

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 30 日現在

機関番号：20103

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23611024

研究課題名(和文) サイン音に対する中高齢者の聴覚的注意に関する研究

研究課題名(英文) Attention to auditory annunciation signals of elderly adults

研究代表者

伊藤 精英 (Ito, Kiyohide)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・准教授

研究者番号：90325895

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、中高齢者の日常生活場面における聴覚的注意を支援するサイン音の検討を目的とする。中高齢者とは、およそ45歳から75歳程度であり、聴力機能の低下が始まる時期である。日常生活場面では騒音を背景にして、複数の電化製品からのサイン音を聞き分けながら同時に個々のサイン音の意味を判断しなければならない。

本研究では同時複数音分散聴取と加齢との関連性を明らかにすると共に、中高齢者にも聴覚的注意が容易なサイン音の特性を検討する。変動強度に焦点を当てて新たなサイン音を提案し、その有用性を心理学的実験及び日常生活場面を想定した評価実験により明らかにする。

研究成果の概要(英文)：In this study, we were going to indicate the influence of aging in the ability of detecting multi-sound simultaneously. Further, we investigated features of auditory annunciation signals, which elderly adults, from 45 to 75 years old, can detect easily. Generally, elderly adults are diminishing hearings as compared to young adults. Even though, they have to recognize signals from home electronics separately in daily life. We composed samples of new auditory signal, whistling kettle, focusing on fluctuation intensity. We conducted psychological experiments with elderly blind adults to reveal effectiveness of our new signal in the situation of daily life. Participants could notice the state of boiling from our new signal with high accuracy. The signal was also useful when the signal were overlapped by daily noise. The sound was not confusable with noise, expressed the state of boiling intuitively, and had possibilities to extract various behaviors.

研究分野：時限

科研費の分科・細目：デザイン学

キーワード：サイン音 デザイン 知覚 報知音 中高齢

## 1. 研究開始当初の背景

### 1. 研究の学術的背景と目的

本研究ではいわゆる「当事者研究者参加型」アプローチにより、視覚障害を有する中高齢者の日常生活における聴覚的注意を支援するサイン音の検討を目的とする。中高齢者とは、およそ45歳から75歳程度であり、聴力機能の低下が始まる時期である。

サイン音は、機材操作に伴い頻繁に発生することから、その音の快、不快の問題が研究の中心課題とされており、音の不快感に関する感性評価的研究(松井,1992;西村,2003)や、快音と不快音の印象に関連する音の周波数解析に関する研究(野村,1995)がある。

サイン音の快音化の対象は多岐にわたり、乗用車のウィンカ音に関する研究(栗原,2004)、事務機器のサイン音の感性評価と快音化に関する検討(高田,2001;戸井,2008)、デジタルカメラのシャッター音の快音化に関する研究(村上,2007;戸井,2002)など枚挙にいとまがない。

サイン音が心地よい音質になると、周囲の機材の音から受ける印象の改善に繋がるといった利点がある一方で、警告音や警報音などの取り扱いの問題が残る。

これまでのサイン音に関する研究では、サイン音の音質が、個別に、主として自由音場において検討されているが、複数のサイン音が同時に発生するような状況下での評価が、今後の課題としてあげられる。

また、日本社会においては、中高齢者が全人口に占める割合が急激に増加している。総務省統計局のデータによると、2013年9月において、45歳から64歳までが人口に占める割合は26.4%、65歳以上が人口に占める割合は25.0%であり、両者を合わせると51.4%と過半数を超える。中高齢者にとって適切なサイン音の検討は、社会的な需要であると言える。

立木(2002)は日本人の加齢に伴う聴力変化について報告しており、八木(1996)は日本人の高齢者(65歳以上75歳未満)の聴力レベルを調査している。これらによると、概して、65歳を過ぎると、4kHz以上の中高域周波数において聴力の低下が顕著になるとされている。ところが家電製品で実際に使用されている報知音の音圧と周波数を調査した倉片(1999)の研究によると、炊飯器、電磁調理器、電気ポット、アイロン、エアコン、石油ファンヒーター、扇風機、加湿器など多岐にわたる電化製品の報知音として4kHz以上の周波数が含まれていることが示された。さらに、警告音や終了音などの音圧と、操作音の音圧との差が小さい製品も多く見受けられた。加齢により聴力が低下したユーザにとって、電気ポットの空だき、アイロンの転倒、加湿器の水切れなど報知音に気づくのが遅れた結果、事故につながる可能性もある。

