

Bathcratch: 浴槽をこすることで DJ スクラッチ演奏を楽しむシステム

平井 重行^{*1} 榊原 吉伸^{*2} 早川 聖朋^{*3}

Bathcratch: Scratching Music Entertainment System by Rubbing a Bathtub

Shigeyuki Hirai ^{*1} Yoshinobu Sakakibara ^{*2} and Seiho Hayakawa ^{*3}

Abstract — 日常的に利用する家庭用浴室にて、浴槽をこすることで DJ スクラッチ演奏が楽しめるエンタテインメントシステム Bathcratch の開発、およびそこで演奏する音楽の制作を行った。このシステムは水で濡れた浴槽の縁を手指でこすることで「キュッキュッ」と鳴る音を検出し、浴槽をこすった場合にのみスクラッチ音が鳴る仕組みを実現している。また、スクラッチ音のフレーズやリズムトラックの切り替えなどは浴槽縁内部に設置したタッチセンサを用いて操作できるようになっている。本稿では、システムコンセプトと入力インタフェースに関する技術的側面、および美術館で行った展示に関するコンテンツ制作について述べる。

Keywords : Interactive Music System, Scratching, Rubbing Interface, Squeaking Sound Detection, Capacitive Touch Sensor, Bathtub

1. はじめに

我々は、浴室で壁や浴槽を指でこすると「キュッ、キュッ」と音が鳴ることに着目し、DJ が音の表現手法の一つとして用いているスクラッチ演奏になぞらえて、浴槽をこすることで DJ スクラッチ演奏ができるエンタテインメントシステム Bathcratch を制作した。図 1 にその演奏中の様子を示す。このシステムの入力インタフェースは浴槽そのものであり、こする行為および触れる行為を検出するセンサは浴槽に内蔵している。これは、日常的に起こる現象や行為を遊ぶ楽しみへと変えて QOL (Quality of Life) を向上させる仕組みの一例になると我々は考えている。

本論文では、Bathcratch システムの概要とその入力インタフェース機能について述べたのち、スクラッチ演奏処理について説明する。また、展示用システムとしてユーザインタフェースとリズムトラックをアレンジし直した作品について述べる。なお、Bathcratch は Bath と Scratch をかけた名前である。

