Hakoniwa － 箱庭型テーブルトップ電子楽器インタフェースの研究と制作

菊川　裕也[†]　　馬場　哲晃[†]　　串山　久美子[†]

本研究では箱庭療法に使用される箱庭をモティーフとしたインタラクティブなテーブルトップ型デバイスを提案する．試作機の制作を通して砂の触感や玩具の配置など箱庭療法の特色を検証し、箱庭に音や映像を付加することでインタラクティブな電子楽器としての箱庭型インタフェースを開発する．

“Hakoniwa” - Research and Produce of Interactive Electric Musical Tabletop

YUYA KIKUKAWA[†]　　TETSUAKI BABA[†]　　KUMIKO KUSHIYAMA[†]

In this research we propose an interactive tabletop device referring to Sandtray Therapy, a kind of psychotherapy. Through the production of prototypes we researched a character of Sandtray Therapy, for example a tactile sense of sand playing and arranging toys. Then we considered making use of this type of miniature garden as an interface for an interactive device which makes images and sound responsively to the situation of a miniature garden.

1.　はじめに

我々はこれまでに触覚的操作を主体としたインタラクティブデバイスの研究，開発を行ってきた．我々は以前砂場をモティーフとしたテーブルトップ型のインタラクティブデバイス[1]の開発を行っており,砂の触感を動的に変化させることでユーザに魅力的な体験を提供できることを確認した．研究の中で我々は心理療法の一種である箱庭療法において，砂の触感がクライエントを安心させる重要な役割を果たしている点に着目した．そこで箱庭の砂や玩具の触感が提供するタンジブルなインタフェースとしての可能性や心理アセスメント技法としての可能性を検討し，インタラクティブなテーブルトップ型デバイスの制作を通じてそれらの可能性を拡張することを試みた．具体的にはユーザが砂を造形し玩具を配置する行為をデジタルの情報として検出，記録し，その行動に応じた映像や音響によるインタラクションを提供するシステムの制作を試みた．試作を通じてユーザの表現行動を阻害せずに砂の造形や玩具の配置を検出するセンシングシステムを検討し，映像や音楽によるインタラクションも含めこの箱庭型インタフェースに最適なアプリケーションを考察する．

箱庭療法とは，内法 57×72×7cm(原則的な大きさ)の四方を壁に囲まれた上蓋の無い砂の入った箱の中にクライエントが玩具棚から適当に玩具を選び何らかの表現をする心理療法の一種である．砂箱の外側は黒，内側は青に塗られ砂を深く掘ると青が現れ「水」が感じられるようになっている．玩具棚に置かれる玩具はセラピストの判断により様々な物が用意されるが，典型的な玩具としては人形，動物，植物，乗り物，建築物等のミニチュアなどがある．人間には男女の人形といった特別な属性のないものから兵隊，インディアン，警官などの特殊な物まで用意されることが多い．クライエントはセラピストがそばで見守る中思うままに砂遊びをし,また玩具の配置を行う．大半のクライアントは３０分以内に作業に満足し箱庭を完成させる．セラピストは完成作品の題名を聞くなど箱庭について対話をすることもあるが，あくまでもクライエントが自由に箱庭を創造し，箱庭療法を通じて精神を表現し解放することが優先される．

砂によって山などを造形する行為や様々な玩具を配置する行為，そしてセラピストとの対話を通じてクライエントは次第に自分の精神を箱庭に投影し，快方へ向かう．マーガレット・ローエンフェルト，ドラ・カルフなどの欧米の精神科医，心理学者によって発展したこの療法は河合隼雄などの研究を通じて日本にも導入され，表現療法の一種として現在でも広く利用され

† 首都大学東京大学院システムデザイン研究科
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

ている．

箱庭は丹治[2]が言及しているようにセラピストが箱庭表現の様子を評価することでクライエントの精神状態を分析することが可能であるという，心理アセスメント技法としての側面を持っている．

