

複数のオフィスにおける音環境実態調査

執務室と会議室を対象とした物理量測定およびアンケート調査

SURVEY OF ACTUAL SOUND ENVIRONMENTS IN MULTIPLE OFFICES

Measurements and user survey in workspaces and meeting rooms

木村 太紀^{*1}, 土屋 裕造^{*2}, 佐脇 真平^{*1}
KIMURA Taiki, TUCHIYA Yuzo and SAWAKI Simpei

This study aims to assess the actual conditions of office sound environments—an important factor for improving employee well-being in corporations—and to clarify the relationship between these conditions and occupant evaluations of the environments. To this end, physical measurements and questionnaire surveys targeted at users were conducted in workspaces and meeting rooms of multiple offices. It was found that, in workspaces, the higher the 95% time-rate noise level (L_{A95}), which represents ambient and HVAC noise, the more occupants perceived the environment as “loud.” Regarding room acoustics, spaces with tile carpet floors and mineral wool acoustic ceilings had shorter reverberation times, and few users reported negative evaluations about speech intelligibility. However, no clear correlation was found between physical quantities, such as noise levels or reverberation times, and subjective evaluations, such as perception of others’ sound or speech intelligibility. For meeting rooms, though sound insulation performance ranged from D-20 to D-35, few users gave negative feedback regarding the level of incoming sound. While the physical measurements indicated favorable room acoustics in all the meeting rooms, the questionnaire results showed a higher percentage of negative feedback regarding speech intelligibility than in the workspaces. For both workspaces and meeting rooms, it is concluded that more extensive and detailed research is necessary to establish a clear correlation between survey results and physical measurements.

Keywords : Office, Conference rooms, Sound environment, Questionnaire survey
 オフィス, 会議室, 音環境, アンケート調査

1. はじめに

近年、企業は生産性向上や離職率の低下に向けて、従業員が健康で働きがいを実感できる環境、いわゆるウェルビーイングを実現したオフィス環境の整備に取り組むことが求められている。そのために様々な認証、評価が行われており、それらの項目として、温熱環境や光環境と並び音環境も重要な要素の一つとして挙げられる。

オフィスの音環境に関する先行研究としては、小林ら¹⁾が騒音レベルの実測と既往研究との比較により、オフィス内の騒音レベルおよび騒音発生源の経年変化を検討し、時代背景や働き方との関連について考察している。また、佐藤ら²⁾は執務者の役職の違いに着目して、オフィスの音環境評価における判断要因に関する検討を行っている。会議のしやすさという観点では、辻村ら³⁾は会議内容と暗騒音レベルに着目して実験を行い、アイディアを出す会議では一定程度の暗騒音があるほうが、会話がしやすいことを示唆している。

一方で、複数のオフィスを対象とした音環境の実測調査や、物理量とオフィス利用者の評価との対応を検討した事例は少ない。そこで本研究では、オフィス音環境の実態を把握し、利用者の評価を明らかにすることを目的に、複数のオフィスを対象として音環境の物理量測定と

アンケート調査を実施した。執務室については、騒音レベルと室内音響性能を、会議室については、遮音性能と室内音響性能を示し、騒音の大きさや音声の聞き取りやすさ等についてのアンケート調査結果との対応について考察した。

表1 オフィス（執務室）の諸元

A	4～8F 図1a) 37.4m×18.4m×3.84mH 面積685m ² 内装 天井：直天井（デッキ表し） 鉄骨に耐火被覆 定員各100名
9F	10.3m×10.2m×2.8mH 面積105m ² 内装 天井：岩綿吸音板 定員 25名
B	13F,16F 45m×22.1m×2.8mH 面積995m ² 内装 天井：システム天井（岩綿吸音板） 定員各150名
C	図1c) 2.6mH 面積660m ² 内装 天井：岩綿吸音板 定員 100名
D	図1d) 2.5mH 面積585m ² 内装 天井：岩綿吸音板 定員 65名
E	42m×15.9m×2.6mH 面積585m ² 内装 天井：岩綿吸音板 定員 65名
F	8.3m×21.3m×2.5mH 面積175m ² 内装 天井：岩綿吸音板 定員 25名
G	12m×18.8m×2.7mH 面積225m ² 内装 天井：岩綿吸音板 定員 20名

* 1 戸田建設(株)技術研究所 修士（工学）

* 2 戸田建設(株)技術研究所

Technology Research Institute,TODA CORPORATION, M.Eng.
 Technology Research Institute,TODA CORPORATION

2. オフィス執務室を対象とした検討

2.1 調査対象

調査対象とした7つのオフィスの執務室の諸元を表1に示す。すべての執務室がオープンプランで、オフィスAとBについては複数階を対象としている。内装の仕様は、天井以外は共通で、壁は石こうボードクロス張り、床はOAフロア上にタイルカーペットとなっている。調査期間中の在席人数については、日によって変動があるものの、いずれのオフィスも平均して定員の6割から7割程度であった。

各オフィスの平面形状を図1に示す。オフィスB, E, F, Gは概ね矩形であり、オフィスA, C, Dについては図1に示す形状である。また、オフィスAの4階の一部分と、オフィスFのみ、BGMがかけられていた。

2.2 物理量測定

(1) 騒音レベル

精密騒音計を用いて、勤務時間である平日8:30～17:30を対象に、5分毎の5%時間率騒音レベル L_{A5} 、等価騒音レベル L_{Aeq} 、95%時間率騒音レベル L_{A95} をそれぞれ測定した。測定点は執務室の中央からやや外れた位置の机近傍に1点設け、高さはFL+2mとした。測定期間は、夏季（2024年8月下旬）の1週間とした。

