

## マルチタッチインタフェースを使用した メディアパフォーマンスシステム “MoPH”

平野砂峰旅<sup>1)</sup> (正会員) 池淵 隆<sup>2)</sup> 片寄晴弘<sup>2)</sup> (正会員)

1) 京都精華大学 芸術学部 2) 関西学院大学 理工学部

### MoPH: A Media Performance system with multi-touch interface

Saburo Hirano<sup>1)</sup>( Member) Takashi Ikebuchi Haruhiro Katayose<sup>2)</sup>(Member)

1) Faculty of Art, Kyoto Seika University

2) School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

hirano@Kyoto-seika.ac.jp

#### アブストラクト

本論文では、グラフィックとサウンドを同時に演奏するメディアパフォーマンスシステム MoPH を提案する。MoPH は、物理シミュレーションによるグラフィックの動きとその衝突による発音を起点としたシステムで、iPad などのマルチタッチインタフェースを用いて演奏を行う。MoPH のデザインコンセプトとシステム（ソフトウェア、ユーザインタフェース）について述べる。そして、システムのユーザ体験やデモ演奏から得られた知見より、システムの有効性や今後の課題について考察する。

#### Abstract

This paper introduces a multi-media performance system called “MoPH” that allows the user to enjoy playing graphics and sounds using an iPad. The computer graphics and sounds are generated based on the movement of “objects” that are subject to physical laws. Users of the MoPH define and interact with the object using the multi-touch functions of an iPad. We describe design concept and system of the MoPH. Through demonstrations and experiments of users, we consider effectiveness of the MoPH and its challenges of the future.

## 1. はじめに

コンピュータ音楽の分野では、1980年代以降、コンピュータを楽器として利用することで新たな表現の模索が行われてきた。1990年代後半以降、マシンパワーの向上に伴い、映像を音楽のように演奏することが技術的に可能となり、映像と音楽を同時に演奏するという表現手法（メディアパフォーマンス）を取り得るようになった。演奏者の行為によって、音楽と映像が変容するような表現は、メディアパフォーマンスの醍醐味であり、その成立要件とも言える。

2000年以降、さらなるマシンパワーの向上と、専用のソフトウェア、ハードウェアの充実に伴い、パフォーマンスによって音と映像を変容させるメディアパフォーマンス作品が制作・上演される機会が増えていった。メディアパフォーマンスの制作における技術上の課題の一つにジェスチャセンシングの構成がある。そのことがハードルとなり、2000年頃までは実験的な作品として制作されることが多かった。ここ数年間でジェスチャセンサやマルチタッチインタフェースが家庭用ゲーム機や携帯電話に組み込まれるようになり、これらの機能を用いることで、一般ユーザにも手の届く表現手段としての普及が進みつつある。

メディアパフォーマンスは新しい芸術表現の可能性を広げるものである。しかし、新しい表現であるが故、ユーザもしくは観客がパフォーマンス行為と音や映像との関係性を直感的に見いだせず、作品の魅力が半減してしまうという状況が少なからず起こっている。コンピュータを利用したメディアパフォーマンスにおいて、演奏者によって生成された音や映像と、ソフトウェアによって自動的に生成される音や映像との区別がつきにくい表現が見受けられる。こうした状況において、パフォーマンスによる音と映像の変容の関係性の提示にかかるデザインが、メディアパフォーマンスの表現上の重要な課題の一つとして位置づけられる。こうした課題を解決する手法の一つとして、物理シミュレーション（モデリング）がある。物理シミュレーションは、物理法則に基づいた物体の動きを生成する技術で、コンテンツ制作の分野では、映画のコンピュータグラフィックス（CG）、コンピュータゲームのプログラムに利用されてきて、1990年代後半以降、メディアパフォーマンスにも利用されるようになってきた。

以上のような背景から、本稿では、物理シミュレーションによる発音を起点とし、iPadやMagic Trackpadなどのマルチタッチインタフェースを用いて電子音響音楽の演奏を行うメディアパフォーマンスシステム MoPH（Multi-touch Oriented Physical simulation）を提案し、その使用状況について報告するとともに、その表現の可能性と問題点について考察する。以下、2章では、関連研究、関連作品について述べ、3章ではMoPHのデザインコンセプトを述べる。4章ではシステムについて、5章では、ソフトウェアの操作仕様および操作とサウンドの関係について述べ、6章ではMoPHの使用事例に基づいた考察を行い、7章でまとめを述べる。

## 2. 関連研究

この章では、本システムの主たる構成要素である物理シミュレーションとマルチタッチインタフェースが芸術表現にどのように利用されているかという観点から、関連研究について述べる。

物理シミュレーションを芸術表現に利用した取り組みとしては、コンピュータグラフィックス（CG）が第一に挙げられる。これまでに、物理シミュレーションを用いたCGアプリケーションによって、多くのCGアニメーションが制作されてきた。物理シミュレーションによるCGアニメーションは、完成されたグラフィックスの動きを鑑賞する楽しみだけではなく、物理法則に基づくシミュレーションの「場」をデザインし、操作することによるインタラクティブな楽しみを加えることができる。この点に着目したゲームコンテンツや、メディアアートのためのアプリケーションが開発されている。たとえば、Crayon Physics[1]は、ユーザが物理シミュレーションの場を操作することによって、ゲームを進行させるソフトウェアであり、本研究発想のきっかけとなった。

