公募

文産出時の統語構造構築に関わる脳機能の解明

酒井　弘
広島大学大学院教育学研究科

研究目的

人間言語の重要な特性として，個々の語彙項目が持つ情報を文法規則に基づいて統合することで新たな文構造を無限に理解・産出できることが指摘されている（Hauser, Chomsky, and Fitch, 2002）．このような「再帰的計算能力」は人間に固有な言語能力の中核として，言語機能を支える皮質構造の解明を目指す脳科学者にとっても，　言語機能の進化の謎を探る進化生物学者にとっても, とりわけ重要な研究対象である. しかし，言語の理解・産出過程は語彙処理，統語処理，意味処理など性格の異なる複数の処理過程によって構成され, これらの処理過程は記憶や運動などの関連する諸機能と密接に関わっているため，全体像は極めて複雑である，近年の非侵襲的脳機能計測技術の発展に伴って，言語処理の脳機能の生理学的基盤を追求する研究は飛躍的に増加したが,「再帰的計算能力」を支える皮質活動を明らかにするためには，言語刺激を緻密にコントロールした実験を実施することが必要とされるため，言語学・心理学・認知神経科学の知見を総合して取り組む必要があると考えられる. そこで本研究課題では，心理言語学の分野で近年注目されている「統語的プライミング」と呼ばれる実験パラダイムを用いることで，再帰的計算能力に関わる脳機能の抽出を目指した.

さらに研究期間の後半は，言語の理解過程と産出過程の関係を追求した．古典的な言語の脳機能（ウェルニッケ—ゲシュヴィント）モデルにおいては，産出過程と理解過程に対して異なるネットワークが想定されている．一方近年の心理言語学研究では，理解時と産出時のメカニズムの重なりを示唆する実験的証拠が相次いで報告されている（Pickerling and Garodd, 2007）．言語の脳機能モデルを構築するためには，理解時と産出時のメカニズムをどのように位置づけるのかは，極めて重要な問題である．近年の研究（Sakai, 2007）によって示唆されているように，統語構造の処理を司る「文法中枢」が存在するのなら，理解のみならず産出過程にも文法中枢が関与しているはずである．そこで本課題では，文産出時の統語構造構築に関わる脳機能を特定することを目指した.

研究の背景

統語的プライミング：言語産出の過程において，話者は直前に処理した文と類似した構造を使用しようとする傾向があることが知られている．この現象は，語彙的・意味的な重複を持たない文の間にも観察されるところから,「統語的プライミング」と呼ばれ，言語処理の認知モデルの構築と検証に重要な役割を果たしてきた．具体的な実験方法としては，例えば線画の描写課題を遂行する際に，課題に先立って特定の構造を持ったプライム刺激（例えば受動文）を呈示して復唱させておく．そして，能動文でも受動文でも描写可能な線画を呈示して，文を産出させ，それぞれの構文の産出割合に，プライム刺激が及ぼす影響を分析する．さまざまな種類の統語的プライミング効果を利用した実験で，文産出の過程には，伝達されるメッセージの準備, 語彙へのアクセス, 音声化などの段階に加えて，統語構造をエンコードし，要素を線形に配列する段階が想定されることがわかってきた.

視覚世界パラダイム：言語の産出過程を探る方法として，最も古い歴史を持つのは，産出された言語表現に見られる言い誤りの検討である．言い誤り研究は，産出モデルの構築に大きな役割を果たしたが，近年になってさらに，統制された刺激を呈示して文産出を誘発する実験的な探求もなされるようになってきた．しかし，産出割合や産出時間を指標とする従来の実験パラダイムは，基本的に文産出が完了した段階を観察することになるため，産出時の認知過程を探るために間接的な手がかりしか与えてくれない．そこで，産出過程をリアルタイムで探る手法として，近年アイトラッカーを使用した「視覚世界パラダイム」と呼ばれる方法が採用されるようになってきた．このパラダイムを産出した文産出研究では，線画などの視覚刺激を呈示して文産出を誘発し，刺激呈示から産出終了までの視線を計測する. 文産出に連動して生じる視線の変化は，メッセージの準備段階から，心内辞書のアクセス，文法機能の付与，要素の線形配列，発話に伴う調音器官の制御といった，文産出の過程全体を探る貴重な手がかりとなると考えられている（Griffin and Bock, 2000）.

