音楽練習室に求められる環境性能に関する研究

インタビュー調査と残響時間に着目した演奏評価実験

STUDY ON ENVIRONMENTAL PERFORMANCE FOR MUSICAL PRACTICE ROOM

Investigation using interview and subjective experiments focused on reverberation time

中島 章博^{*1}, 横山 栄^{*2}, 辻村 壮平^{*3}, 田中 亜美^{*4}
司馬 義英^{*4}, 坂本 慎一^{*5}Akihiro NAKAJIMA, Sakae YOKOYAMA, Sohei TSUJIMURA,
Ami TANAKA, Yoshihide SHIBA and Shinichi SAKAMOTO

A musical practice room is a very important space for players to improve their skills. However, no architectural design guidelines for musical practice rooms exist in Japan, and the individual room is being designed based on the architect's intuition and experiences. In this study, the authors investigated the environmental performances of musical practice rooms using conjoint analysis and the appropriate reverberation for players by subjective experiments. As a result, degree of importance of the rooms was obtained and a clear tendency of preferable reverberation time dependent on the difference of types of the instruments was found.

Keywords : Musical practice room, Subjective experiment, Reverberation time, Conjoint analysis,
Sound field simulation

音楽練習室, 評価実験, 残響時間, コンジョイント分析, 3次元音場シミュレーション

1. はじめに

音楽家がプロとして活動をするためには非常に多くの練習を積む必要があり、音楽大学をはじめとする音楽専攻科のある大学や学校が大きな役割を担っている。このような大学や学校では、練習を行うための空間として数多くの音楽練習室が設置されており、「練習のしやすさ」という奏者の視点が大切な空間である¹⁾。しかし現状では、ホール等と比較し設計資料が少なく²⁾、設計は設計者の経験や独自の判断に委ねられているため、使用者の視点から練習のしやすい環境性能を明らかにし設計に有効な知見を定量的に示すことが必要である。

音楽練習室の音響設計に関する先行研究としては、岸永らが音響設計実施例を基に、0.3 程度の平均吸音率が望ましいなど必要性能に関する考察を行っている³⁾。Saher らは、楽器の種類により適切な広さや残響時間は異なる可能性があることを示唆している⁴⁾。アマチュア奏者を対象とした例では、新藤、三田村らが「演奏のしやすさ」について調べており、室容積と天井高のバランスが重要という結果を導いた^{4),5)}。また、土倉らは音楽練習室において「演奏しやすさ」とは別の「練習しやすさ」という視点が必要であると指摘しており、響きの音色に着目した実験を行っている¹⁾。さらに、響

きの要素のうちフラッターエコーに着目し、木方らがフラッターエコー低減に関する検討を行っている⁶⁾。

これらの研究は、設計者の視点からのアプローチや、あるいは音楽練習室に必要とされる環境性能の一部について検討を行っているが、使用者である演奏者の視点からどのような環境性能が求められているのか明確にしたうえで、各項目の重要性について定量的に調査した研究は行われていない。筆者らは設計に必要な知見を得るため、プロ演奏家へのインタビューや統計分析を用いた環境性能の調査を実施した^{7),8)}。そして、その結果最も重要と判断された「響き」について、基礎検討として「残響時間」に着目し、プロ演奏家や音楽大学生を対象とした演奏実験により最適な残響時間に関する検討を行った^{8),9),10)}。本報ではこれらの結果をまとめ報告する。

2. 音楽練習室に求められる環境性能の調査

音楽練習室に求められる環境性能の項目を調べるため、コンジョイント分析¹¹⁾を用いたインタビュー調査を行った。本分析はマーケティング分野で頻繁に用いられる手法である。アンケートを実施するため、調査対象の評価項目を組み合わせたカードを複数枚作成し、調査協力者に各カードを呈示し望む順番に並べさせる。そして、そ

*1 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 大学院生

*2 東京大学生産技術研究所 助教・博士(工学)

*3 東京大学生産技術研究所 特任研究員・博士(工学)

*4 日建設計

*5 東京大学生産技術研究所 准教授・博士(工学)

Graduate Student, Dept. of Architecture, Graduate School of Eng., The Univ. of Tokyo

Research Assoc., I.I.S., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

Special-appointment Researcher, I.I.S., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

NIKKEN SEKKEI Ltd.