2. 関連研究

テーブルトップ型デバイスを用いて音楽表現を行った例として，Pompeu Fabra 大学所属 Music Technology Group の制作した reactable[3]が挙げられる．reactable はテーブル上に置かれたオブジェクトの回転･移動を検知し映像と音楽のインタラクションを提供するテーブルトップ型デバイスである．この他，牧野ら[4]の開発した「The Music Table」はカードの移動や回転といった操作で音楽を演奏できるテーブルトップ型デバイスである．市販の商品としては YAMAHA の開発した電子楽器「MUSIC TABLE」[5]が卓上のパッドを複数人で叩き合って音楽的コミュニケーションを行う楽器を開発している．またチェス板を見立てたデバイスにボールを配置することでループミュージックを演奏する岩井[6]の「音楽のチェス」も挙げられる．テーブルトップ型のインタラクティブデバイスで音楽表現を支援する例としては藤幡らによる「Notes on Small Fish」[7]が挙げられる．この作品ではテーブル上のキャンパスを複数のユーザが共同で表現を行うというもので，テーブルトップ型のデバイスの利点を生かした作品と言える．またテーブルトップ型ではないが立方体型のデバイスに内蔵された円柱上のユニットを触覚的に操作することで音楽演奏が可能なインタラクションデバイスとして，我々の研究する「PocoPoco」[8]が挙げられる．

Ishii[9]らの制作した sandScape では赤外線カメラによる深度取得を利用し，テーブルトップ型デバイスの中央部に備え付けられた砂場の造形を検出，砂の高さに応じた映像をリアルタイム投影することを実現している．これは実世界での三次元造形をコンピュータ上で処理し支援するテーブルトップデバイスの前例といえ，また表現メディアとして砂を扱っている点も本研究の先行研究と言える．

Hancock[10]らは箱庭療法をサポートするインタラクティブなテーブルトップデバイスの制作を行っている．この研究では実際に箱庭療法を行っている心理療法士の監修のもとで試作機を制作しており，ネットワークを介して遠隔地にいるクライエントとセラピストが仮想空間上で箱庭療法を行う手法に言及するなどインタラクティブな箱庭制作の重要な先行研究と言える．一方でこの研究で制作したアプリケーションは平面マルチタッチディスプレイ上で擬似的に砂や玩具の操作を行うものであり，実物の砂や玩具の触覚的な反応は提供できない．

3. 実装

3.1 概要

本研究では箱庭のインタフェースの特徴に注目しながら，映像の入力装置と音や映像の出力装置を取りつけたインタラクティブな箱庭型テーブルトップ型インタフェースを制作する．また制作した箱庭型インタフェースのインタラクションを電子楽器として応用することについても考察する．先行研究を参考にしながら二台の試作機の制作を行った．第一期試作では web カメラを利用しリアルタイムに画像処理を行い筐体上に置かれた玩具の種類と XY 座標を取得，これらの値に対応して映像と音響を自動生成するシステムを構築した．第二期試作では深度情報が取得可能な深度カメラを利用し玩具の種類と XY 座標に加えて砂の盛り上がりや玩具の高さを取得するシステムを構築した．各試作の制作を通して箱庭型テーブルトップ型インタフェースのシステムについて考察する．

3.2 第一期試作

第一期試作では玩具の種類の特定，置かれている玩具の XY 座標の追跡を行うことを目的とし比較的容易にそれらの画像処理を行うことが出来るオープンソースのフレームワーク reacTIVision[11]を利用した．取得した玩具の種類と XY 座標に対応してオープンソースの開発環境 Processing が映像を、Cycling‘74 社の提供する Max/MSP/Jitter が音響を自動生成する．

3.2.1 使用機材／ソフトウェア

- パーソナルコンピュータ (Mac OSX)
- web camera (Logiccol 1.3-MP Webcam C500)
- 木材（筐体，玩具等）
- reacTIVision (Music Technology Group at the Universitat Pompeu Fabra)
- Processing (Casey Reas, Benjamin Fry)
- Max/MSP/Jitter (Cycling‘74)

