

箏曲の合奏に適した立奏台(反射板)の検討  
無響室における音響物理測定と演奏聴取実験における主観印象評価

東京藝術大学大学院 音楽研究科 音楽専攻

音楽音響創造研究分野

学籍番号 2316907

齋藤 峻

## 概要

本研究では、箏の立奏台に取り付けられる反射板の影響を調べ、音響物理学や音響心理学の観点から合奏に適した立奏台とはどのようなものかを検討し提案することを目的とした。

はじめに、箏の音穴からの発音に対して反射板の横長、上下幅、そして角度が演奏音に影響を及ぼすと考え、予備実験から反射板の大きさが影響する周波数特性を考慮に入れ、基本となる反射板は横長 170 cm、上下幅は箏の龍角側（奏者右手側）の底面から床面までを覆う 53 cm とした。角度は実際の立奏台で最も採用されている角度から 60° を選択した。

この基本型の反射板を元に、反射板上部の隙間や中央に開口部を設けた計 17 パターンの異なる反射板を取り付けた立奏台を無響室で測定した。

その結果、反射板上部の隙間が 15 cm のときに音穴からの放射がもっとも後方へなされた。また、後方の演奏音を観客席側へ通過させるための反射板中央の開口部は、 $\pm 30$  cm まで広げた際、 $\pm 10$  cm から  $\pm 20$  cm に広げた場合と比べて、前後の位置で特定の周波数での音圧レベルに上昇、または低下する現象がみられた。特に後方では 1000 Hz 以上の音圧レベルの低下が顕著なため、大きな変動がなかった  $\pm 20$  cm の反射板 M (20-15) を採用した。また、反射板上部の隙間と中央の開口部のどちらがより箏近傍の音圧分布に影響を及ぼすのかを調査した結果、反射板上部の隙間がより影響を及ぼすことがわかったため、上部に 15 cm の隙間がない反射板 J (20-0) を採用し演奏視聴実験を行なった。

音響物理測定から選択された 2 つの反射板 J (20-0) と M (20-15) と、本学で実際に使用されているアコンサス型（大型の反射板）と H 型（横板が垂直）の 4 種類の立奏台を用いて演奏視聴実験を行なった。実験では、前方グループ（視聴 I / 演奏 I / II）と後方グループ（演奏 III / IV / V）に分かれて評価され、箏の第 1 奏者（演奏 I）の位置での『さくら変奏曲』の変奏に、他の奏者（演奏 II から V）が主旋律を合わせ演奏してもらい、その時の音色の変化や演奏のしやすさなどについての回答を求めた。

分析は視聴者と奏者の回答に分けて行われ、視聴者の評価では、“迫力”に関する評価語や、因子得点を用いた分散分析から“迫力因子”で反射板 J (20-0) と M (20-15) は H 型立奏台との間に有意差があり、提案した立奏台を用いることによって演奏音に“迫力”が増すことが示唆された。また奏者の評価では、演奏位置（要因 B）の主効果で、周りの奏者や第 1 奏者の演奏音に関する評価語で有意差があった。下位検定で演奏 IV は演奏 III / V よりも周りの演奏音が大きく、聴こえやすい演奏位置であり、また演奏 III がもっとも第 1 奏者の演奏音が聴き取りやすい演奏位置だということがわかった。

これらの結果から、視聴者位置では提案した立奏台は“迫力因子”および“美的因子”で、奏者位置では立奏台の変化よりも奏者の位置関係が変わることが演奏のしやすさに影響を及ぼすことがわかったが、実験の自由記述から得られた「一体感がある」などの意見から総合的に考慮し、本研究では反射板上部の隙間が 15 cm かつ中央の開口部が  $\pm 20$  cm の反射板 M を箏曲の合奏に適した立奏台として提案する。

This study aims to investigate the effects of reflectors, attached to the stand (known as a *Rissou-dai*) of the *Japanese Koto*, and to examine and propose which *Rissou-dai* is suitable for ensembles from the viewpoint of acoustic physics and psychoacoustics.

First of all, it is thought that the horizontal length, vertical width, and the angle of the reflector affect the performance sound with respect its pronunciation from the soundhole, of the *Koto*. Preliminary experiments confirmed that frequency characteristics are indeed affected by the size of the reflector. We used a basic reflector measuring 170 cm wide, and a vertical width of 53 cm covering the bottom of the *Koto* from the floor. An angle of 60 ° was selected from the angle most adopted in the *ressou-dai*.

A *Rissou-dai* attached with 17 basic reflectors, with a gap at the top and an opening in the center basic was measured in an anechoic room respectively. As a result, when the gap at the top of the reflector was 15 cm, radiation from the sound hole was most backward. In addition, we noted a phenomenon whereby the sound pressure level increased or decreased at specific frequencies when the expanding the opening in the center of the reflector, for passing the sound from the back of the *Koto* to the spectator side, to  $\pm 30$  cm as compared to a  $\pm 10$  cm to  $\pm 20$  cm expansion. In particular, a 20 cm reflector M (20 – 15), which had no significant fluctuations, was adopted because the sound pressure level decreased more than 1000 Hz at the rear measurement position. When investigating which of the gap at the top of the reflector or the central opening affects the sound pressure distribution near the *Koto*, it was found that gap above the reflector, was found to have more influence. A performance viewing experiment was therefore conducted using a reflector J (20 – 0) with no gap of 15 cm at the top.

Experiments were performed using four-*Rissou-dai*; two reflectors J (20 – 0) and M (20 – 15) selected from acoustic physics, *Acanthus* type, and H type.

In the experiment, the evaluation was divided into an anterior group ( Listener / Player I / II ) and a posterior group ( Player II to V ) . While the 1st *Koto* performer was playing the variation of “Sakura Variations” at the position of the first player (Player I) of *Koto*, Other players followed the performance with the main melody as an ensemble. The subjects were asked to respond to changes in performance timbre and ease of performance.

The analysis was divided into viewer and player responses. In the viewer's evaluation, there was a significant difference in Reflector J (20 – 0) and M (20 – 15) are between H type, as the evaluation word of “powerful” from one-way ANOVA and “powerful factor” from ANOVA with factor scores as dependent variables. It was suggested that the use of the proposed *Rissou-dai* increases the “powerful ” of the performance sound. In addition, in the player's evaluation, there was a significant difference in the evaluation words related to “around players” and “first player's performance sound” due to the main effect of performance position (factor B). Player IV is a performance position that is louder and easier to hear than Player III / V. It was also found that Player III is the position where the first player's performance sound is most easily heard.

## 目次

第1章 序論	1
1.1 研究目的と意義	
1.2 研究背景	2
1.3 本論文の構成	4
第2章 関連研究	5
2.1 立奏台の歴史	
2.2 合奏について	9
2.3 楽器配置について	10
2.3.1 楽器配置の研究 高畠(1995)	
2.3.2 楽器配置の研究 吉川(2018)	11
2.4 ホール音響と楽器における反射	13
2.5 箏の立奏台に関する研究 白砂、中村(1975)	14
2.6 立奏台の種類	15
第3章 研究手法	19
3.1 演奏聴取実験から得られる結果の予想	20
3.2 発音方法の検討	21
3.2.1 奏者の演奏による両音穴の測定	
3.2.2 振動スピーカ	22
3.3 反射板の形状の検討	25
3.3.1 立奏台の反射板上部の隙間の影響	
3.3.2 立奏台の反射板の中央部の影響	28
3.3.3 反射板の形状が後方の奏者の演奏音に及ぼす影響	29
第4章 無響室における異なる反射板の音響物理測定	31
4.1 無響室における音響物理測定	
4.1.1 測定範囲	
4.1.2 使用機材	
4.1.3 マイクフォン・アレイについて	33
4.1.4 測定する反射板の形状	34
4.1.5 測定方法	35
4.2 測定結果	36
4.2.1 反射板の有無による音圧レベルの変動	37
4.2.1.1 箏の前方での音圧レベルの変動	
4.2.1.2 箏の後方での音圧レベルの変動	38
4.3 範囲を区切った測定結果の観察	40
4.3.1 反射板上部の隙間の変更	42
4.3.2 反射板中央の開口部の変更	45
4.3.3 中央幅と上下幅の組み合わせ	47
4.4 考察と演奏聴取実験で使用する反射板の選択	50
4.4.1 比較のための反射板の選択	
4.5 まとめ	51

第5章 演奏聴取実験	52
5.1 評定尺度法を用いた2つの主観印象評価	
5.1.1 手順	
5.1.2 演奏聴取実験の評価語の検討	54
5.1.3 実験参加者	57
5.1.4 演奏曲目	
5.1.5 立奏台の種類	
第6章 分析	59
6.1 視聴位置における異なる立奏台の評価	
6.2 視聴位置における因子得点を用いた分散分析	61
6.2.1 因子数の決定	
6.2.2 因子得点を用いた分散分析	63
6.3 考察	64
6.4 奏者位置における立奏台と演奏位置の評価	66
6.4.1 前方の奏者の評価	
6.4.2 後方の奏者の評価	
6.5 考察	69
6.5.1 演奏位置IとIIの評価	
6.5.2 演奏位置III/IV/Vの評価	71
6.6 まとめ	73
第7章 総括	74
7.1 まとめ	
7.1.1 音響物理測定のとまとめ	76
7.1.2 演奏聴取実験のとまとめ	
7.2 結論と今後の課題	78
謝辞	80
参考文献	81
付録1: 教示文	
付録2: 自由記述	
別冊資料	
付録3: DVD	
第3章 研究手法	
3.2 発音方法の検討	
第4章 音響物理測定	
4.1 無響室測定結果参考	
4.2 平均値と標準偏差図	
音圧分布図(1/3オクターブ・バンド)	
音圧分布図(箏の基音と倍音)	
第4章 別冊資料	
第5章 演奏聴取実験	
教示(アンケート)	
第6章 分析	
演奏I,II(2要因混合計画分散分析)	
演奏III,IV,V(二元配置分散分析)	
視聴I(一元配置分散分析)	
視聴I(因子得点を用いた分散分析)	
自由記述	

# 第 1 章 序論

## 1.1 研究目的と意義

本研究では、箏の立奏台に取り付けられる反射板<sup>1</sup>の影響を調べ、音響物理学や音響心理学の観点から合奏に適した立奏台とはどのようなものかを検討し、提案することを目的にしている。立奏台は、箏曲の演奏で使用される箏の下におかれる台で、箏を支える脚と横板で構成がされているものなどをいう。ホールなどで演奏がおこなわれるにあたり、横板に傾斜をもたせた反射板を設置したものも多く利用されている（写真 1.1）。この反射板は、箏の底面にある音穴（写真 1.2）から放射された音を前方へ反射させる効果がある。

白砂・中村ら（1975）の研究において、座奏と立奏の聴覚的な相違、反射板を取り付けることによる効果が明らかになったが、「その台には特に定形がなく、種々の形態のものが用いられている」という状況に現在でもあまり変化はなく、白砂らが考案したアカンサス型<sup>2</sup>立奏台（写真 1.1 左）は、主に東京藝術大学でしか使用されていない。また、前述の研究では立奏台に反射板を取り付けることについてのみ検討しており、その形状などについては述べられていない。立奏台の反射板の影響を調べるにあたり、音響心理学と音響物理特性の観点から合奏に適した立奏台とはいったいどのようなものなのか、後方の奏者の音の聴こえ方や前方の奏者の反射板が後方からの演奏音に与える影響などを考えながら反射板の形状などを提案したい。本研究を通して、奏者の立奏台に対する見識をさらに深めることで、次世代の邦楽演奏家を育成するという観点からも大きな意義を有する。奏者の思い描く箏の音を演奏会場の観客席や録音源に反映し、「人と楽器の環境を整える」一助となることを期待するとともに、西洋楽器などに比べあまり研究のなされていない邦楽器の音響に関する研究が進み、邦楽全体、ひいては日本文化の発展に寄与することを期待する。



写真 1.1: 写真左はアカンサス型、右は H 型 -1 の立奏台。アカンサス型は反射板に傾斜をもたせてあるが、H 型 -1 は床面に対して垂直に取り付けられている。

<sup>1</sup> 奏者や楽器製作者から「横板・反響板」と呼ばれることがあるが、音響学的に研究を行った白砂・中村（1975）を踏まえ、「反射板」という言葉で統一する。

<sup>2</sup> 採用当時は「アカンサス」と呼ばれておらず、後年になって呼称されるようになった。由来はその反射板の形状が東京藝術大学の校章をモデルとしているため。運びやすさのための取手や鉛筆置きなど、奏者の使用を考慮している。

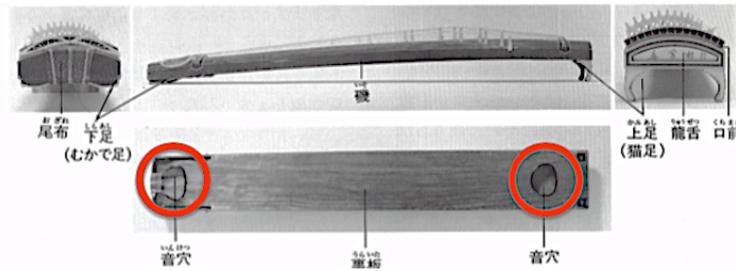


写真 1.2：箏の部分の名称。奏者側からみた図。音穴は箏底面の龍角側（奏者側）と雲角側（奏者左手）に 2 つあり、図中赤丸で囲んでいる箇所を指す。写真は安藤政輝著「生田流の箏曲」東京：講談社（1986）講談社より引用し、筆者により赤丸が加えられた。

## 1.2 研究背景

録音技術の習得には多くの経験が必要である。それはいわば伝統的な徒弟制度のように先人の技術を模倣し、試行錯誤の末、得られるものである。しかしながら現在では、音楽専門学校や大学などでも専門的に学ぶことができるようになった。また、インターネットの普及により、多くの録音技術が簡単に学べるようになっている（[From the Basement / http://www.fromthebasement.co.uk](http://www.fromthebasement.co.uk), [Lynda.com / https://www.lynda.com](http://www.lynda.com) など）。

しかしながら、楽器の発音特性やマイクロフォンに精通していたとしても、録音する方法は、その演奏環境や楽器、奏者が異なれば、「好ましい」音色というのは変わる。そのため、例えばヴァイオリンの録音する際のマイクロフォンの位置はここだ、とただ 1 点を提示することは非常に難しい。だが、ある楽器の構造や特有の放射特性や周波数の特性が、その楽器らしさを決定するのであり、同じ構造を持った楽器、つまりヴァイオリンであれば、ヴァイオリンに求められる音色は、奏者や楽器の個体差にかかわらず基本的には同じではないかと筆者は考えている。「その楽器らしい音」があるというのはそういうことではないか。そのため、理想的な録音の位置もある程度は絞ることができ、いわゆる「スタートポジション」を決めることはできると考えている。

前述のような考えのもと、本研究で対象にしているのは日本の伝統楽器である邦楽器、箏である。筆者はこれまで箏の録音方法の調査を目的に、I. 「箏における周波数指向特性の調査・分析」（2014）、II. 「箏の主観印象評価実験と音響特性に基づく録音位置の研究」（2016）をおこなった。I. では、箏の周りにドーム状の録音範囲を設定し、箏の発音特性にどのような傾向があるのかを調査した。II. では、箏の録音位置を検討することを目的に、I. から実際の録音で使用されそうな録音位置を選択し、それぞれの箏の音色の印象評価してもらった（図 1.1）。

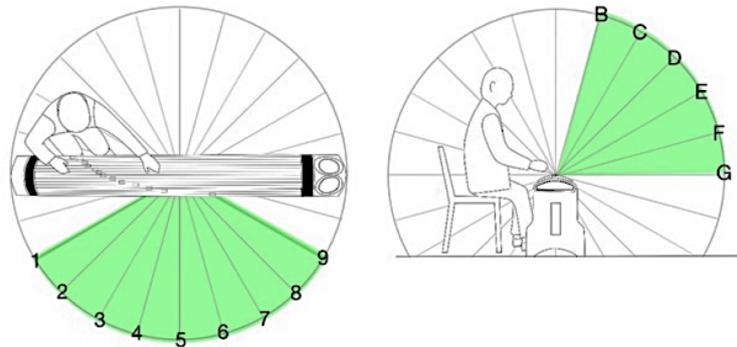


図 1.1：主観評価実験で使用した音刺激の範囲。水平方向 9 箇所 × 仰角方向 6 箇所の位置の録音源を使用した。

出典： 齋藤「箏の録音位置の評価における録音技術者と演奏者の違い」, 2016

このような状況の中で、本学 音楽学部邦楽科 生田流箏曲 吉川さとみ准教授（2017 年当時）の研究協力の機会を得た。吉川（2018）は、三曲合奏を行ううえでの舞台上の適した楽器配置がどのようなものなのかを検討することを目的に行われた。奏楽堂で行われた実験の中で、筆者は実際の録音環境や演奏会を想定する上で、立奏台の影響を調査する必要を感じた。なぜなら、実際の演奏会などでは立奏台を使用する際に、その音響的な効果を理由に選ばれるのではなく、同じ形状や色の立奏台の数が揃うか、などの実際的な理由で選択されていること。さらに現在、多くの立奏台の製造中止が相次いでおり、製造メーカーの減少から楽器店による受注生産に移行しようとしているため、立奏台の形状がさらに煩雑になることが想定されるからである。さらに吉川（2018）では、後述するアカンサス型立奏台から H 型 -1（本大学では「白木型」と呼称されている）に変更することによって、周りの奏者の気配がより感じやすく、また自身の演奏音がはっきりと聞こえやすくなったことが示唆された（写真 1.1）。

これらのことから、箏が 2 面以上並んで前後に配置されている場合、前方の奏者の立奏台の反射板が後方の奏者の演奏のしやすさに影響を及ぼすことが予想される。これはアカンサス型などで用いられている反射板が音穴からの発音をすべて前方に反射させるように設計されていると考えられることから、放射された音が床面で反射せず、後方の奏者に届いていないと推測される。さらには、前方の奏者の立奏台の反射板が後方からの演奏音を遮ってしまっている可能性も考えられ、聴取者に与える印象にも影響を及ぼしていることが予想される。そこで本研究では、「良い録音をするために人と楽器の環境を整えること」を指針とし、形状の異なる立奏台が視聴者や奏者に与える影響を調査し、合奏に適した反射板の形状を提案したい。また、立奏台の形状や素材の異なるものが数種市販されているが、本研究では、反射板の形状の影響のみを対象とし、細かい素材や塗装までは考慮しない。

### 1.3 本論文の構成

本論文では、第 2 章で立奏台の歴史について簡単に触れ、現在使用されている立奏台の種類や、合奏における楽器などについての関連研究を紹介する。第 3 章では本研究での測定や実験の事前調査として、実験で使用する箏の発音方法や反射板の形状などについて検討した。第 4 章で無響室において行なった音響物理量測定の概要と結果、第 5 章では演奏聴取実験の詳細について述べ、第 6 章では分析結果と考察について述べる。第 7 章は総括となっている。

## 第 2 章 関連研究

### 2.1 立奏台の歴史

箏曲の演奏は、床に毛氈を敷き、その上に座って演奏する座奏と、椅子に腰掛けて演奏する立奏に分けられる。立奏は膝などを痛めた奏者が座って演奏するために考案されたのではないかと推察できるが、立奏台についての歴史を調べるにあたり文献調査を行なった結果、いつ、どのような経緯で立奏台が用いられることになったかを明らかにすることはできなかった。そこで、調べた文献に掲載されている演奏会の写真などから立奏台の変遷をみていくこととした。

立奏台を用いた演奏は、主に生田流箏曲で行われることが多いが、これは作曲家であり生田流箏曲の奏者でもあった宮城道雄(1894-1956)が、箏などの邦楽器を用いたオーケストレーションを試みたために生まれたものだと推察する。また宮城は、意欲的に楽器の改良に取り組んでおり、1921年には西洋音楽のように伴奏を担当するために低音域を広げた十七絃を考案した。また、1929年は八十絃というピアノの音域に迫る巨大な箏まで考案した(写真 2.1 右)。宮城は、前述の十七絃を使用した『落葉の踊』を1921年に作曲し、第3回作曲発表会を東京音楽学校奏楽堂で行なったが、この楽曲は箏と三味線、十七絃の合奏形態となっており、すでにこの演奏会で立奏台が使用されたのではないかと考える。このような、従来の十三絃の箏とは異なる大きな箏を演奏するため、座奏より演奏する際の動きがしやすい立奏が提案され、立奏台を用いるようになったのではないかと推察する。



写真 2.1：左の写真は文化放送第 5 スタジオでの『源氏物語』の録音風景(1952)。前列の右から二人目が宮城。立奏台の代わりに椅子が使用されている箏は十七絃だと思われる。右は八十絃を弾く宮城道雄(日本青年館 1992)。

出典：千葉「箏を友として 評伝 宮城道雄<人・音楽・時代>」2015(左)、吉川「この人なり 宮城道雄博」1962(右)。

このように、箏の音色の良し悪しよりも演奏のしやすさのために提案されたと考えられる立奏台の変遷はとても興味深いものである。以下に掲載した写真 2.2 は新舞踏の伴奏を行う宮城を写したものであるが、箏は床面に対して平行な木製の大きな箱の上に置かれている様子がみてとれる。残念ながらこの立奏台の詳細は不明であったが、奏者側には脚を入れるために空間が設けられていることが伺える。

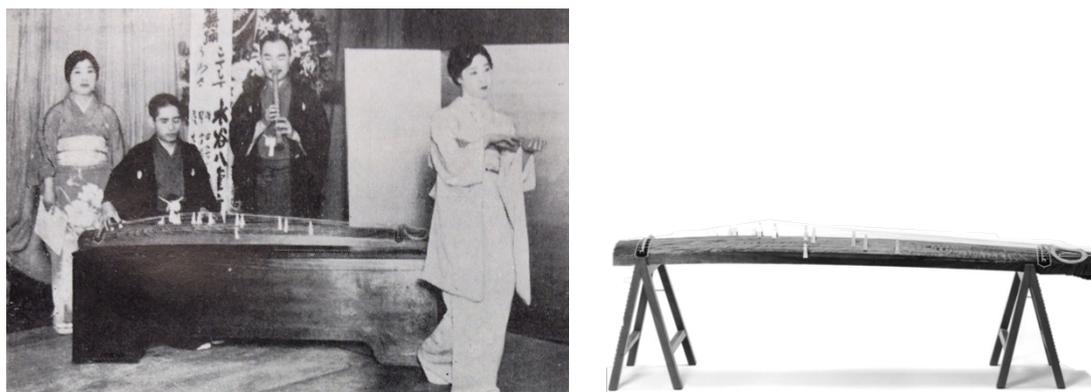


写真 2.2：写真左は水谷八重子(初代)の新舞踏伴奏(年歴不明)。出典：吉川「この人なり 宮城道雄博」1962。写真右は、脚立のような形をした A 型立奏台。出典：安藤政輝著「生田流の箏曲」1986。

50 年代には、現在使用されている立奏台に近いものがすでにあつたことが写真 2.3 から 2.5 でみることができる。箏を支える縦板に棧を通した台は、立奏台の基本形とすることができる(写真 2.3)。ロンドン BBC へ持ち込んでいるところから考慮すると、現在の立奏台と同様、簡単に組み立て、持ち運びしやすい立奏台なのではないかと考える。写真 2.4 と 2.5 は中央にソリストを配置した協奏曲の楽器配置だと思われるが、その中で脚立のような形の立奏台が多く使用されていることがみてとれる(写真 2.4 から 2.6)。この形状の立奏台は軽く持ち運びがしやすく、現在でも多くの奏者が自宅などで練習する際に使用している(写真 2.2 右)。しかし、ソリストが使用している立奏台は他の奏者が使用しているものと異なり、床面に対して垂直な箱の上に箏が置かれているのがわかる。また、写真 2.5 の左側の奏者の箏は、立奏台というよりは単に机の上に置かれているようにもみえる。

70 年代以降も 50 年代と同じように脚立型の立奏台や箱型の立奏台が全国で使用されていたことが写真からみてとれるが(写真 2.6)、得られた 1990 年代の写真では、縦板に通した棧に角度がついたものや、箏の底面から床面までを覆う板を取り付けた立奏台を使用する様子がみられるようになった。これは中村と白砂(1975)の研究において、立奏台に反射板を取り付けることにより、音量が大きくなり、箏近傍で音が干渉し局所的に音圧レベルが低下する現象を改善することが明らかになったことから、反射板を取り付けた立奏台が多く用いられるようになったのではないかと考える(写真 2.7 と 2.8)。



写真 2.3：ロンドンBBCより放送（1953）。出典：吉川「この人なり 宮城道雄博」1962。



写真 2.4：「宮城会全国演奏会」(日比谷公会堂 1955)。

出典：宮城社史 宮城会史編纂委員会 編著「宮城道雄生誕百年記念宮城社史 宮城会史」1995。



写真 2.5：「宮城道雄一周忌追善演奏会」(日比谷公会堂 1957)。

出典：宮城社史 宮城会史編纂委員会 編著「宮城道雄生誕百年記念宮城社史 宮城会史」1995。



写真 2.6：宮城合奏団東北公演 1973。

出典：宮城社史 宮城会史編纂委員会 編著「宮城道雄生誕百年記念宮城社史 宮城会史」1995。

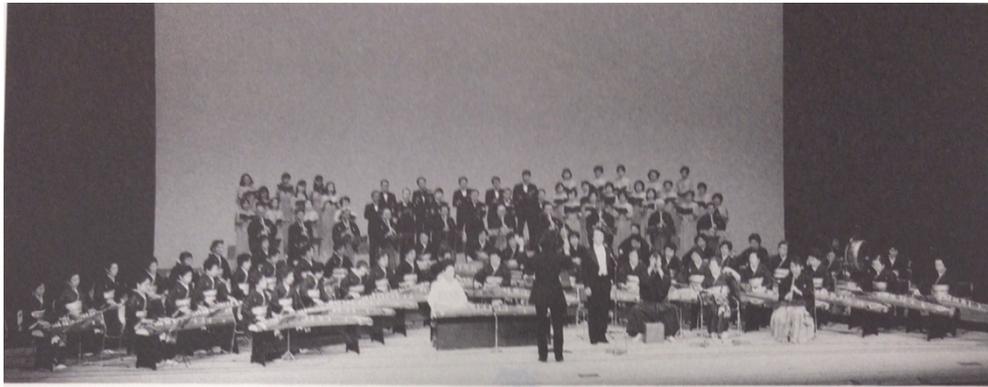


写真 2.7：第十五回九州支部箏曲大演奏会(佐賀市文化会館)1991。

出典：宮城社史 宮城会史編纂委員会 編著「宮城道雄生誕百年記念宮城社史 宮城会史」1995。

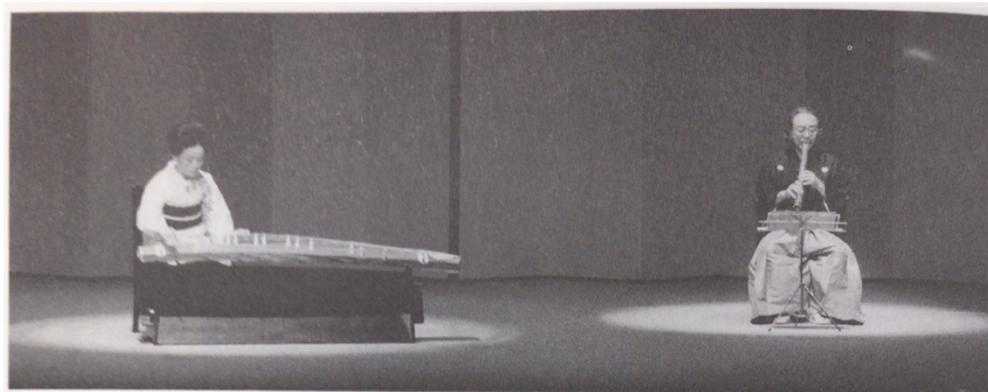


写真 2.8：「宮城喜代子一周忌追悼演奏会」国立大劇場 1992。

出典：宮城社史 宮城会史編纂委員会 編著「宮城道雄生誕百年記念宮城社史 宮城会史」1995。

続く節では、はじめに邦楽合奏について西洋のオーケストラと比較してその異なる特徴などについて述べる。続いて邦楽合奏の楽器配置についての先行研究をあげ、演奏を行うコンサートホールに関する室内音響効果の心理評価についての先行研究や、ステージ上のあらゆる反射が奏者の演奏のし易さや印象に影響を与えることなどについて述べる。最後に、立奏台に取り付けられる反射板の効果に関する研究と、現在使用されている立奏台の一部を紹介する。

## 2.2 合奏について

合奏とは、複数の演奏家が同時に演奏を行うアンサンブルのひとつで、弦楽四重奏のように各パートの奏者がひとりではなく、少なくとも 2 人以上の奏者がともに同じパートの演奏し、ひとつの音楽表現を練り上げていく形態のことをいう。邦楽合奏は西洋のオーケストラを模したと言われているが、箏曲では独奏曲があまり多くはなく、三曲合奏(箏、三味線、尺八ほか)など、他の楽器と一緒に演奏することが多い。そして、邦楽合奏が西洋のオーケストラと異なる特徴は、一部の現代曲を除き指揮者が不在ということである。そのため、合奏を行うにあたって、パートリーダーの音や周囲の他の奏者の演奏音だけではなく、演奏を合わせるために必要に応じて奏者の中の指揮者の役割をする一筆の最前列の奏者(パートリーダー)などが身体や呼吸を使った動作で合図を行っている。この合図には、腕全体を持ち上げる、指先だけの動きで演奏を合わせるなど、様々な動作が用いられている。箏や三味線の音の立ち上がりは鋭く、打楽器と同じように、少しでも音がずれると観客にすぐわかってしまう。そのため、合図を出す手元が見える、また奏者同士の呼吸などが意識できる楽器配置が重要である。さらに重要なのが「合奏練習であり、自然に合うまで何度も練習を行っている」と安藤(2011)は述べている。また合奏を行ううえで、奏者の並びかたについて奏者の熟練度などを考慮した実際的な検討が行われているが、箏が 2 列に並ぶ場合は後方の奏者の音はあまり前方に出したくないという意見があった。しかしながら、西洋のオーケストラを模した楽器配置だとすれば、合奏群の理想として、すべての奏者が同じ質の演奏をすることが求められるため、後方の演奏音も観客席側へ聴こえるようにすることは必要だと考える。

## 2.3 楽器配置について

邦楽の楽器配置の先行研究としては以下、高島(1995)と吉川(2018)が挙げられる。

### 2.3.1 楽器配置の研究 高島(1995)

本学の生田流箏曲専攻の卒業生である高島は、作曲家であり生田流箏曲の奏者でもあった宮城道雄のいわゆる「宮城曲」のための理想的な楽器の舞台配置について考察した。宮城道雄は、箏などの邦楽器を用いたオーケストレーションを試みた作曲家であるが、高島の研究は「宮城道雄本人の演奏のままに伝え残そうとする意志を受け継いだ」考え方から派生したものと考えられる。論文の中で高島は宮城合奏曲の定義として「『合奏曲』とは二つ以上の楽器をあわせて、一つの曲が演奏できる曲」と広義を示し、第一に「楽器の編成や声部は多い」ものであり、「その曲がもともと初めから『合奏曲』を意図して作られた」ものであるとしている。そして狭義として「(1)パート数が多いこと」「(2)コンチェルト形式のもの(またはそれに準ずるもの)」、そして「(3)カンタータ形式のもの」とした。その上で、効果的な演奏方法についての調査方法として、以下を挙げている。

- ・作曲当時の舞台上での並び方やそれに対する考え方を明らかにする。
- ・現在までの移り変わりを検証する。
- ・それらの結果を参考にして、高島による提案を行う。

まず、昭和8年11月25日に日本青年会館で行われた宮城道雄作曲発表会における、当時の舞台上の楽器配置の決定について、打物(打楽器)で参加していた上津原孝一氏の話が論文中に取り上げられている。

「箏の配置は、すべて琴屋さんまかせで、相も変わらず、なるべく聴衆に顔が見えるようにことを並べたものであった(以下、略)」

当時の楽器配置の興味は奏者の「顔見せ」や「衣裳見せ」などの見栄えに関することであり、観客席に対して正面に配置されたようだ。この見栄えを重視した楽器配置から西洋のオーケストラを模したような扇型になるまでに、宮城道雄が「合奏曲」をはじめ作曲してからおよそ12年の歳月がかかった、と高島は述べている。この西洋のオーケストラを模した楽器配置は、現在の演奏会などでも用いられているが、十七絃、管楽器、打楽器などの配置は明確には定まっていない。その原因として、高島は「たとえ洋楽のオーケストラを模倣しているといえども、その基本は古来からの伝承技術と慣習が大きく影響している」とし、「その慣習のみに頼ることは演奏上の妨げとなっている」と述べた。その上で、視覚面における効果的な配置について考察したのだが、この考察ではあくまで楽器配置の見栄えや演奏のしやすさを重要視したものであり、楽器の発音特性などを考慮したものではなかった。

### 2.3.2 楽器配置の研究 吉川( 2018 )

以上の先行研究では、主に観客席からの見栄えに加え、奏者同士のタイミングの取りやすさと合図を出す奏者の見渡しやすさなどが重要視されてきたが、吉川( 2018 )の研究では、楽器の特性を考慮した配置、つまり聴覚的な要因に着目し、箏曲を起点にした邦楽器によるアンサンブルの技術向上のための楽器配置を提案することを目的とした。この研究では、近世箏曲で用いられる箏 / 三味線 / 尺八といった邦楽器の従来の「三曲合奏」から発展した多様な楽器編成による合奏作品を対象とし、実際の演奏会を想定した楽器配置を検討した。

東京藝術大学 奏楽堂において行われた演奏聴取実験では、事前の調査から選択された 10 パターンの楽器配置について奏者、視聴者のグループに分かれそれぞれ評価してもらい、どの楽器配置がもっとも適しているかを求めた。この計 10 パターンの楽器配置は、予備の実験で選ばれた 9 パターンと、すべての立奏台をアカンサス型から H 型に立奏台を変更した 1 パターンを加えたものであった。実験の結果、箏の第 1 奏者、第 2 奏者、三味線、十七絃が横に並ぶ楽器配置を採択した(図 2.3)。この楽器配置はオーケストラのように舞手下手に高音楽器、上手に低音楽器が並ぶようになっている。

