

# 学校教室の音環境に関する研究 その1

## - 各種教室の室内音響特性調査例 -



福山 忠雄\*1

土屋 裕造\*1

山崎 芳男\*2

### 概 要

最近の学校は、語学教育やヒアリング試験などが行われたり、遠隔合同授業が試行されるなど、教室の音環境の重要性が増している。一方、小学校を中心にしたオープンプラン教室での遮音の問題、音楽教室・A V教室など音環境が特に重視される教室の品質の向上も求められている。

今回、筆者らはオープン教室が採用された小学校3校を対象に、普通教室や音楽教室等の音環境の調査を行った。

本報告は、このうち、残響時間、音圧レベル分布・明瞭性指標の分布など、主として室内音響面の測定データを取りまとめたものであり、学校音響の一基礎資料として報告する。

限られたサンプルであるが、今回の音響測定データからは以下のようなことが把握された。

- 1) オープンプラン形式教室の室内音響特性は、隣接するオープンスペースの影響をかなり受ける。
- 2) 残響時間は500Hzで0.7秒～0.9秒程度となっている。
- 3) S T I 値の平均値は0.7前後で、その室内偏差は概ね0.1程度である。
- 4) 室形状や吸音処理の異なる3つの音楽室について、反射音指向特性などの音響特性の特徴を確認できた。

## MEASUREMENTS OF ACOUSTICAL CHARACTERISTICS OF SCHOOL CLASSROOMS AND MUSIC ROOMS

Tadao FUKUYAMA\*1

Yuzo TSUCHIYA\*1

Yoshio YAMASAKI\*2

In recent years, acoustical conditions of school classroom have become very important.

This report is concerned with the results of acoustic measurement in several classrooms and music rooms.

The summary of the results is shown bellows.

- 1) The acoustical characteristics of open plan classroom is considerably affected by open space.
- 2) The range of reverberation time of five classrooms was 0.7-0.9seconds in 500Hz.
- 3) Speech transmission index measured in five classrooms was about 0.7.
- 4) Each music room has the acoustical individuality depending room shape and absorption treatments.

\*1 技術研究所      \*2 早稲田大学国際情報通信研究センター 教授 工博

\*1 Technical Research Institute.      \*2 Prof., Waseda University, Dr. Eng.

# 学校教室の音環境に関する研究 その1

## - 各種教室の室内音響特性調査例 -

福山 忠雄\*1  
 土屋 裕造\*1  
 山崎 芳男\*2

### 1. はじめに

最近の学校では語学教育やヒアリング試験なども盛んになり、また、遠隔合同授業が試行されるなど、室内の音声明瞭性をはじめとする教室の音環境はますます重要性を増している。一方で、オープンプラン教室間の遮音など、新しい問題やニーズもみられる。

また、音楽教室・AV教室等の特別教室の品質の向上にも目をみはるものがある。特に、学校の音楽教室は生徒の感性を磨き、心の豊かさを育む上で重要な教室の一つであり、すでに音響面の基本的な設計指針<sup>1)</sup>などもあるが、音楽教育の多様化や各学校固有の建築条件などもあり、これからの音楽教室に求められる音響条件をクリアにする必要が考えられる。

以上のような学校音響に関する認識などから、筆者らは、学校教室を対象に音響調査を行っているが<sup>2)</sup>、今回オープンプランが採用されている3つの小学校において、普通教室と音楽教室を対象とした音響面の調査を行った。本報はこのうち、残響時間や音声明瞭性など、主として

室内音響関連のデータをまとめたものであり、教室の音環境に関する一基礎資料として示す。

### 2. オープン教室関係

#### 2.1 オープン教室の概要

オープンタイプ普通教室の各配置パターンを図1に、内装仕様の概要を表1に示す。

これをみると、同じオープンプラン教室でも、オープンスペースや教室の配置計画、教室間の袖壁の有無、収納ロッカー類の配置などにより、教室相互の空間的な結合具合に特徴が見られる。また、今回測定した各教室では、オープンスペースの天井面はすべて吸音仕上げとなっている。また、教室の天井は、C小学校以外では吸音処理がなされている。床仕上げは、A小の中学年がフローリング張り、他の4教室はタイルカーペット敷きとなっている。なお、教室やオープンスペースの周壁はほとんどが反射性の仕上げであり、窓のほか、掲示板、展示スペースなどに使用されている。

