



## 2008 年度下期未踏 IT 人材発掘・育成事業 採択案件評価書

### 1. 担当PM

筧 捷彦 PM(早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科 教授)

### 2. 採択者氏名

チーフクリエイター: 鎌谷 崇広(筑波大学 情報学群情報メディア創成学類)

コクリエイター: 貝田 龍太(東京大学 教養学部前期過程(理科一類))

### 3. プロジェクト管理組織

リトルスタジオインク株式会社

### 4. 委託金支払額

2,627,039 円

### 5. テーマ名

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

### 6. 関連Webサイト

なし

### 7. テーマ概要

本提案では、身体動作と音楽表現を従来とは全く異なる手法で結びつける新しいデジタル楽器の開発及び既存曲演奏支援技術の開発を行う。

このデジタル楽器は、従来のような身体測定のためのセンサーを身体に装着することなく、レーザーレンジファインダーと呼ばれるセンサーを用いて身体動作、特に足の

動きを高精度でセンシングし、音響を生成する。演奏者は今までのインターフェースでは成し得なかった半径4mものの非常に広大な操作範囲の中で、自由に身体を動かして複数人で演奏することができる。

また、楽器としての表現力を高めるためにレジストレーションを搭載し、ユーザーが入力した曲情報に基づいて、楽器の音色や設定を時系列に沿って変更できるようにする。レジストレーション機能は、今回開発するデジタル楽器とはまた違う、別のパソコン上からのソフトウェアによって、設定できるようにする。

そして、このような広大な操作範囲の中で、演奏者に対してどの位置に身体を移動すれば良いのか適切に位置を指示する必要がある。そこで、レジストレーション機能と同期して位置を指示するガイド機能を搭載する。

最終的に、演奏集団を構成し、実際にパフォーマンスを行い、身体動作と音楽表現を結びつけた新しい芸術表現を提示する。

## 8. 採択理由

幼なじみの二人組。一人はITの新展開に興味をもち、他方は音楽にハマっている。なかなか興味引く組合せの二人組による提案である。

複数人で飛んだり跳ねたりうまく協調動作を行なうことで音楽演奏ができるデバイス Beacon を試作している。簡単なデモをやってくれたが、新しいグループ活動を創成する新楽器の誕生を予感させるものであった。

提案のプロジェクトは、Beacon での経験をもとに、演奏者(演技者?)に対するガイド機能と、よりの確な演奏者動作のセンシングを持たせた装置に仕上げることと、ガイド等を設定するためのシステムを組み込むことを目標としている。

この新装置の価値を示すために、演奏団を組織して2ヶ月以上の練習も行なって成果発表に望むという。もちろん、その練習に合わせて新装置・新システムの評価・改善を行っていく。出来上がる「新楽器」とその「演奏」の面白さは、今から楽しみである。加えて、開発するソフトウェアには相当の工夫が求められる。この二人組なら、それを乗り越えてくれるものと期待している

## 9. 開発目標

このプロジェクトの目標は、非接触型で複数人の演奏を可能とする楽器を開発するとともに、その楽器の演奏支援を行うシステムを構築することある。同種の楽器として試作された beacon を継承しながらも、楽器として必要最低限の機能をすべて収めたものとする。

このプロジェクトにおいて、楽器とは、楽音が挙動を規定するもの、つまり、単に動き

に応じて音が生まれるという装置ではなく、演奏者が求める音楽を明確にイメージしそれを得るために動くことで音を鳴らす装置であると規定する。当然のことながら、演奏者は、自身が得ようとする音楽のために楽器に対して練習を行わなければならないとする。

この規定の下で、楽器に必要となる機能は、つぎの2点である。

- i. 演奏が再現可能であること
- ii. 演奏者には最適な動作が求められること

i は、同じ動作をすれば同じ楽音が得られることの保証である。そのために、楽器は、演奏者の身体動作を精密に測定し、そのデータに即応した音響生成を確実に行う必要がある、演奏者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、演奏には練習が必要であることを意味する。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いなかった。このプロジェクトでは、演奏を支援する機能も提供する。

これらの機能を実現するために、つぎの通りの要素を開発する。

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| 1. 身体動作と楽音生成の連携 | → 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           |
| 3. 演奏の支援        | → 統合制御ソフトウェア      |

物体センシング及び演奏ガイドを行うハードウェアを一つに筐体に収め、物体認識、音響生成、およびハードウェア制御を、ソフトウェアとして開発する。また、既存曲演奏を支援するためのソフトウェアとして、統合制御システムを開発する。

