

回転角度センサーを利用した協奏インターフェースの提案

星 大介[†] 卯田 駿介[†] 山口 隆[†]
小林 啓[†] 馬場 哲晃[†] 串山 久美子[†]

本稿では、回転角度検出センサーを用いた座面の回転動作という簡単な身体動作による入力インターフェースの開発について述べる。回転した角度情報をもとにリズムやサウンドを再現し、また多くのデバイスとリンクさせることでより多くの機能を可能にすることで、音楽療法における適応、そして効果向上、発展をめざす。

Proposal of cooperating musical interface using the sensor of detecting an angle of rotation which followed by bodily motion

HOSHI DAISUKE[†] UDA SHUNSUKE[†] YAMAGUCHI TAKASHI[†]
KOBAYASHI KEI[†] BABA TETSUAKI[†] KUSHIYAMA KUMIKO[†]

This paper describes development of the input interface by easy bodily motion called the rotation of a seat which used the sensor of detecting an angle of rotation. By a rhythm and sound which based on the information of an angle of rotation are reproduce, and enabling more functions by linking with many devices, we aimed at the adaptation in musical therapy, the improvement in effect, and the development.

1. はじめに

音楽による癒し効果は近年、理学療法や介護の現場で注目されている。さまざまな多様性をもち、誰しもが親しみやすい音楽のもつ特性を利用した、音楽療法は、障がい児訓練施設や高齢化施設などで実践的に効果をあげ、その需要も増えつつある。音楽療法は音楽を共に演奏することで様々な人々とのコミュニケーションを生み出すことできる。衰えにより患者の抱える問題点を改善するために必要な前向きな意欲を湧き出させるという点でこのようなプロセスは非常に効果的といえる。

使用する楽器に関しても触れるだけで手軽に音楽を奏でることのできるツリーチャイムやハンドベルなどの楽器が主に利用されており、特別な技術を要さないことも利点の1つである。しかし現段階では、マジックテープを利用して握力の発揮できない場合でも装着し演奏できるベルなど、既存の楽器をもとに簡単な工夫がされたものがほとんどである。音楽療法に使用する目的で、より効果的に作られたデバイスの数はあまり多くないのが現状であるといえる。

それを踏まえ、今回はその音楽療法の目的、またそのために求められる過程を踏まえ、高齢者や障がい者

が簡単に音楽を奏でることが可能で、さらに多くの人々と気軽にコミュニケーションしながら楽しむことができるデバイスを提案する。

2. 関連研究

著者らと類似した関連研究を、音楽療法、音楽コミュニケーション、回転動作コミュニケーションの3つの観点から、提案されているデバイスを挙げる。

2.1 音楽療法

音楽療法の観点で、より多くの人と協奏することを目的に提案されているデバイスとして「ミュージックテーブル」¹⁾、「オトクツ」が挙げられる。

オトクツ¹⁾は専用のデバイスを靴のように履いて操作する。デバイスの表面についた4つのボタンを足の裏で押すことで音を鳴らすことができる。デバイスは床の上に置いた状態で操作をするため、体の可動範囲がせまい範囲に限られている。足以外にも手で操作できるデバイスを用意することで、体のさまざまな部位を用いて、協奏することを可能としている。

一方、著者らの提案するデバイスにおいては、デバイスのデザインは1つで、使用者が体の体勢をアレンジすることで、使う体の部位が変わり、さまざまな体の部位の運動を可能にしている点で異なる。

また、ミュージックテーブル⁵⁾は、テーブルの周りに座って、複数人によって協奏できる。テーブルの

[†]首都大学東京システムデザイン学部

上には音階の割り当てられた部分があり、その特定の部分をたたくことで音を出すことができる。ただで音が出るため、体の不自由な人でも簡単に音を出すことができ、高齢者や介護施設などでの利用に適している。ただ、体の運動部位がせまいため、身体動作のリハビリに適しているとは言えず、著者らの提案するデバイスは、身体動作のリハビリに主眼を置いている点で異なる。

