

Freqtric Drums : 他人と触れ合う電子楽器

馬場 哲晃[†] 牛 尼 剛 聡^{††} 富 松 潔^{††}

Freqtric Drums は人の手や肌を叩くことで数種類のドラム音を鳴らすことができる、聴覚と触覚を同時に利用する楽器である。他人に触れる行為は特有の感覚を持ったコミュニケーションである。また、音楽は元来コミュニケーションのために利用されてきた側面を持つ。Freqtric Drums はこれから 2 つの特徴を利用することで、楽器を演奏するうえで区別されてしまう演奏者と聴衆間に「触れ合い」というインタラクションを提供する。本論文では Freqtric Drums のコンセプト、概要、実装方法を述べた後、楽器、コミュニケーションツールとしての Freqtric Drums について考察する。

Freqtric Drums: A Skin Contact Electronic Musical Instrument

TETSUAKI BABA,[†] TAKETOSHI USHIAMA^{††} and KIYOSHI TOMIMATSU^{††}

Freqtric Drums is a device that turns audiences around a performer into drums. The performer, as a drummer, can communicate with audiences, as one set of drums. Skin Contact is a communication which has special emotions for us. Music has an aspect of communication originally. Freqtric Drums allows us to supply an interaction between audiences and musicians. In this paper, we introduce a concept, abstract, and how to implement of Freqtric Drums. And then we argue about Freqtric Drums as a musical instrument and a communication tool.

1. はじめに

今日、私たちは電話、e-mail、チャット等により遠く離れた場所でもコミュニケーションを図ることができる。近年は視覚・聴覚に限らず、触覚や嗅覚等の様々な感覚を遠隔地間において共有する研究も行われている。Scott ら¹⁾ は遠隔地間での触覚の共有、Yanagida ら²⁾ は遠隔地間での匂いの共有を実現している。森川 ら³⁾ は遠隔地間で抱擁を擬似的に実現することでカウンセリング治療を提案している。近い将来、遠隔地間において人間の様々な感覚をネットワーク上で共有できるマルチモーダルコミュニケーションが可能になってゆくと考えられる。このように遠隔地間でのデジタルメディアを介した遠隔地間コミュニケーションが浸透する一方で、私たち人間が古くから行ってきた対面同士、握手等の肌と肌を合わせるコミュニケーションにはデジタルメディアを介した遠隔地間コミュニケーションでは伝達できない親密感が存在する。

人と人とのコミュニケーションは元来相手が近くにいるからこそできるものである。人が集まることで、

自らの考えを他人と共有できたり、ときには相手と肌でぶつかりあることで私たちは相手のことをより知ることができる。このようなことは人間が用いてきた原始的なコミュニケーション手段である。なかでもスキンシップ・ボディタッチといった他者との触れ合いは握手や抱擁に見られるように、非常に親密で触覚特有のコミュニケーションである。

デジタルメディアを介した様々なコミュニケーションが提案されている一方、対面同士のコミュニケーションを促す研究例として Jason らを代表とする複数ユーザが 1 カ所に集まって協調的作業を行うための環境整備 (Single Display Groupware) の研究⁴⁾ がある。最近では Kohno らが adhoc network を用いた 1 カ所に集まったユーザ同士での画像閲覧等を実現するコミュニケーションツールを提案している⁵⁾。しかし、これらの研究では主として視覚的要素を複数人で共有することに焦点が向けられており、触覚を通じた他人との触れ合いは考慮していない。またコミュニケーションツールとして楽しさを考慮していない。そこで本研究では 1 カ所に集まったユーザに触覚を通じた触れ合いを促し、楽しさを考慮したコミュニケーションツールを提案する。対面同士のユーザが直に肌と肌を触れ合わせるコミュニケーションツールの具体例として人と触れ合うことで楽器音を鳴らすことのできる電子楽器

[†] 九州大学大学院芸術工学府
Graduate School of Design, Kyushu University

^{††} 九州大学大学院芸術工学研究院
Faculty of Design, Kyushu University



図 1 Freqtric Drums の外観と使用風景
Fig. 1 Snapshots of Freqtric Drums and installation.

「Freqtric Dums」を制作した。

図 1 に Freqtric Drums の外観と使用風景を示す。Freqtric Drums には 2 種類ある。(a) は主に演奏パフォーマンスで使用することを想定して制作した Freqtric Drums Live の外観である。使用中の様子を (b) に示す。(c) は手軽に楽しんでもらうことを想定して制作した Freqtric Drums Home の外観である。(d) はその使用風景である。

Freqtric Drums は他人との接触を利用した楽器である。楽器の制作において制作者の意向、技術と、利用者の声が非常に重要な役割を担っている。たとえばバイオリンは現在の形になるまでに数百年もの年月を経ており、作り手と弾き手の経験によってこれまで改善されて続けてきた。本論文では楽器としてその点を重要視する。Freqtric Drums の概要、実装方法を述べた後、2 年間の展示活動を通して集めたユーザの声を Freqtric Drums の改善案としてまとめ、楽器、コミュニケーションツールとしての Freqtric Drums について考察する。

1.1 音楽とコミュニケーション

Freqtric Drums を使うことで他人との触れ合いが楽器演奏となる。一般的に音楽を楽しむことは、演奏を楽しむことと、音楽聴取を楽しむことの 2 つに分けられてしまいがちである。真篠⁶⁾ は音楽の起源として以下を示している。

