

東京大学大講堂（安田講堂）の天井耐震化に伴う音響改修 —意匠と音響の時代変化—*

○宮崎秀生，山下真次郎，岸永伸二（ヤマハ）

1 はじめに

東京大学の本郷キャンパス正門から銀杏並木を抜けた正面に位置する大講堂は、内田祥三と岸田日出刀の設計により1925年に竣工した（写真1）。安田財閥の創始者・安田善次郎氏の寄付によって建設されたことで、一般には安田講堂と呼ばれる。以前より耐震強度不足が指摘されており、また東日本大震災により被害を受けたこともあり、大規模な耐震改修を行うこととなった。建築意匠についても改めて見直され、合わせて音響上の改修も行うこととなった。今回のプロジェクトでは、可能な限り創建当時の姿へ戻す、ということがコンセプトに掲げられており、設計・施工にあたっては、創建当時の歴史的な資料やこれまでの数度にわたる改修内容が記された資料を紐解きながら進められた。本報では今回の改修概要を報告すると共に、過去の意匠・音響の変遷についても紹介する。施設概要と平断面図を表1、図1に示す。

表1 施設概要

名称	: 東京大学大講堂
所在地	: 東京都文京区本郷 7-3-1
建築主	: 国立大学法人東京大学
設計・監理	: 東京大学キャンパス計画室（千葉学）、同施設部、香山壽夫建築研究所
音響設計	: ヤマハ空間音響課
施工	: 清水建設
構造	: RC造一部S造
階数	: 地下1階～5階（講堂：3～4階）
工期	: 2013年6月～2014年12月

2 講堂改修の変遷

安田講堂は創建当初から様々な困難を乗り越えて現在に至っている。1923年に始まった最初の工事期間中には関東大震災により工事が中断。この時の被害は限定的だったようだが、1968年の東大紛争時には講堂に立てこもった学生や突入した機動隊により破壊され、講堂は封鎖された。封鎖期間は以降20年間に渡る。1989年になって大改修が行われ、1991年から再び講堂として使用されるようになった。その

