

研究概要報告書【音楽振興部門】

( 1 / 1 )

研究題目	人と楽器演奏ロボットとの共生技術による障がいを超えて音楽を能動的に楽しめるバリアフリーミュージックの提案と検証	報告書作成者	庄司英一
研究従事者	庄司英一		
研究目的	<p>音楽は、古来より私たちの暮らしと共にある。楽しいときも悲しいときも、音楽は私たちに潤いや活力を与え、仲間と一緒に演奏をしたり音楽を聴いたりすることで情緒を育む。私たちの人生に欠かせない音楽を楽しめるような工学技術の探究により、音楽を工学的に支援することで、音楽を障がいを越えて楽しめる社会の実現に繋がる(図1)。この実現のために当研究室では、自分の意志で楽器を演奏したり、合奏したり、体を動かしてダンスしたり、合唱したりするなど、自分の意思で能動的に音楽を楽しむ音楽パフォーマンスのユニバーサル化支援を実現する工学技術を探究している。これまでの経緯として、当研究室で独自に開発してきた打楽器演奏ロボット(Interactive Robotic Percussion System: IROPS-2号機や3号機など)を使って「MUSICROBOT 人とロボットが共生する演奏会」として、様々な場所で実験演奏会を開催し、演奏能力を高める技術的改良と演奏ハーモニーの探求を行ってきた(図 2)。こうした活動から、①ロボット側がテンポを先導して人と共演できることの確認、②ロボットが打楽器を正確に演奏出来ることを多くの楽曲データを使って確認、③実際に多くの打楽器で自動演奏が実現出来ることの確認、④ロボット側の正確な演奏と人のゆらいだ演奏の合奏により力強くも温かみのあるハーモニーが生まれることを確認、⑤打楽器の持つ音の響きやそれらのロボット遠隔演奏機能を利用すればバリアフリーミュージックが実現できることの可能性を確信することが出来た(図 3)。こうした知見を踏まえると、MUSICROBOT 技術をコアとして、このシステムをリモート制御するための、演奏支援装置や演奏インターフェース、リズム把握支援システムなどを構築し、音楽を能動的に楽しめるシステムを具体的に創造する価値が非常に大きいことに気付いた。そこで、本研究ではこうしたロボットの演奏力をコアとして、車いすの方々、聴覚障がいや視覚障がいの方々、さらに難病にある方々が、音楽を能動的に楽しめる『バリアフリーミュージック』を実現する試作開発を行い、本物の打楽器の豊かな響きによるロボット演奏技術を築くことで、障がいを越えて楽器演奏や合奏において、人とロボットが共生する価値を探究することを目的とした。音楽を支援する工学技術の探究として、合奏におけるユニバーサル化を目指すもので、誰もが自分の意志で楽器を楽しめるバリアフリーミュージックの実現に向けた知見集積であるが、健常者の演奏補助や、音楽療法などへの活用、さらに学校音楽 ICT 教育にも役立てられると考えている(図 4)。</p>		

## 研究内容

著者は打楽器演奏ロボットの開発、「打楽器の自動演奏装置及び自動演奏方法(特許第 6573355 号)」や「演奏支援システムおよび制御方法(特願 2018-27425)」の成果を有する(図 5)。MIDI (Musical Instrument Digital Interface)の規格に準拠した独自のデジタルアナログ変換技術から、打楽器演奏を実現した技術となっている。試作開発した IROPS-2 号機(楽器 38 種搭載)や 3 号機(楽器 15 種搭載)を使って「MUSICROBOT 人とロボットが共生する演奏会」を様々な場所で開催し、演奏能力を高める技術的な改良を行ってきた。実験演奏会では、ロボット側がテンポを先導して人と共演し、ロボットが打楽器を正確に演奏出来ることを多くの楽曲データを使って確認してきた。38 種類余りの多くの打楽器の自動演奏をから打楽器に応じた演奏方法を実現してきたことや、ロボット側の正確な演奏と人のゆらいだ演奏の合奏により力強くも温かみのあるハーモニーが生まれることなどを確認してきた。こうした知見を踏まえ、本研究では、聴覚障がいの方や、肢体不自由で車いすが必要な状況にある方が、動かせる身体機能を使って『自分の意思』で打楽器の演奏を楽しめる方法について、以下のシステムの開発を進めた。

