

京都大学	博士（ 文学 ）	氏名	岡田 理恵子
論文題目	生成文法における「言語能力」の神経科学的研究		
（論文内容の要旨） 本論文は、神経心理学的手法と神経科学的手法を用いて、①文処理に關与するI言語の神経基盤の解明、②ワダテストとfMRIの比較から見た文の意味処理に關与するI言語と言語関連認知機能の神経基盤の解明、③聴覚障害者の音声言語から見た音韻処理の神経基盤の解明を目的とする。 第1章では、本論文の理論的基盤である生成文法とその神経基盤との関係について述べる。生成文法では「言語機能」(language faculty) という器官を持って生まれてくると仮定する。そして言語機能の初期状態を普遍文法 (UG) と呼び、それが発達により安定状態に至ったものを母語の「I言語」と呼ぶ。脳損傷による言語障害という視点を入れると、I言語が脳内で処理される高次脳機能の一部であることがさらに明確になる。失語症は、脳梗塞などにより言語を司る脳領域（言語野）を損傷し、獲得していた言語の表出や理解が障害された状態である。これは安定状態に至ったI言語が障害を受けた状態であると定義できる。言語の神経科学的手法による研究が可能であるのは、I言語を対象とするからである。 第2章では、Okada et al. (2013) を基に、fMRIを用いてMerge（併合）と項構造に關与する神経基盤を明らかにする。Mergeとは、2つの要素（語や句）を併合し、より大きな単位を形成する操作のことである。Mergeの回帰的適用により階層構造を持つ無限の長さの文を生成することができる。さらに動詞の持つ項構造を文中で処理することで文の生成や解釈が可能となる。さらに日本語では助詞の処理が關与する。 これまで統語処理の神経科学的研究で用いられてきた課題は關係節や疑問文など複雑な文を用いたものが多く、ワーキングメモリーに負荷がかかりI言語以外の機能も混在した賦活になっている可能性がある。ワーキングメモリーへの負荷を最小限に抑えるため、「（ ）を食べる」などの括弧内に当てはまる語を想起する課題（文完成課題）を用いた。fMRIによる実験を行った結果、両側の下前頭回と両側の下頭頂小葉が賦活した。 さらに脳損傷研究を行い、左下前頭回もしくは左頭頂小葉に病巣を持ち失語症を呈した症例を対象に、それぞれの領域の損傷において認める言語症状を分析した。その結果、左下前頭回損傷例では5例中4例で文の短縮や失文法といったMergeと助詞の処理が仮定される統語処理の障害が認められた。fMRIの結果と脳損傷研究の結果を合わせて考えると、下前頭回の賦活はMergeと助詞の処理を反映していると考えられる。これに対し左頭頂小葉損傷例では、4例中1例しか統語処理障害は認めなかった。この1例は他の3例と異なり動詞の語想起も障害されていた。このことから、左下頭頂小葉は動詞や名詞の語彙の意味処理を主な機能とするが、その中でも動詞の機能が損傷されると動詞の持つ項構造の処理ができなくなり文処理障害をきたすと考えられる。 文生成の最も基本となるMergeと助詞の解釈、項構造の解釈のみが仮定されるタスクを使用することでワーキングメモリーの負荷を抑制し、その上で賦活を認めた下前頭回および頭頂小葉が文処理に關与するI言語の脳領域であると結論づけた。			

第2章で行ったfMRIの文完成課題では右半球の言語野対応部位も賦活する。第3章では、右半球の賦活がI言語を反映したものであるのか否かを検証するため、てんかんおよび脳腫瘍で手術適応となった症例を対象にワダテスト(脳の半球を麻酔薬で一時的に活動を停止させた状態で発語を行う臨床手技)とfMRIの課題3つ(音韻的語想起、呼称、文完成課題)を行い、結果を比較することで文の意味処理に関する右半球の機能を検証する。

ワダテストにより左半球優位と判定された6名で、各fMRI課題における全脳と頭頂葉、上・中側頭回、下・中前頭回の3つの関心領域のLaterality Index (LI、左右半球の賦活の偏りを示す指標)を算出した。fMRIの言語課題施行時に右半球が賦活しているならば、その言語課題に想定される処理過程の何かが、I言語ではない認知機能を反映したものであると考えられる。下・中前頭回について見てみると、音韻語想起は強い左優位性を示すのに対し、文完成課題のLIは両側性を示し、呼称でも右の賦活が大きかった。このことから、音韻的語想起には仮定されず文完成課題と呼称には共通して仮定される右下・中前頭回での処理の存在が考えられる。そこで各課題の処理過程を見てみると、文完成課題と呼称には「意味処理」が共通していた。しかも、ワダテストで左半球優位と判定されていることから、右半球に見られるこの賦活はI言語ではない意味処理に関与するものであると考えられる。