## 10. 進捗概要

クリエイターは、鎌谷君が主としてハードウェア、貝田君が主としてソフトウェアを分担した。2月には、ともに試験期間にあたり、それぞれが担当分について準備を進めた。その中で、ガイド機能は、その実現に相当時間がかかるとの予想がついたので、開発期間全部を当て、他の要素の開発と並行して行うこととした。このため、ソフトウェアで仮想ハードウェアを作成し、ハードウェアの完成を待たなくてもパソコンで演奏ができるようにした。3月になっても、ガイド機能を果たすハードウェアがどのように実現できるかについての模索が続き、確定的な案が作れなかった。4月に入り、音響生成部および物体認識プロトコルの仕様を確定し、物体認識・音響生成に関するソフトウェアお

よび仮想ハードウェアを完成することができた。ガイド機能作成に用いるレーザースキャナーおよび物体認識に用いる測域センサー(レーザーレンジファインダー)の選定し発注を行った。5 月には、レーザースキャナーの制御および測域センサーと音響生成の連携部分の開発を進めた。ただ、6 月に予定した実証実験を行うのに間に合わせるのが精一杯であった。とくに、ガイド機能については、描画する像のポイントを増やすとレーザースキャナーの制御を行うパソコンの負担が過重になり楽器の動作が細切れになるという問題が残った。結局、6 月の中間発表の時点で、ガイド機能のレーザー描画が明るい場所で見えるだけの性能が出ず、参加者からのヒントも得て、描画する線・点の個数を大幅に減らすことで対応をとることになった。

こうした進捗の下で、楽器本体の開発はほぼ完了したが、物体認識などで遅延が発生して楽器としての目標性能に達していないほか、ガイド機能についても光学系の精度の問題などでの確かな指示が出来ていない状況にある。統合制御ソフトウェアについては、データの保存機能など、若干実装できていない箇所があるものの、ほぼ完了している。

## 11. 成果

期間内には、開発目標とした beacon2 という楽器の完成した姿を仕上げるところまでは至らなかった。しかし、その要素それぞれについては、多くのものが完成している。

### (1) 仮想ハードウェア - VirtualHardware、VirtualSound

VirtualHardware は、パソコン上で楽器の動作をシミュレートし、鎌谷、貝田両クリエイターが円滑に開発を進めていけるよう開発したツールである。Flex を用いて開発した。このツールを実行すると、図1のような画面が表示される。中心にある円は、楽器を表し、その周りを光の弦が回転している。ユーザは、この仮想的な楽器の周りに自由な位置で仮想的に物体を置くことができる。物体の上を光の弦が交差することによって、物体認識情報<sup>\*1</sup> が生成される。この物体認識情報を音響生成部に送ることで、音響が生成されるようになっている。ガイド機能及びその連携部をパソコン上でテストすることができるように、仮想ハードウェアにガイド描画の命令を送るプログラム(VirtualSound)も開発した。

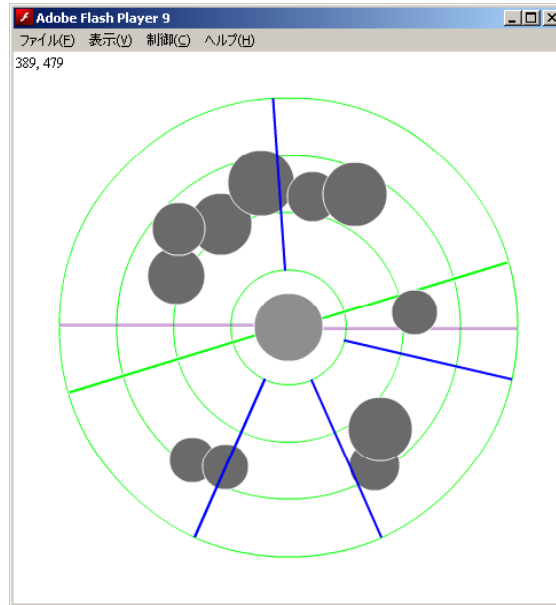


図 1 仮想ハードウェアの画面表示

\*1 コンピュータ、電子楽器などのデバイス同士の通信をネットワーク上でリアルタイムで行うためのプロトコルである OSC (OpenSound Control) を用いている。  
<http://archive.cnmat.berkeley.edu/OpenSoundControl/>

## (2) 物体認識部

物体認識部では、測域センサーからのデータを処理し、物体の動きの追跡を行い、物体の動きと楽器の光の弦の位置から物体認識情報を生成する。には、測域センサーにて測距している水平面状に物体が存在しているかどうかを監視し、水平面上に物体が現れたときには「物体が生成された」というメッセージを、水平面上に存在した物体が消滅したときには「物体が消滅した」というメッセージを、物体上を光の弦が通過したときには「物体に光の弦が通過した」というメッセージを出力させている。プログラムは、Max<sup>\*2</sup>を使い、いくつかのオブジェクトを追加して実現している。