3.2.2 システム概要

第一期試作（図１）では市販の玩具の底部に reacTIVision が追跡可能なマーク（図２）を描いた木

片を取り付けてあり，ユーザは透明プラスティック素材のテーブル部に玩具を自由に配置して行く．下方から web カメラで玩具を撮影し，玩具の特定と XY 座標の取得を行う．これは先行研究で挙げた reactable のシステムを参考としたものである．web カメラの映像は reacTIVision アプリケーションに取り込まれ，玩具の特定と XY 座標の取得が行われる．TUIO という通信プロトコルを用いてこれらの情報を Processing へ送信する． Processing は同種の玩具の距離の測定など数種の情報処理を行った後インタラクティブな画像の表示を行い，また処理後の情報を Max/MSP に送信し音響の生成を行う．システム構成を図３に示す．

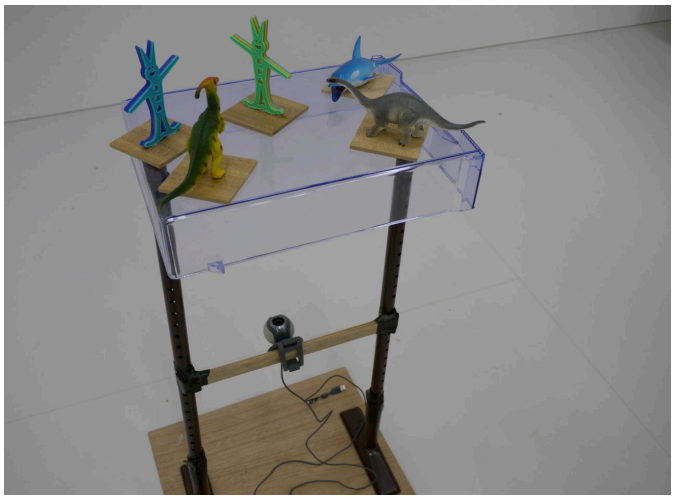

図1　第一期試作　外観

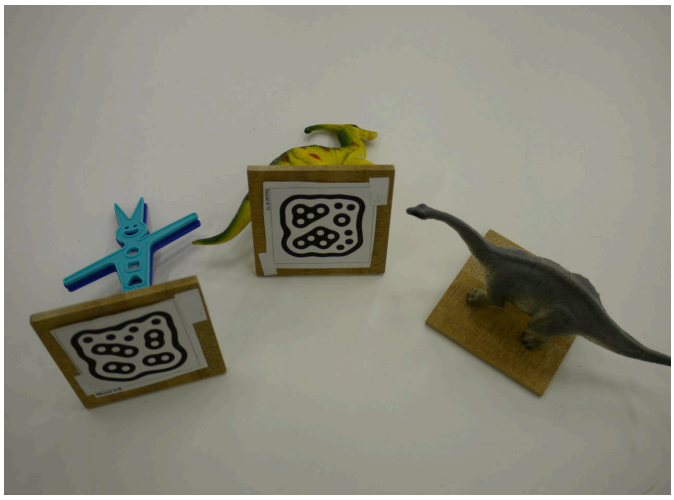

図2　第一期試作　玩具

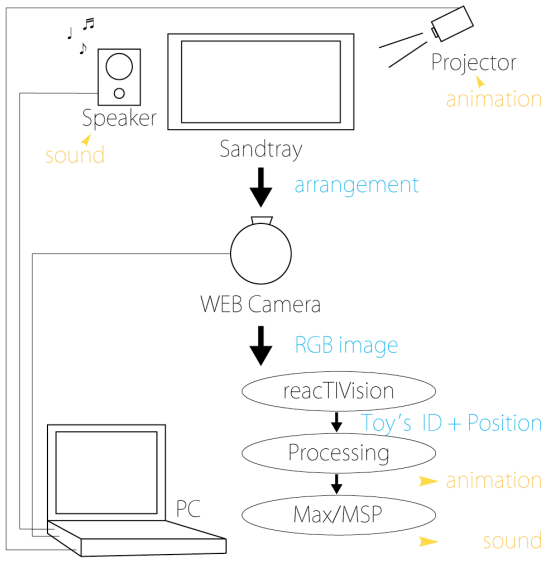

図3　第一期試作　システム構成図

3.2.3　考察

第一期試作では初期の目標を達成する上で最適であった reacTIVision の利用を念頭に置いて制作を行ったため短時間で制作することが出来たが，反面 reacTIVision の仕様にデバイスが制約を受ける部分が多々あった．