そこで、家電製品の使用者の混乱をできる

だけ減らし、使いやすさを向上させるため、2002年に「JIS S 0013:高齢者・障害者配慮指針 消費生活製品の報知音」が設定された。Kurakata(2008)は報知音のON・OFFの時間パターンを刺激として聴取実験を行い、想像される電化製品の機能イメージを検討した。その結果、想像される機能イメージは想定される報知音の時間パターンと合致しており、「JIS S 0013:高齢者・障害者配慮指針 消費生活製品の報知音」が妥当であることを示している。

ただし、報知音の時間パターンが類似している場合や日常生活音などが重なる場合に、機能イメージを確実に伝達できるかどうかは難しい。サイン音を実際に聴取し使用する日常生活場面では、生活騒音を背景にしながら、複数の電化製品からサイン音が鳴ることが多い。ヒトは、複数のサイン音を聞き分けながら同時に個々のサイン音の意味を判断しなければならない。しかしながら、複数のサイン音を同時に判断することやサイン音の空間定位を行うことは、聴力低下や聴覚的認知の変化が始まる中高齢者にとって、必ずしも容易な課題とは言えない。

Namba(1996)の聴取実験の結果、電話の着信音の正答率は高かったが、家電製品が発するサイン音の正答率は必ずしも高くなかった。例えば、炊飯器の報知音の場合、洗濯機、電気ポット、体温計の終了音と混同が認められた。

西田ら(2000)は家庭内での電化製品の報知音時間パターンを調べ、それらへの意識調査を行っている。彼らの調査結果では、家庭内に13種類の類似した時間パターンを持つサイン音が存在しているという。そして、報知音の源である電化製品を特定しにくい原因として、家庭という狭い空間内で発音している報知音のパターンが多いこと、同じ用途で異なる報知音が使用されていることなどをあげている。

複数の報知音が同時に発せられている場面において、ヒトはいわゆる選択的聴取、あるいは同時複数音分散聴取、という認知処理を行っている。複数の刺激音が同時に提示され、聴取者はそれらを区別し、その刺激音の個数を回答すること、あるいは比較刺激音との相違を回答することが求められる。同時複数音分散聴取プロセスは、被験者が聴覚的注意の並行処理を認知レベルで行っていると考えられており、これまで、純音や音声などでの検討がなされている(柏野ら,1996;川島ら,2009;Bestら,2006;Yostら,1996)。

報知音を同時複数音分散聴取し、その報知音を発している電化製品の状態(機能イメージ)を特定する必要がある。しかしそのためには、報知音として利用されているサイン音の音響特性とそのサイン音の音源とを対連合学習し、かつ複数の異なる報知音から当該サイン音を選択的に聴取しなければならない。上記の調査のように、複数の家電製品からの

報知音が重なって発せられると、音源の特定は容易ではない。まして、日常生活場面では報知音の他に調理や音声、さらには戸外の騒音などの日常生活騒音が加わり、状況によっては報知音を即時に特定することはかなり困難となる。加齢に伴い聴力レベルが低下している中高齢者、及び、視認できない視覚障害者にとっては、電化製品の状態を即時に認識し、適切な行動を起こさなければ、危険な事故につながることも考えられる。

対連合学習を容易にするサイン音のあり方について検討した Keller & Stevens (2008), Gaver (1998) は、サイン音はその基となる機能と直感的に結びつくことが望ましいとしている。つまり、いわゆる生態学的妥当性を重視すべきとしている。具体的には無意味な音の複合ではなく、意味ある自然事象を連想できるような報知音が望ましいとしている。ただし、事象そのものの音では日常生活音と報知音とを混同することが想定されるため、生態学的な妥当性のある報知音の提案や議論が進まないのが現状である。そこで、本研究では、生態学的妥当性の観点から、視認が不可能な視覚障害者、しかも、聴力が低下し始める中高齢の視覚障害者が聴取しやすい報知音を試作し、その評価を行った。

## 2. 研究の目的

生態学的な報知音の観点は、生態心理学の理論の展開であることは言うまでもないが、生態学的な報知音には、次の要素が含まれることとする。

- 音響物理変量の中から直接的に情報、すなわち機能イメージを取り出すことができること
- 取り出される情報が予期的であること（これによりユーザが取り得る行動レパートリーが柔軟になること）
- ユーザがサイン音からアフォーダンスを知覚できること

本研究では、以上の基本コンセプトを満たす報知音として、電気ポットによる水の沸騰プロセスをモニタリングする報知音を作成する。電気ポットの報知音には、水の沸騰という沸騰機能の「終了」を伝えるのみならず、湯温の上昇、つまり沸騰までのポットの動作プロセスモニタリングの情報をも包含できると考えられるからである。また、試作した報知音の有効性を検討するために、報知音から電気ポット内の水の状態をイメージできるか、さらに日常生活騒音及び他の電化製品の操作音や報知音と弁別できるかどうかを心理学的実験によって検討する。

