

学位論文題名

聴性誘発脳磁界反応の計測と解析

学位論文内容の要旨

ヒトに音刺激を与えると、刺激に同期した脳の活動が見られる。これは聴性誘発反応と呼ばれ、誘発電位計測において潜時によって短潜時(脳幹)反応(潜時 0-8ms)、中潜時反応(潜時 8-50ms)、長潜時反応(潜時 50ms 以降)に分類できる。聴性誘発反応は聴覚機能を反映していると考えられるが不明確な点も多い。本論文では脳磁界計測法(Magnetoencephalography、MEG)を用いて聴性誘発脳磁界反応を計測し、観察された成分について検討した。MEG は PET(Positron Emission Tomography)、fMRI(functional Magnetic Resonance Imaging)などの局所的な脳血流量の変化を計測する方法に比べ時間分解能に優れ、また頭表の電位差測定である脳波計測よりも空間分解能に優れている。

本論文は6章で構成されている。

第1章は序論である。本論文の研究目的について述べる。

第2章では研究の背景について記述する。この章では現在知られている聴覚伝導路、聴性誘発反応の概略、脳磁界発生原理およびその計測法について述べる。

第3章では中潜時聴性誘発脳磁界の特性について調べた。聴性誘発脳磁界反応を計測した結果、M10(潜時約 10ms)、M20(潜時約 20ms)、M30(潜時約 30ms)、M40(潜時約 40-50ms)の4個の成分が観測された。それぞれの成分の磁界分布は両側頭において双極子性(成分の信号源が単一電流双極子で表現できる分布)を示した。出現した成分と同時に計測した長潜時聴性誘発脳磁界のM100成分について信号源推定を行った結果、中潜時反応ではM10、M20、M30について、長潜時反応ではM100について解を得た。得られた信号原位置を被験者のMR画像と比較すると各信号原は上側頭面のHeschl横回りに位置した。ここは従来から一次聴覚野として報告されている部位である。また各信号原を比較すると最も内側にM10、次にM20とM30、最も外側がM100であった。これは刺激呈示後、聴覚野の活動部位は時間経過とともに内側から外側に移ることを示している。

第4章では短潜時聴性誘発脳磁界の特性について調べた。この反応は今までの報告から低振幅であることが予想されるので、磁気シールドとして超伝導磁気シールド装置、検出コイルとしてマグネトメータを用いた。計測の結果、潜時 50ms までにM6(潜時約 6ms)、M10(潜時約 10ms)、M15(潜時約 15ms)、M20(潜時約 20ms)、M30(潜時約 30ms)の5個の成分が観測された。M6は右側頭前部で磁界の吸込み(磁界の向きが頭表に対して内側)、後部で

湧出し(磁界の向きが頭表に対して外側)を示した。左側頭では前部で湧出しを示したが、後部では対応する成分は見当たらなかった。M6の磁界分布は右側頭において双極子性を示した。信号源推定の結果、脳の深部に求められた。超伝導磁気シールドとマグネトメータにより短潜時聴性誘発脳磁界が計測できたことから、低振幅であり、信号源が脳の深部にあるような脳磁界に対して、この組み合わせが有効であることが分かった。

第5章では刺激欠如に関連する脳磁界の特性について調べた。本論文では意味を持ち、刺激呈示確率の異なる三種類の音声刺激を用いて脳磁界計測を行った。音声刺激は Standard(高頻度刺激)、Deviant(低頻度刺激)、Omission(欠如刺激)である。その結果、刺激欠如による成分を観察したが、その振幅は十分には高く無かった。そこで Standard 波形と Omission 波形の差をとったところ、差波形において潜時 250ms 以降に明確な振幅成分が観測された。この成分について信号源が単一電流双極子と仮定して信号源推定を行った結果、信号源は島および上側頭回(Superior Temporal Sulcus, STS)に位置した。ここで STS の活動は低次の感覚に近い機能、島の活動は意味を持った刺激の弁別を反映している可能性が示唆される。

第6章では、本論文で得られた結果を総括する。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 栗 城 眞 也
副 査 教 授 山 本 克 之
副 査 教 授 河 原 剛 一
副 査 教 授 狩 野 猛

学 位 論 文 題 名

聴性誘発脳磁界反応の計測と解析

ヒトに音刺激を与えると、刺激に同期した脳の電気・磁氣的活動が見られる。これは聴性誘発反応と呼ばれ、潜時によって短潜時(脳幹)反応(潜時 0-8ms)、中潜時反応(潜時 8-50ms)、長潜時反応(潜時 50ms 以降)に分類できる。聴性誘発反応は聴覚機能を反映していると考えられるがその発生源・発生メカニズムに関しては不明確な点も多い。本論文では脳磁界計測法(Magnetoencephalography、MEG)を用いて聴性誘発脳磁界反応を計測し、観察された成分について解析・検討している。本論文の成果は以下の点に要約される。

(1) 中潜時聴性誘発脳磁界において特に早い潜時に出現する成分の起源が不明確であるので、著者は複数の被験者に対して脳磁界計測を行い、観測した成分の特性と起源について検討している。その結果、M10(潜時約 10ms)、M20(潜時約 20ms)、M30(潜時約 30ms)、M40(潜時約 40-50ms)の 4 個の成分を観測している。かつ全ての成分が両側頭で双極子性(単一電流双極子によって作られる様な磁界分布)を示すことを見出している。さらに M10 成分、M20 成分、M30 成分および同時に計測した長潜時誘発脳磁界の M100 成分の信号源推定を行い、一次聴覚野である上側頭面の Heschl 横回に信号源が推定されることを示している。ここで M10 成分は本研究で初めて観察されたものである。また各成分の信号源の位置関係から、聴覚野の活動部位が時間経過とともに内側から外側に移ることを指摘している。

(2) 短潜時聴性誘発脳磁界に関しては計測報告がこれまで数例しかなく、誘発脳磁界の特性も不明瞭であった。著者は新たに開発された超伝導磁気シール

ド装置を用いてこの脳磁界を計測し、観測した成分について検討している。またこの装置の有効性についても考察している。その結果、短潜時脳磁界反応として潜時約 6ms に振幅数 fT 程度の M6 成分を観察している。この成分は右側頭前部で磁界の吸込み(磁界の向きが頭表に対して内側)、後部で湧出し(磁界の向きが頭表に対して外側)を有する様な双極子性の分布を示し、その信号源が脳の深部に推定されることを明らかにした。超伝導磁気シールドとマグネトメータにより短潜時聴性誘発脳磁界が計測できたことから、信号源が脳の深部にあって低振幅の脳磁界反応に対して、この組み合わせが有効な計測法となることを指摘している。

(3) ヒトは音の存在を認知できるだけでなく、音が存在していないことも同様に認知できる。著者は意味のある音声刺激を用いて刺激が欠如した場合の脳磁界を計測し、その特性について検討している。その結果、刺激を呈示した場合の誘発脳磁界波形と呈示しなかった場合の波形の差波形において潜時 250ms 以降に明確な振幅成分を観測し、その信号源が島および上側頭回(Superior Temporal Sulcus, STS)にあることを示すと共に、STS の活動は低次の感覚に近い機能、島の活動は意味を持った刺激の弁別を反映している可能性を指摘している。

以上を要するに、著者は、聴性誘発脳磁界反応を計測し、観察された成分の解析、特にその信号源を検討することによってヒト聴覚機能の脳内プロセスについての新知見を得たものであり、生体工学に対して貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。