

ステージ上の雑壇の音響効果に関する実験的検討

10056 牛山 歩

1. はじめに

ステージ上の雑壇による低音弦楽器の音響増強効果については古くから指摘されており、ホールでの様々な実測により効果が確認されている[1]。この効果は音響加振・機械加振による雑壇の板振動の影響、雑壇の形状・寸法などの様々な要因が考えられ、最近の研究では発生機構の解明が進められている。安田ら[2]は数値解析を通して、板振動の影響は固有周波数付近のみで変化するのに対し、雑壇の側板の有無や高さによる回折波の影響は広い周波数領域や空間領域に変化を及ぼすという考察を行っている。また中西ら[3]は板振動のみに関する検討を理論的に行っており、板及び雑壇下部空間の固有周波数付近での影響について考察している。しかし、回折波の影響に関する実験的検討は十分に行われていない。本研究では、ステージ上の雑壇による音響増強効果に関して模型実験によるケーススタディを行い雑壇形状の違いによる回折波の影響について考察する。

2. 模型実験概要

模型実験は、縮尺1/4の半自由空間を想定して行った。音源、受音点、試料の位置関係を図1に示す。音源位置は常に雑壇上板中央の上部に固定し、各受音点でインパルス応答の測定を行った。音源として sweep pulse を用い、受信系には 14in マイクロホンを用いた。測定したインパルス応答波形から回折波到達までの波形を切り出した後、1/3 オクターブバンドのフィルタリング処理を行った。雑壇の形状に関しては図2に示す基本形に対して4つのパラメータ(側板の有無、奥行き変化、高さ変化、横幅変化)を設定し、これに基づき表1に示す10の模型を作製した。ただし模型材料はすべて板振動の影響を排除できるよう十分硬いものとした。

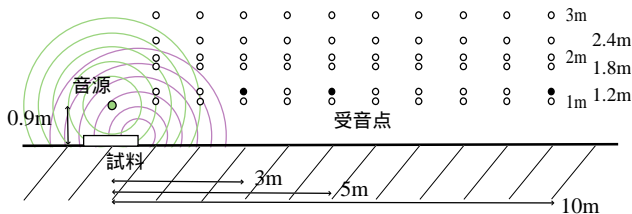


図1: 実験配置図

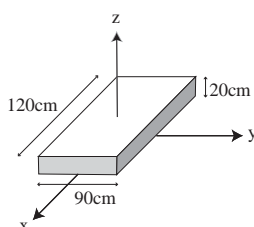


図2: 雑壇の基本形 (type A)

受音点に関してはすべて $y=0$ の平面上に設置した。黒点の3点(高さ 1.2m)に関しては全パターン(形状)に関して周波数特性を求めこれを基に特徴的なタイプを6つ選択した。他の白点に関しては選択した6パターン(形状)のみにおいて測定を行い音圧分布を得た。

表1: 検討した雑壇形状

| パラメータ | type | 形状 |
|-------|--------|------------|
| | type X | 雑壇なし |
| | type A | 基本形 |
| 側板の有無 | type B | 側板が x 方向のみ |
| | type C | 側板が y 方向のみ |
| | type D | 側板なし |
| 奥行き変化 | type E | x 方向1.5倍 |
| | type F | x 方向2倍 |
| 高さ変化 | type G | z 方向1/2倍 |
| | type H | z 方向2倍 |
| 横幅変化 | type I | y 方向2倍 |
| | type J | y 方向4倍 |

3. 実験結果および考察

【周波数領域における影響】

type A ~ J について 1/3 オクターブバンドごとの周波数特性を図3に示す。type X (雑壇なし) での音圧レベルを 0dB として基準化した。

側板の有無による影響 a):

250Hz以下ではタイプによる影響は様でないが、より高周波数域では受音点側(x方向)の側板の有無により傾向が明確に分かれており、側板のある type A, B において gain が顕著である。

奥行き変化による影響 b):

