

Title	Aqua Tambourine: カラオケの特性を考慮した伴奏用楽器
Author(s)	堀江, 歩; 西本, 一志
Citation	情報処理学会研究報告, 2024-HCI-207(10): 1-8
Issue Date	2023-03-04
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/18857">http://hdl.handle.net/10119/18857</a>
Rights	<p>社団法人 情報処理学会, 堀江 歩, 西本一志, 情報処理学会研究報告, Vol.2024-HCI-207, No.10, pp.1-8, 2024.ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.</p>
Description	

# Aqua Tambourine : カラオケの特性を考慮した伴奏用楽器

堀江 歩<sup>†1</sup> 西本一志<sup>†1</sup>

**概要** : カラオケを盛り上げるためにタンバリンやマラカスなどの打楽器がよく用いられている。しかし、歌唱者の歌唱を盛り上げるようにこれらの楽器を上手く演奏するためには、演奏経験やリズム感などが必要不可欠となる。そこで本研究では楽器演奏に馴染みの無い人間でも簡単かつ適切に伴奏できるような非歌唱者用伴奏楽器を提案する。提案システムである Aqua Tambourine では、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 と通常のタンバリンを実際のカラオケの伴奏に使用し、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。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。

**キーワード** : カラオケ, 伴奏, 音楽演奏支援

## Aqua Tambourine: An Accompaniment Instrument Considering the Characteristics of Karaoke

AYUMU HORIE<sup>†1</sup> KAZUSHI NISHIMOTO<sup>†1</sup>

**Abstract**: Percussion instruments such as tambourines and maracas are often used to enliven karaoke performances. However, to play these instruments well enough to enhance the singers' singing, musical experiences 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 compared to the normal tambourine. It was also clear that the tambourine player's tension was eased by not disturbing the singer. However, there was some disagreement that the Aqua Tambourine restricted musical creativity, suggesting that it may have hindered the excitement of the karaoke performance.

**Keywords**: Karaoke, Accompaniment, Musical Performance Support

### 1. はじめに

カラオケは日本発のレジャーであり、今や世界各国で親しまれている。カラオケで歌唱し自己表現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、様々な楽しみ方がある。近年では「ひとりカラオケ」という、1人だけでストイックに歌唱すること自体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たちが集まり、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楽しむことができる。

このようにコミュニケーションの場として魅力的なカラオケだが、いくつかの問題も存在する。その1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無く、多くの場合自分が次に歌う楽曲を探す作業に専念し、歌唱者の歌唱をなおざりにしか聞いていない。このような温度差がある状況は、歌唱者のモチベーションを低下させ、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され

<sup>†1</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科  
Graduate School of Advanced Science and Technology, Japan Advanced  
Institute of Science and Technology

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が必要不可欠である。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、場の雰囲気や一体感を損なう可能性がある。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、奏者の独自の表現を發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。そこで本稿では、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。

## 2. 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行うことが可能となり、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<sup>i</sup>：

- 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發揮す

<sup>i</sup> これらの条件にあてはまらない、熟達した演奏技術を持つような伴奏者などがある可能性もあるだろう。しかしそのような伴奏者に対しては、特に支援の必要は無いので、通常のタンバリンを使用してもらえばよい。

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。

### 3. 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1に Aqua Tambourine のシステム構成を示す。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固定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。

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。

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



図1 Aqua Tambourine の構成

Figure 1 System setup of Aqua Tambourine

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。

## 4. 実験

### 4.1 目的

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。具体的には、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て比較し、以下に記述する実験仮説を調査した。

- 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。

### 4.2 実験方法

著者らが所属する大学院大学の学生 20 名 (22~26 歳) を実験協力者として雇った。本実験は 3 人 1 組のグループで実施した。カラオケには仲の良い間柄の人と行くことが多いことを考慮し、実験グループは知り合い同士で構成した。実験では、1 グループに属する 3 人の実験協力者にタンバリン奏者、歌唱者、聴き手の役割を順に割り振りカラオケを実施する。ただし歌唱者については、事前に実験協力者全員に対して調査を行い、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。調査の結果、歌唱者を担当した実験協力者は 14 人だった。歌唱者として参加可能な実験協力者の数が少ないため、歌唱者を担当可能な実験協力者の何人かに複数のグループに参加することを依頼した。最終的に 3 人 1 組のグループを 9 組作る事ができた。9 組のうち、3 人全員が歌唱者として参加するグループは 4 組、3 人の内 2 人が歌唱者として参加するグループは 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、複数のグループに参加する実験協力者には、初回の実験時のみ後述するアンケートに回答を求めた。結果として、歌唱者は 14 人、タンバリン奏者と聴き手は 18 人アンケートの回答を得た。

