

バイノーラルビートがヒトに及ぼす影響

Effects of Binaural Beats on Human

キーワード:バイノーラルビート、覚醒度、タスクパフォーマンス、事象関連電位、P300、自律神経系

人間生活工学研究室 12TM1118 巖 偉

■Abstract: Presentation of one sound to each ear with a small difference of frequency (Δf) elicits subjective fluctuations called Binaural Beat (BB). However, the effects of BB on human were still not clear from the previous studies, especially in the effects on vigilance and Autonomic Nervous System of human. The purpose of this study was to confirm the effects of BB on human. Δf was measured for 0, 6, 12, 24 Hz and carrier were 300 and 400 Hz. 9 subjects were participated in the study and EEG, ERP (P300), Blood Pressure, Heart Rate, Reaction Time and Subjective Assessment were measured. These results suggested that BB have effects on vigilance and Autonomic Nervous System of human.

■背景

時代の変遷とともに作業場の環境も変化しつつある。作業場の音環境は一つの環境要素として重要な役割を果たしている。将来はどのような作業場の音環境が必要であるのかを考えなければならないと考えている。特に、集中力が必要な長時間に続く仕事の作業場では、例えば、トラックやバスなど、運転者の覚醒水準とタスクパフォーマンスを高める音環境が望んでいる。

耳鳴りの治療法の1つであり、バイノーラルビート(Binaural Beat; BB)は周波数のわずかに異なる音を左右の耳の別々に提示したときに知覚される周期的な聴覚現象である。先行研究では、BBはヒトの覚醒度を向上させる効果があり、脳波の周波数成分にも影響させることが報告されている。

しかし、BBの先行研究では、生理指標を用いて客観的な実験は少なく、BBはヒトの覚醒度を向上させる効果があり、脳波の周波数成分にも影響させることが正確であることではないかと考えている。

■目的

BBに対する先行研究では、聴性定常誘発電位 (auditory steady-state response; ASSR)に関する応用や研究は多いが(Pratt, 2010)、事象関連電位(event-related potential, ERP)を用いた研究は少なく、BBがヒトの覚醒度に及ぼす影響について不明点が多く残されているのが現状である。それに加え、BBがヒトに及ぼす自律神経系の影響についての研究も少ない。

本研究の目的は、BBがヒトのタスクパフォーマンス、覚醒度、そして自律神経系に及ぼす影響を解明する。

■方法

1 被験者

21-33歳の聴覚に異常のない、健康な男子大学生8名(24歳±4歳)が実験内容の説明を受け、実験に参加した。実験前日から激しい運動や睡眠不足(最低7時間の睡眠を要求)、カフェイン、アルコールの摂取が禁止された。実験の前に被験者にはバイノーラルビートの事を知らせなかった。

2 測定項目

①主観評価、②反応時間、③脳波、④P300、⑤血圧、⑥心拍数

3 実験条件

オドボール刺激はSuperlab(Cedrus Corporation)で製作し、画像で提示した。2方向の矢印を提示し、「↑」は標準刺激(75%)、「↓」は標的刺激(25%)とした。刺激の提示は1000ms、刺激間隔は1000-2000msの間にランダムで変動していた。

音刺激条件は、搬送波(サイン波)の周波数を2条件、 Δf の周波数

を4条件、合計8条件であった(表1)。音刺激はUSBヘッドホンアンプ(AT-HA70USB, audio-technica)とヘッドホン(HD201, Sennheiser)を通じ、65dBで提示された。

表1. 音刺激条件

Carrier \ Δf	0 Hz No Beat	6 Hz	12 Hz	24 Hz
300 Hz	L:300 Hz R:300 Hz	L:297 Hz R:303 Hz	L:294 Hz R:306 Hz	L:288 Hz R:312 Hz
400 Hz	L:400 Hz R:400 Hz	L:397 Hz R:403 Hz	L:394 Hz R:406 Hz	L:388 Hz R:412 Hz

4 実験環境

実験は千葉大学人間生活工学研究室のシールドルームで行い、室温は25°Cに設定された。タスク用の押しボタンパネルは被験者の前の引き出し板に置かれた(図1)。



図1 実験環境

5 実験手順

被験者を椅子に座らせ、電極を装着した。5分間を安静にさせ、1分間の背景脳波をBaselineに記録し、主観評価を記入させた。その後、8条件の音刺激を被験者にランダムに聞かせ、同時に識別タスク(オドボール)を行わせ、その時に事象関連電位(P300)と反応時間を記録した。各条件の間に主観評価(眠気、煩わしさ、快適感、緊張感、集中力)、脳波、血圧と心拍数を測定した。