研究成果

研究期間の前半には，まず文理解過程における統語的プライミングの効果を，日本語の語順交替を材料に観察した[論文 4, 5]．語彙や格助詞の影響を統制した実験を通して，語順のみでのプライミング効果が確認されたころから，要素の線形配列は，文理解過程の中で，心内辞書へのアクセスや文法機能の付与とは，ある程度独立して実施されていることが示唆された．続いて，代表的な文産出モデル（Bock and Levelt, 1994）を，日本語受動文を材料とした統語的プライミング実験によって検証した[論文 2]．文完成課題を使用した実験及び線画描写課題を使用した実験によって，要素の線形配列とは独立して文法機能付与のレベルが存在することを示唆する結果を得た．これらの研究成果を総合すると，近年の文産出研究（Ferreira and Slevc, 2007）において提案されているように，メッセージ構築と音声化の間に文法機能の付与と要素の線形配列という２つのステップを仮定するモデルを支持する結果が得られたと考えられる．

研究期間の後半には，文産出時の統語構造構築過程を日本語の存在文を材料として探った．視覚世界パラダイムを採用し，アイトラッカー（Tobii T60）に線画で２つのオブジェクトを呈示して，「Ａの横にＢがある」もしくは「ＡとＢがある」のように描写する際の視線を計測した．計測の結果，線画の呈示後約 200ms でメッセージの構築に相当する視線の動きが観察され，続いて 600ms 前後から発話順序に対応した視線の動きが観察された[論文 3]．このような視線の動きは，メッセージ構築と文構造構築が順次行われるような文産出モデルを支持するものであり，視線が文の産出過程をリアルタイムで探るための貴重な情報を提供することを示すものであった．

結語

本研究課題においては，最新の心理言語学的研究の実験パラダイムを取り入れて，文構造の構築に関わる認知神経メカニズムを探った．心理言語学の実験パラダイムを採用することは，複雑な言語処理の過程から統語処理の過程を切り出して認知神経メカニズムを探るために有効であった．一方で，行動や視線を指標とする心理言語学の実験パラダイムを発展させ，脳機能イメージングなどの生理学的手法に結びつける試みはまだ十分に成功したとは言えず，大きな課題が残された．言語学・心理学に携わる研究者として，統合脳への参加によって，脳科学領域の最先端の研究に触れて，世界の第一線で活躍する研究者と交流し，共同研究を実施することができた[論文 1]のは，かけがえのない貴重な体験であった．このような機会を与えてくれた「統合脳」に心から感謝の意を表したい．

本研究は，平成 18～19 年度は、「統語的・語彙的プライミングを用いた再帰的計算能力を支える皮質構造の解明」の課題名で，平成 20～21 年度は「文産出時の統語構造構築に関わる脳機能の解明」の課題名で実施された．

論文

1. Momo, K, Sakai, H, Sakai, K L, Syntax in a Native Language still Continues to Develop in Adults: Honorification Judgment in Japanese, Brain and Language, **107**, 81-89 (2008).

2. Deng, Y, Ono, H, Sakai, H: Priming Effects in Japanese Passive Sentence Production: Evidence from Picture Description Task in Dialogue, *Japanese Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Technical Report*, **108:184**, 55-6, (2008).

3. Ono, H, Sakai, H: Message Planning and Lexical Encoding in Sentence Production, *Japanese Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Technical Report*, **108:184**, 119-124 (2008).

4. Tanaka, J, Tamaoka, K, Sakai, H: Syntactic Priming Effects on the Processing of Japanese Sentences with Canonical and Scrambled Word Order, *Cognitive Studies*, **14:2**, 173-191 (2007).

5. Tanaka, J, Tamaoka, K, Sakai, H: Syntactic Priming Effects in Japanese Sentence Comprehension, In Sakamoto, T. (ed.), *Communicating Skills of Intention*, Tokyo: Hitsuji Shoboo, 213-238 (2007).