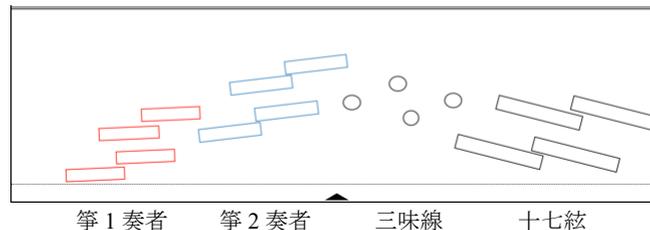


図 2.3 : 吉川が奏楽堂にふさわしいと提案した三曲合奏の楽器配置。

しかしながら、視聴者の評価は実験中、実際に楽器配置を目で確認するため視覚効果や、奏楽堂内での聴取位置の影響などの可能性が示唆された。また、合奏群内の奏者の間には、箏の発音が前後に放射されるため、箏の横に位置する奏者ほど音が聞き取りにくいこと、さらに異なる立奏台を使用することによる音の聞き取り易さや音色に対して影響を及ぼすことが示唆された。また実験中、楽器配置によっては演奏したことがある、または聞き慣れている既存の楽器配置も含まれており、慣れなどの影響が見られた。さらに、ここで興味深いのは、同じ楽器配置でありながら異なる立奏台を使用することによって視聴者や奏者で評価が異なったことであった。

まず、視聴者の評価ではアカンサス型の立奏台ではなく、H 型の立奏台を使用した場合、評価語“やわらかい”において、同じ楽器配置だとしても、異なる反射板を使用することによって有意差があることがわかった(  $p < .001$  )。しかしながら、そのほかの評価語“迫力のある”では評価が上がっていることから、立奏台を変えることにより観客席側へ伝達されていた音になんらかの変化が生じたことがわかった。このことは、白砂と中村( 1975 )の研究においても、立奏台に反射板を取り付けることによって、発音特性に効果があることが言及されている。

合奏群内の奏者では、異なる立奏台(アカンサス型と H 型)を使用することによって合図の見え方などについての評価の変化はなかったものの、H 型立奏台を用いることにより、“気配がわかる”ようになったことが伺えた。また演奏しながら観客席側への音の通り、伸びは感じられなくなるが、自身の演奏音をはっきりとし聴こえやすくなっており、周りの奏者の音も明瞭に聴こえていることが示唆された。しかしながら、自身の演奏音の周りとのバランスや各パートのバランスの評価が低下していること、一体感の評価が低下していることがみとれた。これらの評価の変化が、立奏台を変更したために起こったとは、比較する楽器配置が十分でないため断定はできないが、大型で傾斜がついている反射板のアカンサス型立奏台を、床面に対して垂直に取り付けられた H 型立奏台に変更することによって、自身の演奏音がより聴き取りやすくなっているのかどうかは調査する必要がある。

楽器配置を検討するには、実際の演奏空間、演奏する曲目、構成する楽器、規模などが大きな影響を与えるが、それぞれの要因について、どのような評価をすれば良いのかは不明であった。吉川の研究において、上記の条件を統一し、楽器配置が変わることによって、どのように評価が変わるのかを調査した結果、評価対象である楽器配置は 10 パターンと少なかったものの、どういった評価語が効率よく楽器配置を評価することができるのかが明らかになった(表 2.2)。

表 2.2: 吉川「箏曲における邦楽合奏の楽器配置に関する研究」2018 で使用された評価語

視聴者の使用した評価語			奏者の使用した評価語				
A. 音色について			A. 合図について				
1	はっきりした	⇔	ぼんやりした	1	よく見える	⇔	よく見えない
2	音量のバランスが良い	⇔	音量のバランスが悪い	2	気配がわかる	⇔	気配がわからない
3	繊細な表現が伝わってくる	⇔	繊細な表現が伝わってこない	B. 聴こえ方について			
4	迫力がある	⇔	物足りない	自分以外の演奏音について			
5	音の混ざり具合が良い	⇔	音の混ざり具合が悪い	3	バランスが良い	⇔	バランスが悪い
6	厚みがある	⇔	薄い	4	周りの音が大きい	⇔	周りの音が小さい
7	揃っている	⇔	ばらついている	5	時差が大きい	⇔	時差が小さい
8	まとまりがある	⇔	まとまりがない	6	はっきりとした	⇔	ぼんやりとした
9	つぶだちが良い	⇔	つぶだちが悪い	7	一体感がある	⇔	孤独感がある
10	音の立ち上がりが良い	⇔	音の立ち上がりが悪い	自分の音について			
11	華やか	⇔	地味	8	聴きやすい	⇔	聴きにくい
12	重い	⇔	軽い	9	周りの音とのバランスが良い	⇔	周りの音とのバランスが悪い
13	やわらかい	⇔	かたい	10	はっきりとした	⇔	ぼんやりとした
14	音が通る	⇔	音が通らない	C. 観客席側への伝達と意識について			
B. 見た目について			11	音が通る	⇔	音が通らない	
15	美しい	⇔	美しくない	12	安心感がある	⇔	不安である
16	自然	⇔	不自然	13	楽しい	⇔	楽しくない
17	ホールに合っている	⇔	ホールに合っていない	全体の印象について			
全体の印象について			14	好き	⇔	嫌い	
18	好き	⇔	嫌い				

## 2.4 ホール音響と楽器における反射

このように、従来のような木造の建築などの狭く、響きが少ない演奏空間から、宮城合奏曲を含め、邦楽も西洋音楽と同様に広く、残響音が多い音楽のために設計されたコンサートホールなどで行われるようになった。このようなホールでの演奏について、中川、関口(1997)は「ホール建築音響の観点では、聴取者と奏者の異なる音響条件を満たす必要」と述べており、聴取者、奏者の観点からホールの研究を行うべきである。ホールの室内音響効果の心理評価に関する初期の研究手法として、山本(1976)は以下のように分類している。

- (ア) 実際の室を用いて直接室内の音響効果について主観評価試験を行い、同時に実施する室内音響特性や建築条件などの調査測定結果と対応を求める方法。
- (イ) 実際の室を用いるが、室内の音をダミーヘッドなどを用いて収録した音を実験室的に再生評価し、間接的に心理・物理・建築条件の相関を検討する方法
- (ウ) 室内音場を多チャンネル再生装置などを用いてシミュレートし、室内反射音の時間及び空間構造を実験的に変化し、間接的にその対応を求める方法

また、羽入(2002)はホール音響の評価法は時間的属性(残響感や持続感など)、空間的属性(方向感や距離感や空間印象)、質的属性(音の大きさ感や音色)に大きく3つに分けられ、直接音の後に到来する初期反射、側方からの初期反射音が音場の空気印象と深く関わっていることから両耳間相互相関度や初期側方エネルギー率などの空間印象の指標が提案されたとしている。

コンサートホール自体の研究も多く、永田(1980)の多目的ホールの可動音響反射板の研究から、小口(2009)がまとめた室内の壁や天井の“拡散”形状についての研究動向まで、理想的なコンサートホールの研究は脈々と行われている。このようなホール音響研究では主に客席空間を対象としており、初期反射音や後期反射音などに各種の評価指標の提案や、西(1987)などの研究に挙げられる聴取者にとって好ましい残響時間が検討されてきた。

その一方で、コンサートホールステージ上での楽器演奏に対する研究もされており、例えば Barron(1978)の研究では、多様なステージ可変性をもつ多目的ホールにおいて、天井の反射板の高さを変えた場合に奏者が低い設置条件を好んだほか、弦楽器と管楽器では、管楽器奏者が反射板に囲まれた環境を好む傾向があることがわかった。Bergら(2016)の研究でも、天井の可動反射板の高さを変えることによって演奏空間の残響感が変化し、ピアノ演奏に影響を与えることがわかっている。また Marshall(1978)の弦楽三重奏の「合奏のし易さ」に関する研究や Gade(1982)が奏者の意向を調査し、室内音響効果についてまとめた研究は、多くの論文で引用されている重要な研究である。これらの研究を元に行われた中川・関口(1997)では、奏者と聴取者それぞれの受音位置によって好まれるステージの形状は異なり、奏者相互間ではステージ上の反射板に拡散処理を施したステージの方が好まれることを明らかにした。さらに橘(1997)や上野ら(1996, 2003)は、ステージ上の音響特性測定を行ったほか、奏者が求めるステージ上の音

響効果が演奏上の役割や意識、楽器の種類によって異なると考え、主観印象実験を行い、その結果、個人差はあるものの具体的に響きの特徴や音の聴こえ方について複数の奏者がある程度共通の判断をしていることなどを明らかにした。

さらに興味深かったのが、ステージ床の振動と音響放射特性に関するものである。橋本、佐藤（2001）の研究では、ステージ床構造が縦張りか横張りの貼り目が音響的に有意な影響を与えるが、ステージ床の音響放射率の特性は楽器の種別によらずほぼ同様の周波数特性であること、125Hz 近辺で落ち込みがあるがそのほかの周波数ではほぼ平坦になることなどを明らかにした。

以上のように、コンサートホールなどの演奏空間において観客席だけでなく、ステージ上のあらゆる構造、壁や床、天井からの反射などが聴取者だけでなく、奏者に対して多くの影響を与えることがわかった。これらの演奏空間のほかに、楽器そのものに反射構造を持つ楽器の放射特性について、Meyer（1972）ではグランドピアノの屋根と呼ばれる反射板の効果を述べている。屋根を開いた状態と閉じた状態と比較して、ピアノの背面への放射特性にあまり変化はみられないが、この屋根を 10°（いわゆる半開）にした場合には前方への高音域での放射特性が小さくなり、屋根を大きく開いた際に存在したような音色の明るさはなくなることがわかった。また、屋根を外した場合には上向きの放射が大きくなり、水平方向への放射が小さくなることを明らかにした。このように、Barron（1978）の研究にもあったように、管楽器奏者が反射板に囲まれた環境を好む傾向があることや、ホルンの音を前方に反射させることを目的とした反響板スタンドなどがあることから、演奏空間や楽器そのものに反射板を取り付ける効果などは、ステージ上における奏者自身への音響フィードバックや合奏のため奏者相互間の伝達が、演奏をする上でとても重要な要素であることが考えられる。

## 2.5 箏の立奏台に関する研究 白砂、中村（1975）

立奏台に関する先行研究は少なく、この研究は筆者がみつけることのできた唯一の研究である。この研究では、反射板の有無と座奏の 3 つの条件について、箏の近傍での音圧分布を調査し、それぞれの条件での聴覚的な特徴を実際の演奏から明らかにしたものである。

はじめに、箏近傍での音圧分布の調査は、無響室内で行われた。床面反射を考慮した音場条件にするため床に合板を敷き、小型の電磁式加振器を用いてホワイトノイズを励振させ、その録音を周波数分析した。白砂らの実験では、箏の 13 本ある絃のうち、真中の七の絃の柱の位置（龍角から 47.5 cm）を代表点として箏に加振器を取り付けた。また、実際の箏の演奏では絃は複雑に振動するため、縦駆動、横駆動させ分けて測定を行なった。

無響室内での測定範囲は、400 cm × 350 cm × 210 cm の空間で、測定点はマイクロフォン間隔を 50 cm とする計 252 点と奏者の頭の位置の合計 253 点であった。

測定の結果、座奏から立奏するために箏を 60 cm 持ち上げることによって、床からの反射音が直接音と位相干渉を起こすことで 250 Hz などの低音域の周波数帯域を中心に音圧分布に影響

を及ぼすことがみうけられ、さらに立奏台に反射板を取り付けることによって、この音圧分布が変化することがわかった。つまり、立奏台に反射板がない場合に発生していた音圧レベルが極小となっていた測定点が、反射板の効果によって改善されたことを示す。また白砂、中村は、立奏台に反射板を取り付けることによって箏近傍の「音圧の分布が比較的均一化される方向に変化し、音圧も上がってくる」と述べている。

次に、前述した反射板の有無と座奏の 3 つの条件について、録音された実際の演奏音を刺激音として用いた試聴実験を行い、それぞれにおける聴覚的な特徴を求めた。刺激音はスピーカで再生され、被験者には一対比較法による判断を求めた。被験者は東京藝術大学 邦楽科箏曲専攻の学生 25 名であった。試聴実験での評価語は、「表現語」に関する研究論文から抽出した用語を用いて予備実験を行い、12 対の評価語を使用した。

試聴実験の結果、白砂、中村らは「評価尺度の選択の傾向」と「箏の設置条件による演奏音の差異」、そして、刺激音それぞれの「相違の程度の比較」の 3 つ側面から考察を行ない、「すんだーにごった」「落ち着いたーかん高い」「華やかなー地味な」「深みのあるー金属性の」「うるおいのあるーかさかさした」などの評価語で楽器音と楽曲音とで評価傾向が変わる様子がみられ、3 つの条件のうち、反射板を取り付けた立奏台を使用した演奏が、「被験者にとって印象の強いものであった」と述べている。

## 2.6 立奏台の種類

本研究では反射板(立奏台)が変化することにより箏の近傍の音響物理特性がどのように変化するかを調査する前に、2019 年現在、どのような立奏台が一般に使用されているのかを調査し、大まかに分類し、以下にまとめた(表 2.1)。立奏台は、椅子に腰掛けて演奏する際に使用され、主に箏の下に置かれる台のことをいう。箏を単に持ち上げるための脚立のような形をしたものや、箏を支える 2 枚の脚と箏の音穴から放射された音を前方へ反射させる板などの横板によって構成されるものなどがあるが、反射板の大きさや取り付け角度に関しては、明確な決まりは確認できていなかった。

表 2.1: 調査した立奏台の計測表

	縦脚高		反射板			備考
	龍角側	雲角側	上下幅	横幅	角度	
A 型	48 cm	43 cm	なし	なし	なし	(脚立型)
H 型 - 1	47.5 cm	42.5 cm	14 cm (最大 20 cm)	147 cm	90°(垂直)	(芸大所有)
H 型 - 2	48 cm	43 cm	15 cm	124 cm	58°	
2 枚板 - 1	48 cm	43 cm	30 cm + 15.5 cm	170 cm	60° + 0°	(反射板が上下 2 枚)
2 枚板 - 2						(詳細不明。左右に分かれる)
Aカンサス型	47 cm	42 cm	50 cm(雲角側 44 cm)	178.5 cm	58°	(芸大所有)

箏の音穴から発音される音に対して影響を与えると想定される立奏台の反射板の特徴として、1. 反射板の横の長さ(雲角側の音穴を考慮するかしないか)、2. 反射板の上下幅、3. 床に対する角度が考えられる。

立奏台を取り扱っている製造業者に対して聞き取り調査をおこなったが、資料集めが難航したため、H 型 - 1、H 型 - 2、2 枚板 - 1 型 など 3 台、また東京藝術大学で所有しているアカンサス型立奏台と H 型 - 1 の寸法を計測した。現在もっとも使用されているのが H 型 - 2 であり、以前は H 型 - 1 が多く使用されていた。上記の立奏台の他にも、十七絃と共用できるように、脚の幅が可変するもの、大きな板を貼り付けることによって反射板を大きくするもの、また中国の古箏で使用される立奏台<sup>3</sup>など確認されたが、これらの立奏台は特殊な形として除外した。また、A 型の立奏台は箏の練習用などでよく使用され、持ち運びに適したものであるが、反射板を取り付けることができないため除外した。

これらの立奏台はもちろんそれぞれ形状が異なるが、特に反射板の形状が大きく異なった。H 型では、反射板の上下幅がおおよそ 15 cm で、H 型 - 1 では垂直に取り付けられており、H 型 - 2 は傾斜をつけて取り付けられているが、奏者の左側の雲角側の音穴からの発音に関しては考慮していない様子が伺えた(写真 2.9)。2 枚板 - 1 型は、箏の底面から床面までをすべて覆うような設計になっている。演奏家が独自に提案したものだが、詳しい経緯は不明だった。雲角側の音穴下にも反射板があり、両音穴からの発音を考慮している様子がうかがえる。また設置には、箏を立奏台の反射板の上に乗せる構造になっており、演奏中も安定している(写真 2.10)。アカンサス型立奏台は反射板がもっとも大型の立奏台で、東京藝術大学で使用されている。雲角側の音穴下に反射板があるが、2 枚板 - 1 型とは異なり、縦板の内側ではなく外側に雲角側の音穴がある(写真 2.11)。



写真 2.9: H 型の立奏台。左の写真は手前が H 型 - 1 立奏台、奥が反射板に傾斜をつけて取り付けられた H 型 - 2。右の写真は H 型 - 1 で、共に雲角側の音穴下に反射板がない。

<sup>3</sup> 古箏で使用される立奏台は H 型 - 2 として分類できるが、反射板の横長は短く、角度も 60° よりも傾斜がある。

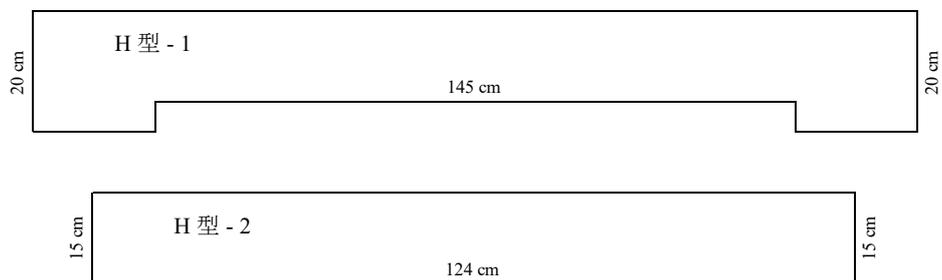


図 2.1 : H 型 - 1 と H 型 - 2 立奏台の反射板の簡易図。H 型 - 1 は床面に対して垂直に取り付けられているのに対し、H 型 - 2 は傾斜がついている。



写真 2.10 : 2 枚板 - 1 型。上下幅 15 cm と 30 cm の反射板で構成され、演奏時に奏者の足が反射板に当たらないように設計されている。上部の上下幅 15 cm の反射板は、箏の底面に沿うように傾斜がついている。

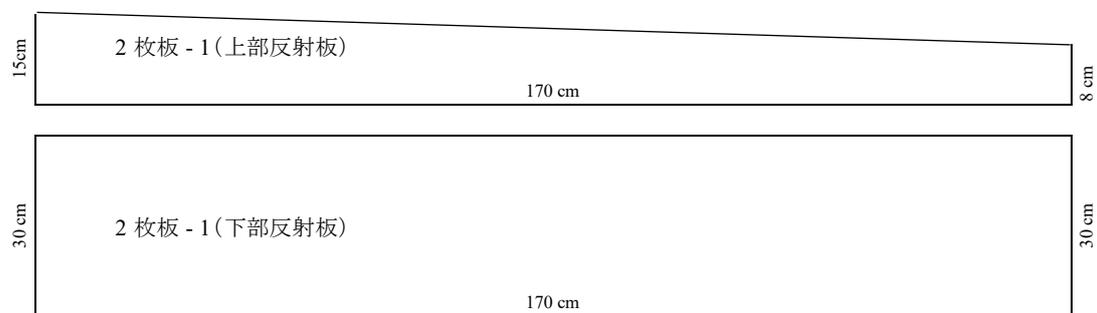


図 2.2 : 2 枚板 - 1 型 立奏台の反射板の簡易図。



写真 2.11 : アカサス型立奏台。反射板は校章を模してつくられている。雲角側の音穴下にも反射板がある。反射板を縦板上から差し込む構造になっており、反射板の裏側に持ち運びやすさのための取手や、鉛筆置きなどを備えている。

### 第 3 章 研究手法

立奏台の選択は、それぞれの演奏形態、つまり独奏 / 伴奏 / 合奏などによって異なることが推測される。独奏であれば、音穴から放射された音をより効果的に前方に反射することができる反射板を取り付けた立奏台を検討する必要がある。その場合、第 2 章 2.2 節で前述した 2 枚板 -1 型のような、箏の底面から床面までを覆う反射板を取り付け、音穴からの音を前面にすべて反射することを目的に製作された立奏台が採用される。伴奏や重奏の場合では、箏奏者の真横に三味線などの奏者が並ぶことを考えれば、床面や反射板などを利用して真横にいる奏者の耳に音を届けることができるような立奏台がふさわしい。そして最後に、本研究の対象である合奏における立奏台を検討するうえで、異なる立奏台を使用し演奏することによって、その音色や演奏のしやすさに変化あることが吉川（2018）で示唆されたことは考慮すべきである。例えばアカンサス型立奏台は、箏の音穴から放射される音をすべて観客席側へ反射させることを想定した立奏台だが、箏が 2 面以上並んで前後に配置される合奏の場合、前方の奏者の立奏台の反射板が、後方の奏者の演奏音を遮ってしまっている可能性が考えられる。そのため、反射板に隙間や開口部を設けることによって、後方の演奏音を観客席側へ通過させることができないかと考えた。また、反射板に隙間や開口部を設けることによって H 型のように音穴から放射された音が床面に反射し、奏者自身や周りの奏者の演奏音が聴こえやすくなるのではないかと考えた。そこで本研究では、無響室において異なる寸法の隙間や開口部を設けた反射板を立奏台に取り付けて音響物理測定を行い、その結果から得られた反射板を取り付けた立奏台と、実際に東京藝術大学で使用されている立奏台を用いて演奏聴取実験を行うこととした。

本章では、合奏における適した立奏台を提案するにあたり、はじめに演奏聴取実験によってどのような結果が得られるか予想した。次に、無響室内での音響物理測定を行う前に、どのような反射板の形状が基本型として適しているのかを検討し、また、どのような反射板の変化が演奏音や奏者に影響を及ぼすのかを調査した。箏の発音方法には、実際の奏者による演奏を測定することが望ましいが、演奏ごとに撥弦などが変わってしまうことが予想されるため、振動スピーカを使用して測定を行うこととした。

### 3.1 演奏聴取実験から得られる結果の予想

ここでは、演奏聴取実験でどのような結果が得られるのかを予想する。「異なる反射板を取り付けた立奏台を用いて演奏を行なった場合、その音色に変化はあるか」のような条件のもとで評価を行った場合、以下のような結果が推測される。

- ・どの反射板でも音色の印象に変化がない。
- ・立奏台 3 は立奏台 1 か立奏台 2 のどちらかに似ている。
- ・すべて異なる立奏台である。

また、「異なる反射板を取り付けた立奏台を用いて演奏を行なった場合、演奏のしやすさなどに違いはあるのか」では、以下の結果が考えられる。

- ・異なる反射板、異なる演奏位置でも演奏のやりやすさに変化はない。
- ・反射板が変わることによって演奏のやりやすさが異なる。
- ・演奏位置が変わることによって演奏のやりやすさが異なる。
- ・反射板と演奏位置が変わることによって演奏のやりやすさが異なる。

吉川（2018）で得られた結果から、アカンサス型と H 型 -1 を試聴し比較した印象が異なることが示唆されたことにより、今回提案される立奏台は、どちらかに類似した印象であるか、または全く異なるものとして評価されることが推測された。

吉川（2018）をふまえ、筆者が演奏聴取実験から予想する結果を以下にまとめた。

- ・視聴者による音色について：アカンサス型 > 提案した立奏台 > H 型 -1
- ・合奏群内としての演奏音の評価について：提案した立奏台 > アカンサス型 > H 型 -1
- ・演奏のしやすさ：提案した立奏台  $\approx$  H 型 -1 > アカンサス型

反射板に隙間を設けることにより、箏の音穴からの音がうまく反射せず、アカンサス型に比べて、提案した立奏台の音色が劣る可能性が考えられる。また、前述の 2 つの反射板は大型で角度のついたものであるが、H 型 -1 は上下幅が狭い反射板が垂直に取り付けられているため、提案する立奏台よりもさらに評価が下がることが想定される。

一方で、反射板に隙間や開口部がある立奏台を用いることにより、後方の奏者の演奏音が前方の立奏台の反射板の影響を受けずに通過し観客席側へ届くため、音量が増し、迫力などで評価が高くなることが予想される。また、前方の奏者の演奏音が床面に反射し、周りの奏者の演奏音が聴きやすくなることにより演奏がしやすくなることが考えられる。

## 3.2 発音方法の検討

基本形として考えられるのは、箏の底面から床面までを覆った反射板を取り付けた立奏台だと推測するが、実際には 2 章 2.2 節で述べた 1. 反射板の横幅 / 2. 反射板の上下幅 / 3. 反射板を取り付ける角度などの「箏の音穴から発音される音に対して影響を与えると想定される立奏台の変化」についての再検討をする必要がある。

反射板の横幅を検討する際には、奏者のいる龍角側の音穴だけでなく、雲角側の音穴を考慮する必要がある。そのため箏の両音穴からどのような音が発音されているのかを調査した。この調査では、実際の奏者の演奏と実験で使用する振動スピーカから TSP ( Time Stretched Pulses ) 信号<sup>4</sup>を再生し、それぞれの測定結果を比較した。

### 3.2.1 奏者の演奏による両音穴の測定

測定は東京藝術大学スタジオ B で行われ、スタジオ内に吸音板を用いて囲いを作り、床面にはポリエステル断熱材を敷きつめ行った。使用した A 型立奏台もポリエステル断熱材で覆い、その上に箏を設置した。龍角側と雲角側の両音穴の真下 10 cm に、全指向性マイクロフォン ( DPA 4006 ) を音穴に対して垂直になるようにそれぞれ設置した (写真 3.1 )。以下に示す図は 7 絃を演奏したもので、その他の絃は資料に掲載する。奏者による演奏の測定は各絃に対して 10 回演奏してもらい、その平均値と標準偏差を図で示した (図 3.1 )。



写真 3.1: 左の写真はスタジオ B 内に設置された箏とマイクロフォンの様子。写真中の手前が雲角側、奥が龍角側になる。右の写真は A 型立奏台 (提供 : 安藤政輝)。

<sup>4</sup> 短時間に安定したインパルス応答測定を行う方法として、インパルスの位相を周波数の 2 乗に比例して変化させることにより時間軸を引き延ばした信号である。



断熱材を敷きつめた。使用したマイクロフォン（DPA 4006）を龍角側と雲角側の両音穴の真下に、音穴に対して垂直になるようにそれぞれ設置した。また、立奏台が干渉するため、音穴とマイクロフォンの距離は距離 5 cm に設置した（写真 3.2）。



写真 3.2: 写真左は振動スピーカを楽器に取り付けた様子。専用の駒（柱）を使って箏に取り付けている。また、この振動スピーカを箏で使用する場合、箏の中心に設置することを推奨している。写真右はスタジオ A 内に設置された箏とポリエステル断熱材を使用した仕切りの様子。床面にもポリエステル断熱材を敷きつめた。

図 3.2 から、奏者による演奏と同様に、周波数によって雲角側の音圧が龍角側を上回ったことがわかった。これらの結果から両音穴の発音が演奏音、さらには視聴者の印象に影響を与えていると考えられる。

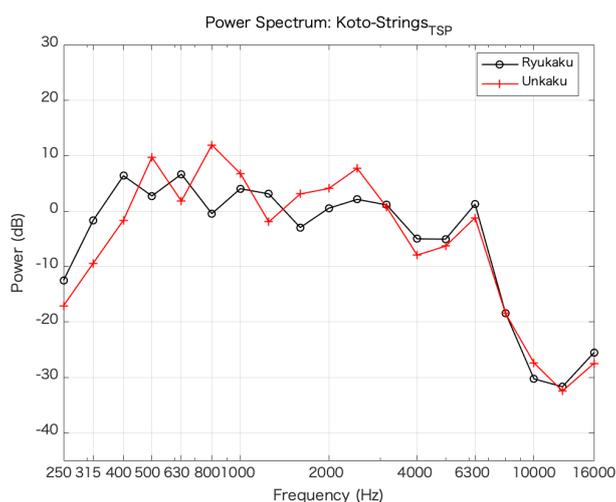


図 3.2: 振動スピーカを使用して測定した際の龍角および雲角の周波数特性。縦軸は音圧 dB、横軸は周波数を表す。黒線が龍角側の音穴から発音された音、赤線が雲角側からの音を示す。

そのため、両音穴の音を有効にする横板の長さが必要であり、これは座奏の際に両音穴の音が床面で反射され、視聴者に届くことから妥当だと考える。しかしながら、実際の演奏音と振動スピーカから得られた周波数分析の結果を比較するとかなり異なっており、例えば、実際の箏の演奏では中音域から高音域の音圧レベルが線型的に低くなっているのに対し、振動スピーカでは平坦な周波数特性がみてとれる。これは、箏の絃が共鳴胴に与える振動と振動スピーカによって励振される振動が異なるためである。

また、振動スピーカの精度について、取り付ける度に音響の変化が起こる可能性を考慮し、振動スピーカを 10 回取り付け TSP 信号を再生し、その精度を確認した。その測定結果を図に示す（図 3.3）。測定の結果より、250 Hz から 2000 Hz の間で変化が微細なため信頼度の高い測定ができると考える。またこの範囲は、壺越平調子において第一絃の基音の 294 Hz、第十三絃（巾）の基音の 1760 Hz が含まれ、さらに Marshall（1978）の研究によれば、奏者相互間の音の聞き取りに関して、ほかの奏者の反射音の必要周波数として 500 Hz から 2000 Hz を提案しており、白砂、中村（1975）の研究では 250 Hz などの低音域の周波数帯域を中心に音圧分布に影響を及ぼすことがみうけられたことなどからこの範囲での測定が妥当と考える。

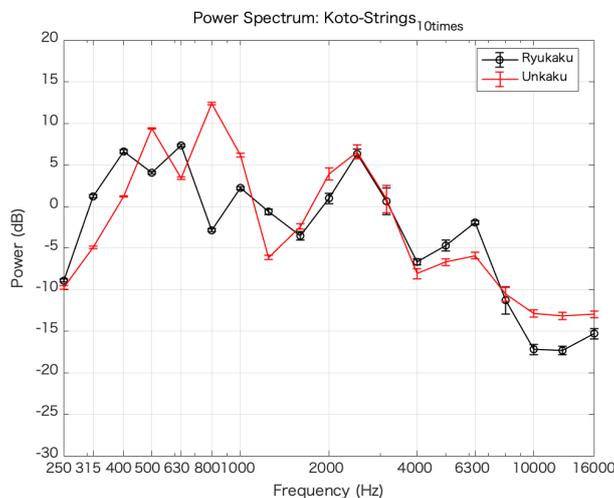


図 3.3: 振動スピーカの着脱における再生精度を確認するため、10 回取り付けた際の周波数特性を 1/3 オクターブで示す。線グラフで 10 回演奏した時の平均値、エラーバーで標準偏差を示した。縦軸は音圧 dB、横軸は周波数を表す。黒線が龍角側の音穴から発音された音、赤線が雲角側からの音を示す。

### 3.3 反射板の形状の検討

立奏台に反射板を取り付ける効果について、白砂と中村（1975）は箏の前方では床面から箏が上げられることによって音場全体の音圧が上昇し、反射板によってそれがさらに上昇する傾向が認められると述べられているが、白砂らの実験で使用した反射板は、横幅 143 cm のものであり、本研究のように雲角側の音穴からの発音を考慮していなかった。前節の奏者の演奏と振動スピーカでの調査では、雲角側の音穴からの発音も聴取者に影響を与えていると考えられることから、両音穴の音を有効にする横板の長さが必要だと考えた。

ここでは反射板の形状を検討するため、以下の項目について調査することを目的に、東京藝術大学スタジオ B で行なった測定について述べる。

- ・前方の立奏台の反射板の形状は、後方の奏者および前方の受音点に影響を与えるのか
- ・立奏台の反射板の反射が有効な範囲を狭めた場合の音響物理特性の変化
- ・前方の立奏台の反射板が、後方の奏者の演奏音に影響を与えるのか

スタジオ内に吸音板を用いて囲いを作り、その中に箏 2 面を 34 cm の間隔をあけて並べ、それぞれ箏を載せた 2 枚板 - 1 型と反射板の横幅 170 cm / 上下幅 35 cm / 取り付け角度 60° の立奏台を設置した。使用したマイクはダミーヘッド・マイク（奏者の耳の位置は 112 cm）と、全指向性マイクロフォン DPA 4006 を龍角側と雲角側の両音穴の下 5 cm に設置した。箏の前方での音圧レベルの変動を調べるため、振動スピーカから前方へ 150 cm、高さ 150 cm の位置に単一指向性マイクロフォン DPA 4011 を設置した（写真 3.3 左）。

#### 3.3.1 立奏台の反射板上部の隙間の影響

ここでは前方の立奏台の反射板の形状が、後方の奏者および前方の受音点に影響を与えるのかを調査した。2 枚板 - 1 型の立奏台を前方の奏者位置に配置し、2 枚の反射板で構成されているうちの上部の 15 cm の横板の着脱、または床面にポリエステル断熱材（通称パーフェクトバリア）を敷きつめたときの周波数特性を求めた。後方の演奏位置に設置したダミーヘッド・マイク、および箏前方に単一指向性マイクロフォン（DPA 4011）を設置し、1/3 オクターブ・バンドで分析した。箏の前方に設置したマイクロフォンの後方には、壁面型の反射を考慮しポリエステル断熱材で壁を作った。測定における試行は以下の通り。

- 試行 1：反射板上部の 15 cm の横板なし / 床面ポリエステル断熱材なし
- 試行 2：反射板上部の 15 cm の横板なし / 床面ポリエステル断熱材あり
- 試行 3：反射板上部の 15 cm の横板あり / 床面ポリエステル断熱材なし
- 試行 4：反射板上部の 15 cm の横板あり / 床面ポリエステル断熱材あり



写真 3.3: スタジオ B で行なった事前調査の様子。箏 2 面を 34 cm の間隔に前後に並べ、前方の箏に振動スピーカを取り付けた。写真左はそれぞれの配置を示し、写真右は 2 枚板 -1 型立奏台の 2 枚ある反射板のうち、上部の 15 cm の横板が取り除かれている様子。

