

「脳を創る」
平成9年度採択研究代表者

酒井 邦嘉

(東京大学大学院総合文化研究科 助教授)

「言語の脳機能に基づく言語獲得装置の構築」

1. 研究実施の概要

文の統語処理は、自然言語処理の研究や言語学の知見から、言語獲得装置の中心となる機能の1つと考えられている。われわれは、fMRI・光トポグラフィ・経頭蓋的磁気刺激法の異なる手法を用いて、統語処理機能が左半球の下前頭回の一部に局在していることを見出した。さらにこの知見は、日本語を母語とする被験者と英語を母語とする被験者で共通して確認された。従って、この領域は普遍的な文法処理を司るものと考えられる。

2. 研究実施内容

- (1) 音韻判断を統制条件として、意味判断と文法判断による脳活動を比較することで、文法判断の機能局在をevent-related fMRIを用いて調べた。意味判断と文法判断の各条件において、両側の前頭葉および側頭葉に活動が見られた。意味判断と文法判断を直接比較した結果、左の下前頭回において文法判断に選択的な活動が見られた。これらの結果は、文法処理のモジュール性を反映していると考えられる。
- (2) 文法判断に含まれる一般的な言語性短期記憶と、純粋な統語処理を分離するため、統語判断(SY)課題と言語性短期記憶(VM)課題における脳活動を、fMRIにより比較した。その結果、両側の中心前回は、VM課題に選択的な反応を示したのに対し、左下前頭回ではSY課題でVM課題よりも有意に強い反応がみられた。この結果より、統語処理と言語性短期記憶は、前頭葉において異なる神経基盤をもつことが示唆される。
- (3) 音声と文字を入力とした場合に、言語情報処理がどの段階で収束してモダリティー間の差がなくなるかを調べるため、知覚レベル(PC)・語彙レベル(LC)・文レベル(S)の言語課題における皮質活動をfMRIにより計測した。LC-PCの比較では下前頭溝および頭頂葉が、S-LCの比較では左下前頭回および左中側頭回がモダリティーに共通した活動を示した。これらの結果から、言語野において、文レベルの情報が語彙レベルとは異なるシステムで処理されると考えられる。
- (4) 時系列処理を行う神経システムの一モデルである、recurrent neural network

(feedbackを持つneural network) が有する文法の表現能力に関する理論的境界と実際的可能性について検討した。文/非文の判定に関しては、正規言語を越える部分においてはChomsky階層では分類できないcounter言語でほぼ特徴付けられる。一方、構文解析手続きを実際に学習することは困難である。豊かな言語構造の表現・学習が可能であるためには、何らかのバイアスを要すると考えられる。

- (5) 光トポグラフィは、2波長の近赤外光を用いて大脳皮質のヘモグロビン (Hb) 濃度変化を計測する技術である。本研究では計測精度の向上を目指し、従来法より短い波長を用いた計測法を検討した。成人男性6人の被験者に対し音声認識課題を行わせ、左側頭葉上部を計測した結果、課題に伴う酸素化Hbの上昇および脱酸素化Hbの減少が観測された。従来波長の計測結果と比較して雑音成分が低減される傾向があり、これは脱酸素化Hbで顕著であった。
- (6) 言語機能の臨床的評価のためにNIRSによる測定を行い、健常人における言語タスク中に言語野において局所脳血液量 (rCVB) が増加することを確認し、言語優位半球の決定に有用であることを確認した。今回は7例の失語症回復過程における言語野の反応を測定した。2例では優位側 (障害側) のrCVBがタスク中減少する傾向が、4例で非優位側下前頭回のrCVBの増加が認められた。同一症例内での経時的変化が今後の課題である。

3. 主な研究成果の発表 (論文発表)

酒井邦嘉：光トポグラフィによる脳機能マッピング. *Radioisotopes* 49, 115-116 (2000)

櫻井彰人 & 酒井邦嘉: 言語獲得のモデル. *数理科学* 444, 45-51 (2000)

A. Sakurai, A Fast and Convergent Stochastic Learning Algorithm for MLP, *Proc. of the Int. Conf. on Neural Inform. Proces.* 2000, 785-790 (2000)

櫻井：再帰型神経回路網の能力：状態機械として．人工知能学会研究会資料 SIG-FAI-A001, 49-54 (2000)

原田 & 櫻井：再帰型回路網による文法の獲得．人工知能学会研究会資料 SIG-FAI-A004, 01-06 (2000)

Sakai, K.L., Hashimoto, R. & Homae, F. : Sentence processing in the cerebral cortex. *Neurosci. Res.* 39, 1-10 (2001).

Embick, D., Marantz, A., Miyashita, Y., O'Neil, W. & Sakai, K.L. : A syntactic specialization for Broca's area. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97, 6150-6154 (2000)

Hashimoto, R., Homae, F., Nakajima, K., Miyashita, Y. & Sakai, K.L. : Functional differentiation in the human auditory and language areas revealed by a dichotic listening task. *Neuroimage* 12, 147-158 (2000)

Homae, F., Hashimoto, R., Nakajima, K., Miyashita, Y. & Sakai, K.L. : Contextual

decision vs. lexical decision : An fMRI study of language processing. *NeuroImage* 11, S289(2000)

Hashimoto, R. & Sakai, K.L. : An fMRI study of syntactic processing with visual sentence presentation. *Soc. Neurosci. Abstr.* 26, 1249(2000)

Homae, F., Hashimoto, R., Nakajima, K., Miyashita, Y. & Sakai, K.L. : Dissociation of auditory and visual sentence processing domains in the left inferior frontal gyrus. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S52(2000)

Hashimoto, R. & Sakai, K.L. : Multiple syntactic processing domains in the left frontal cortex. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S52(2000)

Sakai, K.L., Takeuchi T. & Watanabe, E. : Facilitation and inhibition of syntactic processing by focal transcranial magnetic stimulation of Broca's area. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S53(2000)

Suzuki, K., Takeuchi, T. & Sakai, K.L. : The segregation of semantic and phonological processing in the inferior frontal gyrus. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S53(2000)

Takeuchi T., Noguchi, Y. & Sakai, K.L. : Functional mapping of semantic and phonological processing: an optical topography study. *Neurosci. Res. Suppl.* 24, S53(2000)