

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23401020

研究課題名(和文) 西欧教会ならびにオペラ劇場の動学的音場解析とその比較

研究課題名(英文) Dynamical Acoustic Analysis over the Western Churches and Opera Houses

研究代表者

伊東 乾 (ITO, Ken)

東京大学・大学院情報学環・准教授

研究者番号：20323488

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円、(間接経費) 4,050,000円

研究成果の概要(和文)：ルクセンブルク大司教座大聖堂、パイロイト祝祭劇場を始めとする西欧教会・オペラ劇場を、従来の建築音響学に存在しなかった儀礼や演出の空間性、僧侶や歌手の発声の特質を踏まえた非線形音響の枠組みで詳細測定・解析し、教会・劇場内音響の動的異方性を始めて明らかにした。

海外での測定評価の準備として国内でも同様の実証を東大寺二月堂、新国立劇場などにおいて行い、宗教建築内での伝統儀礼が言語の明瞭性や没入感など、音声言語の脳認知と密接に関連している可能性を、物理測定によって始めて示した。

旧来顧慮されてこなかった垂直方向の音源移動評価のため6軸相関計等を開発し、高所からの歌声や話声が抱擁感を持つ機構を解明した。

研究成果の概要(英文)：Western Cathedrals including Luxemburger Dom, and Opera Houses including Bayreuther Festspielhaus are measured and evaluated with newly developed principles and methods. 3-dimensional spatial arrangement of speakers and singers, and their vocal divergences are directly evaluated and their dynamic isotropies are revealed.

Also within Japan, as preparation for those in abroad, Todaiji Temple(Nigatsudo)New National Theater Tokyo and other buildings are measured with same condition for the analysis and relationship between acoustic characteristics e.g. verbal clarity or ambiance, and space-temporal design of the rituals are clearly shown with steadfast physical measurement for the first time.

Vertical change of sound source, e.g. monk's voice, has never taken into account within architectural acoustics. We have developed a 6-channel correlometer and investigated the dynamics, and found the voice/sound from upward has much more ambiance which gives much influence on listeners' impression.

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：芸術諸学

キーワード：オペラハウス 教会 音楽音響 音声言語 相関解析 儀礼 対称性の破れ 脳認知

1. 研究開始当初の背景

音楽研究の分野には、今日の科学技術の研究成果は極めて限定的にしか用いられていない。むしろ、楽譜の古典的な分析(マイクロ・アナリシス) 文献学的な研究の重要性がいささかも損なわれるものではないが、しばしばそれらは、実際の演奏現場で生起する出来事と乖離してしまっていることを否めない。

19世紀末までの歌劇・楽劇作品には、舞台上上演中の歌手の立ち位置、歌唱の方向やその変化、あるいは舞台上での垂直方向での移動などが極めて詳細に記されている場合がある。

これらは20世紀前半、録音技術が発展するとともに、次第に顧みられなくなり、とりわけ1960年代以降、アナログのマルチチャンネル録音が普及すると同時に、殆どの歌劇場でその伝統が潰えてしまった経緯がある。

これとちょうど並行するような形で、西欧教会においても大きな空間利用の変化が見られた。

イエス・キリストを直接知る使徒たちによる原始教会以来、キリスト教会が一貫して保ってきた伝統的な儀式の形、とりわけ8世紀カロリング朝西ローマ帝国においてカール大帝(シャルル・マーニュ)の名において標準化された西欧カトリック教会の儀礼様式は、いわゆるロマネスク様式聖堂(この時期に端を発する)の空間内での建築音響と一体化して様式を洗練させ、12世紀近辺からのイスラム建築技術の導入、いわゆるゴシック式大聖堂建築への変化とともに、西欧音楽にいわゆる「模倣様式」に基づく多声学(ポリフォニー)の音楽形態、ならびにそれを記述する記譜法の技術を発展させた。



