

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：33913

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11897

研究課題名（和文）ピアノの録音におけるマイク配置の研究：音楽的にふさわしい音色を求めて

研究課題名（英文）A study of microphone placement in the Grand Piano recording：Seeking the appropriate musically sound

研究代表者

長江 和哉（Nagae, Kazuya）

名古屋芸術大学・芸術学部・教授

研究者番号：50440665

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は、「マイク配置の違いで収録される音色がどのように変化するか」を明らかにするために日独の大学で行った研究である。ピアノ録音のマイク配置を検討できるように「比較音源」を制作し、その音源を用い聴取実験を行った。比較音源は、6種類のピアノを24のマイク位置で比較できるように収録し公開した。聴取実験は、ピアノ1種 マイク位置:10 演奏曲:2 に絞り77名に対して実施した。実験結果から、演奏曲や演奏者が異なっても、マイク位置が、鍵盤側とブリッジ側、またその高さの違いで、収録される音の印象の違いを判断できることが明らかとなったが、その音色の印象を表す評価語が実験環境によって異なる傾向が見られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、ピアノのマイク配置の違いによって収録される音色がどのように異なるかを比較できる音源は存在しなかったが、今回、6台のピアノ・24のマイク位置の音を比較試聴できる音源を制作しWebで公開できた。これらは目に見えない音を人間の聴力でその違いを聴き分けられる資料となったわけでその学術的意義は高いと言える。また、聴取実験からは、評価が異なったものの、マイク位置の違いで収録される音の印象の違いを人間が判断できることが科学的に解明できたわけで「マイクを用いメディアを通じて音楽を伝えること」が当たり前となった現代において、社会的に影響を与える研究となったと確信している。

研究成果の概要（英文）：This study is a joint research project between Japanese and German art universities to create a "comparative sound source" to study the microphone placement for piano recordings, and to conduct listening experiments with this sound source to see "how the recorded timbre changes with different microphone placements". Comparative sound sources were recorded and released so that six types of piano could be compared at 24 microphone positions. Listening experiments were conducted with 77 participants, focusing on one type of piano, 10 microphone positions and two pieces of music. The experimental results showed that, even if the piece played and the performer differ, it is possible to judge the difference in the recorded sound impression by the difference in microphone position between the keyboard side and the bridge side, as well as the height of the microphone. But the evaluation word expressing the timbre impression tended to differ depending on the experimental environment.

研究分野：音楽録音技術

キーワード：録音 録音技術 ピアノ 音色 録音教育 音楽録音 マイク配置 音響放射特性

1. 研究開始当初の背景

近年、技術の発達により音楽を単に音として記録することは簡単にできるようになった。しかし、どの位置にマイクを配置すると音楽的に魅力ある音色となるかを特定することは音楽制作や録音を学ぶ学生にとって難しいことである。

これまで、クラシック音楽の録音は、録音する音楽にとってふさわしい響きを得られるホールなどの空間で行われてきた。しかし、マイクを「どこに配置するか」については、画一的な決まりはなく、録音する楽器や演奏者、音楽の楽想・テンポなどによって異なることが多くの録音プロデューサー・エンジニアの経験から明らかになっている。この要因には、そもそも音楽というものは、演奏者、楽器、楽曲など無数の組み合わせで、まさに一期一会のように成り立っているものであり、それを収録するとすると、その方法は毎回同じではうまくいかないことが容易に理解できる。私は、その中から「楽器の位置からどのような音が発せられるか」ということに着目し、2015年に試験的に行ったピアノの比較収録や2018年に筆者らが行ったオーケストラ楽器の研究^[1]では、マイクの位置の違いで収録される音色が大きく異なることを知覚することできた。それ以降、私はピアノを音楽的に魅力ある音色で録音するためには、この「楽器の放射特性」を知ることが大切であると考えられるようになった。

2. 研究の目的

本研究は、①録音を勉強する学生のために「ピアノマイク配置の比較音源」を制作すること。②音楽的に魅力ある音色で収録できるマイク配置を「主観評価実験」により解明することを目的とする。

①について、これまで楽器の放射特性に関するデータは、周波数(Hz)や音量(dB)による物理的な放射特性グラフのみが存在し^[2]、比較試聴できる音源は存在しなかった。また、この音源は、音楽大学での録音教育に有用な資料となるだけでなく、実際に音楽を録音していく際のマイク配置のアイデアにもなる。

②について、収録した音源を用い聴取実験を行い、各マイク位置の違いが認識できるか、また、それらがどのような音の印象に評価されるかを明らかにし、最終的にはどのマイク配置が「その音楽にとって音楽的に魅力ある音色となるか」を解明することを目的とした。つまり、これらは、「マイクを用いメディアを通じて音楽を伝えること」が当たり前となった現代において、社会的や文化的に影響を与える研究であると確信し実行した。

