

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：34405

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04049

研究課題名(和文) 擬似内言を用いた意識下行動誘導の研究

研究課題名(英文) A study of unconscious behavior induction by pseudo inner reading voices

研究代表者

安藤 英由樹 (Ando, Hideyuki)

大阪芸術大学・芸術学部・教授

研究者番号：70447035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：情報をあたかも自身の心のなかで気づきが得られたように感じられるようにする情報提示の在り方を検討するために、人間が思考の道具として利用している独り言や内言に着目し、それを人工的に作り出すことで、情報の理解・判断の精度を変化させることを目的とした基礎実験を行った。まず、発声者が頭の中で聞こえているスペクトル情報の再現を実現する疑似内言提示を構築した。さらに、数を数える課題で疑似内言提示を刺激として加えた場合に、カウント数を誘導できることを明らかとした。これによって、疑似内言提示によって無意識的に音声による誘導を行うことが可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的には無意識的誘導の基礎研究と情報提示の新しい手法としての側面として、容易に与えることのできる音声刺激の新しい可能性と脳内での言語/非言語処理のメカニズム解明として新たな知見が得られた。社会的意義としては、自律性や主体感に悪影響を及ぼしている現在のICT技術の問題に対して、自律性や主体感についてあたかも自身の心のなかで気づきが得られたように感じさせ、情報の理解・判断の精度や関与感を向上させる技術の可能性、及びその倫理的側面の問題提起についての検討をすることができた。

研究成果の概要(英文)：Information if it were noticed among the own heart was examined the way of the information presented to be felt as obtained. We are focused on human beings are used as a tool of thought "monologue" and "inner reading voices", creating a pseudo inner reading voice presentation device. Then, it carried out basic experiments to change the accuracy of understanding and judgment information. The pseudo inner reading voice presentation device to reproduce the spectral information that is heard in the utterance's head was constructed. Furthermore, the problem experiment to count the number, when added to simulated the words presented as stimulation, was revealed to be able to induce the count. This showed that it is possible to unconscious induction by the pseudo inner reading voices presented.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：無意識行動誘導 疑似内言提示 内言 独り言 自律性 主体感 Wellbeing マインドハック

## 1. 研究開始当初の背景

昨今の ICT 技術や AI 技術の分野では、ユーザの行動をデータ化し、何を求めているか機械学習などを用いて推定し、それに見合った情報を提示する方法が行われている。例えば Amazon の “おすすめ” サービスとしてオンデマンド機械学習が用いられている。一方で、実世界における行動サポートのための情報提示の手法としてはスマートフォンなどを用いた情報提示手法が様々検討されているが、ユーザの行動を外部から促すような情報が多量に送られ、ユーザはそれに従うことに専念するため自分の意志で何かを押し進めていくという自律性や自分ごととして捉えらるという主体感を失っている。これらが失われると、モラルに反する行動を示すことが多くなり、不正行為に走り、他人に協力することをやめる、といった傾向が強まることも報告されている (Vohs ら 2008)。そうであるならば、擬似的であったとしても、ユーザが自分の意志の結果であったと感じられるような情報提示の方法が必要であると考えられる。例えば、2017 年にノーベル経済学賞を受賞したリチャード・セイラーらが提案しているナッジ (Nudge (Thaler ら 2009)) と呼ばれる方法はその一つである。これは、ユーザでない別の人があらかじめ選択肢を用意し、ユーザにそれを選択してもらうことで、ユーザの自律性を確保する方法である。一般的な ICT 技術におけるヒトへのサポートを鑑みると、「計測 提示のタイミング・内容の決定 介入」という過程があるが、ナッジは提示の内容自体を変えてユーザの自律性向上を狙っている。本研究では、提示内容を変えるのではなく、介入の仕方を工夫することでユーザの自律性を担保する方法を探る。今までに我々 (安藤 (2016)) は意識上の注意を強く向ける指示や、強制的な外力を付加するといった行動誘導ではなく、そうするのが自然であるかのように感じる、直観的な誘導技術として意識下応答を利用したインタフェースの研究を行ってきた。しかし、意識下応答による運動誘導のみでは自律性や主体感に影響を与えることができない。当該研究の問いとして、自律性や主体感についてあたかも自身の心のなかで気づきが得られたように感じさせ、情報の理解・判断の精度や関与感を向上させる技術の可能性、及びその倫理的側面の問題提起について研究を行うものである。

