

家具の吸音特性とその使用例

THE SOUND ABSORPTION CHARACTERISTICS ABOUT THE FURNITURE, AND THE EXAMPLES USING THEM

土屋 裕 造*
Yuzo TSUCHIYA

In order for the necessity for reverberation examination of the architectural space in which a much of furniture is installed to increase and to predict and examine the acoustical environment performance of architectural space in recent years, equivalent absorption area of material data is important.

By this report, although it was the specification limited also in variety furniture, their equivalent absorption area data was shown, and I examined the reverberation time frequency characteristic installing them in the room, and the directions of sound absorption data.

As a result, by combining the measured furniture showed that good sound absorption of balance is expectable from low frequency to high frequency, and that the crevice between the wall and furniture had influenced the sound absorption mechanism of low frequency.

Keywords : Furniture, Equivalent Sound Absorption Area, Reverberation Room, Residence, Reverberation Time
家具, 等価吸音面積, 残響室, 住宅, 残響時間

1. はじめに

近年、図書館や会議室など什器備品が多く設置される建築空間の残響検討の必要性が増加し、残響時間の目標値を提示される事例もある¹⁾。また一方で、住宅の音環境評価として住宅居室の吸音の重要性が示されてきている²⁾。建築空間の音環境性能を予測、検討するためには、材料の吸音率、等価吸音面積データが重要であるが、室の吸音力は、建築の内装の他に室に設置される什器備品も大きな要素を占めることが多い。しかしながら建築の内装についてはその吸音率データが多く文献で提示されているものの、什器備品については等価吸音面積のデータが少ない。

本報では、多種ある家具のなかでも限定された仕様ではあるが等価吸音面積データを提供すると共に、それらを実際の室に設置した場合の残響時間周波数特性を示し、吸音データの使用方法について考察する。

2. 概要

昨年完成した戸田建設新音響実験施設³⁾のひとつである床衝撃音測定用箱型実験室の受音室を JIS A 1440⁴⁾で規定された残響時間の範囲内に収める必要があり、受音室のうち 1 室は住宅仕様室とし、住宅の内装と家具で調整することを試みた。ここでは、家具の等価吸音面積をその状態や残響室内の配置方法を変えて示し、住宅仕様室に家具を設置した場合の残響時間を示す。測定は JIS A 1409⁵⁾に準じて行っ

た。なお、等価吸音面積を測定した残響室は新音響実験施設³⁾のものを使用したが、残響室が 50.63.80 Hz に関して JIS⁵⁾の規定から外れるため以下の等価吸音面積はこの帯域では参考値とする。

3. 家具の吸音特性

3.1 ベッド

ベッドの諸元と測定条件を表-1 に示す。下部に引出しと収納スペースを有したシングルタイプで、取外し床板の上にマットレスが敷設され布団はない。マットレス袋包みはベッド納入時の状態であり、当

表-1 ベッドの諸元、測定条件

諸元	寸法	W990 mm×L2,000 mm×H230 mm 頭部 H825 mm
	材料	プリント紙化粧パーティクルボード 17t
	特徴	下部引出し 2 ヶ所、収納スペース マット W990 mm×L1,950 mm×H170 mm 表面ポリエステル二重キルト、スプリング、スポンジ充填
測定条件	B1	: 残響室中央に設置, マットレスあり
	B2	: 残響室壁際に設置, マットレスあり
	B3	: 残響室中央に設置, マットレス袋包み
	B4	: 残響室中央に設置, マットレスなし
	B5	: 残響室中央に設置, マットレス・引出し・取外し床板なし

