

小空間における残響減衰曲線の方向による違いに関する基礎的検討

A basic study on directional differences in reverberation decay curves in a small room

○西川託未¹, 徳永優太¹, 北澤光流¹, 羽入敏樹², 星和磨², 鈴木諒一²

Hikaru Kitazawa¹, Yuta Tokunaga¹, Takumi Nishikawa¹, Toshiki Hanyu², Kazuma Hoshi², Ryoichi Suzuki²

1. はじめに

大空間と異なり、コンサートホールや講堂などの小空間はコストや労力の観点からそのほとんどの空間で施工後の響きや遮音の性能確認や評価をされてこなかった。この背景から、小空間の効率的かつ正確な音場評価の方法について検討されてきている^[1]。今回はこれまであまり考慮されてこなかった、方向(壁や床の材質や距離)によって響きに差があるかどうかを把握するために、方向ごとの残響減衰性状について計測、検討したので、その結果について報告する。

2. 測定概要

方向の違いによる減衰曲線の挙動の違いについて把握するために、広音域における残響減衰を複数の在室条件において測定した。実験音場は船橋校舎 922 教室とし、本実験におけるスピーカーや測定点、人の位置などの条件、各チャンネルの向きを略図を図 1 に示す。在室条件としては、10 名をほぼ一様にして着席させた条件(sym)と、室内の出入口側に偏って着席させた条件(asym)の 2 条件に加え、空室条件の合計 3 条件とした。また、在室時は起立した姿勢で計測しているものとする。

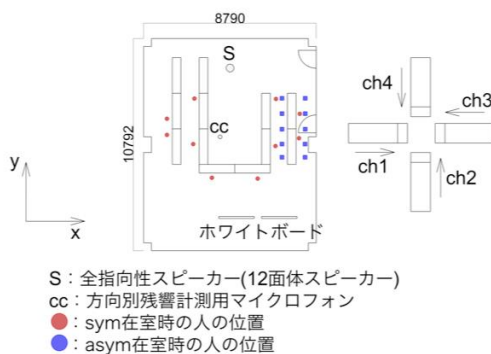


図 1 922 教室における実験配置図

音源信号は Swept Sin 信号を全指向性スピーカー(12 面体スピーカー)で流すこととし、測定には C-C 法^[2]を用いることとする。C-C 法のチャンネル数に関して、本実験

では部屋の各面に対して網羅されるよう、6 チャンネルを用いることとする^[3]。各チャンネルの方向については図 1 の x 軸正方向の音を録音するものを ch1, y 軸正方向方向を ch2, x 軸負方向を ch3, y 軸負方向を ch4, z 軸正方向(天井方向)を ch5, z 軸負方向(床面方向)を ch6 とする。TSP 信号をインパルス応答に変換し、オクターブバンドフィルタリングを施して、中心周波数 63Hz~8000Hz のオクターブバンドごとの減衰曲線を算出した。本実験における減衰曲線のグラフは、各チャンネルの 0~1.1 秒までのエネルギー積分値のうちの最大値で全チャンネルを基準化した。

3. 測定結果

まずは周波数の違いによる方向別減衰の違いについて見るために、空室時の 125Hz 帯域の方向別減衰の様子を図 2 に、2000Hz 帯域の様子を図 3 に示す。

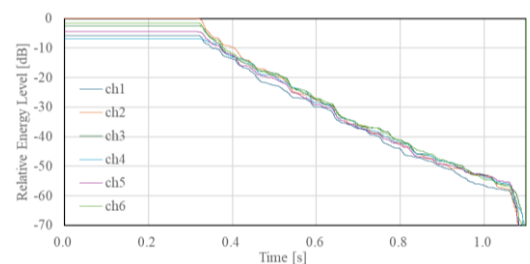


図 2 125Hz 帯域の方向別減衰曲線(空室時)

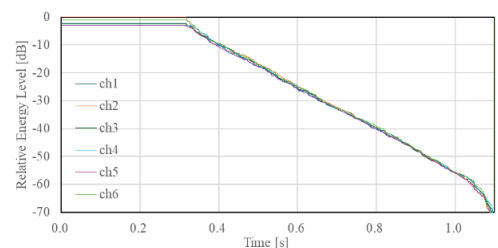


図 3 2000Hz 帯域の方向別減衰曲線(空室時)