## 2. 研究の目的

人間が思考の道具として利用している独り言や内言に着目し、それを人工的に作り出すことで、主体感や関与感、情報の理解・判断の精度を向上させる。そのために (1) 内言・独り言で使用される自分声は、外部で聞こえる声と異なり、頭部内の骨導音であるため、予め外部で記録した音声を変換して骨導音を作成する疑似内言提示システムを構築する。そして、(2) 疑似内言を提示する適切なタイミングの発見と、あたかも自分の意思として自然に行動を促すことを実現する手法を明らかとすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

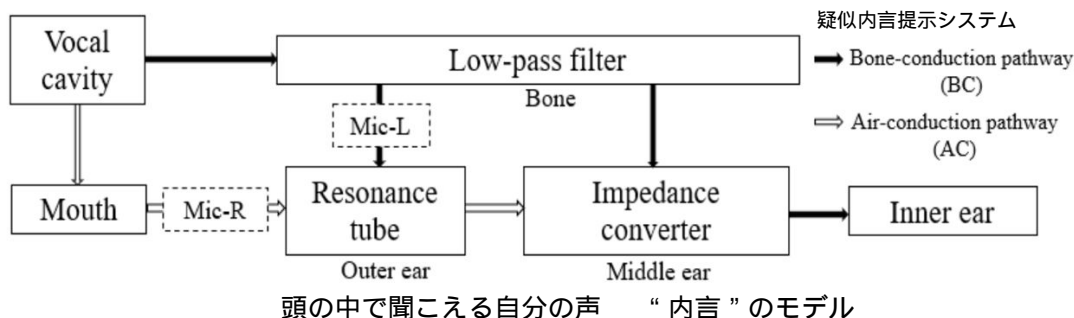
まず、思考の道具として利用していると考えられる内言と声の性質について調査を行った。また、録音された音声と自分が発声したときに聴く声とのあいだに違和感を持つことが知られているため、従来手法の調査と問題点・解決法を明らかとし「疑似内言提示システムの開発」の実験を行った。次に、疑似内言によって行動がどのように無意識的に誘導できるか「疑似内言による行動の誘導」について検討を行った。まず、疑似内言刺激を与えるタイミングについて検討を行い、高精神負荷状態時に刺激を与えることが効果的であることから、これを検出する方法として独り言に着目し、(1) 精神的負荷と独り言の関係 について実験を行った。さらに、行動の誘導手法として、古典落語の「時そば」のように数を数えている際に外乱として刺激を与えることで行動に変容を与えることができると考え (2) 高精神負荷時の疑似内言提示による誘導効果について実験を行った。

## 4. 研究成果

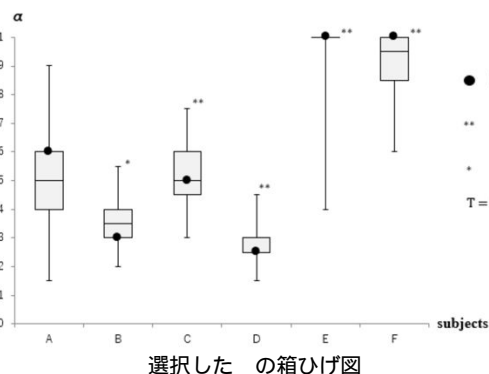
### 疑似内言提示システムの開発

読書中に文章を読み上げる声が頭の中で聞こえるかどうかについて文献 (R. P. Vilhauer 2015) では 82.5% の被験者が「はい」と回答しているという調査からも頭の中で物事を考えるときに自分声を内言として利用している人は多い。一方で、録音された音声と自分が発声したときに聴く声とのあいだに違和感を持つことは聴覚研究ではよく知られている (Sabine Reinfeldt et.al. 2010, Sook Young Won et.al. 2014 など)。この主な理由は記録される音声は空気伝導のみを録音しているが、自分で自らの声を聴くときは骨伝導された音声をも含まれる。この骨伝

