

バイノーラル音が聴取者の心理生理反応に与える影響

新井 奏音

背景・目的

近年、音の位置や距離といった空間情報を忠実に再現するバイノーラル録音・再生技術への関心が高まっている。バイノーラル録音は、「ヘッドホンによる立体音再生を目的とした2チャンネル録音方式」であり、「ダミーヘッドの耳にマイクロホンを仕込んだダミーヘッドマイクロホン、あるいは狭い間隔のペアマイクロホンで收音し録音する」技術である(日本音響学会, 2003)。これにより、両耳に届く音の音圧やタイミング、周波数スペクトルの差を効果的に捉え、ヘッドホンでの再生時に忠実な音場再現を実現できる。バイノーラル音を配信するシステムの開発は19世紀末までさかのぼるが、近年のデジタルデバイスやヘッドホンの普及に伴い、広く注目されるようになった。しかし、バイノーラル音の基本的な特徴である音場再現の忠実度の高さがもたらす心理生理反応については不明な点が多い。バイノーラル音の効果を心理・行動・生理といった複数の側面から明らかにすることは、より効果的な活用方法の確立に繋がるだろう。

バイノーラル音の聴取がもたらす影響は、主に臨場感、没入感、自律感覚絶頂反応(autonomous sensory meridian response: ASMR)の主観的な側面について検討されてきた。一方で、その基本的な特徴である音場再現の忠実度が中枢神経系に及ぼす影響については未解明な点が多い。一般的なステレオ音の場合と比較してバイノーラル音が注意を引きつけることや、覚醒の水準を高めることが報告されている(Rodero & Rodriguez-de-Dios, 2023; Nicol et al., 2019)。また、バイノーラル音がASMRやリラクセス反応を引き起こすことも報告されている(Mahady et al., 2023; Barratt et al., 2017)。Callan et al.(2013)は、機能的磁気共鳴画像法を用いてモノラル音やステレオ音とバイノーラル音の処理の違いを示した。Getzmann & Lewald(2010)は、音の運動知覚処理の速度について、両耳間に提示される時間や強度の差のみで知覚するときよりも、スピーカで聞く場合や頭部伝達関数を適用した音を聞くときのほうが早いことを、脳波の事象関連電位を用いて示した。しかし、音場再現の忠実度が背景脳波にどのような影響を与えるかは分かっていない。バイノーラル音を用いてASMRが生じたときの背景脳波を記録した研究(Fredborg et al., 2021)はあるが、バイノーラル音とほかの録音・再生方式の比較はされていない。本研究では、バイノーラル音の音場再現の忠実度が心理生理反応に与える影響を明らかにすることを目的とし、2つの実験を行った。

実験 1

実験1では、バイノーラル音を視覚弁別課題の背景音として聴取した際の心理生理反応を検討した。音波の波形再現の忠実度が高いハイレゾリューション音源(以下、ハイレゾ音源)に含まれる高周波帯域の影響を示したKuribayashi & Nittono (2017)に従って、バイノーラル音を提示しながら、視覚2肢選択反応時間課題を行っているときの脳波・心電図・呼吸運動を記録した。参加者($N = 34$)は、海岸の波の音をバイノーラル録音した音と、その左右チャンネルを平均化したモノラル音をヘッドホンで聴取した。課題遂行中の600秒間のうち、前後の100秒は無音とし、中間の400秒で背景音として提示した。提示順序は参加者間でカウンタバランスをとった。各条件の終了後、音の印象を10項目の形容詞対を用いた7件法のSemantic Differential (SD)法で評定し、さらに課題がうまくできたかどうかや、音によって課題が妨害されたかについて、7件法で回答を求めた。最後に、バイノーラル音とモノラル音のうち違和感が小さいほうを強制選択させた。中枢神経系活動は、課題遂行中の脳波パワー(θ , α , β 帯域)と、視覚標的刺激に対する事象関連電位P300の振幅・潜時によって評価した。自律神経系活動の評価には、課題遂行中の