測定した各オフィスの5分毎の L_{A5} , L_{Aeq} , L_{A95} について、算術平均値、最小値、最大値を図2に示す。 L_{A5} の平均値は55dB前後、 L_{Aeq} の平均値は50dB前後で、いずれもオフィスごとのばらつきは小さい。 L_{A5} , L_{Aeq} それぞれの最大値と最小値の差が大きい要因として、話し声や人の活動による発生音の時間変動が大きいことが考えられる。一方で、環境音や空調騒音を表している L_{A95} は最大値と最小値の差が小さく、平均値は39～51dBと各オフィスでばらついている。

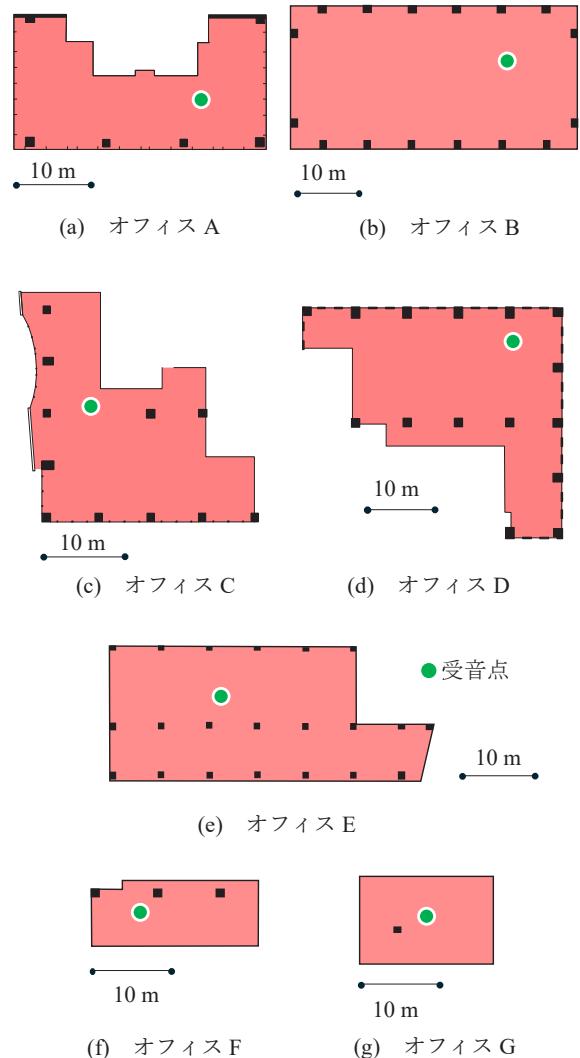


図1 執務室の平面略図

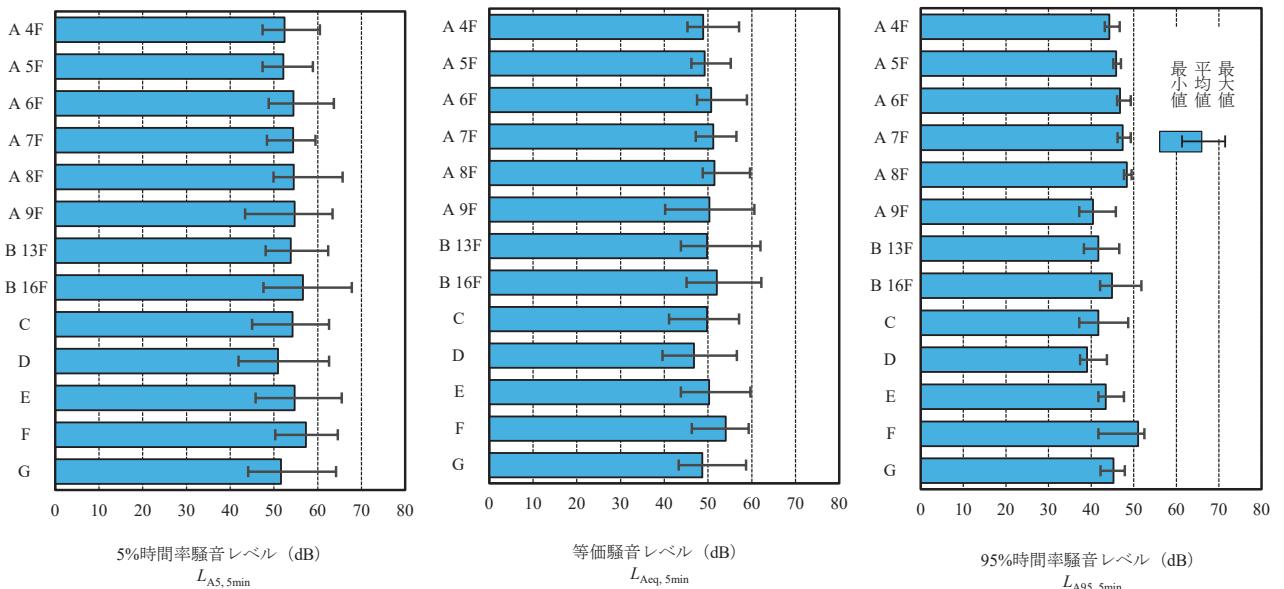


図2 執務室の騒音レベル

(2) 室内音響性能

各オフィスについて、12面体スピーカーを用いてインパルス応答を測定し、残響時間および音声明瞭度(STI)を求めた。測定室はいずれも什器が置かれており、無人の状態であった。なお受音位置は、各階FL+1.2mを基準に、直接音がPCモニタ等で遮られない高さに調整した。