1. 視覚リズム把握支援システム
2. 視線演奏支援システム
3. リズム学習支援システム
4. 合唱支援システム

1. 視覚リズム把握支援システム

音楽における人とロボットの共生技術の観点から、耳が不自由でも手軽に音楽に合わせてダンスや合奏を楽しめるリズム把握支援システムを検討した(図 6)。技術的な方策として、先ず、歌を歌ったりダンスするバーチャルシンガーのキャラクターをメインパーソン役として登場させ、パフォーマンスの様子を映像モニターや投影スクリーン上に映す。このメインパーソンのパフォーマンスは楽曲に同期したもので、その楽曲にあわせて身振り手振りで合図するカウントパーソン役を同時に映して登場させる(図 7)。状況として、メインパーソンのパフォーマンスのタイミングを、カウントパーソンが楽曲のリズムにあわせて視覚的に誘導するものである。楽曲のリズムを刻む打楽器パートは MUSICROBOT システムで生演奏する(図 5)。難聴であるものの、少しは音が聞こえる方々を想定し、メインパーソン役には歌声合成技術により歌声や号令を発声させることとした。今回、楽曲には「パブリカ」(作詞・作曲:米津玄師)を選んだ。理由として、この楽曲はNHK2020 応援ソングプロジェクトとして東京オリンピック・パラリンピックの話題に関わるものなので話題性があり、この楽曲専用振り付けたダンスが YouTube に公開されていたからである。ダンスにおける骨格の動きを元に、メインパーソンを動かすためのデータを制作した。メインパーソン役のダンスには、通常、座位、手話版の三種類を制作し、これら映像に対応したカウントパーソン役の映像も制作した(図 8)。また、ラジオ体操第一(作曲:服部正)とラジオ体操第二(作曲:團伊玖磨)についても検討した(図 9)。メインパーソンによる模範演技と、その演技を誘

導するカウントパーソンの演技の制作、さらに、音声合成技術からメインパーソンに号令を発声させた。模範演技には、通常版と座位版に二種類を制作した。ラジオ体操はピアノ伴奏の楽曲として知られるが、聴覚補助としてドラム演奏を追加した楽曲とした。打楽器の響きの音圧から空気振動により体でリズムを感じられる効果をねらった。

## 2. 視線演奏支援システム

視線追跡装置(アイトラッカー)を使って、打楽器を視線で遠隔演奏できるような打楽器演奏支援システムの開発を検討した。アイトラッカーはモニターに貼り付けることで、画面のどこを見ているかを視線の動きから分かる装置で、コンピュータの画面操作を視線で実現するヒューマンインターフェースである(図 10)。MUSICROBOT による本物の打楽器や、パソコンに内蔵されている電子 MIDI 音源などをアイトラッカーでリモート演奏できるようになる。肢体不自由や車いすの方でも打楽器の演奏や合奏に参加できるシステムとして検討した。

## 3. リズム学習支援システム

視線移動で打楽器の演奏が出来れば、その打楽器を使ってリズムを学習できる。そこで、アイトラッカーによるリズム学習支援システムの開発を検討した。一般的に使われる音符を使って、視線で操作し、色々なリズムを学習できる。リアルタイムにリズムの変化の様子を演奏で確認できること、また、複数の打楽器で合奏できる、マルチトラックのインターフェースとした。打楽器演奏ロボット(MUSICROBOT)と連携させることで生演奏によるリズム学習をしたり、また、パソコン(内蔵の MIDI 電子音源)を使って手軽にリズムが学習できるようにする。

## 4. 合唱支援システム

音楽の三要素(和声、旋律、律動)、音の三要素(高さ、大きさ、音色)は重要で、合唱練習においてその訓練が行われている。従来、和声練習ではピアノ等の楽器が用いられているが、理想的な純正和声を教示することができない問題点がある(図 11)。純正調による合唱練習支援システムの開発を検討した。合唱練習において人の声を基準にした純正調の和音の教示を行えること、また、人が発声した和音の純正調の響きの評価を行うために、カデンツの主音の歌声をシステムが記録し、システムはその音程を基にした教示音を被験者に教示させる。また、この教示音を基に被験者が発声した音程をシステムが記録し、和声の評価が行えるシステムとして試作する。この試作システムを改良することで、カデンツ練習支援システムに発展させるための改良点などの知見集積を検討した。

