

平成 29 年度 卒業論文

イビキ音のマスクングに関する一検討

指導教員 北原鉄朗准教授

日本大学文理学部情報科学学科

伊藤 春菜

2018 年 2 月 提出

概 要

近年イビキは社会問題となっており，巷では多くのイビキ対策商品が販売されている．しかし，イビキをかいている人が，自分はイビキをかいているということに気づいていない人も多く，また公共の場でイビキをかき，周りの迷惑になっていることもある．イビキをかく人への支援は多くされているが，イビキの被害を受けている人への支援は少ないのが現状である．

イビキの被害を受けている人への支援として，Active Noise Control (能動的騒音制御, 以下 ANC) を利用する研究がされている．ANC は対象とする雑音に対してリアルタイムに逆位相の音を重ねあわせることによって音を低減する技術である．したがって定常音を ANC で抑圧するのは容易だが，非定常音はリアルタイムに逆位相の音を重ねあわせるのが難しいため雑音が残ってしまうという課題がある．また，非定常音であるイビキを気にならなくするという観点では，非定常音をマスキングという技術で気にならなくする研究が行われている．為末らは非定常音であるスピーチ音を，マスキングによってスピーチのうるさを低減する研究を行った．結果は，ピンクノイズが非定常音のうるさを低減するのに有効であると示した．しかし，不快である音をマスキングするのに，マスキング音自体が不快である可能性がある．

本研究ではノイズキャンセリングヘッドフォンを装着して何らかの思考的作業を行う状況を想定し，ANC では抑圧できないイビキをマスキングする音を検討した．また，イビキ音をマスキングするだけでなく，作業の効率を落とさないことも重要であると考えられる．そこで，マスキング音には環境音や音楽などを用意

し、そのような音環境下における作業効率と不快感を調査する。実験では被験者にヘッドフォンでマスキング音を聞きながら日本語の文法問題を解いてもらい、イビキが聞こえたらボタンを押してもらった。マスキング音には6種類の音:マスキング音なし、ピンクノイズ、雑踏音、雨、歌詞のないポップな曲 (Jive)、歌詞のないゆったりした曲 (Abyss) を用意し、各マスキング音に対してイビキを流す条件と流さない条件の計12条件で実験を行った。イビキは3種類用意し、各イビキに対して40, 50, 60dBの3音圧の計9つのイビキ音を1条件に対して再生した。1条件につき5分間の作業後に2分間の休憩と、作業時の音環境についての7段階の評価を行ってもらった。

実験の結果、マスキング音がない場合にイビキの有無での正答数の平均の差が13.2問であったのに対し、全てのマスキング音に関してはイビキの有無による正答数の差は3.3問以下であり、無音に比べて正答数の差が小さかった。またイビキに気づいた回数に関しては、雑踏音と Abyss が9回中2回以下であり、他のマスキング音よりイビキに気づきにくかった。これは、これらが低音域の音圧が強いマスキング音であるということが要因と考えられる。一方、雨は気づかれた回数の平均が4.5回であり、他のマスキング音よりイビキに気づかれる回数が多かった。不快感の主観評価に関しては、雨、Jive、Abyss は他のマスキング音より評価が高い傾向が見られた。雑踏音は他のマスキング音より評価が低い傾向が見られたが、普段騒がしい場所で勉強をしている人は、静かな場所で勉強している人と比べ、イビキなしだと1.4、イビキありだと0.8評価が高かった。

目 次

目 次	iii
図目次	v
表目次	vii
第1章 序 論	1
1.1 本研究の背景	1
1.2 本研究の目的	1
1.3 本論文の構成	2
第2章 関連研究	3
2.1 ANC を利用した研究	3
2.1.1 Active Noise Control: Open Problems and Challenges[1]	3
2.2 マスキング技術を使用した研究	4
2.2.1 定常及び変動音を用いたマスキング効果によるうるささの低減 [3]	5
2.2.2 病棟の騒音への認識に対する自然環境音の効果 [5]	5
2.2.3 ノイズキャンセリングミュージック [6]	5
2.3 ANC とマスキングを使用した研究	6
2.3.1 Psychoacoustic Active Noise Control System with Auditory Masking[7]	6

2.4	関連研究の問題点と本研究の方針	6
第3章	検証実験	7
3.1	実験場所・環境騒音	7
3.2	被験者	7
3.3	マスキング音	9
3.4	イビキ	11
3.5	課題	13
3.6	実験手順	13
第4章	実験結果・考察	17
4.1	作業効率	17
4.2	イビキに気づくか否か	17
4.3	マスキング音に対する主観評価	19
第5章	結 論	23
	参考文献	25

目 次

2.1	イビキ用 ANC システム [1]	4
3.1	作業環境図	8
3.2	ピンクノイズのスペクトログラム [8]	9
3.3	雑踏音のスペクトログラム [9]	10
3.4	雨のスペクトログラム [10]	10
3.5	Jive のスペクトログラム [11]	10
3.6	Abyss のスペクトログラム [11]	10
3.7	イビキ 1 のスペクトログラム [12]	12
3.8	イビキ 2 のスペクトログラム	12
3.9	イビキ 3 のスペクトログラム [13]	12
3.10	課題例 [14]	14
3.11	実験のタイムライン . 5 分間マスキング音を聞きながら課題を解いてもらい , その間にイビキをランダムに流し , イビキが聞こえたらボタンを押してもらった . その後 2 分間の休憩兼作業時の音環境について主観評価を行った .	15

