

波動スピーカーM S 1001-Mを用いた音響再生が自律神経系および

感情プロフィールに対して及ぼす影響

松村浩道 中川朋

一般社団法人日本レジリエンス医学研究所

【緒言】

音の強さは、音による圧力の大気圧からの変動分である音圧で示され、一般に音源からの距離の対数に比例して減少することが知られている。通常のスピーカーから発せられる音は、スピーカーから近い位置では音圧は大きく、遠い位置では音圧は小さくなるが、波動スピーカーM S 1001-Mは、スピーカーからの距離によらず音圧がほぼ一定になることが先行研究により明らかにされている¹⁾。また、同スピーカーを使用しているユーザーからは、リラックス効果を示唆する感想がメーカーに多数寄せられている。

今回、波動スピーカーM S 1001-Mを用いた音響再生が自律神経機能および感情プロフィールに対して及ぼす影響について、6名の健康な男女を対象に、それぞれ音源からの距離が異なる6カ所において検証したので報告する。

【対象及び測定方法】

39～55歳の健常ボランティア男女6名を対象に、波動スピーカーM S 1001-Mを用いて、音楽を聴く前（Before）、聴いている最中（During）、聴いた後（After）の自律神経活動に関連する精神生理学的指標を測定し、また音楽を聴く前・聴いた後における感情プロフィールの評価を行った。

【測定機器・評価尺度】

自律神経活動に関連する精神生理学的指標を測定するための装置として、Thought Technology社 Procomp Infinitiを、専用解析ソフトウェアとしてBioGraph Ver.6.0を用いた。また感情状態の評価には、評価尺度として『POMS 2 日本語版（Profile of Mood States 2nd Edition）成人用 短縮版』を用いた。

【使用機器および被験者の配置・設定】

使用スピーカー：M S 1001-M

使用アンプ：M S -Amp12、ボリュームレベルは時計の9時の位置で固定

使用音源：ビクターエンタテインメント株式会社 VICG-60701『森からの贈り物』より「森のささやき」

スピーカー及び各被験者は、図 1 のように配置した。

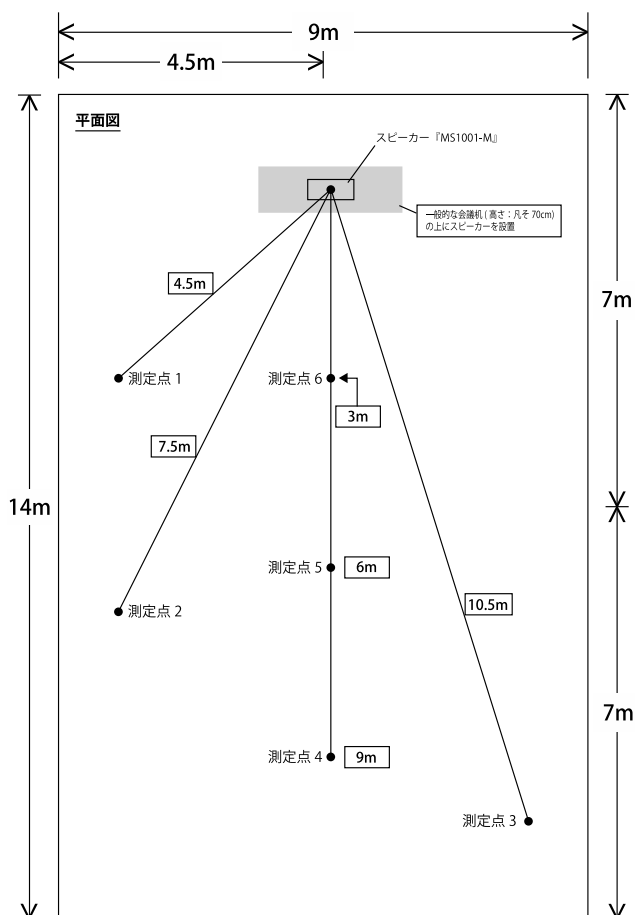


図 1

【測定方法・評価項目】

自律神経機能については、Before・During・After において、それぞれ 2 分・5 分・2 分の測定を行った。評価に用いた具体的な項目は以下の通りである。

<自律神経機能に関連する精神生理学的指標> (BVP : Blood Volume Pulse)

BVP amplitude mean、BVP HR mean、BVP IBI standard deviation (SDNN)、BVP VLF % power mean、BVP LF % power mean、BVP HF % power mean、BVP HRV LF/HF (means)、EMG mean (uV)、Skin conductance mean (uS)、Temperature mean (Deg)、Respiration rate mean (br/min)

<脳波>

Theta mean (uV)、Alpha mean (uV)、Wide beta mean (uV)、High beta mean (uV)