パフォーマンスでの使用を想定した物理シミュレーションを用いたアプリケーションとして、古川らのsmall fish[2]と徳井らのBiosphere of Sounds[3]が挙げられる。これらはあらかじめ用意された図形のオブジェクトをパフォーマンス（演奏者）が操作し、オブジェクト間の衝突あるいは、位置、速度といった情報を、音の生成や音色のパラメータに適用して演奏するアプローチを採用している。このようなアプローチは、シンプルな操作によって、複雑な音の表現を生み出す可能性を有し、通常のデスクトップアプリケーションとしての利用だけでなく、多くのメディアパフォーマンスにも用いられてきた。

コンピュータを使用したメディアパフォーマンスにおけるコントローラとしては、マウス、コンピュータキーボードなど汎用のコンピュータペリフェラルが使われることが多かった。しかし、これらのコントローラでは、複数の動くオブジェクトを同時に操作することは困難であり、メディアパフォーマンスを実施する際の制約となっていた。

そのような中、HanらによってMulti-Touch Sensing Display[4]が提示され、後に多数の音楽用マルチタッチシステムが開発されるきっかけとなった。その後、Apple社からiPhone、iPod touchそしてiPadが発売され、マルチタッチインタフェースが一般にも普及することになった。

マルチタッチインタフェースを利用した音楽演奏アプリケーションとしては、smule社のiPhone、iPad用のOcarina[5]やMagic Fiddle[6]が有名である。それぞれ、オカリナやバイオリンの楽器演奏のシミュレーションソフトウェアであり、バイオリンのピブラート奏法など複数の指を用いた楽器の演奏表現もマルチタッチインタフェースを用いて巧みにシミュレーションされている。いずれも音楽演奏に特化したアプリケーションで、物理シミュレーションによるCGの機能は実装されていない。

物理シミュレーションを利用したサウンドアプリケーションとしては Gravity Pianist[7]や Develoe社のSoundrop[8]があげら

れる。いずれも、オブジェクトの衝突によって音を奏でるものであるが、複数のオブジェクトを同時に操作するなどのマルチタッチインタフェースを活用した機能は実装されていない。一方、物理シミュレーションは利用していないが、マルチタッチインタフェースを活用したiPad用のメディアパフォーマンスソフトウェアとして、電子音響音楽を指向したReactable Mobile[9]があげられる。

### 3. デザインコンセプト

本研究で提案するMoPHでは、演奏者がマルチタッチインタフェースを用いて、物理シミュレーションによって動作するCGで表示されたオブジェクト（以下グラフィックオブジェクトと略記）を操作し、そのグラフィックオブジェクトの衝突などの際に発音がなされる。MoPHを用いたパフォーマンスでは、グラフィックオブジェクトの動作と発音状況が同時に観客に提示される形態を想定する。

グラフィックオブジェクトの動作が演奏者の操作、発音の情報を反映することから、MoPHによるパフォーマンスでは、パフォーマンス冒頭で演奏者の役割、発音の仕組みを観客が理解することが期待される。その前提に立って、一旦出来上がった関係性をあえて崩すことによって、メディアパフォーマンス特有の面白み「期待と裏切り」の演出も可能となる。

物理シミュレーションを用いたパフォーマンスとしてはsmall fishを用いた古川らによる演奏等、他にも多くの事例があるが、マウス利用という制約があった。これに対し、MoPHでは、マルチタッチインタフェースを利用することにより、複数パラメータの同時操作や、複数のグラフィックオブジェクトを操作して衝突させるといった演出の実施を見込む。

以上の演出上の考慮点を踏まえたMoPHの機能上の設計要件を以下に整理する。

#### (1)グラフィックオブジェクトの操作

従来のマルチタッチインタフェースに見られる操作の多くは、複数の指によるジェスチャ認識を利用している。一方、MoPHの場合は、複数のグラフィックオブジェクトを同時に操作するため、ジェスチャ認識を用いるのではなく複数の指を独立に用いて操作できることが求められる。パフォーマンスを目的としたMoPHにおいて、複数の指を用いた直感的でわかりやすい操作仕様を、デザイン上のポイントとする。

#### (2)多点・連続量制御による演奏表現

ピアノ、ギターといった自然楽器では、複数の指を用い、それぞれの指の速度、押さえる位置、力の連続的变化といった多点・連続量制御を用いた演奏表現が可能である。自然楽器をシミュレーションしたOcarina[5]やMagic Fiddle[6]の演奏法と異なり、電子音響音楽の演奏を指向するMoPHにおいては、独自の多点・連続量制御による演奏方法を、デザイン上の重要課題とする。

#### (3)パフォーマンスの可視化

章の冒頭でも議論したように、音と映像そしてパフォーマンスとの関係性が聴衆に理解されなければ、パフォーマンスその

ものの意義が希薄になる。マルチタッチによる操作の様子、音と映像の関係、そして演奏によって生成される音や映像と物理シミュレーションソフトウェアによって生成される音や映像の違いが認識できるようにパフォーマンスの可視化を行うことを、デザイン上のテーマの一つとして設定する。