表 目 次

3.1	使用機材	7
3.2	本実験で用いたマスキング音	9
3.3	選別理由	11
3.4	実際に使用する3種のイビキ音	11
3.5	音	16
3.6	主観評価	16
4.1	正答数 (SD: 標準偏差, 無・有はイビキ音の有無)	18
4.2	イビキ別イビキに気づいた回数 [13人中]	19
4.3	主観評価 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)	21
4.4	普段の作業環境別主観評価	21

第1章 序 論

本章では，研究の背景，目的を述べた後，本論文の構成を述べる．

1.1 本研究の背景

日常生活において，不快な音の1つにイビキが存在する．イビキは寝室だけでなく電車やカフェで聞くこともあり，その音は非常に不快と感じる人もいる．簡易的にできるイビキの対策として耳栓をつける，音楽を大音量で聞く，ノイズキャンセリングヘッドホンなどで音を低減する，イビキをかいている人から離れるなどが挙げられるが，イビキが聞こえなくなるほどの大音量で音楽を聞き続けると難聴になることや，イビキをかいている人から離れることが難しい場合もある．また，イビキの音を Active Noise Control (能動的騒音制御, 以下 ANC) で抑圧する研究は行われている [1][2] が，非定常であるイビキを完全に抑圧するのは難しい．他にも雑音に別の音が被せるマスキングという技術があり，非定常音に対する研究もされている [3]．しかし，マスキング音が不快かどうかの評価を行っていないので，マスキング音自体が不快である可能性がある．

1.2 本研究の目的

本研究では，ノイズキャンセリングヘッドフォンを装着して何らかの試行的作業を行う状況を想定し，ANCでは抑圧できないイビキ音をマスキングする音を検討する．また，イビキ音をマスキングするだけでなく，作業の効率を落とさない

ことも重要であると考えられる．そこで，マスキング音には環境音や音楽などを用意し，そのような音環境下における作業効率と不快感を調査する．

1.3 本論文の構成

本論文の構成を述べる．第2章では本研究の関連研究について述べる．第3章では評価実験の内容や使用音源について述べる．第4章では評価実験結果と考察について述べる．第5章では本研究の結論，また今後の課題について述べる．

第2章 関連研究

本章では関連している既存研究を紹介し，本研究での方針を述べる．

2.1 ANC を利用した研究

ANC とは，対象とする雑音に対してリアルタイムに逆位相の音を重ねあわせることによって音を低減する技術である．したがって定常音を ANC で抑圧するのは容易だが，非定常音はリアルタイムに逆位相の音を重ねあわせるのが難しいため雑音が残ってしまうという課題がある．

ANC の研究は様々なものが存在するが，以下では非定常音に対して ANC を利用した研究を述べる．

2.1.1 Active Noise Control: Open Problems and Challenges[1]

この論文では，信号処理の観点から，実用的なアプリケーションの開発における課題と問題を中心に，ANC 技術を紹介している．ベッドの頭の上に2つのスピーカー¹と2つのエラーマイク²が搭載されている(図 2.1)．イビキ患者と一緒に寝る人として KEMAR (Knowles Electronics Mannequin for Acoustics Research) と呼ばれる人体胴体のモデルを使用し，KEMAR の耳にある2つのマイクロホンを使用して，不調和を評価した．結果として，イビキの平均音圧減少は約 5~10dB で

¹逆位相の音を出すスピーカー

²ANC で残った雑音を受け取るマイク



図 2.1: イビキ用 ANC システム [1]

あり，エラーマイクを KEMAR の耳の近くに配置することで，高音域で ANC 性能を向上させることができた．

2.2 マスキング技術を使用した研究

マスキングとは通常なら明瞭に聞こえる音が制御音となる別の音に覆い被されて聞こえなくなる現象である．例えば流水音によって排泄音を気にならなくさせるトイレの音姫や，オフィスや銀行でスピーチプライバシーを保護する BGM もマスキングの技術を利用している [4] ．

マスキングの技術を利用した研究の中で，うるささ，非定常音，作業効率に関

する研究のみを述べる。

2.2.1 定常及び変動音を用いたマスキング効果によるうるささの低減 [3]

記憶・計算作業等の知的精神作業時に、有意味な音声雑音³を定常及び変動する無意味雑音でマスキングした場合の雑音のうるささに関する心理的印象の悪化について研究した。その結果、ピンクノイズ、歌詞のないゆったりした感じの曲、歌詞のない激しい感じの曲の中でピンクノイズが有意味雑音のうるささを低減するマスキング音として有効であることが分かった。その中でも、音声雑音とのSN比が3dBの周波数帯域幅が176.75~5,656Hzのピンクノイズをマスキング音に用いるのが最も有効であることを示した。

2.2.2 病棟の騒音への認識に対する自然環境音の効果 [5]

病棟で発生する騒音(血圧計の蓋を閉じる音、ワゴンの移動音、カーテンの開閉音)への認識に対する自然環境音(小川のせせらぎ、ししおどし、シジュウカラ、ウグイス、アブラゼミ、フグラシ、エンマコオロギ、スズムシ、鉄の風鈴、ガラスの風鈴)の効果調べ、自然環境音は病棟の音環境を改善するのに有効であることを示した。

2.2.3 ノイズキャンセリングミュージック [6]

雑音とそれに合った音楽を同時に聞くことで、雑音を音楽に溶け込ませて心理的に気にならなくさせる”ノイズキャンセリングミュージック”を提案した。具体的には、ユーザの周囲で雑音が発生した際に、その雑音とイメージが適切に組み

