

音声中出现する特定キーワードの自動ゲイン調整を行う装置の開発

○佐々部 岳人（あいらぼ*），天野 俊一（流通経済大学）

Development of a device that automatically adjusts the gain of specific keywords that appear in speech.

○Gakuto Sasabe (ailab), and Shunichi Amano (Ryutsu Keizai University)

Abstract : When we obtain information visually, it is possible to filter only the information we want to obtain, for example, by using a recommendation function for online shopping. On the other hand, in the auditory sense, technologies that uniformly cut noise in specific frequency bands in the outside world, such as noise cancellation, have been put to practical use, but there are still few technologies that cut specific information such as keywords that appear in speech. If such technology is put to practical use, it is expected to contribute to the improvement of productivity and creativity in work involving listening. In this study, we will develop a system that automatically adjusts the gain of speech corresponding to specific keywords. We will also examine the effect of this system on the user's task performance.

1. 緒言

我々が視覚情報によって情報を得る際、文字情報の表示順序や文字の色、大きさを操作することによって重要なキーワードをカットすることができる。また、インターネットの検索エンジンやSNS上のタイムラインなどは、橋梁フィルタリングを応用したレコメンド機能などを用いることにより、関心のある情報を優先的に入手することが可能である。一方、聴覚における類似の技術として、外界の特定周波数帯のノイズを一律に遮断するノイズキャンセリング技術 [1] や、デジタル補聴器においては、衝撃音など突発的に発生する大きな音のみを抑制する機能などがある [2]。しかし、聴覚情報におけるこうしたフィルタリング技術は、基本的にノイズをカットする目的のものが大半である。そのため、視覚情報におけるフィルタリング技術と同様に、音声中に現れるキーワードなど特定の情報を検知して音声をカットする技術は少ない。もし聴覚情報においてもキーワード単位で不要な音声を排除することができれば、例えば会話や傾聴を伴う業務において、生産性・創造性を向上させることが可能になるかもしれない。また、日常生活においても、突発的に飛び込んでくる心理的に有害な音声情報をカットできることが期待される。そこで本研究では、特定のキーワードに対応して音声のゲインを自動調整する装置を提案する。また、提案装置がユーザーのタスク遂行に与える影響について検証実験を行った。具体的には、この装置を装着した実験参加者に、日用品の代用用途を考案する Alternative Uses Test [3] を実施し、発案したアイデアの創造性について評価を行った。

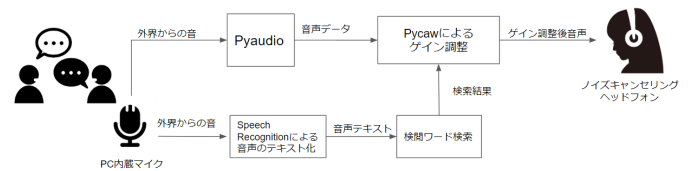


Fig. 1: The device and the configuration

2. 自動ゲイン調整装置

本研究で提案する装置の構成を Fig.1 に示す。本装置はワイヤレスヘッドフォン (ag 製 WHP01K)、PC (DELL 製 ALIENWARE 13(R3))、マイク (ALIENWARE 13(R3) 内蔵マイク) によって構成される。PC には、Python により記述されたシステムが搭載されており、これによってマイクから入力される音に対して自動でゲイン調整を行う。ワイヤレスヘッドフォンはノイズキャンセリング機能を有し、装置使用時はノイズキャンセリング機能を常に ON の状態としている。すなわちユーザーは外界からの音をマイクへの入力によってのみ得ることとなる。マイクへの入力として、基本的に人間による発話を想定している。装置のマイクに入力された音声は、ゲイン調整されてユーザーに届くまでのシステム内の流れについて以下に述べる。まず、マイクに入力された音声は、Google 社の Speech recognition によってテキスト化される (Fig.1 の下部)。次に、生成されたテキストは検索ワード検索クラスに送られ、あらかじめ設定された検索ワードがテキスト中に含まれていないかどうか検索が行われる。もしテキスト中に検索ワードが含まれていた場合は、含まれていた検索ワードと、検索ワードを見つけたという情報がゲイン調整クラスに送られる。一方で、マイクに入力された音声は