Assoc. Prof., I.I.S., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

の結果得られた順位データを基に、各評価項目にどの程度の重要度が与えられているのかを定量的に判断する分析手法である。本報では、プロ演奏家へのインタビューにて練習室に求められる環境性能をたずね、得られたコメントから評価項目を抽出し、これらを実評価水準として8種類の練習室を提案した。これらについて調査協力者に「練習室として使用したい」順に並べさせ、コンジョイント分析を行い、音楽練習室に必要とされる評価項目を抽出した。

2.1 インタビュー調査による評価項目の決定

練習室に求められる環境性能の項目を抽出するため、音楽大学出身のプロ演奏家10名（フルート2名、クラリネット2名、ヴァイオリン4名、ヴィオラ2名）を対象に自由回答形式のインタビュー調査を行った。インタビュー内容は、音に限らず練習室の設計に重要な事項を抽出する目的から、音響性能以外に関する質問も行った。質問内容は、「練習室で練習を行うにあたり、音に限らず困ったことはありますか?」、「大学の練習環境の印象について自由にお答えください」、「練習のしやすい練習室の環境として、何を望みますか?」の3種類とした。インタビュー内容および、複数回答が得られた項目を表1に示す。

これらの項目に関して、それぞれの項目がどの程度重要かを把握するため、コンジョイント分析を行った。分析に用いる項目抽出にあたり、すべての質問の回答から分類別に整理をし、各項目の延べ回答数を算出した。図1に、2人以上の回答数が得られた項目を示す。この延べ回答数を基に、上位から順に、「響き」、「床面積」、「遮音」、「窓」、「天井高」の5評価項目を抽出した。なお、環境性能を調査する目的から、「汚い」など練習室の使用者のモラルに関する項目は排除している。また、回答数は少ないが、インタビューの質問1にて「時間制限があり自由に練習できない」(2名)、質問2にて「室内への視線が気になる」(1名)というコメントを得ており、これらの項目が重要と考え、「練習室の連続使用可能時間（以下、連続使用時間）」「室外からの視線」の2項目を追加した。

表1 インタビュー調査結果

質問1	練習室で練習を行うにあたり、音に限らず困ったことはありますか？
複数回答を得た項目	・狭い(6) ・響かない(6) ・外の窓がない(2) ・時間制限があり自由に練習できない(2)
質問2	大学の練習室の印象について自由にお答えください。
複数回答を得た項目	・汚い(6) ・周りからの音がよく聞こえる(4) ・狭い(3)
質問3	練習のしやすい練習室の環境として、何を望みますか？
複数回答を得た項目	・天井が高いこと(4) ・適度な広さがあること(4) ・適度な響き(3) ・外側に窓があって欲しい(2) ・換気をしっかりとって欲しい(窓をつける等)(2)