³作業者に対して意識的に耳を傾けてしまうような意味のある音

合わさる楽曲をスピーカーから提示し、雑音を気にならなくさせるというものである。結果として、雑音とそれに合った音楽を同時に流すことによって、全く関係のない音楽を同時に流すより、音楽の音量を小さくても雑音が気にならなくすることができた。

2.3 ANCとマスキングを使用した研究

この節ではANCとマスキングの技術を利用した研究を紹介する。

2.3.1 Psychoacoustic Active Noise Control System with Auditory Masking[7]

ANCだけでは望ましくない雑音を完全に消すことはできないので、この研究ではマスキング技術を組み込んだ心理的音響ANCシステムを提案した。結果としては、相関ノイズと非相関ノイズの両方を制御できることを示した。

2.4 関連研究の問題点と本研究の方針

上記のマスキングに関する研究[3][5][6]ではマスキング音に関する主観評価を行っていないので、マスキング音自体が不快である可能性もある。ANCだけではイビキを完全に消すのは難しいので、本研究ではANCで抑圧できなかったイビキ音をマスキング音によって気づきにくくすることが目標である。その際、思考的作業を行うことを想定し、作業成績と作業中の音環境についての不快感の主観評価の両方から、イビキ音に適したマスキング音を発見する。

第3章 検証実験

本章では，評価実験を行った実装環境と実験内容について述べる．

3.1 実験場所・環境騒音

日本大学文理学部 8 号館の本研究室の地下実験室に設置した防音室で行った．スピーカーと被験者の距離は 1.2m とし (図 3.1)，暗騒音の音圧は 30dB であった．実験に使用した機材を表 3.1 に示す．

表 3.1: 使用機材

使用機材	機材名
パソコン	・ Lenovo “ThinkPad Edge” ・ Acer “ES1-131 series”
スピーカー	BOSE “SoundLink Color Bluetooth speaker”
ヘッドフォン	SONY “MDR-1000X”
キーボード	PFU “Happy Hacking Keyboard”

3.2 被験者

被験者は聴力正常な 19~22 歳の大学生 13 名 (男性:6 名，女性:7 名) である．また被験者を募集する際には裸眼かコンタクトで文庫本程度の文字が苦なく読める

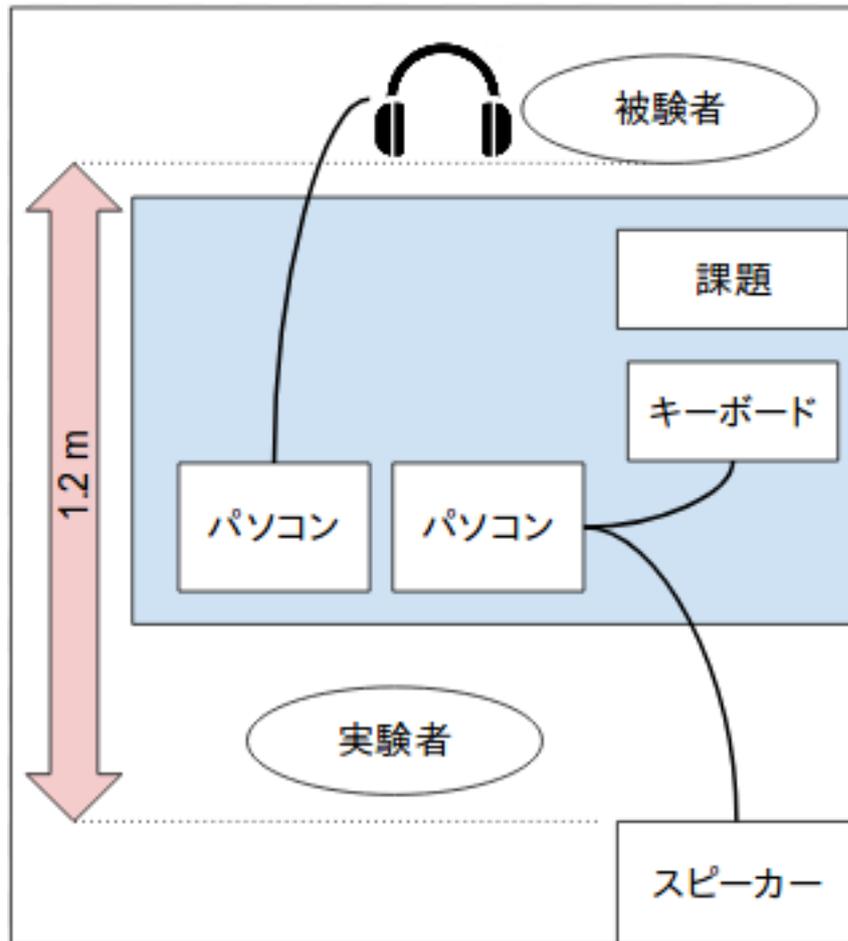


図 3.1: 作業環境図

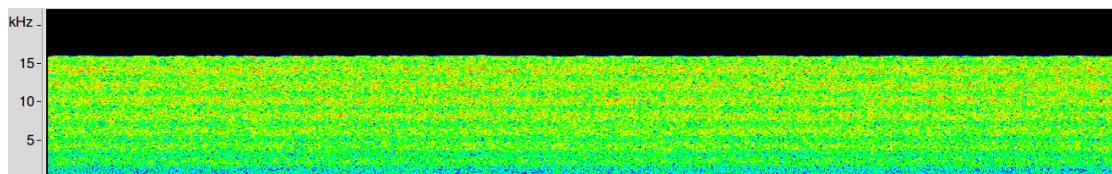


図 3.2: ピンクノイズのスペクトログラム [8]