第4章ではOkada et al. (印刷中)で行った研究から、聴覚障害者における音声言語から見た音韻処理の神経基盤について明らかにした。先天的に聴覚が遮断されている聴覚障害者は、文字やリップリーディングを使用し健聴者と異なる方法で音声言語を獲得すると考えられている。聴覚障害者の音声言語のシステムや神経基盤を健聴者のそれらと比較することで、モダリティ依存ではない言語のシステムや神経基盤が明らかとなる。

聴覚障害者は音声言語の音を聞くことはできないが音韻を理解しているように見える行動を示すことが報告されている。しかし、視覚情報の処理に長けていると言われている聴覚障害者が、音韻情報を優先的に利用しているかどうかは明らかにされていない。Okada et al.

(印刷中)では、言語が文字で連続的に視覚的に呈示され、それを記憶する状況で聴覚障害者が音韻表象を用いているかどうかをfMRIを用いて明らかにした。もし聴覚障害者が文字記憶時に音韻的方略を使用するならば、fMRIでは音韻処理に関与するとされる左上側頭回の賦活が予測される。

実験では平仮名(Kana)、日本手話の指文字(Finger)、アラビア文字(Arabic)のそれぞれを連続的に5つランダムに呈示しその順序を覚えてもらう課題を行った。指文字と言語音との対応は健聴者は知らず、聴覚障害者は知っている。そのため、聴覚障害者群では指文字の記憶時に音韻処理が生起することが予測される。仮名はすべての被験者が文字とそれらが対応する言語音を理解していた。アラビア文字はどの被験者も文字と言語音との対応を知らず、文字の記憶時に音韻処理が生起しないと考えられるため、これをベースラインとして使用した。

その結果、聴覚障害者のKana-Arabic、Finger-Arabicコントラストの両方で左上側頭回が賦活した。聴覚障害者群と健聴者群の仮名記憶時の共通領域を抽出したところ、両群で音韻化に共通して左上側頭回賦活していること、また、聴覚障害者群の指文字記憶時と仮名記憶時の共通の賦活領域を抽出すると、左上側頭回が賦活することが分かった。このように、聴覚障害者でも視覚的に呈示された言語の記憶において、健聴者と同様に音韻表象が記憶を助ける方略としての役割を果たしていることを示し、両者の音声言語の音韻情報処理において同様の神経基盤が用いられていることを明らかにした。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、生成文法の仮定する個人の持つ言語能力、すなわちI言語（Iはindividual、internalの意味）を神経科学的手法により論じた実験的研究である。生成文法では人間は「言語機能」(language faculty) という器官を持って生まれてくると仮定する。言語機能の初期状態を普遍文法(UG) と呼び、それが発達により安定状態に至ったものを母語のI言語と呼ぶ。一度安定状態に至ったI言語が脳損傷により障害を受けたり、脳梗塞などで言語を司る脳領域（言語野）を損傷したりして、言語の表出や理解が障害を受けた状態が失語症である。論者は健聴者のI言語と失語症患者のそれを比較することで、統語処理、意味処理など言語の特定の処理過程が脳のどの領域で行われているかを同定している。

論者は、第1章によってたつ生成文法モデルの基本的な前提を述べたのち、第2章でMerge（併合）、助詞、項構造という基本統語操作に関与する神経基盤を実験により考察している。Mergeとは、2つの要素（語や句）を併合し、より大きな単位を形成する基本統語計算のことである。論者は、これまで統語処理の神経科学的研究で用いられてきた課題は複雑な文を用いているためワーキングメモリーに負荷がかかり、Merge以外の機能も混在した賦活になっている可能性がある」と指摘する。この問題を解決するため、論者は、動詞とそれがとる必須項を補うという最小の統語処理しかかわらない課題として「文完成課題」を考える。これによりワーキングメモリーへの負荷を最小限に抑えて統語処理の賦活領域を見ることが出来る。しかし、この方法ではまだ右半球の対応部位も賦活する。そこで、これに失語症患者の言語障害の症状と病巣領域の分析を組み合わせる方法を用いる。この二つの実験によりほぼ純粋な統語処理領域を同定した結果、論者は下前頭回でMergeと助詞の処理、下頭頂小葉で項構造処理が行われていると結論づけた。