*括弧内の数字は、回答人数を表す

図1 全質問から抽出された評価項目と回答数

練習室A 響き: 非常にデッドな響き 遮音: 隣の音が聞こえる 天井高: 天井が低い 床面積: 床面積が小さい 窓: 窓がない 視線: 廊下から室内が見える 連続使用時間: 1時間	練習室B 響き: 非常にデッドな響き 遮音: 隣の音が聞こえる 天井高: 天井が低い 床面積: 床面積が大きい 窓: 窓がある 視線: 廊下から室内が見えない 連続使用時間: 5時間
練習室C 響き: 非常にデッドな響き 遮音: 隣の音が聞こえない 天井高: 天井が高い 床面積: 床面積が小さい 窓: 窓がない 視線: 廊下から室内が見えない 連続使用時間: 5時間	練習室D 響き: 非常にデッドな響き 遮音: 隣の音が聞こえない 天井高: 天井が高い 床面積: 床面積が大きい 窓: 窓がある 視線: 廊下から室内が見える 連続使用時間: 1時間
練習室E 響き: 適度な響き 遮音: 隣の音が聞こえる 天井高: 天井が高い 床面積: 床面積が小さい 窓: 窓がある 視線: 廊下から室内が見える 連続使用時間: 5時間	練習室F 響き: 適度な響き 遮音: 隣の音が聞こえる 天井高: 天井が高い 床面積: 床面積が大きい 窓: 窓がない 視線: 廊下から室内が見えない 連続使用時間: 1時間
練習室G 響き: 適度な響き 遮音: 隣の音が聞こえない 天井高: 天井が低い 床面積: 床面積が小さい 窓: 窓がある 視線: 廊下から室内が見えない 連続使用時間: 1時間	練習室H 響き: 適度な響き 遮音: 隣の音が聞こえない 天井高: 天井が低い 床面積: 床面積が大きい 窓: 窓がない 視線: 廊下から室内が見える 連続使用時間: 5時間

図2 作成した8枚のコンジョイントカード

2.2 コンジョイント分析の手順

抽出した7つの評価項目について、響き（非常にデッドー適度）、遮音（隣の音が聞こえるー隣の音が聞こえない）、天井高（低いー高

い)、床面積（小さいー大きい）、窓の有無（無しー有り）、室外からの視線（廊下から室内が見えるー廊下から室内が見えない）、連続使用時間（1 時間ー5 時間）のように各々対になる水準を作成し、これらを直交表に割り付け、練習室 A～H の 8 枚のコンジョイントカードを作成した。作成したカードを図 2 に示す。この 8 枚のカードを合計 22 名の若手プロ演奏家あるいは音楽大学生に提示し、練習室として使用したい順に順位をつけさせた。順位付けの判断としては、各評価項目の重要度を知る目的から、どのくらいの高さが「天井が高い」にあたるかなどの具体的な条件は与えず、調査協力者の想像に任せた。なお、調査協力者はみな複数の音楽練習室での練習を経験している。調査協力者の属性を図 3 に示す。

図 3 調査に参加した演奏家の属性と人数

この調査によって得られたコンジョイントカードの順位から、各々のカードの評価得点を求めた。評価得点の算出に関して、評価得点の順序尺度は等間隔性が保障されていないため、各評価項目を正規化することで順序尺度を距離尺度に換算した。

2.3 結果と考察

各評価項目の重要度を調べるため、各評価項目の水準（「響き」の例では「非常にデッド」と「適度」）に 0（マイナスの評価）あるいは 1（プラスの評価）のダミー変数を割り当て、評価得点を目的変数、各評価項目の水準を説明変数として、全体および各グループ別（声楽、木管楽器、弦楽器）に重回帰分析を行なった。これにより得られたそれぞれの水準の偏回帰係数^{注 1)}を用いて部分効用値^{注 2)}を求め、それらから各評価項目の重要度を算出した。得られた全体の重要度および各グループ別の重要度を図 4 および図 5 a)～c)に示す。

図 4 コンジョイント分析結果（全体 22 名）

図 4 に示す全体の結果より、重要度は「響き」が最も高く、ついで「遮音」、「連続使用時間」の順となった。逆に、「廊下からの視線」や「窓の有無」の重要度は低かった。また、図 5 の結果から、グループごとの重要度に大きな差が見られ、各々の特徴を把握できた。声楽家は「響き」の重要度が非常に高く、ついで「天井高」が重要という結果であった。また、木管楽器奏者は声楽家同様「響き」の重要度が一番であったが、「使用時間」の重要度が他のグループより相対的に高かった。一方、弦楽器奏者は、「響き」の重要度が「遮音」や「使用時間」より低い値となり、「響き」の重要性が他の楽器グループより相対的に低いという結果が得られた。弦楽器奏者において「遮音」の重要度が高い理由としては、弦楽器は他の楽器より音量が小さく^{12),13)}、他の楽器の音が聞こえてしまうと練習に支障をきたすという点が考えられる。

