

## 課題情報シート

テーマ名 :	ハンドベル自動演奏のための 3 次元操作インタフェースの開発		
担当指導員名 :	奥田 佳史	実施年度 :	27 年度
施設名 :	近畿職業能力開発大学校		
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	電子情報技術科
課題の区分 :	総合制作実習課題	学生数 :	2 人
		時間 :	20 単位 (360h)

### 課題制作・開発のポイント

#### 【開発（制作）のポイント】

本システムでは高負荷な 3 次元ポインティングデバイスの制御タスクと遅延発生が演奏能力に直結する演奏タスクの 2 個のタスクが必要となることから、マルチコア・マルチプロセスの特性を最大限に利用した協調同期機能の活用方法、プログラミング技術を指導しました。

【学生数の内訳】 3 次元ポインティングデバイス制御タスクの設計と実装プログラミング: 1 名、演奏タスクの設計と実装プログラミング: 1 名

#### 【訓練（指導）のポイント】

学生同士が互いにコミュニケーションが取りやすく、それぞれが責任を持って課題に取り組めるように指導しました。学生が興味を惹く課題を設定することによって、より良い演奏を目指そうという意思が働き主体的に開発ができるようになりました。また定期的なミーティングを通して課題の解決方法、実装方法、問題点を話し合うことにより学生のコミュニケーション能力向上に努めました。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 近畿職業能力開発大学校  
 住所 : 〒596-0103 大阪府岸和田市稲葉町 1778  
 電話番号 : 072-489-2112 (学務課)  
 施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/osaka/college/>

### 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# ハンドベル自動演奏のための 3 次元操作インタフェースの開発

電子情報技術科 ○○ ○○, ○○ ○○  
 指導教員 ○○ ○○

去年の総合制作課題であるハンドベル自動演奏装置を制御対象として、指の位置を検出する Leap Motion を使い、ユーザが「指揮者」のようにコントロールできるインタフェースの開発を行った。指揮による操作認識・描画処理部とハンドベル自動演奏装置部の同期誤差をプロセス間通信により解消し、Leap Motion によるユーザのテンポ入力、動作指示が直ちに反映されるインタフェースを作ることに成功した。

**Keywords** : Leap Motion, midi シーケンサ, シグナルハンドラ, プロセス間通信, 非同期通信.

## 1. 緒言

ハンドベル自動演奏装置は昨年度の総合製作課題であり、midi@という形式の楽曲データを解析し、合計 27個のハンドベルで演奏する装置である。しかし、昨年度の時点ではmidi@データに含まれるテンポ情報を固定し利用していた。そこで、動作指示やテンポを調整するためのインタフェースとして「Leap Motion™」を使うこととした。「Leap Motion™」が「ハンドベル自動演奏装置」のインタフェースとなり、ユーザが「指揮者」のように楽曲をコントロールできる演奏装置を開発した。全体の制御フローを図 1 に、全体のブロック図を図 2 に示す。

## 2. システム構成

### 2.1 入力モジュール

「Leap Motion™」はLeap Motion™社が 2012 年に販売を開発したセンサで、赤外線ステレオカメラを利用して手や指の位置を 1/100mm単位で検出することができる三次元ポインティングデバイスである。検出範囲内に「Interaction Box」と呼ばれる直方体の検出環境を持つことができ、この直方体内に手や指が存在するとき、「Interaction Box」での座標として三次元の数値を返すことができる。

### 2.2 音源制御モジュール

入力部で検出した動作指示やテンポ入力に応じてどんな音を鳴らさせるかを音源モジュールに送信する役割を果たし、UI(User Interface)プロセスと midi@ シーケンサプロセスより構成される。

### 2.3 音源モジュール

音源制御モジュールから送られた信号をmbed@マイコンサーバで受信し、ソレノイドでハンドベルを叩く処理をする。

## 3. 音源制御モジュール概要

操作画面は曲選択画面と曲制御画面の二つからなる。操作画面を図 3 及び図 4 に示す。また、曲制御画面での状態遷移図及び操作方法を図 5 に示す。

### 3.1 動作環境及び開発環境

CPU : i5-4460 3.2GHz 4Core OS : Ubuntu® 14.04LTS  
 SDK : Leap Motion SDK 2.3.1+31549  
 使用言語 : C++  
 画像ライブラリ : SDL(Simple DirectMedia Layer) 2.0

### 3.2 動作概要

#### (1) UI プロセス

SDL により、曲選択画面と曲制御画面を提供する。Leap Service とやり取りをし、指の位置やテンポの取得、動作指示を行う。指のポインタは「Interaction Box」の検出環境内に右手人差し指が存在するとき、InteractionBox クラスの normalizePoint()メソッドで Interaction Box 内の座標を求め、その数値に応じて描画を行う。ボタンや曲名のカードを押したいときは、ボタン、カード上に指のポインタをあわせ、押し込むことで選択できる。これは、Leap Motion™ コント