例えば下方から web カメラで撮影しマーカを追跡する手法では底部が透明であることが必要となるため，内側を青色にすることや箱庭内に砂を敷くことが出来ない．また各玩具の底部にマーカを備え付けるためには木片を接着する必要があり，これは外観を損なうだけでなく玩具の扱いに制約を生むことになる．

3.3　第二期試作

第二期試作（図４，図５）では第一期試作制作で得られた考察から reacTIVision を利用せず，より一般的な画像処理が可能なシステムの構築を試みた．また第一期試作では下方からの web カメラ撮影によって砂の使用が困難になっていたことを踏まえ，筐体の上方にカメラを備え付け撮影する機構にした．また通常の web カメラではなく、フルカラー映像に加え深度情報が取得可能な Microsoft Kinect を利用することで、玩具の高さ情報と砂場の高低を検出できるようにした．プログラム全体はオープンソースの C++言語用ライブラリ OpenFrameworks を利用し、C++言語で構築した．システム構成を図６に示す．

3.3.1　使用機材／ソフトウェア

・　パーソナルコンピュータ(Mac OSX)

- depth camera(Microsoft Kinect)
- 小型プロジェクタ
- 木材（筐体，玩具等）
- 寒水砂（盆栽などに使用する化粧砂）
- OpenFrameworks (C++ Library produced by the OF community)
- OpenCV (C/C++、Python 用画像処理ライブラリ)
- Max/MSP/Jitter　(Cycling‘74)