本実験は学内の防音室で実施した (図 2)。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と同様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 3)。実験の様子を図 4 に示す。使

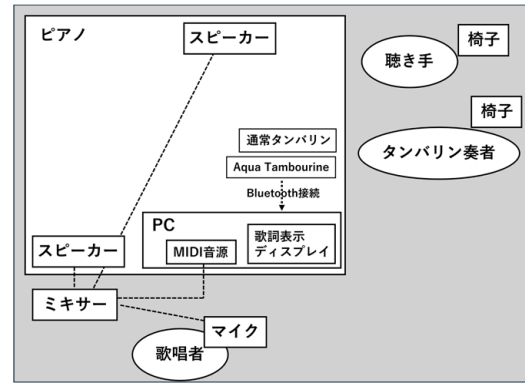


図 2 実験で使用した防音室の機材配置

Figure 2. Layout of experimental equipment in the soundproof room used for the experiments.

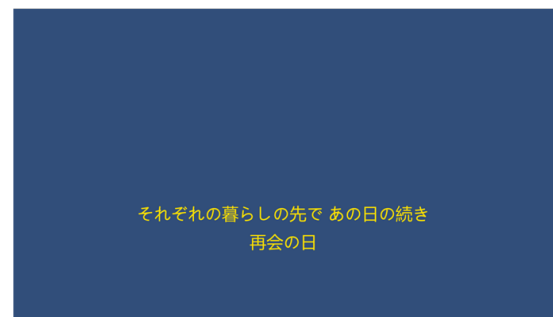


図 3 実験で使用したカラオケシステムの画面

Figure 3. A screenshot of the Karaoke system used in the experiments.



図 4 実験の様子

Figure 4. A snapshot of the experiment.

用曲については事前調査で歌唱者を担当可能と申告した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 1)。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。

実験は、以下の手順で実施した。

1. 事前アンケート (表 2)  
音楽経験やカラオケへの印象についての調査。自由記述方式で回答を求めた。
2. 実験内容の説明  
実験では 3 人 1 組でカラオケをすること、3 人には歌唱



表1 実験で使用した楽曲リスト

Table 1. A list of musical pieces used for the experiments

カラオケ使用曲リスト
・米津玄師/LOSER
・ヨルシカ/藍二重. 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

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した. ただし, 歌唱者を希望しない実験協力者が含まれる場合は, その実験協力者には歌唱者を割り当てないことを説明した.

### 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 Aqua Tambourine の演奏方法を説明し, 実演した. その後 4 ビート, 8 ビート, 16 ビートの説明をした.

### 4. 普通のタンバリンと「Aqua 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 分ずつしてもらった.

### 5. 3 人 1 組でカラオケを行い, アンケート調査を実施

歌唱者が 2 曲歌うごとに休憩してアンケート調査を行った. 休憩後, 実験協力者の役割を交代して再度カラオケを実施した. この際, 歌唱者が何人参加しているかによって表 3 のように役割を交代した. タンバリン奏者用のアンケートを表 4 に, 歌唱者用のアンケートを表 5 に, 聴き手用のアンケートを表 6 に, それぞれ示す. 各実験協力者には, 直前に自分が担当していた役割についての回答をもらった. アンケートの各設問には, 7 段階のリッカートスケール (7:非常にそう思う~1:全くそう思わない) で回答を求めた. 実験協力者が役割を全て担当したらカラオケ実験は終了になる. 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た. なお, カラオケを実施中の様子は, 防音室内に設置したカメラを用いて実験者が防音室の外でモニタリングした.

### 6. インタビュー

すべてのカラオケ実験を終了後, カラオケの様子を観察して気づいたことをインタビューで尋ねた.

