

徳島県郷土文化会館の音響リニューアル —音響上の課題と性能向上のためのソリューション—*

○高橋顕吾、岸永伸二（ヤマハ ST 開発センター）

1. はじめに

本施設は 1971 年完成後～2006 年に至るまで老朽化部分を対象とした部分改修のみで建築及び設備の抜本的な改修は行われていない。今回、施設全体の耐震改修に伴いホール部分については全面的なリニューアルが施された。但し、躯体については耐震補強が中心で客席後壁以外は変更されないため、室幅、天井高、プロセニウム開口等の基本寸法を維持することが前提条件であった。これらの制約の中で内装、建具、椅子、舞台機構・音響設備、音場支援システム、及び機械設備の総合的な改修を行い、遮音・騒音～室内音響～電気音響にわたるトータルな音響性能の改善を試みた。

本報では改修前の音響上の課題を整理するとともに、性能向上のための音響改修計画とその改善効果についてまとめる（表 2 参照）。

表 1. ホール諸元

名称	: 徳島県郷土文化会館
所在地	: 徳島市藍場町 2 丁目 14 番地
建築主	: 徳島県
設計・監理	: (株)大建設
音響設計	: ヤマハ(株)ST 開発センター
施工	: 竹中工務店・光建設・美土利建設工業 JV
工期	: 2005 年 12 月～2007 年 3 月
収容人員(N)	: 約 808 席
容積(V)	: 4919m ³
表面積(s)	: 2487 m ²
	V/N: 6.1m ³ /人

2. 改修前の音響上の問題点

遮音上は主に建具周辺とダクト・配管の壁貫通部で欠損が多数みられ、特に大きな問題箇所は客席入口（ロビー～客席間）及び搬入ルート（屋外～舞台袖間）であった。客席入口は前室のない一枚扉（D-25）のためロビーとの間で相互の音漏れが顕著であった。搬入ルートは屋外扉（引戸 1 枚）と舞台袖扉（前室付 2 枚）の合計 3 枚の扉で構成されていたが、上部に搬入用ホイストクレーンのレールが貫通しており、その部分の隙間が大きいため、開演中でも外部騒音が侵入しやすい状況であった（屋外～舞台袖間で D-40）。

設備騒音については、DS 内の空調ダクトと配管からの騒音がホール内で検知されるとともに、客席上手 RA 吸込み口の風切り音が大きく空調騒音は NC-20 以上であった。

室内音響上は、舞台と客席後部の天井高が低く、各々の空間が音響的に分離しやすい断面形状であった。また舞台反射板の隙間が大きいた

め、演奏者への戻り音が弱く、舞台の音が客席空間に伝搬しにくい状態であった。残響時間は反射板、幕設備形式ともに 1.0 秒（250～2K Hz 平均）と、音楽演奏には短めの特性であった。

その他、客席部分では椅子の老朽化によりガタツキやビリツキが発生しやすい状況であり、側壁間ではフラッターエコーが顕著であった。

音場支援システムは、旧型のシステムであることからフィードバックループの安定性が低く、機器の S/N や残響の可変幅においてやや不足が感じられた。

電気音響設備も音響卓やスピーカ等のアナログ機器の老朽化が認められ、最新のシステムに比べて音質・音量ともに劣る印象であった。

3. 音響改修計画と改善効果

音響改修計画の概要を表 2、図 1、2 に示す。

3-1. 遮音・騒音改修

遮音上の問題点である客席入口及び舞台搬入ルートの遮音性能を改善するため、客席入口に前室を設けて二重扉に変更するとともに、搬入ルートについては扉の更新に伴いレール貫通部分の隙間処理を徹底した。

これにより客席扉の性能は改修前 D-25→改修後 D-45～50 と 4 ランク以上改善している。また搬入ルートは舞台袖扉で D-30' →D-35、屋外扉で D-15→D-20 と各々 1 ランク改善しており、屋外～舞台袖間では D-40→D-50 以上（推定）まで改善した（図 1 参照）。

設備騒音については、遮音ラインを設定し、DS 周壁の遮音補強やダクト・配管の防振貫通処理を徹底するとともに、特に問題となっていた客席上手 RA 吸込み口での風切り音対策のため吸込み口の面積を大きくして風速を下げた。

