

# 高齢者に対する高周波非可聴音の認知行動への効果 【長期的な高周波非可聴音を含む音楽聴取による健常高齢者の心理行動の変化】

岡田 裕之<sup>1,2</sup>、清水 良幸<sup>1</sup>、尾内 康臣<sup>2,3</sup>

## Effects of high frequency inaudible sounds on cognitive behavior in elderly people 【Changes in psychological behavior of healthy elderly people by long-term listening to music including high frequency inaudible sounds】

Hiroyuki Okada PhD.<sup>1,2</sup>、Yoshiyuki Shimizu PhD.<sup>1</sup>、Yasuomi Ouchi MD.PhD.<sup>2,3</sup>

**要約** 高周波非可聴音の認知活動に対する効果はよくわかっていない。我々は、認知機能が正常な高齢者に対して、高周波非可聴音を含む音聴取刺激の認知精神活動に対する効果を検討した。有料老人ホームの協力を得て入居高齢者に対し高周波非可聴音の有無により2群のグループにわけ、2種類の音楽聴取を継続的に18ヶ月間実施し、定期的に質問紙法によるアンケート、POMS (Profile of Mood State) 気分評価を測定・実施した。気分評価結果から、高周波非可聴音を含む音楽を継続聴取したグループで有意に活力の維持や怒りの抑制が見られ、意欲的な外出回数の増加が示された。これらの結果から、高周波非可聴音は、積極的な精神活動をもたらすことが示唆され、高周波非可聴音には意欲賦活を含む快刺激効果があると推察した。

**Keywords:** POMS、MMSE、認知行動、高周波非可聴音、ハイパーソニック・エフェクト、音楽

### 1. 緒言

ヒトの可聴域を超える高い周波数音[1, 2]が生体に影響を与えるハイパーソニック・エフェクトに関する研究[3, 4]が大橋らのグループにより様々進められている。これらの高周波音はインドネシアの民族音楽であるガムランや山奥深い森林など自然環境に存在する音などに多く含まれるとされ、これまでに若年者を対象としてハイパーソニック・エフェクトに関する検証が行われてきた[3]。これまでの先行研究により、脳幹部の血流増加、及び後頭葉における  $\alpha$  波の増強と、それが時間遅れで発生すること、また、高周

波非可聴音は耳からの刺激入力ではなく身体全体で刺激を感じている可能性が若年者ボランティアによる検証として報告されている[3][5][6][7]。また、健常高齢者に対する高周波非可聴音による脳賦活検証を PET や EEG で行った研究も岡田らから報告されており、ガムラン音楽以外の聴取においても高齢者の脳幹部が賦活されていることが示されている[8]。

しかし、このハイパーソニック・エフェクトが通常の日常生活の中で生じる認知活動にどのような効果を表すか、特に高齢者における効果はよく検討されていない。加齢とともにヒトの認知活動は低下する[9, 10]。今日の少子高齢化社会では高齢者の長期的自立の維持は重要な課題となっている。認知活動の賦活や維持には、薬物[11, 12]や様々な行動療法[13-15]が報告されているが、それらの刺激に対する脳活動変化と付随する認知活動変化の効果を同時に論じたものはないため、客観的かつ有効な認知活動刺激方法として受け入れにくいという批判もあった。今回、我々はハイパーソニック・エフェクトが高齢者の日常生活においてどのような認知精神的側面に影響を与えているか、長期的な高周波非可聴音を含む音楽聴取による健常高齢者の心理行動の変化に着目してその効果を検討した。考察では、先行研究[8]による画像学的な脳幹賦活所見との関連にも言及した。

2019年3月31日受付、2020年9月7日受理

- \* 浜松ホトニクス株式会社 グローバル・ストラテジック・チャレンジ・センター ビジネス・アクセラレータ  
Hamamatsu Photonics K.K., Global Strategic Challenge Center, Department of Business Accelerator
- \*\* 一般財団法人 浜松光医学財団 浜松 PET 診断センター  
Hamamatsu Medical Photonics Foundation, Hamamatsu Medical Imaging Center
- \*\*\* 国立大学法人 浜松医科大学 光先端医学教育研究センター 生体機能イメージング研究室  
Hamamatsu University School of Medicine, Department of Biofunctional Imaging

【長期的な高周波非可聴音を含む音楽聴取による健常高齢者の心理行動の変化】

尚、本報は2016年9月第6回日本認知症予防学会2A-15にて口頭発表し、浦上賞を受賞した内容を基にまとめたものである。

2. 方法と対象

有料老人ホーム入居の認知機能の正常な高齢者をランダムに2群に分け、それぞれの群に高周波非可聴音を含む音楽聴取と、高周波非可聴音を含まない音楽聴取を18ヶ月間継続し、定期的に質問紙法によるアンケート、POMS (Profile of Mood State) 気分評価を測定・実施した。

