

Pseudo Human Sense in the Loop: 聴衆の感覚の疑似フィードバックによる プレゼンテーション支援方法の提案

野口 紅葉^{1,a)} 竹川 佳成^{1,b)} 平田 圭二^{1,c)}

概要: 近年, ウェアラブルコンピューティング技術を活用し, ユーザの状況を考慮した情報提示手法に注目が集まっている. 既存の情報提示手法の多くは, ユーザに行動の選択肢を与える情報を提示し, 行動を促す. しかし, ユーザが自分自身の行動を適切に制御できない場合がある. ユーザに行動を促すだけでなく, ユーザの行動を強制的に制御することは重要である. このような行動制御手法は, 視覚や聴覚などの感覚器を刺激するアクチュエータ (例えば, ディスプレイやスピーカなど) を使って感覚を刺激し, 普段の感覚と整合性を保とうとする反応を逆手にとって, 行動を制御している. しかし, これらの研究の多くは, 実世界に行動制御手法を導入する場合における, 刺激の強度の決定方法について未検討である. この問題を解決する手法として, 本研究では人の行動制御には他者の存在が影響していることに着目した. 他人の感覚を疑似的に再現した結果にもとづき, ユーザにフィードバックする刺激の量を決定する手法を提案する. 本研究では, これを Pseudo Human Sense in the Loop (本論文では以降, PHSIL と呼ぶ) と定義し, プレゼンテーションを対象に, 聴覚的および視覚的に PHSIL を適用した認知心理学実験を実施することで, PHSIL の有効性について検証する.

1. はじめに

近年, ウェアラブルコンピューティング技術を活用し, ユーザの状況を考慮した情報提示手法に注目が集まっている. 例えば, Google Glass や AppleWatch どのウェアラブル端末を用いて, 目的地までのナビゲーション, 買い物時のセール情報, 歩数や心拍に基づくヘルスマネジメントなど, ユーザにとって有用な情報を提供することでユーザの行動を支援している. このように, 既存の多くの情報提示手法は, ユーザに行動の選択肢を与える情報を提示し, 行動を促すものが多い. しかし, 緊張状態, 酔酩状態, 混乱状態など, ユーザが自分自身の行動をただちに制御できない場合がある. したがって, ウェアラブルシステムにより, ユーザに行動を促すだけでなく, ユーザの行動を制御することは重要である.

これまでに行動制御手法はいくつか提案されている [1], [2], [3], [4], [5], [6]. いずれも視覚や聴覚といった感覚器を刺激するアクチュエータ (例えば, ディスプレイや

スピーカなど) を使って感覚を刺激し, 普段の感覚と整合性を保とうとする反応を逆手にとって, 行動を制御している. しかし, 実世界でこれらの行動制御手法を導入する場合に, 刺激の強度の決定方法に関しては未検討である.

例えば, 筆者らの研究グループが開発した音量制御手法は, ホワイトノイズや自身の声を発話者の聴覚にフィードバックすることで, 音量の増幅/減衰に成功した [7]. 聴覚に与えるフィードバックを強くすれば強くするほど, 音量の増幅/減衰は強くなるという結果が得られている. 提案手法の応用例の1つとして, プレゼンテーションにおける音量の制御を検討しているものの, 提案手法は防音室という静かな環境における実験室実験にとどまっており, 実際のプレゼンテーションの環境とは大きく異なっている. 実際のプレゼンテーションでは, 例えば, プレゼンテーション開始時は緊張で声が小さかったが, 後半になるにつれて発表に慣れることで, 声が大きくなることもある. また, 聴衆が騒がしいことで, 発表者はどの程度大きな声を出せばいいか, わからないこともある. 発表を行う会場の大きさも, 発話音量に大きな影響を与える. したがって, プレゼンテーションを支援する上で, 一定の刺激量で行動を制御することは困難である.

この問題を解決する手法として, 本研究では人の行動制

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

a) g2120038@fun.ac.jp
b) yoshi@fun.ac.jp
c) hirata@fun.ac.jp

御には他者の存在が影響している [8] ことに着目した。そして、マイクやビデオカメラを利用して、他者の感覚を疑似的に再現した結果にもとづき、ユーザにフィードバックする刺激の強度を決定する手法を提案する。本研究では、この手法を Pseudo Human Sense in the Loop (本論文では以降 PHSIL と呼ぶ) とし、プレゼンテーションを対象に、聴覚的および視覚的に PHSIL を適用した認知心理学実験を実施することで、PHSIL の有効性について検証する。

2. PHSIL にもとづく行動制御手法

PHSIL にもとづく行動制御手法の対象として、プレゼンテーションを想定している。就職活動や学会発表でのプレゼンテーションなどにおいて、緊張しないという人は珍しく、特にプレゼンテーションの重要度が増すにつれて感じる緊張は大きくなる。緊張のために声小さくなってしまったり、後方の聴取者が見づらいと感じるスライドを提示してしまったりする。PHSIL にもとづく行動制御手法を発表者に適用することで、これらの問題を解決する。

2.1 音量制御手法

発話中にホワイトノイズを発表者自身に聞かせることで、発表者の発話音量を増幅させる。プレゼンテーションでは、発表者自身の原因（緊張や不安、練習不足など）だけでなく、発表会場の環境（発表会場の大きさ、聴衆のざわつきなど）によって最適な発話音量は異なるため、発表者にフィードバックするホワイトノイズの音量も動的に制御する必要がある。

