複数人で身体を動かし音楽を奏でる場を形成する楽器の開発
—電子楽器 beacon 2 の開発—

1．背景

身体動作と音楽表現は強く結びついており、科学技術の発達と共に楽器も発達してきた。また、デジタル技術によって身体動作を様々なセンサーを用いて計測しソフトウェアを介して音響生成を行うタイプの楽器も登場するようになった。身体動作のセンシング方法については、演奏者の身体にセンサーを直接取り付けたり、デバイスを操作する「接触型」のものと、画像認識などを用いる「非接触型」に大きく分かれる。このうち、「接触型」については、操作できるデバイスの数を増やすことによって、複数人の演奏を可能とするものが登場しているが、一方「非接触型」で複数人の演奏を可能とするような楽器はまだ存在していなかった。

2．目的

本プロジェクトのクリエータの一人である鎌谷は、大学一年生の時に、当時筑波大学芸術学群デザイン専攻の京谷実穂氏の卒業制作作品である「beacon」に技術支援として参画した。beacon は複数人の身体動作を非接触でセンシングし、回転する光の弦に身体が交差することによって音響を生成するコミュニケーションツールであり、距離に応じて音高が変化する。この beacon を土台とし、楽器として足りない機能を開発することによって非接触で複数人の演奏を可能とする楽器を開発することができるのではないかと考えた。

本プロジェクトでは、beacon を継承した非接触型で複数人の演奏を可能とする楽器 **beacon 2** を開発することによって、ダンスチームやパフォーマンスアーティストをターゲットとして、身体動作と音楽表現を結びつける新しい芸術を提案し、また教育や運動療法などへの応用を目指していく。

3．開発の内容

本プロジェクトでは、楽器とは楽音が挙動を規定する、つまり、動きに応じて音楽が生まれるのではなく、求める音楽を明確にイメージしそれを得るために演奏者が動き、音を鳴らすものであるものと考えた。そして、演奏者は自身が得ようとする音楽のために練習を行わなければならないと考えた。楽器に必要な機能として次の二点が考えられる。

ⅰ．演奏再現性
ⅱ．求める音や音楽を得るために最適な動作をしなければならない

ⅰの演奏再現性とは、同じ動作をすれば同じ楽音が得られるということであり、そのためには、前提として身体動作を精密に測定し、そのデータと音響生成との連携を確実に行うこ

とと、人間に対して音階やタイミングなどの情報を確実に伝える必要がある。
　ii は、演奏するためには練習が必要であるということを述べている。beacon はコミュニケーションツールであり、実際の演奏を支援するような機能は備わっておらず、演奏を支援するためのソフトウェアが必要であると考えた。
　楽器の開発に関して、これらを達成するために、

1. 身体動作と音楽表現のより確実な連携　→　物体認識プロトコル，音響生成部
2. 演奏再現性の向上　→　ガイド機能の開発
3. 演奏を支援するソフトウェアの開発　→　統合制御ソフトウェア

を方針としてハードウェア及びソフトウェアの開発を行った。ハードウェアに関しては、楽器の筐体の開発及びガイド機能の開発を行い、ソフトウェアに関しては物体認識部の実装、音響生成、ハードウェアとの連携部の開発を行った。

　今回開発する楽器は、測域センサーと呼ばれるセンサーを用いて複数人の身体動作のセンシングを行った。測域センサーとは、ある平面において、センサーから障害物までの距離を測距することができるセンサーであり、これによって、障害物の形をほぼ正確に知ることが出来る。今回開発に用いたセンサー（北陽電機株式会社 URG-04LX）1 個に付き、最大距離 4m、240 度の扇状領域での障害物の測距を 0.1 秒毎に行うことができる。

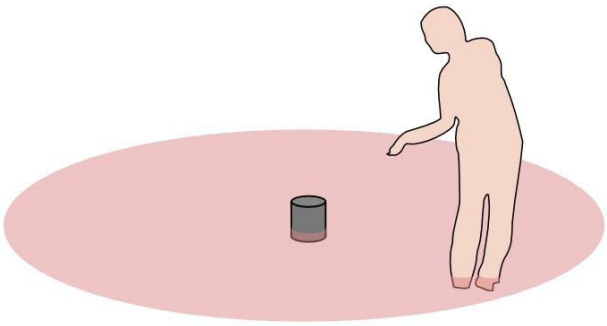

図 1: 測域センサーの測定範囲

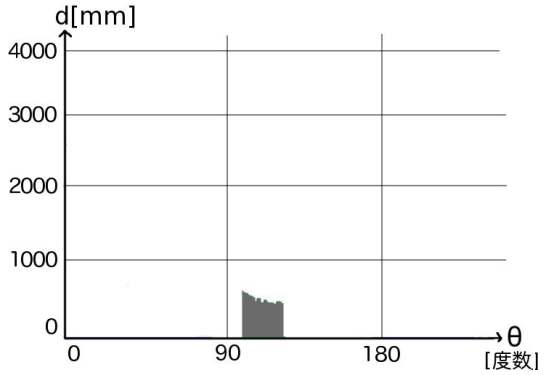

図 2: 取得したデータのグラフ

　本プロジェクトでは、beacon のシステムと同様に楽器本体下部に測域センサーを二つ設置することで、地面近くの水平面における障害物の測距を行った。これにより、演奏者の身体動作、特に足の動きについてデータを得られるようにした。
　また、beacon では今まで床面に光の弦と呼ばれるラインレーザーを投影していたが、音階とタイミングの情報は演奏者には提供されなかった。本プロジェクトでは、演奏再現性を向上させるために、音階とタイミングを指示するための新しい投影システムである、ガイド機能を構築した。

