

教室や会議室における残響時間の測定と評価に関する基礎的検討  
ドイツ工業規格 DIN 18041 に基づく評価の試み

Basic study on the measurement and evaluation of reverberation time in classrooms and meeting rooms  
Attempted evaluation based on the German industry standard DIN 18041

○韓 江原<sup>1</sup>, 向井 暉<sup>1</sup>, 宮沢 京<sup>1</sup>, 羽入敏樹<sup>2</sup>, 星和磨<sup>2</sup>, 鈴木諒一<sup>2</sup>  
Jiangyuan Han<sup>1</sup>, Hikaru Mukai<sup>1</sup>, Kyo Miyazawa<sup>1</sup>, Toshiki Hanyu<sup>2</sup>, Kazuma Hoshi<sup>2</sup>, Ryoichi Suzuki<sup>2</sup>

1. はじめに

教室や会議室のような建築空間において、室内音響性能は非常に重要な設計要素の一つである。その室内音響性能を評価する指標として主に残響時間が用いられる。ドイツでは室内音響性能を確保するための残響時間の規準・設計指針として DIN\_18041[1]が規定されている。

本報では教室や会議室における音環境の現状把握を目的に残響時間の測定を行い、DIN\_18041 の規準値と比較することで音環境の評価を試みたのでその結果を報告する。

2. 測定概要

2-1 測定条件

測定は、図1に示す1111室、922室、923J室の3室において実施した。1111室は教室、922室と923J室は会議室としてそれぞれ利用されている。写真1に各室内観写真を示す。表1に各室の表面積、室容積及び80%在室時の人数を示す。DIN\_18041の規準値は80%在室時の残響時間で規定されている。音源として12面体スピーカーSからTSP信号を発生させ、受音点Rにおいて全指向性マイクロホンを用いて收音した。收音したTSP信号をインパルス応答に変換した。受音点は1111教室と923J室では6点、922室では5点とした。

表1 測定音場の表面積、室容積、80%在室時の人数

	表面積(m <sup>2</sup> )	室容積(m <sup>3</sup> )	80%の人数(人)
1111	507.3	538.7	90
922	307.2	284.6	19
923J	133.5	91.4	9



1111室                      923J室                      922室

写真1 測定音場の写真

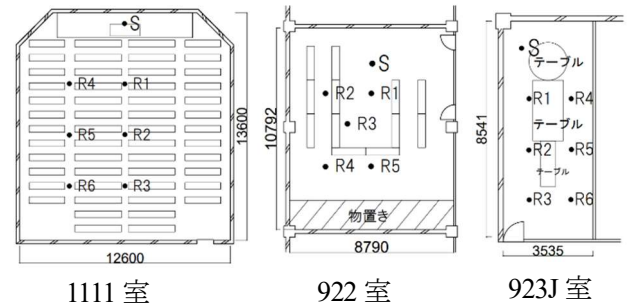


図1 測定音場の平面図、音源受音点位置

2-2 解析方法

インパルス応答2乗積分法[2]を用いて残響時間を求めた。中心周波数63Hz~8kHzのオクターブバンドフィルタをかけたインパルス応答  $p(t)$  から(1)式によって残響エネルギー減衰曲線  $E(t)$  を計算した。

$$E(t) = \frac{\int_t^{\infty} p^2(\tau) d\tau}{\int_0^{\infty} p^2(\tau) d\tau} \quad (1)$$

得られた残響減衰曲線の-5dB~-35dBの30dBレンジで傾きを評価し、残響時間を算出した。なお、63Hzでは、暗騒音レベルが大きく、30dBレンジでは十分なSN比が確保できなかったため、-5dB~-25dBの20dBレンジで残響時間を算出した。

DIN\_18041と比較するために、80%在室時の残響時間が必要である。そのため、(2)式で80%在室時の残響時間  $T_{80\%}$  を求める。今回測定した教室と会議室は、DIN\_18041における室区分A3 (Group A3) に相当するため、室区分A3の目標残響時間  $T_{soll,A3}$  をDIN\_18041にしたがって(3)式で求めた。

$$T_{80\%} = \frac{0.161V}{A_{空} + A_{人}} \quad (2)$$

$$T_{soll,A3} = 0.32lgV - 0.17 (s) \quad (3)$$

ここで、 $V$  は室容積、 $A_{空}$  は実測した残響時間からSabineの式により求めた空室時の等価吸音面積、 $A_{人}$  はDIN\_18041の Additional sound absorption area per

1 日大理工・学部・建築 2: 日大短大・教員・建築

person[1]から引用した一人あたりの等価吸音面積と表1に示した各室の80%在室人数より求めた80%在室時の等価吸音面積である。在室の条件は人が椅子に着席している状態である。63Hzと8kHzの一人当たりの等価吸音面積は、それぞれ表2の125Hz、4kHzの値を用いた。