音量制御モデルを図 1 に示す [8]。我々が日常生活で行っている通常の音量制御モデルでは、(i) 発表者の発話音声を、聴取者が聞き取る。(ii) 発表者が発話した音声は、発表者自身の耳介や頭蓋骨を介して、発表者の鼓膜に届く。(iii) 聴取者が、発表者の発話音声を聞き取りづらいと感じたときには、(iv) 聴取者は「もっと大きい声でしゃべってほしい」など聞き取りづらいことを発表者に伝える。(v) (vi) これを発表者が受け取ることで (vii) 声を大きくするという行動の変容が現れる。

この音量制御モデルに PHSIL を取り込んだモデルでは、(i) 発表者の発話音声を聴取者が聞き取る。なお、聴取者が聞き取る発表者の発話音声のことを聴取音声と呼ぶ。(viii) 聴取音声を、発表者にフィードバックすることで、(vi)(vii) 発表者の音量を制御する。

具体的には、発表者が聴取する自分自身の発話音量が、聴取者（例えば、発表会場の後部座席に座っている聴取者など）が聞いている発表者の発話音量と同程度となるよう、発表者にホワイトノイズを聴かせる。すなわち、ホワイトノイズにより (ii) の発話音声を減衰させる。これにより、発表者は聴衆者が聞いている発表者の発話音声を疑似的に体験する。聴取者が発表者の発話が聞こえづらい場合、発

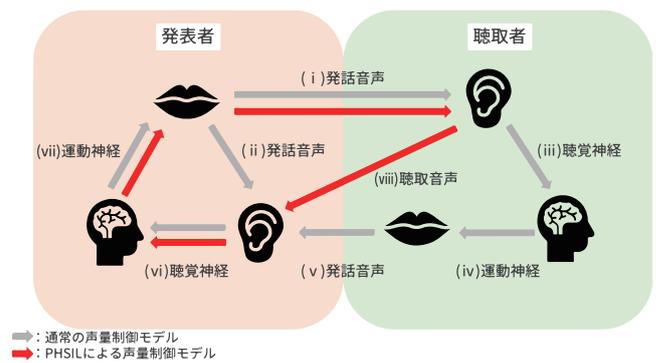


図 1 音量制御モデル

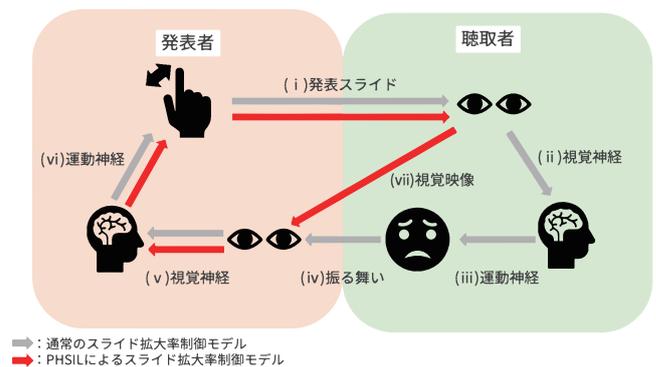


図 2 スライド拡大率制御モデル

表者自身にとっても自分自身の発話が聞こえづらくなるため、発表者は不随意的に発話音量を大きくする。当該聴取者にとって聞こえやすい音量になった場合、発表者自身にとっても聞こえやすい音量になっているため、必要以上に発表者が発話音量を大きくすることはない。

2.2 スライド拡大率制御手法

発表者がスクリーンを見たとき、普段見えているスライドよりも小さいサイズのスライドに差し替えることで、発表者のスライド拡大率を増幅させる。プレゼンテーションでは、スライドに含まれる情報の量によって、フォントサイズが異なったり、図や表が挿入がされたりする。また、発表会場の広さによっても最適なスライド拡大率は異なる。

スライド拡大率制御モデルを図 2 に示す。我々が日常生活で行っている通常のスライド拡大率制御モデルでは、(i) 発表者が聴取者に向けてスライドを提示する。(ii) 聴取者がスライドを見づらいと感じたときには、(iii) 目を細めてスライドを見づらいことを示す反応をする。(iv)(v) この反応を発表者が観測することで、(vi) スライドを拡大するというような行動の変容が現れる。

このスライド拡大率制御モデルに PHSIL を取り込んだモデルでは、(i) 発表者が聴取者に向けてスライドを提示する。(vii) 聴取者が見ている視覚映像の一部（スクリーン領域のみ）を (v) 発表者へフィードバックすることで、(v i) スライド拡大率の制御を行う。なお、聴取者が見るスク

