

## 論文の内容の要旨

論文題目 **Language and Music: Differential Hemispheric Dominance in  
Detecting Unexpected Errors in the Lyrics and Melody of Memorized  
Songs**

和訳 言語と音楽についての脳磁図研究：記憶した歌の歌詞と旋律にお  
ける予期しないエラー認知に関わる半球優位性の差異

指導教官 山嵜達也教授

東京大学大学院医学系研究科

平成16年4月入学

医学博士課程

外科学専攻

氏名 安井 拓也

脳の神経活動では電流が軸索に流れるが、それによって生じる磁場を頭皮においてとらえたものが脳磁図である。この脳磁気は非常に小さいもので、地磁気の10億分の1程度であり、これまでは検出が困難であった。超伝導量子干渉素子の発明以来、この微弱な脳磁気の測定が可能となった。頭皮における脳磁気の分布から逆計算を行って、活動源を求めることができる。

脳磁図の特徴として、時間分解能が優れており、空間分解能もこれまで使われていた脳波より格段にすぐれている。一方、頭皮と垂直な方向に向かっている活動源などは磁気の方が頭皮と平行なため検出困難なことや、脳の深部の活動の検出も難しいといった欠点がある。今回の実験では、早い時間帯といった短い範囲の時間に注目していることや、半球有意差を調べるために、空間解像度も必要であり、脳磁図を使用して行った。

今回の研究では、側頭葉聴覚野において、従来の単純な刺激反復中の低頻度刺激によって誘発されるミスマッチ陰性電位 (MMNm) とは性質の異なった電位 (M140/M130) を見だし、歌における歌詞 (Lyrics) 又は旋律 (Melody) の予期しないエラーにより引き起こされたと考えられた。この電位は、刺激そのものの変化で自動的に引き起こされるものではなく、記憶に基づいた予期照合エラーによって引き起こされているもので、どの成分のエラーかにより大脳聴覚野の半球優位性が変化していることがわかった。それにより、聴覚野の半球優位性がどのように変化が生じるのかということの一端を明らかにした。

これまでの研究においては言語と音楽では異なった刺激が使用されており、報告されていた優位半球の左右差は、音の特徴の違いに基づいて引き起こされていた可能性が排除できておらず、見いだされた側頭葉におけるMMNm等の左右差と、記憶などの高次機能との関連もはっきりしていなかった。そこで今回の研究では、一つの刺激音で言語、音楽両方の要素を同時にもつ歌を使用し、

それぞれの要素を変化させ、双方を比較して行った。さらにそれに基づいて、半球優位性に記憶がどのように関わっているかということ調べた。

まず実験1ではなじみのある曲を使用し、歌詞 (Lyrics) と、旋律 (Melody) 中のエラーの数を答えてもらうタスク (Lyrics taskとMelody task) を行い、この歌詞と旋律エラーによって起こされる反応を調べた。この実験では音の特徴・内容のみで正解とエラーに分類することはできず、歌の記憶に基づいて判断する必要がある。歌詞エラー (Lyrics deviant) により誘発された反応 (M140) の双極子は140msの潜時をもち、強度は左半球で有意に大きい ( $P = 0.025$ ) という結果を示した。一方、旋律エラー (Melody deviant) に対する反応 (M130) の双極子は130msの潜時をもち右半球で大きい ( $P = 0.011$ ) という異なった結果を示した。どちらの双極子も聴覚野の前端付近に局在していた。

実験1でみられた反応の潜時等はMMNmと近く、MMNmとの違いがあるかを調べる為、実験2ではなじみのある曲で、単一語音または単一音程に置換して行ない、その中で語音または音程の異なった音 (低頻度刺激) を提示して、それにより引き起こされる反応 (MMNm) を調べた。この実験では、低頻度刺激の認知には曲の記憶を必要とせず、それ以前の音と異なるかどうかのモニターのみで可能な構造とした。その結果、音素・音程の低頻度刺激 (Syllable oddball とPitch oddball) によって引き起こされた反応 (MMNm) は統計的に左半球優位性を示した ( $P = 0.016$ )。さらに実験1と2の比較では、双極子の潜時 ( $P = 0.033$ ) や、座標 ( $P = 0.0032-0.064$ ) が統計的に異なっており、M140とM130は頻回刺激の中で引き起こされたMMNmとは異なった性質を持つことが示唆された。実

験 1 ではエラー認知には曲についての記憶が必要であり、実験 2 では必要ではない。そのため M140, M130 は記憶と関連していることが示唆される。

実験 3 では被検者に新たに曲を記憶させて行い、旋律エラー (Melody deviant) の数を数えるタスクを行った。呈示された曲の 3 音目までが記憶と一致している群 (Expected note condition) と、違っている群 (Unexpected note condition) の間で、刺激の違いをコントロールするため、オリジナル (Original song) と、オリジナルの 3 音目を変更した旋律 (modified song) を、それぞれ別の曲として覚えてもらい、オリジナルの曲で、エラーが 3 音目にある場合には modified song と同じ旋律となり、modified song で 3 音目にエラーがある場合にはオリジナルと同じ旋律になるようにして行った。この実験により右半球優位な M130 は覚えた曲からの変化 (予期しない音) で引き起こされるのか、記憶と関係なく、オリジナルの曲の音からの変化 (1、2 音目から 3 音目の間の不自然な音の変化) で引き起こされるのかを観察した。その結果、M130 の右半球優位性は、呈示音が予期されたものと異なった場合 (3 音目にエラーがある場合、unexpected note) にのみ認められ ( $P = 0.039$ )、音の不自然な変化によって引き起こされたわけではなかった ( $P = 0.6$ )。またこの実験では旋律だけに注意が必要なタスクですが、M130 の右半球優位性は予期した音と違った場合のみ見られており、旋律にたいする選択的な注意によって引き起こされたわけでないことも明らかになった。

実験 3 における M130 は実験 1 で見られた M130 と、潜時、双極子強度、座標とも一致しており、実験 1 で見られた M130 も同様に記憶した曲に基づいて予期し

た音と異なっていた音（予期しない旋律エラー）によって引き起こされたことが示唆される。歌詞についても、同様に記憶、文法、意味などの間違いに基づいた予期というトップダウンの情報との違いによって引き起こされていると推測される。以上の結果から、観察されたM140/M130の半球優位性の違いは、音記憶に基づいた予期の違い反映しているものといえる。また双極子は一次聴覚野の前方にある、一次感覚野からの入力をうけるmedial area (MA) に由来していると考えられ、M140/M130はボトムアップの情報と、トップダウンの情報の照合に関係した反応ではないかと考えられる。