

学校の音楽教室の音環境に関する調査例

土屋 裕造*¹福山 忠雄*¹小林 正明*¹

概 要

最近の学校施設の充実には目を見張るものがあり、音楽教室に関しても意匠上の雰囲気造りのほか、音響面にかなり配慮した事例が数多くみられる。然しながら、筆者らの数少ない経験からではあるが、学校の音楽教室としての建築的条件、ひいては音響特性には少なからず差異が認められるようであり、音楽教室の音環境についても更なる調査・研究が必要と考えられる。

本稿は、学校の音楽教室の音響に関する一参考資料として、筆者らが関与した小学校・中学校・高等学校の音楽教室計18室を対象に、教室の配置・規模・室形状などの特徴や音響特性の傾向をまとめたものである。また、音楽教室の残響不足に対する改修例や設計における音響検討事例なども参考として示す。更に、最近の調査で問題と考えられた、室内における吸音材料の配置計画に関しての若干の検討も交えて報告する。

Investigation on Sound Environment of Music Room in School

Yuzo Tsuchiya*¹Tadao Fukuyama*¹Masaaki Kobayashi*¹

Recent school facilities are very satisfactory. As for the music classroom as well, there are many cases to be given careful consideration to the atmosphere construction in design and the acoustic side very much. But, the music classroom of each school is difference very much in the building condition and the acoustic characteristics. As for the sound environment of the music classroom as well, more investigation and research are necessary.

This paper collected characteristics of the arrangement of the classroom, the scale and the room form, and tendency of the acoustic characteristics, targeting the 18 music classrooms of the elementary school, junior high school, and high school where we are involved, as 1 reference data about the acoustic of the school music classroom. And, as a reference as well we are shown, the music classroom's cases of the improvement example against lack of the reverberation, the acoustic examination example in the design, and some examinations about the arrangement plan of the inside sound absorption material which we could think by the recent investigation with the problem.

*¹技術研究所*¹Technical Research Institute

学校の音楽教室の音環境に関する調査例

土屋 裕造*1
 福山 忠雄*1
 小林 正明*1

1. はじめに

最近の学校施設の充実には目を見張るものがあり、音楽教室に関しても意匠上の雰囲気造りのほか、音響面にかなり配慮した事例が数多くみられる。然しながら、筆者らの数少ない経験からではあるが、学校の音楽教室としての建築的条件、ひいては音響特性には少なからず差異が認められるようであり、音楽教室の音環境についても更なる調査・研究が必要と考えられる。

本稿は、学校の音楽教室の音響に関する一参考資料として、筆者らが関与した小学校・中学校・高等学校の音楽教室計18室を対象に、教室の配置・規模・室形状などの特徴や音響特性の傾向をまとめたものである。また、音楽教室の残響不足に対する改修例や設計における音響検討事例なども参考として示す。更に、最近の調査で問題と考えられた、室内における吸音材料の配置計画に関しての若干の検討も交えて報告し、学校の音楽教室の音響に関する一参考資料とする。

2. 対象音楽教室の概要

対象とした音楽教室の規模・特徴などを表-1に、教室の平面形・断面形の一例を図-1に示した。これからみた平均的な室規模は、室面積が約130m²、容積が約500m³、天井高さは約4.0m、平均吸音率は0.21(500Hz 机椅子有空席換算)である。

教室の配置は遮音上から特別教室群端部に設置される例が多く、1教室のみ独立棟として設けられた例もある。教室の平面形は、円形で計画された独立棟以外は全て長方形を基本としている。音楽教室の天井高さの重要性はかなり認識されており、最上階では上部スラブを高くし、最下階では床レベルを基準から若干下げたりするなどの対応がなされている。なお、半数近い教室で段床が採用されている。室内吸音処理は主として天井や後壁に施されるケースが多いが、壁面の大部分を吸音した教室もみられる。音の拡散に関しては、天井形での配慮が多いが、窓に対面する壁を折れ線形の反射面とした教室も半数近くある。