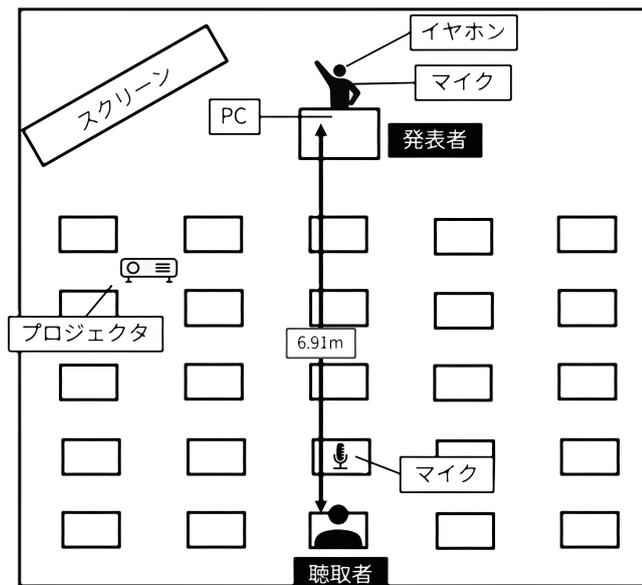


図 3 実験環境

リーンのことを見取映像と呼ぶ。

具体的には、発表者が見る自分自身の視覚映像が、聴取者（例えば、発表会場の後部座席に座っている聴取者など）が見ている発表者の視覚映像と同程度となるよう、発表者に提示するスクリーン部分の視覚映像を制御する。発表者は聴取者が見るスクリーンに投影されたスライドを疑似的に体験する。聴取者が発表者のスライドが見えづらいう場合、発表者自身にとっても自分自身のスライドが見えづらくなるため、発表者は不随意的にスライドの拡大率を大きくする。聴取者にとって見えやすいスライドになった場合、発表者自身にとっても見えやすいスライドになっているため、必要以上に発表者がスクリーンのサイズを大きくすることはしない。

3. 音量制御に着目した PHSIL の検証

提案手法（以降、PHSIL ノイズ手法と呼ぶ）は PHSIL による音量制御モデルにもとづきホワイトノイズの増幅量を決定する。PHSIL ノイズ手法によるホワイトノイズの増幅量制御が妥当かどうかを検証するために評価実験を実施した。スライドを用いたプレゼンテーション（以降、プレゼンと記述する）を実験シナリオとして設定し、プレゼンを行う発表者、プレゼンを視聴する聴取者をそれぞれ被験者とした。また、2種類の比較手法を用意し、プレゼン中の発表者の音量、音量変化の持続性、聴取者の主観的なプレゼンの聞き取りやすさを評価項目とし、提案手法の有用性を評価した。

被験者

被験者は 20 人（発表者 10 人、聴取者 10 人）であり、発話・聴覚・視覚などに障害を持たない健全な大学生である。全ての被験者は、本研究の詳細や実験目的を理解していな

い。被験者を募集する際には、人前でスライドを用いてプレゼンしてもらうタスクか、発表者の話を聞いてもらうタスクのどちらかを実施してもらうと伝えた。なお、発表者が、人前でプレゼンする頻度は 1 年に 1 回ないし 2 回で、プレゼンに慣れていない。

比較手法

比較手法として、発表者にホワイトノイズを提示せず、一般的なプレゼンテーションと同様の状況でプレゼンしてもらうノイズ無手法、ホワイトノイズの増幅量が一定の固定ノイズ手法を利用した。なお、本論文では、PHSIL ノイズ手法および固定ノイズ手法の総称として、ノイズ有手法と呼ぶ。

課題スライド

発表者にプレゼンしてもらう課題スライドは 11 ページのスライドから構成され、発表時間は約 6 分である。PHSIL ノイズ手法および比較手法いずれも同じ課題スライドを利用した。WiFi 利用者向け簡易マニュアル-安全な WiFi 利用に向けて^{*1}という web 記事を編集し、スライドとして利用した。

被験者への指示

PHSIL ノイズ手法および比較手法いずれの発表者に、スライドに表示されている内容をわかりやすく聴取者に伝えてほしいと指示し、次ページに移動するタイミングやその際に補足する言葉などは自由に付け加えていいと伝えた。なお、発話音量の大きさは、発表者に指示しなかった。聴取者には、発表者の発表を聞いてほしいと指示し、発表後にアンケートに回答してもらうと伝えた。

実験場所

実験場所は、公立はこだて未来大学の講義室である。講義室には天井スピーカーや壁面スピーカは設置されていない。通常の講義では、教員は地声でスライドや白板を利用しながら講義を実施する。また、講義室にはプロジェクタが設置されており、プレゼン用 PC から配信されるスライドがスクリーンに投影される。実験環境を図 3 に示す。

実験手順

発表者には以下の手順で実験に取り組んでもらった。なお、項目 2 から項目 4 は、順序効果を防ぐために、発表者ごとにランダムに実施した。また、プレゼン終了後に 20 分間休憩を設定した。これは、発表中に提示されたホワイトノイズの影響をリフレッシュするため、体力を回復するためである。休憩中に表 1 に示すアンケートに回答してもらった。

- (1) 課題スライドおよびノートを読み込んでもらい、課題スライドの内容を理解してもらった。また、課題スライドをインストールした発表用 PC を用いてプレゼンを練習してもらった。これらの一連の作業は 30 分間

^{*1} http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho-tsusin/security/cmn/wi-fi/Wi-Fi_manual_for_Users.pdf

表 1 アンケート内容

質問項目	
発表者	ホワイトノイズは不快に感じたか? (1:不快に感じた-5:不快に感じなかった)
聴取者	発表者の声は聞き取りやすかったか? (1:聞き取れなかった-5:聞き取りやすかった)

