

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：82636

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K19990

研究課題名（和文）目立つ音を目立たせずに創る - トップダウン聴覚情景分析で音環境に優しいサイン音 -

研究課題名（英文）Highlighting method of non-salient sound -- To compose environment-friendly sign sound by applying topdown auditory scene analysis --

研究代表者

鈴木 陽一（SUZUKI, Yoiti）

国立研究開発法人情報通信研究機構・耐災害ICT研究センター・研究センター長

研究者番号：20143034

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：音環境に対して悪影響を及ぼさずに注意を引く音の特性を時空間的な側面から明らかにすべく研究を進めた。聴覚的注意の空間特性では、注意空間窓の方向依存性を検討した結果、注意窓は注意を向けた方向を中心に概ね左右60度の幅で、注意を向ける方向には特に依存しないことを示した。また、距離方向についても空間窓が形成されることを明らかにした。聴覚的注意の3次元空間特性を明らかにしたことは大きな成果である。次に聴覚的注意を向け始めてからの時間特性を検討し、500ms程度まで効果が持続することを示した。音像定位プロセスにその注意の移動のプロセスが包含される可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、警報音やサイン音のエネルギーを抑えながら目立たせるために必要となる聴覚特性として、人間が多数の音から聞きたい音を選択的に聞き取る能力である「カクテルパーティー効果」に着目、検討した。その結果、聴覚的注意の距離を含む3次元空間特性を世界に先駆けて明らかにするとともに、時間窓が存在することを明らかにした。これらは、高い学術的インパクトを持つ成果である。本研究により、提示する刺激の違い、課せられた課題の違いによる聴取者の反応の違いが明らかとなった。音のエネルギーを抑えつつ良好にポップアップする音の設計指針が得られたことから、場面に応じて効果的な注意喚起音の設計基盤を構築できた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to clarify the characteristics of sound which draws attention without adversely affecting the sound environment from spatiotemporal aspects. In the spatial characteristics of auditory attention, the directional dependence of the attention was examined in terms with spacial window. As a result, the azimuthal attention window show the width of around 60 degrees and the window space did not depend on the direction in which attention was directed. Moreover, it was clarified that spatial window was formed on the distance direction. It is a result with high impacts that the 3 dimensional spatial characteristics of auditory attention was clarified. The time characteristics after starting auditory attention were examined to show that the effect continues about 500 ms. These results show that the perceptual process of sound image localization may include the process of moving the direction of the attention.

研究分野：聴覚情報処理

キーワード：注意 聴覚注意 聴覚情景分析 サイン音 注意の空間特性 注意の時間特性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

音による注意喚起は、電気自動車の接近警報音や、視覚障害者に対する誘導鈴など多岐に活用されており、近年では走行中の自動車内で運転手に対して様々な警報を音で与えるなどといった取り組みにも活用されている。しかし、注意を引くように単純に音の大きさを大きくしたり、周波数特性を操作してしまうと、周囲の音環境を破壊し、「騒音」として大きな社会問題を発生させることになる。さらには、極端に注意を引くことによって運転操作に割くべき人間の注意資源を奪うことにもつながり、非常に危険な状態に陥る事態となり得る。

これまで不要な音は「騒音」として扱われて社会問題として取り上げられ、極力不要な音を出さないように様々な努力が積み重ねられてきた。この「騒音」の解釈は受け手側の印象で決まるものであり、いかに有用な音であっても受け手にとって不要であれば「騒音」として解釈されることになる。したがって、往來の激しい交差点の近隣住民にとっては、絶えず発生することになる電気自動車の接近警報音は「騒音」となり得る。そのため、聴取者の心理状態を考慮した上で、音環境に悪影響を及ぼさず(不要に目立つことなく)に一定程度の注意をひくような音の作成が重要となる。とりわけ、音環境に対して悪影響を及ぼさずに注意を引くような音の特性を、時空間的な側面から明らかにすることは極めて重要な課題として挙げられる。

2. 研究の目的

聴覚において、注意によって引き起こされる代表的な現象のひとつに「カクテルパーティー効果」がある。この現象は、複数の音源が存在する環境下で特定の音源のみを強調することで実現していることから、特定の方向に向けられる注意が関与していることが期待される。

本研究では、人間が様々な音の中から聞きたい音を選択的に聞き取る能力である「カクテルパーティー効果」を最大限に活用し、単に音のもつ音響特徴量のみに着目するのではなく、音を聴く際の聴取者の意識やその音により引き起こされる印象といったトップダウンの処理をも考慮することで、音環境に対して悪影響を及ぼさずにポップアップするような音の特性を、時空間的な側面から明らかにすることを目的としている。言うなれば、「目立たせずに注意をひく」という一見矛盾した問題を聴覚心理学的な側面から解決することを目指す挑戦的な研究である。

