

「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

多賀 巖太郎

(東京大学大学院教育学研究科 助教授)

「乳児における発達脳科学研究」

1. 研究実施の概要

本研究は、ヒトが生まれてから約1年間の大脳皮質の機能的発達の機構と、学習や記憶を中心とした行動発達の原理を解明することを目指している。我々はこれまでに覚醒及び睡眠中の乳児の脳活動を光トポグラフィーで計測する手法を確立した。特に、視聴覚刺激に対して乳児期初期に特有な皮質反応の時空間パターンとその発達過程での変化を明らかにした。また、音声言語の発達過程において重要と考えられてきたプロソディーの処理に特異的な脳活動や、新生児期の音声知覚に関わる脳活動計測に成功した。また、乳児期初期の記憶を研究するためのモバイル課題を確立し、記憶の質的变化を示唆する行動計測の結果を得た。今後は、これまでの成果を発展させ、乳児期初期における共感覚の有無やクロスモーダル可塑性を支える機構の解明、言語獲得に関わる先天性と学習の包括的理解、行動の学習と記憶に関与する脳内機構とその発達メカニズムの解明等を目指した研究を推進する。

2. 研究実施内容

<東大多賀グループが中心となる研究>

ヒトの生後約1年間の大脳皮質の機能的発達の機構と記憶や学習の発達の原理を解明することを目的とし、脳機能計測や行動計測の手法を用いた研究を行った。本年度は、3～4ヶ月児を中心に239名の被験者のボランティアが研究室へ来室し、以下のような研究を行った。

[乳児期における視聴覚の分化と統合] 9ヶ月児において、睡眠時および覚醒時に、聴覚刺激及び視覚刺激を与え、48チャンネルの光トポグラフィーによる後頭葉、両側頭葉、前頭葉の同時計測を行った。視聴覚刺激に対する応答は、4～5ヶ月児とほとんど違いがないことが明らかになった。また、計測を94チャンネルへと多チャンネル化した。その結果、特に、睡眠中に与えられた聴覚刺激に対して側頭葉から後頭葉へと反応が伝搬する興味深い現象を発見した。

[音声知覚の発達] 静睡眠時の3ヶ月児および10ヶ月児の左右両半球の前頭葉、側頭葉、頭頂葉における音声刺激に対する事象関連応答を光トポグラフィーで計測した。普通

の音声と基本周波数を一定にすることで音韻情報を保持しつつ韻律情報（プロソディー）を減らした音声を与えたところ、3ヶ月児、10ヶ月児ともにどちらの条件でも左右両半球の側頭・頭頂葉が強い活動を示すことがわかった。さらに、3ヶ月児では、普通の音声でより強く活動する領域が右半球側頭・頭頂葉に局在する一方、10ヶ月児のこの領域は韻律情報を減らした音声により強く活動するという発達的な変化も明らかになった。新生児や未熟児においても、同様な実験を開始した。

〔馴化脱馴化の脳内機構〕 3ヶ月の乳児の静睡眠時に単純な聴覚刺激を繰り返し提示した後、新奇な聴覚刺激を与えたときの、左右両半球の前頭葉から側頭葉にかけての領域の反応を、光トポグラフィーで計測した。繰り返し与えた聴覚刺激に対して両側の前頭と側頭の広い領域で反応が減少する一方、新奇な刺激に対して右半球の前頭背側部と側頭の局在した領域で反応が増加することが明らかになった。

〔脳機能イメージング手法の改善〕 光トポグラフィーにおける近赤外光の入力と検出の距離に関して、3ヶ月児では約2cmが最適であることを明らかにした。また、近赤外線の波長の違いが計測に及ぼす影響について、2種類の異なる波長での計測を比較したところ、3ヶ月児においては、それほど違いがないこともわかった。

〔事象の系列の記憶〕 3ヶ月児のモバイル学習課題において、一度手でモバイルを動かすことを学習した後、突然足にモバイルが接続された場合、あるいはその逆に足で学習した後に手にモバイルがつけられたときの行動を3次元動作解析装置で計測した。即座に新しい状況に適応した運動パターンを生成できることが明らかになった。