2.2 音楽コミュニケーション

他者との身体的なコミュニケーションを促す作品として「beacon」,「フレクトリックドラムス」,「Composition on the Table」がある。

Beacon²⁾はユーザがデバイスと触れることは一切無く、デバイスとユーザの立ち位置の関係をもとに音を奏でる電子楽器である。デバイスから発せられる光の線が床に描写され、その光とユーザの接触を頼りに位置情報を把握する仕組みである。床に身体の一部が着き続ける場合、決まった一定のタイミングで音になるため、足が不自由な人にとっては「鳴らさない」ことができない。

フレクトリックドラムス⁴⁾は機器に流れる微弱な電流とヒトの体の導電性を利用した協奏電子楽器である。一緒に協奏できるユーザは最大5人で一つのデバイスを片手で握り、肌と肌をふれあうことで音を鳴らすことができる。

Composition on the Table⁶⁾は映像技術を利用した音楽協奏デバイスである。ユーザがテーブル上に映し出されている画像を手で触ると音が鳴る仕組みになっている。また、実際のテーブルの表面に球体状のデバイスを設置して音を鳴らすこともできる。

今まで挙げた3つの音楽コミュニケーションを目的とした楽器は、全身の運動器官のリハビリには適しておらず、その点で著者らの提案するデバイスとは異なる。

2.3 回転を用いたコミュニケーション

回転を用いた演奏方法としてDJのパフォーマンス等で用いられているターンテーブルは一般的によく知られている。また全身のどこの部分を使っても操作することが可能で、他の人とのコミュニケーションを目的とした装置として「回転イスコミュニケーション」が提案されている。回転イスコミュニケーション³⁾は遠隔地間でも操作をすることが可能で、直接会うことのできない人との身体的感覚に訴えるコミュニケーションを可能にする装置である。著者らの作品は、より多くの人と同空間でコミュニケーションを促し、演

奏方法としてターンテーブルの機構を併せ持つ点で異なる。

3. 操作方法

著者らの提案する装置は、使用者が体勢を変えることで全身のさまざまな部位を使用できるデザインを目指していることを、ここまで述べてきた。以下に具体的な使い方を3つ示す。

3.1 座る

装置をお尻に敷いて座ることで、座面回転式のイスに座っている時と同様の感覚を及ぼす。地面についている脚や、腰を使うことでデバイスを回転させることができる。仮に足が不自由な方でも、床に手が届く高さで座るなどの工夫をすることで、脚や腰以外の体の部位を使って、装置を回転させることができる。



図 1 機器に座る

3.2 足

装置を足で回転させることで、大腿部から足首までの脚全般の筋肉を動かすことができる。体を直立させて状態で演奏を行う場合や、座った状態で行う場合によっても、使う筋肉を変えることができる。