これらにより反射板設置状態の客席全域で改修前 NC-25→改修後 NC-20 と、音楽演奏に十分な静けさが確保された（図 3 参照）。

3-2. 室内音響改修

室形状については、客席椅子改修に伴う床面積拡大と反射板改修による舞台容積拡大に伴い、ホール平面を舞台～客席のつながりを重視した形状に改善した。その他、舞台反射板の凸曲面や客席側壁の山型壁（下部）、リブ（上部）等による散乱処理を施した。

* Renewal of acoustics in Tokushima Arts Foundation for Culture, - Acoustical problems and solutions for upgrade -, by K.Takahashi, S.Kishinaga (YAMAHA Center for Advanced Sound Technologies).

内装仕様については、低音域の響きを拡充するため吸音力の小さい椅子を採用するとともに、内装材の剛性確保や反射板の隙間縮小等により低音域の吸音力低減を図った。

これらにより残響時間 RT は改修前 1.0 秒→改修後 1.4 秒/1.2 秒（反射板/幕設備、平均吸音率：0.21/0.24）と改修前に比べ 0.2~0.4 秒延長され、懸案であった反射板形式での響きが大幅に改善された。特に低音域（125Hz 以下）では 1.6~2.0 秒まで改善されている（図 4 参照）。オープン前に行われた各種生楽器による試奏テストにおいても「豊かな低音の響き」が感じられた。

拡がり感については、側方反射音特性 LE_5 で改修前 12.7%→17.6%と約 5 ポイントの大幅な改善が見られ、音楽演奏にも適した特性となっている（図 5 参照）。

ステージ特性も ST_1 が改修前 -9.3dB→-8.9dB、 ST_2 が改修前 -8.2dB→-7.8dB と 0.5dB 程度の改善が見られる。試奏テストでも「自分の音や、他の演奏者の音の聴き取り易さ」について支障がないことが確認されている（図 6 参照）。

3-3. 音場支援システム (ActiveFieldControl)

最新プロセッサの採用とマイク・スピーカの更新により従来システムに比べて響きの質と量が改善された。特に現プロセッサが持つフィードバックループの安定化技術（EMR、Fluc-FIR 等^[1]）の導入により残響時間の延長幅が大幅に拡大された。また、客席後部の天井の低いエリアも小型の天井スピーカの分散配置により主空間の響きが自然に付加されている。

この結果、反射板形式での RT が AFC-off1.4 秒→on 1.8~2.1 秒（A~C パターン/Liveness8）と音楽専用ホール並みの響きにまで延長されている（従来システムは off1.0 秒→on1.2 秒）。ちなみに試奏テストでは、独奏では「音量感重視の A パターン」が、アンサンブルでは曲調に応じて A または「残響感重視の C パターン」が好まれる傾向であった。

また、幕設備形式での RT は AFC-off1.2 秒→on1.6~1.9 秒（E~F パターン/L8）と音楽演奏を伴う各種用途に対応可能な可変幅が確保されている（図 4 参照）。

拡がり感についても LE_5 が AFC-off17.6%→on19.3%（B パターン/L8）と、音楽演奏空間での目安である 20%に近い特性が実現されている。ちなみに従来システムでの特性は 13.4%であった（図 5 参照）。

