エアコン音の時間変動が主観印象および大脳皮質活動に及ぼす影響*

☆矢野 肇（神戸大/産総研），滝口哲也，有木康雄（神戸大），神谷 勝（(株) デンソー），
保手浜拓也，中川誠司（産総研）

1 はじめに

音の印象評価には心理的手法が用いられてきた．しかしながら，繰り返し判断を求めるために被験者の負担が大きい，心理的バイアスが重畳しやすい，意識下で生じる聴感印象をとらえにくいといった問題点があった．一方，近年，生理的計測，特に脳活動計測による印象評価の試みがなされている[1-3]．生理指標を用いた手法には，心理的バイアスの影響を比較的受けにくい，被験者の負担を軽減可能といった利点が期待されている．また，意識下で生じる印象をも評価できる可能性もある．

本研究では，エアコン音の聴取によって生じる“涼しさ”，“好ましさ”といった主観印象の評価を試みた．エアコン音を時間変動させることによる“涼しさ”，“好ましさ”の変化を観察し，それらの聴感印象変化に伴う脳活動の変化を観察した．

2 刺激音

乗用車内の運転者の着座位置（ヘッドレスト付近）で計測されたエアコン音を基に，線形予測符号化(Linear predictive coding: LPC)によってスペクトル包絡を抽出した合成音を作成し，モデル音とした[4]．LPC 次元は 150 とした．時間変動を加えるため，このモデル音に対して正弦波による振幅変調を施した．変調周波数を 0（変調なし），0.2，0.4，0.6，0.8，1.6, 3.2 Hz として 7 種類の刺激音を作成した．刺激音の持続時間は 5 s，変調度は 0.15 に固定した．なお，刺激音圧は，変調周波数 0 Hz（変調なし）の刺激音を用いて，各被験者について“はっきりと聞こえ，なおかつちょうど良いと感じる大きさ”に設定した．

3 主観印象評価実験

3.1 実験方法

聴覚健常者 8 名(男性 7 名，女性 1 名，21-39 歳)を被験者とした．

主観印象は一対比較法にて評価した．上記の刺激音のうち，2 つずつを連続的に呈示し，“涼しさ”，“好ましさ”の各基準における優劣およびその程度を評価させた．実験は防音室内で行い，刺激音は挿入型イヤホンによって被験者の両耳に呈示された．

“涼しさ”基準での実験は，防音室内の温度を 20，25，30 ℃と変化させて計 3 セッション行われた．“好ましさ”基準での実験は，防音室内の温度は 25 ℃に設定された．

各セッションにおいて，刺激対はランダムな順番で呈示され，それぞれの刺激の組み合わせに対して計 4 回の判断を行わせた．“涼しさ”，“好ましさ”の評価尺度値の算出には Scheffe の方法（中屋の変法）を用いた．

3.2 結果

“涼しさ”基準における，各刺激音の評価値（全温度条件の平均）を Fig. 1 に示す．多くの被験者で，0.4 あるいは 0.8 Hz に評価値のピークを持つ傾向が見られた．

“好ましさ”基準での各刺激音に対する評価値を Fig. 2 に示す．評価値が変調周波数 0.4 Hz から 0.8 Hz にピークを示す被験者と，変調なしの刺激音に対する評価値が最大で変調周波数の増加に伴って評価値が減少する被験者の大きく 2 つの傾向があることがわかった．

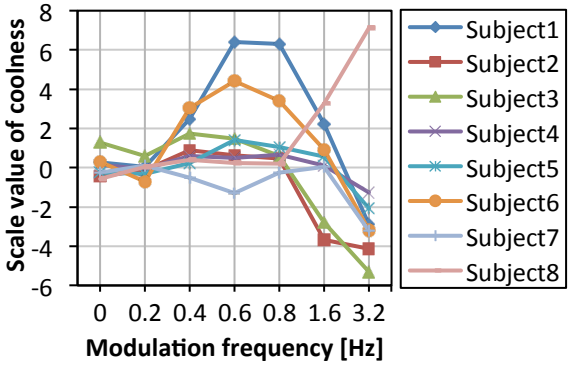

Fig. 1 Scale value of "coolness" for each subject.

*Effects of fluctuated air-conditioner sound on brain cortical activity, by YANO, Hajime (Kobe Univ. /AIST), TAKIGUCHI, Tetsuya, ARIKI, Yasuo (Kobe Univ.), KAMIYA, Masaru (Denso Corp.), HOTEHAMA, Takuya, NAKAGAWA, Seiji (AIST).

