

★ 特集：漆喰の新たな魅力と可能性 ★

漆喰仕上げによる空間の音響効果向上

工学院大学名誉教授 難波建築研究室

なにわ れんたろう

難波 蓮太郎

1. はじめに

日本の壁は、内外壁を問わず開放的である。徒然草にもあるように、「住まいは夏を旨」とすべく、古から欧米の閉鎖的・重厚な壁とは異なり、薄い真壁で柱間の開口部も広く、多く、壁量も極端に少ない。現在でも日本人は採光を好む。

音響効果については、日本の空間では、残響時間も極短く、反響もなく、極端な言い方をすれば、野外に居るようである。したがって明瞭度：音声の聞き取りやすさや吸音特性その他、音響に係る諸問題についてはあまり関心を持たれなかった。

しかし、公会堂などの西洋式集会場、コンサートホールや、キリスト教などの教会建築その他、閉鎖された大空間では音楽演奏や講演、説教での音響効果の活用は必要不可欠となる。また、音楽愛好家にとって、自宅でのプライベートなホームシアターなど、空間の音響特性は極めて大切である。

漆喰についての音響特性は我が国で今まで、まず取り上げられず、そのデータは入手しにくい。筆者は早くからグレゴリアン聖歌・中世・バロックから現代に至る音楽好きで、漆喰(欧米の石灰プラスターや生石灰クリームに相当)や砂漆喰(同石灰モルタルに相当)を至る所に使うヨーロッパの住家から、宗教建築・ホール・公会堂の音響効果の素晴らしさには常に関心を持ってきた。彼の地では漆喰ほど広域的ではないが、ドイツを中心に偏在的に石膏プラスターも室内空間でよく使われる建築材料ではあるが、石膏は、重く、緻密で強度も高く、硬く、表面も平滑、どちらかと言えば冷たい感覚のテクスチュアを示し、また我が国では施工が一般的でなく、高価である。かたや漆喰は、安価なものが最近は入手可能で、気孔率も多いものから少ない緻密なものまで、表面も硬い滑面からかなりの柔らかい粗面まで、多様で光学的にもマイルドな感覚を与える。音の乱反射も柔らかく、心地よく耳に伝わる特技を持ち合わせる。調合や施工も種類は多く、石膏や



写真1 漆喰塗り内壁：ブリュージュ・聖母教会



写真2 石積み内壁：ブリュッセル・サンミッシェルカテドラル

石材などと比べて、残響も少から大まで、明瞭度もそれなりに調整でき、そうかと言ってビニルクロスや軟質繊維ボード類、木材などとは異なった適度の残響時間をも持ち合わせる。



写真3 フレスコ画内壁：パリ・サンジェルマンデプレ教会



写真4 煉瓦積み内壁：アントワープ・聖バーフカテドラル



写真5 カトリック雪ノ下教会外観



写真6 聖堂の正面内陣を見る



写真7 2階正面にパイプオルガン



写真8 側廊上部。隔柱際に縦長スピーカーを片側ずつ4個設置

2. 欧州におけるキリスト教会聖堂の音響特性

主な例を挙げるがその構造は、木造を除けば、多くはメーソンリーで、石造、煉瓦造である。また現代建築のコンクリート打放し仕上げの教会もある。そこでは、内装仕上げの種類も限られてきた。写真1は漆喰塗りの内壁である。柱は

石造で、石積みの壁面を漆喰で仕上げている。一般的な手法である。パイプオルガンは有名。写真2は石積み構造体そのまま仕上げとなる。端正な切石で積み上げられている。サンミッシェルはブリュッセルの守護人である。写真3は漆喰壁のバリエーションと言える、石積み構造壁に漆喰を塗り、一面にフレスコ画を描いた壁面である。この教会はパリでは

最も古く、数少ないロマネスク様式である。写真4は煉瓦造がそのまま露出した仕上げとなっている。ファン・アイクの「ゲント祭壇画：神秘の仔羊」は有名である。

欧州の教会で天井は、先ず漆喰仕上げが普遍的で、煉瓦面をむき出しにした仕上げも見られるし、また、木造の天井もベルギーやオランダなど地盤の弱い地域では広く用いられる。板張りも見られる。