上記結果を付図 1 のホール水準評価（ RT 、 LE_5 ）と比較すると、いずれも改修により近年の多目的ホールの水準まで改善されていることがわかる^[2]。

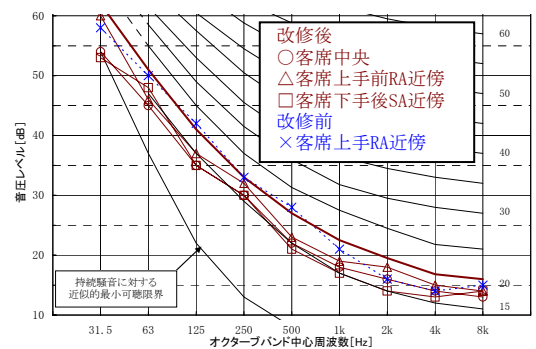


図 3. 空調騒音特性

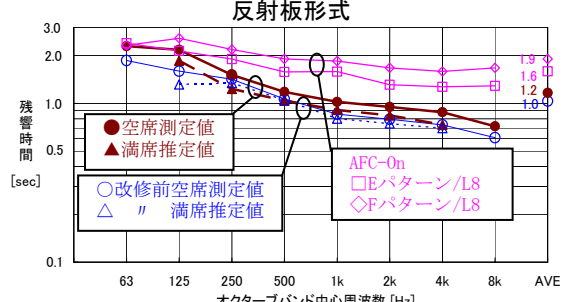
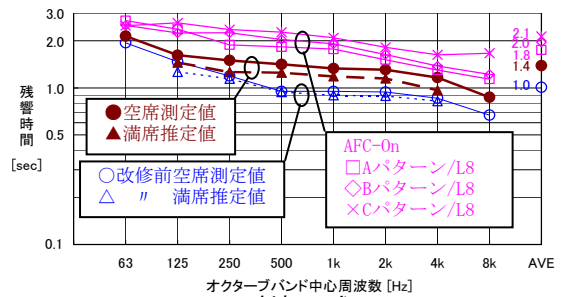