## 4. システム

MoPHは、PC上で実行される物理シミュレーションを、iPadやMagic Trackpadなどのマルチタッチインタフェースで演奏する、メディアパフォーマンスシステムである。ここでは、はじめにシステムのハードウェア構成を述べ、次にソフトウェア構成を述べる。

### 4.1 ハードウェア構成

MoPHでは、一般に普及しているiPadのマルチタッチインタフェースと加速度センサが、演奏用のコントローラとして使用される。MoPHによる演奏は、ユーザが、iPadのマルチタッチインタフェースでグラフィックオブジェクトを操作し、加速度センサで重力等の物理シミュレーションに関するパラメータを操作することで実施される。iPadを用いる他に、MacBook proに搭載されているマルチタッチトラックパッドやコンピュータペリフェラルのMagic Trackpadも、MoPHのマルチタッチインタフェースとして使用することができる。入力デバイスがiPadの場合は、タッチした位置と加速度センサの情報を、無線LANでコンピュータに送信し、Magic Trackpadの場合は、タッチした位置情報をBluetoothで送信する。コンピュータは、この操作情報により、グラフィックオブジェクトを生成し、プロジェクタを用いて観客に提示する。生成されたグラフィックオブジェクトの衝突、あるいは、グラフィックオブジェクトのマルチタッチインタフェースによる操作で、MIDIメッセージが生成される。MIDIメッセージは、ソフトウェアシンセサイザを用いて実音化された後、パワードスピーカから出力される。図1にMoPHによる演奏の様子を示す。



図1. MoPHの演奏場面

## 4.2 ソフトウェア構成

MoPHのソフトウェアは、5種類のサブセットOSCemote[10], MoPHdraw, Oscar[11], PhysicsMIDIそしてReason[12]から構成されている。これらの中の、MoPHdrawおよびPhysicsMIDIが、筆者らが実装したソフトウェアである。OSCemoteは、iPad上で動作し、iPadの操作情報をOSC[13]およびTUIO[14]プロトコルでWiFiを用いてPCに送信する。Oscarは、iPadからの操作情報をxmlSocketに変換し、MoPHdrawに送るゲートウェイソフトウェアである。

MoPHdrawは、ActionScript3.0で実装されたAIRアプリケーションで、Box2D物理シミュレーションライブラリ[15]を用いて操作情報に応じた物理シミュレーションを行い、その結果をグラフィックで表示するとともに、グラフィックオブジェクトの操作情報及び衝突情報を、OSCプロトコルを用いてPhysicsMIDIに送信する。

PhysicsMIDIはMAX/MSPで実装されていて、グラフィックオブジェクトの操作情報や衝突情報から発音情報を生成し、Reasonに内蔵されたソフトウェアシンセサイザにMIDIデータとして送信する。また、PhysicsMIDIは、Michael & Max EggerによるMAX/MSPの外部オブジェクトFinger pinger[16]で取得したMagic Trackpadの操作情報を、MoPHdrawに送信する。上述した、システム構成とデータの流れを図2のシステムブロックダイアグラムに示す。

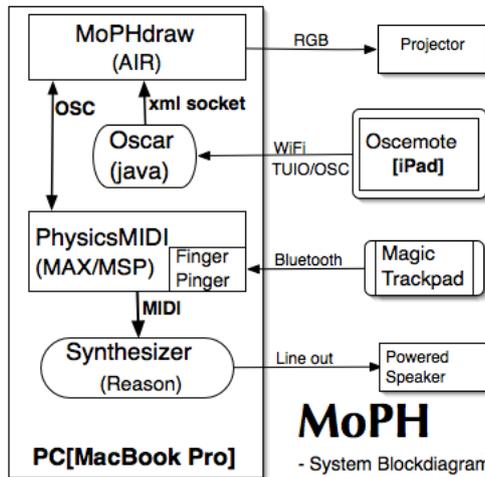


図2. MoPHのシステムブロックダイアグラム

## 5. ソフトウェア

本章では、MoPHのソフトウェアの中で、3章のデザインコンセプトに関連した以下の2つの事項について詳しく述べる。はじめに、デザインコンセプト(1)のグラフィックオブジェクトの操作、(2)の多点・連続量制御に関連して、複数の指を用いた操作仕様について述べる。次に、(2)の演奏表現と(3)のパフォーマンスの可視化に関連して、グラフィックオブジェクトとサウンドの関係について述べる。

## 5.1 操作仕様

MoPHでは、演奏者がiPad（あるいはMagic Trackpad）を操作し、その操作情報がPCに送られ、PCからサウンドとグラフィックスが観客に提示される。iPadの操作情報として、マルチタッチスクリーンの、最大11点のタッチポイントと3軸の加速度センサの値が、コンピュータに送信される。マルチタッチスクリーンの操作の様子は、コンピュータスクリーンに表示される。タッチしている指を示す複数のカーソルで提示される。演奏者は、この複数のカーソルを使用してグラフィックオブジェクトを生成し、操作することによって演奏する。

MoPHで使用する物理シミュレーションは、2次元の剛体力学モデルで、グラフィックオブジェクトは、質量、摩擦係数、反発係数を持つ剛体として生成される。グラフィックオブジェクトはカーソルで操作されるときに与えられる力と後述のモータオブジェクトで与えられる力、iPadの加速度センサで制御される重力によって運動する。（加速度センサを用いていない場合は無重力となる。）