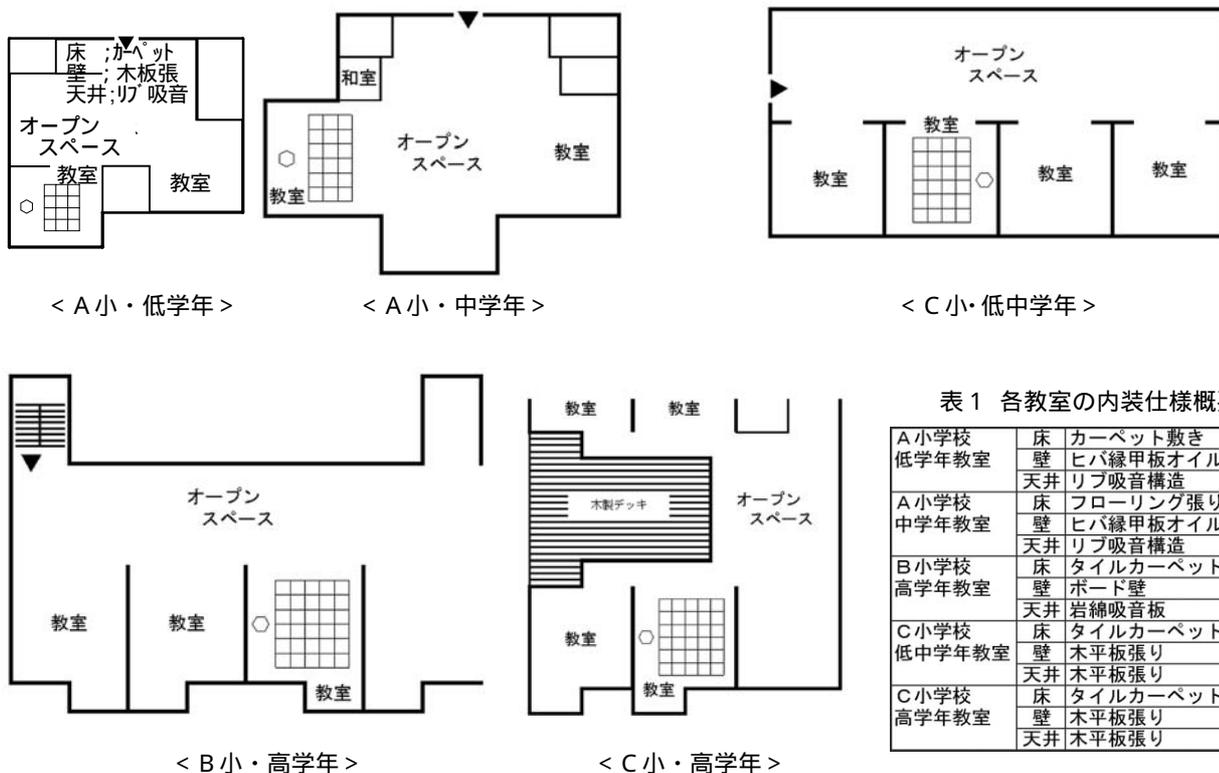


表1 各教室の内装仕様概要

A小学校 低学年教室	床	カーペット敷き
	壁	ヒバ緑甲板オイル拭
	天井	リブ吸音構造
A小学校 中学年教室	床	フローリング張り
	壁	ヒバ緑甲板オイル拭
	天井	リブ吸音構造
B小学校 高学年教室	床	タイルカーペット敷き
	壁	ボード壁
	天井	岩綿吸音板
C小学校 低中学年教室	床	タイルカーペット敷き
	壁	木平板張り
	天井	木平板張り
C小学校 高学年教室	床	タイルカーペット敷き
	壁	木平板張り
	天井	木平板張り

図1 測定対象教室の配置パターン

\*1 技術研究所      \*2 早稲田大学国際情報通信研究センター 教授 工博

## 2.2 測定内容・方法

残響時間やSTI値の測定は、各タイプのオープン教室からそれぞれ1室を選んだ。音源位置は教壇とし、これと座席との間のインパルス応答をM系列ノイズ法により測定して、残響時間やSTI値等を解析した。今回、音源には無指向性スピーカを使用し、測定点は各教室内で1m格子点上に選んだ。また、教室は机・椅子が設置された状態を基本とし、一部、空室状態、並びに、生徒在席時の吸音力に近い状態「机・椅子の上にフェルト1mm厚の二重掛けの状態」でも行った。この「フェルト掛け」の残響室法吸音力の測定結果を、生徒の吸音力測定値（文献データ）と比較して表2に示した。

