

# 自閉スペクトラム症児童を対象とした 遊びから演奏へと促す楽器デザイン

## Musical instrument design for transitioning from play to performance for children with autism spectrum disorder.

○中西宣人 (フェリス女学院大学) \*<sup>1</sup> 武藤紗貴子 (株式会社人と音色) \*<sup>2</sup>  
武藤崇史 (株式会社人と音色) \*<sup>3</sup> 西山佳余 (株式会社ソニー・ミュージックエンタテインメント) \*<sup>4</sup>

\*<sup>1</sup> Yoshihito Nakanishi, Ferris University,

4-5-3 Ryokuen, Izumi-ku, Yokohama, Japan, 245-8650, nakanisi@ferris.ac.jp,

\*<sup>2</sup> Sakiko Muto, HITO to NEIRO,

2-2-14 Nakamichi, Tarumi-ku, Kobe, Hyogo, Japan, 655-0896, muto\_s@hitoto-neiro.jp

\*<sup>3</sup> Takafumi Muto, HITO to NEIRO,

2-2-14 Nakamichi, Tarumi-ku, Kobe, Hyogo, Japan, 655-0896, muto\_t@hitoto-neiro.jp

\*<sup>4</sup> Kayo Nishiyama, Sony Music Entertainment (Japan) Inc.,

4-5 Rokubancho, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan, 102-8353, kayo.nishiyama@sonymusic.co.jp

キーワード: 楽器デザイン, 自閉スペクトラム症, 特別支援教育, 音楽レッスン

### 1. 緒 言

本稿では、自閉スペクトラム症と ADHD (注意欠如・多動症) の傾向がある特定の小学生男児 (以下、A と記述する) を対象とした、本児の音楽演奏への取り組み意欲を引き出し、玩具を用いた遊びから演奏へと促すことを目的とした電子楽器の開発と、それを用いた音楽レッスンの実践について報告する。



Fig. 1 電車ベース

本児 A は、見通しがもちづらい初めての活動や、失敗することへの不安を感じやすく、音楽レッスンにおいても離席が増える傾向があった。このような状況に対し本プロジェクトでは、人への関心が薄くなる傾向が見られる本児が「楽器演奏を楽しみ、他者を意識し、人と一緒に演奏することの楽しさを感じられること」を目的とし、この目的を達成するための電子楽器「電車ベース」を開発した。

### 2. 背 景

現在多様な人々への音楽演奏へのアクセスを可能とするアクセシブルなデジタル楽器 (ADMI: Accessible Digital Musical Instruments) が注目されている。例えば、音楽インタフェースに関する国際会議である NIME<sup>(1)</sup>等では研究成果が盛んに発表され、製品の分野においても触覚的でカスタマイズ可能なアクセシブル楽器 Skoog<sup>(2)</sup> (Skoog Music 社) などが販売されている。また、英国のアート団体である Drake Music は、障害のある人が障害のない人と同じだけ音楽に関わる機会を得られるよう、多様な身体を持つ人々との関わりの中で新たな楽器の開発を行っており、The kerrycaster など成果を挙げている<sup>(3)</sup>。

国内でも音楽インタフェース研究者の金箱が提唱する障害の有無に関わらず音楽を楽しむことができる「共遊楽器」<sup>(4)</sup>や、一般社団法人世界ゆるスポーツ協会が運営する「世界ゆるミュージック協会」が「人が楽器をやらない理由をなくす新しい楽器」として「ゆる楽器」を提唱するなど<sup>(5)</sup>、音楽へのアクセスの向上を目的とした活動やプロジェクトが盛んに行われるようになってきた。このような中で、筆者らも特別支援学校との協働により電子打楽器を開発し、本電子打楽器を利用することで共同演奏に参加できる児童が増加したことを報告している<sup>(6)</sup>。

本稿で述べる「電車ベース」プロジェクトは上記世界ゆるミュージック協会の 1 プロジェクトとしてスタートしており、プロジェクトを統括する株式会社ソニー・ミュージックエンタテインメント、楽器の企画及びレッスン実践を担当する株式会社人と音色、楽器開発を担当する中西 (フェリス女学院大学) が共同で行うものである<sup>(7)</sup>。