表-1 対象音楽教室の規模・特徴

	学校の性格	床面積	室容積	天井高	平面形状	床形式	拡散部位	吸音部位	吸音構造	設置階	平均吸音率 [500Hz]	
		S (m ²)	V (m ³)	H (m)								
1	公立小	90	290	3.0~6.0	長方形	段床	天井	天井	A	最上階	0.23	
2	公立小	130	400	3.1	長方形	段床	天井	壁・天井	B, C	最下階	0.32	
3	公立小	130	1220	6.8~11.6	円形	フラット	壁	天井	A	独立棟	0.28	
4	私立小中	130	430	3.0~4.0	長方形	フラット	壁・天井	壁・天井	B, C	最上階	0.15	
5	私立小中	110	380	3.2~4.0	長方形	フラット	—	天井	C	最上階	0.16	
6	私立小中	130	380	2.6~3.4	長方形	段床	壁・天井	壁・天井	B, C	中間階	0.27	
7	公立中	100	250	2.6~3.5	長方形	フラット	—	壁・天井	B, C	中間階	0.27	
8	私立中	150	800	5.2~5.7	長方形	段床	壁・天井	壁・天井	B, C	最上階	0.19	
9	私立中	110	620	5.6	長方形	フラット	—	壁・天井	B, C	最上階	0.23	
10	私立中高	70	250	2.5~3.7	長方形	段床	壁・天井	壁・天井	B, C	最下階	0.16	
11	私立中高	100	290	2.5~3.2	長方形	段床	壁・天井	壁・天井	B, C	最下階	0.16	
12	公立高	140	710	4.5~5.0	長方形	フラット	壁・天井	壁・天井	B, C	最上階	0.18	
13	公立高	130	416	3.2	長方形	フラット	—	壁・天井	B, C	中間階	0.23	
14	私立高	120	420	2.9~3.7	長方形	段床	壁・天井	壁・天井	B, C	最下階	0.20	
15	私立高	110	330	3.1	長方形	フラット	天井	壁・天井	B, C	中間階	0.20	
16	公立小	125	375	3	長方形	フラット	壁・天井	壁・天井	B, C	最下階	0.19	
17	私立高	85	266	3	長方形	フラット	—	壁・天井	B, C	中間階	0.21	
18	私立高	335	1157	6~6.5	長方形	フラット	壁・天井	壁	B, C	最下階	0.14	
平均値		128	499	4.1	[吸音構造] A:スリット型、B:有孔板、C:岩綿吸音板							0.21

*1 技術研究所

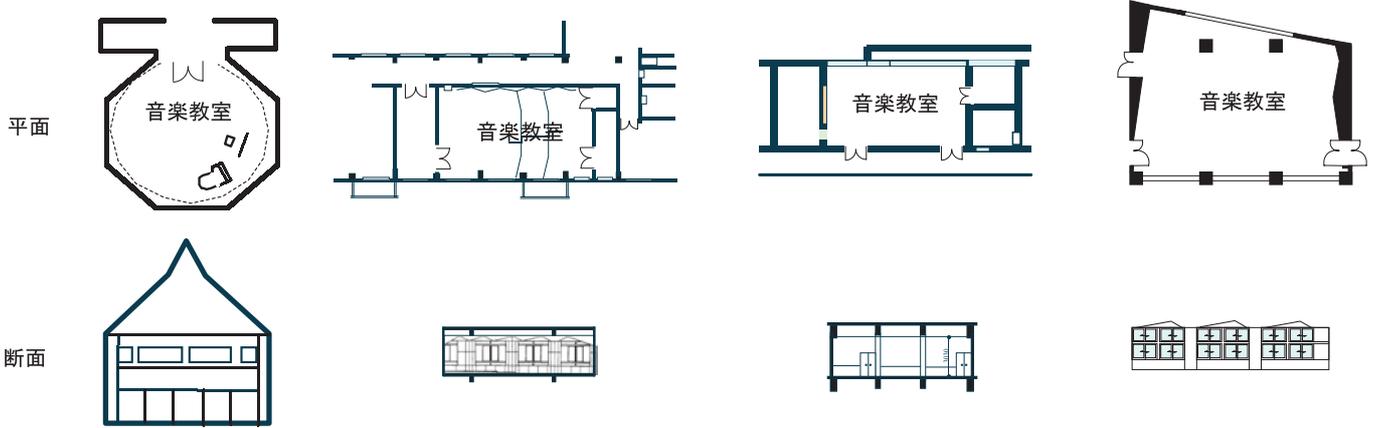


図-1 対象音楽教室の概要 (Non scale)