最古の西欧教会バシリカ様式の跡を留めるミラノ・聖アンブロジウス大聖堂



イスラム建築の技術を取り入れて拡大されたアーヘン大聖堂ゴシック増築部分

だが20世紀後半、マイクロホンとスピーカーによる電気音響拡声の技術導入と並行して第二ヴァチカン公会議(1962-65)において2000年近く継続してきた遙拝の儀礼様式が廃止され「対面ミサ」と呼ばれるあらたな様式が導入されることとなった。

この変化がもたらした影響は決して小さなものではなく、多くのカトリック教会ならびにそれと儀礼様式を共にする宗派(英国国教会など)の典礼は、建築空間内で自然にはまったく響かないものとなり、電気電子音響の適切な拡声印加されないかぎり、典礼が元来もつ「言語の明瞭性」も、信徒全体を抱き込むように一つの響きで空間を充溢させる「没入感」も作り出さない、人工的で訴求力の弱い典礼となってしまった経緯がある。

2. 研究の目的

本研究では、西欧教会ならびにオペラハウスの建築を、それらが元来設計され施工された19世紀末年以前の観点に立ち戻って再検討し、典礼については古典的なミサの時間空間的なコンフィギュレーションに添って、またオペラについてはとりわけリヒャルト・ヴァーグナーが楽譜の中に詳細に残した三次元的な舞台空間の活用を前提に、それらを再現、マンフレート・シュレーダー+安藤四一による建築音響の脳認知モデルを音楽目的に拡大したシュレーダー+安藤+伊東のわくぐみで解析し、従来建築音響学が問題としなかった空間異方性、発声のテクニクなど音源の特質、それらの脳認知といった観点から、教会、オペラハウスの時空間認知のダイナミクスを直接検証しようとするものである。

また、新たな原理に基づき、測定機器から作成して評価にあたるため、海外のフィールドでの測定にそなえ、国内においても十分にその有効性を試す必要があり、日本聖公会聖アンデレ教会、新国立劇場などのコンクリート建築を欧州における石造建造物相当の比較対照とした。



カトリック・長崎大司教区「紐差教会」。国内に正確に西欧教会・木造オペラハウスに対応する建築物はないため、国内の複数フィールドでの予備測定を元にパラダイムを詰める必要がある。

またパイロイト祝祭劇場のような大型木

造オペラハウスは日本に存在しないため、浄土真宗各派の仏教寺院や奈良の東大寺・二月堂のような伝統宗教建築を国内での比較対照フィールドとし、宗教儀礼については聖職者の全面的な協力を得、カトリック長崎大司教区内の木造教会建築群等の予備測定結果を含め、相関解析の手法を基礎として実測結果を検討することとした。

またオペラについては再現演奏に取り組み、これら空間内での3次元的な音源・奏者の配置、その移動など、従来の建築音響では一切考察の対象とされてこなかったパラメータの評価方法から検討する必要があり、予備測定を重ねながら基幹開発を並行することとした。

3. 研究の方法

研究は以下の二つのアプローチを常時並行して進めた。

第一は、建築物内における複雑な反射音の影響を正確に評価するべく、反射の一切ない無響室状況下での、音源そのものの性質の評価である。歌声に関する先行研究は多数存在したが、宗教儀礼の無響室内での収録測定の先行事例は殆ど存在しなかった。

私たちは国内での対比研究として浄土真宗寺院内での僧侶の読経（正確には表白、念仏・和讃、説教など儀礼に即した細かな分類に添っている）を自己相関解析の手法で分析することで、声自身の動的な特質を明らかにすることができる。ここでは僧職のご協力を頂くなどして無響室内で勤行を収録分析するなど、準備を徹底した。



真宗大谷派・浄信寺羽塚住職による、無響室内での法要 = 側壁反射を一切排除した状態での測定・評価。

人間の音声とくに言語のシラブルを含むそれは極めて複雑な静的（線形的、スペクトル的）な特徴と動的（計時変化を伴う、非線形的、不可逆的）な特徴とを持つ。

そこで、より単純な器楽音（ヴァイオリン音響など）の非線形音響特性評価を並行して、器楽音と歌声・朗唱などの音声との無響室レベルでの対照に務めた。

私たちの本来の興味は、建築物内での話者・奏者の位置や方向、高さ、それらの変化に伴う、教会やオペラハウス、あるいは寺院などの空間内での時空間音響の動的な変化とその人間の認知にある。

