

## 認知症高齢者の周辺症状に対する高周波音の効果に関する研究

### A study on the effect of the inaudible high frequency sounds to the behavioral and psychological symptoms of dementia of dementia elderly

○ 鈴木和憲, 小林純, 望月菜穂子 (竹中工務店), 川勝真喜 (東京電機大)  
山口潔 (医療法人社団創福会ふくろうクリニック等々力)  
眞下美千代 (台東区在宅療養支援窓口), 片見厚夫 (台東区立老人保健施設千束)

Kazunori SUZUKI, Nahoko MOCHIZUKI, Jun KOBAYASHI, Takenaka Corp. Masaki KAWAKATSU, Tokyo Denki Univ.  
Kiyoshi YAMAGUCHI, Soufukukai Medical Corporation Fukuro Clinic Todoroki  
Michiyo MASHITA, Taito City Home care Support Center, Atsuo KATAMI, Taito City Nursing home Senzoku

**Abstract:** In order to investigate the effect of the inaudible high frequency sounds on the behavioral and psychological symptoms of dementia (BPSD), we conduct subject experiments to hearing to music in the daily living environment of the geriatric health care facility for the elderly as a measure of Neuropsychiatric Inventory (NPI). It has been used to characterize the neuropsychiatric symptom profiles in a variety of neurological diseases. The music containing the inaudible high frequency sounds rich provide significant reduction in NPI score than the audible sounds. These results indicate that the BPSD of dementia elderly were improved by the inaudible high frequency sound.

**Key Words:** Inaudible high frequency sound, BPSD, NPI

#### 1. はじめに

認知症の記憶・認知機能障害などの中核症状から派生する周辺症状(妄想・幻覚等の精神症状や徘徊・暴力等の行動異常など, Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia, 以下 BPSD)は周囲の関わり方で軽減できることが報告されており<sup>(1)</sup>, 緩和手段の1つとして音楽療法が広く取り入れられている。音楽鑑賞を主とする”受動的”な音楽療法は, 自律神経系に効果を及ぼす例<sup>(2)</sup>や入浴時の音楽の影響について示した例<sup>(3)</sup>があるが報告例は少ない。ほとんどは”能動的”な音楽療法, すなわち認知症高齢者になじみのある音楽を聴いてもらいながら療法者と一緒に合唱や体操などを行うコミュニケーションを重視する方法で, 認知機能の改善など多くの効果が得られている<sup>(4)~(10)</sup>。

ところで, 小川のせせらぎや虫の音などの自然界の音やチェンバロやガムランなどの楽器演奏音は, 人の耳に聞こえない 20kHz 以上の高周波音を豊富に含んでおり, それを含まない音を呈示した場合と比較して人の脳深部や周辺の脳を活性化させることが報告されており, ハイパーソニックエフェクト(以下 HSE)<sup>(11)</sup>と呼ばれている。副次的効果として, 脳波の $\alpha$ 波増加, NK 細胞活性状態の増加, アドレナリンの低下など, 人の心理・生理に良い影響を与えることが確認されている。

本報告では高周波音を含む自然音や音楽が, 認知症高齢者の BPSD の緩和に与える影響を調査することを目的とする。初めに, 基礎実験として認知症高齢者が HSE を発現することを確認する。次に, 老人保健施設に入所する認知症高齢者を対象として”受動的”音楽療法を実施する。この時, 呈示音の中に人の耳に聞こえない高周波音を含む/含まないを条件として, 介護者が認知症患者の精神症状を評価する方法の1つである Neuropsychiatric Inventory(以下 NPI)指標を用いて評価することで, 高周波音の有無による BPSD の緩和の効果を調査する。

