

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 30 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23686086

研究課題名(和文) 脳磁界計測を用いた音環境の動的評価メカニズムの解明に関する研究

研究課題名(英文) Elucidation on mechanisms of dynamic evaluation for auditory environment using Magnetoencephalography

研究代表者

添田 喜治 (SOETA, Yoshiharu)

独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学研究部門・主任研究員

研究者番号：10415698

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,100,000円、(間接経費) 6,030,000円

研究成果の概要(和文)：音環境評価の基本となる音の物理要素の時間変化とヒトの心理反応や生理(脳磁界)反応との関係を調べ、動的音環境評価メカニズムを明らかにすることを目的とした。音の大きさの変化に対する脳磁界反応を調べた結果、ある程度の大きさの音に順応している時のほうが、脳は音の大きさの変化に敏感であることを明らかにした。鉄道駅構内・車内騒音や空調音の心理的不快度と音の物理指標の関係を調べた結果、騒音レベル、基本周波数、基本周波数明瞭度、両耳間相互相関度、スペクトル重心により心理的不快度を高精度で予測できることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：To elucidate mechanisms of dynamic evaluation for auditory environment in human brain, we investigated the relationship between temporal variation of physical factors of sound, psychological response, and physiological response (auditory evoked magnetic responses). To clarify the effects of variation of sound pressure level (SPL) on the auditory evoked response, we examined responses approximately 100 ms after an SPL change (the N1m'). The results revealed that N1m' amplitude increased with greater SPL changes. The pattern of amplitude change may reflect a difference in activation in the auditory nerve and/or primary auditory cortex. To clarify the effects of physical factors of sound on psychological annoyance, we examined relationship between physical factors and annoyance to sounds in train cars or stations and produced by air conditioning. The results indicated that annoyance can be predicted by SPL, fundamental frequency, strength of fundamental frequency, and spectral centroid.

研究分野：環境心理生理

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：脳磁界計測 音環境 聴覚 騒音 サイン音

1. 研究開始当初の背景

現在、騒音・音環境は、音圧レベルの時間平均(量的評価)で評価され、**音質や音の時間変化はほとんど考慮されていない**。そのため、同じ音圧レベルの音でも不快感が異なる現象や、音圧レベルが十分小さくても不快である現象を説明できない。また、同じ音圧レベルの音であっても、時間的に前後の音の音圧レベルが異なれば、心理的な音の大きさは異なる。これらのことは、現在の騒音・音環境評価が、音質や音の時間変動を評価できていないことが原因と考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、音環境評価の基本となる**音の物理要素の時間変化とヒトの心理反応や生理(脳磁界)反応との関係を調べ、動的音環境評価メカニズムを明らかにすること**を目的とする。現在の騒音・音環境評価手法は、音の物理要素の時間変化や質的要素を考慮していないため、多くの不快な音を適切に評価できない。音の時間変化を聴覚モデルに基づく指標で定量化し、心理反応や脳磁界活動と対応させることで、動的音環境評価メカニズムが明らかになれば、音質評価を高度化・標準化できる。

3. 研究の方法

本研究では、脳磁界計測と心理的不快度計測に基づく動的音環境評価メカニズムの解明に関する研究を行った。具体的には、次のような検討を行った。

(1) 音圧レベルの時間変化に対する脳磁界活動

従来の音の大きさの変化に対する脳磁界活動に関する研究は、無音から音が発生する時の脳活動を調べたものがほとんどである。しかし実際の環境では、ヒトは時々刻々変化する音を聞いている。そこで、より実際の環境に近い状態での音の大きさの脳内処理過程を調べるため、ある大きさの音が存在しその後音の大きさが変化する時の脳磁界活動を調べた。

(2) 鉄道駅構内・車内の心理的不快度予測

鉄道駅構内・車内は、多くの人々が長時間利用する場所であるが、その音響特性や心理評価はあまり検討されていない。それらの質的要素が心理的な不快感に及ぼす影響を明らかにするため、鉄道駅構内・車内音環境に対する心理的不快感を、実験室に騒音を再現し、一対比較法により調べ、心理的不快度の音響物理指標による予測を行った。

