

On The Waves: 波紋・水滴を用いたインタラクティブ楽器

中西 宣人¹ 鈴木 太朗¹ 有賀 清一² 飯田 誠³ 荒川 忠一¹

本研究では、波紋・水滴を用いた音楽演奏のためのインタラクティブ・アート作品、“On The Waves”を制作した。水滴の落とされた位置、および発生する波紋により、音響表現を実現し、複数の波紋同士の干渉により、リズム音が生成される。“On The Waves”は、複数の体験者が水滴を落とすという単純な行為によって、即興的なアンサンブル演奏体験を可能とする。

On The Waves: Interactive instruments using water ripples and drops

YOSHIHITO NAKANISHI¹ TARO SUZUKI¹ SEIICHI ARIGA² MAKOTO IIDA³ CHUICHI ARAKAWA¹

An interactive art work; “On The Waves” is developed for musical performance using water ripples and drops. It has an image processing and simulation function. And this instruments makes sounds depend on the location of drops and ripples spread. Additionally, this work achieves improvisational musical expression.

1. はじめに

近年コンピュータ技術の高度化から、高度な音響体験ができる、楽器に近い性質を持ったインタラクティブ・アート作品が多く見られる。特に、音響合成に加え、画像処理やフィジカル・コンピューティングを併用し、物理的な現象を取り込んだ作品表現が散見される。しかしながら、コミュニケーションを誘発するような作品は少ない。

本研究では、インタラクティブ・アート作品を通じ、体験者同士のコミュニケーションを誘発し、体験者同士が自然に音楽コミュニケーションを実現できる“On The Waves”の制作を行った。

2. 研究の背景・目標

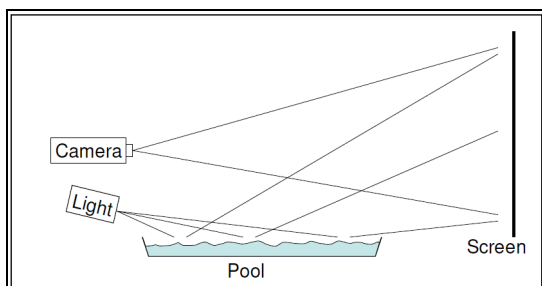


図1 Dannenberg らの画像処理方法¹⁾

音楽表現を目的とし、自然現象を取り入れた作品は多く見られる。例えば Dannenberg らは、液体表面に現

れる波を音響に反映させる研究を行っている。彼らは図1に示すように、水槽の側に置かれた光源を利用して、光源の反対に置かれたスクリーンに液体表面の影を反射させ、この影を画像処理によって解析し、音響出力している。この研究では、他楽器とのアンサンブル演奏も行われている。¹⁾

Tomczak は、レーザーモジュールとフォトトランジスタを複数利用し、ガラス容器内の波の状態を観察して音響に反映させる“Triton Plus”を開発している。“Triton Plus”では、容器内の液体にレーザーを照射し、波の反射光をフォトトランジスタで検出している。光の反射の変化と、波の変化を関連づけ、音響に変換している。²⁾

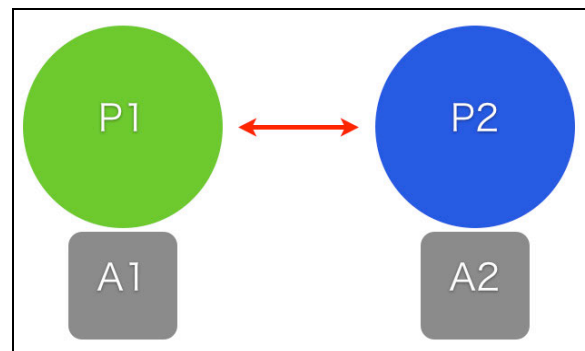


図2 従来の楽器を通じたコミュニケーションイメージ

これらのインタラクティブ楽器などの作品群は、図2のようなコミュニケーション概念に整理できる。

図中で P は人を表し、A は作品を示す。赤矢印は、コミュニケーションを表す。

これらの作品は、体験者と一つの組み合わせで独立

¹ 東京大学大学院 学際情報学府 学際情報学専攻
The University of Tokyo, Graduate School of Interdisciplinary
Information Studies