### 3. プロジェクトの詳細

障害の有無に関わらず演奏や音楽に参加できる ADMI の研究者である Frid らは、ADMI のデザインにおいて重要な要素は「機器の適応性とカスタマイズ性、ユーザの参加、反復的なプロトタイピング、学際的な開発チーム」であるとしている<sup>(8)</sup>。上記の指摘を参考に、本プロジェクトでは、企画制作者、教育実践者、楽器開発者の三分野による学際的なチームで共同開発を行い、①参与観察、②プロトタイピング、③実践と改善という三段階を経て、上記の各要素を網羅できるよう実践を行った。

加えて、本プロジェクトでは教育実践者が専門とする特別支援教育および応用行動分析（以下、ABA）に着目した観察や、レッスン指導の仕組みを組み込んでいる。ABA は行動変容法（behavior modification）とも呼ばれ、その人の行動の理由を理解するため、その行動と環境との機能的関係を分析し、行動に影響を及ぼしている環境事象を変えることで、その人の生活に何らかの改善をもたらすことを目的としている<sup>(9)</sup>。ABA を用いた発達障害児を対象とした実践研究は、国内でも数多く行われてきている<sup>(10)</sup>。

行動の理由に目を向ける ABA では、「児童がなぜこの行動を起こすのか」が見えやすくなるため、児童が求めていることを理解することに役立つ。対象児童の望ましい行動か問題行動かにかかわらず、様子を観察することで、本人が自発的に演奏に取り組めるようにサポートすることが可能となり、児童の実態や課題を細分化することで、成功体験を引き出しやすくなるというメリットがある。

本プロジェクトでは、リズム演奏、メロディ演奏についてのスキル、講師の指示を聞くといった社会性やコミュニケーションスキルなどにおいて、本人が今できることや課題を踏まえた上で活動を組み立てていくことで、無理なく、楽器演奏に自信をもって取り組めるようにサポートを行うことを重視して実践を行った。

#### 3.1. 第一段階：参与観察

参与観察の段階では、本人が得意とする行為および本人が苦手とする行為を観察し、音楽演奏への取り組み意欲を引き出す仕組みを考察した。



Fig. 2 参与観察の様子①

この中で、A は「電車」および「ベース」への愛好が強いことを確認し、電車の玩具およびベースを用意したところ、

ベースのネック部に電車の玩具を当て、指板上を走らせる行為が頻繁に見られた。このため、今回の楽器デザインでは上記の電車およびベースを用いた遊びに着目し、「遊びから演奏へと促す」楽器デザインを検討することにした。



Fig. 3 参与観察の様子②

#### 3.2. 第二段階：プロトタイピング

プロトタイピングの段階では、参与観察において発案された楽器デザインの有効性を検証するため、基本機能を搭載したプロトタイプを開発し、プロトタイプ体験会を2回（第一回 2022 年 12 月 21 日および第二回 2023 年 1 月 18 日）実施した。この中で、上記楽器デザインの採用する上での課題や問題点を分析し、改善点を検討した。



Fig. 4 プロトタイプ体験会の様子

3.2.1. 初期プロトタイプ 第一回体験会でのプロトタイプ（初期プロトタイプ）では、「遊びから演奏へと促す」ために、参与観察で見受けられた「ベースのネック部に電車の玩具を当て、指板上を走らせる遊び」を演奏に用いることのできる楽器システムを考案し、実装した。

本プロトタイプでは、ネック部に設置された電車の玩具を動かすと、レーザー式の距離センサ（ToF 測距センサユニット）で電車とヘッド部分との距離を計測し、計測結果をリアルタイムに音高の操作に用いることができる。また、ボディに設置されているジョイスティックを右手で弾くことにより出音をコントロールする仕組みを考案し、演奏できる最低限の機能を実装した。