3. 研究の方法

本研究では、東北大学電気通信研究所に設置したスピーカアレイ(図1参照)を用いて聴取実験を行った。本研究の目的を実現するために必要な要件は、音検出課題に影響する音響物理特徴量の同定と、音検出課題に寄与する心理的要因の同定である。そこで具体的な研究テーマとして(1) 音声に対する空間的注意効果とその空間特性、(2) 狭帯域雑音に対する空間的注意効果とその時間特性、(3) 聴覚的注意の時間特性、(4) 聴覚的注意の距離特性の検討といった4点を掲げて研究を進めた。



図1 実験に用いたスピーカアレイ(東北大学電気通信研究所)

4. 研究成果

(1) 聴覚的注意の空間特性

音環境に対して悪影響を及ぼさずに注意を引くような音の特性を、時空間的な側面から明らかにすることを目的に、聴取者が特定の音源に注意を向けた場合と向けていない場合のカクテルパーティー効果の差異、および、その空間的な広がり(空間特性)について検討を行った。

実験では、空間的に配置した複数のラウドスピーカからそれぞれ別の単語を話す複数の話者の声が呈示される状況において、特定の話者の話す単語のみを聞き取るよう聴取者に求めた。このとき、標的となる音声が出現する方向に対して注意を向けるよう教示した条件と、標的が呈示される方向とは関係なく正面に対して注意を向けるよう教示した条件の2条件を実施した。この結果を比較することで、音源に向けられた注意が、どれほど聞き取りを向上させ、その注意がどれほどの空間的広がりを持つのかを検討した。

実験結果を図3に示す。研究の結果、標的が呈示される方向に対して注意が向けられた位置では、注意が向けられていない位置と比べて最大15%もの聞き取りの精度の向上が見られることが示された(図2参照)。また、注意の広がりについて検討すべく2条件の結果を比較したと

ころ、図3に示すように、正面における注意効果が最大で、そこから離れるに従って緩やかな注意効果の減衰が見られることを明らかにすることができた。

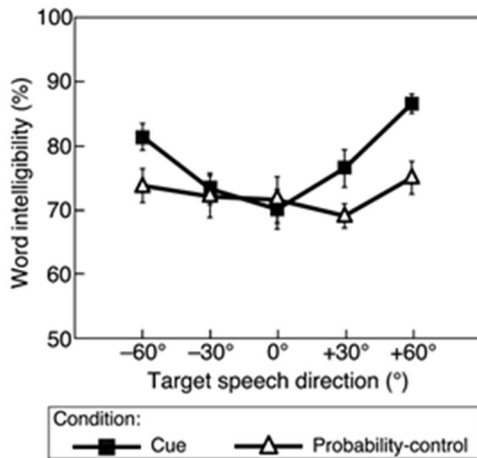


図2 音声了解度実験結果

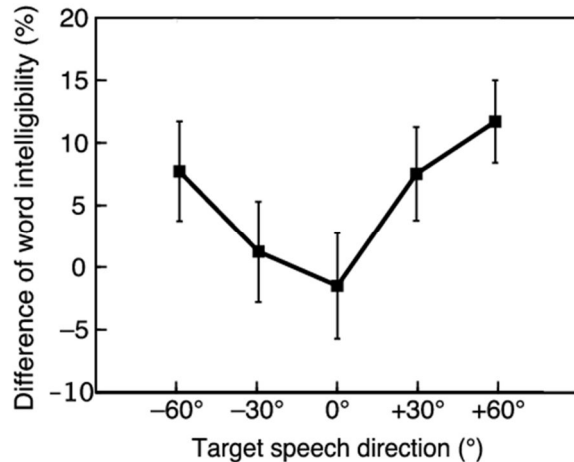


図3 空間的注意の広がり

(2) 狭帯域雑音に対する空間的注意効果とその時間特性

前述の実験では、音声に対する空間的注意効果とその空間的な広がり（空間特性）について検討を行った。その結果、注意の焦点を中心とした空間的な広がりを観測した。これは、我々が注意を向けた際に、向けた対象にスポットライトを向けたように、その方向から聞こえてくる音に対する反応を促進させることを示唆している。しかし、この実験では音声、即ち意味のある音に対する効果を検討しており、無意味な雑音に対しても同様の注意効果が得られるのかは明らかではない。そこで、この注意効果が狭帯域雑音を用いても生じるかを検討した。

