MITAI: 日常のモノを用いた自由な音楽制作システムの提案

中島 武三志[1,a)]　後藤 理[2]　菅野 由弘[1]

概要：音楽の演奏やサウンドアートの分野では，新しいものを利用する実験的取り組みが常に行われている．しかし，クリエイタにとって自由な発想でモノの状態を取得・制御するには専門的な知識を必要とすることが多く，それらを手軽に活用できれば創作をより自由に行うことができる．本稿では IoT の思想を応用し，専門的な知識を持たない者でも日常のモノと音楽とが組み合わさった作品を手軽に創作できるシステム「MITAI」を提案する．さらに本システムはクリエイタの“してみたい”という自由な発想を促進することを意図している．ユーザは引き出しやライト，扇風機，コーヒーミル，スピーカといった日常のモノと音楽とが結びついた作品を手軽に構築できる．

MITAI: A Proposal of Music Creation System Freely Utilizing Everyday Things

Nakajima Musashi[1,a)]　Goto Satoru[2]　Kanno Yoshihiro[1]

Abstract: In the fields of music performance or sound art, thousands of experimental works in which novel things are utilized are constantly attempted. However, the creators often need to have technical knowledge to obtain or control the state of things based on free ideas, therefore an easier way to utilize them could facilitate a more free creative activity. This paper proposes the system “MITAI” by which people who do not have technical knowledge could easily create their works combined with everyday things, applying the concept of IoT. It is also intended to facilitate the creators’ more free ideas of “Shite Mitai” (which means “want to try” in Japanese). Users can construct their works easily in which music is combined with everyday things such as a drawer, a light, a fan or a coffee grinder.

1. はじめに

音楽の演奏やサウンドアートの分野では，新しいものを利用する実験的取り組みが常に行われている．中でも，我々の身近に存在するモノをモチーフにした作品が多く創作されており，自由な発想で日常のモノと音楽とが結びつけられている．Ishii らによる Music Bottles[1] は，3 つのガラス製ボトルが用意されており，これらの蓋を開けるとそれぞれのボトルに対応する音楽が再生される作品である．また Hauenstein らによる Audio Shaker[2] は，円筒状容器に声を吹き込むと，容器を振ったり傾けたりといった動作に呼応して声が再生される作品である．このように，日常のモノを自由な発想で音楽と結びつけることによって新たな視点を鑑賞者に与え，興味深い音楽体験を生み出している．

一方，このような作品を創作するクリエイタにとって自由な発想でモノの状態を取得・制御するには，専門的な知識を必要とすることが多い．実際，モノの状態を取得するためには適切なセンサを取り付け，制御を行うには制御機器との通信が必要である．しかしこれらはモノによって適切な方法が異なるため，クリエイタは大変な作業に煩わされることになる．こうした作業に煩わされることなく手軽にモノに関する情報を活用できれば，より本質的な創作活動に従事できる．

これを踏まえ，本稿では IoT の思想を応用し，専門的な

[1] 早稲田大学大学院基幹理工学研究科
Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University
[2] 埼玉大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Saitama University
[a)] 634.nakajima@aoni.waseda.jp

© 2015 Information Processing Society of Japan

図 1 「MITAI」の外観
Fig. 1 Overview image of MITAI

知識を持たない者でも日常のモノと音楽とが組み合わさった作品を手軽に創作できるシステム「MITAI」を提案する．本システムは音楽作品の創作に必要な音源再生やエフェクト処理と，引き出し，ライト，扇風機，コーヒーミル，スピーカといった日常のモノをネットワーク上でつなぎ合わせてひとつの作品を構築するシステムである．本システムは日常のモノを手軽に音楽に活用できることに加え，クリエイタの“してみたい”という自由な発想を促進することを意図している．ユーザは本システムを用いることで，引き出しやライト，扇風機，コーヒーミル，スピーカといった日常のモノと音楽とが結びついた作品を手軽に構築できる．

以降，第２章では関連研究について触れ，第３章ではシステムの実装について述べる．さらに第４章ではシステムの動作に関して考察し，今後の課題について述べる．最後に第５章では全体の総括をおこなう．