各オフィスにおける残響時間を図3に示す。いずれのオフィスも残響時間は短く、適度に吸音されていることがわかる。周波数特性に着目すると、オフィスAとBでは高音域での残響時間が長くなる傾向にある。オフィスAは9階を除き直天井であり、オフィスBも他と比べ天井が若干高いことから、天井反射音の影響が小さくなり、壁によるフラッターエコーヤ二次元的な多重反射の影響が相対的に強まった可能性がある。高域におけるばらつきも各階のレイアウトの違いで多重反射の程度に差が生じた影響と考えられる。また、直天井であるオフィスAの4, 6, 8階と天井ボードに岩綿吸音板を使用した9階や他のオフィスについて、低域の残響時間を比較すると、大きな差は見られない。これについては、直天井の室における鉄骨の耐火被覆と岩綿吸音板が、同程度の吸音要素となっていることが推察される。

オフィスC～Gは比較的フラットな周波数特性を示していることから、天井が低いオフィスでは壁による多重反射の影響が少なく、拡散状態に近い音場が形成されていると考えられる。特にオフィスCは外壁が斜めになつておらず平行面が少ないことが、オフィスE, Fは室中央

に柱型があることが、拡散に寄与していると予想される。

各オフィスにおける距離別のSTI測定結果を図4に示す。どのオフィスにおいても高い数値を示している中で、オフィスFのSTIがやや低い。面積が比較的狭いオフィスFでは測定点を壁や柱の近くに設けざるを得ず、それによる一次反射音の影響が強く表れた可能性がある。

2.3 アンケート調査

(1) 調査方法

各オフィスの勤務者を対象にアンケート調査を測定期間中に実施した。アンケートは温熱、光環境を含むオフィス環境に関する一連の質問の中の項目に位置付けられ、着席位置における各質問の回答を選択肢の中から選択する形式とした。表2に提示した質問と選択肢を示す。

(2) 調査結果

図5にアンケートのオフィス別、階別の集計結果を示す。アンケートの有効回答率は約60%であった。

質問1について、環境音の大きさが「非常に大きい」、「大きい」、「やや大きい」と回答した人の割合(以降、「ネガティブな回答の割合」と呼ぶ)に着目すると、約5～45%となっており、各オフィス、各階でばらつきがみられる。

同様に、質問2の他者の発する自分に不要な音の感じ方についても、「じやまにならない」と回答した人以外の割合(ネガティブな回答の割合)は、約40～80%となっており、各オフィス、各階でばらつきがみられる。

質問3のプライバシーに関する質問では、「非常に不

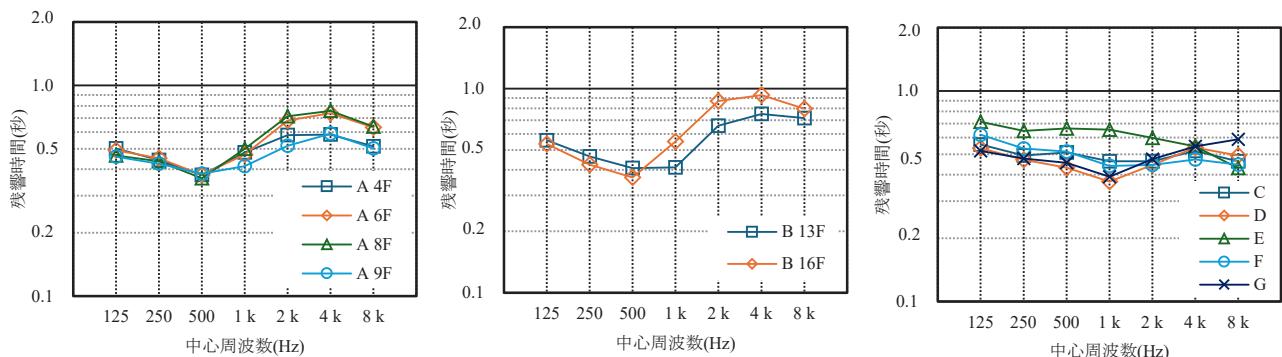


図3 執務室の残響時間

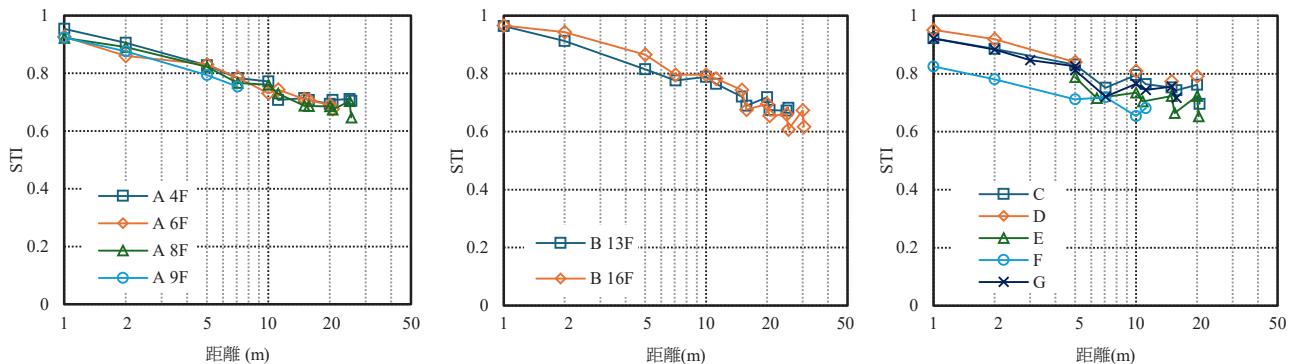


図4 執務室のSTI

安を感じる」、「不安を感じる」、「やや不安を感じる」と回答した人の割合（ネガティブな回答の割合）は、いずれのオフィスも50%前後となっていた。

質問4については、どのオフィスにおいても70~90%程度が「聞き取りにくくはない」と回答しており、顕著な残響過多や音響障害が発生していなかったことを示唆している。一方で「非常に聞き取りにくい」、「聞き取りにくい」、「やや聞き取りにくい」と回答した人の割合（ネガティブな回答の割合）に着目すると、内装や容積が類似したオフィスにおいても一定程度のばらつきが生じていることがわかる。例えばオフィスBはいずれの階も平面と内装が概ね同一であるが13階のネガティブな回答の割合が16階よりも小さい。