a) 声楽家 8 名

b) 木管楽器奏者 6 名

c) 弦楽器奏者 8 名

図 5 コンジョイント分析結果（グループ別）

以上より、音楽練習室には「響き」、「遮音」という音響性能に関する項目の重要性が明確となったほか、「連続使用時間」という運用面、あるいは「天井高」など建築面も考慮すべき項目であることが示された。

なお、重回帰モデルの検証として、偏回帰係数から総合評価をどの程度説明できているかを調べるため、カードの各評価項目の水準と平均順位から各回答者におけるカードごとの順位を求め、評価得点との相関係数を調べることでコンジョイント分析の精度を確かめた。その結果、相関係数は 0.73 となり、分析結果の妥当性が確認された。

3. 残響時間に着目した評価実験

コンジョイント分析により抽出した 7 つの評価項目の中で、全体では「響き」の重要度が最も高いことが確認できた。そこで、「響き」に関する基礎検討として、インタビュー調査でも多く挙がっていた「響かない」という回答項目に関連した音響指標であり、信号処理により調整可能なパラメータである「残響時間」に着目した。そして、残響時間のみ異なる個人練習室を実測結果からシミュレートし、プロ演奏家または音楽大学生を対象に、個人練習を行う際の「練習のしやすさ」を判断させる評価実験を行った。なお、本実験では室形状が等しく残響時間のみ異なる音場を用いたため、「平均吸音率」に着目していることと同義である。また、実験においては、「残響時間」などのキーワードを教示することにより、実験協力者の理解の差が判断基準に大きな影響を与えてしまうと考え、作成音場の情報や違いについての教示は行わなかった。

3.1 実験音場の構築

音響特性の取得および再生には 6 チャンネル收音/再生システム^{14),15)}を用いた。再生システムの概要を図 6 に示す。音源と受信位置の関係は、楽器演奏者と受聴位置をモデル化した配置とした(図 7)。また、本システムにおいては、奏者の直接音以外はスピーカから再生される。この再生音(室の応答である反射音)と直接音のレベル比を、後述する測定を行った室に合わせるため、測定室と無響室内で測定したインパルス応答の、直接音レベルと反射音レベルの比が同じとなるよう、システムの再生レベルの調整を行った。

図 6 6 チャンネル再生システム概要

本実験では音楽練習室の音場として、同一の実測データを基とし、残響時間のみ異なる音響特性を持つ 6 種類の音場を作成した。その音場構築のため、6 チャンネル再生システムにて精度よく再現でき、かつ練習室として現実的な大きさである点、また、反射音が信号処理により目標とする残響時間を作成するのに適し、自然な減衰を持つ点から、床面積約 30 m²、天井高約 2.9 m、残響時間 2.4 秒(500 Hz を中心周波数とする 1 オクターブバンド)の室において方向別インパルス応答を測定した。この応答を基に、設定した残響時間となるよう指数減衰をかけ合わせる信号処理を行うことで、残響時間(平均吸音率)のみ異なり、室形状(反射音特性)が等しい実験音場を作成した。すべての音場は、125 Hz~4k Hz を中心周波数とする各オクターブバンドの残響時間がすべて等しくなるように処理し、残響時間が 0.20 秒~0.80 秒(Eyring の式から求めた平均吸音率 $\bar{\alpha}=0.44\sim0.13$)、残響時間がそれぞれ等比になるよう 6 音場作成した(0.20 秒、0.26 秒、0.35 秒、0.46 秒、0.61 秒、0.80 秒。Eyring の式から求めた平均吸音率 $\bar{\alpha}$ は、それぞれ 0.44、0.36、0.28、0.22、0.17、0.13)。また、6 チャンネル再生システム全体のディレイが 10 ms であるため、作成された各音場のインパルス応答は、直接音および直接音から 10 ms までのデータをカットして用いた。なお、音場作成にあたりこのような残響時間の室を用いた理由としては、本実験で用いた残響時間を短くする信号処理では、信号成分を減衰させると共にノイズ成分も減衰するが、仮に残響時間の短い室を基にすると、目標の残響時間が測定室より長い場合、信号成分を増幅する必要があり、この場合ノイズ成分も増幅してしまうためである。