写真1 施設外観（正門より望む）



V=8,200 m³
S= 3,380 m²
N=1,136 席

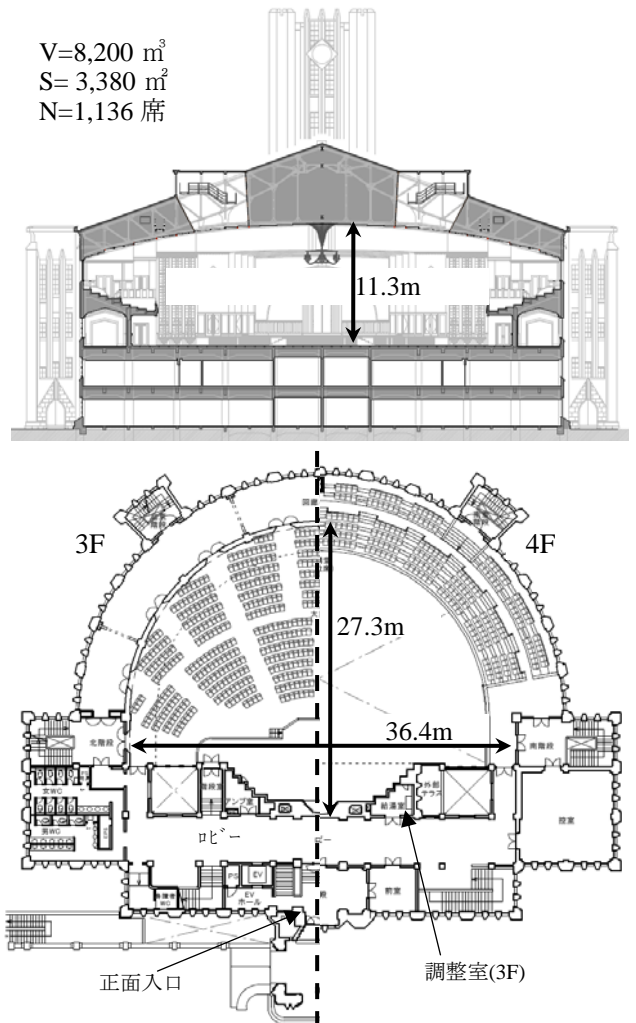


図1 大講堂平断面図

*Acoustical renovation of the Yasuda Auditorium in the Univ. of Tokyo –Transition of architecture and acoustics–, by MIYAZAKI, Hideo, YAMASHITA, Shinjiro and KISHINAGA, Shinji (Yamaha Corp).

後、幾度かの改修を経て、2011年に東日本大震災に見舞われ今回の改修となった。

1989年の行われた大改修では、破壊つくされた箇所への補修に加え、座席幅の拡張により座席数が1,738席から1,144席に減らされ、また舞台上の講壇の意匠が変更された。その後、後述の音響改修の意味合いもあり、床全面にカーペットが敷き詰められた。今回の改修では耐震化を図りつつ、可能な限り創建時の姿へ戻すというコンセプトの元、まずは床のカーペットを取り除いてフローリングに戻すことを大前提に進められた。その他、講堂下の階には乾式壁で仕切られた様々な部屋が並びカオス状態となっていたが、今回の改修では講堂を大学の中心施設として捉え、大学の本部機能を2階に移すように整備された。これは本来創建当初に内田祥三により構想されていたことでもある。

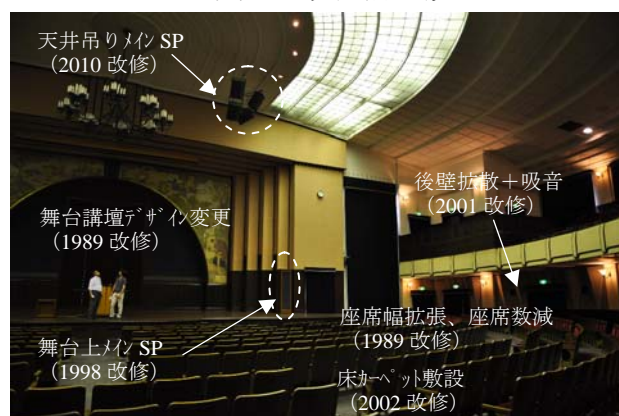
音響設計に関しても歴史を紐解いてみる。創建時の竣工写真帖に添付された資料には、「大講堂にウェスタン電気会社製3号拡声装置一組を据付く即ち演卓に送話器を設置し、舞台、床下の拡声ホーン4個を通して講演者の音声を聴衆に送るものとす。」とある。竣工した1925年は現在の主流となるダイナミック型スピーカが発明された年であることより、納入されたものはそれ以前の電磁形のホーンスピーカで、当時最先端のウェスタン・エレクトリック社製のものだったと思われる。

建築音響については、充分とは言い難いが一部対応が見られる。内装に関してはほとんど吸音材が使われていないが、天井後部に吸音の為と思われるコルクボードが使われていた。その他は全面漆喰と思われたが、舞台上の天井は木毛板に似た材料が使われていることが解体時に判明した。これは1942年の改修時に施工されたものだが、構造的な理由の可能性もある。また内田祥三が後年に残した語録の中で残響時間について触れており、「米国では部屋の中に針金を張ることで音を吸収させることがある、それに倣って安田講堂の中にクモの巣の様な鉄線を張った」との趣旨の記述がある。これは創建時にはあったシャンデリアから放射状に張られた金属の線材を指している。当時、音響設計手法はまだ確立されておらず、手探り状態だったことが推察される。今回の改修で鉄線を復帰させるか話題に挙がったが、線材は僅か直径2.8mmで、総長で1,700mに及ぶものの音

