理を解明することである。脳外科臨床グループとの共同により、文法処理等の言語メカニズムに着目した失語症を行動データ解析により明らかにし、失語症における神経回路再編メカニズムを脳構造・脳機能イメージングにより調べる。また、言語学理論グループとの共同により、新規言語課題・認知課題を作成し、複数の言語野の動作原理を脳構造・脳機能イメージングにより解明する。

27年度は、前頭葉言語野の同定困難に関連する因子を検討し、腫瘍が *pars triangularis* を含むことが有意に相関することを示した (*J Neurosurg*, 2016)。我々の成果は、今後多くの施設が覚醒下手術を導入する際に留意すべき有用な情報を示したと考えられる。研究期間全体では、次のような成果が得られた。人間の左前頭葉の「文法中枢」における言語学的な計算原理を初めて解明し (*PLOS One*, 2013)、脳腫瘍の部位により異なるタイプの文法障害が生じるという因果関係の証明に成功した (*Brain*, 2014)。システム神経科学に言語理論研究と臨床的言語障害研究を融合させることで、世界に類のない相乗効果を実現させることができた。

脳機能解析グループと言語学理論グループの連携では、人間の脳における言語の機能分化と機能局在から機能モジュールの解析を行い、言語処理で核心となる文法の計算原理を初めて明らかにした (*PLOS One*, 2013)。さらにモジュール間相互の神経結合および機能結合の因果関係を明らかにして、神経回路の動作原理の解明を進めた。脳機能解析グループと脳外科臨床グループの連携では、術前の脳機能イメージングの結果に対して脳腫瘍患者の術中マッピングのデータをリンクさせるという独自の研究を推進した。特に、脳腫瘍が左前頭葉のどの位置にあるかで、文型によって異なるタイプの「失文法」(文法障害) が起こることを世界に先駆けて証明した (*Brain*, 2014)。さらに文法課題遂行時の神経回路が腫瘍部位によって大きく異なることが分かり、文法処理には3つの独立した神経回路が存在することが初めて明らかとなった。

脳外科臨床グループでは、言語の術後機能障害が懸念される脳腫瘍手術症例を詳細に解析した。術前文法課題での機能的 MRI で有意な活動を示す部位は、術中電気刺激で言語停止を来す部位と非常に高率で一致していた。この事実は、術中における言語機能野を確実に短時間で同定することが可能となり、有用な臨床運用が今後飛躍的に期待される成果である。この融合によって、臨床データを忠実に反映し科学的に実証出来た事例として脳神経外科領域で高く評価された。

言語学理論グループでは、人間言語の理論的研究を通して、経験的に妥当な仮説を他のグループに提供し、そのことによって人間言語の理論的研究とその神経科学的基盤の研究の間に現在存在する大きな隔たりを少しでも埋めることに寄与した。人間言語の基本原理解と、思考系や感覚運動系との直接の接点を持たない「純粹の言語」とも呼ぶべき統辞法 (統辞論、syntax) の本質を理解することが何よりも肝要である。本グループの研究の結果、外的併合と内的併合との根本的区別、内心性の位置づけ、構築された統辞体の同定に関わるラベル付けアルゴリズム、探索演算、等々に関して新たな理論的展開が得られた。さらに、それらの理論的洞察に基づいて「併合可能性」(Merge-generability、併合による生成可能性) に基づく人間言語の形式特性に関する脳科学的研究を脳機能解析グループと共同で推進した。

主要な発表論文

- (1) Kinno R, Ohta S, Muragaki Y, et al. (2014) Differential reorganization of three syntax-related networks induced by a left frontal glioma. *Brain* 137: 1193-1212.
- (2) Ohta S, Fukui N, Sakai KL. (2013) Syntactic computation in the human brain: The Degree of Merger as a key factor. *PLOS One* 8: e56230, 1-16.
- (3) Saito T, Muragaki Y, Maruyama T, et al. (2016) Difficulty in identification of the frontal language area in patients with dominant frontal gliomas that involve the pars triangularis. *J Neurosurg* ahead of print: 1-9.