

聴覚障害児の協調性を育む音遊びシステム

金田一華^{†1} 秋田純一^{†1}

概要： 幼児期の音遊びは、好奇心や表現力など、成長に欠かせない力を育む重要な活動である。しかし、聴覚障害児は音が聞こえないため、音遊びによってこれらの力を育む機会が制限されている。本研究では、特に合奏によって育まれる協調性に着目し、視覚的補助デバイスを活用したハンドベルの合奏のシステムを提案する。このシステムでは、“自身が演奏するタイミング”や“他者が演奏したタイミング”を視覚的に提示し、協調性を育む効果を評価した。その結果、情報の可視化により、一目で演奏地点と他者の演奏のタイミングを判断できるシステムが効果的であることが分かった。一方で、デバイスの精度や音遊びへのモチベーションといった課題が浮かび上がった。特に、音遊びに対する子どもの興味を持続させる仕組みや、音声の聞き逃しを防ぐデバイスの改良が必要である。今後、これらの課題を解決することで、より多くの子どもが協調性を楽しく育むことができる教材の開発が期待される。

1. はじめに

幼児期の音遊びには、好奇心や表現力、協調性といった重要な力を育む効果がある[1][2][3]。特に協調性は、社会性の発達や他者との円滑な関係構築のために必要不可欠な力である[4]。しかし、従来の音遊びは聴覚への依存が大きく、聴覚障害児にとってその恩恵を受けにくいのが現状である。音を光や振動で伝える試みはこれまでもいくつか存在するが、それらの多くはエンターテインメント目的に留まっており、教育目的に特化したものはほとんど見られない。このような現状を踏まえ、本研究では、教育的な側面を重視した音遊びの新たなアプローチをとり、視覚的補助デバイスを用いて聴覚障害児の協調性を育むことができる音遊びシステムと、それを用いた教育目的に特化した新しい音遊びの方法を提案し、それを実践することで、その有効性を検討することを目的とする。

2. 本研究での「協調性」とハンドベル合奏

本研究においては、協調性を「ある目標に向かって、他者と協力したり足並みをそろえたりしながら自身の役割を全うする力」と定義する。そしてそれを醸成するための手段として、音遊び、特に8音ハンドベル（図1、以下、ハンドベルと呼ぶ）を用いた合奏を用いる。合奏は共同作業であり、協調性を発揮する場面が多く生まれるため、研究対象として適していると考えられる。また、楽器としてハンドベルを選択した理由は、演奏が比較的簡単であり、音の情報量が少ないため、視覚的な補助を取り入れやすい点にある。ハンドベルの合奏における協調性とは、曲を演奏するという目標に向かって、他者が音を鳴らすタイミングに合わせて、自身の担当する音を演奏できることである。そのため、ハンドベルの合奏で協調性を育むためには「他者が音を鳴らしたタイミング」と「自身が演奏するタイミング」の二点がわかる必要がある。

本研究では、合奏曲に「きらきら星」を用いた。この曲を選んだ理由は以下の通りである。

- ・ 音によるハンドベルの使用回数に偏りがなく、どの音のハンドベルでも演奏の機会が多い。
- ・ メロディーが単純で演奏しやすい。
- ・ 2歳頃から口ずさめるため、年少児にも親しみやすい。
- ・ 保育園や幼稚園で歌われる機会が多く、馴染みがある。
- ・ 音の種類が少ないため楽譜が読みやすい。

また、楽譜は五線譜ではなく、ハンドベルの色に対応した色付きの音符を用いて表記した。（図1）これにより、楽譜が読めない児童でも演奏が可能である。以下では、ハンドベルを用いた2種類の音遊びシステムについて、その設計・実装と評価について順に述べる。

