

DropNotes: 実体のアフォーダンスの組み合わせに着目した音楽制作インターフェース

中島 武三志^{1,a)} 三枝 英一¹ 尾崎 雄人¹ 菅野 由弘²

概要: 音・音楽情報の直感的な操作を実現するために、実体のあるオブジェクトのアフォーダンスをメタファーとして用いる手法が多く報告されている。本稿は、複数の実体的なオブジェクトのアフォーダンス（入れる、溶かす、吸い取る、垂らす、など）を組み合わせることで複雑かつ複合的な音楽制作作業を実現するインターフェースの製作を通して、直感的かつ柔軟なインターフェース同士がシームレスに統合された音楽制作環境を提案するものである。特に音声の録音・編集に着目し、ピンを用いた音声の録音、水滴の色による音声の加工、水滴の配置による音楽構造の編集を一貫しておこなうシステム「DropNotes」を製作した。

1. はじめに

コンピュータのディスプレイ上に表示された架空のオブジェクトではなく、実体のあるオブジェクトを情報操作インターフェースとして用いる Tangible User Interface(TUI)[1] の概念が、コンピュータを用いた音楽制作や演奏の分野においても応用されている。その例として実体のあるオブジェクトを用いたシーケンサ、シンセサイザなどの音楽インターフェースに関する研究が多く報告されており、TUI の特徴である「直感的で分かりやすい情報操作」や「共同作業の容易さ」が活かされている。特に日常で慣れ親しんでいるオブジェクトのアフォーダンスを情報操作のためのメタファーとして用いることにより、直感的な情報へのアクセスが可能になっている。

こうしたタンジブル音楽インターフェースのデザインとして、操作される内容に適したアフォーダンスをもつオブジェクトがインターフェースに選ばれている。実際に使用されるオブジェクトは、そのオブジェクトによって操作される内容に応じて、ボタンやスイッチ、球や直方体といった図形や、容器やボールのような物体として日常慣れ親しんでいるものまで多種多様である。音楽制作や演奏ではボリュームの操作から音素材の加工、配置まで様々な抽象度の作業が考えられるが、それらに対して適当なオブジェク

トが選ばれている。

また音楽制作において録音は重要なステップの1つである。現行の DAW ソフトは当然のように録音機能を持っているが、多くのタンジブル音楽インターフェースはあらかじめ用意された音源の配置や加工、再生にとどまっている。タンジブル音楽インターフェースに録音機能がつけば、ユーザが自由に音素材を準備でき、制作される音楽の自由度が向上すると考えられる。

しかし音楽制作のような複雑かつ複合的な作業を伴う行為に関しては様々な情報操作が必要になるため、適切なアフォーダンスを持つオブジェクトを作業にあわせて組み合わせる必要がある。音楽構造編集や音声加工機能をもつ従来のタンジブル音楽インターフェースに録音機能を追加するには、それぞれの作業にマッチしたオブジェクト同士がシームレスに連携されなければならない。そのため、インターフェースとして用いられるオブジェクト選択には慎重な検討を要する。

本稿では特に音声の「録音」「編集」という作業に着目した音楽制作インターフェース「DropNotes」を提案する(図1)。DropNotes ではピン、漏斗、スポイト、テーブル、水といった日常で用いられるオブジェクトのアフォーダンス（入れる、溶かす、吸い取る、垂らす、など）を組み合わせることで、直感的な音楽構造の編集や音声加工に加えて録音機能を実現する。

本システムはユーザに音素材の録音をゆだねることにより、あらかじめ音素材が与えられている従来のシステムと比較して、制作される音楽の多様性が増す事を意図している。また各作業を複数ユーザで分担することにより、同時

¹ 早稲田大学 基幹理工学研究科 表現工学専攻
The Department of Intermedia Art and Science, Waseda University

² 早稲田大学 基幹理工学部 表現工学科
The Department of Intermedia Art and Science, Waseda University

a) 634.nakajima@aoni.waseda.jp

並行での音楽制作作業の支援にもつながる。このように音楽制作のあり方が変化することで最終的な成果物としての音楽だけでなく、そこに至るまでの制作過程そのものにも価値が生まれる。