- 自然界の音（鳥や獣の鳴き声）をまねて起こった。
- 労働するときの動作に合わせて音楽ができた。
- 異性の気をひくために歌われた。
- 自分の感じを表現するために起こった。
- 何かを伝達する方法として音楽が始まった。

上記の中で「異性の気を惹くため」、「自己表現のため」、「何かを伝達する方法」という説は、音楽が古来から他人に自分の気持ちを伝えるコミュニケーションの要素を含んでいたことを示している。これ以後音楽は古代エジプト、古代ギリシャ、古代ローマにおいて、祈り・戦争・狩猟・娯楽・祭りと密接に結び付いて進

歩したと考えられている。

近年の弾き手と聴き手が切り離されて考えられがちなコンサート・演奏会場において、豊かな関わり合いを演奏者・観客に提供することは場の一体化、会場の盛り上がり期待できる。具体的には手拍子、掛け声、コールアンドレスポンス、ダンス等があげられる。聴衆はただ音楽を聴くだけでなくこのような演奏者との掛け合いをすることでより音楽を楽しむことができる。聴衆に音楽以外の楽しみ方を提供するという意味で Iwai らによる Music Plays Images X Images Play Music⁷⁾ があげられる。実際の演奏と投影された映像が同期することで聴衆は単に音楽を聴くだけでなく、視覚的に楽しむことができる。

コンサート、演奏会場以外の場面においても遊びのコミュニケーションとして音楽は利用されてきた。日本では「ずいずいずっころばし」、「アルプス一万尺」、「とうりゃんせ」、「はないちもんめ」等、歌に合わせて体を動かすあそびうたが数多くある。これらあそびうたは他人と触れ合うものが多く、私たちが幼少期から音楽と同時に人との触れ合いを経験してきたことを示している。また、このようなあそびうたでは演奏者と聴衆という関係はなく、音楽を楽しむこと自体が他人とのコミュニケーションとなっている。

2. 関連研究

音楽を表現するための道具として楽器がある。楽器のインタフェースには鍵盤、弦、息等様々な種類があるが、演奏方法、音色、形状と密接な関係がある。しかし近年は MIDI 等の電気音源の登場により楽器のインタフェースは形態や音色に依存する必要はなくなった。

電気音源を使った楽器の新しいインタフェースとして代表的なものに図 2 に示す BioMuse⁸⁾ や図 3 の MIBURI⁹⁾、図 4 の Expressive Shoe¹⁰⁾ があげられる。これらは音を生体反応、身体の動きによりコントロールし、音楽やリズムを奏でることができる。BioMuse では筋電位、脳波等の人間の電氣的特性を利



図 2 BioMuse 文献 8) より引用

Fig. 2 BioMuse.



図 3 MIBURI 文献 9) より引用

Fig. 3 MIBURI.

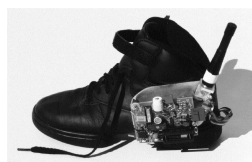


図 4 Expressive Shoe 文献 10) より引用

Fig. 4 Expressive Shoe.



図 5 ミュージックテーブル文献 11) より引用

Fig. 5 Music Table.

用し楽器を演奏する。人間の電気的特性を利用するという面で本研究と類似している。しかし複数人同士の接触を扱うという面で本研究は異なる。MIBURI では肩、肘、手首等の各部分にセンサを装着した専用ウェアとグリップセンサを着用することで身体の動きをセンサでとらえ、音階に変換する。Expressive Shoe は靴を曲げたり、地面を踏んだりすることで足の動きを音楽へと変換する楽器である。これらのインタフェースは体を動かすことで床やテーブル、壁等を擬似的に楽器のように演奏することが可能であるが、人間同士の接触を音に変換することはできない。

コンセプトアプローチとしては、これらの楽器は今までにはない新しいインタフェースで「いかに楽器を演奏するか」に着目しており、本研究 Freqtrix Drums の「いかに音楽を通じて他人と関わりあえるか」というコンセプトとは異なる。コンセプトで類似した事例に図 5 に示すミュージックテーブル¹¹⁾、西本らの CosTune¹³⁾ があげられる。ミュージックテーブルは、

高齢者施設や障害者施設等において、誰でもテーブルに取り付けられたパッドを叩くだけという単純な動作で、手軽に音楽やゲームを楽しめるテーブル型楽器である。CosTune では、あらかじめジャケットやパンツの上に貼付されたタッチセンサを叩くことによって、それらのセンサに割り当てられた音が出力される。演奏された音楽情報は、演奏者自身のヘッドフォンから出力されるのと同時に、近接に存在する別の CosTune ユーザにも、無線アドホックネットワークを経由して MIDI データとして伝達される。1 カ所に集まったユーザが互いの関係を意識しながら楽器を演奏するという面で本研究と類似している。しかしミュージックテーブルではテーブルを叩くことが音を鳴らすインタフェース、CosTune ではタッチセンサを叩くインタフェースである点が本研究の他人との接触を音を鳴らすインタフェースとしている点とは異なる。

楽器に限定しなければ、皮膚電気活動を用いた玩具に株式会社タカラ の電撃指 SUMO¹²⁾ がある。電撃指 SUMO はお互いにデバイスを握り指相撲をすると、相手の指に触れた際電子音による効果音を出力し、腕相撲を盛り上げる機能が含まれている。しかし相手を叩く強さに応じて音の強弱を決定、または音色が変更される機能はない。また楽器ではないためレイテンシに関する問題が考慮されていない。

