

建築音響分野における計測・評価方法国際標準化の動向

International Standardization on the Method for Measurement and Evaluation in the Field of Building Acoustics

子安 勝 (Masaru Koyasu)

音響工学研究所 (Acoustical Engineering Laboratory)

橋 秀樹 (Hideki Tachibana)

東京大学生産技術研究所 (Institute of Industrial Science, University of Tokyo)

まえがき

従来から建築音響の分野において、各種音響性能の計測方法・評価方法などについての国際規格が制定されてきたが、わが国を含めて世界的にみても、各国内規格との整合性は必ずしも充分ではなかった。しかし建築の設計施工などの面においても、最近国際化の動きが急速に進んでおり、また各種建築材料の輸出入の活発化とともに、国際規格の重要性がますます大きくなっている。

特に現在ヨーロッパでは、1993年1月1日に発足する予定のEC市場統合に向けて、各国間の関税障壁撤廃を目標として製品及びその試験・評価方法に関する各国内規格の統一が必要になり、CEN (ヨーロッパ規格委員会) においてヨーロッパ規格の制定作業が進められている。

建築音響の分野でも、CEN/TC 126 において、関連する規格作成の作業が行われている。この段階で、ヨーロッパ規格は同時に ISO (国際標準化機構) 規格として権威付けられたものであることが要望され、ISO で建築音響を所管する ISO/TC 43/SC 2 に対して、現行 ISO 規格の改正、新規規格制定のための数多くの提案が行われている。ここでは、こうした動向の中での建築音響分野における計測・評価方法国際標準化の現況を整理して解説するとともに、わが国の対応についての考察を行う。

1. 建築音響関連 ISO 規格

現在まで ISO/TC 43/SC 2 において制定されてい

表 1 建築音響関連の ISO 規格 (現行規格, 改正作業中規格, 新規作成中規格) 一覧

項 目	規 格 番 号				
建築物・建築部品の遮音測定方法	実験室	<u>140/1</u> <u>140/8</u>	<u>140/3</u> <u>140/9</u>	<u>140/6</u>	140/10 (小型建築部品)
	現場	140/4 (室間) <u>140/7</u> (床)	140/5 (外周壁)		10052 (短時間測定)
	共通	140/2 (精度条件)			
建築物・建築部品の遮音評価方法		<u>717/1</u> (室間) <u>717/3</u> (外周壁)	<u>717/2</u> (床衝撃音)		
吸音材料性能測定方法		354 (残響室法吸音率) 抵抗)	9053 (流れ		10534 (垂直入射吸音率及びインピーダンス)
吸音材料性能 (単一数値) 評価方法					11654
浮き床用材料性能測定方法		9052/1 (動スチフネス)			
室内音響特性測定方法		<u>3382</u> (残響時間)			
給水設備騒音測定方法		3822/1 <u>3822/4</u>	3822/2	3822/3	

注: 現行規格のうち規格番号にアンダーラインのあるものは、現在改正作業中の規格を示す。

る建築音響関連規格、及び原案作成中の規格式案を、その内容によって分類して表1に示す。なお、いくつかの現行規格（表中の規格番号にアンダーラインで示した）については、改正作業が進められている。このように多数の規格改正が同時に進行しているのは、過去にその例をみないことであるが、これは主として、はじめに述べたヨーロッパからの要望に対応したものである。

以下に主要な規格について、規格改正・新規規格制定の動向を示すことにする。

2. 建築物・建築部品の遮音性能測定方法

建築物及び建築部材・部品の遮音性能は、住宅など各種建築物における音環境の保全（騒音制御）を目的とした建築物の設計・施工に対して、最も重要な機能であり、その測定方法の標準化が早くから取り上げられ、現在 ISO 140 シリーズとして規格体系が整備されている。ただ欧米諸国においても、在来の慣習・法規制などとの関係から、国内規格との整合性は必ずしも満足できるものではなかった。このため、国際規格の存在意識が問われることになり、1986年の総会で各国内規格との整合性を大前提とした ISO 140 シリーズの見直し改正を行うことが決議され、SC 2/WG 18において作業が続けられている。その現況と主要な改正点は次の通りである。

