

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 14 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02771

研究課題名(和文) 覚醒度と快不快度を考慮したサウンドデザインに関する研究

研究課題名(英文) Research on sound design based on degree of arousal and pleasure

研究代表者

添田 喜治 (Soeta, Yoshiharu)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・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) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、快適で気が付きやすい音のデザインを実現するために、(1)等しい音圧レベル・ラウドネスにおける好ましく、目立つ鳥・虫の鳴き声の探索、(2)騒音下で目立つ鳥・虫の鳴き声の探索、(3)複数音源存在下で目立つ音の探索、を行った。 に関して心理反応、 に関しては、生理反応より求めた。ピッチの明瞭な鳥・虫の鳴き声が好ましく、親密度の高い鳥・虫の鳴き声が目立つことを明らかにした。複数音源存在下で目立つ鳥・虫の鳴き声に関しては、明瞭な結果は得られなかった。

研究成果の概要(英文)：In this research, we carried out (1) search for sounds that are preferable and noticeable bird and insect songs in equal sound pressure level and loudness, (2) search for sounds that are preferable and noticeable bird and insect songs in noisy environments, and (3) searching for noticeable bird and insect songs in the presence of multiple sound sources in order to realize a comfortable and easy-to-hear sound design. It was obtained from psychological reaction regarding (1) and (2) and physiological reaction concerning (3). It was found that bird and insect songs with clearer pitch are preferred and bird and insect songs with high familiarity stand out. For the bird and insect songs that stand out in the presence of multiple sound sources, no clear result was obtained.

研究分野：環境心理生理学

キーワード：顕著性 好ましさ 不快度 音質

1. 研究開始当初の背景

快適性・安全性の観点から、快適で気が付きやすい音が求められている。駅の改札口や階段の場所を音で案内する「サイン音」は、視覚障がい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、視覚障がい者の4割強がサイン音を利用しにくいと報告している(交通エコロジー・モビリティ財団調査 2009)。解決策の一つは、音量を大きくすることであるが、騒々しくなるだけで改善していないのが現状である。また、ハイブリッド車や電気自動車は音が小さいため、接近に対して気が付きにくい、あるいは全く気が付かない状況が起こり得る。そのため、車両接近通報装置(発音装置)をつけることが推奨されている(ハイブリッド車等の静音性に関する対策のガイドライン 2010)。しかし、静かなのにわざわざ騒々しい音をつけることに疑問の声があがっている。

これまで、サイン音やハイブリッド車等のエンジンの適切な音量を調べた研究は数多く存在する(例:山内 2012)。また、人工的な複合音を用いて、サイン音から想起される機能イメージを調べた研究は存在する(例:岩宮・中嶋 2009)。しかし、快適で気が付きやすい音源の音響特性はほとんど調べられていない。

感情を分類した「感情の円環モデル」では、ヒトの感情は「快不快度」、「覚醒度」の2つの直交する軸上に配置される。同じ快感情であっても、興奮や歓喜は覚醒度が高く、平穏やリラックスは覚醒度が低い感情として位置づけられる。すなわち、覚醒度が高い興奮や歓喜といった快感情と、覚醒度が低い平穏やリラックスといった快感情を分類することが可能になる。覚醒度は、本研究の気が付きやすさ・顕著性と対応すると考えられる。つまり、快不快度に加えて覚醒度・顕著性を評価に加えることで、快適で興奮させる、つまり気が付きやすい目立つ音、快適でリラックスさせる、つまりストレスを低減する音、の評価やデザインが可能になると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、快適で気が付きやすい音のデザインを実現するために、等しい音圧レベル・ラウドネスにおける好ましく、目立つ鳥・虫の鳴き声の探索、騒音下で目立つ鳥・虫の鳴き声の探索、複数音源存在下で目立つ音の探索、を目的とした。これらに関しては心理実験により求めた。これらに関しては、心理実験では、課題の難易度が高く被験者の負担が大きいため、生理実験により求めた。自然音は人工音よりも、哺乳類の聴覚系において効率的に伝達される(Smith and Michael 2006; Theunissen and Elie 2014)、人工音は自然音より不快感を生じやすい(添田 2012)ことから、本研究では、音源として、鳥・虫の鳴き声のような自然音を用いた。