図 2 機器を足で動かす

3.3 手

装置を机の上などに置き、肘や手、指を使って装置を回転させることで、腕全体の運動を行うことができる。



図 3 機器を手で動かす

4. システム

本提案は図 4 のような入力、出力から構成される。入力デバイスから Arduino、パソコン、processing を介してスピーカーよりサウンドが出力される。

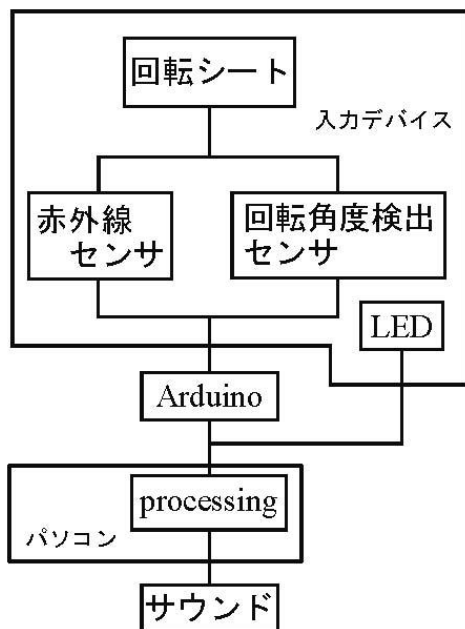


図 4 提案のフレームワーク

4.1 ハードウェア

機器には回転角度検出センサーが取り付けられており、そのセンサーの値を読み取ることで今現在どの角度まで回転したのかを判別する装置を作成した。

表 1 使用した部品

部品名称	使用目的	製品番号
回転角度検出センサー	座面の回転角度の検出	RDC501015A

回転角度検出センサーはボリュームと同じ仕組みを持ついわゆる可変抵抗である。したがってセンサーのつまみを回すと抵抗の値が変化する。このときの抵抗の値を読み取ることで、今現在どの方向を向いているのかを、プログラミングをすることで定義することができるのである。今回使用したセンサーは 0° ～ 320° まで回転することができる。

機器の下部パーツには円形の穴があいており、その穴に上部パーツを差し込む。上部パーツを差し込んだパーツには次のページにある図 4 のように、同じ直径であるホイールと共にベルトで巻かれている。ホイールには回転角度検出センサーが繋がっている。そうすることで上部パーツの回転と組み込まれたセンサーの回転を同期させるのである。さらに、センサーは人の体重などの荷重がかかる部分とは隔離してあるので、センサー自体には荷重はかからないようになっている。これは荷重によってセンサーが折れてしまうのを防ぐための機構である。

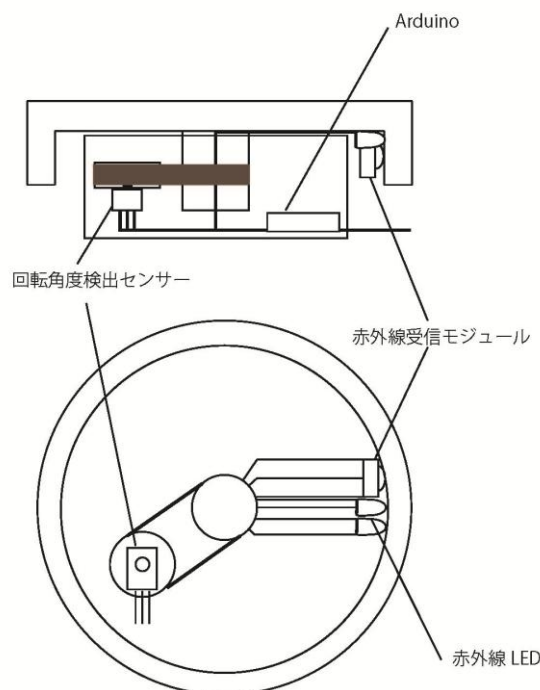


図 5 機器の内容

上部パーツは 0° ～ 300° までしか回転ができない

ような仕組みになっている。この回転角度の制限は前述した回転角度検出センサーの可動範囲が $0^{\circ} \sim 320^{\circ}$ であるので、その可動範囲の限界まで回転できるようにするよりも、幾分か動く範囲に余裕を持たせたほうが機器の耐久力が保てるだろうと考えたからである。

基盤や導線などの電子部分はむき出しのままであると見栄えが悪い。したがって、下部パーツに収容してコード類を見えないようにする。しかし、現段階では機器とパソコンとのシリアル通信を有線で行っているため下部パーツにはケーブルをつなぐ穴が空いていてそこからコードが出ている。

上部パーツには機器同士の距離を計測するために、赤外線 LED、赤外線受信モジュールが取り付けられている。取り付け箇所は図 5 のように上部パーツの内側に設置して外側からは見えない様にしておく。下部パーツには Arduino、回転角度検出センサーが取り付けられている。

4.2 ソフトウェア

まずは $0^{\circ} \sim 300^{\circ}$ を 8 つのエリアにクラス分けする。ハードウェアに取り付けられたセンサーの値は読み取られた後、クラス分けした 8 つのエリアに置き換えられる。この置き換えられたエリアの値を基にシステムを運用していく。なお、センサーの値は Arduino を用いて読み取っている。