表2 フェルト二重掛けの吸音力(1席当り)

条件 / 周波数(Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
① フェルト1mm二重掛け	0.16	0.22	0.32	0.34	0.37	0.39
② 小学生木製椅子着席	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.36

注： 残響室実験値より推定  
「建築物の遮音性能基準と設計指針」建築学会編より引用

## 2.3 測定結果

### 1) 残響時間

5教室の空席時(机・椅子有り)の残響時間を図2に示すが、A小の低学年教室の残響時間は0.75秒(500Hz、以下同様)で、比較的平坦な周波数特性である。同中学年教室もほぼ同じ長さであるが、床が反射性仕上のため、高音域でやや長めとなっている。B小の教室は0.7秒程度で、低音域がやや長めの特性であり、教室・オープンスペース天井の岩綿吸音板の吸音特性が反映されている。C小の低中学年教室は0.9秒と最も長い。床のタイルカーペット以外には吸音面がなく、かつ、天井が吸音処理されたオープンスペースとも空間的に独立しているためと推測される。C小の高学年教室は約0.8秒とやや長めであり、教室自体の吸音力が少ないためと考えられる。図3は、教室における机・椅子の有無、および前述の「フェルト掛け」状態の残響時間を比較であるが、教室と周囲空間とが結合した音響空間を構成しており、「フェルト掛け」の吸音力はそれほど反映されないようである。図4にはオープンスペースとかなり一体化したA小の中学年と、空間的独立性の高いC小の低中学年について、教室とオープ

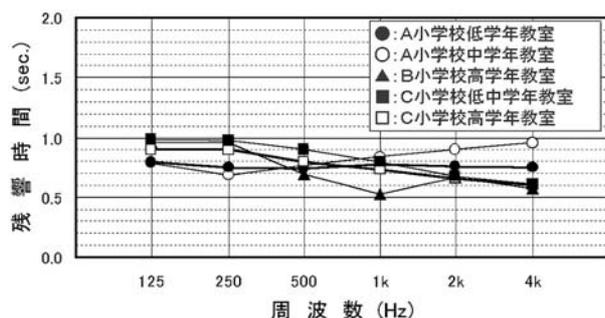


図2 各教室の残響時間(空席時; 椅子・机有り)