3. 研究の方法

自然の中で録音された鳥と虫の鳴き声からノイズ除去した音源を実験に用いた。用いた鳥の鳴き声は、アカショウビン、フクロウ、ヒクイナ、ホオジロ、ホトトギス、イカル、カケス、カッコウ、カヤクグリ、キジバト、コノハズク、マミジロ、メジロ、サンコウチョウ、シジュウカラ、ツツドリ、ウグイス、ヨタカの合計18種類、虫の鳴き声は、クマゼミ、ツクツクボウシ、アブラゼミ、ミンミンゼミ、ヒグラシ、ツツレサセコオロギ、ミツカドコオロギ、カンタン、ケラ、エンマコオロギ、スズムシ、マツムシ、ハヤシノウマオイ、クツワムシ、ヤブキリ、キリギリスの合計16種類であった。背景騒音として、Hothスペクトル型ノイズ(Hoth 1982)、平均的な鉄道駅構内騒音(Soeta and Nakagawa 2015)、実測データを基に作成されたロードノイズ(自動車内騒音)を用いた。背景騒音下で用いた鳥の鳴き声は、カケス、カッコウ、メジロ、イカル、ツツドリ、ウグイスの6種類、虫の鳴き声は、ツクツクボウシ、ミンミンゼミ、ヒグラシ、ツツレサセコオロギ、カンタン、スズムシの6種類であった。

心理実験では、各鳴き声が一対で提示され、被験者には、好ましき実験ではどちらの音が好ましいが、顕著性実験ではどちらの音が目立つか、7段階で評価するよう教示した。好ましき実験と顕著性実験は別個に行われた。各鳴き声は、ヘッドフォンで提示された。等音圧レベル条件では、提示音圧レベルは60 dBA、等ラウドネス条件では、ロングタームラウドネス(Glasberg and Moore 2002)で3 soneとした。鳴き声の継続時間は1~2秒であった。各鳴き声は、全ての組合せにおいて、前後入れ替えて1回提示されたため、鳥の鳴き声では306組、虫の鳴き声では240組の判断を被験者は行った。

生理実験では、複数音源存在下で目立つ音源を調べるため、複数音源存在下で、音源に対する注意が脳活動に及ぼす影響を脳磁界反応を用いて調べた。すなわち、音の物理情報が同じ条件において、注意の向け方の違いによる脳活動の違いを調べることで、注意を向けることが容易な音源を推定する。注意の向けることが容易な音源に対する脳活動は、より音源情報を反映すると考えられる。

音源として、6種類の鳥の鳴き声(カッコウ、カケス、コノハズク、イカル、メジロ、ウグイス)を用いた。単一の鳥の鳴き声を提示し、その後、前に提示した鳥の鳴き声を含む二つの鳥の鳴き声を提示した。二つの鳥の鳴き声提示時には、前に提示した鳥の鳴き声に注意を向けるよう、被験者には教示した。刺激音はPCより出力し、インサート型イヤホンにより被験者の左右両耳に呈示した。聴覚誘発脳磁界反応は122 ch全頭型DC-SQUID磁束計を用いて計測し、100回以上の加算平均を行った。

4. 研究成果

鳥の鳴き声の好ましさ(図1上)に関しては、ウグイスとメジロが比較的多くの被験者に好ましいと判断され、ほとんどの被験者がカケスを最も好ましくないと判断した。

虫の鳴き声の好ましさ(図1下)に関しては、ヒグラシ、エンマコオロギ、スズムシが比較的多くの被験者に好ましいと判断され、クマゼミ、ハヤシノウマオイが比較的多くの被験者に好ましくないと判断された。