3. 接触検知手法

本論文では他人と触れ合うことにより演奏を行う電子楽器を提案する。本楽器を実装するにあたり、人体間の接触を検知するデバイスが必要である。そこで接触検知ができる体内通信と皮膚電気活動の 2 つを考察した。

3.1 接触検知手法の検討

体内通信

他人との接触を検知するための手法として体内通信が考えられる。体内通信では、皮膚上の電極を解して通信端末やセンサから送信されたデータを体内に流入させる。人体を伝送路としてデータ通信を行う。これまでにいくつかセンシングモジュールの開発^{14)~17)}がされており、人伝いにデータを転送した例が報告されている。しかし、これらの手法では本研究のインタラクションを実現するためには以下の制限がある。

- データ転送に時間がかかる。
- 相手を叩く、触れる強さを検知できない。

他人との接触を検知する際、相手と接する時間は必

ずしも一定ではない．また，つねにデータ転送に十分な時間接触しているとは限らない．さらに，相手を叩く強さは人体通信モジュールだけでは検知できない．

皮膚電気活動

皮膚電気活動 (EDA: Electro Dermal Activity) とは皮膚インピーダンスと皮膚電位を指し，精神活動状態を示すパラメータの一種として古くから嘘発見器や体脂肪計，精神カウンセリング等に利用されている．具体的には体内に微弱な電流を流し，その流れ具合を測定する．皮膚インピーダンスを利用することで接触検知の時間に関しては人体内通信とは異なり，一定の時間を必要としない．さらに音の強弱に関して，接触が強いほど人同士の皮膚接触インピーダンスが小さくなるので，人体伝いに流れた電流量を計測することで音の強弱を検知できる．そこで本研究ではこの手法を利用した．

皮膚インピーダンスの値は個人差がある．また同一人物であっても電極との接触状況や人，その日の体調等に左右されるが，磯崎ら¹⁸⁾によると皮膚インピーダンスの値はおおよそ 25 ~ 120 Kohm 程度である．しかし本研究では人伝いに直流電流が流れること，接触インピーダンスを考慮し，人伝いのインピーダンスを 100 ~ 4,000 Kohm として回路設計をした．

3.2 接触強弱の検知

音の強弱表現は音楽演奏表現において重要な役割を持つ．そこで本研究では単に音を鳴らすだけでなく，強弱をつけて音を鳴らすことを可能とするセンシングデバイスを提案する．

強弱を検知する一般的な手法に感圧センサを利用したの圧力検知が考えられる．しかし本研究では他人に触れることをインタフェースとして重要視するため，このようなデバイスを体に装着することは好ましくない．またデバイスを体に装着することで必然的にユーザの行動は制限されてしまう．たとえば手と手を叩き合うことで音を鳴らす以外に，腕や足，額等の体の一部分を使い音を鳴らして楽しむ行為ができなくなってしまう．そこで叩く強弱を検知するために，他人に触れた際の相手との通電量を音の強弱に関連付けた．通電量の大小は値の大きさから皮膚インピーダンスより皮膚接触インピーダンスが大きく関係し，皮膚接触インピーダンスには皮膚の発汗状態と接触面積，接地状態が関係する．皮膚の発汗状態はユーザが自由に変更できないため，ユーザは接触面積と接地状態を利用して音の強弱を制御することになる．たとえばユーザが人差指の腹で軽く相手に触れることと，強く相手に触れることでは通電量は後者の方が大きくなる．これ

はユーザにとって接触面積は(ほぼ)同じでも，実際は強く触れたほうが接地状態がよくなり，インピーダンスが下がることを示している．またさらに大きな音を出したいときは手のひら全体で叩けば接地面積が増え，より大きな音を出すことができる．つまりこの方法でユーザが音の大小を制御するためには，相手を叩く強さと，接地面積を意識すればよい．これらはユーザが強弱を制御するためには，相手により触れ合えばよいという直感的で理解しやすいインタフェースであると考えられる．これらの理由から本研究では電流の通電量を検知し，音の強弱に反映するセンシングデバイスの実装を行った．

4. Freqtric Drums

前章での手法を用いて，他人に触れたり，他人を叩いたりすることで音を鳴らせる楽器 Freqtric Drums を開発した．Freqtric Drums は他人の手や肌を叩くことで数種のドラム，パーカッション音を鳴らすことができる楽器である．発音部分は市販の MIDI 音源を利用している．図 6 に Freqtric Drums の概要を示す．人体の接触を検知した Freqtric Drums はセンシングしたチャンネルに割り振られた MIDI Message を外部 MIDI 音源に送信することで音を出力する．

Freqtric Drums には 2 種類あり，実際の演奏にも使用することを想定した Freqtric Drums Live (以後 FD Live と記す)，玩具的な感覚で操作可能な Freqtric Drums Home (以後 FD Home と記す) である．

4.1 実装

FD Live, FD Home には Microchip 社のマイ

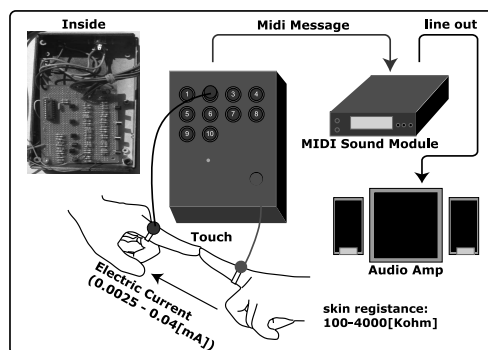


図 6 システムの概要

Fig.6 Overview of the system.

