

# 発達障害音楽療法支援を目指した Kinect を用いた 電子楽器 Cymis 演奏システムの構築

奥野竜平<sup>1</sup> 一ノ瀬智子<sup>2</sup> 竹原直美<sup>2</sup> 松本佳久子<sup>2</sup> 赤澤堅造<sup>3</sup>

**概要:** 電子福祉楽器 Cymis (Cyber Musical Instrument with Score) を開発し, 脳性麻痺患者に対して運動機能の向上が見られることを示してきた。Cymis の特徴として, タッチパネルやスイッチ等の入力デバイスを選択することで, 楽曲演奏が可能であることが挙げられる。本楽器を発達障害児に適用することで, 演奏動作と発音の因果関係や順序性の理解の向上に繋がるものと期待される。発達障害児においては, 集中力が続かず, 机に一定時間向かい合うことは難しいため, 全身での運動を演奏のための動作として用いることが望ましい。そこで, 本研究では, 身体動作を抽出可能な簡易型モーションキャプチャ装置である Kinect (Microsoft 社) を用いた 3 種類の演奏システムを構築した。この演奏システムを用いて健常成人を用いた予備的実験を行い, 楽曲の演奏が可能であることを示した。

**キーワード:** 電子楽器, モーションキャプチャ, 発達障害, 音楽療法

## Development of Electronic Musical Instrument “Cymis” by using Kinect for Children with Developmental Disorder

RYUHEI OKUNO<sup>†1</sup> TOMOKO ICHINOSE<sup>†2</sup>  
NAOMI TAKEHARA<sup>†2</sup> KAKUKO MATSUMOTO<sup>†2</sup> KENZO AKAZAWA<sup>†3</sup>

**Abstract:** This manuscript was reported development of electronic musical instrument “Cymis; Cyber musical Instrument with Score” by using Microsoft Kinect for children with autistic spectrum disorders. This system was constructed with a personal computer (PC), a liquid crystal display, speakers and Kinect, which was a 3-D motion capture device. We developed three systems according to the number of the player. We conducted preliminary experiments to investigate usefulness of the developed systems by healthy subjects. We showed that they could be performed by their motions which were high-five, steps and so on

**Keywords:** electronic musical instrument, motion capture, developmental disorder, music therapy

### 1. はじめに

発達障害は「広汎性発達障害」「注意欠陥/多動性障害」「学習障害」などの総称である。その主な症状としては、「コミュニケーションが苦手」「こだわりが強い」「集中力が無い」「じっとしてられない」などがある。音楽療法は非言語の媒体であり, かつ親和性の高い音楽を用いることから発達障害児にとり負担の少ない支援方法の一つとして期待されている。これまでに障害者などが簡単に演奏できるような楽器として “Swing Bar Guitar” [1], “MusicGlobe” [2], “Music Table” [3]などが提案されている。

これまでに, 我々は電子福祉楽器 Cymis (Cyber Musical Instrument with Score; サイミス)を開発し, 脳性麻痺患者に対して運動機能の向上が見られることを示した[4,5]。Cymis においては, 演奏者の沿道機能や希望によりタッチパネルやスイッチ等の入力デバイスを選択することで, 楽

曲演奏が可能である。本楽器を発達障害児に適用することで, 演奏動作と発音の因果関係や順序性の理解の向上に繋がるものと期待される[6]。しかし, 発達障害児においては, 集中力が続かず, 机に一定時間向かい合うことは難しいため, 全身での運動を演奏のための動作として用いることが望ましい。そこで, 本研究では, 身体動作を抽出可能な簡易型モーションキャプチャ装置である Kinect (Microsoft 社) を用いた演奏デバイスを構築し, 楽曲の演奏が可能であることを示すことを目的とする。

### 2. Kinect を用いた楽曲演奏システムの構成

#### 2.1 電子福祉楽器 Cymis の概要

電子福祉楽器 Cymis は難しい曲を「誰でも簡単に演奏できること」「演奏を楽しめること」「上達の余地があること」をコンセプトに開発を行っているものである。基本構成はパーソナルコンピュータ(PC), タッチパネル等の入力

1 摂南大学理工学部電気電子工学科  
The Faculty of Science and Engineering, Setsunan University

2 武庫川女子大学音楽学部応用音楽学科  
The Department of Applied Music, School of Music,  
Mukogawa Women's University

