

「脳の機能発達と学習メカニズムの解明」

平成15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獲得メカニズムの解明」

### 1. 研究実施の概要

本研究では、第二言語の授業法の検討に役立てることを目標とし、英語の習得過程を脳活動の変化として捉えるために次のような調査を行った。附属中等教育学校の中学1年生の全生徒に対し、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（動詞の過去形のテスト）の向上に比例して、左脳の前頭前野（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場所と一致する。大人での研究報告はまだないが、少なくとも中学1年生では、英語が上達すると、日本語を使うときに活性化した脳の場所と同じ場所が活性化すると考えられる。このように、実践的な教育効果が個人の脳の学習による変化として、科学的にそして視覚的に捉えられたことは、意義深い。今回のfMRIを用いた方法は、個人の教育効果を直接的に測定する可能性を示すものとして、これからの教育の評価の方法やあり方に非常に大きな影響を与える可能性がある。さらに、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、日常の学習活動をトレーニングと位置づけて研究の対象とした本成果は、科学研究と学校教育の連携によって初めて可能になったもので、学校教育を対象とする世界初の脳研究である。今後、この先駆的な研究成果が突破口になって、言語の獲得機構の解明が進み、語学教育の改善につながることを期待される。

櫻井グループは、母語と第二言語の獲得メカニズムに関する脳科学的知見と整合する、ニューラルネットワークに基づく言語獲得モデルの構築を目指した。そのために、2つの方策を検討した。一つは、実験グループに協力して新しい知見を得ることであり、他の一つは言語学・認知科学から得られる制約に基づき最小・必須な言語機能であって脳科学的知見と整合するものを求め、これを基盤的構文機能と考えるアプローチである。後者という制約の代表である再帰構造（recursion）の存在は、その認識・獲得過程を、範疇化・記号化・対象化（内在化・対象系への融合）の過程であるとしてモデル化可能であると予

想して、詳細な検討を行った。その結果、非常に単純なニューラルネットワークによりこれがシミュレートできることを確認した。

渡辺グループは、損傷脳が言語を再獲得する機序を検討することにより、脳機能回復の機序を考察する。光トポを用いて言語活動中の脳血液量の変化を観察し神経活動の指標とする。脳損傷後の失語症から改善症例について、次のように言語活動中の機能計測を行った。脳梗塞、脳出血による失語症回復期の16例を用いて、NIRSで言語タスク時の、脳活動の計測を行った。全例、言語機能の回復がみられた症例で、発症からの期間は1-60ヶ月である。言語機能計測は語想起課題を用いた。その結果、4例で左下前頭回（以下IFG）に特異的に活動がみられた。4例では左IFGに負の方向の異常な反応が見られた。6例では、左IFGは活動せず右IFGに活動が見られた。劣位側に優位な反応が見られており、劣位側の活性化がうかがわれる所見である。今後は、さらに症例を増やして、回復期の活動パターンと回復程度との関連、時系列的な活動パターンの変化などを検討する必要がある。

牧グループは、拡散テンソルMRイメージングによる神経線維連絡の可視化の研究を行った。fMRIなどの脳機能画像に神経線維束画像の情報を結びつけ、またその結果の個人間比較を容易にするためには、両画像の座標系を標準脳などに一致させるための画像変換が必要である。しかし、神経線維束画像の場合、この画像変換処理が拡散テンソルの計算結果に影響を与え、水分子の拡散方向を表す固有ベクトルの配向が乱れることがあるため、神経線維束の追跡が困難になる。そこで本研究では、固有ベクトルの配向を乱すことなく脳活動部位と神経線維束の位置の対応付けが可能な技術の開発を目指した。神経線維束画像を標準脳の座標に変換するのではなく、対応する標準脳の座標あるいはその座標を特徴付ける数値が参照可能な表示技術を開発することが重要である。

## 2. 研究実施体制

### 酒井グループ（東京大学 および 東京都立科学技術大学）

1. 研究分担グループ長：酒井 邦嘉（東京大学 大学院総合文化研究科、助教授）
2. 研究項目：脳機能計測・双生児研究による言語獲得メカニズムの解明を担当

### 櫻井グループ（慶應義塾大学）

1. 研究分担グループ長：櫻井 彰人（慶應義塾大学 大学院理工学研究科、教授）
2. 研究項目：自然言語処理の開発による言語獲得モデルの構築を担当

### 渡辺グループ（自治医科大学 および 昭和大学）

1. 研究分担グループ長：渡辺 英寿（東京警察病院 脳神経外科、医長）
2. 研究項目：研究実施項目：失語症における病態生理と機能回復過程の解析を担当

牧グループ（日立製作所 基礎研究所）

1. 研究分担グループ長：牧 敦（日立製作所 基礎研究所、主任研究員）
2. 研究項目：MRIおよび光トポグラフィによる脳機能計測法パラダイムの開発を担当