JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	カラオケのための伴奏用楽器に関する研究
Author(s)	堀江, 歩
Citation	
Issue Date	2024-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/18959
Rights	
Description	Supervisor: 西本 一志, 先端科学技術研究科, 修士(知識科学)

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修士論文

カラオケのための伴奏用楽器に関する研究

堀江　歩

主指導教員　　西本　一志

北陸先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
知識科学

令和６年３月

Abstract

Percussion instruments such as tambourines and maracas are often used to enliven karaoke performances. However, in order to play these instruments well enough to enhance the singers' singing, experience and a sense of rhythm are indispensable. Therefore, this study proposes an accompaniment instrument for non-singers that can be easily and appropriately played by people who are not familiar with playing musical instruments. The proposed system, Aqua Tambourine, estimates the beat that the player is trying to play based on the vibration frequency obtained from the player's shaking of the tambourine, and outputs the performance sound with appropriate timing according to the music being sung. In this study, a comparison experiment was conducted by using Aqua Tambourine and an ordinary tambourine for actual karaoke accompaniment. As a result, it was confirmed that Aqua Tambourine was able to accompany the singer without disturbing the rhythm of the singer by tapping the beat at the appropriate timing compared to a normal tambourine. It was also clear that the tambourine player's tension was eased by not disturbing the singer, and he was able to play the tambourine casually. However, there was some disagreement that the Aqua Tambourine restricted musical creativity, suggesting that it may have hindered the excitement of the karaoke performance. As for future prospects, the first step is to improve the system so that it can handle tambourine swings other than 4-beat, 8-beat, and 16-beat swings. In addition, we will consider functions that will enable Aqua Tambourine to make karaoke even more exciting than it is now.

目次

第 1 章 はじめに 1

第 2 章 関連研究と本研究の位置づけ 4

2.1 演奏支援機能付きの楽器 4

2.2 カラオケにおける伴奏の支援 5

2.3 本研究の位置づけ 5

第 3 章 Aqua Tambourine 7

第 4 章 ビート推定のための周波数帯調査 11

第 5 章 実験 13

5.1 目的 13

5.2 実験方法 14

5.3 実験協力者 16

5.4 実験環境 16

5.5 実験手続き 20

5.6 実験結果 27

5.6.1 アンケートの結果 27

5.7 考察 41

5.7.1 Aqua Tambourine は歌唱者のリズムを乱さない楽器になっていたのか 41

5.7.2 Aqua Tambourine は気楽に演奏できる楽器なのか 41

5.7.3 音楽的な創造性の制限された Aqua Tambourine でもタンバリン奏者はカラオケを楽しむことができたか 43

5.7.4 Aqua Tambourine はカラオケを盛り上げることができたか 44

第 6 章 おわりに 46

図目次

図 3.1: Aqua Tambourine の演奏デバイス 7

図 3.2: Aqua Tambourine の構成..... 8

図 4.1:各ビートの周波数分布 12

図 5.1:防音室の配置図..... 18

図 5.2:カラオケ画面（選曲） 18

図 5.3:カラオケ画面（歌詞表示） 18

図 5.4:カラオケの様子..... 19

図 5.5:タンバリン奏者アンケート「上手に演奏できた」 27

図 5.6:タンバリン奏者アンケート「演奏しやすかった」 28

図 5.7:タンバリン奏者アンケート「演奏が難しかった」 28

図 5.8:タンバリン奏者アンケート「演奏していて楽しかった」 29

図 5.9:タンバリン奏者アンケート「演奏に抵抗感があった」 29

図 5.10:タンバリン奏者アンケート「リズムに乗ることができた」..... 30

図 5.11:タンバリン奏者アンケート「リズムに乗って身振りを加えることができた」..... 31

図 5.12:タンバリン奏者アンケート「場の雰囲気を盛り上げることができた」

..... 31
図 5.13:タンバリン奏者アンケート「自分の伴奏が歌唱者の邪魔になっていた」..... 32
図 5.14:タンバリン奏者アンケート「緊張した」..... 33
図 5.15:タンバリン奏者アンケート「場に馴染むことができた」..... 33
図 5.16:歌唱者アンケート「歌っていて楽しかったか」..... 34
図 5.17:歌唱者アンケート「上手く歌えたか」..... 35
図 5.18:歌唱者アンケート「タンバリンが場の雰囲気を盛り上げていた」..... 35
図 5.19:歌唱者アンケート「タンバリンが邪魔だった」..... 36
図 5.20:歌唱者アンケート「タンバリンにリズムを乱された」..... 37
図 5.21:歌唱者アンケート「タンバリン奏者が楽しんでいた」..... 37
図 5.22:歌唱者アンケート「タンバリンの伴奏がある方が良い」..... 38
図 5.23:歌唱者アンケート「聴き手（タンバリンを持たない）は楽しんでいた」..... 38
図 5.24:聴き手アンケート「場が盛り上がっていた」..... 39
図 5.25:聴き手アンケート「タンバリンの伴奏が歌唱楽曲にマッチしていた」..... 40
図 5.26:聴き手アンケート「楽しかった」..... 40

表目次

表 5.1:音楽経験とカラオケに関するアンケート（事前アンケート） 14

表 5.2:タンバリン奏者アンケート 15

表 5.3:歌唱者アンケート 15

表 5.4:聴き手アンケート 15

表 5.5:カラオケ使用曲リスト 19

表 5.6 歌唱者の参加数ごとの実験順序 24

第1章 はじめに

カラオケは日本発のレジャーであり，世界各国の多くの人に親しまれている．カラオケには多種多様な楽しみ方がある．歌唱し自己表現をすることで満足感を得たり，他人と息を合わせて歌唱することによって親睦を深めたり，大声で歌うことでストレスを発散したりと人それぞれに思い思いの楽しみ方がある．近年では「ひとりカラオケ」という，1人だけで自由気ままに歌唱することを楽しむスタイルも普及しつつあるが，カラオケという娯楽の大きな魅力は，やはり複数人で盛り上がることによる一体感であろう．同じ空間に親しい人間が集まり，様々な楽曲を歌ったり，聞いたりすることでその集団全員が楽しい雰囲気を味わうことができる．

このようにカラオケはコミュニケーションの場として魅力的であるが，いくつかの問題も存在する．その一つが歌唱者とそれ以外の聴衆の温度差である．歌唱者には「歌う」という役割があるが，聴衆には明確な役割が与えられない．場を盛り上げるために歌唱に合わせて手拍子をしたり，合いの手を入れたりする人も居れば，自分が次に歌う曲を探すためにずっと電子目次本（デンモク）で曲探しをしていたり，スマホをいじったりしている人も居る．後者の多くは歌唱者の歌唱をおざなりにしか聞いておらず歌唱者や盛り上がっている聴衆との温度差が生まれる．このような状況は歌唱者のモティベーションを低下させ，場の一体感の醸成に悪影響を及ぼす．

そこで，歌唱者の歌唱行為に聴衆も積極的に参加できるようにするための手段として，多くのカラオケ店にはタンバリンやマラカスなどのパーカッション

が用意されている．これらのパーカッションは，誰でも容易に音を出せ，簡単なリズムならばすぐに演奏することが可能である．それゆえ，演奏経験が無い者でも，歌唱者に合わせて合奏することができる．また佐久間らの研究[1]によれば，パーカッション演奏における演奏者の意図の伝達には聴覚情報だけではなく視覚情報の影響が大きいことが確認されている．特に「楽しげ」な演奏表現は，視覚情報によって伝達される部分が大きいことが示唆されている．ゆえに，これらの備え付けのパーカッションを用いて聴衆が楽しげに演奏すれば，場を盛り上げ一体感を醸成することに寄与することができるだろう．

しかしながらこれらのパーカッションは，誰でもすぐに演奏できるとは言え，歌唱者の歌唱に合わせて違和感なく上手に演奏することは難しい．やはり楽器の演奏経験やリズム感は必要不可欠である．西堀らの演奏系の遅延に関する研究[2]によれば，音楽の合奏時の演奏の遅延が 50ms 程度になると演奏に悪影響が出はじめ，80ms を越えると演奏困難になることが確認されている．カラオケで初めてパーカッションを演奏するような初心者にとって，タイミングの誤差を 50ms 以下に抑えることはきわめて困難である．大きなタイミングのずれを含んだ下手な伴奏をしてしまうと，歌唱者の歌唱に悪影響を及ぼし，歌唱者の気分を害したり，場の雰囲気や一体感を損ねたりする可能性がある．このように，単にタンバリンやマラカスなどのパーカッションを用意するだけでは，むしろ好ましくない結果をもたらす危険性がある．なんらかの支援が必要である．

通常の楽器演奏支援システムにおいては，支援されつつも奏者が独自の演奏表現を創造できるようにすることが必要であり，そのために必要十分な操作自由度を残す必要がある[3]．奏者に与えられる自由度が高いほど，多様な表現を

実現できるようになる反面，操作（演奏）は一般に困難になる．一方，カラオケにおける伴奏のためのパーカッション演奏で，奏者の独自な表現を発揮する必要性はほとんど無い．カラオケではあくまで歌唱者のパフォーマンスが優先されるべきである．聴衆によるパーカッション演奏に求められるのは，少なくとも歌唱者の邪魔をしないレベルの正確な演奏をすることと，さらにできれば歌唱者の歌唱を盛り上げることであるが，これは演奏音に頼らずとも，視覚情報での楽しさの表現で事足りるし，むしろその方が効果的であろう．そこで本研究では，カラオケでの伴奏に特化したタンバリン型リズム楽器 Aqua Tambourine を提案する．