検証開始時のMMSE得点が26点以下であった者、中途辞退者を除き、下記2グループを解析対象とした。

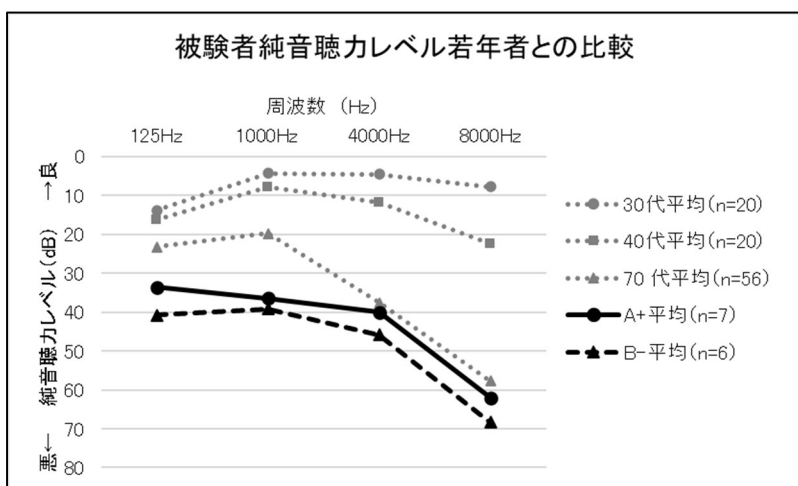
A+ (非可聴音あり) グループ：高周波非可聴音を含む音楽を聞かせるグループ (平均年齢76.6歳 SD±5.2歳、男性3名、女性4名、合計7名)。

B- (非可聴音なし) グループ：高周波非可聴音を含まない音楽を聞かせるグループ (平均年齢75.7歳 SD±2.1歳、男性2名、女性4名、合計6名)。

検証の際、各グループ被験者の聴力レベルをオーディオメーター (GN リサウンド：型名ITERA) により測定した。図-1.に示す通り、125Hz,1000Hz,4000Hz,8000Hz 純音測定による被験者の聴力レベルは若年者と比較[16]して全般的に低下しており、特に4000Hz~8000Hzの周波数領域で顕著であったが、日常生活に支障を来たす状況ではなかった。

【図-1.】 被験者純音聴覚レベル

Fig.1 Hearing acuity of participants using pure tone



2-1.高周波非可聴音の提示装置

音源提示装置の構成を【表-1】に示す。また、可聴領域と高周波非可聴領域を弁別する為に用いられるフィルターのカットオフ周波数は22kHzとし、フルレンジ再生と22kHz

ローパスフィルターによる超高周波領域カット再生の2種類を比較する形で実施した。

【表-1】 音源提示装置の一覧

Table1 Configuration of acoustic stimulation system

品目	メーカー	型番	備考
プレーヤー	Pioneer	DV-S747A/858Ai	ホールと自室に設置
	DENON	DV-2910	
周波数フィルター	NF 回路ブロック	CF-8BL/F	カットオフ周波数 22kHz
プリメインアンプ	DENON	PMA-2000IV-N	ホールに設置
低音用スピーカー	DENON	DSW-77XG-M	ホールに設置
中高音用スピーカー	DENON	SC-T77XG-M	ホールに設置
超高音用スピーカー	JBL	UT-405	ホールに設置 (22kHz以上)
モニタスピーカー	YAMAHA	MSP5A	自室に設置

2-2. 高齢者における認知精神活動の検討:POMS による気分評価とアンケートから見られる行動変化

2グループとも18ヶ月間毎日15分以上の音楽聴取刺激を与え、精神活動や日常行動に関する質問表を用意して自己回答してもらった。継続的な音楽聴取刺激に用いた音源は市販のSACDまたはDVD-Audio音源[17]15種類で、クラシック音楽を中心に高周波非可聴音が含まれている録音を選択して使用した。それらのリストを【表-2】に、また検査項目について【表-3】に示す。

【表-2】 提示音源リスト

タイトル	レーベル	型番
リファレンス・スーパーオーディオ CD Vol.1 クラシック篇	EXTON	OVGS1
ベートーベン 交響曲第5番・第6番	Sony	SRGR 728
Music of Hovhanness	TELARC	CD-80530-SA
DUPRE・FRANCK・WIDER	TELARC	SACD-60516
Turina and Debussy	TELARC	SACD-60574
GUSTAV MAHLER / Symphony No.5	TELARC	2SACD-60569
ニューイヤール・コンサート 2001	ワナミュージック	WPAS-10021
ベートーヴェン：交響曲第1番&第2番	ワナミュージック	WPAS-10003
セル/J. シュトラウス2世：ワルツ「美しく青きドナウ」	ソニーミュージック	SRGR-752
児玉麻里/ショパン：ピアノ協奏曲第2番	Penta Tone	PTC5186026
マルクッチ/感動のタンゴ	CHANNEL CLASSICS	CCS SA17202
フランク・シナトラ/ライヴ・アット・ザ・サンド	ワナミュージック	WPAR-10052
ホロストフスキー/ナポリ民謡	DELOS	DS3290
「タイタニック」オリジナル・サウンドトラック	ソニーミュージック	SRGS-4559
波多野睦美/美しい日本の歌	エイベックス	AVAL-25401

