

「特殊建築空間に科学が挑戦！」

1/30 縮尺音響模型実験による半球体内音場(円形ドーム音場)の可聴化

1. 概要

昨今の建築空間の形状は、その空間目的を留意した上で決定されることが一般的であろう。したがって、通常用いられる形状下においては、経験的に感覚的にその音響性状の概要は理解できる範囲内であろう。しかしながら、この概念から外れた形状下における音響性状を予測することは一般的には困難であり、もし予測を試みたとしても非現実的空間を想像するには及ばないのが現実である。

現代の室内音響においては、幾何音響を利用したPCにおけるシミュレーションによって、その空間概要をつかみとる手法があるが、綿密な空間予測を行うには困難がともなう。

そこで、我々が現在までにホール設計で実施を幾度となく行った1/30スケール模型の解析方法を利用し、波動シミュレーションを試みた。

このシミュレーションは、音響設計における大きな失敗を回避し、音響障害となる問題の解決に利用し、より良い音響特性を生み出すために考えた手法であるが、音響学の上では留意すべき多くの課題が山積している。その課題は次のとおりである。

課題1：音響解析を行う模型は、実際の構造と同等の吸音特性を有する材料模型によって製作する必要がある。そのためには、1/30スケールにおける残響室法吸音率を確認する必要がある。

我々は、1/30スケールの残響箱を製作し、この内部でJISに基づく残響室法吸音率のデータ集積を行ってきた。

課題2：実音場において音響測定を行うには、無指向性マイクロホンによって收音する必要があるが模型内においても同等の收音が行えるマイクロホン、または收音方法が不可欠となる。

室内音響測定の対象周波数範囲を「125Hz～8kHz オクターブバンド」とした場合、1/30スケールになることから30倍の周波数、すなわち「3.75kHz～240kHz オクターブバンド」において超音波領域の収録が可能であることが不可欠となる。

我々の実験では、無指向性音源に「模型用放電パルス」を利用し、收音には1/4インチマイクロホンをを用いて無指向性になる收音方法を採用した。

課題3：超音波領域で発生する空気吸収の補正を行う必要がある。多くの研究所では窒素置換によってこの問題を解決している。この方法は大規模な環境と装置と費用などを要することから、設計レベルでは不向きである。我々はデータ収録後、PCによる計算処理に基づき空気吸収補正を行うことで、この課題を回避した。

課題4：収録した模型内の音響データを解析し、実音場スケールの音響データに戻した上で、音響評価や可聴化に対応した。

このように1/30スケール模型の音響実験と解析は非常にハードルが高く、実用化には相当の基礎実験を繰り返しながら、音響理論に基づいた解析を行うことが求められる。

今回の模型実験では、特殊建築形状の代表例として「半球体形状(円形ドーム形状)」の内部で発生する音の特徴を、把握するために可聴化による再現を試みた。

なお、音場再現にあたっては、再現精度向上のため「波形同期加算128回(S/N改善量：約21dB)」「超音波周波数領域の空気吸収補正」「放電パルス音源の周波数特性補正」等の解析処理を行なった。