図 3: 測域センサーの位置

本プロジェクトでは、それぞれの物体ごとの特性を測距データから抽出し、その特性に基づく音響生成を行うよう開発を進めた。

また、演奏支援については実際に beacon で演奏を行おうとした場合、演奏者は自分の鳴らしたい音の位置を床面に粘着テープなどを用いてマークする必要があり、10 音程度のマークを床に張るだけでも、位置の調整などを含めて少なくとも2時間は掛かってしまっていた。今回は、画面上で演奏したい音楽の情報を入力し、ガイド機能と連携して演奏支援を行うソフトウェアの開発を行った。

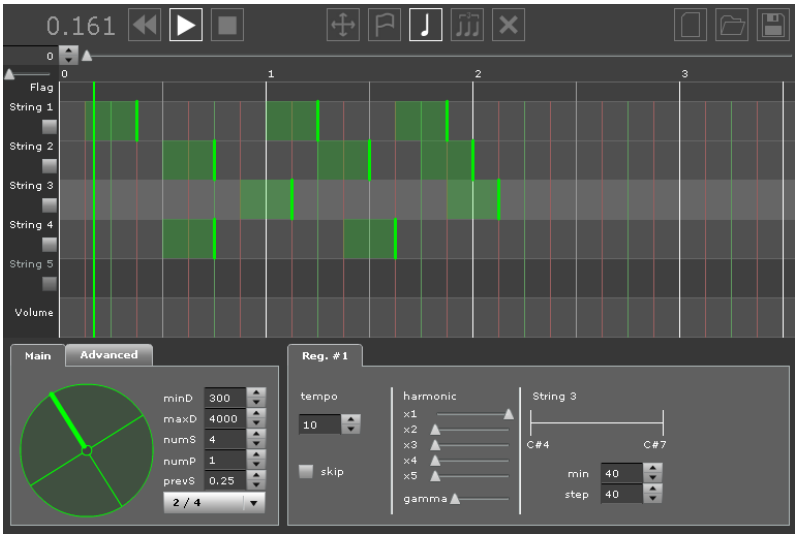

図 4: 演奏支援ソフトウェアの画面

4. 従来の技術（または機能）との相違

まず物体認識が大幅に向上した。センサー自体は以前の beacon も beacon 2 も同じものを使用しており 360 度全方位の中で 1024 ステップ距離データを取得することができる。しかし、以前の beacon ではそれを 60 ステップに圧縮して、個別の物体を認識することなく、それぞれのステップごとに音を割り当てていた。beacon 2 では一つの物体に一つの音を割り当てて、高精度の距離データのもと個別の物体の動きに注目しつつ物体認識情報を生成するようにした。今までの beacon では生成される音については音高やタイミングなどしか演奏者は自分で操作することができなかったが、物体の長さについては音の減衰周期、光の弦と交差する時間差は音の強弱と物体の性質を考慮しつつ音を生成するように開発したので、生成される音の性質はさらに豊かになった。

また、楽器として非常に大切な演奏再現性についても、演奏者に指示することができるようになった。ガイド機能の光の弦上に強い光のポイントを置くことによって実現する音階マップと演奏するタイミングを描画するリズム指示弦機能によって、演奏者に対し音階及びタイミングを演奏者に指示できるようになった。これらの今まで beacon では提供されなかった音階とタイミングの情報という楽器には必要不可欠な情報を演奏者に提供することにより、楽器としての完成度が向上した。また、既存曲の演奏支援ソフトウェアによって演奏者の演奏の難易度を下げることができるようになった。

５．期待される効果

beacon 2 は非接触で複数人が身体を動かして演奏するまったく新しい楽器であり、ダンスチームやパフォーマンスアーティストとコラボレーションし、身体動作と音楽表現を結びつける新しい芸術を提案していくことが期待できる。また教育や運動療法などへの応用なども目指している。

６．普及（または活用）の見通し

beacon 2 を用いた演奏の練習を行い、公の場で実演を行っていき宣伝していきたいと考えている。単なるインスタレーションや前衛音楽を超えて楽器として確立していくためには、実際に演奏していくことが最も重要であると考えている。

beacon 2 の宣伝としては、現在は、Web サイトに情報、演奏風景などを公開していく方法の他に、大学祭などでパフォーマンスを行うといったようなことも予定している。ダンスグループやパフォーマンスアーティストの方達ともコラボレーションを進め、さらにメディアアートに関する様々なコンクールにも出品していくことを予定している。

beacon 2 はまったく新しい楽器であり、楽器の特性や、実際の演奏方法などの知識はこれから試行錯誤を重ねて得ていこうと考えている。これらの情報については、学会などで発表を行い、成果を広めていく方針である。

７．開発者名（所属）

鎌谷 崇広（筑波大学情報学群情報メディア創成学類）
貝田 龍太（東京大学教養学部前期過程（理科一類））