2.4 物理量とアンケート結果の比較

(1) 騒音の大きさに関する検討

本項では、騒音レベルと質問1から質問3のアンケート結果の関連性に着目して検討を行う。まず、各オフィスの L_{A95} の平均値と、質問1のネガティブな回答の割合についての対応を調べた。図6(a)に散布図と回帰直線を示す。相関係数は0.87となり、 L_{A95} が大きくなるほど、環境音が大きいと感じる人が多くなる傾向が確認された。

続いて、 L_{A5} の平均値と質問2のネガティブな回答の割合についての対応を調べた。図6(b)に散布図と回帰直線を示す。相関係数は0.19であり、他者の発する自分に不要な音の大きさの感じ方と、 L_{A5} の相関関係はみられなかった。

最後に、 L_{A95} の平均値と質問3のネガティブな回答の割合の相関を調べた。図6(c)に散布図と回帰直線を示す。相関係数は-0.17であり、環境音の大きさと、自分の発する音に対する不安感についての相関関係はみられなかった。

表2 アンケートの質問と選択肢（執務室）

		現在の着席位置の環境について、当てはまる選択肢を一つ選択してください。
質問1		オフィスの環境音の大きさ（背景音、空調機の音などを指します。人の話し声や他人の作業の音は除きます）はどう感じますか。 選択肢：非常に大きい 大きい やや大きい どちらでもない やや小さい 小さい 非常に小さい
		他者の発する自分に不要な音（自分に関係のない話声、他人の作業音など）はどう感じますか。 選択肢：非常にじやまになる じやまになる ややじやまになる じやまにならない
質問3		自分の発する音（自分の話声、作業の音、生理的な音など）が、他者に聞かれているのではないかと不安を感じることはありますか。 選択肢：非常に不安を感じる 不安を感じる やや不安を感じる 不安を感じない
		オフィス執務室内での音声（会話やアナウンス、自分に必要な音など）の聞き取りやすさはいかがですか。 選択肢：非常に聞き取りにくい 聞き取りにくい やや聞き取りにくい 聞き取りにくくはない
質問4		

なかつた。質問2、質問3に対応する物理量については、今後更なる分析、調査が必要と考える。

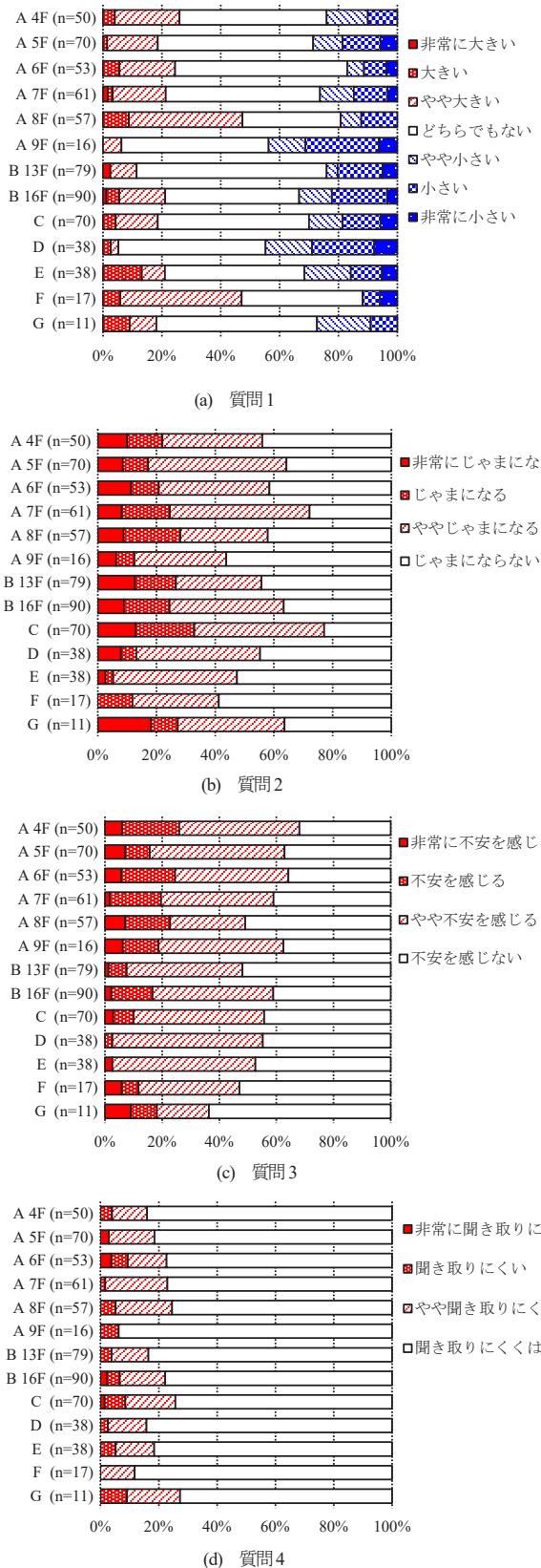


図5 アンケート調査結果（執務室）

(2) 音声の聞き取りやすさに関する検討

本項では、騒音レベルに加え室内音響性能も含めた物理量と、質問4のアンケート結果の関連性に着目して検討を行う。

アンケート調査の結果と物理量との対応を詳しく調べるために、ネガティブな回答の割合と各物理量の対応をオフィス別にプロットしたものが図7である。比較に用いたのはオフィスAの4, 6, 8, 9階、オフィスBの13, 16階、オフィスC～Gの計11のオフィスであり、各オフィスが1つの円に対応している。円の面積はアンケート回答数を表している。