声帯域での効果は低いこと、また意匠的な意味合いも無いことから復帰は見送った。

1989年の大改修以降、音響に関しては特に原音場の残響過多による講演時の明瞭性低下が問題点として指摘されており、これまでに数度にわたる改修が行われている。1998年には音響設備の改修が行われ、舞台上新たに設置されたBOX内にメインスピーカが仕込まれた。2001年には内装の改修が行われ、円形状からの戻り音の集中と残響過多を回避するため、後壁に拡散+吸音処理を施した。2002年には更に明瞭性を確保するため、床全面にカーペットが敷き詰められ、またメインスピーカとして天井から吊り下げたワンボックス型スピーカが設置された。以上を写真2にまとめる。

写真2 改修前内観



3 音響改修コンセプト

3.1 概要

音響改修計画を立てるにあたり、改修前に試聴及び音響測定による調査を行い、現状の問題点を把握した。その結果、音響改修の方針としては、1) 吸音面積の調整による適度なライブ感の実現、2) 音響設備の最適設計による明瞭感及び定位感の改善、3) 講堂内の設備騒音制御による静けさの確保、4) 階下への歩行音対策、とした。以下に調査により判明した問題点と、それに対する改修案の概要を記す(図2)。

3.2 建築音響に関して

今回の改修では創建時への回帰と言う意匠上のコンセプトの元、客席床が吸音性の高い厚手のカーペットからフローリングへ変更となったことで、創建当初の明瞭性欠如の問題が再現する恐れがあった。その為、残響過多を避け、かつ円弧形状による音響障害となるエコーを回避するため、3階後壁と4階席先端立ち上がり部の吸音仕様を見直し、また天井後部に吸音

面を追加している。同時に、改修前はむしろ吸音過多で音響上の最適用途が限定されていたため、より多用途への対応を考慮し、適度な残響をもつように吸音面積を調整している。

3.3 電気音響設備に関して

電気音響設備は上記の様に過去に数度更新されているが、改修前は明瞭ではあるが話者方向からスピーチが聞こえず違和感がある、また場所によりスピーカのカバーエリア外となる、といった問題が確認された。そこで、上下方向の指向性が制御され横方向の指向角が広いラインアレイスピーカを、以前よりも舞台近くまで下げた位置に設置している。これにより横に広がる客席全体に話者方向から音を届けつつ、床・天井からの反射音を回避することで、響きが増えた音場であっても明瞭で定位感の良い拡声を実現している。また肉声での会話と同様の自然でリアルな拡声音とするため、細かな特性まで正確に補正が可能な実時間畳み込み器を利用したFIR型補正フィルターを導入している^[1]。各音響機器については、創建時から当時の最新型が採用されていた経緯がある。今回の改修でも、メインスピーカや音響調整卓など現時点での最新機器を採用しており、デジタル接続によりオーディオネットワークを組むことで、音質劣化の無い高音質で、使い勝手の良いシンプルなシステム構成としている(図3)。なお音響卓は新たに設置した場内PAブースへLANケーブルの取り外しのみで移動することができる。その他、講壇上コネクター位置、マイク回線数、演台コントローラなど使い勝手を考慮した改修を行っている。

3.4 設備騒音制御、遮音設計

改修前は屋外騒音や場内の設備騒音が大きいという問題点があった。そこで外部騒音に対しては各所に防音扉を設け、窓はペアガラスに変更する

ことで遮音性能を向上させ、設備騒音についてもダクトレイアウト等を見直し、講演に集中できる静けさを確保している。その他、床カーペットを剥がしたことで階下への床衝撃音の影響が増加したことを受け、講堂直下については防振遮音天井を採用している。

4 音響測定結果

4.1 室内音響および電気音響測定結果

残響時間、平均吸音率の測定結果を改修前と比較して図4に示す。残響時間特性は空席時中音域で約1.5秒と改修前の約1.2秒に対して長く、また創建時のカーペット敷設前の約1.7秒よりも短くなっており、残響過多を避けつつより多用途へ対応した音場と言う設計意図に合