<p>研究のポイント</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音楽の工学的支援により音楽を障がいを超えて楽しめる社会の実現 (図1、2)</li> <li>・バリアフリーミュージックを実現する工学技術の探究 (図3)</li> <li>・本物の打楽器の豊かな響きによるロボット演奏技術の創造と ICT 音楽への探究 (図4、5)</li> <li>・楽器演奏や合奏において人とロボットが共生する価値の探究 (図2、5)</li> <li>・耳が不自由でも音楽に合わせてダンスや合奏を楽しめるリズム把握支援システムの開発 (図6)</li> <li>・メインパーソンとカウントパーソンの映像から楽曲にあわせた視覚的誘導の方策 (図7、8、9)</li> <li>・打楽器を視線移動のみ演奏できる打楽器演奏支援システムを開発 (図10)</li> <li>・純正調による合唱練習支援システムの開発とカデンツ練習支援システムへの知見集積 (図11) ( )内の図は内容の補足参照</li> </ul>
<p>研究結果</p>	<p>1. 視覚リズム把握支援システム</p> <p>耳の不自由な方が音楽に合わせて自分の意志でダンスやラジオ体操を楽しめる方法を検討した(図6)。このシステムでは、バーチャルシンガーで歌を歌ったり、ダンスパフォーマンスを行う役をメインパーソンとした。このメインパーソンの動きのテンポを身振り手振りで視聴者に合図する役をカウントパーソンとした(図 7)。本システムではメインパーソンとカウントパーソンを映像上に一緒に登場させる。今回、「パプリカ」(作詞・作曲:米津玄師)を楽曲として検討した。理由として、この楽曲は NHK2020 応援ソングプロジェクトで制作されたもので、YouTube 等で振り付けダンスとともに広く公開されていたからである。メインパーソンにダンスパフォーマンスを演示させるためのデータを制作した。メインパーソンのパフォーマンスとして、通常版、座位版、手話版の三種類を制作し、これら映像に対応するそれぞれのカウントパーソンの映像も制作した(図 8)。制作した映像から分かったことは、メインパーソンとカウントパーソンの動きは楽曲のリズムに同期しているので、音が無くても、この映像を観ながら一緒にパフォーマンスを演じることができることがわかった。聴覚障がいの方が人工内耳や補聴器を使っていて、少しは音が聞こえる状況を想定し、メインパーソンには歌声合成技術により歌声も発声させた。また、楽曲データと映像データの同期を図り、楽曲は MUSICROBOT システムで打楽器のパートを生演奏出来るようにした(図 5)。こうすることで、実際に制作した映像を観ると、カウントパーソンの映像からリズムを把握できることがわかる。視聴者がパプリカダンスの振り付けを覚えているなら、カウントパーソンの動きからダンスができた。音量をゼロにして視聴することで、音が完全に聞こえない状況で音楽のリズムやテンポにタイミングを合わせられることが分かった。今回、コロナ禍で本システムを実際のダンスイベントを企画し検証することができなかったので、コロナが収束してイベントができる状況になったら検証して行きたい。今回のシステムでは透明スクリーンを用いて等身大プロジェクションマッピングにより、メインパーソンやカウントパーソンをステージに登場させられるので、子供たちがスクリーンの横でそうしたキャラクターと一緒にダンスできる。また、楽曲は MUSICROBOT システムにより打楽器の生演奏と連携し、打楽器の響きを肌で感じることもできる。今回、パプリカダンスでは通常版、座位版、手話版を個別に制作したが、これら映像を視聴者に合わせて、場合によっては同時にあるいは選定して投影することで、よ</p>