## 3. 研究の方法

本研究では、まず笛吹きケトルによる水の沸騰過程音の周波数解析を行った。解析結果に基づいて沸騰プロセス報知音を試作し、その報知音の評価実験を行った。

### (1) 沸騰過程音の周波数解析

水の沸騰という事象に伴う音を基にサイン音を作成した。そこで、まず、2種類のヤカンによる沸騰音を録音した。さらに効果音ライブラリー (Sound Ideas Series 6000) に収録されているケトル音も含め、3種類の沸騰過程の音について周波数解析を行った。対象としたヤカンは沸騰プロセス及び沸騰完了が明確である「笛吹きケトル」とした。スペクトル解析の結果例を図1に示す。

図1の笛吹きケトルでは、湯温上昇過程で「ぐつぐつ」といった音が聞こえ、沸騰直前から沸騰にかけて「ピッピー」という笛吹き音が聞こえる。沸騰前後の音について見てみると、次の共通点が認められた。

第一に、ケトルからの音は、主として整数次倍音の関係にある倍音構造を持っていた。時おり非整数次倍音が付加されるようにも見えたが、これは、笛吹きケトルの構造による共鳴周波数由来と考えられる。2000Hz から4000Hz の線スペクトル状のパワーが強いことは興味深い。ヒトの聴覚感度が最も高い周波数帯域である1000Hz から4000Hz と合致している。

第二に、沸騰完了に至る際の笛吹き音の周波数変化に、上昇スイープから定常状態に移行するパターンが見られた。笛吹き音の鳴り始めから音が上昇している過程は、沸騰直前から沸騰に達したことを示していると想定される。沸騰に達した後は、ケトル内部の状態の変動が収まることによって、上昇スイープも止まり、定常となったと考えられる。

第三に、水の加熱開始から笛吹きケトルが鳴り始めるまでの音は、水の加熱に伴う「ぐつぐつ」とした音であり、笛吹き音が鳴り出してからは4つのPhaseに分割できた。

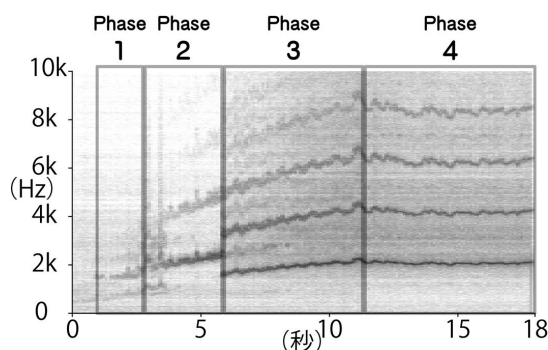


図1 笛吹きケトルを用いた水の沸騰プロセスのサウンドスペクトログラム

Phase1: 吹鳴音の強さが小さく, 周波数も比較的 low, 倍音構造が現れるが, 安定しない. 周波数領域では, 2kHz 以上の強度が比較的小さい.

Phase2: Phase1 に比べ, 2kHz 以上の音が強くなる. 音の強さ, 周波数変化の上昇勾配は一定ではなく揺らぎがある. さらに, 整数次倍音列や周波数変化が明確に聞き取れる.

Phase3: 2kHz 以上の周波数成分は引き続き強い. 強さや周波数変化は Phase2 に比べて安定した上昇勾配を持つ.

Phase4: 2kHz 以上の周波数成分は引き続き強い. 一方, Phase2, Phase3 に認められた音の強さと周波数変化の変動勾配は平坦となり, 強さもピッチも相対的に一定で安定している.

## (2) 沸騰過程報知音としてのサイン音の試作

### 試作にあたっての基本原則

上記の周波数解析を基に沸騰過程の報知音を試作した. 試作にあたり, 基本原則は次の通りであった. 特に音色や音響特性においては, 生態学的な事象の情報に, 着目することとした.

- 複数の家電製品が機能する状況においても, 本報知音を他から分離し, 容易に当該機能イメージを特定できる音色であること.
- 音響特性が継時的に変化することにより, 沸騰機能プロセスの終了を予期できること.
- プロセスモニタリング用サイン音として, 一般化の可能性があること.

### 報知音の構成

以下の操作により沸騰過程報知音を構成した. 図 2 に, 試作した報知音のスペクトログラムを示す.