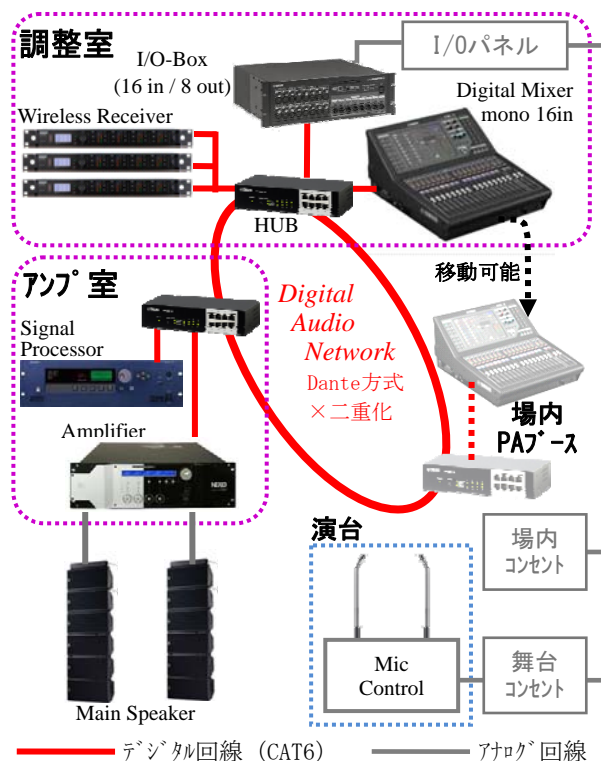


図3 電気音響設備システム構成図



図2 改修後内観 音響改修内容概要

った結果となっている。また周囲に取り付けられているカーテンの開閉による残響差は 0.05 秒と僅かではあるが、聴感的な差は感じられる結果となっている。改修後は電動による開閉が可能で、用途によって響きの調整要素としても利用可能である。

電気音響設備を利用した時の音圧分布特性と STI の結果を、改修前と比較して図 5、表 2 に示す。音圧偏差は改修前後で 1.32dB から 1.04dB に改善しており、特に改修前の 3 階客席後方での音圧低下が改善しているのが確認できる。明瞭度を評価する STI については残響が長くなったことで若干改修前よりは低いが、0.65 と Good に相当する高い値となっており、十分な明瞭性が確保されている。

4.2 設備騒音、遮音、床衝撃音測定結果

設備騒音と床衝撃音の測定結果を図 6 に示す。空調騒音については 3 階客席、4 階客席共に中央で NC-20 をクリアし、また改修前は場内に設置され問題となっていたプロジェクター騒音（改修前は近傍で NC-40）については、吸音と排熱処理されたボックス内に収納するこ

とで、近傍でも NC-25 をクリアしている。床衝撃音については、カーペット時と比較すると大きいのが、防振天井の効果が確認でき特に石貼りの回廊部は大きく減衰している。

5 おわりに

本施設は 2014 年度の卒業式から利用を開始した。5 月に行われた文化祭（五月祭）では、講演会の他にもオーケストラや合唱団によるコンサートも行われた。大学オーケストラのコンサートで音響の確認を行ったところ、拡声に関しては聞き取り易く、また演奏に関しては今までには無い空間の響きが感じられ、十分に演奏を楽しめる音場となっているのを確認した。今後も大学の中心として、学問・研究の場だけでなく文化交流の場としても大いに利用されることを期待したい。最後に本プロジェクトの設計、施工に携われた関係各位と、監修頂いた東京大学坂本慎一准教授、また創建当初の音響について貴重なご示唆を頂いた香山壽夫建築研究所の浜野次郎氏に謝意を表します。