2. 関連研究

第１章で述べたように，日常のモノを音楽の演奏やサウンドアートに応用した作品が数多く発表されている．こうした作品例として，先述の Music Bottles[1] や Audio Shaker[2] に加え，Hesse らによる Bubblegum Sequencer[3] や，奥出らによる Rainterior[4] などが挙げられる．前者はゴムボールを用いたミュージックシーケンサであり，後者は水面に落下する水滴に合わせて音と映像が生成される作品である．この他にも非常に多くの作品が創作されており，日常のモノと音楽が結びつくことによって得られる新たな音楽体験が特徴となっている．

これらはその作品専用に一からモノの状態をデータ化し，制御する方法を検討しているため，アイディアの実現には専門的な知識や試行錯誤が必要となる．様々なモノの状態取得・制御機能を持ったネットワーク上のサービスが整うことで，クリエイタはこうした作業に労力を割かれることがなくなるうえ，専門知識を持たない者でも手軽に作品アイデアを実現できる．

また，オシレータやエフェクタなど，音楽作品を創作する上で重要となるモジュールを連結させることで音楽作品を構築するためのシステムも多く開発がなされている．このようなシステムの例として，コンピュータ上で音響合成をおこなうビジュアルプログラミング言語である Max[5] や，テーブルに特定の機能を持つオブジェクトを配置し，オブジェクト同士を近接させたり，移動・回転させることで入出力をおこなうシンセサイザ・シーケンサである ReacTable*[6] などが挙げられる．

このようにモジュール同士を連結させて作品や機能を構築していくための様々なシステムが提案されており，モジュールを直感的に表示して連結させることが可能となっている．これらの研究を応用し，身の回りのモノのサービスを音響合成などのサービスと組み合わせた作品を手軽に創作するシステムを構築することが本研究のねらいである．

3. システムの実装

本章では「MITAI」システムの実装について述べる．はじめにシステムの概要について述べ，システム全体の構成，およびシステム内で動作するサービスとネットワーク構築アプリケーションの詳細について説明する．

3.1 システムの概要

本稿では IoT の思想を応用し，専門的な知識を持たない者でも日常のモノと音楽とが組み合わさった作品を手軽に創作できるシステム「MITAI」を提案する．本システムは音楽作品の創作に必要な音源再生やエフェクト処理と，引き出し，ライト，扇風機，コーヒーミル，スピーカといった日常のモノをネットワーク上でつなぎ合わせてひとつの作品を構築するシステムである．

本システムでは LAN 上において，音源やエフェクトは「サービス」として存在する．また，日常のモノも同様に LAN 上では「サービス」として存在し，モノの状態取得・制御ができるようになっている．日常のモノの状態取得・制御に関する部分はセンサーや通信など異なる技術が用いられ，専門的な知識を必要とするが「サービス」としてカプセル化されることによりユーザは日常のモノを用いた作品の制作に専念できる．なお，本研究ではネットワーク上に設置された特定の単一処理をおこなう機能をサービスと呼ぶ．

本システムでは日常のモノとして，引き出し，ライト，扇風機，コーヒーミル，スピーカそれぞれの状態取得・制御を取り持つ LAN 上のサービスを用意している．また，音楽作品を構築する上での基本サービスとして，音源（キラキラ星），ディレイ，ローパスフィルタのサービスを用意している．これらは日常のモノと異なり，実体を持たない

© 2015 Information Processing Society of Japan

ソフトウェア上のサービスである．ユーザはタブレット端末上のネットワーク構築アプリケーションから上記サービスを選択し，ノードで表現されたこれらのサービスをつなぎ合わせることで，自由に作品を構築する．