Python ライブラリ”Pyaudio”によってチャンクごとの音声データに分けられ、ゲイン調整クラスに送られる (Fig.1 の上部)．ゲイン調整クラスでは、同じく Python ライブラリ”Pycaw”によって音声のゲイン調整が行われる．このゲイン調整の度合いは発見した検閲ワードの種類に応じてあらかじめ設定することができる (例えば, ”こんにちは”というワードを検閲ワードとし、ゲインを0とするトリガーとすることが事前に設定できる)．最後にゲイン調整済の音声が無線ヘッドフォンに送られ、ユーザーは音声を聞くことができる．

3. 自動ゲイン調整装置の効果の検証

3.1 ゲイン調整効果の確認

3.1.1 実験概要

装置によるゲインの自動調整の効果を確認するために、装置を装着した実験参加者に対して特定のキーワードを実験者から話しかけた際に、実験参加者に伝わる音声がどのように変化するかを確認する．実験は対面で行い、実験者と実験参加者が机を挟んで対面で着席する状況で行われる (Fig.3)．後述する実験参加者のタスク遂行に与える影響の実験と同じように、「はじめてください」というキーワードで実験参加者に伝わる音声のゲイン 0 % (無音状態) にし、「終わってください」というキーワードでゲインを 100 % (制限なし状態) とするように設定する．実験者は装置を装着した実験参加者に対して、「はじめてください」と言ったのち、実験参加者に対して 30 秒ごとに設定キーワードの含まれない言葉で声かけを行い、開始から 3 分後「終わってください」と声をかける．

3.1.2 実験結果

装置を装着した実験参加者に対して実験者から「はじめてください」と発話した後、「終わってください」と発話するまでに装置を通してユーザーに届いた音声波形を Fig.2 に示す (ヘッドフォンの右のスピーカーから流れた音声の波形が Fig.2 の上半分、左のスピーカーから流れた音声の波形が Fig.2 の下半分である)．横軸が時間、縦軸が音声の振幅を示している．Fig.2 を見ると実験者からの「はじめてください」の声を検出してから「終わってください」の声を検出する間に発せられた声かけは完全にカットされていることがわかる．また、「終わってください」の言葉を検出した以降はゲインを 100 % に戻し、全く音声をカットしていないことがわかる．



Fig. 2: Audio waveform during automatic gain adjustment

3.2 ユーザーのタスク遂行に与える影響

3.2.1 実験概要

提案装置による音声の自動ゲイン調整がユーザーのタスク遂行に与える影響を調べるため、Alternative Uses Test[3]を行った．Alternative Uses Test (以下 AUT) とは、実験参加者に日用品の新たな使い方のアイデアを思いつく限り列挙させるタスクである．例えば日用品として「鉛筆」を提示する場合、通常であれば「メモを取る」等の用途が考えられる．これに対して AUT では通常の用途から逸脱する「黒板を示すのに使う」「箸の代わりとして使う」などの代案用途を実験参加者に発案させる (創造性の評価指標を乗せる)．回答されたアイデア群に対して、次の 3 つの指標を用いて評価する．

- 1) 流暢性：重複のないアイデア総数
- 2) 柔軟性：重複の無いアイデアの種類数
- 3) 独創性：アイデアの希少度合い．全実験参加者の全回答アイデア軍において、5 % 以下の出現率のアイデアを 1 点、1 % 以下の出現率のアイデアを 2 点とした

AUT 実施後、AUT 結果から各実験参加者の実験結果による創造性指標 (流暢性・柔軟性・独創性) を算出した．その際に実験者の手作業によって、表現の異なる同義表現の正規化をおこなった．流暢性は重複を除いた正規化済みの数とした．正規化済みのアイデアを実験者の手作業により「衣類」、「工具」などの 12 個のカテゴリに分類し、重複しないカテゴリ総数を柔軟性スコアとした．独創性は、正規化済みアイデアについて、出現率が全体アイデアの 5 % 以下のものには 1 点を与え、点数の総和をスコアとした．独創性スコアは、流暢性 (アイデアの総数) と強い関係があることから、その関係をキャンセルしたスコアとして独創