これらの空間は奥行が長く、天井は高く、内壁・柱、そしてアーチ状の天井では、音はこもるし、残響時間は長くなり、コラールとオルガン演奏は荘厳に響き渡り、宗教的格好の場となるが、明瞭度は劣り、反響も重なり、神父や牧師の説教は、余程ゆっくりと発音しない限り、聞き取りにくい。

3. 漆喰の吸音特性

昨年、漆喰の音響効果について執筆する機会¹⁾があり、過去から現在までの、関連する文献を広く求めたが、建築音響学の分野では全く情報を得られなかった。筆者の学部での卒業論文のタイトルは「建築仕上げ材料の吸音特性」であり、当時普遍的内装仕上げ材料の漆喰について実験した事を思い出し、書庫を探して見つけ出した。漆喰については多分我が国で唯一のデータであろう。筆者の指導教授は当時、早稲田大学建築学科明石信道教授で、余談であるが、彼の卒業計画は戦前の新宿映画館「武蔵野館」として採用された事をここに紹介する。また、専門的には、電気通信学科の音響の権威、伊藤毅教授に師事し、丁寧な指導を得た。

無響・残響2室を備える音響実験室で、当時、研究室に購入されたばかりの高性能のデンマーク製Brüel High Speed Level Meterを用いて、漆喰の数種類の吸音特性を求めた。図1に示す²⁾。日進月歩の理工系分野で、物理的組織鈍感性といえる音響分野では、やがて60年前のデータは現在も活かしている。ここには、最近の他材料の吸音率データも比較・引用する。ここで、石材やコンクリートは低周波(125Hz)から高周波(4000Hz)まであまり差はなく、吸音率は0.01~0.04程度である。石膏ペーストに粗砂を入れた板は、漆喰と類似するが、500~1000Hzの域では漆喰の吸音率は高い。その分、石膏より残響時間が短く、音が柔らかくなると考える。漆喰に大鋸屑と雲母粉を添加した場合、吸音率は高くなり、高周波になるほど値は増す傾向がある。セメントペーストに雲母粉を加えたモルタルは全体に吸音率が高く示された。しかし、ここに示した材料は吸音率が0.01から0.25程度のむしろ低い分類に

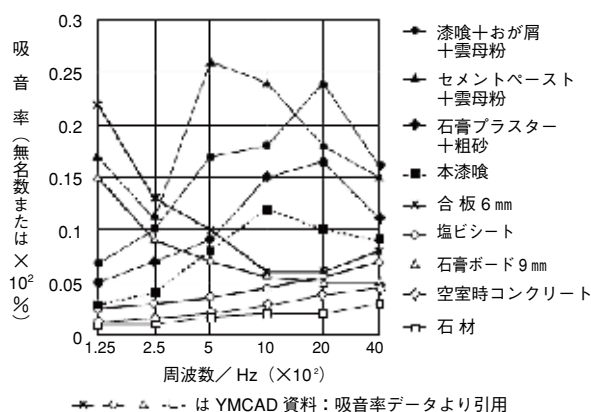


図1 各種建築材料の吸音特性

属し、所謂、吸音材料に類する有孔ケイカル板や岩綿吸音板(0.6~0.9)、ドン帳(0.8~0.9)とは異なる。

4. 我が国の漆喰でのリフォームによる建築音響改善例

4.1 カトリック雪ノ下教会(神奈川県鎌倉市)

聖堂は2011年8月15日竣工、内装漆喰総仕上げの大改修で、音響効果を高めたとする。教会の前川卓氏からその経緯を聴くことができた。また、豊島政実氏から音響測定結果を詳細に聴くことができた。両氏は前出、音響の伊藤毅先生の直弟子でもある。4か月間の直営工事で、左官は貫洞広行氏である。

鎌倉鶴岡八幡宮近くに位置する当該建物は1958年(昭和33年)10月竣工の由緒あるキリスト教会で、当時、聖堂の内装は壁・天井全てが木毛パネル留め付け仕上げであった。しかも珍しいことに、このパネルは吸音率を上げるため特別に孔あけ(裏は90mmの空洞)を施す。多分、当時、設計企画したブレインは、ミサやオルガン演奏の音楽の効果より、説教やスピーチのための明瞭度を重視したものと考えられる。欧州でパイプオルガンに費用を注ぎ込んだ聖堂はステンドグラスほかの装飾が貧弱となり、逆に豪華な装飾の教会には小さなハルモニウムが片隅にあるなど、よく見聞した。半世紀前の日本では、音響効果にまで考えが及ばなかったであろう。今回は復元ではなく、音響改善³⁾のための工事でもあった。