人とした．実験で ANC ヘッドフォンを利用する際，眼鏡を着用すると顔とヘッドフォンの間に隙間ができ，ヘッドフォンの外の音も聞こえる可能性があり，実験に支障をきたす恐れがある為である．また文字を苦なく読める事に関しては，実験中にストレスを感じると課題に集中できない可能性があり，本来得たい実験結果が得られない可能性がある為このような条件を設けた．

3.3 マスキング音

使用したマスキング音 (表 3.2) を選定した理由を表 3.3 に示す．表 3.3 に示す環境音とは雑踏音と雨のことであり，音楽は Jive と Abyss のことである．実験では音圧を 40dB に設定し，5 分間を 1 つの音源データとした．

表 3.2: 本実験で用いたマスキング音

マスキング音	説明
ピンクノイズ [8]	音圧が周波数に反比例する雑音 (図 3.2)
雑踏音 [9]	駅の改札付近の雑踏音を使用 [環境音](図 3.3)
雨 [10]	激しめの雨の音を使用 [環境音](図 3.4)
Jive(Octet)[11]	歌詞のないポップな曲 [音楽](図 3.5)
Abyss(Octet)[11]	歌詞のないゆったりした曲 [音楽](図 3.6)

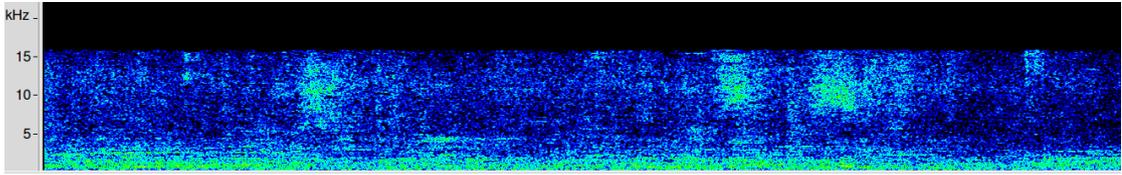


図 3.3: 雑踏音のスペクトログラム [9]

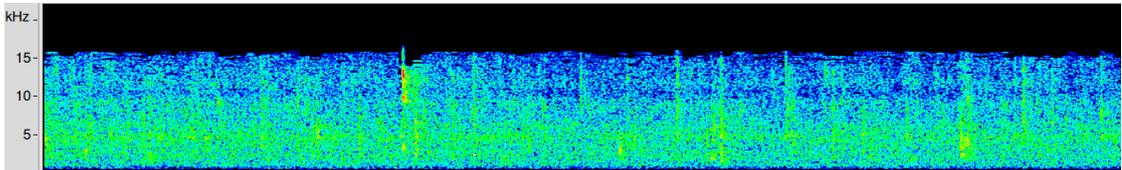


図 3.4: 雨のスペクトログラム [10]

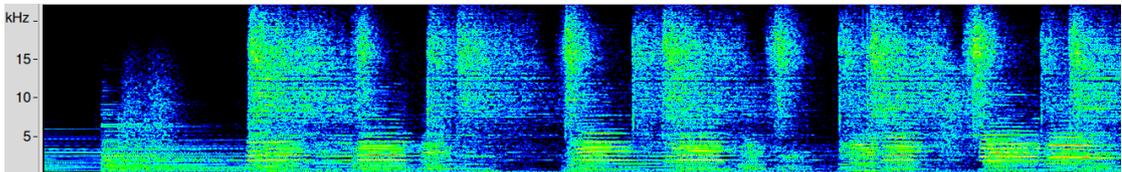


図 3.5: Jive のスペクトログラム [11]

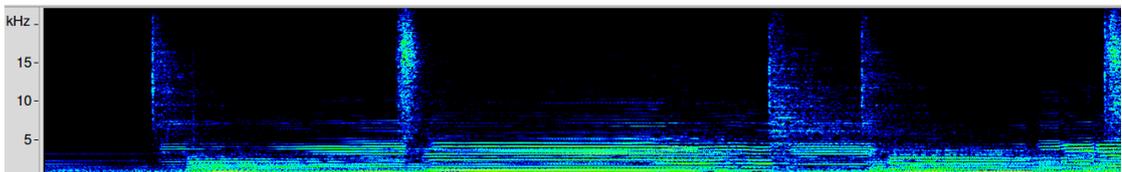


図 3.6: Abyss のスペクトログラム [11]

表 3.3: 選別理由

音の種類	理由
ピンクノイズ	非定常音に対してピンクノイズが有効であると示されている [3] ので、イビキでも有効なのではないかと考えた為。
環境音	環境音とは、雨音、川のせせらぎ、そしてカフェの音などがあり、環境の中で自然と発生する音のことである。 普段聞き慣れている環境音をマスキング音として用いることにより、作業の邪魔をしないマスキング音の推薦ができるのではないかと考えた為。
音楽	音楽という快要素が高いマスキング音を用いることにより、心理的に好影響なのではないかと考えた為。

3.4 イビキ

サンプリング周波数 44.1kHz のそれぞれ特徴のあるイビキ音 3 種用意した (表 3.4) . 音圧は 40, 50, 60dB の 3 音圧に設定し、この 3 種類 3 音圧の合計 9 つのイビキを 1 つのマスキング音の条件 (マスキング条件は 3.6 節に後述) に対してランダムに流した。

