H4-15

室内音場における楽器音による残響時間と 1/12 オクターブ残響時間の対応

Correspondence of reverberation time by instrument sounds and 1/12octve band reverberation time in room sound field

○松尾明穂[1]，　羽入敏樹[2]，　星和磨[2]

*Akiho Matsuo[1]，　Toshiki Hanyu[2]，　Kazuma Hoshi[2]

１．はじめに

従来，音楽ホールなどのパフォーマンス空間の残響時間は，1/1 オクターブまたは 1/3 オクターブ帯域ごとの残響時間周波数特性によって評価されてきた．一方，筆者らは，音楽に最も用いられている 1 オクターブを 12 分割した十二平均律の音程を中心周波数とした 1/12 オクターブ帯域の残響時間でパフォーマンス空間を評価する可能性について研究を進めている．既報[1]では，1/12 オクターブ残響時間には，1/1 や 1/3 オクターブ残響時間には見られなかったばらつきが生じることを報告した．本研究では，インパルス応答に楽器の単音（以下，楽器音とする）を畳み込んで残響減衰を求めそこから楽器音による残響時間を計算した．その楽器音による残響時間とインパルス応答から直接求めた残響時間との対応を調べたので報告する．

２．楽器音による残響解析

2.1.　解析対象

解析に用いたインパルス応答は，座席数 511 席，容積約 6000m3 の音楽ホールと，容積 210m3 の会議室で測定された応答である．1/12 オクターブ残響時間は，音楽ホールよりも会議室のばらつきが大きいことが分かっている [1] ．これら 2 種類のインパルス応答を楽器音に畳み込んで残響減衰曲線を求め，そこから残響時間を算出する．

2.2.　楽器音の作成方法及び解析方法

楽器音は，IK MULTIMEDIA 社の SampleTank 2L に収録されている cello, contrabass, horn, oboe, violin の 5 種類のサンプリング音源を用いた．各楽器の音域に含まれる音階ごとに，2 秒間の楽器音に上述した 2 音場のインパルス応答を畳み込んだ．さらに，インパルス応答を畳み込んだ楽器音から，減衰部分を取り出して残響時間を解析した. 回帰区間は-5 dB から-35 dB とした．ただし contrabass のみ-5 dB から-25 dB とした．

2.3.　結果・考察

インパルス応答を 1/12 オクターブ及び 1/1 オクターブ帯域で解析した残響時間を図 1 に示す．これをみると音楽ホールよりも会議室のばらつきが大きい．次に，インパルス応答に楽器音を畳み込んで求めた残響時間を図 2 に示す．上段が音楽ホール，下段が会議室の結果である．図 2 を全般的に見ると，contrabass を除き下段に示す会議室の残響時間のばらつきが大きい傾向にある．図 1 と図 2 の傾向を比べると，図 1 の 1/12 オクターブ残響時間のばらつきが大きいと，図 2 の楽器音による残響時間のばらつきも大きい傾向にある．このことから，楽器音による残響時間のばらつきは，インパルス応答から直接求めた 1/12 オクターブ残響時間の

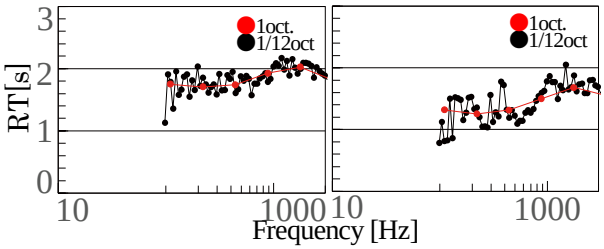

図 1　インパルス応答から直接計算した残響時間
（左：音楽ホール　右：会議室）

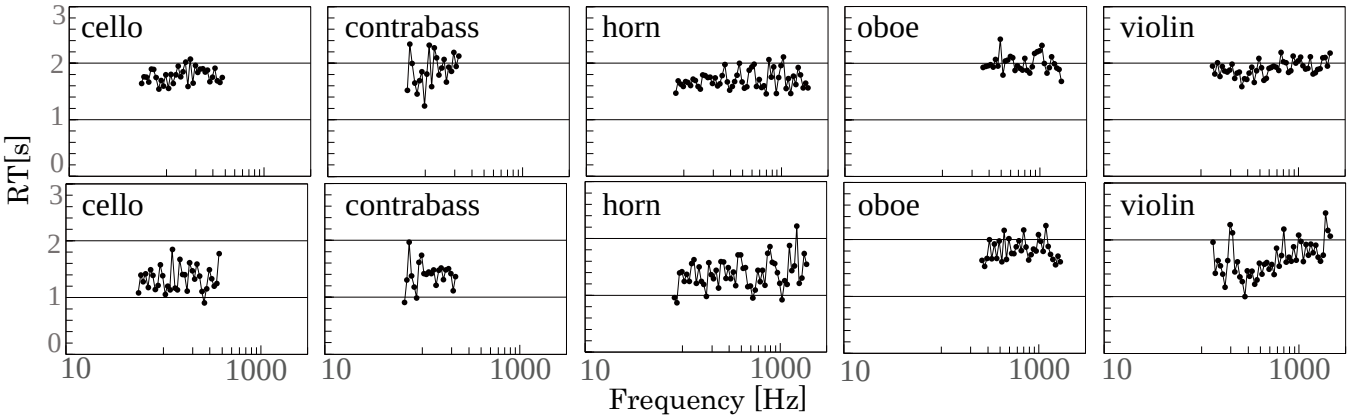

図 2　インパルス応答を楽器音に畳み込んで解析下楽器ごとの残響時間（上段：音楽ホール，下段：会議室)