* 戸田建設(株)技術研究所

Technical Research Institute, TODA CORPORATION

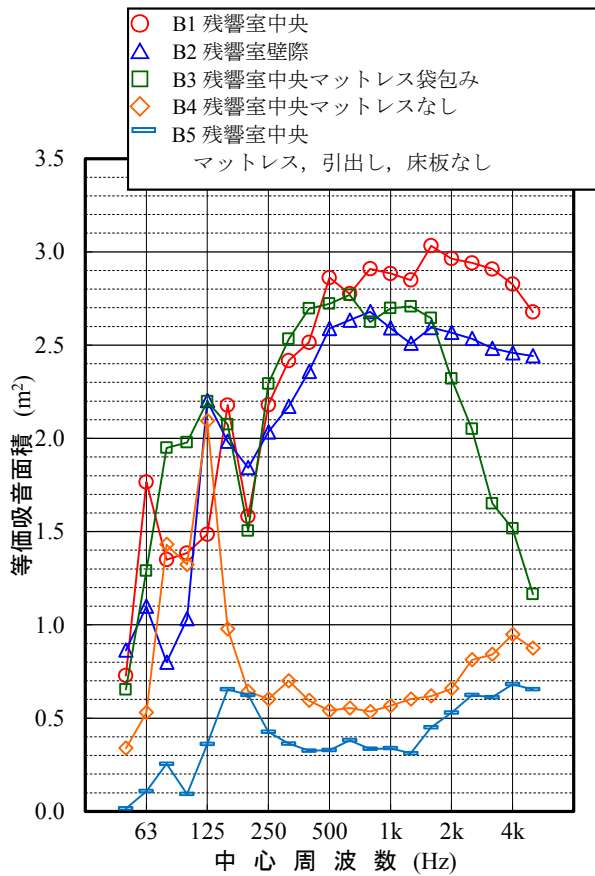


図-1 ベッド1床当たりの等価吸音面積

初4項のJIS⁴⁾残響時間範囲に収めるためには実用状態にする必要はなく、あくまで吸音体としての特性を把握するため測定した。

各測定条件におけるベッド1床当たりの等価吸音面積を図-1に示す。マットレスありのベッドB1は全周波数帯域、特に315 Hz以上で2.5以上の大きな等価吸音面積を有する。残響室壁際設置B2では、残響室中央B1と比べて200 Hz以上で等価吸音面積が減少するが、これはマットの一面が壁に隠れて吸音に寄与しないためと考えられる。入荷当初のマットレスが袋に包まれた状態B3はB1と比べて2k Hz以上で吸音面積が大きく減少する。

3.2 ソファ

ソファの諸元と測定条件を表-2に示す。表面が合成レザー張り、足付で100 mm床から上がったものである。

ソファ1脚当たりの等価吸音面積を図-2に示す。残響室中央設置S1は250 ~ 630 Hzの中音域で1.5以上の等価吸音面積を有する。残響室壁際設置S2はS1と比べて125 Hz以上の周波数帯域で吸音面積が減少するが、80 Hz以下では大きく増加した。ソファと壁の間にできた隙間が低音域吸音面積の増加に寄与したものと考えられる。

表-2 ソファの諸元、測定条件

諸元	寸法	W1,260 mm×D2,700 mm 背部 H630 mm×D100~220 mm 座部 H330 mm×D230 mm 肘掛け H500 mm×D100 mm
	材料	合成レザー張り、ウレタン充填 座部スプリング入り
	特徴	支柱 100 mm
測定条件	S1	残響室中央に設置
	S2	残響室壁際に設置

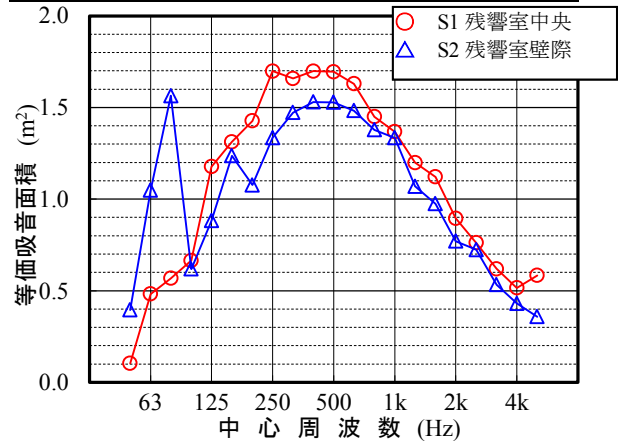


図-2 ソファ1脚当たりの等価吸音面積

3.3 タンス

タンスは同寸法の収納方法が異なる2種類を用意した。諸元と測定条件を表-3、表-4に示す。タンス1は開き扉タイプ、タンス2は引出しタイプである。

タンス1,2の等価吸音面積を図-3、図-4に示す。残響室中央設置で測定したT11,T21の等価吸音面積は共に80 Hzをピークに63~125 Hzの低音域で大きな値を示し、160 Hz以上の周波数帯域の値は小さい。タンス内部のBOX構造が低音域の吸音に寄与していると考えられる。このことは、図-1のベッドにおいて、80~125 Hzで大きいマットレスなしB4の等価吸音面積が引出し・床板なしのB5で大きく減少したことからも示されている。