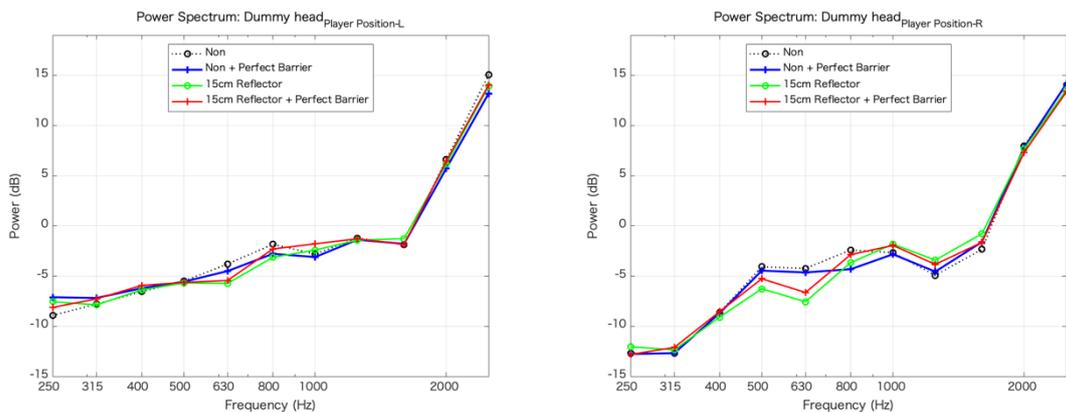


図 3.4: 2 枚板 -1 型の立奏台の反射板上部の 15 cm の横板の着脱、または床面にポリエステル断熱材を敷きつめた際のダミーヘッド・マイクを使用した測定結果を示す。図左がダミーヘッド L ch、図右が R ch を示す。縦軸は音圧 dB、横軸は周波数を表す。キャプション中、「Non」で表した線グラフは、2 枚板 -1 型の立奏台の反射板上部の 15 cm の横板がない状態を示し、「15 cm Reflector」で横板を取り付けた状態を表す。また、「+ Perfect Barrier」は床面にポリエステル断熱材を敷いた状態を示す。

はじめに、箏を 2 面並べた際の後方の奏者位置に設置したダミーヘッド・マイクでの 1/3 オクターブ・バンドの測定結果を示す (図 3.4)。結果、ダミーヘッドの R チャンネルでの音圧レベルの変動が L チャンネルよりも大きいことがわかった。これはダミーヘッドが奏者を想定し、箏に対して右肩が近くなるように設置されており、なおかつ龍角側の音穴に近いために起こったと考えられる。ダミーヘッドの R チャンネルでは、床面反射の有無よりも、2 枚板 -1 型の立奏台の 2 枚ある反射板のうち、上部の 15 cm の横板の着脱させることによって 500 Hz から 800 Hz の間の周波数帯域での音圧レベルの変動が大きいことがわかった。特に 800 Hz は床面にポリエステル断熱材を敷いたときに音圧レベルの低

下がみられることから、床面の反射を利用して後方の奏者の耳に届いていることがみられる。これらの結果から、音穴から放射された音が前方の立奏台の反射板によって遮られ、後方の奏者の耳に届いていないことが示唆された。また、実際の奏者は固定されたダミーヘッド実際の奏者とは異なり、演奏中に奏者の頭が動くことが想定されるため、このような音圧レベルの変動の影響をさらに大きく受けると考えられる。

次に、試行条件が同じ場合における箏前方の受音点に与える影響についても観察していく（図 3.5）。1/3 オクターブ・バンドにおける分析の結果、後方の奏者に与える影響より変動は小さいものの、反射板上部に隙間を設けることにより音圧レベルが変動することがわかった。低音域の 315 Hz と 中音域の 1000 Hz では、隙間を設けることによって音圧レベルが低下し、1250 Hz 以上の周波数帯域では上昇する傾向にあった。また、床面からの反射の影響は少なく、2 枚板 -1 型の反射板上部の横板があった場合に 315 Hz で音圧レベルの変動があった。このことから、反射板上部に隙間があることによって、音圧レベルの変動はみられたものの、振動スピーカから前方へ 150 cm、高さ 150 cm の位置ではあまり変化がないことがわかった。

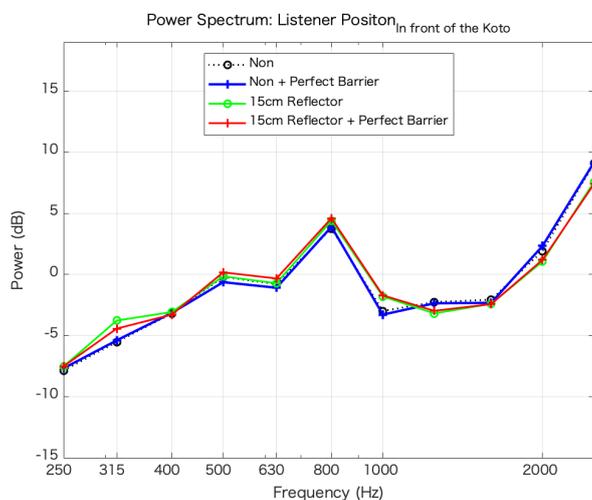


図 3.5: 2 枚板 -1 型の立奏台の反射板上部の 15 cm の横板の着脱、または床面にポリエステル断熱材を敷きつめた際の箏前方の受音点での測定結果を示す。縦軸は音圧 dB、横軸は周波数を表す。キャプション中、「Non」で示した線グラフは、2 枚板 -1 型の立奏台の反射板上部の 15 cm の横板がない状態を示し、「15 cm Reflector」で横板を取り付けた状態を表す。また、「+ Perfect Barrier」は床面にポリエステル断熱材を敷いた状態を示す。

### 3.3.2 立奏台の反射板の中央部の影響

ここでは、前方の立奏台の反射板中央に、後方の奏者の演奏音を観客席側へ通過させる開口部を設けることを検討するため、開口部の幅を変更することによって、前方の奏者の演奏音の周波数特性にどのような影響を与えるのかを調査する。本調査では、反射板中央の開口部を想定し、ポリエステル断熱材（幅 42 cm）を反射板中央に置いて音穴から放射される音の反射する範囲を制限し、測定を行なった。また、後方の箏に音が反射してしまう可能性を考慮して、測定中はポリエステル断熱材で覆った（写真 3.4）。試行は以下のように行われた。

試行 1：反射板中央にポリエステル断熱材なし

試行 2：反射板中央に 42 cm のポリエステル断熱材 1 枚（反射が有効な幅片側 63 cm）

試行 3：反射板中央に 84 cm のポリエステル断熱材 2 枚（反射が有効な幅片側 42 cm）



写真 3.4：反射板中央に開口部を設けることを想定して幅 42 cm のポリエステル断熱材を置いた様子。

1 / 3 オクターブ・バンドでの測定結果、どの試行の音圧レベルの変動もあまり変化がなかった。しかしながら 400 Hz において反射板中央にポリエステル断熱材を置いた方が、音圧レベルが上昇したことから、反射板中央にポリエステル断熱材があることによって、400 Hz 付近の周波数帯で起こっていた逆位相現象が軽減された可能性が示唆された。この実験では、反射板中央に開口部を設けても観客席に対する音色の変化は少ないことが示唆されたが、ポリエステル断熱材と実際の反射板に開口部を設けた場合には異なる現象が起こることが予想される（図 3.6）。

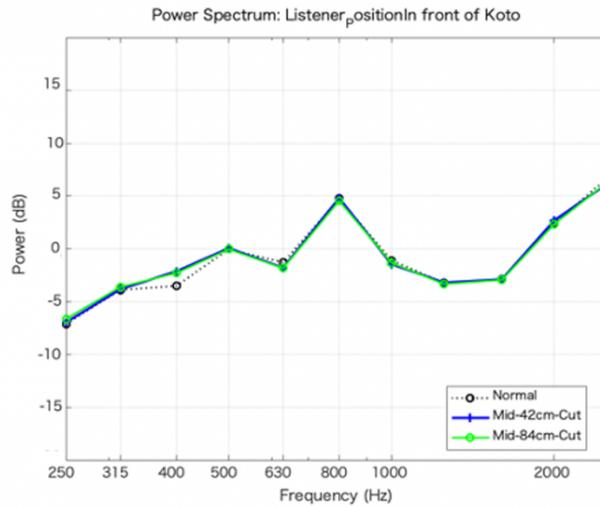


図 3.6: 反射板中央にポリエステル断熱材を置き、反射有効範囲を変化させた時の音圧レベルの変動。縦軸は音圧 dB、横軸は周波数を表す。キャプション中、「Mid-42cm-Cut」は 42 cm 幅のポリエステル断熱材を反射板の中央に 1 枚置いた状態、「Mid-84cm-Cut」は 2 枚置いた状態を示す。

### 3.3.3 反射板の形状が後方の奏者の演奏音に及ぼす影響

ここでは、前方の立奏台の反射板の形状が、後方の奏者の演奏音に与える影響を調査する。前方の奏者位置には 2 枚板 -1 型の立奏台を配置し、後方の奏者位置の箏には振動スピーカを取り付け、横幅 170 cm / 上下幅 35 cm / 取り付け角度 60° の反射板を取り付けた立奏台を配置した。2 枚板 -1 型立奏台の反射板上部の 15 cm の横板を着脱させ、反射板上部の隙間の有無によって、後方の奏者の演奏音に周波数特性の変化があるのかを調べた。また、床面にポリエステル断熱材を敷きつめ、床面反射の影響も併せて調査した。箏前方の受音点において集音し、1/3 オクターブ・バンドで分析した (写真 3.5)。

測定における試行は以下の通り。

- 試行 1: 反射板上部の 15 cm の横板あり / 床面ポリエステル断熱材なし
- 試行 2: 反射板上部の 15 cm の横板あり / 床面ポリエステル断熱材あり
- 試行 3: 反射板上部の 15 cm の横板なし / 床面ポリエステル断熱材あり
- 試行 4: 反射板上部の 15 cm の横板なし / 床面ポリエステル断熱材なし

測定の結果、反射板上部に隙間ができることによって 630 Hz で音圧レベルが上昇している様子がみられた。しかしながら他の周波数帯域では、反射板上部の隙間の有無よりも、床面からの反射がより影響があるようにみられた。例えば 500 Hz では、床面にポリエステル断熱材を敷くことにより、音圧レベルが上昇していることがわかる（図 3.7）。



写真 3.5：測定の様子。後方の箏に振動スピーカを取り付け、前方に 2 枚板 - 1 型の立奏台の 2 枚の反射板で構成されているうちの上部の 15 cm の横板の着脱した場合にどのような周波数特性があるのかを調査した。

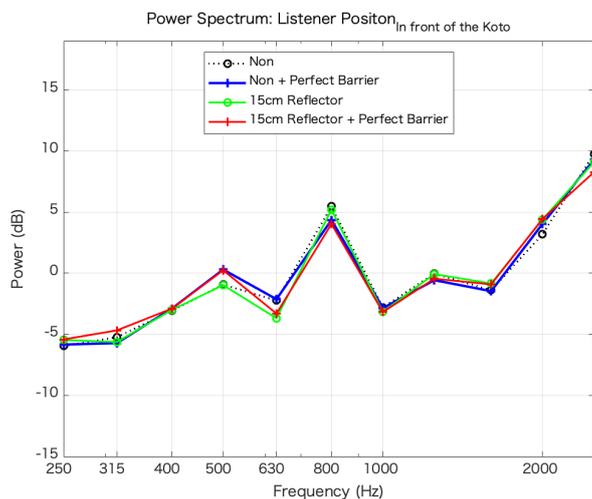


図 3.7: 2 枚板 - 1 型の立奏台の反射板上部の 15 cm の横板の着脱、または床面にポリエステル断熱材を敷きつめた際の箏前方の受音点での測定結果を示す。縦軸は音圧 dB、横軸は周波数を表す。キャプション中、「Non」で表した線グラフは、2 枚板 - 1 型の立奏台の反射板上部の 15 cm の横板がない状態を示し、「15 cm Reflector」で横板を取り付けた状態を表す。また、「+ Perfect Barrier」は床面にポリエステル断熱材を敷いた状態を示す。

この測定では、反射板上部の隙間は箏前方の受音点ではあまり影響を及ぼさないことがわかったが、周波数帯域によってはわずかではあるが音圧レベルの変動がみられた。これらのことから、反射板上部に隙間を設けるだけでは、後方の奏者の演奏音を観客席側へ通過させるには不十分であり、無響室内で測定を行う際には反射板中央に開口部を設けたものを用意する必要が示唆された。

以上の調査から、本研究では長さ 170 cm / 上下幅が最大 53 cm / 角度 60° の反射板を備えた立奏台を採用した。この反射板は、まず、両音穴からの発音の反射を考慮した長さであり、次に、上下幅は音穴から反射板までの距離を 10 cm、受音位置を 150 cm に設定し、反射板の上下幅の半分の長さを半径とし、440 Hz 以上の周波数を反射させることができるフレネルゾーン<sup>6</sup>を想定した(音速 344 m/s)。さらに角度は、多くの立奏台で採用されていることから決定した。測定する反射板は、箏の底面と反射板上部の間に 5 cm / 10 cm / 15 cm の隙間をあけ、上下幅を変更したものと、反射板の中央から龍角側と雲角側へ ±10 cm / ±20 cm / ±30 cm の開口部を設けたものを用意した。また、それぞれを組み合わせたものおよび箏底面から床までを覆った一枚板状のもの、反射板を使用しないものを合わせた計 17 種類の測定を行なった(図 3.8)。

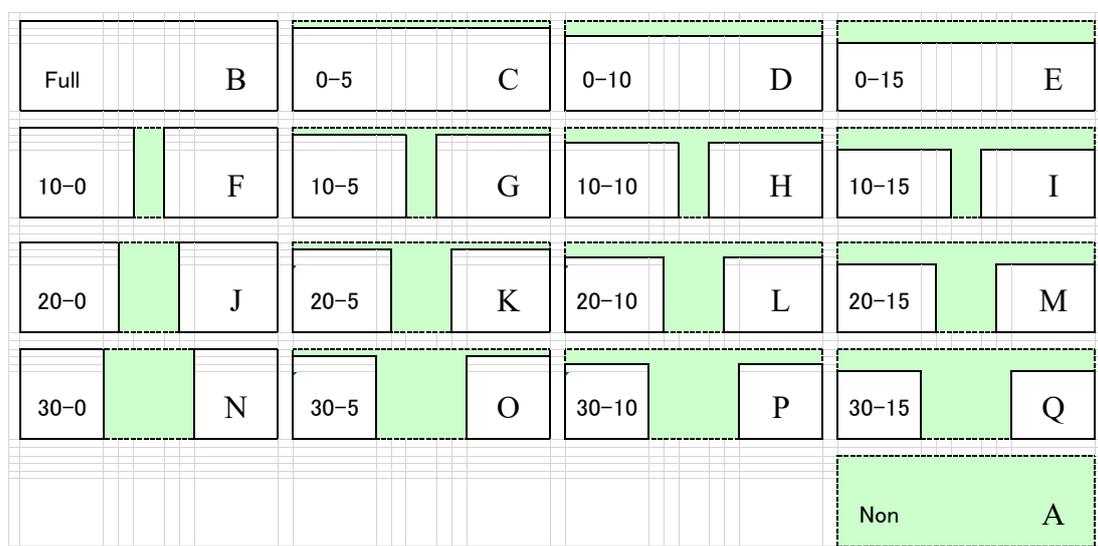


図 3.8: 測定した反射板の種類。板がある部分は白で示し、取り除いた部分は着色した。反射板が一枚板のもの、上下幅や中央の開口部を変更した反射板、そして反射板を使用しないものの計 17 種類の測定を行なった。

<sup>6</sup> フレネルゾーンは  $r = \sqrt{\frac{c}{2fc} \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$  で表される式で、どの程度の大きさの壁面が音を鏡面反射するのか、またはどの程度の大きさの壁面が音を完全に遮断するのかなどの算出に用いられる。fc [Hz] 以上を反射するために必要な半径 r [m]。d<sub>1</sub> は発音源から反射までの距離、d<sub>2</sub> は反射板から受音点までの距離を示す。c は音速 344 m/s。

## 第 4 章 無響室における異なる反射板の音響物理測定

### 4.1 無響室における音響物理測定

本研究は、合奏を行う際に用いる立奏台の反射板の検討することを目的としており、反射板上部の隙間や中央の開口部を変化させ、空間を設けることにより後方の奏者の演奏音を遮らず観客席側へ通過させ、なおかつ奏者の演奏しやすい反射板を求めている。そこで、2018 年 8 月 30 日から 31 日にかけて、電気通信大学の無響室<sup>7</sup>において、異なる反射板を取り付けた立奏台に振動スピーカを設置した箏を載せ、音響物理測定を行った。

#### 4.1.1 測定範囲

先行研究において、白砂・中村（1975）は横幅 450 cm × 高さ 210 cm × 奥行き 250 cm の 253 点、Leonard（2011）のグランドピアノを対象とした研究では、横幅 275 cm × 高さ 100 cm × 奥行き 300 cm の 1336 点で測定した。それぞれの研究におけるマイクロフォン間隔は、50 cm と 25 cm（ピアノから 3 cm）だが、その測定範囲などに関する明確な理由は述べられていなかった。本研究では、マイクロフォン・アレイのマイク間隔を 25 cm に設定し、63 箇所（7×9）の收音を一度にできるようにした。横幅は箏の絃の半分を中心とした左右 ±100 cm（200 cm）に奏者後方の左右側面の 100 cm を加えた最大 400 cm / 高さは 175 cm に設定した。奥行きは奏者の耳の位置や後方の演奏者の位置を考慮し、前方 100 cm / 後方 150 cm の合計 250 cm から楽器と重なる部分（18 箇所）を除外し、側方の測定範囲を一部除外した 927 点の範囲の測定を行った。測定範囲は図 4.1 に示す。

#### 4.1.2 使用器材

- |                 |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|
| ・ 箏             | 株式会社 SEION より借用                   |
| ・ 立奏台           | 筆者製作（株式会社 SEION より一部を借用）          |
| ・ 振動スピーカ        | 株式会社弦奏 JAPAN 社 弦奏                 |
| ・ マイクロフォン       | JTS 社製 CX-500 × 63<br>AKG C411 PP |
| ・ オーディオインターフェイス | Antelope Audio 社製 MA 32 × 2       |
| ・ DAW ソフトウェア    | Steinberg 社製 Nuendo 6             |

<sup>7</sup> 東京都調布市にある電気通信大学の無響室。部屋容積は吸音楔を除き 540 cm (W) × 540 cm (D) × 300 cm (H)。

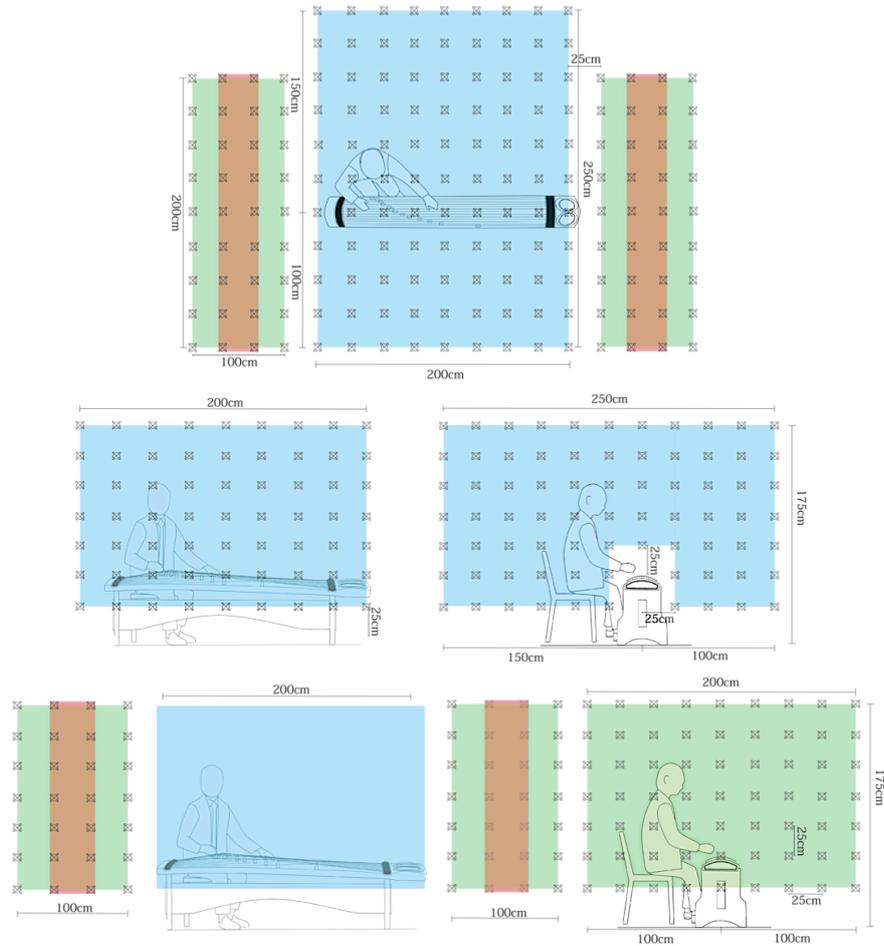


図 4.1：測定範囲を俯瞰、正面、横からの図で表す。側方の測定範囲で除外する範囲は図中に赤色で示す。

#### 4.1.3 マイクロフォン・アレイについて

小型マイクロフォンを取り付けるマイクロフォン・アレイには、市販の 5 cm 間隔メッシュパネルとペーパークリップ、0.5 mm プラスチック素材の板を使用した。固定するプラスチック板は縦 5 cm × 横 1 cm に切り出し、反射などの影響を考慮して表面にはフェルトを貼り付けた（写真 4.1 左）。マイクロフォン・アレイは大型ストレートスタンドの上部に棒を通し、吊り下げる形で固定した。また、最下部のマイクロフォンは床から上に 30 cm のところに設置され、床から 2 つ目のマイクロフォンがちょうど振動スピーカの正面に位置するように設置した。マイクケーブルの重さなどでマイクロフォンが落ちてしまう可能性があるため、マイクロフォンスタンドを置きケーブルを固定した（写真 4.1 右）。



写真 4.1: アレイへのマイクロフォン取り付けの様子。左は作成したマイクロフォンのクリップ、右は無響室での測定の様子をしめす。プラスチック板のマイクロフォンクリップの表面にはフェルトが貼られている。



写真 4.2: 無響室での測定の様子。左の写真では箏の下には一枚板状の反射板が設置されている。振動スピーカを再生したとき、箏の表面には張られている絃が振動してしまうため、布を絃に挟み込んで振動を抑えた。

#### 4.1.4 測定する反射板の形状

測定する反射板は、箏の底面と反射板上部の間に 5 cm / 10 cm / 15 cm の隙間をあけて上下幅を変更させたものと、反射板の中央から左右（龍角・雲角側）へ  $\pm 10$  cm /  $\pm 20$  cm /  $\pm 30$  cm の開口部を設けたものを用意した。また、それぞれを組み合わせたもの、および箏底面から床までを覆った一枚板状のもの、反射板を使用しないものを合わせた計 17 種類の反射板を取り付けて測定を行なった（図 3.8 再掲）。これらの異なる形状の反射板が箏の近傍、つまり箏の前方や奏者の背後の空間で、どのような音圧レベルの変動があるのかを調査した。

これらの反射板はそれぞれの形状に変更するため組み立て式のものを制作した。基本構造をダンボールで製作し、反射板の表面には厚さ 5 mm のプラスチック板を接着した。

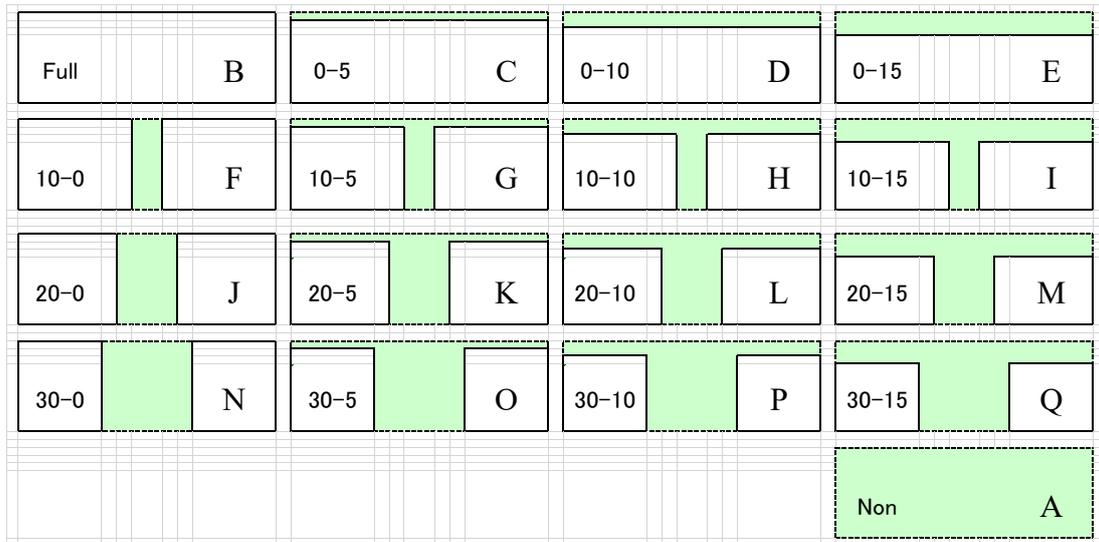


図 3.8: 測定した反射板の種類。板がある部分は白で示し、取り除いた部分は着色した。反射板が一枚板のもの、上下幅や中央の開口部を変更した反射板、そして反射板を使用しないものの計 17 種類の測定を行なった。

#### 4.1.5 測定方法

反射板の影響のみの測定を行うため、箏と立奏台の接点にはシリコンを挟み込み、箏から立奏台の脚への振動の影響を除いた。また、実際の演奏を想定しているため床面には合板を設置した(写真 4.2)。箏の発音は、振動スピーカを専用の柱を用いて取り付けおこなった。振動スピーカの精度が取り付ける度に音響の変化があったため、測定中の取り外しは行わなかった。また箏の弦も振動してしまうため、布を弦に挟み込んで振動を抑えた。收音ではマイクロフォン・アレイを動かさず、任意の距離に箏を設置し TSP 信号を再生し録音した。その後、反射板を組み替え、次の收音を行なった。17 種類の反射板の收音終了後、箏自体を動かし、その際に床面の合板も並び変えた。後方や左右の測定範囲での收音を行う際には箏を回転し、レーザー墨出し機から照射される正中線と水平線を用いて設置した。測定後は MathWorks 社製の MATLAB (R2018b) を用いて 1/3 オクターブ・バンドを用いて分析を行う。また、1/3 オクターブ・バンドを用いた周波数特性の分析は音源に含まれる周波数特性の特徴を観察するために有用であるが、バンドパスフィルタを用いることによって、箏の音色に含まれる周波数特性に置いて見落としが出てしまう可能性を考慮し、箏の基音と倍音に含まれる周波数帯域でも分析を行右こととした。結果はプログラミング言語 Python (version 3.7.2) を用いてそれぞれの周波数ごとに図示した。

## 4.2 測定結果

一枚板で箏の底面から床面までをすべて覆う反射板と、反射板上部の隙間（龍角側 5 cm / 10 cm / 15 cm）、または中央の開口部（±10 cm / ±20 cm / ±30 cm）を変えた場合、さらにそれらを組み合わせることによってどのように変化するのか、それぞれの測定点を 1/3 オクターブ・バンドおよび箏の基音と倍音で分析し、測定範囲を横から観察した。この際、音の大きさが 1.25 倍となる 2 dB 以上の音圧差を変動が顕著であるとし、それ以下は考慮に入れなかった。観察するうえで、奏者の耳の位置が含まれると考えられる範囲を中層、そのほかを上層、下層とした。

また、箏の前方と後方に分け、箏の真上は直上とした。さらに振動スピーカを設置した箏の中心点のある位置を中心 oCo、左右に龍角側の R1 / R2 / R3 / R4、そして雲角側の L4 / L3 / L2 / L1 というように観察した（図 4.2）。また、振動スピーカの着脱により再生精度が落ちてしまうことを考慮し、3150 Hz より上の周波数帯域は観察しなかった。箏の直下に基準点として設けたマイクロフォンは、測定中に不具合を起こし使用できなかったため、最大値を 0 dB としてその音圧差を観察した。また、63 チャンネル（前方 L4 最下層 25 cm から 100 cm、後方 R4 最下層 25 cm から 150 cm）は測定中に脱落してしまったため分析から除外した。

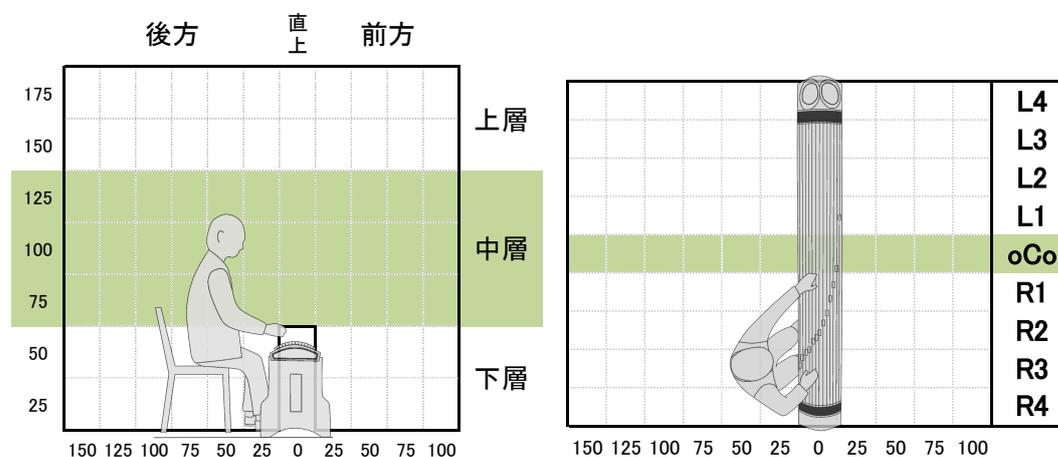


図 4.2：左の図は測定範囲を真横から観察した図、右の図は俯瞰図を表す。横軸は測定範囲の奥行きを示し、縦軸は左の図では高さ、右の図では雲角側から龍角側までのそれぞれの列（単位 cm）を表す。測定範囲のうち、演奏者の耳の位置と考えられる範囲を中層とし、そのほかを上層、下層とした。また箏の前方・後方に分け、箏の真上は直上とした。

本実験で使用したそれぞれの反射板から得られる箏近傍の測定結果は、床面からの反射のほか、箏を支える立奏台の脚板の影響も考えられるため、より複雑な音の変動が起こっていることが予想される。そのため、はじめに、反射板 A（反射板がなく、箏自体を支える脚板のみ）と反射板 B（箏の底面から床面まで隙間なく覆った反射板）を 1/3 オクターブ

ブ・バンドで分析し、その結果を比較した。また、この章で取り扱った音響物理測定の結果は別紙資料に図 AP.1 / 図 AP.2 / 図 AP.3 / 図 AP.4 / 図 AP.5 / 図 AP.6 としてまとめて掲載する。

#### 4.2.1. 反射板の有無による音圧レベルの変動

立奏台に反射板を取り付けることによるそれぞれの周波数帯域での音圧レベルの変動を観察した。ここでは反射板 A の状態から反射板 B に変更することによって、音圧レベルがどのように変動したかについて述べる。はじめに箏の前方における音圧レベルの変動について、次に後方の測定範囲における変動について述べる。

##### 4.2.1.1 箏の前方での音圧レベルの変動

まず、箏の前方の測定範囲において、250 Hz では全体的な音圧レベルの変動はあまり大きくなかったが、箏の奏者のいる龍角側よりも奏者の左手側にあたる雲角側の音圧レベルが大きいことがわかった。また、反射板を取り付けることによって、龍角側の R3 の前方 25cm かつ下層で最大 7 dB の音圧レベルの上昇があったが (図 AP.1 あ)、雲角側では箏の中心から離れるほど音圧レベルが低下する測定点がいくつかみられ、L4 では -8 dB だった (図 AP.1 う)。

315 Hz では龍角側と雲角側に音圧レベルの差はあまりなかったが、反射板を取り付けることによって、250 Hz のように下層での音圧レベルの上昇がみられた。しかしながら、上層にかけても音圧レベルが上昇する傾向がみられ、特に前方 25 cm の箏の中心に近い位置ではその変動が顕著で、箏の中心 (oCo) では前方かつ上層で最大 15 dB (図 AP.1 お)、龍角側では中層で 15 dB (図 AP.1 え)、雲角側では上層で 16 dB の音圧レベルの上昇を観測した (図 AP.1 か)。

400 Hz では、315 Hz でみられたような 10 dB を超える大きな音圧レベルの変動はなかったが、以前として箏の前方で上昇する傾向がみられ、雲角側では反射板を取り付けることによって前方での音圧レベルが上昇した。しかしながら龍角側では、上層から中層かつ前方 25 cm から 50 cm の箏の中心に近い測定位置、例えば R1 で音圧レベルが低下する傾向があった (図 AP.1 き)。また、この R1 の前方 100 cm や R4 の前方 75 cm などでは中層でも音圧レベルが低下する測定点もみられた (図 AP.1 く)。

500Hz では反射板を取り付けることによって、龍角側だけでなく雲角側でも上層から中層かつ前方で音圧レベルが低下する傾向がみられた。特に雲角側の L1 では、下層では音圧レベルが上昇する傾向がみられるものの、中層の多くの測定点で音圧レベルが低下しており、前方 100 cm で -8 dB だった (図 AP.1 さ)。また、L3 でも上層から中層かつ前方 25 cm から 50 cm で音圧レベルが低下した (図 AP.1 し)。

630Hz では 500 Hz と同様に龍角側、雲角側ともに上層から下層にかけて音圧レベルが低下している測定点が多く見られたが、龍角側 R3 の中層かつ前方 100 cm (図 AP.1 セ) や、雲角側の L3 の中層かつ前方 75 cm (図 AP.1 チ) などの一部で音圧レベルの上昇がみられた。

800 Hz も、500 Hz や 630 Hz と同様に、上層から下層にかけて音圧レベルが低下する傾向があったが、龍角側 R4 の中層かつ前方 100 cm では音圧レベルが上昇した測定点もみられた (図 AP.1 ツ)。1000 Hz でも上層から下層かつ後方の多くの測定点で音圧レベルが低下しており、R3 の下層かつ前方 25 cm では反射板を取り付けることによって -6 dB 低下した (図 AP.1 ナ)。一方、上層では、R1 の前方 50 cm や 100 cm などで最大 5 dB 音圧レベルが上昇する測定点もみられた (図 AP.1 ト)。

