

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名: 言語の脳機能に基づく獲得メカニズムの解明

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点)

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)

主たる共同研究者:

櫻井 彰人 (慶應義塾大学大学院理工学研究科 教授)

渡辺 英寿 (自治医科大学脳神経外科 教授)

牧 敦 ((株)日立製作所基礎研究所 主管研究員)

3. 研究内容及び成果

(1) 研究課題全体の成果概要

本研究では、脳における言語機能獲得のメカニズムを解明するために、fMRI (機能的磁気共鳴撮像法) や MEG (脳磁計測法) などの非侵襲的脳機能計測の手法を駆使して研究を行い、文法処理や文章理解において前頭葉の特定の領域が活性化するという脳における言語処理の普遍性が、日本語・英語・日本手話のように異なる言語間で確かめられ、さらに第二言語の習得過程で脳活動がどのように変化していくかが明らかになった。これらの成果の概要を以下に示す。

① 英語教育における脳活動の変化

本研究では、英語の習得過程を脳活動の変化として捉えるために、中学1年生に対し、英語のヒアリング能力と文法運用能力の向上を促すトレーニングを2ヶ月間の授業時間に実施した。授業を受けた全生徒の中に含まれる双生児に対して、トレーニングの前後における脳活動の変化を fMRI によって計測した。その結果、英語の成績の向上に比例して、左前頭葉の一部(ブローカ野)に活動の増加が見られ、また、この活動変化は中学1年生の双生児で高い相関を示した。この脳の場所は「文法中枢」の一部であり、日本語による同様の課題で見られた活動の部位と一致した。本研究成果は、*Cerebral Cortex* 誌に発表された(2004年)。

② 文字の習得過程における脳活動の変化

本研究では、「文字中枢」の活動に正字法と音韻の2つの要因のどちらか一方のみで十分であるのか、それとも両方の要因が必要であるかを明らかにすることを目標として、日本語を母語とする大学生等に対して、ハングル文字と音の組み合わせのトレーニングを行い、成績の向上を確認し、さらにトレーニング中の脳活動を fMRI で測定した。その結果、読字の成績の向上に比例して、左脳の下側頭回後部に活動の上昇が見られ、また、この活動変化は新しく習得したハングル文字と音声を組み合わせたときのみ見られた。既習の仮名文字よりもハングル文字の方に強い活動を示した部位は、ハングル文字よりも仮名文字の方に強い活動を示した領域と隣接していた。従って、文字が読めるようになると、新しく習得した文字に特化した「文字中枢」の一部が活性化すると考えられる。本研究成果は、*Neuron* 誌に発表された(2004年)。

③ 脳における言語処理の普遍性

ろう者・コーダ(日本手話と日本語のバイリンガル)・聴者の3グループを対象として、文章理解における脳活動を fMRI により測定した。この結果を比較することによって、日本手話の場合も日本語と同様に左脳の言語

野が活性化することが明らかになり、脳における言語処理の普遍性が示唆された。本研究成果は、*Brain* 誌に発表された(2005年)。

#### ④英語の熟達度による脳活動の違い

大学生を対象として、英語に関連する課題を行っている際の脳活動を fMRI で測定することによって、英語の「熟達度」が高くなるほど文法中枢の活動が節約されていることが明らかになった。この結果と、英語習得を開始したばかりの中学生では英語の成績の向上に比例して文法中枢の活動が増加するという結果を合わせると、中学生から大学生にかけて英語が定着するに従って、文法中枢の活動が高進から維持、節約へと変化するというダイナミックな変化が見られることが示唆された。本研究成果は、*The Journal of Neuroscience* 誌に発表された(2005年)。