2.1 空気音遮音の実験室測定（ISO 140/1, 140/3）

建築材料の音響透過損失測定用残響室についての規定（140/1）および測定方法（140/3）については、板ガラス・窓などの測定における開口部の寸法、開口部調整方法（構造）および試料取付方法の詳細な規定が追加され、また測定周波数として在来の100～3150Hz（1/3オクターブ間隔）に4000Hzおよび5000Hzを加えたとともに、低周波数域のデータが必要な場合の周波数（50, 63, 80Hz）とそのときの測定の手引きを追加する案が作られている。

なお、対応するわが国の JIS A 1416（実験室における音響透過損失測定方法）は、この規格（案）といくつかの点で整合がとれていない。主要な事項を比較して表

2に示す。

2.2 空気音遮音の現場測定（ISO 140/4, 140/5）

現場での室間（140/4）および外周壁（140/5）の遮音測定方法については、現行規格に対してかなり多くの点での改正案が作られている。今後の審議過程での変更の可能性もあるが、現段階での主要な改正点を以下に示す。

- (1) 従来は現場測定についても1/3オクターブバンド測定に限定されていたが、日本からの度々の提案をベースにして、オクターブバンド測定が追加された。
- (2) 室間の遮音測定の場合の周波数範囲については、それぞれ次のように規定される：

1/3オクターブバンド測定

100～3150Hz

オクターブバンド測定

125～2000Hz

上記の測定周波数範囲外に、4000, 5000Hz（1/3オクターブバンド）または4000Hz（オクターブバンド）の推定が推奨され、また低周波数域のデータが必要な場合には、50, 63, 80Hz（1/3オクターブバンド）または63Hz（オクターブバンド）を追加することになっており、特に測定のみずかしい低周波数域については、測定の手引きが附属書に示されることになっている。

- (3) 外周壁の遮音測定の場合の周波数範囲については、原則的には室間と同様に次のように規定される：

1/3オクターブバンド測定

100～3150Hz

オクターブバンド測定

125～2000Hz

ただし、望ましい周波数範囲として50～5000Hz（1/3オクターブバンド）または63～4000Hz（オクターブバンド）の測定が規定されている。

- (4) 外周壁の測定用音源としては、通常のスピーカ音源の他に、道路交通騒音、鉄道騒音、航空機騒音を使用する方法が規定されることになっている。

表2
ISO 140/1, 140/3（改正案）
と JIS A1416 との比較
注）*（）内は、オプション
を示す。

規格番号	ISO 140/1, 140/3（改正案）	JIS A 1416
項目		
室容積	50 m ³ 。音源・受音室の容積は、少なくとも10%異なること。	100 m ³
残響時間	長すぎないこと（低周波数領域）。	特に規定なし。
測定周波数範囲*	(50, 63, 80) 100～3150 (4000, 5000) Hz	125～4000 Hz

(5) 日本からの提案によって、外周壁の遮音測定に音響インテンシティ法が追加されることになっている（附属書）。この方法は、側路伝搬や暗騒音の影響が大きくて、在来の音圧法の適用が困難な場所に有効であるとされている。通常の外部音源法他に、内部音源法も規定されることになっている。

(6) 音圧法についても、JIS A 1520（建具の遮音試験方法）に規定されている内部音源法が目ざされており、規定に加える準備を行うことになっている。

2.3 床衝撃音の実験室・現場測定（ISO 140/1, 140/6, 140/7, 140/8）

床衝撃音の測定方法については、CENからの要請による期限との関連から、当面小幅な改正に止めることになっている。この床衝撃音測定については、実験室・現場測定のいずれについても、現行規格でオクターブバンド測定が規定されている。この場合、原則的な測定周波数範囲は100～3150Hz（1/3オクターブバンド）または125～2000Hz（オクターブバンド）であるが、4000、5000Hz（1/3オクターブバンド）または4000Hz（オクターブバンド）の測定が推奨され、また必要な場合には低周波数域で50、63、80Hz（1/3オクターブバンド）または63Hz（オクターブバンド）を追加することになっている。