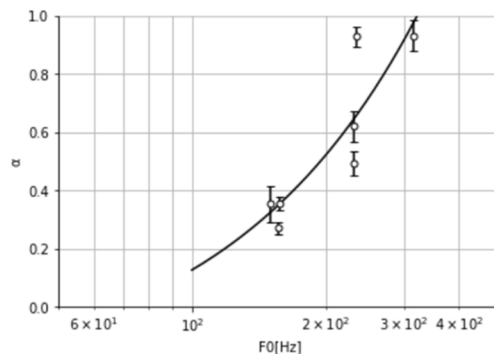
導する音声成分が自分声と録音とのあいだの違和感の原因である。また、これまでの聴覚研究では主に録音した音声信号に周波数フィルタをかけることで自分声に聞こえるように変換してきた。自分声と他人の声を区別するうえで基本周波数および第一から第三のフォルマントが重要な役割を果たしていることは報告されており (Mingdi Xu et.al.2013), 各周波数帯域で個別にパワーをブーストさせることで自分声作成を狙った手法としてイコライザを用いて調整する試みがなされていた。しかしながら、調整手続きはパラメタの数も多いため複雑である。そこで、上記手法を踏まえつつ、音の伝達特性を考慮して簡略化した発声モデルを下記のように捉え、ダイナミックマイクとピエゾコンタクトマイクからなるマイクとこれを合成して聞かせるシステムを構築した。



これを用いて、1 から 20 までの数字を「1, 2, 3, 4, …… 19, 20」と一つずつ数えてもらい、その音声を録音した Mic-L と Mic-R のモノラル音源を  $(1-\alpha) * (Mic-L) + \alpha * (Mic-R)$  となるよう足し合わせた音声を実験協力者に聞かせ “自分の声が一番近いと感じるように  $\alpha$  を選択” させた (調整法)。 $\alpha$  は 0 から 1 まで 0.05 刻みの 21 段階の範囲で行った。実験協力者は男性 4 名、女性 3 名の計 7 名で行った。 $\alpha$  を調整して選択する試行回数 T は 50 回とした。それぞれの実験協力者の結果について下図に示す。シャピロウィルク検定の結果から指針をもって自分声を選択していることが判る。また選択した  $\alpha$  には個人差があることも確認された。次に、声音の高い人と低い人で選択した  $\alpha$  に差がみられたことから、選択した  $\alpha$  と被験者の声の基本周波数 F0 との関係性を調べた。その結果を下記に示す。



選択した  $\alpha$  の箱ひげ図  
 (● は  $\alpha$  の最頻値, シャピロウィルク検定で \*\*:  $p < 0.01$ , \*:  $p < 0.05$  を示している)



比率  $\alpha$  と基本周波数の関係  
 (相関係数  $r = 0.902$ , エラーバーは信頼区間 95%)

この結果から声音が高い人ほど、 $\alpha$  を大きくする (空気伝導音の比率を高める)。声音が低い人ほど、 $\alpha$  を小さくする (骨伝導音の比率を高める) という傾向が見られ、過去の文献 (D. Maurer et.al. 1990) とも類似する結果となった。

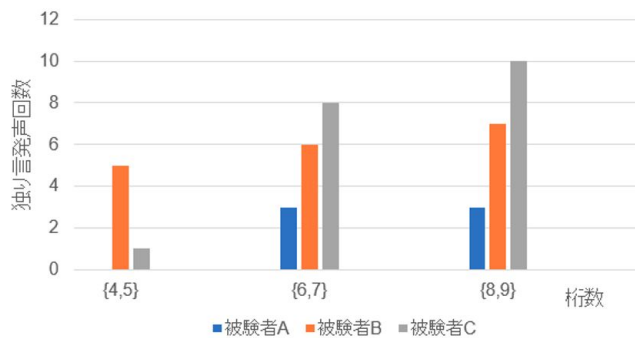
以上より自分声と感じる骨伝導音と空気伝導音の比率と基本周波数の関係が明らかとなり、疑似内言として利用できる声の生成方法が確立できた。

### 疑似内言による行動の誘導

#### (1) 精神的負荷と独り言の関係

疑似内言による行動の誘導を行うために、どのようなタイミングで刺激を提示すればよいかを明らかとするため、精神負荷課題として、無意味な数字列を記憶する実験を行った。記憶する情報量が増えれば増えるほどより多くの脳内メモリを用いることから、これを高精神負荷状況と