3. 音響特性の傾向

1) 音楽教室近接教室間遮音性能

図-2に音楽教室と近接する教室との遮音性能を示すが、両室の窓を閉めた条件では概ねD-50以上の性能を示している。また、道路騒音や教室間遮音上から二重窓とした例もあった。なお、データは掲載していないが、音楽教室に限らず、室内における空調騒音への配慮に乏しい傾向があった。

2) 残響時間

全教室の空席時残響時間を図-3に示した。全体的として、日本建築学会の設計針指1) の目安値（空席時0.8～1.0

秒) にほぼ近い傾向といえるが、かなり短めな教室もみられる。周波数特性をみると、1kHz以上の帯域で残響時間のバラツキが大きくなる傾向がみられるが、室容積の違いほか、吸音面を多く設けた教室と拡散壁を採用した教室との音響条件の違いが表われたものと考えられる。

また、最近は複数の音楽教室を合唱系と器楽系で使い分ける例もあり、音楽教室の残響時間も一律には評価できないこともある。なお、データは省いたが、エコータイムパターンの性状にも教室間の差異がかなりみられた。なお、図中A室・B室・C室は、次項の事例で用いている音楽教室である。

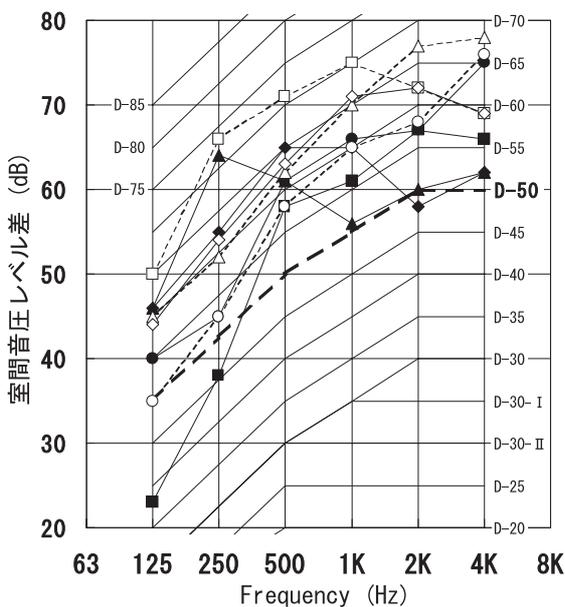


図-2 音楽教室近接教室間遮音性能の傾向

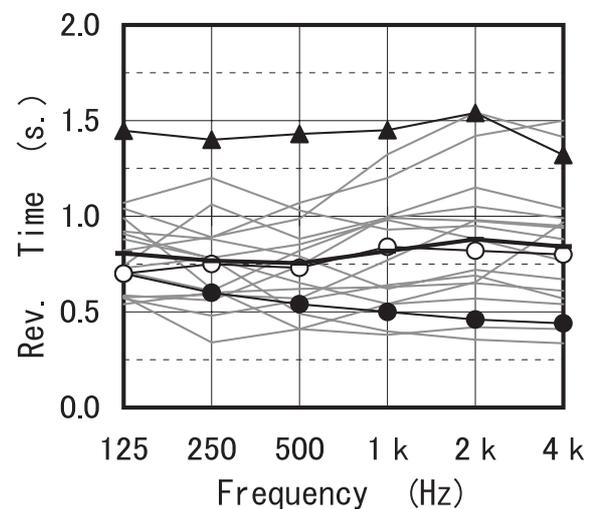


図-3 対象音楽教室の残響時間 (机椅子有・空席)

4. 音響検討事例

4.1 A室（改修事例）

表-1で示した中の1音楽教室で、音楽教師から特に合唱における残響不足が指摘され、建物完成後しばらくして改修が行われた。図-4のa)に平面図、b)に廊下側壁面の断面図を示した。改修前は平行して対面する窓ガラス面との往復反射を避ける意図から、かなりの面積が有孔板による吸音面であった。改修では、図中のハッチをつけた部分を反射面とし、かつ、上部は室内側に約6度の角度を付けている。