1250 Hz では、大きな音圧レベルの変動はみられなかったが、主に下層での音圧レベルの低下が多くみられた。特に龍角側ではその傾向が強く、R1 では下層かつ前方 50 cm で -5 dB の音圧レベルの低下がみられたが、前方 75 cm では 4 dB 上昇した (図 AP.1 ニ)。しかしながら 2.5 dB を超える音圧レベルの上昇があったのは R1 だけで、R4 などでは前方 75 cm で音圧レベルが低下していた (図 AP.1 ネ)。また、L1 (図 AP.1 ハ) や oCo (図 AP.1 ノ) など、箏の中心に近い測定位置の上層かつ前方 50 cm から 75 cm で -3 dB の音圧レベルの低下がみられた。

1600 Hz でも、1250 Hz と同様の音圧レベルの変動をみることができた。しかしながら、箏の中心に近い中層で音圧レベルの低下がみられ、R1 の中層かつ前方 50 cm では音圧レベルが -6 dB の測定点もみられた (図 AP.1 ヒ)。また、龍角側の R4 上層かつ前方 75 cm でも音圧レベルが低下した (図 AP.1 フ)。

#### 4.2.1.2 箏の後方での音圧レベルの変動

次に、箏の後方の測定範囲における音圧レベルの変動について言及していく。立奏台に反射板を取り付けることによって、後方での音圧レベルは多くの測定点で低下したが、周波数帯域によっては中層から下層などで音圧レベルが上昇する傾向がみられた。

250 Hz では、反射板を取り付けることによって、龍角側と雲角側共に後方への音圧レベルに低下がみられた。特に、上層かつ後方 75 cm から 100 cm の測定位置で 2.5 dB 以上の音圧レベルの変動がみられ、雲角側の L2 では最大 -6 dB の低下が観察された (図 AP.1 イ)。また、後方にいる奏者の耳の位置として想定されている中層では、反射板を取り付けることによって音圧レベルが低下したが、後方 125 cm から 150 cm では音圧レベルが上昇し、龍角側の R3 では中層から下層かつ後方 125 cm で 4 dB 前後の上昇がみられた (図 AP.1 ア)。

315 Hz でも 250 Hz と同様、後方において音圧レベルが低下する傾向がみられた。龍角側の R1 では下層 50cm かつ後方 50 cm で -11 dB を記録した (図 AP.1 え) が、特に箏の中心から雲角側にかけての音圧レベルの低下が著しく、L1 では中層かつ後方 75 cm から 100 cm で -10 dB 以上の低下がみられた (図 AP.1 か)。一方、箏の中心に近い測定位置の上層から中層かつ、後方 25 cm から 75 cm では、音圧レベルが上昇する測定点もみられた。箏の中心 oCo (図 AP.1 お) や雲角側 L1 では、上層かつ後方 50 cm で 9 dB の音圧レベルの上昇がみられた (図 AP.1 か)。

400 Hz でも前述と同じように後方での音圧レベルの低下がみられ、特に下層では顕著であったが、上層から中層かつ後方 150 cm で音圧レベルが上昇する傾向もみられた。この傾向は雲角側でより強く、L3 では、中層かつ後方 150 cm で 7 dB の音圧レベルの上昇がみられた (図 AP.1 け)。

500 Hz も同様で、後方では上層から下層にかけて音圧レベルが低下していたが、後方 150 cm の測定位置における音圧レベルの上昇はなかった。龍角側では、下層で音圧レベルが低下しているのが多くみられたが、雲角側では上層かつ後方 125 cm で局所的な音圧レベルの低下が観察でき、L1 では -10 dB 程度の音圧レベルの低下がみられた (図 AP.1 き)。

630 Hz でも、反射板を取り付けることによって後方への音の放射が遮られる傾向があり、音圧レベルの低下がみられた。これは龍角側から雲角側までみられる現象であるが、箏の中心に近い位置ではより顕著にみる事ができた。oCo での音圧レベルの変動は著しく、後方 100 cm から 150 cm で -10 dB 程度の音圧レベルの低下がみられたが、下層では音圧レベルが上昇している測定点もみられた (図 AP.1 そ)。

800 Hz では、630 Hz と同様、一部の測定点を除いて音圧レベルが低下する傾向があったが、立奏台に反射板を取り付けることによって局所的な音圧レベルの低下が解消、または発生することがわかった。反射板がない場合には、床面からの反射の影響で測定範囲内の上層から下層にかけて音圧レベルが大きいことがわかる。反射板を取り付けることによって、後方での音圧レベルは全体的に低下する傾向がみられたが、興味深いのは下層かつ後方で音圧レベルが上昇したことである。龍角側では全体的に音圧レベルが低下するものの、R4 などでは、中層から下層かつ後方では音圧レベルが上昇した測定点もみられた (図 AP.1 つ)。

1000 Hz においても、反射板を取り付けることによって下層かつ後方 50 cm では -7.5 dB の音圧レベルの低下が散見され、龍角側の R3 では、後方 125 cm から 150 cm にかけて -5 dB 以上の音圧レベルの低下が確認された (図 AP.1 な)。しかしながら、下層では音圧レベルが上昇するところもみられた。

1250 Hz でも同様の傾向がみる事ができ、反射板を取り付けることによって後方の上層から中層にかけて音圧レベルが上昇する傾向がみられた。また下層では局所的に変動する測定点もみられ、例えば箏の中心 oCo では、下層かつ後方 75 cm で音圧レベルが低下したのに対し、後方 150 cm では上昇した (図 AP.1 の)。この傾向は 1250 Hz 以上の周波数でもみられた。

### 4.3 範囲を区切った測定結果の観察

4.2 節のように、すべての測定点を観察していくことは可能ではあるが、それぞれの反射板を比較し観察するためには煩雑であるため、その他の反射板の測定結果の詳細は資料にまかせ、ここでは図 4.3 のように範囲を区切り、周波数分析の結果を算出した。例えば、図 4.4 左の俯瞰図における Front L は全ての範囲ではなく、箏の前方、左側の範囲かつ、上層と中層の 25 箇所を平均と標準偏差を求めた。このグラフには折れ線による平均値やエラーバーで標準偏差を示したが、複数の反射板を比較する場合には、見にくさを考慮してエラーバーを除外した。これらのエラーバーを表示したそれぞれの反射板の図も併せて資料にした。観察は 1/3 オクターブ・バンドと、箏の基音と倍音を含めた周波数帯域を範囲とした。さらに標準偏差が 2 dB 以上になった場合はそれぞれの測定値の散らばり具合が大きいと判断し、本論中では音の大きさが 1.25 倍となる 2 dB 以上を対象とした。ここではまず、反射板 A（反射板がなく、箏自体を支える脚板のみ）と反射板 B（箏の底面から床面まで隙間なく覆った反射板）を再度比較した。

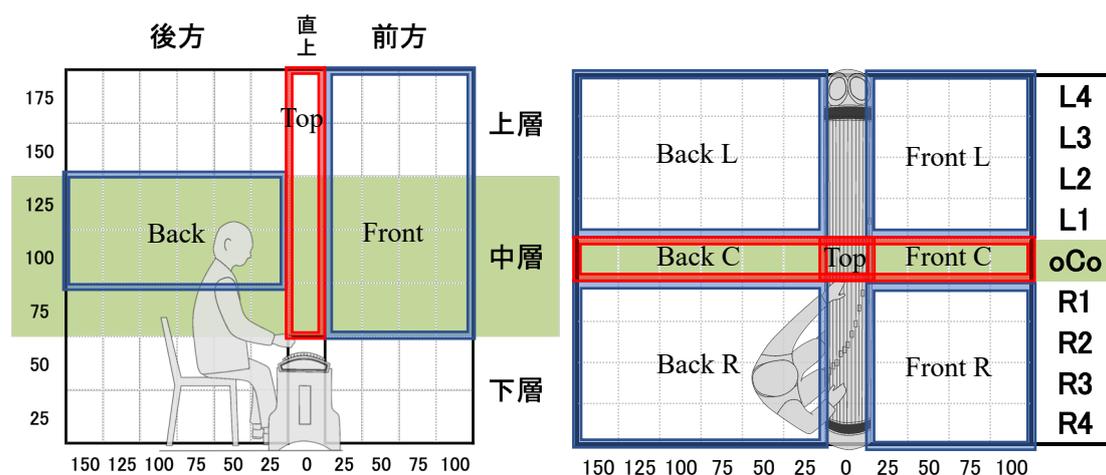


図 4.3：異なる形状の反射板による箏近傍の音圧レベルの変動を観察するために区切った範囲を示す。箏の前方下層は床面反射の影響が大きいと判断し除外し、中層・上層のみを観察した。また後方の範囲は演奏者の耳の位置を想定している。さらに演奏者のいる龍角側を R、箏の中心を C、演奏者の左手側にあたる雲角側を L として観察した。

まず、1/3 オクターブ・バンドで周波数分析した結果をみていくと、反射板を取り付けた場合、箏の前方では 315 Hz での音圧レベルが上昇し、雲角側（Front L）では 400 Hz でも同様に上昇していた。500 Hz から 1000 Hz の間では龍角側、雲角側ともに音圧レベルが低下している様子がみられた（図 AP.2 あ / う）。箏の基音と倍音における周波数分析の結果でも、1/3 オクターブ・バンドの時と同じ傾向にあった。低音域は音圧レベルが上昇したが、440 Hz から 990 Hz の間では反射板を取り付けた場合の方が低下している傾向

がみられた。それ以上の周波数帯域では反射板の有無による差は小さく、標準偏差にもあまり差はなかった（図 AP.2 い / え）。

箏後方において、龍角側（ Back R ）の 500 Hz や、雲角側（ Back L ）の 315 Hz 、 500 Hz から 800 Hz の間では、反射板を取り付けることにより、音圧レベルの低下がみられたが、そのほかの周波数帯域ではあまり変化はみられず、音圧レベルが上昇している様子もみられた（図 AP.2 お / き）。箏の基音と倍音における周波数分析の結果でも同じ傾向にあった。

箏の中心の前後方向（ Front C および Back C ）では、前方で音圧レベルが低下している傾向にあった。これは、前述した箏前方の龍角側と雲角側の中音域でおこっていた現象と同様だった。一方、後方では、反射板が音穴から後方への音の放射を遮蔽することによって音圧レベルが低下していると考えられることができるが、1250 Hz 以上の周波数帯域では反射板がある場合の方が音圧レベルの上昇する傾向がみられた（図 AP.2 け / き）。

このように、観察する範囲を定め、反射板の有無による音圧レベルの変動傾向を確認していったが、その範囲内での変動した音圧レベル差は大きく、標準偏差が 2.5 dB 以上になる周波数帯域もあった。以下に反射板 A と B の標準偏差の値をグラフで示した（図 4.4 ）。

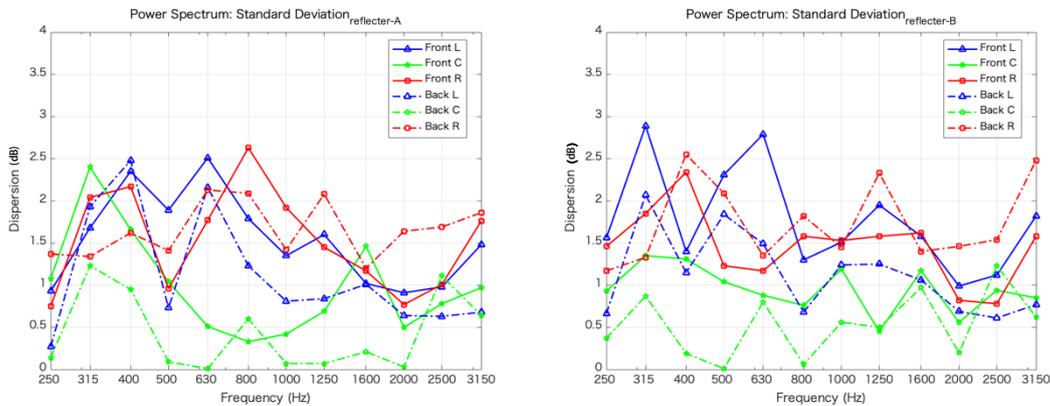


図 4.4: 反射板 A と B における標準偏差。図中の縦軸は標準偏差（ dB ）、横軸は周波数帯域（ Hz ）を示す。

このグラフから、前方では上層から中層までの広い範囲に区切っているため、それぞれの測定点での音圧レベルの差があり、標準偏差も大きくなっていることがわかる。反射板 A で標準偏差 2.5 dB を越えたのは 前方かつ龍角側の 800 Hz と雲角側の 630 Hz であり、反射板 B では、前方かつ雲角側の 315 Hz 、 630 Hz であった。また、箏の中心の前後方向では標準偏差が小さいことがわかる。

反射板 A と反射板 B を比較したとき、立奏台に反射板を取り付けることによって、箏前方では低音域の音圧レベルが上昇し、中音域より上の周波数帯域では低下する傾向があった。後方では、反射板を取り付けることにより全体的に音圧レベルが低下する傾向にあっ

たが、龍角側と雲角側では異なる変動をし、反射板があることによって音圧レベルが上昇する周波数帯域もあった。

#### 4.3.1 反射板上部の隙間の変更

白砂と中村の研究にもあるように、立奏台に反射板を取り付けることによって音穴から放射された音を観客席側へ反射させ、発生した周波数の逆相現象などを軽減することができると考えられているが、どの程度の反射板の上下幅が必要なのかは述べられていない。

本学で使用されているアカンサス型の立奏台のように、反射板下部に隙間があるものはあるが、これは音響的な理由ではなく、観客席からの見栄えなどを考慮して採用された形状である。反射板上部に隙間を設けることによって、音穴から放射された音を観客席側へ届ける反射板の効果は少なくなると考えられるが、放射された音が床面に反射することにより、後方の奏者の耳に演奏音が届きやすくなるのではないかと推測した。そこで、反射板上部の隙間を 5 cm / 10 cm / 15 cm に変更し、その差を観察した (図 4.5)。この際、龍角側と雲角側の脚の高さは演奏のしやすさを考慮して異なっており、龍角側の方が高くなっている。そのため龍角側の反射板上部に 5 cm の隙間を設けた場合、雲角側は変化しない。

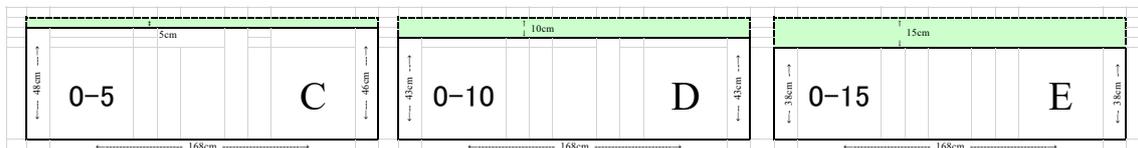


図 4.5: 比較した反射板の形状を示す。左から反射板上部に 5 cm / 10 cm / 15 cm の隙間を設けた。

はじめに、箏前方における音圧レベルの変動は、反射板 B (箏の底面から床面まで隙間なく覆った反射板、Full と表記) と比べ大きくなかったが、雲角側では隙間を広げることによって、低音域の 315 Hz の音圧レベルが低下していくことがわかった。一方、500 Hz 以上の周波数帯域、例えば 630 Hz などでは一転して音圧レベルが上昇した。1250 Hz 以上でも、反射板上部の隙間が広がることによって音圧レベルが上昇する傾向がみられたが、その差はわずかであった (図 AP.3 あ / う)。

箏の基音と倍音の周波数帯域での分析結果でも、音圧レベルの変動は 1/3 オクターブ・バンド帯域と同じ傾向にあった。箏の前方での音圧レベルの変動を確認すると、反射板上部の隙間を設けることによって、龍角側では 392 Hz 以下の周波数帯域で反射板 B (Full) より音圧レベルは低下する傾向がみられた。また 440 Hz より上の周波数帯域では隙間が広がることによって音圧レベルが上昇している傾向があり、880 Hz までの間では雲角側 (Front L) でよりその傾向がみられた (図 AP.3 え)。1398 Hz 以上の周波数帯域では龍

角側、雲角側ともに音圧レベルが上昇する傾向にあったが、雲角側とは異なり龍角側（Front R）では、1175 Hz から 1320 Hz の間でも音圧レベルが上昇した（図 AP.3 い）。

後方では、龍角側と雲角側で傾向が異なり、315 Hz において龍角側（Back R）では反射板上部の隙間が広がることによって音圧レベルが低下する傾向があるのに対して、雲角側では上昇した（図 AP.3 お）。反射板 B と比較すると、500 Hz において龍角側では、反射板上部に隙間を設けることによって音圧レベルは上昇するが、隙間を広げるほどに上昇するというわけではなく、10 cm の隙間を設けた反射板 D（0-10）の場合、反射板 C（0-5）の時よりも音圧レベルが低かった。また、630 Hz 以上の周波数帯域では、龍角側に大きな変動はみられなかったが、雲角側（Back L）では反射板上部の隙間を広げることによって音圧レベルが上昇し、630 Hz から 800 Hz の間で音圧レベルが上昇した。しかしながら 1250 Hz 以上の周波数帯域では音圧レベルが低下する傾向がみられた（図 AP.3 き）。

箏の基音と倍音における分析結果では、龍角側（Back R）では 294 Hz から 349 Hz の間で音圧レベルが低下し、440 Hz から 554 Hz の間で音圧レベルが上昇する傾向があったほか、622 Hz 以上の周波数帯域では変動がなかった（図 AP.3 か）。それに対し雲角側（Back L）では、反射板上部の隙間を広げていくことによって 329 Hz 以下の周波数帯域で上昇する傾向があったほか、699 Hz から 880 Hz で音圧レベルが上昇した。しかし 880 Hz より上の周波数帯域では反射板上部の隙間を広げていくことによって音圧レベルが低下する傾向がみられた（図 AP.3 く）。

最後に、箏の中心を起点に前後方向（Front C および Back C）でどのような音圧レベルの変動が起こるのか、1/3 オクターブ・バンドおよび箏の基音と倍音の周波数帯域で観察した。まず、前方における音圧レベルの変動の傾向は、龍角側（Front R）の傾向と似ていたが、1398 Hz から 1568 Hz の間でより音圧レベルが上昇する傾向がみられた（図 AP.3 こ）。

一方、後方では雲角側（Back L）と似た傾向がみられたが、400 Hz から 800 Hz では反射板上部の隙間が広がることによって音圧レベルが上昇し、反射板 B（Full）と比べて大きく音圧レベルが上昇する傾向にあった（図 AP.3 さ）。また、400 Hz から 630 Hz の間では反射板 D（0-10）と E（0-15）に大きな差は見受けられなかった。箏の基音と倍音の周波数帯域の 392 Hz から 880 Hz の間では反射板上部の隙間が広がることによって音圧レベルが上昇する傾向にあり、784 Hz から 880 Hz では、反射板 D（0-10）と E（0-15）に大きな差はないようにみえた。しかしながら 699 Hz から 880 Hz では反射板 E（0-15）でもっとも音圧レベルが上昇していた。一方、990 Hz より上の周波数帯域では反射板上部の隙間が広がることによって音圧レベルが低下する傾向がみられた（図 AP.3 し）。

これらの3つの反射板の標準偏差を観察すると、低音域で標準偏差が大きくなっており、音圧レベルの変動に差があるということがわかった。前方かつ龍角側（Front R）では、反射板 C（0-5）の 630 Hz、反射板 E（0-15）で標準偏差 2.5 dB を越え、雲角側（Front L）では 315 Hz において、すべての反射板で標準偏差が 3.0 dB を越えた。また、反射板 C（0-5）では 630 Hz のときに標準偏差が 2.5 dB を越えている。これらのことから、反射板上部の隙間を広げていくことによって、前方かつ雲角側の低音域 315 Hz の測定点での音圧レベルの変動の差は解消されるものの、龍角側の 400 Hz では音圧レベル差は大きくなることがわかった（図 4.6）。

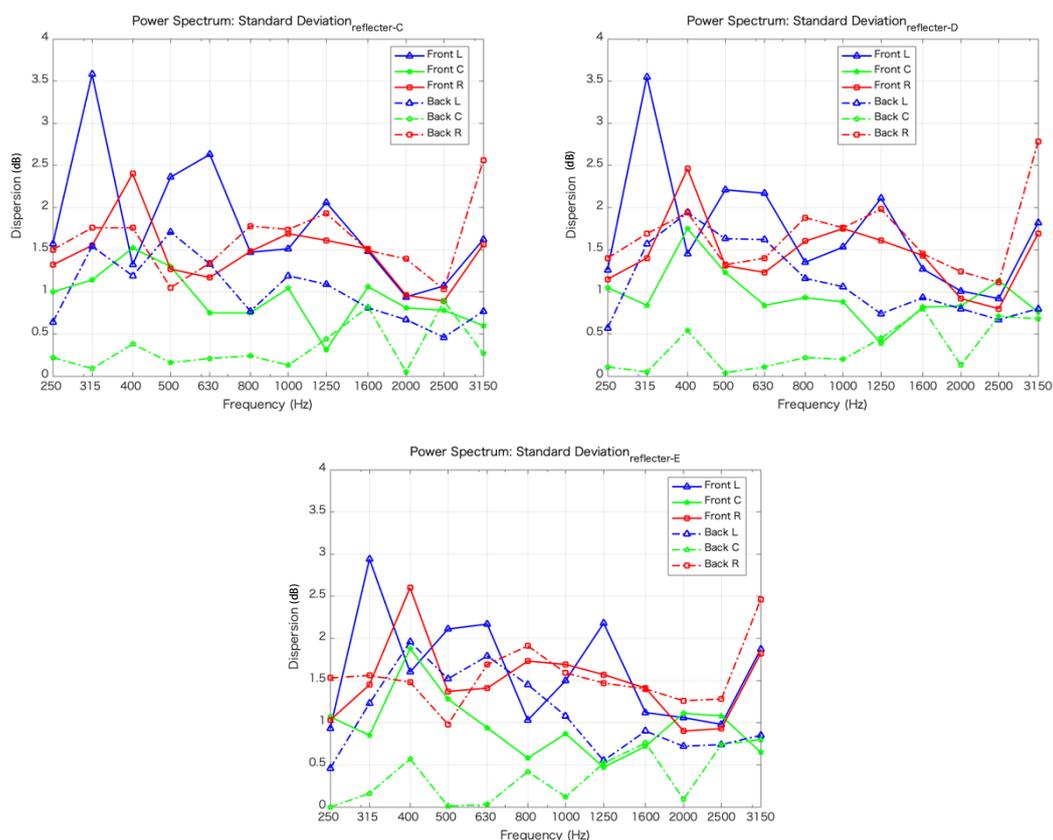


図 4.6: 反射板 C/D/E における標準偏差。図中の縦軸は標準偏差（dB）、横軸は周波数帯域（Hz）を示す。

### 4.3.2 反射板中央の開口部の変更

ここでは、反射板中央に開口部を設け、それを広げることによってそれぞれの周波数にどのような変化があるかを観察した。合奏をおこなう場合、箏が前後に並び演奏することが多く、前方の奏者の立奏台の反射板が後方の奏者の演奏音を遮ってしまっていることが推測される。そのため開口部を広げることによって、後方からの演奏音を遮ることなく観客席側へ届けることができると考えた（図 4.7）。

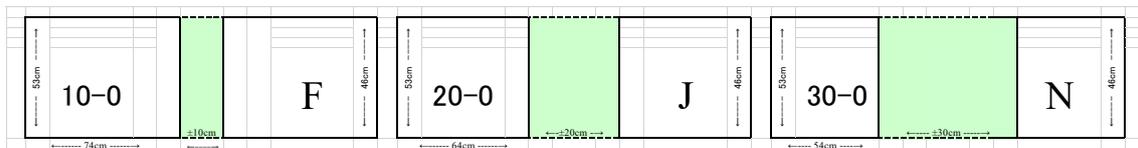


図 4.7 : 比較した反射板の形状を示す。左から反射板中央に  $\pm 10\text{ cm}$  /  $\pm 20\text{ cm}$  /  $\pm 30\text{ cm}$  の開口部を設けた。

まず、1/3 オクターブ・バンド帯域の範囲で観察した結果、反射板中央の開口部を設けた場合と反射板 B（Full）とでは、箏の前方、後方ともに大きな変動はみられなかったが、前方では、龍角側と雲角側の両方で開口部が広がるほど 400 Hz 以下で音圧レベルが低下する傾向があった（図 AP.4 あ / う）。箏の基音と倍音の周波数帯域においても、349 Hz から 415 Hz の間で同じ傾向がみられた（図 AP.4 い / え）。

後方の測定範囲では、龍角側（Back R）は雲角側と異なり、反射板中央に開口部を広げることによる影響をより受けることがわかった。1/3 オクターブ・バンド帯域では 630 Hz 以上の周波数帯域では音圧レベルの変動はほとんどみられないが、400 Hz では開口部を広げるほどに音圧レベルが低下し、500 Hz では上昇する傾向がみられた（図 AP.4 お）。箏の基音と倍音の周波数帯域でも雲角側には大きな変動はないが、龍角側では 392 Hz から 415 Hz の間で音圧レベルが低下し、466 Hz から 523 Hz の間で上昇した（図 AP.4 か）。

つづいて箏の中心を起点とした前後方向（Front C および Back C）では、どのような音圧レベルの変動が起こるのか、1/3 オクターブ・バンドおよび箏の基音と倍音の周波数帯域で観察した。箏の前方では、反射板中央の開口部を広げることにより 400 Hz で音圧レベルが低下し、500 Hz では上昇する傾向があった（図 AP.4 け）。箏の基音と倍音の周波数帯域でも 349 Hz から 440 Hz の間で開口部が広がるほど音圧レベルが低下し、466 Hz から 554 Hz では上昇した（図 AP.4 こ）。また、後方では全体的な傾向が雲角側（Back L）と類似しているが、400 Hz と 500 Hz では龍角側（Back R）と同じように音圧レベルが変動した（図 AP.4 さ）。つまり 400 Hz では開口部が広がるほどに音圧レベルが低下し、500 Hz では上昇した。箏の基音と倍音の周波数帯域でも同様の傾向がみられたが、440 Hz 以下の周波数帯域では反射板 F（10-0）と J（20-0）の間にあまり差はなく、反射板 N（30-0）の場合のみ音圧レベルがわずかに低下した（図 AP.4 し）。また 466 Hz

から 554 Hz では反射板中央の開口部が広がることにより音圧レベルが上昇した。龍角側と異なる点は 630 Hz において反射板中央の開口部が広がることによって音圧レベルに変動がみられる点であり、箏の基音と倍音の周波数帯域でも 622 Hz から 699 Hz で反射板 F ( 10-0 ) のときにもっとも上昇した。

次に、これらの 3 つの反射板の標準偏差を観察すると、どの反射板も前方かつ雲角側 ( Front L ) の 315 Hz で標準偏差が大きくなっており、 3.0 dB を越えていることがわかった。また、反射板中央の開口部を広げていくことによって標準偏差が小さくなっていくが、その差はわずかであった。一方、後方かつ龍角側 ( Back R ) では、反射板 N ( 30-0 ) の 400 Hz のときに標準偏差が 2.5 dB を越えた ( 図 4.8 ) 。

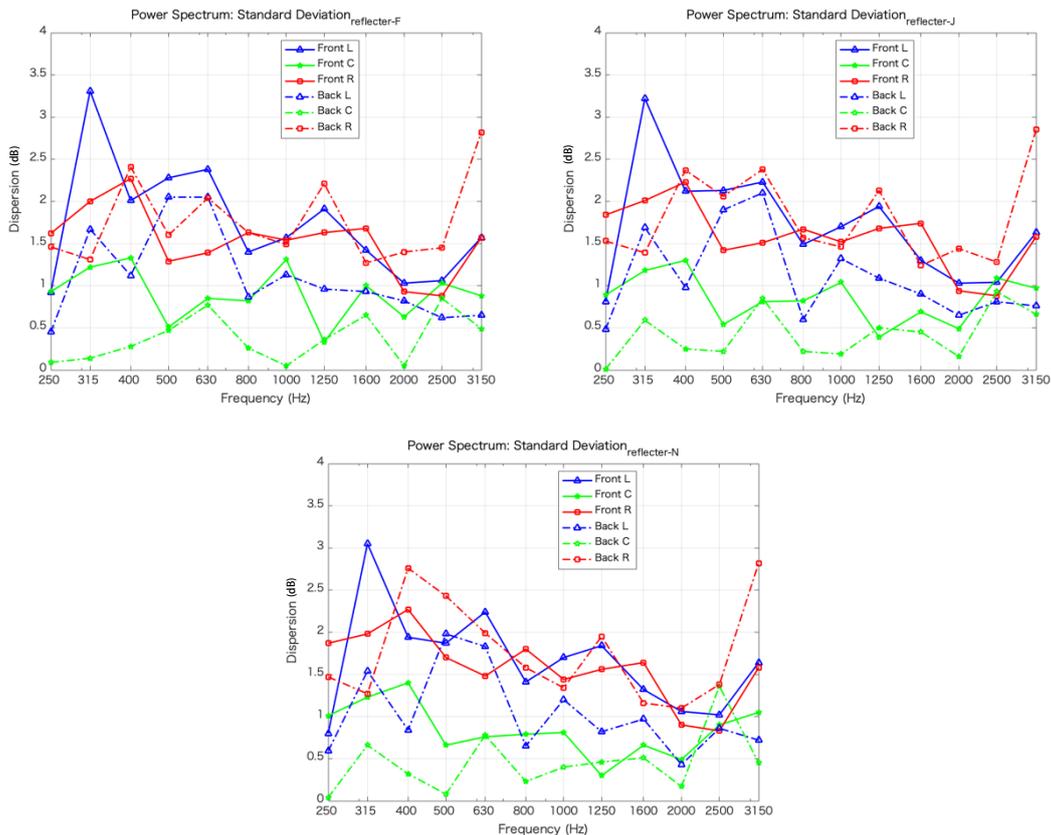


図 4.8: 反射板 F / J / N における標準偏差。図中の縦軸は標準偏差 ( dB )、横軸は周波数帯域 ( Hz ) を示す。

### 4.3.3 中央幅と上下幅の組み合わせ

ここまで、反射板の上部の隙間と中央の開口部を変化させることによって音圧レベルにどのような変動があるのかを観察した。反射板上部の隙間を広げていくことによって、箏前方の測定範囲（Front L/R）では低音域の音圧レベルが低下し、中音域以上では上昇する傾向にあり、後方の測定範囲（Back L/R）では龍角側と雲角側での音圧レベルの変動が異なることがわかった。また、振動スピーカを取り付けた箏の中心を起点とした前後の測定範囲（Front C および Back C）では、前方の低音域で音圧レベルの低下が確認され、1250 Hz 以上の周波数帯域で反射板上部の隙間が広がることによって音圧レベルが上昇する傾向がみられた。一方、後方では、中音域での音圧レベルの上昇がみられたが、1000 Hz より上の周波数帯域では反射板上部の隙間を広げていくことによって音圧レベルが低下する傾向がみられた。

反射板中央の開口部を広げることによる音圧レベルの変動はあまりなかったが、前方では龍角側と雲角側ともに 400 Hz で音圧レベルが低下した。また後方の測定範囲においても、龍角側では 400 Hz で音圧レベルが低下する傾向があった。箏の中心を起点として前後の範囲では、400 Hz 以下の周波数帯域で反射板 N（30-0）の場合のみ音圧レベルがわずかに低下した。また 500 Hz では反射板中央の開口部が広がることによって音圧レベルが上昇したものの、630 Hz では低下する様子が見られた。

これらのことから、それぞれの測定位置や周波数帯域によってその変動は異なるが、後方の奏者の演奏音を観客席側へ通過させることを考慮すれば、隙間や開口部はより広い方が望まれる。また、前方の奏者の演奏音を後方の奏者が聞き取りやすくするための反射板上部の隙間を検討した場合、隙間を 15 cm に開けた反射板 E（0-15）で見られた中音域での音圧レベルの上昇は効果的ではないかと考えた。さらに、反射板中央の開口部を広げた場合にも中音域で音圧レベルの変動がみられるが、±30 cm では 500 Hz 付近での音圧レベルは上昇がみられるものの、630 Hz 付近では低下するといった現象がみられるため、±30 cm では開口部を広げすぎだったのではないかと推測する。これらの結果を踏まえ、反射板上部の隙間が 15 cm のときに中央の開口部を変化させた反射板 I（10-15）/M（20-15）/Q（30-15）の音圧レベルの変動を確認した（図 4.9）

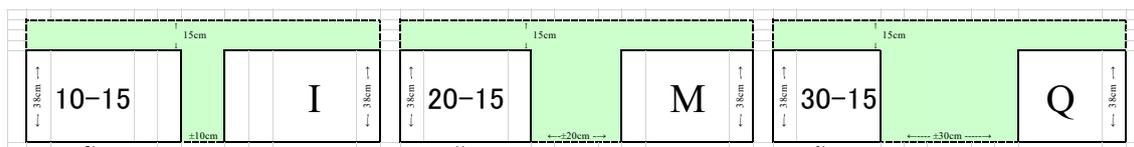


図 4.9：比較した反射板の形状を示す。左から反射板の中央に ±10 cm / ±20 cm / ±30 cm の開口部を設けた。

まず、前方での変化を 1/3 オクターブ・バンド帯域の範囲で観察した。龍角側では反射板 B ( Full ) との差異はわかったものの、3 つの反射板による差異はほとんどみられなかった。しかし雲角側では 400 Hz で反射板中央の開口部が広がるにつれ音圧レベルが低下する傾向がみられた。また、500 Hz では反射板 I ( 10-15 ) で音圧レベルが低下した (図 AP.5 う)。一方、箏の基音と倍音を確認すると、反射板 I と M ( 20-15 ) での音圧レベルの変動に大きな差はないものの、龍角側では 349 Hz 以下の周波数帯域で開口部が広がるにつれ音圧レベルが低下する傾向がみられた (図 AP.5 い)。また、440 Hz から 990 Hz の間では、反射板 Q ( 30-15 ) の時のみ音圧レベルが上昇し、それ以上の周波数帯域では低下する傾向がみられた。雲角側では、反射板 Q の時のみ低音域 349 Hz 以下の周波数帯域や 495 Hz から 587 Hz の間、784 Hz から 1048 Hz の間で音圧レベルが上昇傾向にあり、また 394 Hz から 466 Hz 、622 Hz から 699 Hz 、そして 1175 Hz 以上の周波数で低下する傾向があった (図 AP.5 え)。