感情状態の評価は、Before および After において POMS2 を用いて行った。具体的な項目は以下の通りで、それぞれ T 得点を算出した。

総合的気分状態 (Total Mood Disturbance ; TMD)、怒り-敵意 (Anger-Hostility ; AH)、混乱-当惑 (Confusion-Bewilderment ; CB)、抑うつ-落込み (Depression-Dejection ; DD)、疲労-無気力 (Fatigue-Inertia ; FI)、緊張-不安 (Tension-Anxiety ; TA)、活気-活力 (Vigor-Activity ; VA)、有効 (Friendliness ; F)

【統計解析】

精神生理学的指標及び脳波においては、Before-During、Before-After の各項目数値差分の正規性を危険率 5% で検定した。また POMS2 においては、Before-After の各項目数値差分について同様に検定した。いずれの項目においても、数値差分が正規分布に従う場合は paired t test、従わない場合には Wilcoxon signed-ranks test を用いて検定し、 $p < 0.05$ をもって有意差あり、 $p < 0.1$ を有意傾向ありとした。

【結果】

評価項目のうち、有意差 ($p < 0.05$) および有意傾向 ($p < 0.1$) を示したのは以下の通りである。

<自律神経機能に関連する精神生理学的指標>

SDNN	Before-After	$p=0.08$	増加傾向あり
LF	Before-During	$p=0.07$	低下傾向あり
	Before-After	$p=0.02$	有意に低下
HF	Before-After	$p=0.06$	増加傾向あり
EMG	Before-During	$p=0.07$	低下傾向あり
Temperature	Before-During	$p=0.07$	上昇傾向あり

<脳波>

Theta	Before-During	$p=0.05$	減少傾向あり
	Before-After	$p=0.04$	有意に減少
Alpha	Before-During	$p=0.01$	有意に減少
	Before-After	$p=0.02$	有意に減少
Wide Beta	Before-During	$p=0.02$	有意に減少
	Before-After	$p=0.08$	減少傾向あり
High Beta	Before-During	$p=0.02$	有意に減少

<POMS2>

TMD	p=0.01	有意に低下
AH	p=0.06	低下傾向あり
DD	p=0.07	低下傾向あり
FI	p=0.08	低下傾向あり
TA	p=0.02	有意に低下
F	p=0.08	増加傾向あり

【考察】

心拍のリズムは、安静にしている状態であっても一定ではなく、呼吸や血圧調整、体温調整などにより影響を受け、速くなったり遅くなったりしながら常に複雑にゆらいでいる²⁾。このゆらぎを心拍変動（heart rate variability: HRV）といい、自律神経活動の非侵襲的指標として、多くの臨床研究において用いられている³⁾。心拍変動は、さまざまな精神的ストレスの指標となることが知られており、負荷が強くなるに従って心拍変動は減少する⁴⁾。

心拍変動を周波数解析して得られる低周波領域(0.02~0.15Hz)パワー値(LF)は、交感神経と副交感神経の両方の活動性を反映し、高周波領域(0.15~0.50Hz)パワー値(HF)は副交感神経機能の指標であるといわれる⁵⁾。

交感神経機能の指標としては、一般には LF/HF が用いられることが多いが、精神的なストレスによって交感神経緊張が亢進し、LF 成分が増大すると共に、HF 成分は減少することが知られている⁶⁾⁷⁾。特に、暗算負荷のような精神的ストレスによって LF 成分は著しく増加することが確認されており⁶⁾、副交感神経活動よりも主に交感神経活動の影響を受けていると考えられていることから、交感神経活動の指標として LF が用いられることもある。今回の測定結果において、LF/HF については有意差・有意傾向は認めなかったものの、Before-During では LF の低下傾向が、Before-After では LF の有意な低下がそれぞれ認められたことは、M S 1001-Mを用いた音響再生により交感神経活動が抑制されリラックス状態が誘導された可能性があると考えられる。

また HF 成分は、前述のように副交感神経活動と関係するとされるが、今回の測定結果において、Before-After で HF の増加傾向を認めた。HF 成分は副交感神経活動だけでなく呼吸数によっても変化し、例えば呼吸数の減少によって HF 成分は増加するが、今回の測定では、Before-After において呼吸数には変化はみられなかったため、HF の増加傾向は呼吸数の変化に伴う結果ではなく、副交感神経活動が賦活化された結果と推測される。すなわち、M S 1001-Mを用いた音響再生により、副交感神経活動が賦活化される可能性があると考え

られる。

さらに、時間領域解析の評価指標である SDNN(心拍標準偏差)は、概ねストレス状態で低く、リラックス状態で高くなることが知られているほか、例えば心筋梗塞患者における SDNN の低下は予後（全死亡）の独立した危険因子であるなど⁸⁾、疾病の重症度や予後予測の評価として用いられ、レジリエンス（＝ストレスに打ち克つ力）の指標とも考えられている。今回の検証において SDNN が増加傾向を認めたことは、MS 1001-Mを用いた音響再生により、リラックス状態およびレジリエンスが高い状態が誘導された可能性があると考えられる。