性を流暢性で割ったスコアを算出し、指標に加えた [4]。提案装置は、作業者に対して話しかける人の音声をカットすることによって作業者の集中力を高めることを狙いとしている。そこで本実験では、AUT の最中に実験者が実験参加者に口頭で代替用途を提案させるためのアドバイスをを行うこととする。本稿では 18 歳以上 40 歳未満の 4 人の男女（男性：3 名、女性 1 名）に対して本検証実験を行った際の結果について報告する。

3.2.2 実験環境

実験は対面で行い、実験者と実験参加者が机を挟んで対面で着席する状況で行われる (Fig.3)。実験中における各人の身体運動（頭部および胸部運動）は実験参加者から見て左斜め前方に設置されたビデオカメラ（DJI 製 Osmo Pocket）により記録する。記録したデータは各人の活動量の分析のために使用する。

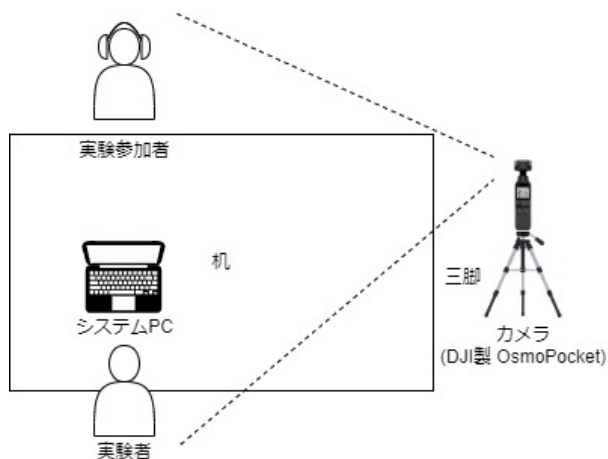


Fig. 3: Experiment environment

3.2.3 実験の流れ

実験の流れを以下に示す

- (1) 実験参加者が提案装置を装着する
- (2) 実験者が実験参加者に AUT の実施方法を説明する
- (3) 実験者が実験参加者にお題となる日用品の名称を伝える。実験者からの「はじめてください」の言葉とともに、実験参加者は AUT を開始する
- (4) 随時、実験者から実験参加者へ、代替用途を提案するためのアドバイスを口頭で伝える
- (5) AUT 開始から 3 分経過した時点で、実験者の「終了してください」の言葉とともに AUT を終了する

- (6) (2) から (4) をもう一度繰り返す

実験参加者は、AUT のお題として、1 回目の試行では「ボールペン」、2 回目の試行では「靴下」について代替用途を回答するよう指示する。実験参加者は提案した代替用途を A4 サイズのフォームに逐次記入する。また、AUT 実施中の実験者からのアドバイスは、お題に依存するもの（お題が靴下であれば「素材が布であることを考えると面白いアイデアが思いつくかもしれません。」等）と、お題に依存しないもの（「誰が使うかを考えてみるというアイデアが思いつくかもしれません」等）を組み合わせ、AUT 開始から 30 秒毎に 1 回ずつ計 5 回口頭で行う。AUT 終了後、実験参加者は心理アンケートに回答する。アンケート結果は実験参加者のアイデア出しへの自己評価や、実験者に対する印象などを調査するために使用する。

3.2.4 実験条件

実験を行うにあたりシステム強使用条件とシステム弱使用条件の 2 条件を設ける。システム強使用条件では、「はじめてください」というキーワードをゲインを 0 %（無音状態）にするトリガーとし、「終わってください」というキーワードをゲイン 100 %（制限なし状態）とするトリガーとする。すなわち、この条件では、具体的な実験に対する説明を除き、AUT 実施中にマイクに入力された音声は全てカットされる。また、システム弱使用条件では、ゲイン調整を行うトリガーを設けず、実験の全ての段階でマイクに入力された音声はそのまま実験参加者に伝達される。今回の実験においては、各条件に付き 2 名ずつ実験を実施した。実験参加者にはどちらの条件が適用されたかについて知らなかった。