改修前後の残響時間を図-5に、室内中央付近における2kHzのエコータイムパターンを図-6に示した。

残響時間は大きく変化しないが、波形にはかなりの差異が表われている。他部位との相互作用もあるが、比較的密な往復反射現象と残響不足との兼ね合いの問題である。

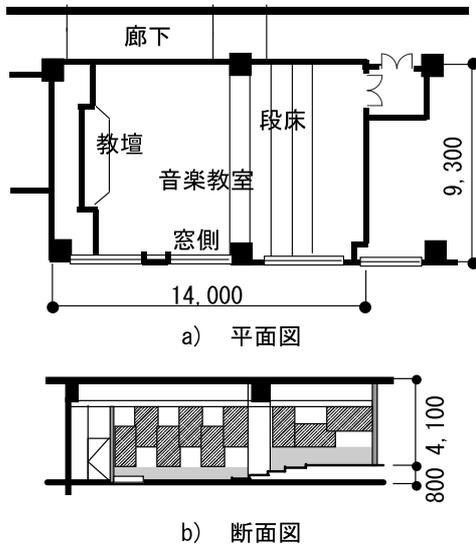


図-4 A室の概要

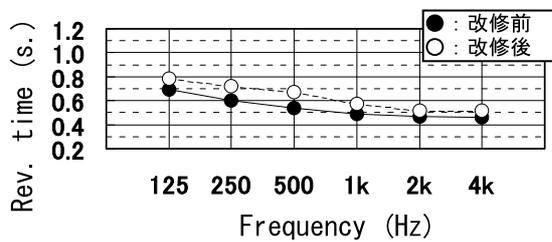


図-5 残響時間（A室）

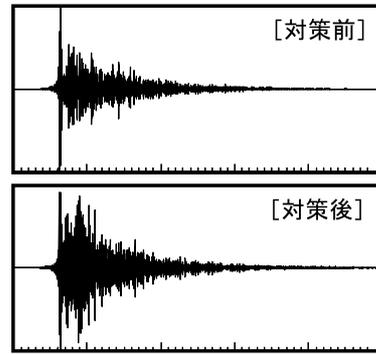


図-6 エコータイムパターン（A室 2kHz）

4.2 B室（設計事例）

B室は、私立学校の音楽教室の設計から携わったもので、図-7のa)に平面図、b)に廊下側壁面の断面図を示した。教室棟の最上階に配置され、教壇側付近のみ上部スラブを上げた建築条件の中で、室容積の確保、側壁の拡散等に配慮し、残響時間は高音域をやや長めに設定した。

遮音面では、近接教室間との遮音上、窓を二重サッシとし、隣接の音楽練習室側の壁は防振支持している。なお、音楽教室のピアノ設置部分は防振支持床とした。同図-8に残響時間、図-9にエコータイムパターンの測定結果を示した。今後、教師の意見などに留意したい。

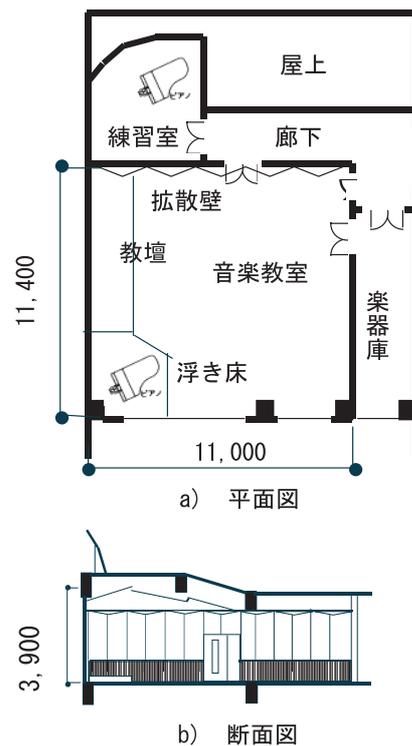


図-7 B室の概要

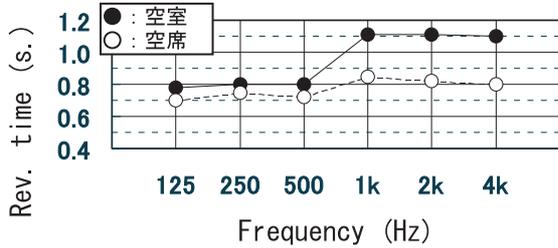


図-8 残響時間 (Hz)