以下、操作情報によってグラフィックオブジェクトを生成、表示し、物理シミュレーションを実行する、MoPHdrawの機能と操作方法について説明する。

MoPHdrawは、Generation modeとPerformance modeの2つのモードを持つ。Generation modeは、グラフィックオブジェクトを生成するモードで、Performance modeは、生成されたグラフィックオブジェクトを操作して演奏するモードである。2つのモードは、タッチスクリーンの上端にカーソルを移動させることで切り替えられる。Generation modeでは、コンピュータ画面の左端に10種類の機能がアイコンとして表示されている。これらの機能は、カーソルをアイコンに重ねることによって選択され、カーソルの形や色が、選択したアイコンに応じて変化する。Generation modeの表示画面を図3に示す。

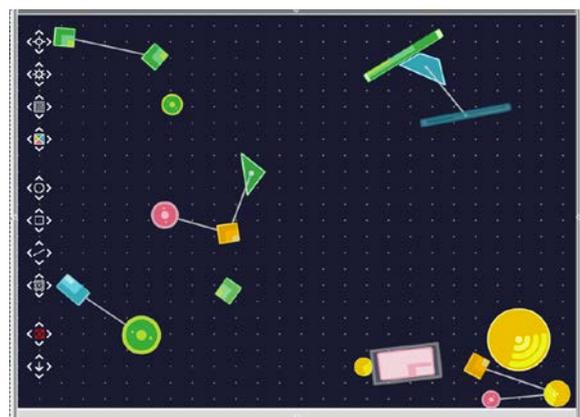


図3. MoPHのGeneration modeの表示画面

Generation modeのグラフィックオブジェクト作成に関する機能は、次の通りである。

- (1)グラフィックオブジェクトの生成
- (2)グラフィックオブジェクトのパネによる接続
- (3)グラフィックオブジェクトが回転するように動力を与え

## るモータ機能の設定

以下、それぞれの操作方法について述べる。

### (1)グラフィックオブジェクトの生成

円形と多角形（三角形，四角形）のいずれのグラフィックオブジェクトを作成するかを，メニューから選択する。グラフィックオブジェクトは2本以上の指（カーソル）を使用して描かれ，円形を選択した場合は，2本の指で指定した2点を結ぶ線を直径とする円が生成される。多角形を選択した場合，指の位置が多角形の頂点を表し，3本の指のときは三角形，4本の指のときは四角形が生成される。また，2本の指の場合は，2点を結ぶ線を対角線とする長方形が生成される。1本の指の場合は，描かれたグラフィックオブジェクトを移動することができる。作成途中のグラフィックオブジェクトは，緑色の線で表示され，全ての指がタッチスクリーンから離れたときに，グラフィックの内部にも色が塗られた図形に変わるとともに，物理シミュレーション空間内に生成され，物理法則に従って動きはじめる。また，メニューからセンサモードを選択し，生成されたグラフィックオブジェクトは，他のグラフィックオブジェクトとの衝突を感知し，発音データを送信するだけで運動せずに，シミュレーション空間内に固定されている。

### (2)バネによる接続

バネのメニューを選択した後，バネで接続したい2個のグラフィックオブジェクトを2本の指で選択する。2本の指を同時にタッチスクリーンから離すことで，選択されたグラフィックオブジェクト同士が，バネのオブジェクトで接続される。

### (3)モータ機能の設定

2つのグラフィックオブジェクトを2本の指で選択する。初めに選択したグラフィックオブジェクトがモータ機能を持ち，次に選択したグラフィックオブジェクトがモータと接続され初めに選択したグラフィックオブジェクトを中心に回転する。

Performance modeは，複数の指を用いて，複数のグラフィックオブジェクトを自由に移動させることによって演奏するモードで，グラフィックオブジェクトを作成することはできないが，複数のグラフィックオブジェクトを同時に操作できる。カーソルが，グラフィックオブジェクトに重なると，グラフィックオブジェクトは，バネのオブジェクトでカーソルに接続され，カーソルに追従して移動する。カーソルにグラフィックオブジェクトが接続されている間は，発音するように設計し，複数の音を同時に発音させることができるようにした。さらに，一つのグラフィックオブジェクトを，複数の指によって操作することも可能である。例えば，長方形のグラフィックオブジェクトの両端を2つのカーソルに接続し，それらのカーソルを逆方向に動かすことで，回転運動を与えることができる。また，iPadの3軸加速度センサの値によって，MoPHdrawの物理シミュレーションの重力と，その方向を操作できる。これにより，iPadを傾けることで，グラフィックオブジェクト全てが，同時に移動する効果を得られる。