図 4. 残響時間周波数特性

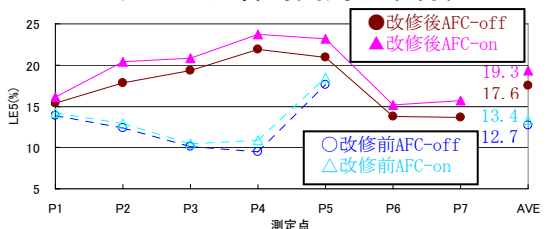


図 5. 側方反射音特性

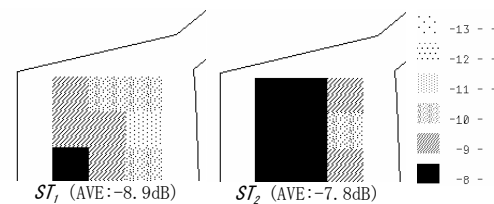


図 6. ステージ特性

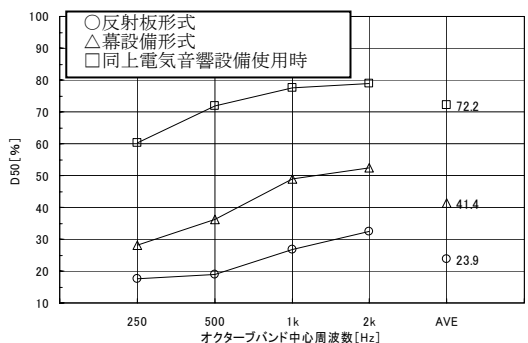


図 7. D 値周波数特性

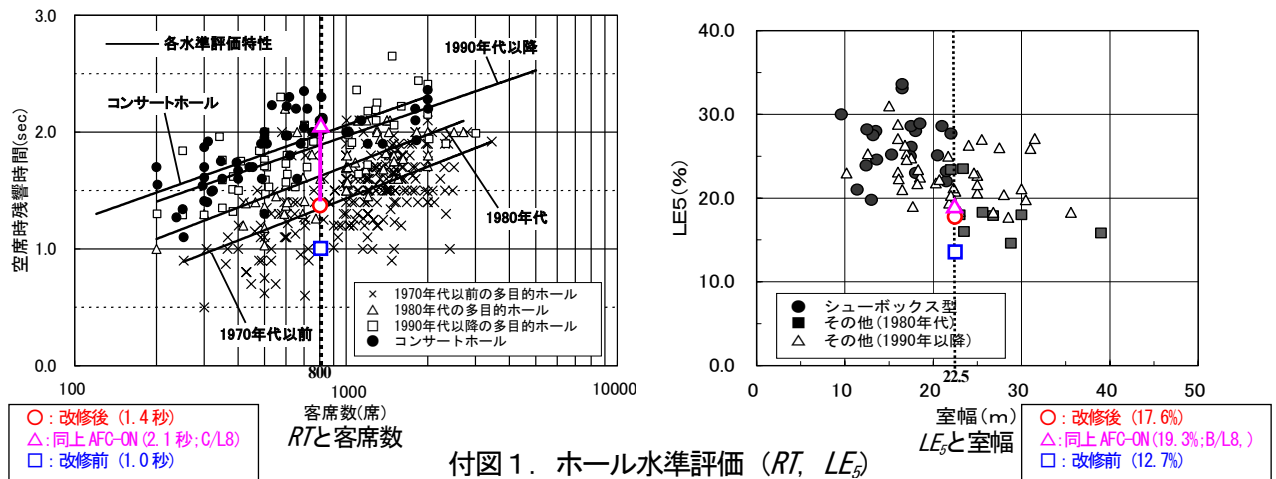
3-4. 電気音響設備

音響卓を中心とした機器と一部回線のデジタル化によって十分なS/Nを確保するとともに、プロセニアムスピーカにラインアレイ型を導入することで、客席全域への均一なサービスを図った。また、近年の多様な用途に対応するため、フォールドバック、コンセント等の入出部を拡充させた。

これらにより明瞭度はD値が72.2%、STIが0.73と極めて良好な特性であった。その他、伝送周波数特性が偏差10dB以内、音圧分布が偏差3dB以内と問題ない特性であり、聴感上も良好で聴き取りにくい席は認められない(図7参照)。

表2. 改修前の音響上の問題点と改修計画

改修前の音響上の問題点	音響改修計画と改善効果
【遮音・騒音】 ・屋外～舞台間、ロビー～客席間の遮音性能が悪い 客席扉:D-25(1枚) 搬入ルート(屋外～舞台袖間):D-40 ↳屋外扉(1枚):D-15、舞台袖扉(2枚):D-30' ・客席上手RA吸込み口の風切り音が大きい 客席上手:NC-25	Point: 遮音・騒音上のウィークポイントの改善 ⇒客席扉、前室の新設。搬入ルート、扉更新とレール周囲の隙間処理 客席扉:D-45～50(前室付2枚) 搬入ルート(屋外～舞台袖間):D-50以上(推定) ↳屋外扉(1枚):D-20、舞台袖扉(2枚):D-35 ⇒RA 開口面積の拡大 客席全域:NC-20、舞台中央:NC-20相当
【室内音響】 ・舞台及び客席後部の天井高が低く、音響的に分離 ・舞台反射板の隙間が大きく、演奏者への戻り音が弱くかつ、客席空間に伝搬しにくい(音量が小さい) ・反射板形式での残響が短く、かつ幕設備形式との差がない ・拡がり感も乏しい ・客席椅子の老朽化が激しい(幅小、ビツキ/ガタつきあり) ・側壁間ではフラッターが顕著であった RT=1.0/1.0秒(反射板/幕設備形式) LE _f =12.7%(反射板形式) ST _f =-9.3dB、ST _r =-8.2dB(反射板形式)	Point1: ホール規模拡大に伴う室内音響の改善 ⇒①舞台～客席のつながりを重視した平衡面形状の採用。 ②曲面形状・山型形状・リップ等による壁・天井の散乱処理 Point2: 椅子、内装改修に伴う低音域の響きの拡充 ⇒③吸音力の小さい椅子の採用、 ④内装材の剛性の確保、 ⑤反射板隙間の縮小、による低音域の吸音を低減 RT=1.4秒/1.2秒(反射板/幕設備形式) LE _f =17.6%(反射板形式) ST _f =-8.9dB、ST _r =-7.8dB(反射板形式)
【音場支援システム】 ・旧プロセッサのためFIRのタップ数が少ない ・マイク、スピーカの機器が老朽化 ・フィードバックループの安定性が低い (S/N、残響の可変幅がやや不足) RT=1.24秒(反射板形式、Aパターン/Liveness10) LE _f =13.4%(反射板形式、A/L10)	Point: コンサート時に「より音楽ホールに近い響き」の確保 ⇒プロセッサ、マイク・スピーカの更新により、響きの量と質を向上(特に後部座席;低天井部分の改善を重視) ⇒フィードバックループの安定化技術(EMR ^{*1} ,Fluc-FIR等 ¹⁾)の導入により残響時間を最大で約1.5倍程度まで延長 RT=1.8～2.0～2.1秒(反射板形式、A～B～Cパターン/Liveness8) RT=1.6～1.9秒(幕設備形式、E～F/L8) LE _f =19.3%(反射板形式、B/L8)
【電気音響設備】 ・音響卓、スピーカ等の機器老朽化が激しい ・アナログ機器のためS/Nが悪い ・最新機器に比べ音質、音量ともに悪い	Point: 最新技術の導入による設備全体のグレードアップ ⇒音響調整卓を中心にシステムをデジタル化 ⇒ラインアレイ型スピーカの導入により客席全域を均一にサービス ⇒フォールドバック、コンセント等の入出力系統の充実 D ₃₀ =72.2%、STI=0.73(幕設備形式)