タッピングマシンのハンマ・ヘッドの材質についても議論が行われているが、ゴム・ヘッドについては性能規定が困難であるという理由から否定されている。

なお、わが国のJIS A 1418（建築物の現場における床衝撃音レベルの測定方法）で規定されている重量衝撃については、欧米における生活様式の変化（住居における素足生活家庭の増加傾向）などに関連して、多くの国が関心をもっているが、現行の自動車用対やで代表される衝撃源については、衝撃力の過大なこと、測定の再現性の難点などが指摘されている。これに関連して、現在わが国で進められている衝撃源の開発研究には、大きな関心もたれている。

2.4 その他のISO 140 シリーズ

ISO 140/9（吊り天井の遮音性能実験室測定方法）およびISO 140/10（小型建築部品の遮音性能実験室測定方法、近く制定予定）については、今回は改正を行わない予定である。

ただし、140/10については、換気用開口など透過面積を規定できない部品が多いので、最終案では10m²で規準化して表示することになっているが、この方法では遮音性能の数値が過大になって誤解を生ずる心配があり、わが国などからコメントが提出されており、その取り扱いについて注目している必要があると考えられる。

2.5 短時間測定方法

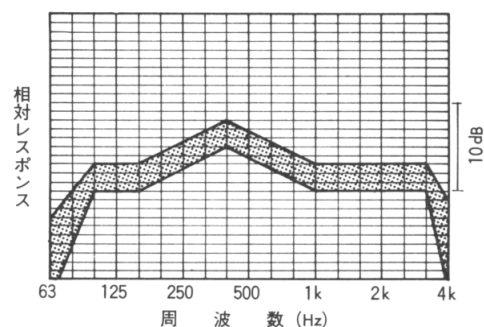


図1 短時間測定方法（ISO 10052案）における音源の周波数特性

現場における室間遮音性能の短時間測定方法の原案作成作業が、ISO 140シリーズの改正作業とは別個に、WG 10で進められている。

この案では、図1に示すような周波数特性（通常の内装をした容積30～40m³の居室における1/3オクターブバンド音圧レベルの空間平均）をもった音をスピーカから放射し、音源室および受音室でのA特性音圧レベルの時間・空間平均値をそれぞれ測定し、その差を受音室の内装状態によって調整して、遮音性能（ISO 140/4 およびISO 717/1に規定される方法で算出した単一数値標準化レベル差の推定値）を表示する方法が規定されている。

図のかなり特異な音源の周波数特性は、標準的な方法で求められた値との相関をできるだけよくすることを意図して定められたものである。その必要性については、簡略性・精度（再現性）などを総合して、今後さらに検討を行うべき問題であると考えられる。

3. 建築物・建築部品の遮音性能評価方法

現在ISO 717/1～717/3として標準化されているが、在来の各国内の法規・規格などとの整合性からみて多くの問題が残されている。例えばヨーロッパでも、ドイツは基本的にこのISO規格に従った方法を採用している（というよりも、ドイツ規格をベースにして国際規格が規定されている）が、フランスでは異なった方法が使われている。わが国の建築基準法における界壁の遮音規準やJIS A 1419（建築物の遮音等級）の規定も、この規格とは異なっていることは、周知のことであり、特に床衝撃音の評価方法は、基本的に異なった考え方から出発している。

こうした状態を背景にして、TC 43/SC 2にWG 21が設置され、改正原案の作成作業が開始されている。

3.1 空気音遮音性能評価

空気音遮音性能の評価方法についての現行ISO規格では、室間（ISO 717/1）および外周壁（ISO 717/3）の2つの規格によって規定されている。今回の改正では、

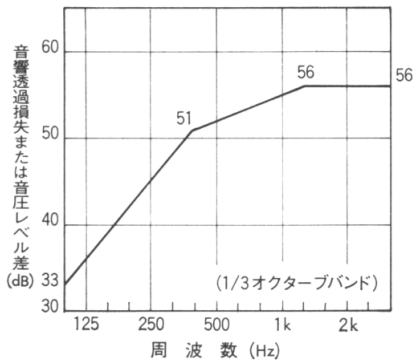


図2 空気音遮音の基準曲線 (1/3オクターブバンド)