日本の MIDI 規格協議会 (JMSC, 現在の社団法人音楽電子事業協会 (AMEI)) と米国の MMA (MIDI Manufactureres Association) により制定された，電子楽器の演奏データを機器間でデジタル転送するための規格



図 7 Freqtric Drums に利用した電極インタフェース
Fig. 7 Interfaces as an electrode for Freqtric Drums.

クロコンピュータ (PIC) を使用した. FD Live では PIC16F88, FD Home では PIC16F88 と PIC16F84A を使用した. FD Live には接触の ON, OFF を検知する自作センサ, FD Home には接触の強さを 127 段階で検知する自作センサが組み込まれている.

電極素材

人体の接する電極部分について, 毎回ペーストを塗ったり電極をシールで貼り付けたりしては面倒かつ, かゆみや痛み等の皮膚炎を引き起こす場合もある. そこで電極代わりに市販の指輪 (図 7 (a)) を利用した. 電極の素材に関しては蜂須賀ら¹⁷⁾ がアルミニウム・銅・磷青銅・真鍮・ステンレス・洋白の 6 種類での評価実験を行っており, 種類においてさほど違いは見られないことが分かっている. FD Live では指輪の中でも安価に入手できる真鍮製の, FD Home では錆びにくく丈夫なステンレス製のノブ (図 7 (b)) を使用した.

センシングデータ

人体をセンシングデバイスとして考える場合, 地面 (足元) から受けるノイズに注意を払う必要がある. そこで実際に FD Live と FD Home のセンシング回路を用いて簡単な実験を行い, 接触によるセンシングデータの変化を記録, 観察した. 一定の間隔で相手を叩く実験を行い, FD Live, FD Home のセンサから出力される 5 秒間のデータを計測した.

FD Live のセンサ回路を図 8 (a) に示す. 図中の 1 は演奏者となる赤いケーブルの指輪に, 2 の部分が楽器役になる黒いケーブルの指輪に接続される. FD Live にはこのセンサモジュールが 10 個備わっている. FD Live のセンシングデータを図 9 に示す. y 軸は接触検知の ON, OFF を示す. ノイズの影響は見られるものの, チャタリング処理によりこの問題は回避できた.

FD Home のセンサ回路を図 8 (b) に示す. 図中の 1 が演奏者, 2 の部分が楽器役の電極となるノブに接続される. FD Home にはこのセンサモジュールが 3 つ備わっている. FD Home のセンサは電圧が 5 から 0.9 V まで変化し, 値が小さいほど強い接触で大きな電流が流れていることを示している. 図 10 は単に叩

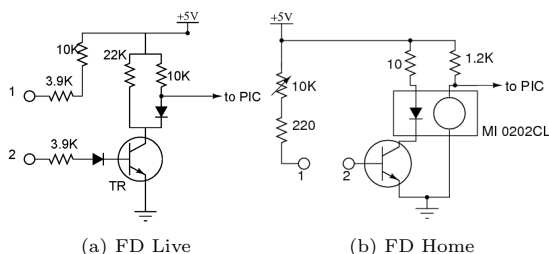


図 8 Freqtric Drums のセンサ回路

Fig. 8 Sensor circuit of Freqtric Drums.

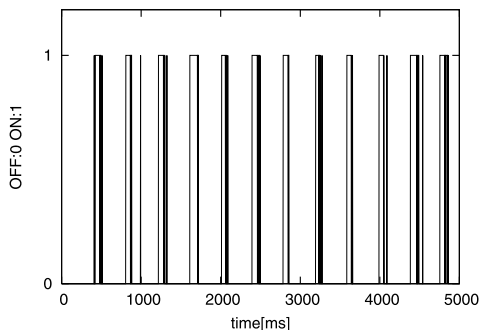


図 9 FD Live を用いて接触を ON, OFF 検知している様子
Fig. 9 Sample data from FD Live sensor.

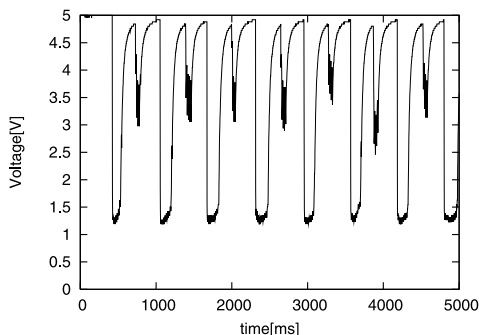


図 10 FD Home を用いて接触をアナログ検知している様子
Fig. 10 Sample data from FD Home sensor.

くだけでなく, 叩く強弱を交互に繰り返してもらった際の 5 秒間のサンプルリングデータである. 叩く強さが検知できていることが分かる.