² 桜美林大学 総合科学系

J. F. Oberlin University, Department of Integrated Science

³ 東京大学 先端科学技術研究センター

The University of Tokyo, Research Center for Advanced Science And

した構造である。

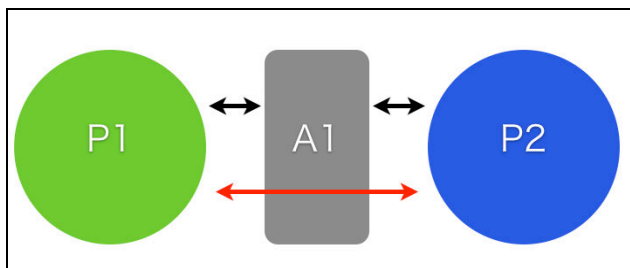


図3 本研究で目指す楽器を通じたコミュニケーションイメージ

本研究では図 3 に示すように、一つの作品を通じ、複数人が同時に体験でき、それによってコミュニケーションが誘発される作品を目指している。著者らは、このような作品形態により、複数の体験者同士のコミュニケーションが、芸術作品を通じて活発になることを示してきた。³⁾

本稿で述べる“On The Waves”ではその発展として、体験者同士の間位置し、コミュニケーションを支援する作品環境を構築した。

3. On The Waves

3.1 コンセプト

“On The Waves”は、作品内に水滴を落とすことで波紋を発生させ、図 4 に示すように、画像処理により物理的な情報を取得し、シミュレーションによりその波紋の広がりを推定する。それらの情報を元に、音響アルゴリズムにより音響を出力する。

本作品では、音高・音色・音の長さの表現として、それぞれ水滴の落ちた位置を音高の制御、波紋の時間的な広がりを音色、波紋の数を音の長さとして表現する。

また、コミュニケーションの誘発には、音楽の三要素であるリズム、メロディ、ハーモニーが重要であると考え、波紋の干渉情報を共有するリズムとし、複数人での即興的なアンサンブル演奏体験を実現した。

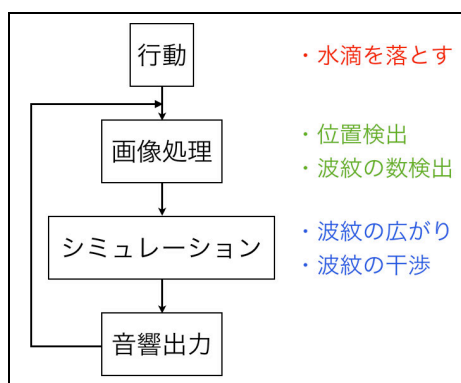


図4 プログラムの処理

3.2 作品構成

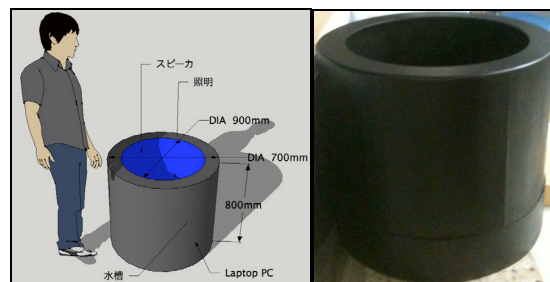


図5 作品外観

本研究では、先に述べた Dannenberg らの研究のように、画像処理のみならず、シミュレーションを併用した。これにより、物理現象全てを取得せず、波の情報を得ることができる。画像処理により水滴の落下位置および波紋の数を検出し、シミュレーションを併用し、波紋の広がりや干渉の情報を遅延無く取得することができる。これにより、音響に変換する。

本作品は、図 5 に示すような外観で、木製の円形構造 (φ900 × 800mm) である。この円形構造は、後述するように、複数の体験者に対し平等な作品へのアクセスを実現する。また、井戸に近い造形であるため、「水滴を落とす」という行為を想起させることを期待した。作品内部には、アクリル円形水槽 (φ800 × 100mm) がはめ込まれており、水が張られている。内部側面には 8 つのスピーカーが内側向きに取り付けられており、それぞれオーディオインターフェース EDIROL UA-101 に接続されている。この 8 つスピーカーは個別制御が可能である。

3.3 装置概要

入力装置については、図 6 のように、作品上部に取り付けられた赤外線ウェブカメラ二台 (設置角度 72°) で直径 800mm の円形領域を取得する。なお、赤外線ウェブカメラにはハンファ・ジャパン製 DC-NCR20U (200 万画素、解像度 640×480, 30fps) を用いた。