2. システム概要

Bathcratch は図 2 に示すようなシステム構成となっている。



図 1 Bathcratch での演奏中の様子
Fig. 1 Playing scene of Bathcratch

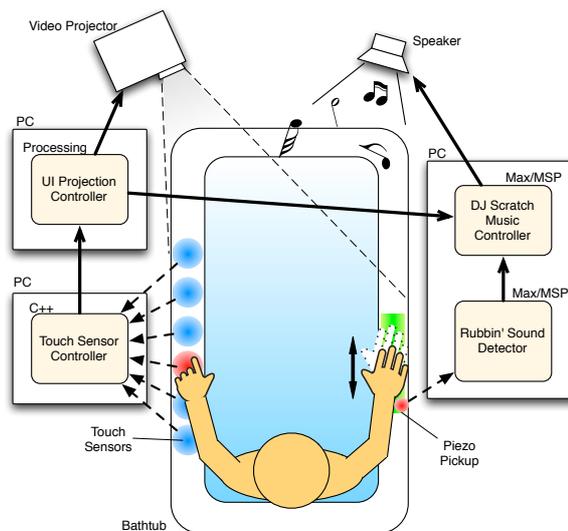


図 2 Bathcratch のシステム構成
Fig.2 Bathcratch system overview

^{*1}: 京都産業大学, hirai@cse.kyoto-su.ac.jp

^{*2}: 京都産業大学大学院, i1158024@cc.kyoto-su.ac.jp

^{*3}: フリーランスサウンドデザイナー, irotori2@gmail.com

^{*1}: Kyoto Sangyo University

^{*2}: Graduate School of Kyoto Sangyo University

^{*3}: Freelance Sound Designer

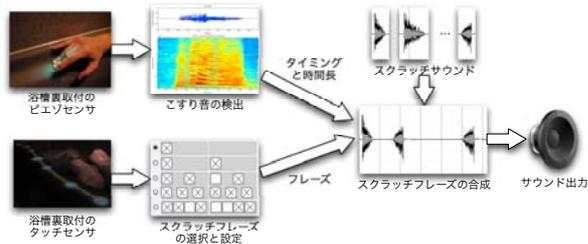


図3 Batheratch システムの処理の流れ

Fig.3 Internal process of Batheratch system

図2の浴槽では、右側の浴槽縁上面の裏側にアコースティックギター用のピエゾピックアップを取り付け、浴槽のこすり音を浴槽自体の固体振動として入力インターフェースに利用する。この音響データは音楽処理用PCでこすり音検出処理が行われる[1]。また、DJ スクラッチ音のフレーズ切替やリズムトラックの切替などの操作は、ピエゾピックアップと同様に、浴槽縁上面の裏側に静電容量方式タッチセンサの端子を取り付けてあり、浴槽縁に触れることでシステム操作が可能となっている[2]。これらの入力インターフェースは浴槽として一見何の変哲もないものであり、天井裏に設置したビデオプロジェクタで浴槽縁にメニューやこすり位置などの表示を行うことで、自由なユーザインターフェースを構築できるようにしている。音楽処理用PCではこすり音検出と共にDJ スクラッチ音の生成処理およびリズムトラックの処理など音楽制御処理を行う。これらの処理の流れを図3に示す。

3. 入力インターフェース

3.1 浴槽こすり音検出

本研究システムでまず必要なのは、浴槽を手指でこすった際に聞こえる「キュッ、キュッ」というこすり音を検出することである。こすり方(指の角度やこする向き、力の入れ方など)や、人によってその鳴る音は様々であるが、多くの場合それらの音にはピッチ(音高)が存在する。また、檜などの木製以外で浴槽に用いる素材のほとんどは、FRP、人造大理石(人工大理石)、ホーローである。これらの表面は同様の滑らかな仕上げとなっており、どの素材においても同様の音が鳴ることは確認できている。

ここで、浴槽裏側に設置したピエゾピックアップで録音したこすり音の信号波形とSTFT解析したスペクトログラムの例を図4に示す。

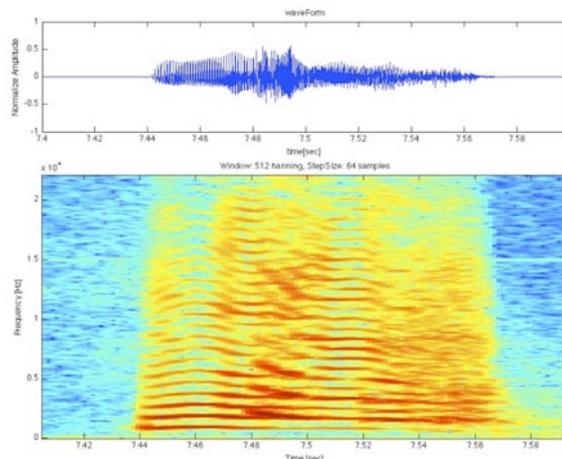


図4 浴槽こすり音のSTFT解析例

Fig.4 Example of a bathtub squeaking sound

この図から、こすり音には明確な調波構造があり、波形の始めから終わりあたりまで連続的に続くことがわかる。他の様々なこすり音についても同様で、基本周波数 F_0 はおよそ $100\sim 600\text{Hz}$ の範囲となることも確認できている。一方で、浴槽の固体振動として同じように音響入力される浴槽叩き音の場合は、こすり音に比べごく短時間であるうえ、調波構造が不明確な音である。また、浴室で起こりうる明確に調波構造を持つ音の例に、入浴中の歌声や話し声が考えられるが、湯水のある浴槽では裏側のピエゾセンサでは固体振動として検出できないことも確認できている[1]。

以上のことから、本研究システムで浴槽こすり音を検出するには、波形にある程度の振幅があり、かつ調波構造を持つ波形が時間持続するかどうかを見るだけで良いことがわかる。ただ、現在のシステムでは調波構造の有無を忠実に見ておらず、 F_0 検出を行っているだけにとどまっている。この処理の実装はMax/MSP上で F_0 検出を行うエクスターナルオブジェクトsigmund~の F_0 推定機能を用いている。

3.2 浴槽タッチ位置検出

本システムの入力インターフェースとして、こすり音検出の次に必要なことは様々な機能切り替えなどを行うための浴槽タッチ位置検出である。これには、我々が以前から浴槽用入力インターフェース研究で利用してきた静電容量方式のタッチセンサを浴槽縁裏側に設置している(図5参照)。