4.2 Freqtric Drums Live

FD Live を使用するために, 演奏者になるユーザは赤色のケーブルがついた指輪をはめる. 他のユーザは黒色のケーブルがついた指輪をはめる. 装置からは 10 本の黒色ケーブルが出ている. それぞれのケーブルには異なるドラム音が割り当てられている. 観客は黒色ケーブルの指輪をはめることでドラムセットの 1 つになることができる. 指輪のついたケーブルは利便性を考慮し取り外しができるようになっている. 外観

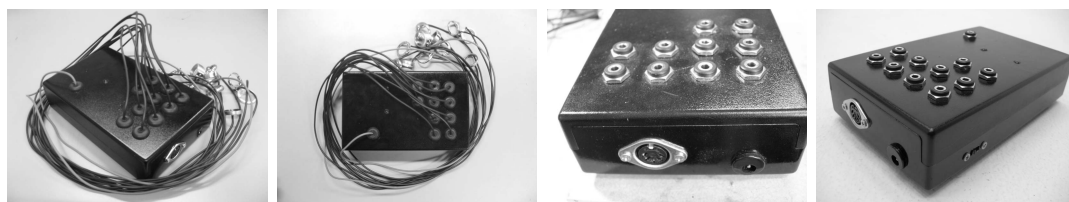


図 11 FD Live の外観

Fig. 11 FD Live.



図 12 FD Live 使用風景

Fig. 12 Snapshots at live performance.

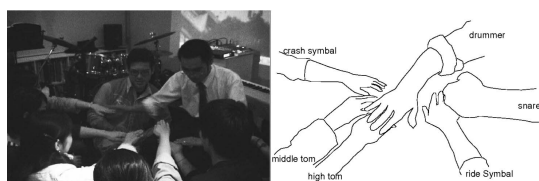


図 13 演奏の風景と楽器配置

Fig. 13 Live performance and sound position.

を図 11 に示す．図 12 は実際のライブパフォーマンス風景である．

FD Live は接触のセンシング速度が速く，電極に指輪を使っているため両手が使えるので演奏面での自由度が高い．指輪についているジャックを Freqtric Drums に接続することでユーザとセンサがつながる．FD Live は 10 チャンネルのセンサを持ち，鳴らせる音を一般的なドラムセットの音に限定している．音色の選定にはドラム経験者の意見を参考にした．実際に人を配置してドラム演奏を行った際の楽器配置例を図 13 に示す．表 1 はそれぞれのチャンネルに割り当てられた音色と MIDI 信号における Note Number を示す．

FD Live から人体に流れる電流量が $0.0025 \sim 0.04 \text{ mA}$ 程度である．接触電流の安全性については，IEC950 の安全基準において，許容漏れ電流値は 0.25 mA である．したがって FD を使用するにあたって，ユーザに害はなく痛みも感じることはない．

4.3 Freqtric Drums Home

FD Home (図 14, 図 15) は Freqtric Drums を手軽に使いやすく利用できることを目的として制作した．

表 1 FD Live の音色一覧
Table 1 Sound set of FD Live.

Channel	Sound	Note Number
1	Hihat foot	0x2C
2	Snare	0x26
3	Kick	0x24
4	Ride Cymbal	0x33
5	Crash Cymbal 1	0x31
6	High Tom	0x32
7	Middle Tom	0x2F
8	Floor Tom	0x29
9	Ride Cymbal Cup	0x35
10	Crash Cymbal 2	0x39

演奏者になるユーザは図 16 に示す①側のノブを握り，楽器になるユーザは②側のノブを握る．FD Live で利用した指輪インタフェースに代え市販のステンレス製ノブインタフェースを使うことで片手が塞がってしまうものの，利用者同士が自然に輪を作ようになり，より親近感が増すと期待できる．

主な機能に FD Home には FD Live にはない機能がある．それらは強弱検知機能，音色変更機能，無線通信機能である．

強弱検知機能は通電する電流量から触れる強弱を検知し，それを音の強弱に変換する機能である．皮膚接触抵抗は個人差があり，同一人物であったとしても発汗状態によって変化するため図 16 に示す①のつまみでセンシングの感度を調整できるようにした．

音色変更機能は楽器の音を自由に変更できる機能である．利用者はデバイスの裏面にあるつまみ (図 16 の②) を回すことで自分の楽器音を自由に選択ができ



図 14 FD Home の外観

Fig. 14 FD Home.



図 15 FD Home 使用風景

Fig. 15 Using FD Home.

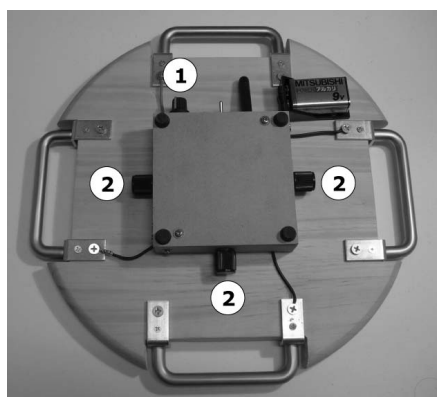


図 16 Freqtrix Drums Home の背面

Fig. 16 Rear view of Freqtrix Drums Home.



図 17 上: スプラッシュシンバル左: ボンゴ Low, 右: コンガ Low

Fig. 17 Upper: Splash Cymbal, left: Bongo Low, right: Conga Low.