り幅広い視聴者を対象として楽しめるエンターテインメントに発展できると感じた(図 8)。今後の研究としてさらに発展させていく。

ラジオ体操第一(作曲:服部正)とラジオ体操第二(作曲:團伊玖磨)についても検討した。メインパーソンにラジオ体操の模範演技を行わせ、カウントパーソンはメインパーソンの動きのタイミングを身振り手ぶりで誘導する動作を演じさせた(図 9)。このラジオ体操についても、聴覚障がいの方で音がわずかに聞こえる方も想定して、音声合成技術によりメインパーソンが号令をかけるようにもした。模範演技として通常版と座位版を制作した。ラジオ体操の楽曲は本来ピアノ伴奏であるが、本システムでは、聴覚補助として打楽器の音圧で拍を感じられるように、ドラム演奏のパートを追加した。ラジオ体操の楽曲はテンポの緩急差が意外に複雑に変化するので、メインパーソンの動きだけを見ながらでは合わせるタイミングが分かりにくい。本システムを使って、実際に音量を消してカウントパーソンの動きからラジオ体操をうまく行うことが出来ることが分かった。カウントパーソンが次の動作に移る際に合図してくれる点や、左右の振り子の動きから緩急の違いを視覚的にとらえることが容易であった。本システムの特筆すべき点は、視覚だけの情報から、視聴者がタイミングに自信を持って堂々とラジオ体操が行えるようになった点かと思われる。通常版と座位版の映像を個別に制作したが、同時に投影することでより幅の広い層でラジオ体操が行える。今回は、ダンスパフォーマンスとラジオ体操について、耳が不自由であっても、音楽に合わせてダンスや合奏を支援できるシステムを開発できたことになる(図 6)。今後コロナ禍が一段落したら、本システムを使った、障がいを越えたイベントを開催し、本システムの効果を検証したい。カウントパーソンにより音の聴覚リズム情報が加わることで、リズム把握が一層分かり易くなったので、本システムは健常者にとっても役に立つことが分かった(図 6)。音波の伝達時間は、視覚の光の速度に比較して圧倒的に遅いので、映像でリズムに合わせられる本システムを用いれば、例えば、大会場で大勢の人の動きを一致させることができる。大人数によるダンスパフォーマンスを会場全体で同期させることなどが簡単に行える。また、本システムは視聴覚メトロノームとしての発展も期待できる。実際にギターの実演にこれを用いると、キャラクターの左右の動きで、ピッキングのタイミングを予測し易く、リズムがとでも取り易くなった。バーチャルキャラクターだからこそ出来る世界として、拍手や、体の動かし方やタイミングをリズムの切り替えで使い分けると効果的である。例えば、リズムの緩急変化、テンポ変化、強弱変化によって衣装の色や顔の表情、あるいは体の大きさ等を変化させた視覚メトロノームが創造できる。現在、特許技術として開発を進めている。

## 2. 視線演奏支援システム

視線追跡装置(アイトラッカー)は、パソコンのモニターやノートパソコンに貼り合わせて使用出来る(図 10)。画面を見ている視点を高速に追従することができる。本システムではこの技術を打楽器演奏支援システムとして開発した。画面に各打楽器の領域を設け、各領域のカーソル移動から、所望の打楽器を正確に、また、確実に演奏できるよう工夫した。画面インターフェースの色は色覚対応として選択できること、また、打楽器の種類などの設定をファイルとして保存もできるようにした。MIDI 制御とし、パソコンに標準で内蔵されている MIDI 音源等に接続することで電子打楽器を、また、MUSICROBOT (図 5)と連携させることで本物の打楽器を、視線移動だけで演奏できるようにした。もともと、アイトラッカーはマウスの代替となるヒューマンインターフェースなので、手が動かせれば、本システムは高価なアイトラッカーの代わ

りに汎用のマウス操作によりこうした打楽器を演奏することもできる。カホンとラテンパーカッション(カバサ、タンバリン、ウッドブロック)を搭載した小型の打楽器演奏ロボット IROPS-6 号機を使って、本物の打楽器の演奏をアイトラッカーで演奏することが出来た。本システムは、打楽器や電子音源のリモート演奏システムと捉えることもできる。この視点に立てば、重度の肢体不自由(ALS、筋ジストロフィー難病など)の方や車いすの方々が、リモート合奏システムとして打楽器演奏を楽しむことが出来る(図 6)。現在、発展させた開発を進めている。

### 3. リズム学習支援システム

アイトラッカーを使った視線移動によりパソコンや打楽器に触れずに、打楽器や電子打楽器の演奏を実現できるようになったので、このシステムを活かして、リズム感を養うために、リズム学習システムの開発を行った。インターフェースはアイトラッカーによる操作であることから、出来るだけ複雑な設操作を行わずに様々なリズムを楽しめるようなリズム学習システムを目指した。一定の音価をもつ音符並びを変化させたリズムパターンを登録しておき、アイトラッカーでパターンを自在に取捨選択や並び替えできるようにして、リズムパターンを自在に作成できるようにした。所望の打楽器ごとに、また、小節のどこを演奏しているかが一目で分かる画面インターフェースとして工夫した。実際の打楽器音でリズムを自在に学習できることは特徴であり、複数の打楽器をアンサンブルで合奏させることもできるようにした。MUSICROBOT (図 5)と組み合わせることで、本物の打楽器の生演奏によるアンサンブルでリズムを学習できることを実現した。リズムパターンを様々な変化させたり、拍子なども自在にリアルタイムに変化できるようにしたので、様々なリズムを楽しむことが出来るようになった。小中学校の音楽の教科書を参考にして、教科書に記載のいくつかのリズムを入力して、これをリズムマシーンとしてアンサンブル演奏をリピートさせて、リコーダーや鍵盤ハーモニカなどの楽器練習や歌の練習に役立てられるシステムであること、また健常者もより音楽を楽しむためのシステムであることも確認した(図 6)。今後、より発展させた開発を進めていく。