物理量には125Hz, 500Hz, 2kHz帯域の残響時間および距離5mにおけるSTI、等価騒音レベル、95%時間率騒音レベルの平均値を用いる。

いずれの物理量もアンケートの結果との明確な対応が見られず、有意な回帰式も得られなかった。このことからオフィスにおける音声の聞き取りやすさについて以下の可能性が考えられる：

- ①調査対象のオフィスがいずれも一定程度吸音された部屋であったためアンケート結果に大きな差が生じなかつた
- ②音声の聞き取りやすさは局所的な音の伝搬特性に依存し、室全体の物理量では代表できない

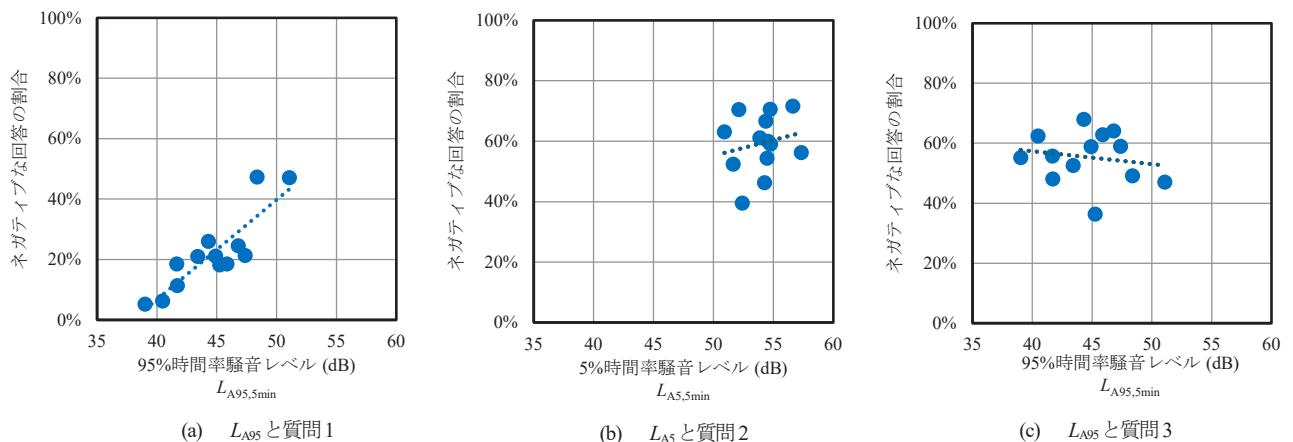


図6 騒音レベルと質問1～3に対するネガティブな回答の割合の対応（執務室）

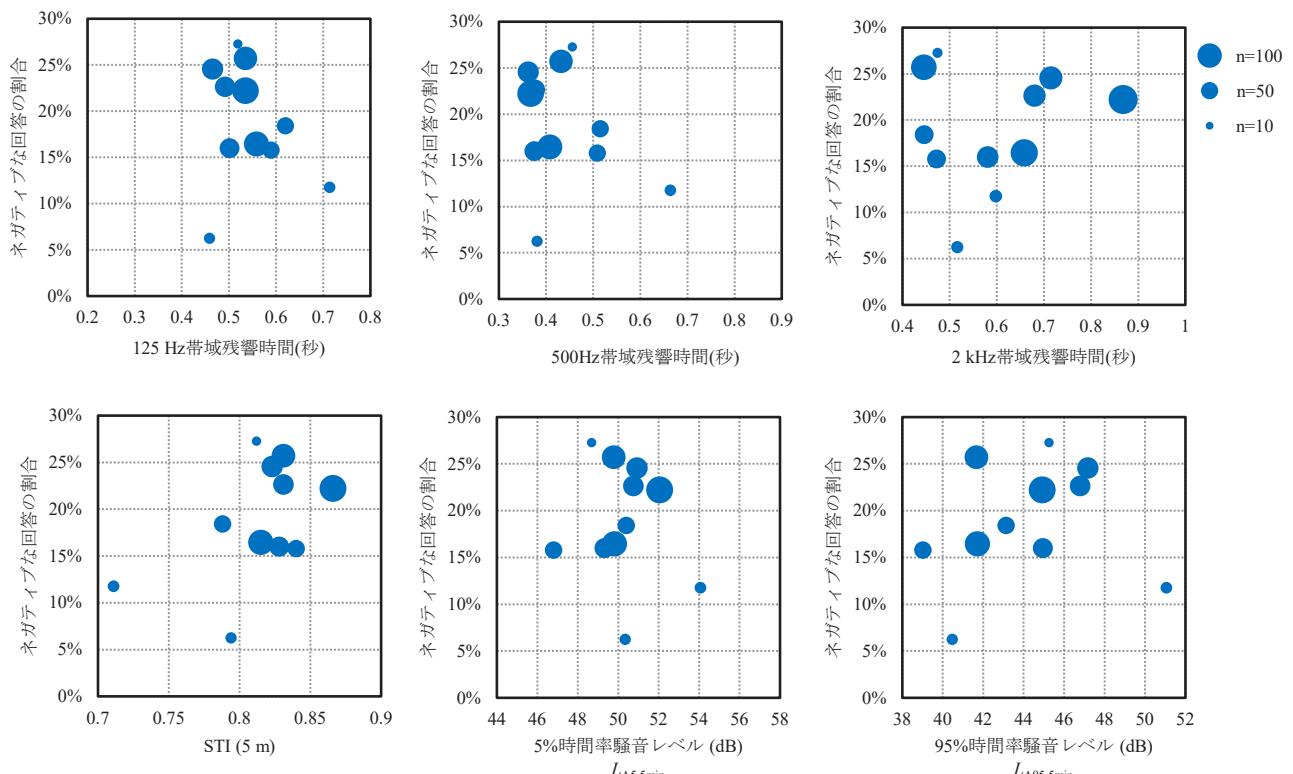


図7 各物理量と質問4のネガティブな回答の割合の比較（執務室）

③複数の音響的な要素が複合的に影響している
 ④個人差や音環境以外の要因の影響を受けている
 以上いずれの場合においても、物理量と主観評価の対応を調べるには広範な調査を継続して行う必要があると思われる。