一方脳波においては、今回測定したほぼ全項目において有意な減少または減少傾向を認めた。一般的に、精神的ストレスによる脳波への影響に関しては、例えば暗算作業によって Alpha 波が減少し Beta 波が増加するといわれるが、これらの増減についての定量的な評価は得られていない。これまでの先行研究においては、高い特性不安を持つ被験者では、閉眼安静時において Theta (4-6 Hz) と β (12-18 Hz) の活動が強くなっていることが示されており⁹⁾、今回の検証において Theta 波の減少と β 波の減少のみが認められたのであれば、ストレス状態や不安感が減少した結果と考えることもできたかもしれない。しかし、測定結果においては Alpha 波も有意に減少していることから、そのように結論することはできない。何らかのアーチファクトの可能性も否定できず、脳波に対する影響についての再検討は今後の課題としたい。

感情プロフィールの評価として用いた POMS は、感情状態を評価する自己評価式質問紙法として、1971 年以来精神科や心理学領域で用いられているほか¹⁰⁾、WHO の Neurobehavioral Core Test Battery（神経行動学的検査バッテリー）の一部として、特に産業医学の領域において広く用いられている¹¹⁾。POMS2 における TMD 得点は、怒り-敵意 (AH)、混乱-当惑 (CB)、抑うつ-落込み (DD)、疲労-無気力 (FI)、緊張-不安 (TA)、活気-活力 (VA) 尺度の合成得点であり、怒り・抑うつ・不安など、回答者がネガティブな感情全般をどの程度経験しているかを示す最も信頼性のある指標である。今回の測定結果においては、TMD 得点および TA の T 得点においては有意な低下を、また AH、DD、FI の T 得点においては低下傾向を認め、さらに F の T 得点の増加傾向を認めた。このことは、MS 1001-Mを用いた音響再生により、被験者はネガティブな感情をより少なく、ポジティブな感情をより多く感じるようになる傾向があることを示唆する。

これまでに同スピーカーのユーザーからは、同機を用いることでリラックス効果が得られたとする感想が多数寄せられているとのことであるが、今回の検証により、客観的評価である心拍変動解析と、主観的評価である POMS2 のいずれにおいても上記のような結果を得たことは意義深い。また本検証では、図 1 のようにスピーカーからの距離や角度が異なる 6 カ所において計測を行ったが、上記項目において有意差や有意傾向が認められた。このことは、少なくとも図 1 のような範囲内においては、スピーカーからの距離や角度に依存せず、波動スピーカー MS 1001-Mを用いた音響再生により、聴取者において交感神経活動の抑

制・副交感神経活動の賦活化の傾向や、ネガティブな感情をより少なく、ポジティブな感情をより多く感じるようになる可能性があると考えられる。

今後は、同一音源を用いて他社スピーカーとの比較検証をすることや、被験者数を増やして聴取位置による傾向性を検証するなど、より詳細な検討を実施することで、同スピーカーの特性をさらに明確にすることができると考える。

【文献】

- 1) 「なぜ空間の隅々まで音が届くのか？スピーカーの常識を覆した波動スピーカー」2021年1月27日発表プレスリリース
- 2) Berntson GG, Cacioppo JT, et al. Respiratory sinus arrhythmia: autonomic origins, physiological mechanisms, and psychophysiological implications. *Psychophysiology*. 1993 Mar;30(2):183-96.
- 3) Annane D, Trabold F, et al. Inappropriate sympathetic activation at onset of septic shock: a spectral analysis approach. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999 Aug;160(2):458-65.
- 4) Mulder G, Mulder LJ. Information processing and cardiovascular control. *Psychophysiology*. 1981 Jul;18(4):392-402.
- 5) Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J*. 1996 Mar;17(3):354-81.
- 6) Pagani M, Furlan R, et al. Spectral analysis of R-R and arterial pressure variabilities to assess sympatho-vagal interaction during mental stress in humans. *J Hypertens Suppl*. 1989 Dec;7(6):S14-5.
- 7) Sassen LM, Bezstarosti K, et al. Effects of nisoldipine on recovery of coronary blood flow, sarcoplasmic reticulum function and other biochemical parameters in post-ischaemic porcine myocardium. *Biochem Pharmacol*. 1991 Jan 1;41(1):43-51.
- 8) Kleiger RE, Miller JP, et al. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 1987 Feb 1;59(4):256-62.
- 9) Aftanas LI, Pavlov SV. Trait anxiety impact on posterior activation asymmetries at rest and during evoked negative emotions: EEG investigation. *Int J Psychophysiol*. 2005 Jan;55(1):85-94.
- 10) McNair, D., Lorr, A. and Droppleman, L. (1971) EITS Manual for the Profile of Mood States. Educational and Industrial Testing Service, San Diego.

- 11) Anger WK. Reconsideration of the WHO NCTB strategy and test selection. Neurotoxicology. 2014 Dec;45:224-31.