#### 2. 高周波音を含む音楽による HSE 発現の確認

##### 2-1 実験概要

認知症高齢者を対象として HSE の発現を確認する実験を行った。老人保健施設に併設されている病院の会議室に

Fig. 1 に示す配置で音響・測定機器をセットした。Fig. 2 に実験室風景を示す。呈示音は Fig. 3 に示すタイムチャートに示すように, 20kHz 以上の超音波を含む音(FRS: Full Range Sound)と 20kHz 以上の超音波成分をフィルタでカットした可聴域のみの音 HCS: High Cut Sound)の2種類の音源信号を組み合わせた2パターンを用意し, いずれかのパターンの音を呈示したときの脳波 $\alpha$ 波パワーの時間毎の比較により HSE の発現を確認する。音源信号は DVD-Audio に収録された高周波音を豊富に含むチェンバロ音楽とした。脳波測定の際, 被験者に拘束感を与えないようにテレメータ(日本光電 WEB-5000)を用いた。計測点は, 被験者の負担軽減のため, 国際 10-20 電極配置法のうち Cz, Pz の2箇所, 両耳楽連結を基準電極(Fig. 4)とした。被験者は比較的軽い症状をもつ外来の認知症患者 19 名とした。脳波測定中の約 17 分間, 被験者には開眼で安静状態を保つよう教示した。

以下, 実験を行うにあたり被験者と家族に対して事前の実験の趣旨を説明し, 書面により実験参加の同意を得た。また, 本実験は台東病院内の実験の倫理を審議する会議において審査し承認され実施した。

##### 2-2 実験結果

計測した脳波は, 楽曲あり(FRS 又は HCS; 呈示時間はそれぞれ 140s $\times$ 2回), 楽曲なし(No sound; 継続時間 150s)のそれぞれ後半 60 秒に対して FFT を用いて $\alpha$ 帯域(8-13Hz),  $\alpha$ 1 帯域(8-10Hz),  $\alpha$ 2 帯域(10-13Hz),  $\beta$  帯域(13-30Hz)に分けて周波数解析した。高齢者の脳波は徐波化することが知られており<sup>(9)</sup>,  $\alpha$  波成分と思われる波形が 8Hz 前後に現れたことから, 6-10Hz(便宜的に $\alpha$ 0 と定義),  $\theta$  帯域(4-7Hz)のパワーの大きさを調べた(Fig. 5)。

Fig. 6 に Pz で計測した脳波を正規化した $\alpha$ 波のパワー, Fig. 7 に $\alpha$ 波の含有率を示す。正常に測定できた 13 名(男性 7 名, 女性 6 名, 64 歳~89 歳, うち AD 型認知症 9 名, 認知症スコア MMSE 9~25)のうち 10 名が FRS 呈示時に $\alpha$ 0 及び $\alpha$ 1 帯域でパワーが増加し, 正規化パワーでは $\alpha$ 0 及び $\alpha$  帯域で有意差が見られた(有意水準 5%)。

以上の結果から, 高周波音を豊富に含む音楽は認知症高齢者に対しても HSE を発現することを確認した。

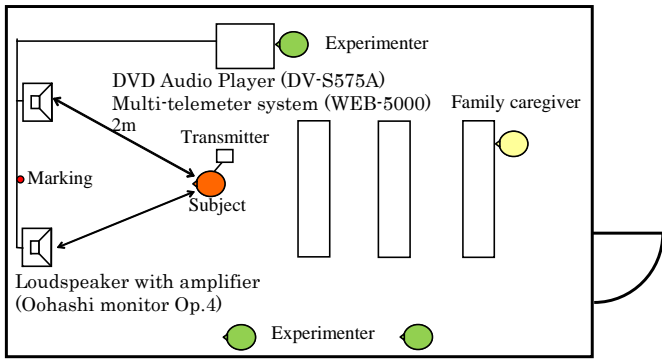


Fig. 1 Schematic diagram of measuring equipment

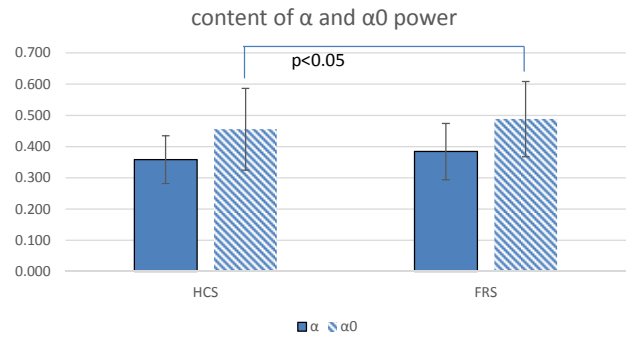


Fig.7 Mean and standard error of the content of alpha and alpha0-EEG power (Pz)

