

渡辺翁記念会館におけるオーケストラの音響効果の再現

吉田匡人 守田 了

山口大学工学部

宇部市常盤台 2-16-1

地元根づく市民オーケストラが離れたところにあるホールでの演奏を企画しても、移動が困難なため実現しない。聴者は著明なオーケストラの演奏を希望しても集客がみこめない小さな町のホールでは実現は困難である。別取りされたオーケストラの構成員によるパート演奏を用いてサウンドレンダリングにより仮想ホールの客席で聞いた音を作成するシステムが提案されている。本稿では、別取りされたオーケストラの構成員によるパート演奏を実際のホールでオーケストラの構成員だけのスピーカーを用いて演奏し客席で録音するシステムを提案する。このシステムにより別取りされたオーケストラの構成員による演奏が実際のホールの客席で聞こえる音を録音し、仮想空間上のホールにおける再構成された客席で聞こえる音を比較することができる。実際に本システムを用いて、渡辺翁記念会館を模擬した仮想空間上のホールにおける山口大学管弦楽団を模擬した仮想空間上のオーケストラによるビゼー作曲のカルメンの前奏曲の演奏と渡辺翁記念会館のホールの客席で実際に聞こえる音を比較し、有効性を示す。

キーワード オーケストラ, ホール, サウンドレンダリング, 音響効果

Realizing Sound Effect of Orchestra in Watanabe Memorial Hall

Masato YOSHIDA and Satoru MORITA

Faculty of Engineering, Yamaguchi University

2557 Tokiwadai, Ube, 755, Japan

It is difficult to held the concert in the famous hall apart from their town because of the transport problem, even if citizen orchestra planed it. It is difficult to held the concert in the hall because of the audience problem even if the audience wants to hear the famous orcheetra performance. It is proposed the system generating the sound heard in the audience chair using the individual performance and the sound rendering. In this paper, it is proposed the system recording the sound heard in the audience chair using the individual performance and the speakers of the part number. We can compare the sound in the virtual hall with the sound in the real hall using the system . We show the effectiveness by comparing the performance of the Carmen by Bizet of the orcheetra in the virtual hall with the performance in the Watanabe Memorial Hall.

keyword: Orcheestra, Hall, Sound rendering, Sound effect

1 はじめに

世界各地に市民オーケストラがあり、市民のために多くの演奏家が演奏活動を行っている。市民オーケストラの奏者は一般にその土地にあるホールを中心に演奏活動をしている。遠くに移動が困難な市民オーケストラが離れたところにあるホールでの演奏を希望しても、移動が困難なため実現しない。聴者は海外の著名なオーケストラの演奏を希望しても集客がみこめない小さな町のホールでは実現は困難である。このような場合に仮想オーケストラは遠くのホールでの演奏が体験できたり、著名なアーティストが近くのホールでの演奏が体験できる [1]。実際のホールを模擬したホールにおける実在のオーケストラの演奏があらゆる客席で聞けることは、オーケストラの奏者にもホールの設計者にも聴者にもメリットがある。

- オーケストラの奏者はホールに行かずに様々なホールでの自身の演奏を好きな客席で聞ける。
- ホールの設計者は建設前に設計したホールによる音響効果を好きな客席で聞くことにより体感できる。
- 聴者は様々なホールと様々なオーケストラと様々な楽曲の演奏が好きな客席で聞ける。

仮想空間上に作成されたホールでオーケストラの構成員のパート数分の演奏を鳴らすスピーカーを配置して、サウンドレンダリングにより客席で聞こえる音が再現される [2][3][4]。このようにして再生できた音がどの程度近い音であるかを評価することが必要である。実際のオーケストラの演奏は何度も演奏できるわけではないため同時録音を行わないと評価に使える音の実現できない。本稿では、別取りされたオーケストラの構成員によるパート演奏を実際のホールでオーケストラの構成員だけのスピーカーを用いて演奏し客席で録音するシステムを提案する。このシステムにより別取りされたオーケストラの構成員による演奏が実際のホールの客席で聞こえる音を録音し、仮想空間上のホールにおける再構成された客席で聞こえる音を比較することができる。実際に本システムを用いて、渡辺翁記念会館を模擬した仮想空間上のホールにおける山口大学管弦楽団を模擬したオーケストラによるビゼー作曲のカルメンの前奏曲の演奏と渡辺翁記念会館のホールの客席で実際に聞こえる音を比較し、有効性を示す。