エリアの値をシリアル通信でパソコンに送信し、渡された値は Processing でのプログラミングに利用する。今回はパソコンと Arduino を USB ケーブルでつないでいる。アクションを起こす角度を決める、音を出す、といったプログラムはすべて Processing を利用している。

音を鳴らすときは Processing の Minim ライブラリを使用する。音楽ファイル（フォーマットは mp3 で統一）を該当するアクションが起きた時にだけ再生するようにプログラミングで設定した。

5. アプリケーション（使用例）

音を奏でる方法は複数設定することにする。プレイヤーは機器に描かれている基準線が自分の体の中心を通るように座る。

5.1 同じ角度にして音が奏でるモード

ラインダンスや行進のように複数の人達がきれいに並び、リズムに合わせて一糸乱れぬ動作をする様子は見栄えが良い。そこで、ラインダンスなどと同様にプレイヤーが呼吸を合わせて動作することで音を奏でる

ことが出来るモードを取り入れる。

図 7 のように仮に A と B という 2 人のプレイヤーがいるとする。なお、図 7～10 の矢印の方向はプレイヤーの向いている角度である。以下本稿のすべての図にある矢印は、プレイヤーの目線の方角を示すものとする。

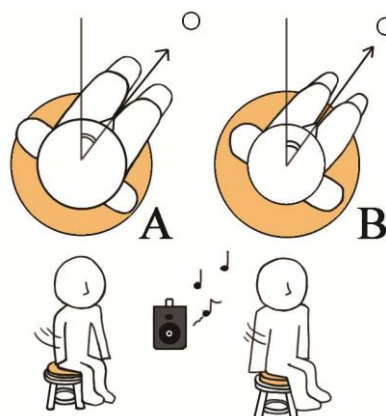


図 6 演奏方法のイメージ図

2 人は横に並んだ機器に座り、各々が好きなように回転できる。プレイヤーが回転することで機器の上部が回転するのだが、2 つの機器の角度が同じ値になると音が鳴る、というモードになっている。この音は 2 人のプレイヤーの角度が同じ値になった時のみ鳴るように設定されている。

このモードで鳴る音は 2 種類ある。1 つはプレイヤーが同じ角度になった時、元々存在する曲をごく短い時間だけ鳴らすという音である。よって、曲を流し続けるためにはプレイヤー同士で複数回角度を合わせなければならない。音が出る角度は 2 人のプレイヤーが協力して探すのだが、仮に図 7 のように 1 人だけが音の出る角度に入った時は LED が点灯する。こうなった場合は自分が入ったのか、それともパートナーが入ったのかを相談をするなど 2 人で協力して音を鳴らす。こういったプレイヤー間でのコミュニケーションを取りながら演奏していく。

もう 1 つはドやレなどの一定の周波数を持つ音である。プレイヤー同士の角度を同じにしなければ音が鳴らないのは変わらないが、こちらは自分たちで自由に演奏することができる。自分たちで演奏をする場合、機器が起動している間は拍子を表す音を鳴り続けさせることが出来る。この音はプレイヤー同士のリズムを合わせるガイドのような役割を持つ。したがって触れたばかりの頃はこの音に合わせて演奏が容易になるだろう。ちなみに拍子を表す音はプレイヤー自身で ON と OFF の切り換えが出来るので、任意で鳴ら

すこともできる。

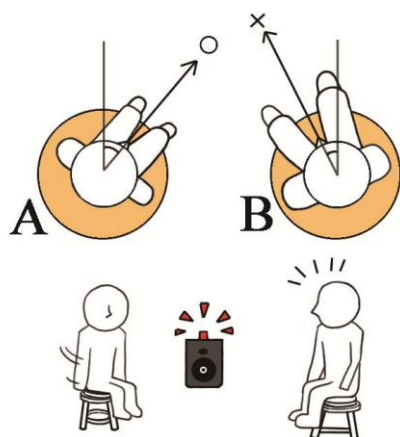


図 7 LED 点灯機能のイメージ図

5.2 向き合って音がなるモード

このモードではプレイヤー同士が向かい合って演奏をする。基本的な操作はどのモードでも共通で、機器に座りお互いの動作をよく見て回転を行う。しかしこのモードの特徴は鏡に映っているようにお互いの動きを反転してトレースすることで演奏を行う。