(3) 空調音の心理的不快度予測

住居やオフィスにおけるエアコン等の空調音は、あまり大きい騒音レベルではないが、

夏や冬は常時その音を聞いており、住居内やオフィスにおける快適性や生産性に影響を及ぼすことが考えられる。空調音の質的要素が心理的不快感に及ぼす影響を明らかにするため、空調音を実験室に再現し、一対比較法により心理的不快度を調べ、心理的不快度の音響物理指標による予測を行った。

(4) 寺院内音場・読経音の解析

寺院内において住職は、儀式に応じて、その位置、向き、発声方法を変えている。それにより、寺院内の人々に儀式毎に異なる音響効果をもたらしている。しかし、その音響効果は調査されていなかったことから、寺院内で、住職位置や向きと聴者の位置を想定し、インパルス応答と読経音の測定・解析を行った。

(5) 鳥の鳴き声に対する脳磁界活動

鳥の鳴き声は、時間と共に音圧レベルや周波数成分が大きく変動する。また、サイン音として用いられる。駅の改札口や階段の場所を音で案内する「サイン音」は、視覚障害者にとって危険物からの逃避や目的場所への移動のために重要である。しかし、実際には視覚障害者の4割強がサイン音を利用しにくいと報告している。そこで、脳活動からわかりやすいサイン音の推定を目指し、静音条件、疑似鉄道駅構内騒音条件、両耳間時間差変化条件、残響条件において、鳥の鳴き声聴取時の脳磁界活動を解析した。

4. 研究成果

各検討項目において、次のような成果が得られた。

(1) 音圧レベルの時間変化に対する脳磁界活動

音の大きさの変化後約 100 ms に N1m(音の発生後約 100ms に見られる脳磁界反応)と同様の反応(N1m')が見られた。音の大きさの減少時には、減少量の変化に関わらず N1m'潜時・振幅はほぼ一定であった。音の大きさの増加時には、増加量の増大に伴い N1m'振幅は増加した。従来の N1m 振幅の結果と比較すると、音の大きさの増加に対する N1m'振幅の増加率は、N1m 振幅のそれより大きいことを明らかにした。この結果は、ある程度の大きさの音に順応しているときのほうが、脳は音の大きさの変化に敏感であることを示している。

(2) 鉄道駅構内・車内の心理的不快度予測

鉄道駅構内・車内の心理的不快感は、騒音レベル、基本周波数明瞭度、スペクトル重心、両耳間相互相関度により高精度で予測できることを明らかにした。

(3) 空調音の心理的不快度予測

空調音に対する心理的不快感は、基本周波

数とスペクトル重心により高精度で予測できることを明らかにした。

(4) 寺院内音場・読経音の解析

インパルス応答解析に関しては、通常の儀式位置では、両耳間相関度が低く(音場の広がりを感じられる)、音声明瞭度が低い、御文章発声位置では、両耳間相関度が低く、音声明瞭度が高いことを明らかにした。読経解析については、位置・向きの効果は両耳間相互相関度、両耳間時間差、発声方法の変化は、ピッチ・ピッチ明瞭度、スペクトル重心に反映されることを明らかにした。

(5) 鳥の鳴き声に対する脳磁界活動

各刺激条件における、N1m 振幅と音刺激のエンベロープと脳磁界活動の相関を解析した。その結果、N1m 振幅についてはカッコ、音刺激のエンベロープと脳磁界活動の相関についてはコノハズクが最大となった。N1m 振幅が大きいということは、音が、心理的に大きく、ピッチや方向感が明瞭であることを示すと考えられる。音刺激のエンベロープと脳磁界活動の相関が高いということは、音声認識や方向感に重要な音のエンベロープ情報が皮質レベルまでより正確に伝達していることを示すと考えられる。このことから、カッコとコノハズクが利用しやすいサイン音の有力候補であることが分かった