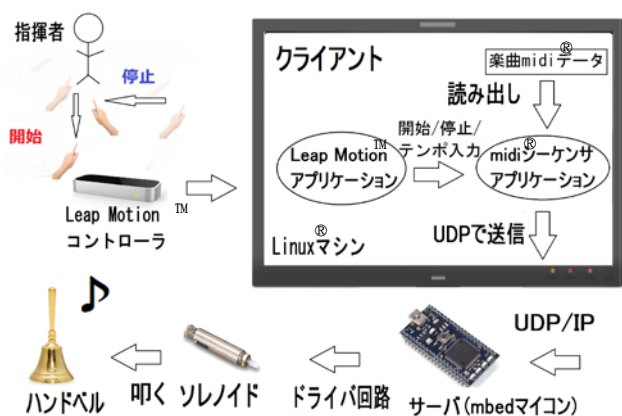


図 1 全体の制御フロー図

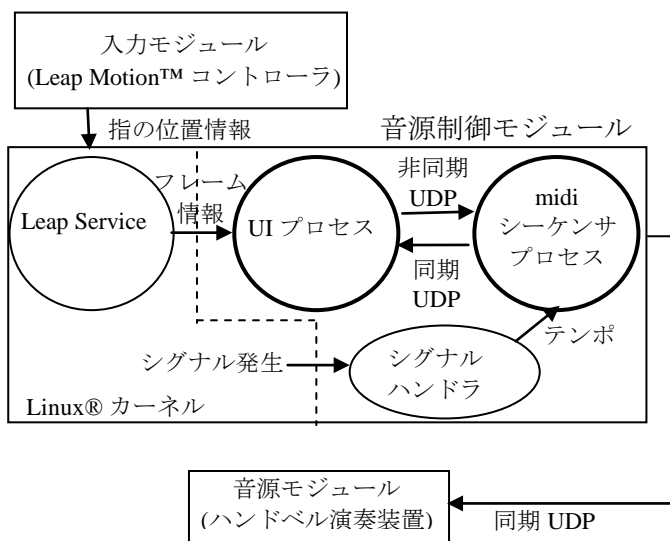


図 2 ブロック図

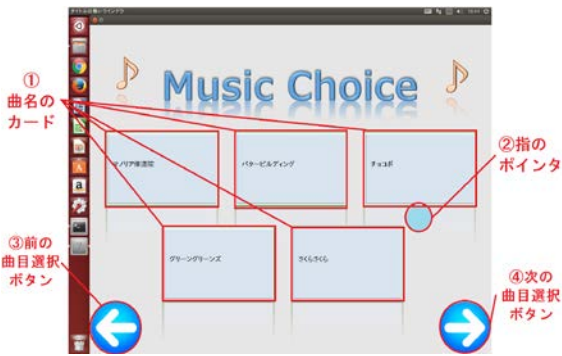
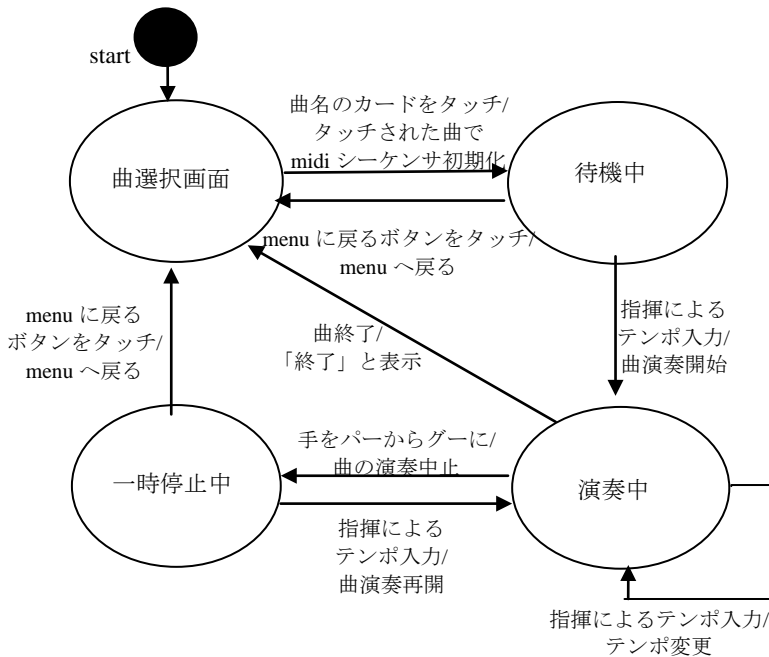


図3 曲選択画面



図4 曲制御画面



- ①曲名のカード：選択するとその曲の演奏制御画面へ
- ②指のポインタ：指の位置を示すポインタ
- ③前の曲目選択ボタン：前の5曲表示
- ④次の曲目選択ボタン：次の5曲表示
- ⑤曲名：現在演奏中の曲名
- ⑥拍子切り替えボタン：2拍子と最適拍子を切り替える
- ⑦menuに戻るボタン：演奏を中断しmenuに戻る
- ⑧状態：一時停止，演奏中，終了
- ⑨現在のテンポ：テンポをBPM(Beats Per Minute)に変換し表示
- ⑩現在の拍子：現在何拍子で演奏しているか表示
- ⑪Tap領域：ここに指が入った間隔を測定することで，テンポを入力する