2 サウンドレンダリングによるオーケストラの演奏の再現

サウンドレンダリングにより仮想空間のホールで演奏するオーケストラの構成員による演奏を実現する [1][2][3][4]。マイクから放射状に音を追跡し、音源とぶつかった音を合成して音声を再構成する。音は物体にぶつかる反射し、反射の際に音が吸収される。材料によって吸収率は異なり、また周波数によって吸収率は異なる。そこで、追跡に際して反射材料を記録する。音の経路長から時間の遅れを計算する。計算された時間遅れから音源における時刻を特定する。さらに空気中の音が通過する経路長に基づき計算される [1][5][6]。反射の際に衝突した材料と各周波数ごとの吸収率と計算された空気中の吸収率から、各周波数ごとの減衰率が計算される。特定された音と各周波数ごとの減衰率を用いて各時刻ごとの一方向からの音に対する音声は復元される。この計算を実現するために音声を周波数分解し、各周波数ごとに減衰率を掛け合わせ、最後にすべての音を合成することで音が再現される。最後に各時刻ごとにすべての方向の音を合成し、単位球面上の単位面積あたりのサウンドの本数で正規化することで、一本のマイクから聞こえる音が復元される。図1は「カルメン」の前奏曲の楽譜である。

The image shows a page of a musical score for the prelude of 'Carmen' by Bizet. The score is written for a full orchestra and includes parts for Flute, Piccolo, Oboe, Clarinet in B, Bassoon, Horns in A and B, Trumpets in A and B, Trombones, Timpani, Snare, Cymbals, Harp, Violins I and II, Viola, Cello, and Bass. The tempo is marked 'Allegro giusto, Vivace' and the key signature has one flat. The score is presented in a standard musical notation format with staves for each instrument.

図1: 「カルメン」より前奏曲 [7]

ビゼー作曲”カルメン”の前奏曲、101小節から120小節までを題材に用いた。図2は渡辺翁記念会館のホールである。渡辺翁記念会館は昭和12年に建設され、昭和



図 2: 渡辺翁記念会館のホール

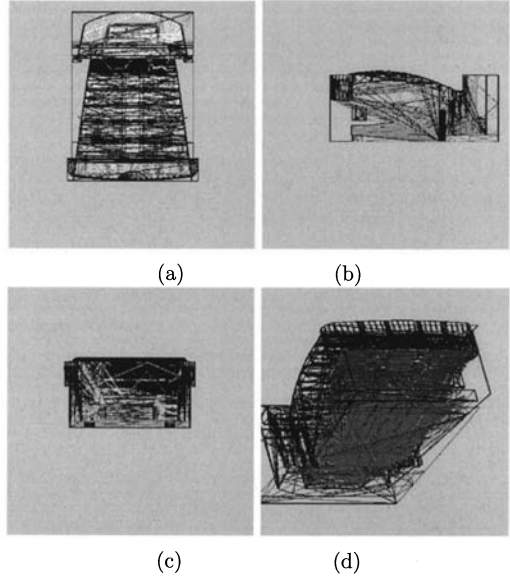


図 4: 渡辺翁記念会館の CAD データ (a) 上方向 (b) 横方向 (c) 前方向 (d) 斜め方向

期を代表する建築家村野藤吾の初期作品の代表である。村野は記念会館を設計するときに、音響学の専門家である早稲田大学の佐藤健夫の助言を得ており、音響効果の優れたホールの一つとして国宝の重要文化財にも指定されている。緩やかなカーブを描く正面性の強いファザード、微妙な色合いを見せるタイルなどが外観上の特徴である。図 3 はオーケストラの配置である。26 パート 77 名の構成であるオーケストラによる演奏を実現する。図 1 は一般建築材料吸音率予測値による吸音率である。

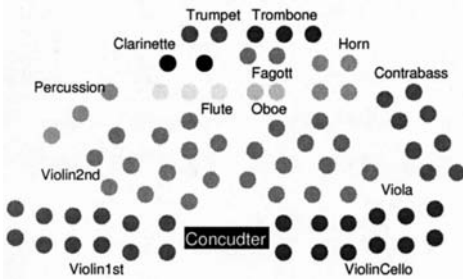


図 3: オーケストラの配置

表 1: 一般建築材料吸音率予測値による吸音率

材料	125	250	500	1k	2k	4k
モルタル	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
コンクリート	0.16	0.14	0.11	0.08	0.08	0.07
パイプカーペット	0.09	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40
舞台反射板	0.20	0.13	0.10	0.07	0.06	0.06
モケット張り劇場椅子	0.14	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30

図 4 は CAD データによる渡辺翁記念会館である。図 4(a)(b)(c)(d) はそれぞれ上方向、横方向、前方向、斜め方向から見た図である。図 5 は CAD データによる渡辺翁記念会館のホールである。ここでは椅子を表示していない。図 6 は実験に使用したマイクの位置である。図 5 は図 6 のマイクの位置 1 において取得されたサウンド経路が記述されている。