残響室壁際設置T12,T22は、今回の測定では中央設置T11,T21と比べて63,80 Hzで等価吸音面積が大きく減少し、一方で50 Hz, 250~1k Hzで若干の増加がみられた。残響室の壁面とタンス間の隙間が影響していると考えられる。

タンス2に服を充填した場合、T23,T24共50~80 Hz, 160~250 Hzの低音域の吸音面積が増加した。特に50~80 Hzの増加が大きい。服の充填による障害物に起因される音速の減少がタンス内部のみかけ上の空気層を大きくしたためと考えられる。

表-3 タンス 1 の諸元, 測定条件

諸元	寸法	W590 mm×D515 mm×H1,880 mm
	材料	表・上・側面：プリント紙化粧パーティクルボード 15t 背面：ベニヤ板 2t
	特徴	開き扉タイプ 棚 6 段
測定条件	T11：残響室中央に設置	
	T12：残響室壁際に設置	

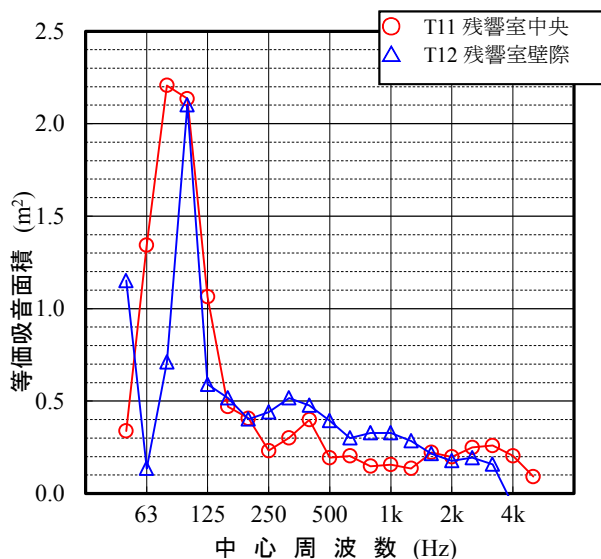


図-3 タンス 1 (開き扉) 1 台当たりの等価吸音面積

表-4 タンス 2 の諸元, 測定条件

諸元	寸法	W590 mm×D515 mm×H1,880 mm
	材料	タンス 1 と同
	特徴	引出しタイプ 引出し 8 段
測定条件	T21：残響室中央に設置	
	T22：残響室壁際に設置	
	T23：残響室中央に設置, 服充填	
	T24：残響室壁際に設置, 服充填	