本プロトタイプには、プロトタイピングに特化したマイコン（M5Stack 社製 M5Stack Basic）を導入することにより、現場でセンサの変更やプログラムの書き換えや容易に行える環境を整えた。なお、本体の素材には、プロトタイプとしてレーザーカッター等での加工が容易な MDF、および 3D プリント素材を利用している。

初期プロトタイプの段階では電車の玩具が小型であった

ため、玩具への興味が弱い傾向があった。加えて、プロトタイプ用のマイコンや配線に着目してしまうため、集中力を阻害する場面が見られた。さらに、右手による出音用のジョイスティックの操作も、Aにとって比較的演奏の難易度が高いことが確認できた。

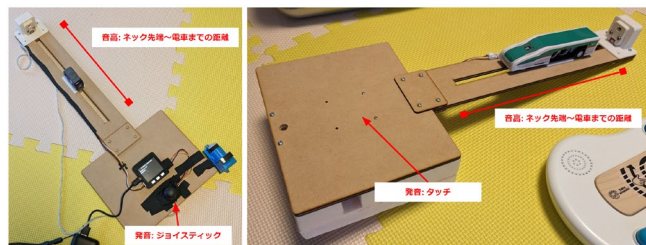


Fig. 5 初期プロトタイプ（左）および修正版プロトタイプ

**3.2.2. 修正版プロトタイプ** 第二回での修正版プロトタイプでは、基本的な機能は初期プロトタイプと同様としたが、前回の課題を踏まえて電車の玩具はより大きいものを用い、出音方法については静電容量式タッチセンサ等を用い、タッチ操作を検出して出音する仕組みを実装した。

また、上記に加えて演奏への集中を阻害する要因となる配線やボタン類をカバーで隠し、スタイロフォーム等で本体形状に丸みを帯びさせるなど、より楽器としての完成度を向上させた。

この結果、初期プロトタイプよりも楽器への注目が継続する傾向が見られ、スライドを繰り返すなどの行為が見られるようになった。

**3.2.3. プロトタイプ体験の観察と課題の整理** 本体験会では、下記の3点に着目して観察し、課題を整理した。

(1) 楽器使用時の姿勢の確認

楽器を横置きして演奏する場面が多々見られたため、ベースの演奏でよく用いられるストラップを使った演奏だけでなく、横置き状態での演奏も可能とする仕様を加えた。

(2) 楽器のサイズやネックを把持したときの角度

本体験会ではスタイロフォームを用いて、Aにとって適切な楽器形状やサイズの確認を行った。

初期プロトタイプ段階では楽器本体の厚みが薄く、横置き、ストラップ使用両方で楽器への興味を引き出すことが難しい傾向が見られたが、修正版プロトタイプでは横置き、ストラップ使用それぞれの体験時間が伸びる傾向が見られた。

(3) Aが注目している楽器部位など楽器全体への反応

楽器に搭載されている電子部品に気を取られる傾向が見られたため、視覚優位と考えられるAの特徴に合わせ、集中が分散することを避け、無駄なボタン等を廃するデザインとし、演奏上必要な機能を操作するためのボタン等にはロック機能を実装することにした。

一方、電車を操作する左手に注目するあまり、右手の操作がおろそかになることがあり、右手の操作はできる限りシンプルなタッチ入力方式を採用することにした。また、楽器の演奏モードを複数設定することで、スモールステップでレッスンを進めていけるよう仕様を検討した。

体験会ではAが部屋の電気をつけたり消したりするという行動が見られたが、ABAに根ざした観察法により、本来であれば困った行動として見られていた上記行動を「光る・消える」という視覚的な変化への着目ではないかという仮説が立てられ、楽器を「タッチすると楽器の一部が光る」という機能を検討することにした。また、発光色に関しては、普段利用している市販の教育用楽器デスクベルと同様の色で本体のLEDが発光することで、音高の変化への注目が得られる仕組みを提案した。