る．変更結果は表面の図 17 に示す LCD ディスプレイに表示される．使用できる音色は全部で 72 種類で，たとえば通常のドラムセット以外にも図 17 に示すようにスプラッシュシンバルやボンゴ，コンガ等がある．

無線通信機能は MIDI データを無線で通信することで操作性を向上させる．本機能の実装には AM 変調方式の送受信モジュールを利用した．使用範囲は 10 m 程度で，通信速度は 2,400 bit/s である．利用する際はノブを握ることで送信機を持って使用する．受信機は送信機のスタンドも兼ねている（図 14 参照）．

5. 評価と考察

5.1 センサデバイスの精度

Freqtrix Drums をライブパフォーマンスで利用するうえでセンサデバイスの精度は軽視できない．デバイスが人体の接触を検知してから音を鳴らすための MIDI 信号を送信するまでに要する時間は，FD Live では 8 ms 程度，FD Home では 10 ms 程度である．一般的に人間が音のずれを感じる時間間隔は 30 ms といわれており，これらセンサデバイスで音のずれを感じることはほとんどないといえる．なおこれらの値は人体の接触を正確にとるためのチャタリングの時間間隔，または AD 変換に要する時間である．この値は意図したとおりに音を出すための筆者の経験的な調整値である．

連続したトリガがどの程度まで可能なのかも楽器を演奏するうえで重要な要素である．特にドラム演奏ではこのような技術はダブル・ストロークと呼ばれ，ドラムに上達するうえで最も基本的で重要な技術であ

YAMAHA MU90 取扱い説明書より XG Drums Map を参照し，ボイスリストを作成した．

る。またパークッションにおける奏法でも両手で交互に太鼓を叩く練習が最も基本的で重要である。本センサデバイスでは人体の接触を検知しているため、音を連続で鳴らすには接触の ON/OFF を繰り返す必要がある。つまり 1 度目の音を鳴らしてから同一のチャンネルで次の音を鳴らすには 1 度接触を OFF の状態にする必要がある。この OFF に戻る時間が FD Live と FD Home で異なり、FD Live の方が 20 ms であるのに対し、FD Home では 100 ~ 200 ms 程度要する。この値も筆者による意図したとおりに音を出すための経験的な調整値である。FD Home の戻り時間が FD Live に比べ長い、これはハードウェア自体のレスポンスの遅さが影響している。

FD Live で連続トリガを出力するためには、両手を用いて交互に叩けばよいと考えられる。しかし単に叩けばよいというわけではなく、通常の楽器とは異なり次に叩く前に接触を OFF 状態にしておく必要があるため、この技術には個人差、練習量による差が現れた。特に上級者になると 2 本の指をトリル奏法のように用いることで、高速な連続したトリガを演奏できるようになる。現段階では FD Live には 3 重のチャタリング処理があるため、それらの時間を考慮すると最小 48 ms の間隔で連続したトリガを出力することが可能であるが、実際に人間が使用する場合には、トリル奏法を用いるとテンポ 120 に対して 32 分音符程度 (62.5 ms 間隔) までの連続トリガ演奏が練習次第で可能になる。

5.2 展示・演奏活動

FD Live を利用して 2004 年から 2006 年までに国内外で演奏、展示活動を行った。2 年間演奏活動、イベント、展示活動を行い体験者に意見をいただいていた。男女ともに興味を持っていただき、Freqtric Drums のインタラクションに驚きを示していた体験者も多かった。また Freqtric Drums の仕組みを理解すると体験者たちはおでこや鼻をついたり、足で相手の足を踏んでみたりと様々な接触方法を試して楽しんでいた。FD Live においては指輪をインタフェースとして使用したが両手が自由に使えるため自然なインタラクションが実現できた。そのような中でユーザから得た FD Live に関する意見・要望とその考察をまとめたものを以下に示す。なおそれら改良点は FD Home で一部実

現をした。

5.2.1 ユーザの意見・要望

(1) ケーブルが煩わしい

指輪から伸びたケーブルがインタラクションの邪魔になることがあった。FD Home では電極を指輪からノブにすることで指輪を使用した際のケーブルの煩わしさを解消した。しかしセンシングに皮膚電気活動を利用する以上、デバイスとユーザ間で閉回路を構成する必要がある、ユーザそれぞれが自由に動き回れるようにすることは困難である。ただしセンシング方式に人体内通信を利用することでこの問題は解決できるが、接触の強弱を検知することができない。

(2) 楽器どうしても音を鳴らしたい

FD Live では、1 人のユーザが演奏者となり、他のユーザは楽器となる。楽器どうして接触しても音はならない。楽器どうしの接触により音をならすには人体内通信を利用する等のセンシング方式の変更が必要となる。しかし FreqtricDrums のコンセプトを説明することで楽器どうしでは音が鳴らないことに納得してくれる体験者も多かった。

(3) いろいろな触り具合を検知してほしい

FD Live では触れているかいないかの ON, OFF の検知しかできなかった。これに対して体験者からは「叩く強さが音の強さになってほしい」「人間の触れる箇所によって音色が変わったらおもしろい」といった意見があった。強弱の検知に関しては FD Home に実装した。しかし人伝いに流れる微弱な電流量を計測しているため参加人数が増え、同時接触人数が 2, 3 人となった場合、電流量が分散してしまい正確な強弱を検知できなくなる問題がある。つまり同じ強さで叩いても、同時に触れている人が複数いると実際の叩いた強さよりも弱い音を出力する。これはソフトウェア上で、同時接触人数をカウントすることで解決が可能であると考えられる。現段階のプロトタイプではここまで実装しておらず、実装・評価が次回の課題である。

(4) 音が意図せずに連続で鳴ってしまうことがある

FD Live ではセンサのレスポンス速度を上げるためチャタリング処理間隔を短く設計していることから、接触が甘いとき等にスイッチが ON, OFF が連続で切り替わってしまうことが多々あった。動的にチャタリング処理間隔を変更できるような改良または、操作に熟練してくるとこのようなことはなくなる。