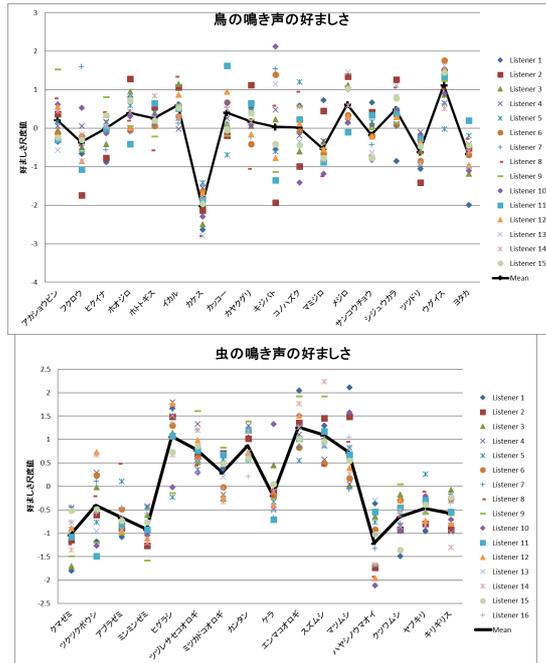


図1 鳥の鳴き声に対する好ましさ尺度値(上図)と虫の鳴き声に対する好ましさ尺度値(下図)

鳥の鳴き声の顕著性に関して、等音圧レベル条件(図2最上段)では、ほとんどの被験者がカケスを最も目立つと判断し、比較的多くの被験者が、ウグイスとホトトギスを目立つと判断した。等ラウドネス条件(図2・2段目)では、カッコウ、ウグイス、サンコウチョウが多くの被験者に目立つと判断された。カッコウ、ウグイスは、両条件において顕著性が高い。騒音下において(図3)、カケス、ウグイスが比較的多くの被験者に目立つと判断された。

虫の鳴き声の顕著性に関して、等音圧レベル条件(図2・3段目)では、クマゼミ、ツクツクボウシが比較的多くの被験者に目立つと判断された。等ラウドネス条件(図2最下段)では、ツクツクボウシ、ミンミンゼミ、マツムシが多くの被験者に目立つと判断された。ツクツクボウシ、ミンミンゼミは、両条件において顕著性が高い。騒音下において(図3)、ツクツクボウシ、ミンミンゼミ、ヒグラシが多くの被験者に目立つと判断された。

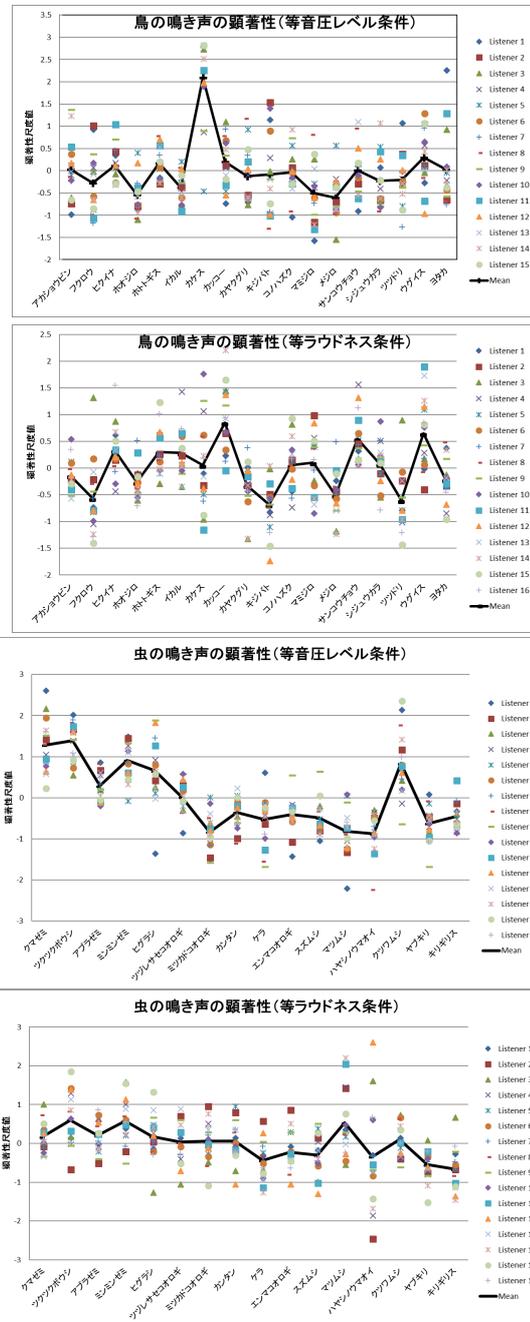


図2 鳥の鳴き声に対する顕著性尺度値(上図)と虫の鳴き声に対する顕著性尺度値(下図)