## 5.2 サウンドマッピング

この節では，ユーザの操作やグラフィックオブジェクトに対

して，音の高さ，大きさ，発音位置，音色等のサウンドのパラメータを，どのように関連づけているかについて説明する。

ユーザの操作によって生じる，グラフィックオブジェクトの動き，衝突時の位置，形（円形，三角形，四角形），面積，衝突速度に関するデータは，MoPHdrawプログラムによって検出された後，PhysicsMIDIプログラムによってMIDIメッセージに変換され，Reasonのソフトウェアシンセサイザに送られる。グラフィックオブジェクトの衝突位置のY座標は，スクリーンの上方で衝突する程高い音を発音するように，MIDIのnote onメッセージ（MIDIキーボードを打鍵したときに送信されるメッセージ）のnote number（音程情報）に割り当てられ，X座標は，左右の発音位置が音でもわかるように，control changeメッセージ（MIDIコントローラのスライダやノブの情報を送信するのに使用されるメッセージ）のpanコントローラ（発音位置を制御するコントローラ）に割り当てられている。また，衝突時の速度はnote onメッセージのvelocity（打鍵速度）に，グラフィックオブジェクトの面積は，note numberとvelocityの両方に関連づけられていて，グラフィックオブジェクトが衝突したY座標が同じ場合は，グラフィックオブジェクトの面積が大きいほど，note numberは小さく（低い音に）なり，velocityは大きくなる。そして，グラフィックオブジェクトの形は，シンセサイザの音色に割り当てられていて，円形，2本の指で作成される長方形，三角形，4本の指で作成される四角形の順番に，より倍音成分の多い金属的な音色が設定されている。

Performance modeでは，上記のグラフィックオブジェクトの衝突時の発音に加えて，グラフィックオブジェクトがカーソルで操作されているときにも発音する。この場合の発音ピッチ，位置，velocityは，衝突音と同様のルールが適用されている。ただし，衝突音の音色が減衰音であるのに対して，グラフィックオブジェクトがカーソルに接続されたときの音色には，持続音が設定されている。このことにより，カーソルに接続されたグラフィックオブジェクトが移動する場合，その移動にあわせて，発音位置とピッチが連続的に変化する音の表現が可能になる。また，グラフィックオブジェクトを複数のカーソルで操作する場合，どのカーソルがどの音を表現しているかがわかりやすいように，各カーソルには，異なる音色が設定されている。

## 6. 使用事例と考察

この章では，これまでに実施したワークショップ，研究発表，およびデモンストレーション演奏（デモ演奏）でのMoPHの使用事例を紹介し，3章で掲げたデザイン上のポイント

### (1)グラフィックオブジェクトの操作性

### (2)複数の指を用いた多点・連続量制御による演奏表現

### (3)パフォーマンスの可視化

について検証を試みる。

(1)の操作性の検証にあたり，一般ユーザと音楽家にMoPHの試奏と操作性に関するアンケートを実施した。(2)の演奏表現については，音楽家による試奏の様子と自由記述によるアンケート，そして筆者らの長時間の試奏から検証を試みる。(3)のパフ

オーマンズの可視化に関しては、3章で議論したように、“マルチタッチによる操作の様子”、“音と映像の関係”、“演奏によって生成される音や映像と物理シミュレーションソフトウェアによって生成される音や映像の違い”、これらが観客に認識されているかについて、デモ演奏中の観客の反応及び、演奏後の観客への聞き取りによって検証を試みる。最後に、筆者らの長時間の試奏を通しての、マルチタッチ利用におけるMoPH独自の表現について議論する。

## 6.1 一般ユーザの使用体験

2010年3月に開催されたヒューマンインタフェースの国内会議、インタラクシオン2010[17]のインタラクティブデモセッションにおいて、MoPHの世代前のシステムでiPhoneを操作端末に用いたMotionScore[18]のデモンストレーション発表を行った。参加者は、ヒューマンインタフェースの研究者10名で、MotionScoreを5分から10分ほど操作した後、操作性に関するアンケートの回答を求められた。「操作の分かりやすさ」に関する質問では、“わかりやすい”を5点とする5段階評価で、8名が、わかりやすい(5点, 4点)と回答、平均4.1点、標準偏差0.7点という結果を得た。また、「思い通りに操作できたか」に関する質問では、“操作できた”を5点として、平均3.3点、標準偏差1.0点という結果を得た。“操作できた”(5点, 4点)と回答した参加者が5名いたのに対し、一方で、3名が“思った通り操作できない”(2点)と回答した。アンケートの結果、操作方法はわかりやすいが、実際の操作は簡単ではないことがわかる。

また、2010年6月、芸術系大学のオープンキャンパスにおいて、高校生と大学生あわせて10名を対象として、iPadを導入したMoPHの使用体験を観察した。対象者は、MoPHの使用法の説明を5分ほど受けた後、5～10分操作を行った。ここでは、その操作の様子と前述のインタラクシオン2010での操作の様子を比較して考察を加える。インタラクシオン2010では、iPhoneのタッチスクリーンを複数の指で操作する際に、指どうしが接触し、操作が困難な状況が頻りに観察された。一方、オープンキャンパスでのiPadを用いたMoPHの操作では、指同士の接触は、ほとんど観察されなかった。このことは、オープンキャンパスでは、縦19.7cm、横14.9cmのタッチスクリーンを持つiPadが使用されたのに対して、インタラクシオン2010では、縦7.6cm、横5.0cmの大きさのiPhoneのタッチスクリーンが用いられたため、iPhoneのタッチスクリーンの狭さと、空間分解能が要因になっていると考えられる。

iPadを使用したMoPHによるオープンキャンパスの操作において、指同士の接触がほとんどないにもかかわらず複数の指を使用する際に、操作が難しくなっているという状況が観察された。具体的な例を挙げると、4本の指で4角形を描けるという操作方法は理解できていても、複数の指を使って思ったように描くことができない状況が観察された。これは、操作性というより身体制御の難しさ自体に起因するものと思われる。