(5) 指輪以外の電極も欲しい

指輪以外にも、イヤリングやネックレス、メガネといったアクセサリとして身につけられるものを電極として使ってみたいという意見があった。さらに「身に

ピアノ等の演奏で用いる。音とその 2 度上の音を速く反復させて音を揺らすこと

それら活動記録、映像記録の一部は

<http://tserve01.aid.design.kyushu-u.ac.jp/~baba/works/freqtricrooms/> から閲覧可能である。

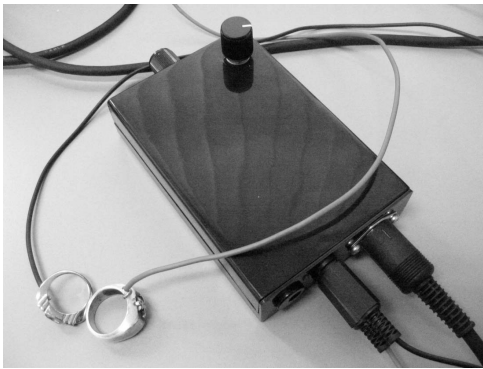


図 18 Freqtric Strings の試作
Fig. 18 Rapid prototype of Freqtric Strings.

つける電極によって音色を選択できるともっと楽しいものになるのではないかと、という意見もいただいた。FD Home ではノブインタフェースを用いたが、他にも様々な電極となりうるインタフェースを試す必要がある。

(6) 音色がたくさん欲しい

FD Live はドラム演奏を目的に制作したため、鳴らせる音の種類が 10 種類と制限がある。そこで FD Home では XG 音源マップに対応した 72 音色を自由に選べるようにした。さらに体験者から自分の声や実際の音を出してほしいという意見をいただいた。

(7) 打楽器以外を演奏してみたい

この要望から触れる強さを音の高低に反映する Freqtric Strings¹⁹⁾を試作した。図 18 に外観を示す。センシング回路は FD Home と同じもの、電極インタフェースには FD Live と同様に指輪を用いた。またサンプリング幅、感度調整つまみをつけ、そのときの状況に合わせたセッティングができるようにした。実際に演奏をしてみたところ音程の制御が非常に難しく、一定期間の練習が必要であり、実際にユーザに体験してもらうには、あらかじめ音階スケールを設定できる等の演奏に関する操作性の向上が必要である。

5.2.2 プロ演奏者による評価

プロドラマ、パーカショニストにそれぞれ 1 度ずつ演奏を依頼し、ライブを行った。両者の意見からの意見を以下にまとめる。

(1) センシングの感度を上げてほしい

「叩いたのにならないことが多々あった」という意見をプロドラマ、パーカショニストからいただいた。筆者自身もその場にいたため、演奏者と確認をとりながら演奏を観察したところ、高速なフィルインを入れた場合にユーザとの接触が甘く、センサが反応しきれていないことが分かった。このことからセンシング

の強度と、チャタリング処理の再調整を行った。

(2) 連続したトリガが難しい

この意見も両演奏者からいただいた。1 度音を鳴らした後もう 1 度音を鳴らすには接触状態を OFF にする必要がある。この部分が演奏者にとって初めてのことで、Freqtric Drums の大きな特徴といえる。ただし連続したトリガに関しては 5.1 節にまとめたとおり、練習次第で演奏可能になる。

6. ま と め

人と人が触れ合うインタラクションに着目し、触れるインタラクションを音楽に変換した作品 Freqtric Drums を開発した。

演奏、イベント活動、学会発表を通じて Freqtric Drums の改良を行い、過去 2 年間でイベント、学会発表を計 13 回国内外で行ってきた。今後ネットワークを介した人同士のコミュニケーションがより普及するに従い、視覚、聴覚だけではなく触覚、嗅覚等をネットワークを介して共有できるようになるであろう。しかし遠隔地間コミュニケーションにはない人間らしさ、楽しさが、対面同士のコミュニケーションには数多く存在する。ネットワークを介したコミュニケーションも楽しく、役に立つものであるが、対面同士、直に触れ合うといった、人間同士が近くにいるからこそ可能なコミュニケーションの必要性、楽しさを認識できることが Freqtric Drums の制作意図である。

今後の展望

FD Live ではステージ上でのパフォーマンスに適した改良を行うことを考えている。利用シナリオとしてはステージ上で演奏者が FD Live をメインに扱う場面ではなく、たとえばギタリストとベーシストが楽曲の要所にお互いに手を叩き合って音を鳴らすことで楽曲をさらに盛り上げる場面を想定している。具体的にプロトタイプは指輪のインタフェースから足首に電極をつけるものに変更する。演奏者は床に置いたデバイスの電極を踏むことで、ギター、ベースを背負った状態でも手軽に音を鳴らすことが可能になる。

また、FD Home ではより手軽に利用でき、ユーザの自由度を高める改良を施す。具体的には 2 つの改良を考えている。1 つは今回のプロトタイプでは MIDI 音源を使用していたものを、内部に音源回路とスピーカを組み込むことを考えている。もう 1 つはユーザが

フィルイン (Fill-In 「埋める」の意) とは、主にドラムセット (広義ではギターやピアノ等の伴奏も含まれる) における演奏技法である。一定のパターン演奏を繰り返す中で楽曲の繋ぎ目の 1~2 小節で即興的な演奏を入れることを指す。

その場で音声をサンプリングできる機能である。ユーザはこの機能を使うことで自分の声を入れたり、壁や机を叩く音をその場でサンプリングし、音源の1つとして利用できる。

また今回開発したセンサモジュールの他分野への応用も現在検討している。たとえば、テレビゲームのコントローラインタフェースとして利用することで、同時プレイで楽しむ相手との実際の接触を検知し、ゲームにその結果を反映させることを考えている。