3.2.5 実験結果

システム強使用条件とシステム弱使用条件における AUT 課題の創造性指標の結果をそれぞれ Table.1, Table.2 に示す。

4. ディスカッション

1 回目の試行、2 回目の試行の両方で、システム強使用条件のほうが AUT における流暢性（アイデアの総数）が高くなる傾向が見えた。この結果の要因として AUT 中に実験者からのアドバイスをカットしたことにより、気を散らさず集中してアイデア出しに取り組むことができ、結果として思いついたアイデアの数が多くなった可能性が考えられる。今回はアドバイスを一律にカットしたがカットするアドバイスを選択したり、アイデアが出尽くしたことを検

Table 1: システム弱使用条件での AUT 課題における創造性指標

試行 1 回目 お題：ボールペン			
創造性指標	実験参加者 1	実験参加者 2	平均
流暢性	4	7	5.5
柔軟性	3	6	4.5
独創性	1	4	2.5
独創性/流暢性	0.25	0.57	0.41
試行 2 回目 お題：靴下			
創造性指標	実験参加者 1	実験参加者 2	平均
流暢性	6	6	6
柔軟性	5	4	4.5
独創性	2	3	2.5
独創性/流暢性	0.33	0.5	0.42

Table 2: システム強使用条件での AUT 課題における創造性指標

試行 1 回目 お題：ボールペン			
創造性指標	実験参加者 3	実験参加者 4	平均
流暢性	8	9	8.5
柔軟性	4	4	4
独創性	3	4	3.5
独創性/流暢性	0.38	0.44	0.41
試行 2 回目 お題：靴下			
創造性指標	実験参加者 3	実験参加者 4	平均
流暢性	7	9	8
柔軟性	5	5	5
独創性	6	6	6
独創性/流暢性	0.86	0.67	0.76

知して、アドバイスのカットをやめることなどができれば、更に流暢性を向上させることができるかもしれない。柔軟性に関しては、システム強使用条件と弱使用条件の間でほとんど変化がなかった。独創性については 2 回目の施行のみ、システム強使用条件の方が独創性/流暢性の値が高くなる傾向が見えた。これは AUT 中に実験者からのアドバイスをカットしたことにより、実験者が提示したアドバイスに思考が引っ張られず、結果としてアイデアの独自性が高くなった可能性が考えられる。今回はシステム強使用条件とシステム弱使用条件で、それぞれ別の参加者が AUT を行ったが独創性や流暢性の値は個人による差異があると考えられ、そのような差異を包括するような実験系を考えていく必要がある。また、今回は実験前に AUT のプレテストを行うことはしなかったが、創造性指標を正確に捉えるため、今後導入することを考えていく。

5. 結言

本稿では特定のキーワードに対応して音声のゲインを自動調整する装置を開発し、この装置を装着した実験参加者にシステム強使用条件とシステム弱使用条件に分かれて、Alternative Uses Test を行ってもらうことで、提案装置がユーザのタスク遂行に与える影響を検討した。各条件の参加者が 2 名ずつで統計解析はできていないものの、システム強使用条件において AUT の創造性指標の一つである流暢性が高くなる傾向が見えた。発表までには更に実験を重ね、また、収集した心理アンケートの結果についても分析しながら提案装置の有効性について検証していく。また、本稿では実験の様子を撮影した映像については分析を行わなかったが、こちらに関しても AUT 中の各条件での参加者の動作の違いなどの観点から解析を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 西村 正治, アクティブノイズコントロールの現状, 計測と制御, 2012, 51 巻, 12 号, p. 1105-1109
- [2] 細井 裕司, 補聴器この 20 年間の進歩, 日本耳鼻咽喉科学会会報, 2011, 114 巻, 12 号, p. 905-911
- [3] Guilford, J. P., "The nature of human intelligence", New York, NY: McGraw-Hill, 1967
- [4] 中原和洋, 「アイデア創出の促進および阻害要因の解消」, ユニシス技報, 日本ユニシス, 第 139 号, 2019 年 53 月