測定した室の平面を図 8 に、測定結果と作成したインパルス応答を図 9 に示す。

図 7 音源と受信位置の関係

図 8 測定した室の平面

図9 測定した室と作成音場のインパルス応答（天井方向）

3.2 実験概要

3.2.1 実験協力者

実験協力者は音楽大学出身のプロ演奏家または音楽大学生合計21名とした。内訳は、管楽器7名（フルート5名、クラリネット2名）、弦楽器7名（ヴァイオリン5名、ヴィオラ2名）、声楽7名（ソプラノ5名、テノール1名、バリトン1名）である。

3.2.2 評価方法

6チャンネル再生システムを設置した無響室内において各音場を呈示し、それぞれの音場にて自由に演奏させることにより「練習のしやすさ」を判断させた。判断の際、何度でも各音場を切り替えることを許可した。ただし、各音場の違いについての教示は行わなかった。本実験では、「普段の練習」（以下条件1）および、「コンサートホールでの本番を意識した練習」（以下条件2）を想定した2条件を設定した。実験協力者には、最初に条件1を教示し、各音場での「練習のしやすさ」を判断させた後、条件2の教示を行い、条件1と同様に実験を行った。

音場の評価手法としては、実験協力者参加型の相対距離を用いた評価法¹⁶⁾を応用した。横幅120 cmのボード上に右側ほど練習しやすい印象の音場となるよう音場名A～Fが書かれたカード（横幅5.2 cm）を並べさせ、「練習のしやすさ」の差が大きければカード間隔を大きく、小さければ小さく置かせた。評価が同率の場合は重ねて置くことも可能とした。また、作業終了後に評価対象の印象をたずねた。

評価方法は、作業終了後にカード間の距離を測定し、練習のしやすさが最も高く評価された音場を100、最も低く評価された音場を0として得点に換算し、実験協力者ごとに評価対象の得点を算出した。実験の様子を写真1に示す。

写真1 実験の様子

3.3 実験結果と考察

「残響時間」と「練習場面（条件1, 2）の想定の有無」を要因とした二元配置分散分析を行ったところ、「残響時間」の主効果と、「残響時間」と「練習場面の想定の有無」の交互作用が有意に認められた。また、多重比較（Tukey-Kramer's test）により条件間の比較を行ったところ、残響時間が0.20秒の音場と0.35秒、0.46秒、0.61秒の3音場、0.26秒の音場と0.35秒、0.46秒、0.61秒の3音場、0.80秒の音場と0.35秒、0.46秒、0.61秒の3音場に、それぞれ有意差が示された。

次に、全演奏家の平均評価得点と標準偏差を図10に示す。この図から、条件1で残響時間0.46秒、条件2で0.61秒の音場が最も高評価で、それより残響時間が長くても短くても低い評価となり、条件2は、条件1より長い残響時間が好まれる傾向がみられた。またコメントでは、条件1の0.46秒で「響きのバランスがよい」（ヴァイオリン）、条件2の0.20秒で「響きがデッドすぎて、ホール想定にならない」（ヴィオラ）などの意見が得られた。