表 3.4: 実際に使用する 3 種のイビキ音

イビキ	説明
イビキ 1 [12]	イビキの立ち上がりから立ち下がりまでの中で、3 回高音域の時間的変化がある (図 3.7)
イビキ 2	1kHz 以下の低周波部分の音圧が高い (図 3.8)
イビキ 3 [13]	イビキ 2 よりも高い周波数帯の音圧が高い (図 3.9)

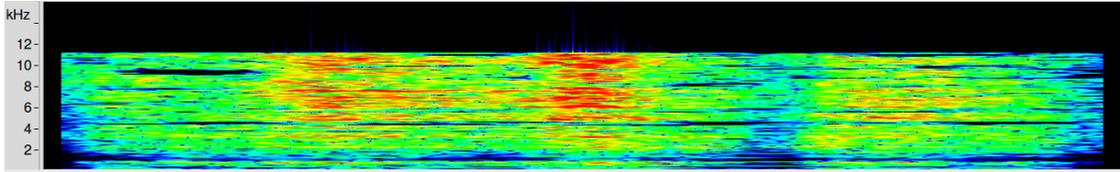


図 3.7: イビキ 1 のスペクトログラム [12]

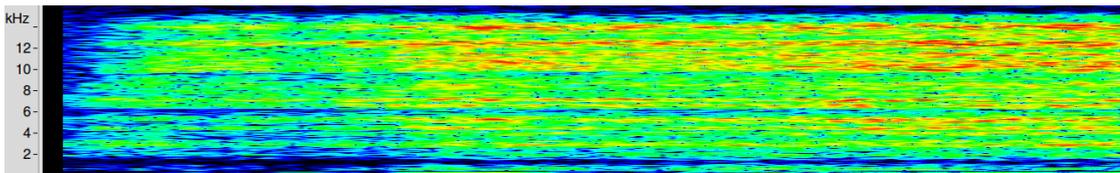


図 3.8: イビキ 2 のスペクトログラム

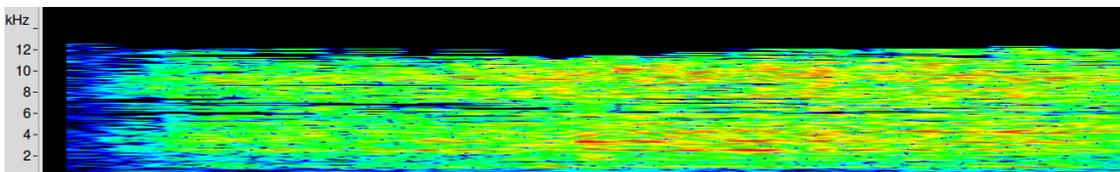


図 3.9: イビキ 3 のスペクトログラム [13]

3.5 課題

イビキなどの雑音が特に気になるのは，思考を要する作業を行っている場合であると考へ，思考を必要とする日本語の文法問題を課題に使用した日本語の文法問題の例を図 3.10 に示す．日本語文法問題には，株式会社スリーエーネットワーク「新完全マスター語彙 日本語能力試験 N1」[14] の基礎問題と演習問題を出題した．文章の空欄に適切な言葉を入れる問題，意味が近いものを選ぶ問題，一緒に使う言葉を線で結ぶ問題などがある．また実験では，5 分間で演習問題を解けるところまで解いてもらった．

3.6 実験手順

実験では被験者に 5 分間 ANC ヘッドフォンでマスキング音を聞きながら日本語の文法問題を解いてもらい，イビキが聞こえたらボタンを押してもらった (図 3.11) ．

マスキング音は無音を含み 6 種類用意した．各マスキング音に対してスピーカーからイビキ流す条件と流さない条件の計 12 条件で実験を行った．また，マスキング音が無音の場合でも ANC ヘッドフォンは装着して作業を行った．実験の順番は無音のイビキなし，イビキありを 1 番，2 番に行った後，3~12 は残りの 10 条件をランダムで行った (表 3.5) ．5 分間の作業後には 2 分間の休憩と，作業時の音環境について 7 段階の評価 (表 3.6) を行ってもらった．

()に入れるのに最もよいものを1・2・3・4から一つ選びなさい。

先生の顔を(), 先生が紹介してくれた会社に面接に行った。

1. 売って 2. 立てて 3. 見て 4. 使って

___の言葉に意味が近いものを, 1・2・3・4から一つ選びなさい。

君はすじがいいから, きっとすぐに上手になるよ。

1. 真面目だ 2. 姿勢がいい 3. 体力がある 4. 素質がある

次の言葉の使い方として最もよいものを, 1・2・3・4から選びなさい。

あて

- 1 この電車は二十分ほど遅れて東京駅に到着するあてです。
- 2 他人をあてにしないで, 自分自身の力でやりなさい。
- 3 やっと息子の就職のあてが立って安心した。
- 4 宝くじがあてになったら, 温泉のあるところに別荘でも買いたいなあ。

一緒に使う言葉を線で結びなさい。

- | | | | |
|-------------|---|---|------|
| 罪・ミス・失敗・犯罪 | ・ | ・ | をさらう |
| 飢え・空腹・雨風・寒さ | ・ | ・ | をしのぐ |
| 人気・話題・優勝 | ・ | ・ | を犯す |
| 氷・岩・骨・夢 | ・ | ・ | を砕く |

図 3.10: 課題例 [14]