3 社会福祉法人希望の家先端応用音楽研究所  
The Advanced Applied Music Institute, Kibounoie

デバイス、スピーカである(図1参照)。PCにはタッチパネル上に楽曲の楽譜を表示するための楽譜データが保存されており、演奏者の上達度や好みにより楽曲を選択することができる。タッチパネル上に表示された楽譜の音符符頭をポインティングすると、指定された音階および音色の音がMIDI音源を用いて生成され、発音されるものである。この符頭を順次ポインティングすることで楽曲の演奏が可能となる。

本楽器における演奏者の運動機能等は様々であり、必ずしもタッチパネル上の音符符頭をポインティングできない場合がある。そのため、押しボタンスイッチや空気圧式スイッチなどの種々の入力デバイスを用いることで、一度押せば拍単位、小節単位で楽曲の演奏が可能となる演奏を補助する機能を備えている。具体的にスイッチなどのオンオフ信号をマイコン(PIC18F45K50)を用いてキーボードの”Z”や”F3”に対応するスキャンコードをPCに送信する。それにより、Cymisのソフトウェアではキーイベントとして認識し、楽曲の演奏を行う。

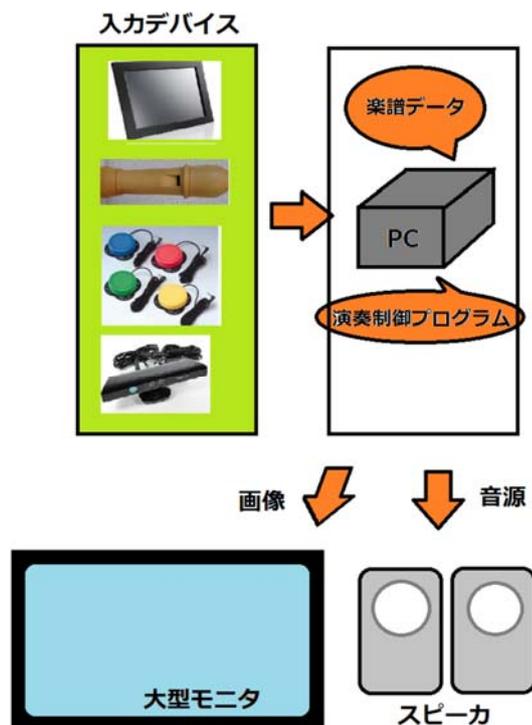


図1 電子福祉楽器 Cymis の構成

## 2.2 Kinect を用いた演奏システムの構成

Kinect は Microsoft 社により販売された 3D モーションキャプチャ装置である。Kinect には 2 人までの体幹や四肢の動作を認識可能な初期型(Kinect V1)と 3 人以上の認識が可能な改良型(Kinect V2)がある。本論文では後述する 1 人ないし 2 人による演奏では Kinect V1 を 3 人による演奏では Kinect V2 を用いた。図 2 に構築した演奏デバイスの構成を示す。本システムは PC、モニター、スピーカ、Kinect

(V1 ないし V2)から構成される。

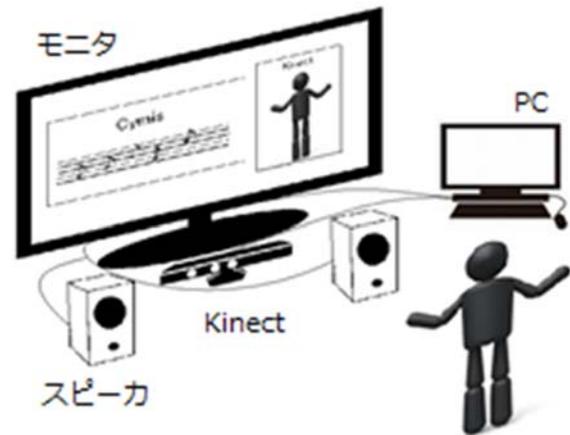


図2 Kinect を用いた演奏システムの構成

本システムでは Kinect で計測した画像から四肢の各関節の 3 次元座標を算出した、そこから 1 拍分の演奏に対応するために指定された動作が行われたかを判断し、”Z”キーが押されたことに対応するキーイベント (KeyDown) を Cymis プログラムに送信した。それにより、Cymis では 1 拍分の楽曲演奏を行い、楽音を発生させた。動作の計測およびキーイベントの送信には Kinect for windows SDK 1.7 ないし 2.0 を用い、プログラムを C#で作成した。