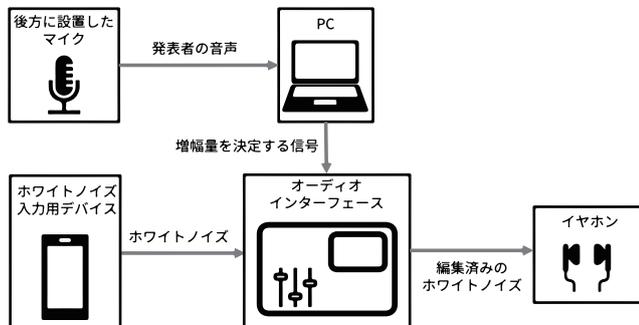


図 4 PHSIL ノイズ手法の実験システム

を限度とし、発表者に満足するまで実施してもらった。PCを用いたスライド操作は問題なく行えることを確認した。

- (2) PHSIL ノイズ手法を用いてプレゼンしてもらう。
- (3) 固定ノイズ手法を用いてプレゼンしてもらう。
- (4) ノイズ無手法を用いてプレゼンしてもらう。

実験システム

発表者は胸元にピンマイク（発話量を記録するためのマイク）、耳にイヤホン（ホワイトノイズを聴取するための骨伝導イヤホン）を装着した。PHSIL ノイズ手法の実験システムを図4、評価項目を表5に示す。以下、各手法の実験システムの詳細を説明する。

PHSIL ノイズ手法：講義室後方に着席する聴取者の隣にマイク（以降、後方マイクと記述する）を設置した。また、予備実験にて、後方マイクの位置における最適な音量を調べ、そのときに後方マイクで記録した音声信号に対し、サンプリング周波数 44.1kHz および量子化ビット数 16bit で記録した。この音声信号を 4kHz に変換した上で、振幅の絶対値を取得し、100 サンプル分の移動平均を算出した。振幅は 1 から -1 まで変化し、その振幅に対して絶対値を適用し、デシベルに変換したものを X_{prop} とする。聞こえづらいと判断される音声信号に対し、同様の処理を適用したものを X_{min} とする。プレゼン時の発話中に提示するホワイトノイズの増幅量は 0dB から 24dB であり、128 段階で制御する。また、発表者が発話していないときにはホワイトノイズの増幅量を 0dB にする。後方マイクの音声信号に対して、上記と同様の処理を適用した入力 (x) に対して、以下の式にもとづき、発表者に提示するホワイトノイズの増幅量の段階 (y) を設定した。 y が大きくなるほど発表者に提示するホワイトノイズの増幅量は大きくなる。なお、 y が 0 より小さい場合 $y = 0$ とし、 y が 127 より大き

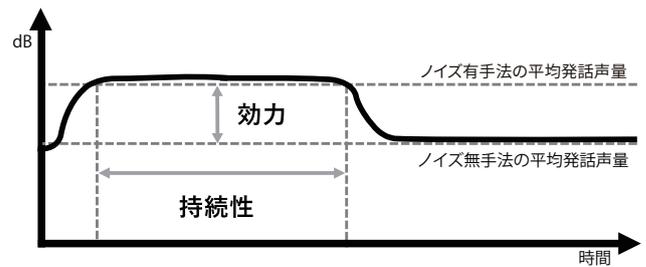


図 5 評価項目

い場合 $y = 127$ である。

$$y = 127 - (x - X_{min}) / (X_{prop} - X_{min}) * 127$$

ホワイトノイズの増幅量の段階を計算する PC として Apple 社の MacBook、発表者の音声記録用 PC として TOSHIBA 社の dynabook を使用した。また、胸元に設置したピンマイクとして audio technica 社の AT9904、後方マイクとして audio technica 社の AT-VD3 を使用した。さらに、イヤホンは AFTERSHOKZ 社の AS400 を使用した。加えて、ホワイトノイズの音源に対して、指定された音量を生成するために Roland 社の VR-4HD を使用した。PC と VR-4HD は MIDI で通信する。プロジェクターは、EPSON 社の EB-940 を使用した

固定ノイズ手法：固定ノイズ手法では、発表者に常に 24dB のホワイトノイズを提示する。それ以外は、PHSIL ノイズ手法の実験システムと同様である。言い換えれば、固定ノイズ手法は、発表者を基準に後方マイクを無限遠に設置した実験条件に相当する。

ノイズ無手法：ノイズ無手法では、PHSIL ノイズ手法や固定ノイズ手法で提示していたホワイトノイズを提示しない。したがって、発表者はイヤホンを装着しているものの、イヤホンからホワイトノイズは出力されない。言い換えれば、ノイズ無手法は、発表者が装着するピンマイクと同じ位置に後方マイクを設置した実験条件に相当する。

評価項目

評価項目は図5に示す効力および持続性である。加えて、上述したアンケート項目である。効力および持続性の各評価項目の算出方法を説明する。なお、マイクから取得した音声のサンプリング周波数は 44.1kHz および量子化ビット数は 16bit である。この音声信号を 4kHz に変換した上で、発表者の音声信号から、振幅の絶対値を取得し、100 サンプル分の移動平均を算出した。振幅は 1 から -1 まで変化し、その振幅に対して絶対値を適用し、デシベルに変換したものを平均発話声量と定義する。