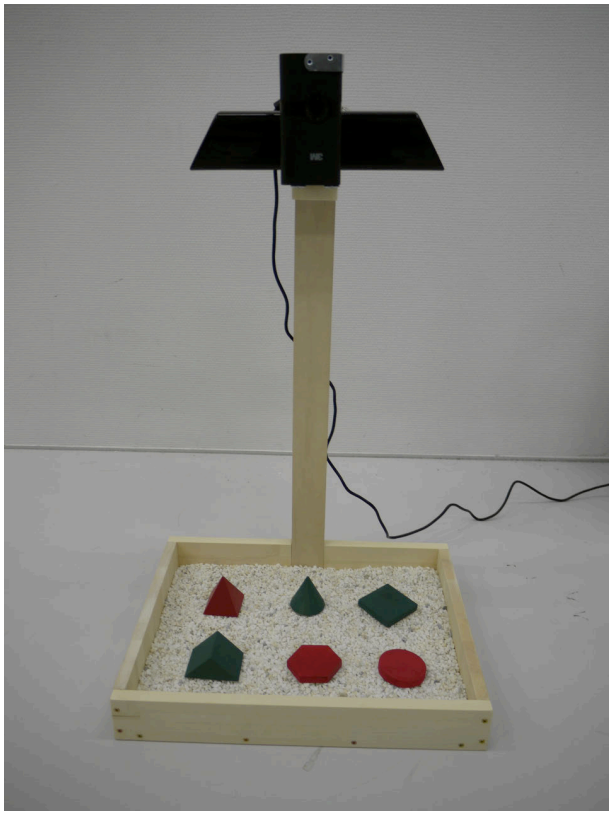

図4　第二期試作　外観

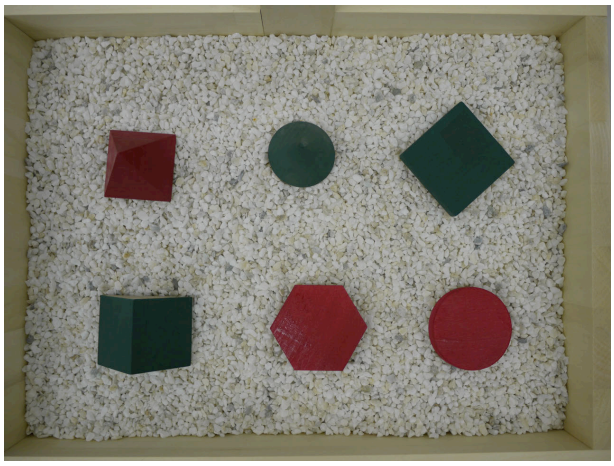

図5　第二期試作　箱庭と玩具

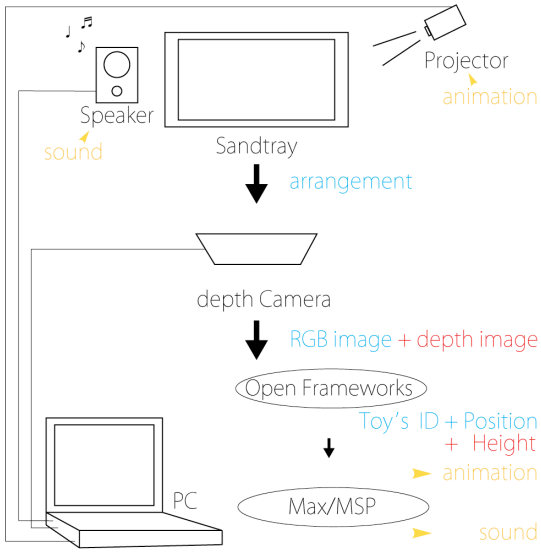

図6　第二期試作　システム構成図

3.3.2　深度カメラを利用した玩具の検出と追跡

第二期試作ではインテルが開発、公開しているオープンソースのコンピュータ・ビジョン向けライブラリ OpenCV を利用してオブジェクトの検出や追跡を行うシステムを構築した．深度カメラから得られる平面画像をグレイスケールに変換し二値化，輪郭を抽出するなどし、円形のオブジェクトや矩形のオブジェクトの形状と大きさ、取得画像中の XY 座標を検出する．その上でオブジェクトの中心座標周辺の色相を取得し、色による区別を行う．これによって同じ形状のオブジェクト間でも色別のインタラクションを設定可能である．さらに，オブジェクトの中心座標周辺の深度情報を取得することでオブジェクトの高さに応じた区別が可能となる．これによって例えば薄い円柱状のオブジェクトと背の高い円錐状のオブジェクトを区別して別々のインタラクションを提供する．箱庭上の円形、矩形を検出し PC 画面でオブジェクトの輪郭を描画している様子を図７に、これらの処理情報を文字列として出力している画面を図８に示す．

深度カメラを用いる第一の目的は砂場の高低を取得し砂遊びの造形をデジタル情報として取得することであったが，前述のようにオブジェクトの高さに応じたインタラクションを提供するだけでなく、箱庭中の玩具の検出自体に置いても高さ情報が得られることは平面画像処理のみによるシステムより信頼性の高いセンシングが可能であると考えられる．第二期試作においてはまずフルカラー画像に対して平面画像処理を行って、その後オブジェクト周辺の深度情報を取得している．しかしこの手順では例えば照明環境に問題があり平面画像処理によって円形や矩形の検出が困難な場合

はオブジェクト検出ができない．一方でまず深度情報を処理して立体面を推定し、推定した立体周辺の領域に平面画像処理を行うことで形状や色相の検出を行う方が安定したオブジェクトの検出が行える可能性がある．今後の課題として深度情報を利用した効率的な三次元画像処理を検討していきたい．