第2章 関連研究と本研究の位置づけ

2.1 演奏支援機能付きの楽器

ピアノやヴァイオリン，トランペットなどの伝統的な楽器は，多種多様な楽曲を演奏することができ，自由自在に演奏表情を創作することもできるように，非常に高い操作自由度を有している．それがゆえに高い表現力を持つが，その副作用として演奏が困難になる．それらの自由度の中には，常に必要無いような自由度が含まれることがある．そこで，必要の無い自由度を削減することで楽器の演奏を容易にし，実行すべきこと（だけ）を直接実行することができるようになる[3]．楽器の演奏支援機能は，多くの場合このような考えに基づいてデザインされている．

たとえば大島らによる Coloring-in Piano（CiP）[4]は，クラシック音楽に代表される再現演奏を支援することに特化した楽器である．再現演奏とは，作曲者が作成した楽譜に書かれた音列を，奏者が完璧に再現することを求められる演奏である．ゆえに再現演奏では，奏者には「どの音高の音を演奏するか」に関する自由度は一切与えられていない．そこで CiP では，楽器から奏鳴させる音の選択に関する自由度を除去した．演奏する楽曲の音高列情報をあらかじめ入力しておき，奏者から「次の音を発音せよ」という指示がある都度，入力されている音高列情報の音が順番に出力される．ただし，個々の音をいつ，どのような強さで発音するかなどの演奏表情の創作に必要な情報は，すべて奏者が入力した通りに出力される．こうして，奏者を「次に奏鳴させる音の正しい選択」のため

の操作から解放することにより，奏者は独自の演奏表情の創作のみに専念できるようになる．

このように，従来の演奏支援機能付きの楽器の研究は，奏者による創造的表現を支援するためのものが多い．

2.2 カラオケにおける伴奏の支援

栗原ら[5]は，カラオケの歌唱者だけでなく，聴衆が能動的に参加し，場を盛り上げることに適した電子タンバリン型カラオケ支援システム「スマートタンバリン」を開発した．演奏支援のための機能としては，タンバリン譜を「参考」として表示する機能を実装している．簡易的な譜面を用意して画面表示することで，知らない楽曲でも演奏できるようにしている．場を盛り上げるための機能としては，過剰に大きな音にならないように自動的に音量を制御する機能と，タンバリンを叩くと光る機能を実装している．これら 3 つの機能により，タンバリン奏者はある程度正しい演奏を歌唱者の歌唱を邪魔することなく行え，かつ聴衆が伴奏者として参加していることを歌唱者や他の聴衆に視覚的にも知らせることができるようになる．スマートタンバリンを使用した評価実験の結果，通常のタンバリンよりもカラオケが盛り上がったという結果が得られた．

2.3 本研究の位置づけ

本研究では，カラオケにおける歌唱への伴奏を対象とした支援機能を持つ，タンバリン型のリズム楽器を実現することを目指す．この楽器においても，奏者の演奏意図を（ある程度）反映可能とする必要があるのは従来の支援楽器と同様で

ある．しかしながら，カラオケの場における伴奏演奏には，通常の楽器演奏とは根本的に異なる特徴がある．具体的には，以下の 3 点である．

- カラオケの伴奏者は，伴奏楽器演奏の初心者であり，音楽的な知識も経験も特に保有していない．
- カラオケの伴奏者は，伴奏楽器の演奏に習熟することを特に望んでいない．
- カラオケの伴奏者は，自分の音楽的な創造性を発揮することを特に望んでいない．

カラオケにおける伴奏の役割は，あくまで場を盛り上げることである．つまり伴奏者は，音楽の創造的表現や学習を楽しみたいのではなく，その場しのぎの演奏でカラオケを盛り上げ，皆と楽しむことを求めている．ゆえに，たとえ簡易な表記法であったとしても，読譜などの音楽的知識を必要とする手法は好ましくないと考える．一方，ボタンを 1 つ押せば正しい伴奏が再生されるような手法は，特に視覚的な意味での場の盛り上げや歌唱者との一体感の醸成に貢献できないので，やはり好ましくない．

そこで本研究では，演奏者の意図をある程度くみ取りつつも歌唱者のリズム感を乱さないために正確な演奏を出力でき，しかも「いかにもノリノリで演奏している」という視覚的表現を可能にする，電子パーカッション“Aqua Tambourine”を提案する．これにより，素人の伴奏が生み出す拙いリズム感や音色が歌唱者の歌唱を阻害することなく，歌唱者とパーカッション演奏者を含む聴衆全員が互いに楽しめるようなエンタテインメントを実現する．

第3章 Aqua Tambourine

本章では，2.3 節で述べたカラオケにおける伴奏演奏の特徴に基づいて構築した，カラオケ伴奏用に特化したパーカッション楽器である Aqua Tambourine について説明する．この名称の意味は，Air Guitar のような一切実体がない仮想楽器よりは実体があるものの，本物の楽器よりは仮想的な楽器であるという意味を表現するために，Air（空気）よりも実体感はあるが明確な形を伴う実体が無い Aqua（水）と形容したものである．

図 3.1 に Aqua Tambourine の演奏デバイスを示す．伴奏者が使用する演奏デバイスには，市販の半月型タンバリンのシンバルを除去して音が鳴らないように加工し，マイコンモジュール M5StickC Plus[6]をタンバリンの筐体に組みつけたものを使用する．このマイコンモジュールには IMU センサ ESP32 が内蔵されており，加速度と角速度を計測できる．取得した加速度と角速度のデータは，Bluetooth 通信で PC（Microsoft Surface）に送信される．

図 3.1: Aqua Tambourine の演奏デバイス

演奏者が演奏デバイスを振って演奏を行うと，その振動データが PC に送られる．通常の電子タンバリンを実装する場合であれば，この振動データからピークを検出し，各ピークのタイミングでシンバル音をピークの振幅に応じた音量で出力することになるだろう．しかしこのような電子タンバリンでは，演奏技術が未熟な伴奏者は適切な演奏をすることができない．

図 3.2 に Aqua Tambourine のシステム構成図を示す．Aqua Tambourine では，ピークのタイミングでそのまま演奏音を出力することはしない．代わりに，まず連続するピークの時間間隔から，演奏デバイスが振られている振動の周波数を算出する．この周波数を，現在歌唱中の楽曲のカラオケデータから取得できる BPM（Beats per minute）情報と照合し，演奏者がどのようなビートで演奏しているつもりなのかを推定する．たとえば，60BPM の楽曲を歌唱中に 4Hz 前後の周波数で演奏デバイスが振動していることが検知された場合，1 拍あたりに 4 回の発音，すなわち 16 ビート（Sixteen beat）の演奏を行っているつもりで

図 3.2: Aqua Tambourine の構成

あると推定する．この結果に基づき，歌唱中のカラオケの演奏に合った正確なテンポとタイミングで 16 ビートのタンバリン演奏音を出力する．ゆえに，この 16 ビートの演奏音は，演奏者が出力する振動のピークとは必ずしも一致せず，むしろ不安定な演奏の場合，ほとんどのピークから若干ずれたタイミングで発音されることになるだろう．

ビート推定は，基本的には各ビート間の境界となる閾値周波数と現在の周波数とを比較することで行われる．ただし，閾値を単一の固定値にすると，意図しない頻繁なビートの移り変わりが生じる可能性が高くなる．例えば，演奏者が 4 ビートと 8 ビートの境界閾値近傍の周波数でタンバリンを振り続けていると，4 ビートと 8 ビートが頻繁に入れ替わって出力されてしまう．そのため Aqua Tambourine では，各ビート間の閾値周波数にヒステリシスを導入している．たとえば 4 ビートの演奏と推定されている状態から 8 ビートに移行する際の閾値周波数は，逆に 8 ビートから 4 ビートに移行する際の閾値周波数よりも高い周波数に設定する．これにより，ビートの境界周波数近傍での演奏による不安定な推定の切り替わりを抑制している．

現在の Aqua Tambourine は，4 ビート／8 ビート／16 ビートの 3 種類のビートのいずれであるかを推定する機能だけを備えている．つまり Aqua Tambourine は，これら 3 種類のビートのいずれを演奏したいかを選択して入力するだけの選択スイッチと機能的には同等である．しかしながら，3 つのスイッチのいずれかを選択して押すだけの操作では，歌唱を盛り上げたり一体感を醸成したりすることは難しい．そこでこのデバイスを振って出力したいビートを選択するようにすることで，実際には演奏していないにもかかわらず，あたか

も演奏しているかのように振る舞うことが可能となり，歌唱者のリズム感を乱さないような演奏を出力するとともに，視覚的効果によって場を盛り上げ，一体感を醸成できるようになることが期待される．

第4章 ビート推定のための周波数帯調査

本提案システムでは，タンバリンに取り付けた M5StickC Plus の IMU センサで計測した 6 軸の加速度・角速度データから振動の周波数を算出し，演奏者の意図するビートの種類を推定する．この機能の実装にあたり重要なのは，演奏リズムのブレをある程度把握しておくことである．例えば，60BPM の楽曲に合わせて 4beat でタンバリンを正確に振った場合の周波数は 1Hz になる．しかし，特に演奏の初心者がタンバリンを完全に正確なリズムで振ることは不可能なため，1Hz 前後に数値がぶれることが予想される．よってビートを推定するためには，それぞれのビートに対応した演奏者のリズムのブレを含めた周波数帯をあらかじめ調査しておく必要がある．そのため予備実験を行った．

予備実験では，楽曲音源の再生に合わせて 6 軸センサを取り付けたタンバリンを振るように実験協力者に指示した．これを 4 ビート／8 ビート／16 ビートの 3 パターン行った．実験参加者は北陸先端科学技術大学院大学の学生 6 人であり，パーカッション経験者 2 人，音楽経験者 2 人，音楽未経験 2 人である．実験は大学院内にある防音室内で行った．再生する楽曲は GreeeeN の「キセキ」（90BPM）とした．