また、図10の標準偏差に着目すると、どの音場も評価の個人差が大きいことが分かる。理由のひとつとして、同じ属性の実験協力者で評価が分かれた例として、条件2における2名のフルート奏者の評価得点を図11に示す。2名とも一番練習しやすいと感じた残響時間は0.46秒で一致したものの、1名は0.46秒より残響時間が短い音場よりも長い音場を高く評価し、もう1名は短い方を高く評価している。この傾向はこれら2名のコメントからもうかがえ、残響時間0.35秒の音場では、1名は「ホール想定はできず、奏者の助けにならない」、もう1名は「あまり響かないが、心地よい響きが残っていた」と回答していた。

図10 残響時間と「練習のしやすさ」の評価得点（全体21名）

図 11 フルート奏者 2 名の結果比較 (条件 2)

続いて、グループ (声楽、木管楽器、弦楽器) ごとの平均評価得点と標準偏差をまとめた結果を図 12 a)~c) に示す。これらの図から、各グループに傾向の差がみられる。「残響時間」と「練習場面 (条件 1, 2) の想定の有無」を要因とした二元配置分散分析を行ったところ、「残響時間」の主効果と、「残響時間」と「練習場面の想定の有無」の交互作用が有意に認められた。また、多重比較 (Tukey-Kramer's test) により条件間の比較を行ったところ、木管楽器および弦楽器奏者より声楽家の方がより長い残響時間を好むことが分かった。図 12 から、声楽家が他のグループと比較し長い「残響時間」を好む傾向が確かめられる。一方、弦楽器は他のグループと比較し個人差が大きい。この理由としては、楽器の音源点が奏者の耳の位置に近いヴァイオリン、ヴィオラは、弓を弦から離れた後も楽器本体から音の放射がある程度の時間持続することから、残響の長さによる影響が相対的に少ないことが影響していると推測する。ヴァイオリン奏者によっては、条件 1、0.20 秒にて「響きが適度」というコメントを得た。

以上の結果を、前述のコンジョイント分析結果と合わせて考察する。声楽家は他のグループと比較し「響き」を非常に重要視する結果となっており、「響き」=「残響時間」と解釈すれば、本実験結果と一致する。また、弦楽器奏者は、コンジョイント分析において「響き」の重要度が「遮音」や「連続使用時間」と比較し低い値となっており、練習しやすい「残響時間」に個人差が大きい実験結果と関連があると考えられる。

その他のコメントからは、条件 1 の 0.61 秒では「吹いていて気持ちいいが、練習なら響きがありすぎる」(クラリネット) という意見があり、「練習しやすい」と「演奏しやすい」には異なる判断基準があることがうかがえた。これは、土倉らの因子分析による研究結果と一致している。

4. まとめ

本研究では、音楽練習室に求められる環境性能を調査するため、コンジョイント分析を用いたインタビューを演奏家に実施した。その結果、ホールに代表される演奏空間と同様、練習室においても「響き」が非常に重要であり、「遮音」も大切な環境項目であることが示唆された。また、音響性能以外にも、「天井高」や「床面積」という室の広さに関係する項目や、練習室の「連続使用時間」など運用面に関する項目も抽出された。

また、上記の分析結果から重要度の最も高かった「響き」に関す

る基礎検討として、「残響時間」に着目した演奏評価実験を行った。その結果、練習室に望まれる適切な残響時間の個人差は大きい、好まれる残響時間の傾向を把握することができた。また、声楽家は、弦楽器や木管楽器奏者より長い残響時間を好む傾向が得られた。その他、「練習しやすい」と「演奏しやすい」には異なる判断基準があることがうかがえた。