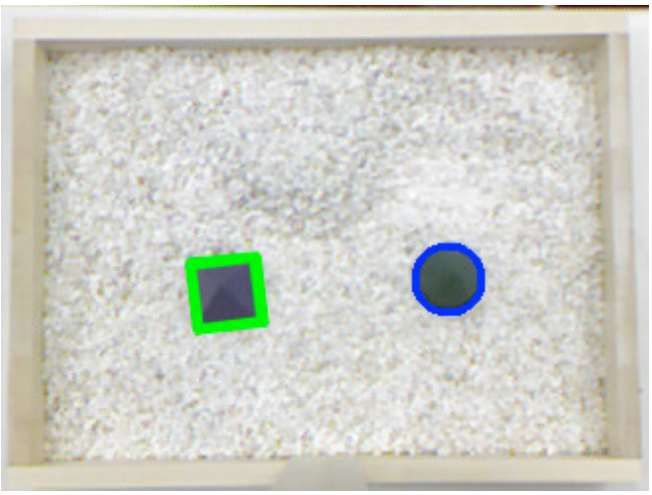

図7　円形、矩形の検出

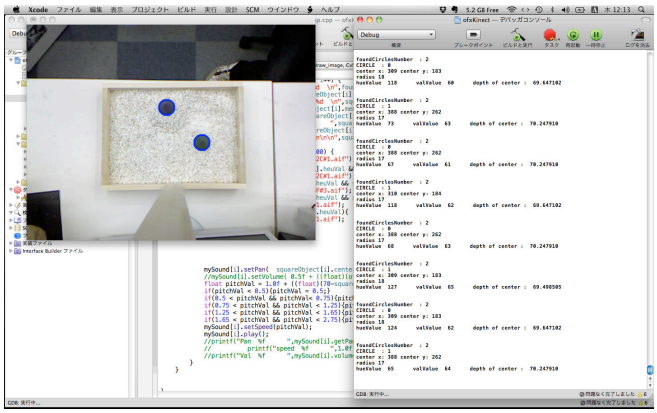

図8　第二期試作　処理中の PC 画面

3.3.3　筐体制作

筐体の材料には木材を使いユーザが親近感を持って扱えるような筐体の制作を目指した．玩具はセンシングのシステム上従来の箱庭療法に用いられるような人形やぬいぐるみなどの市販の玩具ではなく，円柱状、円錐状、立方体などの木材に数種類の色で塗装した自作の木製の玩具を用意した．

3.3.4　映像によるインタラクション

検出したオブジェクトの大きさ，XY 座標，高さを取得できる本システムでは、オブジェクトの輪郭をなぞるような映像や複数のオブジェクト同士を結びつけるアニメーションなどをリアルタイムに投影することが出来る．またオブジェクトを始点として低い方向へ物体が転がっていくような映像を投影するなど高さ情報を利用した映像を生成することができる．第二期試作においては取得したオブジェクト情報の文字列をオブジェクトの横に投射し、また音響生成のリズムに合わせたシンプルなアニメーションの投射を行った．

3.3.5　音によるインタラクション

C++のプログラムから OpenSoundCotrol を利用して Max/MSP と通信し，箱庭の状況に応じて音響を自動生成する．箱庭内のオブジェクトの数，種類，高さといった情報を反映しながらある程度のランダムな要素を含んだ環境音楽的な音楽が生成される．第二期試作においてはオブジェクトの種類（形、色）に応じて再生される音の種類を変え、オブジェクトが箱庭の右側に置かれた時右側のスピーカから音が大きく聴こえるなど X 座標に応じて音の定位を移動する．またオブジェクト中心点の高さに応じて再生する音の高さが変化し、砂がない場所にオブジェクトを配置する場合と砂を盛った場所にオブジェクトを配置する場合では違った音程が再生される．