謝辞 FD Live 実演に協力していただいた九州大学ジャズサークル、ジャズすきもの会の皆様に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Scott, B. and Andrew, D.: inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication, *Extended Abstracts of CHI'97*, pp.363-364 (1997).
- 2) Yanagida, Y.: Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking, *Proc. IEEE Virtual Reality*, pp.43-50 (2004).
- 3) 森川 治ほか：ハイパーミラーを用いた遠隔抱擁システム, 情報処理学会インタラクシオン 2006, pp.29-30 (2006).
- 4) Jason, S., Benjamin B.B. and Allison, D.: Single display groupware: a model for co-present collaboration, *Proc. SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit*, Pittsburgh, Pennsylvania, United States, pp.286-293 (May 15-20, 1999).
- 5) Kohno, M. and Rekimoto, J.: Searching common experience: a social communication tool based on mobile ad-hoc networking, *Proc. 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, pp.25-22 (2005).
- 6) 真篠 将：音楽史, 全音楽楽譜出版社 (1996).
- 7) Iwai, T. and Sakamoto, R.: Music Plays Images X Images Play Music, 岩井俊雄の仕事と周辺 Artist, Designer and Director SCAN#7 RIKUYOSHA, 六耀社 (2000).
- 8) Tanaka, A.: Musical Performance Practice on Sensor-based Instruments, *Trends in Gestural Control of Music, Science et musique*, Wanderley, M.M. and Battier, M. (Eds.), pp.389-405, IRCAM - Centre Pompidou (2000).
- 9) Yamaha Corporation: The Miburi performance system. <http://www.yamaha.co.jp/news/96041001.html>
- 10) Paradiso, J. and Hu, E.: Expressive Footwear for Computer-Augmented Dance Performance, IEEE, *Proc. 1st International Symposium on Wearable Computers*, Cambridge, MA., Oct.13-14, 1997, pp.165-166, IEEE Computer Society Press (1997).
- 11) Yamaha Corporation, Music: Table. <http://www.yamaha.co.jp/product/musictable/mct90/top.html>
- 12) 株式会社タカラトミー：電撃指 SUMO (1999).
- 13) 西本一志, 大島千佳：音楽における創造的表現の支援 IPSJ Magazine, Vol.44, No.8, pp.819-822 (2003). No.1, pp.59-64 (2003).
- 14) Zimmerman, T.G.: Personal Area Network (PAN); Near-Field Intra-Body Communication, *IBM Systems Journal*, Vol.35, No.3-4, pp.609-617 (1996).
- 15) Matsushita, N., Tajima, S., Ayatsuka, Y. and Rekimoto, J.: Wearable Key: Device for Personalizing Nearby Environment, *ISWC 2000*, pp.119-126 (2000).
- 16) Shinagawa, M., Ochiai, K., Sakamoto, H. and Asahi, T.: *NTT Technical Review*, Vol.3, No.5, pp.41-46 (2005).
- 17) 蜂須賀啓介ほか：人体を伝送路とした情報通信デバイスの開発, マイクロメカトロニクス, Vol.46, No.2, pp.53-63 (2002).
- 18) 磯崎晃一ほか：皮膚電位及び皮膚インピーダンス活動の多チャンネル計測システムの設計, 信学技報, MBE99-59, pp.25-30 (1997).
- 19) 馬場哲晃, 富松 潔：Freqtric Drums/Strings : 人と触れあう電子楽器デバイスの実装, 情報処理学会インタラクシオン 2006, pp.61-62 (2006).

(平成 18 年 6 月 21 日受付)

(平成 18 年 12 月 7 日採録)



馬場 哲晃 (学生会員)

1979 年生まれ。2003 年九州芸術工科大学芸術情報設計学科卒業。2005 年同大学院芸術工学研究科芸術工学専攻博士前期課程修了。現在、九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻博士後期課程在学中。ADCDU (先導的デジタルコンテンツ創成支援ユニット) 所属。研究テーマはインタラクシオンデザイン, メディアアート。



牛尼 剛聡（正会員）

1994 年名古屋大学工学部情報工学科卒業．1996 年同大学院工学研究科情報工学専攻博士課程前期課程修了．1999 年同大学院博士課程後期課程単位取得退学．博士（工学）．

同年九州芸術工科大学芸術工学部芸術情報設計学科助手．2003 年統合により九州大学大学院芸術工学研究院芸術情報部門助手，現在に至る．コンテンツデータベースシステム，地理情報システム，ヒューマンコンピュータインタラクション等に興味を持つ．電子情報通信学会，IEEE-CS，ACM 各会員．



富松 潔

1953 年生まれ，1976 年九州芸術工科大学工業設計学科卒業，1991 年英国王立芸術大学院コンピュータリレイテッドデザイン課程ディプロマ修了，1998 年博士（芸術工学），三

洋電機株式会社総合デザインセンターを経て 1994 年より九州芸術工科大学講師として教育・研究に従事，現在は九州大学大学院教授，専門はインタラクションデザイン．学部では芸術工学部芸術情報設計学科，大学院では芸術工学府デザインストラテジー専攻を担当．趣味はセーリング競技．日本デザイン学会（評議員・研究推進委員会幹事），ヒューマンインタフェース学会，芸術工学会，ACM SIGCHI 等の会員．