3 オーケストラの構成人数分のスピーカーを用いたオーケストラの演奏の再現

別取りされたオーケストラの構成員による各パートの演奏と実際のホールでオーケストラの構成員の数だけのスピーカーを用いてオーケストラを実現する。今回は同時発音可能なミキサーを用いて実現している。今回のミキサーが8台までの同時発音が可能のため8人によるオーケストラを実現した。図7はパート8人によるオーケストラの配置である。スピーカーの個数と同時発音できるミキサー数に制限があるため、8楽器8名の構成であるオーケストラによる演奏を実現する。図8はパート4人によるバンドの配置である。

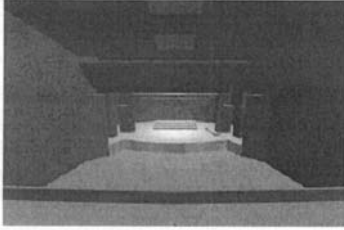


図 5: 渡辺翁記念会館のホール内の CAD データ但しこの場合椅子を表示していない

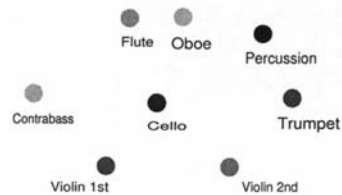


図 7: パート 8 人によるオーケストラの配置



図 8: パート 4 人によるバンドの配置

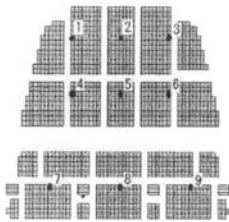


図 6: 実験に使用したマイクの位置

4 渡辺翁記念会館の音響効果の計測

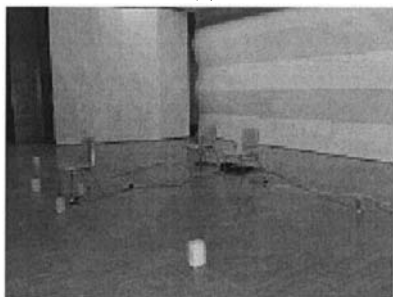
4.1 音の伝搬時間

音の伝搬時間はステージ上で音が鳴ってから、マイク上で音が鳴るまでの時間を計測している。図9は実験装置の配置である。ステージ奥に同時発音可能なミキサーとステージ上に8つのマイクがおいてある。図9(a)は反響板がない場合であり、図9(b)は反響板がある場合である。ステージの測板と後方を覆う反響板を取り付けた場合と取り付けない場合を測定した。渡辺翁記念会館にはステージ上部にも反響板が装着可能になっている

が、上部の反響板は同じ状態で装着して測定した。図10は反響板なしの場合の8パートの楽器によるカルメンの演奏に対して測定された音の到達時間である。図11は反響板ありの場合の8パートの楽器によるカルメンの演奏に対して測定された音の到達時間である。図12は反響板ありの場合の4パートの楽器によるイマジンの演奏に対して測定された音の到達時間である。図10 図11 図12のグラフ上の(1,1)は図6のマイク1にあたり、(1,2)はマイク2にあたり(1,3)はマイク4にあたり(3,3)はマイク9にあたる。縦軸は音の到達時間を表している。図10、図11の測定結果を比較すると、反響板ありの方が伝搬速度は早く音の到達時間は短くなっている。反響板の反射効果と測定時の舞台上の気温の影響が考えられる。



(a)



(b)