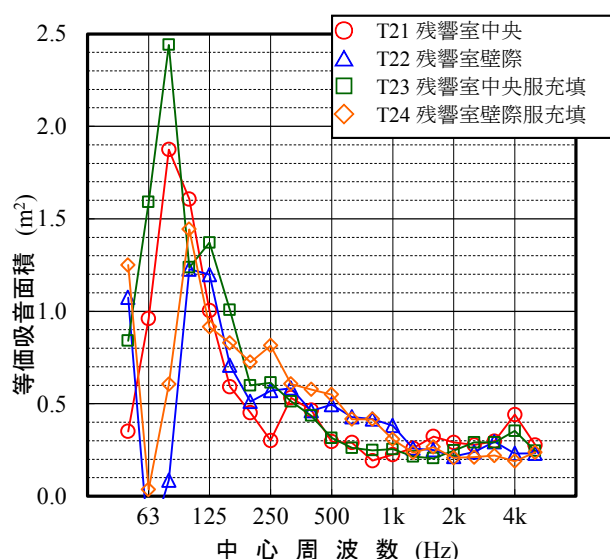


図-4 タンス 2 (引出し) 1 台当たりの等価吸音面積

3.4 全家具

前述までの全家具について、残響室で測定した条件を表-5、等価吸音面積を図-5、測定条件 A4 の様子を写真-1 に示す。A1 は家具を残響室中央設置で個々に測定した B1, S1, T11, T21 の合計であり、A2 は残響室内の全部配置した測定であるが、1.6k Hz までほぼ一致しており、個別測定の合計と全配置の等価吸音面積の対応がよいことが示されている。A2 が 2k Hz 以上で等価吸音面積が小さい理由は、マットレスの状態の違いによる。残響室壁際設置の A3 と A4 では、低音域で大きな差がみられる。これは残響室壁と各家具間の隙間が影響しているが、隙間の間隔を 5 mm と設定したものの設置した場所の違いや家具の立付精度、特にタンスの上下で間隔に差異が生じていることが原因と考えられる。

表-5 全家具の測定条件

測定条件	A1：残響室中央設置 B1,S1,T11,T21 の合計
	A2：全家具を残響室中央に設置して測定 (ベッドは B3 の状態)
	A3：残響室壁際設置 B2,S2,T12,T22 の合計
	A4：全家具を残響室壁際に設置して測定

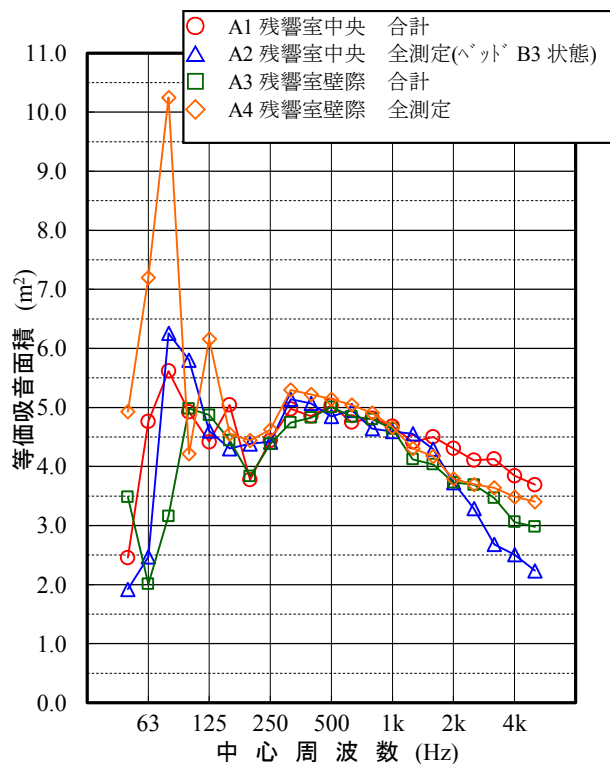


図-5 全家具の等価吸音面積



写真-1 残響室家具設置状況
(A4 残響室壁際設置)

4. 家具が設置された室の残響時間

2 項概要で前述した箱型実験室の住宅仕様室の諸元と測定・計算条件を表-6, 家具の配置図を図-6, 残響時間測定結果と予測計算との比較を図-7 に示す. 図-7 には JIS⁴⁾の残響時間範囲を併記した. 空室 L1 に対し, 3.1.項で測定した家具設置 L2,L3 による残響時間は JIS の範囲内に概ね収まっている. L2,L3 の残響時間の違いは, 家具の配置よりもベッドのマットレス状態の違いによるものが大きいと考えられる. なお, 空室 L1 の残響時間から Eyring-Knudsen の式で算出した室の吸音面積に家具全体を残響室壁際に設置して測定した図-5, A4 の等価吸音面積を加えて計算した残響時間を図-7 の L4 に示すが, L3 とほぼ一致する結果となった. 住宅仕様室は矩形であるが, 内装が反射性で空室と同じ容積, 吸音面積における拡散音場の残響時間に近い値を示したためと考えられる.

