

東京大学大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

2018 年度
修 士 論 文

オーブンプランオフィスにおける
会話による作業妨害感に関する研究
Study on task disturbance by conversation in open plan offices

2019 年 1 月 21 日提出
指導教員 佐久間 哲哉 准教授

谷野 葵
Tanino, Aoi

目次

第1章 序章	1
1.1 研究背景	1
1.2 音環境評価・作業妨害感に関する指標	3
1.2.1 オープンプランオフィスにおける音環境評価に関する規格	3
1.2.2 STIrについて	5
1.3 既往研究	9
1.4 研究目的	12
1.5 論文構成	13
第2章 コワーキングオフィスにおける実験	14
2.1 実験概要	14
2.1.1 コワーキングオフィス	14
2.1.2 実験概要・目的	14
2.2 実験方法	15
2.2.1 実験手順及び実験環境	15
2.3 実験結果・考察	20
2.3.1 個人作業者の印象評価	20
2.3.2 会話者の印象評価	25
2.4 まとめ	30
2.4.1 BGM の影響	30
2.4.2 心理評価とSTIrとの対応	30
第3章 室内音響測定・会話音声録音	32
3.1 実験内容	32
3.1.1 実験の目的	32
3.1.2 実験概要	32
3.1.3 被験者実験までの流れ	33
3.2 室内音響測定	34
3.2.1 測定概要	34
3.2.2 インパルス応答測定-測定方法	38
3.2.3 音圧レベル測定-測定方法	40
3.2.4 測定機器	41
3.3 測定結果・考察	43
3.3.1 インパルス応答測定-測定結果	43
3.3.2 音圧レベル測定-測定結果	47

3.4 会話音声録音	48
3.4.1 音声音源	48
3.4.2 録音方法	50
3.4.3 音声音圧レベル測定結果	54
3.5 音源の加工・作成	55
3.5.1 音声音源の加工	55
3.5.2 暗騒音の作成	56
3.6 実験条件の決定	58
第4章 被験者実験	62
4.1 被験者実験方法	62
4.1.1 実験概要	62
4.1.2 実験手順	63
4.2 実験結果・考察	67
4.2.1 分散分析	67
4.2.2 相関関係	68
4.3 物理量と心理量の関係	70
4.3.1 平均と標準偏差	71
4.3.2 多重比較	76
4.4 まとめ	82
4.4.1 作業妨害感の評価について	82
4.4.2 その他の評価について	82
第5章 総括	83
5.1 研究の成果	83
5.2 今後の課題	85
参考文献	86
謝辞	88
発表論文一覧	89
付録 A	96
付録 B	102

第1章

序章

1.1 研究背景

近年,働き方改革が話題となり,ワーカーの働き方や知的生産性の向上への社会的関心が高まっている.2013 年から政府が「日本再興戦略」において企業の生産性向上を一つの柱として掲げる中,オフィス経営では省エネルギー性と並んで知的生産性を高める環境計画が再重要視されるようになってきた[9].こうした背景から,SAP(Subjective Assessment of workplace Productivity)[10]という,オフィス環境がワーカーの知的生産性に及ぼす影響を主観的に評価する知的生産性測定システムが建築環境・省エネルギー機構の下で開発され,日本サステナブルケンჭチク協会からウェブ上で提供されている.SAP 入門書によると,オフィスワーカーは,執務中,各々の環境要素を視覚・聴覚・温冷感覚・臭覚・触覚などの感覚器官により知覚し,それらに対して身体が生理反応を起こしながら,心理的には明るさ・うるささ・暑さ・寒さなどを感じている.その際に,不快感や執務への妨害感といった好ましくない印象を受けると,可能な範囲で環境調節の行動を起こす.また,無意識のうちに室内環境が疲労や覚醒,モチベーションなどに影響を及ぼしている場合がある.室内環境は,ワーカー個人の生理・心理反応を通して色々な形で知的作業に影響を及ぼし,長期的にみればオフィス全体の知的生産性を左右すると指摘している[11].

オフィス環境が知的生産に影響を及ぼすとされ,働き方に合わせたオフィスの需要が高く,多様なオフィスが登場している.そのような中で,壁や間仕切りを用いず,デスクレイアウトの柔軟性や社内におけるコミュニケーションの円滑化の促進というメリットをもつオープンプランオフィスが広く普及している.一方で,オープンプランオフィスでは壁や間仕切りがない為,吸音や遮音が十分でなく,周囲の話声により執務者が作業の妨害を感じる場合があることが課題となっている.オフィス内の騒音源には,空調騒音や OA 機器騒音,足音,会話,電話などが挙げられる.その中でも会話や電話などの話声は,内容に意味を含む騒音として有意味騒音と呼ばれ,空調騒音や OA 機器騒音などは意味の含まない音として,無意味騒音と呼ばれる.辻村によると,執務作業への妨害感は無意味騒音よりも有意味騒音が高いとされている[12].

オフィス内の話声についてスピーチプライバシーに関する研究が多く行われている。特にプライバシーに対する意識が高い欧米では、スピーチプライバシーに関する研究[1]が盛んに行われ、会話の「漏洩」と「侵害」という二つの側面から、評価方法[2]や設計法が確立している。そのため、多くの実施例を通じた議論の中で当事者や建築設計者・音響設計者は、スピーチプライバシーについて共通した理解と認識を持っている。しかし、日本ではスピーチプライバシーについて、そういった共通の認識がない為、目標性能について試行錯誤が行われている。例えば、日本ではプライバシーというと「秘話性」の意味として捉える場合が多い。その為、会話による室への「妨害」と会話を聞かれない「秘話性」で、必要な対策や効果、その目標の設定などが異なるにも関わらず、スピーチプライバシーを区別して認識していない場合があり、問題が複雑化している[13]。本研究では、オープンプランオフィスにおける会話による作業妨害感について着目している為、「侵害」という側面からスピーチプライバシーについて研究を行う。

1.2 音環境評価・作業妨害感に関する指標

1.2.1 オープンプランオフィスにおける音環境評価に関する規格

作業妨害感とプライバシーに関して、オープンプランオフィスの空間性能を室内音響測定により評価する規格として ISO3382-3[3]がある。本規格はスピーチプライバシーの評価法として北欧から提案された[14]。音声を想定したパワーレベルを持つ音源(表 1-1)に対する受音点での音圧レベルと、室における音源-受音点間の伝達特性を表すインパルス応答を用いて、各種音響物理指標を算出し、その結果からオフィスの性能を評価する。

音響物理指標について以下に記す。

$D_{2,S}$ 音源-受音点間距離が 2 倍になった時の A 特性音声音圧レベルの減衰率。なお、A 特性とは人間の聴感を模した特性であり、A 特性をかけることで聴感に応じたレベルとなる。

$L_{p,A,S,4m}$ 音源から 4m 離れた点での A 特性音声音圧レベル。

話声伝送指数 STI_r 音声の明瞭性を予測するための物理指標であり、0～1 の範囲の値を持つ。明瞭性は 0 が最も低く、逆に 1 が最も高い。

r_D (Distract Distance) $STI_r = 0.5$ となる音源-受音点間距離。規格では、これ以上離れると作業妨害感が急激に低減し、会話のプライバシーが向上するとされている。

r_P (Privacy Distance) $STI_r = 0.2$ となる音源-受音点間距離。規格では、これ以上離れると作業への集中力とプライバシーが特に保たれるとされている。

暗騒音レベル 利用者がいない状態での室内音圧レベル。

ISO3382-3 では、ピンクノイズによる音圧レベル測定によって、オフィス内の測定点における音の減衰量を求め、表 1-1 に示す一般的な音声のパワースペクトルを想定し、減衰量をひいて測定点における音声音圧レベル $L_{p,A,S}$ を算出する。

表 1-1 一般的な音声スペクトル[3]

中心周波数 (Hz)	音声のパワーレベル $L_{W,S}$ (dB re 1pW)	音声音圧レベル $L_{p,S,1m}$		A特性補正值 A (dB)
		指向性音源 (dB re 20μPa)	無指向性音源 (dB re 20μPa)	
125	60.9	51.2	49.9	-16.1
250	65.3	57.2	54.3	-8.6
500	69	59.8	58	-3.2
1000	63	53.5	52	0
2000	55.8	48.8	44.8	1.2
4000	49.8	43.8	38.8	1
8000	44.5	38.6	33.5	-1.1
A特性	68.4	59.5	57.4	

ISO3382-3 AnnexA では、 STI_r とタスクパフォーマンスについて述べられている。 STI_r が 0.5 以下である場合、作業効率に対する音声の悪影響が急激に消え始める。したがって、音源から STI_r が 0.50 となる点までの距離には、妨害感距離 r_D が設定されている。また、 STI_r が 0.2 まで下がると、集中できる環境が保たれ、作業妨害を受けなくなる。そのため、音源から STI_r が 0.2 となる距離にはプライバシー距離 r_D が設定されている。

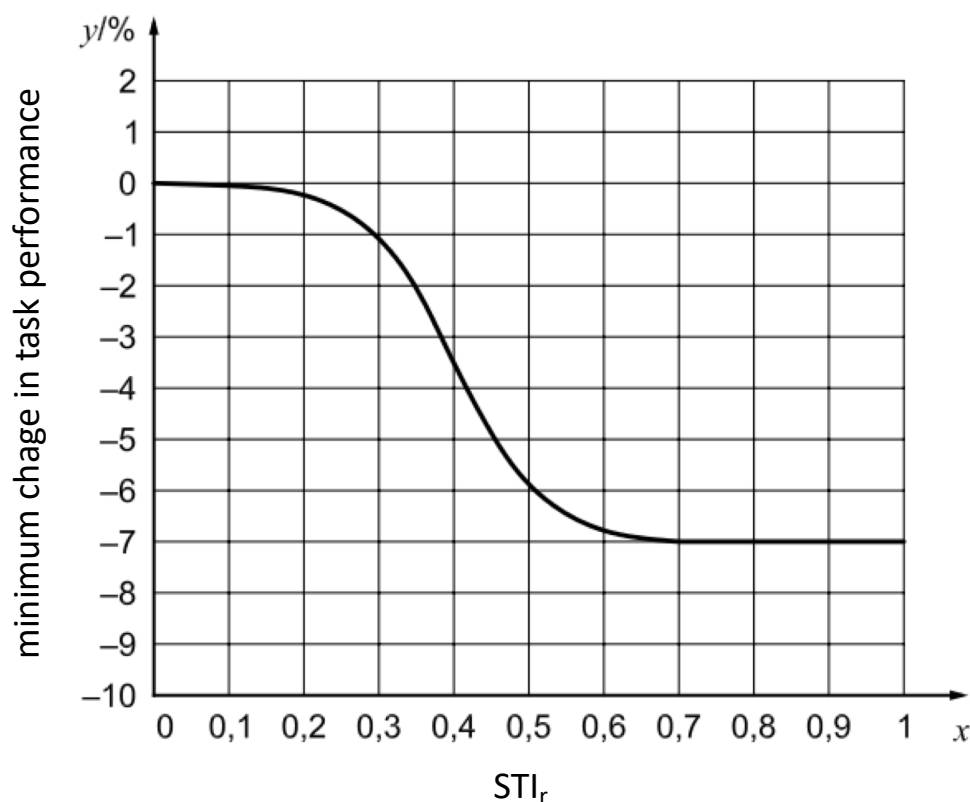


図 1-1 タスクパフォーマンスと STI_r [4]

前述の物理指標値の中で、表 1-2 のように $D_{2,S}$ 、 $L_{p,A,S,4m}$ 、 r_D の 3 つの指標値を用いてオフィス进行评估する。オープンプランのオフィスではほとんどの場合、良好な音環境を確保できていないため、Good と評価されることは稀であると述べられている。

表 1-2 オフィス音環境評価指標

	$D_{2,S}$ (dB)	$L_{p,A,S,4m}$ (dB)	r_D (m)
Good	≥ 7	≤ 48	≤ 5
Poor	< 5	> 50	> 10

1.2.2 STI_rについて

本研究では、オープンプランオフィスにおける会話音声による作業妨害感についての心理的側面から検討を行う。前述の通り、会話音声の明瞭度を示す、STI_rが作業妨害感に影響を及ぼすとされている。この節では、STI_rについて、STI_rに関する研究の文献より引用して説明する。

STI_rは 1980 年に Steeneken と Houtgast により提案された[5]。1988 年に IEC において最初に規格化され、その後 1998 年に規格が改定され、更に 2003 年に規格が更新された[6]。

以降、STI_rの算出方法についてまとめられた AIJES(日本建築学会環境基準)-S0002-2011[15]より引用。本研究では、主にこれを参考にSTI_rの算出を行う。

STI_rは、会話音声の特徴を信号強度の時間的変化を表す包絡線情報として捉え、音源位置で発生された音声波形(100%強度変調した音源信号波形)の包絡線が、受信位置でどれだけ保存されているかを示すMTFの結果を用いて算出される。MTFの概念を図 1-2 に示す。

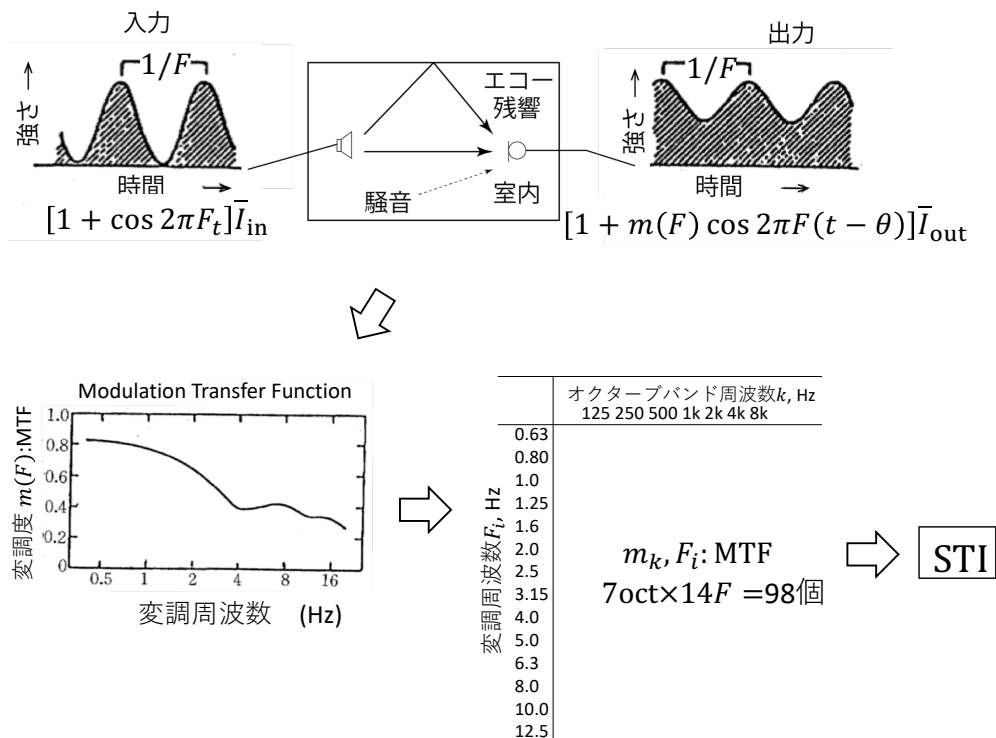


図 1-2 MTFの概念[15]

発声者の音声を表した 100%強度変調された音源入力信号(F は変調信号,Hz)

$$x(t) = \bar{I}_i(1 + \cos 2\pi F t) \quad (1-1)$$

に対して、伝送路内を経過した出力信号は式(1-2)で表される。

$$y(t) = \bar{I}_i[1 + m(F) \cdot \cos 2\pi F(t + \tau)] \quad (1-2)$$

$m(F)$ は、変調周波数 F での変調指数であり、 τ は伝送による時間遅れを示す。変調深さの減少度を変調周波数の関数として表した $m(F) = m_o/m_i$ がMTFである。 m_o は出力信号の変調深さ、 m_i は入力信号の変調深さを示す。

IEC 60268-16 では、MTFの測定において、測定用信号として振幅変調された広帯域の変調ノイズを用いることとされている。また、この変調ノイズを用いる方法とインパルス応答による方法は、伝送路が線形時不変である場合には等しい解となるが、伝送路内にピーククリッピング、量子化歪などの非線形歪が存在する場合はインパルス応答による方法は用いることは適当ではないと述べられている。しかし、STI_r以外の室内音響指標によって音場評価を行う際には、インパルス応答が一般的に用いられており、一般に伝送路となる音場には線形システムが仮定できることから、ここでは伝送路内(建築空間)で測定されたインパルス応答から Schroeder の方法[7]によってMTF(m_k, F_i) を算出する方法に基づいて解説する。

MTFはインパルス応答 $h(t)$ を用いることにより以下の式(1-3)によって求められる。

$$m(F) = \frac{\int_0^\infty h^2(t) \cdot e^{-j2\pi Ft} dt}{\int_0^\infty h^2(t) dt} \quad (1-3)$$

以降に、STI_rを算出するまでの過程を示す。

測定したインパルス応答から、MTFの算出アルゴリズムによって図 1-2 に示すように、中心周波数 125Hz～8kHz の七つの音声周波数帯域(k)と 0.63～12.5Hz の 14 の変調周波数(F_i)の計 7×14 のマトリクスについて、MTFを求める。

なお、背景騒音の影響を考慮する場合には、式 (1-4)のようにMTF算出の際に、SN 比に応じた補正を行う。このように騒音の影響は、インパルス応答から求めた MTFの結果に別途加算することにより考慮する。

$$m_{k,F_i} = \frac{\int_0^\infty h_k^2(t) e^{-j2\pi F_i t} dt}{\int_0^\infty h_k^2(t) dt} \cdot \left(1 + 10^{-\left(\frac{SNR_k}{10}\right)}\right)^{-1} \quad (1-4)$$

測定したインパルス応答から、MTFを求めるまでの算出フローを図 1-3 に示す。

MTF の算出結果 m_{k,F_i} に、低域側に隣接するオクターブバンドからの聴覚マスキングの影響について、式(1-5)を用いてレベルごとに表 1-4 に示すようなAMF(Auditory Masking Factor)の考慮による補正を行う。

$$m'_{k,F_i} = m_{k,F_i} \frac{I_k}{I_k + I_{k-1} \cdot amf_{k-1} + I_{rt,k}} \quad (1-5)$$

ただし、 $I_k = 10^{(LdB_k/10)}$ $amf = 10^{(amdB/10)}$ $I_{rt,k} = 10^{(L_{rt,k}dB/10)}$

I_k : 音声周波数帯域ごとの強度(k :オクターブバンド)

I_{k-1} : 低域側に隣接する音声周波数帯域の強度

LdB_k : オクターブバンドレベル

amf : 聴覚マスキング補正因子

$amdB$: 聴覚マスキング補正レベル(IEC 60268-16:2003 とは異なる)

$L_{rt,k}$:最小可聴値を考慮した補正強度

$L_{rt,k}$:最小可聴値による補正レベル

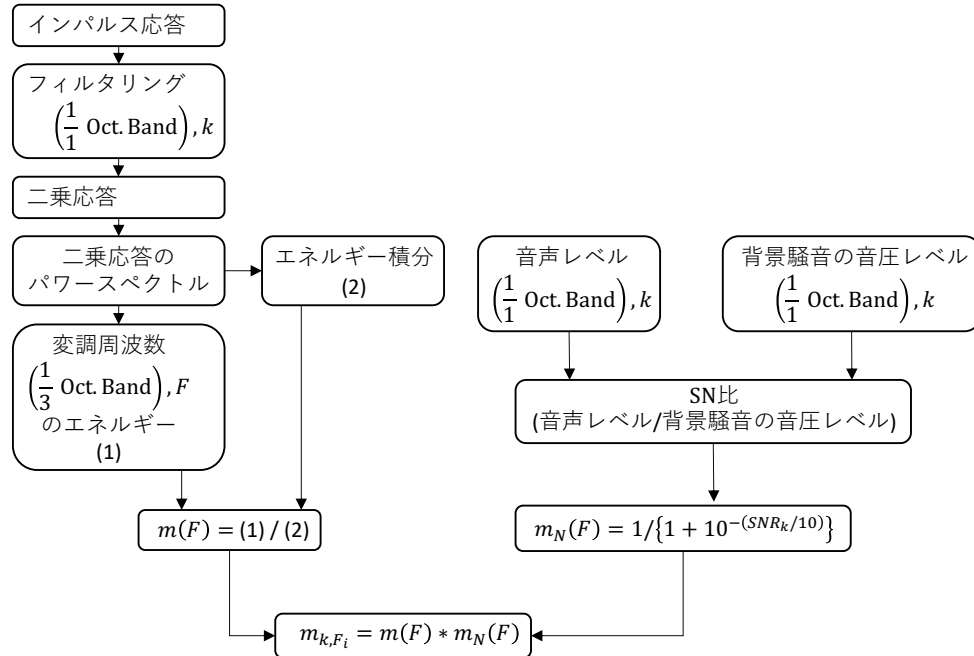


図 1-3 MTF算出フロー[15]

表 1-3 オクターブバンドレベルと聴覚マスキングによる補正[15]

オクターブバンドレベル(LdB_k), dB	$LdB_k < 63$	$63 \leq LdB_k < 67$	$67 \leq LdB_k < 100$	$LdB_k \geq 100$
聴覚マスキングによる補正レベル($amdB$), dB	$0.51LdB_k - 65$	$LdB_k - 146.9$	$0.5LdB_k - 59.8$	-10

表 1-4 オクターブバンドごとの最小可聴値による補正[15]

オクターブバンド中心周波数, Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000
最小可聴値による補正レベル($L_{rt,k}$), dB	46.0	27.0	12.0	6.5	7.5	8.0	12.0

聴覚マスキングによる補正レベル($amdB$: auditory masking, dB)は、音声と背景騒音がともにある条件下でのオクターブバンドレベル(LdB_k)から表 1-3 によって値を求め、最小可聴値補正 ART(Absolute Reception Threshold)のレベル $L_{rt,k}$ は表 1-4 から求める。ここでは、低域側に隣接するオクターブバンドからのマスキングの影響に加え、音声の聴取音圧レベルが低い場合に音声信号の変調度が減少するように最小可聴値を考慮した補正を行なっている。

このように騒音が無視できる状況においても、インパルス応答からMTFを算出する際に、音声の聴取音圧レベルの絶対値が考慮される点に留意する必要がある。

式(1-6)によって次に,MTFを等価SN比に換算する.

$$SNR_{k,F_i} = 10 \log \frac{m'_{k,F_i}}{1 - m'_{k,F_i}} \quad [\text{dB}] \quad (1-6)$$

式(1-7)によって,-15dB から+15dB の範囲内で等価SN比の明瞭度への貢献度 TI を 0~1 の値に換算する.ここで,シフト因子は $S = 15$,レンジ因子は $R = 30$ である.

$$TI_{k,F_i} = \frac{SNR_{k,F_i} + S}{R} \quad (1-7)$$

さらに,式(1-8)によって音声周波数帯域ごとの平均 TI を求める.

$$MTI_k = \frac{1}{14} \sum_{i=1}^{14} TI_{k,F_i} \quad (1-8)$$

最後に,式(1-9)によって STI_r を求める.従来の STI では,音声周波数帯域ごとの MTI について,明瞭度との対応関係が最大寄与となる各帯域の重み付け係数によって加重平均を行なっていたが, STI_r では表 1-5 に示す重み付け係数を用いた補正を行なって STI_r を算出する.最終的に求めた STI_r は従来の方法によって求めた STI と区別するために STI_r として示される.

$$STI_r = \sum_{k=1}^7 \alpha_k \cdot MTI_k - \sum_{k=1}^6 \beta_k \sqrt{MTI_k \cdot MTI_{k+1}} \quad (1-9)$$

ただし,

α_k :音声周波数帯域ごとの重み付け係数

β_k :冗長性補正係数

なお, α, β の係数は,に示すように男性スピーチと女性スピーチで異なる値を用いる.

表 1-5 オクターブバンドごとの重み付け係数(男声・女声)[15]

オクターブバンド中心周波数, Hz		125	250	500	1000	2000	4000	8000
男声スピーチ	α	0.085	0.127	0.23	0.233	0.309	0.224	0.173
	β	0.085	0.078	0.065	0.011	0.047	0.095	—
女声スピーチ	α		0.111	0.223	0.216	0.328	0.25	0.194
	β		0.099	0.066	0.062	0.025	0.076	—

1.3 既往研究

オープンプランオフィスの音環境に関する既往研究が同研究室の澤畑によって行われている[16].この研究では,実在の折上天井を有する扁平大空間のオープンプランオフィスを対象として,ISO3382-3[3]に記載された方法に沿って測定を行い,室内音響特性に関する基礎的調査を行なっている.

家具によってゾーニングされた図 1-6 のオフィスにおいて,家具搬入前と,家具搬入後で室内音響測定を行なっている. 以下にこのオフィスの仕様について示す.図は既往研究より引用.

- ・ 基本寸法 : 約 $42 \times 19 \times 3(H)$ m
- ・ 室容積 : 約 2423m^3
- ・ 特徴 : 高さ 90cm の折上天井が室内に 5 箇所
- ・ 天井 : 木毛セメント板(t30),ただし折上部は石膏ボード
- ・ 床 : フローリング
- ・ 壁 : ガラス,一面のみ石膏ボード

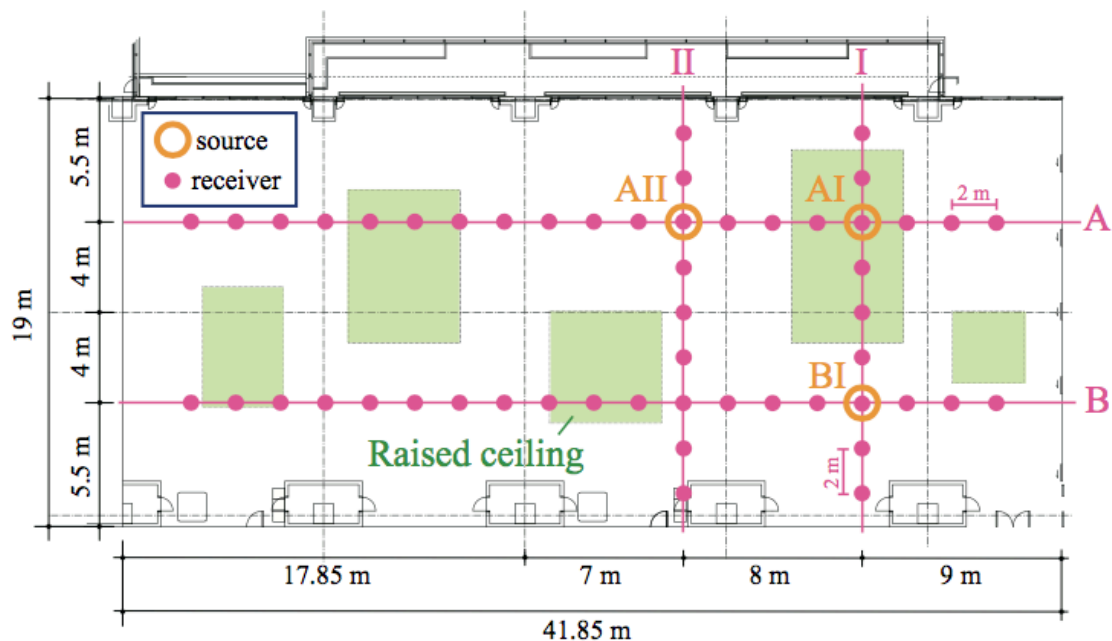


図 1-4 オープンプランオフィス平面図(家具なし)[16]

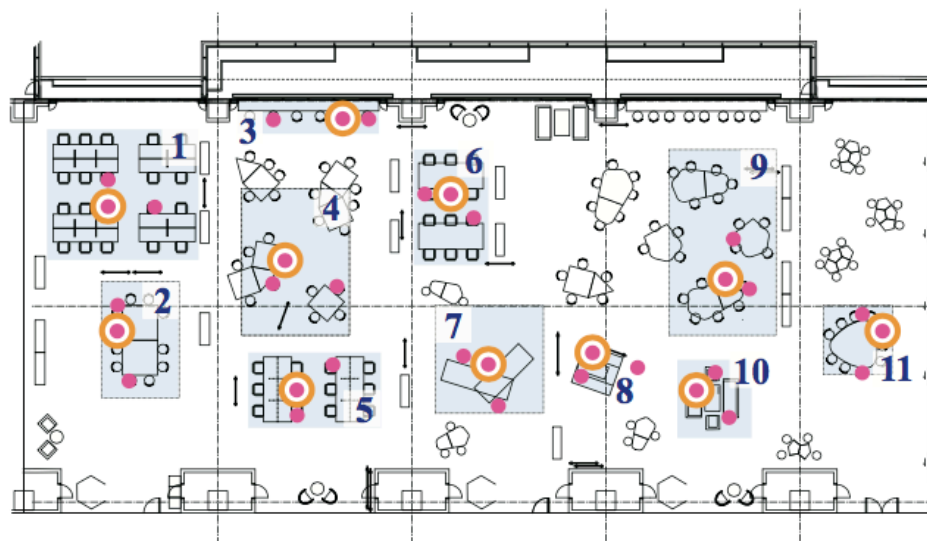


図 1-5 オープンプランオフィス平面図(家具あり)[16]



図 1-6 オフィスの様子

室内音響測定は音圧レベル測定(ピンクノイズ使用)とインパルス応答測定(スウェプトサイン信号)で,家具搬入前後で行なっている.音圧レベル測定からは減衰レベルと A 特性音声音圧レベルを算出し,インパルス応答測定からは残響時間と話声伝送指数 STI_r の算出をしている.

音響評価については前術の ISO3382-3 に規定されているオープンプランオフィスの音響評価指標を算出して評価している.A 特性音声音圧レベルの倍距離減衰 $D_{2,S}$,音源- $STI_r = 0.5$ となる受音点間距離 r_D ,音源- $STI_r = 0.2$ となる受音点間距離 r_P を回帰式より算出している.

算出した音響指標値について,表 1-2 からこのオフィスの評価を行なっている.その結果を表 1-6 に示す.

既往研究のまとめについて、以下引用。

このオフィスの測定による室内音響指標値と評価結果を表 1-6 に示す。評価が Poor な場合、緑で示している。

このオフィスでは、室全体として、扁平大空間による残響減衰への影響が見られ、音源が折上天井下にある場合の音源近傍での音圧レベルと STI_r の低下が見られた。また、家具の有無について、残響時間は、家具設置前は中音域での残響が顕著に長いが、設置後は全音域で残響が短くなり、概ね平坦な周波数特性であった。また、音源から遠くなる程、残響が長い傾向が見られたが、家具なしの方がその傾向が緩和されている。距離減衰では、家具設置により、音源から 10m で約 4dB の低下が見られた。 STI_r は音源から 20m 付近では差がなく 0.3 程度であったが、それより遠方では家具なしの方が、値が大きくなった。このオフィスでは、吸音・遮音対策が不足していたため、各種指標では明確に低評価と判断された。

エリア間の影響にも着目しながら、実態調査により在室者の主観評価との対応の検討が必要であると述べられている。

表 1-6 オープンプランオフィスの室内音響指標と評価結果[16]

	$D_{2,S}$ (dB)	$L_{p,A,S,4m}$ (dB)	r_D (m)	r_P (m)
Area 1	3.99	50.4	11.9	27.2
Area 2	3.27	51.0	11.7	27.5
Area 3	5.04	52.1	11.5	24.3
Area 4	4.35	51.5	10.0	24.7
Area 5	5.02	51.8	10.5	23.6
Area 6	4.43	50.7	11.3	26.5
Area 7	4.13	50.9	10.4	23.7
Area 8	4.92	48.4	8.00	18.5
Area 9	4.16	50.7	10.4	26.4
Area 10	4.60	52	10.3	23.6
Area 11	5.04	52.1	13.4	29.8
平均	4.45	51.0	10.9	25.1

1.4 研究目的

前述のように,ISO3382-3[3]では,オープンプランオフィスの室内音環境評価において,音声の明瞭性を示す STI_r が作業パフォーマンスに影響を与える[4]として, STI_r から妨害感のある距離 r_D を設定し,作業妨害感について評価を行なっている. STI_r の値のみで作業妨害感の評価が出来れば容易に評価が行えるが, STI_r は 1.2.2 で述べたように,部屋の響き,音声音圧レベル,背景騒音の音圧レベル(騒音レベル)から求められる為, STI_r の値が同じでも,これら3つの要因が異なる条件の場合,聴感的に印象が変わり,作業妨害感の評価でも影響してくる可能性が考えられる.