音楽療法のセッションにおいて、対象となる子供の特性や行動は様々なものがある。そのため 1 人で楽曲演奏を楽しめる子供もいれば、保護者や音楽療法士の誘導が必要な子供もいる。そこで、本論文では演奏形態として以下の 3 通りを想定し、それぞれの演奏システムを構築した。

### (1) 1 人による演奏システム

発達障害児が 1 名で何らかの運動を行うことで、自分の動作が楽音を奏するという因果関係の修得を目指したものである。一定テンポを維持しやすい足踏み運動を対象とした。具体的には予備実験から膝関節角度が 165 度より大きく屈曲した時を足踏み運動として抽出した。1 回の足踏み運動を行ったとき、”Z”キーの KeyDown イベントを Cymis に送信することにより、楽曲の 1 拍分だけを発音したこれを連続的に一定テンポで繰り返すことで楽曲を最後まで演奏した。

### (2) 2 人による演奏システム

発達障害児が 1 名で自発的に何らかの指示された運動を行うことは困難なことが考えられる。そこで、保護者ないし音楽療法士が付き添い、2 名がハイタッチをすることで、1 拍分だけ楽曲が演奏されるものである(図 3 参照)。Kinect SDK より手関節座標を求め、2 名の手関節の距離が 15 cm 以下となったとき、”Z”キーの KeyDown イベントを、距離が 20 cm 以上になったときに、キーが離された KeyUp イベント

ントを送信するようにした。これは、いわゆるチャタリングによる誤動作を防ぐためにヒステリシスの特性を取り入れたものである。

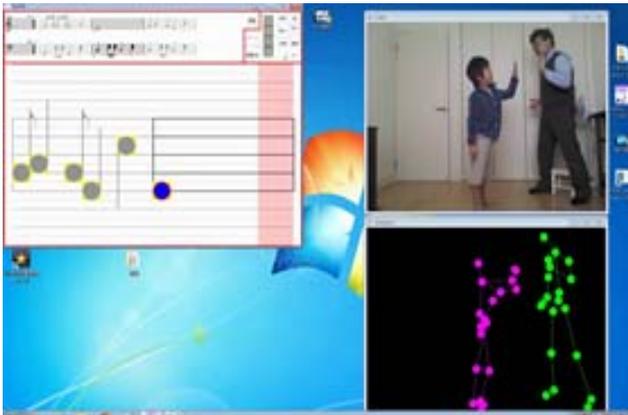


図3 2人による演奏システム

### (3) 3人による演奏システム

音楽療法のセッションにおいて、発達障害児と音楽療法士だけでは子供が緊張することで、思うように興味をしめしてくれない場合がある。しかし、保護者と2人では精神的には安定するものの、有効なセッションを実施できない。そこで、発達障害児、保護者、音楽療法士の3名で演奏できるものである。本システムでは2名が残りの1名の肩を交互にたたくことで、1拍分の演奏を行えるものを試作した(図4参照)。手関節座標および肩関節の3次元座標値を求め、距離が10cm以下となったとき、「Z」キーのKeyDownイベントを、距離が15cm以上になったときに、KeyUpイベントを送信するようにした。

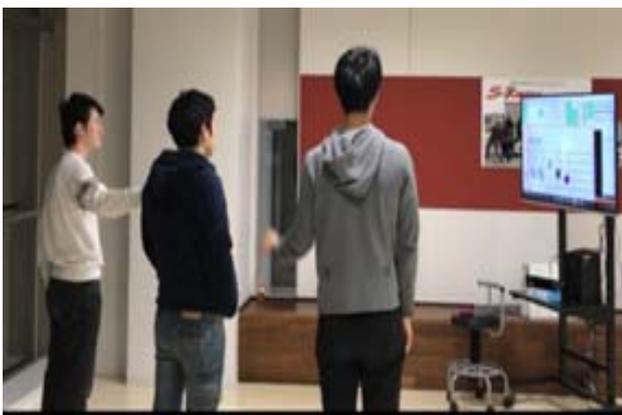


図4 3人による演奏システム

## 3. 健常者を用いた予備演奏実験

### 3.1 1人による演奏システムを用いた演奏実験

構築した演奏デバイスを用いて、足踏み運動により楽曲演奏が可能かを調べるため、演奏実験を行った。本実験は摂南大学人を対象として研究倫理審査委員会の承認を得た(2015-003)。被験者は成人男子3名(年齢:22歳~24歳)