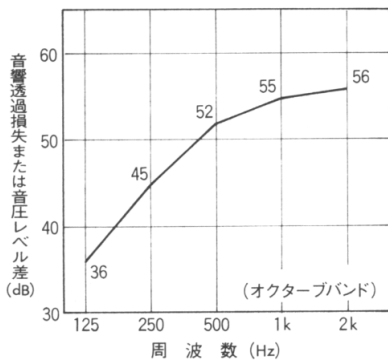


図3 空気音遮音の基準曲線 (オクターブバンド)

この2規格を一つの規格 (717/1) に統合する形で原案作成の作業が進められている。

現在までの作業状況では、基本的な評価方法として図2に示される基準曲線を使った現行の評価方法がそのまま規定されることになっている。主要な事項は次の通りである。

単一数値指標の基本量としては、現行規定と同じ R_w , $R_{w'}$, $D_{n,w}$, $D_{n,TW}$ が使用される。

測定結果に対する規準曲線の当てはめ方は、現行通りにマイナス側の偏差 (偏差の合計が、 $[2 \text{ dB} \times \text{測定周波数帯域の数}]$ 以下。通常の場合には、32dBまでとする。) を認める方法であり、また一部の国で使われている一周波数についての -8dB の限度は、今回も適用されない。

現段階での主要な改正点は、次のようになっている。

現行規格に規定されている airborne sound insulation margin は、削除される。

現場測定の結果については、わが国からの提案によってオクターブバンド評価が追加され、そのための規準曲線 (図3) が規定される。この場合、マイナス側の偏差の許容限度は、125 ~ 2000Hz の測定においては、10dB となる。

現行の単一数値評価量に加えて、spectrum adaptation terms と呼ばれる量が規定され、表示することになる。

この方法は、フランスからの強い主張に対応して追加されるもので、図4および図5に示す2種類の負荷騒音スペクトル (A特性の重み付けをしたもの) を設定し、入社側と透過側とのA特性音圧レベル差を算出するための係数として与えるものである。現行の単一数値評価量、例えば $D_{n,w}$ に spectrum adaptation terms (C , C_u) を加えたものがA特性音圧レベル差になる。この方法による遮音性能の評価結果の例を図6に示す。ここに示されるように、現行単一数値評価量が同じでも、負荷騒音の

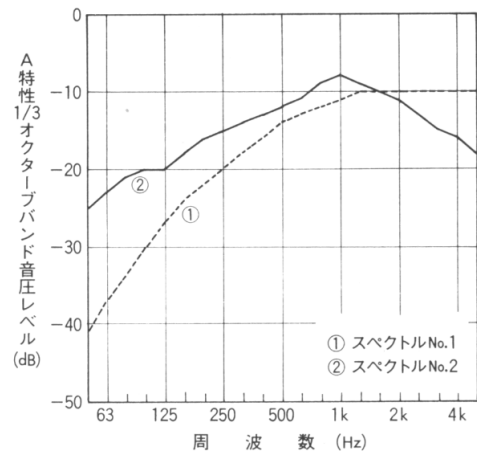


図4 Spectrum adaptation term 算出のための騒音スペクトル (1/3オクターブバンド) 各種騒音源に対するスペクトル適用については表3参照 (50 ~ 80Hz, 4,000Hz, 5,000Hzはオプション)

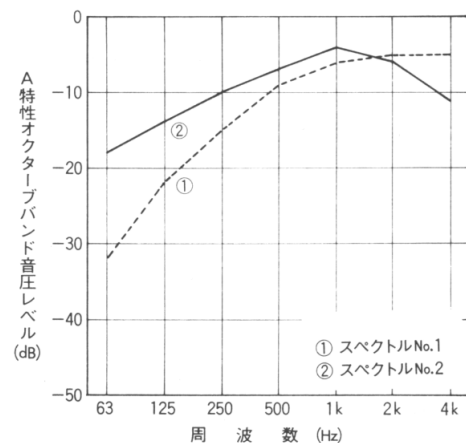


図5 Spectrum adaptation term 算出のための騒音スペクトル (オクターブバンド) 各種騒音源に対するスペクトル適用については表3参照 (63Hz, 4,000Hz, はオプション)

表3 各種騒音源に適用する spectrum adaptation terms (図4および図5参照)