また作業妨害感についての研究では,サウンドマスキングによって音声をマスクし,作業妨害感を低減させるという対策があり, S/N 比との対応について検討を行なっている研究[17]はあるが, STI_r との対応についての検討は十分でないと感じる.

そこで本研究では,オープンプランオフィスにおける会話による作業妨害感の評価方法として,音声の明瞭性を示す STI_r の値で評価を行なっている ISO3382-3 の妥当性について,心理的側面から検討を行うことを目的と設定した.

1.5 論文構成

第 1 章では,研究の背景,オープンプランオフィスに音環境評価に関する規格,関連の既往研究について概観し,本研究の目的をまとめた.

第 2 章では,オフィス内の会話者と個人執務者の心理印象について検討するために,既往研究で室内音響測定を行なったコワーキングオフィスにおいて行なった,会話者と個人執務者が同一空間内にいることを想定した被験者実験について述べる.第 1 節で被験者実験概要,第 2 節で被験者実験の方法を述べる.第 3 節で両者の心理印象や, STI_r と作業妨害感やプライバシー感との対応について検討を行なった.

第 3 章では,オープンプランオフィスにおける音声による作業妨害感について検討を行うための被験者実験の条件を決定するまでの測定や録音について述べる.の第 1 節で被験者実験の概要と被験者実験までの作業の流れについて述べる.第 2 節でオープンプランオフィスに類似した 2 室の空間において行なった室内音響測定について述べ,第 3 節で測定結果と考察を述べる.第 4 節で音声音源や録音方法について述べ,第 5 節で録音後の音源の作成・加工方法について述べる.第 6 節で決定した被験者実験の条件について述べる.

第 4 章では,被験者実験の内容と結果と考察について述べる.第 1 節では実験方法について述べる.第 2 節で分散分析や相関について検討を行い,第 3 節で物理量と心理量の関係について検討し,ISO3382-3[3]の妥当性の検討を行う.

第 5 章では,本研究を総括し,今後の課題を述べる.

第2章

コワーキングオフィスにおける実験

2.1 実験概要

2.1.1 コワーキングオフィス

コワーキングオフィスとはコワーカー向けのオープンプランオフィスで、空間を共有して独立した仕事を行えるオフィスである。安倍ら[18]の調べによると、このような働き方や仕事場は、特定の企業内での労働や企業オフィスと比して、ワークスタイルの柔軟性や交流するメンバーの多様性、場の開放性の高さなどが期待されることから注目されており、近年、欧米を中心に各国でコワーキングスペースが次々に開設されている。

コワーキングオフィスでは様々な人が利用する為、空間内では PC 作業など個人執務作業だけでなくミーティングや電話などが行われる場合もあり、空間内ではオフィス機器や空調などの音だけでなく話声もしばしば聞こえる。個人執務者は、この話声によって執務作業の妨害感を感じる場合がある。音環境の面において作業のしやすさと会話のしやすさの両立が課題となっている。

2.1.2 実験概要・目的

実在するコワーキングオフィスにおいて会話者と個人執務者が同一空間内にいることを想定し、被験者実験により両者の心理印象について検討を行い、 STI_r と心理印象との対応について確認する。その際、ISO3382-3[3]で規定されている $STI_r = 0.5$ (妨害感距離 r_D の閾値)と $STI_r = 0.2$ (プライバシー距離 r_P)について着目する。

2.2 実験方法

2.2.1 実験手順及び実験環境

1.2 の既往研究[16]で室内音響測定を行なったコワーキングオフィス(室寸法 42m×19m×3m(H),残響時間 約 0.9 秒)において,会話者 2 名と個人作業者 2 名の計 4 名を 1 組として作業環境に関する印象評価実験を 2014 年の 11 月末に行なった.コワーキングオフィスの平面図と被験者の位置関係を以下の図 2-1 オフィス平面図と被験者の位置関係に示す.被験者は 21~26 歳の学生の 16 名で,実験中はコワーキングオフィス内に被験者以外にオフィス利用者が 10 名程度在室している状態となっている.また,室中央壁際の BGM 用スピーカを On/Off とした 2 条件を設定した.

■ 実験手順

個人作業者は両端の場所 A と E にそれぞれ 1 名ずつ配置し,そこで 4 分間個人作業を行ない,1 分間で作業中の印象について評価をした.同時に会話者は 4 分間会話をし,会話中の印象についての評価を 1 分間で行なった.個人作業者は場所 A と E に固定した状態で,会話者は 8~10m 程度ずつ離れた場所 A~E を図 2-1 オフィス平面図と被験者の位置関係のように A→B→C→D→E の順で,それぞれの場所で着席後,会話・評価をし,次の場所へ移動した.

各組は図 2-2 の通り,個人作業者 2 名と会話者 2 名はそれぞれ作業を交代して行い,これを BGM 有り・無しの各条件で作業・会話を合計 4 回行う.

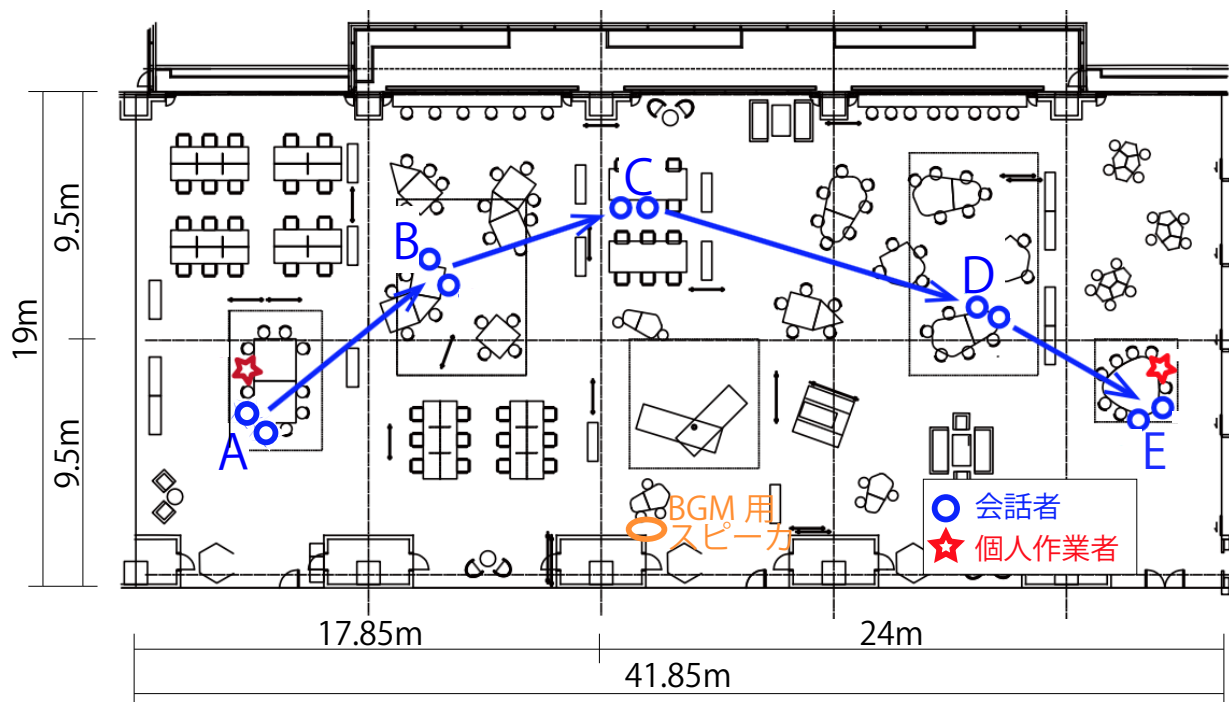


図 2-1 オフィス平面図と被験者の位置関係

■ アンケート

個人作業者及び会話者に作業・会話中の印象について確認するための評価語対について表 2-1 表 2-2 に示している。アクティビティ中の印象について『集中しやすさ(集中しやすい-集中しにくい)』もしくは『会話しやすさ(会話しやすい-会話しにくい)』,『リラックスしやすさ(リラックスしやすい-リラックスしにくい)』,今の席での印象について『うるささ(静か-うるさい)』,『にぎやかさ(落ち着いた-にぎやか)』,『BGM の大きさ(BGM が小さすぎる-BGM が大きすぎる)』,自身(個人作業者)と会話者について『自身の出す音への意識(自分の出す音が気にならないし-自分の出す音が気になる)』,『会話者に対する意識(会話者が気にならない-会話者が気になる)』,『話声の大きさ (会話の声の大きさが小さい-会話の声の大きさが大きい)』,『会話内容の聞き取り(会話内容が聞き取れない-会話内容が聞き取れる)』,自身(会話者)と個人作業者もしくは会話相手について『発生への配慮(自分の声の大きさに気を遣わない-自分の声の大きさに気を遣う)』,『相手の声の大きさ(相手の声の大きさが気にならない-相手の声の大きさが気になる)』,『相手の声の聞き取り(相手の声が聞き取りやすい-相手の声が聞き取りにくい)』,『個人作業者に対する意識(個人作業者が気にならない-個人作業者が気になる)』とした。評価語に対して 7 段階で,両端から真ん中へ順に「非常に」,「かなり」,「少し」,「どちらとも言えない」となっている。また,他に実験中に室内には他の利用者がいて環境が変わる場合があるため,被験者に作業中・会話中の 4 分間で何か特に気づいたことがあれば任意で記入させた。実際に使用した評価用紙は付録 A を参照。

表 2-1 個人作業についての評価語

	評価点数						
	3	2	1	0	-1	-2	-3
評価項目	形容詞対						
集中しやすさ	集中しやすい	←	どちらとも言えない	→			集中しにくい
リラックスしやすさ	リラックスしやすい	←	どちらとも言えない	→			リラックスしにくい
うるささ	静か	←	どちらとも言えない	→			うるさい
にぎやかさ	落ち着いた	←	どちらとも言えない	→			にぎやか
BGM の大きさ	BGM が小さすぎる	←	どちらとも言えない	→			BGM が大きすぎる
自身の出す音への意識	自分の出す音が気にならない	←	どちらとも言えない	→			自分の出す音が気になる
会話者に対する意識	会話者が気にならない	←	どちらとも言えない	→			会話者が気になる
話声の大きさ	会話者の声が小さい	←	どちらとも言えない	→			会話者の声が大きい
会話内容の聞き取り	会話内容が聞き取れない	←	どちらとも言えない	→			会話内容が聞き取れる

表 2-2 会話についての評価語

	評価点数						
	3	2	1	0	-1	-2	-3
評価項目	形容詞対						
会話しやすさ	会話しやすい	←	どちらとも言えない	→		会話しにくい	
リラックスしやすさ	リラックスしやすい	←	どちらとも言えない	→		リラックスしにくい	
うるささ	静か	←	どちらとも言えない	→		うるさい	
にぎやかさ	落ち着いた	←	どちらとも言えない	→		にぎやか	
BGM の大きさ	BGM が小さすぎる	←	どちらとも言えない	→		BGM が大きすぎる	
発声への配慮	自分の声の大きさに気を遣わない	←	どちらとも言えない	→		自分の声の大きさに気を遣う	
相手の声の大きさ	相手の声の大きさが気にならない	←	どちらとも言えない	→		相手の声の大きさが気になる	
相手の声の聞き取り	相手の声が聞き取りやすい	←	どちらとも言えない	→		相手の声が聞き取りにくい	
個人作業者に対する意識	個人作業者が気にならない	←	どちらとも言えない	→		個人作業者が気になる	

■ 騒音レベル測定

実験中は図 2-4 のように、それぞれ個人作業者位置 2 箇所と会話者位置(会話者とともに移動)の近傍約 50cm の位置に騒音計を設置した。騒音計はデータロガー騒音計を用いて、作業中の騒音レベルを測定した。



図 2-4 データロガー騒音計

各回騒音レベルの測定結果の平均値を表 2-3 に示す.各回の等価騒音レベル L_{Aeq} (4 分間)の平均値は BGM の有無に関わらず会話者近傍で約 53dB,場所 A と E で約 48dB であり,会話者近傍では 5dB ほど高い.一方,時間率騒音レベル L_{90} の平均値は BGM 有りの会話者近傍で約 44dB,場所 A で約 37dB,場所 E で約 34dB であり,また,BGM 無しの場所 A と E では BGM 有りより 1dB 程レベルが低下したことから,BGM は暗騒音より低い 30dB 程度で流れていたものと推測される.

表 2-3 実験中の騒音レベル(L_{Aeq} と L_{90})

	会話者近傍	場所A	場所E
L_{Aeq}	約53dB	約48dB	
L_{90} (BGM有り)	約44dB	約37dB	約34dB
L_{90} (BGM無し)	約44dB	約36dB	約33dB

■ A 特性音声音圧レベルと音声伝送指数 STI_r

[16]において空室時に実施した室内インパルス応答測定及び個人作業点での音圧レベル測定の測定結果と被験者以外の利用者が在室している状態でのオフィス内の暗騒音レベルを測定した結果より場所 A,E の個人作業位置とそれぞれの会話者位置間の A 特性音声音圧レベルと音声伝送指数 STI_r を算出した.A 特性音声音圧レベルは音圧レベル測定結果から減衰レベルを算出し,ISO3382-3[3]に記載されている音声のパワーレベルに合わせ,A 特性をかけて算出した.また, STI_r は A 特性をかける前の音声音圧レベルを用いて算出した.その結果を表 2-4 に示す.

表 2-4 場所間の A 特性音声音圧レベル $L_{p,A,S}$ と音声伝送指数 STI_r

		会話者				
$L_{p,A,S} / STI_r$		A	B	C	D	E
個人作業 者	A	51.8 / 0.67	43.8 / 0.40	37.9 / 0.27	33.9 / 0.18	31.0 / 0.05
	E	31.0 / 0.05	35.4 / 0.28	39.8 / 0.34	44.8 / 0.44	54.2 / 0.71

2.3 実験結果・考察

2.3.1 個人作業者の印象評価

個人作業者のそれぞれの評価項目に対する評価点数の平均評点と標準偏差を求めた。場所 A で作業した被験者と場所 E で作業した被験者で分けて平均した。

■ 集中しやすさについて

集中しやすさの平均評点と標準偏差を図 2-5 に示す。

集中しやすさは被験者に作業妨害感进行评估させている為、ISO3382-3[3]の評価方法より作業妨害感距離 r_D 内は作業妨害感を感じると推測される。表 2-4 からプライバシー距離 r_P 内($STI_r \geq 0.2$)である位置関係を薄い色で示し、妨害感距離 r_D 内($STI_r \geq 0.5$)である位置関係を濃い色で色付けしたものを表 2-5 に示す。

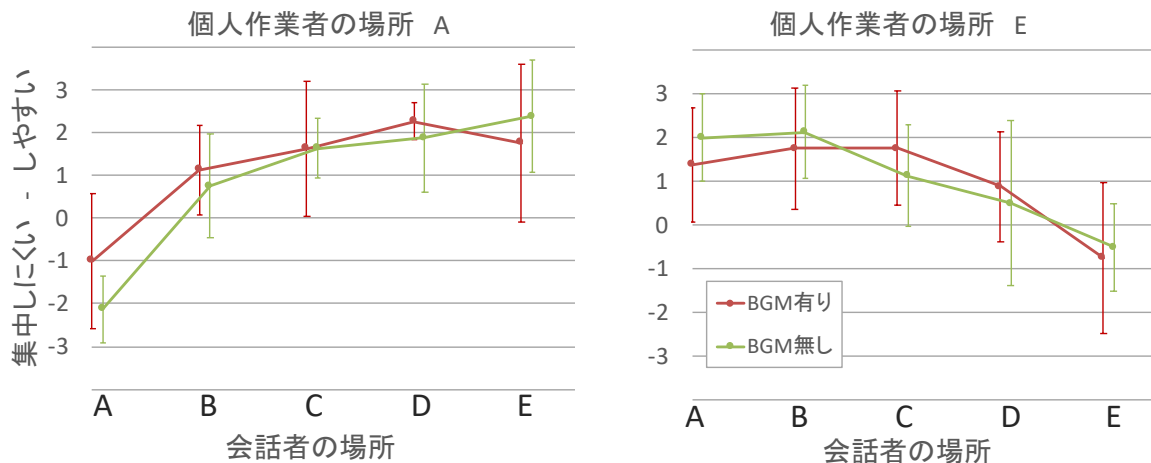


図 2-5 集中しやすさ

表 2-5 場所間の A 特性音声音圧レベル $L_{p,A,S}$ と音声伝送指数 $STI_r(r_D \cdot r_P$ 内色付)

		会話者				
$L_{p,A,S} / STI_r$		A	B	C	D	E
個人作業者	A	51.8 / 0.67	43.8 / 0.40	37.9 / 0.27	33.9 / 0.18	31.0 / 0.05
	E	31.0 / 0.05	35.4 / 0.28	39.8 / 0.34	44.8 / 0.44	54.2 / 0.71

妨害感距離内である A-A,E-E では STI_r から推測される通り、集中しやすさの評価も負の評価となっている。個人作業者から会話者が場所 C までは離れるほど評価が上昇し、それ以上離れても評価は大きく変化しない傾向が見られた。

BGM の影響については明確ではないが、会話者と個人作業者が 20m 程度以内では僅かながら BGM 有りが高評価側に作用しているように見える。

■ リラックスしやすさ

リラックスしやすさの平均評点と標準偏差を図 2-6 に示す。

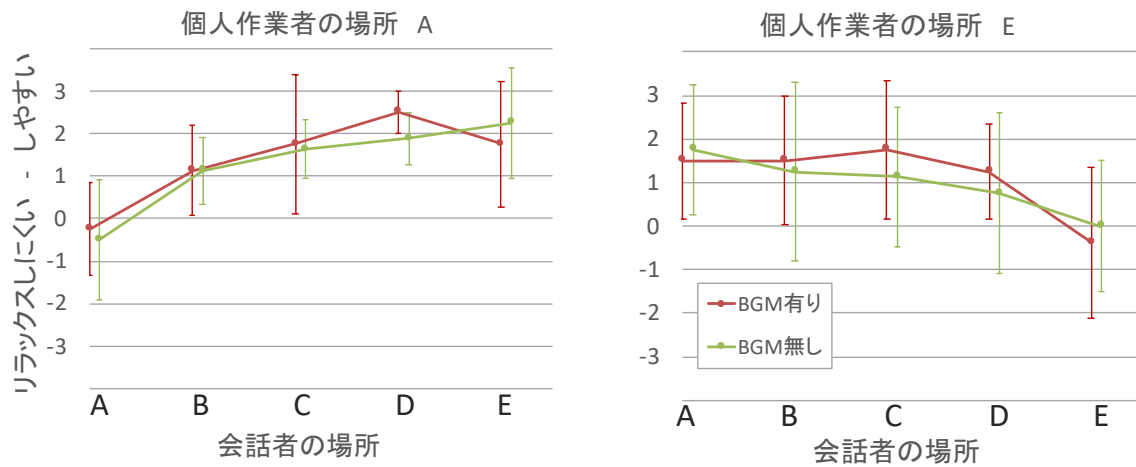


図 2-6 リラックスしやすさ

リラックスのしやすさの評価は集中しやすさとかなり似た評価結果であった。リラックスして作業を行えることが集中のしやすさにつながると考えられる。

■ うるささ

うるささの平均評点と標準偏差を図 2-7 に示す。

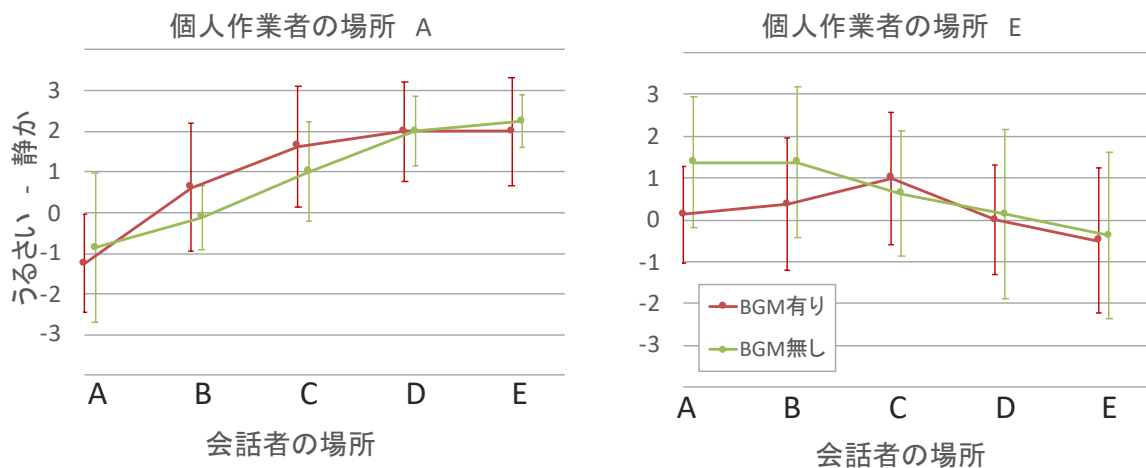


図 2-7 うるささ

うるささの評価については場所 A では集中しやすさと似た結果となった。

なお、会話者が遠方時の評価が個人作業者の場所によって異なる原因は、場所 E の周囲に他の利用者が比較的多かったことが考えられる。

■ にぎやかさ

にぎやかさの平均評点と標準偏差を図 2-8 に示す。

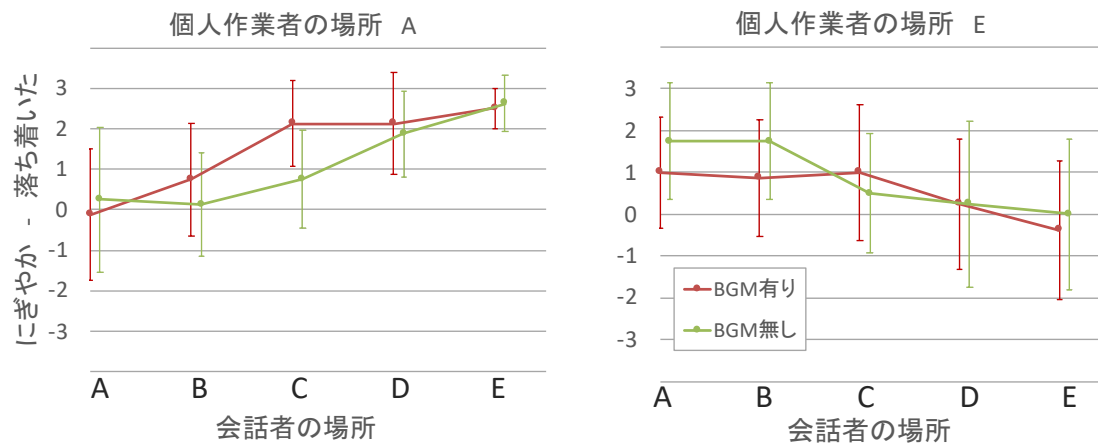


図 2-8 にぎやかさ

にぎやかさはうるさがネガティブな意味での周囲の音の大きさをたずねているのに対してポジティブな意味での評価項目であるが,うるささの評価とかなり似た結果となった.作業空間においてにぎやかさが必要かどうかは被験者の個性で異なる.その為,この評価項目については被験者はうるささの評価項目と同意義に捉えて評価している可能性があると考えられる。

■ BGM の大きさ

BGM の大きさの平均評点と標準偏差を図 2-9 に示す。

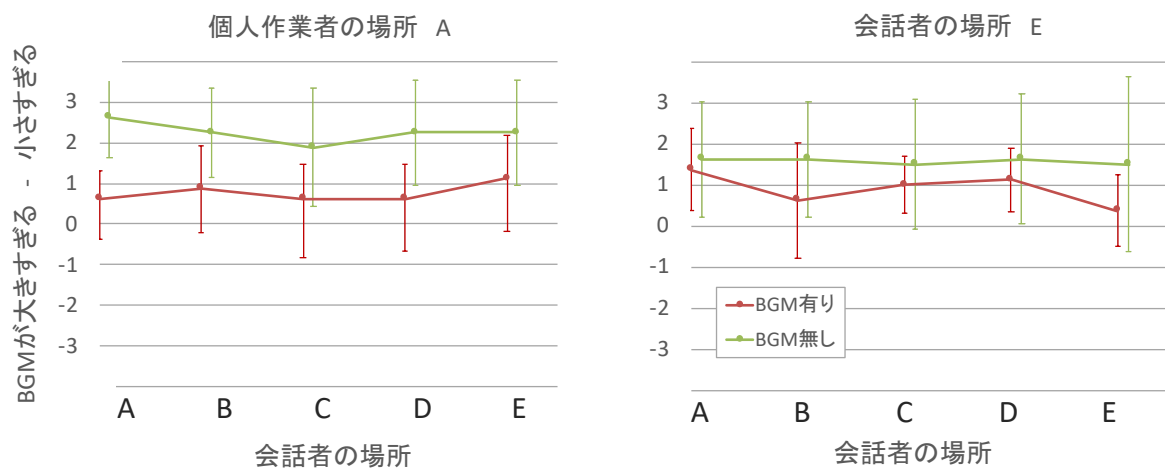


図 2-9 BGM の大きさ

BGM の大きさの評価は個人作業者と会話者の距離の影響はほぼ見られず,BGM の有無がそのまま評価となっている.BGM 有りで正の評価となっている為,オフィス内はかなり静かと感じられたことがわかる。

■ 自身の出す音への意識

自身の出す音への意識の平均評点と標準偏差を図 2-10 に示す。

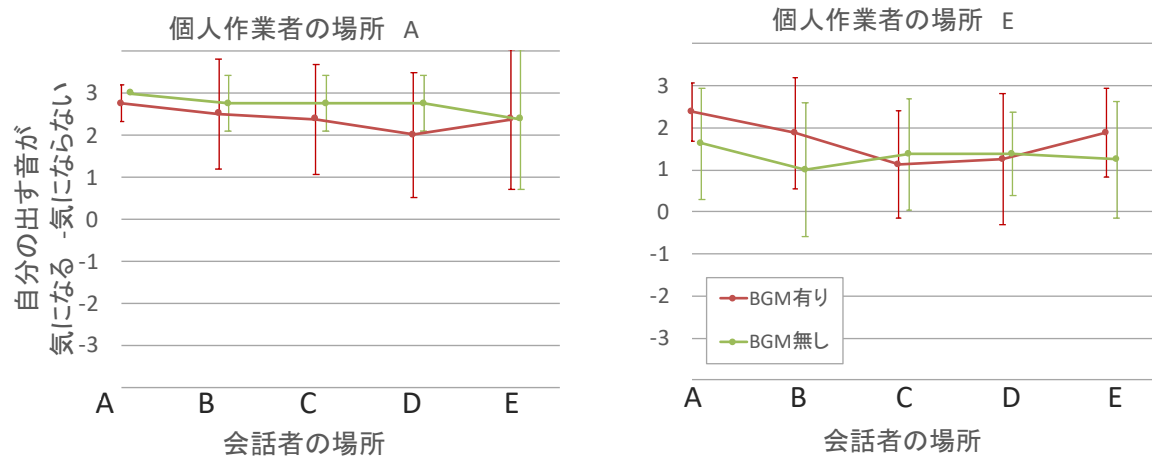


図 2-10 自身の出す音への意識

BGMの有無に関わらず,個人作業者は自分の出す音は気にならないことがわかった。

■ 会話者に対する意識

会話者に対する意識の平均評点と標準偏差を図 2-11 に示す。

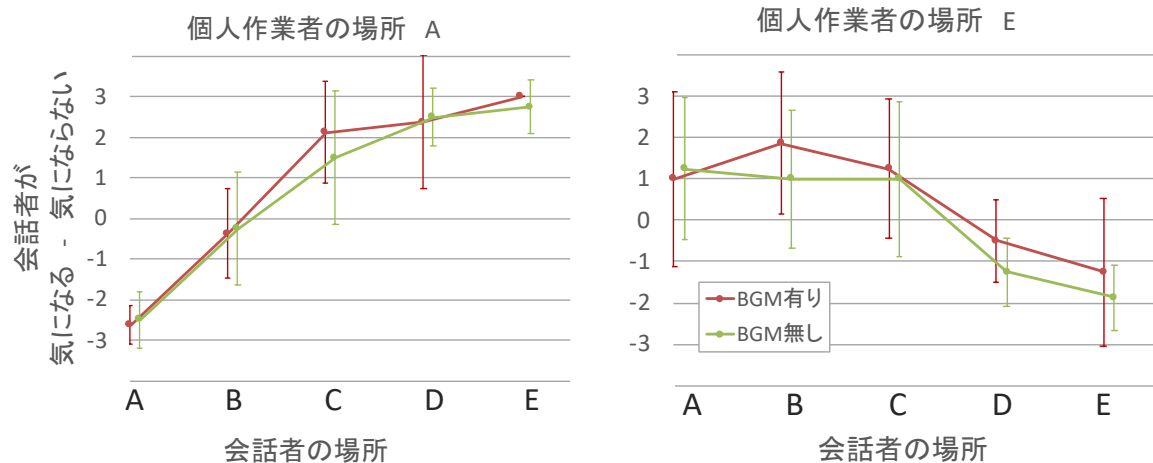


図 2-11 会話者に対する意識

会話者が気になるかどうかは自身のプライバシーが確保されているかどうかを評価させている為,ISO3382-3[3]の評価方法より r_p 距離内はプライバシー確保が出来ていない,つまり会話者が気になるという結果が推測される.しかし,表 2-5 より,A-D,A-E,E-A 以外は r_p 距離内であるが,場所 C(20m 程度)まで離れると気にならない側の評価となり,集中しやすさと似た傾向が見られた.場所 B,場所 C,場所 D は r_D 距離外 r_p 距離内の範囲であり,評価結果を見ると, STI_r が 0.3 から 0.5 になる点では会話者が気になる側から気にならない側にシフトしていく範囲であることが確認できた。

■ 話声の大きさ

話声の大きさの平均評点と標準偏差を図 2-12 に示す。

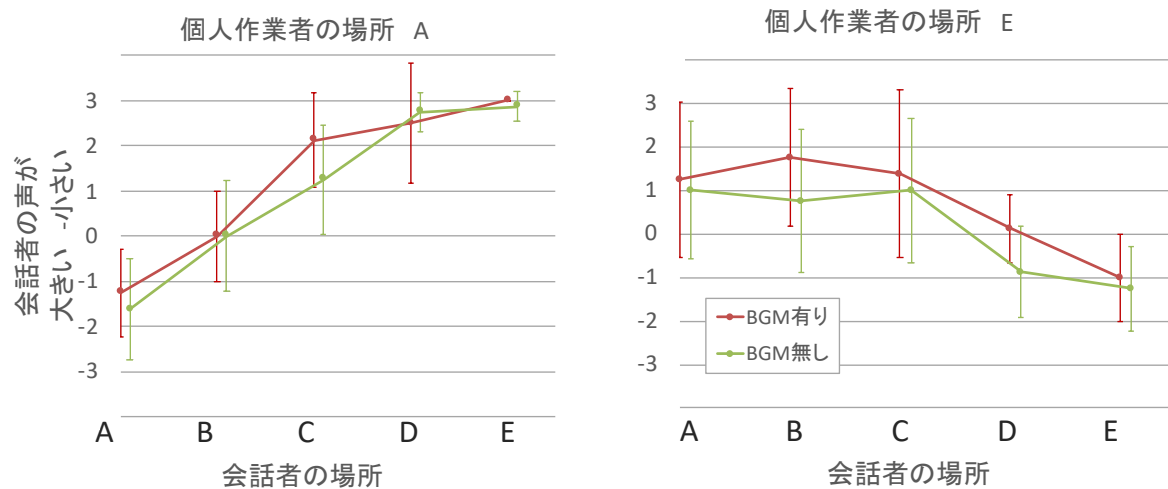


図 2-12 話声の大きさ

会話者の声についても場所 C まで離れると小さい側の評価となっている。BGM の影響については、全体的には BGM 有りが会話者の声が小さい側の評価となっており、BGM が話声をマスクしていることが考えられる。