Table2 List of Acoustic stimulus sound source

【表-3】 高齢者長期追跡実験検査項目

Table3 Experimental test items of long-term follow-up for elderly subjects

検査項目	実施頻度
MMSE	検証開始前、検証終了後に実施
POMS	毎月1回、ホール音楽鑑賞会前後に実施
アンケート	毎月1回実施
調査日誌	毎日記録
自室音楽鑑賞	毎日15分以上実施
ホール音楽鑑賞	毎月1回1時間実施

2群各グループの各被験者には実験終了まで聴取音楽に高周波非可聴音が含まれているか、含まれていないか、については分からない状況下で実施し、各グループの被験者は毎日15分以上音楽を聴取し、鑑賞時間、時刻、気分の良し悪し、感想などの主観評価を鑑賞時間記録表として毎日記入した。

また、月に1回、グループ毎に全員がホールに集まり全員で同じ曲を鑑賞する音楽鑑賞会を1時間実施した。鑑賞会の前後では、気分(緊張、抑うつ、怒り、活力、疲労、当惑)評価の為のPOMS検査[18]を実施し、気分の作用する要因(生活・体調・音楽体験など)を調査する為のオリジナルアンケートを鑑賞会後に実施した。このアンケートでは、日々の生活の中で嬉しいと感じた出来事(良い気分)の割合や、その他の音楽鑑賞や買い物、散歩など外出回数の変化など積極的行動の変化の割合を調査した。

POMSの解析は第1回目素点の合計を基準とし、各項目(緊張、抑うつ、怒り、活力、疲労、当惑)ごとに2要因の分散分析(被験者内因子:回数、被験者間因子:グループ)を行った。回数および交互作用が有意であった場合、Mauchlyの球面性の検定を行い、必要に応じてGreenhouse-Geisserによるp値の補正を行った。有意差が認められた項目についてはMann-WhitneyのU検定を実施して両グループで比較した。多重性の補正はHolmの方法で行った。なお、欠損値がある場合は補間して解析を行った。質問に未回答がある場合は残り回答の点数の平均点を加算し、未提出の場合は前月の結果で補間した(17回目のみ実施)。解析はMATLAB(Mathworks)で行った。

オリジナルアンケートについては各質問に対する有効回答数を集計し、回答割合に2群間で傾向に違いがないか比較した。

以上の研究実施内容は、浜松ホトニクス研究倫理委員会(承認書:第H-14番)並びに浜松市医療公社浜松医療セン

ターにおける倫理委員会(浜医公898号)の承認の下、実施された。

尚、協力いただいた有料老人ホーム並びに本研究への参加候補者に対して、本研究の趣旨、実施内容、聴取する音源や音に関する安全性、取得データに関する匿名化など個人情報保護に関する対応を文書及び口頭にて説明会形式で実施し、文書による同意が得られた方を対象に実施した。

また、高周波非可聴音聴取による被験者への周波数依存による副反応に関してはこれまで報告は無いが、産業界などで一般的な空中放射超音波に関しては過度な音響エネルギーに暴露されると吐き気、耳鳴り、頭痛、疲労などの症状が出る事が知られている。本研究の高周波非可聴音のヒトに対する安全性は、国際放射線防護学会(International Radiation Protection Association:IRPA)の安全基準[19]に記載の閾値と比較して十分に小さい音圧レベル(85dB(dB re:20μPa))以下で実施することで安全性を担保した。