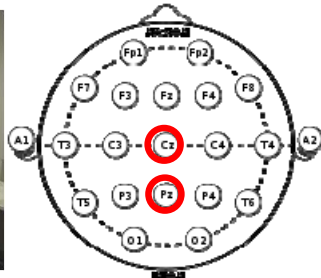


Fig.2 Experimental environment Fig.4 International 10-20 system

3. 高周波音を含む音楽による BPSD の緩和の確認

次に、老人保健施設の日常生活の場であるデイルームにおいて、認知症高齢者に音楽を聴いてもらうだけの”受動的”音楽療法を実施し、高周波音の有無による認知症の周辺症状 (BPSD) の緩和や改善効果の有無を確認するための被験者実験を行った。

3-1 実験概要

20kHz 以上の高周波音を豊富に含み、健常者で HSE の発現が確認されている音源信号には、小川のせせらぎや虫の音などの自然界の音や、ガムラン、チェンバロなどの楽器演奏音がある。しかし、これらの音源信号は高齢者にはなじみがなく興味を惹かないと推測されるため、被験者が若い頃に聴いたであろう歌謡曲 CD などの可聴域の音源信号から人工的に倍音を作成し、その 20kHz 以上の成分を付加したものを複数作成した。これらと元来高周波音を豊富に含む自然音やチェンバロの楽曲を組み合わせる順不同で呈示した。呈示音源の種類を Fig. 8 に、曲目リストを Table 2 に示す。可聴域の音源信号に 20kHz 以上の倍音を付加した音を健常者に呈示した際の HSE の発現は確認済である<sup>(12)</sup>。

実験は 2 年間にわたって実施し、2013 年は 12 名、2014 年は 14 名(うち 2 名は途中退所され最後まで観察できた被験者は 12 名)を対象として行った。2 年間継続して音楽療法に参加した被験者は 10 名であった。被験者は 76~92 歳の男女で、長谷川式認知症スケールでは 1~13 と中~重度で、ほとんどの被験者がアルツハイマー型認知症である。

実験場所と被験者が座るテーブルの位置、音源スピーカの位置を Fig. 9 に示す。スピーカは可聴域から 100kHz まで再生可能なものを用いた。被験者の耳位置における呈示音源の A 特性音圧レベルの平均値は、2013 年は 60dB、2014 年は 57dB とした。2014 年は HSE の発現が高まるようにツイータを追加し、被験者の側方からも呈示した。

1 回の実験期間は 2 週間で、2 年で計 4 期 8 回実施した。2 週間の実験終了後、次の回の実験を始めるまでに 3 週間以上の休止期間を設けた。これは、音楽療法の前の回の効果が次の回に影響することを避けるためである。実験期間中は毎日 10:00~11:45、12:00~13:00 (昼食時) の 2 時間 45 分間音楽を呈示した。期間中、介護関係者に対しては被験者に対して平常通りに接するようお願いした。

周辺症状の評価は NPI 評価法を用いた。NPI は数値化 (NPI スコア) できる点において信頼性・妥当性が確認されている国際的に標準化された指標である。評価項目は NPI で扱う 10 項目に加え、事前ヒアリングで介護者の関心が高かった「睡眠状態」を加えた以下の 11 項目 (①妄想, ②幻覚, ③興奮, ④うつ, ⑤不安, ⑥多幸, ⑦無関心, ⑧脱抑制, ⑨易刺激性, ⑩異常行動, ⑪睡眠状態) とした。

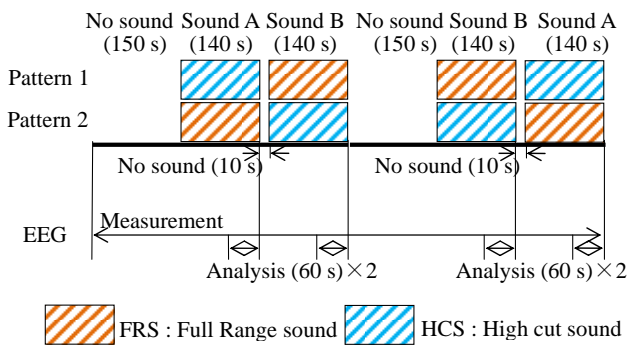


Fig. 3 Time chart for a measurement pattern of alpha-EEG with application of sound stimulation