図9: (a) 反響板なし (b) 反響板ありの実験装置の配置

4.2 残響効果

残響時間は音源が停止してから音圧が60dB下るまでの時間である [5][6]。ホールの音響効果を議論する上で最も重要な要素の一つである。本稿では残響時間は9箇

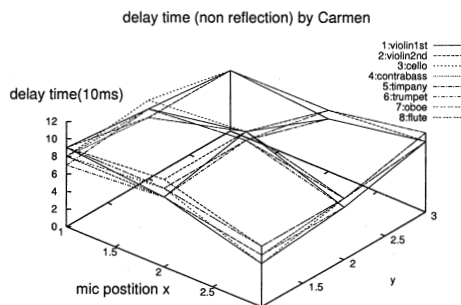


図10: カルメン演奏における音の到達時間, 反射板なしの場合の8パートの楽器

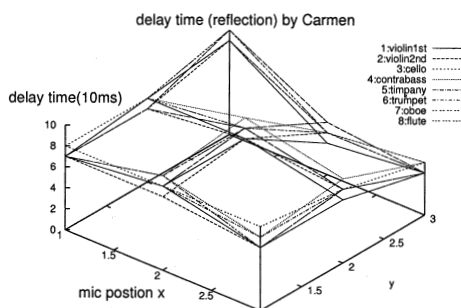


図11: カルメン演奏における音の到達時間, 反射板ありの場合の8パートの楽器

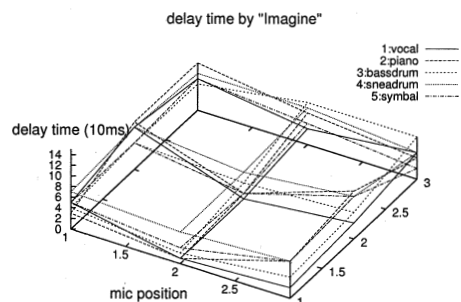


図12: イマジン演奏における音の到達時間, 反射板ありの場合の8パートの楽器

所のマイクの位置と7音の平均をとる。図13はギターとバイオリンとトランペットの残響時間である。横軸は音階を表し、縦軸は残響時間を表している。トランペットの残響時間は反響板ありの場合1.204(s)、反響板なしの場合1.190(s)であった。バイオリンの残響時間は反響板ありの場合0.802(s)、反響板なしの場合0.811(s)であった。クラシックギターの残響時間は反響板ありの場合1.275(s)、反響板なしの場合1.225(s)であった。残響時間の具体例では、コンサート専用ホールでは大阪シンフォニーホールでは1.8000(s)オペラハウス 東京新国立劇場オペラハウスでは1.320(s)、講堂、体育館などでは1.000(s)である[8]。渡辺翁記念会館は多目的ホールという位置づけとして最適といえる。渡辺翁記念会館を模

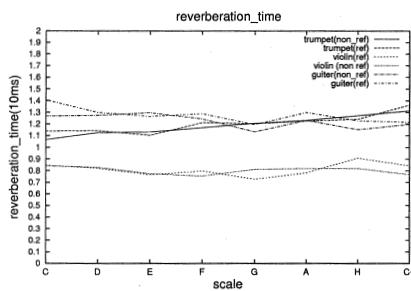


図13: ギターとバイオリンとトランペットの残響時間

擬した仮想空間上のホールで8人の編成によるオーケストラによるカルメンの演奏が9つの箇所の客席で聞こえる音を作成した。また渡辺翁記念会館を模擬した仮想ホールで4人の編成のバンドによるイマジンの演奏が9つの箇所の客席で聞こえる音を作成した。気温の効果と材料による音の吸収率を微修正することで残響効果と到達時間においてほぼ同一のオーダーの音が実現できた。最後に渡辺翁記念会館を模擬した仮想空間上のホールにおける26楽器77人の編成のオーケストラによるビゼー作曲カルメンの前奏曲の演奏が客席で聞こえる音を作成した。

5 おわりに

別取りされたオーケストラの構成員によるパート演奏を実際のホールでオーケストラの構成員の数だけのスピーカーを用いて演奏するオーケストラを提案した。このシステムにより別取りされたオーケストラの構成員によるパート演奏を仮想空間上のホールで再現された音と

実際のホールで録音された音を比較することで、同じ条件ですべての客席における音を比較することができる。実際にビゼー作曲のカルメンの前奏曲とジョンレノンのイマジンをこのシステムで再現し、仮想空間上のホールによる演奏が客席で聞こえる音と実際のホールによる演奏を客席で録音した音を比較することで、より実際の音に近い仮想空間上のホールにおけるオーケストラの演奏が実現された。

謝辞

演奏に協力いただいた山口大学管弦楽団、宇部市民オーケストラの皆様および高垣直記君とそのバンドのメンバーに感謝します。また音響効果の計測に協力いただいた宇部市役所文化振興課、渡辺翁記念館の職員の方々に感謝します。

参考文献

- [1] 吉田匡人, 守田了, ザシンフォニーホールにおけるオーケストラ演奏のサウンドレンダリング, MUS-067, 2006
- [2] 徳能さやか, 守田了, 時間周波数解析に基づくオーケストラ演奏中の音環境の視覚化, MUS-047, 2002
- [3] Satoru Morita, Sayaka Tokunou, Visualizing Sound Environment during Orchestra Performance based on Time Frequency Analysis, proc. of ICMC2006, 2006
- [4] Satoru Morita, Sayaka Tokunou, Learning Ensemble Performance for String Quartet by Practice, proc. of IEEE Cybernetics & Intelligent Systems, pp. 171-178, 2006
- [5] L. W. C. Sabine, Collected Papers on Acoustics, Acoust. Soc. Am., 1921
- [6] 前川純一, 森本政之, 建築環境音響学, 共立出版, 1990
- [7] Geros Bizet, CARMEN in Full Score, Dover Pub. Inc. New York, 1988
- [8] L. Beranek, Concert Hall and Opera House, springer, 1996