であり、実験内容について十分な説明を行い、インフォームドコンセントを得た。被験者には随意のリズムで左右交互に足踏み運動を行い、楽曲を演奏するように指示した。楽曲は「ジ・エンターテイナー」とした。その時の各テンポ信号の時刻を計測した。一曲分のテンポ信号の時間間隔を算出し、変動係数を算出した。本実験を3回行った。その結果を図5に示す。全ての試行において、変動係数が0.1以下の一定のテンポで楽曲の演奏が可能であることを示した。

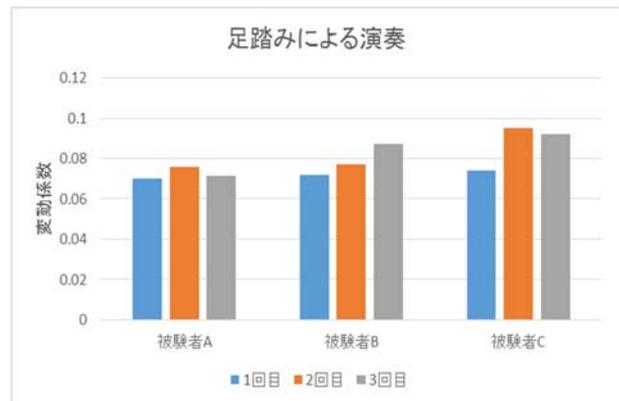


図5 1人演奏システムにおける演奏テンポの変動係数

### 3.2 2人による演奏システムを用いた演奏実験

2人による演奏システムを用いた実験を行った。実験は「一定テンポでの演奏が可能であるか」、「演奏を第三者に聞かせた場合に、楽曲として私立しているか」との観点で評価を行った。楽曲は赤鼻のトナカイとし、被験者は成人男性6名とした。

実験は6名の被験者を3グループに分け、十分に演奏の練習をもらった後、楽曲演奏を3回行った。その時のCymisへの入力(「Z」KeyDown)の時刻を計測し、変動係数を算出した。また、各楽曲の演奏をMIDIファイルとして録音した。そして、変動係数が最も大きかった演奏の録音を演奏被験者と異なる第三者(3名)に利かせ、楽曲として成り立っているかを下記の5段階評価で評価してもらった。

Q: 今回の演奏は楽曲として成立していましたか?(1)~(5)の間で評価してください

【選択肢】

- (1) 良くない
- (2) あまり良くない
- (3) どちらともいえない
- (4) わりと楽曲になっていた
- (5) 楽曲になっていた。

演奏結果を図 6 に示す。ほぼ一定のテンポで演奏することが可能であった。一度だけ時間間隔が極端に大きくなった時があったが、被験者の手がもう 1 名の被験者の手を Kinect から覆い隠す様にハイタッチが行われていたため検知できなかったものであった。図 7 に演奏時の変動係数を示す。3 回の演奏実験において変動係数は 0.1 未満であり、最大のもので 0.16 であった。これによりある程度は一定テンポで楽曲の演奏ができていたことが示された。また、変動係数が最大となった演奏を第三者に聞いてもらったところ、評価は(4)、(4)、(5)であり、楽曲として成立していたことが示された。

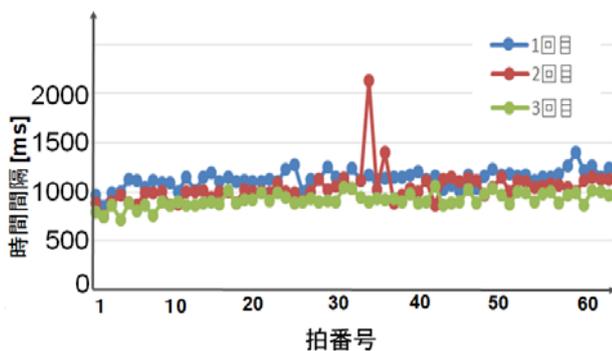


図 6 2 人演奏システムにおける演奏結果の一例(グループ A)