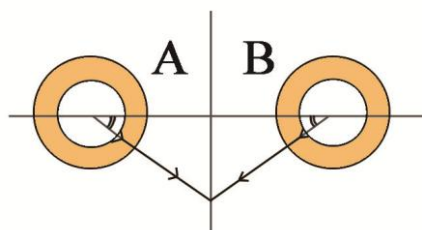


図 8 演奏方法のイメージ図 (2)

5.1 のモードではプレイヤーが回転して同じ角度にすることで音が鳴るのだが、こちらのモードでは片方が左側に回転したのならもう片方は右側に、片方が右側に回転したのならもう片方は左側に、と図 9 のように角度を合わせることで音が鳴る。5.1 のモードと明らかに異なるのは相手と向かい合って演奏することである。プレイヤー同士が向かい合うことで横に並ぶ場合よりも相手の様子が明らかに分かるので、コミュニケーションもとりやすくなり、お互いの動作を同期させやすくなる。したがってこのモードはパフォーマンスよりもプレイヤー間の意思の疎通を目的としたモードである。

このモードの場合、3 人以上でプレイするのならば音を鳴らす方法が図 10 のような方法に切り替わる。

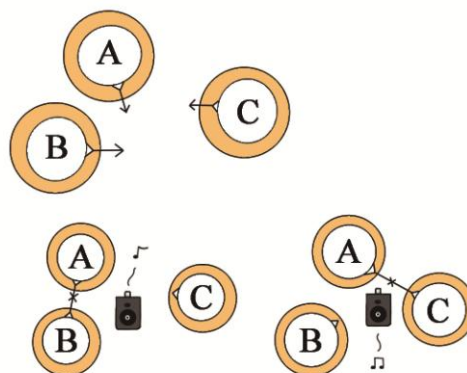


図 9 3 人以上の場合の演奏方法

音が鳴るには 2 人のプレイヤーが向かい合うように設定する。例えばプレイ人数が 3 人以上ならば、どの 2 人が向かい合えば音が鳴るのかはランダムに決められる。したがって演奏を続けるためには、何度もだれか 1 人のプレイヤーと向かい合うことになる。これによって演奏中に誰とも向かい合わないプレイヤーが出ることは無い。

5.3 距離によって音を奏でるモード

向かい合った人と機器同士の距離によって鳴っている音のトーンが変わったり、エコーやビブラートがかかったりするモードとなる。

このモードで演奏するのなら制作者としては 3 人以上で演奏することを推奨する。音を鳴らす方法は 5.2 のモードと同じであるが、このモードの特徴は向かい合う人によって音にかかるエフェクトが変わることである。このモードに設定するとプレイヤーが何もしていない状態でも 1 つの音階をもつ音が流れる。この流れてくる音にプレイヤーたちはエフェクトをかける。ちなみに 5.2 のモードと同様に、どの 2 人が向かい合うとどんなエフェクトがかかるのかはランダムで決定される。

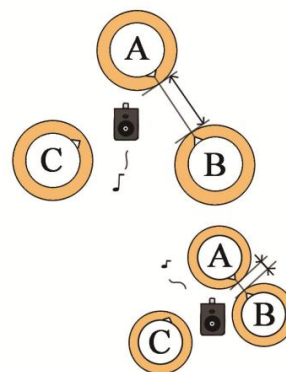


図 10 音の変化方法

仮に図 11 のように A, B, C というプレイヤーがいるとする。A と B が向かい合うとトーンが変わるのなら A と B が近づけばトーンが高く、遠ざかればトーンが低くなる。B と C ならエコーがかかるとするなら、近ければエコーが強く、遠ければ弱くなる。C と A ならビブラートがかかるとするならば同様に強弱がつく。こういった例のように 1 つの音を多人数で協力して加工していく。