3. 会議室を対象とした検討

3.1 調査対象

調査対象は、前章のオフィス A～D と F における床面積が約 10m^2 ～ 60m^2 の会議室とした。いずれのオフィスの会議室も利用者は同一テナントである。物理量測定については、各オフィスにつき面積や室形状が異なる 3～5 室の会議室を対象とした。会議室の諸元を表 3 に示す。各オフィスの会議室は数字で区別し、例えば会議室 A1 は、オフィス A の会議室 1 を示している。

各会議室の仕様は、いずれも床は OA フロア上にタイルカーペット、天井は岩綿吸音板となっている。間仕切壁は、スチールパーテーション、ガラスパーテーション、乾式二重壁や移動間仕切壁等であり各会議室で異なるが、間仕切壁の範囲はいずれの会議室も OA フロアから天井までとなっている。

平面形状については、B4 と F2 を除いて矩形である。B4 は、正六角形となっており、6 つの壁面のうち 1 面は他の会議室と接しており、残りの面は廊下に接している。F2 は壁面の一部が曲面となっている。

3.2 物理量測定

(1) 遮音性能

会議室間については、室間平均音圧レベル差を、会議室と会議室以外の空間（廊下やオープンスペース等）については特定場所間音圧レベル差を実測により算出し、いずれも日本建築学会の遮音等級基準曲線⁴⁾により D_r 値を求めた。一例としてオフィス C について、図 8 に測定経路および測定結果を示す。

続いて会議室間の測定経路と会議室と会議室以外の空間の測定経路、それぞれについて、 D_r 値を集計し、オフィスごとに整理したものを、表 4(a), (b) にそれぞれ示す。前者は D_r-25 から D_r-35 、後者は、 D_r-20 から D_r-30-I に分布していた。

(2) 室内音響性能

執務室と同様の方法で、残響時間および音声明瞭度 STI を求めた。測定時はすべての会議室に什器が設置されており、無人の状態であった。

まず、各会議室の残響時間をオフィスごとに図 9 に示す。大半の会議室の残響時間が 1 秒以内であった。面積が同程度の会議室の周波数特性が異なる要因として、柱型による室形状の違いや家具の配置の違いが挙げられる。

さらに、測定距離 2m における STI をオフィスごとに図 10 に示す。いずれの会議室の STI も、0.7～0.8 となり良好な結果となっている中で、B4 と F3 の STI は 0.7 となっている。B4 については、室形状が正六角形であるた

表 3 会議室の諸元

オフィス名	会議室名	床面積 (m^2)	定員 (人)
A	1	16	6
	2	21	8
	3	28	12
	4	42	18
	5	59	24
B	1	45	16
	2	25	10
	3	15	8
C	4	38	16
	1	30	14
	2	29	12
D	3	14	8
	1	12	6
	2	17	8
	3	12	6
F	4	49	15
	1	41	15
	2	10	4
	3	9	6

表 4 会議室の遮音性能

(a) 会議室間の測定経路

オフィス	D_r-20	D_r-25	$D_r-30-II$	D_r-30-I	D_r-30	D_r-35
A		2			5	4
B					3	
C		1			1	
D				1	1	1
F		1		1		

(b) 会議室と会議室以外の空間の測定経路

オフィス	D_r-20	D_r-25	$D_r-30-II$	D_r-30-I	D_r-30	D_r-35
A		2	1	1		
B		2	1	1		
C	1	1		1		
D		1				
F	2	1				

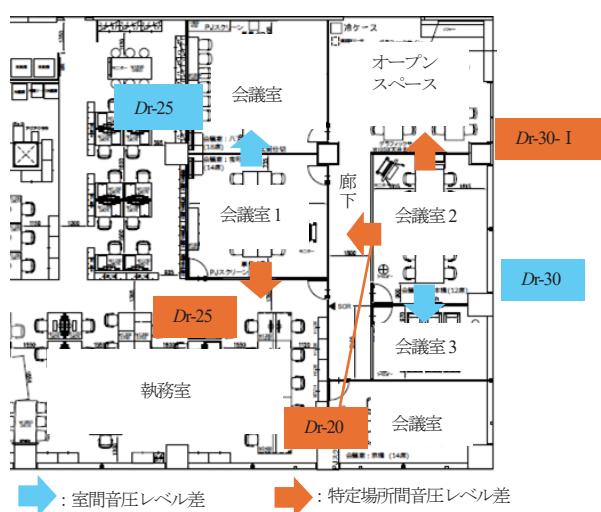


図 8 音圧レベル差の測定経路および D_r 値 (オフィス C)