3. 研究の方法

(1) 比較収録の検討

2020 から 2022 年度、研究協力者 トースタン・ヴァイゲルト氏(ベルリン芸術大学 トーンマスター)、亀川徹氏(東京芸術大学 音響学・録音技術)、丸井淳史氏(東京芸術大学 音響心理学)とともに、マイク配置の違いにより、収録される音の音色の違いとともに、物理的なデータも得られるような比較収録の方法と主観評価実験の手順の検討を行った。

(2) 比較収録の実施

2022 年 4 月、以下のようにベルリン芸術大学のホールで比較収録を行った。

- ① 無響室ではなくコンサートホールで収録
- ② 全指向性マイクを用い AB Stereo で収録
- ③ 複数のピアノ、演奏者、楽曲を収録

①について、収録はクラシック音楽が実際に演奏・録音されるコンサートホールで行うこととした。②について、現在のクラシック音楽の録音の手法として用いられている AB Stereo で、24 ポイントのマイク位置を比較試聴できるように収録した。マイクは Schoeps MK2H を用い、各マイクの間隔が 55cm となるようにし、ピアノに対して放射状でほぼ等距離となるように配置した。③について、ピアノの種類や演奏者、楽曲の違いで収録される音がどのように変化するかを比較できるようにするために、6 種類のピアノ(Steinway & Sons D274(以下、D274)、Bösendorfer 290、Yamaha CFX、Steingraeber & Söhne Model E、Bösendorfer 280VC、C. Bechstein D 282)、演奏者は 2 名(太田糸音、Mo Zhou)、楽曲は、時代背景や楽想の異なる 8 種類、計 43 曲を収録した。

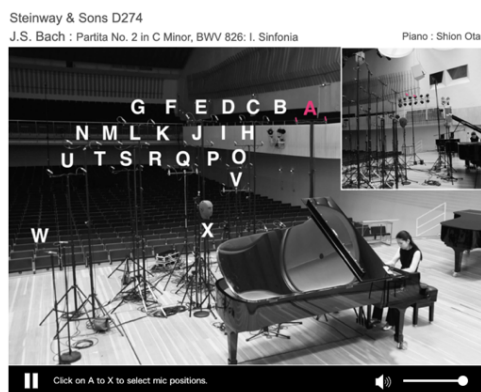


Fig.1 24 ポイントの AB ステレオマイク

(3) 比較音源の作成

収録後、通常に発売されるクラシックピアノの音源と同様に演奏が音楽的に最もふさわしくなるように編集を行った。また、各位置の音源は、音像が左右のスピーカーの中央に定位するようにレベルと時間差の微調整を行った。再生 Web ページの音源フォーマットは回線速度を考慮して 44.1kHz 320kbps mp3 とした。音源は 2022 年 8 月、本学 Web で公開した (Fig. 1)。
<http://soundmedia.jp/nuaudktua/>

(4) 主観評価実験の計画と手順

どのマイク位置の音が「その音楽にとって音楽的に魅力ある音色か」を解明することを目的に主観評価実験を計画した。検討した結果、まず、①評価語抽出アンケートを行い、評価語とマイク位置を決めその後、②本格的な主観評価実験を行うこととした。

①について評価語を決めるため Web での音源再生とフォームを用いた方法でアンケートを行った。具体的には、Web ブラウザ上で、22 箇所のマイク配置を聴き比べられるようにし、被験者が気付いた音源の印象をアンケートフォームに記すことができるようにした。その結果、聴取実験でどのような音の性質について明らかにしたいかを考慮し、9 つの評価語 (音像が広い-狭い、明瞭な-明瞭でない、固い-柔らかい、豊か-貧弱な、響きが多い-少ない、重い-軽い、明るい-暗い、距離が近い-遠い、この音楽にふさわしい-ふさわしくない) によって評価することとした。

音源は、ピアノ：D274 バッハ パルティータ第 2 番 (以下、バッハ) 演奏：Mo Zhou とし、22 のマイク位置の中から評価語抽出アンケートの際に音色の違いの指摘があると回答された中からピアノに向かって左右となる鍵盤側とブリッジ側と、上下方向の違いを比較できるように 10 の位置を選択した (Fig. 2)。