騒音源のタイプ	対応する spectrum adaptation terms
生活活動(会話, 音楽, ラジオ, TV) こどもの遊び 中高速鉄道* 高速道路交通 > 80km/h 近距離ジェット航空機 主として中高周波数騒音を放射する工場	C (スペクトル 1)
都市市内道路交通 低速鉄道* プロペラ駆動航空機 遠距離ジェット航空機 主として中低周波数騒音を放射する工場	C_{tr} (スペクトル 2)

注) *いくつかのヨーロッパ諸国では、オクターブバンドレベルで定義された鉄道騒音の計算モデルが存在する；これは、スペクトル 1 及び 2 との比較に使用することができる。

スペクトルによって A 特性音圧レベル差は異なっており、その関係は対象とする壁などの遮音性能の周波数特性に依存することになる。

3.2 床衝撃音遮音性能評価

床衝撃音遮音性能の評価方法についての現行 ISO 規格 (ISO 717/2) 改正に対する現在までの作業の状況では、基本的な評価方法として図7の基準曲線を使った在来の評価方法がそのまま規定されることになっている。主要な事項は次の通りである。

単一数値指標の基本量としては、現行規定と同じ $L_{n,W}, L_{n,W'}, L_{n,T,W}$ が使われる。

測定結果に対する基準曲線の当てはめ方は、現行通りにプラス側の偏差(偏差の合計が、[2 dB × 測定周波数帯域の数] 以下。通常の 100 ~ 3150Hz の場合には、32dB までとする。)を認める方法である。現段階での主要な改正点は、次のようになっている。

現行規格に規定されている impact sound protection margin は、削除される。

現場測定に対応して、オクターブバンド評価が追加され、そのための基準曲線(図8)が規定される。この場合、プラス側の偏差の許容限度は、125 ~ 2000Hz の測定においては、10dB になる。また評価基本量 $L_{n,W}$ などを算出するためには、シフトした基準曲線の 500Hz 値から 5dB を差し引く。

空気音の場合と同様に、spectrum adaptation term が規定される。ただし、この場合にはバンドごとの音圧レベルのエネルギー合成値を求めるための項になっている。

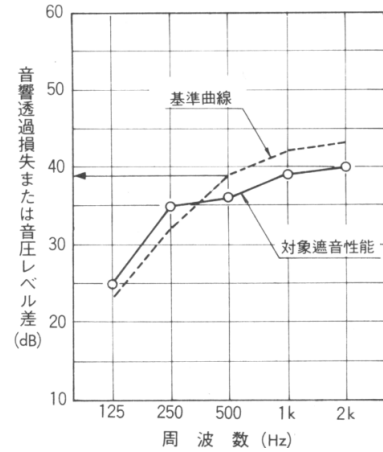


図6 単一数値評価量および Spectrum adaptation terms による遮音性能評価の例

$$\begin{cases} R_W \text{ または } D_W = 39 \\ C_1 = X_{A1} - X_W = 38 - 39 = -1 \\ C_2 = X_{A2} - X_W = 35 - 39 = -4 \end{cases}$$

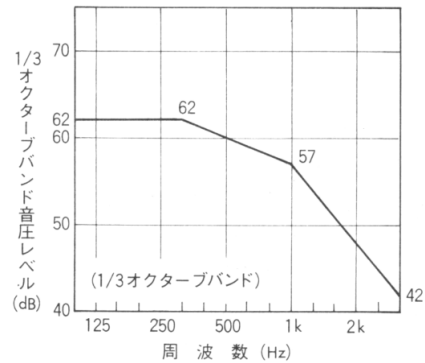


図7 床衝撃音に対する基準曲線(1/3オクターブバンド)

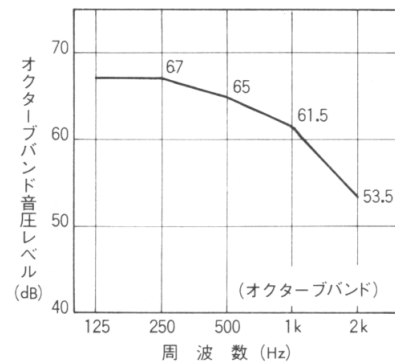


図8 床衝撃音に対する基準曲線(オクターブバンド)

この規格改正については、まだ初期の段階であり、わが国で行われている近似逆 A 特性による評価(基本的には A 特性音圧レベルによる評価に近い)との関連なども含めて、さらに検討を要する点が多いと考えられる。