表2 実験協力者への事前調査

Table 2. Preliminary survey of experimental participants

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3 実験協力者の役割担当順序

Table3. Order of assignment of experimental roles.

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		

## 4.3 結果と考察

3 つのアンケートの各項目に対する回答の平均値を表 4 ~6 に併せて示した. 各項目について, 通常のタンバリンと Aqua Tambourine のそれぞれの回答結果に対するウィルコクソンの符号付き順位検定の結果も併せて示す. 以下では実験結果をもとに, 4.1 節で示した 3 つの仮説について検証する.

### 4.3.1 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

表 5 の結果から, 歌唱者用アンケート Q4「タンバリンが邪魔だった」の評価については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. しかも Q4 については, Aqua Tambourine 使用条件では 4 以上の「邪魔だった」とする評価が 1 割以下となっており (図 5), リズムを乱された実験協力者は非常

表4 タンバリン奏者用アンケート

Table 4. Questionnaire for the tambourine player

質問	普通のタンバリン (平均)	Aqua Tambourine (平均)	検定結果 (p値)
Q1. 上手に演奏できた	4.33	4.72	p>0.05
Q2. 演奏しやすかった	4.76	4.44	p>0.05
Q3. 演奏が難しかった	3.94	3.67	p>0.05
Q4. 演奏していて楽しかった	5.67	5.00	p>0.05
Q5. 演奏に抵抗感があった	3.06	2.72	p>0.05
Q6. リズムに乗ることができた	4.89	5.06	p>0.05
Q7. リズムに乗って身振りを加えることができた	4.83	3.67	**p<0.01
Q8. 場の雰囲気盛り上げることができた	4.83	4.72	p>0.05
Q9. 自分の伴奏が歌唱者の邪魔になっていた	4.89	2.56	**p<0.01
Q10. 緊張した	3.11	2.17	*p<0.05
Q11. 場に馴染むことができた	4.06	5.00	†p<0.1

表5 歌唱者用アンケート

Table 5. Questionnaire for the singer

質問	普通のタンバリン (平均)	Aqua Tambourine (平均)	検定結果 (p値)
Q1. 歌っていて楽しかったか	5.71	5.84	p>0.05
Q2. 上手く歌えたか	4.86	5.50	p>0.05
Q3. タンバリンが場の雰囲気を盛り上げていた	5.50	4.64	†p<0.1
Q4. タンバリンが邪魔だった	3.36	2.21	*p<0.05
Q5. タンバリンにリズムを乱された	3.14	1.93	†p<0.1
Q6. タンバリン奏者が楽しんでいた	5.21	4.43	p>0.05
Q7. タンバリンの伴奏がある方が良い	4.64	5.14	p>0.05
Q8. 聴き手 (タンバリンを持たない) は楽しんでいた	4.50	4.64	p>0.05

表6 聴き手用アンケート

Table 6 Questionnaire for the listener

質問	普通のタンバリン (平均)	Aqua Tambourine (平均)	検定結果 (p値)
Q1. 場が盛り上がっていた	5.22	4.72	p>0.05
Q2. タンバリンの伴奏が歌唱楽曲にマッチしていた	4.72	5.22	p>0.05
Q3. 楽しかった	5.61	4.83	†p<0.1

に少数であった。また、歌唱者用アンケート Q5「タンバリンにリズムを乱された」の評価には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可能性が示唆された。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」等の意見が得られた。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言え、仮説 1 は支持された。

#### 4.3.2 Aqua Tambourine は気軽に演奏できる楽器なのか

表 4 の結果から、タンバリン奏者用アンケートの Q10「緊張した」では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。

演奏難度については、タンバリン奏者用アンケートの Q2「演奏しやすかった」と Q3「演奏が難しかった」のいずれ

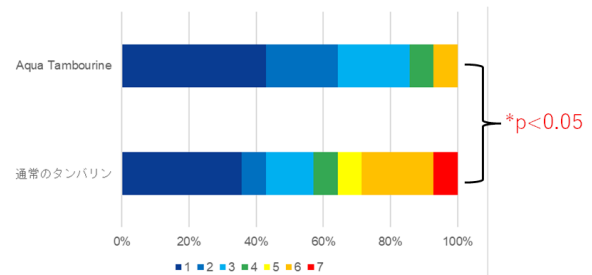


図 4 歌唱者アンケート Q4「タンバリンが邪魔だった」への回答

Figure 5. Answers for Q4 in the questionnaire for the singers.