低周波数域においては影響が少ないが、より高周波数域においては干渉による影響が顕著であり、タイプにより大きく異なっている。また、受音点位置によるばらつきも顕著であった。

高さ変化による影響 c):

低周波数域では影響があまり見られないが、より高周波数域では干渉による影響が顕著であり、タイプ・受音点により大きく異なる。

横幅変化による影響 d):

125Hz以下において、横幅の大きいタイプほど音圧レベルが高くなっていることから、低周波数域においては受音点方向の側板長さが回折波の寄与に影響を与えているものと考えられる。但し、雑壇からの水平距離がより近い受音点 ($x=3, 5$) においてはこの傾向は顕著でなかった。その他の周波数域では受音点によらず特性はほぼ一致した。

【空間領域における影響】(図4)

type X, A, D, F, H, J についての 200Hz の音圧分布を図4に示す。

側板の有無による影響 (type A, D):

側板のない type D は type A に比べ干渉によるディップが緩やかである。これは上板の下に潜り込んだ回折波が多重反射し放出される影響と考えられる。

奥行き変化による影響 (type A, F):

type A より type F の方が干渉によるディップが緩やかに
なっている。また音源付近では指向性の変化が見られるもの、
遠方では影響は見られない。

高さ変化による影響 (type A, H):

type H は type A に比べ音源付近での音圧が高く、また指向性
が見られた。これは音源と舞台上板との距離が近づいたこと
による反射波の影響と考えられる。一方遠方では高さ変化による
影響は見られない。

横幅変化による影響 (type A, J):

本周波数 (200Hz) においては明確な差異は見られないが、
125Hz以下の低周波数域においては遠方において音圧レベルの
増加が見られた。

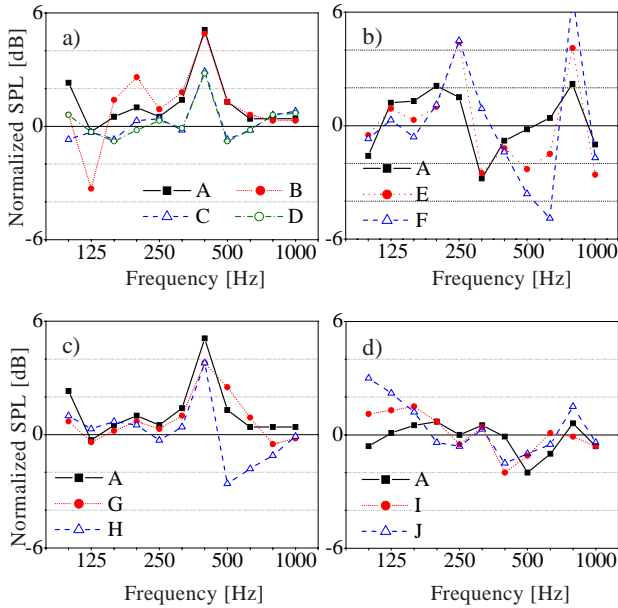


図3: 難壇形状の差異による周波数特性の違い
a)側板の有無 (x=5) b)奥行き変化 (x=3)
c)高さ変化 (x=5) d)横幅変化 (x=10)
(1/3 オクターブバンド、type X により基準化)

4. 数値解析との比較

本実験では吸音材により簡易に半無響状態を作ったため、
天井等からの反射波や暗騒音による測定誤差の影響を含んで
いる可能性がある。この点を検証するため、安田らの数値解析
結果との比較を行った。一例として以下に type H (高さ2倍) の
x=3, 5, 10 [m] の受音点における周波数特性の数値計算結果
(1Hzごと) と模型実験結果 (1/3 オクターブバンド) の比較を
図5に示す。模型実験結果の周波数特性はすべてのタイプと受
音点において数値計算で得られた傾向とほぼ一致していた。