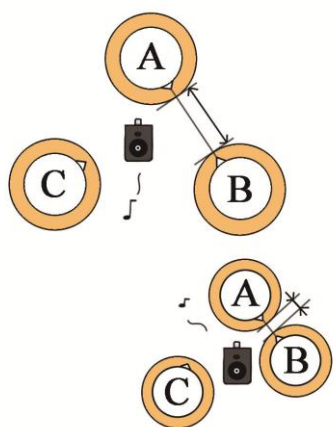


図 10 音の変化方法 (2)

6. 今後の展望

現段階では本体とパソコンをケーブルで直接繋いでシリアル通信をしている。だが任意で場所を変えることができる、持ち運びが容易である、本体を置くスペースの景観を損なわないといった観点からワイヤレスでパソコンと通信ができるようにするべきだと考える。また複数のデバイスと赤外線で通信し、それぞれが各々との距離や向いている方向といった情報のやり取りができるようにする。

音を発生させることのできる動作、例えば装置に背もたれを作ってそれに寄りかかる、勢いよく座るなど音の出せる動きを増やしたい。さらには、より多くの人数で使用するほど様々な音が出るようにしていきたい。人数が多くなるほど鳴る音のバリエーションが増え、動きが同期した人数が多ければ 2 人で動きを同期させた時とは違う音楽が流れる、など大勢で協力して音楽を作り出すことができるようにすればパフォーマンスの幅も広がるだろう。

パソコンと直接つながっているため、本体を動作させて発生する音はパソコンのスピーカーから発せられる。前述したが、ワイヤレスで通信することを計画しているので、本体にスピーカーを内蔵し使用者が「

楽器”を鳴らしている」という感覚を強く感じさせられるような機器にしたい。

さらに現段階では平らな面に設置する場合のみにおいて、効果的に機能する入力デバイスとなっているが、様々な面に柔軟に設置可能な機構を目指したい。また、実際に理学療法の現場で様々な方に体験していただきたい。リハビリテーションに携わっている方の中で、自分たちが気づかない些細な問題や悩みを感じている可能性もある。そのような様々な問題の発見、当事者の意見を吸収し、デバイスの形状やアプリケーションの内容に関して、さらなる機能向上に努めたい。

本提案では出力方法はスピーカーからのサウンドとなっており、演奏を再現するものであった。そこで音楽療法の観点から一度離れ、出力方法を切り替えていくことで、さらなる可能性も期待できる。ゲーム性を高め、映像や画像とリンクさせることで新しいエンターテインメントとしての提案することも可能性として考えられる。

最終的には様々な機能を取り入れ、健常者も障がいのある方も皆が一緒により楽しめるアプリケーションが開発できれば、望ましい。

参 考 文 献

- 1) 菅谷諭, 的場やすし, 喜納ロビン, 政志: “ユニバーサルデザインを考慮した靴型楽器 (オトクツ) の開発とその介護予防への応用”, ものづくり大学紀要 第 2 号 11~14(2011)
- 2) 内山俊朗, 鎌谷崇広, 京谷美穂, 鈴木彩乃, 鈴木健嗣: “社会的音楽インタラクションのためのインターフェース開発”, デザイン学研究作品集 (16), 30-33, (2011-03-30)
- 3) 上杉 繁, 宇野功 1, 3 輪敬之: “身体的つながり感を強めよう回転椅子コミュニケーションシステムの開発”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005 論文集 2, 909~914, (2005~2009)
- 4) 馬場哲晃, 富松潔: 人と触れ合う電子楽器インターフェースのデザインと制作デザイン学研究. 研究発表大会概要集, デザイン学研究. 研究発表大会概要集 (52) pp96-97 (2005-05-30)
- 5) 青柳秀夫: 音楽で生き生き--ミュージックテーブルの福祉施設への適用と効果, 人間生活工学 6(1), 18-21 (2005-01)
- 6) ICC オンラインアーカイブス, NTT InterCommunication Center
http://www.ntticc.or.jp/Archive/1999/+Works/conposition_j.html , 2011/12/14