### 4. 合唱支援システム

歌声も立派な楽器であり、本システムは、そうした人のもつ歌声のハーモニーの素晴らしさを楽しめるシステムを考えた。例えばコロナ禍でも一人でも合唱が練習できる合唱支援システムの開発に向けた知見集積も兼ねた。従来、合唱練習においては人の声を基準にした純正調の和音の教示が理想的であるが、平均律に調律されたピアノでは音の教示がうまく行えない、和声の澄んだ響きをピアノでは再現できない(図 11)。平均律以外の音律が設定できる、専用の電子キーボードも市販されているが、そうしたものを使わなくても手軽に練習できる純正律ベースのシステムの開発を目指した。単に教示するだけは無く、発声した音程の評価を行えるシステムとした。例えば、ハ長調のカデンツで、I(ドミソ)、IV(ファラド(→ドファラ))、V(ソシレ(→シレソ))、I(ドミソ)の場合、根音のドの音程を発生することで他の音程を教示できるようにした。カデンツの主音を歌声でシステムに入力することで、被検者はシステムが出力した教示音と同じ音程で発声すれば、正しい音程になる。純正調ベースでの合唱練習を支援するシステムとして、根音を録音、純正調和音の教示により、歌声の発声ができることを確認した。システムの根音の入力はピアノカやリコーダーなどの楽器を使っても可能である。今回のシステムでは基準音をもとに、歌声の周

	<p>波数分析を簡単に行えるようにした。教示音をもとに発声した被験者らの歌声から純正調の和音に近い音程を確認した。合唱経験のない被験者に参加してもらった実験から、簡便に、楽しくハモリを楽しめ、また、合唱を楽しめるシステムとなった。発展させていくためのポイントの知見集積となった。今後、本システムの知見から、様々な音律でカデンツが練習できる合唱支援システムの開発を進めていく。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>コロナ禍の状況下、ここ数年の間に、文部科学省による GIGA スクール構想により、初等中等教育の現場では一人一台の端末の導入による ICT 化が一気に進んだ。それら端末が陳腐化しない内に、教育に使えるアプリの開発が早急に必要である。本研究で開発したシステムはクロスプラットフォーム化により iOS(iPad, iPhone)や Mac、Android 端末、スマホや Windows 端末に広く対応させ、発展させることができるので急ぎたい。また、コロナが収束した段階で、本研究で培った知見を活かして、バリアフリーミュージックの演奏会やイベントを企画していきたい。今日、パソコンやタブレット端末などで高品位の電子楽器サウンドが簡単に楽しめる時代になった。そうした電子楽器は手軽である反面、例えば、奏でる打楽器音が毎回同じであったり、本物の打楽器のアコースティックな響きとは異なるなどの本質的な欠点を有するのも事実である。小中学校の音楽室にあるウッドブロックやタンバリンの豊かな響きが、こうした電子打楽器のスピーカー音では得られない。こうした状況を踏まえ、本物の打楽器をもっと手軽に楽しめるような打楽器演奏ロボット(MUSICROBOT)と ICT アプリで連携させるシステムを現在開発している。本研究の成果を踏まえて発展できる内容でもある。本報告がきっかけとなって共同開発や技術連携などに発展できればと思う。</p> <p>私たちの生活は科学技術の進歩により、日々確実に便利に豊かになっている。この科学技術を音楽に向ければ、誰でも音楽を楽しめるようになるはずである。昔から音楽は楽器によりささえられ、その楽器は工学技術が支えてきた。工学技術と音楽は一体となって時代を歩んできた事実を鑑みれば、本研究成果は、今後、より多くの人が音楽をユニバーサルに楽しむ未来に繋がると確信する。最後ではあるが、本研究の支援を賜った貴一般財団法人カワイサウンド技術・音楽振興財団には心より感謝申し上げますとともに、益々のご発展を祈念する。</p>