\*2 Max は音楽、映像などのあらゆるマルチメディアをインタラクティブに扱うことができるグラフィカルな統合開発環境である。1980 年代後半に Miller Smith Puckette によってオリジナルが開発され、以降今日に至るまで作曲家、芸術家、研究者等あらゆる分野の人々に用いられている。

### (3) 音響生成部

物体認識プロトコルを受け取って音響を生成する。オルガンのような音色を減衰振動させるアイデアを採用し、つぎの方針で音響生成を行っている。

- ・ 一つの物体に一つの音をあてる
- ・ 動作に応じて、音の性質を変化させる
- ・ 減衰振動とする

そして、タイミング良く弦を踏めば音の強さが大きくなり、物体が長いと音の周期が長くなり、光の弦が物体と交差している間に、物体と楽器との距離が変化した場合にはピッチベンドが生じ、光の弦が物体と交差している間に物体が消滅した場合にはミュートするように設計してある。

プログラムは、PureDate<sup>\*3</sup>を用いて開発した。

<sup>\*3</sup> Max を開発した Miller Smith Puckette が主に開発したグラフィカルな統合開発環境である。PureData は Max と似ており、ある程度の相互運用も可能である。PureData はオープンソースにて無償で提供され、今日では様々な開発者が開発に参加している。

<http://www-crca.ucsd.edu/~msp/software.html>

### (4) ガイド機能

演奏再現性を保証するため、ガイド機能を開発した。この楽器の演奏が難しい最大の原因は、極座標上で自分の位置を把握することの難しさにある。そこで、音階を表す同心円とさらにリズムを指示する弦を表示するようにした。

音階を表す同心円は、新しい楽器の音階について、同心円と同心円の間の領域がドであるといったようなことを演奏者に対して示す。リズム指示弦は、楽器の周りで回転する光の弦とは別に固定された光の弦であり、演奏者が回転する光の弦が通過する前にリズム指示弦の上で待つことによって、演奏者が指示するタイミングで音が生成されることになる。

具体的には、緑色半導体レーザーをガルバノメーターと呼ばれる高速で回転する鏡によって x、y 軸に対してスキャンし(図 2)、二次元の像を投影しそれを半球ミラーで反射して床面に投影する(図 3)という方法を用いている。

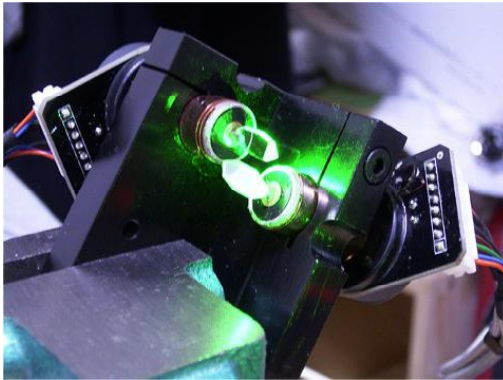


図 2 ガルバノメーター



図 3 床面への投影

しかし、レーザーによって床面に正確な位置を指し示すのは極めて困難であった。少しでも半球ミラーとスキャンされた像に歪みがあれば同心円が同心円でなくなってしまう。また、スキャンする際のレーザーのポイントの数が多くなり床面に投影された像が暗くなってしまい、部屋を真っ暗にしなければガイドが見えない状態であった。また、スキャンするガルバノメータにデータを送るデバイスを USB によって制御していたが、制御速度は 4000 ポイント/分ほどであり、デバイスの速度によって像のスキャンの速度が下がってしまっていた。そこで、設計時に考案した同心円状マップ(図 4)ではなく、光の弦上に強い光量を持たせたポイントを一定の間隔で投影すること(図 5)で代替している。

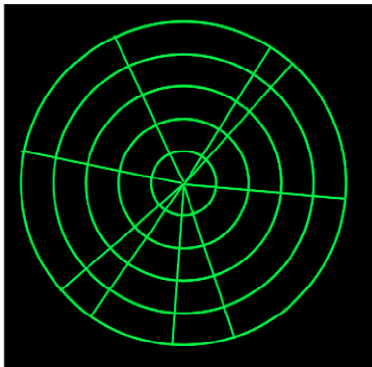


図 4 同心円状マップ(設計時)