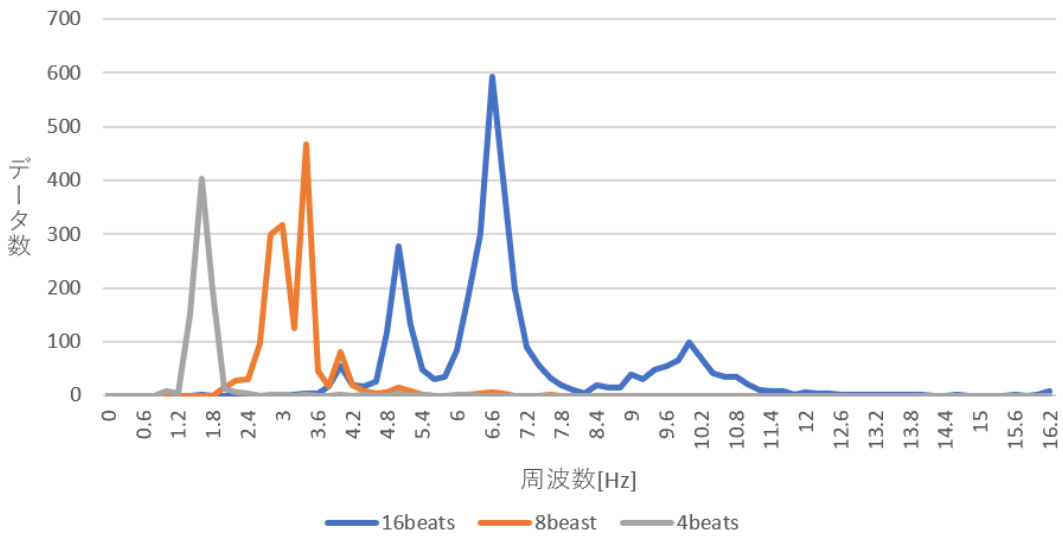

図 4.1:各ビートの周波数分布

表 4.1:各ビートの平均周波数・標準偏差・1.5σ区間（単位は Hz）

	平均周波数	標準偏差	1.5σ区間
1	1.55	0.40	0.95 ~ 2.16
2	3.11	0.60	2.21 ~ 4.01
3	6.84	1.94	3.93 ~ 9.76

取得した周波数の分布を図 4.1 に示す．また各ビートの演奏における平均周波数と標準偏差σ，1.5σ区間を表 4.1 に示す．4 ビートの場合は周波数の平均は 1.55Hz（理論値は 1.5Hz）で，標準偏差は 0.4Hz 程度であった．8 ビートの場合は周波数の平均は 3.11Hz（理論値は 3Hz）で，標準偏差は 0.6Hz 程度であった．16 ビートの場合は周波数の平均は 6.84Hz（理論値は 6Hz）で，標準偏差は 1.94Hz 程度であった．表 4.1 に示すように，おおむね各ビートの平均周波数±1.5σの周波数付近に，隣接するビート間の境界を設定することが妥当であると考えられる．これらの結果から，提案システムでは，平均周波数±1.5σ区間をそれぞれのビートの基本的な推定範囲にすることとした．

第5章 実験

構築した Aqua Tambourine システムと通常のタンバリンを実際にカラオケの伴奏に使用する比較実験を実施し，有効性を評価した.

5.1 目的

本実験の目的は通常のタンバリンを使った場合と Aqua Tambourine を使った場合のカラオケを実施し，以下に記述する実験仮説を調査することである.

・仮説 1：歌唱楽曲に合わせてタンバリン伴奏のタイミングを正確に補正することで，歌唱者はタンバリンの演奏に歌唱リズムを乱されることが無くなり，歌いやすくなる.

・仮説 2：タンバリン演奏の難度が下がることによって，歌唱者の邪魔をすることなく，気楽にタンバリンを演奏できるようになる.

・仮説 3：音楽的な創造性を制限された状態でもカラオケでのタンバリン演奏を楽しむことができる.

5.2 実験方法

以上の仮説を明らかにするために，それぞれの実験協力者にタンバリン奏者，歌唱者，聴き手の役割を割り振り，カラオケを実施する．その後に表 5.1，5.2，5.3，5.4 に示す項目と自由記述欄を用いてアンケート調査を行う．このアンケートはいずれもリッカート尺度による 7 段階評価で，7 が非常にそう思う，1 が全くそう思わないである．これらのアンケートに加えてインタビューをすることでタンバリン奏者，歌唱者の両方の視点から，タンバリン伴奏が歌唱の邪魔をすることなく，カラオケを盛り上げることができたかどうかを分析，考察する．

表 5.1:音楽経験とカラオケに関するアンケート（事前アンケート）

音楽経験について（記述）	例 1：小学校でリコーダーを 3 年 例 2：吹奏楽でトロンボーンを 4 年
普段カラオケで非歌唱者の時，何をしているか（記述）	例 1：スマホをいじっている 例 2：歌に合わせて手拍子をしている
カラオケが好きか（七段階評価）	

表 5.2:タンバリン奏者アンケート

質問	普通の タンバリン	Aqua Tambourine
Q1. 上手に演奏できた		
Q2. 演奏しやすかった		
Q3. 演奏が難しかった		
Q4. 演奏していて楽しかった		
Q5. 演奏に抵抗感があった		
Q6. リズムに乗ることができた		
Q7. リズムに乗って身振りを加えることができた		
Q8. 場の雰囲気を盛り上げることができた		
Q9. 自分の伴奏が歌唱者の邪魔になっていた		
Q10. 緊張した		
Q11. 場に馴染むことができた		

表 5.3:歌唱者アンケート

質問	普通の タンバリン	Aqua Tambourine
Q1. 歌っていて楽しかったか		
Q2. 上手く歌えたか		
Q3. タンバリンが場の雰囲気を盛り上げていた		
Q4. タンバリンが邪魔だった		
Q5. タンバリンにリズムを乱された		
Q6. タンバリン奏者が楽しんでいた		
Q7. タンバリンの伴奏がある方が良い		
Q8. 聴き手（タンバリンを持たない）は楽しんでいた		

表 5.4:聴き手アンケート

質問	普通の タンバリン	Aqua Tambourine
Q1. 場が盛り上がっていた		
Q2. タンバリンの伴奏が歌唱楽曲にマッチしていた		
Q3. 楽しかった		

5.3 実験協力者

実験協力者は 20 名（22～26 歳）で，いずれも北陸先端科学技術大学院大学の学生である．本実験は 3 人一組のグループで行う．カラオケは仲の良い間柄の人と行くことが多いことを考え，実験グループは知り合い同士で構成した．また，事前にアンケートを行い，普段カラオケで歌い慣れている者のみに歌唱者の役割を割り振ることとした．アンケートの結果，歌唱者を担当してくださった実験協力者は 14 人だった．しかし，歌唱者として参加可能な実験協力者の数が少なく，知り合い同士で 3 人一組のグループを作れないことがあった．その場合は，実験協力者の何人かに複数グループでカラオケに参加することを依頼した．最終的に 3 人一組のグループを 9 組作ることができた．9 組のうち，3 人全員が歌唱者参加するグループは 4 組で，3 人の内，2 人が歌唱者参加するグループが 1 組，3 人の内，1 人が歌唱者参加するグループは 4 組となった．なお，2 回目以降のカラオケ参加者のアンケートは実験結果に含めないようにした．その結果，歌唱者は 14 人，タンバリン奏者，聴き手は 18 人分のアンケートを実施することができた．

5.4 実験環境

本実験は学内の防音室で実施した（図 5.1）．防音室内にマイク，スピーカー，歌詞表示用のディスプレイを配置することで，できるだけカラオケボックスの環境を再現している．通常のタンバリンと Aqua Tambourine は，タンバリン奏

者が手に取りやすい位置（部屋中央）に配置した．カラオケシステムとしては，楽曲の MIDI データを再生し，歌詞表示をするだけのシンプルなシステムを Unity[7]で開発し，実験に用いた（図 5.2，5.3）．実際のカラオケの様子を図 5.4 に示す．使用曲については事前アンケートで実験協力者が歌唱可能な楽曲を調査し，カラオケ伴奏用の MIDI データを予め用意した（表 5.5）．なお，使用曲はタンバリンを演奏したくなるようなアップテンポな曲に限って採用した．