心拍数, RMSSD (root mean square of successive differences: 連続した心拍間隔の差の二乗平均平方根), 呼吸数を用いた。その結果, バイノーラル音は, 音の印象評価において奥行き, 広がり, 柔らかさの評価が高く, 主観的な違和感が小さいと評価された。一方で, バイノーラル音とモノラル音の間で, 課題遂行時の脳波パワーや P300 振幅・潜時, 心拍数, RMSSD, 呼吸数には有意差はみられなかった。また, 課題成績 (反応時間, エラー率) や課題遂行の自己評価にも条件差は認められなかった。

実験 2

実験 1 で生理反応に差がなかった理由として, 視覚課題を行いながら聴取する状況では音に注意を向けていないため, バイノーラル音の効果検証に適していなかった可能性が考えられる。そこで, 目を開けた状態で音に注意を向けて聞いている間の心電図・皮膚コンダクタンス・脳波を記録した。参加者 ($N = 35$) は, 机上ブース内で, 音が聴こえる環境をイメージしながら, 実験 1 と同じ音源を 40 秒間に編集したバイノーラル音とモノラル音を 8 回ずつ, 計 16 回イヤホンで聴取した。聴取終了後, 音の印象評価を SD 法で尋ね, その場にいるように感じたか, 海の風景を思い浮かべることができたかについても 7 件法で回答を求めた。中枢神経系活動の評価には脳波パワーを, 自律神経系活動の評価には, 心拍数, 皮膚コンダクタンス水準を用いた。その結果, バイノーラル音はモノラル音よりも, 響きのよさ, 奥行き, 広がり, 柔らかさが高く評価され, 音が聴こえている環境にいるように感じ, 海の風景を思い浮かべることができたと評価された。一方, 脳波パワー, 心拍数, 皮膚コンダクタンス水準には有意な条件差はみられなかった。

総合考察

本研究では, バイノーラル音が聴取者の心理生理反応に与える影響を検討するため, 2つの実験を行った。共通して, 生理・行動反応には条件差はみられなかった。他方, 音の印象や主観的な臨場感には有意な条件差が認められた。バイノーラル音はモノラル音と比較して音場再現の忠実度が高いため, 違和感が小さくなり, 響きのよさ, 奥行き, 広がり, 柔らかさや臨場感が高く評価されたと考えられる。

本研究の刺激では, バイノーラル音が生理反応に及ぼす影響は認められなかったが, 情動的な身体反応や ASMR を引き起こすような刺激であれば, 脳波や自律神経活動に影響をもたらす可能性がある。本研究で用いた刺激は, 海岸でバイノーラル録音された波の音であり, 情動反応や ASMR は生じにくかったと推測される。バイノーラル音による検討ではないが, Kobayashi et al. (2015) は, 人が聴取者に近づくような音を聞く場合, 録音時の音場が正確に再現される条件で, 再現されない条件よりも心拍数と容積脈波振幅が低下し皮膚コンダクタンス水準が高い状態を維持することを示している。また, バイノーラル音が ASMR を誘発する要因であることや (Mahady et al., 2023; Barratt et al., 2017), ASMR が生じたときには脳波パワーが増大することが示されている (Fredborg et al., 2021)。このことから, バイノーラル音の効果は, 刺激の内容に依存して現れる可能性がある。さらに, 本研究で用いた刺激 (波の音) は, 主に左右方向の運動が感じられるものであった。今後は, 前後や上下方向の運動も含む, より空間的な刺激を用いることで, バイノーラル音が生理反応にもたらす影響を検出できるかもしれない。

本研究では音場再現の忠実度が高いバイノーラル音が脳波に及ぼす影響はみられなかった。一方で, 同じ音の忠実度を高める技術でも, 波形再現の忠実度が高いハイレゾ音源を聞くことで脳波の α 帯域のパワーが増大することは複数の研究で示されている (e.g., Ohashi et al., 2000; Kuribayashi & Nittono, 2017)。この結果の差異は, ハイレゾ音源はサンプリング周波数や量子化ビット数, バイノーラル音は録音方法という異なる手段で音の忠実度を高めるものであり, 心理状態への作用機序や情報処理が異なることが要因であると考えられる。

本研究から, バイノーラル音は確かにモノラル音とは異なって知覚されるが, 必ずしも生理反応の変化を伴うわけではないことが示された。今後は, 生理反応が変化する条件の検討が望まれる。(基礎心理学)