**3.2.4. 実践用「電車ベース」の仕様** 本段階で、楽器形状やインターフェースの方針が決定し、実践に用いることができる実践用の楽器開発を進めることにした。

(1) 外装のデザイン

本体はアクリルによるケースおよび3Dプリント素材で構成されている。Aにとって馴染みのある電車のフロント面をモチーフにして構成している。



Fig. 6 外装デザイン

(2) 基本機能（2つの演奏モード）

実践用の楽器「電車ベース」では、ステップアップでレッスンを進めることができるよう、下記の2つの演奏モードを用意しており、本体側面の操作パネルで変更することが可能である。

**ノーマルモード:** 本モードでは、楽器ネック部に設置してある電車を片手でスライドさせて音高（C3～C4）をコントロールし、もう一方の手で本体中央のフロントガラス部をタッチしたり、ホールドしたりすることでリズムをコントロールすることができる。

**イージーモード:** 本モードでは、電車部を動かさなくても、フロントガラス部をタッチすることで内蔵している楽曲を演奏できる。本モードでは、両手での演奏が難しい場合に、片方の行為に集中できる楽器システムを目指した。

これらの操作を検出するセンサはプロトタイプ時に一定の効果が確認できているToF測距センサユニットおよび静電容量式タッチセンサを利用している。

(3) 音高インジケータ

本体下部にはLED照明（インジケータ）を設置しており、前述下通りAがこれまでのレッスンで用いてきたデスクベルと同様の配色パターン（音高に合わせた色設定）で光るよう設定されている。

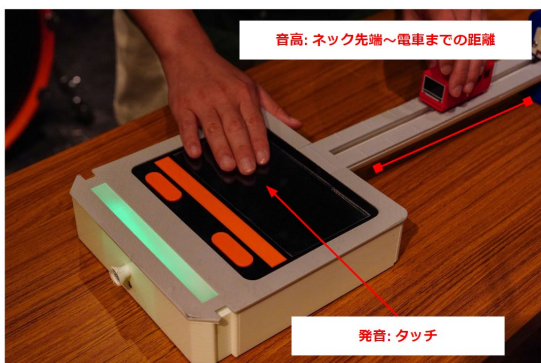


Fig. 7 電車による音高制御とタッチ操作およびLED点灯

(4) 操作パネル

本体左側面には各種設定パネルを設置しており、音色切り替えボタン、モード切り替えボタン、ロック機能を操作できるボタン、ボリューム、電源スイッチという必要最低限のインタフェースを設置している。レッスン中に不用意に設定を変更することが無いよう、設定パネルにはロック機能を実装している。



Fig. 8 操作パネル

(5) 音声出力

本体に組み込まれているマイクロコンピュータには、音源を内蔵している (Electro Smith 社製 DaisySeed) ため、同様に内蔵してある単3電池4本で楽器単体での演奏が可能である。外部音声出力端子も用意し、演奏会やより大きな音量で演奏したいときにも用いることができるよう配慮している。

3.3. 第三段階: 実践と改善

実践と改善の段階では、実践用の楽器システムについて、様々な演奏モードや音色を搭載し、様々な習得段階で楽しむことができるよう電車ベースを用いた音楽レッスン活動と改善を反復して行った。

**3.3.1. レッスン開始以前の様子** A は実践開始以前、音楽や楽器への関心が薄く、レッスンにおける活動への関心が持続する時間が短い (3分~5分程度) 状況であった。また、楽器を使って遊んだり、演奏したりといった様子は少なく、自発的に何かを取り組むという様子が少なかった。初めての活動への拒否感や、失敗への不安感が強く、逃避を目的とする問題行動や、講師や親御様の反応を楽しむような注目行動が多く見られていた (紙でできた教材を破く、カーテンを引っ張る、楽器やテーブルの上に乗る等)。失敗への不安感も強く、うまくいかなかった時には再度取り組むということが難しい状況であった。

**3.3.2. レッスン活動の構成** 上記のような状況に対応するため、適宜電車ベースの機能の一部を無効化したり、他の教具と組み合わせたりすることで、遊びから演奏へ移行できるようレッスン内での活動を構成した。なお、レ

ッスは2023年5月~7月で計4回行っており、現在も進行中である。



Fig. 9 電車ベースを用いたレッスン時の様子

(1) 活動1: 「きらきら星」(右手のみの演奏)