### 3. 結果

#### 3-1. 認知精神行動学的検討の結果

##### 3-1-1. POMSによる気分評価

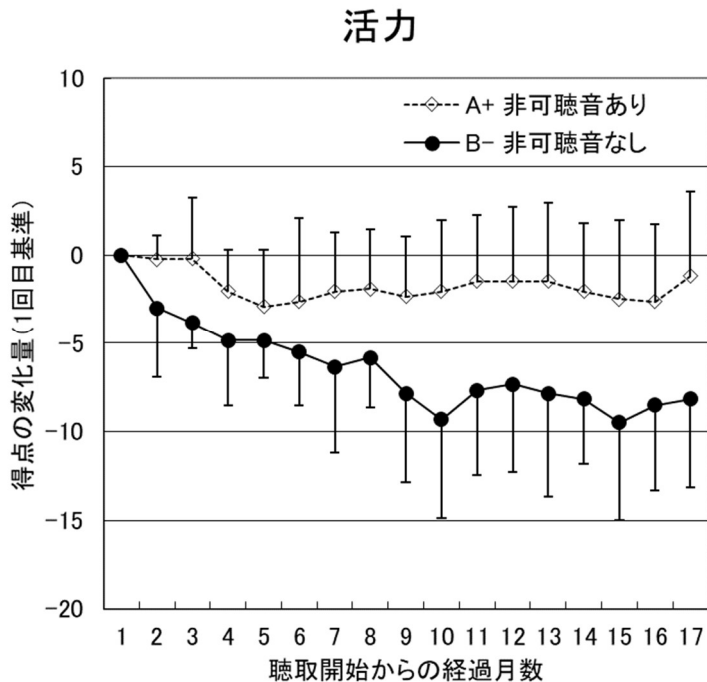
気分評価の質問紙法としてPOMSにより気分と感情を測定した結果、A+非可聴音ありグループにて活力の維持・低下防止【図-2】の効果が確認された。分散分析についてはグループの主効果が有意で( $F(1,11)=7.574, p=0.019$ )、回数についても有意差が認められた( $F(15,165)=2.936, p=0.033$ )。交互作用については有意差が認められなかった。各回個別にグループ同士で比較すると、3( $p=0.037$ )、8(同0.045)、10(0.031)、11(0.030)、14(0.022)、15(0.047)、17回(0.020、補間値は除外)で $p<0.05$ となる回もあったが、多重性を考慮すると有意差は消失した。

また、A+非可聴音ありグループにて怒りの抑制【図-3】の効果が確認された。分散分析についてはグループの主効果が有意( $F(1,11)=6.479, p=0.027$ )、回数、交互作用についてはいずれも有意差は認められなかった。各回個別に比較すると4( $p=0.045$ )、10(同0.045)、13(0.012)、16(0.020)、17回(0.020、補間値は除外)で $p<0.05$ となる回もあったが、多重性を考慮すると有意差は消失した。これらの効果は長期間に渡り継続していることも分かった。鑑賞会の前後の比較では、いずれの項目についても有意な差は見られなかった。

【長期的な高周波非可聴音を含む音楽聴取による健常高齢者の心理行動の変化】

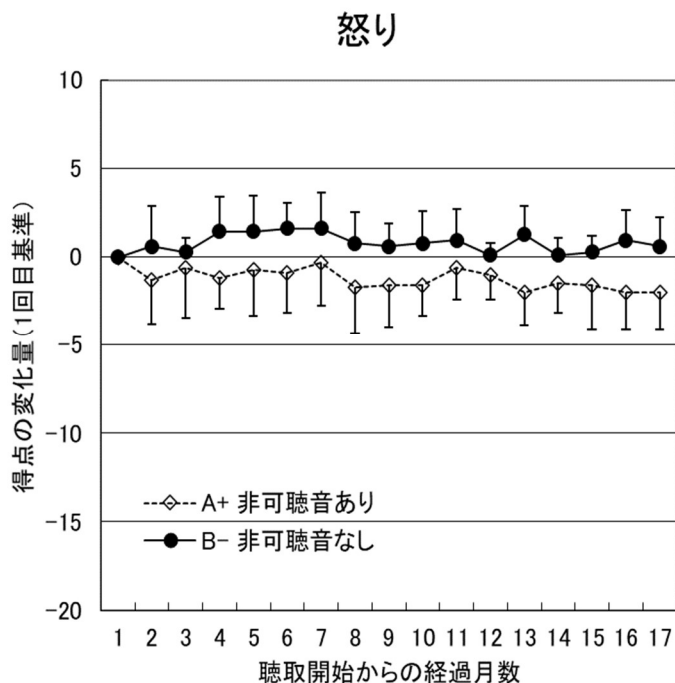
【図-2】 POMS による気分評価 (活力)

Fig.2 The mood assessment (Vigor) by POMS



【図-3】 POMS による気分評価 (怒り)

Fig.3 The mood assessment (Anger) by POMS



3-1-2. MMSE の得点変化 (平均±標準偏差)

【検証前】

・A+ (非可聴音あり) グループ : 28.6±1.3

・B- (非可聴音なし) グループ : 29.2±0.8

【検証後】

・A+ (非可聴音あり) グループ : 28.6±1.0

・B- (非可聴音なし) グループ : 29.0±1.1

検証前後で両グループとも MMSE の大きな変化は見られなかった。

3-1-3. 調査日誌、アンケートから見られる行動変化

3-1-3-1. 音楽聴取時間

調査日誌記録による毎日の聴取時間はいずれも月平均で毎日 15 分以上であった。記録上、体調不良などで 15 分以上の聴取が出来ない日があった場合には、月平均の 1 日聴取時間が 15 分以上であると確認できた場合には毎日聴取していたものと判断した。聴取期間中の両グループの 1 日平均音楽聴取時間は、A+ (非可聴音あり) : 約 40 分間、B- (非可聴音なし) : 約 34 分間であり、非可聴音ありグループで鑑賞時間が長い傾向がみられた。