ンスペースの残響時間をそれぞれ比較して示したが、A小の残響時間は空間全体に支配されていることがわかる。

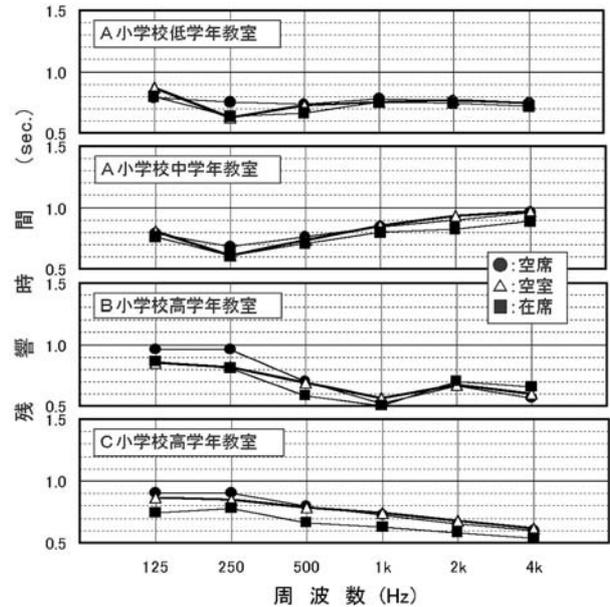


図3 空室・空席・在席相当の残響時間の比較

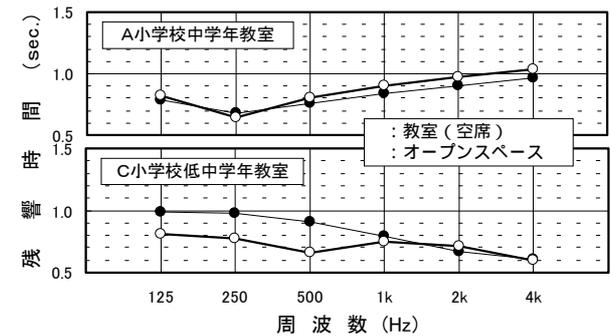


図4 教室とオープンスペースの残響時間比較例

### 2) STI値

図5は5教室の平均的位置5点についてのMTI値であるが、全体として各室の残響周波数特性を反映した結果を示した。図6にはSTI値の空室・空席・在席の比

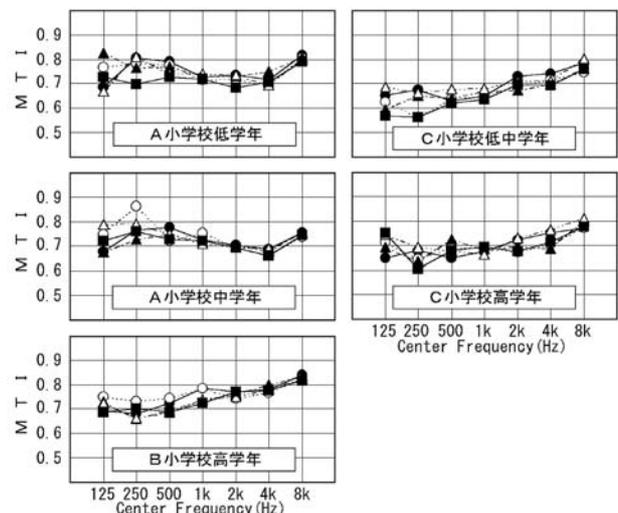


図5 各教室におけるMTI値の傾向

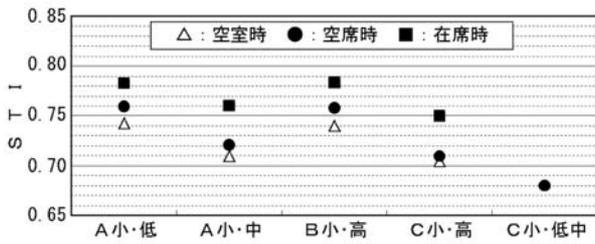


図6 教室の状態によるSTI値の比較

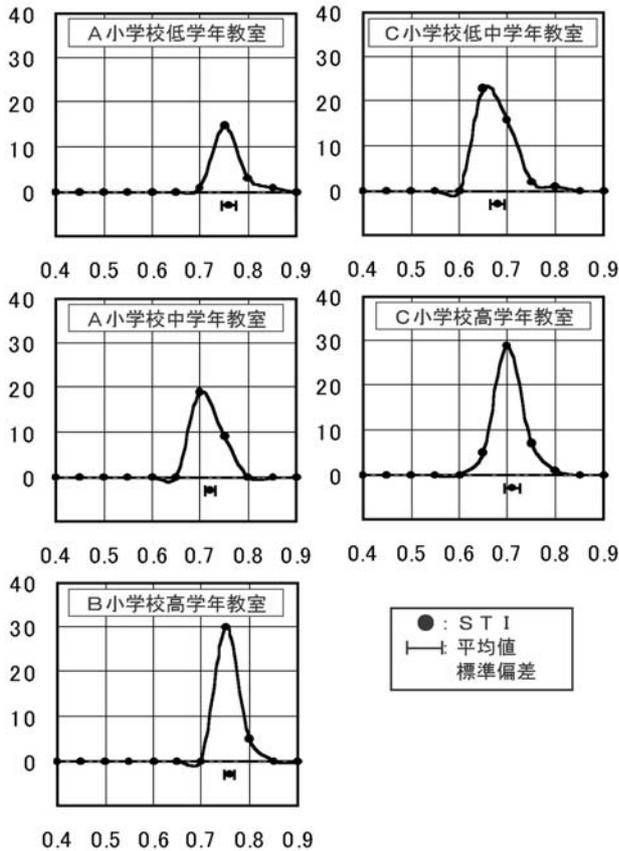


図7 各教室のSTI値・RASTI値の散布図

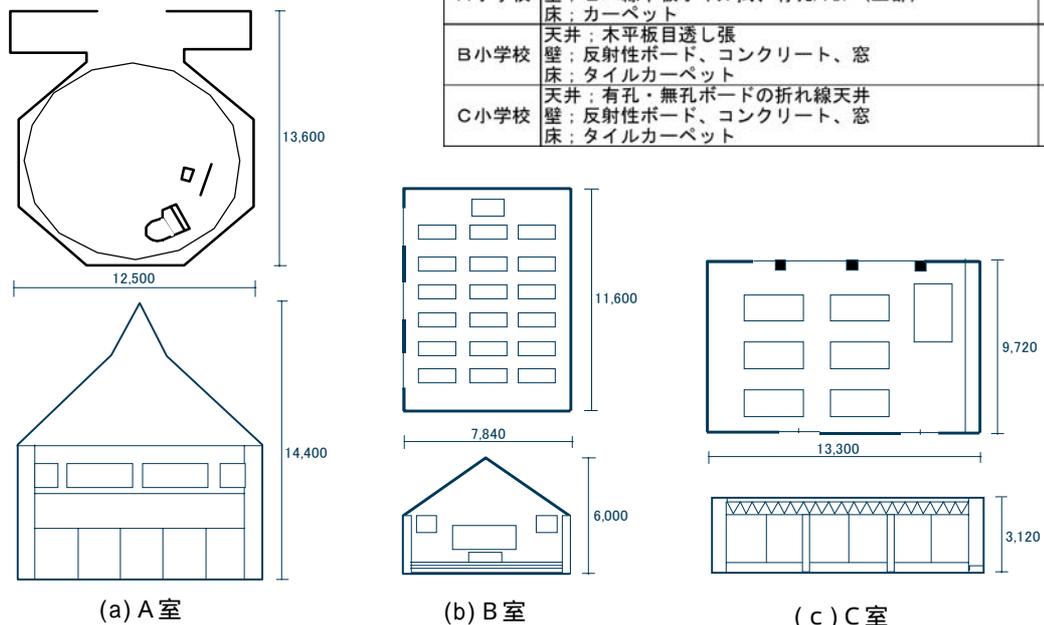


図8 音楽教室の室形状(上部平面、下部断面)

較を示したが、生徒在席時では、残響時間の差と比べ、より明確にSTI値の差が表れた。図7は、各教室における空席時のSTI値とRASTI値の室内分布を散布図として示したものであるが、STI値の平均値は0.67～0.76の間を示し、このうち残響時間が長めのC小の低中学年教室のSTI値が最も小さく、A小の低学年教室とB小教室で比較的大きな値を示した。また、各教室での偏差は、概ね0.1以内の結果となっている。