教会に適した残響時間について、Knudsen & Harissは推奨値の範囲を図2のように示したが、これによると、下方部分は説教を重視する教会に適し、上方範囲に残響が長くなるほど音楽演奏を重視する教会に向いているという。

ここでは特に教会音楽の残響効果を期待した改修となった。そのため事前に音響設計と実験を行い、残響時間を延ばして欧

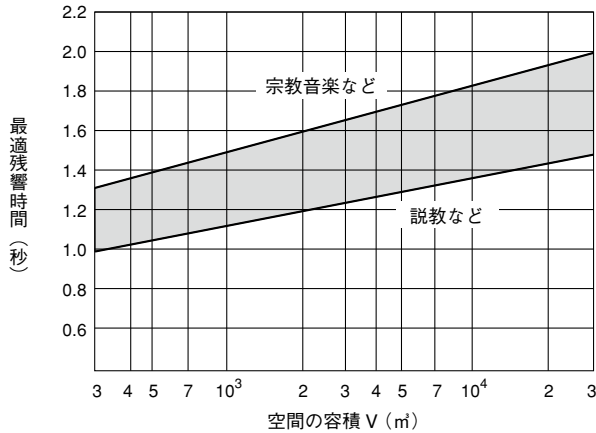


図2 聖堂の残響時間の推奨値

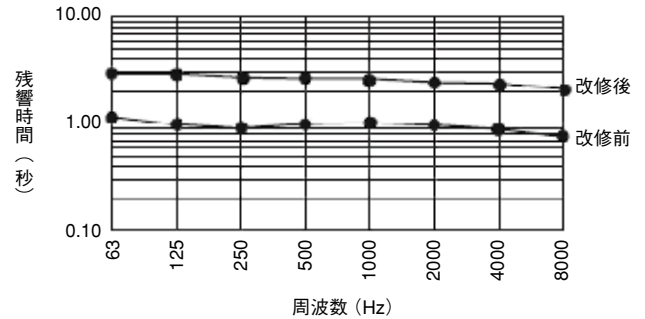


図3 改修前後の残響時間比較

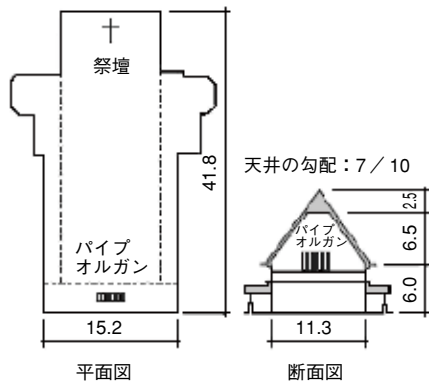


図4 カトリック雪の下教会平面図と断面図(単位: m)

州古来の聖堂などに近づく、荘厳な音を求めたのである。パイプオルガンは1983年ドイツ製である。

改修前の内装穴あき木毛板の音響特性が不明であったのでその吸音率を250~1000Hz帯域で30~50%と仮定した。聖堂内壁・天井全体の面積の1/3を占める、急勾配(7/10)の天井部分がこの吸音パネルであり、500Hzで残響時間を1.3~1.5秒と延ばす予定で、計算上この吸音率を6%以下に大幅に減らす必要があった。穴埋めし、平滑で硬い反射性の高い漆喰で吸音率を低減させたが、結果として改修前の穴あき木毛板の実際の吸音率は前出推定値よりかなり高かったようで、期待値より1秒強長い、2.7秒を得た。前出、図1によれば、本漆喰5mm厚板の吸音率は250~1000Hz帯域で0.04~0.12(4~12%)であった。漆喰天井の吸音率は要求を満たしたといえる。

既存のパネルの穴あき部分をポリマーセメントモルタルで塞ぎ、さらに7mm厚(下地材Uトップ含む)に塗り付け、漆喰仕上げは3mm程度とした。総仕上げ厚は既存パネルを含めば質量の大きい20mm程度を確保したことになる。

残響計算に用いた当該聖堂の容積V: 4600m³、総表面積S:

2200m²、従ってV/S=2.1を用いた。測定では拡声用スピーカー2個を祭壇前中央よりやや左に設置、ピンクノイズフルバンドを音源とし測定点は1、2階で8点とした。着席者の耳の位置を床から1.2mとして無指向性コンデンサーマイクロホンで收音、理論計算で50名の着席: 2.5秒、100名の着席: 2.3秒となる。音楽用ホールと比較すれば、世界で一番音の優れていると言われるウーン楽友協会大ホールの2.06秒、我が国で評判の高い東京・サントリーホールの2.1秒より残響時間はやや長く、しかも低域から高域までほぼ一定の値を示した(図3)。

改修後の残響時間は前に述べたように、長くなり、最高の特性を得られたが、一方で、スピーチに対しての明瞭度の確保は、反比例して至難となる。そこで、ラインアレイ型のスピーカーシステムを用いた拡声装置の導入で、明瞭度を向上させた。このシステムでの試聴を行ったが、最前列の席にラインアレイ型スピーカー1台を設置し、最後部の席でCD再生音声およびマイク使用による音声を試聴したが、1台のスピーカーシステムでも明瞭度は十分であった。また、スピーカーのサービスエリアから外れるとスピーカーからの直接音が来なくなり、指向性の鋭さが確認できたという。

4.2 玉川学園礼拝堂(東京都町田市)

漆喰による大改修は、当該礼拝堂の音響特性を向上させた。パイプオルガンは1931年、シカゴ・USA製である。さらに白亜の漆喰で、空間が広く明るく空気が透き通ったように感じられるという。改修工事での設計者は西松建設株式会社一級建築士事務所、株式会社久米設計建築設計部櫻井伸氏、株式会社cou architects & elements Inc.代表梅園真咲氏、施工者西松建設株式会社玉川学園出張所統括所長岩本正己氏、左官は淡路島の左官職人植田俊彦氏で、今回は内部に漆喰を推薦・



写真9 玉川学園礼拝堂外観



写真10 改修前の内壁木摺下地と残存漆喰仕上げ

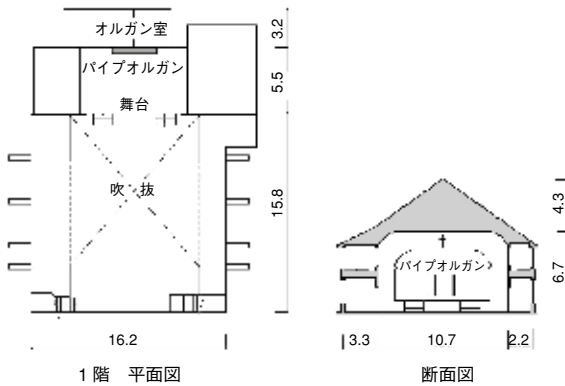


図5 玉川学園礼拝堂平面図と断面図(単位：m)



写真11 改修前天井端部の湾曲部。合板下地に吹付け仕上げ

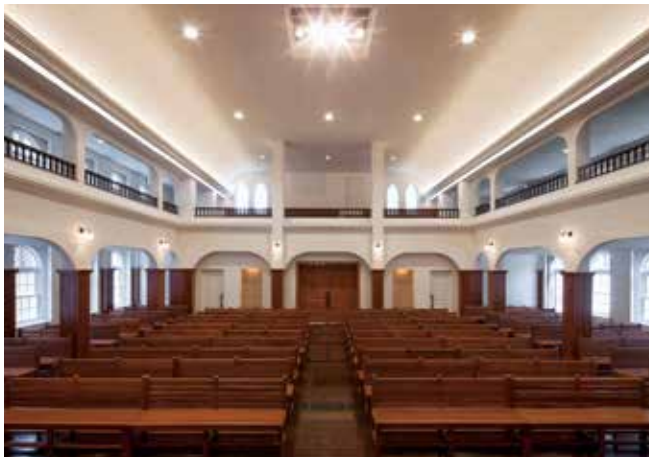


写真12 改修後の礼拝堂舞台から見た全景



写真13 同礼拝堂舞台正面のパイプオルガン。左隅に鍵盤。

採用した梅園氏、施工を担当した岩本氏から工事の詳細を聞くことができた。1930年(昭和5年)に竣工のこの建物は木造で、これまでに幾度かの改修工事を行っているが、今回は大規模な耐震補強とかつての礼拝堂の姿を残し再現することが目的であったため、使用可能な部分を残しての工事となった。改修前の状態が合板下地、建築用仕上塗材またはEP塗装だった