3-1-3-2. 買い物や散歩など外出回数

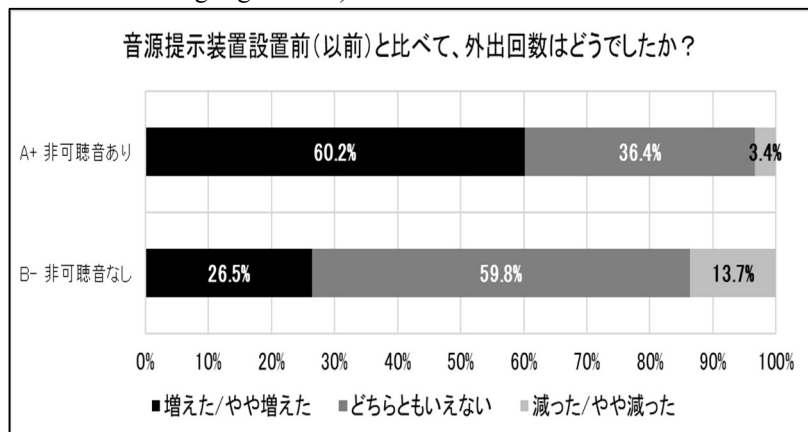
毎月のアンケートで、音源提示装置設置前とくらべて、外出回数はどうですか? (初回のみ)

以前とくらべて、外出回数はどうですか? (2 回目以降) の設問に対し以下の回答を得た。

回答 : 増えた : 1、やや増えた : 2、どちらともいえない : 3、やや減った : 4、減った : 5、わからない : 6、以上の回答から有効回答を集計したところ、17 回の集計で 2 群間で以下のような傾向があった。【図-4】

【図-4】 2 グループのアンケート結果 【外出回数の変化】

Fig.4 Summary of questionnaire in two groups (Change in the number of going outdoors)



3-1-3-3. 嬉しいと感じた事、良い気分の割合

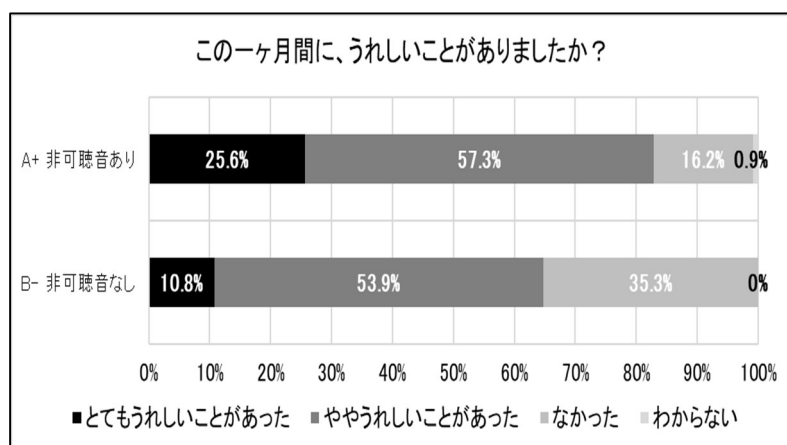
毎月のアンケートで、この 1 ヶ月間で嬉しいと感じた事はありましたか? の設問に対し、①とても嬉しいと感じた

事があった、②やや嬉しいと感じた事があった、③なかった、④わからない、の4択で回答を得た。17回の集計で2群間で以下のような傾向があった。【図-5】

また、毎日の調査日誌記録で、今の気分はどうですか?の設問に対し、1 から 9 段階で回答を得た。【1:悪→2→3→4→5:普通→6→7→8→9:良】 その結果、本データ収集期間 16 ヶ月の平均で、A+ (非可聴音あり) の気分平均値は 7.4、B- (非可聴音なし) の気分平均値は 6.9 であり、A+ (非可聴音あり) の方がやや高い。両群とも気分平均値 4 以下の回答は少なくほとんどが 5 以上となっている中、B- (非可聴音なし) では、気分平均値 5:普通と回答した割合が全体の約 1/4 と多い傾向がみられた。

【図-5】 2 グループのアンケート結果 【嬉しいと感じたことの頻度】

Fig.5 Summary of questionnaire in two groups (Frequency of



feeling comfortable)

### 3-1-3-4. その他の音楽鑑賞の頻度

毎月のアンケートで、この 1 ヶ月間で、自宅及びホールでの音楽鑑賞以外の音楽を聴く機会を調査した。17回の集計で A+ (非可聴音あり) は 67.8%、B- (非可聴音なし) は 29.4%の割合で本研究以外の音楽鑑賞をしていた。A+ (非可聴音あり) の方が音楽を聴く機会が多い傾向がみられた。