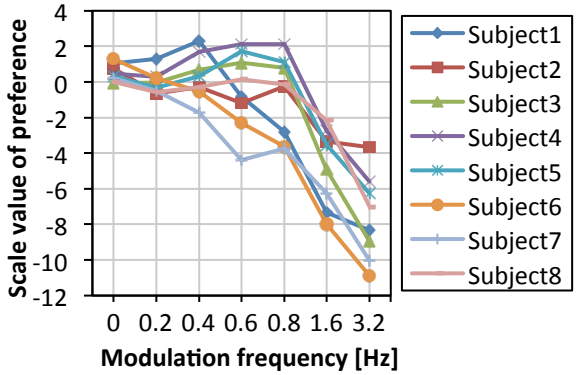

Fig. 2 Scale value of "preference" for each subject.

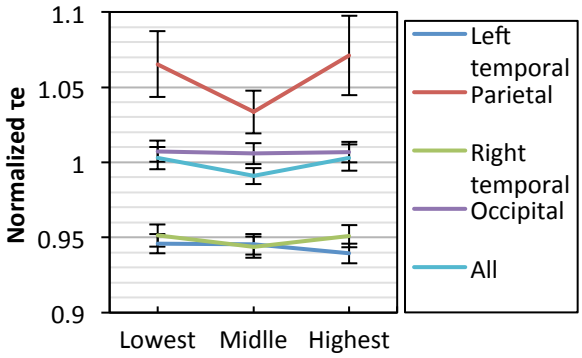

Fig. 3 Relationship between normalized τe of low-γ band and scale value for "coolness". Error bars indicate 95% confidence interval.

4　脳磁界計測

4.1 実験方法

主観印象評価実験に参加した被験者のうち，5 名（男性 5 名，21-24 歳）を被験者とした．

主観印象評価実験で得られた評価値をもとに，評価値が最大および最小となる刺激音 2 つを含む，計 4 つの刺激音を選択した．そのうち 2 つずつを連続的に呈示し，“涼しさ”，“好ましさ”の各基準における優劣を評価させた．また，刺激音聴取時の脳磁界を計測した．

脳磁界計測は磁気シールドルーム内で 122 ch 全頭型脳磁界計測システム（Neuromag-122™）を用いて行った．刺激音は，主観印象評価実験と同様のイヤホンを用いて，被験者の両耳に呈示した．

4.2 解析方法

各刺激音について 72 回以上の加算平均を施し，刺激音の立ち上がりに同期して誘発される ON 反応 N1m，P1m，P2m，および立ち下がりに同期して誘発される OFF 反応 N1m_off の RMS を計算し，それぞれの潜時と振幅を記録した．

次に，左右の側頭部，頭頂部，後頭部のチャネルでの刺激呈示後 2-5 s に得られた raw data から，θ（4-8 Hz），α（8-13 Hz），β（13-20 Hz），low-γ（20-50 Hz）の各帯域をバンドパスフィルタにより抽出した．これらの波形から正規化自己相関関数を計算し，そのエンベロープが最大値から 10 dB 減衰するまでの時間（有効持続時間，τ_e）を推定した．なお，推定されたτ_e は被験者ごとに全刺激の平均が 1.0 となるように正規化した．

4.3 結果

“涼しさ”基準での low-γ 帯域における正規化τ_e と主観評価値の関係を Fig. 3 に示す．β（全体）および low-γ 帯域（頭頂部，全体）において，主観評価の違いに対応した有意な差が認められた（どちらも $p < 0.05$）．また，誘発反応解析では右側頭部の N1m 振幅と P2m 振幅に刺激間の有意差が認められた（どちらも $p < 0.05$）．

“好ましさ”基準では，誘発反応の解析において左側頭部の N1m 振幅で刺激間の有意差が認められた（$p < 0.05$）．また，自発反応ではα波の帯域で刺激間の有意差が認められた（$p < 0.05$）．

5　考察

主観印象評価実験の結果から“涼しさ”，“好ましさ”の両基準において，刺激音の変動周波数の変化に伴う印象変化が見られた．これはエアコン音の適切な加工によって，これらの高次な聴感印象の最適化が可能であることを示唆している．また，脳磁界計測においては，聴覚誘発反応や自発反応の一部に聴感印象の変化に対応した変化が認められている．これの結果は，エアコン音であっても，先行研究[1-3]と同様に大脳皮質活動からその聴感印象を評価できる可能性を示唆している．

参考文献

[1] Y. Soeta *et al.*, J. Sound Vib., 277, 479-489, 2002.
[2] Y. Soeta *et al.*, J. Sound Vib., 258, 419-428, 2004.
[3] Nakagawa *et al.*, ICIC Exp. Lett., 7, 1545-1550, 2013.
[4] Hotehama & Nakagawa, in preparaton