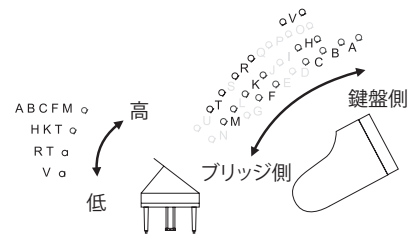


Fig.2 実験に用いた 10 のマイク位置

(5) 主観評価実験の手法と実施

これらの評価語と音源を用いて、マイク位置ごとの音源の類似度を評価する「一対比較法」と複数の形容詞対の評価語を用いて音源の評価を行う「評定尺度法」を組み合わせ実験を行った。「一対比較法」では、A から J の 10 の音源を A と B、A と C などと 45 通りの組み合わせをランダムに行いその回答を記録した、「評定尺度法」では、10 の音源をランダムに再生し 9 つの評価語の回答を記録した。聴取実験は 2 回に分けて行った。1 回目は、バッハの音源で 2023 年 3 月にベルリン芸術大学 (以下、ベルリン) とデトモルト音楽大学、4 月に名古屋芸術大学と東京芸術大学 (以下、東京) にて計 48 名に対して行った。2 回目は、同一のピアノで異なる楽曲でも同じ傾向が出るかを調べるために、ピアノ：D274 メンデルスゾーン 幻想曲 嬰へ短調 Op. 28 演奏：太田糸音の音源で 2024 年 2 月に名古屋と東京にて計 29 名に対して行った。

4. 研究成果

(1) 主観評価実験の結果：ここでは公開した研究成果^[3]から抜粋して紹介する。

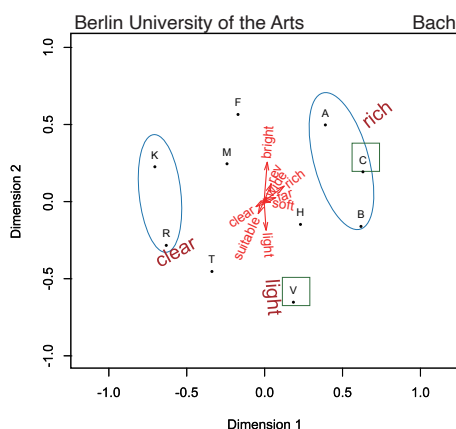


Fig.3 ベルリン芸術大学 バッハ

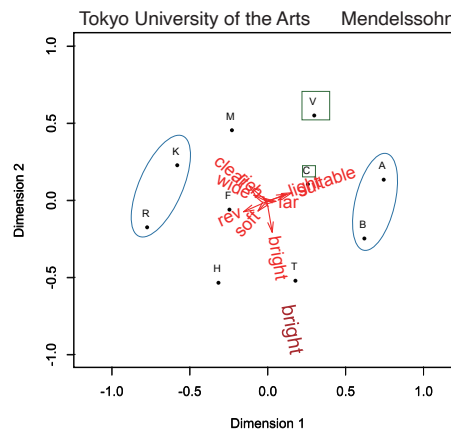


Fig.4 東京芸術大学 メンデルスゾーン

Fig.3.4 は、1 回目のベルリン、2 回東京での実験結果より、重みつき距離に基づく多次元尺度構成法である個人差尺度構成法 (INDSCAL)^[4]を用いた分析を行い、その結果を各点として布置した図に評定尺度法との相関を求め、その評価語を重ねて表示したグラフである。音色の印象の類似度が高いほど近い位置に分布するように表されており、矢印の直線が長く伸びている評価語は矢印の方向にその傾向が表れていると言える。

1 回目、2 回目は同一ピアノ、マイク位置で、異なる楽曲、異なる演奏者であったが、いずれの会場でも鍵盤側である A と B、ブリッジ側である K と R は近い位置に布置されたが、A・B 群と K・R 群は、離れた位置に存在しており、被験者は異なる音色の印象を受けたことが表された。ま

た、鍵盤側であるが、高さが異なるCとVは離れた位置に布置されており被験者は異なる音色の印象を受けたと考えられる。しかし、それらと連関する評価語について、例えば、A・Bは、ベルリンでは「豊かな (rich)」、東京では「明るい (bright)」と各サイトで大きく異なった。これらの理由については、再生環境、被験者、形容詞の捉え方など複数の要因があると考えられたが、今回の実験では特定することはできなかった。

(2) 物理的データからの考察

今回の収録では、物理的な見地でもマイク配置を検証できるように、収録の際に、ピアノの弦が固定されているブリッジピンに発振機を取り付けてスイープサイン波を発生させ、各マイク位置でのインパルス応答を測定した。