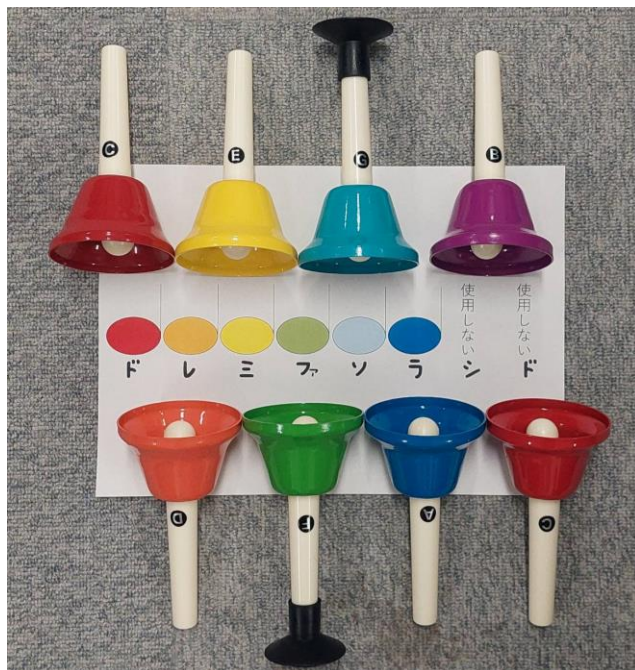


図1 使用したハンドベルと楽譜の対応

3. LED を用いた音遊びシステムとその評価

3.1 システム構成

まず LED を用いた音遊びシステムを設計・実装した。本システムでは、ハンドベルを鳴らすとそのハンドベルと同じ色の LED が光る仕組みを採用している。これにより、デバイスを見ることで鳴った音を直感的に理解できるようにしている。このデバイスを用い、以下の手順で演奏を行う。

1. 楽譜の音符と自身のハンドベルの色が等しければ、楽譜に従い音を鳴らす
2. 他の奏者は LED の色をデバイスで確認する。
3. 楽譜の音符と LED の色が一致していれば正しい音が鳴ったと判断し、次の奏者は音を鳴らす。

システム全体の構成を図 2 に示す。ハンドベルの音はマイクからマイコン (M5StackCore2) に 5kHz で取り込まれ、高速フーリエ変換 (FFT) 処理によって周波数スペクトルを得る。その中の最大強度の周波数が、事前に計測しておいた各ハンドベルの周波数と一致するところから検出した音の高さ (note) を求め、LED をそれに応じた色に点灯させる。実際の動作の様子を図 3 に示す。

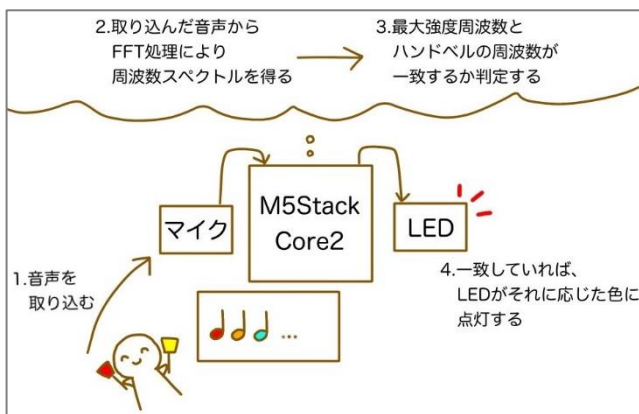


図2 システム構成図

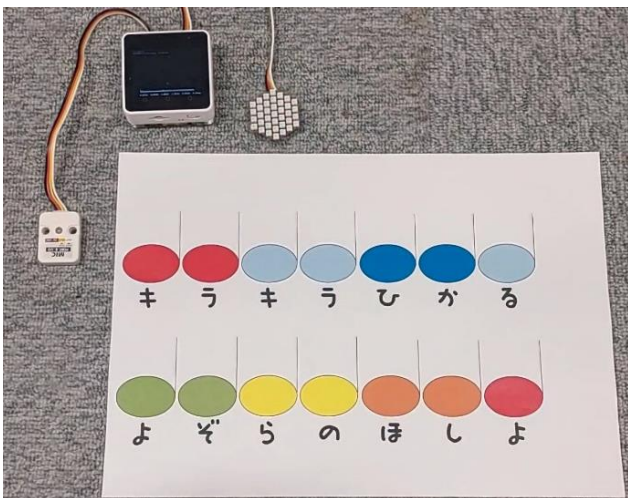


図3 静音時

3.2 LED を用いた音遊びシステムの評価

本システムの評価を行うため、4名の聴覚障害児（平均年齢10歳）に協力を依頼し、1～2名ずつ計3回の演奏実験を実施した。各参加者がハンドベルを2音ずつ担当し、残りの音は自身と職員が分担した。演奏終了後、児童に感想を尋ね、システムに対する反応や印象を収集した。