暗騒音の効果に関しては、等音圧レベル条件では、自動車内の顕著性が高く、等ラウドネス条件では、暗騒音の違いは少なかった。各音響特徴量と顕著性尺度値の関係に関しては、全体としては高い相関は得られなかった。

各鳥・虫の鳴き声に対する顕著性は、その音に対する親密度が影響すると考えられたことから、騒音条件で用いた鳥・虫の鳴き声に対する親密度を求めた(図4)。鳥の鳴き声では、ウグイス、カッコウ、虫の鳴き声では、ツクツクボウシ、ヒグラシの親密度が高いことが分かった。

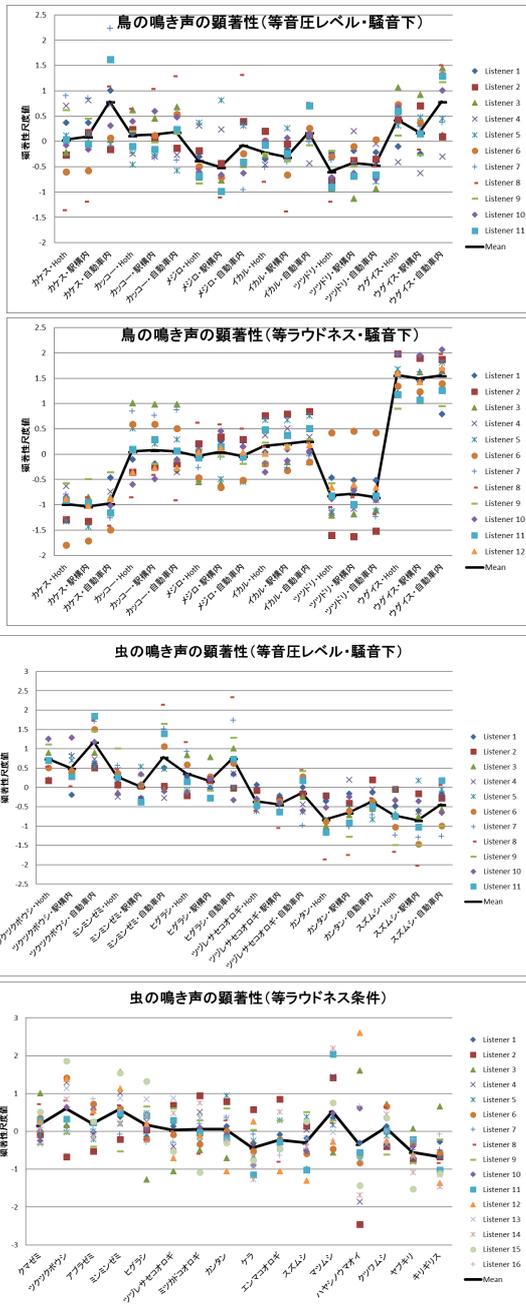


図3 騒音下の鳥の鳴き声に対する顕著性尺度値（上図）と虫の鳴き声に対する顕著性尺度値（下図）

等ラウドネス条件や騒音下で目立つ音は、ウグイス、ツクツクボウシ、ミンミンゼミであった。これらの鳴き声は、親密度が高かった。脳磁界計測を用いた最適サイン音の推定では、カッコウ、コノハズクが最適サイン音候補であったが（Soeta and Nakagawa 2015）、今回の実験ではウグイスはそれらを上回った。

好ましさに影響を及ぼす音響特徴量に関しては、ピッチ明瞭性に対応する自己相関関数の最大ピーク振幅と心理的好ましさを尺度値との相関が高い。顕著性に影響を及ぼす音響特徴量については、ラウドネス、自己相関関数の最大ピーク振幅、変動強度等が、条件