■ 会話内容の聞き取り

会話内容の聞き取りの平均評点と標準偏差を図 2-13 に示す。

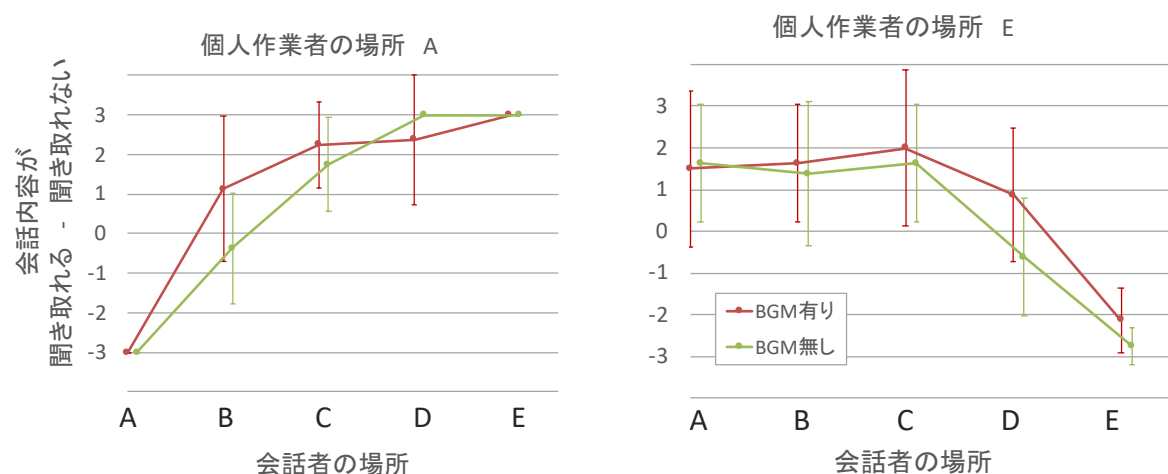


図 2-13 会話内容の聞き取り

会話内容の聞き取りについて、会話者の場所が 10m 付近で BGM 有りの方が高評価側になる傾向があり、10m 付近では BGM によって会話内容を聞き取りにくくする効果が見られた。BGM は個人作業者が会話内容を聞き取れる領域を狭めることができると推測される。両者が近接する場合は、会話が BGM よりかなり大きく、BGM による効果は現れにくく、また一方で 20m 程度以上離れると会話の音量や明瞭性はかなり低いため、こちらも BGM の影響が現れにくい状況にあるものと考えられる。

2.3.2 会話者の印象評価

会話者のそれぞれの評価項目に対する評価点数の平均評点と標準偏差を求めた。

■ 会話しやすさ

会話しやすさの平均評点と標準偏差を図 2-14 に示す。

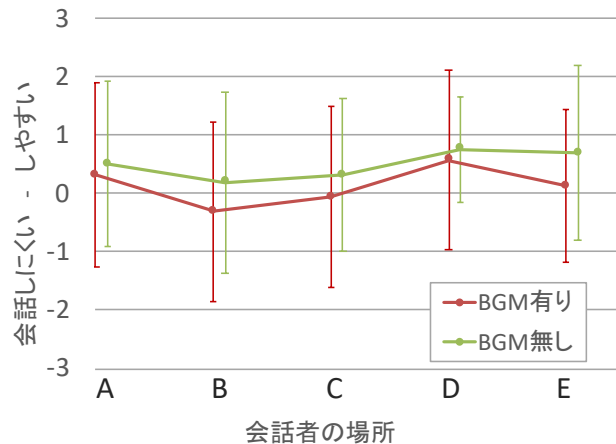


図 2-14 会話しやすさ

会話しやすさの評価は全体的に中間的な評価となり,BGMにより評価が若干低下する傾向が見られた.BGMにより周囲に対する気遣いが減り,会話しやすくなることも考えられるが今回のケースではBGMが会話しやすさを高める方向には働かなかったといえる。

■ リラックスしやすさ

リラックスしやすさの平均評点と標準偏差を図 2-15 に示す。

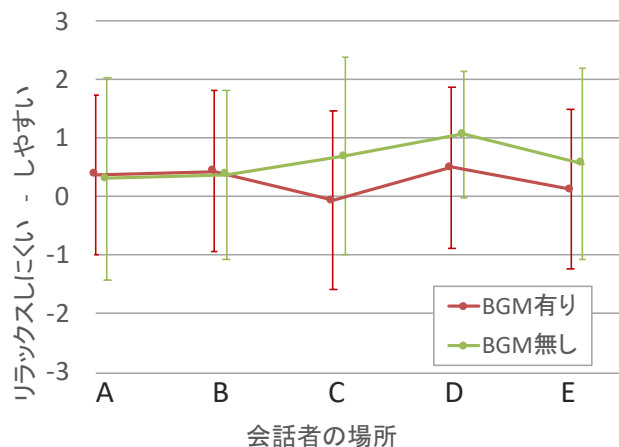


図 2-15 リラックスしやすさ

リラックスしやすさの評価も全体的に中間的な評価となった.BGM有りの場所Cについて評価がわずかに下がっている原因として,BGMスピーカが最も近くBGMが気になったのではないかと考える。

■ うるささ

うるささの平均評点と標準偏差を図 2-16 に示す。

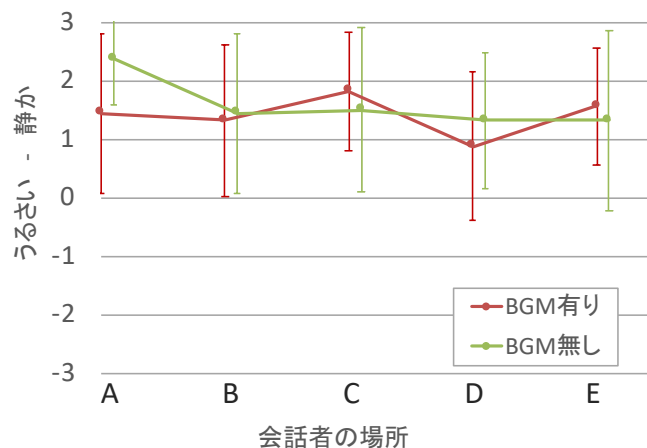


図 2-16 うるささ

個人作業者は会話者が近傍にいる場合はうるさいと評価していたが、会話者はどの場所においても静かと評価している。会話者にとっては会話するには静かで会話音が目立つような音環境であったことが推測される。また、BGMの影響はほぼないように見える。

■ にぎやかさ

にぎやかさの平均評点と標準偏差を図 2-17 に示す

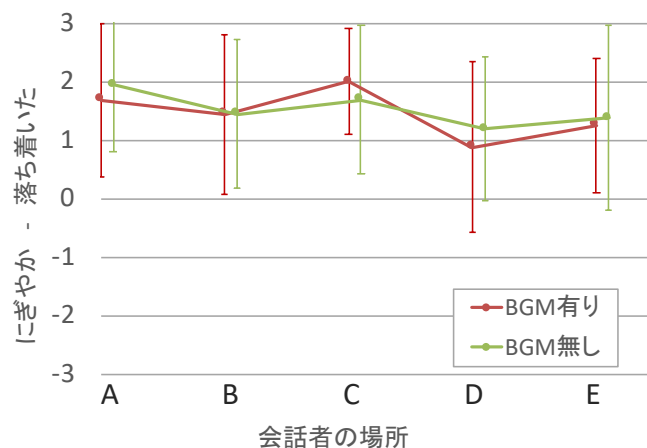


図 2-17 にぎやかさ

個人作業者の評価同様、うるささと似た評価結果となった。会話者もこの評価項目についてはうるささの評価項目と同意義に捉えて評価している可能性があると考えられる。

■ BGM の大きさ

BGM の大きさの平均評点と標準偏差を図 2-18 に示す

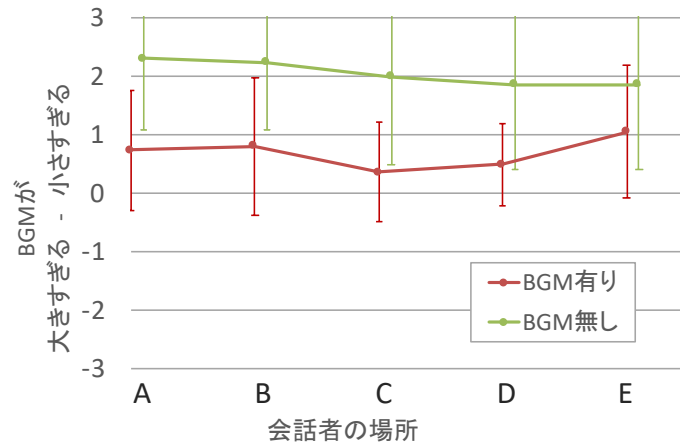


図 2-18 BGM の大きさ

BGM の大きさの評価も個人作業者と似た結果となった。個人作業者と会話者の距離の影響はほぼ見られず、BGM の有無がそのまま評価となっている。

■ 発声への配慮

発声への配慮の平均評点と標準偏差を図 2-19 に示す

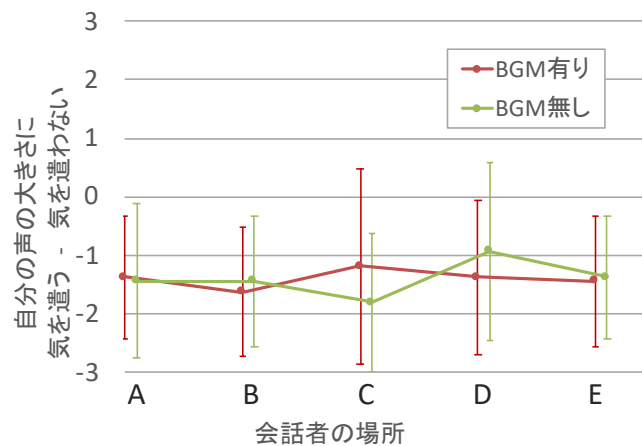


図 2-19 発声への配慮

発声への配慮の評価は、会話者はどの場所においても周囲に対して声の大きさに気を遣うことがわかる。うるささの評価や BGM の評価結果より、会話者は会話中の自身らの周囲の音環境がどの場所においても静かと感じていることが原因であると考えられる。

また、個人作業から離れた室中央の場所 C では BGM により評価が若干上昇しているが、BGM の影響は全体的に明確ではない。

■ 会話相手の声の大きさ

会話相手の声の大きさの平均評点と標準偏差を図 2-20 に示す

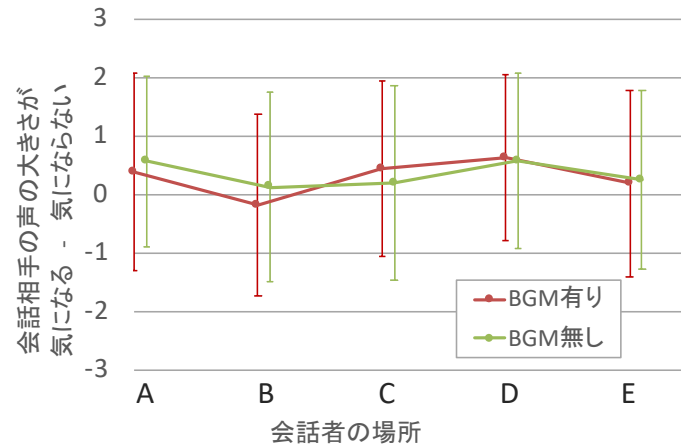


図 2-20 会話相手の声の大きさ

会話相手の声の大きさの評価も BGM の影響もほぼ見られず、全体的に中間的な評価となった。

■ 会話相手の声の聞き取り

会話相手の声の聞き取りの平均評点と標準偏差を図 2-21 に示す

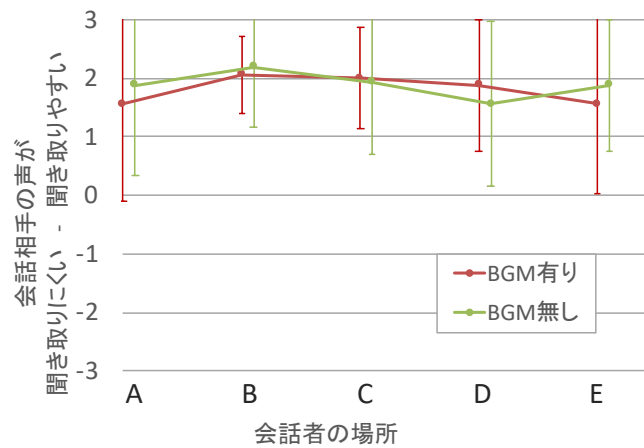


図 2-21 会話相手の声の聞き取り

オフィス内はかなり静かと感じる音環境であった為、会話相手の声はかなり聞き取りやすいという結果となった。

■ 個人作業者に対する意識

個人作業者に対する意識の平均評点と標準偏差を図 2-22 に示す

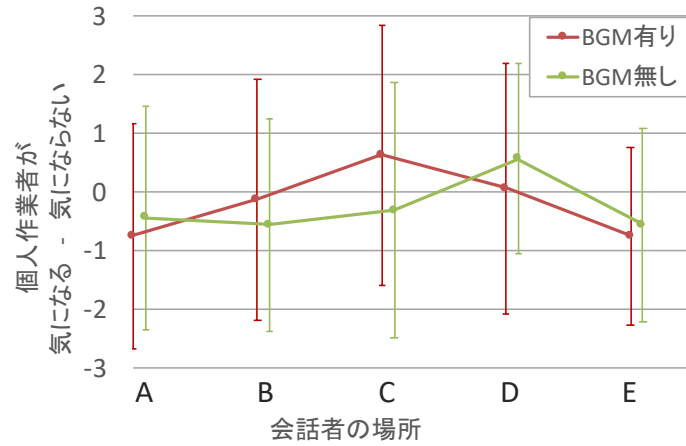


図 2-22 個人作業者に対する意識

BGM 有りでは個人作業者との距離が遠いほど個人作業者が気にならなくなるという結果となった.しかし BGM 無しでは場所 D 以外では気になる側の評価であった.他の利用者が気になったことが原因として考えられる.

2.4 まとめ

2.4.1 BGMの影響

会話者が近傍にいる場合、集中しやすさ及び会話者に対する意識の評価では明確ではないが、会話者と個人作業者が20m程度以内では僅かながらBGM有りが高評価側に作用しているように見える。これはBGMによって会話音声と暗騒音のSN比が小さくなり、会話音声が目立たなくなった。これによって、僅かに音声が気にならなくなり、集中しやすさもBGM有りの方が高評価側になったと考えられる。

また、会話内容の聞き取りについて10m付近でBGM有りの方が高評価側になり、10m付近ではBGMによって会話内容を聞き取りにくくする効果が見られた。BGMは個人作業者が会話内容を聞き取れる領域を狭めることができると推測される。両者が近接する場合は、会話音がBGMよりかなり大きく、一方で20m程度以上離れると会話の音量や明瞭性はかなり低いため、BGMの影響が現れにくい状況にあるものと考えられる。

会話者の評価では、会話のしやすさについてはBGMが有りで評価が若干低下する結果となった。BGMが有ることで周囲に対する気遣いが減り、会話しやすくなると推測していたが、今回のケースではBGM有りが高評価側になる傾向は見られなかった。

2.4.2 心理評価と STI_r との対応

この研究では、集中しやすさ及び会話者に対する意識についての評価をそれぞれ作業妨害感及びプライバシー感の評価として捉えている。どちらの結果においても $STI_r = 0.3$ (会個人作業者と話者との距離20m程度)までは評価が上昇し、それ以上では大きく変化しないという結果が得られた。

作業妨害感について、 $STI_r \geq 0.5$ では集中しにくい側の評価となり、 $STI_r < 0.5$ では集中しやすい側という評価となった。つまり、ISO3382-3で作業妨害感距離 r_D を求めるための $STI_r = 0.5$ が作業妨害感を感じるかどうかの閾値として妥当であると考えられる。

会話者に対する意識について、 STI_r は0.3から0.5が、会話者が気にならない側から気になる側にシフトしていく範囲であることがわかった。ISO3382-3[3]でプライバシー距離 r_p を求めるための $STI_r = 0.2$ が、プライバシーが保たれるかどうかの閾値として設定されているが、これについてはややずれる結果となった。しかし、プライバシー確保の閾値 $STI_r = 0.2$ から妨害感の閾値 $STI_r = 0.5$ までの範囲で会話者が気になる側から気にならない側にシフトしていく結果となった為、プライバシー確保については STI_r が大まかな目安となる指標と言える。

この実験で求めた STI_r はピンクノイズによる音圧レベル測定から減衰レベルを求めて、ISO3382-3 に記載されている音声のパワーレベルに合わせて音声音圧レベルを算出している為、実際の実験中の STI_r とはやや異なる可能性がある。また、実験中は他の利用者も在室している為、実験環境が変化している。

また、この実験では、距離を変えることによって聞こえる音声レベルの大きさが変化する条件のみで作業妨害感についての評価がどう変化するかと STI_r の対応について確認を行った。

STI_r と作業妨害感についての対応が確認された為、第 3 章、4 章の本実験では暗騒音レベル、室の違い、音源からの距離を変え、条件を更に細かく設定し実験を行った。これらのパラメータの違う条件によって同じ STI_r の値でも作業中の印象が変化するかどうかの確認を行う。

第3章

室内音響測定・会話音声録音

3.1 実験内容

3.1.1 実験の目的

コワーキングオフィスでの印象評価実験より STI_r と心理印象との対応が確認された為、本実験では部屋の響きや暗騒音、音声の大きさなどの、 STI_r に関わる要因が異なる条件下によって聴感印象が変化し、作業妨害感に影響を与えるかについて検討を行う。ISO3382-3[3]では作業妨害感について STI_r の値から妨害感距離 r_D やプライバシー距離 r_P を定めて評価を行なっている。先述の要因の違いによっても評価が大きく変わらなければ STI_r の値のみから作業妨害感进行评估することができ、ISO3382-3 の評価方法は妥当であり、容易に評価が行えるが、近い STI_r 値でも先述の要素の違いで印象評価が変わる場合、作業妨害感について評価する際には STI_r だけでなく、それらの要素についても検討を行う必要がある。本実験では条件の違いによる心理印象の変化について検討を行い、ISO3382-3 の作業妨害感についての評価方法の妥当性について確認を行う。

3.1.2 実験概要

2 種類のオープンプランオフィスに類似した空間において、会話音声を流し、音源からの距離を変えてダミーヘッドを用いてバイノーラル録音を行う。音圧レベルの変えた暗騒音をその録音音声音源に付加した音源を、ヘッドホンを用いて被験者に聴取させながら作業を行なわせ、その作業中の心理印象について評価を行わせる印象評価実験を行う。被験者に評価させる音の条件は、室が 2 条件、音源からの距離が 3 条件、暗騒音が 2 条件で、計 12 条件を設定した。

3.1.3 被験者実験までの流れ

被験者実験までの流れを以下に示す.

1. 測定及び録音

室の音響特性の把握や STI_r の算出をする為,インパルス応答測定と音圧レベル測定を行い,測定を行なった2室において被験者実験で用いる12種類の会話音声の録音を行なった.

2. 音源の作成・加工

録音した音声音源を被験者実験用にイコライジングや長さの編集などの加工作業を行なった.また,被験者実験用暗騒音の作成を行なった.

3. 条件詳細確定

測定したインパルス応答と音声音圧レベルから仮の暗騒音レベルを設定し, STI_r を算出した. STI_r の算出結果と実際の音源を聴いて確認し,適当な暗騒音レベルを決定した.

4. 実験方法確定

被験者実験の計画を立て,準備を行なった.被験者実験の流れを確定後,課題・評価用紙を作成し,被験者実験を行う部屋の確保,被験者の募集をした.

第3章では,1から3の被験者実験で用いる音声音源を用意するところから条件確定までの過程・詳細について記す.4の被験者実験の方法は,第4章に記す.

3.2 室内音響測定

3.2.1 測定概要

測定はインパルス応答測定と音圧レベル測定を行なった。

■ 室

部屋の違いを見るために 2 種類の室において測定・録音を行なった。2 室の平面プランを図 3-1,図 3-2 に示す。また,2 室の様子を図 3-3,図 3-4 に詳細を表 3-1,表 3-2 に示す。

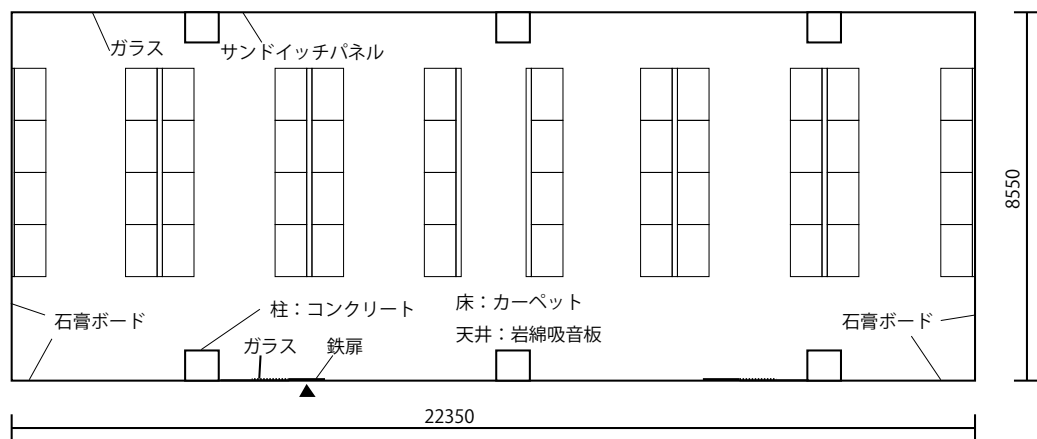


図 3-1 室 A-平面プラン

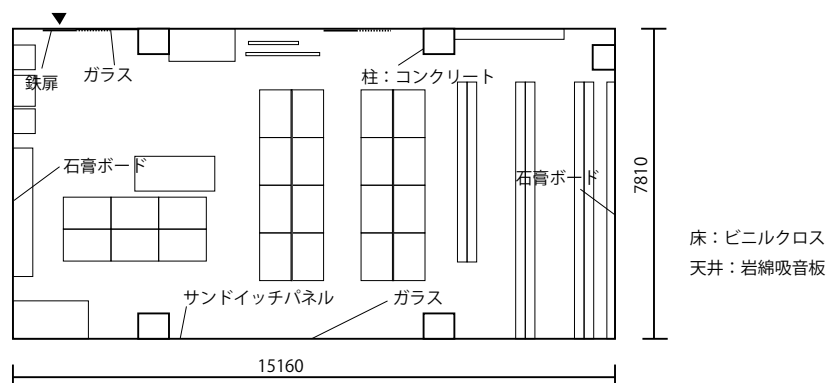


図 3-2 室 B-平面プラン



図 3-3 室 A の様子



図 3-4 室 B の様子

表 3-1 室 A の詳細

場所	室 A	家具あり
室容量	522.7 m ³	
室表面積	556.5 m ²	
側面積	127.7 m ²	サンドイッチパネル、石膏ボード、ガラス、 鉄扉
床面積	191 m ²	カーペット
前壁面積	23.4 m ²	石膏ボード
後壁面積	23.4 m ²	石膏ボード
天井面積	191 m ²	岩綿吸音板
天井高	2713 mm	

表 3-2 室 B の詳細

場所	室 B	家具あり
室容量	321.8 m ³	
室表面積	361.5 m ²	
側面積	82.5 m ²	サンドイッチパネル、石膏ボード、ガラス、 鉄扉
床面積	118.3 m ²	ビニルクロス
前壁面積	21.2 m ²	石膏ボード
後壁面積	21.2 m ²	石膏ボード
天井面積	118.3 m ²	岩綿吸音板
天井高	2720 mm	

■ 測定点

2室でインパルス応答測定及び音圧レベル測定を行なった際の測定点を図 3-5,図 3-6 に示す.受音点を音源から長手(X)方向に距離が 2,4,8,12,16(室 A のみ)m の点,短手(Y)方向に距離が 1,2,4m の点に設定した.

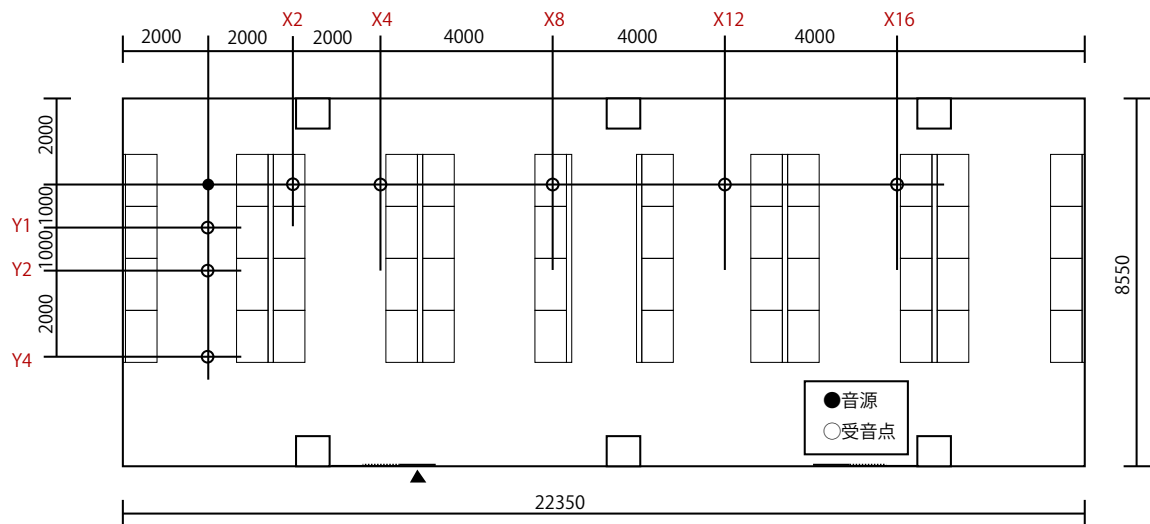


図 3-5 室 A-測定点

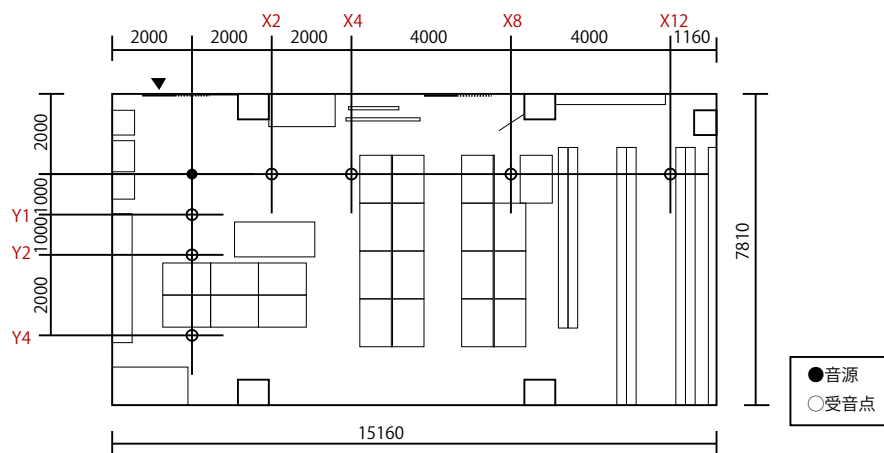


図 3-6 室 B-測定点

3.2.2 インパルス応答測定-測定方法

室の音響特性を確認する為に、インパルス応答測定を行う。インパルス応答とは、室内において音源からインパルスを放射し、ある受音点で得られる応答の事を指し、音源から放射された音が室内でどのように伝播しているかを時系列信号として表したものである(図 3-7)[18]。測定されたインパルス応答を利用し、残響時間等の音響指標値を算出する。算出した室内音響指標値は残響時間(T_{20})、初期減衰時間(EDT)、音の明瞭度(D_{50})、話声伝達指数(STI)である。算出には、室内音響指標分析システム AERAP を用いる。測定概要を表 3-3 に測定時の様子を図 3-8、図 3-8、示す。

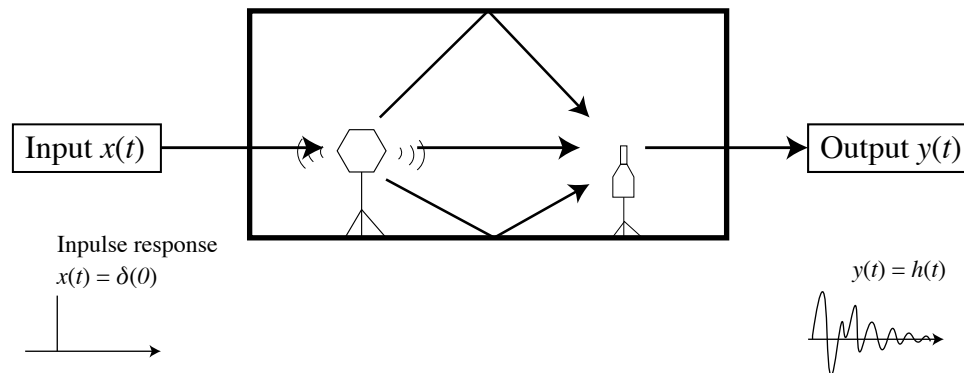


図 3-7 インパルス応答の概念[18]

表 3-3 測定概要

音源	TSP 信号、サンプリング周波数(48kHz)、同期加算回数(10 回)、出力信号次数(17 次)
音源システム	パソコン、インターフェイス、アンプ、スピーカ、ケーブル
受音システム	騒音計、マイクスタンド、ケーブル
ソフトウェア	インパルス応答測定システム AEIRM
音源と受音点の設置	理系院生室と文系院生室で同じグリッド上に音源位置と 2 方向に 1,2,4,8,12,(16)m 点に受音点を設定 音源 H=1.3m、受音点 H=1m



図 3-8 室 A-測定時の様子



図 3-9 室 B-測定時の様子

以下に音響指標値について記す。

残響時間(T_{20}):定常状態から 60dB 減衰するまでの時間を指し, T_{20} は減衰波形の-5dB~-25dB の範囲から読み取った残響時間.

初期減衰時間(EDT):直接音到来後,初期の 10dB 減衰から読み取った残響時間.EDT は残響感を評価するのに有効な指標値とされている[21].

音の明瞭度(D_{50}): スピーチの明瞭度に関するパラメータ.直接音到来後 50msec までのエネルギーと,直接音を含む全エネルギーの比で定義される.ここでの時刻 0 は,最初の音波到来時刻を指す[21][23].

$$D_{50} = \frac{\int_0^{50\text{msec}} h^2(t) dt}{\int_0^{\infty} h^2(t) dt} \quad (3-1)$$

話声伝送指数(STI): Houtgast らは,残響や暗騒音によるスピーチの明瞭度の低下を見かけの SN 比の低下と捉え,スピーチを模した 100%振幅変調波を用いてスピーチの明瞭度を開発する方法を開発した.この方法では,残響やエコー,暗騒音の影響が変調度の変化となって現れることから,その変調度 (Modulation Transfer Function : MTF) を測定し,その結果から STI を導いている.

一方,Schroeder は室内に妨害騒音がない場合,インパルス応答を自乗した信号のフーリエ変換が変調伝達関数 (MTF) と等価であることを示している.従って,暗騒音の影響を考慮しないでよい場合は、インパルス応答から STI を算出することが可能となる.AERAP では,この方法に従って STI を算出しているため,ここでの STI は暗騒音の影響は考慮されていない.

[5][7][21][23][24]

STI を算出する流れを以下に示す.

1. インパルス応答に 1/1 オクターブバンドのフィルタを適用し,125Hz~8kHz のエコータイムパターン $h_k(t)$ を作成する.エコータイムパターンとは,インパルス応答にバンドパスフィルタを通すことによって得られる時系列データである.これは他の指標値の計算においても基本データとなる.
2. 各エコータイムパターンを自乗したものをフーリエ変換し,0.63~12.5kHz(1/3 オクターブバンド間隔)の変調周波数における変調度を求める.

$$m_{k,f_i} = \frac{\int_0^{\infty} h_k^2(t) e^{-j2\pi f_i t} dt}{\int_0^{\infty} h_k^2(t) dt} \quad (3-2)$$

3. 得られた変調度から見かけの SN 比を求める.

$$SNR_{k,f_i} = 10 \log_{10} \left(\frac{m_{k,f_i}}{1 - m_{k,f_i}} \right) \text{ [dB]} \quad (3-3)$$

ただし, m_{k,f_i} :バンド番号 k , 変調周波数での変調度 f_i

4. 見かけの SN 比を正規化して, 0~1 の値に正規化された Transfer Index を求める.

$$TI_{k,fi} = \begin{cases} 0 & SNR_{k,fi} \leq -15 \\ \frac{SNR_{k,fi} + 15}{30} & -15 < SNR_{k,fi} < 15 \\ 1 & SNR_{k,fi} > 15 \end{cases} \quad (3-4)$$

5. 各オクターブバンドの代表値として, Transfer Index を変調周波数の個数で平均した Modulation Transfer Index を求める.

$$MTI_k = \text{Average}(TI_{k,fi}) \quad (3-5)$$

6. 各オクターブバンドの明瞭度への寄与率を荷重として MTI を平均し, STI を求める.

$$STI = \sum_{k=1}^7 w_k MTI_k \quad (3-6)$$

ただし, $w_1 = 0.129$, $w_2 = 0.143$, $w_3 = 0.114$, $w_4 = 0.114$, $w_5 = 0.186$, $w_6 = 0.171$, $w_7 = 0.143$

3.2.3 音圧レベル測定-測定方法

インパルス応答測定と同じ測定点において測定を行なった. 12 面体スピーカからピンクノイズを流し, 騒音計を用いて音圧レベル測定を行なった. 各受音点における音圧レベル L_p を記録した.

3.2.4 測定機器

インパルス応答測定の測定システムについて以下に記す。

■ 再生系

測定の際、音の再生に用いた機器を図 3-10 に示す。再生はパソコンから TSP 信号を送り、オーディオインターフェイス(Fire Face 800)(図 3-11)でデジタル信号をアナログ信号に変換し、パワーアンプ(Bruel & Kjaer 2716)(図 3-11)を通して 12 面体スピーカ(Bruel & Kjaer 4296)(図 3-12)から音を流す。

■ 受信

12 面体スピーカから流れた音を、精密騒音計(ONO SOKKI LA-5111)(図 3-12)のマイクロフォンで受信する。信号は騒音計のマイクロフォンからオーディオインターフェイスへ流れ、アナログ信号をデジタル信号に変換し、パソコンへ送られる。

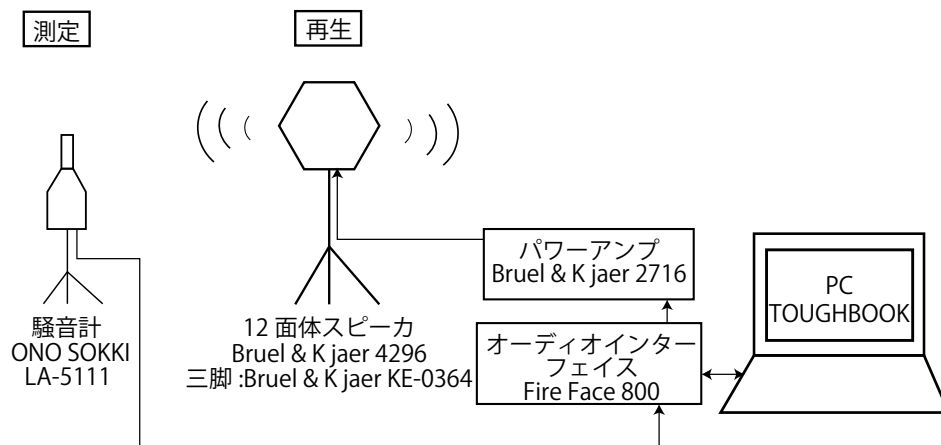


図 3-10 インパルス応答測定システム

音圧レベルの測定では、図 3-10 の再生システムでピンクノイズを流し、精密騒音計を用いて各受音点において 1/3 オクターブバンドごとの周波数での音圧レベルを測定し、測定画面の写真を撮影し、用紙に記録する。



図 3-11 オーディオインターフェイスとスピーカアンプ



図 3-12 12面体スピーカ(Bruel & Kjaer 4296) 図 3-13 精密騒音計(ONO SOKKI LA-5111)

3.3 測定結果・考察

3.3.1 インパルス応答測定-測定結果

2室の室内音響特性を確認するために行った,インパルス応答測定結果について記す.

■ 残響時間(T_{20})

それぞれの室における全受音点の残響時間(T_{20})の平均を図 3-14 に示す.

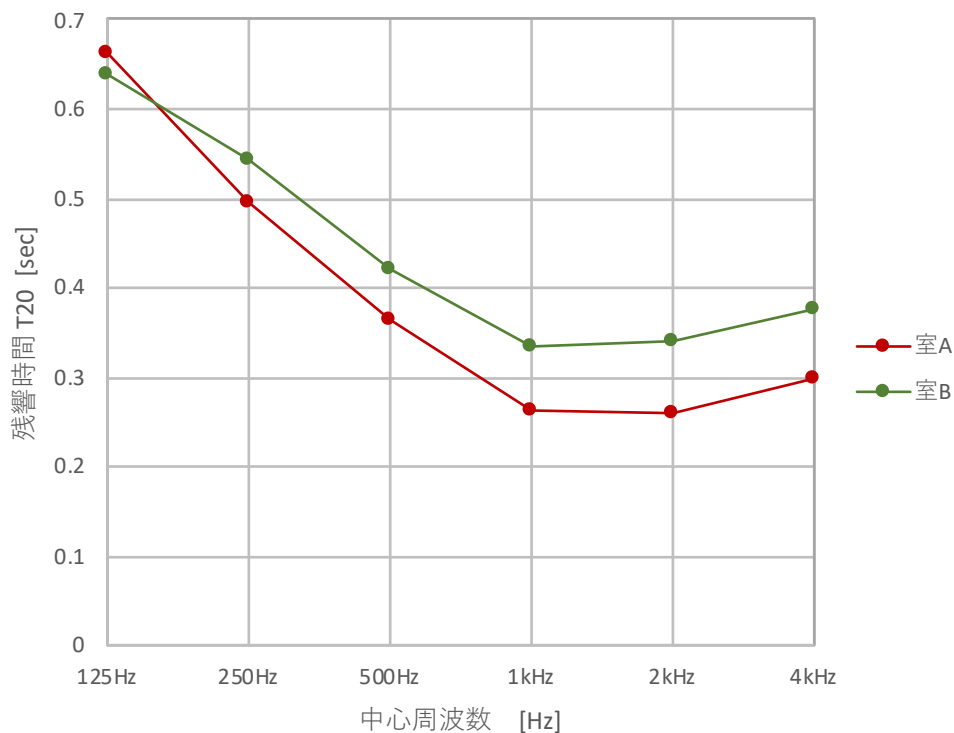


図 3-14 各室での残響時間(T_{20})の平均

室 A の方が,わずかに残響時間が短く,高音域で残響時間が室 B よりも短くなっており,低音域では2室ではあまり差がない結果となった.室 A の床はカーペットであり,室内には室 B よりも多く家具配置されている.カーペットは高音域でよく吸音する.そのため,室 A では室 B よりも高音域で吸音されやすく,残響時間が短い結果となったと考えられる.

■ 初期減衰時間(EDT)

それぞれの室における全受音点の初期減衰時間(EDT)の平均を図 3-15 に示す。

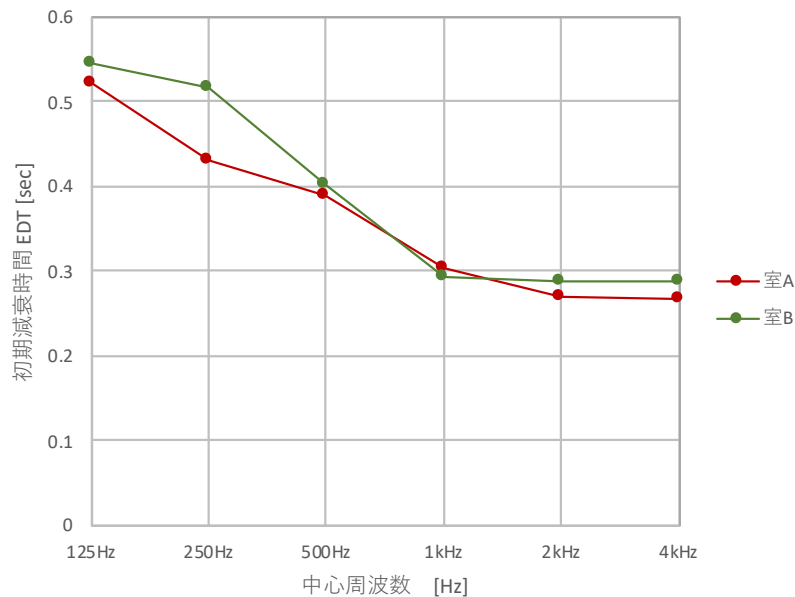


図 3-15 各室での初期減衰時間(EDT)の平均

全体的にはかなり近い値となったが、周波数が 250Hz で 0.1 秒の差が出ている。室の条件の差を考慮すると、被験者実験では低い音声(男性)の方が好ましいと考えられる。

■ 音の明瞭度(D₅₀)

それぞれの室における全受音点の音の明瞭性(D₅₀)の平均を図 3-16 に示す。

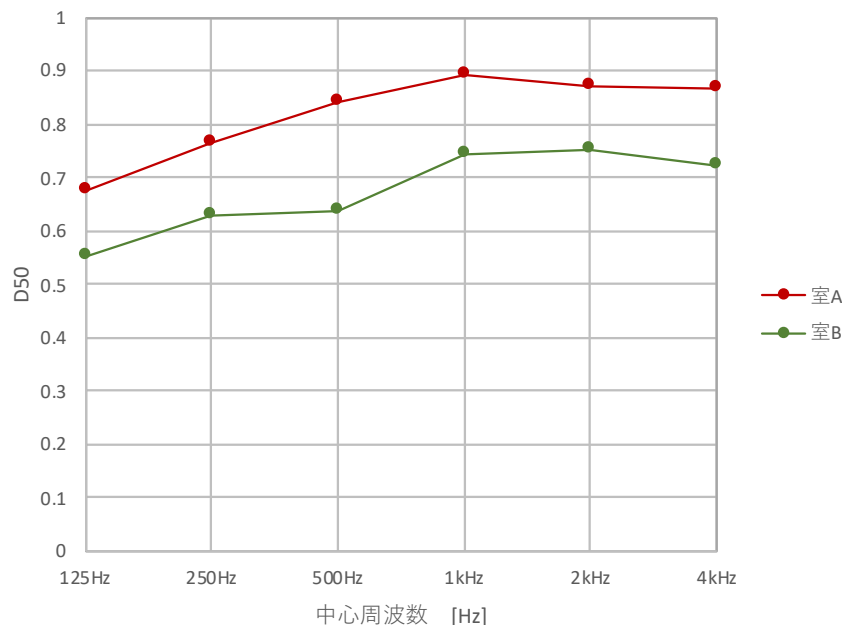


図 3-16 各室での音の明瞭性(D₅₀)の平均

室 A の方が 0.1 ほど大きい結果となった。室 A の方が吸音され、残響時間が短く、反射音などのエネルギーが小さいためと考えられる。

■ 話声伝送指数(STI)

インパルス応答測定から算出した STI の値を図 3-17,図 3-18 に平面図上に示した.音源からの距離と STI の関係について図 3-19 に示した.

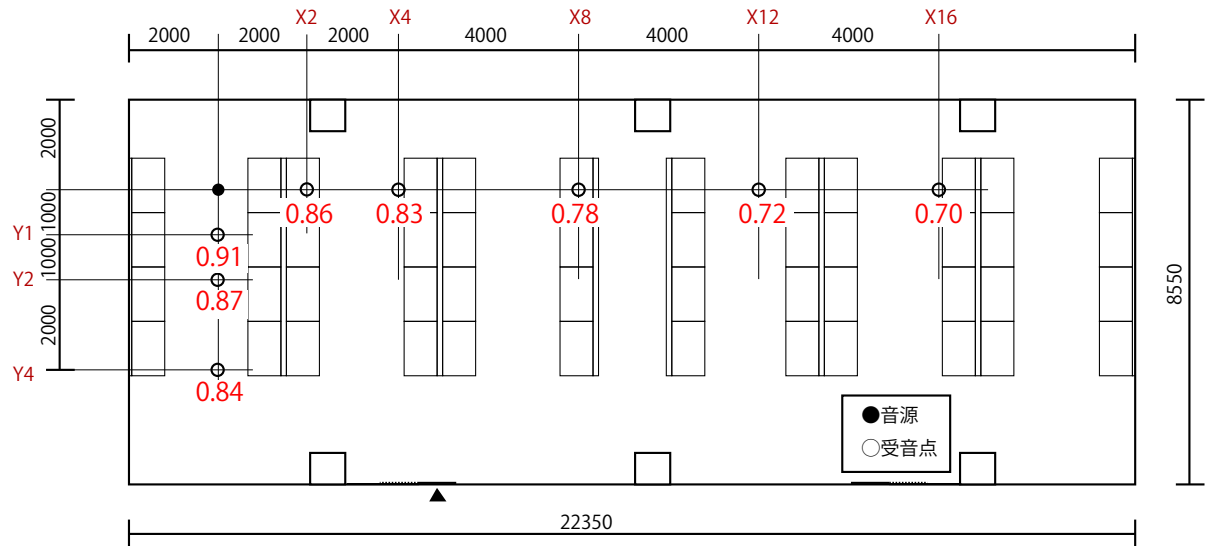


図 3-17 室 A-STI

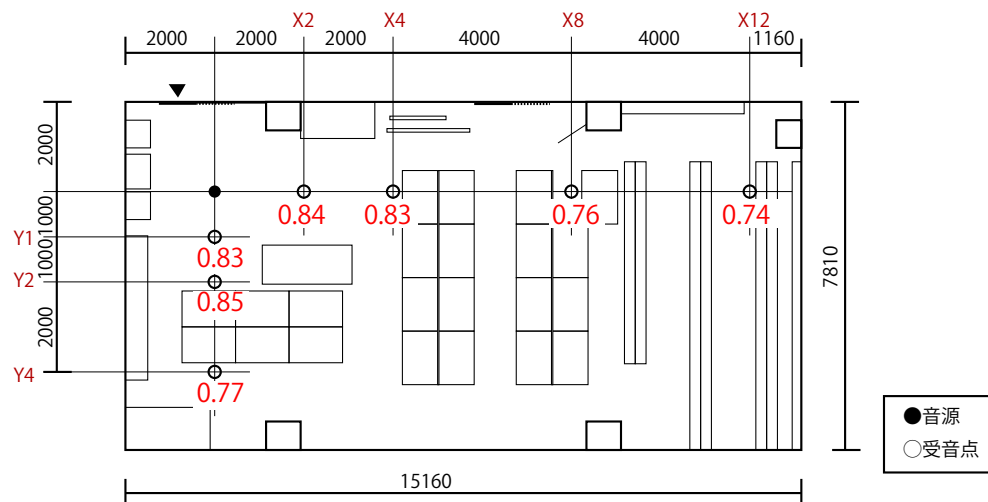


図 3-18 室 B-STI

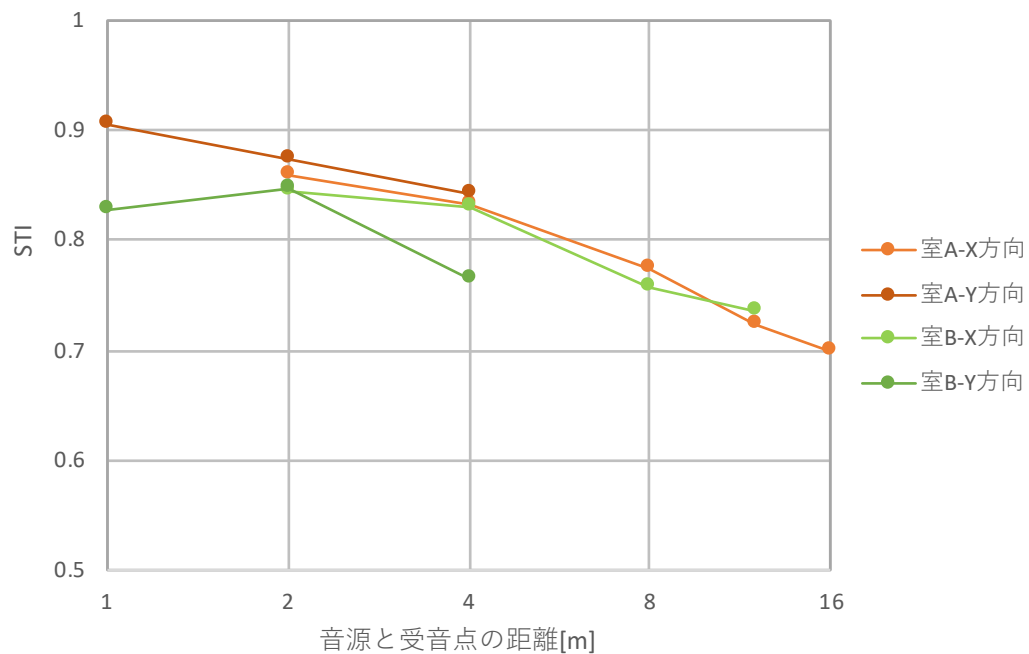


図 3-19 音源からの距離と STI

2 室の STI を比較すると、X 方向ではあまり差がなく、Y 方向の 1m、4m 点で 0.1 ほど室 B が低くなる結果となった。室 B について、1m 点では何故か 2m 点よりも STI が低い。室 A の方が Y 方向の STI が高くなるのは、棚によって音源から Y 方向のブースに音が溜まっていることが原因であると推測するが、室 B の 1m 点で低い原因は不明である。

3.3.2 音圧レベル測定-測定結果

録音時に騒音計を用いて音声音圧レベル測定を行なった結果と、ピンクノイズを流して音圧レベル測定を行なった結果から次式より音声音圧レベルを算出した結果を図 3-20 に示す。

$$L_w = L_{p,1m} + 11 \quad (3-7)$$

$$L_{p,A,S} = L_{w,S}(ISO) - (L_w - L_p) + A \quad (3-8)$$

$L_{p,1m}$: 無響室において 1m 点で室での測定と同じボリュームでピンクノイズを流し測定した音圧レベル

L_p : 室での音圧レベル測定値

$L_{w,S}(ISO)$: ISO3382-3[3]に記載されている音声のパワーレベル

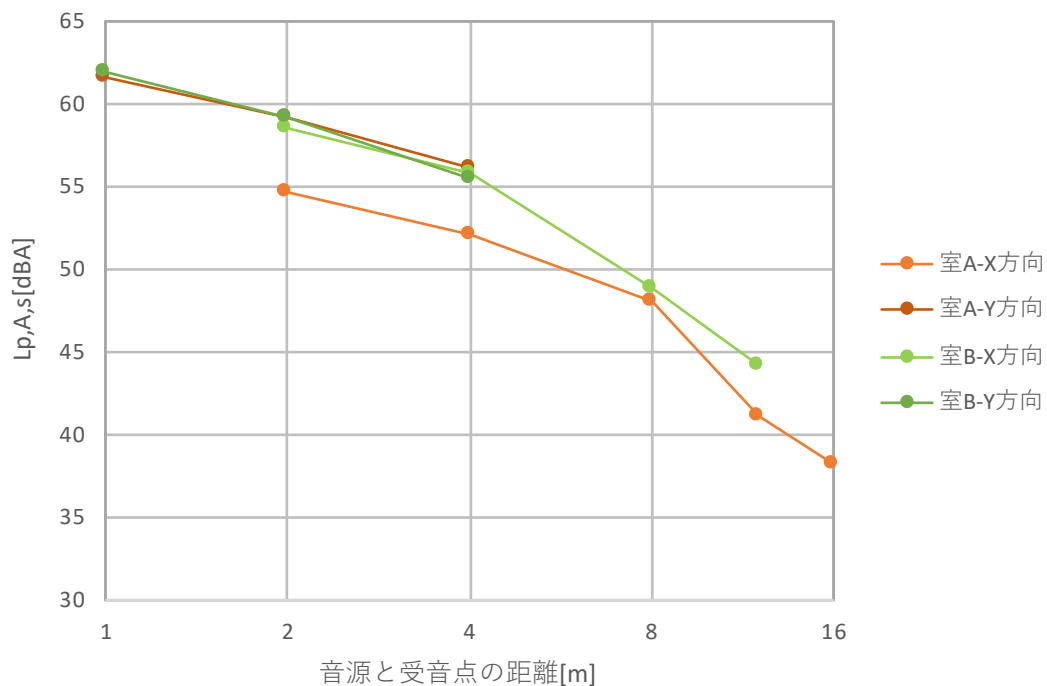


図 3-20 ピンクノイズ音圧レベル測定から算出した各室の音声音圧レベル $L_{p,A,S}$

室 A と室 B で比較すると、Y 方向はかなり近い値となり、X 方向では 2,4m 地点で 3～4dB ほど室 A の方が小さくなる結果となった。他の室内音響指標値でも示されているように、室 A ではカーペットによって吸音されていると推測される。

3.4 会話音声録音

3.4.1 音声音源

録音の際に用いた音声音源は男性 2 名の対話音声で、長さは 2 分間である。音声音源は、音声情報処理に関する研究開発を推進している国立情報学研究所の音声資源コンソーシアム[25]という機関に提供していただいた。

被験者実験の際に、12 条件の音声を被験者に聞かせて実験を行うが、12 個の音声全て同じで内容であると、繰り返し聞くことで被験者が慣れてしまい評価に影響が出てしまう可能性があるため、会話のテーマは「スケジュール調整」で統一した内容の異なる 12 種類の対話音声を用いた。その際、数値解析ソフト MATLAB を用いて、12 種類の音声を、2 分間の等価騒音レベル L_{Aeq} の大きさを統一した。

■ 音声の周波数スペクトル

また無響室において、12 面体スピーカから 12 種類の音声を流し、1m 点に騒音計を設置し騒音レベルを測定した。測定システムを図 3-21 に示す。再生ソフトは Adobe Audition CC を使用している。その際、12 種類の音源が $L_{A,S,1m}=57.4\text{dB}$ になるように Adobe Audition CC でゲインを調節し、2 室での音声録音時にその大きさを流すためゲインの数値と機器のボリュームの数値を記録した。

ISO3382-3[3]に記載されている一般的な音声は、無指向性音源の 1m 点での音声のレベル $L_{p,A,S,1m} = 57.4\text{dB(A)}$ とされている為、それに従って音声の大きさを設定した。

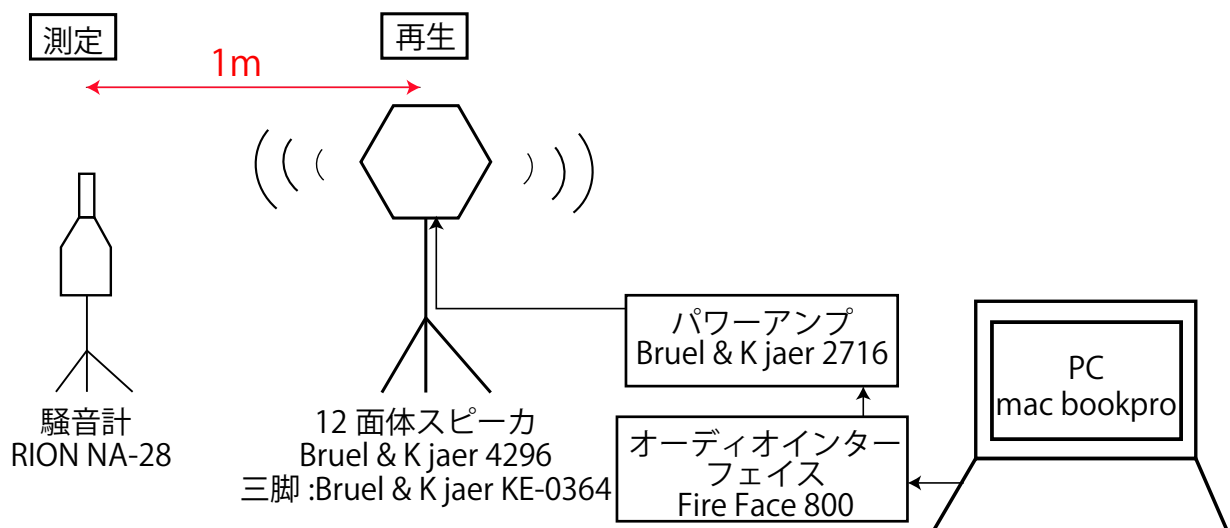


図 3-21 測定システム

測定結果から,次式より音声音源のパワーレベルを算出した.

$$L_{w,A,s} = L_{A,S,1m} + 11 \text{ dB} \quad (3-9)$$

算出した音声の 1/3 オクターブバンドごとの周波数特性と ISO3382-3[3]に記載されている一般的な音声の周波数特性を図 3-22 に示す.

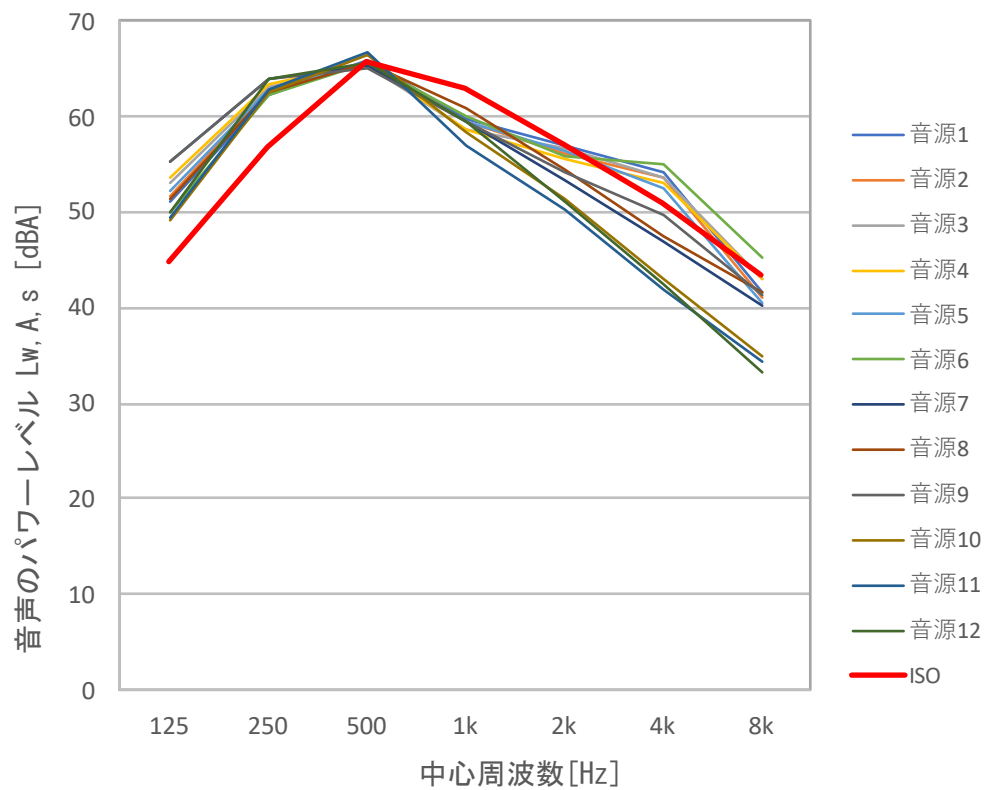


図 3-22 音声のスペクトル

用いた音声音源は ISO3382-3 の音声よりも低音域で大きくなり,高音域で小さくなっている. これは ISO3382-3 に記載されている音声は男性と女性の話者の平均データとなっており,用いた音声は男性話者のみであることが原因である.

3.4.2 録音方法

3.2で測定を行なった2室において,スピーカから音声を流し,ダミーヘッドを用いてバイノーラル録音を行う。

■ バイノーラル録音・ダミーヘッド

バイノーラルとは両耳で聴くことを意味し,バイノーラル録音では,人が聴いている音をそのまま記録し再生時に耳元に供給することで,收音時の音環境が聴取時に再現されることになり,臨場感の高い收音再生が可能となる.バイノーラル録音には,人間の頭を模した人形の耳にマイクを設置したダミーヘッドと呼ばれるマイクロホンシステムで收音し,ヘッドホンで聴取する方法が用いられる[26].

ANSI,IEC 規格に準じたダミーヘッドにより,音波が頭部と胴体部付近を伝搬する際に生じる耳付近での回折や反射などの影響を考慮した測定が可能である.マイクロホンは無指向性,人間の耳に入ってくる音に近い,臨場感あふれる録音が可能である[27].

■ 録音システム

録音システムを図 3-21 に示す.

音声音源の再生には 3.2.4 での測定時の再生系と同じ機器を使用した.

録音には,ダミーヘッド(SAMURAI HATS 3828C)(図 3-24)を使用している.ダミーヘッドの右耳,左耳のマイクロフォンから録音した音声の信号が流れ,オーディオインターフェイスでアナログ信号をデジタル信号に変換し,パソコンに信号が送られる.再生及び録音ソフトは Adobe Audition CC を使用している.スピーカから流す音声のボリュームは 3.4.1 で記録した数値に設定した.ダミーヘッドはオフィスチェアに乗せて設置した.

また,音声音圧レベルの把握と STI_r の算出を行う為,録音時にダミーヘッド近傍,耳の高さにマイクがくるように精密騒音計(RION NA-28)(図 3-24)を設置し, 1/3 オクターブバンドごとの周波数での音声音圧レベルを測定した.測定値は用紙に記録し,精密騒音計の画面の写真を撮影した.

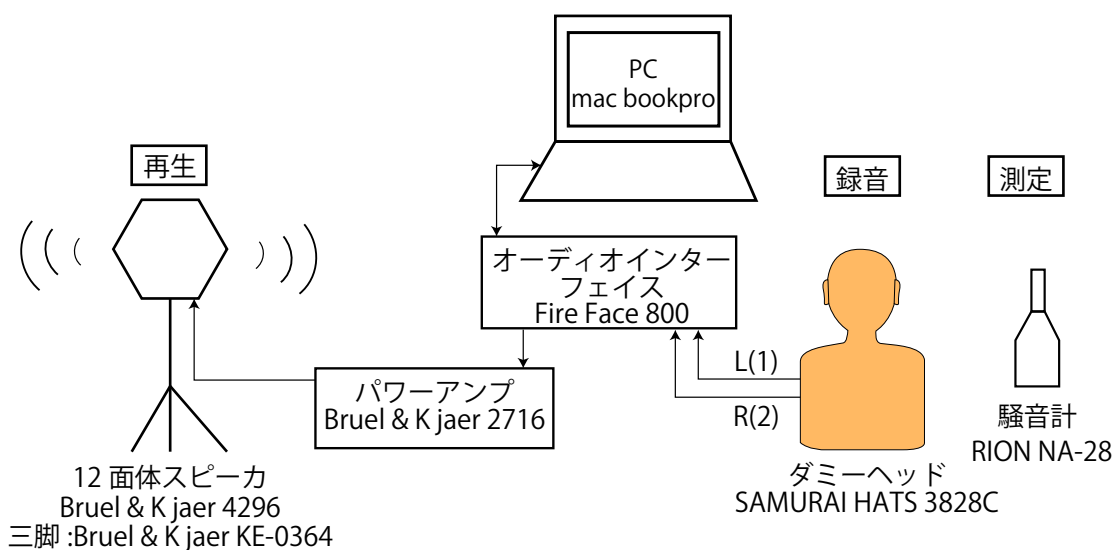


図 3-23 録音システム



図 3-24 ダミーヘッド(SAMURAI HATS 3828C)



図 3-25 精密騒音計(RION NA-28)

■ 録音点

録音点を図 3-26,図 3-27 に示す.それぞれ長手方向に 4,8,12m 点を録音点として設定した.

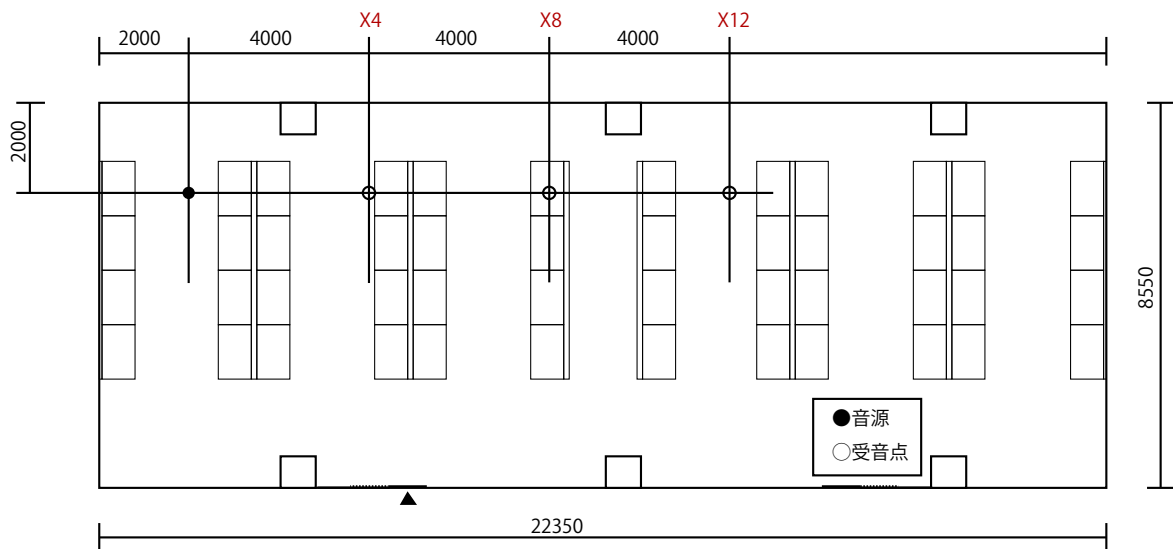


図 3-26 室 A-録音点

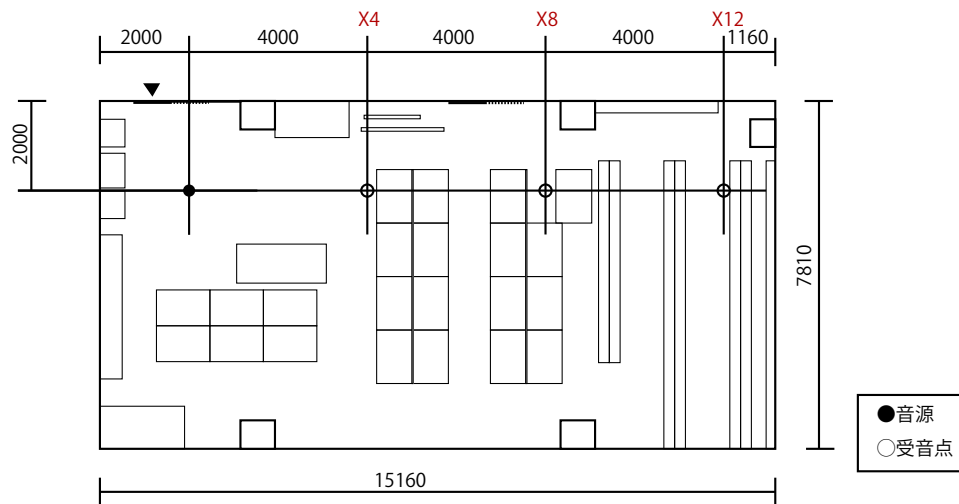


図 3-27 室 B-録音点

■ 録音風景

録音時の様子を図 3-28,図 3-29 に示す.どちらも 4m 点の録音時の様子である.



図 3-28 室 A-録音風景



図 3-29 室 B-録音風景

3.4.3 音声音圧レベル測定結果

録音時に騒音計を用いて音声音圧レベル測定を行なった結果と、ピンクノイズを流して音圧レベル測定を行なった結果から 3.3.2 の式より音声音圧レベルを算出した結果を図 3-30 に示す。

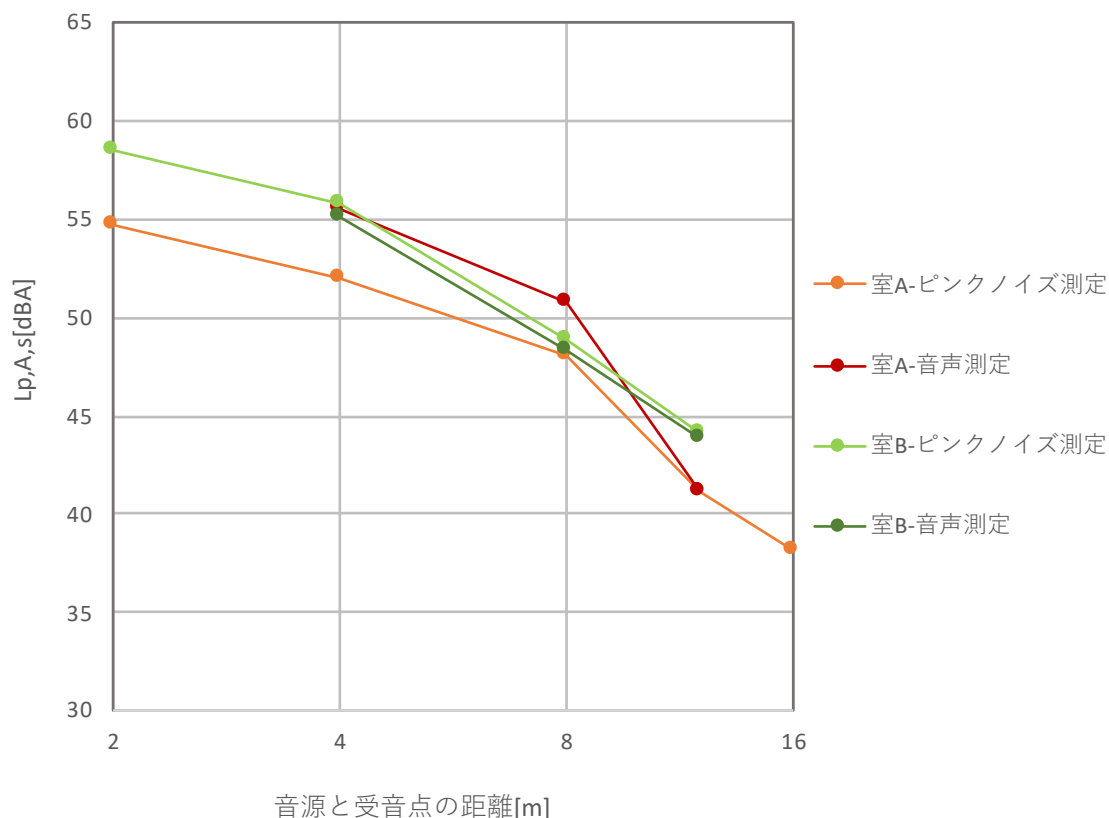


図 3-30 A 特性音声音圧レベル

ピンクノイズ測定値では、室 A は室 B よりも音圧レベルが小さい結果となりました。これはカーペットによる吸音の効果であると考えられる。

室 B についてはピンクノイズ測定値と音声を音声測定値でかなり近い値となった。一方で、室 A においてはピンクノイズ測定値と音声測定値で 4m から 8m の間で 3dB ほどの差が出る結果となった。原因は明確ではないが、室 A では回折効果やブースの局所化の影響がある中、会話音源が ISO3382-3[3]に記載されている音声よりも低音域が大きくなっていることが原因ではないかと推測する。

3.5 音源の加工・作成

3.5.1 音声音源の加工

被験者実験を行う際には,ヘッドホンを使用して被験者に音声を聴取させる.ダミーヘッドを用いて録音した音声音源をヘッドホンで流す場合,ヘッドホンの周波数特性が音声にかかるため,録音時の音と同じ音を聞くことができるように音声音源からヘッドホンの周波数特性を打ち消す必要がある.

音声音源からヘッドホンの周波数特性を打ち消す方法の手順を以下に示す.

1. 無響室において図 3-23 の録音システムを用いてピンクノイズを流し,録音を行う.また,録音及び再生に使用するソフトは Adobe Audition CC である.
 2. 1 で録音した音源を図 3-31 に示すようにヘッドホンで流し,ダミーヘッドを用いて録音を行う.
 3. Adobe Audition CC を使用して 1 の音源と 2 の音源のそれぞれの周波数スペクトルを確認し,1 の音源と 2 の音源の差分を求める.その差分がヘッドホンの周波数特性であり,補正值である.
 4. 録音した音声音源に 3 で求めた 1/3 オクターブバンドごとの周波数補正をかける.
- ※3,4 の作業は左耳の音源,右耳の音源それぞれで行う.

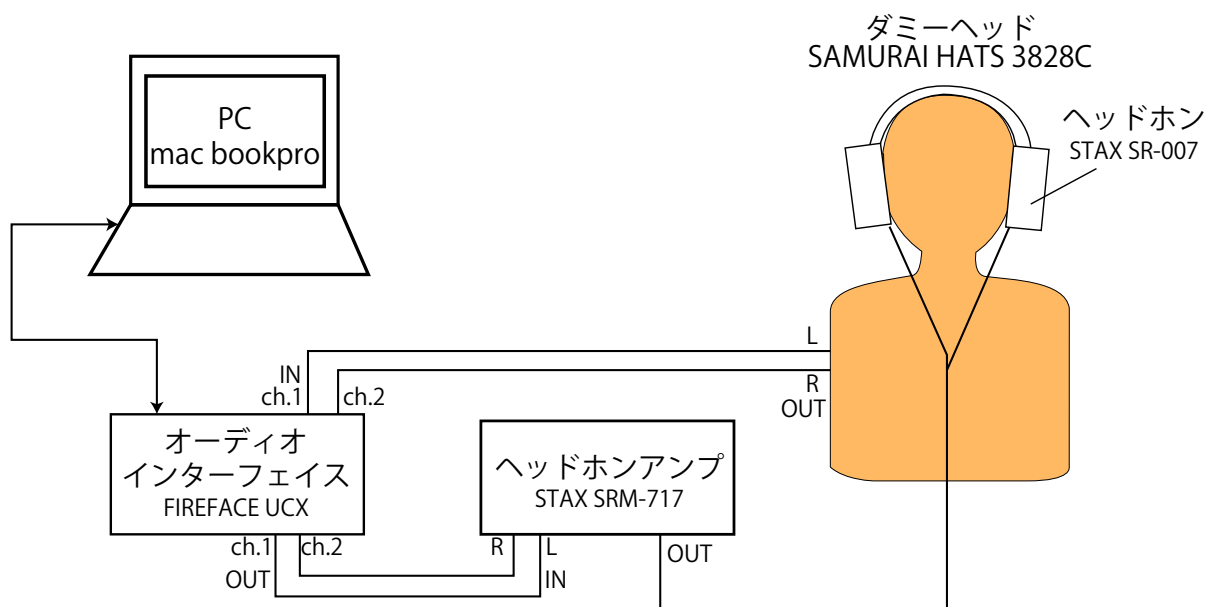


図 3-31 ヘッドホン周波数特性をかけた音声録音システム

3.5.2 暗騒音の作成

本研究では暗騒音レベルによる違いについても検討を行う為、被験者実験で使用する音声源に暗騒音を付加する。

■ 空調音

付加する暗騒音は、電話時の背景雑音の特性を把握するために数多くの室内空調音の測定から決定され主観評価実験にて擬似空調騒音として用いられる Hoth ノイズを使用する[8].Hoth ノイズの 1/3 オクターブバンドごとの周波数特性と参考としてピンクノイズの 1/1 オクターブバンドごとの周波数特性を図 3-32 に示す.125Hz で同レベルとなるように示している.Hoth ノイズはピンクノイズと比較して,125Hz から 4kHz までは傾きが小さく 4kHz 以上で傾きが大きくなる特徴がある[28]. また,Hoth ノイズの周波数波形を図 3-33 に示す.

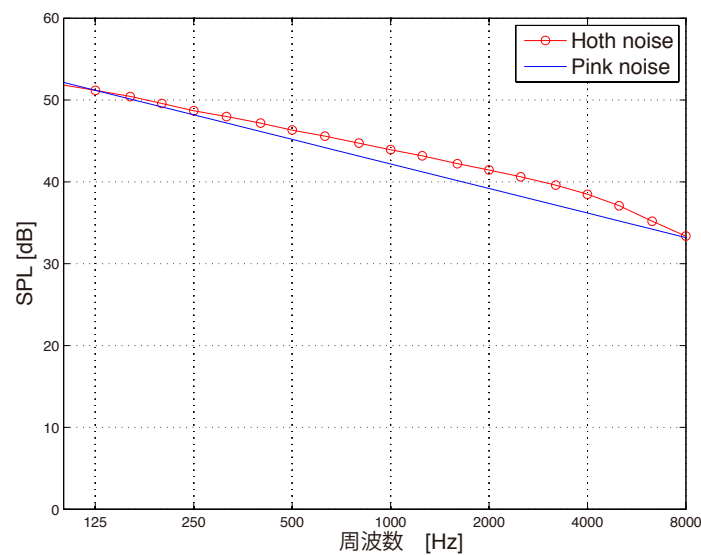


図 3-32 Hoth ノイズとピンクノイズのスペクトル

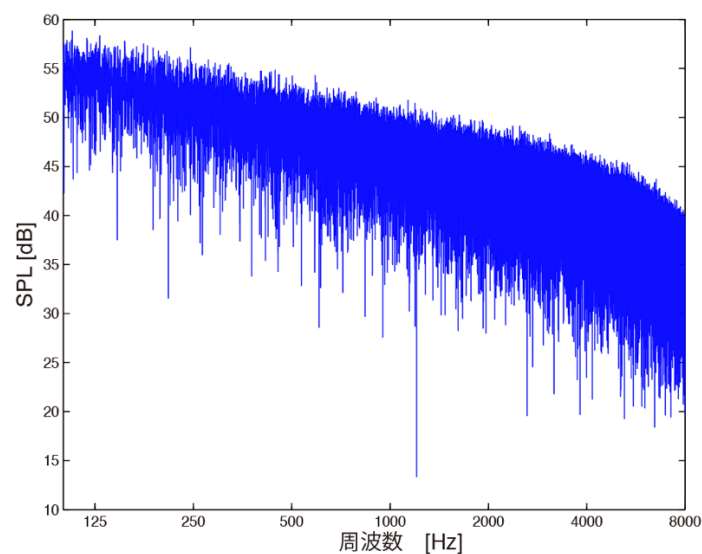


図 3-33 Hoth ノイズの周波数波形

Hoth ノイズの作成[28]を参考に一様乱数から生成したピンクノイズに,図 3-32 のピンクノイズと Hoth ノイズの差分値を 1/3 オクターブバンドごとに補正して作成した。

■ 暗騒音作成手順

付加する暗騒音の作成手順を以下に示す。

1. 先述の方法で Hoth ノイズ音源を作成する。
2. 無響室において 6ch 再生システムを用いて Hoth ノイズを流す.6ch 再生システムとは,図 3-34 に示すように 3 次元方向に等距離で直行配置した 6 台のスピーカから再生するシステムである[28].6 台のスピーカから流す Hoth ノイズを全て同じにすると位相が一致してしまうため,Hoth ノイズは異なる乱数から 6 つ作成した。
3. 図 3-34 のようにダミーヘッドを配置し,ダミーヘッドを用いて Hoth ノイズを録音する。
4. 録音した音源に 3.5.1 の補正をかける。

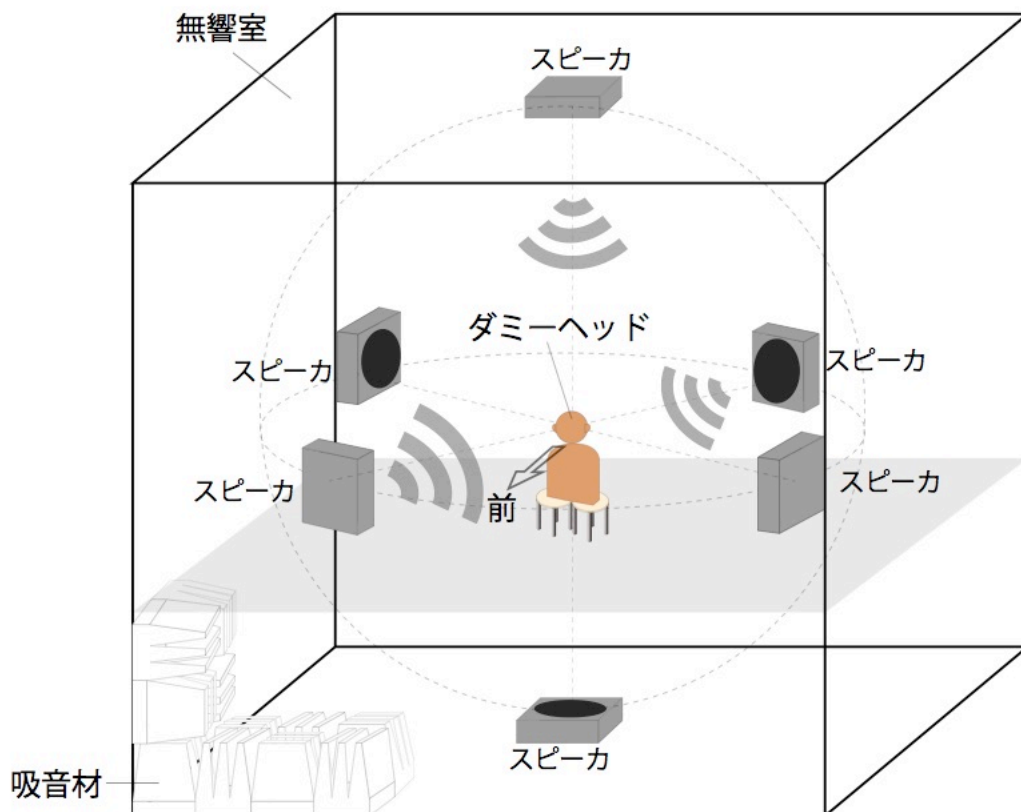


図 3-34 6ch 再生システム

3.6 実験条件の決定

暗騒音のレベルは作業妨害感について見るため、 STI_r を算出し、 STI_r が0.2～0.5の範囲と0.5前後の数値となるように設定し、また実際に自身の耳で暗騒音のレベルを変えて音声音源と一緒に聞き比べを行うことで、聞こえ方に差があるかを確認し決定した。

実験条件を表 3-4に示す。室が2条件、音源からの距離が4,8,12mの3条件、暗騒音が40,50dB(A)の2条件である。被験者実験で使用する音源と音声と暗騒音のレベルを1/3オクターブバンドで示したものを図 3-35に示す。また、図 3-36,図 3-37に条件ごとの STI_r 及びSN比を音源からの距離で示し、SN比と STI_r との関係を図 3-38に示した。

表のSN比について、橋本ら[17]によると執務作業時の妨害感の評価から、許容できるSN比が-2dB～+3dBとなるとされている。SN比 > 3dBを赤、SN比 < -2dBを青で示している。ただし、橋本らの研究では、執務作業として設定した作業が、PC作業または対話であるため読解作業では異なる評価となる可能性はある。

表 3-4 の STI_r について、作業妨害感距離内である $STI_r > 0.5$ を濃い黄色、プライバシー距離内である $0.5 \geq STI_r > 0.2$ を薄い黄色で示している。

表 3-4 実験条件

条件	部屋	音源からの距離(m)	暗騒音(dBA)	SN比(dB)	STI_r
1	室A	4	40	15.5	0.68
2			50	5.5	0.53
3		8	40	10.5	0.64
4			50	1.0	0.49
5		12	40	2.0	0.50
6			50	-8.6	0.20
7	室B	4	40	15.3	0.71
8			50	4.9	0.50
9		8	40	8.3	0.59
10			50	-1.7	0.24
11		12	40	4.0	0.42
12			50	-6.1	0.15

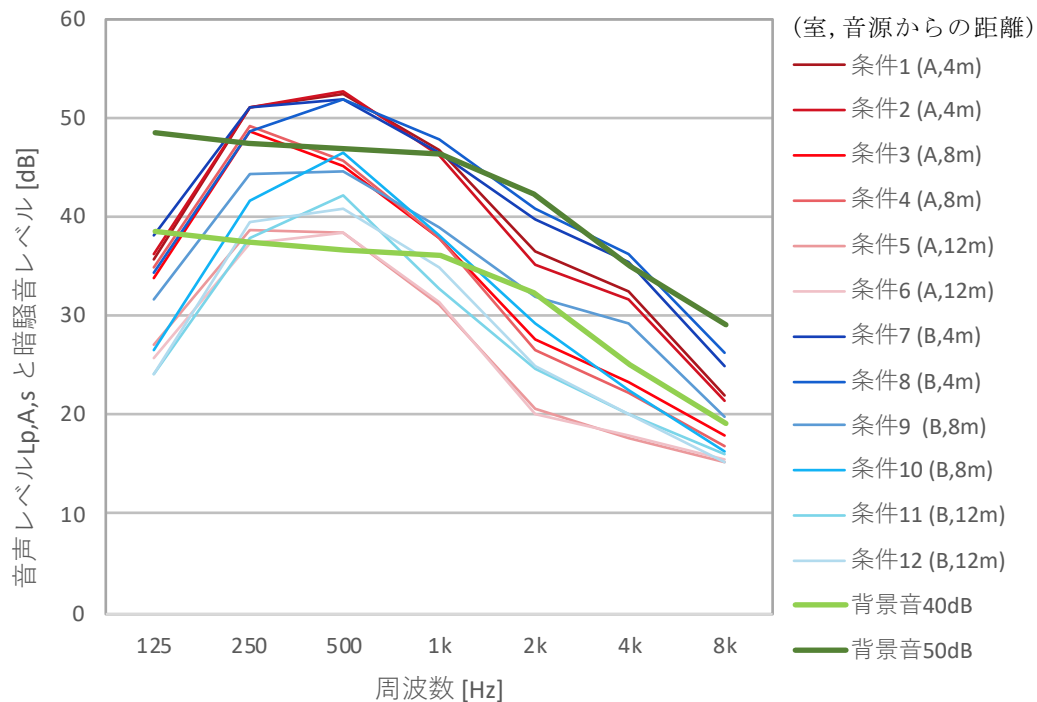


図 3-35 音声と暗騒音のスペクトル

室と距離が同じ音声どうしは,かなり似たスペクトルになっていることが確認できた.条件 9 と条件 10 のみ,条件 10 の方が低音域で小さく高音域で大きくなっている.ALL PASS では同じレベルになっているが,評価にやや影響が出る可能性があるため,検討の際に注意する必要がある.

全ての距離において室 A の方が,高音域で音声レベルが小さくなっている.3.4.3 でピンクノイズ測定値と音声測定値で,室 A では 4m から 8m の間で 3dB ほどの差が出る結果となったが,ピンクノイズ測定値の音声は算出の際に ISO 規格の音声に合わせているため男女平均であるが,使用音源は男声であるため低音域があまり吸音されず,ピンクノイズ測定値と差が出る結果となったと推測される.一方で,高音域の音声レベルは小さくなっているためカーペットによって吸音されていることが考えられる.

付加する暗騒音は,音声よりも高音域で大きくなっており,50dB の暗騒音では一番距離の近い音声よりも大きくなっている.一方で,250~500Hz では小さくなっており,40dB の暗騒音では一番距離の遠い音声よりも小さくなっている.被験者実験で検討する暗騒音レベルとして適切なレベル設定であると考えられる.

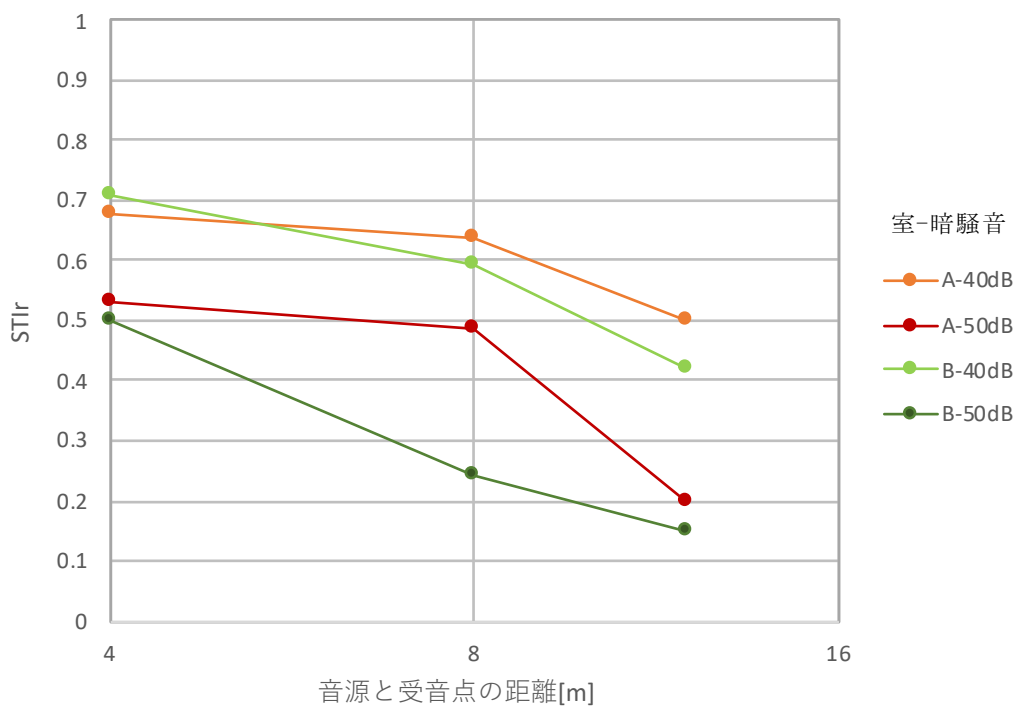


図 3-36 条件ごとのSTIr

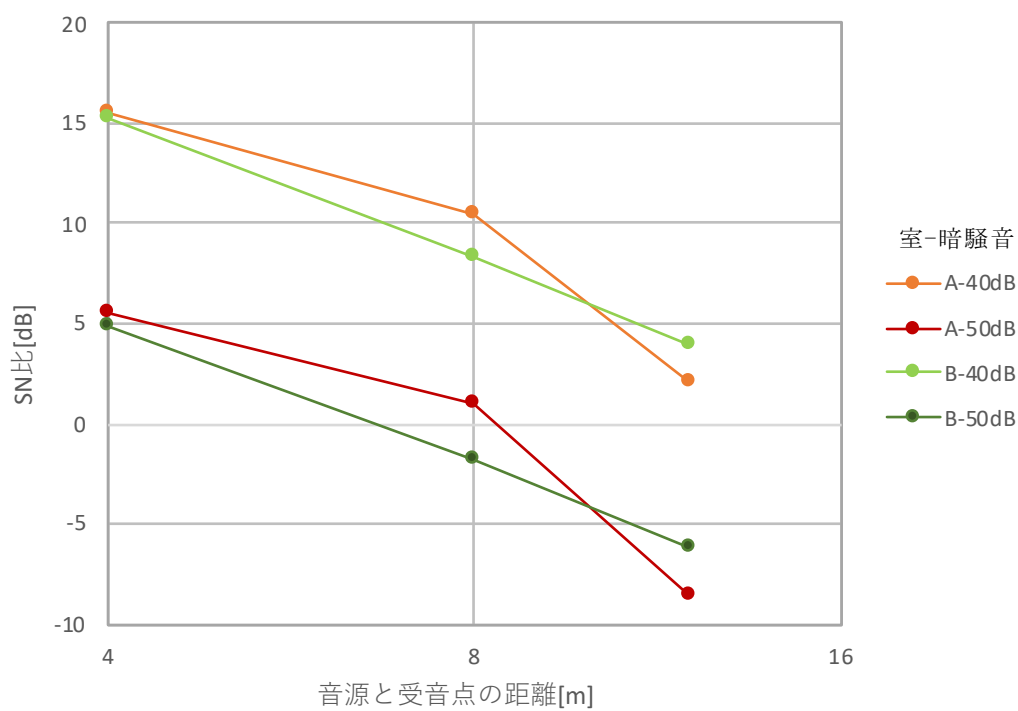


図 3-37 条件ごとのSN比

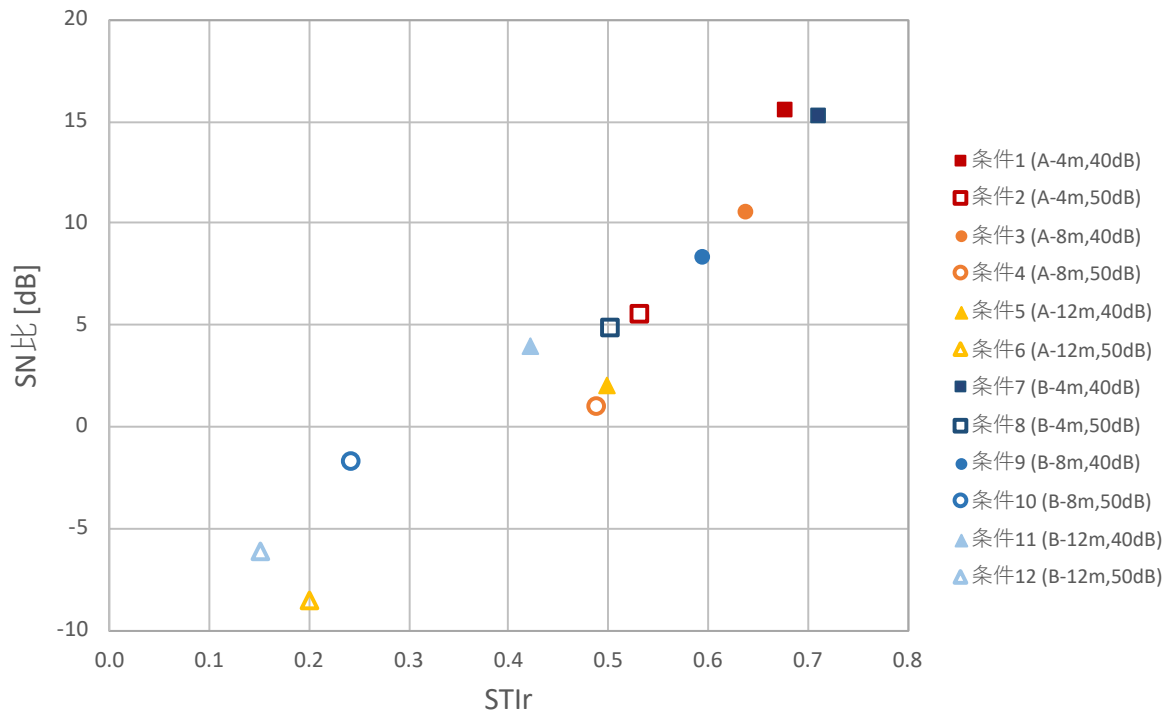


図 3-38 SN 比と STIr の関係

STIr, SN 比ともに距離が離れるほど低くなっていることが確認できた. 暗騒音の違いでも STIr, SN 比ともに暗騒音が小さい方が高い結果となっていることが確認できた. 室の違いについて, 4m 点では STIr, SN 比ともに, 2 室でかなり近い値となった. 8, 12m 点では STIr が室 A の方が高い値であるため, 音源から離れている場合は, 室 A の方が作業妨害感を感じると予測する. しかし, SN 比については, 12m 点では室 B の方が高い. 心理印象ではどのような結果になるか確認する必要がある. また, 8m 点-暗騒音 50dB での STIr が室 A と室 B で差が大きくなっている. これは, SN 比から考えると, 室 A は SN 比が正の値, 室 B は負の値となっている. 室 B では音声暗騒音に埋もれていることが考えられ, STIr が室 A よりもかなり低くなったと考えられる. STIr と SN 比の関係は, STIr が SN 比から決まることから正の相関関係にあることが確認できた.

第4章

被験者実験

4.1 被験者実験方法

4.1.1 実験概要

第3章で作成した,被験者実験の条件となる12種類の音源を,被験者に聴取させながら読解作業を行わせ,音による作業妨害感の印象評価実験を行なった.

実験日は,2018年11月24日～12月5日である.被験者は21名の学生に協力していただき,男性が14名,女性が7名である.実験場所として,東京大学柏キャンパスの環境棟6階のゼミ室62を使用した.実験の様子を図4-1に示す.



図 4-1 実験の様子

4.1.2 実験手順

被験者実験の流れを図 4-2 に示す。実験の所要時間は 45 分程度である。被験者に 5 分間実験の説明を行なった後、ヘッドホンを着用してもらい、耳を慣れさせるために音声と背景音を試しで聞かせてから本番を行なった。本番では被験者には、1 課題(1 条件・音源)につき 2 分間読解作業を行なってもらった。作業中に、被験者が装着しているヘッドホンから、この実験の条件である音声音源が流れる。2 分間の読解作業後、作業中の音や作業のしやすさに対する印象について評価を行なってもらった。この、「作業して評価」を 12 条件音源があるため、12 回行う。2 分間の作業後評価に移る際は、音源が止むのを合図に移ってもらい、評価後、次の課題を始める際は、実験者が指示を聞いてから移るようにしてもらった。実験の最後に被験者の個性などに関する質問に回答させた。

実験説明 (5 分間)	ヘッドフォン 装着	試聴 (1 分間)	読解作業 (2 分間)	評価 (1 分間)	×12 回	質問回答 (1 分間)
----------------	--------------	--------------	----------------	--------------	-------	----------------

図 4-2 実験の流れ

■ 作業について

この被験者実験で行う作業は、与えられた文章を読んでその文章にふさわしい表題つけるという内容で、コワーキングオフィスにおける被験者実験の際と同じ作業内容である。単に「知識処理」だけでなく、「知識創造」も行う。読解する文章は、被験者の慣れの影響が出ないように、毎回違う文章となっている。文章は、現代文で統一している。読解作業の用紙の例を図 4-3 に示す。それぞれの課題用紙で、赤枠内の文章が違っている。他の部分は全ての用紙で同じである。

<p>課題 1</p> <p>以下の文章を読み、文章にふさわしいタイトルをつけてください。 2 分間のタイマーが鳴り次第作業をやめ、右ページのアンケートの回答を始めてください。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>文章</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>タイトル</p> </div>

図 4-3 課題の例

■ 聴取させる音

2 室のオープンプランオフィスに類似した空間において距離を変えて録音した 12 種類の音声音源と、3.5.2 で作成した擬似空調音である背景音(40dB,50dB)を被験者に聴取させる。12 種類の音が条件であるため、音の詳細は 3.5.3 の条件に記した通りである。

音源(条件)を流す順番は、順序効果や課題の違いが評価に影響を及ぼさないようにするため、ランダム順とした。

■ 再生系

被験者実験の際に被験者に音を聴取させる方法について記す。再生システムを図 4-4 に示す。バイノーラル録音で録音した音源であるため、被験者にはヘッドホンを用いて音を聴取させる。パソコンから音の信号を送り、オーディオインターフェイスで(Fire Face UCX)(図 4-5)デジタル信号をアナログ信号に変換し、ヘッドホンのアンプ(STAX SRM-717)を介して、ヘッドホン((STAX SR-007)(図 4-6)に音を流す。

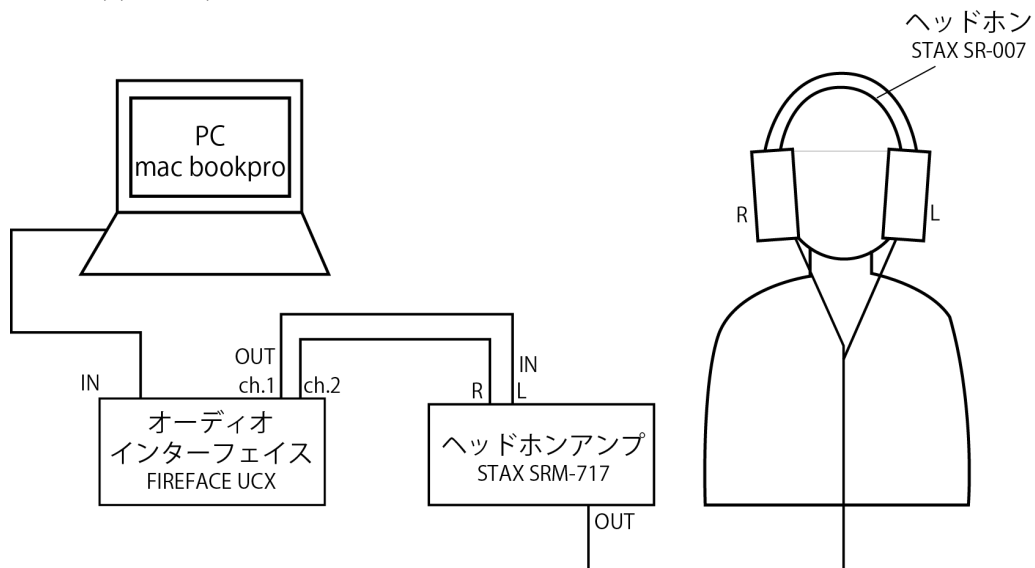


図 4-4 再生システム



図 4-5 オーディオインターフェイス(Fire Face UCX)



図 4-6 ヘッドホンアンプ(STAX SRM-717,左)とヘッドホン(STAX SR-007,右)

■ 実験場所

実験室内の位置関係を図 4-7 に示す.ヘッドホンを 2 つ使用し,2 名同時に実被験者実験を行うことが可能であるため,被験者 2 名ずつで実験を行なった.2 名の被験者は,お互いに影響を受けないようにするため,背中合わせに着席させた.被験者から 1.5m ほど離れた場所に実験者がいる位置関係である.

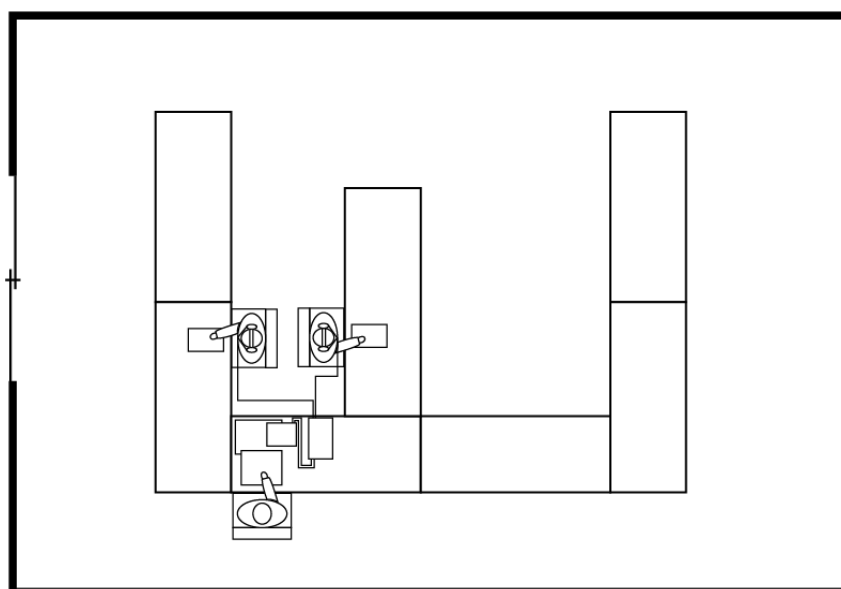


図 4-7 実験室内配置

■ 評価項目

被験者に作業中の印象について確認するための評価語対について表 4-1 に示している。評価語は『集中しやすさ(集中しやすい-集中しにくい)』,『背景音のうるささ(背景音が静か-背景音がうるさい)』,『会話に対する意識(会話が気にならない-会話が気になる)』,『話声の大きさ(会話の声が小さい-会話の声が大きい)』,『会話内容の聞き取り(会話内容が聞き取れない-会話内容が聞き取れる)』とした。2章の実験同様,『集中しやすさ』が「作業妨害感」を『会話に対する意識』がプライバシー感を評価する評価語である。評価語に対して7段階で,両端から真ん中へ順に「非常に」,「かなり」,「少し」,「どちらとも言えない」となっている。実際に使用した評価用紙は付録Bを参照。

表 4-1 評価語

	評価点数						
	3	2	1	0	-1	-2	-3
評価項目	形容詞対						
集中しやすさ	集中しやすい	←	どちらとも言えない	→			集中しにくい
背景音のうるささ	背景音が静か	←	どちらとも言えない	→			背景音がうるさい
会話に対する意識	会話が気にならない	←	どちらとも言えない	→			会話が気になる
話声の大きさ	会話の声が小さい	←	どちらとも言えない	→			会話の声が大きい
会話内容の聞き取り	会話内容が聞き取れない	←	どちらとも言えない	→			会話内容が聞き取れる

■ 被験者の個性

評価には被験者の個性が影響してくる可能性があるため,その場合に被験者を分けて分析を行えるように,被験者に性別や年齢,自身の音への意識や作業環境に関する質問に回答してもらった。被験者実験の結果に影響が及ばないようにするため,実験後に回答させるようにした。

音に対しての感受性について,「はい」か「いいえ」で答えられる『音に対して敏感ですか(「いいえ」が感受性低い側)』,『周囲の状況に関わらず集中できますか(「はい」が感受性低い側)』,『人の話声は気になりますか(「いいえ」が感受性低い側)』という質問をした。回答は被験者に回答しやすいよう,間に「どちらかといえど～」を入れて4段階とした。3つの質問に対して,2(感受性低い側回答)から-2(感受性高い側回答)の点数を出して,3つの評価の点数の和が0以上で低感受性,負の点数で高感受性とし被験者を振り分けた。

また,被験者による作業中の音環境の嗜好性について,『静かな場所(図書館など)と賑やかな場所(カフェなど)のどちらの方が読書しやすいですか?』という質問をした。「静かな場所」か「賑やかな場所」という回答選択肢の間に「どちらかといえど～」を入れて4段階とした。静か側か,賑やか側かで,被験者を振り分けた。

4.2 実験結果・考察

被験者実験で得られたデータから分析を行なった結果と考察について記す。本研究では、統計解析ソフト JMP Pro12 を用いて分析を行った。

4.2.1 分散分析

■ 一元配置分散分析

5 つの項目の評価結果に対する要因による差があるかを一元配置分散分析で確認を行った。一元配置分散分析の結果を表 4-2 に示す。条件では、全ての項目について有意差が得られたため、差がある条件を設定できていたことが確認できた。暗騒音については背景音のうるさは当然であるが、会話に対する項目についても有意差があるため、暗騒音によって会話の聞こえ方が変わり、会話についての評価に差が出たと言える。音源との距離について、音源が遠く、話声が小さく聞こえる場合は、音源が近く、話声が大きく聞こえる場合と比べて背景音がうるさいと感じるなど、距離によって差がある可能性があるかと推測していたが、音源との距離では背景音のうるささでは有意差がなかった。室については、背景音のうるささと会話内容の聞き取り以外で有意差が見られ、聴感印象の差がある 2 室で実験を行っていたことが確認できた。STI_rについては、全ての項目で有意差が得られたため、2 章の実験でも確認されたように STI_rの値が評価結果に影響していることがわかる。被験者の属性としては年齢以外では、全ての項目においてあまり有意差がない結果となった。被験者の感受性や嗜好性は評価結果には影響していないことがわかった。

表 4-2 一元配置分散分析結果

	集中 しやすさ	背景音の うるささ	会話への 意識	話声の 大きさ	会話内容の 聞き取り
被験者	**	**			*
条件	***	***	***	***	***
課題					
暗騒音レベル		***	***	***	***
室	**		**	**	
音源との距離	***		***	***	***
STI _r	***	***	***	***	***
SN比	***	***	***	***	***
性別					
年齢	**	**	*		
感受性		*	*		
嗜好性					

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05

■ 二元配置分散分析

条件と被験者で評価結果に有意差があるか確認を行うため、被験者条件と被験者で二元配置分散分析を行なった。結果を表 4-3 に示す。全ての項目で有意差が確認されたが、条件の方が被験者よりも概ね分散比が大きくなっている結果となり、条件ごとに被験者のデータを平均化可能であると判断した。

表 4-3 被験者と条件での二元配置分散分析結果

		集中しやすさ	背景音のうるささ	会話への意識	話声の大きさ	会話内容の聞き取り
条件	p値	***	***	***	***	***
	F値	10.01	8.15	24.45	45.81	39.39
被験者	p値	***	***	***	***	***
	F値	3.38	3.20	3.38	2.50	4.82

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05

4.2.2 相関関係

■ 評価語間の相関

評価語間の相関係数を算出した。結果を表 4-4 に示す。相関係数が 0.7 以上を濃い赤、0.4 以上 0.7 未満を薄い赤で示している。

集中しやすさについて、背景音のうるささとの相関は見られない結果となった。分散分析で暗騒音での有意差がみられなかったことからしても、作業妨害感背景音がうるさいほど妨害されているといったこともなく、影響がかなり小さいと考えられる。一方で、会話についての評価は集中しやすさと相関がある。その中でも会話への意識との相関が高く、2 章でも集中しやすさと会話者に対する意識はかなり近い評価結果であったため、今後考察が必要である。会話についての評価語間では、はっきりとした相関が確認された。

表 4-4 評価語間の相関係数

	集中しやすさ	背景音のうるささ	会話への意識	話声の大きさ
集中しやすさ				
背景音のうるささ	0.229			
会話への意識	0.754	0.027		
話声の大きさ	0.632	-0.028	0.824	
会話内容の聞き取り	0.552	-0.117	0.784	0.841

■ 物理量との相関

物理量と評価語で相関係数を算出した結果を表 4-5 に示す。相関係数が 0.7 以上を濃い赤、0.4 以上 0.7 未満を薄い赤、-0.4 以下 -0.7 より上を薄い青で示している。

集中しやすさでは、音源との距離ではやや正の相関があり、それ以外の物理量との相関は見られない結果となった。音源がとの距離が遠いほど集中しやすい傾向があると考えられる。しかし、コワーキングオフィスでの実験のようにある一定の距離以上離れると評価はあまり変わらない傾向がある可能性が高い為、強い相関にはならなかったと考えられる。 STI_r と作業パフォーマンスは一次関数的な関係ではなく、0 から 0.2 まではほぼ一定に近く、0.2 から 0.6 までは、0.6 からはまた一定になっているとされる[4]。その為、集中しやすさとの相関係数は低くなる。SN 比についても 3.5.3 で述べたように作業妨害感について許容できる SN 比が -2dB ~ +3dB となるとされており、二次関数的な関係であるため相関係数は低くなっている。暗騒音レベルについては、先ほどの背景音のうるささと集中しやすさ間の関係と同様に、分散分析で暗騒音での有意差がみられなかったことからしても、影響がかなり小さいと考えられる。

背景音のうるささについて、暗騒音レベルとやや負の相関があり、それ以外では相関がない結果となった。背景音のうるさは暗騒音レベルと関係が強いが、 STI_r や SN 比は暗騒音レベル以外に音声音圧レベルなどによって高くも低くもなる物理量であるため、背景音のうるさとは相関は見られない。

会話に関する評価語では似た傾向が見られ、音源との距離と正の相関があり、 STI_r や SN 比とは負の相関がある結果となった。集中しやすさでは STI_r や SN 比とは相関が見られなかったが、会話への意識では相関が見られたため、プライバシー感と STI_r ・SN 比とは一次関数的な関係に近いと考えられる。 STI_r ・SN 比と作業妨害感、プライバシー感でどのような関係になっているかより詳細に検討する必要がある。話声の大きさについては、音源との距離と強い正の相関が見られた。音声音圧レベル測定結果より音源が離れるほど音声は小さくなっているが、聴感的にも感じられていることがわかった。また、会話内容の聞き取りについては、SN 比と強い負の相関が見られた。 STI_r は SN 比に加え、部屋の響きなども影響するため、SN 比よりも僅かに相関が低くなったと考える。

表 4-5 物理量との相関係数

	集中 しやすさ	背景音の うるささ	会話への 意識	話声の 大きさ	会話内容の 聞き取り
暗騒音レベル	0.096	-0.460	0.279	0.283	0.347
音源との距離	0.409	-0.037	0.580	0.704	0.641
STI_r	-0.294	0.348	-0.532	-0.631	-0.658
SN 比	-0.354	0.349	-0.603	-0.697	-0.701

4.3 物理量と心理量の関係

本研究では, STI_r が部屋の響き(室)や暗騒音(暗騒音レベル), 音声の大きさ(音源との距離)などの, STI_r に関わる要因が異なる条件下によって聴感印象が変化し, 作業妨害感に影響を与えるかについて検討を行う. それぞれの評価語について, SN 比・ STI_r と心理量の関係について記す. また, 参考として図 4-8 に条件の詳細を示す.

図 4-8 の色付けは条件が室 A は赤, 室 B は青で, A 特性音声音圧レベル $L_{p,A,S}$ は距離が近いほど濃い色で示している. 暗騒音は 40dBA を薄く, 50dBA を濃く示し, SN 比は 3.5.3 より $> 3\text{dB}$ を赤, $< -2\text{dB}$ を青で示している. STI_r は妨害感距離内を濃い色, プライバシー距離内を薄い色で示している.

図 4-8 条件の詳細

条件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
室	A						B					
音源との距離(m)	4		8		12		4		8		12	
125Hz	35.6	36.2	33.8	34.8	27.1	25.6	38.0	34.4	31.6	26.6	24.1	24.2
250	51.1	51.0	48.5	49.1	38.6	37.2	51.0	48.6	44.3	41.6	37.7	39.3
500	52.3	52.6	45.1	45.5	38.3	38.3	51.7	51.9	44.6	46.5	42.2	40.8
1k	46.7	46.2	37.8	37.7	31.0	31.3	46.5	47.9	38.8	38.1	32.7	34.9
2k	36.5	35.2	27.5	26.5	20.6	20.0	39.6	40.7	31.8	29.3	24.7	24.9
4k	32.4	31.6	23.3	22.1	17.6	18.0	35.5	36.2	29.1	22.6	20.0	20.1
8k	21.9	21.3	17.9	16.8	15.3	15.5	24.9	26.2	19.9	16.3	16.0	15.3
$L_{p,A,S}(\text{dBA})$	55.5	55.5	50.5	51.0	42.0	41.4	55.3	54.9	48.3	48.3	44.0	43.9
暗騒音(dBA)	40.0	50.0	40.0	50.0	40.0	50.0	40.0	50.0	40.0	50.0	40.0	50.0
SN比(dB)	15.5	5.5	10.5	1.0	2.0	-8.6	15.3	4.9	8.3	-1.7	4.0	-6.1
STI_r	0.68	0.53	0.64	0.49	0.50	0.20	0.71	0.50	0.59	0.24	0.42	0.15

4.3.1 平均と標準偏差

■ 集中しやすさ

集中しやすさの平均評点と標準偏差を図 4-9 に示す。

全体的に見ると、SN 比では 0dB, STI_r では 0.5 まではおよそ一定で、それ以上では右下がりになる傾向が見られた。 $STI_r = 0.5$ の時、条件によって評価が異なっている。 STI_r が 0.5 を超えると作業妨害感を感じるとされており $STI_r = 0.5$ は作業妨害感の閾値であるため、条件による評価への影響が大きいと考える。

$STI_r = 0.5$ 付近の値について比較してみると、音源からの距離・暗騒音レベルが同じである条件 2 と条件 8 では、SN 比も STI_r がかなり近く条件 2 の方がどちらも僅かに大きいにも関わらず、条件 8 の評価が低評価である。これは部屋の響きの影響であると考えられる。3.3.1 での室内音響測定結果より残響時間は室 B の方が僅かではあるが長い。部屋の響きが評価に影響している可能性があるが明確ではない。

また、 $STI_r = 0.5$ で低評価側の条件 8 と高評価側の条件 4,5 では、SN 比を確認すると、どれも正の値で条件 4,5 よりも条件 8 が 3dB ほど大きい。よって SN 比から判断すると条件 8 の方が作業妨害感を感じると推測され評価結果は SN 比と対応していることがわかる。

SN 比では、SN 比 > 5 で妨害感を感じる結果となっている。 $STI_r = 0.5$ の場合、SN 比を確認し、SN 比 > 5 が作業妨害感を感じる評価である可能性が高い。

部屋の違いについて、部屋以外の条件が同じ組み合わせである条件 4 と条件 10、条件 6 と条件 12、条件 3 と条件 9 では評価にほとんど違いはなかった。評価に違いが出た組み合わせについては、どの組み合わせについても室 A の方が高評価側になっている。4m, 8m 地点の条件については、音声音圧レベルが室 A の方が僅かに大きくなっているため、音声音圧レベルの大きさからすると室 A の方が、音声による作業妨害感を感じると推測されるが、室 B の方がより響きがあるため、聴感的には音声が目立って聞こえた可能性が考えられる。

また 12m 点の条件 5 と条件 11 について、SN 比ではどちらも正の値で、条件 5 の方が、SN 比が低くなっているため、評価は条件 5 の方が作業妨害を感じないと推測されるが、一方で STI_r からは条件 5 の方が、 STI_r が高くなっているため、条件 11 の方が作業妨害を感じないと推測される。実際の評価は条件 5 が高評価側になっており、SN 比からの推測が正しい結果となった。したがって、 $STI_r = 0.5$ 付近の場合、条件の違いによる影響を受けやすく、 STI_r だけでは作業妨害感の評価することは出来ないため、SN 比から妨害感を推測することが必要と考えられる。

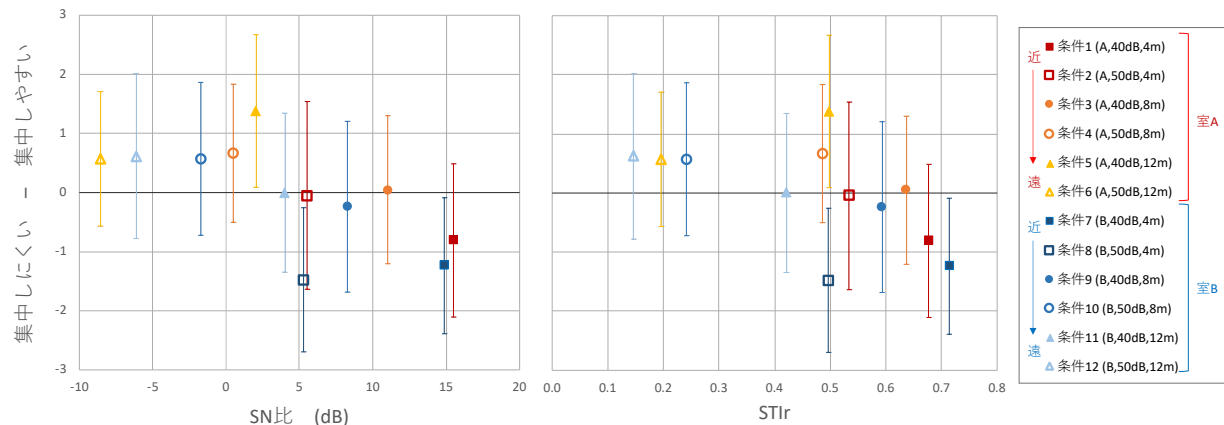


図 4-9 集中しやすさ(左:SN 比 右: STI_r との関係)

■ 背景音のうるささ

背景音のうるささの平均評点と標準偏差を図 4-10 に示す。

背景音のうるささの評価では、暗騒音レベルが 40dB で静か側、50dB でうるさい側の評価にはっきりと分かれる結果になった。音源との距離が遠く、音声音圧レベルが小さい場合に暗騒音レベルが大きいと、距離が近く、音声音圧レベルが大きい場合よりも SN 比が小さくなり、暗騒音が目立って背景音がうるさいと感じる可能性があるかと予想していたが、そのような傾向は見られなかった。僅かに、暗騒音レベルが 50dB で、距離が遠く、音声音圧レベルが最も小さく、SN 比が小さい条件 6 では、評価は最も低い結果であった。

条件 5 と条件 11 について、SN 比は条件 11 の方が大きく、 STI_r は条件 5 の方が大きくなっている。音声音圧レベルが大きい条件 11 の方が、背景音がうるさいと評価していることについて、物理量からの推測では逆の評価として考えられるが、SN 比が小さくても STI_r が高い条件 5 の場合では、音声は明瞭で、背景音が静かと感じる結果となった。これは、条件 6 と条件 12 の関係と逆になっている。SN 比が正であるか負であるかで関係が反転しているのではないかと推測する。しかし、各条件どうしの差は小さく、標準偏差が大きいいため、明確には言えない。

SN 比及び、 STI_r と背景音のうるささの関係については、僅かに右肩上がりの傾向が見られた。SN 比や STI_r は、暗騒音レベルに影響される値であるため、暗騒音レベルが大きいほど 2 つの値は小さくなる。したがって、暗騒音レベル 50dB の条件は左側に分布しがちで、暗騒音レベル 40dB の条件は右側に分布しがちであるため、暗騒音レベルが高いとうるさいと感じ、評価結果が僅かに右肩上がりに見える結果となった。つまり、今回の結果では SN 比及び、 STI_r よりも、暗騒音レベルが背景音のうるささに影響を与えており、背景音のうるささの評価は暗騒音レベルで決まっていると言える。

また、室の違いや音源との距離による背景音のうるささの評価への影響についても、ほとんど見られない結果となった。

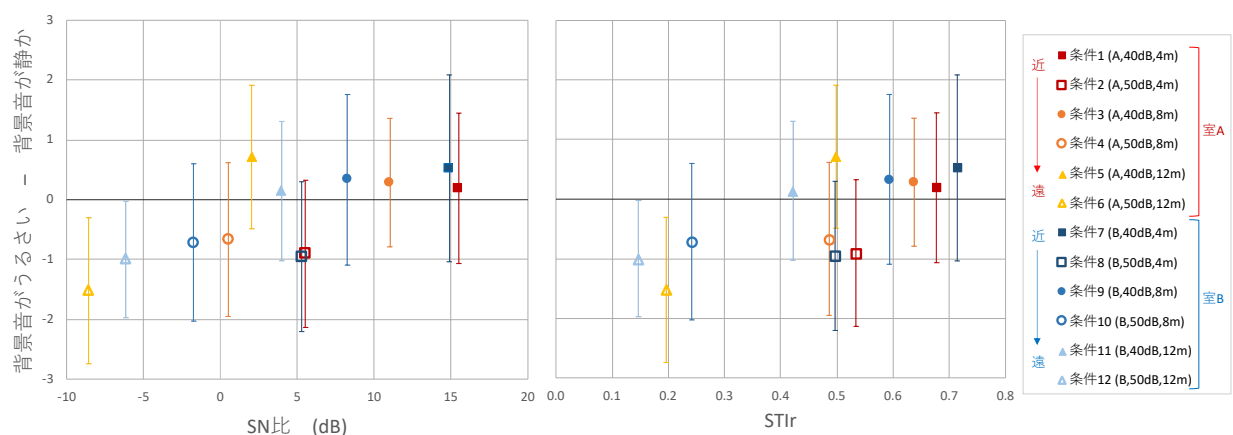


図 4-10 背景音のうるささ(左:SN 比 右: STI_r との関係)

■ 会話への意識

会話への意識の平均評点と標準偏差を図 4-11 に示す。

会話への意識の評価では,集中しやすさのようにある点まで一定で,それ以上で下がるという傾向は見られず,右肩下りのグラフになり,相関係数の検討の際にもやや負の相関が見られていた通り, STI_r が高いほど気になる側の評価となっていることが確認できた。会話への意識では, STI_r 及び SN 比どちらも値が小さい条件ではと集中しやすさよりも評価が高くなっている。会話への意識は音声が目立たなければ,暗騒音が大きくても評価が高くなり,集中しやすさは暗騒音レベルが大きいと集中しやすさを下げているため, $STI_r = 0.5$ までは一定であると考えられる。

コワーキングオフィスでの被験者実験の際には, STI_r が 0.3~0.5 の範囲では会話者が気になる側から気にならない側にシフトしていく範囲であることが確認された。今回の被験者実験では,作業妨害感を主に検討するため, STI_r が 0.5 前後の条件が多くなるように設定している。そのため, STI_r が 0.3 付近である条件がないため,0.3 付近の会話に対する意識の評価がどうなっているか確認することは出来ない。しかし集中しやすさと同様,0.5 を境界に気にならない側から気になる側の評価になっていることが確認できた。これは,集中しやすさと非常に似た傾向である。しかし,集中しやすさでは $STI_r = 0.5$ までは評価一定となっているが,会話者への意識は一次関数的な関係に近く,その点で異なっている。

また, $STI_r = 0.5$ では集中しやすさ同様に,値が条件によって違っている。これは先述の通り, $STI_r = 0.5$ が作業妨害感の閾値であるためと考える。しかし,プライバシー感 STI_r が 0.2 を超えると,プライバシー確保ができないとされている[3]。しかし,0.2 を超えても気にならない側の評価になっており,かなり集中しやすさの評価に寄っている。これは,プライバシー感の評価は, STI_r が 0.2 を超えるかどうかで判断するという設定値が適切ではなく,作業妨害感を感じる = プライバシーが確保されていないと感じると考えられるか,もしくはプライバシー感の評価する評価語として,『会話への意識』が適切ではなく,被験者はプライバシー感を作業妨害感よりも軽い,自身の周囲の環境への侵害とは捉えておらず,プライバシー感の評価する評価語として『会話への意識』が正しいか検討する必要があるのではないかと考える。

SN 比では,SN 比が 5dB の時,気にならない側から気になる側に評価が変わるような結果となった。

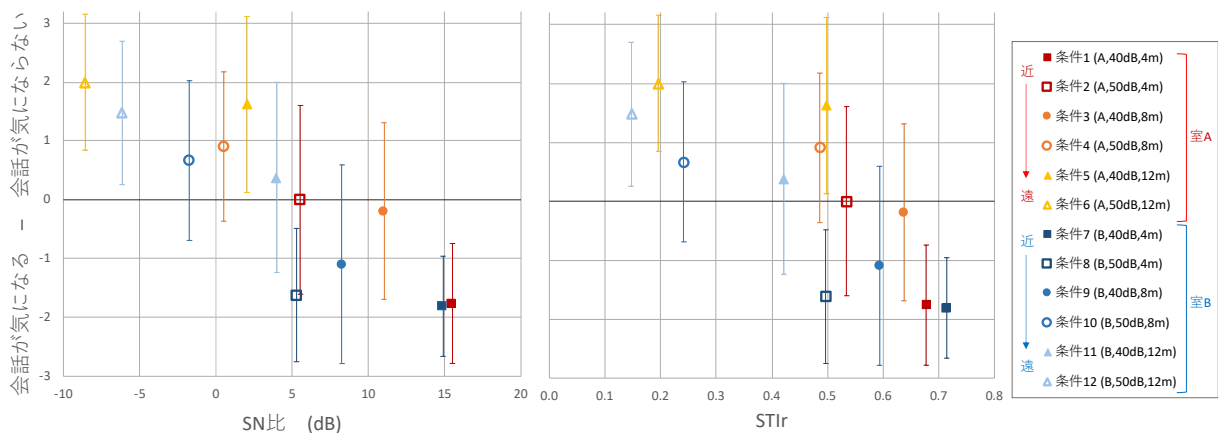


図 4-11 会話への意識(左:SN 比 右: STI_r との関係)

■ 話声の大きさ

話声の大きさの平均評点と標準偏差を図 4-12 に示す。

話声の大きさの評価結果は、会話への意識と非常に似た結果となった。会話に対する評価では、評価語間での相関(表 4-4)があったが、SN 比及び STI_r との関係についても話声の大きさと会話への意識でかなり関係が強いことが確認できた。

会話への意識同様、 STI_r が高いほど声が大きい側の評価となっていることが確認でき、 STI_r が 0.5 以上で会話の声が大きいと感じる。SN 比では、SN 比が 5dB の時、気にならない側から気になる側に評価が変わるような結果となった。

暗騒音レベルだけが異なる条件どうしで比較すると、全ての組み合わせで暗騒音レベルが 50dB の方が、声が小さい側の評価になっている。これは会話への意識についても同様である。暗騒音レベルによって音声マスクされることで音声小さく聞こえていると考えられる。つまり暗騒音には、話声が小さく感じさせ、会話が気にならなくする効果がある。

部屋の違いについて、部屋のみが異なる条件どうしで比較すると、集中しやすさや会話への意識同様に、どの組み合わせについても室 A の方が、声が小さい側になっている。先述の通り、4m, 8m 地点の条件については、音声音圧レベルが室 A の方が僅かに大きくなっているため、音声音圧レベルの大きさからすると室 A の方が、会話の声が大きいと感じると推測されるが、室 B の方がより響きがあるため、聴感的には音声が目立って聞こえた可能性が考えられる。

話声の大きさの評価においても、 $STI_r = 0.5$ の時、条件によって評価が異なる結果となった。

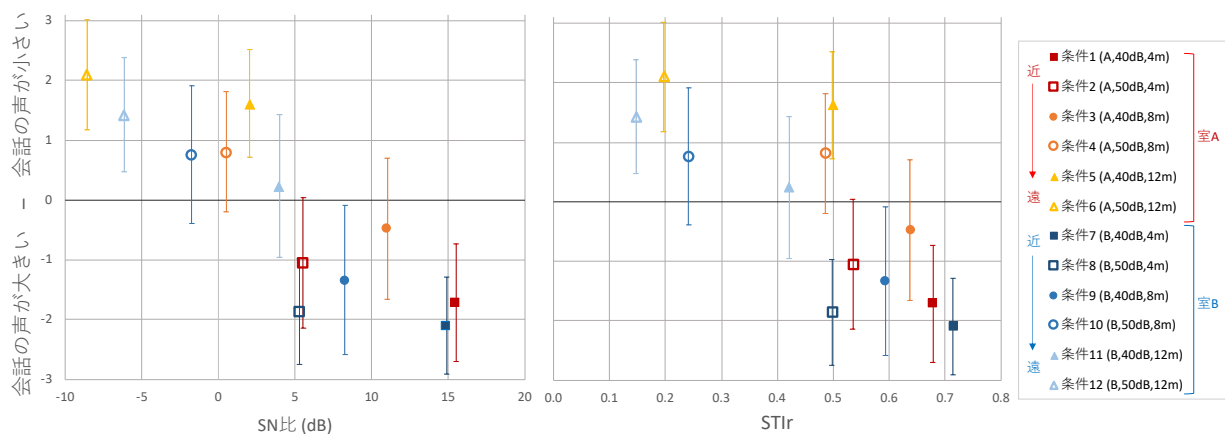


図 4-12 話声の大きさ(左:SN 比 右: STI_r との関係)

■ 会話内容の聞き取り

会話内容の聞き取りの平均評点と標準偏差を図 4-13 に示す。

会話内容の聞き取りは単に聞き取れるかどうかを答えるため、会話への意識や話声の大きさの方が被験者の感じ方の振れ幅が大きいと推測していた。そのため、会話内容の聞き取りを被験者に先に聞いた場合、その評価が会話への意識や話声の大きさに影響すると考え、会話への意識、話声の大きさを先に評価してもらった。しかし、話声の大きさと会話内容の聞き取りについての評価はかなり似る結果となった。したがって、被験者は会話についての評価では評価項目の順に関わらず、会話内容が聞き取れるため、会話が気になり、会話の声が大きいのと感じ、会話内容が聞き取れないため、会話が気にならず、会話の声が小さいと感じている可能性が高いと考えられる。そのため、会話に対する評価語感での相関(表 4-4)が高くなっていたと推測される。

会話内容の聞き取りについても、SN 比が大きいほど聞き取れ、 STI_r が高いほど聞き取れる結果となった。 STI_r が音声の明瞭性を示す指標になっていることが改めて確認することができた。一方で $STI_r = 0.5$ の評価では、他の評価語同様、条件によって評価が異なっている。作業中の印象としての会話内容の聞き取り評価であるため、作業妨害感との関連が強く、 $STI_r = 0.5$ が作業妨害感の閾値であることが影響していると考えられる。

会話についての評価は全て、 STI_r が 0.5 以上で会話の声が大きいのと感じる。SN 比では、SN 比が 5dB の時、気にならない側から気になる側に評価が変わるような結果となった。

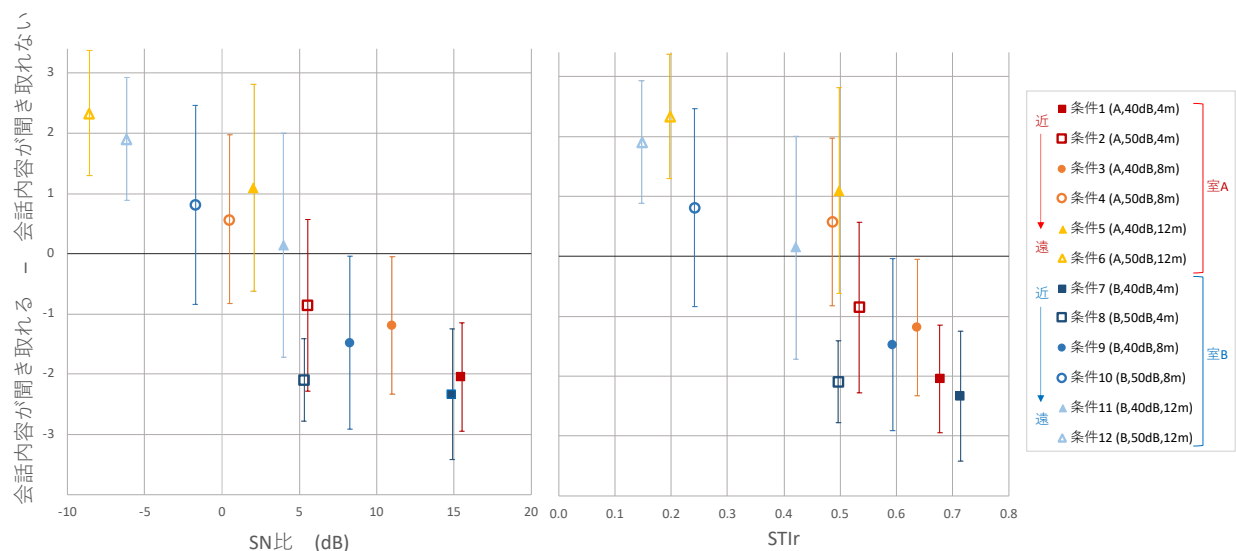


図 4-13 会話内容の聞き取り(左:SN 比 右: STI_r との関係)

4.3.2 多重比較

評価結果について、4.3 の考察での条件どうしの差、特に $STI_r = 0.5$ で見られた条件による評価の差が有意なものであるか確認するため、要因(音源との距離、室、暗騒音レベル)の各群の差について検討する多重比較を行った。Tukey の HSD 検定で全てのペアで比較した。

検定結果について音源との距離のみが異なる条件ペアを赤、室のみが異なる条件ペアを青、暗騒音レベルのみが異なる条件ペアを黄色、音源との距離及び室の異なる条件ペアを赤と青のグラデーション、音源との距離及び暗騒音レベルが異なる条件ペアを赤と黄色のグラデーション、室及び暗騒音レベルが異なる条件ペアを青と黄色のグラデーション、音源との距離・室・暗騒音レベル全て異なる条件ペアを無色で示している。

■ 集中しやすさ

集中しやすさについて Tukey の HSD 検定を行なった結果を

表 4-6 に示す。

音源からの距離について、音源からの距離のみが異なる条件どうしでは、室 A で暗騒音レベルが 40dB(条件 1-条件 3,5/条件 3-条件 5)、室 B で暗騒音レベルが 50dB(条件 12-条件 8,10)で音源による差が有意であることが確認できた。条件 10 と条件 12 で評価の差はほとんど見られないが、それ以外のペアでは、評価に差があり、音源との距離が近いほど STI_r は高くなっており、それに対応して集中しにくい側の評価になっていることが言える。

また、有意差が確認できた条件ペアはほとんど音源からの距離の条件が異なるペアである。この実験では、音源との距離の違いは音声の大きさの違いを表している。したがって、音声の大きさが異なる条件で、集中しやすさの評価に差が出ている場合、音声の大きさによる影響である可能性が高い。

部屋の違いについて、室のみが異なる条件どうしでは、どのペアも有意差は見られない結果となり、4.3 で室 A が高評価側になっていることは有意な差ではないことがわかった。標準偏差が大きい、部屋の違いの差について明確ではない。

また $STI_r = 0.5$ 付近で条件によって評価が異なっていたことについて、条件 2,4,5,8 の各ペアの差について有意であるか確認を行ったところ、条件 8-条件 4,5 のみでは有意な差であることが確認できた。それ以外のペアの差は有意ではないため、条件の違いによって評価が異なっているとは限らず、評価のばらつきが大きいため差が出たと考えられる。有意差が見られた条件 4-条件 8 は室と音源からの距離が異なり、条件 5-条件 8 は全ての要因の条件が異なっている。 STI_r は同じであるが、SN 比は条件 8 より条件 4,5 の方が小さくなっている。さらに条件 5 は音声レベルと暗騒音レベルが小さい条件で、条件 8 は音声レベルと暗騒音レベルが大きい条件である。そのため、SN 比が大きく、さらに全体的な音の大きさが大きい条件 8 ではうるさいと感じ、作業妨害を感じる条件であったと考えられる。

暗騒音レベルについて、暗騒音レベルのみが異なる条件どうしても、どのペアも有意差が見られない結果となった。

表 4-6 集中しやすさ-Tukey の HSD 検定結果

			条件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			室	室A						室B					
			距離	4		8		12		4		8		12	
条件	室	距離	暗騒音	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50
1	室A	4	40												
2			50												
3		8	40	***											
4			50	**											
5		12	40	***		***									
6			50	**											
7	室B	4	40			**	***	***	***						
8			50			**	***	***	***						
9		8	40				*	***	*						
10			50					**							
11		12	40												
12			50	***						***	***	***	***		

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05

暗騒音レベル
 室
 音源との距離
 音源との距離/室/暗騒音レベル

音源との距離/室
 音源との距離/暗騒音レベル
 室/暗騒音レベル

■ 背景音のうるささ

背景音のうるささについて,Tukey の HSD 検定を行なった結果を表 4-7 に示す.

音源からの距離について,室 B で暗騒音レベルが 50dB(条件 8-条件 10,12)では音源による差が有意である結果となった.しかし,条件 8-条件 10,12 は評価にほとんど差がない.

暗騒音レベルのみが異なる条件について,室 A で 8m 点(条件 3-条件 4),12m 点(条件 5-条件 6),室 B で 4m 点(条件 7-条件 8),8m 点(条件 9-条件 10)で有意差が出る結果となった.どの条件でも,暗騒音レベルが 50dB で背景音がうるさい側の評価となっている.また,有意差が確認できた条件ペアはほとんど暗騒音レベルの条件が異なるペアである.さらに,STI_rが近いが評価に差がある,条件 5-条件 2,4,8 では全て有意差が確認された.したがって,暗騒音レベルで背景音のうるささ評価が決まると言えると考え.

部屋の違いについて,室のみが異なる条件どうしではどのペアも有意差は見られない結果となった.背景音のうるささの評価結果(表 4-7)でも,部屋の違いによる影響は見られない.

4.3 で,条件 5-条件 11 と条件 6-条件 12 で SN 比 STI_rと評価との関係と逆になっている. この差について,SN 比が正であるか負であるかで関係が反転しているのではないかと推測した.しかし,条件 5-条件 11 と条件 6-条件 12 では有意差はない結果となった.また,各条件どうしの差は小さく,標準偏差が大きいため,明確ではない.

表 4-7 背景音のうるささ-Tukey の HSD 検定結果

			条件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			室	室A						室B					
			距離	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12
条件	室	距離	暗騒音	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50
1	室A	4	40												
2			50												
3		8	40		*										
4			50	**		***									
5		12	40		**		***								
6			50	**		***		***							
7	室B	4	40		*		***		***						
8			50			**		**		**					
9		8	40		*		***		***		**				
10			50	*		***		***		***	**	***			
11		12	40				**		**				*		
12			50			**		**		**	**	**			

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05

■ 会話への意識

会話への意識について Tukey の HSD 検定を行なった結果を表 4-8 に示す。

音源からの距離について、音源からの距離のみが異なる条件どうしでは、全ての条件ペアで音源による差が有意であることが確認できた。図 4-11 でも、全て評価に差があり、音源との距離が近いほど STI_r は高くなっており、それに対応して会話が気になる側の評価になっていることが言える。

部屋の違いについて、室のみが異なる条件どうしでは、8m 点で暗騒音レベルが 50dB(条件 2-条件 8), 12m 点で暗騒音レベルが 40dB(条件 5-条件 11)で有意差が出る結果となった。これらのペアは STI_r の値も近くなっているが評価結果に差がある。どちらのペアも室 A の方が気にならない側の評価であるため、室 A の方が会話への意識について高評価に影響することが言える。

また $STI_r = 0.5$ 付近で条件によって評価が異なっていたことについて、条件 2,4,5,8 の各ペアの差について有意であるか確認を行ったところ、条件 4-条件 5 のみで有意差が確認できなかったが、それ以外のペアの差は有意であることが確認できた。条件 4,5-条件 2,8 について、SN 比を確認すると、条件 4,5 が条件 2,8 より SN 比が小さく、気にならない側の評価となっている。さらに、条件 5 は音源との距離が遠く、音声小さい条件であるが、条件 2,8 は音源との距離が近く、音声が大きい条件である。したがって、 $STI_r = 0.5$ では、同じ STI_r でも、SN 比や音声音圧レベルの大きさが評価に影響し、評価に差が出たと言える。

暗騒音レベルについて、暗騒音レベルのみが異なる条件どうしでは、室 A で 4m 点(条件 1-条件 2), 8m 点(条件 3-条件 4), 室 B で 8m 点(条件 9-条件 10), 12m 点(条件 11-12)で有意差がある結果となった。どのペアでも暗騒音レベルが 50dB の方が気にならない側の評価となっている。今回の実験は 2 段階ではあるが、暗騒音レベルが大きいほど、会話をマスクし会話を気にならなくする効果があると言える。

表 4-8 会話への意識-Tukey の HSD 検定結果

			条件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			室	室A						室B					
			距離	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12
条件	室	距離	暗騒音	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50
1	室A	4	40												
2			50	***											
3		8	40	***											
4			50	***	***	**									
5		12	40	***	**	***									
6			50	***	***	***	***								
7	室B	4	40		***	***	***	***	***						
8			50		*	**	***	***	***						
9		8	40				***	***	***	***					
10			50	***				**	***	***	**	**			
11		12	40	***				*	**	***	***	***			
12			50	***	***	***				***	***	***	***	*	

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05

■ 話声の大きさ

話声の大きさについて Tukey の HSD 検定を行なった結果を表 4-9 に示す.全体的に会話への意識とかなり似た結果となった.

音源からの距離について,音源からの距離のみが異なる条件どうしでは,全ての条件ペアで音源による差が有意であることが確認できた.図 4-12 でも,全て評価に差があり,音源との距離が近いほど STI_r は高くなっており,それに対応して声が大きい側の評価になっていることが言える.

部屋の違いについて,室のみが異なる条件どうしでは,8m 点で暗騒音レベルが 50dB(条件 3-条件 9),12m 点で暗騒音レベルが 40dB(条件 5-条件 11)で有意差が出る結果となった.これらのペアは STI_r の値も近くなっているが評価結果に差がある.どちらのペアも室 A の方が,声が小さい側に影響することが言える.

また $STI_r = 0.5$ 付近で条件によって評価が異なっていたことについて,条件 2,4,5,8 の各ペアの差について有意であるか確認を行ったところ,条件 2-条件 8 のみで有意差が確認できなかったが,それ以外のペアの差は有意であることが確認できた.条件 4,5 が条件 2,8 より SN 比が小さく,声が小さい側の評価となっている.さらに,条件 5 は音源との距離が遠く,音声小さい条件であるが,条件 2,8 は音源との距離が近く,音声大きい条件である.話声の大きさは,特に音声レベルと相関が強い.したがって $STI_r = 0.5$ では,同じ STI_r でも,SN 比や音声音圧レベルの大きさが評価に影響し,評価に差が出たと言える.

暗騒音レベルについて,暗騒音レベルのみが異なる条件どうしでは,室 A で 8m 点(条件 3-条件 4),室 B で 8m 点(条件 9-条件 10),12m 点(条件 11-12)で有意差がある結果となった.どのペアでも暗騒音レベルが 50dB の方が,声が小さい側の評価となっている.会話への意識と合わせて,今回の実験は 2 段階ではあるが,暗騒音レベルが大きいほど,会話をマスクし声を目立たなくすることで,会話を気にならなくする効果があると言える.

表 4-9 話声の大きさ-Tukey の HSD 検定結果

			条件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			室	室A						室B					
			距離	4	8	12	4	8	12	4	8	12	4	8	12
条件	室	距離	暗騒音	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50
1	室A	4	40												
2			50												
3		8	40	***											
4			50	***	***	**									
5		12	40	***	***	***	*								
6			50	***	***	***	***								
7	室B	4	40		**	***	***	***	***						
8			50			***	***	***	***						
9		8	40			***	***	***	***	***					
10			50	***	**			***	***	***	***	***			
11		12	40	***	*			***	***	***	***	***	***		
12			50	***	***	***	***			***	***	***	***	***	

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05

■ 会話内容の聞き取り

会話内容の聞き取りについて Tukey の HSD 検定を行なった結果を表 4-10 に示す.会話についての評価では全体的に似た結果となった.

音源からの距離について,音源からの距離のみが異なる条件どうしでは,会話への意識,話声の大きさと同様に,全ての条件ペアで音源による差が有意であることが確認できた.図 4-13 でも,全て評価に差があり,音源との距離が近いほど STI_r は高くなっており,それに対応して会話内容が聞き取れる側の評価になっていることが言える.

部屋の違いについて,室のみが異なる条件どうしでは,どのペアも有意差は見られない結果となった.室の違いによる評価の違いについて,室 A の方が僅かながら聞き取れない側の評価になっているがこの差について,有意な差でなく,標準偏差が大きいため,室の影響は明確ではない.

また $STI_r = 0.5$ 付近で条件によって評価が異なっていたことについて,条件 2,4,5,8 の各ペアの差について有意であるか確認を行ったところ,条件 2-条件 8,条件 4-条件 5 で有意差が確認できなかったが,それ以外のペアの差は有意であることが確認できた.条件 4,5 が条件 2,8 より SN 比が小さく,声が小さい側の評価となっている.さらに,条件 5 は音源との距離が遠く,音声がい小さい条件であるが,条件 2,8 は音源との距離が近く,音声がい大きい条件である.SN 比や音声音圧レベルの大きさが評価に影響し,会話についての評価に差が出たと言える.

暗騒音レベルについて,暗騒音レベルのみが異なる条件どうしでは,室 B の 4m 点(条件 7-条件 8)以外で有意差がある結果となった.どのペアでも暗騒音レベルが 50dB の方が,声が聞き取れない側の評価となっている.会話への意識や話声の大きさと合わせて,今回の実験は 2 段階ではあるが,暗騒音レベルが大きいほど,会話をマスクし声を目立たなくすることで会話内容が聞き取れず,会話を気にならなくする効果があると言える.

表 4-10 会話内容の聞き取り-Tukey の HSD 検定結果

			条件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			室	室A						室B					
			距離	4		8		12		4		8		12	
条件	室	距離	暗騒音	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50	40	50
1	室A	4	40												
2			50	*											
3		8	40	***											
4			50	***	***	***									
5		12	40	***	***	***									
6			50	***	***	***	***	*							
7	室B	4	40		**	***	***	***	***						
8			50			*	***	***	***						
9		8	40				***	***	***	***					
10			50	***	*	*			***	***	***	***			
11		12	40	***					***	***	***	***			
12			50	***	***	***	***	*		***	***	***	***	***	

***:p<0.001, **:p<0.01, *:p<0.05

4.4 まとめ

4.4.1 作業妨害感の評価について

作業妨害感について,SN 比では 0dB, STI_r では 0.5 までは評価がおよそ一定で,それ以上では作業妨害感を感じ,評価が下がる傾向が見られた.

どの評価項目においても, $STI_r = 0.5$ の場合,条件によって評価が異なっている. STI_r が 0.5 を超えると作業妨害感を感じるとされており, $STI_r = 0.5$ は作業妨害感の閾値であるため,条件による評価への影響が大きいと考えられる. $STI_r = 0.5$ の場合,SN 比に大小の差がある場合,作業妨害感 は音声レベルと暗騒音レベルの大きさによる影響を受け,SN 比と対応している.

残響時間が短い部屋の方がやや評価が高い傾向が見られたが,作業妨害感の評価について有意な差はなかったため, $STI_r = 0.5$ の室のみが異なる条件間での評価の差が部屋の違いとは言えない.ばらつきが大きいためである可能性が高い.

本章を通して,作業妨害感と STI_r の関係について以下のような傾向があることがわかった.

$STI_r \leq 0.5$: 作業妨害感を感じない(評価は一定に近い)

$STI_r \approx 0.5$: 評価値が 0 になるとは限らない(SN 比の影響を強く受ける)

→ SN 比 > 5 : 作業妨害感を感じる

$STI_r > 0.5$: 値が大きくなるほど妨害感を感じる

ISO3382-3[3]について, STI_r で作業妨害感について評価を行なっていること, STI_r が 0.50 となる距離を妨害感距離 r_D として設定していることについて,本研究の結果から,妥当であると考えられる.しかし, $STI_r \approx 0.5$ の場合, STI_r の値は 0 になるとは限らず,SN 比から評価する必要がある.

4.4.2 その他の評価について

背景音のうるさは,音声の大きさや部屋の響きの違いによる影響は受けず,暗騒音レベルと評価の関係性が高い結果となった.

会話についての評価語では,評価語間でかなり似た傾向が見られ,関係が強くなっている. 会話への意識はと STI_r の関係は $STI_r \geq 0.5$ では,作業妨害感と似ている結果となったが, $STI_r \leq 0.5$ では値が大きくなるほど気になる側の評価となり,一次関数的な関係であることがわかった.

$STI_r \leq 0.5$: 会話が気にならない(値が大きくなるほど気になる側へ)

$STI_r \approx 0.5$: 評価値が 0 になるとは限らない(SN 比の影響を強く受ける)

$STI_r > 0.5$: 値が大きくなるほど話声が気になる

会話についての評価では,部屋の違いについて有意差が確認され,残響時間が短い部屋の方が会話への意識について,若干高評価に影響する結果となった.

また暗騒音レベルが大きいほど,会話をマスクし会話を気にならなくする効果がある.

第5章

総括

5.1 研究の成果

第 1 章では,研究背景,オープンプランオフィスにおける室内音響測定や音環境評価に関する規格や指標値の詳細,また既往研究について述べた.オープンプランオフィスにおける会話による作業妨害感の評価方法として,音声の明瞭性を示す STI_r で評価を行なっている ISO3382-3[3]の妥当性について,心理的側面から検討を行うことを目的と設定した.

第 2 章では,既往研究において室内音響測定を行なった実在のコワーキングオフィスにおける,会話者と執務者が同一空間内にいることを想定した被験者実験について述べた.第 1 節では,実験の概要・目的について述べた.被験者実験により,両者の心理印象について検討を行い, STI_r と心理印象との対応について確認することを目的と設定した.第 2 節では,実験方法や評価項目,実験中の環境について述べ,第 3 節で実験結果と考察について述べた.作業妨害感について, $STI_r \geq 0.5$ では集中しにくい側の評価となり, $STI_r < 0.5$ では集中しやすい側という評価となった.つまり,ISO3382-3 で作業妨害感距離 r_D を $STI_r = 0.5$ で設定していることについて,心理評価と対応していることが確認できた.

第 3 章では,部屋,音源からの距離,暗騒音レベルの条件を変えた音声を用いて,作業妨害感の印象評価を行う被験者実験を行うために室内音響測定や音声の録音などを行い,実験の条件を設定するまでの流れを述べた.第 1 節では,被験者実験の概要と被験者実験までの大まかな作業の流れについて述べた.第 2 節では,室内音響測定の方法について述べ,第 3 節では測定結果と考察を述べた.2 室の部屋では,室の方が,残響時間がやや短く,音圧レベル測定でも距離減衰が大きい結果となり,カーペットによる吸音効果が見られた.第 4 節では,会話音声を録音する方法や音声の詳細,音声音圧レベル測定結果について述べた.室 B は第 2 節の測定とほぼ同じ結果隣,室 A では測定値に僅かなずれができた.使用した音源が男声である為,カーペットによる高音域での吸音が第 2 節での測定より働かず,近傍での音圧レベルが第 2 節より大きくなる結果となった.第 5 節では,音声音源を被験者実験用に加工する方法,暗騒音音源の作成方法,測定・録音を経て確定した実験条件(音源)の詳細について述べた.

第 4 章では,被験者実験の方法,実験結果・考察について述べた.第 1 節では,被験者実験方法や評価項目など実験の詳細について述べた.第 2 節では,分散分析や相関について確認を行った.分散分析より,条件ごとに被験者の評価データを平均化可能であると判断した.第 3 節では,条件ごとの平均評点と標準偏差を示し,そこで見られた差が有意なものであるかの確認を,多重比較を

して検討した.評価と STI_r 、SN 比との関係について考察を行った.作業妨害感について,SN 比では 0dB, STI_r では 0.5 までは評価がおよそ一定で,それ以上では作業妨害感を感じ,評価が下がる傾向が見られた.どの評価項目においても, $STI_r = 0.5$ の場合,条件によって評価が異なっている. $STI_r = 0.5$ は作業妨害感の閾値であるため,条件による評価への影響が大きいと考えられる. $STI_r = 0.5$ の場合,SN 比に大小の差がある場合,作業妨害感は音声レベルと暗騒音レベルの大きさによる影響を受け,SN 比と対応している.背景音のうるさは,暗騒音レベルと評価の関係性が高い結果となった.会話についての評価語では,評価語間でかなり似た傾向が見られ,関係が強くなっている.会話への意識はと STI_r の関係は $STI_r \geq 0.5$ では,作業妨害感と似ている結果となったが, $STI_r \leq 0.5$ では値が大きくなるほど気になる側の評価となり,一次関数的な関係である.会話についての評価では,部屋の違いについて有意差が確認され,残響時間が短い部屋の方が会話への意識について,若干高評価に影響する結果となった.また暗騒音レベルが大きいほど,会話をマスクし会話を気にならなくする効果がある.

本研究を通したまとめとしては,ISO3382-3 について, STI_r で作業妨害感について評価を行なっていること, STI_r が 0.50 となる距離を妨害感距離 r_D として設定していることについて,本研究の結果から妥当であると考えられる.しかし, $STI_r \approx 0.5$ の場合, STI_r の値は 0 になるとは限らず,SN 比から評価する必要があることが示唆された.

5.2 今後の課題

本研究では、部屋の違いについて2室の部屋で録音を行なった。しかし、ピンクノイズ使用による音圧レベル測定では、距離減衰の差がはっきり出ていた為この2室で録音を行なったが、男声音源であるとカーペットによる吸音効果がピンクノイズでの測定値ほど見られず、予測値と異なる結果となった。また残響時間の差はわずかにはあるものの、大きい差とは言い難い為、2室の部屋の音響的違いがはっきりしたものではなかった。したがって、部屋の響きに大きな差がある部屋での検討が必要であると考えられる。

また、プライバシーについて、本研究では作業妨害感を主体として検討を行なった為、 $STI_r = 0.5$ 前後の条件が多く、 $STI_r = 0.2$ 前後の条件が少ない。また評価順を、集中しやすさを先にした為、会話への意識への評価では、集中しやすさの評価に引っ張られているような傾向が見られた。その為、 $STI_r = 0.2$ がプライバシー距離の閾値といった結果にはならなかった。ISO3382-3[3]において $STI_r = 0.2$ となる点までの距離をプライバシー距離と設定していることについて、妥当ではないと判断するには、曖昧な実験条件である為、プライバシー距離の設定値の検討は評価語や実験条件を設定し直して行う必要があると考える。

参考文献

- [1] W.J.Cavanaugh,W.RFarrel,P.W.Hirtle,and B.G.Watters,"Speech Privacy in Buildings".J.Acoust,Soc.Am.,34(4),475-492,1962.
- [2] ASTM E1130-02e1,"Standard Test Method for Objective Measurement of Speech Privacy in Open Offices Using Articulation Index,"ASTM International,West Conshohocken,PA,2002.
- [3] ISO 3382-3:2012,Acoustics–Measurement of room acoustic parameters,part 3: Open plan offices.
- [4] Hongisto,A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance ,Indoor Air 2005,15(6),pp.458-68,2005.
- [5] T.Houtgast,H.J.M.Steeneken and R,Plomp Predicting Speech Intelligibility in Rooms from the Modulation Transfer Function,Acoustica,vol.46 pp.60-72,1980.
- [6] International Electrotechnical Commission,IEC60286-16 Ed.3.0:Sound system equipment-Part 16:Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index,2003.
- [7] M.R.Schroeder,Modulation Transfer Functions:Definition and Measurement,Acoustica,vol.49,pp.179-182,1980.
- [8] D.F.Hoth, Room noise spectra at subscribers telephone locations, J.Acoust.Soc.Am.12, pp.499-504, 1982.
- [9] 佐久間哲哉,ワークプレイスの音環境,騒音制御 vol.42 No.5,pp.211-214,2018.
- [10] 日本サステナブル建築協会 SAP 知的生産性測定システム,<http://www.jsbc.or.jp/sap/>,2019 年 1 月 19 日.
- [11] 建築環境・省エネルギー機構編,誰でもできるオフィスの知的生産性測定 SAP 入門,テツアード出版,p.14,2010.
- [12] 辻村壮平,無意味及び有意味騒音が知的作業時の妨害感に及ぼす影響,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.33-34,2008.
- [13] 清水寧,日本におけるスピーチプライバシー,音響技術,No.152(vol.39 no4),pp.1-6,2010
- [14] 佐藤洋,ISO/DIS 3382-3 におけるオープンプランスペースにおけるスピーチプライバシ測定法, 音響技術,No.152(vol.39 no4),pp.27-30,2010.
- [15] 日本建築学会環境基準 AIJES-S0002-2001,都市・建築空間における音声伝送性能評価基準・同解説,pp.30-35,2011.
- [16] 澤幡麻佑子他,音響学会講論集(秋季),pp.1213-1216,2014.

- [17] 橋本修他,主観的評価に基づくオープンプランオフィスにおける執務作業時のサウンドマスキングの適用に関する検討, ,日本建築学会環境系論文集 第 80 巻 第 716 号,pp877-885,2015.
- [18] 安倍智和,共有・共創型ワークスペースの実態調査:2016 年度調査の分析結果,経済学研究 67(1),pp.109-146,2017.
- [19] 佐久間哲哉,オフィスの音環境の現状と課題,音響技術 No.171(vol.44,no.3),pp.1-6,2015.
- [20] 上田脩太郎,ピアノ音源指向性がホール内音楽聴取印象に及ぼす影響の解明,修士論文,p.19,2015.
- [21] 日本音響エンジニアリング株式会社 室内音響分析システム,
<https://www.noe.co.jp/product/pdt2/pd11/detail04.html>,2019/01/16
- [22] 前川純一他,建築・環境音響学 第 3 版,p62,共立出版株式会社,1990.
- [23] 小口恵司,MTF 法の原理と室内音響特性測定への応用,日本音響学会建築音響研究会資料 AA84-03,1984.
- [24] 小椋靖夫他,音場における音声伝送品質のための MTF と STI について,日本音響学会誌,vol.40,No.3,1984.
- [25] 音声資源コンソーシアム(SRC),<http://research.nii.ac.jp/src/index.html>,2019/01/08.
- [26] 株式会社エー・アール・アイ(ARI),
<http://www.ari-web.com/service/kw/sound/binaural.htm>,2019/01/08.
- [27] 株式会社アコー SAMURAI HATS,<http://www.aco-japan.co.jp/product/id5055.html>,2019/01/08
- [28] 西村裕喜子,雑踏音場趣味レーションによる公共空間の音環境印象評価,修士論文,pp.27-36 p.46,2015.

謝辞

本論文は東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻修士課程において、同専攻の佐久間哲哉准教授の指導もとに行なった研究をまとめたものです。指導教員である佐久間哲哉准教授には、研究に取り組むにあたって、研究に取り組む姿勢や物事の考え方、研究のテーマ決め、測定・実験の方法などの助言や相談をしていただき、また発表での言葉遣いや、文章・グラフの描き方など、非常に多くのことをご教授していただきました。厳しく的確なご指導をいただき、数多くのことを学びました。深く感謝いたします。

副指導教員である同専攻の佐々木淳教授には、研究の相談に丁寧に対応していただき、建築音響分野外の視点から様々な助言をいただきました。ここに感謝申し上げます。

同研究室の井上尚久特任助教には、実験機器の扱い方や測定の方法、数値解析プログラムの使い方など、これまで学ぶ機会がなかった数多くの専門的なことについてご教授していただきました。ここに感謝申し上げます。

同研究室に在籍していた澤畑麻祐子さんには、実験のデータを残していただき、本研究に年組むきっかけをいただきました。ありがとうございました。

博士課程の會田祐さん、劉金雨さん、榎本貴之さん、孔敬受さんには、研究の相談やアドバイスをしていただき、また授業や研究室でも共に知識を深め合うことが出来ました。ありがとうございました。

先輩のLIMESA Richard Arthur Jeremia さん、角谷純平さん、駒井彩乃さん、坂吉佑太さんには、研究室での生活や、授業等多くの場面で様々なことを教えていただき、お世話になりました。ありがとうございました。

同期の坂本栞さん、堤遼さん、西川宏作さん、松井温子さんとは、お互いの研究の相談や、就職活動、日々の生活のことなど様々なことを話しました。二年間の研究室での生活の中で、一番長く共に時間を過ごし、励まし合いながら過ごしてきました。ありがとうございました。

後輩の兪凡さん、田主望さんには日々の生活で楽しい時間を過ごさせていただきました。特に、中津成博さん、山崎泰知さんには、長い時間、何度も測定を手伝っていただき、また測定結果について共に考察していただき、音響についての知識や数値解析の知識が足りていない筆者に多くの知識をいただきました。そのおかげで無事卒業することが出来ます。本当にありがとうございました。

最後に、筆者の学生生活を温かく見守り、励まし、支えていただいた両親に多大なる感謝の意を表します。

2019 年 1 月 21 日

谷野 葵

発表論文一覧

■ 修士論文梗概

■ 本研究に関する発表論文

- ・谷野葵, 佐久間哲哉, コワーキングオフィスにおける会話者と個人執務者の相互意識に関する心理実験, 日本建築学会大会学術梗概集(環境工学 I), pp259-260, 2018

オーブンプランオフィスにおける会話による作業妨害感に関する研究

Study on task disturbance by conversation in open plan offices

学籍番号 47-176752

氏 名 谷野 葵 (Tanino, Aoi)

指導教員 佐久間 哲哉 准教授

1. はじめに

1.1. 研究背景

知的生産性や働き方への社会的関心が高まり,多様なオフィスが登場する中,壁や間仕切りを用いず,デスクレイアウトの柔軟性やコミュニケーションの円滑化の促進というメリットをもつオーブンプランオフィスが広く普及している.しかし課題として,オフィス内での周囲の話し声による執務者の作業に対する妨害感が挙げられる.

