

審査の結果の要旨

氏名 白松 知世
(磯口)

音には、様々な質感、つまり音の周波数構造のカテゴリが存在する。本研究では、二音和音の協和性や三音和音の調性といった質感に着目し、これらを表現する神経活動の特徴量を聴皮質で特定することを目指した。

第一章「背景」では、研究の背景として、和音の質感に関して、物理的、心理物理的、神経科学的な知見が紹介されている。哺乳類は進化の過程で聴皮質を発達させてきたが、ここでは、和音の質感や、情動的な質感が、神経活動レベルで表現されている可能性が主張されている。それらに基づき、本研究の目的として、ラット聴皮質において、音の情動的な質感を表現する神経活動の特徴量を調べることを導出している。

第二章「神経活動の評価手法の構築」では、前記目的を達成するための実験手法を確立した。第一に、ラット聴皮質でミスマッチネガティビティ(Mismatch Negativity; MMN) 反応の計測手法を確立した。具体的には、微小表面電極アレイを用いて、ラットのMMN様反応を多点同時計測し、それが、潜時、逸脱検出性、空間分布、NMDA受容体への依存性の4つの観点から、ヒトのMMNと等価であることを示した。第二に、音刺激に対する定常的な神経活動として、聴皮質第4層の局所電場電位 (local field potential; LFP) を多点同時計測し、その帯域強度、位相同同期度 (PLV) パターンから、機械学習によって、刺激音の周波数情報の抽出できることを示した。

第三章「聴皮質における音の情動情報の表現」では、音の情動価を表現している神経活動の特徴量の特定を試みた。特定の音に対する曝露もしくは、罰または報酬による古典的条件付けをラットに施し、前章で構築した実験系でMMNと定常的な神経活動の変化を調べた。その結果、MMNは、経験的に予想される音の発生確率の低さや、音と連合している情動の強度を表現している一方で、音の情動価は表現していないことから、音の顕著度を表現していることを示した。一方で、定常的な神経活動の位相同同期度は、 α , high- γ 帯域において、恐怖学習後に強化されたことから、これらの帯域の位相同同期が、音の情動価を表現している可能性を示した。

第四章「聴皮質における音の質感の表現」では、二音和音の協和性と三音和音の調性に注目し、これらの音の質感を表現している神経活動の特徴量を聴皮質で特定した。第一に、二音和音のうなりの強弱の差異で、MMNが発生することを示した。第二に、二音和音、三音和音に対する定常的な神経活動を多点同時計測し、その位相同同期度を調べた。その結果、協和音は、不協和音に比べて、 β , γ 帯域で位相同同期が強くなった。また、長三和音では、短三和音に比べて、 α , γ 帯域の位相同同期が強くなった。これらの結果から、聴皮質では、二音和音の協和性や三音和音の調性が、特定帯域の位相同同期に表現されていることがわかった。

第五章「考察」では、これまでの実験結果を総括し、総合的に議論している。特に、第三章と第四章の結果を比較し、音の調性のような情動的な質感は、聴皮質の α , γ 帯域の帯域間同期に表現されている可能性を論じている。また、本研究で調べた神経活動が認知機能に及ぼす影響について、MMNが注意の誘導を引き起こす可能性や、聴皮質内の位相同同期が情報処理機能を向上させる可能性を考察している。

第六章「結論」では、本研究で得られた上記の知見をまとめ、知識化している。

音の質感は、これまでに心理物理的な特徴として議論されてきたが、本研究では神経科学的に解析された。また、定常的な神経活動は、これまでほとんど注目されてこなかったが、刺激音の周波数情報や情動情報を豊かに表現していることが本研究で明らかにされた。これらの観点から、本研究は、神経科学や認知科学分野に対して学術的な貢献が認められ、今後の発展も期待できる。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。