

# ペルチェ素子による手書き文字の動的消去を利用した テーブルトップインタフェースの研究

加藤愛<sup>†</sup> 馬場哲晃<sup>†</sup> 串山久美子<sup>†</sup>

本稿では、画像処理を利用して映像プロジェクションと手書き文字のペルチェ素子による動的消去を利用したテーブルトップ型演奏インタフェースについて提案する。紙面に手書きで文字を書き、それをカメラで読み込み画像処理した後に紙面に投影し、ペルチェ素子駆動により紙面の手書き文字を消去する。ユーザは指を利用してプロジェクションされた文字を操作でき、文字をぶついたりすることで音を鳴らす。本システムはソフトウェアとハードウェアで構成され、ソフトウェアでは文字認識及びフィンガートラッキングについて、ハードウェアではペルチェ素子駆動による文字消去及びタッチセンサによるタッチ検出について論じる。本手法によって、本稿で目標とするインタクションを実現することができたが、より豊かなパフォーマンスを実現するために手書き文字の特徴や指先の動かし方を利用したインタクションを検討する必要がある。

## A Tabletop Interface for Dynamic Erasable Handwriting with Peltier Device

MEGUMI KATO<sup>†</sup> TETSUAKI BABA<sup>†</sup> KUMIKO KUSHIYAMA<sup>†</sup>

In this paper, we propose a tabletop musical interface using an image projection and for dynamic erasable handwriting by peltier device and show an electronic instrument as an application example. We obtain an image of the hand written characters and erase the handwritten characters by peltier device. Simultaneously, we project the image of the handwritten characters on the writing area. Performer can move the handwritten characters projected with his finger and create music as he moves the character or hits the character against another. Software carries out character detection, recognition and finger tracking and Hardware carries out erasing the handwritten character with peltier device and touch sensing. We could achieve our goal by our method, however, we need to discuss how to use a finger and a characteristic of the handwritten character for interaction.

### 1. はじめに

画像処理技術は多様な場面で応用されており、近年では新たな操作インタフェースを生み出すなど注目も高まっている。ゴラン<sup>1)</sup>らは、パターン認識を応用して手の動きや形を入力インタフェースとすることに成功している。これにより、従来のマウスやキーボードなどの入力デバイスを用いる方法によらず、人の表情やジェスチャといったより人の自然な行動に近い入力方法を取り入れる事で直感的かつユーザへの負担も少ない操作方法を提供することが可能となった。

さらに、この画像処理技術は電子楽器にも応用されている。著者ら<sup>2)</sup>は、簡易な手書き譜面をユーザが専用の小型デバイスでスキャン操作することで、即座に任意の音程を再生するシステムを提案している。本来五線譜の記譜と楽器の演奏は全く別物であったが、楽曲を記述すること、演奏することをつなげることで五線譜をそのままインタフェースに用いるパフォーマンスを実現できる。

しかし、実物体オブジェクトに対して操作を行う場合は、ユーザは実空間とディスプレイの両方を注視しなくてはならず、ユーザビリティに問題が生じてしまう。このことから、画像処理の処理結果はディスプレイに表示するのが一

般的であるために、ユーザビリティに問題が生じてしまう。この問題を解決する手法に AR 技術が挙げられる。AR 技術とは、現実の環境から知覚に与えられる情報にコンピュータが作り出した情報を重ね合わせ、補足的な情報を与える技術である。そのため、AR 技術ではコンピュータが作り出した情報を重ね合わせる対象となるマーカーが必要となるのだが、マーカーが知覚情報のリアリティを損ねてしまうという問題がある。この問題を解決するために、本稿では熱によって消去可能なペンを利用してマーカーを描画し、コンピュータ情報を重ね合わせた後、マーカーを消去する技術を提案する。

以上のことから、本稿では映像プロジェクションと手書き文字のペルチェ素子による動的消去を利用したテーブルトップ型演奏インタフェースを提示し、その応用例として電子楽器を提案する。本システムにおけるユーザのパフォーマンス時のスケッチを図 1 に示す。ユーザが手書きした文字を取り付けられたカメラによって取得、認識した後、手書き文字をペルチェ素子駆動によって消去する。同時に手書き画像を紙面上にプロジェクションし、ユーザは指先を利用してプロジェクションされた手書き画像を動かすことができる。手書きした文字はその認識結果から種々の音色や音階が割り当てられ、ユーザはそれらを指を使って動かし、ぶついたりすることで簡単なループシーケンサとして音楽を生成する。描画領域は紙面、アルミ板、ペルチェ