によっては顕著性尺度値との相関が高い結果となった。しかし、個人差や条件間の嵯峨大きいことから、今後は顕著性に影響を及ぼす音響特徴量をさらに検討する。

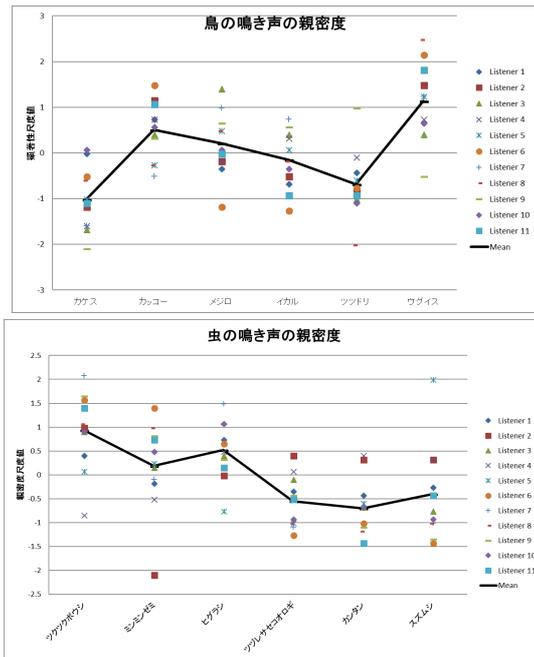


図4 鳥の鳴き声に対する親密度尺度値（上図）と虫の鳴き声に対する親密度尺度値（下図）

脳磁界反応解析については、（4-8 Hz）、（8-13 Hz）、（13-30 Hz）、（30-50 Hz）の4種類の周波数帯ごとのパワーの解析、単体の刺激音聴取時の脳磁界反応と混合刺激音聴取時の脳磁界反応の相関の解析、単体の刺激音の振幅包絡と混合刺激音聴取時の脳磁界反応との相関の解析を行った。

解析に関しては、帯域において、顕著性が高いウグイスの鳴き声が含まれている刺激を聴取したときのパワーが大きい傾向が見られた。しかし、他の帯域では、鳥の鳴き声に対する違いは見られなかった。また、注意の影響は見られなかった。

解析に関しては、相関をとる時間が早いほど相関係数は高く、高い周波数帯になるほど相関係数は低くなる傾向が見られた。また、相関の平均値が注意を向けている場合高くなる傾向が見られる。しかし、鳥の鳴き声に対する違いは見られなかった。

解析に関しては、相関係数は全ての条件においてあまり変化が見られなかった。相関係数は、音の振幅包絡の形状の影響を強く受けると考えられた。

脳磁界反応を用いることで、複数の音源が存在する中で目立つ音を探したが、今回ははっきりした結果は得られなかった。被験者への教示など条件設定など改良の余地があるため、今後検討を行う。

<引用文献>

Hoth, D.F., Room noise spectra at subscribers' telephone locations. *Journal of the Acoustical Society of America*, 12, 499-504 (1982).

Glasberg B.R. and Moore B.C.J., A model of loudness applicable to time-varying sounds. *Journal of the Audio Engineering Society*, 50, 331-342 (2002).

岩宮, 中嶋, サイン音に和音を用いることの効果の検討, *人間工学*, 45, 329-335 (2009).

山内, ハイブリッド車・電気自動車などの静音性対策の動向-車両接近報知音のデザイン-, *音響学会誌*, 68, 31-36 (2012).

Soeta, Y. and Nakagawa, S., Prediction of optimal auditory signals using auditory evoked magnetic responses. *Building and Environment*, 94, 924-929 (2015).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 18 件)

Yoshiharu Soeta, Ryota Shimokura, Sound quality evaluation of air-conditioner noise based on factors of the autocorrelation function, *Applied Acoustics*, 査読有, vol.124, pp. 11-19, 2017

DOI:10.1016/j.apacoust.2017.03.015

Yoshiharu Soeta, Seiji Nakagawa, Yohei Kamiya, Masaru Kamiya, Subjective preference for air-conditioner sounds inside a car in summer and winter, *Journal of Ergonomics*, 査読有, vol. 6, No. 4, オープンアクセス, 2016, 7p.