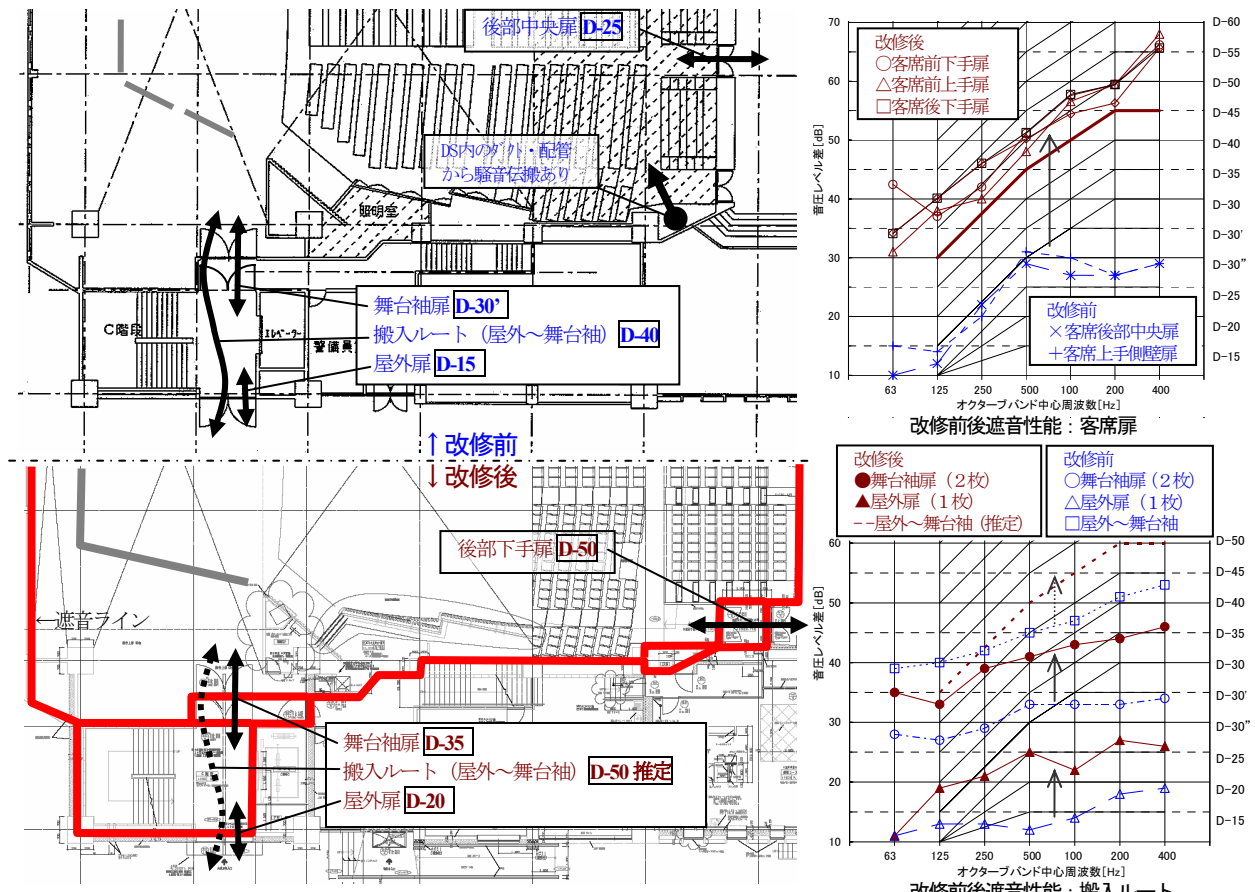


図1. 遮音改修計画 (客席扉、搬入ルート周り)