<sup>†</sup>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

素子の三層で構成される。ペルチェ素子は高温になり領域全面に配置するのは危険であるため、描画領域の一部分を温めるように配置する。そのため、パフォーマは描画領域の決まった部分に文字を書く。ただし、指を使った操作は全領域を用いて行うことができる。アルミ板はタッチ検出に利用され、ペルチェ素子の駆動や指を使った操作に利用される。

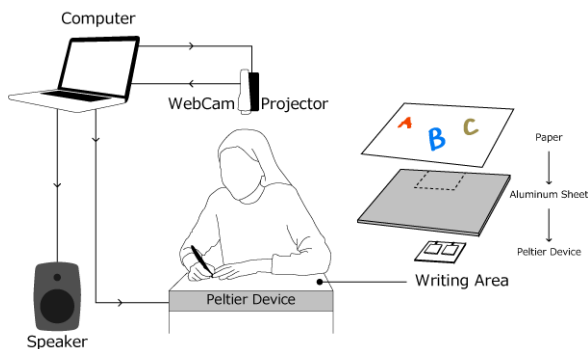


図1 パフォーマンス時のスケッチ  
Figure1 A sketch of performance.

## 2. 関連研究

本作品で目標とするインタラクションでは、手書き情報を利用したインタフェースの構築、手書き文字の動的消去、電子楽器への応用法について検討する必要がある。本章では以上の3点について関連研究を述べる。

### 2.1 手書き情報を利用したインタフェース

手書き情報を利用した作品として、「drawn」<sup>3)</sup>が挙げられる。この作品は、紙面に描かれた手書きのイラストを手で操作し動かすということを実現している。描かれたイラストをカメラで読み込み、動作処理を施した後、結果をスクリーンにプロジェクションすることによってこれを実現している。このように、手書き情報を利用することでより多彩で自由な表現が可能となる。

しかし、この作品では、パフォーマーは手元を離れたスクリーンを注視しながら操作を行わなければならない。手元の紙面を注視しながら操作を行うためには、紙面上に処理結果をプロジェクションする方法が考えられるが、この場合手書きのイラストを消去する必要がある。次節では、手書き情報を消去する技術について述べる。

### 2.2 手書き情報の動的消去

手書き情報を消去する技術として、西村ら<sup>4)</sup>、橋田ら<sup>5)</sup>の手法が挙げられる。この手法では、熱することでインクが透明になるフリクションボールペン<sup>6)</sup>を利用して描画を行い、レーザーで紙面を熱することで局所的に手書き情報を消去することを可能としている。

本作品では、複数の手書き文字を一度に消去することを

目的としているために、局所的な消去技術よりも散らばった手書き情報を一度に消去可能な技術が必要とする。そのため、より広い範囲を熱することが可能なペルチェ素子を用いて手書き情報の動的消去を行う。

### 2.3 電子楽器への応用

文字を利用したパフォーマンスシステムとして藤岡ら<sup>7)</sup>はキーボード入力を利用してコンピュータグラフィックスを演奏と同時に生成するシステムを提案した。同様に、藤岡ら<sup>8)</sup>は、キーボードやマウスによってアルファベットを入力し、パズル・ゲームのように並べることで演奏を行うソフトウェアを提案した。両者とも文字に任意の音程を割り当てることで文字での演奏を可能にしている。文字での入力による演奏は、専門の知識を必要とせず誰もが簡単に演奏を楽しめることに加えて、鑑賞者が聴くだけではなく見て楽しむことも可能とするパフォーマンスを実現することができる。

以上のことから、本稿では手書き文字を利用した電子楽器を提案する。

## 3. 実装

本稿で提案するテーブルトップインタフェースは、手書き文字を画像処理するソフトウェアと動的消去を行うデバイスから構成される。さらに、手書き文字を利用する際、ユーザごとに手書き文字に大きな差が生じることが想定されるため、適切なインタラクションを行うために手書き文字に条件を設けた。本章では以上の3点について述べる。

### 3.1 利用する手書き文字の検討

本研究では利用する文字をAからGのアルファベットに限定する。音名表記において、一般によく知られたものだとイタリア式の「ドレミファソラシド」や、日本式の「ハニホヘトイロハ」がある。文字を利用した演奏インタフェースにおいて、文字に任意の音程を割り当てる際にはこの音名表記に従うのが自然であると考えられる。そこで、本研究ではアメリカ・イギリス式の音名表記を採用し、アルファベットを書くことで音を鳴らす。

加えて、本インタラクションでは単体の文字を操作することを目標としているため、重ねて書かれた文字は対応しない。

表1 イタリア式とアメリカ・イギリス式音名表記  
Table1 pith name in Italy, America and United Kingdom.