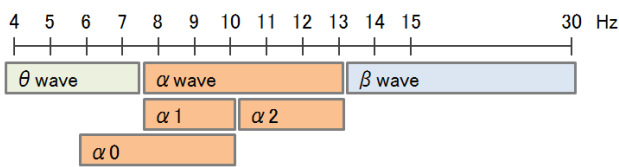


Fig.5 EEG band used for the analysis in this experiment

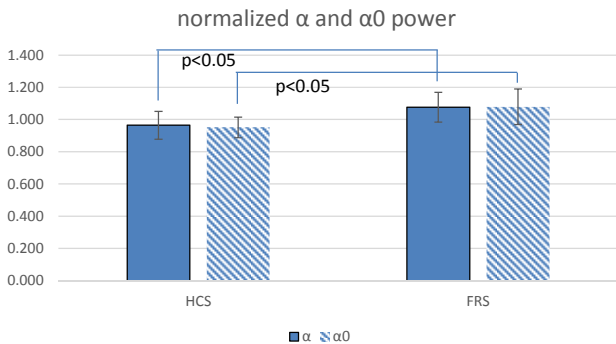


Fig.6 Mean and standard error of the normalized alpha and alpha0-EEG power. (Pz)

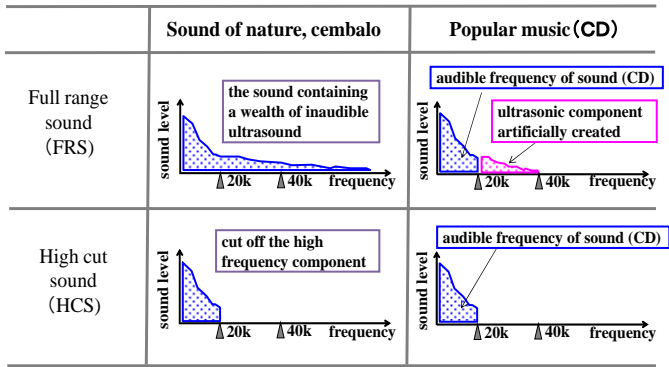


Fig.8 Frequency characteristics of sound source

Table 2 List of sound source signal

曲名	歌手	種類	曲名	歌手	種類	曲名	歌手	種類
21 美しのソンドコ	水川きよ子	0.0338	27 青はつばい	渡瀬清	0.0321	53 春風	トヨタカミコ	0.0220
22 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0354	28 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0354	54 あんみつ	中野実紗	0.0230
23 パスツリ	神楽坂実	0.0228	29 月も月輪が上がったら	林伊佐緒	0.0243	55 月夜の心	トヨタカミコ	0.0225
24 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0113	30 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0113	56 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0124
25 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0113	31 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0113	57 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0256
26 フォレスト・ウォンダー・ソングス	美空ひばり	0.0202	32 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0113	58 さくらさくら	トヨタカミコ	0.0230
27 フォレスト (チェンバロ)	-	0.0248	33 ましはば	ザビニナツ	0.0154	59 スターダスト	美空ひばり	0.0225
28 二人は星	ザビニナツ	0.0226	34 星 (チェンバロ)	-	0.0242	60 星の夜	トヨタカミコ	0.0230
29 星の夜	トヨタカミコ	0.0228	35 星の夜	ザビニナツ	0.0231	61 星の夜	トヨタカミコ	0.0146
30 ナンパ・ナンパ	橋トシエ	0.0244	36 さくらさくら - SS&MOS	トヨタカミコ	0.0230	62 丘を越えて	藤山一郎	0.0310
31 歌謡の歌	トヨタカミコ	0.0230	37 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0225	63 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0234
32 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0134	38 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0238	64 フォレスト (チェンバロ)	橋トシエ	0.0222
33 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0214	39 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0217	65 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0137
34 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0113	40 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0217	66 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0229
35 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0139	41 ポンポン	橋トシエ	0.0259	67 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0308
36 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0311	42 SS&MOS	-	0.0127	68 フォレスト (チェンバロ)	橋トシエ	0.0248
37 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0154	43 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0127	69 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0229
38 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0238	44 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0228	70 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0127
39 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0146	45 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0146	71 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0229
40 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0223	46 B&W78	塚谷水子	0.0301	72 セミノック	美空ひばり	0.0338
41 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0312	47 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0226	73 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0134
42 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0114	48 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0246	74 とらとらとらの天狗さん	犬飼こ	0.0138
43 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0127	49 SS&MOS	-	0.0139	75 アーサー	トヨタカミコ	0.0329
44 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0329	50 アーサー	トヨタカミコ	0.0329	76 B&W78	塚谷水子	0.0301
45 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0220	51 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0305	77 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0423
46 夕陽 (チェンバロ)	-	0.0131	52 SS&MOS (チェンバロ)	-	0.0324	78 クラリネット	橋トシエ	0.0155
						合計: 楽音CD (人工音源)		1,384.54
						合計: 楽音CD (実音源)		1,527.57
						合計		2,912.11