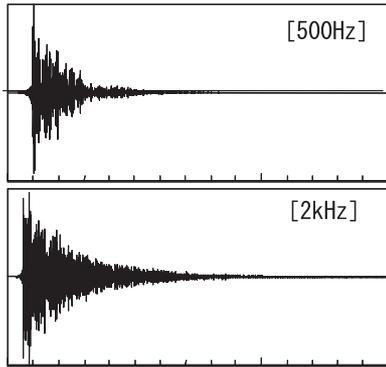


図-9 エコータイムパターン (B室)

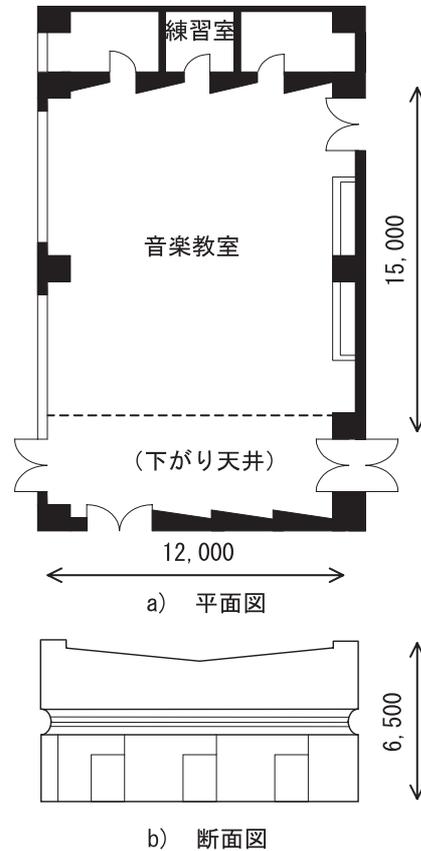


図-10 C室の概要

4.3 C室 (測定検討事例)

C室は、今まで測定した事例の中でもっとも規模が大きい。図-10に示すように、2階分の階高を有し、下階部分の周壁は殆ど反射性であり、上階は壁3面がガラスウールボードと有孔板を交互に配置した吸音仕上げとなっている。なお、下階と上階の境界部分には帯状に拡散体が設けられている。

500Hzの残響時間が約1.4秒と、これまで測定した音楽教室の中では最も長い値を示し、また、Eyring-Knudsenの残響式で求めた値とは大きな開きがみられた。実際の内装材料について各吸音率を推定して計算したC室の平均吸音率は500Hzにおいて0.19であるが、残響時間実測値から計算した平均吸音率は0.14である。この差異は材料吸音率の誤差による範囲を超えているものと判断され、室内での吸音面の偏在や断面形状が影響したものと推察された。

C室における残響時間の予測計算と実測の不一致は、室形状と吸音部位の配置に原因があると予想されたため、現場で、受音マイクの高さが1.5mと4.5mの2条件について残響時間を実測した。その結果を図-11に示すが、マイク高さ4.5mでは1.5mと比べて500Hzの残響時間が0.2秒程度短くなった。

また、3次元の鏡像法シミュレーションによる音線の反射性状を検討した。C室の現仕様に模擬した室形状・内装材配置を想定し、音源点・受音点は、教壇と考えられる位置・室中央に設定、計算は10次反射まで行った。

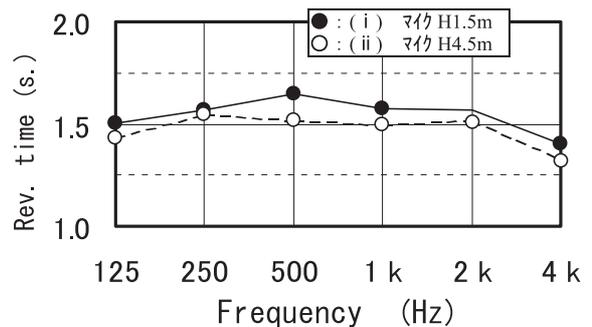


図-11 C室の残響時間比較 (マイク高さによる 机椅子無)