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 15 件)

1. Soeta, Y., and Shimokura, R., Survey of interior noise characteristics in various types of trains, *Applied Acoustics*, 74, 1160-1166 (2013).
2. Soeta, Y., Shimokura, R., Jeon, J. Y., and Lee, P. J., Interior noise characteristics in Japanese, Korean and Chinese subways, *International Journal of Railway*, 6, 120-124 (2013).
3. Soeta, Y., Shimokura, R., Kim, Y., Ohsawa, T., and Ito, K., Measurement of acoustic characteristics in relation to sound source location and direction of Japanese Buddhist temples, *Journal of Acoustical Society of America*, 133, 2699-2710 (2013).
4. Kim, Y., and Soeta, Y., Architectural treatments for improving sound fields for public address announcements in underground station platforms, *Applied Acoustics*, 74, 1205-1220 (2013).
5. 石光俊介, 高見健治, 添田喜治, 中川誠司, 自動車加速エンジン音に対する聴感印象と大脳皮質活動の関係に関する検討, 計測自動制御学会論文集, 49, 394-401, (2013).
6. Soeta, Y., and Nakagawa, S., Auditory evoked responses in human auditory cortex to the variation of sound intensity in an ongoing tone, *Hearing Research*, 287, 67-75 (2012).
7. Soeta, Y., Ito, K., Shimokura, R., Sato, S., Ohsawa, T., and Ando, Y., Effects of sound

source location and direction on acoustical parameters in Japanese churches, *Journal of Acoustical Society of America*, 131, 1206-1220 (2012).

8. Soeta, Y., and Shimokura, R., Change of acoustic characteristics caused by platform screen doors in train stations, *Applied Acoustics*, 73, 535-542 (2012).

9. Soeta, Y., and Shimokura, R., The impact of external environments and wheel-rail friction on noise inside a train car, *Noise and Vibration Worldwide*, 43, 9-22 (2012).

10. Shimokura, R., and Soeta, Y., Listening level of music through headphones in train car noise environments, *Journal of Acoustical Society of America*, 132, 1407-1416 (2012).

11. Shimokura, R., and Soeta, Y., Sound field characteristics of underground railway stations -Effect of interior materials and noise source positions-, *Applied Acoustics*, 73, 1150-1158 (2012).

12. Soeta, Y., and Shimokura, R., The impact of external environments on noise inside a train car, *Noise Control Engineering Journal*, 59, 581-590 (2011).

13. Shimokura, R., Tronchin, L., Cocchi, A., and Soeta, Y., Subjective diffuseness of music signals convolved with binaural impulse responses, *Journal of Sound and Vibration*, 330, 3526-3537 (2011).

14. Shimokura, R., and Soeta, Y., Evaluation of speech intelligibility of sound fields in underground stations, *Acoustical Science and Technology*, 32, 73-75 (2011).

15. Shimokura, R., and Soeta, Y., Characteristics of train noise in ground and underground stations with side and island platforms, *Journal of Sound and Vibration*, 330, 1621-1633 (2011).

[学会発表](計 13 件)

1. Soeta, Y., Ueda, Y., and Shimokura, R., "Sound quality evaluation of HVAC noises based on correlation mechanism", The 21st International Congress on Sound and Vibration, 13-17 July 2014, Beijing, China

2. Soeta, Y., and Nakagawa, S., "Estimation of optimal auditory signal for visually-challenged people using auditory evoked magnetic responses", The 11th International Congress on Noise as a Public Health Problem, 1-5 June 2014, Nara, Japan

3. 添田喜治, 金容熙; "地下鉄駅構内におけるホームドアの騒音低減効果", 2014 年日本音響学会春季研究発表会, 2014 年 3 月 10 日-12 日