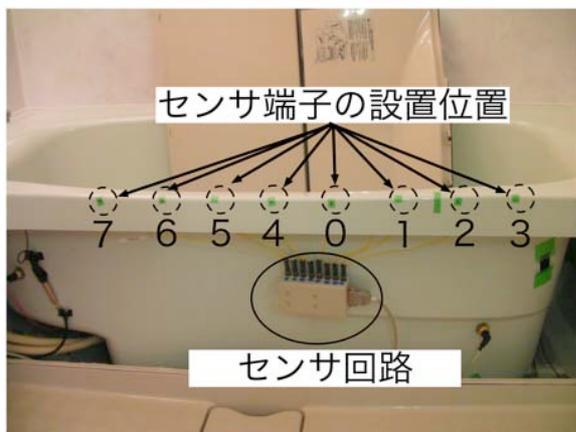


図5 静電容量タッチセンサの浴槽への設置

Fig.5 Capacitive touch sensors equipped into a bathtub

静電容量センサは最近のマルチタッチ入力可能なタッチパネルで利用されているが、通常はタンク内の水位測定などに利用されるなど、水にも反応するセンサとして知られている。そのため水がある場所でユーザインタフェース用のタッチセンサとしては利用できないと思われる。しかし、元々静電容量センサは比誘電率を持つ物体に反応するセンサであり、水と人間の皮膚とでは比誘電率には差がある。このことから、ある程度水がある環境でも静電容量方式のタッチセンサは利用可能である。我々は、このセンサの特性を利用して浴槽に湯水を入れた状態でも浴槽縁のタッチ位置検出、スライダー入力、近接入力の3つの入力インタフェース機能を実現している[2]。本システムでは、このタッチ位置検出の機能を用いて、リズムトラックの切り替えや On/Off、スクラッチフレーズの切り替え操作などに用いている。

3.3 入力インタフェース機能の投影表示

前節までの入力インタフェース機能は、浴槽自体の見目は特に何も変更していないため、そのままでは操作できる箇所およびその内容がわからない。そこで我々は浴槽の天井裏に設置したビデオプロジェクタで浴槽縁上面に画面投影することにした(図1の浴槽縁を参照)。

ただ、こすり音検出については、ピエゾピックアップは浴槽の固体振動を検出するものであり、取付位置の直近でなくとも構わない(結局取付位置はどこでも良い)。操作箇所を提示するのは、ユーザにこする操作を促すためのアニメーション表示を行うためである。

4. スクラッチ演奏処理

4.1 スクラッチ演奏処理概要

図6に、Bathcratchのこすり音検出処理およびスクラッチ演奏処理を実装したMax/MSPパッチの画面を示す。

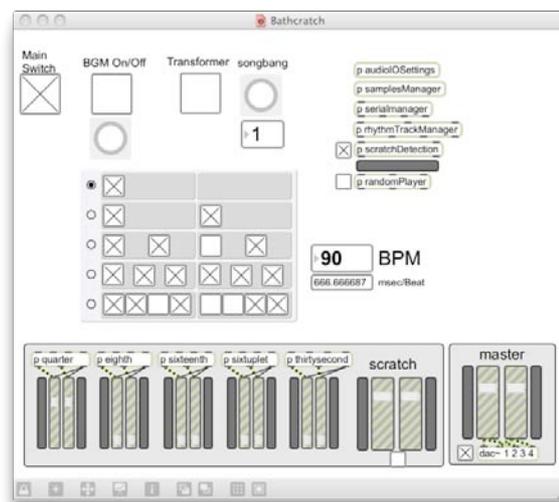


図6 BathcratchのMax/MSPパッチ

Fig.6 Max/MSP Patch of Bathcratch

画面の上段にあるチェックボックスは、左からシステム全体の On/Off、リズムトラックのサウンド出力 On/Off、スクラッチ音の再生ピッチ変動 On/Off である。画面下段に L/R で対になったスライダー6組は、5種類の各スクラッチフレーズとスクラッチ音全体の音量調整用である。残りの一番右下にある1組はリズムトラックを含めたシステム全体の音量調整用となっている。中段のチェックボックスが多数並ぶエリアは、次節で説明するスクラッチフレーズの設定を行うものである。その右横の BPM 値はフレーズの演奏テンポ設定であり、リズムトラックのテンポに合う形で設定される。