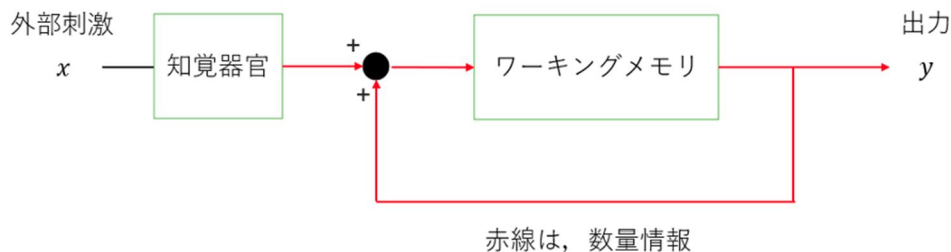
する。また、内部で保持しきれなかった場合、人は外部記憶すなわち独り言を発声するという仮説の検証も行う。用意したデータセットは、4桁から9桁までの数字列を桁数ごとに10個用意した。数字列の数字は0から9までのアラビア数字ランダムに選出した。ただし同じ数字が連続しないように配慮した。課題では記憶した数字を回答させる手続きがある。記憶した数字の回答は、予めデータごとに定めた桁目のみの回答とした。例えば7桁の数字列「1234567」の4桁目のみを回答させた。この場合答えは「4」である。用意したデータセットは、4桁から9桁の数字列と回答する桁目データ各10個、計70個である。あらかじめ用意したN桁の数字列をN回に分けて表示した(N = {4,5,6,7,8,9})。被験者はN回に分けて表示される数字を記憶するように教示された。「Ans」が表示されたとき、指定された桁数目の数字を口頭で回答させた。実験協力者は成人男性3名とした。被験者ごとの独り言の発声回数と記憶する数字の桁数を右図に示す。



(2)高精神負荷時の疑似内言提示による誘導効果

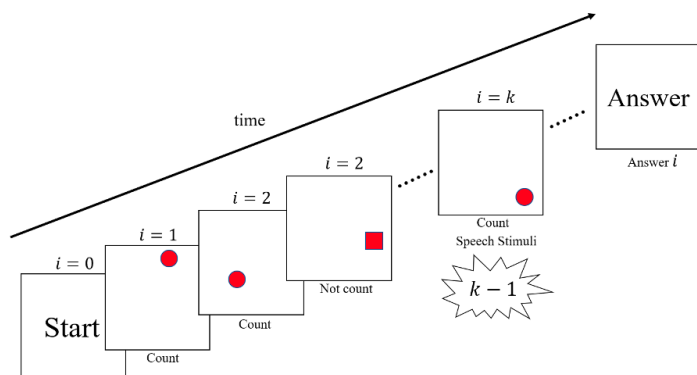
Subjects ごと独り言の発声回数

ここでは、音声刺激によって意識化誘導を行う手法について検討を行い、数を数える行為(S. Dehaene et.al. 2010)に着目した。声を発することなく頭の中で数えるという行為は、保持された数量情報に、外部刺激を数量単位に変換した情報を加えて、再び数量情報として保存するフィードバック機構が備わっていると言える。



赤線は、数量情報  
頭の中で数を数えるときの記憶モデル

このとき、外乱によって無意識的にワーキングメモリの内容を書き換えることができれば、無意識的に誘導を行うための認識の変更が可能になると考えられる。様々な外乱のうちこれを行うために、音声刺激として、疑似内言、合成音声(Google API Text to Speech)、ホワイトノイズを用い、カウント誘導に現れる影響を観察する。課題は逐次的に一つずつ視覚提示されるターゲットを数える。実験協力者を4名(成人女性2,成人男性2)に対し、正面にモニタが見えるように顎台に頭を乗せ固定し、骨伝導ヘッドホンで聴覚刺激を与える。ディスプレイ上に表示された赤丸の数を数えるように指示を受ける。数えた赤丸の数を最後のAnswerが表示されたときに口頭で回答する。このとき、音声刺激により実際にカウントされるべき数字*i*よりも1小さい数字音声をランダムに刺激する。