6 記録

脳波は国際10-20電極法より、頭部の3ヵ所(Fz, Cz, Pz)にAg-AgCl皿型電極を装着した。脳波は生体アンプ(MME-312, 日本光電)で増幅し、A/D変換器(MP150, Biopac Systems)を通じ、サンプリングレート1000Hzとした。脳波は両耳架連結を基準とし、アースは前額に設置した。眼球電図(EOG)も同時に記録した。全ての電極のインピーダンスは5k Ω 以下であることを確認した。フィルタ特性は眼球電図(EOG)は0.56-250Hz、P300は0.56-50Hzとして解析区間は-200~600msとした。反応時間はSuperlabで記録した。血圧と心拍数は連続血圧計で記録した(Portapres, FMS)。

7 データ解析と統計分析

実験から得られたデータは全て標準化をして処理を行った。自律神経系指標についてはBaselineからの変化量を用いた。データ解析は、搬送波の周波数と Δf の周波数を主効果として反復測定二元配置分散分析を行った。主効果は危険率5%未満で有意とした。有意で

あった要因については反復測定一元配置分散分析を行い、ボンフェローニの多重比較検定をした。有意水準は5%未満で有意とした。

■結果

主観評価の緊張感で有意 ($p < 0.05$) な交互作用があり、搬送波 300Hz の条件では、 Δf が 6Hz、24Hz の条件は 0Hz より有意 ($p < 0.05$) に低かった (図 2)。他の主観評価では有意な主効果は認められなかった。

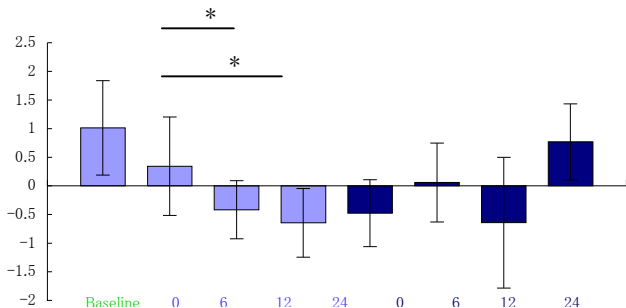


図 2 緊張感

反応時間では有意な主効果は認められなかった。

脳波 (α 波帯域率) について、Fz で α 波帯域率は Δf の 0Hz が 12Hz より有意 ($p < 0.05$) に高かった (図 3; *: $p < 0.05$)。Cz、Pz では有意な主効果は認められなかった。

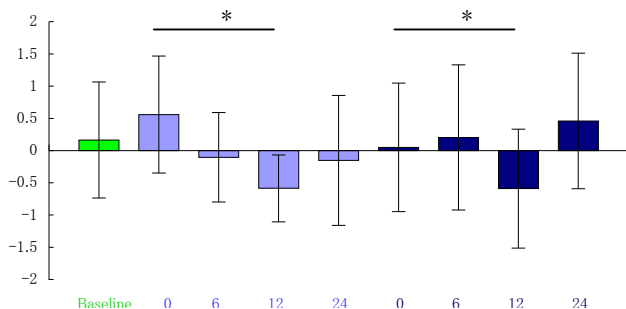


図 3 脳波 (α 波帯域率) Fz

事象関連電位 (P300) 潜時について、Fz では搬送波 400Hz の潜時は 300Hz より有意 ($p < 0.05$) に短く、 Δf が 6Hz の条件は 12Hz より、P300 潜時は有意 ($p < 0.05$) に短かった (図 4; *: $p < 0.05$)。

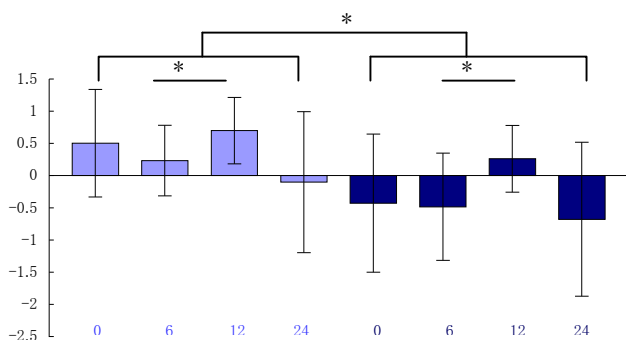


図 4 事象関連電位 (P300) 潜時 Fz

Cz では搬送波 400Hz の潜時は 300Hz より有意 ($p < 0.05$) に短く、 Δf が 6Hz の条件は 12Hz より、P300 潜時は有意 ($p < 0.05$) 傾向が認められた。Pz では搬送波 400Hz の潜時は 300Hz より有意 ($p < 0.05$) に短かった。各場所 (Fz、Cz、Pz) の P300 振幅は有意な主効果は認められなかった。