文完成課題では左半球だけでなく右半球の言語野対応部位も賦活する。3章ではこの右半球の賦活領域の性質を見る。まず、てんかんもしくは脳腫瘍で手術適応となった症例を対象にワダテスト(脳の半球を麻酔薬で一時的に活動を停止させた状態で発語を行う臨床手技)を行って言語優位半球を同定する。次に同定結果と呼称、音韻語想起、文完成課題の3つの課題でのfMRIでの賦活の結果を比較することで、右半球の機能を調べている。ワダテストの言語優位半球同定の結果との一致率を調べた結果、3課題中、音韻的語想起の一致率が他に比べ有意に高く、言語優位半球での処理がもっとも関わっていることが分かった。呼称、文完成課題はワダテストとの一致率が低く、I言語以外の認知処理過程が一部関わっていると想定される。さらに、各fMRI課題における全脳と頭頂葉、上・中側頭回、下・中前頭回の3つの関心領域のLaterality Index (LI、左右半球の賦活の偏りを示す指標) を算出した。下・中前頭回について見てみると、呼称、文完成課題の両方において、これらの課題の処理過程のうちの何かが右の下・中前頭回で処理されていると考えられた。音韻的語想起は強い左優位性を示し文完成課題と呼称は両側性を示すことから、音韻的語想起には仮定されず文完成課題と呼称には共通して仮定される右下・中前頭回での処理が存在すると見る。論者は右半球に見られるこの賦活はI言語ではない意味処理（おそらくはイメージ処理）にかかわるものであると結論づける。

第4章では聴覚障害者における音韻処理の神経基盤について扱う。聴覚障害者は、音声をベースとした音声言語(spoken language)を獲得することはできない。その代わりに文字やリップリーディングを使用し健聴者と異なる方法で音声言語を獲得すると考えられている。論者

は音声を入力として使用できない聴覚障害者の音声言語のシステムや神経基盤を健聴者のそれらと比較することで、モダリティ依存ではない言語のシステムや神経基盤を明らかにしようとする。実験では平仮名(Kana)、日本手話の指文字(Finger)、アラビア文字(Arabic)をランダムに呈示しその順序を覚える課題を行っている。アラビア文字は健聴者、聴覚障害者のどちらにとっても図形でしかなく、音韻処理は行われないとみられるため、ベースラインとして用いている。その結果、健聴者、聴覚障害者の両群で音韻化に共通して賦活している脳領域として左上側頭回が得られた。また、聴覚障害者群がKana タスクでもFinger タスクでも文字の記憶時に共通して左上側頭回が賦活することが分かった。このように、聴覚障害者でも視覚的に呈示された言語の記憶において、健聴者と同様に音韻表象が記憶を助ける方略としての役割を果たしていることを示し、健聴者と聴覚障害者の音声言語の音韻情報処理において同様の神経基盤が用いられていることを示した。

論者は、博士課程で生成文法の専門的知識を身につけたのち、言語聴覚士の訓練を受け、大学病院で言語聴覚士として患者に言語訓練を行いながら、I言語の神経的基盤に関する実験的研究を行ってきた研究者である。現在日本ではこのように生成文法の専門家でしかも言語聴覚士の資格を持ち、高次脳機能科学の手法を用いて言語研究を行っている研究者は論者以外には存在しない。本論文で扱われている3つの実験方法および考察は、生成文法、言語聴覚士、高次脳機能科学の3つのディシプリンの知識が組み合わせられた非常に独創的な研究であり、高い評価が与えられる。

しかし、問題がないわけではない。たとえば、Mergeは本質的に回帰的に行われるものであり、メモリーと切り離して議論できるかどうかは自明ではない。また、論者が生成文法の言語処理モデルとして採用している上山モデルは本来、例文判断にかかわるモデルであり、そのままの形では統語処理モデル、音韻処理モデルとしては適当でなく、適切に改変して使うべきであったと考えられる。しかし、これらは本論文の価値を大きく損ねるものではなく、論者のこれからの研究により修正できるものである。

以上、審査したところにより、本論文は博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。2015年2月20日、調査委員4名が論文内容とそれに関連した事柄について口頭試問を行った結果、合格と認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当分の間、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。