その結果、児童が音を鳴らすとデバイスが光る仕組みに対し、全員が強い興味を示し楽しむ様子が確認された。特に、自分が鳴らした音に対して光が反応することが、演奏への意欲を引き出す要因となっていた。一方で、デバイスと楽譜を交互に確認するのが手間だという意見があり、聴覚が多少残存している児童の場合、楽譜を見ながら演奏することが可能であったため、デバイスの補助を積極的に活用しない場面も見られた。

以上から、本システムの課題として、楽譜とデバイスを交互に確認する手間が挙げられる。そのため、楽譜と他者が音を鳴らしたタイミング、その音が何の音かを一目でわかる仕組みに改善する必要がある。解決策としては、楽譜とLEDが同時に視界に入るよう配置を工夫する、またはデバイスに新たな補助機能を実装することが考えられる。そこで以下に述べる自動車を用いた音遊びシステムの設計と実装を行った。

4. 自動車を用いた音遊びシステムとその評価

4.1 システム構成

前述の LED を用いた音遊びシステムの評価結果を踏まえ、音に合わせて動く自動車を用いた音遊びシステムを設計した。本システムでは、楽譜を一行に並び、その上を自動車が走行する仕組みとした（図4）。自動車の前輪の下にある音符が曲の演奏地点を示し、その音符の色が自分の担当するハンドベルの色と一致した場合、担当者がその音を鳴らす。正しい音が演奏されると自動車が次の音符まで移動する。このシステムは、自分の演奏タイミングと他者が音を鳴らしたことを一目で把握できるように設計されている。

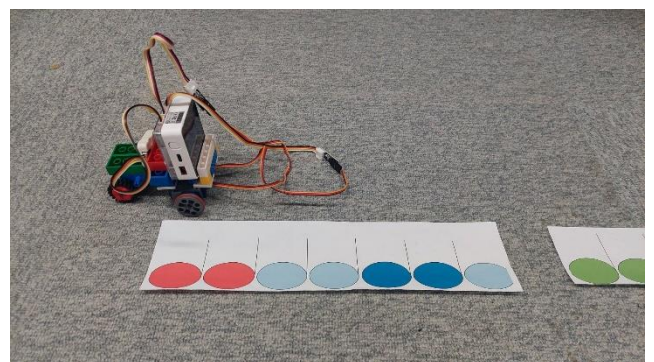


図4 停止時の自動車と楽譜との位置関係

システム全体の構成を図5に示す。ハンドベルの音はマイクによってマイコン (M5StackCore2) に 5kHz で取り込

まれ、高速フーリエ変換（FFT）処理によって周波数スペクトルを得る。その中の最大強度の周波数が、事前に計測しておいた各ハンドベルの周波数と一致するところから検出した音の高さ（note）を求め、音符一個分だけ進む。音符間の距離を計測し、その距離に基づいてモーターの回転速度と進行距離を調整することで、正確な動作を実現した。

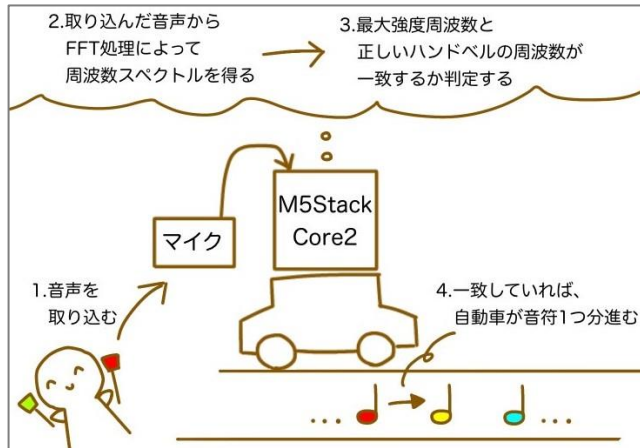


図5 システム構成図

4.2 自動車を用いた音遊びシステムの評価

本システムの評価を行うため、11名の大学生（男性6名・女性5名、平均年齢21歳）に協力を依頼し、2～3名ずつ合計4回に分けて実施した。参加者はそれぞれ2音のハンドベルを担当し、耳栓を着用して音が聞こえにくい状況で、自動車を用いたシステムによる演奏を行った。実験の手順は以下の通りである。