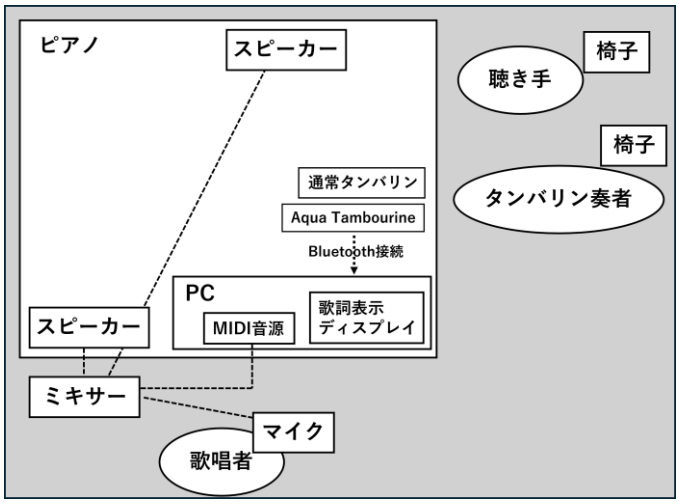

図 5.1:防音室の配置図

図 5.2:カラオケ画面（選曲）

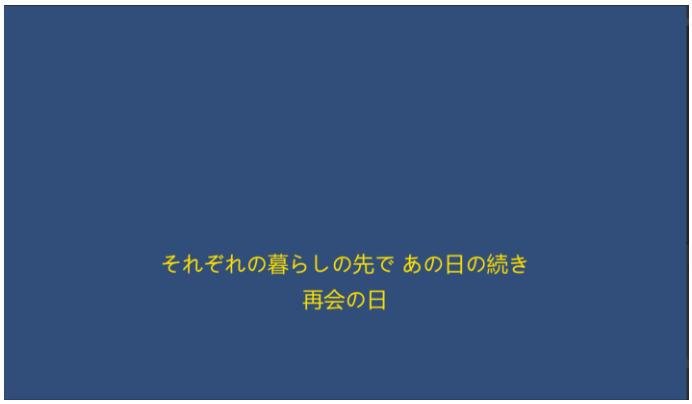

図 5.3:カラオケ画面（歌詞表示）

図 5.4:カラオケの様子

表 5.5:カラオケ使用曲リスト

カラオケ使用曲リスト
・米津玄師/LOSER ・ヨルシカ/藍二乗，僕は音楽をやめた ・サザンオールスターズ/勝手にシンドバッド ・嵐/A・RA・SHI ・BUMP OF CHICKEN/天体観測 ・VAUNDY/裸の勇者 ・Indigo la End/名前は片思い ・新しい学校のリーダーズ/オトナブルー ・SUPER BEAVER/名前を呼ぶよ

5.5 実験手続き

実験の手順と教示を以下に示す.

手順と教示

1, 事前アンケート

音楽経験やカラオケへの印象についてのアンケートをする．歌唱者参加する方に歌唱楽曲のリクエストをしてもらう.

2, 実験内容の説明

実験では 3 人一組でカラオケをすること．3 人には歌唱者，タンバリン奏者，聴き手の役割が順次割り振られることを教示する.

実験内容全体の教示：

これから実験説明をします．本実験ではお越しいただいた実験協力者の方々に 3 人一組でカラオケをしていただきます．3 人には歌唱者，タンバリン奏者，聴き手の役割が順次割り振られます．基本的には全員が役割を一回ずつ経験したところで実験は終了になります．なお，歌唱者の役割は事前アンケートで普段からカラオケで歌い慣れていると回答していただいた方にのみお願いします.

3，通常のタンバリンと Aqua Tambourine の説明

本実験で使用する通常のタンバリンと Apua Tambourine の演奏方法の説明と実演をする．その後に 4 ビート，8 ビート，16 ビートの説明をする．

通常のタンバリンと Aqua Tambourine の教示：

これから本実験で使用する通常のタンバリンと Apua Tambourine の演奏方法の説明をします.

通常のタンバリンの教示：

まず通常のタンバリンからです．今回使用するタンバリンはヘッドレス型のタンバリンでこのように振ると音が出ます（ここで実際に少し振って見せる)．振り方は横に振ったり（横振りを実演)，手首を回してみたり（手首回して実演)，先ほどの 2 パターンを合わせてみたり（実演）と様々なパターンがあります．基本的には振ってシンバルの音が鳴るタイミングでリズムを取ることが多いです（実演).

4 ビート，8 ビート，16 ビートの教示：

タンバリンを使ってリズムを取る方法は様々です．本実験ではその中でも基本的な 4 ビート，8 ビート，16 ビートのリズムの取り方を説明します.

まず 4 ビートですがこれは楽譜において 4 分の 4 拍子の 1 小節に 4 分音符を 4 つ数えるビートです. メトロノームを使って実演するとこうなります (メトロノームを使ってタンバリンで実演).

次に 8 ビートは先ほどの小節に 8 分音符を 8 つ数えるビートです. 実演するとこうなります. (4 ビートと 8 ビートを交互に演奏して実演)

最後の 16 ビートは 16 分音符を 16 数えるビートです. (実演)

(最後に 4 ビート, 8 ビート 16 ビートを実演)

Aqua Tambourine の教示：

次に Aqua Tambourine の演奏方法の説明をします. このタンバリンの特徴は振ってもすぐには音が出ないことです (実際に振る). 流している音楽に合わせてタンバリンを振ることでスピーカーから楽器音が出力されます.

※ここで 1 曲流して実演をする (実験協力者 3 人が歌わない曲)

このタンバリンは演奏者の振りを検知, 推測して 4 ビート, 8 ビート, 16 ビートのリズムが一番近いビートを出力します. この際, 出力される音は実際の腕振りのリズムでは無く, 流れている楽曲のリズムに合わせた正確なものになります.

いくつかの注意点があります, 1 つ目に Aqua Tambourine はビートの切り

替えが即座に起こらないようになっているので振る速さを変えたとしても楽器の出力は即座に変化しません.

2 つ目は, このタンバリンではビートの推測を腕振りの周期から推測しているのでこのような振り方のリズムを正確に検知することができません.（ここでダメな振り方の例を実演する）

振り方は横振りと，手首をひねるように振るようなものの 2 つの振り方をお願いします.

4，普通のタンバリンと「Apua Tambourine」の演奏練習

実験協力者全員に通常のタンバリンと Aqua Tambourine の演奏練習を 2 分ずつしてもらう.

練習の教示：

では実際に二つのタンバリンを使って練習してもらいます．楽曲に合わせて練習していただきますので，楽曲を選択してください.（選んでもらう）

では，楽曲に合わせて振ってみてください.

（一曲中，全員に両方のタンバリンを演奏練習してもらう）

（2 分ずつ操作練習）

5，3 人一組でカラオケを行い，アンケートを取る

歌唱者が 2 曲歌うごとに休憩とアンケートを取り，実験協力者の役割を変更する．この際，歌唱者が何人参加しているかによって表 5.6 のように実験順序を変更する．アンケートでは表 5.2，5.3，5.4 のうち，直前に自分が担当していた

表 5.6 歌唱者の参加数ごとの実験順序

歌唱者が1人の場合			
順序	1人目	2人目	3人目
1	歌唱者	通常タンバリン奏者	聴き手
2	歌唱者	Aqua Tambourine奏者	聴き手
3	休憩，アンケート		
4	歌唱者	聴き手	通常タンバリン奏者
5	歌唱者	聴き手	Aqua Tambourine奏者
6	アンケート		

歌唱者が2人の場合			
順序	1人目	2人目	3人目
1	歌唱者	通常タンバリン奏者	聴き手
2	歌唱者	Aqua Tambourine奏者	聴き手
3	歌唱者	聴き手	通常タンバリン奏者
4	休憩，アンケート		
5	聴き手	歌唱者	Aqua Tambourine奏者
6	通常タンバリン奏者	歌唱者	聴き手
7	Aqua Tambourine奏者	歌唱者	聴き手
8	アンケート		

歌唱者が3人の場合			
順序	1人目	2人目	3人目
1	歌唱者	通常タンバリン奏者	聴き手
2	歌唱者	Aqua Tambourine奏者	聴き手
3	休憩，アンケート		
4	聴き手	歌唱者	通常タンバリン奏者
5	聴き手	歌唱者	Aqua Tambourine奏者
6	休憩，アンケート		
7	通常タンバリン奏者	通常タンバリン奏者	歌唱者
8	Aqua Tambourine奏者	Aqua Tambourine奏者	歌唱者
9	アンケート		

役割（歌唱者，通常タンバリン奏者か Aqua Tambourine 奏者，聴き手）についての回答をしてもらう．実験協力者が役割を全て経験するとカラオケ終了になる．なお，順序効果を考慮し，通常タンバリンと Aqua Tambourine の演奏順序は実験前半のグループと後半のグループで入れ替えている．

カラオケの教示：

ではここ（防音室）でカラオケをしていただきます．その際，3 人にはそれぞれ別の役割でカラオケに参加していただきます．役割は「歌唱者」,「タンバリン奏者」,「聴き手」の 3 つです．尚,「タンバリン奏者」は通常のタンバリンを演奏してもらうパターンと本研究で開発した「Aqua Tambourine」を使って演奏してもらうパターンがあります．歌唱者の方には同じ曲を 2 回連続で歌ってもらいますので，1 回目は通常のタンバリン，2 回目は Aqua Tambourine を使って演奏に参加してください．（実験前半のグループは通常のタンバリンが先で，後半のグループは Aqua Tambourine を先に演奏）

また，タンバリン奏者は場を盛り上げるように演奏，身振りをしてください．歌唱者の立ち位置は一番奥．手前にタンバリン奏者，奥に聴き手という風にポジショニングをお願いします．

タンバリンの演奏に関する注意点です．カラオケ中はなるべく振っていて

ほしいのですが，手が疲れたり，曲の間奏中だったり，といった場合には振らなくてもよいです．あと，できれば場を盛り上げる意識を持って演奏してください．聴き手の方はいつもカラオケに参加するときのように自由に参加してください．歌唱者の方は選曲をして楽曲を再生する際にはこの PC をデンモク代わりにしてください（Unity の自作カラオケ）．クリックすると楽曲が再生され，簡易的な歌詞表示がでてきます．実際にやってみます（実演）．曲が終わると選曲画面に戻ります．歌唱についてはいつもカラオケで歌っている時のようにお願いします．

それぞれの役割の順番ですが，このようにお願いします．（表 5.6 を見せながら説明）

2 曲 or3 曲歌い終わるごとに休憩とアンケートを挟みますので，防音室の外に出てきてください．ではカラオケを始めてください（退出）

6，インタビュー

インタビューはカラオケを観察していて気づいたことを聞くようにする．

5.6 実験結果

5.6.1 アンケートの結果

タンバリン奏者アンケート（表 5.2），歌唱者アンケート（表 5.3），聴き手アンケート（表 5.4）の結果を用いてウィルコクソンの符号順位検定を行った．アンケートと検定の結果を図 5.5～5.26 に示す．