## 4. 考察

これまでの先行研究により高周波非可聴音による共通の効果として脳幹部、中脳の賦活が確認されている。これらの領域はドーパミン、セロトニン、ノルアドレナリンなど神経伝達物質の起始核を包含している。特にドーパミンは意欲の調節に[20, 21]、セロトニンは意欲や情動の制御[22-24]に、アドレナリンは注意[25, 26]のコントロールに関わっているが、非可聴音はこれらの神経調節に何らかの刺激効果を示している可能性がある。実際にガムラン音楽での知見では 20kHz 以上の高周波領域音を含む可聴音 (超高周波

音) により脳幹、視床などから発する報酬系部位の賦活 (血流増加) や脳波  $\alpha$  波の出現率の増加などの報告がある。[6, 7]大橋らの研究によると、この脳賦活部位は、脳幹、視床、視床下部、上部脳幹から発し、前帯状回および前頭前野へと広がるモノアミン系と推定される神経ネットワークからさらに頭頂葉楔前部が抽出される。脳幹、視床やそこから大脳辺縁系、大脳皮質へと投射するモノアミン系ネットワークは情動・感性にかかわる報酬系に属し、美しさや快さを司る感性脳と、脳幹、視床下部は生体制御系である自律神経系、免疫系、内分泌系の中核として健康を司る生命脳を構成する。これらの基幹脳と言える部位の賦活により呈示された聴取音がより美しく快く聴こえた可能性がある。超高周波音はさらに、がん細胞に対する一次防御の主力となる血中 NK 細胞活性、生体防御活性の強さと快適度の高さを示す免疫グロブリン A 濃度、精神ストレス対処活性の強さを示すクロモグラニン A 濃度が統計的有意に上昇し、ストレス指標となるアドレナリンの血中濃度が低下したと報告されている。[27]また、これらに加えて被験者の快・不快などの感性反応を反映した微妙な音質差の弁別が可能な音量自己調整法による検証では、超高周波音呈示は単独可聴音呈示と比較してより大きな音量となるように被験者が自発的に音量を設定することが統計的有意に分かったとの報告[28]や、これらの結果並びに基幹脳の賦活とリラックス状態で多く出現する脳波  $\alpha$  波の後頭部での出現率は有意に相関しているとの報告[6]もある。

これまでの検討では若年者を対象とした検討が主体で、反応性のよい若い脳の知見だった。今回はじめて平均が 75 歳以上という高齢者での認知行動変化を検討した。これまでの高齢者を対象とした高周波非可聴音聴取時の PET による研究[8]で若年者と同様に脳幹領域に反応が見られたことは、この刺激が高次機能を司る新皮質というよりも原始的機能を司る古皮質への効果を示す物だと考えられる。さらに今回エントリーした高齢者の聴覚機能をオーディオメーターで測定した結果、聴覚は維持されているものの明らかに若年者よりも低下していることが確認されている。このような中で若年者と同様な反応を示したことは、この非可聴音は聴覚神経のみを経由する刺激ではないと想像される。このことは、2004 年に小川が行ったイヤフォンタイプのヘッドフォンを用いた高周波非可聴音提示では  $\alpha$  波の増強が認められなかった報告[29]や 2006 年に大橋らが報告した可聴音をイヤフォンにて呈示し、非可聴高周波音をスピーカーから体表面に提示した場合に  $\alpha$  波が統計的有意に増強された報告[27]とも整合が取れる結果と言えよう。このことより、脳を賦活するという点において、この非可聴音は年齢に影響されない刺激であると言える。問題は完全

## 【長期的な高周波非可聴音を含む音楽聴取による健常高齢者の心理行動の変化】

に聴覚を失ったヒトに対して同様なことが示されるかは今後の検討を期待したい。

今回の長期的な精神行動学的検討から初めて示された重要なことは、非可聴音聴取で高齢者の活力が維持され、怒りの頻度が低下したことである。これまで活力とは脳のドーパミンの活動と関連して前頭前野、側坐核などの報酬系や線条体の活動と関係があるとされ、また報酬を得る為に費やす努力と報酬の大きさは相関があると言う報告[30]がある。また受動的音楽聴取は側坐核における細胞外ドーパミン濃度を有意に上昇させ、セロトニンに関しても音楽に暴露された動物で有意に高いことが分かっている[23]。先行研究において高周波非可聴音の高齢者への聴取により脳賦活が確認された脳幹中脳はそこから大脳辺縁系、大脳皮質へと投射するモノアミン系ネットワークであり情動・感性にかかわる報酬系に属する。これらのことから今回検討された高齢者における継続的な活力低下防止の効果が裏付けられることが出来ると考えられる。また、怒りの抑制に関しても高周波非可聴音は、精神ストレス対処活性の強さを示すクロモグラニンA濃度を上昇させ、反対にストレス指標となるアドレナリンの血中濃度を低下させるとの報告[27]からも説明できると考えられる。