このときの、不正解を誤答した率について右表に示す。

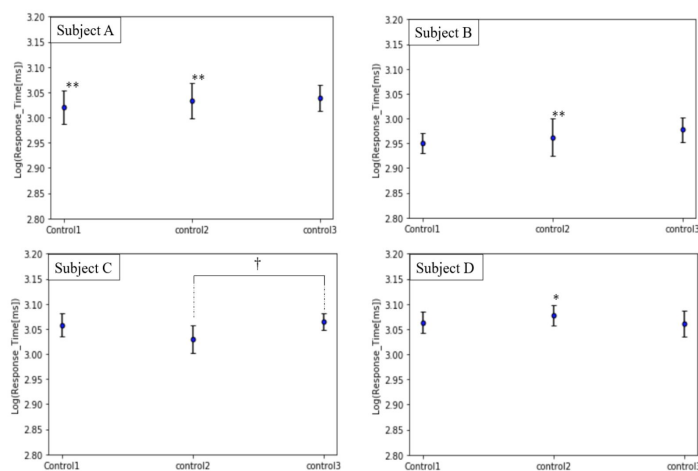
Subject A,B,D については、誤回答していることが見て取れる。

また、平均から不正解の回答は疑似内言 > 合成音声 > ホワイトノイズであることが見て取れる。

Subject C については、不正解の回答が殆ど見られなかった。そこで、精神負荷の状態について回答するまでの反応時間について検討を進めた。

各 Subjects の回答までの反応時間を下図に示す。

Subjects	誤回答率	誤回答率	誤回答率
	疑似内言	合成音声	ホワイトノイズ
A	0.433	0.433	0.367
B	0.367	0.300	0.167
C	0.067	0.000	0.067
D	0.367	0.300	0.233
Average	0.308	0.258	0.208



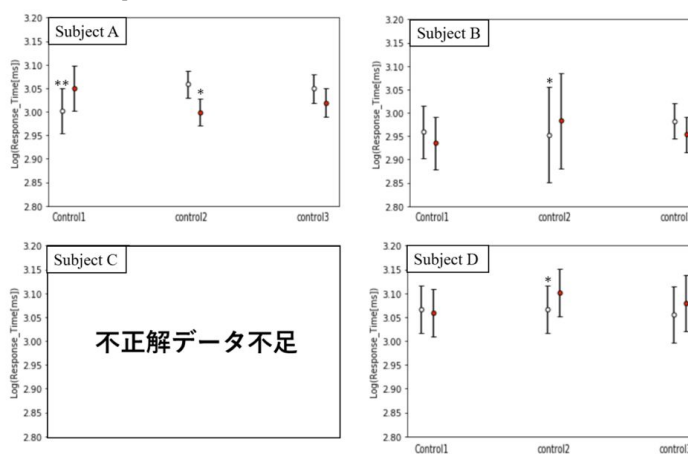
条件ごとの応答時間、エラーバーは 95%信頼区間、  
各データの Shapiro-Wilk 検定は\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$   
コントロール群間一要因 ANOVA 結果は † :  $p < 0.1$

この結果より、Subject C 以外については ANOVA 有意差が無いことから、応答時間に差がない、つまり同等の精神負荷状態であったことを示す。一方で、Subject C は条件が合成音声のときに精神負荷が高くなっており、計数課題に高い注意を向けることで、ほとんど間違えることなく回答ができたのではないかと推測される。

さらに、正解と不正解それぞれの応答時間について下図に比較を行った。Subject C については不正解が殆どなかったため除外している

ANOVA の結果、どの条件間にも有意差は見られなかった。それぞれの課題回答時の応答時間 (Reaction Time) は条件間や正誤間で有意差は認められず信頼区間の重なりも大きかったため、Reaction time は刺激音声の違いでは変わらないと言える。精神負荷が大きければ応答時間は大きくなるため [新美ら 2013] 応答時間が大きくないのであれば少なくとも精神負荷は大きくなっていない。

以上より精神負荷に影響を与えず不正解の回答を引き起こしていることができたと言える。



正誤ごとの応答時間(白丸が正答、赤丸が誤答の応答時間)、  
エラーバーは 95%信頼区間、  
各データの Shapiro-Wilk 検定は\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$   
コントロール群間一要因 ANOVA 結果はどれも有意差無し

疑似内言、合成音声、ホワイトノイズで、外乱を与えても精神負荷に影響を与えることがなく、疑似内言が最も効果が高く、ワーキングメモリの内容の書き換えを行うことができたという点により誘導ができた結論付けられる。また、Subject C のように間違えないことに注意を向けている場合には、精神負荷と引き換えに誤答しない、つまり強制的な誘導ではないという可能性もあることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yamaoka Yu, Hideyuki Ando	4. 巻 -
2. 論文標題 Simulation of Pseudo Inner Reading Voices and Evaluation of Effect on Human Processing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 HCI International 2020	6. 最初と最後の頁 594 ~ 602
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-030-50726-8_78	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山岡 悠, 安藤英由樹
2. 発表標題 独り言の発生頻度と精神負荷の関係
3. 学会等名 電子情報通信学会, ヒューマン情報処理研究会 (HIP)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 監修・編著：渡邊淳司、ドミニク・チェン，編著：安藤英由樹、坂倉杏介、村田藍子	4. 発行年 2020年
2. 出版社 BNN出版	5. 総ページ数 304
3. 書名 わたしたちのウェルビーイングをつくりあうために-その思想、実践、技術	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------