4. Kim, Y., and Soeta, Y., "Design of diffusive surfaces for improving sound quality of underground stations", The International Symposium on Room Acoustics, 9-11 June 2013, Toronto, Canada

5. Soeta, Y., Shimokura, R., and Nakagawa, S., "Autocorrelation function mechanism for pitch salience and cross-correlation function mechanism for sound localization revealed by Magnetoencephalography", The 21st International Congress on Acoustics, 2-7 June 2013, Montreal, Canada
6. Kim, Y., and Soeta, Y., "Effects of reverberation and spatial diffuseness on the speech intelligibility of public address sounds in subway platform for young and aged people", The 21st International Congress on Acoustics, 2-7 June 2013, Montreal, Canada
7. Soeta, Y., and Nakagawa, S., "Investigation of optimal auditory signal for visually-challenged people using auditory evoked magnetic responses", Biomag 2012 - 18th International Conference on Biomagnetism, 26-30 August 2012, Paris, France
8. Kim, Y., and Soeta, Y., "Temporal and spectral characteristics of PA announcements in a subway platform with various finishing materials", INTER-NOISE 2012 - the 41th International Congress on Noise Control Engineering, 19-22 August 2012, New York, USA
9. 添田喜治, 中川誠司; "音の大きさの変化に関連する聴覚誘発脳磁界反応 - 先行音・周波数の影響 -", 第 27 回日本生体磁気学会大会, 2012 年 5 月 31 日-6 月 1 日
10. Soeta, Y., and Shimokura, R., "Temporal and spatial characteristics of noise in train stations", Acoustics 2012 Hong Kong Conference and Exhibition, 13-18 May 2012, Hong Kong, China
11. 添田喜治, 中川誠司; "脳磁界計測を用いた最適サイン音に関する研究", 2012 年日本音響学会春季研究発表会, 2012 年 3 月 13 日-15 日
12. Soeta, Y., and Shimokura, R., "Effects of noise level and type of music on listening level of music through headphones in a train car", INTER-NOISE 2011 - the 40th International Congress on Noise Control Engineering, 4-7 September 2011, Osaka, Japan
13. Soeta, Y., and Shimokura, R., "Effects of platform screen doors on noise characteristics in train stations", The 5th International Symposium on Temporal Design, 21-22 July 2011, Sheffield, United Kingdom

〔図書〕(計 3 件)

1. Soeta, Y., and Shimokura, R., Acoustic characteristics of noise in train stations, Railways: Types, Design and Safety Issues, 1-36 (2013).
2. 添田喜治, 人が高級,心地よいと感じる音,新製品開発における高級感・上質感・本物感の付与技術, 340-347 (2012).
3. 添田喜治, 脳磁界計測を用いた最適音の設計, 製品音の快音技術~感性にアピールする製品の音作り~, 142-153 (2012).

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)
 名称: 音楽の再生装置および再生プログラム
 発明者: 添田喜治, 下倉良太
 権利者: 同上
 種類: 特許
 番号: 特開 2011-180286
 出願年月日: 23 年 9 月 15 日
 国内外の別: 国内

取得状況(計 1 件)

名称: 心臓人工弁音診断装置およびプログラム
 発明者: 添田喜治, 尾藤康行
 権利者: 同上
 種類: 特許
 番号: 特許第 5190954 号
 取得年月日: 25 年 2 月 8 日
 国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等
<http://staff.aist.go.jp/y.soeta>

6. 研究組織

(1) 研究代表者
 添田 喜治 (SOETA, Yoshiharu)
 独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学
 研究部門・主任研究員
 研究者番号: 10415698

(2) 研究分担者
 なし

(3) 連携研究者
 下倉 良太 (SHIMOKURA, Ryota)
 奈良県立医科大学耳鼻咽喉・頭頸部外科学講
 座・助教
 研究者番号: 90455428

金 容熙 (KIM, Yong Hee)
 独立行政法人産業技術総合研究所・健康工学
 研究部門・産総研特別研究員
 研究者番号: