

残響下における会話音声
ワーキングメモリに及ぼす影響

—図書館における静けさと賑やかさの共存を目指して—

筑波大学

図書館情報メディア研究科

2019年3月

社本 和磨

目次

第1章	はじめに	1
1.1	知的活動と音環境	1
1.2	図書館の変化	1
1.3	本研究の目的	3
1.4	本論文の構成	3
第2章	関連研究	4
2.1	図書館音響に関する研究	4
2.2	教室音響に関する研究	4
2.3	「場所」と「空間」	5
2.4	室内音響測定	5
2.4.1	インパルス応答	5
	残響時間	7
	D値 (Deutlichkeit)	8
2.5	ワーキングメモリ (Working Memory, WM)	8
2.5.1	概要	8
2.5.2	ワーキングメモリを測定するテストの種類	9
2.5.3	オペレーションスパンテスト (Operation Span Test, OST)	9
	概要	9
	特徴	9
2.5.4	Automated operation span task	10
	概要	10
	出力変数	10
	特徴	11
2.5.5	短期的な記憶・認知能力と音の関係性	11
2.6	ラウドネス	11
2.6.1	概要	11
2.6.2	ラウドネスの補正	12
2.7	本研究の立ち位置	14
第3章	室内音響測定	16
3.1	概要	16
3.2	測定条件	16
3.3	測定場所の特徴	16
3.3.1	筑波大学附属図書館 図書館情報学図書館	16
3.3.2	TRC 八千代中央図書館	18
3.4	2館の音響測定結果	19
3.4.1	インパルス応答の選定と分析	19

第 4 章	予備調査	21
4.1	概要	21
4.2	条件	21
4.2.1	実験参加者	21
4.2.2	音条件	21
4.2.3	実験機材	21
4.2.4	実験環境	21
4.3	本実験に向けた変更・注意点	21
第 5 章	刺激音の作成	24
5.1	刺激音の録音	24
5.2	残響付与前の刺激音の作成	24
5.3	残響の付与	25
第 6 章	オペレーションスパンテスト	26
6.1	概要	26
6.1.1	目的	26
6.1.2	仮説	27
6.2	実験条件	27
6.2.1	実験参加者	27
6.2.2	実験機材	27
6.2.3	実験環境	27
6.3	実験手続き	28
6.3.1	実験の流れ	28
6.3.2	練習課題	28
	アルファベット練習パート	30
	計算問題練習パート	30
	本課題練習パート	30
6.3.3	本課題	30
6.3.4	アンケート	32
第 7 章	結果	33
7.1	全体の結果	33
7.1.1	Ospan 値	33
7.1.2	計算エラー回数	34
7.1.3	解答時間	34
7.2	アンケート結果との比較	34
7.2.1	音環境に影響されやすいかの自覚との関係性	34
7.2.2	音環境の快適さとの関係性	35
	音環境の快適さと Ospan 値	35
7.3	性別との関係性	36
第 8 章	考察	37
8.1	全体の結果から	37
8.2	音条件の快適さとの関係性	37
8.3	性別との関係性	38

8.4	図書館を「場所」とするためには	38
8.5	「場所としての図書館」の建築設計に対する所感	39
第9章	まとめと今後の展望	40
9.1	まとめ	40
9.2	振り返り	40
9.2.1	今後の展望	40
	残響以外の要因を考慮した調査	40
	実験参加者の属性を考慮した調査	41
	様々な図書館で音響特性の更なる調査	41
	 謝辞	 42
	 参考文献	 43
付録A	分析結果	46
付録B	参加同意書	51
付録C	アンケート	53

目 次

1.1	建築空間と知的活動の階層モデル	2
2.1	TSP 信号の波形	6
2.2	残響波形の例	7
2.3	Baddeley のワーキングメモリのモデル	8
2.4	頭部の音響的影響を表した1段階目のK特性フィルター	12
2.5	2段階目のK特性フィルター	13
2.6	フィルター処理を行う際の信号伝達図	13
3.1	図書館情報学図書館での実験の様子	17
3.2	図書館情報学図書館の見取り図	17
3.3	TRC 八千代中央図書館の児童コーナー	18
3.4	TRC 八千代中央図書館の見取り図	18
3.5	2館における1/1オクターブバンド毎の平均残響時間	19
3.6	帝京大学 八王子キャンパス キュリオシティホール	19
3.7	図書館情報学図書館で測定したインパルス応答のスペクトル解析	20
3.8	TRC 八千代中央図書館で測定したインパルス応答のスペクトル解析	20
6.1	オペレーションスパンテストの手順	26
6.2	実験風景	27
6.3	アルファベット練習パート	29
6.4	計算問題練習パート	31
6.5	本課題練習パートの手順：本課題とは繰り返し回数が異なる。	31
6.6	本課題(練習パート)のフィードバック	32
7.1	音条件毎のOspan値	33
7.2	音条件毎の計算エラー回数	34
7.3	音条件毎の平均計算時間	34
7.4	音環境に影響されやすいかの自覚とOspan値	35
7.5	音条件の快適さ	35
7.6	音条件の快適さとOspan値	36
7.7	性別で群分けした場合の、音条件毎のOspan値	36

第1章 はじめに

1.1 知的活動と音環境

従来、学びの空間は静かな音環境が理想とされてきた。この理由は、無音環境下のほうがワーキングメモリ容量が増えることと、学校教室においては残響時間が短いことが推奨されていることの2つの側面から説明できる。ワーキングメモリは、一時的に記憶を保持する際に聴覚のフォーマットを用いることがある。そのため周りの雑音、特に音声に短期記憶が阻害されやすい [1, 2]。次に、学校教室のような空間では短い残響時間が求められており、指針では学校教室の推奨残響時間は $0.5 - 0.7s$ とされている [3]。一般に、残響時間が短いと反射音が少ないことで音が減衰しやすく、暗騒音のレベルが低くなりやすい。つまり正確な情報伝達のために音声は明瞭に伝わる必要があり、暗騒音も低いことが評価されてきた。また、残響時間が短い教室では長い教室に比べて、生徒のおしゃべりは少なく [4]、教員がリラックスして仕事に望めること [5] などが報告されている。このように一般的に学びの空間では、残響時間が短く暗騒音も低い、静かな音環境が良いとされてきた。

しかし、知的活動の階層が異なる場合には、静かな環境よりざわめきのある環境のほうが適していることもある。学校教室に関する研究とは対照的に、カフェのように賑やかな音環境のほうが創造力は豊かになるという報告もある [6]。これは、創造力を要する知的活動は、ワーキングメモリや教室音響の研究分野ではあまり想定されていない知的活動の階層であることが要因だと考えられる。

人の知的活動は大きく 1) 情報処理、2) 知識処理、3) 知識創造の3階層に分類される [7]。図 1.1 に示すように、情報処理と知識処理には快適性・満足度の向上のための環境整備が必要であり、知識創造には人の行動による「場の活性化」を促す空間と環境が必要であると考えられている。特に知識処理は環境に快適性が求められるので、音環境の快適さに最も影響されやすい知的活動だと言える。吉野らは「多様な知的創造の場に対して、知的生産性に優れた空間を提供することは、建築環境計画における重要課題となっている」 [8] と指摘している。

建築空間と知的活動の階層モデル (図 1.1) を参考にすると、ワーキングメモリや教室音響の研究分野が想定する知的活動は情報処理や知識処理であり、創造力を必要とする知的活動は知識創造であると言える。音響設計の観点から言えば、静かに学びたい場合は残響時間を短く設計することで環境整備を図るべきだが、活発に意見を交わし合って創造力を豊かに学びたい場合はこの限りではないと考えられる。

1.2 図書館の変化

昨今の図書館には、知的活動の3つの階層を全て内包した快適な空間を提供しようとする動きが見られる。元々図書館といえば学校教室と同様に、静かな音環境が理想とされてきた。指針では図書室の推奨残響時間は $0.4 - 0.6s$ とされており、学校教室よりも短い値である [3]。しかし、図書館の役割が変化しつつある。吉田は北欧の図書館文化を参考にし、今後の図書館について以下のように問題提起している [9, p.236]。

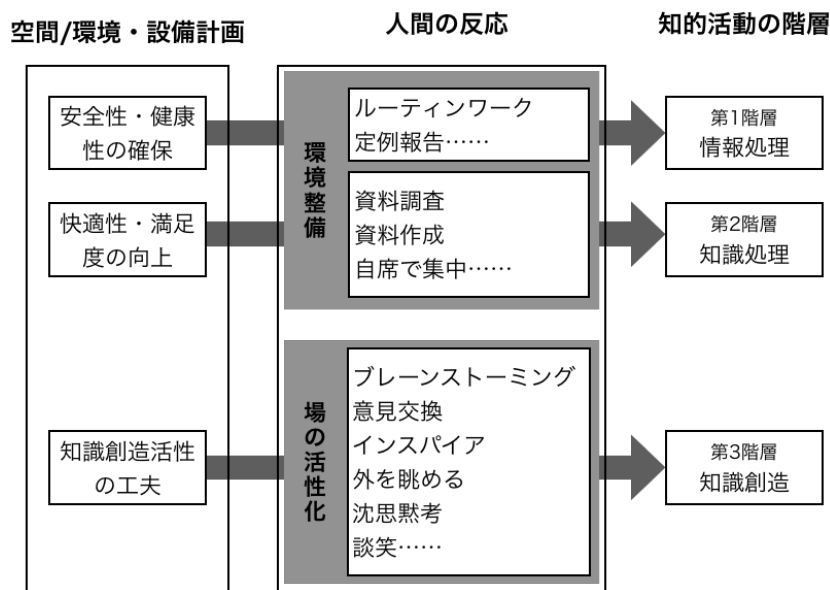


図 1.1: 建築空間と知的活動の階層モデル

インターネットの急速な普及により，[……] 公共図書館に対する情報要求は相対的に減少している。

その上で，今後の図書館について以下のように提案している [9, pp.237-238].

公共図書館を多様な文化的背景をもった人びとが集まる自由度の高い公共空間にしていくことである。[……] 情報化の進展とともに，[……] 多様な文化的背景をもつ人びとが直接集う機会が明らかに減少している。しかし，人間が本能的に他者との知的コミュニケーションを求める存在である以上，直接対話のできる物理的空間がコミュニティにはどうしても必要になってくる。図書館は，そのような要求を満たすためにもっとも適した場所である。

つまり、「場所としての図書館」の価値を高めていき，多様な知的活動を行える場にすることが今後の図書館に求められる新たな役割となり得る。

こうした考えは既に浸透しつつある。中井らによれば図書館利用者の平均滞在時間は徐々に伸びており，本の貸出だけでない目的で図書館を訪れる人が増えている [10]。また，生涯学習政策局が設置した「これからの図書館の在り方検討協力者会議」 [11] では以下の事柄が提言された。

- レファレンスサービスの充実による利用者と図書館側のコミュニケーション機会の増加
- 「子どもの読書活動推進計画」の策定推進の重要性
- 障害者・高齢者・多文化サービスの充実の重要性

これらの事実からも，図書館が利用者の多様な学びのスタイルをふまえ，1つの公共空間に複数の知的活動が共存する空間を作ろうとする動きを見られる。これを建築空間と知的活動の階層モデル (図 1.1) に充てると，今まで図書館内で想定されてきた知的活動の階層は情報処理や知識処理のみであったが，現在は知識創造も促す空間設計が目指されていると解釈できる。

しかし図書館のあり方が変化することによって、新たに課題も出てきた。図書館員の方々に利用者の意見について聞くと、子どもの会話音声や、レファレンスやラーニングコモンズでの会話音声クレームになることが多いと述べていた。こうしたクレームは、その会話音声によってワーキングメモリが阻害されることが原因の1つだと考えられる。つまり短期記憶の過程で聴覚のフォーマットが使われるときに、周囲の会話音声によって邪魔されてしまう。吉田も図書館の役割の変動は必ず音のクレームの問題になってしまうと音の課題の深刻さを指摘した [12]。

静かに滞在する利用者と賑やかな音環境が共存するためには、場の活性化が図られながらも気が散りにくい音響設計を行いたい。例えばカフェでは図書館の学習スペースと違い、様々な音が融合することで音の予測可能性が上がり、音の邪魔感が緩和されるという指摘もある [12]。しかし、実際に図書館員の方々や建築家に話を伺うと昨今の図書館での音響設計に関しては手探りな部分が多いらしく、明確な音響設計の指針は未だ確立されていない。

以上より、図書館が今後、幅広い利用者層に幅広い利用手段で活用されるような音響設計を探ることは、社会的意義の高いテーマである。

1.3 本研究の目的

本研究の目的は、図書館で賑やかな音環境が発生する状況において、静かに滞在する利用者が快適に過ごすためにはどのような音響設計が望ましいのかを探ることとする。仮説は、「会話音声は、適切な音響設計が行われることで心地よいざわめき空間に繋がり、ワーキングメモリが機能しやすくなる」である。残響時間が音声明瞭度や暗騒音、その場の印象と深く関わるため、音響設計では特に残響に着目する。適切な残響時間が分かれば図書館で音響設計を行う際の指針になると考える。本研究では会話音声の中でも周波数が高く、耳に付きやすいと考えられる子どもの会話音声を対象とする。

本研究では以下の項目について調査する。

- 会話音声の響く空間が違うことで、タスクパフォーマンスや印象に影響が出るのか
- 人が学びやすさを感じる音響設計と、タスクパフォーマンスには関連性があるのか

その上で、今後の図書館に望まれる音響設計について議論する。

1.4 本論文の構成

本論文は9章で編成される。第1章(本章)では図書館に関する前提知識と本研究の狙いについて述べ、第2章では関連研究について述べる。第3章では音響測定について述べ、第4章で予備実験について述べる。第5章で刺激音の作成方法を記述し、第6章で実験手続きについて述べる。第7章で結果を記述し、第8章で結果について考察する。最後に第9章で本研究のまとめと今後の展望について述べる。

第2章 関連研究

本章では研究背景に関連する先行研究と前提知識について述べる。図書館と教室音響の背景について記述した後に、「場所」と「空間」の概念について述べる。続いて音響測定について述べ、ワーキングメモリの概念とワーキングメモリに関する研究について記述する。そしてラウドネスの補正について述べた後に、本研究の立ち位置を明らかにする。

2.1 図書館音響に関する研究

Kangらは、Sheffield Universityの本館で室内音響測定を行い距離減衰や残響時間を測定した[13]。これに加えてより快適な音環境を目指してBGMを用いた印象調査を行った。この研究でKangらは、Sheffield Universityでは距離減衰については大きく減衰していること、残響時間は短いこと等を結果として述べた。またBGMには水の流れる音が最も効果を期待できるとした。

このように図書館は残響が少なく静かな建築の一つの例となるが、Markhamは図書館のエリアによる静けさの差について調査した[14]。MarkhamはPrinceton University内で学生を対象に図書館内のどのエリアが最も好きか、また何故そこが好きなのか、とアンケート調査を行った。好きな理由として最も多かった答えは「静かだから」であったが、実際にPrinceton Universityで音響測定を行った結果、それらの好まれるエリアは他の図書館の静かなエリアよりも暗騒音が高いことが分かった。

また、加藤は図書館職員を対象に図書館のサウンドスケープの現状とそれに対する図書館員の意識を調査した[15]。ここでサウンドスケープとは、「われわれを取り巻く様々な音の環境の一つの「風景」としてとらえる考え方で、カナダの作曲家マリー・シェーファーが1970年代に提唱した概念」[15]である。加藤は埼玉県と山梨県の全ての公立図書館131館に質問紙を送ることによって、図書館の音環境の現状、音環境に対する図書館員の意識を調査した。この調査の結果によって明らかになったことの一部を以下に示す。

- 人は館外からの音は機械音より自然音のほうが騒音としない傾向がある。
- 人はカウンターよりも一般開架室のほうが話し声や機械音を騒音と感じやすい。
- 館内での騒音対策は、設置時点で考慮するよりも口頭で注意したり注意書きを掲示する等の方法を取っている図書館が多い。

2.2 教室音響に関する研究

音響設計の違いによって、その空間での人の振る舞いも違うことが報告されている。Klatteらは17つの学校教室を残響時間で3グループに分け、それらの教室に通う398人の学生に対して、知能テストと普段の振る舞いを調査した[4]。学生の知能は読書能力、言葉を用いない作業に要する知識、発音能力の3項目に分けて調査した。その結果、学生の知能は読書能力と発音能力において、教室の残響時間の長さによって有意差が見られた。そ

の他に、学生は教室の残響時間が長いと有意にうるさく振る舞ったり作業中静かにできていないことが分かった。

Rogerらはコペンハーゲンの学校で音響測定を行い、教室を残響時間の違いで3グループに分けた後に、教員にアンケート調査と聴力検査を行った[5]。対象は10校104教室で、教員は107人(うち男性30人、女性77人)が参加した。その結果、残響時間が長い教室で勤務する教員のほうが競争心は強く、厳格で、衝突に苦しみ、そして緊張することが分かった。その他に、授業がノイズ音にどれだけ阻害されるかという調査からは、残響時間が長い(0.59–0.73s)、短い(0.41–0.47s)、中(0.50–0.53s)の順に阻害されやすいことが分かった。つまり残響時間が中とカテゴリ分けされた教室が最も授業をノイズ音に阻害されにくかった。

こうした研究により、学校教室という現場において、残響時間が長いことは学生と教員の双方において不利益となり得ることが分かってきた。

2.3 「場所」と「空間」

第1.2節(p.1)で「場所としての図書館」について触れたが、Tuanが「空間の経験—身体から都市へ」[16]で「場所(place)」と「空間(space)」について語っている。「場所」とは「どのような場所であれ、場所とはわれわれの注目をひく安定した対象である」[16, p.288]。「場所」よりも抽象性を帯びた概念が「空間」であり、場所は安全性を、空間は自由性を表す。つまり、「場所」に対しては愛着をもち、「空間」には憧れを抱いているのである。

「空間」と「場所」の境界は明確ではなく、人間は「空間」と「場所」の両方を必要としている。人間の生活とは、庇護と冒険のあいだの、また依存と自由のあいだの弁証法的な動きであり、人間は束縛と自由を同時に歓迎する。つまり人間は、「場所」の範囲が限定されていることと、「空間」が開かれていることを歓迎する。

空間には指向性があることも述べられている。身体をめぐる位置と座標は垂直-水平、上下、前-後、右-左があり、空間のなかにはめこまれる。空間は直立した状態で人間の前に開けており、身体から投射された空間は、前方と右方に偏向するのである。

2.4 室内音響測定

室内音響測定とは室内空間における「音場を正しく把握し、評価するために行われる」[17, p.57]種々の音響計測である。以下、ここではインパルス応答と、インパルス応答から算出される特徴量のうち、本研究に関わる残響時間とD値について説明する。

2.4.1 インパルス応答

「建築・環境音響学」ではインパルス応答について以下のように述べられている[17, p.57]。

音源から出た直接音が受聴点に到達した後、周壁(壁や天井その他)からの反射音が遅れて到達し、さらに引き続いて、周壁で相互反射を繰り返す音波が残響となって到達する。ゆえに音源からインパルスを出した場合は受聴点で[……]時系列信号が観測され、これをインパルス応答(impulse response)と言う。これをフーリエ変換すれば、音源・受聴点間の伝達関数(transfer function)が得られる。これは音源から受聴点への伝送周波数特性を表している。

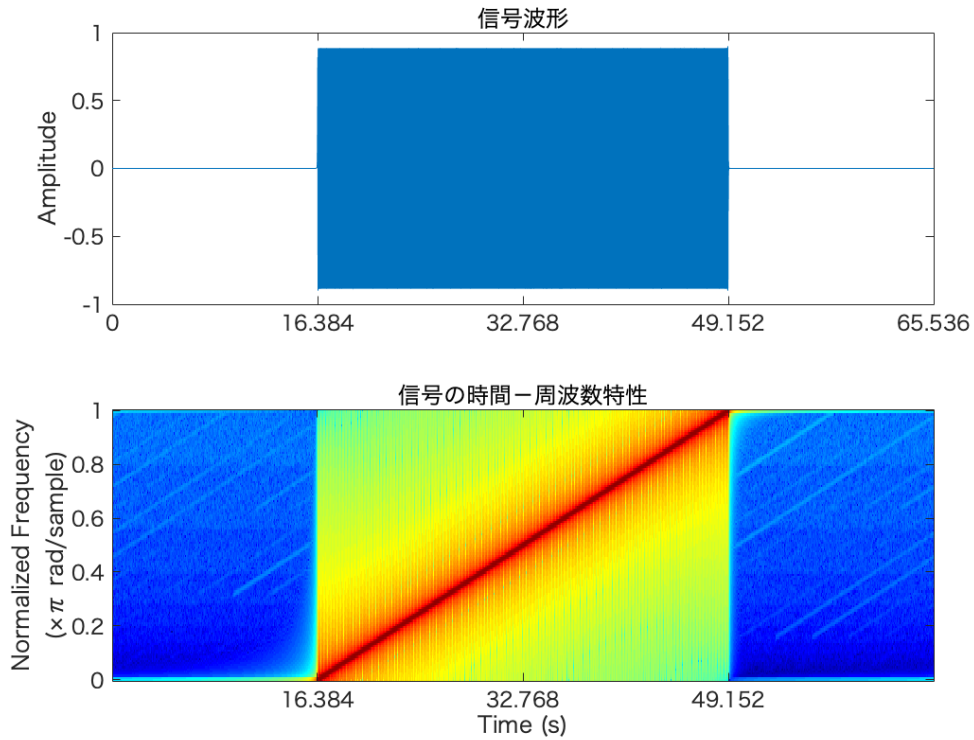


図 2.1: TSP 信号の波形

本研究ではインパルス応答測定には time-stretched pulse(以下 TSP) をインパルス応答測定に用いた。以下、インパルス応答の算出方法について述べる [18]。 $H(n)$: TSP 信号のスペクトル, N : 信号長, m : 整数パラメータ とすると,

$$H(n) = \begin{cases} \exp(jak^2) & (k = 0, 1, \dots, N/2) \\ \exp(-ja(N-k)^2) & (k = N/2 + 1, \dots, N-1) \\ a(N/2)^2 = 2m\pi \end{cases} \quad (2.1)$$

TSP 信号とは線形的に周波数が増えるスイープ音で、式 2.1 のように表される [19]。TSP 信号の波形の例を図 2.1 に 2 通りで表した。上の図は縦軸が振幅、下の図は縦軸が周波数であり、どちらも横軸は時間である。この際に、TSP の応答には録音の際にランダムノイズが乗ってしまう。このノイズを軽減するために、応答を複数回取得して重ねることで同期加算する。一般に K 回同期加算するとノイズは $1/K$ になると言われている。

式 2.1 を逆フーリエ変換して得られる信号を $p(n)$ とする。TSP に対する系の応答 $q(n)$ と TSP 信号の時間軸を反転させた $p(-n)$ を畳み込み演算すると式 2.2 のようにその系のインパルス応答 $h(n)$ を求められる。

$$h(n) = \sum_{k=0}^{N-1} q(k) \cdot p(n-k) \quad (2.2)$$

このインパルス応答 $h(t)$ の 2 乗積分を使って、式 2.3 のように残響波形の集合平均

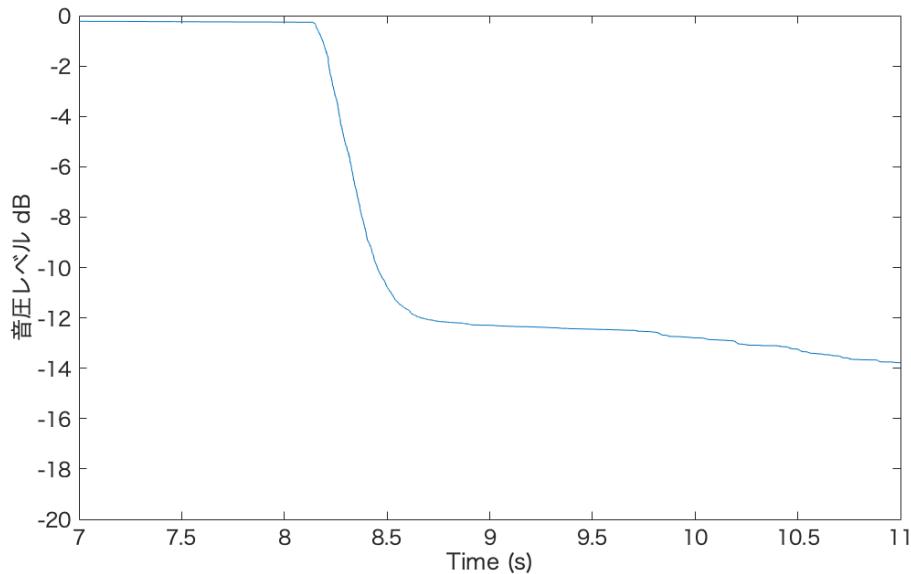


図 2.2: 残響波形の例

$\langle S^2(t) \rangle$ を表されることを M.R.schroeder は示している.

$$\langle S^2(t) \rangle = \int_t^{\infty} (h(t))^2 dt \quad (2.3)$$

この残響曲線はパワー値なので dB 値へ変換し, 60dB 減衰するまでの時間を調べる. 残響波形の例を図 2.2に示した. 実際に測定すると, 図 2.2のように 60dB 減衰する前に曲線が暗騒音にかかってしまうことが多い. こうした場合には傾きから 60dB 減衰するまでの時間を予測して残響時間を求める.

受音点はエリア内に網羅的に配置し, 各受音点で得られた残響時間の平均値をその室の平均残響時間として算出する. また, インパルス応答を任意の音波形に畳み込み演算することで, その音にインパルス応答を測定した点の残響を付与できる. これによって, 任意の音がインパルス応答を測定した点で響いたときのシミュレーションができる.

以下に, インパルス応答から求められる特徴量を 2つ紹介する.

残響時間

残響時間は室内の音環境を表す指標として長く一般的に用いられてきた. よって本研究でも残響時間を取り扱うこととする. 「建築・環境音響学」では以下のように述べられている [17, pp.12-13].

残響を量的に表すには残響時間 (reverberation time) を用いる. これは室内の平均エネルギー密度が定常の値から, 60dB 減衰するのに要する時間と規定されている. この減少は W.C. Sabine が 1900 年に発表して以来, 室内の音響的性状すなわち音の環境を表すのに, 最も重要な指標として常に用いられてきた. Sabine は多くの実験結果から, 残響時間 T は室の容積 $V(m^3)$ が大きいほど長くなり, 吸音する材料や物体が多い程短くなることを見出した.

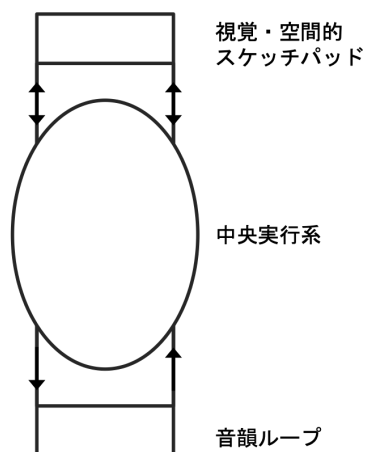


図 2.3: Baddeley のワーキングメモリのモデル

D 値 (Deutlichkeit)

D 値とは、Thiele によって 1953 年に開発された明瞭度であり、値が大きいほど話声の明瞭度が良いとされる [17]. $p(t)$: 音圧 (Pa), t : 時間 (s) としたとき、D 値は式 2.4 のように表される.

$$D = \frac{\int_0^{50\text{ms}} (p(t))^2 dt}{\int_0^{\infty} (p(t))^2 dt} \times 100(\%) \quad (2.4)$$

式 2.4 のように、音圧の瞬時値を 2 乗したときの初期の 50ms は、直接音を補強して効果があると考えられる。D 値が約 50 % 以上ならば良好な明瞭度が得られる。話し声に対して、残響音は少ない方が明瞭度は良い [20].

2.5 ワーキングメモリ (Working Memory, WM)

2.5.1 概要

菅阪によれば、ワーキングメモリとは、「目標に向かって情報を処理しつつ一時的に必要な事柄を保持するはたらきを」 [21] する脳の機能である。

現在広く用いられているワーキングメモリの概念を提唱したの Baddeley らである [22]. 時間の経過とともに次第に消える記憶を受動記憶 (passive memory) と呼び、これに対してその情報に注意を向けることや音韻的リハーサルをおこなうことなどにより、ある程度の間保持される記憶を能動記憶 (active memory) と読む [21]. ワーキングメモリは、両者のなかでも能動記憶に対応する概念である。図 2.3 の中央は、中心的な役割を担う中央実行系 (central executive) を意味する。その両端には、サブシステム (slave system, 従属システム) として音韻ループ (phonological loop) と視覚・空間的スケッチパッド (visuo-spatial sketchpad) が設定されている。Baddeley のモデルは、構造的には二重貯蔵モデルの枠組みを継承した特色を持つ [23].

図 2.3 で音韻ループと示したように、ワーキングメモリは情報を聴覚のフォーマットで繰り返すので、ノイズ音を耳にすると、記憶しようとする働きが阻害される可能性がある [24].

2.5.2 ワーキングメモリを測定するテストの種類

ワーキングメモリの容量であるワーキングメモリキャパシティ(Working Memory Capacity,WMC)を測定するテストはいくつか開発されている。以下にその例を示す。

- リーディングスパンテスト (Reading Span Test, RST)[25]
- リスニングスパンテスト (Listening Span Test, LST)[25]
- カウンティングスパンテスト (Counting Span Test, CST)[26]
- 空間スパンテスト (Spatial Span Test, SST)[27]
- オペレーションスパンテスト (Operation Span Test, OST)[28]

リーディングスパンテストは苧阪らによって日本語版も作られるなど [29], これまで広く用いられてきたテストである。しかし音読を要するテストであるため, 図書館で過ごすことを想定した本研究の趣旨とはズレが生じ得る。そのため, 本研究では無言で取り組むことができ, かつワーキングメモリの音韻ループ機能に関わるオペレーションスパンテストを採用した。

2.5.3 オペレーションスパンテスト (Operation Span Test, OST)

概要

オペレーションスパンテストは, 「計算と単語の記銘を繰り返し, 単語の再生成績によって」ワーキングメモリ容量を測定するテストである [30]。

以下のように, 数式と単語が呈示され, 実験参加者は数式が正しいかどうかを解答した後に単語を覚える。実験参加者はこの試行を複数回行った後に, 単語のみを思い出して答える。

$$\begin{aligned} IS(8/2) - 1 = 1? \quad BEAR \\ IS(6 * 1) + 2 = 8? \quad DRILL \\ IS(10 * 2) - 5 = 15? \quad JOB \\ ??? \end{aligned}$$

このようにオペレーションスパンテストは計算という情報処理と単語の暗記という2つの作業を並列に行うことで, ワーキングメモリを測定する。

特徴

オペレーションスパンテストは既存の他のワーキングメモリ尺度との相関が高い [31, 32, 33] ことに加え, レーヴン漸進マトリクス (Raven's progressive matrices) や Scholarship aptitude test (SAT) などとの相関が高く [31], 高度な認知能力に関して高い予測力をもつ。また, オペレーションスパンテストはリーディングスパンテストよりも繰り返しテストを行うことによる学習効果が低く, 再検査による成績の変動が小さい尺度である [32, 33]。さらに, テストに数式を用いてはいるが, 実験参加者の数学に対する不安が成績に影響を及ぼさない [34] ことなど, オペレーションスパンテストはさまざまな利点をもつことが知られている [30]。

2.5.4 Automated operation span task

本研究の実験では、オペレーションスパンテストをパソコン上で行えるように Unsworth らによって開発された Automated operation span task[32] を参考にした。

概要

この実験が従来のオペレーションスパンテストと大きく異なるのは、単語ではなくアルファベットを覚えてもらう点である。単語を用いるテストでは、実験参加者の語彙力が実験結果に影響してしまうというデメリットが報告されている [35]。このテストではそのデメリットを解消できる。実験手順としては、パソコンの画面にまず計算問題が呈示される。実験参加者はこれを解き、答えが分かったら画面をクリックする。次の画面には数字が呈示されるので、実験参加者はその数字が前の画面の計算問題の答えと一致しているか否かを答える。その後、アルファベットが 1 文字 800ms 呈示される。呈示されるアルファベットは単語にならないように、母音などを省いた 12 文字 (F,H,J,K,L,N,P,Q,R,S,T,Y) のうちからランダムに呈示される。この試行を複数回行った後に、アルファベットのみを思い出して覚えてもらう。解答画面では、文字を忘れた箇所には BLANK ボタンを使ってもらい、誤ったアルファベットをクリックした際には CLEAR ボタンをクリックすることで始めから文字を入力してもらう。解答を終えて EXIT ボタンをクリックすると、そのセットの実験参加者の計算問題の正答率、正しく答えた文字数と誤答した計算問題数が 2,000ms 呈示される。この時に見られる計算問題の正答率は、85%以上を維持するように指示された。1 つのセットで覚えなければいけないアルファベットの数は 3-7 文字の 5 条件あり、各条件 3 回ずつ行う。各条件の呈示順をランダムであり、合計 15 セットを行って実験は終了する。

出力変数

- Ospan 値
Ospan 値とは、正しく解答できたアルファベットの文字数をカウントするスコアであり、求め方は 2 通りある。何れも満点は呈示された全てのアルファベットを正しく解答できた場合であるので、 $(\sum_{n=3}^7 n) \cdot 3 = 75$ である。
 - Ospan Total Correct
 n 文字の刺激から m 文字 ($\leq n$) 正しく解答したら $+m$ とするスコア。
 - Ospan Absolute Score
 n 文字の刺激全てを正しく解答したら $+n$ とするスコア。Ospan Total Correct を部分加点法とするなら、この Ospan Absolute Score は完全加点法と言える。
Ospan 値はこの 2 つがスコアとして扱われるが、Ospan Total Correct のほうが信頼性は高い [36]。
- Math Total Errors
計算問題のエラー総回数。Math Total Errors = Math Accuracy Errors + Math Speed Errors である。
 - Math Accuracy Errors
計算ミス回数。

– Math Speed Errors

計算に時間がかかりすぎてタイムオーバーになった回数。実験参加者には練習課題で計算問題 15 題を解いてもらった。その際に一人ひとりの計算にかかった平均時間 μ と、その標準偏差 σ から、タイムオーバーと判定する制限時間を個人ごとに設定する。タイムオーバーと判定される制限時間は、式 2.5 のように定められる。

$$\text{mathtimeout} = \mu + 2.5\sigma \quad (2.5)$$

特徴

Automated operation span task の利点はパソコン上で行うため、実験のデータセットを共有しやすく他者が再現しやすいことと、正確な実験データを得やすいことが挙げられる。他に、小林らによって日本語版が提案されている [30]。小林らはテストの日本語化に加えて、計算問題の難化と覚えるアルファベットの数を 3-7 文字から 3-8 文字まで増やすことによって、日本人大学生を対象に実験を行っても得点分布が満点付近に偏らないように難易度を調整した。

2.5.5 短期的な記憶・認知能力と音の関係性

Hygge らは無音、道路交通音、課題と無関係のスピーチ音声の 3 条件下で記憶機能との関連性を調査した [37]。その結果、あるアルファベットから始まる職業を答える語学力テストの結果では、ノイズ音の違いによる有意差と、性別の違いによる有意差が見られたが、相互作用は見られなかった。音条件毎に語学力テストの成績を比べた場合、無音と比べて、道路交通音のほうが低い傾向と ($p=0.054$)、課題と無関係のスピーチ音声のほうが低い傾向 ($p=0.086$) が見られた。

Salame らは画面に呈示される 9 桁の数字を覚えるテストを、単語音声、ホワイトノイズと無音の 3 条件下で行った [1]。その結果、単語音声を聴きながらテストを行った場合、他の 2 つの条件のどちらと比較しても有意に誤答数が多いことが分かった。

Oswald らは、スピーチ音声とそれを逆再生して意味を持たせなくした音声をを用いて、音が短期記憶に与える影響を調査した [2]。テストは John らが開発した短期的な文章の習得力・認識力を測定するもの [38] を使用した。その結果、文章の習得力を測定するテストにおいて、意味のあるスピーチ音声を聞いた場合、他の 2 つの条件のどちらと比較しても有意に誤答数が多いことが分かった。

こうした研究により、無音環境下では短期記憶が機能しやすいが、ノイズ音がある場合には、特に人の音声を聞きながらだと、短期記憶機能が阻害されやすいことが分かってきた。

2.6 ラウドネス

2.6.1 概要

ラウドネスレベルとは「ある音の大きさを、これと同じ大きさに聞こえる 1,000Hz 純音の音圧のレベル (dB) の数値で」 [17, p.13] 表すことであり、単位に (phon) を用いる。また、ラウドネスについては「建築・環境音響学」では以下のように説明されている [17, p.14]。

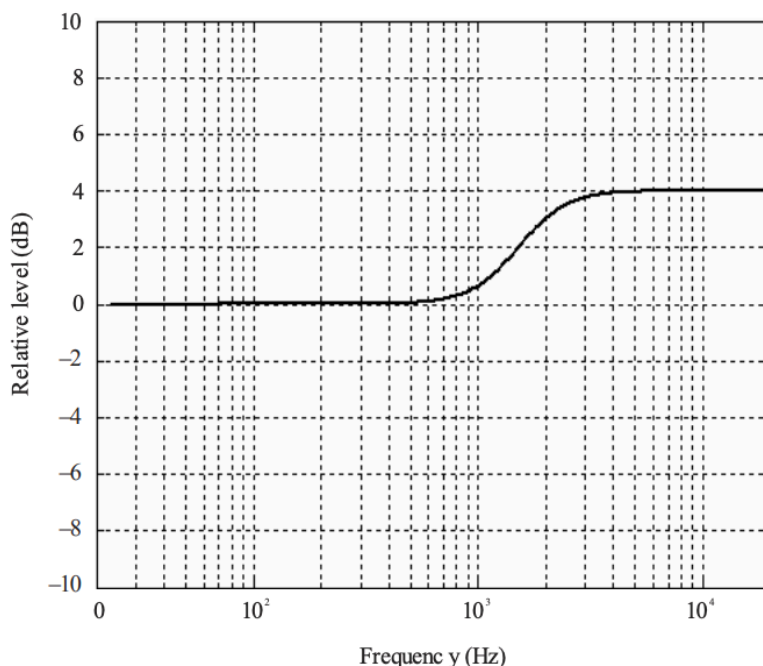


図 2.4: 頭部の音響的影響を表した 1 段階目の K 特性フィルター

表 2.1: 1 段階目の K 特性フィルターの係数

		b_0	1.53512485958697
a_1	-1.69065929318241	b_1	-2.69169618940638
a_2	0.73248077421585	b_2	1.19839281085285

ラウドネスレベルは同じ大きさに聞こえる音をよく説明できるが、大きさの異なる音の比較には使えない。[……] そこで感覚の量に比例する尺度を実験的にもとめて、ラウドネス (loudness) : 音の大きさとよび、単位に (sone) を用いる。

2.6.2 ラウドネスの補正

ITU-R(国際電気通信連合無線通信部門) から、ラウドネス測定アルゴリズムが勧告されている [39, 40]。単位は LKFS で、0dB FS で 1kHz(正確には 997Hz) のサイン波が約-3.01 LKFS となる [39]。また LKFS と dB は一対一対応しているため、1LKFS 上がることは 1dB 上がることに同義である。本研究では BS. 1770 の最新のバージョンである、ITU-R BS. 1770-4 に準拠してラウドネスレベルを測定することとする。

ITU-R BS. 1770-4 は、波形の二乗平均平方根を K 特性フィルターをかけて計算するアルゴリズムである。

K 特性フィルターは 2 段階のフィルターに分かれている。1 つ目のフィルターを図 2.4 に示した。これは頭部を剛球体としたときの周波数応答である。表 2.1 に 1 つ目のフィルターの係数を示した。 a, b は変数名であり、図 2.6 のように処理される。2 段階目のフィルターは図 2.5 に示すようなハイパスフィルターであり、を表 2.2 に示した係数によって、図 2.6 のように処理される。これらのフィルターはサンプリング周波数が 48kHz の必要があるので、

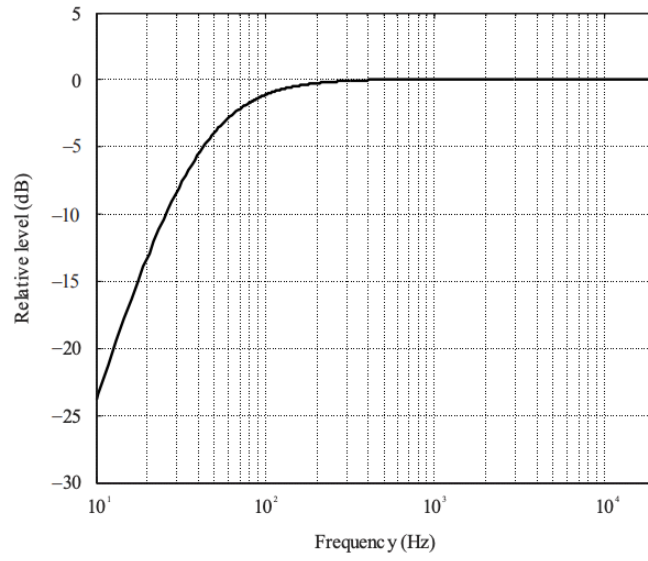


図 2.5: 2 段階目の K 特性フィルター

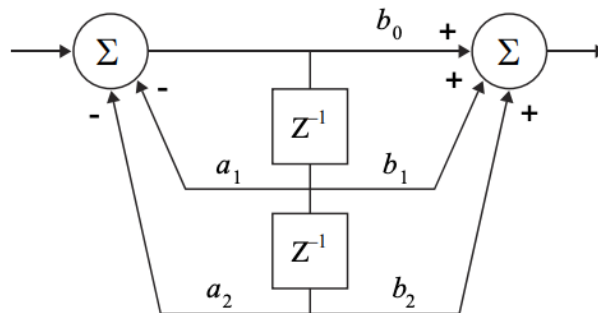


図 2.6: フィルター処理を行う際の信号伝達図

表 2.2: 2 段階目の K 特性フィルターの係数

		b_0	1.0
a_1	- 1.99004745483398	b_1	- 2.0
a_2	0.99007225036621	b_2	1.0

それ以外のサンプリング周波数の音ファイルのラウドネスレベルを測定したい場合は、一度サンプリング周波数を 48kHz に変換する必要がある。

以下、具体的な処理の手続きを述べる。式 2.6 によって、区間 T における二乗平均平方根 z_i を求める。

$$z_i = \frac{1}{T} \int_0^T y_i^2 dt \quad (2.6)$$

y_i : 入力信号, $i \in I$, $I = \{L, R, C, L_S, R_S\}$ チャンネル

その後、 G_i を各チャンネルの係数として、式 2.7 のようにフィルター処理を行うことによってラウドネスレベル L_K が求まる。

$$L_K = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot z_i \text{ LKFS} \quad (2.7)$$

ITU-R BS. 1770-4 は、これに加えてゲーティングが導入されている。区間 T におけるゲーティングブロック j 番目の入力信号 i 二乗平均平方根は式 2.8 のように導かれる。

$$z_{ij} = \frac{1}{T_g} \int_{T_g \cdot j \cdot \text{step}}^{T_g \cdot (j \cdot \text{step} + 1)} y_i^2 dt, \quad \text{step} = 1 - \text{overlap} \quad (2.8)$$

$$j \in \{0, 1, 2, \dots, \frac{T - T_g}{T_g \cdot \text{step}}\}$$

ゲーティングブロック j 番目におけるラウドネスレベルは式 2.9 のように定まる。

$$l_j = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot z_{ij} \quad (2.9)$$

ここで、ゲーティング閾値 Γ を下回る波形区間は、 $J_g = \{j : l_j > \Gamma\}$ のように無音とする。 Γ は Γ_a と Γ_r の二種類があり、式 2.10 のように定まる。

$$\Gamma_r = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot \left(\frac{1}{|J_g|} \cdot \sum_{J_g} z_{ij} \right) - 10 \text{LKFS} \quad (2.10)$$

$$J_g = \{j : l_j > \Gamma_a\}, \quad \Gamma_a = -70 \text{LKFS}$$

そして、 L_{KG} は式 2.11 のように表される。

$$L_{KG} = -0.691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot \left(\frac{1}{|J_g|} \cdot \sum_{J_g} z_{ij} \right) \text{ LKFS} \quad (2.11)$$

$$J_g = \{j : l_j > \Gamma_r \wedge l_j > \Gamma_a\}$$

以上のようにしてゲーティングを導入したラウドネスレベルある L_{KG} を求める。

本研究でラウドネスレベルを揃える際には LKFS 値の誤差が $\pm 0.05\%$ 以下となるようにした。

2.7 本研究の立ち位置

従来の研究から、課題と無関係な音声ワーキングメモリを阻害することは明らかになってきた [37, 1, 2]。本研究では、音とワーキングメモリの関係性の新たな切り口として、残響の違いによるパフォーマンスや印象を比較する。

今まで、学びと音環境の関係性は教室音響の分野では多く研究されてきたが、どれも本研究とは立ち位置が以下に述べる2点において異なる。1つは求める音響設計の指針が異なることである。第1.2節(p.1)でも述べた通り、昨今の図書館は幅広い知的活動が同一空間で共存する空間が目指されており、従来の学校教室や典型的な図書館の設計指針では十分に役割を達成できないと考えられる。もう1つは実地調査では参加者の条件を揃えることが難しく、同じ研究手法を用いることが不適當ということである。実際に学校教室まで赴いて教員や学生にアンケート調査やテストに取り組んでもらう手法は多いが、同じ手法を図書館に充てるのは難しい。これはどの図書館を利用するかは利用者が主体的に選択するものであり、その図書館の利用者というだけで、その図書館に対してある程度好意的であるというバイアスがかかってしまうことが予想されるためである。

他にも、ノイズ音の種類によるワーキングメモリや短期記憶機能への影響は研究されてきたが、ノイズ音の残響等、音響設計に着目した研究はない。

そこで本研究では会話音声の残響のみを変え、他の実験環境を揃えることで異なる図書館の音響設計を比較する。

第3章 室内音響測定

3.1 概要

図書館の音環境を再現するにあたり、まず特徴の違う図書館2館でインパルス応答を測定した。測定をお願いした図書館は何れも職員の方々と会議を行い測定許可を頂いている。以下で述べる測定は何れも閉館中に行った。

3.2 測定条件

測定は筑波大学附属図書館 図書館情報学図書館と、TRC 八千代中央図書館で行った。

閉館中の物音のない状態で測定を行った。スピーカから発生する信号音をレコーディング機能のついた騒音計を受音点に置いて録音する。騒音計のマイクはスピーカの方を向けて録音した。床からの高さは音源、受音点共に1.4mとし、どちらも壁から1m以上離すこととする。受音点はフロア内を網羅的に配置し測定した。各受音点で約16s間のTSP信号を流し、得られた信号を各受音点でそれぞれ3回同期加算する。その信号をその点で得られた信号波形として採用した。

測定では主に以下の機材を使用した。

- 騒音計: ONOSOKKI LA-3260
- 12 面対スピーカ: solid acoustics sa-755 professional
- アンプ: YAMAHA P4050
- PC: Macbook Pro 13-inch 2012 年モデル
- レーザー距離計: BOSCH GLM7000

なお、図書館情報学図書館では2016年12月3日に、TRC 八千代中央図書館は2016年12月29日に測定を行った。

3.3 測定場所の特徴

3.3.1 筑波大学附属図書館 図書館情報学図書館

茨城県つくば市には筑波大学附属図書館が4館あり、そのうちの図書館情報学図書館で測定を行った。

この図書館では特に書架が密集している2階で測定した。ここでは、閲覧席で利用者は静かに勉強や読書を行う、本が多く所蔵されている典型的な図書館である。実験した2階のフロア面積は約467m²で、天井までの高さは約2.7mであった。

測定エリアの見取り図を図3.2に示した。実験では図の格子上になっている各マスの中心となる箇所に受音点を設置し、音源は図のように設置した。



図 3.1: 図書館情報学図書館での実験の様子

- 音源
- 書架
- 閲覧コーナー, 学習室
- 出入口
- カウンター

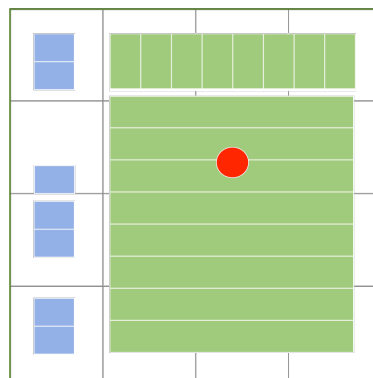


図 3.2: 図書館情報学図書館の見取り図



図 3.3: TRC 八千代中央図書館の児童コーナー

3.3.2 TRC 八千代中央図書館

千葉県八千代市に 2015 年 7 月 1 日に開館した公共図書館である TRC 八千代中央図書館で測定を行った。

TRC 八千代中央図書館の公式ホームページでは以下のように紹介されている [41].

豊富な資料や情報の中で滞在型の読書や学習を行い、新たな出会いや交流の機会を持つことができる場所です。

ワンフロアに利用者スペースをまとめることで、乳幼児から高齢者まで、またハンディキャップを持つ方々にとっても使いやすいスペースです。

このように、幅広い利用者がワンフロアに共存して認め会えるような場所を目指した図書館である。音の側面から見てもオープン設計で、児童コーナーやレファレンス等で発生する音が一般開架エリアへと筒抜けになる構造をしている。実験したフロアの面積は約 1550ms で、天井までの高さは約 2.9 – 9.0m であった。

また、窓際に設置されている「川の読書席」では VICTOR ENTERTAINMENT が開発した「KooNe(クーネ)」というハイレゾリューション音源を用いて自然の音を流す技術を採用している [42]。川の読書席を使用する利用者はこの BGM の中で読書や学習をしている。

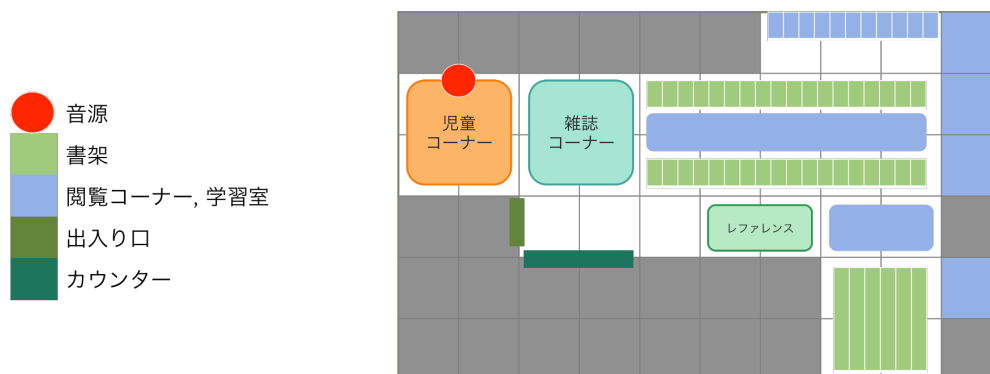


図 3.4: TRC 八千代中央図書館の見取り図

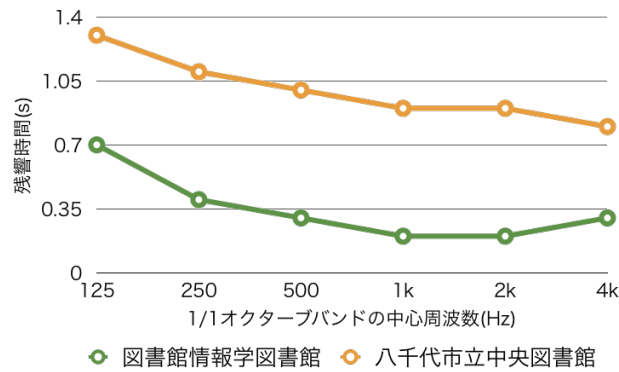


図 3.5: 2 館における 1/1 オクターブバンド毎の平均残響時間



図 3.6: 帝京大学 八王子キャンパス キュリオシティホール

測定エリアの見取り図を図 3.4 に示した。実験では図の格子状になっている各マスの中心となる箇所に受音点を設置し、音源は図のように設置した。

3.4 2 館の音響測定結果

上述した 2 館での音響測定によって得られた平均残響時間を図 3.5 に示した。中音域である 500Hz を代表値としてみると、各図書館の平均残響時間は、図書館情報学図書館は 0.3s、TRC 八千代中央図書館は 1.0s である。どの中心周波数においても、TRC 八千代中央図書館の残響時間のほうが長いことが分かる。参考のために他の教育施設と比較すると、2017 年に完成した帝京大学 八王子キャンパス キュリオシティホール (図 3.6) が平均残響時間 1.1s[43] であり、TRC 八千代中央図書館と比較的近い。

3.4.1 インパルス応答の選定と分析

図書館情報学図書館は 2 階の中心に音源を置いた際のインパルス応答を、TRC 八千代中央図書館は児童エリアに音源を置いた際のインパルス応答を採用した。条件をなるべく揃えるため、音源から受音点までの距離は各測定で最も近い受音点を採用した。表 3.1 に 2 館

表 3.1: 採用したインパルス応答の音源からの距離と残響時間と D 値

	図書館情報学図書館	TRC 八千代中央図書館
距離 (m)	5.59	4.95
残響時間 (s)	0.3	0.4
D 値	0.90	0.87

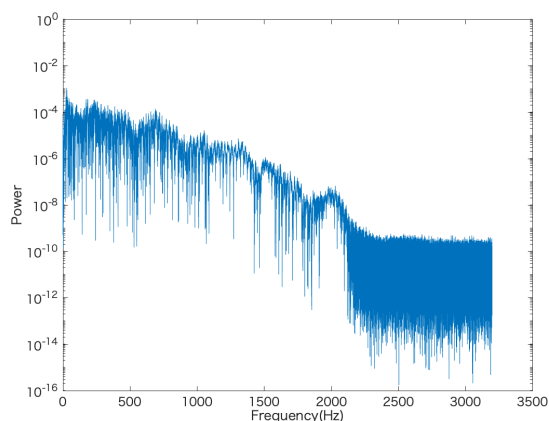
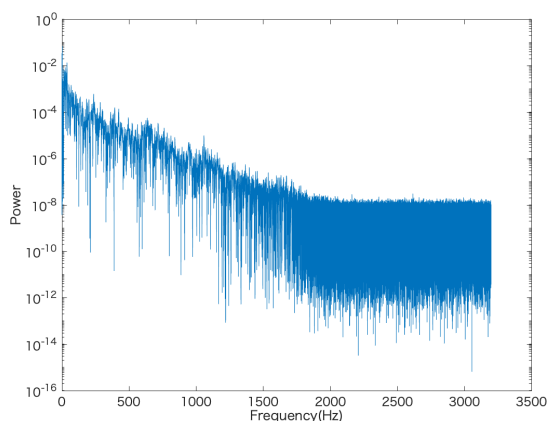


図 3.7: 図書館情報学図書館で測定したインパルス応答のスペクトル解析

図 3.8: TRC 八千代中央図書館で測定したインパルス応答のスペクトル解析

の音源から受音点までの距離，残響時間と D 値を示した．2つのインパルス応答は音源から受音点までの距離が近いため，その点での残響時間や D 値は近い値を示している．それでも，TRC 八千代中央図書館のほうが残響時間は長く，D 値，つまり音声の明瞭度は低いことが分かる．これらのインパルス応答が表す各図書館の音響的特徴を確かめるために，続いてスペクトル解析を行う．

各インパルス応答のスペクトル解析結果を，図 3.7に図書館情報学図書館，図 3.8に TRC 八千代中央図書館の順に示した．図書館情報学図書館は 250Hz などの低音がよく伝わり高い音は減衰する特性をしているが，TRC 八千代中央図書館は 2,000Hz までパワー値が比較的高い波形特性をしている．これらの周波数特性について，図書館情報学図書館は書架密度が高いことが影響していると考えられる．

これは書架によって直接的な音が遮られるため，指向性の高い高音が遮られ，指向性の低い低音のみが伝わりやすくなっているからである．これに対して，TRC 八千代中央図書館は図書館情報学図書館より書架密度が低く，天井は高い．また，床はフローリング仕様なので音も反射しやすくなっている．こういった建築設計によって，低音から高音までまんべんなく響く設計になっていると考えられる．

第4章 予備調査

4.1 概要

本実験として行うオペレーションスパンテストの実験デザインを行うために予備調査として、異なる音環境下でオペレーションスパンテストのパフォーマンスを調査した。この結果から実験参加者の負担やフィードバックも考慮した上で、本実験デザインを検討した。

4.2 条件

4.2.1 実験参加者

実験参加者は19-25歳の学生4名(うち男性3名, 女性1名)であった。実験参加者はいずれも健聴者であり、実験する際に不都合となり得る障がいは有していなかった。

4.2.2 音条件

刺激音は5歳の子ども2人とその家族、そして実験者の会話音声録音されたものを使用した。刺激音は5分程度であり、図書館情報学図書館とTRC八千代中央図書館それぞれのインパルス応答を畳み込んだ。予備調査では無音、TRC八千代中央図書館の残響を付与した刺激音、図書館情報学図書館の残響を付与した刺激音の他に、それぞれ音圧レベルを変えた音条件も作成し、計5条件で実験した。これは、一般的に残響時間が長い室内では音が減衰しづらいことから、音圧レベルの減衰量も考慮に入れるためである。各条件はランダムに呈示された。

4.2.3 実験機材

実験ではApple社製MacBook Pro 13-inch 2015年モデルのパーソナルコンピュータを使用し、スピーカはGENELEC社製8020Cを使用した。実験プログラムにはInquisit 5を使用した。

4.2.4 実験環境

実験は筑波大学春日キャンパス7B棟7B232で実施した。ONOSOKKI LA-3260で測定した暗騒音の平均音圧レベル(A特性)は18.51dBであった。

4.3 本実験に向けた変更・注意点

予備調査から得たフィードバックと、本実験への反映を述べる。

刺激音の条件を変更

残響時間の長短と音圧レベルの大きさを組み合わせると、不自然な音響設計を持った刺激音ができる。例えば残響時間が短く音が減衰しやすい残響を付与した刺激音を高い音圧レベルで再生していた。その他に、ノイズにおける音圧レベルは過去に重要視されてきた [44]。本研究では音圧レベルの違いについては深く言及せず、残響の違いについて比較する実験デザインを行う。

これによって、音条件を5つ設定する必要がなくなり、実験参加者にかかる負担の軽減も期待できる。そこで、残響のかからない無加工条件も加えて、以下に示す4つの条件に設定した。

- 無加工の刺激音
- 図書館情報学図書館の残響を付与した刺激音
- TRC 八千代中央図書館の残響を付与した刺激音
- 無音

これによって刺激音に付与される残響と無音とで比較する。

刺激音のバリエーション設定と時間を変更

予備調査で用いた刺激音は実験時間に対して短く、実験中何度も繰り返されてしまった。また音も1種類でバリエーションがなかったため、実験中刺激音が繰り返し再生された。これでは、実験参加者が実験を進める毎に刺激音を学習してしまい、刺激音が繰り返される毎に無視しやすくなってしまう可能性がある。よって本実験で使う刺激音は2倍程度の長さを目処に作成し、音条件毎に実験参加者が違う元音源を聞くようにすることとした。

実験者の声が入らない環境で録音する

刺激音内に実験者の声が入ると、実験参加者はその時に特に刺激音に意識を集中させてしまうという意見が多かった。そのため、刺激音の録音は実験者が不在の元で行うこととした。

データセットの変更

一般的にオペレーションスパンテストではアルファベットがでてくる文字数のデータセットは3-7文字の5条件を各条件3回ずつ、つまり(3,4,5,6,7)×3と設定されていた。また、日本語版オペレーションスパンテストの検討 [30] では(3,4,5,6,7,8)×3と、最大8文字までデータセットを拡張することが提案されている。

本実験では刺激音を変えて4回テストを繰り返してもらうことから、実験参加者にかかる負担も考え、データセットは1つの刺激音条件につき(3,4,5,6,7,8)×2とした。

CLEAR ボタンを REMOVE ボタンに変更

一般的にオペレーションスパンテストでは、第 2.5.4 項 (p.10) で述べたように、誤ってアルファベットを選択した際には、CLEAR ボタンを押すことでアルファベットを選択し直すように指示された。しかし予備調査の中で、実験参加者から「押し間違える度に最初から選択し直さなければいけないのは大変」という意見が複数上がった。よって、本実験では CLEAR ボタンの代わりに 1 文字ずつアルファベットを消せる REMOVE ボタンをさせるようにした。

計算平均時間の取得

従来のテストでは個人毎のタイムオーバーと判定される制限時間を算出するため、練習課題でのみ実験参加者の計算平均時間を測っていた。本実験では練習課題だけでなく本課題においても計算平均時間を取得した。なお、タイムオーバーになって強制的に次の画面に遷移した計算問題については、その制限時間を計算にかかった時間とした。

第5章 刺激音の作成

5.1 刺激音の録音

録音には Roland 社製 R-05 をレコーダーとして使用し、サンプリング周波数は 44.1kHz とした。

録音は 2-10 歳までの子どもを持つ家庭 5 世帯で行った。録音場所はリビングなどの室内とした。これは野外で録音した音声に残響をかけるのは非現実的な加工であること、またリビングは残響が少なく子どもの声が直接録音しやすいと考えたためである。録音の際には、実験者は不在のもと、各家庭の保護者の方にレコーダーを渡して録音をお願いした。実験者が実地まで行かないことにした理由は以下に 2 点挙げる懸念点を回避するためである。

- 実験者の声が入ることで、実験参加者は実験者の声に特に意識を集中させてしまう (第 4.3 節, p.22)。
- 実験者が同席することで、子どもが緊張して普段通りに振る舞えなくなってしまう。

なお、保護者の方にはレコーダーの使用法と、録音する際の以下に示す注意点を説明した。

- おやつの時間やパーティなど、子どもが集まって賑やかに過ごす時間に録音すること。
- リビングのテーブルの上など、子どもの会話が明瞭に聞こえる場所にレコーダーを置くこと。
- プライバシーに関わる箇所や無音箇所は削るため、全体で 1 時間半程度の会話音声を録音すること。
- テレビをつける場合は、子どもの声と十分に SN 比が取れるように音量と距離に注意すること。

5.2 残響付与前の刺激音の作成

それぞれの世帯で録音した会話音声から、以下の手順で残響付与前の刺激音を作成した。なお、音声のラウドネスは第 2.6.2 項 (p.12) で述べたように、ITU-R BS. 1770-4 に準拠して統一した。

1. プライバシーに関わる箇所、会話のない静かな区間、音割れしていたり近くで大きな音が鳴っている区間の削除。
2. 世帯間の音源に対し、ITU-R BS. 1770-4 に準拠してラウドネスを統一。
3. 約 1-1.5 分間毎に音源を分割し、各世帯の音源をランダムにつなぎ合わせる。
4. 世帯が切り替わる部分は、8 秒間フェードイン・フェードアウトさせる。

以上の手続きによって約 9-9.5 分間の刺激音を 3 種類作成した。

表 5.1: 刺激音と畳み込むインパルス応答の組み合わせ

	-	図書館情報学図書館	TRC 八千代中央図書館	-
条件 1	刺激音 1	刺激音 2	刺激音 3	無音
条件 2	刺激音 1	刺激音 3	刺激音 2	無音
条件 3	刺激音 2	刺激音 1	刺激音 3	無音
条件 4	刺激音 2	刺激音 3	刺激音 1	無音
条件 5	刺激音 3	刺激音 1	刺激音 2	無音
条件 6	刺激音 3	刺激音 2	刺激音 1	無音

表 5.2: 刺激音の加工パターン毎の条件の略記方法

略記	意味
無加工	インパルス応答を畳み込んでいない刺激音
図情	図書館情報学図書館で得られたインパルス応答を畳み込んだ刺激音
八千代	TRC 八千代中央図書館で得られたインパルス応答を畳み込んだ刺激音

5.3 残響の付与

上述したインパルス応答を各刺激音に畳み込んで残響を付与した。残響付与後は、残響付与前と ITU-R BS. 1770-4 に準拠してラウドネスを統一した。以上の手続きによって 3 種類の刺激音にそれぞれ無加工・図書館情報学図書館の残響を付与したもの・TRC 八千代中央図書館の残響を付与したものの 3 種類ができ、計 9 種類の刺激音が用意できた。

実験では、実験参加者毎に表 5.1 から何れかの条件をランダムに割り当てた。また、各条件毎の、刺激音の加工パターンの呈示順はランダムであった。この手続きによって、刺激音の会話内容に関わらず残響によるパフォーマンスの違いを比較する。

以後簡単のため、刺激音の加工パターン毎の条件を表 5.2 のように略記する。

第6章 オペレーションスパンテスト

6.1 概要

本実験として、異なる音環境下でオペレーションスパンテストを行った。実験手順については概ね第2.5.4節 (p.10) で述べた通りであるが、第4.3節 (p.21) で述べたように変更点もある。実験の手順を図6.1に示した。まず計算問題が呈示され、実験参加者はそれを暗算し、次の画面で解答する。その後アルファベットが1文字呈示される後に、また計算問題が呈示される。これを繰り返した後に、呈示されたアルファベットを呈示順に全て解答する。その後フィードバックが表示される。この試行を全12回行って1テストが終了する。このテストを刺激音の条件を変えて4回繰り返した。実験を始める前には、実験参加者に実験の手順を説明することと、個人毎に計算問題におけるタイムオーバーの時間を設定することを目的として、実験の前に練習パートを設けた。

刺激音の条件は第5章 (p.24) で述べたように、4つ設定した。低音が伝搬しやすく残響時間が短い図書館情報学図書館と、広い周波数帯が響きやすく残響時間が長いTRC八千代中央図書館で子どもの会話音声や響いた音を再現した。この2つに加えて何も残響を付与しない刺激音と無音の条件も含め、計4つの音条件下でタスクパフォーマンスや印象を比較する。

6.1.1 目的

子どもの会話音声が響く空間が異なることによって、ワーキングメモリと音に対する印象に与える影響の違いを調査することが目的である。

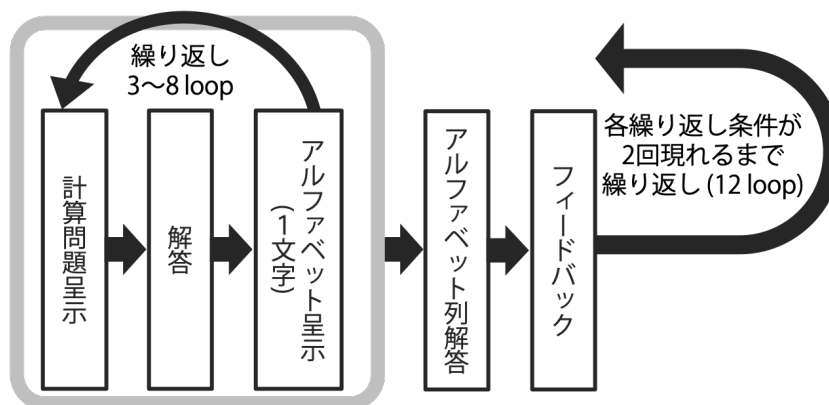


図 6.1: オペレーションスパンテストの手順



図 6.2: 実験風景

6.1.2 仮説

特に残響時間が長く、D 値が低いほうが音声は耳に付きづらく、ワーキングメモリは阻害されにくいと予想する。本実験における仮説は、「無加工条件，図情条件，八千代条件，無音条件の順でタスクパフォーマンスが低い」である。

6.2 実験条件

6.2.1 実験参加者

実験参加者は筑波大学，或いは筑波大学大学院に所属する 18 歳-25 歳の学生 22 名（うち男性 12 名，女性 10 名）であった。実験参加者は何れも健聴者であり，実験する際に不都合となり得る障がいは有していなかった。

6.2.2 実験機材

実験では Apple 社製 MacBook Pro 13-inch 2015 年モデルのパーソナルコンピュータを使用し，スピーカは GENELEC 社製 8020C を使用した。実験プログラムには Inquisit 5 を使用した。刺激音を再生する際の音圧レベルは，ONOSOKKI の騒音計 LA-3260 を用いた。

6.2.3 実験環境

実験は筑波大学春日キャンパス 7B 棟 7B232 で実施した。騒音計で測定した暗騒音の平均音圧レベル (A 特性) は 18.51dB であった。実験参加者は図 6.2 のように椅子に座り，1 台のスピーカから流れる音を聞き流しながらオペレーションテストを行った。スピーカは実験参加者の耳の位置から約 1m 離れた位置に，中心が床から 0.95m の高さになるように固定した。パーソナルコンピュータはスピーカと 46cm 離れた位置に，机の高さは 71cm で固定した。椅子の高さは 40-49cm の間で実験参加者に自由に調節してもらった。

表 6.1: 刺激音の平均音圧レベル (A 特性)

	無加工	図書館情報学図書館	TRC 八千代中央図書館
刺激音 1	42.91dB	41.68dB	42.28dB
刺激音 2	43.97dB	42.38dB	43.60dB
刺激音 3	43.88dB	40.51dB	44.16dB

各刺激音の騒音計で測定した平均音圧レベル (A 特性) を表 6.1 に示した。ラウドネスは、第 2.6.2 項 (p.12) で述べたように ITU-R BS. 1770-4 に準拠して LKFS 値を求め、全ての LKFS 値が $\pm 0.05\%$ 以下の誤差で揃うように振幅を調整した。測定した平均音圧レベルにズレがあるのは、dB A と LKFS (dB FS) では用いている周波数フィルターが違うことが原因だと考えられる。表 6.1 に示した結果は全て A 特性フィルターを用いているが、ITU-R BS. 1770-4 では K 特性フィルターを用いている。

本研究では、それぞれの刺激音をスピーカから再生し実験者自ら聴いてみた。その結果、音の大きさに違和感がないと判断し、この音圧レベルのまま再生することとした。

6.3 実験手続き

6.3.1 実験の流れ

実験に先立ち、書面を用いて本研究の目的と方法について説明した。また、実験への参加は自由意志であること、個人情報厳重に管理し、プライバシー保護に努めること、結果の公表の際には個人が特定できない形でデータを処理することを説明し、口頭及び書面で承諾を得て実験を開始した。実験で用いた同意書は付録 B (p.51) に掲載した。なお、本実験は筑波大学図書館情報メディア系の研究倫理審査委員会の承認を得ており、実験終了後に実験参加者には規定の謝金が支払われた。

実験は個別に行った。まず、全体の流れについて説明を行った後に、事前アンケートに解答してもらった。その後に実験手順について説明を行いながら、練習課題に取り組んでもらった。本実験では、操作は全てマウスで行い、キーボードは使用しなかった。練習課題は全て無音で行った。練習課題が終わり、手順を全て理解できたことを確認した後、本課題を実施した。本課題は 4 つの音条件に分けて行った。音条件の呈示順は実験参加者毎にランダムだった。実験参加者には、どのような音が流れるかは予め知らせず、「音が流れることもありますが、課題とは関係ないので聞き流しながら進めてください。」とアナウンスした。音条件の呈示順は実験参加者毎にランダムであった。最後に事後アンケートと事後インタビューを実施した。休憩については各音条件の課題が終わった間とした。休憩時間は任意とし、最大 5 分程度設けた。

6.3.2 練習課題

練習課題は 3 パートによって構成された。練習課題で呈示されるアルファベットや計算問題は実験参加者に関わらず同じであった。

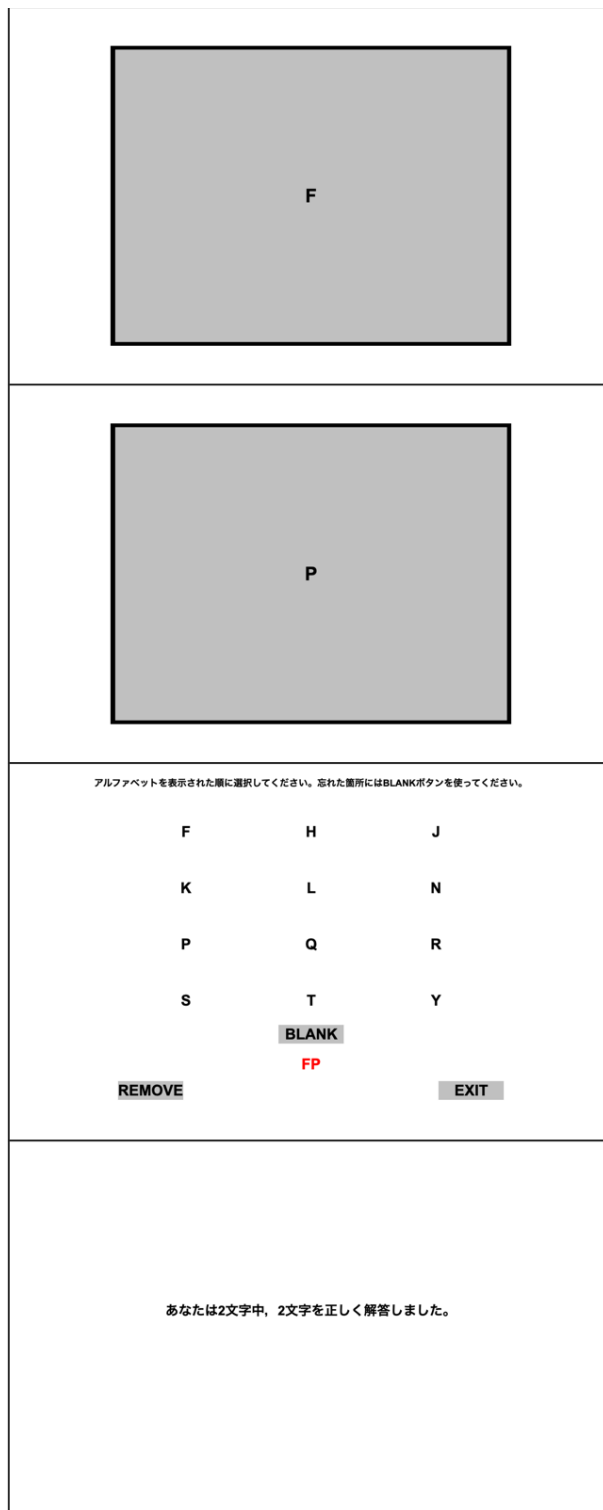


図 6.3: アルファベット練習パート

アルファベット練習パート

アルファベット練習パートの実験の流れを図 6.3 に示した。画面には、実験手順を指示する文面は日本語で表記したが、その他のボタン等の直感的に操作できる部分には先行研究 [32] で提案された通りに英語で表記した。

アルファベットは一文字 800ms ずつ呈示され、自動的に画面は遷移する。練習課題では 2-3 文字のアルファベットが呈示された後に、解答画面となった。アルファベットは図 6.3 のように 12 文字の選択肢の中から呈示順に選択してもらった。誤ったアルファベットを選択した際には、REMOVE ボタンを押すと一文字戻る。忘れてしまった箇所には、BLANK ボタンを押すと空文字が挿入される。これは忘れた箇所を詰めて解答してしまうと、その後に解答したアルファベットが全てズレて処理され、誤答として扱われてしまうからである。解答を終えたら、EXIT ボタンを押すとフィードバック画面が 2,000ms 呈示された。以上を 1 試行とし、4 試行行われた。

計算問題練習パート

計算問題練習パートの実験の流れを図 6.4 に示した。まず計算問題が呈示され、実験参加者は答えが分かたら画面をクリックする。その後に数字と TRUE ボタン、FALSE ボタンが呈示されるので、その数字が前の画面の計算問題の答えと一致していれば TRUE ボタン、一致していなければ FALSE ボタンをクリックする。この計算問題練習パートでは、計算問題におけるタイムオーバーの時間は 5,000ms で設定された。タイムオーバーの時間を設定するのは、計算中にアルファベットの音韻ループ等、アルファベットの記憶作業を行わせないようにするためである。アルファベットは 800ms 経つと画面が自動的に遷移したが、計算問題を解く速度は人によって違うため、計算問題練習パートで実験参加者が暗算にかかる平均時間を測った。実験参加者には、この計算問題練習パートで暗算にかかる平均時間を測っていることは、このパートが終了するまで知らされなかった。また、本パートでは計算問題を解いた後にその解答が正しければ“Correct”，間違っていれば“Incorrect”と画面下に呈示された。この手順で 15 題解いてもらい、最後に計算問題の正しく解答できた問題数と正答率がフィードバックとして呈示された。

本課題練習パート

本課題練習パートの実験の流れを図 6.5 に示した。基本的な手順は図 6.1 で示した通りだが、繰り返し回数のみが異なる。

アルファベットの暗記・解答の仕方と、計算問題の解き方を理解できたことを確認した上で、最後の練習パートである本課題練習パートに入った。計算問題を解いた後に、アルファベットが呈示される。本課題練習パート以降、計算問題を解いた直後の“Correct” 或いは“Incorrect”と呈示されるフィードバックはない。これを本課題練習パートでは 2 回繰り返した後に、アルファベットだけを呈示順に解答する。フィードバックでは図 6.6 のように正しく解答した文字数と計算エラーの回数の他に、計算問題の正答率も表示された。この正答率が 85% 以上を維持するように指示された。これを 1 試行とし、3 試行行われた。

6.3.3 本課題

本課題の手順は「本課題練習パート」と概ね同じであり、図 6.1 に示した通りである。呈示されるアルファベットは毎回ランダムであり、計算問題は毎回ランダムに生成された。

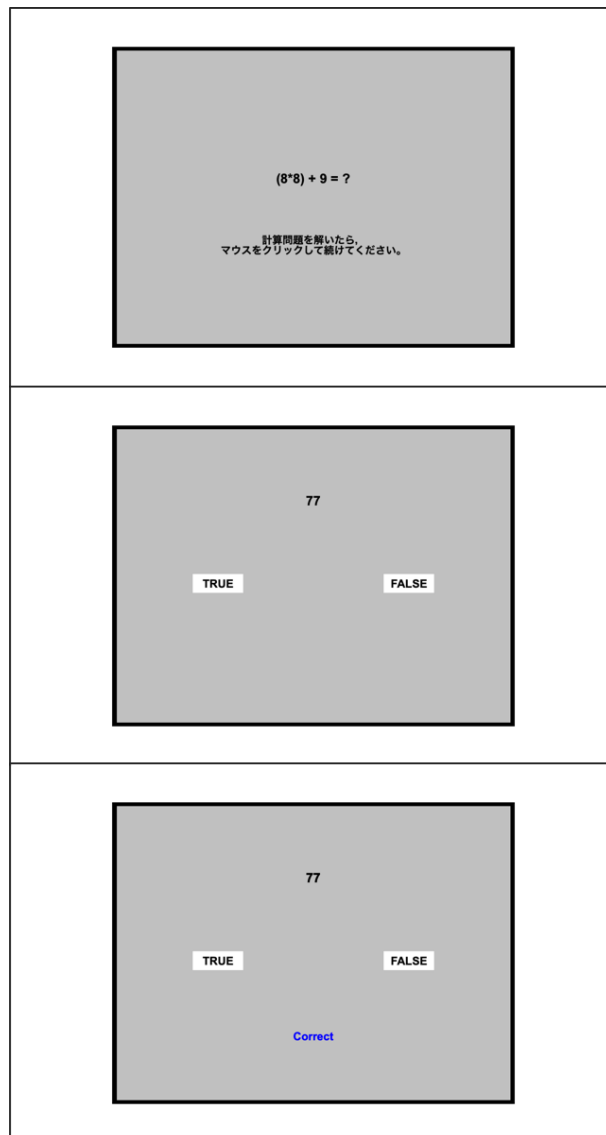


図 6.4: 計算問題練習パート

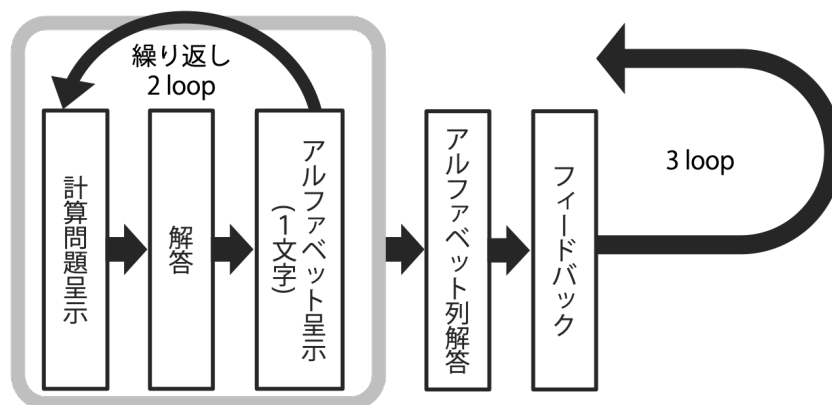


図 6.5: 本課題練習パートの手順：本課題とは繰り返し回数が異なる。

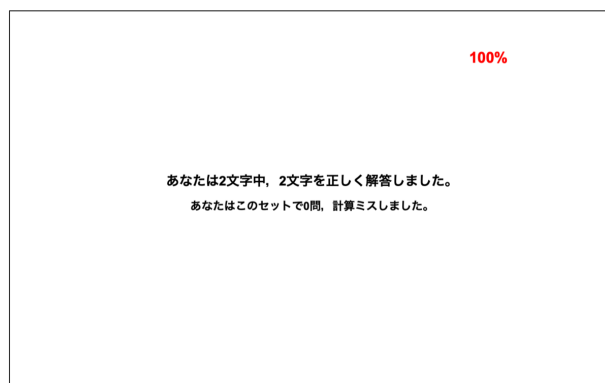


図 6.6: 本課題 (練習パート) のフィードバック

表 6.2: アンケート調査項目

事前アンケート	
調査項目	性別, 年齢
	勉強や作業をするときに好きな音環境は静かか賑やかか.
	普段から作業中, 音で気が散りやすいか.
	作業する内容によって環境を変えることがあるか. ある場合どう区別しているか.
	勉強や作業に適した環境はどのような音環境か, またそのどこが良いか.
	図書館を利用する頻度と利用目的
	よく使う図書館はどこか. また, その図書館に行く理由は何か.
事後アンケート	
調査項目	音環境によって難しさやストレスは違ったか. 違った場合, どのように違ったか.
	その他の感想や意見

計算問題の正答率は 85%以上を維持するように指示された。

呈示されるアルファベットの文字数のデータセット $(3, 4, 5, 6, 7, 8) \times 2$ であり, このうちからランダムに選ばれた. 全ての文字数の条件が終了したとき, つまり 12 回アルファベット列を解答したとき, 本課題は終了した. この本課題の終了後, 休憩を挟んだ後に, 音条件を変えて 4 回繰り返された.

6.3.4 アンケート

事前アンケートでは, 普段の勉強や作業ではどのような音環境を好むか, 図書館をどのように利用しているのかを調査した. 事後アンケートでは, テストを行った上で刺激音や実験に抱いた印象を調査した. アンケートで質問した項目を表 6.2 に示した. 実験で用いたアンケート用紙は付録 C(p.53) に掲載した. 記入後のアンケートを見て, 詳しく聞きたいことについて口頭でインタビューを行った. インタビューでは, 主にどの音条件が不快でどの音条件が快適だったかを質問した.

第7章 結果

オペレーションスパンテストでは実験全体における計算問題の正答率が85%を下回る結果は利用できない。そのため、いずれかの音条件下で計算問題の正答率が85%を下回った実験参加者2名は分析から除外した。本結果で掲載する分析は、全て $22 - 2 = 20$ 名の結果を分析したものである。まず全体の結果を示した後に、アンケート結果等と絡めた分析結果を示す。全体の結果の後には、有意差が見られたものを中心に結果を掲載した。本章で示していない結果を含めた詳細な分析結果は、付録A(p.46)に掲載した。結果として示すスコアは、第2.5.4節(p.10)で述べた通りである。ただし、Ospan 値の満点は実験デザインを変更したので、 $(\sum_{n=3}^8 n) \cdot 2 = 66$ である。各音条件については表5.2(p.25)に基づいて略記している。なお、多重比較検定にはRを使い、対応ありのBenjamini & Hochberg法(BH法)を用いた。ただし、第7.2.2項に関してのみ、対応ありの分散分析をした後にScheffe法を用いている。

7.1 全体の結果

7.1.1 Ospan 値

音条件毎のOspan 値の平均を図7.1に示した。示した。音条件は左から無加工条件、図情条件、八千代条件、無音条件の順で示した。左側にOspan Total Correct、右側にOspan Absolute Scoreの結果を示した。縦軸はスコア値である。

Ospan Total Correctにおいて、無加工条件は無音条件より有意にスコアが下がった($p < .01$)。また、無加工条件と八千代条件の間、図情条件と無音条件の間に有意傾向が見られた($p < .1$)。

Ospan Absolute Scoreにおいては、どの条件間でも有意差は見られなかった。

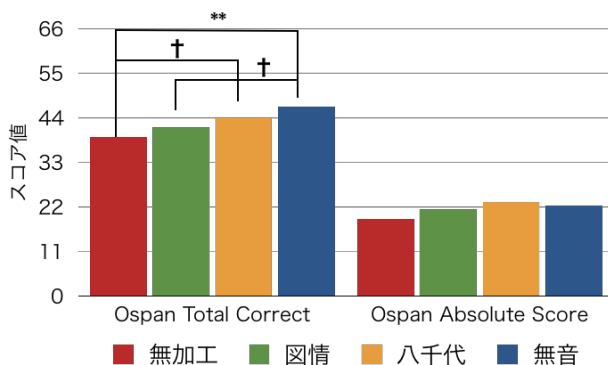


図 7.1: 音条件毎の Ospan 値

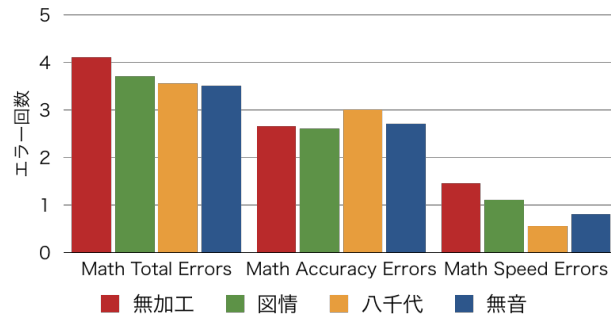


図 7.2: 音条件毎の計算エラー回数

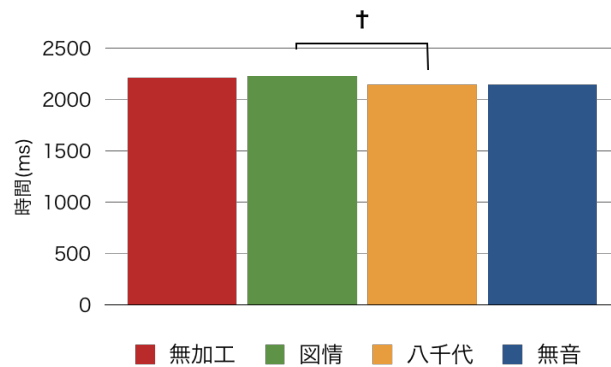


図 7.3: 音条件毎の平均計算時間

7.1.2 計算エラー回数

音条件毎の計算エラー回数の平均を、計算エラーの種類毎に図 7.2に示した。音条件は左から無加工条件，図情条件，八千代条件，無音条件の順で示した。出力変数は左から Math Total Errors, Math Accuracy Errors, Math speed Errors の順で示した。縦軸はエラー回数である。計算エラー回数ではどの条件間でも有意差は見られなかった。

7.1.3 解答時間

音条件毎の平均計算時間の平均を図 7.3に示した。音条件は左から無加工条件，図情条件，八千代条件，無音条件の順で示した。縦軸は時間 (ms) である。図情条件は，八千代条件より計算平均時間が長い傾向が見られた ($p < .1$)。

7.2 アンケート結果との比較

7.2.1 音環境に影響されやすいかの自覚との関係性

実験参加者には、事前アンケートの際に「普段から作業中、音で気が散りやすいですか」という質問をした。音環境に影響されやすいかの自覚と Ospan 値を図 7.4に示した。その回答結果と実験結果の関係性に有意差は見られなかった。

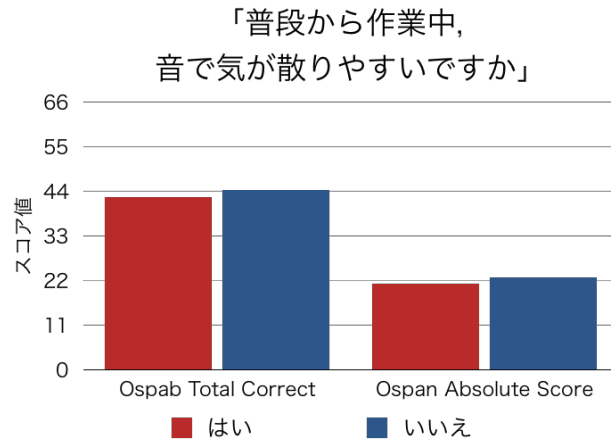


図 7.4: 音環境に影響されやすいかの自覚と Ospan 値

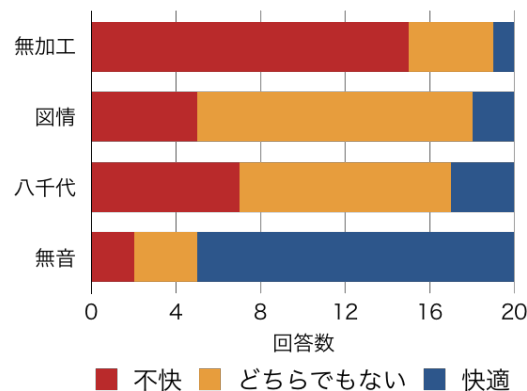


図 7.5: 音条件の快適さ

7.2.2 音環境の快適さとの関係性

実験参加者には、事後アンケートの際にどの音条件が不快に感じたか、逆にどの音条件は快適だったのかをアンケート用紙あるいは口頭で質問をした。回答形式は自由にしており、「無音以外全て不快」や「どの音条件もそんなにやりづらさは変わらなかった」等という意見も出た。実験参加者に事後アンケートで聞いた不快に感じた音条件と、快適に感じた音条件の集計結果を図 7.5 に示した。実験参加者の多くは無加工条件を最も不快に感じ、無音条件を最も快適に感じたことが分かる。図情条件や八千代条件は、無加工条件ほどは不快に感じないという回答が多かった。ただし、図情条件より八千代条件のほうがどちらでもないと解答した人が少なく、好き嫌いの分かれやすい音条件だった可能性がある。

音環境の快適さと Ospan 値

分散分析の結果、Ospan Total Correct において快適さに有意差が見られた ($p < .05$)。下位検定の結果、音条件が不快よりどちらでもないのほうが、また不快より快適のほうが有意に Ospan Total Correct が高かった ($p < .05$)。また、Ospan Total Correct において、どちらでもないより快適のほうがスコアは高い傾向が見られた ($p < .01$)。

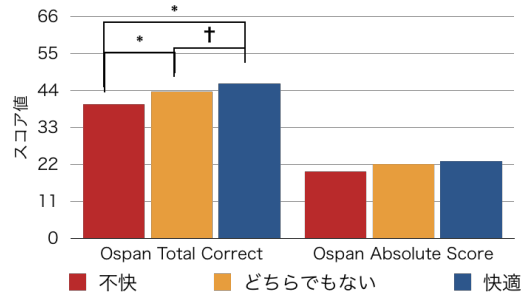


図 7.6: 音条件の快適さと Ospan 値

表 7.1: Ospan 値の略記方法

OTC	Ospan Total Correct
OAS	Ospan Absolute Score

7.3 性別との関係性

本節では簡単のため、グラフの各条件を表 7.1 のように略記している。

性別で 2 群に分けた際の音条件毎の Ospan 値の平均を図 7.7 に示した。

本分析に用いたデータでは、男性 12 名女性 8 名であった。まず男女群間では Ospan Total Correct, Ospan Absolute Score の両方において、男性のほうが有意にスコアが高かった (Ospan Total Correct: $p < .05$, Ospan Absolute Score: $p < .01$)。それぞれの性別毎に群を分けて音条件毎に結果を比較すると、女性群のほうにのみ有意差が見られた。具体的には女性群の Ospan Total Correct において、無加工条件より無音条件 ($p < .01$)、八千代条件より無加工条件 ($p < .05$) のほうが有意にスコアが高く、八千代条件より無音条件のほうがスコアは高い傾向が見られた ($p < .1$)。

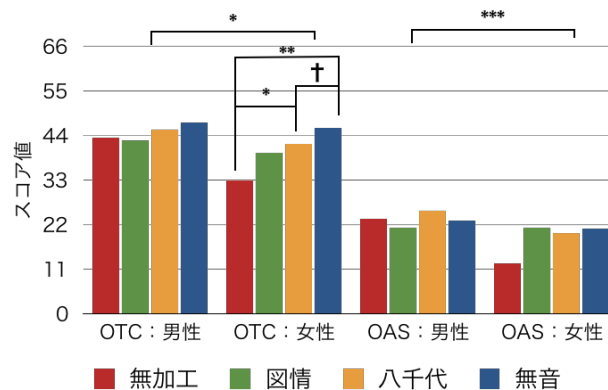


図 7.7: 性別で群分けした場合の、音条件毎の Ospan 値

第8章 考察

8.1 全体の結果から

テストと無関係の会話音声を聞くと無音環境下に比べて短期記憶が機能しづらくなることは先行研究からも示唆されていた [37, 1, 2] が、同様の結果が本実験においても得られた。同じ意味情報を持った会話音声でも八千代条件と無音条件の間ではタスクパフォーマンスに有意差は見られず、無加工条件よりは八千代条件のほうがスコアは高い傾向が見られた ($p = 0.0898$)。図情条件の場合は、無加工条件と似た結果が得られたが、八千代条件との間に有意差は見られず、無音条件よりスコアは低い傾向にあったものの、有意差までは見られなかった ($p = 0.0898$)。

各図書館の音響設計について振り返る。図書館情報学図書館は室容積が小さく、吸音素材が多い設計であった。書架密度も高いため、直接音は書架によって遮断されるのが特徴である。それに対して TRC 八千代中央図書館は室容積が大きくて書架密度は低く、音が遮られにくい設計であった。低い音ばかり届くのではなく、他の周波数も含めて音がフラットに響くのが特徴である。結果より、低い周波数が強調される短い残響がかかるより、フラットに良く響く音響設計のほうが良いのではないかと考えられる。

しかし教育現場においては、残響が長いことによって起こる不利益も報告されてきた。例えば、残響のある音環境は子どもの会話を誘発する環境だとする先行研究がある [4]。他には教員のストレスに言及したものがある [5]。残響時間が長いことで教員がストレスを感じやすい原因は大きく2つあると考える。

1つは生徒がおしゃべりしだしたり、成績が悪くなったりすることである [4]。生徒がおしゃべりすることについては、場の活性化を図りたい場合では、会話が起きやすいことは寧ろ良いことである。また、この先行研究で成績の悪化を指摘された知能は何れも知識処理に相当するものであり、知識創造のパフォーマンスは調査されていない。よって読み聞かせコーナー等、子どもに活発に行動してほしい場所と、閲覧コーナー等静かに過ごして欲しい場所で残響時間を変えてゾーニングを行うことが良いと考える。

もう1つは教員の声が明瞭に伝わらないことである。学校教室ではできるだけ遠くまで正確に情報を伝達したいため、音声明瞭度が下がってしまうことは不便である。しかし図書館においては、本研究の結果より、児童コーナーの音が明瞭に閲覧コーナーまで伝搬することは望ましくない。以上より図書館で幅広い学びに対応した知的空間を実現するためには、ある程度残響のある空間作って場の活性化を誘発するべきだと言えよう。

8.2 音条件の快適さとの関係性

快適に感じる音環境では、タスクパフォーマンスも有意に高いことが確認できた。このことから、居心地の良さとタスクパフォーマンスは、同じ軸で語れる可能性が示唆された。つまり自分の直感で知的活動を行う音環境を選ぶことは、結果的に作業効率の良い音環境を選ぶことであると考えられる。

人にはそれぞれに好みの音環境があると考えられる。しかし、本実験の参加者には賑やかな音環境を好むと答えた人が殆どいなかった(2人/20人)。人それぞれの音環境の好みとワーキングメモリや音環境に抱く印象の関係性を調査するためには、今後より賑やかな音環境を好む実験参加者を募る必要がある。

8.3 性別との関係性

先行研究[37] 参考に、性別で群を分けた結果、性別間に有意差があった上で女性のほうが音条件間でのスコアの差が顕著であった。性別の内訳は男性12名女性8名だった。もしかしたら、女性は話す周波数帯が子どもと近いことから、子どもの音声の響く空間には敏感と言えるかもしれない。しかし、この分析では各群のデータ数が不十分のため、あくまで補足として掲載するに留めることとする。

8.4 図書館を「場所」とするためには

「場所としての図書館」の設計指針について、図書館にとっての「場所」を「空間」と対比させて議論を進める。「場所」と「空間」については第2.3節(p.5)で述べたように、「空間の経験—身体から都市へ」[16]内の主張を参考にして論ずる。

オープン設計の図書館は「空間」の広がりを感じるため、一見「場所」というより「空間としての図書館」を目指しているように見える。「場所」性を高めることは、安全性や束縛の感覚を高めることになる。それに対して空間の広がりや自由性を高めるので、安全性の高い「場所としての図書館」では空間が狭いことが良いと解釈できる。ここで、残響時間は室容積と対応しているため、空間的な狭さを聴覚で表すためには、残響時間は短い必要がある。よって、安全性の高い「場所としての図書館」では残響時間が短いことが良いと考えられる。

しかしこれは本研究の結果と矛盾する。本研究の結果からは、短い残響下での周囲の会話音声はワーキングメモリへの負担が大きいことが示された。その上、ワーキングメモリへの負担が大きい音環境では不快さを伴うことも示された。よって、本研究の観点においては、会話音声のある空間で残響時間が短いと、安全性は確保されないという主張ができる。しかし、この主張は前述した「場所」性を高めるためには空間を狭く、つまり残響時間を短くすると良いという主張と矛盾する。

この矛盾を解消するための新たな仮説として、本研究の観点からは、「場所としての図書館」における残響とは「空間」の「広がり」ではなく「隔たり」を意味すると考える。「場所としての図書館」には幅広い利用者層がそれぞれに異なる目的を持って訪れることが望ましい。その利用者達が同一空間に共存するためには、個々に「場所」を割り当てなければいけない。このために必要なことは、図書館におけるエリア毎の役割を踏まえた適切なゾーニングである。音が頻繁に発生すると考えられる児童コーナー、受付やレファレンスカウンター等では、音を響かせて場の活性化を図ると良い。それに対して、静かに滞在する利用者が集うであろう閲覧コーナー等の周辺は、書架密度を上げたり吸音材を用いて音が響きづらい設計にすると良い。会話音声がある程度響いて明瞭度が下がった後に、残響時間の短い環境で音が吸収されて音圧レベルが下がれば、ざわざわして気になりづらい音になることが期待できる。

また、ゾーニングの際には図書館内で滞在する利用者の身体の向きにも注意したい。トゥアンは「空間のなかで[……]落ち着いていられるとは、[……]目標(ランドマーク)と

か基本方位といった、空間のなかの客観的な基準点が人間の身体の指向と座標とに適合している状態のことである」[16, pp.69-70]と主張している。身体から投影された空間は、前方と右方に偏向する。つまり、自己を中心とした空間座標平面において、前方と右方の空間がより重要度が高い。よって自分がいる場所と違う役割を持つエリアは後方或いは左方にあると落ち着きやすいことが期待できる。

以上より適切な残響とゾーニングによって、空間的な広がりの中に個々の安全性を確保する「場所」を形成できると考える。典型的な静かな図書館は、音が発生しないような限定した条件下では「場所」としての役割を果たしていたのかもしれない。しかし、音環境の多様性を認める空間においては、従来とは異なる音響設計の指針が必要である。今後、幅広い利用者の集う図書館では、「空間としての図書館」の中にそれぞれの利用者が快適に過ごせる、人それぞれの「場所としての図書館」が内包されることを望む。

8.5 「場所としての図書館」の建築設計に対する所感

所感としては、第8.4節(p.38)で述べた「場所としての図書館」を内包する「空間としての図書館」のイメージには、空間志向と場所志向の2種類があると考えられる。

1つ目の空間志向の図書館の例としては、本研究でも測定したTRC八千代中央図書館の他に、水戸市立見和図書館等が挙げられる。これらの図書館はワンフロアにオープンな設計をしており、できるだけエリア毎の隔たりをなくそうと努めているように感じる。この場合は、フロア面積を広くしたり、エリアの形や建築素材を変えたりすることによって、エリア毎の干渉を抑えている印象である。

もう1つの場所志向の図書館の例としては、武蔵野プレイスや、ボストン公共図書館等が挙げられる。これらの図書館はエリア毎のコンセプトが明確に分かれており、別のエリアに行くともまるで別の空間に来たように感じる。この場合は、フロアを分けたり別館と本館に分ける等してゾーニングを行っている印象である。

これら2つの特徴は双方にそれぞれの良さがあると考えられる。各図書館の音響特性と、その図書館に対する利用者の反応を深く分析することで、利用者が自分に合った図書館を選びやすくなることが期待できる。

第9章 まとめと今後の展望

9.1 まとめ

本研究では子どもの会話音声異なる図書館で響くことで、ワーキングメモリにどのような影響を与えるのか、またその音声に対する印象はどのように変化するのかを調査した。

その結果、無音条件はインパルス応答を畳み込んでいない刺激音条件よりワーキングメモリ容量が有意に増えた。また、同じ意味情報を持った会話音声でも八千代条件と無音条件の間ではワーキングメモリ容量に有意差は見られず、無加工条件よりは八千代条件のほうがスコアは高い傾向が見られた ($p = 0.0898$)。図情条件の場合は、無加工条件と似た結果が得られたが、八千代条件との間に有意差は見られず、無音条件よりスコアは低い傾向にあったものの、有意差までは見られなかった ($p = 0.0898$)。

快適に感じる音環境では、ワーキングメモリ容量が有意に増えたことより、自分の直感で知的活動を行う音環境を選ぶことは、結果的に作業効率の良い音環境を選ぶことに繋がる可能性が示唆された。

以上の結果を踏まえて、教室音響の分野で行われた先行研究の結果や、図書館における残響と「空間」や「場所」の役割の関係性を考察した。本研究では適切な残響とゾーニングによって、空間的な広がりの中に個々の安全性を確保する「場所」を形成できると考える。

9.2 振り返り

本研究における課題点は、学習効果を考慮した実験デザインである。刺激音の残響の違いによる条件の提示順をプログラムに任せていたために、ランダム化してはいたもののカウンターバランスは取っていなかった。オペレーションスパンテストはリーディングスパンテストよりも繰り返しテストすることによる学習効果が低く、再検査による成績の変動が小さい [32, 33] とは言え、学習効果を完全に無視できるものではないだろう。

9.2.1 今後の展望

残響以外の要因を考慮した調査

本研究では図書館の残響にのみ着目したが、学びに重要な要因は他にも多くある。より多様な建築のインパルス応答を用いて残響のバリエーションを増やしたり、音圧レベルの違いについても比較することで、より一般性のある音響設計とタスクパフォーマンスの関係性を調査できるだろう。さらに、光や視覚的なデザインなど、より複合的な要因に着目した研究も考えられる。

実験参加者の属性を考慮した調査

実験参加者の属性を考慮した上でデータ数を増やすことが挙げられる。本実験では刺激音の残響の違いによる条件分けの他、快適さや性別によっても群分けした。性別に関しては各群のデータ数が少ないため、信頼性の高い分析結果とは言えない。また、本実験でアンケート調査を行った際には、普段の勉強や作業では「賑やかな音環境より静かな音環境を好む」と答えた実験参加者が多数であった。賑やかな音環境を好む実験参加者を増やして同様に実験することで、好みの音環境とワーキングメモリの機能しやすさの関係性についてより詳細に分析できるだろう。

様々な図書館で音響特性の更なる調査

より多くの図書館で音響測定を行うことで、詳細な建築設計の分析が期待できる。実際に、「場所としての図書館」を目指すような図書館は多い印象を受ける。図書館にはそれぞれ建築の個性があるため、それらの音響特性が明らかになることを期待する。

謝辞

筑波大学の寺澤洋子先生には、学部4年次から博士前期課程2年次までの3年間を通して手厚いご指導を賜りました。深く感謝致します。筑波大学の平賀譲先生には学部4年次から博士前期課程2年次までの3年間を通して研究について多くの貴重なご意見を下さりましてありがとうございます。筑波大学の逸村裕先生には数々のご厚意によって研究を支援して頂きましたこと、深く感謝致します。

小野測器の石田康二さん、筑波大学の善甫啓一先生、東京芸術大学の丸井淳史先生、岡田新一設計事務所の柳瀬寛夫さん、愛知工業大学の中井孝幸さん、栗原研究室の川島宏さんにはご親切に研究について貴重なご指導を頂きました。厚くお礼申し上げます。

図書館での実験を快く承諾して下さった筑波大学附属図書館の職員の皆様、TRC八千代中央図書館の八木敏仁館長と職員の皆様には心よりお礼申し上げます。また実験の際にお手伝い頂きました筑波大学附属図書館の松野渉さん、寺澤洋子先生のご家族、測定機材を快く貸して下さった佐藤洋さんに感謝致します。子どもの会話音声の録音に快くご協力頂いた方々と、そのご家族の皆様に深く感謝致します。また、実験に協力して頂いた実験参加者の皆様にお礼を申し上げます。

湯野悠希さんには卒業後にも関わらず研究の相談に親身になって乗って頂きました。ありがとうございます。また、本研究室で様々なことにおいて気を使って頂きました中川稜介さん、若狭健太さん、小池栄美さん、池田周平さん、川島涼太さん、河合優理子さん、宮澤響さん、森山治紀さん、大中悠生さん、小島直さん、相馬翔太さん、初見佳那子さん、山本雄也さんにも日頃からお世話になりました。ありがとうございます。

学生生活を支えて下さった友人の方々に感謝致します。最後に、私の人生を支えて下さった家族に心より感謝致します。

参考文献

- [1] Pierre Salame and Alan D. Baddeley. Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Memory and Language*, Vol. 21, No. 2, pp. 150–164, 1982.
- [2] Charles J. Oswald, Sébastien Tremblay, and Dylan M. Jones. Disruption of comprehension by the meaning of irrelevant sound. *Memory*, Vol. 8, No. 5, pp. 345–350, 2000. PMID: 11045242.
- [3] 日本建築学会. 建築物の遮音性能基準と設計指針. 技報堂出版, 第2版, 1997.
- [4] Maria Klatte, Jürgen Hellbrück, Jochen Seidel, and Philip Leistner. Effects of classroom acoustics on performance and well-being in elementary school children: A field study. *Environment and Behavior*, Vol. 42, No. 5, pp. 659–692, 2010.
- [5] Roger. Persson, Jesper. Kristiansen, SÅyren. Lund, Hitomi. Shibuya, and Per. Nielsen. Classroom acoustics and hearing ability as determinants for perceived social climate and intentions to stay at work. *Noise and Health*, Vol. 15, No. 67, pp. 446–453, 2013.
- [6] Ravi Mehta, Rui Zhu, and Amar Cheema. Is noise always bad? exploring the effects of ambient noise on creative cognition. *Journal of Consumer Research*, Vol. 39, No. 4, pp. 784–799, 2012.
- [7] (財) 建築環境・省エネルギー機構. 建築と知的生産性—知恵を創造する建築. テツアドー出版, 第1版, 2010.
- [8] 吉野攝津子, 勘坂弘子, 本田泰大. 建築空間が知的生産性に与える影響度の評価手法. 大林組技術研究所報 大林組技術研究所 編, No. 74, pp. 1–6, 12 2010.
- [9] 吉田右子. デンマークのにぎやかな公共図書館: 平等・共有・セルフヘルプを実現する場所. 新評論, 2010.
- [10] 植松貞夫, 富江伸治, 柳瀬寛夫, 川島宏, 中井孝幸. よい図書館施設をつくる. JLA 図書館実践シリーズ. 日本図書館協会, 2010.
- [11] 文部科学省. これからの図書館サービスの在り方.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shougai/tosho/giron/05080301/001/003.htm2018年12月13日に閲覧.
- [12] 石田康二. 「空間の音」から「場所の音」へ その1. 建築音響研究会資料, No. 1, 2015.
- [13] Jian Kang and Zhen Du. Sound field and acoustic comfort in library reading rooms. *Proceedings of the 10th International Congress on Sound and Vibration*, pp. 4779–4786, 01 2003.

- [14] Benjamin Markham. A survey of the acoustical quality of seventeen libraries at Princeton University. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 114, No. 4, pp. 2316–2316, 2003.
- [15] 加藤修子. 図書館の音環境とサウンドスケープ：図書館のサウンドスケープ・デザインをめざし (サウンドスケープ：アート情報の世界をひらく). *Booklet*, Vol. 2, pp. 10–34, 1997.
- [16] Yi-Fu Tuan. 空間の経験—身体から都市へ. trans. 山本浩. ちくま学芸文庫. 筑摩書房, 1993.
- [17] 前川純一, 森本政之, 阪上公博. 建築・環境音響学. 共立出版, 2011.
- [18] 大賀寿郎, 山崎芳男, 金田豊. 音響システムとデジタル処理. 電子情報通信学会, 1995.
- [19] 鈴木陽一. 時間引き伸ばしパルス設計法に関する考察. 信学技報, Vol. 92, pp. 17–24, 1992.
- [20] 建築環境工学. 初学者の建築講座 / 大野隆司監修. 市ヶ谷出版社, 第2版, 2011.
- [21] 苧阪満里子. 脳のメモ帳ワーキングメモリ. 新曜社, 2002.
- [22] Alan D. Baddeley. Working memory, 1986.
- [23] 三宅晶. 認知心理学〈2〉記憶, 第4章 短期記憶と作動記憶. 東京大学出版会, 1995.
- [24] Alan D. Baddeley and Graham Hitch. Working memory. Vol. 8 of *Psychology of Learning and Motivation*, pp. 47–89. Academic Press, 1974.
- [25] Meredyth Daneman and Patricia A Carpenter. Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, Vol. 19, No. 4, pp. 450–466, 1980.
- [26] Robbie Case, D. Midian Kurland, and Jill Goldberg. Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of experimental child psychology*, Vol. 33, No. 3, pp. 386–404, 1982.
- [27] Priti Shah and Akira Miyake. The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of experimental psychology: General*, Vol. 125, No. 1, pp. 4–27, 1996.
- [28] Marilyn L. Turner and Randall W. Engle. Is working memory capacity task dependent? *Journal of memory and language*, Vol. 28, No. 2, pp. 127–154, 1989.
- [29] 苧阪満里子, 苧阪直行. 読みとワーキングメモリ容量. 心理学研究, Vol. 65, No. 5, pp. 339–345, 1994.
- [30] 小林晃洋, 大久保街亜. 日本語版オペレーションスパンテストによるワーキングメモリの測定. 心理学研究, Vol. 85, No. 1, pp. 60–68, 2014.
- [31] Randall W. Engle, Stephen W. Tuholski, James E. Laughlin, and Andrew R.A. Conway. Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of experimental psychology: General*, Vol. 128, No. 3, pp. 309–331, 1999.

- [32] Nash Unsworth, Richard P. Heitz, Josef C. Schrock, and Randall W. Engle. An automated version of the operation span task. *Behavior research methods*, Vol. 37, No. 3, pp. 498–505, 2005.
- [33] Gloria S. Waters and David Caplan. The capacity theory of sentence comprehension: critique of just and carpenter (1992). *Psychological review*, Vol. 103, No. 4, pp. 761–72, 1996.
- [34] Robert T. Durette. Operation span task’s susceptibility to math anxiety : Support from fluid intelligence. *UNLV Theses, Dissertations, Professional Papers, and Capstones*, Vol. 1002, , 2011.
- [35] Randall W. Engle, John K. Nations, and Judy Cantor. Is “working memory capacity” just another name for word knowledge? *Journal of Educational Psychology*, Vol. 82, No. 4, pp. 799–804, 1990.
- [36] Nelson Cowan. *Working Memory Capacity: Classic Edition*. Routledge, 第 1 版, 2016.
- [37] Staffan Hygge, Eva Boman, and Ingela Enmarker. The effects of road traffic noise and meaningful irrelevant speech on different memory systems. *Scandinavian Journal of Psychology*, Vol. 44, No. 1, pp. 13–21, 2003.
- [38] John D. Bransford and Jeffery J. Franks. The abstraction of linguistic ideas. *Cognitive psychology*, Vol. 2, No. 4, pp. 331–350, 1971.
- [39] ITU 2008. Bs.1770 : Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level. https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1770/_page. 2018 年 12 月 14 日に閲覧.
- [40] 岡本幹彦, 松永英一. ラウドネス測定法を用いたテレビ番組の音声レベル管理. 映像情報メディア学会誌, Vol. 66, No. 11, pp. 913–919, 2012.
- [41] TRC 八千代中央図書館・オーエンス八千代市民ギャラリー. 施設案内. <http://yachiyo-library-gallery.jp/library/> 2019 年 2 月 6 日に閲覧.
- [42] VICTOR ENTERTAINMENT. KooNe[クーネ] -Space Sound Design Solution-. <http://www.koone.jp> 2019 年 2 月 6 日に閲覧.
- [43] 株式会社永田音響設計. プロジェクト. <http://www.nagata.co.jp/sakuhin/index.html> 2018 年 12 月 20 日に閲覧.
- [44] Andrew P. Smith. The effects of different types of noise on semantic processing and syntactic reasoning. *Acta Psychologica*, Vol. 58, No. 3, pp. 263–273, 1985.

付録 A 分析結果

表 A.1: Ospan Total Correct の多重比較結果

	八千代	無音	無加工
無音	0.2906	-	-
無加工	0.0898†	0.0059**	-
図情	0.3710	0.0898†	0.4344

表 A.2: Ospan Absolute Score の多重比較結果

	八千代	無音	無加工
無音	0.77	-	-
無加工	0.52	0.52	-
図情	0.76	0.77	0.76

表 A.3: Math Total Errors の多重比較結果

	八千代	無音	無加工
無音	0.93	-	-
無加工	0.93	0.93	-
図情	0.93	0.93	0.93

シェッフェの方法による線形比較

1: 不快, 2: どちらでもない, 3: 快適 data: 1 and 2 $\theta = -3.70000$, $V(\theta) = 0.65794$, $F = 10.40400$, $df1 = 2$, $df2 = 77$, $p\text{-value} = 0.0001001$ 95 percent confidence interval: -5.724712 -1.675288

data: 1 and 3 $\theta = -6.17000$, $V(\theta) = 0.79654$, $F = 23.89600$, $df1 = 2$, $df2 = 77$, $p\text{-value} = 8.445e-09$ 95 percent confidence interval: -8.397785 -3.942215

data: 2 and 3 $\theta = -2.47000$, $V(\theta) = 0.78539$, $F = 3.88400$, $df1 = 2$, $df2 = 77$, $p\text{-value} = 0.02472$ 90 percent confidence interval: -4.4005936 -0.5394064

表 A.4: Math Accuracy Errors の多重比較結果

	八千代	無音	無加工
無音	0.93	-	-
無加工	0.93	0.93	-
図情	0.93	0.93	0.93

表 A.5: Math Speed Errors の多重比較結果

	八千代	無音	無加工
無音	1.00	-	-
無加工	0.13	0.25	-
図情	0.27	0.47	0.47

表 A.6: 平均計算時間の多重比較結果

	八千代	無音	無加工
無音	0.891	-	-
無加工	0.169	0.124	-
図情	0.054†	0.124	0.838

表 A.7: 実験参加者が感じる快適さ要因と Ospan Total Correct の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
快適さ	1	480	480.2	4.993	0.0283*
被験者 ID	1	10	10.2	0.106	0.7453
Residuals	77	7405	96.2		

表 A.8: 実験参加者が感じる快適さ要因と Ospan Absolute Score の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
快適さ	1	119	119.26	0.877	0.352
被験者 ID	1	7	6.58	0.048	0.826
Residuals	77	10468	135.95		

表 A.9: 実験参加者が感じる快適さ要因と Math Total Errors の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
快適さ	1	15.1	15.148	3.203	0.0774.
被験者 ID	1	5.1	5.080	1.074	0.3033
Residuals	77	364.2	4.729		

表 A.10: 実験参加者が感じる快適さ要因と Math Accuracy Errors の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
快適さ	1	6.7	6.659	1.563	0.2150
被験者 ID	1	14.8	14.791	3.472	0.0662.
Residuals	77	328.0	4.260		

表 A.11: 実験参加者が感じる快適さ要因と Math Speed Errors の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
快適さ	1	1.72	1.720	1.186	0.28
被験者 ID	1	2.53	2.534	1.747	0.19
Residuals	77	111.70	1.451		

表 A.12: 実験参加者が感じる快適さ要因と Math Total Mean Time の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
快適さ	1	689370	119.26	0.877	0.352
被験者 ID	1	3573540	3573540	5.255	0.0246 *
Residuals	77	52359039	679988		

表 A.13: 実験参加者の音に阻害されやすさの自覚要因と Ospan Total Correct の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
阻害されやすさ	1	1	1.19	0.012	0.915
被験者 ID	1	1	1.25	0.012	0.912
Residuals	77	7892	102.50		

表 A.14: 実験参加者の音に阻害されやすさの自覚要因と Ospan Absolute Score の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
阻害されやすさ	1	2	1.70	0.012	0.912
被験者 ID	1	2	2.43	0.018	0.894
Residuals	77	10590	137.53		

表 A.15: 実験参加者の音に阻害されやすさの自覚要因と Math Total Errors の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
阻害されやすさ	1	15.7	15.733	3.324	0.0722 .
被験者 ID	1	4.2	4.195	0.886	0.3495
Residuals	77	364.5	4.733		

表 A.16: 実験参加者の音に阻害されやすさの自覚要因と Math Accuracy Errors の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
阻害されやすさ	1	4.6	4.606	1.070	0.3041
被験者 ID	1	13.5	13.536	3.146	0.0801 .
Residuals	77	331.3	4.303		

表 A.17: 実験参加者の音に阻害されやすさの自覚要因と Math Speed Errors の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
阻害されやすさ	1	3.31	3.314	2.320	0.132
被験者 ID	1	2.66	2.660	1.863	0.176
Residuals	77	109.98	1.428		

表 A.18: 実験参加者の音に阻害されやすさの自覚要因と Math Total Mean Time の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
阻害されやすさ	1	5319066	5319066	8.561	0.00451 **
被験者 ID	1	3459841	3459841	5.568	0.02082 *
Residuals	77	47843043	621338		

表 A.19: 実験参加者の性別要因を加えた Ospan Total Correct の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
音条件	3	48	16.0	0.163	0.9209
性別	1	450	449.6	4.583	0.0361*
音条件:性別	3	81	27.1	0.277	0.8421
Residuals	64	6279	98.1		

表 A.20: 実験参加者の性別要因を加えた Math Total Errors の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
音条件	3	3.4	1.146	0.206	0.892
性別	1	2.0	2.014	0.362	0.549
音条件:性別	3	6.9	2.303	0.414	0.743
Residuals	64	355.6	5.556		

表 A.21: 実験参加者の性別要因を加えた Math Accuracy Errors の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
音条件	3	13.03	4.345	0.892	0.450
性別	1	0.00	0.001	0.000	0.989
音条件:性別	3	3.35	1.118	0.230	0.875
Residuals	64	311.56	4.868		

表 A.22: 実験参加者の性別要因を加えた Math Speed Errors の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
音条件	3	6.09	2.032	1.398	0.252
性別	1	2.10	2.100	1.445	0.234
音条件:性別	3	5.17	1.723	1.185	0.322
Residuals	64	93.03	1.454		

表 A.23: 実験参加者の性別要因を加えた Math Total Mean Time の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
音条件	3	40981	13660	0.017	0.997
性別	1	1992523	1992523	2.531	0.117
音条件:性別	3	12933	4311	0.005	0.999
Residuals	64	50385999	787281		

表 A.24: 実験参加者の性別要因を加えた Ospan Absolute Score の分散分析結果

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
音条件	3	212	70.8	0.568	0.63783
性別	1	1639	1638.6	13.154	0.00057***
音条件:性別	3	91	30.3	0.243	0.86612
Residuals	64	7973	124.6		

付録B 参加同意書

同意書（成年者用）

添付資料 2

「図書館の音響設計の違いによる作業効率と印象の比較検討」

実験同意書

研究の目的・方法

本研究では、異なる音環境下での作業効率と印象の違いを調査することを目的としています。実験では、複数のタスクと無関係の音環境下で、暗算をしながらアルファベットを覚えるタスクを行っていただきます。本実験では、タスクの正誤データとレスポンスタイムが記録・保存されます。

個人情報とデータの取り扱いについて

個人情報は厳重に管理し、プライバシー保護には十分配慮いたします。本実験で得られたデータは個人が特定できない形で分析に用います。データは研究を終了した時点から10年間を目処に保管し、その後、安全な形で破棄いたします。学会・論文等で発表する場合、実験データは統計的な処理を施し、個人が特定できない形で用います。

危険性・健康に与える影響について

本実験は安全に十分配慮して行います。実験中、体調が悪くなった等、実験継続が困難な場合は実験を中断して構いません。また、実験中はいつでも休憩を取ることができます。実験の内容や方法についてご不明な点があれば、遠慮なく担当者にお声がけください。

実験参加者の権利について

本実験への参加は自由意志です。また、一度同意した後でも同意を取り消すことが可能であり、それによる不利益はありません。

研究者、および問い合わせ先について

本研究に関してのご質問や、本研究に関連して何らかの問題が生じた際のお問い合わせは、下記の研究責任者までご連絡ください。



同意書

私は、研究課題「図書館の音響設計の違いによる作業効率と印象の比較検討」に関し、研究の目的、研究の内容・方法、プライバシーの保護、身体面、精神面等への配慮、不利益及び危険性に対する配慮、同意しない自由の保障等について説明文書に基づき十分な説明を受け、その内容を十分に理解し納得しましたので、私の自由意志により本研究の被験者となることに同意します。

ただし説明にもあった通り、この同意は一切の不利益を受けることなくいつでも撤回できるものであることを確認します。

平成____年____月____日

所属・職又は学年 _____

連絡先電話番号又は E-mail _____

被験者署名 _____

実験担当者： 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科博士前期課程 2 年 社本和磨
研究責任者： 筑波大学図書館情報メディア系 助教 寺澤洋子

付録C アンケート

アンケート用紙

添付資料 1

事前アンケート

音響設計の違いによる作業効率と印象の比較検討についての研究に参加いただきありがとうございます。
どうぞございます。

以下の設問にご回答いただきますようお願いいたします。本実験におけるアンケートの回答の内容については、厳重な管理を行い、研究目的以外には一切使用しません。

1. ご自身の情報（任意）

- ・性別：（ 男性 ・ 女性 ）
- ・年齢：

2. 普段の勉強・作業について

2. 1 あなたは普段勉強や作業をするとき、賑やかな空間（カフェなど）と、静かな空間（図書館など）のどちらを好みますか。
（ 賑やかな空間 ・ 静かな空間 ・ どちらとも言えない ）
2. 2 普段から作業中、音で気が散りやすいですか。（ はい ・ いいえ ）
2. 3 作業する内容によって環境を変えることがありますか。（ はい ・ いいえ ）
「はい」と答えた場合、どのように区別しているのか自由に記述してください。

[]

2. 4 あなたにとっての勉強や作業に適した環境はどのような音環境ですか。
また、その環境のどのようなところが良いですか。

[]

次のページに続きます

1

3. 図書館の利用について

3.1 現在日常生活で図書館に行くことはありますか。ある場合は、以下の質問に回答してください。

どのくらいの頻度で行くのか（一ヶ月○日ぐらい、など）

[]

どのような用途で行くのか（読書、暇なとき、勉強、など）

[]

3.2 よく使う図書館はどこですか？

[]

3.3 その図書館に行く理由は何ですか？（家から最寄りだから、欲しい本が見つかりやすいから、落ち着く空間だから、等）

[]

ご協力ありがとうございます。

ページをめくって、練習に進んでください。

事後アンケート

お疲れ様でした。実験終了後のアンケートにご協力をお願いします。

1. 音環境によってタスクの難しさやストレスは違いましたか？（ はい ・ いいえ ）
2. 「はい」と答えた場合、どのように違ったか具体的に記述してください。

--	--

3. 実験，刺激音，その他について，感想や意見を自由に記述してください。

--	--

アンケートは以上です。
ありがとうございました。