実験では、空間的に離れた位置に設置した複数のラウドスピーカから、中心周波数の異なる雑音を同時提示される聴取環境で、聴取者は特定の中心周波数を持つ雑音が聞こえたか否かを判断した。このとき、標的となる雑音が出現する方向に対して注意を向けるよう教示した条件と、標的が呈示される方向とは関係なく正面に対して注意を向けるよう教示した条件の2条件を実施し、結果を比較することで、音源に向けられた注意がどれほど聞き取りを向上させ、その注意がどれほどの空間的広がりを持つのかを検討した。

実験の結果、音声に対する効果とは異なり、両条件間に差は見られなかった（図4参照）。この結果は、空間的注意効果が刺激音の種類や課題の違いによる聴取者の聴取様相によって柔軟に変容しうることを示唆するものであり、挑戦的研究にふさわしいインパクトの高い成果を呈せたと考えている。

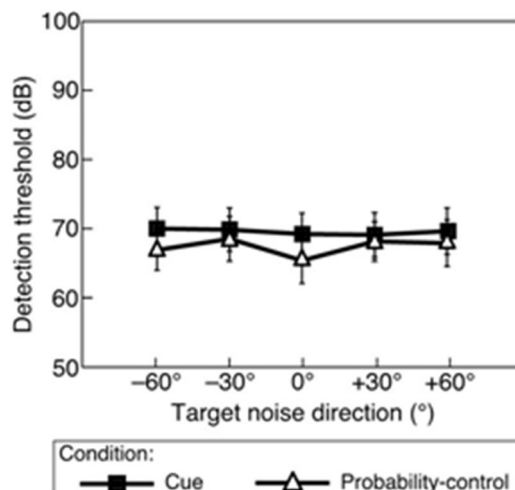


図4 音の属性不同の実験結果

(3) 聴覚的注意の時間特性

我々は特定の音に耳を傾ける際、多くの場合、比較的長い時間その対象に対して注意を向けることになる（例：電話の相手の会話など）。しかし、空間的注意効果がどれだけの時間を持続し、空間的広がりが時間的にどう変化するかは明らかでない。そこで、空間的注意の時間特性に関する検討を実施した。

実験では、空間的に離れた位置に設置した複数のラウドスピーカから、それぞれ別の単語を話

す複数の話者の声が呈示される環境下で、特定の話者の話す単語のみを聴き取るよう聴取者に求めた。その際には、短音で標的音声の提示位置を聴取者に教示し、聴取者の注意が標的音声提示位置に常に向けられるよう仕向けた。このとき、短音提示から標的音声提示までの時間間隔を変化させることで、注意を向けてから標的音聴取までの聴覚的注意の時間特性を検討した。

実験の結果、短音提示から 500 ミリ秒までは注意効果が上昇するが、それ以降は注意効果が持続、そして減少することが明らかになった（図 5 参照）。これは、空間的注意効果が長時間持続しないことを示しており、我々は時間が経過するなかで注意を向け直しているという可能性を示唆するものである。

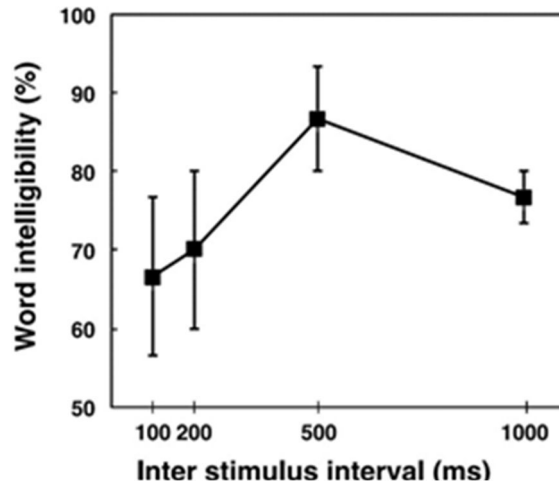


図 5 注意の時間特性の変化

(4) 聴覚的注意の距離特性の検討

日常生活では、聴きたい音が常に同じ位置から発せられるとは限らない。音源、または聴取者自身が動くことによって、その距離が変化することが考えられるが、音源と聴取者との距離と、それに向けられた注意との関係性については、ほとんど知られていない。

そこで、ある距離に注意を向けた状態で、その周囲の距離から提示された音の聴き取りに対する注意の影響についても検証した。ここでは、バーチャル音源を用い、聴取者から 0.13, 0.25, 0.5, 1 m のいずれかの距離から標的音が提示された。このとき、聴取者は 0.13 m と 1 m のいずれかに注意を向け続けながら、標的音が聞こえたか否かを判断し、聞こえた際はできるだけ早く反応するように教示された。注意効果が特定の位置に向けられるならば、その位置での反応が促進されるはずである。