2. 関連研究

複数のユーザによる音楽の共同演奏や制作用インターフェースデザインに関する研究として、初心者同士でコミュニケーションを取りながら音楽演奏をおこなうためのインターフェースデザイン [2] や、従来の一人用音楽制作アプリケーションをテーブルトップ型インターフェースを用いて共同で作業するためのインターフェースデザイン [3] などが報告されている。またテーブルに特定の機能を持つオブジェクトを配置し、共同で音楽を演奏するためのシンセサイザである ReacTable*[4] や、タンジブルなオブジェクトを用いたシーケンサである The Table is The Score[5], BeatBearing[6] などが提案されている。これらは従来のラップトップ型パソコン上のシンセサイザやシーケンサよりも直感的な操作性や、聴衆にとって魅力的なパフォーマンスの実現を目指したインターフェースである。他にも、Music Bottles[7] はボトルのフタを明けると音楽が再生される作品で、Audio Shaker[8] は、円筒型の容器に声を吹き込み、容器を振ったり傾けると声が再生される作品である。これらは身近なオブジェクトのアフォーダンスを音情報操作のためのメタファーとして用いたインターフェースである。

本システムとはテーブルトップ型インターフェースでの共同作業を特徴としている点や、実体のあるオブジェクトのアフォーダンスを有効に利用する点で共通している。一方で、前述のシステムのような演奏をおこなう楽器やシーケンサとしての意味合いよりむしろ、音声の録音、編集という作業に焦点を当てたシステムという点で異なっている。すなわち本システムは演奏をおこなうシステムというより、主に楽器の演奏を録音し、それらを適当な時間軸に配置し、音を加工することによって音楽を制作するためのシステムとして位置づけられる。

3. DropNotes

本章では、提案システム「DropNotes」の概要およびシステムの処理内容について述べる。

3.1 システムの概要

本システムのハードウェアは色水の入ったビン、ビン立て、ガラステーブル、Webカメラ、PC、スピーカからなり、ソフトウェアは画像処理、オーディオ処理、プロジェクションマッピングからなるシステムで、図2のように構成されている。「ビンへ漏斗を挿入する」、「スポイトで水を吸い上げる」、「水滴をテーブルに垂らす」、「水滴の色を

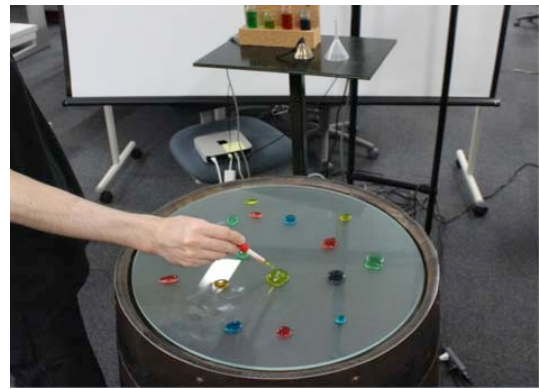


図 1 DropNotes
Fig. 1 DropNotes

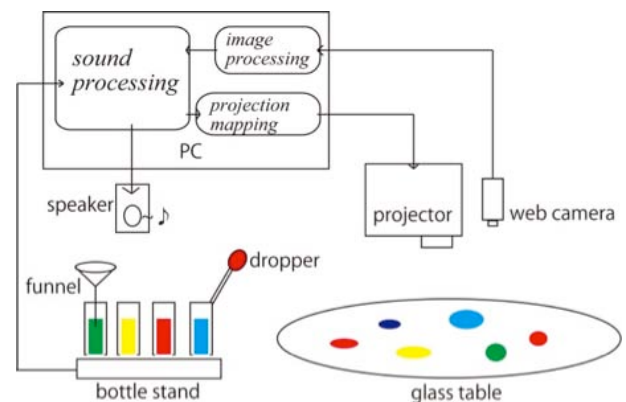


図 2 システム構成図
Fig. 2 System Configurations Diagram

混ぜ合わせる」という行為がそれぞれ「録音」、「音素材の選択」、「配置」、「イコライジング」に対応しており、慣れ親しんだオブジェクトのアフォーダンスを音情報操作のためのメタファーとして有効に利用することで直感的な操作を実現している。