二つの図で示されたものと同様に、今回実験を行った条件下ではいずれも、低周波数帯域では減衰曲線のレベルにばらつきが見られたが、周波数が高くなるにつれてば

1: 日大理工・学部・建築 2: 日大短大・教員・建築

らつきが徐々に小さくなり減衰曲線がほぼ同レベルに収束していくという挙動が確認できた。図2でばらつきのある部分についてみていくと、ch5とch6では最大で3dB程度のばらつきがあることがわかる。距離的要因と材質的要因の二つが考えられる。ch5から天井までの距離は1.75m、ch6から床面までの距離は1.25mであり、距離の差が残響レベルの差に影響する可能性がある。また125Hzにおける吸音率についてみると、床面が0.01であるに対して天井面は0.26であり、この吸音率の差が影響している可能性も考えられる。他の影響も可能性はあるが、原因の解明には至っていない。ch1とch3にも同様の違いが見られ、ch1方向がほとんど全面が壁面であるのに対して、ch3方向が全体の約半分程度を窓が占めている。125Hzにおける吸音率は、ボール壁が0.26、窓面が0.18でch1の方が壁面の吸音率が高いため、ch3よりもch1の方が残響が小さくなっていると考えられる。

次に在室条件による人の吸音力の偏りによる方向別減衰の違いについて見るために、sym在室時の125Hz帯域の方向別減衰の様子を図4に、asym在室時の様子を図5に比較して示す。

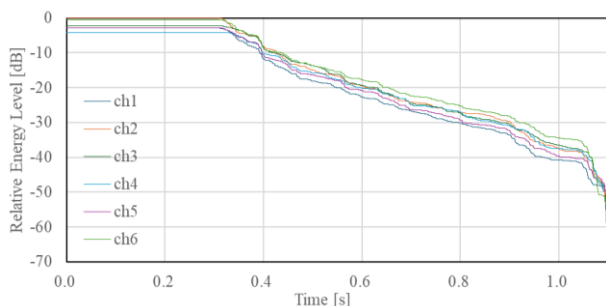


図4 sym在室時125Hz帯域方向別減衰曲線

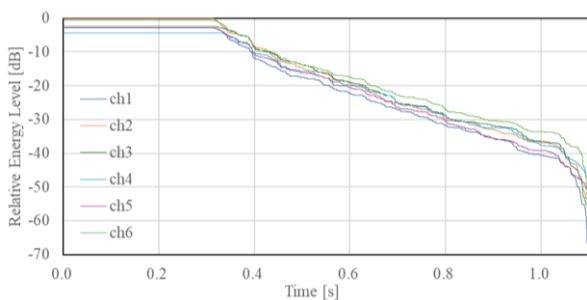


図5 asym在室時125Hz帯域方向別減衰曲線

sym在室時とasym在室時ではch1とch3の方向の吸音力に一番大きな差が生じると考えられたため、ch1とch3では減衰曲線のレベルに違いが生じるのではないかと予

測していたが、実際には図4と図5を用いて比較すると、sym在室時とasym在室時では全てのチャンネルにおいて条件ごとの減衰の挙動にはほとんど変化は見られなかった。よって本実験においては吸音力の偏りによる減衰の違いはほとんど生じないということが分かった。しかしながら、sym在室時とasym在室時でのx軸方向(ch1, ch3)の吸音力の差は人間5人分しかなく、もっと大きな吸音力の差がついた状態であれば、方向の違いで減衰に差が出る可能性もあるため、さらに極端な条件での検証が必要である。また、床と天井方向のch5, ch6について、本実験では床方向であるch6の残響時間が天井方向のch5に比べて大きくなっていた。今回考察した距離的要因と在室的要因の二つについてはさらに研究が必要である。

4. まとめ

今回の実験により、測定位置によって方向ごとの減衰の初期においては差があり、その分、方向ごとに響きの大きさには微妙に差が生まれていることが判明した。吸音体である人を左右対象に配置したsym在室時と非対称に配置したasym在室時では、残響減衰曲線に変化が起こると予想したが、本実験での条件では大きな違いが生じなかった。今後極端に吸音体を増やすことで変化が生まれるかを次回の研究で検証していきたい。今後は本実験の結果から得られた考察をより検証するために、複数箇所、または複数音場で、壁までの距離によって残響のレベルに変化はあるのか、また壁の吸音率の違いのみによって残響のレベルに差が生じるのかなどの更なる検討が必要である。小空間の場合メインの音源となる人の声は100Hz～1000Hz程であるため、低周波数帯の方向別減衰の特性を知ることは、小空間の音響設計にとって有益と考えられる。今後も更なる研究が必要である。

5. 参考文献

- [1] 羽入他：「室内音場の物理測定の課題と将来展望」, 日本音響学会誌 61 巻 1 号, pp.50-55, (2004.12)
- [2] 羽入他：「4ch カーディオイドマイクを用いた室内音響エネルギー密度の測定法」, 音響学会講演論文集, pp.1149-1152, (2008.3)
- [3] 羽入他：「カーディオイドマイクを用いた室内音響エネルギー密度の測定法」, 音響学会建築音響研究会資料, AA2009-37, (2009.5)