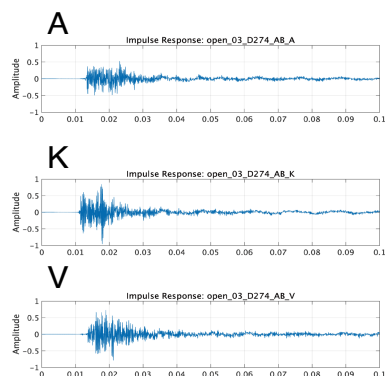


Fig.5 各マイクの振幅特性

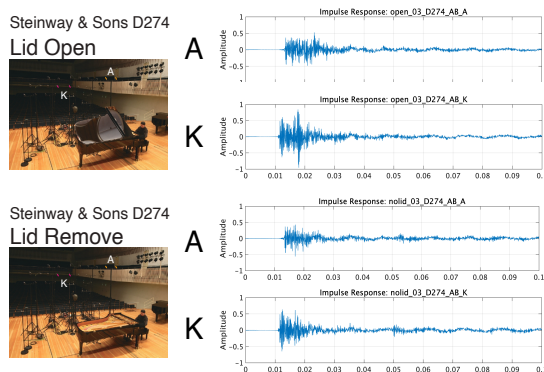


Fig.6 屋根の有無による各マイクの振幅特性

Fig. 5 は、インパルス応答から得た D274 の時間における振幅特性である。A は発音時の振幅が大きいことがわかる。一方でK・Vは、発音時よりも時間が進んだ際に振幅が大きいことがわかる。さらに、A よりも K・V の振幅が全体的に大きく、A よりも音圧が大きいことがわかる。

Fig. 6 は、屋根(Lid)が音響的にどのように影響しているかを調べるために計測した D274 の屋根の有無の違いにおける振幅特性である。A と K を比較すると、屋根を全開にした (Lid Open) 振幅幅を見ると、A よりも K の方が大きいことがわかる、しかし、屋根を取り除いた (Lid Remove) 振幅は A と K 両方とも振幅幅が小さくなるが、K の方がより小さくなることがわかる。

これらを鑑みると、鍵盤側の高い位置より、ブリッジ側のやや低い位置の方が屋根の影響をより受けていることがわかり、A の方が屋根の影響が少ない、これらの理由から被験者は A・B 群と K・R 群を異なる音色の印象と捉えたのではと考えられる。ただ、今回、これらの屋根を取り除いた (Lid Remove) 音源で聴取実験をしていないので物理量の比較からの推測に過ぎないが、ピアノがマイクで収録される際、Fig. 7 のようにピアノの屋根は、ひの音色に大きな影響を与えていると察することができ、今後、解明していきたい。

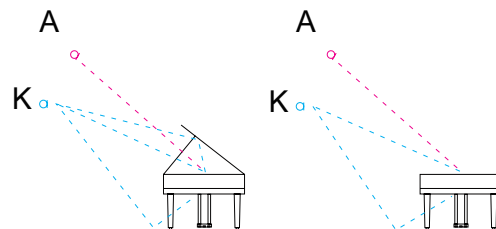


Fig.7 屋根(Lid)の有無による音の伝搬の推測

参考文献

[1] 長江和哉, トースタン・ヴァイゲルト Thorsten WEIGELT “オーケストラ楽器録音におけるマイクアレンジ比較音源 — 制作と評価アンケートの報告 —,” 名古屋芸術大学研究紀要第 41 巻 185-206, 2020.

[2] ユルゲン・メイヤー(著), 日高孝之(訳) “Akustik und musikalische Aufführungs praxis (Acoustics and the Performance of Music) ”, ホールの響きと音楽演奏,” 市ヶ谷出版 2015

[3] 長江和哉, トースタン・ヴァイゲルト Thorsten WEIGELT, 亀川徹, 丸井淳史 “ピアノの録音におけるマイク配置の研究: マイク位置と音色の関係-1,” 2024 年 5 月 11 日 音楽音響研究会

[4] 志野文音, 丸井淳史, 亀川徹 “クラシックギターにおける弾弦位置と異弦同音の違いが音色印象に与える影響,” 日本音響学会誌 75

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1 . 発表者名 長江和哉, 亀川徹, 丸井淳史, Thorsten Weigelt
2 . 発表標題 ピアノの録音におけるマイク配置の研究: マイク位置と音色の関係-1
3 . 学会等名 日本音響学会 音楽音響研究会
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 長江和哉, 亀川徹, Thorsten Weigelt
2 . 発表標題 Research on microphone arrangement in the grand piano recording: In search of a musical suitable timbre
3 . 学会等名 Verband Deutscher Tonmeister e.V. 32.Tonmeistertagung
4 . 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Webpage Research on microphone arrangement in the grand piano recording http://soundmedia.jp/nuaudktua/ Piano recording Project : press release http://soundmedia.jp/nuaudktua/pressrelease.html A study of microphone placement in Grand Piano Recording Universität der Künste Berlin, Aktuelles https://www.udk-berlin.de/studium/tonmeister/aktivitaeten/betreute-projekte/fluegel-forschung/

6 . 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ヴァイゲルト トースタン (Weigelt Thorsten)	ベルリン芸術大学・Tonmeister*in・Professor	

6．研究組織（つづき）

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究協力者	亀川 徹 (Kamekawa Toru)	東京藝術大学・音楽環境創造科・教授	
研究協力者	丸井 淳史 (Marui Atsushi)	東京藝術大学・音楽環境創造科・教授	

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	ベルリン芸術大学	Berlin University of the Arts	Tonmeister*in	