また本システムでは自由な図形を用いて音楽を表現する記譜法(図形楽譜)をイメージし、テーブルに滴下された水滴の位置に応じて、再生タイミングとピッチが定められる。

ユーザによるシステムの使用手順は以下の通りである。

- (1) ユーザははじめに漏斗をビンに入れ、任意の音をビンに吹き込む(図3)。吹き込んだ音はビン立てに内蔵されたマイクを通して、漏斗が挿入されたビン番号と共にPCに記録される。
- (2) 次にユーザはビンの中に入っている音素材を表す水滴をスポイトで吸い上げる(図4)。このとき水滴を吸い取られたビン番号がPCに送信される。
- (3) ユーザは水滴をテーブルに滴下する(図5)。Webカメラがそれを検出すると、対応する音素材が水滴の色や位置に応じて再生される。滴下された水滴の音素材を表すIDがプロジェクタから投影される(図6)。
- (4) 水滴の色を変えることで音素材のイコライジングをおこなう(図7)。RGBの値がそれぞれ低音域、中音域、



図 3 録音
Fig. 3 Recording

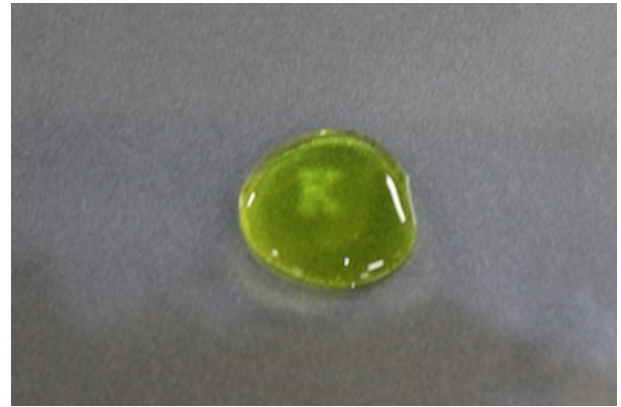


図 6 投影されたサウンド ID
Fig. 6 Projected Sound ID



図 4 音素材の選択
Fig. 4 Choosing and Picking up Sources

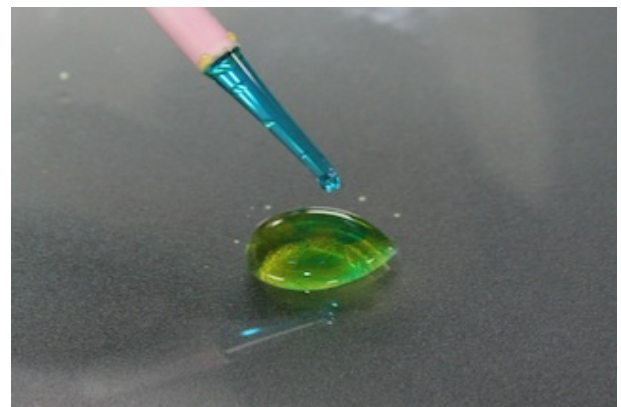


図 7 色の混合によるイコライジング
Fig. 7 Interfusing Color to Alter Filter Function



図 5 水滴の滴下
Fig. 5 Dropping the Liquid on the Glass Table

高音域に対応している。

3.2 ビン立て

ビン立ての構造は図 8 のとおりである。リードスイッチ、フォトフレクタ、LED を Arduino で制御し、シリアル通信で PC とデータのやり取りをする。

- 漏斗がビンに挿入されると漏斗に取り付けられた磁石にリードスイッチが反応し、録音開始の信号とビン番

号を PC に送信する。その際、録音状態を示す赤色の LED が点灯する。

- スポイトがビンに挿入されるとフォトフレクタが反応し、スポイトが挿入されたビン番号を PC に送信する。その際、スポイトの挿入状態を示す緑色の LED が点灯する。

3.3 画像処理

画像処理部分では、ガラステーブル上部に取り付けられた Web カメラの映像から水滴を検出し、オーディオ処理部分に水滴情報を OSC[9] で送信する。画像処理ライブラリとして OpenCV を使用し、実装には Processing を用いた。具体的な処理内容は以下のとおりである。

- (1) 処理は再生モードと編集モードの 2 つに分けられる。ユーザの腕がテーブル内に入ると水滴の検出に影響が出るため、ユーザの腕がテーブル外縁にかかると編集モードに切り替わり、腕が離れると再生モードとなる。
- (2) ユーザは編集モード中に水滴を滴下する。編集モードでは水滴の検出をおこなわず、編集モードに入る直前の水滴情報を定期的にオーディオ処理部分に送信する。
- (3) 滴下を終えて再生モードに切り替わった際に、新たに