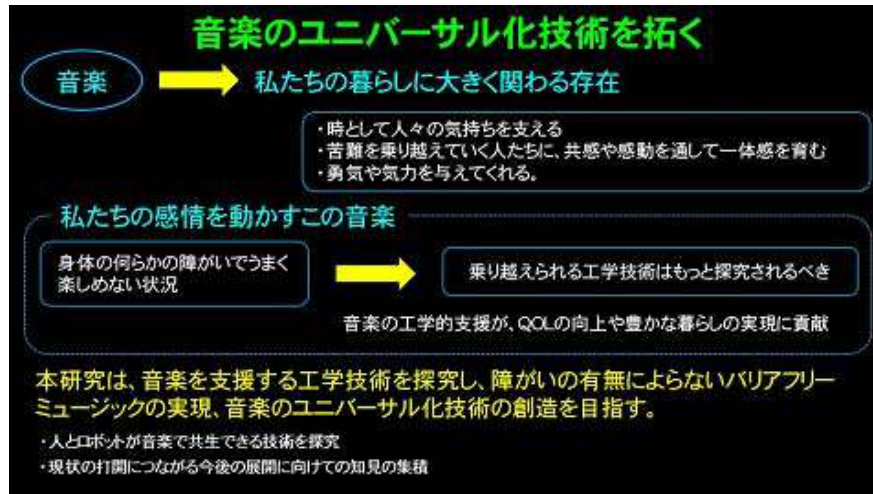


図1 本研究が目指す音楽のユニバーサル化技術の創造  
障がいの有無によらないバリアフリーミュージックの実現を目指している。

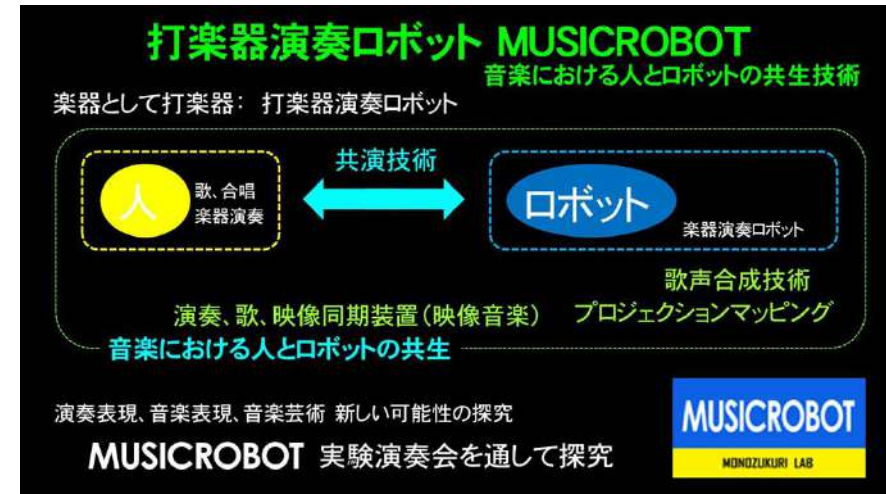


図2 音楽における人とロボットの共生を探究する MUSICROBOT  
演奏表現、音楽表現、音楽芸術の可能性を実験演奏会を通して探求している。

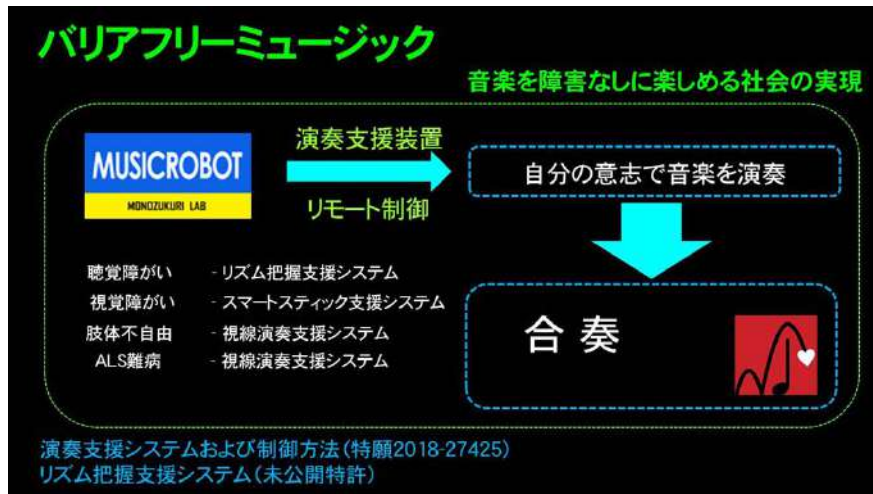


図3 MUSICROBOT をコアとしたバリアフリーミュージックの探究  
障がいの様々な特性に応じて演奏インターフェースを創造して演奏を支援する。

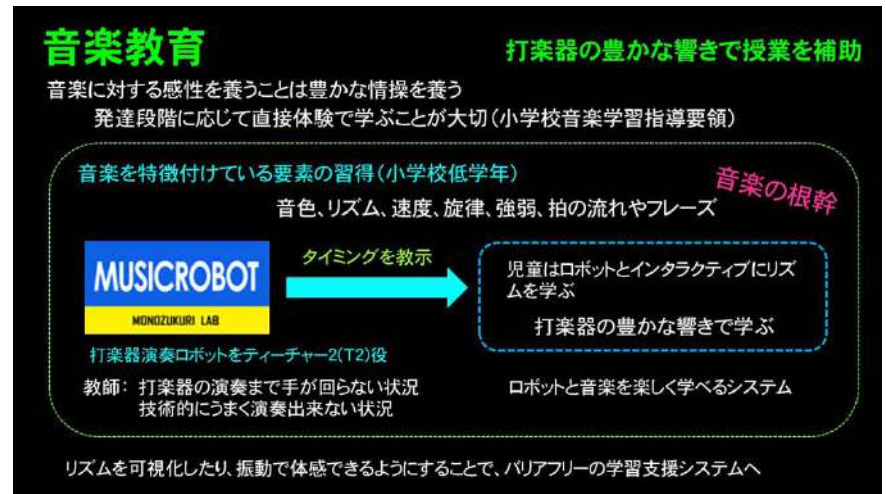


図4 MUSICROBOT をコアとした ICT 音楽教育への探究  
打楽器の響きと演奏性を活かして、模範演奏やティーチングアシスタントとなる。



## 打楽器演奏ロボットについて

本研究のコアとなっている打楽器演奏ロボット(MUSICROBOT)について説明する。

臨場感溢れる演奏を実現するために、ロボットによる本格的な楽器の生演奏について検討し、実機として、Interactive Robotic Percussion System(IROPS)として、打楽器を演奏出来るロボットを複数台試作してきた。IROPS-2号機(38種類搭載)、3号機(小型化)、4号機(小型化)、5号機(設営時間短縮)、6号機(カホン)、7号機(マリンバ)などを開発し、多くの楽曲を使って演奏性について検討してきた。打楽器演奏ロボットの演奏パフォーマンスについて、演奏演奏会によりわかってきたことは、