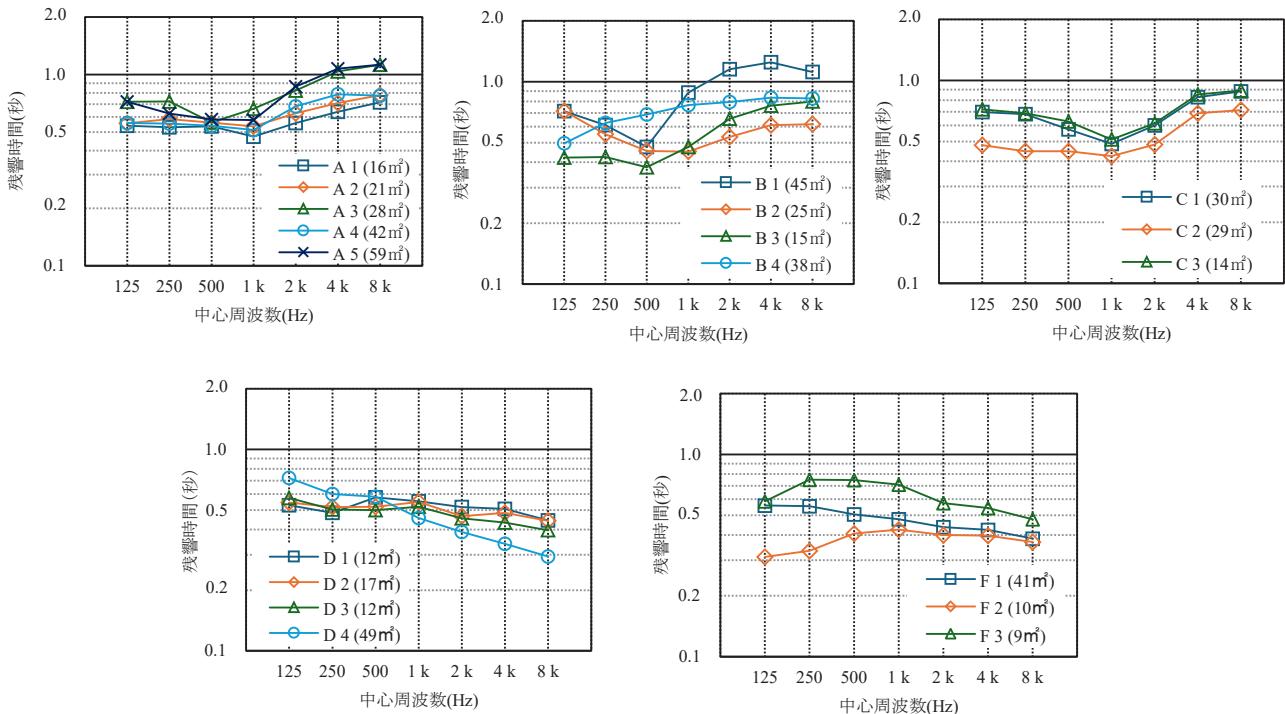


図9 会議室の残響時間

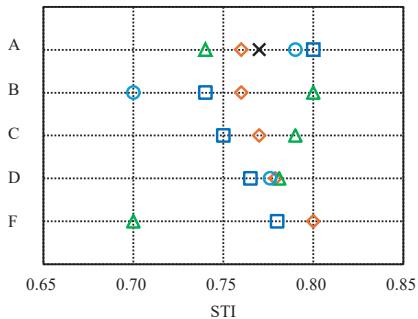


図10 会議室における測定距離2mのSTI

め、音が壁面に沿って複数回反射し、減衰しにくい状態であったと推察される。F3は残響時間が長く吸音が少ないことが影響していると考えられる。

3.3 アンケート調査

(1) 調査方法

各オフィスの会議室利用者を対象にアンケート調査を行った。執務室のアンケートと同様、各質問の回答を選択肢の中から選択する形式とした。表5に提示した質問と選択肢を示す。

(2) 調査結果

オフィス別の結果を図11に示す。遮音性能と最も関係していると考えられる質問2に着目すると、「非常に大きい」、「大きい」、「やや大きい」と回答した人の割合（ネガティブな回答の割合）は、オフィスFを除き10～15%程度であり、遮音性能が D_r -20～ D_r -35の場合、オフィスごとに明確な差は見られなかった。

質問3について、「非常に聞き取りにくい」、「聞き取

表5 アンケートの質問と選択肢（会議室）

質問1	会議室の環境音の大きさ（背景音、空調機の音などを指します。人の話し声や他人の作業の音は除きます）をどう感じますか。 選択肢：非常に大きい 大きい やや大きい どちらでもない やや小さい 小さい 非常に小さい
質問2	会議室に入ってくる音の大きさ（廊下、隣室などから入ってくる音）をどう感じますか。 選択肢：非常に大きい 大きい やや大きい どちらでもない やや小さい 小さい 非常に小さい
質問3	会議室内での音声（会話やアナウンス、自分に必要な音など）の聞き取りやすさはいかがですか。 選択肢：非常に聞き取りにくい 聞き取りにくくはない やや聞き取りにくい 聞き取りにくくはない
質問4	会議室で自分が発する音（会議の内容など）が、廊下、隣室で聞かれているのではないかと不安を感じることはありますか。 選択肢：非常に不安を感じる 不安を感じる やや不安を感じる 不安を感じない

りにくい」、「やや聞き取りにくい」と回答した人の割合は、15～40%程度となっている。前章の執務室では、聞き取りにくさについての質問4のネガティブな回答の割合が10～30%となっていることから、執務室よりも会議室のほうがネガティブな回答が多い傾向となっている。この要因として、STIが執務室に比べて小さいことや、環境音の大きさなどが考えられる。また既報⁵⁾では、リモート会議では対面に比べて吸音が必要であるという報告がされている。今回のアンケートでは、対面会議とリモート会議の区別をしておらず、対面とリモートで、聞き取りやすさの評価に差異が生じる可能性がある。