効力：ノイズ無手法で計測した平均発話声量 (dB) とノイズ有手法の平均発話声量 (dB) の差

持続性：発表者のノイズ有手法における発話声量が、ノイズ無手法の平均発話声量を超えていた時間 (秒)

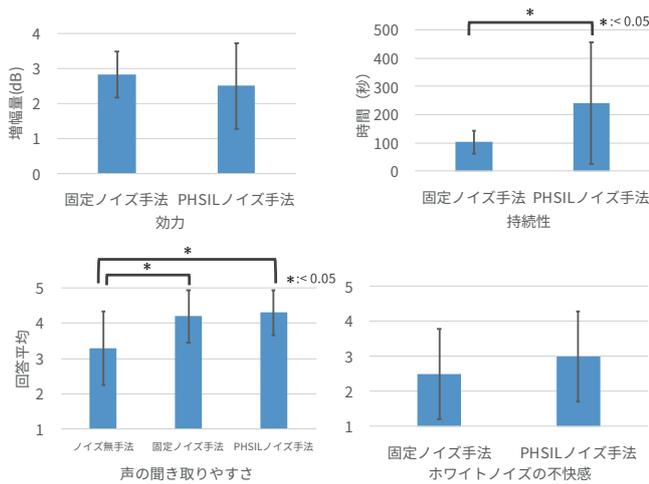


図 6 音量制御結果

3.1 結果

評価項目ごとの結果を図 6 に示す。なお、PHSIL ノイズ手法における発表者に提示したホワイトノイズの平均増幅量は約 12.8dB であった。

効力

PHSIL ノイズ手法の効力は平均 2.6dB であった。一方、固定ノイズ手法の効力は平均 2.8dB であった。PHSIL ノイズ手法および固定ノイズ手法の効力について、有意水準 5% において、Welch の t 検定を適用した結果、有意差は観測されなかった。

持続性

固定ノイズ手法の持続性は平均 99 秒および PHSIL ノイズ手法の持続性は平均 248 秒であった。固定ノイズ手法および PHSIL ノイズ手法間で持続性は大きく異なっている。固定ノイズ手法および PHSIL ノイズ手法間の持続性について、有意水準 5% において Welch の t 検定を適用した結果、有意差が観測された ($t(16) = 4.01, p < .05$)。

アンケート結果

ノイズの不快感に関して、固定ノイズ手法は平均 1.8、PHSIL ノイズ手法は平均 3.0 となった。有意水準 5% において Wilcoxon の符号付順位和検定を適用した結果、固定ノイズ手法と PHSIL ノイズ手法とで有意差が観測された ($Z = 2.32, p < .05$)。数値が小さいほど不快であることを意味し、固定ノイズ手法は PHSIL ノイズ手法よりも不快に感じるといえる。

発表者の声の聞き取りやすさに関して、ノイズ無手法は平均 3.3、PHSIL ノイズ手法は平均 4.3、固定ノイズ手法は平均 4.2 であった。また、有意水準 5% において Wilcoxon の符号付順位和検定を適用した結果、ノイズ無手法と PHSIL ノイズ手法間 ($Z = 3.37, p < .05$) および、ノイズ無手法と固定ノイズ手法間 ($Z = 3.21, p < .05$) で有意差が観測された。数値が大きいほど声が聞き取りやすいことを意味し、ノイズ有手法はノイズ無手法よりも声が聞き取りやす

いといえる。

3.2 考察

3.2.1 ノイズ有手法 vs ノイズ無手法

効力の結果より、PHSIL ノイズ手法および固定ノイズ手法はノイズ無手法よりも発話音量が大きくなることが観測された。また、聴取者のアンケート結果より、ノイズ無手法よりもノイズ有手法の方が、発表者の発話音量が聞き取りやすいという結果が得られた。ホワイトノイズを発表者に提示することで、発表者の音量は増幅し、その増幅した音量は聴取者が聞き取りやすいと感じ取れるまで明確に変化したといえる。

3.2.2 固定ノイズ手法 vs PHSIL ノイズ手法

PHSIL ノイズ手法および固定ノイズ手法間には、発話音量の差は観測されなかった。また、PHSIL ノイズ手法と固定ノイズ手法の結果で大きな差が観測された点として、持続性がある。固定ノイズ手法は常に 24dB のホワイトノイズが提示されているため、後方に十分聞こえる音量であっても、必要以上に大きい音量で発話することになった。これにより、発表者は疲弊してしまい、プレゼン中の終盤は大きい音量で発話することができなくなった。また、ホワイトノイズの大きさに変化がないため、ホワイトノイズが提示される環境下に耳が慣れてしまい、音量が減衰するという発表者もいた。

ホワイトノイズの不快感に関しては、PHSIL ノイズ手法より固定ノイズ手法が不快という結果が得られた。固定ノイズ手法が不快と感じる理由について発表者にヒアリングしたところ、固定ノイズ手法で提示したホワイトノイズの増幅量は基本的に大きく、ホワイトノイズがうるさいと感じるというコメントがすべての被験者から得られた。一方、PHSIL ノイズ手法は、個人差がある地声の大きさに対して柔軟に対応でき、地声が比較的大きい 3 名の発表者に対しては、ホワイトノイズの増幅量は少なかった。また、ホワイトノイズの平均増幅量は 12.4dB で、固定ノイズと同等の 24dB のホワイトノイズの平均増幅量を発表者に提示することはなかった。