次に後方では、前方での変化と同じように 1/3 オクターブ・バンド帯域での変化はあまりみられず (図 AP.5 お / き)、箏の基音と倍音での周波数帯域でも反射板 I ( 10-15 ) と M ( 20-15 ) の間では音圧レベルの変動に大きな差はみられなかった (図 AP.5 か / く)。しかしながら反射板 Q ( 30-15 ) はこれらの反射板とは異なり、龍角側では 329 Hz から 415 Hz の間と 990 Hz 以上の周波数帯域で音圧レベルが低下し、さらに 440 Hz から 932 Hz の間の周波数帯域のうち、784 Hz から 830 Hz の間は他の周波数帯域と比べて音圧レベルが大きく上昇したことがわかった (図 AP.5 か)。雲角側では、349 Hz 以下の周波数帯域や、495 Hz から 587 Hz の間と 784 Hz から 932 Hz の間の周波数帯域で音圧レベルが上昇していたが、415 Hz から 466 Hz 、659 Hz から 699 Hz の間の周波数帯域で音圧レベルが低下するほか、990 Hz 以上の周波数帯域でも低下する傾向があった (図 AP.5 く)。

最後に、箏の中心を起点とした前後方向 ( Front C および Back C ) では、1/3 オクターブ・バンド帯域を確認すると、3 つの反射板の音圧レベルの変動に大きな差はみられないが、前方 ( Front C ) の 250 Hz では反射板中央の開口部を広げることによって音圧レベルが上昇しており、一方 315 Hz から 400 Hz の間では低下する傾向がみられた (図 AP.5 け)。また、500 Hz では反射板 I ( 10-15 ) のみ音圧レベルが低下した。さらに 630 Hz から 800 Hz の間の周波数帯域では反射板 Q ( 30-15 ) のみ音圧レベルが上昇する傾向がみられたが、1000 Hz 以上では差がないようにみえた。箏の基音と倍音での周波数帯域では、反射板 I ( 10-15 ) と M ( 20-15 ) の間に音圧レベルの変動の差はあまりなかった。392 Hz 以下の周波数帯域では、反射板中央の開口部を広げることによって音圧レベルが低下する傾向がみられ、415 Hz から 440 Hz の間と 587 Hz から 699 Hz の間では音圧レベルが上昇する傾向があったが、466 Hz から、554 Hz の間では反射板 M ( 20-15 ) のときのみ上昇した。また、反射板 Q ( 30-15 ) のみ 784 Hz から 932 Hz の間の周波数帯域で音圧レベルが上昇し、1175 Hz 以上で低下する傾向があった (図 AP.5 こ)。

一方、後方（ Back C ）でも前方と同様に、 3 つの反射板の音圧レベルの変動に大きな差はみられなかった。 315 Hz から 400 Hz の間の周波数帯域では、反射板中央の開口部を広げることによって音圧レベルが低下する傾向があったが、 1600 Hz から 2000 Hz の間ではわずかに上昇する傾向がみられた（図 AP.5 さ）。箏の基音と倍音の周波数帯域では、反射板 Q （ 30-15 ）が他の反射板とは異なる変動をしており、 587 Hz から 932 Hz の間の周波数帯域では音圧レベルが上昇する傾向があるものの、 440 Hz 以下の周波数帯域、 466 Hz から 523 Hz の間、また 990 Hz 以上の周波数帯域で音圧レベルが低下した。また、 3 つの反射板におけるそれぞれの周波数帯域での標準偏差を確認すると、前方の雲角側（ Front L ）の 315 Hz では、反射板 I （ 10-15 ）と M （ 20-15 ）で標準偏差 2.5 dB を越えたが、 Q （ 30-15 ）では越えなかった。また前方の龍角側（ Front R ）では反射板 I で 2.5 dB を越えていた（図 4.10 ）。

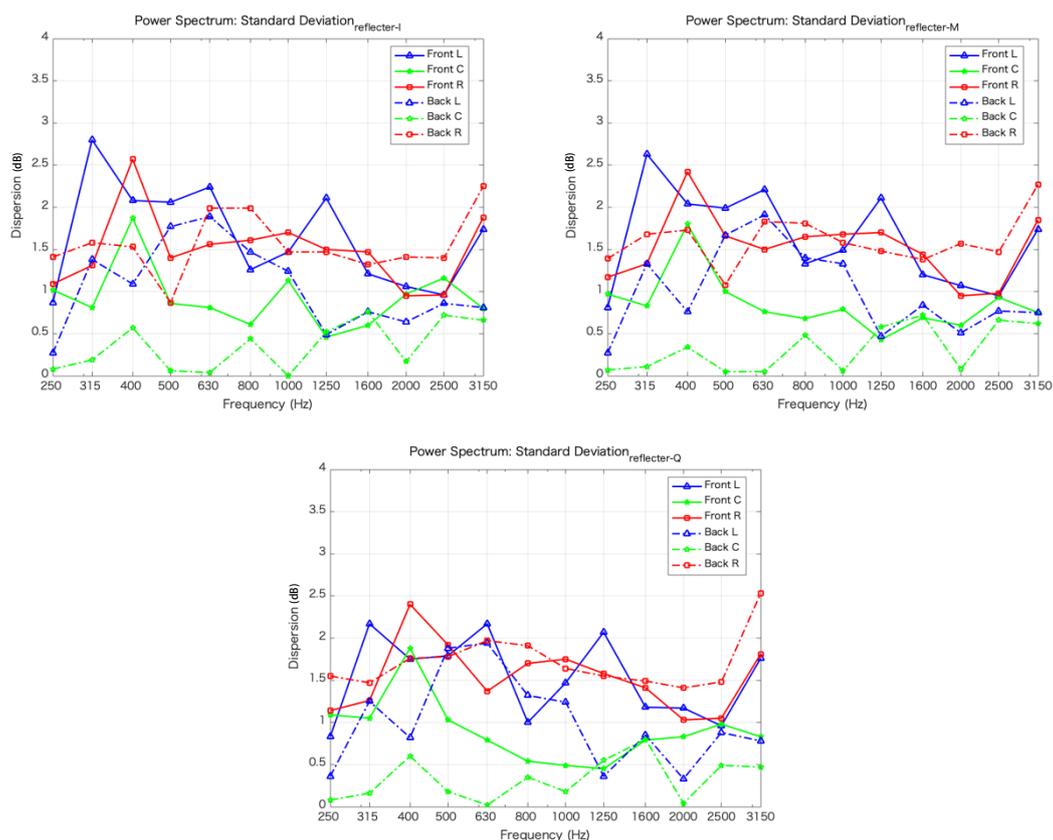


図 4.10: 反射板 I/M/Q における標準偏差。図中の縦軸は標準偏差（ dB ）、横軸は周波数帯域（ Hz ）を示す。

#### 4.4 考察と演奏聴取実験で使用する反射板の選択

ここまで、無響室での音響物理測定の結果を図 AP.2 のように範囲を区切りそれぞれの反射板の形状を比較した。その結果、反射板上部の隙間が 15 cm のときに音穴から後方への放射がもっとも大きかった。また、反射板上部の隙間や中央の開口部を変化させ、空間を設けることにより後方の奏者の演奏音を遮らず、観客席側へ通過させることを考え、反射板 Q ( 30-15 ) に着目した。しかしながら反射板中央の開口部を  $\pm 30$  cm まで広げた場合、1/3 オクターブ・バンドでは大きな変化はなかったが、箏の基音と倍音の周波数帯域で確認したところ、反射板中央の開口部が  $\pm 10$  cm の反射板 I ( 10-15 ) から  $\pm 20$  cm の反射板 M ( 20-15 ) に広げた場合と異なり、前後の音圧レベルで上昇、または低下する現象がみられた。特に後方では 1000 Hz 以上の周波数帯域での音圧レベルの低下が顕著なため、大きな変動がなかった  $\pm 20$  cm の反射板 M を採用することとした。

次に比較のため、反射板上部の隙間と中央の開口部のどちらがより音圧レベルの変動により影響があるかを確認し、どちらかひとつを採用することとした。

##### 4.4.1 比較のための反射板の選択

ここでは反射板 M ( 20-15 ) に対し、上部の隙間が 15 cm の反射板 E ( 0-15 ) と中央の開口部が  $\pm 20$  cm の反射板 J ( 20-0 )、そして箏の底面から床面までを覆った反射板 B ( Full ) を比較した。

まず、前方 ( Front ) では箏の底面から床面までを覆った反射板 B ( Full ) と中央に  $\pm 20$  cm の開口部がある反射板 J ( 20-0 ) の音圧レベルの変動傾向が似ており、採用した反射板 M ( 20-15 ) と上部に 15 cm の隙間がある反射板 E ( 0-15 ) の傾向が似ていることがわかった。しかしながら、反射板 J は反射板 B と比べ、630 Hz で音圧レベルが上昇する傾向にあった (図 AP.6 う)。これは、箏の基音と倍音の周波数帯域においても 587 Hz から 880 Hz の間で同様の傾向がみられた (図 AP.6 え)。

後方 ( Back ) でも、反射板 B と J、反射板 M と E の変動傾向がそれぞれ似ていたが、反射板 J ( 20-0 ) の龍角側では、反射板 M ( 20-15 ) と E ( 0-15 ) と同じように 500 Hz で反射板 B よりも音圧レベルが上昇した (図 AP.6 お)。また 400 Hz では反射板 B ( Full ) よりも音圧レベルが低下する傾向がみられ、雲角側でも 1250 Hz で低下した。箏の基音と倍音の周波数帯域においても同様に、龍角側では 440 Hz から 587 Hz の間で反射板 B ( Full ) よりも音圧レベルが上昇し、349 Hz から 415 Hz、1175 Hz から 1398 Hz の間で低下した (図 AP.6 か)。雲角側でも 1245 Hz 以上の周波数帯域では反射板 B に ( Full ) 比べ音圧レベルが低下する傾向がみられた (図 AP.6 く)。

箏の中心を起点とした前後方向（Front C および Back C）でも傾向が同じだった。しかしながら反射板 B（Full）と反射板 J（20-0）を 1/3 オクターブ・バンド帯域で比較すると、前方（Front C）では 500 Hz や 1250 Hz から 1600 Hz の間の周波数帯域で反射板 J（20-0）の音圧レベルがわずかに上昇した。また 500 Hz では反射板 M（20-15）でも、反射板 E（0-15）で音圧レベルが上昇していることが確認された（図 AP.6 け）。箏の基音と倍音の周波数帯域においても、反射板 J（20-0）は 495 Hz や 1320 Hz から 1568 Hz の間の周波数帯域で音圧レベルの上昇がみられたが、622 Hz から 880 Hz の間では反射板 B（Full）と比べて低下する傾向がみられた。また、反射板 M（20-15）は 440 Hz から 523 Hz で音圧レベルが上昇した（図 AP.6 こ）。

後方（Back C）でも類似性に違いはないが、反射板 J（20-0）を反射板 B（Full）と比較すると、500 Hz と 630 Hz で音圧レベルが上昇し、800 Hz と 1000 Hz では低下した（図 AP.6 さ）。箏の基音と倍音の周波数帯域でも、495 Hz から 622 Hz の間で音圧レベルが上昇し、699 Hz から 915 Hz の間、そして 1175 Hz 以上の周波数帯域で反射板 B（Full）よりも音圧レベルが低下する傾向がみられた（図 AP.6 し）。

以上の結果から、反射板中央の開口部よりも、上部の隙間がより箏の近傍の音圧レベルの変動に影響を与えることが再確認されたため、反射板上部に 15 cm の隙間がない反射板 J（20-0）を実験で使用した（図 4.11）。

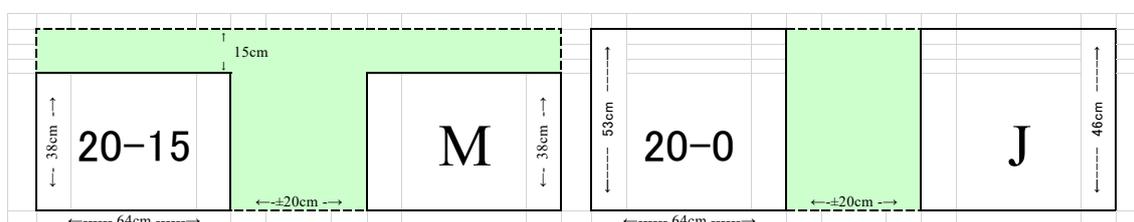


図 4.11: 演奏聴取実験で使用する反射板 2 種を示す。共に反射板中央の開口部が  $\pm 20$  cm で左の反射板 M (20-15) の上部には 15 cm の隙間を設けてある。

#### 4.5 まとめ

無響室における音響物理測定の結果、反射板上部の隙間が 15 cm のときに音穴からの後方への放射がもっとも大きく、開口部が  $\pm 20$  cm の反射板 M（20-15）を採用した。また、反射板上部の隙間と中央の開口部のどちらがより箏の近傍で影響を及ぼすのかを調査した結果、反射板上部の隙間がより影響を及ぼすことがわかったため、上部に 15 cm の隙間がない反射板 J（20-0）を併せて実験で使用する事とした。

## 第 5 章 演奏聴取実験

本実験は、以下の 2 つの目的のために行われた。

- ・異なる反射板を用いて演奏を行なった場合、その音色に変化はあるか。
- ・異なる反射板を用いて演奏を行なった場合、演奏のしやすさなどに違いはあるのか。

実験は東京芸術大学 千住校地のスタジオ A で 2019 年 9 月 17 日から 20 日の 4 日間に行われた。この実験では、視聴者の位置で 4 種類の立奏台を用いた演奏を評価する実験参加者を含んだグループと、演奏位置を変えて演奏するグループに分かれ、それぞれのグループは 3 つの役割を担った。前者は、視聴者、箏の第 1 奏者、第 2 演奏者をそれぞれ担当した。担当する実験参加者には、熟練の演奏者を想定した。後者の奏者は、箏の第 3 奏者から第 5 奏者を担当し、合奏などで当該の位置で演奏することが多い学生以上を対象とした。この 3 名を 1 グループとし、ひとつの立奏台に対し、演奏または視聴評価の時間をそれぞれ設け、5 分ごとに役割を変えるように指示を行った。評価は筆者が用意した視聴者、奏者用の回答用紙の評価語、及び自由記述で回答してもらい、早く回答が終わった場合などは、すぐに筆者が位置を交代するように促した。評価終了後、次の試行の準備のための転換を行う間は休憩時間とした。ひとつの立奏台に対するこの行程を 30 分以内とし、4 つの立奏台では転換時間を含め 2 時間程度であった。演奏位置、視聴位置は事前に決定し、それ以降、実験中に変更はしなかった。

### 5.1 評定尺度法を用いた 2 つの主観印象評価

#### 5.1.1 手順

本実験は、合奏に適した立奏台の反射板の形状を検討するため、視聴者と奏者の 2 つの視点に分け、異なる立奏台を用いた実際の演奏の評価を求めることを目的とした。視聴者には異なる立奏台を用いた演奏を視聴し音色の主観印象に差があるのか、奏者には演奏のしやすさ、および自身や周りの奏者の演奏音の聴きとりやすさなどに差があるかに関する回答を求めた。1 回の実験に参加したのは 6 名で、視聴者席（視聴 I）をひとつ、合奏を想定し箏を 5 面（演奏 I から演奏 V）並べ、試行ごとに奏者 5 名全員が同じ立奏台を使用した。実験中のグループは視聴 I / 演奏 I / 演奏 II を担当する前方グループと、演奏 III / 演奏 IV / 演奏 V を担当する後方グループの 2 つに分かれた。この主観印象評価実験においてそれぞれのグループで共通する点は、ひとつの立奏台に対して 3 つの役割を交代で担うことであった。前方のグループでは、はじめに演奏 I を担当した実験参加者は次に演奏 II を、そして最後に視聴 I を担当した。後方グループでは演奏 III / 演奏 IV / 演奏 V を担当し、同様に時計回りで役割を交代した（図 5.1）。

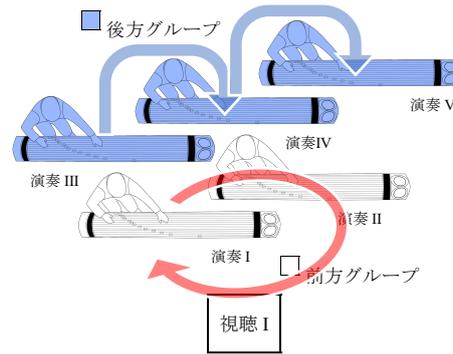


図 5.1 : 実験グループの分けを示す。着色のないグループが前方グループ、着色したグループが後方グループ。

実験では、視聴 I と合奏群の関係性、および合奏群内の関係性は評価する際に同じになるように計画された。また実験参加者によっては、2 回の実験をまたぎ、両グループを兼任する場合もあった。

実験を開始してからはじめの 3 分間程度は演奏 I から V の奏者のための評価や、立奏台に慣れるための時間として試奏してもらった。その後、視聴 I の実験参加者のために第 1 変奏と第 8 変奏を通して演奏してもらった。視聴 I の実験参加者には、各奏者の試奏中であっても気づいたことや評価ができれば回答用紙に記入して良い旨を伝えた。視聴 I での評価が終わる、または演奏後、筆者からすべての実験参加者に回答用紙への記入を求め、役割の交代のため次の演奏位置、または視聴位置への移動を指示した。3 つの役割の評価の回答後は、立奏台の転換のため休憩とした。この際、立奏台の感想など、実験についての意見交換などはしないように喚起した。転換終了後、筆者から指示し、次の実験を行なった。自由記述欄には、提示された評価語以外で気づいたこと、また評価に際して参考としたことなどを自由に記述してもらった。立奏台の提示はランダムな順序で行われた。

また、実験中どの立奏台を使用しているかわかることによって評価に差が出ないようにするため、立奏台にはスピーカネット張り替え用の布（ジャージークロス）を目隠しのためクリップで取り付け、実験中、スタジオ内の明かりは回答や移動に支障がない程度に暗くし、演奏のし易さ、回答用紙への記入のしやすさを考慮し手元灯を用意した（写真 5.1）。しかしながら奏者位置からや回答用に設置したライトの光によっては目隠し用の布が透け、反射板の形状がわかってしまう可能性があったため、実験参加者にはできる限り立奏台を意識しないように喚起した。

視聴 I の位置は、スタジオ中央かつ演奏 I の箏から 400 cm 離れたところに設置した。また記録のため、全指向性マイクロフォンを演奏 I の箏から 200 cm と 300 cm のところに幅 50 cm、高さ 200 cm の位置に設置し、各試行を録音した（図 5.2）。



写真 5.1 : 実験の様子 (実験後、写真撮影をするため会場内の明かりを点灯させている)。

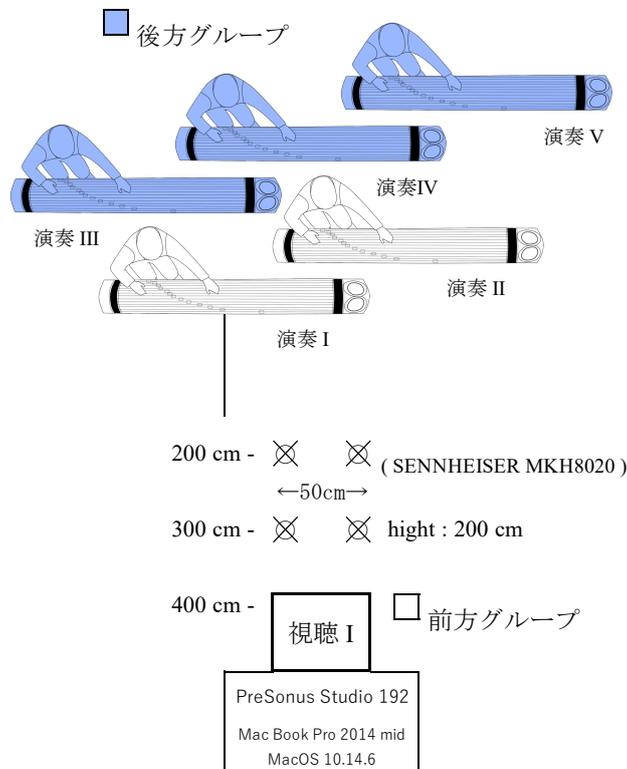


図 5.2 : スタジオ A 内での視聴 I と箏 5 面の配置の位置関係、およびマイクロフォンなどの録音用の機材位置。3 名を 1 グループとし、聴取者位置でそれぞれの演奏を評価し、演奏位置を変えて演奏する評価者に分かれた。

### 5.1.2 演奏聴取実験の評価語の検討

本実験では評定尺度法を評価してもらうこととした。評定尺度法はある刺激に対して、日常で使用する言葉や形容詞を用いて判断を求める方法で、一般に評価者にとって比較的判断がやさしい方法だと言われている。この方法では、標準刺激と比較判断を行うのではなく、絶対判断を求めるもので、用いる刺激に制約は少なく、適用範囲が広いことが特徴である。

ここでは、Berg ら ( 2016 ) の行なった空間の残響の変化がピアノ演奏に与える影響についての研究を参考に、奏者と視聴者の判断を、評定尺度法を用いて判断させる方法をとった。

評価語の検討にあたり視聴者が合奏群の音色の評価をする形容詞として齋藤 ( 2016 ) の箏の音色の主観印象評価の際に使用された評価語と、吉川 ( 2018 ) で使用された「(三曲合奏の) 楽器配置が変わることによって何が変化するか」に関する評価語から選択して使用した。また、奏者の演奏のしやすさに関する評価をするために、吉川の実験で奏者のために使用された評価語のうち、視覚や気配などに関するものを除いたほか、主に自身の演奏音と周りの奏者の演奏音についての評価語を選択した。視聴者の評価語を選択は、それぞれの実験で用いた評価語を、統計ソフト R を用いて階層クラスタ分析を行い、樹形図を作成した。主に Ward 法でそれぞれの評価語がどのように分類されるか観察した。

齋藤の研究で使用された 13 つの評価語は階層クラスタ分析の結果、“澄んだ” “明るい” や “はっきりした” などの明るさやダイナミクスを表すクラスターと、“美しい” “融け合った” や “やわらかい” など音色を表すクラスターの大きく 2 つのクラスターに分類された ( 図 5.3 左 ) 。

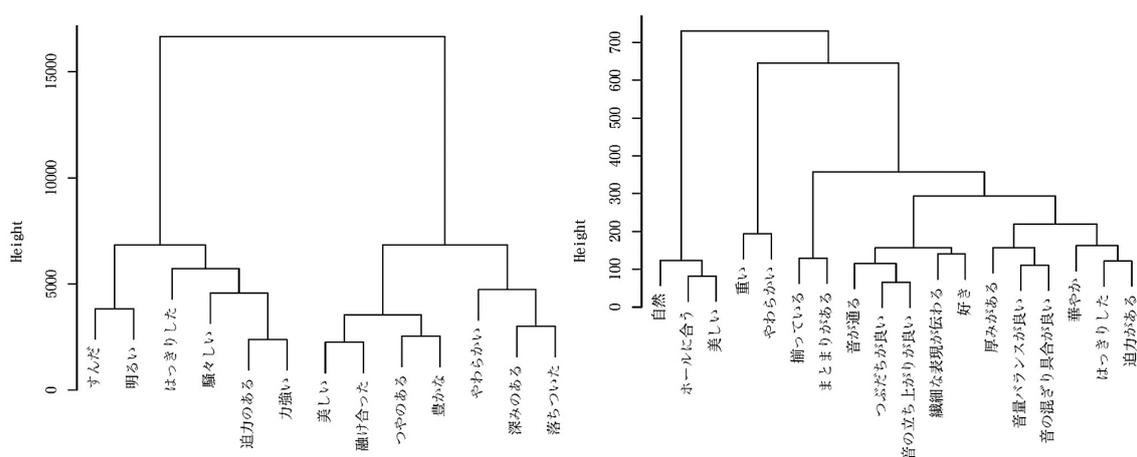


図 5.3: クラスタ分析の結果を示す。図中左は齋藤 ( 2016 ) で用いた評価語の結果、図中右は吉川 ( 2018 ) で視聴者が用いた評価語のクラスタ分析の結果を示す。

吉川では、視覚的と聴覚的の観点からそれぞれの楽器配置の評価をしており、階層クラスタ分析においても視覚的と聴覚的な評価語に分けられた。聴覚的なクラスターでは評価語“重い”と“やわらかい”が、その他の評価語とは異なるレベルで分類された。また、奏者グループと共通の言語として用いられた“音を通る”は、視聴者グループでは“つぶ立ち” “音の立ち上がりの良い” 音を“音を通る”と考えられていた。さらに演奏上、“繊細な表現が伝わっている”と判断された場合、視聴者の好みに直結し、“音量のバランス” および “混ざり具合” が “厚み” になり、“はっきりした” “迫力がある” ものが “華やか” と関係がある評価語とされた。本実験で用いる評価語を選択する際には演奏空

間や楽器配置、そして視覚（“ホールに合う”など）や演奏そのもの（“揃っている”など）に関する評価語は除外した（図 5.3 右）。

これらの階層クラスタ分析の結果をもとに、齋藤（2016）の 13 つと吉川（2018）で使用された視聴に関する 18 つ、演奏に関する 14 つの形容詞から評価語として引用し、選択して使用した。両研究で使用された評価語のうち共通で使用された評価語“迫力のある”“はっきりした”“やわらかい”と、それぞれの研究で独自に使用されていた評価語のうち、“澄んだ”“明るい”“融け合った”“つやのある”“豊かな”、“重い”“音が通る”“厚みがある”を本実験で使用する評価語とした。また、“美しい”は両研究で共通で使用されていたが、吉川では視覚的なクラスタに分類されていたため、本実験で聴覚的な評価を行うために加えた。さらに総合的な評価として、嗜好性のために“好き”も加えた。“華やか”は、吉川の研究で“迫力のある”“はっきりした”とクラスタが併合されているため除外した。

以上の検討から、視聴 I の評価には音色に関する 13 評価語を、演奏 I から V の評価には演奏のしやすさなどに関する 7 評価語を選択し、評価は 7 件法の評定尺度法で行われた。視聴者には、演奏の良し悪しではなく全体的な音色の印象の回答を求め、奏者には演奏位置、つまり合奏群の中での奏者間の聴きとりやすさなどについて調査するため、自身の演奏音、パートリーダー（演奏 I）の演奏音、その他の周りの奏者の演奏音など 3 つの項目に分け回答を求めた。また、演奏 I では自分の演奏音と第 1 奏者の音が同じものを指すため、回答を飛ばすように指示した。さらに両グループともに演奏 I を独奏、演奏 II から V を伴奏と分けて評価するのではなく、全体をひとつの合奏群として評価するよう求めた。以下に実験で使用した評価語を掲載する（表 5.1）。

表 5.1 : 実験で使用した評価語

視聴 I				演奏 I から V			
				＜自分の演奏音＞			
1	軽い	-	重い	1	音が通る	-	音が通らない
2	かたい	-	やわらかい		演奏をしながら、客席への音の通り、伸びを感じられるか		
3	濁った	-	澄んだ				
4	暗い	-	明るい	2	聴きやすい	-	聴きにくい
5	ぼんやりした	-	はっきりした		自分の音の聴こえやすさについて		
6	物足りない	-	迫力のある		＜第 1 奏者の演奏音＞*		
7	汚い	-	美しい		3	聴きやすい	聴きにくい
8	割れた	-	融け合った		演奏中、第 1 奏者の音が聴こえやすいか		
9	つやのない	-	つやのある		*第 1 奏者の方は問 3 を抜かしてお答えください。		
10	貧弱な	-	豊かな		＜周りの演奏音＞		
11	厚みがない	-	厚みのある		4	聴きやすい	聴きにくい
12	音が通らない	-	音が通る		自分以外の音の聴こえやすさ(粒立ち)について		
13	嫌い	-	好き	5	大きい	-	小さい
	音色の印象について (自身の主観の印象でご判断ください)				自分以外の音全体の音量について		
					6	バランスが良い	バランスが悪い
					自身の演奏位置を考慮した場合の自分以外の演奏音のバランスについて		
				7	好き	-	嫌い
					嗜好について		

### 5.1.3 実験参加者

2つのグループは、前方グループに大学院生以上、もしくは現在、演奏家として活動する奏者、後方グループは学部生以上の奏者を対象とした。それぞれの流派系統についても回答を求め、生田流宮城会、正派邦楽会、日本当道会、沢井箏曲院、松の実曾、箏輝会の実験参加者を得た。前方グループは20代から40代までの計23名の実験参加者で構成され（平均29.6歳、標準偏差5.38、演奏年数平均23.9年）、後方グループの奏者は10代から30代までの計24名で構成された（平均25.3歳、標準偏差5.86、演奏年数平均18.3年）。多くの奏者は女性であり、男性は前方グループ2名、後方グループ1名の計3名だけだった。両グループともに健康な聴力を有しており、実験に問題はなかった。

### 5.1.4 演奏曲目

本来、箏1パートと箏2パートに分かれる場合はそれぞれのパートで同じ内容の演奏をするが、奏者Ⅰの演奏音が奏者Ⅱ以降の奏者にどのように聴こえているのかを調べるため、本実験では、箏の第1奏者（演奏Ⅰ）の位置で『さくら変奏曲』の箏1パート（変奏）を演奏してもらい、他の奏者（演奏ⅡからⅤ）の位置では主旋律を演奏してもらった。つまり第2奏者から第5奏者には、第1奏者の演奏する変奏に主旋律を合わせてもらい、その時の音色の変化、演奏のしやすさなどについての回答を求めた。演奏された変奏は、実験初日の実験参加者の中で演奏が合わせやすい、または合わせにくい変奏について話し合い、第1変奏と第8変奏を演奏することに決定した。この『さくら変奏曲』は、奏者への聞き取りを行なった結果、実験参加者が何度も演奏し弾き慣れた曲目であるため、演奏の質に大きな差はない、と判断した。

### 5.1.5 立奏台の種類

実験では、反射板の形状が異なる4つの立奏台を使用した。まず、音響物理測定での結果から反射板J（20-0）とM（20-15）が取り付けられた立奏台を用いた。反射板Jは反射板の中央に±20cmの開口部を設けたもので、反射板Mは加えて反射板上部に15cmの隙間を設けたものである。次に、東京芸術大学で現在使用されている立奏台のうち箏の底面から床面までを覆ったアカンサス型、反射板が床面に対して垂直に取り付けられたH型の2つの立奏台を使用した（写真5.2）実験で使用された箏は、楽器の質をできるかぎり統一するため練習用のものを用意した。

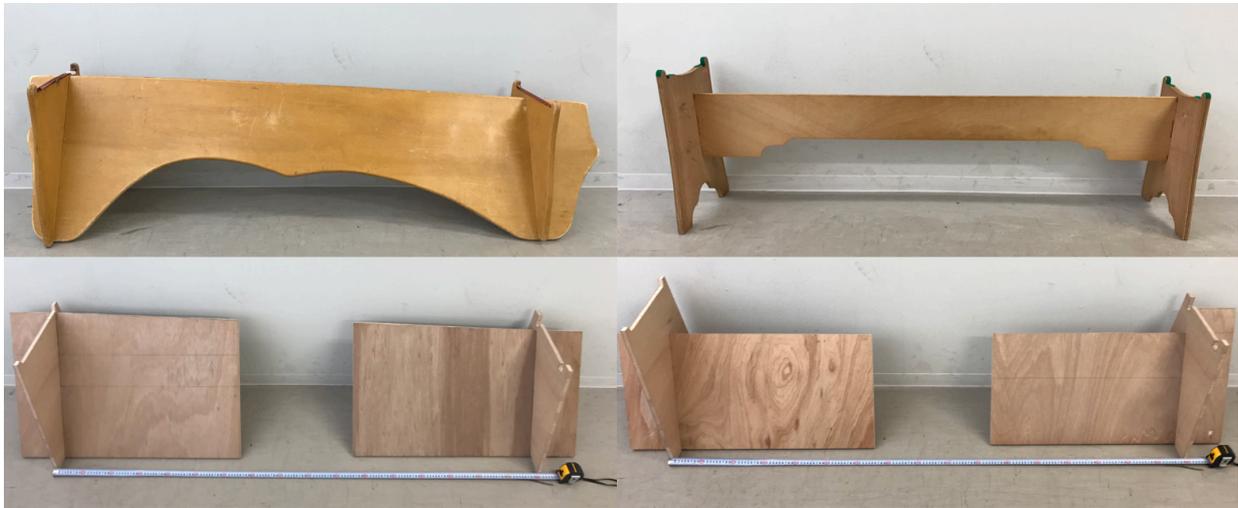


写真 5.2 : 実験で使用した立奏台を示す。上段の左から東京藝術大学で使用されているアカンサス型、H 型。下段の左から今回提案した反射板 J ( 20-0 ) と M ( 20-15 ) である。

## 第 6 章 分析

それぞれの評価語において統計フリーソフト R (R version 3.5.0, anovakun version 4.8.3) を用いて分散分析を行った。前方グループと後方グループで調査する目的が異なるため、分析は分けて行なった。前方グループの視聴者の位置 (視聴 I) は独立変数を立奏台の種類 (4 水準)、従属変数を実験参加者の回答とした一元配置分散分析、そして奏者 I と II は被験者間要因を演奏パート (2 水準) と、被験者内要因を立奏台の種類を独立変数とした二元配置分散分析 (2 要因混合計画分散分析) を行なった。後方グループでは被験者内要因 A を立奏台の種類、要因 B を演奏位置 (演奏 III/ 演奏 IV/ 演奏 V の 3 水準) の独立変数とし、実験参加者の回答を従属変数とした二元配置分散分析を行なった。また、それぞれの分散分析の結果で有意差のあった評価語では、有意水準  $\alpha = .05$  で下位検定 (Bonferroni) を行なった。

結果、それぞれのグループで有意差のあった評価語とない評価語がみられ、分散分析表にまとめた。前方グループの視聴 I では、“迫力のある” “厚みのある” “豊かな” “重い” などで有意差、または有意な傾向があったが、本実験で使用した評価語は互いに独立でなく、複数の評価項目がひとつの要因からの影響を受けていると考えられたため、すべての評価語について因子分析を行い、得られた因子ごとに各実験参加者の因子得点の予測値を従属変数とした分散分析を行なった。その結果、“迫力因子” で有意差、“美的因子” で有意な傾向がみられ、下位検定では反射板 M と J が H 型と“迫力因子” で有意差があった。