質問4について、「非常に不安を感じる」、「不安を感じる」、「やや不安を感じる」と回答した人の割合は40%前後となり、質問2の会議室に入ってくる音に関するネガティブな回答の割合を上回っている。不安を感じる要因として、会議室に入ってくる音の大きさから遮音性能を無意識に推察し、音声の漏洩に不安を感じるという場合以外にも、例えば会議時の暗騒音の大きさや会議の内容なども要因の一つになっていると考えられる。

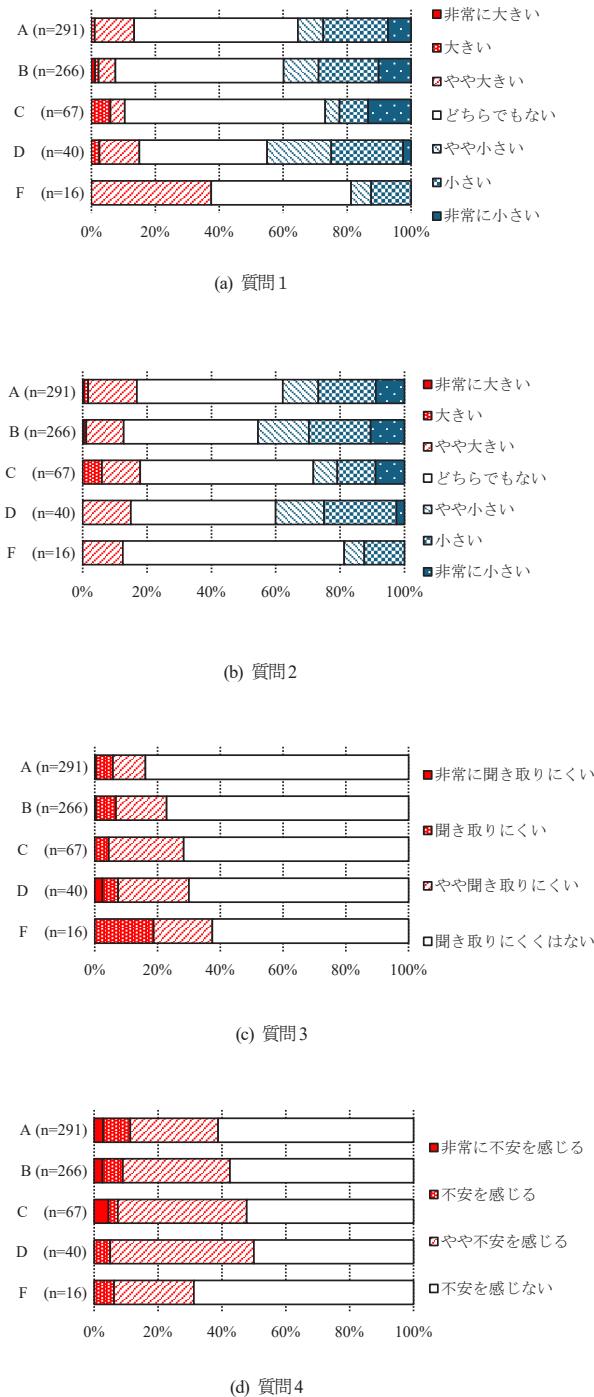


図11 アンケート調査結果（会議室）

4. おわりに

オフィス音環境の実態を把握し、利用者の評価を明らかにすることを目的に、複数のオフィスを対象として音環境の物理量測定とアンケート調査を行った。執務室を対象とした検討では、環境音の大きさについて、95%時間率騒音レベルと利用者の評価に相関があることが確認された。一方で、他者の発する音への感じ方や、発話内容の漏洩に対する不安感と相関がある物理量は確認できなかった。室内音響性能については、床がタイルカーペット、天井が岩綿吸音板という仕様では、残響時間は短く、音声の聞き取りやすさに関してネガティブな回答をした利用者は少なかった。また拡散の度合いには天井高や室形状が影響しており、直天井のオフィスでは鉄骨耐火被覆が吸音に寄与することが示唆された。一方で、聞き取りやすさに関するアンケート結果と物理量との間に明確な対応関係は見出せなかった。

会議室を対象とした検討では、遮音性能が D_r -20～ D_r -35の場合、会議室に入ってくる音の大きさについて、ネガティブな回答をした利用者は少なかった。また室内音響性能は、いずれの会議室の STI も 0.7 以上となり良好な結果である一方で、アンケート調査では、執務室と比べて聞き取りやすさに関してネガティブな回答の割合が大きい結果となった。執務室と会議室いずれについても、アンケート結果と物理量の間に対応関係を見出すためには、より広範かつ詳細な調査が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 小林 他 「オフィスの音環境の実測調査による騒音レベルおよび騒音発生源の経年変化に関する検討」、日本音響学会講演論文集 p.671-672, 2018.9
- 2) 佐藤 他 「ワーカーのオフィス環境の評価構造と音環境評価における判断要因に関する検討」、日本建築学会環境系論文集 第85巻 第772号, p.445-453, 2020.6
- 3) 辻村 他 「複数人による知識創造活動を行う会議に及ぼす室内音環境の影響」、日本建築学会環境系論文集 第80巻 第711号, p.397-405, 2015.5
- 4) 佐藤 他 「ワーカーのオフィス環境の評価構造と音環境評価における判断要因に関する検討」、日本建築学会環境系論文集 第85巻 第772号, p.445-453, 2020.6
- 5) 日本建築学会、建築物の遮音性能基準と設計指針 [第二版]、技報堂出版, 1997.12
- 6) 土屋 他 「リモート会議の音声伝送と室の響きの関係についての実験的検討」、日本音響学会講演論文集 p.711-712, 2022.9