4. スライド拡大率制御に着目した PHSIL の検証

提案手法（以降、HMD 有手法と呼ぶ）は、PHSIL によるスライド拡大率制御モデルにもとづき、HMD に表示されるスライドの大きさを決定する。HMD 有手法が有用かどうかを検証するために評価実験を実施した。スライドを用いたプレゼンを実験シナリオとして設定した。プレゼンを行う発表者、プレゼンを視聴する聴取者をそれぞれ被験者とした。また、比較手法を用意し、プレゼン中のスライドの最大拡大率、プレゼンスライドの見やすさを評価項目とし提案手法の有用性を評価した。

被験者

被験者は20人(発表者10人,聴取者10人)であり,発話・聴覚・視覚などに障害を持たない健康な大学生である。全ての被験者は,本研究の詳細や実験目的を理解していない。被験者を募集する際には,人前でスライドを用いてプレゼンしてもらうタスクか,発表者の話を聴いてもらうタスクのどちらかを実施してもらうと伝えた。なお,発表者が,人前でプレゼンする頻度は1年に1回ないし2回で,プレゼンに慣れていない。

比較手法

比較手法として,HMDを装着せず,一般的なプレゼンテーションと同様の状況でプレゼンしてもらうHMD無手法を利用した。

課題スライド

発表者にプレゼンしてもらう課題スライドは3ページのスライドから構成され,発表時間は約4分である。HMD有手法とHMD無手法は,異なるスライドを利用した。課題スライドは主に,文章,地図,グラフから構成される。これは,一般的に,文章とグラフを使用するプレゼンテーションが多く存在することや,地図を利用してプレゼンテーションをする場合,地図の全体を提示しながら説明したい,目的地などを拡大しながら説明したいといったように拡大縮小が頻繁に生じると考えられたためである。文章やグラフと比べ,地図は発表者によって発表方法が大きく異なることが予想される。飛行機の説明^{*2}および,ITの説明^{*3}を文章スライドとして利用した。甲府駅から科学館までアクセス^{*4}および,名古屋駅から名古屋城までのアクセス^{*5}を地図スライドとして利用した。台風の接近数^{*6}および,日本のお菓子の推定生産量^{*7}をグラフスライドとして利用した。

実験手順

HMD有手法およびHMD無手法いずれの発表者にも,スライドに表示されている内容をわかりやすく聴取者に伝えてほしいと指示し,次ページに移動するタイミングやその際に補足する言葉などは自由に付け加えていいと伝えた。なお,スライドの拡大率は,発表者に指示しなかった。聴取者には,発表者の発表を聴いてほしいと指示し,発表後にアンケートに回答してもらうと伝えた。

実験場所

実験場所は,3章と同様の講義室を利用した。実験環境を図7に示す。

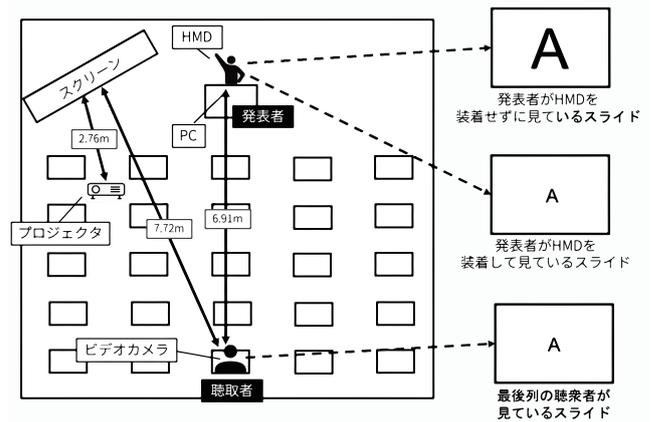


図7 実験環境

表2 アンケート内容

	質問項目
聴取者	発表中のスライドは見やすかったですか? (1:見づらかった-5:見やすかった)

実験手順

発表者には以下の手順で実験に取り組んでもらった。なお,項目2から項目3は,順序効果を防ぐために,発表者ごとにランダムに実施した。また,プレゼン終了後に10分間休憩を設定した。これは,発表中に提示されたスライドの拡大率の影響をリフレッシュするため,体力を回復するためである。実験終了後,HMD有手法は発表の助けになったかについて,インタビューに回答してもらった。聴取者には実験終了後,表2に示すアンケートに回答してもらった。

- (1) 課題スライドを読み込んでもらい,課題スライドの内容を理解してもらう。PCを用いたスライド操作は問題なく行えることを確認する。
- (2) HMD無手法を用いてプレゼンしてもらう。
- (3) HMD有手法を用いてプレゼンしてもらう。

提案システム

図7に示すように,発表者はHMD(講義室後方の聴取者目線のスライドを挿入するため)を装着した。スクリーンの大きさは1.54×2.04(m)の物を使用した。スクリーンとプロジェクタの距離は2.76(m)離れており,スクリーンと聴取者は7.72(m)離れていた。以下,各手法の実験システムの詳細を説明する。

HMD有手法: 評価実験を実施するために,図8に示す実験システムを構築した。実験システムはPCとHMD間でビデオ通話を行うことで画面の共有を行う。その際,PCではMicrosoft Teamsというアプリを利用し,HMDではRemote Assistというアプリケーションを利用した。PCに搭載されたタッチパッドの,ピンチインおよびピンチアウト操作により,スライドの拡大率を変える。発表者にはHMDを装着してもらい,HMDには講義室の後部座席にてスクリーンを見ている人の視覚映像の一部を挿入する。