A は前年度のレッスンで、すでに「きらきら星」をデスクベルやピアノで演奏できるようになっており、まずは電車ベースを用いた演奏に慣れられるよう、前述したイージーモードを利用して、右手のタッチで楽曲のリズム演奏を行う活動からスタートした。

電車ベースはネック部の電車を容易に取り外しできる構造になっており、本活動では一度ネック部の電車を外し、ボディ側の電車をタッチすることに集中できる環境を整えた。

本活動の結果、フレーズの終わりでは長く楽器に触れて音を伸ばす等、リズムを正確に捉えて演奏することができており、「きらきら星」を演奏しているという実感が持てている様子であった。

(2) 活動2: 「のりもの」(左手の演奏①)

本活動では、ネック部の電車を再び装着し、本人が好きな電車を動かす動きを楽しめるよう、隣り合う音が多い「かえるのうた」を題材として進めた。しかし、曲への関心が薄く、自由に電車を動かす遊びをしたいという気持ちが強くなり、講師の言葉かけや活動へ意識を向けることが難しい状況であった。その為、「かえるのうた」は継続せず、本人が興味をもちやすい乗り物を題材とした曲を選曲し、音の数を絞って次の音が意識しやすい課題を検討することにした。

(3) 活動3: 「のりもの」(左手の演奏②)

本活動では電車に関連する楽曲である「のりもの」を題材とした。楽曲のメロディのすべてを演奏する楽譜ではなく、2・4・6・8小節目の部分を楽し譜化し、活動を進めた。

また、電車ベースを用いた活動以前に、「のりもの」を歌で歌う、歌いながらデスクベルで演奏する、手拍子でリズムを確認する等のステップを踏み、メロディを理解して演奏できるようにすることで、前回の活動よりもスムーズに電車ベースでの演奏に移行することができた。

加えて、下の図のように、「きしゃきしゃ」の部分の休符として、その間に次の音を探す時間を設定することで、次の音を意識して電車を操作し、演奏することができるようになった。また、「次は0駅!レ駅!」と言いながら次の音を意識して動かす様子が見られ、次の音を探すときには、右手を離すという動きも慣れてできるようになった。

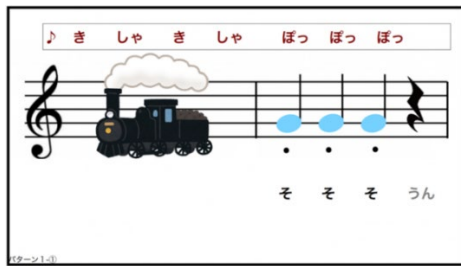


Fig. 7 「きしゃきしゃ」の譜面

#### (4) 活動4:「のりもの」(両手の演奏)

本活動では「のりもの」を両手で演奏する活動に着手した。右手のタッチする動きと、左手で電車を操作する動きを、どちらも右手で演奏しようとする様子が見られた。右手のみで演奏すると時間が掛かる、距離センサを遮ってしまう、狙った音が出せないなどの場面が見られたが、ゆっくりと次の音を確認しながら1曲を演奏することができていた。

また、講師が部分的に補助をすることで、両手での演奏にも取り組むことができたが、まだ一人では無意識的に左手の操作も右手で動かそうとしている状態であり、左右でそれぞれ異なる動きをするというところで困難が見られた。

#### 3.3.3. 電車ベース導入後の様子

電車ベースについては、初めての楽器ということで見通しがもろづらい苦手なシチュエーションであるが、不安よりも「触りたい」という気持ちが上回り、当初からモチベーションが高い状態で取り組むことができていた。他の活動では活動への関心が持続する時間が短かったが、電車ベースでは10~15分程度の活動時間中、集中を持続して取り組むことができていた。また、活動を終えるタイミングで、「もっとやりたかった」等の発言が見られている。失敗した時、うまくいかなかった時にも再度取り組むことができており、新しい曲にも積極的にチャレンジする姿勢が見られている。加えて、逃避および注目を目的とする問題行動はほとんど見られていない。