例えば本願寺の流を組む浄土真宗各派では、中興の祖蓮如の手紙が朗読される（大谷派で「お文」本願寺派で「御文章」）。これらはすべての派で共通して、聴衆に対して真横向きに座した僧侶により、一定の節をつけて読み上げられる講式を取る。



真宗大谷派・乗西寺での「お文」朗唱。本尊阿弥陀像に向かって左側前方で、真右方向に座して蓮如の手紙が決まった様式を踏んで朗読される。

このような朗唱位置を持つことで、会衆席のほぼすべての着座位置で、左右の耳に極端に異なる声が到達することになる。これは左右の耳に到達する音の間の相関を取って解析（両耳間相関解析）によって容易に確かめることができ、また左右の耳に到達する音に違いがあるほど、所謂「両耳マスキング」の効果が減殺され、言語の明瞭度が上がると考えられることができる。

浄土真宗各派の「お文」朗唱に類似した講話や朗読の儀礼様式は、仏教のみならずキリスト教、イスラム教など様々な宗教儀式の中に見いだすことが可能であり、ヒト脳の生理原則に照らして妥当な時空間ダイナミクスが各国各時代で工夫、デザインされていたことが傍証される。



イスラム教スンニー派（トルコ系）の東京ジャーミー（モスク）内。浄土真宗の「御文」と同様、向かって真左に真右向きに講話の座卓が設けられている。また中央祭壇（キブラ）右側にはミンバルと呼ばれる金曜集会用の説教壇が設けられている。左右に対称性を破ると同時に上下の位置の差があることから、話者の声の建築物内での反響は特徴を持つことになる。

これらの準備を踏まえ国内外のオペラハウス、教会等での音声のダイナミクスを実証的に解析した。

4. 研究成果

国内外の教会、オペラハウス、また対照測定として仏教寺院などで系統だった実証測定を行い、得られたデータを相関解析の手法で分析検討した。

これに当たっては、建築物の正味の音響特性を分離するべく、随時「異方性を考慮した多点インパルス応答」の測定を併用した。すなわち、従来の建築音響では、中央位置一カ所での無指向性一音源にたいして、やはり固定位置受音点でのインパルス応答をもってその建物の代表値と見なすことが普通であるが、私たちの興味は一つの建物の中で音源が多様に位置や方向を変化させたとき、どのように応答が変化するかであるので、指向性スピーカーを用い、場内複数箇所に受音点を設定して、動的な評価を行った。



アルゼンチン・ブエノスアイレス「テアトロ・コロソ」でのヴァーグナー『トリスタンとイゾルデ』の予備測定。



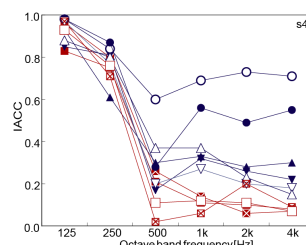
新国立劇場（東京・初台）奈落下でのヴァーグナー「パルジファル」の予備測定。



ヴァーグナー自身が原案設計したバイロイト祝祭劇場（ドイツ連邦共和国バイエルン州）での、ヴァーグナー自身の空間的な指定（高所での歌唱など）を守った形での「トリスタンとイゾルデ」の部分演奏・ダイナミクス評価収録。

国内においてはカトリック長崎大司教区教会群、日本聖公会聖アンデレ教会、浄土真宗各派寺院、華嚴宗総本山東大寺二月堂、東京アートミュージアムなどをフィールドに、海外ではカトリック・ルクセンブルク大司教座大聖堂、カトリック・ラウプハイム教会、プロテスタント・カルフ教会区マリーエン・カペレ、アルゼンチン・ブエノスアイレステアトロ・コロソ劇場、ドイツ連邦共和国バ