DOI:172/2165-7556.1000170

Yoshiharu Soeta, Seiji Nakagawa, Prediction of optimal auditory signals using auditory evoked magnetic responses, *Building and Environment*, 査読有, vol. 94, No. 6, pp. 924-929, 2015

DOI:10.1016/j.buildenv.2015.06.012

Yoshiharu Soeta, Ryota Shimokura, Yasutaka Ueda, Sound quality evaluation of air conditioner noise, *Proceedings of the ICHES 2016(5th International Conference on Human-Environment System)*, 査読有, 2016, 10p.

Yoshiharu Soeta, Relationship between subjective responses and physical parameters for air-conditioner noise, *Proceedings of ICSV24(24th International Congress on Sound and Vibration)*, 2017, 8p.

Yoshiharu Soeta, Ryota Shimokura, Application of correlation analysis for temporal design in our environment, *Proceedings of ICSV22(22nd International Congress on Sound and Vibration)*, 2015, 8p.

添田 喜治, 益田 汐理, 鳥・虫の鳴き声の顕著性 - ラウドネス・背景騒音の影響 -, *日本音響学会 2018 年春季研究発表会講演論文集*, pp. 687-688, 2018

添田 喜治, 鳥・虫の鳴き声の好ましさと顕著性, *日本音響学会 2017 年春季研究発表会講演論文集*, pp. 683-684, 2017

ほか 10 件

〔学会発表〕(計 18 件)

Yoshiharu Soeta, Relationship between subjective responses and physical parameters for air-conditioner noise, *ICSV24(24th International Congress on Sound and Vibration)*, 国際学会, 2017

Yoshiharu Soeta, Seiji Nakagawa, Prediction of optimal auditory signals for visually-challenged people using auditory evoked magnetic responses, *Biomag 2016(20th International Conference on Biomagnetism)*, 国際学会, 2016

Yoshiharu Soeta, Ryota Shimokura, Yasutaka Ueda, Sound quality evaluation of air conditioner noise, *ICHES 2016(5th International Conference on Human-Environment System)*, 国際学会, 2016

Yoshiharu Soeta, Ryota Shimokura, Application of correlation analysis for temporal design in our environment, *ICSV22(22nd International Congress on Sound and Vibration)*, 国際学会, 2015

添田 喜治, 益田 汐理, 鳥・虫の鳴き声の顕著性 - ラウドネス・背景騒音の影響 -, *日本音響学会 2018 年春季研究発表会*, 2018

添田 喜治, 音に対する不快度の心理生理評価に関する研究, *関西バイオ医療研究会 第 5 回講演会*, 2018

添田 喜治, 脳磁界計測を用いた音質評価メカニズム解明とその応用, *日本機械学会 機械力学・計測制御部門振動・音響研究会(VS 研究会) 第 111 回研究会*, 2017

添田 喜治, 鳥・虫の鳴き声の好ましさと顕著性, *日本音響学会 2017 年春季研究発表会*, 2017

ほか 10 件

〔図書〕(計 3 件)

Yoshiharu Soeta, Yoichi Ando, Springer, Neurally based measurement and evaluation of environmental noise, 2015, 264p. ISBN:978-4431554318

Yoshiharu Soeta, INTECH, Psychophysiological Evidence of an Autocorrelation Mechanism in the Human Auditory System (*Advances in Clinical Audiology:Chapter11*), 2017, 20p. DOI:10.5772/66198

Yoshiharu Soeta, Yong Hee Kim, INTECH, Effects of Platform Screen Doors on Sound Fields in Underground Stations (*Advances in Noise Analysis, Mitigation and Control* :

Chapter 7), 2016, 18p.
DOI:10.5772/64627

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://staff.aist.go.jp/y.soeta>

6. 研究組織

(1) 添田 喜治 (SOETA, Yoshiharu)
国立研究開発法人産業技術総合研究所・バイオメディカル研究部門・主任研究員
研究者番号: 1045698

(2) 研究分担者

中川 誠司 (NAKAGAWA, Seiji)
千葉大学・フロンティア医工学センター・教授
研究者番号: 70357614

下倉 良太 (SHIMOKURA, Ryota)
島根大学・総合理工学研究科・助教
研究者番号: 90455428