

酒井 邦嘉

東京大学大学院総合文化研究科・准教授

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・准教授)
- ② 研究項目
  - ・「失文法」に伴う神経回路の同定
  - ・「文法中枢」による統語処理計算の同定
  - ・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

### (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先端工学外科学分野・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・外国語学部言語学副専攻・教授)
- ② 研究項目
  - ・言語構造に関する理論的論点の整理
  - ・統辞処理の理論的考察に基づく概念化

- ・内心性の「獲得」に関する理論化
- ・内心性の「喪失」に関する理論化

## § 2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

### (A) 酒井グループ

研究代表者グループは、他の 2 つのグループの研究を相補的に融合させる役割を持ち、研究チーム全体の統括および適切な研究遂行の責任を担う。具体的には、言語課題・認知課題の作成、行動データ解析、脳構造・脳機能解析を遂行する。

本研究は人間を対象とするため、被験者の協力が必要不可欠である。そこで、被験者となる相手方の同意・協力を得る際に、人権の保護の取扱いについて、十分配慮する必要がある。具体的には、世界医師会「ヘルシンキ宣言」の原則に従って、実験の趣旨と、被験者の安全性およびプライバシーの保護について、被験者に十分な説明を行っている。また、MRI 等のイメージング機器の使用に関する関係ガイドライン等を遵守し、研究に携わるすべてのスタッフに人権の保護の取扱いの重要性の認識を徹底させるように努め、継続的な配慮を怠らないよう常に注意を払っている。本研究の計画書を東京大学と東京女子医科大学の倫理委員会に提出し、既に倫理審査および承認を得ている。

本年度は、村垣グループとの共同研究により、文法処理等の言語メカニズムに着目して、文法障害を伴う失語症に関して行動データ解析と脳構造解析を進めた。我々のチームのこれまでの研究により、左前頭葉の脳腫瘍が運動前野外側部にある患者群と下前頭回にある患者群では、文法課題に対して特異的な成績低下が生ずることが示されている。これらの腫瘍部位は灰白質と白質の両方に及んでいることを確認し、その一方だけで文法障害が生ずるかどうかを解析した。その結果、腫瘍部位の灰白質だけに限定して解析しても、有意な文法課題の成績低下が生じることが初めて明らかとなった<sup>A-1)</sup>。この成果は、文法処理における皮質間のネットワークを明らかにする上で、皮質構造を分離して解析できる可能性を示す知見として注目される。

また、言語学理論に基づく MEG 実験を新たにデザインして、文の統辞的なオンライン処理が言語野のネットワークにいかなる効果を及ぼすかを詳細に検討した<sup>A-2)</sup>。視覚的に提示する刺激文には二重目的語を取る動詞(例:「あげる」)を用いて、所有移動を伴う場合(例:「友人に家具をあげた」)と、伴わない場合(例:「家具を二階にあげた」)を含めた。また、これらの例のような正規語順の文に対して、非正規語順の文(例:「家具を友人にあげた」や「二階に家具をあげた」)を対比した。その結果、これまでの fMRI 等の実験から「文法中枢」として機能すると考えられてきた左下前頭回(ブロードマンの 44/45 野)において、正規語順に選択的な活動上昇が動詞提示より 530-550 ms に見出された。正規語順の文では、構造的に最小距離で 2 つの名詞句と動詞が結びつくため、動詞の統語的情報を予期する効果が増大すると考えられる。

### (B) 村垣グループ

脳腫瘍患者についての言語関連線維を効果的に描出する目的で、一般健常者に対する研究課題を提案し、東京女子医科大学の倫理委員会において承認(平成 22 年 10 月 26 日承認、承

認番号 2024)を受け、脳機能解析グループと共同でボランティア収集の内容を実施中である。専用ソフト (FSL、DTI tool) を入手して、従来の **deterministic method** で十分描出できなかった範囲の白質線維描出能力改善できる可能性をもつ **probabilistic method** を導入して解析を行った。現在、正常脳撮影データ (6 名分をすでに収集済み) を用いて運用のシミュレーションを開始しており、6 軸と 30 軸の撮影比較検討し最適な軸数の決定と **tracking** 技術の迅速化を図っている。脳腫瘍患者については 6 軸と 32 軸での白質線維描出を行い、腫瘍と白質線維描出の術前評価として可能な限り臨床への応用を行った。



言語マッピングによる機能部位の解析は、村垣グループにおいて進めている。脳腫瘍患者に慢性硬膜下電極留置を行い、術前 MRI と術後 CT 撮影を融合させ、マッピングのための部位特定 of 3 次元解析を実施した。通常行うマッピングにおける言語関連部位の特定と合わせ、言語タスクへの反応時間を解析可能な解析システムを構築した (右図: 言語課題を提示する画面とスイッチを持った被験者、押されたボタンのモニターが同じ時間軸で表示されるとともに、課題提示から反応までの時間が計測される)。前年度に開発した患者対応スイッチの運用とともに問題なく解析できることを実証できたが、今後は手術室内での覚醒下開頭術中でも問題なく使用できるかどうかを立証予定としている。覚醒下手術において、術前情報と共に手術情報を統合解析し、脳外科手術に応用した成果報告と共に臨床症状との関わりについての報告を学会報告として幅広く行った。

文法・言語に本質的な神経線維の特定に関して、文法課題を言語タスクとした **fMRI** を脳機能解析グループで行って患者個人脳構造の解析に着手した。上記 **fMRI** 賦活部位が脳構造のどの部位に一致し、どのような解剖学的特徴を持つかについて解析を進めた。脳構造について脳皮質と白質および脳溝に注目した解析の重要性を正常脳と脳腫瘍を比較することで提案した <sup>B-1)</sup> が、脳腫瘍患者での脳構造を詳細に解析することで臨床症状 (記憶障害、性格変化) の局在についての幅広い考察を可能とした。記憶障害については日時についての見当識障害に注目し、性格変化については **MMPI** を用いて人格変化に注目して解析し、学会報告を行った。また、脳腫瘍摘出術 2 週間前、皮質上 (**Broca** 及び **Wernicke** と命名されている部位) に慢性硬膜下電極を留置し、皮質間電位 (**CCEP**) を直接測定解析し、術前マッピング結果との整合性を確認した。術後合併症を軽減する目的で追加検証を行い、皮質連絡線維を可視化するより有用な方法を検討中である。術前に腫瘍と白質線維との関係を簡便に可視化して臨床応用するため、定位放射線治療に用いる既知ソフトを脳腫瘍治療に応用することにも取り組んだ <sup>B-2)</sup>。

### (C) 福井グループ

本年度の「酒井グループ」の研究課題の中心は、併合 (**Merge**) と呼ばれる言語の基本演算がど

のような特性を有し、また言語が示す他の諸特性とどのように関連しているのかを追求することになった。この研究課題において本年度の本グループの研究成果を代表する結果は、2012年3月12日に京都国際生物言語学会 (Kyoto Conference on Biolinguistics) に於いて為された招待講演 “Merge and (A)symmetry” と題する講演である。この講演では、併合演算の根本特性に関して精密な考察が行なわれ、それらに基づいて、所謂「外的併合」(External Merge) と「内的併合」(Internal Merge) の 2 種類の併合演算が、次に述べるような諸特性をシステムティックに示すということが「一般化」として述べられている。

外的併合: (1) 非対称的な構造を作り出す、(2) 述語-項構造、テータ構造、語彙項目による選択、等の深層構造特性 (d-structure semantics) を示す、(3) 内的併合より「前に」適用される。

内的併合: (1) 対称的構造を作り出す、(2) 演算子-変項関係、提題、等の「談話上の」表層構造特性 (s-structure semantics) を示す、(3) 外的併合より「後に」適用される。

次に、これらの一般化を説明するために、統辞体内での素性 (features) の分布特性に基づいて定義される「均衡」の概念を導入し、さらにこの均衡概念を用いて構造の対称性 (symmetry) を特徴付けた。そして、一般に統辞計算 (派生) は、外的併合によって導入された非対称性を解消し、構造を対称化するために駆動される、という仮説を提案した。この仮説によって上記の一般化がきれいに説明されると同時に、構造の内心性 (自己埋め込み性) や主辞探索の問題などに対しても、新たなアプローチの可能性が拓けてくる。これらの諸問題を追究することによって、H24 年度の研究計画の内容に自然に繋がっていくことになる。本講演は、現在、原著論文として公刊すべく準備中である。

フェーズ (相) と呼ばれる計算領域の特性を、投射 (主辞決定のために従来仮定されてきたメカニズム) を排除するために用いることが出来るのではないかとする研究<sup>C-1)</sup>、あるいは、{XP, YP}型の構造を排除する条件に基づいて様々な文法上の諸条件を導出しようとする試み<sup>C-2)</sup>、等は、上述の提案に収斂していく理論的仮説を検討する過程に於いて考慮された可能性である。また、併合演算の特性と根拠をより広い観点から考察した論考<sup>C-3)</sup>も、上述の提案に繋がる直接の契機になったと言える。こういった諸研究の重要な側面を総て組み込みながら、H24 年度においてはさらに包括的な「人間言語の基本演算」論の構築を目指したい。

### § 3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

- 論文詳細情報

A-1 Kinno R, Muragaki Y, Sakai KL. Gray or white? – The contribution of gray matter in a glioma to language deficits. *Advances in the Biology, Imaging, and Therapies for Glioblastoma*. Ed. Chen, C. C. InTech, Croatia (ISBN 978-953-307-284-5): pp.

107-122, 2011.

- A-2 Inubushi T, Iijima K, Koizumi M, Sakai KL. Left inferior frontal activations depending on the canonicity determined by the argument structures of ditransitive sentences: An MEG study. PLoS ONE, accepted.
- B-1 田村学, 上松右二, 板倉徹, 西林宏起, 小倉光博, JF-Mangin, J-Regis, 村垣善浩, 伊関洋. 脳溝に注目した正常日本人脳 MRI 解析と臨床応用への試み. CI 研究 33:21-29, 2011.
- B-2 Tamura M, Konishi Y, Tamura N, Hayashi M, Nakao N, Yuji U, Itakura T, Regis J, Mangin JF, Muragaki Y, Iseki H. Usfulness of Leksell GammaPlan for preoperative planning of brain tumor resection Delineation of the cranial nerves and fusion of the neuroimaging data, including DTI. Acta Neurochirurgica Suppl. in press.
- B-3 Yoshimitsu K, Maruyama T, Muragaki Y, Suzuki T, Saito T, Nitta M, Tanaka M, Chernov M, Tamura M, Ikuta S, Okamoto J, Okada Y, Iseki H. Wireless modification of the intraoperative examination monitor for awake surgery - Technical Note -. Neurol Med Chir 51:472-476, 2011. (doi:10.2176/nmc.51.472)
- C-1 Narita H. Phase cycles in service of projection-free syntax. Angel J. Gallego ed., Phases developing the framework, Mouton de Gruyter 125-172, 2012.
- C-2 Narita H. The independence of the LCA and antisymmetry, and the LCA-free phase-based account of the CED effect. Balazs Suranyi ed. Minimalist Approaches to Syntactic Locality Cambridge University Press, to appear.
- C-3 成田広樹, 福井直樹. 言語を巡る「何」と「なぜ」—生成文法の視点から—. 日本語学 30:24-33, 2011.

### (3-2) 知財出願

- ① 平成 23 年度特許出願件数(国内 0 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 0 件)