タンバリン奏者アンケートの結果を以下に記述する．

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q1「上手に演奏できた」の結果を図 5.5 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.291 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差は得られなかった．6，7 の評価数は Aqua Tambourine の方が微量に上回っているが，どちらのタンバリンで演奏した場合も半数以上の評価が 5 以上であった．

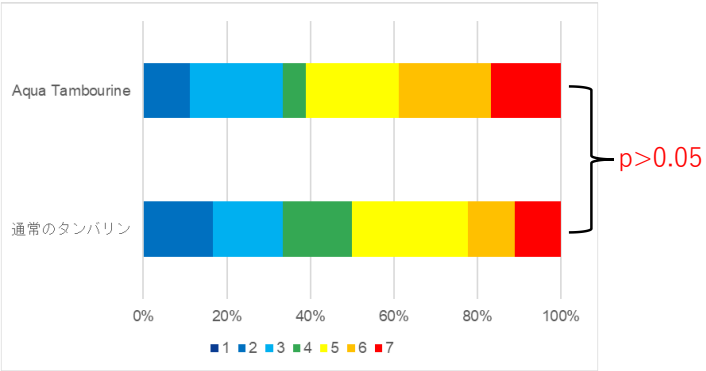

図 5.5:タンバリン奏者アンケート「上手に演奏できた」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q2「演奏しやすかった」の結果を図 5.6 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.520 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差は得られなかった．7 の評価数は

通常のタンバリンの方が多いが，Aqua Tambourine は 6 の評価数が多い上に，3 以下の評価の数にほとんど差が無いため全体の評価に差はあまり無かった．

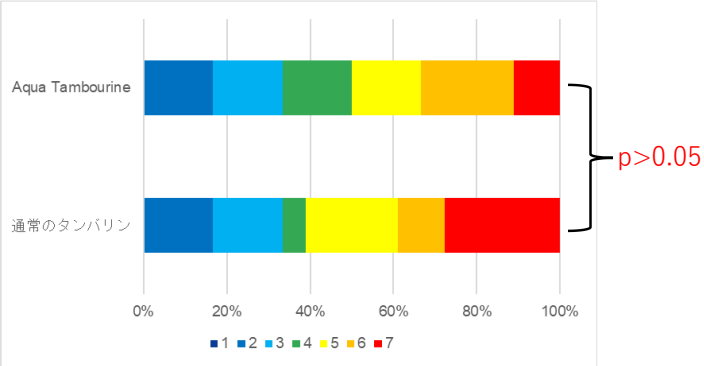

図 5.6:タンバリン奏者アンケート「演奏しやすかった」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q3「演奏が難しかった」の結果を図 5.7 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.635 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差は得られなかった．通常のタンバリンは 7 の評価は約 2 割あるが Aqua Tambourine は 0 である．更に Aqua Tambourine は 6 の評価数も少なかった．

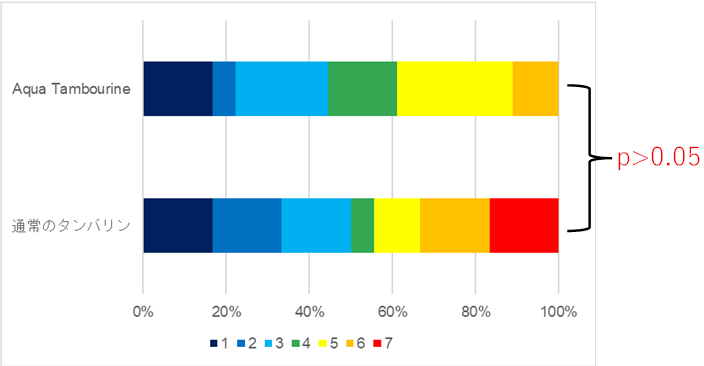

図 5.7:タンバリン奏者アンケート「演奏が難しかった」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q4「演奏していて楽しかった」の結果を図 5.8 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.105 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差は得られなかった．しかし，通常のタンバリンは 6，7 の評価が約 6 割あるのに対し，Aqua Tambourine は約 4 割であった．

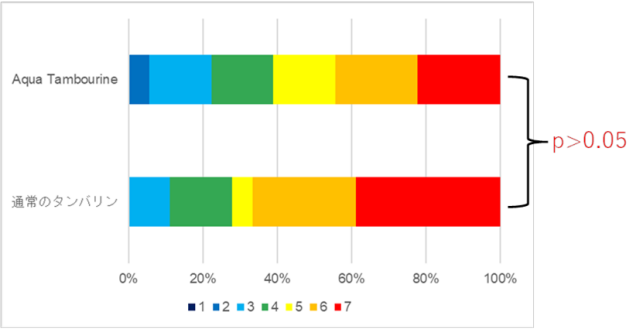

図 5.8:タンバリン奏者アンケート「演奏していて楽しかった」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q5「演奏に抵抗感があった」の結果を図 5.9 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.547 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差は得られなかった．どちらのタンバリンも 1，2，3 の評価が 7 割を超えていた．

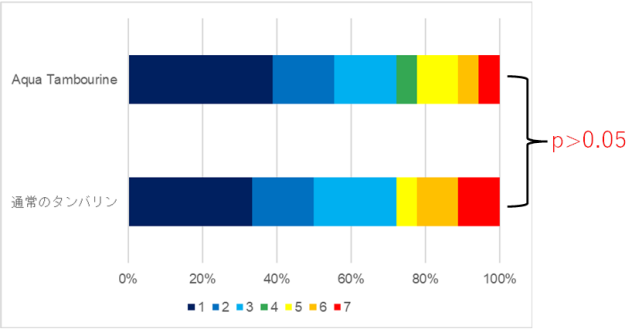

図 5.9:タンバリン奏者アンケート「演奏に抵抗感があった」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q6「リズムに乗ることができた」の結果を図 5.10 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.690 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差は得られなかった．どちらのタンバリンも 5，6，7 の評価が多かった．しかし，通常のタンバリンのみ，2 の評価が約 2 割あった．

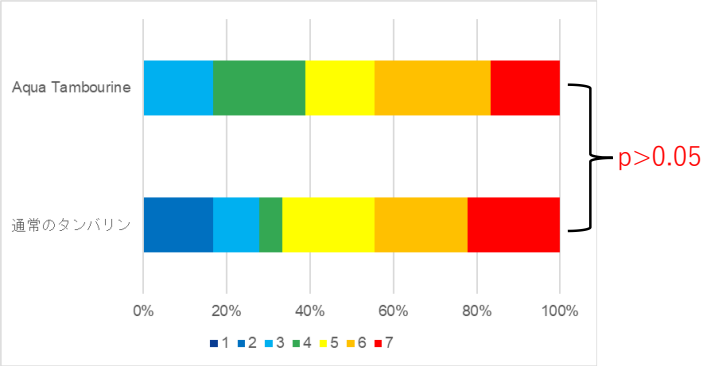

図 5.10:タンバリン奏者アンケート「リズムに乗ることができた」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q7「リズムに乗って身振りを加えることができた」の結果を図 5.11 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.008 であり，有意水準 0.01 の場合，条件間に有意な差が得られた．通常のタンバリンの平均評価は 4.83，Aqua Tambourine は 3.77 となっており，通常のタンバリンの方が高い評価値を得た．Aqua Tambourine は 6，7 の評価が少なく，1，2，3 の評価が半数以上である．それに対して通常のタンバリンは 5，6，7 の評価が約 6 割を超えており，2 以下の評価が非常に少ない．

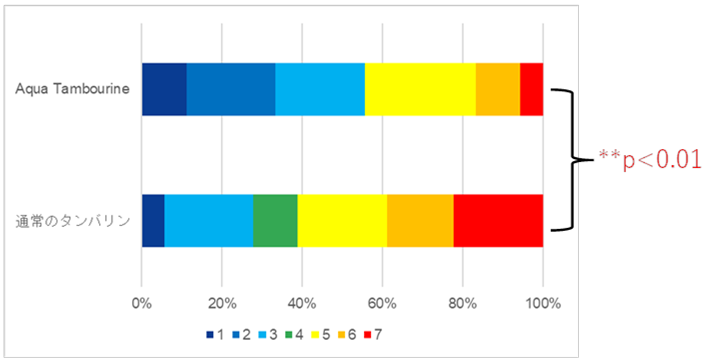

図 5.11:タンバリン奏者アンケート

「リズムに乗って身振りを加えることができた」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q8「場の雰囲気を盛り上げることができた」の結果を図 5.12 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.658 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られなかった．通常のタンバリンの方が Aqua Tambourine よりも 7 の評価が多かった．

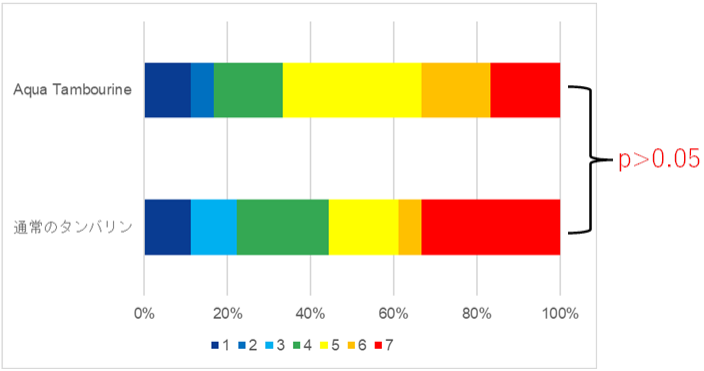

図 5.12:タンバリン奏者アンケート

「場の雰囲気を盛り上げることができた」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q9「自分の伴奏が歌唱者の邪魔になっていた」の結果を図 5.13 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.005 であり，有意水準 0.01 の場合，条件間に有意な差が得られた．通常のタンバリンの平均評価は 4.89，Aqua Tambourine は 2.56 となっており，通常のタンバリンの方が高い評価値を得た．Aqua Tambourine は 1，2 の評価が非常に多く，6 割を超えている．それに対して通常のタンバリンは 1，2 の評価は少なく，6，7 の評価が約 5 割ある．