今後、練習室の「響き」に関して引き続き検討を行うとともに、「遮音」についても検討を行い、使用者が「練習しやすい」環境性能を明らかにし、設計に有効な知見を得るための研究を行う。

a) 声楽家 7 名

b) 木管楽器奏者 7 名

c) 弦楽器奏者 7 名

図 12 残響時間と「練習しやすい」の評価得点

謝辞

インタビュー調査、コンジョイント分析調査および演奏評価実験に協力して下さったプロ演奏家、音楽大学生の方々に謝意を表します。

参考文献

- 1) 土倉律子, 亀川徹, 丸井淳史: 音楽練習室における残響特性と「練習しやすさ」の関係, 日本音響学会建築音響研究会資料 AA2012-8, 2012
- 2) 岸永伸二, 川上福司: 音楽練習室の音響設計, 騒音制御 Vol.8 No.6, pp.20-23, 1984
- 3) Konca Saher, Feridun Ozis, Jens Holger Rindel: Assessment of musical instrument performances for practice rooms by musicians, 19th International Congress on Acoustics, 2007
- 4) 新藤智, 三田村茂和, 後藤剛史: ステージ・音楽練習室の音響特性に関する研究 その1 -演奏しやすさに関するアンケート調査-, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp.327-328, 2010
- 5) 三田村茂和, 新藤智, 後藤剛史: ステージ・音楽練習室の音響特性に関する研究 その2 -演奏者の心理量、空間の物理量および練習室評価式の検討-, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp.329-330, 2010
- 6) 木方菜央, 鹿野洋, 横山栄, 坂本慎一, 上野佳奈子, 田中亜美, 司馬義英: 音楽練習室におけるフラッターエコーに関する評価実験, 日本音響学会講演論文集, 2011.3
- 7) 中島章博, 横山栄, 辻村壮平, 坂本慎一, 田中亜美, 司馬義英: 音楽練習室に求められる環境性能の調査, 日本音響学会講演論文集, 2012.3
- 8) 中島章博, 辻村壮平, 横山栄, 田中亜美, 司馬義英, 坂本慎一: 音楽練習室に求められる環境性能 -演奏家の意識-, 建築音響研究会資料 AA2011-38, 2011
- 9) 中島章博, 横山栄, 田中亜美, 司馬義英, 坂本慎一: 演奏者による個人練習室の残響時間に着目した評価実験, 日本音響学会講演論文集, pp.1099-1100, 2011.9

- 10) Akihiro Nakajima, Sakae Yokoyama, Souhei Tsujimura, Shinichi Sakamoto, Ami Tanaka and Yoshihide Shiba: Subjective experiment on preferable reverberation of a musical practice room by professional players: Acoustics 2012 Hong Kong, 2012
- 11) 神田範明, 石川朋雄, 小久保雄介, 池畑政志: 商品企画のための統計分析-Rによるヒット商品開発手法, オーム社, 2009
- 12) 白石飛鳥, 矢野博夫, 橘秀樹, 浜田幸雄, 大川平一郎: 楽器音の音響パワーレベルの測定例, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1 環境工学 I, pp.259-260, 1995
- 13) 中村俊一: 音楽と音量, 騒音制御 Vol.5 No.5, pp.29-34, 1981
- 14) Sakae Yokoyama, Kanako Ueno, Shinichi Sakamoto, Hideki Tachibana: 6-channel recording/reproduction system for 3-dimensional auralization of sound fields, Acoustical Science and Technology, Vol.23 No.2, pp.97-103, 2002
- 15) Kanako Ueno and Hideki Tachibana: Experimental study on the evaluation of stage acoustics by musicians using a 6-channel sound simulation system, Acoustical Science and Technology, Vol.24 No.3, pp.130-138, 2003
- 16) 辻村壮平, 秋田剛, 古賀誉章, 佐野奈緒子, 石黒恭平: サンプル配置における相対距離を用いた嗜好型評価法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 I, pp.181-182, 2011

注

- 注 1) 偏回帰係数: 重回帰モデルにおける目的変数に対する各説明変数の影響度を表す値である。重回帰モデルに取り入れられている他の説明変数が一定であるという条件下における予測の効果と解釈できる。
- 注 2) 部分効用値: 偏回帰係数を各水準（本分析ではすべての評価項目が 2 水準）で割り、各評価項目のそれぞれの水準が目的変数（評価得点）にどの程度影響を及ぼしているかを表す値。

(2012年7月10日原稿受理, 2013年2月22日採用決定)