## 6.2 デモ演奏を通じた検証

第一筆者は、2010年3月大阪、5月東京、そして6月京都で、デモンストレーション演奏を実施した。大阪でのデモ演奏は、iPhoneを用いたMotionScoreによる演奏であり、観客はソフトウェアエンジニアを中心としたおよそ50名であった。東京、京都でのデモ演奏は、iPadを用いたMoPHによる演奏であり、東京の観客は芸術系大学の教員を中心におよそ20名、京都の観客はソフトウェアエンジニア、Webクリエイターを中心としたおよそ50名であった。

デモ演奏を行う前にシステムの説明を5分程度行い、その後5分～10分程度のデモ演奏を行った。デモ演奏は、1個のグラフィックスオブジェクトから始め、次第にその数を増やしていき、グラフィックスとサウンドの関係を、観客に理解してもらうことを促した。デモ演奏に共通して観客の反応に変化が見られたのは以下の4種類の演出の実施時であった。

- (1) 2個の移動しているグラフィックオブジェクトを衝突させる。
- (2) 2個のグラフィックオブジェクトをバネで接続し、それぞれのグラフィックオブジェクトを個別に移動させ、バネを引っ張る。
- (3) 1個のグラフィックオブジェクトを2個のカーソルで選択し、それぞれのカーソルを逆方向に動かし、グラフィックオブジェクトに回転運動を与える。
- (4) iPadまたはiPhoneの加速度センサを用いて、複数のグラフィックオブジェクトを同時に移動させる。

演奏後の観客への聞き取りの結果からは、いずれの場面でも、物理シミュレーションに従ったグラフィックオブジェクトの動きと操作の関係が理解されていることが確認できた。また、上記の(1)、(4)の演出において、グラフィックオブジェクトの衝突により発音するという仕組みも理解されていた。一方で、グラフィックオブジェクトの種類と発音する音色の違い、演奏によって生成される音の変化に気付いた観客は一部に限られていた。

## 6.3 音楽家による試奏

音楽家による試奏は、コンピュータを使用した音楽制作を行っている音楽家3人を実験協力者として、2011年7月に実施された。3人のうち1人はピアノ、2人はギターを演奏し、また、全員が、日常的にiPhoneやiPadのマルチタッチインタフェースを使用している。実験協力者は10分ほどMoPHの基本操作の説明を受けた後、50分ほど自由に演奏するよう求められた。演奏中にも、質問に応じて操作方法を説明するようにした。演奏後、実験協力者には、インタラクシオン2010と同様、操作性に関する質問に対して5段階評価を行うことが求められた。また、それぞれの音楽家としての視点で、MoPHを楽器として捉えた場合の感想を、自由に記述するよう求められた。

アンケートの「操作のわかりやすさ」に関する質問では、“わかりやすい”を5点として、5点、4点、3点という回答が得られた。「思い通りに操作できたか」に関する質問では、「操作できた」を5点として、3点、3点、2点という回答が得られた。これらの回答はインタラクシオン2010の場合と同じ傾向で、操作方法はわかりやすいが、実際に操作すると思ったとおりに操作できないということを示している。今回の実験協力者の操作状

況の観察からは、コンピュータスクリーン上で自分の指の位置を表示するカーソルを見失う場面が度々見受けられた。このことは、国際会議ACE2010[19]において、参加者から指摘された。操作するiPadのタッチスクリーンの複数の指の位置とコンピュータスクリーン上の複数のカーソルの位置の対応付けは今後の課題である。

Generation modeとPerformance modeの操作時間の比較では、音楽家3名全員とも、Generation modeで複数の指を使用しグラフィックオブジェクトを作成する時間の方が長かった。このことは、前節の**複数の指を用いた多点・連続量制御による演奏表現**というデザイン上のポイントに対応した操作には、積極的な評価が得られなかったことを意味している。

アンケートの自由記述では、「操作方法が分かってくると、もっと遊んでみたい気になりました。」「操作に慣れるまで、なかなか思うように演奏出来ないところが楽器らしい。」「練習を重ねて操作が上達することによって演奏レベルが上がっていくので、実際のライブ演奏で使用したくなる。」という感想が得られた。これらの感想は、前述の、複数の指による演奏の難しいという課題が、練習によって上達するという、むしろ、メリットとして置き換えられる可能性を示唆している。多くの自然楽器は、簡単な動作で発音できるとともに、習熟によって多彩な表現ができるという性質がある。この性質は、電子的に実現される楽器においても考慮されるべきである[20]。

#### 6.4 著者による試奏

これまで述べてきた、ユーザ使用事例は、短時間であったため、習熟によって得られるMoPHの表現力を論ずるのは困難であった。この節では、筆者らの長時間(約60時間)の試奏により得られた知見をもとに考察する。