イタリア式	ド	レ	ミ	ファ	ソ	ラ	シ
アメリカ・イギリス式	C	D	E	F	G	A	B

### 3.2 ソフトウェア

ソフトウェアでは、文字の検出と認識及び指を使った操作を目的としてフィンガートラッキングを行う。

#### 3.2.1 文字の検出と認識

本システムにおいて、文字の検出と認識は OCR ライブラリを利用して行う<sup>9)</sup>。まず、入力画像を二値化して矩形検出を行う。次に、検出された矩形データを OCR ライブラリを利用して文字認識処理を施し、アルファベットと判別されたデータのみを保持する。最後に、元の場所に切り出したデータを再び配置する。

本処理の結果を図 2 に示す。上は全体図であり、下は各文字を拡大した図である。緑色の塗りつぶしが切り出した矩形データであることを表し、左上に表示されている文字が文字認識の結果である。

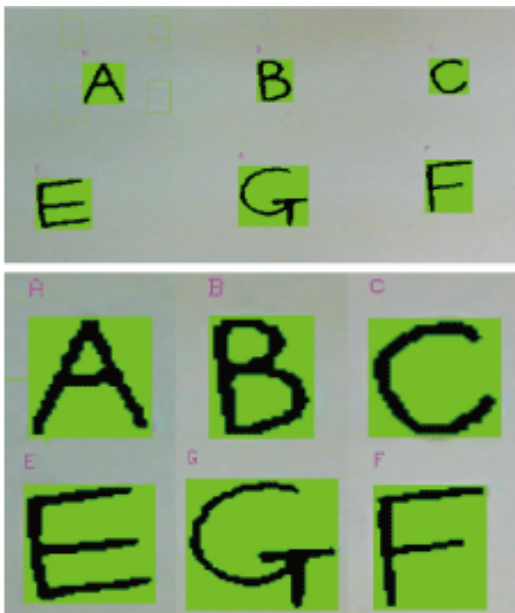


図 2 文字検出・認識処理の結果

Figure 2 A result of Character Detection and Recognition.

#### 3.2.2 フィンガートラッキング

ハンドトラッキングには様々な手法が挙げられるが<sup>10)11)12)</sup>、本インタラクションでは指先を利用して文字を動かすため、フィンガートラッキングを行う。肌色検出により二値化画像を生成し、手の輪郭のデータを生成する。この輪郭データを利用して凸包を求め、さらにコーナー検出を行うことで凸包の頂点を検出する。検出された頂点で入力画像の辺に接していない頂点を指先とみなすことで、フィンガートラッキングを行う。図 3 は処理結果である。本手法により、正しくフィンガートラッキングを実装できた。

しかし、指を使った操作を行うためには指の位置を検出するだけでなく紙面へのタッチを検出する必要もある。紙面へのタッチの検出については、3.3 のハードウェアにて述べる。

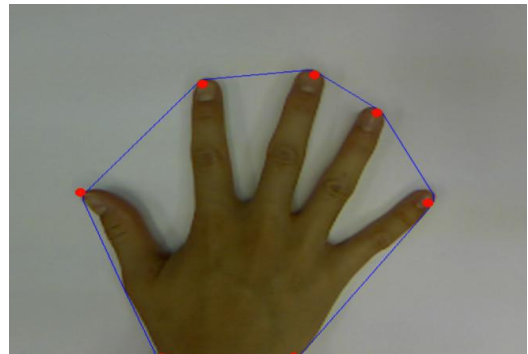


図 3 フィンガートラッキングの処理結果

Figure 3 A result of Finger Tracking.