black letter : CD (audible)+1<sup>st</sup> overtone sound (inaudible)  
red letter : containing inaudible sound originally

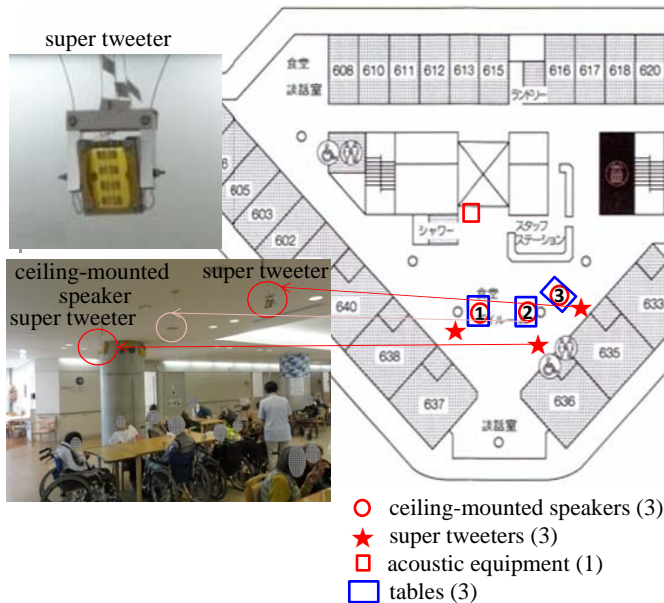


Fig. 9 Schematic diagram of measuring equipment

Fig. 10 Neuropsychiatric Inventory (NPI) Sheet

ただし、解析は標準 10 項目で実施した。Fig.10 に NPI 評価シートの例を示す。行動の有無、頻度、重症度で評価する。

2 年目の 3,4 期目の実験では音源呈示中及び前後の被験者の生理状態を把握するために、体表温及び心電図 R-R 間隔の測定を行った。体表温の測定にはボタン型電池温度ロガー (サーモクロン SL)、心電図 R-R 間隔の測定にはウェアラブル型心拍センサ (ユニオンツール WHS-1) を用いた。温度ロガー、心拍センサは誤飲等の事故を防ぐために背中の中より少し上部の位置に貼りつけた。

評価者は生活の場として入所者と日常的に接している看護師 1 名、介護士 1 名とし、同一年では全ての回を同一人物が評価した。看護師は全期間の評価を実施した。

全実験終了まで、呈示音源信号の種類等の情報は、評価者を含む施設関係者に知られないよう配慮した。

3-2 実験結果と考察

2 年間の実験における被験者 12 名分の NPI スコアの平均値の推移を Fig. 11 に示す。2013 年の第 1 期 (1,2 回) はシステム不具合による異常音の発生、夏の高温によるトイレの頻回、及び症状の激しい短期入所者 (実験対象外) の影響により通常とは大きく異なる環境のため、被験者の体調や心理への影響が大きく分析対象から外した。2013 年第 2 期 (3,4 回) は HCS,FRS とともに音楽呈示後の NPI スコアが低