^{*2} https://ja.wikipedia.org/wiki/飛行機#cite_note-1
^{*3} https://www.internetacademy.jp/it/programming/programming-basic/it_usage_something_field.html
^{*4} <https://www.kagakukan.pref.yamanashi.jp/>
^{*5} <https://www.nagoya.jo.city.nagoya.jp/>
^{*6} <https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/statistics/accesion/index.html>
^{*7} http://www.chocolate-cocoa.com/statistics/domestic/confectionery_j.html

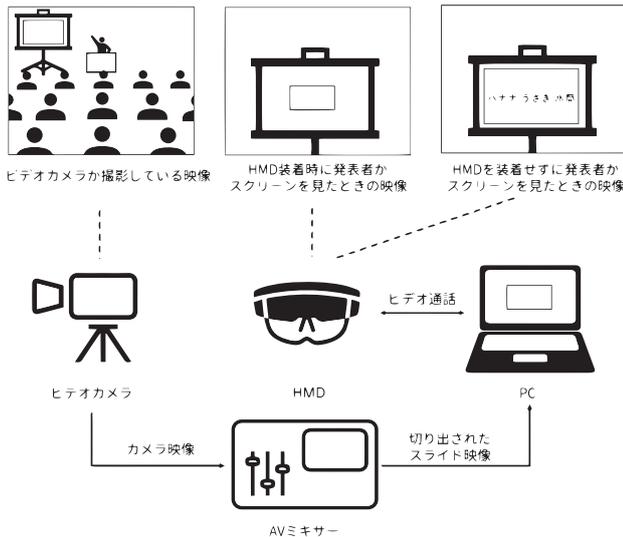


図 8 HMD 有手法の実験システム

なお、本研究では、視覚映像の一部と、ビデオカメラ映像をトリミングしたものが、同一であることを前提としている。HMD に挿入するスライドのサイズは、HMD 有試行開始前に実験者が講義室の後部座席に着席し、スクリーンのスライドのサイズと同じになるように調節した。また、HMD 内のスライドがスクリーンから浮いて見えないように調節した。試行開始時のプロジェクタに表示されているスライドの拡大率は 100% であり、試行中は発表者が自由に拡大率を変化できるようにした。

PC として Apple 社の Macbook を使用した。PC はスライドの表示と、HMD の通話に使われる。HMD として Microsoft 社の HoloLens を使用した。HMD は発表者の視覚に他者の視覚映像の一部を挿入するために使われる。カメラとして SONY 社の HANDYCAM HDR-CX680 を使用した。カメラは実験の様子の録画に使用した。プロジェクタとして、EPSON 社の EB-940 を使用した。プロジェクタは、スクリーンにスライドを投影するのに使われる。HMD 無手法：HMD 無手法では、HMD 有手法で提示していた他者の視覚映像を提示しない。

4.1 結果

グラフごとの平均拡大率を図 9 に示す。文章、地図、グラフの 3 種類のスライドにおいて、HMD 有手法の方が HMD 無手法に比べ、平均拡大率が大きくなった。特に、地図の平均拡大率が一番大きくなった。また、文章、グラフの 2 種類のスライドに比べて、地図スライドの標準偏差が大きくなった。

文章スライドでは HMD 無手法の平均拡大率は 114%、HMD 有手法の平均拡大率は 157% であり、HMD 有手法の平均拡大率の方が 1.4 倍大きくなった。また、有意水準 5% で t 検定を適用したところ、HMD 有手法と HMD 無試行で有意差 ($t(5) = 8.37, p = 0.0004$) が観測された。

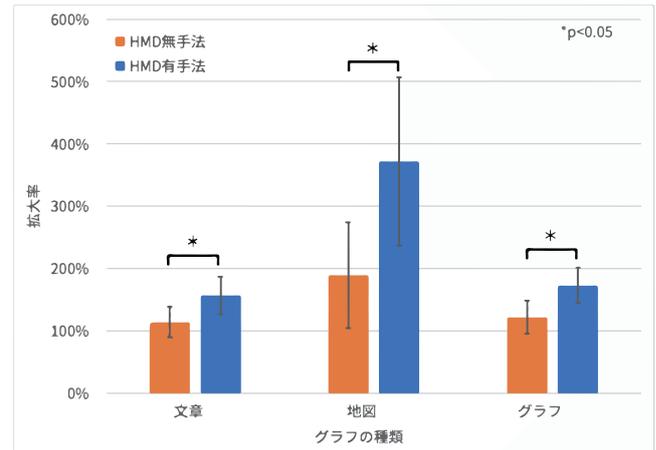


図 9 グラフごとの平均拡大率

地図スライドでは HMD 無手法の平均拡大率は 189%、HMD 有手法の平均拡大率は 372% であり、HMD 有手法の平均拡大率の方が 2.0 倍大きくなった。また、有意水準 5% で t 検定を適用したところ、HMD 有手法と HMD 無手法で有意差 ($t(5) = 5.04, p = 0.0040$) が観測された。