1. 自動車の下に位置する音符と自身のハンドベルの色が一致した場合、楽譜に従い音を鳴らす。
2. 自動車が次の音符の位置で静止したら、次の奏者が演奏を行う。

演奏後、参加者に以下の項目からなるアンケートに回答してもらい、システムの使用感や印象を収集した。

- 問1. 他者が音を鳴らしたタイミングがわかるか
 問2. 自身が演奏するタイミングがわかるか
 問3. スムーズにストレスなく演奏できたか

各質問は5段階評価とし、問1と問2においては「1（わからない）」から「5（わかる）」、問3においては「1（できなかった）」、「5（できた）」から回答させた。さらに各質問について、理由や改善点を口頭で尋ね、自由意見も収集した。

その結果他者が音を鳴らしたタイミングが分かるかについては、評価の平均値は4.27であり、多くの参加者がデバイスによる視覚的なフィードバックを高く評価した。一方で、デバイスの精度が悪く音を認識しない場合には、混乱や不安を感じたという意見もあった。次に、自身が演奏するタイミングについては、評価の平均値は4.36であり、楽譜の存

在やデバイスの動きが役立ったとの声が大半を占めたが、デバイスが静止するタイミングがわかりづらいことや、楽譜とハンドベルの色の不一致によって演奏のタイミングが掴みにくいとの指摘もあった。スムーズに演奏できたかについては、評価の平均値は3.64であり、参加者の評価が分かれた。デバイスの音認識がスムーズな場合は演奏を楽しめたという意見が多かったが、正しい音を鳴らしても反応しないことへの不満も目立った。これらの問題の原因は、音声取得と処理のタイミングの問題にある。具体的には、音声取得するのに51.2ms、処理に48.8msの時間がかかっており、処理中は音声を取得できないため、その間にハンドベルの音が鳴っても検出できない。さらに、ハンドベルの音が十分に大きい時間は約15ms程度と短いため、処理中に音が鳴ると音声として取得できない可能性が高い。この問題を解決するためには、音声取得と処理を並列化するか、もしくは交互に行うシステム設計を導入し、聴き落としを最小限に抑える対策が必要であると考えられる。また、参加者からはデバイスの操作性や楽しさに関する追加意見も寄せられた。たとえば、「演奏以外の目的や達成感があるとより楽しめる」「デバイスのデザインを可愛くすることでモチベーションが向上する」「音を間違えた場合のアクションがあれば安心できる」といった意見が挙げられた。視覚的なフィードバックだけでなく、ゲーム的な要素を追加することで、より楽しく意義のある体験を提供できる可能性が示された。これらのフィードバックを基にさらなる改善と調整を進めることで、本研究が目指す聴覚障害の子どもたちにとっての音楽体験を、より実用的で楽しいものにできると考えられる。

5. まとめ

本研究では、聴覚障害児の協調性を育む音遊びシステムの開発を目的とし、LEDや自動車を用いた視覚的補助デバイスを設計・評価した。実験を通じて、視覚的フィードバックが演奏意欲の向上に寄与し、音楽体験を楽しむ姿が観察された。一方で、楽譜とデバイスの操作性や音認識の精度に関する課題が明らかとなった。これらの課題を改善しつつ、教育的かつ楽しい音楽体験を提供するためのシステム改良が求められる。

参考文献

- [1] 溝口綾子, 幼稚園における音楽表現の実際—楽器遊びの取り組みに着目して—, 帝京短期大学 紀要, No.21, p.27-36, 2020.
- [2] 岡林典子, 坂井康子, 佐野仁美, 創造性と共同性を重視した幼児の表現遊び: 音楽づくりへのつながりを視野に入れた4歳児の実践から, 甲南女子大学研究紀要 I, 59号, p.143-150, 2023.
- [3] 村上康子, 幼児の音遊びに見る音楽的表現の変容, 情報処理学会研究報告, 2004-11, p.113-117, 2004.
- [4] 小林真, 幼児の社会的行動における主張性と協調性の役割に関する研究, 筑波大学博士論文, 1994.