前方グループの奏者 I と II の間に有意差はなかったが、後方グループでは、主に周りの奏者に関する評価語で有意差がみられ、“聴きやすい” “大きい” などで有意差、“バランスの良い” で有意な傾向があった。また、“第 1 奏者の演奏音が聴きやすい” でも有意差があった。これらの有意差は要因 A (立奏台の種類) や要因 AB (立奏台の種類と演奏位置) の交互作用ではみられず、要因 B の演奏位置のみでみることができた。それぞれの評価語での分散分析の結果は、以下の節で分散分析表の一部を掲載し、詳細な結果は資料として添付した。

### 6.1 視聴位置における異なる立奏台の評価

ここでは、視聴 I が異なる立奏台を用いた合奏を視聴した際に、その評価に差があるのかどうかを調査するため、それぞれの評価語に分けて一元配置分散分析を行なった。結果、13 評価語のうち“迫力のある” “厚みのある” “豊かな” “重い” の 4 つで有意差、または有意な傾向がみられた。すなわち、これらの評価語では立奏台が変わることによってその評価が異なる、またはその傾向があるということである。以下にそれぞれの評価語における分散分析表の一部を示す (表 6.1)。

表 6.1: 視聴 I の評価による一元配置分散分析の結果

表中、左から両極尺度の評価語、主要因における平方和、自由度、平均平方、F 比と p 値、効果量  $\eta^2$  を示す。

	評価語	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値	効果量 $\eta^2$
1	重い - 軽い	9.598	3	3.199	2.243	.092 +	.070
2	やわらかい - 硬い	9.783	3	3.261	1.761	.163	.057
3	澄んだ - 濁った	1.174	3	0.391	0.310	.818	.010
4	明るい - 暗い	4.957	3	1.652	1.218	.310	.040
5	はっきりした - ぼんやりした	1.076	3	0.359	0.228	.876	.007
6	迫力のある - 物足りない	16.957	3	5.652	5.288	.003 **	.118
7	美しい - 汚い	5.337	3	1.779	2.010	.121	.050
8	融け合った - 割れた	6.826	3	2.275	1.753	.165	.052
9	つやのある - つやのない	7.913	3	2.638	1.932	.133	.059
10	豊かな - 貧弱な	16.380	3	5.460	6.393	.001 ***	.149
11	厚みがある - 厚みがない	20.554	3	6.851	4.986	.004 **	.132
12	音が通る - 音が通らない	5.435	3	1.812	0.976	.410	.027
13	好き - 嫌い	8.391	3	2.797	1.844	.148	.057
					+p < .10, *p < .05, **p < .01, ***p < .001		

まず、視聴 I の評価において、立奏台が変わることによる主効果で有意差があったものは“迫力のある ( $p = .0025, \eta^2 = .1178$ )” “豊かな ( $p = .0007, \eta^2 = .1486$ )” “厚みのある ( $p = .0035, \eta^2 = .1316$ )” の 3 つの評価語であり、有意傾向があったものは“重い ( $p = .0915, \eta^2 = .0696$ )”であった。

次に Bonferroni の多重比較検定を行なった結果、“重い”を除く 3 つの評価語で有意差がみられた (表 6.2)。これらの評価語での下位検定では、H 型に対して、それぞれ形状の異なる 3 つの立奏台との間に有意差があった。しかしながらアカンサス型は評価語“迫力のある ( $p = .0220, r = .53$ )” “豊かな ( $p = .0028, r = .52$ )” では H 型との間に有意差があったものの、“厚みがある ( $p = .0479, r = .61$ )”ではなかった (図 6.1)。

表 6.2: Bonferroni の多重比較検定の結果

表中、左から評価語、有意差があった立奏台の組合せ、差分、t 値、自由度、p 値、補正 p 値、効果量 r を示す。

評価語	組み合わせ	差分	t 値	自由度	p 値	補正 p 値	効果量 r
迫力のある	H 型 < M (20 - 15)	-0.913	4.042	22	.0005	.0033	.65
	H 型 < J (20 - 0)	-1.044	3.861	22	.0008	.0033	.64
	H 型 < アカンサス型	1.000	2.954	22	.0073	.0220	.53
豊かな	H 型 < アカンサス型	1.000	4.107	22	.0005	.0028	.66
	H 型 < M (20 - 15)	-1.000	4.107	22	.0005	.0028	.66
	H 型 < J (20 - 0)	-0.913	2.853	22	.0093	.0278	.52
厚みがある	H 型 < M (20 - 15)	-1.087	3.976	22	.0006	.0038	.65
	H 型 < J (20 - 0)	-1.217	3.599	22	.0016	.0048	.61
					+p < .10, *p < .05, **p < .01, ***p < .001		

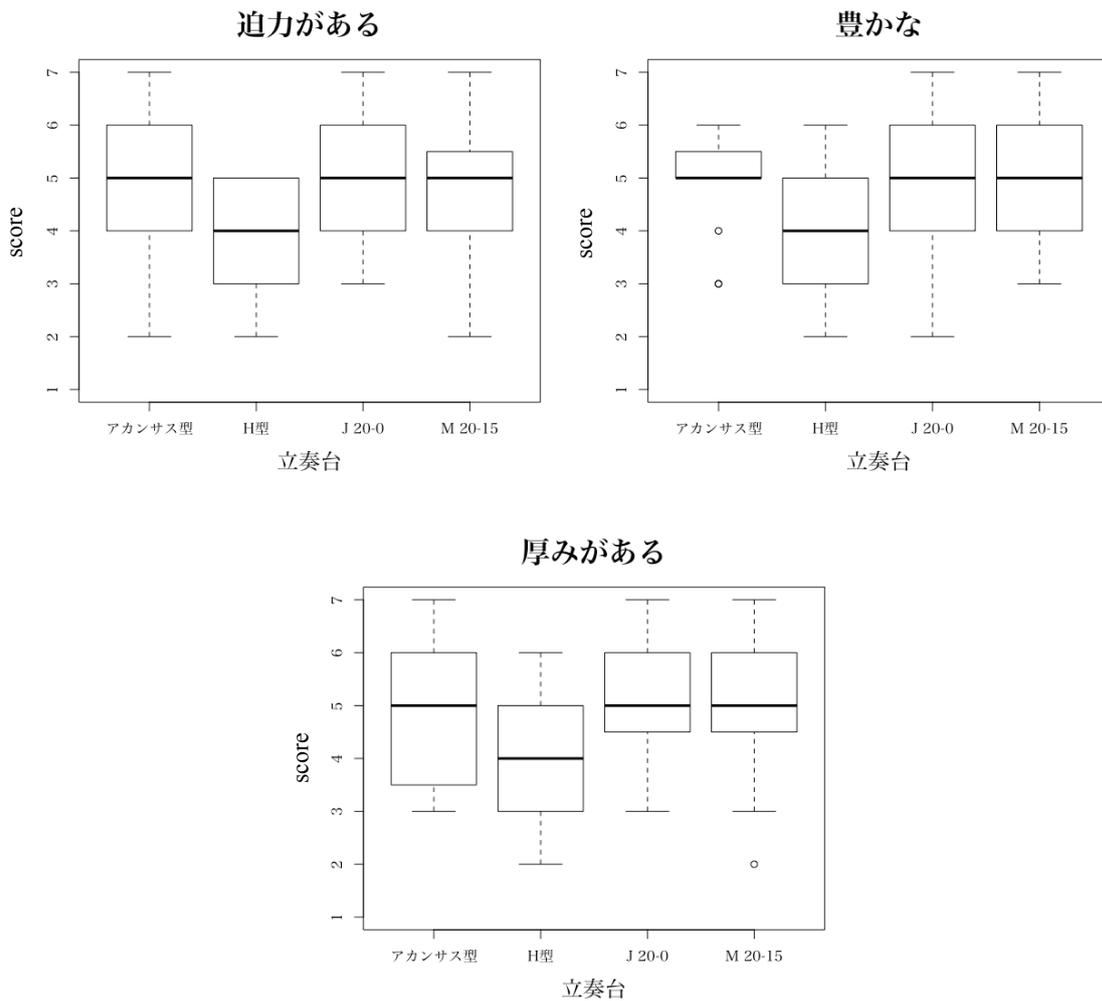


図 6.1：視聴 I における評価の箱ひげ図の中央の太線はデータの中央値、箱の最上端と最下端はそれぞれ第 3 四分位数と第 1 四分位数を表す。丸は、ひげより大きい、または小さいデータの外れ値を表す。

## 6.2 視聴位置における因子得点を用いた分散分析

視聴者の評価におけるそれぞれ評価語の一元配置分散分析の結果、本実験で使用した評価語は互いに独立でなく、複数の評価項目がひとつの要因からの影響を受けていると考えられた。そのため、すべての評価語について因子分析を行い、得られた因子ごとに各実験参加者の因子得点の予測値を従属変数とした分散分析を行なった。

### 6.2.1 因子数の決定

はじめに、因子数を決定するためにスクリープロットを参照し、固有値を観察した結果 1.0 を超える因子は 3 つであった (図 6.2)。

Scree plot

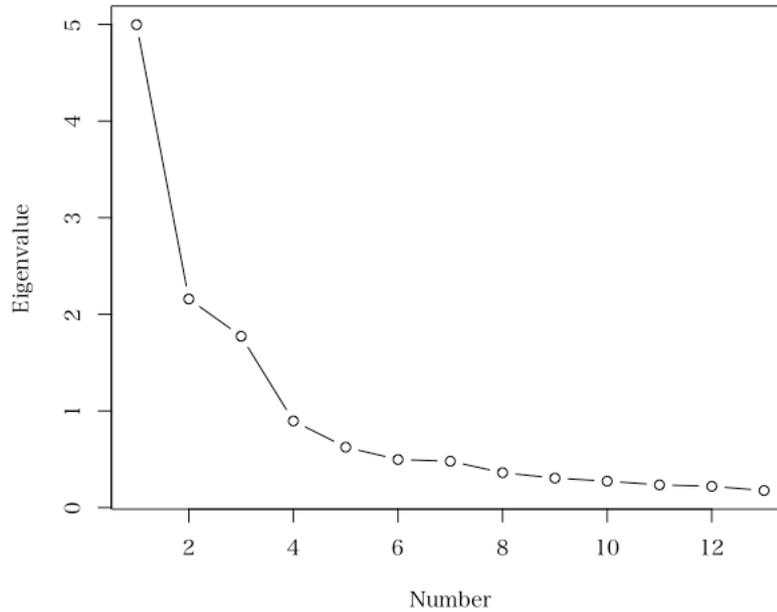


図 6.2: スクリープロット図中、横軸が因子、縦軸は固有値を表す。

本研究では因子数を 3 つとし、因子分析を行い、得られた因子負荷量を大きい順番に並べ、表にした(表 6.3)。また、日本音響学会「音響用語辞典(初版)」の「音色」の項において、「音色」を決定する因子は、「美的因子、金属性因子、迫力因子の三つがある」としており、本研究においても同様の傾向がみられると考えた。

表 6.3: 因子負荷量表。表中の左行の形容詞は両軸尺度の左側の評価語を表す。色付けは因子負荷量が ± 0.5 以上を表し、同じ評価語でも 2 因子に判断が分かれるものは下段にまとめた。

	美的因子	迫力因子	金属性因子
美しい	<b>.837</b>	.002	.117
好き	<b>.794</b>	.139	.027
つやのある	<b>.778</b>	.116	.045
融け合った	<b>.658</b>	.186	-.143
音が通る	<b>.620</b>	.057	.366
澄んだ	<b>.565</b>	-.238	.416
明るい	.481	-.193	.305
厚みのある	.237	<b>.837</b>	.070
迫力のある	.241	<b>.618</b>	.414
重い	-.159	<b>.616</b>	-.067
はっきりした	.338	.098	<b>.777</b>
やわらかい	.200	-.060	<b>-.670</b>
豊かな	<b>.689</b>	<b>.574</b>	-.035

因子負荷量表から、Factor 1 には評価語“好き”の嗜好を表すが含まれているが、“美しい”“つやのある”“融け合った”“音が通る”など、音色の美しさなどに関する評価語で因子負荷量が多いため、“美的因子”と判断した。次に Factor 2 には“厚みのある”、“迫力のある”“重い”などの 3 つの評価語が含まれたため、“迫力因子”とした。最後に、Factor 3 では、“はっきりした”“やわらかい”などの評価語が含まれていたが、“やわらかい”が負の関係で高い因子負荷量を持っていることから対義語である“固い”音、または“はっきりした”因子として“金属性因子”とした。また、評価語“豊かな”は“美的因子”と“迫力因子”にまたがって高い因子負荷量を持った。

## 6.2.2 因子得点を用いた分散分析

これら 3 つの因子ごとに、独立変数を立奏台の種類（4 水準）、因子分析から得られた因子得点の予測値を従属変数とした一元配置分散分析を行なった。結果、3 つの因子のうち“迫力因子（ $p = .0031, \eta^2 = .1253$ ）”で有意差、“美的因子（ $p = .0855, \eta^2 = .0631$ ）”で有意な傾向がみられた（表 6.4）。また、Bonferroni の多重比較検定を行なった結果、“迫力因子”で有意差がみられ、H 型に対して、反射板 J と M を取り付けた立奏台との間に有意差があることがわかったが、アカンサス型とは有意差がなかった（表 6.5）。

表 6.4: 因子得点を従属変数とした一元配置分散分析の結果

表中、左から両極尺度の評価語、主要因における平方和、自由度、平均平方、F 比と p 値、効果量  $\eta^2$  を示す。

	因子	平方和	自由度	平均平方	F 比	p 値		効果量 $\eta^2$
1	美的因子	6.379	3	2.126	2.299	.086	+	.063
2	迫力因子	13.452	3	4.484	5.086	.003	**	.125
3	金属性因子	2.824	3	0.941	0.687	.563		.025
+ $p < .10$ , * $p < .05$ , ** $p < .01$ , *** $p < .001$								

表 6.5: 迫力因子における Bonferroni の多重比較検定の結果

表中、左から評価語、有意差があった立奏台の組合せ、差分、t 値、自由度、p 値、補正 p 値、効果量 r を示す。

評価語	組み合わせ	差分	t 値	自由度	p 値	補正 p 値	効果量 r
迫力因子	H 型 < M (20 - 15)	-0.805	3.742	22	.0011	.0068	.62
	H 型 < J (20 - 0)	-1.006	3.460	22	.0022	.0068	.59
+ $p < .10$ , * $p < .05$ , ** $p < .01$ , *** $p < .001$							

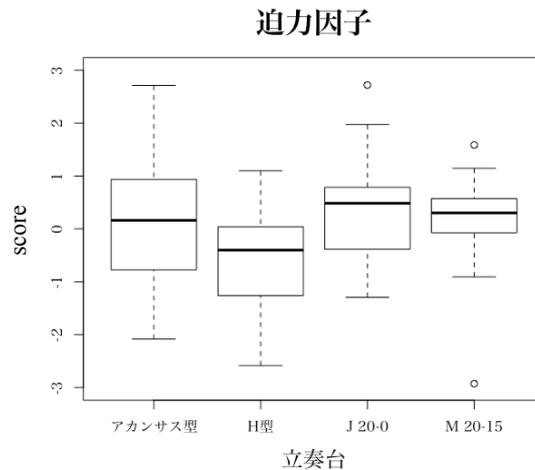


図 6.3: 視聴 I における評価から得られた“迫力因子”における因子得点の予測力から求めた箱ひげ図。中央の太線はデータの中央値、箱の最上端と最下端はそれぞれ第 3 四分位数と第 1 四分位数を表す。丸は、ひげより大きい、または小さいデータの外れ値を表す。

### 6.3 考察

視聴 I の評価における一元配置分散分析の結果、4 つの評価語で有意差、または有意な傾向があることがわかった。また下位検定の結果、“重い”を除く 3 つの評価語で有意差がみられ、それぞれ形状が異なる 3 つの立奏台での評価が H 型での評価と異なるということがわかった。また、これらの有意差があった評価語は、評価語の検討の際に行なった階層クラスター分析において「力強さ」や、「音量バランスが良い」「音の混ざり具合が良い」などと同じ階層に分類されていた。

因子得点を用いた分散分析の結果から、因子は“美的因子”“迫力因子”“金属性因子”の 3 つに分けられ、そのうち“迫力因子”で有意差、“美的因子”有意傾向がみられた。下位検定の結果、“迫力因子”では反射板 J と反射板 M を取り付けた立奏台が H 型の立奏台と異なるということがわかった。この結果は、実験参加者の回答を従属変数とした分散分析の結果と同様であり、主に、本実験では演奏音の大きさやバランスなどについて評価されたのではないかと考えられる。以下、考察では得られた自由記述を引用<sup>8</sup>した。

まず、H 型の立奏台がその他 3 つの立奏台と大きく異なる点は、反射板の上下幅が狭く、なおかつ床面に対して垂直に取り付けられていることである。つまり、上下幅の広い反射板を立奏台に傾斜をつけて取り付けたことによって、H 型の立奏台を用いた演奏音との間に違いが生まれた、と考える。実験で求めた H 型についての自由記述では、「音が軽く、

<sup>8</sup> 自由記述からの引用は「」で文中に挿入し、なるべく原文のまま使用したが、筆者が補足のため追加した部分に関しては () で書き加えた。なお、得られた自由記述はすべて資料として DVD に収録した。

響きが少ない、厚みかけ大人数のわりに前にでてこない」「奏者だけに聞こえてそう」「響きもこちら（視聴位置）まで届かなかったように思える」「大きい場所になるとかなり物足りなくなると予想できる」などの意見があった。音響物理測定の結果からも、反射板のない立奏台と同じように、箏の音穴から放射された音が床面で反射し箏の上部へ放射されたため、視聴位置での音色の印象が他の立奏台と異なったのではないかと考えた。

次に、アカンサス型において、反射板 J（20-0）と反射板 M（20-15）と同様に“迫力のある”“豊かな”では下位検定の結果、H 型との間に有意差があったが、“厚みのある”では有意差が得られなかった。この評価語“厚みのある”は、吉川（2018）で使用された評価語のうち、「音量バランスが良い」「音の混ざり具合が良い」などとクラスタ分析で同じ階層に分けられたものであるが、反射板 J と M が H 型との間に有意差があったのに対し、アカンサス型では有意な差がなかったことから、反射板中央の開口部の有無の影響があるのではないかと考えた。また、アカンサス型についての自由記述を確認すると、「他の立奏台と比べ音がこもって聴こえた」「全体がぼんやり」「迫力がある曲には向かなそう」などの意見があった。これらのことから、後方の奏者の演奏音がアカンサス型の反射板に遮られ、視聴位置に届きづらかった可能性が示唆される。しかしながら、実際には開口部を設けた反射板とアカンサス型の間に有意差はなかったため、さらなる調査が必要である。

続いて、評価語“厚みのある”で H 型との間に有意差がみられた反射板 J と M についても、自由記述で得られた回答から考察する。反射板 J（20-0）は中央に ±20 cm の開口部を設けた反射板を取り付けた立奏台であったが、その音色は「全体的には柔らかく」、「前に音がとんでいる」印象という意見があった。また、「迫力や華やかさがある」「あとで余韻が広がる感じ」という意見があったほか、「前列、特に第 1 奏者の音がクリアに大きく、明るくはっきりときこえた」や「後列は前列と比べるとやわらかく、ぼんやり、音量も小さく聴こえた」という意見があった。一方で、「ソロ（独奏）がすごく（浮）いて聴こえる」や「第 1 奏者の音と他の伴奏者の音のバランスが良い」などの意見からもわかるように、合奏群の前列と後列は別々の演奏群として評価され、演奏 I は合奏群の一部ではなく、独奏として評価されている傾向がみられた。これは演奏を独奏と伴奏として分けて聴くのではなく、ひとつの合奏群として評価するように求めたものの、うまく機能していなかったことが考えられる。また視聴 I と合奏群の関係性は実験中に変わらないように計画されているものの、それぞれ演奏 I を担当した奏者やその他の奏者の関係性によって合奏群の印象が異なってしまっていることが推測される。そのため、本実験では“迫力”などの演奏の音量バランスなどに関する評価語でのみ有意差があったのではないかと考えられる。

さらに、反射板 M（20-15）でも同様に第 1 奏者を独奏として評価した意見が多くみられたが、反射板 J と比べて「全体的に音が軽やかで、1～5 奏者どの音も比較的均一に聴こえて、余韻も華やかなため、厚みがある豊かな合奏に聴こえる」「どの音もバランスよく聴こえた」「それぞれの箏の余韻がまとまる感じがした」など、ひとつの合奏群とし

での意見もいくつか得られた。しかしながら、反射板 M ( 20-15 ) でも「自分が弾いていたときの聴きやすさと ( 視聴した際の聴こえ方が ) マイナスで違う」など、奏者の違いによってその印象も大きく異なる可能性が示唆された。これらのことから、本実験ではひとつの合奏群としての評価が難しかったため、合奏群の前後の音量バランスというよりは独奏と伴奏に分けた場合の音量バランスについての評価が多く、その他の評価語、例えば“明るい”や“澄んだ”などでアカンサス型、H 型と本実験で選択した立奏台との間に明らかな違いや有用性は確認できなかった。しかしながら、反射板 J と M を取り付けた立奏台は、“迫力因子”における分散分析の下位検定の結果からも H 型立奏台と有意差があり、床面に対して垂直かつ上下幅が狭い反射板を使用するのではなく、傾斜があり、上下幅がある反射板を取り付けることによって、合奏群としての評価がなされることがわかった。またアカンサス型と H 型の間に有意差がみられなかったことから、反射板 J と M のように反射板の中央に開口部を設けることによって、視聴者の聴こえ方に影響を与える効果が少なからずあると考える。今後の研究課題として、合奏群の演奏条件を揃えた視聴実験を行う必要性が考えられ、さらに開口部を設けることによる有用性を示せると考えている。

## 6.4 奏者位置における立奏台と演奏位置の評価

### 6.4.1 前方の奏者の評価

前方グループの奏者 I と II では、被験者間要因を演奏パート ( 演奏 I と II 、 2 水準 ) と、被験者内要因を立奏台の種類 ( 4 種類 ) を独立変数とし、実験参加者の回答を従属変数とした二元配置分散分析 ( 2 要因混合計画分散分析 ) を行なったが、すべての評価語において有意差はみられなかった。

### 6.4.2 後方の奏者の評価

後方グループでは、被験者内要因 A を立奏台の種類、要因 B を演奏位置 ( 演奏 III / 演奏 IV / 演奏 V の 3 水準 ) の独立変数とし、実験参加者の回答を従属変数とした二元配置分散分析を行なった。結果、奏者では 7 評価語のうち周りの演奏音が“聴きやすい”“大きい”“バランスが良い”の 3 つで有意差、“第 1 奏者の演奏音が聴きやすい”の 1 つで有意な傾向がみられた。

奏者の評価による二元配置分散分析の結果、立奏台が変わることによる要因 A 、要因 AB による交互作用では有意差がみられなかった。しかしながら、要因 B ( 演奏位置 ) の主効果では、7 つ中 4 つの評価語で有意差、または有意な傾向があった。要因 B の主効果で有意差があったものは周りの演奏音についてであり、“聴きやすい (  $p = .0000$ ,  $\eta^2 = .0963$  ) ” “大きい (  $p = .0000$ ,  $\eta^2 = .1008$  ) ” であった。また、“バランスが良い (  $p$

=.0587,  $\eta^2=.1018$  ) ” で有意な傾向がみられた。さらに “第 1 奏者の演奏音が聴きやすい (  $p=.0095, \eta^2=.053$  ) ” でも有意差がみられた (表 6.6) 。実験での奏者の位置を図 6.4 に示す。要因 B の主効果で有意差があった評価語において Bonferroni の多重比較検定を行なった。その結果、周りの演奏音が “聴きやすい” 、 “大きい” 、そして “第 1 奏者の演奏音が聴きやすい” の 3 つの評価語で有意差がみられた (表 6.7) 。

表 6.6: 奏者 III/IV/V による二元論分散分析の結果

表中、左から評価語、要因 A、B、相互作用要因 AB に分かれ、それぞれ F 比と p 値、効果量  $\eta^2$  を示す。

	評価語	要因 A (立奏台)			要因 B (演奏位置)			要因 AB		
		F 比	p 値	効果量 $\eta^2$	F 比	p 値	効果量 $\eta^2$	F 比	p 値	効果量 $\eta^2$
1	自分の演奏音を通る	0.073	.974	.001	1.238	.299	.011	0.240	.963	.003
2	自分の演奏音が聴きやすい	0.080	.971	.001	0.791	.460	.007	0.555	.765	.006
3	第 1 奏者の演奏音が聴きやすい	0.871	.460	.008	5.157	.010 **	.053	1.095	.369	.011
4	周りの演奏音が聴きやすい	0.565	.640	.007	15.698	.000 ****	.096	0.418	.866	.005
5	周りの演奏音が大きい	0.731	.537	.008	16.162	.000 ****	.101	0.264	.953	.002
6	周りの演奏音のバランスが良い	1.392	.253	.014	3.018	.059 +	.018	0.615	.718	.006
7	好き	0.564	.641	.008	0.767	.470	.006	0.559	.763	.006

+p < .10, \*p < .05, \*\*p < .01, \*\*\*p < .001

表 6.7: Bonferroni の多重比較検定の結果

表中、左から評価語、有意差があった立奏台の組合せ、差分、t 値、自由度、p 値、補正 p 値、効果量 r を示す。

評価語	組み合わせ	差分	t 値	自由度	p 値	補正 p 値	効果量 r
周りの演奏音が聴きやすい	演奏 IV > 演奏 V	0.813	5.029	23	.0000	.0001	.72
周りの演奏音が大きい	演奏 IV > 演奏 V	0.802	4.427	23	.0002	.0002	.68
第 1 奏者の演奏音が聴きやすい	演奏 III > 演奏 V	0.667	3.067	23	.0055	.0164	.54
周りの演奏音が大きい	演奏 III > 演奏 V	0.854	4.942	23	.0001	.0002	.72
周りの演奏音が聴きやすい	演奏 III > 演奏 IV	-0.802	4.214	23	.0003	.0003	.66
周りの演奏音が大きい	演奏 III > 演奏 IV	-0.854	4.942	23	.0001	.0002	.72

+p < .10, \*p < .05, \*\*p < .01, \*\*\*p < .001

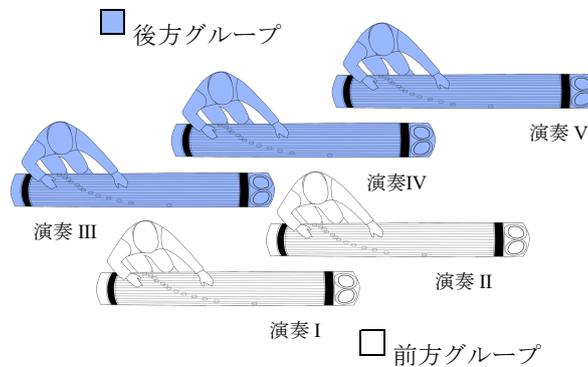


図 6.4: 実験での演奏位置

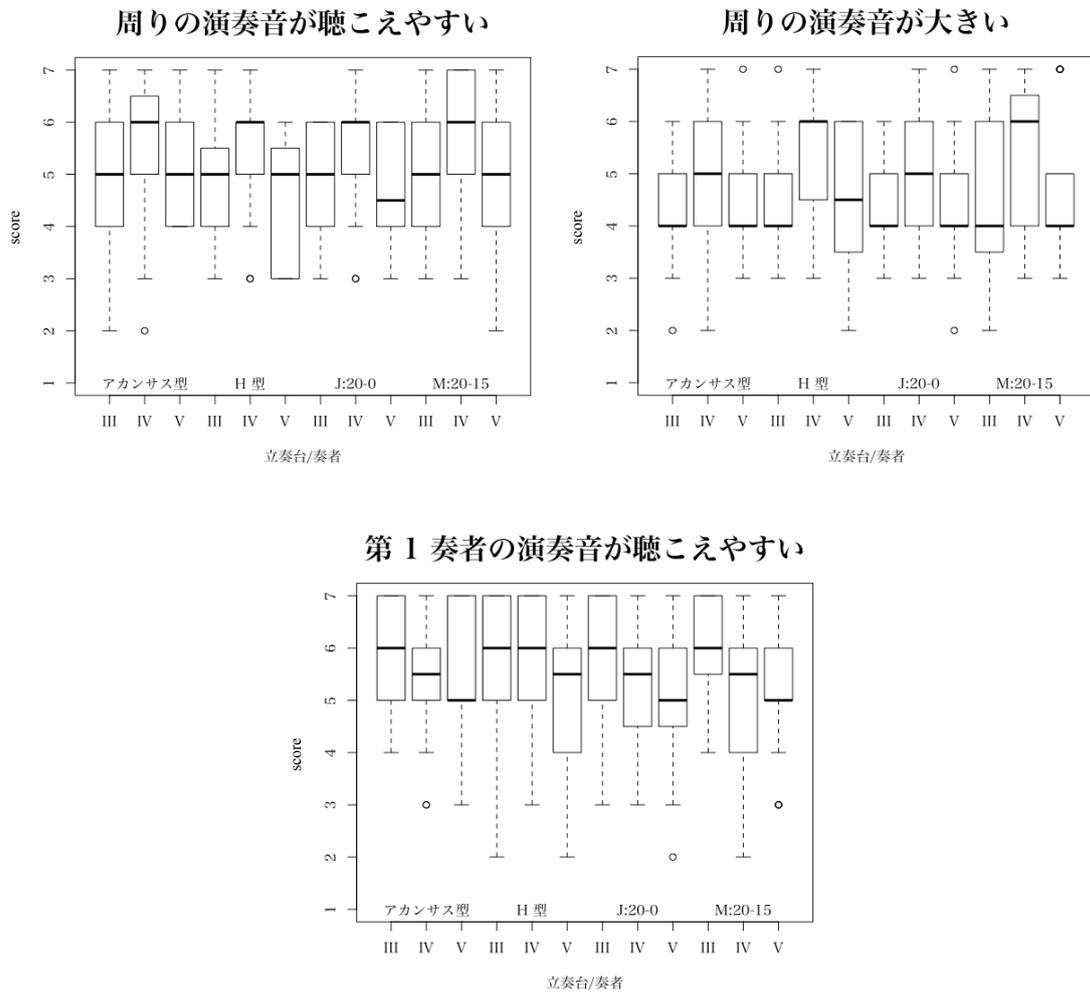


図 6.5 : 箱ひげ図の中央の太線はデータの中央値、箱の最上端と最下端はそれぞれ第 3 四分位数と第 1 四分位数を表す。丸は、ひげより大きい、または小さいデータの外れ値を表す。左からアカンサス型、H 型、反射板 J(20-0) と M(20-15) の立奏台の順番に並び、それぞれの奏者 III/IV/V を表す。

## 6.5 考察

### 6.5.1 演奏位置 I と II の評価

まず、前方グループの演奏 I と演奏 II の間や立奏台の違い、またその組み合わせにおいてどの評価語に有意差はなかった。これは、演奏 I がパートリーダーとして、全体に合わせるというよりは、すべての奏者を牽引する役割であること、また演奏 II と演奏 IV に近く、演奏 II は演奏 I に最も近く、なおかつ後方の演奏 IV 演奏 V の演奏音を聴きやすい演奏位置にいることから、音穴からの放射よりも撥音を直接聴いていたのではないかと考えられる。異なる立奏台を使用して演奏した際にも分析結果では有意差はなかった。自由記述からもすべての立奏台で演奏しやすい、しにくいなどの回答が得られた。

アカンサス型では、演奏 I で「全体的に（自分も含めて）音が響いている感じがした（特に単音）。少し余韻が長い印象。全体のバランスがよかった」という意見がある一方、演奏 II では「自分の音以外はよく聴こえた」や「自分の音が通る印象はあまりなかった」「まわりの音も自分の音も遠くにとんでないと感じた。音の打点は自分の音ははっきりきこえた」などの意見が得られた。これは、演奏 I と演奏 II の並びかたに起因するものと考えられる。つまり、演奏 II の箏の音穴から放射された音は自身の立奏台の反射板、前方の演奏 I の反射板に遮られてしまっているため、自身の演奏音が床面に反射せず、さらには演奏 I の立奏台に反射し、より聴こえにくくなっていると考えられる。そのため、撥弦の音や演奏 I の動きをより頼りにしているのではないかと考えられる。

H 型では、演奏 I で「自分の音がダイレクトに聴こえると感じました」「自分の音がまとまりよく演奏しやすい」など「自分の音がよく聴こえた」との意見や、「周りの音がききやすかった」という意見があった。演奏 II でも「自分の音もほどよく聴こえ、一箏の音が聴こえた」「第 1 奏者がききやすかった」という意見や「後列のボリュームが大きく、前列に届いてきました。一緒に弾いている感ありました」などの意見が得られた一方で、「モワツとする音色で、音がとんでいかない感じがした」「ぼんやりする」や「聞き取りやすいが響きが少なく厚みにかける」や「素朴だが少し響きに欠ける感じがした」などの意見があった。H 型では、床面反射の影響で奏者にとっては全体的に音が聴きやすいのではないかと推測するが、反射板が垂直に取り付けられているため、観客席側へ音が届いていないことを奏者自身も感じている様子が伺えた。

反射板 J（20-0）では、一転して、音が前に飛ぶという（4名）や、余韻（3名）についての意見がみられ、「爪のタイミングと余韻のひびきがよく合わせやすい」「抜け感がある」「長く感じる」などがあつた。また「自分の音が前に行っているせいか、周りの音がよく聴こえる」や「自分の音と奏者 1 の音、周りの音がよく聴こえて響きもある」「後列の音もよく聴こえる」という意見があつたが、演奏 I では「高音が特にですが、詰まった音に聴こえました。合奏群のボリュームはとても大きく聴こえますが、自分の音より増してい

るので、演奏のしやすさはあまりないかもしれません」や、演奏 II では「聴こえにくかった（自分の音だけ）」「後ろの音があまりきこえない。きこえづらかった」など、奏者個人による違いも示唆された。また、奏者 I で演奏がしにくい、という意見では奏者 I 自身を独奏とした場合の意見なのではないかと推測した。