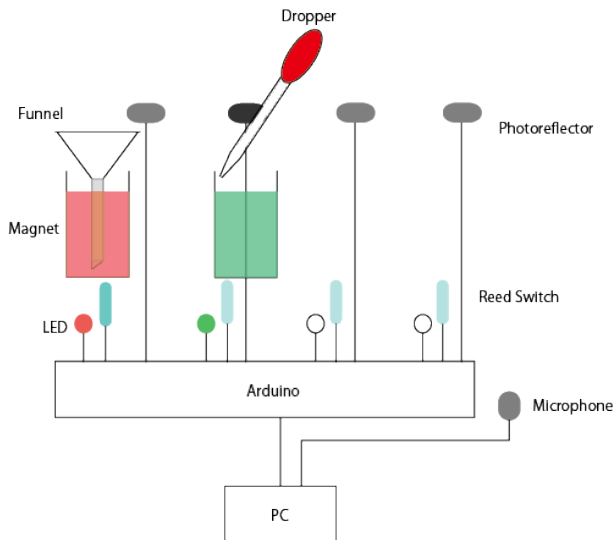


図 8 ビン立ての構造

Fig. 8 The Structure of the Bottle Stand

滴下された水滴が検出される。再生モードでは、新たに水滴を検出すると最後にスポイトで吸い取られたピン番号とともに水滴情報を保持する。保持する水滴情報は「座標」、「色 (RGB 値)」、「面積」、「ピン番号」、「テーブル中心からの距離」、「角度」である。角度とは、最後に水滴を配置した際のユーザの腕とテーブルの外縁が交叉する点とテーブル中心とを結んだ線および水滴とテーブル中心とを結んだ線分とのなす角 θ ($0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$) である。

(4) 既に存在する水滴情報とともに定期的にオーディオ処理部分へ送信する。

3.4 オーディオ処理

オーディオ処理部分ではビン立てから録音のシグナルを受信し、オーディオファイルを作成する。同時に画像処理部分から水滴情報を受信し、その情報に基づいて音素材を再生する。オーディオファイルの作成には Pure Data を用いている。また音素材の加工、再生は Audio Unit を使用し Mac App として実装した。具体的な処理内容は以下のとおりである。

- (1) Pure Data 側では、ビン立てから録音開始のシグナルを受信するとピン番号に対応するオーディオファイルを生成する。
- (2) Mac App 側では、録音終了のシグナルを受信した際にオーディオファイルを読み込む。
- (3) 画像処理部分から送られてくる水滴情報の「ピン番号」から音素材を判別し、「色」、「面積」、「テーブル中心からの距離」、「角度」を用いて音素材の加工、再生をする。
- (4) 水滴の色 (RGB 値) に応じてイコライザのパラメータが決定される。R, G, B の値がそれぞれ低音域, 中

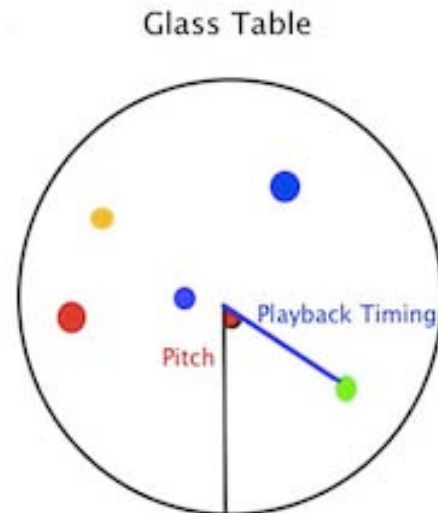


図 9 ピッチと再生タイミング

Fig. 9 Pitch and Playback Timing

音域, 高音域に対応している。

- (5) 水滴の面積に応じて音素材の音量が決定される。
- (6) 円形のガラステーブルの中心からの距離が音素材の再生タイミングとなる。中心付近の水滴から順次再生され、外縁に到達すると再び中心から再生が始まる。
- (7) 角度に基づいて音素材のピッチと速度が決定される。 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ で 2 オクターブ幅となっている。
- (8) 各々の水滴が示す音がミックスされ、スピーカから出力される。

3.5 プロジェクションマッピング

プロジェクションマッピング部分では、オーディオ処理部分から水滴と音素材情報を受信し、水滴に対応する音素材の ID を投影する。実装には Processing を用いた。