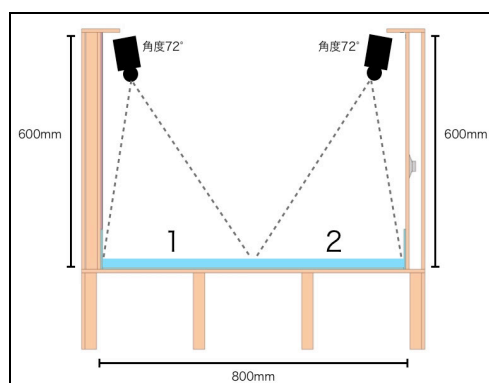


図6 ウェブカメラの設置方法

また、図 7 のように 8 本の白熱色蛍光灯を設置し、液体を取り囲むように真横からライティングを行うことで、効果的に波紋画像を取得した。

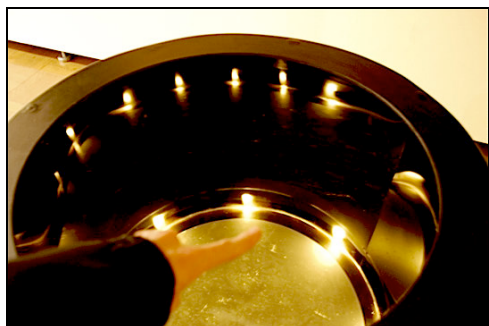


図7 照明の設置方法

入力された画像は、Max/MSP, Jitter を使い、フレーム差分法により水滴の落下位置検出を行う。検出された水滴の位置を落下位置とする (図 8)。



図8 水滴の落下検出

3.4 水滴落下位置による音高制御

落下領域	音高
0	C5 523.3 Hz
1	D5 587.3 Hz
2	E5 659.3 Hz
3	F5 698.5 Hz
4	G5 784.0 Hz
5	A5 880.0 Hz
6	B5 987.8 Hz
7	C6 1046.6Hz

表1 落下位置による音高変化と領域の設定

画像処理により特定された位置は、表 1 に示すような 0 から 7 の位置情報として処理される。各領域は、表 1 に示すような音高を割り振り、サイン波（正弦波）による水滴落下音を表現する。

本作品では、0 から 7 の領域が 1 オクターブを意味

する。ピアノなどに見られる直線的な音高の配列を円形に配することで、立ち位置に依存しない音高配列を実現した。これにより、複数の体験者が同じようにアクセス可能となる。

また、画像処理で取得した液体表面の波紋の数は、水滴落下音の長さに対応づけられる。具体的には、水滴落下音の音量エンベロープ制御に対し、制御時間を伸縮させている。

3.5 波紋のシミュレーション

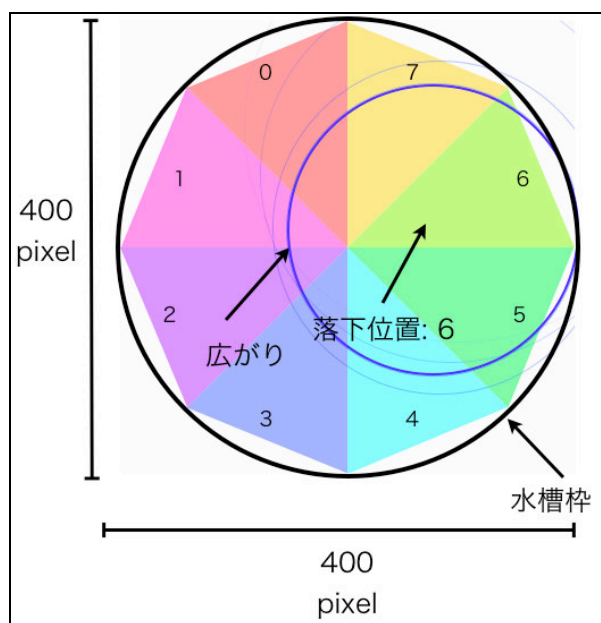


図9 シミュレーションプログラム

本来ならば、全ての波紋を追従することが理想であるが、カメラのフレームレートが低いため、遅延が生じる問題がある。本研究ではそれを解消するため、画像処理により得られた座標情報を、OSC (OpenSoundControl) により Processing に取り込み、仮想的に波紋の発生から消失までをシミュレートした。

シミュレーション領域は、水槽内全ての領域をカバーし、図 9 のような W 400 pixel × H 400 pixel とした。

Processing では、シミュレーション領域において波紋を円形に広げていくプログラムを作成した。

Processing の入力情報は、前節で述べた水滴落下位置座標情報とし、その位置から波紋シミュレーションを行う。波紋は、1 フレームあたり 5 pixel ずつ広がる。本プログラムでは、フレームレート 50fps でシミュレーションを行った。なお本システムでは、同時シミュレーション数は、最大 8 つとした。