- (1) 叩の方法を工夫することでロボットは臨場感溢れる演奏を実現出来ること、
- (2) 人にとって演奏難易度の高い打楽器でも連続的に演奏出来ること、
- (3) ロボット演奏のテンポに合わせて人は合奏出来るので安定感のある合奏が出来ること、
- (4) 人のゆらぎのある演奏とロボットの正確な演奏の合奏により力強くも温かみのあるハーモニーが生まれること、

であった。演奏の正確なタイミングと強弱の制御方法の工夫から、繊細に、また高速連打(512分音符)も出来ることもわかった。少人数で臨場感溢れる生演奏が簡単に実現出来ることもわかった。

こうした知見を踏まえ、人とロボットが楽器演奏で本格的に共生するために、本研究課題がめざす障がいこえてバリアフリーミュージックを探求する価値を見出した。楽器演奏ロボットと連携することで、障がいや難病にある方々を含めて、誰でも自分の意思で楽器演奏により音楽を楽しむバリアフリーミュージックを実現出来る着想となり、本研究課題の設定に至っている。

報告者は打楽器演奏ロボットの開発において、「打楽器の自動演奏装置及び自動演奏方法(特許第6573355号)」や「演奏支援システムおよび制御方法(特願2018-27425)」の成果を既に有する。これはMIDI規格に準拠し、独自のデジタルアナログ変換技術から打楽器の演奏制御を実現した技術である。試作実機のパフォーマンスや改良の探求を行いながら、新しい演奏表現や新しいエンターテインメントを探求するために、報告者が主導して演奏実験ユニットとしてMUSICROBOTとして2016年8月より活動してきた。MUSICROBOT人とロボットが共生する演奏会を様々な場所で開催し、演奏能力を高める技術的改良を行いながら、本研究に繋がられた経緯がある。