最初に、MoPHのエディットモードにおける、マルチタッチによる演奏について述べる。MoPHには回転運動を与えるモータ機能を用いて、回転するグラフィックオブジェクトの軌道上に等間隔にセンサモードのグラフィックオブジェクトを配置することによって一定のリズムを持った演奏が可能になった。また、2つの平行な辺を持つ、長方形のグラフィックオブジェクトを配置し、その平行な辺に対して、垂直に円形のグラフィックオブジェクトを衝突させることで、2つの長方形の間を円形のグラフィックオブジェクトが往復し、一定のリズムを持った演奏ができた。さらに、その往復経路にセンサモードのグラフィックオブジェクトを配置することでアルペジオのような演奏が可能であった。マルチタッチインタフェースを用いることで、即座にリズムパターンやアルペジオを作り出すことができた。しかし、バイオリン等のフレットレスの弦楽器で正確な音程を演奏するのに多くの練習が必要なように、正確な間隔でグラフィックオブジェクトを配置するには、多くの練習時間が必要であった。

次に、パフォーマンスモードにおける演奏について述べる。パフォーマンスモードでの、マルチタッチの演奏では、ピアノ等の鍵盤楽器と同様に複数の音を自由に発音させることができ、加えて、ギター、バイオリン等の弦楽器のように、発音後の指

の移動によって発音された音それぞれについて、シンセサイザの複数のパラメータを操作できる。6.1節と6.3節におけるユーザ評価では、わかりやすさを重視してタッチした指の位置によって、ピッチと発音位置を制御するように設定した。これに対して、筆者は、マルチタッチを活用した演奏表現を探索するため、指の移動方向、移動距離、移動速度といった多様な操作情報をシンセサイザのパラメータに割当てて、試奏した。例えば、シンセサイザのバンドパスフィルタを制御して、フィルタのカットオフ周波数を指のX軸方向の移動距離に割当て、Y軸方向の距離をレゾナンスに割り当てて、指を左右、上下に周期的に移動させることで、自由度の高いWahWah(ワウワウ:フィルタのカットオフ周波数を周期的に変化させて音色に変化をつけるエフェクトでギターなどに用いられることが多い)効果が一本の指で可能になった。複数の音を演奏している場合は、それぞれに異なった変化をするWahWah効果を付与することができた。しかし、複数の指で複数のパラメータを自由に制御するのは習熟が必要であり、左右あわせて4本を超えると、かなり困難であると感じた。また、多数の指を使うには、iPadのマルチタッチスクリーンの面積が十分でなく、指同士の接触を考慮して演奏する必要があった。このことは、ピアノやギターの運指の問題に対応している。

次に、MoPHのパフォーマンスモードを利用して、アートアニメーションのサウンドトラック制作に用いた例について述べる。グラニューラーシンセシスのシンセサイザのソフトウェア音源を用いて、Y軸方向にグレインのピッチを、X軸方向にグレインの密度を割当てた。さらにX軸方向の速度にリバース効果の残響時間を割当て、CGの映像作品のサウンドトラック制作を行った。MoPHのマルチタッチによる演奏で、映像の進行を見ながら、複数のパラメータを変化させ、その時々で音の変化を判断することができ、制作を効率よく進めることができた。特に、一本の指で発音とその音に対する複数のパラメータの制御が同時にできる点が直感的で操作しやすいと感じた。しかし、パラメーター一つだけを正確に操作する場合は、指をX軸方向のみに動かそうとしても、Y軸方向にも動いてしまうため不便であった。

#### 6.5 今後の課題

これまでの使用事例から、MoPHのデザイン上のポイントが満足されていなかった点について、今後の課題として検討する。

まず、「思い通りに操作できたか」に対するユーザ評価がそれほど高くなく、関連して、複数の指を用いた多点・連続量制御による演奏表現があまり用いられなかったことについて取り上げる。6.1節、6.3節、6.4節での議論に関連して、この問題の解決に当たっては、身体制御の難しさを補う方向でのインタフェースのデザインを実施するというアプローチが考えられる。しかし、その方向で進めると、練習によって表現力が高まり、多彩な表現が可能になるという楽器の楽しみが失われてしまう可能性がある。

MoPHは、独自の多彩な表現(演奏方法)自体を見いだすことが必要とされる開発中の楽器であるので、演奏が熟達すると

いう楽しみに加えて、様々な表現を創造していく楽しみが考慮されなければいけない。音楽家の試奏の観察、そして筆者の試奏を通して、表現を創造する楽しみには、演奏自体が楽しいこと、そして演奏方法の多様な試行錯誤が容易にできることが必要であると感じた。これまで、表現を創造する楽しみを意識せずに開発を進めてきたので、これから、音楽家やパフォーマと連携し、より多くの魅力的な表現の開発を進めて行く中で、表現を創造する楽しみについても検討していきたい。

もう一つの課題として、グラフィックオブジェクトと発音する音色の関係、演奏によって生成される音の変化については、観客の理解が得られにくいという事項が浮かび上がった。マルチタッチによる多彩な演奏表現が、演奏家にとっては表現の可能性を広げる利点がある一方で、観客にとっては演奏と音の関係がより複雑になり、理解が困難になってしまうという懸念がある。6.4節における筆者の試奏において、“マルチタッチによる操作の様子”、“音と映像の関係”が、観客にとってどのように受け止められるかを検証する必要がある。あわせて、音高の変化と映像の動きの調和に関する知見[21]を取り入れた演出と、発音や音色の変化を視覚的に表現する効果的なデザインの構成論的な検証を進めていきたい。