4. 考察

共同での音楽制作を想定して本システムを実際に使用し、動作の確認をおこなった。あるユーザはピンと漏斗を用いて録音をおこない、別のユーザは録音された音素材を表す水滴を配置し、音楽を制作した (図 10)。また水滴の色や配置の様子を変え、生成される音楽を確認した (図 11)。

音声を録音し、それを配置するという作業はピンと水滴、スポイト、テーブルというオブジェクトを用いることによって直感的かつシームレスに実現された。また本システムの録音機能を用いて人の声や楽器の音など様々な音素材を用意することで、多様な音楽が生成された。水滴の配置のしかたによっては予期しない音楽が生成されることもあり、意外性があった。

また複数のユーザで録音や水滴の配置といった役割を分担し、共同で音楽を制作することが可能であった。しかし



図 10 複数ユーザでのシステム使用時の様子
Fig. 10 The DropNotes in Use by Multiple Users



図 11 水滴の配置
Fig. 11 The Arrangement of Drops

現状は水滴を複数のユーザで同時に滴下することはできず、同時に複数のピンに録音することもできないため共同で音楽制作をおこなうにはこれらを改善する必要がある。

本システムは自由な図形を用いて音楽を表現する記譜法(図形楽譜)をイメージし、テーブルに配置された水滴情報の解釈として、「面積」、「色」、「テーブル中心からの距離」、「角度」をそれぞれ「音量」、「イコライザ」、「再生タイミング」、「ピッチ」に割り当てたが、こういった割り当て方がふさわしいかを検証する必要がある。また本システムは円形テーブルを使用しており、ユーザの立ち位置によって水滴の見え方が変わってくる。したがって複数のユーザによる見え方の違いを、生成される音楽に反映することも考えられる。

5. おわりに

本研究では主に音声の録音、編集という作業に着目した音楽制作インターフェース「DropNotes」を製作し、録音機能による多様性のある音楽制作、および複数のユーザによる共同での音楽制作の実現を目指した。他にも作業内容

にマッチしたオブジェクト同士のシームレスな連携を目指した。

本システムを実際に使用し、録音機能によって様々なスタイルの音楽が生成された。また録音と音声の加工、配置を分担し、共同での音楽制作が可能であった。一方で、共同での音楽制作は現時点では録音と水滴配置の分担にとどまっており、複数ユーザによる水滴の滴下、録音を可能にする必要がある。またテーブルに配置された水滴情報の解釈については今後検証が必要である。特に複数ユーザによる水滴の見え方の違いを音楽に反映させることが考えられる。本システムでは録音、音素材の配置、イコライジング、ピッチ操作に焦点を当てたが、他にも様々な音素材の加工や編集を分かりやすいメタファーで表現し、適切なアフオーダンスを持つオブジェクトに取り替えながらシームレスに音楽制作ができる環境の構築が課題である。

参考文献

- [1] Hiroshi Ishii, BryggUllmer,: *Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms*, Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, p.234-241, Atlanta, Georgia, March 22-27, 1997.
- [2] Blaine, Tina, and Sidney Fels.: *Collaborative musical experiences for novices.*, Journal of New Music Research 32.4 (2003): 411-428.
- [3] Klügel, Niklas, et al.: *An approach to collaborative music composition.*, Proceedings of the international conference on new interfaces for musical expression. 2011.
- [4] Jordà, S., Kaltenbrunner M., Geiger G., Bencina R.: *The reactTable**, Proceedings of the international computer music conference (ICMC 2005), Barcelona, Spain, pp.579-582, Aug 2005.
- [5] Levin, G.: *The Table is The Score: An Augmented-Reality Interface for Real-Time, Tangible, Spectrographic Performance.*, Proceedings of the International Conference on Computer Music 2006 (ICMC'06). New Orleans, November 6-11, 2006.
- [6] Peter Bennett, Sile OModhrain.: *The BeatBearing: a Tangible Rhythm Sequencer*, Proc. of NordiCHI. Vol. 2008. 2008.
- [7] Hiroshi Ishii, Ali Mazalek, Jay Lee,: *Bottles as a minimal interface to access digital information*, Proceeding of the CHI EA '01, CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.187-188, New York, NY, US, 2001.
- [8] Andy Cameron, Systems Design Limited.: *The Art of Experimental Interaction Design*, Gingko Press, 2005.
- [9] Wright, Matthew.: *Open Sound Control-A New Protocol for Communication with Sound Synthesizers.*, Proceedings of the 1997 International Computer Music Conference. 1997.