参考文献

- [1] 兼子他, 音響技術, vol.41 no.2

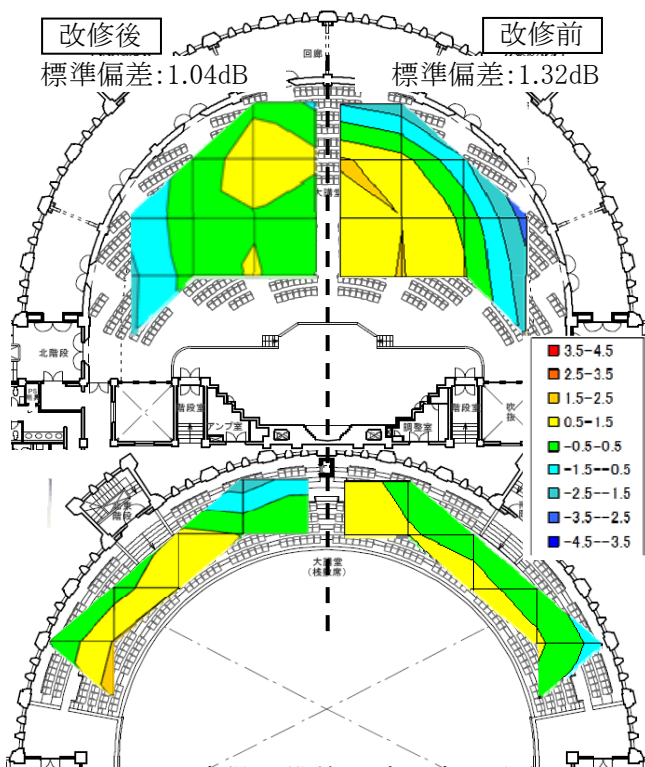


図 5 音響設備使用時の音圧分布 (平均値で基準化)

表 2 STI 平均値特性

エリア	改修後	改修前
3F 客席	0.64	0.66
4F 客席	0.67	0.74
全体	0.65	0.69

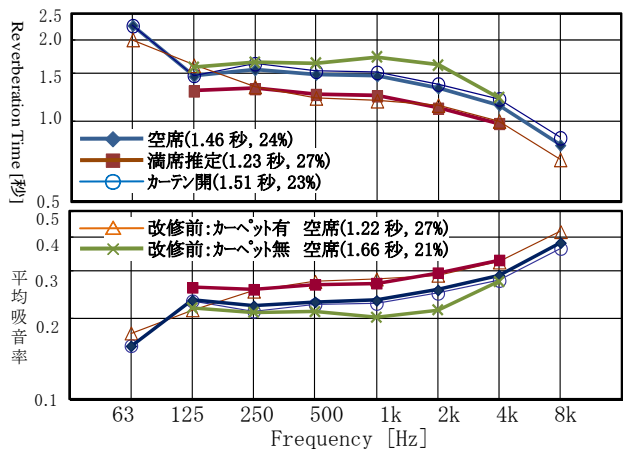


図 4 残響時間及び平均吸音率測定結果

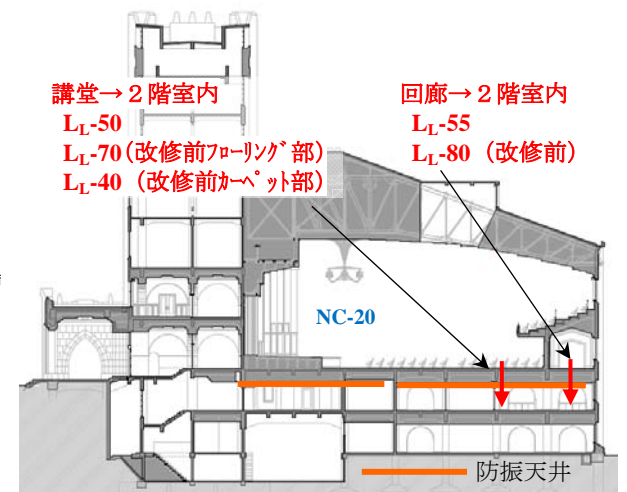


図 6 設備騒音、軽量床衝撃音測定結果