１：日大理工・院（前）・建築，２：日大短大・教員・建築

解析によって，ある程度予測できることが示唆された．

３．残響時間のばらつきの差異

前章において，楽器音による残響時間のばらつきが音場間で差がある事が示された．このばらつきの大きさの有意差検定を行った．

3.1. 解析対象及び方法

対象は前章で用いた 2 音場のインパルス応答から求めた 1/12 オクターブ帯域ごとの残響時間，及び 2 音場のインパルス応答を楽器音に畳み込んで求めた残響時間である．まず，異なる音場の残響時間を比較するため，楽器音による音階ごとの残響時間，または 1/12 オクターブ残響時間を，1/1 オクターブ残響時間で除した残響時間比 RTR (Reverberation Time Ratio) を計算した．RTR は，音場の 1/1 オクターブ残響時間特性をキャンセルし，1/12 オクターブ残響時間のばらつきを音場間で比較しやすくしたものである．2 音場の RTR のばらつきの大きさに差があるか否か F 検定により調べた．

3.2.結果・考察

音楽ホール，会議室のインパルス応答から直接求めた RTR を図 3 に，楽器音による RTR を図 4 に，各楽器の RTR の分散値を図 5 にそれぞれ示す．また，ばらつきの差の検定結果を表 1 に示す. まず図 3 をみると，音楽ホールの RTR のばらつきは 0.8 から 1.2, 会議室では 0.6 から 1.6 の間でばらついており, RTR によって両音場のばらつきの違いがより明確になっているのがわかる．また図 4 を見ると，図 2 と同様に contrabass を除き，全体的に音楽ホールより会議室の RTR のばらつきが大きい．図 5 の分散値にもその差は表れている．さらに検定結果をまとめた表 1 をみると，contrabass 以外において，1%有意で音楽ホールと会議室の RTR のばらつきに差がある．contrabass は音域が低音域のため，音楽ホール，会議室の双方でばらつきが大きく有意な差が現れなかったと考えられる．以上の結果より，インパルス応答，楽器音ともに，音場間で 1/12 オクターブ残響時間のばらつきに差が生じ得ることが示された．またインパルス応答を解析した RTR と楽器音による RTR のばらつき度合いも対応があることが確認された

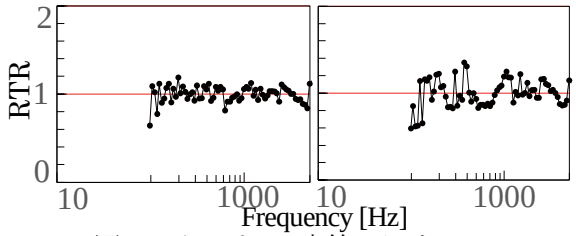

図 3　インパルス応答における RTR
（左：音楽ホール　右：会議室）

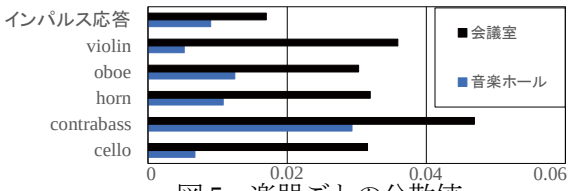

図 5　楽器ごとの分散値

表 1　音楽ホールと会議室の検定結果

インパルス応答	cello	contrabass	horn	oboe	violin
	**	**	**	**	**

４．まとめ

本研究では，楽器音による音階ごとの残響時間を求め，インパルス応答から直接求めた 1/12 オクターブ残響時間との対応を調べた．その結果，楽器音による残響時間のばらつきが音場によって異なることが示された．また，楽器音による残響時間のばらつきは，インパルス応答を直接解析した 1/12 オクターブ残響時間のばらつきと対応していることがわかった．今後は残響時間のばらつきの聴感上の影響について検討するつもりである．

参考文献

[1] 松尾(他)，十二平均律に基づく残響時間の 1/12 オクターブ分析，日本建築学会大会学術講演梗概集(2015), p241-242

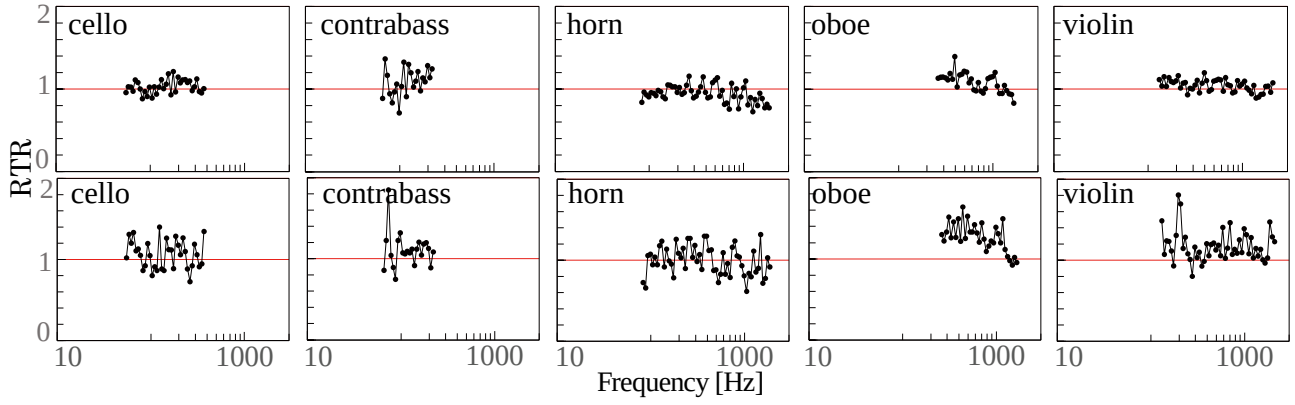

図 4　インパルス応答を楽器音に畳み込んで解析した楽器ごとの RTR（上段：音楽ホール，下段：会議室）