なお、現状の Bathcratch では、実際にこすったタイミングでスクラッチ音を鳴らすわけではない。これは、現状のこすり音検出処理による時間遅れの発生が大きな要因だが、そもそも厳密なタイミングでのスクラッチ音出力を行っても、初心者がうまくテンポやリズムに合わせて演奏できるとは限らない。そのため、こすり音検出とスクラッチ音演奏出力とは完全に同期させず、こすり音が検出されたしばらくの間だけ、あらかじめ設定したスクラッチフレーズを鳴らす、という形で実装している。また、このスクラッチフレーズ

自体はリズムトラックと完全に同期して音が出るようにしている。これにより不慣れな人でも浴槽をこすれば、テンポに合ったスクラッチフレーズが演奏できる。

4.2 スクラッチフレーズの切り替え機能

スクラッチフレーズは、2拍毎に鳴る2分音符フレーズから、4分音符フレーズ、8分音符フレーズ、3連符フレーズ、16分音符フレーズまであり、浴槽縁に投影表示されるメニュー項目で自由に選択・切り替えができる。各フレーズにおいては、どの拍位置で音を鳴らすかを Max パッチ画面(図6)中段のチェックボックスが多数並んだエリアであらかじめ設定しておく。このチェックボックスグループは、上からそれぞれ2分、4分、8分、3連、16分音符の設定グループである。そして、これらフレーズすべてはBPM値に合わせて常に並行再生されている。そのうち、浴槽縁のメニューで選択されたフレーズに対して、先のこすり音検出結果に応じて音量を上げ下げすることで、システムとして演奏フレーズが出力される。そのため、2分音符フレーズが選択されている場合に、いくら素早く浴槽をこすっても2分音符毎にしかスクラッチ音は鳴らない。逆に、16分音符フレーズの選択状態では、浴槽をゆっくりこすると手の動きよりも細かなスクラッチフレーズが演奏されることになる。ただ、実際のDJがスクラッチ演奏をする場合、ターンテーブルの操作以外に、その音量を操作するフェーダも合わせて操作することが多い。フェーダ操作とターンテーブル操作の組み合わせで様々なフレーズや発音のバリエーションを創り出しており、それらの操作の組み合わせ毎に Chups や Forward / Back Scratch, Transformer Scratch など技の名前がある[3][4]。本システムのフレーズ切り替え機能は、そのフェーダ操作を簡略化したものと言える。

4.3 スクラッチ音素材とエフェクト

現在の Bathcratch 内部処理では、スクラッチ音自体はレコーディングされたスクラッチ音の音素材を再生している。各スクラッチフレーズの各音符位置で鳴る音素材は、何種類もの素材を個別に設定しており、あまり機械的ではなく、それなりに人が演奏しているように聞こえるよう工夫している。ただ、同じフレーズが繰り返し鳴り続けると、フレーズとしての変化がないため演奏に面白みがなくなる。そこで、スクラッチ音素材の再生速度を発音毎でランダムに微調整する(ピッチに変化を付ける)エフェクトをかけることで、より人間が演奏しているような音として聞こえ

るようなモードを作っている。浴槽縁上面へ投影する UI 画面でもそのピッチ変化のボタンを用意しており、ユーザはその機能の On/Off を自由に設定できる。なお、各音符位置で鳴るスクラッチ音素材は個別で自由に組み替え可能である。ただ、これは Max/MSP の画面上で設定することになる。

4.4 リズムトラック処理

スクラッチ演奏の伴奏として再生するリズムトラックは、あらかじめ用意されたサウンドファイルをオンメモリでループ再生する。複数のサウンドファイルを設定しておいて、浴槽縁のメニューでそれらを切り替えることができる。

リズムトラック再生の内部動作としては、読み込ませたファイルすべてを同時再生しており、選択されたリズムトラックのみ音量が上がるようにしている。

5. 作品展示

Bathcratch のデモンストレーションビデオは YouTube で視聴できる。このビデオがメディアアート系コンペ「アジアデジタルアート大賞 2010」で入賞したことから、2011年3月17日~29日の期間、福岡アジア美術館で催された「アジアデジタルアート大賞展」にて作品展示を行った。本来、Bathcratch は実際の浴槽で入浴中に利用することを想定しているが、この作品展示では浴槽に入らずに浴槽の横に立って体験できるようにする必要があり、センサ配置や UI 投影の内容を多少変更したものを制作した。図7に展示会場に設置した作品セットを、図8にこの展示用に制作した UI 画面の写真を載せる。