イロイト祝祭劇場（バイエルン州）などをフィールドに、動的音場の測定・収録と非線形・相関解析による評価を行った。



両耳相関（IACC）の解析例。音源の位置や方向によって、高周波側での両耳相関の値に大きな違いがあることが分かる。

話者・歌い手、奏者の位置や方向、歌い方によって、儀礼や上演に主観的には大きな違いがあることは誰もが知ることであるが、このように再現性のある形で定量評価を行ったのは本研究が最初の例になる。

また、歌い手・話者の位置が鉛直方向に高くなることで、音響パラメータの値にどのような変化があるかを調べた例は殆ど存在しなかった。事実私たちの初回の新国立劇場での測定(2012年8月)では、既存のダミーヘッドマイクロホンなどだけを利用したところ、有為な差をデータとして得る事ができなかった私たちは両耳相関の左右2チャンネルを拡張し、上下左右前後6方向向きの相関計を開発し、新国立劇場(二回目の測定時、2013年8月)とバイロイト祝祭劇場での評価測定でこれを用い、音源位置が上昇することで前後の相関の値が上昇し、より多くの観客席で一般的な音場が生まれること、すなわち、より没入感が高く、言語明瞭度などは落ち、聞き手の意識レベルで明確な聴取差の出るダイナミクスの変化があることを初めて見いだした。

手法から新たに開発しているので、新規に得られた知見は少なく無い。それらは解析を経て順次論文、書籍などの形で公刊し、成果の還元を進めている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計6件)

Y.SOETA, K.ITO et al. Effect of sound location and direction on acoustic parameters in Japanese Churches J. Acoust. Soc. A Vol 131 Issue 2 2012 1206-1220

Y.SOETA, K.ITO et al. Measurement of

acoustic characteristics of Japanese Buddhist Temples in relation to sound source location and directions

J. Acoust. Soc. A Vol 133 2013 2699-2710

K.ITO et al. " A proposal for New Methods for the Evaluation in the Changes of Sound Sources' Vertical Altitude " Proc ISTD 24-24

K.ITO et al. " A Dynamical Study over the Richard Wagner's "Raumzeit" 1 " Proc ISTD 25-25

K.ITO et al. " Several Remarks for the possible "Spatial-Temporal Ethics" " Proc ISTD6 26-26

I.WATANABE and K.ITO " Non-linear Dynamical Sound Analysis of Ancient Buddhist's Chant at "Shu-Ni-E Ritual in Todaiji Temple. " Proc. 6 ISTD 21-21

[学会発表](計5件)

T.OHSAWA, Y.SOETA,K.ITO et al. 1 Dynamical acoustic study of violin sound, 5th ISTD meeting, Sheffield, UK

Y.SOETA, et al ACF analysis over the open strings' sound of a violin with and without mutes 5th ISTD meeting, Sheffield, UK

R. YAMAMOTO and K.ITO "A new recording of Bach's Violin Solo Sonata based on the principle of Brain Acoustics In consideration to lateral reflection" 5th ISTD meeting, Sheffield, UK

K.ITO Spatial and temporal design in religious and musical architecture of opera houses 5th ISTD meeting, Sheffield, UK

K.ITO Several considerations on the principal concept after Bernerd Stigler with the Brain Physiological theory of sound environment cognition 5th ISTD

meeting, Sheffield, UK

[図書](計2件)

伊東 乾

笑う親鸞 歌う念仏・楽しい説教 河出書房新社(2012)

伊東 乾

なぜ猫は鏡を見ないかー音と心の進化誌 (2013)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊東 乾 (ITO Ken)
東京大学大学院情報学環
准教授

研究者番号: 20323488

(2) 研究分担者

添田喜治 (Yoshiharu SOETA)
独立行政法人 産業技術総合研究センター
健康工学研究部門 研究員

研究者番号: 10415698