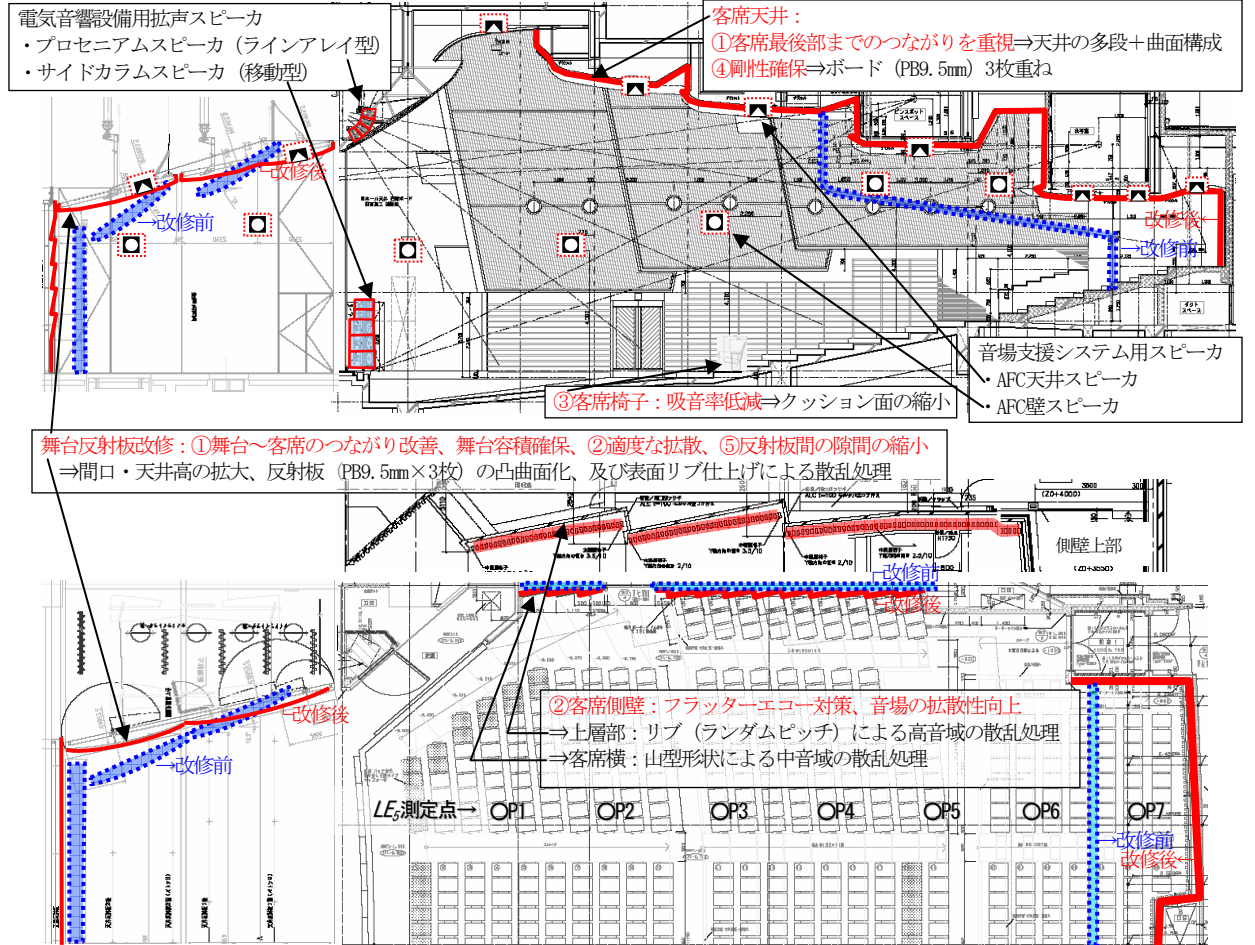


図2. 室内音響・電気音響・AFC改修計画