#### ⑤英語力の個人差に関係する脳部位

英語の習得期間が異なる2群の中高生を対象として、英語文の文法性に関する課題を行っている最中の脳活動を fMRI で測定した結果、習得開始が中学1年の群では成績に比例して脳の「文法中枢」の活動が高く、習得開始が小学1年の群では英語力が身につくほど「文法中枢」の活動が節約されていることが分かった。小学生から中高生にかけての今回の結果と、中学生から大学生にかけての既知の研究結果を合わせて考えると、外国語としての英語力の定着は習得開始の年齢だけでは説明できず、6年以上にわたる英語接触量の重要性が強く示唆される。本研究成果は、*Human Brain Mapping* 誌に発表された(2008年)。

### (2)サブグループ毎の役割と成果

#### ① 櫻井 彰人 (慶應義塾大学大学院理工学研究科 教授)

脳内言語処理機構を合理的に説明する様々なモデルを組み立て、その妥当性を検証した。

#### ② 渡辺 英寿 (自治医科大学脳神経外科 教授)

失語症患者の機能回復過程を光トポグラフィーで調べ、活動している脳部位が経時的に変化して言語機能を再獲得していくことを明らかにした。

#### ③ 牧 敦 ((株)日立製作所基礎研究所 主管研究員)

複数の言語関連領域間の形態学的な関連性を検討し、左脳の外側運動前野、下前頭回の背側部、下前頭回の腹側部間に直接的な神経線維束が存在することを示した(山本等、2006)。また、2領域間を接続する神経線維束の割合である評価指数 SCI (Selective Connectivity index)を用いた形態学的な結合性の評価手法を提案し(山本、2007)、この指数に左優位性が見られることを示した。(山本等、2008)。

## 4. 事後評価結果

### 4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

本研究では、脳における言語獲得メカニズムの解明という困難且つ重要な課題に取り組み、文法処理に特化した「文法中枢」がブローカ野に存在することを証明し、ブローカ野が文法判断を普遍的に司っていることを日本語・英語・日本手話と異なる言語間で確認した。さらに、第二言語である英語の熟達度が文法中枢の機能変化によって担われていることを示し、英語習得の初期の過程で文法中枢の活動が高まり、その活動が

維持され、文法知識の定着過程では活動を節約できるように変化することを見いだす等興味深い多くの研究成果をCerebral Cortex誌、Neuron誌など質の高い学術誌に発表し、これら成果の一部はScience誌に総説として発表している。このように本プロジェクト期間を通じて、当初の研究計画に沿って科学的レベルの極めて高い研究成果を着実にあげており高く評価できる。

これらの研究成果は、論文(国内 6 件、国際 21 件)、学会発表(国内 3 件、国際 37 件)、招待講演(国内 81 件、国際 12 件)として発表した。また、国内1件、海外1件の特許申請をおこなった。本成果は22件の新聞報道、7件のテレビ放映など広くメディアで紹介された。

#### 4-2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

文法中枢の同定及びその活性化の計測により第二言語の学習進行度を脳科学の手法で初めて定量的に計測することに成功した。これらの成果により、今後、言語獲得メカニズムの解明が大きく進展することが期待される。従来、英語力の個人差は対象年齢や課題の成績などの要因から分離することが困難であったが、本研究成果は fMRI を用いて個人の学習の到達度を脳の働きとして直接的に測定できることを示したもので、脳科学に基づいた科学的な語学学習法の提案につながることを期待される画期的な成果である。今後、本研究成果を大きく発展させるには、一卵性双生児等を対象とした大規模コホート研究の実施などが考えられる。しかし、この研究は研究者個人の限界を越えるもので、長期的、戦略的取り組みが望まれる。

#### 4-3. その他の特記事項(受賞歴など)

本研究は、研究のために特殊なトレーニングを実施するのではなく、学校における日常の学習活動をトレーニングと位置づけて研究を行っている。今回得られた成果は脳科学研究と学校教育現場との連携によって初めて可能となったもので、学校教育を対象とした初めての本格的脳研究である。

#### [受賞]

酒井邦嘉 : 第19回塚原伸晃記念賞 「脳機能マッピングによる言語処理機構の解明」

以上