### 3. 音楽教室関係

#### 3.1 音楽教室の概要

測定した音楽教室の室形状を図8に、内装仕様の概要を表3にそれぞれ示した。写真A,BはA室とB室の内観である。A室の平面形は円形に近く、内装壁面は円形に内接する多角形の反射面を構成している。上部壁面には有孔板・リブ材などが用いられている。B室はなだらかな階段教室で、山型の天井が特徴的であり、後壁は採光窓面



写真1 A室



写真2 B室

表3 各音楽室の内装仕様の概要

学校名	内部仕様	容積(m <sup>3</sup> )
A小学校	天井：ツガ緑甲板目透し張、米松集成材 壁：ヒバ緑甲板オイル拭、有孔P.B.(上部) 床：カーペット	1,360
B小学校	天井：木平板目透し張 壁：反射性ボード、コンクリート、窓 床：タイルカーペット	400
C小学校	天井：有孔・無孔ボードの折れ線天井 壁：反射性ボード、コンクリート、窓 床：タイルカーペット	452

となっている。C室は直方体の基本形状で、天井を折れ線形の拡散面としている。なおA室の室容積は通常の音楽教室よりかなり大きい。

### 3.2 測定内容・方法

音楽教室の測定では、各教室とも、教壇位置に音源スピーカーを設置し、受音点におけるインパルス応答から残響時間などを解析した。なお、反射音指向特性は近接4点法<sup>3)</sup>により求めた。残響時間には周波数特性を考慮して2ウェイスピーカーを、反射音指向特性には対向スピーカーを使用した。

### 3.3 測定結果

#### 1) インパルス応答と残響特性

音楽教室の代表席におけるインパルス応答を図9に示す。A室の波形で50ms以降に膨らみがあるのは、前述の壁面形状に起因する特有な現象と考えられる。B室で直接音に近接した大きな波形が現れているのは、後壁窓面からの反射音と推測される。C室は比較的滑らかな減衰波形を示しており、これは天井を折れ線型とした効果と考えられる。