3.2 システム構成

システム構成は図 2 のとおりである．モノは LAN 上のサービスという形で抽象化され，タブレット端末上で自由に閲覧できる．タブレット端末にはアップル社 iPad 2 を用いている．さらにタブレット端末を通じてサービス同士のネットワークを構築できる．これらのサービスは，実際にはコンピュータ上のプログラムとして動作している．コンピュータにはアップル社 Macbook Air を用いており，Aruduino[7] と XBee[8] の親機が接続されている．そして引き出し，ライト，扇風機は Arduino と接続されており，引き出しの開き具合やライト・扇風機についているノブ状態の取得，およびライトの光量，扇風機の風量制御をおこなう．またコーヒーミルは内部に組み込まれた電子回路によってミルの回転状態を取得し，XBee の子機からコンピュータに送信される．各サービスは，実際にはこれらのハードウェアを通して状態取得・制御をおこなう．このように，モノの状態取得・制御に関する部分は各々異なる技術が用いられることが想定されるが，サービスとしてカプセル化されることによりユーザはこうした処理に関知する必要がなくなっている．

現状のシステムではサービスを提供する通信端末を各々のモノの内部に組み込むことが困難なため，全てのサービスは同一のコンピュータ上で動作しているが，通信端末の小型化により，各々のモノが独立して通信可能であると考えられる．

全てのサービスおよびネットワーク構築アプリケーションは OSC[9] で通信をおこなう．タブレット端末上で利用可能なサービスを提示するための情報や，サービス同士を連結させるための通信には信頼性が求められるため，TCP ベースの OSC を用いている．逆にサービスが実際に入出力をおこなうデータの通信には即時性が求められるため UDP ベースの OSC を用いている．またサービスには二種類のデータ入出力があり，一つは 0~255 の整数値（以下，整数データ），もう一つは 44.1kHz，16bit モノラル PCM データ（以下，オーディオデータ）が利用できるようになっている．なお，コンピュータ上で動作するサービスは全て C++で実装されている．

3.3 サービスの詳細

以下では，音楽作品を構築する上での基本サービスである音源，ディレイ，ローパスフィルタそれぞれのサービスと，日常のモノである引き出し，ライト，扇風機，コーヒーミル，スピーカそれぞれのサービスについて詳細を述べる．

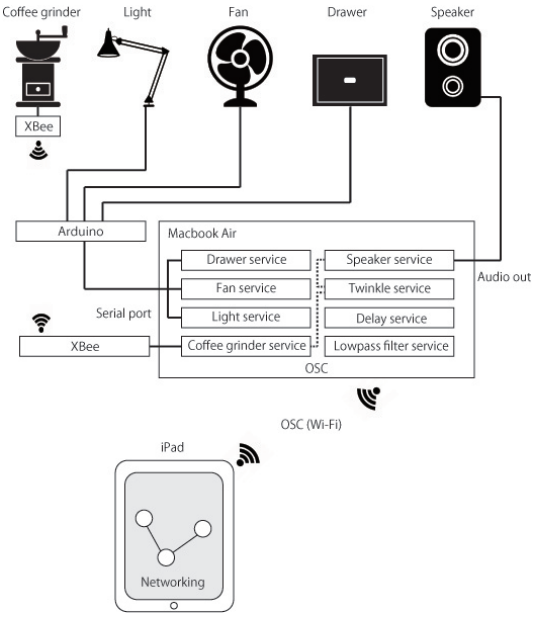


図 2 システム構成
Fig. 2 System configuration

3.3.1 音楽作品構築のための基本サービス

(1) 音源
本研究では，音源に仮想のオルゴールとしてキラキラ星サービスを用意している．このサービスはキラキラ星のメロディをオーディオデータとしてリアルタイムに出力する．キラキラ星は整数データを受信すると値に応じて BPM50~200 の間でテンポを変化させる．

(2) ディレイ
ディレイはオーディオデータが入力されると，ディレイのエフェクトがかかったオーディオデータを出力する．またディレイタイム，ゲイン，バイパスのパラメータを持っており，整数データが入力されると値に応じてエフェクトのかかり具合が変化する．

(3) ローパスフィルタ
ローパスフィルタはオーディオデータが入力されると，ローパスフィルタがかかったオーディオデータを出力する．またカットオフ周波数，Q 値，バイパスのパラメータを持っており，整数データが入力されると値に応じてエフェクトのかかり具合が変化する．