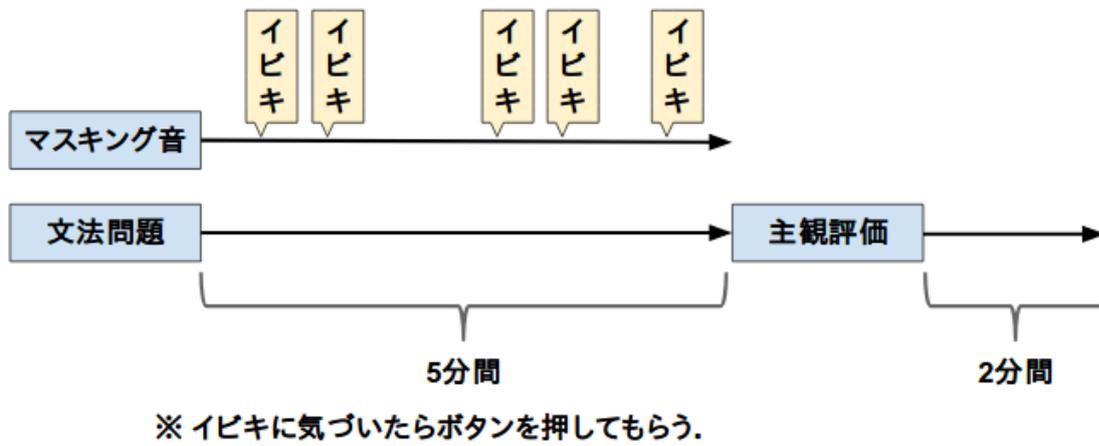


図 3.11: 実験のタイムライン . 5 分間マスキング音を聞きながら課題を解いてもらい , その間にイビキをランダムに流し , イビキが聞こえたらボタンを押してもらった . その後 2 分間の休憩兼作業時の音環境について主観評価を行った .

表 3.5: 音

順番	マスキング音	イビキ
1	無音	なし
2	無音	あり
ランダム	ピンクノイズ	なし
	ピンクノイズ	あり
	雑踏音	なし
	雑踏音	あり
	雨	なし
	雨	あり
	Jive	なし
	Jive	あり
	Abyss	なし
	Abyss	あり

表 3.6: 主観評価

番号	評価
1	非常に不快
2	かなり不快
3	不快
4	少し不快
5	あまり不快でない
6	不快でない
7	全く不快でない

第4章 実験結果・考察

この章では実験の結果から考察を述べる。

4.1 作業効率

表 4.1 に被験者ごとの課題の正答数とその平均を示す。無音のイビキなしの平均値が 53.4 問だったのに対し、無音のイビキありの平均値 40.2 問だったことから、平均値の差が 13.2 問あり、イビキが作業の邪魔をしていることがわかる。一方、各マスキング音ではイビキの有無で正答数の差が最大でも 3.3 問であり無音に比べて小さい。このことから、いずれのマスキング音も、イビキによる作業への影響が小さいと考えられる。また、無音のイビキなしの条件と、各マスキング音のイビキなし条件の正答数の差は、無音のイビキの有無の差より小さいことから、イビキが聞こえる状況で作業を行うよりマスキング音を聞きながら作業を行う方が作業への影響が小さいと考えられる。

4.2 イビキに気づくか否か

表 4.2 に被験者が各イビキに気づいた回数とその平均を示す。全体的にイビキ 1 に気づいた回数の平均値が 60dB の時に 10.7 回だったのに対し、イビキ 2、イビキ 3 の平均値は 8.0 回と 8.3 回であり、イビキ 2 とイビキ 3 に比べてイビキ 1 は気づかれやすい傾向が見られた。これは、表 3.4 で述べた通りイビキ 1 が高音域の時間的变化がはっきりしていることが要因の 1 つであると考えられる。また、雑踏

表 4.1: 正答数 (SD: 標準偏差, 無・有はイビキ音の有無)

被験者	無音		ピンクノイズ		雑踏音		雨		Jive		Abyss	
	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有
1	48	23	26	47	34	34	29	29	34	33	28	29
2	43	37	54	51	36	54	41	41	52	56	49	47
3	50	45	64	64	43	59	36	55	56	65	49	53
4	68	58	67	68	44	64	48	59	57	71	60	53
5	25	18	30	31	24	34	33	29	32	39	40	22
6	58	45	62	59	47	61	29	42	51	57	54	47
7	54	24	37	41	31	42	37	32	41	49	45	38
8	64	58	51	53	49	61	49	56	44	58	58	40
9	56	42	58	46	31	45	39	48	46	48	49	28
10	62	59	55	54	44	49	52	43	53	56	53	52
11	57	35	60	55	40	44	35	46	40	61	57	43
12	61	48	67	61	42	54	42	50	52	59	53	38
13	48	31	33	40	40	41	28	35	38	47	33	31
平均	53.4	40.2	44.8	43.2	47.5	44.2	47.0	49.2	44.9	44.0	47.1	48.7
SD	11.1	13.8	11.4	10.2	12.0	13.0	11.1	9.1	11.1	10.4	12.9	11.5

音と Abyss の気づいた回数の平均が 2.0 回以下であり, 他のマスキング音より被験者がイビキに気づきにくい傾向が見られた。これは, イビキは低周波数帯の音圧が強く, また雑踏音 (図 3.3) と Abyss (図 3.6) も低周波数帯の音圧が強いので, イビキを気づきにくくできたのではないかと考えられる。一方, 雨の音の気づかれた平均値は 4.5 回であり, 他のマスキング音に比べて気づかれる回数が多かった。これは雨 (図 3.4) の音圧のピークが 900Hz 前後であり, イビキ 1 (図 3.7) とイビキ 2 (図 3.8) は 400Hz 以下に音圧の最大値があることから, イビキを気づきにくくすることができなかつたのではないかと考えられる。しかし, イビキ 3 (図 3.9) に関