受音点に集中する音線に着目した反射性状断面図を、受音点高さが1.5mと4.5mの2条件を比較して図-12に示す。これをみると、250-300msec.において、受音点1.5mでは下層で反射音がかなり残るのに対し、4.5mでは疎らになっていることがわかる。次に、鏡像法の音線による反射音減衰波形を、現仕様に模擬した内装配置のもの (① 上層吸音、下層反射) と吸音と反射を上下層に分散配置したもの (②) を両者共受音点高さ1.5mで比較して図-13に示すが、500Hz、2kHz共、①と②の初期の減衰勾配に差異がみられており、反射・吸音の偏在による残響の違いが確認できた。

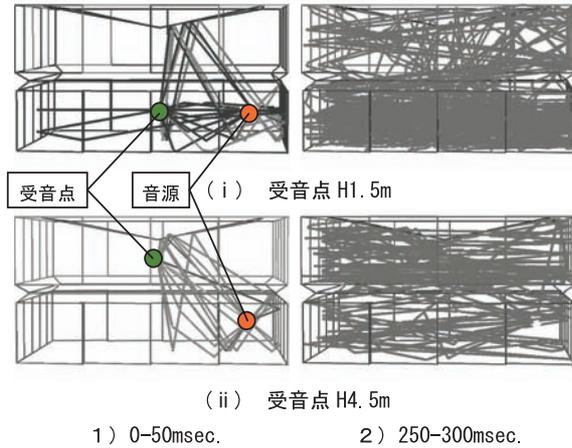


図-12 音線図による反射性状
(鏡像法シミュレーション C室近似室断面図)

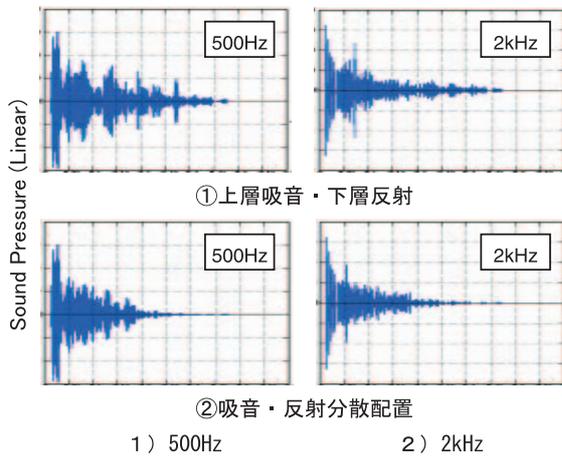


図-13 反射音減衰波形の比較
(鏡像法シミュレーション 横軸：0-500 msec.)

6. まとめ

数少ない事例からではあるが、音楽教室の遮音に関しては、配置や窓の遮音などにかなり配慮がみられた。室内音響面では、エコー等に吸音処理で対応し、結果的に残響不足に繋がる傾向がみられた。また、容積が大きく天井の高い直方体で上層に吸音を集中し下層を全面反射性のC室においては、Eyring-Knudsenの式と実測の残響時間にはかなり開きが生じることがわかった。現在、学会で基準や指針の作成が進められているが、今後、教師の意見や実際の授業状況などにも留意し、学校の音楽教室の音響に関して検討を重ねていきたい。

【参考文献】

- ・「建築物の遮音性能基準と設計針指」[第二編] 学校、日本建築学会編
- ・渡他「高等学校（公立）の音響特性に関する実測調査」日本建築学会 2001年度大会論文梗概集、40040
- ・園田他「広島市基町高等学校の音響設計」日本音響学会 2000年 秋季研究発表会3-Q-23
- ・福山他「学校の音楽教室の音環境に関する調査例」日本建築学会2002年度大会論文梗概集40014
- ・土屋他「学校の音楽教室の音環境に関する調査例その2」日本建築学会2004年度大会論文梗概集