3.3.2 日常のモノのサービス

(1) 引き出し
引き出しはどれだけ開いているかを整数データで出力する．引き出し内部には，黒鉛を塗布した厚紙を用いた簡易的な可変抵抗を組み込んでおり，可変抵抗による電圧の変化を Arduino 側で読み取っている．図 3 は引き出しの外観である．

(2) ライト
ライトは光量調整用のノブがついており，ノブに対応して光量が変化する．Arduino で読み取られたノブの

© 2015 Information Processing Society of Japan

図 3 引き出し
Fig. 3 Drawer

図 4 ライト
Fig. 4 Light

状態をシリアル通信で取得し，整数データで出力する．また他サービスからも光量を制御することが可能であり，整数データが入力されると Arduino を介して光量が変化する．図 4 はライトの外観である．

(3) 扇風機

扇風機は風量調整用のノブがついており，ノブに対応して風量が変化する．Arduino で読み取られたノブの状態をシリアル通信で取得し，また他サービスからも風量を制御することが可能であり，整数データが入力されると Arduino を介して風量が変化する．図 5 は扇風機の外観である．

(4) コーヒーミル

コーヒーミルはハンドルの回転速度を出力する．図 6 はコーヒーミルの外観，図 7 はコーヒーミル内部の回転検出部の回路である．コーヒーミルのハンドル回転の検出にはロータリーエンコーダと AVR マイコン (ATMEGA328P-PU) を使用し，ハンドルの角速度に応じて 0~250 の 10 刻みの整数データ (0, 10, 20, ..., 250) を出力する．なお，整数データの 10 は $\pi/6$ ラジアン毎秒に相当する．ハンドル回転速度のデータは XBee ZigBee を用いてコンピュータに送信する．

(5) スピーカ

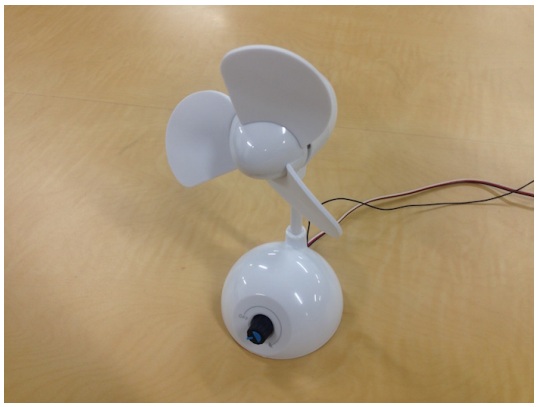


図 5 扇風機
Fig. 5 Fan

図 6 コーヒーミル
Fig. 6 Coffee grinder

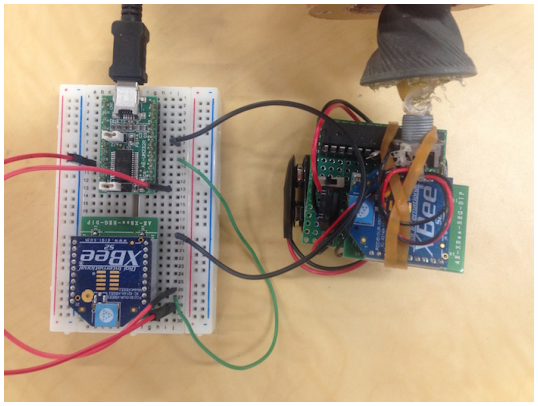


図 7 コーヒーミルの回路
Fig. 7 Circuit of the coffee grinder

スピーカはオーディオデータを受信し，実際に音を再生するサービスを提供する．図 8 はスピーカの外観である．スピーカは他にもボリューム入力を持っており，整数データでボリュームを制御できる．また再生時のオーディオレベルを整数データで出力する．このサービスはソフトウェア上でデジタルのオーディオデータに対して処理を行っている．