4. 残響時間測定方法

現行の ISO 3382 (オーディオトリアムの残響時間測定方法) は、制定後長期間を経過したために、根本的な見直し改正をすることになり、WG19 で改正作業が行われている。

重要な改正点として、従来からの定常騒音を止めたときの減衰曲線の直線記録から算出する方法の他に、室のインパルス応答の測定結果から、二乗インパルス応答の逆時間積分によって減衰曲線を算出する方法 (いわゆる Schroeder 法) が規定されることになっている。

また、インパルス応答の測定結果から、残響時間の他に次の各物理評価量を算出することが追加されている。

初期減衰時間 EDT

相対音圧レベル G

Clarity C_x ($t_x=50\text{ms}$ または 80ms)

時間重心 TS

初期側方エネルギー尺度 LF

ただし、これらの量のなかには評価量として定着していないものも含まれているので、規格本体に入らない附属書として規定される。

5. 吸音性能関連規格

5.1 吸音性能測定方法

実用的な吸音性能測定方法として、ISO 354 (残響室における吸音測定方法) が古くから規定されている。現在この規格については、試験材料の標準取付け方法を追加する作業が行われている。

また、垂直入射吸音率およびインピーダンス測定方法については、新規規格 ISO 10534 として近く制定される段階になっている。

5.2 吸音性能評価方法

吸音性能の単一数値評価については、アメリカで古くから使われてきた NRC (Noise reduction coefficient; 250, 500, 1000, 2000Hz の4周波数における吸音率の算術平均値の少数第2位を0または5に丸めた値) がよく知られている。わが国でも、一部の吸音材料規格 (ロックウール, グラスウール, ロックウール化粧吸音板) のなかで、同様の値が品質規定に使われている。

ISO では、WG 20 のなかで規格原案作成の作業が行われており、ISO 11654 として制定されることになる、現段階での規格案は、スウェーデン国内規格 (SS 025259 および SS 025260) をベースにしたもので、遮音性能の単一数値評価と同様に、図9に示す基準曲線を吸音率

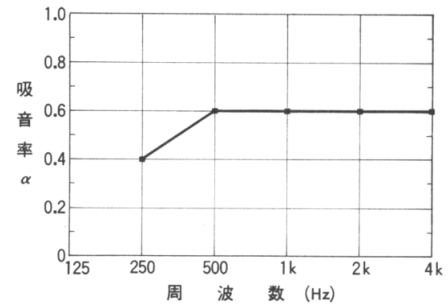


図9 吸音性能の単一数値評価のための基準曲線

測定データに当てはめて評価値を算出する方法になっている。

あとがき

以上建築音響分野における計測・評価方法についての国際標準化の動向を紹介した。ここに示した現段階での規定内容については、最終的に規格として制定された段階で、異なった規定になっている可能性が大きいので、特に注意されたい。

このように多数の規格の新規制定、改正が同時に行われていることは、従来の ISO 活動のなかでは嘗てなかったことである。これは始めに述べたようにヨーロッパ市場統合の動きに直接に関連したことである。わが国におけるニーズからみれば、重要視する必要の少ない項目もあるが、その反面では、わが国の豊富な研究成果や実務面での実績が反映されていない項目も多い。最近いくつかの規格改正のなかで、わが国からの提案が取り入れられたり、部分的な草案の作成が依頼される例もみられるようになっているが、今後さらにこうした面での活動を推進することが望ましいことである。このためには、直接に ISO の場への提案だけでなく、各種国債会議への論文発表などを通して、わが国の精化を世界に周知するための努力が必要であると考えられる。

〔参考試料〕

子安 勝：建物・室用途と要求される遮音性能，音響技術 no. 61 (1988, 3月) 9 ~ 17

子安 勝：諸外国の音響性能評価値 / 評価値に関する研究動向，音響技術 no. 68 (1989, 12月) 11 ~ 16

安岡 博人：遮音性能の評価，日本建築学会第35回音響シンポジウム (1992, 1月) 17 ~ 24

吉村 純一：その他の性能評価，日本建築学会第35階音響シンポジウム (1992, 1月) 25 ~ 30