1.2. ISO 3382-3

作業妨害感とプライバシーに関して,オーブンプランオフィスの空間性能を評価する規格として ISO3382-3[1]がある. 音声を想定したパワーレベルを持つ音源に対する,受音点での音圧レベルと室における音源-受音点間の伝達特性を表すインパルス応答を用いて,各種音響物理指標を算出し,その結果からオフィスの性能を評価する.本研究で特に着目する音響物理指標について以下に記す.

話し声伝送指数 STI_r 音声の明瞭性を予測するための物理指標.0 が最も明瞭性が低く,1 に近づくほど明瞭性が高くなる.

妨害感距離 r_D 音源から $STI_r = 0.5$ となる点までの距離.規格では,これ以上離れると作業妨害感が急激に低減し,会話のプライバシーが向上するとされている.

プライバシー距離 r_P 音源から $STI_r = 0.2$ となる点までの距離.規格では,これ以上離れると作業への集中力とプライバシーが特に保たれるとされている.

STI_r の値は会話音声の音圧レベルと暗騒音レベルとインパルス応答測定によって算出された部屋の響きの3つによって求められる.この規格では会話音声による作業妨害感について STI_r から r_D を求めることで妨害感を感じるエリアを設定し,評価しているが,3つの要因と作業妨害感への影響度については明確ではなく, STI_r の値が同じでも3つの要因が異なる条件の場合,聴感印象が変わり,作業妨害感も変わる可能性がある.

2. 研究目的

STI_r の値のみで作業妨害感について評価できるかについて,音源との距離,部屋の響き,暗騒音の大きさの異なる条件下でのそれぞれの心理印象と比較を行う.話し声による執務作業の妨害感について心理的側面から ISO3382-3 の妥当性について検討を行う.

3. 実験条件の構築

3.1. 被験者実験概要

オーブンプランオフィスに類似した室において条件が異なる環境下で音声を録音し,その音声を被験者に聞かせながら作業を行わせ,作業の集中しやすさや会話の印象などの質問項目について評価させた.

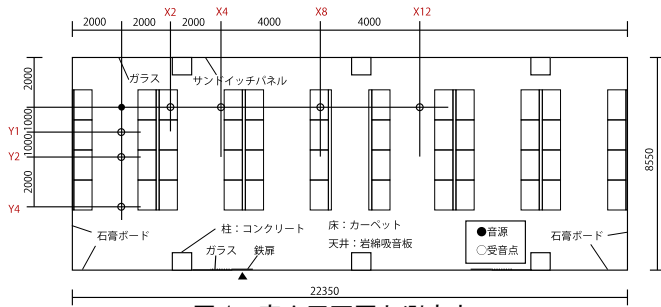


図1 室A平面図と測定点

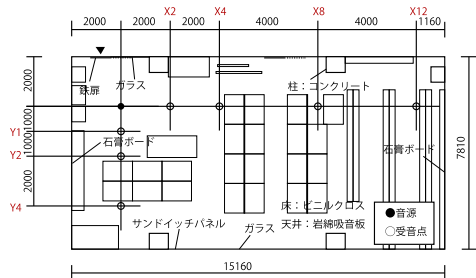


図2 室B平面図と測定点

3.2.室内音響測定

室の違いの検討を行うため、2室(図1,2)で室内音響測定を行なった。音源に12面体スピーカ(H=1.3m)、受音点(H=1m)騒音計を設置し、インパルス応答測定(スウェプトサイン信号使用)と音圧レベル測定(ピンクノイズ使用)を行なった。

2室の測定結果を比較すると室Aでは1k~4k[Hz]で約0.1秒残響時間が短くなっていた。これはカーペットによる吸音効果が原因であると考えられる。

3.3.音声録音

録音に用いた音声音源は男性2名の対話音声で、長さは2分間である。対話テーマは日程調整で、会話内容が異なる12種類の音声を、2分間の等価騒音レベル L_{Aeq} の大きさに統一した。パワーレベルは録音前に無響室において、1m点での音声のレベルが57.4dB(A)になるように音量を設定した。

音源には12面体スピーカを用い、録音にはダミーヘッドを用いた。測定と同じ音源位置で、X4, X8, X12(図1,2)を受音点と設定

した。また、ダミーヘッド近傍に騒音計を設置し、音声音圧レベル測定を行なった(図3)。

[1]の音声のパワーレベルから測定(ピンクノイズ使用)によって算出した減衰量をひいて求めた音声音圧レベルと音声で測定した音声音圧レベル測定結果を図4に示す。室Bでは、ピンクノイズと音声でかなり近い値となったが、室Aでは4.8mで3dBほどの差が出た。使用した音源が男声であるため、[1]の音声より低く、カーペットによる吸音がやや働かなかった為と考えられる。

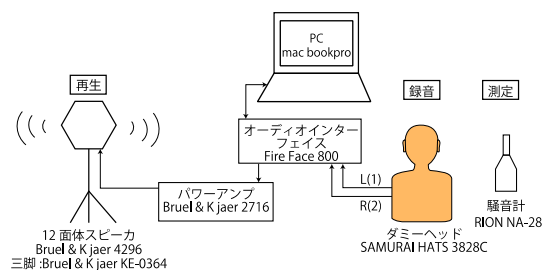


図3 録音システム

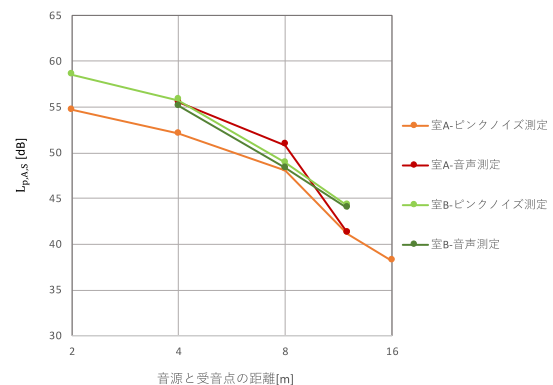


図4 A特性音声音圧レベル

3.4.実験条件

暗騒音レベルは、仮の暗騒音レベルで STI_T を算出し、 STI_T が0.2~0.5の範囲と0.5前後の数値となるように設定した。また実際に自身の耳で聞き比べを行うことで、聞こえ方に差があるかを確認し決定した。

実験条件を表1に示す。音源からの距離が4, 8, 12mの3条件、部屋が2条件、暗騒音レベルが40, 50dB(A)の2条件で12条件である。橋本ら[2]によると執務作業時の妨害感の評

価から,許容できる SN 比が-2dB~+3dB であるとされている為,SN 比>3dB を赤,SN 比<-2dB を青で示している.また, r_D 内である $STI_r > 0.5$ dB を濃い色,プライバシー距離内である $0.5 \geq STI_r > 0.2$ の範囲を薄い色で示している.

表 1 実験条件(音源)

条件	部屋	音源からの距離(m)	暗騒音(dBA)	SN比(dB)	STI _r
1	室A	4	40	15.5	0.68
2			50	5.5	0.53
3		8	40	10.5	0.64
4			50	1.0	0.49
5		12	40	2.0	0.50
6			50	-8.6	0.20
7	室B	4	40	15.3	0.71
8			50	4.9	0.50
9		8	40	8.3	0.59
10			50	-1.7	0.24
11		12	40	4.0	0.42
12			50	-6.1	0.15

4. 被験者実験

被験者は 21 名(男性:14 名,女性:7 名)の学生である.実験場所は東京大学柏キャンパス環境棟 6 階のゼミ室 62 を使用した.

被験者は 1 課題(1 条件・音源)につき 2 分間読解作業を行い,作業中にヘッドホンから音声音源と暗騒音が流れる.読解作業後,作業中の音や作業のしやすさに対する印象を段階尺度法(7 段階)で評価を行った.「作業して評価」を 12 回行う.

5. 結果と考察

5.1.作業妨害感とSTI_r

各評価項目の平均評点と標準偏差を図 5-9 に示す.『集中しやすさ』を作業妨害感,『会話への意識』の評価としている.作業妨害感について,STI_rが 0.5 までは評価がおおよそ一定で,それ以上では作業妨害感を感じ,評価が下がる傾向が見られた.どの評価項目においても,STI_r = 0.5 の場合,条件によって評価が異なる.STI_r = 0.5 は作業妨害感の境界点であるため,条件による評価への影

響が大きいと考えられる.STI_r = 0.5 の場合,音声レベルと暗騒音レベルの大きさによる影響を受け,SN 比と対応している.また,残響時間が短い部屋の方がやや評価が高い傾向が見られる.しかし,作業妨害感の評価について有意な差はなかったため,STI_r = 0.5 で,室のみが異なる条件間での評価の差が部屋の違いとは明確には言えない.また,ばらつきが大きいためである可能性が高い.

5.2.他の評価項目

背景音のうるさは,音声の大きさや部屋の響きの違いによる影響は受けず,暗騒音レベルで決まる傾向が見られた.会話への意識について,STI_r \geq 0.5 では,作業妨害感と似ている結果となったが,STI_r < 0.5 では値が大きくなるほど気になる側の評価となり,一次関数的な関係であることがわかる.プライバシー感では,STI_r = 0.2 となる距離をプライバシー距離としているが,会話への意識ではそのような傾向は見られず,集中しやすさの評価に引っ張られているような傾向があった.会話についての評価では,部屋の違いについて有意差が確認され,残響時間が短い部屋の方が会話への意識について,若干高評価に影響する結果となった.また暗騒音レベルが大きいほど,会話をマスクし会話を気にならなくする効果がある.

6. おわりに

研究結果より,STI_rで作業妨害感进行评估すること,STI_r = 0.5 となる距離を妨害感距離 r_D と設定することについて,ISO3382-3 の妥当性が示唆された.しかし,STI_r \approx 0.5 の場合,STI_r の値が 0 になるとは限らず,SN 比を考慮して評価を行う必要がある.

一方で,本研究では部屋の違いが不明確

である為,部屋の響きに大きな差がある部屋での検討が必要である.また,プライバシーについて,本研究では作業妨害感を主体として検討を行なった為, $STI_r = 0.2$ 前後の条件が少ない.条件を増やしてプライバシー

一距離についても明確にすることが今後の課題である.

参考文献

- [1]ISO 3382-3:2012, Acoustics – Measurement of room acoustic parameters, part 3: Open plan offices.
[2]橋本修 他,日本建築学会環境系論文集 第80巻 第716号,pp877-885,2015.

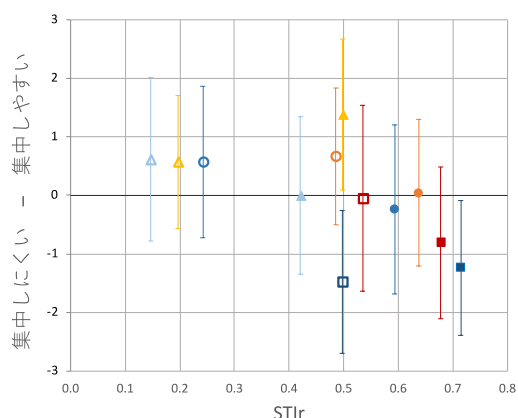


図5 集中しやすい

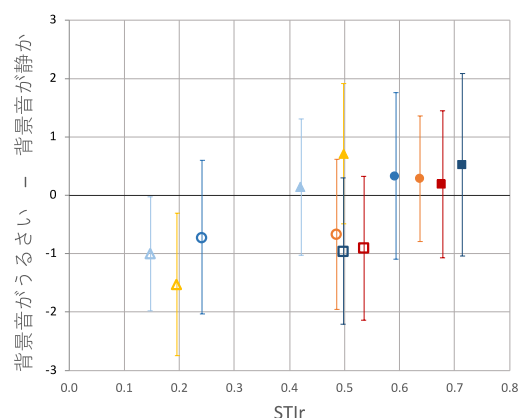


図6 背景音のうるささ

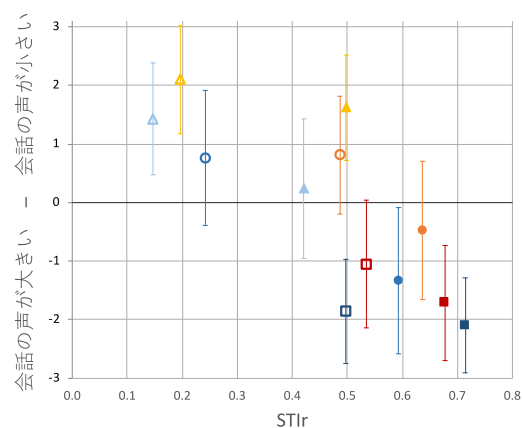


図8 話声の大きさ

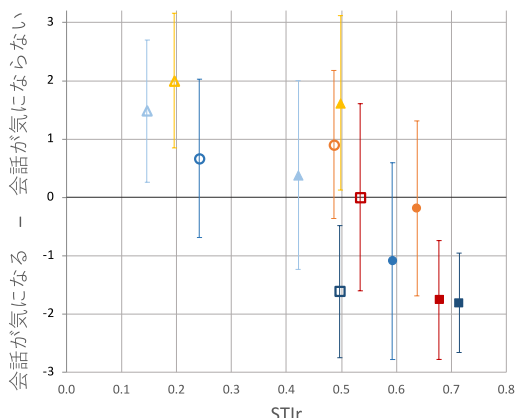


図7 会話への意識

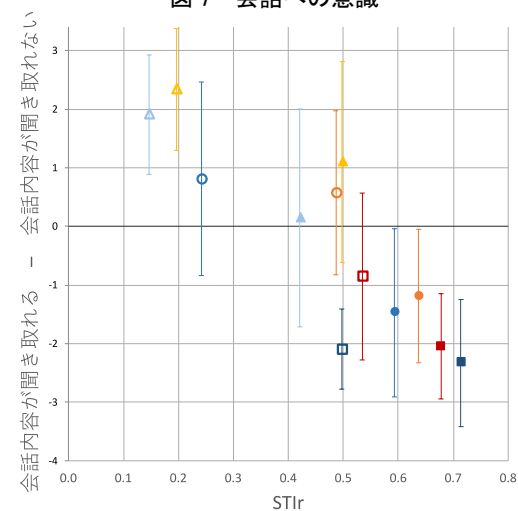


図9 会話内容の聞き取り

コワーキングオフィスにおける会話者と個人執務者の相互意識に関する心理実験

正会員 ○谷野葵*
同 佐久間哲哉**

オフィス オープンプラン コワーキング
音環境 会話 明瞭度

1. はじめに

知的生産性や働き方への社会的関心が高まり、多様なオフィスが登場する中、その一つにコワーカー向けのオープンプランオフィスがある。仕事場を共有しながら独立した仕事を行うため、室内では様々な活動がなされるが、執務者がミーティングなどの周囲の話し声によって作業の妨害を感じる場合があり、集中のしやすさと会話のしやすさの両立が課題となっている。本報では実在のコワーキングオフィスにおいて会話者と個人作業者が同一空間内にいる状態を想定した被験者実験を行い、両者の心理印象について検討する。

2. 実験概要

図 1 のように家具配置によりゾーニングされたコワーキングオフィス（室寸法 42m×19m×3m(H)、残響時間約 0.9 秒）において、会話者 2 名と個人作業者 2 名の計 4 名を一組として、作業環境に関する印象評価実験を行った。室内には被験者以外に十名程度の利用者が在室し、室中央壁際の BGM 用スピーカを On/Off とした 2 条件を設定した。被験者は 21~26 歳の学生 16 名であり、各組は図 2 の通り交代・休憩を挟んで、BGM 有り無しの各条件で会話・個人作業を計 4 回行った。

各回では 2 名は室両端の場所 A と E で個人作業を行い、他の 2 名は 8~10m 程度ずつ離れた場所 A から E まで順次移動して会話を行う。会話者が各場所に移動し着席後、4 分間の作業・会話をを行い、1 分間でアンケートに回答、会話者は次の場所へ移動する。個人作業者は文章を読んで表題をつける読解作業、会話者は与えられたテーマについて自由に対話をを行った。アンケートでは段階尺度法（7 段階）を用い、個人作業者には作業の集中しやすさや会話による妨害感、会話者には会話のしやすさ等に関する項目を提示し、直前の 4 分間の印象を評価させた。

実験中は騒音計を個人作業者と移動する会話者の近傍約 50cm に設置し、データロガー騒音計を用いて騒音レベルを測定した。参考までに、既報[1]において空室時に実施した室内インパルス応答および暗騒音の計測結果より、場所 A、E と他の場所間の A 特性音声レベル（パワーレベル 68dB [2]）と音声伝送指数 STIr（暗騒音 29B）を算出した結果を表 1 に示す。

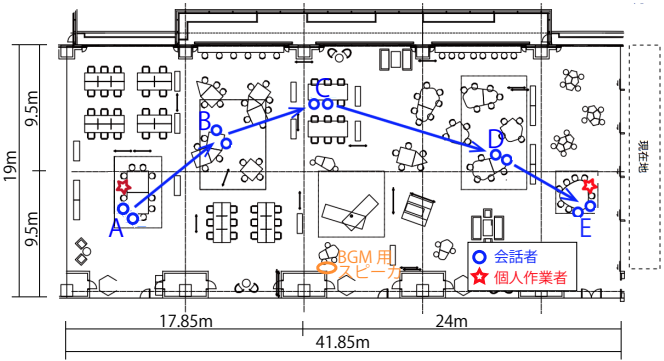


図 1 オフィス平面図と被験者の位置関係

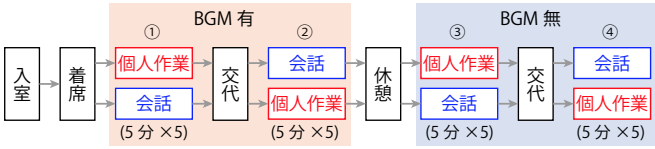


図 2 被験者実験の流れ

表 1 場所間の A 特性音声レベル（左: dB）と STIr（右）

	A	B	C	D	E
A	/	43.8 / 0.40	37.9 / 0.27	33.9 / 0.18	31.0 / 0.05
E	31.0 / 0.05	35.4 / 0.28	39.8 / 0.34	44.8 / 0.44	/

3. 結果と考察

(1) 騒音レベルの測定結果

各回の等価騒音レベル（4 分間）の平均値は BGM の有無に関わらず会話者近傍で約 53dB、場所 A と E で約 48dB であり、会話者近傍では 5dB ほど高い。一方、時間率騒音レベル L_{90} の平均値は BGM 有りの会話者近傍で約 44dB、場所 A で約 37dB、場所 E で約 34dB であり、また、BGM 無しの場所 A と E では BGM 有りより 1dB 程度レベルが低下したことから、BGM は暗騒音より低い 30dB 程度で流れていたものと推測される。

(2) 個人作業者の印象評価

場所 A、E 各々の個人作業者による各項目の平均評点と標準偏差を図 3~6 に示す。全項目において、BGM の有無に関わらず個人作業者から会話者が室中央の場所 C まで離れると評価は上昇し、それ以上離れてもあまり評価は変わらない傾向が見られる。次に各項目を見ると、図 3 よ

り会話者と個人作業者が 10m 付近で BGM による会話内容の聞き取りへの影響が顕著に現れている。両者が近接する場合は会話音が BGM よりかなり大きく、一方で 20m 程度以上離れると表 1 の推定値からも会話の音量や明瞭性はかなり低いため、ともに BGM の影響が現れにくい状況にあるものと考えられる。これに対して、図 4 の会話者に対する意識、図 5 のうるささ、図 6 の集中しやすさに関しては BGM の影響は明確ではないが、会話者と個人作業者が 20m 程度以内では僅かながら高評価側に作用しているように見える。なお、会話者が遠方時の評価が個人作業者の場所によって異なる原因は、場所 E の周囲に他の利用者が比較的多かったことが考えられる。

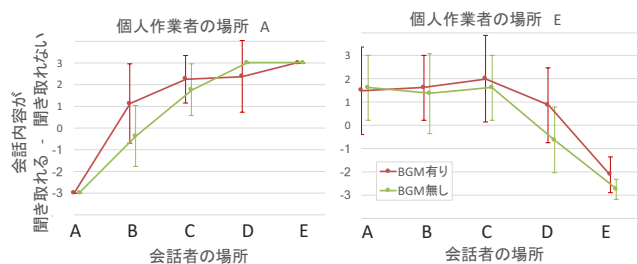


図 3 会話内容の聴き取り

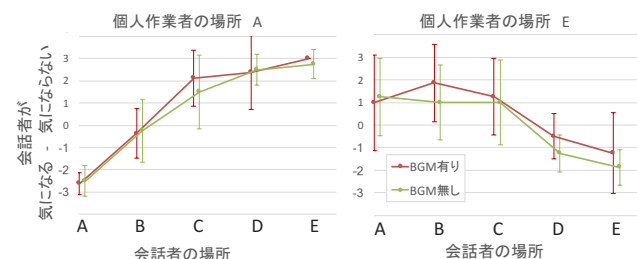


図 4 会話者に対する意識

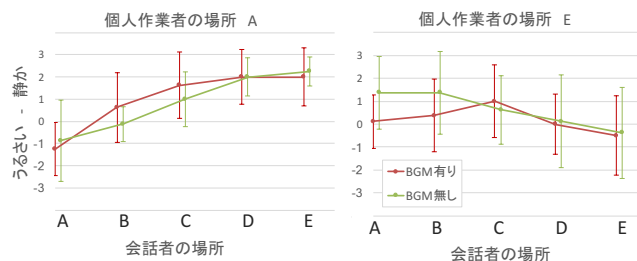


図 5 うるささ

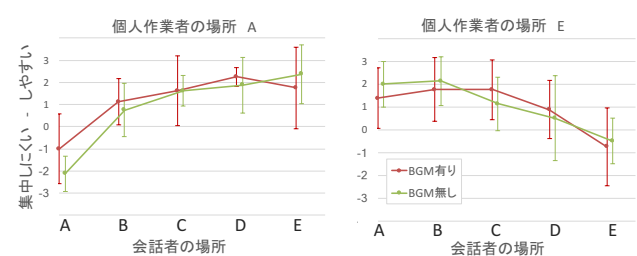


図 6 集中しやすさ

(3) 会話者の印象評価

会話者による「会話しやすさ」「発声への配慮」の平均評点と標準偏差を図 7, 8 に示す。会話しやすさについては全体的に中間的な評価となり、BGM により評価が若干低下する傾向が現れている。一方、発声への配慮については、会話者はどの場所においても周囲に対して声の大きさに気を遣うことがわかる。また、個人作業から離れた室中央の場所 C では BGM により評価が若干上昇しているが、BGM の影響は全体的に明確ではない。BGM により周囲に対する気遣いが減り、会話しやすくなることも考えられるが、今回のケースでは BGM が会話しやすさを高める方向には働かなかったといえる。

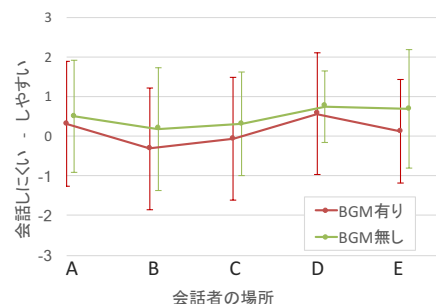


図 7 会話しやすさ

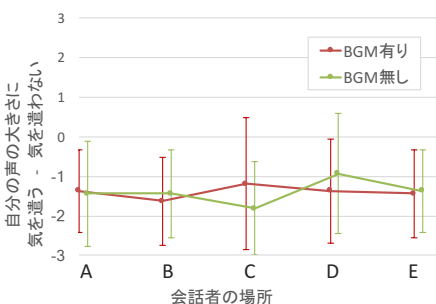


図 8 発声への配慮

4. まとめ

会話者に対する個人作業者の意識については、両者の距離が 20m 程度までは離れるほど個人作業者の評価は上昇し、それ以上ではほとんど変化しないことが示唆された。BGM の影響としては、両者が 10m 付近の場合に会話を聞き取りにくくする効果が大きく現れ、個人作業者にとって会話内容の聞き採れる領域が狭まることが推察される。一方、今回の静かなオフィスでは、会話者は周囲に対して声の大きさに気を遣うこと、また BGM は会話しやすさを若干低下させることが確認された。

参考文献

- [1] 澤幡他, 音響学会講論集 (秋季), pp.1213-1216, 2014.
- [2] ISO 3382-3:2012, Acoustics – Measurement of room acoustic parameters, part 3: Open plan offices

* 東京大学大学院新領域創成科学研究科 修士課程

** 同 准教授・博士(工学)

* Grad. Student, Grad. Sch. of Frontier Sciences, Univ. of Tokyo

** Assoc. Prof, ditto, Dr. Eng.

付録 A

■ コワーキングオフィスにおける執務者と会話者の相互意識に関する心被験者実験

- ・ 教示用紙
- ・ 執務者-評価用紙
- ・ 会話者-課題用紙
- ・ 会話者-評価用紙

■ コワーキングオフィスにおける執務者と会話者の相互意識に関する心理実験

[illegible]

図 A-1 教示用紙 1

■ コワーキングオフィスにおける執務者と会話者の相互意識に関する心理実験

着席する場所

★ … 作業 A (読み書き)

★ … 作業 B (会話) (矢印の順に、○印の席に移動します)

■ 説明後、席にご案内します

■ 作業 B での席移動もその都度ご案内します

■ 着席しましたら、次のページに移ってください

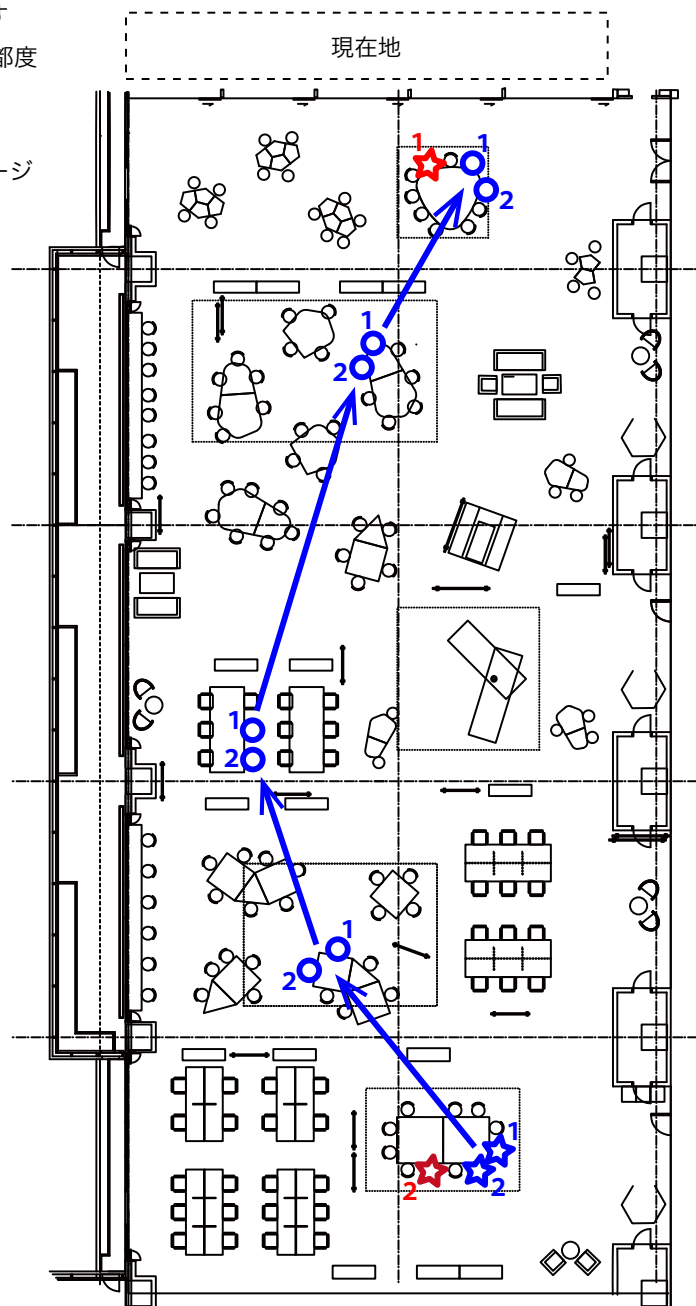


図 A-2 教示用紙 2

■ コワーキングオフィスにおける執務者と会話者の相互意識に関する心理実験

(時 分) になりましたら、タイマーのスタートボタンを押し、
実際に使用する以下のアンケートに1分間目を通してください

(1) アクティビティ中の印象

	非常に	かなり	少し	どちらとも いえない	少し	かなり	非常に	
集中しやすい								集中しにくい
リラックスしやすい								リラックスしにくい

(2) 今の席での印象

	非常に	かなり	少し	どちらとも いえない	少し	かなり	非常に	
うるさい								静か
にぎやか								落ち着いた
BGM が大きすぎる								BGM が小さすぎる

(3) ご自身と会話者について

	非常に	かなり	少し	どちらとも いえない	少し	かなり	非常に	
自分の出す音が 気になる								自分の出す音が 気にならない
会話者が気になる								会話者が気にならない
会話の声の 大きさが大きい								会話の声の 大きさが小さい
会話の内容が 聞き取れる								会話の内容が 聞き取れない

以上のほかに、今の5分間で特に気づいた点が何かあれば、お答えください。

--

1分経ったらページをめくり、を始めてください

図 A-3 執務者-評価用紙

■ コワーキングオフィスにおける執務者と会話者の相互意識に関する心理実験

会話の題材

以下の題材を参考に、自由に会話を行ってください。

※ 必ずしも以下の題材を使わなければならない訳ではありません。

- | | | |
|--------|--------|-------|
| ・食べ物 | ・流行 | ・ニュース |
| ・地域 | ・趣味 | ・住居 |
| ・通勤・通学 | ・季節 | ・スポーツ |
| ・天気 | ・テレビ番組 | ・故郷 |
| ・景気 | ・旅行 | |
| ・名前 | ・家族・家庭 | |
| ・体・健康 | ・アルバイト | |

アラームが鳴ったら会話をやめ、アンケートの回答を始めてください。

図 A-4 会話者-課題用紙

■ コワーキングオフィスにおける執務者と会話者の相互意識に関する心理実験

場所 4

(1) アクティビティ中の印象

	非常に	かなり	少し	どちらとも いえない	少し	かなり	非常に	
会話しやすい								会話しにくい
リラックスしやすい								リラックスしにくい

(2) 今の席での印象

	非常に	かなり	少し	どちらとも いえない	少し	かなり	非常に	
うるさい								静か
にぎやか								落ち着いた
BGM が大きすぎる								BGM が小さすぎる

(3) ご自身と個人作業者について

	非常に	かなり	少し	どちらとも いえない	少し	かなり	非常に	
自分の声の大きさに 気を遣う								自分の声の大きさに 気を遣わない
会話相手の声の大きさが 気になる								会話相手の声の大きさが 気にならない
会話相手の声が 聞き取りやすい								会話相手の声が 聞き取りにくい
個人作業者が 気になる								個人作業者が 気にならない

以上のほかに、今の5分間で特に気づいた点が何かあれば、お答えください。

全て記入し終えましたら次の席に移動します。記入が終わりましたらお知らせください。

図 A-5 会話者-評価用紙

付録 B

■ 音声音源による作業妨害感に関する被験者実験

- ・ 教示用紙
- ・ 評価用紙
- ・ 質問用紙

■ 音声音源による作業妨害感に関する被験者実験

評価

集中しやすい	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に	集中しにくい
背景音が静か	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に	背景音がうるさい
会話が気にならない	全く	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に	会話が気になる
会話の声が小さい	非常に	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に	会話の声大きい
会話内容が聞き取れない	全く	かなり	やや	どちらとも いえない	やや	かなり	非常に	会話内容が聞き取れる

回答終了後、顔をあげてください。指示がありましたら次の課題に取り組んでください。

図 B-2 評価用紙

■ 音声音源による作業妨害感に関する被験者実験

質問回答

・ 名前	_____	・ 性別	男	・	女	・ 年齢	_____	歳
・ 音に対して敏感ですか？								
	はい	・	どちらかといえば はい	・	どちらかといえば いいえ	・	いいえ	

・ 周囲の状況に関わらず集中できますか？								
	はい	・	どちらかといえば はい	・	どちらかといえば いいえ	・	いいえ	

・ 人の話声は気になりますか？								
	はい	・	どちらかといえば はい	・	どちらかといえば いいえ	・	いいえ	

・ 静かな場所（図書館など）と賑やかな場所（カフェなど）のどちらの方が読書しやすいですか？								
	静かな場所	・	どちらかといえば 静かな場所	・	どちらかといえば 賑やかな場所	・	賑やかな場所	

実験は以上になります。ご協力ありがとうございました。

図 B-3 質問用紙