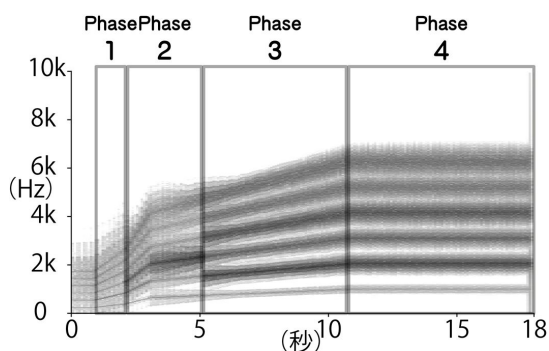


図 2 試作した報知音のスペクトログラム

- 1~6 倍の整数倍の関係にある 6 つの純音を用いて作成した. 各純音は周波数に勾配を持ち, 基音において 300Hz から 1050Hz まで上昇するものとした.
- 純音ごとに, 音量変化の勾配を調整した. 操作は Pro Tools を用いた.
- 合成された複数の純音に対し, 変動強度が時間を追って小さくなるように, 4Hz から 10Hz へと変調周波数が変化するような AM 及び FM の変調を行った.

## (3) 有効性の検討

試作した報知音の有効性を検討するために二つの心理学的実験を実施した. 実験 1 では, 報知音から電気ポット内の水の状態をイメージできるかを検討した. 実験 2 では, 試作した報知音が, 日常生活騒音(家の中での家事に伴う調理音や家電製品の駆動音など), 及び他の電化製品の操作音や報知音と弁別できるかどうかを検討した.

40~60 歳代の中高年重度視覚障害者 6 名が, 上記 2 つの実験に参加した. すべての被験者は自宅に報知音を放つ電化製品を所有していた. 報知音の出る電化製品所有数は, 5~15 個であり, 平均は 9.8 個であった.

### 実験 1

刺激音は次の 3 種類であり, それぞれの音の持続時間は 18 秒であった.

- 効果音ライブラリーのケトルの吹鳴音
- 実際に録音したケトルの吹鳴音
- 試作報知音

被験者は 3 種類の音を 3 回ずつランダムな順で聴取し, 次の状態になったという印象に聞こえたら応答することを求められた.

- S1 めるま湯
- S2 やけどしない程度の熱い湯
- S3 沸騰直前の湯
- S4 沸騰している湯

被験者が, めるま湯(S1), 熱い湯(S2), 沸騰直前の湯(S3), 沸騰中の湯(S4)と判断した時, 実際にはどの Phase の音を聞いての判断だったのかを分類し, 選択率を求めた. 図 3 に, 効果音ライブラリーのケトル音の結果, 図 4 に試作報知音の結果を示す.

ケトル音, 報知音ともに, Phase1 (沸かしはじめ) においては, めるま湯判断(S1)が最も多く, Phase4 (沸騰状態) においては, 沸騰判断(S4)が最も多い. これは, 実際の湯の状態と一致している. 試作報知音では, 沸騰状態を想定した Phase4 よりも先んじて沸騰判断(S4)が現れる傾向があるものの, ケトル音と同様に, 沸騰状態(Phase4)と, それに至る状態とは異なる印象を与えることが可能であると考えられる. また, めるま湯判断(S1)と沸騰直前判断(S3)と沸騰判断(S4)が明確に分かれることが示唆された. つまり, 試作報知音が沸騰状態に先行する状態の特