当初はAにとって、レッスンは「指示された、やらなければならないこと」であったが、「自分のやりたいこと」へと意識が変わってきており、モチベーションが高い状態で、主体的に取り組むことができるよう変化している。

これらの状況変化はAのレッスンへの慣れや、講師との関係性の変化も一つの要因として考えられる。しかし、電車ベースを用いたレッスン活動の中で、実際に電車遊びからメロディ演奏やリズム演奏への橋渡しが行われており、「遊びから演奏へと促す」目標が本楽器のデザインで達成できていることが確認できた。

#### 3.3.4. 現状の課題

一方、両手での演奏については今後の課題であり、片手ずつの演奏の練習を重ねた上で、両手での演奏が可能となるよう、現在も実践を続けている。レッスン内ではセンサ部分を手で遮ってしまう行動が見られたため、ネック内にセンサを組み込む等、ハードやソフト面でも新たなセンシング構造を今後検討していく。

また、現段階では、演奏する音を減らし、伴奏者がAに合わせて演奏することで共同演奏を可能にしているが、A

が伴奏に合わせて演奏することに関しては今後の課題である。本プロジェクトが目的としている「他者を意識し、人と一緒に演奏することの楽しさを感じられること」には、Aが伴奏に合わせて演奏できることが重要な要素であり、今後は他者と交互にメロディを演奏するモードを実装するなど、共同演奏を意識した機能を追加して実践を進めていく。

## 4. 結 言

本プロジェクトにおいて行われた①参与観察、②プロトタイプング、③実践と改善という三段階の実践により、Aにとって他の楽器等よりも強い注目を得られ、遊びから演奏へと促す楽器「電車ベース」を開発することができた。

レッスン実践では、Aは電車ベースを用いることで、比較的集中してレッスンに取り組むことができることが明らかになった。また、一つ一つの音楽的課題にあわせて、システムの設計をステップアップで追加することにより、Aは複数回のレッスンで、音楽のリズムに合わせて電車を動かせるようになった。これらの段階を経て、本楽器のデザインプロセスや、楽器の一定の有効性が示唆された。

本プロジェクトは現在も進行中であるため、今後もレッスンと楽器アップデートを反復させ、最終的な目標であるAによる他者との共同演奏を目指して実践を継続する。

## 文 献

- (1) New Interfaces for Musical Expression (NIME): <https://www.nime.org/> (参照日 2023年8月31日)
- (2) Skoog: <https://skoogmusic.com/> (参照日 2023年8月31日)
- (3) Drake Music “The Kellycaster”: <https://www.drakemusic.org/technology/instruments-projects/the-kellycaster/> (参照日 2023年8月31日)
- (4) 金箱 淳一, 楠 房子, 稲垣 成哲, 生田目 美紀: KIKIVIBE (キキビブ): 音を振動で感じる共遊楽器, デザイン学研究作品集 21 卷 1 号 p. 14-17, 2016.
- (5) 世界ゆるミュージック協会: <https://yurumusic.com/about/> (参照日 2023年8月31日)
- (6) 中西宣人, 田代遊太, 菅井陽子: 特別支援学校教員と楽器開発者の協働によるアンサンブル指導改善の試み—電子打楽器の協働開発と授業実践の報告, 日本音楽教育学会音楽教育実践ジャーナル vol. 12 no. 2, pp.100-107, 2015.
- (7) 電車ベースプロジェクトページ (人と音色): <https://hitoto-neiro.jp/services/train-bass/> (参照日 2023年8月31日)
- (8) Frid, Emma.: Accessible Digital Musical Instruments—A Review of Musical Interfaces in Inclusive Music Practice, *Multimodal Technologies and Interaction* 3 (3): 57, 2019.
- (9) レイモンド・G・ミルテンバーガー: 行動変容法入門, 二瓶社, pp., 2006.
- (10) 須藤邦彦: わが国の自閉症スペクトラム障害における応用行動分析学をベースにした実践研究の展望—2012年から2017年—, *教育心理学年報* 57, 171-178, 2018.