にも有意差は得られず、両条件間に演奏難度の差があるとは言えない結果となった。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 には馴染みが無く意識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。

歌唱者を邪魔しないことについては、タンバリン奏者用アンケートの Q9「自分の伴奏が歌唱者の邪魔になっていた」の評価では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やインタビューでは、「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、仮説 2 はおおむね支持されたと言えよう。

#### 4.3.3 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

タンバリン奏者用アンケートの Q4「演奏していて楽しかった」と Q6「リズムに乗ることができた」では、どちらも条件間に有意な差が得られず、カラオケの楽しさには両条件間で差があるとは言えない結果となった。さらにタンバリン奏者用アンケートの Q7「リズムに乗って身振りを加

えることができた」には条件間に有意な差が認められ、Aqua Tambourine を使った場合にリズムに乗った身振りを加えることが難しくなることがわかった。したがって、仮説3については支持されたとはいえ難い結果となった。

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。Aqua Tambourine を肯定的に捉えた意見としては、「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(軽いリズムを取らなくてよいから)」等の意見が得られた。一方、否定的な意見としては、「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」等の意見が得られた。

以上のことから現状の Aqua Tambourine は音楽的な創造性の発揮の余地をやや過剰に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。しかしその制限ゆえにタンバリン演奏の正確さに注力せずともカラオケという場を楽しめている可能性があることも示唆されている。

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

聴き手用アンケートの Q1「場が盛り上がっていた」では両条件間に有意差は得られなかった。しかし図6に示すように、Aqua Tambourine でも5以上の肯定的な評価が約5割であった。よって通常のタンバリンの場合には少し劣るものの、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。またタンバリン奏者用アンケートの Q8「場の雰囲気盛り上げることができた」では、両条件間に有意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、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である。一方、歌唱者用アンケートの Q3「タンバリンが場の雰囲気を盛り上げていた」では有意傾向が認められ、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である。

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」等の意見があった。Aqua Tambourine では演奏動作と出力される音のタイミングがややずれることがあるため、タンバリン奏者が演奏しているという認識が薄くなり、評価が低くなった可能性が考えられる。

## 5. 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でも歌唱者を邪魔することなく、適切な伴奏できるように非歌唱者用伴奏楽器を検討した。奏者がタンバリンを

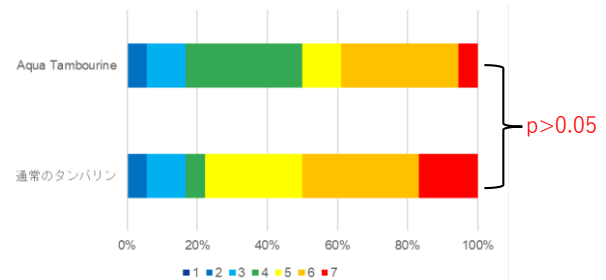


図6 聴き手用アンケート Q1「場が盛り上がっていた」への回答

Figure 6. Answers for Q1 in the questionnaire for the listeners.

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・実装し、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可能性も示唆された。カラオケを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ものの十分に場を盛り上げる事ができた。よって、Aqua Tambourine は楽器演奏に馴染みの無い人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。ただし Aqua Tambourine が音楽的な創造性の発揮の余地を制限していることについては賛否両論であり、これがカラオケの盛り上げを妨げている可能性が示唆された。

今後の展望として、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たい。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追加機能を実現したい。

**謝辞** 実験にご協力いただいた皆様に心から感謝致します。

## 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, 曾根卓朗: 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 "Microsoft Office". <https://office.microsoft.com/ja-jp/>, (参照 2016-02-20).



- [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. 田中正次, 村松茂, 山下茂. 9 段数 7 次陽的 Runge-Kutta 法の最適化について. 情報処理学会論文誌. 1992, vol. 33, no. 12, p. 1512-1526.
- [6] スイッチサイエンス: MSStickc 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)