反射板 M（20-15）において、演奏 I では「自分の音は大きく、響きもあり、かなり聴きやすい。周りの音は（どの奏者も）あまり大差なく聴こえるが、自分の音とのバランスがとりにくい」「周りの音は粒がそろって均一にきこえた」という意見や「第 1 奏者とその他というバランスが明瞭である」というように、演奏 I とその他の奏者を分けて聴く傾向がみられた。この際、「一番前にいるためか前に音が行っているように感じた」という意見がある一方で、「しっかりひかないと前に飛ばない気がします」や「演奏はしやすかったけれど、客席にきこえているかはナゾ」などの意見もあり、ここでも奏者個人間の差が示唆された。演奏 II でも同様の傾向がみられ、「第 1 奏者の音がよく聴こえた」「自分の音はとてもする」「後列の聴こえ方は 3 者とも大差なかった」「前も後ろもよく聴こえるので、安心して演奏でき」といった意見がある一方で、「自分の音がこんなに聴こえづらい」や「その場でな（鳴）っていて遠くにいてない感じがした」「手元でこもる気がする」など、他の奏者の演奏音は聴こえやすいが自身の演奏音との差があることが示唆された。演奏会では、第 1 奏者と第 2 奏者は非常に近くに配置されることが多く、第 2 奏者の箏の音穴から放射された音は、第 1 奏者の雲角側（奏者の左手側）の反射板に遮られてしまうため、観客席側に音を通過できていないことが予想される。そのため、反射板中央に開口部がある場合には第 2 奏者を第 1 奏者に近づけて、第 2 奏者の箏の音穴からの放射をなるべく開口部から観客席側に通過させる配置が望ましいのではないかと考える（図 6.6）。

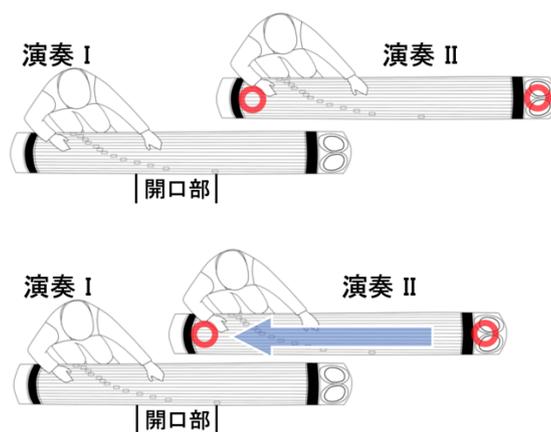


図 6.6：第 1 奏者と第 2 奏者の配置の提案。図中の赤丸は箏の音穴を表す。第 2 奏者の箏を、図中の下段のように第 1 奏者側へ寄せ、龍角側の音穴から放射される音を第 1 奏者の反射板中央の開口部から通過させるに配置する。

## 6.5.2 演奏位置 III/IV/V の評価

立奏台の種類と演奏位置による二元配置分散分析の結果から、合奏群内の演奏のしやすさは、立奏台の形状に関係なく演奏位置によって左右されるということがわかった。まず、演奏 III にあたる演奏位置は、前方の奏者を含む周りの演奏音が聴き取りにくいのではないかと考えたが、実際には演奏 IV や V よりも第 1 奏者に近いところに位置するため、その演奏音が聴きやすいということがわかった。自由記述の結果からも、「自分の音、一箏（演奏 I）の音ともよく聴こえた」「前に誰も居ないので自分の音は聞こえやすい」という回答がある一方、「自分の音が周りと同化せずに聴こえる」「孤独を感じる位置」という意見や、「第 5 奏者の音がわからない（演奏 IV にさえぎられる）」「第 2,4,5 奏者の音が感じられるかというのと遠い（位置にいる奏者）ほど微妙」などの意見があった。

次に、演奏 VI では、後方の他の 2 つの演奏位置よりも周りの演奏音が聴き取りやすく、なおかつ大きく感じていることがわかった。これは演奏 IV が合奏群の中央に位置しており、他の奏者に囲まれているためであると考えられる。自由記述からも「第 1 奏者が遠く聴こえるが、各奏者の音は個々にはっきり聴き取りやすい」「（箏）5 面それぞれの音が独立している」などの意見があった。しかしながら、周りの演奏音が聴き取りやすい一方で、「自分の音は周りに比べるとききづらい」「自分の音がほとんど聞こえなかった」「情報量が多いイメージ」など、周りの演奏音が大きく、演奏がしにくくなる可能性が示唆された。

最後に演奏 V では、アカンサス型を用いた演奏時に「自分の音、第 1 奏者の音、合奏群の音のバランスがよく全て把握できる印象」などの意見がある一方で、同じアカンサス型、同じ演奏位置の場合でも「2（演奏 II）、3（演奏 III）の演奏音は個別に認識できず、聴こえない」など、奏者の個人差による影響が示唆された。

分散分析の結果では、立奏台の違いや、演奏位置と立奏台による交互作用では有意差がみられなかったが、自由記述からは立奏台が異なることによる変化が伺えた。

まず、アカンサス型の立奏台では余韻に関する記述が多く、演奏 I と同じように「余韻が長く感じた（演奏 III）」という意見があった一方で、「余韻の伸びがあまり感じられない（演奏 III）」「弾き終わりの余韻が少し散漫にきこえた（演奏 IV）」など、否定的な意見があったほか、「細かい箇所が聞き取りやすいが、音が固く、耳がつかれる（演奏 III）」や「生音に近い音である、すっきりしている（演奏 V）」という意見がみられた。

H 型の立奏台では、演奏 II で得られたような「響きが少なく素朴な感じ（演奏 III）」という意見や、「全体の響きが少ない。よく言えば、シャープな音、素直な音（演奏 V）」「音が澄んでいる。クリア（演奏 III）」「一音がクリア（演奏 V）」という、響きや撥弦の音がよく聴こえているような意見があった。また、「不明瞭な音（中音域？中指？）がある（演奏 III）」や「音は大きく聞こえたが、前にとんでいるかは不安でした（演奏 III）」などの意見があった。これは、H 型の立奏台では、床面反射によって奏者自身の演奏音が

多く聴こえる状況であり、「前へ通らず、近くで響く印象。その分奏者としてはよく聴こえる（演奏Ⅳ）」ため、「自分の音の余韻はよく聞こえ（演奏Ⅳ）」、奏者によっては「弾きやすい。程よい響きと硬さである（演奏Ⅳ）」などの意見があるのではないかと考える。しかしながら「個々がしっかり音を出して弾いていることが感じられた（演奏Ⅳ）」という意見からも周りの奏者の音が大きく、「（箏）Ⅰパートが合奏群に埋もれて？馴染んで？聴こえる傾向がある（演奏Ⅴ）」ことが示唆された。

演奏ⅠやⅡで音が前に飛ぶという意見があった反射板Ⅱ（20-0）では、「響きが斜め上～上にとぶ感じ。前に音がいく感じが無い。周りは聴きやすいが粒がクリアではなくぼやけた感じ（演奏Ⅲ）」「全体的にこもった印象（演奏Ⅲ）」「一箏（演奏Ⅰ）がきこえづらく全体の響きが少ない」という意見があった。これは、反射板中央に開口部はあるものの、反射板上部に隙間がないため、音穴から放射された音が十分に床面に反射せず、H型と比べて演奏音が聴き取りづらいためではないかと考える。一方で、「硬い、すっきり、クリア澄んだ音（演奏Ⅲ）」「全員が同じ音色に聴こえる。硬い音（演奏Ⅴ）」などの回答が得られた。この「硬い」という意見に関しては「楽器のせいかな？（演奏Ⅴ）」との意見もあったが、これも床面反射ではなく、撥弦の音が多く聴こえているのではないかと推察した。

反射板Ⅲ（20-15）では、「自分の音は聞こえやすい」という意見がどの演奏位置でもみられ、演奏Ⅲ/Ⅳ/Ⅴの自由記述のうち、自身の音が聴こえやすいと回答があったのはアカンサス型で得られた回答が1つだけだったのに対し、反射板Ⅲでは自身の音と周りの音を分けて聴いているような回答が7つ得られた。演奏Ⅲでは「3（演奏Ⅲ）は前がひらけているため」「前にだれも居ないので」という理由で自身の演奏が聴きやすいという判断がなされているようだが、他の立奏台の同じ演奏位置で同様の意見を得ることはできなかった。また、「自分の音が周りと同化せずきこえる（演奏Ⅲ）」「周りの音と自身の音がなじまない（演奏Ⅴ）」「なぜか周りとおっているのか不安になる位置？音？でした（演奏Ⅴ）」など、否定的な意見もあった。さらに全体的な意見も多く得られ、特に「（演奏Ⅰ以外の音の）響きが均一にきこえやすかった（演奏Ⅲ）」「（演奏Ⅰ以外の）音がきこえやすく、響きが良い（演奏Ⅳ）」「（演奏Ⅰの音が）少し埋もれた印象。合奏しやすい（演奏Ⅴ）」というように、演奏Ⅰの演奏音は聴こえにくいものの、その他の演奏音が均一に聴こえており、合奏しやすいという意見があった。他にも、「それぞれの音は聴きやすい。特に前列（演奏Ⅲ）」「全体が聴こえやすく（全員のパートの音がわかる）一体感を感じやすい（演奏Ⅳ）」「楽器全体が鳴り響いているように感じました（演奏Ⅳ）」「伴奏は皆同じくらい、響いて聴こえた（演奏Ⅴ）」などの肯定的な意見もあった。本実験では演奏位置で有意差がみられ、演奏Ⅳでは周りの奏者の演奏音が聴こえやすいことが示唆されたが、演奏Ⅳ以外の演奏位置でも周りの演奏音が聴こえやすいという意見が比較的多く得られたことから、反射板Ⅲでは演奏位置の要因だけではなく、反射板の形状が奏者の演奏のしやすさに影響があるのではないかと考える。

## 6.6 まとめ

本実験の結果、視聴者の位置（視聴 I）では、異なる立奏台での演奏を行うことによって、視聴者の印象に“迫力のある”“厚みのある”“豊かな”“重い”などの合奏群の音量バランスに関わる評価語で有意差、または有意な傾向があることがわかった。また、因子得点を従属変数とした分散分析でも“迫力因子”で有意差、“美的因子”で有意傾向があった。

奏者位置では、演奏 I と演奏 II では有意差はなく、後方グループ（演奏 III / IV / V）でも立奏台の違いや、立奏台と演奏位置の交互作用による演奏のしやすさについての差はなかったものの、演奏 III から V では、演奏位置によって周りの奏者の演奏音が“聴きやすい”または“大きい”などで有意差があり、“バランスの良い”では有意な傾向があった。さらに“第 1 奏者の演奏音が聴きやすい”でも有意差があることが確認された。

これらの結果から、立奏台を変更することによる影響は、演奏のしやすさに対しては少ないものの、観客席で聴こえる演奏音に対して影響を与えることがわかった。立奏台を貸し出しする楽器店などが多く所有し、見栄えを統一する目的でも使用されることの多い H 型は、反射板の上下幅が狭く、床面に対して垂直に取り付けられているが、そのことにより音穴から放射された音が床面に反射してしまい、観客席側へ届かないことが示唆された。そのため反射板が大きく、傾斜がついているアカンサス型や本研究で提案した 2 台の立奏台に比べ、H 型立奏台を使用した演奏は“迫力のある”“豊かな”などの評価が低くなってしまい、さらには反射板 J と M に比べ“厚みのある”演奏音ではないことがわかった。

また、奏者の演奏音の聴き取りやすさについて、立奏台が変わることによって評価が変わる様子が自由記述から見受けられたが、分析結果では立奏台、および立奏台と演奏位置の交互作用で有意差はなかった。ここで考えられる要因として、異なる立奏台での演奏への慣れや、視聴 I と合奏群の関係性と同様に、合奏群内の関係性は変わらないように実験設計されたものの、演奏位置や奏者の演奏の個人差によって合奏群内のバランスが異なったことなどが考えられる。合奏群の理想としては、すべての奏者が同じ質の演奏をすることが求められるが、演奏位置が奏者に影響を与えることは本実験からも明らかであり、演奏中のそれぞれの奏者の見やすさや観客席からの見栄えなどだけでなく、奏者の熟練度によって演奏位置を考慮する必要性が再確認された。また、反射板 M（20-15）では、自由記述から反射板の形状による演奏のしやすさの変化に関する意見が多く得られ、演奏 I を独奏、その他の演奏位置を伴奏とした場合には演奏 I の音が埋もれてしまい聴こえにくい、すべての奏者が同じパートを演奏する合奏の場合には、「一体感を感じやすい」「合奏しやすい」立奏台になるのではないかと考える。

以上のように反射板 M（20-15）は、視聴者にとって H 型よりも“迫力”があり、自由記述からも「ひとつの合奏群」としての意見を多く得た。また、奏者にとってアカンサス型や反射板 J（20-0）と比べ「自分の音は聞こえやすく、演奏 I の演奏音以外の演奏位置の演奏音が均一に聴こえており、合奏しやすい立奏台であると考えられる。

## 第 7 章 総括

### 7.1 まとめ

本研究では、箏の立奏台に取り付けられる反射板の影響を調べ、音響物理学や音響心理学の観点から合奏に適した立奏台とはどのようなものかを検討し、提案することを目的とした。はじめに、箏の音穴からの発音に対してどのような反射板の要因が演奏音に影響を及ぼすのかを検討し、予備実験から求めた基本となる反射板を元に、反射板上部の隙間や中央に開口部を設けた計 17 パターンの異なる反射板を取り付けた立奏台を無響室で測定した（図 3.8 再掲）。

その結果から、反射板 J（20-0）と M（20-15）を採用し、本学で実際に使用されているアカンサス型と H 型 を合わせた計 4 種類の立奏台を用いて実験を行なった（写真 5.2 再掲）。実験では、前方グループと後方グループに分かれて評価され、合奏時の音色の変化や演奏のしやすさなどについての回答を求めた（図 5.1 再掲）。

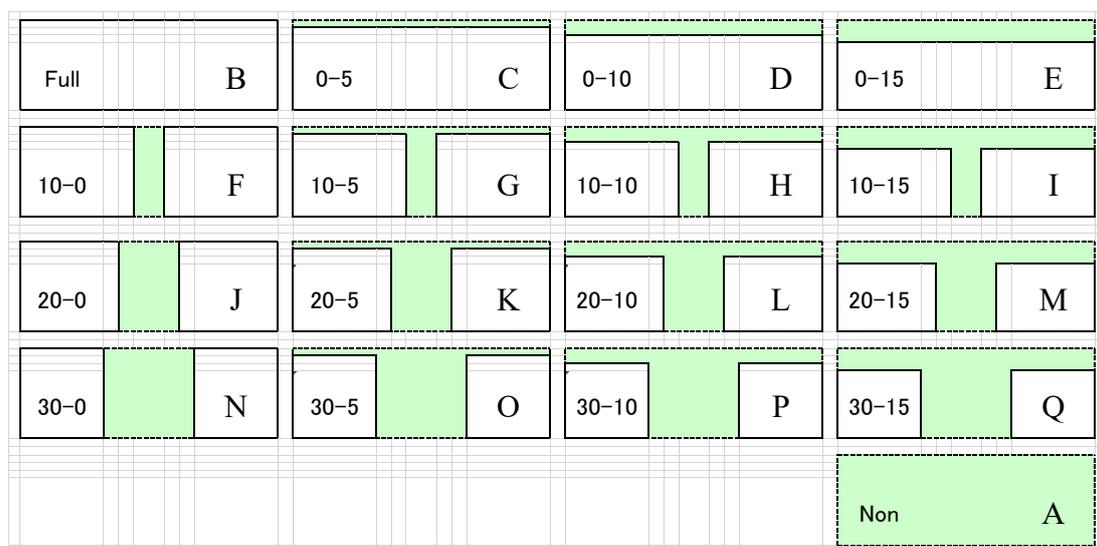


図 3.8: 測定した反射板の種類。板がある部分は白で示し、取り除いた部分は着色した。反射板が一枚板のもの、上下幅や中央の開口部を変更した反射板、そして反射板を使用しないものの計 17 種類の測定を行なった。

分析は視聴者と奏者の回答に分けて行われ、視聴者の評価では、提案した 2 つの立奏台を用いることによって H 型立奏台よりも演奏音に“迫力”が増すことが示唆された。また奏者の評価では、立奏台の差異はわからなかったが、演奏 IV は演奏 III/V よりも周りの演奏音が大きく、聴こえやすい演奏位置であり、また演奏 III がもっとも第 1 奏者の演奏音が聴き取りやすい演奏位置だということがわかった。

これらの結果から、視聴者位置では提案した立奏台は“迫力因子”および“美的因子”で、奏者位置では立奏台の変化よりも奏者の位置関係が変わることが演奏のしやすさに影響を及ぼすことがわかったが、実験の自由記述から得られた「一体感がある」などの意見から総合的に考慮し、本研究では反射板上部の隙間が 15 cm かつ中央の開口部が  $\pm 20$  cm の反射板 M を箏曲の合奏に適した立奏台として提案する。



写真 5.2: 実験で使用した立奏台を示す。上段の左から東京藝術大学で使用されているアカンサス型、H 型。下段の左から今回提案した反射板 J (20-0) と M (20-15) である。

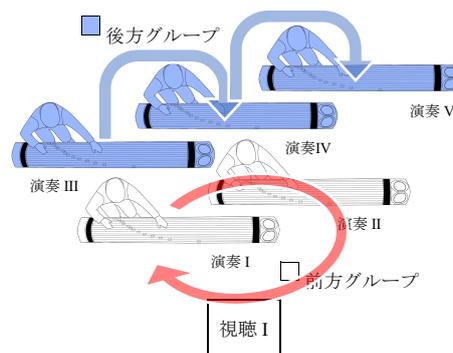


図 5.1: 実験グループの分けを示す。着色のないグループが前方グループ、着色したグループが後方グループ。

### 7.1.1 音響物理測定のおまめ

箏は底面に 2 つの音穴を持っているが、音穴下にマイクロフォンを設置し測定を行なった結果、龍角側（奏者に近い位置）と雲角側の音穴では周波数によって差がみられた。撥弦を行うことにより、奏者のいる龍角側の音穴から放射されるが雲角側よりも音圧が大きいと予想したが、周波数によっては雲角側の音圧レベルが龍角側を上回った。そのため、雲角側を考慮に入れた反射板の横長 170 cm が必要であると考えた。次に、反射板の上下幅は龍角側 53 cm とした。これは箏の底面から床面までを覆う反射板を検討したことにより得られた上下幅であるが、この上下幅はフレネルゾーンから 440 Hz 以上の周波数を反射させることができると考えられる。また、反射板の角度は 60° に設定したが、これは実際の立奏台でもっとも採用されている角度から選択した。

無響室における音響物理測定の結果、反射板上部の隙間が 15 cm のときに音穴からの後方への放射がもっとも大きかった。また後方の奏者の演奏音を観客席側へ通過させるための反射板中央の開口部を  $\pm 30$  cm まで広げた場合、1/3 オクターブ・バンドでは大きな変化はなかったが、箏の基音と倍音の周波数帯域では、中央部を  $\pm 10$  cm から  $\pm 20$  cm 広げた場合と異なり、前後の音圧レベルに上昇、または低下する現象がみられた。特に後方では 1000 Hz 以上の音圧レベルの低下が顕著なため、大きな変動がなかった  $\pm 20$  cm の反射板 M を採用した。また、反射板上部の隙間と中央の開口部のどちらがより箏近傍の音圧分布に影響を及ぼすのかを調査した結果、反射板上部の隙間がより影響を及ぼすことがわかったため、上部に 15 cm の隙間がない反射板 M を実験で使用した（図 4.11 再掲）。

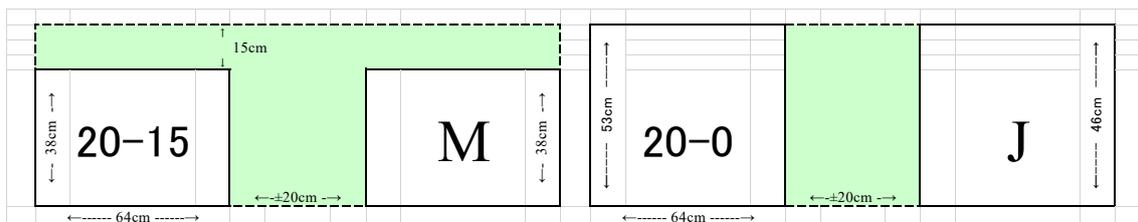


図 4.11: 演奏聴取実験で使用する反射板 2 種を示す。共に反射板中央の開口部が  $\pm 20$  cm で左の反射板 M (20-15) の上部には 15cm の隙間を設けてある。

### 7.1.2 演奏聴取実験のおまめ

本実験は、前方グループ（視聴 I / 演奏 I / 演奏 II）と後方グループ（演奏 III / 演奏 IV / 演奏 V）に分かれて評価を行なってもらった。実験では、箏の第 1 奏者（演奏 I）の位置での箏 1 パートを演奏してもらい、他の奏者（演奏 II から V）には主旋律を演奏してもらった。つまり、第 1 奏者の演奏する『さくら変奏曲』の第 1 変奏と第 8 変奏に主旋律を合わせもらい、その時の音色の変化、演奏のしやすさなどについての回答を求めた。

視聴者位置の評価では、それぞれ評価語において独立変数を立奏台の種類（4水準）、従属変数を実験参加者の回答とした一元配置分散分析の結果、前方グループの視聴 I では、“迫力のある” “厚みのある” “豊かな” “重い” などで有意差、または有意な傾向があった。しかしながら、使用した評価語は互いに独立でなく、複数の評価項目がひとつの要因からの影響を受けていると考えられたため、すべての評価語について因子分析を行い、得られた因子ごとに各実験参加者の因子得点の予測値を従属変数とした分散分析を行なった。

因子数は、スクリープロットを参照し、“迫力因子” “美的因子” “金属性因子” の3つの因子を得た。これらの因子ごとに、独立変数を立奏台の種類（4水準）、因子得点の予測値を従属変数とした一元配置分散分析を行なった結果、“迫力因子” で有意差がみられ、“美的因子” で有意な傾向がみられた。下位検定では、“迫力因子” において本論で提案された反射板 J（20-0）と M（20-15）を取り付けた立奏台が、H型立奏台よりも“迫力”があることがわかったが、H型とアカンサス型の間に有意差はなかった。

求めた自由記述からも、視聴 I では立奏台を変更することによって“迫力”に関する評価が得られていたことがわかった。これは反射板中央に開口部を設けることによって後方の演奏音が観客席側へ通過し、演奏音の音量が増したことが考えられる。

前方グループの演奏 I と演奏 II では、被験者間要因を演奏パート（演奏 I / II、2水準）と、被験者内要因を立奏台の種類（4水準）を独立変数とし、回答を従属変数とした二元配置分散分析を行なった。結果、奏者間や異なる立奏台の評価で有意差はなかったが、得られた自由記述から、第2奏者の箏の音穴から放射された音は、第1奏者の反射板に遮られてしまうため、反射板中央に開口部がある場合には第2奏者の箏の音穴からの放射なるべく開口部から観客席側へ通過させる楽器配置が望ましいと考える（図 6.6 再掲）。

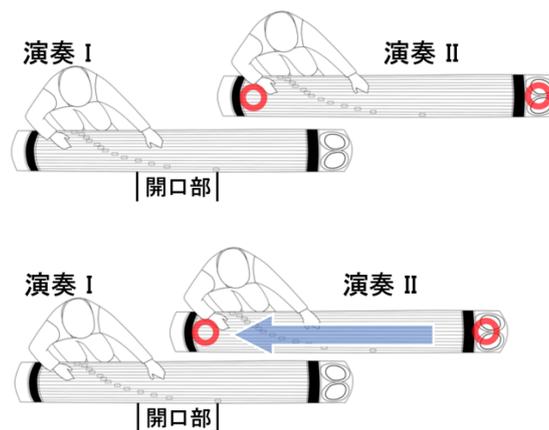


図 6.6: 第 1 奏者と第 2 奏者の配置の提案。図中の赤丸は箏の音穴を表す。第 2 奏者の箏を、図中の下段のように第 1 奏者側へ寄せ、龍角側の音穴から放射される音を第 1 奏者の反射板中央の開口部から通過させるに配置する。

後方グループ（演奏 III / 演奏 IV / 演奏 V）では、被験者内要因 A を立奏台の種類、要因 B を演奏位置（演奏 III / 演奏 IV / 演奏 V の 3 水準）の独立変数とし、実験参加者の回答を従属変数とした二元配置分散分析を行なった。その結果、立奏台の違い（要因 A）や、立奏台と演奏位置の交互作用（要因 AB）による演奏のしやすさについての差はなかったものの、演奏位置（要因 B）において、主に周りの奏者の演奏者に関する評価語で有意差がみられ、“聴きやすい” “大きい” などで有意差、“バランスの良い” で有意な傾向があり、下位検定では演奏 IV は演奏 III / V よりも周りの演奏が聴きやすく、大きく聴こえる演奏位置だということがわかった。また、“第 1 奏者の演奏音が聴きやすい” でも有意差があり、演奏 III がもっとも第 1 奏者の演奏音が聴き取りやすい演奏位置だということがわかった。これらのことから、合奏を行ううえで演奏位置が奏者に影響を与えることは明らかであり、奏者の熟練度などを考慮した奏者の並びかたの重要性が再確認されたが、合奏群の理想として、すべての奏者が同質の演奏をすることが求められるため、後方の演奏音も観客席側へ出すことは必要だと考える。さらに自由記述から、奏者の演奏音の聴き取りやすさについて、立奏台が変わることによって評価が変わる様子が見受けられたが、異なる立奏台での演奏への慣れや、合奏群内でのバランスが異なることなどが示唆された。

## 7.2 結論と今後の課題

本研究は、箏曲における合奏に適した反射板の形状を検討するために行われた。その結果、従来使用されていた H 型立奏台に比べ、アカンサス型や本研究で提案された反射板 J と M の 2 つの立奏台がより“迫力”のある立奏台だということが視聴者の評価からわかった。因子得点の予測値を従属変数とした一元配置分散分析の結果からも、反射板 J と M の 2 つの立奏台が“迫力因子”で H 型立奏台と有意差があることがわかった。これらのことから、反射板上部の隙間や中央に開口部を設けた反射板を使用することによって、いままで前方の立奏台の反射板に遮られていた後方の奏者の演奏音を通過させ、より迫力のある演奏音を観客席へ届けることができると考える。また自由記述から、反射板 M（20-15）では、アカンサス型や反射板 J（20-0）と比べ「自分の音は聞こえやすい」という意見がどの演奏位置でもみられ、さらに全体的な印象に関する意見も多く得られた。特に演奏 I の演奏音は聴こえにくい、その他の演奏音が均一に聴こえており、合奏しやすいという意見が得られた。これらのことから、反射板 M では演奏位置の要因だけではなく、反射板の形状が奏者の演奏のしやすさに影響があったのではないかと考える。また、“美的因子”や“金属性因子”に関する評価語について有意差があれば、演奏する曲目によって立奏台を選択する際の理由づけができると考えたが、本研究ではこれらの因子で有意差を得ることができなかった。この原因として、奏者個人々の演奏の差（熟練度ではなく、撥弦の強さや余韻の伸ばし方など）が予想よりも大きく、評価に影響を及ぼしたことが考えられる。そのため、視聴者位置での試聴実験を行うには、奏者の条件を統一した演奏を収録し、その録音源を刺

激音にする必要がある。この際、本実験のように箏の第 1 奏者が 1 パート、他の奏者に主旋律に分けた演奏を視聴した場合に独奏と伴奏というように聴き分けてしまう傾向があったため、同一のパートを演奏する必要がある。また、演奏の条件も統一する必要があり、曲目ではなく、単音や演奏の差がでにくい旋律などを採用することが考えられるほか、それぞれの立奏台に慣れてもらう必要がある。さらに分析についても、本実験と同様に使用した評価語が互いに独立でなく、複数の評価項目がひとつの要因からの影響を受けていることが示唆されるため、因子得点の予測値を使用した分散分析を行うことが有効だと考える。

また、反射板の形状が異なる立奏台における奏者の演奏のしやすさなどについて、指揮者不在の演奏形式上、合奏のためには演奏音の聴きやすさよりも、合図を出す手元などが見え、なおかつ奏者同士の呼吸などが意識できる楽器配置や、日々の合奏練習の重要性（つまりは演奏への慣れ）が伺えた。しかしながら、自由記述からも自身の演奏音と周りの奏者の演奏音の聴き取りやすさについての意識が明確にされていることがみられ、奏者がそれぞれの演奏音を聴きやすい立奏台の検討はこれからも行う必要があると考える。

本研究では、合奏に適した立奏台として、反射板上部の隙間が 15 cm かつ中央の開口部が  $\pm 20$  cm の反射板 M を提案する（図 7.1）。第 2 章でも述べたように、箏曲における合奏は一部の現代曲を除き指揮者が不在であるため、演奏を合わせるために必要に応じて奏者の中の指揮者の役割をするパートリーダーが合図を出す手元が見える、また奏者同士の呼吸などが意識できる楽器配置が実際的に検討されている。それに加え、本研究で提案する立奏台を使用することによって、奏者同士の音が聴こえやすく、なおかついまままで前方の立奏台の反射板によって遮られていた後方の演奏音を観客席側へ通過させ、すべての奏者が同じ音質の演奏をすることにより、“迫力”のある演奏音を観客席、または録音現場のマイクrophonに反映する手助けになるのではないかと考える。本研究を通して、奏者の立奏台に対する見識をさらに深め、次世代の邦楽演奏家を育成する助力になることを祈るとともに、西洋楽器などに比べあまり研究のなされていない邦楽器の研究が進み、邦楽全体、ひいては日本文化の発展に寄与することを期待する。

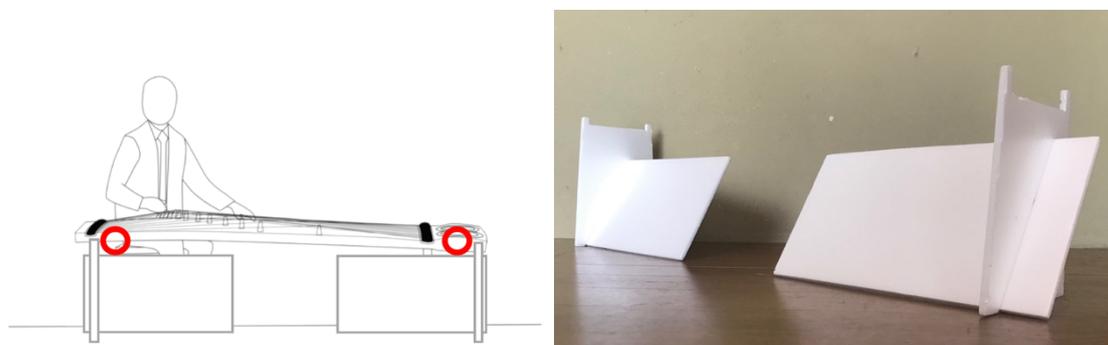


図 7.1：提案した反射板を取り付けた立奏台。右図中の赤丸は箏の音穴の位置を表す。左は 1/3 スケールの模型。

## 謝辞

本文執筆にあたり、本当に多くの皆様のご協力がありました。本当にありがとうございました。筆者の学部時代から箏の奏者として、また研究者としての知見をくださり、さらには実験や測定で演奏してくださった安藤珠希さん。安藤さんがいなければ、箏の研究はできなかったと思います。また、箏の立奏台に関する研究の先駆者でいらっしゃる東京藝術大学元非常勤講師の中村俊一先生の論文を拝読させていただかなければ、今の筆者はいないと思います。そして、箏の立奏台の研究のきっかけをくださった吉川さとみ先生。立奏台の歴史に関して貴重なお話をしてくださった安藤政輝先生。無響室での測定にあたり、ご協力いただいた愛知淑徳大学の牧 勝弘先生、電気通信大学の饗庭絵里子先生と学生の皆さん。お箏や立奏台をお貸しいただいた株式会社 SEION の村松久則さま。箏の発音で使用させていただいた振動スピーカ弦奏をご提供くださった株式会社 弦奏 Japan の皆様。演奏聴取実験の実施にあたっては、直前の声かけであったのにも関わらず、多くの箏奏者の皆様や学生の皆さんに集まっていただきました。そして本学箏曲専攻助手の石本かおりさんにもお世話になりました。分析方法などについて、いつも適格かつ眼から鱗なご意見やご助言をくださった丸井淳史先生。手伝ってくれた同期の今村秀隆さんや後輩の皆さん。そして怠惰な筆者のために、最後まであきらめずにご指導いただいた指導教官の亀川 徹先生に心から御礼を申し上げます。本当にありがとうございました。

## 参考文献

1. Ando "Acoustic of sohs ( kotos )", Proc.12 Int. congress on Acoustics, Vol.3, paper K1-5, Toronto, 1986
2. Berg, Jan; Jullander, Sverker; Sundkvist, Petter; Kjekshus, Helge "The influence of room acoustics on musical performance and interpretation – a pilot study", Audio Engineering Society Convention Paper 9584, Presented at the 140th Convention, Paris, 2016
3. Barron "The Gulbenkian Great Hall, Lisbon, II : An acoustic study of a concert hall with variable stage", J.Sound Vib. 59, 1978, p 481 – p 502
4. Gade "Musicians ideas about room acoustical qualities ", Report No. 31, Acoustics Lab. Tech. univ. Denmark, 1982
5. Leonard, Sikora, Francisco "In Situ Measurements of the Concert Grand Piano", Audio Engineering Society Convention Paper 8462, Presented at the 131st Convention, 2011, p 20 – p 23
6. Marshall, Gottlieb and Alerts "acoustical condition preferred for ensemble", J. Acoustic Soc. America. 64, 1978, p1437 – p1442
7. Meyer "acoustics and the performance of Music", Springer Science + Business Media, LLC, 1972
8. Sörbom "A general method for studying differences in factor means and factor structure between groups"-British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, 1974, p 229 – p 239
9. Ziemer, Bader "Implementing the Radiation Characteristics of Musical Instruments in a Psychoacoustic Sound Field Synthesis System", Audio Engineering Society Convention Paper 9466, Presented at the 139th Convention, New York, 2015
10. 安藤「生田流の箏曲」, 東京 : 株式会社 講談社, 1986
11. 安藤, 澤田「『音楽表現学』-Vol,9」, 日本音楽表現学会, 2011
12. 飯塚, 林, 藤本「演奏者によるステージ音場の評価実験と基礎的考察」, 日本建築学会九州支部研究報告 第 46 号, 2007, p 57 – p 60
13. 石川, 寺島, 徳永「ステージ音場に対する演奏者の主観評価実験と演奏経験年数による影響」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道) , 2013, p 179 – p 180
14. 岩宮 編著, 小坂, 小澤, 高田, 藤沢, 山内 共著「音色の感性学 音色・音質の評価と創造」, 日本音響学会 音響サイエンスシリーズ I, 東京 : 株式会社コロナ社, 2010
15. 上野, 橘, 佐藤, 織田「ステージ上の音響特性の測定」, 日本建築学会学術講演梗概集, 1996, p 189 – p 190
16. 上野, 橘, 小島「個別尺度法による演奏家のステージ音場評価の分析」, 日本音響学会誌 59 卷 10 号, 2003, p 591 – p 602