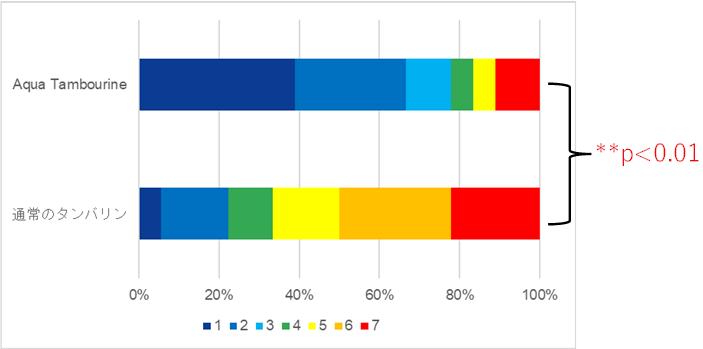

図 5.13:タンバリン奏者アンケート

「自分の伴奏が歌唱者の邪魔になっていた」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q10「緊張した」の結果を図 5.14 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.011 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られた．通常のタンバリンの平均評価は 3.11，Aqua Tambourine は 2.17 となっており，通常のタンバリンの方が高い評価値を得た．どちらのタンバリンも 1，2，3 の評価が多く，Aqua

Tambourine は約 9 割，通常のタンバリンは約 7 割あった．しかし，Aqua Tambourine は 5，6，7 の評価が約 1 割だったのに対して，通常のタンバリンは約 3 割を占めていた．

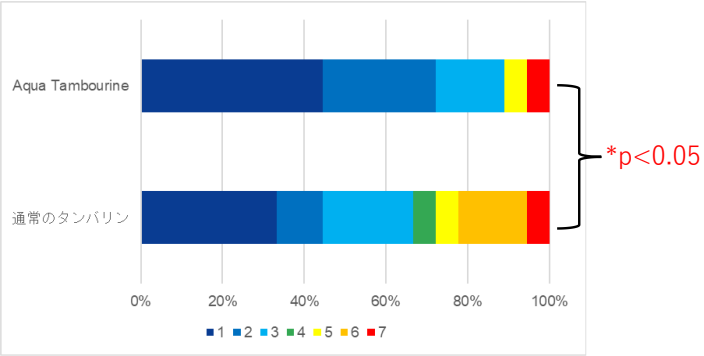

図 5.14:タンバリン奏者アンケート「緊張した」

タンバリン奏者アンケート（表 5.2）の Q11「場に馴染むことができた」の結果を図 5.15 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.079 であり，有意水準 0.1 の場合，条件間に有意傾向が得られた．通常のタンバリンの平均評価は 4.06，Aqua Tambourine は 5.00 となっており，Aqua Tambourine の方が高い評価値を得た．Aqua Tambourine は 6，7 の評価が半

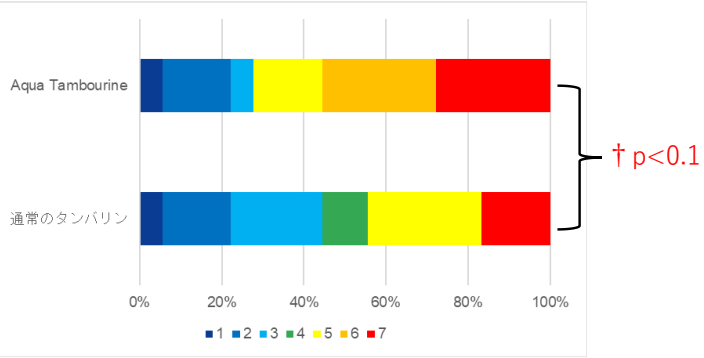

図 5.15:タンバリン奏者アンケート「場に馴染むことができた」

数以上を占めているのに対して，通常のタンバリンは 7 の評価が少なく，6 の評価数は 0 だった．また，1，2 の評価はどちらのタンバリンも同程度だが，3 の割合は通常のタンバリンの方が多くなっていた．

歌唱者アンケートの結果を以下に記述する．

歌唱者アンケート（表 5.3）の Q1「歌っていて楽しかったか」の結果を図 5.16 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.660 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られなかった．どちらのタンバリンも 5 以上の評価が多く，全体的に高評価であった．

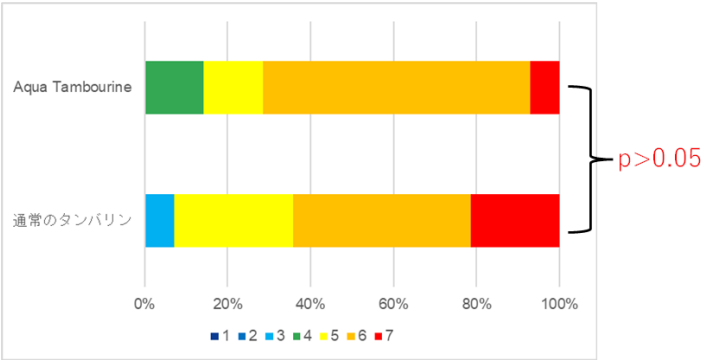

図 5.16:歌唱者アンケート「歌っていて楽しかったか」

歌唱者アンケート（表 5.3）の Q2「上手く歌えたか」の結果を図 5.17 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.174 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られなかった．Aqua Tambourine は 5

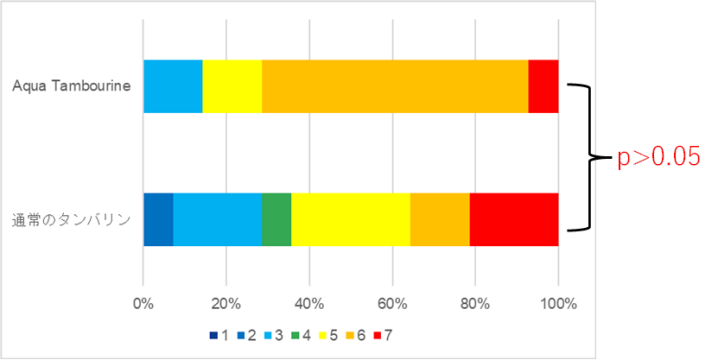

図 5.17:歌唱者アンケート「上手く歌えたか」

以上の評価が約 9 割で，そのうち 6 の評価が約 6 割を占めている．通常のタンバリンは 5 以上の評価は約 6 割であった．

歌唱者アンケート（表 5.3）の Q3「タンバリンが場の雰囲気を盛り上げていた」の結果を図 5.18 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.054 であり，有意水準 0.1 の場合，条件間に有意傾向が得られた．通常のタンバリンの平均評価は 5.5，Aqua Tambourine は 4.64 となっており，通常のタンバリンの方が高い評価値を得た．Aqua Tambourine は 5 以上の評価

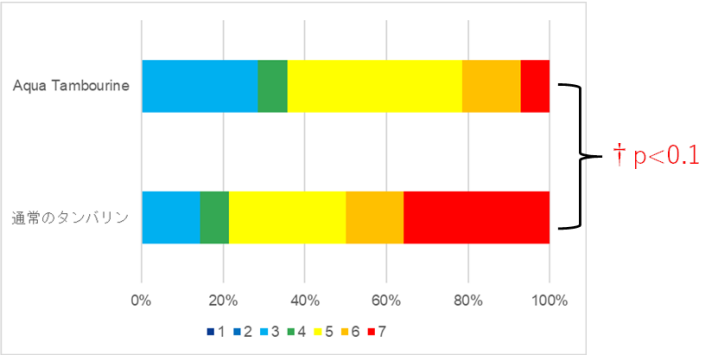

図 5.18:歌唱者アンケート「タンバリンが場の雰囲気を盛り上げていた」

が約 6 割だったのに対して，通常のタンバリンは約 8 割であり，7 の評価は約 3 割あった．

歌唱者アンケート（表 5.3）の Q4「タンバリンが邪魔だった」の結果を図 5.19 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.027 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られた．通常のタンバリンの平均評価は 3.36，Aqua Tambourine は 2.21 となっており，通常のタンバリンの方が高い評価値を得た．Aqua Tambourine は 5 以上の評価が約 1 割しかなく，3 以下の評価がほとんどだった．それに対して，通常のタンバリンは 5 以上の評価が約 4 割あった．

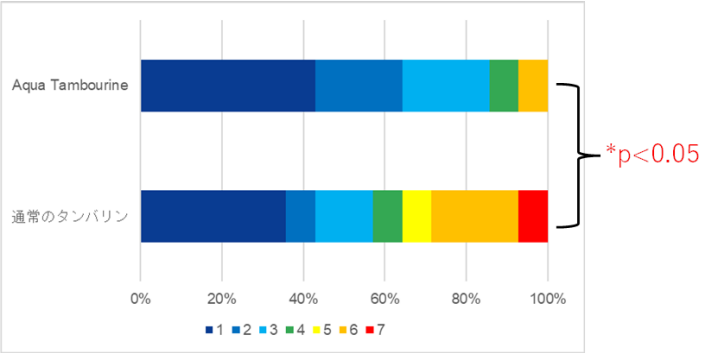

図 5.19:歌唱者アンケート「タンバリンが邪魔だった」

歌唱者アンケート（表 5.3）の Q5「タンバリンにリズムを乱された」の結果を図 5.20 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.057 であり，有意水準 0.1 の場合，条件間に有意傾向が得られた．通常のタンバリンの平均評価は 3.14，Aqua Tambourine は 1.93 となっており，通常のタンバ