〔記憶に関連する脳活動の計測〕 3～4ヶ月児において、モバイルの記憶課題と組み合わせた光トポグラフィーによる脳活動の計測を行った。モバイル遊びをする前後で、モバイルが動く映像を見ているときの、前頭葉及び後頭葉の反応を光トポグラフィーを用いて計測した。モバイル遊びの行動は3次元動作解析装置を用いて計測した。学習の前後において、後頭葉だけでなく前頭葉で、視覚刺激に対する事象関連応答が見られることが明らかになった。しかし、その反応パターンはきわめて複雑であり、学習前後の違いなどについて解析中である。

<女子医大小西グループが中心となる研究>

〔新生児哺乳時の脳機能計測〕 未熟児・新生児において、哺乳時の脳活動を光トポグラフィーで計測した。また、呼吸、心拍、酸素飽和度などのポリグラフの同時測定を行った。哺乳時の吸啜行動に関連した反応が皮質の広い領域に見られることが示唆された。現在、脳内ヘモグロビンの変動に対する呼吸などの影響を解析中である。

〔多チャンネル脳波計による新生児の事象関連計測〕 新生児とハイリスク児において、言語や音楽に関する音韻、リズムの認知、視覚刺激の関連性と記憶などの際の脳活動について、high density EEG systemによる電氣的脳活動の測定を行っている。発達的な変化および音韻の認知と発達予後などについて、事象関連電位やtime frequency analysisを実施中である。

[新生児・未熟児の周産期リスクと脳活動] 多賀グループと共同で、健常児及び周産期リスクを持った新生児・未熟児の睡眠時の脳血液酸素化状態のゆらぎと音声刺激に対する応答を光トポグラフィーで計測した。

<日立基礎研牧グループが中心となる研究>

[未熟児・新生児の母国語の言語知覚の研究] 信州大学病院産科の協力により、17名の新生児の音声知覚に関わる脳活動を光トポグラフィーで調べた。日本語、日本語の逆再生、英語、英語の逆再生を聞かせた時の脳活動を72チャンネルの全脳計測プローブで計測した。体動ノイズを取り除く新たなアルゴリズムでノイズを取り除いた後、反応の有意性の解析を行ったところ、各音声刺激と無音の比較では、左右の側頭部および前頭部を中心に有意な反応が見られた。特に、日本語に対する反応が広い領域で見られる傾向があったが、他の音声刺激との反応の違いについては現在解析中である。

[脳機能イメージング手法の改善] 光トポグラフィー計測方法の評価に必要な精巧な新生児頭部模型を、MRIデータを用いて製作した。模型は光硬化樹脂を用いた光造型法により作製した。この模型に全脳プローブを装着し、磁気センサーによって計測されたプローブ位置と頭部MRIデータとをあわせて、脳表上での計測位置を推定するソフトを開発した。さらに、全脳プローブについて、新生児の頭部のサイズによらず聴覚言語野を一定のチャンネルで計測できるようにするため、頭部表面データを基に、頭皮のカーブに沿う形状の光トポグラフィ用プローブを、設計し、製作した。

3. 研究実施体制

東大多賀グループ

- ① 研究分担グループ長：多賀 巖太郎（東京大学大学院教育学研究科、助教授）
- ② 研究項目：
 - ・ 乳児期における視聴覚の分化と統合
 - ・ 脳の自発的活動と機能分化
 - ・ 脳機能イメージング方法論の確立
 - ・ 身体運動と外界の随伴性学習と記憶
 - ・ 事象の系列の記憶
 - ・ 記憶に関連する脳活動の計測
 - ・ 音声知覚の発達
 - ・ 馴化脱馴化の脳内機構
 - ・ 音楽に関わる脳の可塑性

東京女子医大小西グループ

- ① 研究分担グループ長：小西 行郎（東京女子医科大学、教授）
- ② 研究項目：

- ・ 吸啜行動時、口唇探索時における脳血流の発達的变化
- ・ 未熟児、新生児における脳の機能的発達
- ・ 多チャンネル脳波形を用いた新生児の認知機能の事象関連電位計測

日立基礎研牧グループ

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）

③ 研究項目：

- ・ 未熟児・新生児の母国語の言語知覚の研究
- ・ 脳機能イメージング方法論の確立

4. 主な研究成果の発表

(1) 特許出願

H16年度特許出願件数：1件（CREST研究期間累積件数：1件）