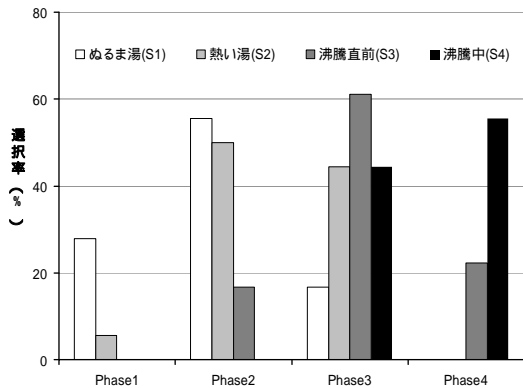


図3 効果音ライブラリーのケトル音における湯の状態判断

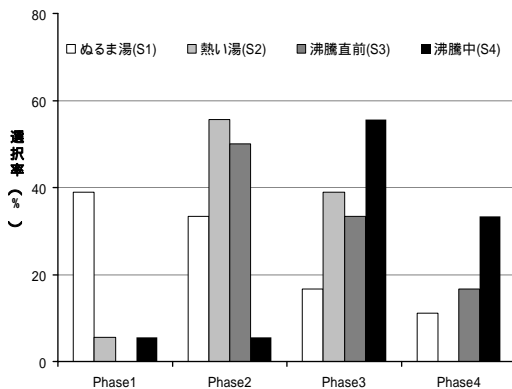


図4 試作報知音における湯の状態判断

定、及び、それに続く沸騰状態の予期を可能にするとと言える。

## 実験2

実験2では、テスト報知音と混合音が提示された。テスト報知音は、(a)試作報知音、(b)試作報知音純音スイープ、(c)炊飯器の終了メロディー音、(d)電子レンジの動作終了音、(e)JIS S 0013 に収録されているサンプル音を弱・強・終了の順に鳴らした報知音列、(f)JIS S 0013 に収録されているサンプル音を終了・強・弱の順に鳴らした報知音列、の6種類であった。混合音は、上記のテスト報知音に、日常生活騒音（調理音、洗濯機の駆動音、ヤカンの沸騰音）を加えたものであった。ただし、テスト報知音を含まず、日常生活騒音のみの音も混合音の一つとして用いた。

個々の試行において被験者には、まずテスト報知音が単独で提示された。続いて混合音が提示された。被験者は混合音の中にテスト報知音が含まれるか、判断が求められた。すなわち、混合音提示中にテスト報知音が含まれると判断できた時点で、ボタンを押して回答し、含まれると判断されない場合は回答しないよう求められた。図5に、テスト報

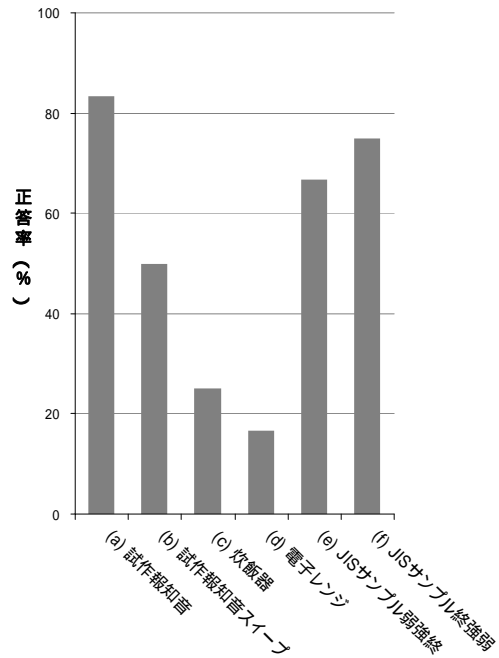


図5 テスト報知音ごとの正答率

知音ごとの正答率を示す。

最も正答率が高かったテスト報知音は(a)試作報知音であり(83.3%)、次いで(f)JIS S 0013 の報知音列であった(75.0%)。判断までに要した時間について見ると、正確な判断が最も早かったのは(b)試作報知音純音スイープであり(5.88s)、次いで(a)試作報知音であった(6.02s)。これらのことから、日常生活騒音下で複数の報知音が混在する聴取条件においても、試作報知音及びその純音スイープ音は、JIS S 0013 の報知音と同程度、あるいはそれ以上に特定できることが考えられる。

## 4. 研究成果

本研究では電化製品を多く利用する重度視覚障害者が電化製品の種類を容易に特定でき、電化製品の動作状態がモニター可能である報知音を試作した。試作にあたり、生態学的妥当性を確保するために次の観点を重視した。すなわち、加熱などの事象により生起する事象音を基礎としながらも、日常生活騒音と混同しないこと、動作状態が直感的にモニターできること、そして報知音が多様な行動を引き出す可能性を有することであった。聴取実験により、試作した報知音が上記の観点から有用であることが示された。

## 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計21件)

滝山聖士・伊藤精英、生態学的アプローチによるプロセスモニタリング用継時的サイン音の作成とその評価、電気ポットの沸騰報知音を題材として、日本感性

工学会生命ソフトウェアシンポジウム  
2013、2013年10月26日、千葉工業大学  
伊藤精英他、感性サーブスに対する音の  
生態学からのアプローチ、第14回日本  
感性工学会大会、2012年8月31日、東  
京電機大学  
伊藤精英他、短時間トーンバーストの知  
覚と倍音の関係に関する基礎的検討、第  
14回日本感性工学会大会、2012年8月  
31日、東京電機大学

〔図書〕(計1件)

村田純一、吉澤望、伊藤精英、他、東京大学  
出版会、知の生態学的転回第2巻 技術・身  
体を取り囲む人工環境、2013年、301(47-80)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

伊藤 精英 (ITO, Kiyohide)  
公立はこだて未来大学・システム情報科学  
部・准教授  
研究者番号：90325895

### (2) 研究分担者

南部 美砂子 (NAMBU, Misako)  
公立はこだて未来大学・システム情報科学  
部・准教授  
研究者番号：10404807