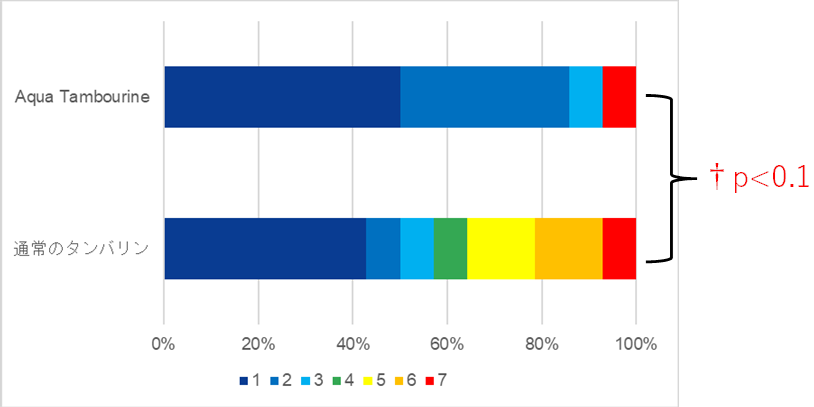

図 5.20:歌唱者アンケート「タンバリンにリズムを乱された」

リンの方が高い評価値を得た．Aqua Tambourine は 3 以下の評価が約 9 割を占めていた．それに対して通常のタンバリンは 5 以上の評価が約 4 割あった．

歌唱者アンケート（表 5.3）の Q6「タンバリン奏者が楽しんでいた」の結果を図 5.21 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.120 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られなかった．Aqua

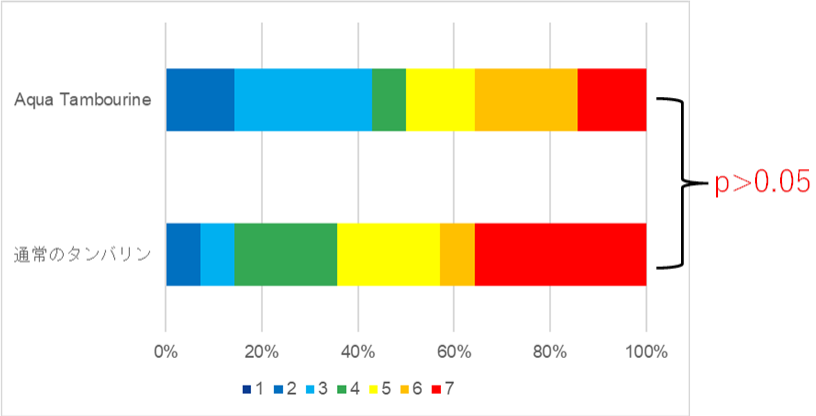

図 5.21:歌唱者アンケート「タンバリン奏者が楽しんでいた」

Tambourine は 5 以上の評価が約 5 割を占めていた，それに対して通常のタンバリンは 5 以上の評価が約 6 割あり，そのうち 7 の評価が約 4 割であった．

歌唱者アンケート（表 5.3）の Q7「タンバリンの伴奏がある方が良い」の結果を図 5.22 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.111

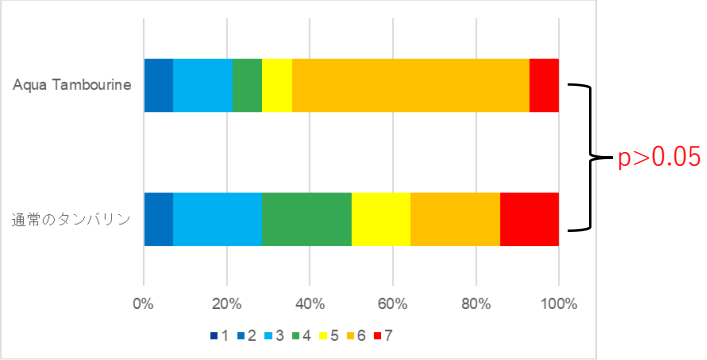

図 5.22:歌唱者アンケート「タンバリンの伴奏がある方が良い」

であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られなかった．Aqua Tambourine は 5 以上の評価が約 7 割，通常のタンバリンは約 5 割であった．

歌唱者アンケート（表 5.3）の Q8「聴き手（タンバリンを持たない）は楽しんでいた」の結果を図 5.23 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.671 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られ

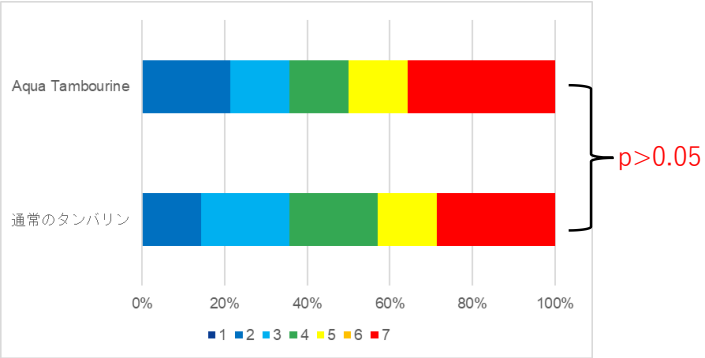

図 5.23:歌唱者アンケート

「聴き手（タンバリンを持たない）は楽しんでいた」

なかった．Aqua Tambourine は 5 以上の評価が約 5 割，通常のタンバリンは約 4 割であった．3 以下の評価割合はあまり変わらなかった．

聴き手アンケートの結果を以下に記述する．

聴き手アンケート（表 5.4）の Q1「場が盛り上がっていた」の結果を図 5.24 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.143 であり，有

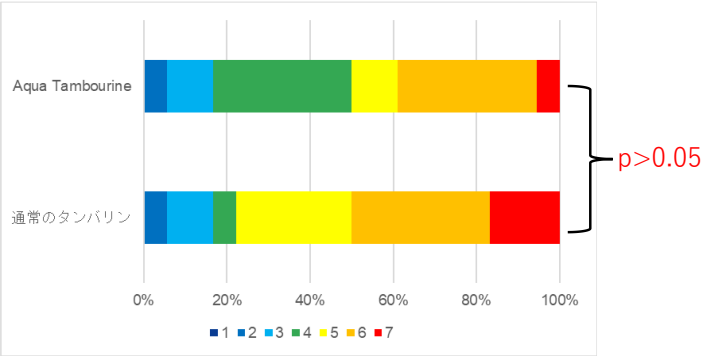

図 5.24:聴き手アンケート「場が盛り上がっていた」

意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られなかった．Aqua Tambourine は 5 以上の評価が約 5 割を占めていた．それに対して通常のタンバリンは約 8 割であった．

聴き手アンケート（表 5.4）の Q2「タンバリンの伴奏が歌唱楽曲にマッチしていた」の結果を図 5.25 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.275 であり，有意水準 0.05 の場合，条件間に有意な差が得られな

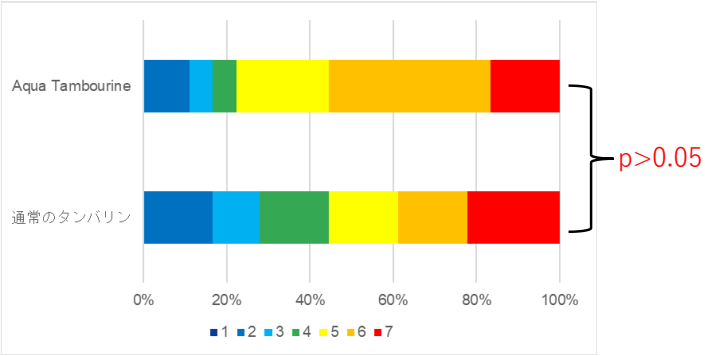

図 5.25:聴き手アンケート

「タンバリンの伴奏が歌唱楽曲にマッチしていた」

かった．Aqua Tambourine は 5 以上の評価が約 8 割，通常のタンバリンは約 6 割であった．

聴き手アンケート（表 5.4）の Q3「楽しかった」の結果を図 5.26 に示す．ウィルコクソンの符号順位検定の結果，有意確率は 0.055 であり，有意水準 0.1 の場合，条件間に有意傾向が得られた．通常のタンバリンの平均評価は 5.61，Aqua Tambourine は 4.83 となっており，通常のタンバリンの方が高い

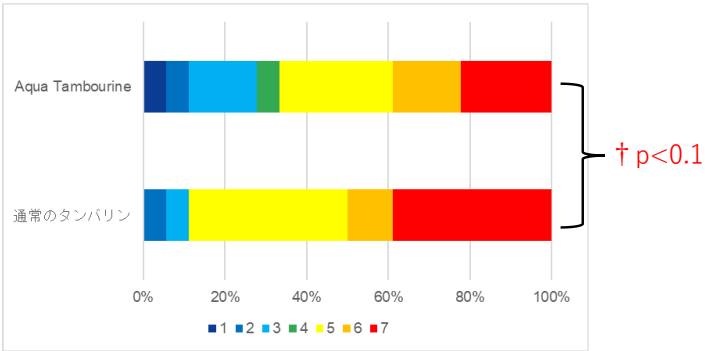

図 5.26:聴き手アンケート「楽しかった」

評価値を得た．Aqua Tambourine は 5 以上の評価が約 6 割を占めていた．それに対して通常のタンバリンは約 9 割であり，7 の評価が約 4 割あった．