音楽教室の残響時間を図10に示す。A室は高音域にかけ比較的平坦な周波数特性を示している。C室は500Hzで0.38秒であり低・中音域で若干残響時間が短い特性である。前記の設計指針などから見ると、残響時間は全体的にやや短かめな傾向である。

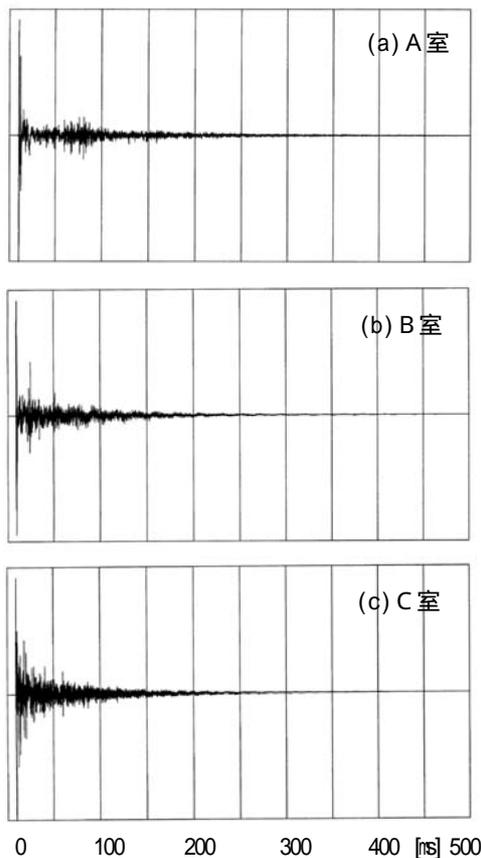


図9 音楽教室のインパルス応答（代表席）

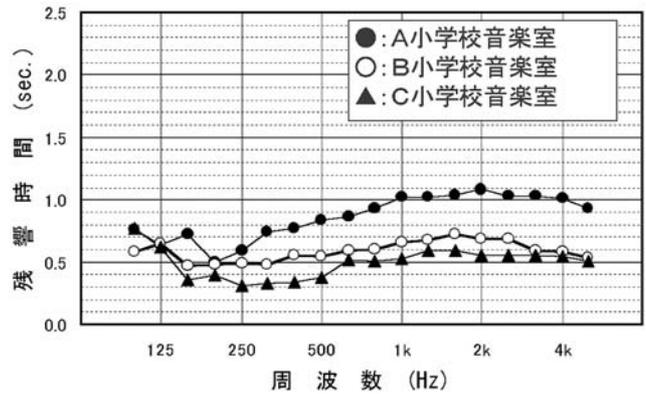


図10 音楽教室の残響時間

#### 2) 反射音指向特性

音楽教室の水平方向の反射音指向特性を次頁の図11に示す。これは、各時間ごとの反射音の到来方向とそのパワーレベルをデシベル表示したものである。A室は他室に比べ、100ms以降で各方向から万遍なく反射音が到来している。B室では0-50msに後壁窓面からの反射が見られるが、全体的には比較的良好な反射音の分布といえよう。C室では100ms以降が特に密度の低いパターンとなっており、比較的デッドな空間であることが捕らえられている。

### 4.まとめ

今回の限られた事例からではあるが、オープンプラン形式の教室の室内音響特性は、隣接するオープンスペースなどの周辺空間の影響をかなり受けること、残響時間は500Hzで0.7秒～0.9秒となっていること、STI値の平均値は0.7前後で、その室内偏差は概ね0.1程度であること、などの現況を把握した。

これらの結果は、音声の明瞭性やその偏差などに関しては特に問題ない範囲と考えられるが、次報<sup>2)</sup>で示されるように、オープンプラン教室では隣接教室の授業発生音の影響が比較的大きいと予測されるので、室内音響面での明瞭性に係わる諸条件はできるだけ有利にしておくことが重要と考えられる。

一方、音楽教室に関しては、室形状や吸音処理の異なる3つの室を比較したが、残響時間は全体的に短めの傾向を示した。なお、3つの音楽教室はそれぞれに異なった形状・内装仕様となっており、反射音指向特性などに、その音響的な特徴が捕らえられている。