図7 アジアデジタルアート大賞展での展示

Fig.7 Bathcratch System in ADAA Exhibition



図8 アジアデジタルアート大賞展向け UI
Fig.8 Bathcratch User-Interface in
ADAA2010 exhibition

この UI では、浴槽横に立った際に浴槽右端の箇所にグラデーションがスクロール表示される四角いエリアを表示し、そこをこすってもらうように仕向けている。また、スクラッチフレーズの選択メニューボタンがその左側（浴槽手前側）に並んでおり、各ボタンには4分音符などの音符マークでフレーズの違いを表した。その左横にはピッチ変化のエフェクトボタンを配置し、一番左側には、リズムトラック切り替えボタンおよびその再生 On/Off のボタンを配置した。

リズムトラック自体はこの展示作品では6曲用意した。体験者が各リズムトラックの名称をわかりやすいよう、テキスト表示すると共に各リズムの落ち着き度合いや激しさをメニューボタンの枠全体の色を変更することで表現した。

また、こする際に必要な湯水については、こするエリアのすぐ横に石けん皿に載せた吸水性スポンジに水をふくませておき、その水を指先に付けてこすってもらう形にした。展示期間中の来場者の体験している様子を図9に示す。



図9 ADAA 大賞展 2010 での来場者の様子
Fig.9 Bathcratch in ADAA2010 exhibition

この展示でわかったことが幾つかある。一つは、リズムトラックの音量の上げすぎや、ピエゾピックアップのマイクアンプのゲインを上げすぎると、リズムトラック中の音高のある音に反応してスクラッチ音が鳴ってしまうことがあった。これは、湯水を溜めている場合には起こらない現象であり、湯水は外部からの音を浴槽の固体振動として伝搬させるのを抑える役割を果たしていると推察している。もう一つわかったことは、入力インタフェースのタッチセンサ部分が触れるだけで反応するため、こする箇所も軽く触れて手を前後に動せばよいと勘違いされるということである。遊び方の説明書きを横に立てておいても、水で「キュッ、キュッ」と音を鳴らすことに気が付かない場面が多く、多くの来場者で見受けられた。幸い、展示会の説明員が随時説明していたため、本来のこする動作でシステムを体験してもらったが、展示システムという観点では、こするエリアに対する操作の誘導をいかに行うかが今後の課題になると考えている。

6. 関連研究

スクラッチに限らず DJ の演奏行為に関する音楽システムやユーザインタフェースの研究は数多く行われている。まずウェアラブルインタフェースを用いる研究としては、藤本らの ExDJ システムをウェアラブル化した研究[5]や、Slayden らの DJammer システム[6]、富林らのウェアラブル DJ システム[7][8]が挙げられる。また、ターンテーブルによる DJ 演奏のインタフェースを活用しつつ新たな試みを行っているものもある。その例としては、Andersen による Mixxx [9]があり、ARToolKit を用いてターンテーブル上に再生するサウンドや波形の情報などを重畳表示するインタフェースを提案・開発している。他には、Beamish らの D' Groove システム[10] が挙げられ、ここではフォースフィードバック機能を持つ操作レコード盤（ターンテーブル）および DJ ミキサーと同等のインタフェース機器を用意して、デジタルオーディオの様々なデータに対して DJ の基本テクニックの練習をしたり、応用的な操作ができるシステムを構築している。

また、DJ 演奏ではないが、こする動作をユーザインタフェースとして活用する研究も幾つか挙げることができる。例えば、Harrison らの Scratch Input[11]ではマイク付きの聴診器を壁やテーブルなどに設置し、その面を爪先でひっかく音を検出・処理することで、ひっかくジェスチャを認識するという入力インタフェースを実現し

ている。また、SmithらのStane [12]では、ピエゾセンサを内蔵した小型デバイスの表面を同じく爪でひっかく際の振動を検出し、その振動パターンや長さで様々な入力手段に用いる試みを行っている。一方で、こする動作以外に音響信号を入力インタフェースとして活用している例としては、HarrisonらのSkinput [13]が挙げられる。これはピエゾフィルムが複数内蔵されたユニットを上腕部に巻き、同じ腕の前腕部や手をタップした際に皮膚表面を伝わる振動を検出することで、タップした位置を特定することができる。