表2 一人当たりの等価吸音面積(m<sup>2</sup>/人)

Frequency Situation	125	250	500	1000	2000	4000
sit	0.1	0.15	0.35	0.5	0.5	0.55

### 3. 測定結果と考察

1111 教室、922 教室、923J 室の空室条件 (empty) と 80%在室時 (80% occupied) の残響時間を図2~4にそれぞれ示す。各グラフのグレーで塗りつぶした範囲は DIN\_18041 で規定されている目標残響時間に対する誤差の許容範囲を示している。

図2を見ると、1111 室の 80%在室時では 63Hz~250Hz の低周波数帯においてわずかに許容範囲よりも残響時間が長い、500Hz~8kHz においては収まっていることが分かる。結果的に音環境は概ね問題ないものと考えられる。しかし 1111 室は教室であり、今回想定した 90 人よりも少ない人数で利用する機会も多いため、その際に吸音不足となってしまう可能性がある。これを踏まえ、さらに吸音を増やすなどの対策が好ましいと考えられる。

図3を見ると、922 室の 80%在室時では残響時間は 63Hz、2kHz、4kHz で許容範囲をわずかに上回っているが、125Hz~1kHz においては範囲に収まっている。このことから、特に問題の無い音環境であると評価できる。しかし 922 室においては、今回の測定時には図1に示すように物置きに椅子や段ボールなどが散在しており、それが付加吸音材となって残響時間が短くなっていると推測される。この付加吸音が無い場合、吸音不足と判定されてしまう可能性も排除できない。本来、付加吸音に頼らずに壁面仕上げのみで規準を満たすよう音響設計を行う必要があると考える。

図4の923J室の結果を見ると、残響時間が空室時、80%在室時ともに全周波数帯域において許容範囲を上回っている。923Jは今回測定した3室の中で室容積が最も小さいにもかかわらず、空室時の残響時間は250Hz、4kHz、8kHzで他の2室より長かった。これは平均吸音率が他の2室と比べて低く、吸音不足であることを示している。80%在室時でも残響時間は依然として長く、全周波数帯域において許容範囲に収まって

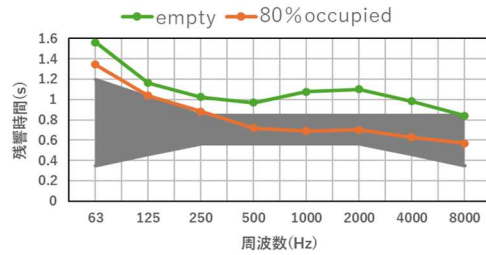


図2 1111 教室の残響時間

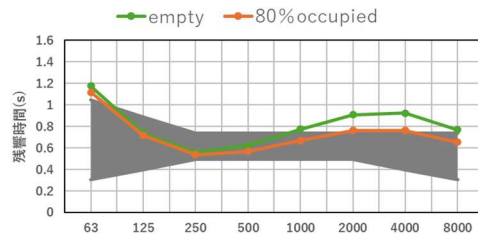


図3 922 室の残響時間

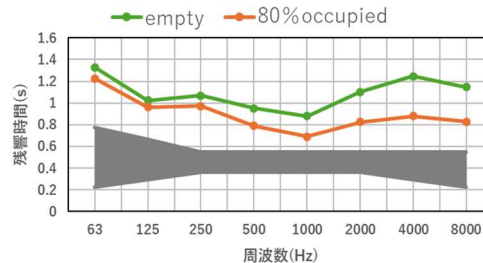


図4 923J 室の残響時間

いない。このことから、923J 室は吸音を増加させて残響時間を短くする必要があると評価できる。

### 4. まとめ

本報では、教室や会議室として使用されている室の残響時間を測定し、DIN\_18041 の目標残響時間と比較することによって、室内音響性能を評価した。その結果、現在使用されている室の音環境を把握することが出来たとともに、室容積や在室人数が残響時間に影響を与えていることが分かった。

また、室容積が小さい空間でも、会議室などの音声コミュニケーションが重要な空間においては、特に吸音設計を着実に実施する必要があることがわかった。さらに、周波数によって残響時間が異なるため、音環境を改善するにあたり、適切に吸音材を使い分けるなど、対策すべき周波数を考慮した設計が必要であると考えられる。

### 5. 参考文献

- [1] DIN 18041: 2016 "Acoustic quality in rooms – Specifications and instructions for the room acoustic design"
- [2] 羽入敏樹：「インパルス応答から求める室内音響指標」、日本音響学会誌，69 巻，6 号，pp.291-296，(2013)