下した。2014 年第 3 期 (5,6 回)、第 4 期 (7,8 回) では、いずれの期においても FRS 呈示後に NPI スコアが低下し、HCS 呈示後に NPI スコアが増加することが確認された。

NPI スコアの総合得点の変化量の平均値 (事後-事前) の比較 (2013 年第 1 期を除く) を Fig. 12 に示す。HCS 呈示後は 0.0、FRS 呈示後は -3.8 (改善) であった。変化量に対して、被験者、条件、実施回の影響を回帰分析して効果を検定したところ、FRS-HCS の条件にのみ有意差 (有意水準 5%) が見られ、実施回や被験者及び交互作用がないことが確認できた。

体表温については、センサ装着後で数値が安定した時刻から昼食前の 11:40 までの値を用いた。FRS,HCS とともに 2014 年の 3 期,4 期のデータの平均値で比較した (Fig. 13)。有効値が得られた 11 名中 10 名で FRS 呈示中は HCS より体温が高い結果が得られ、4 名は統計的に有意な差 (有意水準 1%) が認められた。可聴帯域を越える高周波音が存在することによる体温上昇については顔部と鼻部の皮膚温度差が変化すると報告があるが<sup>(13)</sup>、体温上昇の報告例は無い。HSE により副交感神経が亢進することで体温が上昇した可能性が考えられる。

実験後に行った介護者へのヒアリングでは、受動的音楽療法全体の印象として、音楽を楽しんでいる (口ずさんで

いる)や、興奮や怒りっぽい症状がある人が穏やかになる、会話が通じる、介護者の指示が入りやすくなる、音楽療期間中のみ自室の位置が分かる人があるなど、NPI で評価されない行動に関しても、良好な結果が得られていることを確認した。

FRS 呈示時のみに観察された行動として、被験者の立ち上がりの回数が減ったこと、全体的に静かに過ごすようになったことなどの行動が指摘された。

音源信号の違いを知らないフロアの介護スタッフに呈示音の印象を尋ねたところ、FRS 呈示時は「音が小さく（自然）に聞こえ」、HCS 呈示時は「うるさく聞こえる。イラッとする感じ」という評価があった。

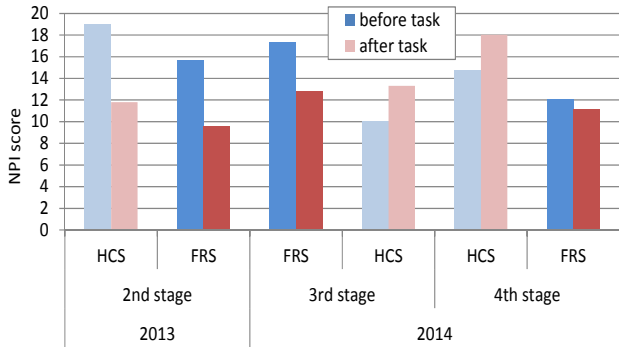


Fig. 11 Mean of NPI score under two kinds of experimental conditions

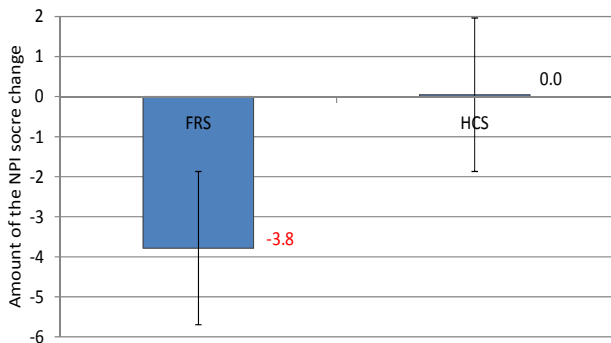


Fig. 12 Mean and standard error of amount of the NPI score change under two kinds of experimental conditions