### 3.3 ハードウェア

ハードウェアでは、熱を利用した文字の消去と紙面へのタッチ検出を行う。

#### 3.3.1 熱を利用した文字消去デバイスの試作

本システムではペルチェ素子を利用して紙面に熱を与えることで文字を消去する。このとき、描画面が高温になるため、ユーザが熱を与えた部分を触ってしまうとやけどする危険性がある。これを解決するために、熱を与える部分は描画面の特定部に限定し、さらにユーザが描画面に触れていない時のみ温まるよう考慮する。ユーザが描画面に触れているかどうかの判別は、紙面へのタッチ検出を利用する。図 4 にペルチェ素子を利用した熱消去デバイスの試作を示す。プロトタイプでは温度センサ（セイコーインスツル株式会社製 CMOS 温度センサ IC S-8120C）によってペルチェ素子の温度を計測しペルチェ素子を制御する。本試作を使って手書き文字を消去した様子を図 5 に示す。

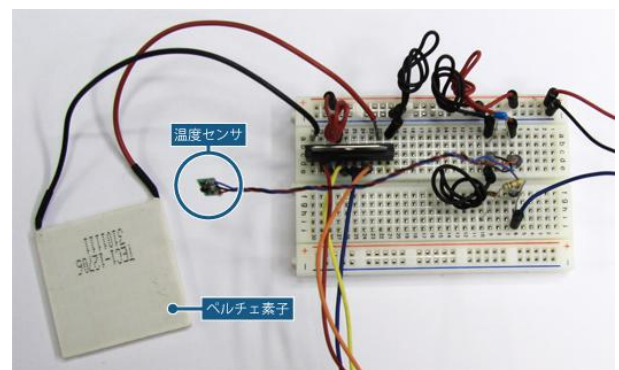


図 4 ペルチェ素子を利用した熱消去デバイスの試作

Figure 4 Our prototype of erasing device with peltier.

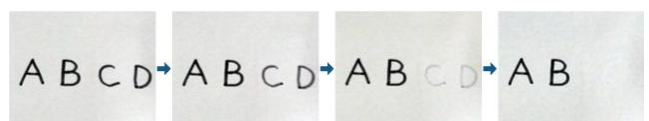


図 5 熱消去デバイスによる手書き文字消去

Figure 5 Erasing handwritten characters with our prototype.

### 3.3.2 静電容量を利用したタッチセンサの試作

タッチセンサの試作を図6に示す。本試作では、アルミに触れた時に生じる静電容量の変化を利用してタッチの検出を行う。このとき、静電容量センサの感度調節を行った。図7は感度調節を行った際のフィルタ値の変化であり、触れる・離すを繰り返した結果である。アルミに触れているときには値が大きく変化し、離れたときには値が小さく安定していることがわかった。この結果から閾値を設定し、タッチ検出を行った。

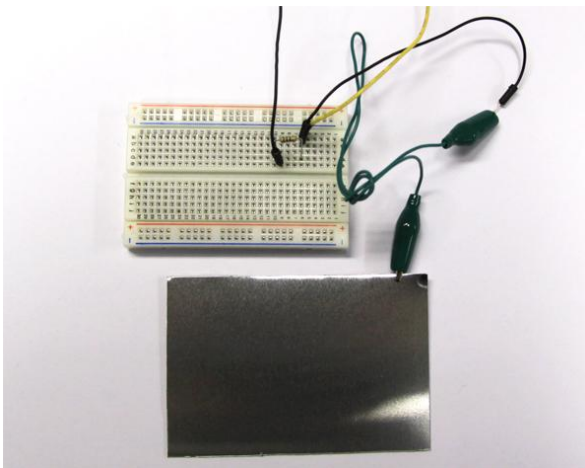


図6 静電容量を利用したタッチセンサの試作

Figure6 Our prototype of touch sensor with capacitance.

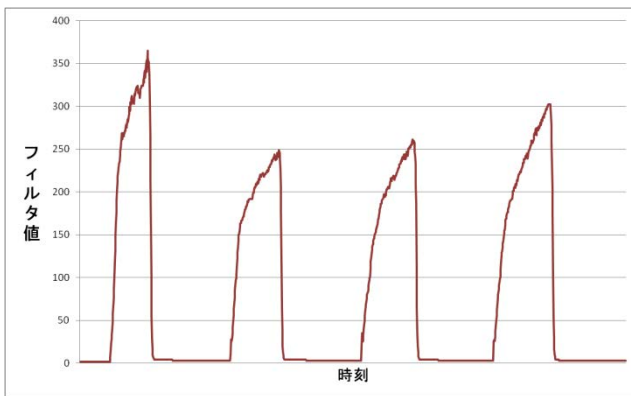


図7 タッチセンサにおけるフィルタ値の変化

Figure7 A change of value of filter in our touch sensor.