4.　考察

今回の試作はカメラ入力による画像処理を入力の主体としているため、照明によって生まれる陰影や作業時に避けられない手の出現など様々なノイズがオブジェクト認識の障害となることがあった．使用していて認識の即時性があまり高くないので，リズムに合わせた演奏など精密な入力が必要とされる音楽演奏を行う上では比較的不向きなシステムであるという印象を得た．一方で砂による造形や玩具の配置など、三次元での表現活動を音響に変換する独特の入力方法には今後魅力的なインタラクションを提供出来る可能性を大いに感じている．環境音楽を奏でるインスタレーションのように即時性を求めない形で音響生成を行う新しいタイプの電子楽器として利用することには適していると考えられる．

5.　今後の展望

第二期試作においては画像処理の実装の問題から簡素で抽象的な自作の玩具のみを配置するシステムを採

用した．実際の箱庭療法のような人形や模型など様々な玩具を好きに配置し入力として扱える方が良いことは言うまでもない．今回の試作では利用しなかったテンプレートマッチングによるオブジェクトの検出や、深度情報を利用した３次元画像処理などの研究を進め複合的にオブジェクトを検出する独自のプロセスを追求し、出来る限り多様な玩具を扱えるようにしていきたい．また前述の Hancock らが行っているように，実際に箱庭療法を行っているセラピストからのヒアリングを行うことで箱庭インタフェースについての更なる知見が得られる可能性が高い．これまで箱庭療法では砂の造形や玩具の配置について完成作品を写真で撮影する方法でしか記録を行うことが出来なかった．砂の立体玩具や配置をデジタル情報として処理することのできるこの箱庭インタフェースの技術を箱庭療法に対してフィードバックする可能性についても検討していきたい．また一般ユーザによる評価実験等を行い，より魅力的な箱庭型インタフェースの検討を行っていきたい．

参　考　文　献

1) Kumiko Kushiyama ,Shinji Sasada : Development of a visuo-tactile 50inch display for soft and hard sensation-- Magnetosphere 2 : Asia Society of Art Science 2008 pp.74 ,2008-10
2) 丹治光浩: 心理アセスメント技法としての箱庭の可能性, 花園大学社会福祉学部研究紀要(2011).
3) Martin Kaltenbrunner, Sergi Jorda, Gunter Geiger, Marcos Alonso : The reacTable*: A Collaborative Music Instrument : 15th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE'06)
4) 牧野真緒，Rodney Berry, 阿部明典，樋川直人，鈴木雅実 : The Augmented Composer Project : The Music Table : 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎 103(351), 9-14()
5) http://www.yamaha.co.jp/product/musictable/
6) Toshio iwai : Composition on the table : SIGGRAPH '99 ACM SIGGRAPH 99 Electronic art and animation catalog(1999)
7) Masaki Fujihata, Kiyoshi Furukawa, Wolfgang Münch : Notes on Small Fish : Ars Electronica 2000 Festival(2000)
8) 金井隆晴，菊川裕也，馬場哲晃，串山久美子 : ソレノイドを利用した動的触覚呈示が可能な共有玩具デバイスの提案 : 日本機械学会，日本設計工学会，日本建築学会，日本デザイン学会，人工知能学会(2010)
9) Ishii, H., Ratti, C., Piper, B., Wang, Y., Biderman, A., and Ben-Joseph : Bringing Clay and Sand into Digital Design — Continuous Tangible user Interfaces. BT Technology Journal 22, 4 (Oct. 2004), 287-299.
10) Mark Hancock, Thomas ten Cate, Sheelagh Carpendale, Tobias Isenberg : Supporting Sandtray Therapy on an Interactive Tabletop, CHI 2010: Therapy and Rehabilitation(2010)
11) http://reactivision.sourceforge.net/
12) http://www.openframeworks.cc/
13) http://opencv.willowgarage.com/wiki/
14) http://opensoundcontrol.org/