図5 打楽器演奏ロボット(MUSICROBOT)の開発

## 工学技術による支援・解決する課題

音楽に合わせて演奏、合唱、ダンス、運動(ラジオ体操)など、

- ・タイミングを合わせられること。
- ・主体的に取り組めること。
- ・自分ひとりで思う存分練習できること。
- ・音楽に合わせて体を動かせること。
- ・健常者でも活用できること。

図6 工学技術により支援・解決する課題

楽器演奏やダンス、ラジオ体操など障がいを超えて楽しむために必要な内容。

音楽に合わせてダンスするために、楽曲のリズムに誘導するような動作を行うカウントマンと呼ばれる人が知られている。



カウントマン  
楽曲のリズムに誘導するような動作を行う。

図7 楽曲のリズムに誘導する動作を行うカウントマンの役割

聴覚障がいの方が楽曲のイメージを体現するにはカウントマンとの連携が大切。



図8 パプリカダンスにおけるメインパーソンとカウントパーソンの共演  
メインパーソンのダンスのタイミングをカウントパーソンが視聴者に誘導する。



図9 ラジオ体操におけるメインパーソンとカウントパーソンの共演  
メインパーソンのラジオ体操のタイミングをカウントパーソンが視聴者に誘導する。

カウントパーソンは、音楽のリズムを体の左右の動きなどで、タイミングやカウントを視聴者に映像で表現する。楽曲の音量を消して、カウントパーソンの動きから、ダンスやラジオ体操を行うことができる。聴覚補助として打楽器演奏を追加し、透明スクリーンによるプロジェクションマッピングで一体感を演出する。

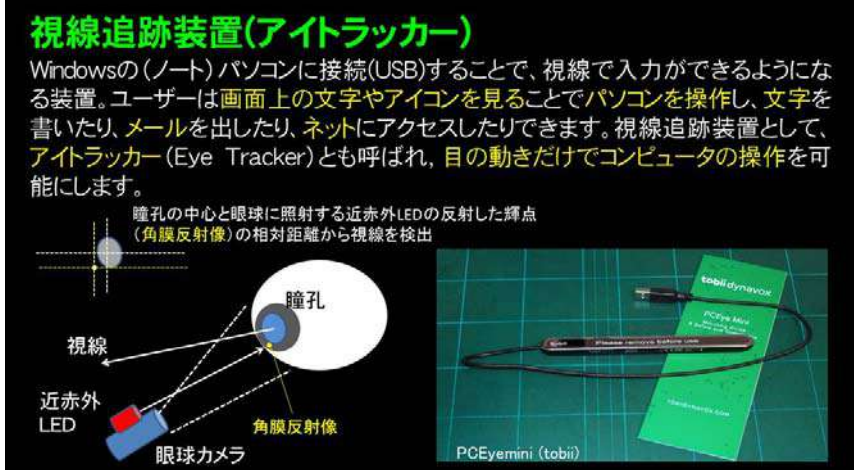


図10 支援追跡装置(アイトラッカー)

モニターやノートパソコンの画面のどこを見ているかが瞬時に分かる装置である。

### 純正律と平均律の特徴

**純正律** 周波数の比が単純な整数比である純正音程のみを用いて規定される音律 (音響心理学的...)

音名	C(F <sup>♯</sup> )	C#	D(E <sup>♭</sup> )	D#	E(F <sup>♯</sup> )	F(F <sup>♯</sup> )	F#	G(A <sup>♭</sup> )	G#	A(B <sup>♭</sup> )	A#	B(C <sup>♯</sup> )	(C)
比	1/1	16/15	9/8	6/5	5/4	4/3	45/32	3/2	8/5	5/3	9/5	15/8	2/1

- 1) 主要三和音が純正和音で響きが良いが、一部の和音は響きが悪い
- 2) 移調や転調は可能
- 3) 隣接する音の差が一定ではない

**平均律** オクターブを12等分した音程の差を半音とする音律、十二平均律

音程	純正律	平均律
ド	261	261
レ	294	294
ミ	326	330
ファ	348	349
ソ	392	392
ラ	435	440
シ	489	494
ド	572	572

- 1) ユニゾンとオクターブ以外は響きが悪い(協和しない)
- 2) 移調や転調は可能
- 3) 隣接する音の差(比)が一定(1:1<sup>1/12</sup>)

図11 純正律と平均律の特徴

純正律による和音の響きはとても良いが、平均律は原理上うなりが生じる。

(注:写真, データ, グラフ等 研究内容の補足説明にご使用下さい。)