## 4. 今後の課題

本稿ではシステムの実装中心に論じたが、具体的なインタラクションについては検討する必要がある。手書き文字を利用したインタラクションでは、線の太さや種類、文字の大きさ、色などをユーザが自由に表現することができる。ユーザが書く手書き文字の色や形状が演奏する音の高低や音色に変化をもたらすインタラクションを実現することができれば、より直感的な演奏が可能となると考えられる。さらに、指を利用した操作においても、今回はドラッグ操

作のみを論じたが、ドラッグ以外の操作を取り入れ演奏表現に広がりを持たせる必要がある。具体的には、はじく、つかむを想定しており、ループ音楽の演奏の開始や停止を表現したいと考えている。

## 参考文献

- 1) Golan Levin, Zachary Lieberman, "Sounds from shapes: audiovisual performance with hand silhouette contours in the manual", NIME '05 Proceedings of the 2005 conference on New interfaces for musical expression, pp. 115 - 120(2005)
- 2) Tetsuaki Baba, Yuya Kikukawa, Toshiki Yoshiike, Tatsuhiko Suzuki, Rika Shoji, Kumiko Kushiyama, and Makoto Aoki. 2012. Gocen: a handwritten notational interface for musical performance and learning music. In *ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies* (SIGGRAPH '12). ACM, New York, NY, USA, , Article 9, 1 pages. DOI=10.1145/2343456.2343465 <http://doi.acm.org/10.1145/2343456.2343465>
- 3) Zachary Lieberman, "drawn". <http://thesystemis.com/projects/drawn> (2012.10).
- 4) Kouhei Nishimura, Junghyun Kim, Takeshi Naemura, "AR-eLaser: Erasable Handwriting Interface with Paper and Pen", *IPSJ Interaction 2012*, pp. 575 - 580(2012.3)
- 5) Tomoko Hashida, Kohei Nishimura, and Takeshi Naemura. 2012. Hand-rewriting: automatic rewriting like natural handwriting. In *ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies* (SIGGRAPH '12). ACM, New York, NY, USA, Article 10, 1 pages. DOI=10.1145/2343456.2343466 <http://doi.acm.org/10.1145/2343456.2343466>
- 6) PILOT - FRIXION BALLPEN [http://www.pilot.co.jp/products/pen/ballpen/gel\\_ink/frixionball/](http://www.pilot.co.jp/products/pen/ballpen/gel_ink/frixionball/)(2012.10)
- 7) Sadam Fujioka, Osamu Sambuichi, and Shigenobu Nakamura, "Code: an interactive musical performance software using keywords", In *ACM SIGGRAPH 2006 Sketches*, SIGGRAPH '06, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- 8) Sadam Fujioka, Shigenobu Nakamura, Utako Kurihara, "Cubie : AMusical Software Instrument Played by Thinking As Though It Were A Puzzle Game", *Information Processing Society of Japan Technical Report*, 2007(102), 73-77, 2007-10-11.
- 9) Ocrad - The GNU OCR <http://www.gnu.org/software/ocrad/> (2012.10)
- 10) Julien Letessier and Francois Berard. 2004. Visual tracking of bare fingers for interactive surfaces. In *Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology* (UIST '04). ACM, New York, NY, USA, 119-122. DOI=10.1145/1029632.1029652 <http://doi.acm.org/10.1145/1029632.1029652>
- 11) Hideki Koike, Yoichi Sato, Yoshinori Kobayashi, Hiroaki Tobita, and Motoki Kobayashi. 2000. Interactive textbook and interactive Venn diagram: natural and intuitive interfaces on augmented desk system. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*(CHI '00). ACM, New York, NY, USA, 121-128. DOI=10.1145/332040.332415 <http://doi.acm.org/10.1145/332040.332415>
- 12) Christian von Hardenberg and François Bérard. 2001. Bare-hand human-computer interaction. In *Proceedings of the 2001 workshop on Perceptive user interfaces* (PUI '01). ACM, New York, NY, USA, 1-8. DOI=10.1145/971478.971513 <http://doi.acm.org/10.1145/971478.971513>