自律神経系の評価指標について、拡張期血圧 (最低血圧) は搬送波と Δf の周波数の間に有意 ($p < 0.05$) な交互作用が認められた。搬送波が 300Hz の条件では、 Δf の 0Hz は 12Hz、24Hz より有意 ($p < 0.05$) に高く、400Hz の条件では Δf の 24Hz は 0Hz より有意 ($p < 0.05$) に高かった (図 5; *: $p < 0.05$)。収縮期血圧 (最高血圧) は搬

送波と Δf の周波数の間に有意 ($p < 0.05$) な交互作用が認められ、300Hz の条件で Δf が 0Hz は 24Hz より有意 ($p < 0.05$) に高かった。

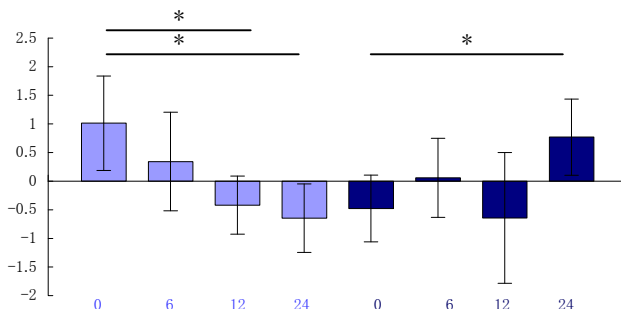


図 5 拡張期血圧

自律神経系のもう 1 つ評価指標の心拍数には有意な主効果は認められなかった。

■考察

David ら (2010) の研究では、10Hz の BB を用いた耳鳴り患者に対する実験の結果、耳鳴りの平均妨害率は 5.81 から 3.06 まで減らしたと報告した。その結果は低い周波数の BB はヒトの精神状態に影響を与えることを示した。本研究の結果より、低い周波数 Δf の BB はヒトの精神状態に影響を与えることが示唆された。

Lane ら (1998) の実験では、被験者の正答率は、 Δf の EEG β 条件が EEG δ / θ より有意に高く、タスクパフォーマンスも向上したと報告されている。本研究では反応時間には有意な主効果は認められなかった。それは被験者が実験のタスクによる疲労、そして音刺激に対する慣れなどの原因であると考えられる。

Karino ら (2004) の研究では、低い周波数の Δf の条件でヒトの脳波成分が同調されることを報告した。その一方 Vernon ら (2012) は、 Δf が EEG α と EEG β の条件でヒトの脳波成分が同調されなかったと報告されている。本研究の脳波 (α 波帯域率) 結果より、Vernon ら (2012) の研究を支持した。

Krishnan ら (2004) の研究では、ヒトは搬送波が周波数の 400Hz 付近の BB に対して知覚しやすいと報告されている。今度の実験の結果より、搬送波 400Hz が 300Hz より P300 潜時は短かった。それもヒトは搬送波が 400Hz の BB に対して知覚しやすいことと関連すると考えられる。Vernon ら (2012) の研究を支持し、低い周波数の BB はヒトの覚醒レベルに影響を与えることが示唆された。

血圧の結果は一見矛盾しているようであるが、Krishnan ら (2004) の研究を支持し、BB はヒトの血圧に影響を与えることを考えられる。

■まとめ

BB はヒトの精神状態、ヒトの脳波成分、覚醒度、自律神経系に影響を与えることが示唆された。

■参考文献

- 1) D. Vernon, G. Peryer, J. Louch, M. Shaw (2012) Tracking EEG changes in response to alpha and beta binaural beats. International Journal of Psychophysiology
- 2) JAMES D. LANE, STEFAN J. KASIAN, JUSTINE E. OWENS and GAIL R. MARSH (1998) Binaural Auditory Beats Affect Vigilance Performance and Mood. Physiology & Behavior, 63, 2: 249-252
- 3) Hillel Pratt, Arnold Starr, Henry J. Michalewski, Andrew Dimitrijevic, Naomi Bleich, Nomi Mittelman (2010) A comparison of auditory evoked potentials to acoustic beats and to binaural beats. Hearing Research, 262: 34-44
- 4) 狩野章太郎, 湯本真人, 伊藤憲治, 宇野 彰, 松田真樹, 山川恵子, 関本荘太郎, 金子 裕, 加我君孝 (2003) Binaural Beat に誘発される脳磁場活動. 信学技報 TL2003-17 (2003-9)