実験の結果を図 6 に示す。図は、注意を向けた時と向けなかったときの反応時間の差を示しており、横軸は注意を向けた位置からの距離である。何れの距離に注意を向けた時でも、その距離から提示された標的音に対して早く反応することが見て取れる。その一方で、注意を向けた距離から離れた位置から標的音が提示された際の反応時間の傾向は注意を向けた距離によって異なっており、遠く（1 m）に注意を向けた際には注意の効果がある程度見て取れる（反応時間が早くなる）一方で、近く（0.13 m）に注意を向けた際には比較的早く反応時間が増加している。これは前者は注意を向けた位置から自分自身に近い側での様相で、後者は遠い側での様相であることが関係していると思われる。すなわち、ある位置に注意を向けると、それよりも自分に近い側に空間的注意の窓が広がっていると考えられる。

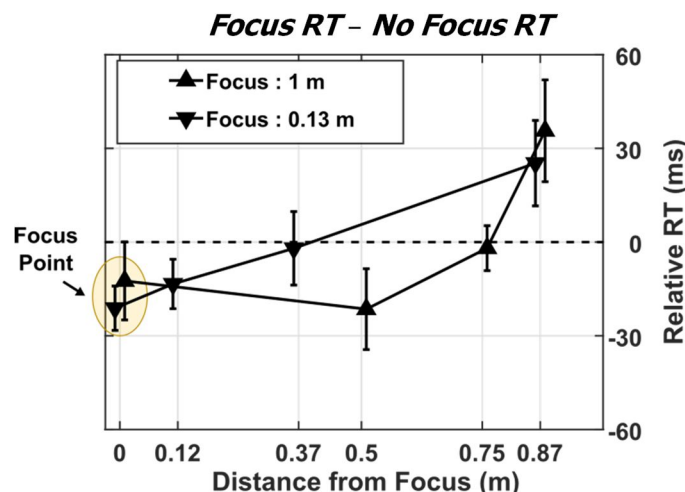


図 6 各条件における反応時間の結果

これらの結果は、注意効果が空間的方位だけでなく、聴取距離に対しても向けられ得ることを示唆している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Ryo Teraoka, Shuichi Sakamoto, Zhenglie Cui, Yoiti Suzuki and Satoshi Shioiri
2. 発表標題 Effects of auditory selective attention on word intelligibility and detection threshold of narrow-band noise
3. 学会等名 Proc. 176th Meeting of the Acoustical Society of America (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Teraoka, Shuichi Sakamoto, Zhenglie Cui, Yoiti Suzuki and Satoshi Shioiri
2. 発表標題 Temporal characteristics of auditory spatial attention on word intelligibility
3. 学会等名 Proc. International Symposium on Universal Acoustical Communication 2018 (UAC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryo Teraoka, Shuichi Sakamoto, Zhenglie Cui, Yoiti Suzuki and Satoshi Shioiri
2. 発表標題 Influence of auditory selective attention on word intelligibility
3. 学会等名 Proc. 65th Open Seminar on Acoustics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺岡諒, 坂本修一, 崔正烈, 鈴木陽一, 塩入諭
2. 発表標題 音声と狭帯域雑音に対する空間的注意効果の様相の比較
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Florent Monasterolo, Shuichi Sakamoto, Cesar D. Salvador, Zhenglie Cui, Yo-iti Suzuki
2. 発表標題 The effect of target speech distance on spatial auditory attention under multi-talker environment
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高井萌子, 川瀬哲明, 坂本修一, 鈴木陽一
2. 発表標題 聴覚的注意に基づく聴覚情報処理障害の臨床検査法の確立に向けて
3. 学会等名 平成31年東北地区若手研究者研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Florent Monasterolo, Shuichi Sakamoto, Cesar D. Salvador, Zhenglie Cui, Yoiti Suzuki
2. 発表標題 The effect of target speech distance on reaction time under multi-talker environment
3. 学会等名 電気情報通信学会技術報告
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤村達弘, 寺岡諒, 坂本修一, 川瀬哲明, 鈴木陽一
2. 発表標題 競合音声存在下での音声聴取に時空間手がかりが及ぼす影響
3. 学会等名 電気情報通信学会技術報告
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺岡諒, 坂本修一, 崔正烈, 鈴木陽一, 塩入諭
2. 発表標題 雑音環境下での音声聴取に空間的注意が及ぼす影響
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告SP2017-79
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	坂本 修一 (SAKAMOTO, Shuichi) (60332524)	東北大学・電気通信研究所・教授 (11301)	
研究分担者	山高 正烈 (崔正烈) (CUI, Zhanglie) (60398097)	愛知工科大学・工学部・准教授 (移行) (33934)	