17. 上野, 橘「ホール音場における演奏家の意識」, 日本音響学会誌 59 巻 9 号, 2003, p 519 – p 529
18. 上野「ステージ上の音場評価」, 日本音響学会誌 58 巻 1 号, 2002, p 40 – p 45
19. 生方, 羽入, 関口「『音の抜け』に着目した演奏の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 (九州), 2007, p 303 – p 304
20. 大出, 安藤, 谷口「音や音楽の印象に関する肯定表現と否定表現の検討」, 日本音響学会講演論文集, 2009, p 505 – p 508
21. 大出, 安藤, 谷口「音や音楽の印象評価における反意表現の検討」, 日本音響学会聴覚研究会資料, Vol. 39, No. 4, H-2009 – 49 電子情報通信学会技術研究報告, EA2009 – 27, 2009, p 271 – p 276
22. 尾崎, 豊田「要因が二つある場合の因子の分散分析のいくつかの表現の比較 一音楽と感情の関係の分析一」, 心理学研究 第 76 巻 第 2 号, 2005, p. 97 – p 104
23. 吉川, 鈴木 編著, 大串, 中村, 西口, 山田 共著「音楽と楽器の音響測定」, 日本音響学会編, 音響テクノロジーシリーズ 13, 東京: 株式会社コロナ社, 2007
24. 吉川「この人なり 宮城道雄博」, 東京: 新潮社, 1962
25. 吉川, 亀川, 丸井, 齋藤「箏曲における邦楽合奏の楽器配置に関する研究」, 日本音響学会音楽音響創造研究会 Vol. 37, MA2018 – 32, 2018
26. 齋藤「箏における周波数指向特性の調査・分析」, 東京芸術大学卒業論文, 2014
27. 齋藤「箏の録音位置の評価における録音技術者と演奏者の違い」 東京芸術大学大学院音楽研究科音楽文化学専攻博士後期課程研究論文集 第 7 号, 2016, p 61 – p 71
28. 酒井, 上田, 古屋, 藤本「演奏しやすいステージ音場に関する考察 – プロ奏者による評価 –」, 日本建築学会九州支部研究報告 第 49 号, 2010, p 69 – p 72
29. 坂上「ステージ床の振動と音響放射」, 日本音響学会誌 58 巻 1 号, 2002, p 46 – p 53
30. 白砂, 中村「箏の立奏台に関する研究～反射板取付の効果～」 東京芸術大学音楽学部年誌, Vol.2, 1975, p 63 - p 97
31. 鈴木, 赤木, 伊藤, 佐藤, 菫木, 中村 共著「音響学入門」, 日本音響学会 音響入門シリーズ A – 1, 東京: 株式会社コロナ社, 2011
32. 高嶋「宮城合奏曲についての一考察 一理想的な舞台配置の提案一」, 東京芸術大学大学院音楽研究科学位論文等, 1995
33. 橘, 上野「ステージ音響に関する研究」, 生産研究 49 巻 2 号, 1997, p 16 – p 19
34. 橘「ステージ音響」, 日本音響学会誌 53 巻 4 号, 1997, p 306 – p 310
35. 千葉「箏を友として 評伝 宮城道雄<人・音楽・時代>」, 東京: 株式会社 アルテスパブリッシング, 2015

36. 豊田「共分散構造分析 [応用編]」東京：朝倉書店, 2000
37. 永田「多目的ホールの可動音響反射板」, 日本音響学会誌 36 巻 7号, 1980, p 384 – p 388
38. 難波, 桑野「音の評価のための心理学的測定法」, 日本音響学会編 音響テクノロジーシリーズ4, 東京：株式会社コロナ社, 1998, p 72 – 83 , p 107 , p 133
39. 新納「R で学ぶクラスタ分析」, 東京：株式会社オーム社, 2007
40. 西「音源の種類に依存した好ましい残響時間の検討」, 日本音響学会誌 43 巻 7号, 1987, p 459 – p 466
41. 林, 上田, 藤本「演奏者によるステージ音場の評価実験と演奏しやすい位置に関するアンケート」, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 47 号, 2008, p 86 – p 88
42. 原田, 川井, 上野, 佐久間, 加藤「ピアノ演奏表現の調整に対する室内音響条件の影響」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿), 2014, p 237 – p 238
43. 東山「音の物理」, 日本音響学会 音響入門シリーズ A - 2, 東京：株式会社コロナ社, 2012
44. フレッチャー, ロッシング 著, 岸, 久保田, 吉川 訳「楽器の物理学 ( Neville H. Fletcher, Thomas. D. Rossing “The Physics of Musical Instruments” 1998 )」, 東京：丸善出版株式会社, 2013, p 332 – p 334
45. 宮城社史 宮城会史編纂委員会 編著 「宮城道雄生誕百年記念宮城社史 宮城会史」, 東京：宮城会, 1995
46. 村井, 橋本「心理学のためのサンプルサイズ設計入門」, 東京：株式会社講談社, 2017
47. 山本 「室内音響における心理評価研究の動向」, 日本音響学会誌 32 巻 10号, 1976, p 631 – p 634

## 教示

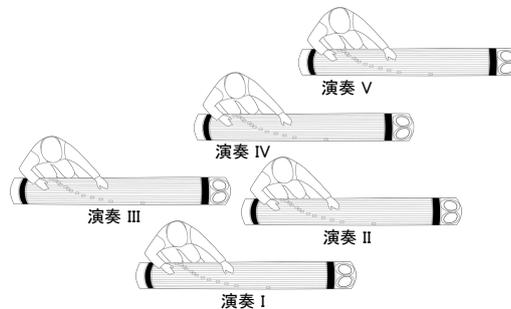
東京藝術大学 大学院 音楽音響創造 齋藤峻

この度は実験にご参加いただき、誠にありがとうございます。本研究は合奏に適した反射板の形状を検討することを目的としています。皆様には齋藤が検討している反射板の立奏台と芸大で使用されている立奏台での演奏を比較し評価していただきます。実験では、箏の第 1 奏者の位置で『さくら変奏曲』の箏 1 パートを演奏していただき、他の皆様には主旋律を演奏していただきます。つまり、第 1 奏者の演奏する変奏に主旋律を合わせていただく形になります。

### < 本実験について >

まず、実験では、4 つの立奏台を比較していただくことになります。一回の実験は間に休憩を入れつつ 2 時間程度を予定しています。1 回の実験でご参加いただくのは 6 名です。箏が 5 面並び、視聴者席をひとつ設けています。それぞれの演奏位置を演奏 I から演奏 V、視聴位置を視聴 I とします。グループは 2 つ、前方グループと後方グループに分かれ、それぞれ役割が異なります。

- ◆前方グループ ( A ) は演奏 I / 演奏 II / 視聴 I (大学院生以上。現在、演奏活動をされている方)
- ◆後方グループ ( B ) は演奏 III / 演奏 IV / 演奏 V (学部生以上)



視聴 I

ひとつの立奏台に対してこれらの 3 つの役割を交代で行なっていただきます。 転換を含め 30 分、ひとつの役割は 5 分程度を予定しています。実験が開始してから 3 分間程度は各自で試奏 (評価や練習を含む) していただいでかまいません。その後、視聴 I の評価者のために演奏していただきます。視聴 I での評価が終わる、または 5 分が経過しましたら位置の交代のタイミングとして実験者 (齋藤) がお知らせします。早く回答が終わった場合には視聴 I の評価者または奏者からお声がけいただいてもかまいません。

演奏終了後、実験者が用意した回答用紙にご記入いただきます。ご記入が終わりましたら次の演奏位置、または視聴位置に移動していただきます。3つの役割のすべてにおける評価をご回答いただきましたら休憩となります（休憩中に自由記述についてご記入ください）。回収箱を楽屋に用意しますので、回答用紙はそこにお入れください。

・次の実験の準備ができ次第、実験者からご案内いたします。

つぎに、それぞれ何を評価するかですが、

◆前方グループでは、視聴 I の担当になった際には全体的な音色の印象などをご回答いただきます。このときの評価は演奏の良し悪しではなく、あくまで音色の主観印象で評価を行ってください。また演奏 I から演奏 II では後述する後方グループと同じように演奏のしやすさなどについてお答えいただけます。

◆後方グループでは、演奏 III から演奏 V の 3 つの位置で演奏していただくこととなりますが、それぞれの位置での自身の演奏音、周りの演奏音、第 1 奏者の演奏する変奏の聞こえやすさについてご回答ください。

視聴 I			演奏 I から V ＜自分の演奏音＞		
			1	音が通る	- 音が通らない
1	軽い	- 重い		演奏をしながら、客席への音の通り、伸びを感じられるか	
2	かたい	- やわらかい	2	聴きやすい	- 聴きにくい
3	濁った	- 澄んだ		自分の音の聞こえやすさについて	
4	暗い	- 明るい		＜第 1 奏者の演奏音＞*	
5	ぼんやりした	- はっきりした	3	聴きやすい	聴きにくい
6	物足りない	- 迫力のある		演奏中、第 1 奏者の音が聞こえやすいか	
7	汚い	- 美しい		*第 1 奏者の方は問 3 を抜かしてお答えください。	
8	割れた	- 融け合った		＜周りの演奏音＞	
9	つやのない	- つやのある	4	聴きやすい	- 聴きにくい
10	貧弱な	- 豊かな		自分以外の音の聞こえやすさ(粒立ち)について	
11	厚みがない	- 厚みのある	5	大きい	- 小さい
12	音が通らない	- 音が通る		自分以外の音全体の音量について	
13	嫌い	好き	6	バランスが良い	- バランスが悪い
	音色の印象について (自身の主観の印象でご判断ください)			自身の演奏位置を考慮した場合の自分以外の演奏音のバランスについて	
			7	好き	- 嫌い
				嗜好について	

長時間にわたる実験ではありますが、30分ごとの転換の時間は休憩となります。また、実験途中で体調不良などで中断されたい場合はすぐに実験者にお伝えください。

本実験で得た情報は、今回の研究以外の目的では使用致しません。ご快諾いただけますようでしたら、以下の記入欄にご署名をお願いいたします。

ご署名 \_\_\_\_\_

< 回答用紙について >

前述の説明と同じ内容を含みますが、回答用紙のご説明いたします。

評価は、演奏または視聴していただき、それぞれの位置での演奏のしやすさ、または視聴した印象について回答用紙にご記入ください。ただし、評価は前後の立奏台と比較するのではなく、それぞれの立奏台を個別にお答えください。また、視聴 I では演奏の良し悪しの評価ではなく、あくまで音色の評価を行ってください。

また、はじめにご氏名のほか、立奏台の番号、本日の日付、開始時間（9:00 ・ 13:00 ・ 16:00）、および演奏位置（1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5）などについて、必ず○をご記入ください（実験者から指示いたします）。

評価は、実験者が用意した回答用紙の評価語、及び自由記述でご回答ください。それぞれの評価語は 7 段階となっており、1 つの設問に、対義語となる 2 つの評価語が示されています。該当する数字を ○ で囲んでください。例として、下記に回答用紙の一部を掲載します。設問 1 の場合、演奏を視聴し、「はっきりとした」と感じた場合は 5 ～ 7 のいずれか（数字が大きいほどよりはっきりしている）、「ぼんやりした」と感じた場合は 1 ～ 3 のいずれか（数字が小さいほどよりぼんやりしている）に、どちらでもないと感じた場合は 4 を ○ で囲んでください。

		非	か	や		や	か	非	
		常	な	や		や	な	常	
		に	り				り	に	
1	ぼんやりした	1	2	3	4	5	6	7	はっきりした
2	物足りない	1	2	3	4	5	6	7	迫力のある

また、自由記述欄には提示された評価語以外で気づいたこと、評価に際して参考としたことなどを自由にご記述ください。

ご記入された回答用紙に未回答がないかを必ずご確認ください。回答用紙は、ひとつの立奏台の回答が終わるごとに回収箱の中にお入れください。その後、次の実験の準備ができ次第、実験者からご案内いたします。ご休憩の間、評価者同士で実験に関わる内容の会話はお控えください。

皆様の中には、以上の行程を AB グループの両方を担当していただく場合もありますが、間におよそ 1 時間の休憩を挟む予定です。

## アンケート

本アンケートは皆様の年齢の幅（どの程度ばらつきがあるのか）や演奏経験年数などを調査するために行うものです。こちらのアンケートにはお名前をご記入いただく必要はありません。また、実験に関しまして全体的なご意見、ご感想などございましたら以下にご記入ください。

本研究の成果は、本年度の博士論文指導教員会議（年明け、日程は未定）にて発表させていただきます。こちらは一般公開の会議になりますので、日にちが決まり次第ご案内させていただきます。本日は実験にご参加いただきまして本当にありがとうございました。心より御礼申し上げます。

- ・実験の担当（ A ・ B ・ 両方）
- ・日にち（ 17 日 ・ 18 日 ・ 19 日 ・ 20 日）
- ・時間（ 9:00 ・ 13:00 ・ 16:00 ） \* 2 区間以上ご参加の場合は両方に○をご記入ください。
- ・年齢（満      才）
- ・演奏年数（およそ      年）
- ・流派（                      ）

(コメント記入欄)

## 自由記述(奏者)

立奏台	位置	コメント
アカンサス型	1	奏者2、4の音がよく聴こえる。タイミング合わせやすい
アカンサス型	1	少し固く、好みではなかった
アカンサス型	1	全体的にボリュームが小さく感じて、不安になるように感じます
アカンサス型	1	弾きやすく感じた
アカンサス型	1	全体的に（自分も含めて）音が響いている感じがした（特に単音）少し余韻が長いような印象。全体のバランスはよかった。
アカンサス型	1	硬い。余韻が響き過ぎず、聴きやすい
アカンサス型	1	音が前にとんでいかなかった
アカンサス型	1	聴いている印象と全く違った。弾きやすい。
アカンサス型	1	自分が弾いている音がよく聴こえる
H型	1	ひとつひとつの音を聞きとらえるまでに少し時間がかかるような印象。バランスは良い
H型	1	粒立ちが良い。強弱がわかりやすいが、弱の時少し聴こえにくい
H型	1	自分の弾いた音がダイレクトに聴こえると感じました
H型	1	自分の音がよく聴こえた
H型	1	全体にかたく、線が細い。聞き取りやすいが響きが少なく厚みに欠ける
H型	1	余韻が少なく、弾きづらいかも
H型	1	モワットとする音色で、音がとんでいけない感じがした。
H型	1	自分の音のまとまりがよく演奏しやすい
H型	1	周りの音がききやすかった
反射板 J:20-0	1	音の余韻に抜け感がある。やや響く
反射板 J:20-0	1	音が前にとぶ印象。硬い音ではあるが余韻はある。
反射板 J:20-0	1	自分の思うように音を出すのに少し工夫がいる。がんばらないと思う音が再現されない。硬い音ではないので耳にはやさしい
反射板 J:20-0	1	高音が特にですが、詰まった音に聴こえました。合奏群のボリュームはとても大きく聴こえますが、自分の音より増しているの、演奏のしやすさはあまりないかもしれません
反射板 J:20-0	1	自分の音が前へ行っているせいか、周りの音がよく聴こえる

## 自由記述(奏者)

反射板 J:20 - 0	1	自分の音ははっきりきこえ、響きも良かった。同じメロディーの時、周りとうまくまざっているようにきこえた
反射板 J:20 - 0	1	丸い気がする
反射板 J:20 - 0	1	自分の音はとてもききやすかった。前に音がとんでいく感じだった
反射板 J:20 - 0	1	後ろの音、 3,4の奏者の音がよく聴こえてくる
反射板 M:20 - 15	1	自分の音は大きく、響きもあり、かなり聴きやすい。周りの音はあまり大差なくきこえるが、自分の音とのバランスがとりにくい
反射板 M:20 - 15	1	第1奏者とその他というバランスが明瞭である。粒立ちが良い
反射板 M:20 - 15	1	不自由なく演奏できると感じました
反射板 M:20 - 15	1	一番前にいるためか前に音が行っているように感じた
反射板 M:20 - 15	1	自分の音はよく聴こえたが、とても響いている印象はない。周りの音は粒がそろって均一にきこえた
反射板 M:20 - 15	1	しっかりひかないと前に飛ばない気がします
反射板 M:20 - 15	1	演奏はしやすかったけれど、客席にきこえているかはナゾ
反射板 M:20 - 15	1	自分の音がよく聴こえた。周りの音もしっかり聴こえて弾きやすい
アカンサス型	2	1箏がとても良くきこえる。次に5奏者、3、4はあまりきこえない
アカンサス型	2	後ろが全て同じボリュームに感じる。近い？
アカンサス型	2	弾きながら自分で調節してしまった。周りが聴きやすいように
アカンサス型	2	後列のボリュームは小さめ、自分の音が1番よく聴こえました。前列後列で壁を感じる。一体感がある音に聴こえない
アカンサス型	2	自分の音以外はよく聴こえた
アカンサス型	2	一箏が特に響いていた気がする。全体の響きもよく合わせやすいが、自分の音が通る印象はあまりなかった
アカンサス型	2	音質がかぶりやすく、同質になりやすそうな感じ。同質の音とすればききやすく、ソロと合奏の異なる雰囲気にしたければ難しそう
アカンサス型	2	まわりの音も自分の音も遠くにとんでないと感じた。音の打点は自分の音ははっきりときこえた
アカンサス型	2	弾きやすく、客席側にも同じように聴こえていると感じる

## 自由記述(奏者)

アカンサス型	2	第3,4,5の音がよく聴こえてきた
H型	2	1奏者と5奏者がよくきこえる。3、4はあまりきこえない。全体的にぼんやりするが、やわらかさもある
H型	2	パターン1よりも粒立って聴こえた
H型	2	後列のボリュームが大きく、前列に届いてきました。一緒に弾いている感がありました。
H型	2	自分の音もほどよく聴こえ、一箏の音がよくきこえた
H型	2	全体的に固めで粒がみえる音だった。素朴だが少し響きに欠ける感じがした。
H型	2	一番、これまでの立奏台より、第1奏者がききやすかった
反射板 J:20-0	2	自分の音と奏者1の音、周りの音がよく聴こえて響きもある。バランスもまずまず。立奏台がガタガタして演奏時に気になるかも
反射板 J:20-0	2	1パターンより音がとぶ
反射板 J:20-0	2	音が近くでよく鳴っている→客席にいつているか不安に感じた
反射板 J:20-0	2	後列の音もよく聴こえる
反射板 J:20-0	2	聴こえにくかった(自分の音だけ)
反射板 J:20-0	2	一箏がとてもよく粒立ってきこえた。周りの響きや余韻が長く感じた
反射板 J:20-0	2	後ろの音があまりきこえない。きこえづらかった
反射板 J:20-0	2	6バランスは、弾いてる時にはわからなかった
反射板 M:20-15	2	1奏者と自分の音がよくきこえる。爪音のタイミングと余韻のひびきがよく合わせやすい。後列の聞こえ方は3者ともに大差なかった。
反射板 M:20-15	2	第1奏者の音がよく聴こえて良い
反射板 M:20-15	2	前も後ろもよく聴こえるので、安心して演奏できます
反射板 M:20-15	2	自分の音がこんなに聴こえづらいとは
反射板 M:20-15	2	後ろの3人と自分の音のつぶがそろっていききやすい。一箏も音がたっていてバランスが良い
反射板 M:20-15	2	硬い音で、少し耳が痛く感じた
反射板 M:20-15	2	その場で音がなっていて遠くにいつていない感じがした。
反射板 M:20-15	2	自分の音はとてもする
反射板 M:20-15	2	手元で音がこもる気がする

## 自由記述(奏者)

反射板 M:20 - 15	2	第1箏奏者の音がよく聴こえた
アカンサス型	3	余韻の伸びがあまり感じられないような気がします
アカンサス型	3	自分の音、一箏の音ともによく聴こえたが、周りの音がやや遠く感じた
アカンサス型	3	外側にいる分、全体が聴こえやすい。一箏に近い分、一箏がききやすかった
アカンサス型	3	独奏1の音が聴こえる分、合奏群としての音が少し遠くなる印象
アカンサス型	3	一体感があまり感じない。他のパートと遠く感じる
アカンサス型	3	細かい箇所が聞き取りやすいが、音が固く、耳がつかれる
アカンサス型	3	パターン1に比べて余韻が長く感じた。
H型	3	孤独に感じる位置でした
H型	3	一箏がきこえやすいのは位置的な問題か、響きが少なく素朴な感じ。バランスが良い
H型	3	聞こうとする努力のいる位置、聴きにくい音はない、全体では聴こえてくる
H型	3	音が澄んでいる。クリア
H型	3	聴こえづらい、不明瞭な音（中音域？中指？）がある
H型	3	周りの音がよく聴こえた。
H型	3	音は大きく聴こえたが、前にとんでいるかは不安でした
反射板 J:20 - 0	3	高音が伸びないように感じました。1パートが粒立って聴こえないかな
反射板 J:20 - 0	3	やはりこの位置は孤独に感じるが、一箏の音、気配ともに感じやすい
反射板 J:20 - 0	3	響きが斜め上～上にとぶ感じ。前に音がいく感じが無い。周りは聴きやすいが粒がクリアではなくぼやけた感じ。木っぽい音がした
反射板 J:20 - 0	3	全体的にこもった印象
反射板 J:20 - 0	3	硬い。第5奏者の音がわからない（第4にさえぎられる）
反射板 J:20 - 0	3	硬い、すっきり、クリア澄んだ音。最後に余韻がきれいで物足りなさを感じた
反射板 J:20 - 0	3	演奏位置5より周りの音がよく聴こえた
反射板 J:20 - 0	3	奏者1の音はきこえる一方で、2、4、5の音が感じられるかという遠いほど微妙

## 自由記述(奏者)

反射板 M:20 - 15	3	抜けた音色というのが第一印象でした。
反射板 M:20 - 15	3	自分の音、一筆の音が聴きやすかった。他はやはり遠くきこえる
反射板 M:20 - 15	3	3は前がひらけているため、自分の音が通ってきこえやすい。一筆以外の音の響きが均一できこえやすかった (十の音が特にのびていたような…)
反射板 M:20 - 15	3	上手端の5奏者より、独奏1はよく聴こえる
反射板 M:20 - 15	3	第5奏者の音が聴こえない。前に誰も居ないので自分の音は聞こえやすい
反射板 M:20 - 15	3	それぞれの音は聴きやすい。特に前列
反射板 M:20 - 15	3	位置1の音がとてもよく聞こえた
反射板 M:20 - 15	3	自分の音が周りと同化せずきこえる
アカンサス型	4	後列の周りの音がかなり聴こえた。聴きづらいということはない (自分の音以外)
アカンサス型	4	全体がきこえやすく、一筆もきこえやすくバランスが良い
アカンサス型	4	立奏台1の同位置より全体のバランスがよく感じた
アカンサス型	4	周りとのバランスがわかりにくい
アカンサス型	4	弾き終わりの余韻が少し散漫にきこえた
H型	4	個々がしっかり音を出して弾いていることが感じられた
H型	4	前列の伴奏が一番聴こえづらい (後列のおそらくどのパートでも)
H型	4	位置の問題か、周りの音が大きく、自分の音もきこえやすい。全体の音が大きくきこえた。パターン2の音の素朴さはそのままに響きと音が大きくなったイメージ
H型	4	前へ通らず、近くで響く印象。その分奏者としてはよく聴こえる
H型	4	弾きやすい。程よい響きと硬さである
H型	4	自分の音の余韻はよく聞こえた。
H型	4	自分の音がきこえないというよりは周りがしっかりきこえる
反射板 J:20 - 0	4	1パートの音の輪郭がハッキリ聴こえづらいように思いました
反射板 J:20 - 0	4	やはりこの位置は自分の音が聴こえにくい
反射板 J:20 - 0	4	4の位置はバランスよく、音も大きくきこえる。ただ、自分の音は周りに比べるときこえづらい。立奏台の変化はあまり感じなかった。

## 自由記述(奏者)

反射板 J:20 - 0	4	5面それぞれの音が独立して聴こえてくる。磯に膝をつけた位置で、演奏することが多く、この横板はあまり慣れない。また、女性奏者が多い中でストッキングのひっかかりが気になりそう
反射板 J:20 - 0	4	両サイドがよく聴こえるため、少し自分の音が聴こえにくい
反射板 J:20 - 0	4	3の音はよく聞こえたが、5の音はあまり聞こえなかった
反射板 J:20 - 0	4	情報量が多いイメージ
反射板 M:20 - 15	4	楽器全体が鳴り響いているように感じました。
反射板 M:20 - 15	4	周りの音（後列）がかなり聴こえた
反射板 M:20 - 15	4	一箏以外の音がきこえやすく、響きが良い。一箏は距離が近い割に音がただずきこえにくい
反射板 M:20 - 15	4	左右の音より、前列の音がややおくれて（こもって）聴こえる
反射板 M:20 - 15	4	全体が聴こえやすく聴きやすい（全員のパートの音がわかる）一体感を感じやすい
反射板 M:20 - 15	4	第1奏者が遠く聴こえるが、各奏者の音は個々にはっきり聞き取りやすい
反射板 M:20 - 15	4	自分の音がほとんど聞こえなかった。
反射板 M:20 - 15	4	ソロならよい？
アカンサス型	5	隣の人、1パートの音がよく聴こえました
アカンサス型	5	自分の音が一番よく聴こえた。一箏の音がやや聴こえづらく感じた
アカンサス型	5	前の4の人はききやすい。2、3の演奏音は個別に認識できず、聴こえない。合奏としてはききやすい
アカンサス型	5	自分の音、1の音、合奏群の音のバランスがよく全てはあくできる印象
アカンサス型	5	生音に近い音である。すっきりしている
アカンサス型	5	良くも悪くもふつう。通常と同じです。
H型	5	パターン2の場合、1パートが合奏群に埋もれて？馴染んで？聴こえる傾向にあると感じました
H型	5	自分の音が聴こえやすいが、合奏していてやりやすいとは思わない
H型	5	全体の響きが少ない。よく言えば、シャープの音、素直な音
H型	5	通りの悪い音にきこえる

## 自由記述(奏者)

H型	5	一音がクリアである
H型	5	隣の奏者の音のみよく聴こえる
H型	5	自分の音がよく聞こえた
反射板 J:20-0	5	一番後ろでも孤独感を感じずに弾けるという印象です
反射板 J:20-0	5	自分の音はまあまあ聴こえるが、周りとの音(音量)のバランスがとりづらい
反射板 J:20-0	5	楽器のせいかな?音が硬い。一音がきこえづらく全体の響きが少ない
反射板 J:20-0	5	全員が同じ音色に聴こえる。硬い音である。
反射板 J:20-0	5	全体的によく響いていたとおもう
反射板 M:20-15	5	伴奏は皆同じくらい、響いて聴こえた
反射板 M:20-15	5	自分の音がよく響いているように感じた。周りとのバランスは良いが、一音が少し埋もれた印象。合奏しやすい
反射板 M:20-15	5	中央位置である4奏者より全体が聴こえる印象
反射板 M:20-15	5	第1奏者と距離はあるが弾きにくくはない
反射板 M:20-15	5	周りの音と自身の音がなじまない
反射板 M:20-15	5	なぜか周りとおっているのか不安になる位置?音?でした
反射板 M:20-15	5	場所のせいかな?ぼんやりして聴こえた

## 自由記述(視聴者)

アカンサス型	コメント
	<p>4パートの響きがまとまっている</p> <p>どのパートも時差なく聴こえる</p> <p>はっきり爪音が聴こえるがかたすぎない</p> <p>音色の変化がどの程度つけられるか興味あり</p> <p>クリアに聴こえました。バランスもよかった。</p> <p>音の響きが丸く明るい、つやはあるが少し太い印象</p> <p>合奏群としては厚い響きだが、1はその厚みに欠ける</p> <p>詰まった音色</p> <p>音の広がり狭いが、遠音はするように感じます。</p> <p>温かみは感じにくい</p> <p>硬質な感じ</p> <p>第1奏者の音はよく通っていたが、全体の音よりははっきりきこえる感じがした</p> <p>合奏としてはよく融け合っている</p> <p>この曲には合っている</p> <p>迫力がある曲には向かなさそう</p> <p>ソロの音が埋もれる</p> <p>ひき立たないかなと</p> <p>全体的にぼんやり</p> <p>後ろとソロとのバランスがすごく良い</p> <p>立奏台パターン1.2.3に比べて音がこもって聴こえた</p> <p>発音がききとりにくい響きが長く、全体が1つにきこえる</p>
H型	コメント
	<p>合奏群は混じり合っている</p> <p>1箏が少し硬く混じらない感じ</p> <p>1音がハッキリして聴こえる</p> <p>1箏はパターン1の方が前に音が飛んでいた</p> <p>音色はやや、やわらかく明るくも暗くも聴こえる</p> <p>残響は均一で、全体的に融け合ってきた</p> <p>それによって、全体としてはひかえめながら豊かで厚みのある合奏に聴こえる</p> <p>クリアにバランスよく聴こえた</p> <p>音が軽く、響きが少ない、厚みかけ大人数の割に音が前にでてこない</p> <p>箏そのもの素朴な音に聴こえるが、ホール固有の響きにかける</p> <p>箏1があまり目立たない</p>

## 自由記述(視聴者)

	<p>広角的な音色</p> <p>華やかに聴こえるけれども、だんだん音が割れて聴こえてくる気がします (楽器のせいかもしれませんが…)</p> <p>ボリュームはあるように聴こえます</p> <p>音がぎゅっとつめられている感じ</p> <p>前に音が飛んでこない</p> <p>音が痛い</p> <p>演奏者だけに聞こえてそう</p> <p>箏の音色より、打撃音の方が気になってしまった</p> <p>ひびきもこちらまで届かなかったように思える</p> <p>軽く聞こえる</p> <p>音がかたくてするどい</p> <p>よく通るが、音色が良いかはビミョー</p> <p>第1奏者の音が良く響く</p> <p>全体の音のバランスがとれて聴こえる</p> <p>ざわざわした感じ</p> <p>立奏台パターン1と比べて音の迫力が少ない感じがした</p> <p>この近さだと十分だけど、大きい場所になるとパターンCと比べてかなり物足りなくなると予想できる</p>
反射板 J:20-0	コメント
	<p>全体的には柔らかい</p> <p>高音が抜けない</p> <p>迫力や華やかさがある</p> <p>前に音がとんでいる</p> <p>前列、特に第一奏者の音がクリアに大きく、明るくはっきりときこえた</p> <p>後列は前列と比べるとやわらかく、ぼんやり、音量も小さくきこえた</p> <p>全体のバランスとしては前列と後列の融合がいまひとつ</p> <p>コンチェルトならありかも</p> <p>バランスよく聞こえる</p> <p>全体のひびきは軽くはっきりとして、箏1がかたくてしっかりした音だった</p> <p>全体がまとまっていて、周りのつやのある音に箏1が芯のある音という感じがした</p> <p>広げた (広角的) 音色がするが、少し締まりが足りないように思いました</p> <p>もう少し固めの方が、好みかなと感じます</p> <p>ぼわっとした</p>

## 自由記述(視聴者)

	<p>あとで余韻が広がる感じ</p> <p>丸みがある</p> <p>やわらかめ</p> <p>余韻が多い気がするので合奏よりソロの方が良い？</p> <p>ぼてっとした印象</p> <p>余韻が多いから、爪のタッチ音がきこえにくい？</p> <p>ひとつひとつの音の打点がないというか、もやっとした音にきこえた</p> <p>若干にごっている？</p> <p>粒だちが悪い</p> <p>ソロがすごくういて聴こえる</p> <p>第1奏者の音と他の伴奏者の音のバランスが良い</p> <p>余韻も残っていて良い</p> <p>第1奏者の音がよく響いている</p>
反射板 M:20 - 15	コメント
	<p>融け合って聞き取りやすい</p> <p>調弦のアラが目立つ</p> <p>1等の音がめだっているが少し（楽器のせいかな？）軽く感じる</p> <p>合奏のバランスはすべてのパターンでも1番良い</p> <p>全体的に音が軽やかで、1~5奏者どの音も比較的均一に聴こえて、余韻も華やかなため、厚みがある豊かな合奏にきこえる。</p> <p>どの音もバランスよく聴こえた</p> <p>かたくて少し重たい</p> <p>高音は明るいが全体的にどっしりして暗め</p> <p>爪のあたる打音的な印象があり、響きが豊かな印象はうすい</p> <p>響きはよかった</p> <p>全体の音の広がりが広く感じました</p> <p>第1とのバランス（合奏群）も悪くない</p> <p>Aより丸い、余韻が少ない</p> <p>全体がよくとけあっていて、ひびきもよかった</p> <p>少しぼんやりする</p> <p>やわらかい</p> <p>うしろに行くほど暗め？にきこえる気がする</p> <p>第1奏者の音だけ響きを感じられない</p> <p>音色がぼんやりしている</p> <p>全体的に音のバランスが良い</p> <p>音の余韻もしっかり残っている</p>

## 自由記述(視聴者)

自分で弾いていたときの聴きやすさとマイナスで違う  
もっとクリアに聞こえたのに  
立奏台パターン2と比べて音の響きが良く聴こえてきた  
箏の余韻の音もよく聴こえる  
それぞれの箏の余韻がまとまる感じがした