しては，音圧の最大値が1,200Hzにあるので，イビキ1やイビキ2よりは気づきにくくできたのではないかと考えられる．

表 4.2: イビキ別イビキに気づいた回数 [13人中]

	[dB]	無音	ピンクノイズ	雑踏音	雨	Jive	Abyss	平均
イビキ1	40	5	0	0	1	0	0	1.0
	50	12	2	2	7	7	2	5.3
	60	13	12	5	12	13	9	10.7
イビキ2	40	4	0	1	5	0	0	1.7
	50	11	5	2	9	0	0	4.5
	60	12	9	9	12	4	2	8.0
イビキ3	40	3	0	0	0	0	0	0.5
	50	11	0	1	3	2	3	3.3
	60	13	5	6	10	10	6	8.3
平均 [9回中]		6.2	2.5	2.0	4.5	2.8	1.7	

4.3 マスキング音に対する主観評価

作業時の音環境について7段階(表 3.6)の評価をしてもらった．評価は非常に不快だと感じたら1，全く不快でないと感じたら7と回答してもらった．主観評価の結果と各マスキング音におけるイビキの有無による評価の差に対するt検定結果を表 4.3 に示す．

その結果，無音のイビキなしとありの平均は6.4と4.2，ピンクノイズのイビキなし・ありの平均は5.5と4.2，雨のイビキなし・ありの平均は6.2と4.4であり，イビキ有無で主観評価に有意差があった．ピンクノイズと雨の場合，イビキに気づくことが多かった(図 4.2)ことから，今回用いた音圧では十分にイビキをマスキ

ングできなかつたため、イビキありの時に評価が低くなつたと考えられる。一方、雑踏音、Jive、Abyss ではイビキの有無で主観評価に有意差があるとは言えなかつた。これは、イビキに気づきにくい環境音であることや、気づいたとしても音楽という快要素の強いマスキング音であることから、イビキの有無で評価の変化が小さかつたと考えられる。また、無音のイビキありの主観評価4.2より、雑踏音のイビキありの主観評価3.7が低いのは雑踏音というマスキング音自体が不快であることが要因として考えられる。

雑踏音の主観評価が低い結果となつたが、カフェなどの雑踏音が聞こえている環境下で勉強している人がいることから、普段図書館のような静かな場所で勉強をする人とカフェなどの騒がしい場所で勉強をする人で、作業環境に対する評価に差がある可能性がある。そこで、実験終了後のアンケートを基に、家や図書館などの静かな環境で勉強を行う被験者(Aグループ)と、カフェなどの騒がしい環境で勉強を行う被験者(Bグループ)で主観評価を分けて平均を算出した(表4.4)。その結果、普段から騒がしい環境で勉強を行っている被験者は、雑踏音やJiveなどで主観評価が高い傾向が見られた。このことから、普段の作業環境も主観評価に影響を与えている可能性が高い。

表 4.3: 主観評価 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

被験者	無音		ピンクノイズ		雑踏音		雨		Jive		Abyss	
	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有
1	7	4	4	4	3	3	5	5	5	5	5	5
2	7	4	7	4	3	3	6	3	6	5	7	7
3	7	4	4	3	2	4	7	4	6	4	6	2
4	7	5	5	4	5	5	6	5	6	6	7	5
5	4	3	6	5	6	4	7	3	7	5	6	5
6	7	6	6	4	6	6	7	5	7	7	6	7
7	7	4	7	6	4	4	6	6	7	7	5	5
8	7	4	6	5	4	3	6	5	7	6	7	5
9	7	4	7	5	5	4	7	4	5	4	6	4
10	6	5	4	3	3	3	6	4	4	5	5	5
11	4	3	4	3	3	3	6	4	5	3	5	6
12	7	4	5	4	4	4	6	4	3	4	5	6
13	6	4	6	5	3	2	5	5	7	7	7	7
平均	6.4	4.2	5.5	4.2	3.9	3.7	6.2	4.4	5.8	5.2	5.9	5.3
	**		**		-		**		-		-	

表 4.4: 普段の作業環境別主観評価

被験者	無音		ピンクノイズ		雑踏音		雨		Jive		Abyss	
	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有
被 A	6.5	4.1	5.5	4.2	3.6	3.5	6.1	4.4	5.6	5.1	6.0	5.2
被 B	6.0	4.3	5.3	4.3	5.0	4.3	6.3	4.3	6.3	5.7	5.7	5.7

第5章 結 論

本稿では、ANCヘッドフォンとマスキングを用いて、作業効率を落とさないかつ、イビキが気にならなくなるマスキング音の発見を目標に5種のマスキング音で実験を行った。

実験の結果を作業効率、イビキに気づくか否か、主観評価の3点から考察した。作業効率については、被験者が解いた日本語の文法問題の正答数の平均値が、マスキング音がない場合ではイビキの有無で13.2問の差であったのに対し、マスキング音があった場合3.3問以下の差であり、各マスキング音によってイビキ音の作業への影響が軽減される傾向が見られた。イビキに気づいたか否かについては、雑踏音とゆったりとした曲である *Abyss* は気づいた回数が2.0回以下であり、他のマスキング音よりイビキに気づきにくい傾向が見られた。一方雨の音は他のマスキング音よりイビキに気づかれる回数が多かった。作業時の音環境についての主観評価は、雨、ポップな曲の *Jive*、*Abyss* は平均値が6.2、5.8、5.9であり、他のマスキング音より高い評価が得られ、雑踏音の平均値は3.9であり他のマスキング音より低い評価であった。