図5 状態遷移図と操作方法

ローラより指が奥にあるとき， Pointable クラスの touchDistance()メソッドにより，タッチ状態であると判別されるためである．またテンポは，過去 10 回のテンポの単純移動平均を取ることで，指揮のテンポを滑らかに変化させることを実現している．

(2) midi @シーケンサプロセス midi@ 形式のデータを先頭から順番に解析するプログラムである．UI 部から送られてきたテンポ情報をもとに，音源モジュールへの通信を制御する．

3.3 プロセス間通信 UIプロセスとmidi@シーケンサプロセスはプロセス間通信を行っている．プロセス間通信のシーケンス図を図6に示す．理由は，SDLは描画のループを作る必要があり，midi@シーケンサではsleep関数を使用しているため，sleepしているとその間CPUが動くことができず，描画ができない問題が生じたからである．sleep関数と描画を両立させるために，midi@シーケンサプロセスとUIプロセスを独立した2プロセスで構成し，UDP通信することでプロセス間通信を行った．midiシーケンサプロセスは非同期通信を行い，データ受信があればシグナルハンドラを実行する．受信がなければmidiデータの解析，sleepを続行する．

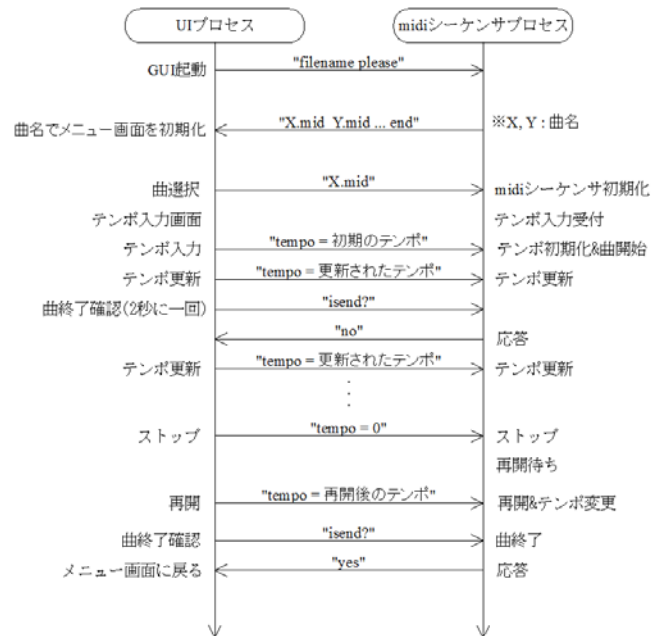


図6 プロセス間通信のシーケンス図

#### 4. 性能評価

UIプロセスをフル稼働させ，1000msecごとに音を送り，パケットの送信間隔を測定した結果，送信間隔は平均1000.148msecであり，人間が遅れを感知できる限界であるとされる20msecと比較して，無視できる誤差であることが確認できた．また，曲の拍と指先のタップのタイミングが完全に一致していることを確認した．

#### 文献

- [1] <https://developer.leapmotion.com/>
- [2] 近畿能開大ジャーナル No.23, "ハンドベル自動演奏装置の製作", pp.51-54, 2015.

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日：平成27年7月21日

科名：電子情報技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		ハンドベル自動演奏のための三次元操作インタフェースの開発	
担当教員		担当学生	
電子情報技術科		2名	
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>組込み機器ソフトウェア開発に必要となる、要求分析、オブジェクト指向分析、オブジェクト指向設計のドキュメント作成能力およびその実装に必要となるオブジェクト指向プログラミングの開発、及びテスト技法を実践的に習得する。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>昨年度にハンドベル自動演奏装置を完成させ、ポリテクビジョンにおけるデモ演奏では好評を得ることができた。今回はハンドベル演奏装置と人間が指先のコントロールで対話的な動作を組み込み演奏能力の向上を目指す。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>対話的インタフェースとして非接触型ポインティングデバイスである Leap Motion™ コントローラを採用する。テーマの特徴</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 手のクラス、指のクラスから現在の方向ベクトルを取得する。</li> <li>② 方向ベクトルの組み合わせから、ユーザの意図をくみ取る。</li> <li>③ リアルタイムにハンドベル自動演奏装置を制御できる。</li> </ol> <p>実演奏により性能を評価する。</p>			
No	取組目標		
①	指の関節位置を方向ベクトルとして取得する。		
②	手のジェスチャを認識する。		
③	一連の手の動きをMIDI®データ・シーケンスに変換する。		
④	想定した動作が行われなかった場合には、問題を分析し、その問題の解決に取り組みます。		
⑤	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
⑥	材料、工具、機器及び部品等については、チェックリストを用いて厳密に管理します。		
⑦	報告書の作成、製作品の展示及び発表会を行います。		
⑧	実習の進捗状況や、発生した問題等については、単独、グループの場合にかかわらず、担当教員へ報告します。		
⑨	報告・連絡・相談を怠らず、作業に遅延を発生させないよう気を付けます。		
⑩			