本作品では、水滴落下音にローパスフィルタ制御を行うことで、音色を表現する。シミュレーションによって波紋の大きさの情報を取得し、このローパスフィ

ルタのカットオフ周波数に使用する。具体的には、図 10 に示すように、波紋が大きくなるに従ってカットオフ周波数が高くなる。

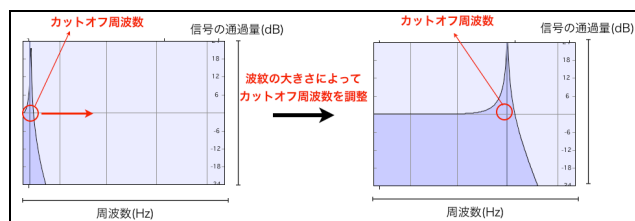


図10 フィルタ制御

また、シミュレーションによって得られた複数の波紋から、図 11 のように干渉点を検出する。この波紋の干渉情報は、ノイズから生成したハイハット、シンバル、サイン波から生成したキックの三種リズム音を生成する。

ここで、 O (位置関係による音響出力) = $|P_m - P_n|$ を定義し、体験者の落とした水滴の位置関係を表す。水滴の落ちた領域を P とし、添字は体験者を意味する。 P_n とは、体験者 n が落とした水滴の位置を意味する。 $O \leq 2$ は同じまたは隣り合う領域、 $O=4$ は対角を示し、 $O \leq 2 \sim 3$ はそれらの間を表す。

それぞれの関係に対して、以下のような音を対応づける。

- $O \leq 2$: ハイハット音
- $O \leq 3$: シンバル音
- $O = 4$: キック音

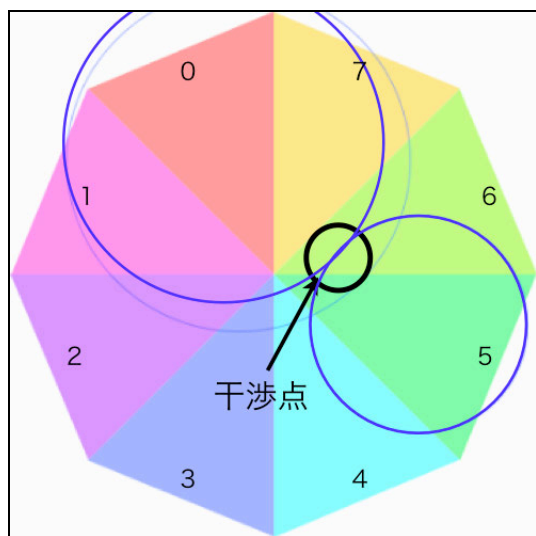


図11 $O=4$ によりキック音出力

4. まとめと展望

本研究では、画像処理とシミュレーションにより、

水の波紋に着目した音響表現作品を開発した。また、一つの作品を介して、複数の人が音楽表現を同時に体験できる、コミュニケーション援用音響作品を実現した。本作品は、iiiExhibition12 (東京大学第 12 回制作展) にて展示を行い、複数人での音響体験が確認された (図 12)。

今後は、より豊かな音楽表現、演奏体験が可能な作品に拡張していくとともに、コミュニケーションの円滑化について、評価改良を行いたい。

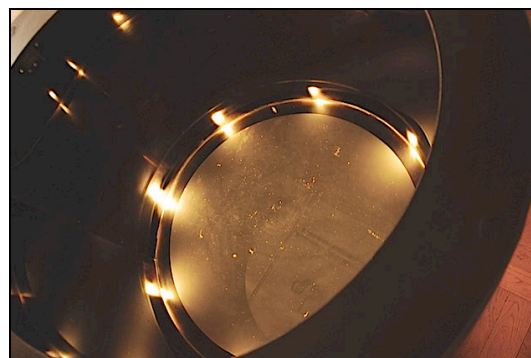
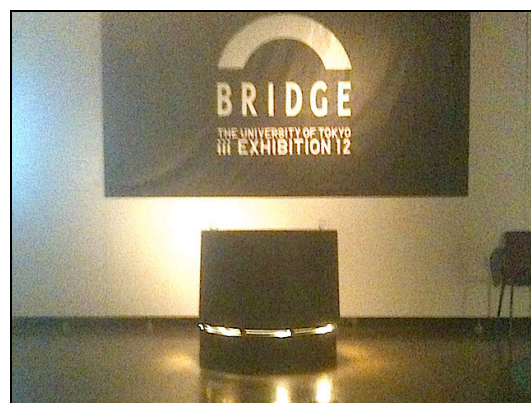


図12 iiiExhibition12 (東京大学第 12 回制作展) での展示

参考文献

- 1) Dannenberg, Roger B. and Tom Neuendorffer: "Sound Synthesis from Real-Time Video Images." *Proceedings of the 2003 International Computer Music Conference*. San Francisco: International Computer Music Association, pp. 385-388. (2003) .
- 2) Tomczak, Sebastian: "Triton Plus" <http://little-scale.blogspot.com/>.
- 3) 中西 宣人, 川上 央: 音によるコミュニケーション円滑化システム, 日本音響学会春季講演論文集, pp. 120, (2010) .