5.7 考察

5.7.1 Aqua Tambourine は歌唱者のリズムを乱さない楽器になっていたのか

歌唱者アンケート Q4「タンバリンが邪魔だった」の評価（図 5.19）では検定の結果，条件間に有意差があり，Aqua Tambourine の方が邪魔になっていなかったことが明らかになった．また，歌唱者アンケート Q5「タンバリンにリズムを乱された」の評価（図 5.20）では検定の結果，条件間に有意傾向があり，Aqua Tambourine の方が歌唱者のリズムを乱していなかったことが明らかになった．その上，Aqua Tambourine は 4 以上の評価が 1 割以下となっており，リズムを乱された実験協力者は少数だった．アンケートの自由記述やインタビューでは「通常のタンバリンは盛り上がるが，歌い手にとってはリズムが取りづらく歌いにくかった」,「Aqua Tambourine は振っているときにリズムを頼りにできそうだった」等の記述が得られた．以上のことから Aqua Tambourine は歌唱者のリズムを乱さない楽器になっていたといえる．

5.7.2 Aqua Tambourine は気楽に演奏できる楽器なのか

タンバリン奏者アンケート Q10「緊張した」（図 5.14）では検定の結果，条件間に有意差があり，Aqua Tambourine の方が緊張しなかったことが明らかにな

った． この要因の仮説としては,「演奏難度」と「歌唱者を邪魔しないこと」の評価の差がタンバリン奏者の緊張に影響すると考えていたが，後者のみ差が確認された．以下にその内容を記述する．

まず，演奏難度の差についてだが，タンバリン奏者アンケート Q2「演奏しやすかった」（図 5.6）とタンバリン奏者アンケート Q3「演奏が難しかった」（図 5.7）の結果からは有意な差は得られず，演奏難度の差は無かった．アンケートの自由記述やインタビューでは「通常のタンバリンはリズムを取るのが難しかった」,「上手くなくても Aqua Tambourine の方は補正してくれるから振りやすかった」という回答が複数得られたが，一方で,「通常のタンバリンに比べて，自在に音をだせない」,「Aqua Tambourine は音を鳴らすのにコツが必要だと感じた」という回答も得られた． 通常のタンバリンは馴染みがあり直感的に演奏できるのに対して， Aqua Tambourine は馴染みが無く，意図的にタンバリンを振らなければならない．また，Aqua Tambourine を使わずとも通常のタンバリンで正確にリズムを刻める実験協力者にとってリズム補正は不必要なものとなる．これらの要因が評価に影響した可能性が考えられる．

次に，歌唱者を邪魔しないことについてだが，タンバリン奏者アンケート Q9「自分の伴奏が歌唱者の邪魔になっていた」の評価（図 5.13）では検定の結果，条件間に有意差があり，Aqua Tambourine の方が邪魔をしているという意識が無かったことが明らかになった．アンケートの自由記述，インタビューでは「知らない曲はタンバリン（両方）で邪魔してないか不安だった」,「通常のタンバリンでは曲の冒頭でリズムを崩してしまって歌唱者に影響を与えてしまった」,「周りの人への影響を考えたら Aqua Tambourine の方が安心感があった」等の

回答が得られた．これらの記述からリズム補正機能があることによって，ある程度は歌唱者の邪魔をせずに演奏できていたということが考えられる．

以上のことから歌唱者の邪魔をしないことがタンバリン奏者の緊張を和らげているのだと考えられる．

5.7.3 音楽的な創造性の制限された Aqua Tambourine でもタンバリン奏者はカラオケを楽しむことができたか

タンバリン奏者アンケート Q4「演奏していて楽しかった」（図 5.8）とタンバリン奏者アンケート Q6「リズムに乗ることができた」（図 5.10）ではどちらも検定の結果，条件間に有意な差が得られず，カラオケの楽しさにはあまり差が無かった．しかし，タンバリン奏者アンケート Q7「リズムに乗って身振りを加えることができた」（図 5.11）では検定の結果，条件間に有意な差が認められたため，Aqua Tambourine を使った場合，自由自在に身振りを加えることは難しくなることがわかった．アンケートの自由記述やインタビューでは賛否両論の意見があった．賛成意見では「リズムに注力せずに振っていてもリズムが正確に出るので振りまくれたから楽しかった」，「Aqua Tambourine は何も考えずに触れる（軽いしリズムを取らなくてよいから）」等の記述が得られた．反対意見では「Aqua Tambourine はビートの種類が少なく，自在に演奏ができない」，「通常のタンバリンは振り方の制限が無く，何でもできる感じがするから楽しい」等の記述が得られた．

以上のことから Aqua Tambourine は音楽的な創造性を制限してしまっており，それがタンバリン演奏の楽しさを損なう原因になっている可能性があるが，

音楽的な創造性を制限されているが故にタンバリン演奏に注力せずにカラオケという場を楽しめている可能性があることも考えられる．

5.7.4 Aqua Tambourine はカラオケを盛り上げることができたか

聴き手アンケート Q1「場が盛り上がっていた」（図 5.24）では検定の結果，有意な差は得られなかった．しかし，Aqua Tambourine は 5 以上の評価が約 5 割であるのに対して通常のタンバリンは約 8 割もある．よって通常のタンバリンの場合には少し劣るが Aqua Tambourine の場合もそれなりに場は盛り上がっていたと考えられる．

タンバリン奏者アンケート Q8「場の雰囲気を盛り上げることができた」（図 5.12）では検定の結果，有意な差は得られなかった．どちらのタンバリンも高評価が多く，低評価が少ない評価割合になっており，多くのタンバリン奏者は場の雰囲気を盛り上げることができたと考えていたようだ．

歌唱者アンケート Q3「タンバリンが場の雰囲気を盛り上げていた」（図 5.18）では検定の結果，有意傾向が得られた．Aqua Tambourine では 5 以上の評価が約 6 割，7 の評価が約 1 割だったが，通常のタンバリンは 5 以上の評価が約 8 割，7 の評価が約 4 割あり，歌唱者は通常のタンバリンの方が場の雰囲気を盛り上げているように感じたようだ．アンケートの自由記述やインタビューからは「Aqua Tambourine は振っているタイミングと出力されるタイミングが違うから演奏しているのかわかりにくい」，「通常のタンバリンはその人のノリが伝わってくる」等の記述があった．これらの記述から，Aqua Tambourine は演奏動作と出力される音のタイミングがずれているため，タンバリン奏者が演奏して

いるという認識が薄くなり，評価が低くなったのだと考えられる．

第6章 おわりに

本研究ではカラオケをする際に楽器演奏に馴染みの無い人間でも歌唱者を邪魔することなく，適切な伴奏できるような非歌唱者用伴奏楽器を検討した．そして，奏者がタンバリンを振る動作から得た振動周波数によって，奏者が演奏しようとしているビートを推定し，歌唱中の楽曲に合わせた適切なタイミングで演奏音を出力する Aqua Tambourine という電子タンバリンを提案し，通常のタンバリンとの比較実験を行った．その結果，通常のタンバリンと比べて，Aqua Tambourine は適切なタイミングでビートを刻むことによって歌唱者のリズムを乱さずに伴奏ができていたことが確認された．また，歌唱者の邪魔をしないことによってタンバリン奏者の緊張が和らげられ，気軽に演奏できていたことも明らかになった．カラオケの盛り上げることについては通常のタンバリンよりも少し劣るが十分場を盛り上げることができた．よって，Aqua Tambourine は楽器演奏に馴染みの無い人間でも歌唱者の邪魔をせず，気軽に伴奏ができる楽器だと考えられる．しかしながら，Aqua Tambourine が音楽的な創造性を制限することについては賛否両論であり，カラオケの盛り上がりを妨げている可能性が示唆された．

今後の展望だが，まず 4 ビート，8 ビート，16 ビート以外のタンバリンの振り方にも対応できるように改良を進める．また，Aqua Tambourine がカラオケを今以上に盛り上げることのできるような機能を検討していく．

謝辞

本研究において西本研究室の西本一志先生，本研究グループの学生の皆様には多大なご指導，ご助言をしていただきました．心から感謝致します．

最後に，本研究を進めるにあたり支えてくださった本校学生，友人，先生方，全ての皆様に感謝致します．

参考文献

[1] 佐久間真理, 大串健吾:パーカッション演奏における演奏者の意図の伝達 - 視覚と聴覚の相互作用 - , 日本音響学会誌, 50 巻 8 号, pp.613-622, 1994.

[2] 西堀佑, 多田幸生, 曽根卓朗：遅延のある演奏系での遅延の認知に関する実験とその考察, 情報処理学会研究報告, Vol. 2003-MUS-53, No. 9, pp.37-42, 2003.

[3] Nishimoto, K., Oshima, C., and Miyagawa, Y.: Why Always Versatile?: Dynamically Customizable Musical Instruments Facilitate Expressive Performances, Proc. the 3rd Int'l Conf. on New Instruments for Musical Expression (NIME03), pp.164-169, 2003

[4] 大島千佳, 西本一志, 宮川洋平, 白崎隆史：音楽表情を担う要素と音高の分割入力による容易な MIDI シーケンスデータ作成システム, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.7, pp.1778-1790, 2003.

[5] 栗原拓也, 横溝有希子, 竹腰美夏, 馬場哲晃,北原鉄郎：スマートタンバリン:音と光で場を盛り上げるカラオケ支援システム, 情報処理学会研究報告, Vol.2017-MUS-114, No.3, pp.1-5, 2017.

[6] スイッチサイエンス：M5Stickc Plus, https://www.switch-science.com/products/6470 （2023 年 12 月 17 日閲覧）

[7] Unity Technologies：Unity のリアルタイム開発プラットフォーム |2D/3D、VR/AR エンジン, https://unity.com/ja （2023 年 12 月 17 日閲

覧）