5. まとめ

ステージ上の難壇の音響効果について、模型実験によるケース
スタディを通して回折波の影響に関する考察を行った。難壇形状
の違いによる周波数特性・音圧分布の変化を実験的に確認で
きた。受音点側の側板は高域で音圧レベルの上昇に寄与するこ
と、横幅が長いほど遠方では低周波数域において音圧レベルが
上昇することが明らかとなった。

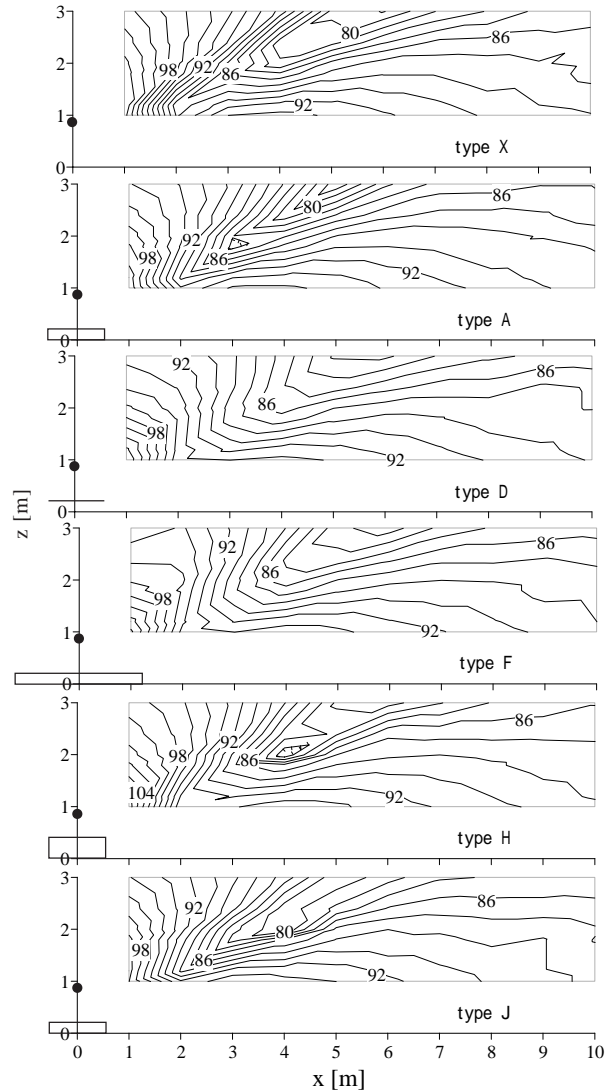
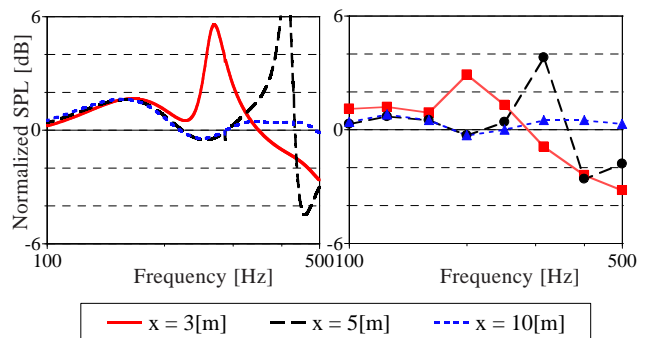


図4: 難壇形状の差異による音圧分布の違い
(1/3 オクターブバンド、200[Hz])



数値解析結果 (1Hzごと) 模型実験結果 (1/3 オクターブバンド)

図5: 数値解析結果との比較

(type H の周波数特性、type X により基準化)

[参考文献]

[1] 例えば, L. L. Beranek, "Acoustics of Philharmonic Hall, New York, during its first season," J. Acoust. Soc. Am, 36, 1247(1964).
[2] Y. Yasuda, et. al., "Effect of Stage Risers on the Sound of Lower String Instruments," Proc. 17th ICA (Rome), 4D.10.05 (2001).
[3] 中西他, "音楽ホールにおけるステージライザの音響効果の理論解析", 日本音響学会講演論文集 (2002. 9).