表-6 住宅仕様室の諸元, 測定・計算条件

諸元	寸法	内法 5,000 mm×4,000 mm×H3,000 mm
	内装	天井: コンクリート打放し 壁: コンクリートクロス貼り 床: フローリング直置き 壁掛エアコン
測定条件	L1: 空室	
	L2: 家具設置 (ベッド B3 状態 (マットレス袋包み)) 図-6 a の配置	
	L3: 家具設置 (ベッド B2 状態) 図-6 b の配置	
	L4: L1 の残響時間から算出した室の等価吸音面積に家具 A4 等価吸音面積を加えて計算	

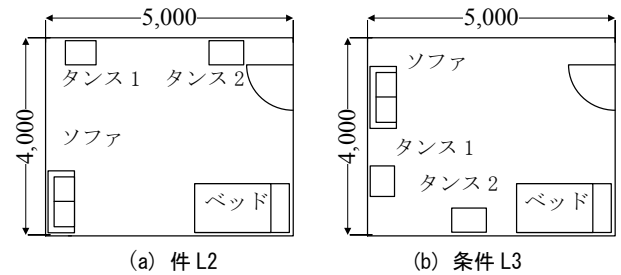


図-6 住宅仕様室における家具の配置状況 (単位: mm)

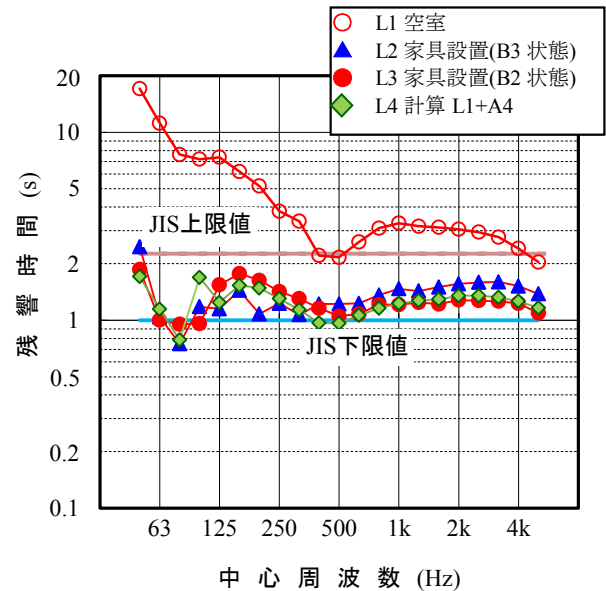


図-7 住宅仕様室, 家具の有無の残響時間実測と予測計算との比較

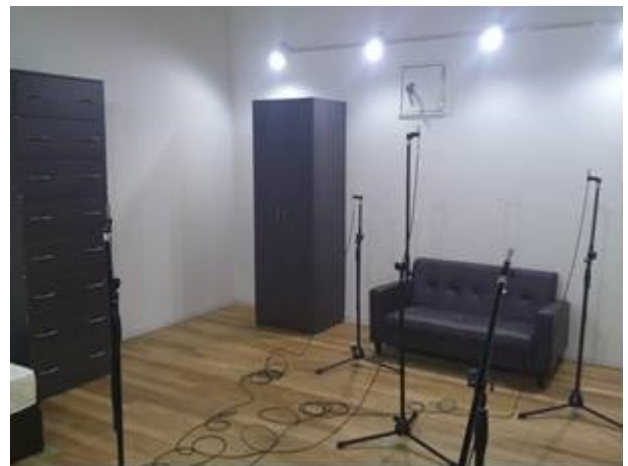


写真-2 住宅仕様室 (L3 家具設置)

今回の住宅仕様室の条件から家具設置状態 L2 と, コンクリート表面に製作吸音体 5 体で残響調整した同寸法の室との残響時間の比較を図-8 に示す. 製作吸音体におけるグラスウールの増加, 空気層の塞ぎにより等価吸音面積の傾向を把握し, 表-6, L2 による住宅内装+家具 3 体と同等の残響時間になるように調整した結果, コンクリート室+製作吸音体 5 体

の残響時間は 100Hz 以上の周波数でほぼ一致した。参考に、製作吸音体の等価吸音面積調整過程を図-9、決定した仕様による製作吸音体の等価吸音面積を図-10 に示すが、製作吸音体単体で低音域から高音域までバランスよく吸音することは難しく、改めて家具の組み合わせはバランスよい吸音を可能とすることが示された。製作吸音体の吸音機構について、図-9 (a),(b)より空気層が多くなると低音域の等価吸音面積が小さくなることから、空気層が小さいほうが低音域の等価吸音面積増加に寄与すると推察されるが、このことが家具の背後隙間に適用できるかについて、すなわち吸音機構の原理については今後更なる検証が必要である。