普段のどのような音環境で作業しているかの影響が大きかったことから、今後は、聴取者の普段の音環境を考慮して最適なマスキング音を選択する方法について検討していきたい。また、マスキングの音圧とイビキの気づきにくさのバランスが良いマスキングの音圧を検討し、聴取者にとって適切なマスキングの音圧を検討していきたい。また今回イビキに気づきにくくすることのできた雑踏音と *Abyss*(歌詞のないゆったりとした曲) の同じ音の種類で異なる音でもイビキを気にならなく

することができるか検証していきたい。具体的には、今回は駅の改札付近の雑踏音を使用した。が、カフェの雑踏音やオフィス雑音を使用したり、歌詞のないゆったりした他の曲でも実験を行いたい。また、思考的作業でなく無意識にできる作業時や遊んでいる時など、様々な状況下でも同じ結果がでるのか検証を行ってきたい。

参考文献

- [1] Kuo Sen M, Kevin Kuo, and Woon Seng Gan. “Active noise control: Open problems and challenges.” *International Conference on Green Circuits and Systems (ICGCS) IEEE (2010)*.
- [2] Kuo Sen M, and Rakesh Gireddy. “Real-time experiment of snore active noise control.” *International Conference on Control Applications IEEE (2007)*.
- [3] 為末隆弘, 山口静馬, 佐伯徹郎, and 加藤祐一. “定常及び変動音を用いたマスキング効果によるうるささの低減.” *日本音響学会誌 61.7 (2005): 365-370*.
- [4] 生藤大典, 辻川美沙貴, 中山雅人, and 西浦敬信. “聴覚マスキングに基づく室内騒音の不快感低減手法.” *電子情報通信学会論文誌 A 96.8 (2013): 511-519*.
- [5] 松本じゅん子, and 多賀谷昭. “病棟の騒音への認識に対する自然環境音の効果.” *長野県看護大学紀要 15 (2013): 15-21*.
- [6] 松田滉平, 松井啓司, 佐藤剣太, 久保田夏美, 佐々木美香子, 斎藤光, and 中村聡史. “ノイズキャンセリングミュージック.” *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集 2017 (2017): 249-256*.
- [7] Wang, Tongwei, Woon-Seng Gan, and Yong-Kim Chong. “Psychoacoustic active noise control system with auditory masking.” *Asia-Pacific Signal & Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC) IEEE (2012)*.

- [8] TEST TONE. “[1 時間 1Hour] エージング用ピンクノイズ [イヤホン ヘッドホン スピーカー]” [〈https://www.youtube.com/watch?v=sM4H4tjaNDI&t=1401s〉](https://www.youtube.com/watch?v=sM4H4tjaNDI&t=1401s)(参照 2017-12-01)
- [9] MeditationForest. “[臨場感] 環境音 ざわめき 駅改札口” [〈https://www.youtube.com/watch?v=nq0hmrG969Y&t=566s〉](https://www.youtube.com/watch?v=nq0hmrG969Y&t=566s)(参照 2017-12-01)
- [10] 動画太郎. “[作業用 BGM] 雨の音” [〈https://www.youtube.com/watch?v=LxZFK4etufU〉](https://www.youtube.com/watch?v=LxZFK4etufU)(参照 2017-12-01)
- [11] 技術研究組合 新情報処理開発機構. “RWC 研究用データベース:ジャズ音楽”
- [12] Taishi. “半端ねーいび” [〈https://www.youtube.com/watch?v=02BK2AmSsrA〉](https://www.youtube.com/watch?v=02BK2AmSsrA)(参照 2017-12-01)
- [13] kwmtshota. “いびき最強” [〈https://www.youtube.com/watch?v=k3Q6Dju6GD8〉](https://www.youtube.com/watch?v=k3Q6Dju6GD8)(参照 2017-12-01)
- [14] 伊能裕晃, 本田ゆかり, 来栖里美, 前坊香菜子, 阿保きみ枝, and 宮田公治. “スリーエーネットワーク 新完全マスター語彙 日本語能力試験 N1” [〈http://www.3anet.co.jp/ja/1258/〉](http://www.3anet.co.jp/ja/1258/)(参照 2018-02-01)

謝 辞

本研究を進めるにあたり，多くの方々にサポートしていただきました．心から感謝申し上げます．

北原 鉄朗先生には，厳しくも楽しいご指導を頂き，そのおかげで最後まで研究を続けることができました．時に先生からの鋭いご指摘に返す言葉もなく涙したこともありましたが，今では良い思い出です．厳しくも優しい北原先生にご指導いただき幸せでした．棚橋 徹さんには，まだ目標や方向性もままならない頃から研究を気にかけて頂き，ご本人の研究も多忙な中，様々なご支援いただきました．大野 涼平さんには，技術面で壁にぶつかった際，解決するまで根気強くご指導頂きました．松下 禎希さんには，予備実験の際初めて触る実験機械で使い方がわからず困っていた際など，細かな箇所でお手伝い頂きました．

このように，多くのご支援ご指導のおかげで研究を最後まで頑張ることができました．ここに改めて心から感謝申し上げます．ありがとうございました．