

研究課題別事後評価結果

1．研究課題名：発達脳科学における機能的イメージング

2．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）

3．研究内容及び成果：

生後2～5ヶ月の覚醒した乳児について、視聴覚刺激に対する大脳皮質の応答を光トポグラフィで計測した。計測中の頭部の動きに対してロバストな計測を可能にするため、光ファイバーを柔らかいゲルの中に埋め込んで軽量化したプローブを用いた。また、大脳皮質の広い領域の計測を行うために、計48チャンネルのプローブを用いて、両側頭、後頭、前頭の4箇所4cm四方の領域を同時に計測した。それぞれ3秒間の視覚刺激と聴覚刺激とを非同期に与え、それぞれの刺激に特異的な応答を調べた。視覚刺激としては、反転する白黒のチェッカーボードパターンを、聴覚刺激としては、使用頻度のまれな日本語の単語を並べた女性の声を用いた。その結果、視覚刺激に対しては、後頭葉の視覚野に対応すると考えられる領域が、聴覚刺激に対しては、両側頭葉の聴覚野に対応すると考えられる領域が、局所的に反応することが明らかになった。そうした反応は、生後2～5ヶ月の異なる月齢の乳児であまり違いが見られなかった。このことから、生後2ヶ月児において、視覚及び聴覚の感覚野が、機能的に分化した活動を示すことが明らかになった。

同様な刺激を用いた計測を乳児が睡眠しているときにも行った。視覚刺激に対しては、後頭葉で顕著な反応が見られたが、生後3ヶ月前後に、酸素化ヘモグロビンが増加するパターンから減少するパターンへと変化することが明らかになった。このことは、乳児の発達が進むと、睡眠中の視覚刺激に対して視覚野が抑制性の反応を行うようになることを示唆している。また、聴覚刺激に対しては、両側頭葉だけでなく、後頭葉で酸素化ヘモグロビンが増加するパターンの強い反応が見られた。この性質は、乳児の月齢にはよらなかった。このことは、睡眠中の乳児では、聴覚刺激が聴覚のモダリティーを担う脳部位だけでなく大域的な活動を引き起こすことを示している。

このように、感覚情報処理に関わる大脳皮質の機能的な活動について、乳児期初期に特異的な状態が初めて可視化されたことは、脳の発達機構の理解へのブレークスルーであると考えられる。

生後1週間以内の新生児の大脳皮質の機能発達がどのような水準に達しているかを明らかにすることは重要な問題である。東京女子医科大学の協力を得て、生後7日以内の乳児について、睡眠中の光刺激への大脳皮質の応答を光トポグラフィを用いて調べた。後頭葉と前頭葉に計24チャンネルのプローブを装着し、睡眠中の乳児の顔の上から14Hzで点滅するフラッシュ光を3秒間与えた時の、事象関連応答を調べた。その結果、後頭葉と前頭葉の両方の部位において、酸素化ヘモグロビンの増加と脱酸素化ヘモグロビンの減少が観測され

た。この研究は、新生児における脳血液酸素化状態の事象関連応答の存在を初めて示したものであり、脳機能イメージングの研究において重要なステップであると考えられる。

さらに、乳児の発達において、記憶の獲得機構を明らかにすることは、あらゆる機能の発達を理解するための鍵となると考えられる。ここでは、乳児期初期に自己の運動とそれに付随する環境の変化という事象を記憶できるかどうかを調べる目的で、乳児の行動実験を行った。生後2～4ヶ月の乳児について、仰向けに寝た状態で、一方の手を紐でモビールとつなげて、乳児が手を動かすとモビールが動いて音が鳴る状況を構成した。そのときの、四肢の動きを三次元動作解析装置で計測した。一定の時間スケジュールでこの課題が学習されて記憶されたかどうかを四肢の動きの変化によって判定した。その結果、すべての月齢で記憶が成立していること、さらに、月齢が上がるにつれて、モビールをつけた場所の手をより選択的に動かすことを学習し記憶していることが明らかになった。このことは、乳児期の学習と記憶の特性を定量的に示す新たな知見であり、今後、脳機能イメージング手法との組み合わせによって、飛躍的な発展が期待される。

4．事後評価結果

4 - 1．外部発表、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果

光トポグラフィーならではの発見や、乳児の記憶と運動の関係に関する興味深い実験がなされており、進展が著しいと考えられる。初めの構想より早く終了することになったが、予定通り継続されていれば十分な成果が得られたであろうことが予想される。論文等の外部発表がアクティブになされている。知的所有権の登録や出願はないが、研究の性質上特に問題はないと考えられる。研究体制については、明確なリーダーシップの下に適切な役割分担がなされている。また、研究費の使い方についても妥当であった。

4 - 2．成果の戦略目標・科学技術への貢献

人間の認知の発達過程を解明する上で乳児の脳活動を時間的にも空間的にもなるべく細かい粒度で計測することは重要である。光トポグラフィーという手法の特長を巧みに利用して、脳研究上の重要なポイントを突いた実験を行ない、乳児において睡眠時と覚醒時で視聴覚刺激に対する応答が異なることなど、クリアな結果を出している。これらの発見は、乳児の睡眠時における応答が神経活動の抑制によるものであることを示唆するなど、脳研究における波及効果が大きいと期待される。乳児の運動と記憶に関する成果も、将来において脳活動の計測と結び付くことによってさらに大きな成果を生むことが期待される。本研究は途中で終了となったが、科学的なインパクトのある成果が着実に上がっており、後継プロジェクトではさらに大きな成果が期待できる。

4 - 3．総合的評価および特記事項

明確な目標と適格な方法によって科学的に重要な成果を上げており、高く評価できる。