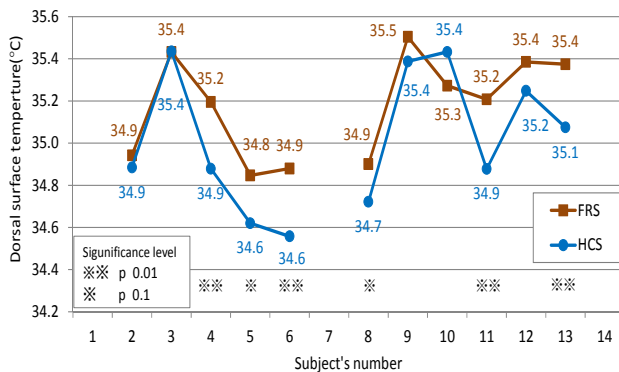


Fig. 13 Body surface temperature under two kinds of experimental conditions

4. まとめ

外来の軽度の認知症高齢者を対象として、20kHz 以上の高周波音を豊富に含むチェンバロ音楽を用いて HSE 発現の確認実験を実施した。高齢者の脳波は徐波化されており、 $\alpha 0$  (6-10Hz)及び $\alpha 1$  (8-10Hz)帯域での発現を確認した。

次に、老人保健施設に入所されている認知症高齢者を対象として、2週間単位で毎日2時間45分間、単純に音を聴いてもらう“受動的”音楽療法を実施した。呈示音源は、元来20kHz以上の高周波音を含むチェンバロの楽曲と自然音、及び、高齢者になじみのある音楽CDに20kHz以上の倍音を付加した音源信号を順不同で組み合わせたもの、比較対象として、前述の音源信号を20kHz以下の可聴帯域に制限したものをを用いた。その結果、20kHz以上の高周波音を含む音源信号は、可聴域のみを含むそれを呈示した場合と比較して、NPIスコアが有意に低下することが確認された。また、高周波音含む信号を呈示した場合、体温温が上昇する傾向があることが確認された。

以上の結果により、人の耳に聞こえない高周波音を含む音楽や自然音は、認知症高齢者の周辺症状(BPSD)の緩和に効果がある可能性を確認できた。

参考文献

- (1) Christie, M.E., “The influence of a highly participatory peer on motivating group behaviors of lower functioning persons who have probable Alzheimer's type dementia,” Music Therapy Perspective, **13**, pp.87-90, 1995
- (2) 関谷正子,森谷梨, “在宅高齢者に対する受動的音楽療法が自律神経活動と認知機能に及ぼす効果,” 北海道大学大学院教育学研究科紀要,2006
- (3) Clark ME, Lipe AW, Bilbrey M, “Use of music to decrease aggressive behaviors in people with dementia,” Journal of Gerontological Nursing, **24**(7), 1998
- (4) Koger SM., Chapin K., Brotons M., “Is music therapy an effective intervention for dementia? ,” A meta-analytic review of literature, J Music Therapy, **36**, pp.2-15, 1999
- (5) Hanser SB, et.al, “Effects of a music therapy strategy on depressed older adults,” J. Gerontol, **49**(6), 265-9, 1994
- (6) Mornhinweg GC, Voignier RR., “Music for sleep disturbance in the elderly,” J Holist Nurs, **13**(3), 248-54,1995
- (7) Ragneskog H, et al., “Influence of dinner music on food intake and symptoms common in dementia,” J Caring Sci., **10**(1), 11-7, 1996
- (8) 渡辺恭子, “音楽療法が痴呆症状を呈する老年期の患者の認知機能に及ぼす効果に関する考察,” 日本音楽療法学会誌, **2**(2), 2002
- (9) 佐伯順子, “認知症高齢者の音楽療法に関する基礎的研究,” 風間書房, 2008
- (10) Groene R ”The Effect of Therapist and Activity Characteristics on the Purposeful Responses of Probable Alzheimer's Disease Participants,” J Music Ther., **35**(2),119-136, 1999
- (11) T. Oohashi, et.al, “Inaudible high-frequency sounds affect brain activity: hypersonic effect,” J. Neurophysiology, **83**, pp. 3548– 3558, 2000
- (12) 鈴木和憲他, “楽曲の可聴音成分から人工的に作成した倍音の超音波成分が脳波 $\alpha$ 波へ与える影響,” 日本音響学会秋季講演論文集, 491-492, 2011
- (13) 山崎憲他, “超音波領域の音が人間に与える影響について,”第37回日本大学生産工学部学術講演会, 2004