2. 実音場と模型音場の諸元

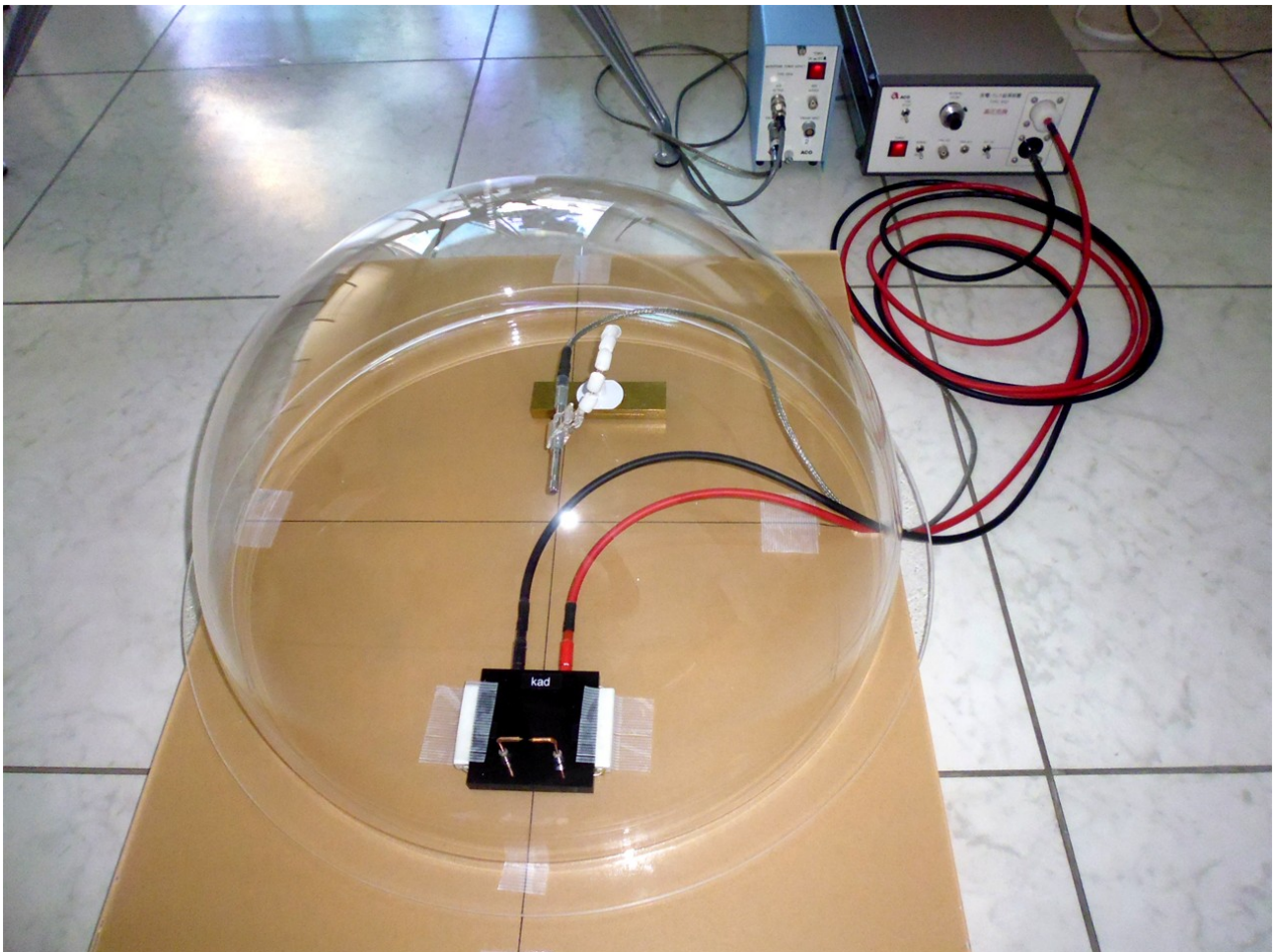
今回の特殊建築空間には、「RC構造で構築された完全半球体（円形ドーム）」に着目した。概要は次のとおりである。

		実音場換算	1/30 スケール模型音場
最大内径寸法	m	直径 13.2 m	直径 0.44 m
室容積	m ³	602 m ³	0.02 m ³
室内表面積	m ²	547 m ²	0.61 m ²
室容積／室内表面積	m	1.47 m	0.0425 m
平均自由行程	m	5.86 m	0.17 m
構造、材料		RC150t 相当	アクリル板 5t

3. 測定条件

模型実験における測定条件は、次のとおりである。

- 1) 室内条件 空室時
- 2) 音源位置 半球内壁下端より 1.5m、高さ 1.5m
- 3) 受信位置 半球ドーム中心、高さ 1.2m
- 4) 温度、湿度 18.9～19.0℃ 、 37.3～37.9%



4. 残響時間周波数特性

1/30 縮尺音響模型実験で得られたインパルス応答から、シュレーダー法に基づき残響時間 T_{30} を算出した。併せて、拡散音場理論に基づき残響時間 RT (残響式: Eyring-Knudsen) を算出した。本実験の半球体内音場 (円形ドーム音場) における空室時の残響時間解析結果は、次のとおりである。

一般に、円形ドーム音場では音源と受音点の位置関係の違いにより、初期反射音エネルギーに偏差が大きく生じやすい。音源と受音点の両方が、円形ドームの中心に近づくことで、床面中心付近と円形ドーム天井凹面との間でフラッターエコーが持続的に発生する仕組みになっている。

本実験の残響時間 T_{30} の結果は残響理論値を大きく下回っている。本実験で行った測定位置では、受音点が円形ドームの中心に位置するものの、音源はドーム中心から離れて遠ざかっており、フラッターエコーが顕著に生ずる位置関係から外れているものと考えられる。

・室内環境補正時 : 温度20°C 湿度50%

分析対象のデータ区分	1/1オクターブバンド中心周波数 (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1/30模型実験値 (空気吸収補正あり) T_{30} (秒)	11.22	7.19	6.04	5.20	4.46	3.94	---	---
残響理論値 (Eyring-Knudsen) RT (秒)	---	22.16	19.96	9.87	8.90	7.03	3.35	1.37