© 2015 Information Processing Society of Japan

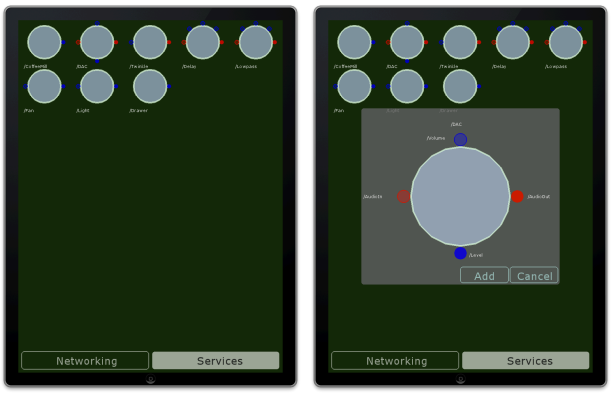
図 8　スピーカ
Fig. 8　Speaker

3.4　ネットワーク構築アプリケーション

ネットワーク構築アプリケーションは，LAN 上に存在するサービスを分かりやすく表示し手軽に連結させるためのアプリケーションであり，openFrameworks[10] を用いて実装している．本アプリケーションはサービス選択画面とネットワーク構築画面の二種類の画面からなる．

サービス選択画面（図 9 (a)）では，LAN 上に存在するサービスの一覧を表示する．アプリケーションは起動時にサービス情報の送信依頼をブロードキャスト送信する．サービスは依頼を受信すると，アプリケーションに対して自身のサービス情報を返信する．アプリケーションはサービスから受信したサービス情報から，サービス一覧を画面上に表示する．今回の実装では，引き出し．ライト，扇風機，ミル，キラキラ星，ディレイ，ローパスフィルタ，スピーカの計 8 サービスが表示される．ユーザは表示されたサービスをタッチするとサービス情報の詳細を確認できるウィンドウが現れる（図 9 (b)）．サービス情報詳細ウィンドウ上に表示されている「Add」ボタンをタッチするとネットワーク構築画面に移動する．サービスを表すノードの縁には，サービスが提供している入出力を表す点が表示されている．これらは視認性を考慮し，やり取りされるデータの種類と入力か出力かによって色合いを区別している．整数データとオーディオデータはそれぞれ青，赤で表される．また出力の点は全て単色であるが，入力の点は縁以外の部分が暗くなっている（図 10 ）．

ネットワーク構築画面（図 11 (a)）では，サービスが画面上にノードとして表示される．ノードを指で移動させ，入力を表す点と出力を表す点同士を近接させると，各ノードの入出力が線で結ばれ，サービス同士が接続されていることを示す．（図 11 (b)）．同時にアプリケーションは出力側のサービスに対し，入力側のサービスへの接続依頼を送信する．出力側サービスは依頼を受信すると，出力データを入力側サービス側に送信しはじめる．また，ネットワーク構築画面においてもノードをタッチするとサービス情報の詳細を確認できるウィンドウが現れる．



(a)　(b)

図 9　サービス選択画面
Fig. 9　Service selection window

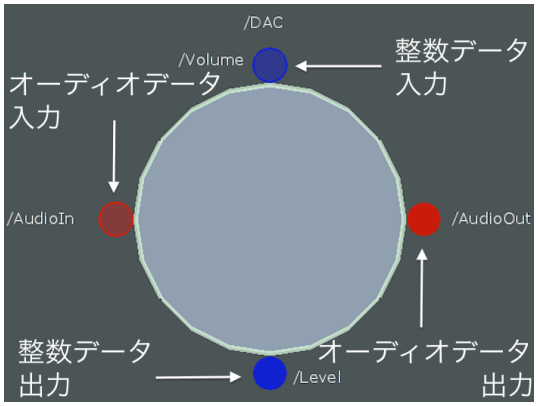
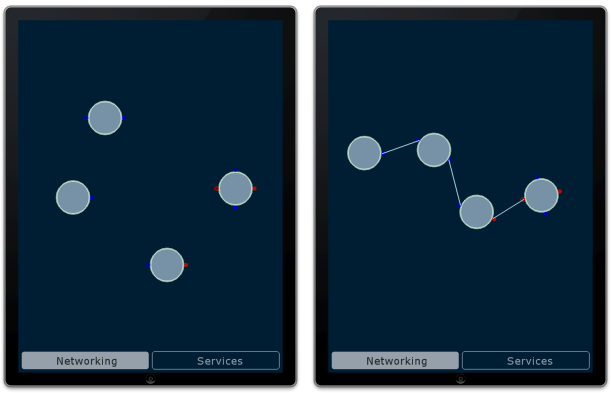