本報告は、物理評価量の提示のみであるが、今後、調査事例を増やすと共に、聴感実験による主観評価などを行って、これからの学校教室に望まれる音響条件などをさらに検討してゆきたい。

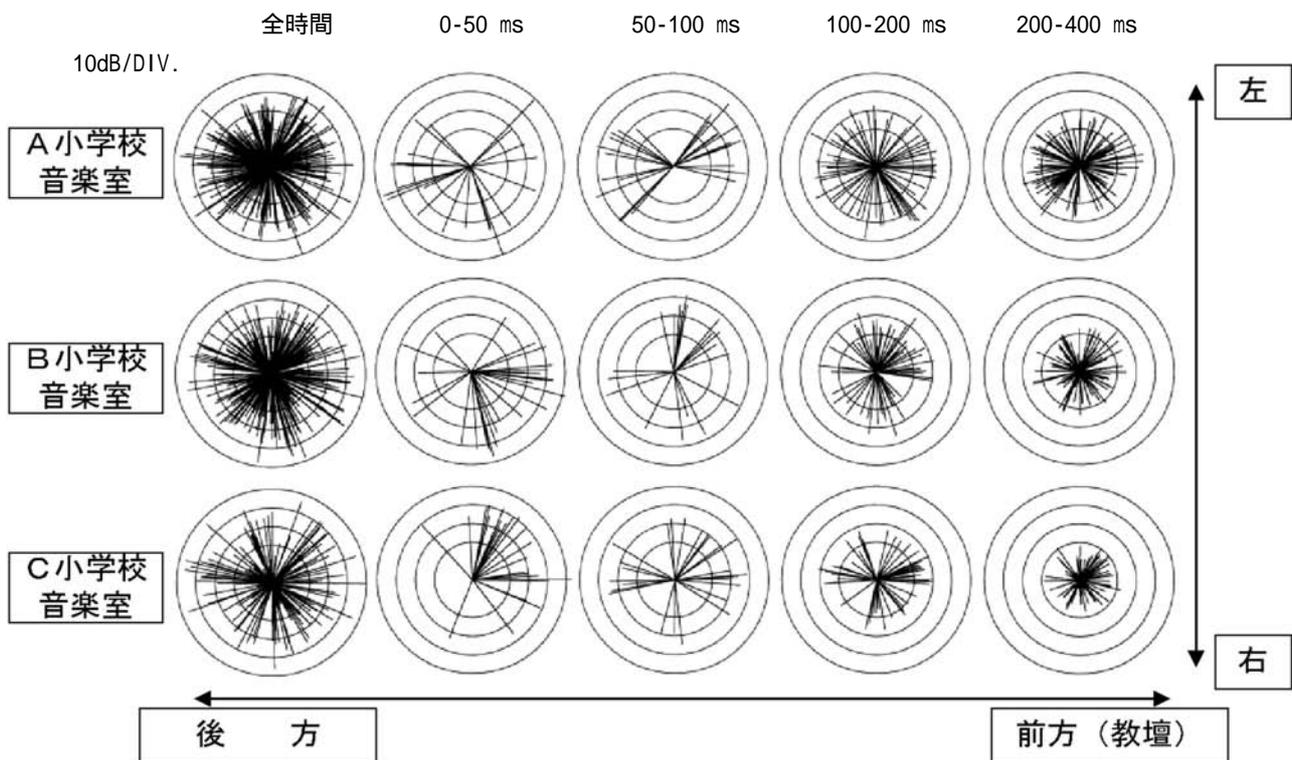


図 11 音楽教室の反射音指向特性（平面、時系列表示）

参考文献

- 1) 日本建築学会編, “建築物の遮音性能基準と設計指針 [第2版],” 技報堂出版
- 2) 福山他, 「小学校オーブンプラン教室の室内音響特性」 日本建築学会2000年度大会、学術講演論文集、環境工学 1 土屋他, 「オーブンプラン教室の音圧レベル減衰性状と授業発生音」 日本音響学会 2000年秋季研究発表会講演論文集 )
- 3) Y. Yamasaki, T. Itow, “Measurement of spatial information of sound fields by closely located four point microphone method,” J. Acoust. Soc. Jpn(E) 10, 73-85, (1989)

<謝辞> 未筆ながら、本調査に御協力戴いた各学校の関係者各位に謝意を表します。