これらを総合すると高周波非可聴音は、上記した脳領域の活動が陽性転化する作用があるのではないかと考察する。これらの精神活動の前向きな変化は高周波非可聴音刺激で実際に $\alpha$ 波が増大し脳への快感状態・ストレスフリー状態が得られたことが先行研究により示されていることから説明がつく。内在的な要因だけでなく、高周波非可聴音の付加によって環境の快適性が全般的に顕著に高まる結果であること[31]も指摘され、非可聴音聴取は脳環境だけでなく、身体的な行為の表出にもプラスの作用を及ぼしていることが証明できた。特に今回グループ分けして得られた質問紙法によるアンケート及び鑑賞時間記録表による鑑賞時間や気分評価から、『嬉しいと感じた出来事(良い気分)』の割合がA+(非可聴音あり)グループがB-(非可聴音なし)グループと比較して増加していることがわかったが、過去に八木らが実施した行動出力の差が発現するかの検討結果の報告の中で示された高周波非可聴音を含む音をより大きく、多く聞きたがるとされる結果とも一致する[28]。それに加え、アンケート結果によるA+(非可聴音あり)グループがB-(非可聴音なし)グループと比較して、他の音楽を聞く機会が増加したこと、買い物や散歩など積極的な外出回数増加などから見ても、高齢者に対する活性化、生活の質の向上が達成されたと言える。

これまで認知症対策として、薬物療法[11,12]、計算や絵画などの脳リハビリ[32,33]、動物や匂いなどの癒やし療法[34,35]などが報告されているが、今回我々は科学的根拠に

基づく脳賦活と日常生活上の精神行動学的な陽性効果を高齢者で示すことができた。今回は認知機能が正常な高齢者を対象としたものだが、患者自らが能動的な動作を要求されない点でこの非可聴音刺激が有効な認知症対策の一つとして導入できるのではないかと考えている。今回、本検討前後でのMMSEは両群共に大きな変化は確認されなかったが、認知症への効果の検証は今後検討されることに期待する。また、今後前頭葉賦活などに着目したfNIRS(機能性near-infrared spectroscopy)などの簡便な手法を更に小型化、高機能化し、ウェアラブルなデバイスとして評価し活用することで、日常生活を送る高齢者や認知症患者の日々の活性状態を知ることができると期待される。

## 5. まとめ

高齢者に対し高周波非可聴音を含む音楽の継続的な聴取により心身が活性化された状態が保たれることを初めて示した。これまでの高周波非可聴音効果への懐疑的な解釈を覆し、高齢者への効果的な脳刺激法として位置づけることができた。さらに検討が待たれるがこれらの結果を種々認知症患者へ応用し、長期的な自立生活が維持できる有効な脳賦活療法として期待できると考えている。

## 謝辞

この研究を長年に渡りサポートしていただいた浜松ホトニクス株式会社、また、検証実験に協力いただいた被験者の皆様、財団法人・日本老人福祉財団・浜松ゆうゆうの里、野村千代子元施設長、スタッフの皆様、及び入居者の皆様、そして、実験及びデータ解析に尽力いただいた浜松ホトニクスGSCC NBDの前田佳紀副グループ長、浜松光医学財団 浜松PET診断センター、浜松市医療公社 浜松医療センターの関係者の皆様に感謝し、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

## 文献

1. B, S.W., Audible Frequency Ranges of Music, Speech and Noise. J. of the Acoustical Society of America, 1931. **3**: p. pp. 155-166.
2. G, B., Experiments in hearing. McGraw-Hill, 1960.
3. Oohashi, T., et al., Inaudible high-frequency sounds affect brain activity: hypersonic effect. J Neurophysiol, 2000. **83**(6): p. 3548-58.
4. R, N., Rupert Neve of Amek Replies. Studio Sound & Broadcasting Engineering, 1992. **3**: p. pp. 21-22.
5. Yagi, R., et al., Modulatory effect of inaudible high-frequency sounds on human acoustic perception. Neurosci Lett, 2003. **351**(3): p. 191-5.
6. Oohashi, T., et al., The role of biological system other than auditory air-conduction in the emergence of the hypersonic effect. Brain Res, 2006. **1073-1074**: p. 339-47.