図 10　ノード
Fig. 10　Node



(a)　(b)

図 11　ネットワーク構築画面
Fig. 11　Networking window

各サービスから本アプリケーションへのサービス情報送信，および出力サービスに対する入力サービスへの接続依頼は信頼性を確保するため TCP ベースの OSC プロトコルを用いている．

4.　考察

本章では実際にシステムを構築し，使用した上での成果

© 2015 Information Processing Society of Japan

と課題について考察する．

本システムを用いてサービスを組み合わせることにより，モノと音楽を組み合わせた作品が手軽に構築できた．実際に構築できた作品例として以下のものが挙げられる．

- コーヒーミルのハンドルを回転させると回転速度にあわせキラキラ星が演奏される作品
- 引き出しを開けると開いた量に応じてスピーカのボリュームが上がり，キラキラ星の音楽が聞こえてくる作品
- キラキラ星の音の大きさに合わせてライトが明滅する作品
- キラキラ星の再生中に扇風機やライトのノブを調整し，ディレイやローパスフィルタのエフェクトを変化できる作品

上記作品以外にも，様々な組み合わせによる作品が構築できた．現段階では日常のモノを含むサービス同士のネットワークを手軽に構築する仕組みまで作成できたが，より自由なアイディアを促進し作品創作の幅を広げるにはサービスの種類を増やしてゆくことが重要だと思われる．

また，現状では LAN 上に存在する全てのサービスを画面上に一覧表示する形を採用しているが，サービスの数が膨大になることでユーザの所望するサービスを選択することが困難になることが考えられる．そのため，キーワード入力によるサービス検索やユーザ付近のモノのサービス情報のみ取得するなど，別の手法が有用である可能性も考えられる．

さらに現状ではサービスを提供する通信端末を各々のモノの内部に組み込むことが困難なため，全てのサービスは同一のコンピュータ上で動作しているが，今後通信端末の小型化により，各々のモノが独立して通信可能になると考えられる．

5. おわりに

本研究では，音楽の演奏やサウンドアート制作の分野において専門的な知識を持たない者でも日常のモノを手軽に組み合わせて音楽作品を創作できるシステム「MITAI」を提案した．さらにこのシステムを実装し，実際にユーザの手によって異なる振る舞いをするいくつかの作品を構築することができた．現状のシステムではサービスの種類が少なく，これらの組み合わせによって得られる作品の可能性は限られるが，今後様々なサービスを用意してゆくことでクリエイタの自由な発想をより促し，作品創作の幅を広げることができると考えられる．

参考文献

[1] Ishii H., Mazalek A., and Lee, J.: *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).

[2] Cameron A., Systems Design Limited: *The Art of Experimental Interaction Design*, Gingko Press (2005).

[3] Hesse, H., and McDiarmid A.: *The bubblegum sequencer*, Proceedings of the Conference on Computer Human Interaction (CHI) (2008).

[4] Okude, E., Kakehi, Y.: *Rainterior: an interactive water display with illuminating raindrops*, Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces. ACM (2011).

[5] Cycling '74: *MAX 7*,
入手先 ⟨https://cycling74.com/max7/⟩ (2015.07.21).

[6] Jordà S., Kaltenbrunner M., Geiger G. and Bencina R.: *The reacTable**, Proceedings of the international computer music conference (ICMC 2005), Barcelona, Spain, pp.579-582, Aug (2005).

[7] Arduino: *Arduino-Home*,
入手先 ⟨https://www.arduino.cc/⟩ (2015.07.21).

[8] Digi International: *XBee Zigbee*
入手先 ⟨http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/zigbee-mesh-module/xbee-zigbee⟩ (2015.7.21).

[9] Wright, M.: *Open Sound Control-A New Protocol for Communication with Sound Synthesizers*, Proceedings of the 1997 International Computer Music Conference (1997).

[10] openFrameworks: *openFrameworks*,
入手先 ⟨http://openframeworks.cc/⟩ (2015.07.21).

© 2015 Information Processing Society of Japan