グラフスライドでは HMD 無手法の平均拡大率は 122%、HMD 有手法の平均拡大率は 173% であり、HMD 有手法の平均拡大率の方が 1.4 倍大きくなった。また、有意水準 5% で t 検定を適用したところ、HMD 有手法と HMD 無手法で有意差 ($t(5) = 5.30, p = 0.0032$) が観測された。

発表中のスライドの見やすさに関して、HMD 無手法は平均 1.9、HMD 有手法は平均 3.9 となった。マン・ホイットニー U 検定を適用した結果、HMD 無手法 ($M = 1.9, SD = 0.7$) と HMD 有手法間 ($M = 3.9, SD = 0.7$) で有意差が観測された ($U = 3.00, p < 0.01$)。数値が大きいほどスライドが見づらかったことを意味し、HMD 有手法は HMD 無手法よりもスライドが見やすかったといえる。

HMD 有手法が発表の支援になったかについてインタビューをした。自分が想定していたよりも文字が小さかったため、スライドを拡大した (発表者 1, 発表者 2, 発表者 4, 発表者 6, 発表者 7, 発表者 8, 発表者 9, 発表者 10)、地図スライドの文字が特に小さく感じたため、より拡大しようと思った (発表者 3, 発表者 5) という回答が得られた。

4.2 考察

3 種類のスライド全てにおいて、HMD 無手法の平均拡大率に比べ、HMD 有手法の平均拡大率の方が大きくなっている。HMD を装着し、後部座席に着席している聴取者の視覚映像を挿入することで、発表方法が変化した。地図スライドにおいては HMD 無手法では 189%、HMD 有手法では 372% と、3 種類のスライドの中で一番拡大率が大きくなっている。これは地図内の建造物名や地域名を特に拡大し、聴取者に伝えようとしたと考えられる。3 種類のスライドに比べ、地図スライドは HMD 無手法、HMD 有

手法ともに、標準偏差が大きくなっている。これは、発表者により地図の拡大方法に差があったためである。出発地や目的地、目印となる地名を特に拡大する発表者がいた一方で、出発地から目的地までのルート全体を提示しながら発表者がいたことが原因と考えられる。また、HMD有手法が発表の支援になったかインタビューをした結果、地図スライドは特に拡大しようと思ったと回答した被験者が2人いた。このことから、地図スライドの標準偏差が大きくなったと考えられる。それに対し、文章スライドやグラフスライドは、一箇所を特に拡大するのではなく、全体が見える範囲で拡大を行う発表者が多かった。そのため、標準偏差が小さくなっている。

HMD有手法が発表の支援になったかインタビューをした結果、文字が小さく見えたため、スライドを拡大したと回答した被験者が4名いた。このことから、HMD有手法は発表の支援になったとすることができる。

5. まとめ

本研究では他者の感覚を疑似的に再現した結果をユーザにフィードバックすることで、ユーザの行動を制御する手法であるPHSILを提案した。また、プレゼンテーションを対象に、発表者の声量およびスライドの拡大率を制御するという認知心理学実験を実施した。声量制御に関しては既存手法の固定ノイズ手法と発話声量において差は観測されなかったが、PHSILノイズ手法の方が比較手法よりも声量が大きくなっている持続時間が長くなった。また、スライド拡大率制御においては、HMD無手法よりもHMD有手法の平均拡大率が有意に高くなった。

今後の課題としては、聴衆を増やすなどよりリアルな状況に近い実験環境での評価実験、プレゼンテーションの内容や、プレゼンテーションのスキルを変更した上での評価実験、聴衆が受け取る発表者の聴取声量やスライド中の文字を推定する技術の開発を行う予定である。

謝辞 本研究に取り組むにあたり、助言をくださった寺井あすか准教授に深く感謝致します。また、本研究はJSPS科研費19H04157の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 中村憲史, 片山拓也, 寺田努, 塚本昌彦ほか: 虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp. 1433-1441 (2013).
- [2] Narumi, T., Ban, Y., Kajinami, T., Tanikawa, T. and Hirose, M.: Augmented perception of satiety: controlling food consumption by changing apparent size of food with augmented reality, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 109-118 (2012).
- [3] Rekimoto, J.: Traxion: a tactile interaction device with virtual force sensation, *ACM SIGGRAPH 2014 Emerging Technologies*, pp. 1-1 (2014).
- [4] Watanabe, J., Ando, H. and Maeda, T.: Shoe-shaped

interface for inducing a walking cycle, *Proceedings of the 2005 international conference on Augmented tele-existence*, pp. 30-34 (2005).

- [5] Suzuki, D., Takegawa, Y., Terada, T. and Tsukamoto, M.: A heart rate presentation system for keeping music tempo in live performance, *2013 IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, IEEE, pp. 177-181 (2013).
- [6] 栗原一貴, 塚田浩二: SpeechJammer: 聴覚遅延フィードバックを利用した発話阻害の応用システム, WISS 第18回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp. 77-82 (2010).
- [7] 平田圭司: 声量制御のためのホワイトノイズ手法と音声フィードバック手法, 情報処理学会論文誌, Vol. 61, No. 6, pp. 1210-1215 (2020).
- [8] Denes, P. and Pinson, E.: *The Speech Chain: The Physics and Biology of Spoken Language*.(1963), *Murray Hill, NJ: Bell Telephone Laboratories* (1993).