7. Oohashi T, N.E., Kawai N, et al., High frequency sound above the audible range affects brain electric activity and sound perception. Audio Engineering Society 91st Convention, 1991. **Preprint 3207**.
8. Okada, H., et al., The Brain Activation Due to the High Frequency Non-Audible Sound, Study by PET and EEG for Young Middle-Aged People and Healthy Elderly. Nippon Laser Igakkaishi, 2015. **36(2)**: p. 167-175.
9. Jimura, K. and T.S. Braver, Age-related shifts in brain activity dynamics during task switching. Cereb Cortex, 2010. **20(6)**: p. 1420-31.
10. Lee, S.W., G.D. Clemenson, and F.H. Gage, New neurons in an aged brain. Behav Brain Res, 2012. **227(2)**: p. 497-507.
11. Rockwood, K., et al., Cognitive change in donepezil treated patients with vascular or mixed dementia. Can J Neurol Sci, 2013. **40(4)**: p. 564-71.
12. Matsumoto, K., et al., Kampo formulations, chotosan, and yokukansan, for dementia therapy: existing clinical and preclinical evidence. J Pharmacol Sci, 2013. **122(4)**: p. 257-69.
13. Geda, Y.E., et al., Computer activities, physical exercise, aging, and mild cognitive impairment: a population-based study. Mayo Clin Proc, 2012. **87(5)**: p. 437-42.
14. Suzuki, T. and S. Murase, Influence of outdoor activity and indoor activity on cognition decline: use of an infrared sensor to measure activity. Telemed J E Health, 2010. **16(6)**: p. 686-90.
15. Roberts, S., et al., Serotonin transporter methylation and response to cognitive behaviour therapy in children with anxiety disorders. Transl Psychiatry, 2014. **4**: p. e444.
16. 人間生活工学研究センター, 一., 高齢者対応基盤整備計画研究開発 第2編データベース. 2000. **No.2**: p. p354-361,415,419.
17. Yamasaki Y, Signal processing for active control – AD/DA conversion and high speed processing,. Proc. International Symposium on Active Control of Sound and Vibration, 1991: p. pp. 21-32.
18. P. Heuchert, L. F. Droppleman, M.L.D.M.M.J., POMS (Profile of Mood States) 日本語版 POMS 短縮版(ポムス) . 金子書房, 2005.
19. IRPA, Interim Guidelines on Limits of Human Exposure to Airborne Ultrasound. Health Physics, 1984. **46(No.4(April))**: p. 969-974.
20. Brown, C.A., et al., Dopamine pathway loss in nucleus accumbens and ventral tegmental area predicts apathetic behavior in MPTP-lesioned monkeys. Exp Neurol, 2012. **236(1)**: p. 190-7.
21. Trifilieff, P., et al., Increasing dopamine D2 receptor expression in the adult nucleus accumbens enhances motivation. Mol Psychiatry, 2013. **18(9)**: p. 1025-33.
22. Bauer, E.P., Serotonin in fear conditioning processes. Behav Brain Res, 2014.
23. Mavridis, I.N., Music and the nucleus accumbens. Surg Radiol Anat, 2014.
24. van de Giessen, E., et al., Serotonin transporter availability in impulsive aggressive personality disordered patients: A PET study with [(11)C]DASB. J Psychiatr Res, 2014. **58**: p. 147-54.
25. Bari, A. and T.W. Robbins, Noradrenergic versus dopaminergic modulation of impulsivity, attention and monitoring behaviour in rats performing the stop-signal task: possible relevance to ADHD. Psychopharmacology (Berl), 2013. **230(1)**: p. 89-111.
26. Eldar, E., J.D. Cohen, and Y. Niv, The effects of neural gain on attention and learning. Nat Neurosci, 2013. **16(8)**: p. 1146-53.
27. 大橋力, 知覚をこえる音世界と脳 -ハイパーソニック・エフェクトへの招待-. Trans.Tech.Comm.Psychol.Acoust.,The Acoustical Society of Japan 日本音響学会聴覚研究会資料, 2006. **36(No.A,H-2006-A2)**: p. A7-A18.
28. Yagi R, N.E.O.T., A method for behavioral evaluation of the “hypersonic effect” Acoustical Science and Technology 2003. **24**: p. pp.197-200.
29. 小川通範, 山崎憲, 堀田健治, ”気導音として伝わる超高周波領域の音が人間に与える影響に関する基礎的検討”. 日本音響学会講演論文集, 2004: p. 719-720.
30. Treadway, M.T., et al., Dopaminergic mechanisms of individual differences in human effort-based decision-making. J Neurosci, 2012. **32(18)**: p. 6170-6.
31. 仁科エミ, 大橋力, ”超高密度高複雑性森林環境音の補完による都市音環境改善効果に関する研究-脳波・血中生理活性物質・主観的印象評価の組み合わせによる評価”. 都市計画論文集, 2005. **40-3**: p. 169-174.
32. Hannemann, B.T., Creativity with dementia patients. Can creativity and art stimulate dementia patients positively? Gerontology, 2006. **52(1)**: p. 59-65.
33. Miller, B.L. and C.E. Hou, Portraits of artists: emergence of visual creativity in dementia. Arch Neurol, 2004. **61(6)**: p. 842-4.
34. Johannessen, B., Nurses experience of aromatherapy use with dementia patients experiencing disturbed sleep patterns. An action research project. Complement Ther Clin Pract, 2013. **19(4)**: p. 209-13.
35. Forrester, L.T., et al., Aromatherapy for dementia. Cochrane Database Syst Rev, 2014. **2**: p. Cd003150.