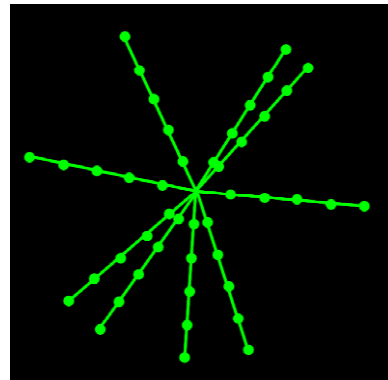


図 5 点マップ(代替表示)

#### (5) 統合制御ソフトウェア - ControlCenter

既存曲演奏支援を行う。時系列に沿ってそれぞれの光の弦に対するリズム指示弦を直線的なシーケンサー上に表示する(図 6)ことで、音色変化やガイド設置などをし易くする工夫が施されている。統合制御ソフトウェアは、OSC<sup>\*1</sup> を用いて楽器本体と通信し、リズム指示弦の表示などをリアルタイムに楽器本体に命令する。

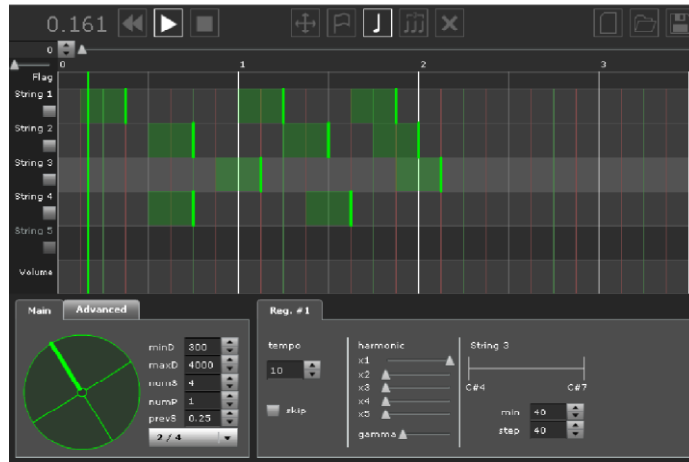
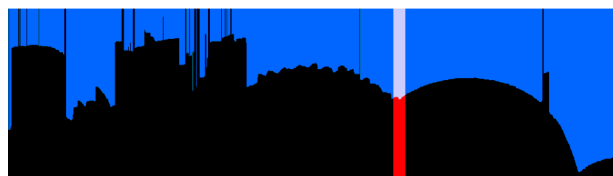


図 6 統合制御ソフトウェアの画面表示

これらの要素を組み合わせた beacon2 では、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、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。先例である beacon が 360 度全方位を 60 ステップに圧縮し物体を認識することなくそれぞれのステップに音を割り当てるだけであったのに比べると、再現性の高い楽器となった。



Beacon (60ステップ)



Beacon2 (1024ステップ)

図 7 Beacon と Beacon2



## 12. プロジェクト評価

このプロジェクトが目標とした“新しい楽器”が期間中に仕上がらなかったことは、なんといっても残念である。それだけハードウェア開発が難しいプロジェクトであったというべきであろうか。物理的な実現に関しての難しさから、実際に使える“もの”そのものを仕上げることはできなかったが、そこに必要となる要素機能に関しては、ほとんどの問題を解決し実装できているだけに惜しまれる。

クリエイターも、プロジェクトの早くの段階でハードウェア開発の難しさと開発期間の不足に気がついて、対抗策を講じている。仮想ハードウェアをソフトウェアで作成し、ハードウェアの仕上がりをまたずともそれぞれの要素機能の試験ができるようにしたのである。これがなくては、このプロジェクト期間での成果がほとんど何も生まれなかったに違いない。

Beacon2 という新しい楽器のめどはついた。あとは物理的に仕上げることであり、それを使って実際に演奏を行うことである。開発目標にもあるとおり、まさにこの楽器は“練習”しなければ使えない。となれば、練習できる状態にもっていき、練習してみても不具合を直していく作業をしてはじめて楽器として完成するものである。その日が早く来ることを期待したい。

## 13. 今後の課題

なによりも、ガイド機能に関してそのハードウェアを一度見直して、よりの確な位置及びタイミングの指示が出来るように改善していく。現在採用している投影方法である光学的な精度の低い半球ミラーを用いた方法にこだわることなく、より精度の高い明るい映像を床面に投影するシステムを作り上げることが必要である。クリエイターは、すでにいくつかのアイデアをもっているようであるので、早期に実現するように努力してほしい。

その上で、演奏の練習を重ねて公の場で実演してみせることが大切である。その過程で、さらに Beacon2 を改良していく項目がいくつも見つかるに違いない。それら一つずつ克服して複数人で演奏する新しい楽器とその楽器ならではの新しい音楽を生み出して欲しい。