なお、文献⁶⁾記載の洋室(フローリング)の室内平均吸音率から Eyring-Knudsen の式で計算した残響時間を図-8 に併記するが、JIS⁴⁾規定の残響時間範囲を下回る。JIS 既定の残響時間範囲は遮音、床衝撃音遮断の実験を対象にしており、残響時間がこれより短ければ当然ながら遮音性能、床衝撃音遮断性能は上昇する。また一方で、住宅居室では支障のない「聴取」、「発話」、「会話」のために残響時間は長くても 0.8 秒以下にすべきとの報告がある⁷⁾。以上より、遮音性能、床衝撃音遮断性能、音声明瞭性を上昇させるためには、今回対象とした室の大きさの住宅居室の場合、表-6 の建築内装及び家具設置 L2,L3 よりも更に吸音を見込むことが必要と考えられる。在室による人の等価吸音面積も吸音追加の対象になるが住宅の在室人数は限られており不確定要素であるため、まず建築内装及び家具で吸音を決定することが望ましい。

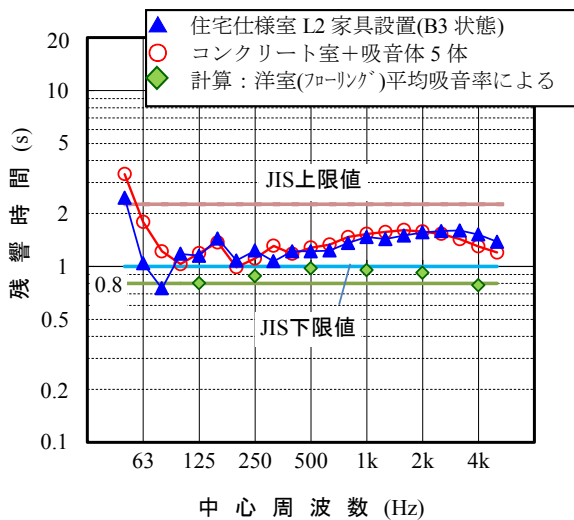
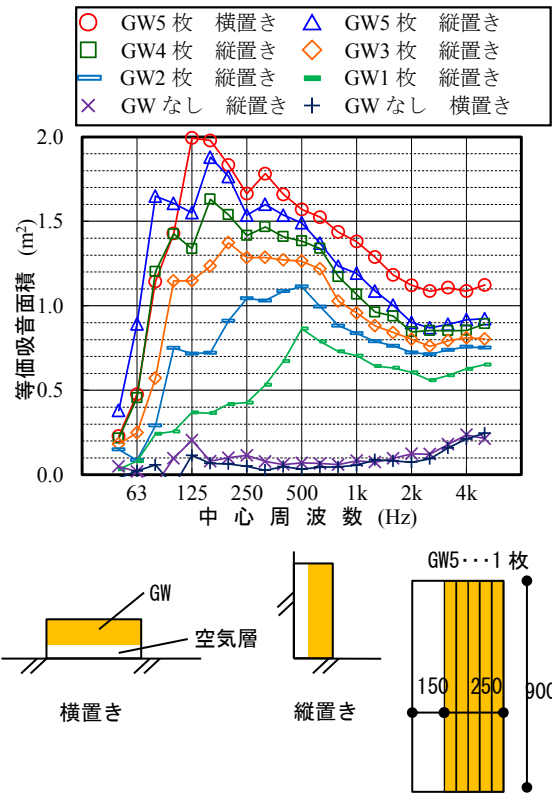
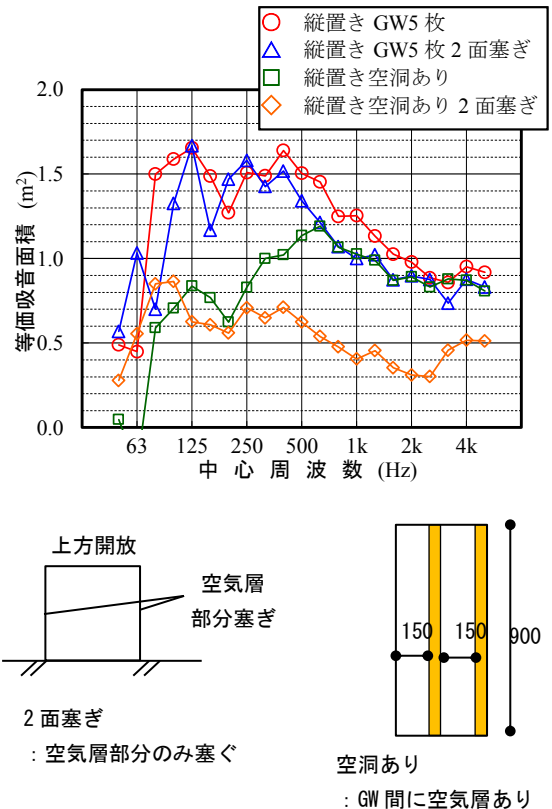