7. おわりに

本論文では、浴槽をこすることでDJスクラッチ演奏が楽しめるシステムBathcratchについて述べた。まず、こすり音検出を行う音響入力処理と静電容量方式タッチセンサの併用による入力インタフェースについて説明した後、スクラッチ演奏処理について述べた。その次に挙げた福岡での展示作品については、本システムの外部展示を行う際の問題点が明かになってきた。

このシステムは浴槽をこすった際に鳴る「キュッキュッ」という日常的に起こりうる音に着目し、その鳴らす行為や現象を遊ぶ楽しみへと変えるものである。日常生活でこのような音を耳にする機会は、窓ガラスの掃除や風呂掃除、食器洗いなど、水が存在する様々な場面で考えられ、それらは多くの人々が経験しているはずである。この入浴中の浴槽という場面では、手指を使って浴槽をこすり、故意に起こせる音であり、その音もこすり方で多少は変化が付けられることは容易に想像がつくだろう。

今後は、機器構成の簡略化や、こすり音検出をより精緻な処理として行う予定である。その処理はこするタイミングだけでなく、こする方向の区別やその強さ、こすっている指の本数まで検出して利用できるようにすることを考えている。スクラッチ音自体についても、単なる音素材を再生するだけでなく、ユーザが選曲した好みの曲の再生中にその曲の音でスクラッチできるようにする機能も実装予定である。これらを通して、単に簡単な操作によるおもちゃ楽器としてではなく、実際に演奏の練習をして上達ができる高度な演奏システムとしての形も追求してゆきたい。

謝辞 デモビデオ撮影やロゴ作成など作品制作過程において、京都産業大学の上田研究室と平井研究室のメンバーに多大なご協力を頂いた。謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 平井重行, 榊原吉伸, 早川聖朋: Bathcratch: 浴槽こすり音を利用した日常生活環境組み込み型楽器, 情報処理学会研究報告 2011-MUS-90-1 (2011)
- [2] 林宏憲, 平井重行: 水場での静電容量式タッチセンサの適用と入力インタフェースの実現, 情報処理学会研究報告 2009-HCI135/UBI24-18 (2009)
- [3] DJ TA-SHI: DVD 版マスト・テクニック 25!スペシャル DJ 編, リットーミュージック (2002)
- [4] DJ TA-SHI: DVD 版マスト・テクニック 25! プラス+ DJ 編, リットーミュージック (2003)
- [5] 藤本貴之, 西本一志: ブースをフロアへとシームレスに拡張する Wearable DJ システム, エンタテインメントコンピューティング 2003 論文集, Vol.2003, No.1, pp.47-52 (2003)
- [6] April Slayden, Mirjana Spasojevic, Mat Hans, Mark Smith: The DJammer: "air-scratching" and freeing the DJ to join the party, CHI2005 Extended Abstracts, pp.1789-1792 (2005)
- [7] 富林豊, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: 装着型センサを用いたウェアラブル DJ システムの開発と実運用, 情報処理学会研究報告 2008-MUS-78, pp.39-44 (2008)
- [8] 富林豊, 竹川佳成, 寺田努, 塚本昌彦: 装着型無線加速度センサを用いたウェアラブル DJ システム, WISS2008 論文集, pp.85-90 (2008)
- [9] Tue Haste Andersen: Mixxx: Towards Novel DJ Interfaces, Proc. of NIME03, pp.30-35 (2003)
- [10] Timothy Beamish, Karon Maclean, Sidney Fels: Manipulating music: multimodal interaction for DJs, Proc. of CHI2003, pp.327-334 (2003)
- [11] Chris Harrison, Scott E. Hudson: Scratch Input: Creating Large, Inexpensive, Unpowered and Mobile finger Input Surfaces. Proc. of UIST '08, pp.205-208 (2008)
- [12] Roderick Murray-Smith, John Williamson, Stephen Hughes, Torben Quaade: Stane: Synthesized Surfaces for Tactile Input, Proc. of CHI2008, pp.1299-1302 (2008)
- [13] Chris Harrison, Desney Tan, Dan Morris: Skinput: Appropriating the Body as an Input Surface, Proc. of CHI2010, pp.453-462 (2010)