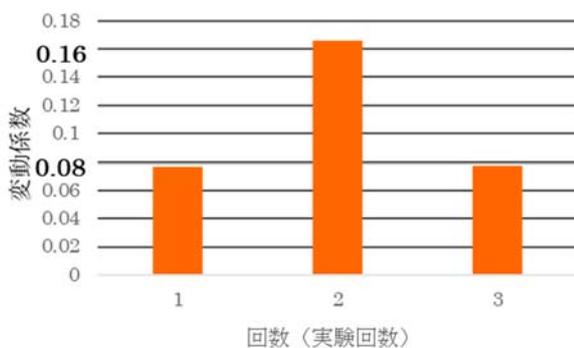


図 7 2 人演奏システムにおける演奏テンポの変動係数 (グループ A)

### 3.3 3 人による演奏システムを用いた演奏実験

3 人による演奏システムを用いた楽曲演奏実験を行った。楽曲は赤鼻のトナカイとした。被験者は楽器演奏経験がない健常成人男子 6 名とし、2 グループ (3 人/グループ) を構成した。演奏者 3 名を横並びに Kinect の前に立たせた。両側の 2 名が中央の人の肩関節を交互にタッチさせた。

2 回演奏練習を行った後に楽曲演奏を行った。その時の Cymis への入力 (”Z” KeyDown) の時刻を計測し、1 拍の時間の変動係数を算出した。また、各楽曲の演奏を MIDI ファイルとして録音した。そして、変動係数が最も大きかった演奏の録音を演奏被験者と異なる第三者 (1 名) に聞か

せ、楽曲として成り立っているかを 5 段階評価で評価した。設問は 2 による演奏システムの時と同じである。

演奏結果を図 8 に示す。変動係数は最も大きかったもので 1.07 であった。この演奏を第三者評価したところ(4)であり、楽曲として成立していたことが示された。

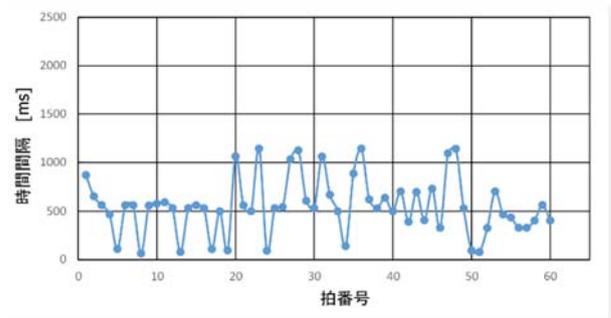


図 8 3 人演奏システムにおける演奏結果の一例

## 4. おわりに

本研究では身体動作を抽出可能な簡易型モーションキャプチャ装置である Kinect (Microsoft 社) を用いた電子楽器 Cymis 用の演奏システムを構築した。本システムでは、演奏者の人数・形態に対応した 3 種類の機能を有している。この演奏システムを用いて健常成人を用いた予備の実験を行い、楽曲の演奏が可能であることを示した。

## 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP17K01596, JP 17K04960 の助成を受けた。

## 参考文献

- [1]”Bunne Japan Official page”  
<https://www.bunne.jp/> (参照 2019-7-29)
- [2]Friedman et al., MusicGlove: Motivating and quantifying hand movement rehabilitation by using functional grips to play music, Proc of 33rd Annual Int Conf of IEEE EMBS, 2011, p.2359–2363,
- [3]”MUSIC TABLE”  
<https://www.g-mark.org/award/describe/2113> (参照 2019-7-29)
- [4]赤澤堅造他. 運動機能障害者が演奏を楽しむ呼気圧利用電子楽器の開発, 生体医工学, 2012, vol.50, no.6, p.629-636.
- [5]Kenzo AKAZAWA et al., Advanced Biomedical Engineering, 2017, vol.6, no.1, p.1-7
- [6]Tomoko Ichinose et al., International Journal of Technology and Inclusive Education, 2016, Special Issue vol.3, Issue 1, p.938-947