図-8 住宅仕様室 L2 とコンクリート室の残響時間実測
文献⁷⁾洋室(フローリング)平均吸音率による
同容積残響時間併記



(a) グラスウール(32kg50t)枚数の違い



(b) 空気層塞ぎ有無の違い

図-9 製作吸音体の等価吸音面積変化
(吸音体 C : 形状は図-10 による)

5. まとめ

今回測定ベッド、タンスは引出し等のBOX構造。ベッドはマットレスにより中・高音域、レザー張りのソファは中音域、タンスは低音域の吸音が大きく、これらを組み合わせることにより低音域から高音域までバランスのよい吸音が期待できるものと考えられる。また、壁際に設置された家具は中央配置の家具より特に低音域の吸音特性が変化するが、その原因として壁と家具の隙間による吸音機構の影響が考えられる。

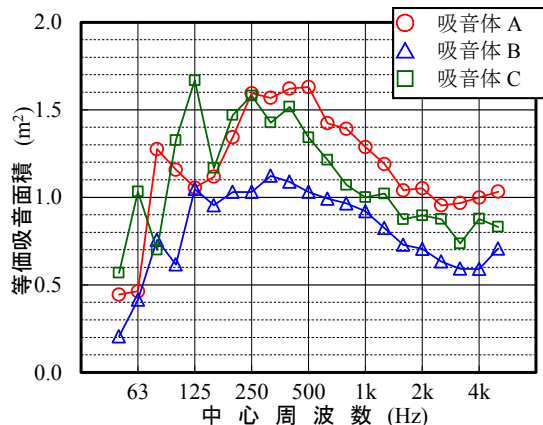
家具は多種多様あり、その等価吸音面積も仕様に応じて変化するが、今回限定された仕様で等価吸音面積データを提示し、それらが設置された室の残響時間を実測して等価吸音面積が適用できる条件を示した。また、家具の等価吸音面積が把握できたことにより、実際の住宅居室の音環境のうち、静謐性、音声明瞭性の観点では今回配置の家具より多いほうがよいことが示唆された。今後の音響検討の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土屋他, 図書室における本棚の等価吸音面積に関する検討, AIJ 大会学術講演梗概集<環境工学 I >,40150,2010.9
- 2) 羽入, 住宅における室の吸音性考慮の重要性,音講論(秋)2012.9
- 3) 土屋他, 戸田建設新音響実験施設の音響特性, 音講論(秋)2012.9
- 4) JIS A 1440-1,2:2007, 実験室におけるコンクリート床上の床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定方法
- 5) JIS A 1409:1998, 残響室法吸音率の測定方法
- 6) 松本, 室間の遮音計算法と検討の進め方, 音響技術 No.101, vol.27-no.1, pp.9-15, 1998.3
- 7) 佐藤逸人他, ”住宅の居室における残響時間が会話に与える影響”, 日本音響学会誌 66 卷 11 号, pp.541-551, 2010

吸音体 A (1 体)	1,200 mm×600 mm×GW 部 250 mm 空気層 3 面 [△] ニヤ板 2t 塞ぎ	
吸音体 B (2 体)	900 mm×600 mm×GW 部 150 mm	
吸音体 C (2 体)	900 mm×900 mm×GW 部 250 mm 空気層 3 面 [△] ニヤ板 2t 塞ぎ	

(a) 製作吸音体仕様



(b) 製作吸音体の等価吸音面積

図-10 最終決定の製作吸音体仕様及び等価吸音面積