箇所および補修のために撤去し新たに下地を作った壁と新設壁については、図6のように基本パターンである石膏ボードの上に漆喰下塗り・上塗りとした。大天井や回廊は基本パターンで仕上げた。また改修前の1階会堂と回廊の境壁はセメント富調合のモルタル下地に塗装されていたが、ここは図6、パターンBのように塗膜を削り落し、寒冷紗・漆喰下塗り・上



写真 14 改修前大天井の合板下地吹付け仕上げ面



写真 15 改修後の軍手での掌による漆喰撫で塗り仕上げ面

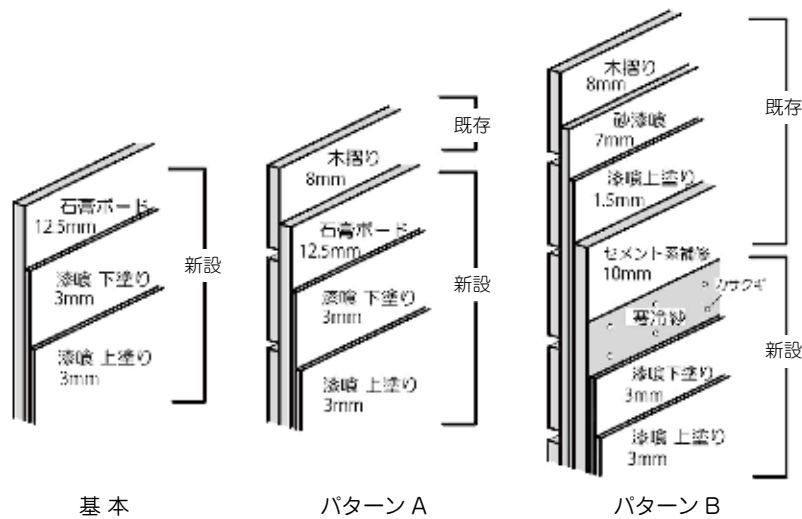


図 6 改修における漆喰塗り下地と仕上げ

塗りとした。その折、下地のひび割れや崩落部分が発見され、その下に竣工当初の木摺り・砂漆喰・漆喰上塗りの状態が現れたため、周囲が塗膜を除去した状態にあり、かつ木摺りが露出している部分については補修のために図6パターンAを用いた。下地については改修前を踏襲しているため改修後も類似しているが、仕上げが統一されたことと漆喰の持つ音反射の特性によって、改修前に比べパイプオルガンの響きや舞台からの発声が明瞭になった。さらに音が硬く反響し過ぎないためにも、空間の室容積V・形状を考慮し漆喰面を平滑な金鍍仕上げとせず、軍手によるウェーブパターンを全面に施すことで乱反射による音の柔和化を実現したという。

筆者の体験的試聴では残響時間は1秒程度と考える。柔らかなパイプオルガンの響きは、80年余りに職人と学生の手によって作り上げられた宗派を限定しない木造礼拝堂の形にふさわしいと思われる。

5. おわりに

最近の我が国における由緒ある対照的なキリスト教会の漆喰による改修の音響効果改善2例を紹介した。カトリック雪ノ下教会は天井の形態と漆喰仕上げが金鍍しごきの滑面で音も硬く西洋的空間、かたや玉川学園礼拝堂は両サイドが湾曲したフラットな形状の典型的和風天井に粗面の漆喰仕上げで音も柔らかい。漆喰の調合・仕上げ厚さ・下地の在り方と表面テクスチャ、そして空間の形態の多様な組み合わせの選択で様々な音響効果を調整・実現する漆喰の優位性がここに実証された。

参考文献：

- 1) 難波蓮太郎：漆喰の効用と復権その2、一般社団法人建築研究振興協会機関誌「建築の研究」No.217、pp.17-18、2013年6月号および同その4、No.219、pp.19-20、同年10月号
- 2) 難波蓮太郎：建築仕上材料の吸音特性、早稲田大学第一理工学部建築学科1955年度卒業論文、指導教授明石信道、同伊藤毅
- 3) 豊島政実：カトリック雪ノ下教会音響測定報告書、2012年8月
- 4) 梅園真咲：玉川学園礼拝堂改修工事報告、2012年4月