## 7. まとめ

マルチタッチインタフェースを使用し、物理モデルを操作して演奏する、メディアパフォーマンスシステムMoPHを実装し、デモ演奏、ユーザ体験による評価、筆者による長時間の試奏を通して以下のことがわかった。物理シミュレーションによるグラフィックと発音の関係は、観客によく理解された。マルチタッチインタフェースと加速度センサによる表現も、観客に理解されていた。マルチタッチインタフェースによる操作方法はわかりやすかったが、複数の指を使用した実際の操作は難しいと感じるユーザが多かった。また、複数の指を用いた演奏表現があまり用いられなかった。今後、MoPH独自の演奏方法を演奏家やパフォーマと連携して開発して行くとともに、その演奏方法が観客にどのように受容されるか検証していきたい。

## 参考文献

- [1] Crayon Physics <http://crayonphysics.com/> (最終アクセス：2012/07/10)
- [2] Furukawa, K., Fujihata, M. and Munch, W. Small Fish (ZKM Digital art edition), CD-ROM, 1999
- [3] Tokui, N. and Iba, H. A Generative Sound Software Work, "Biosphere of Sounds" The Journal of the Society for Art and Science Vol.3 No.2 pp.178-184, 2004
- [4] Han, J. Y. Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection. In Proceedings of the 18th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology (Seattle, WA, USA, October 23 - 26, (2005). UIST '05. ACM Press, New York, NY, 115-118.
- [5] Ocarina <http://www.smule.com/ocarina/original> (最終アクセス：2012/7/24)
- [6] Magic Fiddle <http://www.smule.com/magicfiddle> (最終アクセス：2012/02/10)
- [7] 矢田裕基, 森本浩尉, 宮下芳明 “Gravity Pianist:楽器の解体・再配置による音楽表現環境”情報処理学会研究報告. EC, エンタテインメントコンピューティング 2010-EC-15
- [8] Soundrop <http://itunes.apple.com/jp/app/soundrop/id364871590?mt=8> (最終アクセス：2012/07/24)
- [9] Reactable mobile <http://www.reactable.com/products/mobile/> (最終アクセス：2012/07/24)
- [10] Oscemote <http://pixelverse.org/iphone/oscemote/> (最終アクセス：2012/07/24)
- [11] Oscar <http://www.todo.to.it/blog/oscar/> (最終アクセス：2012/07/24)
- [12] Reason <http://www.propellerheads.se/products/reason/> (最終アクセス：2012/07/24)
- [13] Kaltenbrunner, M., Bovermann, T., Bencina, R. and Costanza, E. TUIO: A protocol for table-top tangible user interfaces. 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation, 2005
- [14] Wright, M., Freed, A., Open Sound Control: A New Protocol for Communicating with Sound Synthesizers, International Computer Music Conference, Thessaloniki, Greece, 1997.
- [15] Box2D <http://box2dflash.sourceforge.net/> (最終アクセス：2012/07/24)
- [16] Finger Pinger <http://www.anyma.ch/2009/research/multitouch-external-for-ma-xmsp/> (最終アクセス：2012/07/24)
- [17] インタラクション 2010 <http://www.interaction-ipsj.org/2010/> (最終アクセス：2012/07/24)
- [18] Motion Score <http://www.interaction-ipsj.org/archives/paper2010/demo/0184/0184.pdf> (最終アクセス：2012/07/24)
- [19] Hirano, S. Ikebuchi, T. Katayose, H. MoPH: a media performance system with a multi-touch interface. Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology(2010)
- [20] R.Cook, P. Re-Designing Principles for Computer Music Controllers: a Case Study of Squeeze Vox Maggie, Proc. International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME09), pp.218-221(2009).
- [21] 蘇 勳：“映像の変化パターンと音高の変化パターンの調和”九州大学博士論文(2009)。

### 平野 砂峰旅



域研究者. 科学技術振興機構 CREST「デジタルメディア(略称)」領域 CrestMuse プロジェクト研究代表者. 情報処理学会, 電子情報通信学会, 人工知能学会 会員.

1988年九州芸術工科大学(現:九州大学)芸術工学研究科 修士課程修了. ヤマハ(株)にて業務用音響機器の設計に従事, マルチメディアコンテンツ制作会社, 科学技術事業団を経て2000年より京都精華大学芸術学部助教授(現:准教授). コンピュータミュージック, メディアアートの作品制作を中心に, CG作家やビデオアーティストとの共同制作作品多数. 芸術科学会, 情報処理学会, 映像学会 サウンドスケープ協会 会員.

### 池淵 隆



大阪芸術大学音楽学科音楽工学専攻卒業. 音楽諸分野へのIT(情報通信技術) 応用について追究するとともに, 音楽コンテンツにおけるマルチメディア・オーサリング, データベース設計等で活躍. (財)イメージ情報科学研究所におけるCyber尺八プロジェクトに参画し, シンセサイザー・マニピュレートおよびプログラミングを担当. また, ネットワーク構築, 制御系ハード, ソフトの設計・制作も専門とする. 現在, 関西学院大学 理工学部教育技術職員

### 片寄 晴弘



1991年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了. 工学博士. イメージ情報科学研究所, 和歌山大学を経て, 現在, 関西学院大学理工学部教授. 音楽情報処理, 感性情報処理, HCIの研究に従事. 科学技術振興機構さきがけ研究21「協調と制御」領